平成12年度文部省科学研究費補助金研究成果公開促進費「研究公開発表(B)」補助事業

キッズ・エネルギーシンポジウム2000

「熱」って、熱いの？冷たいの？

2000年11月11日(土)
九州大学筑紫キャンパス
〒816-8581 福岡県春日市春日公園6-1

●主催　(社)日本伝熱学会、キッズ・エネルギーシンポジウム2000実行委員会
●共催　九州大学
●後援　大野城市教育委員会・春日市教育委員会・福岡市教育委員会

目　　次

はしがき…… 1

プログラム…… 2

［お　　話］

暮らしの中の熱と温度について （「熱」と「温度」は同じではないの？）…… 4

暮らしの中の省エネルギー　ー冷房に使う電気を節約しようー…… 6

［キッズおもしろ実験　ー熱と友達になろう！ー］

実験１　水蒸気から電気をつくる…… 10

実験２　冷蔵庫はなぜ冷える？…… 12

実験３　きみは寒がり？…… 14

実験 4-1　海の温度差から電気をつくる発電ー海洋温度差発電のしくみー…… 16

実験 4-2　熱を運ぶふしぎな棒…… 18

実験 4-3　氷と水と水蒸気…… 20

はしがき

今石　宣之（九州大学）

現在の私たちの社会は便利で、欲しい物は何でも手に入るように見えます。多くの種類の物が大量に生産され、大量に消費されています。自動車を使って外出したり、夏冬の暑さ寒さも、冷暖房器機を使って快適にすごしたりするのが当然のようになっています。

このような便利さは、実は大量の「エネルギー」の消費を伴ってもいるのです。現在のような方法で大量のエネルギー消費を続けていると、

① 地球上のエネルギー資源（石油や石炭など）がなくなってしまう

② 炭酸ガスが増えて地球の環境が大きく変化してしまう

などの大変困ったことが生じます。そうなると人類の文明生活は存続できなくなってしまいます。

私たち人類の将来に希望を持つためには、エネルギー源の確保や環境保全のためのいろいろな工夫をしなければなりません。でも、まず「エネルギー」とは何なのでしょうか？　どうやって作り、どう使っているのでしょうか？　このあたりの基礎的な理解があって、始めて有効利用の方法を考えることが出来るのです。

「電気エネルギー」や「熱エネルギー」など私たちの身近なものから「原子力エネルギー」、「太陽エネルギー」「自然エネルギー」などさまざまな言葉があります。

このセミナーでは電気エネルギー（電気）や熱エネルギーについて、先生方のお話しや実験・体験を通じて、少しずつ理解を深めていただきたいと思います。そして人類の明るい未来のためのエネルギー有効利用について考え始めていただきたいのです。

プ ロ グ ラ ム

時　　間	お　　話	講　　師
13:00～13:05	開会のあいさつ	今石　宣之（九州大学）
13:05～13:35	暮らしの中の熱と温度について （「熱」と「温度」は同じではないの？）	門出　政則（佐賀大学）
13:35～13:50	休　み　時　間	

時　　間	キッズおもしろ実験　その1（注）			
	グループA	グループB	グループC	グループD
13:50～14:20	実験1	実験2	実験3	実験4
14:20～14:50	実験2	実験1	実験4	実験3
14:50～15:10	休　み　時　間			

時　　間	キッズおもしろ実験　その2（注）			
	グループA	グループB	グループC	グループD
15:10～15:40	実験3	実験4	実験1	実験2
15:40～16:10	実験4	実験3	実験2	実験1
16:10～16:25	休　み　時　間			

時　　間	お　　話	講　　師
16:25～16:55	暮らしの中の省エネルギー ―冷房に使う電気を節約しよう―	片山　忠久（九州大学）
16:55～17:00	閉会のあいさつ	勝田　正文（早稲田大学）

司会　小山　　繁（九州大学）

（注）キッズおもしろ実験の内容

	内　　容	担　　当
実　験　1	水蒸気から電気をつくる	鶴田　隆治（九州工業大学）
実　験　2	冷蔵庫はなぜ冷える？	森　　英夫（九州大学）
実　験　3	きみは寒がり？	谷本　　潤（九州大学）
実　験　4	熱と遊ぼう	富村　寿夫（九州大学）
4-1	海の温度差から電気をつくる発電 ―海洋温度差発電のしくみ―	池上　康之（佐賀大学） 浦田　和也（佐賀大学）
4-2	熱を運ぶふしぎな棒	桑原　　憲（九州大学）
4-3	氷と水と水蒸気	藤本　　登（福岡教育大学）

キッズおもしろ実験では，参加者をグループA，グループB，グループCおよびグループDの4つに分けて行います．

暮らしの中の熱と温度について
（「熱」と「温度」は同じではないの？）

門出政則（佐賀大学）

1．はじめに

私たちは、子供の頃から「運動をするとからだが暑くなる」また「病気になったときにもからだが暑く感じられる」、そのようなことから「暑くなること」＝「熱」があると自然に思いこむようになり、「熱」というものを「長さ」や「体重」と同じように「ある量」と認めている。このようなことから、病気になると、今でも「はい熱を測りましょう」という表現が時々聞かれる。

2．熱は何で測るの？

熱は、長さや体重のように直接測定することができるのだろうか？最近では、「熱を測りましょう」という代わりに「体温を測りましょう」という表現が使われるようになりましたが、「熱の温度はいったい何度なのだろうか？」正解は、熱には、温度など存在しないので、「温度計で直接測定することはできない」というのが正しい答です。

3．熱ってなーに？

熱の正体が、正しく理解されるようになったのは、江戸時代の終わり頃（１８４８年）で、それ以前までは、「熱という物質（熱素）」があると信じられていました。このような事情から、暮らしの中で使用されている熱に関連した表現には未だに多くの誤解を招くような表現が残っているのはやむを得ないことです。

１８４８年以降、「熱の正体が、エネルギーの１つの形態である」ということが明らかになってから、それまで利用されていた熱機関（熱を仕事や電気に変換する機械のことという）の変換効率の改善や新しい熱機関が考案されるようになりました。

「熱」は、異なる温度の物体間を移動する量というのが正しい理解です。一方、温度計は、物体のエネルギーの状態を測るための物差しです。今、水 1 kg を容器に入れて、大気圧(地上での空気の重さ、1 kg$_{重}$/cm^2, 0.1 MPa)で押しているときの状態をいろいろな温度で観察すると、図１に示されるように変化しています。大気圧で、100 ℃ 以下では、水でしが、100 ℃になると水と蒸気が共存する状態になります。さらに、温度が 100 ℃以上になると水は全て蒸気になります。いま、図１に示される状態を分子レベルまで拡大して、その様子を観察すると図２に示されるような状態

になっています。蒸気の状態にある分子は、分子同士あるいは壁面に激しく衝突しています。同じ圧力で温度が高くなると分子はより激しく、より高速で運動するようになりますから、より大きい容器が必要となりなす。

温度の異なる水や蒸気を混ぜると温度の高い状態にあった分子が温度の低い状態にある分子に激しく衝突することによってエネルギーが温度の高い状態から温度の低い状態に移動することになります。このようにして伝えられるエネルギーを私たちは、熱と呼んでいるのです。

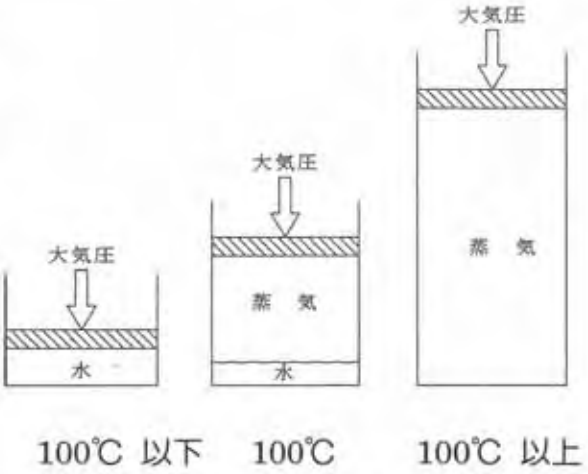


図１温度上昇にともなう水の状態変化

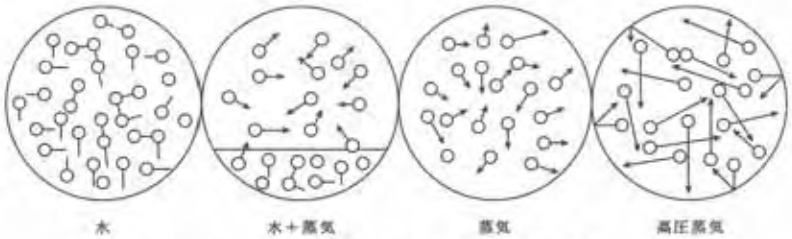


図２　水の分子の状態と温度の関係
（低温　→　高温）

４．熱をどのようにして測るの？

温度の高い蒸気と低い蒸気があると、熱が移動するので、温度を測定することで、熱の移動量（落差）を測ることになります。このことから、熱自身には、温度はありません。温度差がなければ熱はありません。温度差で移動する量が熱なのです。この熱の移動を利用して、熱から別のエネルギー例えば、仕事に変換する機械を私たちは、熱機関と呼んでいます。この仕事は電気エネルギーや私たちが必要とするいろいろなエネルギーに姿を変えて、それを私たちが利用しているのです。ところで、病気になると体温が高くなるのは、体の中で白血球が活発に活動するために必要なエネルギーが化学的に生成さ、その結果身体が活発に活動している状態を、体温計で測定していることになります。

５．温度計の役割

温度計は、物質の分子のエネルギー状態を測るための大切な物差しの１つです。私たちが日常使用している温度目盛は、１大気圧で水が凍る温度を ０ ℃、沸騰する温度を 100 ℃ と約束した経験的な温度計です。「温度は零度以下どこまでも低くすることが出来るのだろうか？」その答えは、ある温度以下になることはないということです。その温度を科学では、絶対温度 ０ Ｋ としています。「絶対温度 ０ Ｋ が、どんな状態になっているのか」ということについては、みんなで考えてみましょう。

暮らしの中の省エネルギー
―冷房に使う電気を節約しよう―

片山忠久（九州大学）

1. 人が暑い・寒いと感じる温度は何度？

人の体の中では、食物を燃料として熱が作られています。そして、体温を 36 度くらいに保つために、下の図のように周囲へその熱を放出しています。暑くも寒くも感じない状態では、体の中で作られる熱量と周囲へ放出する熱量は等しくなります。

$$\begin{pmatrix}\text{体の中}\\\text{で作ら}\\\text{れる熱}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{風によって}\\\text{体からうば}\\\text{われる熱}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{汗(あせ)によ}\\\text{って体からう}\\\text{ばわれる熱}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{放射熱}\\\text{のやり}\\\text{とり}\end{pmatrix}$$

気温が 30 度以上になると、周囲へ放出する熱量が小さくなって暑く感じるようになり、汗をかきます。その時、湿度が高いとむし暑くなります。日光に当たればさらに暑く感じます。そういう状態の時に風が吹いてくるととても涼しく感じます。逆に、気温が 15 度より下がると、体からうばわれる熱量が大きくなって寒く感じるようになります。その時の風はとても寒く感じ、日光は暖かく感じます。

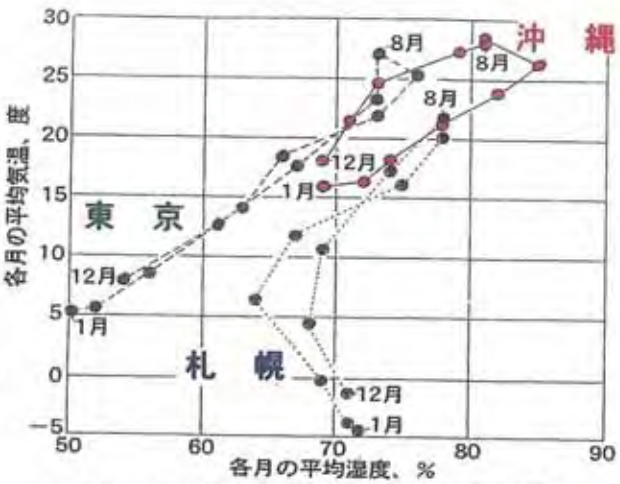
人体とまわりの環境との熱の交換

このような暑さ・寒さの感じ方は、どれだけ衣服をきているかによってもちがいます。また、体の中で作られる熱量は、体を動かすはげしさによってちがうので、暑いとか寒いとか感じる気温は、勉強しているか、運動しているかによってもちがいます。冬の寒さは、衣服をたくさん着て、体を動かせばある程度防げます。しかし夏は、はだかになって静かにしていても暑さを防げない場合があり、冷房が必要になります。

2. 九州と北海道では冷房に使う電気の量はどれだけちがう？

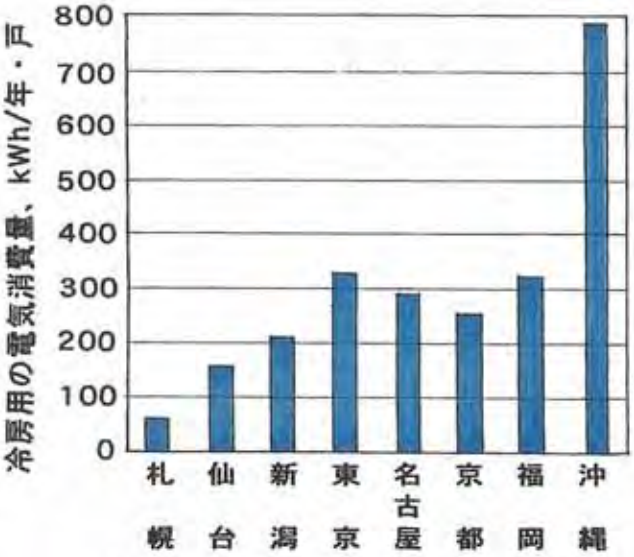
沖縄と北海道の気候は大きく異なります。1 月から 12 月までの毎月の平均の気

温と平均の湿度を結んだ図を気候図といいます。沖縄、東京、札幌の３つの都市の気候図を比較して右に示します。８月を比較すると、沖縄の平均気温は 28 度、平均湿度 81%にたいし、札幌では平均気温は 6 度も低い 22 度であり、平均湿度も 4%低い 77%です。１月の平均気温は 20 度もちがいます。右の図では東京の気候図も示されていますが、やはり、沖縄や札幌とは異なります。



沖縄、東京、札幌の気候図の比較

このような夏の気温と湿度の違いによって、家庭で冷房に使われる電気の量は、右の図のように都市によって大へん違います。夏とてもむし暑い沖縄の冷房に使われる電気量は、札幌の 13 倍、東京や福岡の 2.5 倍になります。逆に、冬がとても寒い札幌の家庭が暖房に使うエネルギーの量は、沖縄の 30 倍以上、東京や福岡と比較しても 3 倍以上になります。したがって、沖縄では冷房に対して、札幌では暖房に対して、東京や福岡では冷房と暖房の両方に対して電気を上手に使い、エネルギーを節約することが重要になります。

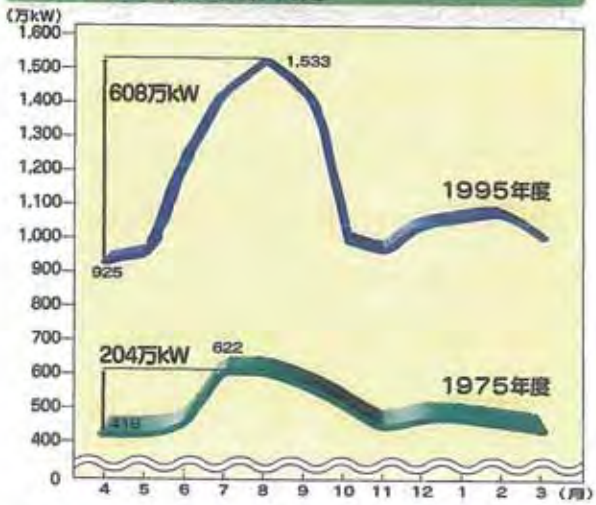


8都市の冷房用電気消費量の比較

3. 電気の使われ方・上手な使い方

今はほとんどの家庭にルームクーラーがあり、夏の生活はとても快適です。右の図は 1995 年の年間の電気の使われ方を、ルームクーラーがあまり使われていなかった 1975 年と比較しています。1995 年の電気の使用量は、それより 20 年前に比べて２倍以上です。特に、ルームクーラーが使用される夏は 2.5 倍にもなっています。そして、夏の電気の使用

■ 年間の電気の使われ方



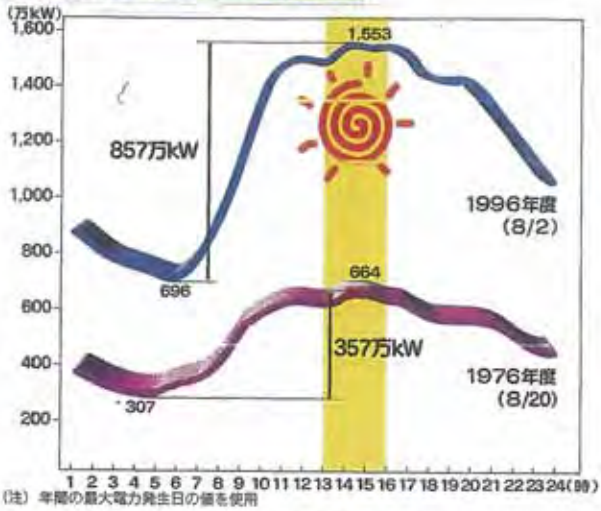
エアコンの普及にともない夏に最も多く使用され、春秋の使用は夏ピーク時の７割程度です。

量は、春や秋に比べて 1.6 倍以上です。

夏のもっとも暑い一日の電気の使われ方を右の図に示します。昼間の電気の使用量は、夜間の 2 倍以上になります。気温の高い昼間にルームクーラーがたくさん使われることが主な原因です。

電気はたくわえることがむずかしいので、次の図のように夏の冷房用の電気を節約すること、いろいろな電気器具を上手に使うことが大切です。

■一日の電気の使われ方



(注) 年間の最大電力発生日の値を使用

夜間よりも昼間の方が多く使用され、
夏の深夜は昼間の半分以下です。

電気の上手な使い方

① 冷房は28℃をめやすに

冷えすぎないように2度高めにする電気が20%少なくてすみます。

② 2週間に1回はフィルター掃除

ルームクーラーのフィルターはホコリで目づまりします。2週間で5%も風量が少なくなります。

③ エアコンと扇風機をコンビで

ルームクーラーの冷えた空気は下に落ちます。扇風機でまぜると、涼しくなります。

④ ドアの開閉は少なく手早く

冷蔵庫のドアを開け閉めするたびに冷気が逃げて、よぶんな電気を使います。

⑤ おやすみ前は主電源を切って

テレビ、ゲーム機、蛍光灯などは、使っていない時、電源を切っておこう。電気が15%も少なくなります。

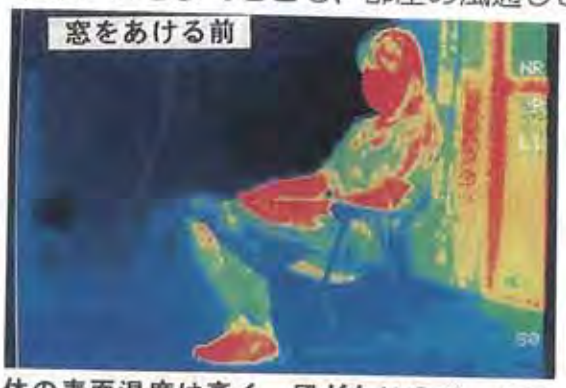
⑥ こまめな清掃を忘れずに

照明器具のランプやかさは、よごれる前にそうじしよう。部屋が明るくなります。

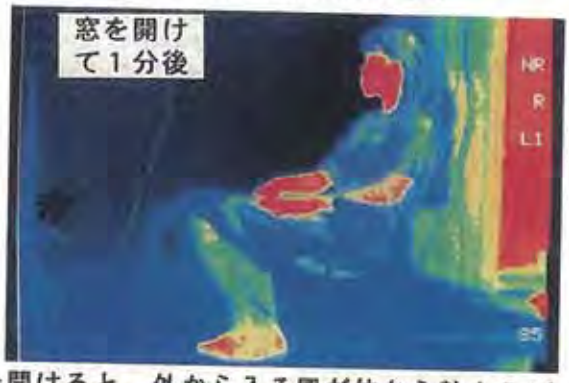
4. 冷房に使う電気を節約し、夏を涼しくする工夫

冷房がなかった昔の日本の家庭では、夏には窓を大きく開けて風通しをよくし、熱い日光をさえぎるすだれや植物を置き、中庭や玄関先に水をまいたりしました。これによって、冷房がなくてもがまんできるくらい暑さをふせぐことができました。

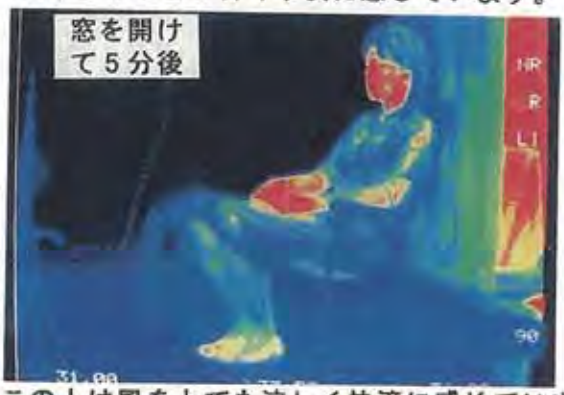
下の図は、窓を閉めた状態から、窓を開けて部屋の中に風を通してから 1 分後、5 分後、20 分後の椅子にこしかけて静かにしている人の表面温度の変化を示しています。部屋の気温は、窓を開ける前も後もずっと 31 度くらいです。赤は高い温度、黄色から緑、青、黒の順に低い温度を示しています。窓をあける前の体の表面温度は高く、この人はとてもむし暑く感じています。窓をあけると、外から入ってきた風が体から熱をうばっていき、体の表面温度はしだいに下がっていきます。この人は風をとても涼しく感じているのでルームクーラーを必要としません。熱い日光をふせぐことや庭に水をまくことも、部屋の風通しと同じくらい冷房の効果があるのです。



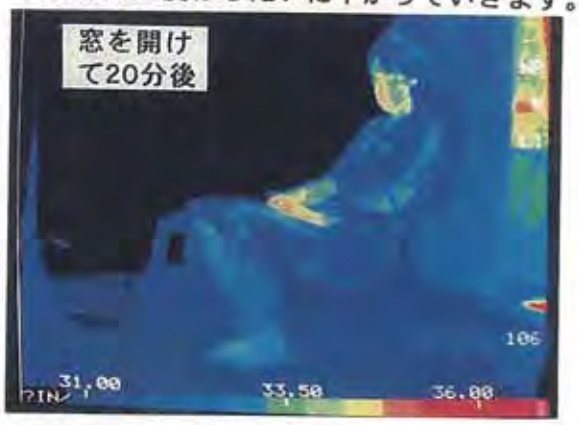
体の表面温度は高く、風がないので、この人はとてもむし暑く不快に感じています。



窓を開けると、外から入る風が体から熱をうばい、体の表面温度はしだいに下がっていきます。



この人は風をとても涼しく快適に感じています。



部屋の風通しによって体の表面温度が下がっていく様子

5. おわりに

ルームクーラーは、冷蔵庫、テレビ、蛍光灯などが出す熱や窓ガラスから入ってくる日光の熱などを外にすてて部屋の中を冷やしています。都市では多ぜいの人が集まって生活しているので、たくさんの建物から大量の熱が外にすてられています。そのことも原因になって、都市の気温は年とともに上昇し、夏は毎晩のように熱帯夜が生じています。暮らしの中で知恵を出し、いろいろな工夫や注意によって、冷房などに使う電気を節約することは、都市や地球の環境を守るのにとても役に立つのです。また、電気を発電所で作るためには、石油、石炭、天然ガス、原子力などの資源が必要です。地球上のこれらの資源の量には限りがあり、これから生まれてくる人に、この資源を残しておくためにも、みんなで電気を大切に使い、節約することが必要です。

水蒸気から電気をつくる

鶴田隆治（九州工業大学）

1．はじめに

私達のくらしのなかで，身近に使っている電気はどのようにして作られているのでしょうか？　皆さんは，その電気が発電所で作られているのは知っていると思います．では，発電所ではいったいどのようにして電気が作られているのでしょうか？

このおもしろ実験では，電気を作っているのが水蒸気であること，そして，その水蒸気のもっている熱エネルギーが，機械的な仕事をして，電気エネルギーに変わっていく過程を実際に体験します．

2．発電のしくみ

まず最初に，電気を作る発電機のしくみを図１に示します．これは，自転車のライトを照らすための発電機と同じ原理で，導線を巻いたコイルの間で磁石をまわして電気を発生させるものです．この発電機では，磁石をまわすという仕事が電気を生み出していることになります．自転車では，磁石をまわす仕事をタイヤに伝えられる運動エネルギーの一部，つまり人間の動力によって行っています．でも，発電所ではたくさんの電気を作らなくてはなりませんので，人間のかわりに水蒸気が磁石をまわす仕事をしています．

図１　発電機のしくみ

では，どのようにして発電機を回しているのでしょう．そのしくみは，風車や水車と同じように，羽根をたくさんつけた機械に水蒸気を勢い良くあてて回しているのです．この羽根をたくさんつけた回転機械のことを，蒸気タービンとよんでいます．つまり，水蒸気を蒸気タービンに送り込んで，発電機を回すという仕事をさせ，これによって電気が作られていることになります．

もちろん，皆さんは水蒸気はどうやってできるのかは知っていますよね．多くの火力発電所では，石油などの燃料を燃やして水を加熱し，水蒸気を作っています．ですから，燃料を大切に使うことが必要となっています．

3．実験について

では，実際に水蒸気を作り，その水蒸気で蒸気タービンのミニ模型をまわし，発電機によって電気を作ってみましょう．

図２は，実験につかう装置のようすです．この実験では実際の発電所とちがって，燃料は使いません．そのかわりに電気ヒーターで水蒸気をつくることにしています．そのほかの蒸気タービン，発電機などは，実際の発電所と同じですので，ミニモデルと考えることができます．

まず，蒸気発生器と呼んでいる容器に水を入れます．そして電気ヒーターに電力を供給し，水蒸気がどのようにして出てくるかを観察してみましょう．また，温度と圧力にも注意してみましょう．

蒸気発生器内に十分な水蒸気がたまったら，さあ，閉めていたバルブを開けて，蒸気タービンに水蒸気を送ってみましょう．勢い良く回り，発電機についている豆電球が光ったら成功です．その時には，どれくらいの電気が作られたかを，電圧計と電流計で計っておきましょう．また，発電回路のスイッチをオン・オフすることによって，豆電球がついている時と消えている時で，蒸気タービンの回転数がどのように変化するかも調べてみましょう．

きっと，おもしろい発見ができると思います．

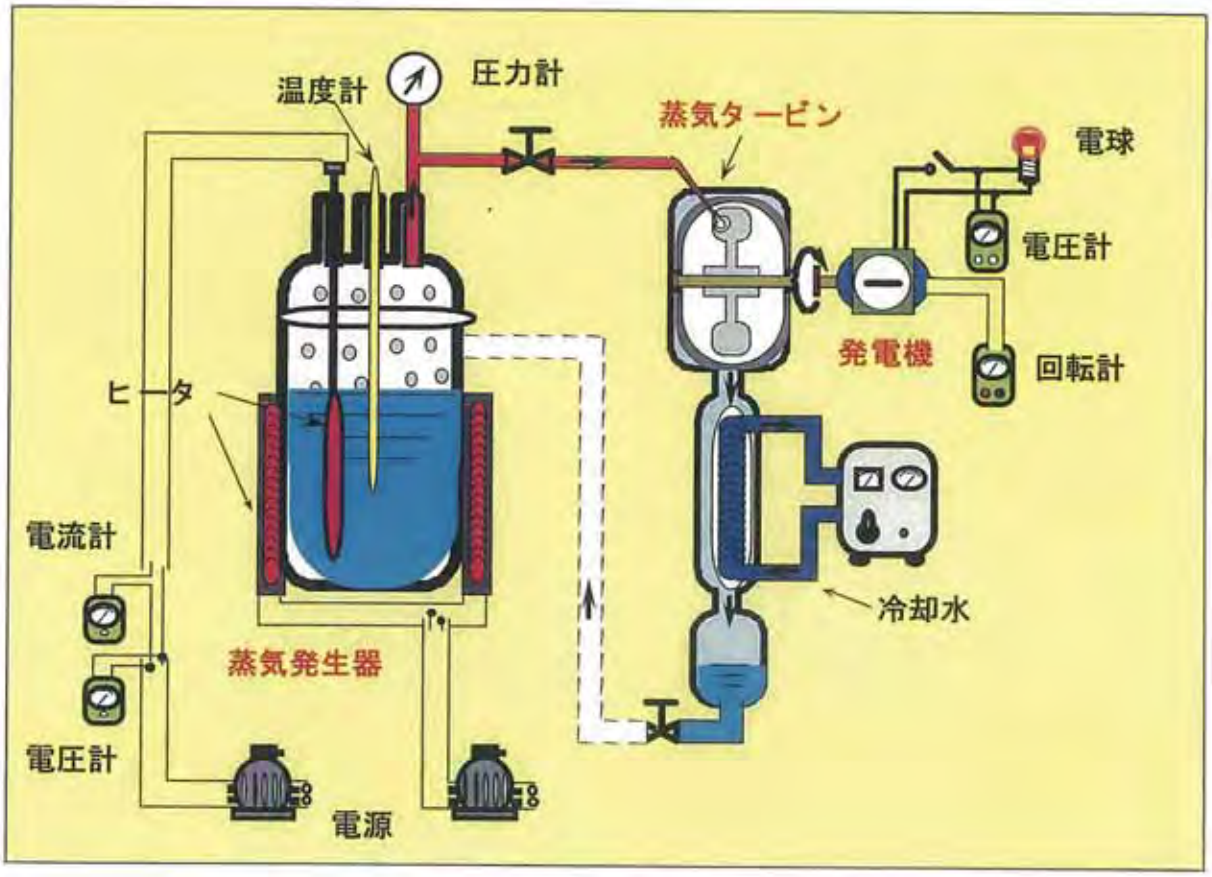


図２　ミニ発電モデル

冷蔵庫はなぜ冷える？

森　英夫（九州大学）

1．はじめに

野菜，肉などの食料品や牛乳などの飲み物を冷やしておいたり，アイスクリームなどを凍らせておくために，冷蔵庫が使われています．皆さんも，冷蔵庫の内側（ここでは，内部と呼ぶことにします）は，外側の冷蔵庫が置かれた部屋の空気より，冷たくなっていることをご存知でしょう．‘冷たい’ということは‘温度が低い’ということですが，冷蔵庫の内部の温度を低くして冷たくするためには，下の図１に示すように，冷蔵庫の内部から，熱を吸い取って，温度の高い外側の空気まで運び出す必要があります．でも，熱は，温度の高い方から冷たい方へ伝わるのが普通です．では，冷蔵庫では，温度の低い内部から温度の高い外側の空気に，どんなくふうをして，熱を運んでいるのでしょうか？

このおもしろ実験２では，内部を冷やすために冷蔵庫に組みこまれている冷凍サイクルと呼ばれるしくみについて，調べてみることにします．

なお，熱の伝わりについては，実験 4-2 の「熱を運ぶふしぎな棒」の説明を読んでください．

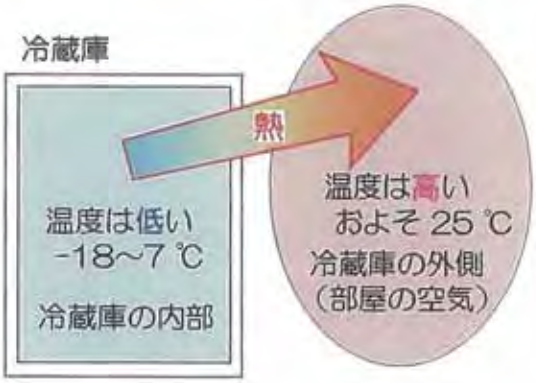


図１ 冷蔵庫の内部を冷やすためには，内部の熱を外側に運び出さなければならない

2．冷凍サイクルのしくみ

冷凍サイクルのしくみとはたらきを次のページの図２に示しています．冷凍サイクルは，①冷きゃく器，②圧縮機，③ぎょう縮器，そして④キャピラリーチューブと呼ぶ４つの装置とそれらをつなぐ管からできていて，これらの中を冷媒と呼ばれる物質が一周するように流れています．この冷媒が，冷蔵庫の内部を冷やすように，熱を運んでくれるのです．少し複雑になりますが，以下にくわしく示しましょう．

①冷きゃく器は，冷蔵庫の内部の近くにおかれています．中を流れる冷媒の温度は，冷蔵庫内部より低くなるよう保たれているので，冷媒は冷蔵庫内部から熱をもらい，冷蔵庫内部を冷やすことができます．このとき，冷媒自身は，熱をもらって，液体から気体に変わります（これを蒸発といいます）．

②圧縮機では，力を加えて，気体の冷媒の体積を小さくし，冷媒の圧力を高くします（これを圧縮といいます）．また，この力のおかげで，冷媒はサイクルを一

周して流れることができます．

③ぎょう縮器は，冷蔵庫の外面近くにおかれていて，中を流れる冷媒の温度は，圧力が高いために，冷蔵庫外側の空気の温度より高くなっています．このため，冷媒から外側の空気に熱を伝えることができます．このとき，冷媒は気体から液体に変わります（これをぎょう縮といいます）．

④キャピラリーチューブは，冷きゃく器にもどる冷媒の圧力を下げて，冷きゃく器内の冷媒の温度を低くするはたらきをしています．

このように，冷媒は，冷きゃく器のところで冷蔵庫内部から熱を受け取り，受け取った熱をぎょう縮器に運ぶとともに，ぎょう縮器で熱を冷蔵庫の外に捨てているのです．また，気体が液体になったり，逆に液体が気体になったりする温度は，圧力が高いほど高いので，冷きゃく器とぎょう縮器の冷媒の温度に違いをつけることができます．なお，圧縮機では，冷媒に力を加えるのに，電気の力を用いています．

冷凍サイクルの各部分は，普通外から見えませんが，金属でできていて，冷蔵庫の壁の中など，内部と外面の間のすきまにうまく組みこまれています．

3．実験について

実際に冷蔵庫を運転して，冷蔵庫の内部が冷たくなるようすをみてみることにします．残念ですが，‘熱’を直接見ることはできません．でも，熱が流れるのに必要な温度の違いや，熱が流れたときの温度の変化のようすは，温度計を用いて，はかることができます．運転を開始した後の冷蔵庫の内部や外側の空気の温度，また冷きゃく器やぎょう縮器の温度を温度計ではかり，互いの温度を比べてみたり，変化のようすをみたりして，図２に示した熱の流れが生じていることを確かめてください．

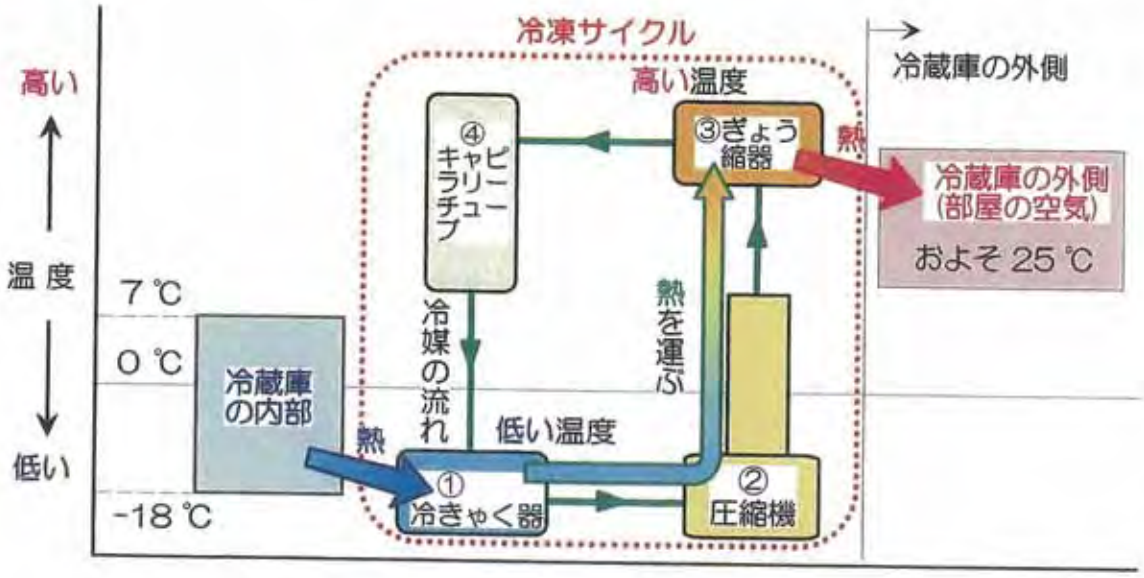


図2　冷蔵庫の内部を冷やす冷凍サイクルのしくみとはたらき

きみは寒がり？

谷本 潤（九州大学）

1．人はどうやって暑さ、寒さを感じるのか？

人はどのような仕組みで暑さや寒さを感じるのでしょう？「暮らしの中の省エネルギー　―冷房に使う電気を節約しよう―」にある1.の部分をもう一度読み返してみましょう。

(体の中で作られる熱)
=(風によって体から奪われる熱)+(汗によって体から奪われる熱)+(放射熱のやりとり)

この式のことを人体の熱収支式とよび、人がどうやって暑さ寒さを感じるのかを考える上でたいへん重要な役割をはたしています。等号（＝）より右側の３つの項のまとまり、つまり、（風によって体から奪われる熱）＋（汗によって体から奪われる熱）＋（放射熱のやりとり）は、３つ合わせて、体から周囲へ逃げていく熱量をあらわしています。

暑くもなく寒くもない状態では、体の中で作られる熱量と周囲へ放出する熱量が等しくなっていましたね？言いかえると、等号の左側と右側の大きさが等しければ、人は暑くも寒くも感じない、ということです。そして、等号の左側が右側より大きい状態、つまり、体から逃げていく熱量より体の中で作られる熱量の方が大きい場合には、人は暑いと感じます。逆に、等号の左側が右側より小さい状態、つまり、体から逃げていく熱量より体の中で作られる熱量の方が小さい場合には、人は寒いと感じるのです。

(体の中で作られる熱)＞(風によって体から奪われる熱) +(汗によって体から奪われる熱)+(放射熱のやりとり)	→	暑い と感じる
(体の中で作られる熱)＜(風によって体から奪われる熱) +(汗によって体から奪われる熱)+(放射熱のやりとり)	→	寒い と感じる

図１　暑さ寒さと人体の熱収支式

2．暑さ、寒さは何によって引き起こされるのか？

では、暑さや寒さは何によって引き起こされるのでしょうか？言いかえると、何が原因で、人体の熱収支式の左側と右側が、＝となったり、＞になったり、＜になったりするのでしょう？温度によって、暑さ寒さの感じ方が違うのではないだろうか、ということに気がつきましたか？でも、温度だけが原因ではないのです。人体の熱収支式には、温度を含めた６つの事がらが影響するのです。その６つとは、温度、湿度、まわりの壁の温度、風の強さ、着ている服の量、人の活動量 です。

温度が高いほど、人は暑く感じるということはいいですね？湿度は、汗によって体

から奪われる熱に関係します。湿度が高ければ、汗によって奪われる熱量は小さくなります。つまり、湿度が高いほど、ひとは暑いと感じやすくなるわけです。まわりの壁の温度は、放射熱のやりとりに関係します。つまり、まわりの壁の温度が高いほど、放射熱により体から奪われる熱量が小さくなり、人は暑いと感じやすくなります。風が強いほど、風により体から奪われる熱が大きくなり、人は寒い（場合によっては涼しい）と感じやすくなるのです。着ている服の量が多ければ、体から熱は奪われにくくなりますし、椅子に座って静かにしているより運動している方が、暑く感じやすいということは、皆さんも日常生活のなかでよく経験することですね。

3．暑さ、寒さを予測する

上で述べた６つの要素、温度、湿度、まわりの壁の温度、風の強さ、着ている服の量、人の活動量 がわかっていれば、人体の熱収支式を予測すること、言いかえると、人が暑いと感じるか、寒いと感じるかをあらかじめ予測することができます。

まず、６つの要素を測ってみましょう。温度 26℃，湿度 50%，まわりの壁の温度 26℃，風の強さ 0.2m/s，普通の着衣状態（1 クロといいます．長袖長ズボンの状態），椅子に静かに座っている活動状態（１メットといいます）を考えてみます。

これら６つの要素は、単位の違うものですから、わかりやすくするために、６つすべての影響を含んだ仮想の温度に変換する必要があります。これを SET*（エス･イー･ティー･スター）といいます。コンピュータを使って計算してみると、SET*は 28.2℃くらいになります。

図２をみてみましょう。これは、SET*に対して、人がどのくらい暑いと感じるか、寒いと感じるかを大勢の人を使って実験して求めた関係を示しています。たて軸の、+3 は暑い、＋2はやや暑い、＋1 は暖かい、0 は暑くも寒くもない、-1 は涼しい、-2 はやや寒い、-3 は寒い状態を示します。SET*28.2℃では、多くの人は暖かいと感じるだろうと予測されます。図の値と皆さん自身の暑さ寒さ感を比べることで、普通の人と比較して暑がりなのか、寒がりなのかがわかるでしょう。

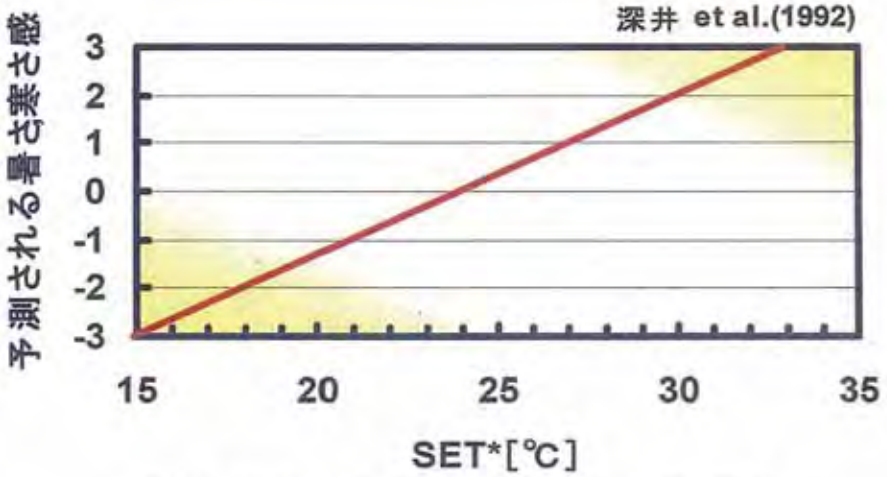


図２　SET*と予測される暑さ,寒さ感の関係

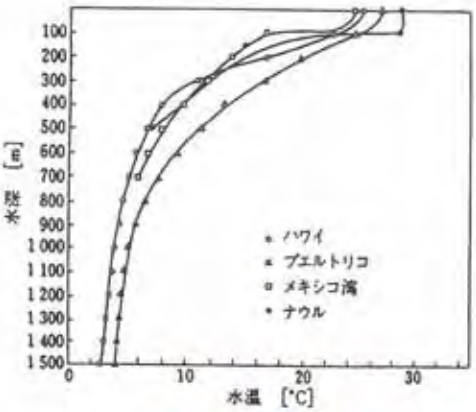
海の温度差から電気をつくる発電
ー海洋温度差発電のしくみー

池上康之（佐賀大学）

1．海水には深さによって温度差がある

海水の温度を調べてみると、海の表面近くと700m以上の深さのところでは、かなりの温度差があります。表面近くでは太陽の熱によって海水があたためられていますが、対等の熱が伝わらない深いところでは海水は冷たく、温度は年間を通してほぼ一定です。

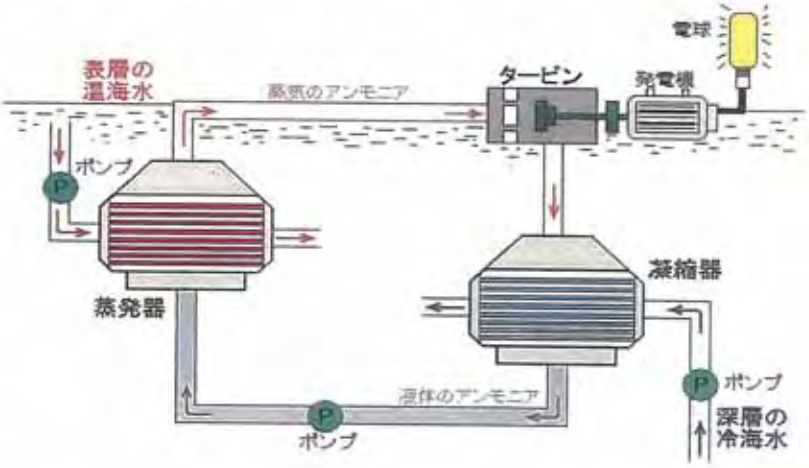
赤道付近ではこの温度差が 24℃もあります。「海洋温度差発電」は、この海水の 15℃以上の温度の差を利用する自然エネルギーによる発電です。



海水の温度分布

2. 発電のしくみは沸点の低い物質の蒸気を利用

水は 100℃で沸とうしますが、物質によって沸点がちがいます。沸点の低い液体を蒸発器の中に入れ、暖かい海水を使って沸とう・蒸発させます。その蒸気を使ってタービンをまわし、発電が行われます。そのあとその蒸気を今度は凝縮器に集め、深い海からくみあげた冷たい海水で冷やします。すると、その蒸気はもとの液体の状態にもどります。それをまた蒸発器の中に送り、同じことをくりかえして発電を行います。今回のキッズ·エネルギーシンポジウムでは、実際の装置をわかりやすくした下の図の模型を展示しています。



海洋温度差発電のしくみ

発電設備は、蒸発器、凝縮器、発電機、ポンプからなります。これらは、パイプで連結され、蒸発させる物質として、アンモニアが入れられています。

3. 日本はインド洋に実証プラント建設

50kW温度差発電実験装置(佐賀大学)

海洋温度差発電の原理は100年以上前に考え出されました。その後世界中の研究者が実用化にむけて研究を続けていましたが、技術的にむずかしく、なかなか実用化されませんでした。しかし、日本の佐賀大学では長年研究を重ね、蒸発物質にアンモニアと水の混合物を使うことで、発電効率の高い方式を完成させました。2001年1月には、インド洋に建設された世界で初めての1000kWの実証プラントの運転が開始されます。これは、日本の一般家庭の300～500件分の消費電力をまかなえるほどの発電です。

4. 海はエネルギーの宝庫

この発電は冷たい深海の水をくみあげるだけで、蒸発させる物質はくりかえし使えます。また、燃焼ではありませんから二酸化炭素を出しません。環境問題の解決につながる、クリーンで再生可能なエネルギーだと期待されています。そのうえ、くみあげた深海の水の利用も大きな魅力です。冷たい海水を海の表面にまけば、貝類や藻類も豊富に育ちます。海水から塩分を取り除けば、飲み水や食品加工、農業用水などに広く使うことができます。海はエネルギーの宝庫です。海に囲まれた日本は、このようなすばらしい自然エネルギーに恵まれているのです。

海洋温度差発電の主な機器

タービン

蒸発器

凝縮器

熱を運ぶふしぎな棒

桑原　憲（九州大学）

1．熱ってなに？

私たちは普段、熱という言葉をなにげなく使っていますが、熱って何でしょう？熱いこと？　温度が高いこと？　じつは、これらのことは、熱についての部分的な説明にすぎません。熱というのは電気や光などと同じで、何かものを動かしたり、変化させたりすることに使えるエネルギーの一つの形で、温度の高いところから低いところへ移動し、同じ温度になるとつたわらなくなるものです。ですから、１００℃という高い温度のものがあっても、それが１００℃のものにかこまれていたら熱はつたわらず、１００℃のままです。

それとは反対に、私たちが冷たいと感じる５℃のものからでも、それより温度の低い０℃のものには熱は移動して、５℃のものは温度が下がり、０℃のものは温度が上がって、やがて同じ温度になります。つまり、私たちが熱いと感じるか、冷たいと感じるかとは関係なく、温度の高いところから低いところへ移動するということです。また、温度は温度計を使って直接測れますが、熱を温度計などで直接測ることはできません。ですが、同じ量で同じ状態（気体・液体・固体）の同じ物質であれば、温度の高い方がふくまれている熱が多く、低い方が少ないと言うことはわかります。たとえば、１００℃の水１ｋｇと２０℃の水１ｋｇでは１００℃の水１ｋｇの方が熱を多くふくんでいます。ですから、ある物質の温度を観察していれば、温度が高くなってくれば熱がたまってきており、低くなってくれば熱が逃げていっていることがわかります。

2．熱のつたわりやすさ

熱のつたわりやすさは物質によってちがいます。みなさんの中には、バーベキューをするとき、「金属のくしに肉や野菜をさして焼いたら、くしも熱くなって持てなかったのに、竹のくしにさして焼いたら持つことができた。」という体験をしたことがあるという人もいるでしょう。これは、物質の中の熱のつたわりやすさの違いによるものです。いろいろな種類の棒を使って、熱のつたわりやすさを確かめてみましょう。

実験１．棒の種類と熱のつたわりやすさ

いろいろな種類の棒の一方の端をお湯につけて、どの棒の温度が一番先に、高くなるか試してみましょう。次に、水につけてどの棒が一番先に冷たくなるか試してみましょう。

注）棒は熱いので火傷に注意

棒の種類	順番(お湯)	順番(水)

実験２．ふしぎな棒の熱のつたわりやすさ

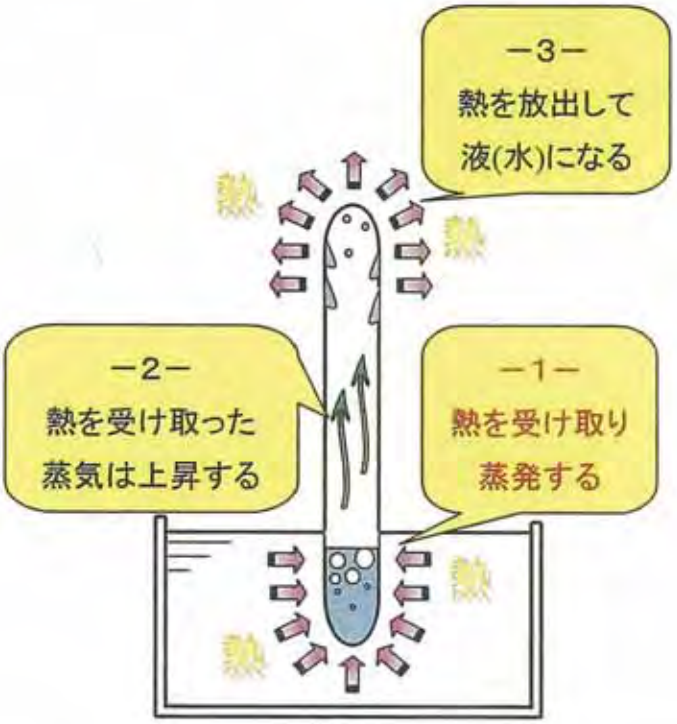
実験１で一番はやく温度が高くなった棒と、不思議な棒を使って同じように実験してみましょう。どちらが先に温度が変わるでしょう？

棒の種類	順番(お湯)	順番(水)
ふしぎな棒		

注）ふしぎな棒はふつうの棒より熱くなりやすいので、さらに火傷に注意

３．ふしぎな棒の温度が変わりやすい理由

実は、ふしぎな棒の中には水が入っています。水は水蒸気になるときに、とてもたくさんの熱をたくわえます。そして、水に戻るときには、そのたくわえた熱を温度の低いところに放出します。そのため、中になにも入っていないほかの棒と違い、水蒸気が熱を運んでくれる分だけ熱がはやく移動して、温度が変わりやすいのです。



氷と水と水蒸気

藤本（ふじもと）　登（のぼる）（福岡教育大学）

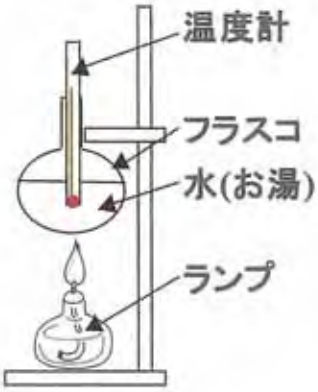
1．水は変身忍者？

私たちが生きていく上で欠かせない水は、やかんに入れて火にかけると沸騰し、湯気（水蒸気）を出します。また、水を冷凍庫に入れると氷になります。最近ではあまり見かけませんが、真冬に気温が氷点下を下回ると、路面の水たまりは凍ります。このように、水は色々と姿を変えますが、私たちはこの忍者のように姿を変える性質を利用（冷蔵庫、エアコン、火力発電所など）して、豊かな生活を送っていますが、このことは、皆さん、あまり知らないのでは？

ここでは、そんな水の不思議について考えてみましょう。

2．水はどうして姿を変えるの？

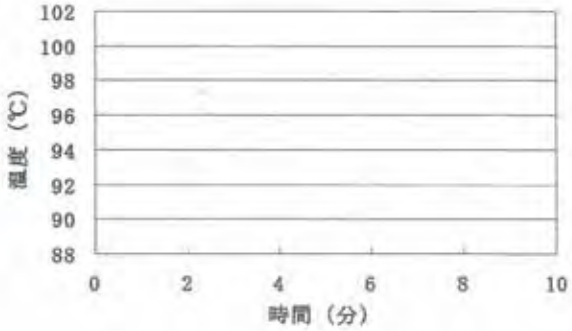
氷と水と水蒸気は、なにが違うのでしょうか？　水道水を水蒸気にするためには、ガスや電気コンロにかけて、温めなければなりません。逆に、水道水を氷にするためには、冷凍庫に入れて、冷やさなければなりません。つまり、電気やガスのエネルギーが水に与えられなければ、水は水のままという訳です。では、この時、水の温度はどのように変化するでしょうか？　実験で確かめてみましょう。



実験1．沸騰（ふっとう）

右の図のような装置（そうち）を使って、水を温めてみよう。今回は時間を省くため、９０℃のお湯から温め始めます。下のグラフに水の温度の時間変化を描いてみよう。水が完全に沸騰すると、水の温度はどうなるかな？

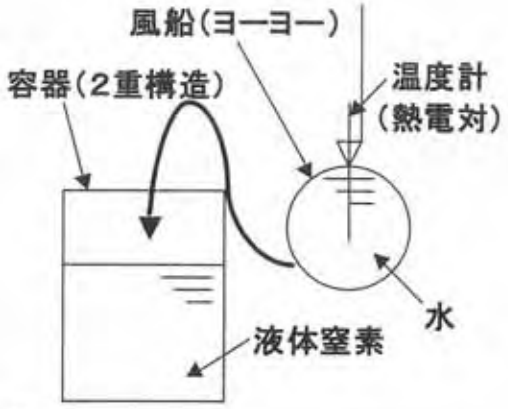
注）温度計などは熱いので火傷（やけど）に注意

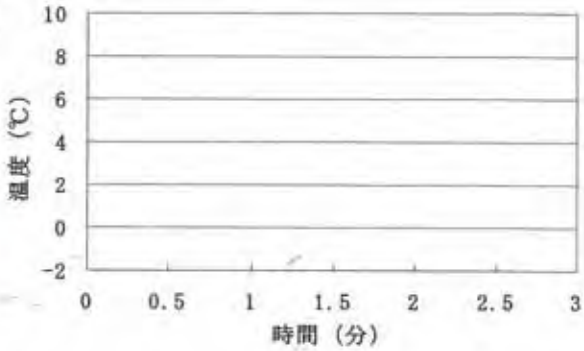


実験２．　製氷（せいひょう）

右図の容器の中には、液体窒素という非常に冷たい液体（－１９６℃）が入っています。この容器に、水を入れた風船を入れてみよう。風船には熱電対（ねつでんつい）という特殊な温度計も入っているよ。風船の中の水はどうなるかな？　また、温度は？　実験１と同じように温度の変化を描いてみよう。水が凍るとき、温度はどのように変化するかな？

注）液体窒素に触（さわ）ると火傷をします。



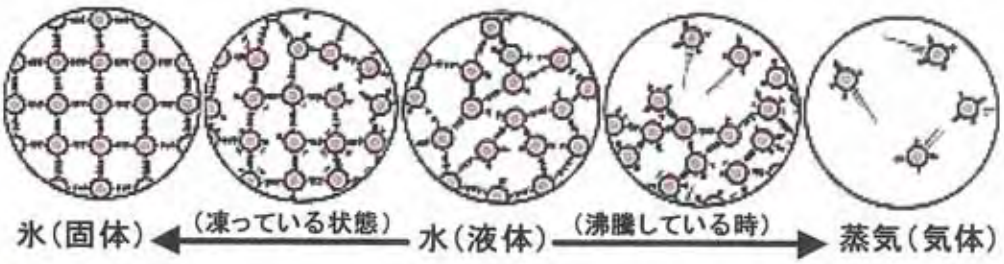
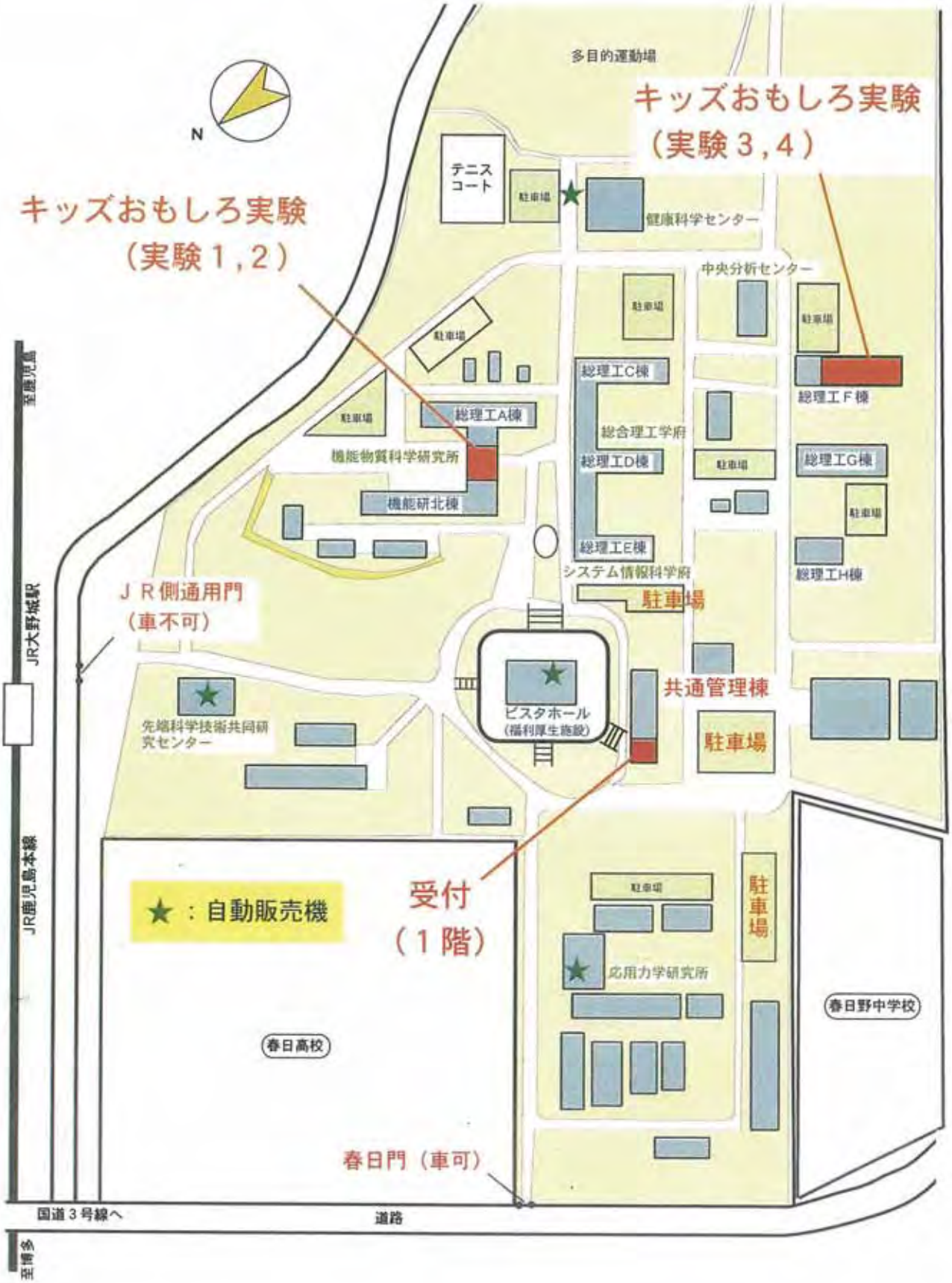


３．温度が変わらない理由

水が沸騰したり凍ったりするとき、温度が変化しない理由は、下のような絵で表すことができます。まず、水を特殊な顕微鏡（けんびきょう）などで細かく見ると、分子という物質の集まりであることが分かります。これは、ちょうど、皆さんが手をつないで遊んでいる姿のようで、手をいっぱいに広げ、動き回っています。これを冷やすと、動きが段々少なくなり、手の間隔（かんかく）も小さくなります。逆に、暖めると、動きが活発になり、ついには手をつなぐことができず、一人一人自由に動き回るようになります。この変化は、一度には起こらず、必ず集団の回り（やかんの水の場合は液面）から起こります。従って、全て同じ状態になるには、時間もエネルギーも必要になり、この間は、温度が一定になるというわけです。

<u>遊んでみよう！</u>

液体窒素を使って遊んでみよう。バナナやミカン、風船に入れた二酸化炭素、金魚はどうなるだろうか？



キッズ・エネルギーシンポジウム２０００
九州大学筑紫キャンパスマップ