

バイナリー発電事業への新たな参入動向と 今後の地熱活用の方向性

すずき
鈴木
たかひら
高平
しぶや
渋谷

まさと
眞人
ようすけ
洋祐
ともみ
智美

一般財団法人日本経済研究所 調査局 上席研究主幹

一般財団法人日本経済研究所 調査局 副主任研究員

一般財団法人日本経済研究所 調査局 副主任研究員

「第2回 様々な地熱発電の試み」で取り上げたように、既存の地熱井や、既に噴出している温泉を活用した発電であれば、開発コストや開発期間を圧縮できるため、事業者にとっては参入が容易となる側面がある。また、泉源や事業用地の権利関係の整理、機器導入等に要する大きなコストといった負担に対して、地元の温泉関連事業者だけでなく、他地域、他業種のノウハウを呼び込むことは有用である。今回は地元を主体とした事例を取り上げたが、本稿では、こうした電力事業者や温泉関連事業者とは異なる他業種あるいは地域外の事業者がバイナリー発電事業へ主体的に参入した事例を紹介する。また、シリーズの最後にあたり、これまでの報告も踏まえ、地域で地熱エネルギーを利活用する際の課題と、今後の展望について整理することとしたい。

1. 地熱開発事業者以外からの バイナリー発電への参入

地熱発電の事業者には、既存の大手電力企業や当該企業と資本関係のあるグループ企業、泉源を有する地域事業者、あるいはこれら事業者の共同体などの参入する例が多い。今回は、これら事業者とは関係の無い他の業種からの参入事例を取り上げる。

(1) 事例1 コスモテック別府バイナリー発電所 (大分県別府市)

「日本一のおんせん県」を標榜する大分県のなかでも、とりわけ別府市は、温泉観光のまちとして広く認識されており、地熱活用も盛んにおこなわれている。「コスモテック別府バイナリー発電所」は、

宇宙関連事業を手掛ける(株)コスモテックが別府市内において、2014年（H26年）11月から稼働している地熱バイナリー発電所である。当社は、売電収入による事業化ではなく、発電に関連するシステム販売およびメンテナンスサービス分野の事業化を目論んでいる。

〈経緯〉

(株)コスモテックは、種子島宇宙センター等のロケット打上げ射場のライフライン設備の運用、維持管理を主業としており、「宇宙開発で培った技術を他の分野で活用し、社会に貢献する」という企業理念の下、2013年（H25年）に再生可能エネルギー関連分野への参入を企図した。当初、太陽光発電についての検討をおこなったものの、既に市場が飽和状態にあったことから視線を転じ、取引先である別府市内の地熱発電事業者がバイナリー発電機を購入する際に当社も見学に訪れ、そこで地熱発電事業に収益性や将来性を見出したことから、事業参入するに至った。

当社は、高圧ガス関連設備、電気設備等の維持管理・運営についてノウハウを有しており、とりわけ高圧ガスの運用・保安技術とその実績は、同じ流体コントロールという点で蒸気にも応用可能であったため、これら技術の活用という点も地熱発電への参入理由となっている。

〈事業概要〉

発電所名	コスモテック別府バイナリー発電所
所在地	大分県別府市大字鶴見字小倉1665-5
発電所出力	500kW（発電端）、400kW（送電端）
事業者	(株)コスモテック（本社：東京都千代田区、資本金：8,000万円）
発電方式	バイナリー発電方式（使用媒体：代替フロン（HFC245fa））
設備投資費用	約6億円
計画発電量	約372万kWh／年
計画売電収入	約1億円／年

資料：ヒアリング及び提供資料をもとに日本経済研究所作成

〈事業の仕組み〉

当社が発電に使用する蒸気は、地元源泉事業者に配湯従量に基づく蒸気使用料を支払うことにより、供給を受けている。蒸気から分離した熱水と発電に利用した後の蒸気は、当該源泉事業者によって、温泉に改めて配湯されている。売電先は、当初は九州電力だったが、現在はPPS（特定規模電気事業者）となっている。

〈事業の特徴〉

① 事前調査、EPC、O&Mを一貫して提供するビジネスモデル

地熱は安定的と言われているものの、やはり自然相手であり、熱源の供給を安定化しコントロールする必要に迫られる場合がある。当社は、ここに目をつけ、ロケット打上げ射場の設備を手掛けるノウハ

ウを活用することで、事前調査（熱資源量及び流体の成分分析）、EPC（設計、資材調達、建設工事）、O&M（設備運用から保守メンテナンス）を一貫して提供するビジネスモデルを目指している。本施設の設備についても、O&Mのし易さを考慮し、カスタマイズ可能な範囲が広く、管理事業者側で熱交換器のメンテナンスがおこなうことの出来る機器を選定している。

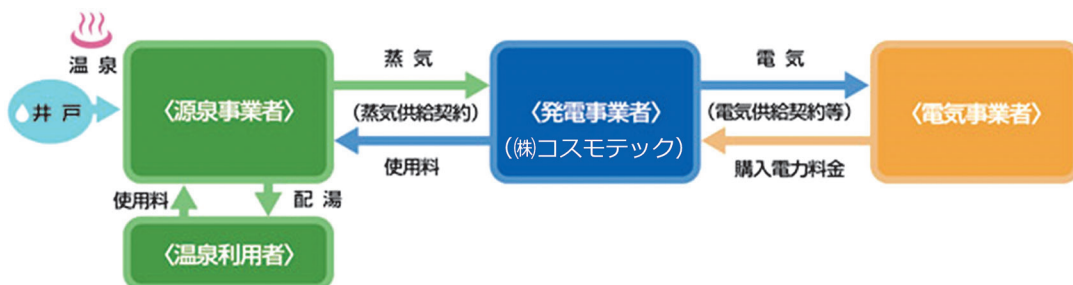
② 既存泉源を利用することによるリスクの低減

(株)コスモテックは、地熱を活用した発電システムの販売および爾後のメンテナンスサービスをビジネスにすることを目論んでいる。そのため、地熱の熱源自体に開発コストをかけるのではなく、既存の泉源活用が前提であり、今回の事業における地元の源泉事業者の存在は、事業リスクを低減する上で重要であった。

〈今後の展望〉

売電開始以降、源泉事業者における温泉設備工事の都合により2ヶ月間の蒸気供給停止があったものの、売電実績は約240万kWh／年であり、事業としては順調に推移している。(株)コスモテックでは、実運用から得られた知見を踏まえEPC事業展開を進めている

図 事業の仕組み



資料：提供資料をもとに日本経済研究所にて一部加工

(2) 事例2 摩周湖温泉熱利用温度差発電施設
(北海道弟子屈町)

道東に位置する弟子屈町は、強い酸性の泉質で知られる川湯温泉など豊富な温泉資源を有しており、庁舎や道の駅に温泉熱を利用した暖房を導入するなど、温泉熱の活用に積極的な地域である。「摩周湖温泉熱利用温度差発電施設」は、そのような地域において、発電事業以外の業種の会社が地熱発電事業に参入した事例である。

温泉バイナリー発電であること、発電後の温泉排水を、温泉熱を利用したビニールハウス（以下「温泉熱ハウス」）に二次利用し、野菜の生産、販売をおこなっていることが特徴である。

〈経緯〉

今回の発電事業の事業主体である(株)国書刊行会（本社：東京都）は、出版及び日本語学校の運営を主業としている。発電事業参入のきっかけは、同社の代表者が知人から弟子屈町内の土地利活用についての相談を受けたことによる。当初、別荘地としての開発可能性などを検討したが、東日本大震災以降、地熱発電が注目を集めていたことから、当地での事業可能性を検証の上、地熱を利用した発電事業への参入を決定するに至った。代表者の決断、人

図 弟子屈町の位置



資料：弟子屈町ホームページ

脈、タイミング、国の補助金などの諸条件が揃ったことが、まったくの異業種からの参入につながった。

また、地元で農産物の生産及び販売をおこなっている野村北海道菜園(株)は、同時期に温泉熱ハウスでの野菜栽培事業の事業可能性を検討しており、(株)国書刊行会が発電事業に参入するとの情報を得て、同社が持ちかけて共同事業が実現した。

〈発電所の概要〉

発電所名	摩周湖温泉熱利用温度差発電施設*
所在地	弟子屈町弟子屈原野487-8
発電所出力	100kW（目標出力：60～80kW）
事業者	(株)国書刊行会（本社：東京都板橋区 資本金：4,800万円）
発電方式	バイナリー（媒体：不活性ガス（代替フロン））

資料：経済産業省北海道経済産業局ホームページ <http://www.hkd.meti.go.jp/hokne/20130219/>
(株)ゼネシスホームページ <http://www.xenesys.com/products/index.html> をもとに日本経済研究所作成

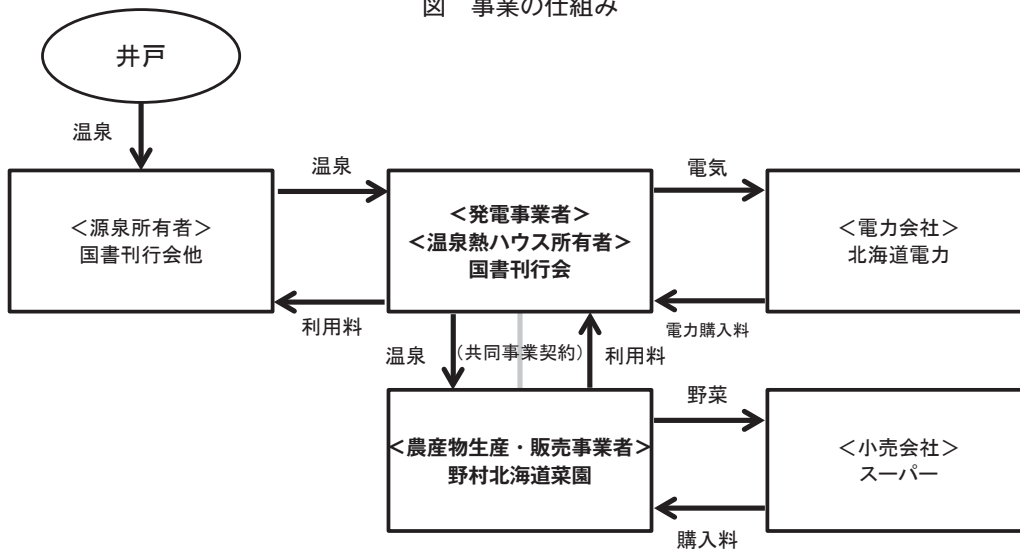
※ここでいう温度差とは、温熱源（熱水）と冷熱源（冷却水）の差であり、本発電施設は所謂バイナリー発電施設に分類される。

〈事業の仕組み〉

(株)国書刊行会は、発電事業において、FITを利用した売電収入を得るとともに、野村北海道菜園(株)に対して発電に利用した後の温泉排水を供給し、そこから利用料を得る。発電に利用する温泉水の泉源は、(株)国書刊行会が所有権及び利用権の半分を有しており、残りの半分の地元所有者に対して熱水利用料を支払っている。野村北海道菜園(株)は温泉熱ハウスで生産した野菜を販売している。

なお、温泉熱ハウスの整備にあたり、経済産業省の地熱開発理解促進関連事業支援補助金（地域との共生を図り、地熱資源の開発を促進）を活用し、1.8億円の補助を受けている。

図 事業の仕組み



資料：ヒアリングをもとに日本経済研究所作成

〈事業の状況〉

発電事業は、2013年（H25年）9月に機器の据え付けが整い、2014年（H26年）1月から試験を始め、2014年（H26年）11月～12月には（発電端で30～40kW、送電端で20kW）により北海道電力に対する売電を開始した。しかし、2015年（H27年）1月頃から機器不具合に加え、取扱いミスも発生し、2015年（H27年）3月に、タービンの過回転が

原因となって運転を停止せざるを得なくなった。その後メーカーと運転の安定化や修繕費につき協議を重ねているが、解決のめどはたっていない。運転停止の直接的な原因は、機器そのものの不具合が主要因であり、他メーカー機器への入れ替えが予定されている。

温泉熱ハウスについては、当初発電施設に隣接して整備されたが、今年の暴風雪により倒壊したた



摩周湖温泉熱発電施設 外観



温泉熱ハウス 圃場

め、約1km離れた別の場所に移転し再建された。現在は発電施設が停止しているため、発電機を通過せず直接温泉水を供給している。9,700㎡のハウス内に金属配管を這わせ、温泉水を通すことでハウスを加温している。発電機を通して温泉水を供給するメリットは、高温の温泉水がハウスの加温に適した温度となること、発電後の排水を有効利用できることにある。栽培する野菜はホウレン草などの4種類であり、正社員2名、パート社員15名ほどを町内から雇用して生産をおこなっている。生産された野菜は、独自の販売ルートを活用して北海道内のスーパーに出荷されており、道外産の野菜だけになる冬場に北海道産の新鮮な野菜が手に入ることから、販売は好調とのことである。

〈事業の特徴〉

① 温泉バイナリー発電の活用

今回の事業で取り組んでいるバイナリー発電は、発電出力100kWと小型であり（前回紹介した小浜温泉：216kW、土湯温泉：400kW）、また、既存の泉源を使うことから、それほど大きな投資を必要とする事業ではない。また、後述するように二次利用もおこなうことで採算面でのメリットを生じることから、事業参入が可能となった。

しかし、発電機のトラブルに巻き込まれており、技術的な面でのリスクにさらされている。

② 温泉熱ハウスによる野菜生産、販売事業の実施

第二の特徴として、温泉熱の二次利用により野菜の生産、販売事業を当初から実施していることがあげられる。

温泉熱の二次利用については、各地で検討されているが、実際に温泉熱ハウスによる野菜の生産、販売事業により新たな雇用を生むなどの、地域の活性化に資する事業の展開は稀であり、今後に向けた期

待も大きい。

温泉熱を発電後に利用するメリットは、発電事業者は、発電事業後に捨ててしまう温泉水を有効利用し利益が得られること、ハウス事業者は、補助制度があること、発電機を通すことで高温の温泉水を加温に適した温度にすることができることが挙げられる。デメリットとしては、ハウスの配管費用がかかること、温泉水はモーターで循環させるため、停電になった際には循環が止まってしまうリスクがあることが挙げられる。

〈今後の展望〉

現状、機器のトラブルにより発電事業はとん挫しているものの、(株)国書刊行会では、他メーカー機器の導入により、早期の事業再開を目指している。

2. 新しい技術の導入

大分県では、地熱を利用した新たな発電技術として、世界初となる、蒸気と熱水の両方を発電に利用する“湯けむり発電”（トータルフロー発電）に取り組んでいる。本発電機のメーカーである(株)ターボブレードの見解として、理論的には、蒸気だけを用いる場合に比して、1.6倍の発電効率になるとのことである。

〈経緯〉

湯けむり発電に使用する機器を開発しているのは、(株)ターボブレード（本社：大分県大分市）である。同社は、昭和2年から3代続く、水力タービンの開発メーカーであり、ODAによる外販向けの製品に使用している技術の発展型として、蒸気と熱水の両方を利用する二相流発電用のタービンを開発した。

大分県では、4年程前から再生可能エネルギーの利用／普及に向けた取組みを始めており、県から同

社への声掛けにより、地熱発電に関する共同研究がスタートした。大分県のように泉源が都市部に接して存在する地域においては、規模も費用も手軽な発電機が歓迎される。湯けむり発電は、バイナリー発電と比べると、シンプルな構造のため設置やメンテナンスが容易な点、また冷却水が不要である点がメリットになる。県では、泉源の条件に合わせて、フラッシュ発電、バイナリー発電に加えて、第3の発電方式として地熱発電の普及に貢献することを期待している。



湯けむり発電施設 実用2号機 外観

〈事業概要〉

発電所名	大分県農林水産研究指導センター農業研究部花きグループ発電所
所在地	大分県農林水産研究指導センター農業研究部花きグループ内
発電所出力	44kW（設計出力22kW×2台）
事業者	大分県
発電方式	湯けむり発電（トータルフロー発電）

資料：ヒアリング及び提供資料をもとに日本経済研究所作成

〈事業の仕組み〉

大分県では、県が発電事業者として売電までをおこなう実用プラントを県の農業研究部花きグループの施設内に設置している。敷地内にある泉源から、蒸気と熱水を研究温室の暖房や近隣の入浴用の温泉として供給しており、その一部を湯けむり発電のために利用している。本プラントは実用2号機であり、1号機は、本設備の販売事業者である地熱ワールド工業(株)が、自ら売電事業に使用している。

44kWの発電により、年間の売電額：1,000万円程度が見込まれている。県は事業開始に当たって、県主催のビジネスグランプリの賞金900万円の他、補助金として当初2年間に600万円／年、合わせて2,100万円の支援をおこなっている。この他、ターボブレードが自前の開発費として、4年間で計4,500万円を投入している（人件費は含まない）。

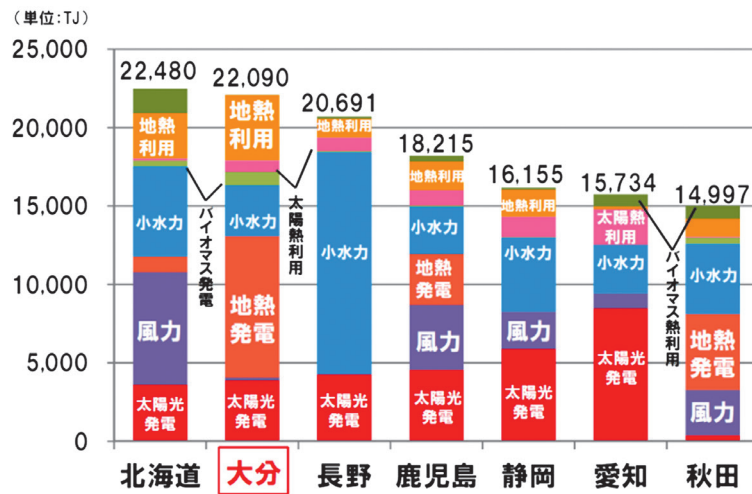


タービン部 外観

湯けむり発電施設の工期は設計を含め3～4ヶ月程度であり、本事業の設備における設計・建設（系統連系の工事を含む）費用は5,000万円程度である。大分県は売電事業者として、これら費用を負担して事業を実施している。出力の変動を考慮せず単純に売電額で割ると、投資回収には5年かかる計算になる。

県としては、本事業の実証を通じて地熱発電を中心とした産業の活性化を考えており、(株)ターボブレードがタービンの設計及び製作を担うほか、設備全体の設置、組立、及び配管部分の設計・施工は地元業者への発注を期待している。

図 再生可能エネルギー供給量 (H26.3現在)



資料：大分県商工労働部工業振興課「大分県のエネルギー政策」(H27.12)

FIT の設備認定や工事認定は国の所管であるが、地域における事業計画全体を俯瞰する監督者が不在の状況にあり、市町村の側にも、県には一層の旗振り役、監督者としての役割に対する期待がある。

一方で、資源管理の面からは、県には、温泉法(環境アセス)を所管する部署があるものの、事前規制が中心であり、強い監督権限があるわけではない。むしろ、九重町や別府市、これら市町に隣接する熊本県小国町では条例制定をおこなっており、地熱資源の適切な管理に向けた動きが出ている。しかし、地下の熱源の賦存位置と地上の行政区分とが一致している訳ではなく、今後、資源管理のあり方の検討が求められる。

大分県は、今後、地熱開発がより活発化することになれば、今以上に法令、条例以外の部分でも各地公体と地熱利用の計画を一緒に描いていくことになる可能性がある。

今後、地熱開発を進めていくためには、住民、地熱開発事業者、ユーザーとなる地元事業者間の連携が重要であり、県としても国、市町村とも連携してこれらの調整をおこなう必要性を認識している。

〈弟子屈町〉

弟子屈町は、発電事業者である(株)国書刊行会に対して、各種の情報提供や相談の受け付けをおこなっているものの、地熱発電事業に対する特別な財政支援等はしていない。町は、発電事業を、市内雇用を生み地域を活性化させるものとして歓迎している一方で、乱開発への懸念も抱いている。町としては、地域振興の旗振り役を求められるとともに、条例等の整備によって資源開発をコントロールしていくことを検討している。

限られた財政のなかでの関与の仕方を模索している町では、まずは、地元住民とともに専門知識が不足している地熱発電についての理解を深めるべく、地熱発電に関する勉強会等の開催を企図している。また、経済産業省の補助金を活用し、地熱発電や熱水を利用したオーベルジュや温室ハウスの運営に必要な調査をおこなうこととしている。

4. 地熱開発の課題と今後の可能性

(1) 地熱開発の新たな動き

地熱はわが国固有の再生可能エネルギーであり、長期間にわたってその活用に向けた取り組みがおこ

なわれている。しかし、開発期間が長期化するなどの固有の課題を抱えており、まだ、充分普及しているとは言えない。しかし、本シリーズにおいてみてきたとおり、FITの導入や規制緩和の推進などの地熱発電の普及に向けた国の取組みに加えて、従来は開発に反対する側であった温泉事業者等が、地域振興のために地熱を活用するなどの新たな動きなどが出てきている。

今回の報告で取り上げたこのような新たな動きを整理すると、以下のような視点にまとめることができよう。

① 既存設備等を利用したコンパクトな取り組み

地熱開発には、多数の杭井の掘削が必要とされるなど、調査から発電開始までに長期間かかることが課題であったが、調査などに使った既存の地熱井や、現に噴出している温泉を活用することで、事業化までの期間を大幅に短縮する取り組みが出てきている。

また、小規模なバイナリー発電を活用することで、投資額、開発期間ともに従来の地熱開発に比較して非常にコンパクトな事業にまとめ、短期間での操業開始を可能としている。

② 地域を挙げた取り組み

地熱開発をおこなう上で、自然環境との調和や、温泉事業者等の既存事業者との調整が大きな課題となる。しかし、従来は、どちらかという地熱開発にネガティブな反応をしていた温泉事業者自らが地熱発電への取り組みを始める事例が出てきている。背景には、衰退する地域に対する危機感があり、温泉街の生き残りをかけた取り組みともいえる。

③ 他業種からの参入

投資額が小さくなるとともに、FITによる電力

の買取りによって、その投資回収目途が立て易くなっている。そのため、いわゆる発電事業者ではない他の事業者の興味を引くこととなり、具体的な参入事例が出てきている。

(2) 今後の可能性

これらの新たな動きは、地熱発電の結果得られる売電収入という直接的な経済効果だけでなく、地熱の様々な活用による地域活性化への期待が大きい。

まず、地熱を地域資源のひとつとして捉える考え方が出てきている。例えば、従来、地熱を温泉という形で利用するだけで、その多くを廃湯として捨ててきた。もちろん、温泉卵のように温泉熱の利用が無かった訳ではないが、最近では、ハウス栽培、魚の養殖等への利用が検討されているなど、いわゆるカスケード利用という形で、新たなビジネスモデルの可能性、地方創生の可能性が見えている。

また、純粹に地域エネルギーという視点で考えると、化石燃料からの依存を脱却することが出来れば、エネルギーコストは大きく削減され、地域経済に大きなメリットをもたらす。そのため、地熱以外の様々な再生可能エネルギー（バイオマス、小水力など）の組み合わせを検討する一方、地域におけるエネルギー利用のあり方を同時に検討することで、エネルギーの自給の可能性も見えてくる。さらに、発電量を増やし、自動車を全て電気自動車に置き換えることにでもなれば、環境問題にも貢献する可能性がある。

地熱単独での可能性を再生可能エネルギーの可能性に広げ、さらには地域課題の解決にまで視野を広げることが期待される。

(3) 新たな課題

しかし、課題が無いわけではない。バイナリー発電など、関連技術は、まだ、開発途上である。ま

た、いずれはFIT 価格も下がってくる可能性がある。地熱はもともと安定性の高い再生エネルギーではあるが、より、効率的なエネルギー利用が望まれており、不断の技術開発が望まれる。

発電機等の個々の機器の技術開発も重要であるが、各種エネルギーの最適化をおこなうエネルギーマネジメントの導入も必要であろう。さらに、温泉の固有の課題として、スケールの問題がある。スケールの付着による、機器の効率の低下が懸念されており、対策が必須である。

また、地域発の取り組みが出てきているということは、地域資源に対する意識の高まりと言っても良いが、乱開発に対する懸念が無くなった訳ではない。地熱熱源の地下所在地と地上の行政区分とが必ずしも一致していないため、仮に特定の地公体が条例を作って規制をかけたとしても、現状では、隣町において同じ熱源を開発しないとは限らない。より広域な規制対応や協力関係が求められるのである。

結局、どのような機器を選択するののかも含めて、地域には、これらの課題解決に向けたノウハウの蓄積が求められている。地域を挙げた取り組みをおこなう中で、具体的な事業は民間がおこなうにしても、温泉組合等には資金・知識等に限界があり、地公体や地元大学等との連携や協力が不可欠である。地熱を使って、どのような地域を創っていくのか、

市民を含む様々なセクターの目線が一致した動きが重要になってくるだろう。

以上、3回にわたって、地熱利用の新たな取り組みから、再生可能エネルギーの活用についてみてきた。わが国において、再生可能エネルギーの活用が求められていることは論を待たないが、これまで、その活用は十分とは言えなかった。東日本大震災を契機とする、現状の取り組みが後退することはないだろうが、解決すべき課題も多い。

大都市圏のように電力／エネルギーを大量消費する場所でのエネルギーの自立は難しく、従来型の大型の発電システムの需要は当面無くならないだろう。しかし、人口や経済活動の規模に比較して、様々な再生可能エネルギーが賦存する地方圏においては、自立の可能性が見えてきている。

温泉地が“地熱”を地域資源と捉え始めているように、様々な地域の再生可能エネルギーを活用した取り組みが活発化することが期待される。

最後に、本稿執筆にあたりヒアリングに協力いただいた大分県、(株)国書刊行会、(株)コスモテック、(株)ターボブレード、弟子屈町、野村北海道菜園(株)（以上、五十音順）に感謝申し上げたい。