

# 5MW 地熱バイナリー発電設備“菅原バイナリー発電所” 営業運転開始

5MW Geothermal Power Plant “Sugawara Binary Power Station”  
Started Commercial Operation



エネルギー・環境ドメイン  
営業窓口  
三菱日立パワーシステムズ株式会社  
営業戦略本部 九州支社

菅原バイナリー発電所は大分県九重町に建設された発電出力5MW の国内最大のバイナリー地熱発電設備である。当社が九電みらいエナジー(株)より地熱バイナリー初号機として受注した当該発電設備の納入が完了し、2015年6月29日に営業運転を開始したのでその設備概要について述べる。

## 1. バイナリー発電システムの概要

当社はこれまで、フラッシュ地熱発電設備を主力として、日本国内のみならず世界の主要地熱地域へタービン及び発電設備を納入してきた。地熱発電は、天候等に左右されにくい安定した自然エネルギーとして注目されているが、一方で地熱発電システムに求められる要件は各地熱地点により様々である。当社はこれらのニーズに的確に応えるため、主力のフラッシュ地熱発電システムに加え、地熱バイナリー発電システムを確立し国内で初号機納入を果たした。

バイナリーシステムは、地熱蒸気で直接タービンを駆動するフラッシュシステムと異なり、熱交換器を通して二次媒体を蒸発させてタービンを駆動する間接システムである。二次媒体として有機化合物を使用するため、ORC (Organic Rankin Cycle) とも呼ばれている。フラッシュシステムとバイナリーシステムの比較と代表的な系統例について表1、及び図1に示す。

バイナリーシステムでは地熱流体(蒸気、熱水)を熱交換器で熱交換後、地下へ還元することが可能であるため、湿式冷却塔から地熱蒸気の一部を大気に放出するフラッシュシステムよりも地熱資源の大気への放散量は少ない。日本国内においては、2012年の環境省通知“国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて”において、“地熱開発の行為が小規模で風致景観等への影響が小さいものや既存の温泉水を用いるバイナリー発電”について、条件付ではあるが国立公園内(第二種、第三種、普通地域)での開発を認める、とされている。今後、バイナリーシステムの国内での導入機運は高まっていくものと考えられる。

表1 地熱発電サイクルの比較

項目	フラッシュサイクル	バイナリーサイクル
作動流体	<ul style="list-style-type: none"> <li>地熱蒸気</li> <li>可燃性などなし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フロン、炭化水素等</li> <li>温暖化係数やオゾン破壊係数、可燃性に留意が必要</li> </ul>
タービン腐食	<ul style="list-style-type: none"> <li>腐食対策要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対策不要</li> <li>低グレード材料適用可能</li> </ul>
スケール(対策)	<ul style="list-style-type: none"> <li>タービン一段ノズル(タービン洗浄装置)</li> <li>還元ライン(pH調整等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予熱器伝熱面</li> <li>還元ライン(pH調整等)</li> </ul>

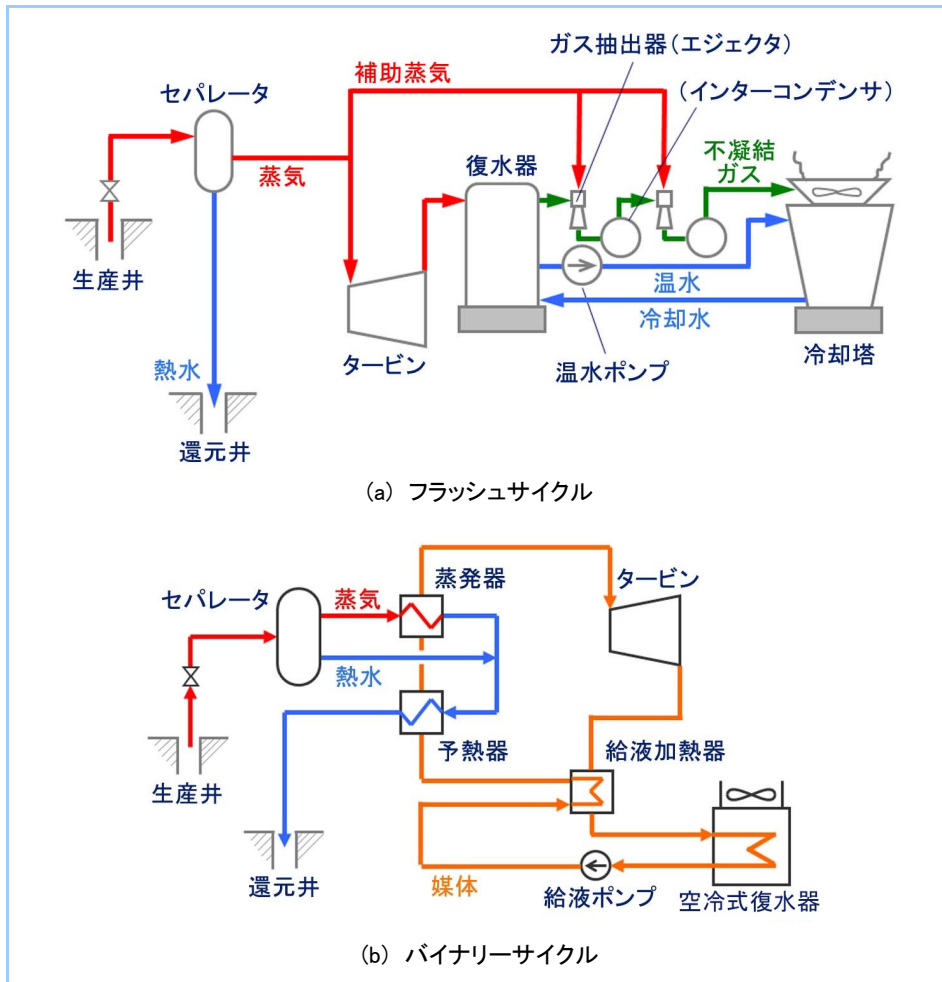


図1 代表的な発電システムの系統図

## 2. 菅原バイナリー設備概要

菅原バイナリー発電設備概要を表2に示す。またサイクル線図は前述の図1(b)に記載したとおりである。蒸気・熱水の二相流として噴出した二相流体を汽水分離器(セパレータ)で分離後、蒸発器、予熱器へ導入し、二次媒体を加熱、蒸発してタービンを駆動する。一方タービンから排気された二次媒体は、給液加熱器により熱回収されたあと、空冷式復水器で凝縮後、給液ポンプにて給液される。二次媒体は、熱源の特性(圧力や蒸気・熱水比率)や環境特性から総合的に判断する必要があり、本発電設備ではノルマルペンタンが採用されている。

表2 菅原バイナリー発電設備の概要

発電所名	菅原バイナリー発電所
所在地	大分県玖珠郡九重町
運転開始	2015年6月
発電機端出力	5000kW
蒸気/熱水温	142.4℃
蒸気/熱水圧力	3.868 bara
二次媒体	ノルマルペンタン
復水方式	空冷式復水器

バイナリー発電方式はフラッシュ発電方式と異なり、タービンにおける地熱流体由来のスケールや腐食の心配はないが、変わりに熱交換器においてそれらの対策が必要となる。特に地熱熱水を通す予熱器ではシリカスケールが析出する可能性があり、この場合交換熱量の低下、及びその結果として発電出力が低下する可能性がある。これを防ぐために本発電設備では、熱水の pH 調整を行うとともに、熱交換器での交換熱量を調整することによりスケールの析出防止が図られて

いる。また熱交換器構成材料についても、実際の地熱流体の化学成分をもとに適切な材料を選定して使用している。本発電設備は発電所内での単独運転へ移行する機能を有しており、系統事故発生時においてもシステムは熱水還元ポンプ等を含めた所内補機に必要な電力を供給することにより自律運転を継続することができる。これにより地熱プラントとして安全な運転が継続可能であり、プラントの信頼性を高めている。

システム概観を図2に示す。もっとも大きな機器は空冷式復水器であり、その手前に蒸発器、予熱器、タービン、発電機等が配されている。図3はタービン概観を示す。タービンは軸流タービンであり、減速機を介して発電機を駆動している。

本発電設備は、三菱重工グループ会社である三菱日立パワーシステムズ(株)と Turboden 社の技術により設計された。Turboden 社は 1980 年にイタリアで創業された ORC メーカーであり、これまでに地熱バイナリーその他、バイオマス発電システム、排熱回収システム等、多数の ORC システム納入実績がある。



図2 バイナリー発電システム概観



図3 タービン発電機概観