

K250.4 1

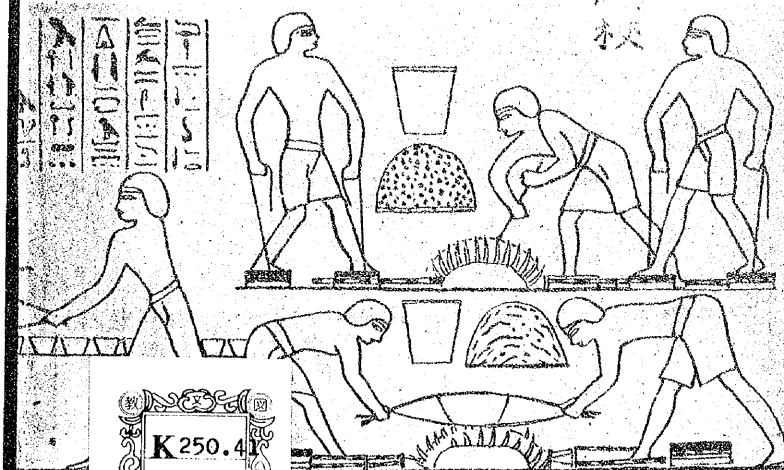
1

3d

私たちの科学 3

火をどのように 使ったらよいか

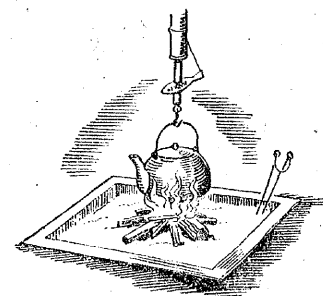
中学校第1学年用



文 部 省

私たちの科学 3

火をどのように
使ったらよいか



文 部 省

目次

まえがき	2
1. 火をしらべる手がかり	4
§ 1. どうすると燃えるか	4
§ 2. どんな物質が元素か	6
§ 3. 化合物と混合物はどう違うか	9
§ 4. 物質はどのような構造をもっているか	10
§ 5. 原子・分子はどのようなものか	12
2. 物が燃えるときに起る変化	15
§ 6. マグネシウムは燃えて何になるか	15
§ 7. 炭素が燃えるとどうなるか	17
§ 8. 水素が燃えるとどうなるか	20
§ 9. いおう が燃えるとどうなるか	24
§ 10. 金物は燃えないだろうか	25
§ 11. 酸素の中ではどのように燃えるか	27
§ 12. なぜ ほのお が出るのか	31
3. 燃料のいろいろ	34
§ 13. 木をどのように加工するか	34
§ 14. 石炭をどのように加工するか	37
§ 15. 石油をどのように加工するか	40
4. 温度と熱	43
§ 16. 温度をどのようにしてはかるか	43
§ 17. 物を熱すると、どのようにふくれるか	44
§ 18. 光の色と温度とは、どのような関係があるか	49

§ 19. 熱とは何か	51
§ 20. 燃えるときどれくらいの熱が出るか	52
5. ぐあいいよく燃やすしかけ	54
§ 21. まき割りとは、何のためにするのか	54
§ 22. どうすると煙が出るか	55
§ 23. こんろ や かまど をどのように改めたらよいか	57
§ 24. 煙突はどんななはたらきをするか	59
§ 25. 石炭ガスはどのように燃やすのがよいか	61
§ 26. ほのお に酸素をふきこむとどのように燃えるか	66
6. 火の作り方	70
§ 27. どれくらいに熱すれば燃え出すか	70
§ 28. どのようにして発火させるか	71
7. 爆発と火薬	76
§ 29. 気体はどのように爆発するか	76
§ 30. どんな火薬が用いられているか	77
8. 消火	79
§ 31. 火はどうすれば消えるか	79
§ 32. どんな消火器があるか	81
9. 熱の移り方	83
§ 33. 熱はどのように傳わるか(傳導)	83
§ 34. 湯はどのようにしてわくか(対流)	86
§ 35. 太陽の熱はどのようにして地表にとどくか(輻射)	87
§ 36. どうすると熱が逃げないか	89
§ 37. どうすると熱がよく移るか	91
§ 38. 輻射熱をどのようにしてとらえるか	93

まえがき

どんなに暑いといっても、気温が 40°C を超えることはまれであるし、また、どんなに寒いといっても、零下 30°C をくだることは少ない。そして、すべての動植物は 40°C かせいぜい 50°C の気温の変化の中で生活しているのである。もちろん自然界には、もっと高温度のところも、もっと低温度のところもある。たとえば、火山から赤熱した 溶岩 が流れ出すこともあるし、温泉からわきたった湯が出ることもある。山火事がしぜんに起ることもある。一方、一万数千メートルの上空よ、零下 60°C という想像もできない寒さである。しかし動物は、このような高温や低温を利用することを知らない。ただ人間だけが、火を使うことによって、その高温を利用する術を知ったのである。物が燃えるときに発する光で夜を明かるくてらすことができ、その熱で食物を料理したり、粘土を焼いて食器を作ったり、ついには、鉱石から銅や鉄をとり出したりすることまで知ったのである。こうして人間は、他の動物と異なった高い生活の第一歩をふみ出したということができよう。

文化はその後、火の利用法が進むのと一しょに進んだ。いま、私たちの毎日の生活を考え、また、身のまわりの品物が作られた道すじをしらべてみると、火がどれほどたいせつな

ものかがわかるであろう。まきや すみ が不足すると炊事もできない。石炭が不足すると、すべての産業は動かなくなる。石油がなかったら、飛行機も自動車も汽船も止まってしまう。

これから火のことをしらべていくのであるが、みな楽しみにちがいない。台所もふろ場も私たちの実験室である。マッチをするのも、ろうそくをともしもの、こんろの火おこしも、ふろたきも、私たちの研究問題である。ふろがわくのいままで1時間かかったなら、研究して50分でわかしてみよう。まきが1束半必要であつたら、1束でわかしてみよう。かまども改良しよう。また、このような研究のたすけになるいろいろの実験もしてみよう。さらにひろく、汽車や工場などで、火がどのように使われているかしらべてみよう。こうしている間には、いままで気がつかなかったおもしろいこともたくさん出てきて、一そう楽しみになるであろう。

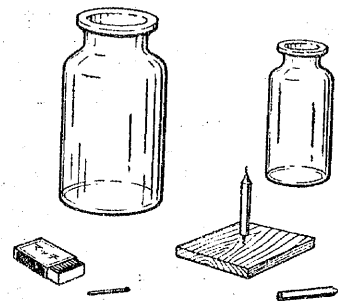
しかし火は、扱い方を誤ると恐ろしい災害を與えることもあるから、十分に注意してかからなくてはならない。物をこがしたり、火事を出したりしないように、また、自分だけでなく、まわりの人にも やけどなどをさせないように氣をつけよう。十印のついている実験は、とくに氣をつけなければならない。注意をよく読み、その理由を考えながら、まもるようにしよう。

1. 火をしらべる手がかり

§ 1. どうすると燃えるか

ろうそくに火をともしというかんたんなことを、くわしくしらべることから始めよう。

実験1. ろうそくのほのお



第1図 実験1. の道具

- 1) まず、小さい ろうそくに火をともし。
- 2) 火をともした ろうそくに、廣口びんをかぶせ、ほのおのようすを観察する。これをいろいろの廣口びんでためす。

ろうそくに火をともしには、マッチの火で ろうそくのしんを熱する。木でもガッリンでも、熱しなければ燃え出さない。いまでこそ、マッチの火で手軽にそれができるが、昔、火を作るのに一番苦労したのは、燃え出す温度までに熱することであった。火の氣のないところから火事があったというようなことを聞くこともあるが、よくしらべてみると、必ず

何かの原因で熱せられたことがわかる。燃え出させるには、まず、燃料を高い温度に熱することが必要なのである。

次に、どうすれば燃え続けるであろうか。燃料の一部分が燃え出すと熱が発生して、その近くの部分を熱し、ここに火が移る。このようにつぎつぎに燃料を熱し、そこが新しい火もとになって、またとなりを燃やすというようにしてしだいに燃えひろがっていく。そして燃えつきてしまえばしぜんに火は消える。この二つのこと、すなわち、燃える物があることと、それを高い温度に熱することが、火をつくるのに必要であることは昔から知られていた。しかし、さらにもう一つのものがないと、火は燃えないということがはっきりわかったのは、ずっと後になってからである。それは何であろうか。上の実験で、ろうそくのほのおをふたつと、ほのおはしだいに小さく暗くなり、これがちょっと大きくなったと思ふとポッと消え、あとに白い煙が立ちのぼるのを見た。また、びんが小さいほど火が早く消えることを確かめた。いまにもほのおが消えそうになったときに、びんの下を少しすかせるとほのおがふたたびいきおいよく燃え上がることも知った。これらのことから見て、物が燃えるには、空気が必要であることが推察される。

燃料と、それが高い温度になることと、空気が必要なのである。この三つを火をしらべる手がかりとしよう。

ろうそくが燃えると、ろうがどこかへ消えてしまう。木や

石炭は燃えると灰になる。上の三つが組み合わせると、燃料は全く別の物質になってしまうのである。このような物質の変化をしらべるために、まず、化合物とか元素とかの物質の種類や、それらの物質を形づくっている基本的な粒、すなわち原子や分子についても一通りの知識を持っていた方がよいと思う。

§ 2. どんな物質が元素か

自然界にある物質の種類はきわめて多い。身のまわりにある物について、木・鉄・ガラス・紙などと数えあげるだけでも、ほとんどきりが無いほどである。しかし a, b, c, …… 26 文字が組み合わされて、pen とか ink とかの無数のことばが書き表わされるように、物質にも基本的なものがあるのではないか。そうして、これらがいろいろに組み合わせられて無数の物質の種類ができているのではなかろうか。という考えが、すでに二千年あまりも前に生まれていた。すなわち、古代のギリシアには、地・空気・水・火の四つが基本的なものであり、宇宙のすべての物質は、この四つの組合せで生ずるのだと考えた人があった。たとえば、木は火と地の組み合わせられたものである。その証拠に、木から火が出れば、あとには地(灰)が残るではないかというように説明した。自然をさらにくわしくしらべることもなしに、考えることだけで明らかにしようとしたのである。しかも、これが誤りとも気づ

かれずに、千年あまりも通用していた。

このような考えは、いつしか、黄金を他のありふれた物質からつくり出そうという望みに結びついた。

そのころには、古代ギリシアの四元素は、水銀・いおう・および塩のようなものにおきかえられていた。そしてこれらを適当にまぜると、黄金や銀やその他すべての物質になると信じられたのである。黄金は美しい高価な金属である。ありふれた物質から黄金がたくさんできたら、すばらしいことにちがいない。黄金をつくり出す方法、すなわち錬金術を研究する人々は、地上にあるもの、地下にうずもれているもの、地上に降ってくるものなど、手あたりしだいにあらゆる物質をとかしたり、煮たり、まぜ合わせたりした。

しかし、多くの人々のこうした努力にもかかわらず、一片の黄金も銀も、生じなかったのである。そして黄金をつくり出そうという目標は、しだいに、病気をなおす薬品をつくり出そうという目標に移っていった。

こうして人々は、黄金をつくることには失敗したが、黄金よりも尊いものを得たのである。それは物質の組成をしらべる方法と、物質についての正しい知識とである。すなわち、観察や実験をして自然を実際に研究するということが、自然を知る方法として中心に推し出されてきた。そして実験の方法もしだいに科学的になり、偶然的ではあったが多くの重要な発見がなされた。グラウバーが塩酸や硝酸を工業的につく

り出したりしたのもこのころのことである。

このようにして、物質の組成についての科学的な材料がしだいに豊富になってきたが、こうした研究を「化学」という学問にまで高めたのは、ボイルであった。彼は、「今までの化学者は、せまい目標を目ざしていた。それは、金属を変化させ、また医薬をこしらえて利益を得ようということであった。私は化学を別な見方から取り扱うことにした。自然のものとをしらべるのに、自分の狭い利益だけにとらわれてはいけない。科学の進歩というごとにつとめなければならない。それが結局は世の中に対して最大の奉仕になるであろう」という立場に立って学問としての化学の研究をした。

かれは実験と観察の結果から、もはやそれ以上分解できない物質を区別した。これは今日でいう「元素」である。混合と化合の区別も明らかにした。その後、多くのすぐれた学者によって化学は急速な進歩をした。

いまでは、宇宙に存在するすべての元素の種類は、90あまりしかないことが明らかにされており、しかもそのほとんどすべてが発見されている。元素の中で私たちがよく知っているものは、金属類に多い。金・白金(プラチナ)・銀・銅・鉄・アルミニウム・マグネシウム・水銀・鉛・すず・亜鉛などはどれも元素である。金属でないものの中でも、炭素・いおう・りんなどはよく知られた元素である。普通、気体になっているものでは、水素・酸素・窒素などがなじみぶかい。

第 1 表 元 素

元 素 名	記 号*	元 素 名	記 号	元 素 名	記 号
水 素	H	い お う 素	S	す ず	Sn
ヘ リ ウ ム	He	塩 素	Cl	上 り 素	I
炭 素	C	カリウム	K	タンゲステン	W
窒 素	N	カルシウム	Ca	イリジウム	Ir
酸 素	O	クロム	Cr	白 金	Pt
ネ オ ン	Ne	鉄	Fe	金	Au
ナトリウム	Na	ニ ッ ケ ル	Ni	水 銀	Hg
マグネシウム	Mg	銅	Cu	鉛	Pb
アルミニウム	Al	亜 鉛	Zn	ラ ジ ウ ム	Ra
りん	P	銀	Ag	ウ ラ ニ ム	U

* 表に示したように、元素を記号で表わすことがある。この記号は万国共通である。

§ 3. 化合物と混合物はどう違うか

鉄の粉と いおう の粉とをまぜ合わせると、灰色の粉になる。質が変化したように見えるが、この粉を 虫めがね で観察すると、やはり鉄の粉と いおう の粉を別々に見分けることができるし、また、磁石で鉄の粉だけを分け取ることもしることができる。砂糖水は見たところは全く一様で、砂糖と水とを見分けることができないが、砂糖の性質も水の性質も失われてはいない。また、煮つめれば、砂糖と水とを別々にすることができる。このように、まじり合っただけの物質を「混合物」という。空気も酸素と窒素の混合物である。ところが鉄と いおう の混合物を強く熱すると、全く性質の違った物質に変化してしまう。磁石を使っても鉄と いおう を分けることができ

ない。このように、二つの物質がたがいに作用しあって全く別な物質になることを「化合」。化合の結果、新しくできた物質を「化合物」というのである。水素と酸素をまぜ合わせただけでは「混合物」であるが、これに火をつけると、激しい爆発を起して化合し水になる。すなわち、水は酸素と水素の「化合物」なのである。このように物が化合するときには、多量の熱を出したり、または逆にまわりから熱を吸収したりすること、また、その結果できた化合物は、もとのものとすっかり性質が違ってしまうことが特色である。そして火は化合のいちじるしい例なのである。

自然界には、酸素や窒素や金のように、元素のままで存在するものもある。しかし元素の種類が 90 あまりしかないことから考えても、物質の大部分は化合物であることが推察されよう。なにしろ化合すると、性質がまるで別のものになってしまうのであるから、元素のいろいろの組合せによって、数えきれないほどの物質の種類ができるのである。

§ 4. 物質はどのような構造をもっているか

すべての物質は、元素か、化合物か、混合物かのどれかであることを知ったが、元素や化合物を顕微鏡でしらべたら、どのようなものに見えるであろうか。現在、最も進歩した電子顕微鏡で数10万倍に拡大して見ても、水はやはり一樣な水にしか見えない。しかし、ここにコップに水をみだし、それ

を半分に分ける。それをまた半分に、それをさらに半分にというように引き続いて分けていったとしたら、しまいにはどうなるであろうか。物質は、限りなく細かくすることができるか、あるいは、それ以上細かくすることのできない基本的な粒になってしまうであろうかということは、昔から大きななどであった。この問題に対して、「ちょうど、建物がたくさん石から成りたっているように、小石も細かい粒から成りたっている」と考えたのは、ギリシアの哲学者デモクリトスであった。水や石に限らず、木や空気のような物質でさえも、基本的な粒子が集まってできているものとかれは考えたのである。

これはもちろん当時の大ざっぱな観察や経験をもとにした説明で、精密な実験的なよりどころはなかったのである。ところが今から 100 年あまり前、顕微鏡をのぞいていたブラウンは、ひせガラスの上の一滴の水に浮かせた花粉が、ブルブルとふるえるような不規則な運動をするのを観察した。この運動はどうして起るのだろうか。水はきわめて小さい粒子から成り、その一つ一つが絶えず運動している。水の粒子が水に浮かんでいる花粉にぶつかって、これをはねとばすために、花粉が動きまわるのであろう。もっと大きな粉であると水に浮かせても動かないのは、水の粒子が四方八方からぶつかり、

* かれはこの粒子をアトム（割れないもの）と名づけた。現在使われているアトム（原子）という語は、これから出ているといわれている。

その力が平均されるためである。このように考えれば、この現象の説明がつく。物質が粒子から成りたっているとしなければどうしても説明できない現象は、その後も引き続いて数多く発見され、この説は今ではだれも疑いをさしはさむ余地のない確かなものとなった。

§ 5. 原子・分子はどのようなものか

コップに一ばいの水を二分し、さらに二分していく例を先に述べたが、この場合に、最後に到達すると考えられる粒が「分子」である。水を蒸発させる場合にこれが行われていると考えられている。すなわち、分子はその物質の性質をもつ最も小さい粒である。分子はきわめて小さいものであるから、どんな顕微鏡を使っても見ることはできない。たとえば1cmの水の中にはいっている水の分子の数はどのくらいかという、約3400000000000000000000000 (0.34×10²³) 箇である。かりに一滴の水を地球の大きさに拡大してみたら、水の分子はちょうど、テニスのボールくらいになるであろう。さて、分子は何から成りたっているのであろうか。たとえば水に電流を通ずると、酸素と水素とに分解する(「水」を見よ)。これから、水の分子は二種類のものから成りたっていることが推察される。このように分子を構成している基本的な粒を「原子」という。そして一種類の原子から成りたっている物質が「元素」なのである。もちろん、私たちは1粒の原子を手にとって見るこ

とはできないし、顕微鏡を使って見ることもできない。しかしいろいろの実験や測定の結果、原子の性質もかなり明らかになってきた。その大きさは種類によって異なるがだいたいにおいて、1億分の1センチメートルくらいのもと考えられている。重さもきわめて微小なもので、最も軽い原子すなわち水素原子の1粒の重さは、1gの1億分の1の1億分の1のさらに1億分の1(1.7×10⁻²³g)という、想像もできないほど小さいものである。炭素原子の重さは、水素原子の約12倍、酸素原子は約16倍、鉄原子は約56倍、鉛原子は約207倍というように、すべての原子の重さも知られている。

化合物をつくる場合には、原子と原子と結合したものが単位となるのであって、これが「分子」である。たとえば、水素原子2つと酸素原子1つが結合すると水の分子になる。そして結合するときに多量の熱を出し、あるときは吸収するのである。分子がどんな原子から成りたっているかを書き表わすには、分子式を使うのが便利である。たとえば、水素原子2つと酸素原子1つとから成りたっている水の分子ならばH₂Oというように、元素の原子名を記号で表わし、原子の数をその記号の右下に小さい数字で示すのである。

問1. ろうそくのほのおをびんでおおうと、ほのおはどうなるか。大小いろいろのびんで実験してみよ。

問2. 火が燃えるために必要な三つの条件とは何々か。

問 3. ()の中を補え。

- a) 水の分子は、()原子2箇と()原子1箇とが結合したものである。
- b) 同一種類の原子だけから成りたっている物質は()である。
- c) 元素の種類は約()である。

問 4. 次の物質は元素か化合物か。

炭素(); 鉄(); アルミニウム();
水(); でんぶん(); 窒素();
アスピリン(); 炭酸ガス(); ろう()。

問 5. ねぎの薄皮を顕微鏡で見ると、小さい粒々が並んでいるのがわかる。この粒々は分子か。



2. 物が燃えるときに起る変化

§ 6. マグネシウムは燃えて何になるか

四元素説がすたれてからもなお「火」という原子があると思われていた。物から火の原子が飛び出していくのが「ほのお」である。ほのおが動きやすいのは、火の原子はなめらかな玉の形をしているためだと説明していた。

化学の基礎をきずいたボイルでさえも、火については誤った解釈をしていた。この時代の化学者は、火が燃えるのは燃料の中に含まれている「フロギストン（燃素）」という物質が出てくることだと信じていたのである。ろうやすみのように、燃えたあとに灰が少ししか残らないものは、ほとんど全部がフロギストンだからであり、石や金のように燃えないものは、フロギストンが含まれていないからだというように考えていたのである。

この説からすれば、物が燃えると飛び出したフロギストンの重さだけ軽くならなければならない。ここでもし人々が次に示すような簡単な実験の結果をよく吟味していたら、この誤ったフロギストン説に100年間もとられるようなことはなかったであろう。その実験というのは、金属を空気中で燃やして得た灰の重さを、もとの金属の重さと比較することである。私たちもこれをやってみよう。

実験 2. マグネシウムの燃焼

- 1) マグネシウムのリボンを $\frac{1}{10}$ g ぐらい切り取り、てんびんの左の さら にのせる。右の さら に分銅や紙きれなどをのせて、てんびん を正しくつり合わせておく。
- 2) 次にマグネシウムをピンセットでつまみ、下の端からマッチで火をつけ、燃えるようすを観察する。
- 3) マグネシウムが燃えて灰になったら、それを てんびんの左の さら にのせ、もとのマグネシウムより、重さがへったか増したか、変わらないかをしらべる。

マグネシウムのリボンに火をつけると、まばゆい青白い光を出して燃える^{*}。そして銀白色に光っていたマグネシウムは、白い、もろい物質に変わってしまう。そしてこの白い灰のような物質は、もとの金属よりも重さが増していることがわかるであろう。もしフロギストン説が正しいとすれば、物が燃えると、飛び出したフロギストンの重さだけへるわけである。燃えた結果、重さが増すということは、フロギストン説が誤りであることを、はっきりと示している。

それでは、なぜ重さが増したのであろうか。これに正しい説明を與えたのは、フランスの化学者ラヴォアジエであった。

^{*} うす暗いところで写真を撮るときに、マグネシウムの粉と、酸素を出しやすい物質を混ぜた物を燃やすことがある。瞬時に燃えて強い光を出し、マグネシウムの灰は煙のようにまいて上がる。

かれは、いろいろな実験を試み、また多くの人々の実験の結果をしらべてみた。そして物が燃えると、空気中に $\frac{1}{5}$ ほど含まれている、ある氣體がへることを確かめた。

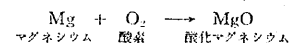
これについてのいっそうはっきりした実験は「1. 空気」の 18 ページの実験である。その実験から、りん が燃えると、空気の体積が $\frac{1}{5}$ ほどへること、そして残りの $\frac{4}{5}$ の氣體は、もはや物の燃焼を支えないことがわかる。

このように重さが増す原因として、まわりの空気の性質の変化に目をつけたのは正しかった。空気中に含まれているこの氣體は、その後、元素であることが明らかになり、酸素(記号 O)と名づけられた。すなわち物が燃えるのは、その物と酸素とが激しく化合することだったのである。マグネシウムが燃えて白い灰になるのは、マグネシウムと酸素とが化合し、その際、光と熱を出したのである。その結果できた白い物質は、酸素と化合したマグネシウムという意味で「酸化マグネシウム」と呼ばれる^{*}。

§ 7. 炭素が燃えるとどうなるか

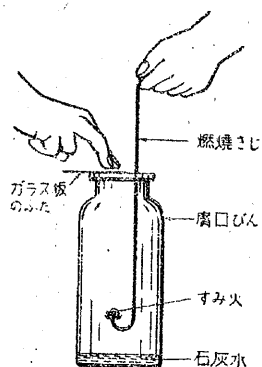
しかし、マグネシウムや りん を炊事や暖房に使うことはない。私たちが日常使う木炭や石炭は、燃えたあとに少しし

^{*} これを化学式で表わすと次のようになる。



酸素は普通の状態では 2 箇の原子が結合して 1 箇の分子になっている。したがって分子式は O_2 である。

か灰が残らないし、ろうそくや油は、すっかりなくなってしまふように見える。この場合には、どのような変化が起ったのであろうか。



第2図 実験3.

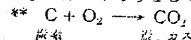
実験3. 木炭の燃焼

- 1) 1cm³ ぐらいの木炭をよくおこす。第2図のようにして廣口びんの中に入れ、ガラス板でふたをする。
- 2) 火がすっかり消えたら、廣口びんの中に石灰水を10cc ぐらいに注ぎ、再びふたをしてよく振る。
- 3) 石灰水がどのような

なかに観察し、そのわけを考える。

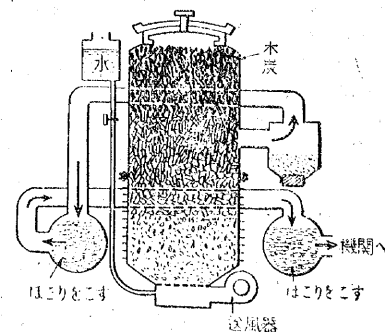
この実験で、石灰水が白く濁ったのは、炭酸ガスがあった証拠である。木炭は燃えて炭酸ガス CO₂ になったのである。^{*} すなわち木炭の主な成分は炭素であり、炭素原子1つと、酸素原子2つとが化合して炭酸ガスの1分子ができるのが、炭

* 2~3g の石灰 (消石灰 Ca(OH)₂) を、コップの中の水に入れてよくかきまわす。しばらくそっとしておいてからその上ずみをとる。



素の燃焼である。

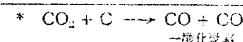
もし、燃えている炭素の割合に、酸素が少なかったらどうなるのであろうか。このようなことが実際に木炭自動車^{*}のガス発生炉の中で起っている。ガス発生炉の



第3図 乗合自動車の木炭ガス発生炉

下の部分には新しい空気が流れこむから、木炭は十分に燃えて炭酸ガスになる。その上の部分では、すでに酸素は使い果たされ、炭酸ガスや水蒸気のまじった燃焼ガスが上がってくるだけである。木炭は下から強く熱せられているが、まわりに酸素がないから、炭酸ガスの分子の中の酸素を1つうばい^{*}とって化合し、CO となる。炭酸ガスの分子は酸素原子を1つ失ってCO となる。

ここに新しくできたCOは、その分子式から「一酸化炭素」と呼ばれる。一酸化炭素は色もにおいもない気体であるから、空気中にまじっていても、それと気づかれない。しかし、これを吸うと、血の成分と化合してしまふ。そして血が肺で酸素を吸い、これをからだの各部分に出すはたらきをなくしてしまふ。したがって一酸化炭素の量が多くなれば中毒し



て死ぬ^{*}。すみ火やれん炭の火でもガス発生炉の中の反応が小規模に行われ、一酸化炭素を発生することがあるから気をつけなければならない。しかし一酸化炭素は、空気中で火をつけると青い ぼのお をあげて燃え、炭酸ガスに変わる^{**}。木炭自動車はこれを利用しているのである。炭酸ガスは毒でない^{***}。

まき・石炭・ろう・油・アルコールそのほかいろいろの燃料が、それぞれどんな成分からできているかということは、それを燃やしてみると見当がつく。木や食物のように、こがすと黒焼き(炭)になるものや、油のように ぼのお から すずが出るものは、炭素を含んでいる証拠である。燃えると炭酸ガスができることも、炭素を含んでいた証拠になる。このようなことで、ろうそくをはじめいろいろの燃料や、食物や、せんいなどをしらべてみよう。動物や植物の からだ を形づくっている物質や、これを加工して得た物質のほとんどすべてが炭素を含んでいることがわかるであろう。

§ 8. 水素が燃えるとうなるか

それでは、燃料はすべて炭素が酸素と化合するときに発生する熱を利用するだけかというとうではない。もう一つ重

^{*} 一酸化炭素が空気中に 1% ぐらい含まれていると、人は数分間で死ぬといわれる。

^{**} $\text{CO} + \text{O}_2 \leftarrow \text{CO}_2$

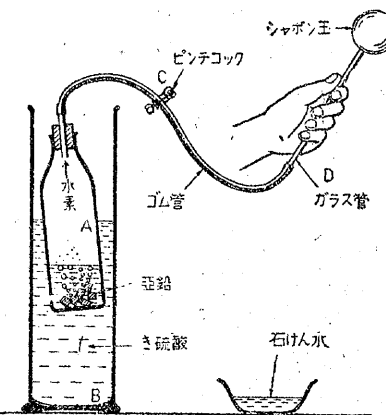
^{***} すずは炭素の小さい結晶状のものの集りである。

要なのは水素の燃焼である。これは燃料が高温のために分解して起るものである。なお、水素を扱う実験はとくに気をつけて行わないと、激しい爆発によってけがをすることがある。

実験 4. 水素の燃焼^{††}

1) 第4図のような装置を組み立てる。

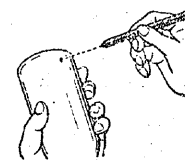
A は 200cc ぐらいのガラスびんの下部に穴をあけたもので、中に亜鉛の粒を入れる。これにゴム管をつけたゴムせんをはめる。ゴム管の途中をピンチコック(ほし物ばさみでもよい)ではさみ、ガスの量を調節する。ゴム管の先にガラス管Dをはめる。き硫酸(水でうすめた硫酸)を6分目あたりまで入れたガラス円筒Bの中へAを入れると



第4図 実験4の装置

^{*} 細長いやすり(丸やすりか三角やすり)の先を鋭くとがらせ、その先で びん をコツコツと打つとガラスの粉がとが散り、数分間で穴をあけることができる。丸やすりでふちを丸く仕上げておく。

^{**} 使い古した乾電池の円筒をはがし、きれいに洗ったものでよい。



第5図

Aは浮いているが、Cを開くと、き硫酸がAの中へ下の穴からはいるからAは沈み、水素が発生する。き硫酸がAの首のところまでのぼり、中の空気がすっかり押し出されたことを確かめたら、Cを少しとじる。発生した水素は少しずつDから出てくる。Cをすっかりとじると発生する水素のためAの中の液はすっかり押し出され、水素の発生が止まる。

このようにして発生した水素に におい があるのは不純物のためで、純粋な水素は におい がない。

2) ガラス管Dの先に石けん水をつけ、水素でシャボン玉をふくらます。玉が3~4cmになったとき管Dをちょっと横に振ると、シャボン玉は管を離れ、いきおいよく上がって行くであろう。

3) マッチか ろうそく の火を、上がって行くシャボン玉を追いかけて近づけてみる。

4) 石けん水のはいった さら の中に管の先をしばらくつけておく。カニの あわ のように、ブクブクとあわだったら管をとり出す。そして あわ にマッチの火を近づけてみる。

5) 次に小さな試験管に水素をみだし、火をつけてみる。音を発して燃えるのは空気がたくさんまじっている証拠である。このときは何回もためして発生器から出た水素がゆるやかに、ほのお をあげて燃えることをたしかめてから次の実験にうつる。

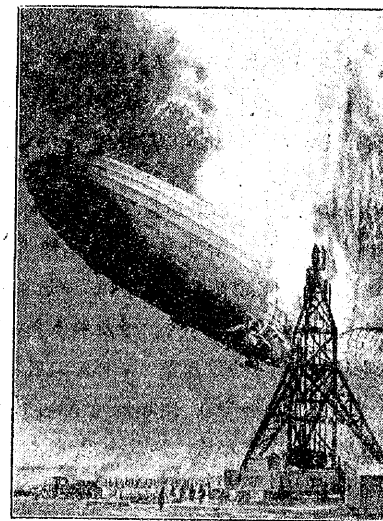
* 局方の濃硫酸を5倍ぐらいの体積の水でうすめたものがよい。このとき、水の中へ硫酸を入れること。逆にすると硫酸がはねることがある。

6) ガラス管の先にマッチの火を近づけてみる。ポッと音がして、かすかな ほのお を上げて水素は燃えるであろう。細い鉄の針金を ほのお の中に入れて、それが強く熱せられるようすを見る。

7) フラスコかビーカーに冷たい水を入れ、外側についた水をすっかりぬぐいにとっておく。これを水素の ほのお の上にかざしてみる。

2) の実験でわかるように、水素は軽い気体である。1 m³ の

空気の重さは、普通の状態では、約12kgであるが、水素はその約 $\frac{1}{13}$ の90gしかない。すべての気体のうちで一番軽い。そのために、水素は昔から軽気球や飛行船に使われた。しかし、大きな飛行船の最後は、たいてい悲惨な爆発に終わっている。上の



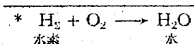
第6図 飛行船(ヒンデンブルグ号)の爆発

実験でしらべたように、水素は燃えやすいのである。ほのおの色は薄い、温度は非常に高い。とくに、酸素と水素とがまじっている気体に火をつけると、激しく爆発する。上の実験で、水素の発生装置の中の空気が、すっかり水素に押し出された後でなければ、けっして火を近づけてはならないのはこのためである。このようにして水素は燃え、その結果できたものは実験7)で知ったとおり、水である。すなわちこの反応は、水素2原子と酸素1原子とから水の1分子ができることである。

したがって、燃料の成分として水素があることは、ほのおに冷たい物をかざしてみると、それに水滴がつくことから確かめられる。石炭ガス・油・ろうなどの成分として、水素が含まれていることをこの方法でしらべてみよう。

§ 9. いおうが燃えるとうなるか。

いおうマッチやつけ木に火をつけると、うす青い小さなほのおを上げて燃え、鼻をつくいやなにおいのガスが出る。いおうは火がつきやすく、またわりあいに消えにくいから、これを利用して、つけ木やマッチにぬるのである。しかし発生するガスが強いやなにおいを持っているうえに、有毒でまた金属をおかすから、ストーブやかまどの燃料にするわけにはいかない。このときの変化は、いおうの1原子に酸素



原子が2つ結合して 亜硫酸ガス^{*}の分子を生じたのである。

燃料の成分に いおうが含まれているかどうかは、燃焼ガスの におい から見当をつけることにしよう。石炭の中にも いおうが含まれていることが、これからわかるであろう。

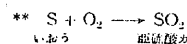
§ 10. 金物は燃えないだろうか

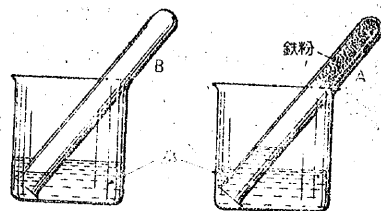
以上で マグネシウム・炭素・水素・いおうの燃焼のときに起る変化をしらべた。また、木・炭・石炭・ろう・油などの燃料は、炭素と水素が主成分であることもわかった。まだほかに燃えるものはないだろうか。燃えないものというと、石・土とか鉄・銅・アルミニウムなどの金属を数えあげるのが普通である。なべやかまは火にかけても燃えないし、金網やストーブや火ばしなどはどれも、強く熱しても燃え出すことはない。しかしこれらの金属は、少しも変わらないだろうか。どの金属も新しい面はピカピカに光っているが、そのうちにつやがなくなり、さびが出てくるものである。金属がさびるのはなぜだろうか。鉄でしらべてみよう。

実験 5. 鉄のさび (1)

1) 2本の試験管をとり、おのおのに水を少し入れて内側

* 亜硫酸ガスをさらに酸化したのも、水に作用させると硫酸になる。亜硫酸ガスという名は、それからきている。





第7図 実験5.

管 B には鉄粉を入れない。

- 2) A, B の試験管をさかさにして、コップの水中に立てる(第7図)。
- 3) 数日間放置した後、次のようなことをしらべる。
 - a) 鉄粉はどのように変化したか。
 - b) 水面の高さはどのように変化したか。
 - c) A, B のおのおのに、マッチの火を入れてみる。

A の試験管の水面が上がることから、鉄がさびるときに空気中の成分がへること、マッチの火が消えることから、へった成分は酸素であることがわかる。鉄がさびるのも、酸化なのである。すみ が燃えるのも酸化であるが、そこには大きな違いがあるように思われる。それは物が燃えるときには熱と光を出すのに、鉄がさびるときには、光らないし熱の出るこ

* 鉄粉は、太い 鉄くぎなどを、やすり でけずって作ることができる。

** 空気に触れていても、湿気がなければ鉄さびにくい。このことから、鉄さびができるのは、酸素とともに水のはたらきもあることがわかる。

をうるおす。1 本の試験管 A には、鉄粉を 2g ぐらい入れて振り、試験管の内側にはりつかせる。他の試験

とも気づかれないことである。しかし次のような実験をしてみると、金属の酸化と物の燃焼とは、その激しさが違うだけであることがわかるであろう。

実験 6. 鉄のさび (2)

- 1) 布袋の中に、鉄粉を 100~200g ぐらい入れる。
- 2) 鉄粉を入れた布袋を水にひたしたら、上げて布で包んでおく。ときどき手を触れて、熱が出るようすをしらべる。

この実験で使ったしかけは、懐炉にしてもなかなかぐあい*がよい。鉄がさびるときに、これほど熱が出るものかと意外に思うほどであろう。これだけの熱がもっと短い時間に一度に出るならば、木炭が燃えるのと同じようなようすになるに違いない。

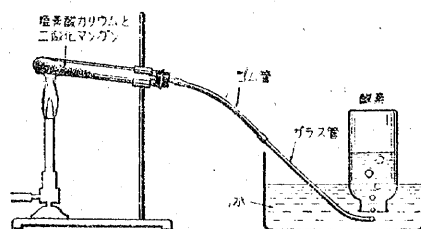
§ 11. 酸素の中ではどのように燃えるか

物が燃えるときにも、金属がさびるときにも、酸素が必要である。普通には、空気中の酸素がこの役目をしている。しかし、空気中に含まれている酸素の量は約 $\frac{1}{5}$ に過ぎない。あとの $\frac{4}{5}$ の窒素は燃焼には役に立たないものである。全部が酸素だったら、もっといきおいよく燃えるに違いない。これを

* 旋盤でけずった 鉄くず がたくさん積んであるところへ雨が降ると、そこから湯気が出るのも、同様の現象である。

実験でしらべてみよう。塩素酸カリウムを強く熱すると分解して酸素が出る。この方法は手軽であるから、実験室などで酸素がほしいときによく使われる。

実験 7. 酸素の中の燃え方

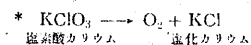


第 8 図 実験 7. の装置

とを混ぜたものを入れ、平らにならす。

2) 試験管のしりの方から順次に熱する。**** 気体が盛んに発生するであろう。これは酸素である。

3) 気体をびんの中に集めるには、第 8 図のような巧み



** 5 g の塩素酸カリウムから、約 1.3 l の酸素が発生するはずである。

*** 二酸化マンガンは、塩素酸カリウムの分解を助けるはたらきをする。

**** 一箇所だけを急に強く熱するとガラスが割れることがある。はじめに、バーナーの ほんの火を二回手早く住復して、試験管全体を温めておく。中の薬品に含まれていた水分が蒸発し、試験管の口の近くで凝結する。この水滴が強く熱している底の方に流れこむと、試験管が割れることがある。試験管の口の方を、すこし下がりにするのはこれをさけるためである。

1) 第 8 図のような装置を組み立てる。試験管の中には、塩素酸カリウムを約 5 g と、二酸化マンガン約 2 g

な方法がある。廣口びんに水をみだし、ガラス板でふたをする。これを水中にさかさに立て、ガラス板をとる。酸素をガラス管で、びんの口の下に導くと、酸素は あわ になってびんの上になまり、水と入れかわる。一ぱいになったら、ガラス板で ふた をして、水中からとり出す。こうすれば、空気とまじらないし、また、酸素がどこまでたまっただか見ながら集めることができる。ただしこの方法は、水によく溶ける気体(アンモニア・塩酸ガスなど)を集める場合には使えない。

このようにして、3 本の びん に、酸素を集める。

4) 酸素の中で、いろいろのものを燃やしてみる。

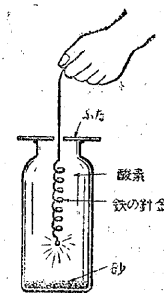
a) マッチの ほんの火 を吹き消し、赤いすみ火が残っているうちに、酸素の中に入れる。明かるい ほんの火 をあげて激しく燃え上がるであろう。

b) 燃焼さじに、火のついた木炭の かけら をのせ、酸素の中に入れてみる。強い白い火を発して燃えるであろう。

c) 燃焼さじに、いおう を 0.5 g ぐらいのせ、火をつける。これを酸素の中

に入れてみる。美しい青い ほんの火 をあげて、激しく燃えるであろう。

d) アルミニウムの はく を、酸素の中に手早く入れる。

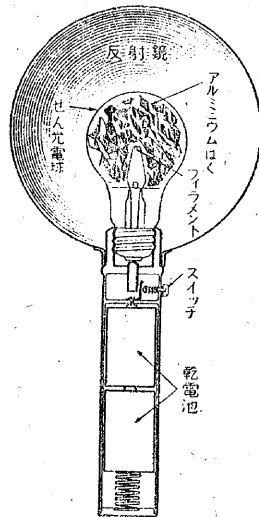


第 9 図

(びん の壁にはりつかぬように入れる。)そして はく に マッチで火をつけてみる。目がくらむような白い強い光を発して一瞬に燃え去るであろう。

e) 縫針ぐらいの太さの鉄の針金を 20 cm ばかりとり、先をちょっと折りまげて、あわ粒ほどの いおう をのせる。そして いおう に火をつける。これを酸素の中に入れてみる。まず いおう が激しく燃え、次いで鉄が燃え出すであろう。線香花火のように火花を出しながら短くなっていくありさまは見事である。(鉄の火玉が落ちて

びん の底を割ることがある。底に 1 cm ぐらいの厚さに砂を入れておく方がよい。)



第10図 セン光電球

鉄も、アルミニウムも、激しく燃えるのである。

d) の現象は暗いところで写真をとるのに使う セン光電球 に巧みに應用されている。すなわち、酸素をつめたガラス球の中に、アルミニウムの はく を入れてある。この電球をソケットにはめ、電池につなぐと、中の小さなフィラメントが熱せられ、アルミニウムが燃え、強い光を出す。このさい、ガラス球が割れないように、内側にゼラチンの膜がはって

ある。音も煙も出ないから、室内で写真をとるときなどは、とくにぐあいがいよい。

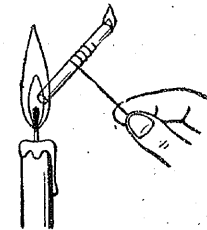
また、空気かわりに酸素を送った方が物がよく燃え、高温度になることがこれらの実験からわかる。実際にも、高温度の ほのお をつくるために、酸素を ほのお の中にふきこんで、鉄を焼き切ったり、よう接したりする。そのためには空気中の酸素を特殊な方法で分けとって、鋼製の びん(ボンベという)の中へ 150 気圧ぐらいの圧力をかけてつめこんだものを賣っている。

§ 12. なぜ ほのお が出るのか

ろうそく や水素やガスのように、ほのお をあげて燃えるものもあるし、すみ火やコークスのように、塊のまま火になるものもある。どのようなときに ほのお が出るのか、また、ろうそく でしらべよう。

実験 8. ろうそくの ほのお

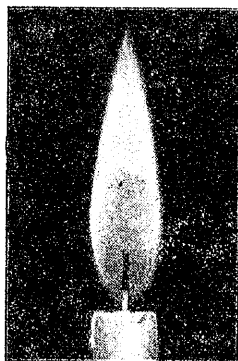
- 1) ろうそくに火をともし、ほのお の構造をしらべる。
- 2) ほのお の中に、ガラス管を入れる。管を通して白い煙が出てくるであろう。これに火をともしてみる。
- 3) ろうそく をふき消し、すぐ後に



第11図

立ちのぼる煙の先にマッチの火を近づける。火は煙を傳わって、しんととき、ろうそくは再び燃え上がるであらう。

ろうそくのほのおには、だいたい三つの部分が見分けられる。しんに近い部分の温度は、あまり高くない。しんから蒸発したろうの蒸気が、熱のために分解を始める場所で、「えんしん(焰心)」という。ここにガラス管の口を入れると、燃える煙が出てくる。その外側は、ろうが盛んに燃えている部分で、「ないえん(内焰)」という。ここが一番明かるい。



第12図

ここでは酸素がなお不足なので完全には燃えきらず、分解してできた炭素が小さな粒となって、ほのおの中に浮かんでいる。この炭素の粒がほのおの熱で高温度になり、光を出しているのである(§ 18.を見よ)。この部分に針金を入れると黒くすすがつくし、またガラス管の口を入れると、他の端から黒い煙が出てくる。ほのおの外側の部分では、酸化が十分に行われて、すすも燃えきってしまう。したがってほのおはあまり明かるくないが温度が一番高い。この部分を「外えん(外焰)」という。ろうがほのおとなって燃える道すじは、上の実験と観察から明らかになったであらう。氣體が燃

えるときに「ほのお」になるのである。アルコールランプや石油ランプの燃え方も、ろうそくとよく似ている。ほのおを強くふくと消えるのは、燃えている高温の氣體をふき飛ばしてしまい、後から出てくる氣體が発火点まで熱せられないからである。

問1. 次の物質は、何が燃えたときにできるか。それは氣體か液体か固体か。有毒か無毒か。

物 質	何が燃えてできるか	氣・液・固体のいずれか	有毒か無毒か
炭酸ガス			
一酸化炭素			
水			
酸化マグネシウム			
亜硫酸ガス			

問2. ろうそくの燃焼ガスの中に、炭酸ガスが含まれているかどうかを知るには、どうしたらよいか。

問3. 一酸化炭素が燃えると何ができるか。

問4. 冷たい水を入れたやかんをガスこんろにかけると、底に水滴がつく。これはなぜか。

問5. 鉄がさびるときに熱が出るか。

問6. 何が燃えるとほのおになるか。

問7. ろうそくのほのおで、温度の高いのはどの部分か。

3. 燃料のいろいろ

§ 13. 木をどのように加工するか

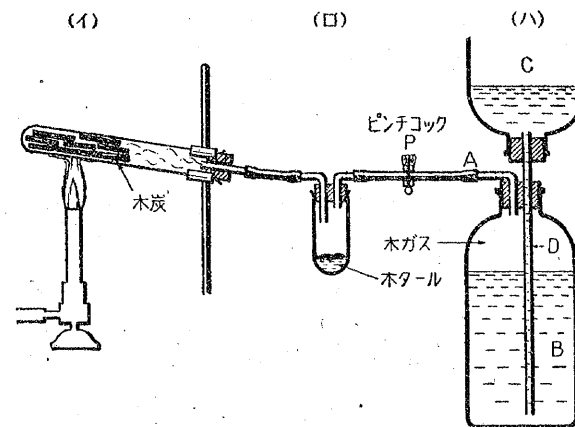
山からきり出した木の半分以上は、燃料に使われており、とくに まき として燃やすわりあいがこのごろふえてきた。ふろたきや、かまど の火の番は、だれも小さいときからさせられた手傳いの一つであらう。これらにはたいい まき を燃料にしているが、じょうずに燃やしないと、けむくてやききれないし、また、いつも人がついていなければならない。木は手軽な燃料であるが、めんどろな燃料でもある。そればかりでなく、建物とかバルブの材料に、いくらでもほしい木材を、ボウボウ燃やしてしまうのは惜しいことではないか。燃料にするにしても、もっとじょうずな使い方がありそうなものである。それには、燃料をどのように加工したらよいか、どのようなしかけで、どのように燃やしたらよいかというふうがある。まず加工のしかたからしらべよう。

実験 9. 木をむし焼きにする

- 1) 木をむし焼きにして、そのときに熱のために分解されて出てくる気体や液体を全部集めるしかけをくふうする。

第13図はその一例である。

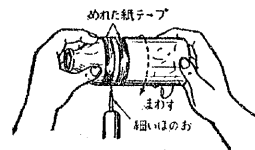
(イ)は試験管で、ガラス管を通した コルクせん をはめる。(ロ)は管びん か



第13図 実験9.のしかけ

試験管で、ガラス管が2本通った コルクせん をはめる。(ハ)はガスだめである。ガスだめは、あきかんで作った ろうと C を、図のようにガラスびん B につないでつくる。A から気体がはいってくると、B の中の水は、D を通って C に押し上げられる。B が液体で一ぱいになったら、ゴム管をピンチコック P (ほし物はさみでもよい) ではさみ、(ロ)と切り離す。ピンチコックをゆるめれば、気体は C の水の圧力で A から出てくる。

* ろうと C はガラスびんを二つに切ったものでもよい。びん を切るには、その場所に 1cm ぐらいの長さに、やすりですじをつけ、その両側に、ぬれた紙テープをまきつける。細い ほのお の上でまわしながら、紙のすきを熱すると、きれいに割れる。または電熱線をまきつけて、これに電流を通して熱してもよい。割れ目は、やすり紙でなめらかにしておく。



第14図

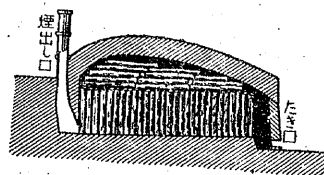
2) 気体が出なくなったら、ピンチコックで(ロ)、(ハ)間のゴム管をおさえ、(イ)、(ロ)、(ハ)を分解し、それぞれにどのような物質がたまっただかをしらべる。

(イ)にできたものをとり出して火をつけると、煙もほのほも出さずに燃える。「木炭」ができたのである。

(ロ)の中には、よごれた水のようなものがたまっただけであらう。上に浮いている黒いベタベタしたものは、「木タール」である。下の液をリトマス試験紙でしらべると、酸性を呈することがわかるであらう。酢酸が含まれているのである。

(ハ)にたまっただけの気体は「木ガス」である。ピンチコックをゆるめると、Cの水の圧力でゴム管から木炭ガスがふき出してくる。ゴム管の先にガラス管をはめ、木ガスを少しずつ出して火をつけてみる。木ガスはよく燃えるであらう。

木炭を大じかけにつくるのも、りくつはこの実験と同じである。第15図は炭焼きがまの一例である。粘土や石で馬てい形の「かま」を築き、中にまき木をぎっしりとつめこむ。たき



第15図 炭焼きがま

口で木に火をつけたら、たき口の下に小さな風口を残し、そのほかはすっかりとじてしまう。風口の近くの木が燃えその熱で奥の木はむし焼きにされるのである。

上の実験で(ロ)、(ハ)にたまっただけの物質は、煙突から空中へ逃げ、木炭だけが「かま」に残る。煙突から煙が出なくなったら風口も煙突もすっかりとじて火を消し、「かま」の中が冷えるのを待って木炭をとり出すのである。木ガスも、酢酸も、木タールも、空中に逃がしてしまうのは惜しいことである。

§ 14. 石炭をどのように加工するか

木炭は、火つきもよいし、いおうや灰分が少ないから、よい燃料である。しかし、つくるのに燃料を要し、また「ねだん」が高いし、そうたくさん生産することもできないから、使いみちは、おもに家庭用、自動車用ぐらゐに限られている^{**}。木材を燃料にする加工法には、木炭にするよりほかにも、なおくふうすべき点があると思われる。これに対して、石炭ほど世界各地で廣く、しかも多量に使われている燃料はない。石炭にはいろいろの種類があるが、汽車や工場や家庭で普通に使うのは「れき青炭」である。私たちが普通に石炭といっているのはこれである。れき青炭は、たくさん産出するうえに、利用価値も石炭の中で一番大きい。石炭は、そのまま燃やす場合も多いが、木から木炭を作るのと同じように加工すると、きわめて有用な物質がたくさん得られる。実験9.と同じしか

* このごろは、煙を冷やして酢酸を取ることも行われはじめた。

** 昔は木炭で製鉄が行われた。スウェーデンのように、森林が多くて石炭に乏しいところでは、良質の鋼をつくるために今でも木炭で製鉄することもある。

けを使って、石炭をむし焼きにしてみよう。

実験10. 石炭をむし焼きにする

- 1) 木炭のむし焼きに使ったと同じしかけを組み立てる。
- 2) 試験管^{*}の中に、石炭の粉末を入れ(ロ)、(ハ)につないで試験管を強く熱する。
- 3) (イ)、(ロ)、(ハ)にできたものをしらべる。

(イ)の中の石炭を火の中に入れて燃やしてみる。もっと強熱して ほんの お が全く出ないで燃えるようになったものが コークス^{**}である。この実験でできたくらいのものは半成コークスである。

(ロ)には、よごれた水の上に、黒茶色のベタベタしたものが浮かんでいる。黒茶色のものはコールタールである。

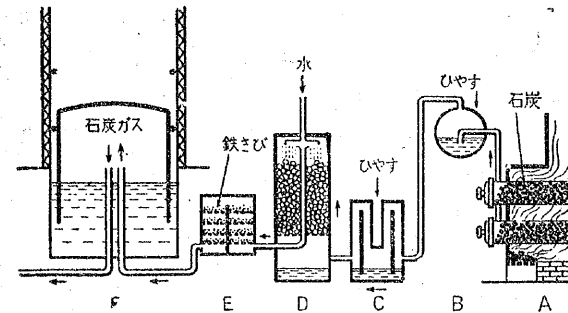
(ハ)の水は、リトマス試験紙でしらべると、アルカリ性を呈することがわかるであろう。アンモニアが溶けているからである。

(イ)から気体を少しずつ出し、火をつけてみる。ガスはよく燃えるであろう。これが石炭ガスである。

石炭のむし焼きは、工業的に大じかけに行われている。

^{*} 強熱しなければならないから、硬質ガラスの試験管を用いるがよい。

^{**} れき青炭の中には、強く熱するとやわらかくなり、互にねばりついて塊になるものがある。このような石炭を粘結炭といい、塊状のコークスをつくるのに最も適している。



第16図 石炭ガスができるまで

第16図はガス会社で行っているしかたの説明図である。

石炭を鉄の かま の中につめこみ、炉Aに入れて強熱する。発生した気体は、BCDE のようなしかけを通してきれいになり、Fのガスタンクにたまる。Bでは、コールタールの一部分が除かれる。Cは冷却器で、コールタールと水蒸気の大部分が除かれる。Dの上からは水が雨のように降り注ぎ、気体中のアンモニアを溶かす。Eの中のなん段にもなったたなには鉄さびがのせてあって、気体中の硫化水素はこれと化合して除かれる。こうして得られたコークス・コールタール・アンモニア・石炭ガスはそれぞれの使いみちがある。コークスは燃料にする。とくに製鉄にはなくてはならない。コール

^{*} H_2S ; くさった卵のようないやなにおいのする気体である。有毒なうえに、金属をおかす性質が強い。

^{**} 製鉄用のコークスは、別につくっている。

第2表 石炭ガスの組成と熱量。組成は体積百分率で示す。熱量は、1気圧のガス1m³の燃焼熱を「キログラムカロリー」 (§ 19を見よ) で示す。

水素	H ₂	40~50
メタン	CH ₄	30~40
一酸化炭素	CO	7~10
重炭化水素		3~7
窒素	N ₂	2~10
炭酸ガス	CO ₂	2~5
熱量		4000~5000

(昭和年表による)

タールは医薬・染料・火薬などのきわめて重要な原料である。アンモニアは、硫酸と化合させて「硫酸アンモニア」にする。石炭ガスは、鉄管や鉛管で家庭や工場に燃料として送られる。このように、石炭のむし焼きによって得られたものは、どれもたいせつなものばかりである。石炭をそのまま燃やすのは、もったいないことである。このようにしてできた石炭ガスは、だいたい第2表のような組成を持っている。このうち7~10%含まれている一酸化炭素は前にも述べたようにきわめて有毒である。石炭ガスがもれているのに気づかずにいて中毒する例はかなり多い。

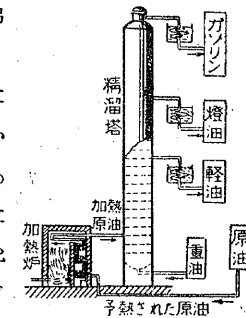
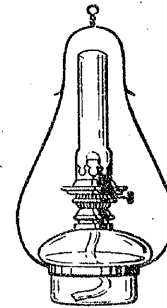
§ 15. 石油をどのように加工するか

石油が最初に広く使われたのは、石油ランプのためであった。そのころは、ガソリンは火を引きやすい危険なものとして、あまり利用されなかった。内燃機関の発達は、ガソリンの需要を急に増し、一方石油ランプは、電燈の普及のために、しだいにその姿を消していった。ガソリンは現在でも石油の

* 硫酸アンモニウム (NH₄)₂SO₄ の略。重要な窒素肥料である。

** 「ガス」に特有なにおいがつけてあるのは、それに気づくためである。

うちで最も多量に用いられている。それと同時に、重油や軽油も、ジーゼル機関や焼玉機関、また蒸気タービンのかまの燃料などとして広い用途を持つようになった。油井からくみ出されたままの石油（原油）は、茶色のドロドロした液体である。その組成は、産地によって違いがあるが、いろいろの種類の炭化水素（炭素と水素との化合物）のまじったものである。したがって原油をかまに入れて熱すると、沸点の低いものから順次に蒸発する。そこで、たとえば150℃へんまでに出た蒸気を冷やして、揮発しやすい油を分けとる。これがガソリンである。次に、150℃から300℃までに出たものを燈油、350℃までに出たものを軽油、あとにのこった黒いドロドロの油を重油と名づけて、それぞれの用途に使う。



第18図 原油からガソリン・燈油・軽油を分けとるしかけ

- 問 1. 木をむし焼きにすると、どんな物質が得られるか。
- 問 2. しめった燃料を燃やすのは、なぜよくないか。
- 問 3. 炭焼きがまの中で、木がすっかり燃えて灰になっ

てしまわないのはなぜか。

問 4. 石炭ガスは、何からつくるか。

問 5. コールタールは何に使われるか。

問 6. 石炭のむし焼きは、工場で大じかけに行われるのに、木炭の製造は山の中で小規模に行うものが多い。これはなぜか。

問 7. 石油には、どんな種類があるか。これらは何に使われているか。

問 8. 石炭ガスを吸うと中毒して死ぬことがあるが、その燃焼ガスは毒性がない。これはなぜか。

問 9. 普通に用いられている燃料を 10 種類あげ、それらがどのようにして得られるかを表にして示せ。



4. 温度と熱

「このごろ石炭の質が落ちたので、機関車の かせ の蒸気の圧力が上がりにくい。だから汽車をダイヤどおりに運転するのに非常に骨がはれる」といわれる。機関士も、石炭を手シャベルで投げこむだけでなく、ときどき炉の中を長い鉄棒でかきまわすというような仕事がふえたようである。石炭に限らず、燃料は量や重さばかりであってもだめで、燃えてたくさん熱を出し、高い温度になることがたいせつである。このような燃料のはたらきを知る手がかりとして、温度と熱についてしらべておくことにしよう。

§ 16. 温度をどのようにしてはかるか

かぜをひいたときに、ひたいに手をあてて「だいぶ熱がある」という。私たちは物に触れて、温かさ冷たさを感じることができるが、それはかなり大ざっぱなものである。人によっても違うし、はかるときのようすでもずいぶん違う。一年中温度があまり変わらない井戸水でも、私たちは冬は温かく感じ、夏は冷たく感ずる。次の実験も感じがあまりあてにならないことをよく示すであろう。

実験 11. 温かさ、冷たさの感じ。

三つの器を用意し、それぞれに冷たい水、ぬるま湯、よく手がはいるくらいのあつい湯を入れる。たとえば、右手を冷たい水に、左手をあつい湯にしばらく入れておき、つぎに両手をいっしょにぬるま湯につける。右手と左手とで、感じがどう違うかをしらべる。

同じぬるま湯でも、右手は熱く感じ、左手は冷たく感ずるのである。このように、感じはそのときのようすで、非常に違った判断を與えるし、また手はあまり熱いものにもあまり冷たいものにも触れることができない。このようなわけで、冷たさ・温かさの度合を表わすには、もっと確かなものをたよりにすることが必要となってくる。それには、温度とともに変化をする現象を利用するのが便利である。そのような現象を次にしらべよう。

§ 17. 物を熱すると、どのようにふくれるか

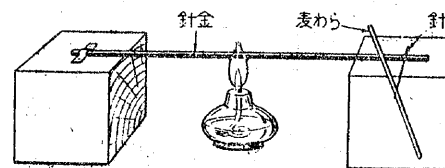
固体 レールのつぎめの間を、あのようにすかせずに、きっちりつけたら、汽車や電車の振動はずっと少なくなるにちがいない。しかしよく注意してみると、レールのすきまが広いのは凍りつくような寒いときで、夏の強い日光を受けてさわってられないほど熱くなっているときは、すきまがほとんどなくなっていることに気づく。電柱の間に張り渡された電信線でも、冬と夏とで、かなりたるみ方に違いが見出さ

れる。このようなことから考えると、火ばしなどでも、冷たいときと熱くなったときとでは長さが違うかもしれない。それはきわめてわずかな違いではあるが、くふうしてしらべてみよう。

実験 12. 温度の変化による針金の伸び縮み

1) 机の上においてガタガタしないような、木か金の台を2箇用意する。30cm ぐらいのまっすぐな針金を台の上にかけ渡し、

針金の一端は台に固定する。針金の他の端は別の台の上



第19図 実験 12.

において針に乗せる。針には 20cm ぐらいの麦わらをさしておき、棒が伸びると、針はころのはたらきをしてまわり、それが麦わらのかたむきからわかるというしかけである(第19図)。

2) バーナー(アルコールランプ、電熱器など)で、針金を強く熱し、麦わらのかたむきをしらべる。

3) 鉄・黄銅・アルミニウム・銅などいろいろの種類の針金についてしらべて比較する。

これらの実験や観察からわかるように、針金を熱すると、わずかながら伸び、冷やすともどおりに縮むのである。たとえば鋼は温度が 0°C から 1°C に変化すると、約100万分の13だけ長さが増す。これはきわめてわずかなものであるが、温度の違いが大きい場合や大きなものについては、なかなかばかにならない。たとえば長さ10mのレールが、冬は 0°C に、夏は 50°C になるとすれば、(実際にも、これぐらいの温度変化は普通にみられる。)約7mm伸び縮みすることになる。

温度 1°C の変化について伸び縮みする割合を線膨脹率という。線膨脹率は物質の種類によって違う。これを表にしてみる。

第3表 線膨脹率

物質	線膨脹率	物質	線膨脹率	物質	線膨脹率
アルミニウム	0.000023	銅	0.000017	ガラス	0.000009
銀	0.000019	白金	0.000009	磁器	0.000003
鋼	0.000013	黄銅	0.000019	石英ガラス	0.000004
鋳鉄	0.000011	インバール	0.000009	松材	0.000005

(1) 銅71% + 亜鉛29%の合金。(2) ニッケル36% + 鉄64%の合金。

(3) 水晶をとかしたガラス。(4) せんいの方向に。(理科年表による)

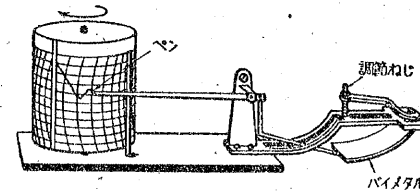
線膨脹率が物質によって非常に違うことは注意すべきである。鉄が約10万分の1であるのに、黄銅は約2倍に近い。線膨脹率が小さいものとして、インバールという合金と、石英ガラスとは注目に値する。

針金の長さが温度によって変化することを利用して温度計をつくるとすると、一番くふうがいくところは、ごくわずか

な長さの変化を、はっきりと目盛に表わすようにすることである。これについて次の現象はそのヒントを與えるであろう。

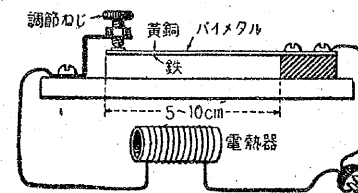
乾いた薄い板の片面を水でぬらしてしばらくおくと、板はぬれた方を外側にして丸くそりかえる。これは、木が水気を吸うとふくれるからである。

線膨脹率の大きい金属(たとえば黄銅)の薄板と、線膨脹率の小さい金属(たとえばインバール)の薄板を、ぴったりと重ね合わせた板(バイメタルという)は、温度がのぼるとそりかえるから、そ



第20図 自記温度計

りぐあいから温度を知ることができる。また温度を一定に保つためには、温度によって電熱器の電流を自動的に断続するスイッチがほしい。これにもバイメタルが利用される。



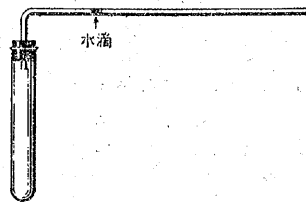
第21図 サーモスタット

第20図、第21図を参考にして、温度計やサーモスタットをつくるのもおもしろい。インバールの板がなかったら、薄いブリキ板と黄銅板との組合せでもできる。

* 温度を一定に保たせるための装置をサーモスタットという。

液体 「空気」の1.でしらべたように、液体も温度がのぼるとかなりめだってふくれる。たとえば、水銀では、温度が 1°C のぼると、体積がおよそ1万分の1、アルコールでは1万分の11ふえるのである。これを利用した水銀温度計やアルコール温度計は、もう私たちのなじみである。アルコールや水銀のような貴重なものを使わずに、そこらにいくらでもある水を使って水温度計というものをつくったら安あがりであろう。ところが、水はちょっと変わったふくれ方をするので、温度計をつくるにはむかない。これは「空気」の1.にある実験でもだいたいわかるであろうが、水を冷やしていくとしだいに体積がへっていくが、 4°C に近づくにつれて変化がほとんどなくなり、 4°C より下がると、こんどは体積が少し増すのである。

気体 電気火花が飛ぶとパチッと音がする。雷のあのものすごい音は、これの大規模なものだそうである。その音は、火花が飛んで空気が急に熱せられ、いきおいよくふくれるた



第22図 空気の膨脹

めに出るのだという。第22図のようなかんたんな装置でしらべてみても、空気を温めるとふくれるようすがよくわかるであろう。

気体のふくれ方には大きな特徴がある。その一つは、

空気でも水素でも、炭酸ガスでも、そのふくれるわりあいがどれもほとんど同じだということ、もう一つはふくれるわりあいが、液体よりもなお大きなものだということである。

固体や液体では、物によってふくれ方に違いがあることに注意したが、気体では違いがないことに注意すべきである。そのふくれるわりあいは、 1°C について 0°C のときの体積の約 $\frac{1}{273}$ という値で、液体や固体の場合に比べていちじるしく大きいことも重要である。

さて、気体のふくれるわりあいから、温度計をつくることもできるわけである。ただし、気体は圧力が変わるだけでも体積が変わるから、かならず、圧力がどうなっているかに氣をつけなければならない。

§ 18. 光の色と温度とは、どのような関係があるか

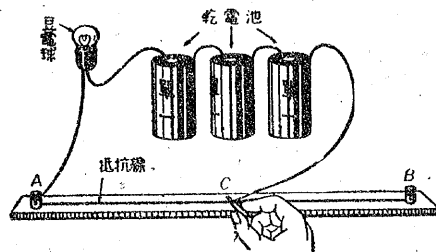
電圧が落ちると、電燈は暗くなるばかりでなく、光の色が黄色から赤色をおびてくる。これを豆電球でしらべてみよう。

実験13. 温度と光の色

- 1) 豆電球(普通の懐中電燈用)とソケット、乾電池(単一3箇、可変抵抗)。これを第23図のように配線する。

可変抵抗は、次の図のように細い抵抗線ABを板の上に張り渡し、ABの途中に端子Cを触れるようにする。Cの位置によってACの間の抵抗を変えることができる。

* $30\sim 50\Omega$ ぐらいが適当であろう。



第23図 実験13.

かを日光の色と比べながら観察する。

火の中に入れておいた火ばしをとり出してみると、赤い光を放つ。もっと強い火で熱すると、だんだい色の明かるい光がでるようになる。私たちはこれを見て、「ずいぶん高温度になった」とすぐに判断して氣をつける。この場合、火ばし

第4表 高温度と色

色	温度(°C)
初期の赤熱	500
暗赤熱	700
櫻赤熱	900
あざやかな櫻赤熱	1000
橙黄熱	1100
あざやかな橙黄熱	1200
白熱	1300
まばゆい白熱	>1500

(理科年表による)

* 多少は酸化する。

は燃えているのではないが、光を出しているのである。このように固体や液体は高温度になると光を出し、温度があがるにつれて輝きが強くなるとともにその色あいは、はじめ暗赤色からだんだい色、高温度になるにつれて黄色から白色へと移る(第4表)。光の色から温度を判定ス

2) はじめCをBに近づけ、しだいにAの方へ移動させながら、豆電球の光の色あいが、どのように変化する

方法は、熱いものに触れずに温度がはかれるという特色がある。炉の中の温度や星の温度などまで知ることができる。

§ 19. 熱とは何か

体温計をわきの下にはさむと、はじめ、ひやりとするが、体温計はしだいに温たまり、それに伴って水銀柱はしだいにのぼっていく。数分間たって一定になったとき、体温計は皮膚の温度とほぼ同じ温度になったものとして、目盛を読むのである。このとき私たちは、わきの下から「体温計に何かが流れこんで、そのために体温計の温度がのぼったのだと考える。その流れこんだものを「熱」というのである。

昔は熱を物質の一種のように考えて、これを熱素 (Caloric) と呼んでいた。ぬれたタオルに、乾いたタオルを重ねておくと、水気が乾いた方へ移っていくように、熱いものから冷たいものへ熱素が移っていくのが「傳導」であると考えたのである。ところが、大砲の砲身をくりぬいているとき、発熱する事実に注目して、「熱は物質ではなさそうだが、物質ならば重さがなければならないし、また、一つのものからそう無制限に生み出されるはずがない。」と、いい出した人があった。それでもまだ「熱は物質だ」といいはる人が多かったが、そのうち、ある人は2箇の水をたがいにこすり合わせるだけで氷がとけることを示したり、また、わずかな金属をこすり合わせて、その熱で5ポンドの水を0°Cから100°Cにしちりして「熱は物質である」という考えを打ち破った。

熱は物質でないから、重さもないし、手にとって見ることもできない。しかし、熱が流れこむと温度がのぼることから、その量をはかることはできる。普通には、1gの水の温度を1°C高める分量を1カロリー(記号 cal.)と名づけて、熱量の

単位にする。1 カロリーの 1000 倍、すなわち、1 kg の水(約 1*l*)を 1°C だけ温めめるに必要な熱を 1 キログラムカロリー(記号 Kcal.)とか、1 大カロリー(記号 Cal.)とかいう。しかし、食品の栄養価や、燃料の燃焼熱を表わすときには、1 キログラムカロリーのことをたんに 1 カロリーということもある。どちらの単位が使われているかに注意しなければならない。

§ 20. 燃えるとどれくらいの熱が出るか

燃料は、燃えて多量の熱を出すことが望ましい。はじめに、石炭の質が悪くなったといったのは、この発熱量が少なくなったことである。次の表は 1g の燃料を燃やしたときに発生する熱量をカロリーで表わしたものである。これが大きい燃料ほど高温が得やすいわけである。

第 5 表 燃料の発熱量

物 質	熱 量 (cal.)
れき 青 炭	6000~7000
で い 炭	4000~5000
コークス	7500~8000
木 材	3500~4000
木 炭	6500~7500
石油(原油)	10000~10500

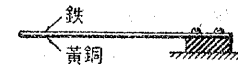
(理科年表による)

これらは、もちろん、燃料を完全に燃焼させたときの値である。燃料に水分がたくさん含まれていたり、煙をたくさん出すような燃やし方をしたのでは、発生する熱量はずっと少なくなる。

問 1. どんな器具で温度をはかることができるか。

問 2. 長さ 30m の鋼の巻尺は、0°C の時と 30°C のときとで長さがどれほど違うか。

問 3. 第 24 図のようなバイメタルがある。温度がのぼると上にそるか、下にそるか。



第 24 図 バイメタル

問 4. 水銀温度計とアルコール温度計の長所と短所を比べてみよ。

問 5. 自轉車を夏の炎天にさらしておくと、パンクすることがある。これはなぜか。

問 6. 刃物に焼入れをするには、火の中に入れて赤熱から櫻赤熱ぐらいに熱し、これを水や油の中に入れて急に冷やすという。この場合、刃物は何度ぐらいに熱したのか。

問 7. ほのおに、強く輝くものと、光のうすいものがあるのはなぜか。温度の違いだろうか。

問 8. 空の星を注意して見ると、白く光っているものもある。赤みがかって見えるものもあり、青白く輝いているものもある。どんな色の星が最も高温なのだろうか。

問 9. 「熱」に重さがあるか。体積があるか。見ることができるか。

問 10. 「カロリー」とは、何の単位か。「度」とは何の単位か。

問 11. 熱と温度とは、どのように違うか。

5. ぐあいよく燃やすしかけ

§ 21. まき割りとは、何のためにするのか

紙はくしゃくしゃに丸めるとよく燃えるのに、厚い雑誌をそのまゝ火の中に投げこんでも、あまりよく燃えない。同じ木でも、かんなくずと太い丸太とでは、燃え方が非常に違う。なぜだろうか。

物を二つに分けると、分けた部分に新しい表面ができる。たとえば、 1cm^3 の立方体の表面積は 6cm^2 であるが、これを 1mm^3 の立方体 1000 箇に分割すると、全体の表面積は 60cm^2 になる。このように、物は細かくすればするほど全体の表面積がふえる。したがって、空気に触れる面が増し、それだけ熱せられやすくなり、また燃えやすくなるのである。太いまきは、細く割って使う方が燃えやすいし、火も強いわけである。さらに、木や石炭を粉末にしたら、燃え方はいちじるしく激しくなるであろう。しかし、粉末を炉の中に山のように積んで置いたのでは、空気が通りにくいから、かえってよく燃えない。そこで、粉末を空気といっしょに炉のなかへふきこんでやるのである。石炭の粉末をこのようにして燃やすと、まるで気体が燃えるときのように激しく燃え、その温度も高い。セメントをつくる炉では、このようにして石炭を燃やしている（「家」を見よ）。

空気中に石炭の微粉末がたくさん浮かんでいるときに、火を持ちこんだりすると、石炭の微粉末はきわめて急速に燃え爆発となることがある。炭坑には、このような原因から惨事をひき起こした例がある。そこで水をうったり、岩石の粉をばらまいたりして石炭の粉をしずませ、また、空気をどンドン送りこんで、炭じんを含んだ空気を坑外へ出すようにして危険を防いでいる（§ 31. を見よ）。

微粉末による爆発は、石炭にかぎらない。小麦粉の倉庫で、荷を取扱っているうちに小麦粉が空気中にたくさん飛散した。これがマッチの火や、回転する機械から出た火花で爆発を起したという例さえある。

§ 22. どうすると煙が出るか

たき火の上に枯草を投げこむと、黄色みがかかった白い煙がもくもくと立ちのぼり、やがてほのおが上がるとともに煙はうすい紫色に変わる。石炭でも同様で、たきはじめや石炭を投げこんだときには白い煙が上がる。ふろたきや、かまどの火の番をしていて、けむたくてやりきれないのは、たきつけるときか、新しい燃料を入れたときか、よく燃えないときかである。このようなときにはなぜ煙が出るのだろうか。

まきや石炭を火の中に入れると、熱をうけて、蒸発や分解を起して、水分や揮発分を放出する。木や石炭をむし焼きにするときに出るのと同じような気体が出るのである。投げこんだ燃料は、温度が十分高くないうえに、まわりから多量の熱をうばうので、あたりの温度がぐだり、燃える気体も燃え続けることができなくなり、そのまゝ外へ出てしまうことになる。であるから、このような白煙が出るのは、けむくて不

愉快なばかりでなく、まだ燃えるものを空気に逃がしていることになり、燃料の経済からいっても損なわけである。このような濃い煙を立てないようにするには、炉の中の温度がくだる原因を取りのぞくことが第一で、それには燃料をあらかじめよく乾かしておくのも、たいせつな注意である。水は蒸発するときにまわりから多量の熱をうばうからである。

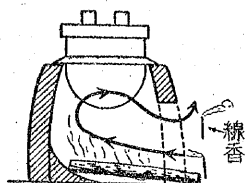
炉の中がそうとう高温度であっても、濃い煙が出ることがある。これは、炉の大きさのわりあいに燃料が多過ぎたり煙突がつまっていたりして、通風が悪いときに多い。それだからといって、空気をやたらに送りこんでもだめである。燃料と空気がよくまじり合わない、燃焼に役立たないだけでなく、無用の空気は炉の中を冷やす悪い作用をもっていて、このときもすすが黒い煙となってもくもくと出る。すすは、炭素の細かい粒であるから、燃えれば熱を出すはずのものである。これを煙突から逃がしてしまうことは大きなむだであるし、また、物をよごすことも困る。燃料がむだなく調子よく燃えているときは、きわめてうすい煙しか出ないものである。このように煙のようすから炉のなかのようすがわかりそれによってよく燃えるように対さくをたてることもできる。

煙突から出た煙は、たくさん空気のう中にまじるからしだいに薄められ、人粒のすすや灰は、やがて地上に落ちてくる。細かい粒は、しばらくは空気に浮かんではいるが、長い間にはひとりでに落ちたり雨にたたき落とされたりして結局は地上に降ってくるのである。

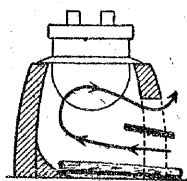
§ 23. こんろ や かまど をどのように改めたらよいか

燃料をよく燃やすには、まず、必要量の空気をよくまぜ合わせるが、必要以上の空気を送りこまないことがたいせつなところである。空気をむやみに與えるだけではだめで、強い風をふきつけると、かえって火はふき消されてしまう。これは、冷たい空気のために温度が下がって燃焼が続けにくくなり、そのうえにほのおがふき飛ばされるからである。しかし、必要量の空気をまぜるのに、火につきっきりであおいだりふいたりするのはやりきれない。ひとりでにこれが行われるような仕掛けがほしい。それには、気体は温たるとふくれて軽くなるという現象を利用するのが最も实际的である。たとえば、1気圧、約3°Cのとき1lの空気を、300°Cに温めたとすれば、ふくれて約2lになる。したがって1lの重さは30°Cのときの半分にへるから、上昇気流(「空気」を見よ。)となって上へあがってゆく。そしてそのあき場所には、まわりから冷たい空気が流れこんでくる。これはのちに述べるように「対流」である。このような空気の流れが順調に続いて起るように、こんろ や かまど の構造をくふうすればよく燃えるはずである。

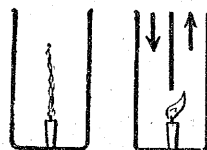
第25図は、ねんどを筒形にかためて、たき口を一つあけただけの原始的な かまど である。このたき口が煙出しと空気のとり入れ口をかねている。こころみに線香をたき口の前に置いてみると、下方では空気が吸いこまれ上方では熱気



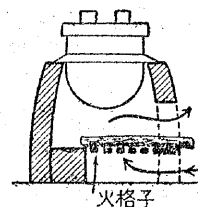
第 25 図 かまど (1)



第 26 図 かまど (2)



第 27 図

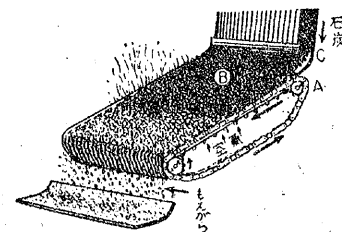


第 28 図 かまど (3)

がはき出されているのが、煙のなびき方からわかるであろう。つまり、かまどの中では、矢印のように空気が流れているのである。このようなかまどが燃えにくい原因の一つは、はいる空気と、出る燃焼ガスが入り乱れやすいことにある。駅の階段でも、上る人と下る人が入り乱れると、もみあって交通がさまたげられる。気流の交通整理をする方法には二通り考えられる。一つは第26図のように板を入れる方法で、階段を手すりで半分にしきって、左側通行をさせるようなものである。びんの中にろうそくをともしておくと、やがて換気が悪くなって消えてしまう。ところが上から一枚の板をたらしやると、一方から新しい空気が吸いこまれ他方から燃焼ガスが出されて、燃え続けることは実験の示すとおりである。かまどでも、このようなしきり板のはたらきで通風がよくなり、燃えがよくなる。もう一つは火格子を使う方法である。通風が

盛んになっても、空気がほのおの先をかすめて通るだけではだめである。火格子をくぐって上がる空気が燃料によくまざり、そのうえに予熱されるからぐあいがいよい。

大きな炉で石炭を燃やすには、ストーカを使うことが多い。第29図はその一例である。Aの車をまわしてタンクの無限軌道のような火格子Bを矢印の方向にゆっくりと動かしていく。



第 29 図 ストーカ

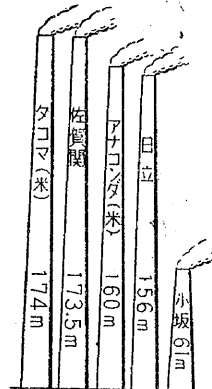
Cの石炭は、一定の厚さで火格子にのり、まず温められ、次いで燃え、燃えつきところに火格子からはずれて、もえがら入れにはいる。この方法によると石炭を投げこむ手数がはばけるうえに、燃え方が一様なのでむだが少ない。

§ 24. 煙突はどんなはたらきをするか

ほや^{*}をはずして石油ランプに火をつけると、ほのおの色は黄色っぽく、またすす^{*}がたくさん出て空中にたどよう。これでは室内がよごれてあかりには使えない。ところがほやをかぶせると、まばゆい白いほのおにかわり、すすがなくなる。同じようなことが、かまどに煙突をつけた場合にもみられる。これは燃焼ガスが煙突に吸いこまれ、炉の中

* ほや は、中の空気をあたためて対流による冷却を少なくし、またほのおのまわりの気流をきれいにし作用をもかねている。煙突は通気をよくする一方である。

の通風が盛んになるからである。そして、この作用は煙突が高いほど盛んに行われるわけである。しかし燃焼ガスが煙突を流れるときに煙突の内壁と摩擦するから、むやみに高くしてもだめで、太さに應じて適当な高さがある。煙突のもう一つの役目は、燃焼ガスやすすが家の内外や草木をよごしたり、いためたりしないように、空高く導くことである。このためには高いほどよいわけである。

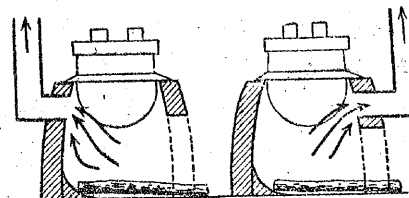


第30図 高い煙突

さて、煙突はなかなか有効なことはわかったが、かまどのどこにとりつけたらよいであろうか。第31図のようなかまどで、上の奥につけたら、ほのおは煙突へす通りして、かま底の一部しか温ためてくれないであろう。煙突をたき口の上につけた場合も同様である。このようなつけ方をせずに、ほのおをかまどの中に十分こもらせておき、排気を煙突で引くのがよい。

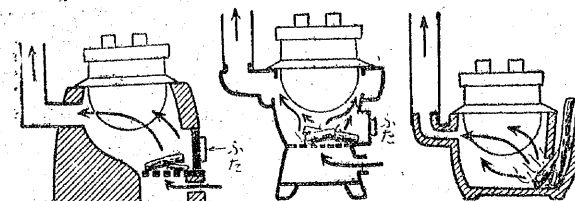
鉛や銅の精練の際に出る煙には、亜硫酸ガスその他の有毒な成分が含まれている。いろいろの方法でこれをのぞいても、亜硫酸ガスが完全には取りのぞかれない。そこで、煙をできるだけ空高くまで導いてから空気中にはき出させる。たとえば、佐賀関鉱山では、煙を150mの高さの山の上に導き、さらに、174mという大煙突を通して空中に排出している。日立鉱山の320mの山頂に設けられた煙突も、156mの高さがある。

次に示したいろいろなかまどについて、長所と短所とをしらべ、これを参考にして自分の家のかまどを



第31図 かまど (4)

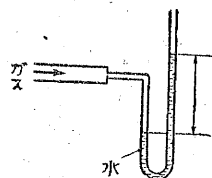
改良してみよう。しかし、複雑なおし方は禁物で、粘土と少量の鉄板ぐらいの材料で、てがるにできなくふうがなければならない。



第32図 いろいろなかまど (5)

§ 25. 石炭ガスはどのように燃やすのがよいか

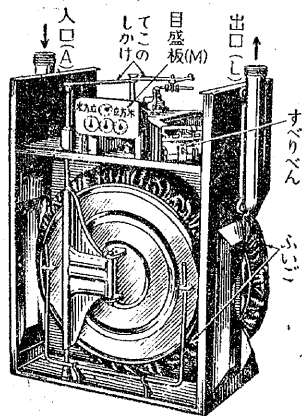
以上は、まきとかすみとか石炭とかの、いわゆる固体燃料を燃やす装置であった。石炭ガス・天然ガス・アセチレンなどの気体燃料をよく燃やす場合にも、必要量の空気とよくまぜてやるが、よけいに空気を送りこまないということは同じである。それにはどうしたらよいだろうか。石炭ガスは、家庭にも工場にもひろく用いられているから、これを燃やすし



第33図 マノメーター

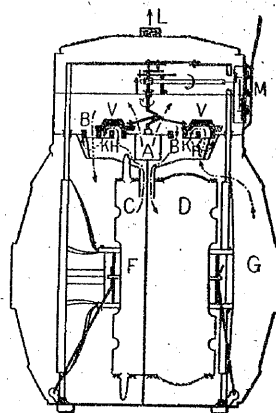
かけをしらべることにする。

石炭ガスは、タンクで圧力を加えられ、地中にうめた管で家庭や工場にくばられている。その圧力は、水の入ったガラスの U 字管をガスのゴム管につないでみれば管の中の水面の高さの差から正確に知ることができる。10cm から 15cm ぐらいが普通のようなものである。



(1)

第34図 ガスメートル



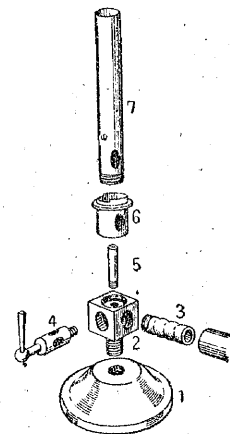
(2)

家庭や工場に入ったガスは、まずガスメートルを通る。ガスメートルは、ふいごを二つ組み合わせたようなものである(第34図)。Aから入ったガスは、Bを通り、ふいごの C, Dを右におすから、F, Gにあったガスは、H, Kを通してLに出る。C, Dはてこのしかけで、すべり弁 Vにつながっているから、C, Dが右へ動くとき Vは左へうごいて、Bの口をとじ、Hの口をあ

ける。こんどは C, Dが左にうごき、その左方のガスが B, Kを通してLに出る。Vの往復の回数は、歯車のしかけで目盛板にあらわれる。

まず、ブンゼン燈をすっかり分解して、その構造をしらべることからはじめよう。組立ての際には、使うときになってガスがもらないように、かたくねじつけることと、せんの部分には、べとべとした油をぬって、

なめらかに動き、しかもガスがもれないようにすることなどがたいせつである。図の(1), (2), (3), (4), (5)まで組立てたところで、ガス管につなぎ、ガスのふき出し口に火をつけてみる。ガスは、ろうそくのような黄色いほのおをあけてゆらゆらと燃える。細い鉄線をほのおの中に入れてみると、温度もろうそくのほのおと同じぐらいであり、すすがつくことまでろうそくに似ていることがわかるであろう。これでは物を熱するのにぐあいが悪い。

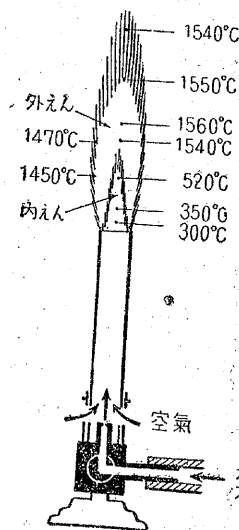


第35図 ガスバーナー

1: 台 4: せん
5: 吹き出し口
6: カラー 7: 筒

筒とカラーをはめる。そしてカラーをまわして空気孔をすっかりとじておき、火をつけると、やはり黄色くゆらゆらと燃える。しかし空気孔を少しずつ開いていくと、ほのおの黄色みはしだいに消え、うす青くなっていく。鉄線を入れてみ

ると、ほのおの色がうすくなったのかかわらず、温度は高くなり、すすが出ないことがわかるであろう。さらに空気孔を開くにしたがい、そら色をしたないえんがはっきりとあらわれ、ほのおは勢よくたちのぼってくる。空気孔に線香の火を近づけてみると、その煙が中に吸いこまれていく。空気孔から空気が吸いこまれているのである。さらに空気孔を開くと、ないえんの先が乱れて短くなり、ほのおはポウポウと、うるさい音をたてる。それをすぎるとポッポッとついたり消えたりしはじめ、ついにはほのおは消えて、音だ



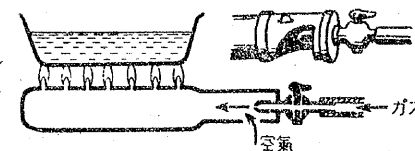
第36図 バーナーのほのお

けたてるようになる。これは実は消えたのではなく、ほのおが筒の中へはいってガスの吹き出し口のある上からのぞかないとほのおが見えないのが、筒が強く熱せられて非常に危険である。ただちにせんをしめて火を消さなければならない。このとき、バーナーがあつくなっていることがあるから、バーナーにさわるときに注意しなければならない。このように空気のまじり方で、燃えるようすは非常に違う。ほのおが安定して、し

かも温度が高いところを、鉄線の熱せられ方からしらべると、ないえんが筆のほののような形をしていて、あまり激しい音をたてないで燃えているときである。このときのほのおの温度をはかった一例を第36図に示した。

ほのおが下へ燃えうつる速さは、空気が酸素のまじり方が少ないほどおそい。筒をはずしてガスの吹き出し口に火をつけ、ガスの出し方を増していくと、ほのおが口からはなれ、ついには空中にまいて消えてしまう。これはほのおが下に燃えうつる速さよりも、ガスのふき上がる速さの方が速いからである。筒をつけて、ガスに空気をまぜると、燃えうつる方はずっと速くなる。そしてガスが吹き出す速さと、ほのおが燃えうつる速さが、つり合っているときはほのおは安定している。空気のまじり方がそれ以上にふえると、燃えうつる方が早くなり、ほのおは筒の中へ入り、吹き出し口のところで燃えるようになる。

ガスこんろは、なべや湯わかし
の底を一樣に熱する
必要から、小さい
ほのおがたく

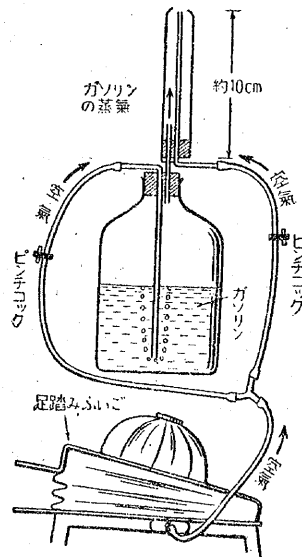


第37図 ガスコンロ

さんならぶようにできている。燃えかたや、空気の調節のしかたなどはバーナーと全く同じである。空気孔の大きさを調節することと、ほのおの高温の部分になべ底がくるようにくふうすることが、じょうずな使い方といえよう。

§ 26. ほのおに酸素を吹きこむとどのように燃えるか

ガス吹管 プンゼン燈では、ガスがふき出すいきおいでしぜんに空気が吸いこまれるが、ガスのほのおの中に空気を吹きこむ方法がある。ほのおの太さの調節が自由であるうえに温度も高いから、ガラスざいくに便利である。空気のかわりに、酸素を送りこむと、ほのおはきわめて高温になるから、硬質ガラスのざいくをすることもできる。



第 38 図 エアガス装置

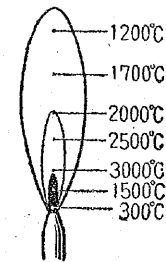
つては 4000°C にまで達する。鉄板を焼き切ったり、よう接し

ガスがこないところでは、揮発油の蒸気を燃料とする吹管を、ガラス管などで簡単に自作するとよい。第 38 図はその一例である。これに注意しなければならないことは、ふいごを強く踏んでも揮発油びんのせんがぬけないようにすることである。せんをかたくし、また針金などでしばっておくとよい。

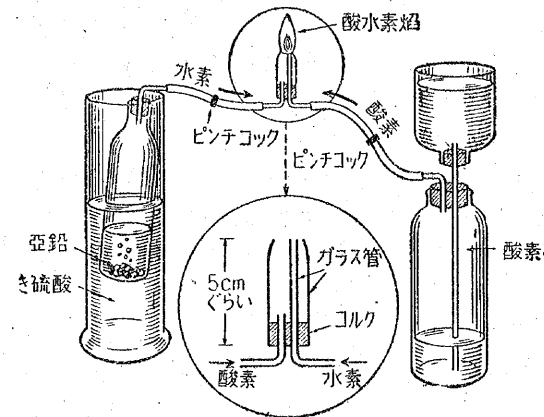
酸素アセチレン焰 実用になっているほのおのなかで最も高温なのは、酸素アセチレン焰である。これは、アセチレンのほのおの中に酸素を吹きこむもので、だいたい 3000°C ぐらい、装置によ

たりするのに用いられている*。

酸素水素焰 水素もよく燃える気体である。水素のほのおの中に酸素を吹き込むと、その温度は 2000°C にも達する。このほのおが酸素水素焰で、酸素アセチレン焰が普及するまえには、鉄板を焼き切ったり、よう接するのに用いられていし、現在でも、石英ガラス(融点 1700°C)をとかしざいくするのに使われることがある。



第 39 図



第 40 図 実験 14. 酸素水素焰

* アセチレンは、カーバイドに水を作用させると発生する気体、カーバイドランプとしてあかりにも用いられる。

私たちも、ここで小さな 酸水素えん をつくり、鉄の針金を焼き切ってみよう。実験は割合に簡単であるが、水素を使うのであるから、「§ 8. 水素の燃焼」におけると同様の注意をはらわなければならない。

実験 14. 酸水素えん

- 1) ガラス管とコルクせんとで第 40 図のような吹管をつくる。
- 2) § 11. でやったように、塩素酸カリウムと二酸化マンガンから酸素をとり、ガスだめ (§ 13. を見よ。) にためておく。
- 3) 水素を出すしかけは、§ 8. の実験で組み立てたものをそのまま使う。
- 4) 水素を出すしかけを、吹管の外の管に、酸素のガスだめを中の管にゴム管でつなぐ。水素をすこしずつ出して吹管に火をつけ、次に、酸素を送りこむ。
- 5) 既のお の中に鉄線や銅線を入れ、火花を発してたちまちとけるようすを観察する。

問 1. かんなくず が燃えやすいわけ、おがくず がわりあいに燃えにくいわけを考えよ。おがくずを、ぐあいよく燃やすくふうをしてみよ。

問 2. ろうそく をふくとなぜ消えるか。すみ火はなぜ起るか。

問 3. 煙がたくさん出るのは、よく燃えているからか。燃え方がわるいからか。

問 4. すみ火や石炭の火をおこすのに、たきつけ を使うのはなぜか。

問 5. 煙はどんな害があるか。どんな利用法があるか。煙突はどんなはたらきをするか。

問 6. ガスこんろ に火をつける順序をつけよ。

() ガスのもとせん をひらく。

() こんろのせん をひらく。

() マッチをする。

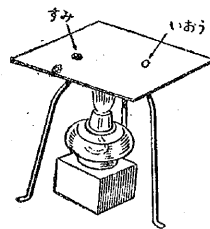
問 7. ボンベにつめた酸素はどんなことに使うか。



6. 火の作り方

§ 27. どれくらいに熱すれば燃え出すか

実験 15. 燃え出す温度の比較(いおうと木炭)



第 41 図 実験 15.

第 6 表

物質	発火点(°C)
いおう	280
木炭	300~400
木炭	250
黄りん	60
水素	580
石炭	300~400
コークス	700
メタン	650~750
一酸化炭素	650

(理化学辞典などによる)

低い温度に冷やすと消えてしまう。

* 発火点は、物質がこまかい粉であるとか、大きな塊であるとかの状態によって、また、そのしるべ方によってかなり違うのが普通である。

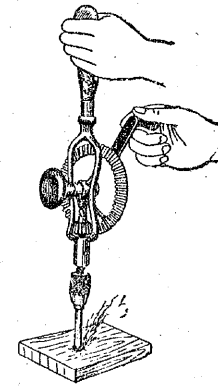
鉄板の上に米つぶほどの いおう、木炭、ろうなどを置き、鉄板を電熱器かバーナーで熱する。そして、どれから先に燃え出すかをしらべる。

この実験で いおうの方が先に燃えはじめ、木炭はもっと強く熱しなければ燃え出さないことがわかるであろう。

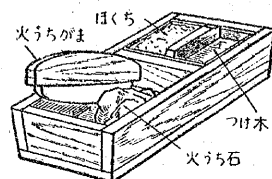
物を空気で熱する場合、これが燃え始める温度を「発火点」と呼んでいる。第 6 表は、そのだいたいの値である。§ 1. でしらべたことからわかるように、火を作るには、物を発火点以上の高温に熱することが第一に必要なのである。こうして燃え出した物でも、発火点よりも

§ 28. どのようにして発火させるか

摩擦 今でこそ、マッチやライターで手軽に火をつけることができるが、昔は火を作ることは、たいそう骨の折れる仕事であった。であるから、寝ずの番までつけて まきを加え、火だねを絶やさないようにしたものである。火を作るために物を摩擦する方法は、世界のどの地方にも廣く行われたらしい。私たちは寒い日に、手をこすり合わせると温まることや、きりで木に穴をあけるとき、きりの先がさわれないくらい熱くなることを経験する。堅い木では、木くずがくすぶりはじめることもある。このことは、次のような実験を試みるといっそうはっきりするであろう。それは、ハンドドリルの先に鉛筆の太さぐらいの木の棒をつけ、これを木の板に強く押しつけながら、これを木の板に強く押しつけながら、1 分もたたないうちにこすれ合う部分が黒くこげ、煙が出てくる。火を出させるまでには、さらにくふうがいるが、火が出る可能性があることだけはわかるであろう。昔はもちろんハンドドリルなどはなかったから、強く押しつけながら、はげしく摩擦するしかけを、ありあわせの材料でいろいろとくふうしたようである(「機械」を見よ)。



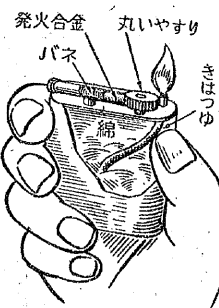
第 42 図



第43図

火うち石 火うち石と鋼とを打ち合わせて、とびちる火花をほくちに受けて発火させる方法は、もっと後になって知られた。これはグラインダーで刃物をけずるときに、火花が線香花火のようにとびちるのと作用は同じである。火うち石（石英）は硬くて割れ目がギザギザしている。鋼と打ち合わせると、鋼がけずれて粉になる。この鉄粉は摩擦のため高温度になっているから燃える。ほくちというのは、燃えやすい草などを綿のようにほぐしたもので、火花をうけると小さな火がつく。すかさずふいて火を大きくし、いあうのつけ木に燃えうつらせるのである。

ライター このごろ盛んに使われているライターは、火の出方が火打石とよく似ている。まず構造からしらべてみよう。どのライターにも共通な部分は、丸いやすりと、これに発火合金をバネで押し



第44図 ライトターの構造

つけているしかけと、揮発油をしみこませた綿を入れた箱と、そこから出ている糸のしんとである。発火合金は、小さいかけらをすみ火の中に入れて熱すると、白い光を発し

て燃えることからわかるように、燃えやすい金属である。^{*}丸やすりをいきおいよくまわすと、摩擦で高温度になった発火合金の粉末が火花となって燃えながらとび、揮発油に燃えつくのである。

マッチ イギリスのある薬屋が、いあうと、アンチモンという金属の粉と、塩素酸カリウムのように酸素を出す薬とをまぜて木片につけ、これをやすり紙でこすると火が出るのを見出したのが、マッチの最初だといわれている。それから数年後、アンチモン粉のかわりに「黄りん」を用いると、いっそう容易に発火することが知られ、広く使われた。しかし黄りんは非常に有毒なので、マッチを作る人がはげしい中毒にかかることがしばしばあった。そればかりでなく、このマッチはあまりに発火しやすく、床の上に1本落ちているのを知らずにふんだり、この上に物が落ちたりしても発火してほのおが燃えあがるし、ネズミがかじったために火事になったということさえあった。この二つの大きな欠点を除くために発明されたのが、私たちが日常使っている安全マッチである。^{**}

安全マッチでは、黄りん のかわりに無毒な 赤りん を使っ

^{*} 主成分は、セリウムという金属元素と、それによく似た元素がまじったもので、これだけではやわらかすぎるので、鉄などを加えて合金にしてある。

^{**} はじめは、黄りんマッチと区別するため、かならず安全マッチと呼んだが、今ではマッチといえば、安全マッチのことである。

ている。そしてそれを軸木につけないで、砂やにかわなどとまぜて箱の横側にぬってある。これを横薬という。軸木の頭薬は、いおう・硫化アンチモン・松やなどの燃えやすい薬品に、塩素酸カリウムと二酸化マンガ・重クロム酸カリウムなど、酸素を出しやすい薬品をよくまぜ合わせ、にかわでかためたものである。安全マッチで火がつくわけを知るには、次のような実験をしてみるとよい。

実験16.11 マッチ

- 1) 耳かきに半分ぐらいの赤りん^{*}と塩素酸カリウムを、紙の上で鳥の羽根でまぜ合わせる。これを厚い鉄板の上におき、かなづちで軽く打つ。大きな音をたてて爆発するのであろう。
- 2) 暗やみでマッチを軽くすってみる。頭薬にすれ合った部分の横薬が、しばらく青い線になって光るのが観察されるであらう。
- 3) 塩素酸カリウムの小さい結晶をピンセットではさみ、横薬でこすってみる。2)の場合と同じように横薬が光るのがわかる。

マッチに火がつくのは、まず、頭薬にふくまれている塩素

^{*} けっしてさじのようなかたいものでまぜわせてはいけない。爆発する危険があるからである。

酸カリウムの作用で、赤りん^{*}に火がついて燃え、次に頭薬にうつり、最後に軸木が燃え出すのであることが、これから推察できよう。

頭薬のほのおが軸木に燃えうつりやすいように、軸木にはろうがしみこませである。ろうのかわりに、軸木の先にいおうをぬり、その上に頭薬をつけておくと、頭薬のほのおはまず、燃えやすいいおうにうつり、いおうがしばらく燃えている間に軸木が熱せられて燃えはじめる。これがいわゆる「いおうマッチ」である。くさくて有毒な亜硫酸ガスを発生するから、いおうが燃えきってしまうまで、しばらく待たなければならないことは、大きな欠点であるが、ろうが不足しているので、廣く使われている。

問1. 物をこすり合わせると熱くなる実例を三つあげよ。

問2. マッチを安全に使う注意を述べよ。

問3. マッチの横薬はどんなはたらきをするか。

問4. 火うち石、マッチ、ライター、木と木のまさつなどのほかに、火を作る方法はないか。



7. 爆 発 と 火 薬

§ 29. 気体はどのように爆発するか

§ 8. で述べたように、水素に点火した場合、空気のまじり方が少ないと、水素は ほんのち をあげてゆるやかに燃えるが、空気が水素の体積のちよそ $\frac{1}{3}$ 以上まじると、爆発する。空気の割合がもっとふえて、水素の 20 倍ぐらいになると、もう爆発も燃焼もしない。水素ばかりでなく、メタン・アセチレン・一酸化炭素・ガソリンやアルコールの蒸気なども、適量の空気や酸素をまぜて点火すると爆発する。すなわち、一部が発火するとその熱で、となりの部分が発火点に達して燃え、さらにその熱で次のところが燃えるというようにして、火もとはしだいに大きくなる。これがきわめて速やかに行われるのである。そのさいに発生した熱のために、燃焼ガスは急にふくれて爆発となるのである。

とじた筒の中で燃える気体と空気との混合気体を爆発させると、燃焼ガスの圧力は非常に高くなるから、その力でピストンを押し動かすことができる。これを連続的に行って動力を得る装置が内燃機関である。

* 空気中にメタンが 5~15% 含まれていると、小さな火花によっても爆発をおこす。炭坑には、しばしばメタンが発生し、爆発の原因となるから、空気をおくりこんでメタンをうすめ、また火氣に厳重な注意をはらっている。

§ 30. どんな火薬が用いられているか

火薬には産業や建設にもたいせつな役目がある。岩山をうがってトンネルを掘るにも、鉱山で坑道を掘り進めるにも、石灰岩の山をくずしてセメントの材料にするにも、また、鯨を捕える もり を打ち出すにもなくてはならない。このように一時に強大な力を出すのが火薬の独得な役割である。

火薬と普通の燃料と違うところは、まず第一に、化学変化がきわめて速やかに進むことと、第二に酸素を外から與えないでも、すなわちとじた器の中でも燃焼が起ることである。次に述べる黒色火薬や綿火薬は、実験室でもたやすく作ることができる。しかし危険を伴うことであるから、実験は、先生の指導のもとに、よく注意しながら行わなければならない。

黒色火薬 黒色火薬は、千年あまりも昔から知られていたらしい。材料は、木炭と いおう と硝石 (KNO_3) とである。これを微粉末にして、重さで木炭 15、いおう 10、硝石 75 ぐらいの割合に、十分よくまぜ合わせればよい。木炭は燃えて炭酸ガスとなり、いおう は点火をたすけ硝石は分解して、燃焼に必要な酸素を出す役目をする。黒色火薬を、のり をつけた紙にぬりつけたものは導火線になる。

雷こう(雷汞) スタートの あいず などに使う紙の間にはさんだ火薬は、「雷こう」という水銀の化合物か、窒化鉛という鉛の化合物である。たたくとはげしく爆発するから、他の火薬に爆発を起させるのにも用いられている。非常に爆発し

やすい火薬で、これをもてあそんでいて大けがをした例がたくさんある。

綿火薬 19世紀に綿火薬が発明されてから、黒色火薬の用途は非常にせまくなってしまった。綿火薬は、綿に硝酸を強く作用させるとできる。材料さえあれば、作ることはかんたんである。その一例を示そう。

ピーカーに発煙硝酸を約5ccとり、これに発煙硫酸1ccを少しずつ加える。ピーカーを水中に入れて冷やしながらか、この中に、きれいな脱脂綿を2~3g入れ、酸をよくしみこませる。そのまま20分ばかり(本式に行うときには1晝夜)放置した後、綿をガラス棒でつまみ出し、多量の水の中に入れてなん回も洗う。そして完全に乾かす。ちょっと手ざわりが違っただけで、見たところは綿と変りない。ごく少量をちぎりと、熱した針金とかすみ火で点火すると、ポッとほのおを発して一瞬に燃えてしまう。

ダイナマイトは、ニトログリセリンという液体の爆薬を主としたもので、土木工事や、鉱山などで最も多く使われている。なお、木炭に液体酸素をしみこませたものも、火薬として用いられている。

問1. 燃料と火薬とはどのように違うか。

問2. 炭坑の爆発はどのような原因で起るか。

* 発煙硝酸と発煙硫酸がなかったら、濃硫酸と濃硝酸で試みてもかなりよく燃えるものができる。

8. 消 火

§ 31. 火はどうすれば消えるか

こんどは火を消すことを問題にしよう。かまどの中で燃える火と、家が燃える火とは、物の燃焼という点では全く同じで、ただ、その大きさが違うにすぎない。火が燃えるためには、燃えるものがあること、それが発火点以上の温度に熱せられること、空気が酸素が供給されることの三つが必要である。もしこのうちの一つでも欠けたら燃焼は起らない。「消火」は、結局、上の三つの条件のうち一つでも二つでも取り除くことなのである。実際にはどのようにしたらよいか。一つずつしらべていこう。

大きな森林の中に広い空地を帯のようにつくることがある。これは防火帯である。山火事は一度ひろがってしまうと、ほとんど手のくだしようがなくなるのである。しかし、火は防火帯まで来ると、それ以上は進まない。燃えるものがないからである。都市の火災でも、広い道路や川でくいとめられる例はきわめて多い。家のまわりに空地をあき、また道路を廣くすることは、火災の損害を少なくするのに有効である。さらに家自身をも燃えない材料でつくれば、火災はなくなるはずである。現在の日本の多くの家は、木材と、紙とわら、いわば燃料でできているようなものである。燃料と空気という

二つの条件はすでにそろっている。これでは、火災は、いつになってもなくならないであろう。燃えない材料で家をつくることが防火の根本である（「家」を見よ）。

しかし、燃料があっても発火点以上に熱せられなければ発火しない。火の用心が必要なわけである。しかし火は、火からばかりでなく、案外、気がつかないところから出ることもある。ヒューズのかわりに、荷札の針金を入れておいたために、ここが熱せられ、安全器の取付板から火を発した例もある。ひなたにおいたキンギョばちが、とつレンズのはたらきをして、ぼやを起した例もある。油をふいたぼろや石炭の山が、ひとりで発火することもある^{*}。火を出さないためには、あらゆる方面に細心の注意をはらわなければならない。

発火した後でも、これを発火点以下の温度に冷やせば、燃焼は続かない。水をかけると火が消えるわけの一つはここにある。水はきわめて熱せられにくいし、また、蒸発するときにはまわりから多量の熱を吸収する^{**}。手近に豊富にあるし、物を冷やすにはきわめてよい性質をそなえているわけである。

しかし油の火を消すのには、油の火に水をかけると、火をとび散らせたり、火をひろげたりすることもある。まだカー

^{*} これらのものは、空気中でゆるやかに酸化され発生した熱の効果がたまって、しだいに高温度になり、ついに火を発する。

^{**} この効果を大きくするためには、燃えているものの中に水がしみこむようにいきおいよく水を注ぎかける。

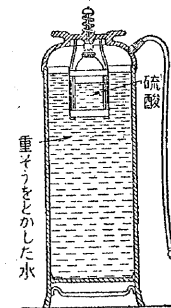
バイドや生石灰などは、水をかけると燃えやすい気体を発生したり、かえって熱を発生したりする。消火には水が万能というわけではない。

次には、空気をさえぎることである。火消しつぼで、すみ火が消え、アルコールランプの帽子で、ほのおが消えるように、燃えている家に、大きなつぼをかぶせたら、火は消えるに違いない。このような大きな火消しつぼはないが、ほかの方法で空気をさえぎることはできる。火に水をかけると、蒸発した水蒸気が燃料をおおって、一時、空気をさえぎる。これも水で火が消える大きな原因である。

§ 32. どんな消火器があるか

水のほかにもいろいろの消火剤が使われている。どのようなはたらきで火が消えるかをしらべてみよう。

炭酸ガス消火器 重そう（重炭酸ナトリウム）に硫酸を加えると、いきおいよく炭酸ガスが発生する反応を利用する。図のように、重そうを溶かした水の上に硫酸が入ったびんがつるしてある。器をさかさにすると硫酸がこぼれて重そう水とまじり、炭酸ガスが発生し、その圧力で中の水がいきおいよく口からふき出す。炭酸ガスも燃えているものをおおって空気をさえぎり、火を消すはた



第 45 図

らきがあるから、効果的である。

砂や土 油なべの油が燃え出したようなときには、手近にあるなっばなどを入れるとよく消える。これで冷やされ、また空気がさえぎられるからである。砂や土をかけてもよく消えるが、これも同じようなはたらきである。着物に火が燃えうつったときなどは、びっくりしてあばれまわるとかえって火を大きくすることが多い。すぐにふとんや毛布でおおう。それもなければ、地面にねてころがりまわるとよい。こうして火が消えるのも、上と同じようなわけである。

あわで消す 石けん水などでつくったあわを火にふきつけると、あわで空気がさえぎられて消える。この方法は水が少なくてすむし、油の消火にも役立つ。

火消しだるま 四塩化炭素という液体がある。これをガラスびんに封じておき、火もとにいきおいよくぶつけるのである。びんは割れて四塩化炭素がとび散り、それが蒸発して、燃えているものをあわう。そのために火が消える。油の消火にも役立つから実験室や台所に備えておくとよい。

問 1. 火に水をかけると、なぜ消えるか。

問 2. 私たちの家や学校で、火災の火もとになりそうなところをしらべ、それをあらかじめ防ぐことを実際に行え。

問 3. あわをふき出すポンプをくふうしてみよ。

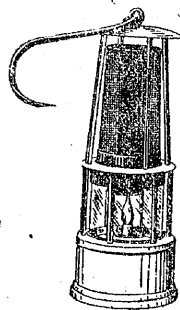
9. 熱の移り方

火を燃やすのは、主にその熱で物を温ためるか、その光で物を照らすためである。第31図の かまど のように、かんじんな かま を熱しないで ほんの お がす通りしていったり、ほんの お が かま の底をなめても、かま の底には厚くすすがついていて、熱が中に傳わりにくかったりしてはむだである。燃料をじょうずに燃やすと同時に、発生した熱をむだなくとり入れることがたいせつなことになる。ここで熱はどのようにして移るかをしらべておこう。

§ 33. 熱はどのように傳わるか(傳導)

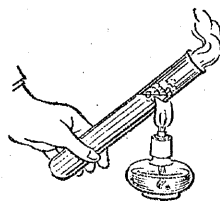
火ばしの先を すみ火 の中に入れておくと、もとの方まで熱くなってくる。熱は温度の高い物からそれに触れている温度の低い物に移り、また、同じ物の中も傳わるのである。このような熱の移り方を「傳導」という。どんな物でも熱を傳導するが、そのよしあしは、物の種類によって著しい違いがあることはよく経験することであろう。たとえば、電気はんだごてに電氣を通すと、電熱線が熱せられ、すぐに銅のこてが先まで温まってくる。それからかなりおくれで鉄の部分が温まる。木の柄が持てなくなるように熱せられることはない。(途中で熱が逃げることも一つの原因である。また、長い時

間のうちには、柄がこげる)。熱い物をあつかう道具には、このような材料のくふうが必要なのである。せと物の茶わんならば、かなり熱いお茶でものめるのに、アルミニウムのカップで熱いお茶をのもうとすると、くちびるをやけどすることがある。湯の熱が、アルミニウムをどんどん伝わってくるのである。金属の中でも銀・銅・アルミニウムなどは、とくによく伝導する。



第46図

銅の網をランプやろうそくのほのおの中にさし入れると、ほのおは熱を運び去られるために、網から上へは熱え出ない。可燃性のガスを発生する石炭坑などで使う安全燈は、このはたらきを応用したものである。普通のランプを坑内に持っていれば、ガスが火を引いて坑内に爆発をおこすからあぶないが、安全燈だと網の外のガスにすぐ火が移ることがなく、まず金網の中で小さな爆発をするだけであるから、それでガスの発生を知って適当な処置をすることができる。



第47図

次に、水の熱伝導をしらべてみよう。図のように試験管に水を入れ、その上部を熱してみる。上部が沸騰するようになって下部はまだ冷たくて手で持ていられるであろう。水は熱を伝えにくいのである。

空気はどうであろうか。綿入れや、

毛布のような、ふわふわしたものでからだをくるむと暖かい。ふわふわしているのは、空気をたくさんふくんでいるからで、暖かいのは、からだの熱が空気を傳わって外へ逃げることが少ないからである。はだかしていると寒いのは、からだのまわりの空気がたえず動いていて、からだに接して、ようやく暖まった空気が去り、また新しい冷たい空気が入れかわりにやってくるからである。

伝導によって、物の中をどれくらいの熱量が流れるかは、このように、物質の種類によって違うだけでなく、その物の厚さや温度差によっても違うはずである。たとえば気温が 20°C のときは、1枚の毛布で、からだのまわりを 30°C に保つことができ、快く寝ることができたでしょう。このとき、毛布の内外の温度差は 10°C である。気温が 10°C になると1枚の毛布では寒くてたまらない。それは、温度差が 20°C にふえたた

第7表 熱伝導率

物質	熱伝導率*	物質	熱伝導率	物質	熱伝導率
銀	1.00	ガラス	0.0017	杉(せんい)に垂直	0.0003
銅	0.92	磁器	0.003	コルク	0.0001
アルミニウム	0.49	綿	0.0001	水	0.0014
鉄	0.15	ボール紙	0.0002	空気	0.00006

* 厚さ1cmの板の両面に 1°C の温度差があるとき、この板の 1cm^2 を通して1秒間に流れる熱量(cal)で表わす。

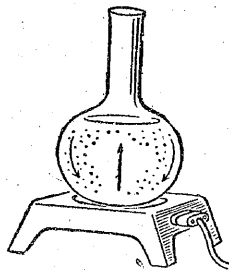
(理科年表による。)

め、それだけ多くの熱が逃げ去るからである。このときは毛布を2枚かければ快く寝ることができるであろう。温度差が

2 倍になっても厚さが2 倍になったから、逃げる熱は、そう変わらないのである。であるから、いろいろの物質の傳導の度合をくらべるには、物質の厚さや両面の溫度差を、みな、そろえておかなければならない。

§ 34. 湯はどのようにしてわくか(対流)

もし、やかん に一ぱいの水を、傳導だけで沸騰するまで熱するとしたら、ずいぶん長い時間がかかるであろう。水を下から熱すると、全体がすみやかに温まるのは、何かほかの移りかたがあるに違いない。フラスコに水を入れて下から熱してみよう。底の方から、かげろうのように水がゆらゆらと動いているのが見えるであろう。おがくずか小さな紙きれを水



第 48 図

の中へ入れておくと、水の運動がはっきりする。器の底に接して溫度がのぼった水は、ふくれてまわりの冷たい水よりも軽くなって上がって行き、そのかわりに、冷たい部分がまわりからはいってくる。それがまた熱せられて上がるとい

うように、ぐるぐるまわりながら水が温たまっていくのである。この現象を「自然対流」または

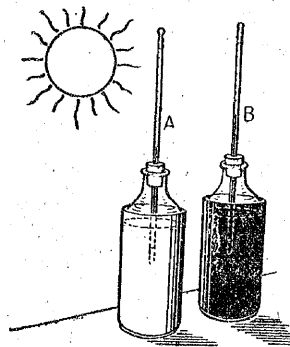
* 溫度の高い底の面のところへ、冷たい水が流れこんでくるので、この部分の溫度差が大きく、熱がよく傳わる。

「対流」といい、このような熱の移り方を「対流による熱の傳達」と呼んでいる。これに対して、湯をかきまわすような場合を「強制対流」といい、熱の傳達が更によくなるので湯がはやくわく。対流がおこるのは水に限らない。へやの中の空氣が、ストーブや火ばちを中心として対流をおこすことは、煙などの動きかたからも知ることができよう。冷蔵庫の中に、氷を高い所へおくのも、その中で対流がよくおこるようにするためである。火事場におこる風も、対流のためである。さらに大じかけの対流が、太陽が地表を熱するために大氣の中にいつもおこっており、これが風である（「空氣」を見よ）。

§ 35. 太陽の熱はどのようにして地表にとどくか(輻射)

それでは地表はどのようにして温められるのであろうか。冬の寒い日でも、ひなたに出ると暖かい。しかし、その空氣の溫度は溫度計ではかってみれば、日かげとほとんど違わないのである。また夏の日、地面では人が暑くて苦しんでいるときでも、飛行機で空高く昇れば、そのへんの空氣は冷たい。これからみると、太陽から来る熱は、途中の空氣を温めることなく地表に来るものだということがわかる。これは傳導ではない。また太陽と地球の間は眞空であるから、対流で傳わるわけでもない。このように、一つの物体から出た熱が、途中にあるものを温めずにへだたったところに傳わる作用を「輻射」という。輻射は太陽からだけでなく、ひろくお

この現象である。こころみに電気ストーブやたき火のほてりを顔にうけ、次に顔の前に紙をひろげてみると、ほてりがさえぎられてしまうであろう。このように熱い物体にかざらず、すべての物体はいつでも輻射熱を出しているのである。その証拠に、雲のない夜、家の外に物を出しておくと、周囲の空



第49図 実験 17.

気より温度が低くなる。^{*} 伝導や対流のためなら、いくら冷えてもまわりの空気より冷えるはずはない。輻射はまっすぐに進むことが光と似ているが、そのほかにも光に似たいろいろの不思議な性質がある。それをしらべてみよう。

実験 17. 輻射線の吸収

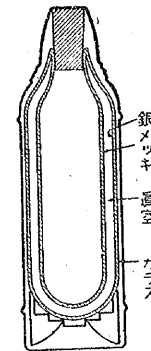
- 1) 形も大きさもそろったびんを2本(A,B)と、温度計を2本、温度計をびんにとりつけるコルクせん2箇所を用意する。びんA,Bの中に水を入れ温度計をとりつける。
- 2) Aには白い紙、Bには黒い紙をまいてひなたに出し、一定の時間(たとえば20分)ごとに温度計の読みをとり、その結果をグラフにする。いろいろの色紙についてしらべその結果を比較する。

^{*} 雲があると、雲からも輻射が来るから、そう冷えることがない。

この実験からもわかるように、輻射熱は白いものにはあまり吸収されないのである。みがいた金属面などは、とくに反射がよい。

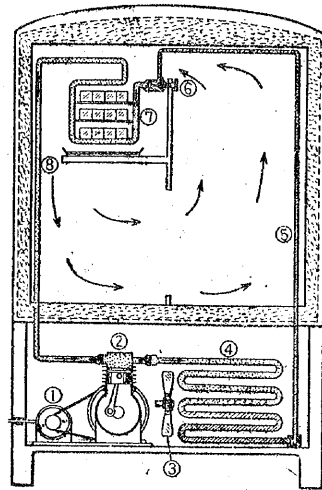
§ 36. どうすると熱が逃げないか

熱の移るみちすじには「伝導」と「対流」と「輻射」の三つがあることがわかった。したがって、この三つの作用が行われないうにうふうすれば熱の出入りがなくなるわけである。保温びん(まほうびん)は、このような考えから生まれた巧みな発明である。これは、壁を二重にしたガラスのびんで、その二重の壁の間は真空にして、そのすきまの内面に銀メッキして鏡のようにしてある。ガラスを傳つての伝導はわずかであり、壁の間は真空だから伝導も対流もおこらず、また、びんの内外からくる輻射線は、壁で反射されてしまうから熱の出入りはほとんど行われな。したがって、熱いものや冷たいものを入れると、そのままたくわえておくことができるのである。冷蔵庫や恒温そうのように大型のものを、ガラスの保温びん式につくるのはむずかしい。それには二重壁の間にアルミニウムのはくをくしゃくしゃにしてつめるだけのことで、熱の出入りをきわめて少なくすることができる。アルミニウムはく



第50図

はビカビカしているから、輻射熱はほとんど反射されてしまうし、はくがつまっていた空気の流れはおこらないから、熱の傳達はごくわずかである。二重壁の間におかずや砂をつめるだけでも、熱の出入りはいちじるしく少なくなる。寒さや暑さを防ぐために、家の壁にもこのようなくふうが行われはじめている。



第 51 図 電気冷蔵庫

アンモニアは③の管を通して再びポンプにもどる。製氷器や冷凍食品をつくるし
かけはこれを大じかけにしたものである。

液体が蒸発するときまわりから多量の熱を吸収することを利用して、氷をつくったり、物を冷やしたりすることができる。第 51 図は家庭用の電気冷蔵庫の一例で、モーター①でポンプ②を動かし、アンモニア(または亜硫酸ガス、フロンなど)を圧縮する。高圧になったアンモニアは、④の管を通っている間に、せん風器⑤で送られる空気に冷やされて液体になる。液体アンモニアは、細い管⑤を通して膨脹弁⑥から蒸発管⑦の中へふき出して蒸発する。このときまわりから熱を吸収するから、蒸発管は低温になる。気体になったアンモニアは③の管を通して再びポンプにもどる。

豆などを煮るには長い時間がかかるもので、それだけ燃料がたかさんいる。ところが、ちょうど煮えたったところで、なべごと、綿くずなどをつめた箱の中へ収めてふたをすると、しばらくは高い温度のままに保つことができるので、燃料が非常に節約になる。これを「火なしこんろ」と呼んで、使う人がしだいにふえてきた。このしかけもおもしろい研究の問題である。

生米や生いもは食べられないが、

煮るとでんぶが糊のようにふくれて消化しやすくなる。野菜や豆なども、煮ると成分の一部が氷に溶けやすいものになったりして

やはらかになる。卵や肉を煮ると

かたまる。このような変化には、熱はあまりいらない。高温に保てば変化がおこるのである。したがって、高温にしたらあとは冷えないようにするだけでよい。強い火でぐらぐら煮ても、温度は100°C 附近より上がらないで、無用の水蒸気をたくさんつくり出すだけである。



第 52 図 火なしこんろ

§ 37. どうすると熱がよく移るか

保温びんや冷蔵庫とは反対に、なべやかまは、熱をよく伝えるものでなければならない。そのくふうをするために、まず、火の上にかけたやかんの水が、どのようにして温められるかをしらべることにしてしよう。

高温度の燃焼ガスが、冷たいやかんの底をどのように流

れるかということが第一に重要である。たとえば机の面のすぐ近くに線香を置くと、煙の一部分は机の面に沿ってひろがり、線香をとりのぞいても、しばらくは面にくっついたようになっている。そしてこの煙をいっぺんにふき飛ばすには、よほど強くふかなければならない。物の面に接した空気は、膜のようにはりついて動きにくいのである。やかんの底にも空気の膜がはりついている。したがって燃焼ガスの熱が水に吸収されるまでには、まず空気の膜を通過しなければならないが、この空気の膜は、熱の伝導を非常にさまたげる。そこで第一のくふうは、この空気膜をできるだけ薄くすることである。それには燃料ガスを強くふきつけて、底にはりついた空気の膜をふき飛ばすとよい。すなわち、通風による対流を盛んにすることである。空気の膜を突破して、やかんの底に達すれば、あとにはそう難関はない。熱は伝導のよいアルミニウムを通り水に移って行く。土なべや鉄びんは熱を伝えにくいから燃料が損だといわれるが、実験してみるとたいした損にはならないことがわかるであろう。一番大きい問題は空気の膜なのである。すすが厚くつくと、その間に空気がたくさん含まれるから、空気膜はますます厚くなる。ちょうど、やかんに着物を着せておいて熱するようなもので、これこそ燃料が損である。

第二のくふうは、燃焼ガスに触れる底の面積、すなわち傳熱面積をひろくして、熱のはいりみちを多くすることである。

ボイラーなどは、たくさんの管を使って全体の形は大きくせずに傳熱面積を大きくしてある（「機械」を見よ）。

§ 38. 輻射熱をどのようにしてとらえるか

すみ火や電熱器や石炭の火などのように、輻射熱をたくさん出している火は、それを吸収することもくふうしなければならない。輻射熱は表面の黒いものによく吸収されることは、実験 17. でしらべた通りで、やかんやなべにもこの理を應用してみよう。

実験 18. なべ底の色とわきたつ時間

- 1) 底をピカピカにみがいたアルミニウムのなべか、やかんを用意する。水を5dlほど入れて電熱器にのせ、水がわきたつまでの時間をはかる。
- 2) 次にそのなべの底にすみをぬる。(なべ底を熱しておき、筆にすみをたっぷりふくませて塗れば、あとですみが水で流されることはない。) 1)と同じ温度、同じ量の水を入れ、電熱器で熱し、わきたつまでの時間をはかり、1)の場合とくらべてみる。
- 3) いろいろのなべ・かま・やかんなどを用意する。どれにも同じ量の水を入れ、電熱器にかけてわきたつまでの時間をはかり比較する。

1C230.4/1~3d

問 1. 熱はどのような道すじで傳達されるか。

() () ()

問 2. 電気アイロン・じゅうのう・こて などの持つところを木で作ってあるのはなぜか。

問 3. ヘヤを温ためるときには、ストーブやラジエーターを下にとりつけ、冷やすときには、氷や冷却器を上におくのはなぜか。

問 4. 輻射熱と光とは、どのようなところが似ているか。

問 5. すずが厚くついた なべ や かま を使うと、なぜ燃料が損か。

私たちの科学 3
火をどのように使ったらよいか
中学校第1学年用

昭和22年11月6日印刷 同日鐫刻印刷
昭和22年11月10日発行 同日鐫刻発行
〔昭和22年11月10日 文部省検査済〕

定價 3 円 10 銭

著作権所有 著 作 者 文 部 省

発 行 者 東京部中央区銀座一丁目五番地

鐫 刻 者 大日本圖書株式會社

代 表 者 佐久間長吉郎

東京部新宿区山手加賀町一丁目十二番地

APPROVED BY MINISTRY
OF EDUCATION
(DATE NOV. 6, 1947)

印 刷 者 大日本印刷株式會社

代 表 者 佐久間長吉郎

東京部中央区銀座一丁目五番地

発 行 所 大日本圖書株式會社

1980年度

購入 芳文閣

10冊 25,000-

