

木質バイオマスによる熱供給の可能性について Study on the possibility of heat supply by wood biomass

久保山裕史^{*1}・柳田高志^{*1}・吉田貴紘^{*1}

Hirofumi KUBOYAMA^{*1}, Takashi YANAGIDA^{*1} and Takahiro YOSHIDA^{*1}

* 1 森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687

要旨: 中小規模の木質バイオマス発電事業の場合、熱電併給を行うことによって経済性を高められるが、その実現には化石燃料による熱利用をバイオマスで代替する必要がある。そこで本研究では、岩手県奥州市においてアンケート調査を実施し、地域の熱需要を把握することによって、熱電併給事業の実行可能性について検討した。調査は、市が持つ企業情報や市内の病院、滞在型福祉施設、ホテル・旅館のリストの中から規模の大きなもの 160 カ所を対象に調査票を配布し、64 の施設から回答を得た。調査内容は、施設の概要、使用エネルギーと用途、中・大型熱源機の台数・用途、バイオマス利用に対する意向、月別・燃料別化石エネルギー消費量である。アンケート調査の結果から、バイオマス利用を実現するためには、エネルギーの従量単価を 30% 程度安くし、接続コストを安価にする必要があることが明らかとなった。また、平均熱負荷の推計から、バイオマスによって代替可能な熱需要が多数存在することが明らかとなったが、熱需要は集約してもそれほど大きくないことから、熱電併給事業は 1000kW 以下の発電規模とすることが適当であるという結果となった。

キーワード: 木質バイオマスエネルギー利用、熱需要、熱供給、熱電併給、化石燃料多量消費事業体

Abstract: Under the Feed-in-tariff system, wood biomass power production has been expanded. However, it is important to use both electricity and heat in case of smaller wood power plant. To realize spreading such CHP system, study about heat demand is very important. Therefore, we estimated heat demand by questionnaire survey by which we collected general information on business, intention for biomass energy utilization and fossil fuel consumption from enterprises such as factories, hospitals and hotels. We sent 160 questionnaires and received 64 answers. By aggregating them, we found that the enterprises preferred cheaper price of biomass energy than that of fossil fuel. From the view point of average heat load, for many enterprises fossil fuel could be substituted by wood biomass. However, aggregated average heat load was not large enough to develop wood biomass CHP of power output 2000kW.

Keywords: wood biomass energy, heat demand, heat supply, combined heat and power, fossil fuel consuming enterprise

I はじめに

我が国における木質バイオマスのエネルギー利用は、戦前・戦後には盛んであったが、エネルギー革命によって石油やガスに代替されたため、議論されなくなった。しかし、1997 年の京都議定書締結以降、地球温暖化防止対策の一つとなり、関連研究が再開されることとなった。2003 年には、新エネ等電気利用法 (RPS) 法が施行され、発電利用が拡大した。これに対して、久保山 (5) は、発電よりも熱利用の経済性が高いことを明らかにした。関連して、小池 (4) や相川 (1)、熊崎ら (6) など多くの研究者が熱利用の重要性を指摘している。

この他にも、森林バイオマスの供給ポテンシャルに関する、Kamimura *et al.* (3) や、低コスト供給に関する吉岡 (11) の研究、乾燥に関する藤原ら (2)、寺岡ら (8) の研究、さらには、早生ヤナギ造林に関する

上村ら (9) の研究など、研究成果が蓄積されつつある。

こうした中、2012 年に開始された再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT) の下で、林地残材や低質丸太を利用して発電した電力が 32 円/kWh という有利な価格で買い取られることになり、各地で 5,700kW 前後の比較的規模の大きな発電施設が稼働するあるいは建設中となっている (7)。そうした施設では、7~10 万 m³ という膨大な燃料を必要とするため、燃料集荷コストの上昇が懸念されている。

これに対して、中小規模の木質バイオマス発電事業の普及に向けて、2015 年に FIT の制度変更が行われ、発電規模 2,000kW 未満の施設からの電力買取価格が 40 円/kWh に引き上げられた。これに対し、柳田ら (10) の「木質バイオマス発電事業採算性評価ツール」を用いて、中小規模施設の経済性評価を行ったところ、

燃料価格が安ければ高い内部収益率が得られるものの、わずかに上昇するだけで赤字に転落するなど、経済性に問題があることが示唆された。一方、中小規模のプラントであっても、熱電併給を行えば経済性を高められると考えられることから、本論では、地域において熱電併給事業を展開する際に不可欠である、木質バイオマスで代替可能な熱需要について検討を行った。

II データと方法

木質バイオマスエネルギー利用が盛んな岩手県の奥州市を調査地域とした(図1)。同市は、人口12.5万人、土地面積は約10万haであり、このうち56%が森林となっている。



図-1.奥州市(黒枠)における回答企業(黒点)

Fig.1 Responding companies in Oshu city

熱需要の推計にあたって、市役所の協力によりアンケートを実施し、熱エネルギー消費に関するデータを収集した。調査対象は、同市企業振興課の「ものづくり企業情報」を活用し、従業員数(パート含む)20以上の企業115件、ネット検索等によって収集した市内の滞在型施設(温泉施設全件と客室が20以上あるホテル)20件、病院9件、介護施設16件の合計160カ所を選定し、2015年7月に調査票の配布を行った。その結果、64カ所の事業体から回答を得た(回収率40%)。

主な調査項目は、施設の概要(名称、場所、施設の種類、施設内の施設・設備、営業日数・時間)、使用している中大型熱源機について(熱源機ごとの台数、使用燃料、使用用途)、施設におけるエネルギー利用の今後について(地域熱供給への加入条件、従量単価条件)、月別エネルギー使用量(ガス、LPG、A重油、灯油)である。

得られたデータを用いて、3つの解析を行った。1つめは、アンケートの質問項目ごとに集計を行い、熱利用状況の分析や熱利用事業体の木質バイオマスエネルギー導入の可能性に対する意向を件数の集計によって明らかにした。

2つめに、各事業体ごとに平均熱利用負荷の推計を行

った。まず、消費熱量の合計 Q (kWh)を次に示した変換係数を用いて計算した:ガス266円/m³、12.5kWh/m³、A重油88.6円/L、10.2kWh/L、灯油106円/L、9.6kWh/L、LPG642.4円/m³、12.8kWh/m³。なお、ガスの価格は水沢ガスの料金C(2015年10月現在)、A重油の価格は石油情報センターの産業用価格(軽油・A重油)大型ローリー納入価格の2014年平均、灯油価格は同じく石油情報センターの民生用灯油(給油所以外)2014年平均、LPGについては液化石油(LP)ガス速報の毎月調査50m³(2015年7月平均)を用いた。

次に、年間営業時間 T を、営業日数 N と営業時間 k の積から求め、 Q (kWh)を T で割ることによって平均熱利用負荷 D (kW)を計算した。

3つめに、熱需要の集計をGIS(ArcGIS)を用いて行った。まず、回答事業体の住所から地図上にポイントデータを作成した。各ポイントを中心として発生させる円(バッファー)の半径については、オーストリアにおける調査から、送熱パイプの長さ当たりの D は1kW/m以上が望ましいとされていたことや、奥州市において D が1,000kW以上の事業体はわずかであったことなどから500mとした。次に、バッファーの中に含まれる D の合計 DH (kW)を算出した。

III 結果と考察

1. アンケートの集計結果 アンケートに回答した事業体の内訳は、工場62%、老人福祉施設16%、ホテル・旅館等12%、病院5%、その他5%であった。主な熱関連施設の保有状況については、図2に示したとおり、温水利用の大きな大浴場が18カ所ある。一方で、蒸気利用設備が19カ所存在することが明らかとなった。洗浄等に蒸気をそのまま利用する場合には、事業体の敷地内あるいは隣地にバイオマスプラントを設置する必要が出てくるが、蒸気だけを利用している施設は少なかつ

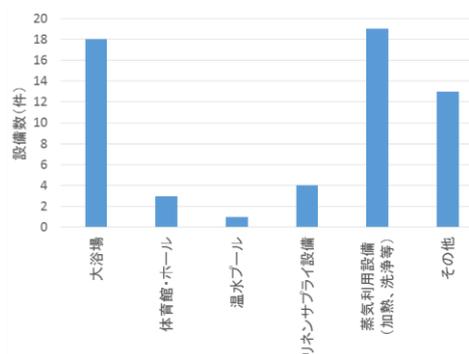


図-2. 主な熱関連設備の保有状況

Fig.2 Number of introduced heat device

たので、温水による熱供給は可能と判断した。回答事業体の消費エネルギーを使用燃料ごとに集計したところ、A重油 70%、灯油 18%、LPG 8%、ガス 4%となっていた。この結果は、価格の安価な A 重油が一般的に利用されていることを示している。なお、表 1 に示したように、主にボイラーを用いて暖房や給湯に利用している事業体が多く、暖房・給湯は、送熱パイプを用いた熱利用に最も適していることから、木質バイオマスのエネルギー利用に有望な地域であると考えられる。

木質バイオマスエネルギーの導入条件に関する集計結果は、図 3 の通りとなった（複数回答）。省エネボイラーを導入した直後、代替できない熱利用である等の理由からバイオマス利用を「検討できない」と回答した事業体も 13 カ所あったが、多くの事業体は導入に好意的であった。

導入条件のうち、最も多かったのは「光熱費が安くなる」であり、2 番目に「接続費用があまりかからない」

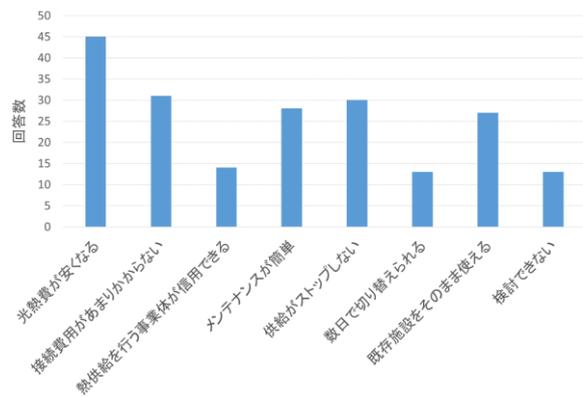


図-3. 木質バイオマスエネルギー導入の条件
Fig.3 Conditions for utilization of wood biomass

が多く、「メンテナンスが簡単」も 28 カ所が選択しており、経済性が重視されていることを示す結果となった。光熱費に関連して、どの程度従量単価（円/kWh）が安ければ導入を考えるかについて質問したところ、図 4 に示したように 30%安ければほとんどの事業体が受入れ可能であるという結果となった（「その他」の多くは、

表-1. 熱源機の利用状況

Table 1 Number of utilized heat device

熱源機	台数	使用燃料					使用用途					
		ガス	LPG	A重油	灯油	電気	冷房	暖房	給湯	冷凍・冷蔵	その他	
吸収式冷温水発生機	6	0	0	2	2	3	6	6	2	1	1	
吸収式冷凍機	5	0	0	2	0	3	5	1	0	0	0	
ボイラー (温水、蒸気)	43	1	6	29	15	1	4	20	29	0	13	
その他	14	1	7	1	6	8	7	10	3	2	6	

検討できない」と回答した事業体によって選択されており、導入コストが高額になると考えていた)。

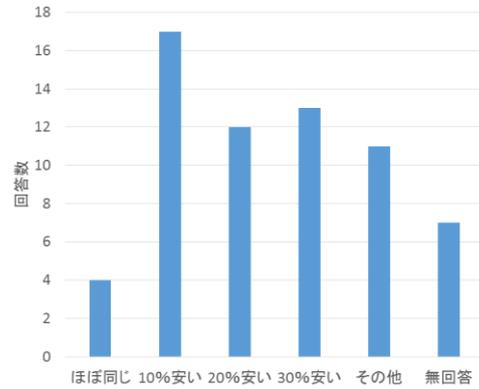


図-4. 導入を考慮する従量単価
Fig.4 Acceptable heat price for wood biomass

2. 平均熱利用負荷の推計 推計された平均熱負荷を集計したところ、平均熱負荷が 50kW を越す事業体数は 41 カ所であった（表 2）。ただし、熱需要が昼間のみ（8 時間程度）の場合、プラントの設備利用率が低くなるため、設備コストの高いバイオマス利用は化石燃料に対抗するのは困難と考えられる。

そこで、上記の中から、熱利用（ボイラー稼働）が 12 時間以上の施設を抽出したところ、26 事業体が該当した。このうち、生チップ対応の中大型ボイラーを導入できると考えられる平均熱負荷が 500kW を超えている事業体数は 9 カ所存在することが明らかとなった。さらに、単独で熱電併給施設が導入できる可能性があると考え

表-2. 平均熱負荷の分布状況

Table 2 Distribution of average heat load

平均熱負荷 (kW)	事業体数	うち営業等12時間以上
~50	18	7
~100	12	4
~500	18	13
~1000	8	6
1000~	3	3
不明	5	0
合計	64	33

られる平均熱負荷が 1,000kW を超える事業体数は、3カ所存在することが明らかとなった。ちなみに、最大の平均熱負荷は 1,112kW であったが、こうした負荷量の中には温水供給で代替できない直接加熱等のエネルギー量も含まれることから、多少割り引いて考える必要がある。

3. 熱需要の集計 近接する事業体を送熱パイプで結合し、熱需要を集約できるかどうかを判断するために、熱負荷が安定してあると考えられる前節の 33 事業体を対象に、500m のバッファを発生させ、その中に含まれる事業体の平均熱負荷を集計した。その結果、合計の平均熱負荷 DH が 500m の送熱パイプの埋設に妥当と考えられる 500kW 以上となったバッファ数は 11 カ所となった。また、熱電併給実施の可能性が高いと考えられる合計の平均熱負荷が 1,000kW 以上となったものは 4 カ所であった。ただし、同一の事業体を含むバッファの重複を考慮すると、2つのバッファは同一地域と考えられたことから、熱電併給の可能性が高い地区は 3つあるという結果となった。なお、最大の合計平均熱負荷量は 1,630kW であり、それを除いた 2つの地区の合計平均熱負荷量は 1,200kW 以下であった。

IV まとめ

調査対象とした岩手県奥州市では、A 重油や灯油を消費している事業体が多く、その用途も暖房・給湯利用が多いことから木質バイオマスによる代替可能性は高いと考えられる。化石燃料の代替を実現するためには、エネルギーの従量単価を 30%程度安くする必要があると同時に、熱供給システムへの接続コストを安価にする必要があることが明らかとなった。

個別の事業体の平均熱負荷は、1,000kW 以上の大きな需要が 12 時間以上安定しているものは 3 件と少なく、単体で熱電併給事業が可能と考えられる施設は限られるという結果となった。一方、チップボイラーによる熱利用に適した 50kW を超える安定した熱需要のある事業体の数は 41 件に上り、木質バイオマスエネルギー利用の地域展開の可能性は非常に高いと考えられる。

個別事業体から送熱パイプを延ばして熱需要集約を行った場合、安定した熱需要が 1MW 以上ある地区は 3 つあることが明らかとなった。このうち、最も負荷の大きい地区は 1,630kW であったが、発電規模 2,000kW 程度の熱電併給事業を行うには、4,000kW 前後の熱需要が必要であることから、発電規模の引き下げを検討する必要があると考えられる。なお、発電規模を 500kW 程

度とすれば、熱出力は 1,000kW 前後となるので、3つの地区では、熱電併給事業が実行可能であると考えられる。ただし、冬場と夏場の需要の差が大きな事業体が多いことから、年間を通じた総合効率向上に向けた取り組みが必要となろう。

謝辞

本研究は、岩手県奥州市から受託した「木質バイオマス発電施設に対する燃料供給量予測と事業採算性評価手法の開発」事業の下で実施された。市役所の高橋秀和氏をはじめ、奥州市の皆さんに御礼申し上げる。

参考文献

- (1) 相川高信 (2014) 木質バイオマス事業 林業地域が成功する条件とは何か. 全国林業改良普及協会, 東京: 144pp
- (2) 藤原まや・岩岡正博・松本武・猪俣雄太・村瀬絵美・牧玄 (2015) 通気型フレコン内部における枝条チップの乾燥特性と含水率変化モデルの構築. 森林利用学会誌 60(4): 145-152
- (3) Kamimura, K., Kuboyama, H., Yamamoto, K. (2011) Wood biomass supply costs and potential for biomass energy plants in Japan. Biomass and Bioenergy 36: 107-115
- (4) 小池浩一郎 (2014) 地域で活かす森林エネルギー, グリーン・パワー. 2014 年 1 月号~12 月号
- (5) 久保山裕史 (2008) 木質バイオマス利用の現状と利用拡大方向について. 山林No.1486: 25-33.
- (6) 熊崎実, 沢辺攻 (著, 監修) (2013) 木質資源とことん活用読本: 薪、チップ、ペレットで燃料、冷暖房、発電. 農山漁村文化協会, 東京: 164pp
- (7) 資源エネルギー庁 (2015) 固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト
- (8) 寺岡行雄, 合志知浩 (2011) 野外乾燥時期の違いとビニルシート被覆によるスギ枝条の乾燥過程. 日本森林学会誌 93: 262-269
- (9) 上村章・原山尚徳・北岡哲 (2012) バイオマス造林樹種ヤナギの低コスト高収穫のための施策. 北方森林研究 Vol60: 21-22
- (10) 柳田高志・吉田貴紘・久保山裕史・陣川雅樹 (2015) 再生可能エネルギー固定価格買取制度を利用した木質バイオマス発電事業における原料調達価格と損益分岐点の関係. 日本エネルギー学会誌 94(3):
- (11) 吉岡拓如 (2012) 森林バイオマス収穫システムの低コスト化に向けて. 森林利用学会誌 Vol27(3): 153-157