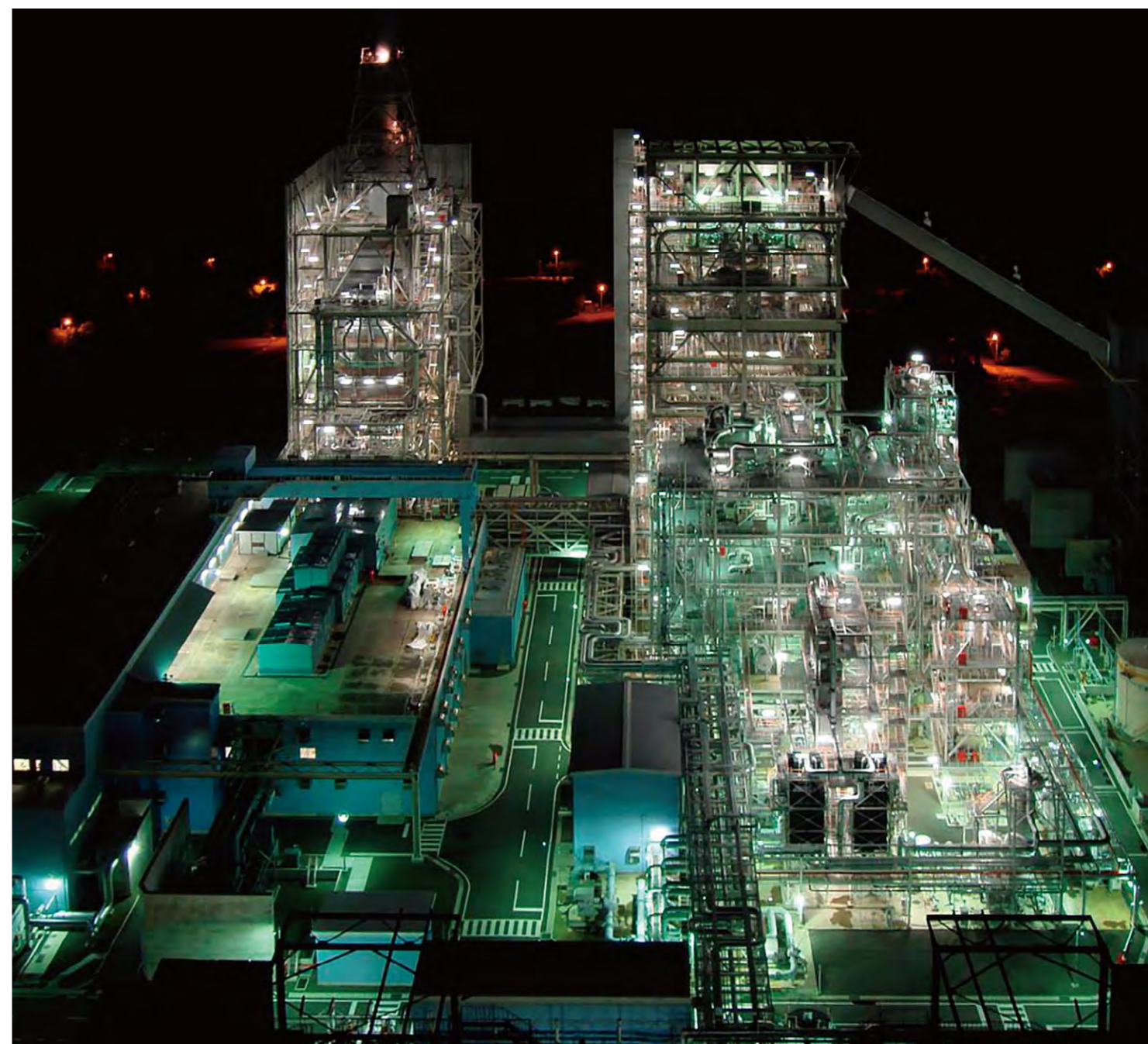



IGCC

石炭ガス化複合発電プラント





私たちの情熱で クリーンな電力と 地球環境を

この星の未来のため、安定した
信頼性の高い、クリーンな電力が
求められています。

電力という希望を世界の人々と共に。

世界を希望で満たす、思いはひとつ

世界では今、エネルギーの脱炭素化が強く求められています。一方で、10人に1人が安定した電力供給のない状態での生活を強いられており、電力の需要は増大し続けています。私たち三菱重工は、安定した信頼性の高い、クリーンなエネルギーを提供することで、そのような世界のニーズに応えています。

三菱重工は、エンジニアリングとものづくりのグローバルリーダーとして、長年にわたる製品開発と100年以上におよぶ製品供給の

歴史に基づき、常にお客様と真摯に向き合ってきました。その結果、幅広い出力レンジでの発電プラントの開発、設計、製作から土建・据付工事、試運転、サービスに至るまで、全てのニーズに自社技術で応えることができます。

三菱重工の製品のひとつであるガスタービン・コンバインドサイクル発電プラント (GTCC) は、世界最高レベルの効率で、CO₂の排出を抑えながら安定した電力を供給しています。また、石炭ガス化

複合発電プラント (IGCC)、スチームパワープラント、地熱発電プラント、総合排煙処理システムやインテリジェントソリューションTOMONI™などを活用した各種提案を通じクリーンな電力供給に貢献しています。

私たち三菱重工は、長い歴史の中で培われた高い技術力に最先端の知見を取り入れ、カーボンニュートラル社会の実現に向けたエナジー・トランジション、モビリティの電化・知能化、サイバー・セキュリティ分野の発展に取り組み、人々の豊かな暮らしを実現します。

IGCC

石炭ガス化複合発電プラント

三菱重工の次世代発電システムである石炭ガス化複合発電プラント(IGCC)は、石炭をガス化し、コンバインドサイクル発電(GTCC)と組み合わせることにより、発電効率と環境性能の飛躍的な向上を実現させました。



世界最高水準の発電効率

48%LHV(送電端)

低品位炭の適用が可能

炭種適合性

低NOx、低SOx、低ばいじん濃度

高い環境特性

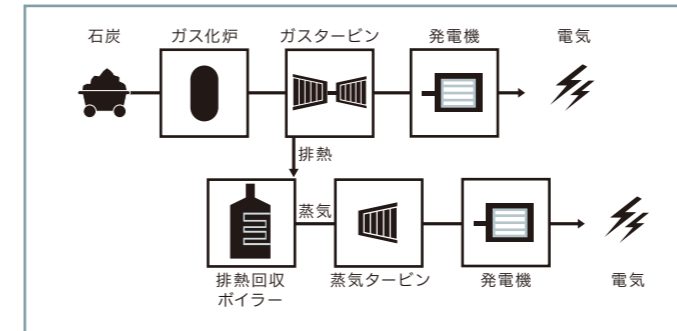
従来型石炭火力発電に対してCO₂排出量

約15%減

高効率発電システム

石炭ガス化複合発電(IGCC)は、石炭をガス化炉でガス化し、コンバインドサイクル発電(GTCC)と組み合わせることにより、発電効率と環境性能を飛躍的に向上させた次世代の火力発電システムです。大型IGCCでは従来型石炭火力発電と比べ、発電効率を約15%向上させ、CO₂の低減も図ることができます。

IGCCのシステム

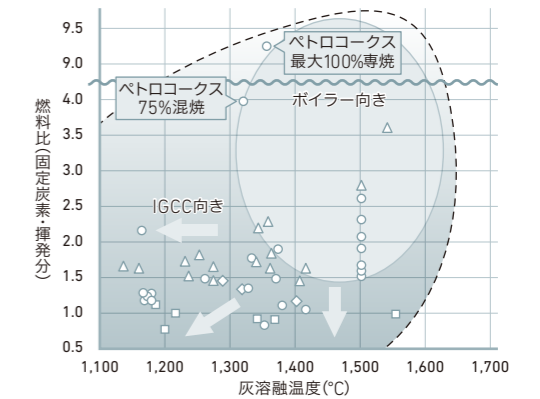


幅広い石炭に適用が可能

従来型石炭火力発電では、スラッキングやファウリング防止のため、灰融点の低い石炭の使用が困難でしたが、IGCCではガス化炉で灰分を溶融して排出するため、灰融点の低い炭種に適しており、これまで発電向きではなかった低品位炭やペトロコークスも使用可能となります。

ガス化実績のある石炭

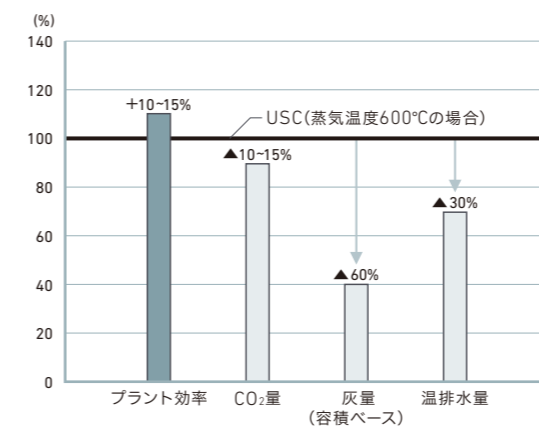
(高灰溶融温度の場合、IGCCではフラックス添加にて対応)



高い環境性能

IGCCはシステムの高効率化により、発電電力量(キロワットアワー)あたりのSO_x、NO_x、ばいじんの排出量を低減できます。また従来型石炭火力発電と比較して温排水量を約3割低減できます。さらに、従来型石炭火力発電の排煙脱硫装置は、燃料を燃やした後の排ガス段階で排煙処理を行うため、多量の用水を必要としましたが、IGCCは高圧で容積の小さい燃料ガスの段階で処理を行うため、用水量を大幅に低減できます。

IGCCの環境性能



高効率石炭火力発電所を 求める声に応じて



典型的な50万kW級IGCCの仕様

	50Hz	60Hz
出力	54万kW	46万kW
熱効率	48%LHV	
GTモデル	M701F	M501GAC
ガス化炉	二室二段方式 空気吹きガス化炉	
燃料	褐炭、亜瀝青炭、 パウダーリバー炭 (PRB) など幅広い炭種	

現在、世界の電気の40%が石炭の燃料に依存しています。2040年を見据えて、国際エネルギー機関(IEA)が発表した「World Energy Outlook 2017」によれば、依然、世界の電気の約30%は石炭での発電とされています。

しかしながら、石炭火力発電は厳しい課題に直面しています。地球温暖化を食い止めるため、COP21で採択されたパリ協定において、「世界の平均気温の上昇幅を、産業革命前と比較して2度未満に抑える」という世界共通の目標が定められました。CO₂排出量を削減するために世界の規制機関は、新たな環境保護対策を実施し、規制値を超える発電設備は運転を継続することができなくなってしまう。

この厳しい環境において、三菱重工の次世代IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle)発電は、世界中から大きな期待が寄せられている、付加価値の高いソリューションを提供しています。IGCCは、三菱重工が有する高性能なガス化炉と、先進のコンバインドサイクル発電 (GTCC) とを組み合わせることにより、CO₂排出量を大幅に低減しながら、石炭火力発電所の効率を飛躍的に高めます。

40年間にもおよぶ試験と実証に裏付けられた信頼性

IGCCプロセスグループの主任 松尾 悟は、次のように説明しています。「三菱重工では、40年間にもわたって、ガス化炉パイロットプラントの試験と実証運転を行う中で、ガス化技術の検証と改良を繰り返してきました。その深い知識と経験

により、三菱重工は発電所における高い発電効率と、安定した信頼度の高い最適な運転を実現することができました。例えば2013年には、勿来発電所10号機において、商用運転開始後連続運転3,917時間の記録を達成しました。この結果に決して満足することなく、三菱重工は、ガス化およびコンバインドサイクル発電のバランスと効率のさらなる向上のため、技術の高度化に取り組み続けていきます。」

「典型的な600°C級超々臨界圧石炭火力発電設備と比較して、三菱重工のIGCCシステムは、発電効率を10~15%向上させ、CO₂排出量も同程度低減できます。石炭火力発電所からの発電端でのCO₂排出量は、世界平均で950g-CO₂/kWhですが、IGCCでは650g-CO₂/kWhを目標(2020年頃)としています^(※)。加えて、IGCCでは、燃料としては適用困難であった灰融点の低い褐炭などの低品位炭を含め、幅広い炭種を使用できます。

世界のCO₂のうち、40%を排出する発電部門と、その部門の中で70%以上の排出量を石炭火力発電所が占めているという状況の中で、IGCCは、手頃な燃料の石炭を使い続けながらも、世界のCO₂排出量削減に寄与する信頼性の高い電力源となります。

このように、三菱重工の先端技術は、IGCCによって世界のCO₂排出量を減少させるという重要な役割を果たし、発電における環境負荷の低減に貢献することができます。」

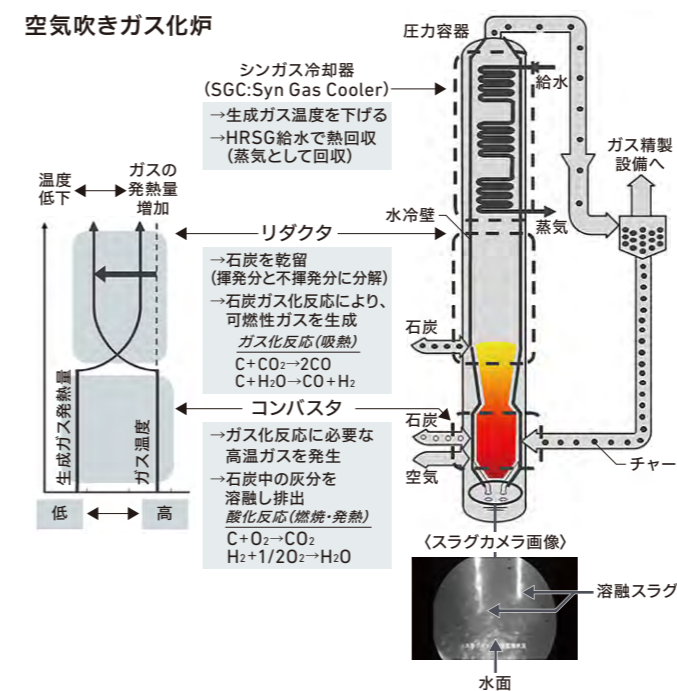
(※) IGCCの目標CO₂排出値に基づく
出典: 経済産業省作成の次世代火力発電に係る技術ロードマップ技術参考資料集

2つのガス化技術

三菱重工は、空気吹きと酸素吹きという2つの石炭ガス化技術を保有し、技術力で世界をリードしています。IGCCは、石炭資源の有効活用と、環境保全の両面で今後さらにニーズが高まると予想され、世界中から注目を集めています。

空気吹きガス化炉

空気吹きガス化炉は、供給された石炭をガス化剤と反応させて、一酸化炭素(CO)と水素(H₂)を主成分とする高温の可燃性ガスを生成します。ガス化炉は、下段のコンバスタ(1段目)と上段のリダクタ(2段目)で機能を分離した二室二段方式により、ガスタービンの燃焼に必要な石炭ガス化ガスのカロリーを確保しつつ、ガス化炉内で灰を溶融させて円滑に排出するという二つの機能を同時に可能としています。



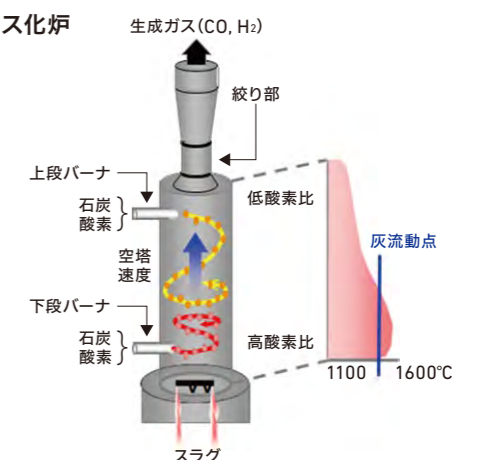
酸素吹きガス化炉

酸素吹きガス化炉は、円筒炉の上下段に複数のバーナを設置した一室二段旋回型噴流床ガス化方式です。炭種に応じて、下段部では灰の溶融に必要な温度、上段部では高効率なガス化反応条件になるよう、上下段の酸素/石炭比を適正に配分することができます。また、炉内に旋回流を発生させることで、石炭粒子の滞留時間を確保し、かつ、灰の飛散を抑制できます。

酸素吹きガス化炉では、

1. 上下段の酸素/石炭比の適正化やガス化炉出口(絞り部)でのシールガス供給方法の改善により、絞り部への灰付着(スラッキング)を防止。
 2. 炉壁水冷管の狭ピッチ化による冷却強化や、局所高温部への耐熱材料溶射などによる炉壁の保護。
 3. 炉内の高温ガス流れ(自己循環流)や、スラグ流下促進ノズルで溶融灰(スラグ)排出孔を保温・加熱することによるスラグ安定流下。
- 以上、大きく3つの改善を図り、これにより、酸素吹きガス化炉の課題を解決しました。

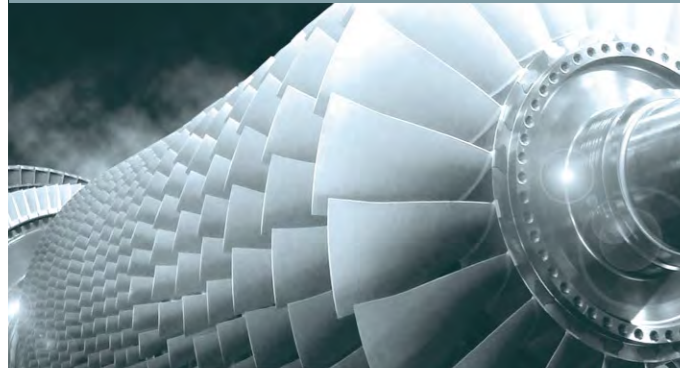
酸素吹きガス化炉



ガスタービン

三菱重工は、長年にわたりガスタービンの開発に取り組み、最新の空力設計技術、冷却設計技術、材料技術などを融合して高効率・高信頼性を実現する数々の製品を生み出してきました。

M701F



進化を続けるF形

M701F形ガスタービンは、1991年に開発を完了した60Hz発電用高性能ガスタービンM501F形の50Hz地域向け相似設計機として、1992年に完成しました。三菱重工は、その後もF形ガスタービンの改良設計を続け、豊富な実績を持つG形ガスタービンで実証済みの先進要素技術や材料技術をフィードバックしつつ、継続的な性能向上を図っています。

より効率的な圧縮機

圧縮機の第1～第6段動翼を長翼化することで、従来のF形ガスタービンと比較して、流量が約6%増加し、大容量化が図られました。また、圧縮機の第1～第6段動静翼には三菱重工ガスタービンの改良翼設計から得られた実績に基づく改良が加えられました。可変式の入口案内翼を制御することにより、起動時の運用安定性を確保し、またコンバインドサイクル運転時には、部分負荷性能の改善を図っています。

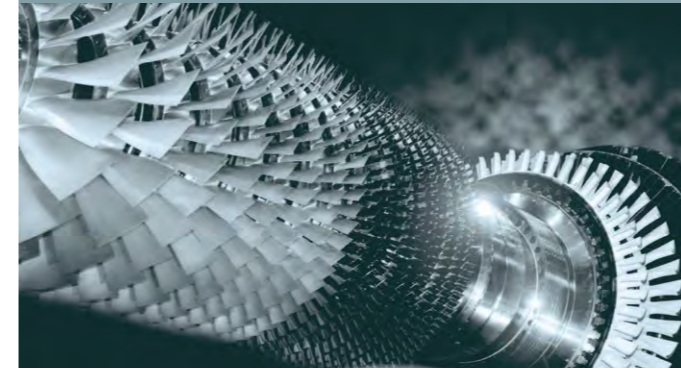
クリーンな燃焼システム

既存のF形およびG形ガスタービンの運転実績から得た知見を基に、これまでのF形ガスタービンよりタービン入口温度の高温化を図りました。予混合方式の低NOx燃焼器には、拡散燃焼を行うパイロットノズル1本と、それを取り囲んで予混燃焼を行う8本のメインノズルがあります。そして、燃焼領域の燃空比を適切な値に調節するための空気バイパス機構を備えています。

より優れたタービン

第1、第2段はフリースタンディング翼、第3、第4段にはインテグラルシュラウド翼を採用しています。静翼は、各段独立した翼環で支持されており、タービン車室の熱変形の影響を直接受けない構造です。

M501GAC



G形の進化形主力機

現在の主力機であるGAC形は、三菱重工が新たに開発した最新空気冷却式燃焼器をG形の蒸気冷却燃焼器に代えたことで生まれた進化の結果です。この燃焼器(GAC形空気冷却DLN式燃焼器)の冷却には、圧縮機吐出空気を用いているため、蒸気サイクル系統からの冷却用蒸気を必要とせず、プラントの柔軟な運用性を実現しました。

より高圧力比の圧縮機

GAC形の圧縮機は実績あるG形の圧縮機を採用しています。この圧縮機は、高度な空力設計手法により設計された、大容量、高効率、高圧力比の軸流圧縮機です。可変式の入口案内翼を制御することにより、起動時の運用安定性を確保し、また、コンバインドサイクル運転時には、部分負荷性能の改善を図っています。

超低NOx燃焼器

M501GACには、16個の燃焼器があります。中心に配置したパイロットノズルの周囲に8個のメインノズルを配置し、パイロットノズルの形成する拡散火炎により予混合火炎を安定燃焼させる方式の超低NOx燃焼器です。GAC形では、G形の蒸気冷却式燃焼器に代えて、新たに開発した空気冷却式燃焼器を採用しており、これによってボトムサイクルからの冷却蒸気の供給が不要となり、プラントの柔軟な運用性を実現しました。

4段軸流反動式タービン

タービンは三次元空気力学設計を採用した4段軸流反動式です。第1～第3段動翼には空冷翼を採用し、外部の冷却器で冷却した圧縮機吐出空気により冷却しています。このうち、第1、第2段には遮熱コーティング(TBC)を施した、一方向凝固(DS)翼を使用しています。また、第1、第2段はフリースタンディング翼、第3、第4段にはインテグラルシュラウド翼を採用しています。第1～第3段静翼も空冷翼で、第1段静翼は圧縮機吐出空気、第2、第3段静翼は圧縮機中間段からの抽気で冷却しています。静翼は、各段独立した翼環で支持されており、タービン車室の熱変形の影響を直接受けない構造です。

ボトミングサイクル

三菱重工の蒸気タービン、ボイラー、発電機は、先新的なコンパインドサイクル発電の信頼性と高効率をサポートします。

蒸気タービン

1世紀以上にわたり世界中で電力供給に貢献

三菱重工の蒸気タービンは、約1世紀にわたる歴史を持ち、自社内の検証試験設備で検証された、高効率かつ高信頼性の製品を世界中のお客様へ納入しています。

三菱重工は、産業用自家発、火力発電用蒸気タービン、原子力発電用蒸気タービンから地熱発電用蒸気タービンまで、幅広いラインアップを持っています。さまざまな用途・運用性を考慮したラインアップを揃え、お客様のニーズに応えた高効率なタービンを提供することによって、CO₂削減と地球環境保全に貢献しています。

排熱回収ボイラー（HRSG）

三菱重工は、長年培ってきた安定した品質と、最先端の技術開発で、世界最高の品質・性能のHRSGを世界中に納入しています。

排熱回収ボイラー（HRSG:Heat Recovery Steam Generator）は、熱効率が高くCO₂排出量が少ないコンパインドサイクル発電（GTCC）を構成する主要な機器の一つであり、ガスタービンの排ガスから極限まで熱を回収する熱交換器です。この熱は蒸気として回収され、蒸気タービンの動力源となります。

HRSGの伝熱管に伝熱性能に優れたフィン付チューブを採用し、コンパクトな設計にすることにより、専有面積を低減します。

また、排煙脱硝装置（SCR）をHRSG内部に設置して、大気に放出される排ガス中の窒素酸化物を低減できます。

ガス化炉で発生した熱もHRSGで熱交換することで、一層の効率化を図っています。その結果、従来のGTCCよりも蒸気タービンに投入する蒸気量が増えます。

発電機

三菱重工は、幅広いニーズにきめ細かく対応し、80年以上の長い実績で培った確かな技術で、高い信頼性を得ている高効率の発電機を提供しています。

1,000台以上の納入実績を誇るタービン発電機

三菱重工は、これまでに1,000台以上のタービン発電機を世界中に納入しています。その運転実績から、製品の信頼性に対する高い評価を得てきました。

幅広いニーズにきめ細かく対応

空気冷却方式をはじめ、水素冷却方式、水・水素冷却方式など、さまざまな冷却方式を採用したタービン発電機を提供するとともに、短絡発電機などの特殊用途向け発電機も設計・製造し、幅広いニーズにきめ細かく対応しています。

また、サービスやメンテナンスを含む、製品ライフサイクル全般にわたるソリューションを提供しています。

制御システム

三菱重工の制御システムは、IoT(Internet of Things)時代を迎え、膨大なプロセス情報、ローカル機器情報を、キー・デバイスとなって、上位システムと連携し、最適運用を図るため、オープン性と高いセキュリティの両立の実現を目指しています。



プラント制御システム

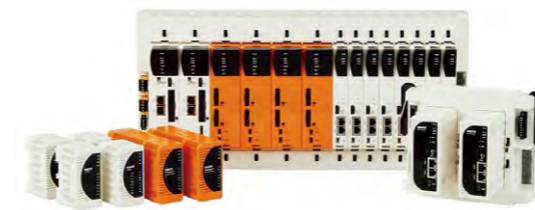
高い信頼性と稼働率を誇る制御システム

三菱重工は、世界中の発電プラントにおいて、数十年間におよぶ機械設備のライフサイクルを通して、高い信頼性と高稼働率を維持しつつ、さらに保守サポートや安全要求に応えられる制御システムを開発・提供してきました。

そして現在、IoT時代を迎え、膨大なプロセス情報、ローカル機器情報を、制御システムがキー・デバイスとなって、上位システムと連携し、最適運用を図るため、オープン性と高いセキュリティの両立を実現することが求められています。

DIASYSシリーズ

システムとしての高い信頼性と稼働率を満足しつつ、プラントメーカーが持つ豊富なノウハウ、制御技術を搭載し、オペレーター、プラントエンジニア、メンテナンスエンジニアの誰にとっても扱いやすいプラント制御システム（DCS :Distributed Control System）。それが、“DIASYS(Digital Intelligent Automation SYStem)”です。



DIASYSシリーズ/DIASYS Netmation 4S

サービス

多様化するお客様のニーズに合わせて、きめ細やかなサービスを提案します。



長崎 TOMONI HUB

サービス

さまざまな形式の発電ユニットにおける長年の経験から培ったメンテナンス技術をもとに、お客様の多様なニーズに合わせてきめ細やかなソリューションを提供しています。

三菱重工ではTOMONI HUB (Analytics and Performance Center)にて、ガス化炉を含めたIGCCプラント全体を24時間365日監視できる体制を構築しております。IGCCという高効率かつ新技術を採用する上での不安要素や現場の負担軽減を図るべく、試運転時から納入後まで、三菱重工のエキスパートによる監視や保守についてのサポートを行います。監視に際しては、最先端のICT(情報通信技術)、インテリジェントソリューションTOMONI™を駆使した運転データの管理のみならず、メーカーとしての知見を活かした性能診断、異常診断、動画やAIを用いた監視などを進化させながら、高効率運用、高稼働率維持を念頭にした多様なソリューションを、お客様のご要望に応じて提供してまいります。

さらに、遠隔監視と定期検査記録、部品の長期間の履歴管理などのさまざまなデータから、定期検査の工事計画などの長期運用のためのアドバイス提供にも対応しており、これらを包括して長期保守契約^(※)を提供してまいります。

^(※) 予備品供給、定期検査の一括請負、定期検査におけるテクニカルアドバイザーの派遣など、お客様のニーズに合わせた提案が可能です。