

# 温泉バイナリー発電の活用における現状と課題

— 長崎県・小浜温泉を事例に —

芳賀普隆\*

## I. はじめに

近年、再生可能エネルギーの地域への普及が進んでいる。一方、地域への再生可能エネルギー普及とともに、どのように事業として運営するか、どのように活用して地域活性化に貢献するのか、ということが課題となっている。

地域における再生可能エネルギー普及、利活用に関する既存研究では、例えば、太田（2015）が、再生可能エネルギーと観光との関係についてのサーベイを行い、東伊豆地域を事例に観光の観点から見た地域再生の検討を行っている。

また、環境とツーリズムをくみ合わせるエコ・ツーリズムやグリーン・ツーリズムに関しては、以前から議論が行われていたが、近年、再生可能エネルギーとツーリズムと結びつけることで、再エネ利活用の方法として、観光に加え、環境学習、環境教育の観点からも期待されている。

本稿では、地熱発電の現状を概観した上で、地熱発電のうち、温泉バイナリー発電に焦点をあて、長崎県雲仙市小浜町にある温泉発電の取り組みについて述べる。また、温泉発電の活用の際の現状について、いくつかの観点から検討するとともに、温泉発電の活用の際の課題について考察を行うことにする。

## II. 地熱発電、温泉発電の概要及び現状

### 1. 地熱発電、温泉発電とは何か

地球は膨大な熱エネルギーを持っており、この地球の体積の99%は1,000℃以上であって、100℃以下というのは表面近くのごく僅か0.1%である（Rybach and Mongillo（2006））。地球の中心部では、5,000～6,000℃もの温度があると考えられており、地球は中からたえず暖められている。このような地球内部の熱を「地熱」

---

\* 長崎県立大学地域創造学部実践経済学科 講師

という。火山周辺には「マグマだまり」<sup>1</sup>を熱源として、特に高温な地熱地帯が発達している（経済産業省 資源エネルギー庁HP）。

日本地熱開発企業協議会によれば、「地熱発電とは、地中深くから得られた蒸気で直接タービンを回して発電するものである。一緒に出る熱水は還元井を使って再び地下に戻して再利用に役立てる」とある<sup>2</sup>。

表1 地熱発電の多様性～温度による分類

地熱の温度	発電の分類	存在する場所・範囲	方法、用途	目的、特徴、現状
(1)超高音地熱 (400℃以上)	将来型電源	マグマ・高温岩体、 局地的・地域的	熱交換 発電主	主として基礎的研究
(2)高温地熱 (200～350℃)	地熱発電	天然の高温高圧 蒸気、局地的	発電 局地的	持続可能性保証、 新資源の発見
(3)低・中温 地熱 (数十～ 百数十℃)	直接利用	中低温熱水 局地的・地域的	直接利用 バイナ リー発電 局地的・ 地域的	経済性（総合的技術 開発）
(4)地中熱 (10～20℃)	第4の地熱	浅い地層・地下水 の熱	室内冷暖 房、温水 供給、 ヒートポ ンプ	普遍的、経済性（総 合的技術開発）、普 及活動、ヒートアイ ランド、地球環境問 題

[出所] 江原（2014）pp.124をもとに筆者作成。

風力発電あるいは水力発電は、それぞれのエネルギーによって発電に使われるわけであるが、地熱エネルギーというのは、非常に多様な使い方があることが特徴である。江原（2014）は、地熱エネルギーを、地下に存在する温度で（1）超高温地熱（400℃以上）、（2）高温地熱（200～350℃）、（3）低・中温地熱（数十～百数十℃）、（4）地中熱（10～20℃）の4つに分けている（江原（2014））。これらのうち、（2）と（3）について説明する。

1 火山地帯の地下数～数十kmには、1,000度以上もの温度になって岩がドロドロに溶けているところ（マグマだまり）がある。このマグマだまりは多量の熱を放出し、その周辺に高温の地熱地帯を形成している（経済産業省 資源エネルギー庁ホームページより）。

2 日本地熱開発企業協議会（〈URL〉 <http://www.re-policy.jp/shinenekentou06/1/0613tinetupanhu.pdf>）参照。

200～350℃程度の温度範囲（(2)の場合）では、資源は熱水とか蒸気の状態にある。これをボーリングによって取り出して発電に使う。これが最もポピュラーな地熱エネルギー利用である「地熱発電」である。もう少し温度が下がって数十～百数十℃、これは高温の熱水の状態にある。この領域の資源は、一般には電気に変換されることなく、熱そのものとして使われるので直接利用と呼ばれる。しかし、最新は、バイナリー発電といって、例えば熱水の温度は150℃以下でも、それによって沸点が低い媒体を過熱し、その蒸気をつくり、発電に用いるものである。わが国では、最近、温泉発電と呼ばれる、100℃程度の温泉水により低沸点媒体を加熱蒸気化し、発電を行う方式が注目されている（江原（2014））。

## 2. 世界及び日本における地熱発電の現状

ここで、世界及び日本における地熱発電の動向を概観しよう。CO<sub>2</sub>の排出量がほぼゼロで環境適合性に優れ、低廉で安定的な発電が可能なベースロード電源である地熱発電は、日本が世界第3位の資源量（2,347万kW）を有する電源として注目を集めている（表2）。しかしながら、発電能力はその2.2%分にとどまる<sup>3</sup>。また、国際的に見ると、地熱発電導入量の日本のシェアは4%程度となっており、アイスランドに次いで世界第10位の規模となる（経済産業省（2018））。

一方、2016年末時点の日本の地熱発電説明容量に関しては、図1に示したように、

表2 主要国における地熱資源量及び地熱発電設備容量

国名	地熱資源量 (万kW)	地熱発電設備容量 (万kW) 2016年末時点
米国	3,000	360
インドネシア	2,779	195
日本	2,347	54
ケニア	700	68
フィリピン	600	193
メキシコ	600	91
アイスランド	580	67
ニュージーランド	365	97
イタリア	327	92
ペルー	300	0

〔出所〕 経済産業省（2018） pp.174より転載。

3 日本経済新聞、2017年8月23日、総合1、2面より。

54万kWにとどまっている（経済産業省編（2018））。政府は2030年に発電能力を6～7%に高めるとしているものの、この控えめな見通しすら達成が危ぶまれる、と指摘されている<sup>4</sup>。具体的に日本の地熱発電開発が進まなかった理由として、江原（2014）は、3つの障壁を挙げている。第1に、「発電コスト問題」<sup>5</sup>、第2に、「国立公園問題」<sup>6</sup>、第3に「温泉問題」<sup>7</sup>である。

このように、日本では地熱エネルギーが豊富でありながら、十分に活かしきれていないとは言い難い側面がある。一方で、九州地域に目を向けてみると、糸井龍一によれば、九州の地熱発電は、1925年に別府（大分県）で始まった長い歴史があり、地熱関連企業も多数にのぼること、また地熱発電資源量と各種経済社会条件を掛け合わせて導入ポテンシャルを試算すると、久住、雲仙西部、霧島、指宿など、また離島にも地熱開発に向けて有望なエリアが多数存在している、という<sup>8</sup>。

以下では、温泉バイナリー発電を導入している長崎県雲仙市にある小浜温泉の取り組みについて整理していくことにする。

### Ⅲ. 温泉バイナリー発電事業成立に至る経緯

#### ～長崎県雲仙市小浜温泉の取り組みをもとに～

#### 1. 長崎県雲仙市小浜町の概要

長崎県雲仙市は、島原半島の北西部に雲仙普賢岳を取り巻くように位置しており、北岸は有明海に、西岸は橘湾に面している。地勢は、雲仙山系の険しい山地と、それに連なる丘陵地、及び海岸沿いに広がる平野部からなり、東西17km、南北24kmとなっている。総面積（28年10月1日現在）は214.31平方キロメートルで、県全体（4,132.09平方キロメートル）の5.2%を占めている。また、気候については、温暖多雨の恵まれた条件にある。

雲仙市の位置する地域は、橘湾や有明海を望む美しい海岸線や、普賢岳、雲仙地

4 日本経済新聞、2017年8月23日、総合1.2面より。

5 いわゆる3.11前の状況では、経済産業省の試算によれば、地熱発電の発電コストは1kW当たり13～16円といわれて、これは石炭火力発電、あるいは原発の2～3倍とされていた（江原（2014）参照）。

6 有望資源の80%以上が国立公園特別地域内にあり、従来、特別地域内では開発できないという大きな問題があった（江原（2014）参照）。

7 地熱開発が始まると周辺温泉へ悪影響が生じるのではないかと懸念があって、地熱発電所の建設だけでなく、調査も地元温泉関係者からの同意を得ることができず、開発が進展しないという問題である（江原（2014）参照）。

8 毎日新聞、2018年10月8日（月）広告（独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）主催「地熱シンポジウム in 鹿児島」（2018年8月8日開催）より。

獄といった雄大な自然環境を有しており、日本最初の国立公園である雲仙天草国立公園及び島原半島県立公園に指定されている。1969（昭和44）年4月に国見町、瑞穂町、吾妻町、愛野町、千々石町、小浜町、南串山町の7町構成となり、2005（平成17）年10月11日に7町が対等合併し雲仙市となった<sup>9</sup>。

小浜町の人口は、2018年12月末現在で、8,138人、世帯数が3,750世帯である<sup>10</sup>。

長崎県の島原半島には、3つの泉質が違う温泉がある。小浜温泉はこれらの温泉の熱源であるマグマ溜まりに1番近く、27もの源泉から100℃ほどの高温な温泉が1日に約15,000tも沸き出す、日本でも有数の温泉資源に恵まれた地域である。しかし、その豊富な温泉熱は、約70%が使われずに捨てられていた上に、用途のほとんどが浴用であるため、湯の温度を下げるのに苦労しているのが現状である<sup>11</sup>。



[出所] 筆者撮影。

図1 雲仙市小浜温泉

9 雲仙市ホームページより。

10 雲仙市小浜町の人口については、雲仙市のホームページ内にある、下記の情報を参照した。

（〈URL〉 <http://www.city.unzen.nagasaki.jp/file/temp/3248407.pdf>）

11 一般社団法人 小浜温泉エネルギー提供資料及び2018年12月10日に実施したシン・エナジー株式会社へのヒアリングより。



[出所] 筆者撮影。

図2 未利用のまま海に捨てられている温泉水の様子

## 2. 小浜温泉における温泉バイナリー発電事業の経緯

小浜温泉における地熱開発事業の経緯に関しては、渡辺他(2014)や印具他(2017)など、長崎大学のグループにおける研究に詳しいが、1984年から86年にかけてのNEDO（新エネルギー総合開発機構（当時））によるボーリング調査や1995年におけるNEDOの再調査申し込み、2004年には、小浜総合自然エネルギー特区の承認を受けて、行政主導の発電事業が試みられた。しかしながら、地元住民による地熱開発反対が相次ぎ、2004年の場合、地元で結成された「雲仙温泉を守る会」と「小浜温泉を守る会」による強い反対を受けて、長崎県自然環境保全審議会で掘削不許可の決定が下されたため、事業は中止を余儀なくされた<sup>12</sup>（渡辺他（2014）、印具他（2017））。

その後、2007年に、長崎大学環境科学部、長崎県環境部、雲仙市の3者間において、「雲仙Eキャンレッジプログラム」認定が締結され、小浜町における温泉発電は再び事業としてスタートした。2009年には、雲仙市が地域新エネルギービジョン策定委員会設立や九州大学大学院共同研究、一般社団法人 小浜温泉エネルギーや

<sup>12</sup> 小浜温泉における地熱発電計画反対運動と合意形成の経緯に関しては、田井中（2012）及び山東（2014）参照。

株式会社エディットなど、複数の研究・連携事業がこれまで行われてきた<sup>13</sup>（田井中（2012））。

2010年からは、地元との定期的な協議も行われ始め（田井中（2012））、2011年には「小浜温泉エネルギー活用推進協議会」も発足し、住民の意見をくみ取る場が設けられた。2013年には、実際にバイナリー発電実証が始まった<sup>14</sup>。

小浜温泉バイナリー発電は、この未利用エネルギーの有効活用を目的として2013年4月に設置され、環境省 温泉発電実証事業業ののち、シン・エナジー株式会社（旧洸陽電機）が買い取り、2015年9月に事業化してFIT（固定価格買取制度）<sup>15</sup>による売電を開始した。2016年5月には発電機のリニューアルを行い、発電効率を高め売電量の向上を図っている。

これまでの、小浜町における温泉発電事業の考案、地熱開発計画の浮上から温泉バイナリー発電事業の実施に至る一連のプロセスをまとめたのが表3である。

表3 雲仙市小浜町における地熱発電開発から温泉バイナリー発電事業に至る経緯

1941年	製塩事業 開始
1961年	製塩事業 全面廃止
2003年	250kWバイナリー発電計画
2004年	1,500kWバイナリー発電計画
2004年	フラッシュリサイクル方式・バイナリー発電事業断念
2007年	・長崎大学を中心に地元への働きかけを開始 「雲仙Eキャンレッジプログラム」認定 ・発電事業開始
2009年	・地域新エネルギービジョン策定委員会設立 ・雲仙・島原における地熱プログラムの開発 [九州大学大学院共同研究] ・地域主導型再生可能エネルギー事業化検討業務 [小浜温泉エネルギー] ・小浜温泉水利用による温泉発電事業化実証実験 [株式会社エディット]
2010年	地元協議開始

13 小浜温泉地域における温泉発電時実証実験事業の成立過程については、渡辺他（2014）に詳しい。

14 2004年の計画頓挫の失敗を活かし、掘削の必要はなく、何か問題があれば即刻実証を中止するという旨を各源泉所有者に説明し、同意を得た上で開始された。また、バイナリー発電においては、地元住民の同意を得られているので、発電機の改良や発電量の見える化、実証井戸の増加などの事業が進められている（印具（2017）p.54参照）。

15 筆者加筆。

2011年3月	小浜温泉エネルギー活用推進協議会発足
2011年5月	一般社団法人 小浜温泉エネルギー設立
2011年9月	環境省 温泉発電実証事業 開始
2013年4月	小浜温泉バイナリー発電 開所式（実証実験開始）
2014年3月	バイナリー発電 実証実験終了 環境省 温泉発電実証事業 終了
2014年6月	シン・エナジー（旧 洗陽電機）発電所 買い取り
2014年9月	改造工事（坑口熱交換 他）
2014年10月	環境省 スケール対策等実証事業 開始
2015年3月	環境省 スケール対策等実証事業 終了
2015年5月	海水冷却 開始
2015年9月	事業化（売電開始）
2016年5月	発電機リニューアル
2018年4月	委託民間事業者の（株）洗陽電機がシン・エナジー株式会社に社名変更

〔出所〕印具（2017）、小浜温泉エネルギー提供資料、シン・エナジー株式会社提供資料より筆者作成。

#### IV. 再生可能エネルギーとしての温泉バイナリー発電 —小浜温泉バイナリー発電所—

小浜温泉地域における温泉バイナリー発電の現状を調査するため、2018年12月10日に、小浜温泉観光協会、シン・エナジー株式会社、一般社団法人 小浜温泉エネルギーの各担当者に対して、ヒアリング調査を行った。

##### 1. 再生可能エネルギーとしての温泉発電としての活用

小浜温泉バイナリー発電所では、II-1.でも述べたように、温泉バイナリー発電、すなわち、温泉水の熱エネルギーを利用し、沸点の低い媒体を蒸発させて発電を行う方式を採用している。このような方法を採用したのは、第1に、温泉水の熱を利用するため、CO<sub>2</sub>を発生しないこと、第2に、これまで未利用となっていた温泉熱を有効活用することにより発電していること、第3に、新たに井戸を掘削する必要が無く、小規模から発電が可能なので、建設費を安価にすることができること、第4に、太陽光発電、風力発電のように天候や気候の影響を受けることが少なく、24時間安定した発電が可能である、といった理由があった。これまで未利用だった100℃前後の温度域からのエネルギー回収及び有効利用による“省エネ”と、再生可

能エネルギーから発電することによる“創エネ”での地域貢献が期待されている<sup>16</sup>。

また、温泉バイナリー発電は、①約100℃の温泉水の熱から熱水を作る、②出来た熱水で沸点の低い液体を蒸発させて蒸気をつくる、③その蒸気力でタービンを回して発電する、④気体を冷やし、再び液化させる、というプロセスを経ることから、冷却水が必要となる。小浜温泉バイナリー発電所では、クーリングタワーを使わず、冷却に海水を使用することで、水代の節約と所内の動力減に貢献している、という。

一方で、2013(平成25)年4月に開始された環境省 温泉発電実証実験の段階で、事業化の困難さが明らかになった。その背景には、温泉スケールともいい、通常湯の華と呼ばれる炭酸カルシウムが、化学反応によって配管を詰まらせる要因となっていた。2週間に1回のメンテナンスが必要になることから、温泉業者が旅館を営しながら温泉バイナリー発電を運営することは難しかったのである<sup>17</sup>。

これに対しては、源泉井戸のそばで熱交換を行い、高圧のまま一気に温度を下げることで、温泉特有のスケール問題を軽減させ、メンテナンスをこれまでの2週間に1回から2ヶ月に1回に減らすことができるようになり、事業性がでてきたのである<sup>18</sup>。

## 2. 小浜温泉バイナリー発電を支える組織、運営体制

小浜温泉バイナリー発電の運営に際しては、様々なステークホルダーが関与している。渡辺他(2014)及び印具他(2017)では、地熱発電に関わる利害関係者として、行政(長崎県庁・雲仙市役所)、一般社団法人 小浜温泉エネルギー、洗陽電機株式会社が妥当であるとするともに、ステークホルダー間の関係性について示している。

ここで取り上げたいのが、一般社団法人 小浜温泉エネルギーと株式会社 シン・エナジーである。

まず、一般社団法人 小浜温泉エネルギーは、2011年に「未利用温泉熱活用に関する調査研究を行うとともに、未利用温泉熱活用事業の円滑な普及発展を図り、地球温暖化対策への寄与と地域経済・観光の活性化をもって持続可能な社会の構築に寄与する」ことを目的として発足した小浜温泉活用推進協議会のもと設立された。

16 シン・エナジー株式会社提供資料より。

17 2018年12月10日、シン・エナジー株式会社へのヒアリング及び提供資料より。

18 2018年12月10日、シン・エナジー株式会社へのヒアリング及び提供資料より。

主体は地元の温泉事業者が担い、それを自治体や長崎大学などが支援する形で、未利用温泉水の利用事業を行っている<sup>19</sup>。

また、株式会社洗陽電機は、小浜温泉エネルギーからの委託を受けてバイナリー発電事業所を運営する民間事業者である。現在は、2018年4月からシン・エナジー株式会社に社名を変更している。

地域における再生可能エネルギーに際しては、小浜温泉の例の場合、渡辺他（2014）や渡辺他（2017）、印具ら（2017）に見られるように、エネルギーを供給する側や支える側におけるステークホルダーの議論が試みられてきた。

一方で、再生可能エネルギーを普及させていくためには、再生可能エネルギーにおいてどう活用していけばよいのか、またそういった仕掛けをどのように構築し、人々の関心を高めていけばよいのか、が問われよう。

以下の章では、小浜温泉ジオツアーを例に検討していくことにする。

## V. 観光及び環境の側面からみた再生可能エネルギー普及の現状と考察

### 1. 小浜温泉の観光を巡る状況

まず、小浜温泉をめぐる観光客の状況について概観してみよう。

図3は、小浜温泉の人気観光スポットである「ほっとふっと105（105mの足湯）」を訪れた来訪者の人数の推移をグラフ化したものである。2009年2月に完成した当初は、2～3月で45,070名であった。その後、多少の変動はあったものの2009年には188,740名、そして2013年には256,147名に増加した。しかしながら、2017年度には159,680名に約10万人もの減少がみられている。

そのような小浜温泉における観光客の減少を食い止めるとともに、民間の温泉発電事業者である旧・洗陽電機（現在のシン・エナジー）株式会社における地域貢献の思いもあり、小浜温泉ジオツアーの前身である、温泉発電の視察が2013年3月から始まった。その後、2015年に「小浜温泉ジオツアー」と名称を変えて開始し、年間100名前後の見学者を受け入れてきた。

「小浜温泉ジオツアー」とは、小浜温泉特有の見学ツアーであり、発電所の概要や経緯を聞くことができるもので、小浜温泉観光協会とシン・エナジー株式会社が共同で実施している。小浜温泉観光協会は、職員4人に加え、足湯の管理4名から成り立っている任意団体で、小浜地区の観光振興、インフォメーションセンター機

19 一般社団法人 小浜温泉エネルギーホームページ〈URL〉<http://obamaonsen-p.jp/about>）及び、シン・エナジー株式会社〈URL〉<https://www.symnergy.co.jp/company/history>） 参照。

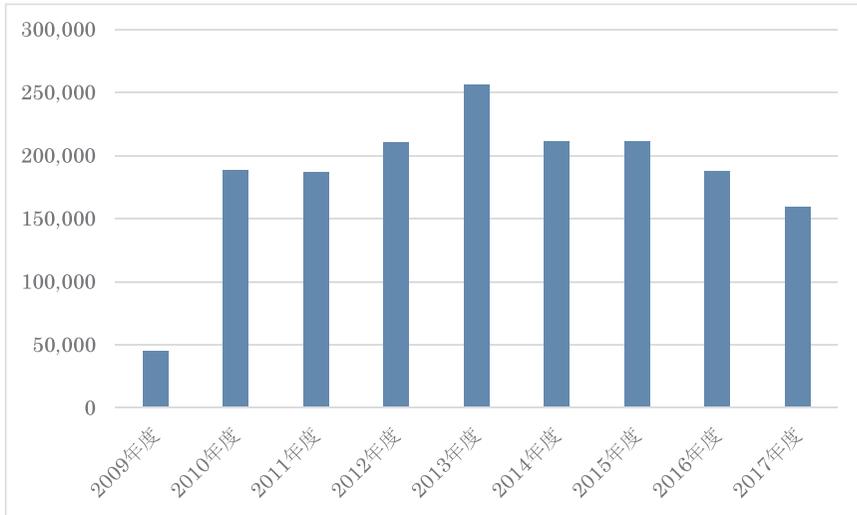


図3 小浜温泉足湯（ほっとふっと105）来訪者数の推移

〔出所〕小浜温泉観光協会より提供いただいた情報をもとに筆者作成。

能を担っている。小浜温泉ジオツアーが行われたのは、温泉バイナリー発電所の珍しさに加え、温泉熱を利用した発電、という小浜温泉としての特徴を活かして観光客を呼び込むことを目指したのである。実際、全国からバイナリー発電の視察があり、小浜温泉観光協会はツアーの受け入れといった運営面を担うことになった<sup>20</sup>。

## 2. 小浜温泉ジオツアーの参加者の状況

次に、図4は小浜温泉ジオツアーにおける目的別参加者の推移を示したものである。ジオツアーとして開始した2015年度には企業団体視察が85名と全体の約66%（3分の2）を占めていたが、2016年度以降大学関係が67名と全体の約47%を占めた。2017年度には、修学旅行で全体の約40%に相当する64名が来訪した上、2018年度に関しては、2019年1月時点とはいえ、前年度を上回る修学旅行生を受け入れている。

このように、小浜温泉ジオツアーは、当初多かった企業視察が若干の減少傾向となり、大学関係者や修学旅行生の受け入れを積極的に行ってきた、といえよう。

## 3. 小浜温泉ジオツアーの持つ意義に関する考察

小浜温泉ジオツアーの持つ意味とは何であろうか。ここでは、観光面、及び環境の側面の双方から考察を加えていくことにする。

まず、観光の面から考察していくことにする。近年のジオパーク<sup>21</sup>、ジオツーリ

20 小浜温泉観光協会に対する2018年12月10日のヒアリングより。

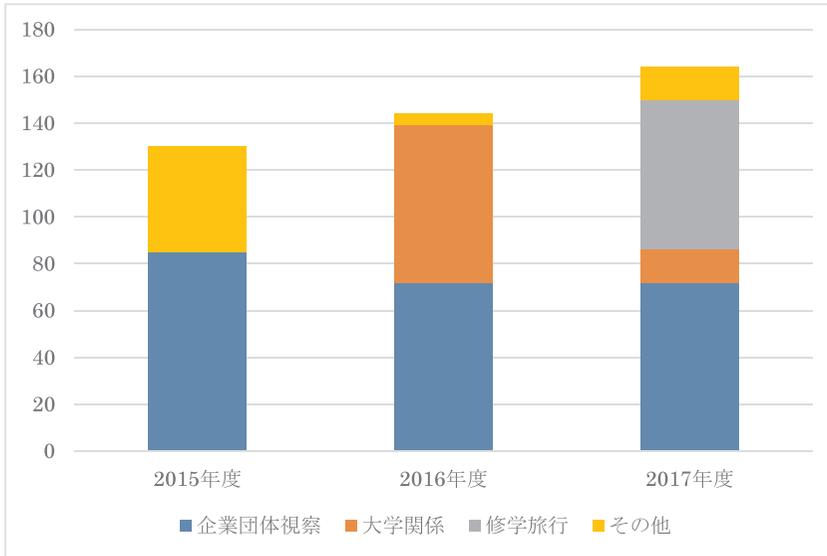


図4 小浜温泉ジオツアー参加者別の推移

[出所] 小浜温泉観光協会より提供いただいた情報をもとに筆者作成。

ズム<sup>22</sup>に関する先行研究としては、有馬（2016）、九州に関する言及としては、大野（2011）、深見他（2011）らがある。

島原半島は『活火山と人との共生』をテーマに、2009年8月国内第1号の世界ジオパークに認定された<sup>23</sup>。Global Geoparks Networkのガイドラインによれば、“ジオパーク”とは、地質遺産が保護・教育・持続可能な発展という全体的な概念を有する地理上の地域のことである（Global Geoparks Network（2008）p.3）。

Global Geoparks Network（2008）は、世界ジオパークに認定された地域に対し、①保全・保護するだけでなく、それらを②学術研究や学校教育、さらには③観光に活用し、④持続可能な方法で地域を発展させるという4つの取り組みの推進を求めている<sup>24</sup>。小浜温泉エネルギーはジオパークとも連携し、観光振興との連結を視野に入れた取り組みを行っている（一般社団法人 小浜温泉エネルギー 提供資料より）。

21 ジオパークは、地球科学的価値を有する素晴らしい景観や露頭を複数有し、それらによってその地域の地史や成り立ちが理解できる自然公園である（Global Geoparks Network（2008））。

22 菊地他（2011）によれば、ジオツーリズムの要素は以下の3つに集約されるという。第1の要素は地球科学的資源（ジオサイト）の存在とその保全・保護、第2の要素は資源に対する教育的な利用、第3の要素は持続的な地域振興である。これら3つの要素が明確に識別でき、なおかつ有機的に機能することで、はじめてジオツーリズムが成立する（菊地他（2011）pp.744）。

23 一般社団法人 小浜温泉エネルギー提供資料より。

24 詳細はGlobal Geoparks Network（2008）及び大野（2011）を参照のこと。

2013年度からは、環境を保全しながら観光客増加や雇用創出を目指すために、地元温泉事業者だけでなく、小浜温泉地域で活動する市民団体や組織を集めた協働取組事業を始めた。これまでバラバラだった小浜温泉地域の約20の市民団体や組織を集め、未利用資源を活用した利用事業と体験型観光について話し合う機会を設けた(山東(2014) p.8)。

小浜町における温泉バイナリー発電における活用に関しては、馬越他(2012)において検討されている。「このような地域分散型エネルギーの活用には、地域の創意工夫を活かすこともできるため、発電による経費削減のみならず、地域経済の活性化や観光客増加への期待も高まる」(馬越他(2012) p.27)と主張されている。

しかしながら、温泉発電が注目されてきたものの、ジオツアー自体が観光振興に直接つながっているというところまではいい難いであろう。

次に、環境教育や研修機能としての小浜温泉ジオツアーに関する視点である。ジオツアー参加者の動向から、修学旅行や研修といった様々な形で、児童生徒・学生や社会人の環境学習・研修に小浜温泉ジオツアーが活用されており、一定の研修機能は持つものの、ジオツアー自体が、温泉バイナリー発電の現地視察と説明を中心に組み立てられており、それを包含するような環境学習・教育を行うとなると、研修の方法や範囲の拡大を検討せざるを得ない。その場合の研修プログラムの提供において、ジオパークとの連携による観光振興まで具体化するのか、それとも現行のプログラムで、海外から来る再生可能エネルギーの視察者も含め、多様な見学者を受け入れながら、ジオツアーの拡充を図っていくのか、といった研修・教育のフレームワークの検討等が必要となろう。

## VI. 温泉バイナリー発電の普及と活用に伴う今後の課題

地熱発電のうち、温泉バイナリー発電に焦点をあて、長崎県雲仙市小浜町にある温泉発電の取り組みについて述べるとともに、温泉バイナリー発電の活用に際しての現状について、特に観光と環境の観点から考察してきた。

今後、温泉バイナリー発電の活用に際しての課題を挙げると次のようになる。

第1に、ステークホルダーの役割である。昔から地元住民の反対が繰り返されてきた歴史があったことや、今後の温泉発電拡大の場合の影響も予想されることから、温泉業者や地域住民の理解は不可欠である。また、地元住民の生活を守るとともに、地域にある資源としての温泉を学びの材料にしながら、地元住民における環境への関心をいかに高めるか、が、地域住民自身が温泉バイナリー発電事業の一担

い手として再生可能エネルギーの普及に寄与することにもつながると思われる。

第2に、小浜温泉が古くからの観光地である一方、前述したように、世界ジオパーク認定地域である利点をどのように活かすのか、また、再生可能エネルギー推進というメッセージを小浜温泉ジオツアーも活用しながら、発信し、地域のブランド力を高めていくのか、である。

第3に、小浜温泉ジオツアーの知名度をさらに高め、再生可能エネルギーの学びの場としての面と、ツーリズムとしての面双方を活かすには、修学旅行として魅力ある素材を提供できるとともに、滞在型ツーリズム、あるいはリピーターの増加をいかに図るのか、が課題である。

第4に、小浜温泉ジオツアーが、再生可能エネルギーを学ぶ環境学習、環境教育の場であるとともに、世界ジオパークに認定された強みを実践的な環境学習、環境教育にどう取り込むのか、といった内容の検討も求められる。

#### 謝 辞

本研究は、「平成30年度 長崎県立大学 学長裁量教育研究費（長崎の地域課題）」に基づいて実施されたものであり、本稿はその研究成果の一部である。また、本研究に際して、ご多忙の中ヒアリング調査にご協力いただいた小浜温泉観光協会、シン・エナジー株式会社、一般社団法人小浜温泉エネルギーの皆様がこの場をお借りして深く御礼申し上げる次第である。なお、本稿の文責は筆者に帰するものである。

#### 参 考 文 献

Global Geoparks Network(2008)., "Guidelines and Criteria for National Geoparks Seeking UNESCO's Assistance to Join the Global Geoparks Network."

〈URL〉 <http://www.globalgeopark.org/portals/1/documents/2008ggn-guidelinesjuneendorsed.pdf>  
(Accessed by 2019/1/31)

Rybach,L., and Mongogillo,M.,(2006)., 'Geothermal Sustainability : A Review with Identified Research Needs', "CRC Transactions", Vol.30, pp.1083-1090.

〈URL〉 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.455.2050&rep=rep1&type=pdf>  
(Accessed by 2019/1/31)

有馬貴之（2016）「(特集号)「ジオパークの教育力—教育から学習へ—」巻頭言」『地学雑誌』第125巻第6号、pp.779-783。

〈URL〉 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/125/6/125\\_125.7791\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/125/6/125_125.7791_pdf)  
(Accessed by 2019/1/31)

印具秀三・上村美貴・内田有香・大宮美沙・三浦大輝・濱崎宏則（2017）「雲仙市小浜町における温泉発電の地域活性化への活用に関する研究—小浜町の未来可能性の模索—」『長崎大学総合環境研究』第20巻第1号、2017年11月、pp.51-63。

〈URL〉 <http://hdl.handle.net/10069/37876> (Accessed by 2019/1/31)

馬越孝道、佐々木裕、小野隆弘 (2012) 「雲仙市小浜温泉における温泉発電プロジェクト」『地域環境研究：環境教育研究マネジメントセンター年報』（長崎大学環境科学部 環境教育研究マネジメントセンター）、4、2012年5月、pp.23-27。

〈URL〉 <http://hdl.handle.net/10069/28993> (Accessed by 2019/1/31)

江原幸雄 (2014) 「第6章 地熱エネルギー利用の現状と見通し」吉田文和・荒井眞一・佐野郁夫 [編著] 『持続可能な未来のためにII 北海道から再生可能エネルギーの明日を考える』北海道大学出版会、pp.121-151。

太田隆之 (2015) 「第3章 再生可能エネルギーは観光地の再生を実現しうるか? 静岡県東伊豆地域の事例検討」諸富徹編著 『再生可能エネルギーと地域再生』日本評論社、pp.79-103。

大野 希一 (2011) 「大地の遺産を用いた地域振興：島原半島ジオパークにおけるジオストーリーの例」『地学雑誌』第120巻第5号、2011年10月、pp.834-845。

〈URL〉 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/120/5/120\\_5\\_834/\\_pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/120/5/120_5_834/_pdf-char/ja)

(Accessed by 2019/1/31)

小浜温泉観光協会ホームページ

〈URL〉 <http://www.obama.or.jp/> (Accessed by 2019/1/31)

菊地 俊夫・有馬 貴之 (2011) 「オーストラリアにおけるジオツーリズムの諸相と地域振興への貢献」『地学雑誌』第120巻第5号、2011年10月、pp.743-760。

〈URL〉 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/120/5/120\\_5\\_743/\\_article-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/120/5/120_5_743/_article-char/ja/)

(Accessed by 2019/1/31)

経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「エネルギー白書 2018」一般社団法人 経済産業調査会。

山東晃大 (2014) 「長崎県小浜温泉における温泉発電の取り組み」『人間と環境』第40巻第3号、pp.4-9。

シン・エナジー株式会社「長崎県雲仙市 小浜温泉バイナリー発電所」ホームページ

〈URL〉 [https://www.symenergy.co.jp/business\\_ec/obama\\_onsen/](https://www.symenergy.co.jp/business_ec/obama_onsen/) (最終アクセス：2019年1月31日) (Accessed by 2019/1/31)

日本経済新聞朝刊記事「〈社説〉地熱発電の利用拡大へ工夫を」2017年8月23日、総合1、2面。日本地熱開発企業協議会パンフレット

〈URL〉 <http://www.re-policy.jp/shinenkentou06/1/0613tinetupanhu.pdf> (Accessed by 2019/1/31)

深見 聡・有馬 貴之 (2011) 「九州のジオパークに対する観光客のイメージ」『地域環境研究：環境教育研究マネジメントセンター年報』（長崎大学環境科学部環境教育研究マネジメントセンター）、3、2011年5月、pp.47-54。

〈URL〉 <http://hdl.handle.net/10069/25182> (Accessed by 2019/1/31)

毎日新聞、2018年10月8日（月）広告（独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOG-MEC）主催「地熱シンポジウム in 鹿児島」（2018年8月8日開催）、7面。

渡辺貴史・馬越孝道・佐々木裕 (2014) 「長崎県雲仙市小浜温泉地域における温泉発電実証実験事業の成立過程の特徴」『日本造園学会誌 ランドスケープ研究』Vol.77, No.5, March, 2014, pp.549-552。

渡辺 貴史・馬越 孝道・小林 寛 (2017) 「温泉地における温泉発電事業と運営体制との関係」『ラ

ンドスケープ研究』第80巻第5号、pp.631-636。

〈URL〉 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jila/80/5/80\\_631/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jila/80/5/80_631/_pdf/-char/ja) (Accessed by 2019/1/31)