

木質バイオマス導入で迷わないための地図

ー川上から川下までの事例集ー



多種多様な木質バイオマス活用の仕組みを俯瞰的に整理し、
地域に適したバイオマス活用の方法や仕組みを判断するための材料を示す。

国立研究開発法人 国立環境研究所

中村省吾

森 保文

東北大学工学研究科

根本和宜

専修大学経済学部

犬塚裕雅

はじめに

1. はじめに

本事例集で想定している読者は、地域で木質バイオマスによるエネルギー事業の起業を検討している方や木質バイオマスを活用した事業の支援を考えている市町村および都道府県の担当者である。地域で収集できる木質バイオマス量や活用できる組織、準備できる設備を見積もった場合に、どのようなバイオマス活用の方法や仕組みがその地域に適しているのか、それを実行する際に何が課題となり、どのような解決策があるのか、といった点を判断するための材料を前もって示すことが本事例集の目的である。すなわち多種多様な木質バイオマス活用の仕組みを俯瞰的に整理したものである。なお本事例集における木質バイオマスは、主として森林から持ち出される間伐材など山の管理に関係するものを想定しており、建築廃材などは必要に応じて取り扱っている。

本事例集は技術書ではないので、設備の設計や機器に関する詳細な技術情報については紙面を割いていない。また、補助金の案内についても範囲外としている。これらについては7.2で紹介する他の文献を参照されたい。

木質バイオマス利用は、二酸化炭素排出量の削減、エネルギーの地域自給、まちおこしなどから期待されている。しかしながら、事業計画の作成をコンサルに委託したり、地域外の業者に任せたりするなど、必ずしも地域の状況に適した事業が検討されていない。最適な事業が実施される手助けに本事例集がなれば幸いである。

2. 構成

本書は、この章と後に続く7つの章から構成される。

次の第1章では、日本における木質バイオマス利用の普及状況について、およその全体像を説明する。

第2章では、個別の事例を挙げながら、関係者やビジネスモデル、資金の流れ、補助金、雇用、材のフローについて、実情を説明する。

第3章では、ビジネスモデルについて、事例を比較しながら述べる。

第4章では、サプライチェーンについて、事例を比較しながら述べる。

第5章では、補助金や雇用、環境面の効果について、事例を比較しながら述べる。

第6章では、木質バイオマス利用の現状や課題、強み、弱み、今後の展望など、全体のまとめについて述べる。

第7章は資料編であり、インタビュー先のリストを掲載する。

個々の事例の詳細に興味のある方は第2章から、システム間の比較を知りたい方は第3章から、全体像を取り急ぎ把握したい方は第6章から読み進めていただきたい。

3. 木質バイオマスエネルギーシステムの分類と解析の観点

木質バイオマスのエネルギーは、熱や発電として利用される。熱利用は、主に各家庭でのストーブや、温浴施設でのボイラーを用いて行なわれる。発電は、発電所で行なわれる。両者を同時に行なう熱電併給もある。日本では、熱電併給は本格的には導入されていないので、この事例集では一つの施設のみを参考情報として扱っている。なお熱を遠くへ輸送することは困難なので、近隣に熱を利用できる場所があつてはじめて熱電併給は可能となる。そのため、熱電併給における発電は副次的なエネルギー利用であり、熱電併給は熱利用システムの一つと考えることができる。

木質バイオマスは、薪やチップ、ペレットの形状で利用される。木質バイオマスの形状と上記のエネルギー利用形態との組み合わせで、木質バイオマス利用のシステムは、現実的には、以下の6つとなる。

- ・薪ストーブ
- ・薪ボイラー
- ・ペレットストーブ
- ・ペレットボイラー
- ・チップボイラー
- ・発電

これらはそれぞれ異なった形の組織により運営されている。例えば、山からの原木の切り出しについては、システムが必要とする木材の量が異なるため、同じストーブでもあつても、薪ストーブでは小規模な林家が、ペレットストーブでは大規模な組織が係わっている。

また、原木の供給や燃料の製造、燃焼施設の導入などの段階によって関係者が異なっている。これら多様な関係者が連携して一つのシステムとなることで、初めて一連の木質バイオマス利用の仕組みが成立する。

以上を踏まえて、本事例集では、6つに分類した各木質バイオマス利用システムを、以下の観点から分析した。

- ・ビジネスモデル
- ・サプライチェーン
- ・補助金の効果
- ・雇用面の効果
- ・環境面の効果

ビジネスモデルでは、その木質バイオマスエネルギー事業が、①域外市場産業か、域内市場産業か、②サプライチェーンが地域内で成立しているか、③域内産業や地域経済への波及効果はどの程度か、について注目して解析した。

サプライチェーンでは、サプライチェーンが成立する要件を、固定価格買取制度（FIT）や行政による支援などを考慮しながら解析した。

補助金や雇用、環境については、各事例から標準的なモデルを構築して、木質バイオマスエネルギー事業を導入による、一般的に予想される影響を解析した。

4. インタビュー対象とインタビュー項目

本事例集を書くにあたって、木質バイオマスのエネルギー利用に関係する組織を、木材を切り出す山などの「川上」から熱や電気を利用する「川下」にかけて、まんべんなく調査するよう心がけた。そのため、インタビュー対象は、個人林家や森林組合、薪販売業者、ストーブ販売・施工会社、ボイラー利用者など多岐にわたった。調査項目は主として、木質バイオマスの量的な流れや関係する組織、運営上必要なコストと売り上げであり、必要に応じて現状の課題と将来展望を質問した。

なお、インタビュー時と現在では、価格や組織名、組織の取引関係など変化しているものがあつた。ここでは、解析時を一致させるため、特に断らないかぎり、インタビュー時の情報をそのまま掲載した。

最後に、お忙しい中、時間を割いてご協力いただいた多くの団体・個人の皆様に、あらためて深い感謝を申し上げます。

目次

はじめに	・ ・ ・ ・ ・ 1
1. 木質バイオマスのエネルギー利用の現状	・ ・ ・ ・ ・ 5
2. 各論 (概要、関係者、ビジネスモデル、資金の流れ、補助金、雇用、材のフロー)	・ ・ 17
2.1 薪ストーブ	・ ・ ・ ・ ・ 17
2.2 薪ボイラー	・ ・ ・ ・ ・ 23
2.3 ペレットストーブ	・ ・ ・ ・ ・ 27
2.4 ペレットボイラー	・ ・ ・ ・ ・ 31
2.5 チップボイラー	・ ・ ・ ・ ・ 35
2.6 木質バイオマス発電	・ ・ ・ ・ ・ 44
3. 地域エネルギー事業としての木質バイオマス利用	・ ・ ・ ・ ・ 53
4. サプライチェーンから見た継続的な木質バイオマスエネルギー利用システムの 成立要件	・ ・ ・ ・ ・ 80
5. 木質バイオマス利用システムの補助金や雇用、環境面の効果	・ ・ ・ ・ ・ 97
6. 木質バイオマス利用の特徴と展望	・ ・ ・ ・ ・ 114
7. 資料編	・ ・ ・ ・ ・ 118

1. 木質バイオマスのエネルギー利用の現状

1.1 本章の概要

1.1.1 木質バイオマスエネルギー利用の流れ

本章では木質バイオマスのエネルギー利用の現状について述べる。木質バイオマスの関連産業は多岐に渡るため、ここでは地域の森林資源を活用することを念頭に、木質バイオマスの流れを図1の通り川上：林業や木材関連産業、川中：薪・チップ・ペレット等の燃料生産、川下：電力・熱利用などエネルギー最終需要として分類した上で、概要をまとめたものを以下に示し、個別の状況については1.2以降で詳細を述べる。

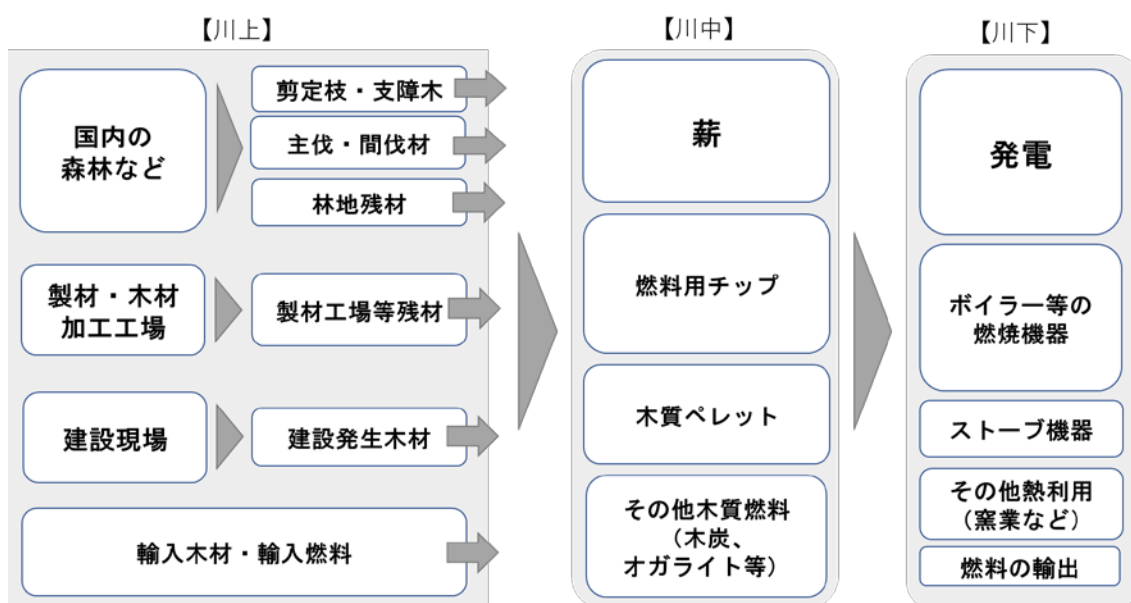


図1：木質バイオマスエネルギー利用の流れ

1.1.2 川上：森林、林業などの木材関連産業

日本の森林資源の蓄積は進んでおり、林齢構成も50年生以上が増えており伐期を迎えている。しかし、建築材などの木材需要や価格がかつて造林を行った際の見込みに比べて少ないことや、森林の境界未確定や所有者不明の問題があり、地域の森林資源の利用は必ずしも進んでいるとはいえない。これに対し政府は森林整備に関して、林地台帳の整備を進めることや、新しい森林管理システム・森林環境税などの政策を導入することで対策を検討している。

木質バイオマス利用については建設資材残材、製材残材に比べて林地残材の利用率は低く、政府ではこれを増加させる目標が掲げられている。今後、行政側の支援策や林業事業者の取組みにより森林からのエネルギー向け間伐材の供給量が増えたとすれば、日本全体で見れば供給に余力があると考えられる。ただし、木質バイオマス発電所の数が著しく増加し続けていることから木質バイオマスの需要量の増加が見込まれるため、地域によっては木

質バイオマス需要に対する生産量不足が発生する恐れがある。

1.1.3 川中：木質バイオマス燃料製造

全体的にみて、国内の木質バイオマス燃料の供給量は増加しており、その多くは発電向けの燃料材である。

薪は、林野庁統計によると全国が生産量が伸びているが、生産量が明らかにされていない地域も多い。また薪の地域内小規模流通や自家消費向けの生産など、統計調査による詳細な把握が難しい。

燃料用チップは、2015年から利用量の統計調査が開始されており、利用量は前年度比で増加し続けている。原材料の内訳は、間伐材・林地残材などからの生産は25%であり、建設廃材や製材廃材などからのカスケード利用がなされていると言える。しかし、発電所向けの間伐材・林地残材由来のチップの生産量は前年比で2倍と大きく伸びている。また輸入チップのエネルギー利用割合は2016年時点では非常に低い。

ペレット生産は、国内での生産が伸び悩んでいる一方で、輸入ペレットの利用量が増えている。石炭混焼発電など大型バイオマス発電所での利用が多いと推定される。

1.1.4 川下：木質バイオマスエネルギー利用

木質バイオマスのエネルギー利用量は増加しており、発電所やボイラーの数も増加しているが、電力利用と熱利用でそれぞれどの程度の燃料が利用されているかの内訳は明らかにされていない。

電力利用は、固定価格買取制度（FIT）により発電所の数が伸びている。国産の木材は、大規模発電所、小規模発電所、熱電併給システムなど発電規模に関係なく利用されているが、大規模発電所では輸入ペレットなど海外の木材も多く利用されている。

熱利用については、バイオマスボイラーの数が増加している。利用用途は暖房利用だけではなく、給湯、冷房の他、木材乾燥など製造工程での熱利用も行われている。利用する産業や事業所の種類も多様である。また、薪ストーブやペレットストーブの全国規模の統計調査はないが、全国の家での利用率はストーブなどの薪の燃焼機器で1.7%、ペレットストーブで0.2%程度という調査結果¹⁾があり、価格等の条件が合えば利用したい層も存在することから、木質バイオマスの熱利用は普及の余地があると考えられる。

1.2 木質バイオマス利用をとりまく状況

はじめに、木質バイオマス活用をとりまく状況および、国の制度について述べる。

木質バイオマスは古くは薪などの形で利用されてきたものであるが、近年では再生可能エネルギーとしても注目され、薪だけでなくチップやペレットなどの燃料に加工し、電力や熱に利用する取り組みが行われている。

日本では2009年にバイオマス活用推進基本法が施行され、これを受けて国は2010年に

バイオマス活用推進基本計画³⁾の策定を行い、その中で木質バイオマスについてもエネルギー利用等の達成目標等を定めている。また2016年(平成28年)にこの基本計画を改定し、地域が主体となった事業創出、および地域への利益還元による活性化に繋げていく施策を国が推進することを明記している。森林・林業基本計画²⁾の中でも木質バイオマスは、木材を建材、合板、紙等の利用した最終段階で燃料として利用する多段階でのカスケード利用を基本として、エネルギー利用の促進を図ることが位置付けられている。また、間伐促進による森林整備の推進、林業および地域経済の活性化、エネルギー源の多様化、化石燃料の代替による気候変動対策など、木質バイオマスの普及推進の目的は多様である。

木質バイオマスの普及にあたっては、燃料製造やエネルギー利用機器の導入費用が高いため、国や自治体により燃料製造設備やボイラー設備等の初期投資に対する補助、新たな技術開発や実証事業、木材購入に関する補助がおこなわれている。また電力利用に関しては国の固定価格買取制度による支援制度があり、自家消費に対しては都道府県や市町村が独自に電力の設備導入補助などが行われている場合がある。

しかし日本全体としてみた場合、地域での木質バイオマスエネルギー事業の試みが必ずしも順調に進んできたとは言えない。エネルギー事業としての継続性があるか、地域経済や森林環境にとって望ましい状況か等、地域ごとにそれぞれの課題を抱えることも多い。

また地域における森林資源の管理という観点からの課題として、森林所有者の土地境界が未確定である場合や、森林所有者が不明な場合が増加することで、森林施業や作業道の整備に支障をきたしているという問題が指摘されている。これに対し、所有者が不明であることや経済的に林業が成り立たないなどの条件を満たせば、市町村が管理し、施業委託を行う、新しい森林管理システムの導入や、森林環境税・森林環境譲与税による市町村の林政への財政支援が開始されている。

1.3 木質バイオマスエネルギーの燃料供給の現状

1.3.1 木材の供給状況

次に、木質バイオマスエネルギーとして利用される、林地残材などの原料や、薪・チップ・ペレットなどの燃料について供給側の現状を述べる。

木質バイオマスエネルギーの利用対象となる原料としては、森林の伐採時に発生する林地残材や、製材工場で発生する端材などの残材、建設現場で発生する解体材や資材の残材などが挙げられる。2016年時点のそれぞれの利用率は、製材工場等残材の発生量が約640万トン(乾燥重量)で97%の利用、建設発生木材は500万トン(湿潤重量)で利用率94%である。しかし林地残材については、これまでの政策的支援にも関わらず木質バイオマスとしての利用率は年間発生量約800万トン(乾燥重量)に対して約9%にとどまっている²⁾。よって、バイオマス活用推進基本計画では森林施業の集約化および路網の整備等を進め、発電・熱などのエネルギー利用を拡大し、2025年に林地残材の約30%以上を利用することが、目標として定められている。また森林・林業基本計画においても木質バイオマスの利用推進

の目標として、森林からの燃料材（薪、炭、燃料用チップ、ペレット）利用量について、2014年に200万 m^3 である所を、2025年に800万 m^3 まで増加させることが掲げられている。バイオマス活用推進基本計画の目標は、建築発生木材や林地残材など、生産活動の副産物として発生するものに対する利用率の向上が目標であるのに対し、森林・林業基本計画では森林資源としての木材（燃料材）の利用量の向上が目標であるところに違いがある。

一方、これらの利用目標に対し、近年、木質バイオマス発電所の増加等の理由により国内のバイオマス利用量は急増しており、林野庁の木材需給表⁴⁾によれば、平成28年には燃料材の国内生産量が446万 m^3 に達している。ただし同じ年の燃料材の輸入量も135万 m^3 と増加しており、国内総需要581万 m^3 に対する燃料材の自給率は76.8%であった。このまま国内の森林からの木材の利用が増えれば、燃料材の2025年の利用目標は達成されると思われる。一方で林地残材の利用率向上については、効率的な搬出体制を整える必要がある。

林業による木材の形態別供給量の推移（暦年）について図2に示す。図より、丸太の供給量は平成14年まで減少を続けそれ以降はわずかではあるが増加を続けていることが分かる。また、燃料材については昭和30年代から40年代にかけて利用されていた量が非常に多く（昭和35年で1,476万 m^3 ）、バイオマス発電の普及が始まった以降の燃料材利用量でも、当時の利用量には及んでいないことがわかる（平成28年で446万 m^3 ）。なお、図中の林地残材とは、立木を伐採した後の林地に残されている根株、枝条等のうち、用材利用を目的として木材チップ工場に搬入されたものを表すため、林地残材の量の一部に過ぎないことに留意が必要である。また、燃料材についてはそれまでの薪炭材に加え、平成26年より木質バイオマス発電施設等で利用される燃料用チップが新たに計上されている。

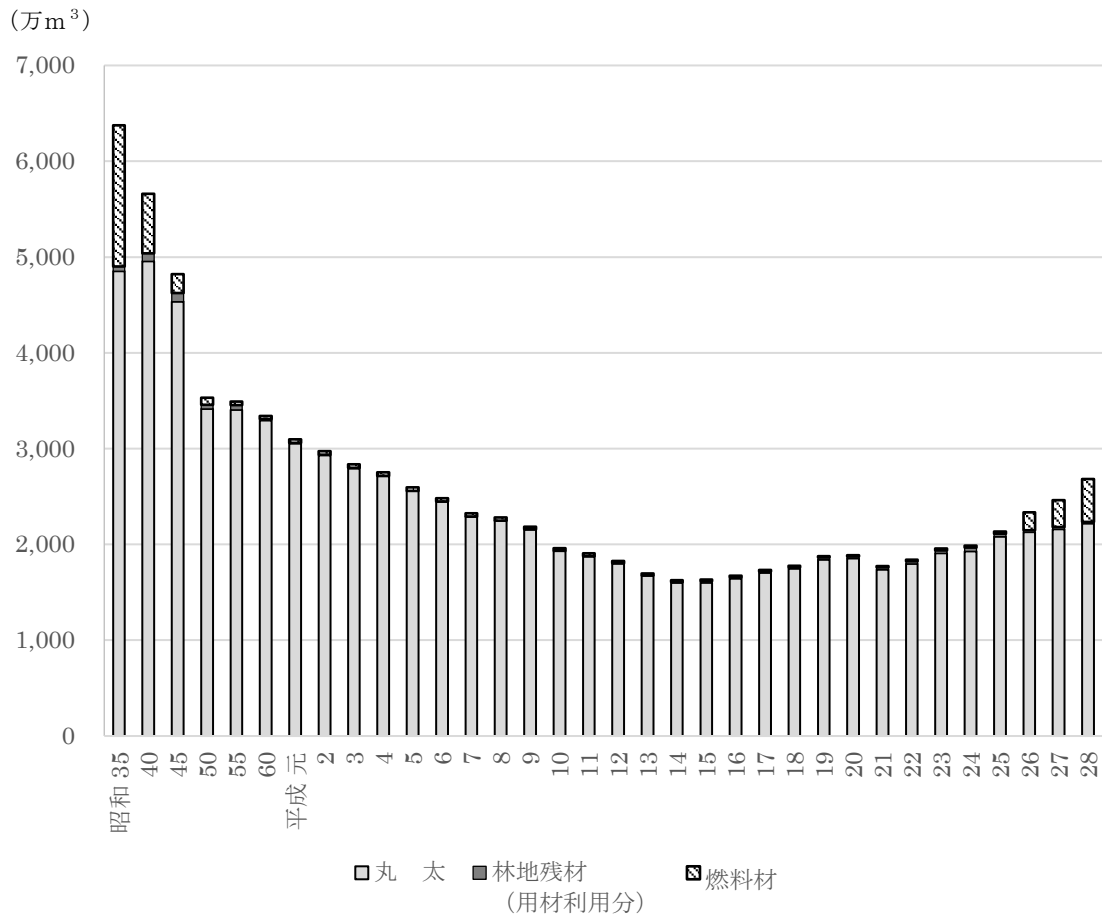


図2：木材の供給量（形態別）の推移⁴⁾
 (出典：平成28年木材需給表)

1.3.2 薪の製造、利用

林野庁の統計資料である特用林産基礎資料⁵⁾によれば、平成28年の全国の薪の生産量は約8.3万層積³m³（丸太材積換算でおよそ5.2万³m³。1層積³m³=0.625³m³で換算した場合の値）あり、薪の生産量は東日本大震災後に一時的に減少したものの近年再び増加傾向にある。ただしこの統計では薪の生産量が把握されていない都道府県もあり、家庭向けの薪ストーブ利用の場合には薪の自家採取や小規模流通を通じた燃料利用も多いと考えられるため、実際にはさらに多くの生産量があると考えられる。なお、日本全国の家庭に対するアンケート調査を行った研究¹⁾によれば、薪ストーブや暖炉など薪を使用する機器のいずれかを利用している全国の世帯割合は1.7%、薪の消費量は丸太材積換算でおよそ276万³m³にあたりと推計されている。昭和35年の燃料材生産量には及ばないものの、特用林産基礎資料の値よりも非常に多くの薪が現在も利用されていると推計される。

1.3.3 チップの製造、利用

林野庁の木質バイオマスエネルギー利用動向調査⁶⁾では、事業所においてエネルギー利用

されたチップの由来別利用量が集計されている。平成 28 年の木材チップの利用量は 773 万 絶乾トンであり、その内訳を図 3 に示す。間伐材・林地残材等由来の利用量は 192 万絶乾ト ン、およそ 25%の割合であった。多くは建設関連の工事に伴う解体材などの建設資材廃棄 物が 51%と大半を占めており、発電機・ボイラーの両方で利用されている。

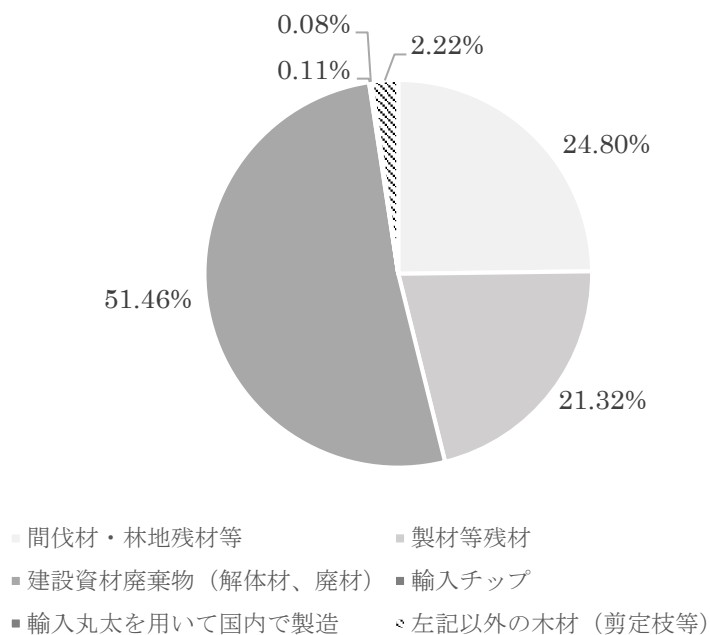


図 3：エネルギー源として利用された木質バイオマスチップの内訳⁶⁾

(出典：平成 28 年度木質バイオマスエネルギー利用動向調査)

1.3.4 ペレットの製造、利用

林野庁の特用林産基礎資料⁵⁾によれば、2016 年（平成 28 年）における工場数は 148、生 産量は約 12 万トンであった。国内生産量は 2014 年までは増加傾向にあったものの、それ 以降は横ばいの状態が続いている。一方で、2016 年の木質ペレット輸入量は、前年比 49% 増の 34.7 万トンであり、輸入品の利用割合が高いことが伺える。輸入元は 2016 年（平成 28 年）実績で輸入量の 3 分の 2 をカナダが占め、次いでベトナム、中国が多い。

ペレットの国内生産は、製材工場からの残材を利用したペレット生産工場のある岡山県 （工場数 3）や、建設発生木材を利用した生産工場のある沖縄県（工場数 1）、丸太・林地残 材利用中心の宮崎県（工場数 4）の 3 県が国内生産量の 50%と大半を占める。大規模生産を 行う一部の工場と、小規模生産を行う多くの工場という状況になっている。またペレットの 国内生産量に占める原材料の利用割合は、丸太・林地残材が 36%、製材工場等残材が 44%、 建設発生木材が 19%であった。

なおペレットの特用林産物基礎資料などの統計の製造量では、発電機やボイラー等のエ ネルギー利用と、猫砂などエネルギー利用以外の利用用途の区別はできず、いずれの量も含

まれていると考えられる。

1.4 木質バイオマスのエネルギー需要の現状

1.4.1 木質バイオマス燃料全体の需要

最後に、薪・チップ・ペレットがどのようにエネルギー消費されているか、エネルギー需要側について現状を述べる。木質バイオマスのエネルギー需要には、大きく分けて発電利用と熱利用があり、また近年では小規模の熱電併給の取組みも始まっている。

森林からの木質燃料の需要について、全体の傾向としては図4に示す通り、間伐材・林地残材等由来の木質バイオマス利用量（木質チップと木質ペレットの合計）は増加している。これは2012年に電力の固定価格買取制度が導入された影響が大きいと考えられる。ただし、2015年（平成27年）の値268万 m^3 については、この年に始まった木質バイオマスエネルギー利用動向調査と、特用林産物生産統計調査の合計値であり、それまでの林野庁の内部資料による値と集計方法が異なることに留意が必要である。

なお、この平成27年の燃料利用量268万 m^3 は、木質チップと木質ペレットのみの値であり、薪用材や木炭用材の値を加えると、前節1.3の燃料材の平成27年供給量281万 m^3 と整合する。ただし前述の通り、薪用材については自家消費量など多くの量がこの統計には含まれていない。また木質チップや木質ペレットについても、ここで扱うのは森林由来（間伐材・林地残材由来）の木質バイオマス量であり、これ以外に建築発生木材や製材発生木材由来の燃料材利用量（平成27年で1,247万 m^3 ）、輸入材などの利用量（平成27年で115万 m^3 ）が存在する。

木質バイオマス需要について発電利用と熱利用の消費量の内訳は厳密には不明であるが、図5の通り、事業所の燃料消費量についてはチップ・ペレットともに発電利用が多い。チップは発電のみの事業所消費量で51%を占め、ペレットも発電のみの事業所消費量で78%を占めている。またチップの場合は発電機とボイラー両方を持つ事業所の消費量が33%と熱利用も合わせて行われている。

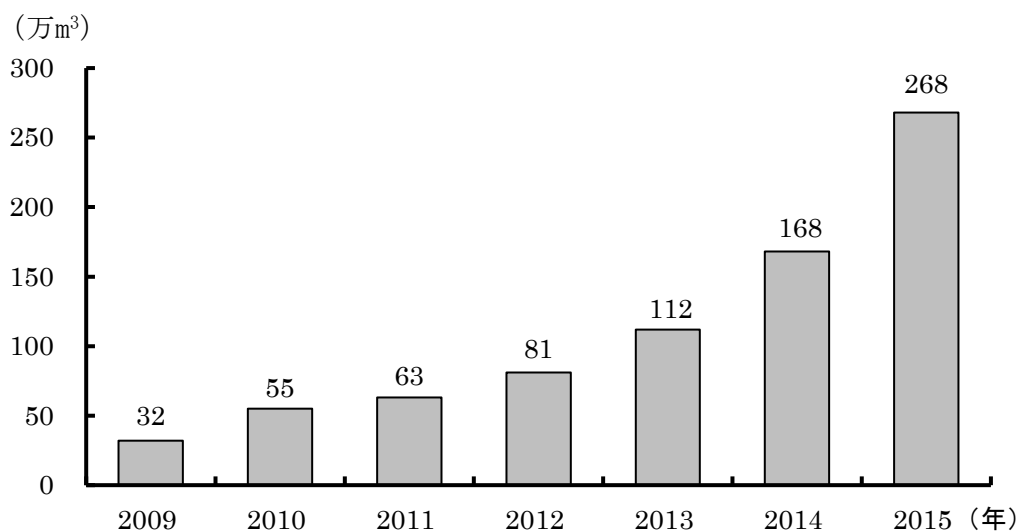


図4：エネルギー源として利用された間伐材・林地残材等由来の木質バイオマス量の推移⁷⁾
 (出典：平成28年度森林・林業白書)

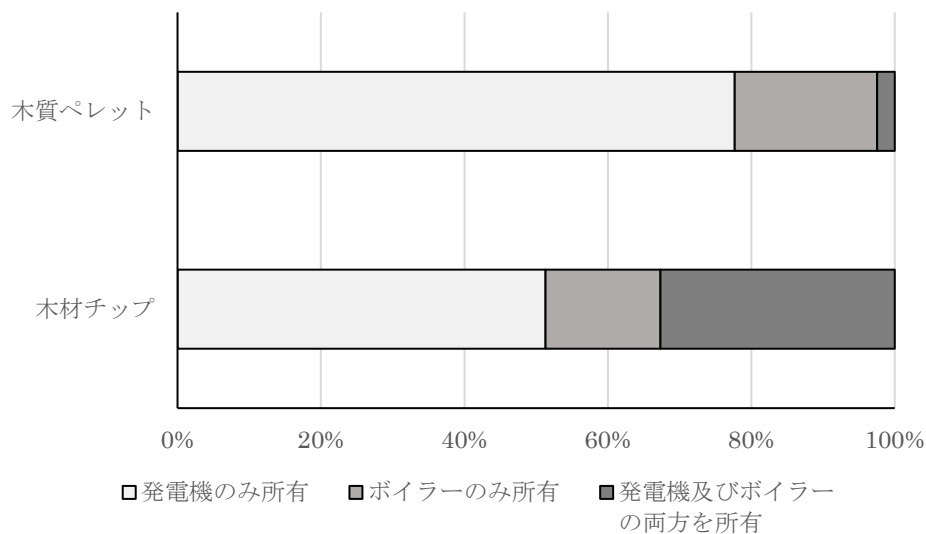


図5：木質バイオマス機器所有別の事業所の燃料消費量の割合⁶⁾
 (出典：平成28年木質バイオマスエネルギー利用動向調査)

1.4.2 発電所の導入状況

木質バイオマス発電所については、事業者自身が電力消費する自家発電や、固定価格買取制度等を利用して行われる売電などの利用形態がある。平成28年木質バイオマスエネルギー利用動向調査⁶⁾によれば、発電機の数是全国で240基あり、その内訳は自社又は自社関連

施設内で電力利用されるものが 135 基、売電が行われているものが 98 基、その両方が 2 基（また不明が 5 基）である。また、発電に利用される木質バイオマスの種類や発電所の容量（kW）については、資源エネルギー庁の固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト⁸⁾に逐次情報が掲載されており、平成 29 年 3 月末時点における未利用の間伐材由来の燃料を利用した木質バイオマス発電所の導入件数は 2000kW 未満が 11 件、2,000kW 以上が 35 件であった（※認定件数ではなく、導入件数。単位は基ではないことに注意）。またバイオマス比率を考慮した発電容量は 2,000kW 未満の区分の合計がおよそ 9,700kW、2000kW 以上の区分の合計が 296,000kW であった。平成 29 年 3 月時点で認定された件数は 2000kW 未満が 69 件、2,000kW 以上が 53 件であり、全て稼働するとは限らないものの、今後も発電利用は増えると考えられる。また、小規模の発電所認定の増加が著しいがこの中には熱電併給システムも含まれる。なお、木質バイオマス利用量については木質バイオマスエネルギー利用動向調査の発電・熱の利用区分が不十分なため、発電における燃料利用量の全体像は明らかにされていない。

1.4.3 熱利用の導入状況

林野庁の木質バイオマスエネルギー利用動向調査⁹⁾によれば、2016 年時点の全国の事業所における木質バイオマスボイラーの導入数は 1,972 台であり、その燃料の種類別の内訳は図 6 の通りである。ペレットボイラーが 46%を占める。ボイラーの導入用途としては表 1 の通り暖房が多いものの、その割合は半数には満たず、給湯や冷房などとの併用が多かった。また木材の乾燥など、熱を利用する製品加工に使用されているものも多い。

ボイラーの利用業種を表 2 に示す。製材業や木材加工業など木材産業で全体のボイラー導入数の約 25%を占める他、農業 19%、温浴施設 8%、宿泊施設 6%、福祉施設 6%の順に導入数が多かった。他にも導入先として、学校、医療施設、スポーツ施設、食料品製造業、パルプ・紙加工業、化学工場などがあり非常に多岐に渡る業種で利用されていた。

また、薪ストーブやペレットストーブの全国での普及状況は、国などによる大規模調査は行われていないため、全体の利用状況は分からない。全国の家庭での利用率は、薪などの薪の燃焼機器で 1.7%、ペレットストーブで 0.2%程度という家庭向けアンケート調査結果がある¹⁾。1.3 で述べた通り、多くの薪が家庭で消費されていると考えられる。なお、木質バイオマス利用量については木質バイオマスエネルギー利用動向調査の発電・熱の利用区分が不十分なため、熱利用における燃料利用量の全体像は明らかにされていない。

1.5 まとめ

本章では、木質バイオマスのエネルギー利用について燃料供給とエネルギー需要を中心にその現状を概観した。

木質バイオマス燃料の供給面については、製材残材や建設廃材は利用率が高く、新たな利用余地はあまり望めない。地域で木質バイオマス利用を進めていく際には、地域の森林整備

の体制を整えて間伐材の供給量を増やすか、現在林地に切り捨てられている林地残材の運び出しを考える必要がある。

木質バイオマスの需要については、利用内訳が不明な部分もあるが、電力・熱利用ともに増加している。地域の電力・熱需要を満たす木質バイオマスが充分にあるかどうか、電力や熱、もしくは熱電併給といった形でどうエネルギー利用するか、他の再生可能エネルギーとの組み合わせは可能かなど地域のエネルギー需給計画を考える必要がある。また需要面では、木材の総合的な利用推進が重要である。建築用材などの木材利用を進めることで、伐採された原木の建築用材に向かない部分を燃料向けとして利用することができ、また製材工場の残材や建設廃棄物の木質バイオマスの利用可能量も結果的に増える。国産木材全体の需要を増やす必要がある。

総じて、森林からの供給量は増える見込みであるが、木質バイオマス燃料の需要も電力を中心に増えるので、地域によっては木材需給の逼迫が起これると考えられる。

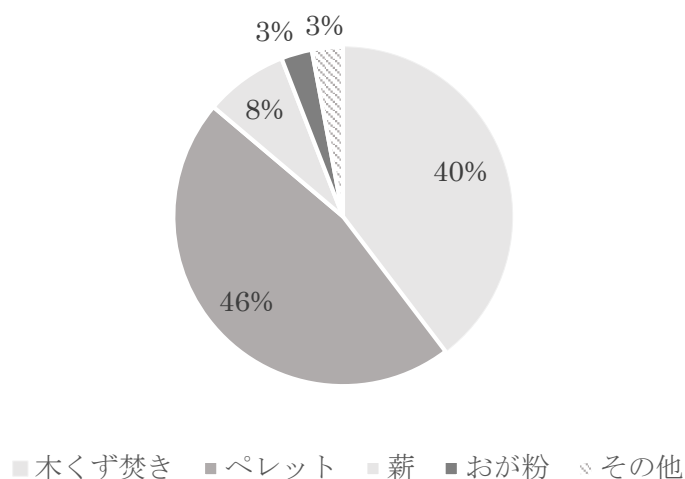


図6：燃料別のボイラー導入数の割合
(出典：平成28年木質バイオマスエネルギー利用動向調査)

表 1：用途別ボイラー導入数

種別	製品の乾燥	木材の乾燥	ホット プレス	ドライヤー	原木煮沸	暖房のみ
台数	73	353	27	34	5	689
割合	3.7%	17.9%	1.4%	1.7%	0.3%	34.9%
種別	冷暖房	給湯	暖房 及び給湯	その他	不明	合計
台数	146	369	89	169	18	1,972
割合	7.4%	18.7%	4.5%	8.6%	0.9%	100.0%

(出典：平成 28 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査)

表 2：業種別ボイラー導入数（単位：基）

製造業	製材業、木製品製造業	284
	合板製造業	47
	集成材製造業	67
	建築用木製組立材料製造業（プレカット）	18
	パーティクルボード製造業	8
	繊維板製造業	8
	床板（フローリング）製造業	21
	木製容器製造業（木材加工業）	3
	その他の木材産業	43
	食料品製造業	29
	繊維工業	7
	家具・装備品製造業	17
	パルプ・紙・紙加工品製造業	40
	印刷・同関連業	-
	化学工場	18
その他	41	
農業		375
電気・ガス・熱供給・水道業		25
宿泊業・飲食サービス業	宿泊業	115
	飲食店	8
生活関連サービス・娯楽業	洗濯業、理容業、美容業	7
	一般公衆浴場業、その他の公衆浴場業（温泉）	155

	スポーツ施設提供業	23
	公園、遊園地、その他の娯楽業	14
教育	学校教育	56
	その他教育、学習支援業	35
医療・福祉	医療業	29
	老人福祉、介護事業、障害者福祉事業	102
	児童福祉事業（保育所）	24
	その他	3
協同組合		48
その他		302
総数		1972

（出典：平成 28 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査）

参考文献

- 1) 根本和宜，中村省吾，森保文（2017）「家庭向け木質バイオマス燃焼機器の普及と燃料消費量」
- 2) 林野庁，「バイオマス活用推進基本計画（平成 28 年 9 月）」
- 3) 林野庁，「森林・林業基本計画（平成 28 年 5 月）」
- 4) 林野庁，「平成 28 年木材需給表」
- 5) 林野庁，「平成 28 年特用林産基礎資料」
- 6) 林野庁，「平成 28 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」
- 7) 林野庁，「平成 28 年度森林・林業白書」
- 8) 資源エネルギー庁，「固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト」，アクセス日 2018. 5. 16

2. 各論（概要、関係者、ビジネスモデル、資金の流れ、補助金、雇用、材のフロー）

2.1 薪ストーブ

概要

薪ストーブを利用するシステムは、主として住宅において、暖房用に薪を燃焼させるものである。薪の供給とストーブの設置が運営のために必要となる。

薪の供給については、原木の切り出し、薪製造および配達・販売の過程がある。薪ストーブには輸入品もあり、専門店で購入されることが多いが、地域の樹種に適合するように地域で独自に製作される場合がある。

薪ストーブに関する木質バイオマス利用の特徴は、比較的少量の薪の生産でも事業が可能のため、多様な運営の形態があることと、一方、人手がかかるため、利益を確保するには工夫が必要なことである。

自取りといわれる、ストーブ所有者自らが、所有地もしくは近隣から木を切り出して薪作りをおこなう場合も多いことが知られているが、ここでは、事業として薪を生産しているものを取り上げた。

紹介する関係者を以下に示す。

表1 関係者

関係者名	主な活動
田中林業	林業経営体
金井溪一郎	山主から伐採を請け負う個人事業主
NPO 法人森の座	事業型 NPO
貝沼山守会	まつたけのために赤松を伐採・更新
旭木の駅	木の駅の運営
木の駅ひだか	木の駅の運営
NPO 法人みなみあいづ森林ネットワーク	林業の振興
株式会社ディーエルディー	薪ストーブの販売
からまつストーブ普及LLP	薪ストーブの販売

2.1.1 原木の切り出し

発電やボイラーと異なり、ストーブ一つ当たりの薪の消費量が少なく、また薪製造を大工場で行なう必要もなく手作業で可能なので、薪製造時に多量の原木を要求されるわけではない。そのため、少人数でも原木の切り出しを担うことは可能であるため、多様な組織によって原木の切り出しが行なわれていた。

1) 林業経営体

田中林業（東京都）では、針葉樹だけでなく広葉樹を含めた森林管理を意識し、自社の土地（200ha）の半分を占めるコナラ、ミズナラ等の広葉樹を薪に利用していた。山の作業班は1班4人で行っていた。生産量は現在、150t/年であった。

木材の搬出・運搬には、平均で8,000円/m³かそれ以上かかっており、補助金で補填していた。各作業に対して補助金があり、間伐は面積当たりの補助、搬出促進は市場に入れた原木m³当たりの補助、作業道は敷設した1m当たりの補助となっていた。自社で薪の製造を行なうため、原木の販売はしていなかった。

2) 林業の請負人

金井溪一郎氏（長野県）は、山主から伐採を請け負う個人事業主であった。見積の目安は30万円/haで、年間20~30の現場を請け負っていた。切り出した木材の40%（:80m³）程度を薪用丸太として薪製造業者へ販売していた。薪用丸太の生産だけでも頑張れば仕事として成り立つとのことであった。薪用丸太の販売価格は約6,000円/m³であった。

3) 市民グループ

NPO法人森の座（長野県）では、地域の多くの方に山に関わってもらうことを重視していた。山仕事ができるメンバーが6人おり、個人所有の森林10~15haで活動していた。木材の販売も行なういわゆる事業型NPOであった。薪づくり強化週間を年1回設けて、その時に山に溜まった木材を薪用に利用していた。量は100m³であった。個人では取れない補助金（森林・山村多面的機能発揮対策交付金など）を取ってくる場合もあった。

貝沼山守会（長野県）は財産区（45ha）を管理していた。財産区は6町会200戸のもので、財産区自身は当番で120人ほどが年2回手入れをしていた。それに加えて、貝沼山守会が、12人~13人/日の8時間、毎日作業していた。メンバーは30人であった。まつたけが採れなくなった80年生以上の赤松を伐採し、更新するのが目的であった。60m³の伐採量のうち、40m³は森林組合連合会の市場へ出荷し、C材の20m³を後述の薪製造会社へ販売していた。林野庁から森林・山村多面的機能発揮対策交付金を受けていた。

4) 木の駅

旭木の駅（愛知県）では、2011年2月~3月を皮切りに、2015年7月までで、6回のプロジェクトを実施した。一回当たり20~60人程度の自伐林家が原木を土場へ出荷した。概ね一回当たりの出荷量は300tで、うち100tが薪に加工され、残りは現時点ではチップ会社へ販売していた。

出荷者へは一律6,000円/tで、モリ券という一種の地域通貨で支払っていた。チップ会社へは一律3,000円/tで販売していた。仕入れ価格が販売価格より高いことで生じる赤字（いわゆる逆ザヤ）が、原木1tにつき3,000円生じており、2012年度から旭支所（豊田市）が支出する負担金でこれを賄っていたが、負担金は将来的にはなくなるため、対応が課題であった。

なお、出荷者に対して出荷量の5%を寄付材に、モリ券を受け取る商店からはモリ券の2%

を寄付金にする約束をつくった。現状では、集まってくる原木の 20%程度が寄付材とのことであった。寄付材の売り上げが、経費の一部に充当されていた。今後、林野庁の森林・山村多面的機能発揮対策交付金でウインチを購入し、貸し出す予定であった。

木の駅ひだか（高知県）に対しては、多様な原木の供給がなされていた。自伐林家、企業・団体、土佐の森グループの会員、その他の個人・企業・団体および佐川町自伐協の関係者で、およそ 90 人と 10 団体が原木を持ち込んでいた。

C材は 1,100t/年を受け入れ、そのうち 100 t/年が薪に加工されていた。

C材の買い取り価格は、およそ 6,000 円/t であった。「モリ券」と燃料券で支払っていた。なお薪に加工されない材はバイオマスプラントへ販売されていた。高知県が 2003 年に創設した森林環境保全基金（森林環境税）を利用して小器具類を購入した。作業車や軽架線は日本財団の補助事業で購入した。

2.1.2 薪の製造・販売

原木は玉切りと薪割り作業により薪に加工される。大規模な機械が不要であるため、原木や薪を置いておける土地が確保できれば、薪を比較的容易に作ることができる。

1) 林業経営体

田中林業では、製造した薪の 8 割は問屋に卸して、それらはピザ釜等の調理用に供給されていた。2 割を薪ストーブ利用者へ宅配していた。森林を維持する費用を捻出できるように価格を設定していた。そのため価格競争をする気はなく、意義を理解してくれるところへ販売するということであった。ほぼ 30km 圏内の合計 20 軒程度に宅配していた。

薪事業を始めてから雨の日でも仕事ができるので、安定的な雇用が可能になり、日給月給制から月給制へ移行した。

価格は 54 円/kg であるので、換算すると、約 3 万円/見かけ m^3 、材積では 54,000 円/ m^3 となった。薪の生産量は、150t/年であった。

2) 市民グループ

NPO 法人森の座では、薪づくり強化週間というイベントを実施していた。これは、年に 1 回（1～2 週間）、山に溜まった木材を薪として売り切る事業であった。この際に、薪づくり講座、木工教室およびオリエンテーリングなどのイベントを併催していた。

軽トラに乗ってきた需要者へ直に販売するため、運搬費の節約になり、販売価格は 3,000 円/ m^3 、販売量は 100 m^3 であった。

NPO 法人みなみあいづ森林ネットワーク（福島県）は、自らは薪の製造は行なっていなかった。南会津荒海財産区が生産した広葉樹の薪を 1 万 5 千円/ m^3 で購入し、それを 2 万 5 千円～3 万円/ m^3 で販売していた。また同じく針葉樹の薪を 1 万円/ m^3 で販売していた。NPO 法人の販売量は 80 m^3 であった。NPO 法人は 2 人態勢で運営していたが、薪の販売のためでなく、本来の事業を行うための体制であった。

薪製造の設備のためではないが、薪の普及啓発関係で補助金（林野庁）を用いた。関係す

る薪製造会社の中には、全自動の薪割り機を町の補助金で購入した例があった。

3) 木の駅関連

旭木の駅に直結する事業として、薪づくり研究会があった。ここは、木の駅から原木を買って薪の生産を行なって販売する事業化に挑戦していた。

2014年度は、27軒の薪利用者へ延べ軽トラ55杯分を販売した。軽トラ1杯が定価17400円（税抜き）（60束相当。およそ1見かけ m^3 。）であった。逆ザヤ解消と黒字化をめざしていた。薪割り機を林野庁の森林・山村多面的機能発揮対策交付金で購入した。

木の駅ひだかでは、薪づくりはボランティアによって実施していた。薪生産を行なうボランティアは50人～60人であった。毎週金曜日に活動し、薪生産量は3t/回で、およそ100t/年の生産量であった。薪ストーブ利用者は80軒で、うち40軒には宅配しており、残りは木の駅へ薪を買いに来ていた。

薪の売り上げは、およそ200万円/年であった。薪の小売価格は、薪の特選800円/束、普通500円/束であった。前述のように生産量が100t/年なので、価格は2万円/tの計算となった。薪割り機は林野庁の補助事業で購入した。

4) 薪製造・販売会社

株式会社ディーエルディー（長野県）は、薪ストーブの輸入販売会社であり、並行して薪供給の仕組みづくりを行なった。扱う薪は、地元の針葉樹（アカマツ・カラマツなど）の間伐材であり、それが使われずに余っている状況に注目し、これを有効活用していた。自伐林家、請負個人林家、グループなど多様な所から原木を購入していた。

株式会社ディーエルディーの薪生産ヤードは20箇所あり、生産ヤードごとに季節アルバイト2人～3人のほか、全体を統括する社員2人とエリアマネージャー4人で運営していた。全部50～60人の雇用であった。

薪用の間伐材の取扱量は4,000 m^3 で、買い取り価格は、約6,100円/ m^3 であった。1束相当の薪の販売価格は、280円（税別）であった。2万円/みかけ m^3 程度と計算された。

薪ステーションは、薪ストーブの会社であるからまつストーブ普及LLPが運営している薪の製造・販売所であった。間伐材、別荘開発での排出木および支障木を6,000円/ m^3 （針葉樹）で引き取っていた。

薪ステーションの利用客は、40人～50人で、常連客が多く、5 m^3 の購入が平均であった。ストーブ使用者へのサービス価格として1万5千円/ m^3 の値段で薪を販売していた。薪生産で、年間100万円の人件費が必要とのことであった。

2.1.3 薪ストーブの製造・販売

薪ストーブには、輸入品や従来から製造されてきたものの他に、地域の組織によって地域に適合するように新たに設計・製造されるものがあった。

からまつストーブ普及LLP（長野県）は、燃焼温度が高いカラマツに特化したストーブを設計して、製造委託を行ない、販売していた。7年間でおおよそ350台を販売した。

旭木の駅では、「薪ストーブ民主化計画」と称して、薪の出口となる薪ストーブ利用者を増やすために、安価で高品質な地域産ストーブの開発販売を計画していた。

薪ストーブ本体の価格はばらつきが大きいものの、10～20万円のものが多く、ペレットストーブに比べて安い場合がほとんどであるが、耐熱壁などの施工が必要なため、総額で百万円近くになった。からまつストーブ普及LLPのストーブの価格はおよそ本体20万円、設置費用40～50万円であった。

薪ストーブの購入の際に、市町村や県による補助金が出る場合があった。ストーブ購入費の二分の一を補助、ただし上限が10万円程度という制度が多かった。

2.1.4 まとめ

薪には、広葉樹によるものと針葉樹によるものがあったが、広葉樹の方が高値で取り引きされていた。広葉樹でおよそ3万円/みかけ m^3 程度、針葉樹で2万円/みかけ m^3 程度が多かった。そのため、広葉樹を扱う方が、利益が出やすく、針葉樹から撤退する動きも見られたが、その一方で、地域の林業を活性化される観点からあえて針葉樹の薪の普及を目指す活動もあった。

概して、薪ストーブに関係する活動は、捨て置かれている間伐材を有効活用することで、地域の山を保全することを目的としており、多種多様な取り組みがなされていた。

インタビューで得られたデータを組み合わせると、薪ストーブによる薪の利用について、次のような流通が想定できた。山側から500 m^3 の原木を6,000円/ m^3 で仕入れて、薪を3万円/ m^3 （約2万円/みかけ m^3 ）で販売すると、一軒当たり5 m^3 の購買として100軒に販売した場合、粗利が1,200万円となった。一方、山側の粗利は300万円となった。

山側については、出荷先があれば、自伐林家が原木を供給できるが、薪用の原木だけで十分な収益を上げることは困難と考えられた。A材やB材の販売と組み合わせることや、他に生業を持った上での副業、趣味的な活動で、原木を供給することが現実的と考えられた。

薪販売については、販売先が確保できれば、職業として成立すると推定された。



写真1 株式会社ディーエルディーの土場で乾燥中の薪。一列で2軒分の年間使用量とのこと。

2.2 薪ボイラー

概要

薪ボイラーは、温浴施設やホテルで給湯用に使われることが多い。化石燃料に比べて薪の価格は必ずしも安くないが、価格が安定している点が営業上の利点である。原木を自ら薪にする場合は、原木の価格は安いので、かなりコスト削減になる。

営業に用いるため、薪を安定的に確保することが必要である。薪ストーブについては、2.1で述べたように100軒分が薪販売の基準となるが、薪ボイラーにおける薪の消費量は、家庭の薪ストーブ100軒分よりも少ない。そのため、薪の確保は比較的容易である。

薪ボイラーは、輸入される場合もあるが、地域の業者が作成することもある。

薪のボイラーへの投入が手作業になるので、人手を確保する必要があるが、施設は比較的小規模で安価であるため、導入は容易なシステムといえる。

紹介する関係者を以下に示す。

表1 関係者

関係者名	主な活動
山を守る会	共有山の管理
飯伊森林組合	森林組合
やまおか木の駅	木の駅の運営
不動温泉佐和屋	旅館
数馬の湯	温泉
花白温泉	温泉

2.2.1 原木の切り出し

ボイラーを定常的に運転するためには、安定的な原木の供給が必要である。そのため、特定の組織が原木を提供していた。

1) 共有山

長野県飯田市千代地区では、10の集落が集落ごとに「山を守る会」を結成し、それぞれの共有山から出た間伐材を、順番に提供していた。価格は軽トラック1台分で2,000円であった。ここでは、森林整備計画を作ることで補助金を得ていた。この計画では間伐材の持ち出しが義務となるため、間伐材の利用の有無に係わらず、土場に間伐材が積まれる。間伐材を持ち出すコストを無視することができるので、安価でも間伐材を取り引きできれば、利益を生むことができ、活用が促進されていた。

2) 森林組合

飯伊森林組合（長野県）が間伐し、土場に置いた間伐材を搬入する場合もあった。価格は上と同じく軽トラック1台分で2,000円であった。ここも上と同様に、森林整備計画を作

っていた。

3) 木の駅

やまおか木の駅（岐阜県）では、森林・山村多面的機能発揮対策交付金（林野庁）による年最大5百万円の補助を活用して、原木を切り出していた。6,000円/m³（材積）で原木を引き取り、3,000円/m³（材積）で卸していた。逆ザヤの3,000円は、県と市の補助金で賄っていた。

2.2.2 薪の製造・販売

太い材を燃焼できるボイラーの場合は、薪割り作業は、非常に太い原木に対してのみ必要なので、作業量は少なくすんでいた。

不動温泉佐和屋（長野県）では、社員が他の仕事の合間に作業を行っており、燃料加工に係る個別の person 費は発生していなかった。原木を1.2mに切りそろえて燃料に加工していた。太いものを薪割することもたまにあった。一日の原木の消費量は、およそ軽トラック1台分であった。軽トラック1台分を0.7m³（材積）とし、365日かけると、年間の消費量は、およそ260m³（材積）となり、また経費は73万円となった。

数馬の湯（東京都）では、村の薪事業から薪を調達していた。使用量は、1日1パレット（0.7m³（見かけ））、年間300パレット（70t, 210m³（見かけ））であった。1パレット6000円（＝約8500円/m³（見かけ））であったので、薪に年間180万円を支出していた。

花白温泉（岐阜県）では、やまおか木の駅から、原木を調達していた。比較的細い丸太をそのまま燃焼しているように見受けられた。薪の使用量は1日当たり夏は半ラック（0.5m³（材積））で価格は1500円、冬は3ラックなので、価格は4,500円であった。平均1日当たり2ラック必要として、365日稼働とすると、年間およそ360m³（材積）の使用で約100万円の支出と計算された。

2.2.3 薪ボイラーの燃焼管理

薪の投入は、すでにいるスタッフが他の業務の間に行っていた。そのため、新たな person 費は計上されていなかった。

不動温泉佐和屋では、社員が薪を投入していた。夏場3時間に1回、冬場1時間半に1回の頻度でボイラーに薪をくべていた。燃やし方で燃費が変わるので、投入の仕方を工夫していた。

数馬の湯では、職員が薪をくべていた。薪の投入は1日4回であった。導入からしばらくは薪の利用量を試行錯誤した。

花白温泉では、調理関係の社員が、業務の合間に、薪の投入などのボイラーの管理を行っていた。

2.2.4 薪ボイラーの製造・販売

薪ボイラーは、輸入される場合もあるが、地元の業者が製作する場合もあった。

不動温泉佐和屋に導入されたボイラーは、入札によって地元の業者が製作した。選定の際には、メンテナンスの面で、地元の業者がよいという判断も加味された。総事業費は3,500万円で、うち補助金が1,500万円であった。

数馬の湯では、スイス企業製作のボイラーを使用していた。事業費はボイラー2基、建屋付きで約4,000万円で、全額補助金で賄った。

花白温泉では、総費用1,100万円の三分の二に、県の補助金であるグリーンビジネス事業化等総合支援補助金を用いた。国産ボイラーを用いて、地元の業者が施工した。

2.2.5 まとめ

インタビューで得られたデータを組み合わせると、薪ボイラーによる薪の利用について、いくつかの流通が想定できた。原木の価格は、安い場合で3,000円/m³、高い場合で6,000円/m³となった。原木が安くできた理由は、間伐材の持ち出しが義務の補助金を利用した場合、間伐材の輸送費以上の価格であれば山側に利益が確保できたためと推測された。また、まとまった量を引き受けられる薪ボイラーは、山側にとってよい取り引き先となったと推測された。薪で購入する場合もあり、その場合には、価格は3万円/m³と高くなると想定された。年間消費量を200m³とすると、原木利用で60万円から120万円、薪利用で600万円の経費となった。

山側については、薪ストーブの場合と同様に、薪ボイラー用の原木の販売のみで生計を立てることは困難であった。薪の販売については、粗利が500万円程度（薪売り上げ600万円と原木購入費用の差）となり、ぎりぎり職業として成り立つ規模であった。

数馬の湯の薪使用量は他の二つに比べ少なかったが、経費は多くかかっていた。原木ではなく薪で買っていることが経費を押し上げていた。太い木を利用できるボイラーが、経費の面では有利なことを示した。

薪ボイラーに使用する原木や薪の調達は、顔の見える関係者によってなされていた。また、樹種によって薪の燃やし方を工夫するなど、手作業的な部分が多かった。薪ボイラーは、人間的で素朴なシステムといえるかもしれない。



写真1 数馬の湯のボイラーと薪。

2.3 ペレットストーブ

概要

ペレットストーブを利用するシステムは、主として住宅において、暖房用にペレットを燃焼させるものである。ペレットの供給とストーブの設置が運営のために必要となる。

ペレットは、ペレット工場で製造される。ペレット製造の工程には、原木の切り出し、チップ加工、ペレット加工がある。大きな施設を運転する必要があるため、ペレットを多量に生産することが、採算を取るために必要である。

ペレットストーブは、薪ストーブと異なり、大規模な専門業者によって製造されることが多い。ペレットストーブは、自動運転が可能なのも一つの特徴である。

紹介する関係者を以下に示す。

表1 関係者

関係者名	主な活動
南信バイオマス協同組合	チップ、ペレット製造
上伊那森林組合	森林組合
庄原さとやまペレット株式会社	ペレット製造
丸徳ふるせ	ホームセンター
ヤマノイ株式会社	建築業
伸栄工業株式会社	金属加工

2.3.1 原木の切り出しおよびチップやダストの生産

ペレット工場では、多量の材を必要とするので、広域の材を取り扱っている組織を通して原料が確保されていた。

1) 森林組合連合会

南信バイオマス協同組合（長野県）は、原料のカラマツ材を、長野県森林組合連合会を通じて長野県全域の木材市場から仕入れていた。南信バイオマス協同組合は、チップも生産販売しており、仕入れた丸太のうち乾燥しているものをペレット生産にまわしていた。仕入れ価格は、運送費込みで6,000円/tであった。

2) 森林組合

上伊那森林組合（長野県）は、組合が扱っている材の1割程度および、地元素材生産業者や長野県内の森林組合から購入した材を用いてペレットを生産していた。

3) チップ工場

庄原さとやまペレット株式会社（広島県）は、2014年度実績で、チップ業者からチップダストを920.2tとチップを62.17t（いずれも湿重量）仕入れていた。仕入れ価格は、チップダストで約5,000円/t、チップで約12,000円/tであった。

4) 製材所

丸徳ふるせ（山形県）は、製材所から製材くずを買い取っていた。製材所は、原木を地域の林家や入札、自社山を通して仕入れていた。製材くずの価格は、およそ 6,000 円/t であった。

2.3.2 ペレットの製造・販売

各地域とも、ペレットストーブによるペレット燃料の消費を大きく増やすことには成功していなかった。そのため、ペレット工場を 24 時間稼働させることができず、効率の低い運転状況となっていた。需要を増やすために、公共施設にペレットボイラーを導入することが行なわれており、この点については次の節（2.4 ペレットボイラー）で述べる。

南信バイオマス協同組合は、4t/日、1300t/年のペレットを製造していた。製造したペレットをおよそ 40 円/kg で販売していた。ただし、小中学校のストーブを含む行政関連の施設や事業所のペレットストーブが主な販売先であった。ペレット製造に 1 人が従事しており、チップ製造従事者が時々ペレット製造を手伝っていた。施設の建設費用は 8000 万円で 2 分の 1 が補助金で賄われた。機械のオーバーホールが 10 年ごとに必要だが、現状の生産量では継続は難しいとのことであった。

上伊那森林組合は、平成 25 年度実績で、1,930 t/年のペレットを製造販売した。長野県内の森林組合と県外の販売代理店を通して、全国にむけて販売していた。価格は 10kg 袋入りでおよそ 490 円であった。

庄原さとやまペレット株式会社のペレット製造量は、2014 年度実績で 530 t/年であった。販売先は、市内の公共施設（市庁舎、保育所など 14 箇所）が 85.9%、市内の小売店等（個人需要など）が 4.9%、市外（北広島町ほか）が 9.2%であった。卸価格は税込 42 円/kg であった。ペレット製造従事者は、工場長 1 人、製造担当者 1 人、事務員（パート）1 人であり、主に製造担当 1 人がペレットを製造していた。施設の建設費用は総額 2 億 6,321 万円で、国の補助金 1 億 4,676 万円（56%）、市費 1 億 1,645 万円（44%）で賄った。その他に、設備の大きな修繕の経費を一部、市が負担していた。

丸徳ふるせが使用する施設の建設費用は、建屋を含めて 2980 万円であった。うち自己資金は金融機関から借入した 500 万円であり、残りは補助金で賄われた。ペレットの生産能力は 300t/年だが、原料が不足していることと乾燥施設を入れなかったため、十分に稼働しておらず、現時点では、20~30 t/年の生産に留まっていた。製造したペレットを 55 円/kg で販売していた。

2.3.3 ペレットストーブの製造・販売

ペレットストーブを製造している比較的大規模な事業者が国内にいくつかあった。また輸入品を扱う業者もあった。それらは販売代理店を組織して、ペレットストーブの普及に努めていた。

庄原市では、市内に約 210 台のペレットストーブがあった。そのうち公共施設等にあるものが 85 台、市補助を利用して家庭または事業所にあるものが延べ 46 台であった。当初は 1,000 台の目標であったが、目標達成は難しい状況であった。

丸徳ふるせは、ペレットストーブの販売代理店を持っていた。国内 4 社の製品を販売しており、施工と希望者にはメンテナンスを行っていた。顧客は 80 軒程度であった。

ヤマノイ株式会社（広島県）は、広島市内の日鋼設計(株)、新潟市にある(株)さいかい産業が製造したストーブを販売、施工していた。ドイツ、イタリア製もたまに輸入販売していた。販売価格は 30 万～40 万円（施工費込）が標準であった。

伸栄工業株式会社（茨城県）は、農業用ハウスや工場の暖房用の中型のペレット温風機（5 万 kcal/h）を製造販売していたが、並行して関東一円のさいかい産業のストーブ販売統括を行っていた。自社でも販売しており、2014 年度ではおよそ 120 台を販売した。ストーブのメンテナンスについて、機器の掃除は誰でもできるが、故障した際の部品交換などは難しいので、販売店からのバックアップ体制を考える必要があるとの課題があった。

ペレットストーブの購入の際に、市町村や県による補助金が出る場合があった。ストーブ購入費の二分の一を補助、ただし上限が 10 万円程度という制度が多かった。

2.3.4 まとめ

ペレット製造は、薪やチップに比べ、製造工程が多く、かつ大規模な施設を必要とした。そのため大きな需要が望まれるが、ペレットストーブの普及はそれに見合うものになっていなかった。ペレットストーブはいくつかの主要な事業者によって製造されており、販売網も整いつつあったが、その普及は今後の課題であった。

もし、千軒の家庭がペレットストーブを利用した場合、次のような流通が想定できた。山側から、1,800 m³の原木を 6,000 円/ m³で仕入れて、チップに加工して 13,000 円/ m³でペレット工場に納入し、ペレットを 40 円/kg（ペレットは含水率が低いため、1,000t のペレットができる。一軒当たりの消費量は年 1,000kg で計算する。）で販売する。粗利は、山側で 1080 万円、チップ工場で 1260 万円、ペレット工場で 1660 万円となった。

少なくともこの程度の規模が、事業を経済的に維持するためには必要であった。



写真1 ヤマノイ株式会社で扱っているペレットストーブの一つ。マンションでも設置可能とのこと。

2.4 ペレットボイラー

概要

ペレットボイラーは木質ペレットを燃料とする温水ボイラーであり、工場や事務所等での給湯や暖房・冷房、温浴施設における温泉や浴槽の加温、農業ビニールハウスにおけるハウス内加温等に利用されている。仕組みとしては吸引式、蒸気式、放熱式、温風式、温水式が知られている。

紹介する関係者を以下に示す。

表1 関係者

関係者名	主な活動
庄原市（庄原さとやまペレット株式会社）	ペレット製造・販売
南信バイオマス協同組合	ペレット製造・販売
飯田市	ボイラー設置支援
ほっ湯あつぷる	熱供給

2.4.1 原木の収集および原料の生産

1) 自治体（ペレット工場）

庄原市では「庄原市バイオマスタウン構想（2006年策定）」において、チップスクリーン・乾燥施設、バイオエタノール・リグニン製造施設を整備し、それらから得られる間伐材・未利用材由来の原料を利用してペレットを製造する計画を持っていた。また、チップダストの二次利用先としてもペレット製造に注目していた。その後、バイオエタノール事業計画が頓挫したため、原料を主に市内チップ業者から仕入れるペレット製造に特化して実施していた。ペレット製造の事業化にあたっては、庄原市が54%出資して第3セクター会社である「庄原さとやまペレット株式会社」を設立し、同社に運営を委託していた。

原料仕入量と割合は、2014年度実績でパルプ生産の過程で発生するチップダストが920.2t（93.7%）、チップが62.17t（6.3%）であった（いずれも湿量基準換算）。受け入れるチップ原料の割合は広葉樹7割、針葉樹3割で、含水率には特に基準を設けていなかった。チップ業者の大半は市内業者で、仕入価格はチップダストで約5,000円/t、チップで約12,000円/tであった。

また、2010年にペレット製造を事業化した際には、主に市内の個人山林所有者を対象にした独自の原料収集システムを用意した。本システムは、個人所有者が杉や檜の間伐材や林地残材の原木を直接持ち込む場合は7,000円/t（税込）、市内のチップ業者や森林組合を経由する場合は1,000円/t（税込）を個人所有者へ支払うものである。庄原市は、市域の8割が山林で、その8割が民有林である。市内の林家は4,599戸（2015年現在）であり、その内1ha～5haの小規模林家が2,823戸と大半を占めているため、団地化計画を立案するのに

苦勞していることから、本システムにより小規模林家の経済活動を支えることを狙っていた。しかし、システムの利用者は少なく、2014 年度実績で 14 件（48t）であり、チップ業者経由の持ち込み例はなかった。チップ業者の原木仕入価格は 3,000 円/t であり、原木は最初にペレット工場へ持ち込まれ、そこからチップ工場へ移動して加工された後、ペレット工場へ戻ってくる仕組みとなっていた。

2) 協同組合

本項については 2.3.1 の(1)を参照されたい。

2.4.2 ペレットの製造・販売

1) ペレット工場（2.3.2 より一部再掲）

庄原さとやまペレット株式会社（広島県）のペレット製造量は、2014 年度実績で 530 t / 年、販売量は 552t/年であった（販売量が製造量より多いのは昨年在庫分を含んでいるため）。販売先は、市内の公共施設（市庁舎、保育所など 14 箇所）が 85.9%、市内の小売店等（個人需要など）が 4.9%、市外（北広島町ほか）が 9.2%であった。卸価格は 42 円/kg（税込）であった。

ペレット製造従事者は、工場長 1 人、製造担当者 1 人、事務員（パート）1 人であり、主に製造担当 1 人がペレットを製造していた。設備費は総額 2 億 6,321 万円で、国の補助金 1 億 4,676 万円（56%）、市費 1 億 1,645 万円（44%）で賄った。その他に、設備の大きな修繕の経費を市が一部負担していた。

2014 年度の売上は約 2,300 万円であった。一方、ペレット製造原価は設備の減価償却分がないので、平成 26 年度の概算で製造光熱費 400 万円、燃料光熱費 200 万円、原料費 530 万円、人件費 480 万円が主な構成となっていた。手持ち金が十分に確保されているので、資金繰りは安定しているとのことであった。

市内 14 施設におけるペレットの年間消費量は年間 475t で、石油に換算すると 230t 分を代替できており、熱量換算でペレット 2 が石油 1 にほぼ相当することから、石油価格を 100 円/kg とすると 2,300 万円相当と考えられた。

2) 協同組合

本項については 2.3.2 を参照されたい。

2.4.3 ペレットボイラーの設置

1) 自治体

庄原市では、2009 年度からペレットボイラーの導入を開始し、2015 年現在で市内 14 施設（市庁舎、温泉施設、保育所など）において稼働していた。今後は、新築の小学校と建て替え予定の保育所へ導入する計画で、それで市内公共施設全 16 箇所への導入は完了予定であった。ボイラーのメーカーは、市庁舎がオーストリアの KOB 社で、他施設は(株)トモエテクノや二光エンジニアリング(株)などの国産ボイラーであった。ボイラーの出力は市庁舎

で540kW、平均200kW程度であり、14施設を合わせた総出力は3,154kWであった。供給量は施設により異なるが、例えば温泉施設では必要熱量の約50%を賄っており、不足分は重油ボイラーで補っていた。公共施設のペレットボイラーは国からの補助金を得て導入しており、補助率は設備により異なる。市にはペレットボイラー導入補助制度があり、購入や設置等の経費の1/3（上限額50万円）で補助金を交付するが、2015年現在で申請実績はなかった。

飯田市では、市域の8割以上を占める森林の林業活性化のため南信バイオマス協同組合の結成を後押しし、主に熱に着目した森林資源のエネルギー利用を進めている。ペレットボイラー7台を市が需要開拓した公共施設で利用しており、学校などにはペレットストーブを設置していた。南信バイオマス協同組合で製造しているペレットの1割は市内小中学校に設置されている150台のストーブに使用し、6割程度を事業所に設置しているストーブに使用、温浴施設（ほっ湯あっぷる）で300t使用していた。

2) 温浴施設

ほっ湯アップル（長野県）では、飯田市の主導により2010年にスイス製のペレットボイラーを導入しており、補助として灯油ボイラーを使用していた。源泉温度が39度であるため、ペレットボイラーで1~2℃加温して循環させていた。洗い場用の給湯（4,000ℓ）の加温にもペレットボイラーを使用しており、ペレットボイラーは夏季だと9時~20時、冬季だと9時~21時の運転であった。夏季は翌日の朝まで余熱が保てることから直ぐに暖まり、灰が熱いので冷めにくいとのことであった。灯油ボイラーは、冬季のボイラー起動時、ペレットボイラー保守点検時、給湯供給量がペレットボイラー能力を超えた時に補助として併用していた。例えば、お盆には700人/日の利用があり給湯量が不足するが、ペレットボイラーでは一気に加温することができないためである。

燃料消費量は、灯油の場合は夏季に4,000ℓ、冬季に8,000ℓ使用していた。ペレットに切り替えても夏季10t、冬季20tで消費量の傾向は同じであった。

ペレットボイラーの設置経費は建屋込みで5,000万円、国の補助制度（補助率50%）を利用した。

2.4.4 まとめ

本節では木質ペレットを利用した取組について紹介した。ペレットは、チップと比較して製造工程が多いことから生産コストが高価になるが、形状や品質が均一であることから扱いが容易で管理労力が少なく済むという特徴がある。また、ペレットボイラーはチップボイラーと比較するとサイズが小さく、建設費用も安価であるため、導入にあたっては燃料製造と設備両方の観点から検討する必要がある。



写真1 庄原市森のペレット工場の外観



写真2 ほっ湯アップルのペレットボイラー建屋の外観

2.5 チップボイラー

概要

チップボイラーは木質チップを燃料とする温水ボイラーであり、数十 kW 程度の小型ボイラーから 1,000kW を超える大型ボイラーまで用途に応じて様々な選択肢がある。燃料チップには切削チップと破砕チップの 2 種類があるが、現状導入されているチップボイラーの多くは切削チップを推奨するヨーロッパ製であることから、主に切削チップが用いられる。木質ペレットに比べて製造工程が少なく、コストも安くなるが、燃料として見ると嵩が大きく、燃焼装置も大きくなる傾向がある。

紹介する関係者を以下に示す。

表 1 関係者

関係者名	主な活動
福島ミドリ安全(株)	燃料チップ製造、ボイラー設置、地域熱供給
最上町(山形県)	燃料チップ製造、ボイラー設置、地域熱供給
下川町(北海道)	燃料チップ製造、ボイラー設置、地域熱供給

福島ミドリ安全(株)は、南会津町との連携のもと、「平成 25 年度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(林野庁)」に採択され、町の第 3 セクター会社である会津高原リゾート(株)が経営する宿泊施設(会津アストリアホテル、会津高原ホテル、アストリアロッジ)と温浴施設(白樺の湯)への熱電供給システムの実証試験を行うこととなった。

最上町は 1991 年より「福祉のまちづくり」の取組を開始した。ウエルネスプラザは、町営の福祉病院施設(福祉センター、健康センター、最上病院、老人保健施設、老人集合住宅)、町営の園芸ハウス、町営の給食センター、民営の特別養護老人ホーム「紅梅荘」のゾーンに分かれており、熱エネルギーの総使用量に対する木質バイオマスエネルギーの利用状況は、福祉病院施設は 6 割、給食センターは 2 割、園芸ハウスと紅梅荘は 10 割であった。需要形態は、福祉センターが暖房と冷房、健康センター、最上病院、老人保健施設、老人集合住宅、紅梅荘が暖房、冷房、給湯、園芸ハウスが暖房、給食センターが暖房と給湯であった。

下川町では、町内 12 ヶ所で木質バイオマス熱供給システムが運用されていた。うち 10 ヶ所が町の熱供給システムで、町有林由来の燃料チップを用いて公共施設へ熱を供給し、残りの 2 ヶ所は、製材工場(三津橋農産)と造作用集成材工場(森林組合)で自家消費の熱利用であった。

町の熱供給システムは、供給先が複数のシステム、単数のシステムがあり、例えば、一の橋地区地域熱供給施設は、町営住宅(24 戸)、住民センター、交流プラザ、知的障害者更生施設、シイタケ栽培施設などへ暖房と給湯を供給していた。役場周辺地域熱供

給システム施設は、役場庁舎、消防庁舎、総合福祉センター、町民会館、町営住宅（8戸）へ暖房を供給していた。単数システムは五味温泉で温泉の加温、給湯、暖房に利用され、幼児センターはその施設の暖房に利用されていた。

町では公共施設の熱需要の約6割を木質バイオマス熱供給システムで賄っていた。需要のすべてを木質バイオマスで賄っているのは一の橋地区で、その他の熱供給システムには、バックアップ用重油ボイラーを併設していた。

2.5.1 原料の仕入および燃料チップの製造・供給

燃料チップの原料には、大きく「森林等から伐出される未加工木材」「木材加工等の過程で産出される副産物」「建築廃材」の3つのパターンがある。これら原料を用いて製造される燃料チップには、大きく切削チップと破砕チップの2種類があり、前者はチップパー、後者はシュレッダーやハンマーミル等の設備が必要となる。破砕チップは品質に難があったことから、近年は主に切削チップが利用されている。

原料の仕入および燃料チップの製造・供給を担う主体としては民間事業者と自治体が存在しているが、いずれの場合も原料の仕入は地元業者（森林組合含む）に委託していた。製造・供給も森林組合が引き受けているケースもある一方、自治体主導で設立された加工販売会社や組合が担当している事例も見られた。

1) 民間事業者

福島ミドリ安全(株)は、燃料チップの供給を地元森林組合から受けていた。伊南村森林組合は燃料チップ生産と供給、田島森林組合と館岩村森林組合は伊南村森林組合への原料供給、荒海チップは緊急時（森林組合の燃料チップの含水率が高すぎる場合など）の燃料チップの供給を担当していた。

伊南村森林組合が燃料チップ生産と供給を担う理由は、町内の道の駅に設置されているチップボイラーへの燃料チップを供給している実績があるためであった。

チップは燃料の減りに合わせて週1～3回トラックで納入しており、チップ置き場は冬場で約2日分の備蓄が可能であった。樹種は主にスギで、搬送距離は約30kmであり、搬送は運送会社に発注していた。

2) 自治体

最上町では、燃料チップの原料伐採と加工販売を(株)もがみ木質エネルギーが請けていた。同社は2007年度に地元会社2社（製材会社と林業家）が設立した会社で、設立にあたっては長期間関与が見込める担い手として町からの積極的な働きかけがあった。同社は自社林を持たず、国有林や民有林の間伐事業を請け負って燃料チップ原料を確保していた。

町では、ウエルネスプラザにおいて使用する燃料チップ（破砕型）を、冬期（11月～4月）は月曜日から土曜日まで毎日4tトラック8台分を搬入し、夏期（5月～10月）は同様に3台分を搬入していた。2013年度の使用量は表2の、ウエルネスプラザ内の各施設に

おける使用構成は表3の通りであった。

表2 2013年度の使用量

	使用量(kg)	運搬台数		使用量(kg)	運搬台数
4月	156,000	96	10月	99,940	62
5月	121,808	73	11月	162,800	101
6月	95,520	60	12月	227,330	139
7月	126,540	80	1月	248,470	155
8月	87,585	45	2月	215,160	144
9月	78,370	48	3月	184,890	123
			合計	1,804,413	1,126

表3 ウェルネスプラザ内の各施設における使用構成

施設	%
福祉病院施設	70
園芸ハウス	5
給食センター	3
紅梅荘	23

下川町では、2005年度に初めて木質バイオマスボイラーを五味温泉へ導入し、当時は集成材の端材を民間製材工場が加工した木質チップを使用していた。また、近隣自治体で木質チップ専焼ボイラーが導入されたことから、上述の木質チップの多くは域外へ移出されるようになった。2009年度に町が1億5,000万円の設備投資によって木質原料製造施設を整備し、森林組合が施業を担当する町有林(約4,700ha)の間伐材(D材)や支障木を原料として、町が進める木質バイオマス熱供給システムの燃料チップを生産する態勢に移行した。本システムにより公共施設の暖房の6割を賄い、削減効果額は1,700万円であった。チップを製造するチップパーは、当初は国産のハンマー式設備を導入していたが、生産量の増加に合わせてドイツ製の切削チップ設備を7,200万円で購入した。

木質原料製造施設を操業しているのは、地元企業4社が設立した下川エネルギー供給協同組合で、従業員は3人であった。組合の設立にあたっては、町が地元の化石燃料販売会社へ働きかけを行った。2011年度は木質原料製造施設の業務委託、2012年度から指定管理者となった。

2.5.2 チップボイラーの設置

設置ボイラーの規模は当該施設の熱需要量に応じて決定されており、需要量の増加に応じて段階的に設備規模を拡大している事例も見られた。設置にあたっては各種補助事業が活用されていた。

1) 民間事業者

福島ミドリ安全(株)にて宿泊施設へチップボイラー(オーストリアの KOHLBACH 社製)を導入する際に、既設の重油ボイラーの実績値(A重油)に基づいて試算した結果、夏期の低稼働時期と冬期のフル稼働時期の実態を考慮し、夏用 400kW、冬用 600kW の合計 1,000kW の出力規模とした。

冬用 600kW でホテルの冬期需要の 8 割を賄っており、バックアップ用として重油ボイラーも設置していた。重油ボイラーは、温水の供給温度(83℃~72℃)を下回った場合に自動稼働するシステムとなっていた。

総事業費は 3 年間で 7 億円となっており 100%補助となっていた。ボイラーはリースで対応し、メンテナンス費用は年間あたりボイラー 250 万円、バイナリー発電機 50 万円となっていた。

2) 自治体

最上町では、2006 年度よりウエルネスプラザのエネルギーを化石燃料から木質バイオマスに切り替えた。2006 年度は木質バイオマスボイラー(550kW)を設置し、2007 年度から運転を開始した。以後、700kW(2007 年設置、2008 年運転開始)、900kW(2010 年に県の補助事業で設置、2011 年稼働開始)と順次導入してきた。ウエルネスプラザ以外の地区として「すこやかプラザ(養護一体型子育て施設)」にて 100kW の木質バイオマスボイラーを導入し、暖房と給湯に利用していた。また、2016 年度竣工予定の若者定住環境モデルタウン(23 世帯:分譲 7、建売 6、集合住宅 10)で、地域熱供給設備(木質チップ及びペレット兼用ボイラー 90kW 2 台、薪ボイラー 50kW 1 台など)を整備し、用途は住宅暖房・給湯と道路融雪であった。

設置にあたっては、ウエルネスプラザの 550kW と 700kW のボイラーは、NEDO のバイオマスエネルギー地域システム化実験事業を用いた(2005 年度~2009 年度)。総事業費は 8 億 2,000 万円で町費は 1,800 万円であった。900kW ボイラーの設置では、2010 年度に山形県森林整備促進・林業再生事業を用いた。総事業費は 1 億 800 万円で町費は 375 万円であった。若者定住環境モデルタウン地域熱供給事業については、住宅整備・施設整備に国交省のまちづくり交付金・公営住宅助成、環境省のグリーンプラン・パートナーシップ事業からの補助金を組み合わせていた。

下川町では、ボイラー設置にかかる補助金は熱供給システムによって異なり、例えば、五味温泉ほかの各熱供給システムでは 50%補助で、役場庁舎のみ環境モデル都市の関連事業で 100%補助であった。その都度、町が過疎債や国の補助制度を調査して活用しており、コンサル等は使っていなかった。五味温泉の場合、熱供給システムを導入しても年間 60 万円の経費増見込みだったが、地球温暖化対策や地域の林業・林産業の活性

化等のために踏み切ったとのことであった。

2.5.3 チップボイラーによる熱供給

各事例において、チップボイラーを核とした地域熱供給システムの構築に向けた取組が行われていた。システム導入による地域経済循環効果やCO₂削減効果等についても試算が行われており、一定の効果があることが確認された。一方、燃料チップの品質、及び設備の導入・維持更新コストが課題となっていることが明らかとなった。

1) 民間事業者

福島ミドリ安全(株)の事業では、原料供給、燃料チップの生産、熱供給と利用、ボイラー動力用電力のすべてが地域内で完結するシステムであり、事業に伴うキャッシュフローも地域内で循環していた。なお、補助事業のため夏期の余剰電力は固定価格買取制度(FIT)による売電ができず、無償で東北電力へ送電していた。これまではA重油代として約3,900万円(98円/l換算)が域外流出していたが、本事業により約1,200万円分の燃料代が削減され、燃料チップ代の2,740万円が域内経済に貢献していた。

森林組合とチップ会社から仕入れる燃料チップ代は、2012年度の実績で運送費(1,500円)込の4,500円/m³(12円/kg、1m³=375kg換算)であった。消費量は1日4,688kg/日で、年間2,740万円の燃料チップ代は補助事業の予算から支出し、森林組合とチップ会社の売上となっていた。

CO₂削減効果も含めた2012年度実績は表4の通りである。

表4 2012年度実績

	A. 化石燃料代(円)	B. 化石燃料使用量(kg)	C. 燃料チップ代(円)	D. 燃料チップ量(kg)	E. 削減金額A-C	F. CO ₂ 削減量(t)
① 会津アストリアホテル(白樺の湯含む)	19,531,400	199,300	13,328,680	785,200	6,202,720	432
② 会津高原ホテル	8,163,400	83,300	5,571,104	328,200	2,592,296	180
③ 会津アストリアロッジ	6,546,400	66,800	4,467,584	263,000	2,078,816	144
④ レストハウス	904,834	9,200	513,000	42,811	391,834	24

⑤ ロードヒーティング	4,200,000	—	3,504,000	292,000	696,000	
合計	39,346,034	358,600	27,384,368	1,711,211	11,961,666	780

化石燃料代は、A重油 98 円/ℓ 換算。

燃料チップ代は、12 円/kg 換算。ピーク時対応として一部化石燃料使用分を含む。

ロードヒーティングの化石燃料代は、除雪費用（人件費、機械費）で換算。

熱供給にあたっての課題としては、チップの含水率として 35～45%程度が燃焼に適切であるのに対して、実際には品質にバラツキが生じたことが挙げられた。福島県特有の課題として材に付着した放射性物質の問題があるが、間伐材については行政が、チップについては森林組合が放射能検査を定期的実施することで対応していた。

2) 自治体

最上町では、木質ボイラーの運転、熱供給、保守点検を最上町地域振興公社が請けていた。

ウエルネスプラザにおける燃料消費量、燃料費の実績値は表 5 の通りであった。

表 5 ウエルネスプラザにおける燃料消費量、燃料費の実績値

年度	木質チップ 使用量 (kg)	化石燃料 使用量 (ℓ)	木質チップ 供給委託費
2007	386,219	464,000	—
2008	1,304,245	286,000	12,000千円
2009	1,581,000	256,000	12,000千円
2010	1,461,560	300,000	12,000千円
2011	1,377,420	266,000	12,000千円
2012	2,219,200	238,000	22,324千円
2013	1,804,431	276,000	24,000千円
2014	1,619,770	248,000	24,000千円

2007 年度からのウエルネスプラザ全体の CO₂ 排出削減量の実績値は表 6 の、導入前後の比較による 2013 年度時点の削減効果は表 7 の通りであった。

表 6 ウエルネスプラザ全体の CO₂ 排出削減量の実績値 (2007 年度以降)

年度	CO ₂ 排出削減量(t-CO ₂ /年)
2007	184.23
2008	622.12

2009	754.18
2010	697.16
2011	657.03
2012	1,058.56
2013	861.99
2014	772.63

表7 導入前との比較によるCO₂の排出削減効果（2013年度時点）

	削減量	削減効果 (tCO ₂)	備考
ウエルネスプラザA重油	△181,991ℓ	△493	2,71t-CO ₂ /kℓ
ウエルネスプラザLPガス	△6,124m ³	△38	3 t-CO ₂ /(2.07kg/m ³)
いきいきハウスA重油	△15,690ℓ	△43	2,71t-CO ₂ /kℓ
給食センター灯油	△10,496ℓ	△26	2,489t-CO ₂ /kℓ
紅梅荘A重油	△114,400ℓ	△310	2,71t-CO ₂ /kℓ
紅梅荘灯油	△5,207ℓ	△13	2,489t-CO ₂ /kℓ
紅梅荘LPガス	△3,640 m ³	△23	3 t-CO ₂ /(2.07kg/m ³)
バイオマス施設電気使用料	336,796kWh	189	0.000560t-CO ₂ /kWh(調整後)
		△757	CO ₂ 排出量算定係数

今後の課題としては、イニシャルコストを主とした経済性の改善が挙げられた。

下川町では、熱供給にあたっての課金は従量制で、2年前から熱量をカロリーメーターで検診していた。流量計（供給した湯量）と温度差（供給時の湯温と回収時の湯温）で消費カロリーを算出し、灯油価格（90円/ℓを想定）に比べて1割程度安い価格設定となっていた。カロリーメーターのコストは約40万円で、8年間で原価償却の見込みであった。計量法により8年で取り替える必要があり、取替えコストが課題となっていた。そのため、8年後には定額制に移行することを検討していた。

バイオマス熱供給による化石燃料費用の削減額は、ボイラー熱効率を80%とした試算によると、2013年度で五味温泉416万円、幼児センター93万円、育苗施設215万円、役場周辺151万円、福祉施設733万円、一の橋地区165万円で、合計1,774万円であった。2014年度には、その中から1,600万円を原資に基金積立とし、再生エネルギーボイラー更新と子育て支援の予算に充当させた。これらの計算は重油価格の変動で変化し、五味温泉開始時は44円/ℓだったものが、2015年現在では90円/ℓとなっていた。

今後の課題としては、ボイラーのイニシャルコストが挙げられ、これは高含水率のチップでも使用可能な性能のボイラーが外国製のものに限られるため、設備費が高額とな

ってしまうためであった。高気密・高断熱の住宅改修を支援することによる省エネ型ライフスタイルの推進も挙げられた。

2.5.4 まとめ

本節では、木質チップボイラーを利用した取組について紹介した。

木質チップのメリットとしては、薪と比較すると燃料としての運用が容易で、一度に取り扱う量や対応している燃焼機器の種類も多く、木質ペレットと比較すると製造工程が少なく、生産コストも比較的安価ということが挙げられる。製造工程が少ないということから、設備さえ整備できれば地元業者の参入が容易で、地元雇用等の地域経済の活性化に繋げやすいということも大きな特徴と考えられる。一方、今回の事例でも化石燃料と比較した経済性について評価されているが、化石燃料価格は中期的な観点から見た場合上下を繰り返す傾向があるため、短期的な視点で見た場合経済コスト面で折り合いがつかない可能性がある。CO₂削減効果や地域資源を活用した活性化等の社会経済面からの総合的な観点からの評価が望まれる。



写真1 最上町バイオマスエネルギー地域システム化実験事業関連施設の外観



写真2 下川町一の橋地区地域熱供給システムの外観

2.6 木質バイオマス発電

2.6.1 概要

木質バイオマス発電は、木質燃料からエネルギーを取り出して発電するシステムである。本稿では、木材の直接燃焼による蒸気タービン方式の発電と、ガス化によるガスエンジン方式の発電を取り上げた。また熱電併給については、ヒアリング当時にまだ安定した稼働実績のものがなかったため取り上げていない。

木質燃料の形態としては、チップとペレットがあるが、国内の木質燃料を使ったバイオマス発電では、チップが利用されることが多い。燃料用のチップの種類は、その加工形状によって切削チップと破砕チップに大きく分けられる。切削チップは刃物で加工され形状は角形で比較的一定であり取扱いがしやすく、切削チップに加工される木材は間伐材が多い。破砕チップはハンマー等で加工され細長いピン状のものも発生しやすく、取扱い時にチップの絡まりや詰まり等が起きない様に機械側での工夫が必要である。破砕チップは建設廃材や木材廃棄物など様々なものが加工可能で、価格も安いという特徴がある。その他に、油分が多く燃焼効率がよい等の理由で、パーム椰子殻（PKS、Palm Kernel Shell、パーム油を生産する際の残さ）も燃料や助燃材として使われることがある。

木質バイオマス発電に対しては、固定価格買取制度（FIT）という経済的に支援する制度があり、取り扱う燃料の種類によって電力の買取価格が異なる。燃料の原材料となる木材等の種類は、表1に示す通り固定価格買取制度によって大きく4つに区分されている。

表1の「間伐材等由来の木質バイオマス」は固定価格買取制度に基づいた証明のある間伐材・主伐材を指し、一般的には“未利用材”とも呼ばれている。「一般木質バイオマス」は証明のない間伐材や、製材端材、輸入材などを指し“一般木材”と呼ばれている。「建設資材廃棄物」は土木工事や建設・解体工事などで発生する廃棄物のうち、木材廃棄物を指し“リサイクル木材”と呼ばれる場合もある。また「一般廃棄物その他のバイオマス」の中に剪定枝・土木工事の際に発生する支障木・木くず・紙・黒液などが含まれる。なお、剪定枝などは地域によっては廃棄物ではなく有価物として売買される場合もある。また、剪定枝のうち一般廃棄物に該当せず、「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」に基づいて由来の証明が可能なものは一般木質バイオマスとして取り扱われ、買取価格が異なる。

この固定価格買取制度によって木質バイオマス発電の電力は20年間一定の価格で買い取られるため、電力利用は木質バイオマスエネルギー事業の中では経済性の確保が比較的容易である。ただし、経済性を高めるために発電規模を大きく設計する場合も多く、その場合には多量の木質燃料の確保と、長期にわたる安定的な燃料供給体制づくりが必要である。

ここでは、地域の森林資源の持続的活用という観点から、発電規模が中規模以下のもので、主に発電所周辺地域の森林資源を燃料として活用した事例を取り上げる。紹介する関係者を表2に示す。

表1 固定価格買取制度における木質バイオマスの種類区分

区分	該当する原料
間伐材等由来の木質バイオマス	間伐材、主伐材 ^{※1}
一般木質バイオマス	製材端材、輸入材 ^{※1} 、剪定枝 ^{※2} 、パーム椰子殻など
建設資材廃棄物	建設資材廃棄物（リサイクル木材）、その他木材
一般廃棄物その他のバイオマス	剪定枝 ^{※2} ・木くず、紙、黒液など

※1 「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」に基づく

由来の証明のないものについては、建設資材廃棄物として取り扱う。

※2 一般廃棄物に該当せず、「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」に基づく由来の証明が可能な剪定枝については、一般木質バイオマスとして取り扱う。

※区分は平成28年時点のものであり、見直される可能性がある。

表2 主な関係者

関係者名	主な活動
栄村森林組合、北信州森林組合、長野森林組合、北信木材生産センター協同組合など	森林管理、原木生産・販売
津軽森林組合、弘前森林組合	森林管理、原木生産・販売
宮澤木材産業株式会社	林業、木材加工、チップ生産
やまがたグリーンリサイクル株式会社	チップ生産、廃棄物処理
津軽バイオマスチップ株式会社	チップ生産
長野森林資源利用事業協同組合	発電事業
やまがたグリーンパワー株式会社	発電事業
株式会社津軽バイオマスエナジー	発電事業
株式会社グリーンサークル	電力の買取、小売
株式会社津軽あつぷるパワー	電力の買取、小売
生活協同組合パルシステム東京	食品販売、福祉サービス
株式会社うなかみの大地	電力の買取、小売 ※

※2014年当時

2.6.2 原料の調達

発電の主燃料として使われるチップの原料となる、間伐材、支障木、剪定枝および製材端材などを集材する工程である。地域の森林資源の状態や事業者同士の繋がりによって、原料の調達先や調達量の構成割合が異なっていた。

1) 林業事業者

ここでの林業事業者は、森林組合・民間企業・個人など事業として林業を行うもの全般を指す。

栄村森林組合、北信州森林組合、長野森林組合、北信木材生産センター協同組合（いずれも長野県）は未利用材の原木を、発電用チップ生産を行う宮澤木材産業株式会社に供給していた。

民間の複数の林業事業者（山形県村山市の近隣地域）は、切削チップ用原料となる一般木材を、発電所向けチップを製造する、やまがたグリーンリサイクル株式会社に販売していた。間伐材の価格は1500円/m³であり、一般木材・伐根材も同程度の価格であった。

津軽森林組合、弘前森林組合やいくつかの民間林業事業者（青森県平川市の近隣地域）は、チップ燃料の生産者である津軽バイオチップ株式会社に間伐材・支障木を販売していた。発電所が利用する間伐材・支障木の80%を民間の林業事業者が、20%にあたる量を森林組合が販売していた。この事例の販売量と価格は表3の通りであった。発電所とは木材の供給義務を持たない協定であるため、買取価格によっては林業事業者が木材を他の事業者に販売することもあり得た。またA材・B材の入札で15,000円/m³以上で落札が見込めない場合、不落の場合の時に津軽バイオチップに持ちこむ場合があるとのことであった。近隣には製紙用チップの需要がないため、発電所ができる以前はC材以下の材は間伐しても切捨てられていた。

表3 津軽バイオチップ株式会社（青森県）に対する販売量と価格

区分	販売量	販売価格
未利用材 ＝間伐材（証明書付き）	約7万5千t／年	6,000円／t（運賃込み）
一般木材	不明	3,000円／t
剪定枝・支障木	700～800t／年	剪定枝 6,000円／t 支障木 1,000円／t

2) その他（林業以外の事業者）

その他のチップの原料供給元としては建設業者や廃棄物処理業者があり、支障木や建築廃材などを、チップの生産を行う宮澤木材産業株式会社（長野県）や、やまがたグリーンリサイクル株式会社（山形県）へとそれぞれ原料として納入する取引が行われていた。

また果樹農家がチップ原料となる剪定枝を供給する場合もあった。山形県村山市周辺の一部の果樹農家は、サクランボの果樹剪定枝を一般木材として、やまがたグリーンリサイクル株式会社へ販売していた。支障木と剪定枝を合わせて発電利用量全体の20%にあたる量であり、そのうちサクランボの果樹剪定枝の発電所への販売量は年間で400t～600t、全体の2～3%程度にあたる量であった。

青森県平川市周辺の複数のりんご農家は、りんご剪定枝を持ち込みの形でチップ生産業者である津軽バイオマスチップ株式会社へと販売していた。りんご剪定枝の買取価格は6000円/tであり、うち2000円/t分が平川市からの補助であった(市内農家のみ)。近隣の市町村でもリンゴの生産は行われているが、補助の対象外で発電所まで距離もあるため、持ち込みは少なかった。りんご農家は剪定枝500kg程度を2～3回ほど持ち込むことが多いとのことであった。また、農業を辞めるりんご農家が材を持ち込むこともあり、全体としての木材量は安定しないとのことだった。

2.6.3 燃料の製造・販売

原木や建設廃棄物などの原材料は、乾燥ののち破砕や切削の工程を経てチップに加工される。発電所側の設備に応じて、求められるチップの形状(破砕チップ・切削チップ)や含水率は異なる。

チップの生産を行う主体は、いずれの事例も発電事業者と関連のある株式会社であった。チップ加工設備が発電所に併設されている場合もあり、燃料の安定供給のための体制が構築されていた。また、チップ生産事業には林業事業者が単独または複数で携わる場合もあり、原木の自社生産により調達費用を抑えることや安定的な木材の確保に繋がっていると考えられた。

宮澤木材産業株式会社(長野県)は、自らも参加する長野森林資源利用事業協同組合が運営する発電所向けのチップ加工を行っていた。原料である未利用材は、30km圏内の森林から自社生産や森林組合などを通して受け入れていた。第一発電所では建設廃材、支障木由来の破砕チップを、第二発電所では間伐材、未利用材由来の切削チップを使用していた。木材は第一発電所で15,000t以上/年を、第二発電所で20,000t以上/年を利用していた。なお、チップ化事業は社員が担当しており2014年時点でこの事業向けの新規雇用は行っていないとのことであった。

やまがたグリーンリサイクル株式会社(山形県)は関連会社の発電所向けのチップを製造していた。やまがたグリーンリサイクルでは、ガス化のための不完全燃焼に適した生木を利用しており、村山地域と最上地域の国有林及び民有林の間伐材を林業事業者や森林管理署などから購入していた。製造されるチップのうち全体の8割が切削チップで、残り2割が破砕チップであった。さらに細かく見ると、切削チップの原料の80%が未利用材であり、20%が一般木材であった。これらの原料を、樹皮付きで含水率30～55%ほど

の切削チップに加工していた。破砕チップの原料は、木質系廃棄物（果樹剪定枝、支障木）の処理を引き受け、含水率 30～55%のチップにしていた。やまがたグリーンリサイクル株式会社では切削チップと破砕チップを上記の 8 対 2 の割合で混合し、やまがたグリーンパワー株式会社の運営する発電所へ納入していた。破砕チップの販売価格はおよそ 500 円/t（運搬費込）であった。原料となる木材の廃棄物処理引受料を別途受け取っているため安価とのことであった。また、切削チップは未利用材から加工されており固定価格買取制度の買取価格が高いため、販売価格は破砕チップの 10 倍以上であった。また、破砕チップ製造過程で発生するオガ粉（200～300kg/日）を、敷き藁などの用途として農家へ販売していた。なお、やまがたグリーンリサイクル株式会社の雇用人数は 2015 年時点で 6 人とのことであった。

津軽バイオマスチップ株式会社（青森県）は発電所敷地内においてチップ生産を行っていた。この会社は林業事業者 8 社と森林組合が出資を行っており、雇用人数は 21 人であった。チップの原料は、未利用間伐材・支障木・りんご剪定枝であり、ほぼすべて 30 km 圏内から仕入れていた。原料の貯木場は発電所敷地内にある他、数カ所の貯木場を取得していた。木材は時期に応じて数か月ほど乾燥させていた。チップパーを 2 機使用し、間伐材は切削チップ用のチップパー、支障木・剪定枝は破砕用のドラムチップパーを利用し生産を行っていた。チップ生産時に発生するバーク（樹皮）は貯木場に戻して保管し、一部はドラムチップパーで細かく砕いて燃料として利用し、その他は畜産場の敷物として輸送費のみで販売されていた。生産されたチップは未利用間伐材由来のものは 9,500 円/t、一般木材由来のものは 6,000 円/t で発電所に販売されていた。チップの含水率は 30% 以上 50% 未満という契約であり、含水率 50% 以上で買取価格の減額があるとのことであった。またチップ製造設備の建屋を含めた建設費用は 8 億円で、うち 3 億 9 千万円が林野庁青森県森林整備加速化・林業再生事業費補助金で賄われていた。なお、津軽バイオマスチップ株式会社の雇用人数は、2017 年時点で 21 人とのことであった。

2.6.4 発電

チップなどの形で燃料として加工された木材は発電所で利用される。取り上げた事例は発電所が港湾地域ではなく内陸地域にあり、発電規模は中規模で燃料は間伐材が中心であった。また、地域の送電線の受け入れ容量や電線までの距離、用水の確保、近隣施設との距離などを考慮し、建設用地が選定されていた。発電に使用した水・発生する灰や、排気（水蒸気など）の近隣への影響も考慮して対応が取られていた。

発電主体の組織形態には、事業協同組合と株式会社があった。事業協同組合は中小企業が集まり共同で事業を行うことで信用を高め、事業資金の借入や行政の補助制度が利用しやすいという利点があると考えられた。

長野森林資源利用事業協同組合（長野県）は宮澤木材産業株式会社を中心となって 2003

年に設立された組合であり、組合企業の従業員が出向する形で発電所を運営していた。第一発電所は 1,300kW（燃料 15,000t/年）で 2005 年に稼働し、第二発電所は 1,500kW（燃料 20,000t/年）で 2013 年に運用を開始した。メンテナンス費用は 1,000 万円～3,000 万円の費用をかけ、発電所の高稼働率（95%）を維持していた。固定価格買取制度を利用した売電により、第一発電所は 2 億円/年、第二発電所は 3 億 5 千万円/年の売上であった。なお 2014 年当時の間伐材由来のバイオマスの売電価格は 32 円/kWh であった。

やまがたグリーンパワー株式会社（山形県）は 2000 kW のガス化発電を行っており、2007 年に発電事業を開始した。発電所で使用するチップは日量 60 t で、年間 2 万 t 使用していた。ほぼ 100%をやまがたグリーンリサイクルから購入していた。また地元チップ製造会社から週にトラック 1 台分（全体の数%）の破碎チップを購入していた。チップの集材の範囲は村山地方の約 10 自治体であった。

初期投資は 16 億円、投資額の内訳はプロジェクトファイナンス 12.8 億円、補助金 3.2 億円であり、8 年で回収した。また、ランニングコストの内訳は、40%が原料（運搬費含む）、20%がメンテナンス（数千円）、40%が人件費他に利用されていた。雇用は 10 名、全員が地元地域からの雇用であった。年間の稼働日数は定期検査、タール洗浄、オイル交換などの休止を除き約 320 日であり、発電効率はおよそ 30%であった。木酢液やタールが発生し、2015 年当時では、木酢液は近隣農家への配布および燃焼ボイラーで焼却し、タールは比重分離して重タールを販売、軽タールを場内熱処理で対処していた。発電機は井戸水による水冷式と放熱式の両方で冷却し、井戸水は夏 50t/日、冬 10t/日ほど使用していた。灰は 60t の材から 2～300kg の割合で出ており、産業廃棄物として埋め立て処理されていた。また、排熱利用として融雪の取組みが行われていた。メンテナンス対応は発電所の運営企業が自ら行っていた。ガスエンジンについては海外企業のメンテナンス対応であるが、それら以外は地元の協力企業により国内対応できるようにし、コストの削減を図っていた。地元企業との取引額は年間数千万円程度であった。

株式会社津軽バイオマスエナジー（青森県）は 6250kW の蒸気タービンの発電所の運営を行っていた。稼働日数は 330 日ほどであり、所内消費などを除いたおよそ 5400kWh を売電していた。

平川市での事業経験から地元とのつながりを持つ株式会社タケエイと、発電所の運転管理のノウハウを持つヴェオリア・ウォーター・ジャパン株式会社が合同持株会社として T・V エナジーホールディングスを立ち上げ、その出資のもと津軽バイオマスエナジーは運営されていた。発電所の運営はヴェオリア・ジャパンに委託し、タケエイから社員が出向していた。他にも津軽バイオマスエナジーに対して、地元自治体である平川市、林業事業体が運営する津軽バイオマスチップ株式会社、青森県内の生活協同組合が出資を行っていた。また、発電事業の勤務者は 24 人であった。平川市内の在住者が 6 割ほどで、電気技術者・ボイラー 2 種、機械運転免許の所持者を積極的に採用していた。

売電収入は 14 億円/年あり、発電所運転費用のうち 7 億円ほどが燃料代として支払

われていた。また、建設費はおよそ 27 億円であった。地域総合整備財団からふるさと融資として 9 億円 5 千万円が融資され、平川市から融資に対する利子補給が行われていた。償還年数 15 年見込みだが、市の固定資産税の 5 年間減免などもあり、実際にはそれよりも数年早く償還予定であった。チップの消費量は 210～240 t / 日で、含水率の低い切削チップ、含水率の高い切削チップ、ドラムチッパーで破砕されたチップ（粉・小片・バーク）およびパームヤシ殻（PKS）を混合して投入していた。割合は切削チップが大半を占めていた。また、連続運転の最初の燃焼立ち上げ時のみ重油を使用していた。炉の温度の安定化のため投入されるパームヤシ殻については、夏で 5～10 t / 日、冬には 50 t / 日を消費していた。都内の会社からマレーシア・インドネシア産を含水率 30%の原料を、12,000 円 / t で 1 万 t ほど購入していた。焼却灰は 700kg / 日発生し、産廃処分費は 800 万円 / 年であった。発電所からの排熱の一部は、関連会社津軽エネベジの農業用ビニールハウスへ供給し、高糖度のトマトを生産する予定であった。発電所の冷却器のパイプにバイパスを通しハウスに 40℃の温水を送り 20℃前後で戻す計画であった。

2.6.5 電力の販売

発電された電力は、大手の電力会社や新電力などの事業者が購入し、消費者へと販売されていた。バイオマス発電所からの電力を取扱う事業者は、発電所側が関連会社を立ち上げたものと、消費者側の組織が事業を立ち上げたものがみられた。前者は木質バイオマス発電の電力について様々な販売先の確保にあたるのに対し、後者は木質バイオマス発電を含めた様々な電力調達先を確保し、消費者組織に販売する事業であった。また木質バイオマス発電所の関連会社が電力取引を行う場合、その販売先に近隣の行政施設が含まれるという、地産地消の傾向がみられた。

1) 発電所側の関連会社

株式会社グリーンサークル（長野県）は、長野森林資源利用事業協同組合の関連会社であり、発電所から電力を買い取って、志賀高原スキー場、関西電力、丸ビルなどへ売電していた。また、地元施設や地元企業への電力供給を模索していた。

株式会社津軽バイオマスエナジー（青森県）の発電した電力は、昼間の電力は発電所の関連会社である株式会社株式会社津軽あっぷるパワー（青森県）や県外の複数の新電力会社が購入し、夜間の電力は東北電力株式会社が購入していた。販売価格は、新電力に対しては、固定価格買取制度の価格 32 円に 2-3 円 / kWh を上乗せして販売していた。電力販売の量は、時間帯による変動はなく、常に一定量を販売する契約であり、販売先の新電力ではベース電源として使われているとのことであった。

株式会社津軽あっぷるパワーの電力供給先（1500kWh）は、平川市内の学校 13 校や、市内の公共施設、隣の黒石市の公共施設、JA のカントリーエレベーター施設などであり、電力

会社の価格よりも最大で5%ほど安く販売していた。

2) 消費者側の関連会社

生活協同組合パルシステム東京（東京都）は、生協法において生協本体が電力事業に絡むことが難しいため、当初は既存の特定規模電気事業者（PPS）との電力取引契約を検討したが、適当な会社がなかったため、子会社の（株）うなかみの大地を母体に電力の取引事業を開始させた。2011年～12年にコンサルタントや東京都環境局が加わり検討を進め、子会社の株式会社うなかみの大地を母体に、13年4月から新電力事業所を新宿区に開設した。ここではパルシステム東京の事業所へ電力の供給管理を行っていた。（なお2014年当時の状況であり、その後別の会社に統合された。）電力供給について、やまがたグリーンパワー株式会社と契約した理由は、山形県内にパルシステムグループの産直産地が多く、特にパルシステム東京で扱っている肉のハム工場が同じ村山市内にあるからであった。また、やまがたグリーンパワー（株）は地元特産のサクランボ剪定枝を燃料に使用していることから「産直産地との関係で電力も地元産品も購入する」と説明を行った。

電力供給の安定供給及びリスク回避のため、2014年当時は小水力4拠点 バイオマス2拠点、太陽光発電5拠点と契約し、総発電容量は3000kWであった。これはパルシステム東京の電力需要のうち、夜間や休日では需要の全量分を、日中ピーク時では約8割を賄える量であった。なお、やまがたグリーンパワーなどの発電事業者とは1年更新の契約で全量買い取り契約を結んでいた。開業にあたってはモニター用のパソコン等機材一式300万円の設備投資を行っていた。経常経費は、人件費等で200万円/月、業務処理ソフトのレンタル料、電力会社の託送料400万円/月（東電と東北電力）と契約電力に係る費用であった。設立に際し、補助金は利用していないとのことであった。

2.6.6 まとめ

本節で取り上げた木質バイオマス発電は表4に示す通り燃料消費量が多く、したがって燃料となるチップの原料の調達先が多岐にわたり、種類も間伐材だけではなく土木作業の支障木・果樹剪定枝など多様であることが特徴であった。チップの製造は、3つの事例とも発電事業主体の関連会社が行っていた。これは発電事業において燃料費が大きな割合を占め、含水率などのチップ燃料の品質管理はエネルギー効率や稼働率など事業の経済性に直結すること、燃料の安定供給が必要なことなどが要因であると考えられる。経済性については、いずれの事業も固定価格買取制度によって投資回収が支えられており、さらに売電の際には固定価格買取制度の買取価格に数円上乗せして販売している例もあった。

なお、地域の森林資源を燃料として利用する木質バイオマス発電の規模は、取り上げた事例よりも小規模、もしくは大規模な事例も存在する。地域で持続的に集材可能な量、エネルギー需要、送電線の空き容量等の様々な事情に応じて適正な発電規模を決定すべきと考える。

表 4：各事例のまとめ

発電事業主体	発電規模	原料の種類	年間燃料消費量	建設費用
長野森林資源利用事業協同組合	2,800kW	未利用間伐材・支障木・建設廃材など	35,000 t 以上	6 億円 (第一発電所のみの建設費用)
やまがたグリーンパワー	2,000kW	未利用間伐材一般 間伐材・支障木・果樹剪定枝など	約 20,000 t	16 億円
津軽バイオマスエネルギー	6,250kW	未利用間伐材・支障木・果樹剪定枝・椰子殻など	70,000 t 以上	27 億円

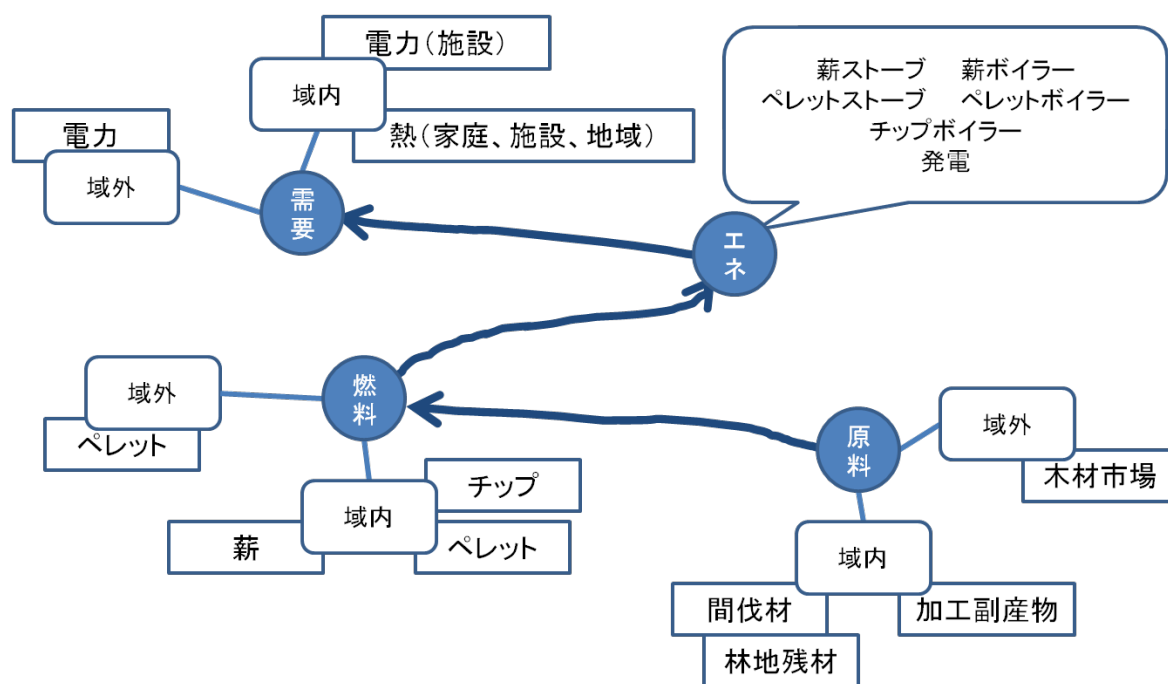
3. 地域エネルギー事業としての木質バイオマス利用

3.1 地域エネルギー事業の概要

3.1.1 木質バイオマスのエネルギー利用の流れ

前章では木質バイオマスの取組事例（薪ストーブ、薪ボイラー、ペレットストーブ、ペレットボイラー、チップボイラー、発電）を個別に見てきた。それらの取組主体はその事業が行われている地域の関係者（地元の自治体、森林組合、林業会社、土建会社、燃料会社、発電会社、住民など）であり、原料仕入れ、燃料生産、エネルギー供給は地域内の取引が中心となっている。その状況をコミュニティパワー^{*1}の考え方を参考に整理すると、取組事例は地域に足場を置いた地域エネルギー事業だと位置づけられる。

地域エネルギー事業の取組事例をまとめて俯瞰すると、下図で表すように原料供給、燃料生産、エネルギー供給、エネルギー需要の大きく4つの場面が見出せる。



¹ コミュニティパワーの考えにおいては、地域の住民や事業者が主体となり、地域のさまざまな関係者と連携しながら、地域に根付く事業にすることが要点である¹⁾。

- ① 地域の主要な関係者が、再生可能エネルギー事業の大半もしくはすべてを所有している。
- ② 再生可能エネルギー事業の意思決定は、コミュニティに基礎をおく組織によっておこなわれる。
- ③ 再生可能エネルギー事業から得られる社会的・経済的な便益の多数もしくはすべてが地域に分配される。

図1 木質バイオマスのエネルギー利用の流れ

原料供給では、森林組合や林業会社などが地元や周辺地域の山林から出る針葉樹や広葉樹の間伐材または林地残材、素材加工の副産物(端材、おがくず)を燃料生産者へ販売する。そのほか森林組合や林業会社が燃料生産する場合、燃料生産者が木材市場の原木(C材、D材)、間伐材、剪定枝を直に調達する場合もある。

燃料生産では、燃料生産者が原料を薪、チップ(破砕、切削)、ペレット(ダーク、ホワイト)のいずれかに加工生産し、域内外の取引先(エネルギー供給者やエネルギー需要者)へ販売する場合のほか、燃料生産者がエネルギー供給者を兼ねる場合もある。燃料の形態は、下表に示すようにエネルギー供給の仕組みに規定され、それに合わせて選択される。

表1 燃料生産

燃料形態	エネルギー供給の仕組み	備考
薪	薪ストーブ	
薪	薪ボイラー	
チップ	チップボイラー	破砕もしくは切削の形状
ペレット	ペレットボイラー	ダーク、ホワイト
ペレット	ペレットストーブ	ダーク、ホワイト
チップ	蒸気タービン発電機	
チップ	ガスエンジン発電機	ガス化装置で燃焼
チップ	小型バイナリー発電機	チップボイラー燃焼熱の活用

エネルギー供給では、エネルギー供給者がボイラーやガスエンジンなどで熱や電気を生み出し、需要先(域内、域外)へ供給する場合と、エネルギー供給者=需要者で、需要者が所有するボイラーやストーブで必要な熱を生み出し利用する場合がある。

民生需要に対しては薪ボイラー、ペレットボイラーなどの出力の大きい機材が利用され、家庭需要に対しては薪ストーブやペレットストーブが利用される。

表2 エネルギー供給

	民生用	家庭用
熱	薪ボイラー（薪） チップボイラー（チップ） ペレットボイラー（ペレット） ペレットストーブ（ペレット）	薪ストーブ（薪） ペレットストーブ（ペレット）
電力	蒸気タービン発電機（チップ） ガスエンジン発電機（チップ） 小型バイナリー発電機（チップ）	

エネルギー需要には、域内の民生用の熱需要（給湯、暖房、冷房、加温、融雪）、家庭用の熱需要（暖房、風呂、台所）、域外の民生用の電力需要の3種類がある。

表3 エネルギー需要

	民生用	家庭用
熱	給湯（福祉施設、温浴施設） 暖房（役所庁舎、公共施設、学校、福祉施設、公営住宅、宿泊施設、園芸施設） 冷房（役所庁舎） 加温（温泉施設、道路融雪）	暖房（個人宅） 風呂（個人宅） 台所（個人宅）
電力	事業所	

各場面における事業の担い手を見ると、場面ごとに個別の事業者が担う場合、1つの事業者が原料供給からエネルギー供給までを通してしている場合、原料供給者が燃料生産者を兼ねる場合、燃料生産者がエネルギー供給者を兼ねる場合、エネルギー供給者がエネルギー需要者を兼ねる場合と、いろいろな類型が見出せる。

3.1.2 地域エネルギー事業モデル

地域エネルギー事業の位置づけを分析する枠組みとして、次図の地域エネルギー事業モデルを提示する。このモデルは、エネルギー需要、エネルギー供給、燃料生産、原料供給の4つの領域で構成される。どのようなエネルギー需要（熱や電力）があるのか、エネルギーを何処で誰が生み出しているのか、エネルギーを生み出す燃料は何処で誰が生産している

のか、その原料は何処の誰が供給しているのか、それぞれの場面のプレイヤー（事業者、行政など）が互いにどういう関係にあるのか、サプライチェーンがどのようなになっているのか、などの諸々の要素を川上から川下まで全体を通して見るためのモデルである。

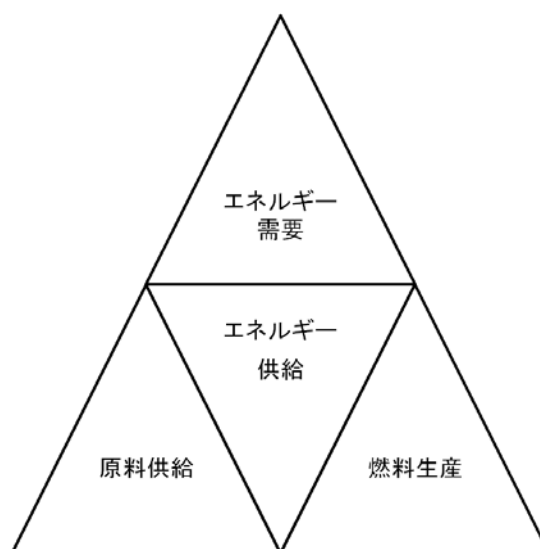


図2 木質バイオマス利用の地域エネルギー事業モデル

このモデルで地域エネルギー事業を見ると、例えばエネルギー需要（熱、電気）が地域内にあり、他の3領域もすべて地域内にあるならば、その事業は木質バイオマスによるエネルギーの「地産地活」（地域で生み出すエネルギーを地域で活用する）の仕組みが構築された事業と言える。他方、地域内のエネルギー需要に対して他の3領域の一部が域外に依存するものとすれば、その事業は木質バイオマスによるエネルギーの「地産地活」の仕組みが成立していないと言える。

また、エネルギー需要が地域外にある場合は、「地産地活」と言えないが、売電によって域外から「外貨」を稼いでくれる事業と言える。

次の節からは前章の取組事例の中から次表に示すものを取り上げ、このモデルを用いて事業の位置づけと地域への効果を診断する。

表 4 地域エネルギー事業

	事業の主な担い手	概要
1	下川町 下川エネルギー供給協同組合	チップボイラーによる地域熱供給事業。町有林の間伐材をチップ燃料に生産する地元会社を設立。役場庁舎、公共施設、町営住宅などの暖房や給湯の熱需要をまとめて賄う。
2	最上町 株式会社もがみ木質エネルギー	ボイラーによる熱供給事業。国有林や民有林の間伐材をチップ燃料にする会社が創業。町の福祉拠点ウエルネスプラザの各施設における熱需要を賄う。
3	飯田市 南信バイオマス協同組合	地元のチップ事業者を母体にペレット生産会社を設立。ペレット原料のカラマツ材を長野県全域の木材市場から仕入れる。公共施設にペレットボイラー、小中学校の各教室にペレットストーブを導入してペレット需要を喚起し、ペレット生産を後押し。
4	庄原市 庄原さとやまペレット株式会社	地元の事業者の協力でペレット生産会社を設立。チップ業者からペレット原料（チップダスト）を仕入れて生産。市庁舎、温泉施設、保育所など 14 施設の冷暖房や給湯の熱需要をペレットボイラーやペレットストーブで賄う。
5	株式会社ディーエルディー	輸入薪ストーブ購入者への顧客サービスとして自社で地元の間伐材（針葉樹）を原料に薪を生産し、小口販売を開始。長野県や山梨県などで事業展開。
6	やまがたグリーンパワー株式会社 やまがたグリーンリサイクル株式会社	村山地域や最上地域の国有林等の間伐材を原料に生産したチップを燃焼させる小型ガス化発電。グリーン電力をパルシステム東京へ売電。

取り上げる地域エネルギー事業のうち、事例 1~4 は、行政が林業振興や産業起こしの関連で始めた公共事業の性格を有した事業で、木質バイオマスの燃料生産および供給に係る実行部隊（協同組合、会社）の設立に行政が密接に関わっている。事例 5 と 6 は、民間事業

者が始めたビジネスである。

産業の性格の点で見ると、事例 1～5 は地元の温浴施設、福祉施設、学校施設、家庭といった地域内の民生部門や家庭部門の熱需要に応える域内市場産業である。他方、事例 6 は発電した電力を域外へ販売する域外市場産業である。

3.2 域内の民生および家庭需要に応える地域エネルギー事業

3.2.1 下川町の地域エネルギー事業

1) 事業の概況

この地域エネルギー事業は、チップボイラーで生み出した熱エネルギーを役場庁舎はじめ町内の公共施設や町営住宅など 11ヶ所へ供給し、熱需要（暖房や給湯）の 6割を賅っている。

この取組の背景には、町役場が長年取り組んで来た 60年サイクルの持続可能な循環型森林経営がある。町では約 4,700ha（人工林約 3,030ha）の町有林を地域資源として利活用し、域外市場産業である木材産業（木材加工、流通、販売）を振興しており、その循環型森林経営の一環として木質バイオマスのエネルギー利用を導入した。

町は、地域エネルギー事業の要となる燃料チップの生産と供給を担う「下川エネルギー供給協同組合」を燃料販売会社ほか地元 4社の協力で設立した。下川エネルギー供給協同組合では、下川森林組合が町有林を施業した間伐材を仕入れて、燃料チップを生産する。生産した燃料チップは、町が管理する町内 11ヶ所に分散する地域熱供給システムへ供給する。

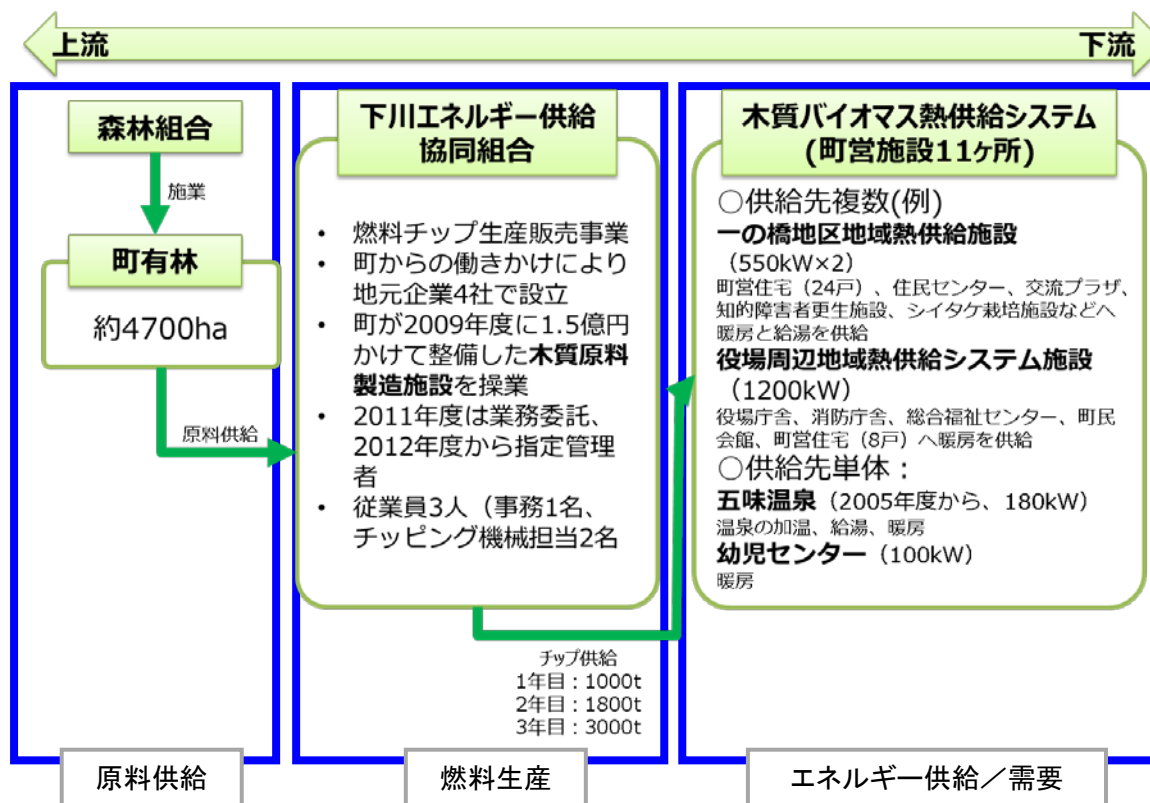


図3 下川町の地域エネルギー事業の概況

2) 地域エネルギー事業の位置づけ

この事業では、町が実質的な推進役である。事業モデルでみると、地域エネルギー事業は町が取り組む循環型森林経営の一環に位置づけられ、町内の民生需要に応える域内市場産業であり、4つの領域すべてが町内で完結する「地産地活」の事業だと判る。

町は、町の林業活性や産業創出に取り組み、域外へ移出する財を生み出し、林業・林産業生産額を今よりも7億円増やし、雇用が100人増え、その結果、域内総生産額（年間）を28億円増やす構想を持っている。その構想において、地域に必要なエネルギーの自給率を高め、化石燃料費の域外流出を抑え、エネルギー関連の域内取引により資金の流れが町内で循環する地域経済を目指している。

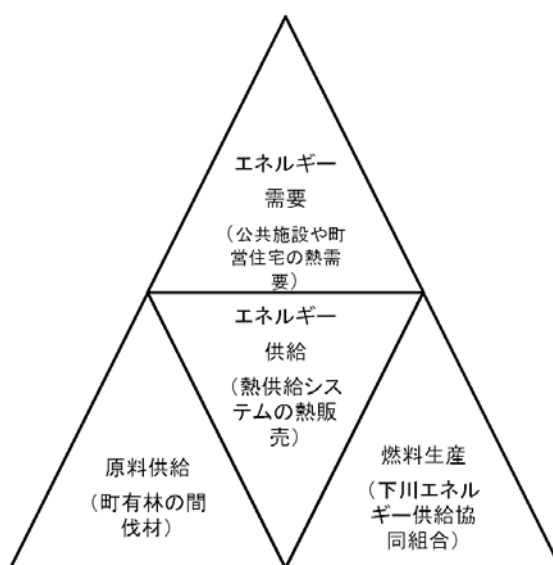


図4 下川町の地域エネルギー事業モデル

3) 地域エネルギー事業による効果

この事業により下川エネルギー供給協同組合は、燃料チップの販売で2014年度に約1,700万円の収益を計上した。従来の燃料販売では、ガソリンスタンドの粗利が売上の1.8%であり、それ以外の98%は域外へ流出している。それに比べると町内の原料を用いて生産する燃料チップは、売上の殆どが地元落ちる。

下川エネルギー供給協同組合が燃料チップの生産販売を始めたおかげで、町内に雇用が新しく3人生まれた。関連し運搬作業で1.5人の雇用を創出した。町営住宅のある一の橋地区では、地域おこし協力隊がボイラー管理や各家庭の使用量管理を請けており、地域おこし協力隊へ管理費を支払っている。地域熱供給においてそうした仕事が生じている。

化石燃料の使用量が削減されている。その効果を見ると、町がボイラー熱効率80%とした試算では、2013年度に約80万リットルの重油削減であり、町内で排出されるCO₂をその分抑制した。

約 80 万リットルの重油削減により 1,774 万円の化石燃料代を削減した。化石燃料費の削減は、お金の域外流出を抑制した勘定になる。そのことは、地域内再投資力とも関係してくる。町では 2014 年度に化石燃料費換算で約 1,774 万円の削減した分の中から 1,600 万円を原資に基金積立とし、ボイラー更新と子育て支援の予算に充当させた。これを 2032 年に約 5,800 万円に増やす目標で、削減した分を町の予算へ回す。従来の域外へ流出していた化石燃料費相当分の予算が域内で使われ、地域内再投資力が高まると期待できる。

表 5 町内施設の燃料費削減

施設	燃料費の削減
五味温泉	416 万円
幼児センター	93 万円
育苗施設	215 万円
役場庁舎ほか周辺施設	151 万円
福祉施設	733 万円
一の橋地区の町営住宅ほか	165 万円
合計	1,773 万円

3.2.2 最上町の地域エネルギー事業

1) 事業の概況

最上町は、町域の 84%を占める森林を整備する過程で発生する間伐材をバイオマス燃料に活用し、エネルギーの地産地活と循環型社会の実現を目指すため、「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」(2005 年度～10 年度。NEDO の事業)に取り組んだ。その途上でチップ燃料の生産体制を整備するため、町が地元の株式会社結城林業と株式会社下川製材へ働きかけ、2009 年度に株式会社もがみ木質エネルギーが誕生した。

実験事業の成果を活かし、地域エネルギー事業では「福祉のまちづくり」の中核的拠点であるウエルネスプラザ(町立病院、高齢者総合福祉センター、介護老人保健施設等)における熱需要に対し、敷地内のチップボイラーで熱を供給している。この事業の概況をみたのが下図である。

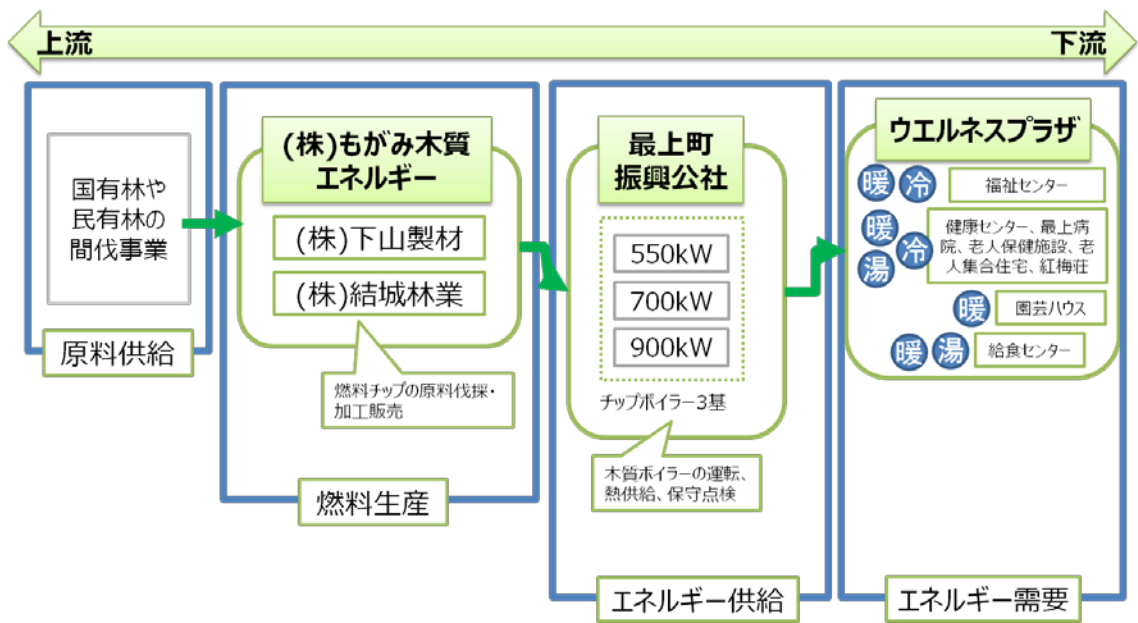


図5 最上町の地域エネルギー事業の概況

(株)もがみ木質エネルギーは、ウエルネスプラザにあるチップボイラーの燃料となるチップを全量生産している。生産量は年間2,000トン前後である。チップの原木は、主に町内の国有林や民有林の間伐事業を結城林業が請け負ったものを(株)もがみ木質エネルギーが仕入れている。

町の第3セクターである最上町振興公社は、町の委託でウエルネスプラザにあるチップボイラーを運転し、暖房や冷房、給湯に必要な熱を供給している。併せてボイラーの保守点検も町から請けている。



図6 ウエルネスプラザの地域冷暖房システム

出所：最上町サイ

2) 地域エネルギー事業の位置づけ

最上町の地域エネルギー事業は、町域の 8 割以上を占める森林を活用したエネルギーの「地産地活」を当初から目指している事業である。実際に(株)もがみ木質エネルギーは町内の森林から出る間伐材を原料にチップ燃料を生産し、ウエルネスプラザの地域冷暖房システムへ供給し、施設内の熱需要を賄っている。この地域エネルギー事業の 4 領域は、すべて域内で完結する「地産地活」の域内市場産業である。

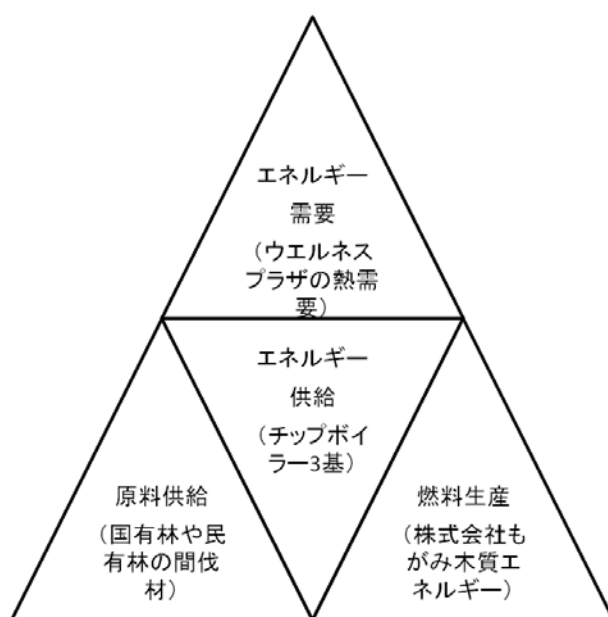


図7 最上町の地域エネルギー事業モデル

3) 地域エネルギー事業による効果

この事業に係る経費を見ると、チップ生産のほかボイラーの日常管理業務および定期調整業務など事業全体の町費は、およそ 38 百万円 (2013 年度) である。そのうちおよそ 24 百万円がチップ生産の取引となっている。

町と(株)もがみ木質エネルギーとの契約は、チップの供給量の変動によらず固定価格の形である。会社にとって、チップの含水率を低くし品質を高めれば、ボイラーでの燃焼効率が良くなり、相対的にチップ使用量が減る。その分だけ生産量を落とせ生産経費が抑制でき、結果として会社の粗利が高まる。実際、2013 年度ではチップの品質が格段に向上したため、使用量 1,804,413 k g (含水率 57.4%) と減少し、逆に会社の利益率が高まった。

この事業によりチップ生産で 2 人～3 人、原料の間伐で 2 人～3 人の雇用が生まれ、いずれもフルタイムの勤務形態である。

町の発注額 24 百万円の取引は、化石燃料費のように域外へ流出するのではなく、町内に経済的効果を生み出している。チップ生産会社の努力次第で利益率が高まり、会社経営の安定化につながり、それは地元雇用と所得を生み出し、域内の資金循環につながる要素がある。

木質バイオマスのエネルギー利用は、ウエルネスプラザにおける化石燃料使用量を削減する分、CO₂排出量が軽減される環境効果が出ているほか、町内の国有林や民有林における間伐事業の出口が新たにつくられ、山の適正管理にも寄与している。



図 8 最上町の地域エネルギー事業の効果 出所：最上町サイト

3.2.3 飯田市の地域エネルギー事業

1) 事業の概況

飯田市は年間の晴天率が高い地域で、その特性を活かして市では太陽光発電を主軸に再生可能エネルギー利用を進めてきたが、近年になって市域の 8 割以上を占める森林の林業活性化のため、森林資源をペレット燃料化するエネルギー利用に取り組んでいる。

市では、その通年需要の開拓に注力し、健康増進施設「ほっ湯アップル」（株式会社飯田健康温泉が管理運営）をはじめとした公共施設でペレットボイラー7台、小中学校のすべての教室にはペレットストーブを設置した。そのほか個人宅や事業所のそれぞれの利用を促している。その概況をみたのが下図である。

市は、ペレット燃料を生産する南信バイオマス協同組合の結成を後押し、燃料供給の態勢を構築した。この協同組合は、地元の有限会社南信チップセンターほか建設会社3社と策動会社1社で構成する組合である。ちなみに有限会社南信チップセンターは売上高 6.5 億円の会社で、生産しているチップの9割が域外にある王子製紙の春日井工場へ卸している。

南信バイオマス協同組合が生産するペレット燃料の原料は、親会社である有限会社南信チップセンターが県内の木材市場から仕入れるカラマツ丸太（9,000 トン/年）のうち、丸

太の中で乾燥しているものを原料にしている。年間1,300トンのペレット燃料を生産し、市内の公共施設や学校などへ納入している。ペレット燃料の消費量を見ると、「ほっ湯アップル」ではペレット貯蔵タンクへの投入量で夏季10トン/回、冬季20トン/回で合わせて300トン（2014年度）、小中学校で64トン（2012年度）、市内事業所で800トンである。

また、この動きと別に市内千代地区で営業する温泉旅館が温泉加温のために地元の里山から間伐材を仕入れて、薪ボイラーで利用している。

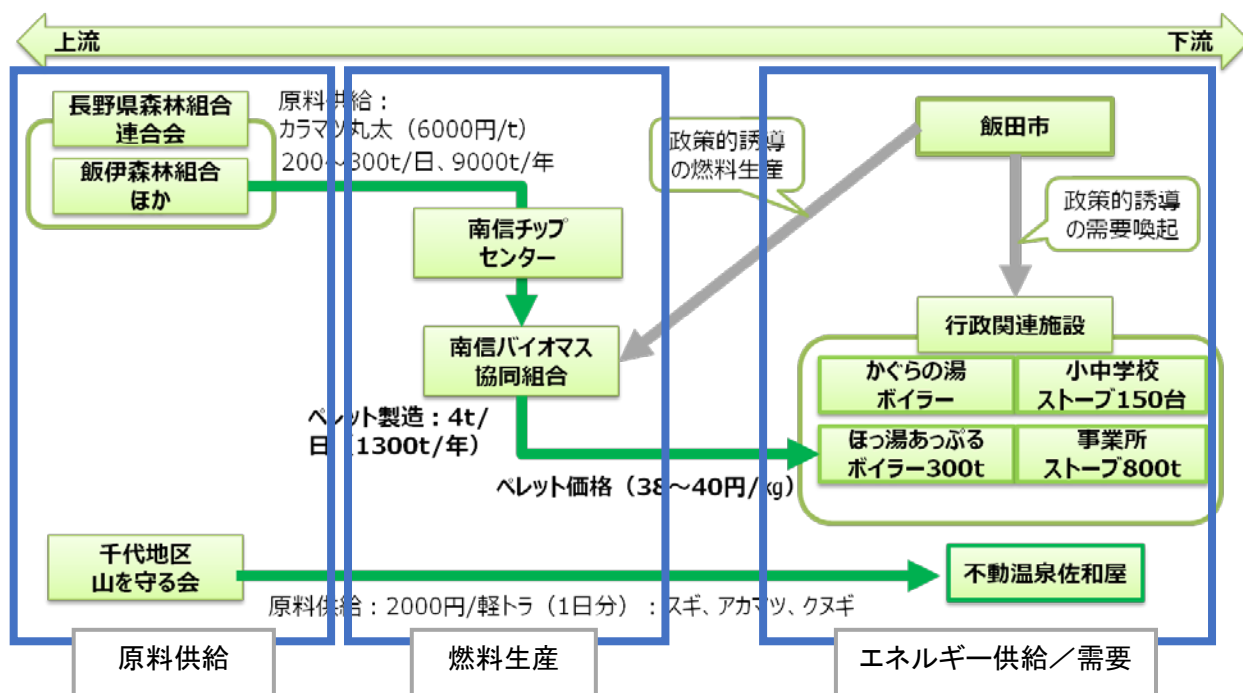


図9 飯田市の地域エネルギー事業の概況

表6 飯田市立小中学校におけるペレット燃料の利用 (2012年度)

学校名	(単位：袋)	学校名	(単位：袋)	学校名	(単位：袋)
丸山小	120	龍江小	380	飯田東中	120
追手町小	430	竜丘小	190	竜東中	200
座光寺小	160	山本小	160	竜峡中	100
松尾小	230	伊賀良小	1,290	高陵中	610
下久堅小	300	鼎小	620	中学校計	1,030
上久堅小	300	上郷小	260		
千代小	840	小学校計	5,370		
千栄小	90				

1袋 10kg

出所：飯田市調べ

2) 地域エネルギー事業の位置づけ

この地域エネルギー事業では、市役所が実質的な推進役である。ほっ湯アップルをはじめペレット燃料の通年需要の開拓に注力し、市内を巡るペレット燃料供給のサプライチェーン形成を後押ししてきた。市内の公共施設、事業所や個人宅など、民生部門と家庭部門の熱需要に込んでいる点で、飯田市の地域エネルギー事業は域内市場産業の位置づけになる。

それを事業モデルでみると、下図で表すようにエネルギー需要、エネルギー供給、燃料生産の3領域は域内につながっているのが判る。一方で、ペレット燃料の原料はチップ生産用に長野県内の木材市場から仕入れている原木の一部を用いており、もともと市の目論見である市内の8割を占める森林資源を木質バイオマスエネルギーに直接的に用いる回路がない状態である。

そのことから、飯田市の地域エネルギー事業は域内市場産業であるが、木質バイオマスの「地産地活」の点から言えば、「地産地活」型の地域エネルギー事業だと言い切れない。

将来の話になるが、市域の8割以上を占める森林の林業活性化をさらに進めるため、市は木質バイオマス資源の需要拡大と地域内循環利用を考えている。1つは冬場の暖房に加えて夏場の冷房への利用拡張、2つめはチップの燃料利用、3つめは発電と熱の組み合わせ（電熱併給）である。系統連系の容量制約を踏まえ500kW規模の分散型を想定している。

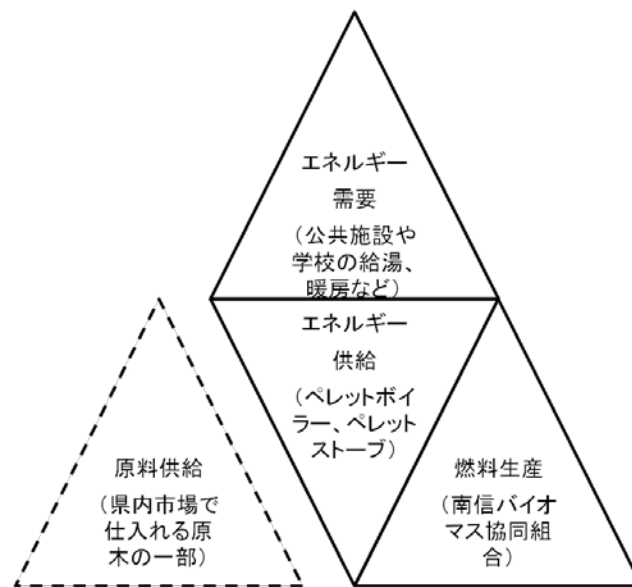


図 10 飯田市の地域エネルギー事業モデル

3) 地域エネルギー事業による効果

南信バイオマス協同組合は、ペレット燃料を 1,300 トン生産し、それを市内の各需要箇所へ卸している。その売上は年度で変動するが、約 5,000 万円である。この取引は域内取引であり、その金額に相当する化石燃料費が域外へ流出するのを抑制する経済的効果があるといえる。

併せてペレット燃料が化石燃料に代わっていることにより、市内で化石燃料を使用する際の CO₂ 排出が抑制されていると考える。

また、協同組合のペレット生産ラインは有限会社南信チップセンターの工場内にあり、ペレット生産は 1 人の態勢であるが、ペレット生産の繁忙期にチップ生産従事者 2 人が時々手伝う状況である。その点においてペレット生産で仕事が生まれていると言える。

3.2.4 庄原市の地域エネルギー事業

1) 事業の概況

市域の 8 割を占める民有林を活用する新産業を興し、循環型社会の構築や森林・里山再生、地域活性化を図るため、庄原市は「庄原市バイオマスタウン構想」を 2007 年度に策定した。その一環として市内の公共施設等へのペレットボイラーおよびペレットストーブ導入および燃料となるペレット生産を始めた。現在、市内 15 施設（市庁舎、温泉施設、保育所など）の冷暖房や給湯の熱需要をペレットボイラーやペレットストーブで賄っている。その概況をみたのが下図である。

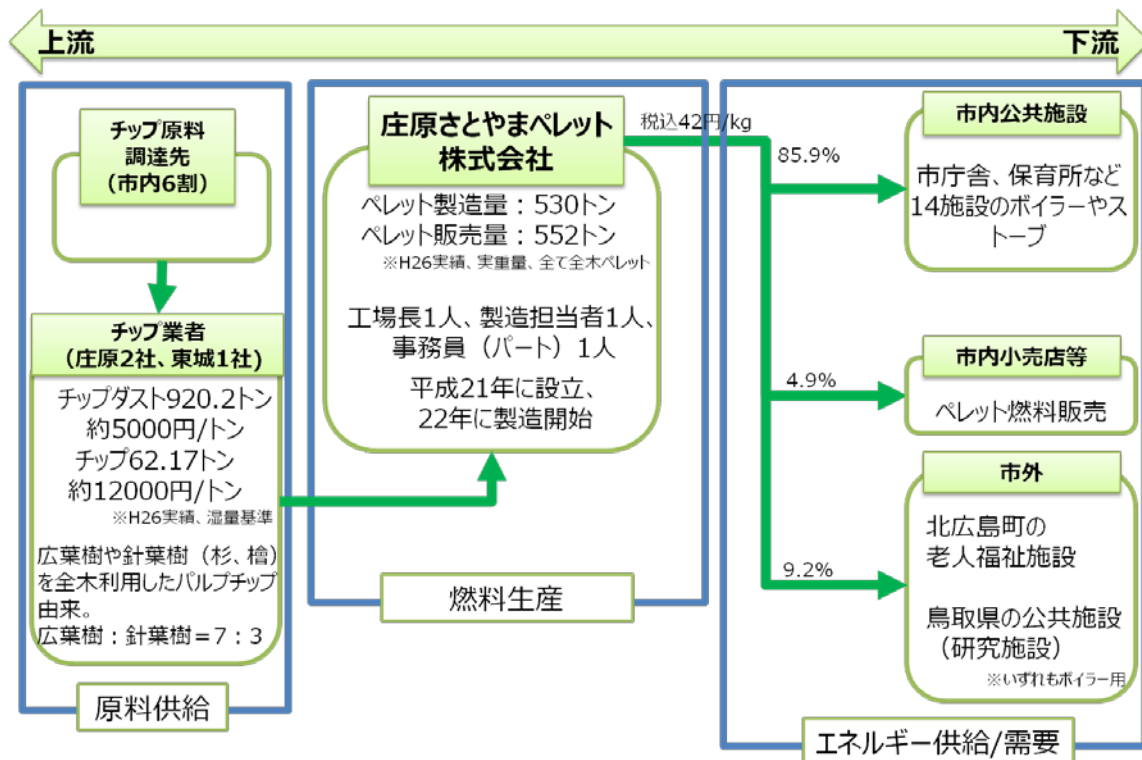


図 11 庄原市の地域エネルギー事業の概況

「庄原市バイオマスタウン構想」によりペレット生産会社「庄原さとやまペレット株式会社」を庄原市、森林組合、素材生産業者などが出資して設立させた*²。

庄原さとやまペレット(株)は、市内チップ業者がチップを生産する過程で発生するチップダストを主原料に年間 530 トンのペレットを生産している。その 1 割程を市外に販売しているが、殆どを市役所ほか市内公共施設、市内小売店へ販売しており、今後の見込みについても市内公共施設を大口販売先としている。販売価格は 42 円/kg (税込) である。

この地域エネルギー事業は、市内でペレット燃料を生産し、その殆どを市庁舎ほか市内公共施設へ供給し、それら施設のボイラーやストーブによる熱需要を賄っていることから、域内市場産業だといえる。

² 資本金 3,700 万円で、市役所 2,000 万円、備北森林組合、東城森林組合、西城森林組合、素材生産業者など 1,700 万円、50 万円の小規模株主の構成。

表7 庄原市内の木質ペレットボイラー導入施設

	稼動年 度	地域	導入主体	施設名称	用途
1	2008	庄原	庄原市	市庁舎	冷暖房
2	2010	口和	庄原市	鮎の里公園「高瀬の湯」	給湯
3	2010	西城	庄原市	ひば道後山高原荘宿泊施設	暖房
4	2010	高野	庄原市	たかの温泉「神之瀬の湯」	給湯
5	2010	口和	庄原市	口和みどり園保育所	給湯
6	2011	西城	庄原市	ひば道後山高原荘「すずらんの湯」	給湯
7	2012	庄原	庄原市教委	庄原中学校	床暖房
8	2012	庄原	日本赤十字社	庄原赤十字病院	給湯
9	2013	高野	庄原市	観光交流ターミナル「道の駅たかの」	給湯
10	2013	庄原	庄原市	庄原保育所	給湯
11	2013	東城	庄原市	東城自治振興センター	冷暖房（一部）
12	2013	高野	庄原市	高野保育所	給湯、冷暖房
13	2014	東城	庄原市教委	東城小学校	床暖房
14	2014	東城	庄原市	リフレッシュハウス東城	給湯
15	2015	庄原	庄原市教委	庄原小学校	床暖房

出所：庄原市サイト

2) 地域エネルギー事業の位置づけ

この事業では、庄原さとやまペレット(株)を基軸に市内を巡るサプライチェーンが形成されている。それを事業モデルでみると、下図で表すようにエネルギー需要、エネルギー供給、燃料生産の3領域は域内でつながっているのが判る。

一方で、ペレット燃料の原料供給をみると、チップ業者から出るチップダストが原料である。チップ業者が取り扱うチップ原木の仕入先の6割が市内だが、庄原市バイオマスタウン構想で目論んでいた市内の民有林の林地残材とペレット生産が直接的につながっているわけではない。

そのことから、庄原市の地域エネルギー事業は域内市場産業であるが、木質バイオマスの「地産地活」の地域エネルギー事業だといいい切れない部分がある。

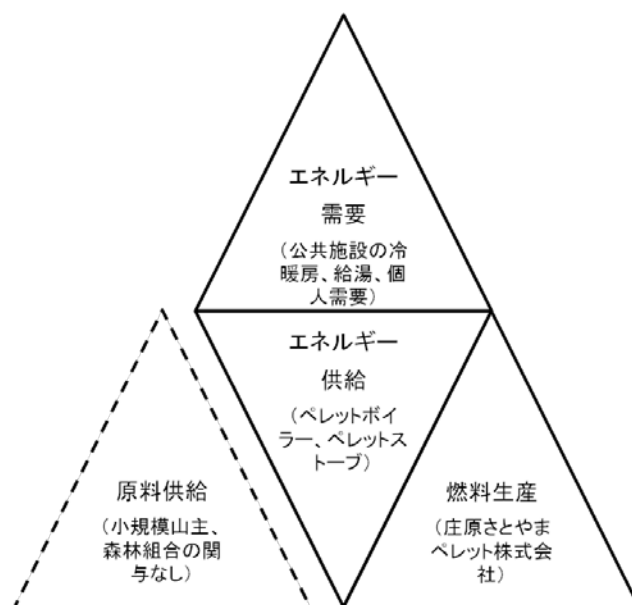


図 12 庄原市の地域エネルギー事業モデル

3) 地域エネルギー事業による効果

庄原さとやまペレット(株)では、燃料販売と原料仕入を合わせて3,500万円ほどの取引が生じている。燃料販売について見ると、約2,500万円(2012年度)、約2,500万円(2013年度)、約3,100万円(2014年度)の事業高であった。ペレット燃料の販売先の9割が市内(市役所、保育所など)なので、会社の事業高は域内取引によるものと判る。一方、会社のペレット燃料の原料仕入れを見ると、約530万円(2014年度)の取引であった。仕入先のチップ業者の大半が市内業者(庄原2社、東城1社)であることから、取引額の大半が市内業者との取引に拠るものと言える。

また、同社の事業により工場長1人、製造担当者1人、事務員(パート)1人の雇用を創出した。人件費を見ると正職員480万円、事務員100万円程度である。

これらの点から庄原さとやまペレット(株)の取引は、地域経済に貢献しているといえる。ちなみに庄原さとやまペレット(株)の経常収益は420千円(2012年度)、286千円(2013年度)、401千円(2014年度)であった。今後は現状の倍となる年間1,000トンの需要を見込み、会社の安定成長を見込んでいる。

ペレットの消費量は、2014年度でペレットを475トンであった。それは石油230トン分の代替勘定となり、石油価格を100円/kgとすると、2,300万円分に相当する。その分、化石燃料購入による金の域外流出を抑制し、加えて化石燃料消費に伴うCO₂排出量を抑制しているといえる。

庄原市バイオマスタウン構想では市内民有林の林地残材をペレット原料とし、それを梶子に森林・里山を再生する考えであった。市内民有林の多くが5haまでの小規模な個人所有者が多いことから、山林管理を経済面で支えることを狙い、市は税込7,000円/トンで買い

取るペレット原料収集システムを考案した。2014 年度実績で 14 件の 48 トンで、336 千円の買い取り支出となり、個人所有者から見れば平均 24 千円の現金収入となる。ただ、この仕組みを活用する個人所有者は少なく、年々持込量が減少しているのが実態である。ペレット生産を森林・里山再生の入口とする市の目論見が後退している。

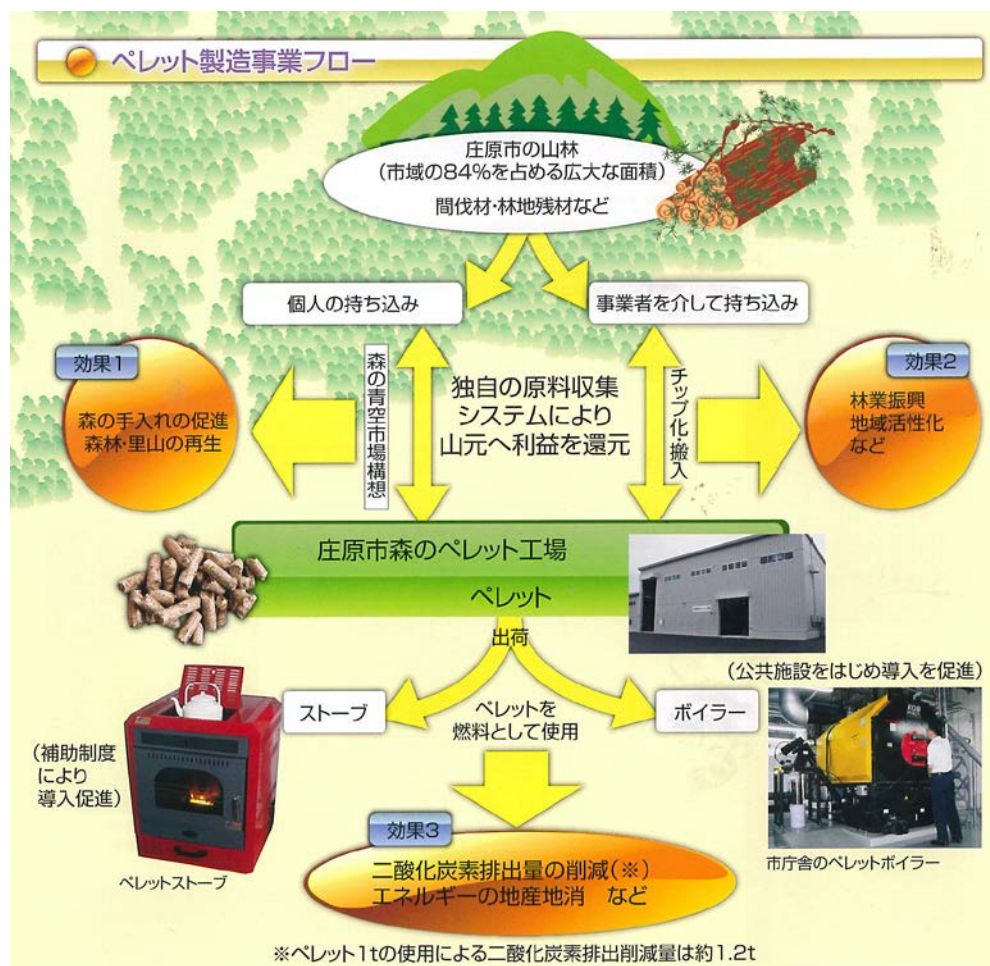


図 13 庄原市の原料収集システムの構想 出所：庄原市サイト

3.2.5 株式会社ディーエルディー

1) 事業の概況

伊那市に本社がある株式会社ディーエルディー（DLD）は、薪ストーブ（輸入品）の販売代理店で、その地域事業は薪ストーブ利用者に対する地元材を原料にした薪の生産と巡回宅配で、家庭の熱需要に答えている。薪の生産と販売を担うDLDの事業概況を示したのが下図である。

薪の生産部分について本社の薪生産ヤードを見ると、伊那市に所在する伊那森林組合、貝沼山守会、森の座などから薪の原料となる原木を仕入れている。同様に長野県内の各地に立

地する薪生産ヤードごとに周辺地域からの薪原料の取引関係が成立している。

薪の販売については、2014 年度実績で 1,235 軒の取引²⁾で、伊那市をはじめ長野県内や山梨県内などの家庭と巡回宅配を契約している。契約は一冬単位が基本で、契約した家庭を巡回し、近場の薪生産ヤードから使用した分の薪を補給している。このほかにも仙台市や名古屋市などでも地場の販売網をつくっている。

このようにDLDの地域エネルギー事業は、長野県や山梨県に点在する 20 ヶ所の薪生産ヤードを拠点とした「小さな市場」で成り立つビジネスモデルある。

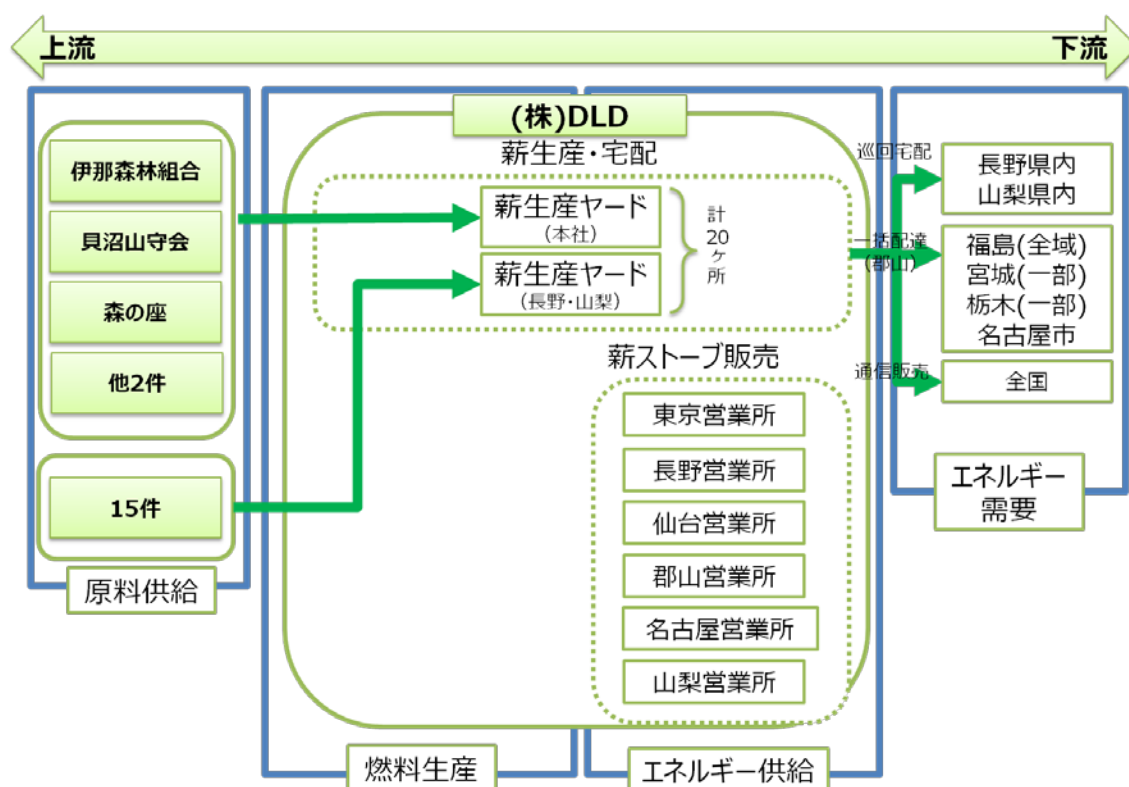


図 14 DLDの地域エネルギー事業の概況

2) 地域エネルギー事業の位置づけ

DLDは、地元の間伐材を仕入れ、薪を生産し、地元のストーブ利用者へ届けるとための木質バイオマスの地産地活サプライチェーンを構築し、エネルギー需要、エネルギー供給、燃料生産、原料供給の4領域をマネジメントしている。

この事業は域内市場産業であり、「地産地活」の地域エネルギー事業である。

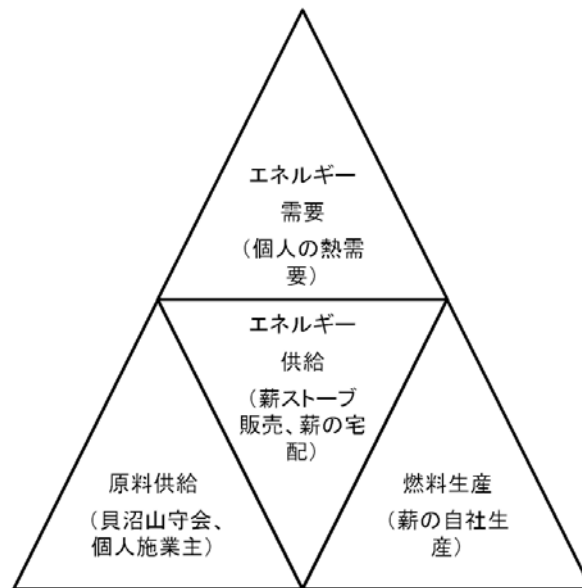


図 15 DLDの地域エネルギー事業モデル

3) 地域エネルギー事業による効果

2014 年度実績で薪販売は、長野県、山梨県などを合わせて 224,778 束であった²⁾。1 束 240 円換算だと一冬の売上高は 5,400 万円程となる。薪販売が地元中心の小さな商圏であることを考えれば、5,400 万円の売上は域内取引となり、その殆どが地域に落ちる金だと考える。加えて、これまで灯油代として域外へ流失していた分が、薪代として地域内に留まり、化石燃料使用による金銭の域外流出を抑制していると言える。さらに個人宅の薪ストーブ使用は、灯油ストーブと比べて CO₂ 排出量の抑制に貢献が期待できる。

この事業によって、事業全体を統括する社員 2 人とエリアマネージャー 4 人は常用者で、そのほかに薪生産ヤードごとで季節アルバイト 2 人～3 人の雇用が生まれている。DLD の薪生産ヤードは長野県内で 15 ヶ所あり、平均 3 人態勢で全部 50～60 人を季節雇用している。それとは別に障害者の雇用もあり、DLD 本社の薪生産ヤードには 4 人いる。併せて障害者施設への委託分の仕事（1 ヶ所 4～15 人、全体では 50～60 人）も別にある。

薪生産ヤードと原料を供給する山林との取引は、地元の関係で成り立つ「小さな市場」である。例えば伊那市の山林管理は、小規模な個人山主が多数存在し、高齢化や不在化に拠り山林管理が滞っている状態で、地区の共有林も管理が行き届いていない。そういう状況のなかで、DLD が扱う薪は、山側にとっての未利用間伐材の出口になり、年間 2,500 万円規模の小口取引は、個人山主や個人施業者などの山林管理の動機づけになっている。

このように DLD の事業は、取引と雇用の点で地域の経済的効果が期待できる。併せて、山の適正管理や環境負荷の低減に寄与していると言える。

3.3 域外の電力需要に応える地域エネルギー事業

3.3.1 やまがたグリーンリサイクル株式会社およびやまがたグリーンパワー株式会社

1) 事業概要

木質バイオマスによる発電事業により域外の電力需要に応える取組として、やまがたグリーンリサイクル株式会社、やまがたグリーンパワー株式会社がある。

この2社はグループ会社の関係にある。やまがたグリーンリサイクル(株)は村山地域及び最上地域の国有林や民有林から仕入れた未利用間伐材を原料に燃料チップを生産し、やまがたグリーンパワー(株)はそれを燃料にガス化発電した電力を東京や千葉の事業者へグリーン電力として売電するビジネスモデルとなっている。その事業概況をみたのが下図である。

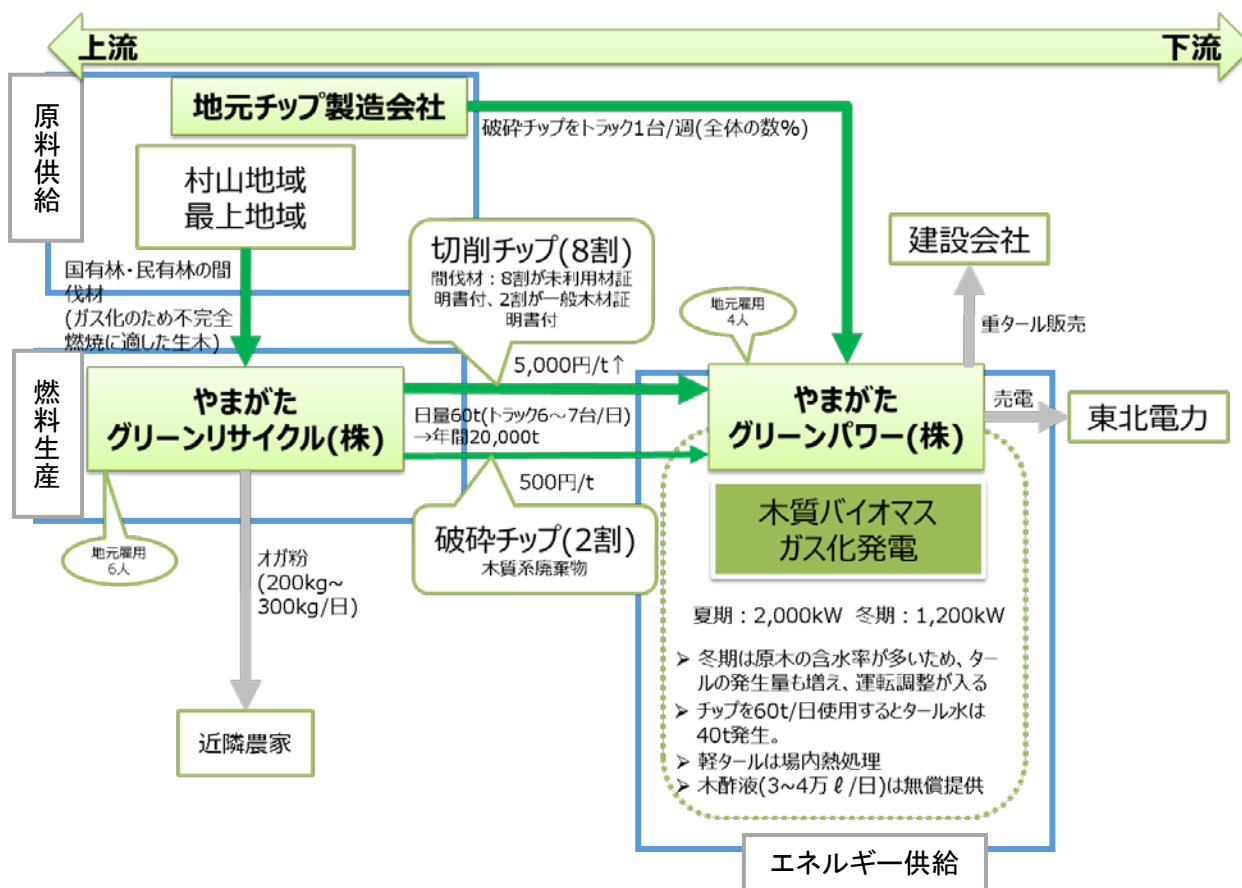


図 16 やまがたグリーンリサイクルとやまがたグリーンパワーの地域エネルギー事業概況

同社の親会社は川崎市内に所在するベンチャー企業だが、資本が労働市場や原材料が安い地方へ工場を進出させる経緯とは様相が異なる。村山市内に創業した経緯の中で、地元特産のサクランボの樹木剪定枝を廃棄せずにエネルギー資源として利用する着想が挙げられ

る。実際にはエネルギー資源として使う量は少ないものの、地域の未利用のままの木質バイオマスや廃棄される木質バイオマスをエネルギーに換える事業を介して地域を活性化させる視点を持っていた。その点において地域密着型の事業だと言える。

なお、エコタウン構想を持つ村山市はこの事業に関心を持ち、事業を始める前の地元説明会に市役所が立ち会い、地元関係者との仲介や調整に動くなど、地元からも地域密着型の事業としての期待が高いと理解できる。

2) 地域エネルギー事業の位置づけ

燃料チップを生産するやまがたグリーンリサイクル（株）が仕入れる原木の 20%は、地元のサクランボ農家から出るサクランボ剪定枝などを含む一般木材で、通常ならサクランボ剪定枝は廃棄処分されるが、それを再利用している。残り 80%は、村山地域と最上地域の国有林及び民有林の間伐材を購入している。つまり山形県外から材を移入しておらず、必要な材はすべて村山地域と最上地域で賄っている。

なお、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）に応じるため、一般木材は「一般木質バイオマス」、間伐材は「間伐材等由来の木質バイオマス」の証明書を得ている。

その燃料チップからやまがたグリーンパワー（株）はガス化発電で電力を生産し、電力を生活協同組合パルシステム東京の特定規模電気事業者（PPS）である株式会社うなかみへ売電している。（株）うなかみでは、パルシステム東京及びパルシステム千葉などの事業所 28 拠点へ購入した電力を供給している。

この地域エネルギー事業は、原料供給、燃料生産、エネルギー供給までのサプライチェーンを地元で構築しており、域内の資源を活用する域外市場産業であると言える。

ちなみに（株）うなかみがやまがたグリーンパワー（株）と電力契約したのは、山形県内にパルシステムグループの産直産地が多いこと、特にパルシステム東京で扱っている肉のハム工場が同じ村山市内にあること、やまがたグリーンパワー（株）は地元特産のサクランボ剪定枝を燃料に使用していることが、組合員に対して「産直産地との関係で電力も地元産品も購入する」と説明し易かったためである。加えて 16 事業所の総量 1,300 kW の規模に適った再エネのベース電源が確保できることも理由となった。

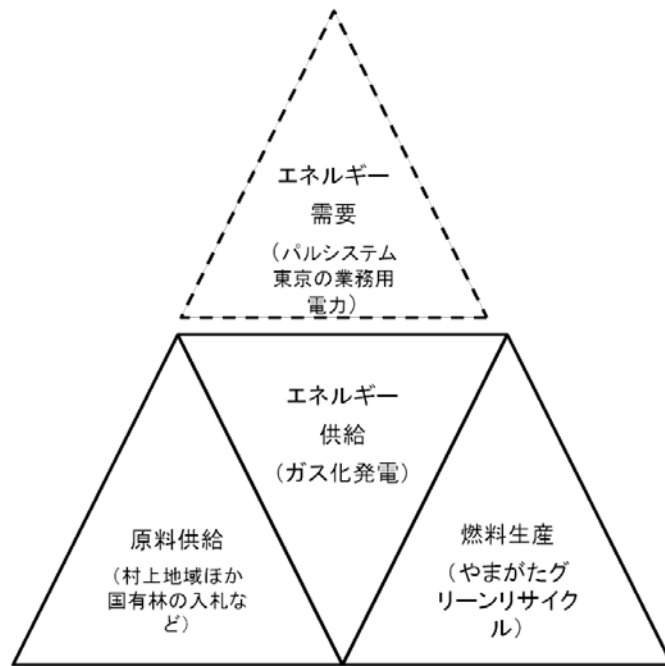


図 17 やまがたグリーンリサイクルとやまがたグリーンパワーの地域エネルギー事業モデル

3) 地域エネルギー事業による効果

やまがたグリーンリサイクル（株）は、年間 2 万トンのチップを生産するために地域内の原木を仕入れているが、その 8 割が国有林と民有林の間伐材である。国有林は 4 月～10 月の毎月の入札で落札している。民有林の場合は、間伐材の価格が 1,500 円/m³、一般材も同程度で、C材、D材、抜根材（ばっこんざい）の価格も同じく 1,500 円/m³が相場となっており、民有林からの仕入に関しそうした価格の取引が生じていると考える。年間 2 万トンのチップ原料の 4 割が民有林の間伐材と仮定すると、年間 4,300 万円の取引となる*³。

他方、丸太の運送費は 30 k m 圏内で 1,500～2,000 円/m³の相場で、丸太の運送を地元の運搬会社へ発注していることから、年間 4,000 万円～5,000 万円ほどの取引がある（1m³=0.8 t 換算）。これに国有林の入札や一般木材の分も合わせると、原木仕入関係で年間 1 億円を超える取引が地域内で生じていることになる。

やまがたグリーンパワー（株）の売上は、2014 年度に 35 円/kWh（固定価格買取制度の価格及びパルシステム東京の上乗せ分）と仮定して 4.2 億円になる。これは、発電計画値 1,500 万 kWh/年に対して 50%～80%の実績を踏まえ最大 1,200 万 kWh/年と仮定した試算である。

雇用関係を見ると、両社ともこの事業により地元雇用を創出している。発電事業で 10 人、チップ生産事業で 6 人を地元採用している。年齢は 18 歳～80 歳までと幅がある。

また、初期投資の段階を見ると、やまがたグリーンパワー（株）の発電事業の初期投資は 16 億円（補助金 3.2 億円、金融融資 12.8 億円）であった。小型ガス化発電機ほかプラント

を構成する機器やシステムは外国製のものをはじめとした調達で、地元調達は皆無だと考えられるが、発電所の敷地整備や建屋建設などの部分は、地元企業へ発注しているため、その分の金が地域へ落ちたと考える。

以上のことから、この地域エネルギー事業により地域内で一定額の取引が発生し、雇用の面でも貢献していると考えられる。

やまがたグリーンパワー（株）は小規模な発電事業者であるが、地元との取引関係に着目すれば、木質バイオマス発電の地域中核企業（コネクターハブ企業）になっていく素地があると言える。

³ チップ 1m³=0.28 t で換算すれば年間 2 万 t のチップは 71.428m³ となり、その 4 割が民有林とすれば 28,571m³ の取引量となり、取引額はおよそ 4,300 万円となる。

3.4 地域エネルギー事業の価値

取組事例の多くは、域内の間伐材や林地残材、加工副産物のいずれかを主な原料として燃料生産し、域内の施設、事業所、家庭に必要な熱エネルギーを生み出し、活用している。熱電併給を将来的に指向する事例もある。こうした取組は、域内の民生部門や家庭部門のエネルギーを「地産地活」していると言え、域内市場産業の性格を持つ地域エネルギー事業である。そのエネルギーの「地産地活」は、次のような恩恵を地域にもたらすと期待できる。

- (1) 燃料の原料となる間伐材や林地残材の利用を促し、山林管理に関連する地元の仕事を回す。地元で燃料生産やストーブやボイラーの製造などのエネルギー関連の仕事が地域内に生まれる。そうした取組で域内に金が回る状況が出てくる。加えて、これまで域外から購入してきた化石燃料の消費を抑え、地域の外へ金が出ていくことを抑制する。このように「地産地活」は資金循環と雇用創出をもたらし、地域経済の活性化を促す可能性がある。
- (2) 間伐材や林地残材の利用は、森林組合や林業会社の所有する山林のほか、財産区や個人所有の里山でも手入れを促すようになる。山林の適正管理は、そこの保水力を高め、生態系を豊かなものにし、山の再生につながる。
- (3) 木質バイオマスのエネルギー利用で化石燃料の消費が削減される分、そのCO₂排出が抑制されるなどの域内の環境負荷の低減も期待できる。

木質バイオマスのエネルギー利用において、「地産地活」は地域経済の活性化、山林の適正管理と再生、環境負荷の低減などの付加価値を地域エネルギー事業に生み出す重要な考え方だと言える。

他方、取組事例の一部に木質バイオマス発電事業がある。その事業は、域内の間伐材や林地残材を主な原料として燃料チップを生産し、それをを用いてボイラーやガスエンジンなどで電力を生み出し、域外の市場へ売電する。需要地は域外であることから、この地域エネルギー事業は域外市場産業の性格を有すると言える。

この地域エネルギー事業の一番の特徴は、電力の売電により域外から「外貨」を稼ぐことである。地域経済のあり方で資金循環は重要な要素であるが、加えて「外貨」を得る稼ぐことも重要な要素である。その点において、近年はグリーン電力を積極的に利用する市場が生まれ、売電事業の伸び代が期待できる。

また、原料供給および燃料生産において域内の取引を軸にしており、先に見た「地産地活」と同様に域内の雇用や仕事を生み出し、地域経済の活性化に貢献するのが期待できる。併せて、域内の山林の適正管理および再生に貢献することも期待できる。

このように域内の木質バイオマスを活用する域外市場産業型の地域エネルギー事業は、最終需要で「地産地活」とは異なるが、地域に足場を置いた事業だと言える。

参考文献

- 1) 飯田哲也＋環境エネルギー政策研究所 (2014) 「コミュニティパワー エネルギーで地域を豊かにする」, 学芸出版社
- 2) 伊那市 (2016) 「伊那市 50 年の森林ビジョン」,
http://www.inacity.jp/shisei/kakushuplanshiryo/nogyo_noringyo/201603281742.files/vision.pdf

4. サプライチェーンから見た継続的な木質バイオマスエネルギー利用システムの成立要件

4.1 はじめに

森林の豊かな地域において、木質バイオマスは再生可能エネルギー資源の有望な選択肢の1つであり、地域産業としても期待されている。日本では、木質バイオマス電力利用に関しては、2012年の固定価格買取制度（FIT）の導入により、各地で木質バイオマス発電所の建設が進められている。木質バイオマス熱利用でも、政府の補助事業によってエネルギー供給システムの導入が進められている。太陽光や風力のエネルギー供給システムは一度設置すれば、運転管理は必要なものの、燃料を投入する必要はない。それと比べて、バイオマスエネルギー事業はシステムの導入後も、森林から原木を伐採・搬出し、燃料生産をしなければならない。また、ボイラーや発電の運転管理では燃料を供給し、燃焼を制御しなければならない。よって、バイオマスエネルギー事業を継続的に行うためには、川上から川下まで木質燃料を安定供給する体制を作ることが重要である。

安定供給のためには関係主体の事業性を確保し、各主体が協力関係を維持したサプライチェーンの構築が重要である。サプライチェーンの定義は様々なものがあり、そのマネジメントについての研究も、経営戦略論および事業性評価などの経済面からの分析、組織間関係論などの社会面からの分析、ロジスティクス論および生産工程についての工学的な分析など多岐にわたる。本研究では、木質バイオマスのサプライチェーンを原料・燃料・エネルギーを供給する一連の事業の連なりと定義する。このサプライチェーンでは、継続的な操業を続ける上では経済面での収支バランスをとることが重要であり、なおかつ関わる主体が多いという特徴から、本研究では事業性と組織間関係について取り上げた。

事業性という観点からは、木質バイオマスエネルギー事業を対象としたものではないが、日本の木材のサプライチェーンを対象として、丸山ら(2010)が木材フローを対象にした原価計算モデルの検討を行っていた。その中で丸山は、サプライチェーンの川下である消費者側から主導するマネジメントが川上の事業主体に厳しいコストカットを強いる可能性を指摘し、川上からのマネジメントも組み合わせた統合型のマネジメントシステムを提案していた。木質バイオマスエネルギー事業については、吉田ら(2016)は木質チップについて、森林の伐採から燃料の生産・販売までを対象とし、海外の事例についてサプライチェーンの調査を行っている。各主体の事業性という観点から費用と収入を分析し、チップの生産性と事業規模に応じた設備の選択が事業性に影響を与える大きな要因であることを指摘していた。しかし、ここで取り扱っているのは海外のバイオマス事業であり、また、サプライチェーンの対象範囲は森林の伐採作業から燃料用チップの販売までであり、エネルギー供給事業とエネルギー需要は含まれていなかった。すなわち、日本のバイオマスエネルギー事業に

ついて原料供給からエネルギー供給を経てエネルギー需要までを対象とした事業性の観点からのサプライチェーンの事例評価の研究はなかった。

また組織間関係という観点から、日本のバイオマスエネルギー事業のサプライチェーンを対象とした研究も極めて少なかった。これらを踏まえ、本研究ではサプライチェーンを事業性と、関わる組織間関係の両面から分析した。

4.2 分析の方法

4.2.1 分析の概要

本章では、日本における森林資源を活用した木質バイオマスエネルギー事業について、川上から川下まで、事業主体の連なりであるサプライチェーン全体とその構成要素の担い手の運営状況を実際の事例から把握した。次に、把握した情報からサプライチェーンとその担い手について、事業性および組織間関係の観点から分析することにより、事業継続の成立要件を明らかにした。

4.2.2 分析の枠組み

木質バイオマスエネルギー事業について原料供給、燃料生産、エネルギー供給、エネルギー需要の4つの構成要素でサプライチェーンが構成されるものと捉え、3章に引き続き図1の枠組みを提示した。そして継続的な事業が成立するためには、各々の構成要素に事業性があり、かつ構成要素同士の連携し、全体としてバランスがとれる事が重要と考えた。

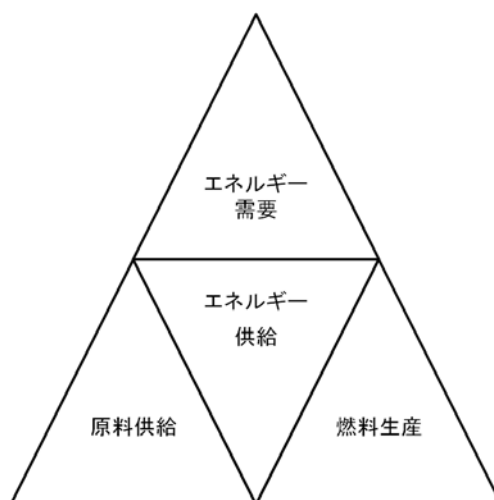


図1 木質バイオマスエネルギー事業分析の枠組み

原料供給とは、森林における伐採、木材の搬出、販売を指し、主に森林組合や個人林家、林業会社が担っているとした。また製材所からの副産物などの収集、販売も原料供給に含まれるとした。燃料生産とは、木材を加工し乾燥させて木質燃料である薪、チップ

ブ、ペレットを生産することや販売することを指すとした。エネルギー供給とは、木質燃料を設備で燃焼させることで発生する熱や電気のエネルギーを需要者に供給することを指すとした。エネルギー需要とは、一般家庭、事業所、温浴施設などの建物における電力、空調、給湯の需要を指すとした。例外的に、家庭におけるストーブ利用や、温浴施設におけるボイラー利用などは、需要側の担い手が自らエネルギー供給設備を運転しており、エネルギー供給とエネルギー需要を担う主体が同じ場合もあるとした。

以上を踏まえて、木質バイオマスエネルギー事業のサプライチェーンをこれらの4つの構成要素（原料供給、燃料生産、エネルギー供給、エネルギー需要）を通して以下の3つの観点で評価した。

1つ目は構成要素の担い手である主体の事業が、外部からの補助なく事業継続的に成立しているかを基準とした。初期投資で補助を受けていてもランニングコストを賄えていれば短期的には運転可能であるが、長期的に見た場合、設備更新時の費用を賄えることが継続可能な事業として重要であると考えた。

2つ目は構成要素の担い手間の連携、3つ目は担い手間のバイオマスの需給バランスであり、これらを組織間関係という点からの評価基準とした。

2つ目の担い手間の連携それ自身はサプライチェーンの構築に不可欠であり、取引関係の構築と取引の円滑な実施の上で重要であると考えた。同時に担い手間の連携は、3つ目のバイオマスの需給バランスを取る上でも重要であると考えた。例えばバイオマス燃料は含水率が低いほどエネルギー利用効率が上がり、エネルギー需要側の事業性にも影響するので、生産工程の中で乾燥が必要であった。乾燥には数か月かかるため、在庫不足や、在庫過剰を防ぐためには、先の需要を適切に予測して生産を行わなくてはならなかった。またそれぞれの構成要素を担う組織が持つ土場、サイロ、ヤードにもそれぞれ貯蔵限界があるため、適時に供給を行わなくてはならなかった。そのためにはエネルギー事業の構成要素の担い手が連携し、燃料品質の重要性を理解して、適切な需要の情報共有をすることで、滞りなくバイオマス供給を行うことが重要であるといえた。

2) 調査手法

本研究では前述の4つの構成要素からなるサプライチェーンを分析するための調査対象として、発電事業、熱事業および熱電併給事業などのエネルギー事業の中から、典型的なエネルギー利用システムとして6つの事例を選択し、表1に示した。燃料については、薪・チップ・ペレットの三種類をとりあげた。エネルギー設備については、小規模な熱利用として薪ストーブとペレットボイラーを、中規模な熱利用として薪ボイラー、チップボイラー、ペレットボイラーを、発電については近隣地域から燃料を調達している中規模（2000kW）の事例をとりあげた。熱電併給については日本での普及が始まったばかりであり、調査時点で安定して稼働している事例がなかったため対象から除外した。

それぞれの事例におけるエネルギー事業の4つの構成要素の担い手を表2に示す。事例

によっては、記載した以外の組織とも小規模な取引が行われているが、表では省略した。事例D、事例E、事例Fは全体のサプライチェーンの構築に自治体行政（市町村）が大きな役割を果たしたため、当該自治体も調査の対象とした。

これらの担い手に対して半構造インタビューを行った。質問項目として、組織の事業の内容、仕入先と販売先などのステークホルダー、バイオマスに関わる商品の仕入量と販売量、生産設備など事業に係る経費、売上高、事業展望および事業課題などについて尋ねた。インタビューは2014年8月から2016年9月にかけて行った。

表 1 分析対象とした事例

事例	燃料形態	エネルギー設備	エネルギー需要	主な所在地
A	薪	ストーブ	暖房	長野県伊那市
B	薪	ボイラー	給湯	岐阜県恵那市
C	チップ	発電	電力	山形県村上市
D	チップ	ボイラー	冷房・暖房・給湯	山形県最上町
E	ペレット	ストーブ/ボイラー	暖房・給湯	広島県庄原市
F	ペレット	ストーブ/ボイラー	暖房・給湯	長野県飯田市

表 2 対象事例の担い手

事例	原料供給	燃料製造	エネルギー供給	エネルギー消費	支援者
A	森林組合、林業会社、 NPO、個人林家	薪ストーブ 販売会社	一般家庭	一般家庭	—
B	個人林家	コミュニティ グループ	温浴施設	温浴施設	市役所
C	林業会社、果樹農家	民間企業	独立発電事業者	一般家庭	—
D	林業会社	製材業者	第3セクター	公共施設	町役場
E	製材業者	第3セクター	公共施設 一般家庭	公共施設 一般家庭	市役所
F	森林組合	協同組合	公共施設 事業所（ビジネ スオフィス）	公共施設 事業所（ビジネ スオフィス）	市役所

4.3 結果と考察

4.3.1 調査結果

1) 事例A（薪ストーブ）：長野県伊那市

主に一般家庭が暖房用に利用する薪ストーブに対して、薪を供給する事業構造であった。事例Aのサプライチェーンを図2に示す。

原料供給では、小規模林家、NPO および森林組合などが、森林や支障木などの伐採の際に原木を製材向けと薪向けに選別していた。これにより、今まで捨てていた木材を薪用の原木として供給していた。燃料生産では、薪ストーブ販売会社が原料を購入し、アルバイトが薪割り機を使って加工し、自然乾燥することで、薪を生産していた。加工の工程は一部が原料供給側にも委託され、短く切られた丸太は高く買い取る仕組みになっていた。エネルギー供給とエネルギー需要を担う担い手は一般家庭や事業所であった。

薪ストーブを所有する一般家庭などが薪を購入し、暖房需要としてエネルギーを利用していた。

サプライチェーンを構築したのは 35 年前に創業した薪ストーブ販売会社（株式会社ディーエルディー）であった。薪ストーブを輸入し、一般家庭に対し年間 1,000 台を販売してきた。並行して顧客サービスとして、燃料の薪供給を開始した。8 年前に仕組みづくりに着手し、薪の小口宅配サービスを組み合わせた薪ストーブ販売のビジネスモデルを構築し、薪ストーブ市場の拡大につなげてきた。同時に薪の需要も予想を超えて急拡大し、生産が追いつかず在庫が足りなくなり、人工的に乾燥を行うことで納品する状況が一時期おきていた。一方で、薪燃料の生産事業は収支バランスが取れているものの、薪ストーブの販売利益の方が大きく組織の本業ではなかった。

この様にエネルギー供給の構成要素である薪ストーブ事業者が中心となり、木質バイオマスのサプライチェーンを構築し、それをマネジメントしていた。

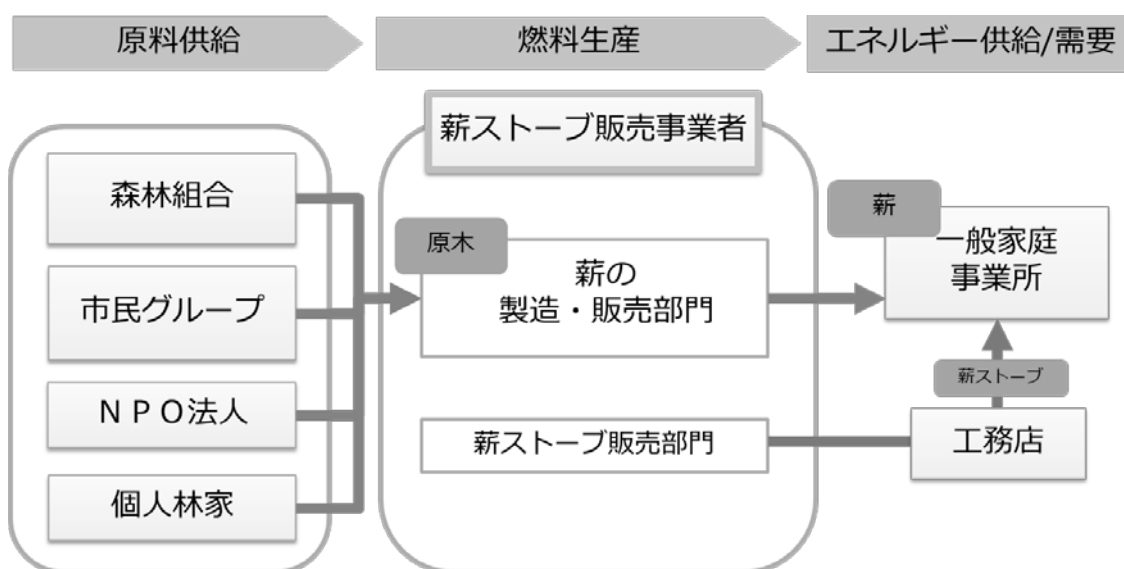


図2 構築されたサプライチェーン（事例A）

2) 事例B（薪ボイラー）：岐阜県恵那市

温浴施設（花白温泉）の給湯需要を賄う薪ボイラーに対して、個人林家が供給する原木をコミュニティグループが薪に加工して供給する事業構造であった（図3）。

原料供給は、近隣地域の個人林家が行っていた。燃料生産はコミュニティグループが「やまおか木の駅」と呼ばれる組織を立ち上げ、個人林家から原木を買取り、同じく林家などに委託して薪に加工していた。買取価格は6000円/tで、そのうち半分を自治体からの補助で賄っていた。アルバイト人件費は捻出されているが、利益はでていなかった。エネルギー供給とエネルギー需要を担っているのは温浴施設であった。薪ボイラーの運転管理は温浴施

設の職員が行っていた。エネルギー需要先の温浴施設は、もともと村営だったものを民営化されたものであった。その際に県の補助金を用いて、薪ボイラーを導入した。ボイラー価格は1,100万円で、2/3が補助であった。

この事例ではコミュニティグループが中心となって、サプライチェーンを構築した。コミュニティグループは3か所の土場（間伐材の集積所）を整備し、薪の他に製紙用の原木も取り扱っていた。薪利用のための土場は、温浴施設の隣地に整備した。コミュニティグループは、個人林家に対し林業研修も行っており、2012年度から個人林家が土場へ間伐材を出荷していた。コミュニティグループは、個人林家が出荷する間伐材の収集管理、薪生産など、サプライチェーン全体を統括していた。

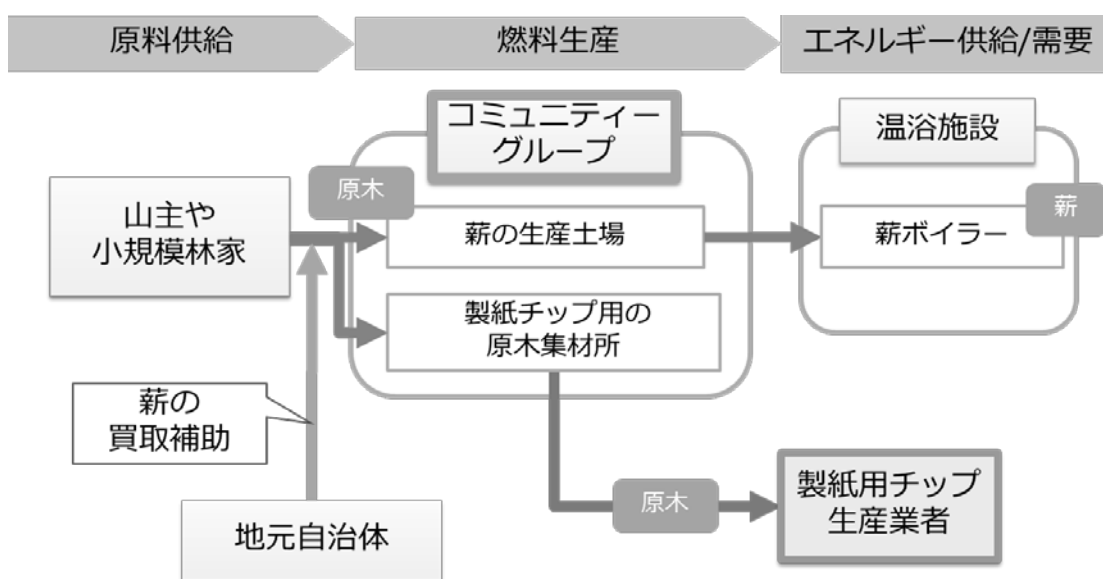


図3 構築されたサプライチェーン（事例B）

3) 事例C（チップ発電）：山形県村上地域

図4に示す通り、木質バイオマス発電所（やまがたグリーンパワー株式会社）に対して、燃料となる木質チップを供給する事業構造であった。原料供給は、国有林や民有林から行われており、施業は林業会社などが担っていた。燃料生産は木質バイオマス発電所を運営するやまがたグリーンパワーの関連会社（やまがたグリーンリサイクル株式会社）が行い、仕入れる原木は全て村上地域内より調達していた。原料の80%が間伐材であり、そのうち80%は国有林由来であった。残りは民有林由来で、大手12社を含む林業会社グループから購入することで安定供給を図っていた。また原料の20%は、地元の農家から出るサクランボ剪定枝などを含む木質系廃棄物であった。エネルギー供給はチップ燃焼による発電（2,000 kW）を事業としており、2007年から発電事業を開始した。エネルギー需要は当初はこの地域の自治体であったが2013年から東京のPPS（Power Producer and

Supplier：特定規模電気事業者)に電力を販売することとなった。電力の買取価格は固定価格買取制度により支えられ、間伐材など木質燃料の原料の種類に応じて、全体の生産コストに見合った電力の価格で買い取られていた。

また、この事例では、サプライチェーンを発電事業者が構築していた。燃料生産を担う関連会社が原木の仕入、燃料チップ生産、発電所への搬入を分担し、エネルギー供給事業者が発電と売電を分担する、というようにグループ会社として一貫して事業を展開していた。

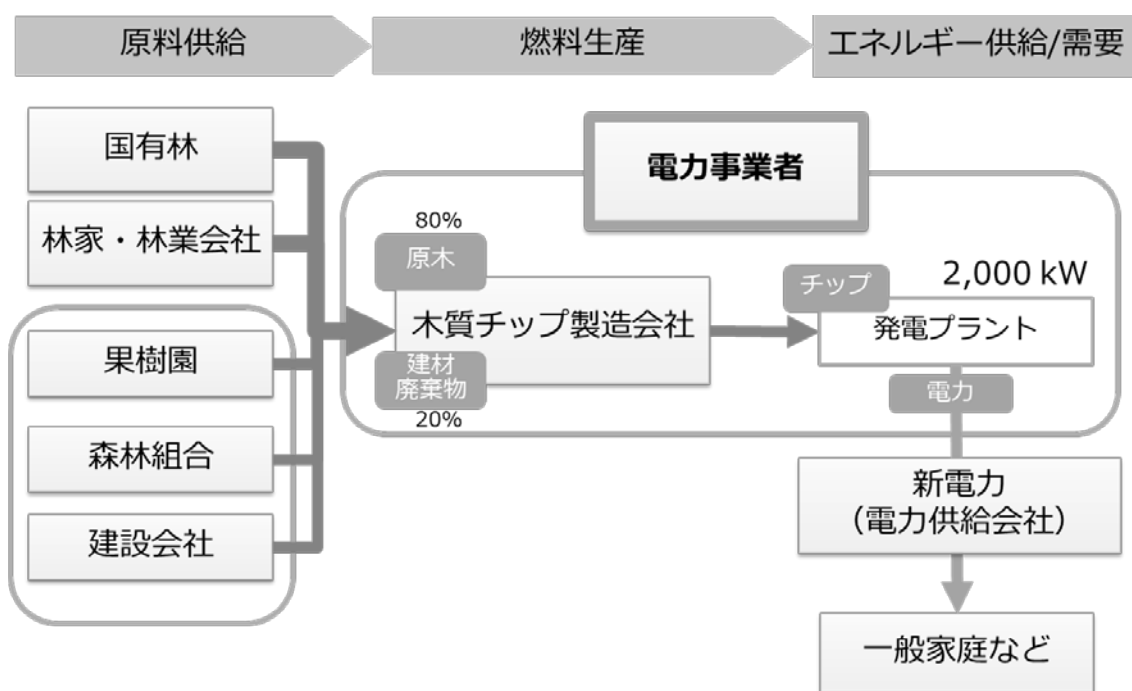


図4 構築されたサプライチェーン（事例C）

4) 事例D（チップボイラー）：山形県最上町

町が整備した公共施設群へ熱供給を行う木質バイオマスボイラーに対してチップを供給する事業構造であった（図5）。原料供給については町内の林業会社（株式会社結城林業）が担っていた。燃料生産については、林業会社（結城林業）と製材業者（株式会社下山製材）の合同出資会社（株式会社もがみ木質エネルギー）が行っていた。エネルギー供給については、町の第3セクターである最上町地域振興公社が、町が所有するチップボイラーの運転と保守点検を行っていた。エネルギー需要は、町の所有する福祉病院施設、園芸ハウス、給食センターおよび特別養護老人ホームの空調と給湯用の熱需要であった。ボイラーは3つあり、町費と国費を合わせ総事業費8億2,000万円で、550 kWと700 kWのボイラーを設置した。また自治体による森林・林業のための補助金を利用し、町費と県費を合わせた総事業費108百万円で、900 kWボイラーを設置した。2013年度におけ

る化石燃料費の削減額は3,860万円であった。一方で、町が3,800万円をチップ供給業務、設備管理業務などの委託事業費として支出した。

町がサプライチェーンの構築者であった。町の働きかけにより、2007年に製材業者と林業会社が出資してチップ製造の会社を設立した。町はチップの生産設備の費用もすべて負担し、燃料用チップづくりの乾燥体制支援や、供給委託契約を整え事業収入を安定させるなど支援に努めた。

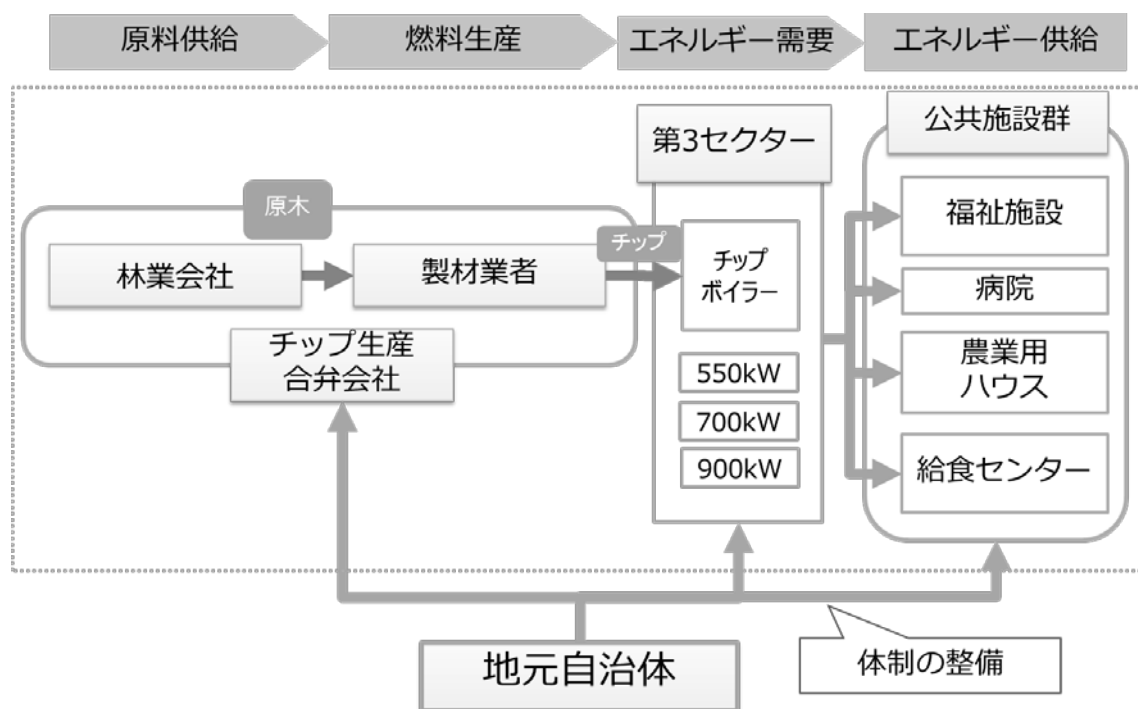


図5 構築されたサプライチェーン（事例D）

5) 事例E（ペレットストーブ、ペレットボイラー）：広島県庄原市

庄原市が森林資源を活用するためにペレット生産設備を整備し、市内でペレットストーブ、ペレットボイラー設備などの熱需要を創出していった事業構造であった（図6）。

原料供給については、市内民有林の林地残材をペレット原料とする予定であった。しかし現状では間伐等の施業を行う林業会社から林地残材を購入するには至っておらず、ペレット原料となるチップダストを市内のチップ製造業者から仕入れていた。

燃料生産は第3セクターの会社（庄原さとやまペレット株式会社）が担っていた。2006年に策定された庄原市の「バイオマスタウン構想」で、チップダストのペレット製造への利用が検討された。2009年に自治体と森林組合、林業会社、小規模株主の出資により第3セクターの燃料製造業の会社を設立し、2010年にペレット製造を事業化した。燃料製造の設備資金は総額2億60百万円で、国の補助金が56%、自治体の負担が44%で会社の負担はなかった。2015年の時点で、ペレットの生産高は500t強であった。同

社の事業により3人の雇用を創出した。将来的には年間1,000t程度の生産が適当な規模と考えられ、公共施設の需要と民間需要を組み合わせた販売を目指した。

エネルギー供給とエネルギー需要については、当初は一般家庭のペレットストーブ利用を見込んでいた。しかし、ストーブの普及が予想よりも進まなかったため、調査時点ではペレット燃料のほとんどを市役所や学校・福祉施設などの公共施設で消費し、それら施設の熱需要を賄っていた。以上のように、自治体がサプライチェーンの構築と維持管理を一手に担っていた。

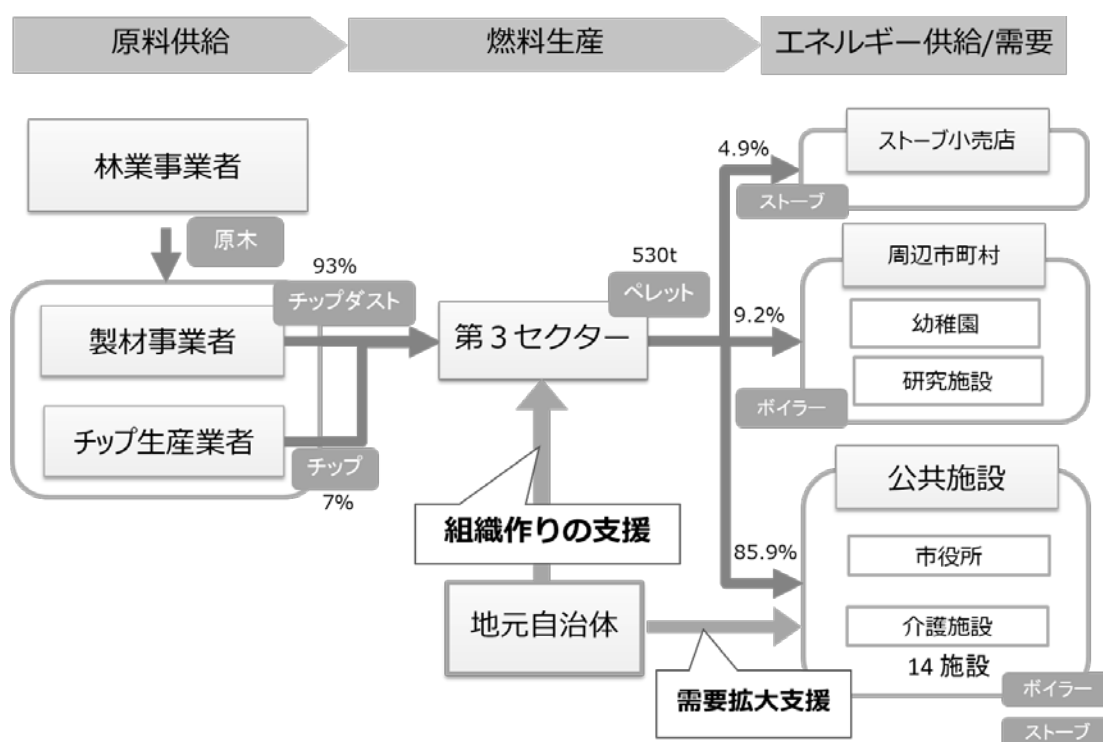


図6 構築されたサプライチェーン（事例E）

6) 事例F（ペレットストーブ、ペレットボイラー）：長野県飯田市

飯田市内の温浴施設に導入されたペレットボイラーの他、事業所のストーブに対してペレットの供給を行う事業構造であった（図7）。原料供給は県内の森林組合や林業会社などが伐採した原木が市場を通して供給されていた。燃料生産は協同組合（南信バイオマス協同組合）が担っており、ペレットの他に製紙用のチップも製造していた。エネルギー供給とエネルギー需要は主に市が所有するペレットボイラーやペレットストーブであり、給湯や暖房需要に利用されていた。

サプライチェーンの構築は、市の主導でなされた。市の面積の8割以上を占める森林の林業活性化のためペレット製造の協同組合の結成を後押しして需要開拓に努めてき

た。市は公共施設群にペレットボイラー7台を、市内の全ての小中学校にはペレットストーブをそれぞれ設置した。

サプライチェーンの構築後も、川下、つまり需要側であるエネルギー供給、エネルギー需要については市が実質的なマネージャーであり、ペレット燃料利用の需要拡大に努めていた。一方で川上、つまり供給側である原料供給と燃料生産については、事業立ち上げの際には市の働きかけがあったものの、その後は燃料生産の担い手である協同組合が自らマネジメントしていた。原木の調達については、協同組合が木材取引市場を介してチップ用原木と合わせ購入し、含水率の低い原木をペレット用として選別していた。ペレットの生産量は年間1,300tであるが、生産にはまだ余力があるとのことであった。協同組合は、ペレットだけでなく製紙用チップも生産し販売することで経営を成り立たせていた。

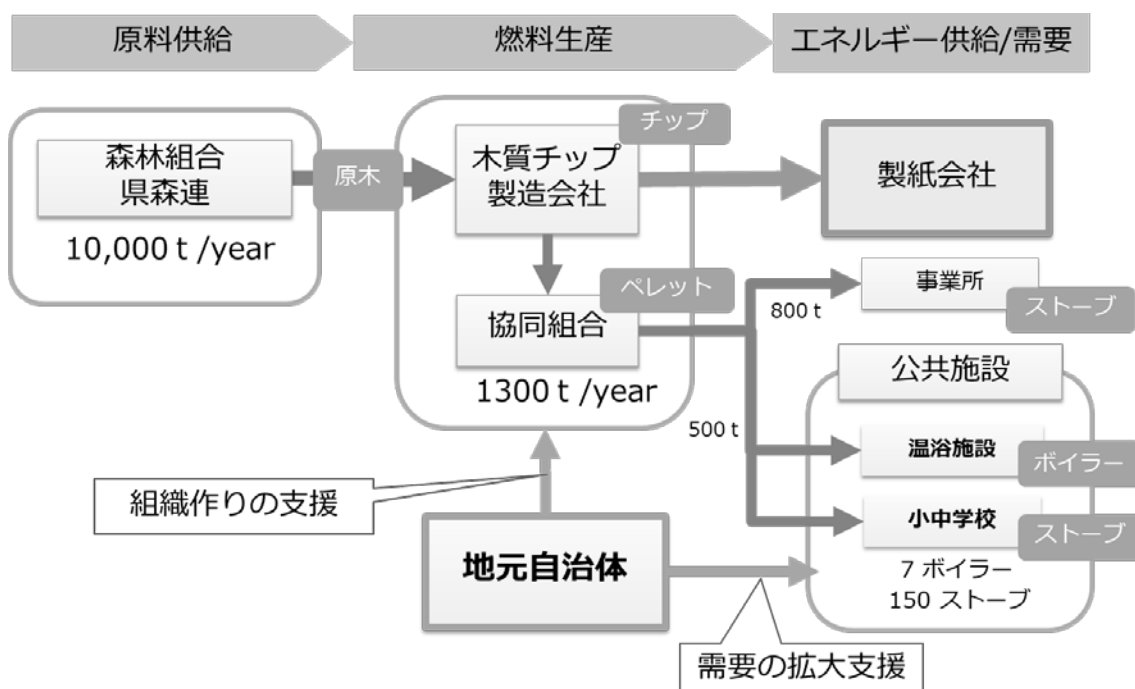


図7 構築されたサプライチェーン（事例F）

4.3.2 3つの観点からのサプライチェーン分析

前章で明らかになった調査結果をもとに、木質バイオマスエネルギー事業が継続して成立するための条件を明らかにするために、調査した事例に対して担い手の事業性、担い手同士の連携、担い手間のバイオマスの需給バランスについて検討を加えた。

1) 構成要素の担い手の事業性

事例A（薪ストーブ）では薪が商品として流通することで、原料供給の担い手である林業

会社にとって新たな収入源になっていた。森林施業の際に薪用の木材を選別し、近隣の土場に持っていくことで、伐採運搬費用を差し引いても人件費を捻出することができていた。また、燃料生産では薪ストーブ事業者がアルバイトを雇い仕事の間を生み出していた。エネルギー供給と需要者である一般家庭の薪ストーブの利用者数も増えており、ユーザーは薪ストーブにかかる費用に対して見合う十分な満足を得ていると言えた。よって、4つの構成要素の事業性がそれぞれ成立していると言えた。しかし、林業会社やストーブ販売者にとって薪の事業は、本業に対する副次的な事業であり、本業の製材需要やストーブ需要が安定していることが重要であると思われた。

事例B（薪ボイラー）については、原料供給では個人林家が原木代金を得ることで、新たな副業として成立していた。また燃料生産では、補助金と薪の販売収入によって、原料費と薪加工等の人件費などの支出を賄い、事業を成立させていた。またエネルギー供給とエネルギー需要では、薪ボイラーの初期投資費用に対して補助金が用いられていた。一方で薪ボイラーを使うことで重油燃料の削減になり、以前よりも燃料費が下がり、継続して稼働していた。よってそれぞれの構成要素の担い手の事業性は、補助金に支えられて成立していると言えた。燃料生産の担い手に関しては原木購入に対する補助金が入っており、補助金なしに事業を維持するのは困難であると考えられた。補助金は間伐による森林環境保全という公益事業に対する費用ともいえるが、自治体の財政運営を考えれば、できるだけ削減されるのが望ましいと考えられた。

事例C（チップ発電）では、固定価格買取制度によって事業が支えられていた。原料供給からエネルギー需要までの事業が成り立つように、電力の価格が決められているため、原料供給・燃料生産・エネルギー供給・エネルギー需要の事業がそれぞれ成り立っていると言えた。一方で今後、制度改正による買取価格の低下や、買取制度の廃止となった際には、それぞれの構成要素の事業を維持することが可能なコスト構造にできるかが課題と言えた。化石燃料を利用した火力発電の価格の方が安いため、価格競争で事業の成立が難しくなる可能性が考えられた。

事例D（チップボイラー）では、エネルギー需要者である公共施設を所有する自治体が、木質バイオマス利用による化石燃料費の削減分を原資として、エネルギー供給者にはボイラーの管理業務委託料を支払い、燃料生産者にはチップ供給委託料を支払うことで全体の収支バランスをとっていた。また、原料供給は燃料生産会社の出資会社であり、事業が成立する買取価格で取引がなされていると考えられた。よって構成要素の担い手の初期投資を除く、ランニングコスト面での経済的な収支バランスは取れていると言えた。しかし、ボイラーおよびチップ生産設備の導入は国の補助を受けながら行われており、設備の更新費用が課題だと思われた。

事例E（ペレット）では、原料供給については製材所が副産物としてチップダストを販売することで新たな収入を得ていた。燃料生産では、第三セクターが雇用を創出し、操業も維持されていたが、自治体がペレット生産設備の整備を行い、また、大規模修繕費用も支払っ

ていた。エネルギー供給やエネルギー需要も、市が整備した公共施設が多く、ボイラー設備の操業は可能ではあるものの公共事業的な側面が強かった。

事例F（ペレット）でも、エネルギー需要は温浴施設など公共施設が多かった。ペレットの燃料費は化石燃料の費用に比べて安定した価格で推移しており、これらの施設では燃料費削減につながっていた。一方で、ペレットの燃料生産は民間の協同組合が担っており、製紙用チップ事業と合わせることで、事業を行っていた。原料供給では、森林組合は木材取引市場を通して、協同組合以外の販売先も持っており、安定して操業していた。木質バイオマスと他の事業の組み合わせとペレットボイラーなどの需要側に対する初期投資補助によって事業が成り立っていると考えられた。

以上の6つの事例より、多くのバイオマスエネルギー事業は、各構成要素の事業は安定的な操業が可能ではあった。しかし、多くの事業が補助金によって設備投資の資金を賄い、燃料生産設備、エネルギー供給設備を整備しており、経済的に事業が成立しているとはいえなかった。発電事業である事例Cについては、固定価格買取制度という制度があり、制度が続く限りにおいて事業が成立しているといえた。その他は熱事業であるが、事例Aについては、他の事業との組み合わせで成立しているといえたが、それ以外の全ての事例は外部からの補助金を受けており、操業可能だが経済的に事業が成立しているとはいえなかった。補助を受けている事例では、燃料生産設備、エネルギー供給設備の更新費用を賄えるかなどの点で、事業の継続に疑問が残った。

また、担い手の事業者がエネルギー事業を他の事業との組み合わせで成立させている例もあった。原料供給については、バイオマスは林業にとって副収入にはなるが、単独で担い手の事業を成立させるのは難しく、バイオマスとは別に製材用の材を生産・販売している例（事例B、事例F）がみられた。燃料生産については、薪の燃料生産とストーブ販売事業との組み合わせがあった（事例A）。またペレットの燃料生産に関しては、ペレットの原料である燃料用チップとは別に、製紙用チップも生産し、全体として事業を成り立たせている例（事例F）もあった。

2) 構成要素の担い手間の連携

6つの事例を見ると、担い手どうしが取引関係を築き連携する上で、サプライチェーンの構築者としての民間企業、行政もしくはコミュニティグループの存在が認められた。事例A（薪ストーブ）や事例C（チップ発電）では燃料生産やエネルギー供給を担う民間会社を中心となってサプライチェーンを構築した。事例D（チップボイラー）と事例E（ペレット利用）と事例F（ペレット利用）では行政自らが国の補助金と合わせて費用を負担し、燃料生産設備とエネルギー供給設備を整備することでサプライチェーンを構築した。事例B（薪ボイラー）ではコミュニティグループが燃料を買い取る仕組みを含め、サプライチェーンを構築した。

サプライチェーンを構築した後も、全体のマネジメント役としての行政の役割が見られ

た。事例D（チップボイラー）、事例E（ペレットボイラー）では行政が燃料生産設備の運転状況の報告を受け、必要に応じて修繕などの費用負担を行う体制になっていた。またエネルギー需要では、事例D、事例E、事例Fに見る通り、行政が公共施設へのストーブやボイラー導入を図ることで需要拡大に努めていた。

また、サプライチェーン構成要素の担い手づくりにもサプライチェーンの構築者が関わっていた場合があった。事例Aでは、ストーブ販売会社が自ら土場を整備し、人を雇って燃料生産を行っていた。事例Bでは、コミュニティグループが買取りの仕組みをつくり、個人林家への林業研修を行うなどして担い手育成に努める一方で、薪の供給先である薪ボイラーの導入に際して補助金申請などの支援をしていた。事例Cでは、発電事業者が燃料生産のためのグループ企業を立ち上げた。事例Dでは行政が主導となって燃料生産の会社立ち上げに携わり、事例Eでは第3セクターの立ち上げに、事例Fでもペレット生産の協同組合の結成に際し、行政が働きかけを行っていた。

以上より、エネルギー事業を円滑に行っていく上で、サプライチェーンの構築者が担い手づくりと設備導入の支援で重要な役割を果たし、4つの構成要素を構築していた。

サプライチェーン構築者の目的は民間企業では事業収益を得ることであり、行政やコミュニティグループでは地域の未利用である森林資源を生かして、地域経済や森林環境保全に貢献することと両者で異なっている。しかしいずれのサプライチェーンの構築者も、担い手間を繋ぎ、取引関係をつくり、新たに雇用を創出することで、地域にこれまで無かった市場を形成する役割を果たしていた。

3) 担い手間のバイオマスの需給バランス

薪については、事例Aでは、一般家庭の薪の需要の急な増加に対して、原料供給・燃料生産が間に合わず、一時期、在庫が足りなくなることがあった。その後、サプライチェーン構築者でもある燃焼生産者は、小規模なNPOや個人林家など複数の仕入れ先を持ち、薪加工の一部を委託するなど、燃料の供給体制を整備していた。事例Bでは、エネルギー需要はコミュニティグループが支援し導入した薪ボイラーのみであり、安定的な薪の供給が行われていた。燃料生産であるコミュニティグループは、エネルギー供給以外の販売先として製紙用チップへの原木販売ルートも持っており、原料供給からの余剰分はそちらに回すことができる体制であった。

チップについては、事例Cでは、チップ製造者は発電所の関連会社であり、販売先である発電所の需要に合わせて供給を行っていた。原料についてはこの関連会社が林業会社のグループと契約を結び、複数の仕入れ先を確保することで安定化を図っていた。事例Dでは燃料生産者の供給するチップの水分率が安定せず、ボイラーに必要な熱量を得るためにはより多くのチップが必要であった。そこで町が報告を受けた上で、委託契約内容の見直しや、追加で乾燥のための設備を整えて安定化させていた。その後は、チップの販売先が町の公共施設群ということもあり、計画的な生産が可能となっていた。

ペレット生産設備は、一定以上の稼働率と生産量を確保しなければ採算が取れないため、事例Eと事例Fでは、いずれも燃料の安定的な購入が見込まれる需要先を増やすために、自治体が公共施設のボイラーを設置することで大口の需要を創出していた。

以上より、エネルギー事業を行っていく上で需要の変化に備えるために、それぞれの構成要素において、複数の仕入れ先および販売先を確保するなどの工夫をしていた。また、サプライチェーンを構築し事業が始まった後にも、サプライチェーン全体のバイオマスの流れを見て、燃料の品質管理や燃料の供給体制の課題を改善することが重要な場面もあった。この両方でサプライチェーンの構築者の役割が大きかった。

4.3.3 考察

木質バイオマスエネルギー事業について3つの観点からサプライチェーンを分析した結果、安定的にバイオマスエネルギー事業を継続するために以下の条件が必要であった。事業性の観点からは、エネルギー事業に他の事業を組み合わせることが重要であった。また、担い手間の連携および、バイオマスの需給バランスの観点からは、1つは複数の仕入れ先・販売先を持つこと、2つは事業開始後も供給体制を見直し改善を図ることが重要であり、この2つをマネジメントするサプライチェーンの構築者の存在が重要であった。

ただしバイオマスエネルギー事業は、発電事業とストーブやボイラーを扱う熱事業でサプライチェーンを取り巻く経済的に支える制度が異なっていた。発電事業では固定価格買取制度という補助制度があり、電力を20年間継続的に固定価格で買い取ることで、サプライチェーン全体が成立するように設計されていた。しかし熱事業については、例えばボイラーなど個別の設備導入に対する補助金はあるが、サプライチェーン全体として熱事業が継続的に成り立つように設計された制度ではなかった。

よって熱事業では、第一に、化石燃料などの価格の安いエネルギー事業との競合から、経済的に事業の成立が難しかった。ゆえに第二に、バイオマスエネルギー事業の市場規模が小さく、地域によってはバイオマス用の原木や木質燃料の販売者や安定した量で取引する市場が十分に整っていない、もしくは市場自体が存在しないことが考えられた。

このような背景から、第一の点に関しては、事業の担い手はバイオマスエネルギー事業と他の事業との組み合わせによって、事業を成立させていると考えられた。また、第二の点に対しては、行政やコミュニティグループがサプライチェーンの構築者となり、地域の中で林業や製材に携わる関係者を繋ぎ、担い手の結成を促し、公的な資金で燃料生産設備の整備や、地域施設や公共施設で熱需要を作ることが必要になっていると考えられた。また、バイオマスの需給バランスの面でも、在庫の不足分や余剰分を売買できる取引市場がないため、サプライチェーン構築者が支援することで、担い手が複数の仕入れ先・販売先を持つ必要があった。

しかし、バイオマスエネルギー事業と他の事業との組み合わせは、有効な方策ではあるものの、担い手の経営能力や他の事業の経営状態に左右されるので、すべての事例に適用でき

るとは限らなかった。また同様に、サプライチェーン構築者が全ての地域に存在できるとは限らなかった。なぜなら、熱事業の補助金が獲得できるかは自治体やコミュニティグループの力量によるところが大きく、自治体が補助を出せるかは財政状況によるからであった。

よって、エネルギー事業と他の事業の組み合わせでもなく、自治体やコミュニティグループの力量にもよらずバイオマスエネルギー事業が成立するためには、熱事業についても、発電事業と同様にサプライチェーン全体を支える制度が必要であると考えられた。例えば化石燃料との価格差を是正する制度や、バイオマス燃料や供給される熱の買取価格を補助する制度などを作ることが重要であると思われた。ただし、これらの制度導入には国民の合意形成が必要であり、なおかつ長期的には、市場が拡大し設備導入や取引費用が下がることで、サプライチェーンが経済的に自立できる様に、制度を設計する必要があると考えられた。

なお、バイオマスエネルギー事業の中には今回取り上げた事例以外にも、例えば森林組合が運営するペレット生産事業の事例や、民間会社がチップボイラーを用いた熱電併給の事例などがある。この場合にはサプライチェーンの特徴が異なるかもしれないので、別途調査が必要である。

またサプライチェーンの継続性に影響を与える外部要因として、今後バイオマス発電所が数多く建設されることで、木材の需要が急増し、木材の販売価格が上昇する事態などが考えられる。その場合バイオマス燃料の原料価格の上昇、原料の不足が起きる可能性があり、今回取り上げた事例についても、事業内容の見直しや取引相手の変更などサプライチェーンの変更を余儀なくされることも考えられる。

4.4 おわりに

本章では、日本における森林資源を活用したバイオマスエネルギー事業が安定的に運営され継続するための要件を明らかにするために、薪ストーブ、薪ボイラー、チップボイラー、ペレットストーブ、ペレットボイラーおよび発電を活用している 6 つの事例についてインタビュー調査を行った。そしてそれぞれの事例のサプライチェーンを、4 つの構成要素に分けて、事業性、構成要素間の連携、需給バランスという 3 つの観点から分析した。その結果、木質バイオマスエネルギー事業を継続的に行う上で必要な条件として、以下のことが明らかになった。

- 1) 構成要素の担い手にとって、バイオマスエネルギーに関する事業を他の事業と組み合わせることが、事業性を確保するために必要である。
- 2) 4 つの構成要素が連携するためには、欠けている構成要素の担い手づくりに携わり、また担い手間を繋ぐ、サプライチェーンの構築者の存在が重要である。
- 3) 複数の仕入れ先・販売先の確保を行うことで、構成要素の需要と供給の物質的なフローをバランスさせている。

- 4) 熱事業においても、発電事業における固定価格買取制度のように経済的にサプライチェーン全体の事業性を成立させる制度が必要であると考えられる。

本章ではサプライチェーンに着目した分析を行ったが、特にサプライチェーンの構築にあたっては、川上から川下までを見通し地域内の調整を行う者の存在が重要であった。発電利用か熱利用かの選択、薪・チップ・ペレットなど生産する燃料の事情によって、サプライチェーンの構築者は民間事業者・コミュニティグループ・自治体と異なっていたが、いずれの主体であっても、地域内をよく知り組織やネットワークをつくって供給体制を整える力や、エネルギー需要を創出する能力が求められる。

参考文献

- 1) 丸山佳久，金藤正直，2010，木材フローを対象とするサプライチェーン原価計算モデルの構想—兵庫県丹波市森林組合における伐採・搬出を事例として—，日本
- 2) 吉田美佳，酒井秀夫，2016，燃料用木質チップのサプライチェーンマネジメントの形態と利害関係者の役割，山林，日本

5. 木質バイオマス利用システムの補助金や雇用、環境面の効果

5.1 はじめに

2章で述べたように、木質バイオマスの未利用材の利用方法には多くの選択肢が存在する。木質バイオマスの利用方法を選択する際には、二酸化炭素排出の削減量（以下CO₂削減量と呼ぶ）、雇用などの地域経済への影響および補助金の効果を比較することが望ましいが、実際には十分に実施されてこなかった。

ここでは、薪、木質チップおよび木質ペレットを利用する6種類のシステムについて標準的なモデルを構築し、環境面としてCO₂削減量、地域経済面として地域内への資金の留保や雇用、および事業面としてシステム導入のしやすさなどの観点を取り上げて、それぞれの特性を比較した。

なお、木質バイオマスの活用促進の一つとして固定価格買取制度（FIT）による発電がある。固定価格買取制度は電力使用者から広く徴収した賦課金を原資としている。賦課金は一種の税金とみなせるから、発電所へ支給される上乗せ価格は税金を配分する補助金として、ここでは取り扱った。

5.2 方法

薪ストーブ、薪ボイラー、ペレットストーブ、ペレットボイラー、チップボイラーおよび発電の6種のシステムを取り上げた。発電以外は熱を利用するシステムであった。薪ストーブとペレットストーブは家庭利用、薪ボイラー、ペレットボイラーおよびチップボイラーは温浴施設またはビルや地域の冷暖房を想定した。

2章の結果から、材の利用量、価格および補助金額など各システムの運営に関する情報を整理し、その値を基に、6種のシステムについて現実的にあり得る標準モデルを設定した。この標準モデルを用いることで、各システムの環境面、経済面および事業面の効果や得失を推定した。

例えば、ペレットボイラーであれば、山から切り出した材はチップ工場でチップになった後、ペレット工場でペレットになり、その後ボイラー施設へ移動して燃焼されるが、各段階において、丸太やチップなどの取扱量と製品価格、チップ工場の建設費などの初期費用および保守修理費用を含む運転費用を設定した。これらからCO₂削減量、地域経済への影響および社会的な得失を推計した。

CO₂削減量の推定においては、木質バイオマスはカーボンニュートラルとし、灯油を代替したものとして計算した。発電については、現在の発電を代替したものとして計算した¹⁾。木材の輸送や材の燃料加工時の石油消費などの管理運営上のCO₂排出は無視した。木材の輸送距離が短いことや燃料への加工時のエネルギー消費が生産されるバイオマス燃料のエネルギーに比べ少量であることは2章の事例調査で確認した。発電では比較的広範囲から木材が集められていたが、同一県内の概ね50km以内が収集圏であった。

地域経済を考えた場合、地域内に留保される資金と地域外へ流出する資金を区別する必要があり、ここでは地域を都道府県程度の範囲として資金の地域内留保を見積もった。すなわち輸入品や都市に本社を構える企業が製造、施工および販売する割合の高い機械・施設の費用は地域外へ、一方、地域内で生産・販売している場合が多いものについての費用は地域内へ流れるとした。

燃焼機器がストーブの場合は、家庭が薪やペレットに支払う金額は明らかであったが、ボイラーの場合の熱利用に対する対価は必ずしも明らかでなかった。ここでは、熱の利用者は実費を支払う想定とした。実際には利益を上乗せされるので、燃焼機器がボイラーの場合の消費者の支払額はここでは過小評価となった。

5.3 結果

5.3.1 標準モデル

設定した標準モデルの概要を表1、その元となった係数を表2、コストなどの計算に必要な価格を表3に示した。なお文中 m³ は材積を示した。

表1 設定した標準モデルおよびバイオマス消費量

モデル	概略	消費量(m ³ /年)
薪ストーブ	100軒に薪ストーブを導入	360
薪ボイラー	温浴施設に薪ボイラーを導入	200
ペレットストーブ	1,000軒にペレットストーブを導入	1,800
ペレットボイラー	温浴施設にペレットボイラーを導入	1,800
チップボイラー	温浴施設にチップボイラーを導入	1,800
発電	売電量1,700kwの発電所を建設	20,000

表2 係数

係数	値	単位	文献
原木重量を材積へ	1.0	m ³ /wet-t	2, 3, 4
薪の見かけ容積を材積へ	0.6	m ³ /見かけm ³	5
木質ペレット重量を材積へ	1.8	m ³ /t	
チップ重量を材積へ	1.0	m ³ /wet-t	
材積を絶乾重量へ	0.5	dry-t/m ³	2, 6
木材熱量	21	GJ/dry-t	5
灯油の単位発熱量	36.7	GJ/kl	1
灯油のCO ₂ 排出係数	0.0679	t-CO ₂ /GJ	1
電気二酸化炭素排出係数	0.429	kgCO ₂ /kWh	1
薪ストーブ熱効率	0.63		7
ペレットストーブ熱効率	0.63		
石油ストーブ熱効率	0.86		7
薪ボイラー熱効率	0.80		
ペレットボイラー熱効率	0.80		
発電効率	0.30		
発電所稼働率	0.85		
薪ストーブの薪消費量	6	見かけm ³ /年/軒	
ペレットストーブのペレット消費量	1,000	kg/年/軒	

表3 価格の設定

品物	値	単位
原木、燃料		
原木	6,000 円/m ³	
薪	20,000 円/見かけm ³	
チップ	13,000 円/t	
ペレット工場価格	40 円/kg	
ペレット小売り価格	65 円/kg	
燃料製造		
薪割りプロセッサ	4,000,000 円/一式	
チップ製造機(1800m ³ /年)	100,000,000 円/一式	
チップ製造機(20000m ³ /年)	500,000,000 円/一式	
ペレット製造機	100,000,000 円/一式	
燃焼施設		
薪ストーブ価格	1,000,000 円/一式	
薪ボイラー価格	40,000,000 円/一式	
ペレットストーブ価格	400,000 円/一式	
ペレットボイラー価格	100,000,000 円/一式	
チップボイラー価格	500,000,000 円/一式	
発電施設	1,000,000,000 円/一式	
補助金・売電価格		
原木購入補助	3,000 円/wet-t	
燃料製造装置補助	100 %	
薪ストーブ購入補助	120,000 円/一式	
ペレットストーブ購入補助	120,000 円/一式	
薪・ペレット・チップボイラー補助	100 %	
売電価格*	30 円/kWh	
FITによる上乘せ*	20 円/kWh	

*: インタビュー時の2014年8月の値

各システムの標準モデルの規模は、継続的な運営が可能な規模として2章で得られた数値から設定した。例えば、薪ストーブ100軒は、薪の製造販売が経済的に事業として成立し、かつ無理なく配送ができる規模として示されたものであった。ペレットストーブ1000軒は、ペレット製造施設の生産能力に見合うもので、これを下回った場合は採算が取れない規模となった。

薪ボイラーは、人が手作業で薪を投入する必要があり、比較的小規模にならざるを得なかった。対してペレットとチップボイラーは自動運転が可能であり、温水プールがあるような比較的大きな施設が可能であった。発電は地域内の未利用材を活用する観点から、材を広域から収集する必要のある大規模発電ではなく、比較的小規模の小さいものを対象とした。

係数は、基本的に2章の結果から設定した。文献が挙げてあるものについては、2章の結果と値が概ね一致することを確認した。例えば、原木重量を材積へ換算する係数は文献値では0.8~1.4に散らばったが、設定値はこの範囲内であった。

係数の中の薪およびペレットストーブにおける材の消費量をみると、薪は寒い地域での使用が多いなどの理由から、一軒あたりの消費材積はペレットストーブの2倍になった。したがって、一軒で消費する熱量当たりの効率は、薪ストーブはペレットストーブに比べ不利になるが、実際のシステムの運営を比較する観点から、熱量による補正は行なわなかった。

価格の設定において、施設や機器の耐用年数は10年で計算し、運転費用と保守修理費用は、計算を簡単にするために、一式の価格に含めて設定した。

薪およびペレットストーブは、本体以外に煙突の施工などが必要であり、特に薪ストーブでは耐熱壁の施工に高額な費用が発生した。これを含んだ価格を設定したため、本体自体は薪ストーブがペレットストーブより安価な場合が多いが、総額では薪ストーブの方が高額となった。

発電の場合の固定価格買取制度による上乗せは、以下では補助金として扱った。

これらを用いることで、各システムの資金のフローを設定することができた(図1-1~1-6参照)。各システムとも基本的な構造は共通であり、ここに表2と表3から求められる数値を代入することで、資金のフローを把握することができた。薪ストーブ(図1-1)であれば、3種類の補助金の合計は2,680,000円/年、投入される資金の合計は補助金と家計からの出費で23,480,000円/年、その中から薪プロセッサを販売する薪機械業者へ400,000円/年とストーブ業者へ10,000,000円が支出されると設定された。家庭が支払う薪代は、一軒当たり120,000円となり、石油ストーブで同等の熱量を得た場合には、灯油価格が100円/1として灯油代は75,500円と計算された。灯油価格によって変動するが、薪代と灯油価格はほぼ等しいか、薪代の方が多少高くなるといえた。

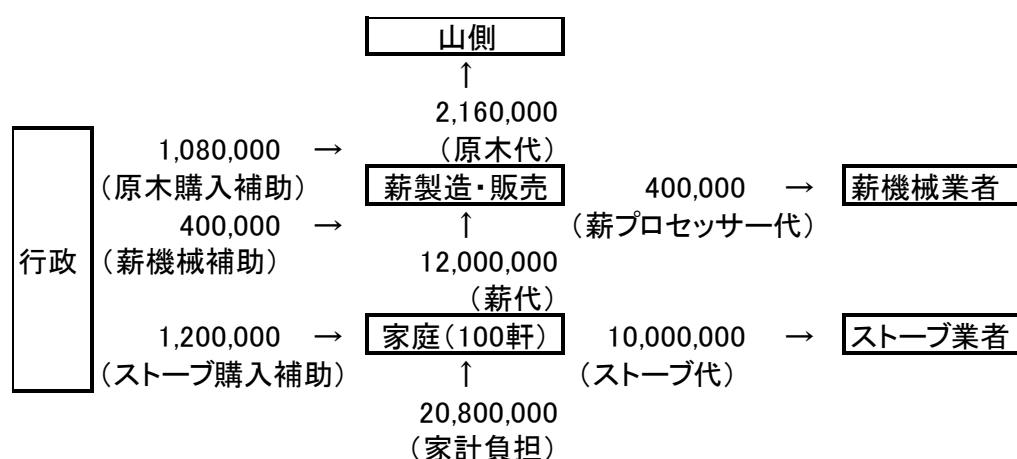


図1-1 薪ストーブにおける資金の流れ(単位:円/年)

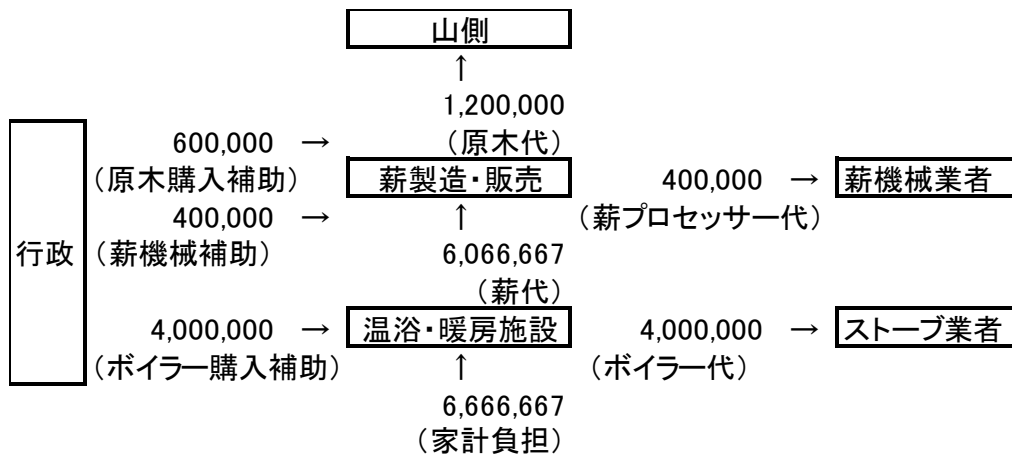


図 1-2 薪ボイラーにおける資金の流れ (単位：円/年)

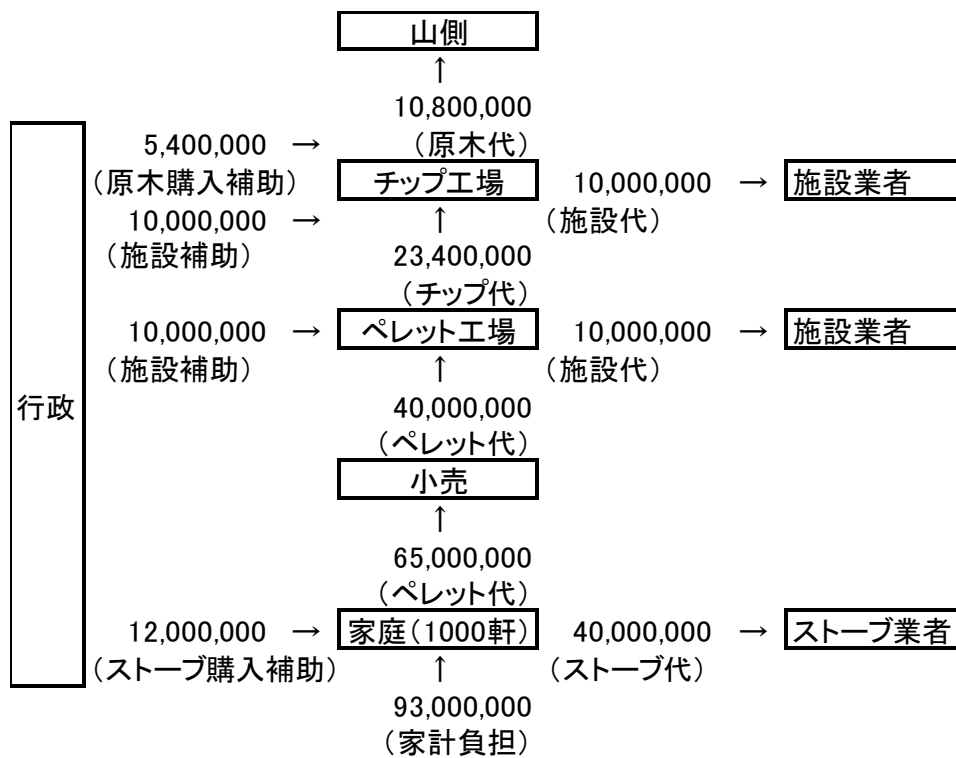


図 1-3 ペレットストーブにおける資金の流れ (単位：円/年)

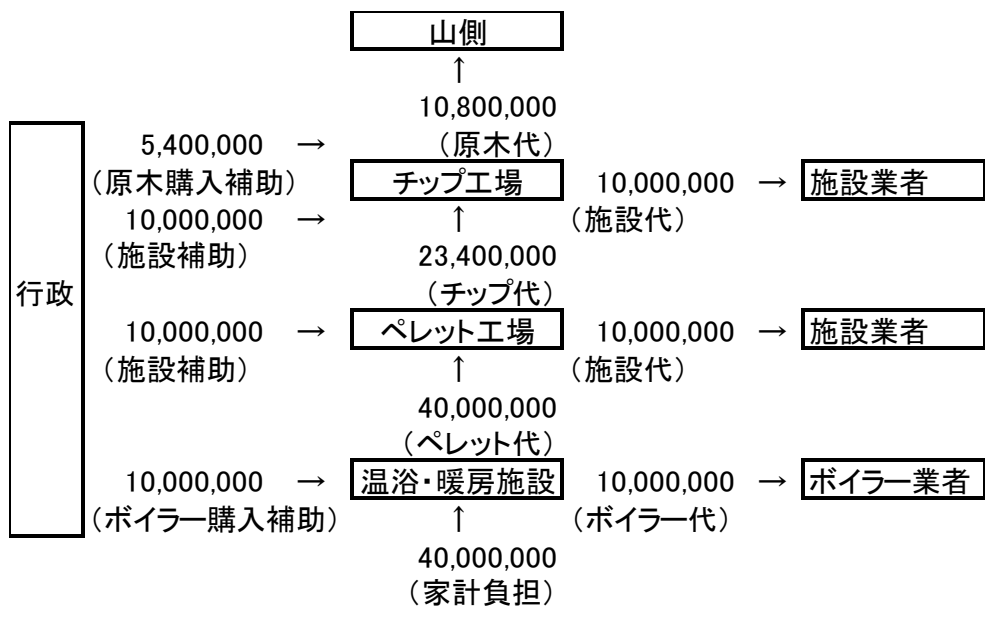


図 1-4 ペレットボイラーにおける資金の流れ (単位：円/年)

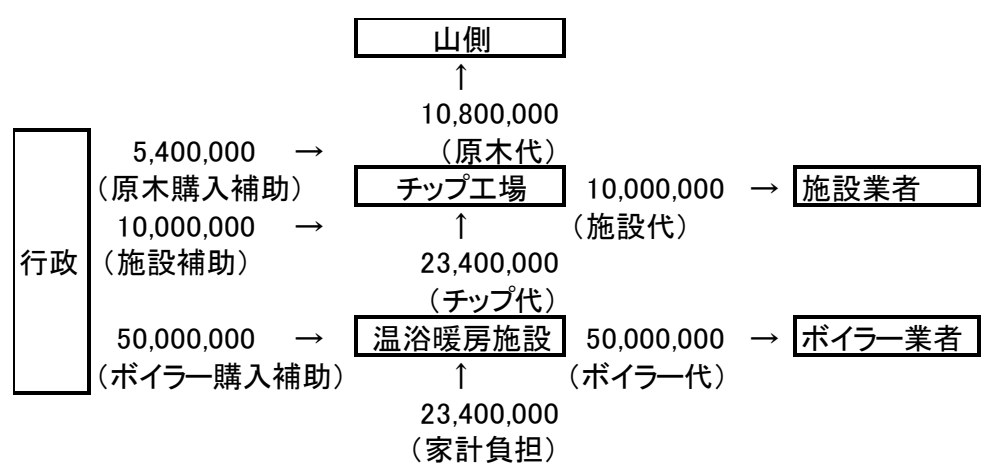


図 1-5 チップボイラーにおける資金の流れ (単位：円/年)

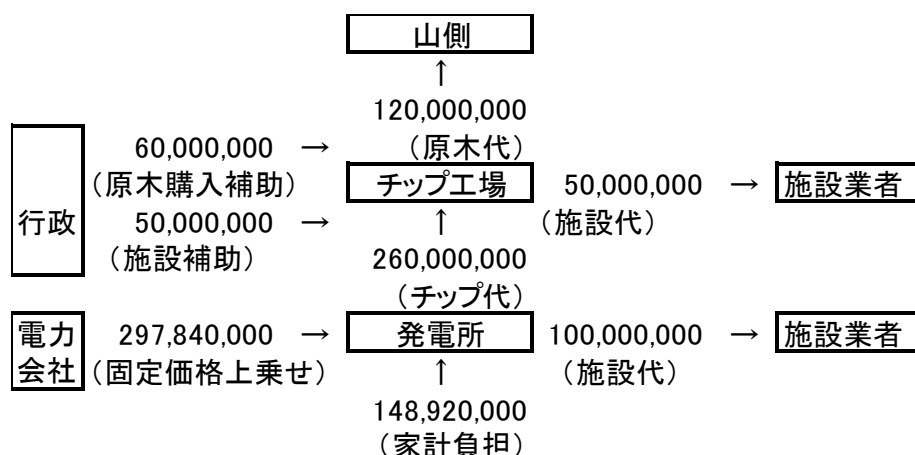


図 1-6 発電所における資金の流れ (単位：円/年)

各システムの CO₂ 削減量は次式に表 2 の数値を代入することで求めた。

$$a = \frac{b \times c \times d \times e \times f}{j} \quad (1)$$

ここに、 a : CO₂削減量、 b : バイオマス消費量、 c : 絶乾重量への変換係数、 d : 木材熱量、 e : システムのエネルギー変換効率、 f : 灯油の CO₂ 排出係数、 j : 石油ストーブの熱効率

表 1 に示されたバイオマス消費量、図 1 で算定される資金フローおよび (1) 式で求められる CO₂ 削減量から、各システムの特徴を導いて以下に示した。

5.3.2 CO₂ 削減量

消費される材積当たりの CO₂ 削減量を比較すると、薪、ペレットおよびチップボイラーの材積当たりの CO₂ 排出削減量が高く、次いで薪およびペレットストーブ、発電の順となった (図 2 参照)。これは熱効率および発電効率が直接的に影響した結果であった。

次に補助金当たりの CO₂ 排出削減量を比較した (図 3 参照)。薪ストーブの補助金当たりの効率が非常に高かった。これは、燃料製造装置である薪割りプロセッサが、他の燃料製造装置に比べ安価で入手できることが有利に働いたためであった。次いでペレットボイラーの効率が高かった。ペレットボイラーがペレットストーブよりも効率がよかったのは、ストーブ購入補助の総額よりもペレットボイラーの価格が低かったことと、熱効率が高かったためであった。薪ボイラーはペレットストーブとほぼ等しい効率であったが、これは、薪ボイラーの場合、燃料製造装置が安価である反面、薪ボイラーの価格が材の消費量に比べ相対的に高価であったため、結果的に補助金当たりの効率が低下したためであった。チップボイラーの補助金に対する効率が低かったのは、ペレットに比べペレット製造の工程が不要

な反面、チップボイラーの価格が高い点が不利に働いたためであった。発電は熱利用に比べ、エネルギー変換効率が低いため、補助金に対する効率も低くなった。

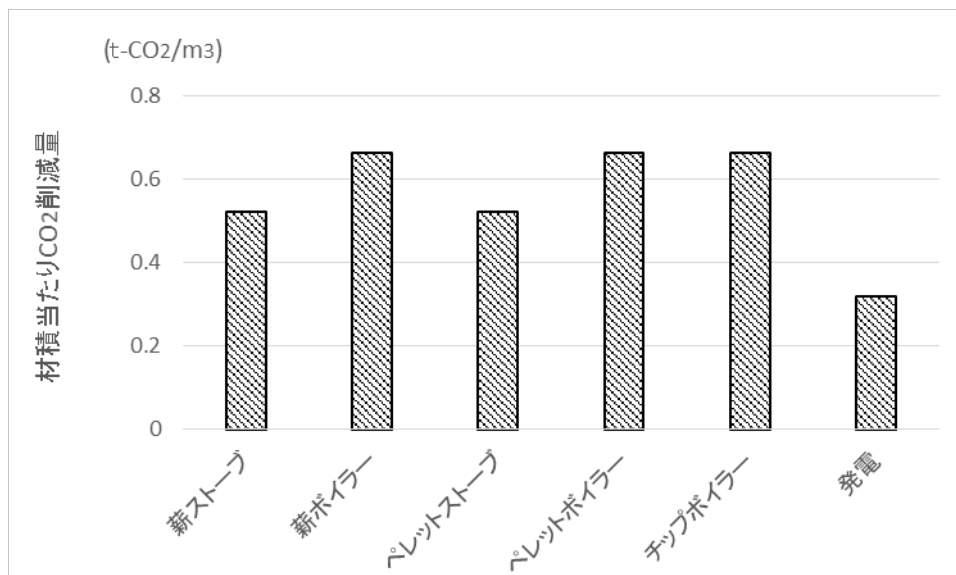


図2 材積当たりのCO₂排出削減量の比較

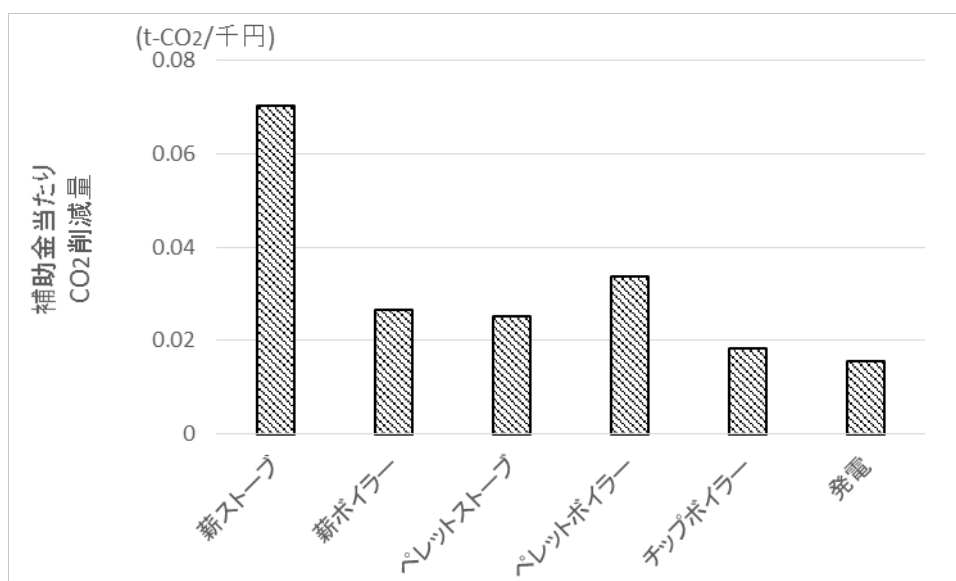


図3 補助金当たりのCO₂排出削減量の比較

5.3.3 補助金および資金の地域内留保

各システムの立ち上げおよび運営における補助金の役割をみると、チップボイラーおよび発電における補助金率が高かった（図4参照）。薪ストーブの補助率が最も低く、薪ボイ

ラー、ペレットストーブおよびペレットボイラーが中間にあった。補助金率が高いシステムは、熱や電力の消費者から収集する使用料金のみでは経営が困難であることを示し、実際にインタビューの際にも、補助金があってようやく成立しているとの声や施設の更新が補助金なしでは不可能との意見が聞かれた。

次に地域内留保率についてみた（図5参照）。薪ストーブの場合の薪プロセッサー、ペレットストーブおよびペレットボイラーの場合のペレタイザー、およびチップボイラーの場合のチップパーなどの燃料製造施設は輸入品の場合が多かったので、これら燃料を製造する施設および機器の購入・施工への支払いは地域外へ流れるとした。ペレットボイラーとチップボイラーについても、輸入品が多かったので、支払いは地域外へ流れるとした。発電施設については大都市圏の大手企業による製品や施工が多いので、支払いは地域外へ流れるとした。また売電による発電所の利益も地域外の企業が得るとして、地域外とした。一方、薪ストーブ、薪ボイラーは地域内で生産・販売されている場合が多く、施工も地元の工務店が行うことが多かった。ペレットストーブは地域内で生産されているとは限らなかったが、国産品が多く、かつ施工は地元の工務店が行うことが多かった。以上から薪ストーブ、薪ボイラーおよびペレットストーブについての支払いは地域内に留保するとした。

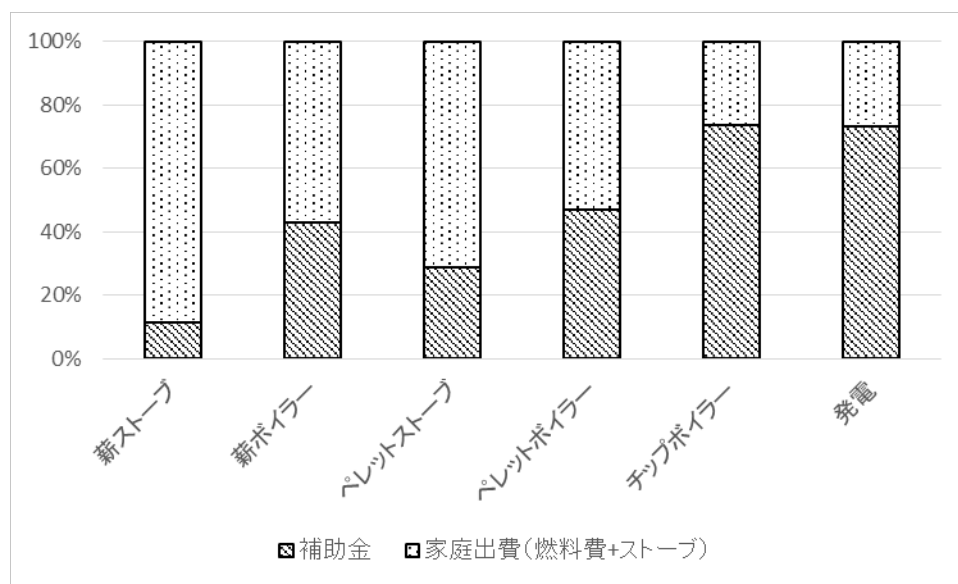


図4 システムによる補助金率の比較

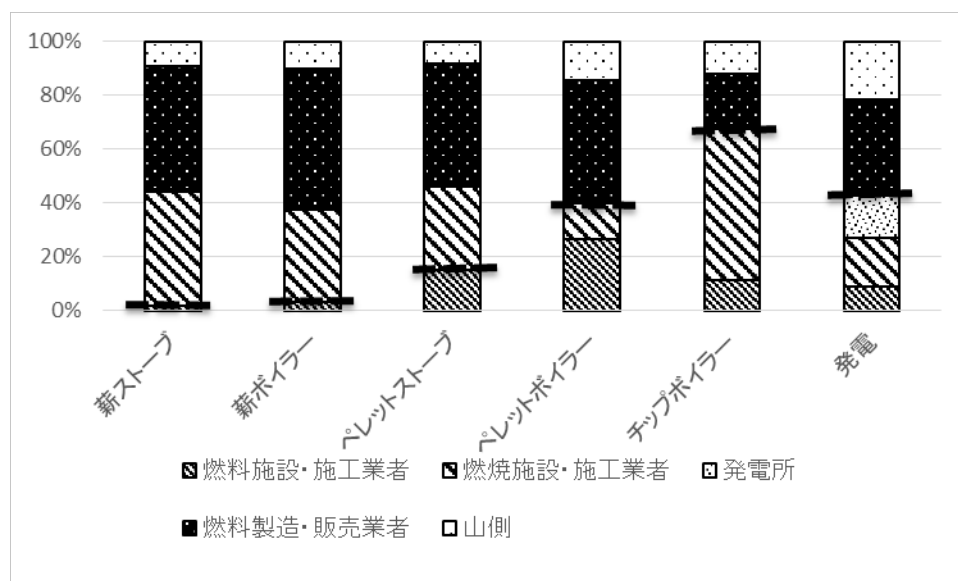


図5 システムによる資金配分先の比較 (破線より下が地域外流出、上が地域内留保)

地域内留保率が高いのは、薪ストーブと薪ボイラーであり、次いでペレットストーブとペレットボイラーが高かった。チップボイラーの地域留保率は低く、これはチップボイラーが高額でかつ輸入品であることが影響していた。発電はペレットボイラーと同程度の地域内留保率であった。ペレタイザーやチップパーなどの燃料製造施設・機器やペレットボイラーやチップボイラーなどの燃焼施設・機器を地域内で製造することができれば、いずれのシステムにおいても、地域内留保率を大きくすることが期待できた。

補助金率と地域内留保率の両者からみた場合、チップボイラーは補助金率が高い一方で地域内留保率は低かった。補助金が地方税による場合には、チップボイラーでは地域経済への利益は限定的といえた。発電は補助金率が高く、地域内留保率もやや低かったものの60%程度であった。発電の場合の上乗せ価格は固定価格買取制度によって広く全国から集めたものなので、ある程度の地域経済への効果が期待できた。対照的に、薪ストーブとペレットストーブは補助金率が低く、地域内留保率が高かった。地域内で資金が還流するシステムといえた。

5.3.4 雇用

粗利で年1千万円の利益がある場合に1人の雇用が可能として、各システムでの雇用人数を推定した。粗利の一部は事務作業などの必要経費に当てられるため、1千万円全てが人件費に用いられるわけではないが、ここでは、目安としてこの金額を基準とした。地域内での雇用をみると、薪ストーブの場合、山側で0.2人、薪販売で1人、薪ストーブ業者で1人程度の雇用が可能であった(図6参照)。薪ボイラーの場合では、山側で0.1人、薪販売で0.6人、ボイラー販売・施工で0.4人程度の雇用となった。ペレットストーブでは、山側で1人、ペレット製造販売で6人、ペレットストーブ業者で4人程度の雇用となった。ペレッ

トボイラーでは、山側で1人、ペレット製造販売で3人程度となった。なおペレットストーブでは、ペレットの小売を想定し、対してペレットボイラーはペレット工場からの直送を想定した。そのため、小売部分の雇用がペレットストーブでは発生しており、この分は消費者の負担が高くなることを意味した。チップボイラーでは、山側で1人、チップの製造販売で2人程度の雇用となった。発電では、山側で12人、チップの製造販売で20人の雇用となった。発電は資金の地域内留保率は高くなかったが、扱っている材の量が圧倒的に多いため、材の供給に関係する雇用が多く発生した。なお、ここで推定された値は、インタビューで得られた実際の雇用人数とほぼ等しかった。

地域内の限られた資源を有効に活用するという観点からは、総雇用人数に加えて資源量当たりの雇用人数を検討する必要がある（図7参照）。材積当たりの雇用人数をみると、地域内で雇用創出するという点では、薪ストーブ、薪ボイラー、ペレットストーブは同程度の値となり、他のシステムより雇用可能人数が多かった。ペレットボイラーが次に大きく、チップボイラーと発電が同程度で低かった。

薪ストーブと薪ボイラーは、システム当たりの材の消費が少ないものの、材当たりの雇用が多く、雇用の効率は高いといえた。システム数を増やすことが課題と考えられた。一方、発電の場合は、材積当たりの雇用人数が少ないにもかかわらず、雇用できる総人数は多かった。これは発電が多量の木材を必要とするシステムであるため、結果として山側およびチップ製造・販売業者の収入が多くなるためであった。いわば、木材を薄利多売するシステムといえた。

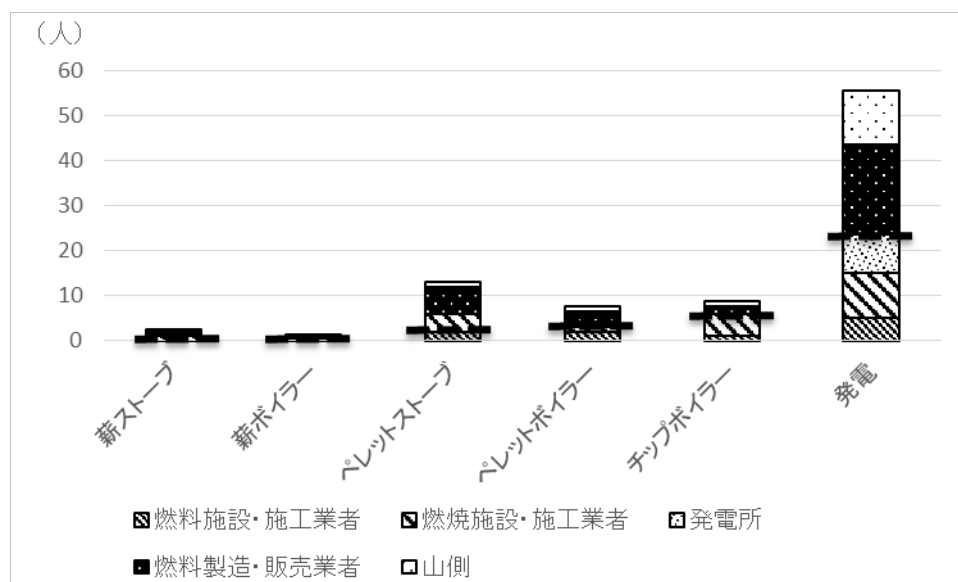


図6 各システムで雇用できる人数（破線より下が地域外、上が地域内）

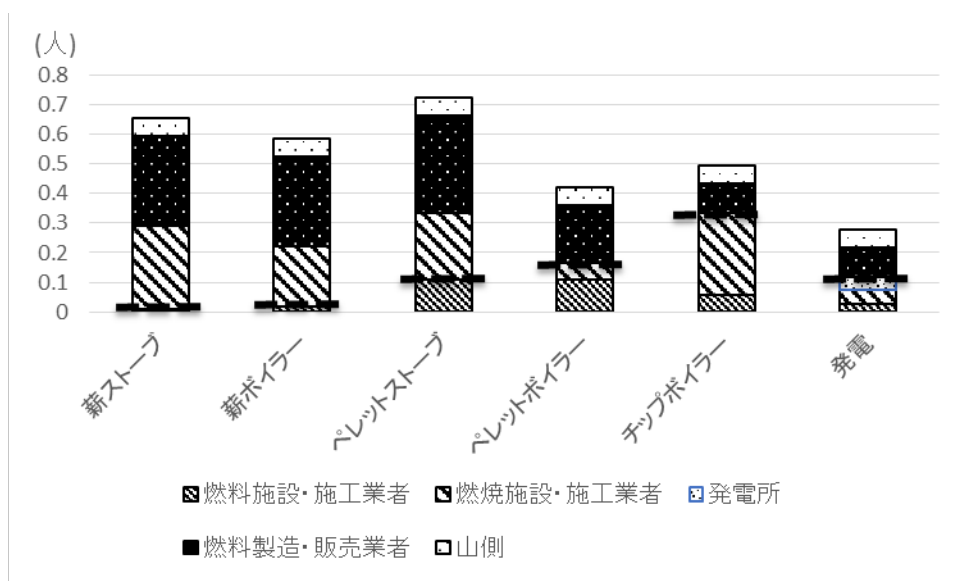


図7 材積100m³当たりの雇用人数 (破線より下が地域外、上が地域内)

5.3.5 システム構築の事業上の課題

インタビューによれば、薪ストーブでは、薪を製造する地点から近距離に消費者が存在することが望ましく、中学校区ほどの区域が適していた。しかし薪ストーブの使用は消費者の選択によるもので強制できるものではないので、いかに十分な数の使用者を区域内で確保するかが課題であった。

薪ボイラーは、薪ストーブと異なり、ひとつの施設が使用を決定すれば導入は可能だが、化石燃料や電気を使用するボイラーと異なり、自動運転はできないため、管理する人を手当する必要がある。薪の利用により人を雇用できる利益が出るわけではないので、人を雇用するのではなく、既存のスタッフが今までの業務の合間に薪ボイラーの管理をしていた。

また、薪を使用するシステムに共通して、薪を多量に製造している組織がすでに存在している場合は少ないので、新しく土場などを整備し、組織を立ち上げる必要がある。

ペレットストーブは、薪ストーブと同様な課題を抱えていた。ペレットは薪に比べ輸送は容易なので、消費者とペレット製造所の距離は比較的長くても運営が可能であったが、ペレット製造施設における生産量に消費量を合わせるため、多くのペレットストーブを地域に導入する必要がある。インタビュー結果によると、購入補助によりペレットストーブの導入を促進していたが、効果は限定的で実際には計画通りには普及していなかった。そのため、次に述べるペレットボイラーを公的な機関に導入することで消費量を上げることが行なわれていた。

ペレットボイラーは上記ペレットストーブと異なり、ペレットの消費量をあらかじめ確保できるシステムであったが、逆に、温水プールなどの熱需要の大きい大規模な施設が必要となった。

またペレットに共通して、ペレット製造所を確保する必要があり、他のシステムに比べ、

土地の確保や施設の建設および運営などが一段階多く必要であった。

チップボイラーはペレットボイラーと似た構造のシステムであったが、チップ製造は製紙用にすでに施設が稼動している場合が多く、技術的および組織的に比較的燃料製造が容易であった。チップボイラーの利用先を確保できれば、導入が容易なシステムといえた。

発電は、多量の材の需要を作り出すシステムであった。多量の材を収集するために大規模な組織と連携するなどして材の安定的な供給体制を確保できれば、運用は比較的容易と考えられた。

5.4 考察

本研究の課題は、木質バイオマスの未利用材を利用するシステムを、統一的な基準で比較することであった。6つの設定した標準システムについて、環境、地域経済および事業の3つの観点から、各システムを評価して以下に示した。当然ながら、3つの観点全てで優れているシステムが望ましいが、現実には一長一短があり、システムを選択する際には、どの観点を優先するかを明確にする必要があった。またシステムの課題を明らかにすることで、有効な対策を打つことも可能となると考えられた。

環境面について、材積当たりCO₂削減量と補助金当たりCO₂削減量の関係を見ると、薪ストーブがこれら両面で比較的優れた特性を示した(図8参照)。ペレットボイラーと薪ボイラーも図中の右上に近い位置を示し、比較的良好的な特性を示した。環境面からは薪ストーブが推奨されるという結果であった。課題としては、薪ストーブの熱効率を上げることができれば、さらにCO₂削減の効率が高くなると見積もられた。

地域経済面からの評価では、地域内雇用人数と地域内留保率についてみると、発電が比較的優れた位置にあった(図9参照)。課題は、発電における地域内留保率がさほど高くはないことであった。発電施設を地域の事業所から調達するなどして地域内留保率を高めることができれば、地域経済面での大きな貢献が期待できた。また薪ストーブ、薪ボイラーおよびペレットストーブは地域内留保率が高いことから、システムを複数稼働させることができれば、地域経済への貢献が高まると推定された。

続いて各システムの事業面において、施設運転の機械化・自動化と運営体制の一元化について概略的にみた(図10参照)。運営体制の一元化とは、ここではシステムの構築・運用において意思決定に関与する人が少ないことを意味し、例えば、多くの人のストーブ使用の決断が必要という点で薪ストーブとペレットストーブは、運営体制の一元化は困難と判断された。

ペレットボイラー、チップボイラーおよび発電は、運営体制が比較的一元的で、かつ自動化により運転が容易であったため、事業の運用の点で比較的優れた位置にあった。特にチップボイラーは、既存のチップ工場を使用できる上にペレットのように新たな施設が不要であり、かつ発電のように多量の材を確保する必要がない点で、事業の実施が最も容易と考えられた。

以上から、各システムの特徴を概観すると、薪ストーブは、環境面から推奨されるものの、地域経済へ大きく寄与するには、ストーブ利用者を十分に確保してシステムを数多く稼働させる必要があった。薪ボイラーは、薪ストーブに比べると、事業面では導入が容易であったが、補助金あたりのCO₂削減量はやや低かった。ペレットストーブは比較的地域経済への貢献が高かったが、薪ストーブ以上に利用者を多く確保する必要があった。ペレットボイラーは、環境面からは比較的優れていたが、地域経済の面からは、地域外から調達する施設が多いことが課題であった。チップボイラーは、比較的立ち上げて運営することが容易なシステムであったが、地域経済の面からは、資金に占める地域外から調達する施設の率が非常に高いことが課題であった。発電は、地域経済への寄与は大きかったが、地域内留保率は高くなく、また環境面からは、多くの補助金を使用しながらエネルギーの利用効率が低かった。

次に本研究の課題と限界を述べる。設定したいくつかの係数は文献によるもので、実際の値は異なることが考えられた。特にエネルギー変換効率は安全側に低く見積もっており、実際のCO₂排出削減量などは推定値と異なる可能性があった。また施設の建設や運用に係わる費用は、敷地の位置や形状、機器の性能や業者によって大きく変わることが予想できた。特に輸入品と設定した機器については、国産品も皆無ではないので、低価格で入手できるかもしれない、その場合には経済的な効率の結果は変わると考えられた。

本研究では、可能な限り妥当な条件を置いた標準モデルを設定して解析を進めたが、当然ながら実存するシステムとは多くの値が異なると考えられた。そのため細かい値の差は意味をあまり持たず、おおまかな傾向を把握したことに留意する必要があった。

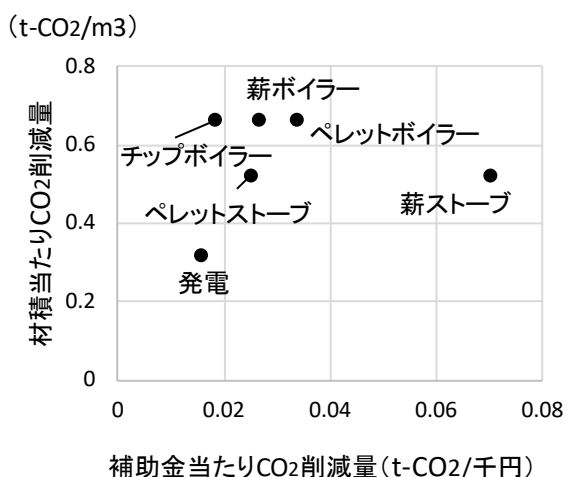


図8 材積当たりおよび補助金当たりCO₂削減量

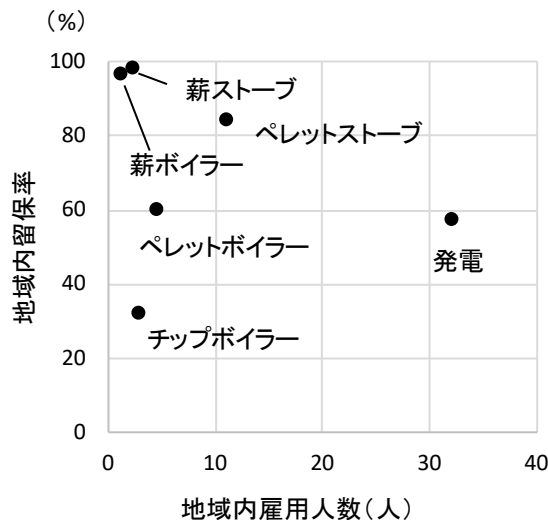


図9 地域内雇用人数と地域内留保率

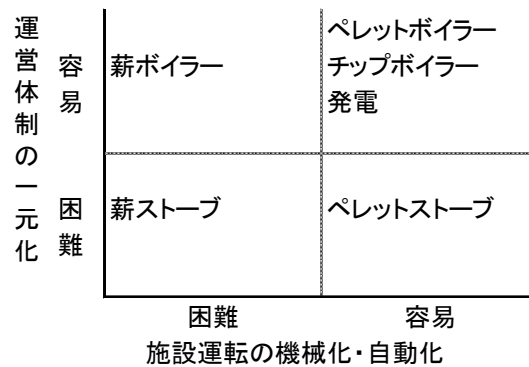


図10 運営体制と機械化・自動化

5.5 結論

木質バイオマスを利用するシステムについて、山側から燃焼によるエネルギー利用までの現実的な標準モデルを設定して、環境、地域経済および事業の3つの観点から比較したところ、以下のことが明らかとなった。

- 1) 環境面において、薪ストーブの補助金当たりのCO₂削減量は0.07 t-CO₂/千円であり、他のシステムの2倍以上の効率を示した。
- 2) 地域経済面においては、発電の地域内雇用人数は30人程度を示し、他のシステムに比べ3倍以上であった。ただし、発電は立ち上げと運営経費の70%を補助金に依存したシステムであった。
- 3) 事業面からみた場合、新たな施設が比較的不要な点などで、チップボイラーにおけるシステム構築や運用が比較的容易であった。

4) 薪およびペレットのストーブ利用においては、利用者を一定量確保することが課題であった。特に、ペレットストーブの場合には、1,000軒程度の多くの利用者が必要であった。

5) ペレットボイラー、チップボイラーおよび発電では、地域で生産・販売された機械を使用するなどして、地域内留保率を高めることが課題であった。

以上のように全ての面で優れているシステムは存在せず、木質バイオマスのシステム導入に当たっては、各システムの特徴を考慮して、地域社会の協力を得ながら地域に適したシステムを構築していくことが重要と考えられた。

謝辞

本研究の遂行に当たっては、多くの方に、忙しい時間の合間をぬってインタビューにご協力いただいた。ここに記して深謝する。なお、本報告の一部は、エネルギー・資源学会論文誌において発表されている⁸⁾。

参考文献

- 1) 環境省 (2014) オフセット・クレジット (J-VER) 制度における温室効果ガス算定用デフォルト値一覧, http://www.j-ver.go.jp/document/jver_default_list.pdf, アクセス 2016.8.4
- 2) 全国木材チップ工業連合会
<http://zmchip.com/249chipkansan.pdf>, アクセス 2016.8.4
- 3) 上伊那林業再生協議会 (2012) 未利用材活用ガイドブック～山に残された木材を価値あるものに～, p7
- 4) 全国木材チップ工業連合会 (2011) 製紙用チップ・チップ用原木の安定取引普及事業調査・分析事業報告書, <http://zmchip.com/houkoku221.html>, アクセス 2016.8.4
- 5) 環境省 方法論 EN-R-001 (ver. 1.0) バイオマス固形燃料 (木質バイオマス) による化石燃料又は系統電力の代替, <https://www.env.go.jp/press/files/jp/21941.pdf>, アクセス 2016.8.4
- 6) 地球環境研究センター (2013) : 「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」,
http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2013/NIR-JPN-2013-v3.0-J_web.pdf, 7.12, アクセス 2016.8.4
- 7) 環境省 ポジティブリスト No.E00×,
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/15173.pdf>, アクセス 2016.8.4
- 8) 森保文, 根本和宜, 中村省吾, 犬塚裕雅 (2017) 二酸化炭素排出量削減と地域経済への影響に基づく森林バイオマス利用システムの比較—未利用材を用いた熱利用および発電—. エネルギー・資源, 38 (5), 19-26

6. 木質バイオマス利用の特徴と展望

6.1 はじめに

前章までで、木質バイオマスのエネルギー利用システムについて、個別の事例や事例間の比較を述べてきた。これら全体を通してみえてくる、木質バイオマスのエネルギー利用システムの三つの特徴について、ここでは述べる。その後で、今後の展望を考える。

6.2 四連歯車

第3と4章で述べたように、木質バイオマスのエネルギー利用システムには、材の切り出し、燃料の製造、エネルギーの取り出し、およびエネルギーの利用の4段階があった。しかもシステムの特徴として、川上の材の切り出しから、川下のエネルギー利用まで、各段階を担当する組織が異なっていた。各段階が経営的に成り立つのはもちろん必要であるが、各段階の経営者は別であるにも係わらず、各段階の間で連携しなければ、全体としてのシステムは動かなかった。材の切り出しができたとしても、材を燃料に加工する段階がなければシステムは成り立たない。燃料が生産できたとしても、それを熱や電気のエネルギーに変換できなければ材も燃料も無駄になる。エネルギーができたとしてもそれを消費する需要がなければエネルギーを売ることができない。

いわば、木質バイオマスのエネルギーシステムは、四連歯車ということができる。どの歯車が欠けても、木質バイオマスの持つエネルギーが消費者に渡らない。森林管理と木質バイオマスの活用を両立することができないため、不完全なシステムとなり、システムが成立しなくなる（図1参照）。

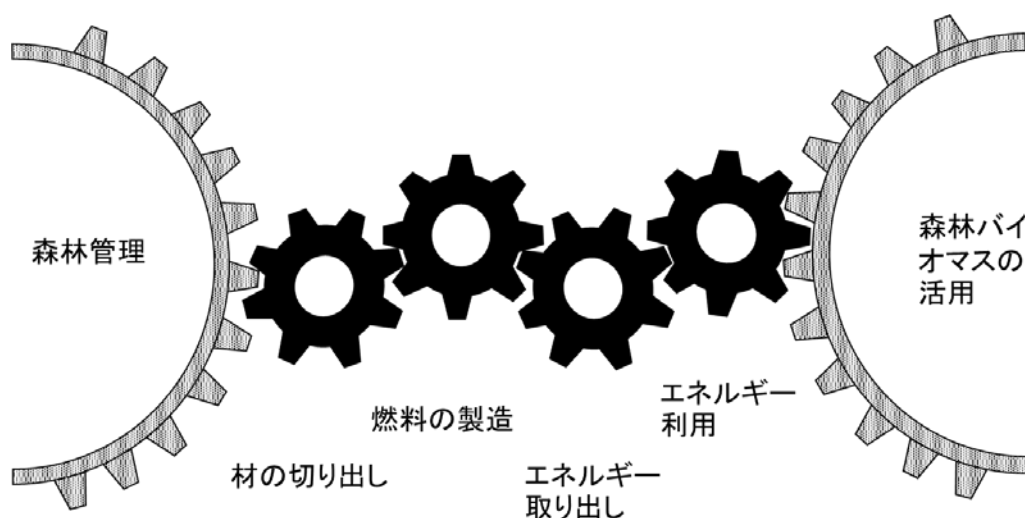


図1 木質バイオマスエネルギー利用の四連歯車

特に見落としがちなのが、最後の歯車であるエネルギー利用、すなわち需要の段階である。木質バイオマスの利用を急ぐあまり、木質バイオマス燃料やエネルギーの生産設備を先行させて、それに見合う需要は後からついてくると楽観した場合、システムが回らなくなって大慌てになることが多い。特に大型の施設が必要なシステムを採用した場合、需要が少ないと稼働時間が少なくなって施設を遊ばせることになり、採算を取るものが難しくなる。ペレットやチップを利用するシステムでは、ある一定以上の燃料需要の確保が前提となっており、そうでない場合には、ペレタイザーやチップパーがその生産能力を生かすことができず非効率となる。むしろ木質バイオマスのエネルギーを利用する消費者を作ることを先行してシステムを構築すべきである。

6.3 補助金の役割

現時点では、システムの多くは、補助金によって成立している。経常的な利益を上げている場合でも、燃料製造施設や燃焼施設の建設に要する初期投資には、補助金が当てられている。今後、施設の耐用年数を過ぎた時に、施設の更新ができるかどうか、新たに補助金が得られるかどうかにかかっている場合が多い。しかも、これらの施設は、地域外の業者から購入することが多いので、補助金は地域外へ出て行くことが多い。

発電は、固定価格買取制度（FIT）によって支えられているが、これも一種の補助金とみなすことができる。固定価格が下がった場合、施設の更新が困難になることが予想される。

補助金に頼らない木質バイオマスのエネルギー利用システムの構築が大きな挑戦といえる。

6.4 心理的側面

木質バイオマスの生産や使用には、価格や利便性以外の要因が大きく関係している。生業ではない日曜林業で、ある種の趣味として木を切り出す例もある。薪ストーブは、薪を全量購入でまかなった場合、灯油に比べ割高になることが多く、操作に手間もかかるが、それでも利用している人が大半である。

このように、木質バイオマスの利用には、自然回帰や環境意識、地域貢献といった、エネルギー利用以外の側面があることが、一つの特徴である。

6.5 展望

木質バイオマス利用システムを構築するためには、川上から川下までの全体を同時に用意する必要ある。この観点からは、計画を主導し調整する人や組織がある方が有利である。地方自治体やNPO、企業などが、この役割を果たすことになる。その際、地域の条件にあったシステムを選択することが重要である。極めて多量の木材を必要とする発電から、少量の熱需要を賄う薪ボイラーまで選択肢は多い。切り出せる木材の量だけでなく、それを担う組織などを考慮して、材の量的流れだけでなく資金や体制など全体的な仕組みを作ることが

重要である。その観点から、安易にコンサルや燃焼施設業者に頼ることなく、独自の調査でシステムを選定することが望ましい。エネルギー取り出しの設備をあらかじめ決めてしまって、それがなんとか使えるようにシステムを検討する例が見られるが、それでは最適なシステムを構築できない。選択肢を広くとって、計画を作成すべきである。

システムの立ち上げや運用の資金は、大きな課題である。補助金に頼らない運営が理想的であるが、現実的には困難である。経費の削減に努めると同時に、補助金を投入することに対する合意を得ておくことが必要である。

木質バイオマスのエネルギー利用システムには、これまで見てきたように、それぞれに長所と短所がある。補助金当たりのCO₂削減量が多く、環境面から推奨される薪ストーブから、地域内循環率はさほどでもないが域外から多額の補助金が投入されるため、雇用が多く発生する発電まで各システムに特徴があり、しかもそれらの長所は両立しない。システムの特徴を考慮して、導入するシステムを選択しなければならない。

我々は、薪ストーブや薪ボイラーに可能性を感じている。補助金当たりのCO₂削減量が多いことが理由の一つであるが、さらに大きな理由は、木質バイオマスのエネルギー利用システムを導入しようとする地域の多くが人口の少ない場所だということである。チップやペレットを使用するシステムはある程度の規模が必要なため、それに見合う需要と供給を確保するためには、人口の少ない地域では、広域から材を集めて、広域へ配達することになる。そのため輸送のエネルギーと経費が大きくなる。また、市町村をまたぐようなシステムとなり、管理運営に困難さが増すことが予想される。

対して、薪のシステムは人口の少ない地域での小さな需要に適応できる利点がある。初期投資が小額であることや必要とする材が少量であることから、開始が簡単でかつ柔軟に運営できることが魅力である。必要とする材が少量であることは、地域経済の面からは短所でもあるが、システムの数を増やすことで克服することができる。材積当たりの雇用人数は多いので、システム数が増えれば雇用人数もそれに応じて増えるため、地域経済にもプラスとなる。また需要を徐々に拡大して後に、システムを増やすというリスクの少ない経営が可能である。

ただし、木質バイオマスの利用のうち、薪を用いるシステムは、薪の配達やボイラーへの薪の投入など人手がかかる部分が多い。これを担う人を雇用することは経費的に不利なので、他の仕事と兼ねることが一つの解決策である。薪の配達では、定期的に各家庭を訪問するので、見守りサービスを兼ねることが可能である。集合住宅での薪ボイラーの管理は、世話人的な入居者が行なって、その代わり家賃を割り引くといったことが考えられる。

また、間伐材の切り出しの量の確保と経費の削減が望まれる。一つの手段として、ボランティアの活用が考えられる。日曜林業による切り出しは一種のボランティアと考えることができる。その他に、森林組合などのプロが切り捨てて森の中に放置した間伐材を、ボランティアの手を借りて持ち出すなど、新たな取り組みを考案し実行することで、森林管理を多様化することが望まれる。

木質バイオマスの利用は、環境保全の面からは望ましい点が多いが、経済的には成立が困難なものが多い。だからこそ、多様な知恵を集めて、継続的な事業の実施に挑戦することが期待される。

7. 資料編

7.1 本書のインタビュー先一覧

本事例集の作成にあたっては、木質バイオマス事業に関わる実際の情報を得るために2014年から2017年にかけて多くの団体・個人の方々に対し、地域の森林を活かすという観点から、事業開始の経緯・事業内容・事業関係者・課題等についてインタビューをさせて頂いた。以下の表にその名称一覧と、木質バイオマスに関わる事業の川上から川下等の流れの中で、主にどの範囲について尋ねたかを示す。

なお表中の「木質バイオマスに関するインタビュー対象範囲」に関しては、右ページのような形で分類を行い、大きくは燃料（薪・チップ・ペレット）とエネルギー設備（発電・ストーブ・ボイラー）との組み合わせで順に表示している。また、組織名等の情報はインタビュー当時のものである。

名称	木質バイオマスに関する インタビュー対象範囲									
	薪			チップ			ペレット			その他
	川上	川中	川下	川上	川中	川下	川上	川中	川下	
田中林業株式会社	○	○								
NPO 法人土佐の森・救援隊	○	○		○						○
木の駅ひだか（土佐の森グループ）										
中嶋健造氏（自伐型林業推進協会）	○	○	○							
旭木の駅プロジェクト実行委員会	○	○								
丹羽健司氏（木の駅アドバイザー）	○	○	○							○
NPO 法人みなみあいづ森林ネットワーク	○	○								
貝沼山守会	○									
金井溪一郎氏（長野県林業士）	○									
カラマツストーブ普及有限責任事業組合	○	○	○							
株式会社ディーエルディー	○	○	○							
株式会社丸徳ふるせ		○	○				○	○	○	
花白温泉		○	○							
森大頭氏（株式会社森の仲間たち）			○							
不動温泉佐和屋			○							
数馬の湯			○							

※団体・個人への木質バイオマスに関するインタビュー対象範囲の区分

川上：原木を伐採する林業など、木質バイオマス燃料の原材料の供給を行う部分
川中：薪・チップ・ペレットなどの木質バイオマス燃料の生産を行う部分
川下：エネルギー利用に関わる部分。ストーブやボイラー等のエネルギー設備の生産・販売・運転管理・修繕や、電力・熱等の販売を含む。
その他：川上・川中・川下で区分できないもの。直接に事業の実行には携わらないが、事業支援などを行う自治体・公益法人や、融資を行う金融機関などの役割

名称	エネルギー設備の区分	事例の所在地	インタビュー日
田中林業株式会社		東京都檜原村	2015. 07. 08
NPO 法人土佐の森・救援隊		高知県いの町 日高村など	2016. 10. 11
木の駅ひだか（土佐の森グループ）			2016. 11. 01
中嶋健造氏（自伐型林業推進協会）			
旭木の駅プロジェクト実行委員会		愛知県豊田市	2015. 07. 15
丹羽健司氏（木の駅アドバイザー）		岐阜県恵那市	2015. 07. 14
NPO 法人みなみあいづ森林ネットワーク		福島県南会津町	2016. 08. 24
貝沼山守会		長野県伊那市	2015. 06. 23
金井溪一郎氏（長野県林業士）		長野県伊那市	2015. 06. 24
カラマツストーブ普及有限責任事業組合	ストーブ	長野県茅野市	2014. 08. 08
株式会社ディーエルディー	ストーブ	長野県伊那市	2015. 06. 23
株式会社丸徳ふるせ	ストーブ	山形県最上町	2016. 09. 13
花白温泉	ボイラー	岐阜県恵那市	2015. 07. 14
森大顕氏（株式会社森の仲間たち）	ボイラー		2015. 07. 15
不動温泉佐和屋	ボイラー	長野県飯田市	2014. 08. 20
数馬の湯	ボイラー	東京都檜原村	2015. 07. 08

名称	木質バイオマスに関する インタビュー対象範囲									
	薪			チップ			ペレット			その他
	川 上	川 中	川 下	川 上	川 中	川 下	川 上	川 中	川 下	
株式会社もがみ木質エネルギー				○	○					
長野森林資源利用事業協同組合				○	○	○				
日本バイオマス開発株式会社				○	○	○				
やまがたグリーンパワー株式会社				○	○	○				
生活協同組合パルシステム東京						○				
株式会社うなかみの大地										
株式会社津軽バイオマスイナジー				○	○	○				
福島ミドリ安全株式会社				○	○	○				
最上町総務課			○	○	○	○			○	○
下川町森林総合産業推進課			○	○	○	○			○	○
上伊那森林組合							○	○		
南信バイオマス協同組合							○	○		
庄原市林業振興課			○				○	○	○	○
飯田市環境モデル都市推進課			○					○	○	○
飯田市健康増進施設「ほっ湯アップル」									○	
飯伊森林組合	○			○			○			
ヤマノイ株式会社									○	
伸栄工業株式会社								○	○	
一般社団法人 自然エネルギー信州パートナーズ										○
飯田信用金庫										○
NPO 法人南信州おひさま進歩										○

名称	エネルギー設備の区分	事例の所在地	インタビュー日
株式会社もがみ木質エネルギー		山形県最上町	2016. 09. 13
長野森林資源利用事業協同組合	発電	長野県長野市	2014. 08. 07
日本バイオマス開発株式会社	発電	神奈川県川崎市	2015. 01. 19
やまがたグリーンパワー株式会社	発電	山形県村山市	2015. 08. 18
生活協同組合パルシステム東京	発電	東京都新宿区	2014. 11. 21
株式会社うなかみの大地			
株式会社津軽バイオマスイナジー	発電	青森県平川市	2017. 06. 19
福島ミドリ安全株式会社	ボイラー 発電	福島県南会津町	2015. 10. 26
最上町総務課	ストーブ ボイラー	山形県最上町	2015. 08. 18
下川町森林総合産業推進課	ストーブ ボイラー	北海道下川町	2015. 07. 30
上伊那森林組合	－	長野県伊那市	2014. 09. 12
南信バイオマス協同組合	－	長野県飯田市	2014. 08. 19
庄原市林業振興課	ストーブ ボイラー	広島県庄原市	2015. 09. 28
飯田市環境モデル都市推進課	ストーブ ボイラー	長野県飯田市	2014. 08. 19
飯田市健康増進施設「ほっ湯アップル」	ボイラー	長野県飯田市	2014. 08. 19
飯伊森林組合		長野県飯田市	2014. 10. 15
ヤマノイ株式会社	ストーブ	広島県広島市	2014. 07. 28
伸栄工業株式会社	ストーブ ボイラー	茨城県 かすみがうら市	2014. 12. 25
一般社団法人 自然エネルギー信州パートナーズ		長野県長野市	2014. 08. 07
飯田信用金庫		長野県飯田市	2014. 10. 15
NPO 法人南信州おひさま進歩		長野県飯田市	2014. 08. 19

7.2 木質バイオマスに関する参考資料

本事例集の特色として、木質バイオマスのエネルギー利用の事例について主に地域産業の視点、サプライチェーンの継続性の視点、雇用面・環境面の効果などの視点から分析し、エネルギーシステム同士の比較を行っている点が挙げられる。これらの視点から独自の比較分析を行うことで、本事例集は木質バイオマス事業を扱った他の事例集との差別化を図っている。

本書では技術情報・補助制度・統計データ・規格等の情報については取り上げなかった。木質バイオマスエネルギー利用の事業計画や地域計画を具体的に検討する際に必要なこれらの情報については、以下の資料を参考にいただきたい。

木質バイオマス事業の実務面や詳細な事業検討について扱ったもの

■ 導入ガイドブック、事例集

- ・再生可能エネルギーを活用した地域活性化の手引き（農山村支援センター）

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/sanson/kassei/kenyukai.html>

木質バイオマスを中心に、地域資源としての再生可能エネルギー利用について、事業の考え方やエネルギー利用に関する技術・制度・事業計画の用語解説、木質バイオマスを中心とした事例情報、参考資料などの情報が網羅的にまとめられている。

事例紹介の部分については、発電に関してより多くの事例を取り上げている点、林業・木材産業や地域産業・社会との関わりの項目を設けている点に特徴がある。本書とも共通している部分が多いものの、手引書として事例部分よりも技術・制度・事業計画など知識の詳細な解説に重点が置かれて情報が整理されている。

- ・木質バイオマス利用推進の取組（林野庁）

http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_4.html

林野庁のまとめる「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」、「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実施報告書」、「木質バイオマス熱利用・熱電併給事例集」など情報が掲載されている。

林野庁の熱利用・熱電併給事例集に関しては、本書で扱ったような事業に関する分析よりも、事実情報の記載に重点が置かれており、取り上げる事例の多い点、事業収入・支出の金額や機器の規格・メーカー名などデータが詳細に記載されている点に特徴がある。なお、ストーブの事例は少なくボイラーを扱った事例が中心である。また実務テキストや報告書については、エネルギー設備の運転や運用体制づくりに関する詳細な情報を確認することができる。

- ・バイオマスエネルギー導入ガイドブック（NEDO）

http://www.nedo.go.jp/library/biomass_guidebook.html

技術面の情報を中心に事業採算性の検討項目を挙げて、エネルギー設備導入の検討に際する詳細な手順などを紹介している。また、データとして各都道府県の木質バイオマス燃料製造やエネルギー利用の事業情報一覧（NEDOの把握したもの）がまとめられている。

導入ガイドブックであり取り上げている事例は本書よりも少ないが、特に発電の事例について、利用技術の解説や事業化にあたっての工夫策など独自の分析を行っている。

補助制度の情報

- ・林野庁 逆引き辞典（林業編）

<https://www.gyakubiki.maff.go.jp/appmaff/input?domain=R>

林野庁の林業・バイオマスに関わる補助金や支援税制について調べることができる。

※林野庁以外にも、環境省・経済産業省・総務省・文部科学省など国による支援、都道府県・市町村による独自の導入支援事業も存在する場合がある。時期によって異なるため、詳細は各ホームページ等でご確認いただきたい。

森林・木質バイオマスに関する統計データ、技術情報、規格等

■各種統計データ、技術情報、評価ツール

木質バイオマスエネルギー事業の検討にあたり参考となる情報として、地域の森林情報、木質バイオマスに関する賦存量・技術指針・LCA評価方法などのデータ・方法論を紹介する。

- ・わがマチ・わがムラー市町村の姿一（農林水産省）

<http://www.machimura.maff.go.jp/machi/>

- ・森林クラウド羅針盤（日本森林技術協会）

<http://rashinban-mori.com/>

- ・バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計（NEDO）

<http://appl.infoc.nedo.go.jp/biomass/>

- ・バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針（NEDO）

http://www.nedo.go.jp/library/biomass_shishin.html

- ・木質バイオマス LCA 評価事業報告書（森のエネルギー研究所）

http://www.mori-energy.jp/pdf/lca_hokokusho.pdf

- ・木質バイオマス発電事業採算性評価ツール（森林総合研究所）

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/special/06-bio/>

■ ガイドライン規格、各種調査情報

- ・ 一般社団法人 木質バイオマスエネルギー協会

<https://www.jwba.or.jp/>

木質チップの品質規格、木質バイオマスの証明のためのガイドライン運用マニュアル、木質バイオマスや木材に関する調査統計、技術・助成情報に関するリンク集がある。また、木質バイオマス発電機器やボイラー機器の一覧情報など、独自の調査データも掲載されている。

木質バイオマス導入で迷わないための地図
ー川上から川下までの事例集ー

発行日： 2020年3月31日

印刷： 株式会社日進堂印刷所

連絡先： 〒963-7700 福島県田村郡三春町深作10-2

国立環境研究所 福島支部

中村省吾

電子メール： nakamura.shogo@nies.go.jp

