

2019/4/17(水)
易し科学の話

身近な電気品の原理と特徴

電子レンジ、IHヒーター
冷蔵庫、電気釜

本資料は、インターネット上の公開資料を利用して
作成しています。

制作 吉岡 芳夫

電子レンジ

- 電子レンジによる加熱の特徴は何？
 - 加熱時間(火力)
 - 温度
 - 加熱対象
 - 電気代
 - その他

IH ヒーター

- IHヒーターによる加熱の特徴は何？
 - 加熱時間(火力)
 - 加熱対象
 - 電気代
 - その他

冷蔵庫

- 冷蔵庫と冷凍庫はどこが違う？
 - 温度は
 - 機械の仕組みは同じ？
 - 空調機(クーラー)との違いは？

電気釜

- ガスの火でご飯を炊くのと、どこが違う？
- 電気釜の開発は、難しかったのだろうか？
- おいしいお米の炊き方はあるのだろうか？
- 圧力釜の効能は？
- ジャー式炊飯器とは？

電子レンジとは

電子レンジ - Wikipedia

ja.wikipedia.org/wiki/電子レンジ - キャッシュ

最初に電子レンジで調理した食物は、慎重に選ばれた結果、ポップコーンであった。スペンサーの電子レンジでは、紙袋を使ったトウモロコシの調理法で特許を取っている。2番目は鶏卵(茹で卵づくり)だったが、これは卵の爆発により ...

概要 - 歴史 - 種類 - トピック

<http://microwave.jp/mw.html>

マイクロ波加熱とは？(電子レンジの加熱原理って?) - ア...

microwave.jp/mw.html - キャッシュ

なぜマイクロ波で加熱するのか？またマイクロ波で加熱(電子レンジetc.)できるのはなぜなのか？などの情報を記載したページです。

電子レンジが食べ物を温める仕組みとは？|電磁波対策は...

santa001.com/電子レンジが食べ物を温める仕組みとは... - キャッシュ

しかし、電子レンジの場合は、外側から食べ物に熱を加えることはなく、食べ物の内部から温まっていきます。ここでは電子レンジにより食べ物が暖まる仕組み、原理をご紹介します。電子レンジにより食べ物が温まる仕組み 食べ物を温めるの ...

電子レンジにより食べ物が ... - 電子レンジの周波数はなぜ ... - 電子レンジの寿命

加熱の方法



熱伝導

ホッカイロ
フライパン



対流

空調機
衣類乾燥機



輻射

反射型電気ストーブ
オーブントースター

これらは、物を外から温める

熱伝導や対流加熱の長所と短所

熱伝導の加熱方法は『フライパン』を使った加熱以外にも床暖房, 使い捨てカイロなども熱伝導ということになります。また熱源にはガスコンロの他にIHや電熱線を使うこともあります。

長所	シンプル	フライパンや鍋などの道具があれば、それを火などの熱源にかけるだけのシンプルな方法です。
	安価	簡単な構造だから安価に加熱することができます。
短所	効率が悪い	フライパンや鍋を経由して加熱するので、熱源からの熱が逃げやすく、物に伝導するまでに熱が失われてしまいます。
	不均一な加熱	熱源に近い場所と遠い場所で、熱の伝導具合が異なるので、均一な加熱ができません。

対流加熱

ヘアードライヤーやエアコンも同じ種類の加熱方法となります。

長所	乾燥が得意	物の周辺を熱風が対流するので、ヘアードライヤーで髪を乾かすのと同様に物を乾燥させることができます。
短所	温度コントロールが困難	熱した空気を経由して加熱するので、精確な温度設定をすることは困難です。

輻射加熱には、2種類あり

- 赤外線ストーブやトースターなどは、赤外線（熱線）が当たった物を表面から温める。
 - 影になるところは、加熱されない
 - 光を反射するようにすると加熱されない
 - 熱伝導の悪い物体では、表面が熱くなる
- マイクロ波による輻射加熱は、物体そのものを加熱する。
 - 水分をふくむ物体全体が加熱される
 - 金属や水分がない物体は、ほとんど加熱されない

電子レンジは、マイクロ波加熱

マイクロ波ってなに？

そもそもマイクロ波ってなんだ？
みえるの？匂いは？なにか感じるの？
マイクロ波の基本的な情報をご紹介します。

なぜマイクロ波で温まるの？

マイクロ波とはどういうものか？

マイクロ波は電波のひとつです。

電波は空間を伝わる波動なので、直接目で見ること触ることもできません。もちろん匂いもありません。しかし、テレビ・ラジオ放送（地上波/衛星）から、携帯電話の通信に至るまで現代の生活には欠かせないものとなっています。

マイクロ波（300MHz～3THz）の一般に広く知られている用途は電子レンジです。

反対に身近にありながら携帯電話やGPS、地デジ等の通信にマイクロ波が使われていることはあまり知られていません。

下記のように電波は波長によって呼び名や用途が異なります。

電子レンジに使用されるマイクロ波は、UHF(極超短波:300MHz～3GHz)と呼ばれる帯域です。

マイクロ波加熱（電子レンジ）

長所

加熱が速い

急速加熱で加熱開始後すぐに温度上昇するので、短時間で加熱することが出来ます。

内部まで
加熱出来る

物の中に含まれる水分を温めるので外部と同じように内部まで温めることが出来ます。(内部加熱)

精密な温度
コントロール

物自体の温度をコントロールすることが出来るので、精密な温度調整が可能です。

短所

構造が複雑

マイクロ波を発生させるマグネトロンや電子回路が必要なので構造が複雑になってしまいます。

電子レンジに使われる電磁波の周波数

周波数による電波の分類

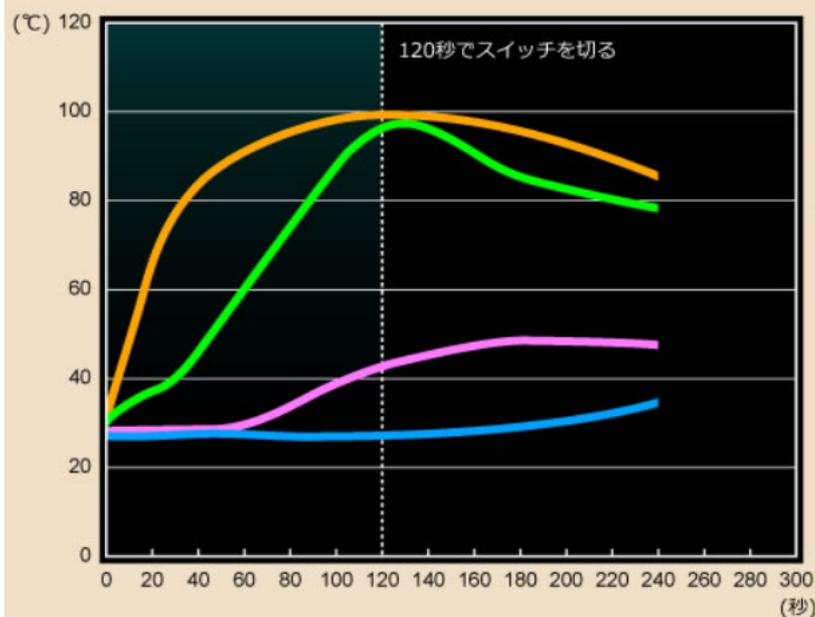
	区分	周波数	主な用途
マイクロ波 以外の電波	極超長波(ELF,SLF,ULF)	3~3000Hz	地表通過/水中無線(鉱山/潜水艦通信)等
	超長波(VLF)	3~30kHz	IH調理器、水中無線(対潜水艦通信)等
	長波(LF)	30~300kHz	電波時計(標準電波)、長波ラジオ放送、無線(鉄道誘導,航空/船舶無線)等
	中波(MF)	300~3000kHz	中波ラジオ放送、無線(船舶気象通報,航空/海上無線)等
	短波(HF)	3~30MHz	短波ラジオ放送、無線(船舶,ラジコン,トランシーパー玩具)等
	超短波(VHF)	30~300MHz	FMラジオ放送、地上アナログテレビ放送、無線(アナログ電話子機)等
マイクロ波	極超短波(UHF)	300~3000MHz	電子レンジ、テレビ放送(UHF、地デジ)、無線(携帯,PHS,GPS,無線LAN)等
	センチメートル波(SHF)	3~30GHz	衛星(BS・CS)テレビ放送、ETC、無線(衛星通信,無線LAN[5GHz帯])等
	ミリ波(EHF)	30~300GHz	レーダー、プラズマ診断、電波望遠鏡(ミリ波観測)、無線(衛星通信)等
	サブミリ波(SHF)	300~3000GHz	非破壊検査、電波望遠鏡(テラヘルツ波観測)等

電子レンジ、マイクロ波装置による加熱の特長

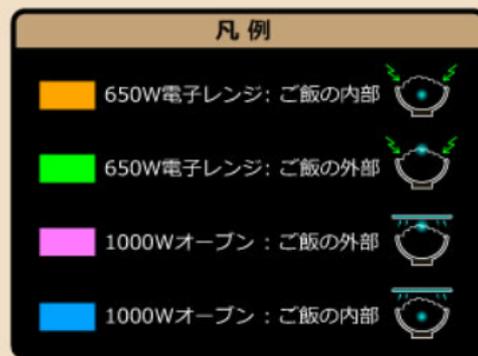
電子レンジ、マイクロ波装置による加熱は、マイクロ波が誘電体と直接作用して発熱する誘電加熱です。誘電加熱には急速加熱、内部加熱、選択加熱の特長があります。

ご家庭で冷やご飯を温めるケースを例にとりて誘電加熱の特長について考えましょう。

次のグラフは、容器に入れた冷やご飯を電子レンジとオーブンで120秒間、温めた時のご飯の中心付近（内部）と表面（外部）の温度変化を比較したものです。



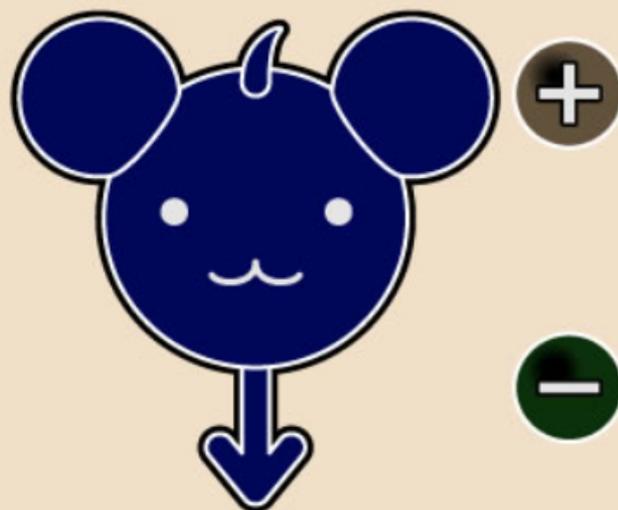
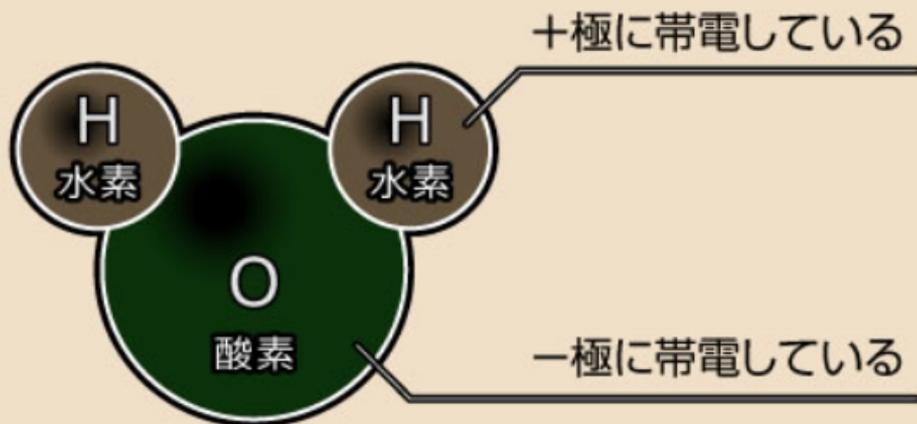
冷やご飯の温度変化の比較



なぜマイクロ波で温まるの？

マイクロ波による加熱メカニズムは複雑ですが、ここでは、食品の加熱や乾燥時に、加熱対象となる事が最も多い水を例に大雑把な説明をします。

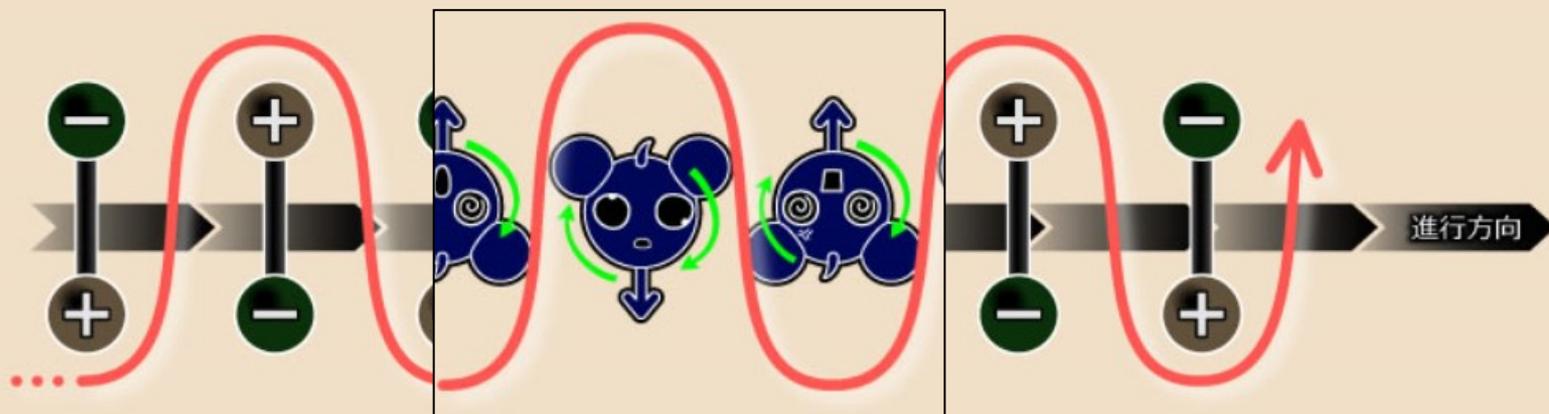
コップ一杯の水の中には、 10^{24} 乗（一掬（じょ）と言うらしい）個程度の水分子（ H_2O ）がありますが、その一個を見てみると、プラス（+）とマイナス（-）の電気的な偏りが有ります。電気的な偏りと、偏りの様子を矢印で示した、水分子のイメージは下図の様になります。



電磁波は、電界と磁界が直交しながら伝搬してく

電界の方向が

マイクロ波はプラスとマイナスの向きを変えながら進行します。電子レンジだと1秒間に24.5億回、非常に高速で向きが変わります。



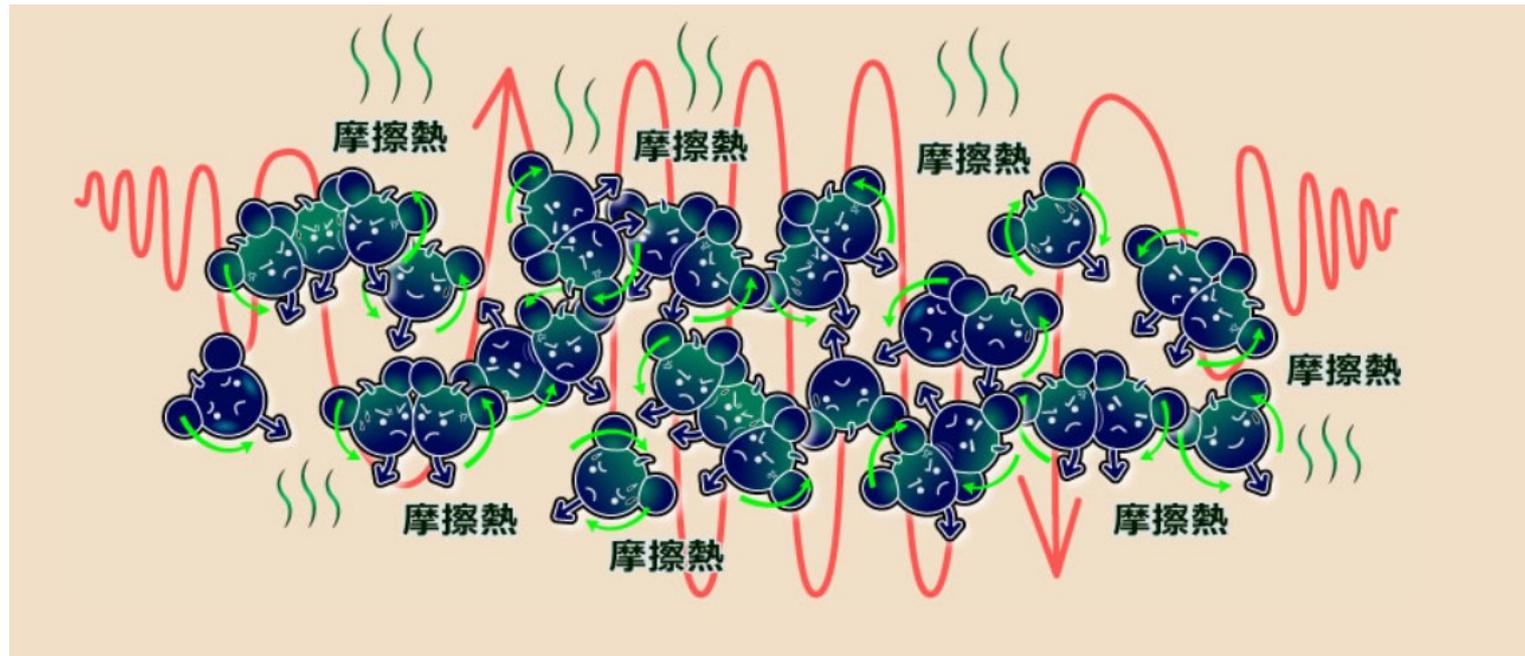
水分子が電氣的な偏りを持っている事、マイクロ波がプラスとマイナスが高速で変化している事、この2つの条件がマイクロ波加熱のキーとなります。

水分子にマイクロ波が照射すると、電氣的な偏りによって、マイクロ波のプラスとマイナスの向きに追従した動きを水分子はすることになります。

下図は単純なモデルで、水分子1個にマイクロ波が照射され、マイクロ波の向きに水分子が従う

物質も、分子も摩擦されると、摩擦熱が出る。マイクロ波加熱は、水分子の摩擦で熱くなる

冷たいご飯の中で、水分子が摩擦熱を出して、暖かくなる



電子レンジの加熱には、水が必要。

しかし、物質の内部に

微細なプラスマイナス(電気的雙極子)がある結晶なども加熱される。

マイクロ波が、物体の内部まで入らないと、加熱はできない。

マイクロ波の侵入を妨げるのは、電気を通す金属。

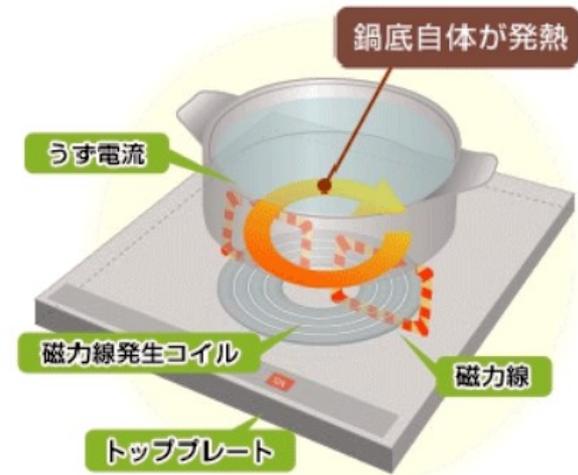
アルミ箔で包んだおにぎりは加熱されない。

電子レンジによる加熱の特徴

- 物体全体が加熱される。
- 物体の表面から熱は逃げるので、表面は熱くなくても、中は熱い。
- 外から熱を伝えるのではないので、加熱中に逃げる熱が少ない。
- だから電気代が安く、調理時間も短い。

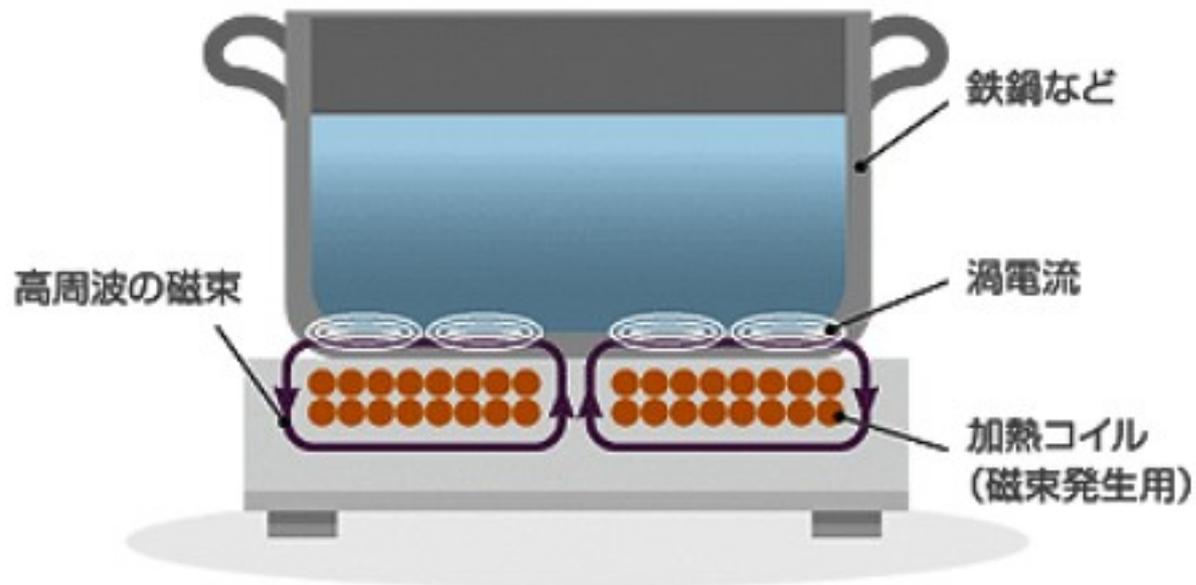
電気をムダなく使うIH

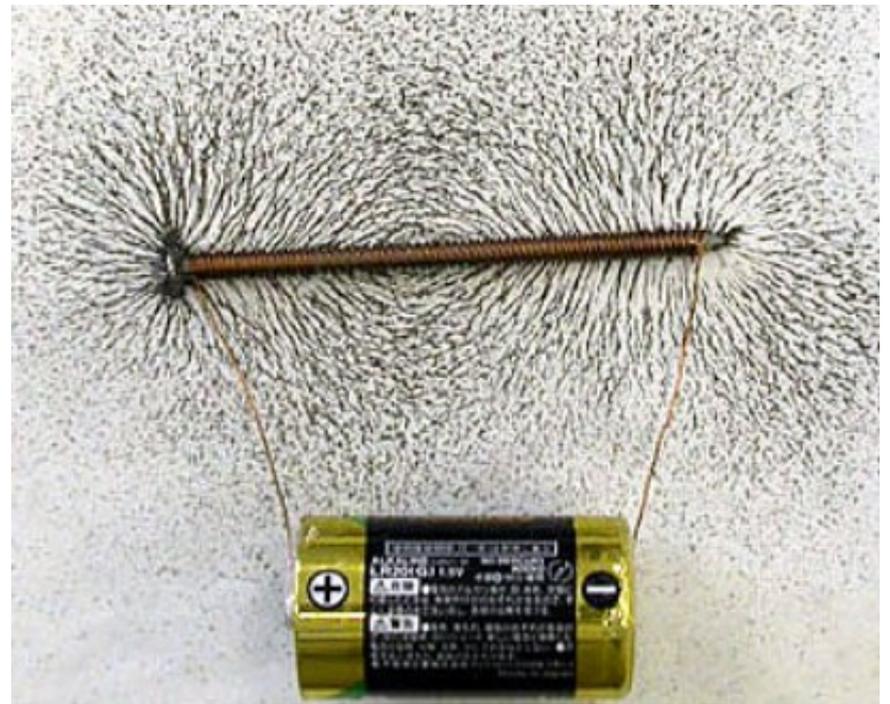
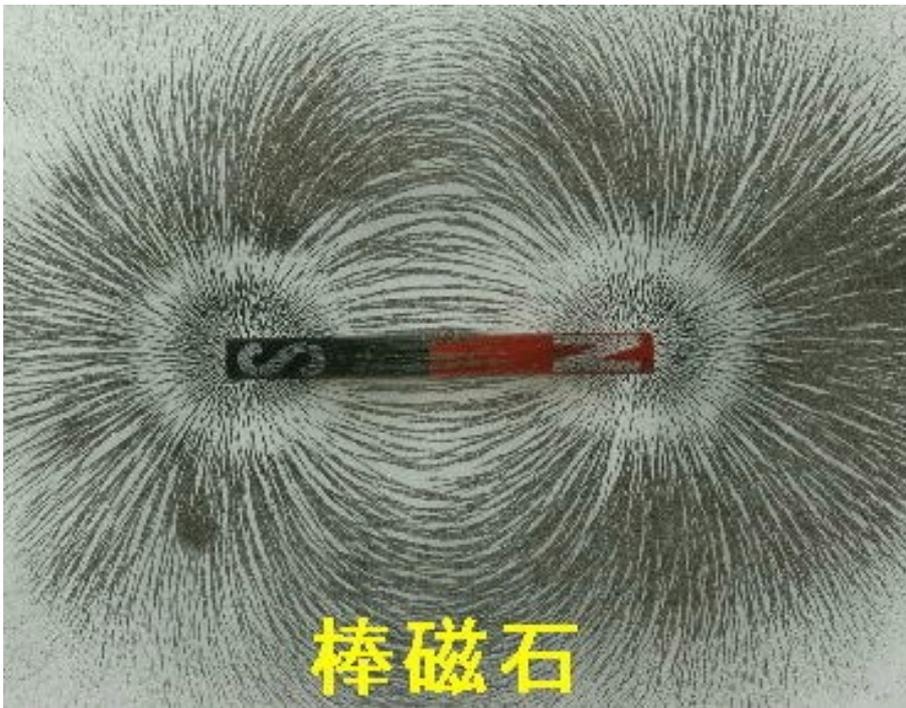
IHヒーターのガラスのトッププレートの下には、細い銅線を編んで造られたうず巻き状の磁力発生コイルがあり、これに電気(高周波交流電流)を流すと、このコイルから強力な磁力線(磁場)が発生し、この磁力線がガラストップを通過して、その上に置かれた鍋の底に当たります。この磁場によって鍋底の金属表面に『渦電流』と呼ばれる電気の流れが発生し、この渦電流に対して鍋の底の金属が抵抗となり、鍋底の金属表面が発熱するという仕組みです。



IHとは電磁誘導加熱 (Induction Heating) のこと

- IH加熱は磁力発生コイルから発生した磁力線が鍋底を通過するときに、うず電流となりその電気抵抗で鍋自体が発熱するしくみとなっている。

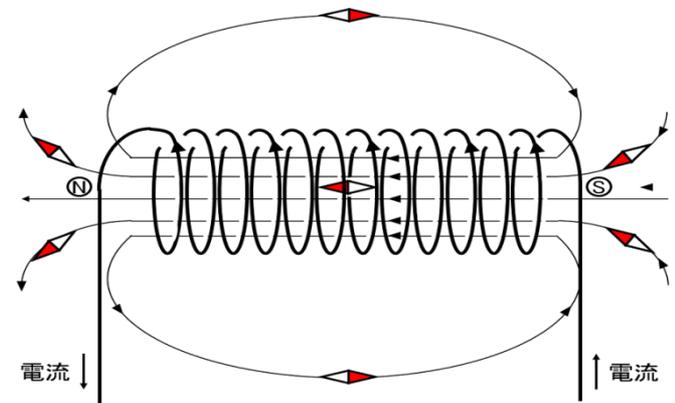




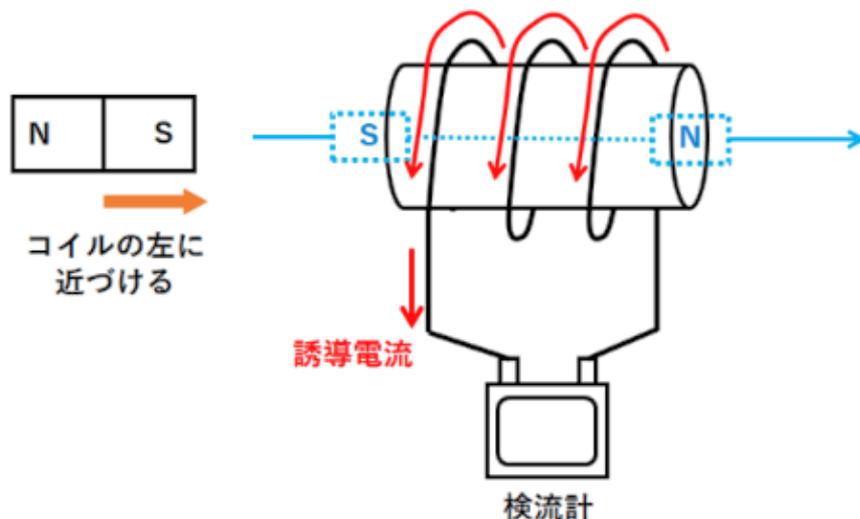
棒磁石の周りのできる磁力線

磁力線は、目には見えないが
鉄粉が並ぶのでわかる。

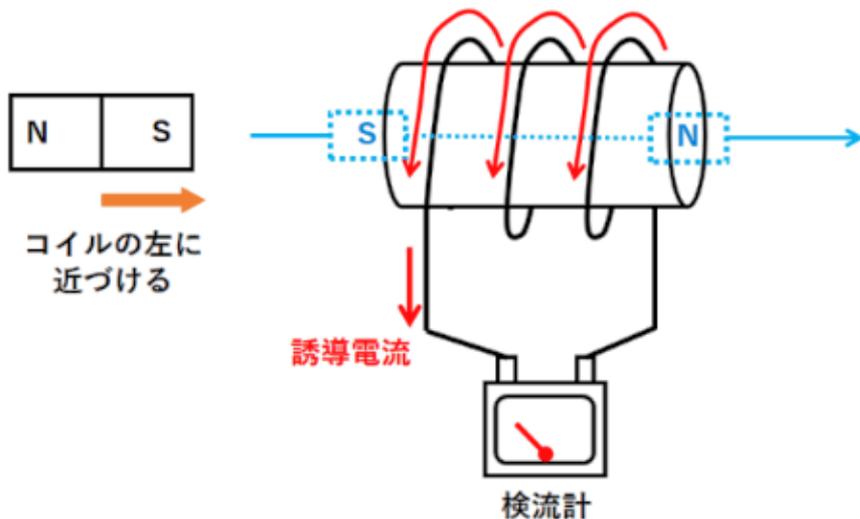
磁石と同じように、
コイルに電流を流すと
磁石になる。



ここから右手の法則を使うと誘導電流の向きは↓の図のようになります。



検流計の指針は電流がやってきた端子の方を向きますので



検流計の指針は左を指すということがわかります。

電気を通す金属の板に向かって、磁石を近づけると、同心円状の電流が誘起する。

要は、磁石が近づいてくると、その磁束が板に入らないように、逆方向の磁束を作るように、渦電流が流れる。

これを誘導電流という。

例えて言うと、体に入ってくる細菌をやっつける免疫のようなもの。

渦電流について

- 渦電流は、電磁誘導によって流れる。
- 電気を通す金属底の鍋が、渦電流で発熱する。
- 電気を通さない土鍋は使えない。
- 電気を通しすぎる金属底も、発熱は少ない。

渦電流についての、物理の説明

https://www.youtube.com/watch?v=V8Ys_f0b46U

IHヒーターの特徴

- なべ底が熱くなるので、ガスコンロのように鍋の周りを逃げる熱がない。
- 熱の利用率が高い。
- すぐ温まる。
- 強い渦電流を作るため、消費電力は大きい。
- このため、200Vの電圧が必要。

熱効率が良い

- 一般的に、ガス機器の熱効率は40～55%なのに対して、IH機器では80～90%にもなり、クッキングヒーターとしては最高の効率を誇る。
- ガス機器とIH機器で、水1.5Lの湯沸かし実験をしますと、ガスコンロの場合、約6～7分かかるのに対し、3kWのIHクッキングヒーターでは約3～4分と、ほぼ半分の時間でお湯がわく。

<p>アルミ・銅</p> 	<p>✕</p> <p>加熱できません</p>
<p>ガラス・陶磁器（土鍋など）・直火用焼網</p> 	<p>✕</p> <p>加熱できません</p> <p> または  付き、IHで使えると表示しているものも使えません。</p>

発熱は、(電気抵抗) × (電流) × (電流) に比例する。
銅やアルミは、電気抵抗が小さいので発熱が弱い。
ステンレスは、電気抵抗が大きいので、よく発熱する。
土鍋は、抵抗が大きすぎて、渦電流が流れないので、発熱しない。

冷蔵庫の原理 圧縮機とは

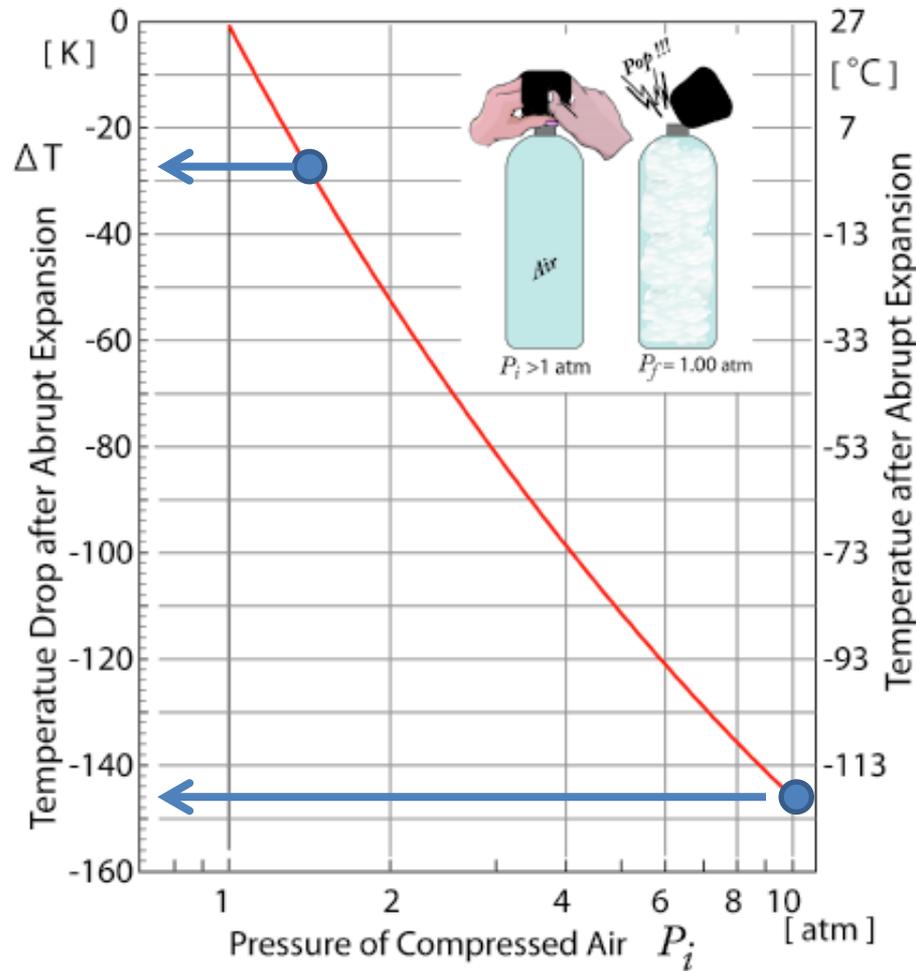
- スクロル式圧縮機

<https://www.youtube.com/watch?v=u7rDbaB1GDQ>

- 冷蔵庫

<https://www.youtube.com/watch?v=7VmlrSIG5bs>

高い圧力のガスを、大気中に放出すると、温度がさがる。

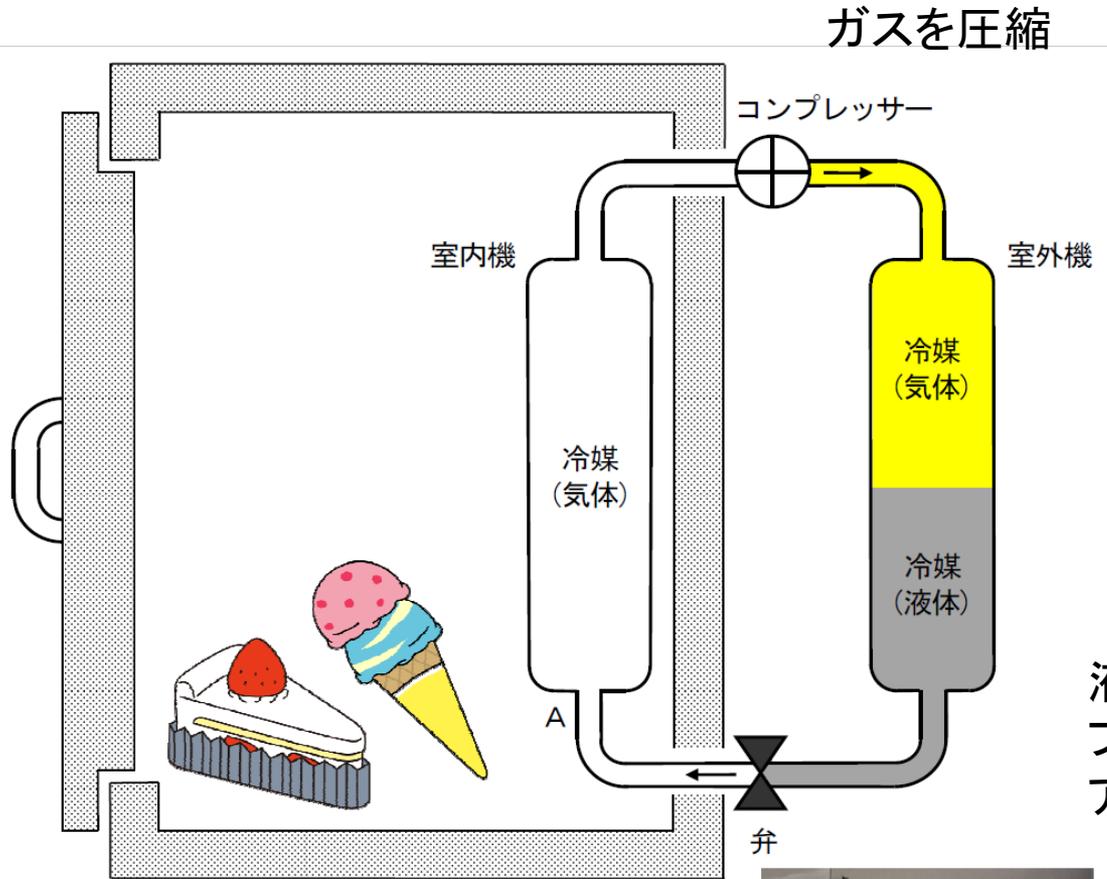


これは、理論式による計算値。

冷蔵庫の温度を下げるには、一旦高気圧にしたガスを、膨張させる。

ガスを圧縮すると、温度が上がるので、あらかじめ、大気温度までさげておく。

冷凍サイクルの原理



ガスを圧縮すると
圧力と温度が上がる。

熱い高圧のガスは、
大気温度まで下げると
高圧の液体になる。

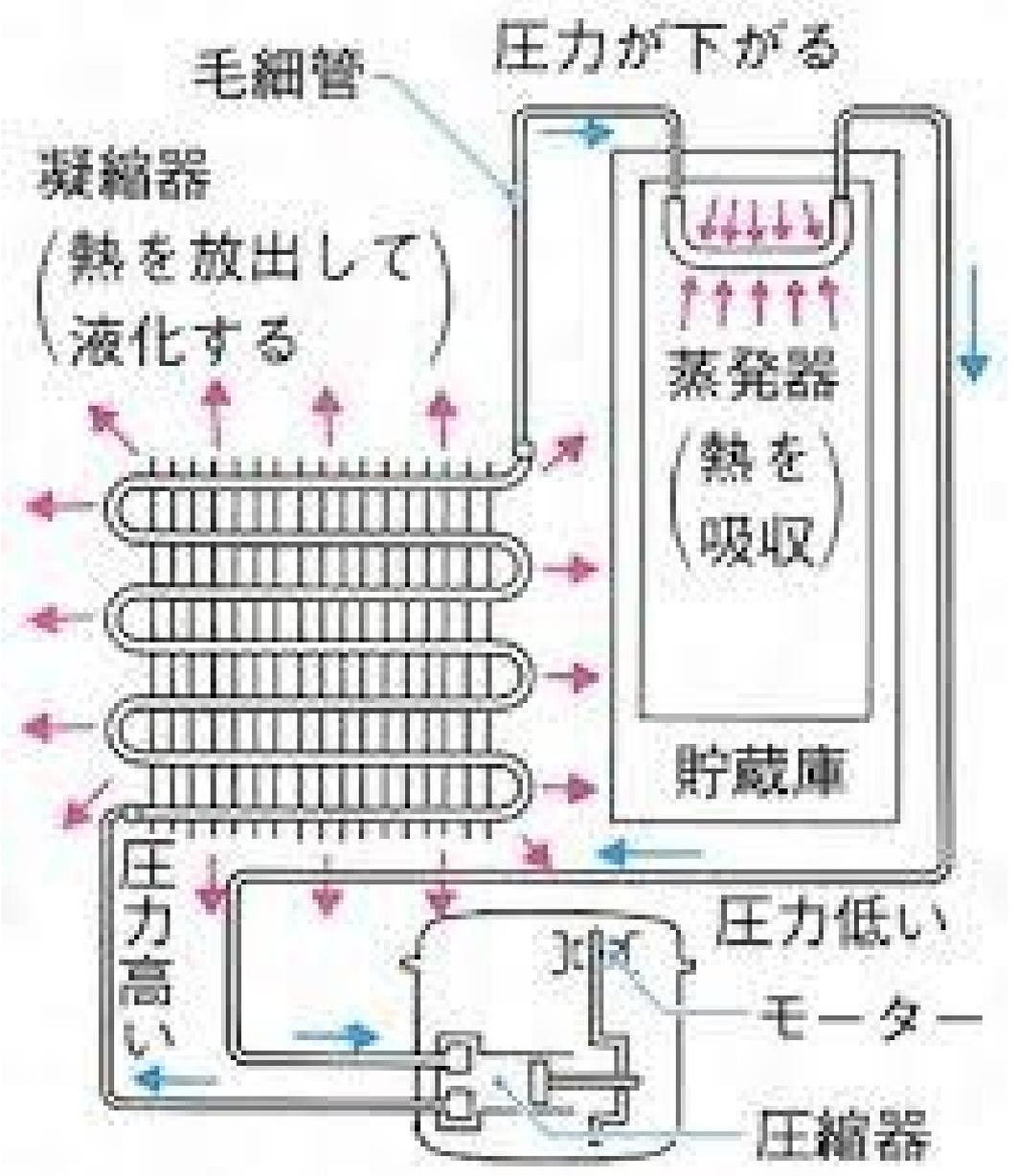
液体になりやすいガスは、
フッ素と炭素からなるガスや、
アンモニア

高圧の液体を膨張させると、
温度がさがって、冷える。

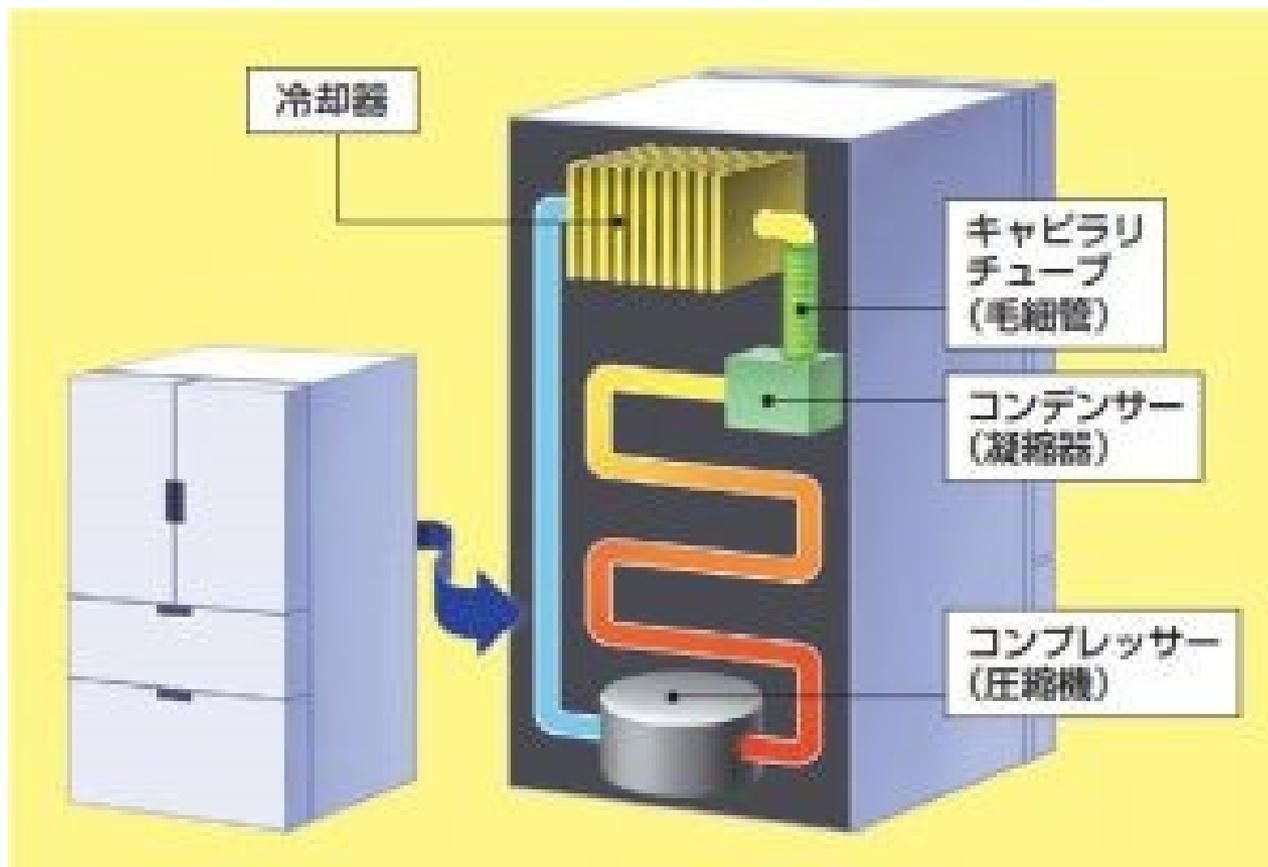
高い圧力のガスを噴き出すと ガスが冷たくなるのを実感する方法

- 各種スプレーで、ボタンを押してガスを噴き出すときのガスの温度は冷たい。これは試してみると実感できる。
- スプレーの中には、高気圧の液体が入っている。温度は常温。
- 噴出させると、液体は気体になり、且つ温度がさがる。
- 物理学では、断熱膨張という。





冷蔵庫の基本構成



霜と霜とり

- 零度以下になった期待が通るパイプには、大気中の水分がついて、霜になる。
- 普通の冷蔵庫は、霜を定期的に冷凍をやめてパイプの温度を上げ、霜を溶かしている。
- ヒーターで霜とりをしているのもある。

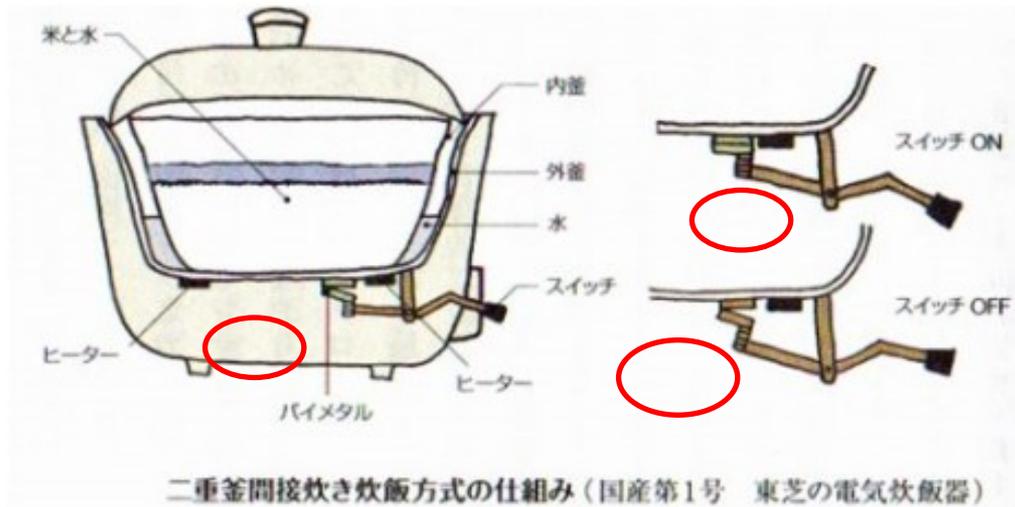
電気釜

- 電気ヒーターでコメを炊くのは、古くからあったが、実はおいしいご飯を炊くのはすごく難しい。
- 本格的な電気釜は東芝が発売したが、発明者は、(株)光伸社の三並義忠社長である。
- 1952(昭和27)年、東芝の家電部門の松本部長から自動式電気釜の相談を受け、開発に着手した。1955(昭和30)年に完成し、特許(昭30-12352)を取得した。
- X線で結晶構造を示す生澱粉を β 澱粉、加熱によって結晶構造を分解した「のり状(糊化)澱粉」を α 澱粉と呼ぶが、消化しにくい β 澱粉を、消化吸収のよい α 澱粉化させることがポイントだった。

沸騰してから20分でヒーターを切るのがベスト

- 98°C位の温度を約20分間続けると、釜全体の米が α 澱粉化しおいしく炊ける。強火で一気に炊きあげるのがおいしいご飯の炊き方だと判明。
- したがって釜の水が沸騰した後、20数分後にスイッチを切れば、理屈上はおいしいご飯が炊けるはずだったが、試作では、芯のあるご飯やお焦げもあった。原因は釜の外気温、釜の発熱量、米や水の量によって沸騰までの時間が異なるためだとわかった。
- そこで、釜が沸騰し始めたことを検知し、その20分後に正確にスイッチを切るにはどうすれば良いか、試行錯誤の末、編み出されたのが「三重釜間接炊き」という方法である。
- 外釜にコップ一杯(約20分で蒸発する量)の水を入れ、それが蒸発した時、釜の温度は100°C以上になる。それをバイメタル式のサーモスタットが検知できればスイッチが切れることに着想した。つまり、水の蒸発をタイマー代わりに応用したもので、日本人らしいシンプルで合理的なアイデアである。

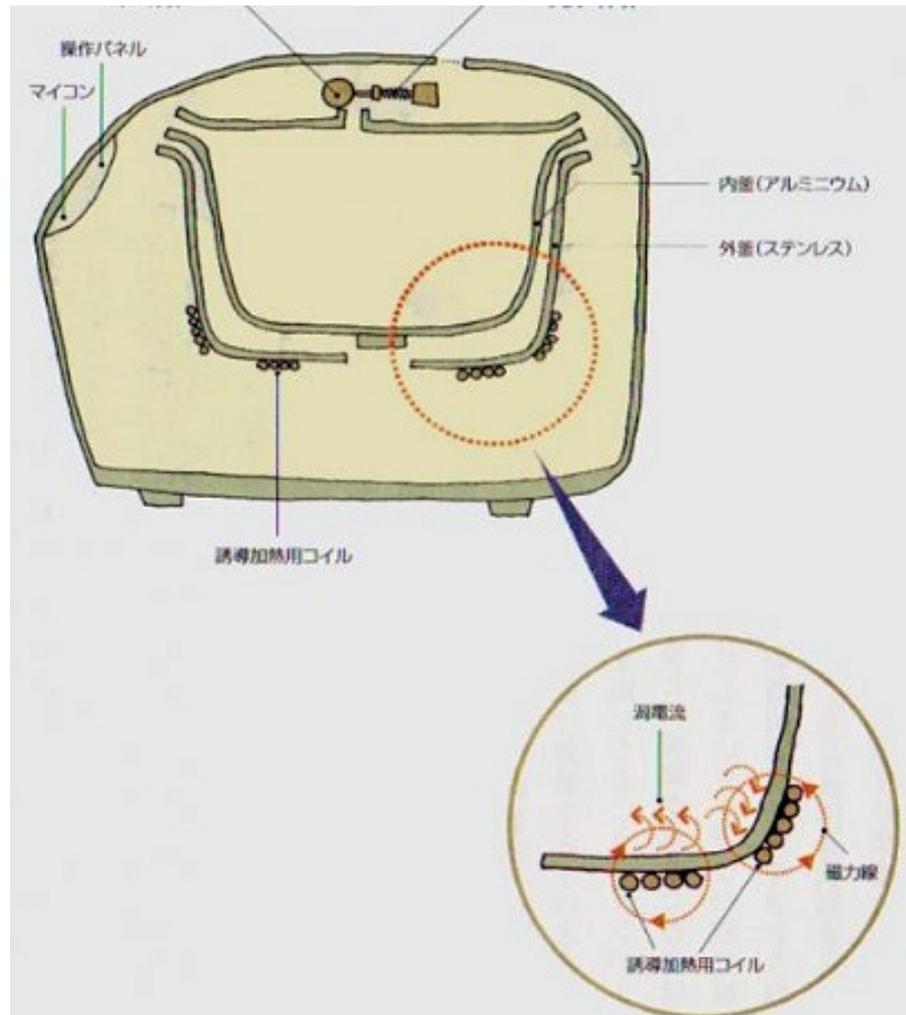
二重釜間接炊き炊飯方式



お米が入っている内釜に接触している熱板を加熱する方法で、お米を炊いている。この熱板にはヒーターが入っていて内釜を温めるが、釜底の中央には温度センサーがあって火加減のための信号を出している。

登場したばかりの頃の電気炊飯器は、外釜と内釜の間にコップ一杯分の水を入れて加熱して炊くという「二重釜間接炊き炊飯方式」だった。ご飯が炊き上がってその水がなくなるとバイメタル(膨張率の異なる2種類の金属板を貼り合わせた板)が感知してスイッチを自動的に切るというしくみになっていた。

IHヒーター式のジャー炊飯器



IHジャー炊飯器

- お米を炊くとき、このコイルに周波数が20kHz～40kHzになるよう、インバーター回路で電流を切ったり入れたりすると、電磁誘導でステンレスの外釜に渦電流が生まれ、この渦電流のエネルギーのほとんどは熱に変わる。
- この熱がアルミニウムの内釜全体に伝わるという仕組みである。このように、電磁誘導で生じた電流で温める方法を「誘導加熱」という。

マイコン制御電気釜

- 現在の電気炊飯器は、ほとんどが温度センサーとマイコンを搭載したタイプ。
- 温度センサーは、火加減のための信号を出すためのもので、マイコンと連動して、おいしいご飯が炊ける働きをする。
- 例えば、内釜の上と下とで炊き上がりに違いが出たり、少しだけ炊いたときにお米の真ん中が固い「芯」が残ったご飯になることがあった。
- そこで、内釜の側面にヒーターを付けたり、お米の量によって火加減を変えるマイコンで調節するようになったのだ。
- マイコン制御の電気炊飯器では、スイッチを入れてから、炊き上げ、二度炊き、むらし、保温までが完全に自動化されている。

マイコン炊飯器

IH炊飯のしくみ

内釜自体が発熱!

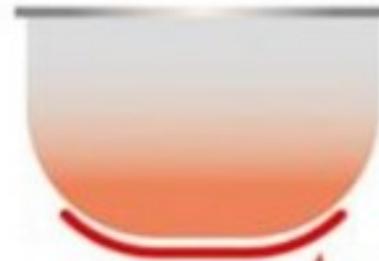


IH加熱コイル

強い火力で
一気にお釜全体が
加熱します。

マイコン炊飯のしくみ

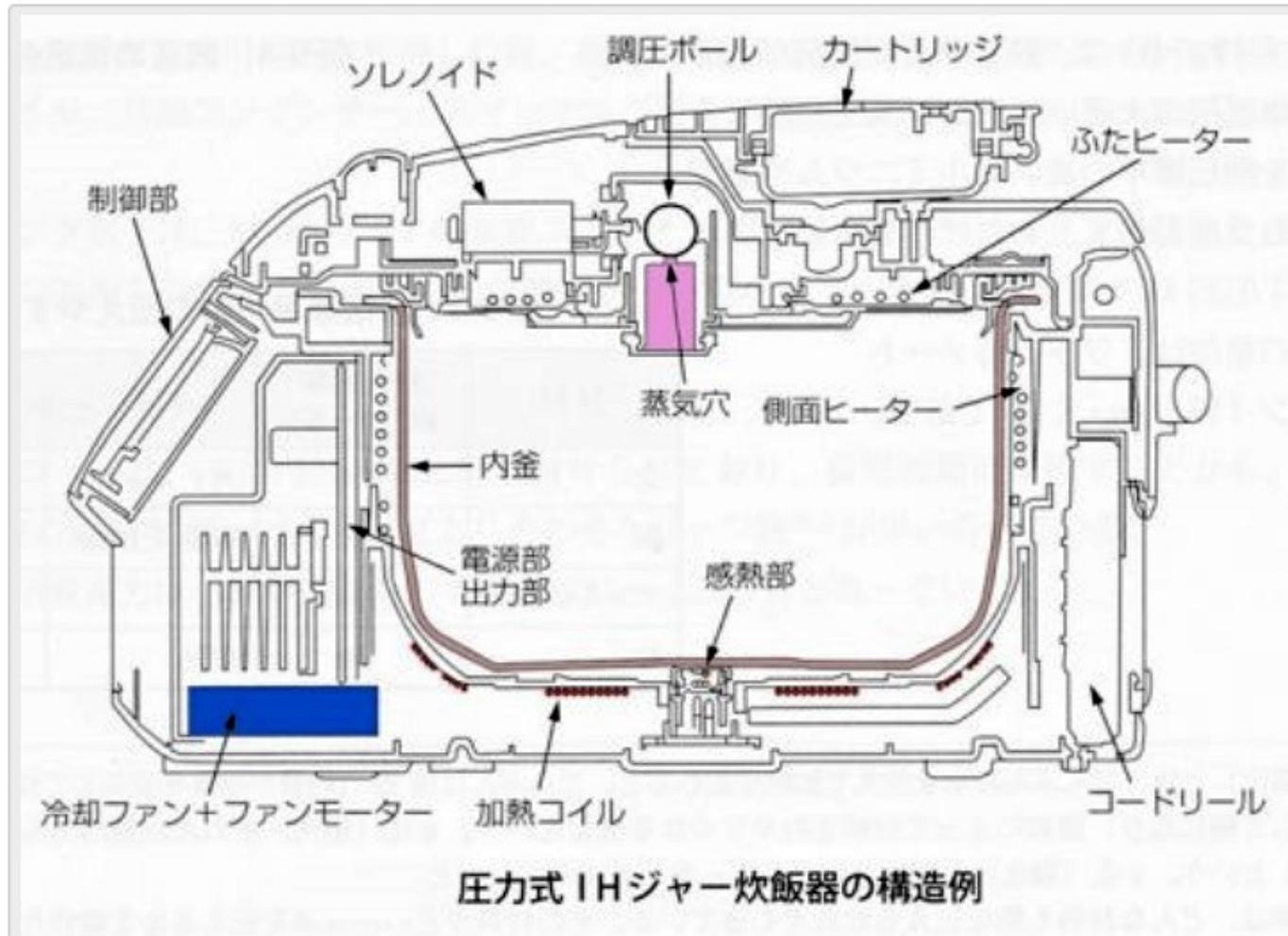
本体の底のヒーターが加熱!



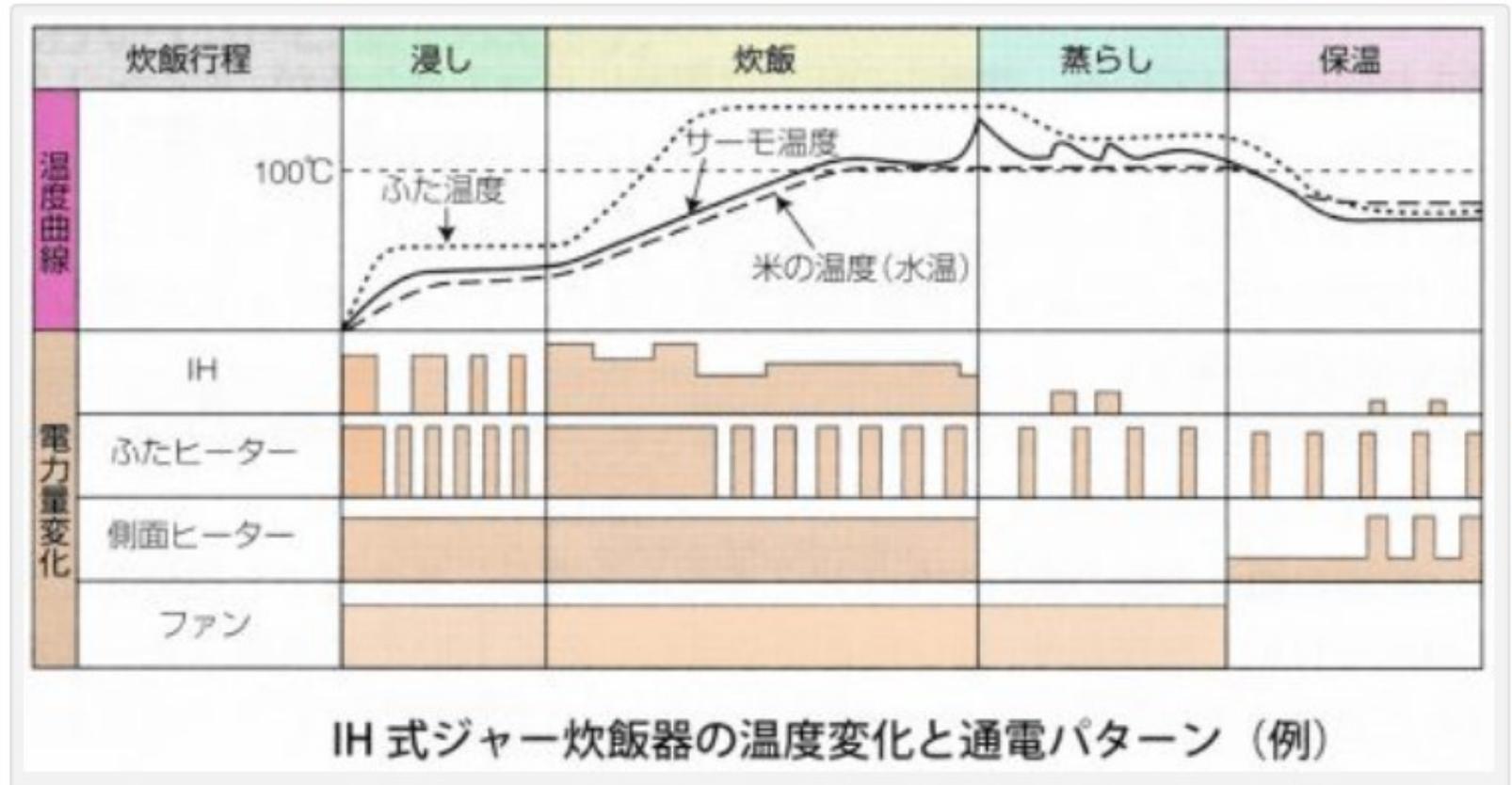
ヒーター

底から内釜に
熱が伝わり
お米を炊き上げます。

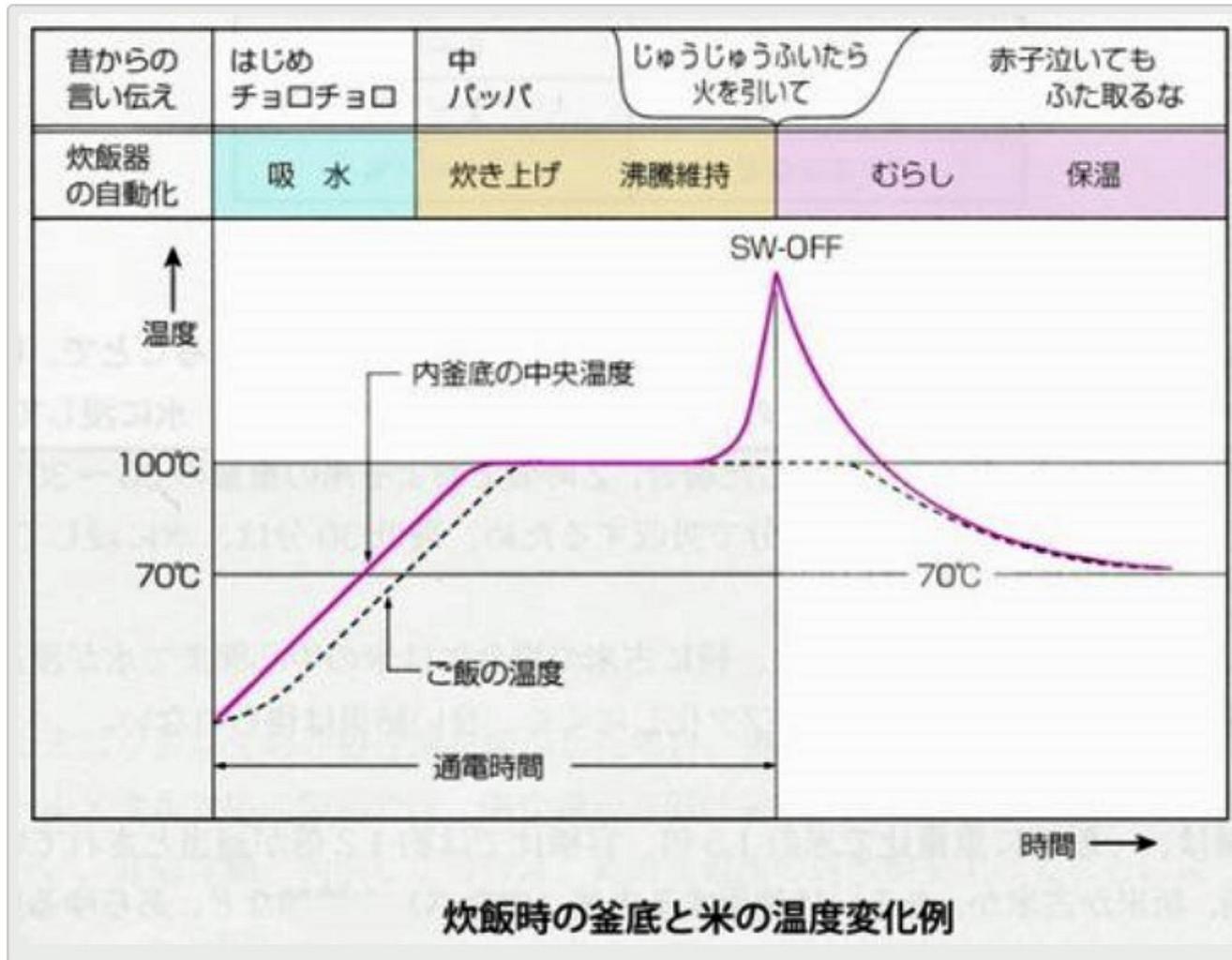
圧力式IHジャー炊飯器の構造例



炊飯中の米や蓋の温度変化



炊飯時のコメの温度変化の例



ジャー炊飯器

- 炊き上がったご飯を、炊きたてに近い状態に保つように、が必要である。炊飯後自動的に保温に切り替わる保温機構が付いた炊飯器で、長時間(12~30時間前後)保温をする
- 保温時の温度は、ご飯が腐敗したり黄変しない温度であることが条件であり、ジャー炊飯器の保温温度は、日本工業規格によって67°Cから78°Cの範囲に規定されている。
- おいしく炊き上がったご飯も、放置しておくで冷めてまずくなる。
- これは一度 α 化したでんぷんが、再び β でんぷんに戻る老化(β 化)といわれる現象である。老化したでんぷんは体内の消化吸収も悪くなる。
- 冷蔵よりも冷凍したご飯のほうがよい、といわれるのもこのため、冷凍したご飯は α 化したまま凍結するからである。

2019/4/17(水)
易し科学の話

身近な電気品の原理と特徴

電子レンジ、IHヒーター
冷蔵庫、電気釜

おわり