

給湯源泉を利用した バイナリー発電の取組み ～高山市奥飛騨温泉郷での事例～

さとう ひめか
佐藤 媛香

シン・エナジー株式会社
電源開発第1グループ 技術部

いち だ ただし
市田 正

奥飛騨自然エネルギー 合同会社

1. はじめに

2011年の東日本大震災以降、日本では原子力発電所に代わる再生可能エネルギーを利用した発電所の普及が求められてきた。この推進のため、固定価格買取制度（以下、「FIT制度」）が制定され、太陽光、風力、水力、地熱及びバイオマスを用いた発電所の建設が進んでいる。

このうち地熱発電所の2030年度までの設備容量導入目標は約150万kWである。しかし、FIT制度運用前の設備容量46万kW（21カ所）に対し、FIT制度運用後の導入設備容量0.8万kW程度（69カ所）しか増加していない（2021年3月時点）。他の再生可能エネルギーに比べても設備容量の増加量は少ない。

その理由は、地熱資源が自然公園内に多く賦存すること、地熱資源利用が温泉へ与える影響への懸念を払拭できないこと等が挙げられる。日本の地熱資源量は世界第3位であり、ベース電源として期待され、エネルギーミックスの観点からもさらなる増設が望まれているが、有効に利用できていない。

シン・エナジー(株)（以下、「当社」）は、

2013年から再生可能エネルギーを利用した発電所の普及にも取り組んでいる。再生可能エネルギーのうち特に地熱、水力はエネルギー資源の存在する場所が限られているため、地域資源を利用した発電によって、その地域の活性に資することをコンセプトとして開発を進めている。

当社が取り組む地熱発電は、温泉熱を利用したバイナリー発電であり、温泉給湯事業と発電事業の共生を目指している。そのため、給湯事業を優先し、余力を発電に利用することを基本としていることから、発電出力は小規模とならざるを得ない。しかし、温泉組合及び旅館業者の地熱資源利用に対する理解や給湯事業以外の安定的な収入源の確保に十分寄与できると考えている。

地域の温泉給湯事業の実情を考慮しつつ、給湯用源泉を利用した地熱発電の事例として、岐阜県高山市奥飛騨温泉郷で事業化したバイナリー発電所を紹介する。

2. 奥飛騨第1・第2バイナリー 発電所の概要

奥飛騨第1・第2バイナリー発電所は、

■ 発電の流れ

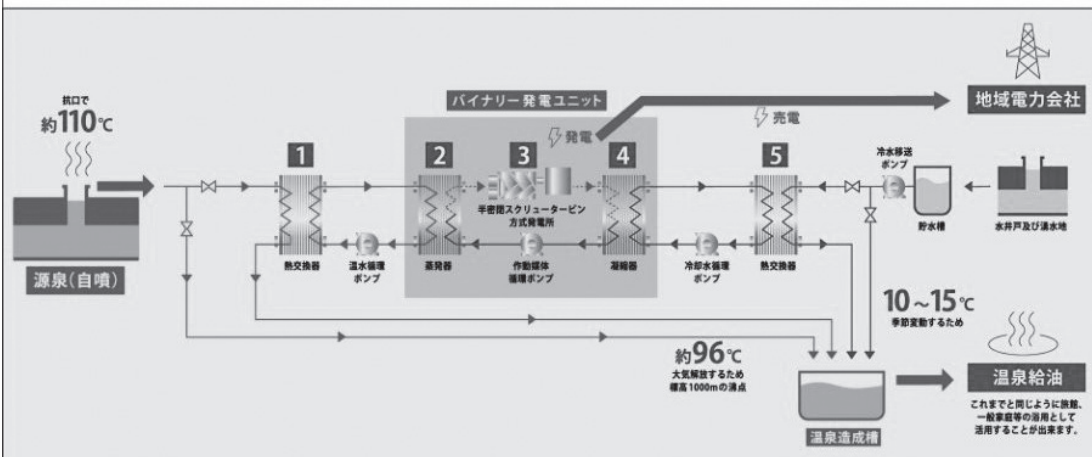
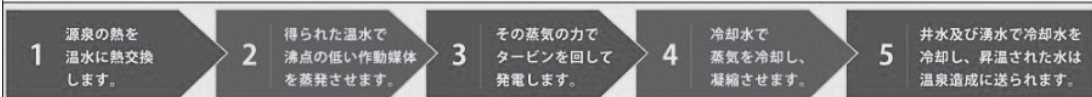


図1 奥飛騨第1バイナリー発電所の概要

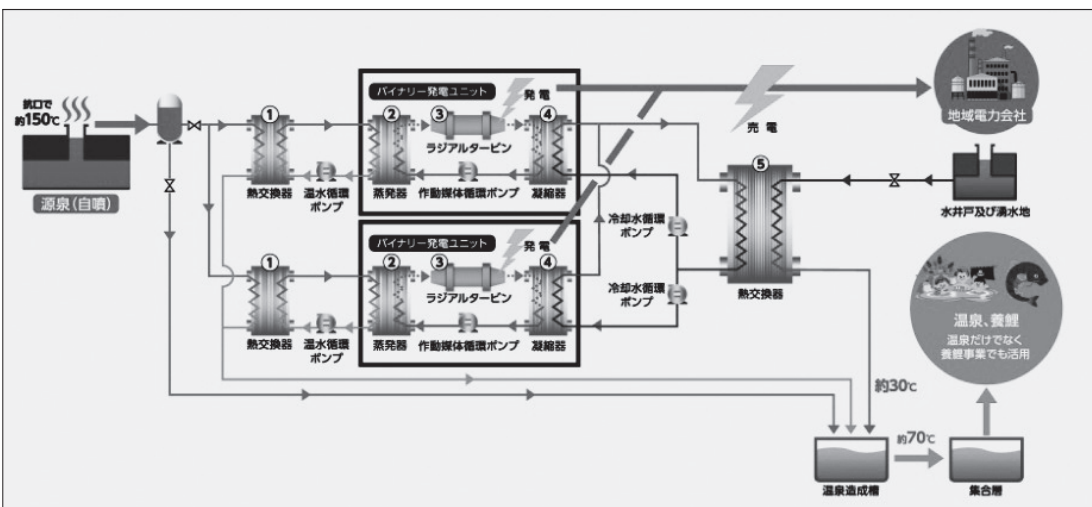


図2 奥飛騨第2バイナリー発電所の概要

給湯用源泉を利用したバイナリー発電所である。

発電に利用した後の温泉は従来どおり地域へ給湯され、さらに発電事業による収益の一部が源泉使用料として地域に還元されるため、地元にとってのメリットが創出されるスキームとなっている（図1、2）。

3. 奥飛騨第1バイナリー発電所の経緯

3.1 地域の特長

地熱発電所の多くは、火山フロントと呼ばれるプレートの沈み込みに伴う火山地帯

沿いに建設されている。高山市奥飛騨温泉郷はその火山フロント付近に位置し、活火山である焼岳を囲んでいるため、熱源は十分であると推定される。また、古くから温泉が湧出しており、観光地として栄えている。

奥飛騨温泉郷には、平湯温泉、新平湯温泉、福地温泉、栃尾温泉、新穂高温泉の5つの温泉地がある。このうち、新平湯温泉がある奥飛騨温泉郷一重ヶ根（以下、「当地域」という）は、狭い区域のなかに蒸気と熱水の状態（以下「気液二相流」という）で噴出している優勢な源泉が多い。

当地域で地熱発電に向けて活動をしていた当社は、洗陽電機2号井（当地域で当社が掘削した井戸）から奥飛騨宝温泉協同組合（以下、「宝温泉」という）への温泉給湯及び温泉集中管理を行う関係で、宝温泉との関わりがあったことにより、掘削した源泉を使わせていただいてバイナリー発電所を建設することとなった。

3.2 温泉給湯及び温泉集中管理

当地域では、これまで一重ヶ根温泉(有)、奥飛騨宝温泉協同組合、(有)新平湯温泉及び北アルプス観光開発(株)の4団体が、それぞれの源泉を所有し、給湯先である温泉旅館、一般住宅等に対し、それぞれの配管等の給湯設備により供給してきた。しかし、当地域の地熱資源の賦存区域は局所的であり、各団体がこの区域で温泉掘削（源泉間の離隔距離は100m以上）を継続してきたことにより、他源泉の湧出量に影響が生じてきた。

そのため、4団体及び(株)洗陽電機（社名変更し現在はシン・エナジー(株)）は、奥飛騨自然エネルギー合同会社（以下「合同会社」）を共同で設立し、温泉の効率的な利用を目的に温泉集中管理を推進することとした。

温泉集中管理に先立ち、合同会社では、2016年度に「【経済産業省】地熱開発理解

促進関連事業支援補助金」を得て、温泉設備全般の現状調査及び集中管理システムの構築を検討した。温泉設備全般の現状調査は、源泉、水井戸及び湧水の位置、配管径及び配管経路、温泉造成槽、減圧槽及び分湯槽の位置、給湯先の給湯量などを網羅的に調査したものであり、今後の温泉設備管理の重要な資料のひとつとなっている。

温泉集中管理の検討では、高温源泉が高い標高に位置し、給湯先はこれより低い地域（標高差約270m）、かつ、国道471号に沿って分布していることから、（公財）中央温泉研究所の提案である魚骨方式を採用し、給湯経路の変更、減圧槽などの再配置等を検討したうえで温泉集中管理システムを構築した。

温泉熱を利用したバイナリー発電所の建設は、温泉設備全般の現状調査等のなかで、気液二相流の自噴井が多く、気液二相流は熱水と比較して熱量が多いため、給湯温度への影響は軽微と想定され、その導入を検討したものである。

3.3 奥飛騨第一バイナリーの建設経緯

宝温泉と当社で行ったバイナリー発電所建設の経緯を以下に述べる。

新平湯温泉の温泉組合のひとつである宝温泉は、2015年当時、2本の源泉で給湯事業を行っていた。源泉はいずれも気液二相流であり、動力揚湯の必要がない自噴井のため、井戸水等を混合することで温泉造成し、組合員に給湯していた。

しかし、そのうちの1本（奥飛騨宝温泉協同組合3号泉：1972年掘削許可）は、炭酸カルシウムスケール（温泉に含まれる成分の析出物：湯の華）の浚渫作業中にトラブルが起り、使用不能になった。

これを契機に源泉の交換掘りを行った結果、元の源泉以上の熱量で自噴した。この場所はもともと地熱ポテンシャルが高かったが、井戸の老朽化により湧出量が低下し



写真1 完成起動式の様子（2017年11月6日）



写真2 運転ボタンが押されて発電開始

ていたと想定される。

当社は、洗陽電機2号井から宝温泉への温泉給湯及び温泉集中管理の関係で、宝温泉との関わりがあったことにより、掘削した源泉を使わせていただいてバイナリー発電所を建設することとなった。

当該発電所は2017年1月にFIT認定を受け、4月から発電所の建設工事を開始し、9月に完成。発電機等の試運転を経て、10月19日に運転開始した（設備容量：49.9kW）。

同年11月6日には、高山市上宝支所長、宝温泉の組合員、地域の方々、温泉掘削業者等を招待し、完成起動式を実施した（写真1、2）。

4. 奥飛騨第2バイナリー発電所の経緯

奥飛騨第2バイナリー発電所は、奥飛騨自然エネルギー合同会社が設置した発電所である。

合同会社は、奥飛騨温泉郷の新平湯温泉

に所属する一重ヶ根温泉(有)、奥飛騨宝温泉協同組合、(有)新平湯温泉及び北アルプス観光開発(株)と、(株)洗陽電機（社名変更し現在はシン・エナジー(株)）の5団体によって2016年5月に設立している。合同会社は、源泉の確保と給湯の安定供給を目指した温泉集中管理を設立の主目的とし、地域の地熱資源を活用した地域振興等に貢献するため、余剰熱利用による温泉発電所の建設及び運営もその定款に含めている。

合同会社の取組みは、2016年度の経済産業省の『地熱開発理解促進関連事業支援補助金』を得て、新平湯温泉に含まれる源泉、水井戸、湧水などの位置や性状、給湯配管経路及び管径、減圧槽、分湯槽等の給湯設備全般の調査を行い、この結果に基づき温泉集中管理システムの構築を検討したことから始まっている。

この補助事業の成果のひとつは、新平湯温泉の源泉が集中する一宝水及びマセドウ地区の多くの源泉が気液二相流の自噴井であり、熱水と比較して熱量が多いため、給湯温度への影響を低減できれば給湯利用が困難な蒸気及び高温熱水をバイナリー発電に活用できることが予期されたことにある。

給湯温度への影響低減の工夫は、冷媒冷却に湧水等（6～15℃程度）を使用し、熱交換器で温められた冷却水を給湯の温度調整に使用することとしたことである。一般に、バイナリー発電所では冷却塔を使用するが、これは冷却温度を大気開放するため、給湯温度を下げることになる。

また、合同会社では2018年に再び『地熱開発理解促進関連事業支援補助金』を得て、地熱資源の余剰熱を活用した産業の創出を目的に、養殖事業、木材乾燥事業などの現地視察と勉強会を行ってきており、この補助事業は、他の地元企業が運営する錦鯉の養殖事業に結びついている。

奥飛騨第2バイナリー発電所は、数ある源泉のなかで最も優勢な一重ヶ根温泉1号

泉を活用するのが最良と考えられたが、当該源泉は掘削から10年以上が経過しているため、温泉の安定供給とバイナリー発電の可能性を計るには新たな温泉掘削（交換掘り）を行い、その性状を把握した後に検討するのが適切との判断となった。

2017年9月に交換掘りを行い、一重ヶ根温泉1号泉を超える湧出が確認できたため、この交換掘り源泉を使用したバイナリー発電を計画（250kW）することとし、給湯及びバイナリー発電用の坑口設備を設置して給湯環境の整備を行うとともに、掘削後の源泉状況の経過確認を行うこととした。

その後、理由は不明であるが、奥飛騨温泉郷を含む広い地域で源泉の減衰が報告されるようになった。当該源泉も同様に、その勢いが減衰する傾向が見られるようになり、2018年6月、2019年5月にそれぞれ温泉井の浚渫工事を行い、源泉の維持を継続してきた。

このような経過のなかで、奥飛騨第2バイナリー発電所の建設は、2020年6月から開始。2020年10月に竣工し、翌月から営業運転を開始し、最大約200kWの発電出力で発電し、現在に至る。

5. 導入システムの概要・特長

給湯用源泉を利用することによる温泉組合の不安要素は、給湯温度の低下であると考えられる。そこで、当発電所では下記の工夫をした。

（1）発電機に必要な冷却水は、温泉造成に使用していた井戸水等を使用する。
⇒冷却塔で大気に放熱せず、井戸水等で熱を回収し温泉造成槽に戻す。

（2）源泉から温泉造成槽の間、及び井戸水等の貯水槽から温泉造成槽の間に、T字管+バルブを設置する。

⇒給湯事業上必要な時（他源泉の減勢、浚渫等）に、発電に係る系統の切り離しが可能な配管にする。

これらの工夫により、計算上失われる熱は50kWを発電する場合、電気に変換される熱量約4万3,000kcal/h（=50kW×860kcal/h/kW）及び発電機、配管、熱交換器等からの放熱のみと想定される。発電のために給湯源泉の熱量を積極的に逃がさないようにした。

さらに、今まで気液二相流を直接温泉造成槽に入れて温泉造成していたのに対し、熱交換器で気液二相流の温度を下げ、蒸気を凝縮後に温泉造成槽に入れることで熱のロスを減らすことができた。すなわち、今まで井戸から自噴している気液二相流を温泉造成槽に入れ、井戸水等を上部から加えることで蒸気の凝縮を行っていたため、蒸気の一部（多くは湯気）は気体のまま大気中に逃げていた。しかし、発電所に入る経路では、クローズのまま熱交換器で蒸気の潜熱を取ることによって凝縮させ、取った熱は冷却水で回収し温泉造成槽に入るため、源泉の熱を無駄なく使用することができる。

6. おわりに

当社の地熱発電事業は、全国各地の案件を検討し、最終的に岐阜県高山市奥飛騨温泉郷一重ヶ根に注力することになった。この地域にとって当社は、他所から来た会社にもかかわらず、地元の温泉組合の代表の方々には全面的にご支援、ご協力をいただいた。

紆余曲折はあったが、このような恵まれた環境で地熱バイナリー発電所を建設できたことを大変嬉しく思うとともに、今まで支えていただいた地域の方、関係者の方に感謝申し上げたい。