

GTCC

ガスタービン・コンバインドサイクル
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。

GTCC

発電プラント

複合発電による高効率エネルギーを供給。



世界最高水準の発電効率

64%以上
(LHV)

幅広い出力レンジ

3 - 133万kW 級
(1on1/2on1/3on1)

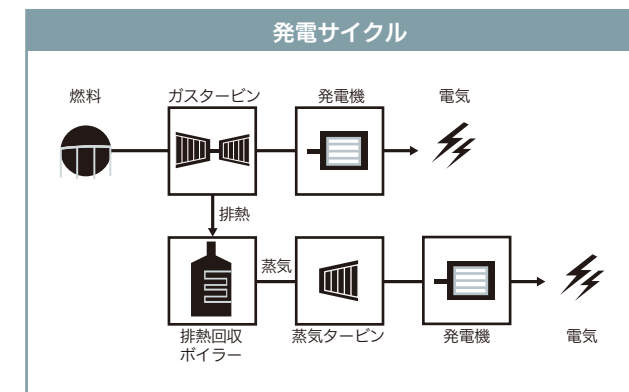
複合サイクル発電プラント

On Grid
実証設備

CO₂ 排出量

約 50%減
対 従来型石炭焼き火力発電

なぜ、GTCCが最適な 選択なのか？



GTCC発電プラントは、天然ガスなどの燃料を使用したもっともクリーンかつ高効率な発電設備です。

三菱重工の最新鋭J形ガスタービンを使用したプラントの発電効率は、従来型石炭焼き火力発電方式より20%向上し、世界最高水準の64%以上を達成します。また、CO₂排出量もおよそ50%削減することができます。

三菱重工は、1971年に日本初となるコンバインドサイクル発電設備を国内の電力会社へ納入しました。以来、数々の納入実績を積み重ね、お客様からの厚い信頼を得ることができました。お客様にご満足いただくため、発電設備や機器を単に供給するだけでなく、保守・点検も含めた広範なサービスを提供しています。

火力発電設備の主流となっているGTCCの背景と特長

1. 熱効率が低い

スチームパワーでは、熱効率約40%であるのに対し、コンバインドサイクル発電では、約60%以上(共に低位発熱量基準)の熱効率となる。

2. 環境に優しい

- 大気中に排出される二酸化炭素(CO₂)が少ない。
- 大気中に排出される窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)が少ない。
- 海中に排出される温排水が少ない。

熱い力で共に困難に立ち向かう



Mr. Charles J. Barney
Executive Vice President
Grand River Dam Authority (GRDA)

三菱重工は、2014年に米国オクラホマ州の公益電力会社であるGRDA(Grand River Dam Authority)から、M501J形ガスタービン、蒸気タービン、発電機や補機類を受注し、契約を締結しました。これらの発電機器は、同社のオクラホマ州ショウトウ(Chouteau)発電所向けに納品されました。また、GRDAは25年にもおよぶ長期メンテナンス契約(LTSA)も三菱重工と締結しました。

本プロジェクトは、米国向け初となる最新鋭機J形ガスタービンの受注であり、三菱重工の米国生産拠点であるサバナ工場(ジョージア州)で製作されたガスタービンは予定通りに納品され、2017年3月14日、初着火は無事に完了し、そのわずか2日後には、電力系統にシンクロ、GRDAにとって最初の電力供給を開始しました。

最初の火入れから45日も経たない4月27日に、試験チームは、コンバインドサイクルでの運転を実施すると同時に、GRDAの想定を越えた信頼性で、継続運転も積み重ねていきました。試験チームによると、本契約に於ける納期であった6月1日より、35日も前倒しで完了させることができました。

「GRDAが、グランドリバーエネルギーセンターで第3号施設を建設する為に、三菱重工のメンバーと一緒に仕事できたのは、私にとって非常に光栄なことでした。」と、GRDAのチャールスバーニー副社長は、語りました。「そのような全てのパートナーの方々と、効率と信頼性において業界をリードする新標準を打ち立てるといふ、私たちが抱くビジョンを共有していました。各パートナーは、彼らの最高の設計技術や建設技術をもって貢献してくれて、私は、彼らの成し遂げた比類なき成果を賞賛しました。この超高効率な発電設備は今、私たちの水力や風力発電と協調し、GRDAのお客様が、低コストで、クリーンかつ安定した電力を何十年間も得られることの証となるでしょう。」

三菱重工は、GTCCなどの高い発電効率によって、CO₂排出量も抑制する機器の豊富な実績を有すソリューションプロバイダーです。今後も、市場の多種多様なニーズに的確に対応しながら、電力の安定供給と環境負荷の低減を実現し、各国・地域の経済発展に貢献していきます。

概要

プロジェクト	Grand River Energy Center Unit 3
納入先	GRDA(Grand River Dam Authority)
出力	50.5万kW
発電効率	62%以上
製品	M501J
運転開始	2017年

Grand River Energy Center Unit 3

(米国)



納入先	Grand River Dam Authority
出力	50.5万kW
運転開始	2017年
製品	M501J

Khanom Power Plant

(タイ)



納入先	Khanom Electricity Generating Company Limited
出力	93万kW
運転開始	2016年
製品	M701F×2

Datan Power Plant

(台湾)



納入先	Taiwan Power Company
出力	ステージI/140万kW ステージII/280万kW
運転開始	ステージI/2006年 ステージII/2008年
製品	M501G×8/M501F×6

Yulchon Power Plant

(韓国)



納入先	MPC Yulchon Generation Co., Ltd.
出力	95万kW
運転開始	2013年
製品	M501J×2

Nuon Magnum Power Plant

(オランダ)



納入先	Nuon N.V.
出力	130万kW
運転開始	2011年
製品	M701F×3

Blue Hills Power Station

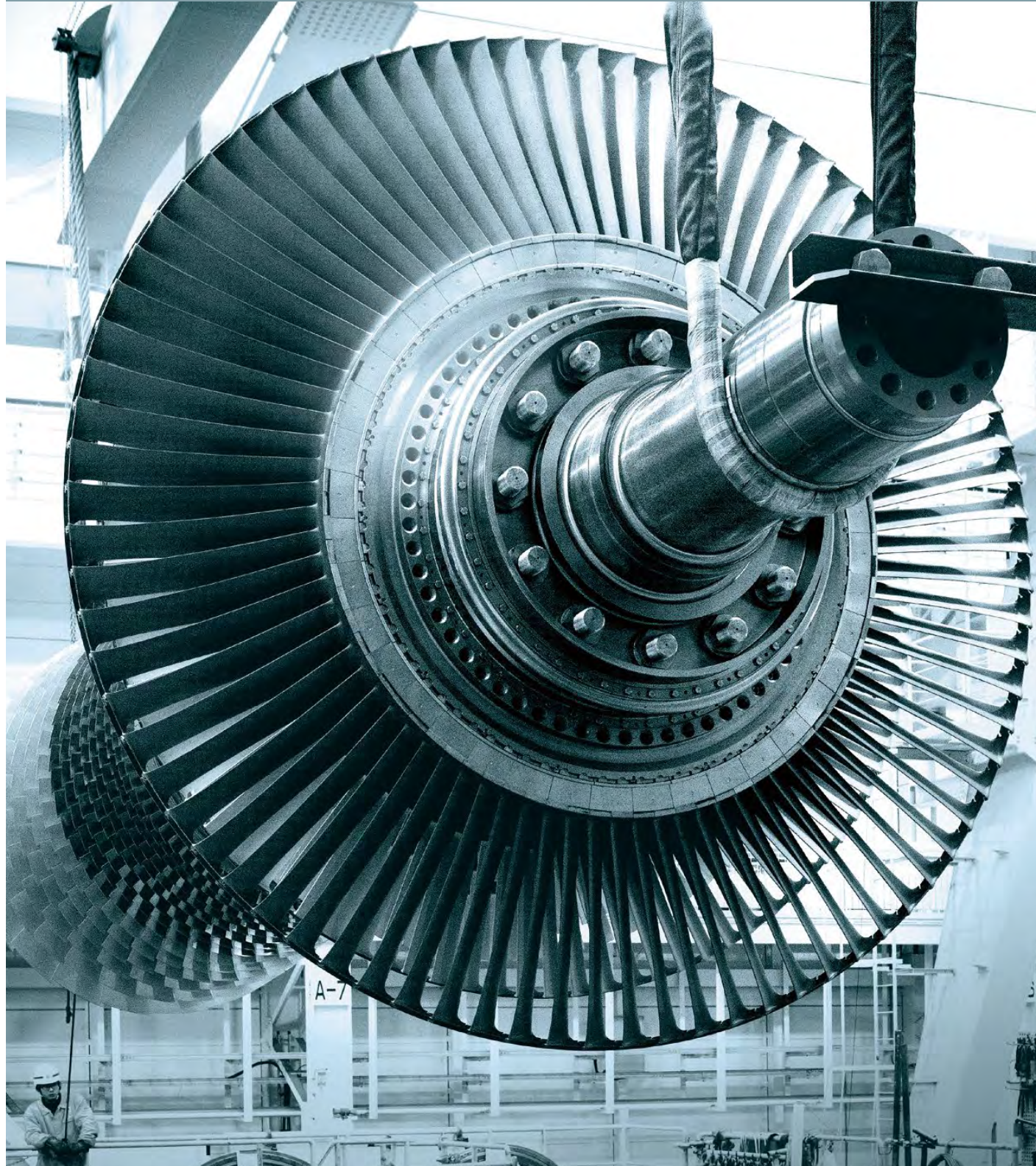
(バハマ)



納入先	Bahamas Electricity Corporation
出力	3.1万kW
運転開始	2013年
製品	H-25

ガスタービン

世界最大級の高効率ガスタービンで世界をリード。



最先端技術の粋が集結した 三菱重工のガスタービン

発電事業用・産業用中小型ガスタービン(4万~12万kWクラス)

- H-25 シリーズ
- H-100 シリーズ

発電事業用大型ガスタービン(12万~57万kWクラス)

60ヘルツ用

- M501J シリーズ
- M501G シリーズ
- M501F シリーズ
- M501D シリーズ

50ヘルツ用

- M701J シリーズ
- M701F シリーズ
- M701G シリーズ
- M701D シリーズ

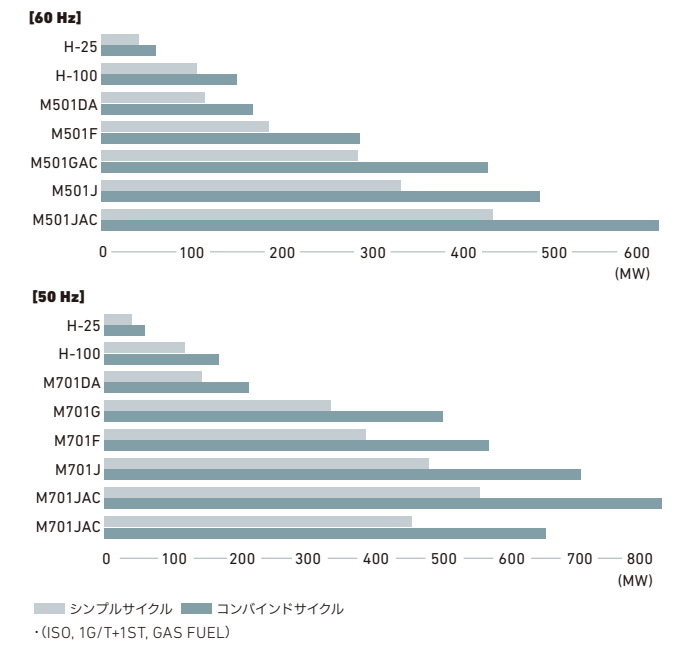
航空転用ガスタービン(3万~14万kWクラス)

- FT8® MOBILEPAC®
- FT8® SWIFTPAC®
- FT4000® SWIFTPAC®

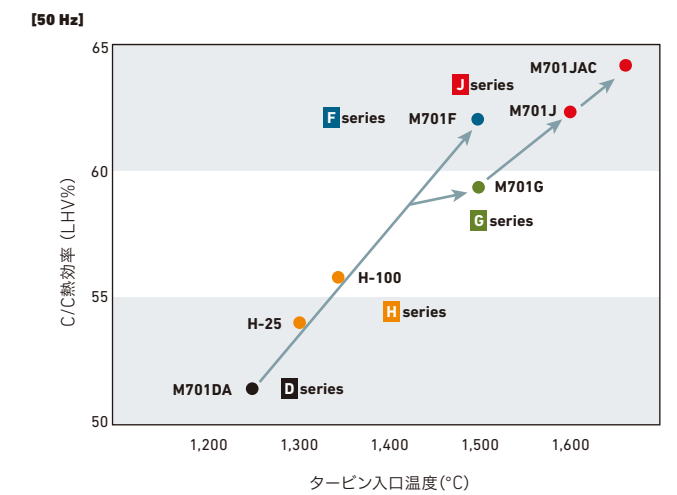
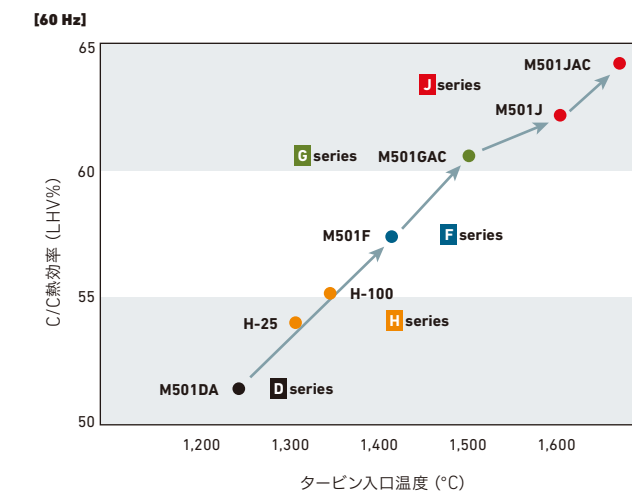
幅広いラインアップのガスタービンで 世界に電力を

三菱重工は、世界中の幅広いニーズに応えられるよう、発電事業用・産業用ガスタービンとして、3万kW級から57万kW級まで幅広い範囲のガスタービンを揃えています。これまで全世界で50か国以上、1,600台以上のガスタービンを納入しており、世界各地域で高効率かつクリーンなエネルギー供給に貢献しています。

GT&C/C出力



C/C熱効率



J-series



M501J series

ガスタービン単体出力

33-45万kW級

コンバインドサイクル出力

**48-66万/
97-133万kW級**
(1on1/2on1)

コンバインドサイクル効率

64%超

商用機の累計運転時間
(J series)

170万時間超

(2022年3月現在)

M701J series

ガスタービン単体出力

44-57万kW級

コンバインドサイクル出力

65-84万kW級
(1on1)

コンバインドサイクル効率

64%超

最先端技術を適用した最新鋭・大容量 発電用ガスタービン

J形ガスタービンでは、実績のあるG形に、国家プロジェクトとして実施した「1,700℃級ガスタービン技術開発」の成果である高温化要素技術を適用し、タービン入口温度1,600℃を実現しました。

圧縮機

圧縮機は、三次元先進設計による軸流式で、前方段での衝撃波発生による損失を低減し、中・後方段での摩擦損失を低減することで性能向上を図りました。この設計コンセプトは、三次元CFDによる解析、実機スケールモデルを使っての高速試験圧縮機試験にて十分に検証を行っています。可変式の入口案内翼と圧縮機前方3段の可変静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。

燃焼器

J形ガスタービンの燃焼器は、実績あるG形ガスタービンの蒸気冷却式燃焼器をベースに設計しています。

タービン入口温度は、G形に比べて100℃高い1,600℃ですが、燃料と空気のより均質な混合を促進させる改良形燃料ノズルを採用し、燃焼領域の局所火災温度を抑えることで、G形と同等レベルのNOx排出濃度を達成しました。

タービン

第1～第4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。

第1～第4段静翼も空冷翼で、第1段静翼は、圧縮機吐出空気、第2～第4段は圧縮機中間段からの抽気で冷却しています。

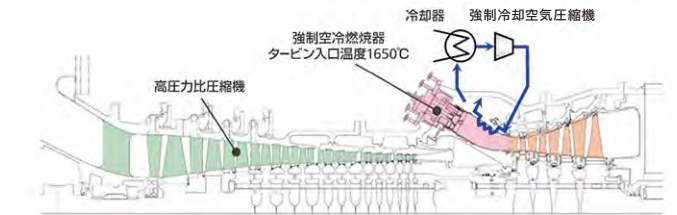
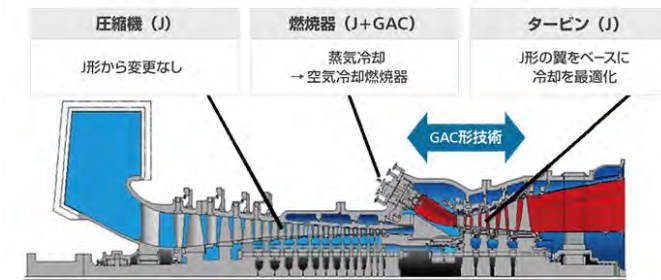
国家プロジェクトとして実施した「1,700℃級ガスタービン技術開発」の成果である高性能冷却技術および先進遮熱コーティング(TBC)を適用し、タービン入口温度の上昇にもかかわらず、G形並の翼メタル温度を実現しました。

空気冷却式JAC形の開発

JAC (J-series Air-Cooled)形ガスタービンは、燃焼器の冷却を蒸気冷却から空気冷却に変更したもので、J形ガスタービンと同レベルの性能を保ちながら、起動時間を短縮するなど高い運用性を実現します。

JAC形の特長

圧縮機とタービンのフローパスはJ形と同じ形状です。空気冷却燃焼器に合わせてタービン動静翼の冷却構造が最適化されました。燃焼器はGAC形で実績のある空気冷却方式で、J形で検証した低NOx技術を適用しています。

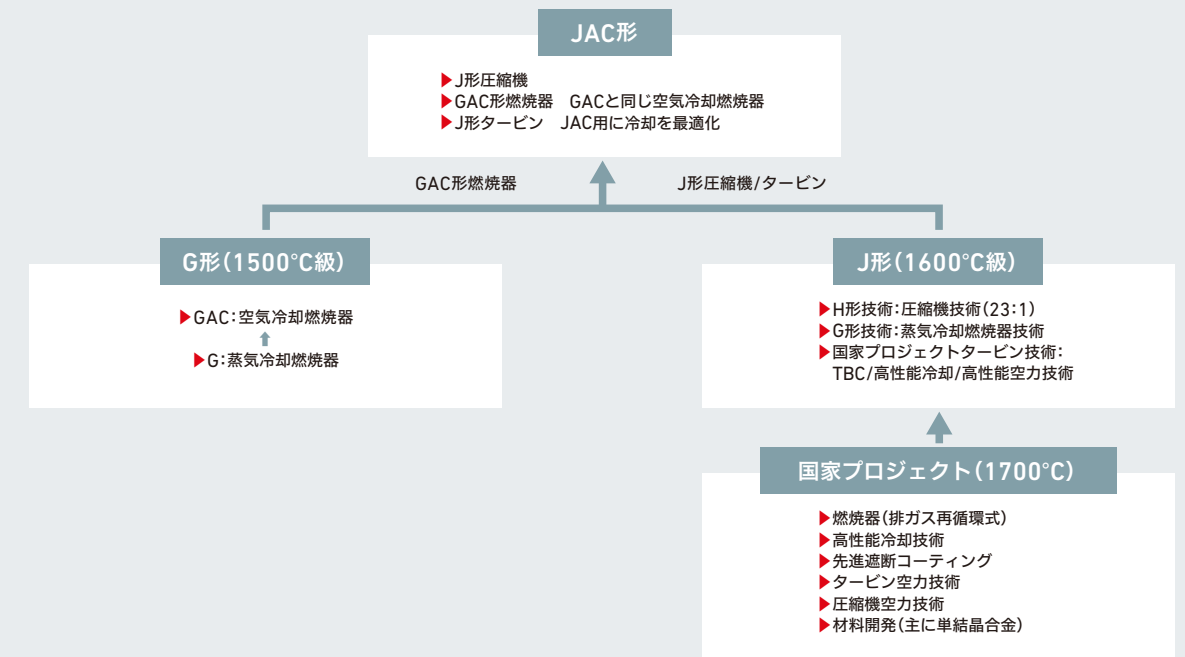


・強制空冷システムの概略図(東北電力株式会社との共同研究)
圧縮機出口(燃焼器車室)から抽気した空気を外部クーラで冷却し、その後強制冷却空気圧縮機で昇圧、燃焼器の冷却に用いたのち再び車室に戻す系統

強制空冷システムの特長は、次のとおりで、当社の「複合サイクル発電プラント実証設備」で検証が行われています。

- ・外部クーラの廃熱をボトムサイクルに回収することにより、効率の良いシステムとすることが可能です。
- ・燃焼器の冷却構造を最適化することで蒸気冷却と同等以上の冷却性能が得られます。
- ・蒸気冷却方式に比べ、起動時間の短縮が可能です。

設計コンセプト



F-series



M501F series

ガスタービン単体出力

18万kW級

コンバインドサイクル出力

28-58万kW級
(1on1/2on1)

燃料の多様化

高炉ガス対応

M701F series

ガスタービン単体出力

38万kW級

コンバインドサイクル出力

57-113万kW級
(1on1/2on1)

コンバインドサイクル効率

62%超

高性能・高運用性を実現

J形技術の適用

燃料の多様化にも対応した高効率・高運用性 発電用ガスタービン

1991年、60Hz発電用高性能ガスタービンとしてM501F形ガスタービンを、翌年には、そのスケール設計機である50Hz発電用M701F形を開発しました。

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。

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形ガスタービンに比べ流量が増加し、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。

燃焼器

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。

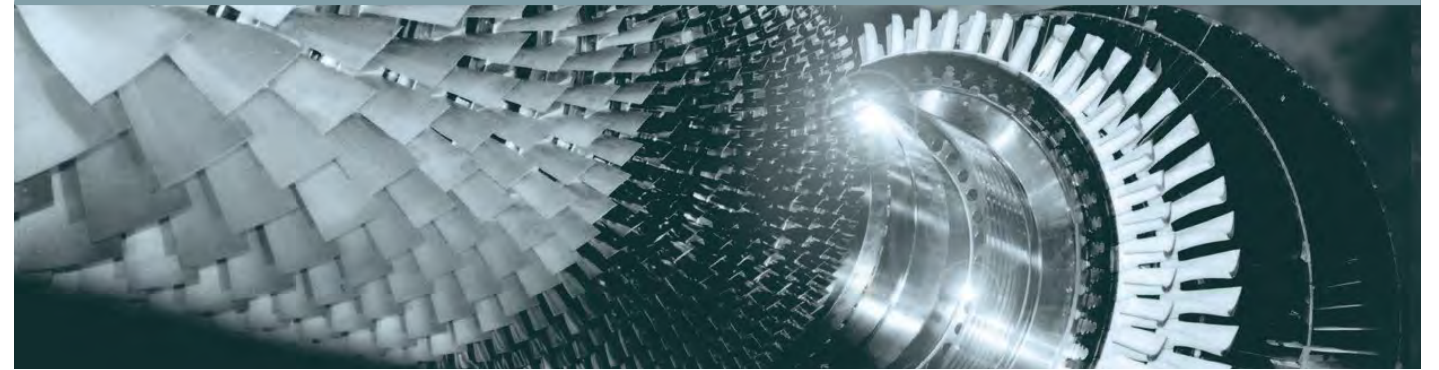
そして、燃焼領域の燃空比を適切な値に調節するための空気バイパス機能を備えています。

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にくい構造です。

G-series



M501G series

ガスタービン単体出力

27-28万kW級

コンバインドサイクル出力

40-43万/80-86万/128万kW級
(1on1/2on1/3on1)

コンバインドサイクル効率

60%超

M701G series

ガスタービン単体出力

33万kW級

コンバインドサイクル出力

50-100万kW級
(1on1/2on1)

コンバインドサイクル効率

59%超

高性能・大容量 発電用ガスタービン

1997年2月、燃焼器の冷却に蒸気を利用した1,500℃級M501G形ガスタービンの初号機が商業運転を開始しました。現在の主力機であるGACシリーズは、従来の蒸気冷却燃焼器に代えて最新の空気冷却燃焼器を採用したガスタービンです。この燃焼器の冷却には、空気圧縮機の吐出空気を使用するため、蒸気サイクル系統からの冷却用蒸気が必要とせず、プラント運用の柔軟性が高まります。

圧縮機

GAC形の圧縮機は実績のある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。

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燃焼器を採用しており、これによってボトミング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が実現しました。

タービン

三次元空気力学設計を採用した4段軸流反動式タービンです。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にくい構造です。

J形・F形・G形の共通事項

40年以上の実績に裏付けられた設計

J形・F形・G形ガスタービンの基本設計思想は、コールドエンドドライブ、一軸式ローター、軸流排気方式などの採用であり、これらの基本的な設計思想は40年以上の運転実績に裏付けられたものです。

高い環境性能

- 化石燃料を最も効率良く利用できます。
- 窒素酸化物、一酸化炭素、未燃炭化水素、揮発性有機化合物などの排出量を低く抑えることができます。

全体構造

ガスタービンの本体は、1970年代初頭に採用され40年以上にわたって実績を積み重ねた基本構造を踏襲しています。その主なものは次のとおりです。

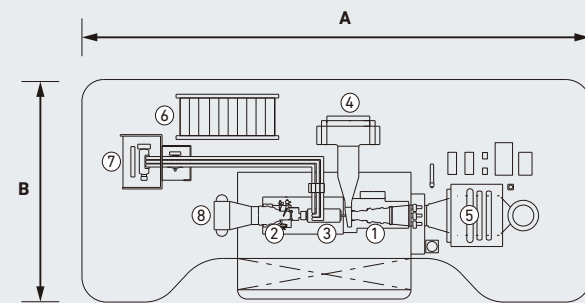
- 熱影響の少ない空気圧縮機側軸端での駆動方式(コールドエンドドライブ)
- ローターは、高温部に軸受を持たない2軸受支持方式、2軸受支持の組み立て式
- コンバインドサイクルの配置に有利な軸流排気
- 分解点検の容易な水平2分割の車室構造

プラント構成

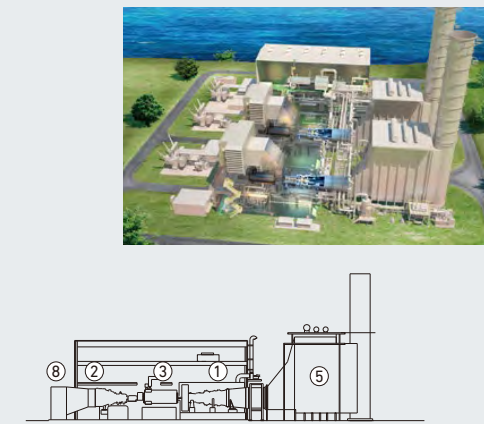
最新の技術と多様な製品群により、複数台のガスタービンと1台の蒸気タービンを組み合わせた多軸型コンバインドサイクル、ガスタービン、発電機、蒸気タービンを同一軸に配置する一軸型コンバインドサイクルなど、最適な提案ができます。

配置例

一軸形コンバインドサイクル

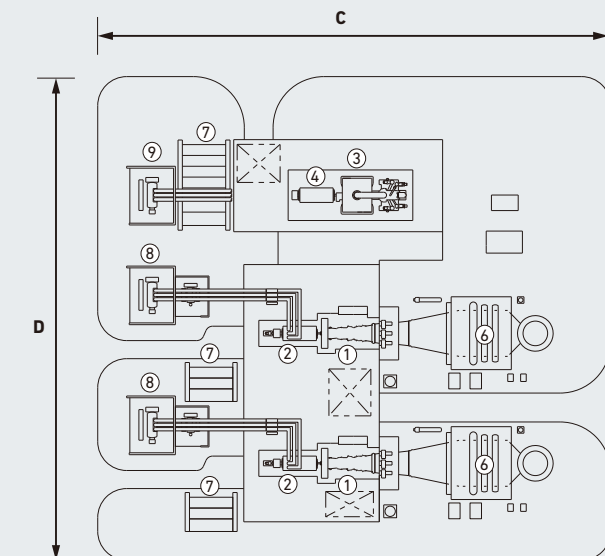


- | | | |
|----------|--------------|--------|
| ① ガスタービン | ④ 吸気フィルタ | ⑦ 主変圧器 |
| ② 蒸気タービン | ⑤ 排熱回収ボイラー | ⑧ 復水器 |
| ③ 発電機 | ⑥ 電気/制御パッケージ | |

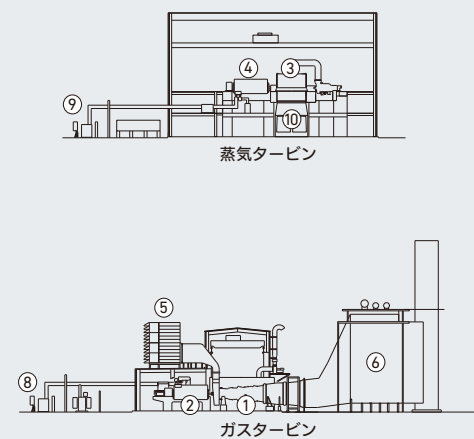


- A** M701J/180 m, M701F/160 m, M701G/160 m
M501J/160 m, M501F/140 m, M501G/140 m
- B** M701J/90 m, M701F/80 m, M701G/80 m
M501J/80 m, M501F/70 m, M501G/80 m

別軸形コンバインドサイクル(2on1)

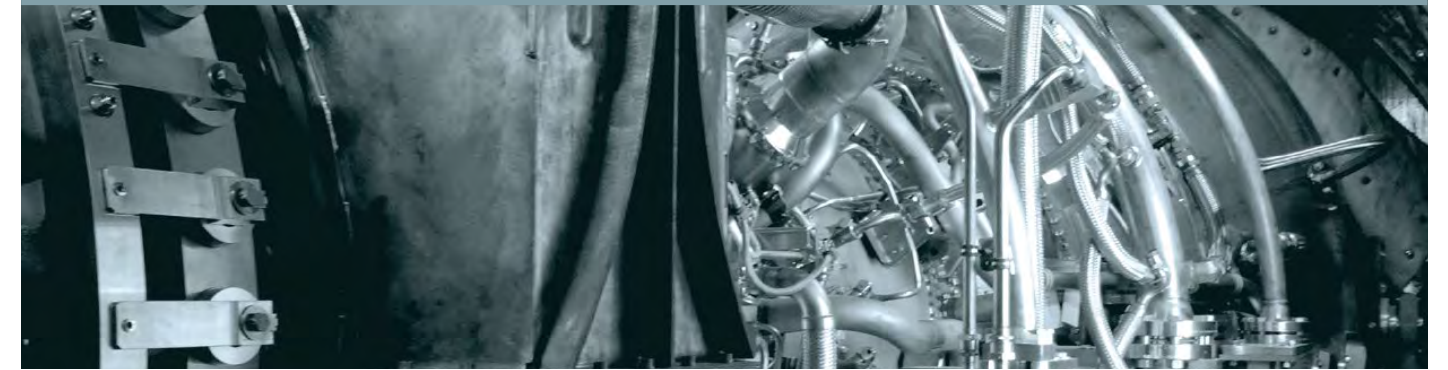


- | | | |
|-------------|--------------|--------------|
| ① ガスタービン | ⑤ 吸気フィルタ | ⑧ ガスタービン主変圧器 |
| ② ガスタービン発電機 | ⑥ 排熱回収ボイラー | ⑨ 蒸気タービン主変圧器 |
| ③ 蒸気タービン | ⑦ 電気/制御パッケージ | ⑩ 復水器 |
| ④ 蒸気タービン発電機 | | |



- C** M701J/160 m, M701F/140 m, M701G/140 m
M501J/140 m, M501F/120 m, M501G/130 m
- D** M701J/150 m, M701F/140 m, M701G/140 m
M501J/140 m, M501F/130 m, M501G/140 m

航空転用ガスタービン



ガスタービン単体効率

41%超
(FT4000)

急速起動5分

**冷却水不要で
設置場所制約フリー**

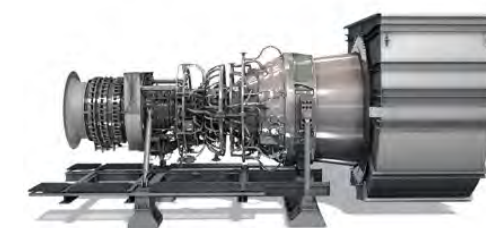
**短納期対応の
可搬式をラインアップ**

航空転用

ガスタービンパッケージ

三菱重工は、航空転用ガスタービンを提供しています。その実績は、550台*を超えるガスタービンを納入していて、ガスタービンの補修とオーバーホールの分野でも高い評価を受けています。優れた競争力と、高効

率でフレキシブルな運用性に裏付けされた航空転用ガスタービン。出力3万kWから14万kWの幅広いラインアップを取り揃えています。
*FT8[®]、FT4000[®]



FT4000[®] ガスタービン



7/14万kW FT4000[®] SWIFTPAC[®]



FT8[®] ガスタービン

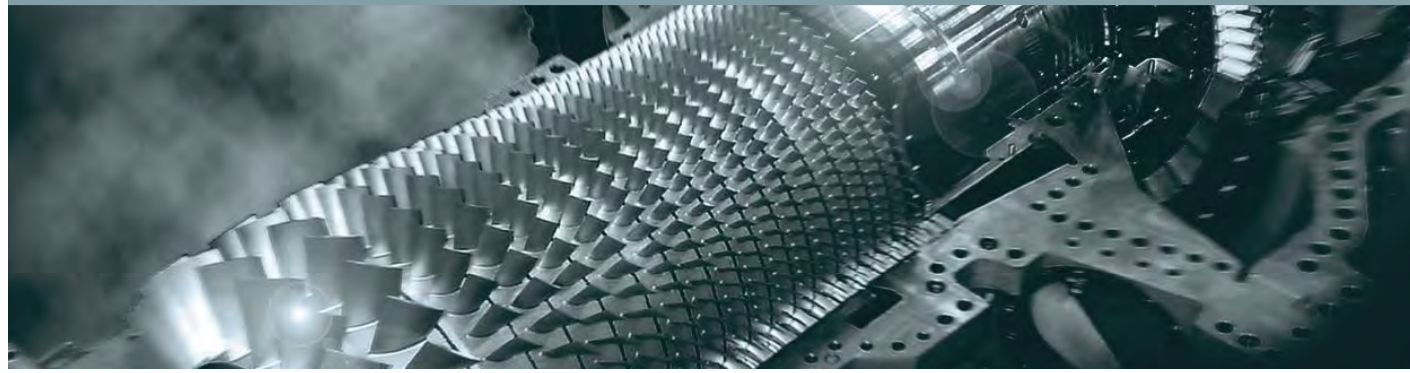


3/6万kW FT8[®] SWIFTPAC[®]



3万kW FT8[®] MOBILEPAC[®]

H-25 series



H-25 series

ガスタービン単体出力 4万kW級	コンバインドサイクル出力 6-12万kW級 (1on1/2on1)	コージェネレーション効率 80%超	高信頼性 累計運転時間630万時間超
----------------------------	--	-----------------------------	------------------------------

高信頼性発電事業用・産業用 ガスタービン

H-25形ガスタービンは、50/60Hz地域の発電事業用および産業用に開発され、1988年に初号機が営業運転を開始しました。三菱重工は、その後もH-25形ガスタービンの改良設計を続け、H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。

概要

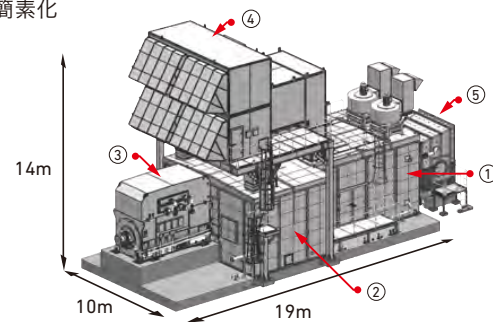
H-25形ガスタービンは、豊富なガスタービンの製作実績を生かし、高効率を実現したヘビーデューティー形ガスタービンです。排熱回収ボイラーとの組み合わせによるコンバインドサイクルおよびコージェネレーションシステムなどの複合サイクル発電プラントとして、高い効率を達成します。H-25形は、ガスタービン単機にて4万1,000kW、コンバインドサイクルの場合1on1にて約6万kW、2on1にて約12万kWの出力となります。またコージェネレーション適用時には最大約70ton/hの蒸気供給が可能です。

特長

- ヘビーデューティー形：メンテナンス性や長期連続運用を考慮した、信頼性の高い構造
- 高効率：さまざまな発電サイクルで高性能を実現（シンプル・コンバインド・コージェネレーション）
- 多種燃料対応：A重油、軽油、オフガス、天然ガスなど
- パッケージ型：運搬・据付が容易

パッケージデザインの長所

- 現地据付作業の簡素化
- フレキシブルなレイアウト
- 短納期



	重量
① ガスタービン	55 ton
② 潤滑油タンク、減速機、補機	63 ton
③ 発電機	83 ton
④ 吸気システム	36 ton
⑤ 排気システム（サイレントダクト、煙突不舎）	8 ton

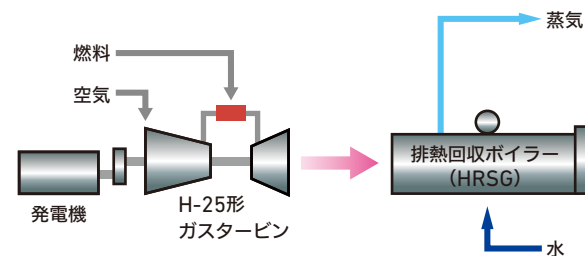
コージェネレーション発電プラント

H-25形を採用するコージェネレーション発電プラントは、効率的に大容量の蒸気・電気を供給できます。三菱重工は、コージェネレーション発電プラントに求められる条件に対して、多様な熱および電力需要に最適な設計を提案します。

	50Hz/60Hz
ガスタービン出力	3,96万kW
蒸気発生量（6MPa/300°C）	79 ton/h
コージェネ効率（LHV）	80%以上

（注）上記は、ISO条件（大気圧力：1,013 hPa、大気温度：15°C、相対湿度：60%）、ガス燃料時の発電端での性能値になります。

システム構成



H-100 series



H-100 series

ガスタービン単体出力 10-12万kW級	コンバインドサイクル出力 15-17万/30-35万kW級 (1on1/2on1)	ガスタービン単体 急速起動10分	発電および機械駆動にも適用可能
--------------------------------	--	----------------------------	------------------------

世界最大級高効率2軸型 ガスタービン

H-100形ガスタービンは、50/60 Hz地域の発電事業用および産業用に開発され、2010年に初号機が営業運転を開始しました。三菱重工は、その後もH-100形ガスタービンの改良設計を続け、H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。

特長

- ヘビーデューティー形：メンテナンス性や長期連続運用を考慮した、重厚で信頼性の高い構造
- 高効率：さまざまな発電サイクルで高性能を実現（シンプル・コンバインド・コージェネレーション）
- パッケージ型：運搬・据付が容易
- 発電用としてだけでなく、機械駆動用としても使用可能

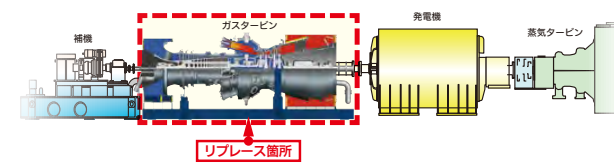
コージェネレーション発電プラント

	50Hz	60Hz
ガスタービン出力	11,27万kW	10,25万kW
蒸気発生量（6MPa/300°C）	213 ton/h	173 ton/h
コージェネ効率（LHV）	80%以上	80%以上

（注）上記は、ISO条件（大気圧力：1,013 hPa、大気温度：15°C、相対湿度：60%）、ガス燃料時の発電端での性能値になります。

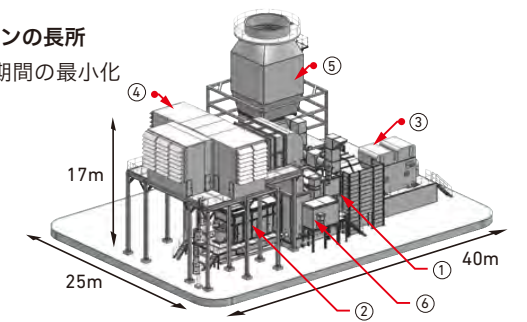
リプレース

建設から年数が経過したガスタービンを、H-100形ガスタービンにリプレースすることにより、窒素酸化物（NOx）、二酸化炭素（CO₂）の排出量を低減し、またプラント効率の改善により燃料消費量を低減することが可能です。



パッケージデザインの長所

- 現地据付作業、期間の最小化
- フレキシブルなレイアウト
- 短納期



	重量
① ガスタービン	216 ton / 50Hz 175 ton / 60Hz
② 潤滑油タンク、起動装置、補機	89 ton
③ 発電機	152 ton
④ 吸気システム	140 ton
⑤ 排気システム	139 ton
⑥ ガス弁室	6 ton

機械駆動

H-100形は、機械駆動用、特に天然ガス液化プラントの圧縮機駆動用原動機として適用可能です。

特長

- H-100形は、4～6百万トン/年（MTPA）クラスの生産量のLNGプラントへ適用可能
- 可変速運転
- 圧縮機前負荷起動が可能
- ヘルパーモーターおよびVFD（Variable Frequency Driver：可変周波数ドライバー）が不要
- 高N₂（窒素）濃度燃料への適用が可能
- リライアビリティ：99%以上
- 三菱重工コンプレッサ（株）とともにガスタービン圧縮機パッケージを三菱重工グループとして取り纏め可能

項目	H-100	
ISO定格出力	144,350 hp	160,780 hp
回転速度	3,600 rpm (2,520 rpm～3,780rpm)	3,000 rpm (2,100 rpm～3,150rpm)
熱効率	38.9% LHV	38.9% LHV
熱消費率（LHV基準）	6,542 Btu/hp-hr	6,549 Btu/hp-hr

（注）吸排気口は含まない

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。



最先端技術を活用したサービスメニュー

三菱重工が開発する最新機種には、国家プロジェクトで開発された次世代ガスタービンの要素技術を含む、さまざまな最先端技術が適用されています。

それらの最先端技術を既設機に適用することで、性能や保守性、信頼性、運用性を向上・改善するサービスメニューを提供しています。豊富な実機での運転実績を通じて得られる知見を技術開発にフィードバックし、活用できるのは独自開発を行うガスタービンメーカーならではの強みであり、今後もお客様のニーズにお応えする技術の革新に取り組んで参ります。

効率改善に対応したソリューション

最新のJ形ガスタービン技術を用いた、F形、G形向けのアップグレードでは、タービン部品や圧縮機部品などの交換により既設プラントの熱効率の改善と出力増加を実現しています。

また、中小型ガスタービン H-25シリーズでも最新のタービン部品を取り込むことによる性能改善アップグレードを提供しています。

出力増加に対応したソリューション

出力増加を実現するその他の代表的な技術として、水・蒸気噴射、 Fog (噴霧)ならびにチラーに代表される吸気冷却システム、作動空気増加のためのIGV最大開度の変更や、圧縮機のアップグレードなど、多彩なサービスラインアップを備えます。

発電プラントごとの経済性や気候などの条件を分析し、それぞれに最適なソリューションを提供することで、多様な市場ニーズを満たします。

稼働率改善に対応したソリューション

保守性に優れた製品設計による定期検査期間の短縮、最新技術を適用した信頼性の高い製品、運転状態の診断解析による定期検査インターバルの延長、メンテナンス最適化を提供します。

また、インテリジェントソリューションTOMONITMを活用した早期の予兆検知と想定外の非稼働時間の回避などに取り組んでいます。

プラント運用性改善に対応したソリューション

再生可能エネルギーの増加に伴い、ガスタービンには、柔軟なエネルギー源として、よりフレキシブルな運用が求められています。

三菱重工は、ガスタービンの起動立ち上げ時間の短縮や、負荷変化率の改善、停止・再起動時間の最適化、エミッションを改善しながらより低負荷での運転を可能にするターンダウンなどの運用性改善に取り組んでいます。

また、電力需要に応じた部分負荷運転時の熱効率改善など、発電コスト低減も含め、市場のニーズに対応して多様なメニューを開発しています。二軸式のガスタービンでは、毎分25%の負荷変化率を実現するなど、さらなる運用性改善に対応したソリューションを提供します。

脱炭素化を実現するソリューション

三菱重工は、革新的な発電技術とソリューションにより、エネルギーの脱炭素化と電力の安定供給に世界中で貢献し、持続可能な未来の実現に取り組んでいます。

脱炭素化に貢献する技術として、既設機を最小限の設備改造により、発電時にCO₂を排出しない水素やアンモニア焼きに転換するソリューションを提供します。

水素発電技術については、「水素発電ハンドブック」をご参照ください。
https://power.mhi.com/jp/catalogue/pdf/hydrogen_jp.pdf



水素焼きガスタービンのイメージ

TOMONI HUB

Analytics and Performance Center

運転保守のエキスパートが24時間体制で、世界各地のプラントの稼働状況を365日24時間リアルタイムに監視・支援しています。刻々と変化する運転データから、予兆検知・性能劣化の診断を行い、常にお客様と連携することで、さまざまな状況に応じた最適なアドバイスにより、トラブルの未然防止および稼働率の最大化を実現し、お客様の収益の向上に貢献しています。



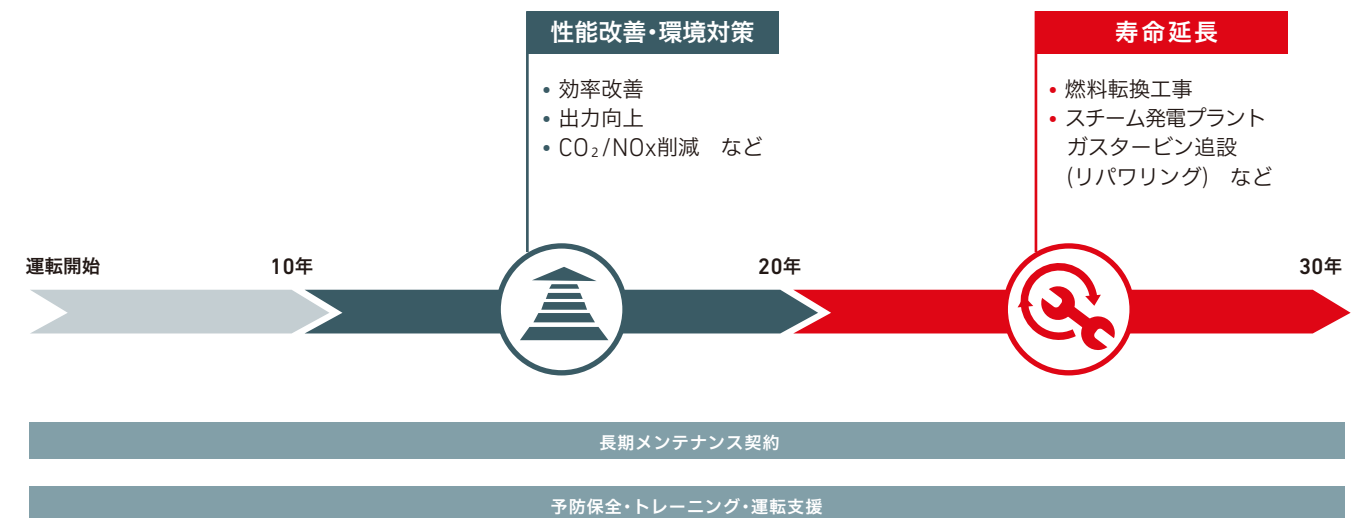
ガスタービンの長期保守契約

ガスタービンの高い稼働率と信頼性を確保し、発電所の効率的な運用と保守費用の最適化を実現するため、部品の長期間の履歴管理、定期点検工事の計画、部品の供給や補修、技術員の派遣、TOMONI HUBによる運転サポートなど、お客様の多様なニーズに合わせた包括的なサービスを提供しています。

- プラント稼働率の最大化と運転・保守コストの最適化の両立に貢献する短期・長期の保守計画支援
- お客様予算の最適化を実現する保守項目のパッケージ化やお客様のお支払の平準化
- お客様のニーズに合わせた品質・信頼性の高い部品供給・技術サポートの提供
- 24時間、365日の遠隔監視サービスやインテリジェントソリューションTOMONIなどを活用したデータ診断サービスとそれを活用した燃料転換、運転負荷変更、計画点検周期の長期化などプラント運営の最適化
- 稼働率の低下や想定外の損傷、為替レートの変動など、お客様の事業リスクに対するソリューションの提案

プラントのライフサイクルを通じたサービスの提供

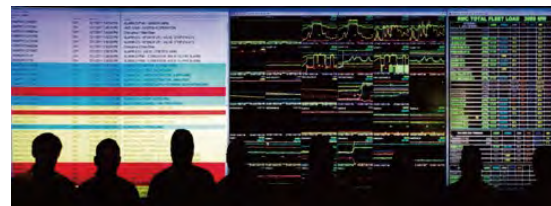
三菱重工は、プラントのライフサイクルを通じて変化するお客様のニーズに応じた最適なサービスを提供します。





TOMONI™は、高精度なデータ分析活用とお客様との協働により、設備価値向上や脱炭素を含む環境負荷低減において高い効果を発揮する、三菱重工の発電向けインテリジェントソリューションです。

TOMONIとは「お客様とともに」が語源で、三菱重工は、お客様の課題解決のために協働する事を表しています。三菱重工は、お客様、パートナー、社会と一体となって、エネルギーの脱炭素化を支援し、信頼性の高い電力をお届けするソリューションを展開します。



TOMONIの特長

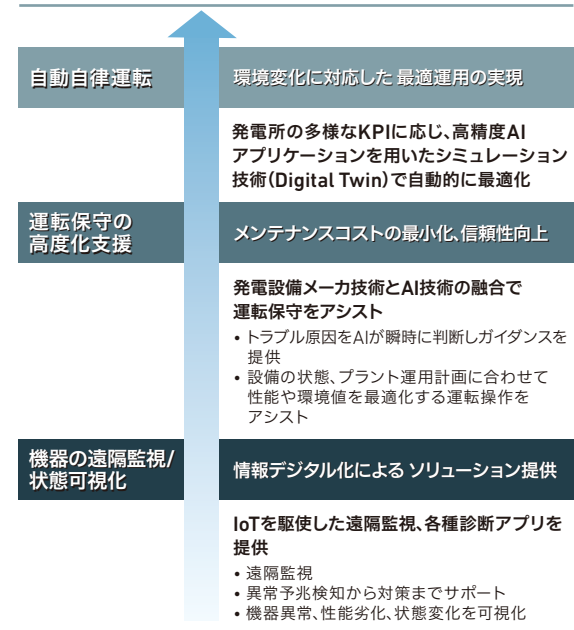
- O&M最適化、性能向上、運用性改善という3つのソリューションカテゴリーで構成され、それらの組み合わせで最適なソリューションを提供します。
- 事業用から産業用まで幅広いプラントへの対応が可能です。
- クラウドやエッジ、そしてお客様の既存プラットフォームなど柔軟な環境でカスタマイズ可能です。
- 最新のAIテクノロジーと発電設備メーカーである当社のナレッジを融合する事により、お客様のニーズに即した最適な運用を実現します。



TOMONIは三菱重工業株式会社の米国およびその他の国における商標(商標登録申請中)です。

TOMONIのロードマップ

将来的に発電プラントの自動自律運転を目指します。



実証設備

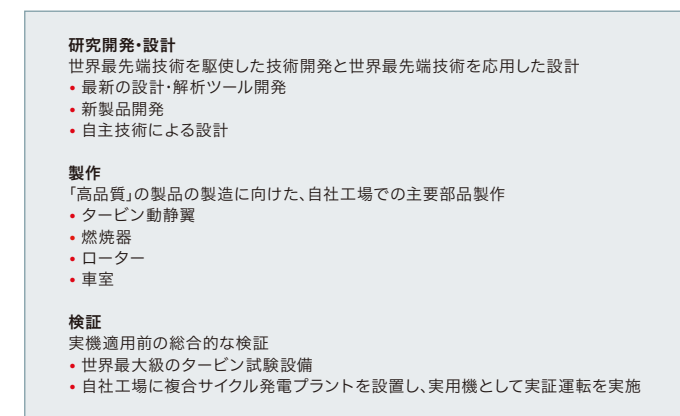
三菱重工高砂製作所が有する
実証設備複合サイクル発電プラントの概要



写真手前:第二T地点 写真奥:T地点

開発から製作まで一貫した取り組み

三菱重工は、大型火力発電プラントおよび主機の開発、設計、製作、工事、試運転からアフターサービスに至るまで、全ての工程を自社技術で行うことができる国内唯一の企業です。高度な技術と信頼性が要求される火力発電プラントにおいて、総合力を活かし大きな役割を担っています。



目的

- ガスタービンの高温化、高効率化、低NOx化のために新たに適用された技術を検証する。
- 長期間の商業運転により、高効率で環境負荷の低いコンバインドサイクル発電の信頼性を実証する。

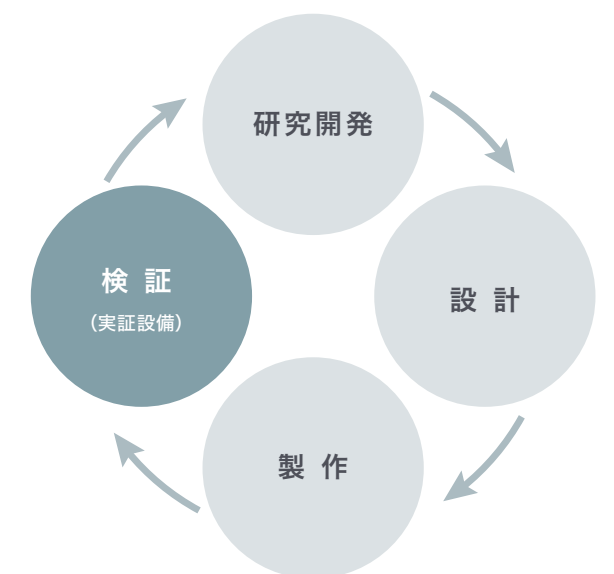
沿革

第1号発電設備(T地点)は、1997年よりM501G形ガスタービンの性能試験と耐久試験を実施し、長期実証試験も成功裏に完了しました。その後、2011年2月には、ガスタービンをM501J形の初号機に換装しての試運転を開始、同年無事終了、2015年より強制空冷方式で運転開始し、2019年9月まで商業運転を実施しました。現在、T地点のリプレース設備として建設された第2号発電設備(第二T地点)が、最新鋭のM501JAC形ガスタービンを搭載し、2020年7月から運転を開始しています。

次世代コンバインドサイクル発電の検証

第二T地点は、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた最新鋭ガスタービン・コンバインドサイクル(GTCC)の実証発電設備です。この第二T地点を活用し、次世代技術の開発検証を行い、信頼性の高いGTCC設備を実用化し、世界の電力安定供給に貢献していきます。また、第二T地点の長期実証運転は、TOMONI HUB (Analytics and Performance Center)から行き、タービンなどの主要機器のみならず、ポンプやファンなどの補機を含めたプラント全体の信頼性を上げるとともに、起動時間の短縮や運転パラメーターの自動最適化など、インテリジェントソリューションTOMONI™に搭載された各種アプリケーションによる検証を行い、将来的には自動自律運転の実現を目指していきます。

項目	T地点	第二T地点
出力(大気温度5°C)	33.0万kW	38.9万kW
ガスタービン形式	M501G形	M501J形
ガスタービン入口温度	1,500°C	1,600°C
運転開始年	1997年	2020年



性能

ガスタービン単体性能

	ISO 定格出力 (kW)		熱消費率 (LHV 基準)		熱効率 (%-LHV)	圧力比	回転速度 (rpm)	排ガス流量 (kg/s)	排ガス温度 (°C)
	(hp)	(kW)	(kJ/kWh)	(Btu/kWh)					
50Hz / 60Hz									
H-25*	41,030		9,949	9,432	36.2	17.9	7,280	114	569
50Hz									
H-100*	116,450		9,400	8,909	38.3	18	3,000	296	586
M701DA	144,090		10,350	9,810	34.8	14	3,000	453	542
M701G	334,000		9,110	8,630	39.5	21	3,000	755	587
M701F	385,000		8,592	8,144	41.9	21	3,000	748	630
M701J	478,000		8,511	8,067	42.3	23	3,000	896	630
M701JAC	448,000		8,182	7,755	44.0	25	3,000	765	663
M701JAC	574,000		8,295	7,826	43.4	25	3,000	1,024	646
60Hz									
H-100*	105,780		9,421	8,930	38.2	18.4	3,600	293	534
M501DA	113,950		10,320	9,780	34.9	14	3,600	354	543
M501F	185,400		9,740	9,230	37.0	16	3,600	468	613
M501G	267,500		9,211	8,730	39.1	20	3,600	612	601
M501GAC	283,000		9,000	8,531	40.0	20	3,600	618	617
M501J	330,000		8,552	8,105	42.1	23	3,600	620	635
M501JAC	453,000		8,182	7,755	44.0	25	3,600	815	649

機械駆動性能

	ISO 定格出力		熱消費率 (LHV 基準)		熱効率 (%-LHV)	圧力比	回転速度 (rpm)	排ガス流量 (kg/s)	排ガス温度 (°C)
	(hp)	(kW)	(kJ/kWh)	(Btu/hp-hr)					
H-100*	144,350	107,650	9,256	6,542	38.9	18.4	3,600	293	534
H-100*	160,780	119,900	9,266	6,549	38.9	20.1	3,000	315	552

航空転用ガスタービン性能

	ISO 定格出力 (kW)		熱消費率 (LHV 基準)		熱効率 (%-LHV)	回転速度 (rpm)	排ガス流量 (kg/s)	排ガス温度 (°C)
	(hp)	(kW)	(kJ/kWh)	(Btu/kWh)				
50Hz								
FT8*	28,528		10,376	9,834	34.7	3,000	92	496
FT4000*	70,154		8,908	8,443	40.4	3,000	183	431
FT4000*	140,500		8,896	8,431	40.5	3,000	367	431
60Hz								
FT8*	30,941		9,825	9,312	36.7	3,600	92	491
FT4000*	71,928		8,686	8,232	41.5	3,600	183	422
FT4000*	144,243		8,661	8,209	41.6	3,600	367	422

・性能は、ISO標準大気条件(101.3kPa、大気温度15°C、相対湿度60%)で燃料として天然ガスを使用した場合の発電端の値
 ・吸排気口は含まない

コンバインドサイクル性能

	プラント出力 (kW)	熱消費率 (LHV 基準)		プラント熱効率 (%)	ガスタービン出力 (kW)	蒸気タービン出力 (kW)	台数とガスタービンの形式
		(kJ/kWh)	(Btu/kWh)				
50Hz / 60Hz							
MPCP1(H-25)	60,100	6,667	6,319	54.0	39,600	20,500	1×H-25
MPCP2(H-25)	121,400	6,606	6,261	54.5	79,200	42,200	2×H-25
50Hz							
MPCP1(H-100)	171,000	6,272	5,945	57.4	112,700	58,300	1×H-100
MPCP2(H-100)	346,000	6,207	5,884	58.0	225,400	120,600	2×H-100
MPCP1(M701DA)	212,500	7,000	6,635	51.4	142,100	70,400	1×M701DA
MPCP2(M701DA)	426,600	6,974	6,610	51.6	284,200	142,400	2×M701DA
MPCP3(M701DA)	645,000	6,947	6,585	51.8	426,300	218,700	3×M701DA
MPCP1(M701F)	566,000	5,807	5,504	62.0	379,300	186,700	1×M701F
MPCP2(M701F)	1,135,000	5,788	5,486	62.2	758,600	376,400	2×M701F
MPCP1(M701G)	498,000	6,071	5,755	59.3	325,700	172,300	1×M701G
MPCP2(M701G)	999,400	6,051	5,735	59.5	651,400	348,000	2×M701G
MPCP1(M701J)	701,000	5,779	5,477	62.3	472,300	228,700	1×M701J
MPCP1(M701JAC)	650,000	<5,625	<5,332	>64.0	441,700	208,300	1×M701JAC
MPCP1(M701JAC)	840,000	<5,625	<5,332	>64.0	570,900	269,100	1×M701JAC
60Hz							
MPCP1(H-100)	150,000	6,534	6,193	55.1	102,500	47,500	1×H-100
MPCP2(H-100)	305,700	6,418	6,083	56.1	205,000	100,700	2×H-100
MPCP1(M501DA)	167,400	7,000	6,635	51.4	112,100	55,300	1×M501DA
MPCP2(M501DA)	336,200	6,974	6,610	51.6	224,200	112,000	2×M501DA
MPCP3(M501DA)	506,200	6,947	6,585	51.8	336,300	169,900	3×M501DA
MPCP1(M501F)	285,100	6,305	5,976	57.1	182,700	102,400	1×M501F
MPCP2(M501F)	572,200	6,283	5,955	57.3	365,400	206,800	2×M501F
MPCP1(M501G)	398,900	6,165	5,843	58.4	264,400	134,500	1×M501G
MPCP2(M501G)	800,500	6,144	5,823	58.6	528,800	271,700	2×M501G
MPCP1(M501GAC)	427,000	5,951	5,640	60.5	280,800	146,200	1×M501GAC
MPCP2(M501GAC)	856,000	5,931	5,622	60.7	561,600	294,400	2×M501GAC
MPCP3(M501GAC)	1,285,000	5,931	5,622	60.7	842,400	442,600	3×M501GAC
MPCP1(M501J)	484,000	5,807	5,504	62.0	326,200	157,800	1×M501J
MPCP2(M501J)	971,000	5,788	5,486	62.2	652,400	318,600	2×M501J
MPCP1(M501JAC)	664,000	<5,625	<5,332	>64.0	450,300	213,700	1×M501JAC
MPCP2(M501JAC)	1,332,000	<5,608	<5,315	>64.2	900,600	431,400	2×M501JAC