

# スーパーマーケットにおける空気調和設備

## Air Conditioning System for Supermarket Service

今泉忠博\* *Imaizumi Tadahiro*伊藤元博\* *Itô Motohiro*

スーパーマーケットでの空気調和設備は、店内を快適な状態に維持するばかりでなく、食品など商品の腐敗、汚損、及び劣化を防止する効果もある。しかし、空調の行ない方によっては、店内が不快になり、また空調空気の吹出し構造によっては、ショーケースの品温管理が行なえなくなるおそれがある。また一方、スーパーマーケットでの冷凍機及び空調設備の消費電力は、その占める割合が大きいため、省電力性が要求されている。本稿ではスーパーマーケットでの空調設備の基本的な考え方、並びに冷凍冷蔵設備及び空調設備をマッチングさせ省エネルギーを加味した熱回収システムについて述べる。

### 1 緒言

スーパーマーケットの店内空調はオープンショーケースの設置場所を基本として計画されなければならない。従来は、ともするとオープンショーケースを無視した空調設計が行なわれたため、種々のトラブルが発生していた。ここでは、スーパーマーケットの空調の特殊性を考慮し、快適で経済的な店内環境を実現するための基本プランを考えることにしたい。なお近時、スーパーマーケットでの設備上の関心事は、省エネルギータイプの設備と商品の品質管理の観点から、ショーケースの除霜時間の短縮にあるといわれている。本稿では、省エネルギーの課題を取り上げ食品店舗の冷凍冷蔵設備と空調設備とをマッチングさせ、省エネルギータイプの熱回収システムについて、夏季及び冬季のエネルギーの節減を図った実例を含めて言及する。

### 2 空調設備の基本プラン

スーパーマーケットの空調の特殊性について述べ、快適で経済的な店内環境を実現するための基本プランについて考察する。

#### 2.1 店内設計条件

夏季：店内乾球温度 $27^{\circ}\text{C}$ 、湿球温度 $19.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\%$   
外気乾球温度 $32^{\circ}\text{C}$ 、湿球温度 $27^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $68\%$

冬季：店内乾球温度 $15^{\circ}\text{C}$ 、湿球温度 $-$ 、相対湿度 $-$   
外気乾球温度 $0^{\circ}\text{C}$ 、湿球温度 $-3.2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\%$

スーパーマーケット内の温度及び湿度については、一般の空調条件と同じJISで決められた条件で夏季は $27^{\circ}\text{C}$ 、 $50\%$ を考える。また冬季の店内温度は、一般の設計条件と比べると低い値であるが、これは、スーパーマーケット内の暖房が一般ビルの暖房と異なり、買物客がコートを付けたまま買物をすることによるものである。

#### 2.2 店内の空調負荷分布の不均一

オープンショーケースにより周囲の空気が冷やされるので、その付近では夏季は冷房負荷が小さく、逆に冬季は暖房負荷が大きくなる。従来のように、店内を均一に空調したのでは温度のばらつきがでて、調整ができないことになる。したがって、負荷の分布を考慮して設計する必要がある。

#### 2.3 コールドアイル(冷たい通路)の問題

オープンショーケースは庫内を冷却するために、冷却器に

より常に熱を奪っている。この熱は庫内の蛍光灯、防露ヒータ、ファンモータなどの発熱分と、ショーケース周囲からの侵入熱の和に相当する。この熱は、オープンショーケースの開口部を通して前面通路の空気から取られるため、その部分の空気は冷やされ、比重が大きくなって床の付近に滞留する。そのため、通路の上下方向で温度差が大きくなり、買物客に不快感を与える冷たい通路(以下、コールドアイルという)が発生する。

これを解決する方法としては、

- (1) ショーケースの床面にピットを掘り、このピットがリターンダクトを兼ね機械室まで冷気を導き、空調機を通して再び店内に送風する方式。
- (2) ショーケースの上部にリターンダクトを設置し、店内のリターン空気はショーケースの前方冷気を背面を通して吸入し、機械室に導く方式。
- (3) ショーケース背面上部にファンを設けて、冷気を前方通路よりショーケース背面を通して天井に吹き上げる方式。

などがある。

#### 2.4 オープンショーケースのドラフトの影響

オープンショーケースの開口部は $1\text{m/s}$ 前後の低速エアカーテンで、庫内と周囲とを遮断している。したがって、空調のドラフトや、出入口からの隙間風などがエアカーテンに当たると冷気が漏れ、冷却不良や霜の付着量の増大により冷却効果が悪くなる。したがって、空調機の本体からの直接吹出しや、ダクトによる天井低部からの横吹出しなどは避け、アネモスタット方式(低風速構造)か、又は全天井吹出し方式を採用することが望ましい。

### 3 熱回収システム

スーパーマーケットでの空調設備で、より省エネルギー的な運転を行なうためには消費したエネルギーをもう一度回収して再利用することが望ましい。店舗の中で回収可能な熱源は次のようなものがある。

- (1) 冷凍冷蔵用冷凍機の吐出し冷媒ガスの熱量
- (2) オープンショーケースからの漏洩する熱量

これらのエネルギーを回収して再利用することにより、総合的に組み合わせてエネルギーの節減が可能となる。

\* 日立製作所清水工場

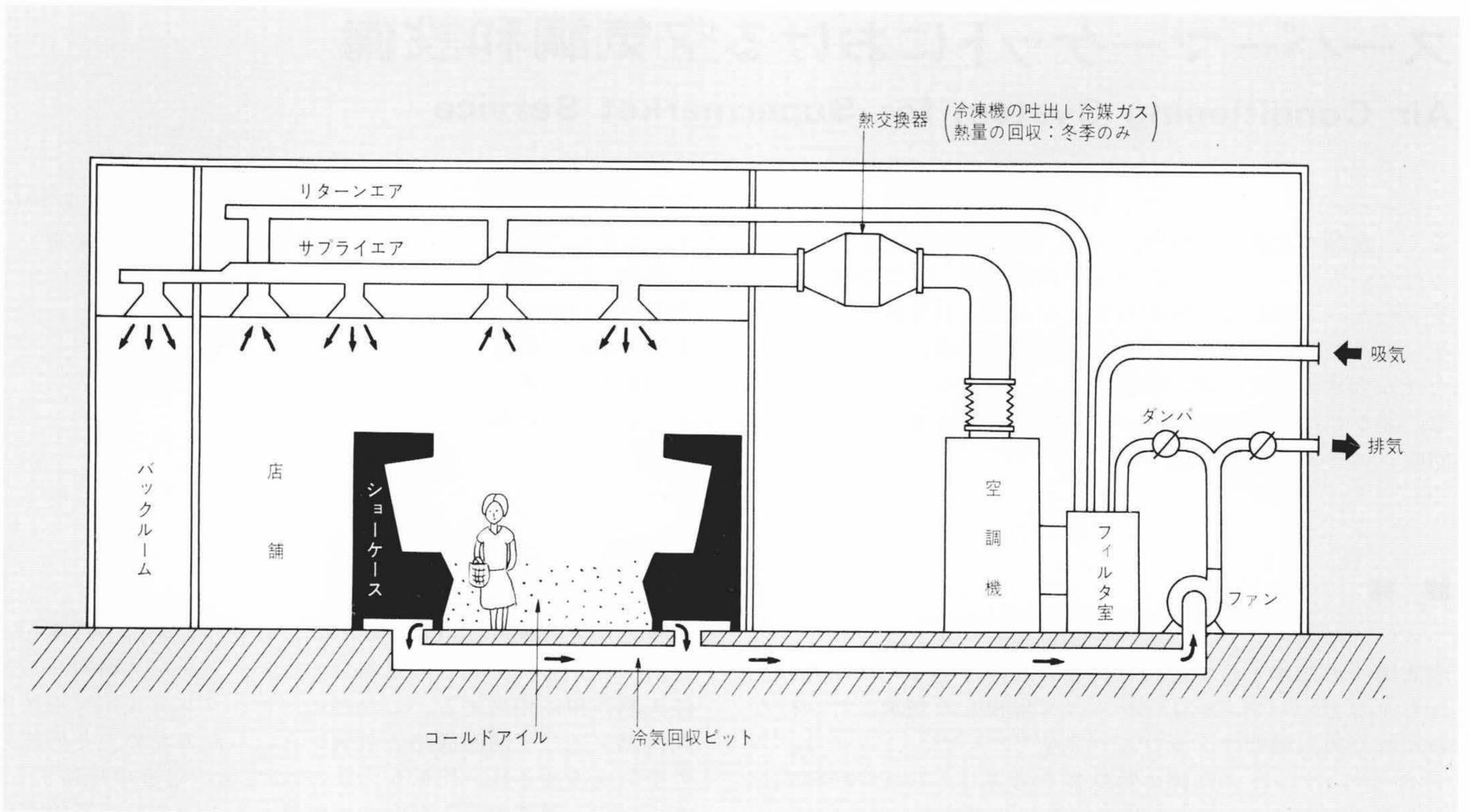


図1 店舗空調設備(熱回収方式) 空調ダクトの途中に熱交換器を設け、冷凍機のホットガスを暖房に利用するとともに、コールドアイルの解消と冷房への利用を図った。

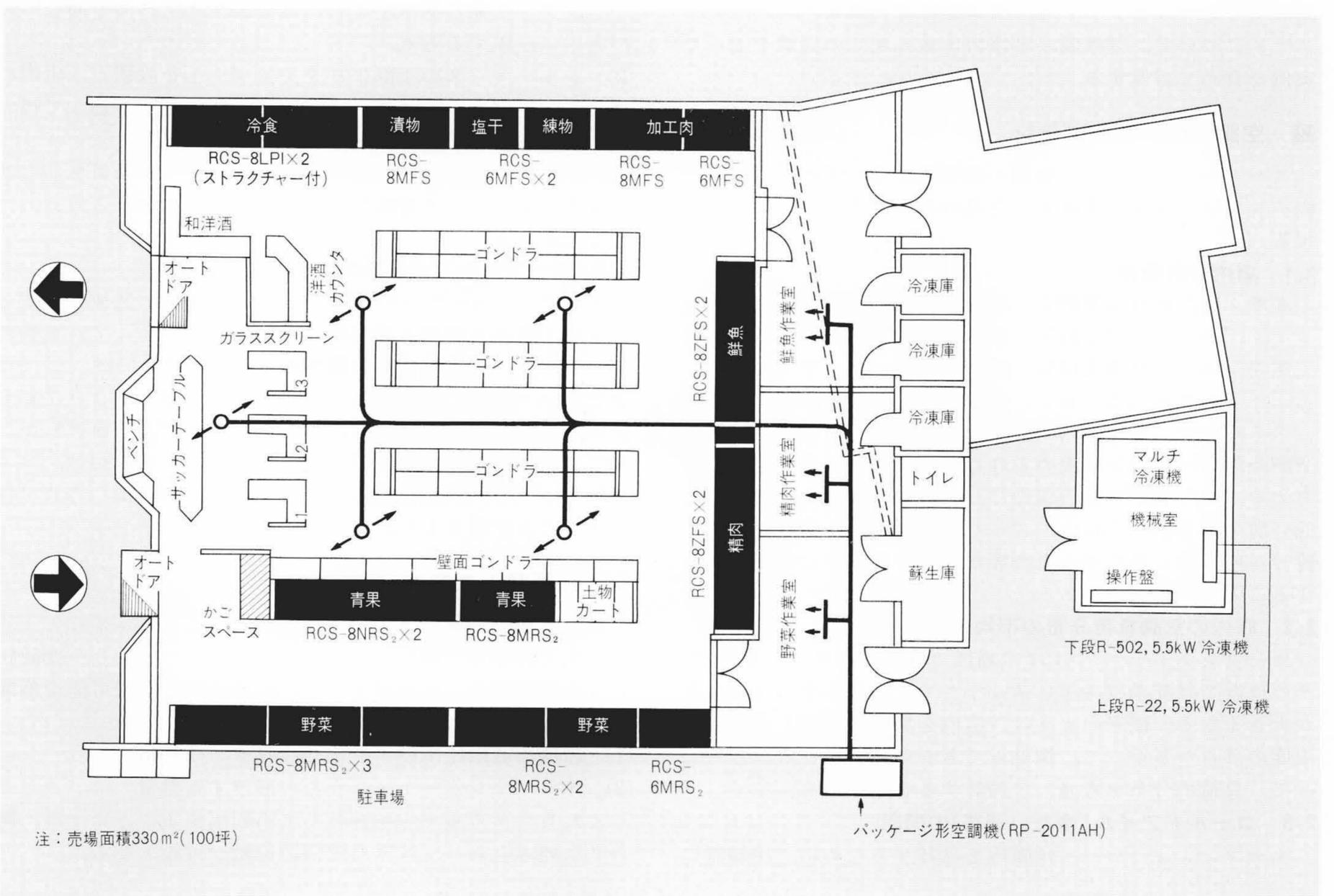


図2 モデル店舗レイアウト 冷蔵用のショーケースと冷蔵庫は、マルチ冷凍機(40HP)1台と組み合わせ省電力を図った。

3.1 実例店舗での熱回収方式

店舗での熱回収は、現在までいろいろな方法で数多く実施されているが、ここで紹介する例は冬季での暖房用熱源に冷凍機の吐出し冷媒ガスの熱量を利用し、夏季はオープンショーケースから漏れる冷気を回収し、冷房に利用するという省エネルギータイプであり、合わせて冷凍冷蔵設備のランニングコストを節約するために複数台の圧縮機を組み合わせたマルチタイプ冷凍機を使用し、またオープンショーケース、冷蔵庫、冷凍庫及び空調機に使用する冷凍機はすべて空冷式を使用した。本例の空調設備の概略を図1に示す。

3.2 レイアウト及び使用機器

モデル店舗内レイアウトを図2に、その使用機器の仕様を表1に示す。

3.3 空調機の決定

実例店舗の冷暖房負荷計算を行ない取りまとめると表2に示すようになり、夏季の負荷は43,100kcal/h、冬季の負荷は61,000kcal/hとなる。この店舗の地域は電源周波数が50Hzであり、したがって、使用空調機の機種は表3に示すとおりとなる。

3.3.1 冷気回収による夏季熱負荷の節減

計算上必要な熱負荷より、オープンショーケースの必要熱量62,400kcal/hのうち、50%をコールドアイルよりの熱回収で補足することにより31,200kcal/hを節減することができるが、これは空調機の容量に換算すると約10.8kWの空調機に相当する。

3.3.2 冷凍機の吐出し冷媒ガス利用による冬季熱負荷の節減

冬季の暖房負荷計算は表2に示すとおり61,000kcal/hである。これから冷凍機の吐出し冷媒ガスを空調機のダクト内に組み込み回収できる熱量は<sup>\*1)</sup>28,000kcal/hであり、電気ヒータに換算すると約30kW、ヒートポンプ式空調機の容量に換算すると約7.5kWの空調機に相当する熱量を節約できることになる。

表1 納入機器一覧表 空調機、冷凍機ともすべて空冷式を採用した。

機器名	形式	台数	備考
ショーケース	RCS-8MRS <sub>2</sub>	6	青果物用
	RCS-6MRS <sub>2</sub>	1	"
	RCS-8NRS <sub>2</sub>	2	"
	上物カート 8尺	一式	"
	RCS-8ZFS	2	精肉用
	RCS-8ZFS	2	鮮魚用
	RCS-8MFS	1	加工肉用
	RCS-6MFS	1	"
	RCS-6MFS	2	乳製品用
	RCS-8MFS	1	"
	RCS-8LP <sub>1</sub>	2	冷凍食品用
冷蔵庫	75MF-3030	1	冷凍用プレハブ冷蔵庫3.3m <sup>3</sup>
	"	1	精肉用 "
	"	1	鮮魚用 "
空調機	RP-2011AH	1	20HP空冷ヒートポンプ式空調機
冷凍機	400SM-FLR	1	40HP空冷式マルチタイプ冷凍機
	750S2-FLR	2	7.5HP空冷式冷凍機
	RU-150CAL	2	1.5HP空冷式冷凍ユニット

表2 店舗空調負荷の計算 ショーケースからの冷気漏れは夏季は冷房に利用するものとした。

項目・単位		夏季冷房負荷	冬季暖房負荷	備考
条件	店内温度(°C)	27	15	—
	外気温度(°C)	33	0	—
冷暖房負荷	建物からの漏洩負荷(kcal/h)	23,900	39,600	—
	店内照明負荷(kcal/h)	17,100	-17,100	—
	ショーケース照明負荷(kcal/h)	2,400	-2,360	—
	ショーケースからの漏洩負荷(kcal/h)	-31,200	24,900	夏季コールドアイルの熱回収を含む。
	在室人員による負荷(kcal/h)	5,000	0	—
	外気漏れによる負荷(kcal/h)	4,000	1,800	—
	空調機、ダクト等における負荷(kcal/h)	8,300	4,300	—
	新鮮空気による負荷(kcal/h)	9,700	4,400	—
	負荷小計(kcal/h)	39,200	55,500	—
	必要負荷(kcal/h)(×1.1)	43,100	61,000	—

注：1.夏季のショーケースからの漏洩熱量は、冷房用に熱回収するものとした。  
2.冬季の店内照明負荷、及びショーケース照明負荷は、暖房熱量として計算した。

表3 空調機仕様 10HP圧縮機2台を使用した空冷ヒートポンプ式空調機の仕様を示す。

項目・単位		形式	RP-2011AH	
冷房能力(50/60Hz)*		kcal/h	45,000/50,000	
暖房能力(50/60Hz)*		kcal/h	52,000/56,000	
冷暖房装置	圧縮機	形式	1000 FH <sub>4</sub> -T(全密閉形)×2	
		出力(極数)	7.5×2(2)	
	電源	—	AC 3φ 200V 50/60Hz	
	室内熱交換器	—	多通路クロスフィン式	
送風装置	冷媒制御装置	—	温度式自動膨張弁	
	冷媒種類	—	フロン22	
		封入量	kg	15.0×2
冷暖房切替装置	—	四方弁		
送風機	送風機	形式	両吸込多翼送風機×1	
		機外静圧	mmAq	28
		風量	m <sup>3</sup> /min	190
	回転数	—	985	
電動機	送風機用	形式	EFOUP-K	
		出力(極数)	kW	3.7(4)
		電源	—	AC 3φ 200V 50/60Hz

注：\*の冷房能力及び暖房能力は、冷媒配管水平片道5mでJIS規格(冷房：室内吸込空気乾球温度27°C、湿球温度19.5°C、室外吸込空気乾球温度35°C、暖房：室内吸込空気乾球温度21°C、室外吸込空気乾球温度7°C、湿球温度6°C)に準じて運転した場合の値を示す。  
また、暖房能力は、補助電器加熱器を含まない値を示す。

※1) 熱回収に使用する冷凍機の冷凍容量は54,400kcal/hであるが、凝縮熱量に換算すると70,000kcal/hであり、冷凍機の稼働率は0.4とした。

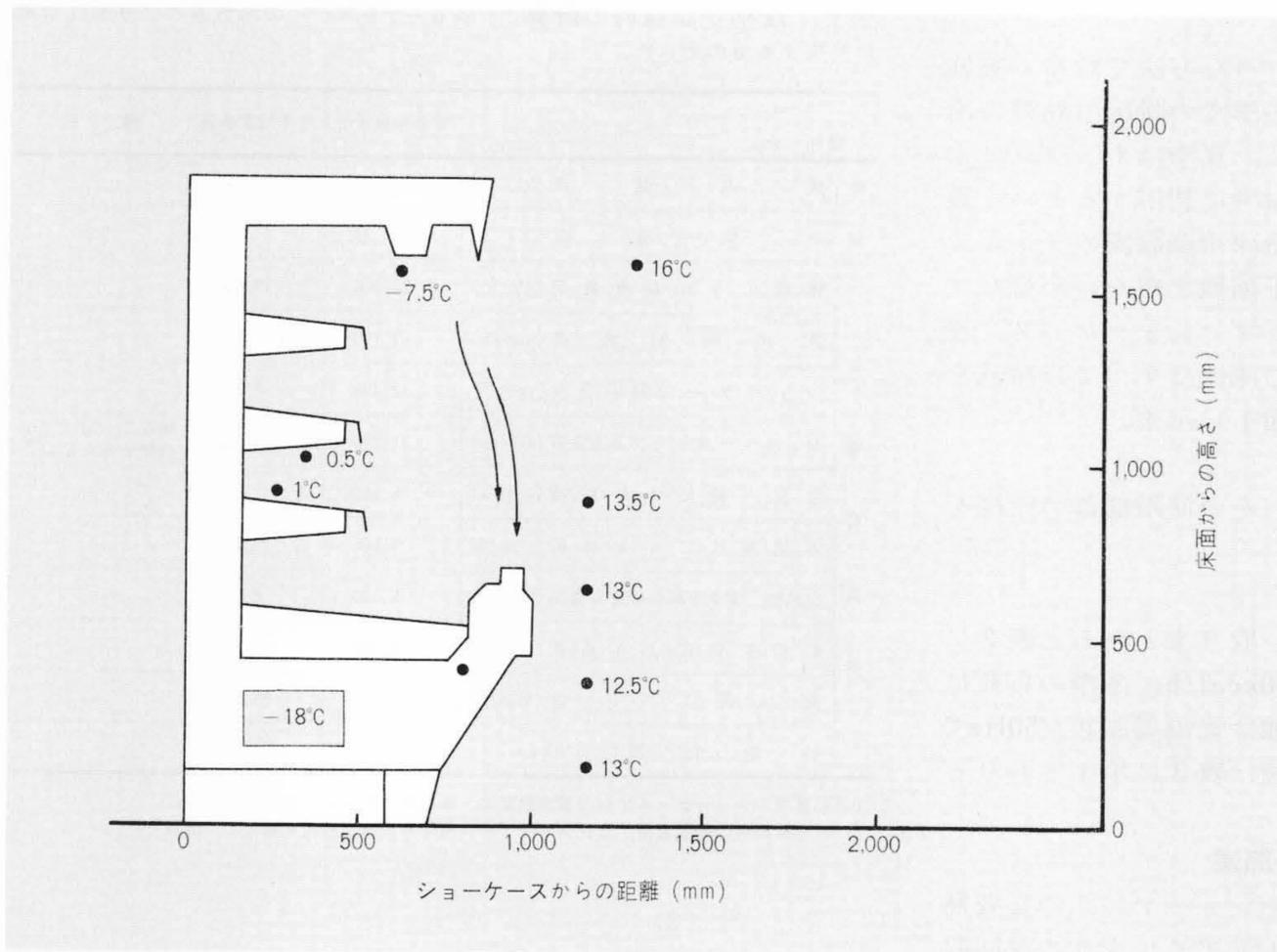


図3 ショーケース回りの温度分布  
コールドアイルが解消されていることが分かる。

#### 4 熱回収の効果

##### 4.1 冬季での冷凍機の排熱利用の効果

冷凍機の吐出し冷媒ガスを暖房に利用する熱回収の効果を実測してみると、空調ダクトの途中に挿入した熱交換器の空気の出入口温度差は冷凍機の運転状態によっても異なるが、概略5～8℃の温度差があった。このときの熱交換量は、風量及び空気の比熱から計算すると<sup>\*2)</sup>15,900～25,500kcal/hに相当する。一方、冷凍機の冬季での平均運転稼働率は実測値より30.1%であることを確認したが、これは冷凍機の凝縮熱量に換算すると<sup>\*3)</sup>21,100kcal/hであり、前記の熱交換量と一致していることが分かる。すなわち、冬季4箇月間の暖房運転時では、平均21,000kcal/hの再熱利用が確認できたことになるが、これはヒートポンプ式空調機の出力に換算すると、約5.5kWの空調機に相当し、入力に換算すると12.0kW(補助ヒータを含む)にもなる。冬季4箇月間で<sup>\*4)</sup>14,400kWhの電力量の節電となる。

##### 4.2 コールドアイルの解消と節電効果

店舗のコールドアイルの解消も大切な条件で、女性には「冷たい通路」として敬遠されている。ショーケース単体の試験でもエアカーテンの巻込み係数、すなわち冷気の漏れ量は40～50%になることが確認されている。本店舗ではショーケースの下部に冷気回収用のピットを設け、空調機の近くにブースタファン(1.5kW)を設置し冷気を回収した。ブースタファンの容量はショーケース30cm当たり0.8m<sup>3</sup>/minで設計した。図3はショーケース回りの温度の測定データを示すものであるが、

表4 年間節電電力 熱回収方式により、空調設備のランニングコストは年間38%節電できた。

電力量	方式, その他	従来方式	熱回収方式	電力量差	節電率
冷房に要する電力量(kWh)		44,500	25,800	18,700	42%
暖房に要する電力量(kWh)		41,800	27,400	14,400	34%
合計電力量(kWh)		86,300	53,200	33,100	38%

温度分布より判断しコールドアイルが解消されていることが分かる。またコールドアイルの熱回収効果については、実測データの積上げが少ないが、コールドアイルの解消より判断して、回収熱量は約31,200kcal/hとなり、空調機の容量に換算すると約10.8kWに相当し、入力で15.6kWとなり夏季4箇月間で節電電力量は<sup>\*5)</sup>18,700kWhとなる。

##### 4.3 熱回収による年間節電効果

冬季での冷凍機の排熱利用、及び夏季でのコールドアイルの熱回収により、前述のような節電ができることを確認したが、これをまとめると表4に示すようになる。同表から夏季の冷房時の節電は42%、冬季の暖房時の節電は34%となり、年間の空調設備のランニングコストとして38%の節電効果を得た。

#### 5 結 言

スーパーマーケットでの空気調和設備の基本的な考え方と熱回収システムについて述べたが、実例として330m<sup>2</sup>の店舗で従来方式に比べて年間38%の節電効果を得ることができた。しかし、熱回収システムは、今後更に追跡調査を行ない、システムをより完全なものにすることが望まれる。

また、このシステムは空調設備と冷凍設備とが一体となって初めて完成されるものであり、店舗の企画段階から相互の十分な理解と協力が必要である。

\*2) 190m<sup>3</sup>/min×60min/h×1.16kg/m<sup>3</sup>×0.241kcal/kg・°C×5°C  
=15,900kcal/h

\*3) 54,400kcal/h×1.29×0.301=21,100kcal/h

\*4) 12.0kW×10h/d×120日=14,400kWh

\*5) 15.6kW×10h/d×120日=18,700kWh