

# 小径・高効率インジェクションスクロール圧縮機

高橋広康\*  
茗ヶ原将史\*

## Small Size and High Performance Injection Scroll Compressor

Hiroyasu Takahashi, Masashi Myogahara

### 要旨

欧州では環境保護の意識が高く、省資源対応及び高効率の圧縮機の需要が高い。その欧州の給湯市場では低外気運転時の暖房能力が必要とされており、インジェクションスクロール圧縮機の需要が根強い。今回欧州給湯市場で最も需要が高い6 HP(Horse Power)以下をターゲットとし、同能力帯業界最小径<sup>(注1)</sup>で従来機種“ANB33”に対して20%軽量化した高効率インジェクションスクロール圧縮機“DNK36”を開発した。この開発では次の大きな2つの課題があった。

- (1) スクロールの強度と軸受油膜厚さの確保
- (2) 圧縮機の高効率化

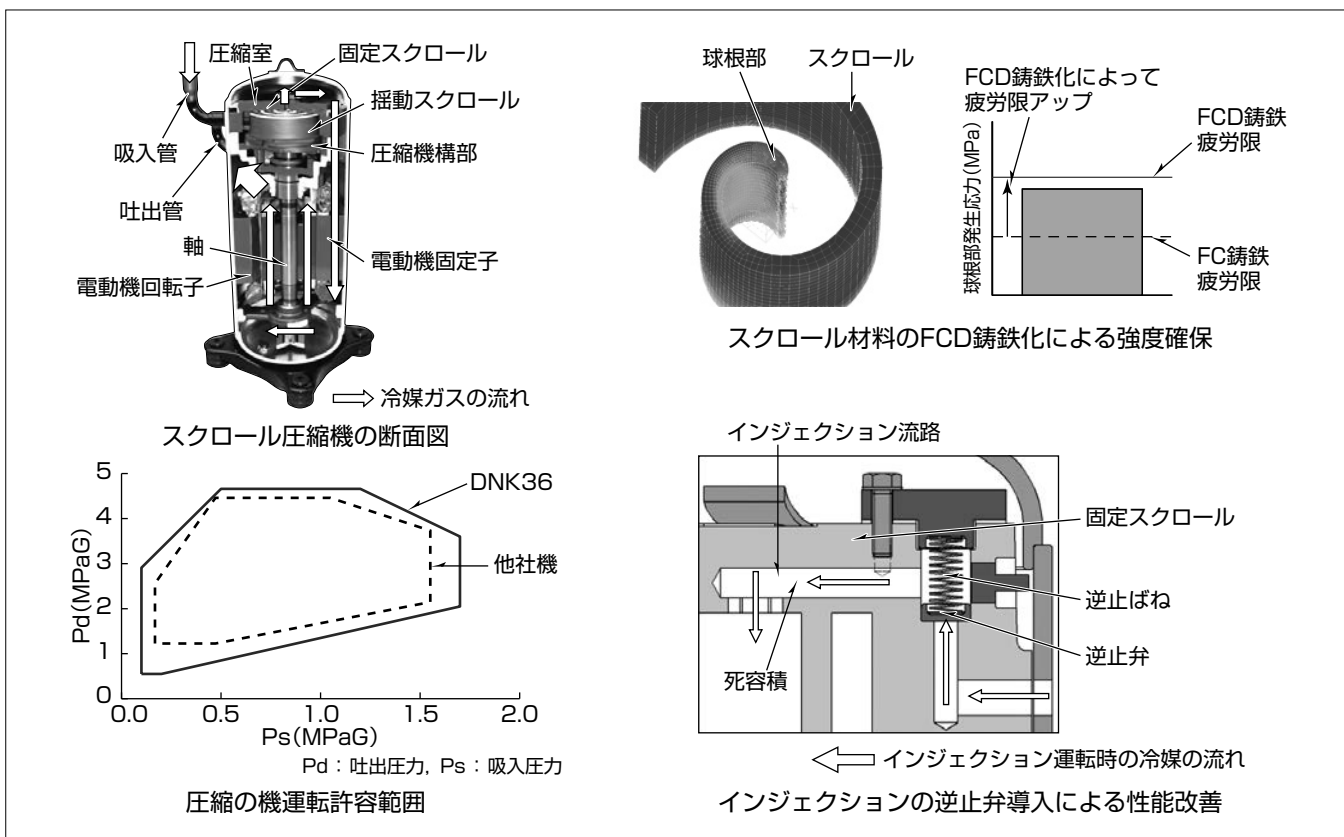
課題(1)に対し、スクロール材料のFCD鋳鉄(ダクタイル鋳鉄)化及び製造技術開発によってスクロール強度の確保を可能にした。また高動粘度油への変更によって軸受油膜厚さを確保した。

課題(2)に対し、インジェクションの逆止弁導入といった新技術を用いて業界トップ性能を達成した<sup>(注2)</sup>。

これらの技術を適用することで同能力帯業界最小径・高効率インジェクションスクロール圧縮機DNK36を実現した。

(注1) 2017年6月20日現在、当社調べ

(注2) 2017年6月20日現在、当社調べ



### インジェクションスクロール圧縮機DNK36の断面図と運転許容範囲及び適用した新技術

DNK36の実現のために、スクロール材料のFCD鋳鉄化によるスクロールの強度確保と、インジェクションの逆止弁導入による性能改善を行った。

## 1. ま え が き

欧州では環境保護の意識が高く、省資源対応及び高効率の圧縮機の需要が高い。その欧州の給湯市場では低外気運転時の暖房能力が必要とされており、インジェクションスクロール圧縮機の需要が根強い。今回欧州給湯市場で最も需要が高い6HP以下をターゲットとし、同能力帯業界最小径で従来機種ANB33に対して20%軽量化した高効率インジェクションスクロール圧縮機DNK36を開発した。この開発では次の大きな2つの課題があった。

- (1) スクロールの強度と軸受油膜厚さの確保
- (2) 圧縮機の高効率化

これらの課題に対し、次の対策を実施することによってDNK36を実現した。

- (1) スクロール材料のFCD鋳鉄(ダクタイル鋳鉄)化と製造技術開発、及び高動粘度油への変更
  - (2) インジェクションの逆止弁の導入
- 本稿では、これらの新技術について述べる。

## 2. スクロール圧縮機

図1にスクロール圧縮機の断面図を示す。圧縮機内には、圧縮機構部、電動機固定子が固定されている。圧縮機構部の軸に電動機回転子が固定されており、電動機で発生する

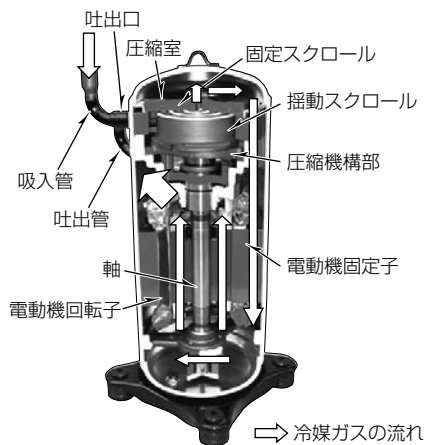


図1. スクロール圧縮機の断面図

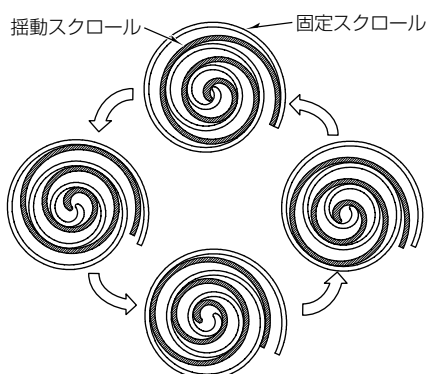


図2. 冷媒ガスの圧縮工程

回転力を軸を介して圧縮機構部に伝達させ、吸入管から吸い込んだ冷媒ガスを圧縮する。

圧縮機構部での冷媒ガスの圧縮工程を図2に示す。固定スクロールと揺動スクロールによって圧縮室を形成し、固定スクロールに対して揺動スクロールが回転運動を行うことで圧縮室が中心に向かい圧縮される。それに伴い冷媒ガスはスクロール中心に向かって圧縮され、吐出口から吐き出される。

圧縮機構部から吐き出された高温・高圧の冷媒ガスは圧縮機底部に流れ、電動機回転子内に設けられた通気孔を通して上昇し、吐出管から圧縮機外部に移動する。

## 3. スクロール強度と軸受油膜厚さの確保

### 3.1 スクロール強度の確保

図3に示すように従来機種ANB33に対して20%軽量化となるようにDNK36の外径をANB33の外径φ168.5mmからφ130.4mmとした。DNK36の小径化に対応するため、固定及び揺動スクロールはANB33に比べて、歯厚 $t$ が薄く、歯高 $h$ が高くなるためスクロール球根部の応力が高くなる(図4、表1)。

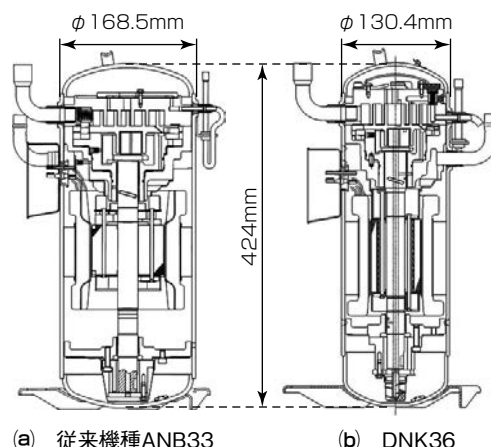


図3. DNKスクロール圧縮機

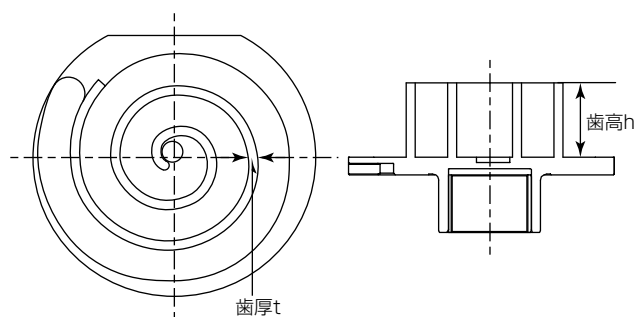


図4. 揺動スクロール

表1. 渦巻スペックとスクロール球根部応力

	歯厚 $t$ (mm)	歯高 $h$ (mm)	球根部応力 (%)
ANB33	3.8	24.6	100
DNK36	3.0	25.8	179

DNK36のスクロール球根部に発生する応力はANB33で使用しているFC鋳鉄(ねずみ鋳鉄)の疲労限より大きく、FC鋳鉄では強度を確保できない。そこで、新たにFCD鋳鉄(ダクタイル鋳鉄)を使用することで疲労限を上げ、強度を確保した(図5)。

通常FCD鋳鉄をスクロールの鋳物に使用すると、スクロールの根元などにブローホールが発生しやすくなり、強度低下につながるという課題がある。そこで湯口と冷やし金の形状及び配置の最適化、そして鋳物の形状の最適化な

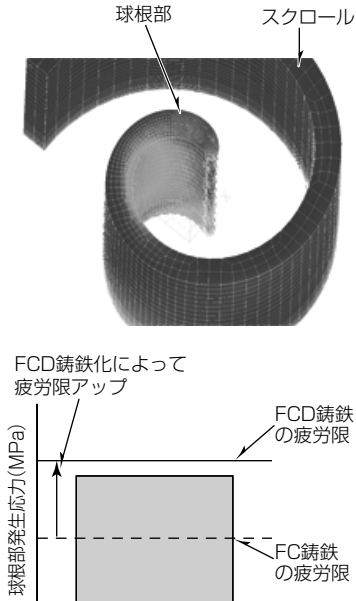


図5. DNK36の球根部の応力解析結果

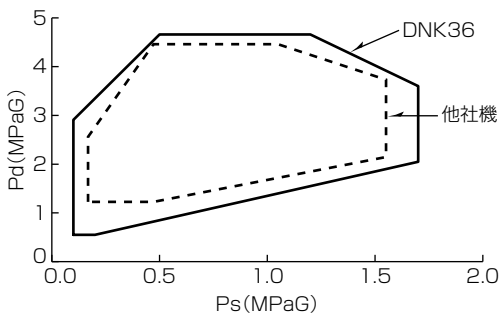


図6. 圧縮機運転許容範囲

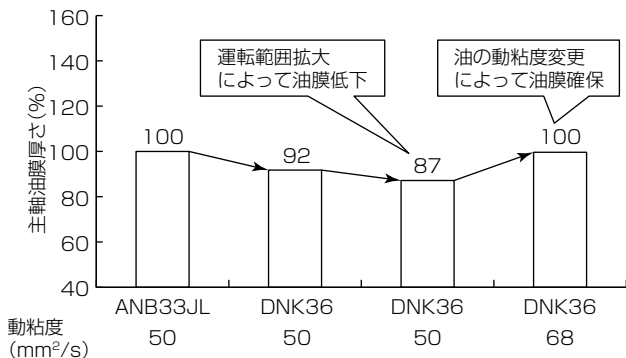


図7. 軸受油膜厚さ

どの製造技術を開発することでブローホールなどの不良対策を可能にした。その結果、スクロールの強度を安定して確保できた。

### 3.2 軸受油膜厚さの確保

DNK36は更に他社に対して差別化するため、図6に示すように運転許容範囲の拡大化を実施した。その結果圧縮室内に作用するガス荷重が増加し、軸受油膜厚さを従来機種ANB33と同等レベルまで確保できない。図7に示すように冷凍機油を従来の動粘度50mm<sup>2</sup>/sのものから高動粘度68mm<sup>2</sup>/sのものにすることで油膜厚さをANB33と同等レベルまで確保した。

## 4. 圧縮機の高効率化

給湯機用途では低外気条件で暖房能力が必要とされる。しかし、この条件で圧縮機は高圧縮比の状態では運転されるため、冷媒ガス流量が少なく十分な暖房能力を確保することが難しい。冷媒ガス流量を増加させて暖房能力を確保する手段として、凝縮器出口から冷媒を一部スクロールの中間室に注入させるシステムを、インジェクションという。

図8にインジェクションスクロール圧縮機の構造を示す。固定スクロール内に冷媒を注入するためのパイプが圧縮機に取り付けられており、そのパイプを冷媒が通過し、固定スクロール内に設けられたインジェクション流路を通り、

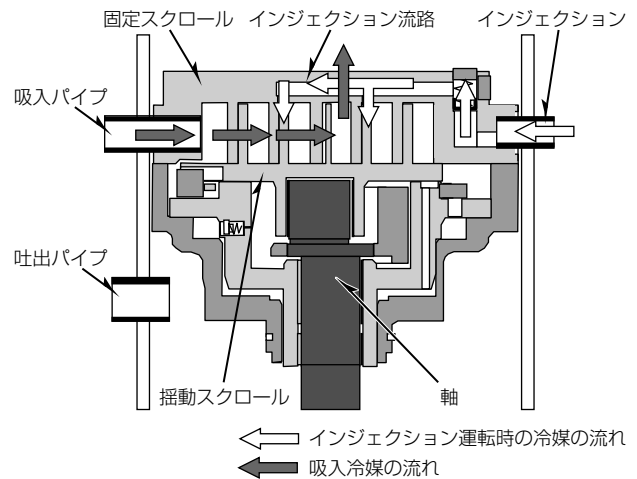


図8. インジェクションスクロール圧縮機の構造

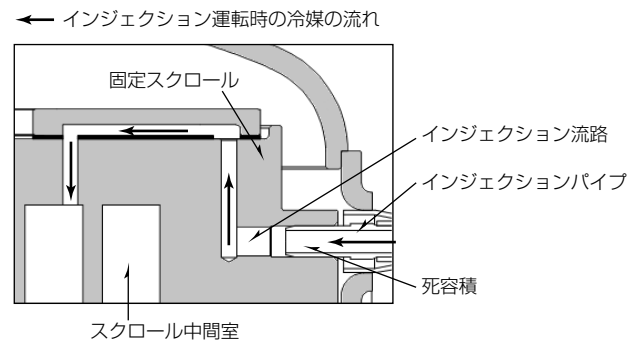


図9. 従来のインジェクション構造

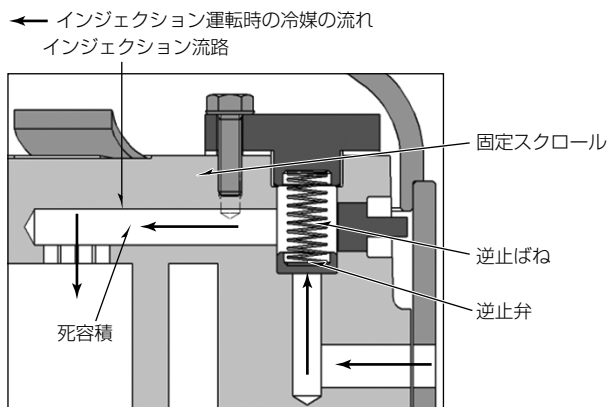


図10. インジェクション逆止弁構造

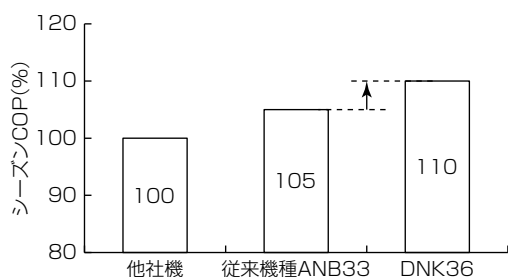


図11. シーズンCOP

スクロール内の中間室に冷媒を注入する構造となっている。

従来のインジェクション構造ではインジェクションを使用していない場合、図9に示すように固定スクロールに設けられたインジェクション流路と圧縮機とユニットとを連結している配管の容積が死容積となっており、性能を悪化

させている要因の1つであった。

DNK36ではこの死容積を最小限まで低減させることで性能改善させるために、図10に示すように固定スクロールのインジェクション流路内に逆止弁を設けた。

インジェクション未使用時には逆止弁によって、固定スクロール内でインジェクション回路を分離させることができるため、死容積を最小にすることを可能にした。また、インジェクション使用時には冷媒の流れによって逆止弁がスムーズに開き、中間室内へ冷媒を注入する。

図11に示すようにDNK36にインジェクションの逆止弁を導入することで、DNK36は他社機に比べて10%、ANB33に比べて5%高いシーズンCOP(Coefficient Of Performance)を達成し、業界トップ性能を実現することを可能にした。

## 5. む す び

同能力帯業界最小径・高効率となるインジェクションスクロール圧縮機DNK36の開発で、次の2つの大きな課題があった。

- (1) スクロールの強度と軸受油膜厚さの確保
- (2) 圧縮機の高効率化

課題(1)に対し、スクロール材料のFCD鋳鉄(ダクタイル鋳鉄)化及び製造技術開発によってスクロール強度を確保した。また高動粘度油への変更によって軸受油膜厚さを確保した。

課題(2)に対し、インジェクションの逆止弁導入といった新技術を用いて業界トップ性能を達成した。