

株式会社 H&S エナジー・コンサルタンツ  
パートナーいし まる み な  
石 丸 美 奈

### アブストラクト

2012年7月に再生可能エネルギー（再エネ）源を用いて発電された電力を固定価格で一定期間、買い取ることを義務付けた「固定価格買取制度（FIT）」が導入されて以降、日本各地では再エネを活用した様々な地域活性化の試みが推進されている。しかし、FIT自体がこういった取組みの成功を保証するものではない。

本稿では持続可能かつ地域振興に資する再エネ事業の前提条件を指摘するとともに、とりわけ農山村地域との関わりが深い小水力、地熱、バイオマスに焦点を絞って、各再エネ源の特徴とエネルギー利用における課題を考察し、先進的な取組み事例を紹介する。

（キーワード） 再生可能エネルギー、地域活性化

---

### 目 次

---

- I．再生可能エネルギーと地域社会
    - 1．再生可能エネルギー事業の波及効果
    - 2．再エネ事業成功のポイント
  - II．再エネの特徴と課題並びに先進的な取組み事例
    - 1．小水力
    - 2．地熱
    - 3．バイオマス
  - III．おわりに
-

## I. 再生可能エネルギーと地域社会

### 1. 再生可能エネルギー事業の波及効果

2011年3月の東日本大震災による福島原子力発電所事故後の経験から、集中電源に頼らぬ分散型のエネルギー供給と、地域でのエネルギー自給の必要性が見直されている。震災後の日本の一次エネルギー（原油、石炭、再生可能エネルギー）自給率はわずか6%（2013年推計値、2010年は19.9%）と、その94%を化石燃料の輸入に頼っており（図1）、2014年度の燃料輸入代金は25兆円強<sup>1</sup>に上っている。

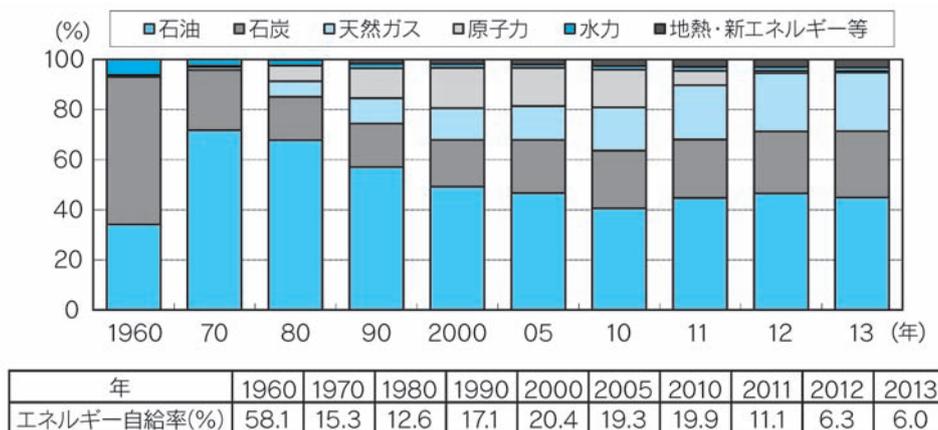
国内でのエネルギー供給を、枯渇することなく、ほぼ永続的に利用が可能な再生可能エネルギー（太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、温度差熱、バイオマスなど。以下、再エネ）で代替することができれば、海外に流出していた燃料代が国内で循環し、経済を潤す

ことになる。この再エネ事業の担い手が地域社会であれば、エネルギーを自給することにより、これまで域外に支払われていた燃料代が域内で循環する。加えて、余剰エネルギーの売却収入で地域に及ぼす経済効果はより大きくなる。

また、再エネ産業が興ることで機器の開発や生産、部品の供給などにより、地元の製造業が活性化し、メンテナンスの必要性などとあわせて雇用が創出される。技術やノウハウも地域資産になる。さらに、自然豊かで環境に配慮した再エネ地域としてのアピールや、風車や水車といった再エネ設備自体が観光客を惹きつけ、再エネを利用して生産された農産物や水産物、そして加工品は「クリーン」な商品としてブランド化も可能となる。

このような経済面だけではなく、社会面では再エネ産業による収入で福祉を充実することができる。子育て支援や定住化促進のため

図1 日本のエネルギー国内供給構成及び自給率の推移



(注1) IEAは原子力を一次エネルギー自給率に含めている。

(注2) エネルギー自給率(%) = 国内産出 / 一時エネルギー供給 × 100

(注3) 2013年は推計値である。

出典：IEA「Energy Balances of OECD Countries 2014 Edition」を基に作成

出所：資源エネルギー庁「平成26年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2015）」

1 財務省貿易統計、鉱物性燃料輸入額より算出。

の施策により、過疎化に悩む中山間地域に若者や子育て世代とともに、経験やノウハウ、人脈を持つシニア世代を呼び込むことができるようになるし、高齢者の医療や介護の質も上がる。加えて、自給エネルギーを持つことで日常生活の安定性が増し、災害などの非常事態への備えになる。

環境面からすると、持続可能な再エネ事業はその生産現場である自然環境を保全し、循環型社会を実現することによってのみ可能となるが、適切な自然環境の整備は災害に強い地域づくりにもつながる。そして、処理にかかる労力とコストのため、これまで負のイメージでとらえられてきた廃棄物なども貴重な資源として再エネ事業での利用が進み、地域が抱えてきた問題の解決となる。結果として地域社会での生活の質は高まり、地球温暖化防止と気候変動の緩和にも多大な貢献をする。教育的な効果も高く、事業の現場は環境学習の重要な場となる。

## 2. 再エネ事業成功のポイント

このように、様々な面から地域社会にポジティブな波及効果をもたらすポテンシャルを秘めた再エネの利活用に、発電事業分野での経済性を担保したのが2012年7月に導入された固定価格買取制度（FIT）である。再エネの普及促進を目的とするFITは、太陽光、風力、水力（但し3万kW以上の大規模水力を除く、1kW=1,000W）、地熱、バイオマスを利用して発電した電力を固定価格で10年から20年という長期にわたり電力会社が購入することを義務付けているため、発電プロジェクトの事業性が予見できるようになり、採算

の確保が以前より容易になった。

しかし、FITはあくまでも再エネ事業の一助となるに過ぎず、取組みが成功し、地域活性化につながるか否かには様々な前提条件がある。

これまでの先駆的事例にほぼ共通して見られるポイントには

- ① 再エネ事業の中核となる人や組織が地域に調和または根差しており、それをサポートする体制が存在すること
- ② 域外との人的交流や情報ネットワークを持つ「開かれた地域」であること
- ③ 地域の抱える問題を明確にし、問題解決型のアプローチをとっていること
- ④ 事業の計画段階から、できる限り多くの関係者を巻き込んで徹底した話し合いによる合意形成を行っていること
- ⑤ 事業からの利益の大半が、地域に貢献する形で還元または再投資されていること
- ⑥ 地域の価値を高め、地域住民が誇りに思える理念に基づいた事業であること
- ⑦ 事業に対する住民の認識と理解を深めるための活動や域外への情報発信が活発なこと

などが挙げられる。

また具体的な事業化の観点からは、

- ① 事業計画が補助金頼みにならず、採算性ないしは継続性を備えていること
- ② 事業主体に経営上の透明性が高いこと
- ③ 事業主体にプロジェクトに関する最低限の技術・法律・会計などの専門的知識があること
- ④ 地域住民や組織からの出資やコミットメントがあること

といった点が鍵となる。

そして、リーダーシップを取るにせよ、後方支援に徹するにせよ、自治体の果たす役割は大きい。とりわけ高齢化と過疎化による人手不足や人材難に苦しむ農林漁村地域で、再エネを活用した地域活性化を成功に導くためには、あるべき地域の姿に関するビジョンの提示、地域内・外での利害関係の調整、情報・専門知識の提供や教育、事業の側面支援といった分野で自治体の様々な関与が求められる。

## II. 再エネの特徴と課題並びに先進的な取組み事例

以下では、とりわけ地域への関わりの度合いが高い再エネ資源である小水力、地熱、バイオマスについて、それぞれの特徴とその利活用にあたっての課題について考察し、先進的な取組み事例を紹介する。

### 1. 小水力

#### (1) 小水力発電の特徴と課題

再エネの中でも気象条件に左右され不安定な太陽光や風力と比べて、安定したエネルギー源となる水力利用の中心的な形態は、現在のところ発電である<sup>2</sup>。中でも小水力発電（一般的には出力1万kWまでを指す）はごく小規模（数W）から可能で、最も手作り感が強い。設備利用率（設計上の出力でフル操業した場合の発電電力量に対する実際の発電電力量の割合）は60～70%と、同じ設備容量であれば発電量が太陽光の約5倍、風力の約2倍で、非常に効率的である。また、発電によ

る経済的メリットだけでなく、地域での技術習得、人材育成、環境教育に適しており、コミュニティ再生にも役立つ。さらに、発電時にはCO<sub>2</sub>等を排出しない代表的なクリーンエネルギーで、河川環境の改善にもメリットがあり、総合的な環境保全に結びつく。

その一方で、河川や水路などを発電に利用するには、基本的に水利権を取得する必要性があり、太陽光や風に比較すると水の利用については利害関係の調整や法的な手続きが煩雑で時間と労力がかかる。さらに、土木関連工事に費用がかかり、小規模になるほどコストが割高になる。加えて、地域振興のため、小水力開発が全国で一斉に活発化している反面、戦後の日本では小水力エネルギーの活用が廃れてしまったため、機器メーカーが少なく、機材の供給が不足している。

2000年以降にFITが本格化したドイツや、その後、同様の制度を導入した欧州各国では、小規模な水力の開発が進み、小水力発電産業は高い技術力と国際競争力を持つ成熟産業となっている。しかし、日本では低迷期が長く、製造体制や技術開発の面で遅れをとっており、製造能力・技術力の向上と専門技術者の養成が急務だ。

#### (2) 取組み事例

##### 【事例1】岐阜県郡上市石徹白地区での取組み

地元が主体となった小水力発電導入による地域活性化の代表例が、過疎化、少子・高齢化に悩む岐阜県郡上市石徹白<sup>いとしろ</sup>地区での取組み

2 かつては精米や製材などの産業用動力や揚水として利用されてきた。

だ。同地区では、この50年間で人口が4分の1の100世帯270人ほどにまで減少し、集落唯一の小学校の全校児童が12名という危機的状況になっていた。しかし2007年から、地域・地元NPOや、農山村で持続可能な自給経済を可能にするため水力発電に着目していた岐阜出身の平野彰秀氏（東京からUターンし石徹白地区に移住）を中心として、小水力発電所づくりが始まった。これを契機に、住民の間に持てる資源を活用し、地域存続のための活動をしてゆこうという気運が広がり、大きな活動に発展した（図2）。

小水力発電による電力で休眠中の農産物加工施設が再稼働し、地域のとうもろこしを使った特産品が生まれた。そして、ユニークな取り組みがメディアで報道されることにより年間800人もが視察に訪れるようになったため、地域の女性グループによる地元食材を使ったカフェもオープンするなど、住民主導での様々な活動が行われている。結果として7年間でIターン・Uターンにより子育て世代が8世帯22名増え、人口増加率が「8%」となった。

2014年4月には、ほぼ全戸による出資で農業水利施設の維持管理を行う農業協同組合（専門農協）を作り、自らリスクを負って、新たな小水力発電所（出力103kW）の建設事業に乗り出している。2016年には発電開始の予定で、FITによる売電収益は農産物加工、特産品開発、新規就農者の研修、農業経営など、農村振興のための事業原資として活用し、地域の存続を目指す。

## 【事例2】富山県黒部市宇奈月温泉「でんき宇奈月プロジェクト」

温泉資源に加えて水力エネルギーも豊富な富山県黒部市の宇奈月温泉（地区人口約450人）は、黒部峡谷トロッコ電車の始発駅にあたるため、観光客を乗せたバスや乗用車で地域交通が渋滞し、排ガスによる環境汚染が深刻になる一方で、観光客は同地の温泉街を素通りするという問題を抱えていた。そこで同地域では、市街地を走ることができるのは電気自動車（EV）と馬車のみという、スイスが誇るマッターホルン山麓の有名な高級山岳リゾート地ツェルマットをモデルに、水力発

図2 石徹白のらせん型水車（出力：常時500W／最大800W、左）と上掛け式水車（出力：常時750W／最大2,200W、右）



出所：全国ご当地エネルギー協会Webサイト <http://communitypower.jp/>

電などの再エネと低速電気バス（愛称EMU（エミュー）、小型で20km/時）による公共交通で、先進的なエコ温泉化による観光客誘致の促進を目指すとともに、エネルギーの地産地消による自立した地域づくりを進める「でんき宇奈月プロジェクト」に取り組んでいる。

同温泉街の防火用水路の10メートルの落差を生かした「宇奈月谷小水力発電所」（2014年6月発電開始、最大出力2.2kW）は一般家庭4戸分の年間消費量に相当する電力を供給でき、この電力は地域内で循環するEMUや、観光用のレンタルEV・電動自転車のバッテリー充電と発電所周辺の防犯灯に利用されている。EMUは温泉街の1周2.5kmほどを約20分かけて周回運行し、運賃は無料でルート内は乗り降り自由となっている（図3、図4）。

これに加えて、温泉熱と冷水の温度差を電

気エネルギーに変換し、LED照明やイルミネーションに利用している。

ツェルマツトではEVの製造からメンテナンスまでの全てを一貫して地元で手掛けている。EVを購入する段階での支出は通常の自動車に比べて高くなるものの、その資金はすべて域内で循環するため、地域への経済効果が高い。宇奈月でも同様の形で、将来的には中小企業の振興、雇用促進、域内での資金循環を目標にしている。

## 2. 地熱

### （1）地熱発電（温泉発電）の特徴と課題

水力と並んで地域に密着した安定電源になりうる地熱エネルギーだが、日本ではその資源量が米国、インドネシアに次いで世界第3位であるにも関わらず、開発が非常に遅れて

図3 「宇奈月谷小水力発電所」発電設備の概略

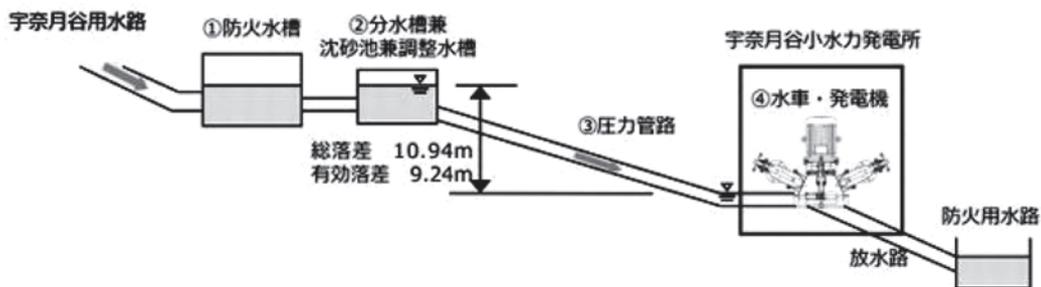


図4 電気自動車バス（EMU）



出所：図3、図4とも、でんき宇奈月プロジェクト

きた。主な理由として①開発コストが高く、開発期間が長期にわたること、②熱源ポテンシャルの80%以上が国立・国定公園域内にあり、規制のため開発ができなかったこと、③温泉関係者等の反対、がある。しかし近年、FITの導入と地域活性化の観点から関心が集まっているのは、既存の温泉から得られる比較的低温で未利用の熱水・蒸気を活用する小規模な地熱発電（温泉発電）だ。

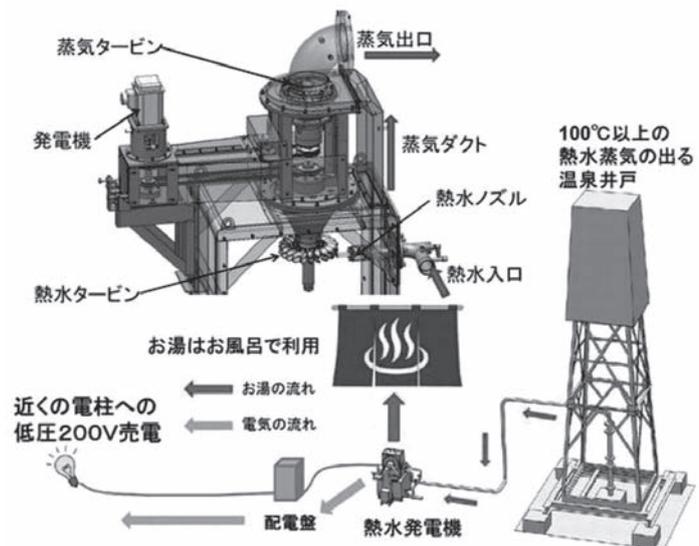
温泉発電では従来の大規模な地熱開発に係る様々な問題を回避できる。温泉の探査や掘削が不要となるので、多額の費用がかかる噴気の失敗リスクがない。また、長い時間がかかる環境アセスメントが不要となり、短期間で稼働できる。さらに、初期費用（数億円程度）を抑えることができるので、FIT利用による売電ができれば採算性のある事業計画が立ちやすく、中小規模の地元事業者も参入できる。加えて、高温の熱水を温泉の浴用の温度まで下げるために棄てられてきた熱エネルギーや、利用されてこなかった蒸気を活用するだけなので、未利用エネルギーの有効活用になり、かつ、温泉資源への影響もなく、関係者の合意を得やすい。

温泉発電に利用可能な方式には、地中深くから噴出する200～350℃程度の高温の蒸気と熱水を分離し、この蒸気でタービンを回し発電する「蒸気発電」、70～150℃程度の熱水で沸点の低い媒体（ペントタン、アンモニアなど）

を加熱して得られる高圧の蒸気を利用する「バイナリー発電」に加えて、近年開発された「湯けむり発電」の3つがある。湯けむり発電は100～150℃程度で噴出する源泉からの熱水と蒸気をそのまま利用する方式で、コンパクトかつシンプルな構造の発電装置を設置するだけでよい（冷却塔、熱交換器、冷却水などの設備が不要）（図5）。

今後の普及が期待される温泉発電だが、FITの適用を受けても現状では依然として経済性の問題が残る。①安定的に稼働するコンパクトなバイナリー発電設備がないこと、②配管などの周辺工事のコストがかさむこと、③温泉スケール（湯の花）問題<sup>3</sup>による設備稼働率（年間に設備が動いていた時間の割合）・設備利用率の低下、などが大きな障害となっている。

図5 「湯けむり発電」の仕組み



出所：株式会社ターボブレード

3 スケールは温泉水に元々溶けていた成分が、不溶性となって析出、沈殿、付着するものの総称。これが温泉の配管などに厚く付着すると、湯が詰まったりポンプが故障したりするため、発電量が低下したり、スケール除去のために発電機器の稼働を停止しなければならず、経済的に大きな損害となる。

## (2) 取組み事例

### 【事例1】長崎県雲仙市「小浜温泉バイナリー発電所」(バイナリー発電)

島原半島西部に位置する長崎県雲仙市の小浜温泉での事業は、未利用のまま海に捨てられていた1日の湧出量の70%にもものぼる熱水(100℃超)を温泉バイナリー発電で有効活用するものだ。発電後の温泉熱は農業や製塩、養殖などに2次利用し、さらにバイナリー発電所自体を見学の中心にした「小浜温泉ジオツアー」により、地熱を観光資源や教育施設としても地域振興に役立てようと計画された。

同温泉では2004年に新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)と小浜町の主導で進んでいた大規模掘削をとまなう地熱開発プロジェクトが、地元の反対で中止になった経緯がある。しかし、今回の温泉バイナリー発電は既存の温泉に影響を与えるリスクはなく、地域にとってメリットのある発電事業となっている。プロジェクトを提案した長崎大学を中心とするグループが、地元の温泉旅館経営者など利害関係者への説明・説得に尽力したことにより反対運動の中心人物が推進派に変わり、旅館経営者、商工会、長崎大学、長崎県、雲仙市など、産学官の連携のもと、地域主導での事業推進が可能となった。

2013年4月に稼働した「小浜温泉バイナリー発電所」(出力60kW設備3基の180kW)では、その後1年間にわたり環境省の補助事業として実証実験が行われた。実験では主にスケール問題で計画通りの発電量は得られな

かったが、現在は神戸に本社を置く株式会社洗陽電機が設備を買い取り、様々な問題を解決した。発電事業を手掛けているのは同社が小浜町に設立した特別目的会社「第1小浜バイナリー発電所」で、9月2日には洗陽電機の本体に売電を開始した。洗陽電機は新電力会社(PPS)として地域に電気を供給する方針だ。加えて、発電後の温泉水は地元の旅館や農業ハウスでの利用が検討されている<sup>4</sup>(次頁図6、図7)。

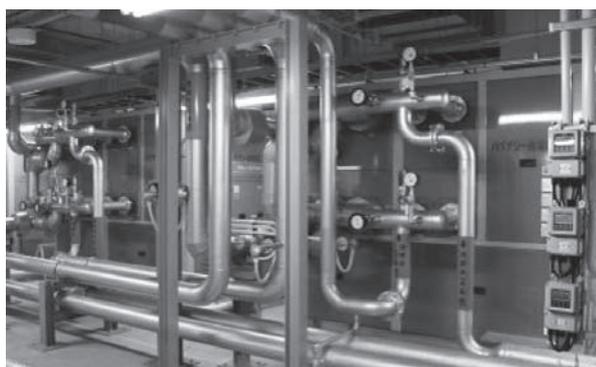
既存の源泉を活用する温泉発電には、地熱発電特有の噴気リスクこそないが、これを持続可能な事業とするためには、事前の綿密かつ十分な経済性に関する調査と温泉を扱う地元ノウハウの蓄積が不可欠となる。加えて、利用可能な日本企業による小型バイナリー発電機は種類が少なく、稼働の安定性にも改善の余地がある、というハード面での課題を克服する必要がある。

### 【事例2】大分県別府市「亀の井発電所」(湯けむり発電)

別府市内では湧き出た温泉の9割が未利用のまま海に流失しているといわれており、その中でも沸騰泉(蒸気と熱水が混合して噴出する温泉井戸)を有効活用するために、同市の地熱ワールド工業株式会社や大分市の株式会社ターボブレードなど、地元企業グループが大分県の支援をうけて共同開発したのが前述の「湯けむり発電(熱水蒸気発電)」だ(図5)。

4 スケール問題は熱交換システムの変更、冷却コスト問題は海水冷却システムの導入などにより対処されているという。阿部博光「温泉エネルギーが地域の発展に貢献」、エネルギーレビュー、2015年5月、石田雅也「温泉発電で町おこし、『湯の花』を抑えて年間3000万円の収入に」、スマートジャパン、2015年9月4日

図6 「小浜温泉バイナリー発電所」(上)と発電機(下)



出所：小浜温泉バイナリー発電所

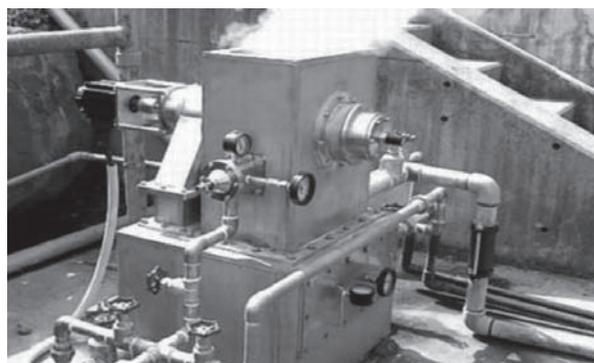
図7 配管内に付着したスケール



出所：(一社) 小浜温泉エネルギー

2014年11月には、温泉の配湯のために使われている温泉井戸の上に設置された実用1号機（亀の井発電所、出力11kW）が本格稼働を始めた（図8）。100℃以上の熱水と蒸気が一定量必要となり、設置可能なサイトは限定されるが、実用化が進めば別府市内で50か所、

図8 「湯けむり発電」の実証機



出所：株式会社ターボブレード

全国では500か所以上で利用可能と見られている<sup>5</sup>。

温泉発電はまだ始まったばかりで、現在のところ、事業に採用できる安価で安定性のある専用の国産機器にほとんど選択の余地がなく、事業普及のネックとなっているため、新たな発電方式が加わったことで、その可能性は広がることになろう。さらに、地元企業が地域のニーズにあった機器の開発を進めることで事業を展開するというアプローチは、単なる売電やエネルギー利用のみならず、地域産業への波及効果をもたらし、技術やノウハウが地元の資産となって残るため、今後の展開に期待がかかる。

### 3. バイオマス

#### (1) バイオマスの特徴とそのエネルギー利用における課題

再生可能な生物由来の有機性資源で、化石資源を除いたものはバイオマスと呼ばれており、代表的なものとして林地残材（間伐材、被害木等）、建設廃材、製材工場残材、農作

5 阿部 前掲注4

物残渣、食品廃棄物、家畜糞尿、下水汚泥、食用廃油、資源作物（エネルギーや製品の製造を目的に栽培される植物）などがあげられる。

再エネの中でバイオマスは、①化石燃料に一番近く用途が広い、②天候に左右されない安定的なエネルギー源、③カーボンニュートラル<sup>6</sup>、④広範囲に低密度で賦存しているため収集・運搬・輸送にコストがかかる、といった特徴を持つ。

バイオマスの豊富な供給源である農山村でその資源を持続可能な形で利活用すれば、林業再生や新産業と雇用の創出につながり、地域を活性化できるとともに、自然環境の保全が可能となる。また、家畜排せつ物や生ゴミ、間伐材や廃材など、従来は廃棄処分されていたものが資源として有効活用されるようになるため廃棄物が減少し、循環型社会の構築につながるとともに生活の質が向上する。

エネルギーとしてのバイオマスは、「熱供

給」、「発電」、「運輸燃料」の3通りに利用されるが、どのような種類のバイオマスをどのような用途で活用するかは各地域に賦存するバイオマスの種類や供給量と、地域ないしは広域でのエネルギー需要のバランスで決定されるべきものだ（図9）。

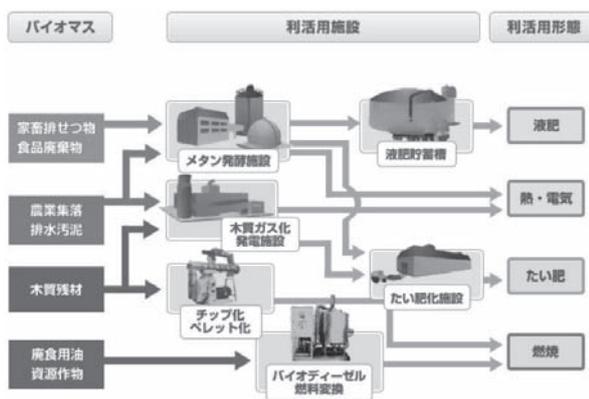
以下では木材やその副産物である木質バイオマスと、それ以外のバイオマス資源のメタン発酵による利活用について考察する。とりわけ前者のエネルギー利用にあたっては、資源調達から設備の運営管理まで多くの人々の関与が必要となるため、地域経済への波及効果や雇用創出効果が大きい。

### ① 木質バイオマスのエネルギー利用の現状と課題

木材は、まず可能な限り付加価値の高いマテリアルとして利用し、最終的に残ったものを最も価値が低いものを燃料とする（カスケード利用）。その際にはエネルギー効率の高い熱利用を優先し、コスト面に配慮して小規模分散型のエネルギー源とする。発電に利用する場合は熱電併給（CHP）でエネルギー効率を高め、電力ではなく、熱の需要に見合った規模でのCHPを設置する。というのが木質バイオマスの有効活用の基本原則となる<sup>7</sup>。しかしFITの導入により、採算性の観点から5,000kW級以上の大規模な発電専用施設の建設計画が進められてきた（次頁図10）。

5,000kWクラスの発電所を維持してゆくためには年間6～7万トンもの木質燃料（水分

図9 バイオマス利活用のイメージ

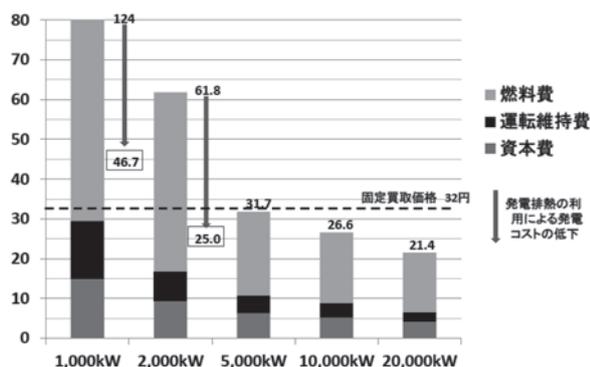


出所：（一社）地球環境資源センター Webサイト  
<http://www.jarus.or.jp/>

6 バイオマスを燃焼することなどにより放出されるCO<sub>2</sub>は、生物の成長過程で光合成により大気中から吸収したCO<sub>2</sub>に由来するため、全体として見れば大気中のCO<sub>2</sub>は増加せず、カーボンニュートラルと考えられている。

7 木質バイオマスの熱変換効率は熱生産の場合90%、CHPでは60～80%だが、発電の場合は25%程度にしかない。

図10 木質バイオマスプラントの発電コスト  
(円/kWh)



出所：熊崎実「小規模バイオマス発電（2MW以下）で採択可能な技術とコストについて」、2015年3月12日を編集  
原典：多喜真之、山本博己、市川和芳「国内バイオマス発電の経済性評価」

40%の場合。燃料の水分含有量により異なる）の長期安定供給が必須で、広域にわたる様々な関係者の連携が必要となる、大がかりかつ複雑な難事業だ。結局は域外からの大企業と資本主導のプロジェクトとなり、地域資源を利用するものの、その利益が地元には十分還元されないケースや、燃料確保のための無秩序な伐採が地域の森林環境を今以上に悪化させるケースも想定される。

数万kW規模の大型発電事業では、輸入のヤシ殻（PKS）などで燃料の一部や大半をまかなうというものも多く、地域経済や国内林業へのメリットがほとんどないばかりか、FIT制度を支える国民の税金の一部が海外へ流出するとともに、長距離輸送によりCO<sub>2</sub>排出量が増え、地球温暖化防止に逆行する。

従って、大規模な発電事業は林業・製材業・製紙業などが伝統的に盛んで、森林資源

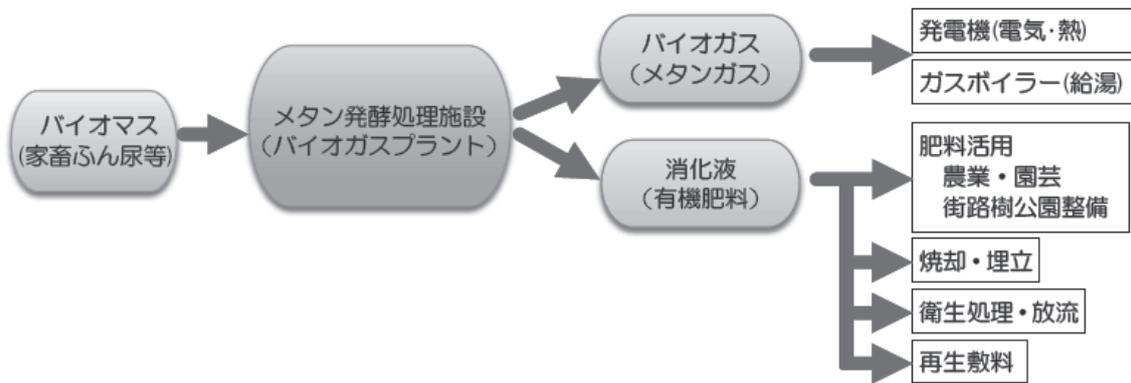
の循環ノウハウの蓄積がある地域でのみ、慎重な計画に基づいて行われるべきものだ。そうではない地域での林地残材等の活用は、熱利用や小規模でのCHPとし、まずは地域でのエネルギー自給自足による経済効果を重要視すべきだろう。

具体的には、①地域の公共施設から始めて、事務所や個々の住宅で薪、チップ、ペレット<sup>8</sup>を利用するストーブやボイラーの導入を促進することで、木質燃料の販路を創出しつつ、マテリアル利用には適さない地域森林資源の燃料加工事業を行う、②地域内で年間を通じ、ある程度のまとまった熱需要のある施設・施設群（たとえば製材工場、温泉・宿泊施設、食品加工工場、病院・福祉施設など）に小規模なCHPプラント導入する、③資源が豊富で燃料供給が持続可能な地域では、将来的な自治体の都市計画に沿ったかたちでの熱電併給による地域熱供給システムを考慮する、といった形が望ましい。

2015年度からはFITに未利用木質バイオマスによる2,000kW未満の発電施設のカテゴリーが新設されて、買取価格も現行の32円/kWhから40円（税抜き）へ引き上げられたため、地域型プロジェクト推進の追い風となっているが、他の再エネと同様に、ここでもハード面でのネックがある。日本の場合、通常の蒸気タービンによる発電はCHPを前提としても2,000kW以上でなければ採算にのらない。しかし、これまでは2,000kW以下で稼働

8 チップは木材を小片に切削・破碎したもの、ペレットはバーク、おが屑、端材などを顆粒状まで碎き、圧縮して棒状に固めて成形した固形燃料。

図11 バイオガス利用のフロー



出所：北海道経済部 産業振興局 環境・エネルギー室「畜産系バイオガスプラント導入ハンドブック」2015年2月

が安定している技術の選択肢がなく、また、バイオマスボイラーのメーカーも少ないことから、限られた技術や製品そして高コストの制約の下での利用しかできなかった。

今後、バイオマス利用の先進国であるオーストリアやドイツなどのように、小規模で分散電源に適する機器が日本でもごく普通に見えるようになれば<sup>9</sup>、経済面からも、社会面・環境面からも、地域へのポジティブな波及効果は増大するだろう。

## ② バイオガス（メタンガス）のエネルギー利用の現状と課題

農作物残渣、食品加工残渣、家畜糞尿、下水汚泥、生ごみなどの含水率の高い有機性廃棄物を酸素のない（嫌気）状態で一定の温度に保つと、嫌気性微生物（増殖に酸素を必要としない細菌など）の働きによってメタン発酵する。そこから発生するガスがバイオガス

で、主に60%前後のメタンと、40%前後の二酸化炭素からなる。ごく微量に含まれる硫化水素を除去（脱硫）した後、ガスエンジンやボイラーで燃焼し、発電や熱供給を行う。メタン発酵後の残渣は消化液と呼ばれるが、殺菌後の消化液は良質な液肥となる（図11）。

木質バイオマスに比べてまだ認知度が低いバイオガス利用であるが、木質バイオマスよりは発電事業が行いやすい。ガスエンジンでの燃焼で発電が行われるため、小規模でも発電効率が30~40%と、蒸気タービンによる大規模な木質バイオマス発電の約20%より高い。そのため排熱が大きくなり、また、発酵槽の加温にも熱を使用するので、事業性確保のための排熱利用が不可欠にはならないからだ<sup>10</sup>。

農作物残渣、家畜糞尿、食品加工残渣などは農業由来であるため、とりわけ農山村での未利用資源の有効活用となる。FITの売電収入に加えて、熱利用による化石燃料の代替で

9 たとえば、低温（300℃程度）でも効率良く安全に発電が可能な技術としてオーガニックランキンサイクル（ORC）が普及しているが、2013年にこの技術を持つイタリアのTurboden社が三菱重工の傘下に入り、同社のORCによるCHPユニットが日本向けに改良されているところである。

10 バイオガスの地域でのエネルギー利用については、加藤望「地域エネルギー事業としてのバイオガス利用に向けて」、富士通総研（FRI）経済研究所、研究レポートNo.413、2014年2月に詳しい。

燃料支出の削減効果があり、コストを払い処理を委託していた有機廃棄物を利用する場合はその負担も削減できる。加えて、副産物の消化液を農業生産に活用することができるし、農業ハウスや食品加工工場での熱利用で、再エネによるクリーンな生産物としてのブランド化も可能だ。

現状の日本でのバイオガス事業における主たる課題は①高いプラントコスト、②プラント運用・管理の難しさ、③消化液や熱の有効利用、にある。FITの買取価格（39円/kWh、税抜き）の根拠となったプラントコストは392万円/kWと、最も高い75kW未満の規模でも約122万円（€9,000、1€=136円で換算）であるドイツの3倍以上となっており、市場が未成熟なため、プラントを運用する側のニーズではなく、供給側の仕様が優先しているのが現状だ。また、事業者側の知識やトレーニングが不足しているため、トラブルのない効率的な運用や管理ができていない。加えて、消化液は有益な肥料ではあるが、これを大量に散布できる地域は北海道などにかぎられており、その処理には余分な費用がかかる。熱利用に関しては地域全体でそのポテンシャルを生かせる仕組みができていない。

FIT導入以降、2015年4月末時点でメタン発酵によるバイオマス発電設備は50件が新規導入（電力買取開始）されたが、今後も着実な普及につながるかは、こういった問題のいかに解決できるかにかかっている。

## （2）取組み事例

### ① 木質バイオマスのエネルギー利用事例

#### 【事例1】北海道下川町「森林資源の徹底活用と地域熱供給による地域再生・産業創出」

木質バイオマスによる地域活性化の先進的モデル地域として有名な北海道下川町（人口約3,500人）は、冬季の最低気温が $-30^{\circ}\text{C}$ 、夏季の最高気温が約 $30^{\circ}\text{C}$ と厳しい自然条件の中で、町の9割を占め、唯一、豊富な森林資源の利活用を持続可能なかたちで行ってゆける循環型森林経営の実現に早くから取り組んできた。

地球温暖化防止と化石燃料費削減の目的で、2004年に木質バイオマスボイラーが町営の「五味温泉」に導入されて以降、7年間で約2,500万円の燃料費削減に成功した同町では、住民の合意を得て公共施設への木質バイオマスボイラー導入が加速し、現在ではその熱需要の6割を供給するまでになっている。

こうした再エネでの代替によるコスト削減分は、その半分が設備更新費用として積み立てられ、残りの半分は町民の子育て支援費用に充てられ、目に見える形での地域還元が図られている。

また、林産業での副産物（間伐材、端材、枝葉、バークなど）は燃料として使われる以前に、徹底したマテリアル利用がなされ、多くの職場と雇用を生んでいる（図12）。

さらに、町の中心部から離れ、人口減少、高齢化、老朽化した公営住宅が問題化していた一の橋地区を、自治体主導の集住化によるコミュニティ再生モデルエリアと位置付け、再開発に合わせて木質バイオマスによる地域

図12 下川町での森林カスケード利用



出所：下川町資料

図13 「一の橋バイオビレッジ」の超高齢化に対応するエネルギー自給型の集住化エリア



出所：下川町Webサイト <https://www.town.shimokawa.hokkaido.jp/>

熱供給システム<sup>11</sup>を導入して、熱エネルギーの自給と余剰熱を生かした新しい産業の創出・誘致に尽力している（図13）。

木質バイオマスの熱利用での経験を10年にわたって積み重ねてきた下川町では、現在、FITを活用した木質バイオマス発電に乗りだそうとしている。地域の熱需要と燃料供給体制等を考慮に入れた上で、2,000kW規模の発電（ORCを予定、ORCについては注9参照）を5年以内に、地域熱電併給システムを10年

以内に実現すべく準備を行っている。

同町の試算によると、10年後に地元の木質バイオマス資源でエネルギー完全自給が可能になれば、現在、域外に流出しているエネルギー費用の年間12億円が域内で循環するようになり、林業・林産業生産額では7億円の増加が、そして地域全体としては28億円の総生産額増加が見込まれるという<sup>12</sup>。

下川町の抱える過疎化・高齢化と健全な林業の維持という問題は、全国の中山間地域の多くが共有する課題だが、ここでは解決への取組みに果たしている自治体のリーダーシップが大きい。町役場の職員各々が、プロ意識と技術や経済を含めた専門知識を持って、地域振興のために積極的に活動している。

加えて全国の企業や都市や団体と連携し、森林を活用したカーボンオフセットや環境教育にも熱心な取組みを進めた結果、役場を核として住民や地元組織に環境先進地域の誇りが生まれ、より一層、革新的な取組みに挑戦し続ける原動力となっている。

11 太陽光発電設備（出力15kW）も併設され、システムの動力とエリア内の一部電力をまかなっている。

12 ただし、10年後の域内収支は8億円の改善がみられるものの、依然として44億円の赤字に留まる。

## 【事例2】木の駅プロジェクトとその応用例

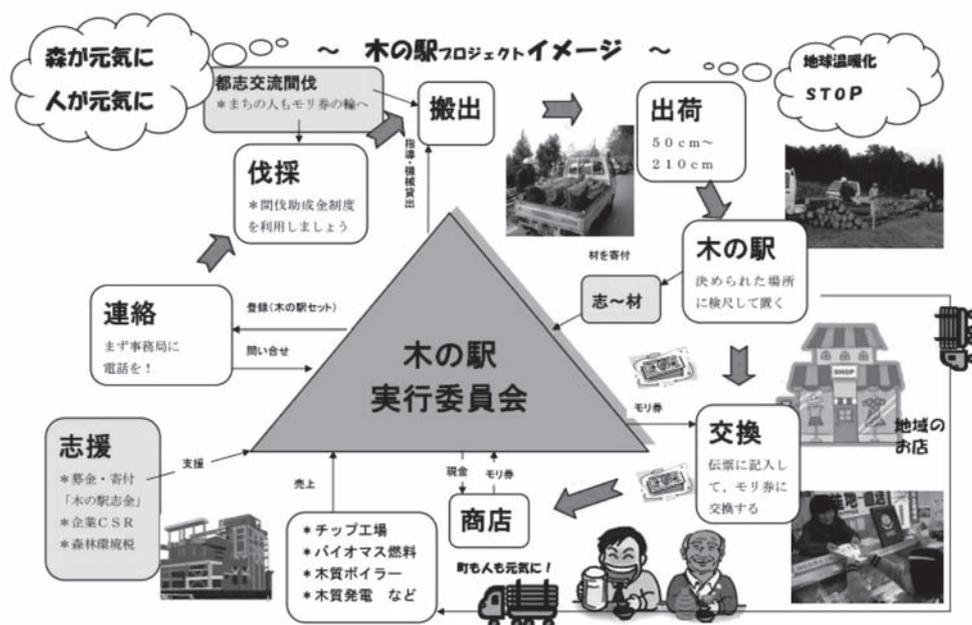
高知県日高村<sup>13</sup>（人口約5,200人）のNPO法人土佐の森・救援隊は、機械化された大規模・集約型林業とは対極のアプローチである自伐型林業を推進する中心的な組織である。ごくシンプルな装備で、小規模な森林所有者どうし、地域住民や森林ボランティアなどとの共同、または農業など他の仕事の副業として、労働集約型の間伐や木材の搬出を行う。これにより、地域での就業機会を拡げ、移住を促進しつつ、森林資源を無駄なく、持続可能な形で利用・管理し、山村を再生してゆこうとする理念に基づき活動を行っている。同NPOは「C材<sup>14</sup>で晩酌を！」の掛け声のもと、①サラリーマンや農家といった一般の人々の

労働力、②森林資源の引受先（NEDOの実験事業として建設された木質ペレットを製造するバイオマスプラントの運営を、2012年3月まで仁淀川町から受託）、そして③地元企業や公的支援を資金源とした地域通貨券（モリ券）を組み合わせ、「土佐の森方式」と呼ばれるようになった林地残材の運搬収集システムの成功で注目を浴びた。

この仕組みを簡素化・標準化して、土佐の森のケース<sup>15</sup>のようにプラントがなくても、全国どこでも導入できるようにアレンジしているのが「木の駅プロジェクト」<sup>16</sup>で、岐阜県恵那市で2009年に始まった。

あらかじめ定めた「木の駅」では、搬出されてきた林地残材などの未利用材を相場より

図14 「木の駅プロジェクト」の概念図



出所：木の駅プロジェクトWebサイト

13 「仁淀川町地域木質バイオマス資源活用事業所」の廃止に伴い、2012年4月に拠点をいの町から日高村に移転。

14 木材の大きさや質によるランク分けで、一般的にA材は建築用材、B材は合板や木工用材、C材は製紙原料（チップ）やベニヤ・ボード用、D材は燃料用。

15 現在はペレットから薪利用の推進にシフトしている。

16 詳細はWebサイト<http://kinoeki.org/>を参照。

少し高い一定価格（6,000円／トン程度）で買い取り、対価を地元のみで使用可能な地域通貨で支払う。「木の駅」で買い取った木材の多くはチップ業者に出荷され、製紙原料やバイオマス燃料などとして利用されることになる（図14）。その際に生じる買取価格と販売価格の「逆ザヤ」は、市町村などの補助金や森林環境税からの助成、または寄付などでカバーされているのが現状だ。

しかし、まず安定した薪のニーズに応じて販売ルートを確認し、木材を薪に加工することで雇用を創出して、その付加価値で逆ザヤを解消している地域の「木の駅」もある。たとえば長野県伊那市を中心とした地域では薪ストーブが一般家庭にも普及しており、薪ストーブ販売施工会社DLD Inc. はこうしたユ

ーザー向けに、「木の駅」として原木を6,000円／m<sup>3</sup>で買い取り、薪に加工した上で宅配サービスを行っている。2012年度は長野・山梨・宮城の950軒の顧客に1束（乾燥重量約7kg）250円で17万束を販売し、パート、アルバイトを含め50名以上の雇用を創出している<sup>17</sup>。

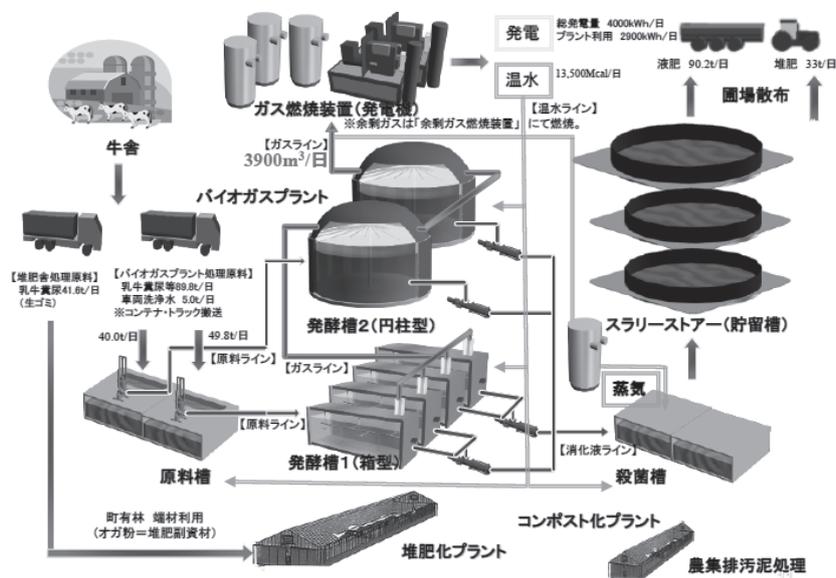
## ② バイオガスのエネルギー利用事例

### 【事例1】北海道鹿追町集中型バイオガスプラント

十勝平野の北西部に位置し、畑作と酪農の混合地帯である北海道鹿追町（人口約5,700人）のバイオガス事業は再エネ活用による地域問題解決型の代表例であろう。

バイオガスプラントの運営方法には、個々の農家がプラントを設置する個別型<sup>18</sup>と、自

図15 鹿追町バイオガスプラントのシステムフロー図



出所：鹿追町資料

17 林野庁『平成24年度 森林・林業白書』、NPO法人木質バイオマス産業社会ネットワーク（BIN）『バイオマス白書2014』

18 個別型のモデルケースは北海道士幌町のバイオガスプラントで、集中型と比べて原料や副産物の運搬コストがかからない、熱を自家消費できる、といった利点がある反面、ガス発生量は少なく、プラントの維持管理が個々の畜産農家の負担になる。

治体や農業団体などが設置運営し、複数の農家から家畜糞尿を収集する集中型に分けられるが、同町は2007年に既存の汚泥処理施設に加えて集中型のバイオガス発電プラントと堆肥化施設を新設して、鹿追町環境保全センターを開設した（前頁図15）。これは売電による収益増を目的としたものではなく、環境と観光への悪影響が問題になりつつあった乳牛の糞尿の臭気対策として導入されたものだ。

同センターの建設費17億4,500万円は55%を国が、22.5%を道が負担している。その内バイオガスの発酵槽、ガスホルダー、メタンガス発酵後の消化液を溜める貯留槽、ガス発電機等から構成されるバイオガスプラント施設の建設費は8億3,475万円となっている。

プラントでの1日あたりの計画処理量94.8トンは乳牛の成牛換算で1,300頭が排出する糞尿量（26.6トン/頭/年）に相当し、バイオガスによる1日の発電量は約4,500kWhで、一般家庭450戸分の消費電力量に相当する。発電された電力は自家利用分を除いて北海道電力に売電されている。

副産物である高品質の消化液（液肥）や堆肥化されたバイオマス年間およそ3万トンが圃場に還元されており、地域資源の循環型農業が推進されている。さらに、発電により発生する余剰熱は苺やキャベツ、さつまいも、生薬などのハウス栽培に利用される他、マンゴー栽培やチョウザメ養殖などに活用されており、新たな産業創出に貢献している。加えて、バイオガスの一部は精製され、プロパンガスの代替や自動車燃料としての利用に関する調査研究が行われている。

現在のところ、プラントは酪農家12戸が組

合を作り、町から業務委託される形で運営しており、糞尿の処理費用を支払い共同利用している。FIT適用後の2013年度は施設の収入に占める売電収入の割合がそれ以前の十数%から50%を超えるまでになり（およそ9,000万円の収入のうち、売電収入は4,800万円弱）、施設の収支も約3,150万円の黒字と黒字幅が拡大している。

バイオガスプラントの導入によって、悪臭の大幅な低減、水質汚濁の防止、メタンの放出による地球温暖化の防止、廃棄物の適正処理など、地球環境の保全が図られる。各酪農家では糞尿処理や堆肥化業務が軽減され、従来、廃棄物処理に必要であった費用が削減できる。また、CHPによる熱と電気の自家利用でエネルギーコストの削減が可能となり、とりわけFITの導入後は余剰電力からの売電収入というメリットも生じている。加えて、副産物の消化液は化学肥料の削減によるコスト低減と資源循環型農業の構築に寄与し、プラント設置やメンテナンスにあたっては地元企業での雇用も生まれる。

しかし、kWあたり約400万円とも言われているプラントの建設コストや、管理運営の技術的な難しさとコストを考えた場合、北海道のような酪農系バイオマスの大量供給と液肥散布が可能な地域で、しかもFITによるインセンティブがなければ、メタン発酵施設を採算の合う持続可能な形で運営してゆくのは難しい。

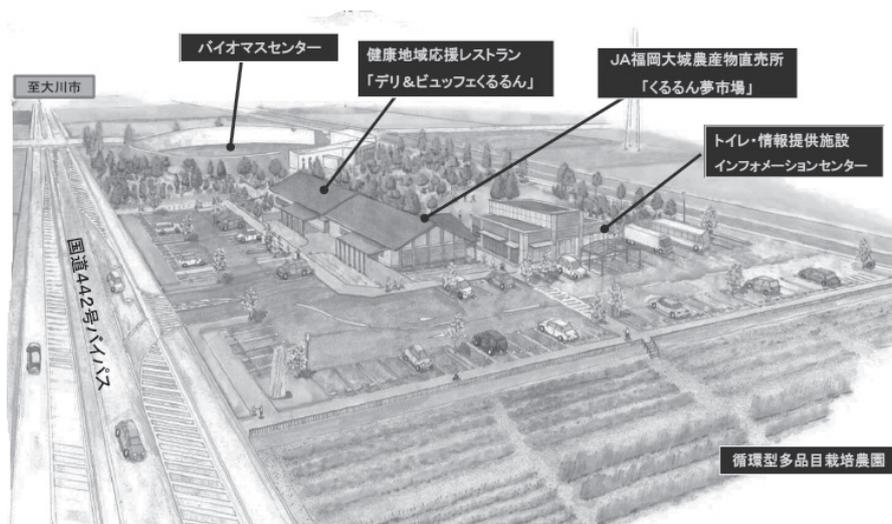
畜産系バイオガスのエネルギー利用による地域振興には、酪農家の後継者問題による燃料供給減少のリスク等も考慮に入れると、メ

タンガスの発生効率を高める食品廃棄物や燃料作物（食料と競合しないことが前提条件）の利用、地域の状況に応じた最大限の排熱利用、そして液肥の活用ができるかどうかが大きなポイントとなる。

## 【事例2】福岡県大木町「おおき循環センターくるるん」

福岡県の南西部、筑後平野のほぼ中央部に位置する農業の町大木町（人口約14,600人）の中心部の国道バイパス沿いには、生ごみ、し尿、浄化槽汚泥をバイオマス資源化する施設「おおき循環センターくるるんバイオマスセンター」が設置されている。ここは国の「バイオマスタウン」構想<sup>19</sup>により建設された施

図16 「おおき循環センターくるるんバイオマスセンター」の外観（上）と2010年4月にオープンした「道の駅おおき」（下）



出所：大木町資料

19 2002年のバイオマス・ニッポン総合戦略の下で、バイオマス利用による地域循環型社会の形成を目的として2004年から農林水産省が募集したもの。

設の数少ない成功例のひとつだ。

循環センターの建設は、それまで隣接する町に委託していた生ごみ焼却処理の費用が財政を圧迫するようになり、焼却灰の最終処分場にも困った上、し尿等の海洋投棄ができなくなるという、山積する問題解決のためであった。しかし、これを契機に行政主導で生ごみの徹底分別（資源の25分別）とリサイクルを進めた結果、リサイクル率は2005年度の14.9%から2013年度の61.8%と46.9ポイントも増加した。一方で、燃やすごみは半減（重量ベース）し、ごみ処理費用をバイオマス資源化以前に比べ4,000万円以上も削減できた（2005年度の1億8,400万円から2010年には1億4,200万円へ）。

同町では施設内のバイオガス7プラント（2006年稼働開始）から発生するバイオガス（発生量350～400m<sup>3</sup>/日）でCHPを行い、発生する電気（発電効率32%、発電量700～800kWh/日）と熱（熱回収率52%）を自家使用する一方で、消化液（液肥、5,000～6,000t/年）は地域農家が利用し、生産された地元農産物を家庭や学校給食、そして循環センターに隣接する道の駅おおきの直売所・レストランで利用・販売している。

この再エネ活用事業により、ごみ問題の解決に加えて農業への貢献、雇用の創出、地域協働による一体感の醸成、環境学習、環境負荷の低減など様々な効果が生まれ、循環センターはまちづくりの拠点となっている。加えて、国内外から年間3,000～4,000人にも上る視察者が訪れており、大きな注目を浴びることで町民の間には地元を誇りに思うプライドが生まれ、さらなる持続可能なまちづくりへ

の活動を促す、といった好循環が生まれている。

### Ⅲ. おわりに

再エネを利活用した先進的な事例が広く知られるようになるにつれて、こういった案件が地域に資する事業となるよう、積極的な働きかけを行う自治体が増えている。加えて、従来は保守的であった地域金融機関の姿勢も変わりつつあり、地元が主体となる優良事業への支援を強化する動きが進んでいる。

自治体や地元の金融機関には、地域の教育機関とも連携して、事業の企画・立案、ファイナンス、技術・運営面で不可欠となる地元の人材育成をサポートし、地域の実情に即した取組みを持続可能なものにしてゆくための一層の努力が望まれる。

## 主要参考文献

(注：脚注に記載済の資料は割愛)

- ・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』、2013年9月
- ・エコセーフエナジー分野第2回シンポジウム、バイオリサイクル事業推進のための「地域と自治体の力」資料集、2014年8月
- ・遠藤真弘「温泉発電－温泉資源と共生する再生可能エネルギー」、国立国会図書館、『調査と情報－ISSUE BRIEF－』No.845、2015年1月
- ・大友詔雄「自然エネルギーが生み出す地域の雇用」、2012年2月
- ・梶山恵司「木質バイオマスエネルギー利用の現状と課題－FITを中心とした日独比較分析－」、富士通総研(FRI) 経済研究所、『研究レポート』No.409、2013年10月
- ・環境エネルギー政策研究所(編著)「地域の資源を活かす再生可能エネルギー事業」、2014年6月
- ・金野和弘「森林施業における『土佐の森方式』の可能性－大規模集約化施業との対比において－」、島根県立大学総合政策学会、『総合政策論叢』第23号、2012年3月
- ・熊崎実「これからの木質エネルギービジネス」、木質バイオマスエネルギー利用推進協議会レポート、2013年8月～2014年6月
- ・近藤かおり「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、『レファレンス』2014年4月号
- ・第5回全国小水力発電サミット in 長野 資料集、2014年11月
- ・全国小水力利用推進協議会「小水力発電事例集2014」、2014年11月
- ・高橋真樹「自然エネルギー革命をはじめよう－地域でつくるみんなの電力－」、2012年11月
- ・千葉大学倉阪研究室＋永続地帯研究会「永続地帯2014年度版報告書」、2015年3月
- ・東京農業大学 農山村支援センター「再生可能エネルギーを活用した地域活性化の手引き」、2015年3月
- ・馬場未希、富岡修、半沢智「『バイオマス』の突破口」、『日経エコロジー』2014年10月号
- ・日本経済研究所「シリーズ 再生可能エネルギー：地熱利用の展望」第1回～第6回、2012年10月～2013年3月