

製品紹介

単車室軸流タービンを採用した最新の地熱タービン (アイスランド、ヘッドリスハイディ地熱発電所向け)



The Latest Geothermal Steam Turbine with "Single-Cylinder Axial Exhaust Design" (Outline of Hellisheidi Geothermal Turbine in Iceland)

営業窓口 (海外) 長崎造船所 機械営業部原動機輸出一課

☎ (095) 828-6110

営業窓口 (国内) 長崎造船所 機械営業部原動機課

☎ (095) 828-6040

1. プラント概要

ヘッドリスハイディ地熱発電所は、アイスランドの首都レイキャビクから東へ20 kmの地熱地帯の山裾に建設され、アルミ精錬所などに電力を供給するとともに、レイキャビク市に温水を供給する設備も有している。

本発電所は2台のタービン発電機で構成され、単機定格出力は40 MW、同最大出力は45 MWであり、発電所としては90 MWの発電容量を有している。

本発電所では、地熱発電所の復水器としては珍しいシェル&チューブ式を適用することで、冷却塔で作った冷却水に加え、井戸からの清浄な水をも使用できるような冷却水システムとして設計されている。復水器はタービン排気を凝縮させる機能に加え、井戸水を加熱する給湯設備の1次ヒータの役目をも担っており、

給湯設備としては最大1 084 kg/secの温水をレイキャビク市に供給する容量を有している。

1号機は2006年10月1日、2号機は同年11月1日にそれぞれ引渡しを完了し、商業運転を開始している。

ここでは、ヘッドリスハイディ地熱発電所向けに地熱発電用として初めて適用された軸流排気タービンの利点と、各要素技術を紹介する。

2. 単車室軸流排気タービンの紹介

ヘッドリスハイディ地熱発電所要目を表1に示す。本発電所のタービン、発電機、復水器の設置状況を示す配置図を図1に、タービンの組立断面図を図2に示す。単車室単流タービンで出力50MWまでをカバーできるように、地熱タービンの最終翼としては世界最大級の30インチISB(インテグラルシュラウドブレード)を適用した。地熱タービンのロータ材は応力腐食割れを回避するために意図的に強度の低い材料を採用しているが、低強度ロータ材に30インチ長翼を組み合わせることができるようになったのは、翼枚数を減らすとともに大きな翼根を採用することで翼溝の応力

表1 ヘッドリスハイディプラント要目

プラント形式	シングルフラッシュ、復水
定格出力 (MW)	40×2機
蒸気条件	
・圧力 (MPa)	0.75
・温度 (°C)	167.8
復水器真空 (MPa abs.)	0.01
タービン型式	SC1F-30" AX (単車室単流衝動-反動式 軸流排気復水タービン)
排気タイプ	軸流排気
定格速度 (min ⁻¹)	3000
段数	6
最終翼長 (mm)	762 (30インチ)
復水器形式	シェル&チューブ (表面冷却式)
水冷却塔形式	機械式通風 向流

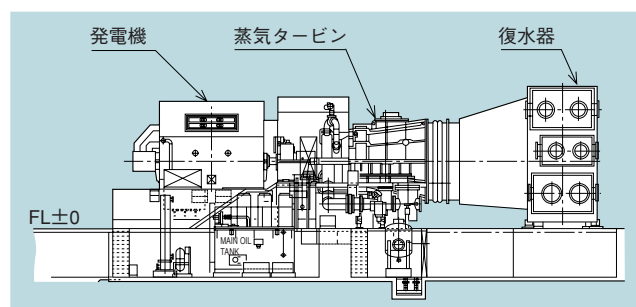


図1 配置図

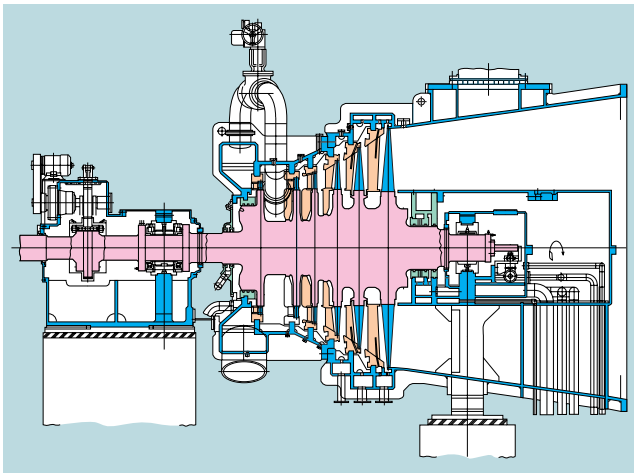


図2 タービン組立断面図

を大幅に低減できたことによる。

軸流排気設計の適用により得られる利点は、

- 高性能
- タービン建屋高さの低減
- 現地工事工程の短縮

である。

(1) 高性能

図3に各排気設計の概略構造を示す。上向き排気は排気フランジにおいてタービン排気を上方に排出して、それから90度流れを転向させて水平な排気管を経て、再度流れを下方に転向させて復水器に導かれる。2箇所における流れの転向や、比較的長い水平排気管における圧損は約10%あり、タービン性能を阻害する要因となる。下向き排気においては大きな圧損は生じないが、軸流排気ほどの圧力回復は期待できない。軸流排気は排気をタービン軸方向に排出するものであり、上向きに見られる流れの転向などの圧損要因もなく、かつ排気ダクトにディフューザ形状を適用することにより大きな圧力回復が期待できる。軸流排気設計の排気損失は3種の排気設計の中では最も低く抑えることができ、単流タービン構造においては最も高い性能を持たせることが可能となる。

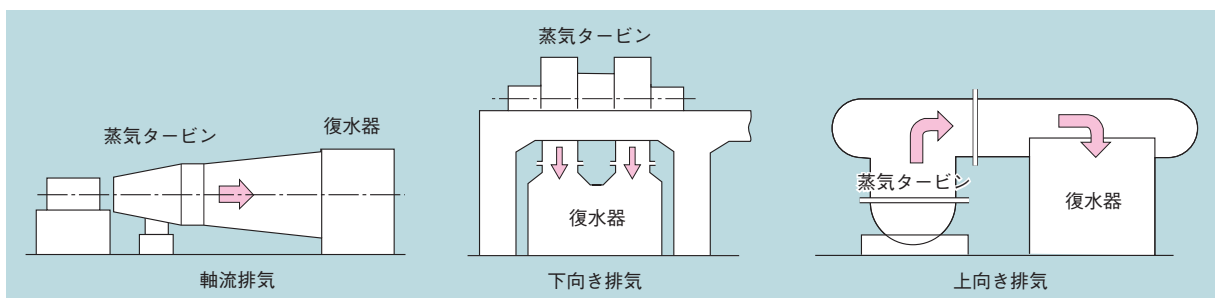


図3 各排気方式の比較

火力機と比べて地熱タービンの主蒸気条件は非常に低く、かつ復水器圧力は高いことから、タービン内で仕事に変換できる熱エネルギー（断熱熱落差）も400～600 kJ/kg（ヘッドリスヘイディでは440 kJ/kg）と非常に小さく、断熱熱落差に対する排気エネルギーの割合は火力機に比べて相対的に大きい。したがって、軸流排気設計による排気損失の低減が寄与する性能改善率は火力機の改善率に比べて格段に大きい。

(2) タービン建屋高さの低減、及び現地工事工程の短縮

図1に示すように軸流排気を適用すると復水器をタービンと同じレベルに設置することが可能となり、図4に示すように他の排気方式に比べ、タービン建屋高さを大幅に低減することができ、建設費低減を可能とする。さらに、下向き排気の場合は先ず復水器を据え付けた後でタービン車室を設置するという順序で建設は進められる関係上工程改善に限界があるが、軸流排気の場合は復水器とタービンの据付工事を並行して進めることができ、更なる現地工程短縮が可能である。

また、現地工事費のレートが非常に高いアイスランドにおいては、現地工事量を減じることがプロジェクト全体のコストを低減する上で重要である。ヘッドリスヘイディにおいては、工場出荷前にタービン組立を完了する完成モジュール出荷方式を採用

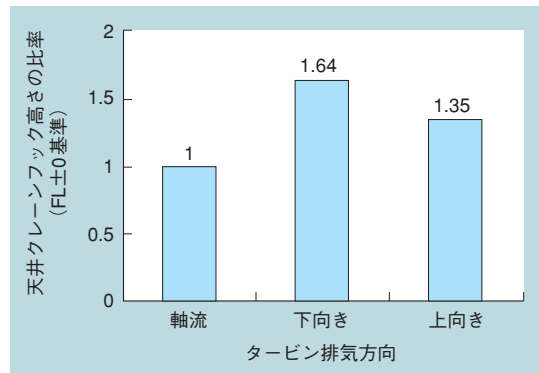


図4 各排気方式における天井クレーンフック高さの比較



図5 インテグラルシュラウドブレード (ISB) 適用状況

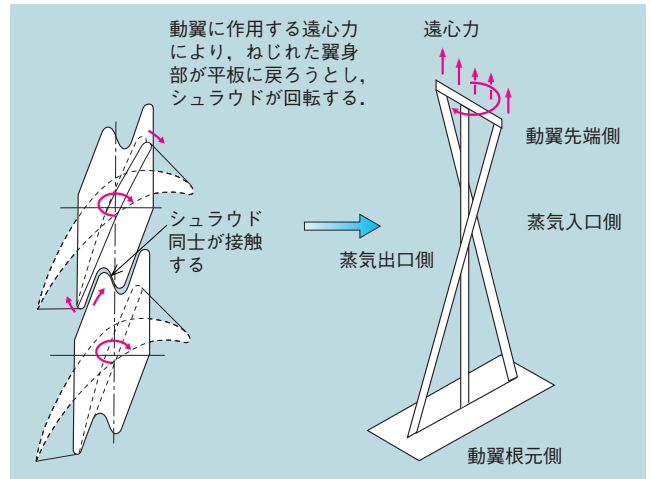


図7 運転時 ISB シュラウドの接触状況

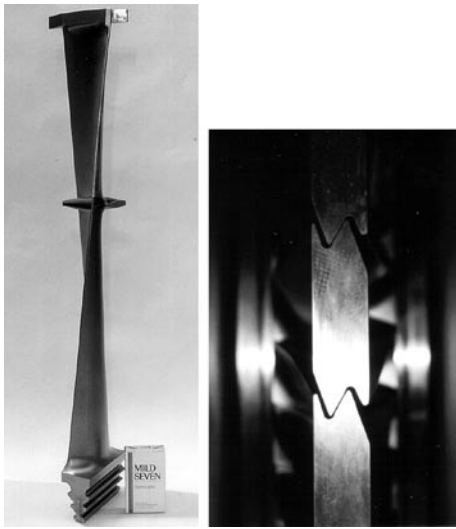


図6 ISB 外観

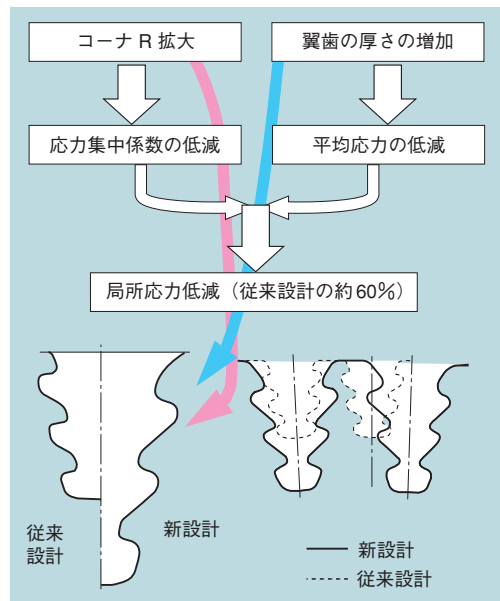


図8 翼根形状の新旧比較

して現地工事を大幅に低減した。

(3) その他の要素技術

① インテグラルシュラウドブレード (ISB)

図5に示すように全段の動翼にISBを適用している。ISBを適用することで、テノンかしめや長翼のスタブ溶接を省略することができる。その結果、地熱タービンのテノンかしめ部やスタブ溶接部でしばしば発生する応力腐食割れや腐食疲労の発生を抑えることができ、地熱タービンの信頼性向上につながっている。

② 30 インチ ISB 最終翼

図6に示すようにシュラウドは翼身部と一体であり、図7に示しているように、ロータが定格

速度で回転すると隣り合う動翼がシュラウド部にて接触し大きな制振効果を生み出す。その結果、従来のグループ翼と比べ振動応力が20%以下まで低減し、地熱蒸気の劣悪な腐食雰囲気における腐食疲労への信頼性を高めている。

図8に従来翼と新設計翼の翼根形状の比較を示す。新設計翼においては翼根サイズを大型化し、コーナRの拡大及び翼歯の厚さを増すことで翼根、翼溝に発生する遠心応力を大幅に低減した。これにより、応力腐食割れへの信頼性を格段に高めることができた。