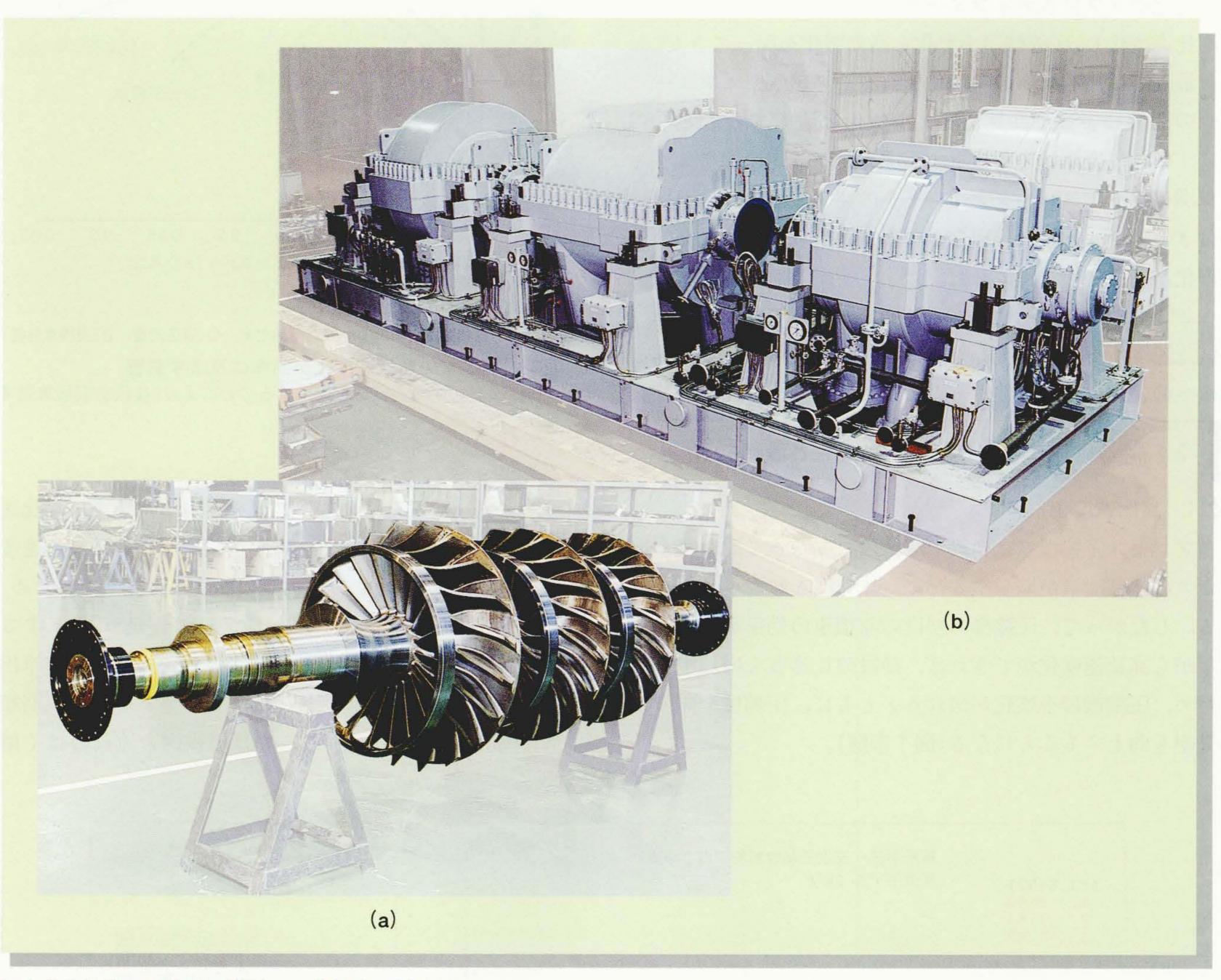
高効率のプロセス遠心圧縮機

一高比速度用斜流羽根車と低比速度用ウェッジ型羽根車の適用一

Centrifugal Compressors for Process Use

栄野 隆 Takashi Eino 田中要一 Yôichi Tanaka 金木 忠 Tadashi Kaneki 西田秀夫 Hideo Nishida



高比速度斜流羽根車(a)を搭載した高効率圧縮機(b)

高比速度斜流羽根車(a)を搭載して、高効率と小型化を達成したエチレンプラント用分解ガス圧縮機(b)を示す。

最近の石油化学プラントなどの各種プロセスに使用される圧縮機に対しては、プラントの大規模化に伴い、大流量、高効率化の要求がますます強くなってきている。この要求にこたえて、大流量圧縮機用としては高比速度斜流羽根車や斜流リブ付きディフューザを、高圧圧縮機用としては低比速度ウェッジ型羽根車をそれぞれ開発した。

大流量圧縮機の代表的なものとしては、エチレンプラントの分解ガス圧縮機や肥料プラントの原料空気圧縮機

がある。分解ガス圧縮機では、すでに斜流羽根車を数プラントの実機に適用して良好な結果を得ており、また、原料空気圧縮機でも斜流羽根車適用機を現在製作中である。

高圧圧縮機の代表的なものとしては肥料プラントのアンモニア合成圧縮機がある。実機にウェッジ型羽根車を適用し良好な結果を得ている。現在、さらに高圧な尿素プラントの炭酸ガス圧縮機への適用を計画中である。

1. はじめに

プロセス用圧縮機に対しては、省スペース、省エネルギーの観点から小型化、高効率が求められている。このようなニーズにこたえるため、日立製作所は、羽根車の三次元化やリブ付きディフューザの開発によって圧縮機を高比速度化し、圧縮機の小型化と高効率化を図ってきた。

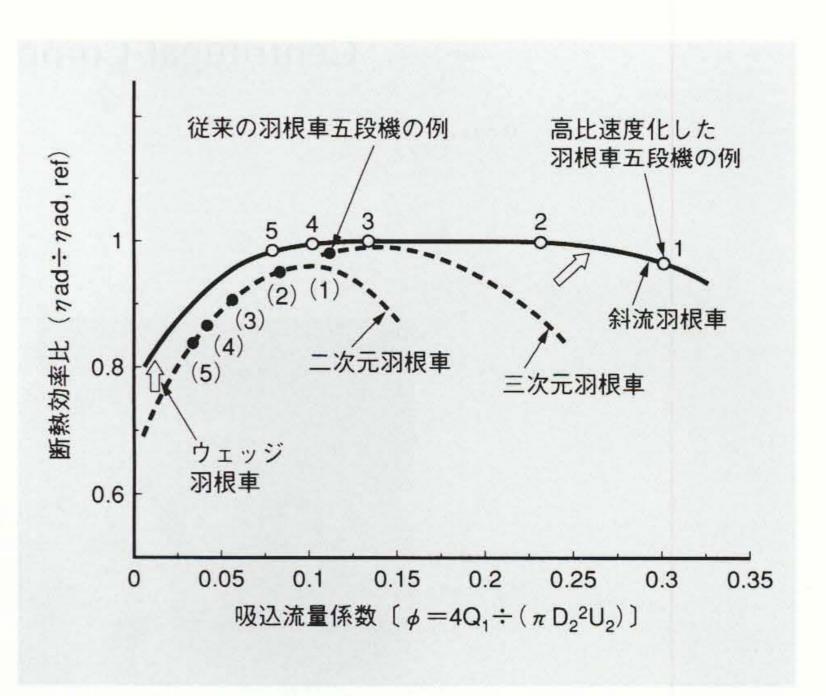
最近では、羽根車の斜流化や斜流リブ付きディフューザの開発によって高比速度・小型化を達成するとともに、中比速度領域の羽根車の三次元化、低比速度ウェッジ羽根車やアブレーダブルシールの開発、全段への羽根付きディフューザの採用などにより、さらに大幅な高効率化、高信頼性を達成した。

ここでは、高比速度用として開発した斜流羽根車と、 低比速度用として開発したウェッジ型羽根車の特性や実 機への適用について述べる。

2. 高効率遠心圧縮機の開発成果と最新技術

2.1 高比速度化

プロセス圧縮機では初段から後段に向かって取り扱う ガスの体積流量が減少するため、比速度も順次小さくな る。したがって、圧縮機の初段の羽根車の効率を維持し ながら高比速度化ができれば、後段の比速度も増加する ため、圧縮機の小型化が図れるとともに、圧縮機全体の 効率も向上することになる(図1参照)。



注: ŋad (断熱効率), ŋad,ref (基準断熱効率), Q (吸込流量), D (羽根車外径)
図 1 羽根車の高比速度化が効率に及ぼす影響
初段に高比速度羽根車を採用することにより, 後段の羽根車効率

も改善できる。

そこで、三次元粘性解析プログラムを用いて、高比速度段の性能向上を図った。遠心羽根車を用いて高比速度化を図ると、子午面での側板側の曲率が大きくなるため、側板側出口付近で流れがはく離して性能が低下する〔図 2(a)参照〕。このはく離を防止するために、羽根車出口を軸方向に傾けて側板側の曲率を小さくした斜流羽根車を開発した1)。斜流羽根車では側板側の流れのはく離

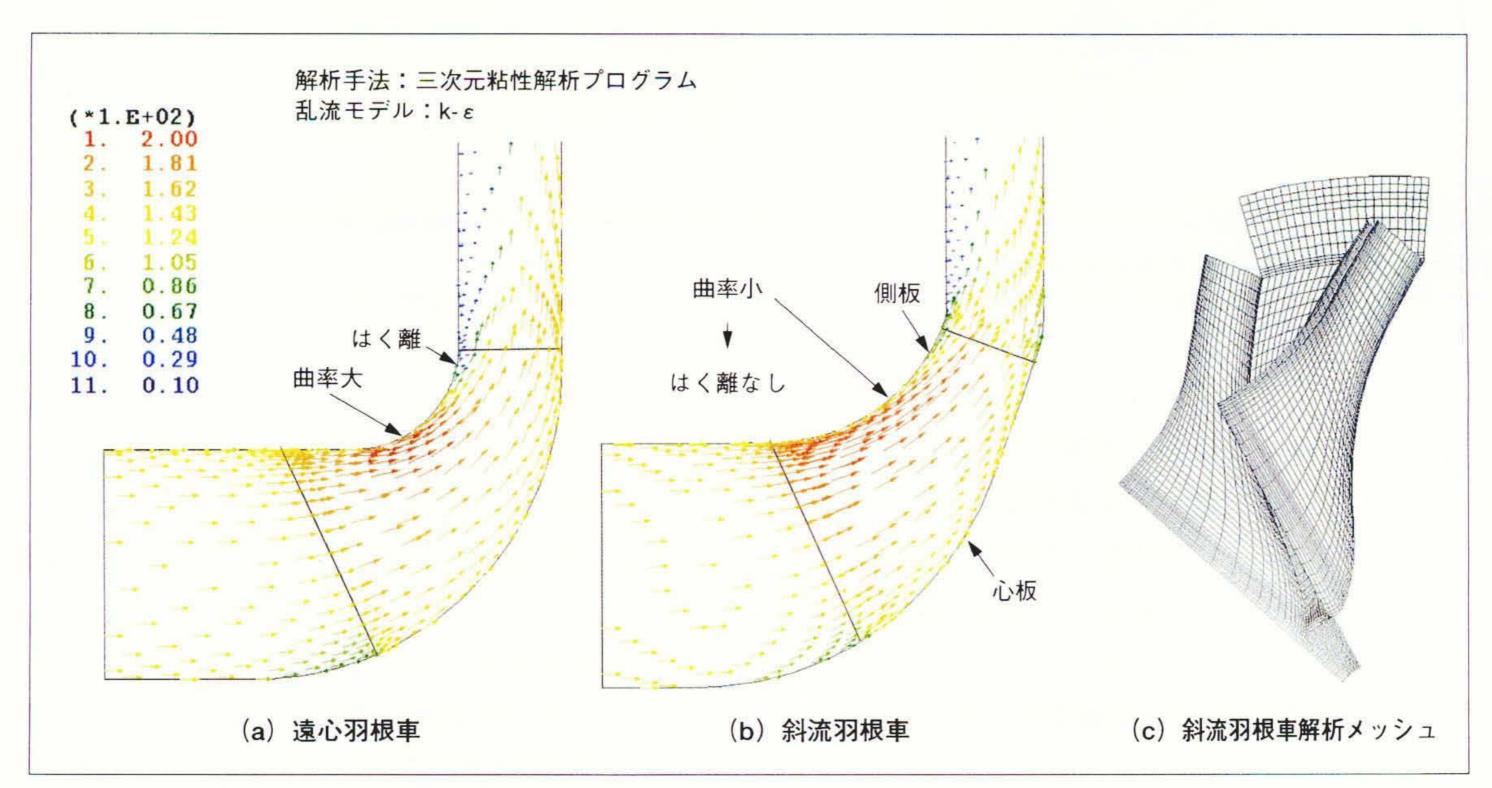


図 2 n_s=600遠心, 斜流羽根車の流れ解析結果(子午面速度ベクトル)

遠心羽根車(a)では、側板側の流路の曲率が大きいので出口付近で流れが壁面からはく離して大きな損失が発生するが、斜流羽根車(b)でははく離が発生しない。

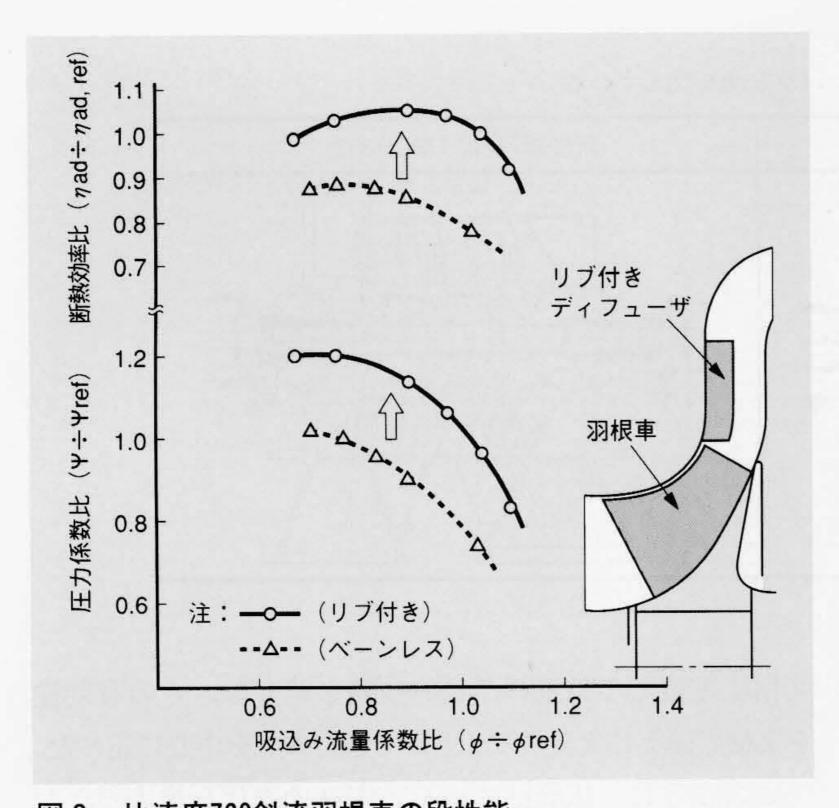


図3 比速度720斜流羽根車の段性能 リブ付きディフューザの採用により、段効率は20%以上改善で きる。

は防止され、遠心羽根車に比べて性能は大幅に向上した 〔図 2(b)参照〕。

羽根車の斜流化によって羽根車の性能は向上するが、 羽根車から出た流れを半径方向に導くために、ディフューザの流路を子午面内で曲げざるを得ない(図3参照)。 羽根なしディフューザでは、この曲がりの影響で幅方向に流れがひずむため、ディフューザの性能が低下する。

ディフューザの性能を改善するため、ディフューザの曲がり部以後の側板側流路表面に用いる、流路幅の½の高さの案内羽根を用いたディフューザ¹⁾(斜流リブ付きディフューザ)を開発した。リブ付きディフューザでは、流れは幅方向に一様化され、これによって圧縮機の性能が大幅に向上する。

2.2 低比速度段

高圧圧縮機では、取り扱うガスの体積流量が小さいため、低比速度羽根車を使用することになる。従来の低比速度羽根車では、図4に示すように流路幅が小さくてアスペクト比(縦横比)が大きいため、摩擦損失が大きく、効率が低い。この摩擦損失を低減するため、羽根の高さを高くするとともに、厚翼を用いることによってアスペクト比を改善したウェッジ型羽根車を開発した。ウェッジ型羽根車は、従来の羽根車よりも効率が4%程度向上した。

また,低比速度羽根車では羽根車流出角,すなわちディフューザ流入角が小さくなるため,旋回失速が発生し

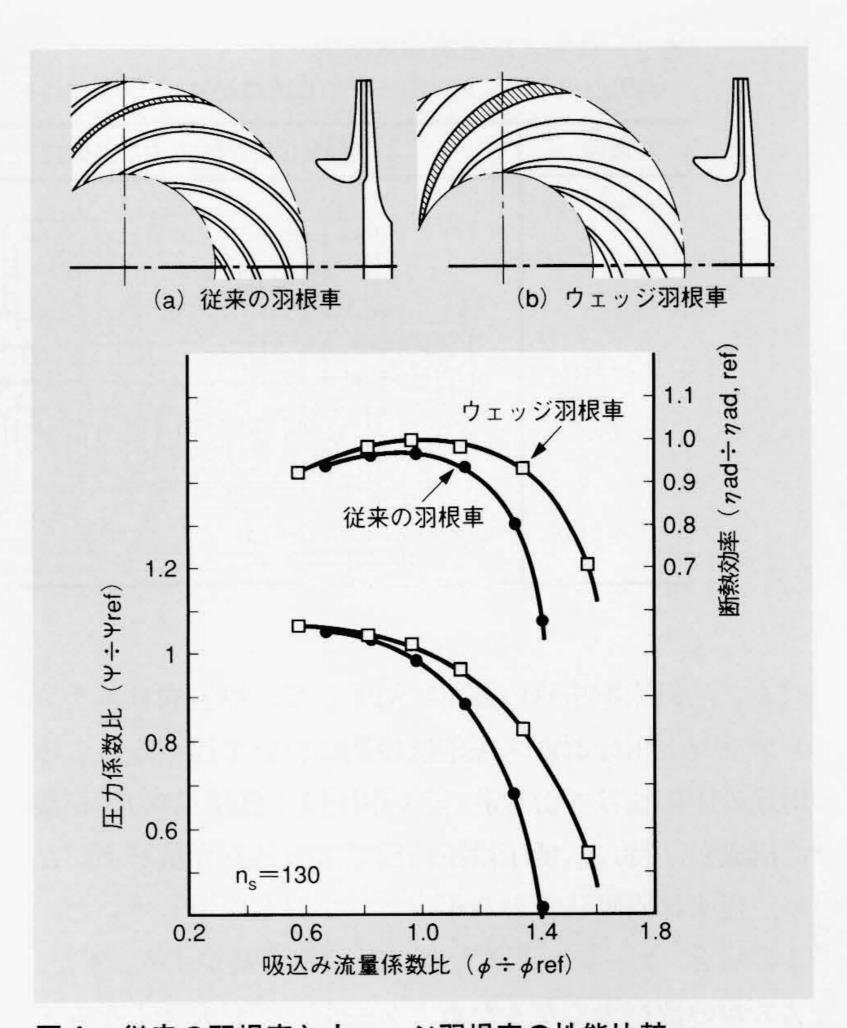


図 4 従来の羽根車とウェッジ羽根車の性能比較 ウェッジ羽根車は摩擦損失が小さいため,従来の羽根車に比べて 効率が 4 %程度向上する。

やすい。日立製作所は、小弦節比羽根付きディフューザを用いることにより、性能を向上しながら旋回失速も防止できる技術を確立した²⁾。旋回失速制御に影響を及ぼすパラメータはディフューザ前縁半径であることから、流路幅で決まる限界値よりも前縁径比を小さくすることにより、旋回失速を防止することができる。

3. 実機適用例

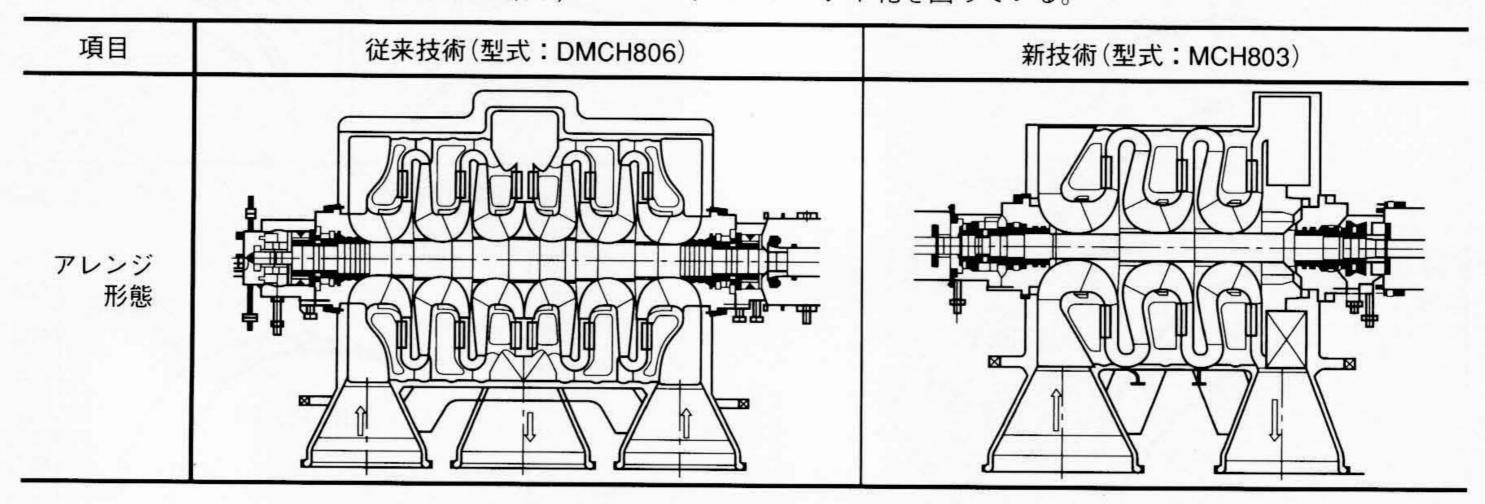
上記の開発技術を実機に適用する場合の用途を表1に,また,実際にこれらの技術を適用した例を表2にそれぞれ示す。

表 1 開発技術の用途

斜流羽根車やウェッジ型羽根車の技術は,幅広い用途に適用される。

| 適用技術 | 用 | 途 |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 斜流羽根車 | 分解ガス圧縮機(エチレ 空気圧縮機(アンモニア ウェットガス圧縮機(流動 | プラントほか) |
| ウェッジ型 羽根車 | アンモニア合成圧縮機(アンモニアプラント) CO ₂ 圧縮機(尿素プラント) メタノール合成圧縮機(メタノールプラント) リサイクル圧縮機 | |

斜流羽根車の採用によって羽根枚数が減り,ケーシングのコンパクト化を図っている。



まず、斜流羽根車の適用実例として、中国向けエチレンプラント用分解ガス圧縮機の例について述べる。この用途の圧縮機は3台(高圧段+中圧段+低圧段)の圧縮機で構成し、特に、低圧段圧縮機では吸込み容量が多いため、従来は両吸込みの羽根車アレンジを採用していた。この場合、ケーシング当たりの羽根車の数が多く、また、ノズルの数が多くなるため、ケーシングが大きくなるという課題があった。

ここで,新技術である斜流羽根車を適用すると,効率 を低下させずに次のような効果が得られる。

- (1) 羽根車の数は3枚となり、半分に減少
- (2) ローダの長さを短くすることにより、機械的安定性が増大
- (3) 圧縮機の質量が減少(約30%低減)
- (4) ノズルの数が1本減って2本となる。

これにより、圧縮機の飛躍的な軽量化を実現させると 同時に、ノズル本数の減少により、プロセスガスの配管 計画と工事を簡略化させることができる。

次に、低風量域での性能向上に寄与するウェッジ型羽根車の実適用例として、インド向けアンモニア合成圧縮機の例について述べる。

この圧縮機は2台(低圧段+高圧段)の圧縮機で構成する。特に、高圧段圧縮機は吸込容量が小さいため、ウェッジ型羽根車を適用した。ウェッジ型羽根車により、効率については、従来技術よりも全運転領域で高いレベルになることが実測されており、ヘッドについては、従来技術よりも高く、大風量特性も改善されて、広い安定運転領域が確保されている。

4. おわりに

ここでは, 化学プラントの心臓部ともいわれるプロセ

ス用圧縮機での最近の革新的技術を紹介し、その有効性 を実機で確実に実証することができたことを中心に述べた。 このように、広範囲にわたって高効率化を達成できた ことから、今後はプラントの大規模化をはじめとするニ ーズに的確に合致する圧縮機の選定ができるようになる と考える。

参考文献

- 西田,外:高比速度斜流圧縮機の開発,ターボ機械,21-5,49(平5-5)
- 2) 西田,外:日本機械学会論文集,57-543B,154(平3-11)

執筆者紹介



栄野隆 1976年日立製作所入社,土浦工場 気体機システム設計部 所属 現在,遠心圧縮機の設計に従事 日本機械学会会員,ターボ機械協会会員 E-mail:eino@cm.tsuchi.hitachi.co.jp



金木 忠 1969年日立製作所入社,機電事業部 環境プラントエンジニアリング本部 所属 現在,鉄鋼,化学,環境関係のプラントに従事 ASME会員,日本機械学会会員,ターボ機械協会会員



田中要一 1980年日立製作所入社,土浦工場 気体機システム設計部 所属 現在,遠心圧縮機の設計に従事 日本機械学会会員,ターボ機械協会会員 E-mail:y-tanaka@cm.tsuchi.hitachi.co.jp



西田秀夫 1970年日立製作所入社、土浦工場 開発センタ 所属 現在、遠心圧縮機の開発に従事 日本機械学会会員、日本ガスタービン学会会員 ターボ機械協会会員 E-mail: nishida@cm.tsuchi.hitachi.co.jp