

## 木質バイオマスガス化発電

### 産学官連携によるバイオマスエネルギーの有効活用への取り組み



特集

大阪大学工学部 燃焼工学研究室  
教授 赤松史光氏

#### ●はじめに

本日は「木質バイオマスガス化発電」について話をさせていただきます。副題に「産学官連携によるバイオマスエネルギーの有効活用への取り組み」とありますが、生産技術振興協会にアライアンス委員会があって新名先生が委員長になっていただいています。個別の技術を社会に普及するために、アライアンスを組んでバイオマスエネルギーの利用を促進しようと考えています。私は学生時代から化石燃料の燃焼研究をやってきましたのですが、バイオマス分野に関わらせていただいたのは、今から8年前、井田先生にお願いしてバイオマスの研究会に参加させていただいたのがきっかけでした。

#### ●バイオマスとは？

バイオマスとは何か。これは釈迦に説法になりますが、動植物由来の再生可能な資源の総称です。全量買取制度によりますと、未利用木材を用いたバイオマス発電では1kwhあたり33.6円で買い取っていただけることになりました。したがって今後は、採算ベースに乗っていただけるのではないかと考えています。本日は未利用バイオマスのうち間伐材等の木質バイオマスに注目しました。

#### ●カーボンニュートラル

なぜバイオマスが注目されるのかといえば、京都議定書の京都メカニズムによってバイオマスを燃焼させて出る二酸化炭素は、排出量にカウントされないという「カーボンニュートラル」の考え方があるからです。排出しても森林等を成長させれば、二酸化炭素を再び森林に回収・固定化できるというもので、これを進めるためにも森林整備などが重要になってきます。

#### ●日本の森林の現状

ところが日本の森林の現状は、戦時中に広葉樹林

がほとんど無くなり、戦後の拡大増林運動で針葉樹を植えてきました。しかし、林道整備が行き届かず、急峻という地形状況の中では切り出し難い状況となっております。同時に外材の価格競争に負けて商業ベースで成り立たないため、伐採期を迎えているのに枝打ち・間伐ができない状況にあります。一方で、放置された切捨て間伐材が台風や大雨で流されれば大きな被害を出す原因にもなります。持続可能な循環社会の形成の面からも、貴重な森林資源の保全と利用促進が期待されます。まずは切り出して木材として利用し、端材等の使われないものをエネルギー利用につなげることが重要だと考えています。

#### ●未来のエネルギー社会の理想像

ここに描いている絵は、私たちが考えている「未来のエネルギー社会の理想像」です。豊かな里山等の地形を利用し、そこにガス化発電装置を組み込み、森林から供給される間伐材等をガス化してエンジンで発電（ガス発電）します。発電に際して得られる電気、熱、CO<sub>2</sub>を食物工場に利用して作物を作り、地域社会で消費し、食物残渣等の廃棄物系は再びガス化装置でエネルギー源として利用します。

ここで申し上げたいのは、人の住んでいない地域に建設されている大きな発電所では、熱の有効利用はできません。電気エネルギーへの変換効率は最新



鋭の発電所では、最高でも60%程度で、残り40%の有効利用はできないということです。この絵で示したような、人が住んでいる所での発電システムでは熱が有効に使えます。給湯に必要な温度は60℃程度、空調なら30℃程度ですから、エンジン等で発電後の排熱で十分です。つまり昨今話題になっているマイクログリッドやスマートグリッドのような地産地消のエネルギー利用が重要となってきます。我々が住んでいる所で電気をつくり、熱を利用し、さらにCO<sub>2</sub>も有効利用することを考えています。

### ●バイオマスのガス化

ここでバイオマスのガス化について少し触れます。通常、バイオマスなどの燃料に十分な空気を入れて加熱すると燃えます。これを燃焼と言います。空気を十分に入れずに不完全燃焼させると、一酸化炭素や水素といった燃料として使えるガスが発生します。このことをガス化と言いますが、そのガスを例えば自動車エンジンなどの内燃機関に供給して発電をします。発電後の排熱で、給湯や空調を行うことを考えています。なぜ電気エネルギーが有効かといえば、輸送ができるからです。これまで国策として推進してきたことは、遠隔地に大きな発電所をつくって発電し、遠くから電気を輸送してきました。しかし熱は輸送できません。熱の利用は非常に難しいわけです。

日本の場合、夏は非常に暑くて熱は使いにくいわけです。一部のヒートポンプというシステムを使うと、温熱も冷房にも使えますが、一般に熱は輸送が困難です。また、需要が季節によって変動することから、我々は電気への変換を考えています。

### ●熱エネルギーと電気エネルギー

この写真は我々が共同研究をさせていただいている中外炉工業のバイオマスガス化発電所（山口県、200kw、「愛・地球賞」受賞）で、既に稼動しています。こうしたガス化発電システムは技術的に十分に実現可能ですが、問題はここに供給するバイオマス量を集めてくるのが難しいということです。バイオマスは広く浅く存在しており、それを収集、集積する段階でエネルギーが使われてしまいます。できれば付近で採れるバイオマスを、手間をかけずに発電システムに供給できることが重要となります。



### ●小型（50kw）バイオマスガス化発電装置

我々が今提案しているガス化システムは、200kwhでなく50kwhの発電容量とし、とくに集めなくても発電が出来るというものです。1kwhはヘアードライヤーを1時間使うレベルですが、大抵の家では平均的に1kwh程度の電力があれば賄えます。200kwhとは200軒程度、50kwhなら50軒程度の家の電気が賄えます。50kwhの小型バイオマスガス化発電装置には、どれくらいバイオマスが必要でしょうか。おおよそ、ドライ状態のバイオマス1kgで1kwhの発電ができますので、1時間あたり50kgのドライ状態のバイオマスが必要となります。8時間運転するとして1日に0.4トンあればよいこととなります。

例えば五條市のように、たくさんのバイオマスがある地域では、出てきたバイオマスをその場で受け入れ、処理するだけで利益が上がるという仕組みを考えていきたいと思っています。コンセプトとしてはシンプルで移動が可能。トラックの荷台に載せてバイオマスがある所に移動し、発電して帰って来るようなものです。短時間起動といって、朝起動して夜にシャットダウンする。勤務時間内にスタートし、時間内に終わるといった、本務に大きな影響が出ない範囲で発電が可能というシステムです。もちろん、低コストで高効率というものを想定しています。

### ●ごみを食べて走る車

この写真は映画「バック・トゥ・ザ・フューチャー」に登場するスーパーカー「デロリアン」で、ゴミを食べて走る車で、何でもエネルギーに変えることができます。昔、これに似た車として、木炭をガス化してトラックやバスとして動く木炭自動車があ

りました。こうした技術は実際にあるのですが、炭をわざわざ作るのではなく、廃材から自然に炭ができて、その炭をガス化して可燃性ガスをつくるというプロセスを考えています。それによって発電しようというものです。

### ●小型バイオマスガス化発電装置の開発

50kwhの小型バイオマスガス化発電装置を想定すると、中小製材工場やゴルフ場などバイオマスが発生する場所で利用することが考えられます。全国の中小製材工場の中で37.5kw～75kw程度の電力を必要とする工場が37.4%ということですので、これらの工場なら50kw程度のシステム規模で十分です。50kwで1日運転(8時間)可能なバイオマス量は400kgで、その程度のバイオマスが出る所は全国で2万カ所くらいありますから、多数バイオマス発電システムの導入を見込むことができます。

しかし現状のバイオマス进行处理の場合には廃棄物処理に該当し、業者に依頼し処理費を出して処理しています。そうではなく自前で処理することによる支出の削減となり、また、そこから出てくる熱、電気を有効利用しようというものです。ゴルフ場も剪定枝や芝刈りに伴うバイオマスが期待できます。とくにゴルフ場では、お風呂を化石燃料でなくバイオマスで沸かせば、環境にもやさしいとして知名度があがる効果もあるかと思えます。徳島県上勝町ではゴミゼロ宣言をしていて、町内の温泉施設の加温にバイオマスを利用しています。そのバイオマス温泉に入ることを目的として上勝町を訪れる人も多く、観光スポットとしてのPR効果も高いと聞いています。

### ●中型(200kw)バイオマスガス化発電装置

この写真は200kwhの中型バイオマス発電プラントで、中外炉工業で最初につくられたものですが、連続500時間稼働の実証試験も行われています。長いドラム缶を横置きしたようなキルンと呼ばれるガス化炉が回転するのですが、これを工場に設置して使うには大規模すぎます。なぜ大きいかといえば、空気を入れられない状態で加熱し、バイオマスをガス化すること全てをこのキルンで行おうとすると、キルンの長さが長くなってしまいます。ですから、半分程度の長さにし、部分燃焼という別の方式を用いたダウンドラフト型のガス化炉につなげることで、ガ

ス化装置全体のサイズを小さくすることを考えました。

### ●個体粒子のガス化

キルンの中でどんなことが起こっているかという点、個体の木が加熱されると、最初に水分が放出されるとともに揮発燃料成分が放出されます。その際に、揮発燃料成分の放出と炭(チャー)の表面で起こる固体表面反応という2つの現象が起こります。揮発燃料成分の放出をロータリーキルン型で、炭(チャー)の表面反応をダウンドラフト型ガス化炉で行うといったプロセスを分ける方式(2段階ガス化炉)を考えました。

### ●2段階ガス化炉の特徴

2段階ガス化炉の特徴としては、バイオマスの熱分解過程と炭(チャー)のガス化過程を分離すること、揮発成分の放出過程はキルンで終わっています。この図ではチャーがガス化する過程だけを描いていますが、後段にダウンドラフト型ガス化炉を設置することにより、発生したバイオマスガス中のタール濃度が低いという利点が得られます。前段に間接加熱式のロータリーキルンを使っていることで、高カロリーガス化が得られます。後段のダウンドラフトでは、炭(チャー)の表面反応だけを扱いますので、炭(チャー)を構成するカーボンのガス化だけにターゲットを絞ることができるため、発生するバイオマスガスの組成を理論的に予測することができます。

### ●産学連携研究の重要性

一般に基礎研究というのは、実際の製品開発とは関係ない領域のように思われがちですが、そうではなくて、世の中のニーズに合う基礎研究の要素は豊富にあると感じています。昔は基礎研究に携る研究者はずっと基礎研究を続け、製品開発は応用研究であるという考え方でしたが、最近ではリニアモデルといって、基礎研究から応用研究と広い領域にまたがる知識を持つことが有効であるとされるようになってきました。その意味でも、今回の共同研究は、基礎研究を製品開発に活かすことができる場としても非常に重要だと感じています。

### ●パイロットプラント

この写真は中外炉工業でつくられた50kwhの2段階ガス化装置（パイロットプラント）です。上にロータリーキルン、下にダウンドラフト型ガス化炉があり、ここにはトヨタ自動車のハリアーのエンジン2台が設置されています。

### ●経済性の評価

経済性の評価と計算方法ですが、年間維持管理費を、発生した電力量および熱供給量で割って、まずはエネルギー供給単価を求めます。電気と熱を1kwhあたり何円で供給できるかということです。さらに採算ベースからみると、収入から支出を引いて、年間収支を求めます。もしも設備費用が5千万円で国等からの補助50%であれば2,500万円が必要。これを15年で償却するとすれば、年間170万円の利益が必要となることになります。

### ●特殊製品の量産化

アライアンス委員会で取り組んでいるのは、次のようなことです。バイオマスガス化発電装置を1台だけ作るということは、1億円もするフォーミュラ1 (F1) のマシンのような特殊能力を備えた車をつくったような状況かもしれません。これを1,000万円くらいのスーパーカーのレベル、さらには200万円の私たち個人で買える市販車のような身近なレベルに持っていきたいと考えています。そのためには、各専門分野の協力が欠かせなくなります。

### ●各専門分野の協力

さらにアライアンス委員会では、我々のように基礎研究分野の者だけでなく、経営者、公認会計士、林業家、農業家、税理士、建築士、弁理士、弁護士、学生など、異分野の方々とともに、個別の技術実現化に向けての議論を重ねています。産学連携がなかなかうまくいかないのは、相互のことが分かり合えないことが原因の1つだといわれます。アライアンス委員会では、両方のことがよく分かっている、通訳者とも言える人材を育成していこうと考えています。

各専門分野の専門家が協力することによって、ガス化発電装置およびバイオマス有効利用に関する技術を、先ほど絵で示した「未来のエネルギー社会の理想像」のレベルまで進化させていきたいと考えています。地産地消、地域の中でお金を回すことによる雇用の創出や人材の輩出を考えると、技術を導入するためのコストだけでは、その価値を評価できるものではないと思っています。

### ●バイオマスを液体へ

ガス化だけでなく、最近では新エネルギー開発機構 (NEDO) の研究助成を得て、ガスを使わない時は液化燃料化するという研究も行っています。BTL (Biomass To Liquids) と言いますが、熱・電気に加えてマテリアル (この場合は液体燃料) を創成するトリジェネレーションを目指して研究を進めています。



### 質疑応答

**Q**：発電装置の設備費用が5,000万円として、全量買取制度を活用すれば事業採算性があるということか。

**A**：示したモデルケースでは国の補助率を50%と想定したが、事業採算性からは補助金がなくとも回らないといけない。補助金がなければ年間340万円の収入が必要となり、現状の初期投資額の場合、補助金なしの現状では厳しいと考えられる。実際に企業等がこのガス化発電装置を導入し、実際の運用の中でどんなコストメリットを生むかを判断することが必要となるであろう。技術的には可能である装置である、実際に導入をしていただくことをまず第一目標とし、実際の運用の中で、皆さんと一緒に、どのようなことが必要となるか考えていくことができればと思っている。

**Q**：保守管理にどれくらいの費用がかかるかがポイントのように感じる。1つは灰がどれくらい出て、木質バイオマスの場合はタールが溜まると思う。実証実験での評価はどうか。

**A**：200kw級では500時間の連続実験をやっている。50kw級は阿蘇市に設置し、阿蘇の草原からの草を使って市民プールの温水化に活用している。確かに灰が出るが、灰の処理のためだけに多く時間を要することはない。もちろん、それ以外の様々な課題が

出てくることもあり得るため、地道に実証試験を行っていく必要があると思う。

**Q**：50kw級の装置は既にできているのか。

**A**：できている。中外炉工業の堺工場でつくったが、現在は高山市で実証実験を実施中である。製材所の廃材（カンナ屑等）を燃料として稼働している。寒冷地であり、冬場の凍った木材の解凍などの排熱利用（蒸気等）メリットもあると聞いている。

**Q**：製材所では木材乾燥が必要となるが、木材乾燥用にどの程度の熱が回せるのか。

**A**：200kw級の流れ図では、ガスホルダーからガスエンジン（発電機）に供給する流れだけを示しているが、蒸気発生用のボイラーにバイオマスガスを供給するシステムもできる。ボイラーだけにバイオマスガスを供給するだけであれば、ガスのフィルターや冷却機も不要となり、ボイラーで発生した蒸気を蒸気タービンに供給して発電することも考えられる。

**Q**：このシステムでは余剰熱が出てこないことになるのか。

**A**：ガスエンジンの排熱なので150℃くらい。飽和蒸気や温水利用なら十分であると考えられる。加熱蒸気をつくるなら別システムが必要となる。

