

ヤマハGHPシステムの 開 発



事業開発本部GHP事業部技術部技術課 数田 久

1. は じ め に

GHPとは、GAS ENGINE HEAT PUMPの頭文字を採った略称です。

ガスエンジンとは、ガスを燃料としたエンジンであり、ヒートポンプとは、フロン等の冷媒の相変化を利用した熱搬送機構で、手短に言えば、冷暖両用エアコンのコンプレッサーの駆動をガスエンジンで行い、暖房時にはエンジンの排熱も暖房に上乗せする空調機です。

2. 開発の端緒

昭和56年に小型ガス冷房技術研究組合という通産プロジェクトが発足しました。目的は(a)石油代替エネルギー技術の開発。(b)夏場の冷房電力需要のピーク緩和により電力とガスのエネルギー需要を平準化し過剰設備投資を防止するといったものでした。要は冷房をGHPで肩替りして、夏の電力ピークを少なくし無駄を省こうとした訳です。

当時のメンバーは、システムメーカーとエンジンメーカーがペアになりGHPトータルシステムを開発する様に選定されておりました。我社は三菱電機㈱と組み開発に着手しました。爾後6年間ガスエンジンの開発と昭和59年度からはヒートポンプ開発を行い、この度発売にまで至ることができました。

3. GHP冷暖房機の開発

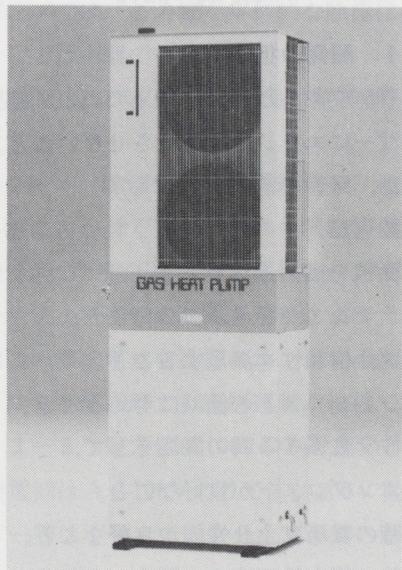


写真1 室外機

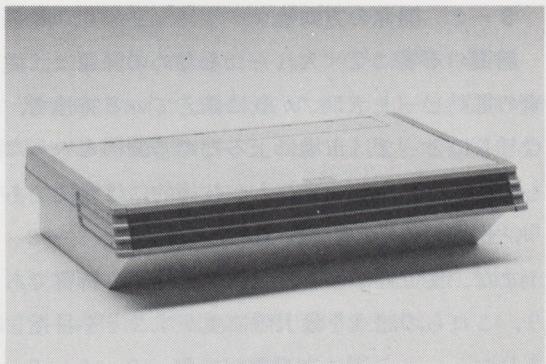


写真2 室内機

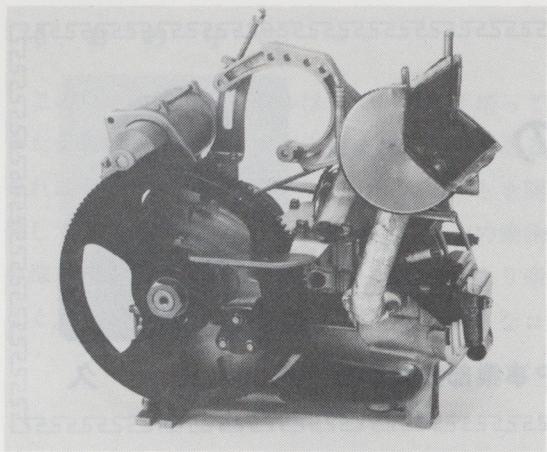


写真3 エンジンカットモデル

3. GHP冷暖房機の開発

3-1 開発の狙い

○GHPが市場に受け入れられるための課題として、

(a)ユーザーにエンジンを感じさせないこと。

。振動、騒音の低減

。自動運転

(b)占有面積を抑えること。

(c)メンテナンスが容易かつ少いこと。

(d)耐久性、信頼性を満足すること。

(e)イニシャルコストの低減に努めること。

○優位性を主張する為の課題として、

(a)ランニングコストが良好なこと。

(b)寒冷時の暖房立上り性能が良好なこと。

(c)寒冷時の能力低下が少いこと。

を挙げました。

3-2 開発の方向性

前掲の市場に受け入れられるための課題は、従来の電動ヒートポンプが既に備えている特性で、GHPにとっては市場に上るための閑門といったものです。しかしいずれもが技術的には難関であり、相当の苦労が予想されました。

また、優位性に係る項目は、GHPの特質であり、これらの諸点を最大限に生かすことを目指しました。

3-3 ヤマハGHPの特長

各部の技術的紹介の前に本機の特長を述べます。

(表1に仕様諸元を、図1に室内機外観を、図2に室内機外観を、図3に回路図を示す。)

3-3-1 強力な暖房能力

冷房: 2,550~4,000 Kcal/h

暖房: 3,900~6,500 Kcal/h

と強力かつ経済的な暖房能力が特長です(図4、図5参照)これは、ヒートポンプの能力に、エンジン排熱を上乗せできるGHPの特長を如実に示したもので、この特長により、

a) 暖房の立上がりが極めて早い。

b) 低温時の能力低下が少い。(図6)

c) 低温時の吹出温度低下が少く冷風感が無い。

d) 消費電力が少く、受電容量が限界に達しているオフィス等にも設置可能である。

これらは電動ヒートポンプでは得がたい特長です。

3-3-2 低廉なランニングコスト

環境試験室での試験の結果、電気ヒートポンプとの差が以下のようにありました。

a) 暖房の立上りはGHPが優れておりその差は外気が低温になるほど大きくなる。

b) 暖房ランニングコストはGHPが大巾に優れている。

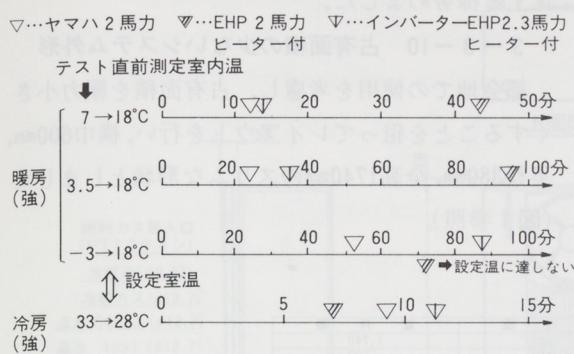
c) 冷房ランニングコストでもGHPは互角である。

以下は、測定結果を表にまとめたものです。

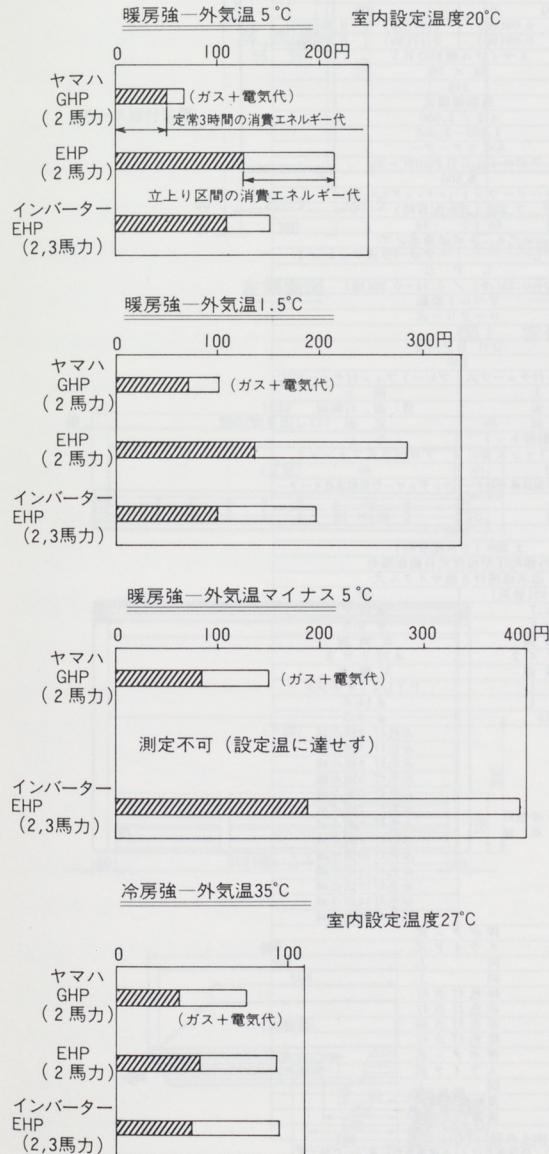
機種名	ヤマハ 2馬力GHP	EHP (インバーター無)	インバーター EHP
小売価格(円)	720,000 (東・阪・名 都市ガス)	540,000(本体) + 25,000(ヒーター)	615,000(本体) + 25,000(ヒーター)
型式	室内機(天吊型) M03		
室外機	M01		
暖房 能力 カタローグ	ヒーター無 3900~6500Kcal	4300Kcal	2800~6200Kcal
ヒーター付	—	5590Kcal	4090~7490Kcal
冷房	2550~4000Kcal	4000Kcal	2800~5000Kcal
暖房 消費 エネルギー カタログ	ヒーター無 ガス(13A) 電気 0.23~0.44 0.25KW Nm ³ /h	1.85KW	~2.76KW
ヒーター付	—	3.35KW	~4.26KW
冷房	ガス(13A) 電気 0.25~0.50 0.25KW Nm ³ /h	1.98KW	~2.64KW
始動電流	15A(100V) 以下	53(200V)	8(200V)
オートルーバーの有無	有	有 (上・下)	←
騒音 室内機(強風)	45	43.5	
室外機	50	48.5	

比較機種仕様表

設定温度に達するまでの必要時間



ランニングコスト比較(立上り区間+定常3時間分)



* 広さ 25.7m²

室内機：いずれも天井吊型

測定点：吹出口前方3.9m、高さ65cm

これらは、カタログには出て来にくい、しかし重要なGHPの特長です。

ガス料金：129.56×1.02円/m³(外気温換算)

電気代：29.56×1.05円/KW・h

3-3-3 本格的除湿運転が可能

室内機には冷媒用の熱交換器の他、温水用の熱交換器を持っているため、冷媒側を冷房モードで運転し、温水側に排熱を回収したエンジン冷却水流すことにより、除湿運転ができます。電動ヒートポンプでは、この様な本格的な除湿は、ヒーターなしでは困難です。

除湿能力は2.2ℓ/hと強力であり梅雨時でも快適です。

3-3-4 除湿中でも暖房継続

室外機に霜が付くと外気の熱を吸収できなくなり、暖房能力が低下する等の悪影響があるため、冷凍サイクルを逆転させ霜を融かします。このとき、前述の温水用熱交換器にエンジン冷却水流すことにより除霜時でも暖房運転が継続できます。

3-3-5 電源はAC100Vのみで良い

必要電源はAC100Vのみです。200V電源、バッテリー等は不要です。余分な工事費の削減とメンテナンスフリーを図ったもので、エンジンの起動もAC100Vで行います。起動電流も低くおさえ通常のコンセントで十分です。

3-3-6 電動ヒートポンプと同等の騒音

騒音は1mにて50dB(A)に抑えました。この値は同クラスの電動ヒートポンプと比しても遜色ないものです。

3-3-7 エンジンを感じさせない振動レベル

エンジンの懸架方式を新規開発し、触れなければ分らぬ程度まで振動を引下げました。

3-3-8 操作は電気式と同じ

GHP特有の操作は不要です。スイッチを入れ

れば自動的に運転を開始します。タイマー機能、風量選定機能も備えています。

3-3-9 優れたメンテナンス性

システム正面パネルと左側面パネルをメンテナンス開口とし、メンテナンス箇所を開口部に集中させました。またエンジン個有のメンテナンス項目を減少させ、メンテナンスインターバルも長期

化する様努めました。

3-3-10 占有面積の少ないシステム外形

都会地での使用を考慮し、占有面積を極力小さくすることを狙ってレイアウトを行い、横幅600mm、奥行380mm、全高1740mmのスリムな形状としました(図1参照)。

項目		室内機	室外機
外形寸法 (mm)	高さ 幅 奥行	220 1,030 680	1,740 600 380
重量 (kg)		32	148
冷房能力 (Kcal/hr)		2,550~4,000	
暖房能力 (Kcal/hr)		2,600~6,500	
除湿能力 (ℓ/hr)		2.2	
電源 (V(AC))	100	100	
消費電力 (KW(Hz))	冷房 暖房 0.08(50) 0.08(50)	0.09(60) 0.09(60)	0.17(50) 0.17(50)
4サイクル機形OHV			
諸 エンジン	内径×行程 (mm)	64×76	
	排気容積 (cm³)	245	
	潤滑方式	強制循環式	
	軸出力 (ps/rpm)	4.2 / 2,000	
	回転範囲 (rpm)	1,100~2,000	
	始動方法	A C スターター	
	指定油	アボロイルCHP10W-30	
	潤滑油量 (cm³)	2,500	
	指定クリーラント	ヤマハクリーラント(エチレングリコール)	
	冷却水 冷却水量 (cm³)	7,300 (5m配管時) 50 : -34	
	冷却水ポンプ 形式	マグネット式渦巻ポンプ	
	換気ファン 形式×台数	なし	プロペラ式ファン×1
	燃 料	L P G	
	ガス消費量 (Nm³/hr)	0.12~0.23(冷) / 0.11~0.20(暖)	
元 動力伝 達装置	ベルト駆動		
圧縮機	形式 台数	ロータリー式 1	
	指定潤滑油	D H H P-5	
	潤滑油量 (cm³)	230	
諸 空気熱交換機	冷媒用 エンジン冷却水用	プレートフィン付チューブ式 同上	プレートフィン付チューブ式 同上
	空気吸込口	下面	背面、右側面
	空気吹出口	正面	正面
	空気フィルター	水洗再生式樹脂ネット	なし
送風機	形式×台数	シロッコ式ファン×2	プロペラ式ファン×2
	送風機風量 (m³/min)	13	40
電動機	形式 台数	コンデンサー型單相誘導モーター 1	コンデンサー型單相誘導モーター 2
	消費電力 (W)	38	20×2
種別		R.22	
冷媒	封入量 (g)	2,200 (5m配管時)	
諸 冷媒制御方式		外部均圧型温度式自動膨張弁 温水暖房付き逆サイクル式	
除霜方式			
諸 騒音値	dB(A)	33(微風) 45(強風)	50
	冷媒ガス管 (mm)	φ12.7	φ12.7
	冷媒液管 (mm)	φ9.5	φ9.5
	冷媒配管位置	右側面	左側面
元 配管関係	冷却水配管 (mm)	φ12.7×2	φ12.7×2
	冷却水配管位置	右側面	左側面
	燃料配管口	なし	P T 1/2(オネジ)
	排気ガス出口 (mm)	なし	φ14.0
	ドレン配管口 (mm)	φ16	φ8.0
異常検知	エンジンオイル量不足		赤色灯2回点滅
	エンジン冷却温異常		赤色灯3回点滅
	エンジン起動回転数不足		赤色灯4回点滅
	起動失敗		赤色灯6回点滅
	エンジン過大回転		赤色灯7回点滅
	エンジン過小回転		赤色灯8回点滅
	制御異常		赤色灯9回点滅
	冷媒温異常		赤色灯10回点滅
表示	冷媒高压異常		赤色灯11回点滅
	エンジン冷却水量不足		赤色灯12回点滅
	室内温度センサー断線		赤色灯13回点滅
	冷媒低圧異常		赤色灯14回点滅
	エンジン回転数異常変動		赤色灯15回点滅
リモコン	運転/停止スイッチ	押ボタン式	
	運転モード切り替えスイッチ	スライド式	
	室温調整スイッチ	同上	
	風量切り替えスイッチ	同上	
モード	運転表示ランプ	緑色灯点灯	
	モニター表示ランプ(エンジン運転表示)	赤色灯点灯	
コ	同上 (異常表示)	赤色灯点滅	
ン	タイマー表示ランプ	橙色灯点灯	
	タイマースイッチ	押ボタン式	
	タイマー入・切スイッチ	スライド式	
	タイマー設定スイッチ	同上	
同部品	漏電ブレーカー	差動変流器式	
	アース棒	炭素アース棒	
	機器取り付け備品(室外機、室内機)	一式	

備考: 1 冷房能力、暖房能力、除湿能力はJIS標準条件に基づいた値です。
2 ① 室内機の騒音値は空気吹出し口前方1m×下方1mの位置での値です。
② 室外機の騒音値は空気吹出し口前方1m×高さ1mの位置での値です。

表1 仕様諸元

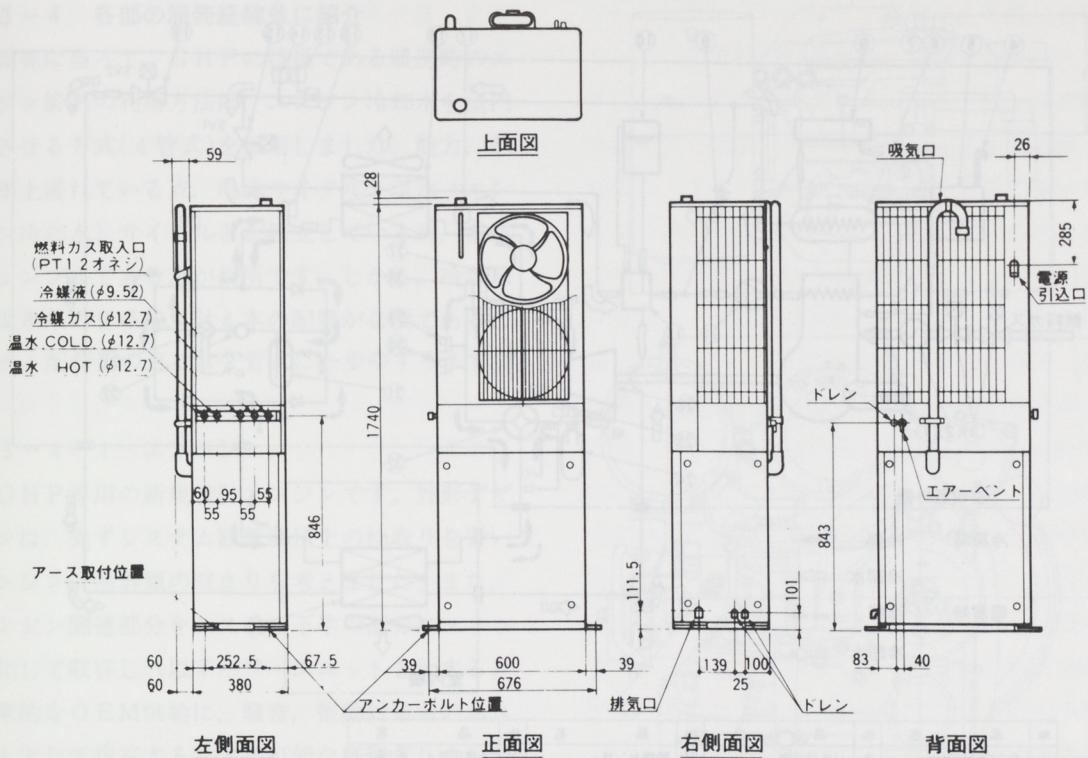


図1 室外ユニット外形寸法

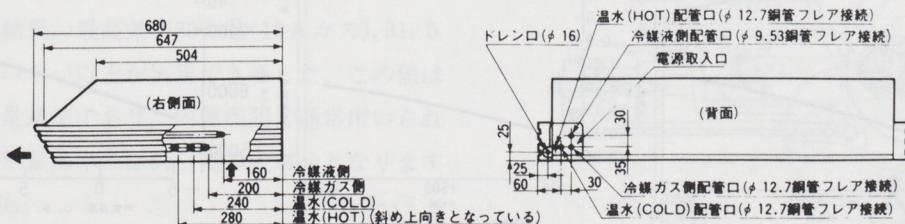
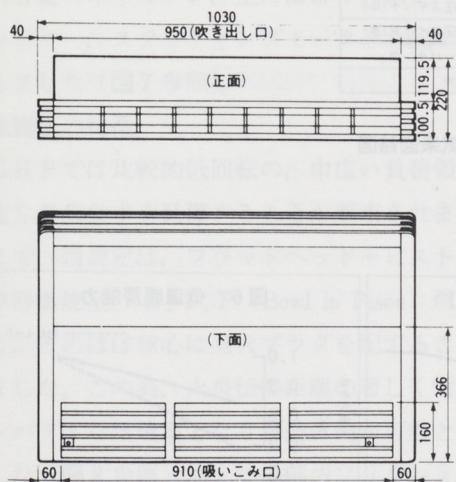
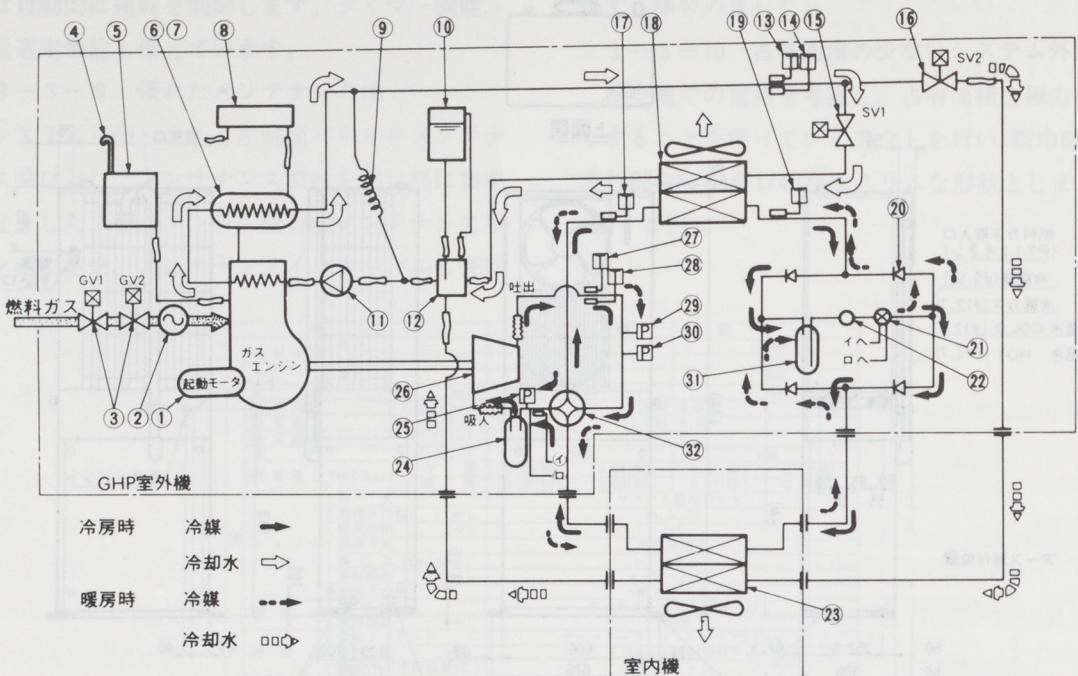
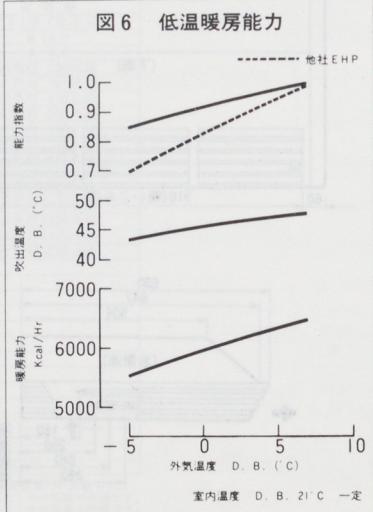
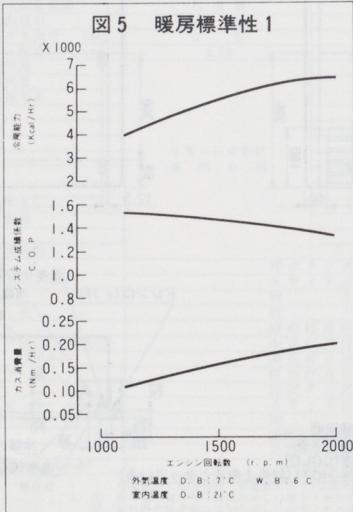
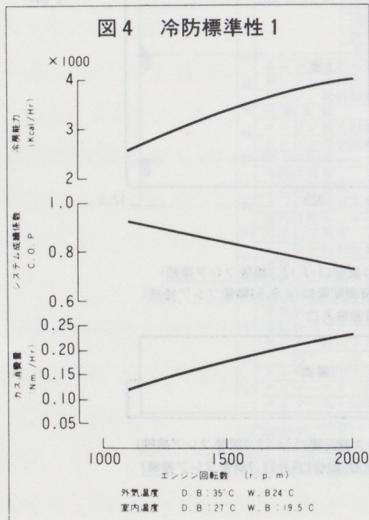


図2 室内ユニット外形寸法



No	品名	No	品名	No	品名	No	品名
1.	ガスエンジン	9.	バイパス管	17.	除霜センサー	25.	冷媒圧スイッチ(低)
2.	ゼロカバナ	10.	冷却水リザーブタンク	18.	熱交換器	26.	コンプレッサー
3.	ガス電磁弁	11.	冷却水循環ポンプ	19.	除霜センサー	27.	冷媒温センサー(高)
4.	給気管	12.	エアセパレーター	20.	逆止弁	28.	↑(低)
5.	エアクリーナー	13.	水温センサー(高)	21.	膨張弁	29.	冷媒圧スイッチ(中)
6.	排気熱交換器	14.	↑(低)	22.	サイトグラス	30.	冷媒圧スイッチ(高)
7.	排気管	15.	冷却水電磁弁1	23.	熱交換器	31.	レシーバタンク
8.	排気消音器	16.	↑ 2	24.	アクチュレータ	32.	四方弁

图3 冷媒、冷却水、燃料給気系回路図



3-4 各部の開発経緯並に紹介

開発に当って、GHPの特長である暖房時のエンジン排熱の利用方法は、エンジン冷却水を室内へさせる方法(4管式)を採用しました。能力、熱効率上優れている点、冷凍サイクルと温水(エンジン冷却水)サイクルとが独立している為、構成がシンプルである点が長所です。しかし、冷媒系と温水系の2系統、計4本の配管が必要であることと、配管長の点では2管式に一歩ゆります。

3-4-1 エンジン

GHP専用の新規設計エンジンです。外形デザインは、先ずシステム設置面積上の枠取りを行いエンジン、補器類の収まりを考えました。また、エンジン関連部分をシステム下半の部分にユニット化して収容し(以下パワーユニットと称する)将来的なOEM供給に、騒音、振動対策済のユニットとして対応することが可能な様留意しました。種々検討の結果、シリンダーを横置とし、その下に大容量のオイルパン、上には排ガス熱交、コンプレッサー、スターティングモーターを配することとしました(図7参照)。

○性能上の特徴

GHPでは比較的低回転の、巾広い負荷領域で安定した高効率を發揮することが要求されます。そこで、燃焼室は、フラットヘッド+ピストン側半球形燃焼室のB.I.P(Bowl in Pison)燃焼室とし、そのほぼ球心に点火プラグを配することとしました。この為、火炎伝播距離の著しく短い、コンパクトな燃焼室となり急速燃焼が可能となりました(図8参照)。加えて各部のフリクションロスの低減、オイル粘度の選定、等各種のロス対策を行った結果、最高効率30%(H)(13Aガス)、31.5%(H)(プロパン)以上が実現できました。この値は高位発熱量基準であり、内燃機関で通常用いられる低位発熱量基準では約一割の上乗せとなります(図9参照)。

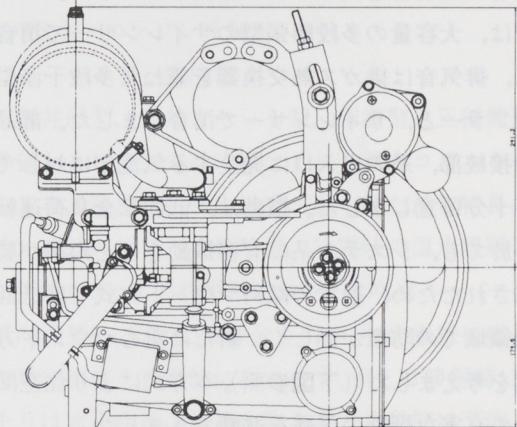
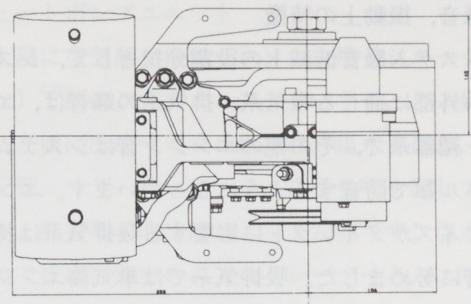


図7 エンジン外形図

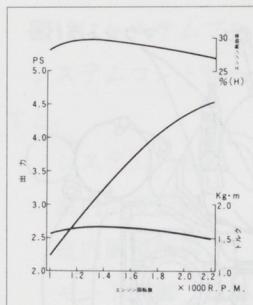


図9 エンジン全開性能

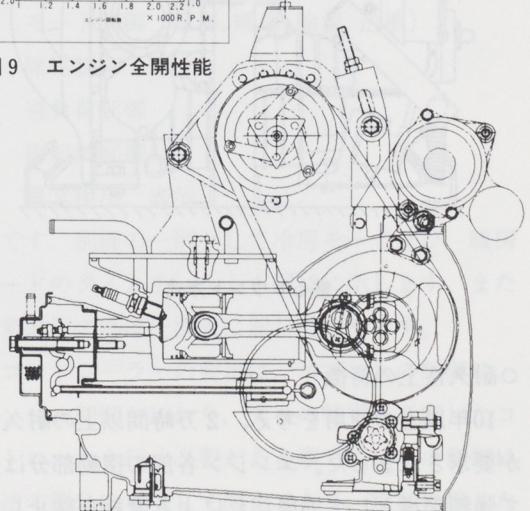
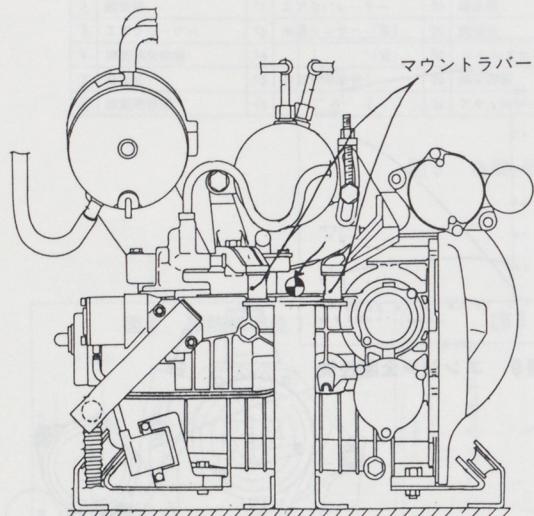


図8 エンジン断面図

○騒音、振動上の特徴

システム騒音低減上の役割分担として、システムの外部に通じる吸気系、排気系の騒音は、エンジン補器系で、その他のエンジン音はシステムのパネル類で防音するようになっています。エンジンノイズがダイレクトに影響する吸排気系は特に消音に努めました。吸排気系では単気筒エンジン固有の断続音を残さぬ事が重要な点でした。吸気音は、大容量の多段膨張型のサイレンサーで消音し、排気音は排ガス熱交換器を兼ねた多段干涉型マフラーと、サイレンサーで消音しました。部品の接続部、系の出入口に発生する気流音に対しても十分留意しました。振動は、低回転全負荷運転に於ても、システム系に有害振動を与える事が要求されたため、通常の傾斜マウント方式では低回転領域での防振が難しく、新たに重心マウント方式を考えました（下図参照）。本方式により住空間への有害な振動の伝播を遮断できました。



○耐久性上の特徴

10年以上の使用を考え、2万時間以上の耐久性が要求されました。エンジン各部の摺動部分は全て強制潤滑として油膜切れによる摩耗を防止し、

また、動弁系の耐久性は開発当初より最重要課題として、徹底的に究明を行いました。材質の選定に当ってはFZ400の16バルブエンジンをガスナイズし、各種の材質選定をくり返し行いました。その他、解明すべき点も研究した結果、現在では2万時間タペット調整不要レベルの耐久性が得られています（使用条件のバラツキを勘案し、チェック項目には入れてある）。また、信頼性の点で特に要求される始動性と、安定した運転を可能とするため、広い可燃空燃比範囲を持たせました。特に希薄領域でも安定した運転が可能です。

○その他

ガスエンジンでは燃焼室のデポジットの付着が少ない事に着目し、部品点数の大巾削減を狙って、シリンダヘッド、シリンダ、クランクケースを一体でダイカスト鋳造する構造を採用しました。（図8参照）これにより、ヒートサイクルによるガスケットトラブルの解消、オイルパン容量の増大も併せ実現できました。スリーブは鋳ぐるみ鋳鉄スリーブですが、低歪設計とした結果、オイル消費は0.3cc/hrと少量におさえる事ができ、2000時間でのオイル補給、4000時間での交換で済ませることができます。ウォータージャケット、吸排気ポートも中子等は用いず鋳抜きとなっています。

○補器類では、燃料ガスの供給圧力を調整するOガバナー、排気ガスの排熱を回収する排ガス熱交換器、AC 100V電源で駆動されるスターティングモーター、AC点火系等の開発を行いました。

3-4-2 室外機

上下2ユニット形式としました（図10参照）。上ユニットは、空気熱交換器、冷媒配管、システムコントローラー、ガス供給系等を備えます（以下ヒートポンプユニットと称する）。下ユニットは前述の如くパワーユニットと称し、エンジン、コンプレッサー、排ガス熱交換器、エンジン補器、換気ファン等を備えます。ヒートポンプユニットは冷凍サイクルの大部分、システム制御を構成し、

パワーユニットは冷凍サイクルの駆動を行います。両ユニットは夫々サブアッセンブリされた後、防振接続し、取管、配線類を結合し一本化されます。2ユニット構成としたのは、分離搬入設置構想があった故で、同構想は現在、設置現場におけるアッセンブリの完成検査、保証等懸案事項があり、未実施となっています。また、GHPの振動、騒音対策を進める上で、上下ニットを切離した形で夫々固有の音対策が可能であった点でもこの方式、は正解がありました。これにより音、振動対策のポイントが明確になり、将来一体タイプのものを試みる時にも迷うことが無いように思います。

○パワーユニット（図11参照）

ユニット内の配置は、中央にエンジン（コンプレッサー、排ガス熱交、セルモータを架装する）、右上に吸気サイレンサー兼エアクリーナー、右下に排気サイレンサー、左下奥に冷却水ポンプ、左上に振動吸収管並に配管取出口、上部に換気ファン並に排出側換気消音ダクト、下部に吸込側換気消音ダクトを配しています。それらを囲む防音パネルは、下部は上述の換気消音ダクトを中間に有する複板、側面は吸音材、制振材を貼付した单板、上部はフレーム一体の天板とさらに一枚遮音板を設け、中間に吸音材を介装しています。夫々の部材は、原音に対し十分な吸音、遮音特性を有します。その遮音性能を生かす為に、音の漏れ出る隙間を徹底して管理する事により、パワーユニットの音は十分低下できました。（本パワーユニットの騒音低減効果は約27dBという優れたものです）また、ユニット内のエンジンによる熱気を逃がす換気孔（前述）も、消音ダクトを介する事により有害な騒音の洩れなく設ける事ができました。ユニット内の温度分布を調整し、熱に弱い電装品の位置を決定してあります。防振の点では前述の重心マウントの他、始動時の大振巾を抑え、かつその反力が音として出る事を防ぐ為、エアーダンパーをストッパーとして用いました。冷媒用振動吸収管にはエンジン振動、特に発停時の大振巾に十分耐え得る特性を持たせました。

○ヒートポンプユニット

上部に空気熱交換器（エンジン用ラジエータを含む）下部にシステムコントローラー、ガス供給系、左側に冷凍サイクル用部品、温水^{*}用部品、各種配管、リザーバータンク、端子台等を配しています。配管類の取出はユニット左側です。温水^{*}系のエア抜は回路中のエアセパレーターと、エア抜専用運転モードにより自動的に行われます。

（*温水＝エンジン冷却水）

3-4-3 室内機

天井吊型、天井カセット型、床置型と三種類基準準備しました。夫々冷媒コイルと温水コイルを有する為、暖房時の吹出温度が高く保たれる特長の他、前述の如く、本格除湿、除霜時の温水暖房等が可能です。又天井吊型においては吹出ルーバーの風向調整に、形状記憶合金を用い、吹出温度に応じた風向調整を自動的に行います。例えば暖房時、立上りは水平吹出、温風が吹出すと自動的に下向とすることができます、冷風感の防止に効果があります。

3-4-4 システムコントローラー

図12にシステムブロック図を示します。

システムコントローラーの主な機能を列記しますと、

- システムの起動
- 室内温度制御
- 室内風量制御
- モード制御（冷房、暖房、除湿、送風）
- 除霜制御
- 過負荷制御
- 再起動制御
- 異常検出、表示

等です。制御の一例として冷房モード及び、暖房モードのタイムチャートを図13に示します。また異常表示の例は仕様表に記してあります。

コントローラーの要旨は、エアコンの制御に、エンジン制御が加わり、夫々の特質を考慮したコントロールを行う必要がある事です。その詳細は既述の部分にも増して膨大であり、別稿に譲りたく思います。

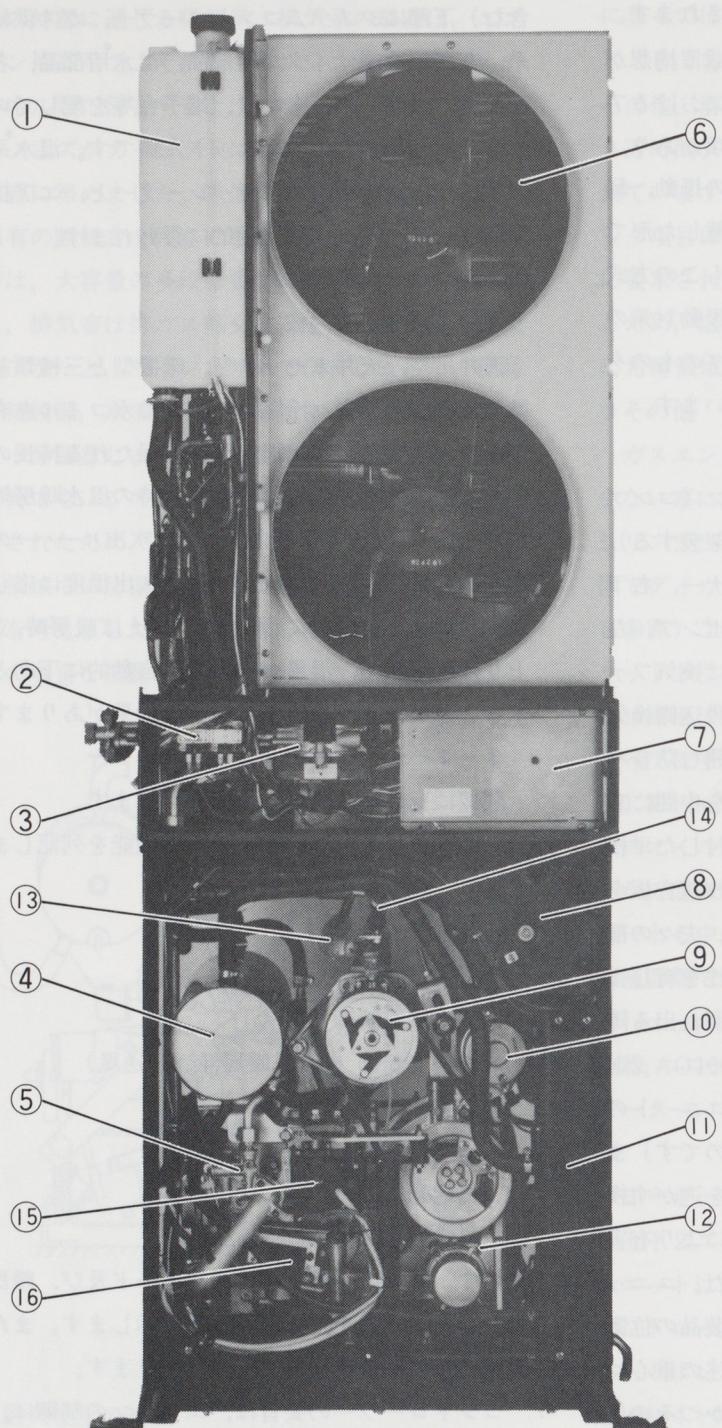
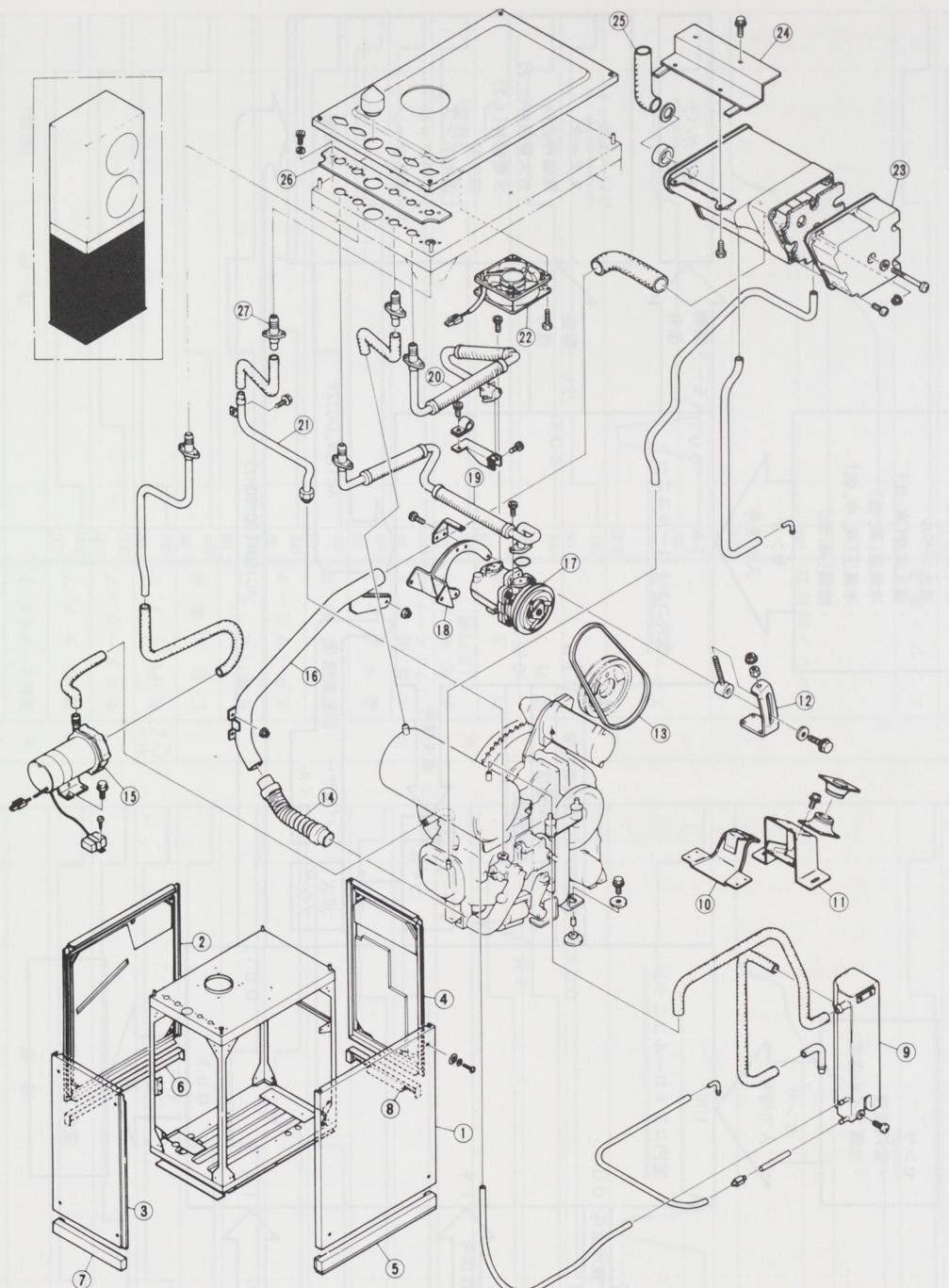


図10 システムレイアウト

No.	名 称
①	温水リザーブタンク
②	ガス電磁弁
③	ゼロガバナ
④	排ガス熱交換器
⑤	ミキサー
⑥	ファン
⑦	システムコルトローラAssy
⑧	エクリーナ
⑨	コンプレッサ
⑩	スターティングモータ
⑪	サイレンサ
⑫	エンジン
⑬	パイプサクションAssy
⑭	パイプディスチャージAssy
⑮	電子ガバナ
⑯	点火コイル



パワーユニット部品名

- | | | |
|----------------------|----------------|-------------------|
| ① パネルフロント | ⑩ ブラケットストッパー 1 | ⑯ バイブサクションアッシャイ |
| ② パネルリア | ⑪ ブラケットストッパー 2 | ⑰ バイブディスチャージアッシャイ |
| ③ パネルサイド 1 | ⑫ ステーアジャスト | ⑱ バイプ RG 3 |
| ④ パネルサイド 2 | ⑬ ベルト | ⑲ クーリングファンアッシャイ |
| ⑤ スカートフロント | ⑭ ホースフレキシブル | ⑳ ケースエアフィルター |
| ⑥ スカートリア | ⑮ ポンプブラインアセンブリ | ㉑ ステー 1 |
| ⑦ スカートサイド 1 | ⑯ ダクトエア | ㉒ ジョイントインテーク |
| ⑧ スカートサイド 2 | ⑰ コンプレッサー | ㉓ シートアブソーバー 2 |
| ⑨ サイレンサー エキゾーストアセンブリ | ㉑ ブラケットコンプレッサー | ㉔ ユニオン |

図11 パワーユニット

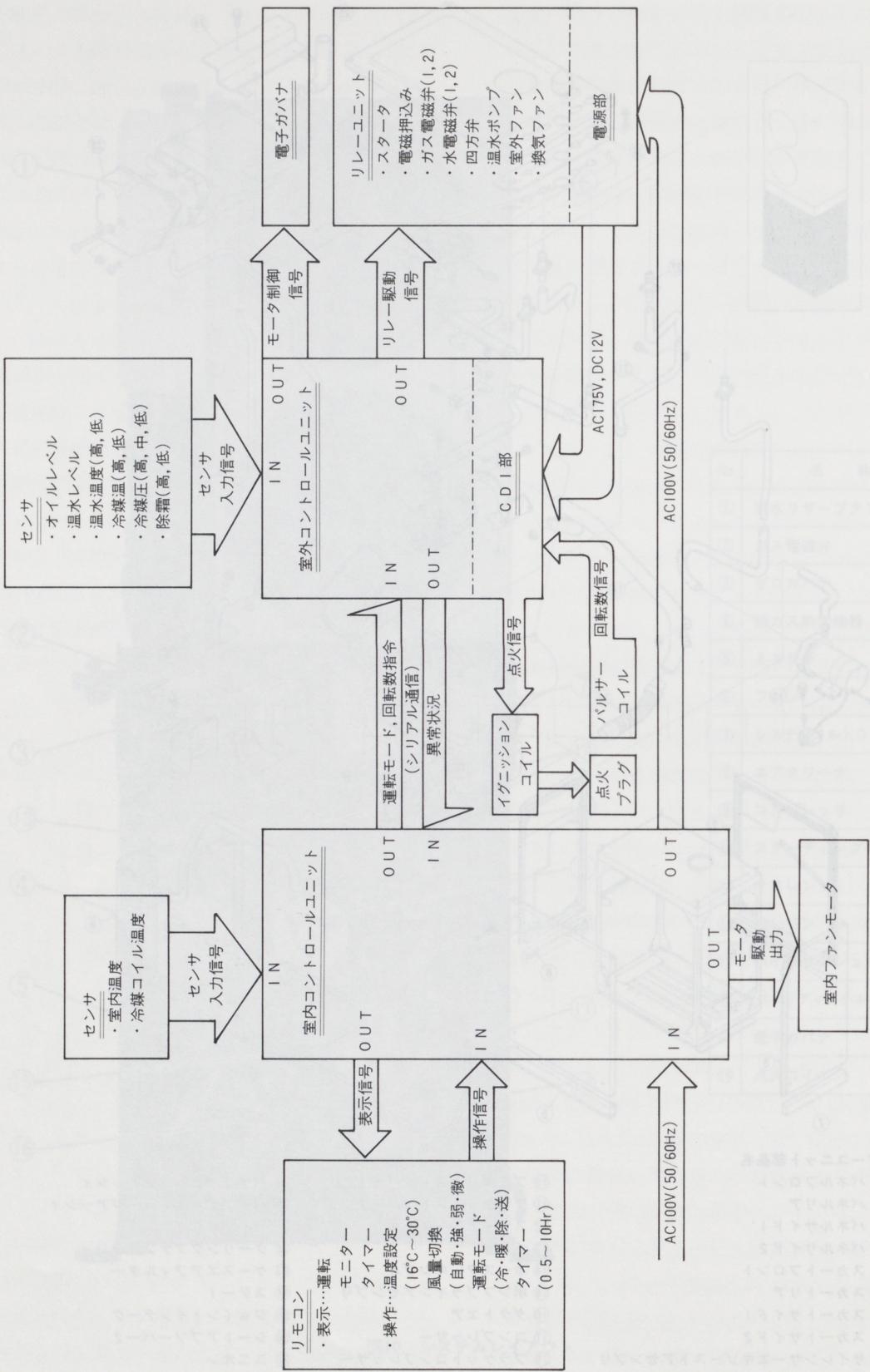


図12 システムプロツク図

①冷房運転時

②暖房運転時(除霜運転も含む)

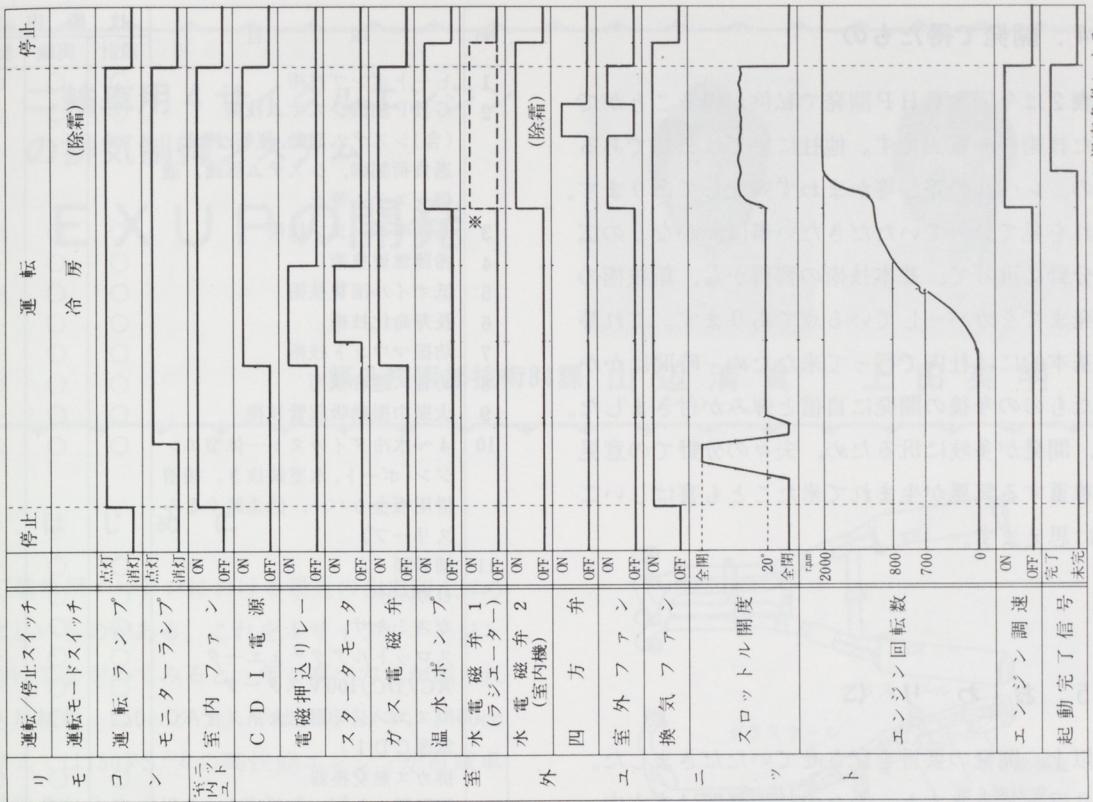
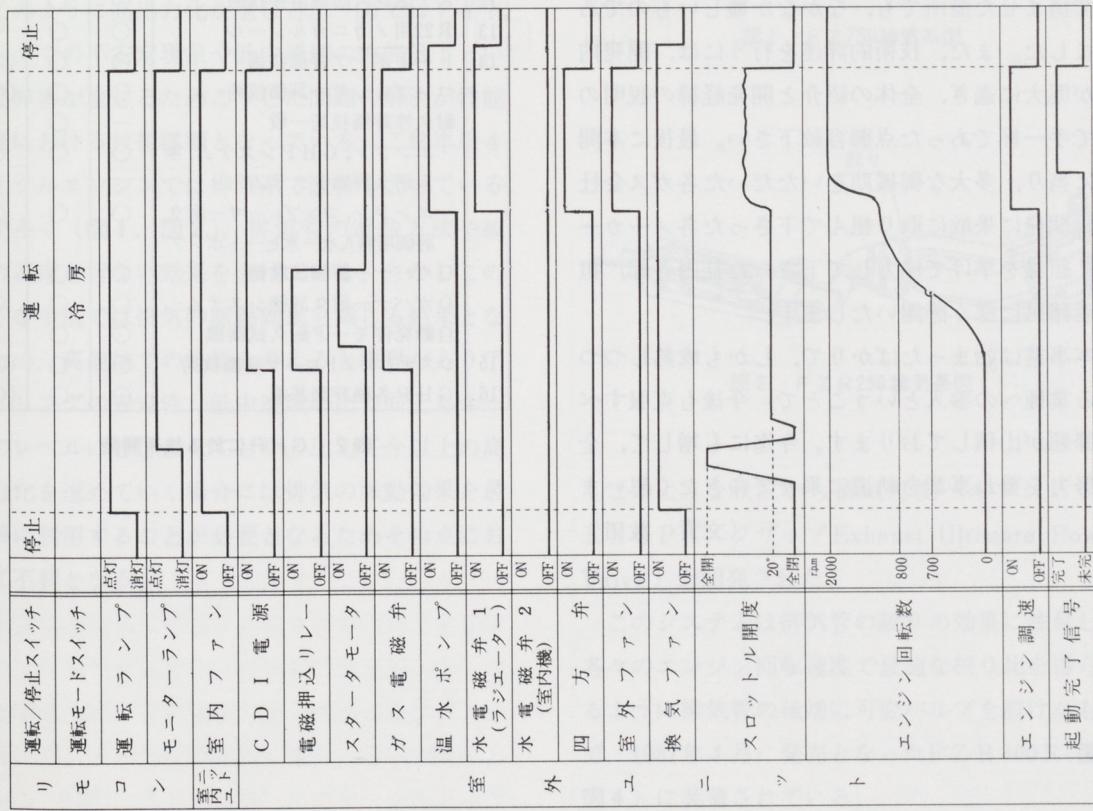


図13 タイミングチャート

※温度条件による

4. 開発で得たもの

表2は今回のGHP開発で私供が得ることができた技術の一覧表です。他社に於ては公知であるもの、レベルの差、等かまわず列記してあります。これを見て分っていただきたい事は、かなりの広い分野に汎って、基本技術の習得から、新技術の開発までをカバーしている点であります。これを基本的には社内で行って来たため、時間はかかったものの今後の開発に自信と弾みが付きました。又、開発が多岐に汎るため、夫々の分野での意見を尊重する気風が生まれて来たことも喜ばしいことに思えます。

5. おわりに

以上、開発の要旨を記させていただきました。ふり返ってみると、夫々の技術課題は本文中一行で済ませた箇所でも、なかなか難しいものでありました。また、技術的詳述を行うには、開発内容が膨大に過ぎ、全体の紹介と開発経緯の説明のみで手一杯であった点御容赦下さい。最後に本開発に当り、多大な御援助をいただいた各ガス会社殿、開発に果敢に取り組んで下さった各メーカー殿、組織を挙げて協力して下さった社内各部、担当者諸兄に深く感謝いたします。

本事業は始まったばかりで、しかも成熟しつつある業種への参入ということで、今後も克服すべき課題が山積しております。今迄にも増して、全員努力を重ね事業を軌道に乗せてゆきたいと思います。

(文責 数田)

No.	項目	技術内容		
		設計	実験	製造
1	ヒートポンプ技術	○	○	○
2	GHP制御システム技術 (含)システム起動、運転、停止、過負荷制御、システム保護、通信システム等々	○	○	○
3	高効率エンジン技術	○	○	○
4	希薄燃焼技術	○	○	—
5	低オイル消費技術	○	○	—
6	長寿命化技術	○	○	—
7	防振マウント技術	○	○	—
8	防音・遮音技術	○	○	○
9	大振巾振動吸収管技術	○	○	—
10	4～水冷ダイカスト一体型エンジン(ポート、水室鋳抜き。接着併用板金カバー、低歪鋳ぐるみスリーブ)	○	○	○
11	補器類 Oガバナ ガスマキサ スロットルアクチュエータ AC/DC/100Vスター ガスエンジン用点火系(含AC電源CDI) 排ガス熱交換器 樹脂製エキゾーストサイレンサ	○	○	—
12	ステンレス防蝕溶接技術	○	○	○
13	R22用メカニカルシール	○	○	—
14	ヒートポンプ評価技術 コンプレッサー評価技術 耐久性評価技術一般 ・エンジン、GHPシステム、無人耐久評価システム ・エンジン、コンプレッサー耐久評価用無人水一水ヒートポンプ Oガバナー評価試験機 Oガバナー耐久評価システム 自動発停モード耐久試験機	○	○	(○)
15	システムコントローラ評価技術	○	○	(○)
16	GHP各種評価基準	○	○	(○)

表2 GHPに於る技術開発