



公益財団法人

自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

■ 自然エネルギー活用レポート No.4

地熱発電で年間 6 億円の収入を過疎の町に

— 熊本県・小国町の住民 30 人が合同会社で事業化 —



● 概要

広い九州のほぼ真ん中に、熊本県の小国町（おぐにまち）がある。大分県に隣接する人口 7300 人の町の周辺には、くじゅう連山や阿蘇山など日本を代表する火山群がそびえる。古くから温泉が豊富な小国町の一角に、地元の住民が運営する「わいた地熱発電所」が 2 年前の 2015 年 6 月に運転を開始した。過疎に悩む町を地域の自然エネルギーで活性化する取り組みだ。発電能力は約 2MW（メガワット）で、年間に約 6 億円の売電収入を得ることができる。一般的に温泉地の地熱発電は 100℃以下の蒸気や熱水を利用するバイナリー方式が主流だが、わいた地熱発電所では 130℃の蒸気を使う本格的なフラッシュ方式を採用して高効率で発電する体制を整えた。

● 基本データ

①運営体制	事業者名	合同会社わいた会	所在地	熊本県阿蘇郡小国町大字西里 2996 番地
	発電所の名称	わいた地熱発電所	発電所の所在地	熊本県阿蘇郡小国町大字西里 3075 番
	運転開始年月日	2015 年 6 月	運営人員数(職種別)	6 名
	建設担当会社	東芝	運転・保守担当会社	中央電力ふるさと熱電株式会社
②発電設備	機器構成	生産井、セパレーター、蒸気タービン、復水器、冷却塔など	メーカー名/製品名/台数	東芝 Geoportable (蒸気タービン・発電機)
	最大出力	1995kW	送電能力	1995kW
	年間発電量	1400 万 kWh	想定設備利用率	80%
	電力供給先	エネット	(バイオマス)燃料	-
	FIT 認定取得年月	2013 年 2 月		
③収支計画	事業費(初期投資)	15 億円	事業期間	未定
	売上高(年平均)	6 億円	運転維持費(年平均)	非公表
	年間売電量	1400 万 kWh	売電単価	40 円/kWh(税抜き)
	資金調達先	中央電力ふるさと熱電株式会社	投資回収年数	非公表
			補助金	-

1. 発電事業の経緯

小国町は熊本県の最北端に位置する（図 1）。周囲を山に囲まれた農山村地域だが、日本でも有数の火山地帯にあって地熱資源が豊富だ。大分県と接する町の東部には温泉旅館が点在する「わいた温泉郷」がある。しかし東へ 30 キロメートルほど行くと全国的に有名な由布院温泉があり、知名度の低い小国町を訪れる観光客はさほど多くない。

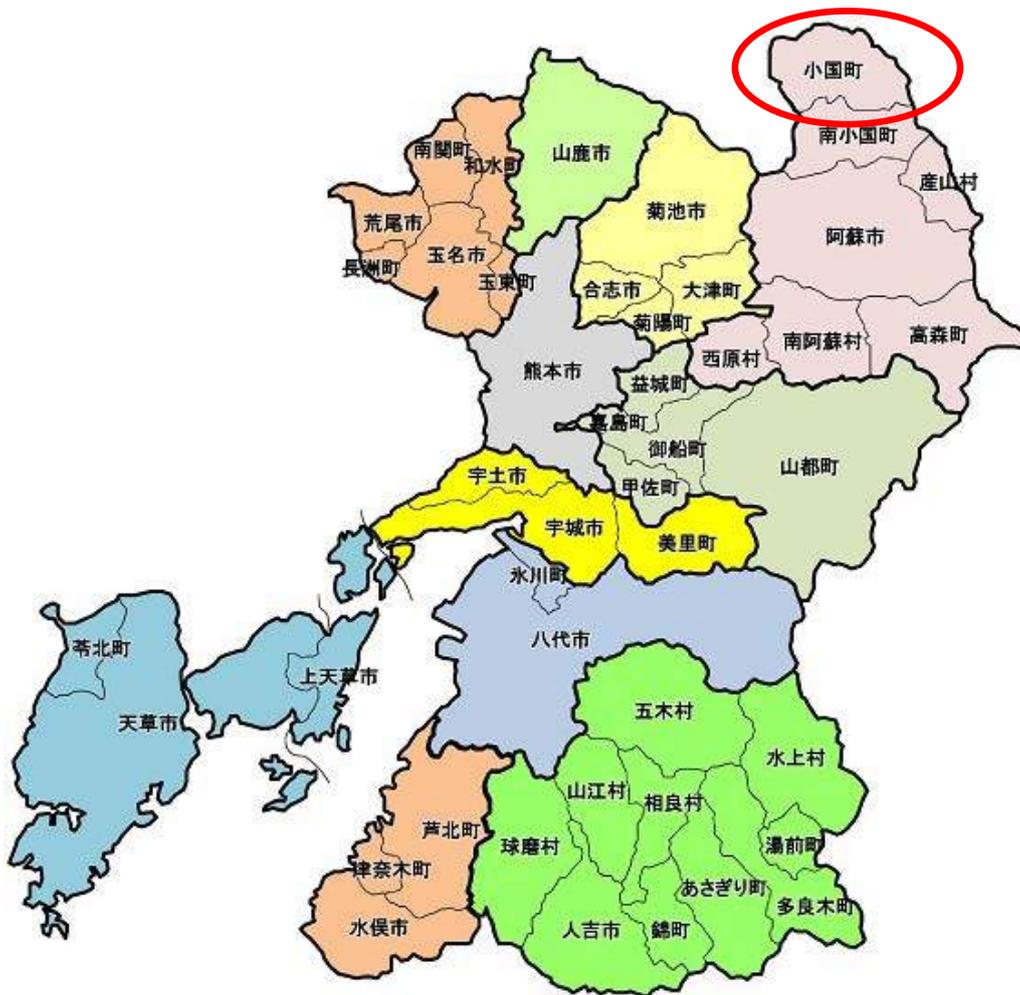


図 1◇熊本県の市町村と小国町の位置。出典：熊本県庁

地域の活性化を目指して、地元の住民が期待を寄せたのは地熱の活用である。温泉だけにとどまらず、地熱のエネルギーを生かして新たな事業を作り出せば、町に雇用と収入をもたらすことができる。東日本大震災が発生する直前の 2011 年 1 月に、26 人の住民が集まって「合同会社わいた会」を設立した。1 人 1 万円を出資して合同会社のメンバーになり、地熱発電プロジェクトに乗り出す。

小国町では 20 年前の 1997 年に大規模な地熱発電所の建設計画があった。発電能力が 2 万 kW（キロワット）の地熱発電所を大手企業が建設することを決めて、事業用地の取得を進めたが、一部の地権者の反対で頓挫した。「大量の地熱が発電に使われる結果、町を支えてきた温泉資源が枯渇してしまうことを

懸念する声が住民のあいだに根強くあった」（合同会社わいた会の初代代表を務めた江藤義民氏）。

それから 10 年以上が経過して、小国町では人口の減少と高齢化が進んだ。65 歳以上の高齢者が占める比率は 4 割近くに達している。「若い人たちにも魅力を感じてもらえる町を作るためには、やはり地熱を収入源に変える必要があった」（江藤氏）。そこで住民たちが合同会社を設立して、みずからの手で地熱発電事業に取り組み始める。協力会社としてマンション向け電力一括受電サービスを手がける中央電力を選び、発電所の建設資金の調達から建設・運営までを委託した。現在は関連会社の「中央電力ふるさと熱電」が小国町内に本社を設けて発電事業を支援している。

以前の教訓から、地熱発電所の規模を小さく抑えて温泉資源に影響が出ないように配慮した。建設する発電所の規模を 1995kW に決めて、20 年前の計画の 10 分の 1 以下にとどめた。2011 年の暮れに地下 500 メートルまで井戸を掘削する工事から着手し、3 年後の 2014 年 12 月に地熱発電所が試運転を開始した。地下から湧き出る蒸気は 130℃に達する高温の状態、1 時間あたり 24 トン湧き出る。小規模な地熱発電には十分な温度と噴出量である（写真 1）。



写真 1◇左側の高い櫓（やぐら）の地下に生産井がある。発電に利用する量よりも多くの蒸気が噴出

とはいえ地熱発電所が運転を開始するまでには、さまざまな難問をクリアしなくてはならなかった。最大の問題は以前と同様に、温泉の枯渇に対する懸念である。わいた地区には8軒の温泉旅館があり、先行者として地下から湧き出る温泉資源を利用する権利が認められている。「新しい地熱発電所が稼働して温泉資源に悪影響を及ぼした場合には、補償が必要になる」（江藤氏）。この問題に対して、わいた会では3つの対策をとった。

1つ目の対策は、地下から蒸気と熱水を噴出させる生産井（せいさんせい）を掘削する場所である。わいた地区の地下には断層帯があることがわかっていた。断層帯によって温泉旅館の泉源と分離された場所に生産井を掘削すれば、温泉に対する影響を防げる可能性が大きい。そのうえで地区内のすべての温泉旅館を対象に、各旅館の泉源から出る温泉の圧力・温度・流量・成分を1日24時間を通して計測できるシステムを導入する。これが2つ目の対策で、温泉に変化があればすぐにわかる仕組みである。

さらに3つ目の対策として、中央電力ふるさと熱電が温泉枯渇のリスクに備えて補償を約束した。もし温泉に悪影響が及ぶ状況になった場合に、温泉旅館に対して売上の補償や泉源の改修などを中央電力ふるさと熱電の責任で対応する。「補償の仕組みが整ったことで、地熱発電の最も大きな障害がなくなった」。地区内で温泉旅館を経営する熊谷和昭氏（わいた会分科会委員長）は当時の状況を振り返る。

試運転から半年後の2015年6月に「わいた地熱発電所」は商用運転へ移行した。「試運転を開始した当初は生産井から噴出する蒸気の量が安定せず、発電量の変動が大きかった。その後は徐々に噴出量の変動が少なくなり、安定して発電できる状態になった」（江藤氏）。2016年7月には、わいた会に参加していなかった住民4人もメンバーに加わり、わいた地区の30世帯すべてが合同会社を運営する体制を実現できた。



写真2◇合同会社わいた会の中心メンバー。左から、後藤幸夫氏（業務執行代表社員）、江藤義民氏（顧問・業務執行社員、初代代表）、熊谷和昭氏（分科会委員長）

2. 発電事業の詳細

わいた地熱発電所の建設にかかった事業費は15億円にのぼる。全額を中央電力ふるさと熱電が拠出した。合同会社わいた会は初期投資のリスクを負わずに、発電事業者として売電収入を得るスキームである。その一方で発電所の建設と運営管理、国などに申請する手続きや発電事業のリスク負担（補償）を含めて、中央電力ふるさと熱電に委託する体制をとった（図2）。

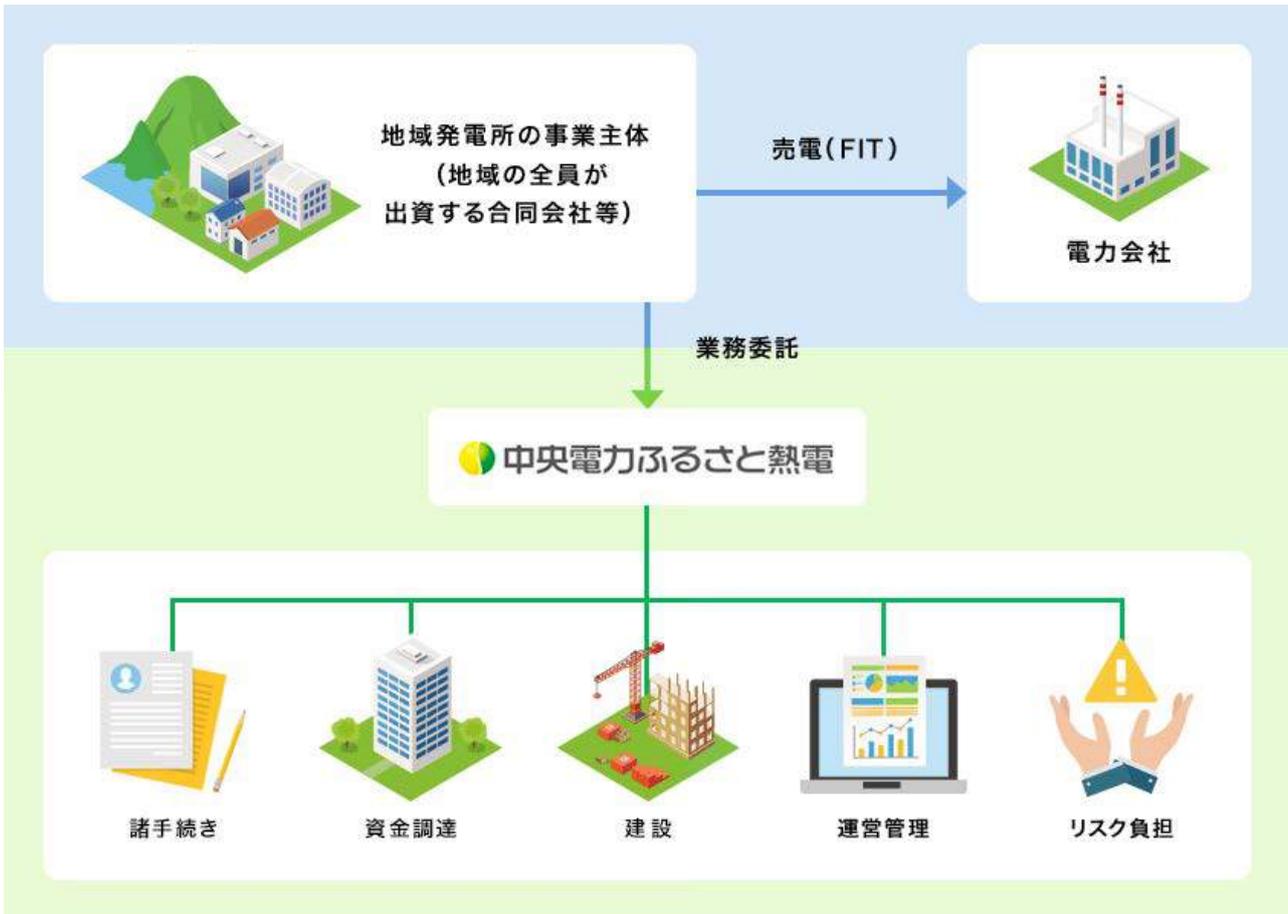


図2◇地熱発電事業のスキーム。出典：中央電力ふるさと熱電

年間の発電量は1400万kWh（キロワット時）を見込んでいる。地熱発電に利用する蒸気の噴出量は年間を通じて変動が小さいため、設備利用率（発電能力に対する年間発電量の割合）は平均で80%に達する。自然エネルギーの中では極めて高い水準で、安定した電力源として利用できる。年間に1400万kWhの電力量は一般的な家庭の使用量（年間3600kWh）に換算すると3900世帯分に相当する。小国町の総世帯数（約3100世帯）を上回る規模である。

発電した電力は固定価格買取制度（FIT）を通じて小売電気事業者のエネットに売電している。小規模な地熱発電（出力1万5000kW未満）の買取価格は1kWhあたり40円（税抜き）と高い。現在のところエネットが買取価格よりも平均1円ほど高い単価で買い取っている。わいた会に入る年間の売電収入は約6億円（税込み）になる。

わいた会と中央電力ふるさと熱電の収益分配の方法は明快だ。売電収入の20%をわいた会、残り80%を中央電力ふるさと熱電が業務委託費として受け取る。両社が協力して売電収入を増やせば双方にメリットが生まれるスキームである。

この事業スキームを通じて、わいた会は年間に約1億2000万円の収益を得ることができる。住民が期待をかけた地熱資源の収益としては十分に大きい。収益をもとに出資者30人に対して毎月一律の給与を支払えるようになり、「今では住民の重要な収入源になっている」（わいた会の江藤氏）。その一方で新たな事業に投資する資金も確保しなくてはならない。発電所を安定して運営しながら、収益の拡大も必要になる。

わいた地熱発電所では大規模な地熱発電所と同じ「フラッシュ方式」の発電設備を採用した。フラッシュ方式は地下から湧き出る蒸気と熱水を分離して、そのうち高温の蒸気だけを使ってタービンを回して発電する（図3）。蒸気の温度と量が十分に得られる場合に適した発電方法である。

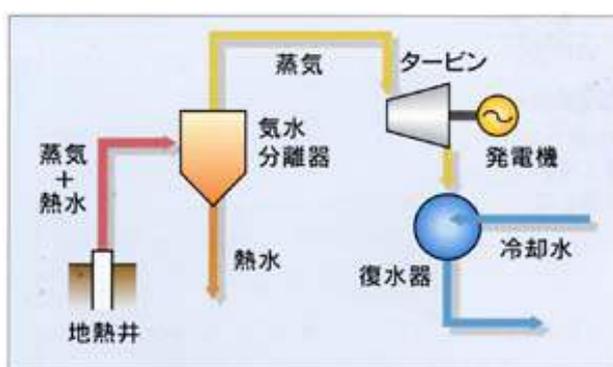


図3◇フラッシュ方式による地熱発電の仕組みと設備構成

出典：資源エネルギー庁

温泉地に導入する地熱発電では、100℃以下の蒸気や熱水を利用できる「バイナリー方式」を採用するケースが多い。低温で蒸発する沸点の低い液体を使ってタービンを回転させる仕組みである。ただしフラッシュ方式と比べると発電に必要なプロセスが多く、発電効率は低くなる。「高温の蒸気が大量に噴出する立地条件ならば、フラッシュ方式を採用したほうが有利である」（中央電力ふるさと熱電の林頭道開発企画部課長）。

わいた地熱発電所に蒸気を供給する生産井は、最初に掘削した地下500メートルの状態から拡張して、口径が6インチ（約15センチメートル）の鋼管を地下630メートルまで埋設した（写真3、次ページ）。この生産井から吹き上がる蒸気の温度は130℃に達し、噴出量も1時間あたり24トンにのぼる。

蒸気の状態からフラッシュ方式が適していることは明らかだったものの、「わいた地熱発電所の検討を始めた当時、フラッシュ方式の発電設備で小型の製品が日本には存在しなかった」（林氏）。ちょうど東芝が大型の地熱発電設備を縮小した新製品を開発中で、その1号機を導入して試運転にこぎつけることができた（図4、次ページ）。

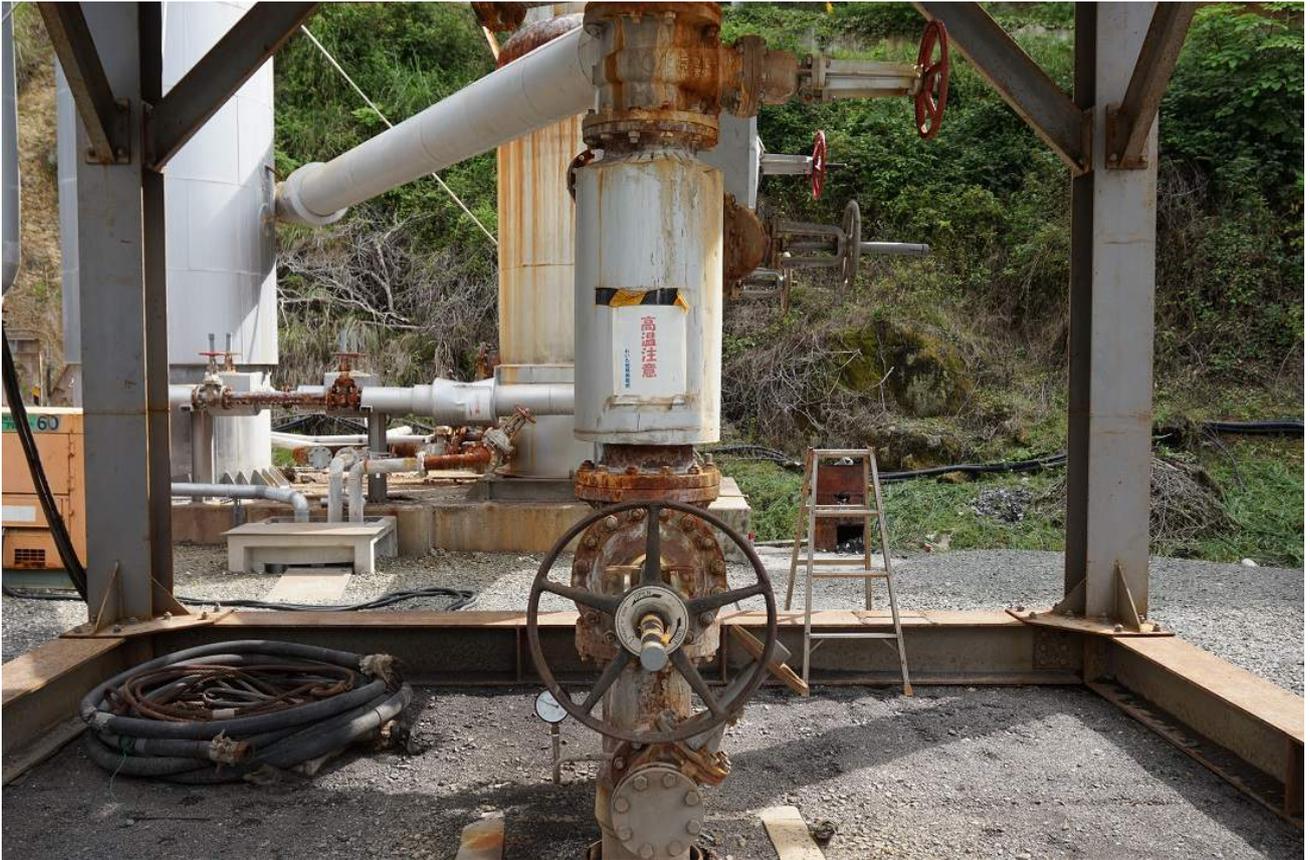


写真 3◇生産井の地上部分。地下 630 メートルまで埋設した鋼管を通じて蒸気と熱水を湧き出させる

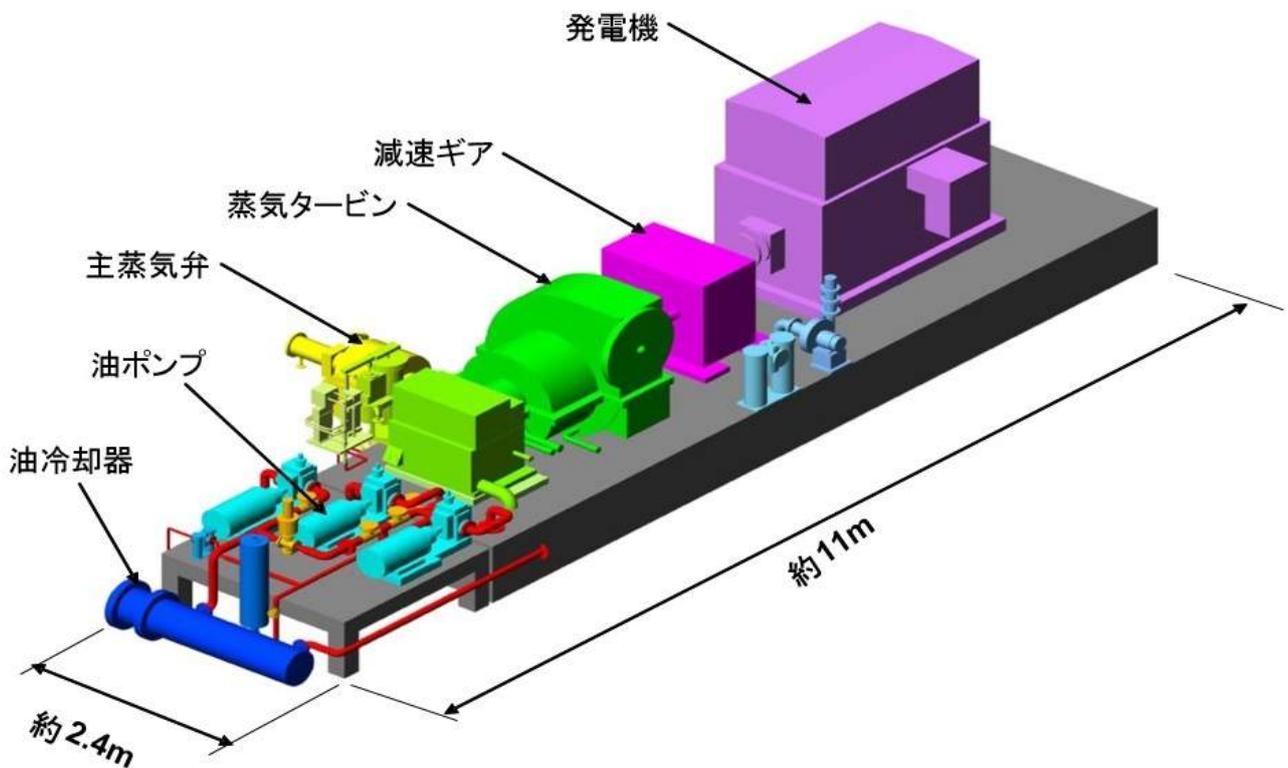


図 4◇わいた地熱発電所に導入した小型の地熱発電設備「Geoportable」の機器構成。出典：東芝

地熱発電設備を格納した建屋の周囲には、蒸気や熱水を供給・循環させる各種の設備が並んでいる。主な設備として生産井のほかに、生産井から湧き出る蒸気と熱水を分離する「セパレーター（気水分離器）」、発電に利用した後の蒸気を温水に変える「復水器」と「冷却塔」、さらに温水を地下に戻して資源の枯渇を防ぐ「還元井（かんげんせい）」がある（図5）。地熱発電では生産井と還元井をペアで掘削して併用する方式が一般的である。

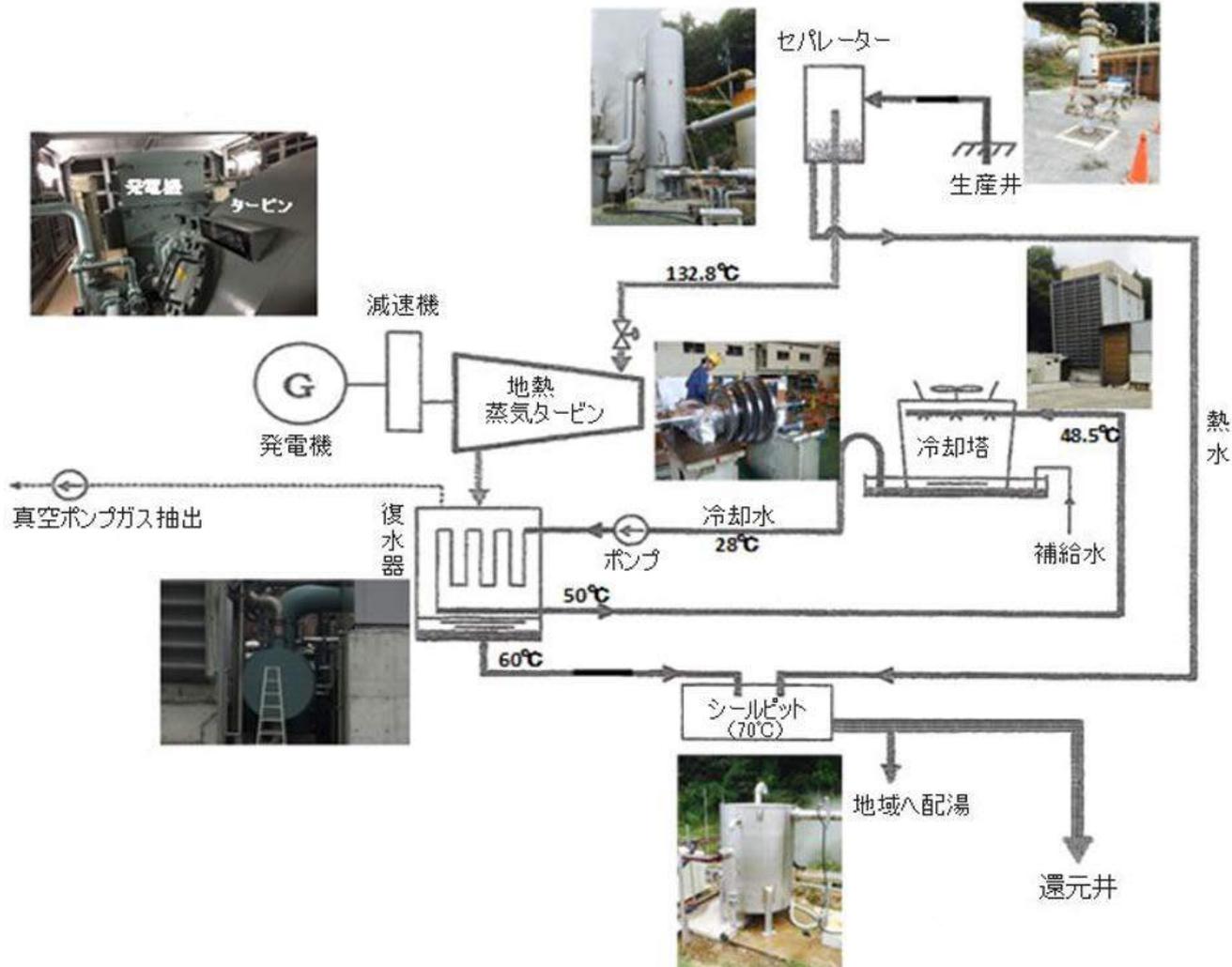


図5◇わいた地熱発電所の設備構成と蒸気・水の流れ。出典：中央電力ふるさと熱電

セパレーターで分離した蒸気と熱水のうち、蒸気だけをタービンに送って発電に利用する。そのあと蒸気は復水器で冷却して、60°C程度の温水に変換してから、還元井を通じて地下に戻す流れである。一方セパレーターで分離した熱水も、復水器から送られてくる温水と混ぜ合わせて還元井に送り込む。ただし温水の一部は地区内の温泉旅館や家庭に配湯して活用するほか、近隣に設けた温室にも供給している。

フラッシュ方式の地熱発電所では、発電に使った蒸気を冷却するために大きな冷却塔を併設している（写真4、次ページ）。復水器の中で温められて戻ってくる大量の水を冷却塔の上部から下に向けて散布すると、外気と接触して温度が下がり、再び冷却水として利用できる仕組みである。わいた地熱発電所では冷却用の水を用や湧水から補給し、冷却した水は元の用水に戻している。

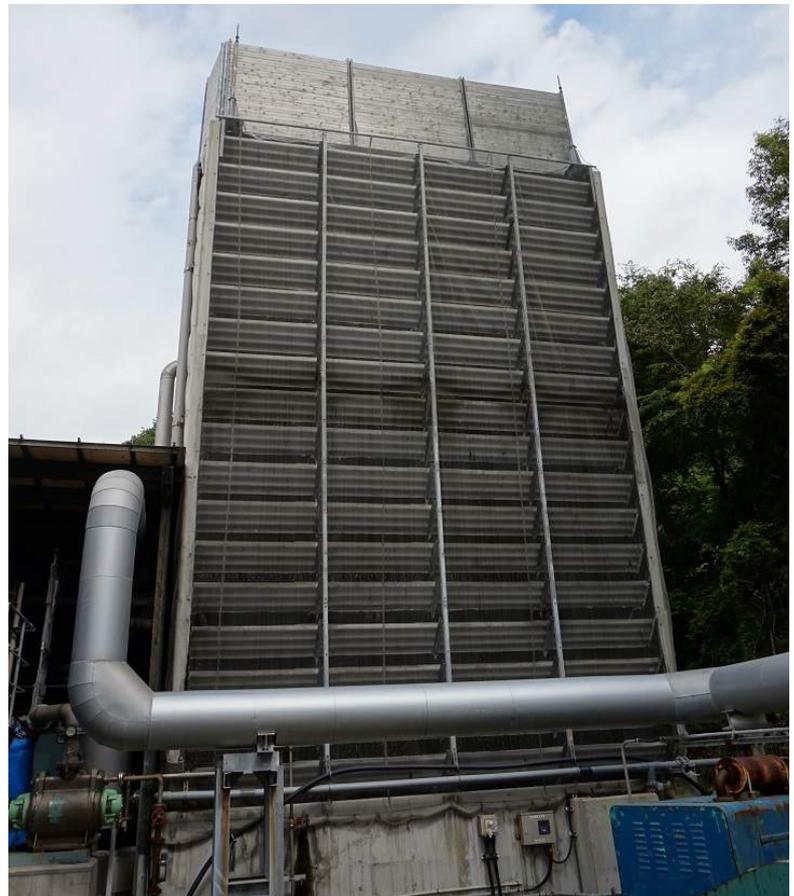


写真 4◇蒸気と熱水を分離するセパレーター（上、銀色の円筒の設備）、発電後の蒸気の冷却に使う水を供給する冷却塔（下）

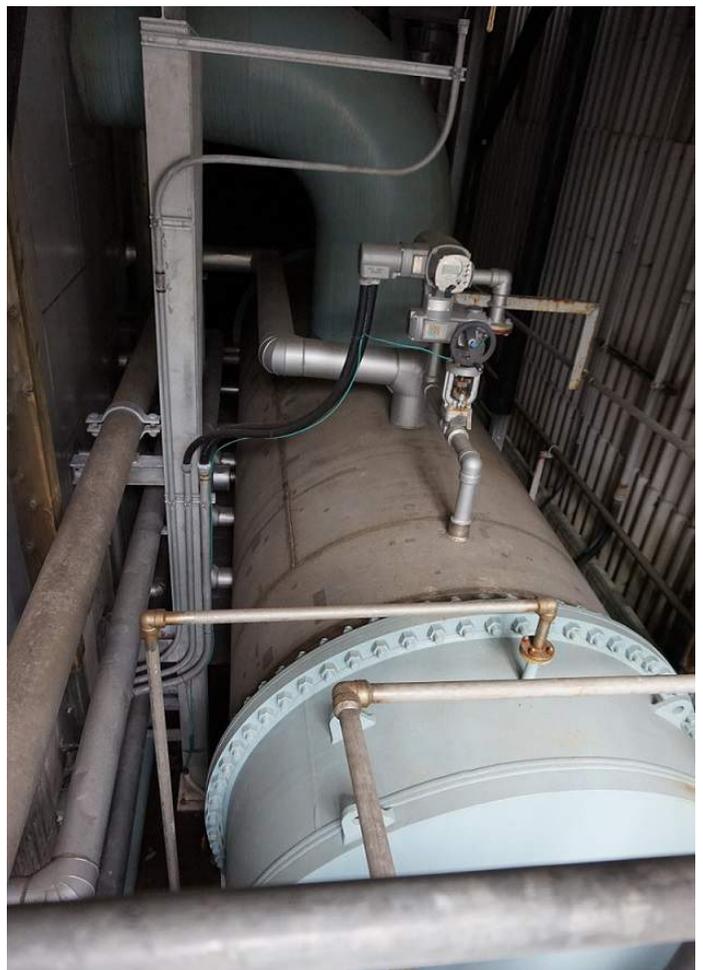


写真 5◇蒸気タービン・発電機（上）、発電後の蒸気を温水に変換する復水器（下）

わいた地熱発電所は総勢 6 人の体制で、1 日 24 時間の連続運転をこなしている。6 人全員が現地採用だ。発電所の運転に欠かせない電気主任技術者とボイラー・タービン主任技術者を 1 人ずつ配置している。発電所の構内にある事務所に設置したモニターで運転状況を監視するほか、主な設備の状態を 1 日に 3 回の巡視で確認する。それぞれの設備に付いているメーターから蒸気の圧力や温度などを読み取って記帳しながら、適正な範囲から外れていないかをチェックする作業である。もし適正值でない場合には、事務所のパソコンに集約したデータと突き合わせて異変を見つける。

このほかに手間のかかる作業が生産井の清掃だ。地中から湧き出る蒸気や熱水にはケイ素や炭酸カルシウムが含まれていて、生産井の鋼管の内側に付着する。この付着物を「スケール」と呼ぶが、定期的に除去しないと蒸気の噴出量が減って、発電量に大きな影響を与える。わいた地熱発電所では 3 カ月に 1 回ほどの頻度で運転を止めて、掘削機を使って生産井の内部のスケールを削り取っている。「わずか 3 カ月間でも、スケールの影響で蒸気の噴出量が大幅に減る。清掃した直後は最大出力の 1995kW で発電できるが、3 カ月後には 1500kW 程度まで落ちる」（中央電力ふるさと熱電の林氏）。平均すると 1750kW 前後の出力に下がってしまう。



写真 6◇生産井を掘削するために必要な櫓（やぐら）。高さは約 30 メートル。内側に見える細長い金属製の棒をつなぎ合わせて地下に垂直に挿入して回転させる。生産井の内側に付着するスケールの除去にも利用

スケールの清掃には 1 回あたり 10 日程度かかり、そのあいだは当然ながら発電できない。年間で合計 40 日の運転停止による売電収入の機会損失は大きい。そこでスケールを清掃するあいだも発電所を運転できるように、「補充井（ほじゅうせい）」と呼ぶ予備の生産井を掘削中だ。「現在の生産井と同じ地層に掘削するので、噴出する蒸気の量は同程度を見込んでいる」（わいた会の熊谷氏）。

工事が順調に進めば、2019 年 3 月には補充井を使って蒸気を供給できるようになる。年間を通じて発電所の運転が可能になり、1 年あたり約 8000 万円の売電収入が増える見通しである。補充井の建設費は約 4 億円かかる見込みだが、想定どおりに売電収入が増えれば 5 年で回収できる。

2016 年 4 月に熊本地方を襲った大地震によって、わいた地熱発電所では生産井に被害が発生した。「地下 350 メートルほどのところで、生産井のケーシング（鋼管）が切れている可能性がある」（わいた会の江藤氏）。スケールを除去するために掘削用の棒を挿入して回転させると、うまく回転しない場所がある。今のところ発電所の運転に支障はないものの、スケールを十分に切り切れないことから、清掃の頻度を増やさなくてはならない。補充井の完成後に、生産井の修復にも着手する予定である。



写真 7◇わいた地熱発電所の全景。温泉旅館や民家から離れた山の中腹にある

3. 今後の計画

わいた会が目指してきた「地熱の資源を収入に変える」という当初の目的は、ほぼ達成できた。しかし固定価格買取制度の買取期間が終了する 2030 年以降は、現在のような売電収入の保証がなくなってしまう。「発電事業のほかにも、地熱を使って新たな収入を得られる事業を増やしていく必要がある」（わいた会の代表を務める後藤氏）。その 1 つが農業分野で、温室による農作物の栽培を始めた。

発電所から 500 メートルほど離れた川沿いに、2 棟の温室がある（写真 8）。1 棟ではパクチー、もう 1 棟ではバジルを栽培中だ。若者を中心に人気が高い野菜を生産することで、収益性の高い農業経営につなげる狙いがある。温室の中央にはパイプが通っていて、その中を発電所から送られてきた温水が流れる。小国町は高原地帯にあるため、冬になると寒さが厳しく、雪が降り積もる。発電後の温水を使えば、暖房費をかけずに年間を通して一定の温度を保つことができる。パクチーやバジルといった温暖な気候で育つ野菜も栽培しやすい。



写真 8◇パクチーを栽培する温室(上)、内部(下)。黒いパイプの中を温水が流れる

わいた会では 2013 年度と 2015 年度に国の補助金を受けて、発電後の温水を地域で活用する事業を拡大してきた。温室のほかにも、地区内の温泉旅館 4 軒と住宅 30 戸に温水を供給している。発電所の下を流れる川の近くに分湯設備を建設して、そこからパイプを敷設して地区内に温水を送る（写真 9）。



写真 9◇発電所の直下に建設した分湯設備（上）、温室の近くにある分湯設備（下）。発電所から分湯設備まで黒いパイプで温水を送り、そこから温泉旅館や住宅などに温水を分配する。温室用の分湯設備では熱交換方式により温泉成分を含まない温水を作って温室に供給している

次に計画中の大きなプロジェクトは、第 2 発電所の建設である。現在の発電所の近くに同じくらいの発電規模(2000kW 程度)で建設して、収益の拡大を目指す。従来と同様の事業スキームを実現できれば、わいた会の収入は 2 倍に増える。近い将来に固定価格買取制度の買取期間が終了しても、新たな事業を展開することで、若者たちが地域に戻って来られる環境を整えておくためだ。「第 2 発電所は 2020 年をめどに運転を開始したい」(後藤氏)。

第 2 発電所には別の目的もある。最近になって、わいた地区の周辺で大規模な地熱発電所を建設する計画が持ち上がった。地熱資源に目をつけた大手の事業者が開発に乗り出している。わいた会のメンバーのあいだでは、かつてと同じように温泉の枯渇を危ぶむ声が聞かれる。「新しい発電所を自分たちで開発することによって、温泉と共存しながら地域を守っていく。収入を増やすことだけが目的ではなく、温泉を枯渇させないように発電事業を続けていきたい」(同)。

ただし、わいた会を構成する 30 人のメンバーの意見は必ずしも一致しない。高齢者が多いため、将来に向けた投資よりも当面の収入を優先するように求められる。「温水を活用した新しい事業のアイデアもいくつかあるが、メンバーの意見が合わないために調整に時間がかかってしまう」(同)。地道にメンバー全員の合意形成を図りながら、いかに新規事業に投資するチャンスを逃さないように意思決定できるかが、当面の大きな課題になる。地熱資源を生かした持続性のある地域社会の構築を目指して、わいた会の挑戦は続いていく。

*本レポートの内容はヒアリング実施日(下記)の時点の情報です。

ヒアリング実施日：2017 年 7 月 12 日

ヒアリング/レポート作成協力：合同会社わいた会、中央電力ふるさと熱電株式会社

レポート作成者：石田雅也(自然エネルギー財団 自然エネルギービジネスグループマネージャー)

©自然エネルギー財団 Renewable Energy Institute 2017