

木質バイオマスガス化と言えどこの方！

PEO技術士事務所代表
笹内 謙一氏に聞く

木質バイオマスガス化炉（以下、ガス化炉とする）のことで何か聞きたいことがあれば、まず笹内氏に聞け！というのが業界の常識!? 専門店の品ぞろえとして欠品がないだけでなく、品質も優秀と言うことなし…。これでは、氏が代表を務める技術士事務所の宣伝になってしまうが、中外炉工業(株)に勤務されていたころから、氏の知見がすでにこのレベルであったわけだから、誰も異議を唱えないだろう。（聞き手：本誌編集委員会）

■技術士事務所を開いて6年

——笹内さんは現在、(株)PEO技術士事務所の代表取締役で順調な経営をされているようですね。最初は狭い四畳半みたいな事務所（笑）でしたが。

2017年に設立した神戸にある技術士事務所ですが、幸い右肩上がりに業績を伸ばしており、現在

は非常勤含め10名でやっています。事務所も四畳半から脱出して交通至便なJR元町駅前にあります。私の得意とする木質バイオマス関係はもちろんですが、周辺技術含めいろいろ手掛けております。業務の内容は技術サポート、業務受託や技術鑑定（金融機関・出資者向けの技術評価書作成や公的補助金・裁判の技術鑑定など）です。また金額は少ないですが、バイオマス燃料の分析も行っており、たぶん我が国で最大のバイオマス燃料の分析データが集積しているのではないのでしょうか。しかし、技術士としての守秘義務があるので一般にはお見せできないのが残念です。

商売の基本は体で覚えた経験です。仕事にならないことを覚悟で、ダメなものはダメとはっきり言います。こういった方針でやってきた結果、幸いリピータも増えてきましたし、紹介によって来られるお客様も増えました。

——昨年度は恒例の海外調査に行かれていますよね。

コロナ禍でしばらく難しかったのですが、さっそく昨年、ガス化炉の調査を中心に行ってきました。しかし、航空運賃がたいへん値上がりしているのと、飛行機がロシアを避けて遠回りするので時間がかかって大変です。そうは言っても、実際に現場を見るというのはいいことです。写真2はオーストリアのGlock社を訪問した時のものです。

——中外炉におられたころから毎年自費で海外視察されていましたからね。

ガス化炉を見に行くのは、もう趣味みたいなものです。鉄道好きが海外の鉄道を見に行くような



写真1 笹内氏近影



写真2 Glock社を訪問してガス化炉を調査

ものですね。オーストリアやドイツなど観光で行っても素敵な場所が多いのですが、行くところは観光とは無縁の場所。毎年のように行くと、だんだん知己が増えて、その紹介で知らないところを訪問できるので助かります。こうやって蓄積した知見は会社の宝です。

——では、次に来し方をお願いします。

奈良県の生まれで、大阪大の金属材料工学科出身です。もともとモノづくりをやりたかったので、建築工学系を考えていたのですが、種々の事情で金属材料になってしまった(笑)。就職先は金属材料のど真ん中である鉄鋼や非鉄ではなく、モノづくり系がいいと思って教授と相談して中外炉工業に面接に行きました。中外炉工業って知りませんでしたよ(笑)。当時の採用なんてそんなもので、面接即日採用。教授の手前もあってそのまま入社ですよ。

——でもそこでガス化炉をやるようになるんですよ。

いや、そこに至るまでには長い時間があるのです。入社後は当然、鉄鋼や非鉄の炉をやっていました。まずは非鉄の連続焼鈍炉でした。木質バイオマスなんて言葉も知らない世界です。

■転機になった幽閉生活中的の異動への挙手

やがてステンレス鋼の連続焼鈍炉もやるようになって、非鉄設計課長だった頃です。他の人が設計したルーマニアの炉でトラブルが発生し、そのトラブル対応で派遣され、事実上幽閉生活を送ることになってしまいました。チャウシェスク政権が倒れた直後ですね。もう、これが嫌でね。

当時、社内転職制度のようなもので、人事に何か別のことをやりたいと、お願いをしていました。ある日、ルーマニアに人事から電話があり、社長が「木質バイオマスのプロジェクト」を任せたいと言っているがどうか?と話がありました。もうこれは二つ返事でOKしました。これで日本に帰ることができる!と。

このプロジェクトはもともと欧州技術の導入でやる予定でしたが、それが頓挫してしまっていました。一方でNEDOプロジェクトの採択を受けていたので、自社でやらざるを得ないことになってしまったのです。

▼写真3が、山口県に設置された、ロータリーキルン式間接加熱型木質バイオマスガス化炉の実証施設だ。これは多くの方が見に行かれたのではないだろうか? [編集委員会注記。以下同]

ロータリーキルン炉自体は中外炉工業が得意としていますが、私は全然知らない分野でした。熱収支や物質収支についてははともかく、化工分野は理解できずに困りました。そこで、エネルギー学会に行き、名刺を配りまくってネットワークを作り、教を乞うたのです。自分でできなくてもこ



写真3 山口の実証施設

ういったネットワークを大切にすることで問題解決ができるわけですね。

開発での成果は出たものの、各社さんそうだったように、まあ、売れないわけです。補助金を頂いて、いくつかプラントを建設しましたが、到底、一事業として行けるまでにはなりません。こうして、2014年には中外炉工業がガス化炉から撤退し、オーストリア・コールバッハ社のバイオマスボイラに切り替えたのでした。

しかし、その後もガス化についていろいろな方から聞かれることが多く、休みを取って私費で欧州調査に行くようになったのです。行けば行くほどいろいろ紹介されて、訪問先には事欠きませんでした。2018年には中外炉工業のバイオマスグループがとうとう解散になり、2019年に退職しました。現在の事務所は2017年に設置し、当初は社長を別の人をお願いしてやっていました。

純然たる技術屋ですから、資金計画なんて面倒だなと思っていたのですが、意外にもそこに目覚めてしまって、おもしろい！と感じるようになっていきます。女房からも中外炉を辞めてから明るくなったと言われました。現在の会社の経営は、良いストレスであると思っています。

▼毎年のように欧州視察に行く笹内氏は、2017年に奥様を連れて行ったそう（写真4）。しかもその時だけはビジネスクラスで。もちろん氏が視察をしている間、奥様は観光！



写真4 奥様も同行しての欧州視察

■我が国のガス化炉の状況

——我が国でも結構多くのガス化炉が稼働しているようですが、多くは海外の製品。あまりうまくいかないという話を聞くことが多いです。

現在、我が国で稼働しているガス化炉は、当社調べで172基（1施設複数基の場合も多数）。そのうち非FITのものが8基あります。そのほぼすべてが海外の技術です。かつて、我が国でも多くのプラントメーカーがガス化炉に参入して競争をしましたが、もう残っていないですね。ごみ焼却炉をやっているメーカーも続々と出てきたわけですが、ごみに比べると小規模ですから、商売となると難しいですね。CFBなどの大型木質バイオマス発電所はまだ大手ごみ焼却炉メーカーも頑張っていますね。こちらのほうがごみ焼却炉に近いし規模も大きいのでやりやすかったのだと思います。

海外製のガス化炉の多くは数十kW程度の出力で、大きいものでも数百kWクラスです。そしてその多くがダウンドラフト式ガス化炉ですね。その元祖といえるのがSpanner（ドイツ）のガス化炉で、その他の数あるガス化炉はそのコピー・改良版といえます。我が国で多いのはSpannerのほか比較的大きめのBurkhardt（ドイツ）とパッケージが特徴の小型炉Volter（フィンランド）ですね。これが御三家といえるでしょう。特にVolterはカッコいい外観が特徴ですね（写真5）。

あまり、ここで各社の評価をするわけにはいきませんが、やはり、新しく改善された仕組みを持つ炉のほうがいいでしょう。タールやチャーの間

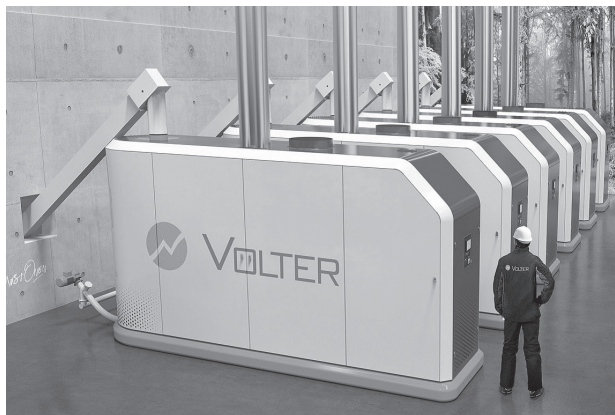


写真5 Volterのガス化炉（同社HPより）

題はずいぶんいろいろな知見が出て改善されてきています。

——これらのガス化炉はCHPが基本ですよ。

そうですね。これらのガス化炉はCHPであることが前提です。どちらかというと、本来は熱を供給するついでに発電をするという考えです。ドイツや北欧は、ご承知のように地域熱供給網が広く整備されています。小さな村や山奥のホテルなどでの熱供給目的で利用されているのが普通の使い方です。もちろん無人運転ですね。ですから我が国のように、多数のガス化炉を並べて、目的を発電中心に据えた使い方は特殊といえます。これもFIT制度のせいですね。

■未利用材利用FITの40円/kWhは成り立つのか？ 熱利用は必須！

——FITで高い調達価格を維持している未利用材のガス化炉の稼働が苦勞しているのはなぜでしょう？

FIT制度検討時はまだガス化炉が普及していなかったため、2,000kW未満のFIT調達価格の40円/kWhの根拠となった施設は、発電端出力1,500kWのトラベリングストーカ炉でした。発電方式はBTGです。そもそも蒸気タービンは小型では効率が悪いわけです。5,000kW以上の大型施設ならともかく、私の試算では原料の含水率が約22%以下でないと40円FITでは成立しません。

そこで着目されたのがガス化炉です。発電効率は規模を問わず25～30%と高いのが最大の特徴になります。小規模のBTGではせいぜい発電効率10%台で、さらに小さくなってしまうと数%にまで落ちてしまいますから、これはほしい！というわけです。さらに、CHPにすれば総合効率は70～80%にもなるのですからね。もうひとつ、発電効率が上がるおかげで燃料を集めるハードルも下がるわけです。必要な燃料は100kWクラスで生木相当で年間1,600t以下で済みます。

——いろいろいいことがあるようですが、現実

は苦勞しているのです。

実際の2,000kW未満のガス化炉の運転実績（調達価格算定委員会配布資料）をみると、運転維持費（円/kW/年）がとて多くなってしまっています。発電出力が5,000kWを超える規模でも、概して小規模になればなるほど運転維持費が高くなっていますね。現時点での燃料価格はここ数年横ばいで、想定よりやや高めになっており、算定には9,500円/生木tを使っています。

これを元に、200kWのガス化発電事業を見てみると、発電効率28%（所内率5%）でほぼフル稼働、人件費4人、灰処理費2万円/t、ほかユーティリティー費や保険料・減価償却費などを入れると、借入なしでも運転コストだけでFIT調達価格40円/kWhでは赤字になってしまいます。だいたい、燃料費が30%、保守点検費が26%、ほか減価償却費が21%、人件費が19%といったところです。

では、数字を見直して、資本費や燃料費などを適宜圧縮するとどうでしょう。こうすることでようやくIRRが回りますが、投資回収は15年もかかります。これではつらい。

そこで熱供給です。通常は燃料の乾燥程度にしかわれていない熱を売れば事業採算性が向上するわけです。発電量の1.5倍の熱を灯油換算50円/ℓで売っても、発電量を10%アップするのと同等の収入が得られ、IRRは向上し投資回収年も短縮します。昨今の化石燃料の値上がりを見ると、実際には熱はもっと高く売れるでしょう。

こうなると、現在の市場価格である30円/kWhで売れて、売熱価格が灯油熱量相当となって、人件費については交代勤務4名を欧州並みの1名（夜間無人）にまで減らすことで、非FITでガス化が成立することも可能です。

なお、現実問題として本当の意味での熱利用がされている施設は少ないのです。また、ここまでの検討のベースとなる年間8,000時間稼働をすることが必要です。ここが大きな問題です。欧州技術をそのまま我が国に適用するところでも問題がいくつかあります。

■我が国の樹種の影響は大きい

——稼働がままならないという話はよく聞きます。メンテが頻繁に必要だと。

まずは、樹種の違いですね。我が国の木は、欧州に比べ低比重・高カリウムな木が多いです。さらに含水率が高い。我が国の燃料の多くは伐採した生木ですが、欧州は通常、製材端材を使います。もうひとつ、標準化ですね。欧州はチップに規格がありますが、我が国はそれぞれガス化炉サイトにて自前で調達しています。

——水分が多いことやカリウムが多いことが悪いのはわかるのですが、なぜ比重が軽いとだめなのでしょう？

日本の代表材である杉は、欧州の松系の燃料より20%ほど比重が軽いのです。ガス化炉の形式で数多く採用されているダウンドラフト式の場合、投入容積が一定となるため、欧州と同様の性能を我が国の燃料で出す場合は、ただでさえ水分が多い燃料の水分をより減らして単位容積当たりの熱量を上げる必要が出てきます。

また、カリウムの量はドイツの木材のデータの1.5～2倍なので、写真6のように炉内でクリンカを生成しやすくなってしまいます。これは連続運転を阻害する大きな要因です。均質な通気が重要なダウンドラフト式だけでなく、砂を媒体とする流動層でも厄介な問題を起こします。クリンカの

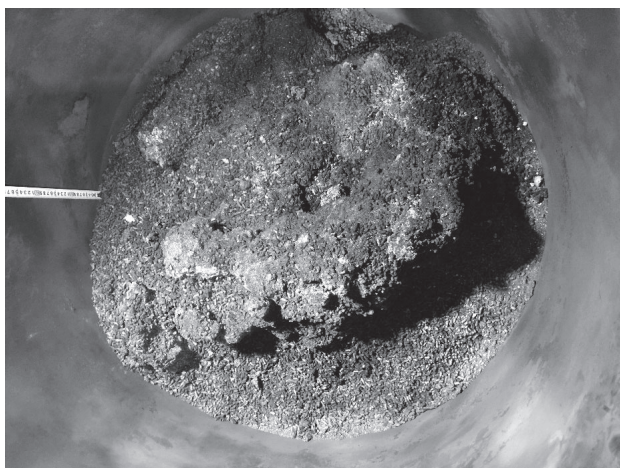


写真6 クリンカの例（出展：2019年度 林野庁 地域内エコシステム成果報告書）

清掃で1～2週間の停止を余儀なくされ、年間8,000時間の運転が遠いものになってしまいます。カリウムの影響を減らすための方策として、ペレットの場合、成型時にアルミナ添加物を混合することで軟化点を上げる方法がありますが、圧倒的多数派の木質チップの場合はそうはいかないですね。

我が国のチップは規格化して販売されていないため、ガス化炉があるサイトで製造することが多く、欧州のメーカーが求めているチップの仕様に合致させることがなかなか難しいです。要求される水分は10%以下あるいは15%以下と、生木から作るチップには相当厳しいですし、粒度分布において、特に、細かいものはだめなのですが、実際には微粉がたくさん入ってしまう傾向になります。微粉が多いと炉内上部で早く着火してそこで温度が上昇してしまうため、酸化層の温度維持ができなくなります。そして厄介なことに、微粉は通気性を阻害しがちで、ガスの流れが不均質になり適正反応ができなくなり、さらに比表面積が大きく付着しやすいためクリンカ生成を早めることになります。自前で要求水準に合致するチップを作ることは設備・運転ともコストがかかり難しいですね。

——現場での対応はなかなか難しそうですね。

現在は、FITで未利用バイオマス活用という大きな仕組みがありますが、そこにこだわらず、製材残材など安価な一般材を利用する手があります。大規模チップ工場で規格化されたチップを大量生産し、安価で品質が良いチップを安定的に供給できるサプライチェーンがあるべきです。そして、何度も言いますが、売電に過度に依存せず、熱供給を主体とした施設とすべきです。

■ガス化の技術をグリーン水素製造に

——ガス化炉はごみの世界でWtCが注目されています。バイオマスでも同じですね。

ガス化によるガス利用は、変動が大きながみよりもやりやすいでしょうね。例えば、燃焼ガスからCO₂を回収して、メタンやメタノールにするに

は大量の水素が必要です。そのためには安価なグリーン水素が必須となります。通常、太陽光や風力の余剰電力で電解水素をつくるのですが、木質バイオマスを経由して水素をつくるのですが、木質バイオマスをガス化すれば、CO₂のほかに、いわゆるグリーン水素も出るため利用しない手はないというわけです。また、ご存じのように、出てきたチャーを農業用に土壌還元すれば、一種のCCSにもなります。このあたりが、今後ガス化技術を生かすところかもしれません。

ガス利用のためのガス化には、現在のダウンドラフト式のガス化炉ではなく、間接加熱式のガス化炉が有効ですが、その加熱熱源をどう確保するかは課題ですね。

■歴史は木質バイオマスとともに～かつては禿山だらけの日本

この話もよくするのですが、木質バイオマスで我が国のすべてのエネルギーを確保しようなんて言うことは無理なんです。

なぜ奈良に都をおいたか？ 周囲が山に囲まれ燃料になる木質バイオマスが豊富だったからですね。あと水が豊富にあった。その後、バイオマスを伐りつくして禿山にしてしまい、さらに生活排水のおかげで疫病が流行ってしまったため、遷都したわけです。京都は周囲が山であることと、水がさらに豊富にあったため、都として長く続きました。

我が国は、その後も燃料はずっと木質バイオマスに依存してきました。江戸時代はもちろん結構禿山だらけ。浮世絵などを見るとわかります。その後、国民生活の燃料が木質バイオマスであることは変化しないまま、明治・大正・昭和となって、戦後まで続きます。ですから戦前まで我が国の山々は禿山だらけ(写真7)。戦後の精力的な植林とともに、高度成長期に石油・天然ガスなどの化石燃料が使われるようになって、ようやく緑豊かな山々になったのです。

また、我が国には石炭があったため、明治期の産業革命で木を伐りつくすことなく済んだことは良かったと思います。



写真7 禿山(京都比叡山付近 出展：全国植樹祭60周年記念写真集)

——歴史における水と排水と燃料の話はいろいろ聞きますね。

■地産地消があるべき姿

木質バイオマスも輸送にかかるCO₂排出が問題になっています。地元材で地産地消することが再エネとしてのバイオマスのあるべき姿です。値段が安いと言って海外材を使っていたのですが、CO₂の問題が表面化するより先に、値上がりの影響で破綻する大型の一般木材発電所が出てきています。地産地消となると発電出力で100kWくらいの規模がせいぜいかもしれません。これからの持続可能な社会は大量・大型・集中ではなく、少量・小型・分散ですね。循環経済も地域循環共生圏もここが肝ですね。無いものを欲しがるとはではなく、あるものを生かす価値観に変えていくことです。

——このあたりは、ごみ処理のありかたにも通じるところがありますね。今日はどうもありがとうございました。