

# 再生可能エネルギーによる地域活性化 —大分県を事例に—

国立国会図書館 調査及び立法考査局  
経済産業課 近藤 かおり

## 目 次

はじめに

I 大分県におけるエネルギーによる地域活性化

- 1 再生可能エネルギーの利用状況と利用可能量
- 2 大分県における再生可能エネルギーの位置付け

II 九重町における地熱発電を利用した地域活性化

- 1 地熱発電の開発
- 2 地域経済への波及効果と課題

III 別府市における温泉熱を利用した地域活性化

- 1 温泉熱発電の開発
- 2 今後の課題

おわりに

はじめに

地域の産業を振興する方法として、①今ある産業・企業を育て大きくする方法、②地元にない産業分野を地元の力でつくりだす方法、③域外から企業を誘致する方法がある。これまで多くの地域で、③の企業誘致に依存するケースが少なくなかったが、得られた利潤が地域外へ流出し、地域の経済力を必ずしも強めることができないう面もあるため、①②の方法（内発的発展<sup>(1)</sup>）が評価されるようになってきている。<sup>(2)</sup>

大分県もその一例として挙げられる。1960年代以降、大分県には大企業の進出が相次ぎ、鉄鋼、化学などの素材産業から、輸送用機械、情報通信機器といった加工組立産業まで、バランス良く産業集積が進められた<sup>(3)</sup>。その結果、県外から誘致した企業と地元企業との関係が強くなり、大企業に依存した産業構造となっており、地場企業の育成や新産業の創出が課題となっている<sup>(4)</sup>。

福島原発事故の影響を受け、再生可能エネル

ギーをはじめとする地域分散型エネルギーへの関心が高まっている。また、平成24（2012）年7月に開始された再生可能エネルギー固定価格買取制度<sup>(5)</sup>の導入が後押しとなって、再生可能エネルギーの導入を地域振興へつなげる動きが活発化しており、大分県でも様々な取組が進められている。筆者は、大分県を訪問し、再生可能エネルギーによる地域活性化の取組について話を伺う機会を得た<sup>(6)</sup>。本稿の内容は、訪問先における聴取内容を基に執筆している。

## I 大分県におけるエネルギーによる地域活性化

### 1 再生可能エネルギーの利用状況と利用可能量

大分県は、エネルギー自給率（22.9%）と再生可能エネルギーの供給量（18,386TJ）で全国トップクラスにあり、再生可能エネルギー利用の先進地域となっている（平成24年3月末時点）<sup>(7)</sup>。このような背景から、大分県はエネルギーを利用した地域振興に力を入れるようになった。大分県における再生可能エネルギー供

※ インターネット情報の最終アクセス日は平成26（2014）年3月20日。

- (1) 内発的発展は、地域内の資源、技術、産業、人材などを活かし、産業や文化の振興などを自立的に進めることを基本としつつ、都市及びその他地域との連携を構築することを目指すとする（保母武彦『日本の農山村をどう再生するか』岩波書店、2013、pp.152-158）。
- (2) 同上、pp.163-164；林宜嗣「経済教室 地方再生、真の公民連携を」『日本経済新聞』2014.1.27。
- (3) 阿部博光『大分発 自然エネルギー最前線』大分合同新聞社、2011、pp.47-48。
- (4) 大分ベンチャーキャピタル株式会社におけるヒアリングによる。
- (5) 例えば、地熱発電の買取価格（2013年度）について、15,000kW以上は27.30円/kW（税込）、15,000kW未満は42.0円/kW（税込）となっている。買取期間は出力規模にかかわらず15年間。
- (6) ご多忙のところ対応して下さった、大分県庁、大分ベンチャーキャピタル株式会社、九重町役場、九州電力八丁原発電所、大分県農林水産研究指導センター、別府市役所、別府大学、株式会社瀬戸内エナジー（訪問順）の方々には、この場を借りて感謝申し上げたい。
- (7) 千葉大学倉阪研究室と特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所は、「エネルギー自給率」について、「その区域での再生可能エネルギーの供給量」を「その区域の民生・農林水産業用エネルギー需要量」で除したものと定義した上で、各県のエネルギー自給率や再生可能エネルギー供給量をまとめている。再生可能エネルギーの供給量とは、その地域で実際に生み出されている再生可能エネルギーによるエネルギー量を指す。電力分野では、太陽光発電、風力発電、地熱発電、小水力発電、バイオマス発電を、熱分野では、太陽熱、地熱、バイオマス熱を含む。エネルギーの単位には熱量単位TJ（テラジュール）を用いている（テラ=兆=10<sup>12</sup>）。電力換算した場合は3.6TJで100万kWh、原油換算した場合は1TJで26.2klとなる。（千葉大学倉阪研究室・特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所「永続地帯2013年版報告書」2013.12.24。<<http://sustainable-zone.org/wordpress/wp-content/uploads/sustainable-zone-report-2013report.pdf>>; 永続地帯研究会『地図で読む日本の再生可能エネルギー』旬報社、2013、pp.4-8, 108-111.）

給量の内訳をみると、地熱発電が47.9%、地熱利用（温泉利用等）が21.5%を占める<sup>(8)</sup>。全国の地熱発電所全体のうち、設備容量ベースで約29%、発電電力量ベースで約40%が大分県内にある。設備容量の大きさに加え、発電所の稼働率の高さが特徴といえる。

大分県は、再生可能エネルギーに加え廃棄物エネルギーや天然ガスコジェネレーション等を含むエネルギーをエコエネルギーと定義（大分県独自の概念）した上で、その利用可能量<sup>(9)</sup>を推計している。利用可能量の内訳についてみると、風力発電に次いで、温泉熱利用・温泉熱発電、地熱発電の順に多い（表1）。

地熱発電では、地下1,000～3,000m程度に存在する地熱貯留層から取り出した蒸気でタービ

ンを回して発電する<sup>(10)</sup>。地熱発電の中には、沸点の低い媒体を熱交換器で加熱・蒸発させ、その蒸気でタービンを回すバイナリー発電方式をとるケースもある。バイナリー発電方式のメリットとして、従来の発電方式では利用できなかった低温度域の蒸気・熱水を利用できる点が挙げられる。温泉熱発電は、地下数百m程度にある温泉帯水層から取り出す温泉を活用する形で進められており、バイナリー発電方式のものが実用化に至っている<sup>(11)</sup>。発電以外の用途として、地熱発電に利用した熱水を熱利用するケースや、温泉をハウス栽培などで熱利用するケース<sup>(12)</sup>も見られる。

表1 大分県のエコエネルギー利用可能量

エネルギー区分		熱量換算 (GJ/年)	電力量換算 (GWh/年)	原油換算 (万kl)
太陽エネルギー	太陽光発電	3,511,120	975	9.2
	太陽熱利用	1,358,894	377	3.6
風力エネルギー	風力発電	18,495,864	5,138	48.4
地熱エネルギー	地熱発電	11,352,960	3,154	29.7
温度差エネルギー	温泉熱利用・温泉熱発電	11,956,769	3,321	31.3
水力エネルギー	水力発電	4,333,374	1,204	25.6
海洋エネルギー	波力発電	10,968,280	3,047	28.7
バイオマスエネルギー	バイオマス発電	990,354	275	2.6
	バイオマス熱利用	5,276,073	1,466	13.8
廃棄物エネルギー	廃棄物発電	257,609	72	0.7
	廃棄物熱利用	2,189,678	608	5.7
合計		63,225,224	17,563	199.3

(注1) エネルギー換算：3,600 (GJ/GWh)

(注2) 原油換算：38.2 (GJ/kl)

(出典) 大分県「大分県新エネルギービジョン」2011.3, p.40. (図表4-4-4) <<http://www.pref.oita.jp/uploaded/attachment/163766.pdf>>

(8) 千葉大学倉阪研究室・特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所「永続地帯2013年版報告書」（都道府県分析表）2013.12.24. <<http://sustainable-zone.org/wordpress/wp-content/uploads/sustainable-zone-prefecture-2012-3.pdf>>

(9) 地理・物理的、技術的制約条件を考慮した上で、実際に利用可能なエネルギー資源量。ただし、経済的制約条件は考慮していない。

(10) 江原幸雄「第1章 地熱発電の概要と展望」江原幸雄ほか『地熱発電の潮流と開発技術』サイエンス&テクノロジー, 2011, pp.5-6.

(11) 大里和己「第5章 第4節 バイナリー発電（温泉発電システム）」江原ほか 同上, 2011, pp.328-330; 資源エネルギー庁「地熱資源開発の現状」2012.12. <[http://rika.netj.or.jp/report/report\\_pdf/rikare\\_dis29t\\_j\\_122112-1.pdf](http://rika.netj.or.jp/report/report_pdf/rikare_dis29t_j_122112-1.pdf)>

(12) 大分県農林水産研究指導センター（別府市）では、源泉から配管で導いた蒸気を利用し、暖房や土壌の消毒等に活用している。使用後の熱水は、別府市内の温泉組合へ無償で配湯している。

## 2 大分県における再生可能エネルギーの位置付け

大分県は、「大分県長期総合計画（安心・活力・発展プラン）」（平成17年策定、平成24年改訂）<sup>(13)</sup>の中で、商工業等の振興策の一つとして「地域の特色と強みをいかしたエネルギー政策の展開」を掲げている。再生可能エネルギーや省エネルギー分野は今後成長が見込まれる分野であることから、再生可能エネルギーの導入を進めるとともに、産学官の連携により県内企業の参入を促進し、県内経済の活性化につなげるとしている。

「大分県エコエネルギー導入促進条例」（平成15年4月1日施行）に基づき策定される「大分県新エネルギービジョン」（平成23年策定）<sup>(14)</sup>では、

エコエネルギーの導入目標（平成27年度）が示されており（表2）、エコエネルギー導入で得られた電力・熱を有効利用することによる地域産業の活性化、新事業分野の創出、エコエネルギー関連施設の観光資源化など、エコエネルギーの活用を、産業振興、地域振興、観光振興へつなげる戦略が打ち出されている<sup>(15)</sup>。なお、「大分県新エネルギービジョン」は、大分県長期総合計画の柱の一つである再生可能エネルギーの導入を推進するための基本方針として位置付けられており、平成23年度から平成27年度を対象期間としている。

次章以降では、大分県が大きなポテンシャルを有する地熱発電と温泉熱発電の活用による地域の活性化についてみていきたい。地熱発電に

表2 平成27年度エコエネルギー導入目標

エネルギー区分	平成21年度実績（累計）		平成27年度導入目標		増加率（%）
	設備容量等	原油換算	設備容量等	原油換算	
太陽光発電	42,841kW	10,500kl	136,000kW	34,000kl	217
太陽熱利用	—	31,600kl	—	33,800kl	7
風力発電	11,494kW	5,100kl	17,900kW	7,800kl	53
地熱発電	152,390kW	257,600kl	157,890kW	266,900kl	4
温泉熱発電	—	—	500kW	850kl	純増
バイオマス発電	12,375kW	12,750kl	18,075kW	18,620kl	46
バイオマス熱利用	—	59,250kl	—	69,080kl	17
水力発電	337,306kW	133,000kl	338,189kW	133,400kl	0.2
廃棄物発電	42,100kW	55,700kl	42,100kW	55,700kl	0
天然ガスコージェネレーション	16,906kW	3,760kl	17,056kW	3,790kl	0.8
燃料電池	19kW	2kl	19,000kW	1,960kl	純増
クリーンエネルギー自動車	6,915台	1,400kl	55,805台	11,300kl	707
	電気：8台 ハイブリッド：6,893台 天然ガス：14台		電気、プラグインハイブリッド：2,785台 ハイブリッド：53,000台 天然ガス：20台		—
合計（原油換算）	—	約57.1万kl	—	約63.7万kl	11

（出典）大分県「大分県新エネルギービジョン」平成23年3月，p.94. <<http://www.pref.oita.jp/uploaded/attachment/163766.pdf>>

(13) 大分県長期総合計画は、大分県政の基本目標である「県民とともに築く「安心」「活力」「発展」の大分県」の実現に向け、2005年11月に策定された県政運営の指針である。計画の対象期間は、2005年度から2015年度までの11年間である。社会経済情勢の変化等をふまえ、2012年に改訂している。（大分県「大分県長期総合計画 安心・活力・発展プラン 2005-2012年改訂版」2012.1. <<http://www.pref.oita.jp/uploaded/attachment/145256.pdf>>）

(14) 大分県「大分県新エネルギービジョン」2011.3. <<http://www.pref.oita.jp/uploaded/attachment/163766.pdf>>

(15) 西山英将（大分県商工労働部）「地方自治体によるエネルギー政策の展開—大分県の場合」（国際大学グローバル・コミュニケーション・センターが主催した2013年度フューチャー・テクノロジー・マネジメントフォーラムにおける講演資料）2013.11. <[http://www.glocom.ac.jp/project/ftm/docs/rt2\\_2\\_20131115\\_siryoun.pdf](http://www.glocom.ac.jp/project/ftm/docs/rt2_2_20131115_siryoun.pdf)>

については九重町、温泉熱発電については別府市で先駆的な取組が進められている。

## II 九重町における地熱発電を利用した地域活性化

九重町（このえまち、人口約 10,350 人<sup>(16)</sup>）は大分県の南西部に位置し、標高 1,700m 級のくじゅう連山に囲まれている。町の約半分が阿蘇くじゅう国立公園と耶馬日田英彦山（やばひたひこさん）国定公園に指定され、地熱資源に恵まれた地域となっている<sup>(17)</sup>。

### 1 地熱発電の開発

#### (1) 現状

九重町では地域の特性をいかし、地熱発電所の開発が進められた。九州電力株式会社为中心となり、九州大学や工業技術院地質調査所（当時）等の協力を得て、大規模地熱発電所としては日本初となる大岳地熱発電所（12,500kW）が昭和 42（1967）年に運転を開始した<sup>(18)</sup>。続いて、昭和 52（1977）年に八丁原地熱発電所 1 号機（55,000kW）、平成 2（1990）年に八丁原発電所 2 号機（55,000kW）、平成 8（1996）年に滝上発電所（27,500kW）、平成 18（2006）年には八丁原バイナリー発電所（2,000kW）が運転を開始し

ている<sup>(19)</sup>。九重町における地熱発電所の設備容量は 15 万 kW 以上にのぼる。

このほか、九重町では温泉旅館（九重観光ホテル：990kW）が自ら地熱発電を手掛けるケースも見られる<sup>(20)</sup>。

#### (2) 温泉資源の保護との両立

地熱資源量の多い地域は、温泉地と重なるケースも多い。地熱発電開発による温泉資源への影響を懸念し、地元の温泉事業者や自治体等の反対が原因で、開発が中止となる地域もある<sup>(21)</sup>。

八丁原地熱発電所の建設では、開発事業者と温泉事業者の間に調整役として九重町が入り、地域の合意形成に成功した。発電所の計画段階では、当初、地元の温泉業者から反対意見も出たが、九州電力が長期間にわたり温泉のモニタリング調査を行い、その結果を地元の温泉事業者に公表し、数値的な根拠を持って地元の理解を得るよう努めた<sup>(22)</sup>。また、計画段階から、町役場が九州電力と温泉事業者の調整役として入り、三者が何度も協議を重ねて信頼関係を構築し、合意形成に至ったとのことである。なお、温泉事業者との共生を図るため、九州電力は、地熱発電所の周辺地域へ地熱水を熱交換した温水を供給し、温泉維持のための技術協力等も行っている<sup>(23)</sup>。

(16) 「町の概要」九重町 HP <<http://www.town.kokonoe.oita.jp/index.php?sub=content&contentid=2>>

(17) 「九重町 町勢要覧」九重町 HP <[http://www.town.kokonoe.oita.jp/books/tyoseiyoran2013\\_main/](http://www.town.kokonoe.oita.jp/books/tyoseiyoran2013_main/)>

(18) 石井國義「大岳・八丁原発電所の開発の足跡を振り返って」『地熱』162号, 2000.9, pp.198-204.

(19) 電気事業連合会統計委員会編『電気事業便覧 平成 25 年版』オーム社, 2013, p.223.

(20) 火力原子力発電技術協会編『地熱発電の現状と動向 2012 年』火力原子力発電技術協会, 2013, p.4.

(21) 例えば、群馬県嬭恋村では地熱開発計画があったが、近隣の草津町の利害関係者による反対運動などで合意が得られず、開発に至っていない（窪田ひろみほか「地熱発電開発と温泉事業との相互理解と地域共生に向けた方策」『電力中央研究所報告』V11033, 2012.4. <<http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/V11033.html>>）。

(22) 地熱発電で利用する地熱貯留層に比べ、温泉の元となる温泉帯水層は浅い位置にあり、多くの場合、地熱貯留層の上部には難透水性の地層（キャップロック）があり、水理的に分離されているので、深部の地熱貯留層からの熱水・蒸気の生産は温泉帯水層に直接的に影響を与えないとされる。ただし、キャップロックが不完全である場合や、地熱貯留層と温泉帯水層が断層等で水理的に連結をしている場合も想定されるため、そのような場合には、地下構造の詳細な調査あるいは両者の関係を詳細にモニタリングするなど、科学的・技術的に検討する必要がある。（江原幸雄「経済的・社会的観点から見た地熱発電の課題と展開の方向」『中小商工業研究』118号, 2014年冬季, pp.32-47.）

(23) 地熱エネルギーの熱利用について、エビ等の養殖やハウス栽培に使用される例もあるが、町内には地下水の少ない場所も多いため、採算に合う形で活用するのは難しいとの指摘があった。

発電所の運転開始後も、九州電力は、温泉のモニタリング調査、河川流量・水質調査、地震測定等を実施し、町役場を通して温泉事業者へ公表している<sup>(24)</sup>。八丁原筋湯地区では、地熱委員会を定期的に（2回/年）開催し、地元温泉事業者・九州電力・九重町の三者で協議を行っている。地熱委員会では、温泉事業者は、温泉井戸の課題（スケール<sup>(25)</sup>、代替井等）等について、九州電力から技術面のアドバイスを受けることができる（図1）。

図1 スケールの付着



(注) 温泉事業者の温泉井にスケールが付着して詰まるケースも多く、メンテナンスが必要となっている。  
(出典) 2013年12月17日筆者撮影。

### (3) 新規の開発計画

固定価格買取制度の導入や開発規制の緩和等<sup>(26)</sup>を背景に、新たな開発計画も進められている<sup>(27)</sup>。菅原地区では、九州電力と九重町役場等が協力して、九重町役場の源泉を利用したバイナリー発電所の開発計画に動いている<sup>(28)</sup>。九重町は、源泉の賃料収入（蒸気代）を町の発展のために利用するとしている<sup>(29)</sup>。このほか、九州電力は、九重町、由布市、竹田市にまたがる平治岳北部で、地熱賦存量把握のため地表調査等を進めている<sup>(30)</sup>。

## 2 地域経済への波及効果と課題

九重町は、町内人口の減少と少子高齢化に直面しており、若者の定住化と雇用の確保が喫緊の課題となっている。現地のヒアリングでは、地熱発電所の建設にかかる土木関係の仕事や、稼働後のメンテナンス・定期修理などの仕事を地元企業が受注しているものの、常勤雇用の創出は難しいとの指摘があった<sup>(31)</sup>。地熱開発における専門性の高い仕事は、町内の企業ではなく、電力会社や地熱開発業者が担っている。大規模地熱発電所の建設・運転は、周辺地域へ一定の経済効果をもたらすものの<sup>(32)</sup>、現状では

(24) 九重町におけるヒアリングでは、今のところ温泉源への大きな影響は出ていないとのこと。

(25) スケールは温泉や地熱水等からの不純物が配管やタービン等へ析出したもの。シリカ、炭酸カルシウム、硫酸カルシウム、硫化物等が含まれる。地熱発電等では、スケールが熱交換器における熱交換効率の低下や配管閉塞等の問題を引き起こすため、定期的な除去作業、析出抑制剤の利用などの対策が必要となる。

(26) 国内の地熱資源の多くを有する国立・国定公園内の開発規制がネックとなり、地熱発電の新規開発は停滞していたが、環境省は規制を緩和する方針を示している。条件付きで、公園区域外や普通地域から規制緩和された公園区域内（第2種特別地域及び第3種特別地域）への傾斜掘削等を認めるとしている。（「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」（平成24年3月27日 環自国発第120327001号 各地方環境事務所長、各都道府県知事宛 環境省自然環境局長通知）<[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=19556&hou\\_id=15019](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=19556&hou_id=15019)>）

(27) 事業者からのヒアリングでは、傾斜掘削はコストアップにつながることから、公園区域内での掘削許可を求める声もあった。

(28) 九重町・西日本環境エネルギー・九州電力「大分県九重町における地熱発電事業の実施について」2013.11.22. <[http://www.kyuden.co.jp/press\\_h131122-1.html](http://www.kyuden.co.jp/press_h131122-1.html)>

(29) 九重町役場におけるヒアリング；「九電が九重町4カ所目の発電所計画」『大分合同新聞』2013.11.23.

(30) 九州電力「大分県平治岳（ひいじだけ）北部における地熱調査の実施について」2013.5.17. <[http://www.kyuden.co.jp/press\\_h130517-1.html](http://www.kyuden.co.jp/press_h130517-1.html)>; 「高まる再生エネ機運 県内の地熱開発活発化」『大分合同新聞』2013.10.4.

(31) 滝上発電所では、生産井・還元井の掘削時に、地元会社へ工事が発注され、資材の発注が行われている。定期検査や井戸の掘削時期には、施工会社の人員が地元の旅館等へ宿泊しており、一定の経済効果が見られるとされる。（日本地熱学会地熱発電と温泉との共生を検討する委員会「報告書 地熱発電と温泉利用との共生を目指して」2010.5, p.47. <[https://staff.aist.go.jp/toshi-tosha/geothermal/onsen/report/Final\\_130510.pdf](https://staff.aist.go.jp/toshi-tosha/geothermal/onsen/report/Final_130510.pdf)>）

恒常的な雇用創出までには至っていない<sup>(33)</sup>。

一方、東日本大震災後、地熱発電に注目が集まる中、発電所への訪問者数は増加している。八丁原発電所の見学者（平成24年度）が九重町で出費した金額は約5億円（平成22年度の町の観光収入の5.3%）との推計<sup>(34)</sup>もある。この動きを着実に雇用創出へつなげるには、地熱発電所の見学を修学旅行の定番コースとして定着させる、視察者を呼び込み宿泊客の増加につなげるといった、地熱発電を呼び水とした観光産業の振興を行う必要があるとの声も聞かれた。

### Ⅲ 別府市における温泉熱を利用した地域活性化

大分県は日本一の源泉数と湧出量を誇るが、中でも温泉地として有名な別府市（人口約121,800人<sup>(35)</sup>）では、古くから、温泉熱を熱エネルギーとして、入湯、調理（地獄蒸し）、養殖、医療等に利用してきた歴史がある。別府市では、現在、温泉を柱としたまちづくり（ONSEN ツーリズム）を推進し、温泉観光地としてのブランド力の強化、観光サービス業と農林水産業や製造業との連携による地域産業の強化等に取り組んでいる<sup>(36)</sup>。さらに、平成24年に固定価格買取制度が開始されたのを契機として、温泉熱を利用した発電事業の取組も進められている。

## 1 温泉熱発電の開発

### (1) 民間の取組

別府市の株式会社瀬戸内エナジーは、バイナリー方式の温泉熱発電の事業化に全国で初めて成功している。この事業は、これまで給湯しきれずに廃棄していた温泉を活用する形で進められ、出力60kW規模の発電装置（神戸製鋼製）を使用し、平成25年2月から九州電力へ42円/kWhで売電を開始している（図2）<sup>(37)</sup>。さらに、米国製のバイナリー発電機を導入し、出力規模を1,250kW程度（1基あたり出力125kW×10基）へ引き上げる計画である<sup>(38)</sup>。なお、発電に利用した後の温泉は、周辺住宅や市営共同浴場に供給される予定である。

図2 温泉熱発電設備



（注）株式会社瀬戸内エナジーの温泉熱発電設備の周辺は住宅地となっている。右手の電柱から伸びる電線を利用して、九州電力へ売電している。

（出典）2013年12月19日筆者撮影。

(32) 地熱発電の建設開始に伴い、電源三法（「電源開発促進税法」（昭和49年法律第79号）・「特別会計に関する法律」（平成19年法律第23号）・「発電用施設周辺地域整備法」（昭和49年法律第78号）の総称）に基づく電源立地地域対策交付金等が交付された。公共用施設整備や企業導入・産業活性化等の地域振興に使用できる資金であり、九重町は道路整備等を行った。（資源エネルギー庁 前掲注(1)；経済産業省資源エネルギー庁「電源立地制度の概要」2010.3. <<http://www2.dengen.or.jp/html/leaf/seido/files/trichigaiyo-201003.pdf>>）

(33) 国際再生可能エネルギー機関（IRENA）の報告書では、地熱発電による雇用創出効果について、設備の製造・建設・設置による雇用に10.7人/千kW、運転・維持による雇用に0.4人/千kWと推計している（International Renewable Energy Agency, “Renewable Energy and Jobs,” December 2013, p.42. <<http://www.irena.org/rejobs.pdf>>）。

(34) 「経済効果は5億円 八丁原発電所の見学者」『大分合同新聞』2014.1.4.

(35) 「別府市の人口」別府市 HP <<http://www.city.beppu.oita.jp/03gyosei/jinko/index.html>>

(36) 別府市「住んでよし 訪れてよし アジアを結ぶ ONSEN 都市 別府市総合計画」2011.3. <<http://www.city.beppu.oita.jp/03gyosei/seisaku/sougou-keikaku/pdf/sougoukeikaku.pdf>>

(37) 「温泉発電 別府温泉が発電所に変身」『日経ビジネス』1686号, 2013.4.8, pp.86-88.

(38) 「瀬戸内自然エナジー 温泉熱発電を本格化」『日本経済新聞』（九州版）2014.2.6.

## (2) 国や県の支援策

温泉熱発電は実用化が始まったばかりであり、現状では、地域活性化策以前の、導入推進策や研究開発支援に力点が置かれたものとなっている。

温泉熱発電事業等の自立的普及に向けて、初期需要を創出することによるコストの低減を図るため、環境省は「温泉エネルギー活用加速化事業」で、温泉エネルギーを有効活用する民間団体等に対して補助を行っており、平成25年度予算に3.7億円を計上した<sup>(39)</sup>。

大分県は、再生可能エネルギーの導入を促進する観点から、「新エネルギー導入加速化モデル事業」で中小企業等へのモデル的な事業への支援を行っている。平成25年度は、別府市内で進められている2件の温泉熱バイナリー発電事業へ支援している<sup>(40)</sup>。

## (3) 産学官連携の取組

エネルギー産業を大分県の経済を牽引する産業へ育てるため、大分県庁は、産学官からなる大分県エネルギー産業企業会<sup>(41)</sup>を平成24年6月に設立した。温泉熱発電の中でも実用化まで至っていない湯けむり発電の研究開発への支援が進められている。湯けむり発電は、地下から湧き出す熱水と蒸気を両方利用して発電する方式であり、正式にはトータルフロー発電方式という<sup>(42)</sup>。この方式は、バイナリー方式とは異なり、熱交換器や冷却塔を使用しないため、温

泉旅館等の狭い場所にも設置しやすく、低価格化が期待できるとされる<sup>(43)</sup>。大分県エネルギー産業企業会は、県内の中小企業を育成する観点から、県の財源を利用して湯けむり発電等の研究開発を支援している<sup>(44)</sup>。県内の企業連合<sup>(45)</sup>は、タービンと躯体の開発を進めており、新事業の創出に向けて、実用化へ期待がかかる。

大分県は、県内企業連合が開発した「湯けむり発電機」の普及を後押しするため、これを温泉源のある大分県農林水産研究指導センターの敷地内に導入し、九州電力へ売電する予定である。出力規模は40kW程度を想定し、売電収入は年間で1000万円前後を見込んでいる。発電に使用した温泉は農業用ハウスの暖房に利用するとともに、視察観光や教育旅行の誘致なども見込んでいる。<sup>(46)</sup>

## (4) 地域金融機関の取組

成功事例の少ない温泉熱発電事業を金融面から支援する取組も進められている。大分銀行グループの大分ベンチャーキャピタル株式会社は、大分県内の再生可能エネルギーの発電事業に投資するため、平成25年4月に「おおいた自然エネルギーファンド投資事業有限責任組合」を創設した。当ファンドは、大分銀行をはじめとする地元の金融機関と県の出資により設立された（当初の出資額は10億円）。

ファンドのスキームは、温泉事業者が一部出資する形で、ファンドが投資する特定目的会社

<sup>(39)</sup> 環境省「平成25年度エネルギー対策特別会計における補助・委託等事業」2013.3. <[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/biz\\_local.html](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/biz_local.html)>

<sup>(40)</sup> 「平成25年度大分県新エネルギー導入加速化モデル事業の採択結果について」大分県庁 HP <<http://www.pref.oita.jp/site/energy-kigyokai/shinenemodel-saitakukekka.html>>

<sup>(41)</sup> 大分県内のエネルギー関連企業や大学、行政機関等の力を結集し、エネルギー産業を県経済の新たな牽引産業とすることを目指して設立された。

<sup>(42)</sup> 「躍進！大分県のエネルギー産業」大分県庁 HP <<http://www.pref.oita.jp/site/energy-kigyokai/yakushin.html>>

<sup>(43)</sup> 「大分県が参入 温泉熱発電で一石三鳥を」『日本経済新聞』（九州版）2014.1.30.

<sup>(44)</sup> 大分県は、「新エネルギー導入促進事業（平成23年度）」「エネルギー産業育成研究開発事業（平成24年度）」で湯けむり発電の事業化に向けた研究開発等に要する経費等の一部を補助した（西山 前掲注<sup>(15)</sup>）。

<sup>(45)</sup> 事業主体は株式会社ターボブレード。連携事業体は、株式会社戸高製作所、株式会社興栄、日本地熱興業株式会社からなる。

<sup>(46)</sup> 前掲注<sup>(43)</sup>

(SPC) を設立する (図3)。事業が軌道に乗った場合は、温泉事業者と SPC を統合する。事業がうまくいかない場合でも、温泉事業者の損失は出資分のみに限定される。ファンドからの投資資金は、売電収入の中から回収される。温泉事業者は、売電収入を利用して、旅館設備の改装や広告費用を賄うことも可能となる。また、メンテナンス業者や設備設置業者への経済効果も期待できるとしている。平成 25 年末には、環境省のグリーンファイナンス推進機構と大分銀行による追加出資が決まり、ファンドの規模は 10 億円から 25 億円へ拡大した<sup>(47)</sup>。<sup>(48)</sup>

大分ベンチャーキャピタル株式会社は、地域の資金を地域の事業者へ投資し回収する地域資金循環の仕組みをつくとともに、源泉の調査から事業運営までサポートする方針である<sup>(49)</sup>。源泉の調査等は、地熱コンサルタント会社へ委託し、井戸の湧出量や温度、圧力等について事前に詳細な調査を実施し、温泉熱発電に取り組む事業者へアドバイスを行う。事業リスクを厳

密に査定し、出資の可否を決定することにより、事業リスクを低減する仕組みを構築し、事業者を様々な視点からバックアップする機能を担うとしている。大分県内 (別府市、由布市等) で資源量の調査等を進め、平成 26 年内の事業化を目指すとしており<sup>(50)</sup>、着実に成功事例を積み上げていくことが期待される。

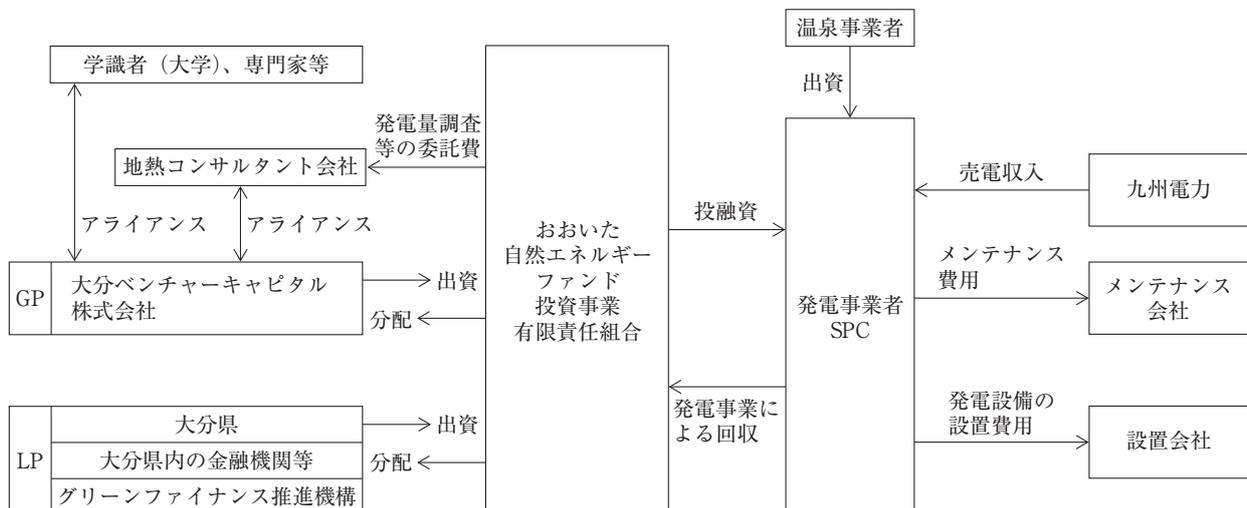
## 2 今後の課題

### (1) 事業の担い手確保

固定価格買取制度の導入により、事業の採算を取りやすいスキームが整えられつつあるが、ヒアリングを行った地域の共通課題として、再生可能エネルギー事業の担い手をどう確保するかという点が挙げられた。

別府市の温泉熱発電事業は、温泉資源保護の観点から、既存の温泉井戸を利用する形で進められている。源泉を所有する温泉事業者等は資本力に不安を抱えるケースもあり、新事業に慎重なケースも多い<sup>(51)</sup>。ヒアリングでは、温泉

図3 ファンドのスキーム



(注) GPは無責任組合員、LPは有限責任組合員。一般社団法人グリーンファイナンス推進機構(平成25年5月設立)は、環境省所管の平成25年度「地域低炭素化出資事業」の基金設置法人に選定された。当機構は、CO<sub>2</sub>の削減や地域活性化に貢献する事業を出資対象とする。

(出典) 大分ベンチャーキャピタル株式会社から入手した資料を基に筆者作成。

(47) 大分ベンチャーキャピタル株式会社「「おおいた自然エネルギーファンド投資事業有限責任組合」の追加出資受入について」2013.12.24. <<http://www.oita-vc.co.jp/tuika.pdf>>

(48) 大分ベンチャーキャピタル株式会社におけるヒアリングによる。

(49) 「大分VC 温泉熱発電を支援するファンド創設」『大分合同新聞』2013.3.2.

(50) 「温泉熱発電、旅館が「熱」」『日本経済新聞』(九州版)2014.2.21.

熱発電事業の成功例が少ない上に、予定していた発電量が得られないなどの事業リスクがあるため、銀行から融資が受けにくいという課題も指摘された。こうした課題に対しては、大分ベンチャーキャピタル株式会社のファンドの活用が大いに期待される場所である。

## (2) 事業環境の整備

温泉熱発電事業者からは事業環境の整備に対する要望が挙げられた。温泉熱発電では、「電気事業法」(昭和39年法律第170号)によってボイラー・タービン主任技術者の選任が義務付けられているため、事業者にとって技術者の人件費がコストアップ要因となり、普及の妨げになっているとの指摘もある。発電出力300kW未満で一定の条件を満たすバイナリー発電設備については、規制が緩和され、技術者の選任が不要となったが、上記以外の温泉熱発電には技術者の選任が義務付けられている<sup>(52)</sup>。

国の補助制度と固定価格買取制度の併用が認められていない点について、立ち上げ資金が不足することから、事業者の実態にそぐわないとの指摘が挙げられた。また、固定価格買取制度における買取価格の水準に関して、普及実績の少ない温泉熱発電については事業リスクが正確に評価されていないとの声も聞かれた。

おわりに

(こんどう かおり)

再生可能エネルギーは地域に分散して賦存

し、地域によって開発に適したエネルギー源は異なる。大分県内でも、温泉熱資源は、東部(別府市等)、中部(由布市等)、西部(九重町等)には賦存するが、南部や北部には少ない<sup>(53)</sup>。そのため、地域の実情に精通した地方自治体がエネルギー利用計画を打ち出し、その地域に適した方法で開発を進めていくことが重要となる<sup>(54)</sup>。九重町のように、町が開発計画に関与したことで開発を進めやすくなった事例もあり、地方自治体の取組が期待される。

訪問先では、新たな再生可能エネルギー事業を立ち上げるための専門知識やノウハウを持つ人材が不足しているとの声も聞かれた。地域の住民や事業者が自らリスクを取って事業を立ち上げることにより、事業で得られた収入、技術、事業ノウハウをその地域にとどまらせ、雇用創出や所得増加などの地域の発展につなげることが可能となるとされる<sup>(55)</sup>。地域の核となる人材を呼び込むか、またはそのような人材を地域で育成することが求められている。人材を育成する上では、地域への還元を主体的に企画し、事業を進める上で必要となる情報や資金調達手段等を住民や事業者へ提供できるコーディネーターを地域で育てる必要もあり、地域のNPO、地方自治体の職員などをはじめとする人材の活用が期待される<sup>(56)</sup>。

(51) 阿部博光「温泉利用の発電事業が進む別府」『エネルギーレビュー』392号, 2013.9, pp.15-18.

(52) 公園・温泉・制度フォロー検討会「規制・制度改革の要望 地熱発電の導入促進に向けて」(規制改革会議エネルギー・環境ワーキンググループ(第2回)配布資料3-3) 2013.3.22. <<http://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kaigi/meeting/2013/wg/ene/130322/item3-3.pdf>>;「経産省、小型地熱発電の導入基準を緩和」『日本経済新聞』2013.8.18.

(53) 大分県 前掲注(14), pp.42-46.

(54) 大分県では、県レベルでのエネルギー政策(再エネ導入目標、導入戦略)は打ち出されているものの、市町村レベルでは自治体の総合計画の一つという位置付けに留まる。

(55) 諸富徹「地域再生とエネルギー政策」室田武ほか『コミュニティ・エネルギー』農山漁村文化協会, 2013, pp.263-286.

(56) 倉阪秀史「地域経済に貢献する再生可能エネルギーの開発に向けて」『中小商工業研究』118号, 2014年. 冬季, pp.11-19.