

# 冷蔵庫はなぜ冷える？ その原理は？

1. 冷蔵、冷凍庫の歴史
2. 冷やす原理は
3. 技術の進歩
4. 最新の冷蔵・冷凍庫
5. 特殊な冷蔵庫・冷蔵庫
6. 面白い実験
7. さらに低い温度を作る

吉岡 芳夫

# 冷蔵庫に関する質問 その1

- 冷蔵庫からうなり音が聞こえるのはなぜですか？
  - コンプレッサ（圧縮器）を駆動しているモーターの音です。
- コンプレッサは何をしているのですか？
  - 冷たい空気を作るために、冷媒「フロンガス」圧縮しています。
- ガスを圧縮すると、ガスの温度が上がってしまうのは？
  - その通りです。冷たいガスにするには、圧縮して温度が上がったガスを、外気で常温に冷やしておく必要があります。

# 冷蔵庫に関する質問 その2

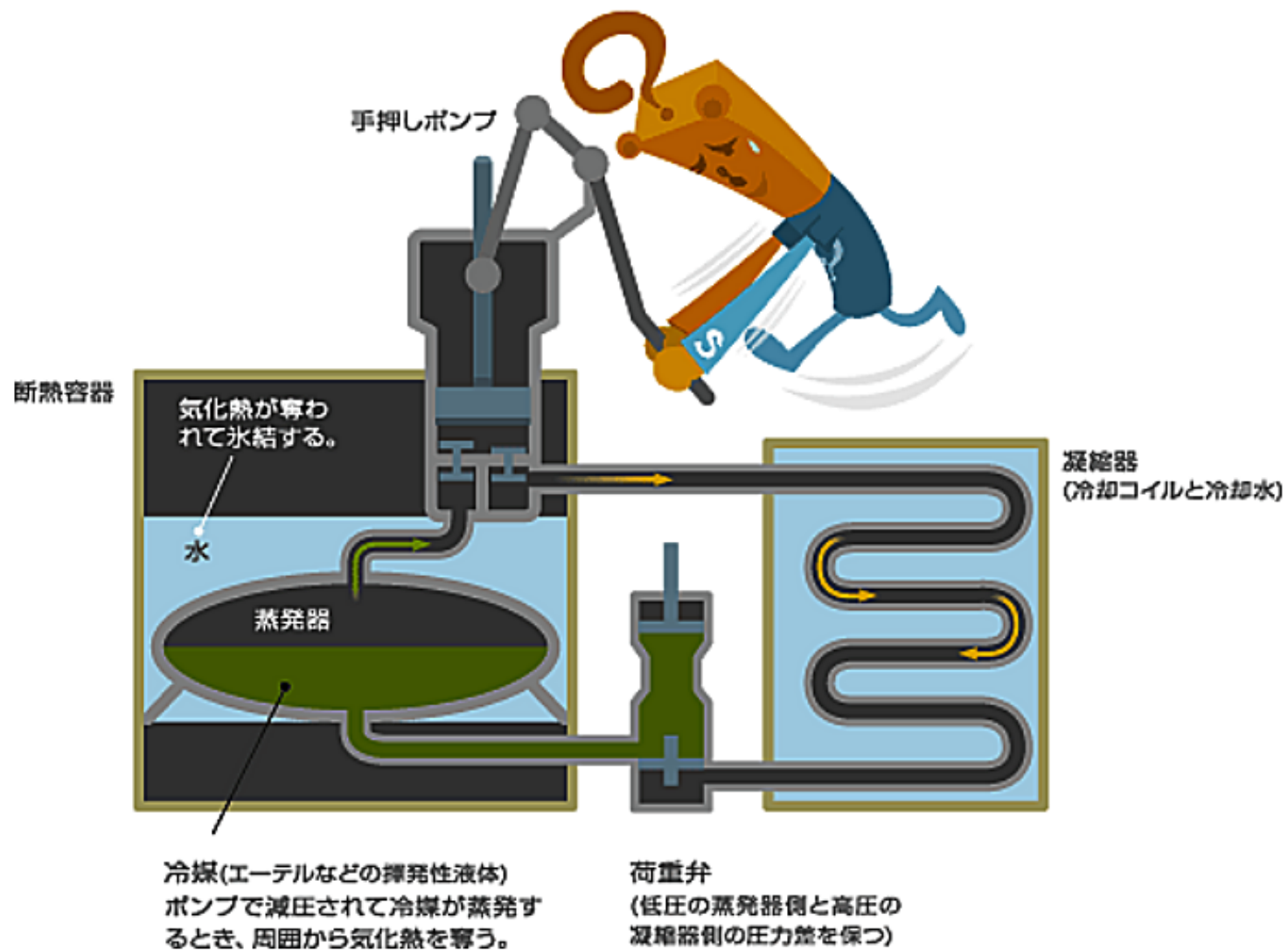
- では、どうやって熱くなったガスを常温に冷やすのですか？
  - 冷蔵庫の背面に、熱くなった冷媒のガスを冷やす放熱パイプが設けられています。
- 冷媒を圧縮すると、なぜ冷たい空気ができるのですか？
  - フロンガスを圧縮すると圧力と温度が高まりますが、それを外気で常温に冷やすと液化します。そして、圧力の高い液化したガスを、圧力の低い空間に放出するとき、ガスの温度が下がります。これをパイプに流し、冷たくなったパイプに空気を送ると、冷たい空気ができます。
- 断熱膨張による温度低下現象です。

# 冷蔵庫の歴史

[冷蔵庫の歴史はいつから？冷蔵庫の昔と今を解説 - Haier Japan Region](#)

- 冷蔵庫の始まりは、1803年アメリカのトマス・ムーアが「氷を利用して冷蔵する道具」を作成し、これを「refrigerator（冷蔵庫）」と名づけたことが始まり。
- 1834年、科学者ジェイコブ・パーキンスが圧縮型の製氷機を作り、正式に特許を取得。
- この製氷機が冷蔵庫の前身となり、このパーキンスの発明以降、様々な研究者が試行錯誤しながら冷蔵庫を開発。
- 1918年、アメリカのケルビネーター社が家庭用の電気冷蔵庫を開発し、アメリカ内の上流階級を中心に一般家庭に普及。

## パーキンスが考案したガス圧縮方式の製氷機(冷凍機)



# 日本の電気冷蔵庫の歴史

- 最初は、海外からの輸入だった。
- 1923(大正12)年、米国GE社（ゼネラル・エレクトリック）の電気冷蔵庫が初めて輸入された。
- 国産初の家庭用電気冷蔵庫は、1930年。
- しかし、大きい音、複雑な構造で故障しやすく、普及しなかった。
- 長い間、「氷式冷蔵庫」とアンモニアを蒸発させて冷却を行なう「ガス冷蔵庫」が使われてきた。

# 氷冷蔵庫

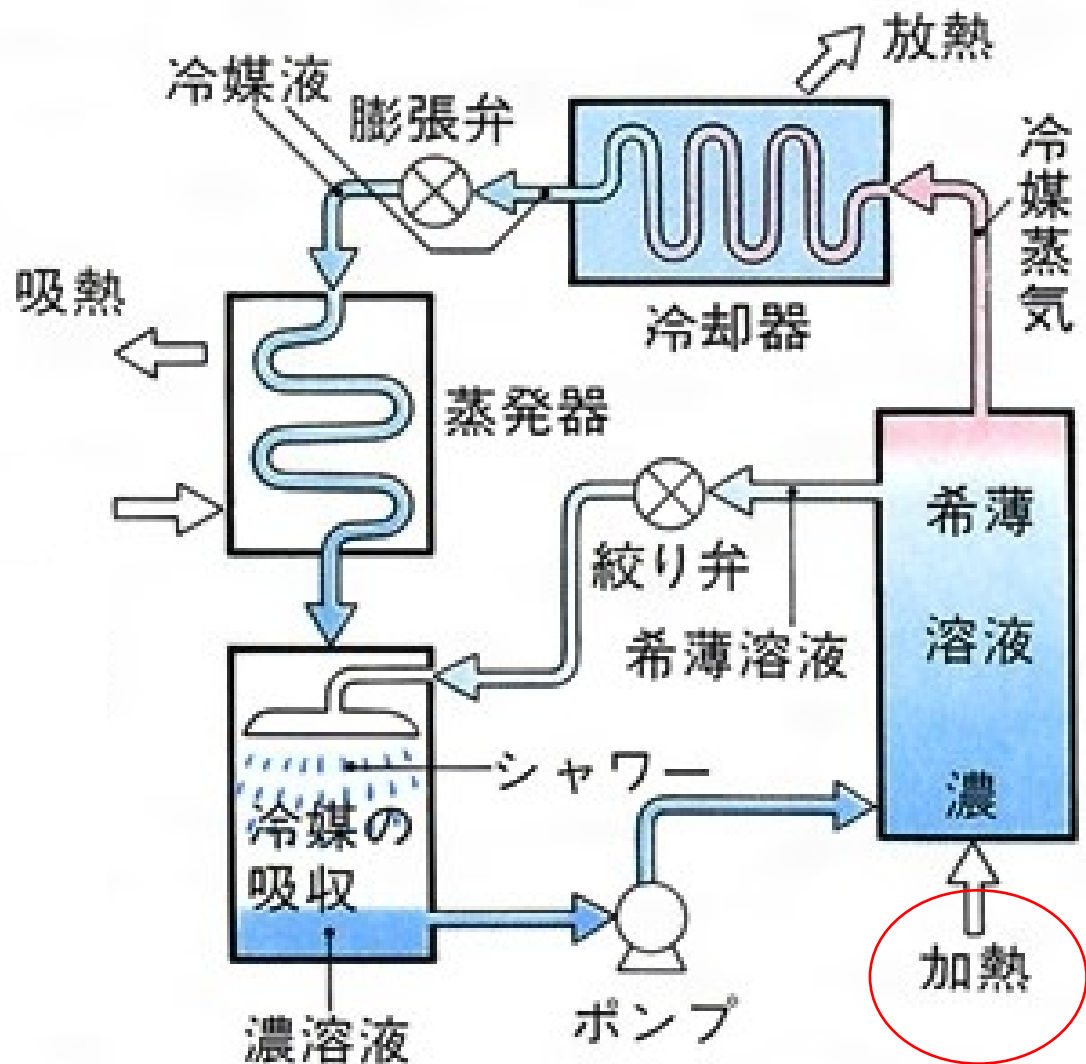


電気冷蔵庫が普及する前に使われていた氷冷蔵庫です。

日本には明治初頭にアンモニアを冷媒とする製氷機が渡来した。

明治半ばになると、製氷工場も各地に建設され、夏でも氷が入手できるようになった。

## 吸収式冷凍機



モーターで動かす圧縮機を使わず、**アンモニア水を加熱して、蒸発させる**冷凍法。

この方式では、マイナス10°C前後が冷却温度の限界だった。



## 電気冷蔵庫が爆発的に普及していくのは高度経済成長期

- 1950年代後半、高度経済成長期に入った日本では天皇家に伝わる三種の宝物になぞらえ、**三種の神器**と呼ばれる生活家電（白黒テレビ、電気洗濯機、電気冷蔵庫）が国民の憧れに。
- 高度経済成長による生活の豊かさもあり、三種の神器のなかでは遅いながらも、**電気冷蔵庫は爆発的に普及**していった。
- 冷凍機能を持たない氷式はこの頃に姿を消した。
- 食材が乾燥しない利点があったので、ごく一部の飲食店で氷式は使用されたが、レトロ趣味的な需要があるのみとなっていった。

# 冷凍庫付き冷蔵庫

- 1962年にはフリーザー付きの冷凍冷蔵庫が発売され、冷凍食品が家庭でも保存できるようになった。まだ1ドアタイプだったが、自動霜取りなど、便利な機能が付いた冷蔵庫も売り出された。
- この冷凍庫付きの冷蔵庫の誕生を契機として、食品会社は冷凍食品に力を入れたので、冷凍機能付きの冷蔵庫は一般家庭での普及率が高まった。
- 1965年には、日本国内での冷蔵庫の普及率は約50%まで成長した。

自動霜取り機能付きの2ドア式冷凍冷蔵庫が普及した1970年代、マルチドア化した1990年代

- **冷凍食品の普及**を促してライフスタイルが変化。
- 一方、冷却速度の遅いガス冷蔵庫は電気冷蔵庫に劣り、冷凍食品はマイナス18°C以下の温度で保存することを前提としていたため、マイナス10°C前後が冷却温度の限界だった当時のガス冷蔵庫は冷凍食品の普及に対応できなかった。
- 1980,90年代からは**マルチドア化**して野菜室、製氷機、チルド室（氷温室）などを備えたり、脱臭や急速冷凍などの付加機能が多様化し、各社がアイデアを競っていった。

# 霜取りの方法

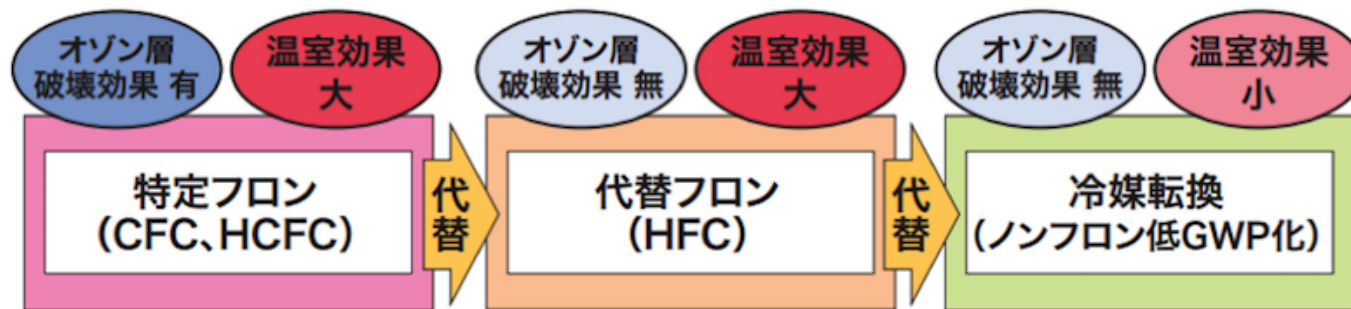
[冷蔵庫の霜取りの方法 | タオル1枚で簡単に霜が取れる  
\(meetsmore.com\)](#)

[冷蔵庫が霜取りを自動でする仕組みは実はとてもシンプルだった！ \(yurari-men.com\)](#)

[日立評論1963年5月号:冷蔵庫の全自動霜取方式  
\(hitachihyoron.com\)](#)

# 2000年から今日まで

- 2000年代に入ると断熱材の進歩で壁厚を薄くした、従来よりも小型・大容量なタイプが登場。
- 最近では400L以上の大型機でフレンチドアと呼ばれる観音開きタイプが主流になり、同等の容量・機能の片開き機種も開発された。
- また、20世紀に広く普及した冷蔵庫は、可燃性や安全性などの事情で冷媒や断熱材の発泡にフロンを利用していたが、このフロンの放出が深刻な環境破壊に繋がるとして問題視された。



# 最新の冷蔵庫のいいところ

- 大容量で収納力抜群 & 省スペース
  - 棚スペースやドアポケット、卵ケースなど、様々な収納の工夫が進み、限られたキッチンスペースに対応の**省スペース設計**が多い。
- 鮮度長持ち & 使いやすい
  - **野菜室やチルド・パーシャルルームが充実**。湿度保持・細かな温度制御・除菌機能など、多くの工夫で食品の鮮度をキープする。
- 熱いままでも冷凍OK
  - 急速冷凍機能により、冷ます手間いらず。**熱々のご飯や作りたて料理をそのまま冷凍**できる。

# ネットワークに接続した冷蔵庫で食材管理

- 食材の種類、量、賞味期限を、食品を出し入れするごとに入力しておくことで、専用ホーム端末や携帯電話で入力した食材の情報を確認することができる。
- 冷蔵庫内のセンサーがドアポケットのペットボトルの在庫状況を自動検知し、在庫食材や家族の健康状況などを入力しておくことで、おすすめのメニューを紹介して、その料理に必要な食材を知らせてくれる。

## 冷蔵庫カメラ搭載

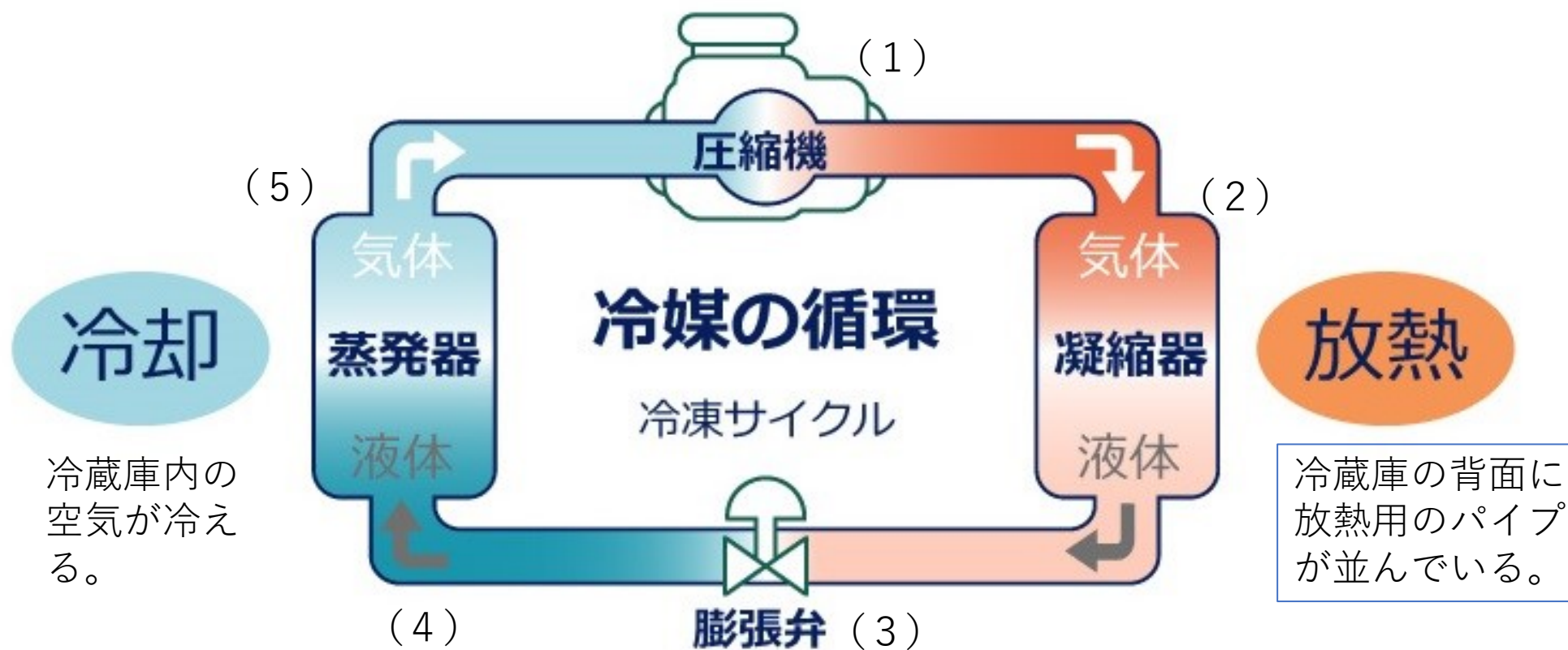
[KXCCタイプ R-KXCC50S : 冷蔵庫 : 日立の家電品 \(hitachi.co.jp\)](http://hitachi.co.jp)

# 冷蔵、冷凍の原理 技術の進歩

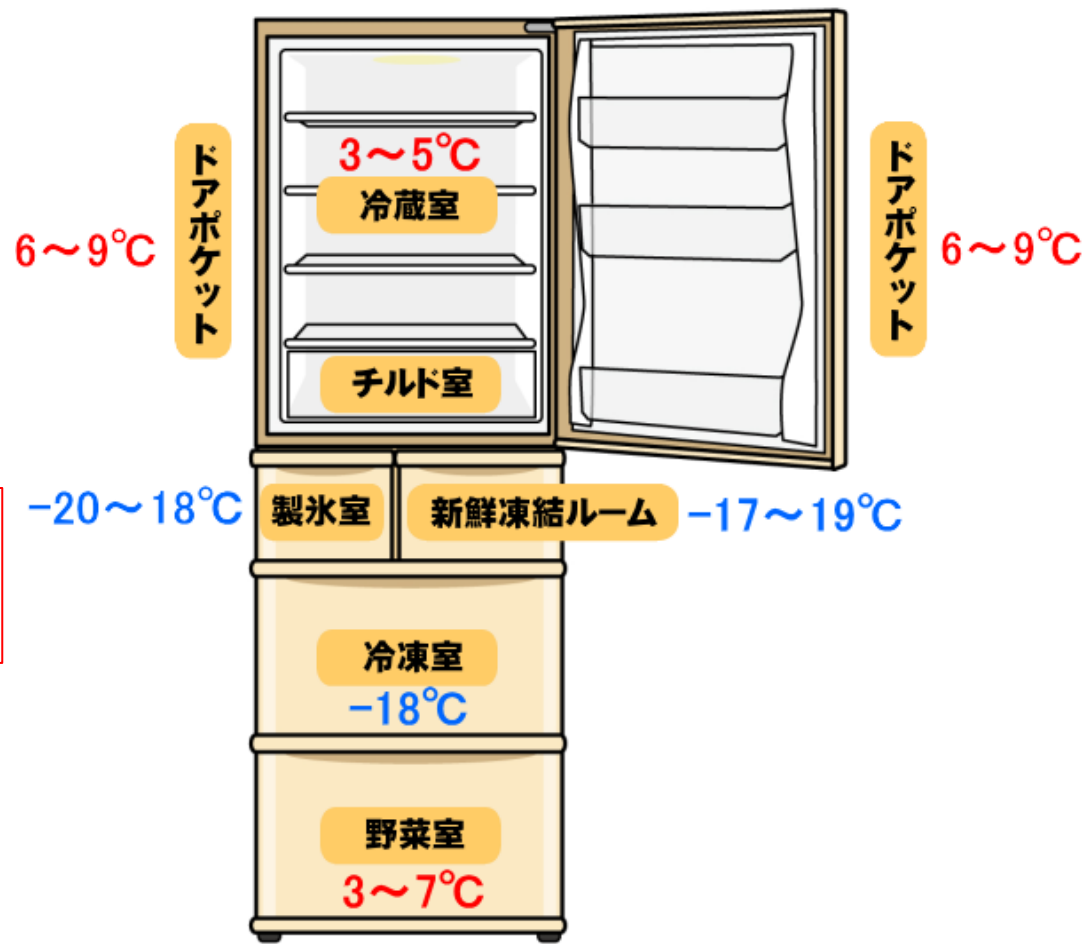
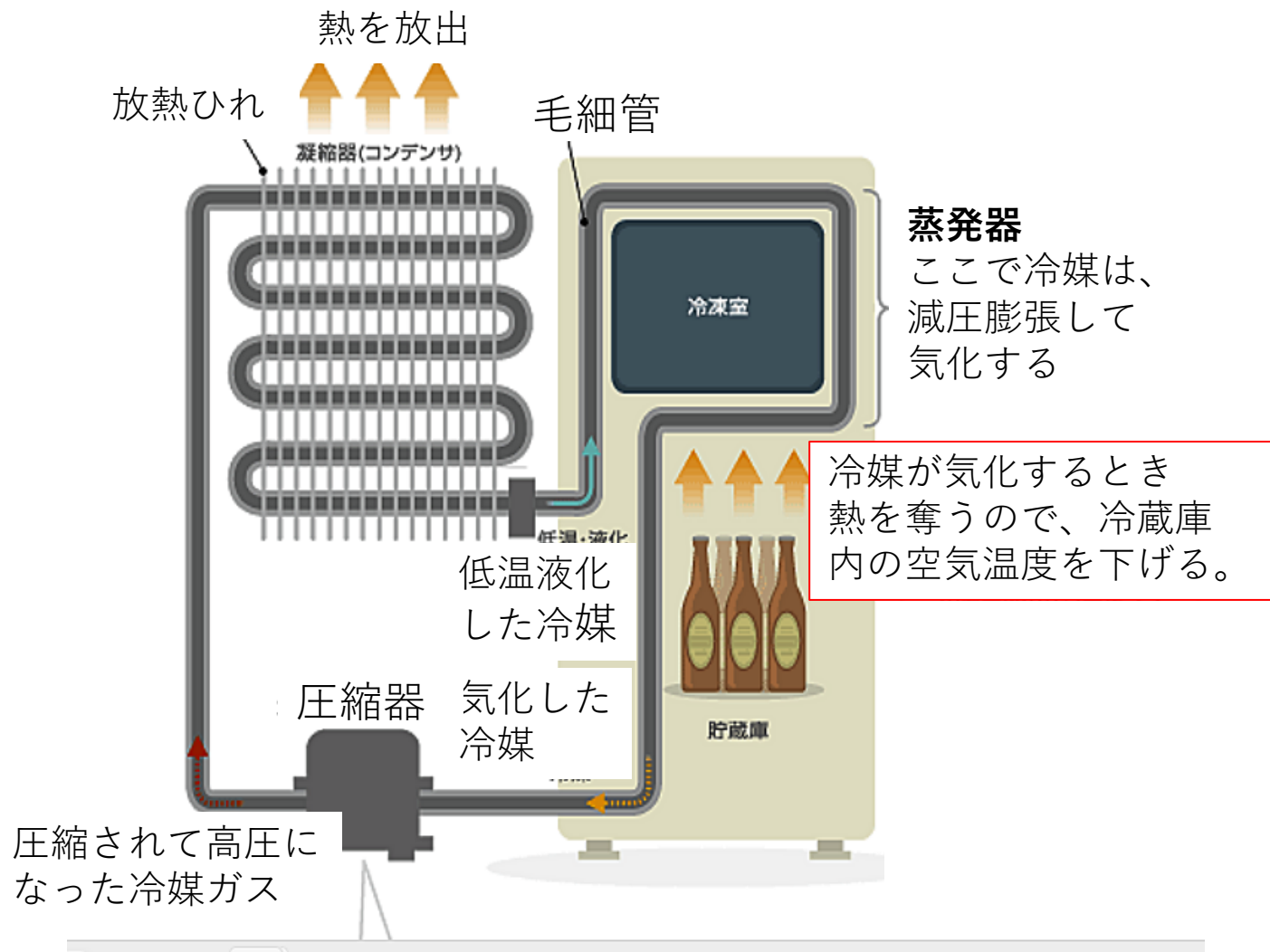


# 冷気を作る原理は、断熱膨張が主

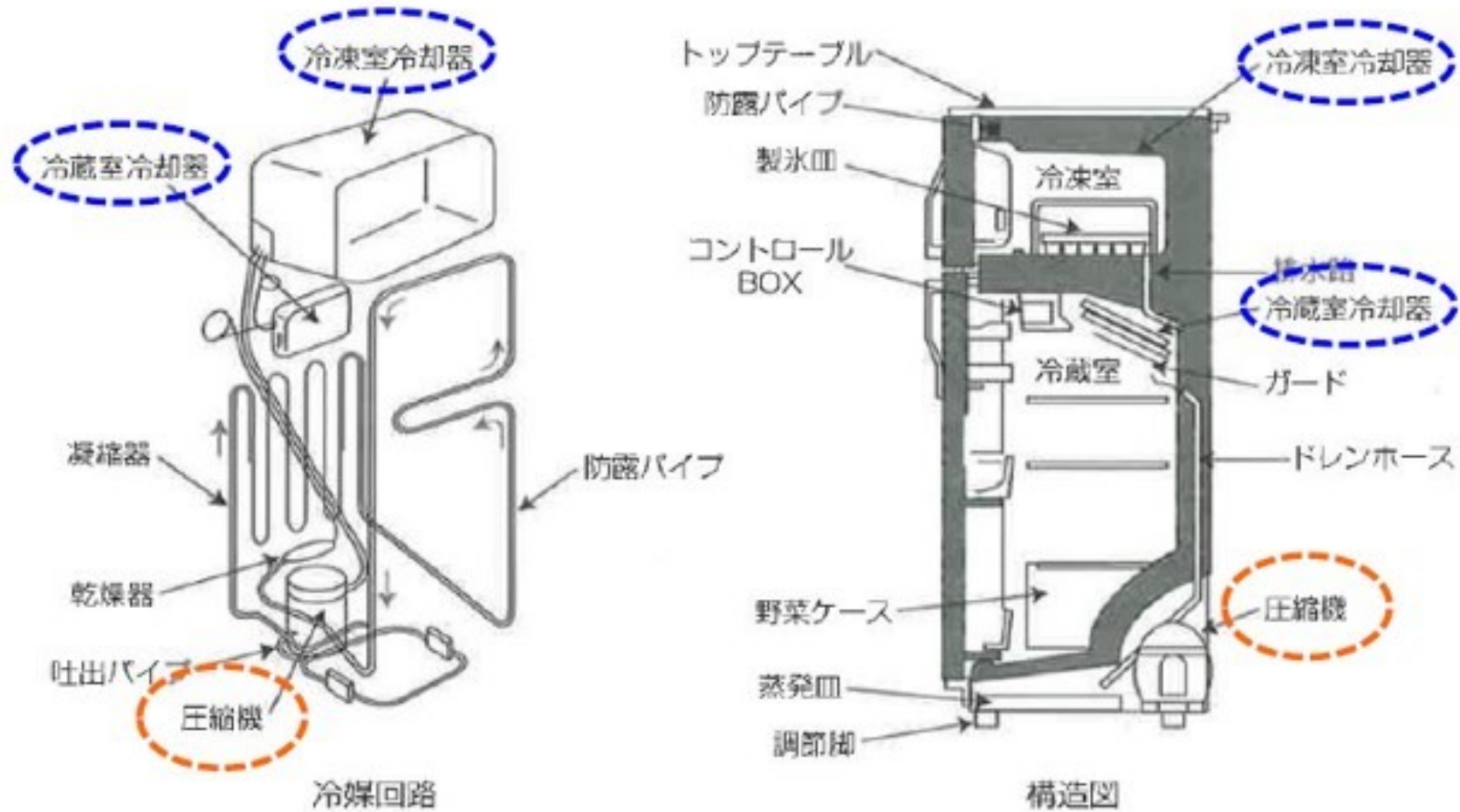
(1) 冷媒（フロンガス）を圧縮して高圧力の液体にする。(2) 温度が上がるので高圧液体のまま外気で冷やす（凝縮器）。(3) 膨張弁で、圧力の低い蒸発器に噴出させ、液滴の混じった低温のガス（冷媒）にする。(4) 液滴がガスになるときにさらに温度が下がる（蒸発器）。(5) この低温の冷媒ガスをパイプに通して、冷蔵庫内の空気に触れさせて、空気温度を下げる（冷却）。その結果、ガス状の冷媒の温度が上がる。(1)に戻って、それを圧縮して高圧力の液体にする。このサイクルを続ける。



# 電気冷蔵庫のしくみとインバータの基本回路



# 冷蔵庫の構造



直冷式冷蔵庫の構造 (例)

# 冷蔵庫の技術進歩（1）

圧縮機を動かすモーターは、インバーターの出力で動かす。

インバータは、電力の周波数を任意に変えることができる装置で、これを使えばモーターの回転数を変化させることができる。

このため、圧縮機の働きを加減でき、冷気を作る量を調整できる。

扉の開閉や、庫内・周辺温度に適した状態で、冷え具合を効率良く制御し、省エネ効果を発揮する。

（昔は、モーターは一定回転だったので、何度もスイッチを入れたり切ったりしていた。）

## 冷蔵庫の技術進歩（2）

### 自動省エネ （節電運転）

長時間扉の開閉がない時、室内が暗くなった時など自動的に省エネ（節電）運転に切り替え、通常運転と比較して消費電力を低減させる。

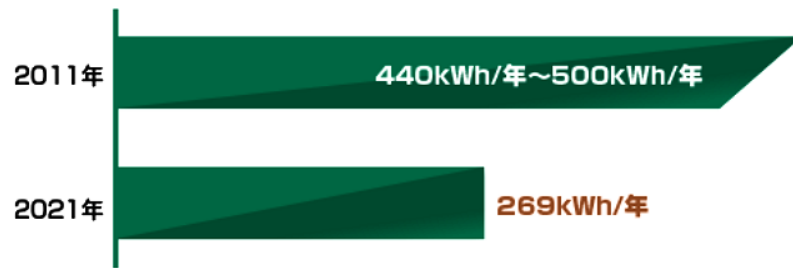
### 断熱材

高性能断熱材を使うと、外からの熱の侵入を減らせるので省エネになる。

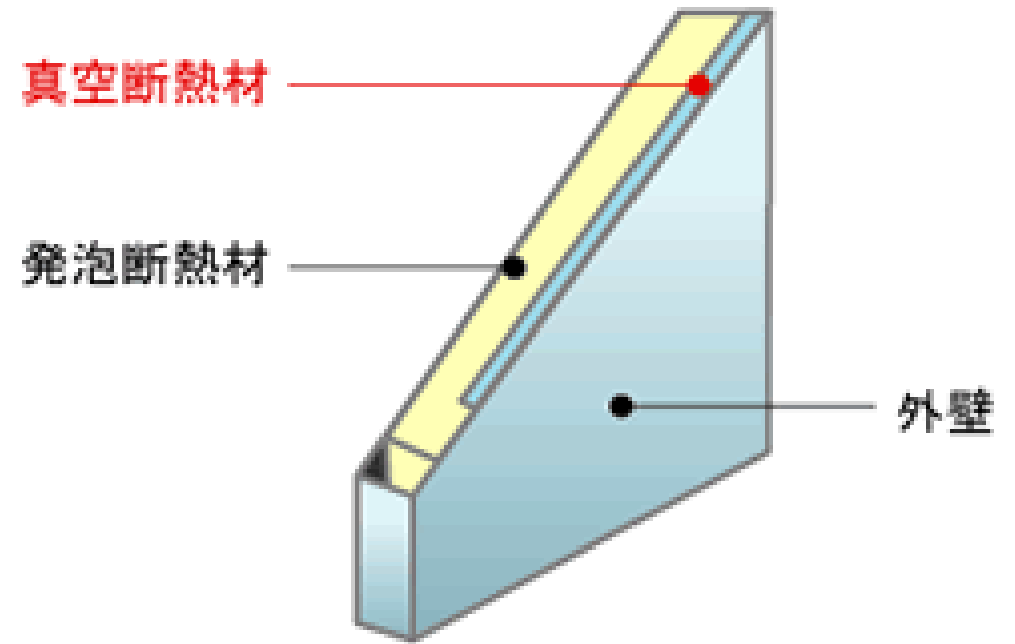
真空断熱材を使うと、熱を通す能力（熱伝導率）が、以前のウレタンに比べ約10分の1になる。

# 最新の冷蔵庫は、省エネ技術の進歩により省エネ性能が高くなっている

401L~450L  
(年間消費電力量)



年間電気代  
**約5,300円~約7,160円**  
おトク!



[冷蔵庫の進化した省エネ技術と技術トレンド | 省エネ家電で温暖化防止 | 省エネ家電 de スマートライフ - 温暖化の影響と防止 - \(一般財団法人 家電製品協会\) \(shouene-kaden2.net\)](http://shouene-kaden2.net)

## 10年前の冷蔵庫と最新冷蔵庫の機能比較表

要素		10年前の冷蔵庫	最新冷蔵庫
主流の容量		400Lクラス以上が主流に	<b>500L以上が主流で600Lクラス以上も</b>
鮮度保持	冷蔵室	冷風で乾燥した庫内	<b>湿度を保持する</b> 工夫をしたタイプもあり
	野菜室	ラップ包装必要	ラップ包装不要 <b>高湿保存、栄養素アップのタイプも</b> <b>エチレンガスを減らせる工夫がある</b>
	冷凍室	急冷機能	急冷機能だけでなく、様々な <b>冷凍保存機能</b>
	特定低温室	チルドが主流	チルドや <b>氷温、パーシャルなど</b> 様々な温度帯で生鮮食品の鮮度長持ち



使い勝手	製氷	自動製氷機能がほぼ定着	自動製氷機能は標準装備 <b>洗える部品が多くなりより清潔に</b> <b>ミネラルウォーター使用可能</b> <b>独立製氷室も標準化</b>
	貯蔵室	引き出し式の冷凍室が定着	引き出し式冷凍室が標準も、様々な形態と <b>レイアウト、温度が切り替えられる</b> 小部屋がついているタイプも
	収納性	大型化は進むけれど・・・ 収納する大きさや量は限られていた	食品の形態や使用状況に合わせて、 <b>棚やポケットの位置を変更可能</b> <b>大量収納でも、ドアの開け閉めは軽々！</b>



デザイン	形態	6ドアも定着し、 観音開きが主流に	6ドアの観音開きタイプが主流 ガラス棚が登場しお手入れもしやすく <b>多様なレイアウトや形態が選べる</b>
	外装	鋼板タイプが主流	<b>ガラスタイプ</b> が多くなってきている 高光沢ドア・柄・ストライプなど <b>高級家具並みの 質感</b>

※ 上記に記載した内容は各社冷蔵庫の仕様や搭載機能の一例です。全ての冷蔵庫に該当しているわけではありません。

出典：一般社団法人 日本電機工業会 ウェブサイト [電気冷蔵庫 10年前機能比較表](#)

# 各社の冷蔵冷凍庫

[大容量冷蔵庫：日立の家電品  
\(hitachi.co.jp\)](#)

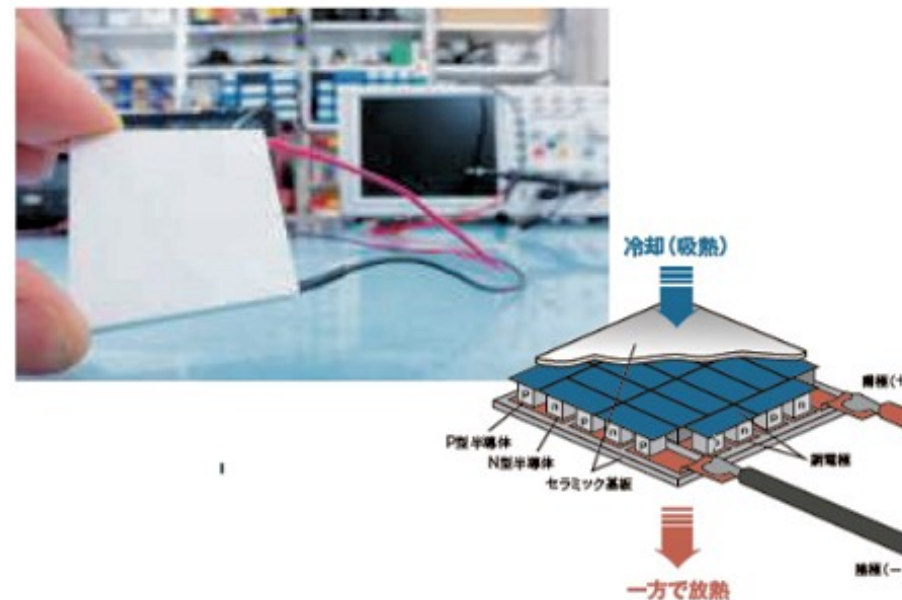
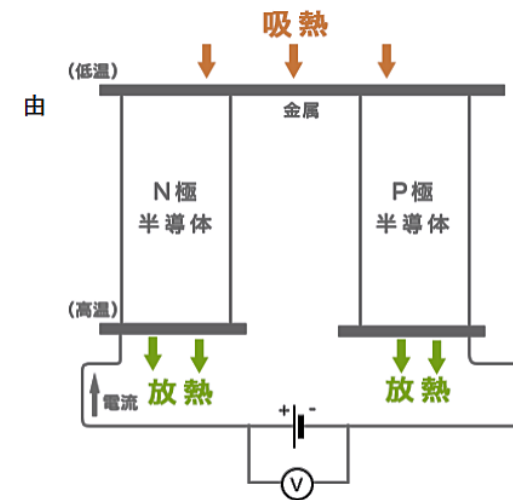
[特長 早わかり！パナソニック冷蔵庫  
| 冷蔵庫 | Panasonic](#)

[冷蔵庫 | 東芝ライフスタイル株式会  
社 \(toshiba-lifestyle.com\)](#)

[三菱電機 冷蔵庫  
\(mitsubishielectric.co.jp\)](#)

# 半導体のペルチェ効果を

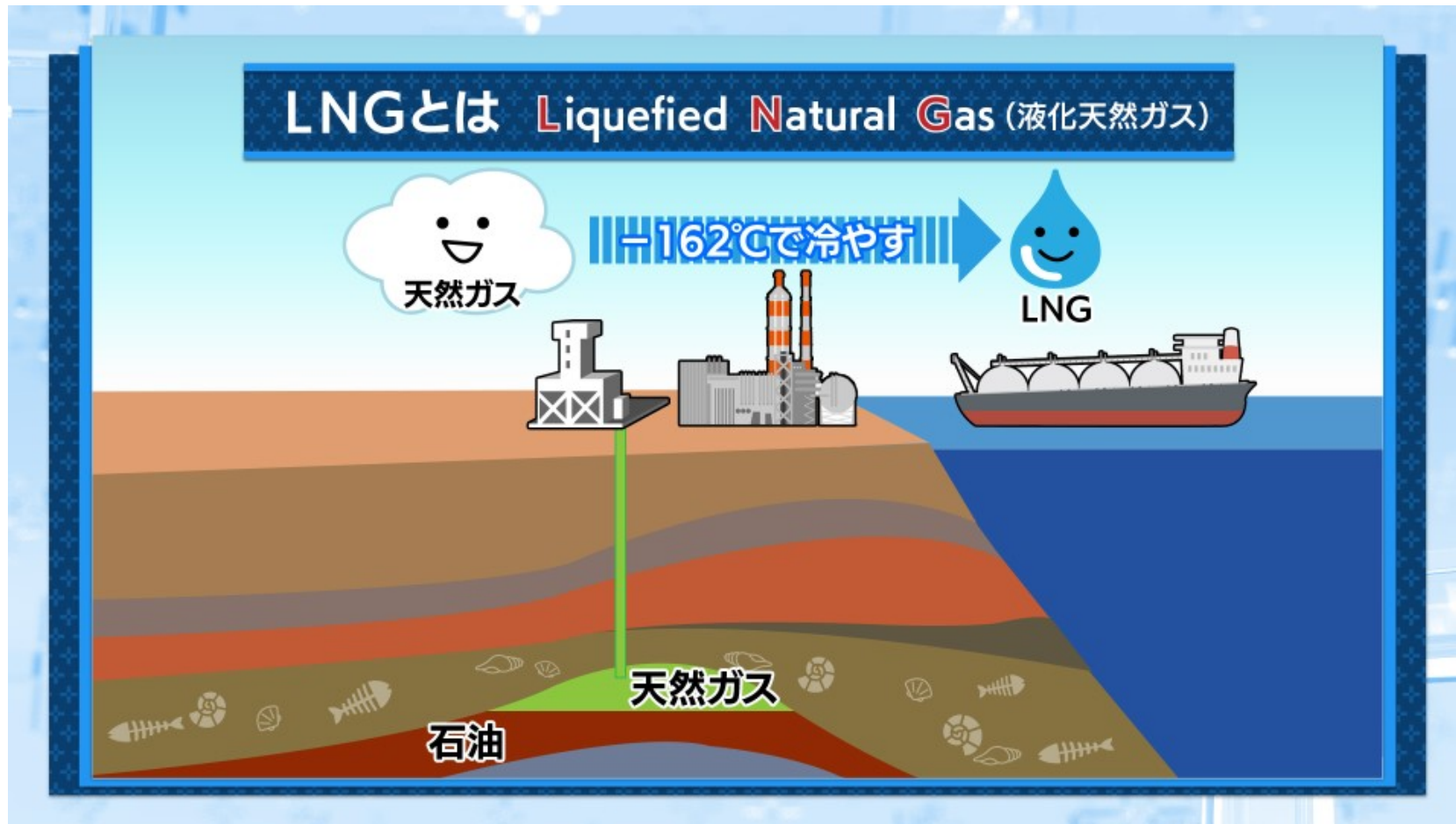
使った冷蔵庫 モーターを使わないので静粛



[ペルチェ式の業務用小型冷蔵庫 ホテル・病院・店舗 | 株式会社ジーマックス \(z-max.jp\)](http://z-max.jp)

# LNGとは？

マイナス162度の液体。燃焼時のCO<sub>2</sub> ガスの発生が少ない。

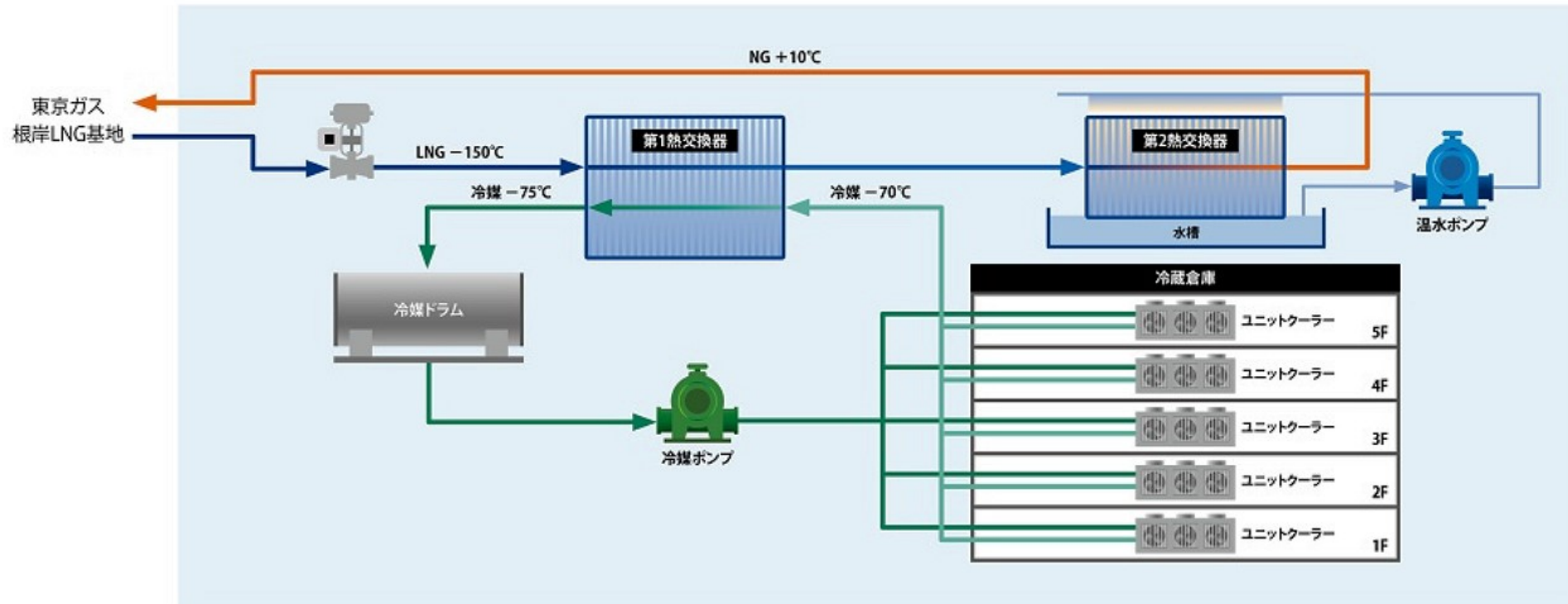


ガスを、ごく低温で液化して、タンカーで運ぶ。

発電所では、水をかけてLNGをガス化し、ボイラーで燃焼させる。

# LNGの冷熱を利用した冷凍庫

## 冷熱利用システム概要

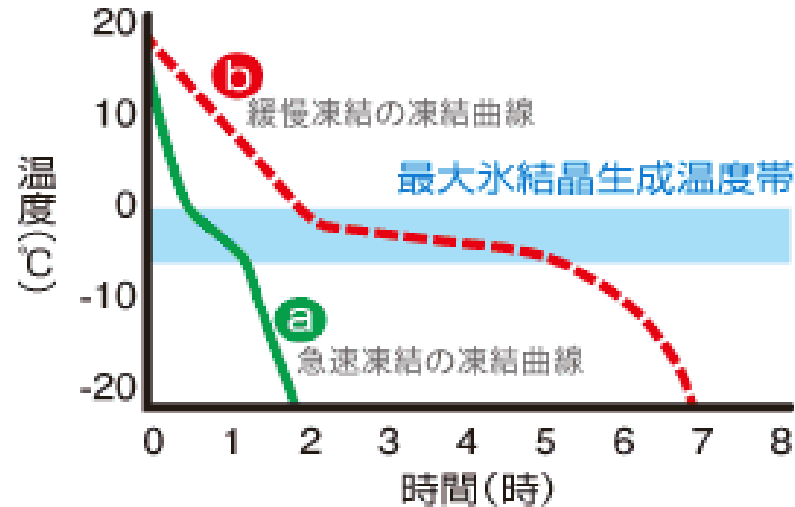


発電用のLNG 燃料の冷熱を利用。安価、一定温度、静かといった利点がある。

# 急速冷凍の効果

肉の中で水分が凍ってできる氷の結晶を小さくできる。

図 急速凍結並びに緩慢凍結の凍結曲線の比較

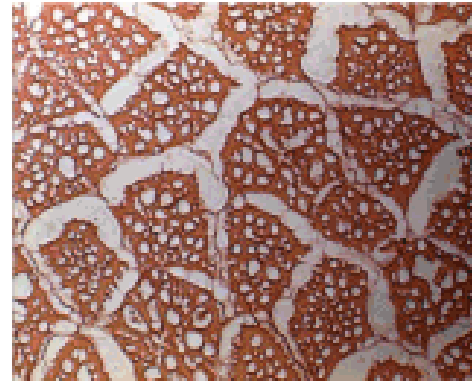


① 冷凍前の細胞



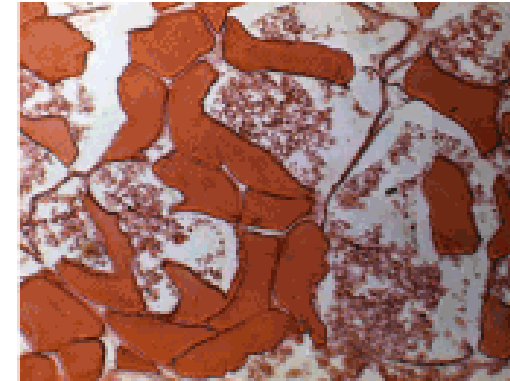
正常な組織。

② 急速凍結した細胞



凍結すると組織内に小さな氷の結晶が発生し、組織の損なわれ方が少ない。

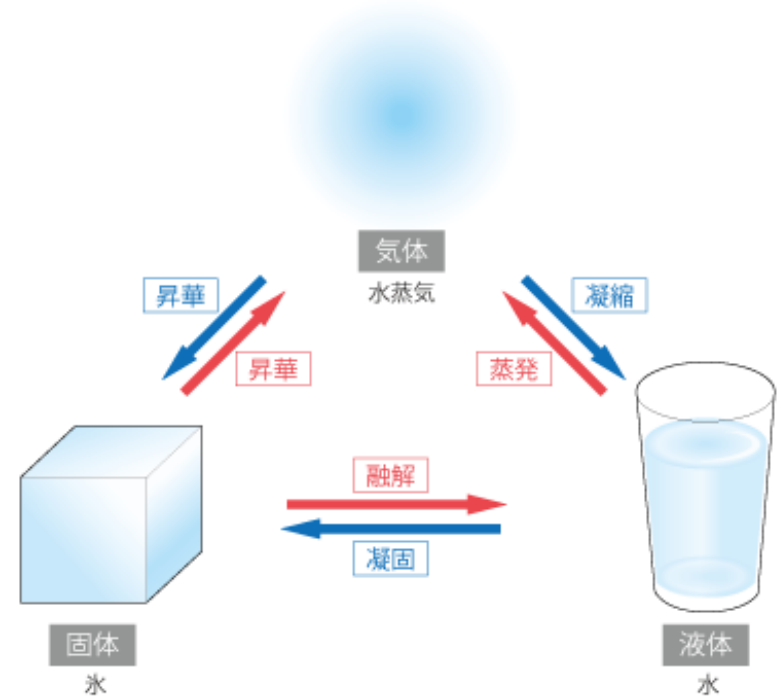
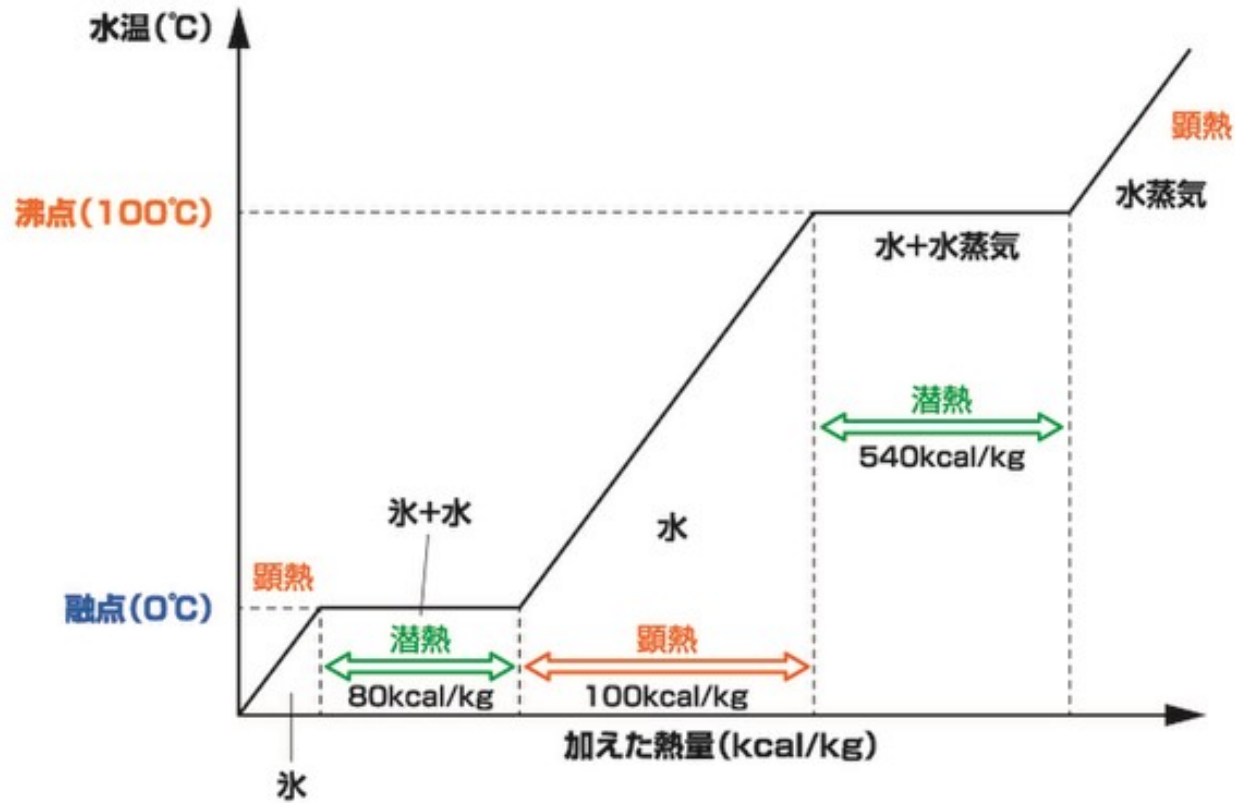
③ 緩慢凍結した細胞



氷の結晶が大きいため、組織が損なわれている。

# 物質の状態変化

水の状態変化と必要熱量



面白い実験



# ドライアイスを作ること

[ドライアイスを作る方法: 13 ステップ \(画像あり\) - wikiHow](#)

炭酸ガス消火器を使って、簡単にドライアイスは作ることができる。

YPシステム 消棒miny 簡易消火具  
bt0447

通常価格 (税込)

**5,170 円**



27,500円



CO<sub>2</sub>  
消火器

5型

通気性の良い袋に、炭酸ガス消火器のガスを放出すると、ドライアイスができる。



ドライアイスの温度は、  
マイナス 78.5 度

水に入れると、炭酸水ができるが、飲用することは、  
薦められない。

クーラーボックスに入れて  
使う場合は、まず冷たい食  
べ物をクーラーボックスに  
入れ、次にドライアイスを入  
れて蓋を軽く閉める。  
蓋は完全に閉めないこと。



原理は、スプレーするミストの気化熱によって、温度を下げることによる。

製品の成分は、LPガス（プロパン、ブタンなど）とイソペンタンを含む。

プロパンは、沸点が  $-42.09^{\circ}\text{C}$  である

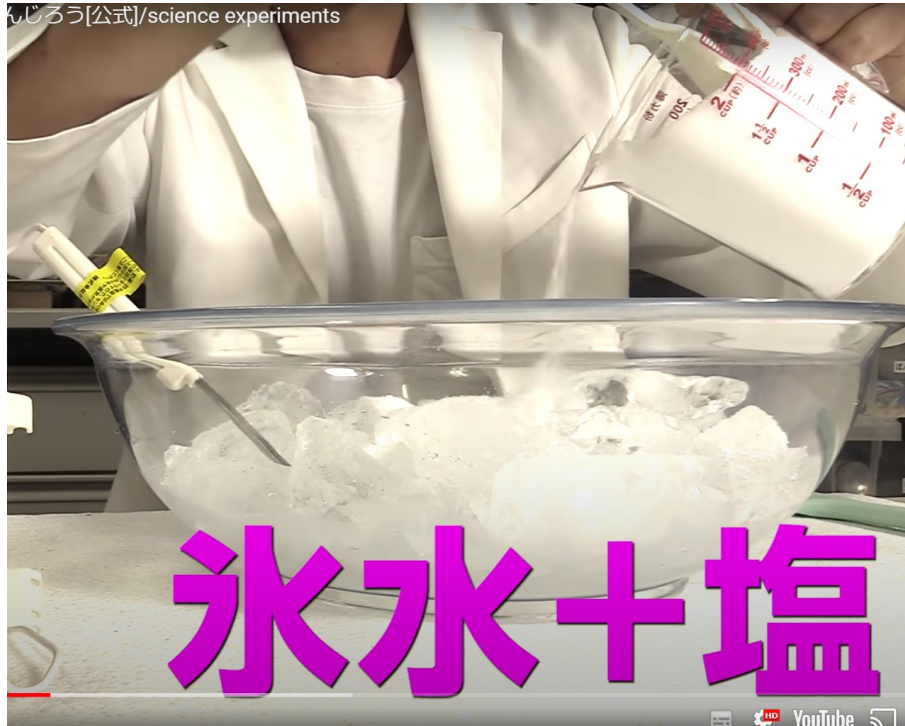
高圧でスプレー缶に詰めた**液化プロパン**はスプレーすれば**瞬時に気化する**。気化の際に**気化熱を奪うため**、**ガスの温度が下がる**。

**降下温度  $-85^{\circ}\text{C}$  で凍らせて瞬殺！**

## 簡単な低温（マイナス19度ほど）の作り方

氷に塩をかける。0度だった氷が解け始める。溶けるとき、周りの水から熱を奪う。

熱を奪われた水は温度が下がってしまう。こうして低温の水ができる。



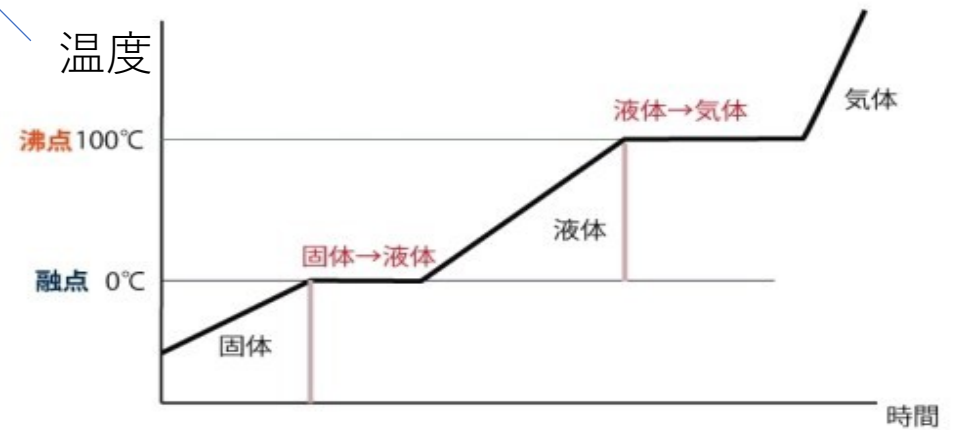
[世界一美しく簡単な実験3 / 米村でんじろう\[公式\]/science experiments - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=...)



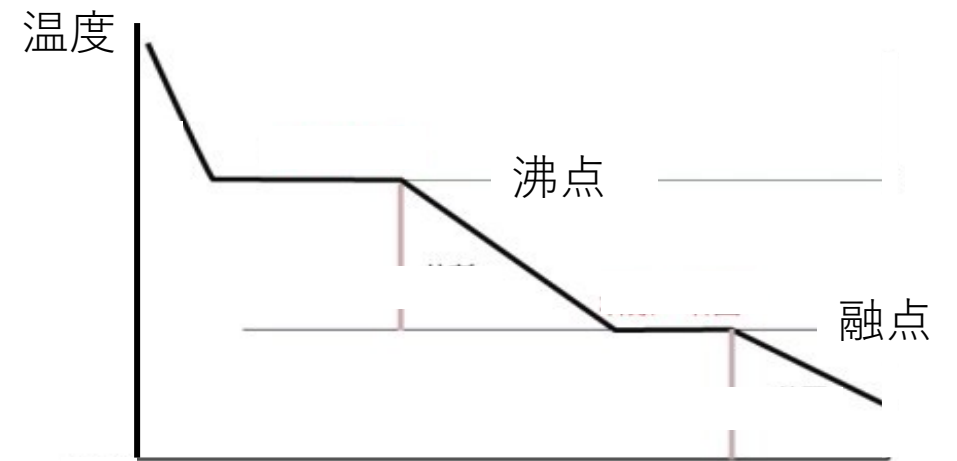
[【98%以上の人説明できない】塩を氷にかけるとなぜ冷えるのか？【検証実験】 Why does salt cool when sprinkled on ice? - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=...)

物質	融点°C	沸点°C	備考
鉄	1535	2750	
金	1064	2807	
水	0	100	
炭酸ガス	-56.6	-78.5	ドライアイス
硫化水素	-86	-61	
塩素	-103	-34	
アンモニア	-116	-34	
メタン	-183	-164	LNGの主成分
一酸化炭素	-205		
窒素	-210	-196	
酸素	-219	-183	
弗素	-223	-188	
水素	-259	-253	
ヘリウム	-272	-269	
絶対温度 0 は	-273		

## 水の場合

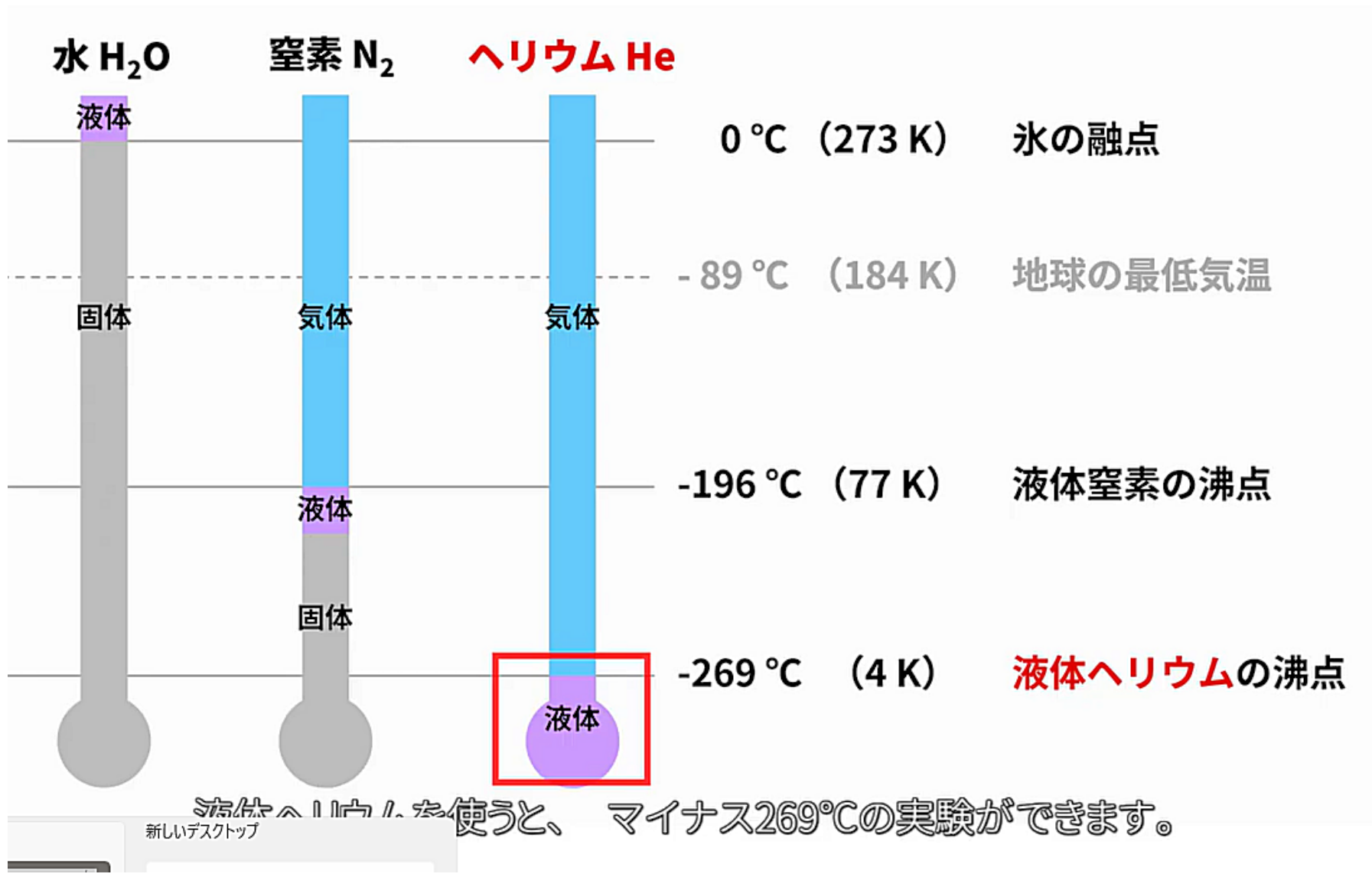


加えるエネルギー



奪う (冷やす) エネルギー

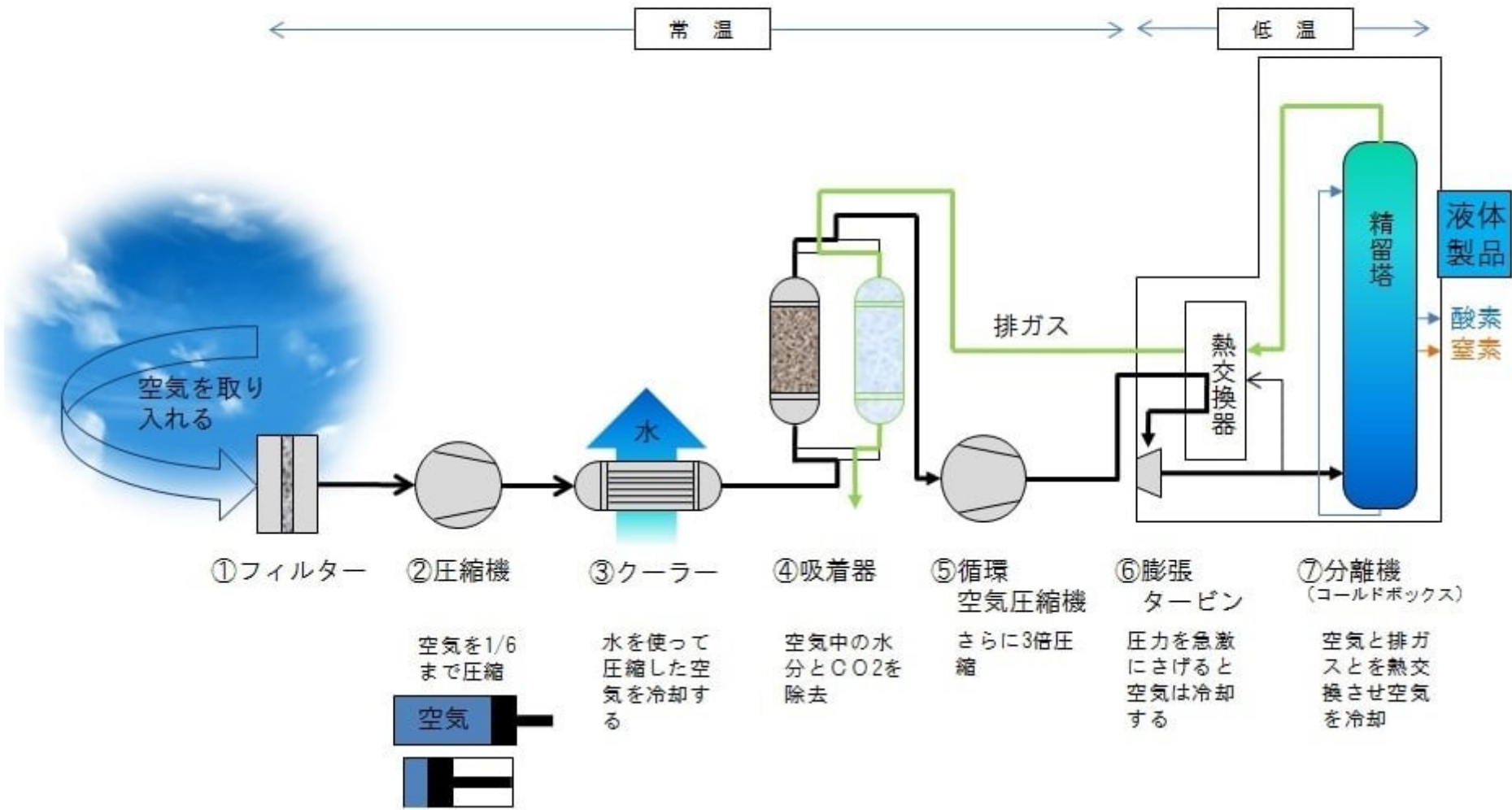




液体ヘリウムを使うと、マイナス269°Cの実験ができます。

空気を液化する

# 酸素・窒素のつくり方 (深冷分離法)





# 液体窒素とはどんなもの？

[-196°Cの液体窒素に手を無理やり突っ込まれた結果・・・ / 米村でんじろう\[公式\]/science experiments - Bing video](#)

[世界一美しく簡単な実験3 / 米村でんじろう\[公式\]/science experiments - Bing video](#)

# ヘリウムガス（絶対温度4度）を液化する方法

## 1. リンデサイクル

ヘリウムガスを高圧(圧縮)にしたのち他の冷媒で50K以下までに冷やしジュール・トムソン膨張させて液化する

## 2. クロードサイクル

圧縮したヘリウムガスを膨張機(ピストンやタービン等)を用いて断熱膨張させ液化する

[液化室パンフレット5 \(u-tokyo.ac.jp\)](http://u-tokyo.ac.jp)

易しい科学の話

2023/2/9 (木)

# 冷蔵庫はなぜ冷える？ その原理は？

おわり

吉岡 芳夫

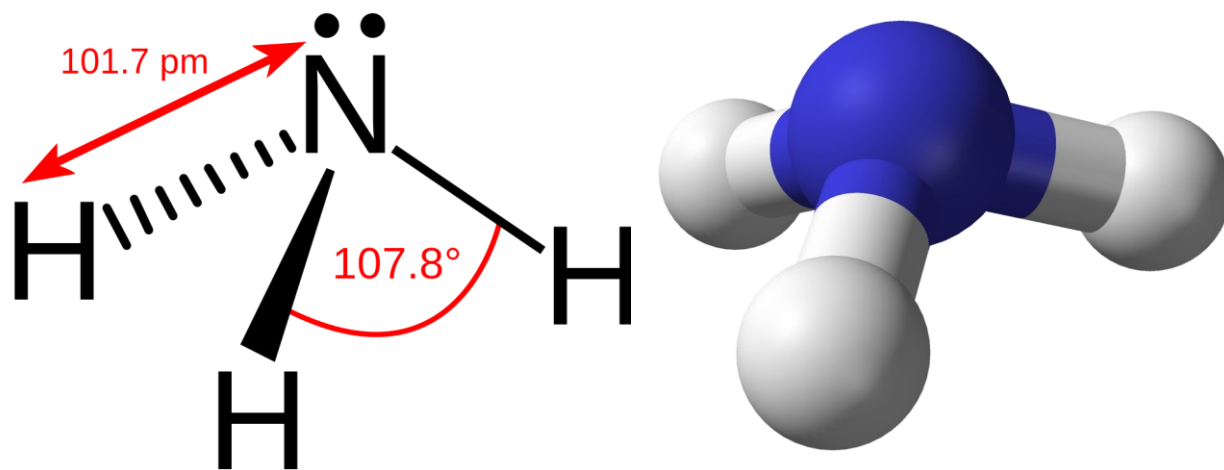
# アンモニアは、分子式が NH<sub>3</sub>

無機化合物で、常圧では無色の気体で、特有の強い刺激臭を持つ。

液体のアンモニアが蒸発するときに、熱を奪う。

この現象は、蒸発熱または気化熱というもの。

(固体や液体が気体に変化する現象を気化という。)



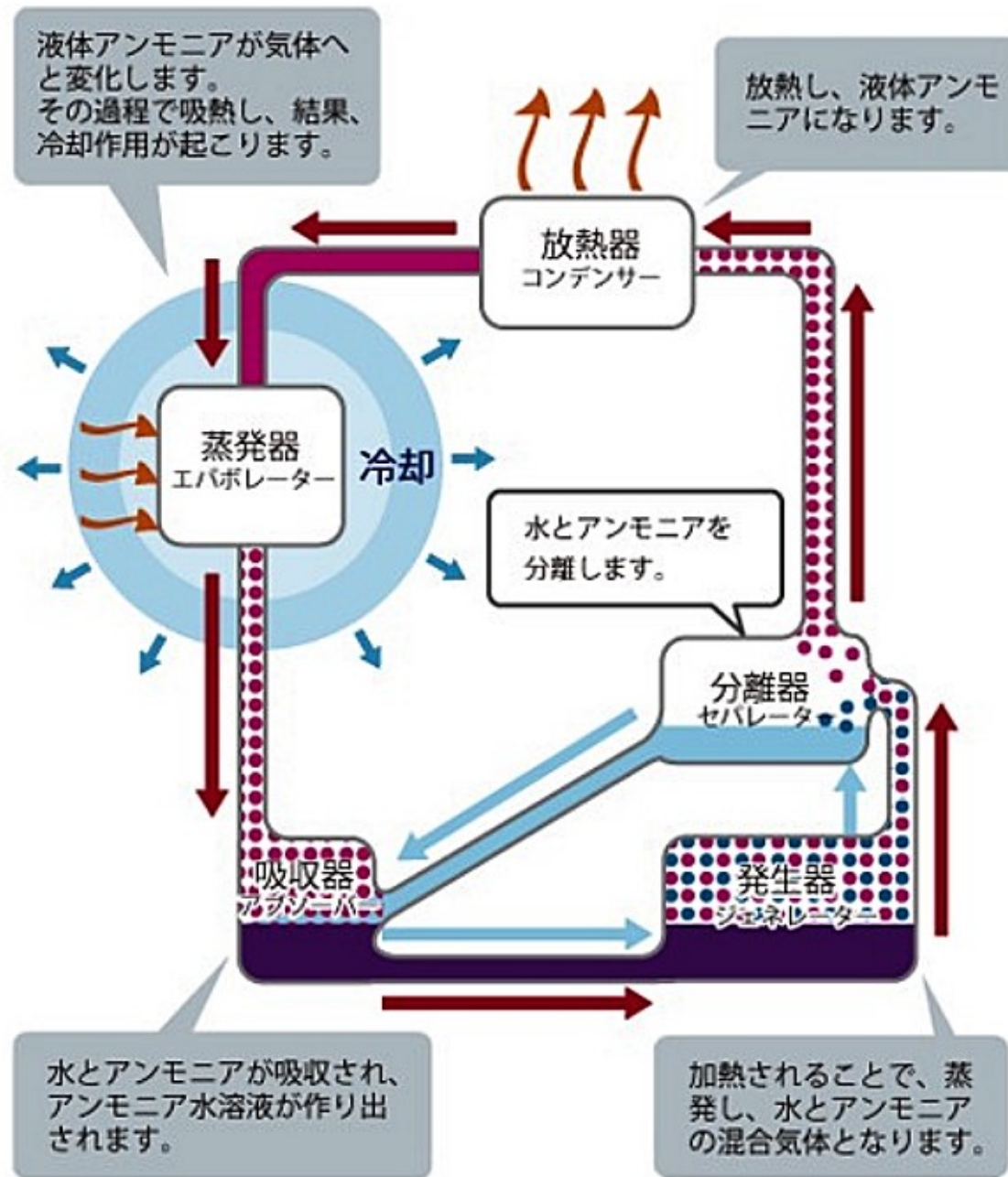
[おしっこ！？アンモニア冷蔵庫とは！？ | ATENARU](#)

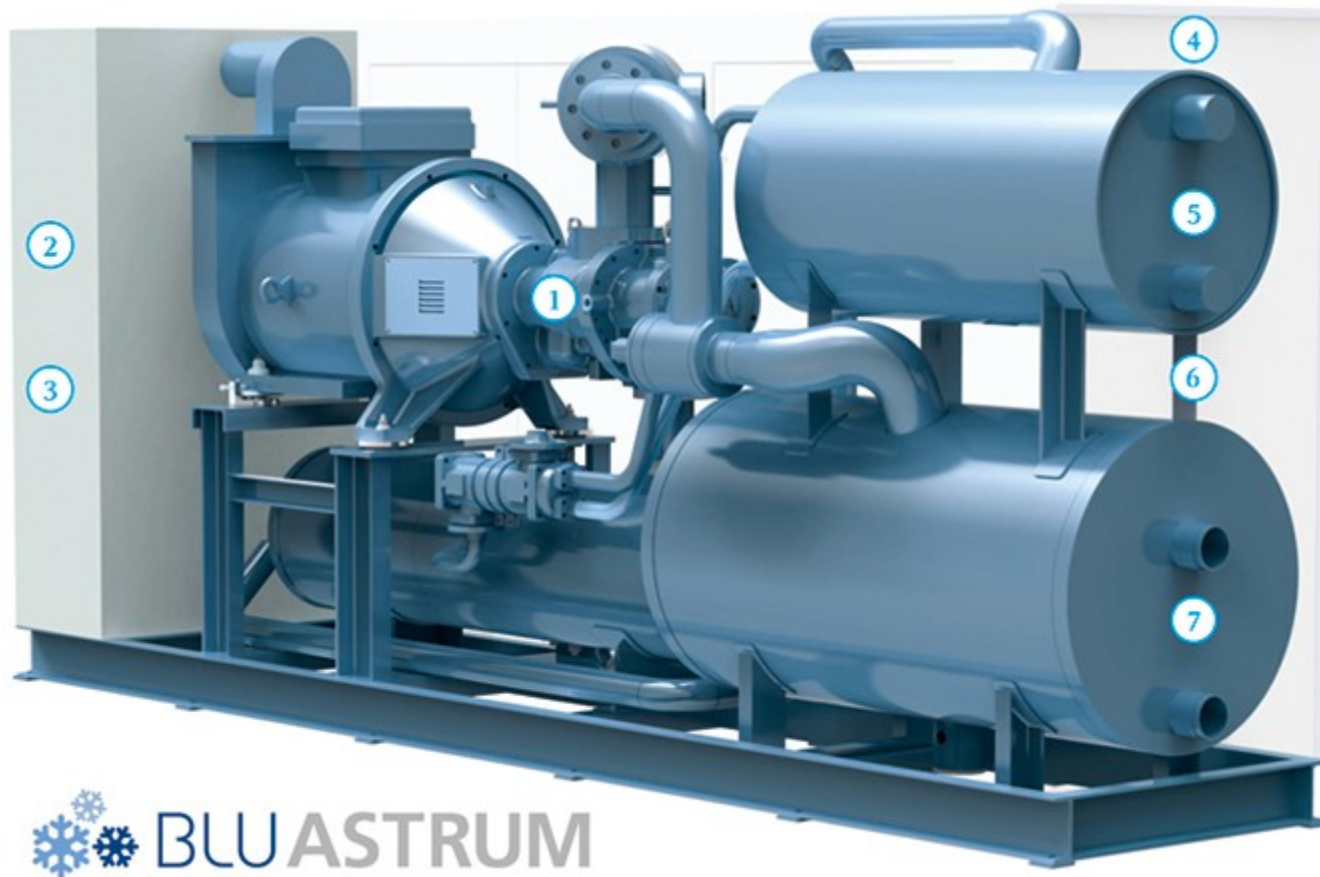
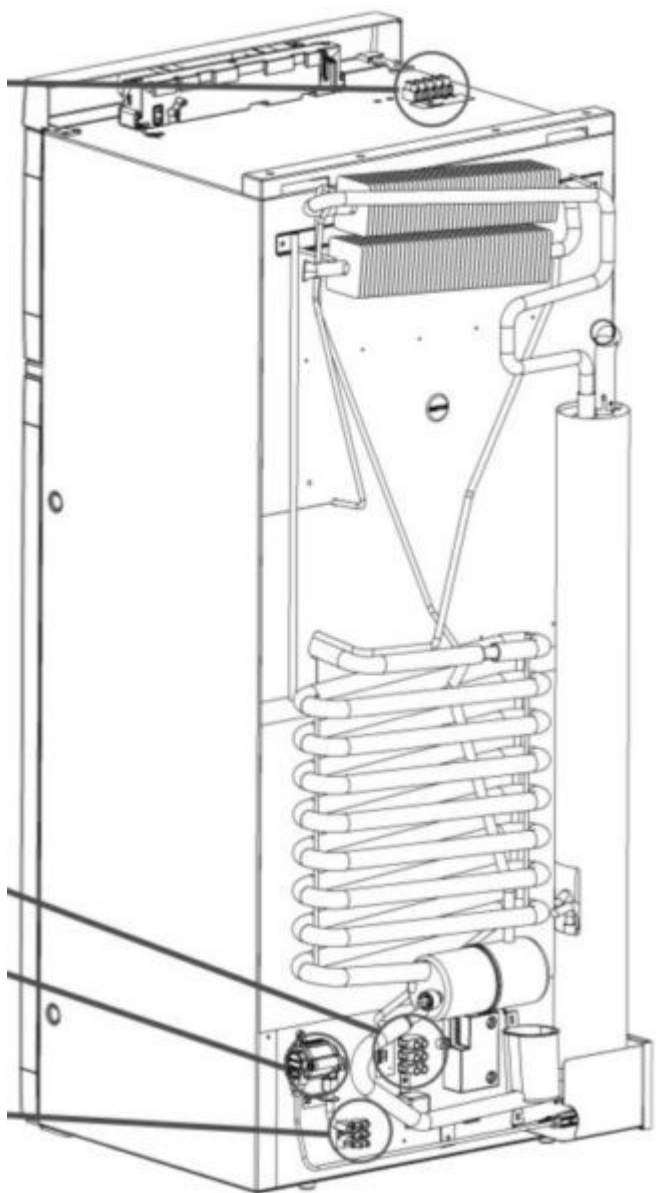
# アンモニア式冷蔵庫

特徴は、モーターでどうする  
圧縮機がないこと。  
だから、うなり音がなく静粛  
な冷蔵庫になる。

原理は、液体が蒸発するとき  
に、熱を奪うこと。

面白いのは、冷蔵庫なのにア  
ンモニア水をヒーターで加熱  
すること。





工業用

[アンモニア 冷媒 冷凍機 - Bing images](#)