

# スチームパワー 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、CO<sub>2</sub>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ネルギー・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。



# スチームパワープラント

三菱重工は、ボイラー・蒸気タービン・発電機および総合排煙処理システムで、高効率かつ環境に優しいスチームパワープラントのトータルソリューションを提供します。



大容量発電プラント

最大120万kW級

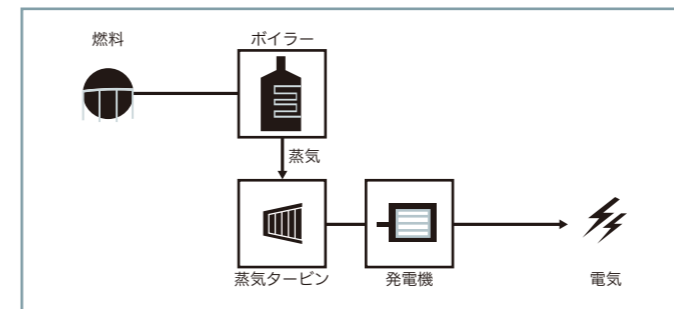
発電設備全体の設計から納入まで

お客様の相談窓口  
一本化

電力と蒸気の有効活用

コジェネレーション  
プラント

## スチームパワープラントとは？



スチームパワープラントは、高温かつ高圧の蒸気を発生させるボイラーと、その蒸気のエネルギーを回転させる力に変換する蒸気タービン、そして、その回転力を電気に変える発電機から構成されます。これらの設備に総合排煙処理システムを含めて、高効率かつクリーンな発電プラントとして、適切に設計・納入を行います。

## 大容量発電プラント

超々臨界圧発電プラントの適用により、高効率な設備を納入します

三菱重工は、高い発電効率を実現することにより、二酸化炭素の排出量を抑制する超々臨界圧および超々臨界圧火力発電分野で豊富な実績を有し、市場の高い信頼を獲得しています。この優れた技術を活用して、火力発電設備の需要増加が期待される広範囲国・地域で、電力の安定供給と環境負荷の低減に貢献していきます。

### 超々臨界圧とは

通常(大気圧=1気圧)の環境で水は100°Cで沸騰しますが、圧力を高めれば沸騰する温度が100°C以上になります。さらに圧力を高めていくと、22.12MPa(大気圧の約220倍)かつ374°Cに至り、水は沸騰せずに水蒸気に連続して変化するようになります。これを臨界点と呼び、それよりも高い状態を超々臨界圧と呼びます。さらに、この蒸気を593°C以上にした状態を、超々臨界圧と呼びます。

## 発電設備全体の設計から納入まで

お客様のご要望に合わせたご提案が可能です

三菱重工は、主要設備を設計・製作することを得意としており、お客様の窓口を一本化し、建設工事におけるお客様の調整作業を軽減することが可能です。また、必要とされる発電量・蒸気供給量に合わせて蒸気タービンおよび発電機の条件を設定し、この蒸気タービンに合わせたボイラーの条件を最適化することも可能です。

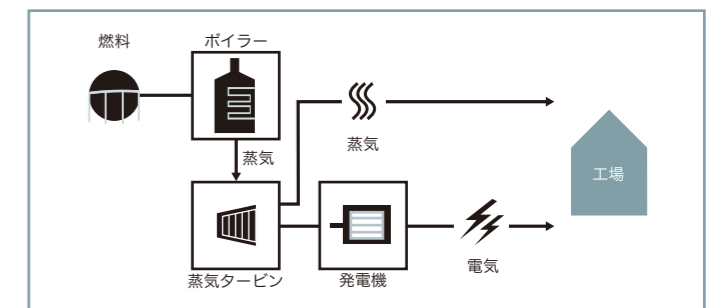
## コジェネレーションプラント

エネルギーの有効活用が可能です

企業が自社工場内の電力をまかなうために設置する発電プラントを、一般的に自家発電プラントと呼びます。この自家発電プラントは、

- 工場から出る余剰エネルギーをボイラーの熱源とする
- 蒸気タービンから抽出した蒸気を工場に送る

ことにより、限られたエネルギーを有効活用することが可能です。大容量発電プラントに比べると、比較的小容量の発電設備とはなりますが、設置される工場と合わせて、エネルギーの流れを最適化することにより、電力の安定供給と環境負荷の低減に貢献することができます。





## 最新鋭の世界最大級出力・高効率を誇る マンジュン5号機



三菱重工は、韓国の大林産業株式会社がコンソーシアムで2013年に一括受注したマレーシアの超々臨界圧石炭火力発電所の建設プロジェクトにおいて、超々臨界圧貫流変圧式ボイラー、蒸気タービン・発電機、海水脱硫プラントを含む排煙脱硫設備 (FGD) の機器一式を供給しました。これらの機器は、マレーシアの電力会社である Tenaga Nasional Berhad (TNB) が、首都クアラルンプールから北西約300kmに位置するペラ州、マンジュンに建設した100万kW級の超々臨界圧石炭火力発電所向けに納入されました。100万kW級は、単体容量としてはマレーシアで最大級となります。

本プロジェクトは、マレーシア初となる超々臨界圧石炭火力発電所向け機器供給契約案件で、三菱重工は長年の海外発電所案件の知見を活かし据付・試運転の技術指導員を派遣し、お客様の計画より3日前倒しの2017年9月28日に商業運転が開始されました。そして、翌月10月16日に主契約者である韓国/大林産業 Young Cook Kang社長より三菱重工社長宛てに感謝のレターを受領しました。「本プロジェクトで三菱重工の高い技術力が証明され、TNBからも非常に高い評価を受けている」旨が記されています。

三菱重工は、石炭火力発電分野で、高い発電効率によってCO<sub>2</sub>排出量も抑制する設備の豊富な納入実績を有しています。今後も、マレーシアおよび東南アジアを始めとする世界各地の多様な市場ニーズに的確に対応しながら、高効率な機器・システムを通じて、電力の安定供給と環境負荷の低減に貢献していきます。

### 概要

プロジェクト	マレーシア TNB Manjung Five Sdn Bhd向け Fast Track 3A Project マンジュン5号機
納入先	マレーシア TNB Manjung Five Sdn Bhd 主契約者(EPC): 韓国 大林産業
三菱重工供給機器	超々臨界圧貫流変圧式ボイラー、蒸気タービン・発電機、 排煙脱硫設備 (FGD)
蒸気タービン・発電機出力	106.5万kW×1
燃料	亜漚青炭
主蒸気/再熱蒸気温度	600°C/610°C
運転開始	2017年9月

### Huadian Zouxian石炭火力発電所7・8号機 (中国)



納入先	China Huadian Corporation
出力	100万kW×2
燃料	石炭
運転開始	2007年/2008年

### Neurath発電所 (ドイツ)



納入先	RWE
出力	110万kW
燃料	ドイツ褐炭
運転開始	2012年

### Paiton III発電所 (インドネシア)



納入先	PT Paiton Energy
出力	86.6万kW
燃料	亜漚青炭
運転開始	2012年

### 常陸那珂火力発電所1・2号機 (日本)



納入先	株式会社 JERA
出力	100万kW×2
燃料	漚青炭/亜漚青炭
運転開始	2003年/2013年

### Rajpura火力発電所1・2号機 (インド)



納入先	L&T
出力	70万kW×2
燃料	インド炭
運転開始	2014年

### Kozienice火力発電所11号機 (ポーランド)



納入先	ENEA Wytwarzanie S.A.
出力	107.5万kW
燃料	漚青炭/亜漚青炭
運転開始	2017年

# 蒸気タービン

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蒸気タービンで、  
1世紀以上にわたり世界中で電力供給に貢献。

豊富な実績  
合計3億9,900万kW以上  
(2,600基)超え

お客様ニーズに対応した  
豊富なラインアップ

高温大容量蒸気条件で  
高効率化に貢献

## 1世紀以上にわたり世界中で電力供給に貢献

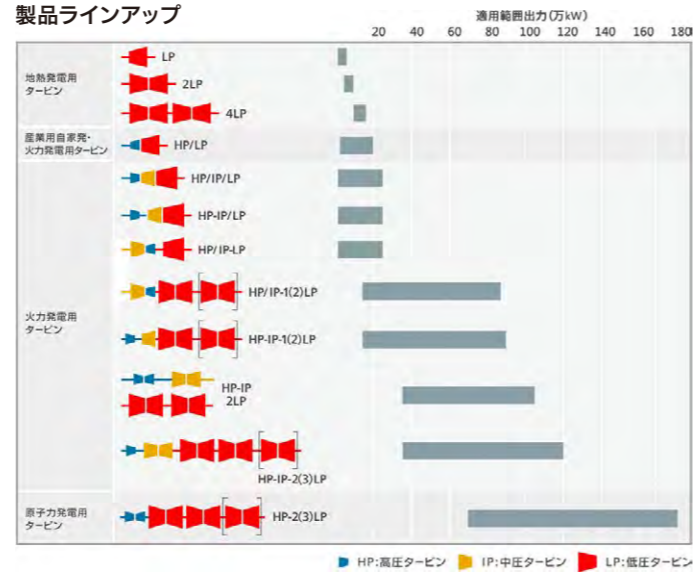
三菱重工の蒸気タービンは約1世紀にわたる歴史を持ち、自社内の検証試験設備で検証された高効率かつ高信頼性の蒸気タービンを世界中のお客様へ納入しています。三菱重工は、産業用自家発蒸気タービン、火力発電用蒸気タービン、原子力発電用蒸気タービンから、地熱発電用蒸気タービンまで幅広いラインアップをご用意しています。さまざまな用途・運用性を考慮したラインアップを揃え、お客様のニーズに応えた高効率なタービンを提供することによって、CO<sub>2</sub>削減と地球環境保全に貢献してまいります。

## 開発の歴史

三菱重工の蒸気タービンは、1世紀以上にわたる製作実績を有しています。最先端のテクノロジーをさらに深化・発展させることで、これからも世界中のお客様に選ばれ、未永く使っていただける、高い信頼性を持つ『Japan Quality』の蒸気タービンを設計・製作していきます。蒸気タービンは長年にわたり、発電プラントの中核機器として重要な役割を担ってきました。三菱重工は、世界初の蒸気温度600/620°C対応など常に最先端の技術をいち早く実用化し、お客様の期待に応えてきました。

三菱重工は、これからも技術開発をたゆみなく進め、地球環境にやさしい高効率な蒸気タービンを提供していきます。

## 製品ラインアップ



## 火力発電用蒸気タービン

### 25万kW以下

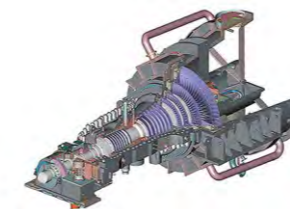
#### 概要

排気蒸気を1方向に排気するタイプの火力発電用蒸気タービンです。下向きに2分流（複分流）で排気していたものを、低圧タービンの最終翼により長い翼を適用することによって、軸方向へ排気することが可能となります。軸方向に排気することで、下向き排気よりも排気損失が減少することから、タービンは高性能化が可能です。

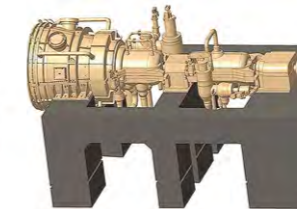
また、溶接ローター（高低圧ローター）の適用により高圧タービン/中圧タービン/低圧タービンを1車室に収められ（単車室再熱蒸気タービン）（SRT: Single cylinder Reheat Turbine）、タービン構造をコンパクト化することにより、建屋、基礎、据付などの建設費を低減できる上に、部品点数が少ないため定期検査期間は短く、予備品も少ないことで保守管理上も経済的になります。

#### 仕様

車室数	1車室（高圧/中圧/低圧タービン） 2車室（高圧/中圧タービン - 低圧タービン） 2車室（高圧タービン - 中圧/低圧タービン）
出力	～250,000 kW
主蒸気	～16.5MPa / ～600°C
再熱蒸気	～600°C
回転速度	3000 min <sup>-1</sup> (50Hz) / 3600 min <sup>-1</sup> (60Hz)



1車室SRTタービン  
(高圧/中圧/低圧タービン)



2車室タービン  
(高圧タービン - 中圧/低圧タービン)

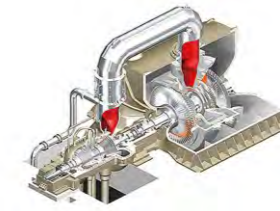
### 120万kW以下

#### 概要

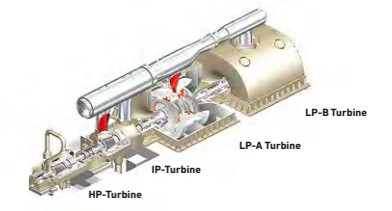
タービン排気条件に応じて、最適な低圧タービンの最終翼長および車室数を選択します。高圧タービンと中圧タービンを一体化した高中圧一体車室の採用でコンパクト化し、据付面積や部品点数を低減することもできます。タービン構造のコンパクト化は、建屋、基礎、据付などの建設費を低減できる上に、部品点数が少ないため定期検査期間は短く、予備品も少ないことで保守管理上も経済的になります。スチームパワー発電においては、プラント熱効率向上のため、ボイラー給水加熱用に最大9箇所からの抽気を行うことが可能です。タービン排気方向は、下向き排気だけでなく横向き排気にも対応できます。

#### 仕様

車室数	2車室（高圧/中圧タービン - 1×低圧タービン） 3車室（高圧/中圧タービン - 2×低圧タービン） 3車室（高圧タービン - 中圧タービン - 1×低圧タービン） 4車室（高圧タービン - 中圧タービン - 2×低圧タービン） 5車室（高圧タービン - 中圧タービン - 3×低圧タービン）
出力	～1,200,000 kW
主蒸気	～28.0MPa / ～600°C
再熱蒸気	～630°C
回転速度	3000 min <sup>-1</sup> (50Hz) / 3600 min <sup>-1</sup> (60Hz)



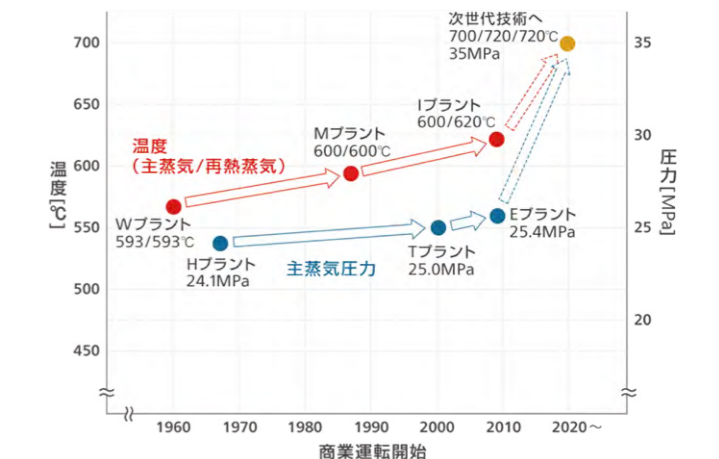
2車室タービン  
(高圧/中圧タービン - 1×低圧タービン)  
GTCC用 (31.2万kW)



4車室タービン  
(高圧タービン - 中圧タービン - 2×低圧タービン)  
コンベンショナル用 (100万kW)

## 蒸気条件の向上

三菱重工は、これまでタービンの技術開発により蒸気条件を向上させ、スチームパワープラントの高効率化に着実に貢献しています。蒸気温度の高温化については、数多くの600°C級の超高温大容量蒸気タービンを製作・納入し、現状、再熱620°Cを商用機に適用しています。さらに蒸気条件700°C級、35MPaを目指すなど、三菱重工は、次世代技術の開発に現在もたゆまぬ努力を続けています。





# ボイラー

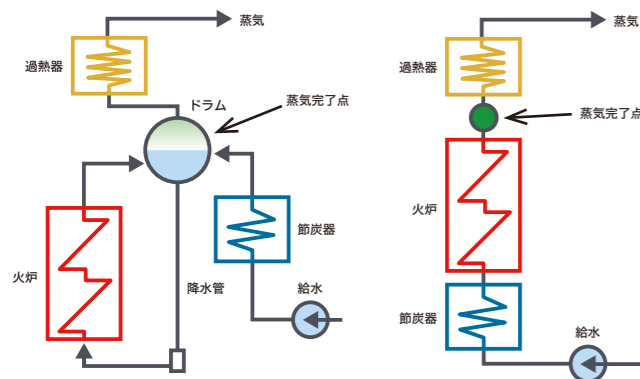
長年培ってきた安定した品質と、最先端の技術開発で、  
世界最高の品質・性能のボイラーを世界中に  
納入しています。



発電事業用ボイラーは、石炭、石油、ガスなどの化石燃料に含まれる化学エネルギーを燃焼反応により熱エネルギーへと変換し、さらに発電用蒸気タービンに供給するための高温高圧の蒸気の熱エネルギーへと変換する機器であり、火力発電プラントを構成する主要機器の一つです。大きなものと高さ80メートル、重量13,000トン、部品点数100万点を超えるものもあります。

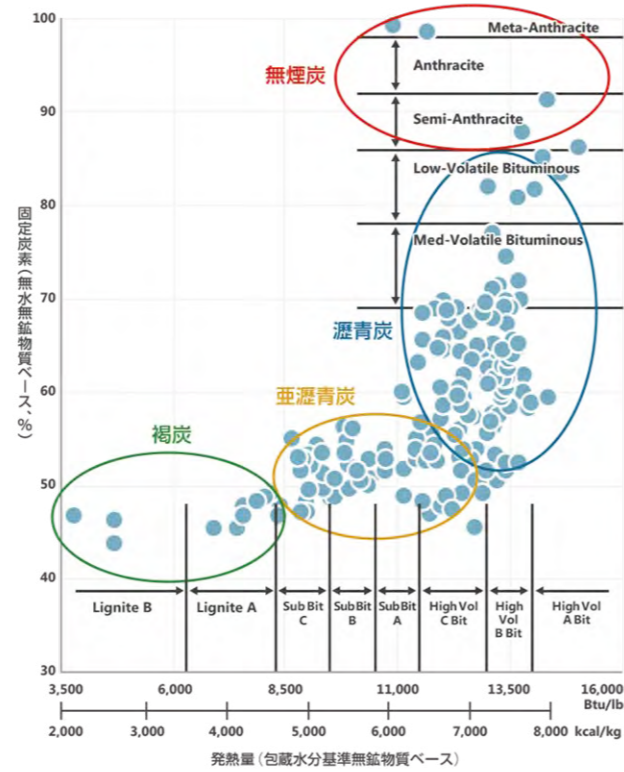
## ボイラーの種類

発生させる蒸気の量、圧力、温度や使用する燃料によりさまざまな形式のボイラーが作られてきましたが、貫流ボイラーと循環ボイラーの二種類に大別されます。ボイラーの系統には、もっとも厳しい条件にさらされる部位として、燃焼場の周囲を取り囲む火炉があります。この他には所定の温度まで蒸気を過熱する過熱器、ボイラーへの給水を予熱する節炭器があります。循環ボイラーでは、この火炉と呼ばれる部位の信頼性を確保するために、常に火炉系統へ水を供給する蒸気ドラム(巨大なタンク)を設置しています。一方、貫流ボイラーではこの蒸気ドラムを廃止し、よりシンプルな構成としています。



## 石炭の種類

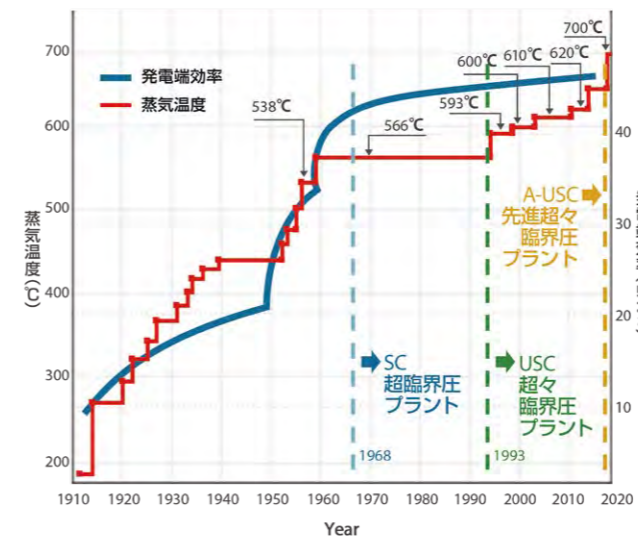
石炭は炭素量の多い無煙炭から、瀝青炭、亜瀝青炭、まだ若い石炭である褐炭と、さまざまな種類があります。これらの炭種に合わせた最適な発電設備が求められており、三菱重工は無煙炭から褐炭まで、炭種に応じて最適な発電設備を供給することができます。



# 貫流ボイラー

## 概要

貫流ボイラーは、循環ボイラーと比較して高い圧力と温度の蒸気を発生させることが可能です。スチームパワープラントにおいては、蒸気条件(圧力と温度)を上げることにより、発電設備の効率向上が可能となり、燃料の削減、CO<sub>2</sub>発生量低減をはかることができます。三菱重工においては、1968年に初の超臨界圧貫流ボイラーを、また、1981年に初の超臨界圧変圧貫流ボイラーを納入。さらに蒸気条件の向上をはかり、1993年には初の超々臨界圧変圧貫流ボイラーを納入しました。超臨界圧および超々臨界圧条件のいずれにおいても多数の納入実績があり、信頼性の高いボイラーを提供します。



## 2パスボイラー

多様な燃料での燃焼が可能で、高効率低排出を成し遂げます。

## 機能

- 低燃費
- 排出ガス低減(CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ダスト、石炭灰)
- 付属設備の消費電力の低減
- 高信頼性

## 多様な燃料

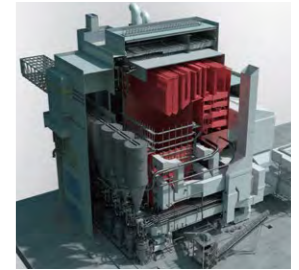
- 固形燃料: 瀝青炭、亜瀝青炭、褐炭、無煙炭、石油コークス、バイオマス
- 液体燃料: 重油、減圧蒸留残油、SDA(原重油や溶剤脱れき残渣)ピッチ
- 気体燃料: 天然ガス、液化石油ガス、高炉ガス、コークス炉ガス、BTU値の低い残渣ガス

## 特長

- <火炉>
- 燃料に合わせて最適化
- 高燃焼効率のための多様なバーナー方式
- <バーナー>
- NO<sub>x</sub>排出と未燃炭素分の低減
- 最先端の燃焼技術を開発
- <ミル>
- 低消費動力、高効率性能の堅型ミル
- 高耐久性、容易なメンテナンス

## 仕様

出力	~107万kW
主蒸気流量	~3,210ton/hr
蒸気温度	~600/610°C
蒸気圧力	~31MPa



## タワーボイラー

多様な燃料に対応し、特に褐炭のような低品位炭でも良く稼働します。

## 機能

- 褐炭や低発熱量炭の燃焼における確かな技術と高信頼性

## 多様な燃料

- 褐炭、亜瀝青炭、瀝青炭、バイオマス

## 特長

- <火炉>
- 多様な燃料の状態に合わせて最適化
- 省スペース
- <バーナー>
- NO<sub>x</sub>排出と未燃炭素分の低減
- ヨーロッパの火力発電の経験に基づく最新設計
- <ミル>
- 褐炭や低発熱量炭の燃焼のための粉碎システム
- 低消費動力、高効率性能の堅型ミル



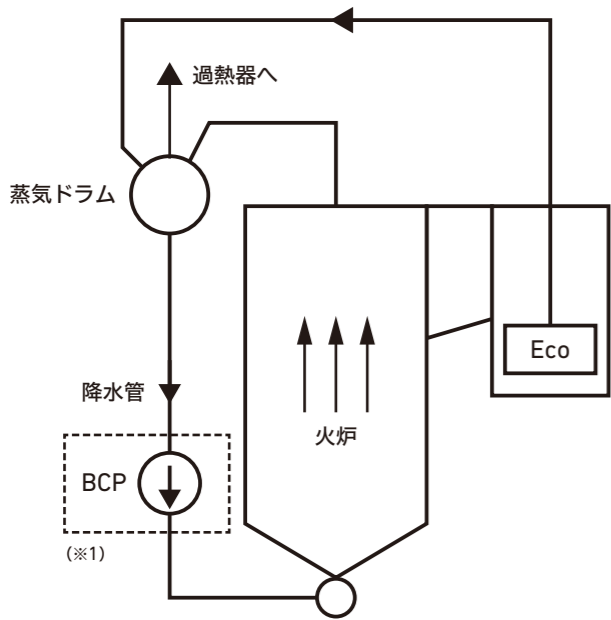
## 仕様

出力	~110万kW
主蒸気流量	~2,939ton/hr
蒸気温度	~600/620°C
蒸気圧力	~30.5MPa



## 循環ボイラー

水の循環は、降水管中の水の密度と火炉水壁中の水・蒸気混合流体の密度差によって生じます。この密度差の大きい低圧ボイラーでは、循環力が大きく高い循環量が確保できます。しかしながら、高圧になるにしたがって両者の密度差が減少し、十分な循環量を確保することが難しくなります。そのため、降水管にポンプを設置し循環力を補っています。密度差のみで水を循環させるタイプを自然循環ボイラー、ポンプを設置しているタイプを強制循環ボイラーと呼んでいます。



強制循環ボイラー流体経路図(概略)

(※1) BCP(Boiler Circulation Pump: ボイラー循環ポンプ)  
BCP無ければ、自然循環ボイラー流体経路図

## 気泡型流動床ボイラー(BFB)

気泡型流動床(BFB: Bubbling Fluidized Bed)ボイラーは、粉碎処理が困難な燃料や難燃性の燃料でも対応可能なボイラーで、高温で流動する砂の中に燃料を投入し燃料を効率的に燃焼できます。三菱重工のBFBボイラーは、1984年の商用第1号機を納入以来、多数の実績があります。発電出力や使用するバイオマス性状に応じて最適な流動床ボイラー形式を選定し、多様なニーズに対応することが可能です。

### 多種多様な燃料に対応

BFB燃焼では、大きな熱容量を持つ砂などの流動媒体により、高水分な燃料や難燃性の燃料まで幅広く安定して燃焼させることが可能です。三菱重工のBFBボイラーでは、石炭だけでなく、木屑、建築廃材などの木質系バイオマスから廃タイヤなどの産業廃棄物系まで多種多様な燃料を利用できます。

### 異物の安定した排出

流動床の底部には、燃料中の異物量に応じたベッドドレン抜出方式を採用すると同時に、適切な炉底形状および空気ノズル形状を採用することにより、燃料とともに流動床に持ち込まれる異物を安定して系統外へ排出し、流動床内部での堆積に伴う流動不良を防止します。

### 低い環境負荷

流動床燃焼では、およそ900°C以下の低い温度で十分に燃焼させることができるので、窒素酸化物(NOx)などの大気汚染物質の低減が可能です。

## ソーダ回収ボイラー

ソーダ回収ボイラーは、製紙工場のパルプ製造プロセスで副生される黒液を燃焼させるバイオマスボイラーです。黒液は、木質チップ由来で再生可能エネルギーと位置付けられている燃料です。ソーダ回収ボイラーは、この黒液を燃焼させることで得られる熱エネルギーの有効利用だけではなく、パルプ製造過程で再利用するナトリウム成分(ソーダ成分)の回収も行っており、パルプ製造工場の中で重要な役割を担っています。三菱重工では、このようなソーダ回収ボイラーを1951年に納入して以降、半世紀以上にわたって100機以上納入しており、この分野でのリーディングカンパニーであり続けています。

### 高圧高温蒸気条件

三菱重工は、1983年に世界で初めて10MPa×500°Cの高い圧力・温度の蒸気を発生させるソーダ回収ボイラーを開発・納入しました。高圧高温の蒸気を生み出すことにより、タービン発電設備での発電効率向上に貢献しています。現在までに納入した最高の蒸気条件は、蒸気圧力13.3MPa、蒸気温度515°Cであり、これは現在もソーダ回収ボイラーでの世界最高の蒸気条件です。

### 腐食対策

ソーダ回収ボイラーでは、他の化石燃料焼きボイラーよりも火炉壁管や過熱器管が厳しい腐食環境に晒されています。このような厳しい腐食環境は、燃料である黒液に含まれる塩素、カリウム、ナトリウム、硫黄分によるもので、三菱重工の回収ボイラーでは、次のような腐食対策を採用することで、ボイラー設備の信頼性・耐久性の向上をはかっています。

- 火炉壁管 25Cr肉盛による被覆
- 過熱器管 25Cr鋼管の採用

### 低NOx燃焼

従来の1次～3次空気に4次空気を加えた多段空気投入方式を採用し、火炉内で局部的かつ空気過剰な領域をなくすことにより、低NOx燃焼が可能です。

## 循環流動層ボイラー(CFB)

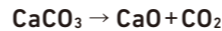
循環流動層(CFB: Circulating Fluidized Bed)ボイラーは、気泡型流動床(BFB)ボイラーよりも火炉(コンバスタ)内のガス速度(空塔速度)を上げ、粒子・ガスの混合を活発化し、燃焼反応の向上をはかったボイラーです。また、火炉から飛び出す流動砂および燃料をサイクロンで捕集し、再び火炉へ循環させることにより燃焼効率の向上をはかっています。

### 多種多様な燃料に対応

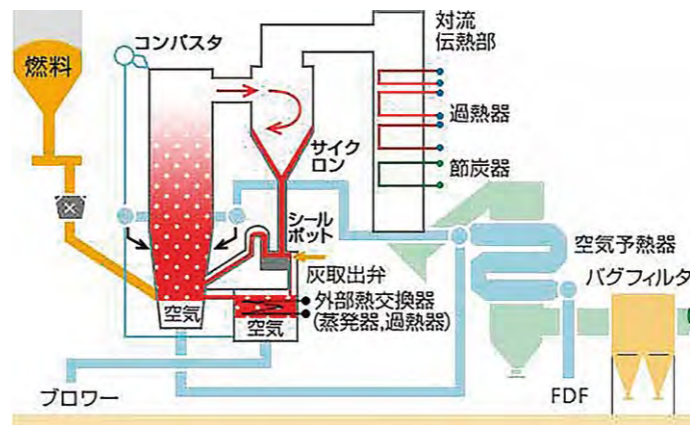
三菱重工の循環流動層(CFB)ボイラーは、瀝青炭、褐炭、無煙炭、石油コークス、木質バイオマス、製紙スラッジ、RPF(Refuse Paper & Plastic Fuel)、廃タイヤなど広範な燃料を燃焼可能であり、かつ高い燃焼効率を有します。

### 低い環境負荷

火炉内での燃焼温度は、一般的なボイラーが1,400～1,500°Cであるのに対し、CFBでは800～900°Cと低いため、サーマルNOx(燃焼温度依存の発生NOx)の生成量を抑制できます。さらに二段燃焼の採用により、NOx発生量は100ppm以下とすることが可能です。また、火炉内に石灰石を供給する場合には、以下の反応式で示す炉内脱硫を行うことが可能です。



なお、三菱重工のCFBボイラーでは、流動床式熱交換器(FBHE: Fluidized Bed Heat Exchanger)へ供給される粒子量を制御することにより、部分負荷になった場合や燃料の発熱量が変化した場合でも、炉内温度を燃焼性や炉内脱硫に対し最適化することが可能です。

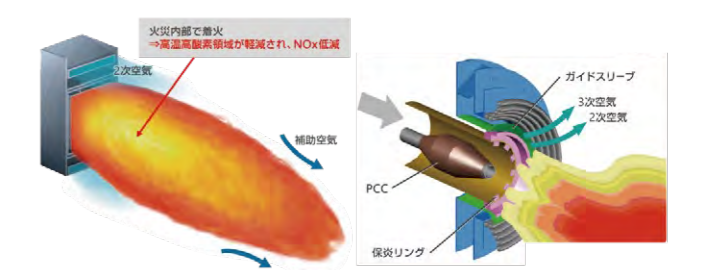


## 技術情報

三菱重工は、高い信頼性と環境負荷の低減を実現する独自のボイラー技術を有しています。

### 低NOxバーナー

三菱重工では、燃焼方式に応じてバーナーを使い分けており、石炭焼きボイラーにおいて旋回燃焼方式ではPMバーナーを、対向燃焼方式ではNRバーナーを採用しています。燃焼性改善のコンセプトは、PM/NRどちらのバーナーも同じであり、濃燃料火炎部での着火性を改善し、淡火炎部での緩やかな燃焼を行うことでNOxの発生を低減しています。また、着火性を改善することで、二段燃焼によるNOx低減効果の向上にも寄与しています。



### 燃焼試験設備

三菱重工は、世界最大級の燃焼試験設備を有しており、この活用によって低NOx(窒素酸化物)、低未燃分、低空気過剰率など、ボイラー性能の根幹をなす燃焼技術のさらなる高度化を実現しています。三菱重工の燃焼試験設備は最先端の技術開発を支援するため、特に以下の2点の機能の強化をはかっています。

1. 実際のボイラーにおける火炎内の燃焼現象を正確に再現する機能
2. 高度な計測装置により流動および燃焼を高精度に評価するための機能



燃焼試験設備(4t/h)

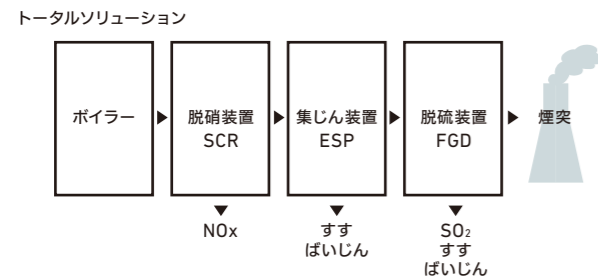


# 総合排煙処理システム

三菱重工は排煙脱硝装置(SCR)、排煙脱硫装置(FGD)、電気集じん装置(ESP)などの総合排煙処理システム(AQCS)技術を持つ世界でも唯一の会社であり、お客様のさまざまなニーズに対応するトータルソリューションを提供します。

## 世界最高の浄化レベルを実現している日本の環境技術で世界の環境課題の解決に貢献

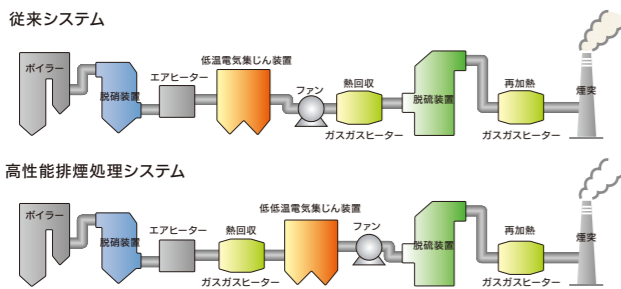
三菱重工は、総合排煙処理システム(AQCS: Air Quality Control Systems)を一貫して提供できる世界唯一のメーカーです。半世紀以上前からSCR・ESP・FGDの開発・製作を行っており、その長い歴史の中で培った高性能、高信頼性の最新技術で火力発電設備から排出される大気汚染物質を徹底的にクリーンにします。



### 高性能排煙処理システム

三菱重工は、SCR、低低温ESP、FGD、ノンリーク式ガス-ガスヒーター(GGH)で構成される新しい排煙処理システムを開発しました。この新システムにより効率的な排煙処理が可能となり、厳しい規制においてもばいじんを十分に除去できるようになりました。

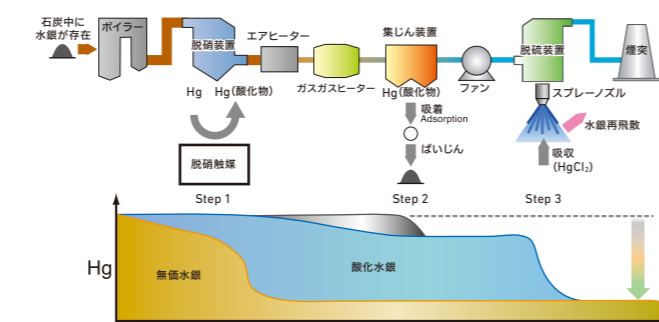
ESPの後流にGGHを設置する従来のフローを見直し、ESP上流にGGHを設置するフローを新たに採用することで、ESPの除じん効率の飛躍的な向上を実現します。



### 世界的な水銀除去の要望に対応

三菱重工は、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>、ばいじんの除去技術だけでなく、世界的な要望に応え、さらに複数の大気汚染物を除去すべく、水銀制御技術も有しています。

### 水銀除去メカニズム



#### ステップ 1

脱硝触媒を用いて、ガス状の金属水銀(Hg<sub>0</sub>)を酸化させます。

#### ステップ 2

ばいじんに吸着後中和させて、電気集じん装置またはバグフィルターで回収します。

#### ステップ 3

湿式石灰石・石膏法脱硫装置により、酸化された水銀(HgCl<sub>2</sub>)を吸収、除去します。

### 水銀除去技術の中のコアとなる技術

• **水銀酸化触媒 (TRiple Action Catalyst; TRAC™)**  
TRAC™は従来の触媒と同様に、SO<sub>2</sub>からSO<sub>3</sub>への酸化速度の上昇を抑制しつつ、高い水銀酸化率・NO<sub>x</sub>還元率を実現できます。

• **ハロゲン注入**

脱硫装置の上流でHClやNH<sub>4</sub>Clなどのハロゲンを注入することによって、脱硝装置における水銀酸化を促進します。そして、酸化された水銀は脱硫装置の吸収塔で吸収・除去されます。

• **水銀再飛散防止技術**

吸収塔中の石膏スラリーの酸化還元電位を特定の範囲で制御することにより、吸収塔で一度捕集された水銀が再飛散することを防止します。

## SCR <排煙脱硝装置>

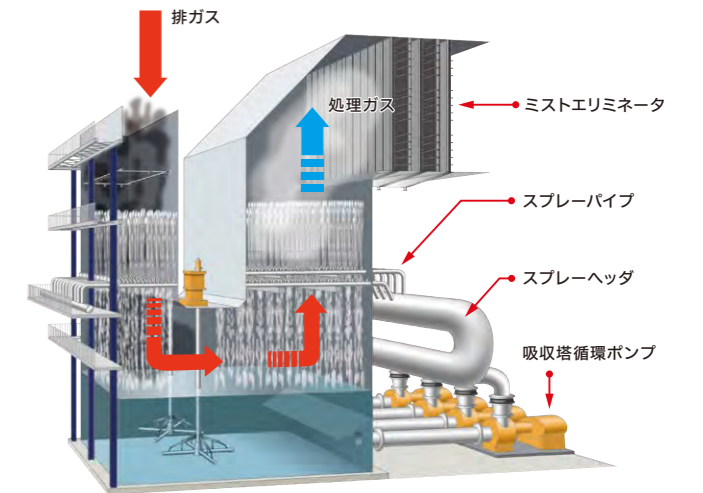
### SCRのNO<sub>x</sub>除去方法

三菱重工のSCRは、排ガス中の窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)に対し、アンモニア(NH<sub>3</sub>)を用いて、触媒の働きにより無害な窒素(N<sub>2</sub>)と水蒸気(H<sub>2</sub>O)に分解します。このプロセスにおいて、有害な副生物は発生しません。脱硝触媒を用いた脱硝装置はメンテナンスが容易であり、安定した運転が可能です。

### 特長

- 三菱重工は、世界中に1,400基を超える脱硝装置を納入し、トップシェアを誇っています。三菱重工の脱硝装置には、次のような特長があります。
- 高い脱硝率(全ての化石燃料に対し、排出NO<sub>x</sub>濃度を規定値以下に低減。NO<sub>x</sub>濃度一桁まで対応可能。)
- ボイラー/排熱回収ボイラー(HRSG: Heat Recovery Steam Generator)と協調し、統合的にNO<sub>x</sub>を低減。
- お客様のニーズに応じた脱硝触媒の最適化。
- 水銀、SO<sub>3</sub>、ダイオキシンなどの多様な汚染物質を抑制可能。
- 触媒のメンテナンスインターバルの長期化。

- 最高100パーセントの脱硫装置稼働率実績を有し、信頼性の高い運用が可能。
- 高効率な吸収塔により設備および運転コストを低減。



## ESP <電気集じん装置>

ばいじんを捕集するための先進的な電気集じん装置の技術は、費用対効果の高い大気環境保全を提供します。三菱重工の電気集じん装置(ESP: Electrostatic Precipitator)は、火力発電プラントや製鉄プラント、各種産業用プラントなど、幅広い分野での大気環境の保全に貢献しています。

### 電気集じん装置の基本原則

- 放電極と集じん極間に高電圧をかけるとコロナ放電によってイオンが発生します。
- イオンにより帯電したガス中の粒子(ばいじん)は、静電気引力によって集じん極へ引きつけられて付着・堆積します。
- 堆積したばいじんはハンマによる槌打(乾式方式)やブラシ搔落し(乾式方式)、スプレーフラッシングによる洗浄(湿式方式)によりホッパー内へ排出されます。



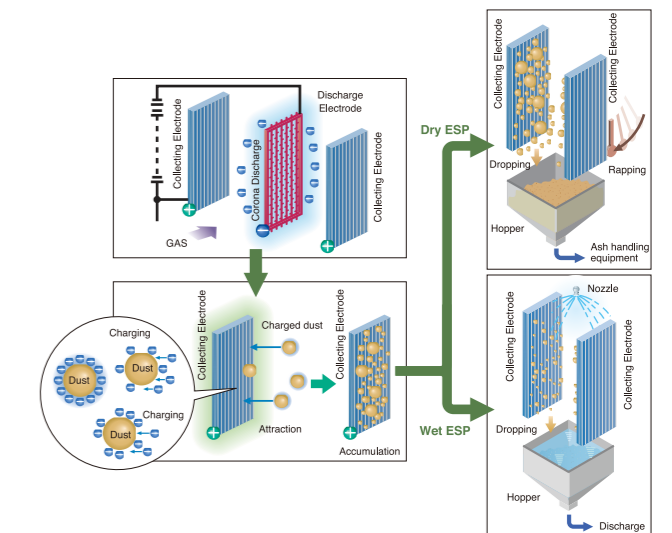
## FGD <排煙脱硫装置>

三菱重工の先進的な排煙脱硫装置は、火力発電所が今日の厳しい環境規制に適合することを可能にします。

三菱重工のFGDは、ボイラー排ガスから二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)を取り除き、浄化するための装置です。私たち三菱重工は、脱硫方式の中でも低コストで大容量の処理が可能な石灰石・石膏法と海水法をラインアップし、大気汚染防止に貢献しています。

### 特長

- 三菱重工は、国内外に300基を超える脱硫装置を納入しており、以下の特長により大きなシェアを獲得しています。
- あらゆる種類の化石燃料に対し、排出規制に見合う高い脱硫性能を実現。
- 脱硝装置・電気集じん装置などの環境装置と連動して、複数の汚染物質を除去。



### 集じん性能とばいじん特性

集じん特性把握のため、各種ばいじん物性およびガス条件を事前に調査し、豊富な実績によるノウハウを基に評価を実施し、基本計画に反映しています。



# 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。

## スチームパワーの脱炭素化ソリューション

三菱重工は化石燃料を使った火力発電所におけるCO<sub>2</sub>排出量削減のため、カーボンニュートラルとなる植物由来のバイオマス燃料や燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出しないアンモニア燃料への転換、廃棄物混焼化への改造技術などニーズに応じたさまざまな燃料転換技術を有しています。また、バイオマスを含む多様な燃料へのAIを活用した自動最適運転

調整、高性能翼や高度なシール技術を採用した高効率タービンへのアップグレードやCO<sub>2</sub>を吸収・固定する技術により、CO<sub>2</sub>排出量のネット・ゼロに向けて、サステナブルで安定した発電設備の技術開発を進めています。

## 脱炭素化

### 既設プラントの燃料転換

- バイオマス混焼/専焼
- アンモニア混焼/専焼

### CO<sub>2</sub>の回収・有効利用・貯蓄

- CCS/CCUS<sup>(※)</sup>

(※) CCS: Carbon dioxide Capture and Storage  
CCUS: Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage



バイオマスプラント事例  
デンマーク/Avedore #1/250MW

### 効率改善

- タービン効率向上

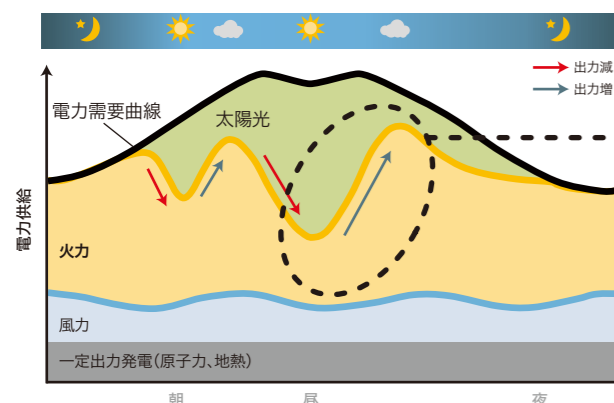
## 再生可能エネルギーの普及に対応するソリューション

気候変動への関心の高まりとともに太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーの普及が進んでいます。これら再生可能エネルギーによる発電量は季節や天候に大きく左右されることから、スチームパワーには再生エネルギーの変動と電力需要のギャップを埋める役割が求められています。

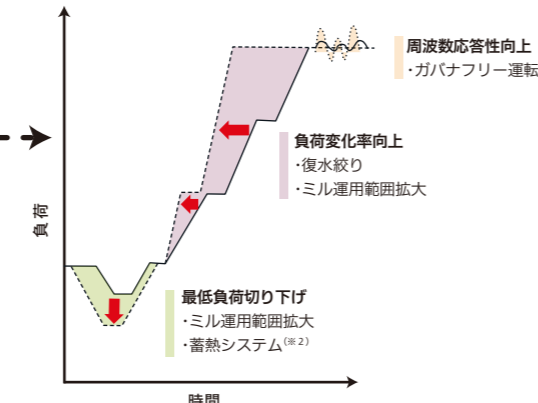
そのためには、従来のようなベースロード運転から、急速な負荷変化

への応答や最低負荷をさらに切り下げての運転が必要となります。三菱重工では、長年蓄積された技術と経験から、プラントシステムや設備の特性に配慮した、スチームパワー向けのソリューションを提案しており、再生可能エネルギーの普及に合わせた、既設プラントの運用性改善を支援します。

## 電力の1日の需要/供給イメージ<sup>(※1)</sup>



## 火力発電の負荷調整



(※1) “日本のエネルギー2019”を編集し作成。資源エネルギー庁。(https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy\_in\_japan2019.pdf)

(※2) プラント極低負荷運転時のボイラー出熱を蓄熱体で回収し、負荷上昇時に利用して起動停止に伴う損失を削減するシステム

# メンテナンス効率化ソリューション

## 定期検査および改造工事の工期短縮

三菱重工は、お客様の工事費用削減のために、定期検査や改造工事における工期短縮に取り組んでいます。

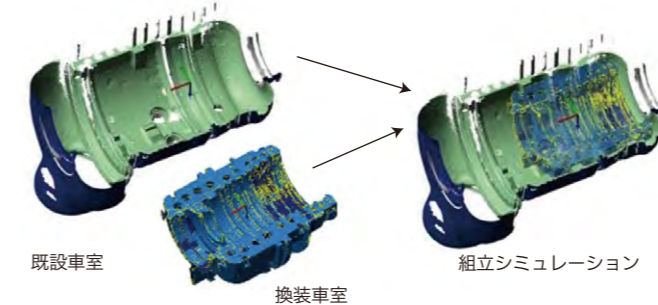
### 定期検査の工期短縮

三菱重工は、工期短縮のための設備改造を提案しています。例えばボイラー内の高い位置に設置する中間足場設備を定期検査の足場として利用することにより、検査期間の短縮が可能となります。

### 3D計測技術活用によるタービン改造工事期間の短縮

内部車室換装工事における外部車室などの既存流用部品の3D計測を行い、これを元にCADによる3Dモデルを作成。既に作成済みの内部車室などの換装部品の3Dモデルと組合せ、干渉の疑いがあるわずかなクリアランスを検出し、組立前に修正加工を実施して速やかな組立を可能とします。また、車室組立時の3D計測や事前の応力解析を基に、組立時の状態を事前にシミュレーションすることで改造工事期間の短縮を図ります。

## 換装時の干渉確認例



## トレーニングサービス

三菱重工は、熟練の技術者監督の下で、お客様のニーズに合わせたトレーニングを提供しています。実際に発電所で使用していた蒸気タービンの実機を用いた技術研修、プラント運転を模擬的に体験できるシミュ



蒸気タービン技術研修センターでの実機を用いた研修の様子

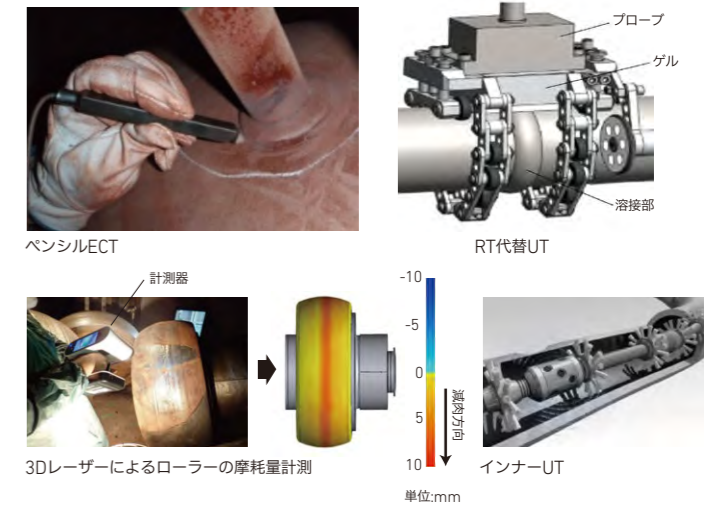
## 特殊検査技術

火力発電プラントの停止期間短縮による運転停止期間の削減ニーズに応えるため、三菱重工は検査期間の短縮や不適合未然防止に寄与する特殊検査技術を開発しています。足場設置を不要とするドローンによるボイラー内部点検技術、表面スケールの除去が不要なため検査個数が膨大な管台でも効率良く表面欠陥が検出できるペンシルECT<sup>(※3)</sup>、放射線検査のような管理区域が不要なため並行作業が可能となる溶接後の検査技術(RT代替UT)などにより、工期短縮を支援します。また、3Dレーザーによるミルの摩耗量計測や、専用センサーを管内部に通して管の減肉状況を全長にわたって検査するインナーUT・インナーECTなどにより、ボイラーの健全性を確認します。

(※3) ECT:Eddy Current Test

## 遠隔支援

先進的なデジタルツールを活用し、お客様の定期検査や工事を当社エキスパートが遠隔で支援します。



レーター研修、座学による講義などを通して、お客様の技術員/運転員の育成をサポートします。



運転員のトレーニング



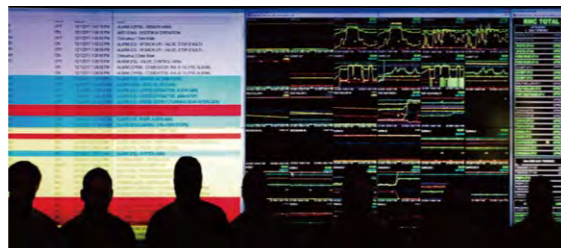


## TOMONI™は、高精度なデータ分析活用とお客様との協働により、設備価値向上や脱炭素を含む環境負荷低減において高い効果を発揮する、三菱重工の発電向けインテリジェントソリューションです。

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。

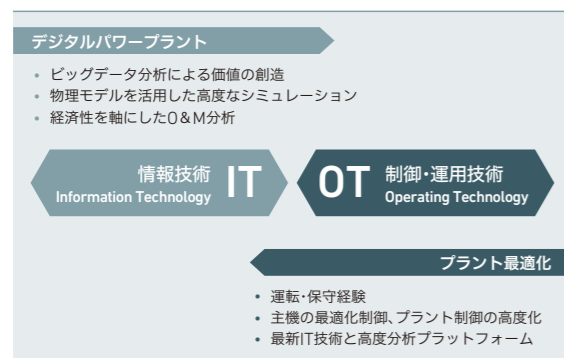
### TOMONIの特長

- デジタルイネーブラに支えられた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。



### 火力発電設備メーカーの知識に基づくインテリジェントソリューション

最新のAIテクノロジーと火力発電設備メーカーである三菱重工のナレッジを融合することにより、お客様のニーズに即した最適な運用を実現します。



### TOMONIソリューション・機能とその一例

	<b>O&amp;M最適化</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トラブル管理予防支援</li> <li>余寿命把握による予知保全</li> </ul>
	<b>性能向上</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最適化制御による効率向上</li> </ul>
	<b>運用性改善</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料変化・負荷変動への対応</li> </ul>
	<b>デジタルイネーブラ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PIシステム構築支援</li> <li>サイバーセキュリティ支援</li> </ul>



TOMONIは三菱重工株式会社の子会社である三菱重工インテリジェントソリューションズ株式会社の商標(商標登録申請中)です。

### 性能・信頼性向上ソリューション

お客様の運転データ、メンテナンスデータおよび、メーカーならではの設計データや類似プラント情報を活用し、性能、信頼性を向上するメンテナンスを提供します。

- 性能維持、改善
  - 運転データ分析による性能劣化状況の把握、予測が可能
  - 性能劣化の要因や内訳を推定し、次回定検での推奨対応項目を提案
- 信頼性向上、安定運転
  - 重要部品の余寿命や機能低下を予測
  - 信頼性を向上させるための最適な部品交換、改造を提案

### ボイラスマートインスペクション

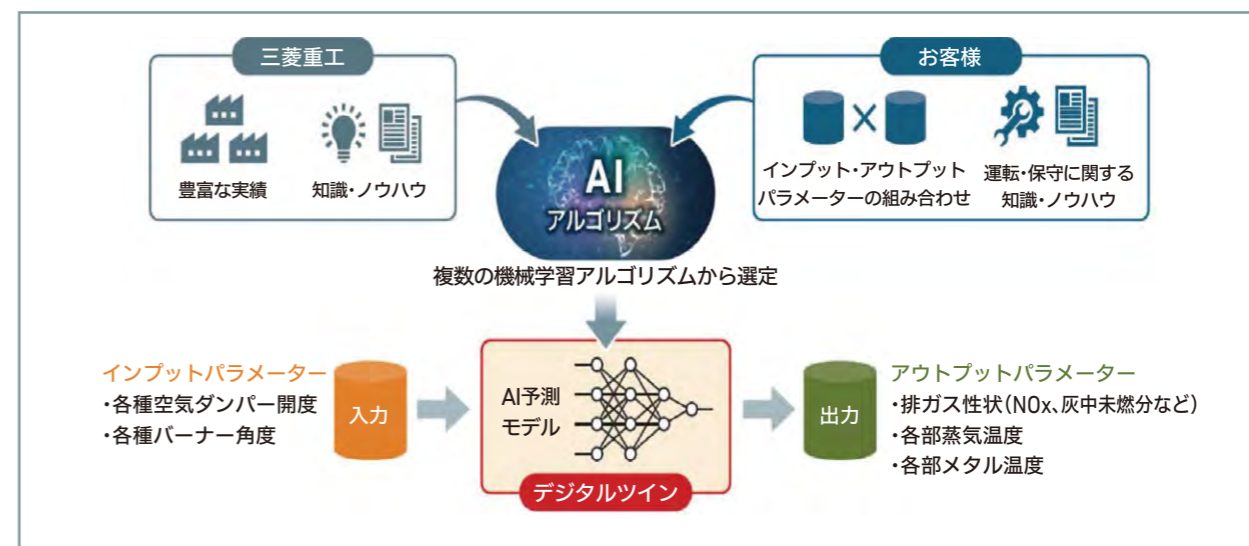
今日では技能伝承などの課題もあり、単に定期検査の計画を支援するだけでなく、人材育成や属人化を防ぐなど保全体制そのものについて、幅広く支援することが求められています。本サービスでは、図面や履歴資料の検索や可視化、オンライン教材などデジタル技術を最大限に活用し、お客様の人材育成、省力化、および検査計画を支援します。また、三菱重工のエンジニアとの対話を促し、設備課題の解決まで幅広く支援します。



### AIによる運転最適化ソリューション

CO<sub>2</sub>削減のための高効率運転やカーボンフリー燃料の混焼などお客様の運転に対するニーズは変化かつ多様化しております。通常、お客様ニーズに沿った運転最適化を実施するためには、都度ベテラン

エンジニアを派遣して燃焼調整を実施する必要がありますが、AIを活用することでお客様のニーズに合わせた最適設定が可能になります。



### 運転、運用の課題に対するソリューション

火力発電設備メーカーとしての技術と経験に基づき、お客様の運転、運用のさまざまな課題に対して、ソリューションを提供します。

#### 遠隔監視および運転、運用最適化サービス

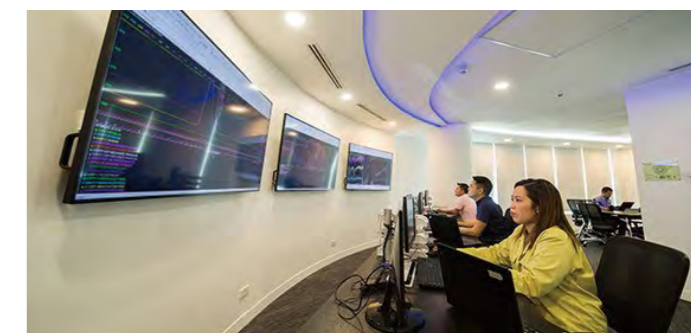
TOMONI HUB (Analytics and Performance Center)にて、プラント全体を24時間365日監視できる体制を構築しております。発電所における現場の負担軽減を図るべく、試運転時から納入後まで、三菱重工のエキスパートによる監視や保守についてのサポートを行います。監視に際しては、最先端のICT(情報通信技術)、インテリジェントソリューションTOMONIを駆使した運転データの管理のみならず、火力発電設備メーカーとしての知見を活かした性能診断、異常診断、AIを用いた監視を駆使し、高効率運用、安定運転に寄与する多様なソリューションを、お客様のご要望に応じて提供していきます。

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、これらを含めて、長期保守契約(\*)を提供していきます。

(\*) 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。



長崎 TOMONI HUB



アラバ(フィリピン) TOMONI HUB