

これからのガスエンジンヒートポンプ エアコン(GHP)

In Future Gas Engine Heat Pump Air
Conditioners (GHP)



加藤 忠 広^{*1}
Tadahiro Kato

笠 木 司^{*2}
Tsukasa Kasagi

森 島 立 二^{*3}
Ryuji Morishima

電力削減に大きな効果を発揮する GHP の仕組みと特徴を簡単に概説し、現在までの技術開発の方向、アイテムとその内容について、当社の実施してきた技術を紹介する。また、これからの GHP についてその応用製品も含め向かう方向、考えられる技術アイテムについて解説する。

1. はじめに

ガスエンジンヒートポンプエアコン(以下GHPという)は、昭和63年に空調業界に登場して以来、順調に伸長しており、業務用空調機の総馬力に占める割合が16%を超えるまで拡大してきた。当社は、平成8年に商品を開発し市場に提供することによりその一翼を担ってきた。

以下に、GHP について簡単に概説し現在までの技術開発について、また、これからの GHP の技術展望について述べる。

2. GHPの特徴

2.1 GHPとは

業務用空調機には、大きく分けて圧縮機の駆動源に電気を使用した電動機駆動式のEHP(Electric Heat

Pump)と、GHPがある。EHPとGHPの簡単な比較を、図1に示す。EHPとGHPの違いは、EHPは圧縮機の駆動にモータ(電動機)を使用し、GHPはガスエンジンを使用していることだけであり、冷凍サイクルは同等である。

全体システムは図2に示すとおりであり、エンジン排熱を暖房時有効利用している。

GHPに搭載しているガスエンジンは、ベースエンジン(自動車用、フォークリフト用)に対し耐久性向上、メンテナンス性向上、性能向上等を実現するため大幅な変更を加えている。

GHPに搭載している圧縮機は開放型圧縮機を使用しており、エンジンとの動力伝達は直結による方式としている。

2.2 GHPの特徴

GHPの主な特徴を以下に紹介する。

(1) 小電力(受変電設備が不要)

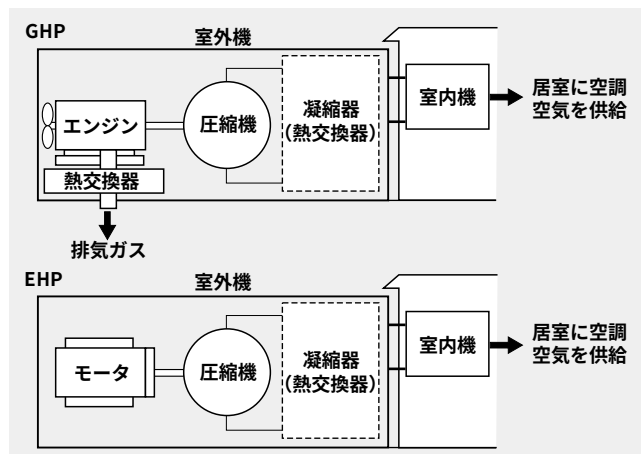


図1 GHPとEHPの比較 圧縮機駆動方式が異なるGHPとEHPの違いを示す。

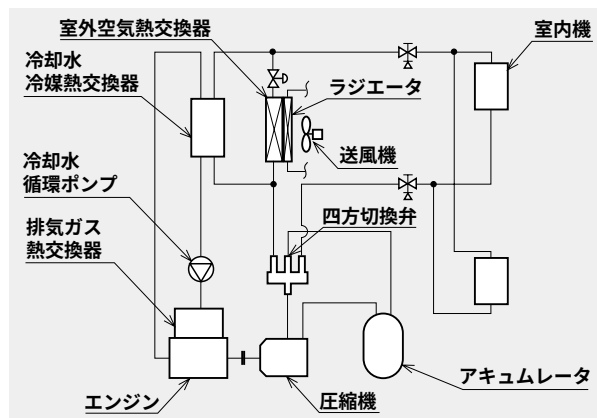


図2 全体システム GHPの冷房運転時のシステムを示す。

*1 冷熱事業本部空調輸冷製造部空調設計課主席

*2 冷熱事業本部空調輸冷製造部空調設計課

*3 技術本部名古屋研究所空調機・圧縮機研究推進室主席

圧縮機の駆動をガスエンジンで行うため、GHPの総消費電力は、EHPと比べ約10分の1で済む。そのため契約電力を50 kW未満に抑えることも可能で、受変電設備が不要となるなど、大幅な経費節減が図れる。

(2) 急速暖房（暖房能力が優れている）

熱効率の高いガスエンジンを使い、さらにエンジン排熱を効率良く活用しているので、運転開始後、素早く温風を吹き出すことができ、寒い冬の朝でもスピーディーな暖房能力を発揮する。

(3) 低外気温時の高暖房能力

エンジン排熱の回収（排気ガス熱交換器を採用）により、低外気温時の暖房能力を維持する。

同時に暖房使用可能外気温温度範囲もエンジン排熱を利用することにより、下限を -15°C まで拡大した。

3. 現在までの技術開発

GHPの現在までの技術開発は、省エネルギー化と低NOx化の技術的に相反するアイテムの両立を図ってきたことである。

3.1 省エネルギー

GHPは燃料にガスを使用しており、経済性にすぐれたシステムである。

また搭載している各部品やシステムの効率を向上させることにより、高い成績係数を実現しており、政府の“環境物品等の調達の推進に関する基準方針”（グリーン購入法）にほとんどの機種が適合している。

効率向上のための過去実施してきた主な技術は、次のとおりである。

(1) エンジン効率向上

小排気量化： $2.247\text{ L} \rightarrow 1.998\text{ L}$

高圧縮比化： $9.2 \rightarrow 12.3$

空燃比と点火時期：機械式→電子制御式

摩擦ロス低減：滑り式→ローラリフタ式

希薄燃焼：失火改善

(2) 冷凍サイクル効率向上

空気熱交換器配列：ラジエータ組込み→ラジエータ分離

圧縮機：容量制御付き圧縮機

暖房時排熱回収：フィン伝熱式→プレート式熱交換器

吸入圧力損失低減：吸入配管1本→暖房時吸入配管2本化

暖房時吸熱回路：排熱回収、空気熱源一体式→排熱回収と空気熱源の並列式回路

効率向上の結果、システム成績係数を表1のとおり改善することができた。

3.2 環境性

GHPは地球環境に配慮した空調機である。特にガスエンジンの排出NOxを低減するよう技術開発を実施している。

(1) 冷媒

オゾン層破壊係数“0”の冷媒（HFC407C）を使用し、またGHPの廃棄時封入冷媒を回収しやすいように、回収口を設けている。

(2) CO₂削減

エンジン、圧縮機、電動機、システムの効率向上を図りCO₂削減に貢献している。

(3) NOx 12モード値

エンジン排気ガス中の窒素酸化物削減のための技術開発を行っており、現在NOx 12モード値で100 ppm以下に低減している。

（NOx 12モード値：JIS B 8627-1の付属書8に規定する試験方法で試験した結果から算出した値）

環境省“小規模燃焼機器の窒素酸化物排出ガイドライン”における小形ガスヒートポンプのガイドライン値の推移は、表2のとおりとなっている。当社は、環境省ガイドライン値に適合すべく低NOx化のための技術開発を行ってきており、当社GHPのNOx 12モード値推移を表2に示すとおり、全機種環境省のガイドラインに適合している。

低NOx化については、次の技術を採用し低減を図っている。

表1 システム成績係数改善

平成年度	当社機種	成績係数（燃料+電気）
8年	1形	0.95
9年	2形	0.95
10年	3形	0.95
11年	4形	1.13
12年	5形, 6形	1.25

注1：当社20馬力機種の値を示した。

注2：成績係数は、 $((\text{冷房能力} / (\text{冷房燃料消費量} + \text{冷房電気消費量})) + (\text{暖房能力} / (\text{暖房燃料消費量} + \text{暖房電気消費量}))) / 2$ で算出した。

表2 窒素酸化物排出ガイドライン値と当社GHPのNOx 12モード値推移

平成年度	当社機種	当社NOx値 (ppm)	環境省ガイドライン値 (ppm)
8年	1形	300	300以下
9年	2形	300	
10年	3形	200	
11年	4形	100	200以下
12年	5形, 6形	100	
13年			100以下
14年			
15年			

- (a) 希薄燃焼.
- (b) 点火時期適正燃焼.
- (c) EGR(Exhaust Gas Recirculation)システム.

希薄燃焼, 点火時期適正燃焼のため, 燃料弁の容量制御, 点火時期を電子制御にて行い, すべての運転領域で最適値に設定できるようにした.

EGRシステムは, 排気ガスの一部を燃料ミキサ後の吸気管に還流するもので, 不活性ガスによる酸素濃度低下・熱容量増加で燃焼温度の過度の上昇を抑制してNO_x生成を低減する方法であり, このEGRの最適化により, 熱効率を悪化させることなく排出NO_xを低減できた. 当社EGRシステムを図3に示す.

3.3 定期点検

自動車のエンジンが定期点検すると同様に, GHP用エンジンも定期点検が必要である. 定期点検間隔は, エンジンオイル(粘度, 添加物調整), クーラント(添加物調整), 点火プラグ(イリジウム電極化), オイルフィルタ(材料, 加工法), オイル消費量低減(エンジン冷却性能改善)等の技術開発により, ほとんどの機種で5年または10 000時間まで延長されてきた. 10 000時間は, 自動車で考えると平均時速40 km/hとして40万kmまで定期点検しなくても良いことになり, 地球の約10周分となる.

当社の定期点検間隔の推移を表3に示す.

4. 将来展望

エネルギー利用機器としてGHPは, 地球環境負荷低減を主テーマに技術開発を推進して行く.

4.1 省エネルギー

システム成績係数向上は, 将来にわたって改善する必要のあるアイテムである. 以下に示すアイテムの技術開発を実施することにより, システム成績係数の向上を図ってゆく.

(1) エンジン

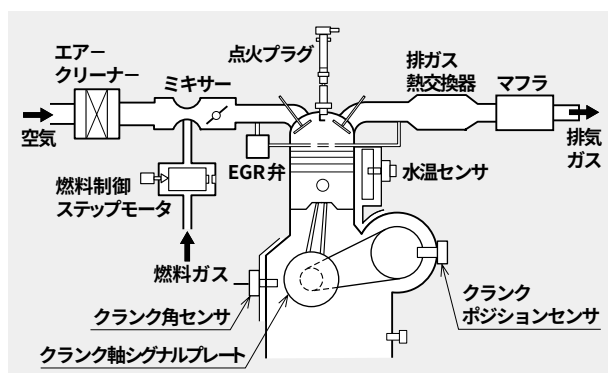


図3 EGRシステム エンジン燃焼系と排気ガス再循環系を示す.

システム成績係数向上に一番寄与するエンジンの効率向上は, 引き続き技術開発を推進してゆく.

燃焼性向上のための燃焼室改善・点火プラグ改善, 吸気損失低減のための吸気系改善, 機械損失低減のためのしゅう動面改善・冷却系の改善等今後もエンジン改善を継続する. さらにエンジン運転制御面から, 適正な点火時期制御また空燃比制御を行うよう開発を進める.

今後のエンジン改善ポイントを図4に示す.

(2) 冷凍サイクル

空調機としてGHPの冷凍サイクル性能改善は, 重要な検討課題を有しており今後も鋭意研究を継続してゆく.

(a) 圧縮機

当社はGHP用圧縮機を自社技術で開発している唯一のメーカーである. 従来の圧縮機はバス用空調機に使用していたレシプロ式であり, その使用実績から高い信頼性を得ている.

今後はより高効率を目指すためスクロール式圧縮機の開発を進めている. 当社において長い実績のある業務用空調機に使用しているスクロール式圧縮機の技術を基本に, 開放型とする. 効率向上のため, 指示損失のうち吐出圧力損失改善, 吸入圧力損失改善, 漏れ損失改善を図る.

(b) 凝縮器

冷凍サイクルの圧縮仕事を低減するため, 凝縮器能力の改善を進めている. 凝縮器は, 冷媒

表3 定期点検間隔推移

平成年度	当社機種	定期点検間隔 (H)
8年	1形	4000
9年		
10年	2形	4000
11年		
12年	3形	6000
13年		
14年	4形	8000
15年		
	5形, 6形	10000

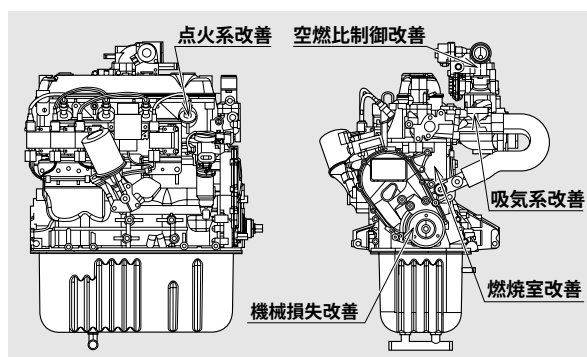


図4 エンジン改善アイテム エンジンに関する今後の改善アイテムを示す.

側熱伝達率改善のためのパイプ内面形状適正化、パイプ径細径化、また空気側熱伝達率改善等を図る。送風機は、処理風量が増加しても動力増加が少ない高効率送風機の開発を進める。

(c) 暖房サイクル

GHPの暖房サイクルは、エンジン排熱を有効利用することでシステム成績係数を向上することができる。

従来は冷媒の低压側の加熱源にエンジン排熱を利用しており、冷媒を高圧側に押し上げるための圧縮動力が多く必要だった。しかし、凝縮液冷媒をエンジン排熱で加熱ガス化し圧縮機吐出ガスに混合させれば、再度暖房用冷媒として利用でき、混合動力も少なくすみシステム成績係数を向上することができる。考えられる方式は、ガスポンプ式、ガスインジェクション式、液ヘッド式等がある。

ガスポンプ式では当社と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と共同研究している“コージェネレーション機能を持つハイブリッドガスヒートポンプシステムの研究”の1アイテムとして研究開発を実施している。ガスポンプを利用したハイブリッド式GHPの計算例を図5に示す。

4.2 環境性

(1) 冷媒

オゾン層破壊係数“0”の冷媒の使用は今後も継続するが、より取扱の容易な冷媒“HFC410A”への転換を進めている。長期的には、自然冷媒を使用した場合の研究も実施してゆく。

(2) CO₂削減

定格時のシステム効率向上を行うとともに、実使用上運転時間が多く占める軽負荷時のシステム効率向上（エンジン効率と圧縮機効率の組合せ効率の良い運転）を行うことで、年間CO₂削減を図る。

(3) NO_x 12モード値

エンジンのNO_x排出量低減と効率向上は、相反する技術課題である。今後は効率向上に軸足をおくとともに引き続きNO_x排出量の低減について、混合気乱れ制御、限界希薄燃焼制御、触媒等も含め技術開発を行う。

5. GHP技術利用製品

GHP技術は業務用空調機としてのみでなく、その技術を利用し機能を付加した製品展開が今後広く考えられる。一例を以下に示す。

(1) GHP用エンジン利用

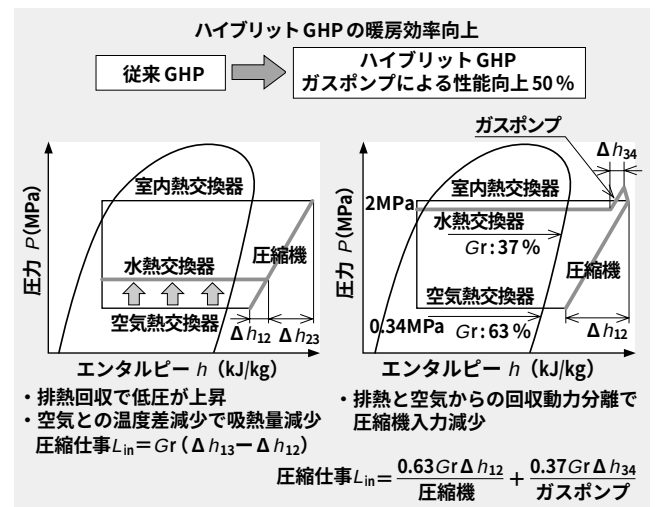


図5 ハイブリッド式GHP ガスポンプを使用したハイブリッド式GHPの暖房性能改善効果をモリエル線図で示す。

長寿命、長時間メンテナンス間隔可能なGHP用エンジンを利用し、冷媒圧縮機の代わりに発電機を接続し、また排熱を温水として取り出し、電気及び温水利用の小容量コージェネレーションシステムへの展開が考えられる。

(2) エンジン排熱利用

GHPの暖房回路の代わりに、エンジン排熱の熱エネルギーと外気の熱エネルギーを汲み上げ温水として取り出し、ボイラによる温水利用方式に比較し効率の優れたシステムが提案できる。特にボイラ暖房が普及している地域で直膨式冷房システムと既設温水配管を組合せ利用する場合、最適なシステムであると考えられる。

6. ま と め

GHPの技術開発は、現在まで省エネルギーのための効率向上と環境改善のための低NO_x化に重点をおき実施してきた。

今後は、効率向上をさらに進歩させるよう技術開発を行うとともに、環境改善のための低NO_x化、及び冷媒変更の技術開発も進める。

またGHP技術を利用し新しい製品への展開もすめ、GHP市場の拡大を図る。



加藤忠広



笠木司



森島立二