

バイオマスエネルギー利用から見た日欧比較



若 者

中 塚 記 章*

Comparison between Japan and Europe through Biomass Energy Utilization

Key Words : Woody biomass, Japan and Europe, Energy Utilization

はじめに

私がバイオマスという単語と出会ったのは、大学4年生で大阪大学工学部応用理工学科機械工学科目燃烧工学研究室に配属されて、研究テーマ選択に臨むその瞬間となります。つまり今から10年前のことです。それまで、ただひたすらに自動車が好きで、自動車のエンジン内の燃烧現象の研究が行いたくて、(そして自動車メーカーに就職したくて)研究室配属で見事第一希望の枠を勝ち取りました。そこで私の人生を大きく揺るがすイベントが起こります。私が行う研究が“木質バイオマスガス化ガスの部分燃烧改質”に関するものに決定したのです。青天の霹靂でした。指導教員であった大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻赤松史光先生からは、「自動車メーカーでは、エンジン内の可視化に高輝度レーザーを用いた光学計測を適用している。木質バイオマスをガス化したガスの部分燃烧過程にも、そのような光学計測の適用が可能であり重要な研究になるはずだ。」と伝えて頂きました。研究“になる”。なるほど、大学の研究室では、研究“をする”のだと思っていましたが、研究“にする”ところから始まるのだなと理解するためには、数年を待たなければなりませんでした。

今回の原稿で述べさせて頂きますバイオマスエネルギー利用から見た日欧比較に関しても、産業技術

総合研究所の木下裕介先生らとともに、普及シナリオを描く、という視点から、研究“にする”ことを楽しんでます。この度、このような原稿執筆の機会を頂きましたので、学術論文になる頃には削ぎ落とされてしまうであろう内容を特に取り上げることになります。

木質バイオマスのエネルギー利用

木質バイオマス発電の要素技術、特にエネルギーの地産地消に役立つ“小型分散型木質バイオマス熱電併給システム”の要素技術として重要なガス化およびガス化ガスの後処理に関する研究は、2006年に“バイオマス・ニッポン総合戦略”が策定されることを待たずに国内でも盛んに行われてきましたが、2012年に施行された電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法により“再生可能エネルギー電力固定価格買取制度 (Feed in Tariff; FIT)”が開始されて3年が経過しても、国内に国産技術の木質バイオマスガス化プラントが多数設置されるという状況にはありません。これは、日本国内の燃料供給体制との関わりからくる木質バイオマスガス化技術の困難さ、政策誘導とのミスマッチに代表される要因が複雑に絡み合っているためであると考えられます。また、そもそも一般市民がそのような技術の普及を望んでいるのか、というより実際的な問題も横たわっているのではないのでしょうか。

上記のような視点の重要性への気付きとともに、赤松史光先生に木下裕介先生(当時は大阪大学環境イノベーションデザインセンター所属)をご紹介頂いたことをきっかけに、バイオマスのエネルギー利用技術がいわゆる“死の谷”、“ダーウィンの海”を越えることがどのようなことであるのかということ、を明らかにするという研究に着手しました。技術的



* Noriaki NAKATSUKA

1983年9月生

現在、大阪大学大学院工学研究科 附属
高度人材育成センター グローバル若手
研究者フロンティア研究拠点 助教
博士(工学) 燃烧工学

TEL : 06-6879-7257

FAX : 06-6879-7254

E-mail : nakatsuka@wakate.frc.osaka-u.ac.jp

には、燃料供給体制が整い、ある程度均質な性状（形状、含水率）の木質バイオマスの供給が可能となれば、小型分散型の木質バイオマスガス化熱電併給システムを安定稼働させることは可能です。しかしながら、上述の“再生可能エネルギー電力固定価格買取制度”で設定された系統電力よりも大幅に高価な電力の買取価格をもってしても、小型分散型の木質バイオマスガス化熱電併給システムが事業性を持つことはないと言われています。これは、日本国内におけるバイオマス燃料供給体制と、システムの設置サイトにおける電気と熱の需要に対して適切なエネルギーマネジメントが提案可能な設計指針の確立が未だになされていないためであると考えています。また、均質な燃料の供給体制の確立のために、実際的に重要となる要素が定量的には評価されていないのではないかと感じています。

我々が、欧州に渡り現地での木質バイオマスのエネルギー変換システムの機器構成や、実証サイトにおける機器の実際の運用の視察調査を行うのは、情報伝達の過程で欧州の実情に意図せずニュアンスを付与されることを避けるためです。次節では、実際に2回の欧州バイオマス視察調査（2014年9月、2015年9月）を行い、印象に残ったことを振り返りながら、上述したように今回の欧州バイオマス視察調査結果が学術論文という形で公表される際には削ぎ落とされてしまうような内容を、個人の感想も含め書き連ねてみます。

欧州バイオマス視察調査

2014年9月オーストリア・グラーツ市にある Reininghaus Süd 地区から、我々の欧州バイオマス視察調査は始まりました。公道沿いに建つ鉄筋コンクリート製で36部屋から成る老人向けアパート（24時間体制で管理人が常駐）は、1m²あたりのエネルギー負荷が20kWh/年の“ローエネルギーハウス”とのことです。このアパートの隣には日本では普及前夜である特殊な集成材 CLT（Cross Laminated Timber）製の12棟のアパートがあり、こちらは更に省エネが進んでいて、1m²あたりのエネルギー負荷が7kWh/年とのことです。この地域で20年前に建てられた一般的なアパートのエネルギー負荷は、1m²あたり70kWh/年とのことです。そして、太陽光発電と地中熱利用によって生み出される電気と熱の

エネルギーが、消費されるエネルギーを上回っている“アクティブハウス”となっています。そしてアクティブハウスの CLT 製アパートには、ボイラーが無いそうです。そうであれば前述の老人向けアパートも、CLT 製のアクティブハウスにすると良いのではないかと思うのですが、公道からの騒音を遮るために、あえてこちらは鉄筋コンクリート製としているそうです。あくまで CLT でアパートを建設することが目的ではなく、理念としても経済的にも市民（全員ではなくても）の目に魅力的に映り、商品の付加価値を向上させることが目的にあるのだと思います。ちなみに、CLT を用いた建築物は法律により、オーストリアでは5階建て、日本では3階建てが上限であると定められていますが、技術的には更に高層化することが可能であるとのことでした。

ここから学んだことは、エネルギー利用に際して同時にエネルギーの節約の手段も設計することの重要性、そして手段が目的化することがない計画の合理性ではないかと思っています。



図1 実際に住まわれているアクティブハウスと、建設中のアクティブハウス



図2 建設中のアクティブハウス

その後、オーストリア・ギュッシンクに移動して、Strem村のベルンハルト・ドイチュ村長によるご講演を聴講しました。ギュッシンクはハンガリーとの国境に面した地域です。ギュッシンクを含むブルゲンランド州は、第一次世界大戦中はハンガリー領でした。第二次世界大戦後45年間は、東西欧州の“鉄のカーテン”によりギュッシンクからハンガリーに渡ることができず、大変な苦しみを経験された地域です。そのような歴史的背景もあり、インフラ（高速道路、天然ガスパイプライン）が整備されておらず、1988年には“オーストリアで最も貧しい街”というように認知されるようになったとのこと。



図3 オーストリアとハンガリーの国境（オーストリア側からハンガリーの方向を撮影）

この基礎自治体の貧困の原因を分析されたところ、地域の資金の海外流出が顕著であったと判明しました。特に、年間3,500万ユーロも支払ってエネルギー資源を海外から購入していたそうです（当時の人口：約2万人）。そこで、ギュッシンクでは、①エネルギーの節約、②エネルギーの利用効率の向上、③化石燃料代替エネルギーの利用、という3つの指針を打ち出したそうです。現在では、地域外に流出していた3,500万ユーロ/年のうち、主に自動車用燃料の輸入を除く2,200万ユーロ/年が地域内を循環するようになったとのこと。ちなみに、化石燃料を一切使用しないという方針を打ち出した時、最初は嘲笑され、次に反対され、成功の色が見え始めるとそれは当初からの政策であったと掌が反ったのだそうです。バイオマスエネルギー事業に関連した企業誘致による雇用創出と税収増は、見過ごすことのできない規模になっています。しかし、このような好循環が文字通り回り始めるには、初動の大きな静止摩擦係数に打ち勝つことに加えて、数年単位

の比較的長い時間を要します。ちなみに、ペーター・ワーダッシュ元ギュッシンク市長は、70歳で引退されるまでの4期20年に渡り、市長を務められたそうです。良く言われるように、政策に長期的視点を盛り込むことの重要性が古今東西問わず重要だということの一つの現われであると感じました。また、文字通り“死活問題”に晒されて初めて、現状打破の機運が高まり、これが事業成功の大きなモチベーションになるのだと思います。

国境を越えて、ドイツ・Mülhausen村（人口約3,000人）を訪れました。ここには、木質バイオマスガス化熱電併給システムを製造販売されている、Burkhardt社があります。110 kg/hの木質ペレット（欧州規格ANA1）（不完全燃焼）して得られる発生炉ガスと4～5 L/hの菜種油から、180 kWの電気と、270 kW（85℃の温水）の熱を得ることができる機器です。Burkhardt社は、1978年にGuahart Burkhardt氏によって創業されました。Burkhardt家はMülhausen村に土着の家系で、従業員約300人の、まさに地元企業です。2004年から木質バイオマス事業を展開され、2008年にガス化の方式を改良し、現在のV3.90という型式に近づいてきたとのこと。2014年夏の段階で、全世界に110台程度の販売実績をお持ちです。受注には波があるので、安定した経営を行うためにメンテナンス契約の締結と合わせて木質バイオマスガス化熱電併給システムを購入されることを推奨されているそうです。この受注に波があるということが、日本の比較的大規模な企業が死の谷やダーウィンの海を渡る決心をすることを阻んでいるのではないのでしょうか。開発指針として、



図4 リアクター（木質ペレットガス化炉）部分のパッケージ

徹底的なオートメーション化による無人運転の実現と燃料の規格を厳格に設定することによる燃料トラブルの根絶です。これにより、熱電併給事業の人的費用削減と機器稼働率の安定化で採算性が向上することです。ただし、欧州のように木質ペレットの品質の規格化（サイズや含水率だけでなく、強度など多岐にわたる）がなされていない日本に、当該ガス化熱電併給システムを導入する場合には、厳しく品質管理された木質ペレットの安定供給が初期段階で大きなハードルになることが想定されます。

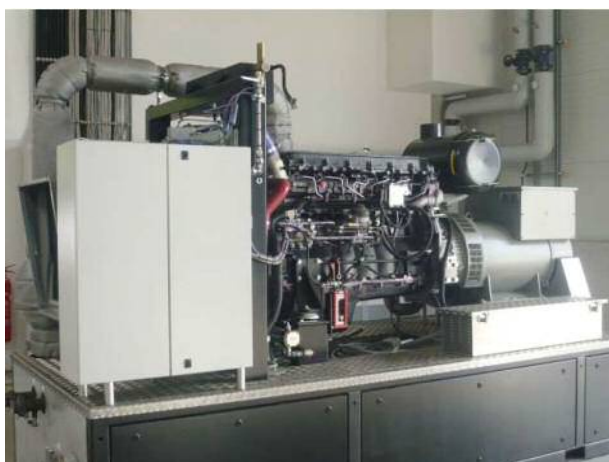


図5 エンジン（MAN D26がベース）と発電機のパッケージ

2015年9月に、欧州バイオマス視察調査の第二弾を行いました。その際に訪れたドイツ・St. Peter村では、先に述べたBurkhardt社の木質バイオマスガス化熱電併給システムが実際に稼働しており、熱供給事業が行われています。その熱供給事業の主体は市民エネルギー組合であり、市民のイニシアチブにより結成された組合とのこと。組合の目的は、熱の供給と受け取りを自然エネルギーで行うことであり、この事業の目的は組合員の熱エネルギーコストを下げるということ、組合そのものが利益を得ることを目的にはしていないそうです。熱源としては、ベースロードとしてBurkhardt社の木質バイオマスガス化熱電併給システム（270kW）があり、木質チップボイラー（1,700kW）、熱需要のピーク対応のために石油ボイラー（2,700kW）があります。石油ボイラー以外の木質バイオマス熱源とする機器で、年間の熱需要の約95%を賄われているそうです。熱需要は、季節変動、時間変動が大きいことが特徴ですので、熱供給体制をどのように構築する

かが極めて重要となります。その点については、ご説明頂いた市民エネルギー組合のマネージャー、Markus Bohnert氏の森林官（Forester）としての知識が活かされているそうです。ドイツの森林官は、森林経営だけでなく機械工学に関しても相当なレベルが要求される国家資格です。木質バイオマス熱電併給システム（ガス化には限らない）を選定される際には、2009年～2013年の5年の歳月を費やして、世界中のシステムを技術面と採算面の両面から精査されたそうです。特にBurkhardt社の木質バイオマスガス化熱電併給システムが、年間7,500時間の稼働時間を保証するという点が決め手になったそうです。「本来は、木質チップボイラーと燃料を共用するために、木質チップを用いる熱電併給システムを検討されていたのだが」、とBohnert氏は仰っていました。

熱マネジメントとして重要な季節変動・時間変動への対応に対して、ベースロード熱源を木質ペレットガス化熱電併給システム270kW（180kWの電気はFIT制度により売電）に担わせて高額な初期投資を伴う熱電併給システム導入の採算性確保を行うことをまず定めます。熱出力に対して初期投資が比較的安価で、燃料も木質ペレットに対して安価な木質チップを使用する木質チップボイラーは、部分負荷運転の範囲が狭く、数分での早急な起動が難しいという特徴がありますが、「熱電併給事業全体の変動する熱需要に対する全負荷の熱出力をどのように設定するのか」、言い換えると、「熱出力に対する初期投資が最も安価ではあるが、域外に地域の資金を流出させてしまう石油を燃料として使用する石油ボイラーの稼働状況をどのように設定するのか」、この部分に関して組合員の意見を調整した上でシステム構成を設計されたということになります。全体の事業採算性の検討の際には、木質ペレット、木質チップ、石油の長期的な価格見通しも加味して、更には、木質チップの一部は、当該の市民エネルギー組合の組合員自身から購入するという状況で、熱の購入者であり木質チップの納入者である組合員にメリットがある条件の提示に、持続可能性を担保することが求められているわけです。

おわりに

日本の実情では、木質バイオマスを用いたエネル

ギー事業で市民主導の事業というものは一般的ではなく、行政主導で国庫の資金を用いる補助事業を行うということが一般的ではないかと思えます。日本の行政の現場に、St. Peter 村の段で述べました欧州で言うところの森林官の方が有されている森林経営や機械工学の知識を相当に高いレベルで、かつ1人の方が俯瞰できるような形で有しておられるか、ということに確信が持てる状況にないのではないのでしょうか。日本の行政の高度に組織化された分業体制では、木質バイオマスエネルギー事業を行う際に、専門知識の異なる複数の部所の協働というものが求められ、行政内だけでも調整に時間が掛ることや、それゆえに行政内での計画立案を事実上断念して、コンサルティング会社へ委託することが行われることも少なくないとお聞きします。ギュッシンクの段で述べたように、“死活問題”に晒されている当事

者ではなく、つまり地域の抱える根源的な課題点を歴史的背景まで含めて深く認識されているわけではないであろうコンサルティング会社のご担当者を取りまとめられる事業計画が、持続可能性を有して地域の課題を解決するように機能するかどうか、その点についてやや長期的な視点で評価することが求められるのではないのでしょうか。その評価を基に、日本の林業分野、産業分野、基礎自治体に大きな環の好循環をもたらすような制度設計・政策立案、場合によっては規制緩和などを、一貫性のある形で具現化、推進していくことが、日本の地域社会の未来を明るく照らすことになるかと確信しています。

末筆となりましたが、本稿執筆の機会を頂きました大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻の赤松史光教授ならびに“生産と技術”編集部の皆様に御礼申し上げます。

