

合材工場における木質バイオマスコージェネレーションシステムの導入

石橋 文夫・関口 和也・傳田 喜八郎

建設業を取り巻く環境は、ここ数年厳しさを増しており、循環型社会の構築、地球温暖化対策およびコスト削減等を講じなければ、事業の継続は難しくなっている。当東京総合合材工場（以下当工場という）では、木質バイオマスコージェネレーションシステムの導入により、建設発生木材の有効利用を図り、CO₂削減に寄与する電力および熱エネルギーの供給を試みた。平成18年1月より建設が始まり、平成19年9月に完成した。試運転調整を経て、本格稼働が始まっているので、その概要、主な特長、および稼働状況と今後の課題についてここに報告する。

キーワード：循環型社会、地球温暖化、建設副産物、3R、バイオマス、コージェネレーション、カーボンニュートラル

1. はじめに

平成12年に循環型社会形成推進基本法および建設リサイクル法が公布され、循環型社会の形成のための基本原則として3R、すなわち①リデュース（発生抑制）、②リサイクル（再資源化）、③リユース（再利用）、④熱回収、⑤適正処理の優先順位が明確にされ、平成14年には完全施行となった。また、平成9年に批准された京都議定書により、平成2年のCO₂排出量を基準として、平成20～24年の間に6%の削減が義務づけられた。

その中で、建設副産物といわれるコンクリート塊、アスファルトコンクリート塊の再資源化は、98%を超えている。また、建設発生木材の再資源と再利用率は90%である。この建設発生木材のリユースに着目し、地球温暖化対策として、我が国初めての合材工場に、木質バイオマスコージェネレーションを導入し、CO₂削減を試みた。この導入した工場の概要、木質バイオマスコージェネレーションシステムの概要と主な特長、および稼働状況と今後の課題について、本稿に報告するものである。

2. 工場の概要

当工場は、平成13年4月に東京都江東区に新設された。木質バイオマスコージェネレーションシステムを含めた全景は写真1に示すとおりである。工場

の構成は、道路建設資材のアスファルト混合物を中心に製造する合材工場、コンクリート塊とアスファルトコンクリート塊のリサイクルを図る破碎工場、同様に建設発生土と油汚染土壌のリサイクルを図る浄化工場の3工場と木質バイオマスコージェネレーションシステムからなっており、その主な構成は表1に示すとおりである。

循環型社会の構築として、コンクリート塊、アスファルトコンクリート塊および土のリサイクルについては100%貢献している。

しかしながら、合材工場では、アスファルト混合物を製造する際に、加熱・乾燥過程があるため、化石燃料（灯油）による熱エネルギーを利用している。また、各装置の動力源としては、電力エネルギーを利用している。これらのエネルギーを削減するために、建設発生木材を活用した木質バイオマスコージェネレーション



写真1 工場全景

表-1 工場の構成

工場名	内 容	主な設備
合材工場 (8,000 m ²)	通常の加熱アスファルト合材工場	新材アスファルトプラント 再生アスファルトプラント 混合物貯蔵サイロ
破砕工場 (8,000 m ²)	建設副産物（アスファルトコンクリート塊、コンクリート塊）のリサイクル工場	建設副産物受入ヤード 破砕プラント ソイルプラント 製品ヤード
改良・浄化工場 (4,500 m ²)	建設発生土と汚染土壌浄化のリサイクル工場	建設発生土受入ヤード 汚染土壌受入ヤード 発生土改良プラント 汚染土壌浄化プラント 製品ヤード
木質バイオマスコージェネレーションシステム(7,000 m ²)	木質系燃料によるリユース工場（発電と熱併給）	木屑破砕プラント 建設発生木材受入ヤード 木屑貯蔵ヤード バイオマスコージェネレーション

ンシステムを導入することにより、合材工場に電力と熱エネルギーを併給する。

これは、植物が光合成でCO₂を有機物として体内に蓄えるため、追加的なCO₂の発生のない、自然循環型のエネルギーであり、京都メカニズムでは、木質系燃料が発生するCO₂は算定しないことが、認知されているからである。これをカーボンニュートラルという。

このうち、合材工場でのエネルギー消費量は、年間燃料としての灯油が約2,800キロリットル、電力が約3,600 Mwhである（平成18年実績）。したがって、CO₂排出量は、約8,500 t-CO₂となる。

3. 木質バイオマスコージェネレーションシステムの概要

(1) システム構成

システム構成のフローシートを図-1に示す。搬入された木屑は破砕設備でチップ化され、受入供給設備から、熱分解ガス化炉へ投入される。ここで木屑を間接加熱することで、熱分解ガス（可燃バイオマスガス）の発生と炭化物が生成される。

次に燃焼設備は、ガス燃焼室、炭化物燃焼室および空気予熱器からなっており、ガス燃焼室で、熱分解ガスを完全燃焼させる。また、生成された炭化物は、炭化物設備の炭化物貯留ホッパ内に貯留され、同設備の炭化粉碎機にて粉碎され、微粉化した炭化物が、炭化燃焼室に圧送され燃焼する。ガス燃焼室から排出された燃焼ガスの廃熱は、ボイラに送られ、蒸気を発生し、

蒸気タービンで発電し、工場に供給する。炭化物燃焼室から排出された燃焼ガスの廃熱は、主に空気予熱器で高温空気に熱交換され、工場内のバーナ燃焼空気として供給する。

ボイラに供給する水は、工業用水を純水に処理したものと、並びにタービン等で使用した蒸気を冷却し、回収した復水を循環使用する。

通気設備として、熱分解ガスの燃焼空気供給、燃焼ガスの排出を目的とした設備を設けている。

排ガス処理設備は、減温塔で150℃まで急速冷却し、ダイオキシン類の再合成を防ぎ、バグフィルターで活性炭および消石灰で無害化するとともに飛灰を捕集する。これらを通じた排ガスは、さらに洗煙塔で苛性ソーダ注入水と接触させ、排ガス中の硫黄酸化物、塩化水素を、中和・除去する。次に、脱硝反応塔で、排ガス中の窒素酸化物を、排ガス中にアンモニア水を吹き付け触媒の働きで、窒素と水に分解し、排出基準をクリアした排ガスで大気に放出する。

排水設備は、凝集、沈殿およびろ過等で処理をし、下水排出基準をクリアした状態で放流している。

(2) 木屑の供給量と性状

木屑の供給量：3,960 kg/h × 24 h（約95 t/日）

木屑の性状：発熱量 12,560 kcal/kg 湿
揮発分：固定炭素 85：15
水分 28%（湿分重量%）
灰分 1.2%（乾分重量%）
炭素 50.0%（可燃分重量%）
酸素 42.0%（可燃分重量%）

受入形態：長さ150 mm × 厚さ30 mm 以下

木屑の嵩比重：0.2 炭化物の嵩比重：0.2

(3) 受入供給設備

木屑破砕設備のうち、破砕機は、均一なピン状チップを生産する水平投入シュレツダを設け、分級機は、シュレツダで処理されたチップを連続的に製品、オーバーサイズチップに分けるロータリスクリーンを設けている。搬送装置は、ベルトコンベア、集塵機、鉄片除去機からなっている。この木屑破砕設備の能力は、
破砕設備能力：約17 t/h（140 t/日）（湿分重量15%）

チップ化された木屑は、床板が一定の順序で動くウォーキングフロアに一時貯留し、バケットエレベータで投入シュートへ垂直に搬送される。投入シュートは、2カ所のスライドゲートを交互に開閉することで、外部からの空気の侵入を防いでいる。熱分解ガス化炉へ

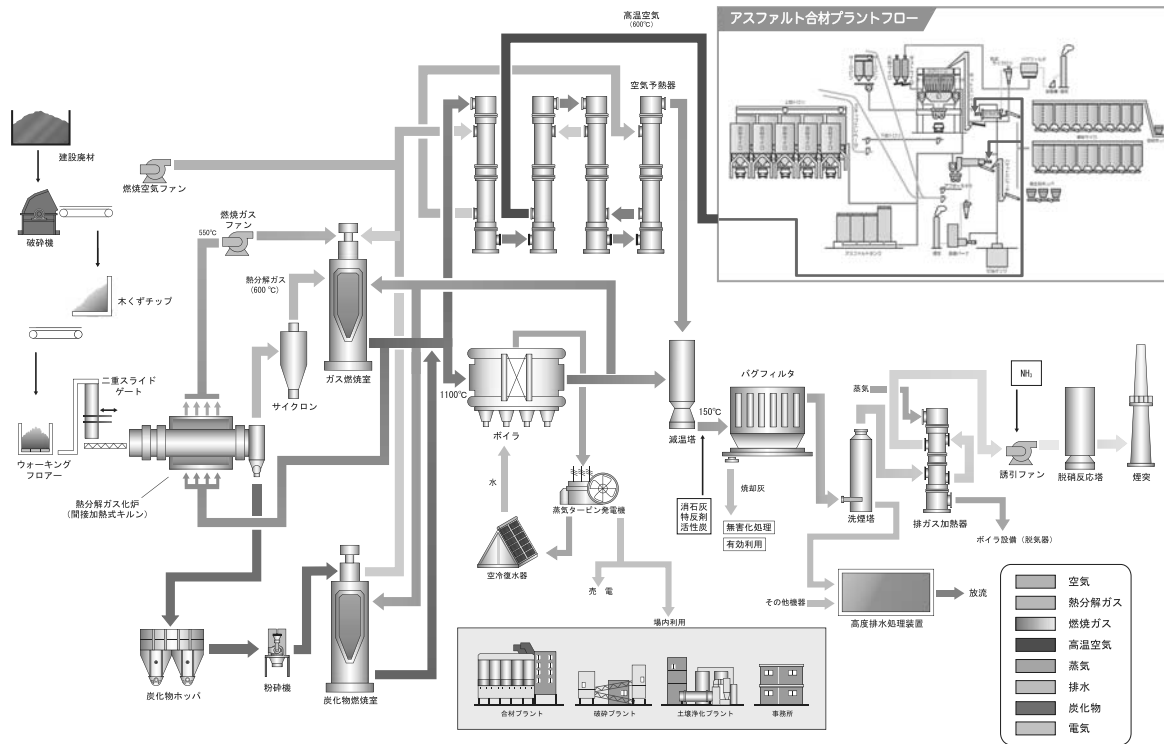


図-1 システムフローシート

は、投入スクリュフィーダで定量供給をしている。

バケットエレベータ能力：3,960 kg/h

スクリュフィーダ能力：3,960 kg/h

(4) 熱分解ガス化炉

ロータリキルン式熱分解ガス化炉。ガス燃焼室から排出された燃焼ガスの一部を利用して、木屑を間接加熱し、熱分解ガスの発生と同時に炭化物を生成させる。

全長：24,920 mm 直径：φ 2,400 mm (内径)

(5) 燃焼設備

・ガス燃焼室

熱分解ガス燃焼量・ガス温度：3,385 kg/h・1,100℃

全長：19,650 mm 直径：φ 3,200 mm (内径)

ガスバーナ：2,290 kg-dry/h (3,385 kg-wet/h)

・炭化物燃焼室

炭化物燃焼量・ガス温度：1,131 kg/h・1,100℃

全長：19,650 mm 直径：φ 3,200 mm (内径)

微粉炭バーナ：1,131 kg/h

・空気予熱器

形式・基数：輻射型+シェル&チューブ型・4基

予熱空気流量：24,000 Nm³/h

入口温度・出口温度：20℃・600℃

排ガス入口温度・出口温度：1,100℃・233℃

(6) ボイラ設備

形式：自然循環式水管ボイラ

蒸気量：最大約 16 t/h

蒸気圧：最高 3.43 MPa

蒸気温度：300℃

(7) タービン発電機

形式：単気筒衝撃式減速形腹水タービン

発電機出力：1,500 kw

主蒸気量：12,100 kg/h

主蒸気圧・温度：2.45 MPa・295℃

(8) 排ガス処理設備

・水噴霧式ガス減温塔

入口ガス量・温度：26,900 Nm³/h・約 240℃

出口温度：約 150℃

・バグフィルタ

処理ガス量：28,940 Nm³/h (約 150℃)

入口含じん量・集塵効率：約 2 g/Nm³・99%以上

ろ過面積：約 950 m²

ダスト払落方式：定時間自動逆洗方式

・洗煙塔

処理ガス量：28,940 Nm³/h

入口・出口ガス温度：約 145℃・約 60℃

・脱硝反応塔

処理ガス量・入口ガス温度：29,480 Nm³/h・210℃

4. 木質バイオマスコージェネレーションシステムの主な特長

(1) 供給系

建設発生木材は、首都圏で発生した建築廃材であるので、破碎する前の木屑と木屑以外に分別することが重要である。また、比較的大きなサイズのものが入ってくるので、シュレツダタイプ破碎機を採用している。

製品ヤードは、約1週間分の木屑を貯蔵できる。通常のホップフィーダからの供給ではなく、一部床面をウォーキングフロアにしたためである。さらに、熱分解ガス化炉は、低酸素状態で加熱するため、2段のスライドゲートを備えた投入シュートとスクリュフィーダを採用し一定量を供給している。

(2) 燃焼系

工場の需要に応じた無駄の少ないエネルギー併給を基本としている。したがって、電気エネルギーは連続発電であるが、合材工場で使用しない時は、電力会社に売却している。

熱エネルギーに関しては、合材工場のアスファルト混合物の製造に応じて供給するため、排ガスの廃熱出力を調整する。熱分解ガス化炉（写真—2）と2基の燃焼室で対応している。

熱分解ガス化炉は、間接加熱ロータリキルンタイプで、第1ステップとして低酸素状態で燃焼させ、第2ステップでガスを抜いた状態で燃焼させ炭化する。



写真—2 熱分解ガス化炉

このシステムの特長である廃熱出力の調整については、燃焼ガスの廃熱量を、主に、熱分解ガス化炉より燃料として多量に発生する、可燃バイオマスガスをガス燃焼室（写真—3）で燃焼させ、副次的に、炭化物燃焼室（写真—3）への炭化物の送り量で行っている。炭化物は、燃焼効率を上げるため、粉碎機で微粉にし、微粉炭バーナを採用している。

工場側に熱エネルギーとして熱風を製造する装置が空気予熱器（写真—3）である。シェル&チューブ型の4基で、伝熱管（筒）の内側に排ガスを通し、外側



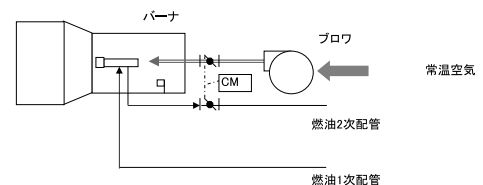
写真—3 左：空気予熱器 右：燃焼室

の空気を暖めて、外気温空気を600℃まで上げている。熱効率は約60%である。

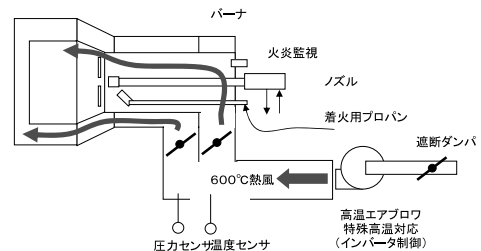
(3) バイオマス熱風利用バーナ

従来のバーナとバイオマス熱風利用バーナの概要について図—2に示す。工場側には、アスファルト混合物を製造する際の加熱・乾燥過程で使用する燃焼装置として灯油バーナが2基設けてあるが、バイオマス熱風を利用するバーナに変更した。

【従来のアスファルトプラント用バーナ】



【バイオマス熱風利用バーナ】



図—2 バイオマス熱風バーナの概要

従来のバーナは、効率をアップするため、低空気比バーナが主流となっているが、このバーナは、効率を維持するため、逆に空気比を熱風温度と同等の高温空気比とした。

また、バイオマスコージェネレーションシステムの定期整備時には、熱風を送ることができないので、停止中でも常温空気での稼働ができる装置とした。

(4) 環境保全対策

排ガスの環境基準は、東京都江東区の規制をクリア

するため、バグフィルタ、湿式洗煙設備（洗煙塔）および触媒脱硝設備（脱硝反応塔）を採用している。規制値および稼働時の測定値を表—2に示す。各数値は大幅に規制値を下回っている。

表—2 排ガス規制値と測定値

濃度	規制値	測定値	単位
ばいじん	0.07	0.001 未満	g/Nm ³
HCL	100	1	ppm
NOx	60	45	ppm
SOx	10	1 未満	ppm
ダイオキシン類	1.0	0.00045	ng-TEQ/Nm ³

(注) 数値は O₂ 12%換算値

排水は、ボイラブロー水や純水装置逆洗排水を、減温塔の噴霧冷却水として再利用していることで、定常的なプロセス排水を抑えている。

洗煙塔からの排水は、下水道放流基準に基づき高度処理後下水に放流している。

振動・騒音は、工業専用地域なので制限は受けませんが第2種区域の規制基準に準拠している。

悪臭については、都の悪臭基準としての臭気指数30.9以下にしている。

(5) 省エネルギーと資源再利用

バイオマスコージェネレーションの稼働は、年間メンテナンス期間を除いて320日になる。このときの工場への電力供給は3,200 Mwhとなり、原油換算削減量は800リットルとなる。

熱エネルギーについては、熱風として1時間当たり18.9 GJが工場に供給される。工場稼働が年間、約2,100 hとなるので、40,000 GJの削減になる。原油換算削減量は1,000リットルである。したがって、トータルでのCO₂削減量は3,900 t-CO₂となり、削減率は46%である。

この数値は、東京都の地球温暖化対策制度により、「AA」の評価を受けている。

炭化物を焼却した後の灰は、木材を焼却したため、リン、カリウム、カルシウム等が含まれている。この灰と微粉炭をベレット化することで、屋上緑化の軽量土壌としても利用できる。灰についても3Rのうちのリユースにつながる。

5. 稼働状況と今後の課題

昨年9月に完成し、約6ヶ月の試運転調整を経て、本格稼働を始めている。電力はほぼ100%供給してい

るが、初めての試みである熱エネルギーの利用についても、現在のところ計画を満足している。しかしながら、安定供給を考える上で、熱分解ガス化炉でのガス量が計画より不足していることと放散熱量が多いことを改善する必要がある。また、合材工場側の稼働が年間約2,100 h（バイオマスコージェネレーション年間稼働の約27%）であるが、日々の稼働時間が断続運転になっているため、熱風を効率良く送っていない。

これらの対応策として、含水比を考慮に入れた木屑の投入量の調整、および機器ダクトの保温強化が挙げられる。合材工場側については、連続運転をするために、貯蔵設備の活用、製造・出荷のさらなる適正化、運転パターン化の認識を図ることが必要である。

当工場で採用している熱分解ガス化炉は、ドイツのロータリキルン専門メーカー、テックトレード社のライセンス生産である。この炉は、EUでは、産業廃棄物発電の炉として利用しているものが多い。今後、当工場でも、さらに資源のリユース促進を図るため、廃プラ、廃タイヤ等の高カロリーの廃棄物が燃料として使用可能かどうか考えていかなければならない。

6. おわりに

循環型社会の構築の中で建設副産物のリサイクル（再資源化）、リユース（再利用）はさらに進んでいく。また、工場設備の効率を高めるとリデュース（発生抑制）にもつながるので、今後も設備の改善に努めていく所存である。最後に建設に当たりご協力を頂いた関係各位に感謝の意を表します。

JICMA

【筆者紹介】

石橋 文夫（いしばし ふみお）
前田道路株
東京支店
東京総合合材工場
執行役員工場長



関口 和也（せきぐち かずや）
前田道路株
東京支店
東京総合合材工場
木質バイオマスコージェネレーション担当



傳田 喜八郎（でんだ きはちろう）
前田道路株
製品事業本部 機械部
部長

