

低温技術

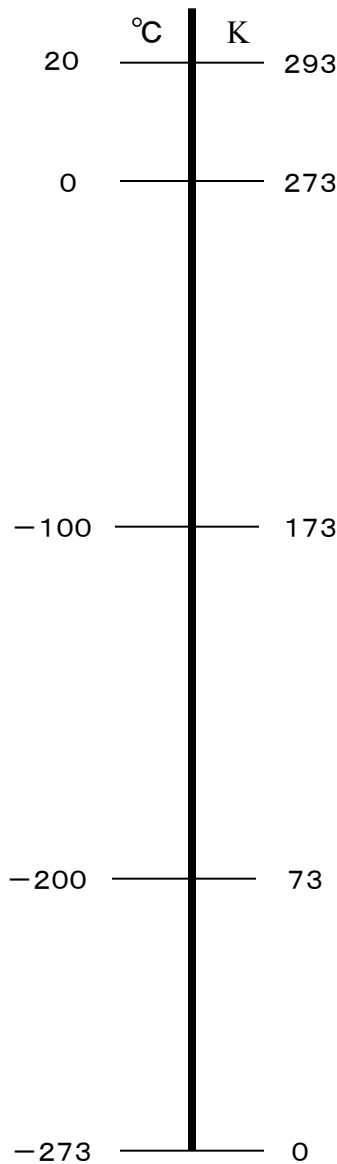


LNG船(川崎造船)

光和商事(株) 荒木 巍

H19.11.9

低温の世界



- 脳低温療法 (32~34°C)
- 参照基準大気の温度 (20°C)
- 最近の氷河期年平均気温 (7~8°C低下)
- 白ワインの適温 (5°C)
- 水の凝固、製氷(1気圧) (0°C)
- 南極年間平均気温(昭和基地) (-10.4°C)
- 冷凍倉庫 F級 (-20°C以下)
- プロパン液化温度(LPG) (-42°C)
- 火星表面 (平均-55°C)
- 極低温冷蔵庫 (-60°C)
- 成層圏下部大気温度 (-70°C)
- 地球上で測定の最低気温 (-89.2°C)
(南極のボストーク基地(標高3488m))
- 高温超電導(Max) (-135°C)
- LNG (-162°C)
- 液体窒素 (-196°C)
- 液体水素 (-253°C)
- 超電導の発見* (-269°C)
(電気抵抗 0)
- 絶対零度** (-273°C)



図25-1 昭和基地冬景色
—1997.3.4

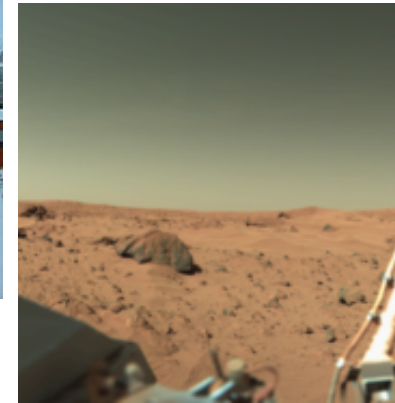


図25-2 火星の地表
ヴァイキング1号の着陸地点/
1978.2.11

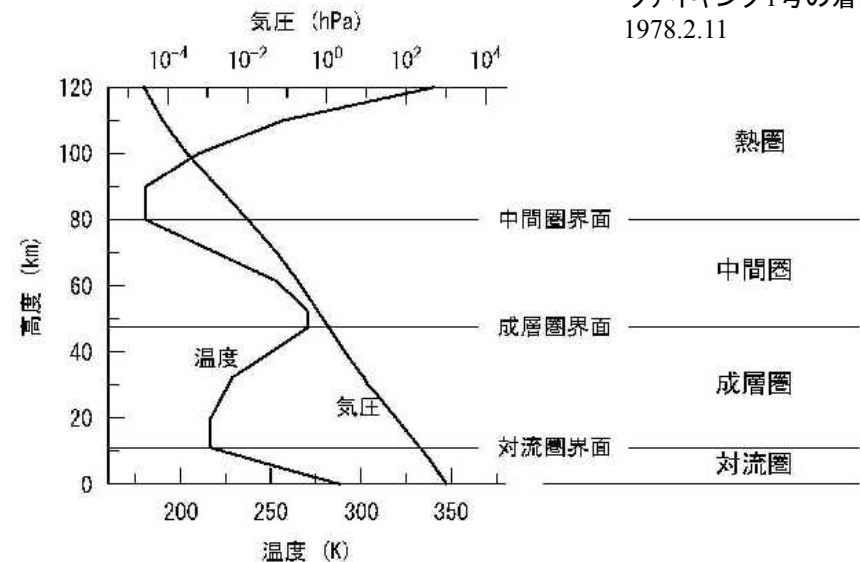


図25-3 大気温度分布

* オランダのオンネスは水銀の温度を下げていって
この温度で電気抵抗がゼロになることを発見
** 1847年、イギリスのケルビン卿がこの温度以下の
温度が存在しないとして、これを絶対零度と定義。

冷凍サイクル

冷凍サイクル: 冷媒が気化と液化の状態変化を繰り返しながら冷水の製造または冷凍を行うサイクル。圧縮冷凍方式では、冷媒が**蒸発、圧縮、凝縮、膨張**の4工程で循環する。また、吸収式冷凍方式では、冷媒が**蒸発、吸収、再生、凝縮**の4工程で循環する。(省エネセンター) このうち、蒸発温度が -15°C 、凝縮温度が 30°C 、膨張弁の直前温度を 25°C (過冷却度 5°C)の温度条件によるものを**基準冷凍サイクル**という。

一般に大気圧のもとで蒸気を液化させるためには、その蒸気の大気圧における凝縮温度以下の低温のもので冷却する。圧力が上昇するに伴って凝縮(液化)温度が高くなるため、外気や常温の水で冷却すれば蒸気は高压液に状態変化する。この高压液を絞り装置で減圧させれば元の低压液に戻る。

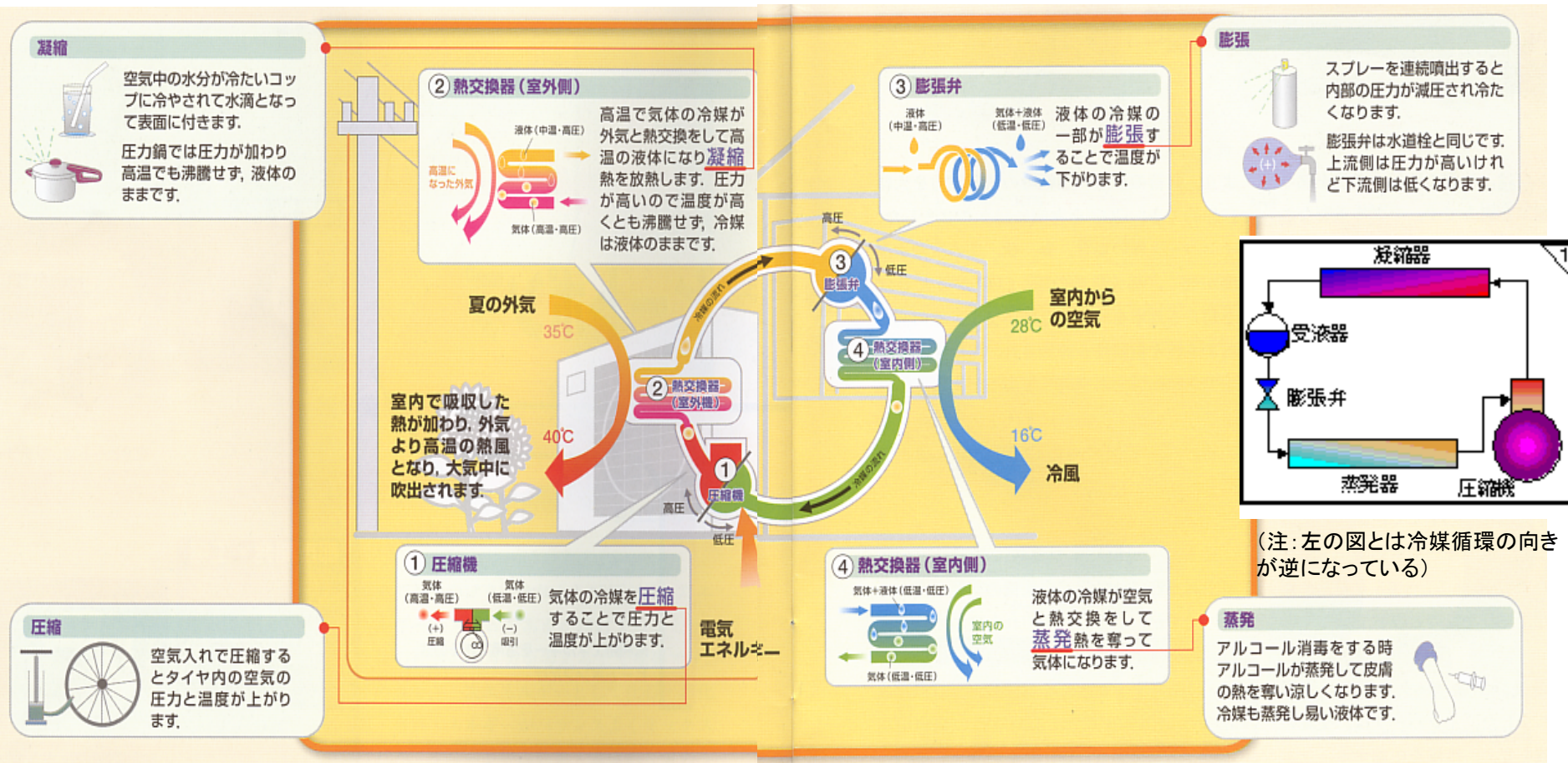


図25-4 冷凍サイクル

冷凍機: ヒートポンプとも呼ばれ、温度下げのために外部から電気・熱などの駆動エネルギーを与えて、低い温度の部分から温度の高い部分へ熱を移動させる装置で、「熱のポンプ」といえる

蒸気圧縮冷凍機: 気体の冷媒を圧縮機で圧縮し、凝縮器で冷却して圧力が高い液体をつくり、膨張弁で圧力を下げ、蒸発器で低温で気化させ気化熱で熱を奪い取るものである。圧縮機の駆動には、電気式の場合電動機が使用される。業務用ではガスエンジン・ガスタービンエンジン・蒸気タービン利用のものがある。

吸収式冷凍機: 吸収力の高い液体に冷媒を吸収させることにより、定圧で気化させて低温を得る冷凍機。消費電力が少ないが、起動時間が長い。冷媒－吸収液として、水－臭化リチウム（空調用）、アンモニア－水（冷凍用）などがある。コージェネの排熱などを有効に利用するものが実用化されている

ターボ冷凍機: 冷媒の圧縮に遠心式ターボ圧縮機を使用する冷凍機で、大型冷房分野において画期的な省エネ性（COP=5.7～6.5）が注目されている。最近、インバータを搭載し、軽負荷時の消費電力を大幅に節約。

スクリー式冷凍機: 冷媒の圧縮にスクリー式圧縮機を使用。ターボ式より小規模。インバータ搭載も実用に供されている。振動が少なく、回転数の変化に対して効率の変化が少ない。比較的大型化が容易。

このほか、冷媒圧縮機の形式として、スクロール式、レシプロ式、ロータリー式などがある。

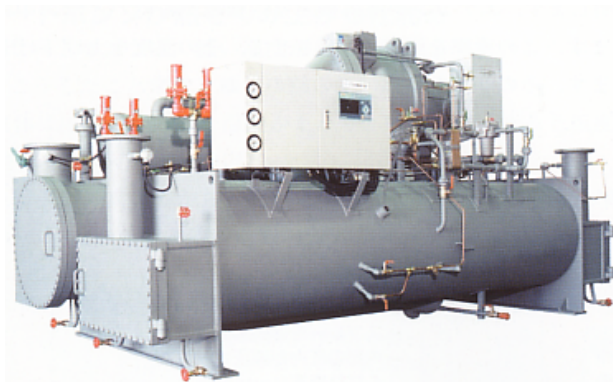


図25-5 ターボ冷凍機(MHI)

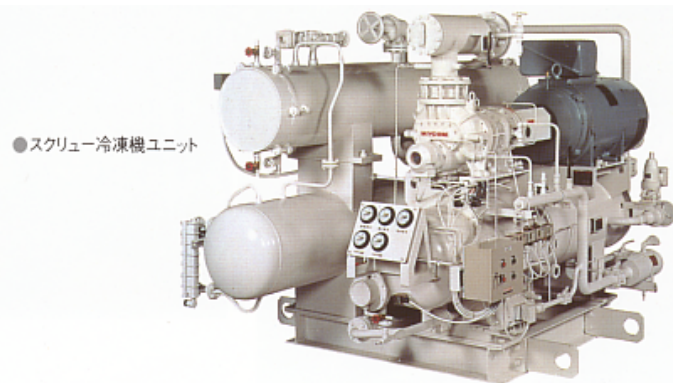


図25-6 スクリュー冷凍機(前川製作所)

表25-1 冷凍機油への要求特性

1. 冷媒との相溶性
2. 熱・化学的安定性
3. 潤滑性(耐磨耗性)
4. 圧縮機温度制御
5. 絶縁性
6. シール性
7. 腐食抑制効果



図25-7 車載クーラ(日冷工業)

冷媒

冷媒：冷凍サイクルにおいて熱を温度の低い所から高い場所へ移動させる媒体として使用される物質。
冷媒は蒸発(気化)・膨張によって空間の冷却作用を行わせる。

冷凍機の冷媒には当初アンモニアが用いられていたが、後にフロン類のCFC冷媒(R12)、HCFC(R22)などが使われていた。CFC、HCFCはオゾン層を破壊することが判明、オゾン破壊係数0であるHFC(R410A・R407C)が使われるようになった。しかし、HCFCよりHFCの方が地球温暖化係数が高いことがわかり、アンモニアへの回帰やイソブタンや二酸化炭素が使用されるようになった。

冷媒に求められる性質：

1. 冷凍サイクルの温度領域で安定、圧力が高すぎない
2. 冷凍サイクルの効率が良い
3. 化学的安定性
4. 人体に有害でない
5. 爆発性・可燃性が無い
6. 地球温暖化係数が小さい、オゾン破壊係数が小さい
7. 安価である

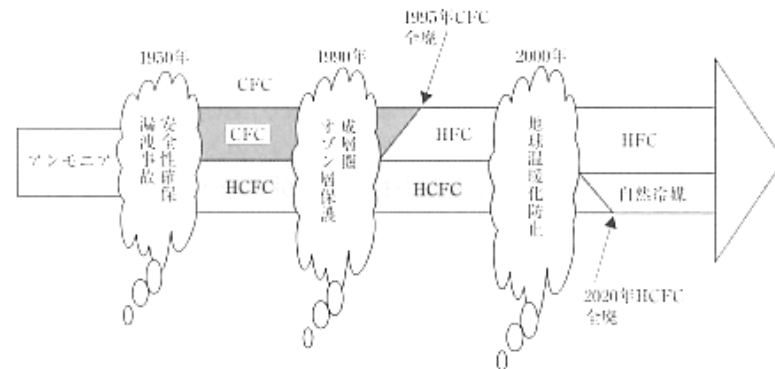


図25-8 ヒートポンプ用作動媒体の規制

表25-2 ノンフロン冷媒の特長

	長 所	短 所	用 途
二酸化炭素	・ 毒性、可燃性がなく安価 ・ 圧力損失が小さく、熱伝達が良い ・ 昇温機器に適している	・ 冷房用途ではCOPが低い ・ 10MPa程度の高圧になる	・ 給湯用ヒートポンプ ・ カーエアコン ・ 寒冷地暖房 ・ 自動販売機
アンモニア	・ COPがR22と同程度以上 ・ 熱伝達が良い ・ 蒸発潜熱が大きい	・ 毒性、可燃性がある ・ 銅系材料が使えない ・ 除害設が必要	・ 低温用冷凍機 ・ 産業用、業務用チラー
プロパン イソブタン	・ 潤滑油として鉱物油が使える ・ COPはR22と同程度	・ 可燃性がある ・ 冷蔵庫以外の安全規格がない	・ 冷蔵庫 ・ 自動販売機
水	・ 毒性、可燃性がなく安価 ・ COPは高い ・ 真空運転のため資格不要	・ 圧縮機が大きい ・ 圧縮比が大きい ・ 設備コスト大	・ 産業用チラー ・ 産業用製氷システム ・ VRC
空 気	・ 毒性、可燃性がなく安価 ・ 圧縮空気の利用	・ 低温領域以外COPが低い	・ 低温倉庫

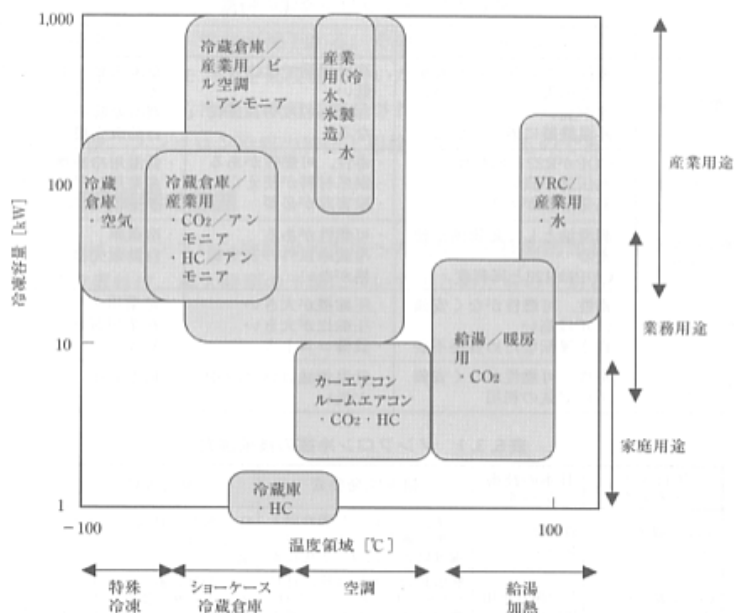


図25-8a 自然冷媒ヒートポンプの適用分野

冷凍倉庫

冷凍倉庫業: 冷凍倉庫を保有し、食品などを冷凍保管し、また配送する事業。倉庫業法により冷凍温度がC3～F級に分類される。マグロなどの鮮度を保った冷凍保存には、 -60°C の冷凍倉庫が利用される。都市ガスなどにLNGを気化して使用する前にその冷熱源を活用する冷凍庫もある。

倉庫業法施行規則運用方針による冷凍冷蔵庫

C3級	$> -2^{\circ}\text{C}$
C2級	$> -10^{\circ}\text{C}$
C1級	$> -20^{\circ}\text{C}$
級	$< -20^{\circ}\text{C}$

F

冷凍トン(RT): 冷凍装置の冷凍能力を表すのに用いられる実用単位。日本でおもに用いられる日本冷凍トン(JRT)と米国冷凍トンがある。1JRT(13,900KJ/hr)は24hrで 0°C の水1トンに 0°C の氷にするに必要な冷凍能力。

エコ・アイス: 東京電力が勧める氷蓄熱式空調システム。夜間の割安な電力を利用して冷房時は氷、暖房時は温水を蓄熱槽に蓄え、この蓄えた熱エネルギーを昼間に使うシステム。設備容量が小さくて済み、効率も向上する。



図25-9 LNG利用冷凍倉庫



図25-9a -60°C の冷蔵室
(前川製作所製)

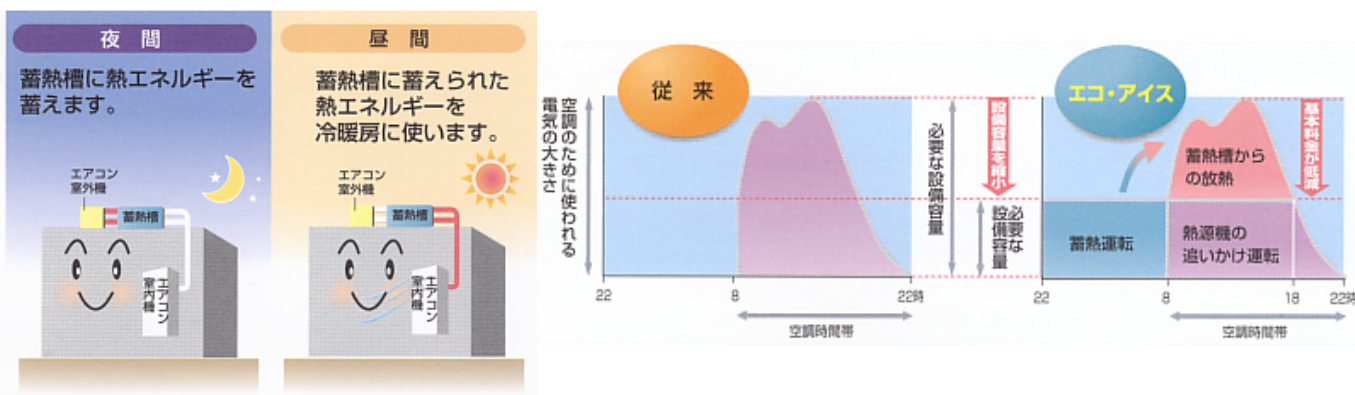


図25-10 エコアイス(東京電力)

低温時の材料の問題

低温脆性: 鋼は $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$ で急激にもろくなる特性がある。これは特にりん(P)の成分の多い鋼種に多く現れる。アメリカで溶接技術を駆使して量産された1万トン級輸送船が1940年代に1200隻に破壊が生じ、北洋の寒冷期に集中して発生したことからこの現象が明らかになった。

室温では粘り強い鋼材料などが氷点下のある温度以下で急激に脆くなる。この急激に脆くなる温度を遷移温度と呼ぶ。遷移温度以下では衝撃的な力が加わると壊れやすくなる。鋼とは金属結晶構造の異なるニッケル、アルミニウム、銅や一部のステンレス鋼には見られない。

低温用材料: 低温用材料でもっとも重要な問題は低温脆性。一般的に金属材料が低温になると硬度や引張強さは増すが、靱性を失って衝撃値が低下する。とくにフェライト系金属はその現象が著しく現れるが、オーステナイト系金属は低温脆性を示さない。低温脆性の対応としてオーステナイト系ステンレス鋼のようにNi、Mo、Crなどの添加物が有効(本山製作所)

低温用JIS材

低温圧力容器用鍛鋼品 SFL(JIS G3205): 低温で使用される圧力容器及びその部品に用いられる溶接性を考慮した炭素鋼及び合金鋼鍛工品の規格

低温用厚肉フェライト球状黒鉛鑄鉄品 FCD-LT(JIS G5504): -40°C 以上の温度で使用される鑄放し肉厚550mm以下のフェライト地の厚肉球状黒鉛鑄鉄品

ボイラ・熱交換器用ステンレス鋼鋼管 SUS-TB(JIS G3463): 耐食性、耐熱性、耐高温酸化性、極低温特性を有し、高温高圧ボイラ用、化学工業用熱交換器、極低温用に使用

低温熱交換器用鋼管 STBL(JIS G3464): -15°C 程度以下でのとくに低い温度の化学工業、冷凍用熱交換器に使用

サブゼロ処理: 鋼材の硬度を増すために、焼入れ後 -60°C 以下で処理すること。液体窒素またはドライアイスを使用。

低温用塗装: 低温環境で使用される塗料として、タールエポキシ樹脂(関西ペイント)、着氷防止フッ素塗料(北海道工業試験場)がある。

遮熱構造: LNGタンクなどには炭酸ガス発泡の硬質ウレタンフォーム(ニチアス)、メラミン樹脂フォーム(BASF)を使用。タンクの内外温度差が大きいので、遮熱の多層構造が必要。間に真空層を設けることは有効。

参考: **冷間加工**: 再結晶温度未満、または常温で行なわれる加工。冷間加工によって金属は加工硬化し、残留応力やひずみエネルギーが蓄積されるので加工前より不安定な性質となる。安定化するためには再度再結晶温度に加熱後、徐冷し焼なましをする。冷間加工の例では冷間圧延、引抜き、冷間鍛造、プレスなどがある。

相転移・潜熱

潜熱: 物質の相が変化するとき吸収または放熱される熱エネルギーの総量

相転移: 化学的、物理的に均一な物質の部分である相 (Phase) が他の形態の相へ転移することの熱力学あるいは統計力学上の概念。熱による相転移として、気相、液相、固相間の構造転移があり、そのほか磁気相転移、金属－絶縁体転移などがある。固相と液相の相転移の途中の状態では両者がシャーベット状に混在する。

シャーベット: 一般的には氷菓といわれる食品を指すが、熱工学的には同一成分の氷と液体が混在する状態のものを指す。熱を加えても混在する氷の成分が溶けるまでの融解熱を吸収して温度が上昇せず、一方液体と同じ流動性を持っており、安定した冷却媒体としての特長を持つ。(スラッシュ窒素、スラッシュ水素などの研究が進められている)

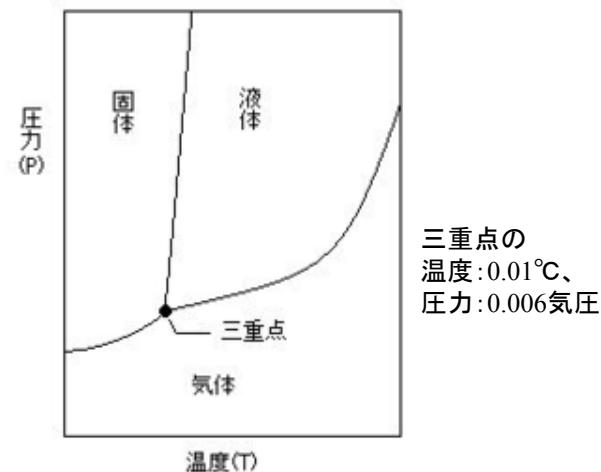
二酸化炭素は常気圧で昇華する化合物のひとつ。ドライアイスが大気圧で液体を経ずに気化する。この際気化熱が必要となり、食品搬送時保冷材として利用される。ヨウ素も常気圧・室温条件下で昇華する物質のひとつ。雪・氷も氷点以下では低速で昇華する。

フリーズドライ: 真空凍結乾燥技術のこと。あらかじめ加熱や味付けの処理をした食品や食品原料を -30°C 程度に急速に凍結し、さらに減圧して真空状態で中の水分を昇華させて乾燥すること。①乾燥による収縮や亀裂など形状の変化が少ない、②ビタミンなどの栄養分や風味の変化が少ない、③常温で長期保存ができる④軽くて輸送性が高い、などのメリットがある。(インスタント食品、宇宙食など。食品以外に血液の血小板保存)

表25-2a 固体、液体、気体相互の相転移

転移前の相	転移後の相	現象の名称	転移点の呼称	転移熱の呼称	H ₂ Oの場合の熱量(潜熱)/大気圧
固相 (固体)	液相	融解	融点	融解熱	333.5 J/kg *
	気相	昇華、気化	昇華点	昇華熱	(2590.2 J/kg ?)
液相 (液体)	固相	凝固、固化	凝固点	凝固熱	
	気相	蒸発、気化	沸点	蒸気熱、気化熱	2256.7 J/kg
気相 (気体)	液相	凝縮、液化	(なし)	凝縮熱	
	固相	凝結、**	(なし)	—	

* ** 誤訳から一部昇華とも呼ばれる * : 水Hに対して 鉄=0.816、鉛=0.069、アルミ=1.196



冷却技術

熱は高温から低温に流れる性質があり、基本的には「冷却」は「加熱」より人為的な実行が難しい。原理的には、相変化、対流、放射、接触による熱移動、ガス体の膨張による温度降下、電気と熱の変換とこれらの組み合わせで冷却を実現する。

膨張	容積可変の容器内に閉じ込めたガス体を外部からの熱の侵入を遮断して膨張させるとガスの温度が低下する。 ボイル・シャルルの法則 — $PV=RT$	
蒸発	液体が蒸発する際に気化熱が必要で、液体に接する物体から熱を奪う。逆にその周辺物体は冷却される。(アルコールを腕に塗ると涼しくなる現象)	冷却塔など
熱電導	金属など熱の良導体は高温部から低温部に熱が流れる。高温部に接する物体は冷却される	
熱伝達	固体の表面の気体の層を通して熱が伝わること	熱交換器
熱放射	物体は絶対温度の4乗に比例してその表面から熱を放射し、その物体自体は冷却される。輻射ともいう。同様にその物体は周辺からも放射の熱を受け取る	地表放射冷却
対流	流体において温度や表面張力などが原因により不均質性が生ずるため、その内部で流動が生ずる現象。温度による流体の密度の変化が原因となる熱対流が最も一般的な例である	ヤカン内の水の加熱
ペルチェ効果(熱電子)	2種類の金属の接合部に直流電流を流して、片方の金属からもう片方へ熱が移動、一方の面が吸熱し、反対面に発熱が起こる	冷蔵庫
空冷	エンジンのケーシング表面からは放射と熱伝達による熱の発散がある、ケーシングの表面にフィンを多数つけて表面積を増やして、熱放射量を高めて、ケーシングの温度を下げる	オートバイエンジンの冷却フィン
ドライアイス	固形のCO ₂ で、周辺から熱を奪って自分はガス体に昇華する	食品保冷パック
ヒートパイプ	密閉容器内に少量の液体(作動液)を真空封入し、内壁に毛細管構造(ウィック)を備えたもの。 (1)加熱部で蒸発(蒸発潜熱の吸収)、(2)低温部に蒸気が移動、(3)低温部で凝縮(蒸発潜熱の放出)、(4)凝縮した液が毛細管現象で加熱部に環流 いう相変化で、熱が素早く移動する	ノート型パソコンの冷却用など

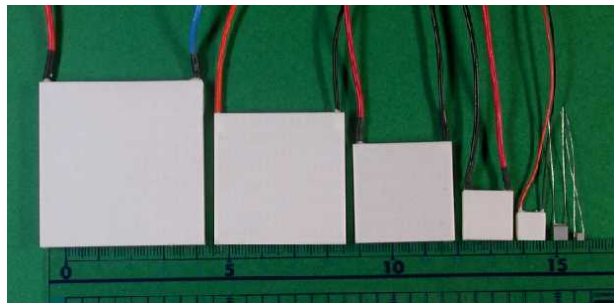


図25-11 ペルチェ素子
(日本テクモ)

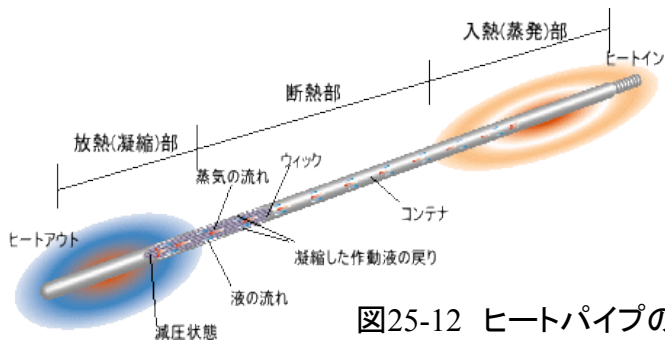


図25-12 ヒートパイプの構造

低温利用技術

産業・工業—原子力廃棄ガスの処理、金属材料の粉碎、低温送電(地中送電など)、アモルファス金属製造、CnHn分離、空気分離液化、液化炭酸製造、冷熱利用発電、冷やし嵌め、土壌凍結工法(海底トンネル掘削)、汚泥処理、放射線ガス処理、氷蓄熱、地域冷暖房(地冷:幕張、晴海、新宿副都心など)

宇宙関連—スペースシミュレーションチャンバ、液体水素燃料供給、大型クライオポンプ

天然ガスパイプライン—容積流量低減、永久凍土融解防止(シベリア、アラスカ)

食品保存—超低温倉庫、食品粉碎、海水淡水化、食品凍結乾燥、冷凍食品、凍結濃縮

低温医療—脳低温療法、医薬品粉碎、凍結手術、血液凍結乾燥、生体凍結保存、精液保存、リウマチ治療(−150℃の超低温空気を利用)、クライオプローブ(極低温スポット冷却装置)

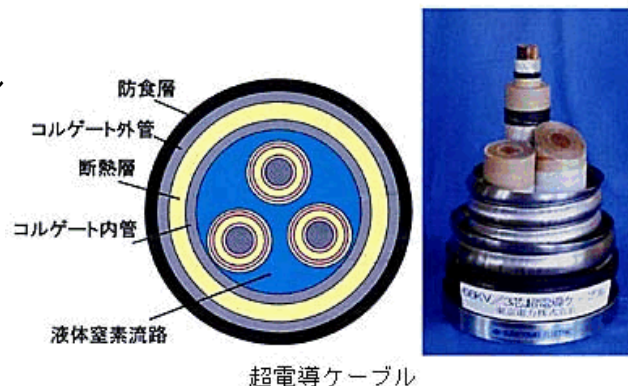


図25-13 地中送電線



図25-14 寒冷地の天然ガスパイプライン

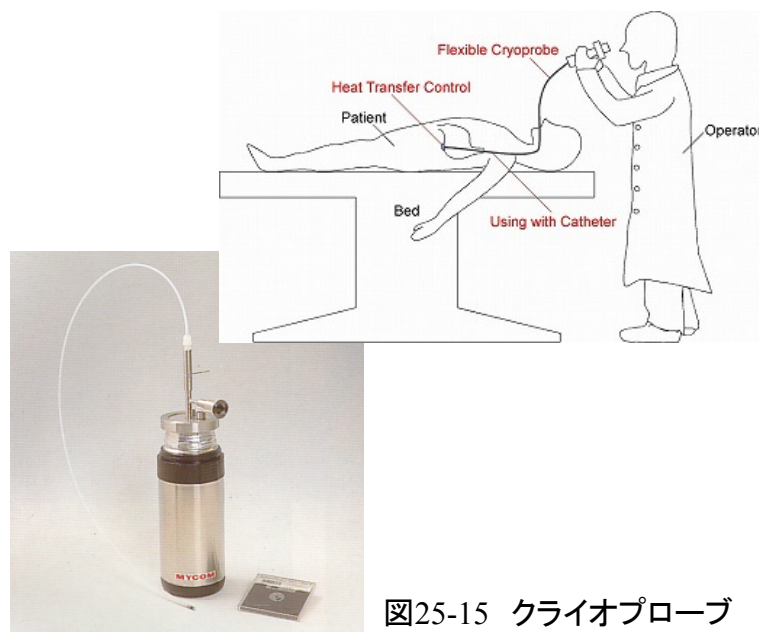


図25-15 クライオプローブ
(前川製作所)

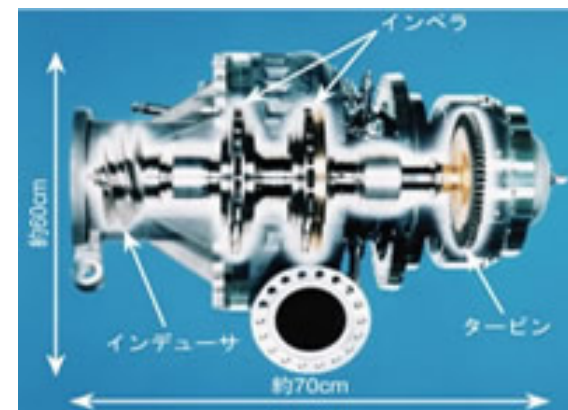


図25-13a LE-7A液体水素ターボポンプ



リンクされたイメージを表示できません。ファイルが移動または削除されたか、名前が変更された可能性があります。リンクに正しいファイル名と場所が指定されていることを確認してください。

超電導技術

超電導または超伝導 (Superconductivity):

①電気抵抗の消滅、②マイスナー効果(完全反磁性) が基本条件。

「エネルギー技術」、「輸送システム」、「医療機器」、「物性研究」、「エレクトロニクス」関連のほか、以下の分野にも応用範囲が広い

加速器: CERN(ヨーロッパ)、SPRING-8(兵庫県)

計測: 絶対温度計、超電導液面計、超高性能電子顕微鏡など

通信: 宇宙通信、超高速コンピュータ、超電導通信ケーブル、サブミリ波検出器

電力: 経年変化計測、高精度ポテンショメータ、高速信号観測器、パルス電源

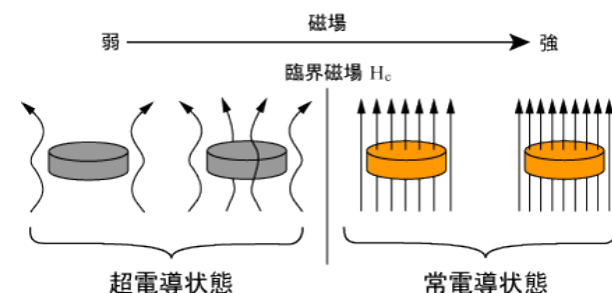
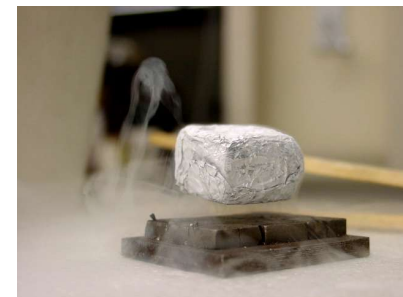


図25-16 強力な磁石の上で超電導物質が浮上する「マイスナー効果」



広がる超伝導の応用

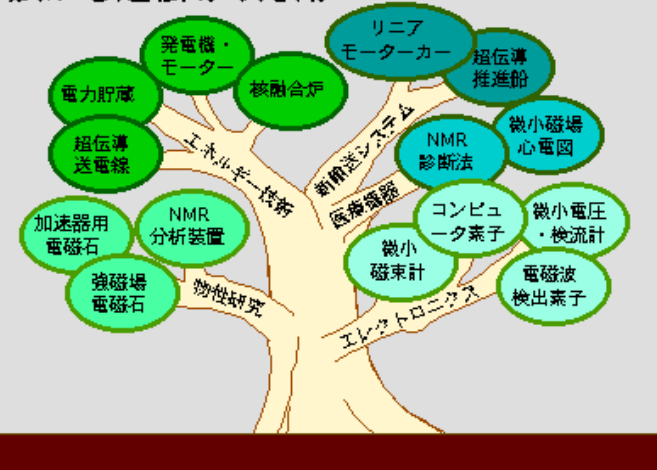


図25-17 超電導の応用分野

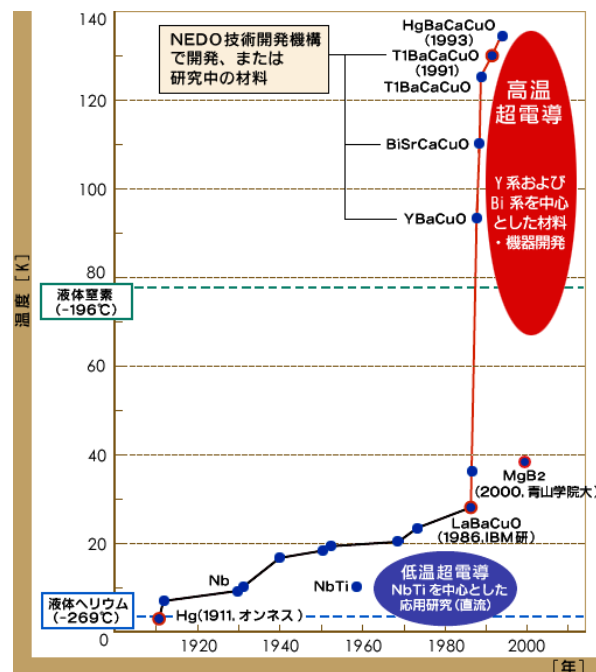


図25-18 高温超電導の開発推移(NEDO)

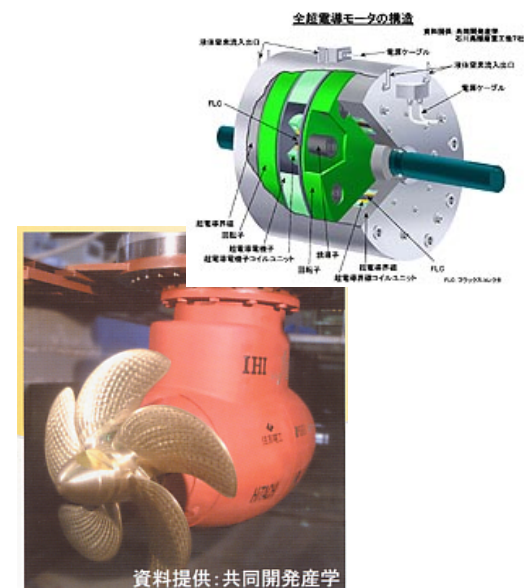


図25-18a 船舶用超電導 11 POD推進装置(IHIほか)

関連企業

水素製造		岩谷産業、富士電機システムズ
冷凍機	吸収式	荏原冷熱システムズ、三洋電機、川重冷熱工業、ダイキンアプライドシステムズ、東芝キャリア、日立空調システム、三菱重工空調システム
	ターボ式	荏原冷熱システムズ、アメリカン・スタンダード・トレイン、三菱重工、三菱電機、日立アプライアンス
	スクリー式	荏原冷熱システムズ、前川製作所、三菱電機、日立アプライアンス
チリングユニット*		オリオン機械、三洋電機、東芝キャリア、日立金属、日立アプライアンス、三菱電機、神戸製鋼所
冷却塔		荏原シンワ、空研工業、東芝キャリア、神戸製鋼、日本スピンドル製造、日立空調システム、三菱樹脂
冷媒		ダイキン工業(HFC-125)、旭硝子、三井・デュポンフロロケミカル
氷蓄熱		東京電力(エコアイス)、日立アプライアンス、清水建設、東洋製作所、積水アクアシステム、三菱電機、日本ABC
冷凍倉庫	冷凍保管	日本超低温、アサヒ冷蔵、京都冷蔵、日豊食品工業、東京冷凍
	低温物流	五十嵐冷蔵、ロジスティックネットワーク、日本陸運産業
超電導線材		住友電工、ジャパンスーパーコンダクタテクノロジー、古川電工、日立電線、フジクラ
フロン回収装置		三洋電機空調、ダイキン工業、デンソー、東芝キャリア

* チリングユニット:5～10℃の冷水を作る機器

関連団体

低温工学協会

日本低温医学会

水素エネルギー協会

社団法人 日本冷凍空調工業会

在団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター

日本フルオロカーボン協会

社団法人 日本冷凍空調学会

冷媒回収推進・技術センター

日本冷蔵倉庫協会

冷媒とオゾン層破壊	1974年冷媒として優れた特性をもつフロンによるオゾン層破壊の可能性が指摘された後、先進各国は生産能力の凍結や使用の段階的中止などの措置をとってきた。ハロン系の冷媒の国際的な使用規制は次々と強化され、フロン代替物質や代替技術の開発が強く求められている
フロン冷媒回収業務	オゾン層破壊問題が明らかになり、既存の冷凍機サイクルに封入されているフロンR11などの回収が必要となっている。①一般家庭より廃棄される冷蔵庫、ルームエアコン冷媒回収、②空調機に伴う冷媒回収・冷凍機入替え工事に伴う冷媒回収、③ビル及工場解体、リニューアルに伴う冷媒回収 などがある
冷凍食品生産システム	冷凍食品には生産ラインのコスト低減と衛生管理のための自動化が求められている。加工、凍結、梱包、輸送、保管の一貫システムの無人化が進められているが、排熱利用、蓄熱、熱移動、熱加工といった熱関連技術の向上が重要な要素となる
メタンハイドレート	メタンハイドレートは低温かつ高圧の環境が存在条件であり、地球上でその条件に合うのは、シベリアなどの永久凍土の地下や深海底。実際にはほとんどが海底に存在。 潜水土が作業できない深海の地層中や海底で氷のように存在するため、石油やガスのように簡単に掘削することができず、採取するには技術的に課題が多い。大量のメタンハイドレートが一気に気化し大気中に拡散、地球温暖化に拍車を掛ける恐れもあり、慎重に検討すべき問題

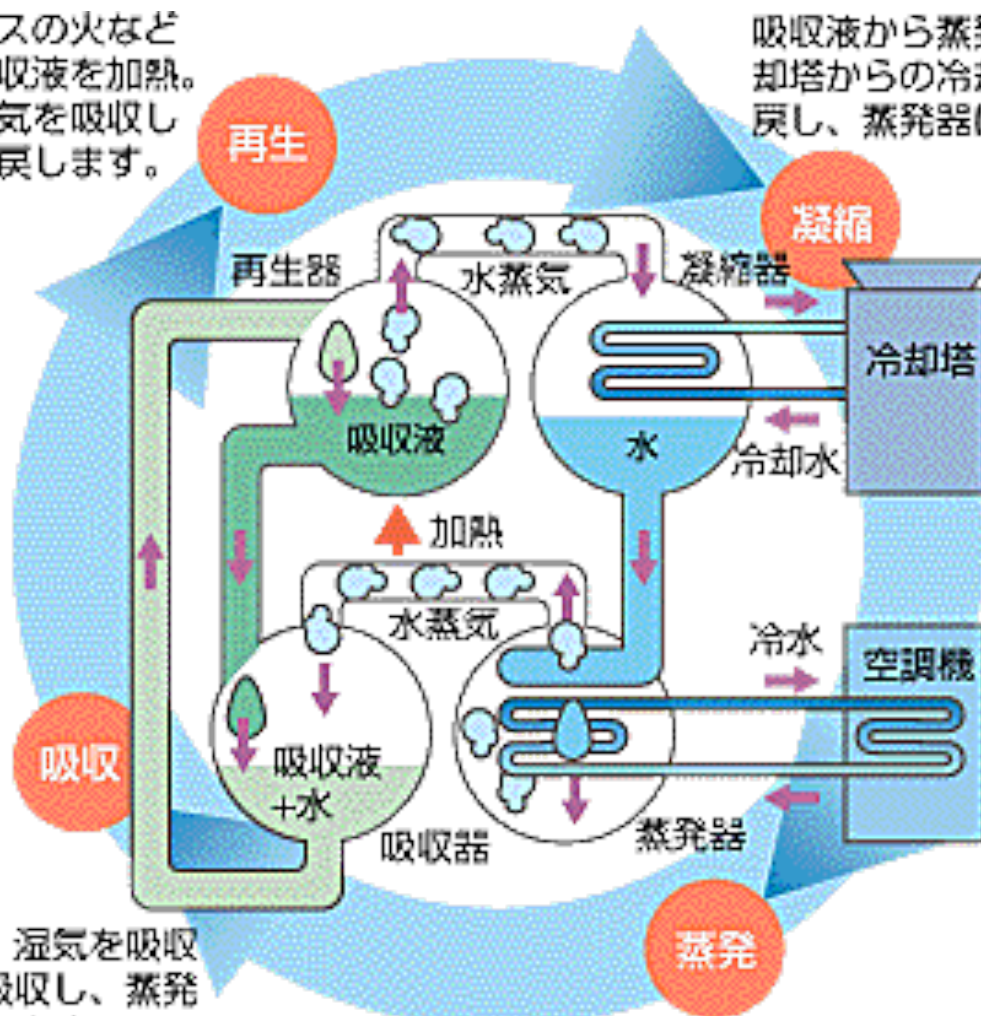
冷凍庫	鮮魚・肉類などを冷凍し、貯蔵する区画。すなわち冷凍機を用いて冷凍生鮮品や冷凍食品を -15°C 以下に保ち保管する食品格納庫。冷凍食品は -18°C 以下に凍結させて保存性を持たせた食品
高温超電導	超電導に転移する臨界温度が高いこと。臨界温度が液体窒素の沸点(77K)より高い温度で超電導に転移する物質(線材)がいくつか発見されている。当初は液体Heを使い、4.2Kまで冷やす設備が必要であった。臨界温度が液体窒素の沸点より高い温度で超電導に転移すると、冷却器や保温設備を簡便化でき、コストを大幅に低減できる。
ペルチェ効果	異なる金属を接合し電圧をかけると、接合点で熱の吸収・放出が起こる効果。つまり電圧から温度差を作り出す現象。在来の冷却装置は、フロンを使用しているが、これはオゾン層の破壊に繋がるため一部使用禁止となる。フロンを使用しないペルチェ素子が近年注目を集めている
マイスナー効果 (完全反磁性)	超電導体を持つ性質のひとつであり、超電導体内部への外部磁場の侵入を完全に排除して内部磁場をゼロにする。同極同士の磁石が反発しあうのとは違い、磁場を一切出さずに外部からの磁場を退けている。電気抵抗ゼロと並んで超電導の2大特徴である
COP(成績係数)	加えられた仕事または熱の何倍の熱を移動させたかの比率によって冷凍機・ヒートポンプの効率を表すものである。最近のエアコンのCOPは6.0前後で、過去10年間で2倍に向上している



参考図25-1 食品の冷凍保存温度(日本超低温株式会社)

コージェネ排熱、ガスの火などにより、薄まった吸収液を加熱。水を蒸発させて水蒸気を吸収しやすい濃い吸収液に戻します。

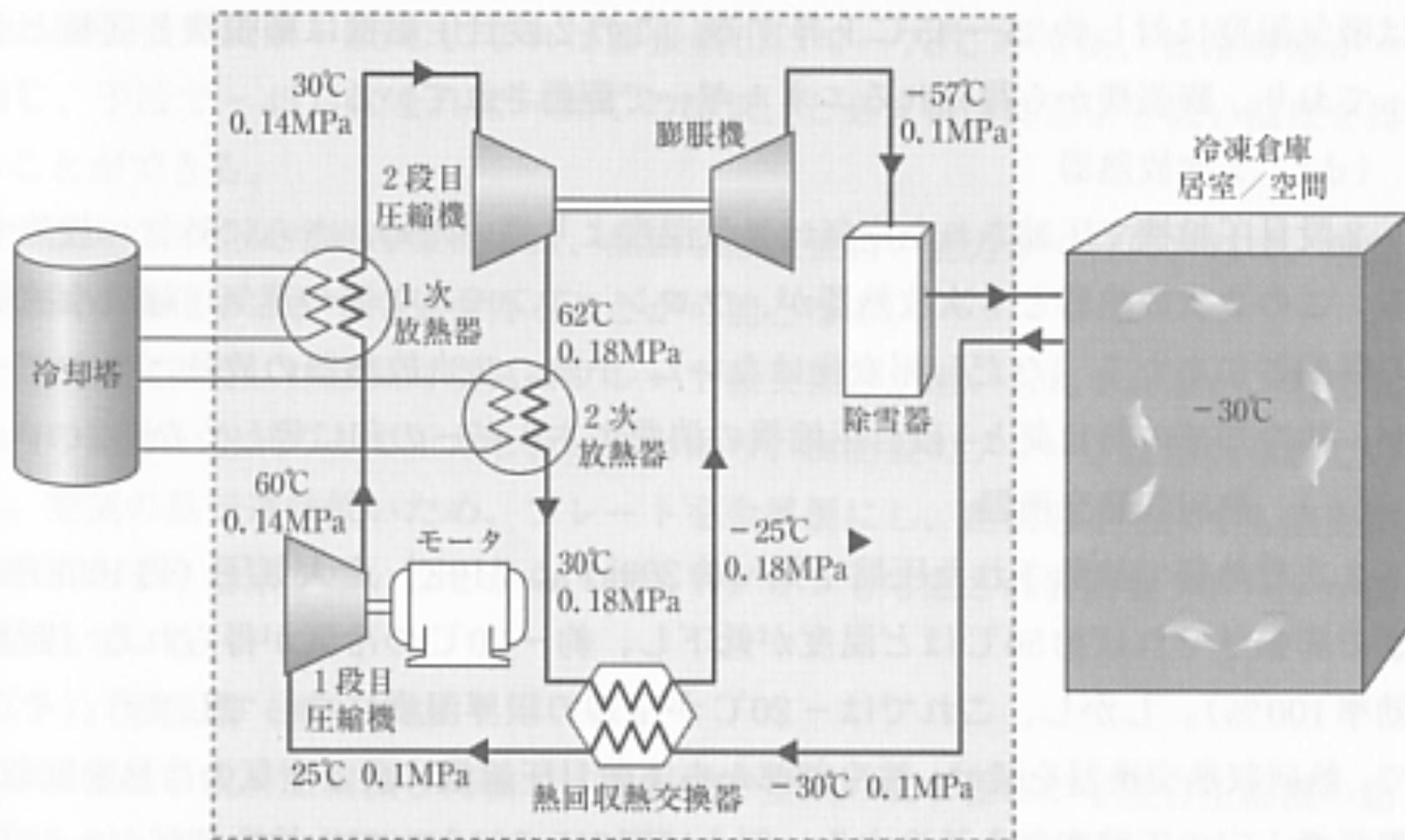
吸収液から蒸発した水蒸気を冷却塔からの冷却水で冷して水に戻し、蒸発器に送ります。



蒸発した水蒸気を、湿気を吸収しやすい吸収液で吸収し、蒸発器を真空状態に保ちます。

真空に近い蒸発器の中で、水をパイプにかけるとさかんに蒸発。蒸発する時に周囲を冷す気化熱でパイプの中の水を冷し、冷房用の冷水を作ります。

参考図25-2 吸収式冷凍機(日本コージェネレーションセンター)

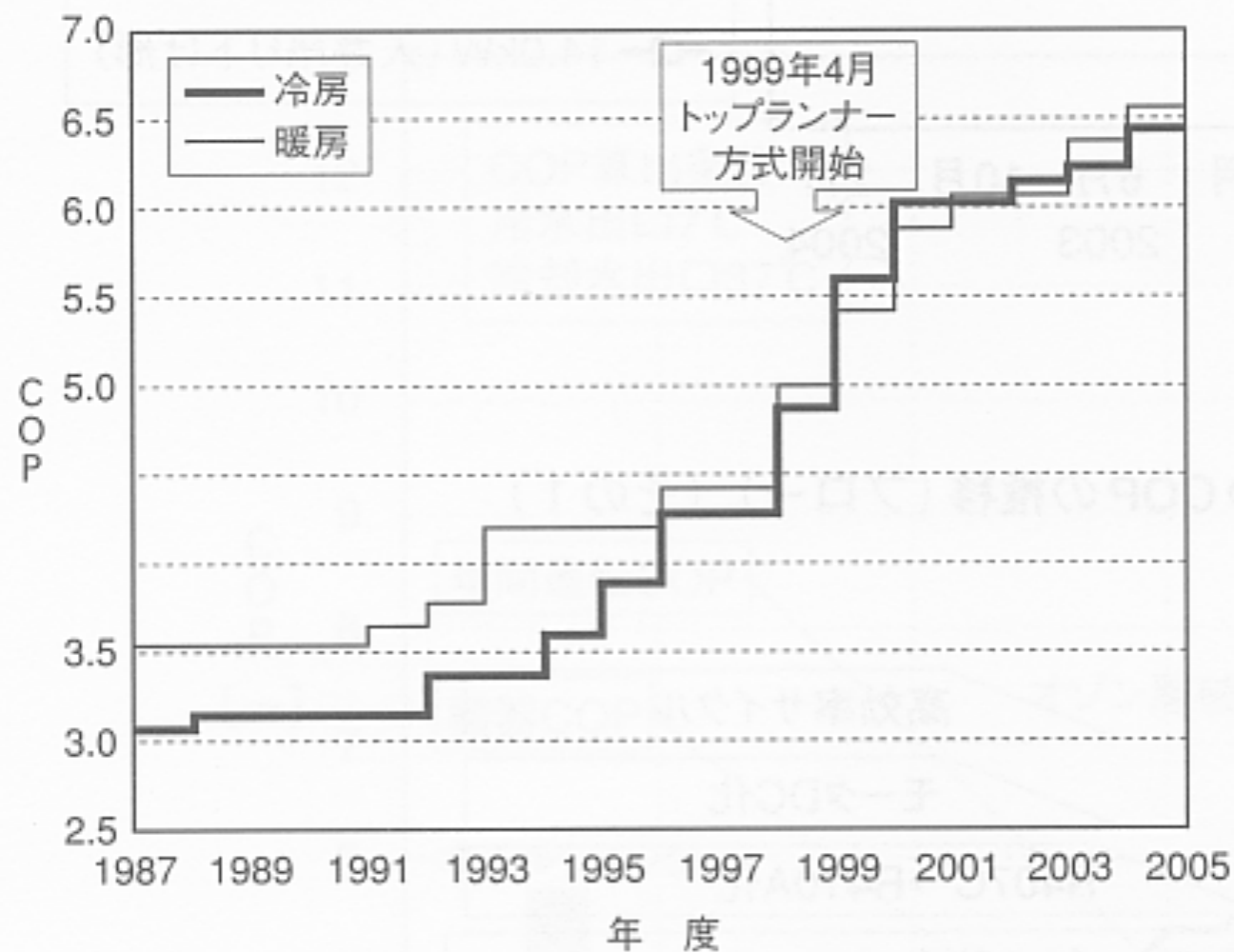


参考図25-3 空気冷媒冷凍システム(2段圧縮・オープンシステム)

フロン	CFC	CFC-12	冷蔵庫、カーエアコン	1995年に生産全廃
	HCFC	HCFC-22	エアコン	2020年に生産全廃
	HFC	HFC-134a	冷蔵庫、カーエアコン	温暖化物質として放出規制
		R410A	家庭用エアコン	
		R407C	業務用エアコン	
R404A		冷凍倉庫など		
自然冷媒		アンモニア	冷凍倉庫など	○高性能／×微燃性、毒性、におい
		炭酸ガス	カーエアコン、給湯機	○超臨界、無毒、不燃／×高圧、超臨界
		炭化水素	冷蔵庫、(エアコン)	○高性能、互換性／×爆発性
		水	産業用冷凍機、製氷	○無毒、不燃、性能／×大型化
		空気	冷凍倉庫	○無毒、不燃／×大型化

参考図25-4 冷媒の種類と用途

エアコン2.8kWクラスの場合



参考図25-5 家庭用エアコン最高効率COPの推移

三心一括型高温超電導ケーブル

環境に優しい

漏れ磁界無し, 低損失, 不燃

経済性

低送電損失

省スペース

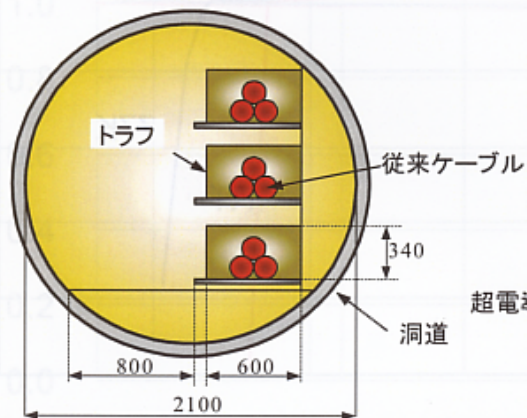
大容量送電 / コンパクトサイズ



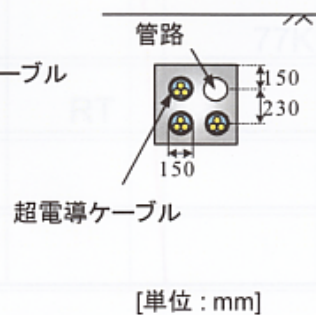
高温超電導ケーブル



275kV ケーブル(現状)
【洞道布設】



66kV 超電導ケーブル
【管路布設】



超電導ケーブルと従来ケーブルとの比較(700MVA/3cct)

参考図25-6 超電導ケーブル



フロン回収作業

回収

高々圧冷媒 ... R13, R14, R23, R503, R508
 高圧冷媒 ... R12, R13B1, R22, R134a, R404, R407,
 R410, R500, R502
 低圧冷媒 ... R11, R113, R123

破壊

高圧冷媒 ... R12, R13, R13B1, R14, R22, R134a, R404,
 R407, R410, R500, R502
 低圧冷媒 ... R11, R113, R123, その他
 廃油 ... 冷凍機より抽出された廃油

参考図25-7 フロンの回収と破壊



参考資料

1. ヒートポンプ入門 矢田部隆志 オーム社 2007.3.20
2. 図解ヒートポンプ 田中俊六監修 オーム社 2005.7.21
3. ノンフロン技術 財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター編 オーム社 2004.2.1
4. 冷凍機械責任者用語辞典 中井多喜雄(編・著) 日刊工業新聞社 2001.10.16
5. 超電導はおもしろい 渋谷寿 オーム社 1998.3.30
6. ヒートポンプ・蓄熱白書 財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター編 オーム社 2007.7.10
7. 各社HP

