

# 高効率・小形空調用ツインロータリ圧縮機

谷 真男\*  
新井聡経\*

High Efficiency and Compact Twin Rotary Compressor

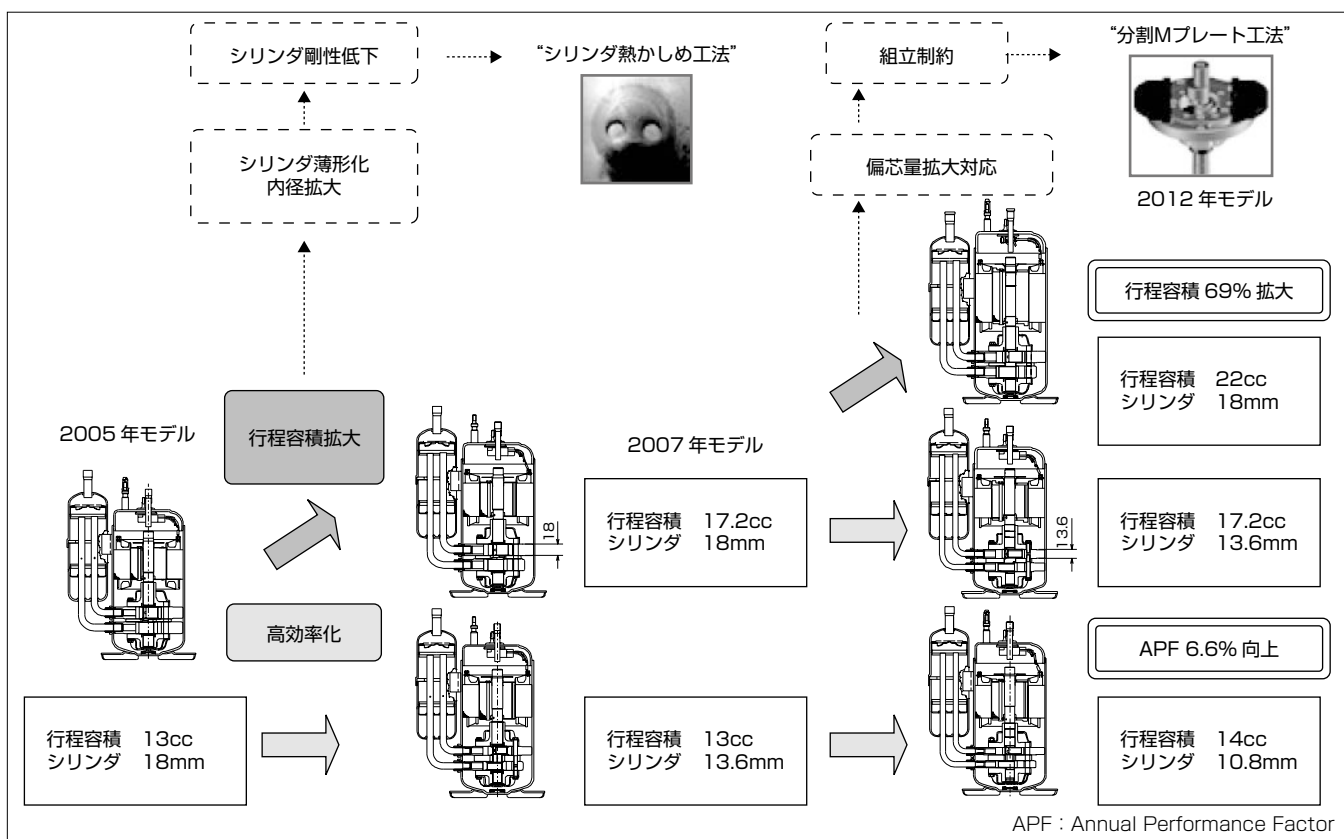
Masao Tani, Toshinori Arai

## 要 旨

空調機器のキーデバイスである圧縮機の高効率化・小形化は空調機の高効率化・軽量化を可能とし、省エネルギー・省資源化を実現することが可能となる。圧縮機高効率化の手法としては圧縮室を形成するシリンダの薄形化による冷媒の漏れ損失の低減が挙げられる。また省資源化に対しては、圧縮機の行程容積を拡大することで、従来の大形圧縮機から小形軽量の圧縮機に寄せ換える、いわゆるダウンサイジングが有効である。圧縮機行程容積拡大に対してはシリンダ内径拡大や回転軸の偏心量拡大が必要となる。これらの手法に対し、シリンダ剛性の低下に伴うシリンダ固定歪(ひず)みの増加や、偏心量拡大に伴い圧縮機構部の組立自体が不可能となるという技術課題が存在していた。

これらの課題を解決するために三菱電機は従来のアークスポット溶接に対し、シリンダを周方向に把持することでシリンダの歪みを原理的に抑制する“シリンダ熱かしめ工法”と、従来は1枚の板状であったMプレートをあらかじめ2分割加工し圧縮機構部の組立時に組み合わせることで偏心量の拡大を実現する“分割Mプレート工法”の2種の独自工法を開発した。

これら独自工法の開発によって、従来の圧縮機に対し6.6%の高効率化と、69%の行程容積拡大による従来圧縮機からの30%質量低減を可能とし、省エネルギー、省資源化への貢献を実現した。



## 独自工法の開発による圧縮機高効率化、小形圧縮機行程容積拡大

圧縮機の高効率化、行程容積拡大のための“シリンダ内径拡大”“偏心量拡大”それぞれに対する課題である“シリンダ剛性低下”“圧縮機構部組立制約”に対し、独自工法“シリンダ熱かしめ工法”“分割Mプレート工法”を開発した。2種の独自工法の開発によって6.6%の高効率化及び69%の行程容積上限拡大を実現した。

1. ま え が き

空調機器の消費電力の80~90%を占める圧縮機の高効率化は、省エネルギー社会実現に対し重要な技術となる。また、圧縮機の小型化は、室外機の小型、軽量化による省資源化を可能とする。これら省エネルギー、省資源の要求に対し、当社は①圧縮機構造固定の際の歪みを抑制しシリンダ高さの縮小を可能とする“シリンダ熱かしめ工法”と②ローリングピストン偏芯量拡大を可能とする“分割Mプレート工法”の2種の独自工法の開発によって、圧縮機高効率化及び行程容積拡大による圧縮機小型化を実現した。

2. ロータリ圧縮機

2.1 ロータリ圧縮機の構造

図1に当社ルームエアコンなどに搭載されているツインロータリ圧縮機の構造を示す。密閉容器(シェル)の内部に冷媒を圧縮する圧縮機構造とモータ部が固定されている。圧縮機構造は、圧縮室を形成する2組のシリンダ、ローリングピストン、ベーンとローリングピストンを駆動するクランクシャフト、クランクシャフトを支持するとともに圧縮室の上下端面を形成する2個の軸受、及び2個のシリンダ間を区分するMプレート等によって構成される。

図2に従来の一般的な製造方法におけるツインロータリ圧縮機の組立工程を示す。圧縮機後部の各部品は軸方向に

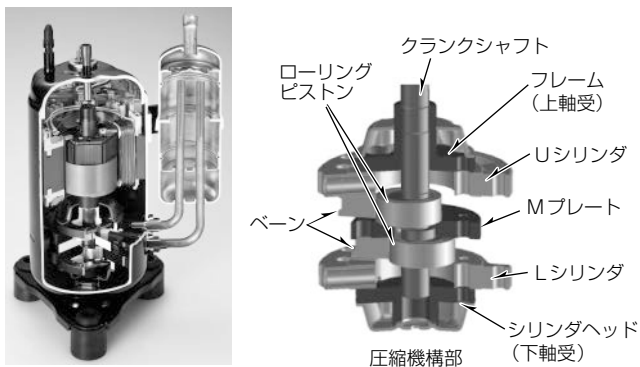


図1. ツインロータリ圧縮機

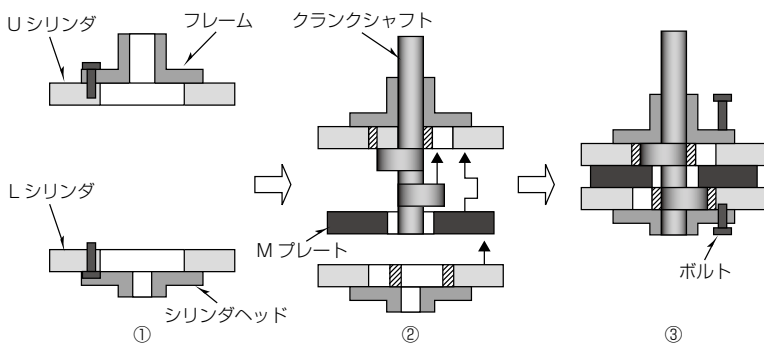


図2. 従来の圧縮機組立工程

組み立てられたのち、アークスポット溶接によってシェルに対し固定される。

2.2 圧縮機高効率化, 行程容積拡大手法

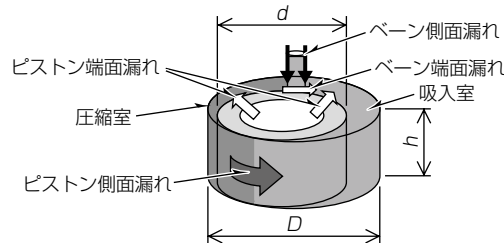
ロータリ圧縮機の圧縮室の模式図を図3に示す。ロータリ圧縮機の高効率化手法としてシリンダ高さ縮小によるピストン側面漏れ損失の低減が挙げられる。ここで図の式(1)に示す圧縮室の行程容積を一定に保ったまま、シリンダ高さ $h$ を縮小するには①シリンダ内径 $D$ を拡大する手法、②ローリングピストン外径 $d$ を縮小し、図の式(2)に示す偏芯量 $e$ を拡大する手法がある。また、シリンダ高さ $h$ を一定に保ったまま① $D$ の拡大又は② $d$ の縮小(及び $e$ の拡大)を行うことで、圧縮機行程容積の拡大が可能になる。

3. 独自製造工法

3.1 シリンダ熱かしめ工法

圧縮機構造部をシェルに対し固定する工法としてアークスポット溶接が一般的に用いられている。アークスポット溶接では、シェルとシリンダの間に溶接部材が侵入することで、図4に示すようにシリンダの径方向に固定の反力が作用しシリンダの内径やベーンの収納されるベーン溝部を歪ませる要因となっていた。そのためシリンダ高さ縮小やシリンダ内径拡大によってシリンダの剛性が低下するとシリンダ固定の際の歪みが大きくなるという課題が存在した。

この技術課題に対し原理的に歪み発生を抑制を可能とした生産技術が“熱かしめ固定工法”である。図5に熱かしめ



行程容積 :  $V_{st} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot h$  .....(1)

偏芯量 :  $e = (D - d) / 2$  .....(2)

図3. 圧縮室模式図と漏れ経路

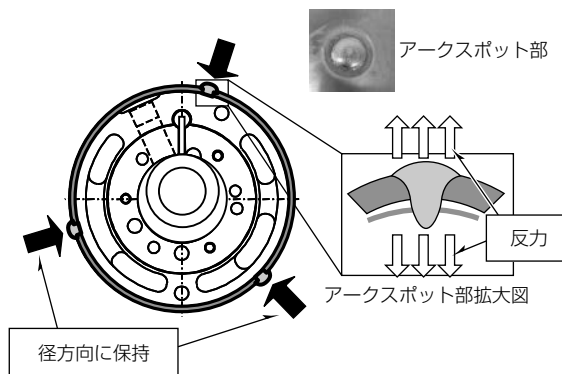


図4. アークスポット溶接固定

の固定メカニズムを示す。

- ① シリンダのシェルに対する固定部にはあらかじめ所定の下穴が2個1組で穿(うが)たれている。
- ② シェルのシリンダ固定部を加熱し、赤熱・軟化させたうえで所定の工具でシェル材を押圧する。
- ③ 軟化したシェル材は押圧によって下穴部に充填されるように移動し、突起状に成形される。
- ④ シェルの冷却時の収縮力によって、成形された突起が下穴を円周方向に把持する。

図6に示すように熱かしめ固定ではシェルかしめ部の熱収縮による円周方向の把持力によってシリンダを固定するため、シリンダ歪みの抑制が可能になる。

### 3.2 分割Mプレート工法

図7に示すとおり、ローリングピストン外径縮小によ

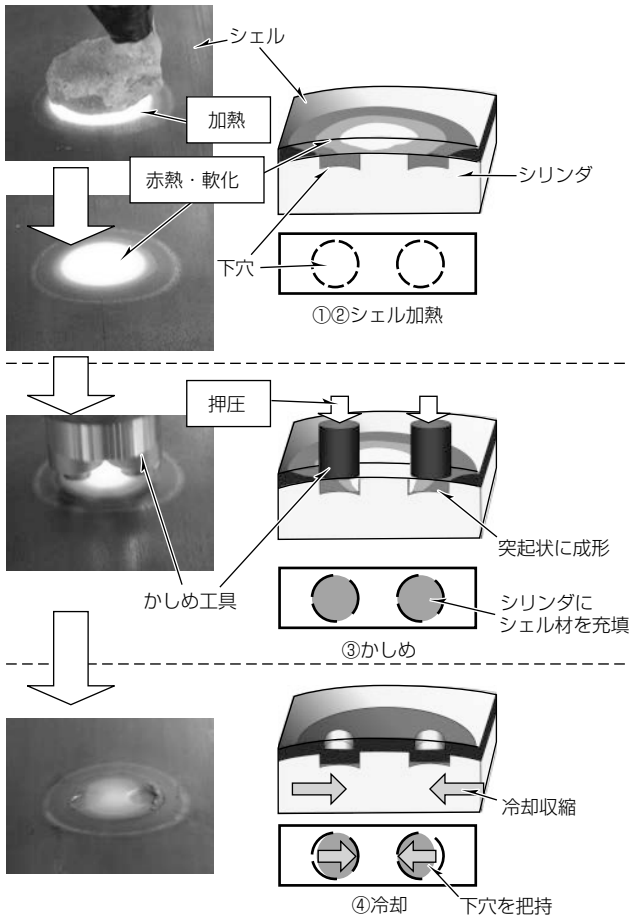


図5. 熱かしめ固定メカニズム

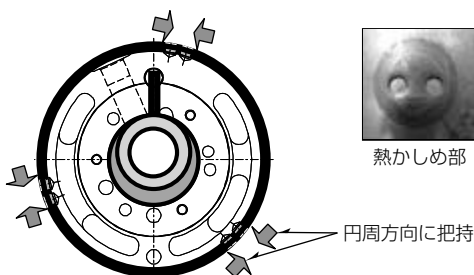


図6. シリンダ熱かしめ固定

て偏心量を拡大すると、ローリングピストン外径とMプレート内径が連通することによって圧縮室が形成されなくなる。そのためMプレートの内径を縮小する必要が生じる。

一方で、図8に示すとおり一般的な工法で圧縮機構部は軸方向に組み立てられるため、Mプレート内径を縮小すると、クランクシャフトをMプレート内径に挿入することができなくなり、圧縮機構部の組立が不可能になる。

この課題に対し、従来はクランクシャフトを軸方向に通すように組み込んでいたMプレートを、あらかじめ左右2個に分割加工した後、クランクシャフトを左右両側から挟

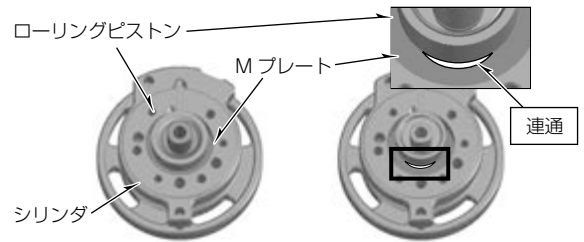


図7. 偏心量拡大の課題①

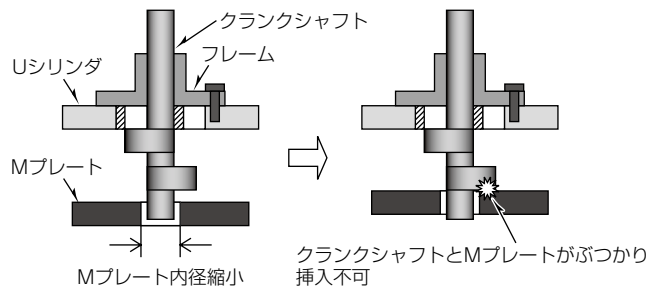


図8. 偏心量拡大の課題②

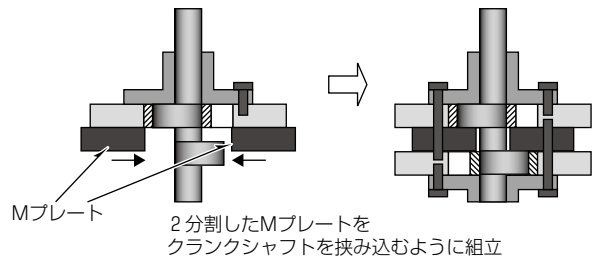


図9. 分割Mプレート工法

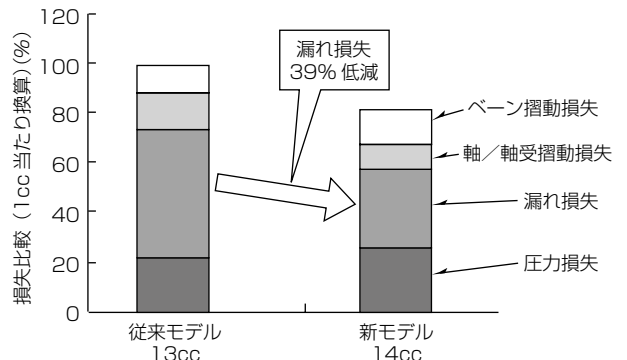


図10. 圧縮機損失分析比較 (ASHRAE条件60(1/s))

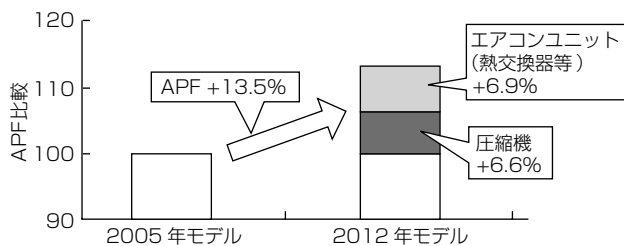


図11. ルームエアコン省エネルギー効果

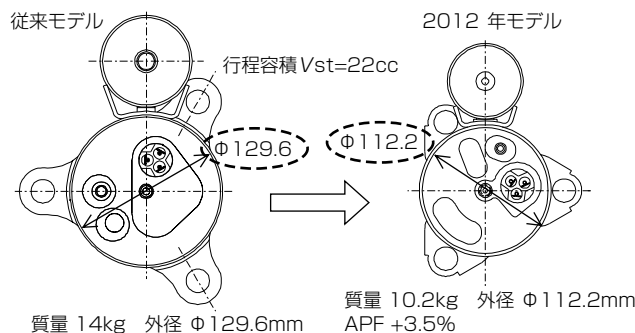


図12. 4 HP対応圧縮機比較

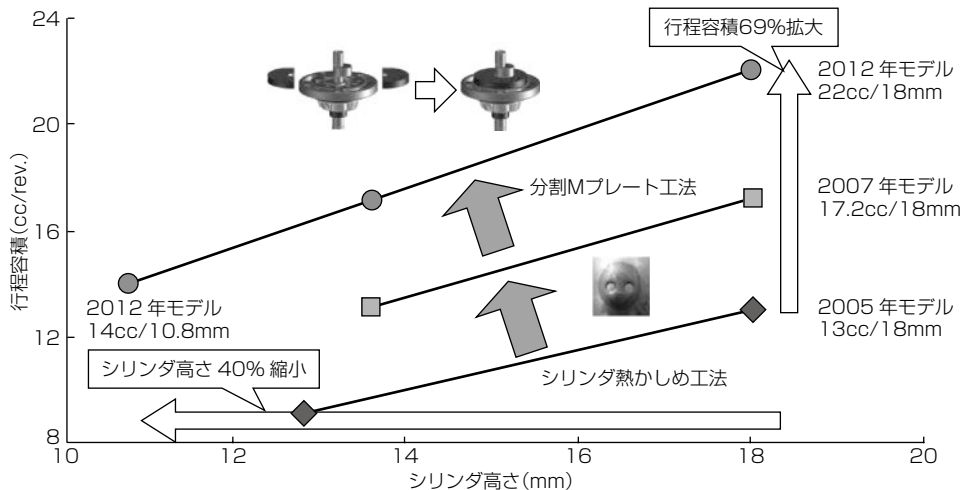


図13. 圧縮機ラインアップ変遷

みこむように組み立てる工法を開発した。図9に新しい組立工法を示す。新工法の適用によって、Mプレートに対しクランクシャフトを通す必要がなくなり、偏芯量の拡大が可能となる。

#### 4. 独自製造工法による圧縮機

##### 4.1 圧縮機高効率化

独自工法開発以前の2005年当時のルームエアコンには、シリンダ高さ18mmで行程容積13ccの圧縮機を搭載していたのに対し、独自工法の開発によって行程容積14ccで10.8mmにシリンダ高さを縮小した。

図10に従来モデルと新モデルの損失分析比較を示す。

シリンダ高さの縮小によってピストン側面漏れ損失低減を実現、またシリンダ高さ縮小に伴う冷媒ガス圧縮荷重の低減などによって軸／軸受間の摺動(しゅうどう)損失も低減している。一方で偏芯量の拡大に伴いベーンの往復動距離が増加することでベーン上下端面の漏れ損失とベーン摺動損失は増加している。

実際のエアコンの使用条件の効率指標となるAPFでは図11に示すとおり、モータの高効率化と合わせて6.6%の高効率化を実現し、ルームエアコン全体では13.5%の省エネルギーを実現している。

##### 4.2 圧縮機行程容積拡大

従来の工法ではルームエアコンゾーン搭載圧縮機のシェ

ルモジュール(シェル外径φ112mm)で行程容積13cc上限であったが、2種の独自工法の適用によって、パッケージエアコン対応圧縮機のシェルモジュール(φ129.6mm)で対応していた行程容積22ccへの行程容積上限拡大を実現した。

図12に従来の22cc圧縮機と、今回開発した新小形22cc圧縮機の外形比較を示す。新モデルでは従来モデルに対し質量30%低減による省資源化を実現するとともに、4HP(Horse Power)エアコンのAPFで3.5%の高効率化による省エネルギーを実現している。

##### 4.3 独自工法によるラインアップ

図13に2種の独自工法によって実現した圧縮機ラインアップの変遷を示す。独自工法開発以前の2005年当時にはルームエアコンに搭載される圧縮機外径φ112mmのモデルにおける圧縮機行程容積の上限は13ccであったのに対し、熱かしめ固定工法を導入した2007モデルでは17.2ccへの拡大を実現、さらに分割Mプレート工法を導入した2012モデルでは22ccへの拡大と行程容積69%の拡大を実現した。

#### 5. むすび

省エネルギー、省資源社会実現の要求に対し、当社は独自工法“シリンダ熱かしめ工法”“分割Mプレート工法”の開発によって大幅な圧縮機高効率化、小形軽量化を実現した。今後も新技術の開発によって低環境負荷社会の実現に貢献していく。