

火山の国のエネルギー、 八丁原に 「地熱」を訪ねて

九つの湯と日本最大の地熱発電所

車を降りると、硫黄の匂いがふわっと鼻をくすぐった。温泉地独特の、あの匂い。見上げると蒸気がもうもうとたちこめているのに、あれ？ なんだか、涼しい……。『ここは標高一〇〇mだから、下より涼しいんですよ』。九州電力八丁原発電所長の福田孝一さんが教えてくれた。一般に標高が一〇〇m高くなるごとに気温は〇・六℃下がると言われているから、ここは市街地よりもマイナス六〜七℃ということか。八月上旬、夏真っ盛りの晴天の日だったけど、発電所の周りは確かに涼しかった。近くにあるキャンプ場、九重グリーンパーク泉水キャンプ





▶国東半島にある大分空港から車で西へ約1時間45分、山間にモクモクと立ち上る蒸気が見えるあたりが地熱発電の現場
◀九州電力八丁原発電所
▼地熱井の掘削機



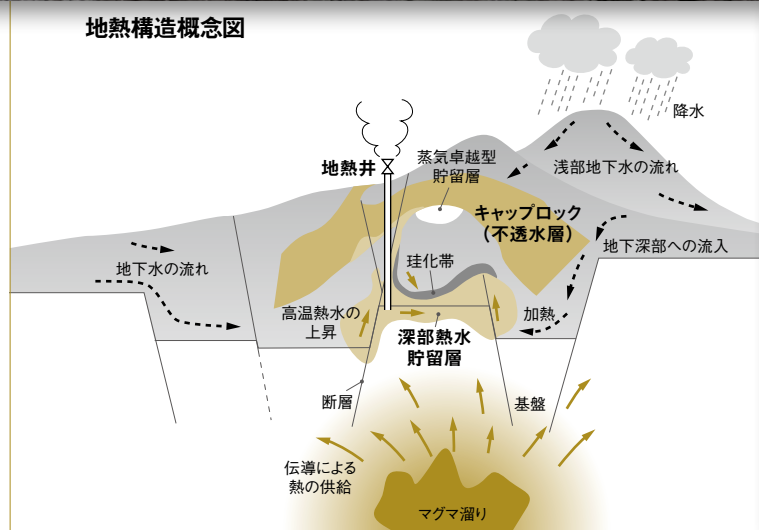
◀九重町役場



ハ丁原発電所のある九重町は、大分県南西部、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た面積約271km²の広い町。町内には9つの温泉郷がある。町全体を地熱の博物館のようにしたい、と92年から地熱ミュージアムタウン構想を推進。「地熱は重要な地下資源です」と商工観光・自然環境課課長の進一富さん(写真下)が話してくれた。



地熱構造概念図



村など、「九州の軽井沢」を謳っているほどだ。

国内最大の地熱発電所であり、出力一千万kWを誇る八丁原発電所は、大分県玖珠郡九重町に位置する。九重町は九つもの温泉街を擁する、まさに温泉のまちだ。

九重町を車で走っていると、その広さに驚くことだろう。見渡す限り広がるふかふかの草原、そこに放牧された牛や馬を眺めながら、快適な道路を走り、山を一つ二つ越えて、もうずいぶん来たかなと思っても、そこはまだ九重町。雄大な自然を擁する九重町は、スキーや乗馬、パラグライダーなどのレジャー体験のほか、四季折々の草花も楽しめる。初夏には町の花でもあるミヤマキリシマが山一面を覆い、それはまるでピンクのじゅうたんを敷き詰めたようだという。

温泉街の不安に対話で応える

そんな九重町で地熱発電の計画が始まったのは一九五三年のこと。当初は、地元の温泉街から強い反発があったそう。地熱発電のために地下から熱水を取り出すと、温泉が枯渇するのではないかと、地盤沈下が起こるのではないかと。そんな不安が住民の間にあったため。実際には、地熱発電で使う蒸気は「キャップロック」と呼ばれる岩石でできた不透水層下の熱水から取り出すため、深さは一般に地下二〇〇〇mほど。一方で温泉はキャップロック上部、深さ一〇〇mほどのところに存在するので、互いに影響することはない。

とはいえ、これらのことを電力会社側が説明しても、住民の不安を拭ききえることは容易ではなかったという。「大学教授などを招いて第三者機関の調査を行っても、有効な解決策にはなりにくいんです」。九重町役場の商工観光・自然環境課課長の進一富さんは言う。反対している住民たちにとっては、それらも電力会社側の人間の意見と受け取られてしまうのだ。この論争を解決するには、「話し合いを続けるしかない」。実際、七七年に八丁原発電所が運転開始するまで、一〇年以上地元との対話を続け、理解を得ていった。

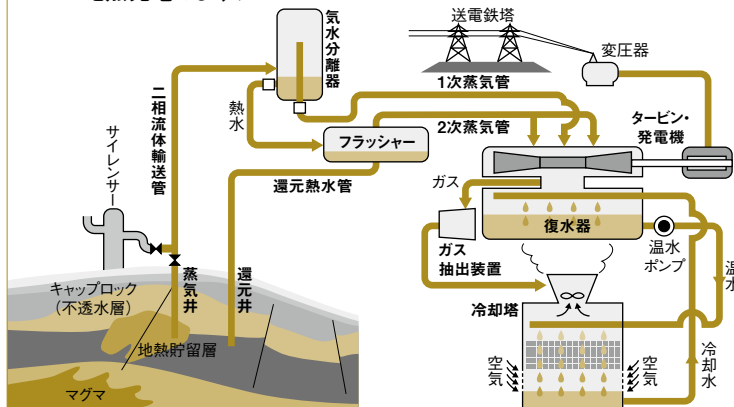
その後も発電所は地元への貢献を考え続けてきた。見学者を常に見受け入れることで地域の活性化を支えるほか、二年に一度の発電所の定期点検の際には、宿泊施設として地元の温泉街も利用されている。また、蒸気を取り出した後の熱水から有害物質を除去して「分湯」として地元へ供給している。

八丁原発電所が運転を開始して今年で三六年。今では地域と共存できていると、町役場自然環境グループリーダーの工藤和典さんも太鼓判を押す。今や地熱発電は町の振興になくてはならない存在となっているようだ。

熱と地下水とキャップロック

東日本大震災以降、地熱発電への注目度は高い。発電時にCO₂を出さないクリーンなエネルギーであり、地球内部の熱を用い、供給も安定しているため、貴重なベ

地熱発電のしくみ



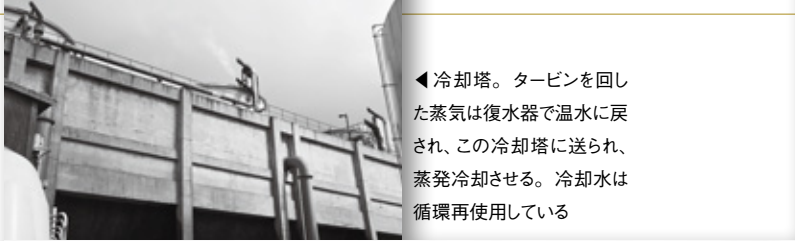
ハ丁原では蒸気井から噴出した蒸気と熱水は、「二相流体輸送管」により混合状態のまま気水分離器に導かれる。熱水の温度が高いため、気水分離器で分離させた1次蒸気に加え、熱水をフラッシャーに導き2次蒸気を発生させて使用する「ダブルフラッシュ方式」を採用。蒸気井からの蒸気のみを使用するシングルフラッシュ方式に比べ発生電力が約20%増加。蒸気井が少なくても済み、還元熱水量も減少するそうだ。



▲熱水を減圧膨張させ2次蒸気を発生させるフラッシャーの前で



▲構内を走る二相流体輸送管。蒸気と熱水を同一配管で輸送できるため建設費も削減できるという
◀蒸気井



◀冷却塔。タービンを回した蒸気は復水器で温水に戻され、この冷却塔に送られ、蒸発冷却させる。冷却水は循環再使用している



▶建屋の外に設置された変圧器
◀タービン建屋。タービンは1分間に3600回転して発電機を回し、電気をつくる



▲建屋内の制御室。運転操作は、2km離れた大岳発電所から遠隔制御しているため、ここには人はいない



九州電力ハ丁原発電所。77年1号機、90年2号機が運転開始、合計11万kWと日本最大の地熱発電所だ。地下約800～3000m程度の深い井戸（蒸気井）を掘り、マグマの熱で約300℃に熱せられた地下水を汲み上げ、蒸気を取り出し、タービンを回して発電するしくみ。蒸気を取り出した後の熱水は、還元井を通じて地下深部へ戻し、マグマ溜まりで再び熱せられ循環しているという。発電所長の福田孝一さん（写真上）が説明してくれた。

ス電源として今後も開発が望まれている。

環太平洋火山帯に位置する日本には二三〇〇万kWの地熱資源が眠っていると言われる。しかし、すべてを発電に利用できるわけではない。一般に地球内部の温度は、深さ三〇km～二〇〇kmで約一〇〇℃だが、一部の地熱地帯では深さ数kmの比較的浅いところに一〇〇℃前後のマグマ溜りがある。キャップロックが蓋として存在する地層では、マグマの熱が地下水を加熱し地熱貯留層を形成している。キャップロックは地熱貯留層の上部への流出を防ぐとともに、浅部にある低温の地下水や温泉水の流入を防ぐことによって、地熱貯留層の温度を高温に維持するのだ。その温度は三〇〇℃ほど。

十分な熱、十分な地下水、そしてキャップロック。これが地熱発電の三条件だ。国内でこの条件が揃っている潜在的な地熱資源は約一〇〇〇万kWと予想されている。その多くが国立公園内などに存在し、開発は難しい。しかし震災以降、国も地熱開発に柔軟な姿勢を見せており、新たな地熱発電所建設の可能性は十分にあるという。

費用対効果という面での検討も不可欠だ。地熱発電は開発までの調査・掘削および設備投資に膨大なコストがかかる。しかしながら、運転に結びつけば燃料コストがかからないため、減価償却が終了すれば他の電源と比べても遜色ないコストレベルが可能。つまり、初期投資を回収できるだけの地熱資源がある場合には、地熱発電は決して割高ではないのだ。

固定価格買取制度により、太陽光や風力などの再生可

能エネルギーによる発電は急速に増加している。但し、地熱発電は十分な調査、地元との対話、国との調整と、時間も費用もかかる事業であり、にわかには増加しにくいだろう。しかし、長い目で見て地熱発電にはそれだけの投資をする価値があることも事実だと思う。

生産と還元のバランス

ハ丁原発電所内を副所長の佐藤和秋さんに案内してもらった。構内の地熱設備や、一基で五五〇〇kWの巨大タービン発電機などを、佐藤さんの説明を受けながら見学する。

それにしても、一一万kWという出力は、地熱発電としては国内最大であるが、九州電力全体の発電電力量の1%に過ぎない。戸数にして三七〇〇〇戸分。なんとももどかしい気がしてしまい、もう少し規模を大きくすることはできないのか、尋ねてみた。すると、「発電のため、むやみに多くの蒸気井を掘ると、持続可能な発電が実現できないのです」とのこと。地下から取り出された熱水は、還元井によって地下に戻され、その一部が地下で再加熱され地熱貯留層に戻っていく。この循環こそが地熱発電を長期間安定して持続させるために不可欠なものであり、生産と還元とのバランスの「見極めがとても難しい」と佐藤さん。これまでのところ、ハ丁原発電所の地熱貯留層の管理は成功しており、持続可能な地熱発電の実現に向かっていようだ。

▶八丁原発電所は発電後の熱水を一部、地元に供給。この熱水を利用してハウス栽培を行っている時松孝さんに話を聞いた
▼地熱水が通っているパイプ



▼熱水中に溶けていたシリカ（珪酸）がパイプ内に付着、年輪状に成長して、還元井のパイプを詰まらせる。手前は蒸気井掘削用ドリルの刃先



▲緑溢れるキャンプ村には地熱水を利用した露天風呂がある。九重グリーンパークリーダー中村譲二さんから説明を受ける



◀低沸点媒体を使うことで低温熱水での発電を可能としたバイナリー発電施設



副所長の佐藤和秋さんに構内を案内いただく。右側に見えるのが気水分離器

裾野を広げるバイナリー発電

さらに、地熱発電の裾野を広げる新たな発電方法として注目されているのが、バイナリー発電だ。沸点の低い媒体を加熱・蒸発させ、その媒体の蒸気で発電する方法で、従来の地熱発電方式では利用できなかった低温の蒸気・熱水での発電が可能になる。

八丁原発電所では二〇〇kWのバイナリー発電も行っており、媒体にはペンタン^{*}を使用している。ペンタンは沸点が三六℃と低いため、理論的には三六℃のぬるま湯でも発電が可能だ。現実にはあまりに低温ではコスト面で難しいようだが、温泉の中には高温すぎるため、水を混ぜるなどして適温まで下げているところも多い。より安価なバイナリー発電が実用化すれば、無駄にしていた熱をエネルギーに変えることができるのだ。今後のコストダウンに期待したい。

*ペンタン＝メタン系炭化水素。無色の揮発性の高い液体で、安価で比較的安全な低沸点流体として用いられる

地熱水で育てるバラ

町内に温泉熱を利用したバラ園があると聞いて、訪ねてみた。大きなビニールハウスの中に、色とりどりの綺麗なバラが咲いている。新しい地熱の利用法に期待しながら、生産者の時松孝さんにお話を伺ったところ……「い

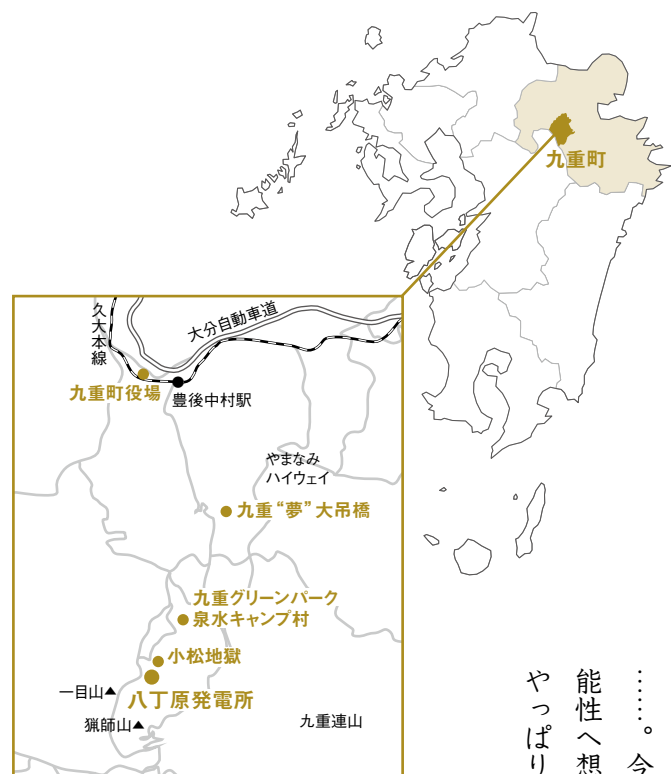


◀全長390m、高さ173m、人が渡る吊り橋としては日本一の「九重“夢”大吊橋」



八丁原発電所にほど近い「小松地獄」。地熱発電の立地条件の一つは、「近くに地獄がある」ことだそうだが、ここも古来より、噴気、熱泥、熱湯が噴出していた「地獄」。地熱兆候があるということで試掘を行い、適地であることが確認されたそうだ。小松地獄は遊歩道も整備されていて、短時間での地獄巡りに最適。九重町自然環境グループリーダーの工藤和典さん（写真上）に案内していただいた。

▲待つこと9分でゆで卵ができるという「たまご蒸し湯」



八田亜矢子 はった あやこ
タレント

1984年福岡県生まれ、東京都育ち。東京大学医学部健康科学・看護学科卒、同大学院医学系研究科公共健康医学専攻修了。2004年度ミス東大。学生時代からタレント活動をはじめ、日テレG+「八田亜矢子の環境ゼミ」、TBS「王様のブランチ」リポーターなどを務め、現在、TBS「ビジネスクリック」など出演。著書『今日からできる！東大脳の育て方』など。
<http://ameblo.jp/hatta-ayako/>
会員サイト▶
<http://www.centforce.com/smartphone.asp>

も「小松地獄」。ごつごつした岩肌から湧き出た熱泥は白く煮えたぎっており、周辺にはもうもうと蒸気がたちこめる。まさに地獄のような様相だ。地熱発電に不可欠な、地熱貯留層が地盤の比較的浅いところにある場合、このような「地獄」ができるのだそう。逆に言うと、この「地獄」がある周辺は、地熱発電の可能性があるということ。八丁原に発電所の可能性を見出したのもこの小松地獄があったからだという。

実はこの小松地獄、私は二年前に一度訪れていた。友人との九州旅行の際に、九重町自慢の「九重“夢”大吊橋」へ行った後、ふと思いつきで立ち寄った場所。その時はすぐ近くにある発電所にも気づかず、地獄で自作した温泉たまごを美味しく食べて帰っただけだったのだが……。今回は発電所を眺めながら、地熱発電の今後の可能性へ想いを馳せつつ、温泉たまごをほおばった。うん。やっぱり、美味しい。 曜

発電適地としての「地獄」

取材の最後に、八丁原発電所が誕生するきっかけとなったとも言える、あるスポットにやってきた。その名も「小松地獄」。地熱発電の立地条件の一つは、「近くに地獄がある」ことだそうだが、ここも古来より、噴気、熱泥、熱湯が噴出していた「地獄」。地熱兆候があるということで試掘を行い、適地であることが確認されたそうだ。小松地獄は遊歩道も整備されていて、短時間での地獄巡りに最適。九重町自然環境グループリーダーの工藤和典さん（写真上）に案内していただいた。

やー、採算がとれなくてねえ」と打ち明けられた。え？ どういうこと？ 「ここはね、売っちゃうことにしたんだよ」。衝撃の告白。話を聞いていくと、温泉水を汲み上げる機材が高価なこと、温泉成分であるシリカ（珪酸）がどうしても付着するため、パイプ交換などのメンテナンス費用も嵩むことなどが原因らしい。確かに、ハウス内に張り巡らされたパイプには、白い付着物がところどころに見られた。発電所で見せてもらった、びっしりとシリカが詰まったパイプを思い出す。うーん、地熱利用も、良いこと尽くめというわけにはいかないのか。

ちなみに、八丁原発電所からの分湯を使っている別のビニールハウスは残すそう。こちらは自前の機材が要らないため、採算がとれているとのこと。「分湯には本当に助けられているよ」と時松さん。そういえば、先の九重グリーンパーク泉水キャンプ村の露天風呂に使われているお湯も八丁原発電所が協力して供給していた。キャンプ場で温泉に入れるとあって、ここを訪れる学生たちにも評判は上々ということだ。自前での地熱水汲み上げは難しいようだけど、発電所と地域との共存はうまくいっているんだな、などと考えながらバラ園を後にした。