

東京大学大学院新領域創成科学研究科

環境学研究系自然環境学専攻

自然環境形成学分野

平成 25 年度

修士論文

国内の温泉発電事業の評価要素に関する研究

-大分県別府市の三つの事業についての事例比較-

Study on the evaluation elements of hot spring power generation projects in Japan

- A case comparison of three business of Beppu, Oita prefecture -

2014 年 2 月 27 日提出

2014 年 3 月修了

指導教員 斎藤馨 教授

47-126610 奥名 貴士

## 目次

目次	2
図表一覧	4
第1章 はじめに	5
1-1 本研究の背景	5
国内における地熱発電の現状	5
国内における地熱発電開発の阻害要因	5
温泉発電とは	7
温泉発電の国内ポテンシャル	8
温泉発電のメリット	8
国内における温泉発電の現状	9
国内の温泉発電事業に関する研究課題	9
1-2 既往研究に対する本研究の位置づけと研究の目的	10
既往研究に対する本研究の位置づけ	10
研究の目的	11
第2章 研究方法	12
2-1 調査の対象とする事例について	12
大分県別府市	12
大分県別府市の基本情報	12
大分県別府市の温泉地としての情報	13
大分県別府市に存在する温泉発電事業	14
2-2 調査方法	15
2-3 インタビュー実施対象者とヒアリングの内容について	16
2-4 内容補完に使用した資料・文献	20
第3章 結果と考察	22
3-1 事例1：事業会社 X が行う温泉発電事業の事例について	22
概要	22
地域銀行からの資金調達について	23
外部からの事業支援について	23
便益の分配について	24
リスクの分散について	24

3-2 事例2:事業会社 Y が行う温泉発電事業の事例について……………	26
概要……………	26
地域銀行からの資金調達について……………	27
外部からの事業支援について……………	27
便益の分配について……………	27
リスクの分散について……………	28
3-3 事例3:事業会社 Z が行う温泉発電事業の事例について……………	31
概要……………	31
地域銀行からの資金調達について……………	31
外部からの事業支援について……………	31
便益の分配について……………	32
リスクの分散について……………	32
3-4 考察……………	34
 第4章 おわりに……………	 37
4-1 本研究のまとめと結論……………	37
4-2 温泉発電が地下の熱資源に与える影響の可能性に関する考察……………	38
 引用文献、参考文献等……………	 39
謝辞……………	41
要旨……………	42

## 図表一覧

### 第1章

---

図1-1 我が国の地熱発電設備容量の変化

表1-1 エネルギー源別の発電コスト

図1-2 温泉発電の仕組みのイメージ図

### 第2章

---

図2-1 大分県別府市の位置と範囲

表2-1 別府市の基本情報

表2-2 都道府県別の源泉数

表2-3 都道府県別の温泉湧出量

図2-2 大分県別府市内の温泉発電設備の位置

表2-4 インタビュー相手とヒアリング内容の対応表

### 第3章

---

表3-1 事例1:事業会社 X が行う温泉発電事業の事例についての調査結果

図3-1 事業会社 Y が行う投資事業の概要図

表3-2 ファンド 0 において想定される返済シミュレーション

表3-3 事例2:事業会社 Y が行う温泉発電事業の事例についての調査結果

表3-4 事例3:事業会社 Z が行う温泉発電事業の事例についての調査結果

表3-5 別府市内の3つの温泉発電事業の事例に対する各要素の調査結果まとめ

## 第1章 はじめに

### 1-1 本研究の背景

#### 国内における地熱発電の現状

2011年3月11日に発生した東日本大震災以後、我が国では原子力に変わるエネルギー源として再生可能エネルギーの可能性が注目されるようになった。

数ある再生可能エネルギーの中でも、地熱エネルギーに着目すると、以下の優れた点がある。(江原, 2012)

①我が国の150℃以上の地熱資源から発電される量として約2000万kWという値が推定<sup>1</sup>されている点。この量は、アメリカ(約2800万kW)、インドネシア(約2300万kW)に次いで世界第三位である。これは、日本が世界的に見ても地熱大国であることを示している。(村岡, 2007)

②地熱発電は一日24時間安定して発電できるので、定期点検等の時間を含めても、利用率が70%を超える点。太陽光発電は太陽が照らなければ発電できず、風力発電は風が吹かなければ発電できない。平均利用率は、太陽光発電で12%、風力発電で20%程度と言われているが、これらに比べ高い利用率を占める地熱発電は、ベース電源となりうることを示している。

③単位発電量あたりのCO<sub>2</sub>排出量が少ない点。これは再生可能エネルギー全般に言えることだが、地熱発電(13g-CO<sub>2</sub>/kWh)は水力発電(11g-CO<sub>2</sub>/kWh)に次いで低い。(電力中央研究所, 2010)

しかし、このような長所があるにも関わらず、我が国では地熱発電の開発は1990年代半ば以降進展しておらず、現在の設備容量は約54万kWと、国内の総地熱貯存量の約2%でしかない。(図1-1)

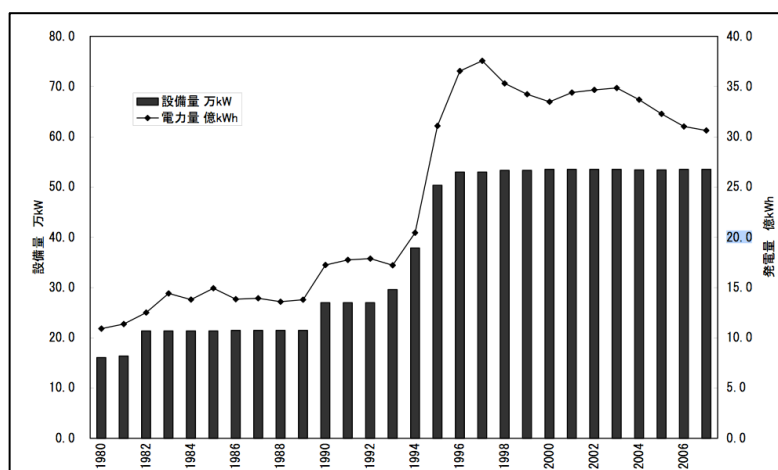


図1-1 我が国の地熱発電の設備容量の変化(火力原子力発電技術協会, 2009)

<sup>1</sup> 容積法と呼ばれる資源量評価による。これは地下の温度分布や比熱などの岩石の熱的性質を表す数値を使い、地下のある領域にとどまっている熱量を評価し、その熱を地下にしみ込んだ雨水によって取り出した場合に得られる発電量を評価する方法である。

## 国内における地熱発電開発の阻害要因

江原(2012)によれば、このような現状が生まれた背景には、以下に説明する発電コスト問題、国立公園問題、温泉問題と言われる3つの阻害要因の存在があった。

第一に、発電コスト問題に関しては、地熱の発電コストは火力や原子力に比べると高く(表1-1)、低コストの電源を選択する電力会社からは好感をもって受け入れられなかった。

表1-1 エネルギー源別の発電コスト(経済産業省,2010より作成)

エネルギー源	地熱	太陽光	風力	水力	火力	原子力
発電コスト(円/kWh)	8~22円	49円	10~14円	8~13円	7~8円	5~6円

再生可能エネルギーが抱えるコスト問題の解決策として、我が国では2012年7月から固定価格買取制度(FIT制度)<sup>2</sup>が施行され、地熱エネルギーは発電力15,000kW以上のときは1kWhあたり42円の買取価格が設定された。(経済産業省,2012)この法制度の活用による今後の地熱開発への企業の多数参加が期待される。

第二に、国立問題に関しては、150℃以上の地熱資源量のうち、81.9%が特別地区内にあり、この区内では景観上の理由から地熱発電所の建設は厳しく制限され実質上建設できなくなっていたため、有望な地域のほとんどが利用できないことになってしまっていた。(矢野,2008)現在、この開発規制は緩和されつつあり、自然景観に十分調和した地熱発電所であることを条件に開発が進められるようになりつつある。

第三に、温泉問題に関しては、地熱発電は地下から熱水や蒸気などの地熱資源を汲み上げて発電を行うという方式であるために、温泉地周辺で地熱発電所が建設されると温泉が枯渇するのではないかという懸念理由で反対運動が行われ、開発計画が途中で頓挫しやすいという難点があった。

現在の地熱発電技術は大きく進化し、温泉と共生して発電を継続していくことができる高い技術を持っている。しかし地の様子を可視化することはできず、温泉経営によって生活を立てている温泉地の住人にとっては、未知のリスクを簡単に受け入れることは難しいというのが現状である。

地域共生と利害関係者間の相互理解を向上させるには、開発の早い段階から、温泉資源へのリスク回避・低減策の充実と、様々な地元便益のあり方を協議することに加え、温泉事業者の懸念対応として、日常の影響評価、万一の際のリスク対策に関する情報共有と補償制度の整備が重要であるとされている。(窪田,2012)

<sup>2</sup> 固定価格買取制度は、再生可能エネルギーを用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者調達を義務づけるもので、我が国では2012年7月1日にスタートした。再生可能エネルギーのコスト高による事業採算性の面での問題を解決し、国内の再生可能エネルギー事業の普及の促進策として期待される。

## 温泉発電とは

国内における大規模の地熱開発が進まない中、近年小型の地熱発電の技術が開発されているが、その一つに温泉を使ったバイナリー発電（以下、温泉発電）がある。本項では、国内の地熱活用の促進剤として期待されるこの温泉発電について説明する。

バイナリー発電とは、沸点が低い媒体（アンモニア、代替フロンなど）を加熱・蒸発させ、その蒸気でタービンを回し発電する方式である。この方式では、従来の発電方式では利用できなかった低温度域の熱水での発電が可能になり、主に中低温域の地熱流体の利用ができる。これを用いると、日本に多い  $50\sim 100^{\circ}\text{C}$  の温泉において、高温の源泉をバイナリー発電の加熱源に利用し、その後適温になった温泉水を浴用に出すことができるため、熱エネルギーを無駄なく活かせるようになる。この温泉をつかったバイナリー発電は、温泉所有者が発電事業者になることができるため、これまでの地熱開発における温泉業者との対立問題を緩和させ、停滞した日本の地熱エネルギー開発のブレークスルーになるとの期待もある(村岡,2007)。

以下に、温泉発電の実証実験を行っている長崎県小浜温泉の発電方法を例にして、温泉発電の仕組みについて説明する（図1-2）。

まず、温泉から高温の温泉熱水を引っ張り、熱交換機で温水へと熱交換を行う。これにより温水の温度を高めて、その温水をバイナリー発電機の内部へと送る。発電機内部において温水から低沸点媒体へと熱交換し、低沸点媒体を蒸発させる。そしてその高圧の蒸気によってタービンを回し、発電を行う。低沸点媒体は冷却水によって冷やされ、再び液体に戻り循環することで、再度熱交換で蒸発できるようにする。

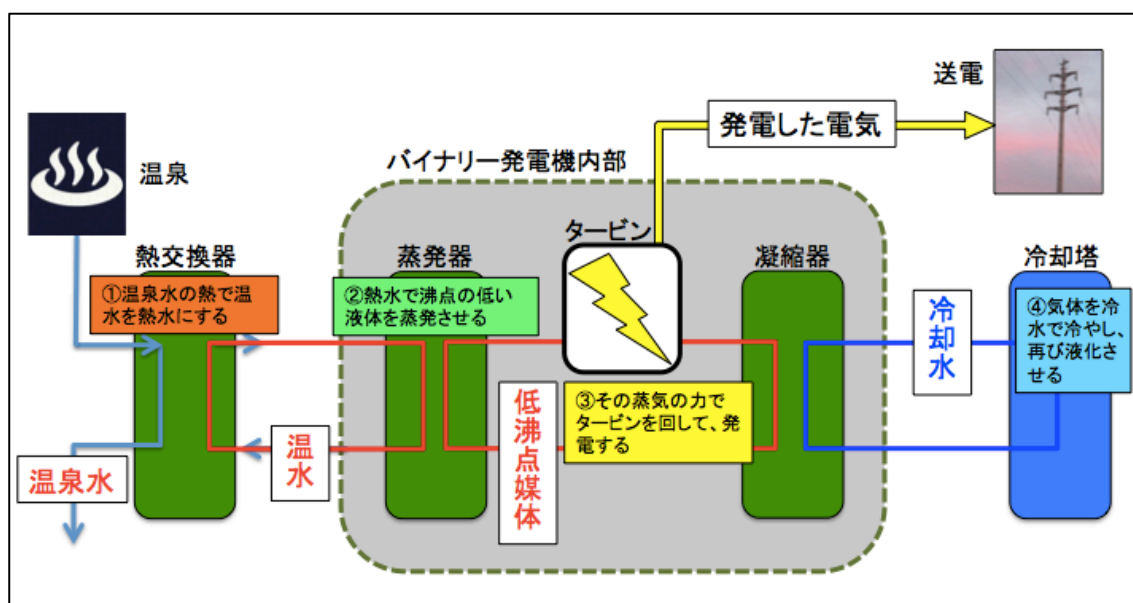


図1-2 温泉発電の仕組みのイメージ図（小浜温泉エネルギー(2012)より作成）

## 温泉発電の国内ポテンシャル

国内において、温泉発電に使用できる地熱エネルギー量は約 72 万 kW と推定されている（環境省, 2010）。これだけでも、現在の国内の地熱発電の設備容量を超えたポテンシャルがあることがわかる。

## 温泉発電のメリット

- 秋田（2013）によると、バイナリー発電には以下のようなメリットが想定される。
- ①低温でも発電できるため、従来の地熱発電より浅い熱源を利用することから、その探査・掘削が容易になり、初期投資負担が軽減される。清水（2012）では、加えて、従来の大規模地熱発電よりも開発可能地域が広く、立地の自由度も高いことも指摘されている。
  - ②一度発電や熱供給に使った熱を二次利用したり、熱供給で使い切れない熱水を利用することもできる<sup>3</sup>。
  - ③既に噴出している温泉や、未利用の温泉を熱源として利用する場合は、発電の確実性が高く、探査・掘削コストを省くことができる。また、既存の井戸をそのまま使うため地下への影響の心配もないために地元温泉地の住民の反対が生じにくい。
  - ④気水分離し、熱交換後の温水は還元する仕組みにすれば、温泉の枯渇懸念も少ない。
  - ⑤温泉旅館など熱利用設備が存在する温泉地では、電熱併給（コージェネレーション）による熱の有効利用も可能となる。
  - ⑥噴出する源泉の温度が高温で、温泉の成分を薄めずに浴用温度を下げる苦慮しているところでは、高い温度のエネルギーをバイナリー発電に活用し、泉源を低下させ、その後浴用に使うことができる。
  - ⑦固定価格買取制度の平成 24 年度価格では、地熱発電の買取り価格が 1 万 5000kW 以上で 27.30 円/kW(税込)、比較的小規模なバイナリー発電の多くが該当する、1 万 5000kW 未満で 42.0 円/kW(税込)と、高水準に価格設定されている。<sup>4</sup>
  - ⑧温泉発電の導入はより効率的な温泉利用や熱利用を検討する事につながり、温泉地の魅力づくりや再活性化、災害時のエネルギー確保などの契機となる可能性がある。また、これらに以下のことも加えられる。
  - ⑨発電規模は小さいが、その分発電設備の占有面積が比較的小規模で済む。
  - ⑩2012 年 3 月 27 日、国立・国定公園内の地熱開発の規制緩和により、地熱開発の行為が小規模で風致景観などへの影響が小さなものや既存の温泉水を用いるバイナリー発電などについては、国立・国定公園内の普通地域、第二種及び第三種と区別地域に

---

<sup>3</sup> 熱の多段階利用。カスケード利用とも言う。

<sup>4</sup> バイナリーサイクルの地熱発電は 2008 年の新エネルギー法の政令改正により新エネルギーに指定され、国の補助事業として導入が推進されることとなった。



においても自然環境の保全や講演利用への支障がないものは開発が認められることとなったため、温泉発電においては国立公園の問題による開発障壁がない。

これらのことを考慮すると、温泉発電には、前述した国内における地熱発電開発の阻害要因に大きく抵触することなく、かつ温泉地にとってもメリットを提示することができる。そのため、国内において有効活用されていない地熱エネルギーの利用拡大のためには、温泉発電は今後普及させていくべきであると考ええる。

### **国内における温泉発電の現状**

これまで我が国で商業運転している地熱を使ったバイナリー発電は、九州電力の八丁原地熱発電所(2,000kW) だけであった。温泉熱を使ったバイナリー発電についても規制緩和と固定価格買取制度の導入を受けて、各地で検討が始まっている。

現在国内において実施されている温泉発電事業は長崎県小浜温泉、新潟県松之山温泉、福島県福島市土湯温泉、鹿児島県指宿市内の山川発電所、大分県別府市の計5ヵ所で確認されるが、実際に売電事業を行っているのは大分県別府市のみであり、他は全て実証実験の段階にとどまっている（2013年1月時点）。この実証実験は、環境省委託事業として補助金を受け、温泉バイナリー発電装置を設置して発電を行うものであるが、補助金事業のため事業制限が多い。

他県の事例としては、静岡県では、県内の有望温泉地について、温泉発電の事業化の可否や今後の温泉発電の導入に向けての検討調査を行ったが、現段階は事業として採算の見込める温泉発電 事業を実施することは困難と判断し、単独源泉で災害時の非常用電源としての機能を付加した自立型発電システムについて、国庫事業の活用による実証実験を誘致する取組を推進していく方向性へと転換した。（静岡県企業局, 2013）

以上のように、国内の温泉発電は実際に売電事業として成立した事例は少なく、そもそも事業としての歴史が浅いため、その事業知見がまだ十分に蓄積されていないのが現状である。

### **国内の温泉発電事業に関する研究課題**

42 円/kWh の高価格買取が維持されるのは 2027 年までであり、事業採算性を考慮すると、温泉発電を新たに始める場合は数年内に事業開発される必要がある。その際には、売電事業の成立に必要な要素が何であるか、という知見が重要となってくる。しかし、国内の温泉発電事業については、先に述べたように事例が少なく、その必要要素について評価・検討した研究知見はまだ見当たらない。

そのため、数ない売電事業化に至っている対象地を調査し、その要素を明らかにしていくことは意義があると考えた。そこで得られた知見に基づいて事業開発がなされれば、他の地域でも温泉発電の売電事業が成立していくと思われる。

## 1-2 既往研究に対する本研究の位置づけと研究の目的

### 既往研究に対する本研究の位置づけ

事例調査によって、売電事業の成立に必要な要素を検討する際には、再生可能エネルギー事業に関する既往研究において重要であると言われている要素を手がかりとして検討することが妥当であると考えられる。本研究では、再生可能エネルギー事業に関する既往研究において重要であると言われている要素のうち、以下のものに着目する。

#### ①地域銀行からの資金調達

寺林（2013）によると、再生可能エネルギー事業には相応の設備投資費用が必要となるが、そのための資金調達は事業規模に併せた適切な方法で行われることが重要であり、特に小規模の再生可能エネルギー事業については、大手企業主導の大規模発電とは規模も性質も大きく異なるため、それに見合った資金調達の方法を選択する必要がある、その際にはローカル事業に素早く対応できる地域金融機関の役割が重要であることが指摘されている。

再生可能エネルギーの資金調達に関する既往研究は、他に Sonntag-O'Brien and Usher (2006) や竹ヶ原 (2012) などの総説的な文献がある。ただし、これらは比較的大規模な発電事業の資金調達も含めて論じたものであり、対象を小規模の再生可能エネルギー、特に温泉発電事業に着目して論じたものは、これまで見られなかった。

#### ②外部からの事業支援

古屋（2013）によると、地域分散型の小規模の再生可能エネルギー事業を開発することを考える際に、全国のほとんどの地域では、さまざまなステークホルダーが協働するなかで自然エネルギーをつくり出すという経験がなく、多くの場合、情報資源、人的資源、政治的資源、経済的資源など、まったくゼロから体制作りをはじめることになり、事業を成立させていくのに、そのプロセスは極めて不確実性が高い。そして、この課題に対して、その地域に対する行政面での事業支援制度や、開発段階毎に異なる事業形成の支援を行う団体の存在が解決のカギになることが指摘されている。

ただし、これは海外の事例に関する研究であり、エネルギー源も地熱以外のものであった。そのため、国内の温泉発電についても同様のことが言えるかどうかは未知である。

#### ③便益の分配

Hurber and Horbaty (2010) は、デンマークにおける協同組合による風力発電事業を事例とした研究の考察として、発電事業に関係する者のうち、限られたメンバーにだけ事業による利益の分配が集中することがなく、地域の人々に対して民主的に利益の分配がなされているということは、その再生可能エネルギー事業が地域から反対されず受容されて

いくためには、重要な要素となることを指摘した。

しかし、このことが国内の温泉発電において売電事業を成立させるためにも重要な要素であるかどうかは、この研究では示されていない。

#### ④リスクの分散

秋田（2013）によると、温泉でバイナリー発電を行う場合には、固定価格買取制度でも15年が設定されているように、長期的な事業となるため、事業期間中には、温泉井や配管の老朽化による修繕費の増大、あるいは温泉井の減衰や損傷による温泉供給量の減少、温泉関連事業者の破綻など、様々な事業上のリスクも想定され、そのリスク分担の重要性が指摘されている。このことから、温泉地での発電事業を成立させるためには、事業を行う上で資金面でのリスクが複数の十分に分散されているような事業スキームを作り上げることが重要であると考えられる。

しかし、国内の温泉発電事業の実際の事例について、資金面でのリスクの分散に着目して事例研究を行ったものはなく、これが本当に重要な要素であるかどうかはわからない。

これらの4つの要素は実際の温泉発電の売電事業において適用・評価はなされておらず、重要な要素であると言えるかどうかは未知であると言えるが、事例の少ない現状では、まずこれらを手掛かりとして温泉発電の売電事業の成立のために必要な要素を探るのが妥当であると判断した。

このことより、本研究の指針は、これらの4つの要素が国内において温泉発電の売電事業を成立させるために重要であると言えるかどうかを検証することとする。

そしてこの指針を満たすためには、現在実際に売電事業化を果たしている国内の複数の温泉発電事業の事例について調査し、それぞれの事業に対してこれらの4つの要素についての評価を行い、各要素が売電事業の成立のために重要な要素であると言えるか検証する方法が適していると考えた。

なお、上地ら（2013）のように、地熱発電事業に対して複数の要素について評価を行った研究も見られるが、これは従来の大規模地熱発電に関するものであり、評価軸としている要素も異なる。国内の温泉発電事業について複数の要素で事業評価を行った研究はこれまでは見られない。

#### 研究の目的

以上のことより、本研究の目的を、**実際に売電事業化を果たしている国内の温泉発電事業に対して調査を行い、再生可能エネルギー事業に関する既往研究において重要とされるこれらの4つの要素について、その温泉発電の売電事業の成立のための重要性を検討することとした。**

## 第2章 研究方法

### 2-1 調査の対象とする事例について

#### 大分県別府市

国内において温泉発電が未だ売電事業として普及していない現状がある中で、大分県別府市では、国内事例としては例外的に複数の温泉発電の売電事業が実施されており、温泉発電の売電事業における国内の先進地であるとみなすことができる。

本研究では、この大分県別府市を調査対象地として事例研究を行う。

#### 大分県別府市の基本情報

別府市は、九州の北東部、瀬戸内海に接する大分県の東海岸のほぼ中央に位置し、南は野生のニホンザルで有名な高崎山をへだてて県都大分市と隣接、北は県北・国東テクノポリス地域としてハイテク関連企業が進出する国東半島の市や町と接し、西は阿蘇国立公園に属する由布岳や鶴見岳の連山を中心に南北に半円形に連なる鐘状火山に囲まれ、その裾野がなだらかに波静かな別府湾に続く扇状地である（図2-1）。

以下に、別府市に基本情報をまとめる（表2-1）。



図2-1 大分県別府市の位置と範囲（google ZENRIN, 2014）

表2-1 別府市の基本情報

（別府市の概要平成24年度、別府市の環境平成24年度より作成）

市役所所在地	別府市上野口町1番15号
面積	125.382km <sup>2</sup>
位置	東経：131度29分37秒 北緯：33度16分52秒
広ぼう	東西：13km、南北：14km
人口	119480人（平成24年度）
世帯数	58918世帯（平成24年度）
観光客数	3,652,345人（平成21年度）
電力受容状況	53,729MWh（平成24年3月度）

## 大分県別府市の温泉地としての情報

別府市には、別府八湯という 8 ヶ所の温泉地<sup>5</sup>があり、これらをまとめて別府温泉郷と称している（別府市 ONSEN ツーリズム部温泉課）。

別府湾一帯から、九重・阿蘇を経て島原半島を含む広大な地域は地盤が沈む地溝帯で、この地溝を中心に活性化した火山活動は地熱温泉活動が盛んであり、この火山活動により別府の地形には 2 つの大きな断層が生じている。<sup>6</sup>この断層と鶴見岳やガラン岳の火山活動が影響しあい、地下のマグマからの熱が噴出した高温高压の熱水だまりが地下数千メートルの所にできる。地下に浸透した雨水は、マグマの熱で温められた熱水だまりにふれ、再び地表に吹き出す途中、様々な成分を含み、温泉水となる（別府市, 2012）。

別府市内には 2,307 の源泉があり、毎分の湧出量は 87,486ℓである（平成 23 年 3 月 41 日時点）。これは、日本一の源泉数・湧出量を誇る（表 2-2、表 2-3）。

また、別府市内の温泉はその熱ポテンシャルも高く、高温の噴気・沸騰泉<sup>7</sup>数に関しては、全国総数が 1168 であるのに対し、別府市ではその約 26% に及ぶ 304 の噴気・沸騰泉が存在する（由佐, 2012）。

**表 2-2 都道府県別の源泉数（平成 23 年度 3 月 31 日、環境省資料による）**

順位	温泉地名	源泉数（孔）
<b>1</b>	<b>大分県(別府市)</b>	<b>4,538(2,307)</b>
2	鹿児島県	2,784
3	北海道	2,302
4	静岡県	2,280

**表 2-3 都道府県別の温泉湧出量（平成 23 年度 3 月 31 日、環境省資料による）**

順位	温泉地名	湧出量（ℓ/分）
<b>1</b>	<b>大分県(別府市)</b>	<b>291,340(87,486)</b>
2	北海道	245,850
3	鹿児島県	192,506
4	青森県	149,149

<sup>5</sup> 別府・浜脇・観海寺・堀田・明礬・鉄輪・柴石・亀川の各温泉地を指す。

<sup>6</sup> 鉄輪断層・朝見川断層の 2 つを指す。

<sup>7</sup> 温泉は、出てくる水の状態によって、噴気（蒸気のみ）、沸騰線（蒸気と熱水の混合状態）、一般温泉（熱水のみ）の 3 つに分類される。

また、別府市の温泉の温泉質は以下の通りである。

**単純温泉・塩化物泉・炭酸水素塩泉・硫酸塩泉・二酸化炭素泉・含鉄泉・含銅一鉄泉・硫黄泉・含アルミニウム泉(別府市にない泉質:放射能泉)**

### 大分県別府市に存在する温泉発電事業

以上のように、大分県別府市は全国でも有数の温泉地である。温泉が熱資源として高いポテンシャルを持っており、そのエネルギーを用いた発電事業の開発が複数の事業者によって行われている。

別府市において、温泉発電による売電事業を実際に開始している、もしくは近日売電事業の開始を予定している事例は現在 3 件が確認できる。(2013 年 11 月時点)

その 3 件については、それぞれが異なる事業者 X、Y、Z によって運営されている。各事例における発電設備の位置を図 2-2 に示す。



図2-2 大分県別府市内の温泉発電設備の位置  
(google ZENRIN, 2014)

## 2-2 調査方法

情報の収集方法だが、温泉発電事業は新規産業であるために、公式文書に残されている情報量が十分であるとは言えず、また事業自体は小規模であるために利害関係者の数も少数に限定されると考えられる。また、今回の調査では資金の調達など利害の絡む内容を調査する事になるため、文献だけでは把握できない可能性もある。このようなことから、利害関係者と直接面会してインタビューを行う調査方法を選択した。また、調査内容の一部は文献を用いて補完した。

インタビューの方法については、社会ネットワーク分析の手法の一つであるスノーボールサンプリング<sup>8</sup>の手法を用いて、調査する相手の発掘を行い、可能な限りインタビューを実施した。

インタビューは事前に温泉発電事業に関する質問項目を用意し、当人が関与する部分について質問を行い、半構造化インタビュー<sup>9</sup>の形式によって行った。なお、インタビューは同意を得て行い、可能な限り録音も行った。また、質問への返答は相手の自由裁量とした。

実施期間は2013年11月7日（木）から11月21日（木）の平日で、この間に計13団体17名に対して対面式のインタビューを行った。また、一度対面した後に、質問内容の補完のために電話による再度インタビューも一部行った。

---

<sup>8</sup> インタビュー相手に事業に関わる他の関係者の存在について尋ね、存在が確認できたら次はその相手にインタビューを行う、という形で順次インタビュー調査を進めて行く方法。ステークホルダーの発掘やステークホルダー同士の関係把握ができる。

<sup>9</sup> 一定の質問に従って自由形式の聞き取りを行いながら、対象者の回答によって質問の表現・順序などを状況に応じて変える方法。この方法の利点は、内容の方向性を保ちながら、こちらが予想しなかった情報まで得ることが可能となることである。

## 2-3 インタビュー実施対象者とヒアリングの内容について

インタビューを行った相手と、インタビュー順序、そしてヒアリングできた内容について、表 2-4 に示す。3 つの事例に対して、それぞれの要素については最低でも一人には話を聞き、その重要性評価の論拠が得られるようにした。

表 2-4 インタビュー相手とヒアリング内容の対応表

	Xの事例について				Yの事例について				Zの事例について				その他
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	
インタビュー順序 ↓													
事業会社X 代表	○	○	○	○									
大分県東部保健所 職員2名				○				○				○	○
別府市 環境企画室 職員		○				○				○			
電設工事会社K 社員		○											
九州電気保安協会 職員		○											
農業研究所H 職員													○
事業会社Y 代表					○	○	○	○					
大分県 エネルギー政策班 職員		○				○				○			
大分県 自然保護温泉班 職員3名				○				○				○	○
事業会社Z 代表									○	○	○	○	
信用金庫M 社員									○				
地熱コンサルティング会社E 代表						○							
大分県環境審議会 温泉部会長												○	○

①: 地方銀行からの資金調達      ②: 外部からの事業支援      ③: 利益の分配      ④: リスクの分散

ヒアリング内容の詳細については、付録に添付した、得られた情報を文章化してまとめたものを参照するものとする。

以下が、その付録に記している、ヒアリング相手と得られた情報のテーマ分類である。これらについては、ヒアリングした相手にはアルファベットを、そして各テーマ事項には数字を振ることで、以後述べる結果の項にて引用できるようにした。

### 【A】

#### 事業会社 X 代表取締役（推定 60 代、男性）

インタビュー実施日:2013 年 11 月 7 日(木)、2013 年 11 月 8 日(金)

- [1] 現在、温泉発電事業をするに至った経緯と、今後について
- [2] 温泉のポテンシャルについて
- [3] 使用しているバイナリー発電機について
- [4] 新しく計画している温泉発電事業について
- [5] 海外メーカーの発電機に関する情報について
- [6] 発電事業の運営体制について
- [7] 補助金について
- [8] 現在行われている発電の技術的な面について



- [9]発電事業に必要なコストについて
- [10]事業採算性について
- [11]温泉供給サービス事業について
- [12]温泉発電の課題や制限について
- [13]別府の温泉の情報について
- [14]ステークホルダーについて
- [15]温泉の法律について
- [16]地元との合意形成、貢献について
- [17]その他

## 【B】

**大分県東部保健所 健康安全企画課 総務班 職員（推定 30 代、男性）**

**大分県東部保健所 健康安全企画課 総務班 職員（推定 40 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 8 日（金）**

- [1]温泉法について
- [2]温泉の掘削に関する規制について
- [3]温泉発電事業を意識した変化について
- [4]別府市の温泉の特性について

## 【C】

**別府市 生活環境部環境課 環境企画室 主査（推定 40 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 8 日（金）**

- [1]別府市の地下の温泉資源について
- [2]別府市内の温泉発電事業について
- [3]事業規制について
- [4]市内に存在する泉源について
- [5]市としての導入促進策について
- [6]温泉のエネルギーの共同利用、地域還元策について
- [7] 温泉発電事業を開始するにあたり必要な情報公開や届け出について
- [8]温泉資源の枯渇懸念について
- [9]温泉発電事業に関する住民の意識について

## 【D】

**電設工事会社 K 九州支店 営業チーム 主任（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 8 日（金）**

- [1] 事業会社 X の温泉発電事業への関わりについて
- [2] 工事に携わった周辺設備について
- [3] 送電端、発電端の出力について
- [4] 電気事業法の手続きについて
- [5] スケール対策の調査について
- [6] 配管のコストについて
- [7] その他

## 【E】

**一般財団法人 九州電気保安協会 大分支部別府事務所 所長（推定 50 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 13 日（水）**

- [1] 電気主任技術者の外部委託制度について
- [2] 契約の料金について
- [3] 実施する業務について
- [4] 手続きの代行サービスについて
- [5] 九州電気保安協会について
- [6] 電設技術に関する情報について
- [7] 電設設備のコストに関する情報について

## 【F】

**農業研究所 H 職員（推定 40 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 13 日（水）**

- [1] 農業研究所 H で行われている活動について
- [2] 温泉発電と熱の多段階利用の組み合わせのアイデアに関する情報について

## 【G】

**事業会社 Y 投資事業部 サブマネージャー（推定 20 代、男性）**

**事業会社 Y 投資事業部 課長（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 14 日（木）**

- [1] 事業会社 Y とファンド O の概要について
- [2] 投資見込み先の選定、融資の条件について
- [3] 投資事業において使用する発電機について
- [4] 業務提携を組んでいる地熱コンサルティング会社について
- [5] 事業採算をとるための戦略やリスクマネジメントについて
- [6] 現在の携わっている別府市の温泉発電の事案について

- [7]ファンド0について
- [8]単独の温泉所有者ではない、温泉組合を顧客とする事業スキームについて
- [9]大分県の温泉井戸に関する情報について
- [10]活用する補助金について
- [11]保険のサービスの利用について
- [12]周囲の温泉所有者との合意形成について

## 【H】

**大分県 商工労働部 工業振興課 エネルギー政策班 主任（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 14 日（木）**

- [1]大分県の再生可能エネルギーポテンシャルについて
- [2]大分県の今後の自然エネルギーの利用のビジョンについて
- [3]大分県エネルギー産業企業会について
- [4]新エネルギー導入加速化事業について
- [5]エネルギー産業参入促進事業について

## 【I】

**大分県 生活環境部 生活環境企画課 自然保護・温泉班 副主幹（推定 30 代、男性）**

**大分県 生活環境部 生活環境企画課 自然保護・温泉班 主任（推定 30 代、男性）**

**大分県 生活環境部 生活環境企画課 自然保護・温泉班 職員（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 14 日（木）**

- [1]温泉の掘削工事に関する規則について
- [2]温泉発電事業による地下資源への影響に関する情報について
- [3]その他

## 【J】

**事業会社 Z 代表取締役（推定 50 代、男性）**

**信用金庫 M 山の手支店 代理（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 15 日（金）**

- [1]現在稼働させようとしている発電機の設備と使用する泉源に関する情報について
- [2]事業を構成するステークホルダーについて
- [3]補助金について
- [4]運営体制について
- [5]コストと採算性について
- [6]資金調達について

[7]事業スキームについて

[8]その他

## 【K】

**地熱コンサルティング会社 E 代表取締役（推定 50 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 19 日（火）**

[1]事業会社 Y の行う発電事業への関わりについて

[2]提案する発電のシステムに関する情報について

[3]発電による地下の地熱資源への影響について

[4]発電事業にかかるコストについて

[5]現在確認できている温泉発電の課題について

## 【L】

**大分県環境審議会 温泉部会 部会長（推定 60 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 21 日（木）**

[1]環境審議会 温泉部会について

[2]温泉の開発による地下資源への影響に関して実施した調査について

[3]温泉発電の可能性について

[4]別府の地下資源について

## 2-4 内容補完に使用した資料・文献

調査する内容の補完に使用した資料・文献は以下の通りである。

- ・別府市企画部政策推進課（2012）：別府市の概要 平成 24 年度, p6, p8, pp16-17
- ・別府市生活環境課（2012）：別府市の環境 平成 24 年度版, pp8-9, p26
- ・別府市 ONSEN ツーリズム部（発行年不明）：べっふ温泉百科, pp2-10
- ・藤野敏雄. 地熱コンサルティング会社 E（2013）：九州における温泉発電事業化の現状と課題, pp1-12
- ・大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班（2012）：躍進！大分県のエネルギー産業, p1, p3
- ・大分県商工労働部工業振興課（2012）：大分県のエネルギー政策について～地熱発電を中心に～, pp1-13
- ・事業会社 Y（2013）：おおいた自然エネルギーファンド説明資料 平成 25 年度 3 月, pp1-19
- ・別府市建設部都市政策課（2012）：別府市景観形成ガイドライン

- ・由佐悠紀（2012）：文化的景観 別府の湯けむり景観保存計画 第2部第3章温泉・湯煙の. 自然科学的概要, pp46-67
- ・一般財団法人九州電気保安協会（2013）：電気事業法による電気保安体制
- ・大分県環境審議会温泉部会：大分県環境審議会温泉部会内規（抜粋）, pp1-6
- ・商務流通保安グループ電力安全課（2013）：（審議）小型地熱発電に関するボイラー・タービン技術者の選任要件の見直しについて, pp1-5
- ・商務流通保安グループ電力安全課（2013）：（審議）バイナリー発電設備に係るボイラー・タービン技術者の選任及び工事計画所等の不要化範囲の見直しについて, pp1-3

### 第3章 結果と考察

以下に、調査対象としていた3つの事例について、ヒアリング調査の結果として得られた情報を述べる。

なお、証言からの引用部の表記（アルファベットと数字の並び）は、第3章の3-1方法の項に記載しているインタビュー相手を表す【アルファベット】と、ヒアリングした内容のテーマを表す[数字]を並べたものである。引用部の詳細内容については、付録を参照するものとした。

#### 3-1 事例1:事業会社Xが行う温泉発電事業の事例について

##### 概要

まず、中心となって発電事業を行っているのは、事業会社Xである。この会社は、もとも周辺家庭へ温泉の給湯サービス事業を行っており、そこから発電事業について独立した事業会社である（…証言 A1、A11 より）親類から資本金 3000 万円を集めて、発電事業のための事業会社として事業会社 X を立ち上げた。（…証言 A1 より）

2013 年 12 月現在、事務所近くの土地にて国内メーカーの発電機を一機導入し、設備容量 72kW で発電売電事業を行っている。（…証言 A3 より）

また、発電に使用している泉源は、給湯サービス事業に利用していたものから熱水の一部専用タンクへと引っ張ってきて発電を行っている。（…証言 A1、A11 より）泉源は沸騰泉に分類され、蒸気と熱水が両方吹き出してくる。蒸気の温度が約 130℃～140℃、熱水の温度は約 100℃である。温泉は毎分 1t500ℓ出ている。（…証言 A2 より）

技術者の外部委託としては、電気主任技術者<sup>10</sup>のみを九州電気保安協会に委託している。ボイラー・タービン主任技術者<sup>11</sup>は雇用していない。（…証言 A9、A14、E2 より）

立ち上げは東日本大震災の直後、政府の知り合いの方からの提案。2012 年 12 月から発電事業を開始。国内で初の温泉発電の売電事業を開始した事例となる。（…証言 A1 より）現在は、1 号機は利益を出して運転している。（…証言 A1 より）2014 年中に海外のメーカーの発電機を導入して設備容量を 500kW に増やす予定である。（…証言 A4 より）

---

<sup>10</sup> 発電電力が 50kW を超えると変圧装置が必要になり、発電設備は「高圧」扱いになる。50kW 以下は特に変圧装置は必要なく「低圧」扱いになる。高圧になると、発電機は自家用電気工作物扱いになり、電気主任技術者の選任が必要。温泉発電の場合は、低圧、高圧関係なく、自家用電気工作物に分類され、電気主任技術者の選任が必要。電気主任技術者は、一定要件を満たすことで外部期間に委託することができる。（九州電気保安協会, 2013）

<sup>11</sup> 2014 年 1 月現在、100℃を超える熱水や蒸気を活用するバイナリー発電設備では、ボイラー・タービン主任技術者の選任が必要と定められている。（商務流通保安グループ電力安全課, 2013）

## 地域銀行からの資金調達について

事業会社 X では会社の設立にあたり資本金 3000 万円を集めたが、これは代表の知人から集めたものである。特に金融機関からの出資はない。(…証言 A1 より)

また、発電事業を始めるにあたりおよそ 8500 万円のイニシャルコストを要しているが、この殆どは、給湯サービス事業で培った資金から捻出している。こちらも、金融機関からの借り入れはない。(…証言 A9) なお、金融機関からの融資を利用しなかった理由には、温泉発電事業が再生可能エネルギー事業として、まだ未知性の高いリスクのある事業であり、加えて地下の資源を使うことから構造自体がビジュアルでなく持続性が不透明である性質をもつため、金融機関からの融資が難しいという事情があることがヒアリング調査より聞くこともできた。(…証言 A2)

## 外部からの事業支援について

温泉のポテンシャル調査に関しては、もともと事業会社 X の前身が、温泉給湯サービス会社であったために、使用する源泉に関しては十分な経験と知識があり、サポートを必要とはしなかった。(…証言 A9 より)

機器の選定については、事業会社 X が温泉の特性を考慮して自分で決めている。(…証言 A6 より)

当事業は、もともと二酸化炭素排出抑制対策事業として、環境省から認定され補助金を受けて事業を行う予定であったが、この補助金事業として発電事業を行うと、売電が行えない規則であったため、最終的には利用はしなかった。その後、行政からの補助金は特に利用していない。(…証言 A7、A14 より)

当発電事業を支援する組織団体としては、まず工事会社 K が、発電設備の施工計画のコンサルティングから実際の工事までを行い、加えてスケール対策<sup>12</sup>としての温泉成分の科学分析や機器の問題発生時のサポートなど、発電システムに関する技術面のサポートも行っている。また国内における温泉発電事業に関する規制を取りまとめる経済産業省や売電先である九州電力に対する事務手続き代行も当会社が行っている。(…証言 A8、A14 より)

次に、電気主任技術者の外部委託先である一般財団法人九州電気保安協会が電気事業法に関連する経産省への手続きも併せて行っている。(…証言 E1、E4 より)

---

<sup>12</sup> スケールとは、「湯の花」とも呼ばれ、温泉水に元々溶けていた成分が温度や圧力の変化、空気との接触、パイプなどの機械と反応などによって、水に溶けにくい物質として析出したものである。

## 便益の分配について

この事業事例は、温泉所有者が発電事業の中心事業者と同一である。必要な資金を自ら捻出し、発電事業を自らが行う形態のため、売電によって得られる収入は温泉所有者である事業会社 X がそのまま得ることができる。

売電売上（理想値）は  $42 \text{ 円/kWh} \times 48 \text{ kW (送電端電力)} \times 24 \text{ 時間/日} \times 365 \text{ 日} = \text{約 } 1700 \text{ 万円/年}$ （…証言 A3 より）と予想されるので、仮に年間の売電額を約 1500 万円程度と仮定すると、ランニングコストも含めると約 6 年で投資金を回収できる計算となる。買取期間が 15 年なので、十分採算はとれる。（…証言 A10 より）ランニングコストは、設備の保守料が 10 年で 700 万円程度。1 年で 70 万程度。（…証言 A9 より）あとは電気主任技術者の委託に年間 25 万円～30 万円程度を支払っているくらい。（…証言 A9、E2 より）

地域への便益については、土木工事や掘削工事は地元の企業に依頼。これで数千万円の地元経済効果がある。（…証言 A9、A14 より）また、温泉の供給を一部無料にしてあげているなどの地域貢献も行っている。（…証言 A16 より）

## リスクの分散について

発電事業の投資資金を出しているのは温泉所有者でもあり発電の中心事業者である事業会社 X のみ。金融機関からの借入れはない。（…証言 9 より）そのため投資リスクは事業会社 X が全て背負うことになる。だが金融機関からの借入れの利子が嵩む心配はない。その他、投資リスクを分担している外部のステークホルダーについては話を聞く事ができなかった。

以上の事例 1：事業会社 X が行う温泉発電事業の事例についての調査結果を表 3-1 にまとめる。



**表3-1 事例1:事業会社 X**  
**が行う温泉発電事業の事例についての調査結果**

基本情報	位置、地点名		住所: 大分県別府市小倉1665-203
	中心事業者 (発電事業を立ち上げた事業体)		事業会社X
	使用している バイナリー 発電機について	メーカー	国内メーカーの発電機…証言A3より
		設備容量	1台(72kW)…証言A3より
	使用する泉源	所有者	給湯サービス事業で使用していた泉源を使用。Xは発電事業のみが独立した形。…証言A1、A11より
		分類	沸騰泉…証言A2より
		ポテンシャル	・蒸気が圧力で約15t、130℃～140℃ ・温泉水自体は、地表に出てきたところで100℃の温度。 ・温泉が毎分1t500L出ていて、湯量が豊富。 …証言A2より
	技術者の外部 委託	ボイラー・タービン 主任技術者	本発電事業には雇用していない。…証言A9より
		電気主任技術者	九州電気保安協会に外部委託。…証言A14、E2より
	立ち上げ経緯		東日本大震災の直後、政府の知り合いの方からの提案から開始。2012年12月から発電事業を開始。国内で初の温泉発電の売電事業を開始した事例となる。…証言A1より
地域銀行からの 調達資金	現在の状況		1号機は利益を出して運転している。…証言A1より 2014年中に海外のメーカの発電機を導入して設備容量を500kWに増やす予定。…証言A4より
	事業に必要な初期費用		・全部で8500万円くらい。…証言A9より
	金融機関からの融資の必要性		給湯サービス事業で備蓄しておいた資金で全て賄うことができた。金融期間は利用していない。…証言A9より
	融資獲得先		—
	融資額		—
外部からの 事業支援	融資獲得までの経緯		—
	行政支援	支援名	・特に利用していない…証言A14より
		支援内容	・当事業は、もともと二酸化炭素排出抑制対策事業として、環境省から認定され補助金を受けて事業を行う予定であったが、この補助金事業として発電事業を行うと、売電が行えない規則であったため、最終的には利用はしなかった。…証言A7より
		政策の立ち上げ経緯	
	外部支援によって補っている業務	井戸のポテンシャル調査	行っていない…証言A9より
		発電機の選定、設備調達	Xが自前で行っている。…証言A6より
		発電設備の工事設計	電設工事会社Kが行う…証言A14より
		データ管理と分析	電設工事会社Kが行う。温泉成分の分析など。…証言A8、A14より
		設備の維持管理	Xが自前で行っている。…証言A9より
		発電設備の問題発生時のサポート、メンテナンス	電設工事会社Kが行う…証言D1より
		許認可や売電の手続き	電設工事会社K、九州電気保安協会が行う。…証言A14、E1、E4より
	補助金獲得		特に話しを聞く事はできなかった。
利益の分配	温泉所有者にとっての便益		— (温泉所有者と中心事業者が一致しているため)
	中心事業者にとっての便益		・売電売上(理想値)は42円×48kW×24時間×30日間×12ヶ月=1778万円/年…証言A3より ・仮に年間の売電額を約1500万円程度と仮定すると、ランニングコストも含めると約6年で投資金を回収できる計算となる。買取期間が15年なので、十分採算性はとれる。…証言A10より ・ランニングコストは設備の保守料が11年で70万程度。あとは電気主任技術者の委託に年間25万円～30万円程度を支払っているくらい。…証言A9、E2より
	地域への便益 分配	経済的便益	土木工事や掘削工事は地元の企業に以来。これで数千万円の地元経済効果がある。…証言A9、A14より
		その他の便益	温泉の供給を一部無料にしてあげてる…証言A16より
リスクの分散	温泉所有者が担うリスク		・発電事業の投資資金を出しているのは温泉所有者でもあり発電の中心事業者であるXのみ。金融機関からの借り入れはない。…証言A9より
	中心事業者が担うリスク		
	その他のステークホルダーが担うリスク		その他、投資リスクを分担している外部のステークホルダーについては話を聞く事ができなかった。

### 3-2 事例2:事業会社 Y が行う温泉発電事業の事例について

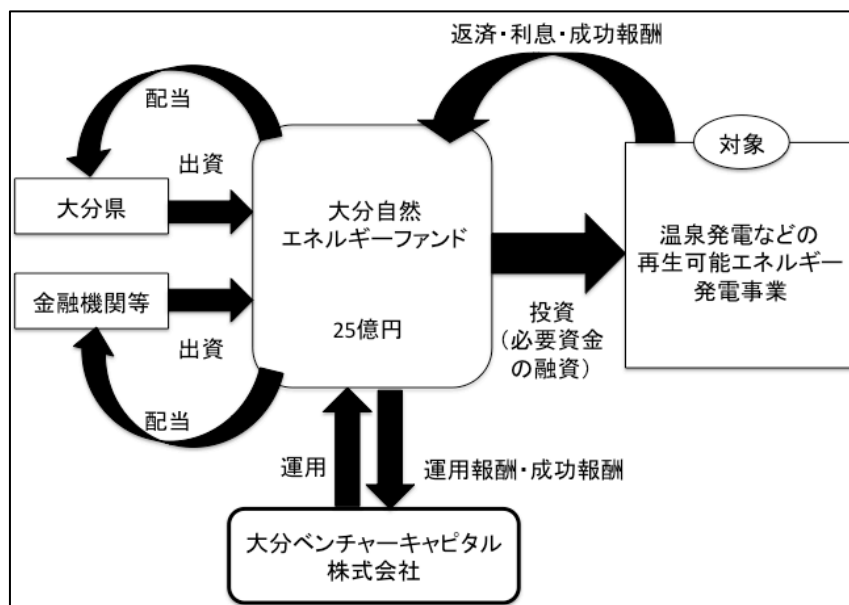
#### 概要

まず、本事業の中心事業者は事業会社 Y である。

事業会社 Y は投資ファンド O を持つファンド運用会社であり、このファンドは温泉発電事業を主とした再生可能エネルギーの事業へと投資される。(…証言 G1 より) 発電事業に必要な資金が全てファンドから投資されるため、温泉所有者はファンドを利用することで初期費用にあてる資金がなくとも発電事業を始めることができるような事業スキームとなっている。(…証言 G1 より) 2014 年 1 月時点では、ファンド総額は 25 億円であり、大分銀行から 18.8 億出資されていて、そして大分県からも一部出資がなされている。(…証言 G7 より)

図 3-1 に、事業会社 Y が行う投資事業についての概要図を示す。

図3-1 事業会社 Y の行う投資事業の概要図



(大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班(2012)より作成)

この温泉発電の事例も、Y によるファンドの資産運用によって立ち上げられたものである。

使用している発電機は国内メーカーの発電機 1 台 (72kW) である。泉源は別府市内の個人が未利用の状態です所有するものを使用する。(…証言 G6 より) その温泉所有者からのサービス申込がきっかけとなって計画が立ち上がった。(…証言 G2 より)

ファンド O による温泉発電事業は、現在大分県内の数カ所において事業開発が進められているが、別府市においてはこの事例についてのみ、発電開始へ向けた工事が行われている。(2014 年 1 月現在) (…証言 G6 より)

### 地域銀行からの資金調達について

この事例について、必要となった初期費用は約 6500 万円である（…証言 G6 より）温泉発電事業を行うための資金を集める必要があった別府市内の温泉所有者は、事業会社 Y に申込を行った。（…証言 G2 より）そしてその必要資金はファンド 0 から 100% 投資されているということになる。（…証言 G1 より）融資を申し込んだ温泉所有者について、事業会社 Y と業務提携を組む地熱コンサルティング会社が泉源のポテンシャルや地下の状態について調査を行い、投資見込先として適切かを査定された後、計画が立ち上がった。（…証言 G2、事業会社 Y（2013）より）

### 外部からの事業支援について

この事例は、大分県の実施する平成 25 年度のエネルギー施策である「エネルギー産業参入促進事業」の事業の一環である。（…証言 G1、H5、大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班（2012）より）

この施策は、以下の 3 つの問題を解決するために立ち上げられたものである。

- ①事前調査に時間がかかり、専門的な判断が求められることが多い。
- ②導入事例が少ないため、事業開始のリスクが不透明。
- ③民間の温泉事業者は発電に必要な投資資金がないことが多い。

この課題の解決のために、温泉熱発電など本県の特色ある再生可能エネルギー事業に投資するファンドを設置し、専門的な投資判断とリスクテイクを行えるようにすることを目的とした。（…証言 H5、大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班（2012）、事業会社 Y（2013）より）

具体的な支援内容については、温泉発電をやりたい泉源所有者に対して、必要な資金をファンド 0 から斡旋する。発電事業を行う上で必要な調査などは、事業会社 Y が業務提携を組んでいる地熱コンサルティング会社が行う。（…証言 G1、G2、H5、大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班（2012）より）

また、この事業スキームでは、ファンド運用者である事業会社 Y と業務提携を組む地熱技術のコンサルティング会社が様々な面で支援を行う。支援内容は井戸のポテンシャル調査、発電設備の選定、設備調達、発電を行う上で蓄積されるデータの管理と解析、補助金獲得のコンサルティング、許認可や売電の手続きの代行など、多岐にわたる。（…証言 G1、K1 より）

### 便益の分配について

まず、温泉所有者が得られる便益については、資金がなくとも発電事業を始められること、泉源のポテンシャル調査費用も負担しなくて済むこと、そして借り入れた資金と利息の返済と成功報酬の支払いが住んだ後に全ての売電収入と発電設備が得られる

ことなどがある。(…証言 G1、G5 より)

当事業では、発電事業に必要な資金はファンド 0 からの融資で賄っているが、これは合同会社を設立し売電事業を開始した年から、売電によって得られた純利益をその資本金の返済と、返済完了後の成功報酬の支払いに当てる形となっている。そのため、温泉所有者が利益を得られるのは、それらの支払いが全て完了してからになる。その後は、売電利益は全て温泉所有者のものとなる。

また、返済の期間は約 7～10 年が想定されている。(…証言 G5 より)

以下に、ファンド 0 において想定される、返済から利益を受け取るまでの簡易シミュレーションを示す。(表 2-2) なお、このシミュレーションは 2015 年に売電事業を開始、現在の固定価格 42 円/kWh が維持される 2027 年までのものである。

**表3-2 ファンド 0 において想定される返済シミュレーション**  
(事業会社 Y(2013)より作成)

単位: 100万円

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	12年目	合計
純利益													
投資残金	100	84	68	52	36	20	4						
元金返済	16	16	16	16	16	16	4						100
利息	1.5	1.26	1.02	0.78	0.54	0.3	0.06						5.46
成功報酬							12	12					24
温泉所有者が得られる利益								4	16	16	16	16	68

【前提条件】

投資額	1億円
利息	1.50%
売電事業の純利益	1600万円
成功報酬	1.5年分＝2400万円

このシミュレーションによると、温泉所有者は 7 年間全くメリットを受けられないが、8 年目からは利益を受けることができ、12 年目までには合計 6800 万円の利益を得られる計算となる。

また、事業会社 Y は、ファンドから運用報酬と成功報酬を受け取る。(…証言 G5 より)

## リスクの分散について

事業会社 Y が行う投資事業については、発電事業を始めるにあたり、特別目的会社を新規で設立する方法を取る。このため、発電事業に失敗して特別目的会社が倒産しても、本業である旅館や温泉の経営へは影響が及ばない。(…証言 G7、事業会社 Y(2013)より)

また、事業会社 Y は、発電事業が成功した場合、成功報酬と利息を温泉所有者からもらうことができるが、仮に事業に失敗した場合はこの成功報酬がもらえない。(…証言 G5 より) 他のステークホルダーに関しては、仮に事業に失敗した場合、最初にファンドに出資した大分銀行や大分県などの出資者への配当が減る。最悪の場合、もし特

別目的会社が倒産し、清算したら、ファンドへの出資金も出資者には返らない。(…証言 G5 より)

事業会社 Y は、その事業失敗の際のリスクを低減するために、火災ローンにも似た保険サービスを利用している。(…証言 G11 より)

以上の、事例 2：事業会社 Y が行う温泉発電事業の事例についての調査結果を表 3-3 にまとめる。

**表3-3 事例2:事業会社 Y**  
**が行う温泉発電事業の事例についての調査結果**

基本情報	位置、地点名		住所:大分県別府市火売950-98、宮前温泉
	中心事業者 (発電事業を立ち上げた事業体)		事業会社Y
	使用している バイナリー 発電機について	メーカー	国内メーカーの発電機
		設備容量	1台(72kW)…証言A3より
		所有者	別府市内の個人が所有する温泉…証言G6より
	使用する源泉	分類	特に話を聞く事は出来なかった。
		ポテンシャル	特に話を聞く事は出来なかった。
		ボイラー・タービン 主任技術者	特に話を聞く事は出来なかった。
	技術者の外部 委託	電気主任技術者	特に話を聞く事は出来なかった。
地域銀行からの 資金調達	立ち上げ経緯		温泉所有者からのサービス申込がきっかけ。…証言G2より
	現在の状況		現在は調査が終わり、意思確認も経て、工事の計画に入っている。…証言G6より
	事業に必要な初期費用		約6500万円…証言G6より
	金融機関からの融資の必要性		融資を必要としている温泉所有者からの申込から始まっている。…証言G2より
	融資獲得先		ファンドO…証言G1より
	融資額		初期費用として必要な資金を100%を融資してもらっている。証言G1より。
外部からの 事業支援	融資獲得までの経緯		Yと業務提携を組む地熱コンサルティング会社が源泉のポテンシャルや地下の状態について調査を行い、投資見込先として適切かを査定された後、計画が立ち上がった。…証言G2、事業会社Y(2013)より
	行政支援	支援名	「エネルギー産業参入促進事業」…詳言G1、H5、大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班(2012)より
		支援内容	温泉発電をやりたい源泉所有者に対して、必要な資金をファンドO から融資する。ファンドOはYが運用し、ファンドの出資金は大分銀行や大分県などから出ている。発電事業を行う上で必要な調査などは、Yが業務提携を組んでいる地熱コンサルティング会社が行う。…証言G1、G2、H5、大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班(2012)より
		政策の立ち上げ経緯	
	外部支援によって 補っている業務	井戸のポテンシャル調査	地熱コンサルティング会社が行う。…証言G4、K1より
		発電機の選定、設備調達	
		発電設備の工事設計	
		データ管理と分析	
		設備の維持管理	まだ未定。…証言G6より
		発電設備の問題発生時の サポート、メンテナンス	まだ未定。…証言G6より
		許認可や売電の手続き	地熱コンサルティング会社が行う。…証言G4、K1より
		補助金獲得	
利益の 分配	温泉所有者にとっての便益		・初期費用を充填する資金がなくても発電事業を始められる。 ・調査費も事業会社Yが負担する。 ・事業に投資したお金は、売電事業の収益からファンドに返済され、温泉所有者が全ての売電収入を得られるのは、基本的に借り入れ資金と利息の返済と成功報酬の支払いが終わった後。売電収入を全て自分のものにできる。 ・返済が全て完了したら、あとは発電設備をどのように使うかは温泉所有者の自由。事業会社Yは外れる。SPCは残しておいてもいい。 …証言G1、G5より ・約7～10年の返済期間を想定。…証言G5より ・ファンドで一元的に地熱コンサル、メーカーへ取りまとめる事による調査費提言、調査精度向上、ノウハウ蓄積、メンテ費削減などにより事業成功可能性が高まる。…事業会社Y株式会社(2013)より
	中心事業者にとっての便益		Yは、ファンドから運用報酬と成功報酬を受け取る。…証言G5より
	地域への便益 分配	経済的便益	・管工事、電気工事が一件あたり2000万3000万円程、地元企業に発注し、継続的なメンテ工事も発生する。 ・発電装置に対する固定資産税が発生する。 ・他地域に先駆けて行うことによる視察の受け入れ増が期待される。 …Y株式会社(2013)より
		その他の便益	地域一帯での観光振興取り組みへの土壌・財源の確保ができ、面的な地域再生が可能となる。…事業会社Y(2013)より
リスクの 分散	温泉所有者が担うリスク		Yが行う投資事業については、発電事業を始めるにあたり、特別目的会社を新規で設立するスキームを取る。このため、発電事業に失敗して特別目的会社が倒産しても、本業である旅館や温泉の経営へは影響が及ばない。…証言G1、事業会社Y(2013)より
	中心事業者が担うリスク		また、Yは、発電事業が成功した場合、成功報酬と利息を温泉所有者からもらうことができるが、仮に事業に失敗した場合はこの成功報酬がもらえない。…証言G5より
	その他のステークホルダーが担うリスク		・仮に事業に失敗した場合、最初にファンドに出資した大分銀行や大分県などの出資者への配当が減る。最悪の場合、もしSPCが倒産し、清算したら、ファンドへの出資金も出資者には返らない。…証言G5より ・リスクを低減するために、火災ローンにも似た保険サービスを利用している。…証言G11より

### 3-3 事例3:事業会社 Z が行う温泉発電事業の事例について

#### 概要

本事例は、事業会社 Z が中心と成って事業を立ち上げたものである。

国内メーカーの発電機を 2 台設置しており、約 70kW の発電力を想定している。(…証言 J1 より)

使用している泉源は、別府市内の住民が個人で所有していた未利用の泉源である。(…証言 J1 より) これを貸与してもらうことで発電事業を行っている。(…証言 J7 より) 泉源は噴気であり、127.5℃の高温の蒸気が吹き出ている。これをサイデンサーによって 98℃～100℃のお湯に冷まして発電に利用している。(…証言 J1 より)

なお、現在ボイラー・タービン主任技術者は雇用しておらず、電気主任技術者は管理技術者協会に外部委託している。(…証言 J1、J2、J5 より)

もともと西日本地熱発電の代表は別府市の温泉工事に携わっていた経験があり、市内の温泉資源が使い切れずに捨てられている状況をもったいないと思っていた。それがきっかけとなって温泉発電のことを調べ、事業を立ち上げるに至った。(…証言 J2 より) 営業は代表から口コミで行った。(…証言 J7 より)

#### 地域銀行からの資金調達について

本事例において、発電事業を開始するのに必要となった初期費用は、バイナリー発電機 2 台の設置で約 1 億 3000 万円から 1 億 4000 万円である。(…証言 J5 より)

この初期費用の資金を集めるために、西日本地熱発電は信用金庫 M から必要資金の 100%を融資してもらっている。(…証言 J6 より)

西日本地熱発電の代表はこれまで、別府市内において、土木工事、温泉工事、電気設備工事など様々な事業を行ってきた実績があった。(…証言 J2) これは、これまで

それらの実績、知識の蓄積、時間をかけて調査、大手企業のタイアップとノウハウの集結などが融資の決め手となり、他の地銀からも融資の話が多数持ち上がった。(…証言 J6 より) また、代表はもともと代表は信用金庫 M で働いていた (…証言 J6 より) 経験があるため、そのことが融資契約の一因となった可能性もある。

#### 外部からの事業支援について

本事業は大分県の実施する平成 25 年度のエネルギー施策である「新エネルギー導入加速化モデル事業」として採択され、約 600 万円の補助金を獲得している。(…証言 H4、J3 より) この施策は、発電設備の価格高、資金調達の難しさなどの課題を解決し、大分県内のエネルギー産業の進行を図るために、他のモデルとなる事業について支援を行うことを目的として立ち上げられた。(…証言 H4、大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班 (2012) より)

また、西日本地熱発電は、井戸のポテンシャルの調査や発電事業で蓄積されるデータ管理、設備の維持管理、許認可の手続きは自前で行っている。（…証言 J2、J3 より）それ以外の業務については、設備工事会社 F が設備設計を行い、補助金獲得のためのアドバイスなどは中小企業団体 T から受けている。（…証言 J2 より）

### **便益の分配について**

西日本地熱発電が行うこの事例では、土地と温泉の賃料が併せて月 15 万、加えて井戸水の使用料で月 1 万円が温泉所有者に支払われている。温泉所有者は、これにより年間約 200 万円の収入を得る。（…証言 J7 より）また、温泉所有者がこれまで行ってきた泉源の維持管理も西日本地熱発電が負担するため、温泉所有者は維持管理費用のコストカットができる。（…証言 J7 より）

対して、発電事業を行う西日本地熱発電は、年間売電売上として約 2100 万円が得られると推定している。（…証言 J5 より）

地域への便益分配については、配管などの資材調達などで 250～300 万円分が地元の企業へと受注されているが、その他特に明確なものは、現在はない。（…証言 J8 より）

### **リスクの分散について**

まず、温泉所有者は、西日本地熱発電が行う事業については現在未利用の泉源を貸与する形だけでの参与となり、泉源の維持管理についても温泉所有者に代わり西日本地熱発電が行う。（…証言 J7）そのため、特に投資リスクを担う事はないと言える。

これに対して、西日本地熱発電は発電事業を行うのに必要な資金について金融機関からの融資を受けてほぼ全て自己負担（一部、補助金）している。（…証言 J2、J3、J6 より）保険も現段階では特に利用していない。（…証言 J8 より）そのため、発電事業の投資リスクの大部分を担っていると言える。

また、当事業の必要資金を西日本地熱発電に対して融資している信用金庫 M も、まだ国内の成功事例の少ない温泉発電事業に投資している（…証言 J6 より）という点では、一部その投資リスクを担っていると言える。

以上の、事例 3：事業会社 Z が行う温泉発電事業の事例についての調査結果を表 3-4 にまとめる。



**表3-4 事例3:事業会社 Z**  
**が行う温泉発電事業の事例についての調査結果**

基本情報	位置、地点名		南立石地区、大分自動車道沿い南側、五湯苑
	中心事業者 (発電事業を立ち上げた事業体)		事業会社Z
	使用している バイナリー 発電機について	メーカー	国内メーカーの発電機
		設備容量	2台で70kW程の発電力を予測している。…証言J1より
		所有者	別府市内の住民が個人で所有していた未利用の泉源を使用…証言J1より
	使用する泉源	分類	噴気…証言J1より
		ポテンシャル	・蒸気温度は127.5℃。 ・高温の蒸気をサイデンサーで98℃～100℃くらいのお湯に冷ましてから使っている。 証言J1より
	技術者の外部 委託	ボイラー・タービン 主任技術者	本発電事業には雇用していない。…証言J1、証言J5より
		電気主任技術者	電気主任技術者は管理技術者協会に外部委託している。…証言J2より
	立ち上げ経緯		温泉工事に携わっていたから、もったいないと思っていたことから始まり、Zの代表が自分で色々調べ、事業を立ち上げた。…証言J2より 営業は代表から直接口コミで。有望地っているので、話持ち出してみる。…証言J7より
地域銀行からの 資金調達	現在の状況		この事業事例地においては、2014年の1月より売電を開始している。…証言J1より 別府市内の他の場所についても、現在温泉発電の開発を行っている。…証言J8より
	事業に必要なとなった初期費用		バイナリー発電機2台の設置で約1億3000万円～1億4000万円。…証言J5より
	金融機関からの融資の必要性		特に話を聞く事はできなかった。
	融資獲得先		信用金庫M。…証言J6より
	融資額		初期費用として必要な資金を100%を融資してもらっている。証言J6より。
	融資獲得までの経緯		・Zの代表はこれまで、別府市内において、土木工事、温泉工事、電気設備工事など様々な事業を行ってきた実績があった。…証言J2 ・それらの事業の実績、知識の蓄積、時間をかけて調査、大手企業のタイアップとノウハウの集結などが融資の決め手となった。 ・他の地銀からも融資の話はあり、どちらかというと融資の取り合いになった。 ・代表はもとも代表は信用金庫Mで働いていた。 …証言J6より
外部からの 事業支援	行政支援	支援名	「新エネルギー導入加速化事業J」…証言H4、J3より
		支援内容	Zは中小企業モデル枠として採択され、大分県から600万円の補助金を獲得した。…証言H4、J3より
		政策の立ち上げ経緯	発電設備の価格高、資金調達の難しさなどの課題を解決し、大分県内のエネルギー産業の進捗を図るために、他のモデルとなる事業について支援を行うことを目的として立ち上げた。…証言H4、大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班(2012)より
	外部支援によ って補っている業 務	井戸のポテンシャル調査	Zが自前で行う。過去携わってきた事業の経験と知識でカバーできる。コスト削減のため。…証言J2より
		発電機の選定、設備調 達	発電設備の工事設計は富士熱学工業が設備設計を、八千代電設が電気系統の設計を行った。…証言J2より
		発電設備の工事設計	
		データ管理と分析	Zが自前で行う。過去携わってきた事業の経験と知識でカバーできる。コスト削減のため。…証言J2より
		設備の維持管理	Zが自前で行う。過去携わってきた事業の経験と知識でカバーできる。コスト削減のため。…証言J2より
		発電設備の問題発生時 のサポート、メンテナンス	特に話しを聞く事はできなかった。
		許認可や売電の手続き	・許認可や売電に関する手続きはZが自前で行う。…証言J2より
		補助金獲得	大分県中小企業団体から補助金獲得のアドバイスを色々受けている。…証言J9より
利益の 分配	温泉所有者にとっての便益		この事例については、土地と温泉の賃料が併せて月15万、加えて水で月1万円が温泉所有者に支払われている。温泉所有者は、これにより年間約200万円の収入を得る。…証言J7より 温泉所有者がこれまで行ってきた泉源の維持管理もZが負担するため、温泉所有者は維持管理費用のコストカットができる。…証言J7より
	中心事業者にとっての便益		売電売上は一年で2100万を見込んでいる。…証言J5より。
	地域への便益 分配	経済的便益	資材調達(配管、配管の保温工事)などで250～300万円くらい地元企業に発注。…証言J8より
		その他の便益	現在は特に明確なものはない。…証言J8より
リスクの 分散	温泉所有者が担うリスク		温泉所有者は現在未利用の泉源をZに貸すだけの参与。維持管理もZが代行してくれる。…証言J7
	中心事業者が担うリスク		発電事業を行うにあたっての必要資金は、Zが金融機関からの融資を受けてほぼ全て自己負担(一部、補助金)している。…証言J2、J3、J6より
	その他のステークホルダーが担うリスク		当事業の必要資金をZに対して融資している信用金庫Mは、まだ国内の成功事例の少ない温泉発電事業に投資している。…証言J6より 保険も現段階では特に利用していない。…証言J8より この事業事例については、その他、投資リスクを担うステークホルダーは特に見当たらない。

### 3-4 考察

本項では、前項に述べた結果から、4つの要素それぞれが、別府市の温泉発電事業の3つの事例に対して、その売電事業の成立のための重要な要素であると言えるかどうかを考察する。

前項で述べた結果を受けて、各事業に対するそれぞれの要素に関して得られた調査結果をまとめたものを表3-5に示す。

**表3-5 別府市内の3つの温泉発電事業の事例に対する各要素の調査結果まとめ**

要素	事業会社Xの事例	事業会社Yの事例	事業会社Zの事例
地域銀行からの資金調達	・発電事業に必要な資金(約8500万円)については、特に金融機関からの借入れを行っておらず、自前で捻出している。	・発電事業に必要な資金(約6500万円)については、その100%がファンドOからの投資を受けて事業が成立している。	・発電事業に必要な資金(約1億4000万円)については、その100%が信用金庫Mからの投資を受けて事業が成立している。
外部からの事業支援	・行政による事業支援は特に受けていない。 ・発電設備の設計、温泉成分の分析、発電設備の問題発生時のサポート、許認可や売電の手続きの代行などの分野において外部団体からの協力支援を受けている。	・必要資金の調達先であるファンドOは、大分県が実施するエネルギー施策「エネルギー産業参入促進事業」の一環として、大分県や大分銀行からの出資を受けて立ち上げられたものである。 ・井戸のポテンシャル調査、発電機の選定・設備調達、発電設備の工事設計、データ管理と分析、許認可や売電の各種手続き、補助金獲得などの多数の業務において、Yと業務提携を組む地熱コンサルティング会社が支援を行っている。	・大分県が実施するエネルギー施策「新エネルギー導入加速化モデル事業」として採択され、約600万円の補助金を獲得している。しかし、事業開始に必要なとなった資金(約1億4000万円)に対する割合としては小額である。 ・発電設備の設計と補助金の獲得の2点については、外部団体からの協力が確認されたが、その他の業務については、ほぼ全てをZが自前で行っている。
便益の分配	・この事例は、Xが温泉の所有者でもあり、発電事業を行う事業体でもある。売電売上の理想値が年間約1700万円であり、これから運転コストを引いた額を年間収入とすることができる。約6年で投資金額を回収できると算段していて、その後は売電事業による年間収入をそのまま得ることができる。 ・土木工事や掘削工事は地元の企業に依頼していて、数千万円の経済効果を地元を生んでいる。 ・温泉の供給サービスについて、一部顧客に対して無料で実施している。	・資金がなくなっても発電事業を始められる、調査費を負担しなくて済む、借入れ資金と利息の返済と成功報酬の支払いが完了後は売電収入と発電設備を全て獲得できるなど、温泉所有者にとっては多くのメリットがある。 ・Yは、ファンドから運用報酬と成功報酬を受けとる。 ・管工事、電気工事で一件あたり2000万から3000万円を地元企業に発注し継続的なメンテナンスも発生する、発電装置に対する固定資産税が発生する、他地域に先駆けて行うことによる視察の受け入れ増が期待されるなど、地元への便益も存在する。	・土地と温泉の賃料が併せて月15万、加えて水で月1万円が温泉所有者に支払われている。また、源泉の維持管理も温泉所有者に代わりZが負担。 ・Zは、売電売上として年間約2100万円を見込んでいて、資金返済が完了すれば売電収益を得る事ができる。 ・資材調達で地元企業に250～300万円程発注。
リスクの分散	・発電事業の投資資金を出しているのは温泉所有者でもあり発電の中心事業者であるXのみ。金融機関からの借入れはない。そのため、投資リスクはXが全て被る形となる。	・発電事業を目的とした特別目的会社を新規で設立する事業スキームにより、温泉所有者は発電事業に失敗しても本業である旅館や温泉の経営への影響を受けない。 ・Yは事業が失敗した際には成功報酬を受け取ることができない。 ・大分銀行や大分県などのファンドへの出資者は、事業が失敗した際には受け取る配当が減り、特別目的会社が倒産し清算された場合は出資金が返金されない。 ・リスク低減のため、保険サービスも利用する。保険会社も一部リスクを担っている。	・温泉所有者は現在未利用の源泉を貸与するだけなので投資リスクは被らない。 ・Zは金融機関からの融資を受けて、発電事業の必要資金のほぼ全てを自己負担しているため、その投資リスクは大きい。

#### 要素①：地域銀行からの資金調達について

調査結果より、3つの事例全てについて数千万円以上の多額の初期コストがかかっていることがわかった。そのため、やはり3つの事例のうち、YとZの2つが地域銀行からの融資で事業を成立させていたため。Xの事例については、その初期コスト約8500万円を自己調達しているが、これは、系列の給湯サービス事業の売上が月に1200万円あり、融資の必要がなかったため、得意なケースであると言える。

これらより、地域銀行からの資金調達は重要であると言える。

また、Xの代表からは、温泉発電は新規産業で成功事例が少なく、不安要素も多いため、融資を受けにくいという証言も得られた。(…証言 A12 より)

実際、地域金融機関が小規模の再生可能エネルギー事業の融資を担う事例は稀であることが寺林(2012)によって指摘されている。

では、YとZではなぜ融資が実現したのかということに関してだが、Yは自らが運用する投資ファンドOをもち、発電事業へ投資を行う投資会社であった。温泉発電事業用にも独自の投資スキームを持ち、本事例の融資を行っていた。そしてZについては、Z代表は温泉・電設系工事の事業における長年の成功実績を持ち、そこから銀行の信頼が得られて融資が実現したと考えられる。

以上より、融資を実現するための条件としては国内の成功事例の増加、専用の投資スキームを持った金融機関の登場、温泉・電設工事事業などで実績をもつ事業者が行う、などのことが期待される。

以上より、要素①に関しては、地域銀行からの資金調達は重要であるが、融資実現には条件があることが考察された、

#### 要素②：外部からの事業支援について

まず、補助金を利用していたのは、3つの事例のうちZのみであった。しかし、この大分県から受けている約600万円の補助金は、初期コスト(約1億5000万円)に対しては小額であり、その重要性は低いと考えられる。

次に、外部団体の業務補助についてだが、温泉発電の業務は多様であり、どれも精通した知識が必要である。そのため一つの事業者単体で全てを行うのは難しいと考えられ、調査結果についても、3つの事例全てが外部団体からの補助を受けて事業を行っていた。

これらより、やはり外部団体からの業務補助は重要であると考えられる。

以上より、要素②に関しては、外部からの事業支援のうち、特に外部団体からの業務補助は重要であることが考察された。

#### 要素③：利益の分配について

調査結果より、3の事例全てにおいて、温泉所有者が経済的な利益を得ていることがわかった。YとZは温泉所有者から事業参加の申込を受けて事業を行っているが、この経済的利益の明示によって別府市内で温泉所有者の事業参加申込が得られたことが証言からも得られている。

このことから、事業参与の動機となりうるため、温泉所有者が経済的利益を得る事は重要であると言える。

以上より、要素③に関しては、利益の分配のうち、特に温泉所有者が経済的利益を

得ることが重要であることが考察された。

#### 要素④：リスクの分散について

調査結果より、複数のステークホルダーで資金面でのリスクを分散させていたのは、3つの事例のうちYのみであることがわかった。XとZについては、単身で事業資金面でのリスクを負い事業を行っているのだが、それが可能となった理由としては、Xは温泉の給湯サービス事業、Zは電設工事事業など、温泉発電事業以外にも別の事業を持ち、他の収入源を確保していたため、単身でリスクを負える状態であったということがあげられる。

以上より、要素④に関しては、別の事業からの収入源を確保している場合などについては、リスクの分散は必須の要素とならないことが考察された。

## 第4章 おわりに

### 4-1 本研究のまとめと結論

まず、本研究の目的は、**実際に売電事業化を果たしている国内の温泉発電事業に対して調査を行い、再生可能エネルギー事業に関する既往研究において重要とされる以下の4つの要素について、その温泉発電の売電事業の成立のための重要性を検討すること**であった。

要素①：地域銀行からの資金調達

要素②：外部からの事業支援

要素③：利益の分配

要素④：リスクの分散

そして、調査の結果、以下の考察が得られた。

要素①については、地域銀行からの資金調達は重要であるが融資実現には条件がある。

要素②については、外部からの事業支援のうち、特に外部からの業務補助は重要である。

要素③については、利益の分配のうち、温泉所有者が経済的利益を得る事は重要である。

要素④については、リスクの分散は、別の収入源の確保などによって必須要素ではなくなる。

以上より、要素①～③は売電事業成立のために重要であるが、要素④については必ずしも必要な要素とはならないことが結論として得られた。

この4つの要素に関する知見については、今後、別の温泉地で温泉発電の売電事業を開発する際の参考となることが期待される。

#### 4-2 温泉発電が地下の熱資源に与える影響の可能性に関する考察

本項では、本研究の目的とは直接は関係しないが、インタビュー調査を行う過程で得られた情報から考察された、温泉発電が地下の熱資源に与える影響の可能性について述べる。

まず我が国では環境省が温泉法を通じて国全体の温泉を管理し、実際の掘削の許認可は各県の県知事が行っている。新規に温泉の掘削工事を行う場合は、保健所を窓口として申請を行う。そして各都道府県の有識者によって構成される審議部（大分県の場合は、県の生活環境部 環境審議会 温泉部会）において、その掘削の許認可について技術的な審議がなされる。そしてその審議の結果から県知事に対して意見提出がなされ、それを受けて県知事が最終的な許認可判断を下す仕組みとなっている。（…証言 B1、L1、I1 より）

この審議だが、掘削の許可の基準を定めるために現地の科学調査やレポートが作成され、そこから地下の資源へ影響が出ないだろうという目安を定め、それに沿って審議がなされている。（…証言 L1 より）また、温泉掘削の許認可申請を行う際の規則もあり、井戸の口径、深さ、ポンプの動力について制限が定められている。そしてこれは資源への影響を防ぐために設定されたものである。（…証言 I1 より）

これらのことより、別府市においては、温泉の井戸を開発するにあたっては、地下資源への影響が出ないように様々なルールが定められており、審議を通過し、井戸掘削の許可を受けて開発された温泉井戸は、その使用によって地下資源へ悪影響が及ぶことはない判断されたものであると言える。

また、泉源から出るお湯の湧出量を、井戸開発後に変更することは許可が必要で自由にはできない規則となっている。同様に審議を通過して許認可を受ける必要がある。（…証言 I2 より）

温泉発電が基本的には温泉の井戸を用いて発電を行うものであるという点を考慮すると、その温泉の井戸が温泉法に基づく条例や規則に従って運転されている限り、温泉発電が地下資源に対して重大な影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。

ただし、別府市内においては、数多くの自噴井が既に市内に存在する中で、ポンプ動力による温泉井戸が短期間に多数開発されたところによる影響からか、別府市全体において地下の温泉水位が下がってきており、自噴を停止した井戸が出現してきているという報告もある。（…証言 J2、由佐（2012）より）そのため、温泉発電事業を行うために温泉井戸の開発が一部地域で高密度に行われると、地下資源への影響が発生する可能性もあるため、注意が必要である。

## 引用文献、参考文献等

1. 秋田涼子 (2013) : 温泉バイナリー発電の試み. 日経研月報, pp1-6b
2. 別府市企画部政策推進課 (2012) : 別府市の概要 平成 24 年度, p6, p8, pp16-17
3. 別府市 ONSEN ツーリズム部 (作成年不明) : べっふ温泉百, pp2-10
4. 別府市生活環境課 (2012) : 別府市の環境 平成 24 年度版, pp8-9, p26
5. 江原幸雄 (2012) : 地熱エネルギー-地球からの贈りもの-. オーム社, pp4-6, pp8-12, pp44-50
6. 藤野敏雄. 地熱コンサルティング会社 E (2013) : 九州における温泉発電事業化の現状と課題, pp1-12
7. 古屋将太 (2013) : 「コミュニティ・パワー」としての自然エネルギー推進体制構築とその課題, 季刊環境研究 第 168, pp47-54
8. Hurber, Stefanie and Robert Horbaty (2010) : State-of-the-Art Report IEA Wind Task 28 - Social Acceptance of Wind Energy, International Energy Agency, pp24-27
9. 今村栄一. 電力中央研究所 (2010) : 電源別のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量を評価-技術の進展と情勢変化を考慮して再評価-. 電中研ニュース No.468, p1
10. 一般財団法人九州電気保安協会 (2013) : 電気事業法による電気保安体制
11. 上地成就・村山武彦・錦澤滋雄 (2013) : 地熱発電開発に対する地域における社会的受容性の要因分析-柳津西山地熱発電所と小国地熱 発電所計画を事例として. 環境情報科学 学術研究論文集 27 (2013) , pp283-288
12. 環境省 (2010) : 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査 調査報告書, p210
13. 火力原子力発電技術協会 (2009) : 地熱発電の現状と動向, pp1-99
14. 経済産業省 (2010) : 自然エネルギー白書 2010, 第 1 部第 2 章第 2 節
15. 経済産業省 : なっとく! 再生可能エネルギー. 固定価格買取制度. 買取価格・期間等  
<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/index.html> (最終閲覧日 : 2013 年 12 月 14 日)
16. 窪田ひろみ (2012) : 地熱発電開発と温泉事業との相互理解と地域強制に向けた方策, pp1-22
17. 馬上丈司 (2013) : 地方自治体の再生可能エネルギー政策への取り組み. 千葉大学公共研究 第 9 巻第 1 号 (2013 年 3 月) , pp90-206
18. 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 4 (2012) , pp23-27
19. 村岡洋文 (2007) : 日本の地熱エネルギー開発凋落の現状と将来復活の可能性. 日本

- エネルギー学会誌 86 ( 3 ) , pp153-160
20. 小浜温泉エネルギー (2013) : 小浜温泉ジオツアー～発電事業を核とした地域再生と、まちづくりの実現に向けて～, p6
  21. 大分県環境審議会温泉部会 (作成年不明) : 大分県環境審議会温泉部会内規 (抜粋) , pp1-6
  22. 大分県商工労働部工業振興課エネルギー政策班 (2012) : 躍進！大分県のエネルギー産業, p1, p3
  23. 大分県商工労働部工業振興課 (2012) : 大分県のエネルギー政策について～地熱発電を中心に～, pp1-13
  24. 事業会社 Y (2013) : おおいた自然エネルギーファンド説明資料 平成 25 年度 3 月, pp1-19
  25. 清水政彦 (2012) : 東京で地熱発電. 並木書房, pp116-119
  26. 静岡県企業局 (2013) : 平成 23 年度 温泉発電事業化判断調査業務 報告書: 概要版 pp1-14
  27. Sonntag-O'Brien, V. and E. Usher (2006) : "Mobilizing Finance for Renewable Energies," In D. Aßmann, U. Laumanns and D. Uh eds. Renewable Energy: A Global Review of Technologies, Policies and Markets, Earthcan, London, pp169-195
  28. 商務流通保安グループ電力安全課 (2013) : (審議) 小型地熱発電に関するボイラー・タービン技術者の選任要件の見直しについて, pp1-5
  29. 商務流通保安グループ電力安全課 (2013) : (審議) バイナリー発電設備に係るボイラー・タービン技術者の選任及び工事計画所等の不要化範囲の見直しについて, pp1-3
  30. 竹の原啓介 (2012) : 地域主導のエネルギー革命 第 3 章第 2 節. 本の泉社, pp157-167
  31. 寺林暁良 (2013) : 小規模分散型の再生可能エネルギーと地域金融 - 事業組織の形態と地域金融機関の役割に着目して-. 一橋経済学 第 7 巻 第 1 号 (2013 年 7 月) , pp 83-100
  32. 矢野雄策 (2008). 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 : 地熱発電の開発可能性. 地熱発電に関する研究会, p12
  33. 由佐悠紀 (2012) : 文化的景観 別府の湯けむり景観保存計画 第 2 部第 3 章温泉・湯煙の. 自然科学的概要, pp46-67



## 謝辞

斎藤研のメンバーとなって2年目が終わろうとしている今を振り返ると、この2年間は本当にあっという間で、それでいてとても濃密な時間でした。

まず、指導教員になってくださった斎藤馨教授に心からの感謝を申し上げます。研究室ゼミのときは感性豊かでいて、それでいて鋭くもある指摘を多数頂きました。就活にテニスに研究以外の活動を頑張ってしまう私を見捨てることなく、常に優しく研究室の仲間として接し、そして時には厳しく道を正してもらい、私の大学院生活を実りあるものにしてくださったことに対するお礼は言葉には表せないものがあります。

本稿を執筆するにあたって、多数の助言、指導をして頂いた、浜さん。この研究論文を書き上げることができたのは、浜さんのお力添えがあってこそです。思い返せば、研究に関しては1年生のときからしばしば浜さんに助けられてばかりでした。

くじけそうになったときにいつも支えてくれた浜さんには、いつか恩返しができればと考えています。

また、中村さん、武さんを始める研究室の諸先輩方からは、研究に関しても、それ以外でも、多くの学びを頂くことができました。私が無事、修士を終えることができるのも、先輩方がいたからこそであり、そのご恩は忘れる事はできません。

そして、共にこの2年間を斎藤研のメンバーとして一緒に過ごしていた仲間である、大池くん、小野くん、常くん、滝田さん、チハさん、本田さん、松井くん、坂本さん、山田くん。あなた達がいたから、私の斎藤研生活は常に楽しく、刺激のあるものとなりました。本当にありがとう。

頼りない先輩であった私を慕ってくれた後輩の相島くん、工藤くん、清水さん、曹さん、張本くん、松村さん。この代は自分たちにくらべ優秀でやる気のある子が多く、2年生である私たちの方が学ばされることが多かったものでした。皆さんの将来が楽しみでなりません。

ジョイントゼミにおいては、横張研、山本研の方々からは、斎藤研では得られないような視点や考察を頂くことができました。このジョイントゼミの存在があったからこそ、しっかりとした研究内容にせねばと奮闘していたのが懐かしく感じます。ありがとうございました。

最後に、本研究を行うにあたり、調査協力をして頂いた大分県別府市の方々、特に親身になって色々と話を聞かせて頂いた事業会社Xの森川さん、事業会社Yの佐藤さん、事業会社Zの小俣さんに多大な感謝の意を述べさせて頂き、終わりの言葉したいと思います。

2014年2月 奥名 貴士

## 付録

### インタビュー調査によって聞き取ることができた内容のまとめ

※【アルファベット】がインタビュー対象者を表し、  
[数字]はヒアリング内容の小分けテーマを表す。

**【A】**

**事業会社 X 代表取締役（推定 60 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 7 日（木）、2013 年 11 月 8 日（金）**

**【1】現在、温泉発電事業をするに至った経緯と、今後について**

- ・もともと、周辺家庭へ温泉を給湯するサービスを行う会社を営んでいた。
- ・3.11 以後すぐ、自然エネルギー使ってみようという、知り合いの政府の方から話が持ちあがった。
- ・その方から電設工事会社 K を紹介してもらって、計画が立ち上がった。
- ・会社設立に必要な資本金 3000 万円は息子が全株を持つ。
- ・発電事業を始めるのに必要な資金は自前で捻出した。
- ・本当はアメリカの発電機の方が、性能は良かったが、その情報がなかった。
- ・2012 年の 12 月から発電事業を行っている。
- ・国内の事例として、利益を出して事業を行っているのはここだけで、国内初。
- ・2014 年内に合計 2000kw～2500kW の設備容量を目指している。

**【2】温泉のポテンシャルについて**

- ・使っている泉源は沸騰泉。お湯も蒸気も出ている。
- ・蒸気が圧力で約 15t、130℃～140℃。
- ・温泉水自体は、地表に出てきたところで 100℃の温度。
- ・温泉が毎分 1t500L 出っていて、湯量が豊富。
- ・泉質は単純水。
- ・現在所有している温泉の井戸は 2 本。水道事業もやっていて、水の井戸は 4 本所有している。
- ・地下水の量も豊富で、毎時 2 トンも捨てている。

**【3】使用しているバイナリー発電機について**

- ・国内メーカー B の発電機を使用している。
- ・B は、発電機発注してから作るというやり方をとっている。
- ・発電機は 6t 半の重さ。
- ・元々、工場の廃熱を利用して発電をする機械だった。それは性能も良かった。
- ・リリースする前に、会社で 2 年くらい実証実験していた。
- ・一台で 72kW の発電能力を試算している。

- ・実際は 54kW に落ち着いている。(1kW 前後するが) 60kW くらいに達することもある。
- ・発電機自体を稼働するのに約 20kW の電力を消費する。そのため、現在発電しているのは 34kW 程度。
- ・現在の稼働率は約 85～90%程度。
- ・秘密保持契約があるため、発電機の中は見られない。
- ・故障があれば、B に連絡をして、担当者が PC を使ってメンテナンスを行う。
- ・この発電機は 100℃に近い温泉水を一分間 1t の量必要とする。
- ・1 分にタービンが 5700 回転する。
- ・温泉の成分に付いて、発電機の中でコンピュータを使ってミクロな計算している模様。
- ・この発電機を設置するとなると、土地は一台につき 200 平米～300 平米 (70 坪～100 坪) 程必要。
- ・売電 42 円からの売り上げから逆算して値段設定してあるのかもしれない。
- ・売電売上 (理想値) は  $42 \text{ 円} \times 48 \text{ kW} \times 24 \text{ 時間} \times 30 \text{ 日間} \times 12 \text{ ヶ月} = 1778 \text{ 万円/年}$  (※実際は機械が止ることを考えて 1 割減。)
- ・媒体は絶対漏れないようになっている。漏れた場合は警報が成るようになっている。経産省がルール制限を儲けている。毒ガスを扱うレベルで厳重に管理されている。

#### **[4] 新しく計画している温泉発電事業について**

(※この事業に関しては、2013 年 11 月現在まだ計画中であり、情報も十分公表されておらず、あまり詳しい内容については聞く事ができなかったため、本研究では調査対象としては除外した。)

- ・今井戸を掘っているところ。(2013 年 11 月時点)
- ・510m 掘った時点で 210℃の蒸気が出ている。
- ・海外メーカーの発電機を 4 つ設置する予定。
- ・セパレーターで分けた熱水は温泉に使う予定。
- ・当然、熱水を発電に使うこともできる。
- ・4 機で 500kW を発電し、400kW を売電する予定。
- ・ボイラータービン主任技術者を保有している、東京に住む知人の方の会社が事業に必要な資金を出してその新しい発電事業を行う。X は保有する土地を買ってもらい、泉源を貸与する形で事業に参加する。
- ・事業を行う上で、パートナーを選ぶときには、真面目で、誠実な事業をしている人かどうかをきちんと見極める。
- ・事業を大企業に任せると、乗っ取られる可能性がある。

- ・温泉使用权は、給湯サービスで換算するところの 20~30 口分 (20~30 万) を毎月もらう。
- ・温泉の管理は X がやる予定である。
- ・九州電力とも話し合い中。
- ・騒音は気にして、防音壁はつける。
- ・計画が十分に確定したら、公表する予定である。

#### **[5] 海外メーカーの発電機に関する情報について**

- ・代理販売会社 D が日本での販売代理店契約を結んでいる。
- ・重さは約 3.7t。
- ・高温の蒸気を使ったバイナリー発電が可能で 125kW、稼働に必要な電力は 25KW くらい。  
当然温泉水を使ったバイナリー発電も可能。
- ・値段は 2000 万円くらい。
- ・タービンは一分間に最高で 27000 回転する。
- ・磁気を利用して作られている。
- ・海外のメーカーは 150 カ国で実績あるメーカー。
- ・住友商事が船の上において、船の廃熱を使ってこのマシンで発電を行っている。
- ・日本国内では、甲府でこの発電機を使った実証実験が行われている。2013 年 11 月半ばに公式発表がなされる予定である。

#### **[6] 発電事業の運営体制について**

- ・温泉供給事業の会社と温泉発電事業の会社の両方を代表と息子で経営している。
- ・従業員は全部で 20 人くらい。
- ・バイナリー発電事業については 8 人くらい。
- ・どの発電機を使うか、これまでの温泉事業の経験を踏まえて自らの考えで決める。

#### **[7] 補助金について**

- ・過去、環境省の予算を使って行う計画もあった。事業に必要な 1 億円を環境省と 5000 万円ずつ分担する予定であった。しかし、それは売電事業を行うことができない規則であったために最終的には行わなかった。自家消費のみ許可されたが、5000 万円分も電力を自家消費するあてがなかった。
- ・そもそも、発電設備が整わないと補助金もおりないため、リスクが高かった。
- ・今回の温泉発電プロジェクトに関しては、九州国内で初の温泉発電事業ということだったため経産省から発電事業を行う許可がおりてきているが、補助金は特に利用していない。

## **[7] 現在行われている発電の技術的な面について**

- ・地下 480m から自噴する温泉水を使用している。
- ・自噴しているということが重要。電気を使ってポンプを使って汲み上げたら、自然エネルギーではない。自然の力でそのまま吹き出してくることが大事。
- ・一般家庭への温泉供給サービスに用いていた温泉熱水をタンクに貯め、そのうち余っている一部を利用して発電を行っている。
- ・まだまだそれでも余っていて、それは海に排水している。4km 先は海である。
- ・冷却水には井戸の水を使用。温泉と同じ位高価な地下の水でないといけない。
- ・この冷却水に川の水は使ってはだめ。地形の関係で一気に海に流れ、山間部に水が残らなくなるから。量が少ないから農業で使う人が困る。また、空気に触れて酸化する懸念もある。
- ・池やダムの水は 3 日で腐ってしまうからだめ。
- ・100 度に近い温泉の熱水から、熱交換機を通じて、発電設備の中を循環する温水へと熱エネルギーが渡され、温水は 95℃になる。
- ・発電機の冷却に使用する水はもともと 20℃くらいであるのが、低沸点媒体の冷却に使われた後は 40～45℃くらいになる。
- ・冷却水は大量に必要
- ・40～45℃になった冷却水を冷やすのにもまたさらなる冷却水が必要。
- ・そのため基本的に冷却水は循環しているが、冷たい水を補給交換している。
- ・暖かくなった水は排水している。オーバーフローで排水している。
- ・蒸発した分の水だけ補給すればいいと言われているが、それではダメ！機械屋の言う水の量の何倍もいる。B も補給水は 100～200L あればいいと言っているが全然足りない。ここでは、一日に 60t 使っている。
- ・スケール問題には、温泉のスケールと、井戸水のスケールのそれぞれがある。
- ・スケール問題については、水の方が怖い。悪さする。
- ・電磁波で電気分解することで、水のスケール問題に対処している。
- ・電気分解している機械はまだ 3 社目であり、試している段階。まだまだ完全には信用できない。
- ・ここの機器で電気分解できているのは、使用している井戸水の量からすると 1～2 割だけ。それでもややこしい分子（シリカ）が発生しないようになっている。
- ・スケールは、シリカ成分が配水管、側溝、下水に付着。
- ・この発電事業について技術的なコンサルティングを行っている電設工事会社 K が、スケ

ール問題の解決のために水質実験している。

- ・使用した温泉の熱水や井戸水は一般家庭に供給された後、そのまま海に排水している。
- ・海に流すのも還元であると認識している。
- ・スケール問題は温泉の管理をきちんとすれば、一切ない。機械とか薬とかは使ってはいけない。
- ・別府の温泉業者の人たちは今までスケールのことで苦労しているから、知識と経験がある。
- ・地下にあるときは何もないのに、地上にでてきて、空気に触れて酸化するからスケールとして析出する。
- ・将来は 85℃になった温泉水をその蒸気で再び温度を上げて再利用する仕組みも考えている。温泉タンクにそのまま蒸気を当てるのもいい。
- ・温泉でエネルギーを抜いているから、火山も爆発しないとも考えられる。
- ・無理矢理にくみ出すと、地下に還元する必要がある。しかし自噴なら枯渇の懸念もないから還元する必要はない。温度が下がる心配もない。

#### **[9] 発電事業に必要なコストについて**

- ・国内メーカーBの発電機1台で2880万円。
- ・海外のメーカーの発電機はこれより30%位安い。
- ・電設工事会社Kによる発電設備の設置工事が約2800万円。熱交換機、配管、冷却塔、電気設備など全てで。
- ・温泉設備に2700万円くらい。土地の造成、水と温泉水をためるタンク、温泉の配管、井戸水が必要なのでそのための井戸掘り、フェンスなど。
- ・温泉のポテンシャルについては熟知していたため、特に調査はしていない。スケール対策のために、電設工事会社Kに成分調査を行ってもらったくらい。
- ・使用する温泉の井戸は、掘削費用は6500万円かかっているが、これはもともとあったものなので初期コストにはなっていない。
- ・土地ももともと持っていた。
- ・初期費用（イニシャルコスト）は全部で8500万円くらい。
- ・ランニングコストはほとんどかからない。井戸水を汲み上げるのに必要なポンプの電気代と、掃除やメンテナンスのときにつかう薬の代金くらい。
- ・維持管理は自分の会社の社員でやっているから外部に委託するコストはかかっていない。
- ・その設備の保守料が10年で700万円程度。1年で70万程度。
- ・発電機内には100℃以下の温泉水を使っているために、ボイラータービン主任技術者は規

制緩和により必要ない。また、掃除やメンテナンスも社員が行うため、新たな人件費はほとんどかからない。電気関係で保安協会に年間 25 万円程度支払っている程度。

- ・新しい海外の発電機の発電事業は 100℃を超える蒸気をつかうために、ボイラー・タービン主任技術者が必要。
- ・初期費用の支払いには金融機関を使わず、自前で捻出している。前の会社で儲かっていた貯金があった。

#### **[10] 事業採算性について**

- ・年間の売電額を約 1500 万円程度と仮定すると、ランニングコストも含めると約 6 年で投資金を回収できる計算となる。
- ・買取期間が 15 年なので、十分採算性はとれる。
- ・15 年過ぎて、FIT の固定買取価格が下がっても、儲けは出続ける。

#### **[11] 温泉供給サービス事業について**

- ・自噴で出てきた 100℃の温泉熱水をタンクにため、そのまま家庭へとパイプで供給していた。
- ・家庭へはその高温のまま 24 時間お湯が供給される。だから家庭では、浴用に温度を冷ますために、ちょろちょろと浴槽に少しずつ流し出している。そうすれば、ちょうどよい温度で浴槽は満たされた状態を 24 時間維持できる。
- ・自然のままそのまゝエネルギーを使うことをモットーにしている。
- ・契約金はパイプ一口で一ヶ月 1 万円。
- ・現在の供給数は 1200 件程。
- ・発電用とはタンクから別のラインで行っている。
- ・発電で熱交換に使用した温泉の熱水も供給している。
- ・620m 下から井戸を掘っていて、タンクに貯めて、そこから温泉を各家庭に供給している。
- ・発電で儲け事業やると何か言われるかもしれないから、一部無料で温泉提供している。お裾分け。そうすれば、ここに住んでよかったなと思ってくれる。応援してくれる。
- ・浴用以外での使用（暖房）とかは許可していない。
- ・お風呂に使ったお湯はそのまま海に排水する。
- ・各人がある程度量を自由に使えるように、タンクはいつも一杯にしておく。

#### **[12] 温泉発電の課題や制限について**

- ・井戸から距離にして 130~150m のところに発電機を設置できる場所が必要。圧力が下が



ってエネルギーが低下するから。井戸水は遠くからとってきても大丈夫。

- ・ 蒸気の場合は特に著しく圧力が低下する。
- ・ 初期費用が多くかかるから、補助金があるといいけど、補助金を使うとルールや規則が多い。売電ができない。
- ・ 現在の国内のバイナリー発電機において必要としている、約 100℃の温泉が一分間に 1t でているところが日本にはあまりない。(別府以外およそない。300~400L 位ならある。
- ・ お湯の温度の問題なら 120℃~140℃の高温蒸気があれば、海外の発電機を使えばどうにかなる。別府だと 6~10 カ所くらいならある。
- ・ お湯が冷めたときに暖める高熱の蒸気が出ているところはあまりない。
- ・ 国内メーカーB の発電機では 100℃の温泉水を想定しているが、100℃の温泉熱水を使うためには、温度が冷めることを考慮して 103℃~104℃の温泉水を送らなくてはならない。しかし、100℃を超える温度だと「高熱」扱いになり、ボイラー・タービン主任技術者が必要になり、人件費がかさむ。
- ・ 高温の蒸気に温泉の熱水をあてることげ、熱水の温度を上げるアイディアも考えている。
- ・ 加えて、十分な量の井戸水が必要。
- ・ 日本がバイナリー発電が一番遅れている。フィリピンとか温泉いっぱいあるから凄い。
- ・ 日本は発電マシンの性能はまだまだ発展途上。
- ・ 温泉や土地などの資源があっても、中小企業はお金がないから、初期費用の高さについていけない。
- ・ 金融機関は事例がないからお金を出さない。事業者自体が資本を持っていないと金を貸さない。
- ・ 管理者は温泉の掘削まで関わっているプロが行う必要がある。経験のない都会の資本をもつ者だけで行くと難しい。
- ・ スケール問題…温泉が空気に触れて酸化するのを防ぐために、完全に真空にする技術と知識が必要。だがこれは熟練の温泉事業者でないとなかなか難しい。
- ・ このスケール問題には、井戸水の扱い方も大きく絡む。
- ・ 温泉熱水や井戸水の事を熟知して、苦労の経験もあるプロが発電事業を行わないといけない。しかしプロジェクトの意思決定を握りやすい出資者にはその知識がないため、素人の人たちだけで事業を計画すると、上手くいかない。
- ・ 生活に困窮している温泉街の人たちでは初期費用を賄えない。東京、大阪の会社だとお金はあるが、知識がないから管理ができない。
- ・ 薬を使うと、お金がかかるし、排水に規則が絡むため、面倒がかかる。クリーンな仕事をしているのに、そこで薬なんか使ってはダメ。

- ・マシン自体が発電をする際に食う電力ももう少し低くなるといい。

### **[13] 別府の温泉の情報について**

- ・温泉の数は 4000 口くらいかも。
- ・蒸気が出ているところは 240～250 位。
- ・別府にボーリング業者は 7 つある。
- ・新しく掘ることは保健所から許可されていない所もある。
- ・温泉の温度が高いために、浴用に使うにはお湯を冷ますのに大量の水がいる。

### **[14] ステークホルダーについて**

- ・まず、売電先の九州電力がある。
- ・発電の許可も経産省から許可が必要。一流の企業と契約をして事業を行っていることが許可を出す一つの条件になっている。
- ・発電の仕方にも経産省が指導を行っている。
- ・50kW 以下だと「低圧」扱いになる。低圧だと、電気主任技術者は必要ないが、温泉発電事業では関係なく電気主任技術者をつける必要があると規則が決められている。これは九州電気保安協会に委託している。手続きもやってくれる。
- ・電設工事会社 K の九州支社が 500 枚以上ある手続きのコンサルティングをやってくれている。
- ・電設工事会社 K は経産省と九電の相手をしてくれる。
- ・送電線は九電の管轄。つなぐのは電設工事会社 K。
- ・市や県からは特に援助を受けてはいない。市の態度自体は協力的。邪魔は特にしない。将来は税金取られるかも。
- ・国から補助金はない。売電できなくなるから。
- ・設備、電気、系統の工事は設計は電設工事会社 K が行い、施行は大分県内の K の下請け企業が行う。
- ・配管溶接は自前でやっている。配管自体はメーカーから買っている。
- ・泉源の権利は X が持つ。
- ・ステンレスタンク、水の電気分解機器、セパレータはそれぞれ異なる国内メーカーから。
- ・掘削はおじいさんの代から 50 年以上お世話になっている地元のボーリング業者。
- ・土木（コンクリ、石積み）と外の工事は地元の企業から。

### **[15] 温泉の法律について**

- ・掘り当てた人が自由に使える。
- ・井戸の間合い、深さは指定されている。

#### **[16] 地元との合意形成、貢献について**

- ・周りに温泉持っている人は一杯いる。
- ・周囲から何か言われたことはない。
- ・上の山の方が温泉の温度が高い。
- ・説明会は一応やっているが参加者が集まらない。10月と11月に二回。10月は4人くらいしか集まらなかった。
- ・利害関係の調整とかは特に何もやっていない。
- ・地元の説明会を10月と11月している。
- ・自分たちだけ儲けているといけないから、一部。温泉の供給を無料にしてあげてる。

#### **[17] その他**

- ・見学や視察の手数料はとらない。(主義)
- ・小浜温泉からは何回も視察に来ている。
- ・井戸や設備の耐久性は、初期コストをしっかりかければ、反永久的に
- ・将来は観光者への電気自動車への電気スタンドの供給、一部電気使用料金の半額化 or 無料化などのアイディアがある。
- ・温泉熱研究センターでカスケード研究しているところがある。
- ・別府で小水力やっているところはまだない。
- ・ランニングコストはそこまで大きくないから、15年後もずっと同じように発電し続ける。
- ・蒸し釜等の利用もしている。
- ・昭和47年頃買った掘削機を持っていた。石油の試掘機。インドネシアに売った。これで昔はいっぱい掘っていた。
- ・自宅に温泉の廃熱を利用して部屋暖房に使っている。
- ・何万年前から流れてきている処女水を利用。雨や雪がしみ込んだ水を当てにしてつかってやっているわけではない。それでは天候に左右される。太陽光と同じ。
- ・暖かくなった水はラジエーターのように冷却塔で蒸発して飛ばすが、それは一部。蒸発水の分だけ補給すればいい、は嘘。
- ・現在の発電システムには、もしかしたらなにか問題あるかもしれないけれど、おそらく何もない。
- ・今は別府市がみんなお風呂入ろうとすると足りない。

- ・別府市は温泉場が 27 ヲ所ある。昔は無料だったが、今は 100 円とっている。
- ・温泉は寄付するから、無料にして、管理は市がして欲しい。
- ・今回の事業は、ほどほど成功したら、年の利回りは 27～28%ぐらいには回りそう。
- ・経費が中小企業だと安くなる。大企業だと数倍かかるかも。きちっとしないといけないから。
- ・15 年経って固定価格が 30 円、20 円になっても、機械はタダだから、儲けられる。早めに取りかかることが大事。
- ・今新しく掘っている井戸は特別保護地区に入らない。新規掘削は審議会通って許可を受けている。

## **【B】**

**大分県東部保健所 健康安全企画課 総務班 職員（推定 30 代、男性）**

**大分県東部保健所 健康安全企画課 総務班 職員（推定 40 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 8 日（金）**

### **【1】温泉法について**

- ・温泉法を管理するのは国。温泉法は、温泉の枯渇を防ぐためにある。
- ・ただし、条例は県ごとに施行条例が設けられている。土地とか地理条件が県ごとに違うから。地方で決められたルールに乗っ取って掘削するから、大きな問題にはならない
- ・詳細は、大分県庁 HP「温泉法および大分県温泉法施行条例の施行に関する規則」を参照。
- ・温泉には、温泉採取権：掘削して掘り当てた人が温泉を自由に使ってい。い。（他人に譲渡、価格設定など。）というものがある。発電は利用法の一つ。

### **【2】温泉の掘削に関する規則について**

- ・温泉を掘るときの井戸の大きさや深さは条例によって指定されている
- ・ボーリングの騒音防止のために周辺の同意書が必要
- ・騒音公害問題になると温泉法ではなくて市の官許担当となる。
- ・大分では新規掘削は認められていないところがある。特別保護地域。
- ・代替掘削（もともとある井戸が出なくなった場合に新しいところを掘る）のは許可されている。申請されるのは、これがほとんど。
- ・掘削の許可を取る際は、井戸の大きさや目的や計画書を届け出る必要がある。
- ・自噴する際も井戸の深さによって自噴量が変わる。
- ・温泉審議会が保健所から出てきた案件について、それぞれ条件を見て、偶数月に 1 回有識者が集まって審議する。資料は保健所がつくる。
- ・隣地掘削には許可が必要。1m 以内は許可されていない。
- ・新たに掘削できるのは、別府市では山間部に少しあるくらい。
- ・保護地区は、既存の温泉から 110m までしか掘削を認めない

### **【3】温泉発電事業を意識した変化について**

- ・来年あたりから今後の対応のために法制度を新しく整備していく計画となっている。マニュアル、条例など。大分県生活環境部生活環境企画が担当。
- ・発電に関しては相当な湯量が必要になるので、その辺りの懸念がある。
- ・今ある井戸について、蒸気もあるので、お湯用の井戸を発電用に代替掘削して発電用に

切り替える動きもありうる。(具体的な例は数点あるだけでほとんどない)

#### **[4] 別府市の温泉の特性について**

- ・ 山間部の方が温度が高い。地熱に近い。エネルギーがある。
- ・ 別府の地形は扇形。
- ・ 山間部で蒸気を使われて冷めたやつが下にいく。発電で蒸気を使いすぎると、山のふもとでは、お湯の温度が下がったり、量が減ったりする事が懸念される。
- ・ 自噴する際も井戸の深さによって自噴量が変わる。

【C】

**別府市 生活環境部環境課 環境企画室 主査（推定 40 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 8 日（金）**

**【1】別府市の地下の温泉資源について**

- ・別府市は泉源数が日本一。湧出量も多い。浴用には水を入れないでかけ流しで使うところも。
- ・もとの温度が高い。60℃～120℃。活火山が近いから。
- ・地下に 2 本断層がある。鉄輪断層と浅海断層。ここを熱水が流れている。
- ・通常の地熱発電は 200m くらい掘り下げる必要があり、160℃

**【2】別府市内の温泉発電事業について**

- ・別府で温泉発電ができそうなところは 10～20 箇所ある。
- ・しかし、別府以外では無理かも。温泉のポテンシャルが足りない。
- ・湯布院の湯の平とかではやろうとしているみたいだけど。
- ・別府のように湧出量、温度、圧があるところはそんなにない。
- ・湧出蒸気圧が重要。
- ・蒸気圧は最低 10t 必要。
- ・温泉の熱水の温度も 70℃だと 100℃よりも 1/3 しか発電しない。100℃は必要。湯量も必要。
- ・X あたりも熱の量が多い。
- ・X がなぜ文句がでないか。その理由は

①給湯している会社

②湧いている範囲のお湯だから。泉源を壊さない。

・地熱発電の場合は泉源をブレイクスルーするが、温泉発電は今ある井戸を使って行う事業だから大丈夫。

・温泉バイナリー発電に関しては是非の議論の前に、まだ意見を持つために皆が手探りの状態。本格的になったのは今年 4 月から。

・事業会社 Y は、お金を出す条件として、100℃でないとダメとしている。泉源のパワーを測定するために色々調べている。特定会社をつくってやる。売電始まって儲かり出して、また何か事業を展開するときにお金を貸す。

・レンタル泉源の事業タイプもある。事業会社 Z。使っていない泉源を持っているところはいっぱいある。泉源管理も大変。使っていないが、あけると蒸気や温泉がでるところがある。

- ・民間で大きな組合作って資金集めて発電事業やっているところはまだない。

### **[3] 事業規制について**

- ・市の動きとしては、民間がやることに関しては基本ノータッチ。制限はかけない。
- ・新たに制限はかけないが、元からある規制は存在する。都市政策面、土地の利用面。唯一、建物たてるなら、景観の問題がある。鉄輪と明ばんは、「湯けむり景観」で日本の温泉地で唯一文化的景観として国から指定されているので、屋根をつけられない。屋根があると電気工作物でなく、建築物になる。デメリットとして、温泉発電事業に観光としての付加価値がつけられない。これは、今後見直しが必要か。
- ・建築物だったら景観法は全部引かかる。屋根とか高さとか。
- ・工作物なら大丈夫。
- ・湯煙景観立ち上げたのは女の子ひとり。若い女の子すぎて何もできなかった。テコ入れとして自分が入った。2年目から。調査会とか組織作って先生達に原稿書いてもらった。まず、当時は温泉発電の機械があることも知らなかった。
- ・文化的景観始めた理由として、特にメリットなかった。景観法という概念が2007～2008年に入ってきた。景観行政自治体という形で、そういう団体についてはそれを守る条例を作りなさいという達しがきた。
- ・自治体が押していたのは鉄輪の湯けむり。だから都市政策課が進めた。天然記念物に昇華させたかった。でも天然記念物にはならなかった。汲み上げたものだから人工物の要素があるから。でも歴史的観点から見ると面白い。日本の観光地としての高度成長期の産物として面白いから残しようとなった。
- ・景観に関する規制についてはHPに載せて告知している。今後は他にも知らせて行く方法考える。でも別府に住んでいたら不動産、建築業者なら知っている。でも電気事業者は知らないかもだから市がアプローチしないといけない。
- ・別府市は景観団体。景観法に関して特別な景観の規制や条例をかけることができる団体。県に申請して登録された。
- ・新たに規制は考えてないが、まとめて整理してルール化して提示できるようにはしたい。

### **[4] 市内に存在する泉源について**

- ・ホテル以外にも、資本を多く持っていない個人が泉源を所有しているのも多い。
- ・市の有力な泉源もある。これらは有効に使って行きたい。
- ・バイナリーの利点は、地熱発電と違って環境アセスが必要ない。地元理解も緩やか。そのため、民間がやり易い。地熱発電は地元理解が必要だから絶対いる。



- ・この地域だけで泉源が 1000 以上ある。みんながもっている。
- ・市も 1 割くらい泉源を持っている。
- ・山間に近くなればなるほど泉源は多い。

#### **[5] 市としての導入促進策について**

- ・2〜3 年後、市として導入促進策を取り入れる可能性はある。
- ・そのために今はポテンシャル調査をしている。フィージビリティ調査（導入可能性調査）。
- ・そうすると、民間の動きとずれが生じてしまう。だからせめて制限はかけない。
- ・規制（決められたルール）と導入促進策（走り易いルール）を両立しないといけないというジレンマがある。
- ・行うとしたら、おそらく規制の方が早い。導入促進策の方が調査によって得られた数字がないと始められない。
- ・数字が必要なのは、再エネ事業の他の選択肢の議論があったりするから。山いったら風力や斜面あるから太陽光もよさそうとか。まずは舵取りをする前に方向を決めるための議論に勝つ理論武装が必要。そのコンセンサスをとるのが市の役目。皆が一つの意見をもって全員が OK というわけではない。

#### **[6] 温泉のエネルギーの共同利用、地域還元策について**

- ・別府では、どこか湧いた温泉を分けることも確かにやっている。でも低地部の密集地では、だいたい皆が自分の泉源をもっている。なかなかみんなでくみ出すとかはあまりやってない。
- ・資本をもっているホテルとかはそういう協力と利益分配みたいなのはやらない。給湯サービスやっているところも同様に論外。
- ・別府市自体が配湯している温泉もある。
- ・地域還元策どうするかは今思案中。クレジット制度がいいか、補助金がいいか、何かの制度や事業とリンクさせるか。

#### **[7] 温泉発電の事業を開始するにあたり必要な情報公開や届け出について**

- ・県の保健所は温泉の成分表示の義務を課しているはず。
- ・X は情報公開している。
- ・X はたまたまうまくいっただけ、と本人がいていた。
- ・九電には届け出いるけど、市には届け出いない。制度がない。
- ・だからいくつ計画が立ち上がっているかはわからない。

- ・後で何か規制上の問題が起きて、発電施設を壊さないといけなくなると、トラブルになるから、規制の事は事前に確認してやってもらわないといけない。
- ・トラブルが続くと、ただでさえ地熱に反対の人がまた何かいってくる。それは避ける必要がある。
- ・地元の温泉事業者は自分でやることにはそこまで気にしない。外部からやってくる場合は反対するのにな。

#### **[8] 温泉資源の枯渇懸念について**

- ・ポンプ強くかけると、たくさんくみ出してして使うから枯渇の懸念がある。上でポンプ使って汲み上げすぎると問題になるかも。でもそのポンプ使用状況を情報として集めて管理する仕組みがまだない。
- ・低地部で汲み上げが出来ているということは、上の山間の方ではまだ余力がある。
- ・上で取り過ぎた場合は下の方に影響はある。上の方が汲み上げ過ぎて普通より地下の熱水の泉質が下の方にもでてきたこともある。(専門家の見方)
- ・多分下の湯温が変わると大騒ぎになる。冷やすのに苦労しているとはいっても。
- ・地熱発電扱いにして FIT の対象にしないといけない。42 円にするため。ただの温度差ではだめ？

#### **[9] 温泉発電事業に関する住民の意識について**

- ・温泉で発電したいという気持ちは皆あると思う。ポテンシャルが高いのはみなわかってる。利益が得られるというビジョンもあるし、余ってるのがもったいないと考えているから。
- ・しかし、発電事業みたいな資金が必要なことができるのはやはりホテルとか。
- ・バイナリーがいいのは今あるやつをそのまま使って発電できるから可能性を感じている。

**【D】**

**電設工事会社 K 九州支店 営業チーム 主任（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 8 日（金）**

**【1】事業会社Xの温泉発電事業への関わりについて**

- ・環境省の補助金事業があつて、Xの代表の方との共通の知人の人に紹介して頂いたところからスタートした。
- ・様々な手続きについて、代行サービスを行っている。
- ・2号機は海外のメーカーの発電機を用いるので、登録の変更届をした。
- ・発電設備に何か問題起こったときの対処は電設工事会社Kが行う。
- ・管理自体はXがやっている。
- ・工事（計画、施行）とメンテと問題対処は電設工事会社Kがやった。

**【2】工事に携わった周辺設備について**

- ・国内メーカーBの発電機、冷却塔、熱交換器、ポンプ、電気分解機、配管などの設置、接続。
- ・土地の造成も。

**【3】送電端、発電端の出力について**

- ・発電量から発電に自己消費した電力を削ったのが送電量。
- ・一台の理想の発電量72kWからおおよそ24kWが自己消費で減る
- ・万が一50kW以上（高圧）になったときは停止するシステムをつけている。
- ・自己消費のシステムに使う電力は、安い電力（一般電源）からは賄えない。九電との契約でそのように定められている。

**【4】電気事業法の手続きについて**

- ・発電に使用する温泉の温度が100度以上（高熱）のときは、ボイラー・タービン主任技術者が必要となる。
- ・送電端の電力が50kW以上になると高圧扱いになり、他の再生可能エネルギーの発電なら電気主任技術者が必要になる。それ以下（低圧）だと必要ない。しかし、温泉バイナリー発電の場合はそれに関係なく、電気主任技術者が必要と定められている。
- ・今、Xでは、海外のメーカーの発電機を用いて高温・高圧の発電事業もやろうとしている。

#### **[5] スケール対策の調査について**

- ・ Xの温泉発電に使う井戸水の成分について、スケール対策のために分析実験を行った。
- ・ その結果を受けて、対策として、水の電気分解や配管掃除などいろいろ行っているが、結論と最善策はまだ確定していない。
- ・ 温泉の方はあんまりスケール出てない。Xさんの工夫のおかげかも。

#### **[6] 配管のコストについて**

- ・ 発電機の配管はそんなに高くない。1m数千円レベル。
- ・ 温泉を供給する配管は高いかも。
- ・ 配管の長さに付いては、長くなるとコストよりも温泉の温度や圧力が下がる方が問題。

#### **[7] その他**

Xの発電事業については、電設工事会社K東京支部の方が技術面では詳しいかもしれない。

## **【E】**

**一般財団法人 九州電気保安協会 大分支部別府事務所 所長（推定 50 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月13日（水）**

### **【1】電気主任技術者の外部委託制度について**

- ・電気工作物は事業用電気工作物と一般用電気工作物の 2 つに分類される。
- ・一般家庭や他の再生可能エネルギーの発電設備は一般用電気工作物に分類される。
- ・事業用電気工作物は主にビルや向上などの電気設備の自家用電気工作物と電力会社の扱う電気事業用電気工作物に分類される。
- ・九州産業保安監督部から許可を得ないと電気工作物として業務を開始できない。
- ・発電電力が 50kW を超えると変圧装置をつけて、「高圧」扱いになる。50kW 以下だと特に変圧装置は必要なく「低圧」扱いになる。高圧になると自家用電気工作物扱いになり、電気主任技術者の選任が必要。
- ・温泉発電の設備は、低圧、高圧関係なく、自家用電気工作物に分類され、電気主任技術者の選任が必要。
- ・電気主任技術者は一定条件のもとで外部委託することができる。九州電気保安協会から派遣している。
- ・一定の要件とあるが、きちんと手続き申請すれば大丈夫。資格だけ借りて他の人がやると取消される。
- ・バイナリーの場合は小さな発電であっても関係なく、自家用電気工作物になる。（外のもので使うので、危険性が高い？）

### **【2】契約の料金について**

- ・選任で雇うよりは外部委託の方が人件費は安い
- ・金額は発電容量による。
- ・X のような 80kW のところでは年額 30 万くらいの契約になる。
- ・200,300kW になると高くなる。比例関係。100 超えると設備も大きくなるから、一気に高くなる。
- ・各地域の保安協会によって値段設定は異なる

### **【3】実施する業務について**

- ・点検は毎月 2 回
- ・点検内容…発電機の運転状況、変電所の稼働状況、電圧電流の測定、漏電してないか、

油温のチェック（電気事業法保安規定に基づく）。

- ・年に1回は停電の調査を行う。

#### **[4] 手続きの代行サービスについて**

- ・電設に関する手続きも代行している。電気主任技術者の契約をしてくれれば、基本的には無料でやっている。
- ・電気保安協会は、設置者がこういう電気設備を使いますということで承認を得る申請書を出す。容量、保安規定の作成、申請書（概要記載）。
- ・物件は変わらないけどオーナーが変わる場合も申請書がいる
- ・経産省に提出必要な書類は契約書、外部委託承認申請書、保安規定届出、自家用電気工作物廃止報告書。
- ・もちろん電気保安協会を通さずに、自前で書類を作ることも可能。

#### **[5] 九州電気保安協会について**

- ・九電とは別会社だが、設立は九電と監督官庁（九州産業保安監督部）で作られている財団法人からである。

#### **[6] 電設技術に関する情報について**

- ・キュービクル（樹電設火、箱、パッケージ）の中に変圧機、保護装置、遮断機、が入っている。トランス＝変圧器。6600V で入った電圧を 600V に変換する。
- ・50kW 以上のときは 6600V で取り込む方が効率がいい。ロスが少ない。電力＝電圧×電流、であり、同じ電力を生むんだったら、電圧を大きくした方が電流が少なくて済む。損失＝電流<sup>2</sup>×電線の抵抗値であるから。だから高い電圧で電流を小さくした方がいい。
- ・一般家庭 100V,200V。これは家の前までは 6000V で送っている。変圧器で 100V と 200V にしている。安全性の問題。

#### **[7] 電設設備のコストに関する情報について**

- ・発電所の方は低圧の方がコスト安い。発電機そのものでは、電圧が高いと効率いいが、その電圧に耐えうる性能（絶縁性能）がある素材で作ると高くなる。大容量発電だと高圧で設備が作ってある。
- ・キュービクルの大きさはピンキリ。大きさは発電容量によって変わり、値段もそれに併せて異なる。キュービクルのコスト＋更なる土地代もかかる。
- ・容量は電圧に電流をかけたもの。つまりキュービクルの値段は電力に比例する。

バイナリー100kW くらいだと、キュービクルは 200kW くらいのもの。約 200 万。実際は遮断機能もつけるから倍くらいになる。300 万～400 万くらい。

**【F】**

**農業研究所 H 職員（推定 40 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 13 日（水）**

**【1】 農業研究所 H で行われている活動について**

- ・敷地内にある泉源から上がってきた蒸気とお湯をとって、セパレーターで蒸気とお湯に分ける。
- ・その蒸気を使ってハウスに流して暖房と土壌消毒、資材消毒に使用する。
- ・お湯は使っていない。
- ・お湯は別府市に提供している。提供している理由は、条例で 45℃まで温度を下げないと、排出できないため。ここのお湯は 100℃近いお湯が 11t は出るので、それを 45℃まで下げるために相当でかい水のタンクが必要。これではコストがかかりすぎる。県にはその余裕はない。別府市に提供された後は、各家庭に供給される。
- ・蒸気を使って農作物を育てているが、熱利用に関しての研究は行っていない。地熱利用をどんどん増やそうというスタンスではない。しかし、最近再生可能エネルギーの利用拡大が大分県内で強まってきていて、流れが変わってきている。
- ・まだ使える熱があるから、試験的に蒸気を使ってやってみている。
- ・使っている蒸気は 120 度はある。

**【2】 温泉発電と熱の多段階利用の組み合わせのアイデアに関する情報について**

- ・蒸気にはスケール分がない。
- ・ここの井戸は酸性が強いので、スケールがつきにくい。
- ・硫黄分は入っている。
- ・酸性が強いとスケールはつきにくいですが、腐食は激しい。
- ・蒸気は配管に通して、コイル状にして、管内の暖房にも使用している。蒸気は勝手に流れる。出口を作ってやって、そこから外に出ていく。
- ・蒸気も酸性分を含む。
- ・センサーなどの電子機器や周囲に駐車している車にもさびが出るなどの影響が出ている。
- ・そのため、修理やメンテナンスも頻繁に必要。
- ・ヒートポンプによって蒸気を奇麗にすることもできるが、100℃の蒸気でも使えるやつはない。普通のやつは 40～50℃くらいまで。ヒートポンプなら冷房にもできる。そして温度を一定にするのも容易になる。
- ・蒸気管によるハウス暖房は、管は放熱の効率がよい形にしてある。



- ・蒸気の配管も錆びたり腐食するので、特注のものを使用しなくてはならない。特にカーブのところはえぐられる。特に泉源の近くだと蒸気の圧が強いためにえぐられやすい。
- ・消毒は、高熱の蒸気を通す事で滅菌するしくみ。農薬いらず。農薬では100%の消毒はできないが、熱による消毒なら60℃あればほぼ100%消毒が可能。しかもヘルシー。
- ・熱水を流し込んで消毒する機会も市販されているが、お金もかかるし、大変。普及しない。

## 【G】

**事業会社 Y 投資事業部 サブマネージャー（推定 20 代、男性）**

**事業会社 Y 投資事業部 課長（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 14 日（木）**

### 【1】事業会社 Y とファンド O の概要について

- ・この事業は大分県が行うエネルギー施策である、「エネルギー産業参入促進事業」に位置づけられる。
- ・事業会社 Y は大分銀行の子会社。大分銀行からの出向員で構成される。会社立ち上げの資本金は 5000 万円。地銀なので地元の特化して事業を行う。
- ・事業会社 Y はファンド O の運用会社。
- ・ファンド O は、温泉発電事業を主とした再生可能エネルギーの事業に投資するファンドである。
- ・発電事業に必要な資金が全てファンドから投資される。ファンドを利用することで初期費用にあてる資金がなくとも発電事業を始めることができる。
- ・ファンドって会社とか組織があるわけではない。法人ではあるが会社ではない。有限責任組合(Limited Partners)という事業体。法人登記はしてある。組合をつくる感じ。従業員はいない。
- ・事業会社 Y は無限責任組合（General Partners）。
- ・出資者は有限責任組合。出資したお金以上に損害は受けない。それ以上は事業会社 Y が無限責任組合として負う。
- ・ファンドには事業会社 Y も出資しているが額は少ない。
- ・ファンド O の総額は、10 億円。（2013 年 11 月時点）
- ・2014 年 1 月時点では 25 億円。
- ・温泉熱発電に特化して事業を行い、地域の活性化を図る。
- ・発電事業が進まないのは、①地下のことだからわからない②事例がないからどういうエンジニアリングが重要なかわからない③どの位の発電量が得られるのかも確実ではない、などの理由がある。
- ・温泉のポテンシャル調査にかかる 300～400 万をファンドが負担する。有望でないかもしれないリスクもファンドが負う。
- ・投資する先は旅館やホテルなどの温泉所有者を想定している。
- ・ファンドは大分県からも出資してもらっているの、大分県内の事業を顧客とする。
- ・温泉所有者には、発電事業を目的とした子会社として、特別目的会社(SPC)

を作ってもら。そして必要な資金をファンドから出す。

- ・特別目的会社＝ある目的だけの会社。することで法人税の優遇がある。設立も解散も簡単。
- ・SPC も無限責任社員、有限責任社員と分ける。
- ・これは、事業失敗によって SPC が倒産しても、本業である旅館や温泉の経営への影響をなくするためである。
- ・事業に投資したお金は、売電事業の収益から返済される。
- ・温泉所有者が利益を享受するのは、基本的に返済が終わった後。売電収入を全て自分のものにできる。
- ・返済が全て完了したら、あとは温泉所有者の自由。事業会社 Y は外れる。SPC は残しておいてもいい。
- ・ただし、会社立ち上げの出資金のみ出してもらう予定。いくらでもいいが、100 万円くらい。
- ・そしてその資本金を出すことで、温泉所有者の方が SPC の代表となる。
- ・この事業モデルの温泉所有者にとっての 1 番のメリットは、初期費用と調査費用のための資金がなくても発電事業が始められること。

## **[2] 投資見込み先の選定、融資の条件について**

- ・新規掘削は対象外。
- ・もちろん、温泉が枯渇しないところで発電したい。発電量を予測するために綿密な調査をする。これは地熱コンサルがやる。
- ・簡易調査は現地での視察、詳細調査は機器を設置して 3 日あたりデータを取ってみる
- ・実証実験（補助金事業）はやりたい放題、上手いかなくてもいいからである。
- ・過去の地熱データからみると、ポテンシャルの高い別府、九重、湯布院がメインになってしまう。山間部、鉄輪など。
- ・4 月に立ち上げたときは、ファンド総額は 10 億円。もうパンパン。
- ・発電量調査をしたら、投資先は、10 億円分すぐに埋まってしまった。
- ・だいたい 100kW あたり 1 億円位の予算で算出している。
- ・投資先の探し方は 1 回だけシンポジウム開いて、あとは新聞や口コミで広まって、問い合わせがきた。こちらから営業、アプローチはない。
- ・大分県の泉源に関するデータは地熱コンサルティング会社 E が持っている。そこから有望なやつを絞り込み、そのうち所有者の参加意思があるかどうかを確認する。
- ・融資条件はそこまで明確にしていない。

- ・しかし、送電線や発電機おくスペースなかったらできない。

### **[3] 投資事業において使用する発電機について**

- ・発電機器は、その土地その土地に併せて決める。フラッシュの場合もあり得る。
- ・発電機が違くと、予算も変わるが、そんな何千万もは変わらない。
- ・海外の発電機はクリアだけど、国内の発電機はブラックボックス
- ・お湯が十分あれば、国内メーカーBの発電機でも十分発電できる。問題はスケール。その対処のエンジニアリングの部分。
- ・今回の事例については、国内メーカーBの発電機を1台使用。
- ・基本はコンサルティングを通して発電機、発電システムを決定している。
- ・いまのところ、一つの投資先について最大2台置く感じで考えている
- ・250KW 一台より、125kW2台の方がメンテナンスロスが少ない。

### **[4] 業務提携を組んでいる地熱コンサルティング会社について**

- ・業務提携を組んでいるコンサルティング会社の知名度は学会や業界でも十分通用する。
- ・文献とかデータとかはコンサルティング会社が管理している。
- ・調査の計画、データ管理などはコンサルティング会社が行い、現場でのデータ収集を実際に行うのは日紡さん（日本ボーリング）（温度、量）、九電産業（お湯の成分から地質調査、スケール分予測）。
- ・調査の内容は、温度、湯量、蒸気量、熱量、成分調査、地下の様子、湯量の持続性など。

### **[5] 事業採算をとるための戦略やリスクマネジメントについて**

- ・年間100万円は最低回収していく予定
- ・ファンドは、報酬と利息を温泉所有者からもらうことで、最初の調査費用の分のリスクを回収する。
- ・事業会社Yは、ファンドから運用報酬と成功報酬を受け取る。
- ・事業に失敗すると、この成功報酬がもらえない。
- ・何年で返すかなど、返済の期間は自由に決められる。およそ7～10年を想定。売電収入を全て返済にあてるか、一部を定期収入とするか。定期収入ないと嫌という人も要る。しかし、期間が長いと、利息は高くつく。
- ・銀行がお金を出さないのは、事例がないから。ウチはベンチャーキャピタルだから銀行が出来ないことをやる。成功事例を作る。
- ・上手くいけば毎年宝くじあたるくらいの収入が得られる。1000～2000万くらい。

- ・返済が終わったあとは、SPC の解散や設備の使い方は、温泉所有者の自由。
- ・発電事業のランニングコストは約 300 万円を想定。保険、メンテナンスのための積み立て、税金会計、減価償却なども考慮。
- ・仮に事業に失敗した場合、最初にファンドに出資した大分銀行などの出資者への配当が減る。
- ・仮に SPC が倒産し、生産したら、ファンドへの出資金も出資者には返らない。

#### **[6] 現在の携わっている別府市の温泉発電の事案について**

- ・今は全て売電予定。
- ・未利用の泉源を対象とする。
- ・別府市内の温泉所有者の泉源を使用
- ・約 400~500 万円のランニングコストを予測している。
- ・イニシャルコストは約 6500 万円。工事には約 3000 万円の費用がかかった。
- ・地下水の出る井戸が近くにあり、温泉の泉源所有者が保有していたことがよかった。
- ・現在は調査が終わり、意思確認も経て、工事の計画に入っている。
- ・県内の他の事案は事前の調査に時間がかかっている。人間関係のしがらみとかで温泉所有者との合意の意思確認にも時間がかかっている。
- ・維持管理やトラブル時のメンテナンスについての担当はまだ未定である。

#### **[7] ファンド O について**

- ・大分県からのファンド O への出資金は税金から出ている。
- ・立ち上げ経緯は、知事「大分県は再エネ NO1」→大分県商工労働部「何かしなきゃ」「銀行は無理だから、再エネ応援できる、リスクとれるファンド作らないと」
- ・資本金はほぼ大分銀行から出ている。
- ・2014 年 1 月時点では、ファンドの総額 25 億円のうち、大分銀行から 18.8 億。大分県も一部出資している。
- ・地域貢献が第一目的。だからそもそも収益が少ない。これは地域出資のファンドであるから。
- ・案件自体は。創設後半年で 25 件、簡易調査を行ったのは 17~18 件、今実際にやろうとしているのは 7 件。
- ・この 7 件で既に 10 億円超えている。
- ・太陽光は銀行の融資スキームがある。温泉熱にはその融資スキームがなかった。

#### **[8] 単独の温泉所有者ではない、温泉組合を顧客とする事業スキームについて**

- ・組合で発電をするスキームもつくる予定。もっと山奥の小さな温泉郷を想定。
- ・既に相談が2ヵ所くらいあった。
- ・その場合は地域のPRや代替掘削のお金に収益を使い、地域全体を盛り上げるのに使う。配湯のしくみを作ったり、管理を代理したりもする。
- ・その温泉組合について、それぞれの泉源の所有者に対して、単独分散でもやれるが、組合全体を一つの顧客とした方が公的利益大きい。

#### **[9] 大分県の温泉井戸に関する情報について**

- ・大分県は熱計算で年間40億を捨てているらしい。
- ・学術的なデータでは温泉が出るといわれているが、掘ったら出ないこともある。それは温泉用の径が小さい掘削をしているから。地下にはエネルギー自体はある。
- ・お湯が出てくるところでは100℃以上にはならない。地下では一番多いところでは230℃くらいある。
- ・井戸の権利は登記されているが、お湯（水）には権利がない。
- ・多いところではお湯で毎時20t位、地下で300℃くらい。これはフラッシュ発電でもやれる。

#### **[10] 活用する補助金について**

- ・独立行政法人Jから補助金をもらう。経産省の外角団体。
- ・補助金の申請の主体は温泉組合。地熱コンサルティング会社Eや事業会社Yも申請手続きお手伝いする。
- ・補助金については、こういうケースについてはこういう補助金を使った方がいいということとはコンサルティング会社がアドバイスくれる。

#### **[11] 保険のサービスの利用について**

- ・保険会社は収入の補償をしてくれる。全額補償してくれる。融資した側のリスクの担保。収入の担保。
- ・保険料金はSPCが支払う。
- ・保険金の請求権は、ファンドへ出資した銀行がもつ。住宅ローンの火災保険の形。
- ・利用する保険会社やサービスの詳しい仕組みは具体的には決まっていない。
- ・おそらく大分中央保険。保険代理店。

## **[12] 周囲の温泉所有者との合意形成について**

- ・説明会や勉強会は特にしてない。関係ありそうなところに温泉所有者の方達から軽く説明があっているくらい。
- ・大分の方は、八丁原があったので、地熱はイメージしやすい。だから他の人たちも取り組み始めやすかった。

【H】

**大分県 商工労働部 工業振興課 エネルギー政策班 主任（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 14 日（木）**

**[1] 大分県の再生可能エネルギーポテンシャルについて**

- ・大分県は地理的優位を活かして、都道府県別の再生可能エネルギー供給量は日本一。
- ・供給量のうち、地熱発電が約 53%、地熱利用が約 17%と、地熱エネルギーが大半を占める。
- ・大分県は 1 分間に東京ドーム 2.5 杯分の量の温泉を湧出している。

**[2] 大分県の今後の自然エネルギーの利用のビジョンについて**

- ・大規模な地熱発電は元々実績量が大きいのので、大幅な増加はない。
- ・温泉熱発電は平成 21 年度の実績 0 から、目標は 27 年度の 500kW まで至ること。
- ・①更なる再生可能エネルギーの導入促進と②エネルギー産業の育成を目的とした政策を進める。
- ・省エネ、創エネ、蓄エネの 3 本柱。

**[3] 大分県エネルギー産業企業会について**

- ・大分県エネルギー産業企業会というものがある。企業会をつくって県内の産学連携のしくみをつくる。
- ・現在 221 団体が会員となっている。
- ・部会が 3 つ（人材育成部会、研究開発部会、販路開拓部会）。
- ・このうち研究開発部が 24 年度は湯煙発電とかやっていた。
- ・研究開発部会では、研究開発補助金として、採択された事業には上限 600 万円（補助率 2/3）の補助金を出している。
- ・応募して審査して採択するものを選ぶ。
- ・企業会の会員さんがワーキンググループを作って応募してくる。
- ・審査会を開いて、一つ一つ採点していく。
- ・審査会は大学の先生とか有識者。詳しい方。
- ・審査するのは地熱に詳しい方という訳ではない。県のためになるかとか、県の経済発展につながるかとか。色んな面の学者がいる。
- ・採点表は細かく作っている。公表はしていない。
- ・去年 5 つ、今年も 5 つ採択している。



- ・殺到しているわけではない。ぼちぼち。

#### **[4] 新エネルギー導入加速化事業について**

- ・①再生可能エネルギーの導入促進の政策としては、新エネルギー導入加速化事業というものがある。
- ・再生可能エネルギーの普及に向けては設備自体の価格が高いことのほか、発電効率の向上など技術的な課題も多い。また地域に存在する再生可能エネルギーを地域住民が活用することにより、地域活性化の効果も期待されているが、利害関係の調整や資金調達などの課題も多い。
- ・大幅な電気料金の値上げは経営を圧迫し、初期投資の負担はますます増大。
- ・導入に伴う課題解決の取り組みを促し、県内のエネルギー産業の進行を図るために、他のモデルとなる事業について支援を行う。
- ・これは中小企業や地域住民が行う再生可能エネルギー導入促進のための課題解決に向けたモデル事業への補助を行う。
- ・事業会社 Z は中小企業モデル枠として採択され、600 万円の補助金を獲得した。

#### **[5] エネルギー産業参入促進事業について**

- ・温泉熱発電などの再生可能エネルギー事業に投資するファンドに県が出資する。
  - ・名前はファンド 0。
  - ・固定価格買取制度の施行を受けて、この機会に導入を進めることが重要。
  - ・太陽光発電以外の再生可能エネルギーの導入の課題は以下の 2 点。
- ①事前調査に時間がかかり、専門的な判断が求められることが多い。
- ②導入事例が少ないため、事業開始のリスクが不透明。
- ・ファンドなら、専門的な投資判断とリスクテイクを行い、温泉熱発電など本県の特徴ある再生可能エネルギーの導入を短期間で促進可能。
  - ・再生可能エネルギーの導入促進と併せて、関連設備の製造業、工事・サービス供給業などのエネルギー産業の振興を図る。

## **【1】**

**大分県 生活環境部 生活環境企画課 自然保護・温泉班 副主幹（推定 30 代、男性）**

**大分県 生活環境部 生活環境企画課 自然保護・温泉班 主任（推定 30 代、男性）**

**大分県 生活環境部 生活環境企画課 自然保護・温泉班 職員（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 14 日（木）**

### **【1】温泉の掘削工事に関する規則について**

- ・許可出すのは県知事の権限
- ・審議会が資源に影響があるかどうか、技術駅側面で議論してもらって、知事に意見を出す。
- ・審議会がだめと言っているのに、許可出すのは実際には難しい。
- ・規則に沿った形で申請すれば許可は殆ど出る。資源への影響を防ぐためにすでに基準やルールがそのように決めてある。
- ・口径、ポンプの動力は規則で決まっている。
- ・深度の制限もある。別府市は泉源たくさんあるので、周辺の泉源の掘削状態をもとに、どこならどれだけ掘れば出るとかわかる。それにあわせて深度を決めている。大分市は 700～800、別府なら 100～200m 位。
- ・周辺井戸からの距離規制もある。
- ・保護地区だと、60m でなくて 150m 離れていないといけない。

### **【2】温泉発電事業による地下資源への影響に関する情報について**

- ・ポンプは毎分 50L におさめるようになっている。これは現在改正検討中。
  - ・動力泉だと、温泉発電も 50L におさめないといけないから、実質は難しい。
  - ・鉄輪地区（一分に 1t 出る）とかは自噴だから OK。
  - ・深度は規則で制限されている訳ではない。深く掘る必要はない。温度が足りなくなれば、更に深く掘ることも。増掘という。
  - ・増掘も代替掘削も、基本的には湧出量が増えることを目的として行う。
  - ・量が下がると、温度も下がっている。傾向的にそう。
  - ・湧出量が減ってもタンクに貯めとけばいい。でも温度が下がると冬場は寒い。だから温度が下がると代替掘削が行われることもある。だいたい 40℃が境界。
  - ・増掘よりも、代替掘削で前よりも深く掘る方が選択されることが多い。下のより高い熱水を取る理由はいままではなかったことを目的にやる。
- また、増掘だと、管を取り替えないといけないから余計にコストがかかる。

- ・ 特別保護地区では増掘は認められていない。現行と同じ深さ、同じ口径。
- ・ 別府は密集しているので、新規に掘るのはもう難しい。
- ・ 増掘も代替掘削も新規掘削と同じ。審議会にかけられ審査される。同じような判断基準で、地下資源に影響ないかを議論される。
- ・ 資源への影響は温度、水の量、泉質の変化など。

### **[3] その他**

- ・ 単純に冷ますのがいいとかはない。50⇒40℃はかなり大変な変化。
- ・ 井戸だいたい 30～40 年はもつ。
- ・ また、深く掘ることによる温度上昇は微々たるもの。50⇒100℃になることは考えにくい。温泉の温度はやはり場所によってほとんどが決まる。
- ・ 大分市などの温泉地は非火山性のところは深く掘れば温度は上がる。別府市などの火山性の温泉地であんまり深く掘ってもそんなに変わらない。
- ・ 適当な深さで熱水が一番流れているところがいい。

**【J】**

**事業会社 Z 代表取締役（推定 50 代、男性）**

**信用金庫 M 山の手支店 代理（推定 30 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 15 日（金）**

**[1] 現在稼働させようとしている発電機の設備と使用する泉源に関する情報について**

- ・ 泉源の種類は噴気。未利用の井戸を使っている。
- ・ 初期目的は 5 つのお風呂場を作る目的。それを達成して、余ったのを蒸し釜にしたが、それでも余っていたから使った。
- ・ 温度計で気温測っている。
- ・ 蒸気温度は 127.5℃。触ったら一瞬でやけどしてしまう。
- ・ この泉源は別府市内の知り合いの方が個人で所有しているもの。発電機の上の方では地獄釜につかったり、温泉に使ったり。
- ・ バイナリー発電機で発電。国内メーカー B の発電機を使用する。媒体は代替フロン。2 台設置。
- ・ 海外の機器導入検討はあった。
- ・ ボイラー・タービン主任技術者に関する経済産業省の法規制の中で 100℃以下にして利用しないといけない。そのため、高温の蒸気をサイデンスターで 98℃～100℃くらいのお湯に冷ましてから使っている。
- ・ 計画は 2012 年 11 月から開始している。発電自体は 2013 年 11 月 19 日に機械が届く、そこから配管工事。12 月の半ばから試運転スタート。年 1 月より売電事業を開始。
- ・ データを蓄積して、今後の参考資料とする。
- ・ 発電機の内部の管理はコベルコしかできない。
- ・ クーリングタワーは 3 つ使う
- ・ セパレータはここでは使わない。
- ・ から地獄になっている。水はない。
- ・ 井戸水は山水の残りをもらうのと、一カ所、山のところからもらう。
- ・ 水は一分に 120L
- ・ 水のスケールも大変。スケールは炭酸カルシウム、シリカ。薬液で対応。
- ・ 発電量は 2 台で 70kW 位を予想している。発電機の内部消費も考慮。

**[2] 事業を構成するステークホルダーについて**

- ・ 温泉工事に携わっていたから、市内では温泉を使い切れず捨てられているのがもったい

ないと思っていたことから始まり、事業会社 Z の代表が自分で色々調べた。

- ・配管工事などは自分たちでやる。工事会社使うとお金も手間も大変。自分たちでメンテも出来るようにしておきたい。データ管理も自分たちでやっていきたい。
- ・設備の工事設計は設備工事会社 F が設備設計を行った。
- ・初めてだから実験的。
- ・電気主任技術者は管理技術者協会に外部委託している。
- ・温泉に関する工事設計・施行・管理のノウハウはもっている
- ・もともとプラント工事、新幹線の電線工事、地獄の工事を手伝ってきた。それらの知識を併せた。土木、電設、温泉の工事業。
- ・地下の調査は事業会社 Z が自前で行う。
- ・許認可や売電に関する手続きは事業会社 Z が自前で行う。
- ・本格的な調査は九電の子会社とかある。しかし一件 60~80 万くらいかかる。わかるのは蒸気と圧力、蒸気の温度、安定性。3 ヶ月くらいかかる。これなら自分たちでもできる。調査を依頼して、もし発電できないときのリスクがでかい。だから調査は自分たちでやる。
- ・保健所も調査をしてくれる。一件 7 万円くらいの簡易調査。
- ・融資は信用金庫 M のみから借りている。
- ・保険会社は利用してない。
- ・他のステークホルダーは県、経産省、市（景観条例、消防署、その他）

### **[3] 補助金について**

- ・大分県の推進モデル事業として 600 万円獲得。
- ・新エネルギー導入加速化事業。
- ・発電した電気は売電できる。国の補助金事業とは違う。
- ・中小企業団体 T から補助金獲得のアドバイスを色々受けている。

### **[4] 運営体制について**

- ・社員は 10 人
- ・発電に関しては従業員いない。

### **[5] コストと採算性について**

- ・イニシャルコストが、ここは 2 台で 1 億 3000 万円~1 億 4000 万円。安くすんでいる。
- ・土地は土地の所有者から買った。たまたま売ってくれたからよかった。一坪数千円位の値段。

- ・ 3 台で 4 億国からもらっている他の地域もあるが、実証実験だから 3 年は売電できない。
- ・ 売電収入は一年で 2100 万を見込んでいる。
- ・ 薬液は年間 120 万円くらいを予測。
- ・ 設備を撤去して元に戻すのにもお金がかかる。
- ・ ボイラー・タービン主任技術者を雇うと、数百万かかる。だから今は使わなくていいようにしている。もし雇うなら資格もっている定年退職した知り合いなどに頼む予定。1 年ついて一緒に勉強すれば免許もらえる。
- ・ 今は 100℃以下にして使っているから必要ない。

## **[6] 資金調達について**

- ・ 信用金庫 M からお金借りている。
- ・ 初期費用の 100%。
- ・ 15 年間。
- ・ 前の事業会社では温泉工事、電設工事、土木事業をしていた。
- ・ これまでの実績、知識の蓄積、時間をかけて調査、大手企業のタイアップとノウハウの集結などが融資の決めてとなった。金融機関としても間違いないだろう。
- ・ 他の地銀からも融資の話はあった。
- ・ どちらかというと融資の取り合いになった。
- ・ でもそれは、事業会社 Z の代表のこの方が発電事業をされるということだったから。
- ・ もともと代表は信用金庫 M で働いていた。6 年。25 の時にやめた。
- ・ 携わっている人も融資判断の大事な要素。
- ・ 技術的なところは資料で確認してみるくらいしかできない

## **[7] 事業スキームについて**

- ・ 土地と温泉を事業会社 Z が借りている。
- ・ 第一号地は、土地と温泉併せて月 15 万。加えて水で月 1 万円。
- ・ 地熱発電が進まない理由…泉源の難しさ（井戸の継続運転の確実性）
- ・ 売電事業にも関わりたいという温泉所有者も別府市にはいる。
- ・ しかし、温泉所有者は、貸すだけという関係の方が、こちらも楽。何かあるたびに手続きにてまどっても大変。
- ・ また、温泉所有者がこれまで行ってきた泉源の維持管理も事業会社 Z が負担するため、温泉所有者は維持管理費用のコストカットができる。
- ・ 間に不動産、弁護士をつける。契約は仲介者入った方がお客さんも安心できる。

- ・何かあった時は責任はこっちで負う。
- ・営業は代表から直接口コミで。有望地しっているので、話持ち出してみる。
- ・山を切って土地を平にするのが造成、機械を据えて、配管をして、発電を行う。調査も工事も管理も、できることは事業会社 Z が全部やる。

## **[8] その他**

- ・バイナリー発電で使ったお湯を使ってどじょうを育てるアイディアもある。
- ・暖房に使う分には臭いない。
- ・コイル管の中に蒸気を通して暖房とする。
- ・鉄を食う蒸気とそうでない蒸気があるから、そのへんは知っておく必要がある。
- ・45℃以下にしないと排水できない。
- ・配管に通して下に落とす。
- ・案件数は2つ。常松（湯山）…（こっちは工事はじまっていない）と、こないだの杉の井の裏、南立石。五湯苑、五湯温泉。
- ・もう片方はボイラー・タービン主任技術者の規制緩和まっている。蒸気も使えるかどうか。内示を待っている・未利用を使っている。
- ・保険のサービスは検討しているが、特に利用していない。
- ・現在は明確な地域貢献はなく、資材調達（配管、配管の保温工事）などで250～300万円くらいを地元の企業に発注しているくらい。

【K】

地熱コンサルティング会社 E 代表取締役（推定 50 代、男性）

インタビュー実施日：2013 年 11 月 19 日（火）

**【1】事業会社 Y の行う発電事業への関わりについて**

- ・コンサルティング内容は温泉のポテンシャル調査、コネクション紹介、補助金獲得のお手伝い、手続きの代行、機器の選定、発電設備の工事計画、データの管理と分析、発電管理はするかどうかは未定。
- ・できるだけ現場での工事などは地元の企業に実行してもらい、まとめるのをコンサルティング会社がやる。
- ・計画通りいかないこともたくさんある。
- ・コンサルタントフィーはプロジェクトの収益の全体の 15% くらい。
- ・大分における参与プロジェクト数は、現在は 7 箇所あたりで事業の温泉バイナリー発電のプロジェクトを計画している。
- ・事業会社 X、Y とは特に関わりはない。
- ・関わるプロジェクトのうち、温泉発電は 40% くらい、他は地熱。温泉発電のうち、事業会社 Y は 40%、他の地域での実証実験が 10～15%、他はその他のディベロッパーとの契約。
- ・他地域での実証実験では説明会に人あんまり来ない。参加はしないが口だけ出す。
- ・温泉発電事業以外にも大規模地熱も見ているが、今は温泉発電に特化。8 割くらい。大規模は 2 割くらい。
- ・扱っている事案で実際に発電しているところはまだない。今後 2 年でやる。

**【2】提案する発電のシステムに関する情報について**

- ・バイナリー発電機については、どれを使うかはその土地に合わせて判断する。
- ・ボイラー・タービン主任技術者に関する規制の関係で、高温の蒸気はお湯に戻して発電をすることも考えられる。
- ・水のスケールよりもお湯のスケールの方が大変。電気分解による対策もあるが、メインは薬液による対策。
- ・冷却水に使用する水は地下 10m 位からでるが、深く掘るとスケールが出るために水道水もつかう。
- ・圧力とコストの関係で水の井戸も近い方がいい。
- ・発電に使ったお湯は浴用に使っても問題ないと判断している
- ・冷却塔の冷却水の循環もアイディアの一つとしてはある。



- ・水の量もお湯の量と同じ位使うと考えている。一時間に 70t くらい。
- ・冷却水は熱水と同じくらい必要

### **[3] 発電による地下の地熱資源への影響について**

- ・自噴でも貯留層への影響というのは考えられる
- ・山間部で地熱資源を地下から取りすぎたときの、下の平野部での影響については、全体の地熱ポテンシャルの少しでしかない。
- ・平野部での発電は、温泉の湯量や温度が十分ではないために難しいと思われる。
- ・保健所は市内の井戸数について厳密に把握はできていない。ルール通りにしてないで掘っているところも存在する。

### **[4] 発電事業にかかるコストについて**

- ・コストは初期費用とスケール問題に関連するメンテナンスコスト（スケール問題）。1 番は人件費だと考える。
- ・BT 雇うなら 300～400 くらい、かかるかも

### **[5] 現在確認できている温泉発電の課題について**

- ・他の地域での実証実験で、想定していた課題の中から特に顕在化してきた課題がいくつかある。
- ・まず、十分な熱水を泉源から安定供給することが難しい。スケールとかポンプのバランスとか。意外に難しい。泉源から出るお湯の量はかわらないけど、取り出せるものが少なくなってくる。
- ・スケール付着対策防止も重要な課題
- ・スケールの掃除として、メンテナンスは 1 日半くらいでできる。この頻度をもっと減らさないといけない。今は頻度は 2～3 週間に一度。だいぶ伸びてきている。
- ・でも、もしかしたら、もっと頻繁にやったのがいいかも。やはりスケールつきすぎると、圧力高くなるし、熱水通らなくなる。
- ・温泉の熱水の方にはスケール対策として薬液は入れてない。自然のままで。本当は入れるべきかもしれない。でも薬液は高い。井戸水には入れている。
- ・薬液入れても浴用には使える。食品添加物みたいな感じ。毒性のあるものは当然入れられない。
- ・冷却塔の補給水は近くに安定供給元が必要。水道水使うとコストがかかる。だから地下水からとりたいたいけど、民間から井戸を買って発電目的の井戸ではないから、ポンプが壊れ

たり補給棟が空になったりする。しかもそれをウチで常時管理できない。それだとコストもかかる。自前で新しい井戸を確保するのがいいかもしれない。

- ・発電システムの中間の温水は循環しているので補給しない。

【L】

**大分県環境審議会 温泉部会 部会長（推定 60 代、男性）**

**インタビュー実施日：2013 年 11 月 21 日（木）**

**[1] 環境審議会 温泉部会について**

- ・温泉部会の目的は温泉資源の保護を目的として設立された掘削許認可についての審議班。
- ・環境省が温泉の所轄。温泉法で統括している。昔は厚生省。
- ・許認可の審議は大分県の県知事に委譲している。
- ・保健所は窓口で、温泉部会（各県の担当）が申請書を見て審議して、知事に対して意見を提出する。これらは昔は厚生省の管轄だったので、その関連機関であることが多い。このシステムは各県同じ。
- ・温泉部会は学士経験者などから構成される。
- ・各県には十分な有識者はいないかもしれない。苦労している件もあるかも。大分県、北海道のような温泉がたくさんあるところは学士経験者いるかもだけど、あまり温泉ないところはあんまりいない。他から呼ぶこともある。
- ・事業目的と計画書が上がってきたら、自家用 or 公共用、口径・深さ、何人くらい入るか、土地と歴史とデータなどから審議し、許認可について判断する。
- ・地下に影響ないかを判断するのが重要。しかしそれを一つ一つ厳密に判断することは難しい。そこに経験則が働く。大分県は恵まれていて、データがたくさんある。掘削の許可の基準を定めるために現地の科学調査やレポートが作成された。それでこのくらいならいいだろうという目安が得られて、それに沿って審議されていた。
- ・一つ一つ技術的に試験して審議するのは、予算的にも人手的にも余裕がない。観測井もないし。
- ・新規掘削も場所によってはやるが、そのときは地下に関する推理データも何もないから、経験や常識で作成されたルールに準じて判断される。
- ・代替掘削を認めるルールにしたのは、旅館の営業保護のため。

**[2] 温泉の開発による地下資源への影響に関して実施した調査について**

- ・大分県の場合は口径を小さくしている。重大な影響はないと考えている。
- ・あっち掘ったらこっちに影響があったという話はないことはないが、その影響かどうかはわからない。データがあるわけではない。
- ・しかし、別府市全体では温泉水位は下がってきている。自噴井の数も減ってきている。自噴が停止した。

- ・別府市内において、井戸の数が短期間に急増したためだと考えられる。動力井の単調増加と既に多数存在していた自噴井による影響。
- ・別府市史は昭和 60 年度が最新？その前のやつは由佐先生が書いている。自然科学的なところや民族的なところ。
- ・湯煙景観のことで文化的重要な景観に認定されたため、そのための調査が行われた。自然科学的な概要はこれに書いてある。
- ・南部は特に影響が顕著。低地の沸騰線がとまった。沸騰しなくなった（自噴しなくなった。）。泉質が変わった。
- ・泉源の数は保健所に登録された数だが、使わなくなったのもあるから実態を表しているとは言えない。
- ・調査で現地調査、アンケート調査、台帳調査で泉源数チェックした。

### **[3] 温泉発電の可能性について**

- ・1 時間に 1t (100kg) あたりに水蒸気ができれば 100kW の発電ができる（概算）
- ・別府の温泉は温度が高いし出る量も多いから、変化が起きていても、みんな気づかないし、報告書も読まない。100℃が 50℃になっても、温泉に入る分には気づかない。
- ・しかし、温泉発電の場合は温度が 90 度より下がってきたらまずいかも。発電が増えたら更に影響も増えるかもしれない。真剣に考えないといけない。
- ・沸騰線・噴気でないと発電には使えないが、それは新たに掘る余地はもうないかも。ほとんどが特別保護地域にあるので。
- ・だから余った蒸気や沸騰線を使ってやるしかない。
- ・日本の場合、乾き蒸気を使っているのは松川くらい。
- ・東京でメタンガスによる温泉の爆発があった。火山地域ではめったにない。火山性のものに可燃性ガスはほとんど伴っていない。

### **[4] 別府の地下資源について**

- ・水に関しては権利がガチガチ。水に関しても井戸掘削は申請を必要としているところもある。
- ・地下水の法律のマネジメントは今後必要。
- ・別府は水がどこからでてくるか深さのデータもない。ちょっと掘るとすぐ 25℃以上が出てくる。
- ・別府の場合は湧水。山の斜面から出てくるような。
- ・温泉は岩盤の割れ目と、多孔質物質の隙間

- ・地下で何が起きているかはビジュアルじゃないからわからない。
- ・下の方は砂粒が多い。上の方は陥没帯で割れ目多い。
- ・熱エネルギーを温泉や蒸気として抜いているから地震が起きないかどうかはわからない。地滑りはとまるかも。でも確定ではない。蒸気がたまりすぎると爆発が起こることはある。
- ・熱水の期限、処女水はないというのが結論。見つからなかった。海水起源の似たものはあった。天水と循環水がメインである。

#### **[4] 温泉に関連する統計情報について**

- ・湧出量は勝手に出てきている量ではなく、動力井も含む。
- ・昔は自噴ばかりだったが、最近は動力井も増えてきている。
- ・自噴だけでも、数が増えると、全体に影響が出る可能性がある。特に山間部でたくさんあると、下の低地の方に影響が出てくる。下の方だったらまだいいかもしれないが。
- ・一つ一つの変化は微量でも、全体総計にすると結構大きい。一つ一つでみるとわからない。全体で見ないと。
- ・短期間でみるとわからない。長い時間で見ないとわからない。

#### **[5] その他**

- ・硫黄はスケール分ではない。気体であるが。水の方にはシリカとかカルシウム分が含まれている。
- ・温泉の水位の定義は、井戸の水位＝地下水の水位＝水面が現れるところ。水が噴き出し始める位置である。
- ・井戸水位が地面より高い場合は自噴する。管を通して止るところが静止水位。
- ・大分市のような非火山性のところは深く掘れば温度は上がる。地球内部の温度勾配による。
- ・別府市などの火山性の温泉地であんまり深く掘ってもそんなに変わらない。適当な深さで熱水が一番流れているところがいい。どの地点が温度が高いかは、流体の流動による。マグマがあるところが高い。温度勾配を見て直線であれば、流体がない。