

AQCS

総合排煙処理システム



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。

AQCS

半世紀以上の実績により培われた、三菱重工の先進的なAQCS(Air Quality Control Systems)は、未来の環境規制をも見据えた技術です。



SCR

ESP

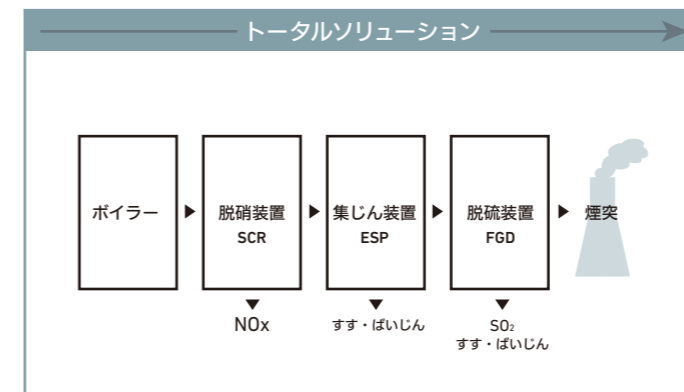
FGD

AQCSとは?

火力発電所から排出されるばいじん(PM)、硫黄酸化物(SOx)が大気中に放出されると酸性雨や健康被害などの原因となることから、発電所や工場ではこれらの大気汚染物質を除去する環境装置(排煙脱硝装置(SCR)、電気集じん装置(ESP)、排煙脱硫装置(FGD))が欠かせません。諸外国においても、環境規制が益々強化されています。この問題を総合的に解決するため、今、大きな期待を寄せられているのが、排煙処理技術のパイオニアとして国内外の環境保全に貢献してきた、私たち三菱重工が有する総合排煙処理システム、AQCS(Air Quality Control Systems)なのです。

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、AQCS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。三菱重工の先端技術は、信頼のおける排煙処理と環境対策が不可欠な多くの産業を支えています。そしてまた、世界中のお客様の益々複雑化するニーズにお応えできるよう、世界最高峰の環境技術をさらに磨き続けていきます。



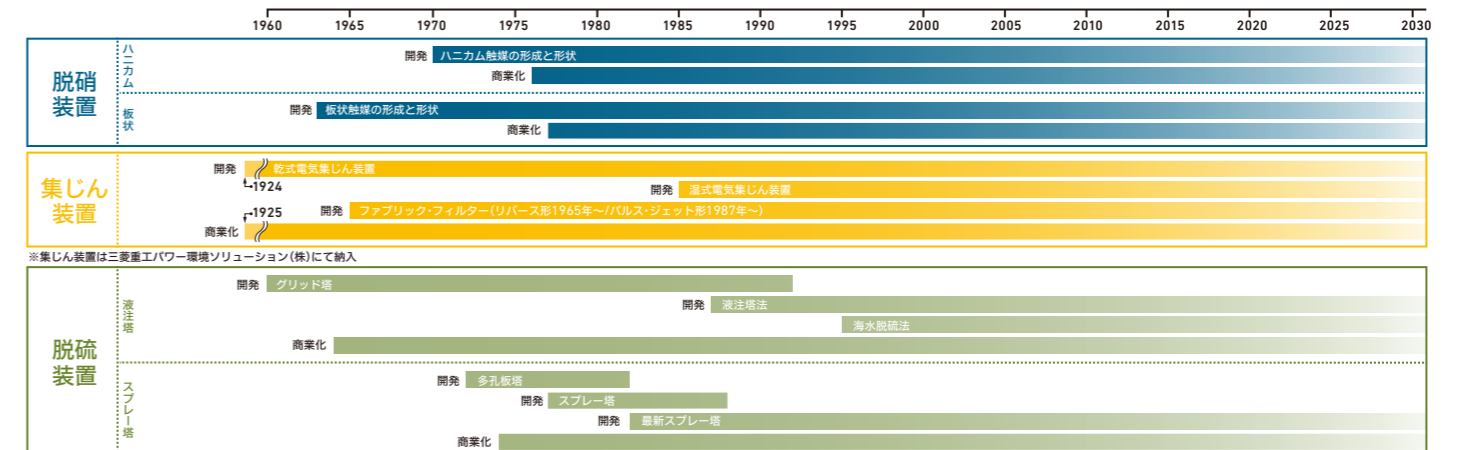
環境装置 研究開発

現在、世界的な環境意識の高まりに伴い、各国で火力発電所からの排出ガスに対する規制強化の流れが急激に加速しています。私たち三菱重工は、既に半世紀以上前の1960年代から窒素酸化物(NOx)、二酸化硫黄(SO₂)、ばいじん除去技術を含む大気保全技術の研究開発を積極的に行ってきました。また、大気環境保全のために三酸化硫黄(SO₃)、水銀やその他の大気汚染物質の除去技術も推進してきました。私たち三菱重工は、更なる研究開発を継続的に行い、世界中の環境負荷の低減に貢献していきます。

主要研究開発項目

- 排煙脱硫技術
脱硫率改善/燃料の多様化/脱硫剤/電力およびその他ユーティリティ消費量の最小化
- 排煙脱硝装置および触媒技術
脱硝率改善/燃料の多様化/低SO₂・SO₃酸化/水銀酸化/電力およびその他ユーティリティ消費量の最小化
- 集じん技術
除じん率改善/燃料の多様化/移動電極、荷電制御、電力およびその他ユーティリティその他の消費量の最小化
- その他汚染物質除去技術(水銀除去、SO₃除去)など

環境装置の研究開発の歴史



厳しい環境規制に適合するため、 石炭火力発電所に追設。



Ugljevik

概要	
プラント所在国	ボスニア・ヘルツェゴビナ
設備容量	30万kW
燃料	褐炭
脱硫方式	石灰石膏法
脱硫率	99%(<200mg/Nm ³)
三菱重工供給範囲	基本設計・主要機器供給
商業運転開始	2019年7月

許容される量の60倍に近いSO₂を排出していました。IEDの基準を遵守出来なかった場合には、発電所閉鎖となってしまう状況に直面し、ERSは、SO₂およびばいじんを98.4%削減するため、FGDを設置する環境行動計画を作成しました。この厳しい大気汚染基準に適合するため、ERSは、SO₂排出量を最大99%削減可能な高効率脱硫技術を有する三菱重工のFGDを選択しました。このプロジェクトは2016年に契約締結されました。

三菱重工の最先端AQCS技術は、よりクリーンな大気の実現を提供する。

Ugljevikプロジェクトに続き、三菱重工は、セルビアで同様の課題に取り組んでいました。Public Enterprise Electric Power Industry of Serbiaが運営する、褐炭焚きのNikola Tesla A石炭火力発電所でのプロジェクトです。1970年、最初に受注したNikola Tesla Aの6つの発電設備は、172万kWの総発電容量を持ち、セルビアの電力の約25%を発電し、同国の安定した電力供給を確保するために重要な存在でした。しかしながら、燃料に使用される低品位の褐炭は、硫黄含有率や灰分が高く、Public Enterprise Electric Power Industry of Serbiaは、SO₂、NO_x、ばいじんを含む、大気汚染物質を削減するための緊急対策を講じる必要がありました。

独立行政法人国際協力機構（JICA）の円借款（政府開発援助）による資金供与を受けた本プロジェクトでは、130万kW発電設備向けに、1基当たり65万kW規模の排煙処理が可能な、世界最大級のFGD2基を受注しました。ドイツのデュイスブルクにある欧州拠点法人のサポートを受け、私たち三菱重工は、プロジェクトマネジメント、基本設計、および主要機器の納入などを担当し、据付指導のための技術アドバイザーの派遣を行います。世界最大級の2つの装置を追設するこのプロジェクトは、SO₂排出量の97%を削減し、EUの産業排出指令基準に適合する200mg/Nm³以下への抑制という目標があり、2021年の完了を予定しています。お客様の戦略に沿った付加価値のあるソリューションを含む、この重要なプロジェクトで、三菱重工が選ばれた鍵となったのは、褐炭焚きボイラー向けFGDの最先端技術と全世界で300基以上となる納入実績です。

このようなプロジェクトを通じて、三菱重工のAQCS技術は、持続可能な開発に貢献し、また安定した信頼性の高い電力を供給して、生活の質を向上させ、様々な国の経済成長を支援しています。三菱重工は、ヨーロッパを始めとする世界各地の発電および産業用プラントにおいて、お客様が世界で最も厳格な排出規制へ適合できるよう、高性能かつ高効率なAQCSを提供し、環境負荷低減に貢献していきます。

西バルカン半島のボスニア・ヘルツェゴビナ、セルビアでは、褐炭を燃料とした石炭火力発電所が、主な電力源です。しかし、両国の重要な発電所は、長年にわたって高濃度のSO₂や、ばいじんを排出し、周辺住民の健康に影響を与え、環境にも悪影響を及ぼしていました。加えて両国が、欧州連合（EU）への加盟を正式に申請しているため、EUの産業排出指令（IED：Industrial Emission Directive）を遵守し、排出量を戦略的に削減することが、加盟資格を得るための不可欠なマイルストーンとなります。この厳しい環境において、三菱重工の先進的なAQCSは、両国の発電所のEU環境基準への適合に寄与し、設備の長寿命化という付加価値のあるソリューションを提供します。

ボスニア・ヘルツェゴビナのスルプスカ共和国の国有電力会社、ERS:Elektroprivreda of Republika Srpskaは、1985年から、褐炭焚きのUgljevik石炭火力発電所を稼働させています。ボスニア・ヘルツェゴビナにおける発電容量の8%、スルプスカでは23%しか電力を供給していませんが、IEDの下で



Nikola Tesla A

概要	
プラント所在国	セルビア
設備容量	130万kW
燃料	褐炭
脱硫方式	石灰石膏法
脱硫率	97%(<200mg/Nm ³)
三菱重工供給範囲	主要機器供給、プロジェクトマネジメント
商業運転開始	2022年12月（予定）

広野火力発電所5号機、6号機 (日本)



顧客	東京電力フエール&パワー株式会社
燃料	石炭
設備容量	60万kW×2基
商業運転開始	5号機 2004年7月、6号機 2013年12月
製品	AQCS一貫設備

Kozienice発電所4号機～8号機 (ポーランド)



顧客	Electrownia Kozienice S.A.
燃料	石炭
設備容量	80万kW相当(20万kW×4機)
商業運転開始	2006年12月
製品	FGD

China Huadian Zouxian 7号機・8号機 (中国)



顧客	China Huadian Zouxian Power Co. Ltd.
燃料	石炭
設備容量	100万kW×2基
商業運転開始	8号機 2016年8月、7号機 2017年7月
製品	高効率AQCS

Soto de Ribera3号機 (スペイン)



顧客	EDP ESPANA, S.A.U.
燃料	石炭
設備容量	36.1万kW
商業運転開始	2017年7月
製品	SCR

Fast Track 3A (Manjung 5号機) (マレーシア)



顧客	TNB Western Energy Berhad
燃料	石炭
設備容量	100万kW
商業運転開始	2017年9月
製品	海水法FGD

Izdemir (トルコ)



顧客	Izdemir Enerji Elektrik Üretim A.Ş.
燃料	石炭
設備容量	35万kW
商業運転開始	2014年12月
製品	乾式移動電極方式ESP

フル・ラインアップのAQCS技術

三菱重工のフル・ラインアップのAQCS技術が、火力発電所における厳しい環境規制への適合を実現します。

三菱重工は、自社でフル・ラインアップのAQCS技術を持つ世界でも唯一の会社であり、お客様の様々なニーズに対応するトータルソリューションを提供することが可能です。また、将来の厳しい環境規制への適合を実現し、火力発電所の環境負荷低減に貢献します。

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。

ESP性能向上のメカニズム

高性能ばいじん除去システム中のESPの性能向上には【ばいじん除去効率の向上】と【SO₃除去効率の向上】の二つの要因が寄与しています。

1. ばいじん除去効率の向上

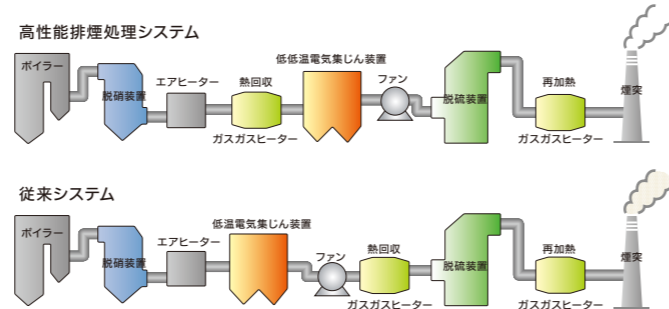
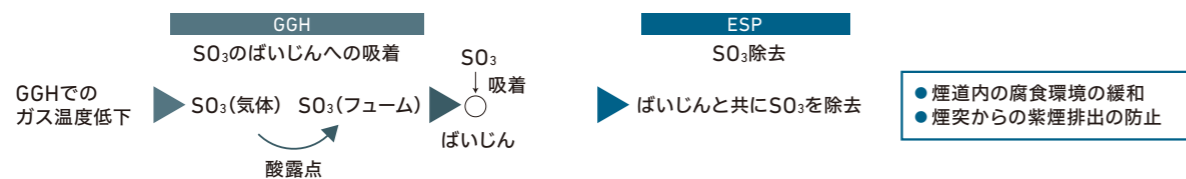
ESP入口ガス温度の低下

ばいじんの電気抵抗率の低下

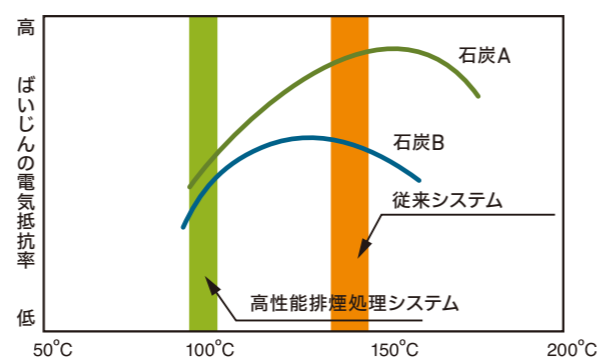
ESP性能の向上

2. SO₃除去効率の向上

SO₃を除去することにより、腐食雰囲気低減や紫煙防止といった効果も見込めます。

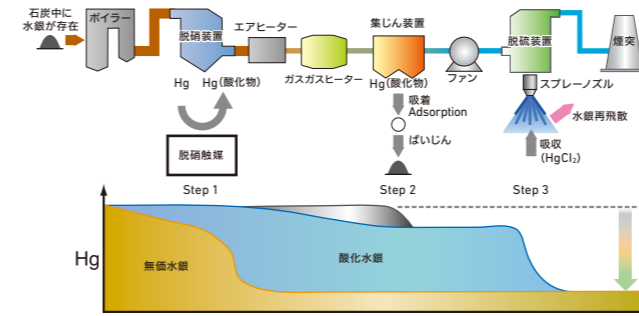


電気集じん装置でのガス温度



世界的な水銀除去の要望に対応

三菱重工は、NO_x、SO₂、SO₃、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。

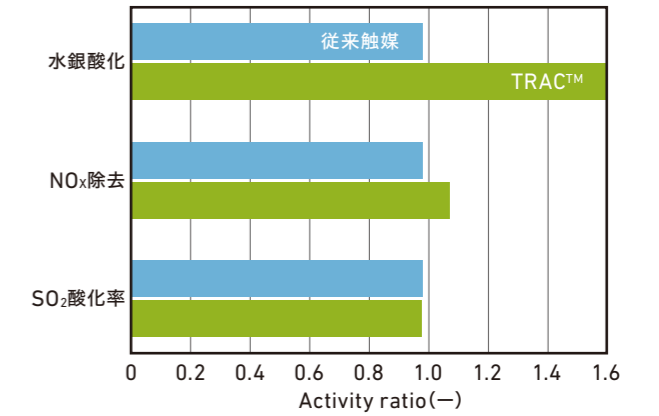


水銀除去メカニズム

Step 1: 脱硝触媒を用いて、ガス状の金属水銀(Hg₀)を酸化させます。
Step 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。
Step 3: 湿式石灰石・石膏法脱硫装置により、酸化された水銀(HgCl₂)を吸収、除去します。

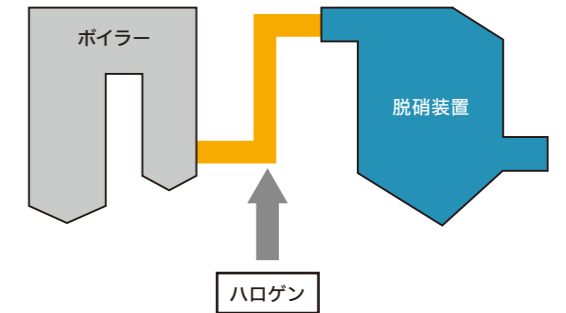
水銀除去技術の中のコアとなる技術

● 水銀酸化触媒 (Triple Action Catalyst; TRAC™)
TRAC™は従来の触媒と同様に、SO₂からSO₃への酸化速度の上昇を抑制しつつ、高い水銀酸化率・NO_x還元率を実現できます。



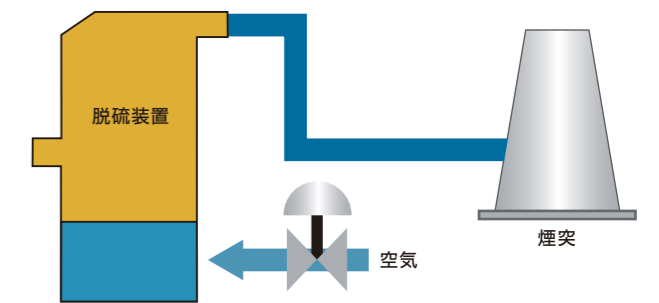
● ハロゲン注入

脱硫装置の上流でHClやNH₄Cl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。



排煙脱硝装置

三菱重工の先進的な排煙脱硝装置は、
排ガスの浄化に高効率なソリューションを提供します。

大容量処理に対応 107.5万kW	世界最高レベルの性能 脱硝率95%	環境負荷低減 低残留アンモニア	脱硝触媒 高信頼性／高耐久性
-----------------------------	-----------------------------	---------------------------	--------------------------

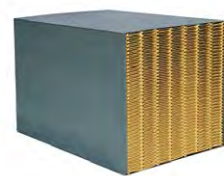
排ガス中の窒素酸化物(NO_x)に対し、アンモニア(NH₃)を用いて、触媒の働きにより無害な窒素(N₂)と水蒸気(H₂O)に分解します。このプロセスにおいて、有害な副生物は発生しません。脱硝触媒を用いた脱硝装置はメンテナンスが容易であり、安定した運転が可能です。

特長

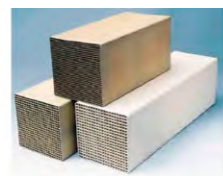
- 三菱重工は、世界中に1,400基を超える脱硝装置を納入し、トップシェアを誇っています。三菱重工の脱硝装置には、次のような特長があります。
- 高い脱硝率(全ての化石燃料に対し、排出NO_x濃度を規定値以下に低減。NO_x濃度一桁まで対応可能。)
- ボイラー/排熱回収ボイラー(HRSG:Heat Recovery Steam Generator)と協調し、統合的にNO_xを低減。
- お客様のニーズに応じた脱硝触媒の最適化。
- 水銀、SO₃、ダイオキシンなどの多様な汚染物質を抑制可能。
- 触媒のメンテナンスインターバルの長期化。

脱硝触媒

脱硝触媒は、脱硝装置のキーコンポーネントです。三菱重工は、燃料の種類、システム構成などに基づいて板状触媒、ハニカム触媒の2種類から最適な仕様を選択し、供給します。



板状触媒



ハニカム触媒

スチームパワー向け脱硝装置

適用範囲

脱硝率:約95%迄
処理ガス量:3,100,000 Nm³/h,wet
燃料:石炭、油、ガス、残渣油燃料 など

ガスタービンシンプルサイクル(GTSC)向け脱硝装置

適用範囲

脱硝率:約95%迄
処理ガス量:1,600,000 Nm³/h,wet
燃料:ガス、油

ガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)向け脱硝装置

適用範囲

脱硝率:約95%迄
処理ガス量:2,800,000 Nm³/h,wet
燃料:ガス、油

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。

大容量処理に対応 107.5万kW	最大入口SO ₂ 濃度 80,000 mg/Nm³	世界最高レベルの性能 脱硫率99%	安定運転に貢献 高信頼性
-----------------------------	---	-----------------------------	------------------------

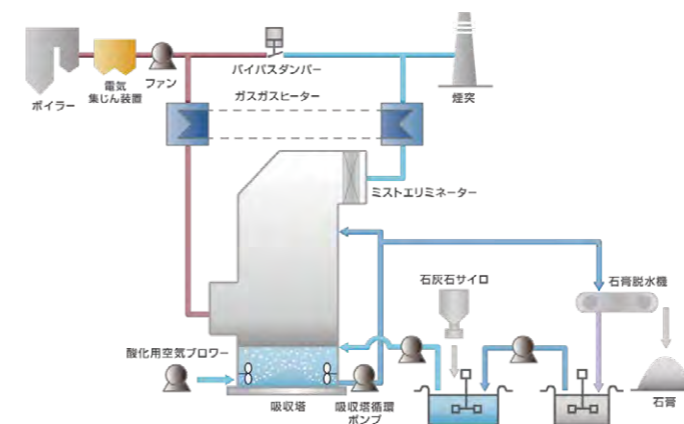
排煙脱硫装置は、ボイラー排ガスから二酸化硫黄(SO₂)を取り除き、浄化するための装置です。三菱重工は脱硫方式の中でも低コストで大容量の処理が可能な湿式石灰石・石膏法と海水脱硫法をラインアップし、大気汚染防止に貢献しています。

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。
- 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。

湿式石灰石・石膏法

湿式石灰石・石膏法は大規模な排煙処理に適しており、安価な吸収剤(石灰石)を利用できることに加え、副生成品として石膏を生成します。代表的なシステムフローは以下のようになります。

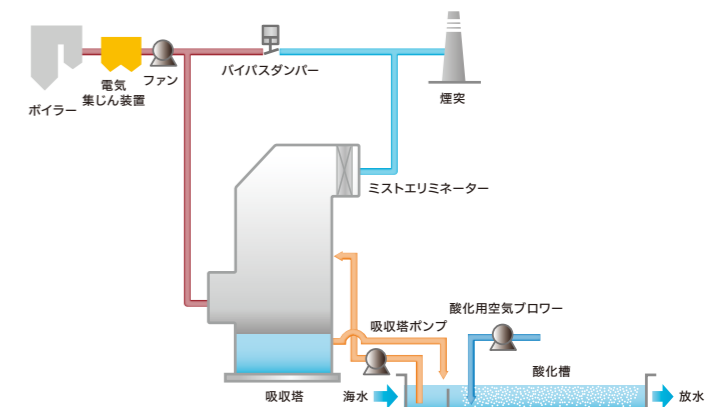


海水脱硫法

海水脱硫法は、湿式石灰石・石膏法と比較してシンプルな構成であることから、初期投資を抑えることができます。二酸化硫黄(SO₂)ガスなどの排出規制が比較的緩やかな場合に適用されます。

主要構成

海水脱硫法で主要な構成部品は吸収塔と酸化槽です。吸収塔でSO_xを吸収した海水を酸化槽に送り、曝気することで海水を放流可能なレベルまで浄化します。代表的なシステムフローは以下のようになります。



電気集じん装置

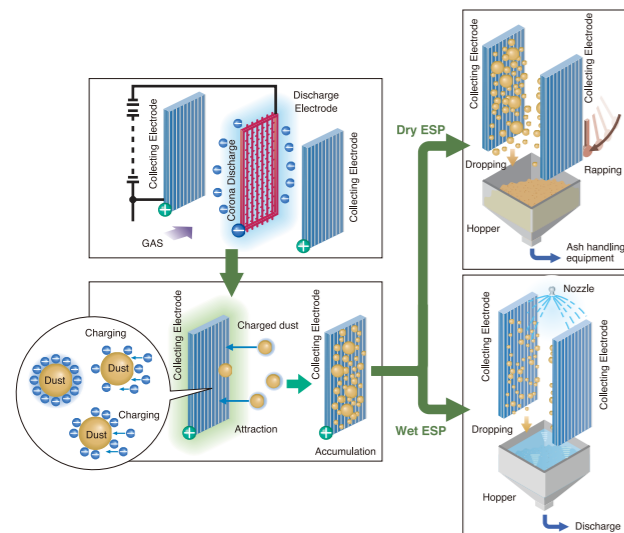
ばいじんを捕集するための先進的な電気集じん装置の技術は、費用対効果の高い大気環境保全を実現します。

大容量処理に対応 105万kW	ESP出口最低ばいじん濃度 乾式: ≦10mg/Nm³ 湿式: ≦1mg/Nm³	高抵抗ばいじん対策 移動電極方式 パルス荷電	ESP 高信頼性
---------------------------	--	--------------------------------------	--------------------

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

1. 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。
2. イオンにより帯電したガス中の粒子(ばいじん)は、静電気力によって集じん極へ引きつけられて付着・堆積します。
3. 堆積したばいじんはハンマによる槌打(乾式方式)やブラシ揺らし(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。



〈乾式電気集じん装置〉

集じん極捕集ばいじん払い落とし機構

捕集ばいじんの払い落とし方法には、固定電極方式と移動電極方式があります。

〈固定電極方式〉

集じん板に捕集したばいじんを集じん極槌打装置で払い落とします。

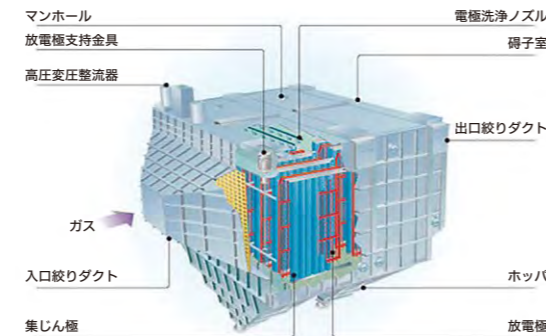
〈移動電極方式〉

移動電極方式は、集じん板を短冊状の元素に分割し、チェーンで連結して低速で集じん極を移動させています。集じん板元素に捕集したばいじんは、ホッパーに設置したブラシで掻き落します。

〈湿式電気集じん装置〉

湿式電気集じん装置の特長

- 捕集ダストの除去に水を使用する湿式電気集じん装置では、ダストの電気抵抗率の高低に影響されことなく高い除じん効率(装置出口で1mg / Nm³以下も可能)を発揮します。
- 非常に高いガス清浄度を要求されるプロセス向けや、乾式電気集じん装置では性能上、集じんが困難な条件にあるガスなどに適しています。



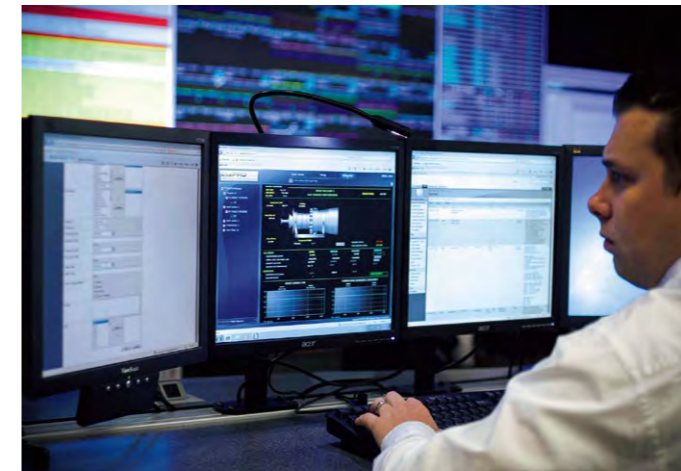
湿式電気集じん装置

サービス

私たち三菱重工の包括的なAQCSサービスは、デジタル技術も活用しながらAQCSの性能を経済的かつ効率的に最適化します。

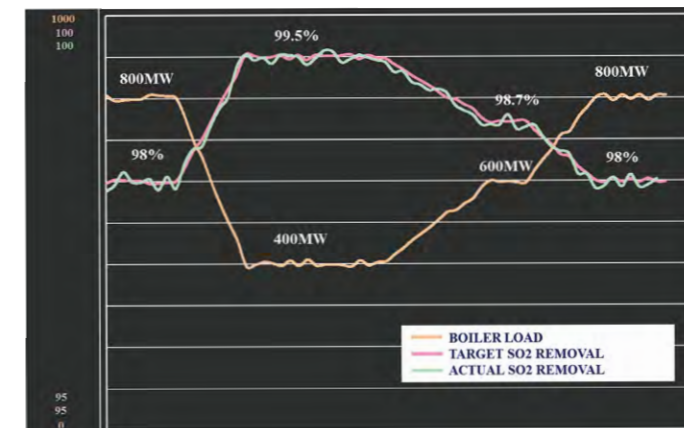
TOMONI™によるAQCS運転の最適化

TOMONIはボイラや蒸気タービンにだけでなく、AQCSの経済的で効率的な運転にも貢献します。プラント全体、各機器・システムは遠隔監視され、運転データは三菱重工のシミュレータで評価・分析されます。これにより、潜在的なトラブルの早期検知や予兆検知を行い、プラント全体の稼働率を向上させる一方で、最適な運転を行うことにより所内動力・ユーティリティの消費を抑えてプラント全体の最適化に貢献します。



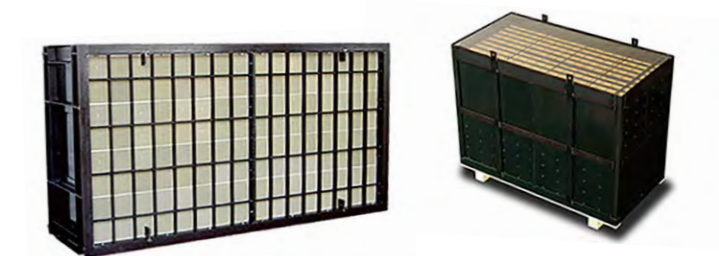
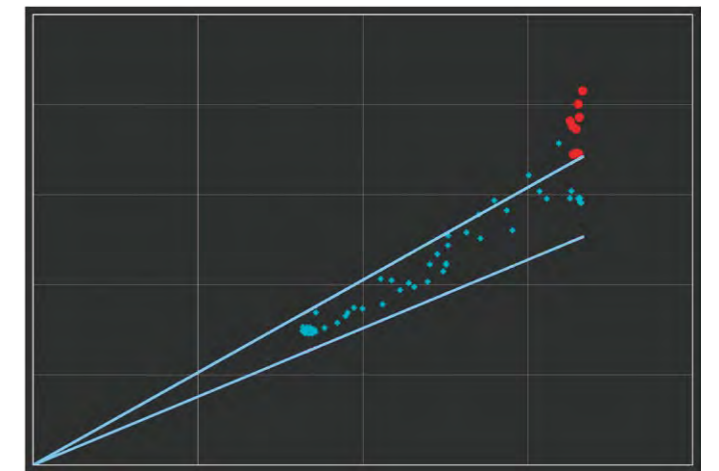
脱硫装置の改造 運転・保守向上

燃料の多様化に対応するための脱硫性能の向上や、装置の保守・運用性の向上、老朽化に伴う設備更新といったお客様のニーズに対して、既存設備を考慮した経済的な改造提案を行います。三菱重工の納入設備に限らず、多数の改造実績があります。



脱硝装置の運転・保守の最適化 触媒の更新

三菱重工は、脱硝装置メーカーとして、実機運転データの管理、装置の点検、触媒サンプルによる性能評価試験などを含めた、脱硝装置の最適な運転・保守のための各種提案を行います。脱硝装置のキーコンポーネントである脱硝触媒は、燃料性状によって経時的に性能低下が起こるため、触媒の積み増し、充填触媒の取り替えが必要です。三菱重工では、高脱硝性能、低SO₂酸化率、低圧損、水銀除去、ダイオキシン除去などに貢献する信頼性の高い触媒を提供できます。



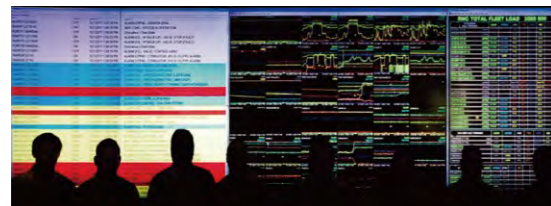
ハニカム触媒

板状触媒



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

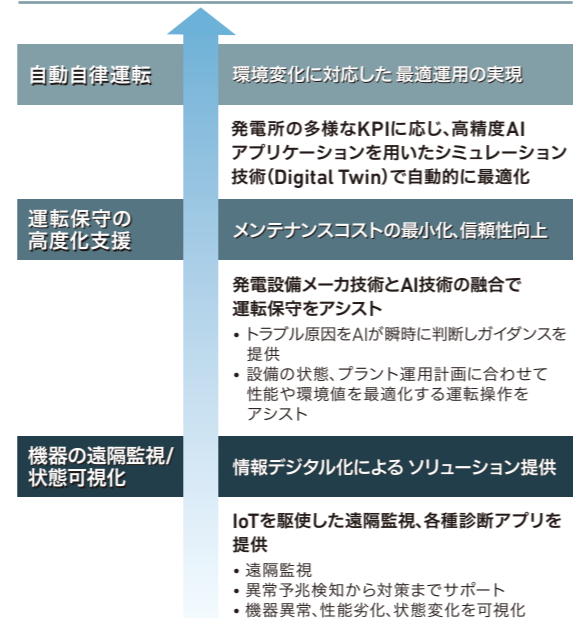
- O&M最適化、性能向上、運用性改善という3つのソリューションカテゴリーで構成され、それらの組み合わせで最適なソリューションを提供します。
- 事業用から産業用まで幅広いプラントへの対応が可能です。
- クラウドやエッジ、そしてお客様の既存プラットフォームなど柔軟な環境でカスタマイズ可能です。
- 最新のAIテクノロジーと発電設備メーカーである当社のナレッジを融合する事により、お客様のニーズに即した最適な運用を実現します。



TOMONIは三菱重工株式会社の子会社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

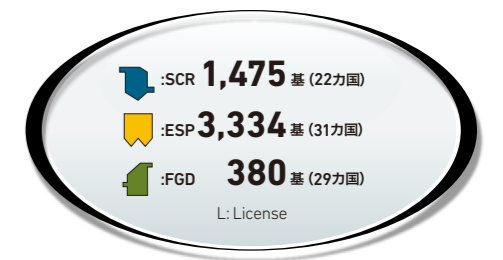
将来的に発電プラントの自動自律運転を目指します。



三菱重工の環境技術は、世界中の大気をクリーンにしています。

三菱重工は、1960年代初頭から、排煙脱硝装置、排煙脱硫装置、電気集じん装置、AQCSなどの多様な環境保全システムを、世界中の電力分野や産業分野で納入しています。

その累積基数は、排煙脱硝装置(SCR)では1,400基以上、排煙脱硫装置(FGD)では船用脱硫スクラバーを含め400基以上、電気集じん装置(ESP)では3,300基以上になります。



(2020年7月現在)