

IV. エ. 地域のニーズに合った熱・電併給システム等の提案

1. 国内・海外先進地域の関連資料の収集及び分析

1.1 国内事例調査

国内事例としては、岩手県の中でも再生可能エネルギー利用にかねてから取り組んでいる葛巻町について、文献調査および現地見学を実施し、取組を整理した。また、森林由来バイオマスのエネルギー利用について、森林からの資源供給システムとエネルギー利用システムを一体的に検討する実証事業を実施していた岡山県真庭市および山口県の実証事業の内容を整理した。

(1) 岩手県葛巻町における取組¹⁴

葛巻町の基幹産業は林業および酪農である。町の面積の 86%を森林が占め、木材加工に伴う残材や樹皮、除間伐等計画的な森林施業に伴い多くの林地残材が発生している。畜産業は町の農業粗生産額の 9 割（約 44 億円）を占め、酪農を中心とする畜産農家が広大な面積に点在している。

葛巻町では、地域エネルギーの地産地消による副収入と健康機会の確保、地域エネルギーの自立と災害・外乱に強いまちづくりを目指し、再生可能エネルギー利用に向けた取組を実施し、実用化に向けた課題を抽出している。

① 木質バイオマスガス化熱電併給システム（岩手県葛巻町）

くずまき高原牧場内に設置されている本システムは、間伐材を有効活用し、電力（120kW）と熱量（266kW、23 万 kcal）を回収するものである。システム概要は、以下の通りである。

- ・ エネルギー効率は、電気 24%、熱回収率 51%で総合効率は 75%である。
- ・ 実証実験における結果では、チップ燃料購入価格が 180 万円/年（単価 12,500 円/t）であるのに対し、維持管理費が 1,044 万円と燃料コストの約 6 倍となった。また、発電単価は約 85 円/kWh と非常に高い結果となった。

本システムは、商業ベースで継続するには経済性が見込めないとされ、現在は運転を休止している。コスト高は、着火時等に必要な LPG 燃料や、ガス化する際に発生するタールが設備内に付着し、機器や配管の閉塞問題などを生じさせることから、これらのメンテナンス費用や、燃焼後の廃棄炭等の処理に係る人件費等が生じているためである。稼動にあたっては、維持管理費の徹底した削減、高効率な設備への改修が不可欠である。また、発電時に生じる熱エネルギーの多様な利活用を考え、運転効率を向上させることが必要である。

¹⁴ （出所）「葛巻町地域エネルギー利活用に関する報告書～エネルギーの地産地消による循環型地域社会を目指して～」（平成 23 年 3 月、岩手県葛巻町）

② バイオマスガスプラント（岩手県葛巻町）

くずまき高原牧場内に設置されている本システムは、家畜排せつ物等を原料に、熱や電気、有機肥料を回収・有効利用できるリサイクルシステムである。

図表 IV-1 バイオマスガスプラント概要

処理原料	乳牛ふん尿スラリー、生ゴミ
施設規模	13t/日（乳牛 200 頭）
処理方式	メタン発酵処理（消化液を液肥利用） 生物処理（消化液を浄化）
発酵方式	湿式、中温発酵
バイオガス利用方式	デュアルフュエルエンジン式コジェネ設備（37kW 発電機）



図表 IV-2 メタン発酵槽（左）およびガスホルダー（右）

本システム利用による利点として、良質の有機肥料製造が可能、環境汚染ガスの放出を防止、悪臭の発生を抑制、バイオガス利用によるエネルギーを回収できるといったものがある。

ただし、発電量は 37kW と少なく、仮に売電できたとしても単価が低いため、施設の運営費を捻出するほどではない。発電時に生じる熱利用（43,000kcal）についても、施設の発酵槽や原料槽、殺菌槽の加温に利用する等、自家消費のみとなっている。プラント維持にあたっては、多額な建設費用の調達に加え、受益する農家が施設を維持できるような体制整備が必要であり、現時点での積極的な利用は現実的ではないと考えられている。

③ ゼロエネルギー住宅（太陽光、地中熱等）（岩手県葛巻町）

くずまき高原牧場内のモデル住宅では、太陽光発電と地中熱ヒートポンプ（9.5～10.5kW）の併用により、地域エネルギーのみで暖冷房や給湯をまかなっている。

地中熱を利用する場合には、地盤に直径 10cm 程度、深さ 50～100m 程度の地中熱交換井を掘削し、その中に熱交換器を設置する必要があるが、このボーリング工事に係るコストは地面の土壌条件によって大きく変動する。ボーリングによる掘削には 1～2 万円/m のコストを要するため、住宅一棟でも採熱回路を作るために 100 万円前後の施工コストがかかることから、このボーリングに係るコストが実用化へ向けた最大の障壁となっている。



図表 IV-3 太陽光パネル

(2) 岡山県真庭市における取組（木質バイオマス活用地域エネルギー循環システム）¹⁵

真庭市は、年間 13.5 万 t の木質バイオマスが発生する森林資源の豊富な地域である。当市ではかねてより「真庭地域木質系資源活用産業クラスター構想」（2001 年）を策定しその実現に向けて取り組まれてきたが、以下のような課題を有していた。

- ・ 林地残材や製材工場等残材が未利用である。
- ・ ペレットについて、燃焼設備を含むコスト面等の問題から利用の拡大が進まず、含水率の低さやハンドリングの良さといった優位性が活用されていない。

一体的なシステム構築に向けて、NEDO のバイオマスエネルギー地域システム化実験事業（平成 17-21 年度）により、木質バイオマスの収集・運搬およびエネルギー転換利用の双方について効率的なシステムの検討を行った。

エネルギー利用システムとして、以下の 4 件の熱利用システム実験を実施している。

① ペレット・チップ混焼蒸気ボイラによる蒸気供給

小規模工場や事業所に設置できる 2.5t 級の乾燥機能付き蒸気ボイラの能力等の検証を実施した。型鑄込みコンクリートの急速養生用熱源としての通年利用における検証を行ったものである。

図表 IV-4 ボイラ設備の概要

型式	可動床木質燃料ボイラ
最大蒸発量（定格実際蒸発量）	2,500kg/h
最高使用圧力	0.98MPa

¹⁵ （出所）バイオマスエネルギー地域システム化事業「真庭市木質バイオマス活用地域エネルギー循環システム化実験事業」に関する研究 平成 17-21 年度成果報告書（平成 22 年 3 月、NEDO）

図表 IV-5 成果目標および検証結果

成果目標	検証結果
高含水率燃料（20%以上）によるボイラ効率 70%の運転	・含水率 30%以下の製材チップ、また森林由来チップでもボイラ効率 70%以上での安定した運用が可能であることを検証した。 ・含水率が 55.8%の燃料でも、ボイラ効率は約 65%は確保できるが、ボイラ缶体の温度が上昇しないため、重油による加温が必要になる。
製材チップ等での安定運用による、連動する重油ボイラの運転時間の削減（重油削減 50%以上）	・製材チップおよび森林由来チップの利用により工場稼働時は 1 日 8-10 時間木質ボイラを連続運転した。ただし、コンクリート製品養生用の蒸気量が大きくなる時間帯（1-2 時間）は重油ボイラでの蒸気補給が必要となった。 ・重油使用量は、設備導入前の平成 18 年で 600kL/年であったのに対し、導入後の平成 20 年度は 102kL/年（83.0%削減）、平成 21 年度は 71kL/年（88.1%削減）となり、目標を達成した。
設備導入効果と経済性の検証	・ランニングコストは年間約 300 万円削減された。

② ペレット専焼温水ボイラによる空調用エネルギー供給

民生利用の小型・高効率ボイラ（設置面積 2m² 以下、熱交換率 85%以上）による市街地対応型の冷暖房対応型温水ボイラシステムの開発・検証を実施したものである。

図表 IV-6 ボイラ設備の概要

型式	ウォータージャケット式温水ボイラ
燃焼量	70,000kcal/h
供給温水温度	85℃以上（95℃まで昇温可能、88℃±3-4℃でコントロール）

図表 IV-7 成果目標および検証結果

成果目標	検証結果
負荷変化運用での高効率運転（ボイラ効率 80%以上）	・冷暖房利用のいずれか、季節変動等による必要熱量の負荷変動にあわせてボイラが 80%以上の効率で運用できることを確認した。
チップ等ペレット以外の燃料での運用	・チップはペレットと比較して比重が小さく、燃料の飛散によりボイラの運用ができなかった。
安定運用による着火燃料の灯油の削減（90%以上）	・木質ボイラの安定運用とペレット着火用の灯油の削減により、ボイラ着火灯油使用量は平成 20 年度が 946kL/年、平成 21 年度が 607kL/年となり、35.8%削減されたが、目標達成には至らなかった。
設備導入効果と経済性の検証	・既存電気空調システムの電気使用量との比較では、平成 20 年度は 74,663kW/年であり、設備導入前（平成 18 年）の 185,000kW/年に比べ 59.6%の電気量削減を達成した。 ・ペレットの使用により、燃料費は冷房で年間約 3 万円、暖房で約 8 万円、ランニングコストは冷房で年間約 1 万円、暖房で約 3 万円削減された。

③ 大規模農業用ハウス対応型温水ボイラシステム

高効率でコンパクトな温水ボイラを開発し、イチゴ栽培における熱供給の検証を行ったものである。

図表 IV-8 ボイラ設備の概要

型式	ウォータージャケット式温水ボイラ
燃焼量	250,000kcal/h
温水供給	50-60℃の多管式温水分配 中空設置のプランタでのイチゴ栽培において、プランタ下部に温水管を通す（1時間 20t 程度の循環）

図表 IV-9 成果目標および検証結果

成果目標	検証結果
負荷変化運用での高効率運転（ボイラ効率 80%以上）	・季節変動による必要熱量の負荷変動にあわせてボイラが 80%以上の効率で運用できることを確認した。
チップ等ペレット以外の燃料での運用	・チップはペレットと比較して比重が小さく、燃料の飛散によりボイラの運用ができなかった。
安定運用による着火燃料の灯油の削減（90%以上）	・土の蓄熱効果が高いことにより、ボイラは 4 時間の間欠運転でも連続運転時と同様に温水温度約 50℃、温室温度 12℃を確保できることを確認した。 ・木質ボイラの安定運用および平成 21 年度以降の間欠運転により、ペレット着火用の灯油は平成 20 年度の 324L/年に比べ平成 21 年度は 160L/年となり、50.6%の削減を達成した。 ・既存重油ボイラの重油使用量は、設備導入前（平成 18 年）の 10,000L/年に比べ、平成 20 年度が 1,800L/年（82.0%）、平成 21 年度が 0L/年（100%）となり、2 年間平均で目標を達成した。
設備導入効果と経済性の検証	・燃料費は年間約 18 万円、ランニングコストは年間約 2 万円削減された。

④ 小規模農業用ハウス対応型温風ボイラシステム

高効率でコンパクトな温水ボイラを開発し、温水を温風に熱変換し花卉栽培ハウスへの熱供給の検証を行ったものである。

図表 IV-10 ボイラ設備の概要

型式	ウォータージャケット式温水ボイラ
燃焼量	70,000kcal/h
温水供給	60±5℃の温水運用 ハウス内の温度ムラを極力抑制するため、熱源の細分・分散を行う

図表 IV-11 成果目標および検証結果

成果目標	検証結果
負荷変化運用での高効率運転（ボイラ効率 80%以上）	・季節変動による必要熱量の負荷変動にあわせてボイラが 80%以上の効率で運用できることを確認した。
チップ等ペレット以外の燃料での運用	・チップとペレットの混焼実験を行ったが、チップはペレットと比較して比重が小さく、ボイラ内の風圧により飛散するため、堆積して燃焼できなかった。

成果目標	検証結果
安定運用による着火燃料の灯油の削減 (90%以上)	・土の蓄熱効果が高いことにより、ボイラは間欠運転でも温室温度を確保できることを確認した。 ・木質ボイラの安定運用および平成 21 年度以降の間欠運転により、ペレット着火用の灯油は平成 20 年度の 151L/年に比べ平成 21 年度は 7L/年となり、95.3%の削減を達成した。 ・既存重油ボイラの重油使用量は、設備導入前（平成 18 年）の 10,000L/年に比べ、平成 20 年度が 1,800L/年（82.0%）、平成 21 年度が 0L/年（100%）となり、2 年間平均で目標を達成した。
設備導入効果と経済性の検証	・燃料費は年間約 4 万円、ランニングコストは年間約 2 万円削減された。

(3) 山口県における取組（総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システム）¹⁶

山口県の森林面積は約 440 千 ha であり、県土面積 611 千 ha の約 72%を占め、豊富な森林資源を有する。このうち約 85%は個人や企業等が所有している私有林であり、市町村有林を合わせた民有林は 97%を占める。民有林の 44%にあたる約 189 千 ha はスギ・ヒノキを中心とする人工林であるが、木材需要の減少、中山間地域の高齢化・過疎化、担い手の減少等から荒廃が進んでおり、森林資源の整備や地域資源の循環利用、新たな産業や雇用の創出が求められている。

エネルギー地産地消社会システム構築のため、NEDO のバイオマスエネルギー地域システム化実験事業（平成 17-21 年度）により、森林バイオマスの低コスト収集・運搬システムおよび複合型エネルギー利用システムの開発・整備・導入に取り組んだ。複合型エネルギー利用システム実験としては、特に以下の 2 つの課題を掲げ、5 件の実験を実施した。

- ・ 木質ペレットボイラによる小規模・分散型熱利用については、設備等のインシヤルコストが割高であることや、年間を通じた利用形態の開発、用途の多様化等が必要。
- ・ ガス化コジェネレーションについては、設備の小型化やインシヤル／ランニングコストの削減が必要。

① ガス化コジェネレーションによる中山間地域熱電供給システム

チップを原料とした小規模高効率ガス化炉・ガスエンジン発電設備により、中山間地域における複数の公共施設等（介護老人保健施設、特別養護老人ホーム）へ電力、熱を直接供給するシステムの構築を目指したものである。成果目標は、年間 335 日の稼働とエネルギー供給単価 8.1 円/kWh であった。

¹⁶ （出所）バイオマスエネルギー地域システム化実験事業 山口県全域を対象とした「総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」実証・実験事業 平成 17～21 年度成果報告書（平成 22 年 3 月、山口県）

図表 IV-12 設備の基本性能

森林バイオマス（チップ）使用量	2,850t/年（27,047GJ）（8.5t/年）
年間稼働時間	8,040h/年
発電量	735,658kWh/年（121kW）（2,648GJ）
熱供給量（温水）	841,706kWh/年（221kW）（3,030GJ）

図表 IV-13 取組結果等

システムに関する評価項目等	取組結果等
稼働状況	・総稼働時間は6,964時間（平成19-21年度）に達し、最長658時間の連続運転に成功した。
経済性	・エネルギー供給単価は平成19年度が174円/kWh、平成20年度が199円/kWh、平成21年度が77円/kWhとなり、目標の8.1円/kWhには遠く及ばなかった。 ・現状より熱需要を高め熱利用を90%とし、燃料チップ代を約3,500円/tに抑制することで、目標達成できる可能性がある。
技術性	・規格外チップの混入抑制、熱供給管の延長による新たな熱需要の確保等を実現した。
環境性	・現状ではCO ₂ 排出削減効果は得られなかった。
課題	・熱利用先の確保と余剰電力の有効利用 ・発電効率の改善とチップの消費量の低減 ・所内消費電力の削減 ・設備の耐久性の実証とメンテナンス費の削減
展開モデル	・システムの発生エネルギーをフルに利用できる立地条件を前提とし、現行システムより大規模のケースの検討をしたところ、規模を2倍にすることで燃料代が7,700円/tでも収支が確保できることが確認された。 ・ただし、規模拡大により燃料の安定的な確保が困難になることから、適正規模について詳細な検討が必要である。

② 小型ペレットボイラによる分散型熱利用システム

一般住宅に普及が可能な、小型で高効率であり、安全性と排ガス性状に優れ、利便性が化石燃料同等である熱利用システムの検証を行ったものである。成果目標は、エネルギー効率58%、エネルギー供給単価8.3円/MJであった。

図表 IV-14 設備の基本性能

森林バイオマス（ペレット）使用量	1.4t/戸・年
年間稼働時間	365h/年（1h/日）
熱供給量	15,351MJkWh/年
連続給湯出力	14kW（ペレット燃料燃焼時）

図表 IV-15 取組結果等

システムに関する評価項目等	取組結果等
稼働状況	・ペレット消費量は、平成19年度が613kg/年、平成20年度が1,781kg/年、平成21年度が1,829kg/年となり、目標の1.4t/年を平成20年度時点で達成した。 ・エネルギー効率は、平成19年度が45%、平成20年度が41%、平成21年度が41%となり、目標の58%に達しなかった。

システムに関する評価項目等	取組結果等
経済性	・エネルギー供給単価は平成 19 年度が 6.1 円/MJ、平成 20 年度が 7.6 円/MJ、平成 21 年度が 6.9 円/MJ となり、目標の 8.3 円/MJ をクリアした。
技術性	・着火・消火タイマーの設置、貯湯槽の設定温度の変更、灯油補助バーナーの変更等を実施し、燃料使用量の削減や熱効率の向上を実現した。
環境性	・1 戸あたり年間約 900kgCO ₂ の削減効果が見られた。
課題	・小型ペレットボイラの利便性とメンテナンス性の向上 ・小型ペレットボイラの更なるエネルギー効率の向上
展開モデル	・現状でもランニングコストで見ると従来のガス給湯器と比較して経済的優位性が確認されている。 ・住宅や施設に合った適正規模のシステム導入と、当該システムの普及性を高めることによる導入コストの抑制が重要であることが再確認された。

③ 集中型ペレットボイラによる地域冷暖房システム

戸建て、集合住宅団地において、集中型ペレットボイラと道路埋設配管による冷暖房、給湯利用の地域冷暖房システムの検証を行ったものである。成果目標は、目標エネルギー効率（給湯・冷暖房 68%、冷房 48%）およびエネルギー供給単価（給湯 8.3 円/MJ、暖房 3.7 円/MJ、冷房 4.1 円/MJ）であった。

図表 IV-16 設備の基本性能

エネルギー施設規模	15 棟 21 棟、総延床面積 2,196m ²
供給方式	セントラル方式による給湯・冷暖房
森林バイオマス（ペレット）使用量	93t/年
熱源規模	暖房 113kW、冷房 126kW、給湯 34kW
年間稼働時間	8,760h/年（24h/日）

図表 IV-17 取組結果等

システムに関する評価項目等	取組結果等
稼働状況	・個別の住宅に対しては年間を通じて安定的な熱供給を実現したが、対象施設の入居率が低く、熱需要が小さかったため、エネルギー効率は総じて目標を下回った。
経済性	・エネルギー需要が小さいため、エネルギー供給単価は目標に達しなかった。 ・エネルギー効率の向上に伴い温熱（給湯・暖房）の単価は低減が図られたこと、住宅団地全体の熱需要に応じて最終効率も同様に変動していることから、熱需要の確保による経済性の向上が期待される。
技術性	・インバーター設置、三方弁の設置、貯湯タンクの温度制御等を実施し、消費電力軽減、熱効率向上、貯湯タンクの放熱ロス低減等を実現した。
環境性	・エアコンとガス給湯器による従来システムと比較すると CO ₂ 排出量は増大する結果となった。 ・重油ボイラによるシステムと比較すると大きな削減効果が確認された。
課題	・プラント規模に応じたエネルギー需要の拡大 ・エネルギー効率の改善 ・燃料経費の削減 ・適正な課金システムの運用
展開モデル	・重油ボイラによるシステムとの比較では経済的優位性が確認された。 ・冷房を除いた熱供給のみの際には更なる効果拡大の期待も高い。

④ 大・中型ペレットボイラによる公共施設熱供給システム

山口県が所有する公共施設に既に導入されたペレットボイラを対象に、大・中規模の熱利用における最適な稼働システムと導入効果の検証を実施したものである。成果目標として、木質ペレット燃料使用量 210t/年、エネルギー効率（ボイラ効率）80%、従来型灯油ボイラと同等程度の経済性を確保することが挙げられていた。

図表 IV-18 対象のペレットボイラ導入施設

施設の施業形態	エネルギー利用形態	熱源出力 (kW)	ペレット消費量 (t/年)	エネルギー量 (GJ/年)
病院	給湯	233	70	972.7
宿泊施設	暖房、給湯	150×2	45	626.8
研修施設	冷暖房	150	19	221.3
研究施設	冷暖房	150	13	147.9
ハウス栽培	温室加温	280	63	874.4
計		1,113	210	2,843.1

図表 IV-19 取組結果等

システムに関する評価項目等	取組結果等
稼働状況	・いずれの施設においても、年間を通して木質ペレット燃料による安定的なエネルギー供給が行われた。 ・エネルギー効率は目標に達していない施設もあり、年間および一日の中の熱負荷パターンを踏まえた効率的なシステム運用等の対策が求められる。
経済性	・エネルギー供給単価は、給湯利用の病院施設のみ目標をクリアしたが、その他は目標に達しなかった。 ・ただし、熱需要の大きい冬季の月毎の実績からは、いずれの施設も目標値よりも低コストのエネルギー単価を達成していることが確認された。
技術性	・運転管理方法の改善等を実施し、給湯温度の安定化やエネルギー効率の向上等を実現した。
環境性	・対象 5 施設全体で、原油換算で年間 100kL の化石燃料消費が削減されているという結果が得られた。
課題	・既導入施設でのエネルギー効率の改善 ・施設に応じた最適規模のペレットボイラの普及拡大
展開モデル	・現状でも技術面では実用レベルに達したシステムと考えられる。 ・経済性・環境性のさらなる優位性向上を図り、システムを効果的に導入・普及していくためには、適正規模の設備を選定することが重要となる。

⑤ 既設火力発電所での石炭混焼システム

既設火力発電所における石炭混焼と低コスト収集運搬との最適な連携システムの検証を行ったものである。成果目標は、森林バイオマス使用量 10,500t および供給コスト 6,000 円/t であった。

図表 IV-20 設備の基本性能

生産能力	10,500t/年
実稼働日数	250 日（5 日/週×50 週）
原材料（チップ）	間伐材（原木）、伐採残渣（バンドル形状および枝葉部分）

図表 IV-21 取組結果等

システムに関する評価項目等	取組結果等
稼働状況	・目標は達成していないが、チップ使用量は年々増加し、平成 21 年度には目標の 43% の 4,555t/年（混焼率 1%）まで増加した。 ・発電設備での混焼については、3%程度まで技術的に問題ないとされており、更なる受入量拡大が可能である。
経済性	・チップ供給コストは、平成 19 年度が 13,755 円/t、平成 20 年度が 11,817 円/t、平成 21 年度が 9,954 円/t と、年々低減しているものの、目標の 6,000 円/t にはおよばなかった。
技術性	・二次破碎の導入やシミュレーションによる最適システムの検討を実施し、規格外チップの混入量削減や貯留置活用による安定的な集荷可能性確認等を実現した。
環境性	・混焼率 1%で、平成 21 年度には 3,791tCO₂ の CO₂ 排出削減効果、1,215kL/年の原油削減効果が得られている。
課題	・森林バイオマス受入量の更なる拡大
展開モデル	・処理量を 3 万 t（森林バイオマス受入拡大 2.5 万 t＋木質チップ利用）まで拡大し、最もコストが小さくなる「発電所構内に電動式破碎機を設置する」方式を採用することで、チップ化～チップ搬送までのコストを大幅に低減できる可能性があると同時に、多大な CO₂ 排出削減、原油削減効果も見込まれる。

1.2 海外先進事例調査

1.2.1 木質の熱電供給技術

(1) 木質の熱電熱供給技術の特徴

熱電併給は、木質バイオマスという化学エネルギーを、可能な限り社会的利用価値(エクセルギー)の高い電気に変えて、残りを利用価値の限定される低レベル熱とする、エネルギー(エクセルギー)の有効活用策である。その点において熱電併給は単純な熱利用に比べて、優位な効用を持つ。熱電併給は発電の余熱を熱利用するものであるから、発電技術がベースで特性が決まる。投入エネルギーに対する発電効率により、電気として得られる量と熱の量が決まる。発電効率が比較的高い(22%～35%級)と、出てくる熱は比として少なく、発電効率が低い(7～18%級)と、発電量の割には大量の低レベル熱が出てくる。

地域において現実的な熱電併給のサイズは、熱の供給力として中型以下(1,000kW_{th} 級以下)であり、個別施設では100kW_{th} 級が適する場合が多い。熱出力1,000kW_{th} 級、多くは100kW_{th} 級以下となり、発電としては小型の技術となる。

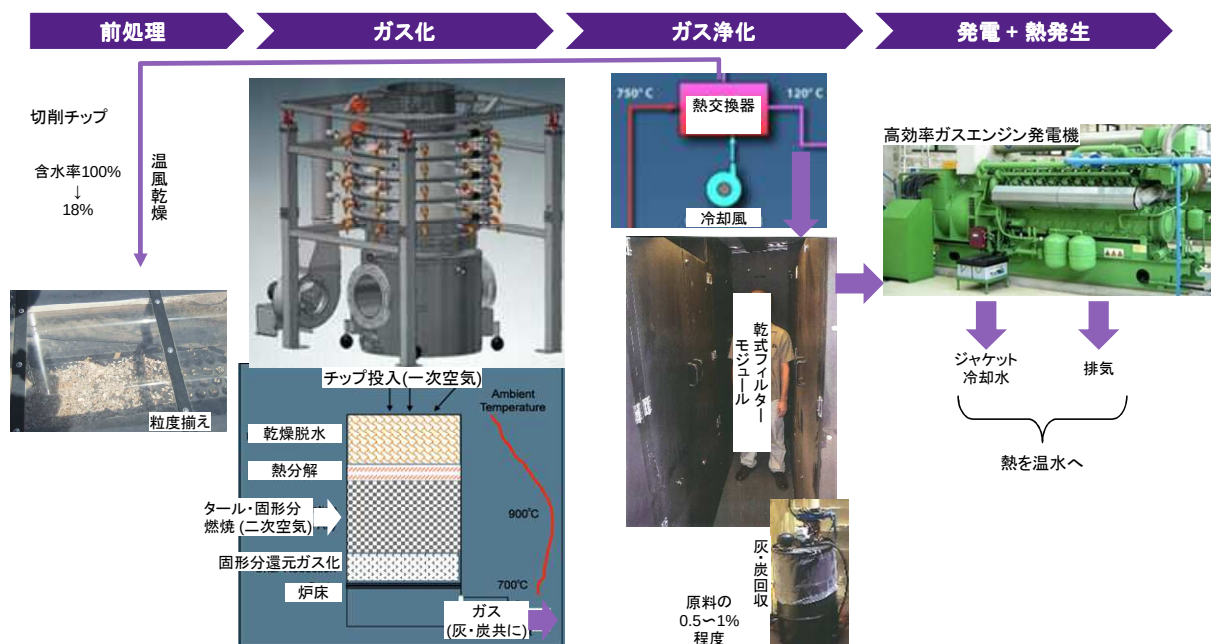
(2) 木質の熱電供給技術について

具体的な熱電供給技術について、下記に紹介する。

1) 木質ガス化・ガスエンジン発電

小型でも比較的高発電効率の高めなのが、木質ガス化のガスエンジン発電である。ガス化は石炭発電においては既存技術であり、ガスエンジンも天然ガス発電においては商業的に普及・進化している技術である。ドイツ等ではバイオガス(メタン発酵)の熱電併給が700件程度普及しているとされ、同じくガスエンジンが普及している。ガスエンジンの発電効率は単体で33～42%級と高く、系統電力の平均値である41%と発電効率が同等である。それによりガス化の工程で損失があっても総合で22～32%級の発電効率が得られる。設備としては比較的高価(100～150万円/kWe)であるが、発電量が多いため、固定価格買取制度や政府からの補助金などで採算が取れるようになってきた。

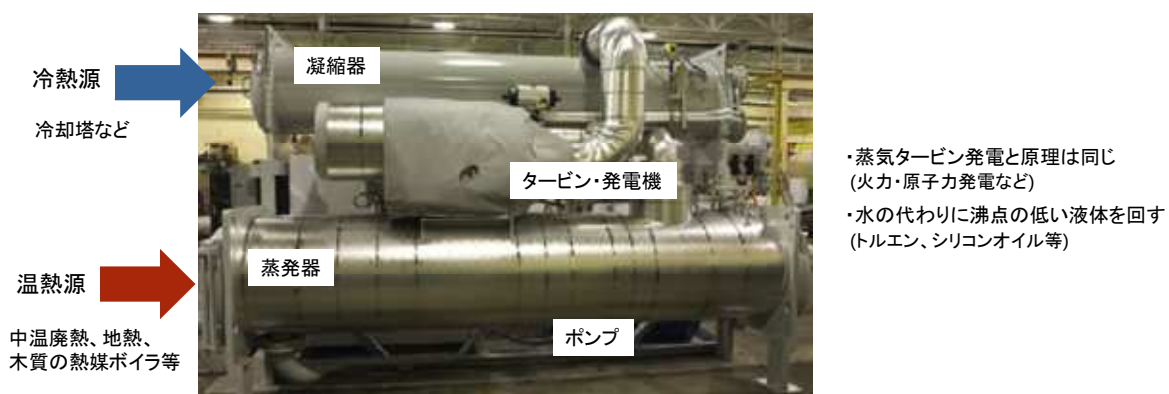
図表 IV-22 木質ガス化・ガスエンジン発電（固定床ダウンドラフト型）



2) 有機ランキンサイクル

木質バイオマスの熱電併給のシステムの中で、最も普及しているのは有機ランキンサイクルである。ヨーロッパの地域熱供給などに多く利用されており、大量に熱供給を行う前段に、小規模な発電を組み合わせる総合的なエクセルギー利用を向上させようという考え方である。但し発電効率は高くなく、高温(350℃帯)で発電する場合で18%級が一般的で、100℃以下の廃熱利用の場合は10%以下となる。設備は40～70万円/kW。程度で、特に廃熱利用の場合は燃料費がいらないため、経済性が高い。

図表 IV-23 有機ランキンサイクル



3) 木質ガス化技術について

木質ガス化の中にはいくつかの技術があるが、商業化されているものは下表のようなバリエーションがある。中小型は固定床ダウンドラフト型のみで、他のアップドラフト型や流動層型等は、2,000kW_e級以上の(中)大型となる。なお、国内メーカーのものは基本的に実証段階で、商業化の初期を目指す程度である。

図表 IV-24 木質ガス化の商業化技術のバリエーション

技術		電気出力	発電効率	実績数	主なメーカー	備考
ガス化	固定床ダウンドラフト	100～1,000kW級	22～32%級	現行30程度 (累積数百)	A.H.T.ピロガス コミュニティ・パワー	ガス化炉は100～500kWモジュール等 他参入者はウルバス、ヤンマー等
	固定床アップドラフト	2～10MW級	28～32%級	10程度	バブコック・ウィルコックス・フェルント→JFE ネクステラ	やまがたグリーンパワー、いしかわグリーンパワー、 大王製紙(非発電) カナダ、北米
	流動床・蒸気加熱	2～10MW級	33%級	5程度	レボテック	オーストリア(Güssing)、ドイツ(Ulm)等
有機ランキンサイクル(ORC)		10kW～90MW級	7～18%級	200～300	ターボデン(大型) アドラテック(中大型) エレクトラサーム(小型) エネフテック(最小型)	10程度の参入者、最近に開発増 神戸製鋼も低温・小型版を発売

2. 木質バイオマスの熱・電併給システム等の提案

2.1 熱電併給の推奨モデル

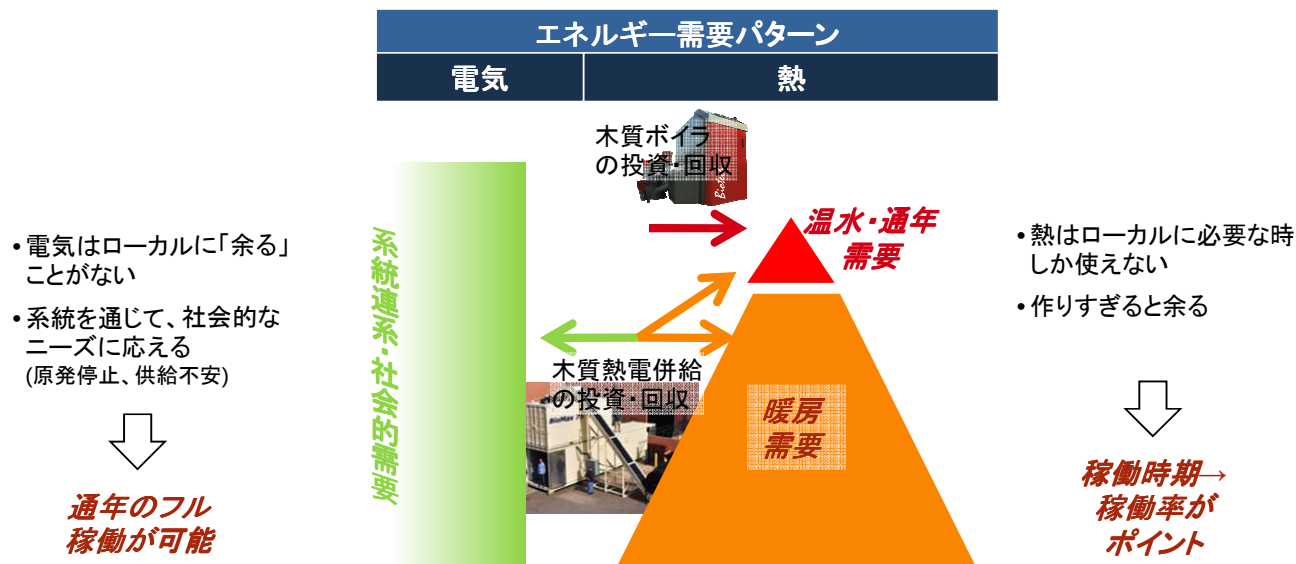
木質バイオマスの熱・電併給システムについて、具体的な推奨モデルを提案する。

(1) 熱電併給が注目される背景

木質バイオマスの利用タイプとしては、熱利用と熱電併給がある。地域における木質バイオマスの利用は、ボイラによる熱利用が基本である。熱電併給については、東日本大震災後の日本では急速に注目を集めるようになった。原発の停止や電力供給不安などの要因により、個別事業所でもバックアップや自立電源が欲しいというニーズが出ていることと、再生可能エネルギー電力の買取制度が今年7月から施行されることとなったことの2つが大きな理由である。この2点から経済性を有した熱電併給の議論が行われている。

設備投資の経済性を見るには、設備の稼働率が一つの重要な要因であるが、熱は必要な時期にのみ使われるのに対し、電気は系統を通じて常時ニーズとつながっており、常時稼働が可能となり、稼働率を熱利用のみの場合と比較して向上させることができる。その意味からも設備投資の経済性が組みやすくなっている。

図表 IV-25 エネルギー需給のバランス



(2) 熱電併給を検討する際の前提条件

1) 木質熱電併給の技術選定

木質チップをエネルギー価値（エクセルギー）的に、且つ経済的に利用するには、小規模では発電効率が高いため、ガス化熱電併給が有効である。一方、ボイラの排気熱や工場ブ

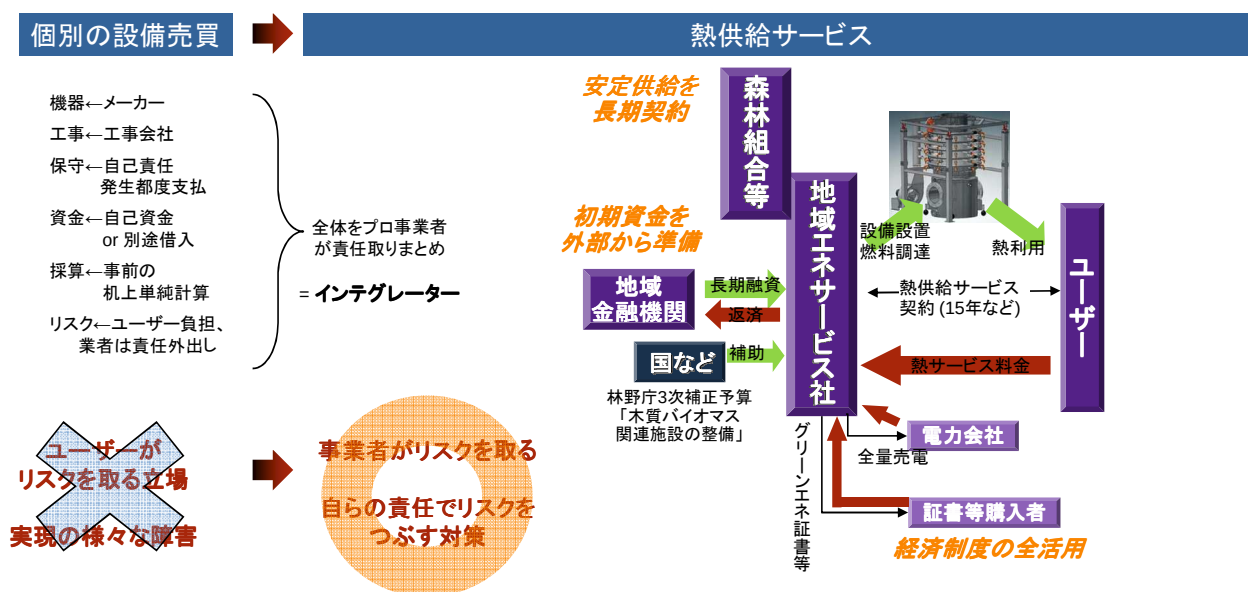
プロセス等の余熱を活かすには、有機ランキンサイクルが経済的にも有効である。

ガス化も有機ランキンサイクルも、メーカーは世界で十指に収まる範囲である。特にガス化は、商業化の前の実証レベルのものも含まれるため、メーカー選定には商業の実績、性能、稼働率等の個別の評価を注意深く行う必要がある。

2) 事業実施主体（契約形態オプション）の検討

従来の一般的な設備投資は、自社で資金を準備して、設備投資を行い、投資回収をしていくものである。但しその場合は新技術の精査から有利な調達法、設備の維持等々に全て面倒を見る必要があり、ユーザーは素人でありながら全てのリスクを背負うことになる。それに対し、地域金融等の外部資金を使ったエネルギーサービスの形態では、地域のエネルギーサービス提供者が技術・調達・性能維持等に責任を持ち、且つ資金調達も行ってくれるため、ユーザーとしては非常に取組みやすくなる。ユーザーとしては長期の安定契約で、熱供給を受けるのみとなり、幾分かのコスト削減メリットも得られる。チップの長期安定供給も、契約によりエネルギーサービス社が責任を持って行う。

図表 IV-26 事業実施主体の契約形態オプション



(3) 経済性の試算

宿泊施設、役場・事務所、住宅、養殖漁業の4つにおいてモデルケースを設定して経済性を分析した。

現時点の前提において、経済性を試算すると、投資回収は十分可能で経済性のあることが分かる。経済性の前提の主なものは、以下のとおりである。

なお、いずれのケースも、耐用年数を十分に下回る年数での投資回収は可能と試算され、まず直接的には燃料費の削減効果がある。次に施設にとってはコストでも、地域にとっては貴重な副収入な雇用の元となる、チップ代収入がある。更に非常時における自立電源と

しても機能するという安心の価値もある。一つの取組で大きく3つの効果が得られ、更に森林整備などへの波及も期待される。

【試算の前提】

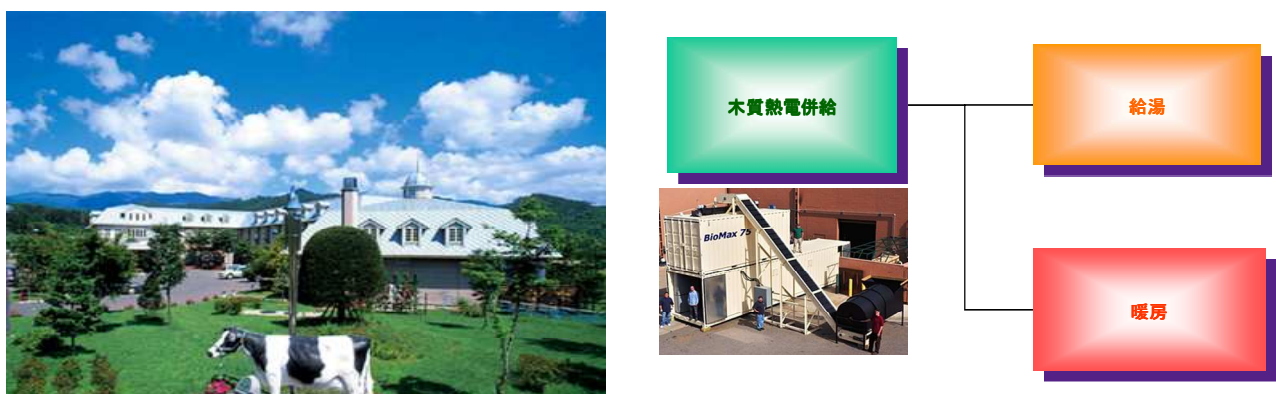
- ・ 再生可能エネルギー電力の買取制度： 来年7月施行予定の全量買取制度に基づく売電を行う。以前から経済産業省の検討委員会が出されていた、20円/kWh×15～20年の買取価格と期間を前提としている。
- ・ 重油(灯油)の価格： 最近のA重油は一時期80円台～90円/Lをうかがうなど、高くなっていて、本質的に従来水準に戻るとは考えづらい。ここでは75円/Lの前提で計算している。
- ・ 3次補正予算の木質バイオマス施設整備の50%補助を利用する前提としている。

1) 宿泊施設

風呂や施設によっては温泉施設もあり、ある程度以上通年の熱需要のあるところである。木質チップの投入に対し、売電料と、熱供給(石油の置換え分)の料金の2つが入ってくる。ため、概算の投資回収も7～8年程度と、経済性が良い。

なお、本試算では年間フル稼働で、熱需要のない時でも発電し続ける前提で計算している。これを熱需要のある時に稼働する運転方法としても、1.2年程度の回収期間が延びるだけである。試しに熱の収入がないとすると、発電のみでは単純投資回収に16年かかり、経済的には難しいことが分かる。逆にチップボイラで熱利用のみの場合は、試算では9～10年程度の投資回収であり、期間は2年ぐらい長いが、経済的に可能な範囲である。これらのことから、地域における中小規模の木質バイオマスの利用は、熱需要を元に、熱電併給または熱利用を行うのが良いと言える。

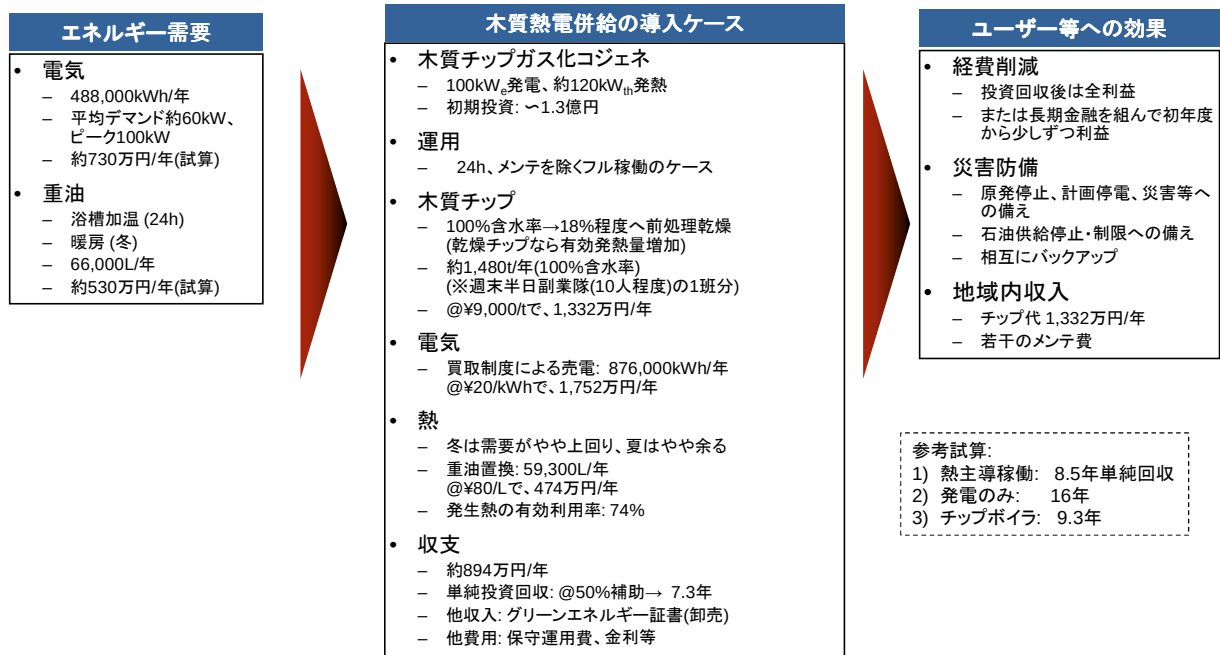
図表 IV-27 宿泊施設の熱需要(例)



		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
暖房必要熱量	kWh	54,306	49,961	31,497	21,722	35,733	26,067	41,272	58,433	104,267	72,769	130,116	94,492	720,635
(A重油換算)	L	6,250	5,750	3,625	2,500	4,112	3,000	4,750	6,725	12,000	8,375	14,975	10,875	82,938

※A重油は熱量39.1MJ/L、ボイラ効率80%で計算。

図表 IV-28 試算結果（宿泊施設）



2) 役場・事務所

役場・事務所は、従来は暖房のみの熱需要であるため、通年の需要が確保できず、経済的に木質ボイラの導入が難しい場所だった。①ある程度の規模(熱需要で 100kW_{th} 級)以上で新設の役場・事務所では、熱電併給にできることと、②夏の冷房が一定以上必要な場合は吸収式冷水機を入れて熱利用が可能なこと、の2つにより、年間を通じての熱利用と発電利用が可能となる。それら効果が合わさって、8~9年の単純投資回収年数と、悪くない経済性が得られている。

図表 IV-29 役場・事務所の熱需要（例）



		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
暖房必要熱量	kWh	142,359	112,868	100,293	53,992	26,117	0	0	0	939	40,699	80,618	124,141	682,027
(A重油換算)	L	16,384	12,990	11,543	6,214	3,006	0	0	0	108	4,684	9,278	14,287	78,494
冷房必要熱量	kWh	0	0	0	0	0	50,174	91,530	127,751	61,895	0	0	0	331,350
(A重油換算)	L	0	0	0	0	0	5,775	10,534	14,703	7,123	0	0	0	38,135
合計	kWh	142,359	112,868	100,293	53,992	26,117	50,174	91,530	127,751	62,834	40,699	80,618	124,141	1,013,377
(A重油換算)	L	16,384	12,990	11,543	6,214	3,006	5,775	10,534	14,703	7,232	4,684	9,278	14,287	116,629

※冷房は吸収式冷凍機を使用

※A重油は熱量39.1MJ/L、ボイラ効率80%で計算。

3) 住宅（復興住宅、高気密住宅）

被災地で今後建設される「高台のエコタウン」等の住宅団地では、冬の暖房に加えて、通年の入浴のための給湯需要がある。街区に配管をインフラとして敷いておき、地域熱供給を行うとして試算すると、これも7～8年の投資回収と、良い経済性が見込まれる。

図表 IV-30 住宅（復興住宅、高気密住宅）の熱需要例



(高気密高断熱住宅30軒分)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
暖房必要熱量	kWh	97,687	79,531	66,389	39,403	19,173	2,270	0	0	916	28,784	58,381	84,987	477,523
(A重油換算)	L	11,243	9,153	7,641	4,535	2,207	261	0	0	105	3,313	6,719	9,781	54,958
給湯必要熱量	kWh	19,993	18,154	19,042	16,962	15,759	14,151	13,532	12,698	13,198	15,767	17,053	19,000	195,310
(A重油換算)	L	2,301	2,089	2,192	1,952	1,814	1,629	1,557	1,461	1,519	1,815	1,963	2,187	22,478
合計	kWh	117,680	97,686	85,431	56,366	34,932	16,421	13,532	12,698	14,114	44,552	75,434	103,987	672,832
(A重油換算)	L	13,544	11,243	9,832	6,487	4,020	1,890	1,557	1,461	1,624	5,127	8,682	11,968	77,436

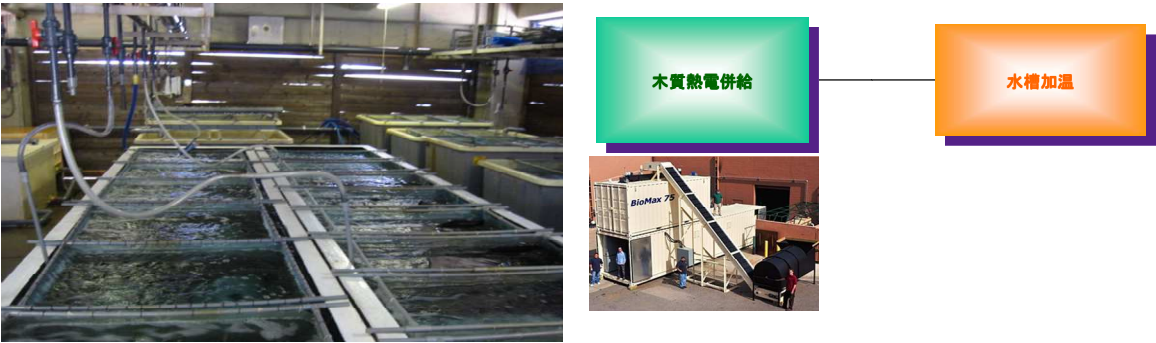
※A重油は熱量39.1MJ/L、ボイラ効率80%で計算。

4) 養殖漁業

被災後の復旧・復興においては、養殖漁業や水産加工、下水汚泥の乾燥処理など、従来は大量に石油を消費して熱を使っていたものが見えている。これらを見直し、省エネ型にするとともに、木質バイオマスなどの再生可能エネルギーで置換える、貴重な機会が訪れている。今を逃すと向こう何十年と再び化石燃料依存の構造が続いてしまうため、再生可能エネルギー導入の可能性の検討が求められる。

水産関係は、季節のある場合が多く、設備の稼働率に課題が起きやすいが、ここでは7か月熱を使う養殖漁業の例をとって計算したところ、電気側の稼働平準効果もあり、単純投資回収8年程度と、悪くない試算となっている。

図表 IV-31 養殖漁業の熱需要（例）



(水槽240t分の加温)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
水槽加温必要熱量	kWh	780,992	392,222	0	0	0	0	0	863,101	1,363,238	1,598,922	1,427,157	1,306,674	7,732,306
(A重油換算)	L	89,884	45,141	0	0	0	0	0	99,334	156,894	184,019	164,251	150,384	889,907

※A重油は熱量39.1MJ/L、ボイラ効率80%で計算。

2.2 事業化予定案件の詳細

「ウ．地域のニーズ把握 2.2 個別案件」部分で記載したように、各地域では多様な案件のアイデアが上がり、実際に以下の3つの案件が事業化の見込みである。

(1) 木質ボイラ導入事業

重油焚きボイラの木質ボイラへの代替ということで、技術的にはベーシックなものである。他方、食品加工業での木質チップボイラの採用という点では、波及効果が期待できる。特に岩手県は、ブローラー加工工場が多く（全国シェア3位：15.7%）、本事業がバイオマス利用の先鞭をつけることが期待されている。燃料供給については、主に一関市に多くあるチップ工場からの検討を進めているところである。

図表 IV-32 (株) オヤマの事業概要

事業名		木質系震災廃棄物及び未利用間伐材等のエネルギー等利用事業
事業実施主体		株式会社 オヤマ(一関市、食鳥処理加工工業)
事業概要		重油焚きボイラを木質ボイラに代替し、燃料費の削減を図る
燃料	震災系廃棄物	当初5年間は1,300t/年
	林地残材等	震災系廃棄物がなくなり次第1,400t/年
	製材工場等残材	量的対応が出来れば使用したい
	その他 (剪定枝、産業廃棄物)	剪定枝・支障木チップも検討する
投資計画		小型還流式蒸気ボイラ2基等で、2億500万円を予定。 単純投資回収年数は10.3年を予定。

(2) 駅前開発エリアにおけるエネルギー供給ステーション整備事業

紫波中央駅前開発地内において、公共建築等に熱エネルギーを供給するシステムである。町独自の林業再生と連携した取組である。雪氷熱との複合利用による熱出力低減、吸収冷凍機による通年需要の確保等で採算性を確保している点でもモデル性がある。

図表 IV-33 オガールプロジェクトの詳細

事業名		紫波町熱エネルギー供給ステーション整備事業
事業実施主体		紫波町環境課
事業概要		現在、整備が進められている紫波中央駅前開発地内(全て町有地)において、今後に建築される公共施設等に熱エネルギーを供給するエネルギーステーションを整備する。平成25・26年度に建築される紫波町役場新庁舎については、熱電併給システムにより非常時に電気を供給する。非常時以外は、系統に全量供給する。
燃料	震災系廃棄物	地元廃棄物処理業者等を通じて利用を検討
	林地残材等	約1,461t/年(岩手中央森林組合、二和木材、間伐材運び隊等)
	製材工場等残材	
	その他 (剪定枝、産業廃棄物)	建築廃材等については利用しない。
投資計画		【木質バイオマスエネルギー等供給施設整備】

	テント倉庫、グラブプル等(約 3.1 億円) 【木質バイオマスエネルギー等利用施設】 熱出力 850kW、吸収冷凍機 949kW、雪氷タンク 1,837kWh 分
--	--

第3章 今後の課題

I. 実現に向けた各地域の課題（地区別ワーキングチームから抽出される課題）

1. 各地域が共通して抱える「三竦みの構造」にある課題

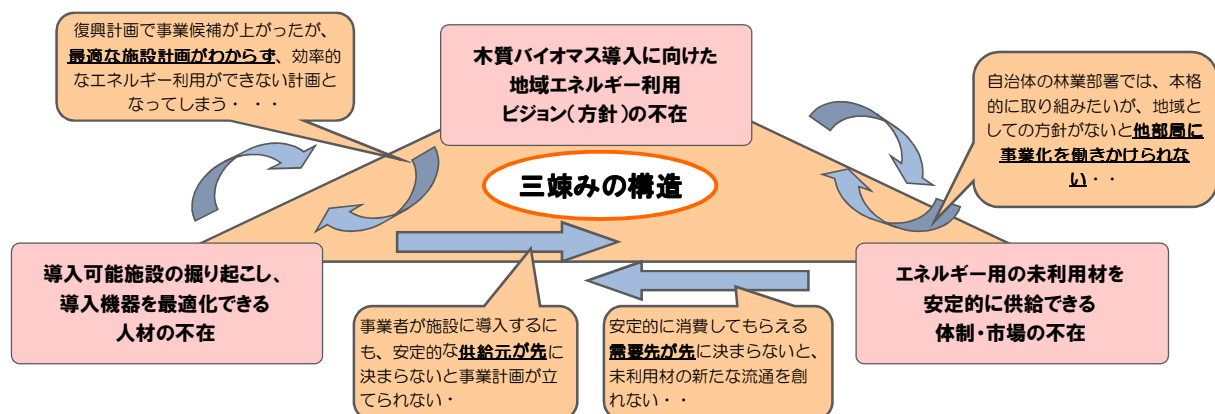
各地域で木質バイオマスのエネルギー利用を普及・定着させていくための要件を明らかにするために実施した地区別ワーキングチームでは、関係する様々なセクターの参画が得られ、相互に意見交換をすることができた。

その中で、森林組合や素材生産業などの供給側事業者、木材加工や水産加工、ホテル等の需要側事業者、さらには自らが需用者・供給者でもあり、各地域の需要と供給をマッチングさせる役割を担う市町村など、それぞれのセクターが抱える課題も把握できた。

地区別ワーキングチームで得られた意見を帰納的に論点整理すると、木質バイオマスのエネルギー利用の普及・定着には各地域が共通して抱える構造的な課題があるといえる。

構造的な課題は需要側、供給側、そして地域における取り組みを推進しようとするマッチングの立場の三者それぞれが、他の二者の動向や意向把握ができず行動を一にできていない（具体的なアクションを起こせずにいる）といった「三竦みの構造」がある。

図表 I-1 木質バイオマスのエネルギー利用の普及・定着に向けた構造的な課題



2. 各課題の具体的なイメージ

図表 I-1 に整理した「三竦みの構造」にある課題を、各主体の立場から具体的に例示すると以下のような状況である。

(1) 需用側から見た構造的な課題

地区別ワーキングチームでは、水産加工事業者やホテル事業者等、森林・林業とこれまで縁のなかった事業者も需用者として参画が得られた。中には、被災後の地域の雇用を創出するため、石油ボイラから木質ボイラに切り替えるとの意向も把握できた。

しかし、こうした需要が発意されても、地域の森林組合・林業事業者との間では木材供給の形状や量、時期、単価などに関して明確な提案・回答は得られず、需要側としては精緻な事業計画を立てられず、導入を断念せざるを得ない状況になってしまう。

このように林業に精通していない需用者側からは、木材の生産・流通の実態は極めて見えづらく、安定供給が保証されないのであれば、木質バイオマスも利用できないといった判断をせざるを得ない状況が発生している。

(2) 供給側から見た構造的な課題

木材を供給する事業者の立場からみると、主流である用材の搬出・流通に加え、新たに地域でのエネルギー利用用途の木材（チップ、ペレット、薪等）の搬出・流通体制を構築するためには、中期的に一定の需要が見込めることを条件とする声が多い。

エネルギー利用用途の木材は一般的に低額であり、利幅も小さいことから、投資的な事業を興しにくいという背景もあるが、一方で木材供給側である森林組合や林業事業者が、需要者や需要施設の意向や動向を把握できておらず、安定的な供給先を掘り起こせていないという問題もある。

また、行政内部では、森林・林業部署が木質バイオマスの導入を推進しようと各公共施設を所管する他部局に働きかけても、行政内部で共有している導入促進ビジョンのようなものがなければ、敢えて公共施設に木質バイオマス利用を導入する必要性を問われた際、それ以上の働きかけを行いにくい環境がある。

前述の通り、エネルギー利用用途の木材は一般的に低額（低利幅）であることが多く、単に導入による事業採算性の改善といったメリットだけでなく、木質バイオマスの利用が促進されることによる地域の雇用創出など当事者にとっては間接的な効果も位置づけることができなければ、供給側から導入促進をしていくことが難しい面もある。

(3) 需要と供給のマッチング（導入促進）側から見た構造的な課題

被災地では復興計画が策定され、木質バイオマスの利用促進を位置づける例が多くみられる。しかし、具体的な導入施設や導入システムが明確になっている例は少なく、最適な施設設計を描けないまま、効率的なエネルギー利用が実現しないケースがある。

また、需要側が抱える課題と同様、林業振興・雇用創出のために木質バイオマスの利用促進を位置づけたものの、安定的な木材供給の目処が立たず、具体的な検討が進まないと行った状況も発生している。

3. 三棘みの構造にある課題の解決に向けて

2. で整理したように、各立場では木質バイオマス利用の導入の動きが見られるものの、他の二者との連携・協働が十分になされないため、場当たりの対応になってしまったり、検討・実践そのものが頓挫してしまう事例が、タイミングをずらしながら順次発生している

状況にある。

木質バイオマスのエネルギー利用の普及・定着に向けた「三竦みの構造」にある課題を解決していくためには、まず構造的な課題が存在していることを認識し、これらを構成する個別課題の解決に取り組んでいく必要がある。個別課題の解決に向けた示唆はワーキングチームの中からも得られており、これらを参考に具体的な施策につなげていくことが求められる。

図表 I-2 構造的な課題を構成する個別課題と解決に向けた示唆

三竦みの構造	個別課題	課題の概要と解決に向けた示唆
木質バイオマス導入に向けた地域エネルギー利用ビジョン（方針）の不在	公共施設への導入に向けた庁内部局間の相互理解の促進	新設される公共施設が1つの木質バイオマス導入ターゲットとなるが、建設・土木部局をはじめ、関係部局の相互理解、同意がなければ円滑に進まない。 まずは関係部局が木質バイオマス利用のメリットや導入可能性に関して理解できる意見交換の場やケーススタディを積み重ねていく必要がある。
	復興計画における木質バイオマス導入に向けた体制・制度の確立	復興計画に盛り込まれた事業の具体化に向けた意思決定体制は未だ不明確である。関係部局による相互理解というボトムアップのアプローチのほか、地域エネルギー利用ビジョンや施設整備方針等を策定し、公共施設の計画・設計段階における再生可能エネルギー導入可能性アセスメントを制度化するなど、関係部局の相互理解に依存しない制度的な対応が望まれる。
	関係者が具体的なイメージや実例を共有できる機会の創出	需要と供給が確保されているパイロットプロジェクトを立ち上げ、実際に材が流れる現実を作り出す（関係者が実感できる）ことが重要である。その際、震災復興における新設公共施設を需要者、市有林を供給者（供給源）とする市のイニシアティブ事業が考えられる。
導入可能施設の掘り起こし、導入機器を最適化できる人材の不在	官民が連携した導入可能施設の掘り起こし・需要創出	木質バイオマスの導入は、施設にとって必要条件ではなく、 $+\alpha$ の取り組みであるため、需要（導入可能施設）を掘り起こしていく必要がある。その際、自治体による取り組みだけでなく、製材業者や建築・建設業者など関連産業の協力を得ながら、需要を掘り起こせる体制を作っていくこともひとつのアプローチである。
	エネルギーシステム全体をコーディネートできる専門家の確保・育成	被災地におけるバイオマス利用に関しては、各種補助金の存在もあり、地域外からの提案（自社技術の売り込み）も多数存在するが、地域に役立つものに昇華させるのは難しい。アドバイスを受けられる外部人材を確保（顧問契約等）するほか、専門人材の不足を補うため、民間の技術や創意工夫を取り込む性能発注（PFI等）を積極的に取り入れていくといった方法が考えられる。
エネルギー用の未利用間伐材等を安定的に供給できる体制・市場の不在	持続可能な森林経営に基づく用材・エネルギー材の生産・供給体制の確立	森林・林業再生プランを踏まえ、施業集約化・路網整備を進め、計画的な木材供給体制を構築することが必要である。その際、遠距離の輸送は収益性の低下を招くが、他方、大量のバイオマス需要は過伐を招く恐れがあり、資源量を配慮したプランニングが必要である。
	震災木質廃棄物の有効利用に向けた材の供給体制の確立	現状の二次処理場でのチップ化加工処理では、チップの粒度が大きいため、ボイラで活用することは困難である。広域処理が進まない中、地域内で有効利用できるエネルギー用材としての供給を市・県の災害廃棄物処理担当と協議し、体制確立を図っていく必要がある。
	エネルギー用の木材流通・市場の形成	地域でのエネルギー利用形態と供給体制のポテンシャルを整理し、形状（家庭向けのペレット・薪、大規模建築向けのチップ等）、搬出方法（チップ化の工程、場所等）、状態（ガス化用、ストーブ用の含水率設定等）、樹種（針葉樹、広葉樹）などの戦略を見極め、まずは地域のサプライチェーンを創っていく必要がある。

II. 各地域における今後の具体的取組案

1. 各地域の課題の分析

木質バイオマス導入に向けた課題は、地域の別を問わず共通であるが、具体的に課題を解決していくためには、地域の内部及び外部の環境をよく分析した上で、戦略を策定していく必要がある。そこで、SWOT 分析の分析手法を用い、内部環境の「強み (Strength)」と「弱み (Weakness)」、外部環境の「機会 (Opportunity)」と「脅威 (Threat)」の各要素を抽出した。

各地域の SWOT 分析の結果を以下に示すが、各地域とも固有の内部環境と外部環境を有しており、これらを踏まえた検討が必要である。

図表 II-1 気仙地域の SWOT 分析

強み (Strength)	機会 (Opportunity)
・3 市町の連携が可能な地域。 ・豊富な市町有林。 ・地元のホテルやコミュニティビジネス事業者に、バイオマス利用の関心が高い人材がいる。 ・チップ供給に意欲を持つ若手の林業事業体がある。 ・瓦礫の中間処理を市町が直接担当するため、燃料への活用がしやすい。 ・住田町が林業分野では先進的な取組を行っており、産直住宅の取組経験、木材加工団地 (ラミナ、集成材、ペレット) が集積している。	・本格的な復興により、公共建築の再建や、住宅等の高台移転などが始まる。 ・3 市町の連携で、環境未来都市に採択されている。 ・住田町で、庁舎の建替えにより、バイオマス利用が構想されている。 ・気仙沼市や一関市など、近隣で新たなチップ需要が生まれる。 ・気仙沼信金が再生可能エネルギー利用に積極的。
弱み (Weakness)	脅威 (Threat)
・津波の被害が大きく、市役所職員が人手不足になっている上、応援職員が固定されない (特に陸前高田市)。 ・提案型集約化施業についての森林組合の取組があまり活発ではない。	・大船渡プライウッドが操業再開を断念、チップ工場が被災するなどにより、BC 材需要の減少が、林業活動の停滞につながる。 ・木質系の瓦礫処理が、燃料利用ができないような形態で進んでしまう。 ・環境未来都市構想の内容が、PV や蓄電池等がメインで、再生可能エネルギーの複合利用、バイオマス利用に結びつかない。

図表 II-2 釜石地域の SWOT 分析

強み (Strength)	
・釜石地方森林組合が、提案型集約化施業のモデル組合に選ばれるなどして、地域の森林管理に高い能力を持つ。 ・新日本製鐵株式会社釜石製鉄所を中心に、釜石市・森林組合と強固な協力関係がある。 ・混焼事業において、低質材供給の実績があり、高性能フォワーダ (IHI)、移動式大型チップパーなどの設備有り。 ・大槌町で、自伐林家グループが薪生産を実施。 ・ペレット／薪ストーブの製造メーカー (石村工業) が地元にある。 ・瓦礫の中間処理を釜石市が担う。	・本格的 ・釜石市 ・地元企 ・浸水地 ・高台移 ・復興住
弱み (Weakness)	
・大槌町の津波被害が大きく、復興計画の策定・検討などが遅れがちである。 ・製材・合板工場が立地しておらず、地元には木材需要が少ない。 ・熱利用を行う中小規模のバイオマス需要先がない。 ・混焼事業のチップ供給が移動式のチップパーで行われているが、稼働率が低く、コスト高になっている。 ・瓦礫の受け入れ施設が地元でない。	・バイオ

図表 II-3 宮古地域の SWOT 分析

強み (Strength)	機会 (Opportunity)
・日本でも屈指の規模の製材工場 (ウッティかわい) があり、原木の集荷能力が高い。 ・ホクヨープライウッドや宮古ボードなど、沿岸部に B/C 材の大規模木材需要がある。 ・宮古市において、モデル的に国有林の準フォレストスターの参加を得て、市町村森林整備計画の策定が行われている。	・本格的な復興により、公共建築の再建や、住宅等の高台移転などが始まる。 ・地元製材工場を中心に 5,000kW 級の発電事業を検討中。 ・宮古市の復興計画に基づき、再生可能エネルギーの研究会が活動を開始する。
弱み (Weakness)	脅威 (Threat)
・瓦礫の中間処理を県に委託しており、市町の裁量を発揮しにくい。 ・山田町は、漁業中心の町なので、バイオマス利用の発想が乏しい。 ・提案型集約化施業についての森林組合の取組があまり活発ではない。	・沿岸の合板・ボード工場の生産量が、震災前の水準に戻らない恐れがある。 ・新たな発電事業の開始により、過伐になる恐れがある。 ・すでに市に導入されているペレットボイラが、稼働率の低さや、灰の処理の煩雑さから、よいイメージがなく、今度の本格的導入の妨げになる可能性がある。

2. 課題に対する地域での解決策の検討

以上の各地域の SWOT 分析を踏まえ、課題解決策を検討する。課題整理にあたっては、「Ⅰ. 実現に向けた各地域の課題（地区別ワーキングチームから抽出される課題）」の整理のフレームワーク及び「解決に向けた示唆」に準じるものとする（図表Ⅰ-2）。

(1) 木質バイオマス導入に向けた地域エネルギー利用ビジョン

本課題については、地区別ワーキングチームの開催結果から、以下のような課題解決の方向性が示されている。

- ・ 公共施設への導入に向けた庁内部局間の相互理解の促進
- ・ 復興計画における木質バイオマス導入に向けた体制・制度の確立
- ・ 関係者が具体的なイメージや実例を共有できる機会の創出

その上で、先の地域別の SWOT 分析の結果を踏まえて、地域別の解決策案を提示した（図表Ⅱ-4）。

まず、各地域で策定中の復興計画や採択された国のモデル事業の中で検討の深度化を行いつつ、復興段階の施設整備・改修における再生可能エネルギー導入の具体化を図ることが重要である。特に「三竦み構造」打破のためには、市町有林からのエネルギー材供給と公共施設への木質バイオマス施設導入という、パイロットプロジェクトの実施が有効であると思われる。

また、市町有林だけではなく、県有林や県の公社造林、国有林などについても戦略的な活用・参画が可能であると思われ、連携が期待される。

図表Ⅱ-4 課題「木質バイオマス導入に向けた地域エネルギー利用ビジョン」の解決策案

地域名	解決策案
共通	・復興計画の事業化など、復興段階の施設整備・改修における再生可能エネルギー導入の具体化 ・市町村森林整備計画の策定、市町有林の活用を検討 ・県や NPO（バイオマス研究会、バイオマス円卓会議等）のコーディネートによる情報交換の場の創出 ・モデル的なバイオマス利用事例の提示。
気仙地域	・環境未来都市の中での検討の深度化 ・広大な市町有林を活用したモデル事業の実施による木質バイオマス利用ビジョンの明確化
釜石地域	・環境未来都市構想、スマートコミュニティ構想の中での検討の深度化 ・既存の木質バイオマス利用事業で得られた知見・ノウハウを地域に展開（一般化）するための調査・研究の実施
宮古地域	・復興計画で立ち上げられた再生可能エネルギーに関する研究会の中での検討 ・策定中の市町村森林整備計画を梃子に、需要側とのマッチングを図る

(2) 導入可能施設の掘り起こし、導入機器を最適化できる人材

本課題については、地区別ワーキングチームの開催結果から、以下のような課題解決の方向性が示されている。

- ・ 官民が連携した導入可能施設の掘り起こし・需要創出
- ・ エネルギーシステム全体をコーディネートできる専門家の確保・育成

「三竊み」の打破のためには、公共施設への導入がブレイクスルーになることは間違いないが、他方、民間施設への導入が普及の鍵を握っている。そこで、図表 II-5 に示したように、各地域に存在する特色ある企業や人材を活かしながら、需要を発掘していくことは重要である。

他方、専門家レベルの人材については、各地域で確保するのが難しい状況だと思われる、まずは県レベルで岩手県の特長に精通した外部人材をリストアップ・育成しておくことが有効であると思われる。また、専門人材の不足を補うため、民間の技術や創意工夫を取り込む性能発注（PFI等）を積極的に取り入れていくといった方法が考えられるPFIの仕組みを活用した事業発注（性能発注）については、仕様書のひな形を作成して、ノウハウの水平展開を図ることが有効であると思われる。

なお、本調査でも県の広域振興局の方々には多大な協力をいただいたところであり、今後も振興局の積極的なサポートが期待される。

図表 II-5 課題「導入可能施設の掘り起こし、導入機器を最適化できる人材」の解決策案

地域名	解決策案
共通	・岩手県の特長に精通した外部人材のリストアップや育成（民間はこのビジネスチャンスに反応する）。 ・外部資本・人材による施設整備を地域ニーズと整合させるための事業化手法（PFI等）の検討（全県） ・県の振興局による、導入可能施設と供給可能地域・事業者のマッチング支援。
気仙地域	・3市町の環境未来都市構想の中で、バイオマス利用の可能性の掘り起こしを、関係部局及び関連事業者の参加を得て行う。 ・気仙沼地域エネルギー開発（宮城県気仙沼市）との連携
釜石地域	・大規模需要は立ち上がりつつあるため、それ以外の中小規模の可能性について、公共及び民間施設について、再度掘り起こしを行う。 ・新日本製鐵株式会社や石村工業等の地元企業との連携 ・民間組織と連携した、復興住宅への木質バイオマス導入方法の具体化
宮古地域	・公共施設への導入可能性について再度精査を行う。 ・集落ごとの復興プランの策定が進んでおり、ボトムアップで導入可能性を検討する。

(3) エネルギー用材を安定的に供給できる体制・市場づくり

本課題については、地区別ワーキングチームの開催結果から、以下のような課題解決の方向性が示されている。

- ・ 持続可能な森林経営に基づく用材・エネルギー材の生産・供給体制の確立
- ・ 震災木質廃棄物の有効利用に向けた材の供給体制の確立
- ・ エネルギー用の木材流通・市場の形成

この方向性に、各地域での特性を踏まえて、解決策案を提示したものが、図表 II-6 である。

共通事項で重要なものは、森林・林業再生プランにより「マスタープラン」として位置づけられるようになった市町村森林整備計画の中で、バイオマス利用についても戦略的な検討を行うことである。また、近距離での利用を実現するためには、今後地域ごとにチップ製造設備が必要となるが、既存のものの稼働率の向上も含め、需要量に見合った適切な規模のものを導入し、十分な稼働率を確保した上での、低コストでのチップ生産が必要である。

エネルギー用材の市場を形成するためには、欧州のようにチップの含水率や性状についての標準的な規格が必要であり、かつガス化発電などの場合のように特殊な形状が求められる場合についての、個別の対応が必要である。今後、規格が整理されていくことが期待されている。

なお、震災系木質廃棄物については、需要施設が立ち上がらない現状の中では、燃料化や保管は難しいが、他方、県外での広域処理が進んでいないのも事実であり、今後も動向を需要施設の動向を見ながら、燃料利用の検討を継続することが望ましい。

図表 II-6 課題「エネルギー用材を安定的に供給できる体制・市場づくり」の解決策案

地域名	解決策案
共通	・市町村森林整備計画の策定(ゾーニング、資源の保続の確保)、森林組合の集約化事業の強化 ・震災系木質廃棄物の利用可能性の検討(需要動向を見ながら継続) ・燃料用チップの含水率及び性状についての規格づくり。 ・需要量に応じた、チップパーの導入支援(チップ化工程の標準化、コスト・稼働率のベンチマーキング)。
気仙地域	・需要を確保した上でのチップ工場の建設 ・住田町のペレット工場の強化(燃料用のおが屑を樹皮等で代替) ・集約化施業(間伐)における、低質材・残材利用の研究
釜石地域	・三陸バイオマスの移動式チップパーの稼働率向上(新たなバイオマス利用事業、植物工場、その他地元チップ需要に対応) ・(三陸バイオマスのチップが中小型ボイラに対応出来ない場合は、中小型ボイラの導入 ・有力製材工場が立地しないため、ペレット生産は難しい。
宮古地域	・5,000kW の発電事業での、低質材の直接利用(チップ化は行うが、含水率等是不問) ・今後可能性があれば、発電事業の調達ルートで収集量を増やし、余剰分をペレットやチップ生産に振り分け、体制を構築する。

3. バイオマスの本格的利用時代に向けたロードマップ

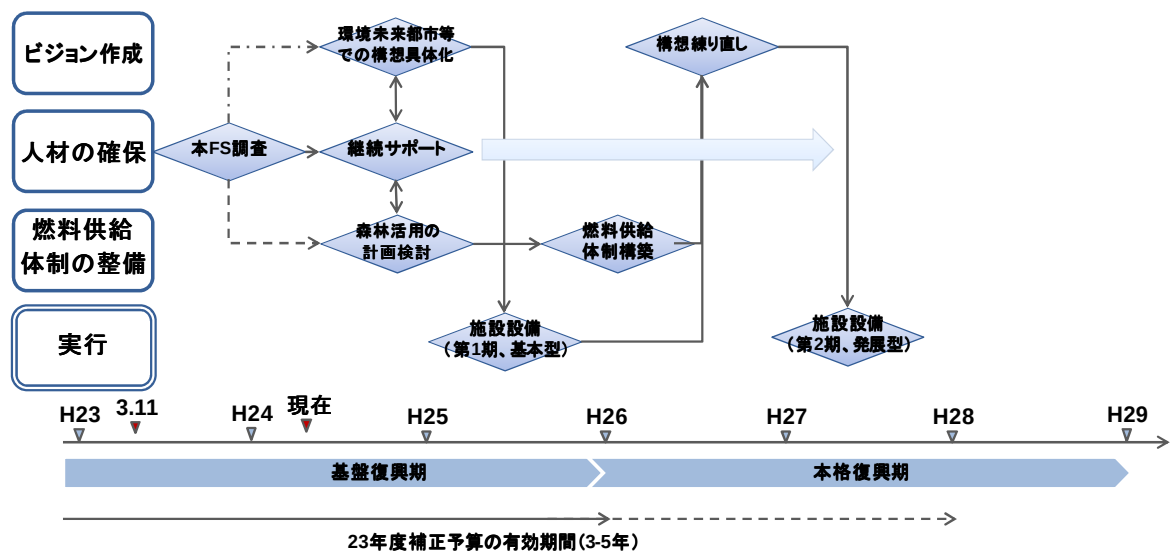
3.1 課題解決の優先順位を組み込んだロードマップ

以上、課題解決策の案を、全県共通事項と各地域固有の解決策と分けて示してきたが、これらの施策を展開するにあたって、地域が置かれた状況に共通項もあることから、必要な手順が共通的に存在すると思われる。この手順を、ロードマップイメージとして、図表II-7に示した。

本格的なバイオマスエネルギー利用のイメージがない現状では、まず外部人材からの情報提供・議論を通じて、地域におけるバイオマス利用の具体的な案件候補を抽出する作業が必要である。本調査は、まさにその役割を果たすことができたと考えている（人材の確保）。その上で、例えば環境未来都市等での構想具体化（ビジョン作成）と、森林活用の計画の検討（燃料供給体制の整備）が必要である。これらを踏まえて、初めて具体的なバイオマス利用の施設整備を行うことができる（実行）。燃料供給体制の具体的な設備投資が行われるのはこの段階になってからが現実的である。

これらの一連の試行的取組を経て、初めて様々な知識が血肉化され、再度構想が練り直され、第二期の施設整備が行われることになる。これらの手順を意識しつつ、かついかに間髪を入れずに、シームレスに実行していくかが地域でのバイオマス利用実現の鍵になるだろう。

図表 II-7 ロードマップイメージ



3.2 取組のモデルとしての紫波町のチャレンジ

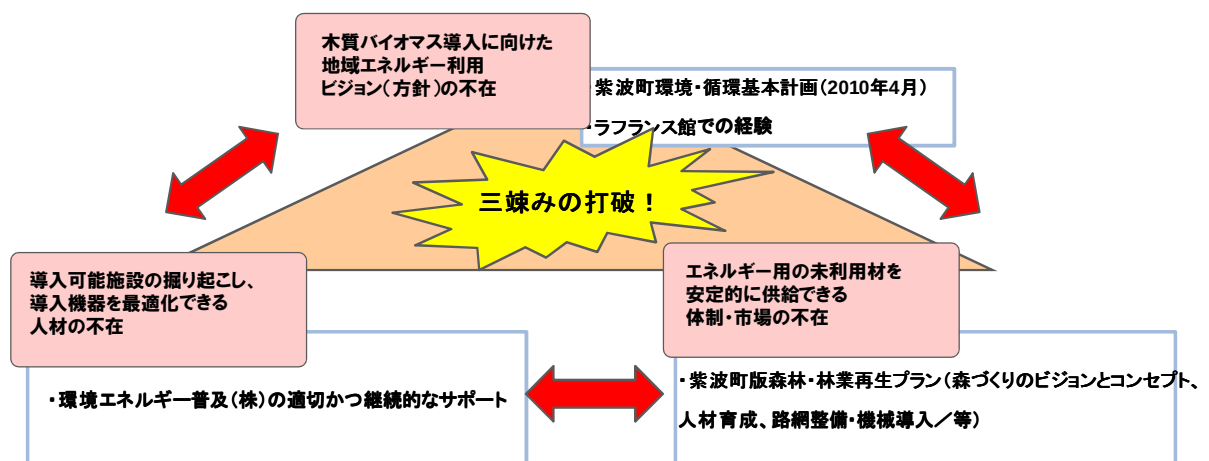
最後に、モデル事例として、紫波町の事例を紹介したい。紫波町の事例は、まさにこの手順を踏みながら、「三竦み」構造を解消してきた例として位置づけることができるからである。

紫波町は、地域事情によく精通した環境エネルギー普及（株）の継続的なサポートを受けてきた地域であり（人材の確保）、平成 22 年（2010 年）に、紫波町環境・循環基本計画を策定しており、これが「ビジョン」として機能している。この計画策定後、町営のラ・フランス温泉館において、太陽熱利用と廃熱利用の再生可能エネルギーの複合利用に取り組み、第二期工事として木質ボイラの導入を行なっているところである。更に、駅前の再開発エリアにおける地域熱供給のプロジェクトがスタートしている。

この段階で、地域からの燃料供給の必要性が発生し、平成 24 年度から紫波版森林・林業再生プランを実行することになっている。

紫波町は、被災地への支援事業を行うなどして沿岸自治体とのつながりも深いことから、これらの取組を通じて、沿岸地域はもちろん県内全域へのモデル展開が行われることが期待される。

図表 II-8 紫波町の取組意義の構造



平成 23 年度林野庁請負業務報告書

「平成 23 年度木質系震災廃棄物等の活用可能性調査
(岩手県域調査 (2 号契約))」

平成 24 年 3 月 9 日

発注者 林野庁

請負者 東京都港区虎ノ門 5-11-2

三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社

北海道札幌市中央区北 1 条西 21 丁目 3-35

株式会社 森林環境リアライズ

岩手県盛岡市本町通 2 - 8 - 25

環境エネルギー普及株式会社