

Ⅲ. 成果内容

○ 要旨

本研究は、少子高齢化や人口減少の進展に伴い衰退の進む地方における新しい公共交通・エネルギー利用の在り方についてのモデル構築を行うものである。

本研究では高知県全土の 84%を占める森林資源に着目し、年間 60 万トン以上発生している切捨て間伐材や林地残材、製材端材などの木質バイオマス資源を地域の経営資源として電力及び熱に変換するシステムを用い、地域のエネルギー資源を使った地域の公共交通システムの確立について検討を行った。

具体的な研究内容は、①公共交通（路面電車）での使用電力量等の調査に基づく発電規模の設定、②国内木質バイオマス発電施設の調査に基づく発電システムの設定、③設定された発電システムにおける経済性分析及び LC-CO2 の算定、④事業モデルの提案、で構成される。

①公共交通（路面電車）の使用電力量調査と発電規模の設定

我々はまず、木質バイオマスを活用した発電（コジェネ）事業の基本モデル設計のため、高知県内の公共交通（路面電車）において使用されている電力量、契約電力（デマンド）値、運転時間、電力料金等のデータについて調査を行った。

高知県の路面電車は、1903 年設立の民間鉄道事業者である土佐電気鉄道株式会社により運営されている。路面電車は年間を通じ 5:47～22:53 のおよそ 17 時間営業を行っており、全路線での年間電力使用量は 4,511,477kWh であることがわかった。また、通常、路面電車で使用される電力は、電力会社からの供給電力（交流）を LRT (Light Rail Transit) の標準電圧（直流 600V）に合わせるため変電設備を整備する必要があり、高知県の路面電車においても、伊野、御免、棧橋の 3 ヶ所に変電施設を設置し、最大需要電力（デマンド値）1,367kW の高圧電力を四国電力より受電している状況である。さらに、電力供給過程において電気事業者より需要家（ここでは路面電車）に対し高圧電力供給を行う際の損失率 5.4%や、発電所用電力量（発電量の約 15%）を考慮し、路面電車への電力全量供給を行うために最低限必要な発電施設規模は 1,700kW であることが明らかとなった。

表 0.1 必要電力供給量および発電規模の設定

路面電車営業時間	05:47-22:53 (17 時間 6 分/日)
変電所数	3 ヶ所 (デマンド値 ; 計 1,367 kW)
電力供給事業者	四国電力
契約電力種	高圧電力 B
年間電気使用量	4,511,477 kWh
送電時損失率	5.4%
発電所内使用電力量	発電量の約 15%
発電規模	<u>1,700 kW</u>

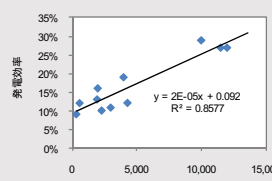
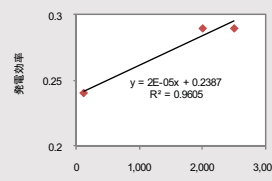
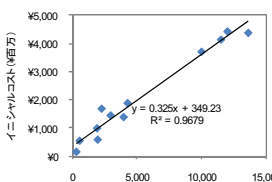
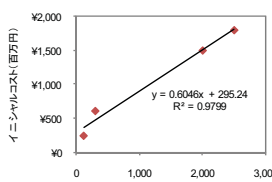
②発電システムの設定

次に、デモプラントを除く国内における 21 箇所の木質バイオマス専焼発電プラントについて調査を行い、各発電システムについての特性の確認と発電効率やイニシャルコストについて試算を行った。

一般的に、実用機として稼働している木質バイオマス専焼発電システムには、バイオマス固体原料を直接燃焼することで得られた熱エネルギーで蒸気タービンを回し発電を行う直接燃焼発電と、バイオマス固体原料を酸素が無い状態あるいは完全燃焼する状態よりも酸素の量を減らした状態で熱分解と化学反応により可燃性ガスを作りだし、ガスタービン、ガスエンジンなどを使って発電を行うガス化発電の 2 通りがある。調査事例数（直接燃焼発電 17 箇所、ガス化発電 4 箇所）に示されるように、国内で稼働しているガス化発電施設の多くはタール処理などの技術的な課題解決方法等について調査実験中であるデモプラントが多く、実用機として稼働しているケースは少ない。一方で、直接燃焼発電においては数十 MW クラスの規模でないと得られない高い発電効率（最高 30%程度）が、ガス化発電は千 kW 未満の小規模なものでも可能である点について優位性がある。

本研究ではこれら両発電方法について検討を行うため、それぞれの発電方法における発電規模と発電効率、発電規模とイニシャルコストの関係について国内事例を基にした分析を行った。分析の結果、1,700kW 規模における発電効率は直接燃焼発電では 12.6%、ガス化発電では 27.3%程度となることがわかった。また、イニシャルコストについては、直接燃焼発電では約 9 億円、それに対しガス化発電は約 1.5 倍の 13.2 億円が見込まれる。

表 0.2 発電システムの特性と分析結果

発電方式	直接燃焼発電	ガス化発電
システム概要	バイオマス固体原料を直接燃焼することで得られた熱エネルギーで蒸気タービンを回し発電を行う。燃焼炉の形式によって燃料条件、燃焼効率、制御、稼働条件、保守法などは異なる。	バイオマス固体原料を酸素が無い状態あるいは完全燃焼する状態よりも酸素の量を減らした状態で熱分解と化学反応により可燃性ガスを作りだし、ガスタービン、ガスエンジンなどを使って発電を行う。
導入事例/課題	国内外において広く普及。技術的な課題はあまりない。	商用機としての事例は少ない。タールやチャーによる効率低下等の技術的な課題有り。
規模 × 発電効率	 <p>10MW以上の規模で高い効率を得ることが可能。 発電規模 1,700kW時の発電効率は 12.6%程度と推測。</p>	 <p>100kW程度の規模でも高い効率を得ることが可能。 発電規模 1,700kW時の発電効率は 27.3%程度と推測。</p>
規模 × イニシャルコスト	 <p>発電規模 1,700kWのプラント建設に要する1kW当りイニシャルコストは約53万円、費用総額は 9.0億円程度と推測。</p>	 <p>発電規模 1,700kWのプラント建設に要する1kW当りイニシャルコストは約78万円、費用総額は 13.2億円程度と推測。</p>

また、木質バイオマスの発電は最高でも 30%程度のエネルギー効率しか得られない（※石炭との混焼は除く）ことから、事業として成立するためには発電過程において発生する排熱を有効活用することで、トータルとしてエネルギー効率を高めることが欠かせない。そのため、本事業モデルでは、高知県の基幹産業であり公共交通同様衰退傾向にある施設園芸ハウスを排熱の需要家として想定する。

③発電システムの経済性分析及び LC-CO2 算定

本研究では、これまでの調査を基に路面電車への電力全量供給を可能とする木質バイオマス発電（コージェネ）システムの設計を行い、この数値をもとに、(1)燃料購入価格、(2)余剰電力買取価格、(3)イニシャルコストに対する補助率、の3要素に基づく直接燃焼を採用したシステムとガス化システムの経済性についての分析を行った。

1,700kW 規模の直接燃焼発電はガス化発電に対しイニシャルコスト面や技術的な安定性での優位性があるものの、大規模な原料の確保や熱需要の確保といった課題のクリアが困難といえる。特に熱需要については、A 重油換算で年間 4,919 キロリットルの需要確保が必要であり、既存施設での熱利用を前提とした場合、立地条件面で実現性に乏しいものといえる。また、イニシャルコストに対する補助率 80%、余剰電力買取価格 20 円/kWh のケースでも原料の買取価格は 4,500 円/トン以下であることが条件となり、地域の山林所有者にとってのメリットが薄いことから、本研究での事業内容に適さないシステムであるとの結論となった。

一方、ガス化発電システムは高い発電効率をベースに原料調達面や熱需要面からも実現可能性の非常に高いシステムであるといえる。仮に、イニシャルコストに対す国及び地方自治体の補助がトータルで 80%で、余剰電力買取価格が 20 円/kWh と設定された場合、原料の購入価格は 6,000 円/トンでも事業採算性を確保することが可能であり、地域への経済効果等を考慮した場合望ましいシステムであるといえる。技術的な課題についても、国内外で商用施設として順調に稼働しているガス化発電所があることから採用可能な技術と判断する。

また、直接燃焼、ガス化の両システムについて LC-CO2（ライフサイクル CO2）についての算定を行った。直接燃焼システム導入による CO2 排出量削減効果は、335,854t-CO2 となり、一方ガス化システム導入による効果は約 190,798t-CO2 であった。直接燃焼のほうが大幅な削減効果を得られる結果となったのは、使用する木質バイオマス原料がガス化に比べ倍以上多く、大規模な木質バイオマス由来の熱需要が確保されるとの前提に基づく為である。また、エネルギーの転換によるグリーン電力やグリーン熱などの環境価値については、直接燃焼発電では合計およそ 1.9 億円/年（グリーン電力：4,700 万円、グリーン熱：1.4 億円）、ガス化発電では合計およそ 1.1 億円（グリーン電力：4,700 万円、グリーン熱：6,700 万円）となった。両者の違いについては、CO2 排出削減量のケースと同様、原料使用量と熱需要量の違いによりこのよ

うな結果となった。

④事業モデルの提案

これまでの検討をもとに、高知県の公共交通（路面電車）への全量供給を中心とした事業モデルについて検討を行った。

本事業モデルでは、経済性分析において事業採算性の確保が可能とされた発電事業モデルを用い、各ステークホルダーについてのメリット及び事業リスクの整理を行った。その結果、本モデルにおけるメリットと事業リスクは共に原料の安定供給の確保と熱需要の確保によって担保あるいは回避可能であることが明らかとなった。つまり事業自体の安定化と各ステークホルダーにとっての事業リスク回避は、ステークホルダー間の関係安定性と互惠・波及効果の安定性によってのみ可能であり、事業の実現化スキームにおいては、この相互関係について地域住民を含めた各ステークホルダーが十分に理解し、事業への参画を行うことが欠かせないといえる。



図 0.1 事業モデル概略図

○ キーワード

路面電車、木質バイオマス、コジェネレーション、LC-CO2