



ペルチェ式空気調和装置の応用領域

Der Anwendungsbereich von Peltier-Klimageräten

Ch. Schneider

(Heiz.-Lüft.-Haustec., Oktober, 1969)

田 中 辰 明 訳

大容量用の、ふさわしい半導体の開発によって、電流から直接に熱または冷たさを得るペルチェ効果の技術が、空気調和技術にもはじめて応用されるようになった。この熱電式空気調和装置は、システムとは関係のない単独の空気調和装置に適用されると同時に、特に在来の換気装置、低速ダクトによる空調装置、高速ダクトによる空調装置、蓄熱式温水暖房、一般の中央式暖房と組み合わせて応用されるのに適している。

一般概念

ペルチェ式空気調和技術の発展の初期の段階において、今日の幅の広い応用の可能性が示されていた。著者は、将来は熱電式冷暖房へ発展していこうという見解を持っている。無騒音で、運転管理不要、多段に制御できるペルチェ式の熱や冷たさの発生、すなわち熱または冷たさへの電流の直接変換は、ペルチェ技術が空気調和技術にはいってくることを促している。

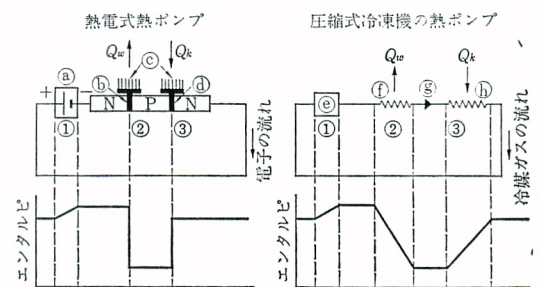
ペルチェ効果

1822年にゼーベック(Seebeck)は、今日、温度測定に使っている熱電対の根本原理である熱電効果、すなわち二つの異種の金属の接合部に温度差があると、金属に電流が流れるという原理を発見した。

ペルチェ(Peltier)は1834年にこれと逆の効果、すなわち二つの異種の金属をつないだ回路に電流を流すと、一方の接合部で熱の吸収が、他方の接合部で熱の放出が行なわれるという効果を観察した。

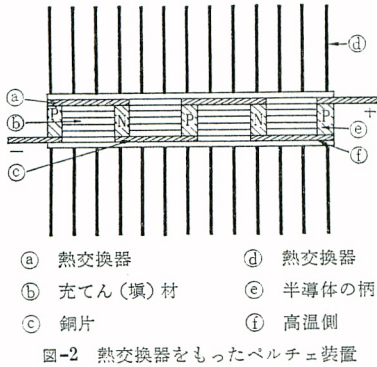
今日の段階でやっと半導体技術の進歩により、熱または冷たさの発生に、このペルチェ効果を商業上利用することができるようになったが、それは普通の熱電対ではあまりに能力が足りないからである。利用されている半導体、いわゆるシリコール(Sirigor)冷却ブロックは、金属をはさんだテルル化ビスムス基の接合で、セレン化ビスムスまたはテルル化アンチモンを用いている(N形、P形素子の材料)。

さてペルチェ効果を空気調和技術に応用する観点から説明を行なおう。高度な物理的扱いは本報ではさけることにする。特別に興味をもたれた読者は文末の文献を参照されたい。ここでは熱電式ペルチェ熱ポンプと、一般の圧縮式冷凍機の熱ポンプの類似点について図-1で説明を行なう。電子(これは圧縮式冷凍機による熱ポンプでは冷媒ガスに相当する)が熱エネルギーの輸送を、熱エネルギーのバランス変化により行なう。電子が金属の接合部を一方から他方へ移動するとき、同時にエネルギー水準が金属の中で変化する。そのとき熱が放出されるか吸収される。その場合、エネルギーの吸収はP形素子からN形素子に移るとき行なわれ(図-1の③)、それはP形素子における電子の出っていく仕事、N形素子のそれよりも小さいから起こるのである。これと類似したことが、圧縮式冷凍機の熱ポンプで、冷却された冷媒ガスが絞り弁を通過して圧力の低い方向へ流れ、接続された蒸発器の中で蒸発熱 Q_E を取り入れてエンタルピー水準が増加するとい



番号	ペルチェ式熱ポンプ	圧縮式冷凍機の熱ポンプ
①	エネルギー供給	圧縮器
②	熱交換器をもつ高温側	凝縮器
③	熱交換器をもつ低温側	蒸発器と絞り弁
	④ エネルギー供給	④ 圧縮器
	⑤ 高温側	⑤ 凝縮器
	⑥ 熱交換器	⑥ 絞り弁
	⑦ 低温側	⑦ 蒸発器

図-1 熱電式熱ポンプと圧縮式冷凍機の熱ポンプの比較



うことでみられる。

反対に電子の流れがN形素子からP形素子の場合を考えよう(図-1の②)。電子はこの場合障害物を乗り越えるように、大きな仕事の働きに打ち勝たねばならず、したがってそのエネルギー水準が下がる。この“制動”によってエネルギーは自由に遊離され、熱 Q_W となって放熱される。このことは圧縮式冷凍機による熱ポンプで、冷媒ガスが凝縮器の中で Q_W 熱を放出してエンタルピが減少するのと似ている。このことから、電流の方向を変えると、ペルチェ素子の機能はそれに応じて変わるということがいえる。この制御は比較的簡単であり、したがってペルチェ式空気調和装置では暖房運転から冷房運転、またはその反対への自動切替えが可能になってくるのである。

ペルチェ装置

図-2に示されるように、ペルチェ装置では個々のペルチェ素子(半導体の柄)が電氣的に順に接続されている。接合素子としては銅片が用いられている。熱的にはペルチェ素子が熱交換器によって並列につながれていることになる。半導体から銅片を通じて熱交換器への熱移動はきわめて良好でなければならないことは明白である。というのは温度のはね上がり、すなわち高温側と低温側との温度差をできるだけ小さく保たんとするからである。他の側では、金属の熱交換器は個々の素子に電氣的に接続されていなくてもよい。熱的に伝導性が良いという要求は電氣的絶縁の要求とは本来相いれないものである。しかしながら、今日の技術はこの問題を解決できるに至ったため、空気調和に導入して、実際に熱および冷たさの発生を行なえるようになったのである。

容量バランス

P形とN形の二つの半導体の接合部で吸収または放出する熱量 Q は、

$$Q = \alpha IT \quad (W) \quad \dots\dots\dots (1)$$

であり、 α (V/deg)は熱起電力、 I (A)は電流、 T (°K)

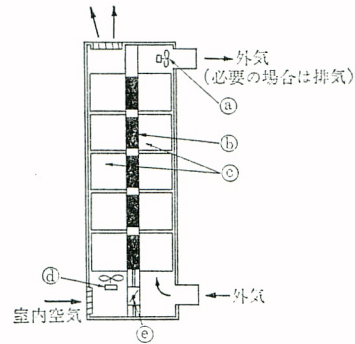


図-3 空気対空気方式のペルチェ式空気調和装置

は接合部の温度である。

素子にはこのほかに電流の流れにより生ずるジュール熱 Q_J がある。

$$Q_J = I^2 R \quad (W) \quad \dots\dots\dots (2)$$

R (V/A)は半導体の抵抗である。

この熱量 Q_J は半分ずつ低温側と高温側へ流れる。すなわち理論的に得られる冷却熱量 Q_K' はおおよそ $1/2 Q_J$ だけ減少し、反対に加熱容量 Q_W' はおおよそ $1/2 Q_J$ だけ増大する。

材料の熱伝導のために、このほかに熱量 Q_I だけ熱移動が高温側と低温側との間に起こる。

$$Q_I = A \Delta t \quad (W) \quad \dots\dots\dots (3)$$

A (W/deg)は装置の熱伝導度、 Δt (deg)は高温側と低温側の温度差である。この熱量は、理論的に得られる加熱容量や冷却容量を減少させるものである。式(2)、(3)を式(1)に加えると次式が得られる。

$$Q_W = Q + 1/2 Q_J - Q_I \quad (W) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$Q_K = Q - 1/2 Q_J - Q_I \quad (W) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$Q_E = Q_W - Q_K \quad (W) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに

Q_E : 電気の入力 W

Q_W : 放出熱量 W

Q_K : 吸収熱量(冷却熱量) W

である。

装置の構成

空気対空気方式のものでは(図-3)、ペルチェ素子の両方の熱交換表面に空気熱交換器が取り付けられており、これが外気と室内空気の間で熱交換を行なう。この構成の長所は外気の保有熱量を利用するところにある。そのほかに外気および給気を、特に手間をかけなくとも部屋へ導くこともできる。欠点としては外壁を貫通するため

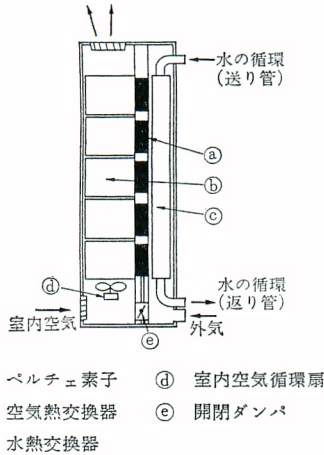


図4 空気対水方式のペルチェ式空気調和装置

の建築的雑費がかさむことで、というは外気側の熱交換器部分を外気へ連絡する必要から生ずるものである。このことは別としても、このために建物の開口部が変化してしまうのは、建築家や建物所有者にとって必ずしも快いものではないだろう。

空気対水方式のものでは(図-4)、空気対空気方式の外気側回路を水の回路に置きかえたものである。空気対空気方式のものに対し、空気対水方式のものでは、もはや外気には依存しなくなる。ということは装置を外壁に面しない部屋に置き、閉じた作り方の部屋に用いることも可能となってくる。必要ならばダンパを通して外気の取り入れも可能である。装置の大きさは同じ容量の空気対空気方式の構造より小さいが、それは水側の熱交換器の熱伝導が良好なため、その寸法が小さくてすむからである。この装置は外側の送風機がないからそれだけ静かであるという点で結局すぐれている。

装置は比較的簡単に全自動、多段の制御ができる。その場合、吹出し温度は暖房や冷房の負荷に応じて変化する。ドラフトの現象は避けられる。暖房から冷房へ、またはその反対の自動切替えは、同じように可能である。

応用の領域

ペルチェ式空気調和装置の応用領域は、目的に応じて“システムと関係ない”ものと“システムと関係ある”ものとの、二つのグループに分類される。前者への応用はペルチェ式空気調和装置を単体の装置として、他のシステムと組み合わせることなしに取り入れるものである。システムに依存する方の応用では、ペルチェ式空気調和装置を種々な換気装置や暖房装置と組み合わせるこ

* 水方式 (Wassersystem) とは温水暖房方式などを意味している。

表-1 ペルチェ装置の暖冷房への応用

装置の式	システムに依存しない	システムに依存する			
		低速ダクトの空調装置	高速ダクトの空調装置(誘引式)	再冷装置、夜間電力利用蓄熱式と組み合わせた中央式温水暖房	中央式温水暖房
空気対空気	×	× (図-5)	×		
空気対水	× (図-6)	×	× (図-7)	×	×

表-2 ペルチェ装置(P)と一般空調装置(K)を組み合わせたシステムの機能例

例	冷暖房負荷への対処		
	一般負荷	ピーク負荷	新鮮空気負荷
1	P	P	K
2	K	P	K
3	K	P	P

とによりなされる(表-1)。この場合、空気対水方式の装置が多く使われる。

熱の回収

排気をペルチェ式空気調和装置の外側の熱交換器へ通せば(空気対空気方式の場合では)、排気のエネルギーは回収できる。この場合、排気は熱を取り上げられるか(冬に熱回収を行なう場合)、または熱を取得する(夏に冷たさを回収する場合)。つぎにいくつかの特に興味深い応用例を示そう(図-5から図-7)。

低速ダクトまたは高速ダクトの空気調和設備とペルチェ式空気調和設備の組合せ

空気対空気方式のペルチェ式空調装置では、補足として排気からのエネルギー回収の可能性が生ずるが、それは排気が外側の熱交換器へ導かれる場合である(図-5)。

空気調和装置と組み合わせることにより、ペルチェ装置は種々の役割を引き受けられることができる(表-2)。冷暖房負荷の基準値にあてるか、ピーク値にあてるか、取入れ外気の負荷にあてるかかは、そのつど合目的的に決められる。選択は建設費ができるだけ少なく、配管長をできるだけ少なく、中央での加熱・冷却の経費の節約などの観点から行なわれるべきものである。

ペルチェ空気調和方式と水方式との組合せ

空気対水方式のペルチェ式空調装置は、水方式*との種々な組合せを作ることができる。

中間季のエネルギーバランス

特に事務所建築などで明らかであるが、中間季には、南側にある部屋は冷房が必要であるのに、一方、北側の

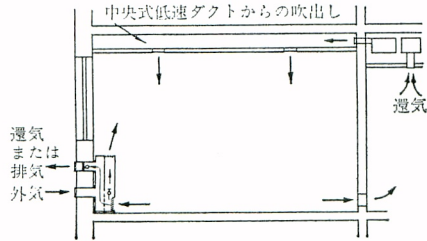


図-5 中央式低速ダクトとともに使われる空気対空気方式のペルチェ式空調装置

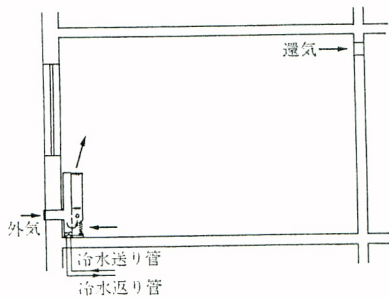


図-6 中央システムとは関係なく単体で使われる空気対水方式のペルチェ式空調装置

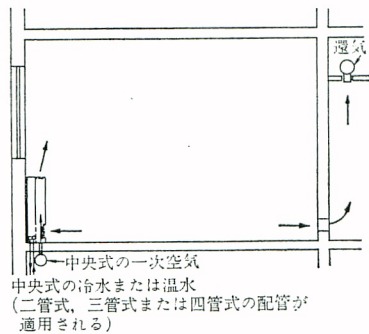
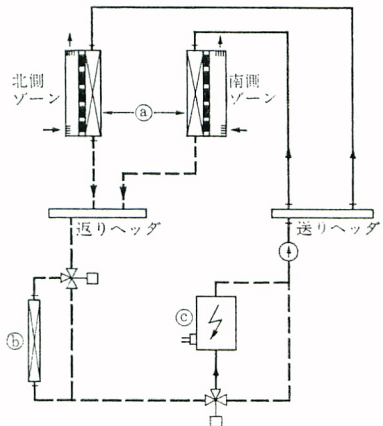


図-7 中央式高速ダクトと組み合わされて使われる空気対水方式のペルチェ式空調装置

部屋では暖房が必要であるといった場合が生じる。ペルチェ式空調装置を水方式に組み合わせることにより、南側に生じる廃熱を配管を通じて北側の暖房のために輸送し、一方、北側に生ずる廃熱を南へ導くことができるのである。このようにして建物内でエネルギーをバランスさせることができる。システムが建物の北側ゾーンや南側ゾーンを互いに無関係に暖房・冷房しようというのであれば、北側からの返り湯は補助的に加熱しなければならず、南側のそれは冷却しなければならない。つぎに示す例でこの応用がよくわかるであろう。

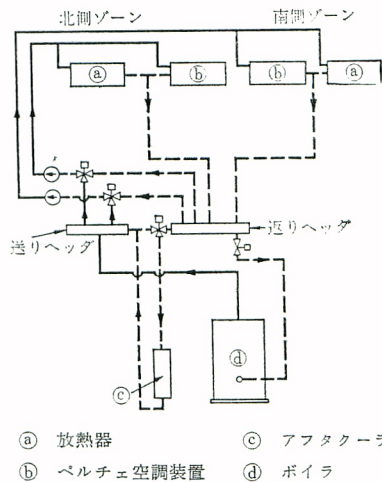
温水暖房と再冷却、夜間電力蓄熱方式の組合せ

このシステム(図-8)はもっぱら事務所建築に適している。一般に使われる油やガス、石炭だきの温水暖房ボイラの代わりに、ここでは温水蓄熱ボイラが使われる。そ



① ペルチェ空調装置 ② 夜間電力利用の蓄熱器
③ アフタクーラ

図-8 夜間電力利用の蓄熱器とアフタクーラを温水暖房に組み合わせた空気対水方式のペルチェ式空調装置



① 放熱器 ② ペルチェ空調装置
③ アフタクーラ ④ ボイラ

図-9 中央式温水暖房と組み合わされて使われる空気対水方式のペルチェ式空調装置

の温水蓄熱ボイラは、夜間電力料金が適用される時間内で暖房ができるよう温水量を保有する必要がある。この温水暖房ボイラは夜間に電気で90~110°Cに暖められる。ペルチェ装置は送り湯温度30°Cといった低い温度でも働くから蓄熱容量は小さく選定される。このことから、このボイラは一般の温水蓄熱暖房ボイラに比べ小さく選定できる。この夜間電力利用蓄熱式温水ボイラのさらによい点は、周知のとおり蓄熱時に安い電力料金を利用することにより、運転費が安くなることにある。

冷房運転時にも、ペルチェ装置は暖房運転時と同じ温度水準の水が供給され、水は装置で暖められ、後の冷却装置(冷却塔、冷却圧縮器)で再冷される。

中央式温水暖房との組合せ

このような装置の構成は簡単である(図-9)。ただ暖房されるだけでなく、冷房もされる部屋では、放熱器の代わりにペルチェ装置が温水暖房システムに接続して使われる。冷房運転時には水側では、廃熱は暖房装置の方へもっていかれ、廃熱の容量に応じて冷却器(アフターラ・給湯の予熱・水泳プールの暖房)に使われる。暖房運転時には装置は完全に価値ある暖房装置として働き、そのときはペルチェ装置はスイッチが切られている。ペルチェ式空気調和装置はそのとき、暖房システムから温水が流れ、熱交換器で温水が熱を得、一般の暖房用コンベクタと同じように室内で放熱する。したがって、このシステムには三つの運転方法がある。

- 1) 夏季にペルチェ効果を利用した純粋な冷房運転。
- 2) 中間季にペルチェ効果を利用した短時間の暖房運転。

- 3) ペルチェ効果を利用しない普通の暖房運転：ペルチェ式空気調和装置は、温水暖房システムと組み合わせることにより暖房用コンベクタとして働く。

参考文献

- 1) Müller, H. : Bemessung und Aufbau von Peltieraggregaten Kältetechnik 15 (1963) Nr. 5, S. 137~143
- 2) Schirp, W. : Thermoelektrische Kühlung, Internationale Zeitung für Elektrowärme 22 (1964) Nr. 6, S. 205~214
- 3) Rupprecht, J. · R. G. Maier : Neuere Untersuchungen an halbleitenden Mischkristallen unter besonderer Berücksichtigung von Zustandsdiagrammen. Physica status solidi 8 (1965) Nr. 1, S. 3~39
- 4) Kaim, L. : Die elektrothermische Wärmepumpe. Elektro-Anzeiger Nr. 2 v. 15. 2. 1969, S. 23
- 5) Külner, K. · H. J. Reiter : Der Einsatz von Peltier-Elementen in der Klimatechnik. Heiz.-Lüft.-Haustechn. 20 (1969) Nr. 5, S. 179~182

(昭和 45. 9. 28 原稿受理)

電気暖房のモジュール建築への適応性

Electric Heating's Adaptability to Modular Construction

P. C. Greiner, C. P. Robart Jr.

(ASHRAE Journal, May, 1970)

鈴木 勝 英 訳

アメリカにおける今日のモジュール形住居の設計の増加は、低所得者用、低・中所得者用住居の極端な不足の結果である。建築業者が、十分な採算をとって従来の方でこの住居を建てることは、もはやできないことがすでに明らかであるから、この不足を満たすのに従来の建築方法は使えない。また、建築業者がこの不足を満たすだけの量を作ることもできない。そこで、この不足を満たすために、何か別の住居方式が見つけれなければならない。

四つの新しい工場建設形式が現在開発中であり、それは、

- 1) 型取り壁
- 2) 厚板壁
- 3) リブ壁
- 4) 間柱壁

である。これらは二つの根本的に異なる天井、または屋根システム—平ろく(陸)屋根とトラス—と組み合わせられている。型取り壁構造には、どこか離れた場所で組み立

てられる膨張コンクリート、自応力形構造、プレキャストパネルのようなシステムが含まれる。これらは種々のモジュール形式で組立て現場に運ばれ、結合され、住居単位を構成する。

- 1) 型取り壁構造(図-1)は、その建物を形成するのに使われるシステムに無関係に二つに類別される。一つは完全にユニット化された住居ユニットであり、もう一つは部分的にユニット化された住居であり、結合部品によって組み立てられて建物内に住居ユニットを完成する。
- 2) 厚板壁システム(図-1)は、もう少し一般的な方法を使っており、コンクリートのような高密度の材料を使い、完成された壁をもった流込みの床である。これは前もって作られ、所定の場所まで上げられる。このシステムは、運べる部分は最大限、生産現場で前もって作り、現場に運ぶところにおいて、厚板床を使うことができる。この方法は、現場での高速組立てに役立つ。