

低温の廃熱を利用した吸着式冷凍庫

ベルギー、VITO、Gilbert Van Bogaert

吸着式チラーの開発と利用への関心が高まっている。吸着式冷凍庫は、廃熱を駆動力として使用して、エネルギーを変換し、冷気を発生させる熱駆動装置である。この記事では、低温の廃熱を利用した吸着システムを紹介する。このシステムは、地域暖房システムやコージェネプラントなどから発生する廃熱の再利用を実現するもので、経済的でも環境面でも多くの利点がある。

はじめに

廃熱により駆動される吸着式冷凍機を使用すれば、電力のピーク需要を減らし、オゾン層を破壊するCFC（フロン類）冷媒の使用を撤廃し、電力負荷率を改善することができる。100℃を超える熱源を必要とする吸着式装置（たとえば、ゼオライト＝水システムや活性炭＝メタノールシステムなど）と比較すると、シリカゲル＝水吸着式冷凍機では、100℃未満の廃熱が使用できる。このため、低温エネルギー利用に新たな可能性が開けることになる。

基本的作動原理

日本のMycom吸着式冷凍機のコアは、シリカゲル内に埋め込まれた 2 機の熱交換器から成り立っている。このうち 1 機の熱交換器内を流れる 55℃-100℃の温水が、シリカゲルを再生し、前に吸着されていた水蒸気を放出する。（図 1）冷却塔などから更に温度の低い水冷却塔などから更に温度の低い水（25℃-35℃）が 2 機のうち 1 機の熱交換器内を流れると、強い吸湿性のあるシリカゲルが水蒸気を吸着する。2 機の熱交換器は同一のものであるが、そのうち 1 機が脱着モード（再生モード）であると、もう一方の熱交換器は吸着モードになる。

再生の間に、高温のシリカゲルから出る水蒸気が凝縮器（コンデンサ）に移動する。吸着プロセスの間中、より低温のシリカゲルが蒸発器から発生する水蒸気を吸着する。このプロセスは低い水蒸気分圧（約 10mbara）で行われ、これにより、蒸発器の管の表面温度は約 5℃にまで低下する。蒸発器内にある蒸発ノズル（vaporising nozzle）が、管に水を噴霧して、蒸発効率を高める。蒸発のための潜熱は、冷水を入れた管の表面から除去される。この水は、常に再循環される。

凝縮器から過剰な水は、液体ライン（liquid line）を通じて、蒸発器に流れ込む。この水は、凝縮器と蒸発器との圧力差を克服するために、蒸発器循環ポンプの後に注入される。

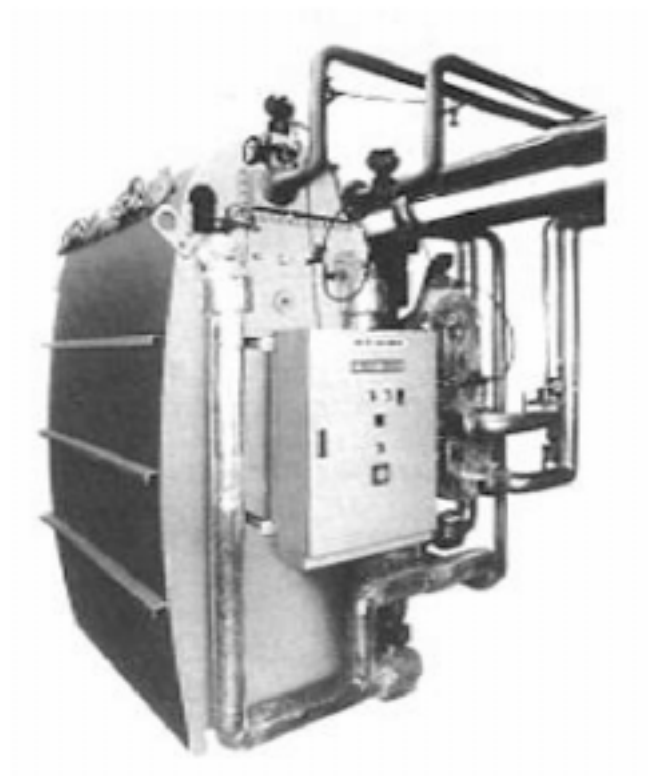


写真 Mycom吸着式冷凍機

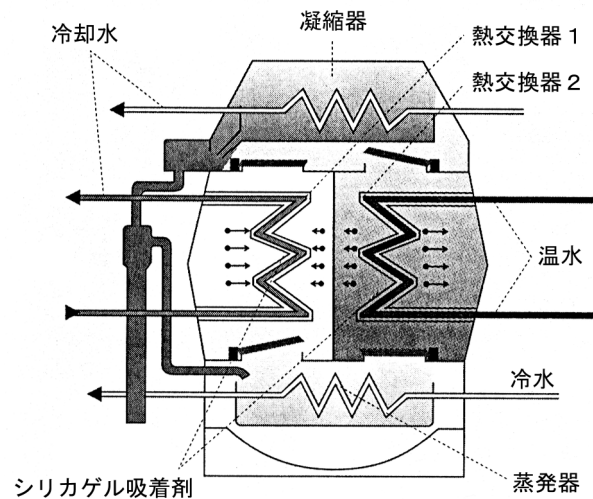


図 1 吸着式冷凍機の図解

吸着式冷凍機には、連続サイクルを構成する 3 種類の運転モードがある。シリカゲル吸着剤の入ったコア熱交換器は、3 種類のバッチプロセスを行う。一方の熱交換器からもう一方の熱交換器への切替は、熱交換器へ供給される温水と冷却水とのフローコネクタを交互に切り替える複数のバルブによって行われる。凝縮器用又は蒸発器用の蒸気バルブはど

のバッチプロセスが動作しているかにより、作動される。サイクル全体でおよそ 5 分-7 分の時間がかかる。冷凍機の調節は、蒸発器入口の冷水温度に基づいて行われる。吸着式冷凍機が始動すると、蒸発器に必要な真空条件を真空ポンプが作り出す。

性能と運転条件

温水及び冷却水の温度の成績を、冷水温度との関係と共に、くわしく表 1 に示し、図 2 と図 3 に図解する。

一般に、70℃-90℃の温水温度が、脱着モードに必要な熱を供給するのに適している。適用可能な温水温度は、最高で 95℃である。更に温度の低い (55℃) 温水でも使用できるが、冷水容量は劣る。(図 2 参照)

吸着式冷凍機は、水を 5℃にまで冷却するスタンドアローン型装置として使用できる。温水の流量が半減しても、冷水容量は定格容量の 93%に保たれる。脱着ユニットを流れる温水の温度差は 13℃ほどになる可能性がある。

吸着式冷凍機は、およそ 70℃-85℃で、吸収式チラーよりも優れた効率を示す。吸収式チラーは、温水がより高温 (95℃-150℃) の場合には、吸着式冷凍機よりも高効率である。このため、温水から発生する熱をより多く活用するために、吸着式冷凍機を吸収システムに接続して使用することができる。また、吸着式冷凍機を、従来型の機械式圧縮機冷却ユニットと共に使用して、電力消費量を大幅に増加させることなく、既存のシステムの冷却容量を拡大することもできる。

主な長所

非常に低温の熱 (55℃) を活用しても、COPが 0.5-0.6 の一定の冷却容量を得ることができる。電力消費量は、冷水容量のおよそ 6%であり、可動部はバルブと小型のポンプだけである。このため、メンテナンス費用は、従来型圧縮機チラーのわずか 10%と、非常に少なく済む。また、メンテナンス担当者に特別な研修訓練を受けさせる必要もない。また、シリカゲルは、CFC (フロン類) とは異なり、化学的に中性 (SiO_2) なので、環境に悪影響を及ぼす危険性は全くない。

用 途

一般に、冷水容量が空調やプロセス冷却などに使用され、しかも、低温の熱源 (廃熱や地域暖房など) がある場合には、吸着式冷却が活用できる。この吸着式冷却の導入により、既存の従来型設備の冷水容量を、消費電力を大幅に増加させることなく、拡大することができる。

ある日本の製氷プラントでは、既存のディーゼルエンジン駆動型ねじ圧縮機に隣接して 106kWのMycom吸着式ユニット 1 機が設置された。この吸着式冷凍機は、エンジン冷却ジャケットから 75℃の温水を得て、これを利用して冷水 (9℃) を製造する。これにより、

冷水容量が一日あたりの製氷能力 120 トンから 140 トンへと 17%も増加するが、電力需要はほとんど増加しない。

表 1 容量と運転条件

	モデル番号	ADR-20	ADR-30	ADR-100
温 水	Tin (°C) /Tout (°C)	75/70	75/70	75/70
	流 量 (m ³ /時間)	20	30	101
	使用熱 (kW)	120	180	590
冷却水	Tin (°C) /Tout (°C)	29/33	29/33	29/33
	流 量 (m ³ /時間)	41	62	205
	使用熱 (kW)	190	290	960
冷 水	Tin (°C) /Tout (°C)	14/9	14/9	14/9
	流 量 (m ³ /時間)	12	18	61
	使用熱 (kW)	70	106	352
C O P		0.6	0.6	0.6
冷却水ポンプ (kw)		3.7	5.5	18
冷媒ポンプ (kw)		0.3	0.3	0.6
真空ポンプ (kw)		0.3	0.4	0.8
運転重量 (トン)		7.5	11	25
寸法 (m×m×m)		2.4×2.1×2.8	3.1×2.2×2.8	6.3×3.1×3.5

日本のある製麺工場では、106kWのMycom吸着式冷凍機 1 機を、ディーゼルエンジン駆動式チラー装置と発電機のCHP（熱電併給）システム内に設置した。このシステムの運転に必要な電力はすべてシステム自体により自家発電で供給される。吸着式冷凍機は、エンジンから出る廃熱・排気熱と、製麺ラインから出る温排水（72℃）との両方により駆動される。吸着式冷凍機は水を 21℃から 16℃へと冷却し、次に、従来型の装置が、麺を冷やすために、更に水を 5℃にまで冷却する。このシステムの導入により、既存チラーの容量は 45%も拡大されることになる。

ドイツのレムシャイト（Remscheid）の自治体サービス事業機関に、現在 100kWのMycom吸着式チラー 1 機が設置されている。ソーラーコレクタ（太陽集熱器）により主な駆動熱の 75%が供給され、残りの加熱エネルギーは地域暖房システムにより供給される。このシステムでは、冷水温度が 10℃、温水温度が 70℃の時に、定格冷水容量が発揮される。冷水プロセスは、温水温度が 55℃まで下がると、開始される。

また、Nishydoという日本企業が、320kWのシリカゲル吸着式ユニット 1 機を、従来型の 260kWチラー（ピーク時のみ冷水容量を発揮）に並行して、ドイツのカッセルにあるKönigsgalerieショッピングセンター内に設置した。これにより、年間の冷水需要

(450MWh) のうち 78%が、吸着式チラーにより供給される。80°C/69°Cでの 560kWの入熱は、地域暖房により供給される。従来型の冷凍機と並行運転されている吸着式冷凍機のCO₂排出量は、同等の機械式圧縮機チラー（従来型のチラー冷凍機で使用される冷媒[CFC] の温室効果を考慮しない場合、）より 80%も少ない。

結 論

シリカゲルを使用する吸着式チラーの投資コストは、依然としてkWあたり 500 ユーロ前後であるが、従来型圧縮機チラーと比較すると、環境面での恩恵には注目すべきものがある。吸着式チラーは、CFCのような有害又は危険な物質を生成することなく、しかも、電力消費が極めて少ないため、CO₂排出量も従来型に比べて大幅に削減できるという、環境に十分配慮した技術である。低温の廃熱は、5°C程度までの冷水容量に転換されて、再利用される。しかも、この吸着式チラーは、高額のマaintenanceコストを必要としない。

なお、Mycomは、日本の株式会社前川製作所（Mayekawa Mfg., Co.）の商品名である。

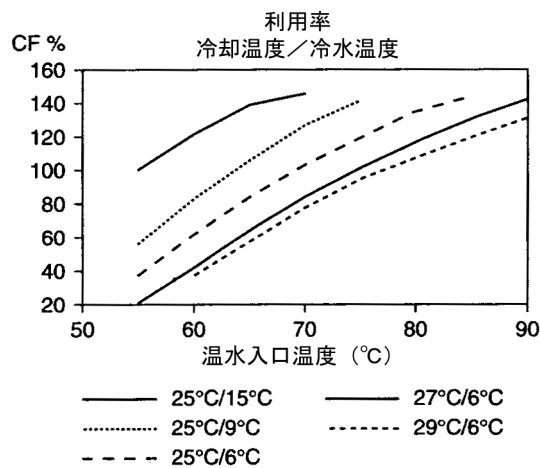


図 2 冷却／冷水温度に対する利用率

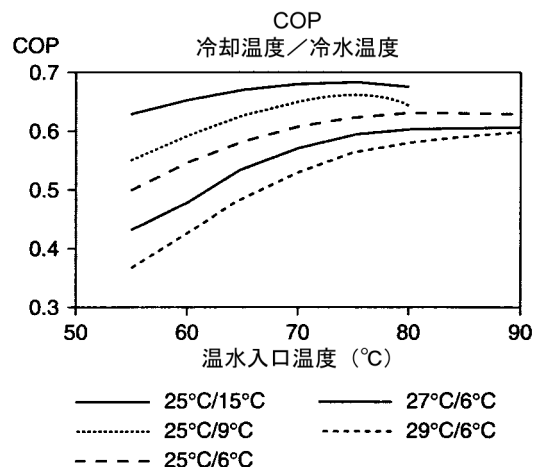


図 3 冷却／冷水温度に対するCOP（成績係数）

詳しくは下記までお問い合わせください。

Mycom Europe nv

Mr. Jan Boes

Leuvensesteenweg 605

B-1930 Zaventem Belgium

電 話 : +32-2-7579075

ファクシミリ : +32-2-7579023

電子メールアドレス : jan.boes@mycomeurope.com

又は、

Belgian National Team (ベルギーナショナルチーム)

Mr. Gilbert van Bogaert

ファクシミリ : +32-14-321185

電子メールアドレス : gilbert.vanbogaert@vito.be

[出典原文]

CADDET Energy Efficiency Newsletter, Issue 1-2000

CADDETの関連情報はNEDO情報センターのホームページのCADDET事業
(www.nedo.go.jp/nedo-info/caddet/index.html) でも提供しています。