

菅原バイナリー発電所

Sugawara Binary Power Station



九電みらいエナジー
Kyuden Mirai Energy

1 地熱発電とは

地熱発電とは、地中深くから取り出した蒸気で直接タービンを回し発電するものです。

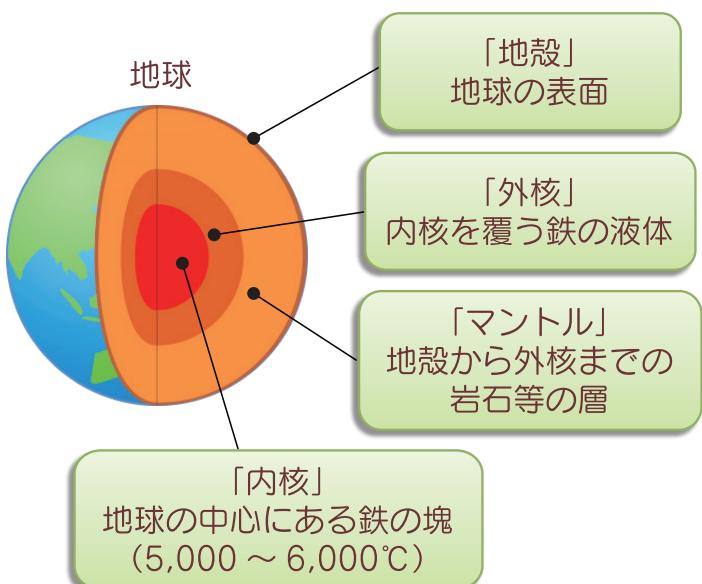
火力発電所では、石炭や石油などの燃焼による熱で蒸気を発生させるのに対し、地熱発電では、地球がボイラーの役目を果たしているといえます。

地球の中心部の温度は5,000°C以上、高温の鉄の固まりと言われています。

これらの熱によって部分的に溶けたマントルの岩石が、高温のマグマとなり、地表まで達すると噴火が起り、火山が形成されます。

火山の下には、およそ1,000°Cもの高温のマグマ溜まりができ、周囲の岩石や水を熱し、「地熱貯留層」を形成することがあります。

地熱発電は、この地熱貯留層の地熱流体（蒸気と熱水）を使います。



地熱発電の特徴

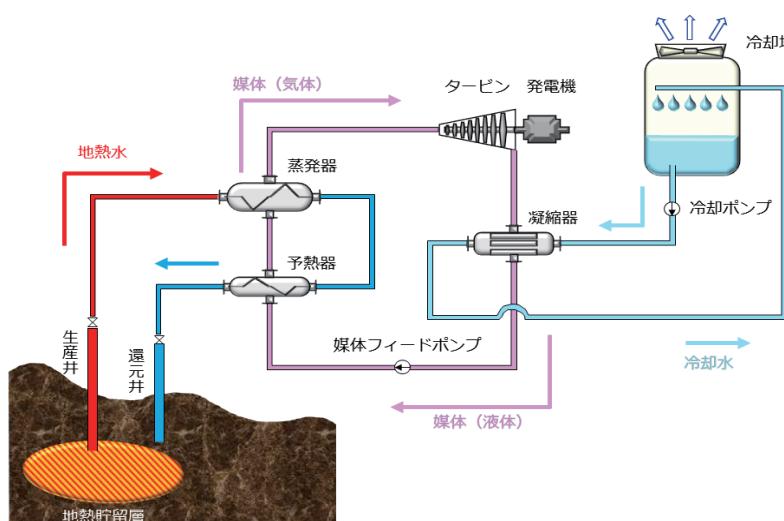
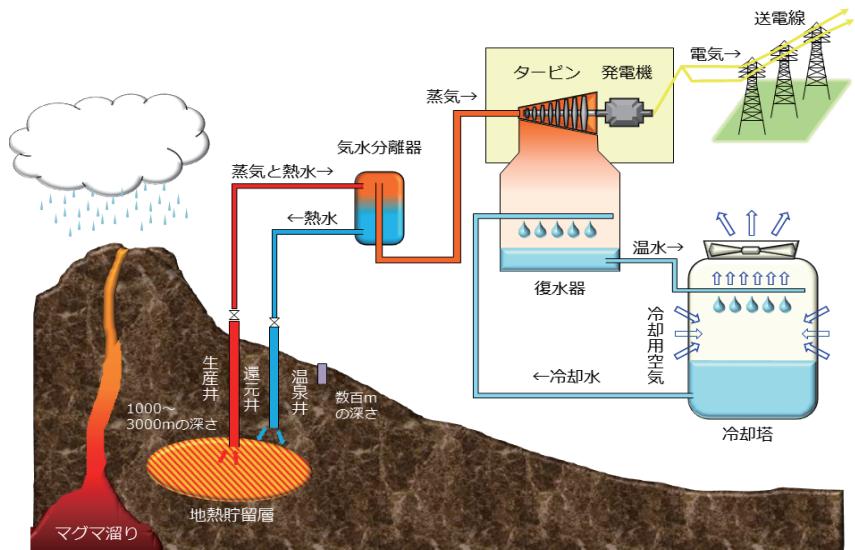
- 半永続的に利用が可能な**再生可能エネルギー**
- 燃料を燃焼させないため、CO₂排出も少なく**クリーンなエネルギー**
- 地下に眠る地熱資源を取り出して発電する地熱発電は**純国産のエネルギー**
- 昼夜、天候を問わず、**安定的な電源として使えるエネルギー**

地熱発電のしくみ

地熱発電は、地熱貯留層から取り出した蒸気でタービンを回して発電します。

地熱井と呼ばれる井戸（生産井）を掘り、地熱貯留層から地熱流体を取り出し、汽水分離器で蒸気と熱水に分離します。

蒸気はタービンを回して発電し、熱水は還元井を通して再び地中深くに戻されます。タービンを回した蒸気は効率を上げるために、復水器や冷却塔で冷却されます。



バイナリー発電のしくみ

地熱流体が中低温（200°C未満）の場合、分離した蒸気では直接タービンを回すことができません。

その場合、水より沸点が低い媒体（n-ペンタン等）と熱交換し、この媒体の蒸気でタービンを回す発電方法があり、バイナリーエネルギー発電と呼ばれます。

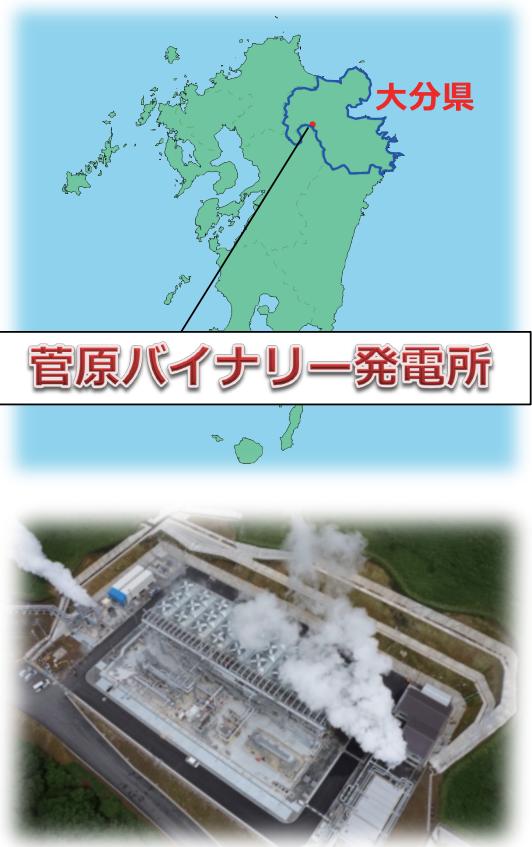
この発電方法は、地熱発電の可能性を大きくひろげるもので、年々増加しています。

② 菅原バイナリー発電所の特徴と概要

菅原バイナリー発電所の3つの特徴

- バイナリー方式の地熱発電として国内最大級となる
出力5,000kW
- 既存の地熱井を活用した開発（地熱井掘削なし）
- 国内初となる、自治体と民間企業の協働での
地熱発電事業

所在地	大分県玖珠郡九重町菅原
発電所出力	5,000kW（発電端）
事業者	地熱井の所有者：九重町（生産井2本・還元井1本） 発電所の所有者：九電みらいエナジー（株）
発電方式	空冷式バイナリー発電方式
発電量 (2015年7月～2016年7月)	約4千万kWh/年 (一般家庭約11,000戸分の年間使用電力量に相当) 【参考】想定発電量は約3千万kWh/年（15年平均） (一般家庭約8,000戸分相当)
営業運転開始	2015年6月29日



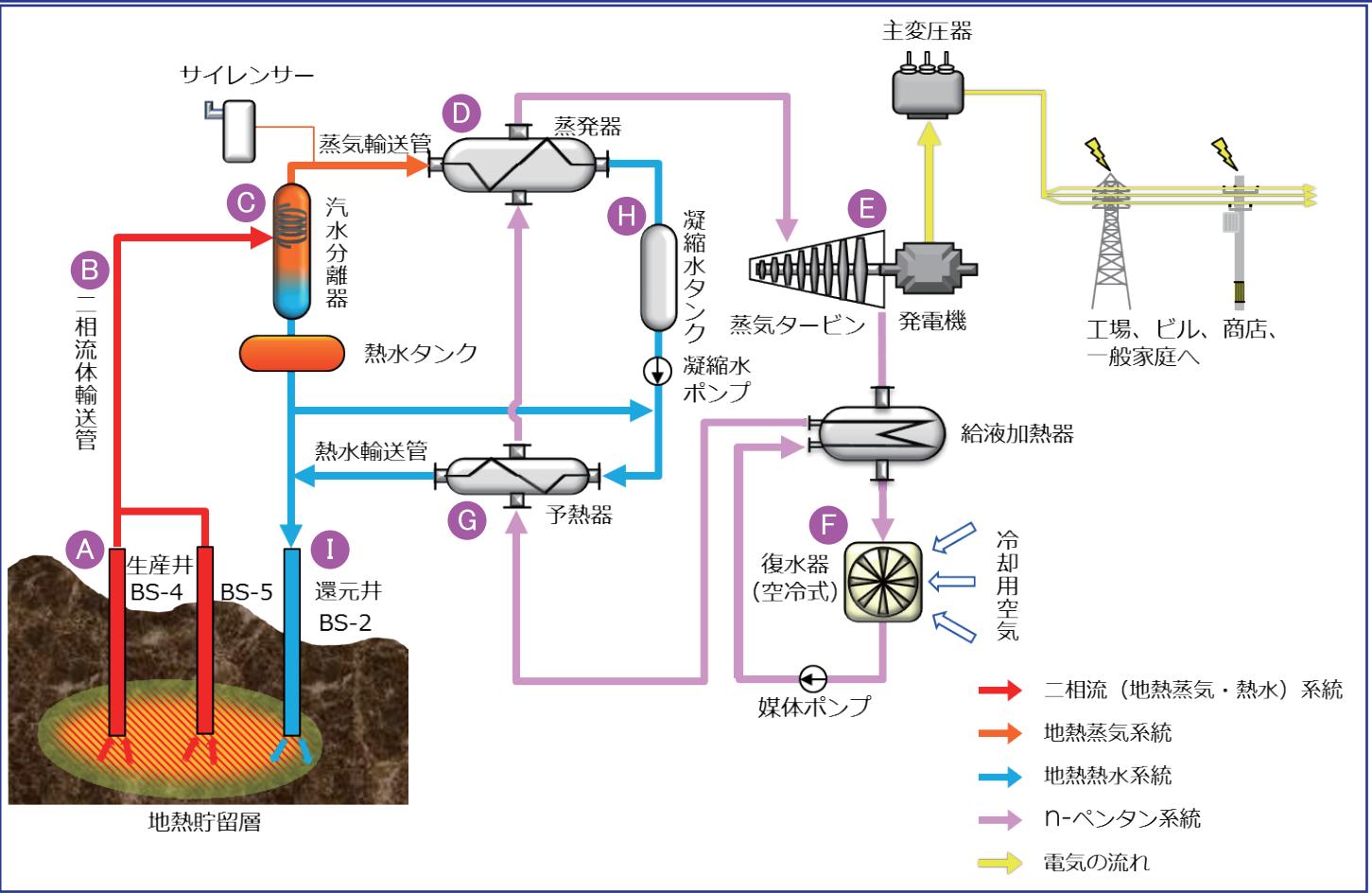
③ 菅原バイナリー発電所の開発経緯

当発電所は、新規掘削が不要であったこと、地元自治体と協働で開発を推進したこと（前述の特徴）等から、計画から営業運転開始までの期間が短縮されました。

- 1988年 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）※1が
九重町で地熱技術の実証試験のために地熱井を掘削
- 2003年 NEDOが九重町に井戸を無償譲渡
- 2010年 九重町は所有する地熱井の有効活用を検討し、九州電力へ地熱開発を相談
- 2012年 噴出試験開始（約3ヶ月間）、周辺温泉等への影響調査を実施
- 2013年 九重町、九州電力、西日本環境エネルギーは大分県知事立会いのもと
「菅原地区における地熱発電事業に関する基本協定」を締結（11月22日）
- 2014年
- ・JOGMEC※2による初めての地熱資源開発債務保証案件として採択
(九重町菅原と福島県土場温泉の2件)
 - ・起工式を実施（4月10日）
 - ・西日本環境エネルギーが建設工事を開始（4月21日）
 - ・九電みらいエナジー設立（7月1日）に伴い建設を移譲
- 2015年
- ・試運転：4月1日（受電）～6月29日
 - ・運転開始：6月29日
 - ・竣工式：8月5日

※1：1988年当時。現在は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ※2：独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

4 菅原バイナリー発電のしくみ



菅原バイナリー発電所では、水より沸点が低い液体（媒体:n-ペンタン）を生産井から供給される地熱流体で加熱・蒸発させ、媒体蒸気でタービンを回す「バイナリー発電」方式を採用しています。また、熱源となる地熱流体は九重町所有の井戸から供給され、n-ペンタンの冷却・液化には空冷式を採用しています。

A 生産井

地下深部の地熱貯留層から高温蒸気・熱水を取り出すための井戸です。蒸気・熱水は二相流体輸送管を通り、汽水分離器へ送られます。



B 二相流体輸送管

生産井から取り出された蒸気と熱水を混合状態（二相状態）のまま汽水分離器へ送る管です。

坑口付近で汽水分離せず、それぞれの坑井から集約し、二相流体の状態のままで輸送することで流体輸送の効率化を図っています。



C 汽水分離器

生産井から取り出した蒸気と熱水混じりの二相流体を蒸気と熱水に分離する装置です。分離後の蒸気は蒸発器、残りの熱水は予熱器で熱交換後、還元井により再び地下へ戻します。



D 蒸発器

地熱蒸気により n-ペンタンを加熱し、蒸発させるための機器です。気化した n-ペンタンは、タービンに送られ、発電機を回して発電します。

一方で、地熱蒸気は液体に戻り、凝縮水タンクへ向かいます。



G 予熱器

熱効率を上げるために、復水器で冷やされた n-ペンタンを、蒸発器に通す前に熱水と凝縮水で予熱するための機器です。一方、予熱器を通って冷めた熱水・凝縮水は還元井へ向かいます。



E タービン・発電機

蒸発器から送ってきた高温高圧の n-ペンタン（気体）は、タービンを1分間に約3000回転させます。タービンは減速機を介して連結された発電機を回し、電気を作ります。タービンで使用されたn-ペンタンは、復水器へ送られます。



H 凝縮水タンク

蒸発器で熱を渡して、地熱蒸気から液体に戻った凝縮水を貯めるタンクです。その後、凝縮水は予熱器へ送られ、n-ペンタンを予熱します。



F 復水器（空冷式）

タービンで使用されたn-ペンタン（気体）を外部からの空気によって冷却・液化する設備です。液化されたn-ペンタンは再び予熱器・蒸発器で加熱されて高温気体となり、再びタービンへと向かいます。



I 還元井

生産井から取り出された熱水や蒸発器で熱交換され液体に戻った凝縮水を地下に戻すための井戸です。生産井から取り出した高温蒸気・熱水は、基本的にはその熱だけを利用してその全量を地下に戻す為、環境に優しいシステムと言えます。



5 自治体と協働した国内初の地熱発電事業

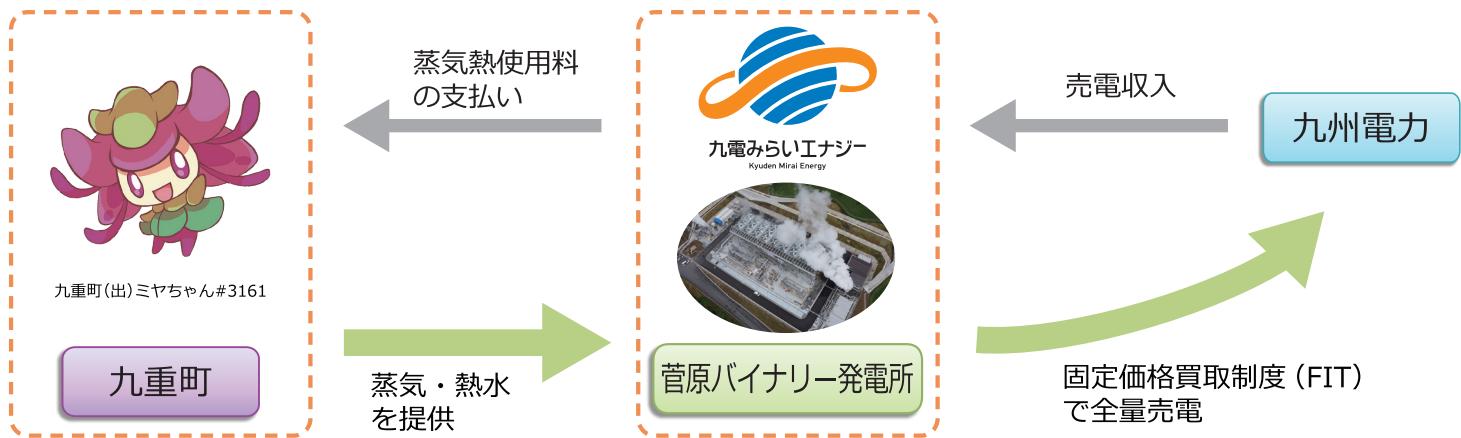
菅原バイナリー発電所は、**地元自治体の九重町と当社が協働で行う地熱発電事業**です。

当社は、九重町が所有する地熱井から蒸気・熱水を提供いただき、当社が設置・運営する地熱バイナリー発電設備を使って発電します。

発電した電気は九州電力へ売電し、当社は売電で得た収入から九重町に熱使用料をお支払いします。

当社と九重町、双方が安定した収入を得ながら、純国産エネルギーの有効活用と地球温暖化防止の推進に貢献いたします。

また、九重町の協力を得ながら、環境モニタリングの実施や地元説明を行うなど、地域との共生に取り組んでいます。



九重町様の声を WEB で公開しています！

Qみらい 沿線の自治体との協働による地熱発電

検索



[官民協働事業のメリット]

- ・自治体の協力により、地元理解等の合意形成が得やすくなります。
- ・地産エネルギーにより、地元に長期的かつ安定した収入がもたらされます。
- ・民間の技術力やノウハウにより、安定した発電が可能となります。
- ・自治体が主体的に関わることにより、地熱に関する自治体の理解が進み、地域資源としての活用と乱開発防止への課題意識が向上します。



[参考] 固定価格買取制度について

(出典：経産省資源エネルギー庁 HP)

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」は、再生可能エネルギーで発電した電気を、電力会社が一定価格で買い取ることを国が約束する制度です。電力会社が買い取る費用を電気をご利用の皆様から賦課金という形で集め、今はまだコストの高い再生可能エネルギーの導入を支えていきます。

固定価格買取制度の仕組み



菅原バイナリー発電所設備概要

菅原バイナリー発電所概要		
所在地	大分県玖珠郡九重町大字菅原554-13	
主機メーカー	三菱日立パワーシステムズ（イタリア TURBODEN社）	
蒸気・熱水 (汽水分離器出口)	定格出力	発電端 5,000kW
	圧力/温度	0.286MPaG/142.4°C
	蒸気流量	40.1t/h
媒体蒸気 (タービン入口)	熱水流量	261.8t/h
	圧力	0.953MPaG
	温度	137.5°C
	流量	298t/h
発電機	作動媒体	n-ペンタン（沸点36°C）
	型式	横置円筒回転界磁形同期発電機
汽水分離器	回転数	1,800min ⁻¹
	種類	豎型円筒サイクロンセパレーター
復水器	最高使用圧力/温度	0.55MPaG/162°C
	型式	強制通風空冷式
	ファン台数	27台（3台×9列）
熱交換器類	大気入口温度/媒体入口温度/出口温度	20°C/58.8°C/37°C
	蒸発器	横置直管式（1台）
	予熱器	横置直管式（1台）
生産井	給液加熱器	横置U字管式（1台）
	蒸気温度、蒸気量、掘削深度	BS-4 : 142°C、18.7t/h、811m BS-5 : 159°C、28.5t/h、870m
	還元井	BS-2 : 552m
発電設備本体設置範囲		約47m×74m
送電線系統		約20km
発電所運転管理	方式	随時監視方式（現地監視事務所から遠隔監視）

[注] 一般の方のご見学は承っておりません。

大分県九重町のご紹介



大分県九重町は、大分県の南西部にあり、東と南を阿蘇くじゅう国立公園の九重連山、西側を耶馬日田英彦山国定公園の山々に囲まれています。町内には多くの温泉があり、なかでも筋湯温泉は最大の規模を誇っています。



(出典：九重町HP)



(出典：九州電力HP)



九電みらいエナジーの
最新情報を発信しています!

Facebook 九電みらいエナジー

検索



〒810-0004 福岡県福岡市中央区渡辺通二丁目4番8号 小学館ビル3階
[代表電話] 092-738-4738 (土・日・祝日除く9時~17時)
[当社HP] <https://www.q-mirai.co.jp>