

Geothermal

地熱発電プラント



私たちの情熱で クリーンな電力と 地球環境を



© Image Courtesy of Grupo Dragón

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。

Geothermal

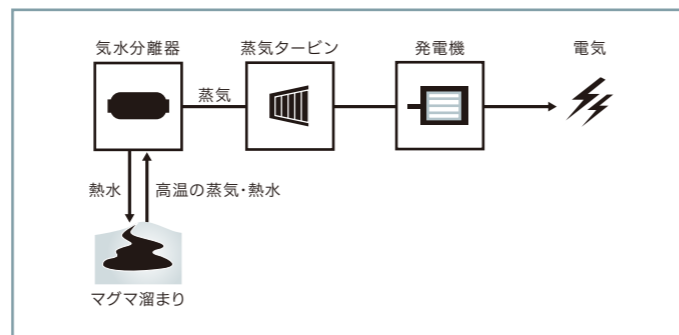
地熱発電プラント

三菱重工の地熱発電は、地球の熱エネルギーをそのまま取り出し、最新の発電技術により高効率で環境に優しい電力を作り出します。



地熱発電とは？

地熱発電は、地球からの恵であるということです。この星の地下深い内部には、灼熱のマグマ溜まりがあり、地下に浸透した雨水などが熱せられ、高温の蒸気・熱水となって地熱貯留層に溜まります。地熱発電の仕組みは、そこに井戸（生産井）を掘って蒸気・熱水を取り出し、気水分離器によって分離された蒸気を蒸気タービンに導き、発電機を回し、電気を生み出します。また、気水分離器で分離された熱水は再び地下（還元井）に戻されます。地熱発電プラントは、信頼性が高く、永続的な電力供給が可能です。1967年に運開した日本初の熱水卓越型本格地熱発電所となる大岳発電所は、50年以上にわたり、安定した電力を供給し続けています。



高い性能と信頼性

EPC(設計・調達・建設)対応

環境に優しい

幅広い出力レンジ
100kW-16万kW

高い性能と信頼性

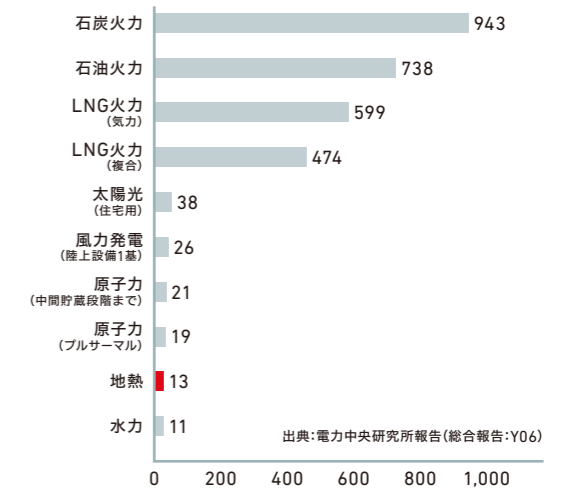
三菱重工は、地熱発電の技術として「二相流体輸送」と「ダブルフラッシュ方式」の組み合わせを世界で初めて投入するなど、新しい地熱発電技術の開発に努めてきました。長期間にわたり蓄積した研究の成果に基づく、三菱重工の地熱発電プラントは、世界中で高い性能と稼働率を実証しています。例えば、2015年に運転を開始したメキシコ Los Azufres III phase I 地熱発電所は、運開後1年間で99.6%の稼働率を示しました。私たち三菱重工は、これからも優れた地熱発電技術で安定した電力を送り続けます。



環境に優しい

地熱発電は、地球内部に存在するマグマの熱エネルギーをそのまま利用するため、地上で燃焼させることがありません。そのため、二酸化炭素(CO₂)の大気への排出量が極めて少なく、地球温暖化防止に有効な発電方式です。また、地球内部の膨大な熱エネルギーを利用する再生可能エネルギーの一つでありながら、天候に左右されることがなく、火力発電とほぼ肩を並べる高い稼働率もメリットの一つです。

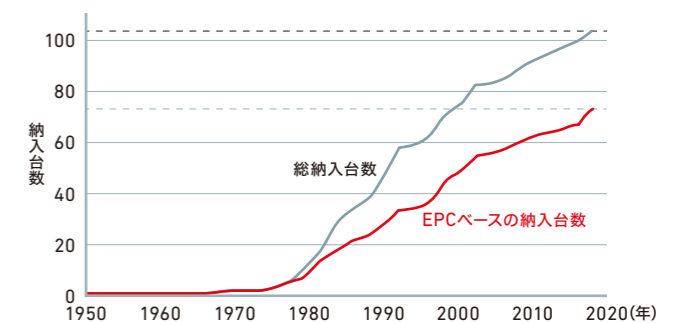
電源類型別平均ライフサイクルCO₂排出量(g-CO₂/kWh)



EPC(設計・調達・建設)対応

三菱重工は、火力発電所に必要な装置や機器類を設計・製作するメーカーであると同時に、プラントの建設までを一貫して行うEPC事業者でもあります。1950年以来、納入した100件以上の地熱発電プラントのうち、70%以上をEPC対応ベースで受注し、設計・調達・建設のサービスを提供してきました。地域毎に異なる地熱資源と大気の特徴を考慮し、限られた地熱資源で最大の出力が得られる最適なプラントを設計・製作から建設まで、一貫して提供できることが私たち三菱重工の強みです。

地熱発電プラントの納入実績



環境に優しいエネルギー源による電力を ケニアの発展のために



KenGen / Olkaria II地熱発電所 (10.5万kW)
出典: Kenya Electricity Generating Company (KenGen)

Olkaria地熱発電所I・II・V号機向け仕様	
納入範囲	EPC
運転開始	I-1号機/1981年 2号機/1982年 3号機/1985年 II-1・2号機/2003年 3号機/2010年 V-1・2号機/2019年
型式	シングルフラッシュ、下向排気
出力	I-1~3号機 1.5万kW II-1・2号機 3.48万kW 3号機 3.51万kW V-1・2号機 8.62万kW
回転数	3,000rpm
主蒸気温度	I-II 152°C V 184°C
タービン排気圧力	I-II 0.13bara V 0.074 bara

ケニア共和国では、国の発電事業において数十年間にわたり、水力発電がメインでした。しかしながら、近年の雨量の減少によって水力発電が制限されてしまい、その結果、深刻な電力不足に陥り、それを補うための熱エネルギー源への依存度が高まりました。

安定的な電力を供給し、電力需要の急激な増加予測に対応するため、ケニア政府による国家開発政策Kenya Vision 2030では、発電容量を2030年までに大幅に拡大するという目標を定めました。この政策において、国の豊富な地熱資源を動力化し、地熱発電を増大することが、最優先事項となりました。

地熱発電のプロセスにおいて全てのフェーズを実行

三菱重工は、KenGen: Kenya Electricity Generating Company Limitedによる、大地溝帯(Great Rift Valley)に位置したOlkaria地熱地帯での地熱発電開発に1980年代前半から参加しています。

1981年、Olkaria地熱発電所I-1号機に出力1.5万kW級のタービンを納入することから始まり、続いて同地熱発電所I-2・3号機に出力1.5万kW級のタービンを2台追加。2003年、Olkaria地熱発電所II-1・2号機に、それぞれ出力3.5万kW級のタービンを、2010年、Olkaria地熱発電所II-3号機に出力3.5万kW級のタービンを納入しています。

その後、フルターンキー契約した出力17万kW級のOlkaria地熱発電所V-1・2号機が2019年に運転開始しました。三菱重工は、地熱発電設備の設計を担当するとともに、蒸気タービン、発電機、復水器、および主要付属設備一式を供給。併せて、長年のEPC(設計・調達・建設)コンストラクターとしての知見を活かし、技術者を派遣して据付・試運転の指導にも当たりました。

三菱重工の優れた信頼性と技術

三菱重工の設備の優れた稼働実績と高い技術力、およびEPC遂行能力は高く評価されています。このプロジェクトは、ケニア政府の発電電力目標の達成に寄与すると同時に、温室効果ガスの排出量を削減し、環境を維持して行くうえで非常に重要な役割を占めています。この投資によって、近い将来、ケニアにおける地熱発電は水力発電を上回り、国の最大の発電源となることでしょう。

地熱エネルギーは、ケニアのエネルギーの未来を守るだけでなく、雇用を生む重要な源でもあります。産業開発の促進と生活水準の向上に欠かせないこの分野に投資することにより、私たち三菱重工は、高効率で環境に優しい技術、そして経済性、信頼性が高い電力をケニアの人々に供給しながら、経済成長を活性化させ、持続可能な環境保全に貢献していきます。

三菱重工は、既に100基以上、合計出力300万kW以上となる地熱発電用蒸気タービンを世界中の13カ国に供給しています。

Reykjavik Energy (Hellisheidi)



国	アイスランド
納入先	Reykjavik Energy
発電所	Hellisheidi発電所1~6号機
三菱重工の納入範囲	EPC
出力	1~4号機 各4万kW 5~6号機 各4.5万kW
運転開始	1・2号機/2006年 3・4号機/2008年 5・6号機/2011年

GEODESA (Domo de San Pedro)



国	メキシコ
納入先	Geotermica para el Desarrollo S.A.P.I. de C.V.
発電所	Domo de San Pedro地熱発電所
三菱重工の納入範囲	EPC
出力	2.55万kW
運転開始	2016年

九州電力株式会社 (八丁原)



国	日本
納入先	九州電力株式会社
発電所	八丁原発電所1・2号機
三菱重工の納入範囲	EPC
出力	5.5万kW×2
運転開始	1号機/1977年 2号機/1990年

GÜRMAT (Germencik)



国	トルコ
納入先	GÜRMAT ELECTRICITY GENERATION CO. INC.
発電所	Germencik地熱発電所1・2号機
三菱重工の納入範囲	STG
出力	4.74万kW×2
運転開始	1号機/2009年 2号機/2015年

Star Energy (Darajat)

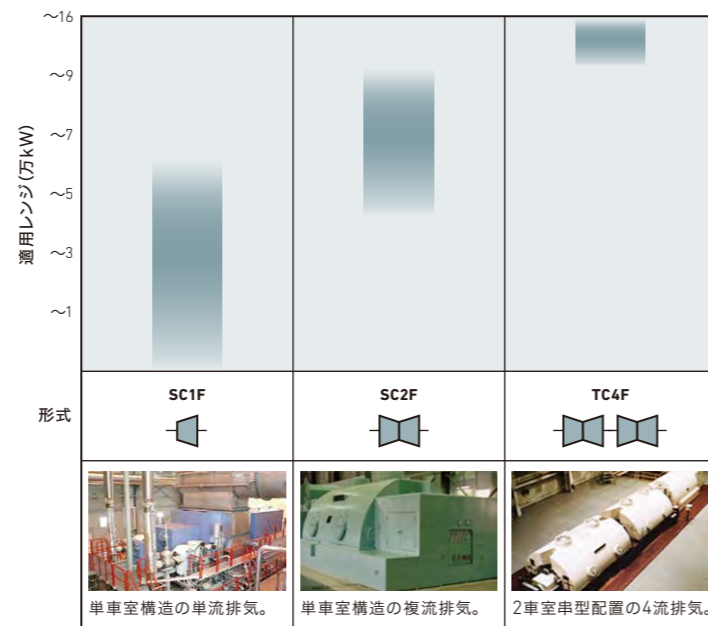


国	インドネシア
納入先	Star Energy
発電所	Darajat地熱発電所2・3号機
三菱重工の納入範囲	ST
出力	2号機/8.13万kW 3号機/11万kW
運転開始	2号機/1998年 3号機/2007年

蒸気タービン

三菱重工は、累計300万kW以上、100台以上の地熱発電用蒸気タービンの長年にわたる納入実績があり、幅広い出力で様々なニーズに対応可能です。

100kWから16万kWまでの幅広い出力レンジ

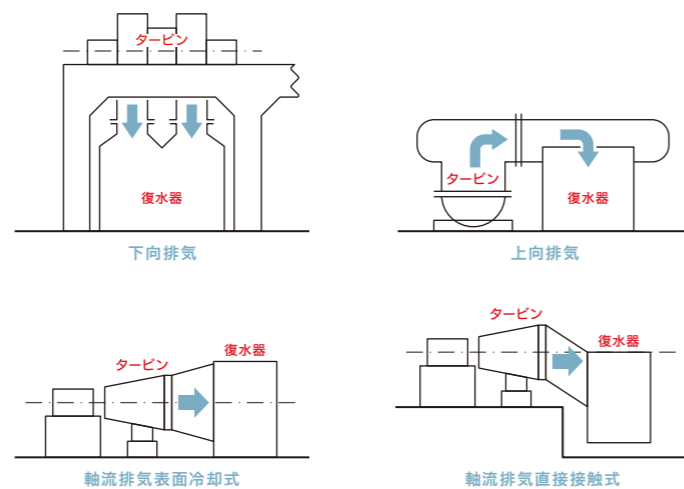


地熱発電用蒸気タービンの排気方向と特長

地熱発電用蒸気タービンの排気方向は、様々な建屋や各種復水設備に対応できるよう、三菱重工では、下向、上向、軸流排気のラインアップを揃えています。各排気方向とタービン建屋高さは以下の通りです。

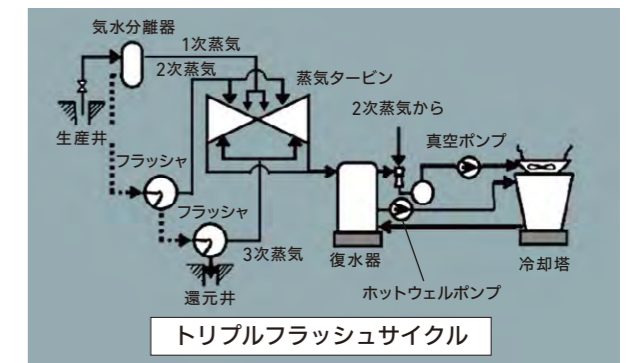
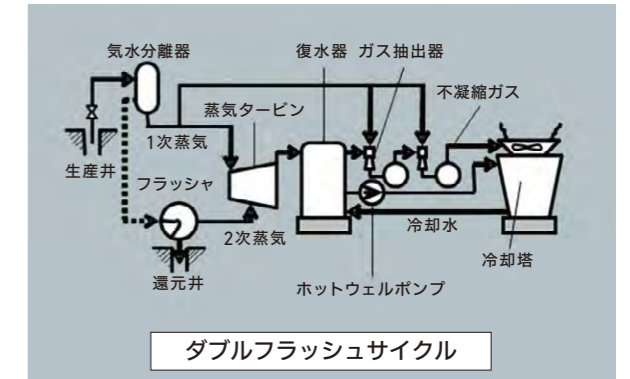
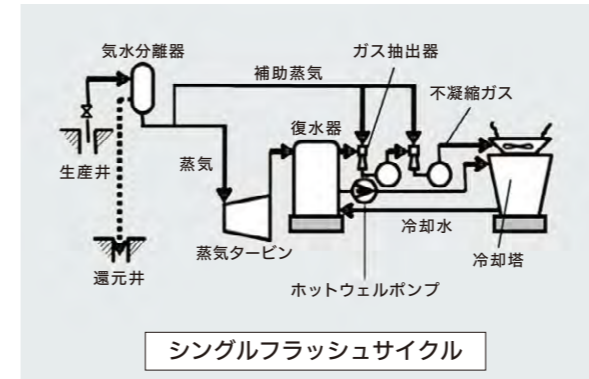
排気方向	下向排気	上向排気	軸流排気	
			表面冷却式復水器	直接接触式復水器
タービン建屋高さ	高	中	低	低
タービン形式	SC1F SC2F TC4F	SC1F SC2F	SC1F	SC1F
出力	~16万kW	~9万kW	~6万kW	~6万kW

※出力は目安です。



シングル、ダブル、トリプルフラッシュ方式で様々な要望に対応

様々な地熱蒸気源に対応できるように、三菱重工では、シングル、ダブル、そしてトリプルフラッシュ方式の地熱タービンプラントのラインアップを有しています。



三菱重工が有する地熱発電用蒸気タービンへの適用技術

地熱蒸気には、腐食性のガスやシリカのような不純物、塩分や土砂などが含まれており、地熱発電用蒸気タービンでは、性能向上技術に加え、耐腐食性なども考慮し材料選定および設計を行う必要があります。このため、地熱発電用蒸気タービンでは以下のような技術が標準的に適用されています。

極低硫CrMoVローター材

火力用低圧タービンローターと比較して、耐腐食性、応力腐食割れ、腐食疲労強度の低下に対して強化した材料であり、低硫化、低ニッケル、焼入れ温度の調整により、上記の特性を確保しています。

12Cr/17-4PH材動翼

通常、動翼には12%Crステンレス鋼を使用していますが、応力レベルの高い最終翼やスケールが付着しやすい第1段動翼には、17-4PH鋼を使用しています。17-4PH鋼はH₂Sを含む地熱蒸気中で腐食や応力腐食割れに対して、12%Crステンレス鋼に勝る耐久力を有し、腐食疲労強度に優れています。

3D動翼/ノズル

完全三次元設計により翼形状を最適化し、二次流れ損失・摩擦損失の低減を図った最新の翼形状です。

ISB動翼/最終翼

Integral Shroud Blade (ISB) は、翼根部(ルート)、プロファイル部、翼頂部(シュラウド)が一体形成されたデザインで、高度な組立作業を必要とせず、また運転中に互いの翼が接触することで耐振強度の大幅な向上と翼頂部のリーク低減により、飛躍的な性能・信頼性向上を図ったものです。

ドレンキャッチャー

水滴によるエロージョン軽減のために、仕切板およびケーシングに水滴を捕集する構造を設けています。

三菱重工では、特に腐食性の強い蒸気に対応できるよう、以下の技術も有しています。

12Crローター材

Crの含有量を増加させ、応力腐食割れを防ぎ、耐食性を強化したローター材です。

チタン動翼

Cl(塩素)濃度の高い地熱蒸気を使用する地熱発電用蒸気タービンに対して、第1段動翼などに使用します。

インコネル溶射/肉盛溶接

グランド部など腐食の影響を受ける箇所にインコネル材を溶射し、耐食性を高めることができます。

車室/仕切板の水平継手面へのステンレス肉盛溶接

車室や仕切板の水平継手面にステンレスを肉盛溶接することで、該当箇所の耐エロージョン性を向上させます。

サービス

三菱重工は、プラントの効率と信頼性の向上、長寿命化のため、これまで培ってきた技術とインテリジェントソリューションTOMONI™によるシステムの最適、統合化を図るICTサービスで、お客様のニーズに合わせたサービスを提案します。

お客様の資産価値を最大化

生産井は定期的に変化するため、状態を把握しておくことが重要となります。三菱重工は、プラントの運転状態を診断し正確に予測することにより、設備の点検、補修、交換、改善など、さまざまなサービスメニューを提供しています。

多様なお客様のニーズに対応するプラントアセスメントサービス

三菱重工は、他社が製造したものも含め、プラントの稼働データと生産井の特性を評価してお客様の発電設備の性能、効率と信頼性を向上させる最適なソリューションを提案します。

ソリューション：

- ・主蒸気圧力の最適化
 - ・熱水の利用
 - ・補助蒸気流量の低減
 - ・補機消費電力の低減
 - ・復水器の真空度の改善
 - ・スケール付着対策
 - ・腐食対策
 - ・プラントオペレーションのトラブルシューティング
- その他

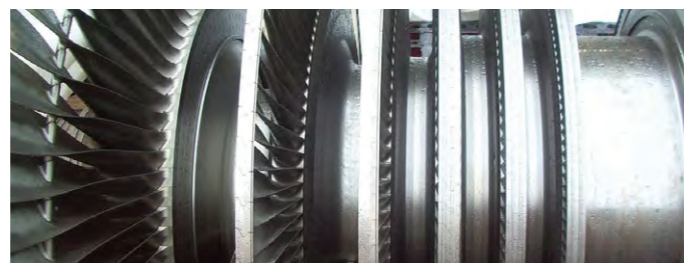
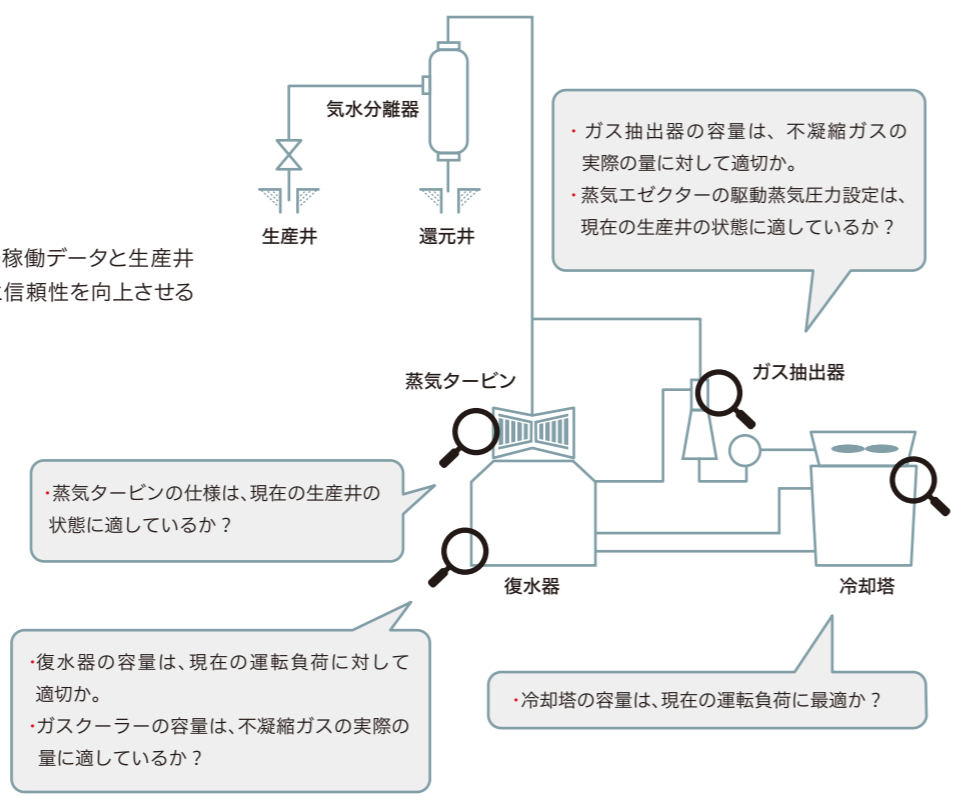
地熱発電用蒸気タービンの換装工事と修理

老朽化した蒸気タービンでは、数十年にわたる運転での侵食、腐食、疲労損傷により、性能低下やその他の様々なトラブルが発生します。

三菱重工は、豊富なサービスの技術と経験に基づき、蒸気タービン本体の大型換装工事(レトロフィット)・部品の交換や補修など、個々のプラントの状況に応じた適切なサービスメニューを多くのお客様へ提案し、採用頂いています。

私たちは、TOMONIをはじめとする包括的なソリューションと長期的なサービスを通じてお客様の発電プラントの資産価値を向上します。

- ・オリジナルの設計条件を維持することが、常に最適なソリューションであるとは限りません。
- ・地熱資源の継続的な変化に応じて、最適化することが重要です。



インテリジェントソリューション TOMONI™

三菱重工は、長年の発電プラントのO&M(運転・保守)とノウハウを基に開発されたインテリジェントソリューション TOMONIを活用し、よりスマートな発電プラントの実現を推進しています。TOMONIは、高精度なデータ分析活用とお客様との協働により、設備価値向上や環境負荷低減において高い効果を発揮します。

デジタルラインエーブラ

O&M最適化

性能向上

運用性改善

特長

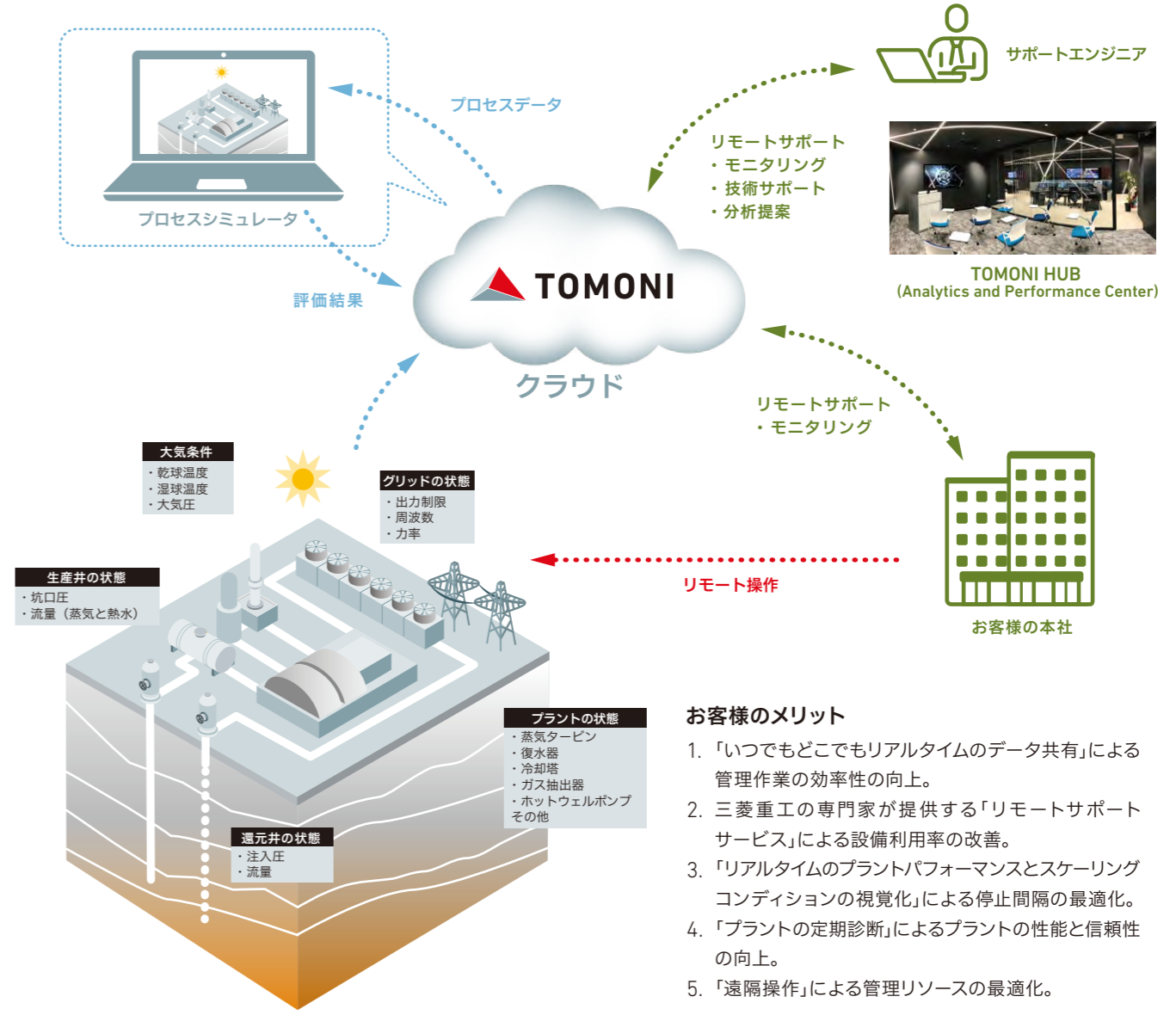
地熱発電プラントでの豊富な経験とTOMONIソリューションを組み合わせ、スケール付着からくる性能劣化の可視化による定期点検周期の最適化など、O&M(運転・保守)サービスを提供します。

定期点検周期の最適化など、O&M(運転・保守)サービスを提供します。

地熱発電プラントの高度な運転と保守

地熱発電プラントの安全で信頼性の高い「高度な運転・保守」を実現するには、リアルタイムの稼働状況を監視し、適切に利用するための技術力が必要です。TOMONIは、安全なTOMONIクラウドストレージを介して、「リアルタイムのプラント状態の可視化による正確な活用」「計画外停止を防ぐための異常検知」「迅速な対策

立案とガイダンスによる計画外停止の短縮」を提供します。三菱重工は、TOMONIを通じて「遠隔操作などの高度な運転・保守」のために必要な、地熱発電プラントの豊富な経験、知識、エンジニアリングサポートを提供していきます。



お客様のメリット

1. 「いつでもどこでもリアルタイムのデータ共有」による管理作業の効率性の向上。
2. 三菱重工の専門家が提供する「リモートサポートサービス」による設備利用率の改善。
3. 「リアルタイムのプラントパフォーマンスとスケールリングコンディションの視覚化」による停止間隔の最適化。
4. 「プラントの定期診断」によるプラントの性能と信頼性の向上。
5. 「遠隔操作」による管理リソースの最適化。