

アブストラクト

日本に豊富な森林資源のエネルギー利用は、中山間地域の林業・林産業振興、経済活性化と雇用創出、エネルギー自立、CO₂削減、自然環境保全、防災など、地域社会への多方面にわたる貢献が可能となるポテンシャルを秘めている。

これまで、木質バイオマスによる小規模な発電事業には様々な障害があった。しかし、近年の欧州におけるガス化方式によるコンパクトな実用機の出現により、地域の実情に合った熱電併給事業に新たな展望が開けてきている。

木質バイオマスによる熱供給事業の普及についても依然としてハードルは高い。が、欧州では量産型で安価かつ取扱いが容易な高性能の小型ボイラーが普及しており、日本でも地域が一体となれば自力での導入が可能である。

こういった機器の積極的な活用で、今後、木質バイオマスのエネルギー事業にも新たなモデルが生まれてくるのではないかと期待している。

(キーワード) 木質バイオマス ガス化 熱利用

目次

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. はじめに | 5. 岩手県紫波町の地域熱供給（DH）事業 |
| 2. 木質バイオマス発電技術 | 6. 岡山県西粟倉村のオンサイト熱供給事業 |
| 3. 栃木県那珂川町の地域貢献型発電事業 | 7. 木質バイオマスエネルギー事業の今後 |
| 4. 群馬県上野村の小規模ガス化熱電併給（CHP）事業 | 8. おわりに |

1 本稿では発電出力2,000kW程度までを小規模とする。

1. はじめに

木は成長過程で光合成により二酸化炭素(CO₂)を吸収するため、燃焼しても排出されるCO₂はそれ以前の吸収量によって相殺され、大気中のCO₂量に影響を与えないと考えられており、このようなカーボンニュートラルな特性が故に、木質バイオマスのエネルギー利用は地球温暖化防止の観点から注目されることになった。

その後、2011年3月の東日本大震災に伴う原発事故により、安定した電力供給体制の構築が焦眉の急となった。その一環として2012年7月に再生可能エネルギー(RE)による電力の固定価格買取制度(FIT)が導入されたことで、木質バイオマスの発電利用から長期的に安定した売電収入が見込めることになり、各地で事業化が進んだ。その後の制度改正もあり、当初の大規模な木質バイオマス発電計画ラッシュが一段落した後は、売電価格の高い未利用間伐材等を使用する2,000kW未満の地域密着型を想定した小規模発電事業²が脚光を浴びている。

日本の中山間地域に薄く広く賦存する木質バイオマスは、エネルギー効率と燃料の収集コストの面から、熱利用で地産地消するのが最も理にかなっているが、状況によっては、地域振興に資する持続可能な小規模発電事業を実現できる場合も生まれつつある。

本稿では木質バイオマスのエネルギー利用の先進事例として、栃木県那珂川町の地域貢献型発電事業、群馬県上野村のガス化熱電併給(Combined Heat and Power、CHP)事業、岩手県紫波町の地域熱供給(District Heating、DH)事業、岡山県西粟倉村のオンサイト熱供給事業の現状を考察するとともに、地域における木質バイオマスのエネルギー活用を阻む大きな要因となっている高い初期費用(設備費)とノウハウの欠如を克服するために、徳島県の一般社団法人徳島地域エネルギーが提唱する量産型乾燥チップ³ボイラー導入の取り組みを紹介し、地域活性化とエネルギー自立に資する木質バイオマスのエネルギー利用の今後を展望する。

2. 木質バイオマス発電技術

木質バイオマスの小規模発電利用にあたって、まず理解しておかなければならないのは、現在、利用が可能な発電技術で、これには「ボイラー・蒸気タービン(蒸気タービン)」、「オーガニックランキンサイクル(Organic Rankine Cycle、ORC)」、「ガス化」の3つがある(次頁図1)。

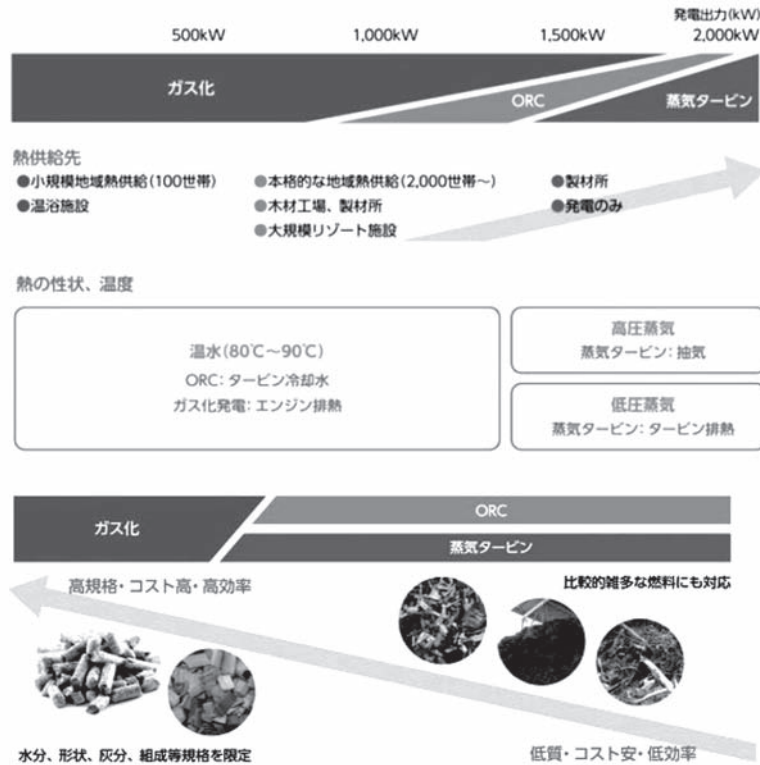
広く普及しているのは燃料を燃やしてできる高温高圧の蒸気でタービンを回して発電する蒸気タービン方式だが、大規模化に適した技術であり、2,000kW程度の小さいプラントでは発電効率が10%台と低い⁴。そのため大

2 2015年度から従来は税前で32円/kWhであった買取価格が40円/kWhに引き上げられた。なお、一般木質バイオマスを利用する発電については20,000kW以上の新区分ができて、2017年10月から従来は税前で24円/kWhであった買取価格が21円/kWhに引き下げられる。

3 チップとは木材を機械的に小片化したもので、刃物による切削チップやハンマークラッシャーなどによる破碎チップなどがある。

4 出力1万kW程度のプラントでも20%台の後半程度。他方、木質バイオマスボイラーの熱効率は規模に関わらず80%を超える。

(図1) 発電設備の出力規模と技術、利用できる熱の性質、燃料要件



(出所) 一般社団法人日本バイオマスエネルギー協会「小規模木質バイオマス発電をお考えの方へ 導入ガイドブック」2015年度内バイオマスアグリゲーションによる図を筆者加工

量の燃料が必要となり、排熱利用も難しいので採算に合わない。

一方、ガス化は数百kW程度の規模に適した技術で、木質バイオマスから発生させたガスを燃料にして、発電システム（ガスエンジンやガスタービン）で電気を作る。小規模でも30%程度と発電効率がよく、発電出力の2～2.5倍の熱を回収できるので、エネルギーの総合効率は70～80%になる。熱は蒸気タービン方式のような高温の蒸気ではなく、80～90℃の温水として供給されるため、限定されたエリアでの熱供給、温浴施設、ケア施設、病院、プールなどの公共施設、ハウス園芸、木材加工、食品加工などと幅広く利用で

き、小規模でのエネルギー地産地消には最も適している⁵。ただし、現状では導入コストが高く、高品質の燃料が必要となる。

蒸気タービンとガス化との間の規模をカバーしているORCの発電効率は10%台後半と蒸気タービン方式よりは高いが、ガス化には及ばない。しかしタービンの冷却水（90℃程度）から供給される熱量が大きいので総合エネルギー効率は80～90%と非常に高い。どんな木質燃料でも燃やせるのが利点だが、大量の熱は（蒸気ではなく）温水とし供給されるため、日本では需要先を見つけるのが難しい⁶。また、欧州では無人運転が可能でボイラー・タービン主任技術者は不要であるが、

5 1,000kW超のより大きな規模のガス化設備もあるが、現状ではまだ運転の安定性に問題がある。

6 大量の熱を必要とする産業部門では蒸気利用が一般的である。

日本では制度的にこの点がクリアできておらず、普及に際しての大きなハードルとなっている。

3. 栃木県那珂川町の地域貢献型発電事業

人口16,971人（2017年8月1日現在）、総面積192.78km²で、そのうち山林が63%を占める栃木県那珂川町は農業（稲作といちご作り）が中心で、それ以外には目立った産業がない過疎の町であるが、同町では、国産材の生産が日本一であり、かつ木材加工業の基盤を確立している民間企業の株式会社トーセン（栃木県矢板市⁷、以下、トーセン）が蒸気タービン方式としては小規模な木質バイオマス発電（出力2,500kW）を行っている。

（1）「那珂川モデル」

近隣の那珂川町から誘致を受けたトーセンは、廃校となっていた馬頭東中学校跡地で2012年から製材工場である「那珂川工場」の操業を始めた。ここで同社は製材工場、木質バイオマス発電所⁸（図2）、温水木質バイオマスボイラー設備を一体化し、熱利用事業も組み込んだ「那珂川モデル」を実践している。工場に搬入されるスギ・ヒノキの間伐材はすべて買い上げ、まずは製材用とそれ以外の低質材に分別する。製材後の端材や樹皮（バーク）を含む低質材、木の駅プロジェク

（図2） 那珂川工場敷地内の木質バイオマス発電所



（出所） トーセンWebサイト

ト（地域住民による林地残材収集と地域振興券による買取システム）⁹で集められた林地残材などはチップ化し、発電所やボイラーの燃料としてカスケード利用¹⁰する。発電した電気は自家使用分を除いてFIT制度で東京電力に売電し（税前32円/kWh）、排熱は木材や燃料チップの乾燥に使うとともに、木製ハウスでのマンゴー生産や旧校舎内でのうなぎの養殖に活用している。同工場ができたことで、発電所の12名を含む38名の雇用が生まれた。

加えて、那珂川工場から約12km離れた松野地区では、2016年2月に大型の木質ボイラー（出力4,000kW）を設置し、同工場から燃料チップを供給することで、隣接する住友金属鉱山シポレックス株式会社の栃木工場（外壁等に使用する耐火材を生産）に導管を通じて蒸気を販売している。工場から戻ってくる温水は90～95℃なので、その余熱を那珂川町

7 那珂川町の西方20km強に位置する。

8 株式会社那珂川バイオマス（トーセングループの熱利用事業体）が運営。

9 小規模な自伐林家や地域住民などによる林地残材収集システム。地域の人々が副業として搬出する残材の買い取りを地域通貨中心に行うことで、地元経済の活性化を図る試み。2008年に高知県で始まったが（土佐の森方式）、ほぼ同時期の2009年に岐阜県恵那市で「木の駅プロジェクト」として、どこでも導入できるような形にマニュアル化され、全国に広がっている。

10 木質バイオマスを出来る限り素材（マテリアル）として使い、最終的な副産物のみをエネルギーとして使う多段階的な利用。

地域資源活用協同組合のビニールハウス農業施設等に提供し、マンゴー、ドラゴンフルーツ、トマト、ナスの栽培に活用している。将来的には直売所などを設置して観光農園化する計画もある。

地域循環型社会「エネフォーレ 50」構想を掲げるトーセンは、製材工場と小規模バイオマスエネルギー施設を中心に、集材が持続可能な半径50km圏内（周辺県を含む）の非常に良質な木材の産地¹¹で、地域木材の総合利用による産業と雇用創出を目指しており、グループ会社の山林舎では、トーセン本社のある矢板市で製材工場を回るツアー、那珂川町で木質バイオマス発電所と地域熱利用のツアーなどを行い¹²、こうした取り組みを広く外部に発信している。行政視察なども多く、地域のブランド化に役立っている。

(2) 発電事業の経済性

那珂川町の木質バイオマスエネルギー事業は、栃木県の年間素材生産量およそ45万m³のうち90%近くの40万m³をグループで手掛けるほどの事業規模を持つトーセンという製材業者¹³を核とする林業バリューチェーンの中で、木材関連事業と一体化しているが故に成り立っている。同社の那珂川工場への総投資額は

約20億5,000万円¹⁴だが、発電所の発電効率は13%と極めて低く、FITの適用を受けていても発電事業単体から利益はでていないという。しかし、持ち込まれる原木をあらゆる用途に利用できる「目利き」である同社が全量を一律5,000円で買い上げ、細かい選別をして、可能な限りその価値を引き出す利用を行った残りをバイオマス燃料に振り向けるからこそ、比較的安価な燃料チップの長期安定供給が可能になるし、利益のない発電事業も継続できる。このように、一定の好条件がそろわない限り、従来型技術による小規模な発電事業の実現は不可能だ。

(3) 熱供給事業の経済性等

松野地区での熱供給は、林業・農水産業・製造業の連携による地域産業創生を目的とした事業¹⁵であるが、現状ではFITの対象とはならないため¹⁶、常に化石燃料との価格競争にさらされる。本ケースでは熱（蒸気）供給価格を重油の市場価格連動性とし、かならず3%は安くなる供給を約束しているため、重油価格が計画時の想定価格85～90円/ℓを下回っている現在は逆ザヤになっている。設備費が高額な上¹⁷、熱の販売単価をどのように設定するか、木質バイオマス由来のエネル

-
- 11 栃木県、茨城県、福島県の県境の八溝山（やみぞさん）およびその周辺の八溝山系で伐採された材木は八溝材と呼ばれ、関東きっての良材として知られている。
- 12 この他にグループの木質バイオマス発電所がある山形県鶴岡市でのツアーも行っている。
- 13 ただし、国産材が国内市場に占めるシェアは2割に過ぎず、8割を占める外材を手掛ける大手製材会社の規模はトーセングループの10倍以上である。
- 14 発電設備の建設費の2分の1は国からの補助を受けている。
- 15 農林水産省の木質バイオマスエネルギーを活用したモデル地域づくり推進事業のひとつ。
- 16 ドイツ等のFIT制度では熱の利用も考慮に入れた改正が行われており、英国では熱のFITとも言える“Renewable Heat Incentive（再生可能な熱利用への助成策：RHI）”が導入されている。なお、日本でも検討が進んでいる。
- 17 日本における木質バイオマスボイラーの設備費（機器、建屋、サイロ、建設費などの初期費用）は非常に割高で、例えば300kWボイラーの場合、ボイラー本体価格は欧州の6～8倍、総工費は約10倍という調査結果がある（株式会社森林環境リアライズ他「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト」、2013年3月）。

ギーが持つ環境価値の部分をもどのように需要家の納得がいく形で価格転嫁してゆくか、といった経験値が乏しいため、商業ベースでの熱事業の仕組み作りは難しい。

なお、木質ボイラー関連事業でしばしば問題となる法規制だが、本ケースでは、計画段階で有資格者は不要と考えられていたボイラー取扱い作業にボイラー技士を新規雇用しなければならず、事業者側のコスト負担を増大させる要因になっている。

4. 群馬県上野村の小規模ガス化熱電併給（CHP）事業

群馬県最少の自治体である上野村では今、日本で注目を集める小規模ガス化CHP事業が順調に進んでおり、村の経済を支えるシイタケ栽培に必要なエネルギーを木質バイオマスによる地産地消にすることで、域内からのエネルギー資金流失を防ぎ、経済的に自立できる循環型の地域づくりを目指している。

人口1,251人（2017年8月1日現在）の同村は総面積181.8km²の95%が森林で、主な産業は林業、木工業、農業（きのこ栽培）、観光業である。高齢化率は43%であるが、Iターン者が260人と人口の2割を占め（Iターン同士の子供も含む）、若者のほとんどはIターンとなっている。同村は約30年にわたり、将来の定住者候補作りを行う小中学生の「山村留学」制度¹⁸など、過疎化対策に注力してきた。若者の流入を促進するために①雇用

創出、②安価な村営住宅整備、③子育て支援（各種助成金）を重視しており、林業・木材加工業、きのこ栽培が主たる雇用の受け皿となってきた。現在のところは森林の集約化（団地化）により25年サイクルでの効率的かつ持続可能な林業が達成されており、搬出される材の半分は用材として出荷、半分を木質ペレット¹⁹に加工し地消している。伝統的に奨励されてきた木工業は衰退しつつあるが、木質バイオマスによるCHP事業が木質燃料の通年安定需要を生み、製材や木質ペレット製造などの仕事が増加している。

（1）「上野村きのこセンター」でのCHP事業

基幹産業であるシイタケの菌床栽培を担うのは「上野村きのこセンター」で、2011/12年度に費用約12億円（補助事業）をかけ、従来の規模を10倍に拡大して新設された。従業員が約70名と村の雇用創出の要になっている。菌床には上野村産のおが屑を利用する計画であったが、大震災の原発事故による風評²⁰で使用出来なくなり、他県からの購入を余儀なくされ、このコストが経営を圧迫することとなった。そのため、生産コスト削減が至上命題で、センター運営のエネルギーを地産の木質バイオマスで代替する取り組みが始まった。

同村の温浴施設ではすでに木質ペレットボイラーが導入されており、燃料ペレットを製造する工場も設置されていた（年間生産量1,600トン、2011年6月竣工）。しかし、温浴

18 全寮制で村からの補助があるため親の負担は月5万円程度（食費と学費）。しかし、現在は不登校児などの長期滞在（2～3年）が増加して、本来の目的とは違った利用が多くなっている。

19 木質ペレットは乾燥し、細かく粉碎した木屑をコンパクトに圧縮・成型して小さな円筒型に固めたもの。形状も質も均一で水分率が低く（10%以下）エネルギー密度が高い。全自動化されている燃焼機器で問題なく使える。

20 上野村のおが屑から放射能は検出されていないが、風評被害のリスクを避けるため。

施設からの需要は工場での生産能力の半分しかなく、採算が合わないため、安定したペレット需要を創出する必要があった。そこで、燃料供給規模に適した小規模CHP設備として、日本を含むアジアで初めて、独ブルクハルト（Burkhardt）社製の木質ペレットガス化CHP（以下、ブルクハルトCHP）²¹の導入を決定した（2013年）。このシステムは2015年3月よりきのこセンター内で稼働しており、電力はセンターでの自家消費²²に、熱は木質ペレットの乾燥と吸収式冷凍機で熱水から冷水を作り、きのこ栽培の室温を20度に保つために使われている（図3）。

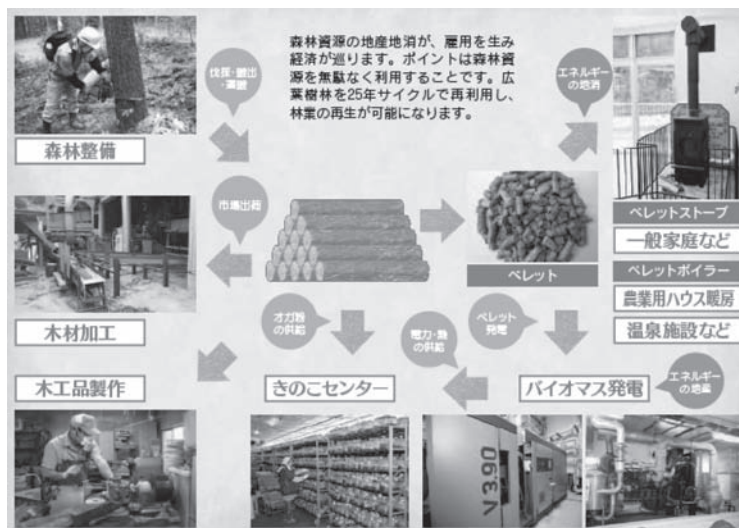
（2）CHP事業の経済性

日本の中山間地域で最もニーズが高いと思われる出力1,000kW以下の小規模発電で、燃

料の収集、エネルギー総合効率、排熱の活用先などから考えて導入が検討できるのは、ここ1～2年ほどの間に利用可能となってきた欧州製の高効率かつ取扱いの容易なガス化方式のCHPシステムのみである。日本製では商用化され豊富な稼働実績のあるものがまだない。

しかし、設備導入にはコストがかさむ。上野村ではCHP設備に3.5億円²³、建屋に6,000万円がかかった。また、もう一つの大きなハードルは燃料の品質問題である。ペレット燃料の流通システムは確立していた同村²⁴だが、小規模ガス化CHPは均質で乾燥度の高い燃料²⁵の使用が大前提となっている。同村でもシステムの導入当初は不具合が起こり、現在もペレットの原料となる材の樹種の配合を調整し、徹底した乾燥を行うなど、試行錯誤を繰

（図3）上野村における木質バイオマス資源の地産地消の流れ



（出所）上野村Webサイト（<http://www.uenomura.jp/admin/shisatsu/about/index.html>）を筆者加工

21 （株）沈陽電機の資料によると発電出力165kW、熱出力260kW。

22 夏のピーク時の電力需要はブルクハルトCHP 1ユニットだけでは賅いきれず、この2倍ほどが必要。

23 本体に2億円、きのこセンターでの配管とペレット燃料のためのサイロに1.5億円。国・県から2分の1の補助がある。ドイツ本国で基本設備は1基あたり7,000万円を切る水準だが、日本では1億円を超えてしまう。

24 ペレット工場の設置には約2億7,000万円（うち補助金およそ1億8,400万円）がかかっている。

25 ブルクハルトCHPでは欧州を中心に採用されているペレット規格ENplusで最上級のA1クラスの利用が前提。

り返している。

ペレットの小売価格は10kgあたり420円であるが、温浴施設のボイラー用には36円/kg、「きのこセンター」のCHP向けには23円/kgと安価に供給されている。同センターは村の雇用を支える中核事業であるため、村全体でそのコストを負担するという考えに基づいた価格設定だ。それでもガス化CHP導入事業単体では赤字で、村全体でみると収支はほぼプラスマイナスゼロという。

(3) 木質バイオマスエネルギー事業の財源

過疎の村ではあるものの、同村が高額のシステムを全国に先駆けて導入できたのは、その恵まれた財政状況にある。2005年12月から東京電力の神流川揚水式発電所（群馬県側の上部調整池・上野ダムと長野県側の下部調整池・南相木ダムとの有効落差653mを利用）が運転を開始しており、この固定資産税が年18億円と、村の年間予算規模およそ30億円の半分以上を占める。また、特定用途の電源立地地域対策交付金も受けている。固定資産税は毎年1億円ずつ減ってはいるものの、村おこしの主たる財源となっている。一方で、村から流出するエネルギーコストは年間約4.6億円に上り、これを防ぎ、村内に循環させるだけでも経済的に大きなインパクトを持つ。上野村としては、ダムからの財源が続くうちに自立した村づくりを行おうと懸命な努力を続けている。

村の雇用を支えるとともに、エネルギー代替により地域経済への貢献ポテンシャルが大

きい木質バイオマスの利用だが、現状では林業の生産性向上に限界があり人手も足りない。そのため簡単にはペレットの増産が出来ず、CHP設備を増設²⁶するのは難しい。供給サイド以外の制約として、平らな土地のない同村では拠点となる施設が点在しているため、集約的で効率のよい地域エネルギー供給システムを構築しにくい。しかし、今後、日本や世界各地で木質バイオマスの利用がますます盛んになり、小規模かつ高性能なCHP機器へのニーズが増せば、増産や技術開発が進み、様々な制約に解決策がもたらされる可能性はある。

5. 岩手県紫波町の地域熱供給（DH）事業

寒冷地である岩手県は、過去20年近くにわたり木質チップやペレットの積極的な利用を行うとともに、木質ストーブやボイラーの域内における技術開発・生産と普及を推進し続け、全国でも有数の木質バイオマス熱利用先進地域となっている。中でも紫波町は駅前開発の機会を捉えて、民間の力を最大限に生かしながら町産材・県産材の積極的なマテリアル利用を行うとともに、DHシステムを導入して、松くい虫の被害を受けた材の有効活用を進めている。

人口33,392人（2017年7月末現在）の紫波町は、岩手県のほぼ真ん中に位置し、中央を北上川が流れる。町の東部と西部には森林が広がり、町の面積238.98km²の58%（東京ドーム2,760個分）を占めている。同町では2000

26 道の駅の冷暖房用にブルクハルトCHPの導入を検討中である。

年代初めから、森林資源の活用と林業再生のために、公共施設での積極的な町産材利用や木質ペレット生産などの取り組みが続いているが、その後、松くい虫の被害や放置林の問題が拡大する一方で、公共施設でのエネルギーコストが増大したため、未利用の木質資源を含むREの活用が本格化する。そして2014年からは「オガールプロジェクト²⁷」の下でDH事業が始まった。

(1) 「オガールプロジェクト」とDH事業

「オガールプロジェクト」とはJR紫波中央駅前の町有地10.7haを含む21.2haで進められている開発事業で、公民が連携して公共サービスの提供を行うスキームであるPPP／PFI²⁸プロジェクトの日本での先駆けとなるものだ。同プロジェクトにおけるDH事業で

は、オガールベース（図4の③：2014年7月に開館した民間複合施設。日本初のバレーボール専用体育館、ビジネスホテル（56室）、コンビニ、飲食店、事務所、薬局、文具店などが入居）、紫波町役場新庁舎（同④：2015年5月開庁）、オガールタウン（同⑤：分譲住宅地）の一部、オガール保育園（同⑦：2017年4月開園）が、2014年6月に完成した「紫波中央駅前エネルギーステーション」（同②）から木質チップにより生産された熱エネルギーの供給を受けている²⁹。

民営施設であるエネルギーステーションでは、環境エネルギー普及株式会社³⁰の設立した「紫波グリーンエネルギー株式会社」が紫波町から土地を賃貸し、熱導管を含むインフラ整備を行うとともにDH事業を行っており、盛岡市に本社を、隣町である矢巾町に流

(図4) エネルギーステーション全景 (左) と同ステーションの熱供給エリア (右)



(出所) 左右とも紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波中央駅前エネルギーステーション事業紹介資料」2017年2月を筆者加工

27 「オガール」とは「成長」を意味する紫波の方言「おがる」とフランス語の「駅」を意味する「Gare（ガール）」を組み合わせた造語。

28 Public Private Partnership (PPP) とPrivate Financial Initiative (PFI)

29 オガールベースには暖房熱、冷房熱、給湯熱、オガールタウンには暖房熱と給湯熱、新庁舎とオガール保育園には暖房熱と冷房熱が供給されている。なお各施設のナンバーは完工順。

30 需要家の負担を軽減し、REの普及を図るために盛岡信用金庫などが設立した再エネ支援企業。

通センター事務所を置くオヤマダエンジニアリング株式会社製の木質チップ焚き温水ボイラー 500kW、吸収式冷凍機404kW（ボイラーからの温水の熱供給を受けて冷水を生産）、バッファタンク10t×2基、バックアップ用のガスボイラー2基、燃料用サイロが設置されている。木質燃料の供給体制を考慮に入れ、敢えて発電は行わないという選択をした。

(2) DH事業の経済性

エネルギーステーション建設以前にできたオガールプラザ（図4の①）への熱供給はない。また、2016年12月から順次、店舗が開店し始めたオガールセンター（同⑥）へはコスト面での折り合いが付かず、供給が見合わせとなった³¹。オガールタウンの分譲住宅57区画中、販売済の20戸（建築中を含む）のうち熱利用契約を結んでいるのは13～14戸³²である。2016年度までのDH事業は赤字が続いていたが、2017年度には黒字化する予定で、オガールタウンの残りの区画の住宅が完成（2019年頃）すると熱需要はさらに増加することだ³³。

同事業の課題として、本来、全戸がシステムに接続されるのが望ましいオガールタウンの住宅への供給問題がある。所有者の選択制になっており、熱交換器設置などを含む100万円を超える初期費用負担もあり、当初は利用が増えなかった。その後、補助金が出るようになって接続率は改善の傾向を見せてい

る。しかし、化石燃料との価格競争もあり、環境や地域振興といった「理念」先行では民間事業として成り立たない難しさがある。事実、予定されていたオガールセンターへの熱供給は、配管等のコスト問題で利用がなくなってしまった。また、町によるオガールタウンの各施設・家屋の省エネ基準が厳しく、気密性が高いため、熱需要が増えないというジレンマもある。高額な初期投資、正確な熱需要予測、そして化石燃料との価格競争は日本のどの地域でもこの事業が直面する共通課題である。

(3) 燃料供給体制とその他の熱供給事業 （次頁図5）

エネルギーステーションに燃料の木質チップを供給しているのは町立の一般社団法人紫波町農林公社（以下、農林公社）で、チップ製造には紫波町よりリースされている高性能のオーストリア製移動式チップパー1機（2,050万円）が使用されている。燃料の原木には大きく分けて盛岡広域森林組合等から仕入れる主に松くい虫の被害を受けた間伐材と、ボランティアグループ「間伐材を運び隊」が搬出する林地残材や間伐材等がある。前者は3,500円／トンで、後者はトンあたり6,000円で買い入れるが、ボランティアへの支払いは農林公社から現金が1,000円／トン、町から地域振興券である「紫波エコbeeクーポン券」が5,000ポイント／トン（1ポイント1円で利

31 オガールプラザは2012年6月に開館した官民複合施設で、図書館・情報交流館（町有・中央棟）、子育て支援センター・歯科・眼科（民有・東棟）、産直と飲食店「紫波マルシェ」・学習塾・事務所（民有・西棟）などが入居。オガールセンターは2017年4月に完成した民間複合施設で、スポーツジム、クリニック、ヘアーサロン、ベーカリー、教育支援施設等が入居。

32 2017年2月現在の数字。

33 燃料生産を行うチップパーは週に数時間しか稼働していないのが現状なので、今後の供給体制に問題はないとのこと。

用可能) という内訳になる。これに加えて搬出される広葉樹は薪に加工して地域内外に販売されている。2015年度の調達実績は合計824トンで、松くい虫被害木がその半分を占めている。

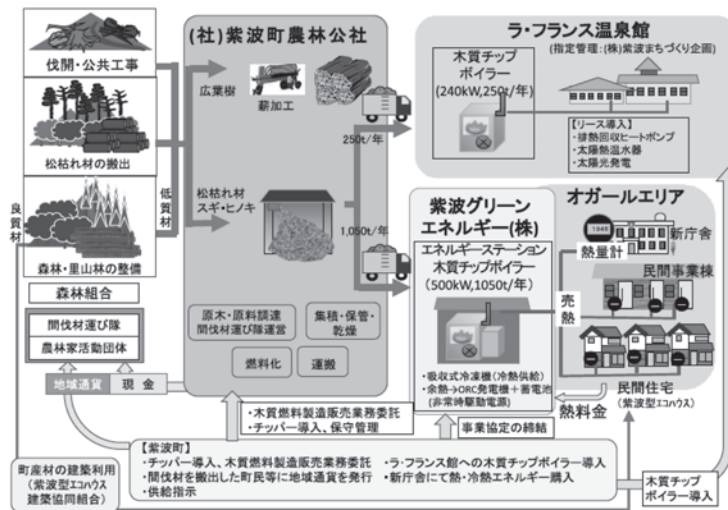
農林公社から燃料供給を受けるもう一つの施設に紫波町中央駅から8kmほど西方の公共温泉施設「ラ・フランス温泉館」がある。同施設では、燃料費負担が増大する一方で、地域での松くい虫被害や放置林増加が問題化したため、2012年に木質チップボイラー(出力240kW)が導入され、未利用バイオマス資源の活用によるコスト削減が図られるようになった。なお、これに先立って、2010年には太陽光発電(パネル200枚、モジュール面積327㎡)、太陽熱温水器(コレクター65枚、集熱面積105㎡)、排熱回収ヒートポンプ³⁴(HP、4台400kW相当)の再エネ設備が前

出の環境エネルギー普及(株)からのリース方式で設置されており、温泉の加温・給湯には太陽熱温水器とHPを、ホテルの冬季暖房と給湯にはチップボイラーを使用することで、重油消費量は半減し、ホテルの暖房用では約8割を木質燃料に転換している。

(4) 木質バイオマスエネルギー事業の長期的課題

紫波町エリアでのエネルギー事業の長期的な課題としては、木質燃料調達の持続可能性がある。同町では有機資源循環センター「エコ3センター³⁵」内に木質ペレット製造用施設(2005年度から稼働)があり、町内製材所で作る端材、おが屑を活用し製造を行っていた。しかし、地元製材業の著しい衰退で、町内の製材所が10か所へと半減してしまったため、おが粉を外部から購入せざるを得ず、製

(図5) 紫波町の木質バイオマスエネルギー利用の概要



(出所) 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

34 ヒートポンプ (HP) とは空気、地中熱、水などを熱源として、投入したエネルギー以上の熱エネルギー (冷熱・温熱) を得ることのできる仕組み。

35 「エコ3」はEconomy (経済的)、Ecology (生態系と環境を重視し)、Earth Conscious (地球を意識した) センターという意味の頭文字をとった。

造コストの上昇を招いている。公共施設及び町内利用者宅のペレットボイラー・ストーブの燃料用として必要な分量のみしか生産できないため、収支は差し引きゼロというのが現状である。

また、私有林は多いが自伐林家がいないので、人手不足の問題も大きい。しかも森林整備については、まだ明確な将来に向けての構想がない。松くい虫被害木が搬入される間は問題ないが、被害木が出てこなくなると供給量が減る。植林を進めてはいるものの、成長には長い時間がかかる上、害虫に強い苗木自体が不足している。このため今後は供給が必要に追いつかなくなる恐れがある。

加えて、2017年2月からは近隣の花巻市に出力6,250kWの大規模な木質バイオマス発電所（花巻バイオマスエナジー花巻発電所³⁶）が稼働を始めている。燃料に年間7万2,000トンの生材を必要とするので、すでに材の取り合いになりつつあり、仕入れ価格が上昇気味になっている。経済性を確保しつつ一連の事業を継続してゆくための、林業バリューチェーン再構築が大きな課題だ。

6. 岡山県西粟倉村のオンサイト熱供給事業

岡山県の最北東端に位置し、兵庫県・鳥取県と境を接する人口1,490人（2017年8月1日現在）で高齢化率35%の西粟倉村は、岡山県で新庄村とともに2つだけ残る村としての自治体で、面積57.97km²の95%が森林である。地域林業の6次産業化、ローカルベンチャー

への企業支援、そして近年は「エネルギー自給100%」達成に向けた取り組みの一環である木質バイオマスのエネルギー事業も加わり、全国有数のブランド地域となっている同村へはIターンが増加しており、自然減により人口は減少を続けているものの、2000年に年間6～7人を切った新生児が、現在は10人超（うち半分はIターン関係）となっている。

2004年に合併を拒み自主自立を続ける決断を下した西粟倉村では、地域資源は木のみという共通認識の下、2008年に長期ビジョンである「百年の森林構想」が生まれた。「約50年生までになった森林管理を断念せず、村ぐるみであと50年間は整備を続け、百年の森林に囲まれた上質な田舎を実現しよう」という構想で、その具現化のために、村内で林業・木材加工業から販売、そしてエネルギー利用までのバリューチェーンを確立し、森林資源が創出する価値を余すところなく地域内に留めるためのシステム作りを図っている（次頁図6）。

（1）林業バリューチェーンの「川上」：百年の森林創造事業

バリューチェーンの「川上」となる素材生産部門では、山づくりのために「百年の森林創造事業」が推進されている。この事業で私有林の所有者は無償で森林管理を役場に10年間任せ、材の販売利益が出た場合にその2分の1を受け取ることになっている。役場は集約化した森林の施業を森林組合に発注するが、森林組合が効率的に仕事を行えるよう、東京の森林管理コンサル会社の株式会社トビ

36 発電事業者の株式会社花巻バイオマスエナジーは、東京都港区に本社を置き廃棄物処理を手掛ける株式会社タケエイの子会社。

投資をした上でのエネルギー事業は非経済的であり、燃焼効率の高い薪ボイラーに多少の人手をかけて行う事業の方が、地元で雇用が生まれ、かえってメリットになる、との考えからだ。

西粟倉村で熱供給事業の主体となっているのは薪の製造・供給・ボイラー管理を手掛けるローカルベンチャー「村楽エナジー株式会社」（2012年設立）で、同社は村営の温浴施設「黄金泉」と温泉宿泊施設「あわくら荘」、そして温泉宿泊施設「元湯」の3か所に導入されている薪ボイラーへの熱供給と「元湯」の経営を行っている³⁸。燃料となる低質材は森林組合に加えて西粟倉版「木の駅プロジェクト」である「鬼の搬出プロジェクト」（通称オニハン）を通じて供給される。同プロジェクトで域内に留保されるお金は年間1,300万円（林地残材1,000トン分として試算）でエネルギー代替による温浴施設全体での経費削減額は年間およそ600万円と推計されている。通常はもっと安価な林地残材の購入価格を6,000円／トンに設定することで、「百年の森林」事業のために、敢えて「高い」薪を使用し、山の再生を村ぐるみで支援している。但し、計画中のDH事業が開始された際には、現在は利用していない製材所からの安価な副産物も全て活用する予定である。

（3）オンサイト熱供給事業の経済性

熱供給事業の収支を見た場合、村営の温浴施設「黄金泉」の設備コストは約6,100万円

だが、補助金等もあり、村の実質的負担額は約600万円と10分の1である。それでも現状は赤字経営だ。民営の「元湯」は、廃業していた温泉旅館を改装費は村が負担して再開させたものだが、再開してまだ日が浅いこともあり、年200万円の赤字となっている。薪ボイラーへの転換を計画していた当時の試算では、全体で640万円程度の燃料費削減効果が見込まれていたが、その後、稼働中のボイラー数、燃料消費量、灯油価格が変わり、ポンプの電気代も予想外にかかるため、今のところ大きなコスト削減効果は出していない。

林業振興とエネルギー自給の第一歩として薪ボイラーを積極活用する西粟倉村だが、経済的な現実には厳しいものがある。「百年の森林構想」という長期的なビジョンがあり、地域と暮らしを維持してゆくには山の資源を最大限生かすしかないのだという痛烈な思いがあるからこそ、村民へある程度の負担を強いるエネルギー事業の継続が可能となっている。

なお、同村での様々な試みを支える柱として小水力発電がある点を忘れてはならない。現在は4か所³⁹でおこなわれているが、中でも西粟倉発電所「めぐみ」（出力290kW）の電力はFIT制度により中国電力に売電され、一般会計予算が約24億円（2015年度）の村に年間7,000万円⁴⁰の収入をもたらしている。村ではこの安定財源（20年間）を基に、森林整備、ローカルベンチャー支援、RE導入⁴¹を一層進め、その恩恵を村に還元してゆくことを基本方針としている。

38 「あわくら荘」への薪ボイラー導入完了（2017年2月）により、木質ボイラー3基の燃料消費量は約1,000トン／年になると推定されている。

39 「めぐみ」（290kW）以外の規模は小さく、それぞれ5kW、1.3kW、1kW。

40 村の自主財源から3億円をかけて同施設の改修工事を行った後の2014年7月から。

41 小水力に関しては200kW程度のものをもう一か所で計画中だが、系統接続制限の問題があり高圧でのFITの利用が難しいため、50kW未満に抑え低圧でつなぎ、FITで売電、それ以外を自家消費にあてることも検討している。

(4) DHへのハードル

現在、西粟倉村に導入されているボイラーが必要とする燃料は、搬出される低質材のおよそ5分の1(1,000m³/年)に過ぎない。そのため、村では2019年に予定されている役場庁舎の建て替えを契機に、南北約1kmの地域内(北の中学校から南の小学校まで)に入る新庁舎と4つの村有施設を結ぶDHシステムの導入を計画中である。発電(CHP)は必要な燃料が多量となるため断念したが、それでも解決すべき課題は多い。

いかに経済効率とエネルギー効率の高い熱供給インフラを、建設コストを抑えつつ整備・運営してゆくかに加えて、西粟倉村では燃料加工の問題もある。DH事業になると燃料は自動供給となるため、チップやペレットが必要だ。また水分量が多い生チップ(50~55%WB⁴²)では効率が悪いため、乾燥に手間とコストがかかる。新たな雇用が生まれる反面、熱の需要と供給のバランスをよく見極め、設備稼働率の高い運営が持続できるよう、慎重な下準備が必要となる。

7. 木質バイオマスエネルギー事業の今後

(1) 小規模発電事業の新しいモデル

木質バイオマスの小規模な発電事業は、那珂川町の事例が示すように、蒸気タービン方式による単体では採算が合わない。しかし、

上野村のような高効率でユニット化された小規模ガス化CHPによる取り組み⁴³であれば、地域の実情に合わせた工夫により、エネルギーの地産地消や関連産業・雇用創出などの波及効果で地域経済が活性化するとともに、エネルギー安全保障、防災、環境負荷の低減など地域貢献につながるポテンシャルを秘めている。ただし、現在のところはまだ高額な初期投資と均一で高品質な燃料供給体制の確立がネックとなる。

こうした小規模発電事業が抱える問題を克服するための試みのひとつとして、宮崎県串間市では地域の企業、森林組合、金融機関等が結集し、1万m²の敷地内に、ブルクハルトCHP10ユニットに加えて、ペレット製造設備とバイナリー発電装置⁴⁴を備えた発電所の建設を始めた。排熱はバイナリー発電に利用し、発電量を増やすとともに、燃料ペレットの乾燥に使用する。発電規模は1,940kWでFIT制度の適用を受け、電気は全量が九州電力に売電される予定だ⁴⁵。同事業はCO₂削減効果に加えて、地元企業との連携による地域活性化や、小規模木質バイオマス発電普及のモデルとなり得ることが評価され、総事業費およそ27億円のうち3.9億円の出資を一般社団法人グリーンファイナンス機構から受けることが決定している⁴⁶。

本プロジェクトで設備設計・施工やメンテナンスを担当する株式会社洗陽電機(神戸市)

42 ウェットベース(WB)は材の全体質量に含まれる水の質量の割合を表したもの。

43 現在、欧州製で国内に複数基の導入実績がある小規模ガス化CHPシステムには、ブルクハルト社製以外にフィンランドのヴォルター(Volter)社の設備(発電出力40kW~、木質チップ)やドイツのシュパナー(Spanner)社の設備(発電出力45kW~、木質チップ)などがある。

44 バイナリー発電は水より沸点が低い媒体を利用することで、加熱源が低温の蒸気や熱水でも発電できる方式。

45 愛媛県内子町でも類似したスキームで発電規模1,115kWの事業計画が進んでいる。ペレット工場の新設はなく、発電設備は既存のペレット工場に隣接して建設される予定である(株式会社洗陽電機プレスリリース、2017年5月17日)。

46 同機構プレスリリース、2016年10月28日。

は事業の出資者でもあるが、全国の適地でブルクハルトCHPを複数基設置した1,000～2,000kW程度の発電所の建設（状況に応じてペレット工場を併設）を推進している。同社の構想によると、「コアサイト」となる発電所建設にともない域内で生産されるペレットを使って、周辺地域の暖房機器をペレット仕様のものへと転換してゆけば、木質バイオマスの熱利用を面的に拡大することが可能になる。そして、このような地元の木質バイオマスを利用したエネルギーへの需要増は、域内の関連産業での継続的な雇用を生み、資源とマネーが循環する自立した地域経済圏の確立に寄与するという（図7）。

（2）熱供給事業への新たなアプローチ：量産型乾燥チップボイラーの自力導入

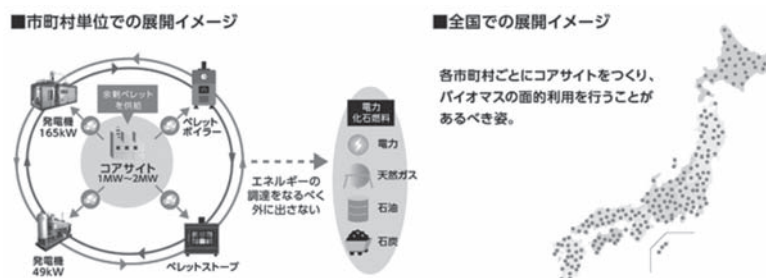
一方で、発電は断念し、DH事業に専念する紫波町での民間主体の試みは、需要家のDHシステムへの接続が確約されるなど、計画通りの熱需要が担保されないと継続的な事業運営は難しくなる。日本の現状では、西粟

倉村のように公共施設主体のDHシステムを構築してゆくアプローチの方が安定性は高い。しかし、同村のように林業を主体とした壮大なランドデザインの下で、個々のシステムの有機的統合を図るモデルは他の地域で一朝一夕に実践できるものではない。加えて、一定規模の再開発計画などの機会を捉え、広範な関係者間での綿密なコーディネーションが成立した上でなければ実現は難しい。

このような中、西粟倉村の「自力で出来るところから」と共通したスピリットで一般社団法人徳島地域エネルギー⁴⁷が提唱している、「地域アライアンス」によるオンサイトでの量産型乾燥チップボイラー導入による熱利用の普及活動は、どの地域でも比較的实现へのハードルが低い点で一考に値する。

ドイツやオーストリアなどでは、すでにコンピューター制御で自動運転され、スマートフォン管理ができるコンパクトで高性能な木質バイオマスボイラーが量産⁴⁸され安価で販売されている。生チップが使えるボイラーは大型になり、自動着火はできず、メンテナン

（図7）地域経済圏確立型のCHPシステム展開モデル



（出所）株式会社洸陽電機・三洋貿易株式会社プレスリリース、2016年6月14日

47 同法人はREによる豊かな地域づくりを目指し、太陽光発電、風力発電、小水力発電そして木質バイオマスの活用まで広範囲な活動を行っている。2016年4月には木質バイオマスボイラーに関する実験・研修施設「佐那河内バイオマスLAB」を設立した。

48 年間の販売が1万台程度のメーカーが多い。

ス以外は連続運転が基本となるので、大量の安定した熱需要がなければ経済効率が悪い。しかし、小型の乾燥チップボイラーならWB 35%未満のチップ⁴⁹であればよく、ガス化のように高品質なものはいらない。また、熱需要に応じてフレキシブルな運用ができる（図8）。

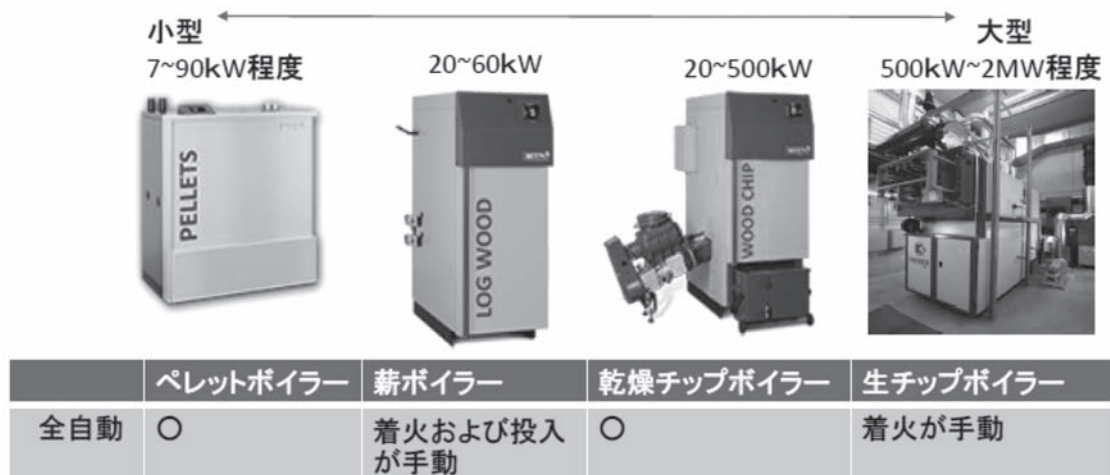
同法人では、個々の事業者がそれぞれの施設にボイラーを直接設置するのではなく、おおよそ50km圏内の林業・木材加工業関係者、バイオマス燃料利用者、バイオマス機器導入業者、メンテナンス業者など、地元の人々や企業が一体となり（アライアンス）、こういった安価でコンパクトなボイラーを協力して仕入れ、域内で自ら設置していく取り組み⁵⁰を支援している。導入の過程で一地域アライアンスが習得した技術やノウハウは、他地域のアライアンスへも積極的に提供し、日本中の地域が自分たちの手で機器の設置からメン

テナンスまでを行い、利益を地元のものにすると共に、CO₂削減を行えるようになることを目標としている。

この背景に、欧州では地元の水道屋や電気店など、ごく一般の人々が設置できる程度の設備を、日本ではなぜ、地元の力で設置できないのだろうかという素朴な疑問があった。そこで2012年12月、徳島県吉野川市のさくら診療所（有床）での有料老人ホーム棟の新設にあたり、診療所と老人ホームの両施設への暖房・給湯用として、オーストリアETA社製の乾燥チップボイラー（50kWが2基）の輸入から設置までを地元の人々だけで行った⁵¹（図9）。この試みに当たっては、地域の関係者がオーストリアのボイラメーカーで設置の実地研修を受けてノウハウを取得している。

小型であっても、複数基をまとめて設置すれば数百kWクラスの熱需要に対応できる。

（図8）燃料タイプ別量産型木質バイオマスボイラーと基本的な特徴



（出所）豊岡和美「地域の恵みを生かして豊かに生きる」、2016年8月29日を筆者加工

49 自然乾燥でも可能。

50 同法人では導入費用kWあたり10万円を目標にしている。

51 設置過程の記録はWebサイト「チップボイラーの独力設置」(<http://chipboiler.net/>)を参照。

(図9) さくら診療所敷地内のボイラー庫（煙突のある建屋）と設置されたボイラー2基のうちの1基



(出所) Webサイト「チップボイラーの独力設置」(<http://chipboiler.net/>)

山梨県北杜市のゴルフ場「レイクウッドゴルフクラブ・サンパーク明野コース」の事例では、やまなし木質バイオマス協議会や徳島地域エネルギーなどの協力の下、地元のチップ生産者、電気工事会社、コンサルタントから3名がオーストリアメーカーへの研修に赴き、2017年5月に、さくら診療所と同じボイラー5基（合計出力250kW）を地元が一体となって設置した。松くい虫の被害木を燃料チップとして有効活用し、クラブハウスの入浴施設やレストランへの給湯を行っている。将

来的にはこうした拠点をつなぐ形での小規模なDHシステムも実現可能であろう。

徳島地域エネルギーの試算では、50kWのコンテナ型のボイラーを導入した場合、600万円程度の投資のうちおよそ300万円は機材の輸入等で海外に流れるが、国内ではその10倍以上の約3,800万円の波及効果があり、「地域アライアンス」による設置と運用管理をおこなえば、最大で3,400万円ほどが地元へ還元されるとのことだ⁵²（図10）。

(図10) 輸入ボイラー自力導入の地域経済効果

(例示) チップボイラー50kW（コンテナ型600～800万円）			
・ 輸入価格	機材仕入代	約200万円～500万円	仕切り額は輸入 会社による →外国へ
・ 付加部品	100万円	→日本国内へ	
・ 設置者の	工事費・設定費	300万円	→地元へ
・ 費用削減	15年	1200万円	→設置者へ
・ 燃料購入費	15年	1500万円	→チップ事業者へ
・ メンテナンス	15年	300万円	→メンテ事業者へ
・ CO ₂ 削減	15年	6,046円×50t/年	450万円 →社会へ

600万円の投資導入で、約300万円程度が外国へ、その10倍以上の約3,800万円が国内効果、地域主導では、うち地元へMAX約3400万円が落とせる。

(出所) 羽里信和「地域での木質バイオマスボイラー導入の課題」、2017年5月12日を筆者加工

52 試算にはCO₂削減の環境価値（450万円）も含まれている。図10を参照。

8. おわりに

先進事例が示すように、木質バイオマスのエネルギー事業には利害関係者が多く、林業サプライチェーンの川上から川下まで、供給サイドと需要サイドでのバランスのとれたコーディネートが不可欠となる。従って、こういった事業が真に持続し、地域活性化に資するものとなるためには、地域の実情を客観的に把握・分析し、他地域に学びつつ、地元ニーズと「身の丈にあった」取り組みから着手してゆくという地道な姿勢に加えて、関係者が危機感や問題意識、そして長期的なビジョンを共有することが重要となる。

主な参考資料

- ・ <http://www.koyoelec.com/news/release/>
- ・ 一般社団法人グリーンファイナンス機構プレスリリース、2016年10月28日
- ・ http://greenfinance.jp/example/case20161028_1.pdf
- ・ チップボイラーの独力設置Webサイト
- ・ <http://chipboiler.net/>
- ・ 一般社団法人日本バイオマスエネルギー協会「小規模木質バイオマス発電をお考えの方へ 導入ガイドブック」、2015年度
- ・ 株式会社森林環境リアライズ他「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト」、2013年3月
- ・ 紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波中央駅前エネルギーステーション事業紹介資料」、2017年2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
- ・ 豊岡和美「地域の恵みを生かして豊かに生きる」、2016年8月29日、講演会資料
- ・ 羽里信和「地域での木質バイオマスボイラー導入の課題」、2017年5月12日、講演会資料
- ・ 那珂川町Webサイト
- ・ <http://www.town.tochigi-nakagawa.lg.jp/index.html>
- ・ 上野村Webサイト
- ・ <http://www.uenomura.jp/admin/shisatsu/about/index.html>
- ・ 紫波町Webサイト
- ・ <http://www.town.shiwa.iwate.jp/index.html>
- ・ 西粟倉村Webサイト
- ・ <http://www.vill.nishiwakura.okayama.jp/>
- ・ 株式会社トーセンWebサイト
- ・ <http://www.tohsen.net/>
- ・ 株式会社沈陽電機プレスリリース
- ・ 2016年6月14日（三洋貿易株式会社との共同プレスリリース）、2016年10月28日、2017年5月17日

