

K250.4 1

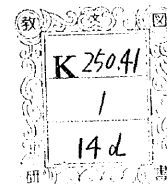
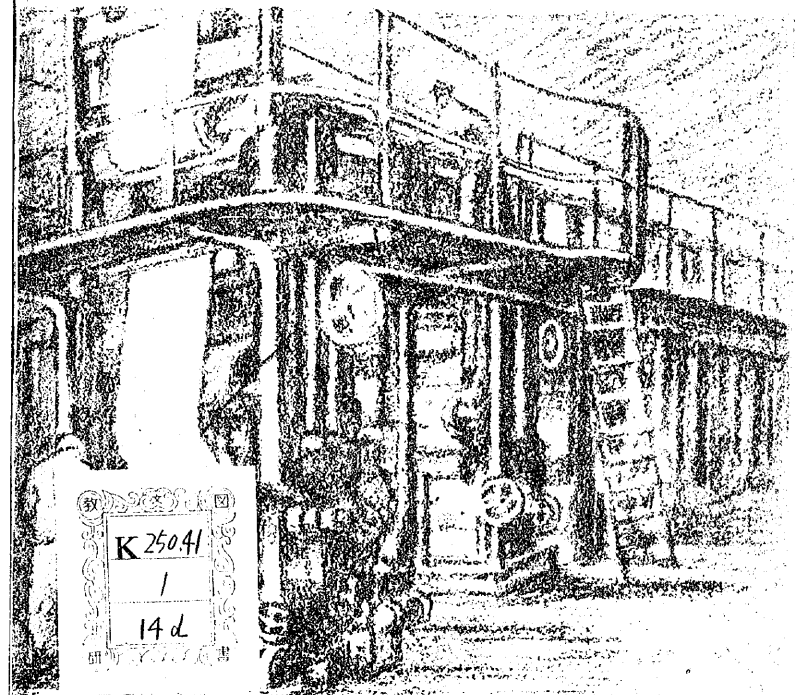
1

14d

文部省著作教科書  
私たちの科学 14

機械を使うと仕事は  
どのようににはかどるか

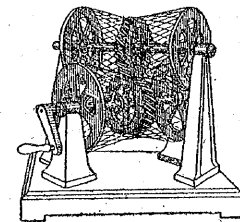
中学校第3学年用



私たちの科学14

# 機械を使うと仕事は どのようにはかどるか

中学校第3学年用



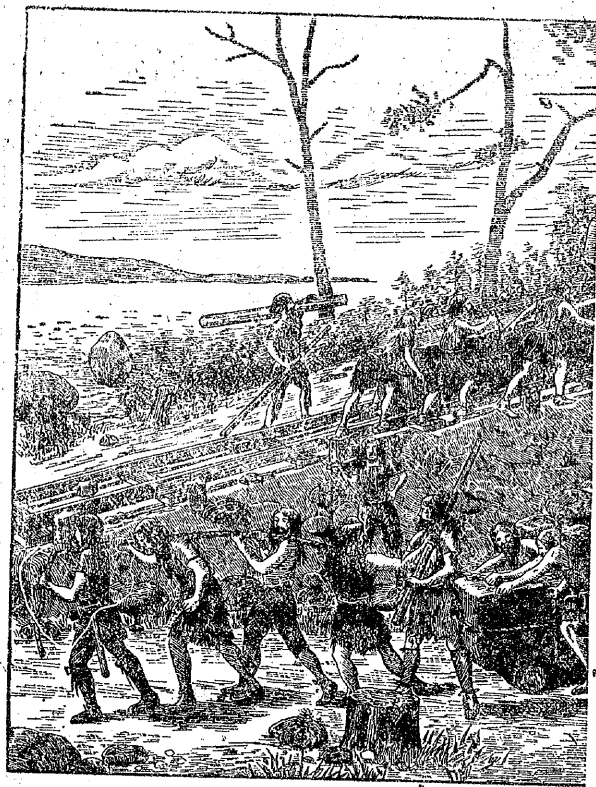
文 部 省

## 目 次

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| まえがき                             | 2  |
| § 1. 道具と人類                       | 5  |
| 力学的仕事, 位置のエネルギー, 仕事と動力           |    |
| § 2. 道具と産業                       | 12 |
| 動力源, 道具と機械, 農機具                  |    |
| § 3. ひもの力学                       | 18 |
| 引力, 摩擦, 強さ, 反作用, 仕事の原理, 力の平行四辺形  |    |
| § 4. 棒の力学                        | 27 |
| 回転のはたらき, てこの原理, 歯車, 偶力, 運動のエネルギー |    |
| § 5. 棒の弾性                        | 36 |
| ねじれとたわみ, 共鳴, 振動の伝達               |    |
| § 6. 斜面とねじ                       | 41 |
| 斜面と力, くさび, 摩擦, ねじの應用, 測定         |    |
| § 7. 刃物と工作                       | 49 |
| 圧力, すれ應力, 工作と破損                  |    |
| § 8. ころと車                        | 56 |
| 轉がり摩擦, 軸受, 自動車                   |    |
| § 9. 流れの力学                       | 66 |
| 揚力と抵抗, マグヌス効果, 流れと圧力             |    |
| § 10. 水力機械                       | 74 |
| ポンプ, 水圧機, 水力タービン                 |    |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| § 11. 紡織と機械                       | 85  |
| 産業と機械化, 機械と道具, ミシン                |     |
| § 12. 蒸氣機関                        | 90  |
| 復水器のはたらき, 熱と仕事に関する法則, 熱効率, 多段膨脹機関 |     |
| § 13. 船と機械                        | 97  |
| 往復機関とタービン, 主機と補機, 冷凍機             |     |
| § 14. 原動機の進歩と將來                   | 102 |
| 内燃機関, 蒸氣原動機, 水力, 風力, 体力           |     |
| § 15. ことばと文字の機械化                  | 108 |
| タイプライター, 録音                       |     |
| § 16. 機械と事故                       | 112 |
| 整備, 取扱い, 改良, 迷信, 安全係数             |     |
| § 17. 機械を作る人や機械                   | 115 |
| 金属材料, 工作機械の進歩, 規格統一と互換性, 発明と科学    |     |
| § 18. 人生と機械化                      | 120 |
| 趣味と機械化, 生活, 産業の機械化, 技術と向上         |     |
| むすびのことば                           | 123 |

〔表紙の絵は輪轉印刷機〕



これは巨石時代といわれるころの作業を想像した絵である。てこやころし、まくら木などは少し想像が過ぎているかも知れない。古代は大きい人間を使わないと綱を引く呼吸を合わせるのがむずかしかったからであろう



を使い、斜面を利用し、また、木の軌條を置いている。ただ綱がりっぱ過ぎ力は人力によったが、これは落力の利用がへたであったのと (§ 2. を見よ), (§ 3. を見よ)。また千引きの岩ということばもこれによるのであろう。

## まえがき

ミシンや内燃機関の構造は複雑である。これに比べて電熱器や変圧器・電気モーターなどの構造ははるかに簡単である。しかし、ただ手にとったり、目で見ただけでそのはたらきを理解することはできない。ところが、ミシンでは細かく見ていくとそのはたらきがおもしろいかわってくる。内燃機関もそれに近い。このような機械的なはたらきは複雑に見えても、自然界に起る変化の中で一ばん簡単なものである。

ここにいう機械的とはどういうことだろうか。物体は、「空気」のところで学んだように、一定の空間をしめ、固体はさらに一定の形を持っている。それらの物体に、その成分が変わるとか、電気を起すとかの複雑な変化が起らないで、ただあたがい力をはたらかせ合ってその位置が変わるとか、わりあいに簡単な変形をするに過ぎないとき、このような変化やはたらきを機械的だというのである。

ここでは、物質の機械的なはたらきを利用した道具や機械のことをしらべることにする。それについてどのような点に注意すればよいかを説いて、この本のまえがきとする。

物体は力を受けると相手の物体にも力を及ぼし、また、大なり小なりに変形する。それで、力のはたらき方と運動や

\* ほかの教科書も「遺物」「家」などと略して書くことにする。

変形の法則をしらべるものを力学といっている。機械のはたらきを理解するには、基礎になるこの力学を理解することがたいせつである。そこで、ひもや棒の簡単な場合の力学から学んでいこう。この簡単な力学の利用によって、人類が人間らしい生活をはじめたことも思い出すべきである。私たちもただ学ぶだけでなく、力学の中でくらししていくことを心がけよう。ところで、私たちのいる所が海岸か、山國か、都会か、農村かで、見たり聞いたりすることが違うから、本文にある研究や問も、それに應じてやっていくことにしよう。

ミシンのできたころ、腕自慢の職人が試合を申しこんだことがあったという。しかし、その手ぎわといい、作業の速さといい、とても機械の敵ではないことがわかった。同じ人間が同じように体力をはたらかせても、機械を使うと作業の能率がこんなにも違うのである。まずこの点に注意しよう。つぎに、この違いが産業の能率を改めるようになって、世の中にどんな変化が起ったかも見逃してはならないところである。

汽船で石炭をたくとき、第117図にあるようなストーカを使うと、自動的に石炭をつごうよく燃やすことができる。これによって火夫の労苦を減らし、ことに、荒天のとき、能率が下がらなくなった。しかし、何より大きいことは、熟練した火夫の必要がなくなったことで、一ばんに、機械は人間が手でする作業の「熟練さ」を追いはらうものである。あるいは、機械は熟練さをつくるといってもさしつかえない。

ところが、この装置が発明されたころ、石炭の節約になるというのが石炭商の怒りに触れたことがある。新しい機械によって世の中を進めようとするときに、よくこういうさきを見えない人々がいるものである。

機械にはどんな種類があるか、数えあげてみるがよい。機械の中には時計のようなものもあれば、測定器や目盛り機械、計算器や統計機械、印刷機械のようなものもあるが、ここではおもに、直接産業や生活に関係の深いものをあげる。機械はまた、たくさんの部分品からできていて、それが組み合わさって一つの目的のためにはたらくようになっている。また、自動化ということが機械の生命である。では道具と機械とどのように違うのか。心にとめておくことにしよう。

機械は人が作りだしたものである。どうして作りだされたものか、その間の事情や世の中の変り変わりからも目をそらさないようにしよう。また機械は、人間のためを思って動いてくれるのではないから、これを動かすには、その性質をよく知らなければならない。この点も考えながら学んでいこう。

いまは資材がない、何がないで生活の機械化も産業の能率化も夢のような話である。しかし、仕方がないということは、人生では不名誉な退却である。なんとかくふうすればただだけの効果は必ずあるのである。また機械と世の中の間を関係を理解すると、この世の中が、けっして暗いものではないことを知るであらう。そして十分に資材を使って機械化の進められる将来を夢見ながら、機械のことを学んでいこうではないか。

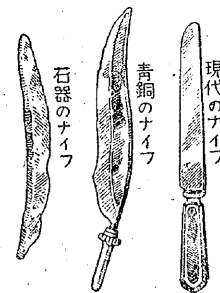
## § 1. 道具と人類

今日でも棒が1本あるかないかで、私たちのからだのはたらきがひじょうに違う場合がある。それは棒の中に大きいのはたらきをする力がひそんでいるからではなく、これによって自然の法則がもっと自由に利用できるようになるからである。棒の1本でも、これを得るためには作りださなければならない。このために、今日の人が工作機械を使って機械を作るように、大昔の人は石器を道具を作る道具として使ったのである。

現代では、工作機械の進歩でその国の工業の程度がわかる (§ 17. を見よ) といわれているが、それと同じように、石器の進歩でその時代の文化をおしはかることができる。たとえば、古いものは粗末な石のかけらであ

ったものが、時代とともに石器の削り方やみがき方が進歩して、それとともにこれに柄をつけるようになる。

柄をつけることは、なぜ進歩になるのであろうか。今日でも、小刀の柄がとれると使いにくくなる。このことは「棒の力学」から説明されるが、理論は知らなくても人類と力学



第1図 ナイフの進歩

とはこの時代から離れられない関係にあったのである。石器は柄に縛りつけられていたらしい。縛りつけるということは、「ひもの力学」を利用しているのである。そして、ひもを最後に結んでとめるということも、人類の大きな発明の一つである。小さい弟や妹があれば、帯やひもを自分で結ぶことを知る年齢をしらべてみよう。

石の **おの** につける柄の **はたらき** は、とりわけ力学的に特色がある。また、そのために仕事がかどるようになったことが考えられる。かなづちや **おの** の柄がとれたときに、頭だけを手で持って使ってみるがよい。どんなに不自由なものがわかるであろう。柄をつけるとなぜ仕事がかどるのか、これを説明するために、

からだのする仕事 と 力学的な仕事  
の区別を述べなければならない。

たとえば、かなづちの頭を動かすには、これに力を加えなければならない。この力(大きさ一定で、力の方向に動く場合としよう)と動かした距離とをかけたものが、力学的な仕事、あるいは簡単に仕事といわれるものである。

$$\text{力学的仕事} = \text{力} \times \text{動かした距離}$$

いま、力を出すのが私たちの手であるとするとき、からだは力学的な仕事だけではしなければならない。そのほかに、この仕事に伴って、筋肉を動かしてしぜいを変えるための仕事がある。これは生理学的に複雑なものではあるが、それがあ

ることは、体操をするとき力学的には外に対して仕事をしないのに、体力を使うことからもうかがわれる。この関係を式で表わすと、

からだのする仕事 = 力学的仕事 + 体内で消費される仕事  
となる。すなわち、上の二つの仕事はけっして同じものではないが、その間に関係はあるのである。したがって、(一定量の)力学的仕事をしなければならないとき、体内で行われる消費を少なくすることができると有利である。

柄を持って **おの** を動かすときも(柄の重さは考えない)直接 **おの** を手に持って動かすときも(動かし方が同じならば)、からだは同じ力学的仕事だけではしなければならない。それで、もし柄を持った方がらくだと感ずるならば、それは体内で余分に行われる仕事が少ないからであろう。

§ 3. で述べるように、機械を使うことによって力学的に仕事の得をすることは絶対にはないといわれるのに、簡単な機械を使うことによって労力が少なくなることがあるのは、体内で消費される仕事、機械を使ったために少なくなったからであるとみななければならない。

問 1. **おの** の柄の端を持ったときと、根もとを持ったときとで、同様の動かし方をするのに力学的仕事に違いが起るだろうか(§ 4. を見よ)。

\* 人体を動力源として、その動力を有効に伝える道具や機械のことで、てこや滑車・輪軸・ある種の歯車装置などである。

問2. はいたたきの柄を長くすると、どういふ利益があるだろうか。

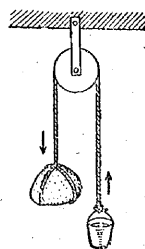


第2図 けものとのたたかい 始人が石を、がけの上に持ち上げて、その位置のエネルギーを利用しはじめたのである。

第3図のようなしかけをすると、石が下におりるときに荷物を持ち上げて仕事をすることができる。高みにある石は、それだけエネルギーを持っているのである。

ところで、クマに與える打撃は、エネルギー

昔の人は、またがけの上に石を運んで下を通るけものを打ち殺した。がけの上まで石を運ぶには力学的な仕事をしなければならない。この石は地面に落ちるときに、それだけの仕事を外部に対してする能力を持っている。たとえば、これがクマの頭に命中すると、頭の骨を打ち砕く仕事をする。高みにあるためにこの石が持っている仕事をなし得る能力を「位置のエネルギー」という。つまり、原



第3図 位置のエネルギー

一の大きさだけではきまらない。たとえば、クマがふとんをかぶって來たとすると、このエネルギーを打撃に十分に利用することができなくなる。大きい速度で飛んできた石を頭で受け止めるとき、骨が固いほど受け止める時間は短く、これが短いほど石は頭蓋骨に大きな力を及ぼすことになるからである(問5, 6.を見よ)。そして、これがある程度以上の大きさのときに骨が碎けるのである。このとき、この短い時間に石は仕事をするわけである。いいかえると、クマをたおすには、この短い時間にエネルギーを放出して仕事をしなければならないのである。ここで問題になるのは、エネルギーの大きさ自身ではなく、その放出能力だつたのである。このことは、§4.でもう一度ふりかえってみることにしよう。この能力を「仕事率」あるいは「動力」といっている。

人間は時間をかければ大きい仕事ができる。しかし、それだけの仕事を短い時間にすることはできない。そこで石という道具を使って、時間をかけてこれに位置のエネルギーを與え、そして命中の瞬間にこれを放出させて、その仕事でクマをたおそうとしたのである。ことばをかえると、石を使って大きな馬力を出したのである。馬力というのは、§10.で述べるように、動力または仕事率の単位であるが、短い時間に大きいエネルギーを放出して大きい仕事ができれば、ふつう、

\* 高い所から落ちてこなくとも、大きい速度で飛んできた石なら、仕事をなし得る状態になっていると考えられるであろう。このことは§4.で述べる。

馬力が大きいともいっているのである(問7.を見よ)。人間は短い時間ならがん張ればおとなで数馬力、ふつうに出すと1/10馬力より小さいそうである。しかし道具を使えば、少しずつためたエネルギーを一度に放出して、その瞬間大きい馬力が出せる(問8.を見よ)。こうして、原始人は仕事と仕事率の区別は知らなくても、道具を使って大きい馬力を出すことを実行しはじめ、これによって猛獣にもうちかったのである。

問3. 石の打撃を興える力は、その重さとどういう関係があるか。

問4. 石の目方と速度とをかけた積が大きいと、衝撃力はどうなるか。

問5. クマがふとんをかぶってくると、打撃の力はどうなるか。

問6. 高い所から飛びおろすのに、かかとからおりないでつまさきからおり、地につくまで足をかがめず、また、のびしきらないのはどういうわけか。

問7. 体重50kgの人が6秒で階段を3mかけ上がる時、馬力はどれだけか。ただし、 $75\text{kg}\cdot\text{m}/\text{秒} = 1\text{馬力}$ として計算せよ。

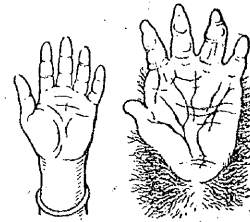
問8. 野球のボールを手で投げるより、バットで打つ方がはるかに速くへ飛ばすわけを考えてみよ。

このようにして、道具を使うと大きい馬力を出すことができる。しかし、それは仕事をする時間をちぢめるだけで、道具を使ったために仕事を拡大するというようなことはできないのである(§3.を見よ)。また、魔法のつえのように、何かとなえるだけで動きだすようなものもない。道具を動かすには、これに力を加え仕事をするものがなければならない。

このようなものを「動力源」という。人類は動力源として最初自身の肉体を利用したのである。

自然力を使いこなす程度が進むにつれて、しだいにその法則をはっきり知るようになり、それとともにこれを使いこなす力も一だんと進んでくる。このことは§3., §4. でもわかるであろう。力学を知ると、魔法でものを動かそうとした昔の人より、はるかに有効に動かすことがで

きる。また学問というものを知らない間は原始的な見方に縛られて、もののほたらきが正しくつかめなかったことから解放される。こうしてちえのほたらきは、自然力を使いこなすだけでなくものの道理をみる理性にまで発達する。これから機械を学ぶにも、この理性を発達させることがたいせつである。



第4図 これは人類とゴリラの手を比べたものである。人類が自然にはたらきかけることができず、ちえが発達したのも、じつに手の発達のおかげである。

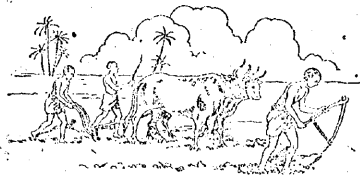
第5図 約50万年前の人類とみられる直立猿人。手はすでに作業専門の道具として発達し、もはやサルのように歩行を助ける機能ではなくなっている。



## § 2. 道具と産業

人類の発達しない間は、ほかのけものから身を守る武器が一ばんだいじな道具であった。またこの武器は食糧や毛皮を興える生産の道具でもあったのである。弓矢はその中で一ばん大きい巧みな発明であった。弓が発明されると狩が大じかけになり、やがて牧畜がはじまる。またこのころになると、有用な植物が栽培されはじめた。それで、簡単な棒のようなものでよいから、土を掘る道具が必要になってくる。こうして、それまでは天産物を拾ったり、狩りたてたりしていた人類は、食糧や必需品を生産するようになったのである。これによって生活は豊かになり、経済的に安定してきた。

土を掘るのに、はじめは木や骨でできたすきやくわを使って人力で耕していたが、のちには、このすきを牛に引かせるようになり、このため農業の生産がひじょうに増した。これこそ、人類が自分自身以外の動力源を使った最初である。



第6図 すきとくわ (想像図)

石器時代から金属を使う時代に移り、とくに鉄を使いはじめたから、文化がひじょうに高まった。ことに農業では、鉄の農具がで

て、かくだんの進歩をした。土を掘ったり耕したりする道具は一種の工作道具である。工作道具としては鋭利ですり減りにくいものが望ましいが、鉄がその目的に適當だったのである。すきやくわのあるものが木のふろの上に鉄のすき先や刃をつけているのは、この事情をよく示している。この時代から、農業と手工業が分かれていった。すなわち、鉄で農具を作る手工業が現われたのである。このことは、有史以前から農業と手工業とが切り離せない関係にあることを示している。すなわち、農業とけんか別れしたのではなく、これに必要な道具を作るものとして分かれていったのである。

この事情は今日でも同様で、ただ、昔は村や部落のような狭い範囲で分業が行われ、その範囲でほぼ自給自足が行われていたのである。今日では都市の大工業と農村が結びついている。また今日の工業は農村のためにだけはたらいっているのではない。水産業のための工業でもあり、またほかの工業のための工業もある。それで、今日進んだ國で、工業を伴わない農業國というものは、独立には存在しないわけである。

わが國の農業は、狭い土地から収穫をあげる点では発達しているが、機械化の点では遅れている。そのために、はたらく農民の数が比較的多い。ところが、農民やその家族も自分で作った食糧の相当量の消費者であることを考えると、このような農業はやがて行きづまる心配がある。耕作や種まき・刈入れなども機械化して人手を省き、動力を使って能率を高

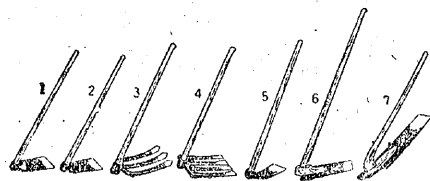
めるようにしなければならない。たとえば、耕作や刈入れ機械に畜力や内燃機関を使うとか、とり入れのあとしまつ・脱穀・精白に電力を使うとか、また、収穫物の加工を機械化するとかしないと、生産費が高くなって、世界経済の中で日本の農業が立ち行かなくなるおそれがあるのである。

|      | 農業者1人あたりの國民を養う力 | 農業者1人あたりの保有する原動力(人力も含む) | 農家1戸あたりの経営力 | 米1石あたりの所要労働力 |
|------|-----------------|-------------------------|-------------|--------------|
| 日本   | 2人              | 0.2馬力                   | 1町歩         | 10人          |
| アメリカ | 39人             | 13人                     | 60町歩        | 0.5~1人       |

問1. 水産業では、海の窟をつくりだしているのか。ただかり集めるだけか。

問2. 進歩した農業機械を農村で自給自足することはなぜできないか。

今日使われている農器具の二三の例がつぎの第7図にあげてある。その中で、くわのあるものは徳川時代になってできたものであり、この時代に日本の農業が進んだことを示している。このように、全体が固着していて一体となつて動くものを農業用器具といっている。これに対して第8図のブラウや

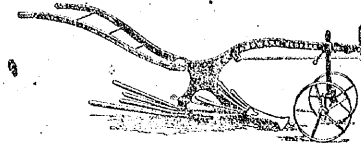


第7図 いろいろのくわ 1・2; 開鑿くわ, 3・4; 鋤中くわ, 5; 唐くわ, 6; 江戸くわ, 7; 野州くわ

ている。このように、全体が固着して一体となつて動くものを農業用器具といっている。

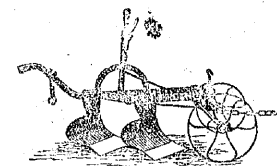
これに対して第8図のブラウや

バレイシヨ掘りとり機は車がついていて、軽くて作業がしやすくなっている。ブラウというのは洋式のすきで、



第8図(a) バレイシヨ掘りとり機

図はその一例である。このように各部分が固着しないでそれぞれ運動し、これらが協力して作業をしやすくしているものを農業機械という(なお§11.を見よ)。たとえば、第9図のような足踏



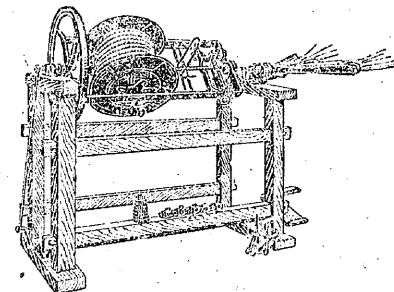
第8図(b) ブラウの一種

みなわなない機械があれば、これを使って、手でなうよりもどれだけ手ざわよく、速やかにできるかをためしてみよう。

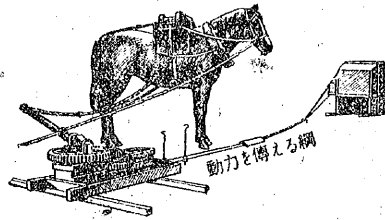
畜力の利用も昔に比べて進歩している。

つぎの第10図は畜力

原動機一種で、農馬の出力を1/3~1/2馬力とし、機械の効率(§3.を見よ)を50%とみて1/6~1/4馬力が得られるそうである。動力は、増速用の歯車をへてロープで傳達される。こ

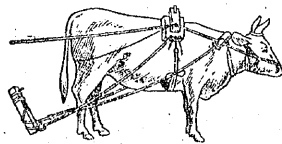


第9図 足踏みみなわなない機

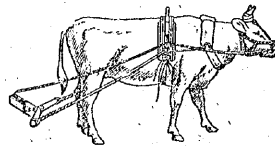


第10図 畜力原動機

れに対して、古代の  
使用法ではとりつけ  
る道具が悪く(第6  
図を見よ)、牛馬を苦  
しめて今日の1/3の  
力も出なかったらし  
い。



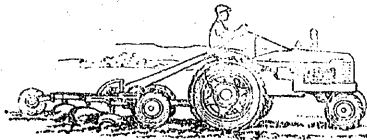
(a) 首引き胴引き併用法



(b) 肩引き胴引き併用法

第11図 牛のつなぎ方

農業の機械化を進めるには、どうしても原動機を使わなければならない。下の図はトラクターの一種である。トラクターは、耕作用や開墾用の機械をひっぱるだけでなく、肥まき・種まき・なかうち・草取り・とり入れなどにも使われる。またこれをすえつけて、ポンプや穀物・飼料調整機などの原動機として使うこともある。10トン前後の大型のものは無限軌道をつけているが、



第12図 トラクター

小型のものは鉄やゴ

おもな動力用農機具の普及台数

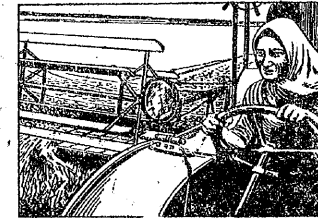
| 種 別     | 昭和2年  | 昭和12年  | 昭和17年  |
|---------|-------|--------|--------|
| 電 動 機   | 1103  | 66718  | 114649 |
| 内 燃 機 関 | 35773 | 202576 | 316544 |
| 水 力 機 械 | 37394 | 55422  | 78482  |
| 畜力原動機   | 33084 | 16743  | 4915   |
| 脱 穀 機   | 29820 | 128620 | 357129 |
| 麦すり機    | 39089 | 9909   | 24270  |
| もみすり機   |       | 107778 | 180278 |
| 精 米 機   | 25151 | 63465  | 155523 |
| 精 麦 機   |       | 11398  | 27488  |
| 製 粉 機   | 3264  | 10230  | 30356  |
| 各種揚水機   | 20413 | 83115  | 96001  |
| 肥料粉碎機   | 5841  | 5343   | 4478   |
| わら打ち機   | —     | 14369  | 25150  |
| なわな機    | —     | 44572  | 78771  |
| 動力耕転機   | 119   | 537    | 7436   |

(農林省調査)

ムの車をつけ、1トン以下のものもある。取扱いは自動車(「交通通信」参照)とほぼ同じであるが、小型のものでは、地上を歩きながら操縦するものもある。これはわが国の農業にむいているから、将来、盛んに使われるであろう。

上の表は、わが国で

原動機を使用しているありさまを示すものである。水力の利用については §10. で述べる。



第13図 トラクターを運轉するカムチャッカ住民の女。左に見えるのはこのトラクターの引いている作業機である。

問3. とうみでもみがらをより分ける原理をしらべてみよ。

問4. 第10図ではなぜ歯車で増速しているのだろうか。

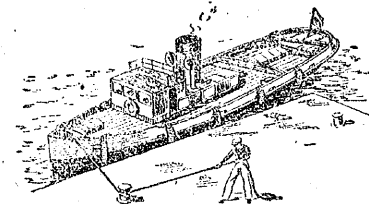
### § 3. ひ も の 力 学

なわ をかけて、しっかり荷造りしたものが、あとでゆるむことがある。しろうと のしたものにそれが多い。それは なわ の張力に むら があったからである。張力の大きい所とゆるい所があるときに、すぐに一樣にならないのは、途中に摩擦があるからである(問1, 2を見よ)。持ち運びしているうちに、なにかのありに なわ と荷物の間の圧力が減ると摩擦力も減って、張力が一樣になってゆるくなるのである。そこで、荷造りの こつ は一樣な張力をはじめからかけることである。なわ が荷物の表面に沿って曲がるところでは、摩擦があるために、手前は切れるぐらいに強くひっぱっても、先の方はたるんでいる。こんな状態で荷造りをするから、むら ができるのである。

まっすぐにひっぱった なわ は、はじめからおわりまで一樣な張力がかかっている。まっすぐにのばした なわ に張力を與えたら、すばやく荷物の角にあてがってから一休みする。腕力は瞬間的には大きく出せるが、長く力を出していると、力学的に仕事をしなくても疲れるものである。角にあてがうと、力をゆるめても、摩擦のおかげでその先には大きい張力がはたらいている。だから角にあてがう少し前にぐいとひっぱって一休みし、またひっぱって角にあてがうというふう

して、なわ をかけていくのである。

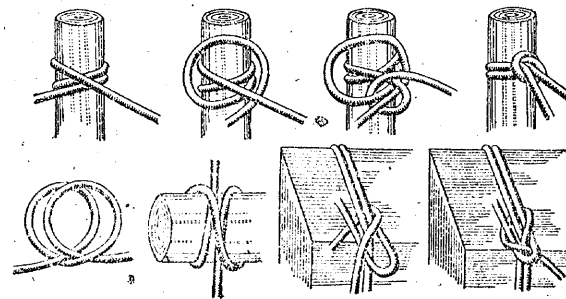
問1. ランチヤボンボン船を岸につけると、もやい綱を岸のくいに巻きつけてひっぱるわけを考えてみよ。



第14図 もやい綱

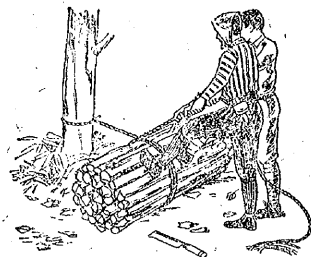
問2. 触れ合う面の間の摩擦力は、面と面との押し合う力とどのような関係があるか。

研究1. 綱にすがって登るとき、おもわず強く握りしめるわけ、および、手の中で一度滑らずともう止まらなくなるわけを考えてみよ。これからまた、滑りはじめたあとの摩擦がその前とどのように違うかをしらべてみよ。



第15図 なわ結び

## 研究 2. ひものいろいろな結び方を研究してみよ。



第16図 反作用

ものを縛るときに、2人でそれぞれ なの端を持ってひっぱることがある。そのかわりに なの一端を木に縛りつけて、この なのものをからげ、他の端を2人でひっぱると倍の張力がかかることになる。これは2人でひっぱる張力が立ち木にはたらき、立ち木が逆にこの なのをひっぱってくれるからである。すなわち、立ち木を利用すると木が2人分の力を出して加勢してくれるのである。この力を反作用という。そしてこの反作用は、はたらく力と大きさが同じで、方向が正反対である。



第17図 荷造り

ものを縛るときに、2人でそれぞれ なの端を持ってひっぱることがある。そのかわりに なの一端を木に縛りつけて、この なのものをからげ、他の端を2人でひっぱると倍の張力がかかることになる。これは2人でひっぱる張力が立ち木にはたらき、立ち木が逆にこの なのをひっぱってくれるからである。すなわち、立ち木を利用すると木が2人分の力を出して加勢してくれるのである。この力を反作用という。そしてこの反作用は、はたらく力と大きさが同じで、方向が正反対である。

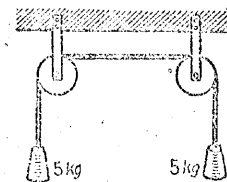
問3. 引きのばされた1本の ひもでは、張力はどうして一様になるのか。

問4. 兄弟で第17図のように なのかけをするとき、弟の力が弱くとも兄の張力に耐えられるわけ、および兄弟ともに足で荷物を踏むわけを考えてみよ。踏まないときはどうなるか。

問5. 甲乙2人でそれぞれ ひもの両

端を持ってひっぱる時、2人の力が違っていると ひも にうまく張力がかけられないことを示せ。

問6. 右の図のように二つの滑車を通して ひもの両端に 5kg の錘をつないでるとき、 ひも にかかる張力はいくらか。張力や力の単位にはよく重量を使え。

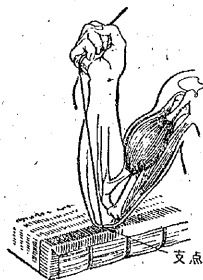


第18図 力と張力

張力をかけるとき、ひもがこの張力で切れないことが必要である。じょうぶな ひも というのは、この ひも を引き切る力、すなわち ひも の切れるときの張力が大きい ひも である。この力は ひも の種類によってきまるものである。じょうぶな ひも でも、これより大きい力をかけると切れるから、絶対的なものではない。弱い ひも でも力のあまりかからない所では、じょうぶだといえるのである。じょうぶな ひも に見えても、ひと所でも弱い所があると、ほかがどんなにじょうぶでもそこで切れる。このことは、綱を使って山に登るときなどに注意しなければならない。

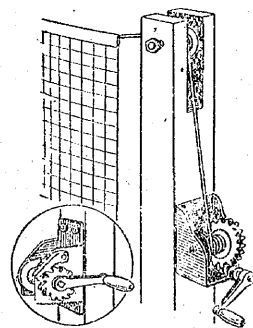
実験 1. いろいろの糸に錘をかけ、それをだんだんに重くして、切れるときの重さを測ってみよ。また同種の糸を何本か切って、その平均値を求めよ。

罎屋は縫糸をひっぱるときに ひじ を使う。これは二の腕の強い筋肉を利用するためである。腕を てこ としてはたら



第19図 墨屋の腕

下の図のようなラチェット歯車またはウォーム歯車のついた機械を使う。力を弱めると歯車で止まって、逆もどりを防いでいる。この自動的なはたらきが機械の特色である。



第20図 ネットを張る機械

\* 第27図 かいの使い方に見よ。

かせるためには、ひじが浮いていると、ここを支点として固定するためにほかの筋肉が余分にはたらかなければならない。ものを固定するために筋肉をはたらかすのは、前にも述べたように不利益である。また、使い慣れた強い筋肉以外のものをはたらかすのも不利益である。作業をするときには、この点に注意しなければならない。また、テニスコートでネットを張るときに、

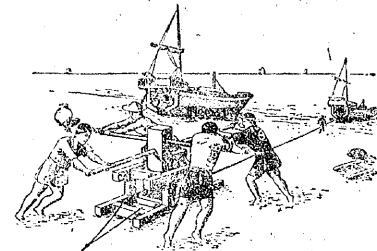
上に述べたところを一般的にいうと、ものをひっぱるときに、引きよせる場合と引かれるのをくい止める場合とがあるということになる。引きよせる仕事はからだのようなものでないといけないが、反作用で引かれるのをくい止める力は、歯車や、立ち木のような自

然物を使っても出せるのである。他方、くい止めるために筋肉をはたらかせるのは、それだけで疲れるから不利益である。すもうをとる人が四つに組んで動かない場合、力学的には仕事はしないが、ひじょうに体力を使っている。すなわち、

からだのする仕事 = 体内の消耗、

力学的仕事 = 0

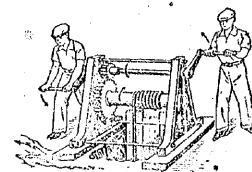
なお、多人数で綱を引くとき、呼吸が合わない力がそろわずものが動かないで、仕事もしないのに力を出すことが多く、骨折り損になる。したがって、輪軸や巻上げ機械を使わないで、人力をたくさん使って引かせるのは原始的なはなしである(巻頭の図を見よ)。綱引でも、みんなの力がそろったときだけその力は有効で、勝敗をきめるのはこの力なのである。



第21図(a) 輪軸

問9. 巻上げ機械や輪軸は地上に固定するが固定するはたらきが強いのに大きい力を出すとどうなるだろうか。

問10. からだのはたらかせ方に



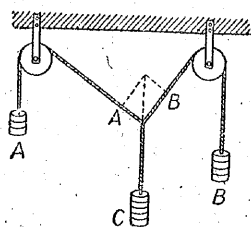
第21図(b) 巻上げ機械

はどういう注意があるか。体力のむだ使い (§ 1.を見よ) はどういふときに起るか。

問 11. 綱を引く人たちの呼吸が合わないために重いものが動きたさないと、その労力はどうか。

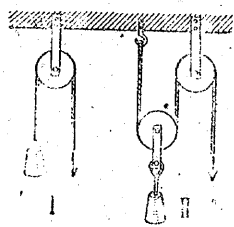
力の方角を変えるのに滑車を使うことがある。滑車にも軸受の摩擦があるが、車が大きくて心棒が小さいと、その抵抗は、§ 4. で扱うように、あまりきかないのである。

しかしこれを計算に入れると、ひもを引く側の張力は引かれる側の張力より少し大きくなる。



第 22 図 力の平行四辺形

実験 2. 図のようなしかけで重さの違う 3 箇の錘をつり合わせ、重さに比例する長さをそれぞれの糸の上にとって、A・B 2 力の平行四辺形をつくり、その対角線と C とを比べてみよ。



第 13 図 動滑車と定滑車

左の図の II のように、動滑車を一つ使うと、持ち上げる力が半分になる。これは 2 本の綱で引き上げるかたちになるからである。すなわち、同じ力が両方の綱にかかるので、綱をひっぱると、固定された他の端も

反作用として同じ力をはたらかせるのである。ここでも、自然をうまく利用すると、自然は力を出して加勢してくれる。

しかし、この力は仕事はしないのである (問 13.を見よ)。

仕事をするのは、この場合動力源である人間だけである。動滑車の昇る速度は、綱を引く速さの半分である。したがって、からだ が 1 秒間にする力学的仕事は、この時間に錘を持ち上げる仕事と同じである。いいかえると、

「機械や道具を使つたために、仕事は少しも得をしない。」これは「仕事の原理」である。ところで、綱をたぐる速さに比べて錘の昇る速さは小さいから、これを持ち上げる毎秒の仕事は小さくなる。すなわち、動滑車を使うということは、§ 1. で述べたように、作業をするときの馬力を人間の出し得る程度に小出しにすることである。

第 23 図の I でも、休み休み引けば馬力は小出しにできる。しかし、

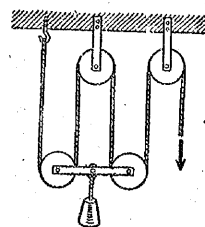
- (1) 荷物が重いと無理に大きい力を出さなければならない。
- (2) 休んでいる間も、錘を支える反作用で筋肉が疲れる。

ゆえに、力学的な馬力は同じでも、からだ は余計に疲れる。それで滑車による力の拡大率は、これをたぐる速さと、たぐる力の積が、ちょうどつぎのよい馬力になる程度にすればよいのである。

アルキメデスが、重いものを独力で動かして人を驚かせたのも、シラクサの防戦で大木・巨岩を落して よせて を悩ましたのも、この滑車を利用したものといわれている。

摩擦の抵抗を計算に入れると、滑車を使って仕事をするとき多少損をする。たとえば、第 23 図の I では、引く力のする仕

事より、ものを持ち上げる張力のする仕事の方が少し小さくなるからで、動力の何パーセントが傳達されるかという百分率を機械の「効率」という。



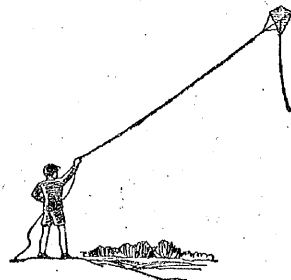
第24図 組合せ滑車

問12. 定滑車は何のために使われるのか。

問13. 動滑車にかかる綱の固定点の反作用の力は、仕事はしないというが、もしこれが仕事をするとすると、どういふ結果になるか。

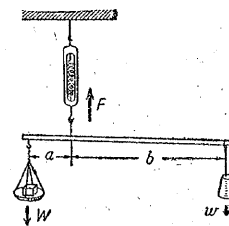
問14. 動滑車の数をいくらでも増してうまく組み合わせると、いくらでも大きい力が出せるか。

問15. 第24図で鍾を持ち上げるとき、糸をたぐる力を「仕事の原理」より求めて見よ。



## §4. 棒の力学

実験 さおばかりの支点をぜんまいばかりでつるし、そのさらにいろいろの重さのものをのせて、そのときの分銅のつり合の位置、およびぜんまいばかりの目盛りを読みとってみよ。



第25図 さおばかりのつり合

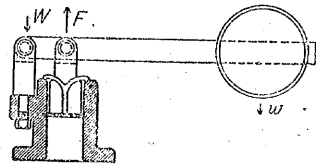
さおばかりでものを測るとき、つり合わないとさおが傾く。すなわち、さおの上のものの重さは、さおを傾けるはたらきを持っている。そして分銅の位置を左右してみるとわかるように、さおを傾けるはたらきは、分銅にはたらく重さ  $w$  と支点からの距離  $b$  との積で與えられる。この距離を「腕」といい、力との積  $bw$  を「回轉のはたらき」または「回轉能」という。

さらの方の回轉能は、重さを  $W$ 、腕を  $a$  とすると  $aW$  となる。したがって、つり合うときは、

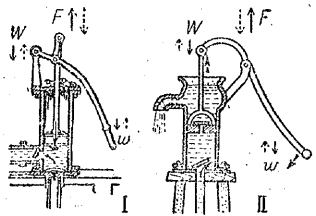
$$aW = bw$$

また支点にはたらく力を  $F$ 、さおの重さを小さいとして計算に入れないとすると、

$$F = W + w$$



第26図 (a) てこ安全弁



第26図 (b) ポンプの柄

さら とか支点とかいう 考  
えを離れて見方を変えると、  
 $W$  と  $w$  と  $F$  の平行な三力  
が棒にはたらくているとき、  
上の関係があるのである。

たとえば、てこ安全弁の  
レバーでは分銅を  $w$ 、支点  
にかかる力を  $W$  とすると、  
弁にはたらく力は  $F$  となる。  
また左の図Ⅱの吸上げポン  
プでは腕の力を  $w$ 、ピスト  
ンにかかる力を  $W$  とすると、

支点に加わる力は  $F$  で、これは柄の上げ下げで変化する。こ  
こで  $F$  を  $W$  と  $w$  の合力という。

問1.  $w$  を  $F$  と  $W$  の合力と考えるとき、

$$w = F - W, \quad bF = (a+b)W$$

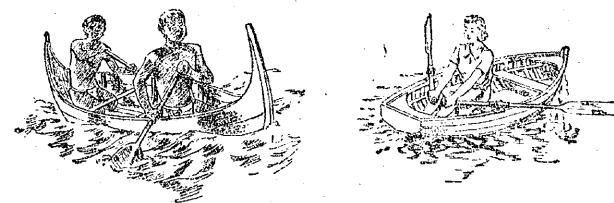
となることを示せ。

問2. 上の図で、ポンプのピストンにはたらく力は上向きであるのに、柄に  
はたらく力は下向きに書いてある(実線)のはなぜか。

問3. ポンプの柄の持ち所で、力学的仕事に損得があるか。また、体力の使  
い方に違いがあるか。

問4. 滑車の軸に摩擦があっても、車が大きいくほどその抵抗はきかなくなる  
ことを示せ。

ただし、てこを使うときは、その棒がじょうぶで折れないことが必要である。また、その支点が壊れないことが必要である。ビールびんを支点にして、むやみに重いものを持ち上げることはいできない。じょうぶな棒という意味は、前にじょうぶな ひも について述べたのと同様である。



第27図 かい の 使 い 方

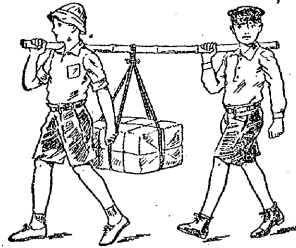
私たちは てこ を使うときにも、支点を支える はたらきに筋肉を使わないようにする必要がある(第19図を見よ)。たとえば、土人は舟をこぐのに、両手で かい を持つが、そのうち片手は支点の はたらき しかしていないことが多い。支点を支える腕は、力を出すため無益に使われているのである。ふなべりを支点にすれば、両手でこぐことができ、支点はふなべりが支えてくれる。ここでも自然が私たちを助けてくれるのである。じっさいに かい を使ってみて、ふなべりと手の握りの距離を変え、自分の体力に合う所を求めてみよう。

研究. 骨格と筋肉の はたらき を力学的にしらべてみよう。

(「からだ」参照)。



第28図

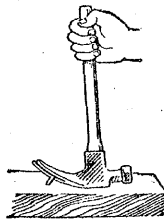


第29図 もっこ

問5. 小刀の刃先だけでは力が入れにくい、これに柄がつくと使うときにぐらつかなくなり、力もいれやすくなるわけを考えよ。

問6. 第28図のように、棒をつなぐときに、縛る2点の距離を少しあけるのはなぜか。

問7. 第29図でもっこをかつぐものの肩と荷物の距離が3:5である。それぞれの肩にかかる重さの比を求めよ。



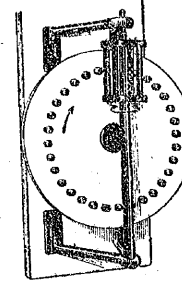
第30図 くぎ抜き

くぎ抜き や やっとこもてこの應用である。くぎが抜けるか抜けないかをきめるのは、力であって、仕事の量ではない。くぎと木の摩擦力にうちかつ力さえ出ればくぎは抜けるのである。

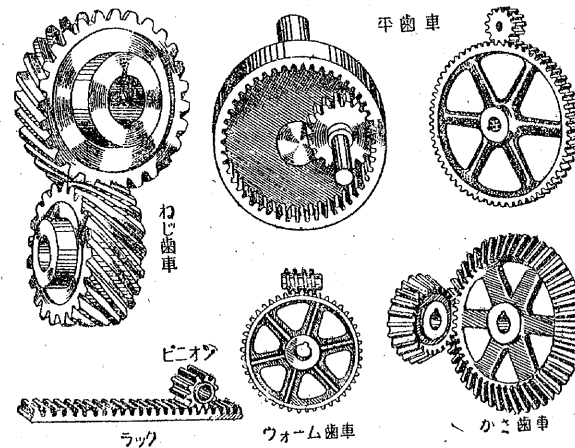
やっとこの場合は、これではさむ圧力が問題になる。これが大きければ摩擦力も大きくなり、はさんだものが滑らない。このように力の大きさが決定的な場合には、人間が出すことのできる力を大きくすることがたいせつである。

歯車も発達過程を見ると、ピン車のように棒を組み合わせたもののように考えられるから、歯車を使って減速するの

は、やはり棒の力学の應用である。そして、減速すれば力が大きくなる。また今日では、歯車を削る技術も進歩し、また、歯の形も、面のあい方が絶えず1点で触れ合っておたがいにすれ合わないものもできている。これを 轉がり接触 といい、摩擦の損失を避けることができる。轉がり接触は歯車以外の機械の部分でも行われている。くい違い車(とびらのカットを見よ)もこれの例である。

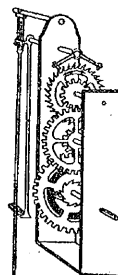


第31図 レオナルド=ダ=ビンチのピン車



第32図 歯車

人の出せる力の大きさに限りがあるように、電気や蒸気を使う原動機の出す力にも一定の限りがある。したがって、これを直接はたらかせたのでは不利なことが多い。それで大きい力を出したいときは歯車を使って減速し、望みの力を出すようにしている。また、ベルトで減速することもある。



第33図 柱時計

問8. 歯車を使って減速すると力が大きくなることを、「仕事の原理」より導いてみよ。

問9. 歯車の刻み円の直径を $D$ 、ピッチ（第34図、ただし円周に沿っての長さ）を $p$ 、歯数を $n$ とすれば、

$$p = \frac{\pi D}{n}$$

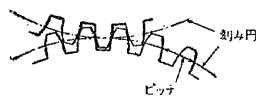
となることを示せ。ただし、 $\pi$ は円周率である。

問10. 左の図の時計では、分針を動かす歯車は書いてない。これがはいるとすると、どのようにはいるか。また、歯車の歯数の間の関係は、どうなっているのだろうか。

問11. 動力伝達の方法をあげてみよ。

問12. 自転車のチェーンの張力は上になった部分と、

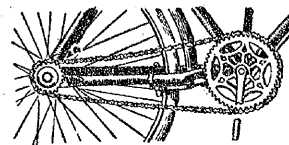
\* これは1回轉で仕事をするために出す力で、タービンではこれが小さい。ただ1秒間の回轉数が多いので、馬力は大きくなる。



第34図 刻み円とピッチ

\*\* 歯車は見方によっては、たがいに接触しながら回轉し合う二つの円周に関係させて歯を刻んだものと考えられる。この円をその歯車の刻み円という。

下の部分とで違うだろうか。



第35図 チェインと張力

鉄管にはめるナットをしめるために右手でスパナをまわすとき、鉄管が動きやすければ、左手で押さえないといけない。左手で押さえないと、ナットの部分が右手の力で動いて、これでは回轉力が出ないのである。左手で押さえた力で鉄管が動かなければ、右手と左手の力は、大きさが同じで方向が反対になる。この二つの力が組になったものを「偶力」といい、これによってナットは回轉するのである。つまり偶力とは、大きさが同じで方向の正反対な力が、ある距離をへだててはたらいっている場合をいうのである。そして、ものを回轉させる はたらきはあるが、上の例でわかるように、ものを動かす はたらきはまったくない。また、この回轉の はたらきは、力の間の距離と力の大きさとをかけ合わせたものになるのである。

最後に かなづちの はたらきを考えてみよう。私たちは棒を通して つち に力を加える。この力のために、つちは大きい速力を得る。いいかえると、私たちのした力学的仕事がつちの運動に変わったと考えられ、これを「運動のエネルギー」という。逆に、運動のエネルギーを持っているものは、ほかのものにはたらい仕事をする事ができる。これもじっさいに見聞きするところである。

打撃の効果を考えると、§ 1. で述べたように、エネルギーだけではきまらない。いま、くぎの頭にあたったとき、これに及ぼす力は、速度が同じならつちがくい止められるまでの時間にほぼ反比例する。ゆえに、壁の上で板にくぎを打ったのでは、この時間が長くなってききめがない。敷石の上に置いて打てばよくきくのである。また、この打撃は§ 1. にも述べたように、つちの速度と重さに比例する。したがって、重いつちならば、速度が小さくても打撃がきくので、仕事はらくである。くぎを打つときにきくのはこの力で、すなわち、くぎと木の摩擦力にうちから、また、組織を壊すだけの力があれば打ちこまれるのである。この力が小さいと、エネルギーはあっても、くぎ打ちには利用できない。くいを打ちこむときも同じである。大きなつちを使えばらくに打てるものが、小さなつちでは仕事はかどらない。

運動のエネルギーは速度の2乗に比例するので、大きな速度を與えれば、小さいつちでも大きなエネルギーが持てる。しかし、打撃の効果は速度に比例するので、小さいつちではエネルギーは多くてもききめは少ないのである。効果がないうち、そのエネルギーは有効に利用されない。つまり、くぎやくいを打ちこむのに有効な馬力が出せないのである。

バットも、かなづちとほぼ同じで、その運動のエネルギーをボールに伝える。バットを振るために手が仕事をする時間は、ボールを手で投げるときにボールが手を離れるまでの時

間より長い。それだけ仕事が多くできるわけである。それで、§ 1. に述べたこととも考え合わせて、手で投げるより有利であるといえる。こん棒のききめも、これと同様に考えられる。

高みから落ちてきた石は、大きな運動のエネルギーを持っているが、逆に、この運動のエネルギーを持った石がまっすぐに昇ると、高みに上がることができる。すなわち、重力に抗して仕事をして、石に位置のエネルギーを持たせることができる。したがって、石が高い所から落ちるときに、その位置のエネルギーが運動のエネルギーに変わるのである。ゆえにまた、高い所から落ちてこなくても、運動のエネルギーさえ十分に持っていれば仕事はできるのである。

問 13. 地上5mの10kgの石と、地上10mの5kgの石とで、地上に落ちてきたときの運動のエネルギーは同じであろうか。

問 14. 上の問の二つの石が地面にあたるときの速さの比を求めよ。

問 15. 問 13. の二つの石が地面にあたるときの打撃の効果は同じと考えてよいであろうか。

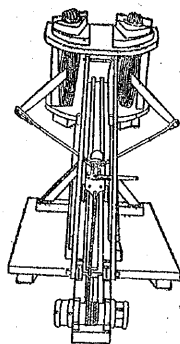
問 16. 割れやすいものを綿で包むのはなぜか。

問 17. 打者がから振りすると、バットとともにきりきりまいするのはなぜか。

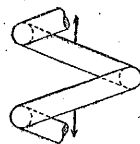
問 18. バットとかなづちのはたらきを細かく見ると、少し事情の違うところはないか。

\* バットは長いから、ボールを投げるときより大きい力を出してゆっくり動かすことになるからである。各瞬間の馬力は両方等しくないが、同じ程度と見ると、たいざい 仕事 = 時間 × 馬力 となる。

## § 5. 棒の弾性



第36図 石投機

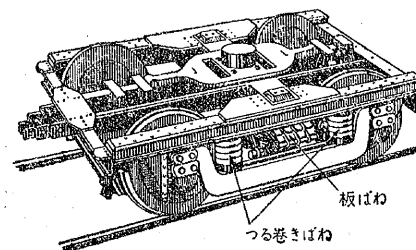
第37図 つる巻き  
ばねの棒のねじれ  
を示す。わかりや  
すいために途中を  
(じっさいには曲  
がっているが)直  
線であらわしている。

棒の弾性を利用した古い発明は弓である。弓を引くときには仕事を加えるが、もとにもどるときに弓はその仕事を行って、矢を飛ばせるわけである。したがって、引き絞られた弓は、位置のエネルギーを持っている。のちになると弓が発達して、石を投げたり大きい矢を飛ばす機械ができた。おおぜいの力で引き絞って手を離すと、あとはそのエネルギーが短い時間に放出され、すなわち大きい馬力

を出して、石に傳わるのである。アルキメデスがシラクサを守るときに用いたカタパルトのもこの図のようなものであったろう。わが國では應仁の乱に用いられたという話がある。

棒の弾性は、車のばねとして用いられる。これとともに「つる巻きばね」も車に用いられている。つる巻きばねは、棒を曲げて作ったものと考え、のびちぢみするときに棒がねじれることになる。それで、これは棒の「ねじれの弾性」を利用したものといえる。

ばねは機械の  
だいじな部分品  
で、材料も優良  
な炭素鋼や特殊  
鋼(§17.を見よ)  
が用いられてい  
る。

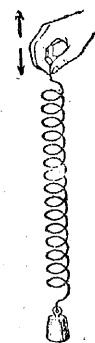


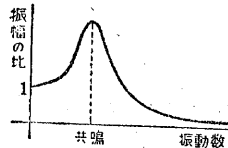
第38図 電車車輪部

汽車や電車が  
走るときに、車は激しく上下するが、車体はほとんど上下しない。これは車のばねのおかげである。その原理を実験で確かめよう。

・実験 長いばねやゴムひもの先に錘をつりさげて、上のところを持って上下させてみよ。そのとき、振動の周期が1秒より長いくらいがよい。そのためには、錘をなるべく重くし、ばねを長くする必要がある。

いま、上の端を手を持ってごくゆっくり上下させてみると、ばねはほとんどのびちぢみしない。したがって、錘は手と同じ振り幅で上下するわけである。すなわち、手と錘の振り幅の比は1である。だんだんせわしく上下させてみると、錘

第39図  
振動の傳達



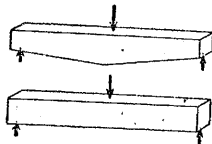
第40図 共振曲線

の振動は大きくなる。そして、ある振動数の附近でごくわずかに手を上下させても、錘は激しく上下する。これを「共振」という。これをこえて振動数を増していくと、錘の振り幅はだんだん小さくなる。ことはをかえると、振動数をずっと高くしていくと、錘と手との振り幅の比が零に近づいていく。

この共振の起る振動数は、錘をしぜんに振らせたときのものに近い。このしぜんの振動数を「固有振動数」という。

これは振動するもののおもしろい性質で、また振動を防ぐ装置にも用いられる。たとえばばねで支えてある車体がそれである。これはごくゆっくり振動するようにできていて、それを支える車輪がせわしく上下しても、その振動は車体にはほとんど伝わらないのである。

問1. 時計の振子が絶えず振動を続けていけるわけを考え、また、そのしかけをしらべてみよ(第33図を見よ)。



第41図

問2. 時計を動かす動力は、ふつう何であるか。

問3. 第41図のように、角座の材質や体積が同じで形が違っているとき、矢印のような力がはたらくとどちらがじょうぶか。

問4. 天びん棒の形をしらべて、その利点を

考えよ(第44図を見よ)。

問5. 車のばねが第42図のような形になっているのはなぜだろうか。



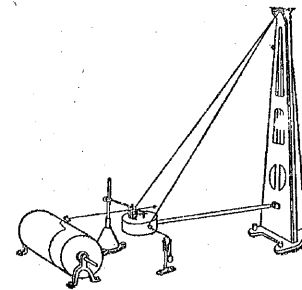
第42図 板ばね

問6. じっさいの機械では、ばねほどのような部分に用いられているか。

問7. 車体の固有振動数をもってゆれることがすぐわかる機会はないか。

研究1. そうとうに長い細い針金の先に円筒をつるし、これを水の中に浸して針金の上端を一定の速さで回転させ、つぎにこの回転を止めたとき、下の円筒が止まるまでのようすをしらべてみよ。これから、軸によって動力を伝えるとき軸は動力の大きさに比例してねじれることを説明せよ。

地震計は振動傳達の原理の應用で、重い錘が地面に支えられてごくゆっくり振動するようにできている。それで、地面が地震でゆれても錘にはあまり伝わらない。これに針がつけられている。ところで、図の円筒は地面とともに動くので、その上にはりつけてある紙に、針が振動を書き記すのである。



第43図 地震計(水平動)

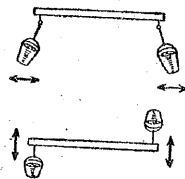
天びん棒は、単純なこの原理の應用に見えるが、棒のしなりがたいへん問題なのである。これは軽くてよくしなって、しかもじょうぶなよ



第44図 天びん棒

うにできている。これをついで歩くと、肩がゆれるにつれて棒の弾性と荷物の重さで振動が起る。もし、この振動の周期に合うような歩調で歩くと、共鳴が起ってかついで歩きにくくなる。ところが、足を小刻みにしてせわしく歩くと、肩はせわしく上下して、棒も中ほどは上下するが両端はほとんど動かない。したがって、荷物も動揺しないから比較的らくにかついでいける。

天びん棒は、日本の農業では驚くほど大事な役目をつとめている。たとえば、田畑に肥料を運ぶのに車はあぜ道にはいらないし、重いものを手でさげると不自然なしせいになって疲れる。天びん棒がなかったら、肥料が十分に運べないことになってしまう。したがって、これは大きな発明であつたに違いないが、こんな原始的な棒に頼りきらなければならない日本の農業は、進んでいるとはいえないのである。

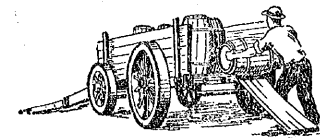


第45図 縦ゆれと横ゆれ

研究2. 水おけを、天びん棒でかついで歩いてみよう。また、おけの縦ゆれや横ゆれを防ぐにはどうすればよいか。また、縦ゆれや横ゆれと上下振動と関係はあるだろうか。

## § 6. 斜面とねじ

荷物を高みに運ぶのに、足場を組んで斜面を利用することがある。斜面を利用しても、その高さまで持ち上げる仕事はしなければなら



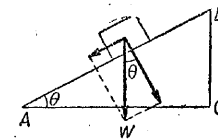
第46図

ないし、そのうえ摩擦があると余分の仕事をしなければならない。しかし、これによって人間に出せる力で荷物を押し上げることができるのである。荷物の重さを  $W\text{kg}$  とすると、右の図の斜面  $AB$  に沿って滑り落ちるのを支える力は、

$$W \times \frac{BC}{AB} = W \sin \theta$$

第47図

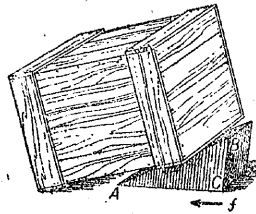
となり、坂がゆるいと、この値は小さくなるのである。



問1.  $BC$  なる高さへ荷物を持ち上げる仕事は  $W \times BC$  となることを示せ。

問2. 荷物が斜面に垂直に及ぼす力は  $W \times \frac{AC}{AB} = W \cos \theta$  となることを示せ。

研究1. 重いものの下にくさびをいれて、 $f$  なる力を加えて持ち上げるとき、持ち上げる力（地面に直角）は、 $f \times \frac{AC}{BC}$  となることを考えてみよう。くさびは実生活で、ど



第48図 くさび

のようなところに應用されているか。

汽車がある高みに登るのに、線路はまわり道してもこう配をゆるくしてある。これは坂が急だと回転数が小さいのに大きい馬力を出そうとするため、蒸気機関の効率が下がり (§12. を見よ)、全力をあげて蒸気を起しても馬力が出なくなるからである。自動車では、かなりの坂でも登ることができる(「交通通信」参照)。電車も同じことである。しかし、急坂になると車輪の線路を押す力が小さくなり、ついに摩擦がきかなくなる危険がある。坂を人間が登るときは、自動車路よりも少し急坂をとって、歩く距離を少なくする方が有利である。

汽車でも自動車でも、坂を下るときは制動機をかけるから、せっかくの位置のエネルギーを半ば利用できない。登るときはそれだけ余分に苦勞したので、途中に坂があって、登っておりるときは、余分のエネルギーがいつて損である。

\* 摩擦がきかなくなると車を進める力が出なくなり、ブレーキをかけても車輪が止まったままで滑り落ちる。これに似たことは、冬の凍りついた路で自動車が制動をかけたときに起り、車輪は止まったままで前進してよく事故を起す。車が軌道上を回転し、しかも軌道との間に摩擦のあるということは、機関車のほじめてできたころの人々にはふしぎだったのである。

問3. 自転車のタイヤの空気が抜けると抵抗が増して、こぐのに骨がおれ。また、地面の衝撃が激しくこたえるのはなぜか。

問4. 列車が急坂を登るとき、摩擦のきかなくなる危険を防ぐために、どんなくふうがされているか。

けわしい坂に立つと、からだは山側に傾くものである。こういうしせいで動くと、右の図の角度 $\alpha$ が小さくなり、足が斜面を垂直に押す力が弱くなって摩擦も減る。

一ばんに、触れ合う面の間の摩擦は、面と面との押し合っている力に



第49図 けわしい坂

比例するという法則がある。足の裏が谷の方に滑らないのは、この摩擦力のおかげであるのに、山側に傾いたしせいでは動くためにこの足をふんばると、斜面に沿って谷の方へ大きい力がかかる。ことに、山に傾いた上半身の安定を手で保とうとするときは、自分で足を踏み滑らせる機会をつくっているのである。また、このような場合は小刻みに歩く方がよい。大またに歩くと、平地でも滑りやすい所では足を踏み滑らせる原因となる(問5, 8. 参照)。

上の摩擦の法則は、面と面とが滑り合っているときにも行われる。たとえば、スキーで制動をかけながら斜面を斜めに滑りおりるとき、からだは谷に傾くくらい谷足に体重がかかるようになると、制動がきいて安全に滑りおりることができ

る。初心者は、よく第50図のように谷足がのびてからだ山に傾くが、これは不安定なしせいである。

問5. 大またに歩くと、なぜ滑りやすいか。



第51図 半制動回転  
斜滑降より斜滑降へ

研究2. スキーの全制動回転、あるいは半制動回転で、回転力の起るわけを研究してみよ。

右の図のように、三角形の紙切れを棒に巻きつけるとらせんが得られる。ゆえに、ねじのはたらきは斜面、とくに

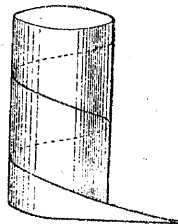


第50図 半制動滑降

問6. スキーで坂を登る場合、あと滑りしはじめたとき前こごみになると、なおよく滑るわけを考えよ。

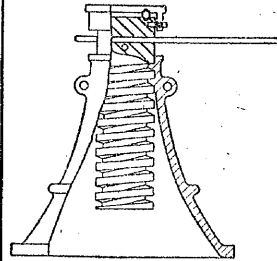
問7. スキーで坂を登るとき、両づえを強くきかすと、そうとうの坂でもあと滑りしないでかけ上がるわけを考えよ。

問8. 上の5, 7. の問より、斜面と摩擦力の関係を一般的に考えてみよ。

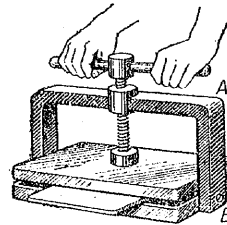


第52図

くさびの利用と同じように考えてよい。



第53図 ジャッキ



第54図 グレス

な孔をあけておくとよいが、これが大き過ぎるとどうなるか。また、木材が硬いときには油を入れるとらくになる。そのわけを考えよ。

問14. 第55図のように、万力で材料を強くしめつけて工作するのは何のためか。

問15. ナットでしめつけるとき、

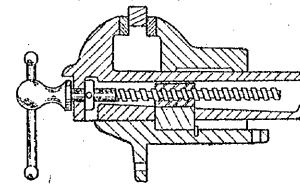
問9. ジャッキ棒の長さを120cm、ねじの歩みを4mmとして、棒の端を20kgの力で押すとき、どれだけの重さのものが持ち上げられるか。また、手を離れたとき重さで逆回転せず、しぜんに止まっているのはなぜか。また、それにもかかわらず、棒を、まわすとともに回転するのはどうしてか。

問10. ねじが螺旋によって抜けもどらないことを、じっさいにどのように利用しているか。

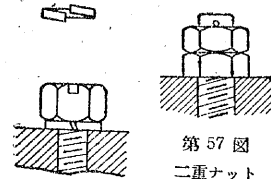
問11. 左の図のような装置でねじをまわして圧力をかけるとき、ABの部分に張力がかかるのはなぜか。また、この部分の強さがたりないとき、強い圧力がかけられるか。

問12. ねじくぎの頭のみぞがすりつぶれるのは、どういう原因によるものだろうか。

問13. ねじくぎをさすとき、きりで適当



第55図 万力

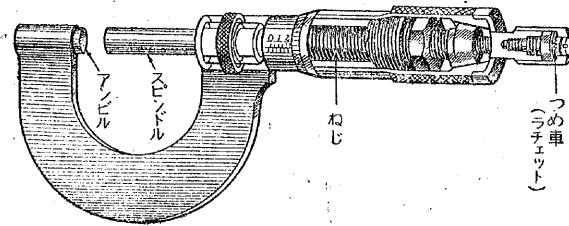


第56図  
スプリング座金

二重ナットを使ったり、あるいは、ものとナットとの間に座金を入れることがある。これはなぜか。もし入れないとどうなるか。

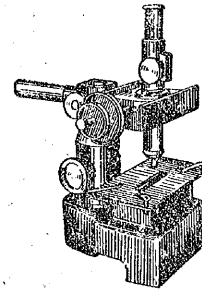
第57図  
二重ナット

ねじの一つの大きい應用は、精密な測定や位置の細かい調節ができることなどである。下の図はねじ測微計といわれるもので、とり手を一まわりさせると、ねじのはたらきで1mm前進する。回転の角度を示すダイヤルは100等分されていて、これを測ると、1mmの1/100の細かいところが読める。ところで、針金の直径を測るときいくらでもまわしていくと、大きい力で針金を押しつぶすことになる。それだけではすまないで、その力の反作用による大きい力が雄ねじと雌ねじの間にかかり、これを無理に回転させると、精密に工作されているねじの面をすりつぶすおそれがある。それでとり手



第58図 ねじ測微計

\* 1/2mmの歩みのものもある。実物を手にとってしらべてみよ。



第59図 コンパレーター

には遊びがついていて、図のスピンドルが針金に触れた所で回転に対する抵抗がふえると、つめ車が空転するようになっている。

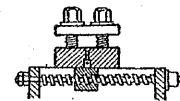
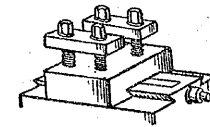
なお、顕微鏡を直立させ、これを精密なねじで左右に動かしながら長さを測ろうとするものにコンパレーターがある。

目盛り機械では、カッターを一定の距離をおいてはたらかせるが、この距離をきめるのも精密なねじによって行われる。

旋盤をはじめ、工作機械では刃物を送るのにねじを使っている。ねじをまわして、刃物を精密に望みの位置へ置いてはたらかせて、精密な工作をする。これを「送り台」といって、送り台の発明はあとに述べるように、機械や産業の発達の中でも大きいものである。

このような精密なねじはまた、工作機械の進歩によって作られたもので、手先の器用さや熟練さの及びもつかない仕事である。

測微計の目盛りを読むのに副尺のついているものもある。副尺の読み方は、ノギスについて

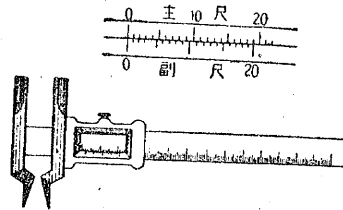


第60図  
英式旋盤刃物送り台

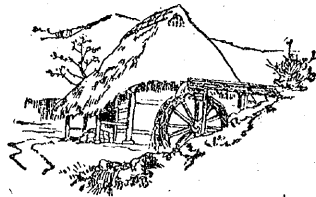
その原理を考えてみるがよい。  
ついでに、ノギスの使用法も  
考えてみよう。

ノギスは、いろいろな軸や  
管などの内径や外径、または、  
厚さなどを測るのに用いられ、  
簡単に比較的正確な寸法が得  
られる。第 61 図のようなもの

のほかに、孔の深さも測れるものもあり、その精度は約  $1/20\text{mm}$  である。



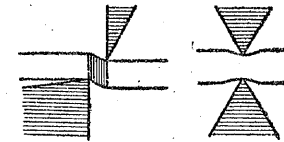
第 61 図 ノギスと副尺



## § 7. 刃物と工作

古代の石器が鉄の刃物に変わるとともに、工作も進んで複雑となり、各種の刃物ができるようになった。その原理は昔もいまも同じで、局部的に大きい応力を起させて、望みどおりの破壊を起させていくのである。たとえば、はさみは上下の刃でずれ応力を起させて

たち切るし、針金切りは上下の刃で押しつぶしていくので、切口を見ると、同じ針金をはさみで切ったときと違っている。すなわち、この応



第 62 図 はさみと針金切り

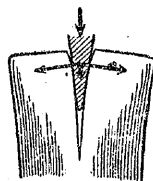
刃の間にきられる部分（図の縦線をひいた）がはいて、小さいすき間ができる。

はさみでは2枚の刃の間に、大きなすき間のないことが必要で、たとえば紙を切るとき、紙が刃の間にはさまるようでは必要なずれ応力は起らない。刃が丸くなってはいけなが、角度が小さいことは必要ではない。しかし、厚いものを切るときは両方の刃がくさび形に食いこんでいく。このため、どちらかの刃はとがっているのがふつうである。

小刀で削るときは局部に大きな圧力（間 1. を見よ）とともにずれ応力を起させて、木のせんいをたち切ることになる。

大きい力かけると、刃も反作用で大きい応力を受けて、変形したり、すり減っていくから、質の良い はがね を使うことが必要になる。また、硬いものを切るものほど大きい反作用を受けて、刃にできる応力も大きいから、かみそりのようす刃のものは使えない。なた や あ の になると、衝撃を與えるため、じょうぶで、また、重さを持たせるように、刃がぶ厚<sup>＊</sup>くなっている。うすければ刃先が(大きい応力で)変形したり摩滅したりする以外に、衝撃で刃が欠ける。さらに、石工の のみ になると、ほとんど刃はついていないように見える。くわ のようにすり減りやすい使い方をするものでは、切れ味よりその対策が必要になる。すなわち、硬度が高いとともにすり減りにくい材質が望ましい。

刃物には「焼き」がはいっていて、これは形とともにだいたいな性質である。はがね は高温から急冷すると、硬くなってつごうのよい性質を持つようになる。これを「焼き」を入れるというので、くわ の刃のようなものにまでははいっている。「焼き」の入れ方で切れ味はよくなるが、刃がもろく欠



第 63 図 まき割り

\* 弾性変形ではなく永久変形になる。永久変形の起りにくいものは、一ぱんに硬度が高い。硬い金属や岩石を工作するには、特殊鋼・炭化タンガステン・ダイヤモンドなど硬度の高いものを刃物に使う。

\*\* 左の図のように力がはたらいて、材質を引きさく力はくさび型の面で、その刃先の圧力で起るので、はない。

けやすくなる。

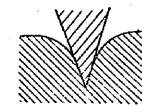
問 1. 刃の物体に触れる面積を  $S$ 、力を  $F$  とすると、面に加わる圧力は  $F/S$  となることを示せ。また、刃をとぐと  $S$  はどうなるか。

第 64 図  
刃先の圧力

かま の使い方は、ただ刃で押すのではなくて、引き切るのである。圧力を受けたうえに引かれると、そのま下が大きいずれ応力を受けて破壊しはじめるのである。草のようななびきやすいものや、肉や魚のような軟らかいものも、刃で押すだけでは大きい圧力が起りにくく、切れないのである。小刀で けが をするときも、刃が ひふ をこするときが大きい。ただ押すのなら少しぐらい強く押しても きず はつかない。かみそり のうすいのは 引き が與えられないからで、かつ、軟らかい かみの毛 を少し押すだけで、大きい応力をかけることが必要だからである。相手が硬いと反作用も大きく、したがって、両方に起る応力も大きくなるから、小刀ではこんな うす刃 は使えず、またその必要はなくなるのである。

問 2. かみそり は硬い ひげ をそるのに、軟らかい ひふ を切らないわけ、

\* 軟らかいと破壊しないで、右の図のようにくぼみ、刃の側面を交えて、いわば、問 1. の  $S$  が大きくなったようなものである。

第 65 図  
軟らかいものと刃先

ひふに石けんを塗るわけ、安全かみそりがひふを削らないのに、かんなが木を削るわけなどを考えてみよ。

問3. 荒地を耕すのに三つまたくわを使うと、どのように有利であろうか。

問4. かまの刃の湾曲しているわけを考えてみよ。

問5. さしみぼうちょうと出刃ぼうちょうでは使い方がどう違うか。

問6. 削りたての鉛筆は書きやすいが、丸味がつくと、力を入れなくては書けなくなるのはどうしたわけか。

問7. のこぎり刃のつけ方に、一つおきに運っているものがある。そのわけを考えてみよ。

研究 パリカンのはたらきを研究し、かみ引きの起るわけを考えてみよ。



第66図 手  
まわしドリル

きりは三つ目ぎりでも四つ目ぎりでも、その角がたいせつで、これが丸味をおびると用をなさない。きりをもむのに、軸が空間に直立して回転するようにもむには熟練を要する。へたにもむと軸がぐらついて先をいためる。手まわしのドリルを使うと、たいした熟練を要せず、また、歯車で増速するために少ない努力でらくに孔があけられる。熟練を要しなくなることは機械の特色である。

きりを使っているうちに、きりが熱してくる

ことも注意すべきである。<sup>\*</sup>原始的なきりでは、とくにこれにはなはだしいから、木くずがしぜんにくすぶりはじめたことはしばしばあったに違いない(「火」参照)。

だいくや石工のような職人は、道具をたいせつにする。つねに、さびつかないようにしっ氣や水分を防いでいる。農夫はまた、くわにどろをつけたままにしない。どろの中には塩類があり、また中性でないものもあり、つけて置くといためるからである。家庭の器具でも、使わないときはうすく油を塗って置くがよい。わずかの油でもよくすりつけると、ひろがってうすいまくをつくるので、油のつかない部分とはっきり色が違う。このようにしてさびを防ぐのである。また、刃物を直射日光にさらすようなこともよくない。日光で熱するくらいの温度でも、「焼き」が少しずつもどるのである。

刃をとぐのは、使っているうちに摩滅して丸味をおびるからで、とぐときぐらつかせないことがたいせつである。ぐらつくと刃が平面にならず、かつ、丸味がとれない。

問8. きりの軸は太い方がもみやすいのはなぜか。

問9. たき火のおきや炭火を、スコップですくってはいけないというがな

<sup>\*</sup> 工作機械で切削油を使うのも、一つには冷却が目的である。

<sup>\*\*</sup> 「焼き」を入れた(はがね)をある温度以上に加熱すると軟らかくなり、常温になっても「焼き」のとれた状態になる。これを、もどすという。

ぜか。

問 10. 片刃の刃では表の面はとぐが、うら側は軽く二三度こする程度にするのはなぜか。小刀などをとぐとき、柄をにぎる小指に力を入れることがたいせつなわけはどこにあるか。

問 11. くわの刃もときどきとぐ必要があるのはどういうわけか。

刃物では望みの部分を望みのとおりには壊すのが目的である。扱い方が悪いと、木が割れたり、ひびがはいったり、望ましくない所を壊すことになる。また、道具の扱い方で、壊したくない所が壊れる。

つゆどきにしめって引出しなどが重くなると、引手を壊すことがある。引手は無理な力をかけるようにはできていない。ゆえに、これに無理をかけないで、ふだん摩擦面に石けんやろうを塗って置くとか、へやのかんそうを計らなければならない。また、戸やしょうじの動かないとき、多くはみぞからはずれているものである。ちょっと押せばよいのに、無理にひっぱっても、もとにもどってじまうことがある。そのかわりみぞをいため、すり減らすことになる。また、どんな機械でも道具でも、無理な力で動かすようにはできていない。動かないのは何かこしょうがあるからで、これをわきまえないで力まかせに扱うと、破壊しないまでもだ

\* どんな場合にも、引手には引出しを出す義務があるように思いこみがある。自分では気づかずに、そんな考え方をしていることはいか。科学的な見方の現れる以前には、こういう原始的な見方があったのである。

いじな部分がすり減って、機械の命をちぢめる。精密な器具ほど、扱うのに細心の注意を要するとともに、扱い方をよく頭に入れて、そうとう熟練をへなければならぬ (§ 16. を見よ)。さきに述べたねじ測微計もその簡単な例である。

これに対して、奴隷を使っていたころの器具は、らんぼうに扱われても壊れないために、じょうぶであるが重い使いにくいものであった。こんな旧式な生産方法は世の中の進歩に消えなくなり、すたれてしまったのである。

私たちのからだは、もちろん単純な機械ではないが、力学の法則からまぬかれるものでもない。骨格は、すでに学んだように一種の構造物で、「家」でならったように、その強度を考える必要がある。骨折やねんざ(捻挫)はやむをえないはずみもあるが、強度をわきまえないで無理な使い方や力自慢をするものに起ることが多い。つききず・すりきず・切りきず・打身などの中で、すりきず・打身などは、手ぶくろなり衣類なりで適当に防げることもある。そのほかのけがも道具の扱い方が悪いとか、扱う態度が悪いために起る場合が多い。

問 12. ガラス戸などに使うさしじょうのねじがきかなくなるのは、多く何が原因か。

問 13. 筋肉さえ強ければどんな大きい力でも出せるものだろうか。

問 14. 石うすや粉ひきをいたづらにからまわりさせてはいけないというのはなぜだろうか。

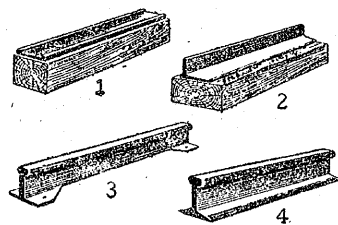
問 15. ものを壊さないということが、今日、とくにたいせつなわけを考えてみよ。

## § 8. こ ろ と 車



第 67 図  
ころの変形

重いものを運ぶとき、地面を引きずるかわりにころを使うと摩擦が少なくなる。いまかりにころが完全な円柱で平面の上を転がるとすると、§ 4. で述べた転がり接触で摩擦の抵抗はないはずであるが、じっさいには抵抗がある。このことは机の上で円柱を転がしてみるとわかる。これを転がり摩擦という。その原因は、ころの切口が正しい円であっても重みで少しいびつになり、また、下の面が少しくぼみなどにあると考えられている。ころと触れている荷物の面にもくぼみができる。しかし、地面は軟らかいからくぼみがはなはだしい。そこで、



第 68 図 軌條の発達

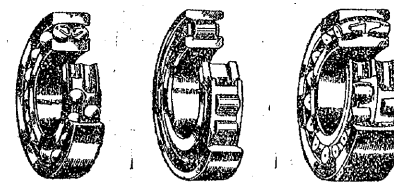
上の数字は発達の順序を示し、1・2は木片の上に鉄をきせたもの、4は今日のもの、3は2と4との中間のものである。

進む方向に木材を横に置いて(巻頭の図を見よ)レールにした。さらに、砂浜などでは木材がめりこまないように下にまくら木を入れる。こうして、しぜんに今日の鉄道線路のようなものが使われはじめたのである。また、

今日の鉄道はじっさいにこのようなものが鉸山で発達したためにできたので、第 68 図の 1・2 は木の上に鉄片を置いた初期の鉄道線路である。

ころを使うとき、あとに残った丸太を絶えず前に運ばなければならない。そこで車が考えられた。車体は軸受で車輪に支えられて動き、車輪だけが回転する。このように、丸太を運ぶ手間を省いて機械化したものが車であるとも考えられる。車輪は丸太より半径が大きいから、転がり摩擦は小さい。そのかわり、車体についた軸受で軸がすれ合うための摩擦がある。しかし、軸の半径は車輪に比べてずっと小さいので、車の進行を妨げるはたらきは少ないのである。けれども、絶えずすれ合っているために軸受が熱してくる。そこで油やグリースをさして摩擦を小さくする。油がきれると、音を出したり熱で油が発火したり、軸が焼けて折れることもある。さらに摩擦を小さく

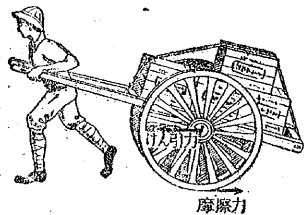
するためには、グリースとともに転がり軸受を使う。転がり軸受の一ばんふつうのかたち



第 69 図 ベアリング

\* 軸受には摩擦の少ない、油となじみやすい合金を使う。砲金はその例であるが、これに対して、亜鉛・すず・鉛などの合金をホワイトメタルとよんでいる。鋳鉄も潤滑油とよくあうので軸受に用いられる。

はボールベアリングであるが、円筒形や円すい形のころも使われることがある。



第70図 車をまわす力

車を引くと車輪が回転するのは、車全体が引かれて進もうとすると車輪と地面の間に摩擦の抵抗が起り、この力と車輪にはたらく力が偶力になるからである。車輪と地面の接する点には(轉がり接触であるために)摩擦はあるがすれ合うことはない。これは車の進行に対して抵抗とはならない。ただ、回転を起すはたらきはある。機関車のできたころの人々には、前に述べたようにこの事情が理解しにくかったのである。

問1. 車輪の半径が大きいほど轉がり摩擦は小さく、かつ、軸受の抵抗はあってもこの車を引くときの抵抗の小さいわけを考えよ。

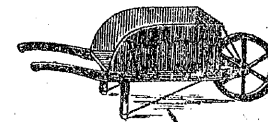
問2. ちょうつがいがあると、重いとびらがらくにあけたでできるわけを考えよ。

問3. 大型のトラクターにはなぜ無限軌道をつけるか。

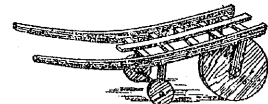
問4. 荷車に荷物を積むとき、車軸より少し後にたくさん積んで後下がりにするのがよい(第70図を見よ)、前下がりにするのがよいか、実験してみよ。

問5. 重いものを手に上げて歩くときと背負うとき、また、手をのばして持つときとちぢめて持つときとで、力学的に仕事に損得があるだろうか。

重いものを持って運ぶと持ち重りだけでもそうとうに疲れる。背負うときもほぼ同様である。重荷にはたらく力は下向きで歩く方向は水平であるから、力学的には仕事をするわけではない。しかし、ここでは§3.に述べた体内の消耗があるわけである。車にのせると重さを支える努力はいらない。ただ、轉がり摩擦に対してこれを引く努力だけである。ゆえに、車の発明は大きなできごとだったのである。下の図の左のものは中國人の使用する一輪車で、これらは道の狭い所でも使うことができる。



洋式一輪車

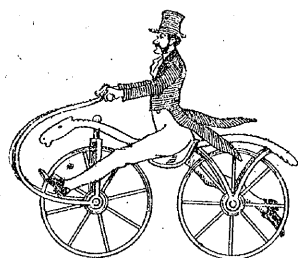


日本のねこ車

第71図 一輪車 ねこ車は中國・四國地方で使われている

なお、車があると背負う量の10倍ぐらいをらくに運ぶことができる。さらに、舟では車に積む量の100倍ぐらいを、ただ1人の船頭の手でらくらくと、歩くぐらいの速さで動かすことができる。見方によっては、舟は水というつごうのよい

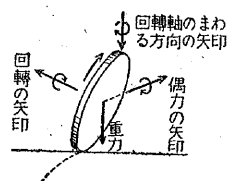
潤滑剤を塗った路上の そり であるといえる。



第72図 自転車のはじまり(1818年)

今日の自転車に似たものは1800年代のはじめごろ現われた。これは図のようなもので、乗っている人が両足でかわるがわる地面をけて進むもので、当時の人々は盛んに乗りまわした。車がおれないのがおもしろいのと、これでも

平地では歩くよりは有利だったからである。



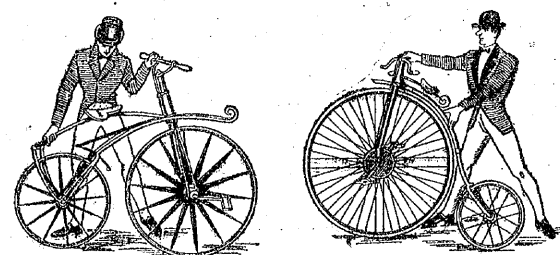
第73図 円板の実験

矢印は回転や偶力を考える便宜上つけたままで、その方向をねじのまわる方向にとり、ねじの進む方向に矢がつけられている。

実験 円板または車を轉がして、たおれるまでのようすを観察せよ。たおれる前に一方に曲がっていく場合と、左右にぐらぐらゆれて方向もだ行的に変わり、ついに一方に曲がる場合などをしらべてみよ。また、輪まわしの仕方と比べてみよ。

研究1. 「星」のところで学んだコマの歳差運動と、上の円板の運動と似ているところはないか。

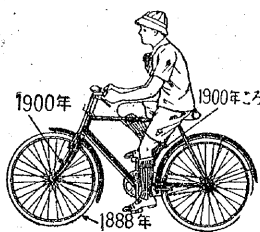
第72図の車で、地面をけて 勢い がつくとその 勢い でしばらくは前進できる。歩くときにはこの 勢い がつかない。これは、歩いているときは地面をけて からだ を進めると同時に、前に出た足がしぜんブレーキをかけているかたちになる。このことは下り坂にかかるとよくわかる。私たちの歩く速度はたいして速くならないが、自転車ではブレーキをかけないと重力の影響で加速され、おそろしい速さになる。しかし、このことはまた、肉体の長所でもある。すなわち、自転車ではありられないような急な坂でも、何の心配もなくありられるのである。そのかわり、坂をおりるのに足が疲れる。これは、 からだ は絶えず制動作用を受けながらはたっているかたちで、坂をおりるにつれて重力に対する位置のエネルギーを、体内での制動作用で消耗するためである。しかし、平地では車を使った方が体内の余分な制動作用がないし、体重を支える必要もないから、らくに進めるのである。



第74図 自転車の発達 左は1860年、右は1884年ごろのものである。

その後、この車の前輪に、子供の三輪車のようなペダルをつけて踏むようになった。そして、前輪の半径が図のような大きいものになってしまった。これは前輪が小さいと、ペダルをいそがしく踏まなければならないから不利益なのである。そのころ車の軸を輪からつるすようになり、このためひじょうに軽快なものになった。その後、今日のようにペダルの歯車と後の車輪の歯車とをチェーンで結んで、増速して動力を伝えるようになり、前の車輪もふつうの大きさにもどった。

その後、サドルとペダルの間に1本の棒を入れたために、車体の骨組がじょうぶになった。1888年にはダンロップが空気タイヤを発明した。最後に、前車輪のフォークに曲がりをつけて、今日のよう



第75図 今日自転車

な形になったのが1900年ごろである。この曲がりをつけることによって、自転車が走っていても安全にハンドルをきかせることができるようになった。

問6. 魚類は陸上のけものより行動の範囲が大きいのはなぜか(「海」p. 72参照)。

問7. クジラのような大きな動物が陸上でくらすとすると、どのような困難が考えられるか。

問8. スケートでは平地を歩くよりらくに大きい速度の出るわけを考えよ。

問9. 前輪のフォークに沿って直線をまっすぐにのぼしてみると、車のどこ

につきあたることになるか。

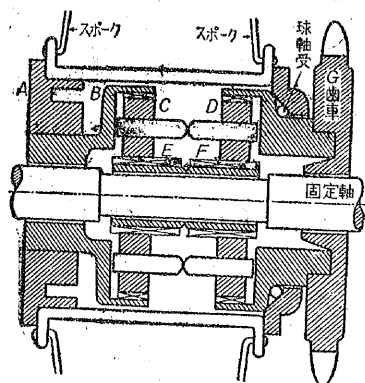
問10. このフォークがまっすぐではなぜいけないのか。

問11. 自転車は三輪車よりも急カーブを描いて曲がれるが、三輪車では内側の車は浮いて、外側にひっくりかえる危険がある。そのわけを考えてみよ。

問12. オートバイでは、自転車とは反対に発動機の回転を減速して車に伝えていのはどういうわけか。

今日、自転車は発達のに達していて改良の余地はあまりない。将来大きい発達があるとすると、それはいままでのものとあまり変わらない簡単なもので、増速比が適当に変えられることであろう。すなわち、増速比が小さいと同じスピードを出すのにいそがしく踏まなければならない。すると、足の筋肉を余分に動かすことになって、力学的以外に体力の余分の消耗が増してくる。反対に増速比をうんと大きくすればゆっくり踏んでも同じスピードが出せるが、そのかわり無理に大きい力を出さなければならない。すると体力の消耗が大きくなる。そこで適当な増速比をとっているわけである。しかし道の悪い所や坂道では増速比を少し小さくした方がよく、また道が平でよい所では増速比を少し大きくした方がよくである。このようなものもできているが、そのために構造が複雑になり値段が高くなるとは、大衆の乗物として意味がなくなるのである。

つぎの第76図はイギリスのB.S.A.という型の増速比変換装置の原理を示す図で、後車輪にとりつけられるものである。Aは車輪とともにまわり、C、Dを通つてGからの回転力を受ける。C、Dは遊星歯車で、その軸は共通で車輪のまわりをまわる公転速度は等しいが、おのおのの自転は自由である。E、Fはともに左右に動くが、各自は自由に回転できる。E、Fを右に動かすと、Fが固定されてC、Dの自転の速度が変わり、Gと車輪Aおよび内歯車Bの回転速度が変わる(Gに対する増速比 $<1$ )。E、Fが中央にあるときは両方とも同じ速度で車輪のまわりをまわり、C、Dの自転の速度も変わらない(増速比1)。



第76図 増速比変換装置の一例

人体を動力源として最も巧妙に利用した大きな発明であるといえる。

研究 2. 自転車をこぐときの筋肉の使い方を、まとめて考えてみよ。

自転車では針金で軸をつるしているが、トラックや鉄道車りょうや荷車ではようすが違っている。荷車や鉄道車りょうでは、ふつうスポークで軸の重さをおもに下から支えているのである。針金は張力に対しては強く、細くてもそうとうに重いものをつるすことができる。したがって、自転車のようなものにはつるすのが適している。しかし、トラックのよう

E, F を左に動かすと 前とは逆に E が固定されるので, C, D の自轉の速度がやはり前とは反対に変わる (増速比  $> 1$ )。こうして 3 段に速度が変えられるのである。

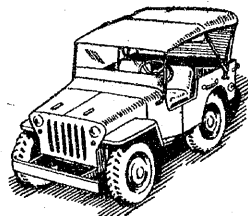
いずれにしても, こんな簡単な装置で遠い距離をそうとうのスピードでらくにいくことのできる自転車は, 人

な重いものにこの方法はよいとはいえないのである。すなわち, 車のわくがじょうぶでなければならぬが, 針金ではこのわくの強さがあまり補強されないのである。重さを支える方法は重さの大小で変わってくるもので, 動物についてみても,

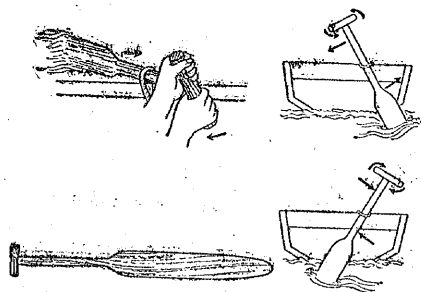


第77図 トラとネコ

トラはネコに比べて図のようにからだの割合に足が大きい。この傾向はゾウになると一そうはなはだしい。自転車の重みの支える方法と, 重いトラックの場合とでは事情が違うのである。



## §9. 流れの力学



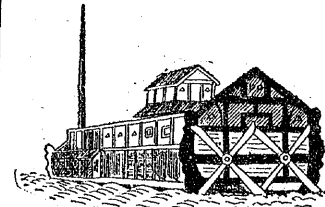
第78図 日本のかい

舟をこぐのに西洋ではかいを使い日本ではふつうろを使っているが、かいも使われることがある。日本のかいは左の図にあるような形で、それをふなべりにあるなわのわにさしこんで頭の柄を持ってこいでいる。しかし、日本のかいの使い方はこれだけではない。舟のともにあるわにさしこんで、柄を持って水をこねまわすようにすると、傳馬船などがすると進んでいく。これをよく見ると、プロペラと同じようなはたらきをさせているのである。ただ、かいは右左に動かすだけであるから、そのたびに傾きを変えているのである。

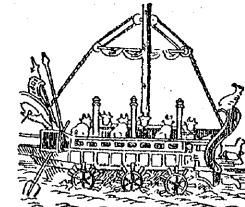
この使い方は原理の上ではろと同じである。ただ、ろの方は斜めに水にはいっているが、やはり押すときと引くときで傾きを変えるので舟が進むのである。すなわち、ろに

舟をこぐのに西洋ではかいを使い日本ではふつうろを使っているが、かいも使われることがある。日本のかいは左の図にあるよう

はたらく力の鉛直成分はろ網と張り合い、水平成分はろべそを通して舟に傳わる。ろべそは軸受にもなり、あとで考える推力受にもなっている。このような進歩した方法は中國から傳わったらしいが、その近くの民族以外には見られないようである。



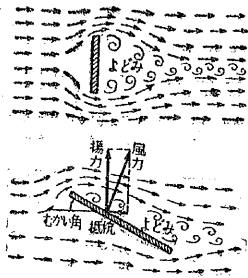
第79図 海賊車輪船



第80図 ローマの車輪船

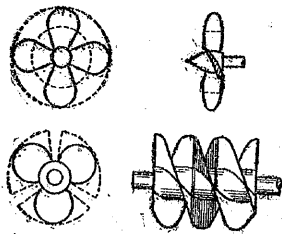
第79図は能島流の海賊車輪船の図である。海賊とは当時の水軍のこと、これには図のような推進装置を備えているが、この試みは成功しなかったらしい。その理由としては、第一に軸受の抵抗が大きかっただろうし、第二に推力受がうまくいかなかったのだろう。第三には根本的な欠点として、人力以外に適当な動力源がなかったのである。しかし、かいを使う民族が第80図のような水車を思いつくように、ろを使ってきた私たちの祖先はこのようなことを考えたのである。

かいが水をかくはたらきは、ろやスクルーのときと違っている。いま、流れに直角に板を置いたとすると、板の後ろで流れがさけてよどみ(死水)ができ、うずも発生する。このために、流れは板に圧力を及ぼすことになる。なお、水の中で板を動かすと考えても、板に対しては水が流れること



第81図 揚力と抵抗

になって、事情は変わらないのである。これに対して、ろやスクリューの翼の場合には、板は流れに対してあるむかい角で斜めになっている。この板にはたらく力は、流れに垂直な揚力と流れの方向にはたらく抵抗とである。そして、その合力は流れに垂直よりもすこし後に傾いている。その大きさや傾き方は、むかい角によっても、また、板の形によっても違う。昔スクリューを船に使いはじめたころ、その端が欠けたところかえって能率がよくなったことがある。そんなことから今日のスクリューの形ができたのである。すなわち、翼の形によって抵抗が小さく、揚力が大きくなる。これによって、板にはたらく力の大きさも方向も変わるわけである。



第82図 スクリューの翼

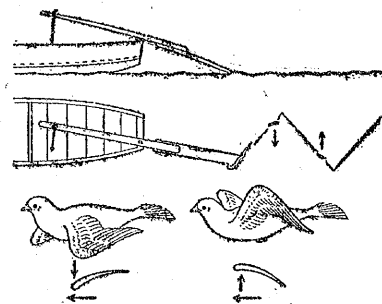
\* これは翼の端にできるうずのつきかきによるので、スクリューを二つ持った船では、動きは始めるときにこのうずがふなべりから見えることがある。

また、むかい角を増すと揚力がふえるが、増し過ぎると板の背中で流れがさけて、よどみができ、揚力が減って抵抗がふえる。これは、帆を

扱うときなどに注意しなければならないことで、帆や板にはたらく力はいつでもその面に直角になるということはない。

このように、単純な抵抗を利用しているかい、揚力を利用するろやスクリューなどに見られる流れの性質をしらべる学問を水力学、または、一ぱんに気体のときも含めて流体力学ともいうが、ろの使い方はこの水力学の上からみて一だんとすぐれている。

鳥のはばたきも、ろと同様なのはたつきである。動物のからだには回転軸がないので、鳥は上昇気流によって帆走する以外には、上の図のようにはばたいて前進するよりほかに方法がない。魚もスクリューが使えないので、尾や尾に近い部分を振って進む。これはうちわと同じ原理である。すなわち、図aのように尾がゆっくり動くと、水は右の空間に移るゆとりがあるが、尾を激しく動かすほどこのゆとりはなく

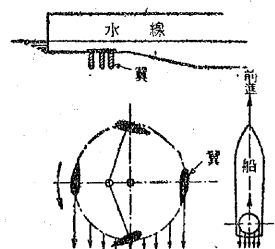


第83図 はばたきとろ



第84図 魚の尾

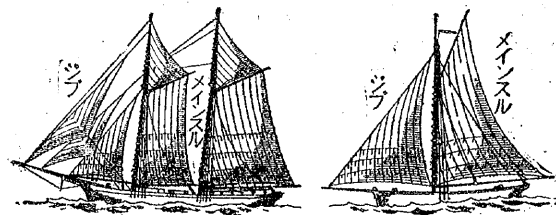
なり、左のくさび型の部分の水は後方に押し出され、そのあいた所へは前方から水が流れてくる。



第85図 フォイトシュコナイ  
ダー推進器

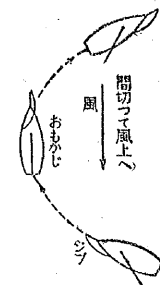
ろを扱うには、ある程度の技術と熟練がいる。これを機械化したようなものが左の図のフォイトシュコナイダー推進器で、翼は円周に沿ってまわりながらその上の位置によって傾きを自動的に変えるようになっている。手で扱う細かいしぐさが自動的に行われるところが機械の特色で、道具との違いである。また、連続的な回転運動ができる点で動物体よりすぐれている。この推進器は効率が良いから、この原理で動く風車や水車を作ってみるのもあもしろいであらう。

帆のはたらきは、まともの風を受けて走るとき以外は第



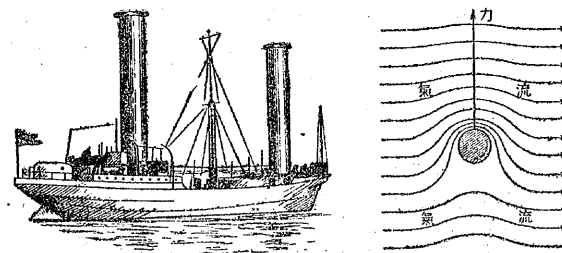
第86図 スクーナーとスloop

81図の揚力を利用しているので、なるべくこれが大きくなるように帆を張る必要がある。帆走で注意をひくことは、右の図のように間切ることによって風上へも進めることである。このように方向を変えるとき、第86図のスクーナーやスloopのジブは有効にはたらくてくれる。風上に斜めに進むとき、帆にはたらく揚力のうち船の中心線方向の成分が船を進め、これに直角な成分はふなべりに及ぼす水の抵抗で支えられているが、いくぶん船を風下へ流すことになる。



第87図

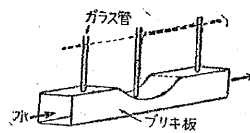
複雑な帆のはたらきを機械化しようとしたものが下に示すフレットナー船である。二つの大きな円筒が回転すると、これが風の力を受けるのである。それは野球でカーブを投げ



第88図 フレットナー船

るときと同じで、氣流が回轉につられて背中の方を多く流れる。すると、背中の氣圧が減って流れに直角な力が回轉体にはたらく。これをマグヌス効果といい、流体力学的にはたいせつな現象である。しかし、帆船が経済的に汽船にかなわなかったのと同じ理由で、この試みは発展しなかった。

流れが速くなるとなぜ圧力が減るかという、流れが加速されていくために流れのあとの部分が前の部分と引き離されようとするからである。これに対して流れが遅くなる所では、あとの部分が前の部分を勢いで押すことになるので、圧力が高まるのである。第81図の板に対する揚力も、流れが板の背中に多くまわるために上下に圧力差を生ずるからである。ゆえに、板の横の両端にできるうずや背中のよどみを考えないと、マグヌス効果のときと同じように揚力だけが現われるはずである。



第89図 流れと圧力

実験 図のような装置があれば、これに水を流して流速の変化による水柱の高さの変化をしらべてみよう。なければ ガラスさいく または、ブリキで自作してみよ。これ

\* これを、「流れと圧力の法則」あるいは「ベルヌーイの定理」といい、流速の大きいほど圧力が小さくなる。この圧力を静圧といい、管が太く流速が零とみてよい所の圧力を全圧、全圧と静圧との差を動圧といっている。

は連通管の原理とむじゅんしないか。

研究 流れに粉をふりかけ、その中に板を斜めに入れて板のまわりの流れを観察せよ。自然の流れがなければ、これをこしらえてみよ。

問1. 板にはたらく力は揚力と抵抗の合力であること、揚力が小さく抵抗が大きいほど、この合力は後に傾くことを示せ。

問2. 板にはたらく力を風圧というが、板の面に直角でないのはどうしてか。

問3. 帆が斜めに風を受けているとき、帆柱のまわりに回轉力が起るが、これはなぜだろうか。この回轉力をどうしてうち消しているか。

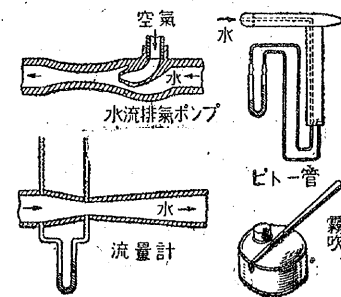
問4. 揚力が大きく抵抗の小さいスクルーほど効率が良いといえるか。

問5. ろの水をかく部分が上弦の半月形になっているわけを考えてみよ。

問6. 一枚板からできた風車の翼と ふくらみを持った翼とでは、どちらが効率が良いだろうか。

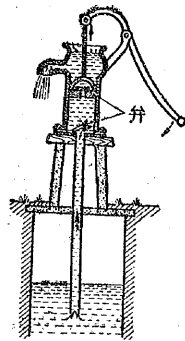
問7. 水流排気ポンプ・ガソリン酸化器(「交通通信」参照)・流量計・霧吹などの説明をしてみよ。

問8. 船底に対する水流の速度を測るにはどうしたらよいであろうか。

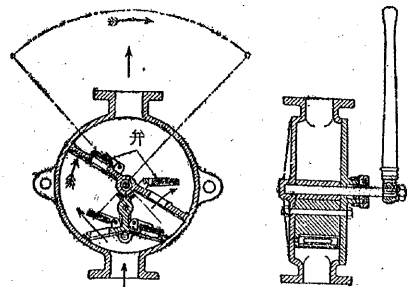


第90図

## § 10. 水力機械



第 91 図 吸上げポンプ  
 第 91 図 吸上げポンプ くなつて、ピストンの下に水蒸氣や空氣のすき間ができる。これはトリチェリーの真空と同じもの

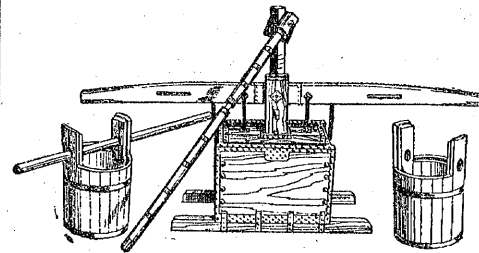


第 92 図 ウィングポンプ

今日、ふつうの井戸には「空氣」のところで学んだように、吸上げポンプが使われている。ピストンが上がると圧力が下がるので下から水が上がってくる。あまり井戸が深くなって圧力が下がり過ぎると、水蒸氣や水の中に溶けていた空氣が蒸発して水の中に あわ ができる。これは一種の 沸とう で、これを空洞現象という。すると水はそれ以上は上がれな

くなる。ピストンの下に水蒸氣や空氣のすき間ができる。これはトリチェリーの真空と同じものである。真空というのは、「空氣」で学んだように氣圧の低い氣體がしめしている場所で、この氣圧が低ければ低いほど真空度が高いという。ポンプの中にできる真

空よりは、氣圧計の水銀柱の上にてできる真空の方が真空度は高いのである。なお、第92図は台所などで使うウィングポンプで、また第93図は油井から油を汲み出すポンプである。



第 94 図 これは龍吐水<sup>りゅうとすい</sup>という徳川時代の小さな消火ポンプで、ホースのかわりに銅で作った管を使っている。このようなものもあったが、ふつうの家々の井戸には つるべ が使われていた。これはポンプを作る材料である鉄の生産が十分でなかったことと、これを作る工作技術が発達していなかったためなどであろう。



第 93 図 油井のポンプ

問 1. サイダーの せん を抜くと あわ が出るのはどういふわけであろうか。また、あわ が出なくなってからかきまわしてみよ。

問 2. 水を 日なた におくと、器の壁に あわ ができる。どう

\* ピストン P が上がると、下の球が上がり油がはいる。P が下がるときは上の球が上がり、下の球は口をふさいで油は上に昇る。これをくり返して深い油井から油を汲み出すのである。

いわけか考えてみよ。

問3. 潜水病とはどんなものか(「空氣」参照)。

問4. 空洞現象では、どうして常温で露に蒸発が起るのか。

問5. ポンプの管の中の圧力は、井戸の水面から  $h$  cm の高さの所では、  
大氣の圧力  $(76 \times 13.6 \text{ g/cm}^2) - h(\text{g/cm}^2)$

となることを示せ。

問6. 10 m より深い井戸から、水をポンプで汲み出すにはどういう方法をとっているか。

問7. 井戸のポンプのピストンに、皮革類を使うのはどういわけか。

ポンプを使うと、つるべで汲み上げるときの細かい しぐさが 弁のはたらきで自動的に行われ、手はただ柄を上下させるだけのものになってしまう。このように、動力のはたらかせ方が単純化される点が機械化の特長で、このためにやがてこれを動かすのが人間である必要はなくなり、電動機で置きかえられるようになる。これに対して つるべでは原動機を有効に利用することができない。1 人で汲んでいる間は、ポンプでも つるべでもほとんど変わらないが、2 人がかりになるとすでに差が現われ、つるべでは人間の動力さうまく利用できなくなるのである。

それであるからポンプは原動機を要求するようになり、のちに述べるように蒸氣機関が発明されるようになったのである。「馬力」という名称は、昔イギリスで鉱山の排水に馬を使ったことからきたので、蒸氣機関ができてその動力を馬に

計算しなましているのである。その値をきめたのはあとに述べるワットで、1 馬力が今日の 746 ワットになるが、わが国ではこれとメートル制馬力の

$$1 \text{ 馬力} = 75 \text{ kg} \cdot \text{m/秒} = 735 \text{ ワット}$$

との両方を使っている。なお、

$$1 \text{ kg} \cdot \text{m/秒} = 9.8 \text{ ワット}$$

に相当している。しかし、今日ふつうに使われている馬の出力は  $1/2$  馬力ぐらいまでである。ところで、

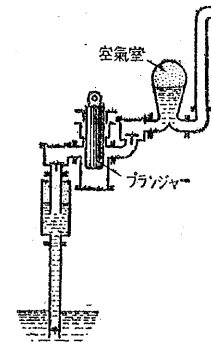
1 台のポンプ作業に従事する人間 0.04 馬力

なみ足で綿くり機を回轉させる馬 0.3~0.6 馬力

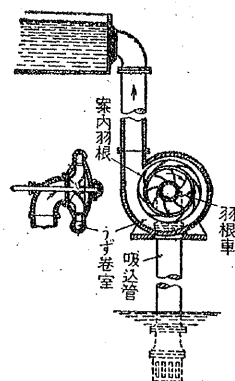
ワット以前の蒸氣機関(一例) 76 馬力

となり、原始的な機関でも馬に比べて強大なだけでなく、当時の水車や風車に比べてもすぐれていた。これらは数馬力から十数馬力の程度に過ぎなかったのであるが、これに対して今日では、1 台で 3 万馬力以上の(うず巻)ポンプもできている。

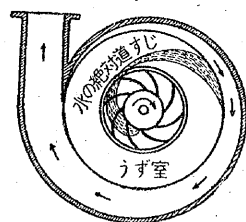
原動機を使うとその馬力数に応じてポンプのはたらきに差が現われ、また、ポンプの種類によって使い道も多方面になる。給水する圧力が高いときは右のようなブランジャーポンプを使う。これは、機械の各部分に潤滑油を



第 95 図  
ブランジャーポンプ



第96図(a) うず巻ポンプ べるフランシス水車に似ているので、タービンポンプともいう。案内羽根を使わない場合もそうとうに多い。このポンプは、わりあいに低い所にたくさんの水



第96図(b) うず巻ポンプの流れる方向を示す

送ったり、ジーゼル機関で燃料を送るときなどに用いられる。

うず巻ポンプでは、図のように車がまわると中の水が慣性で外側に押しやられる。いまかりに、水の出口をふさいで回転させると考えると、遠心力で外側の圧力は高くなる。それで遠心ポンプともいっている。図にある案内羽根は つけ方 によって効率が良くなる。これはのちに述

べるフランシス水車に似ているので、タービンポンプともいう。案内羽根を使わない場合もそうとうに多い。このポンプは、わりあいに低い所にたくさんの水を送るのに使われたが(蒸気機関では復水器に水を送るのに使われる)、その後めざましく進歩して高い所にも水が送られるようになり、その使い道はいちじるしく増した。そのうえ、このポンプは高速度で回転するので、原動機と直接結合させるにもつごうがよい。さらに、

\* 使っている最中に出口をふさぐと、のちに述べる 水つり作用 で壊れることがある。

ピストンや弁がないから、その体積の3割から4割の泥や砂を含んだ水もさわりなく送ることができる。そのため海岸のうめ立て にも使われる。

ずっと低い所にたくさんの水を送るときには、あとで述べるプロペラ水車に似たプロペラポンプを使う。

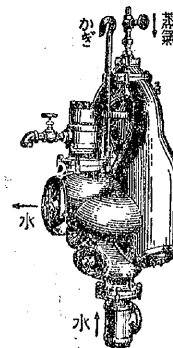
問8. 遠心ポンプと遠心分離器のはたらき はどのように違うか。

問9. バケツの中の水を棒でかきまわすと、水平のはずの水面が中ほどのくぼんだ形になるのはなぜか。

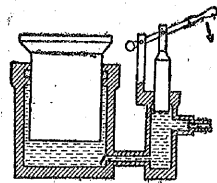
ポンプのなかには、ねばい液体を送るときなどに使われる歯車ポンプのようなものもあるし、また、水をどんどん流しておいて急に出口をふさぐと、水の 勢い(慣性)で圧力が一時高くなる(水<sup>つり</sup>作用)を利用した水つりポンプというのもある。こういう作用があるから、水力機械で流れを止めるときには注意する必要がある。

右の図はだるまポンプといわれるもので、胴の中に水を入れて蒸気の力で押し上げるのである。

第97図  
だるまポンプ  
とくり のよ  
うな器が2箇あ  
り、交互に水を  
吸いこみ蒸気で  
押し上げる。か  
ぎ は使うとき  
に上からつす  
ためのものでは  
ない。



中で蒸気が凝結するため効率は良くないが、すえつけが手軽で操作が簡単なので用いられる。蒸気力を排水に用いた最初のものであるセイバリの機関は、この型式のものであった。



第98図 水圧機

水圧機は、「空気」で学んだパスカルの原理を応用したものである。いま、左の図の小さいシリンダのピストンを押し下げたとすると、その中の圧力は一時高くなる。しかし、圧力の大きい所と小さい所が、一つに

続いている水の中に存在することはできないから、全体の圧力が高くなるのである。水圧のかわりに油圧を使ったものは、今日機械の重要な部分として巧みなはたらきをしている。すなわち、動力を傳えて機械を動かし、あるいはその自動化のためにはたっている。大きい動力の傳達には、うず巻ポンプと水力タービンを組み合わせたような流体接手が使われている。

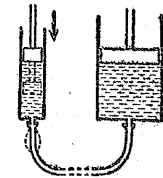
研究 水道のせんを軽くしめて、水滴が少しずつ滴り落ちる程度にして口を指でふさぐと、間もなく強い圧力を感じ、すき間から水がほとばしり出るわけ、およびそれにもかかわらず、指を離すと水はふたたび滴り落ちるにすぎないわけを研究してみよ。

問10. 水圧機のシリンダの中でも、深さによって圧力が違う。これは、パスカルの原理にもとらないか。

問11. 流体の流れる管の途中に 絞りがあると、その前後で圧力が違う。これは、パスカルの原理にもとらないか。

問12. 動脈と静脈内で圧力の違いを考えよう。

問13. 右の図のように二つのシリンダを少し長いゴム管で連れ、一方に圧力を加え圧力の傳わるようすをしらべてみよう。



第99図

問14. 第100図で、下の水平な管内の圧力がどこでも等しいのはどうしてであろうか。

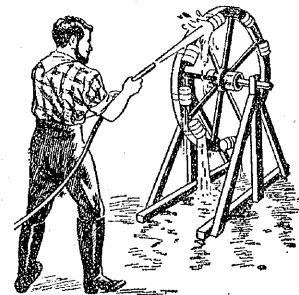


第100図 連通管

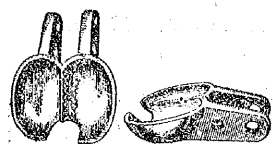
問15. 心臓の鼓動と手首の脈動とが時刻の一致しないわけを考えてみよう。

水力の利用は、ペルトン水車が發明されて、一だんと進歩した。その原理は右のように水を高速度で噴出させて、その衝撃を利用したものである。

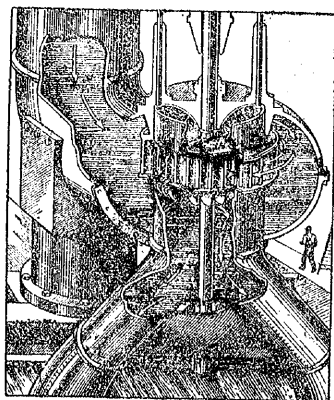
したがって、落差の大きい所(200m ぐらい以上)に用いられる。これに対して第102図のフランシス水車や第103図のプロペラ水車は、翼のすき間から水を噴出させその反作



第101図 (a) ペルトン水車の原理



第101図 (b) ベルトン水車の水受  
用いられているが、その範囲は広く 200m から 20m ぐらいの間であって、落差の大小で形が変わってくる。プロペラ水車は 20m 以下ぐらいの落差の小さい所に用いられ、カプラン水車というのはその改良された一型式である。近來水力が多く落差の小さい方面で開発されるので、これらの水車の重要性が増した。近ごろは、よく大きい川をせき止めて発電所を造るが、これは落差の小さい所で効率の良い水車が発達したからである。

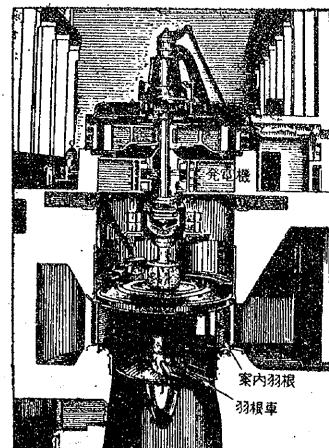


第102図 フランシス水車

用で回転するため、ベルトン水車を衝動タービンというのに対し、反動タービンといわれている。フランシス水車は、ベルト

これらの水車は発電に用いられ、電力としてそのエネルギーを方々に配る。すなわち、電力は動力傳達の形式になっている。昔は水車がただ一つの工場向け動力源で、かつ規模も小さかったため直接利用していたが、今

日のように一つで何万馬力という出力のものができると、これを直接消化することは困難となり、また、その必要もなくなって、利用法が質的に変化したのである。これに對して農村などでは、小さな流れを動力に利用することが多く、従來の水車にかわって効率の良い水力タービンが用いられるようとしている。



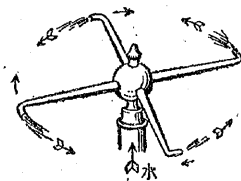
第103図 カプラン(プロペラ)水車

問 16. ベルトン水車で、水流の速度と水車のまわる速度との関係はどうなっているのが望ましいか。

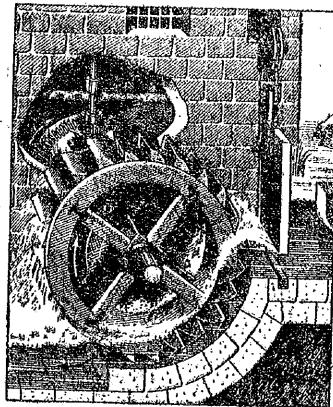
問 17. 第104図のような水まき器が、水を噴き出しながら回転するわけを考えてみよ。

問 18. 今日では、まだ風車が氷車ほかに利用されていないのは、どういうわけであろうか。

問 19. 第105図のような下掛け水車で、水路の底が水車に沿って曲がっているわけを考えよ。



第104図 水まき器



第105図 下掛け水車

問 20. 第106図のような上掛け水車はどのようなところに損失があるだろうか。

問 21. 上掛け水車と下掛け水車で、使用上にどんな違いがあるだろうか。



第106図 上掛け水車

## § 11. 紡織と機械

紡績機械は綿を指先でよりをかけたり、引きのばしたりするはたらきを機械化したものである。紡ぎ車ができて作業の一部は機械化され能率も高まったが、まだ手仕事の部分が残っていた。イギリスでもはじめはこのような手工業でやっていたが、市場が開けるにつれてこれでは生産が間に合わず、完全に機械化する必要が起ってきた。1735年に新しい機械を考えた人があったが、機械そのものが不完全であったのと、そのころの経済的な事情とあわなかったのであまり発達しなかった。1767年ハグリーブスの機械ができるころになるとたちまち拡まり、産業に新しい変化をひき起した。

かれの最初の機械ではつむが8箇ついていた。作業の一部を手で行っている間は、1人が一つのつむしか扱えない。これを機械にまかせると、その数だけで8人分になる。そのうえ、手よりも速く動き手ぎわよく仕事が進む。つむの数はやがて数十箇(後年数百箇になる)になって、生産はかけ足で上昇した。かれの機械は手まわしであったが、やがて水力を利用するものも現われた。なお、紡績機械では綿を一度素紡糸にしてから機械にかけるので、その準備をする機械が必要になった。このように、機械化が進むと細かい分業が起り、それぞれを受け持つ機械が必要になるのである。こうして、

手工業よりもはるかに能率のよい大工業が現われた。

いままですら道具や簡単な機械を使うと、からだでは直接に出すことのできない大きな力や、大きな馬力(一時的)を出ることができること、および、肉体を動力源として経済的に利用できることなどを学んだ。しかし、それだけでは道具や機械といっても、世の中にそれほど大きい影響はない。ところが、紡績機械では手先で行う仕事を機械化したのである。これは牛にも馬にもまかされず、どうしても人の手でなければならなかったものを、今度は手より能率も手ざわもよく、仕事も速い機械が現われ、産業に使われはじめたのである。

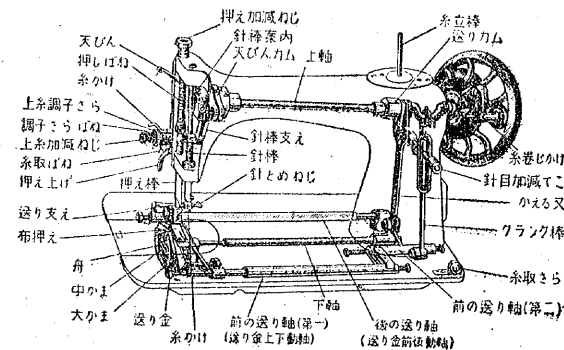
人類は手のおかげで道具を作りだしたといったが、今度はその手が、手の直接する仕事を取りあげて、もっと手ざわよくやる機械を作りだしたわけで、これは人類の発達史の上からみても、大きい移り変りといえるのである。

作業を機械にまかせると、からだは一つの動力源になりさがってしまった。ところで、手先の仕事が機械化されると、今度はこれに機械的な動力を有効に利用できるようになり、人間は動力源からも解放され、機械のはたらきを見守ったり、あるいは手入れや修理をするだけの役になったのである。

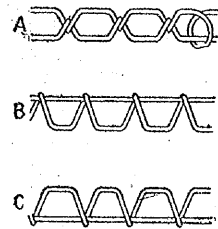
\* さきに § 2. で述べた機械の定義では、機械は部分(機素)を組み合わせたもので、エネルギーを受けて仕事(作業)をするものである。部分はおたがいに力を直接及ぼし運動を制限し合いながら、目的を達するため独立にそれぞれの運動を行い、のために複雑な作業も簡単な動かし方ですむようになっている。結局、手で動かせば手先の仕事を手よりも能率的にやってくれることになる。これに対して、道具は手先の仕事を助けるだけのものである。

糸の供給がふえると、これにうながされて力織機（「着物」参照）が発明された。また、それに伴って機械を作る技術や工作機械の製作が発達した。さらに、機械の原料である鉄の生産や、動力源である水力の利用を盛んにした。これらの結果がやがて蒸気機関の発達を招いたのである。機械を使うと仕事のはかどるのは、紡績機械だけではないが、紡績業はちょうど産業の機械化の導火線となったもので、日本においても新しい産業は紡績業からはじまったのである。

織物が盛んになると縫うことの機械化がはじまった。ミシ

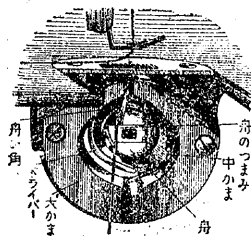


\* こうして、工場手工業より機械を使う大工業に産業のかたちが移った変化を産業革命という。このために、工場を持って事業をする人々の勢力が強くなり、自分で仕事場を持っていた手工業者たちは機械工業におされて、一部は勤労者となり多くは失職し、せっかくできた新しい機械をうらむ声も起った。



第108図 これはミシンの糸の縫い方を示す図で、Aが正しいのである。Bは上糸の張力が強過ぎ、Cはその逆の場合である。

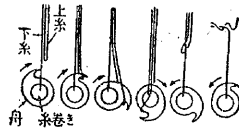
縫目をつくっていくのである。上糸と下糸の張力が適当でないと、図のB・Cのようになる。下糸を輪に通すには、糸巻を機械のハのようなもの



第110図 舟

ンもいろいろな人がくふうして、いろいろな型が現われたが、1850年以後シンガーのミシンが世界に拡まった。ミシンは機械のからくりをしらべるのに適当なものであるから、機会があれば中をあけて、第107図とてらし合わせてみよう。

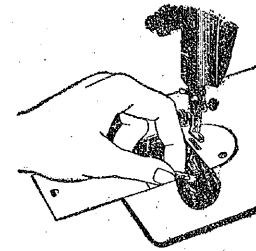
ミシンでは、針とともに布地をつらぬいた上糸に輪をつくらせ、この輪に下糸を通して第108図のような



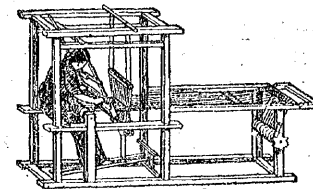
第109図

のに入れて通すものもあるが、多くの型では糸巻は舟という器のなかにおさまっていて、逆にそのまわりを巧みなしかけで輪が通るようになっている。第111図は、この舟をかまという器の中に取り出そうとしているところである。

研究 ミシンの使用書をしらべ、機械というものの扱い方を考えてみよう。

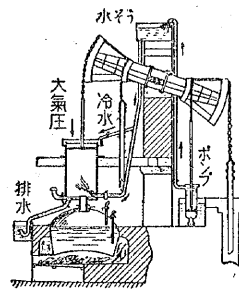


第111図



## § 12. 蒸 氣 機 関

昔は、石炭の中のいおう分が鉄に混ざるのをきらって、木炭を使って精錬していた。そのために森や林を切りたおして燃料に不足し、燃料はもっぱら石炭に頼るようになった。ところで、炭坑を深く掘るにつれてわき水に困り (§ 10. で述べたように)、蒸氣の力で排水しようと考えたのである。



第 112 図 (a)

ニューコメンの大気圧機関

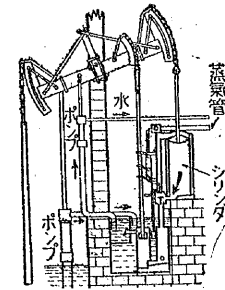
当時は かま を作る技術が幼稚なため、直接ものを動かすだけの蒸氣の圧力が得られず、蒸氣は間接に真空をつくるのに用いられたのである。

\* 蒸りゆう水をつくる装置と比べてみると、(触面)復水器の作用がわかる。

はじめ試みられたのは、だるまポンプの原始的な形のものであったが、1711 年ニューコメンが新しい機関をすえつけた。この機関では、一つのシリンダの中に冷たい水と熱い蒸氣とをかわるがわる入れていたが、この点に目をつけたのがワットである。そこでかれは、蒸氣を凝結させて真空をつくる装置を復水器としてシリンダと分離した。この発明が原理の上からも実際の上からも大きいものだったことは、のちにワットの競争者たちが、この特許に触れて苦しんだ

ことからわかる。

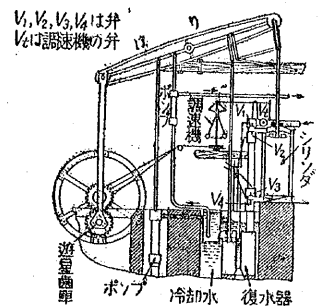
しかし、簡単な模型で実験に成功してみても、じっさいに役に立つ機関を作ることにはなかなか困難だったのである。ピストンとシリンダのすき間から蒸氣がもれるのに対して、ニューコメンの機関では中に水を入れるので、この水が防いでくれた。しかし、ワットの場合にはここに水を入れては、復水器を別にした意味がなくなる。新しい考えは、実現にあたっていつでも技術的に困難を持っているのである。さいわいに、当時改良された中ぐり機械で、精密なシリンダを作らせることができて、この問題は解決した。ワットの発明は、イギリスの工作技術の地盤の上にできたものである。ワットにはまた、ボルトンという理解のある資本家の助けがあった。しかし、このような人がいたのも、当時の進取の氣しょうに富んだイギリスの産業界を表わすもので、けっして偶然ではないのである。そして、経済的に遅れたヨーロッパ大陸では、学者はいても発明には成功しなかったのである。



第 112 図 (b)

ワットの単動機関

ワットの機関は、やがてニューコメンの機関をくちくしたのが、排水用の機関ばかり作っていたのでは事業が行きづまるので、資本家はワットをうながして、回転運動を起させる機関を作らせた。当時新しい動力源を要求する声は方々の工場にあったのである。それから、ワットは復動機関を作った。いままでは、シリンダの一方だけに蒸氣を入れていたが、この蒸氣を吐き出すときに、ピストンの反対側に蒸氣を入れて



第113図 ワットの復動機関

遊星歯車は、一つには特許の關係から用いられたが、一つには、これによりはずみ車の回転数が、ピストンの上下数の2倍になるからである。

これを押してやるのである。

したがって、同じシリンダ、同じ回転数で、馬力が倍近く出ることになる。

復動機関を見てもわかるように、ピストンは かまから来る蒸気の圧力と、復水器に逃げる蒸気の圧力との差ではたらくことになる（「交通通信」p.76参照）。よく「蒸気の圧力で動く」というが、問題になるのは圧力ではなく、圧力差である。

これからみても、復水器の必要なわけがわかるであろう。この圧力差をつくるためには温度差が必要で、これをつくるために石炭をたいたり水で冷やしたりしているのである。

すなわち、復水器では冷却水が冷たいほど、蒸気は凝結して高い真空になる（真空といっても、その温度での水の飽和蒸気圧の程度である）。かまでは、温度が高いほど蒸気圧が高くなる（「交通通信」参照）。

これに対して、温度差のない所ではどんなに温度が高くても、機関をはたかせることはできない。これは、熱に関する重要な法則である。

蒸気機関のする仕事は、かま で吸収した熱が変わったも

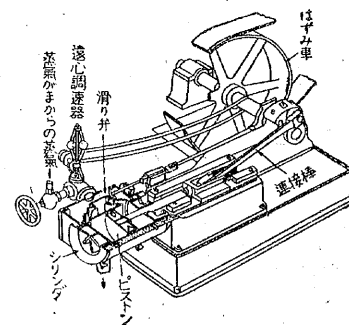
のであると考えてよいであろう。ところが、復水器では凝結のときに熱を吐き出すことになるから、その差が仕事に変わったとみななければならない。すなわち、

かま で吸収した熱 - 復水器で吐き出した熱 = 仕事  
となるわけである。この、熱が仕事に変わるということは、だいたい自然法則であるが、ワットはこれを利用しながらまだはっきりとは知らなかったようである。これがよく知られるようになったのは少しのちで、今日では、

1 カロリー = 約 4.2 ジュール

となることが知られている。なお、「温度差がないと、この熱を仕事に変える機関は作れない」ということがわかったのも、もっとのちのことである。復水器に熱をすてることが避けられないとすると、かま で吸収した熱を全部仕事にすることはできないわけである。そこで、この吸収した熱で得られる仕事を割ったものを熱効率、あるいは効率といふ百分率で表わしている(p.105脚注を見よ)。

この効率を上げるのに根本的にはかまの温度を上げるよりほか

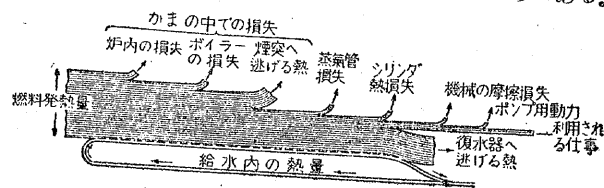


第 114 図 蒸気機関

はない。それは上の式からわかるように、

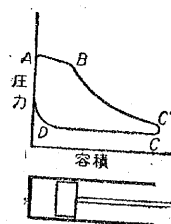
$$\text{効率} = \frac{\text{仕事}}{\text{吸収した熱}} = \frac{\text{吸収した熱} - \text{吐き出した熱}}{\text{吸収した熱}}$$

となって、吸収する熱の割合が増すからである（各種熱機関の効率は「交通通信」p. 77 にあげてある）。いいかえると、圧力差が大きければ仕事も多くできることになるからである。



第115図 蒸気機関の熱の行くえ

ワット以後の蒸気機関の進歩はかまの進歩に支配されている。ワットは圧力を高めることをきらっていたが、そのうち技術が進み、とくに冶金術が進む

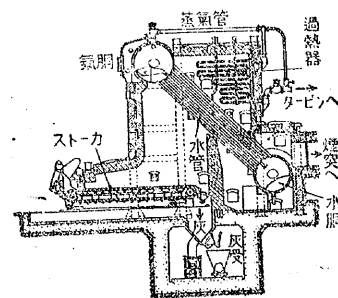


第116図 膨張線図  
シリンダ内の気圧と容積の関係を示す。

と圧力はしだいに高くなっていった。すると、左の図の膨張線図でわかるように、蒸気ははじめの間少し入れてあとは供給をたち、シリンダの中で膨張させてやると（これもワットの特許である）、蒸気の温度も圧力も下がって復水器へ送るときつづりがよい。すなわち、吐き出す熱が減って効率が良くなるが、そのかわりこの膨張のはじめとおわりで、シリンダの温度が激しく変化する。これは、ワットによるまでもなくおもしろくないので、人々はシリンダを二つに分けて、はじめのシリンダで膨張して少し冷えた蒸気をつぎのシリンダに送って、さらに膨張させるようにした。これを複

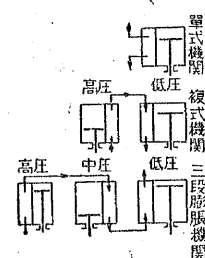
式機関という。

凝結や再蒸発が同じシリンダのなかで起るのはおもしろくないことである。そこで、ワットは復水器を分離し、また、膨張が激しくなると、シリンダを2段にも3段にも分けるようになったのである。



第117図 蒸気がま

私たちのからだに蒸気があたると、意外な大やけどをすることがある。これは蒸気から熱が傳わる以外に、凝結が起ると蒸気1gが539カロリーという、ひじょうに多くの熱をひふに與えるからである。シリンダの壁はやけどはしないが、凝結が起ると熱がむだに流れて蒸気も不経済になる。そ



第118図 多段膨張機関

こで今日では、かまでできた飽和蒸気をさらに（過熱器で）あたためて、過熱蒸気として使うことが多い（「交通通信」p. 75参照）。それにしても、いろいろの事情でシリンダの中で復水器の圧力に近いところまで膨張させることはできない。それで、膨張も3段ぐらいがとまりで、ここがタービンに比べて劣

るところである。なお、機械のすれ合う部分の多いこともタービンより不利である。

小型の機関車では飽和蒸気を使う。発車のときシリンダがあたたまらないので中で蒸気が凝結し、これをすてるためにシリンダからものすごい湯気を吹き出すのが見られる。

蒸気機関の特色は、機関車でもわかるように、回転速度の調節あるいは逆轉など操縦が容易で、回転数の低いところでも無理をすれば大きな馬力が出せることである。無理をするとは、シリンダの中に余分の蒸気を送りこむことで、膨脹が少ないから排気の圧力も高い。発車のときや坂道で機関車の排気音が高くなるのはこのためで、効率が下がるから、§ 6.でも述べたように急坂は登りにくいのである。他方、悪い石炭や まき でもたける粗食家で、製作費がかからないで事故も起りにくいところに、原始的ながら強みがある。

問 1. 仕事を、無から得る方法は絶対はないといってよいか。

問 2.  $1 \text{ kg} \cdot \text{m}$  の仕事は何キロカロリーになるか。

問 3. 圧搾空気やポンプの中の水と、蒸気との はたらき方の違いを述べよ。

問 4. 機関車が発車するとき、動輪が一まわりするまで何回排気が起るか。

問 5. 機関車では、蒸気を何段に膨脹させることになるか。

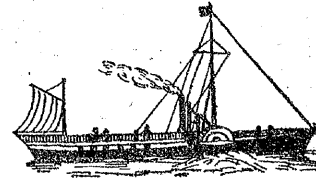
問 6. 滑り弁のところを、高温の蒸気と低温の排気がかわるかわる通るのは、このまじいことか。

\* 単気筒で蒸気の最初の体積の5倍ぐらい、3段膨脹で13倍ぐらいにまで膨脹させている。タービンではこれが250倍ぐらいにもなる。

### § 13. 船 と 機 械

船はそれ自身機械であるだけでなく、ポンプ・送風機・巻上げ機械・工作機械・冷凍機等を備えた、一つの機械化された社会である。その意味で汽船の発達をみることにしよう。

汽船は、はじめ北アメリカで発達した。当時北アメリカでは、大湖や河川に沿って船で行き来しなければならなかったので、蒸気で船を動かす試みが盛んになり、汽船が発達したのである。



第119図 クラモント号(1807年)

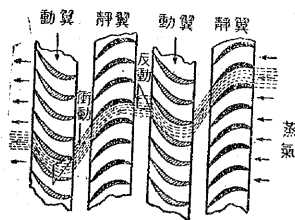
これに対して、イギリスやヨーロッパ大陸では試みる人はあつても、事業としてはなかなか成功せず発達も遅れたのである。

そのころの汽船は、ふなべりに外車(水車)をつけていた。これは一つには、そのころの蒸気機関は回転数が遅くて、ちょうど間に合ったのである。スクリュープロペラにかわったときなど、一時、齒車増速を試みたこともあったが、その後、かまの圧力が高く、シリンダの寸法が小さくなり、回転数が増すとともにこの問題はおさまった。

かまの発達にうながされながら、ワット以来往復機関という形式のもとに発達してきた蒸気機関は、3段膨脹をさせるに至っていくところまでいった。それは1900年前後のことで、なかには4段膨脹までさせたものもあるが、これ以上シリンダの数をふやすことは、實際上不可能となった。かまの

進歩に應じて、より強大な馬力の出せる型を破った新しい機関が要求されはじめたのである。

このころ蒸気タービンの研究をしていたパーソンズは、これを船に取りつけることをくわだて、タービニアという小さな船で、34ノット半という当時空前の高速を出して人々を驚かせた。それは1897年のことである。それ以来、軽くて馬



第120図 パーソンズ・タービン

蒸気は最初の動翼内で膨脹し、案内羽根をへてつぎの動翼にはいり、ここでふたたび膨脹する。したがって、この動翼以後は衝動と反動とが、両方ともはたらくようになる。このタービンの特色は動翼内で膨脹の起るという点にある。

力が出る蒸気タービンに人々の注意が向かったが、新しい技術が古い形式にとってかわるときには、いつでも起るように、細かい点でなお、そうとうの苦心があったのである。そのうちに歯車減速法が発達して、大型船のタービン全盛時代がきた。今日の減速歯車の機械効率<sup>\*</sup>は98%に及んでいる。

パーソンズはまた、蒸気機関の排気を復水器に送る前に、

\* 推進器をあまり高速度でまわすと、プロペラの背面に よどみ(死水) ができて、さらに、その圧力が下がると、§ 9. で述べた空洞現象がひどくなって、効率が落ちてしまうのである。汽船の航跡に白い あわ が煮えかえっているように見えるのは、空洞現象でできた あわ である。

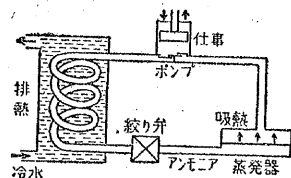
タービンに使うことを試みた。しかし、タービンと回転力にむらのある蒸気機関とを一つの軸に取りつけることは、当時の技術ではできなかった<sup>\*</sup>ので、推進器軸の多い船に限られていた。

蒸気タービンは大きい馬力を出すのにはむいているが、中型以下の汽船には必ずしもむいていない。他方蒸気機関は、大馬力にはむかないが操縦に便利で、中型汽船には多くこれをつけている。効率が悪いのは蒸気を十分に膨脹させることができないからで、高圧部では必ずしも悪くなく、また、低圧タービンの製作も困難が少ない。それで、排気タービンは考えとしてはすぐれている。ところで、近ごろは技術の進歩によって、一つの軸に両方の機関が取り付けられるようになり、パーソンズの考えが何十年ぶりに復活した。浦賀式はその一例である。また、いままでの機関を少し改造して、効果をあげることもできるようになった。わが國の事情からみて、このまじい発達である。

推進器の軸に起る推力を船に伝える装置を推力受という。ここにかかる力が大きいので球軸受などは使えず、そうとうの接触面積を持たせてかかる圧力を小さくし、潤滑油を與えている。推力軸受は一ばんにほかの機械にもあるが、このときは、圧力が小さいので球軸受も用いられている。

\* 数百馬力以下は2段膨脹、2000馬力ぐらまでは3段膨脹機関を使っている。

小さい船ならば人力で かじ を動かすが、少し大きくなると、だ輪 の動きに応じて蒸気力などがはたらき、かじ を動かしている。さらに、動力は給水ポンプ・排気ポンプ・送風機などにも用いられ、これらを補機という。(これに対して、推進機関のものを主機という)。また、停泊中の荷役のために巻上げ機械を備え、これも蒸気力や電気力によっている。

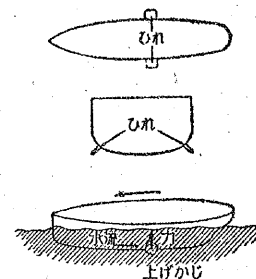


第121図 冷凍機の原理

航海中の食料をたくわえるには、冷凍機を用いている。冷凍機は蒸気機関を逆に運転したものに対応し、亜硫酸ガスやアンモニアのような気体を外から動力によって圧縮し、冷却水で熱をうばって液化し、さらに圧力をさげて蒸発させ低温をつくるものである。低温になるのは、蒸発熱を吸収するからである。なかには、冷凍食品の輸送を専門とする船もあり、冷凍機の今日の工業上における地位は、船に限らずひじょうに大きいのである。

船がゆれるのを止める方法はないものであろうか。ビルジキール(第122図の ひれ のかわりに、固定した長い ひれ をつけたもの)をつけたら、重心を高めて、固有の横ゆれの周期を長くしたりするのも、これを小さくする一つの方法である。それは、船では横ゆれが一ぱん問題になるからである。スペリーは高速度でまわる こま を使って、その軸が一

定方向をとろうとする性質を利用したが、これでは装置がたいしたものになる。これに対して、元良式では、右の図のように船底に ひれ をつけてこの ひれ を、小さい こま によって自動的に操縦することによって、ゆれるのを防ごうとしている。



第122図 動揺防止

問1. 船が後進をかけると、うず がいちじるしく起り、あわ が盛んに出るわけを考えてみよ。

問2. 電気推進とはどんなことをするのであろうか。

問3. スクリュー推進器の軸にかかる推力は、推力受で船体に傳えている。こんなことを考えないで、軸を機械で回転させたとするとどうなるであろうか。発動機船でも近くにあれば、これを見学してみよ。

問4. 汽船のマストはどんな はたらき をしているか。

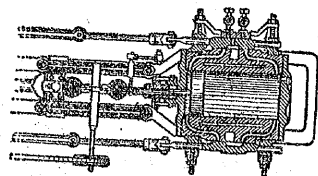
問5. 冷凍機は世間でどのような方面に應用されているか。

問6. 冷凍機はなぜ蒸気機関の逆行機に相当しているか。



ナイル河の あし舟

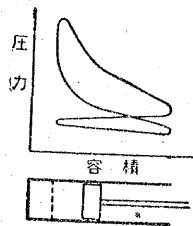
## § 14. 原動機の進歩と将来



第123図 ルノアールのガス機関

構造は蒸気機関とほとんど同じで、これにガスと空気を混ぜたものをピストンの1行程の半ばまで入れて、それから爆発させるのである。

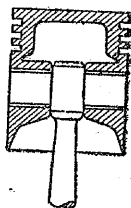
とほとんど変わらない。圧縮するには仕事がいるが、膨脹するときの圧力は、ピストンの同じ位置で第124図に示すように高くなるので、圧縮を



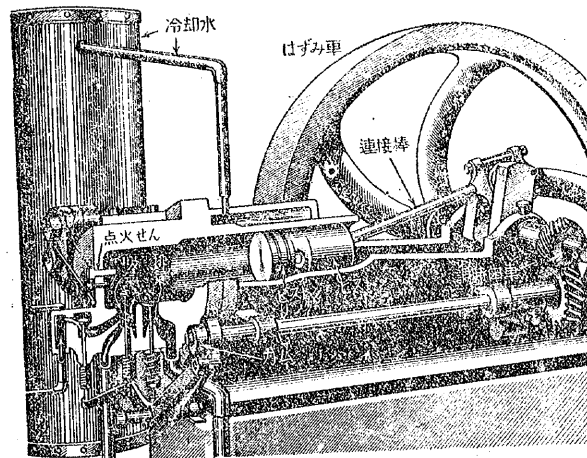
第124図 内燃機関圧縮図

強化すると、膨脹のときに仕事が余分に得られる。はじめのガス機関は、蒸気機関と同じで圧縮することを知らなかったため効率が悪かったのである。

内燃機関はガス機関の私たちから出発したが、効率が悪いので蒸気機関にはかなわなかった。その後、オットーはガスと空気の混合物を圧縮することを考えた。この作用は第126図を見ればわかるであろう。今日のガソリン機関も原理はこれ



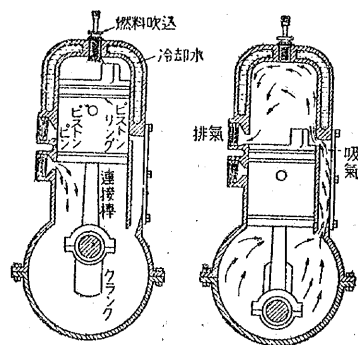
第125図 ピストンおよびピストンリング



第126図 オットーのガス機関 オットーは混合ガスを吸いこんでそれを圧縮し、つぎに爆発させ最後に排気するという4行程を行わせ、その中の1行程で動力を得るようにした。なお調子歯車にはねじ歯車を使った。

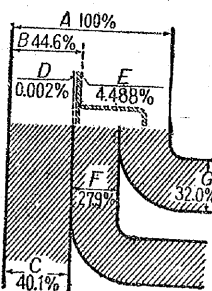
第124図を見ればわかるが、排気は空気中に出ると冷えて収縮し、圧力は急激に減少する。ゆえに、排気は蒸気機関の冷却の過程に相当し、冷却が十分に行われないと背圧が高くなる。蒸気機関車では、この点はどうなっているのだろうか。

研究 自転車用空気ポンプが、使用中熱してくるのは空気の圧縮のためで、摩擦によるものではないことを、どうして確かめるか。



第127図 ジーゼル機関

圧縮すると効率が高くなるという理論に気づいたのはディーゼルである。ところで、混合ガスを強く圧縮すると異常発火(ノッキング)を起すので、圧縮に限度がある。そこで空気だけを吸いこんで 30 気圧以上に圧縮すると、



第128図 復動2サイクルディーゼル機関の熱の行ぐえ

- A: 燃料の発熱量
- B: 純馬力となったエネルギー
- C: 軸馬力となったエネルギー
- D: 燃料ポンプに取られるエネルギー
- E: 摩擦として失われたエネルギー
- F: 冷却水に取られた熱量
- G: 排気中に失われた熱量

\* 高速ディーゼル機関では軽油を使う。発火点はガソリン 270~300°C、軽油 250~270°C、重油 260~270°C である。

ディーゼル機関は今日一ばん効率が良いといわれているが、その排気は 500°C ぐらいの高温である。ガソリン機関ではさらに高い。これを有効に利用する方法の一つとして、排気タービンをつけ、これでシリンダに送る空気を前もって圧縮することが大型の機関では行われている。

内燃機関ではシリンダが焼けるので、外からはたとえば水で冷やし、内側は潤滑油で冷やしている。この冷却水に取られる熱は 無駄 になるので、スチルはこのあたまった水を、シリンダの排気でさらに熱して蒸気機関をばたらかした。この機関の効率は 46% にもなったが、その後これを試みたようすがない。将来は別として、考え はよくても構造が複雑となって不便なのであろう。

蒸気機関でもタービンでもその大きい弱点は かま にあつ 煙突から排気としてすてられるだけ損失となる。そこで、圧搾空気を かま に送り、重油を燃して蒸気をつくり、そのあとの燃焼ガスでタービンをばたらかす機関もできた。このかま を ペロックスカン という。これがもし蒸気をつくらなければ、一種の内燃タービンになる(ただし、温度が昇り過ぎてタービンの羽根が焼けてしまう)。したがって、これはいわば内燃タービンを応用した かま のようであり、事実、内燃タービンの研究の間にできたものである。しかし、本体は かま で動力を出すのは蒸気タービンである。これも将来の熱機関の発達する方向を示している。しかし、内燃タービン自身

\* かま の効率や機械の摩擦損失などを考えると、じっさいの蒸気機関の効率は p. 94 の熱効率よりも小さくなる。

もようやく新しい時代の原動機として現われようとしている。  
 将来の動力はどうなるだろうか。電気はますます用いられ、  
 そのために水力はますます開発されるだろう。バイカル湖や  
 北アメリカの五大湖は大きな水力の資源として有名であり、  
 中国には揚子江・黄河をはじめ大河急流が多い。わが國も雨  
 量が多いから、治水をかねて水力の開発を計る必要がある。

水力電気は火力発電で補うが、さらに、その補いとして風力や太陽熱の直接  
 の利用が考えられる。直接といった意味は、風力や水力が太陽熱の間接の利用  
 になるからで、地上の水が蒸発して風が吹き、雨がふるのは太陽熱による天然  
 の大じかけな蒸気機関といえる。暴風雨も大雨もこれによって起り、かまわず  
 におくと、水は田畑を浸し、風はむなしく吹き荒れるだけである。石炭や石油  
 も古い時代の太陽熱の貯蓄に相当する。なお、燃料資源の将来を考えると、た  
 だ天産物に頼るだけでなく、地上には（かげ山）がないまでに植林して、これを  
 燃料として利用する方法を考えなければならない。これも太陽熱の間接の利用  
 になる。また、これによって水力の利用効率も高まる。そのほか、潮流を利用  
 した発電所も考えられ、わが國では瀬戸内海海峡が目につくのである。

将来原子力の利用が発達すれば、まず、航空機・船舶・自  
 動車などに利用されるだろう。太陽や星が光り続けておとろ  
 えないのは、その中で水素の4原子がヘリウム1原子になる  
 ときに出すエネルギーによるといわれている。これは自然の  
 原子力の利用で、原子力によって得られる熱は、ふつうの化  
 学変化の場合の熱に比べてけた違いに大きいのである。地上  
 で行われる方法はこれと違うが、将来、太陽の光がおとろえ  
 るときがきても、人類は原子力の利用により栄えていけるか

も知れない。また、近い将来に、昔ワットの発明が世の中に  
 変化を与えた以上のことが、これによって起されるであろう。

電池も力は弱い動力源の一種である。ふつうは、電極に  
 なる金属の間接の酸化によって電気を起している。この場合、  
 熱機関と違って化学変化が直接電気に変わっているのである。  
 人間も一種の原動機で、燃料のかわりにカロリーのあるもの  
 をたべ、酸素を消費している。この点動物も同じで、これら  
 は生物であるという以外に、動力源としてみて電池と同じよ  
 うに 変り種 である。すなわち、熱機関には熱源とともに、  
 復水器のような冷源があるのに、 からだ では熱源は考えら  
 れるが、冷源に相当するものがないのである。それはそれど  
 して、体力は手軽に、いつでも利用できる一ばん便利な動力  
 源で、体力をつくることはどんな時代にも必要なのである。

問1. はずみ車 はどんな役目をしているか。

問2. 熱機関を分類してみよ。

問3. 自然界にあるエネルギー源を分類してみよ（「交通通信」参照）。

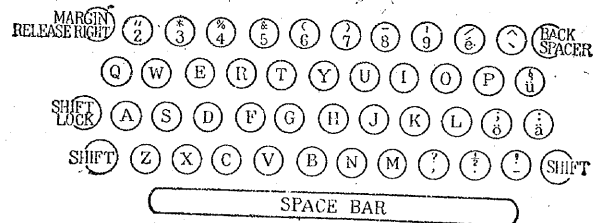
問4. 機械を、原動機・動力傳達部・作業機の3部分に分けることがある。

ポンプ・自動車・時計・轉てつ機・牛を使い すき・足踏みミシンなどでは、そ  
 れぞれどの部分にあたるか。

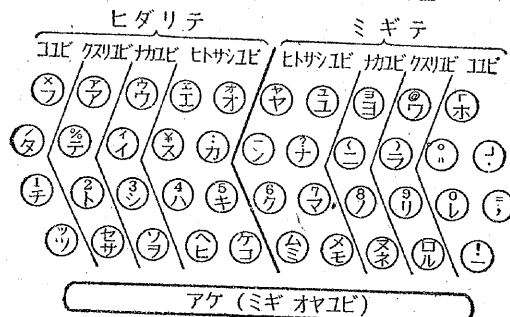
問5. ふろ や かまど では、発熱量の何パーセント（かま の効率）が利用さ  
 れているのだろうか。

問6. かま の効率 90%、熱効率 30% の機関では、発熱量の何パーセントが  
 利用されていることになるか。

# § 15. ことば と文字の機械化



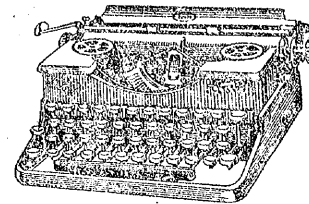
第129図 (a) 欧文タイプライター文字盤



第129図 (b) カナモジタイプライター文字盤

タイプライターは、文字を使ってする仕事のうえでの大発明である。これは上図のように、横に約10箇、前後に4段に並んだキーを指で押すと、a b c だけでなく、数字あるいは、. : ; ! ? などが打たれていくのである。指は左右の小指が両

端のキーにかかり、入さし指がそれぞれ中ほどの2箇ずつを打つ、というように受持ちがきまっているから、いちいち見る必要はなく、



第130図 欧文タイプライター

(1) 目を原文からそらす必要がない。

(2) 慣れると1分間に300字ぐらい打てる。

(3) 念を入れた清書よりも、きれいにわかりやすく打てる。

(4) カーボン紙を入れれば10枚以内ぐらいの複写が取れる。

まことに機械の威力で、字を書く仕事に大きな革命が起った。

今日欧米において、作家や記者が原稿を書くのに多くはペンをせず、また、学生が筆記のかわりにタイプライターを使っていることも、注意すべきである。

同じようにローマ字を使っても、英文以外のほかの國のことばでは、ä・é・çなどの字があるために多少ようすが違っている。ロシア語もタイプライターが使えるが、漢字かなまじりとなると、こんなに簡単にはいかない。邦文タイプライターも近ごろよく使われるが、機械化が不完全で、

(1) 字を探すために目が疲れて、原文ばかり見ている。つれない。

(2) 打つ速さがまるで違う(ただし打つ字数は少ない)。

(3) そのうえ、2人でやっと持ち運びができるほど重いもので、ポータブルの比ではない。

これをみても、文字のためにどれだけ能率が落ちているかわかる。漢字を書くとき・華・鮮三國に通ずるという長所はあるが、機械化という点からは三國共通の悩みで、欧文タイプライターに比べられるものを発明することは、そうとう困難であろう。

文字によって昔の文語はうかがわれるが、じっさいに話された國語はわからない。ことばの大きい役目は話すことにあるので、今日、これが録音できるようになったことは、ことばの発達の上で、文字の発明に比べられる大きい進歩である。音聲は数種の振動数の組み合わせさった空気の振動で、それぞれの振動数やその振動の大きさ、また振動のおとろえ方など細かく研究されている。この組合せでいろいろの音が出て、これが、日本人と外国人との発音の違いともなり、男と女の聲の差ともなるのである。

蓄音器ではこの振動を音盤のみぞに記録し、この上を針が通るとその振動が振動板に傳わって、音が再現される。蓄音器を使うと、國語の話し方まで統一できるし、外國語の学

\* ここに日本文の重要さと國際性がある。なお、漢字のタイプライター化が一たび進歩すれば、共通の悩みも解消されその文化向上につくだけでなく、重要な輸出品ともなろう。

習とくに聞き方の進歩にも役立つ。また、るす中の訪問者の要件や自分の傳言を録音して外出できるため事務の能率が高まるし、重要な話の場合は録音して置くとあとで証拠になる。

事務を機械化することもたいせつである。それには、タイプライター・計算器・ナンバリングマシン・タイムレコーダーから金銭すいとう機などを用い、人力を節約する必要がある。そろばんもすぐれた計算器であるが、こればかりに頼ることもできない。ことに統計の重要性が増してきた今日、資料を整理し統計をとることが機械化されなければならないが、日本では、この方面の機械化が遅れていたために、せっかくの調査資料が有効に使えなかったのである。しかし、事務の機械化はただ機械を買いこむことではなく、事務そのものを合理化し、能率を高めることがたいせつなのである。

研究 計算器があれば、その構造使い方をしらべてみよ。

問1. 欧文タイプライターを見て、大文字を打つとき、および、字間をあけるときはどうするかしらべてみよ。

問2. カナモジタイプライターにつき研究せよ。

問3. 邦文タイプライターの構造をしらべてみよ。

問4. 蓄音器の針を取りかえないで使っていると、どんな害があるか。

問5. 蓄音器の回転数が落ちると、声の調子が変わって太くなるのはなぜか。

問6. 放送で録音を使わないで、擬音を使うことがあるが、どういふわけだろうか。

## § 16. 機械と事故

昔自動車が町でめづらしかったころは、よくこしょうを起した。機械そのものが旧式であったからに違いないが、扱う人の手入れも悪く、扱い方もへただったのであろう。今日では、機械も進歩したが同時に整備が行きとどくようになったのである。どんな機械でも使う前によく点検して、ねじのゆるみをしらべ、適当に油を與え、また使用後は手入れや分解を行うとかいたわって注意深く使う必要がある。この整備という觀念の発達と普及が、こしょうをいちじるしく減らしたと考えられる。

鉄道では保線係りや車りょう係りの見まわり、機関車の手入れなどが行きとどいて、はじめて安全に輸送の任務を果たすことができる。このことは登山やスキー・海上の競技・帆走などについてもいえることで、用具の点検をおこたり、整備に手落ちがあると生命にかかわることも起る。運動を愛するものは、また用具をたいせつにし、たとえば、皮革類に油をきらず、金具をさびさせたり、木具を乾反<sup>はら</sup>せたりしてはならない。この心は同時に機械を扱う心ともなるのである。

つぎに、運転・操縦にあたっては熟練とともに細心の注意がある。たとえば、機械をしばらく止めておくと、軸受などでは軸の重みで潤滑油が押し出され、抵抗が大きくなっている。まわりだせば油を吸いこんで潤滑作用が円滑になるが、それまでの間に急に力をかけると、金属が直接すれ合っ

故の原因となる。また運転中は、機械の熱し方やにおい・振動など、とくに音に注意して、異常があれば速やかにその対策をとらなければならない。機械ではがん張りはきかないのである(§ 7.を見よ)。ある台所で圧力がまが爆発して死傷者が出たことがあり、しらべてみると安全弁のレバーにふきんをかけていたそうであるが、これは信号を無視して事故を起す運転手と同じ心である。そのほか、山にいくときや海に出るときは氣象條件を細かく注意する必要がある。

以上の注意で事故の大半はなくなるが、これで万全とはいえない。そのおもな原因は機械そのものに欠点があるからでこれは原因をつきとめて改良していくよりほかはない。その中で注意を要するのは、構造や はたらき を單純化することである。なお、單純化すると整備の手間も省ける。また、計算なども機械化して、工場や海上で頭が細かくまわらないときの事故を避けることも必要である。

こうして事故の原因を大ものから順に取り除いていくと、除ききれないものが残る。よって、事故の発生率がひじょうに小さくはなるが、少しは危険がある。そこで、機械を取り扱うものは、細心の注意をはらい、もしすこしでも異状があれば直ちに手当をしなければならない。事故のないことがどれほど望ましくても、これを科学的に正当でない方法で予知

\* 同じ機械でも、日本のものはアメリカのものに比べて、点検や修理などがやりにくくできていることが多いそうである。

しようしたり、防ごうとすると、たんなる氣休めにおわるだけでなく、理性をくもらせる危険もある。

また原因がわからなくても、たとえば統計をとることによって事故の起る率がわかることがあり、さらにこれを小さくすることもできる。ある時間使用したら必ず分解手入れをせよといわれて、これをおこたっても何事もないことがあると、はなはだ非科学的な「さしず」のように思われるが、これをおこたと事故の起る率が急に増してくるのである。このようなときには、精密な計算に対しても「安全係数（または安全率ともいう）」をかけて使うことになっている。その意味は上に述べたようなもので、安全係数をかけてものを考え、ものごとをするのがじつは科学的なのである。何をするにしてもある程度の危険は伴うもので、この意味では人生は冒険であるといえる。ただ、それが投機となるかならないかは、科学的に統計的につくすべき手段をつくしているかどうかでさるるのである。

研究 機械の動いているときの音や におい に注意してみよ。

## § 17. 機械を作る人や機械

機械は人間の作ったものであり進歩していくものであるから、これを、ただ使うことや買いこむことばかりを考えないで、これを作ることに興味を持ち、作りだす人たちに対して理解を持たなければならない。

機械を作る材料のおもなものは鉄である。したがって、質の良い鉄が安く、かつ、多量に生産されることが機械を作るために第一に必要である。未開人でも鉄をつくるが、その生産費は驚くほど高いものについている。

昔は、木炭で精錬していたので、森林を切りつくし、これによって生産が制られるようになって、当時発展の途上にあった産業の前途を暗くした。そこで、石炭を精錬に使いたいという希望や試みが盛んになり、1735年ヨークスだけによる製鉄に成功した。より鉄が高温になると木炭のような軟らかいものは碎けるが、ヨークスは堅いのでこの問題も解決し、当時発明されたワットの機関による送風機とあいまって、鉄は資材に心配なく安く多量に生産されるようになった。技術の進歩が生産費を下げるよい例である。

鉄から機械を作るには、昔は錬鉄をきたえるか、炭素の多いもろい鑄鉄で鑄るかであった。今日では、鋼材を多量に生産し、これを鑄こむこともきたえることもできる。鍛造も機械じかけで行うようになった。さらに複雑な形のものを精密に仕上げるには工作機械を使う。

その後製鋼法が進歩し、炭素以外にニッケル・クロームな

どを含んだ特殊鋼も作られるようになった。機械のよしあしはその材質によるもので、ことに近ごろでは、構造や作り方も多くはその材質によってきまるのである。さらに、工作機械自身、あるいはその刃物も材質の進歩によって支配されている。

工作機械は蒸気機関と密接な関係を持って発達した。18世紀のはじめ大気圧機関やポンプを作るための鉄工場ができていたが、当時の工作機械は精密さが悪く、鋳こまれたままのシリンダも用いられた。ワットが1775年に改良された中ぐり機械の助けをかりたことは前に述べたが、この機械では、たとえば57インチの直径をくり抜いて、その偏差は1/16インチという小さい値に達した。

しかし、工作機械の精密さが増したのは、1797年モンズリが送り台を発明してからである。すなわち、旋盤その他の機械で刃物を精密なねじで送って(第60図を見よ)、回転する材料にあてがうことをはじめた。これによって工作は手先の仕事ではなくて完全に機械化され、精密さはいちじるしく高まり(ふつうで1/100mmぐらい)、しかもこれを扱う技能はきわめて単純なものになった。これによって、機械を作ることが手工業の範囲を離れて完全に機械化された。手先の作業の機械化にはじまり、蒸気機関によって一應の完成をみた産業革命は、工作機械の進歩によって大成したものといえるのである。

蒸気機関を作るための要求から平削り盤ができて発達した。

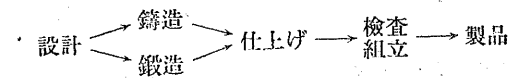
\* またかれは、工作機械を全部鉄で作し、木の部分のないようにした。

こうしてイギリスは先進工業國にふさわしく工作機械の進歩した國となり、19世紀の中ごろには進歩した旋盤・平削り盤・ボール盤・ボルトねじ切り機などができていた。この進歩を背景として蒸気タービンが現われたといえる。

19世紀のはじめにホイットニーがフライス盤を作った。なお、アメリカの工作機械はその後発達して、19世紀中ごろにはイギリスをしのぐようになった。のちに、ドイツはアメリカに学んで独特の精密な工作機械を作るようになり、またソ連では工業化の第一歩を何よりも工作機械の製作から踏み出した。

1842年にはイギリスでネスミスが蒸気ハンマーを作り、1859年ごろにはこれにかわって1万トン以上の水圧機が作られるようになって、機械の製法は進歩した。また、レール・パイプ・鉄板などを作る圧延機もこの19世紀に大成された。それとともに測定器具(材料試験機も含めて)や目盛り機械なども、この時代に発達した。精密な目盛り機械や測定器は精密な工作の母である。

機械を作るのは設計図に基づいてなされる。設計する人は要求される性能を考え、力学や材料の強さ・資材の節約・工作の難易などを考えて、これを形式のきまった図面に表わすのである。しかし材質や工作機械が悪くては、りっぱな着想を図面に表わしても、これを実現することはできないのである。



なお、多量生産の便宜を考えて構造や工作などの単純化を計り、新しい設計のときは、試作品を作り十分ためしたうえで型式を定めて、しばらくの間はそれにしたがって製作する。

多量生産をする場合は部分品の規格化がたいせつで、それには寸法などを規定し、ほかの機械の部分品をはずしてきても、びたりとあてはまるように精密な工作をする必要がある。これを部分品の「互換性」という。そのために一つの工場だけで規格を定めず、全国あるいは国際的に協定してこれを定めるとよい。

わが国では日本標準規格(JIS)として制定公布され、<sup>\*</sup> 国際的なものは国際標準規格として行われている。なお、鉄道の軌間のごときも規格化の例である。同じ国内の関東・関西で懸の大きさやかわらの大きさの違ひは不便であるが、これに対してねじや自転車の部分品などには日本標準規格がきま<sup>\*\*</sup>っている。懐中電燈の箱と電池がどれをとってもびたりと合うのは愉快ではないか。

いままでの形式の範囲で使用に不便なところ、力学的にふつどうなところをなおしたり、工作法を考えるのが改良であるとする、この形式を大きく踏みこえたものを考えだすのが発明といえよう。この発明も§13、§14で述べたように、改良が重なっていままでの形式では行きづまるとき生れる場

\* わが国では標準軌間のもの(電鉄のあるもの)と狭軌(省線)のほか、東京都電のように特殊なものもある。

\*\* しかし、このねじの形や規格はアメリカ・イギリスおよびヨーロッパ大陸とで違っていて不便である。

合が多い。古い形式でも改良の余地のある間は新しい着想も多くは実を結ばない。そして、着想のすぐれた人はどうかすると考えが進み過ぎて、実際的な技術家として成功しない。

私たちの総てが機械を作る人になれるものではない。しかし、機械を作る人々を理解することはできる。そしてこれをはげまし、また、これに協力してよい機械を作らせなければならない。この人々は科学者ではないとしても、この人々を科学者を理解し、また、科学者がこれを理解していくことはできる。またそうすると、一そうの進歩があるのである。ほかの人々と技術者との関係についても同様である。

問1. 日本標準規格とは何か。

問2. 部分品の互換性は、いわゆる名人鑿でたやすくできるだろうか。

問3. 技術の古い形式と、新しい着想の関係をまとめてみよ。

問4. 一度社会からほうむられた発明が、あとで実用化される例はないか。その事情はどんなものであったか。

問5. 蒸気機関をさし置いて、一足飛びに蒸気タービンの発明が行われ得たであろうか。

研究 技術者になるものと、科学者になるものとに分かれて、それぞれの役割りを話し合え。

## § 18. 人生と機械化

谷川の水を汲み、落葉を集めてたく生活も味のあるものである。しかし、新しい産業の発達した今日ではゆう長なことはしてられないので、こんな趣きを味うのは(止むを得ない事情によるか、さもなければ)一種の ぜいたく である。これに対し、ガスをひねり水道を使うのは ぜいたく ではなく、業務にいそむための生活の合理化と能率化になるのである。しかし、自然に帰る生活は精神上だけのものではなく、からだの健康の上にも必要な保養であり、氣散じである。したがって、産業を盛んにしそのために日常生活を機械化して、適当にこの氣散じを楽しむ ゆとり と機会をつくる必要があるのである。これは動力が発達しても体力をきたえ、また、汽船ができて帆走や かい でこぐことが海上訓練として必要なのと似ている。また、測定器具や作業の機械化が進んでも、感覚や かん の鎮摩、技術の熟練はやはりたいせつなものと同じである。こうして機械化が進むと、ときには自然に帰り、耐乏生活を楽しむ機会を選ぶ自由が得られるのである。

それに対して、耐乏生活がときを選ばず程度をわきまえないで強要せられるのは不快であり、かつ、生活の能率を落して経済的に発展できなくなる。ところが、以前には生活の機

械化は ぜいたく だと考えられたことがある。なるほどそのために費用は余分にかかるが、これを惜しむと社会の能率を落して経済的に立ちなまる力も失われてしまう。

産業の機械化は、なほ一そうたいせつである。進歩した機械を使うより安くやとえる人手をふやした方が、帳面の上ではひき合うかもしれない。しかし、國全体の経済力はこのために向上することはないのである。機械化したために仕事はかどると、それだけ多く「富を自然からつくりだした」ことになる。そのうえ、同じものをつくりだすのに時間がかからなくなるから、生産費が安くなり國外市場が開けるし資源の不足をかこつ必要もなくなる。アメリカの綿業が一時ふるわなかったとき、ホイットニーが綿の種子と せんい とをより分ける操綿機を發明したために、今日では世界最大の綿業國に立ちなあった。それだけではなく、産業が機械化されると、奴隸を使うような遅れた方法は、成り立たなくなって (§ 7. を見よ)、奴隸解放というかがやかしい進歩が行われるようになった。

自然の法則を知らないものは、その成行きに縛られ運命を開くことができない。人類はいわばその無力さとたたかい続けてきたのである。このための努力は、人と人との いさかい とは違って將來も続けられ、人類に繁栄をもたらすのである。昔ワットの發明は、イギリスが北アメリカで失ったものをつぐなって余りあるといわれたが、人類の自然に対する地位を

進め、世界経済につくして喜ばれないことはないのである。

これに対して、手持品の値上りなどで巨利を得ても、生産をおこたるなら富をつくりだしたことはないならず、国内経済に対してもつぐしたことはない。これまで、私たちはとく機械に対して親しみがうすく、経済を発展させるには生産の機械化を第一に考えなければならないことが十分知れわたっていなかった。そのうえ、戦後の産業は機械の破損や修理の不十分・技術の低下などで能率が落ち、科学化とは逆の方向に進む危険もないではない。これは人類の進歩とも逆の方向で、これでは社会の進歩も向上も望めないのである。

いままでの日本では、機械を扱う人や作りだす人々を軽くみるふうがあった。この人々もどうかすると機械のようになって、社会生活を高める上に自分たちの役目が意外に大きいことに気づかないことがあった。また、機械だけをそろえても、これを扱う技術が低いと能率があがらない。世の中がよくなるかどうかは、もののたりない今日では、はたらく人々の「技術」にかかっているといってもいい過ぎではない。

技術を高めるにははたらく人々の自覚と向上とが必要であるが、大局よりみるとこのために国内市場も開け産業の発展となって、間接に利益となって帰ってくるのである。

研究 生活の機械化とは、どういうことをさすのだろうか。どこにまず手をつけたものであろうか。

## むすびのこゝろ

この本で学んだところをまとめていうと、人間は道具を使うことによって自然にはたらきかける力を増し、§ 1. で述べたように知らぬ間に「力学の中で」くらしはじめた。それによって産業を進め、それに應じてその精神も発達し、また社会も変化していったのである。その間には平和をそこなう道具や、このましくない制度や現象 (§ 7. や § 11. を見よ) もできたが、科学・技術が一だんと向上し、それに應じて社会も経済も進歩した今日、このようなふつごうは除かれようとしているのである。たとえば、男女不平等の原因は、産業の機械化や社会の進歩による女性の進出で取り去られようとしている。社会の進歩も、道徳の向上も、高遠な理想も、人類の自然にはたらきかける実力が高まらなないと、総てがから念佛になる。

また、機械を使って仕事はかどるようになればなるほど、力学とともにくらす程度も増してくる。すると、きゅうくつになるようやかえって生活にゆとりができ、ものを考える自由が得られ、迷信はすたれ理性がのびてくる。こうなるとむずかしい学問も理くつもしぜんと身についてくるのである。

・ 他方には、機械によって富をつくりだし、世界経済の発展

につくそうという氣持になると、世界も日本の繁榮を計ろうとするようになるだろう。こうして、科学によって國運を開いていこうという眞剣な氣持が起ってくると、文化もしぜんと高まって、世界の尊敬を受ける國民ともなれるのである。はたらく喜びとともにこの使命を自覺して、機械に親しんでいこうではないか。

〔昭和24年度発行〕

私たちの科学 14

機械を使うと仕事はどのようにはかどるか

中学校第3学年用

昭和22年11月22日印刷 同日鐫刻印刷  
昭和22年11月25日発行 同日鐫刻発行 定價13円40銭  
昭和23年10月27日修正印刷 同日修正鐫刻印刷  
昭和23年10月31日修正発行 同日修正鐫刻発行  
〔昭和23年10月31日 文部省検査済〕

APPROVED BY MINISTRY  
OF EDUCATION  
(DATE OCT. 27, 1948)

著作権所有 著 作 者 文 部 省  
発 行 者 東京都中央区銀座一丁目五番地  
大日本圖書株式會社  
鐫 刻 者 代表者 佐久間長吉郎  
大日本圖書株式會社  
印 刷 者 東京都新宿区市谷加賀町一丁目十二番地  
大日本印刷株式會社  
代表者 佐久間長吉郎

東京都中央区銀座一丁目五番地  
発 行 所 大日本圖書株式會社

文 部 省