

天埋めカセット形パッケージエアコン「サイレントてんかせ 4 方向」の開発

Silent Cassette Type Packaged Air Conditioners of 4-Way Air Discharge Type

パッケージエアコンディショナ(以下、パッケージエアコンと略す。)の市場は、過去5年間で約2倍の市場規模となり堅調な伸びを示している。なかでも出力1.5kWから4.4kWまでの小形パッケージエアコンは、個別分散化、省エネルギー化、小形・軽量化などの市場ニーズにこたえる商品として、主に店舗・オフィス向けに、パッケージエアコン全体の伸びを大幅に上回る伸びを示している。最近の傾向としては、質の高い空調、低騒音化、省工事化、快適性の徹底追求に対する要望が特に強い。これらのニーズに対応するため、業界トップレベルの低騒音化、風の質の向上、冷媒現地追加作業の不要化、サービス性の向上などの特長を持つ4方向吹出し天埋めカセット形パッケージエアコン低騒音シリーズを開発した。

花田正道* Masamichi Hanada

佐藤敬治* Keiji Satō

国分秀昭** Hideaki Kokubu

下出新一*** Shin'ichi Shimode

1 緒 言

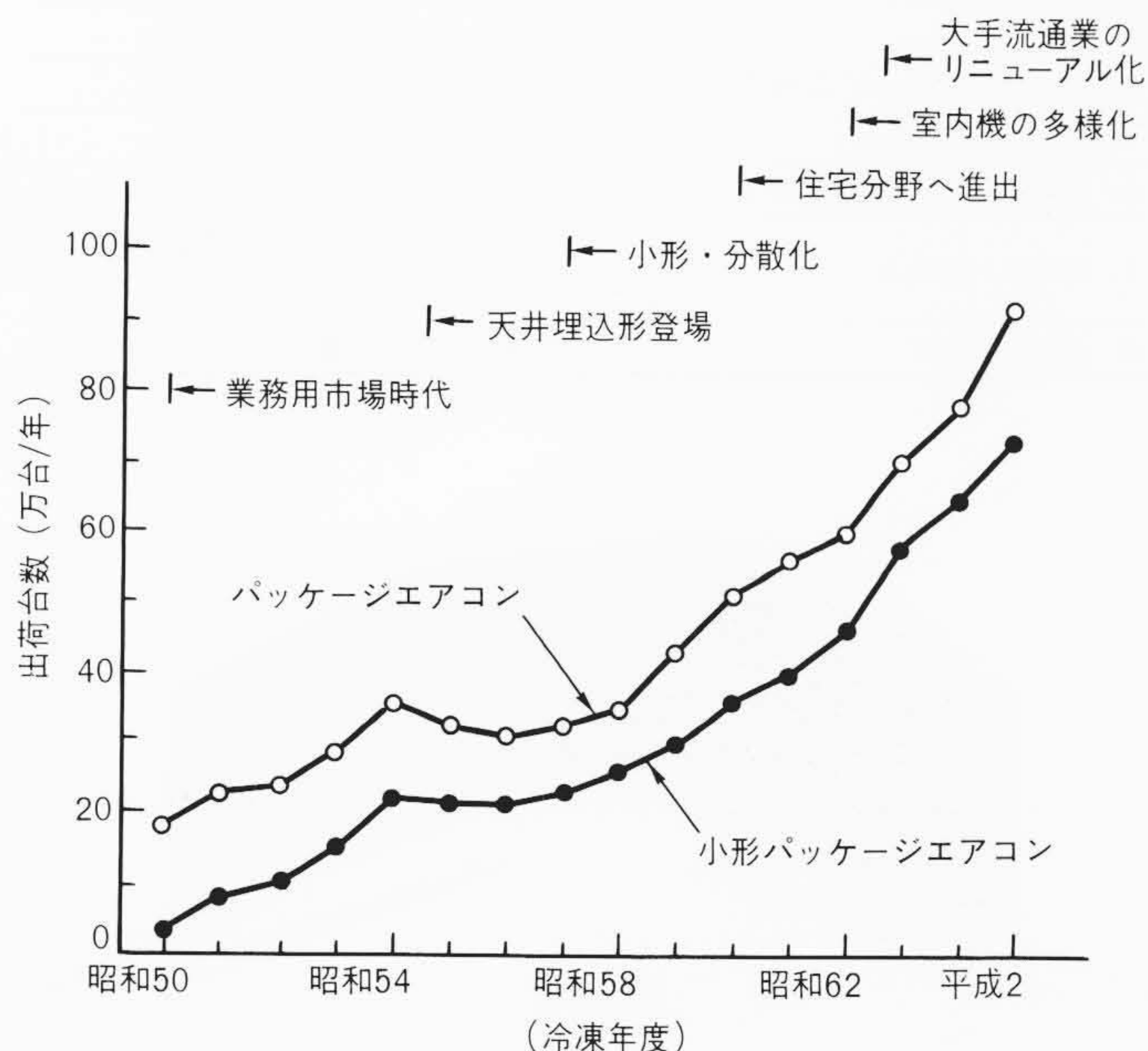
パッケージエアコンディショナ(以下、パッケージエアコンと略す。)の市場は堅実な伸びを示しているが、質の高い空調、省工事などへのニーズが一段と高まっており、特に快適性の向上、低騒音化、据付け性、サービス性の向上に対する市場ニーズが高い。なかでも天埋めカセット形パッケージエアコンは、小形パッケージエアコンの主流製品であり、低騒音化、機能強化、省工事化の果たす役割は大きい。

このような背景を受け、40dBという低騒音を実現する要素技術と、現地冷媒追加作業不要化のための余剰冷媒制御技術を開発した。これらの技術を適用し、さらに制御の高機能化による使い勝手の向上を図り、化粧パネルについては人やインテリアに優しく、高品位の新デザインを採用して外観を一新し、天埋めカセット形パッケージエアコン(サイレントてんかせシリーズ)として開発した。

2 市場動向と開発のねらい

パッケージエアコンの国内での出荷台数の推移を図1に示す。過去5年間で約2倍の市場規模に成長した。特に最近ビルの建設ラッシュ、盛んな民間設備投資と個人消費に支えられ、使用条件の多様化、店舗などのリニューアルに伴う買替え・買増し需要と相まって、今後も堅調な伸びが期待できる。このようなパッケージエアコン市場のここ数年のトレンドは、以下のとおりである。

- (1) 24時間稼動オフィスに対応する個別分散空調化
- (2) 建物の変化による設置の多様化：天井利用製品の伸長
- (3) 人手(技能者)不足に伴う省工事化、省メンテナンス化
- (4) 質の高い空調を実現する快適環境化、低騒音化



注：略語説明 パッケージエアコン(パッケージエアコンディショナ)

図1 パッケージエアコンの市場推移(国内) 過去5年間で約2倍の市場規模に成長し、今後も堅調な伸びが期待できる。

* 日立製作所 清水工場 ** 日立製作所 空調システム事業部 *** 日立製作所 機械研究所 工学博士

このような背景の中で、近年、省スペース、デザイン性が好評な天埋めカセット形が急増し、小形パッケージエアコンの40%以上を占めるに至っている。特に、空調の基本的なニーズである室温の均一化に有利な製品形態である4方向吹出し天埋めカセット形の伸びは著しい。

4方向吹出し天埋めカセット形に対する市場ニーズが高い性能・機能を表1に示す。この市場ニーズを受け、競争力のある製品とするため下記に主眼を置いて開発を行った。

- (1) 40 dBの低騒音の実現
- (2) 省工事化を図る冷媒現地追加作業の不要化(以下、チャージレス化と称する。)
- (3) サービス性、取扱い性向上のための制御の高機能化
- (4) インテリア性に優れた高品位デザインの化粧パネルの開発

3 製品の概要

今回開発したサイレントてんかせシリーズの機種一覧を表2に、室内ユニットRCI-71H5の外観を図2に、また代表仕様を表3にそれぞれ示す。

表1 市場ニーズの高い性能・機能 質の高い空調、省工事、省メンテナンスに対するニーズの高まりがここ数年来の特徴である。

1. 快適性向上	オートルーバ標準装備
	冷暖自動運転機能
	ドライ機能
2. 静音化	室内ユニットの低騒音化
3. 据付け・サービス性向上	冷媒チャージレス化
	室外ユニット横連続設置可
	自己診断容易化
4. 製品・工事信頼性向上	冬季冷房運転可能化
5. 取扱い性向上	ロングライフフィルタ標準装備
	ワイヤレスリモートコントロール化
6. 応用性拡大	ビル管理法対応中性能フィルタ取り付け可



図2 室内ユニットRCI-71H5 化粧パネルは、薄さはわずか20 mmのニューデザインで、サイレント空調にインテリア性をプラスしたものである。

室内ユニットは1.1 kWから4.0 kWまでの34機種、室外ユニットは1.1 kWから4.0 kWまでの17機種、また化粧パネルはカラーバリエーションを含めて16機種から成る。なお化粧パネルは、好みの色にも対応し、選択の自由度の拡大を図っている。

4 低騒音化

最大のセールスポイントである静音化を達成するために開発した技術を図3に示す。最重要課題である送風音の低減のほかに、2.2 kW機種で40 dBを達成するために、従来は問題とならなかったファンモータの電磁音、冷凍サイクルからの冷媒流動音の低減も図った。

4.1 送風音の低減

天埋めカセット形の場合、天井への据付け時、天井骨材との取り合いがポイントとなる。図4に示すように通常の軽量鉄骨天井で直ばりの場合、W野縁のピッチは910 mmであり、W野縁の内側寸法860 mmに室内ユニットが収まるようにキャビネットの上限寸法を設定した。この寸法をベースに、最適

表2 サイレントてんかせシリーズ機種一覧表 室内ユニットは1.1 kWから4.0 kWまでの34機種を品ぞろえし、化粧パネルもカラーバリエーションを含め16機種から成る。

相当容量 (kW)		室内ユニット		化粧パネル	室外ユニット
		ヒータレス	ヒータ付き		
電源 単相 200 V	1.1 }	RCI-35HJ5 }	RCI-35HTJ5 }	P-23W5(A)	RAS-35HJ5 }
	1.6 }	RCI-50HJ5 }	RCI-50HTJ5 }	P-23B5(A)	RAS-50HJ5 }
電源 三相 200 V	1.1 }	RCI-35H5 }	RCI-35HT5 }	P-23K5(A)	RAS-35H5 }
	2.2 }	RCI-71H5 }	RCI-71HT5 }	P-23I5(A)	RAS-71H5 }
	2.4 }	RCI-80H5 }	RCI-80HT5 }	P-46W5(A)	RAS-80H5 }
	4.0 }	RCI-140H5 }	RCI-140HT5 }	P-46B5(A) P-46K5(A) P-46I5(A)	RAS-140H5 }

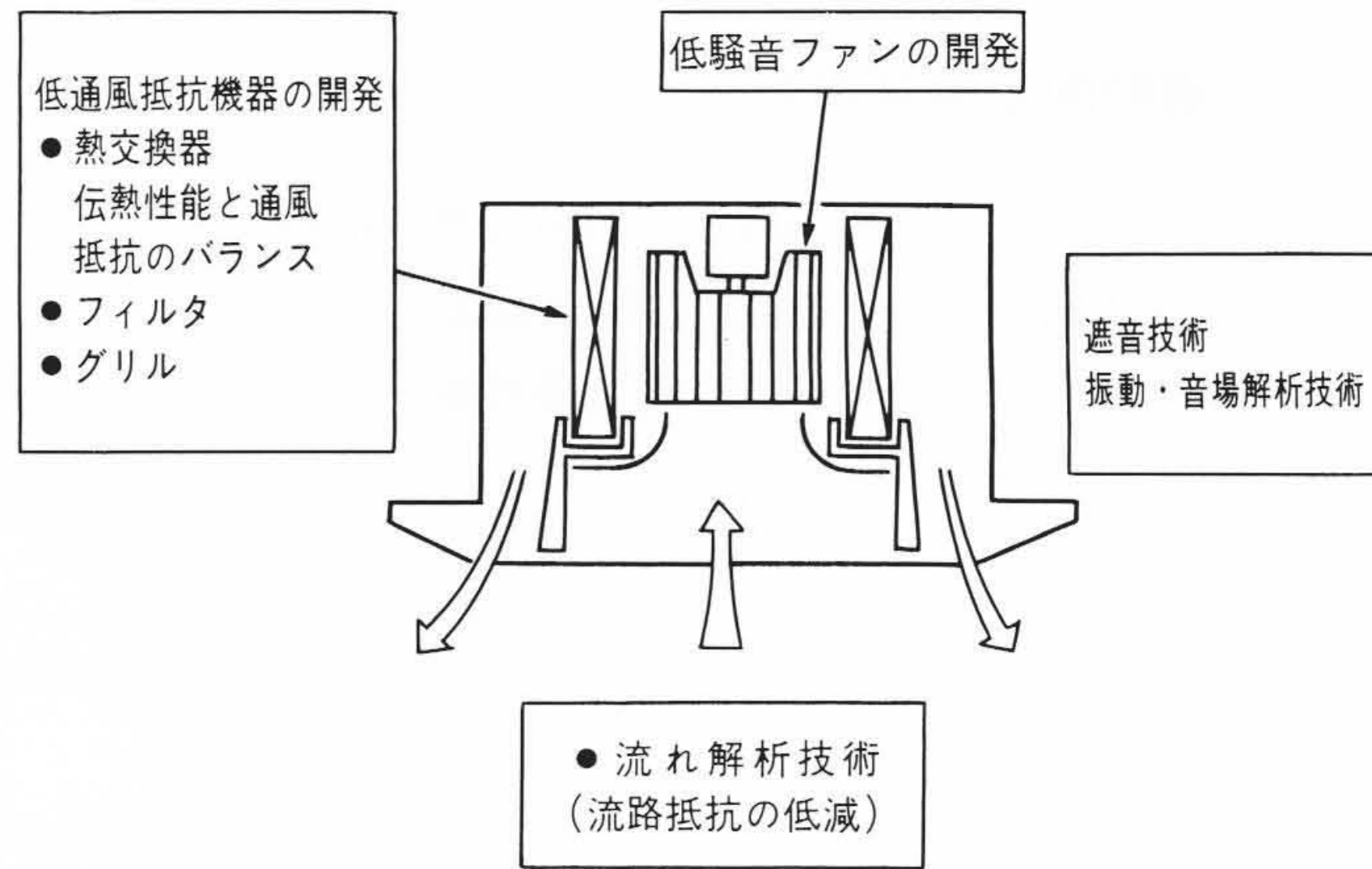


図3 静音化のために開発した技術 低騒音ファンの開発のほかに流れ解析、振動・音場解析なども低騒音化のための技術課題である。

表3 標準仕様(代表機種) 室内ユニットは高性能大口径ハイストリームファンの採用により、急風運転で40 dB(RCI-7IH5)を実現した。室外ユニットはチャージレス仕様で、横連続設置が可能である。(50/60 Hz)

室 内 ユ ニ ッ ト 形 式(ヒートレス)				RCI-35H5	RCI-45H5	RCI-56H5	RCI-71H5	RCI-100H5	RCI-125H5
化 粧 パ ネ ル 形 式				P-23W5(A)				P-46W5(A)	
室 外 ユ ニ ッ ト 形 式				RAS-35H5	RAS-45H5	RAS-56H5	RAS-71H5	RAS-100H5	RAS-125H5
電 源 単 位				AC 三相 200 V 50/60 Hz					
性 能	冷 房	冷 房 能 力	MJ/h	13.2/14.9	16.7/18.8	20.9/23.4	26.4/29.7	37.7/41.9	46.9/52.3
		消 費 電 力	kW	1.31/1.58	1.78/2.09	2.13/2.58	2.56/3.10	3.68/4.40	4.48/5.48
	暖 房	暖 房 能 力	MJ/h	14.9/17.2	18.0/20.9	22.6/26.4	29.3/33.9	41.4/47.7	51.9/60.7
		消 費 電 力	kW	1.32/1.62	1.69/2.06	2.01/2.50	2.55/3.12	3.60/4.41	4.58/5.82
室 内 ユ ニ ッ ト	寸法(幅×奥行き×高さ)		mm	820×820×298				1,140×820×348	
	騒 音		dB	38-35-32	39-36-32	39-36-33	40-37-33	43-40-36	44-40-36
	風 量		m³/ min	15-13.5-12	16-14-12	19-17-15	21-18-15	32-28-24	34-29-25
	製 品 質 量		kg	30	30	32	32	43	44
パ ネ ル	寸法(幅×奥行き×高さ)		mm	930×930×20				1,250×930×20	
	製 品 質 量		kg	7				10	
室 外 ユ ニ ッ ト	寸法(幅×奥行き×高さ)		mm	890×285×735			890×285×885	890×285×1,135	1,060×345×1,135
	騒 音		dB	49	49	50	52	53	54
	圧 縮 機 出 力(極数)		kW	1.1 (2)	1.5 (2)	1.8 (2)	2.2 (2)	3.0 (2)	3.75 (2)
	風 量		m³/ min	36/37	36/37	44/45	54/56	73/75	95/100
	製 品 質 量		kg	45	61	63	70	94	110

ファン径、ファンと熱交換器の間隔、ファンとベルマウスの重ね代など、各種因子と騒音の関係を流れ解析、音場解析も併用して把握し、図5に示すような最適寸法諸元を決定した。

4.2 ファンモータ電磁音

まずファンモータから発生する電磁音を以下のように低減した。電磁音の原因は、ファンモータのステータおよびロータの振動が加振源となり、ファンと共振して拡大され異常音となるものである。電磁音を低減するためには、まずファンモータの振動を抑制することが重要であり、適正エアギャップの選定、ロータの振れ・アンバランス量の低減、ハウジン

グの強度アップなど部品の細部まで検討し、電磁音の低減を図った。

4.3 サイクル音の低減

次にサイクル音の低減については、冷房運転時の膨張過程で発生する冷媒流動音の低減を図った。冷媒流動音を発生させる部分の構成機器としては、図6に示すようにディストリビュータ、キャピラリチューブ、消音器、導入管があげられる。冷媒はこれらの構成機器の内部を高圧液から低圧二相流まで圧力・相状態が変化しながら流れており、構成機器の形状、構造、剛性などと冷媒の流動状態の相互関係によって騒音が発生している。今回の開発では、消音器の取り付け、制振材の取り付け、ディストリビュータの固定など振動低減に

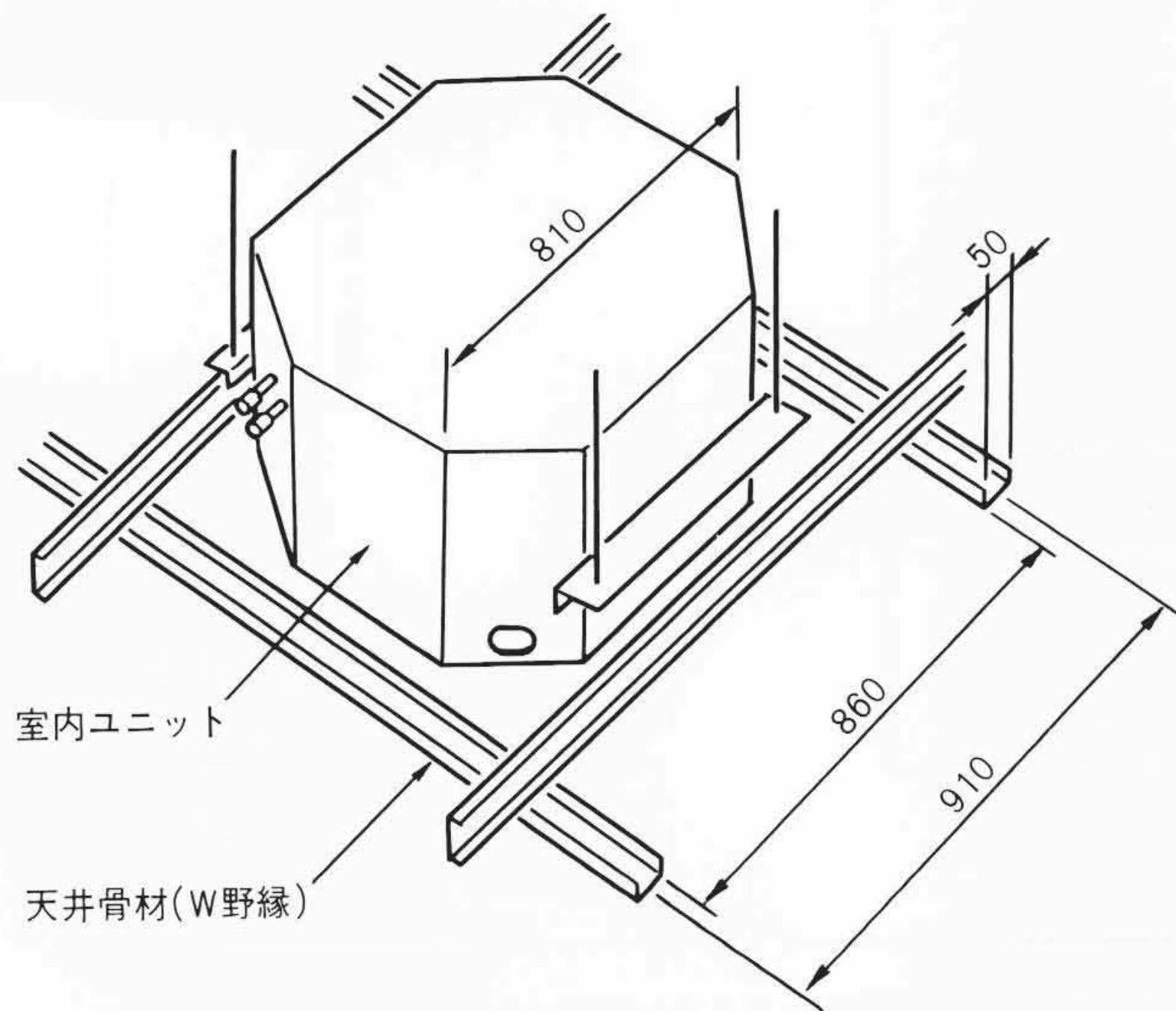


図4 室内ユニットと天井骨材の関係 軽量鉄骨天井で直ばりの場合、天井骨材(W野縁)の内側寸法860 mmに室内ユニットが収まることが望ましい。

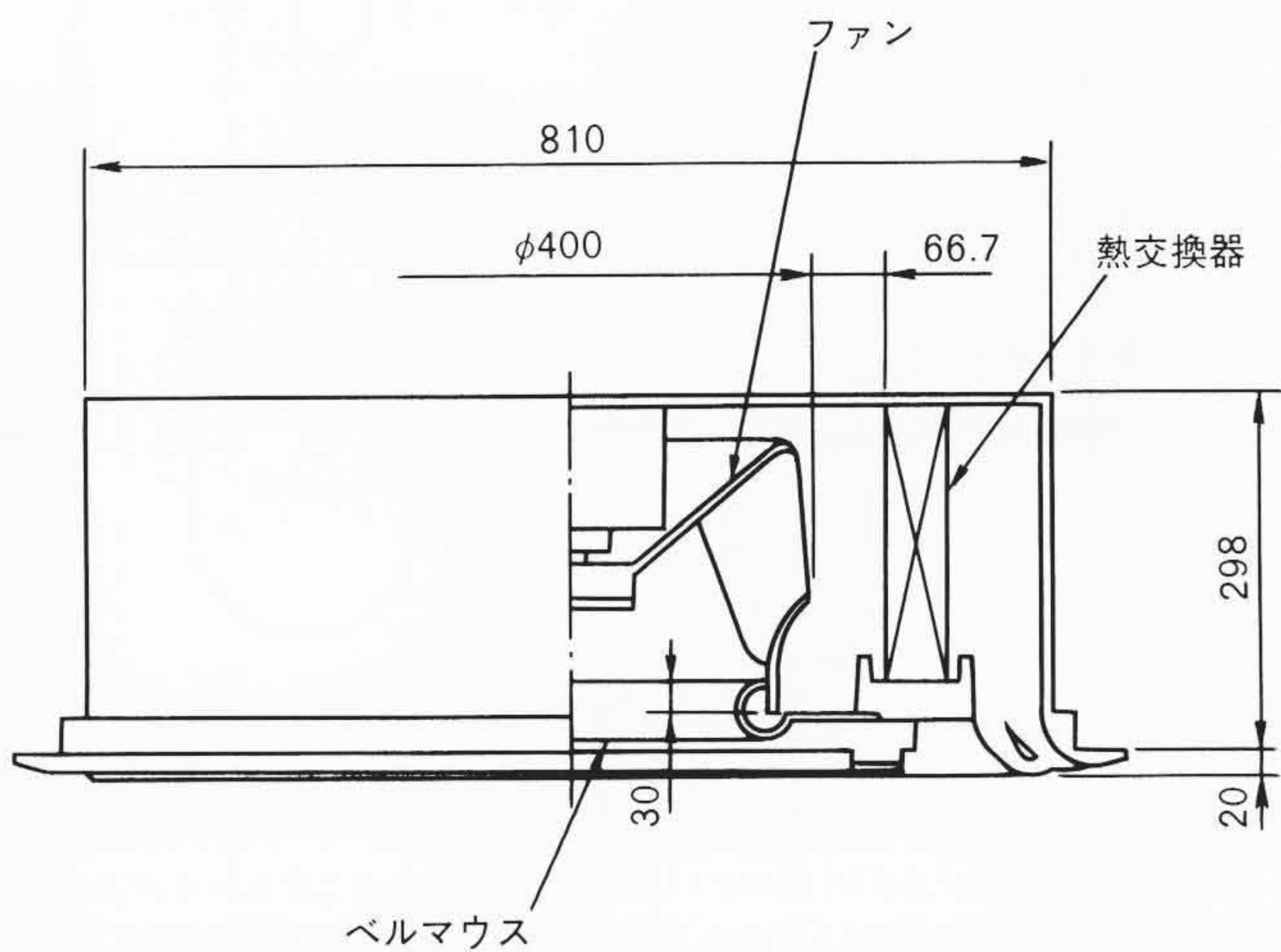


図5 室内ユニット内部寸法 適正な機器配置・寸法が低騒音化の一つのポイントである。

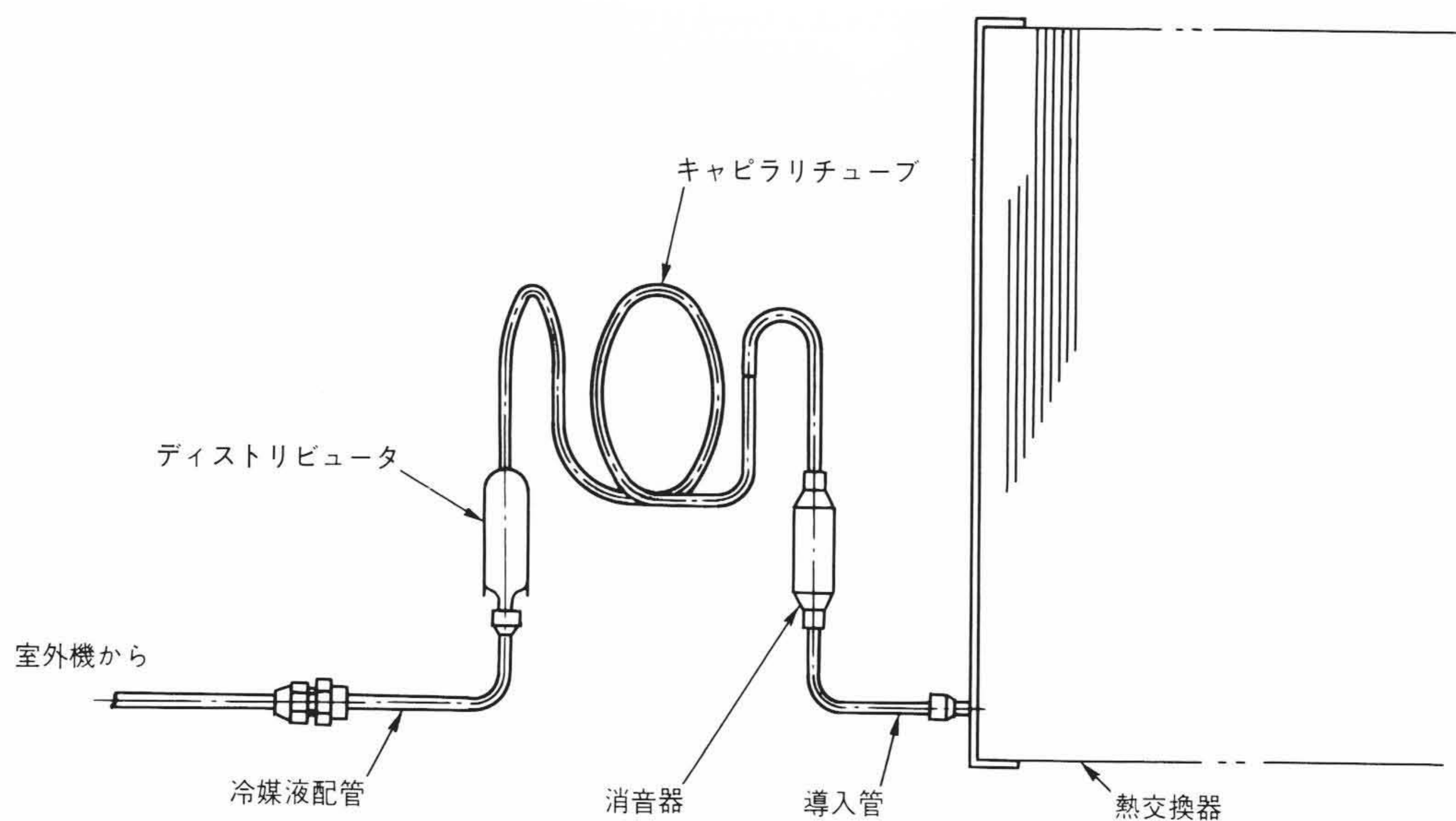


図6 室内熱交換器膨張部 冷房運転時の膨張過程で発生する冷媒流動音の低減も、低騒音化のために必要である。

重点を置き、冷媒流動音の低減を図った。

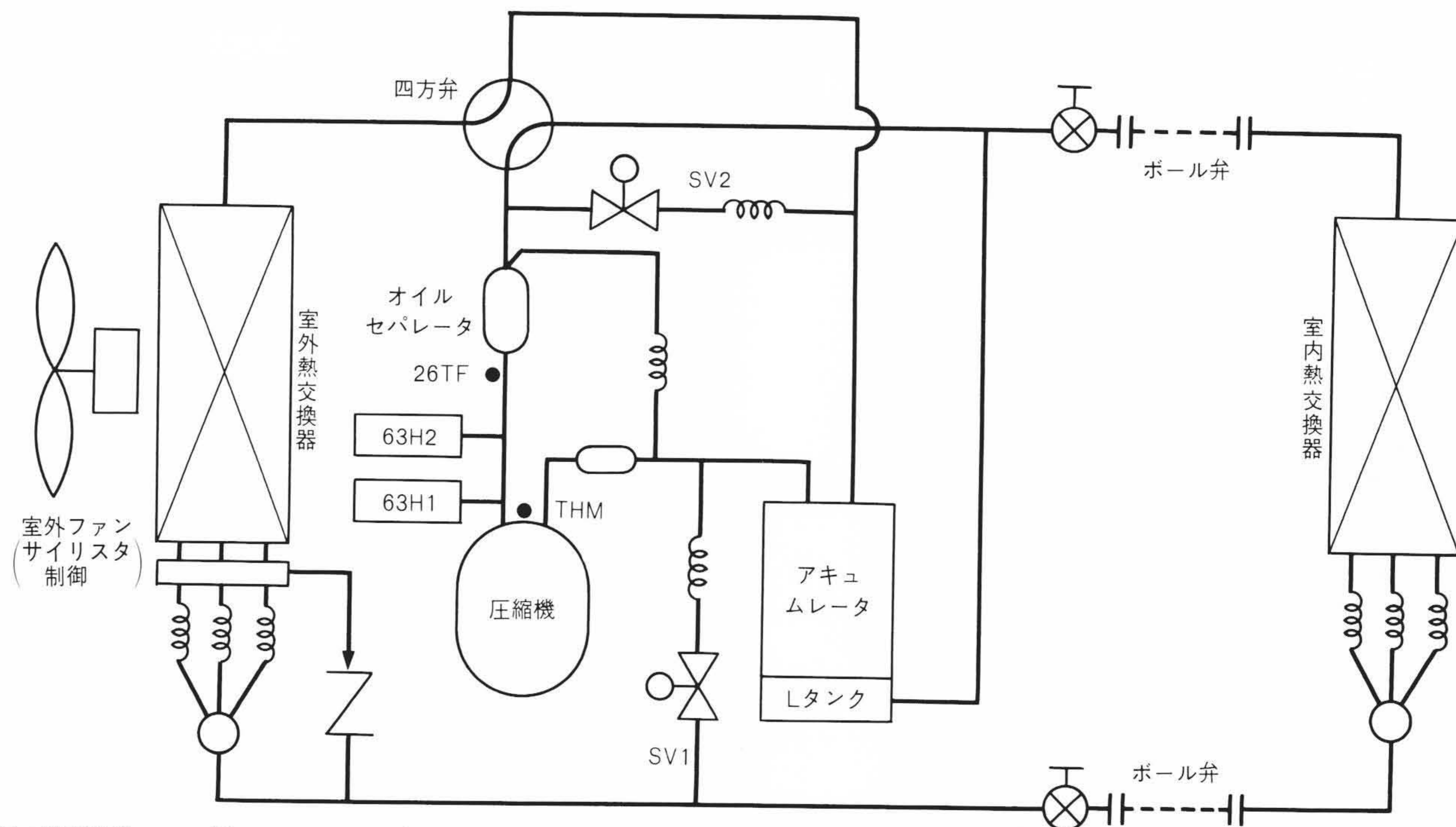
5 冷媒現地追加作業の不要化(チャージレス化)

冷凍サイクルの設計にあたり留意した点は以下のとおりである。

- (1) 夏季・冬季だけのシーズン運転から中間季まで空調を行う年間運転への使用温度範囲の拡大

- (2) ドライ運転・冷暖自動運転の新機能追加による使い勝手の変化
- (3) 最近の社会情勢の変化に伴う人手(技能者)不足から求められる省工事性
- (4) 据付工事技術者の技術力の低下から求められる高品質の据付性

このような背景を受けて、省工事性と据付性に優れ、かつ



注：略語説明 SV1（液バイパス用電磁弁）、SV2（ガスバイパス用電磁弁）、26TF（液バイパス用吐出しガスサーモ）
THM（サーミスタ（圧縮機上温度））、63H1（高圧保護用圧カスイッチ）、62H2（ガスバイパス用圧カスイッチ）

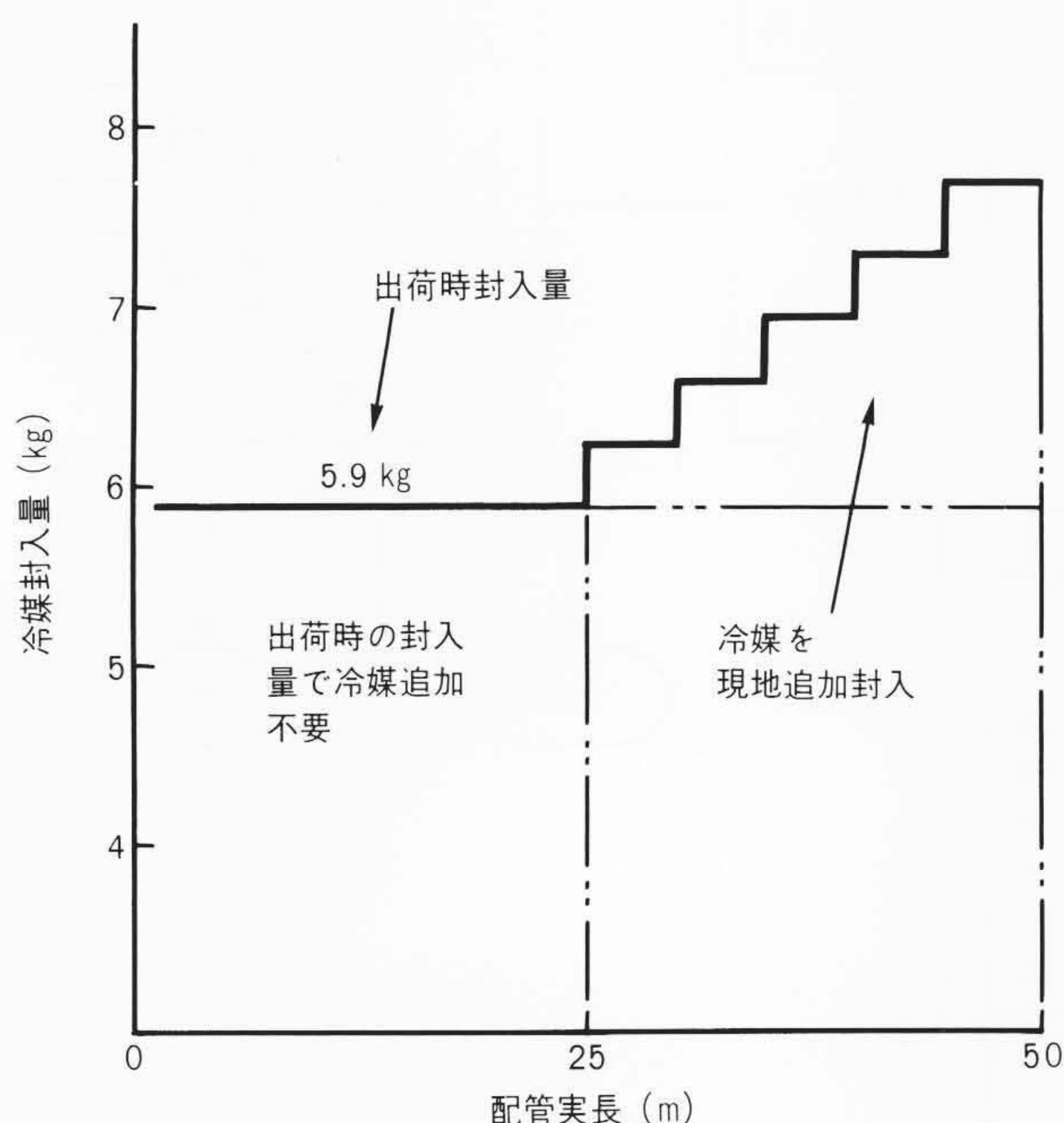
図7 冷凍サイクル系統図 余剰冷媒制御技術、液バイパス回路、ガスバイパス回路の採用によって、冷媒チャージレスが可能となった。

高信頼性の安定した冷凍サイクルを目指し、図7に示す冷凍サイクルで余剰冷媒制御技術、液バイパス回路、ガスバイパス回路の採用などによって冷媒チャージレス化を実現した。以下、冷媒チャージレス化について詳述する。

パッケージエアコンは、室内ユニットと室外ユニットを接続する配管長により、冷凍サイクルが必要とする冷媒量が異なってくる。従来形では、配管長5 m分だけを室外ユニットに封入し、工事現場で不足分を配管長に応じて追加封入していた。これに対しチャージレス化とは、あらかじめ室外ユニットに所定配管長分の冷媒を封入しておき、配管長が短い場合には余剰冷媒をある冷凍サイクル構成機器にため、配管長が長い場合にはこの構成機器中の冷媒を蒸発させて、配管長に対し構成機器内の冷媒量に変化することにより、常に冷凍サイクルに循環する冷媒を定常に保ち、安定した冷凍サイクルを実現することである。

これによって、現地の冷媒追加封入作業不要の省工事化、および封入量誤差から生じる冷媒不足による吐出しガス温度の異常上昇、冷媒過多による圧縮機への液戻りなどのトラブル防止を図ることができる。

今回のチャージレス化にあたって留意した点は、フロンの環境汚染上の問題から、いたずらに多くの冷媒を室外ユニットに封入することは好ましくなく、実フィールドの配管長を調査した上で、図8に示すように配管長25 mまでのチャージレス化とした点、また冷媒量に鈍感な冷凍サイクルであるた



1. 配管長が25 mを超える場合
配管長5 mごとに0.3~0.4 kgの冷媒を現地追加封入
2. 追加封入許容量: ± 0.2 kg
(現状機は ± 0.1 kg)

図8 チャージレス化 チャージレス化にあたり、フロン環境汚染問題も考慮し、配管長25 mまでのチャージレス化とした。

め、現地での封入量誤差の許容値を拡大し、追加量を5 mごとに定め、その量も ± 200 gとして工事性の改善を図っている点である。

なお、チャージレス化を実現するための要素技術は、前述したように余剰冷媒の制御技術であるが、本シリーズではこの機能をアキュムレータに持たせ、チャージレス化を実現している。

6 サイクル制御の高機能化

次に、前述したように運転範囲の拡大、使い勝手の変化、工事技術レベルの低下などに耐えられる高信頼性の冷凍サイクル実現のため、種々の改善を図っているが、暖房過負荷時の冷凍サイクル制御について簡単に説明する。

暖房時に冷凍サイクル制御が必要となるのは、中間季のように暖房負荷が少なく、室内風量が弱風で使用され、吐出し圧力の上昇を生じやすい暖房過負荷条件である。この条件では圧縮機の高負荷運転によって吐出しガス温度が上昇し、圧縮機コイル温度の異常上昇や、高圧遮断装置の作動による異常停止が懸念される。そこで図9に示すように、吐出し圧力制御は、ガスバイパス制御と室外ファン制御によって行い、吐出しガス温度制御はガスバイパス制御と液バイパス制御によって行っている。ここでも、先の冷凍サイクルの鈍感化のためのアキュムレータが安定化のために大いに役立っている。

7 制御システム

本製品の制御システム機器の構成を図10に示す。リモートコントロールスイッチ(以下、リモコンスイッチと略す。)室内ユニット基板、室外ユニット基板おののちにマイクロコンピュータ(以下、マイコンと略す。)を搭載し、その間をシリアル伝送によってインタフェースしている。この制御システ

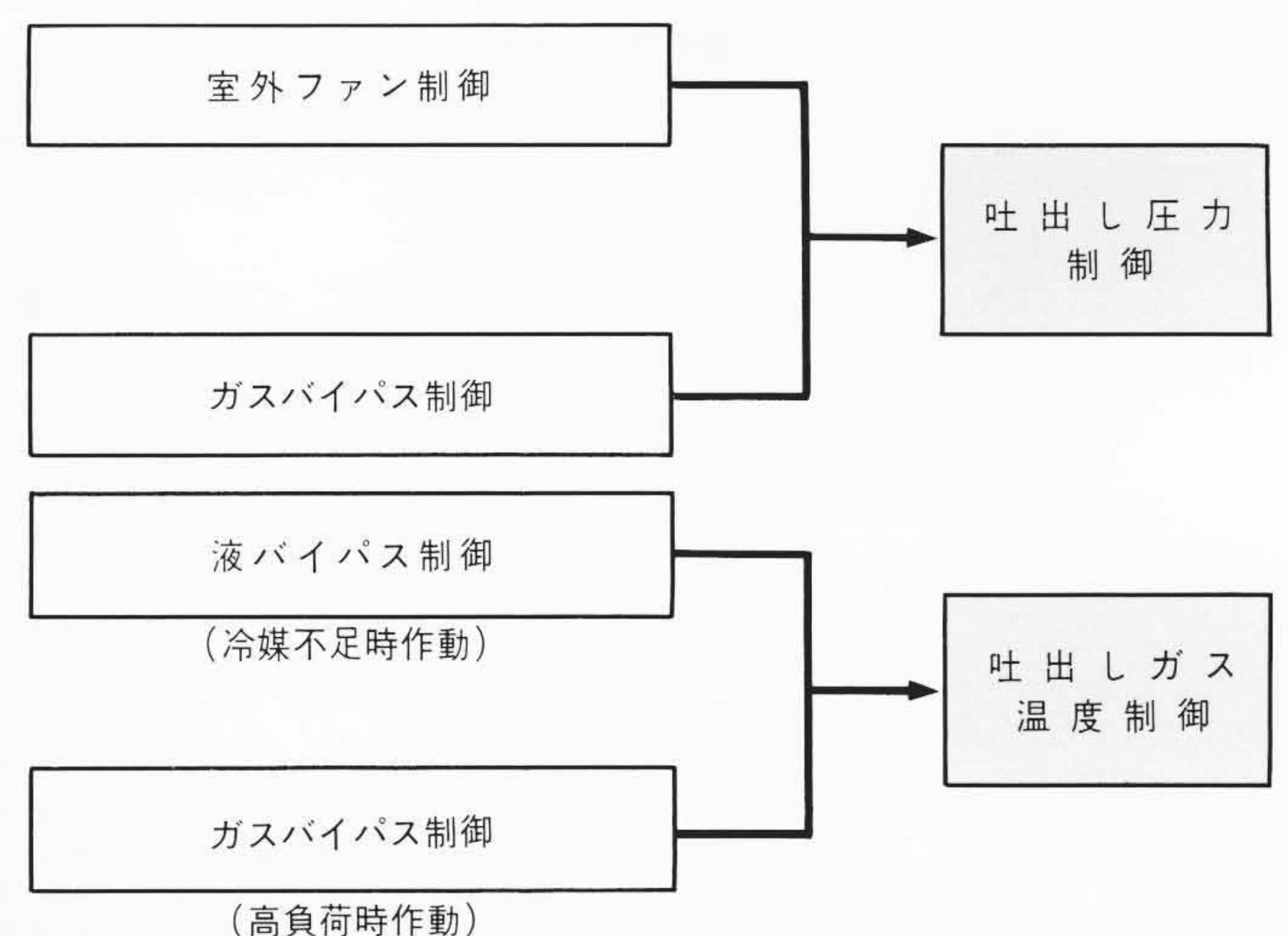
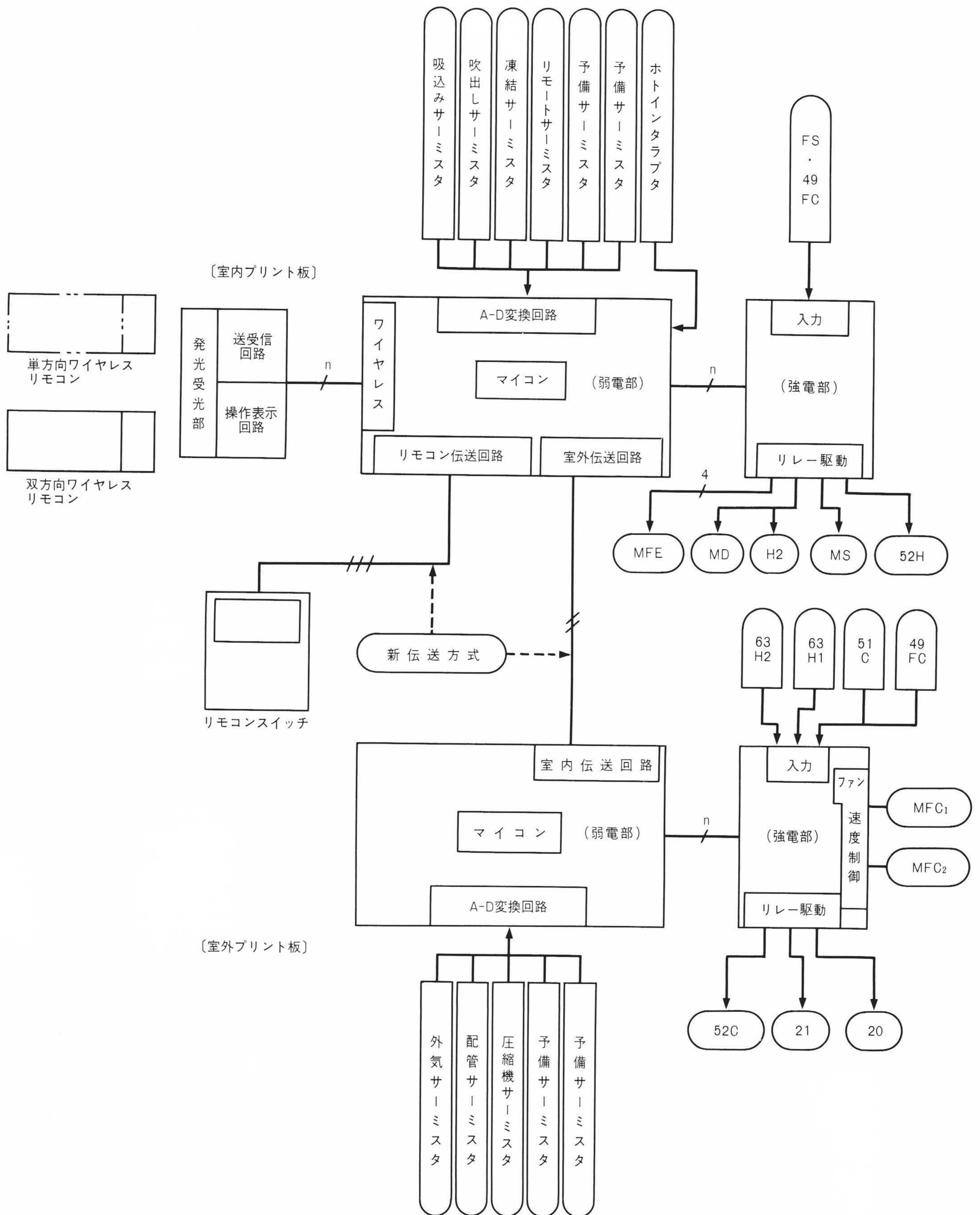
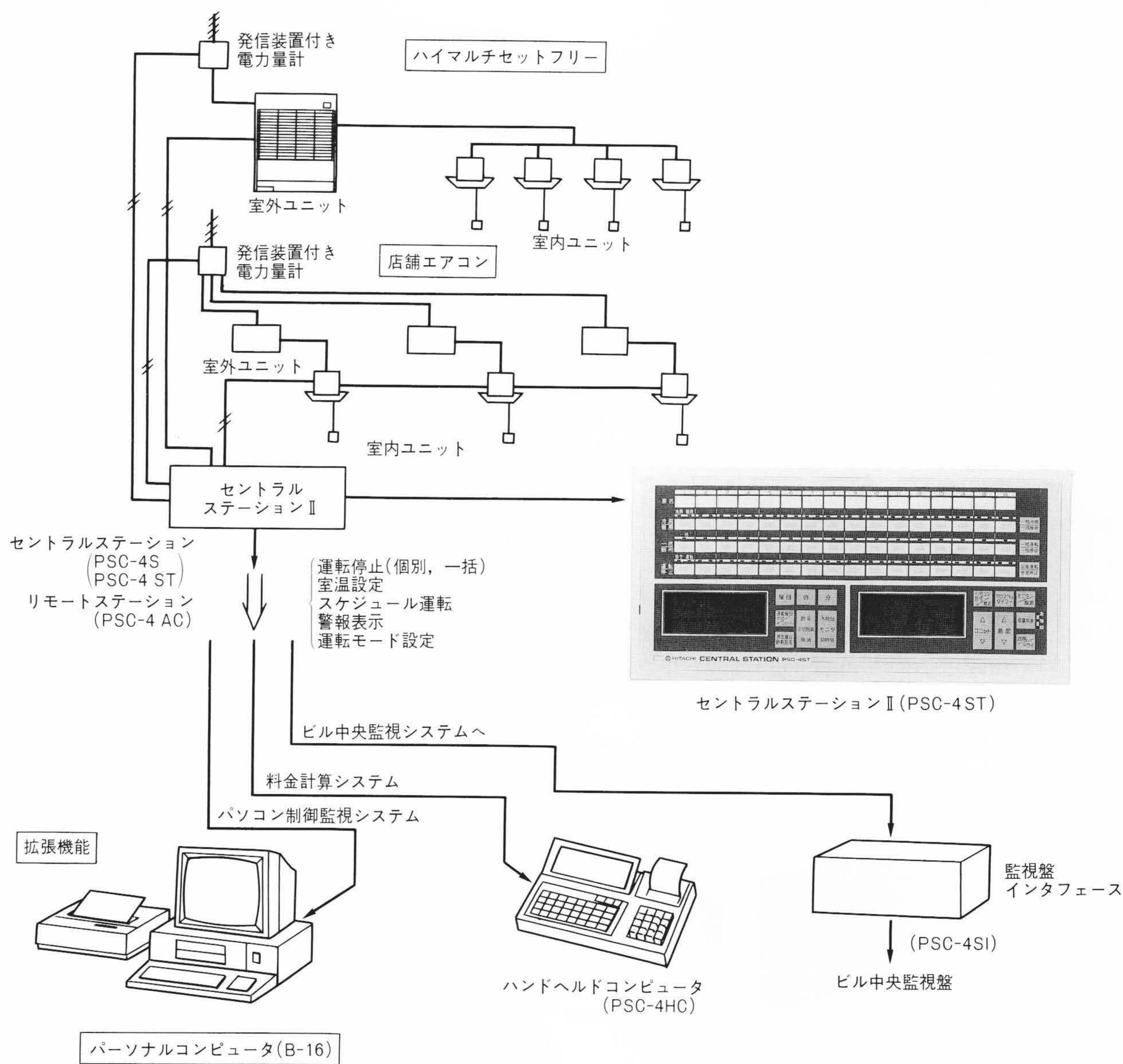


図9 暖房過負荷時の冷凍サイクル制御 高信頼性の安定した冷凍サイクル実現のため、吐出し圧力・吐出しガス制御を採用した。



注：略語説明 リモコン(リモートコントロール), マイコン(マイクロコンピュータ), FS(フロートスイッチ)
 49FC (インターナルサーモスタット: 室外送風機用), 63H2 (圧力式遮断装置), 20 (電磁弁: バイパス用), MFE (電動機: 室内送風機用)
 63H1 (高圧遮断装置), MD (電動機: ドレンアップ用), 51C (過電流継電器: 圧縮機用), H2 (電気加熱器: 結露防止用)
 MS (電動機: オートルーパ用), MFC_{1,2} (電動機: 室外送風機用), 52H (電磁接触器: 補助電気加熱器用)
 52C (電磁接触器: 圧縮機用), 21 (電磁四方弁)

図10 制御システム構成 リモコンスイッチ, 室内ユニット基板, 室外ユニット基板おののにマイコンを搭載し, 制御の高機能化を実現した。



注：略語説明 パソコン (パーソナルコンピュータ)

図15 空調管理システム 簡単なオプション部品との組み合わせにより、多種多様のシステム構築が可能となる。

8 結 言

「サイレントてんかせシリーズ」は、低騒音化、省工事化を最大のねらいとして開発したものであるが、小形パッケージエアコンの中でも主流を占め、伸長の著しい天埋めカセット形4方向で、出力2.2 kW機種で40 dBの低騒音を達成し、制

御の高機能化、高品位のデザインなどに配慮された製品であり、平成2年8月から販売を開始した。また、セットフリー新シリーズ用室内ユニットとしても適用展開し、平成3年1月から販売を開始している。今後は、本開発の技術をベースに、他の小形パッケージエアコンシリーズの開発、マルチパッケージへの展開を図っていく予定である。