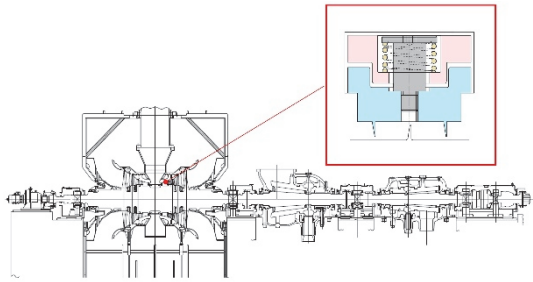


# 蒸気タービン向け高性能シールの開発

## Development of High-performance Seals for Steam Turbines



三菱重工業株式会社  
GTCC 事業部 蒸気タービン技術部

環境負荷低減、省エネ意識の高まりにより、発電効率のさらなる向上が求められている。発電効率向上のためには、蒸気タービンのリーク低減が必要である。三菱重工業株式会社では長年にわたってリークを防ぐためのシール機構の開発を進めてきており、今般、蒸気タービンの総合効率向上へ寄与が大きい低圧タービン向けの新型高性能シールを開発した。本報では低圧タービン向け高性能 ACC シールの特長および当社の実証発電設備にて実施した性能検証結果について紹介する。

### 1. はじめに

蒸気タービンの性能向上にはタービン翼先端からのリーク低減が重要である。タービン翼の先端には図 1 に示すようなシール機構が設置されており、これまで三菱重工業株式会社(以下、当社)ではシール機構の改良により、翼先端からのリークを低減してきた。このうち、ACC (Active Clearance Control) シールは、運転中のクリアランスを能動的に制御可能なシールであり、図 2 に示すように、起動停止動作中にロータとラビンスシール間のクリアランスを大きく保ち、定負荷運転中にはシール差圧を利用してシールセグメントを所定位置まで移動させてクリアランスを小さく保つことで、運転中のリークを極めて小さく抑えられることが特長である。

低圧タービンは高中圧タービンと比べて直径が 2~3 倍程度大きく、全周にわたってクリアランスを最適に制御できないことから、ACC シールの適用が困難とされてきた。このため、これまで ACC シールは高中圧タービンのみ適用されてきたが、周方向のシールリングの分割・可動方法を見直すことで、大径の低圧タービンでもクリアランスを最適にコントロールできる ACC シールを開発した。

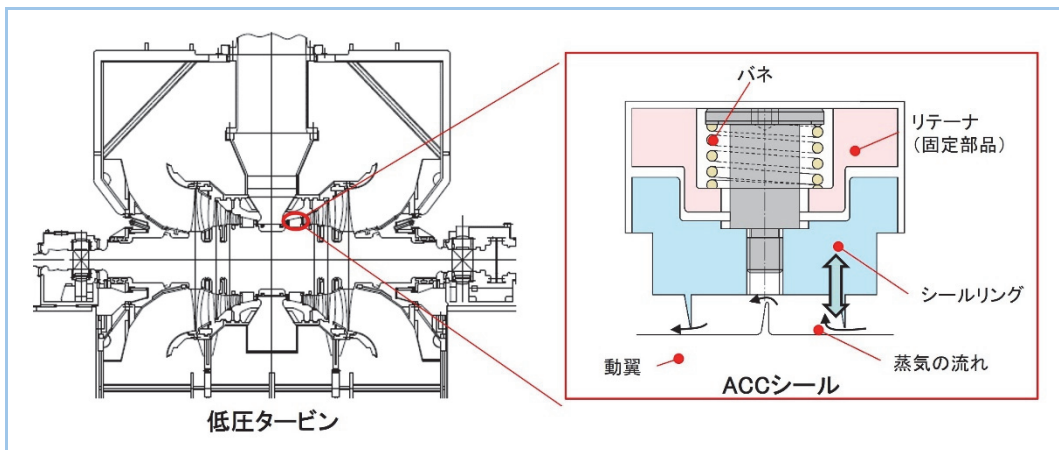


図1 低圧タービンのシール

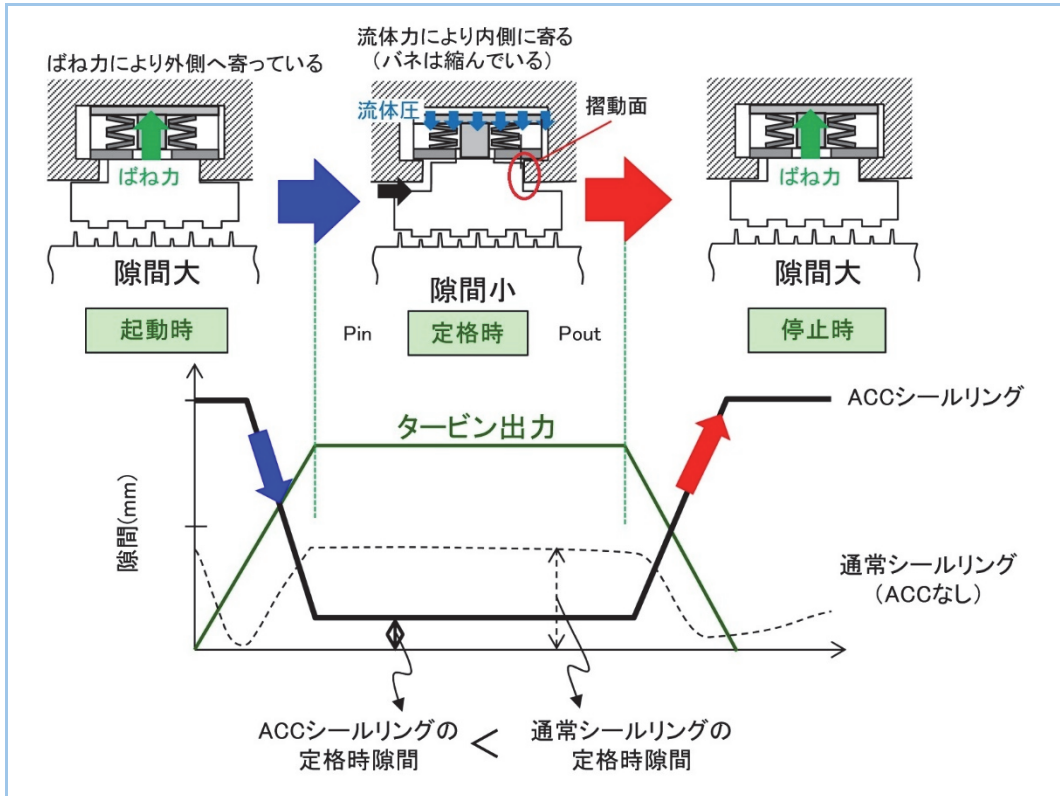


図2 ACCシールの作動原理

## 2. 新開発高性能シールの特徴

従来の高中圧タービン用 ACCシールと今回開発した低圧タービン用高性能 ACCシールの構造を図3に示す。従来、ACCシールは4つの固定セグメントと2つの可動セグメントで構成されており、可動セグメントが上下方向に移動することのみでクリアランスを制御していた。これに対し、今回開発したACCシールは、固定セグメントは存在せず全周が可動セグメントであり、可動セグメントが均等に8分割されていることで、全てのセグメントが独立に移動できる。これにより、直径の大きな低圧タービンでも全周にわたって最適なクリアランス制御が可能となった。さらに、新型のタービンでは図4に示すように建屋高さを低減するため、低圧タービンが従来の下方排気からサイド排気となり左右方向のクリアランス変化も増加しているが、このような様々なフレームの設計変更に対しても柔軟に対応できるメリットがある。

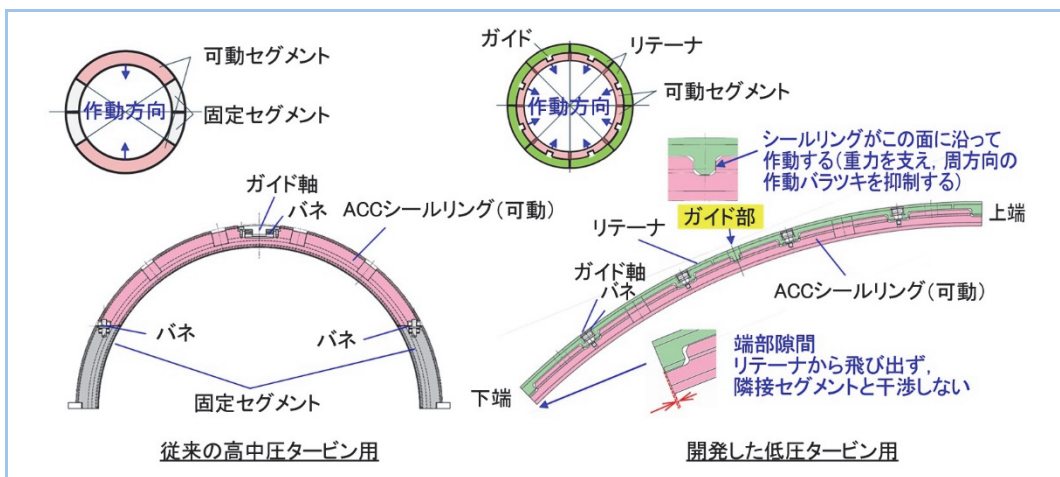


図3 ACCシールの構造

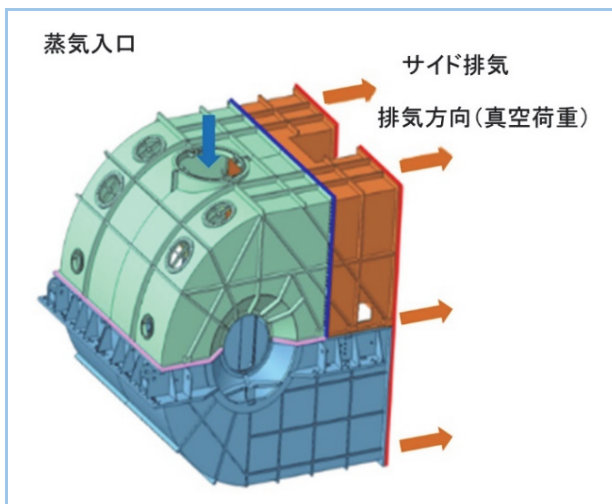


図4 サイド排気構造

開発したシールは、可動するシールリングの外側に固定部品(リテーナ)があり、その間にばねを周方向に均等に配置してシールリングを保持する構造となっている。中央にはガイド(図3)を設けており、シールリングは重力で上端側の面がリテーナと接触し、この面に沿って作動する。端部の隙間はガイド部の動き代を考慮して作動後に最小限の隙間が空くようにし、リテーナからシールリングが飛び出さないようにしている。これらの構造を1つのセグメントとして、全周に等分で配置することで、各セグメントが周方向でバランスよく作動するとともに、隣接するセグメントと接触して作動が妨げられないようにした。

### 3. 検証試験

開発したACCシールの作動性を確認するため、当社の実証設備である第二T地点のLPタービン上流段にシールリングを適用し、1年間の作動検証を実施した。検証したシールの構造を図5に示す。運転中のACCシールの作動状態を確認するため、シールリングの背面に渦電流式のGAPセンサを設置した。この検証では上下左右のセグメントから数箇所ピックアップして作動量の計測を行った。

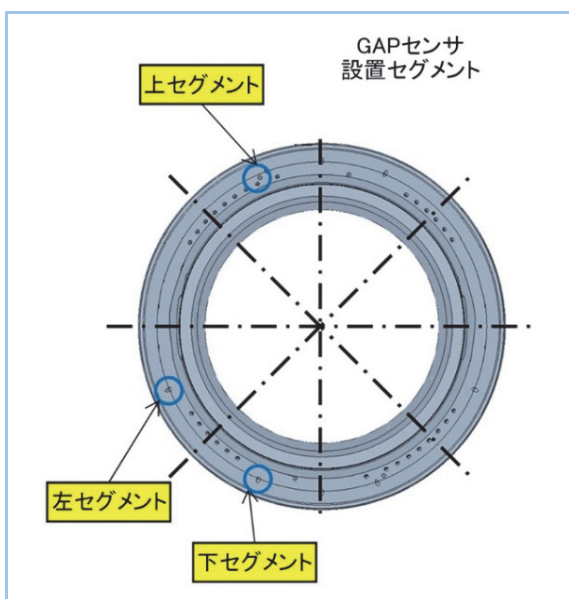


図5 第二T地点のACCシール構造

図6にセンサで計測したACCシールの作動量の年間トレンドを示す。本図は負荷運転時のデータを示している。1年間の運転にて検証した結果、シールリングはタービン停止時には隙間大の状態、タービン運転時には隙間小の状態となっており、定格状態においてはフルストロークで安定していることが確認できた。

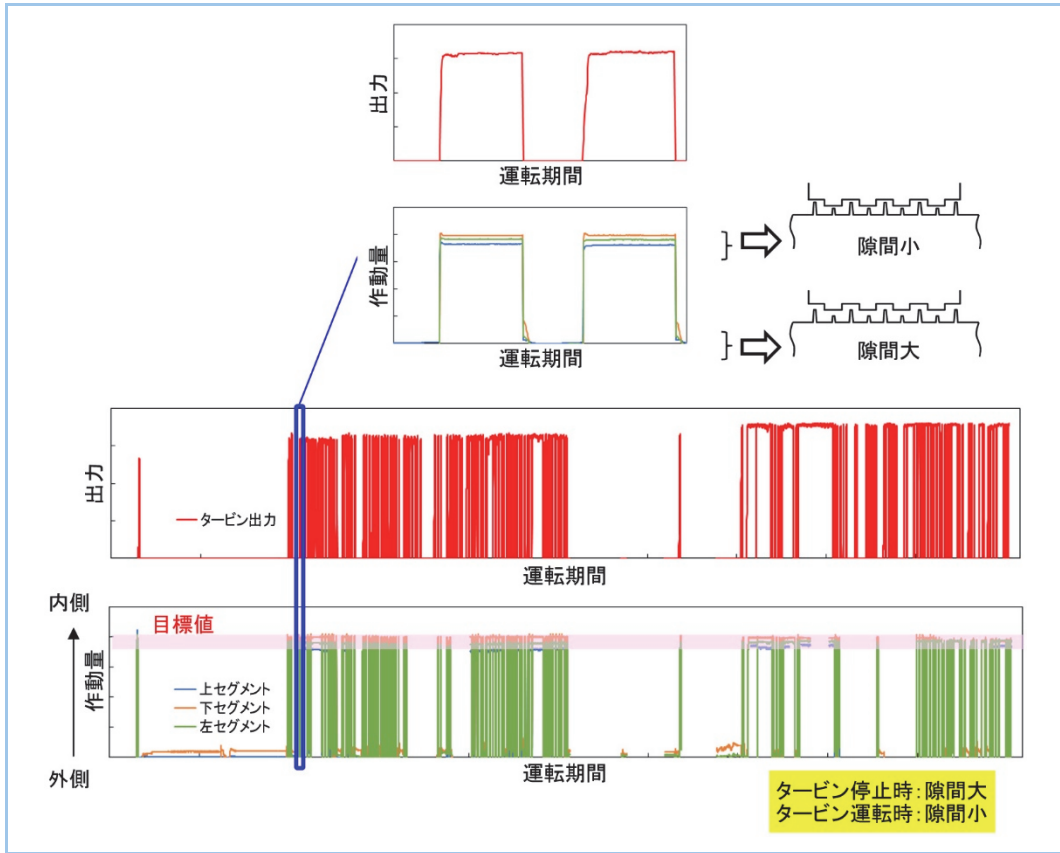


図6 第二T地点 ACCシール作動検証結果

#### 4. 今後の展開

当社では、今後もシール等の分野で新技術を開発することで、蒸気タービンの更なる高効率化、環境負荷の低減に貢献してゆく所存である。