

## 【資源エネルギー庁長官賞】

### スクリーエキスパンダ式小型蒸気発電機 (スチームスター)

株式会社神戸製鋼所

神戸市中央区

#### 1. 機器の概要

本装置は、産業界で最も多く使われている熱エネルギーである蒸気を活用し、一定圧力の蒸気を得るための減圧弁機能とともに発電機能を持つ小型で高性能スクリーエキスパンダ式発電装置である。

多くの製造工場では、発電用タービンの動力源として、また、加熱・蒸留・乾燥・殺菌・洗浄などの各工程での加熱源として蒸気を利用している。その蒸気は、10気圧未満の小型ボイラで製造し、蒸気減圧弁で製造プロセスに見合う圧力へと減圧し、各工程で利用している。従来、この減圧工程のエネルギーは利用・再生されていなかった。本装置は、特に中小規模の製造工場でまだ未利用状態にある蒸気エネルギーを有効利用するため、低圧の小型ボイラによる10気圧未満で毎時3トン未満の少流量蒸気でも、蒸気を減圧する際に通過するエネルギーを活用し、効率よく100kWクラスの発電を行う蒸気発電機である。



写真1 スチームスター外観写真

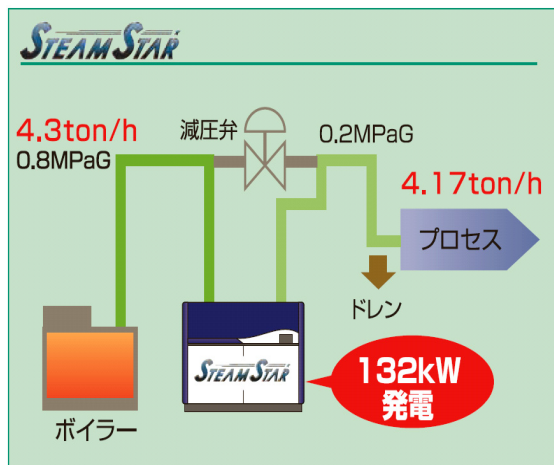


図1 蒸気減圧弁代替機能付き  
発電システム

## 2. 機器の技術的特徴および効果

### 2.1 技術的特徴

#### (1) スクリューエキスパンダの構造

スクリューエキスパンダ式小型蒸気発電機のスクリューの作動工程を図2に、また本体部の構造を図3に示す。心臓部であるスクリューエキスパンダは、オスロータ、メスロータとケーシングで構成される空間の圧力が異なり、高圧域と膨張後の低圧域との差圧によって回転力が発生する。この差圧による回転力により、1対のオス・メスロータを互いに反対方向へ回転させ、V字形の空間容積が増大し、蒸気は膨張する。オス・メスロータを同期回転させるため、軸端には同期歯車が設けられ、ロータ同士は非接触で微小な隙間を保って回転する。回転が進むにつれて本図の給気端面のV字溝が、排気端面に向かって増大し、給気⇒膨張⇒排気の行程となる。また、給気圧力が排気圧力まで膨張する行程で、差圧による回転トルクによって発生する動力が、オスロータの軸端から減速機を介して発電機軸に伝達され、発電する。

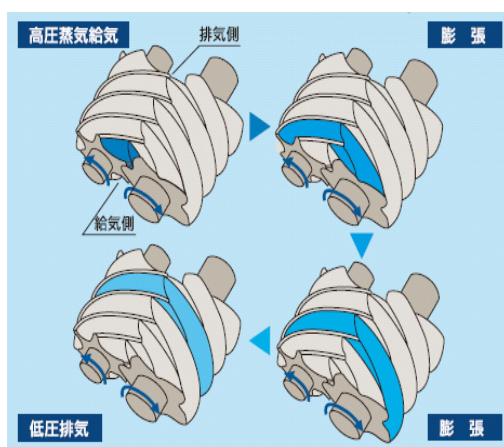


図2 作動工程

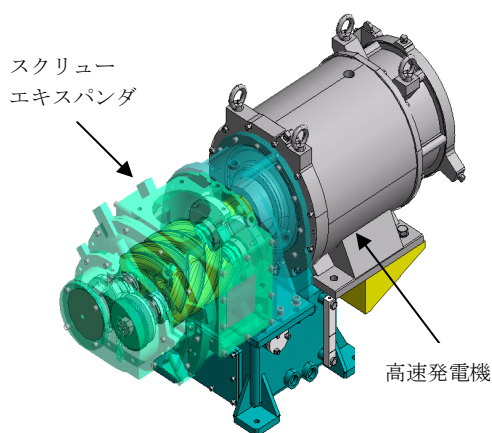


図3 本体部の構造

#### (2) 低速・高剛性スクリューによる安定・安全運転

スクリューはタービン翼と異なり、剛体のスクリューロータを数千 rpm 程度の低速で回転させる。スクリューロータの共振回転数は常用回転数の4倍程と大きく離れており、起動、減速、回転数制御時等、あらゆる運転範囲で共振による振動が発生しない。タービン式発電機と異なり、転がり軸受によるロータの支持構造が可能でロスが少なく、安全に運転できる。

#### (3) 優れた耐久性のスクリュー

エロージョンは高速流体による物理的な減肉現象であり、ドレン水滴を含んだ高速蒸気流による機械的剥離力に起因する。『スチームスター』は、蒸気タービンと異なり低周速でも性能を維持するスクリューの特長を生かして低速で運転するとともに、スクリューロータのステンレス化、蒸気に接するケーシング

内面に耐食硬化処理を施してエロージョン対策を万全なものとしている。

#### (4) 幅広い流量変動にも安定した発電性能と優れた定圧制御

『スチームスター』は、回転数と通過する蒸気流量がほぼ比例し、発電電力も回転数に比例する。流量変動時の最小流量が、スクリーウの最大回転数の相当流量より多い場合は、常に発電電力が最大となり、また最小流量がスクリーウ最大流量を下回る時には、発電機の回転数をインバータ制御してプロセス蒸気圧力が一定となるようPID制御し、流量に見合った発電を行う。そのため、幅広い流量域に渡って常に高効率な発電が出来る。蒸気プロセスで必要とする蒸気の温度（圧力）は、プロセスの負荷が変動した場合も常に一定に保つ必要があるため、通常は減圧弁または制御弁によって定圧制御する。『スチームスター』は、減圧弁と同等の定圧制御性能も持つので既設の減圧弁と代替することが可能である。

#### (5) 必要機器を全て一体化したオールインワン構造

スクリーウ式蒸気発電機に必要な制御盤、緊急遮断装置、インバータなど必要な付属機器全てをパッケージ内に装備しており、また屋外設置も可能である。パッケージの内部構造を図4に示す。設置スペースを縮小し、工事費を低減している。

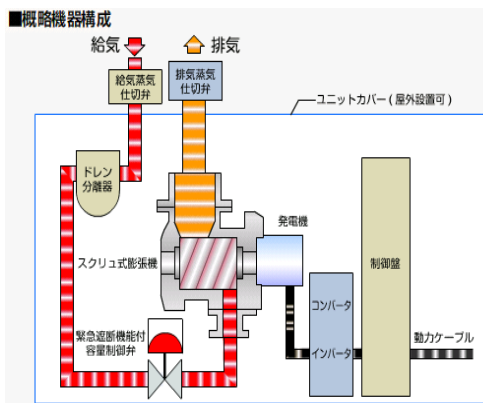


図4 パッケージ内部構造

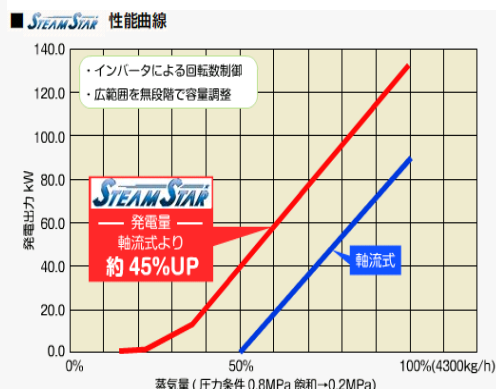


図5 性能曲線

## 2.2 効果

### (1) 高性能・高効率発電

50年以上に亘るドライ非接触のオイルフリー・スクリーウ圧縮機の技術をベースに小型蒸気発電機に最適なスクリーウ歯形を開発し、低速回転化および転がり軸受の採用で、メカニカルロスの低減を実現した。電気系の発電ロスに関しては高効率永久磁石発電機、高効率インバータ、コンバータを採用してロスの低減を図り、回生電力端効率で60%以上と、これまで100kWクラスの蒸気タービン式発電機では成しえなかった高効率発電性能を達成した。軸流蒸気タービン式発電機とスクリーウエキスパンダ式小型蒸気発電機『スチームスター』

の発電効率の比較を図5に示す。100kWクラスの小型ではタービン式発電機(神鋼商事「MSTR」)は発電効率が30~40%程度であるのに対して、『スチームスター』は1.5~2倍の発電量を得ることができる。

(2) 環境保全の効果

従来、有効に活用されていなかった蒸気エネルギーを活用することで、二酸化炭素の削減に寄与できる。132kW(6,000時間稼動)の発電によって年間で最大約440トンの二酸化炭素が削減できる(換算係数0.555kg-CO<sub>2</sub>/kWh)。1万箇所の本装置が設置され132kW発電(6,000時間稼動)すると、年間440万トンの二酸化炭素が削減される。産業部門の年間の二酸化炭素排出量4.5億トンに対して1%に相当する。

3. 用途

『スチームスター』により、これまで有効利用されていなかった蒸気減圧のエネルギーや余剰蒸気が電気エネルギーとして利用することが可能となる。蒸気システムでの利用方法として以下の例がある。

(1) 減圧弁に代わる新しい減圧・発電システム(図6)

蒸気プラントにおいて、ボイラで発生した高圧の蒸気を各蒸気プロセスの操業に最適な圧力に減圧弁で調整している。減圧の際に蒸気エネルギーは有効利用されていないので、この減圧弁に代わり「発電機能付き減圧ステーション」として設置する。食品関連会社や蒸気利用施設のあるプラント等に設置している。

(2) 余剰蒸気の有効利用(図7)

プラント内では、発電を優先するために発電後に蒸気が余る場合や、木屑ボイラなどで発生した蒸気の使い道がない蒸気があり、やむなく大気放出しているが、この蒸気を利用して発電する。熱電供給会社や産業廃棄物処理場、ゴミ処理施設等に設置している。

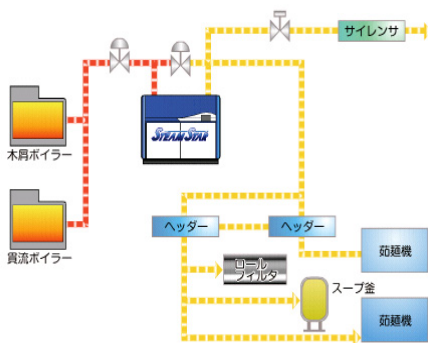


図6 減圧・発電システム

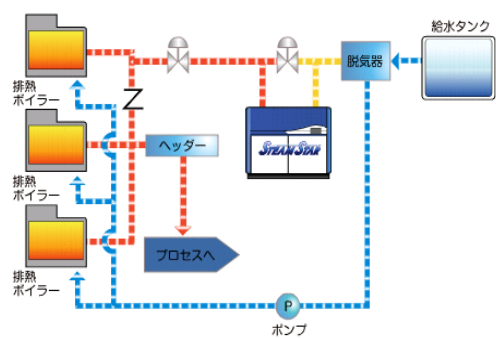


図7 余剰蒸気の有効利用