



木質バイオマス小規模ガス化発電の普及への課題

株式会社H&Sエネルギー・コンサルタンツ パートナー

石丸 美奈

目次

- | | |
|------------------|---------------|
| ○小規模木質バイオマス発電の現状 | ○ガス化方式躍進の背景 |
| ○小規模木質バイオマス発電の方式 | ○日本での木質燃料供給体制 |
| | ○各地での取り組み |
| | ○おわりに |

群馬県上野村（人口1,272人、2017年3月1日現在）で順調な稼働を続けているガス化技術による熱電併給（CHP）システムに注目が集まっている。独ブルクハルト社製の小型木質ペレット¹CHP設備「Burkhardt V3.90」（以下、ブルクハルトCHP）導入はアジア第一号であり、2015年の運転開始以降、見学者が相次ぎ、それまで年間500人であった行政視察者が導入後は1,000人に倍増したという。

同じくガス化技術を使ったユニットで、昨年、その洗練された美しさが話題となったのはフィンランド、ヴォルター社の超小型木質チップ²CHPパッケージ「Volter 40」で、全てが幅1.2m、長さ4.8m、高さ2.5mのコンパクトなボディに格納されている。同社の創業者で本CHPプラント開発の中心となったユハ・シピラ氏が現在、フィンランド首相という点もユニークだ。日本での第一号機はヴォルター・ジャパンが本社を構える秋田県北秋田市（人口33,399人、2017年2月末現在）鷹巣の道の駅「たかのす」に導入され、施設のエネルギー供給を賄っている。

ブルクハルト社製木質ペレットガス化熱電併給（CHP）装置「Burkhardt V3.90」

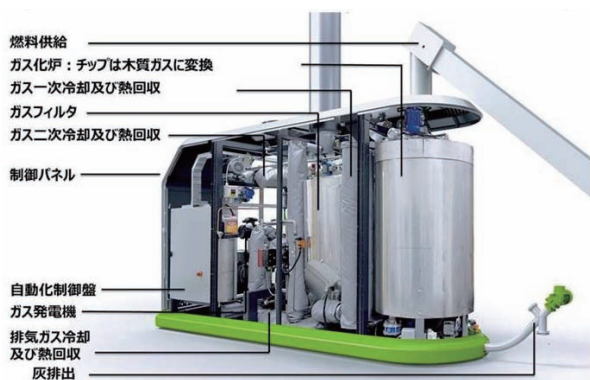


装置のガス化ユニット（上）と熱電併給ユニット内の独マン社製ディーゼルエンジン（下）。発電出力180kW、熱出力270kW、総合エネルギー利用率75%（発電効率30%、熱効率45%）、木質ペレット³消費量 約115kg/時

（出所）写真は上野村資料、装置概要は三洋貿易株式会社資料

- 1 木質ペレットは乾燥し、細かく粉砕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。
- 2 木質チップ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クラッシャーなどによる破碎チップなどがある。
- 3 ブルクハルトCHPでは欧州を中心に広く採用されているペレット規格ENplusで最上級のA1クラスのペレット利用が前提とされている。

ヴォルター社製木質チップガス化 熱電併給（CHP）装置「Volter 40」



出所)三洋貿易株式会社 www.sanyo-pellet.com

装置の外観（上）と内部（下）。発電出力40kW、
熱供給100kW、エネルギー効率78%（発電22%、熱
56%）、木質チップ⁴消費量 約4.3m³/日

（出所）写真上はヴォルター社Webサイト、写真下
と装置概要は三洋貿易株式会社資料

○小規模木質バイオマス発電の現状

森林の豊富な日本の中山間地域で、木質バ
イオマスはその素材（マテリアル）としての
利用のみならず、再生可能なエネルギー源と

しても活用することで、地域の経済社会そし
て環境へのポジティブな波及効果が期待され
る貴重な資源である。しかし、2012年に再生
可能エネルギー（RE）による電力の固定価
格買取制度（FIT）が導入されて以来、主に
採算性の面から大規模な発電に偏った事業計
画が主流となり、長期にわたり停滞を続けて
いる日本林業の現状に照らして、国内産燃料
調達の持続が難しいという地域の現状を考慮
すると、事業の実現性に疑問符がつくことと
なった。

このような状況を是正し、地元の資源を活
用して日本の林業と農山村の活性化に資する
計画の実現が可能になるよう、2015年度から、
小規模で事業コストが割高になる間伐材等由
来の木質バイオマス（以下、未利用材）を使
った2,000kW未満の発電設備については40円
+税/kWh（従来は32円+税/kWh）という高
い価格での買取区分が新設された。また、未
利用材での発電ではFIT認定審査のハードル
が高くなり、燃料調達の競合が懸念されたり、
安定供給の明確な裏付けがない事業は申請が
できなくなった⁵。この結果、2,000kW未満の
未利用材による発電の認定件数は2016年11月
末時点で28件と、12件であった2015年末の約
2.3倍（認定容量も約2.3倍）に増加した一方、
2,000kW以上の認定件数は46件から49件（認定
容量は約1.06倍）への微増にとどまっており、
日本でも小規模での木質バイオマス発電が
徐々に広がりつつある⁶（次頁表参照）。

- 4 水分率15%以下（湿量基準、WB）、63ミリ以下の切削チップ。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。
- 5 現在、「未利用材」での発電を計画する事業者は、都道府県の林務担当者と森林組合などの木材供給者を伴った上で行われる林野庁でのヒヤリングをクリアできなければFITの認定が受けられない。
- 6 大規模な計画が多い「一般木質」の認定件数（と認定容量）は2016年9月末の119件（認定容量3,276,901kW）から、10月末の117件（同3,260,801kW）、11月末の115件（同3,160,498kW）と2か月連続で減少している。

FITの木質バイオマス発電認定・稼働状況の比較

2016年11月末	未利用木質		一般木質	建築廃材	合計
	2000kW未満	2000kW以上			
稼働件数	5	29	18	2	54
認定件数	28	49	115	5	197
稼働容量(kW)	6,240	272,156	273,769	9,300	561,465
認定容量(kW)	28,936	399,523	3,160,498	36,950	3,625,907

2015年12月末	未利用木質		一般木質	建築廃材	合計
	2000kW未満	2000kW以上			
稼働件数	3	22	11	2	38
認定件数	12	46	72	3	133
稼働容量(kW)	2,345	185,316	137,699	9,300	334,660
認定容量(kW)	12,439	378,488	2,194,979	11,060	2,596,966

※ FIT制度導入後の新規認定分のみ。容量は混焼の非バイオマス部分を除いたもの
(出所) 資源エネルギー庁Webサイトにに基づき筆者作成

このような変化を技術や実務の面から後押ししているのが、上野村や鷹巣の事例が示すような実用性の高い小規模CHPプラントの欧州からの上陸である。

○小規模木質バイオマス発電の方式

現在のところ商用化され実績もある小規模のバイオマス発電技術の選択肢には「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。

最も一般に普及している技術は、燃料を燃やして高温高压の蒸気を作り、そ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、2,000kW未満のプラントでは発電効率が10%台と低く、大量の燃料が必要となり、熱利用も難しいので採算に合わない。

ガス化は数百kW程度の規模に適した技術で、小型の炉に燃料となる木質バイオマスを投入し、送り込む空気量や炉内温度を調整し

ながら蒸し焼きにする。そこで発生するガスから不純物を取り除き、これを燃料として発電システム(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%程度と発電効率が高く、加えて発電出力の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。熱は高温の蒸気ではなく80~90℃の温水として供給され、限定されたエリアでの熱供給⁷、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、木質燃料の乾燥、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が、高品質の燃料が必須となる。なお、1,000kW超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。

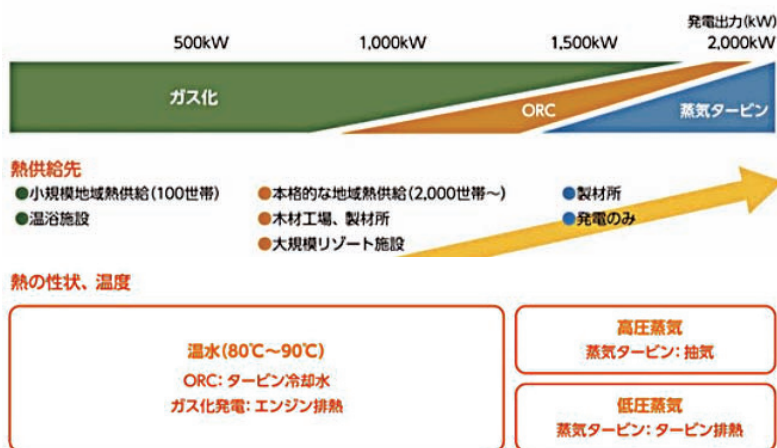
ガス化と蒸気タービンの間の規模をカバーしているORCでは、木質燃料をバイオマスボイラーで燃やし、その熱でサーマルオイル⁸を加熱する。サーマルオイルはORCユニット

7 ブルクハルトCHP(熱出力270kW)1台で一般的な家庭およそ100戸の熱需要が賄える。

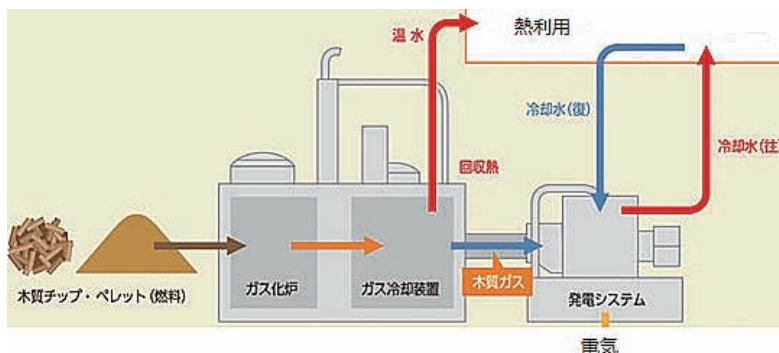
8 蒸気の代わりに使用される熱伝達流体。

内で沸点の低いシリコンオイルと熱交換を行い、そのシリコンオイルの蒸気でタービン発電を行う。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（80～90℃程度）から供給される熱量が大きいため総合エネルギー効率は80～90%と非常に高い。欧州では大規模な製材工場で副産物として出る大量の端材、樹皮（バーク）、枝条、根株（タンコロ）といった雑多で水分率も様々な低質材を燃料として、木材加工品の乾燥に必要な熱の規模に合わせた導入が行われている。また、2～3 km内の距離にある1,000世帯程度の地区への熱供給（1,000kW規模の場合）にも利用されている。何でも燃やせるという利点のあるORCだが、日本では一年を通じて大量の熱を必要とする需要先を見つけるのは大変難しい。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、日本では法制度上の問題でこの点がクリアできておらず、普及に際してのハードルになっている。

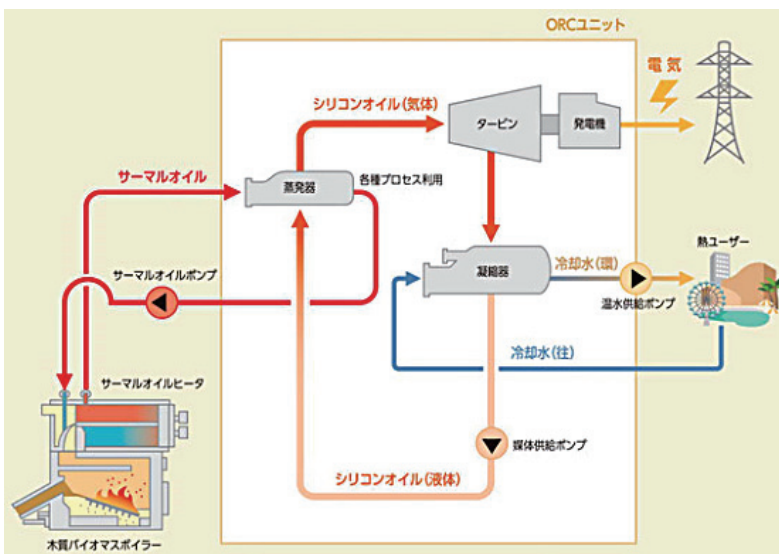
発電設備の出力規模と技術および利用できる熱の性質の関係



ガス化システムによる熱電併給のイメージ



ORCによる熱電併給のイメージ



(出所) 一般社団法人日本木質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年度を加工

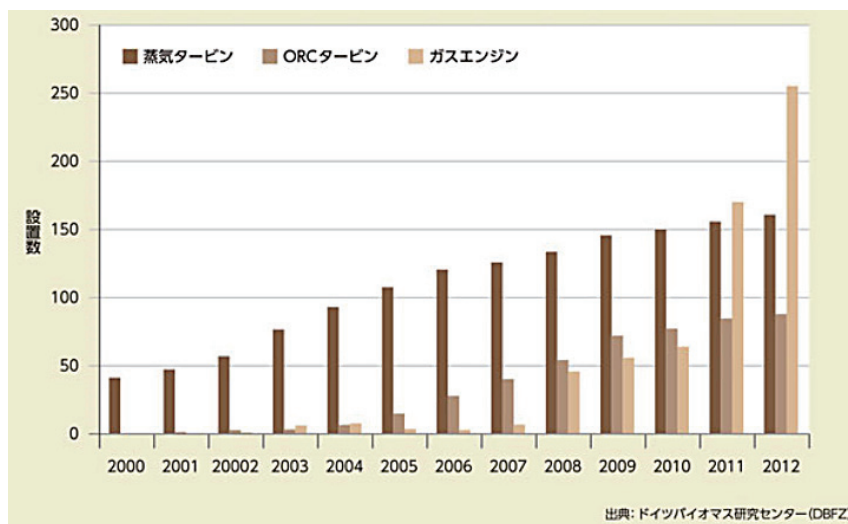
○ガス化方式躍進の背景

2000年にFIT制度を導入した先駆者のドイツでは大規模な発電所の建設が相次ぎ、木質バイオマスのマテリアル利用との競合や燃料の取り合いなどで、燃料調達問題が起こった。しかし2004年の改正で、中小規模プラントを中心に、木質バイオマスのエネルギー利用として最も適している熱利用を加味したCHPや新しい発電技術の導入にはプレミアムが付加されるようになり、また2012年の改正では5,000kW以上のプラントで買取の基本となるレートが引き下げられたのみならず、熱を含めた総合エネルギー効率が60%以上でなければFITの適用自体を受けられなくなった。そのため、熱の利用が難しい大型プラントの導入にブレーキがかかる一方で、技術的には発展途上で競争力のなかったORCやガス化の研究開発が進み、新技術を使ったCHPによる

小規模発電の件数が次第に増加した。とりわけガス化方式は、2010年代に入ると①単純化された構造と長時間安定稼働、②無人運転、インターネットを介した遠隔モニター、容易なメンテナンス、③専任のボイラー・タービン技術の有資格者が不要、といった条件を兼ね揃え、コンパクトにパッケージ化された小型機の量産が可能になったことで、その導入が飛躍的に拡大した⁹。

しかし、欧州ではREのうちでも燃料が不要な太陽光や風力による発電量が飛躍的に増加している。とりわけドイツでは電力の卸売市場価格が下落し、発電コストの低下しているREへの補助制度は順次廃止という方向にあり、発電コストの6割以上を燃料費が占める木質バイオマスは厳しい市場競争にさらされ始めている。このような状況下、欧州では小規模のバイオマス発電プラントの導入が頭

ドイツの木質バイオマス発電方式別プラント数の推移



(出所) 一般社団法人 日本木質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

9 例えば上野村のBurkhardt V3.90は世界での導入実績が161基、稼働率90.6%、連続稼働7950時間で、40フィートのコンテナに収まり納品され、修理は汎用部品で賄える。またドイツの本社ではインターネットを通じて全機の稼働状況をモニターしており、問題が生じれば遠隔操作も可能だ。不具合が生じた際にはネット経由で相談もできる。

打ちとなっており、欧州メーカーの日本やアジア市場への進出が目立っている。

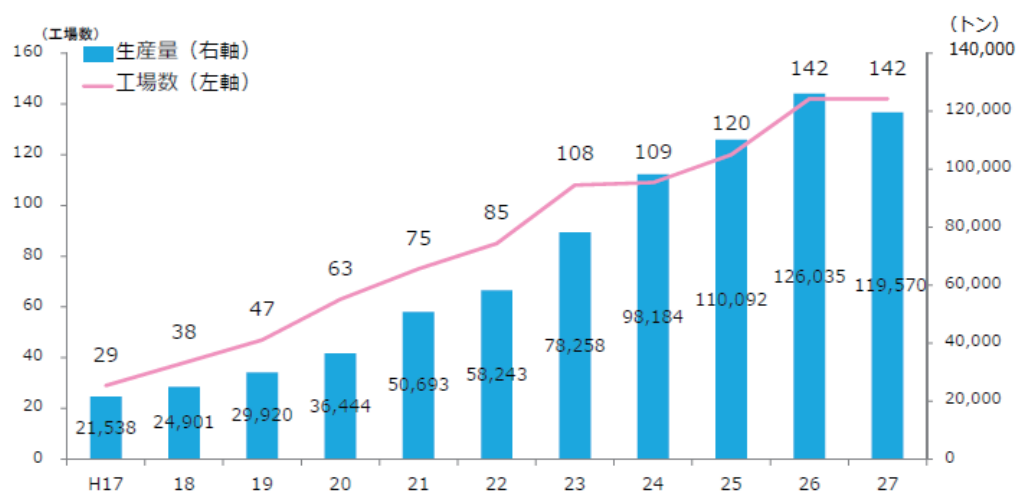
○日本での木質燃料供給体制

ここで問題となるのが燃料供給体制で、日本では燃料用の木質チップやペレットの流通インフラが整っていない。とりわけペレットの生産施設数と生産量は2015年現在で142施設、およそ12万トン¹⁰と、年々増加の傾向にはあるものの極めて小規模であり、年間の生産能力が1,000トン以下の施設が8割以上を占めている。産業用の大量生産ではなく、住宅や小規模熱供給を対象としているため、熱需要が冬場に集中することもあるため、平均稼働率は12.5%と非常に低い。価格はトン当たり40,000円を超える水準¹¹となっており、品質もまちまちである。

一方、1980年代から90年代にかけて林業イ

ノベーションが進み、林業・木材加工業が国際競争力を持つ一大産業として成立している欧米では、林業関連産業のバリューチェーンが確立し、木質バイオマスの燃料生産が製材業の川下に一体化されている。1ペレット工場の生産能力は通常数万トンで、10万トンを超える規模のものもある。燃料は統一された規格で用途別に大量生産され、品質も安定している。このような環境のもと、欧州の小型ガス化発電ユニットの開発は、装置に適合する燃料の科学的な分析・改良と対になって進められてきた。欧州生まれのユニットを採用した小規模ガス化CHP事業の成否は、いかに水分量が少なく高品質かつ均質な燃料を安定供給できるかで決まるため、木質燃料供給システムの欠如は、日本での小規模分散型エネルギー利用拡大にあたっての大きなハードルの一つになっている。

国内のペレット工場数とその生産量



(出所) 岡本利彦「日本の木質ペレット利用の現状と課題、今後の取り組みについて」、2016年10月18日を加工

10 2015年の世界のペレット生産量は約2,800万トン（国連食糧農業機関（FAO）のデータによる）。

11 大量生産される北米産のペレット価格は現地でトン当たり約110米ドル、日本では180～190米ドルで、高くても220米ドル程度。

○各地での取り組み

上野村では、25年サイクルの安定した搬出間伐が行われており、また、ペレット工場を持っていたことで、そのハードルが低かった。この工場は2011年に村内の温浴施設を加温する電気ボイラーを木質バイオマスボイラーに代替するにあたって設置されたものだ。しかし、燃料となる木質ペレットの需要が年間生産量1,600トンの半分しかなく採算が取れないため、安定した追加需要を創出する必要があった。その一方で、地域の主力商品であるシイタケを菌床栽培し、村の雇用創出の要となっている「上野村きのこセンター」（従業員約70名）で消費するエネルギーを地元産の木質ペレットで供給できれば、コスト削減によりシイタケ製品の競争力を維持¹²することができる上、外部に流出しているエネルギー資金が域内に留まり循環し、プラスの経済効果を生むことから、木質ペレット活用によるエネルギー供給の道が模索された。そこで地域の燃料供給体制に適した小規模設備を求めて、日本と欧州を1年かけて調査し、最終的にブルクハルトCHPを導入するに至った。

導入当初は運転に様々な不具合が起こったが、ブルクハルト社の分析では、すべてペレットの品質管理の問題とのことで、同村ではペレット生産にあたって原料となる材の樹種の配合調整や乾燥の徹底など、試行錯誤を繰り返しているという。CHP設備に3.5億円¹³、建屋には6,000万円の費用がかかっており、ガス化CHP導入事業単体では赤字だが、上野村ではこの新しい取り組みを村全体の経済的

自立とエネルギー自立の観点から捉えており、今後は道の駅の改修に合わせて、もう1基の導入を計画中だ¹⁴。

一方、宮崎県串間市（人口18,290人、2017年3月1日現在）では、約1万㎡の敷地にペレット工場とブルクハルトCHP10ユニットをセットで設置する発電規模1,940kW、総事業費およそ27億円の大がかりなプロジェクトが進行中である。当初は2,000kW弱の蒸気タービンによる発電事業が検討されたが、発電効率が悪く熱利用もできないためガス化方式を採用することになった。発電分はFIT制度で九州電力に売電し、CHP施設の排熱や、木材加工時の端材処理で発生する熱は、ペレット製造過程での乾燥やバイナリー発電に活用する計画になっている。ペレット工場の生産量は発電規模に合わせた年間1万トンで、地元と近隣の森林組合が地域振興のために協力しており、原木2万本、1億4,000万円相当の低質材への需要が創出される見込みだ。工場では地域材の供給がある限り操業時間を延ばすことで増産が可能のため、今後、周辺で小規模分散型の設備が増えていく場合は、需要が拡大し、雇用も増す。林業の育成と一体になった新たな木質エネルギー事業によって域内経済の拡大を目指すという。

12 シイタケの菌床には上野村産のおが屑を利用する計画であったが、東日本大震災の原発事故による放射能汚染の風評被害を避けるため他県のおが屑を購入せざるを得ず、このコストが経営を圧迫している。

13 本体に2億円、きのこセンターでの配管とペレット燃料用サイロに1.5億円がかかっており、国・県から2分の1の補助を受けている。

14 上野村でこれだけの事業を行える背景には、期間限定ではあるが、揚水発電所からの固定資産税など潤沢な資金があることは否めない。

〇おわりに

欧州では経済のグローバル化の過程で、国際競争を勝ち抜く力を備えた林業・木材加工業と、そのバリューチェーンに組み込まれる形で木質バイオマス燃料の加工・流通システムが生まれた。熱利用を推進する国の政策的なインセンティブもあり、CHPに関する新技術が進歩し、シンプルな構造で取扱いが簡便な装置が量産されて安価になった。そのため地域レベルでの分散型小規模熱電併給が盛んになり、それがまた設備や燃料の改良につながり、一層、効率化が促進されるという好循環を生んだ。日本でもようやくその技術的な果実を利用できる状況が生まれつつある。

日本の林業や関連産業の枠組みは一朝一夕には変わらず、熱利用を推進する政策も未だ導入されていない。当面は、地域の事情に即してできることから始め¹⁵、こうした新技術を日本の実情に合った形に改良し、より扱い易く、より安価な装置を量産する努力を行うとともに、高品質の燃料を安定供給する試みを続けることが今後の展開につながるのではないか。

15 例えば岡山県の西粟倉村では、燃料加工に無駄な手間をかけない薪ボイラーによる熱利用の取り組みから始めて、地域での燃料供給のバリューチェーンを構築しつつ、ゆっくりと地域熱供給プロジェクトへの歩みを進めており、岩手県の紫波町では中央駅前の開発事業での地域熱供給システム導入に際して、熱供給に注力し、敢えて発電は捨てる決断をしている。