

などにより、農業事業者の経営は厳しい局面に立たされていた。燃料を地元産の木質エネルギーに転換することで問題解決ができると考えた。しかし当時、県内および国内産の木質バイオマス燃焼機では対応することが厳しかった為、2006年より木質バイオマス活用に関する調査研究を開始した。これは決して食べ物の旬を無視した加温ハウス農業自体を正当化するのではなく、むしろ植物資源エネルギーの活用を促進してゆくための一つの手段として進めていった³⁾。

高知県の農業用ハウスで使用している燃焼機は、生産している品目によっても異なるが10アール当たりおよそ10~12万kcal/hの発熱量が必要である。重油などの液体燃料を使用する場合には燃焼機の小型化は容易であるが、木質チップなどを使用する場合、装置が大型化するという問題がある³⁾。高知県では地形上の制約や限られた面積の上にハウスがある場合も多く、新燃焼装置開発に当たっての課題は、可能な限り小型で高い熱効率であることが求められた³⁾。また、装置自体や周辺機器への初期コストが低額であることや、その後の維持・メンテナンスコストが安価であることも重要である³⁾。開発に当たって事前のアンケート調査を行い、農業者の意思決定価格を参考にして、それらを設定条件に置いて開発に着手した³⁾。

2.2 芸西村実証実験

高知県南部に位置する芸西村は農業が盛んで、村内ハウスで使用されているA重油は年間平均約7,000klあり熱量換算した場合6億Kcalに及ぶ¹⁾。一方、芸西村内の山林から得られる持続可能な供給熱量限界はおよそ8億9400万kcalと推測され、加温ハウス農業へのエネルギー供給には十分であると判断した³⁾。

実証実験ではトルコ桔梗苗を16,000本栽培する6アールの実験用ハウスとした³⁾。トルコ桔梗栽培に必要な温度は15°C以上である為、新たに開発した60,000kcal/h出力可能な木質チップ用バーナー（10%以内の含水率の場合）を設置して試験運転を行った²⁾。燃料となるチップは、村内の雑木林及び人工林から伐採した木材と、製材工場から排出された残材を買い取り、チップパーにかけて加工した³⁾。開発した木質チップ用バーナーは十分機能したが、木質チップ特有の問題が明らかとなった。木材をチップ化する事でかさ密度が約3倍になる。県下では狭い平地にハウスを設置しているケースが多く農道幅も有効幅2.5mほどしかない場合もあり、大きな



図2. 開発した木質ペレット燃焼機⁴⁾

ボリュウムの燃料運搬及び貯蔵の問題が残った。更にチップに含まれた水分は一定でない為、発熱量が安定せず、比較的高い設定温度を必要とする植物栽培ハウスでは致命的な問題であった。そこで、同じ木質であるが熱量がチップの2倍以上有し、水分率が安定しハンドリングにも優れた木質ペレット燃料に方向性を絞り、ペレットの燃焼器の開発に着手した。再度芸西村でのピーマン栽培ハウス（7.3アール）にて実証実験を行った⁴⁾。燃料となるペレットは、域内でペレット加工施設が無かった為、域内で伐採した木材を域外でペレット化し使用した結果、開発した燃焼機において燃焼の上で概ね支障は無く、その有効性を実証した（図2）⁴⁾。

3. 地域が自立する地域産業構築、木質資源によるエンジン構築の立案・計画

3.1 緑の分権改革調査

2010年、総務省は地方公共団体と市民、NPO等の協働・連携により地域の資源を最大限に活用するシステムを創造し、地域から人材、資金の流出を防ぎ地域を分散自立・地産地消そして低炭素型としていくことで、地域の自給力と創富力を高める地域主権型社会へと転換することを目とした、「緑の分権改革」政策推進事業を行った⁵⁾。

本推進事業を受託し、筆者らは高知県物部川流域において木質バイオマスエネルギーを活用した、持続可能な物部川流域新産業モデル（図3）を構築し、自立した地域社会の形成を目的として、実際に物部上流域でオガ粉を製造及びペレット化したものを、物部下流域のかんきつ類加温ハウスで燃焼実験を行った。その有効性を検証するとともに、木材搬出からペレット加工、製造、貯蔵、運搬という全体の流れを検討し、実現可能なペレット製造工場、運営組織等の計画提案を行った⁶⁾。

本実証試験で製造された試験用全木ペレットは、日本ペレット協会の示す品質規格の基準を満たすものではあったが、実証試験で使用した燃焼機が6mm径以下のペレット使用を前提として開発されたものであった為不具合が生じた。しかし、実験で使用し

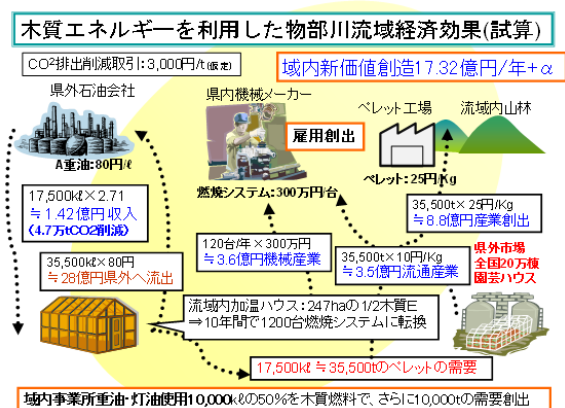


図3. 木質エネルギーを利用した物部川流域新産業モデル⁵⁾

た燃焼機でも 6mm 径のペレットでは問題は発生せず、設定温度の高いかんきつ類ハウスに於いてもペレットでの加温の有効性が実証できた⁵⁾。

この実証調査を通して製造工場の違いやペレットの材料となる木材の種類に関わらず、ユーザーの求める品質のペレットを安定供給するには、ペレット製造分野及び燃焼機器分野での更なる技術的発展、技術水準の向上が必要であることが明らかとなった⁵⁾。

3.2 高知工科大学グリーンエネルギープロジェクト

これまでの研究・調査を経て構築した木質エネルギーを利用した持続可能な社会モデルを実装する為、2011 年、高知工科大学グリーンエネルギープロジェクトを立ち上げた。このプロジェクトでは、高知工科大学にバイオマス発電施設を併設し、自らが発電事業を行い自己消費すると共に余剰電力を販売するという計画であった⁷⁾。当時高知工科大学では、年間 870 万 kWh の電力を購入しており、年間の電気料金は 1.3 億円で、その他 LPG をも含めた総燃料使用料金は 1.4 億円にのぼる⁷⁾。それをバイオマス発電及びペレット使用により、100%再生可能なグリーンエネルギーに変換するという計画であった(図4)。

本プロジェクト計画当初に、当時の本大学理事長から出された条件は、発電の燃料が何であれ、現状の電力価格(プロジェクト当時 15 円 30 銭/kWh)を超えてはならないという事であった。そこで、発電コストを下げるため、発電所に木質ペレット工場を設置し、発電時に出る排熱を利用したペレット製造、また近隣大型ハウスへの排熱及びペレット供給をも組込むことより、トータルな構造でその要求

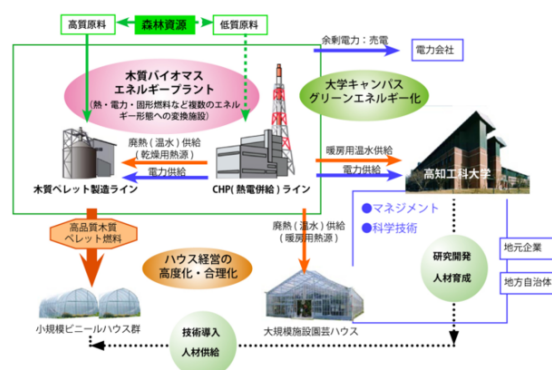


図4. 高知工科大学グリーンエネルギープロジェクト概要⁷⁾

をクリアした。またその後に施行された再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)により、要求を十分クリアできることが証明でき、プロジェクトは具体的な方向へと進んでいった。ところが、プロジェクトを進める過程で大きな問題に直面した。高知工科大学は高知県公立大学法人であり、他の文部科学省が管轄する国立及び私立大学とは適用される法律が異なる。公立大学法人に適用される地方独立行政法人法は、大学が教育以外の事業を行う事を禁止していたのである。そこで、急遽大学初ベンチャー企業を立ち上げることとなり、2011 年 7 月、株式会社グリーン・エネルギー研究所(GEL)を設立した。またプラント建設場所も高知工科大学近隣の香美市内を選定していたが、高知県西部の宿毛市西南工業団地へ変更する事となった。本プロジェクト事業概要を表1に示す。

本プロジェクトに必要な総資金は建設費及び開業までの必要資金を含め約 46 億円(表2)である。この内、有志による資本金が 2 億円。資本金以外 44 億円の内 17 億円は県の木質資源利用促進事業による補助金、そして残りの 27 億円は金融機関から調達する必要があった。

3.3 資金調達

27 億円を調達する為、2011 年後半より地元金融機関を回ったが当時地方の金融機関にはプロジェクトのファイナンス実績が乏しく、俄には受け入れられなかった。その後産業革新機構、日本政策投資銀行、みずほ総合研究所を経て、みずほ銀行でプロジェクトのプレゼンテーションをさせていただくことになった。ここで出された条件はプロジェクトの計画を第三者機関による評価を受ける事であった。その評価報告を持って融資審査を受け、2013 年 8 月

表 1. プロジェクト事業概要⁸⁾

宿毛バイオマス発電所

施設名称	宿毛バイオマス発電所
発電仕様	定格発電出力 6,500kW /送電電力 5,800kW（最大 6,000kW）
使用燃料	木質チップ燃料 （未利用木材、一般木材）
計画売電量	約 4,500 万 kWh/年（定格運転時）
形式	自然循環式水管ボイラ
燃焼方式	コンビネーションストーカー炉
仕様	衝動減速機付蒸気タービン
発電機仕様	三相同期発電機
燃料使用量	最大 9 万 t 程度/年使用（50%-WB 時）

木質ペレット製造所

施設名称	木質ペレット製造所
製 品	木質ペレット燃料 （ホワイトペレット） 含水率：6-8%程度 寸法：直径 6mm、長さ 10-30mm 程度
仕 様	時間当たり生産能力 2.5t/h
使用原料	「針葉樹」丸太、背板・オガなど製材 端材
導入例	農業用ハウス加温設備、畜産関係獣舎 暖房設備、製茶・海産物の乾燥設備、 温浴施設の給湯設備等

にシンジケートローンの組成が決定し資金調達の基本が整った。資金調達開始からおよそ 2 年間で費やした。

金融機関が評価の対象としたプロジェクトのポイントは、(1) 原材料調達に関する事項 (2) 製品販売に関する確実性 (3) 運転・運営の体制 (4) 地元自治体の支援体制 (5) 事業収支シミュレーション・事業性評価 (6) 事業リスクの認識とその対応に関してであった。この事業リスクとは、工事完工リスク・工事遅延リスク・コストオーバーランリスク・性能未達成リスク・マーケットリスク・オペレーティングリスク・許認可リスク・災害リスク等であり、それぞれが発生した場合の対応策を準備する等、金融機関の厳しい審査に耐え得る綿密な実施計画が必要であった。第三者機関評価を受けるため、資料を作成するコンサルタントへの報酬など想定外の出費や半年以上の調査及び評価期間を確保するためのスケジュール調整等問題はあったが、振り返ればこの時点でリスク対応への計画変更や事前準備

表 2. プロジェクト資金計画概要

発電プラント工事費	18 億 1000 万円
ペレットプラント工事費	4 億 7000 万円
特別高圧電気設備費	1 億 6000 万円
送電線への接合費用	1 億 1000 万円
建物及び外溝工事費	12 億 5000 万円
重機など車両費用	1 億 3000 万円
設計・コンサルタント費用	1 億 3000 万円
工場用地費用	8000 万円
金融費用	9000 万円
開業までの必要資金	2 億 1000 万円
運転資金	1 億 6000 万円
Total	46 億円

などを細部にわたって検討していた事によって現在の状況があると言える。

4. 社会実装：宿毛プロジェクト

4.1 宿毛工場建設

株式会社グリーン・エネルギー研究所 宿毛バイオマス発電所・木質ペレット製造工場建設設計は資金調達作業と並行して行った。スケジュールを以下に時系列で記す。

2012 年 8 月～2013 年 1 月基本設計

2013 年 3 月 認可用資料提出

2013 年 5 月 県の事業認可がおりる（補助金決定）

2013 年 6 月 詳細設計開始

2013 年 6 月 発電施設業者決定

2013 年 7 月 四国電力の系統連系の決定

2013 年 8 月 シンジケートローンの組成決定

2013 年 9 月 当初の計画であった原材料調達予定であった地元チップ業者の協力が得られない事が判明。急遽チップ倉庫をチップ製造棟に計画を大幅変更した。

2014 年 1 月 20 日 起工式

2014 年 9 月 ペレット製造所完成試運転開始

2014 年 12 月 発電試運転開始

2015 年 1 月 15 日 売電開始

2015 年 1 月 25 日 竣工式

4.2 原料調達

宿毛バイオマス発電所工場では稼働率 100%で、年間約 9 万トン（50%WET）の原料が必要である。この材を如何に集めるかが本プロジェクトの要であった。前述のとおり、計画半ばで当初予定してい



(a)



(b)

図 5. 宿毛バイオマス発電所外観



(c)



(d)

図 6. 県内他社の原料置場

た地元チップ業者などからの材料調達がきわめて困難であることが確実となった。また、2014年7月に県内他社の木質バイオマス発電業者による高価な調達単価（経営を度外視したと考えられる）の公表により、市場価格が高騰するばかりでなく、量的調達に対する破壊的ダメージが想定された。これらのことにより発電所運営でのコストオーバーランや運転調整の影響を受けることが確実となった。そこで、既存の林業者以外の調達機能の創造による解決策を立案・実装することが急務となった。新たな生産機能を自社で有することで安定した材料調達への道が開けることにより、工場の経営安定だけでなく地域における就労の場創りや林業における創意工夫や新技術への支援につながるができる。

さらに、調達する原材料の種類・形態での対応が非常に重要なポイントである。FITでは原材料を未利用材と一般材の二つに大別しているが（建設廃材などは別途扱い）、筆者らの視点では未利用材と一般材の区別は用材などとしての価値がある種類や形態かどうかの視点で判断されるべきだと考えていた。少なくとも2014年秋ごろまでの木質バイオマス発電での原料イメージは、写真(c)(d)のような想定が全国の事業者や供給者が有していたと、聞き取り調査などによって得られていた。宿毛発電所における原料の種類・形態は写真(e)~(h)のように、用材としての市場価値のない原料を主として活用している。(e)の写真は集荷された原料（枝葉・タンコロ）をチップ化しているもので、筆者らは未利用材と視ているが、FITではその由来によってどちらかに決めている。（由来によって32円/kWhか24円/kWhになる）(f)の写真は針葉樹でなく自然林



(e)



(f)



(g)



(h)

図 7. 宿毛バイオマス発電所の原料

の広葉樹等であり、この材も由来によって区別される。(g)の写真は製材工場から出たおが粉と針葉樹の樹皮の混合によって燃料としての効果を高める作業で、一般材の扱いである。(h)の写真は山林での集材場であり、市場用の用材と宿毛発電所用の燃料材である枝葉と広葉樹材であり、これらは未利用材扱いである。

5. 考察

2006年から木質バイオマスの地産地消による地域の価値創造活動をはじめて、数々の課題や問題に直面し、その都度多くの意思決定を重ねて今日に至ることができた。その中で特記しておきたい点は資金計画と材料調達についてである。

5.1 資金調達について

前述のとおり、2011年後半よりプロジェクトの資金調達作業を開始し、いくつかの地方銀行をはじめ中央大手銀行を回ったが、大学発ベンチャー企業という金融機関が持つマイナスイメージだけでなく、その多くがバイオマス発電プロジェクトに関する融資経験が少なく難色を示した。その中で、27億円のシンジケートローン組成決定は、地方における新たな前例を創ったと言える。

第一に、一次産業がらみのプロジェクトでは、公的補助金の有無が意思決定の大前提であることが解った。逆から言えば公的補助金が出ないプロジェクトは一次産業分野ではプロジェクトの認証が厳しいことと知っておく必要がある。第二に、プロジェクトの成否は事業計画の評価にかかっていると言える。言い換えれば、事業計画に対する厳しい評価・審査が存在することにより、事業成功への道筋を自

ら具体的に構築して行くプロセスが存在することである。計画が立派に見えても、確実に果実が実ることを実証しなければ、金融機関からの融資は存在しない。

5.2 融資か補助金か

当プロジェクトの総建設費は約40億円で、結果として約17億円の公的補助金を頂戴することになった。残りの建設費用と運営資金は金融機関からの融資と資本金である。この資金調達方法として、もう一つの選択肢があった。2013年1月に政府は木質バイオマス発電建設当たって、建設事業費の7～8割を20年間の無利息融資と3年間に限定した原料使用量に対する補助金を加えた事業が公募された。事業者としてどちらを選択するか意思決定機会があった。

必要資金総額は46億円として、一つは約30億円の無利息融資と14億円の借入金と2億円の資本金で構成され、もう一方は17億円の補助金と27億円の借入金と資本金2億円である。資金調達としてどちらを選択するか意思決定が必要であるが、筆者らの意思は無利息融資と市中調達で44億円全額返済することにあった。その詳細内容については、2014年5月20日の地域連携機構主催の報告会で「精査の必要性」木質バイオマス発電事業の実態から”⁹⁾で公表したので、キーワードのみ表す。無利息、減価償却、法人税、補助金要項、等。

5.3 必要原材料について

本プロジェクトにおいて資金調達は事前の重要事項であり、対して運営上の最重要事項として原料調達がある。その必要量と単価は事業の生命線である。図8は発表された日本国内の木質バイオマス発電所（原材料PKSや石炭との混焼を除く）の発電規模と必要原材料を筆者がグラフ化したものである。この図から約5,000～6000kW規模の発電でも時間当たりの必要原料量が8,000kg/h～16,000kg/hと大きなばらつきがあることが解る。国内産の発電プラントであれば、これほどの幅があることは考えにくい。本当にこれだけの差があるとすれば、原料量が可能な限り少ないプラントメーカーのものしか普及しない筈である。推論できることは、設定条件がどこかで違っていることがその原因と考える必要がある。筆者らが一般的な必要原量を6000kW規模で計算した結果、水分率50%程度の原料では12000kg/hが必要であることを基準にした場合に、10000kg/hを下回る必要量を表示するプラントでは、○調達材

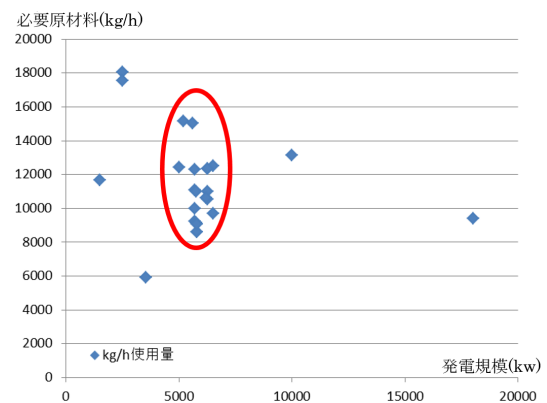


図8. 日本国内の木質バイオマス発電所（原材料PKSや石炭との混焼を除く）の発電規模と必要原材料量の関係（日本木材新聞記事¹⁰⁾より作成）

料量ではなく乾燥などによって水分率50%の所定条件を35%とかそれ以下にした原料を燃やす時の量を表示していることが、もっとも高い可能性である。

必要量が過少に計算・計画されていれば原料の調達単価はそれに対応して比較的高くても経営は成り立つ。

筆者らが調査した同規模程度のプラントでの発電効率は22～25%程度の範囲であり、極端な違いは出ないが、赤い楕円で囲んでいる16のプラントでは、下位に位置する10のプラントで計画量に対して実運転では大きく原料が不足する可能性がある。

これらのことに因する事業運営の結論は運転開始後1年以内にその実態が表面化するものと考える。

さらに、考慮すべきポイントとして原料調達量を $m^3 = ton$ と表記してあることが見受けられる。筆者らの材料試験結果では、杉・ヒノキであっても単位体積重量は見逃せない幅があるとともに、水分率の季節変動幅非常に大きいことから、 $1m^3 = 0.8ton$ 程度で原料量を計算すべきと考える。ただし、樫やシイなどの広葉樹の切り立て間近いものは1:1で妥当と思われる。

謝辞

本稿では2006年より高知工科大学地域連携機構をハブ機能とした産学官による社会実装を念頭に置いた構想構築、調査・研究、計画・立案、第三者評価、そして今回の実行までの過程を、計画と実行の両立場から振り返り、報告及び考察した。本プロジェクトによって県西部地域に新たな雇用を創造しただけでなく、原料調達の林業を含む新たな木質エ

エネルギー産業クラスターを県西部地域全体で形成する見通しが出来たが、この宿毛バイオマス発電所・ペレット製造工場プロジェクトはまだ始まったばかりであり、未だ完全に解決できてないリスクもある。これらを日々精査し、解決策を現場とともに探りながらこれからも持続的な地域社会の形成の為に、このプロジェクトに参画したプランナーからプレイヤーにそのバトンは引き継がれて、さらに成長し進んで行くと確信している。

10年間と言う歳月の中で多くの方々と共に取り組んできた証が、農業用加温ハウスばかりでなく多様な事業所で使用されているペレットとそれを燃やすヒーター、さらには冒頭に記した宿毛バイオマス発電所のプラントとなった。すべての参画者の皆様とともに、お互いの労苦と健闘を分かち合い、「お疲れ様でした」、「有難うございました」で一区切りにいたしましょう。

文献

- 1) “高知県の人口推移 月報（平成 27 年 4 月 1 日現在）。” URL = <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/111901/files/2014021401751/201504.pdf>.
- 2) 永野正展, 松崎了三, 高見志津, “産業創出による地域活性化手法について.” 高知工科大学紀要, Vol. 11, 2014.
- 3) 特定非営利活動法人高知社会基盤システム研究センター, “平成 18 年度森業・山業創出支援総合対策事業「森・アグリエネルギー転換（重油から木質エネルギーへ）促進事業」成果報告書.” 2006.
- 4) 株式会社 相愛, “未利用の森林資源を活用した園芸用ビニールハウス暖房用エネルギーの地産地消システム事業調査事業 実施報告書」バイオマス等未活用エネルギー事業調査補助事業.” 2008.
- 5) 永野正展, 松村勝喜, 高見志津, “木質エネルギーの地産地消による新たな地域産業モデルの構築.” 高知工科大学紀要, Vol. 8, 2011.
- 6) 永野正展, “平成 21 年度 物部川流域「緑の分権改革」推進事業成果報告書.” 2011.
- 7) 永野正展, 永野正朗, 久須美雅昭, “「グリーン・エネルギー プロジェクト in 高知」推進のシナリオ.” 高知工科大学紀要, Vol. 8, 2011.
- 8) “事業内容 — グリーンエネルギー研究所.” URL = <http://www.ge-labo.co.jp/事業内容/>.
- 9) 永野正展, “「精査の必要性」木質バイオマス発

電事業の実態から.” 高知工科大学 地域連携機構 主催報告会, 2014 年 5 月 20 日.

- 10) 日本木材新聞, “わが国のバイオマス発電.” 2015 年 1 月 8 日.

Implementation Report: Foundation of Regional Industry by Self-production and Self-consumption of Woody Biomass

Masanobu Nagano*

(Received: April 9th, 2015)

Research Organization of Regional Alliance, Kochi University of Technology
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782–8502, JAPAN

* E-mail: nagano.masanobu@kochi-tech.ac.jp

Abstract: On 15th January 2015, the operation of woody pellet and woody biomass power plant project has started in Sukumo Hiratacho Kochi Seinan Chukaku Industrial Park which participates in Japanese Feed-in Tariff Scheme for Renewable Energy (FIT) started on 1st July 2012. The scheme of this project was developed by Regional Alliance Organization of Kochi University of Technology, and since then, Regional Alliance Organization have been working on researching, planning, and implementation of this project as an industry-academy-government cooperation. In this paper, the whole processes of the project until now are reported and examined from both point of views, as a planner's view and an implementer's view.