

「バイオマス発電等の実態調査」

第二研究部 環境グループ グループマネージャー 工藤 拓毅
主任研究員 大木 祐一
研究員 斎藤 晃太郎

目次

はじめに

第 1 部 中国木材株式会社における木質系バイオマスの活用事例の概要	1
1.1 中国木材株式会社の概要	1
1.2 工場の概要	1
1.2.1 木材の加工工程	1
1.2.2 エネルギー利用	1
1.2.3 各工場のエネルギー利用実態	1
1.3 木材生産状況	3
1.3.1 製材量	3
1.3.2 年間製材量	3
1.3.3 月間製材量	3
1.4 プラント設備の概要	4
1.4.1 呉工場	4
1.4.2 郷原工場	4
1.5 郷原工場における木質バイオマスによる発電状況	5
1.5.1 発電量(月間電力供給量)	5
1.5.2 ターボモータ	5
1.5.3 プラント設備費	6
1.6 現状の課題と将来的な取り組み	6
1.7 まとめ	6
第 2 部 株式会社シンコーにおける木質系バイオマスの活用事例の概要	7
2.1 株式会社シンコーの概要	7
2.2 府中工場の概要	7
2.2.1 発電所設置の目的	7
2.2.2 発電プラントの設備と仕様	8
2.2.3 発電効率、及び工事費	8
2.2.4 発電プラント系統図	8
2.3 木質バイオマス発電の利用状況	9
2.3.1 自家発電の目標	9
2.3.2 稼働状況	11
2.3.3 稼働実績、及び収支試算	11

2.3.4	発電単価	11
2.3.5	メンテナンス	11
2.3.6	残渣の処理	11
2.3.7	プラント運用上の課題	11
2.3.8	助成金等	11
2.3.9	付記事項	11
2.3.10	発電プラントの販売実績	11
2.4	現状の課題と将来的な取り組み	13
2.4.1	木質系バイオマス原料について	13
2.4.2	排気ガス対策等の必要性	13
2.4.3	技術面での課題	13
2.4.4	中小企業において発電設備を導入する際の課題	13
2.4.5	余剰電力の販売について	14
2.5	まとめ	14
第3部 サッポロビール株式会社におけるバイオマスの活用事例の概要		15
3.1	サッポロビール株式会社の概要	15
3.2	千葉工場の概要	15
3.2.1	生産工程	16
3.2.2	エネルギー利用の特徴	16
3.2.3	燃料電池発電装置の導入	17
3.3	燃料電池発電設備	17
3.3.1	排水処理設備	18
3.3.2	バイオガス前処理装置	18
3.3.3	燃料電池発電装置の概要	19
3.4	燃料電池発電装置による発電状況	21
3.4.1	稼動状況	21
3.4.2	導入成果	21
3.4.3	発電コスト	21
3.5	現状の課題と将来的な取り組み	21
3.5.1	政策的課題	21
3.5.2	経済的課題	22
3.5.3	技術的課題	22
3.5.4	他工場への導入可能性	22
3.6	まとめ	22
第4部 東京都下水道局小台処理場におけるバイオマスの活用事例の概要		23
4.1	小台処理場の概要	23
4.1.1	下水処理フロー・説明	23
4.1.2	下水処理施設	24
4.1.3	污泥処理施設	24
4.1.4	污泥焼却灰の再資源化	25
4.2	エネルギー利用状況	25
4.3	ガスエンジン発電設備	26

4.3.1	ガスエンジン発電装置の導入	26
4.3.2	ガスエンジン発電装置の設備概要	27
4.3.3	ガスエンジン発電装置による発電状況	28
4.4	現状の課題と将来的な取り組み	29
4.4.1	バイオガス発電のメリット	29
4.4.2	現状の課題	29
4.4.3	将来的な取り組み	30
4.5	まとめ	30

はじめに

気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) の第 2 次報告書において、森林が永続的に地球温暖化の軽減に貢献できる方法として、バイオマスをエネルギー源として活用することが推奨された。海外諸国の中では、特に欧米諸国においてバイオマスのエネルギー利用の事例がみられ、EU 委員会は、2010 年までに、EU 域内全体の最終消費エネルギーの 12% を再生可能エネルギーで賄うという導入目標を掲げている。

こういった中で、国土の多くを森林が占める日本での木質バイオマスの燃料利用は、製材工場からの残廃材に有効利用の事例がいくつかみられるが、これから検討すべき課題であるといえる。各地域で利用可能と考えられる木質系バイオマス資源としては、森林の間伐材、及び家屋解体材がある。それらの年間発生量は、森林の間伐材については、約 260 万 m³ が林地に放置され、さらに主伐採に伴う残材量約 569 万 m³ と合わせて、林地残材が約 830 万 m³ 発生している。一方、都市部における木質廃棄物の主たるものは住宅の解体材であり、全国で約 30 万戸 / 年の住宅の取り壊しにより、約 1,400 万 m³ の廃木材が排出されている。現在これらの廃木材の大半は、有効利用されることなく、焼棄却処理されている。

このような状況を踏まえ、農林水産省林野庁の森林総合研究所で、森林の間伐材、製材工場の残材、家屋解体材等の木質系バイオマスから高品質なエネルギーの回収を目指した研究に平成 12 年度から 3 ヶ年の予定で着手した。本調査は、当該研究の一環として、未利用の木質系バイオマスを有効に利用するための経済性を含めた導入可能性評価を行うことを目的としている。初年度である平成 12 年度は、既に国内で実施されている木質系バイオマスの燃料としての利用事例、ならびにバイオガスの燃料としての活用事例について実地調査を行った。本報ではその調査結果について報告を行う。(平成 13 年 5 月報告書完成)

第1部 中国木材株式会社における木質系バイオマスの活用事例の概要

1.1 中国木材株式会社の概要

設立日： 昭和30年1月20日（創業 昭和29年5月1日）
資本金： 3億1,600万円
本社所在地： 〒737-0134 広島県呉市広多賀谷3-1-1
TEL：0823-71-7141（代表）
社長： 堀川 保幸
主な事業所： 呉工場（本社） 呉市広多賀谷3-1-1
郷原工場 呉市郷原町字一ノ松光山626-2
売上高： 平成11年6月期 397億円
平成12年6月期 454億円
売上構成： - 製材製品 92%（乾燥材、集成材等）
- チップ製品 6%
- プレカット加工その他 2%
従業員： 680名（グループ人員）
営業内容： - 木材の製材及び販売
- 乾燥材の製造販売
- 集成材の製造販売
- 住宅部材のプレカット加工

1.2 工場の概要

1.2.1 木材の加工工程

木材の加工工程は、まず輸入した原木の樹皮を皮剥ぎ玉切り工場で剥ぎ、その後製材の長さ寸法別に切断する。製材工場に搬入された玉切り丸太は、自動化された製材ラインで製材される。製材された木材にはそのまま未乾燥材として出荷されるもの以外に、人工乾燥加工、集成加工、プレカット加工、そして防腐・防蟻（ぼうぎ）等の2次加工が施されて、製品として出荷されるものがある。丸太から製品（乾燥材、集成材、プレカット材等）までの工程を、図1に示す。

1.2.2 エネルギー利用

木材の加工工程では、木材の乾燥用（乾燥炉）に多量の蒸気を必要とする。特に「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の成立後、乾燥材の需要が増大している¹。一方、製材用鋸や乾燥炉ファン、プレーナー、搬送装置に多くの電力が必要である。特に、木材乾燥炉は常時稼働しているため、熱（蒸気）と電力は一日を通して安定的な需要がある。

1.2.3 各工場のエネルギー利用実態

呉工場の契約電力量の合計は5,781kWであり、全量が中国電力からの買電により供給されている。一方熱需要については、木材加工工程から排出されるプレーナー屑や鋸屑等をボイラーに投入して蒸気を発生させ、全量を乾燥炉用に自家消費している。

¹ 住宅の性能に関する要求基準を明記した法律であり、2000年4月に施行された。その基準を満たすような住宅に使用する木材としては、乾燥材がより好ましいと考えられている。

一方、郷原工場の契約電力量の合計は2,300kWであるが、他に重油燃焼のディーゼルエンジン（1,975kW：395kW×5基）で自家発電を行うと共に、乾燥炉用熱需要（蒸気）のために、工場残材の木屑焚きボイラーから発生する蒸気の一部をターボモータ（620kW：310kW×2基）に導き、発電も行っている。

1.3 木材生産状況

1.3.1 製材量

製材工程では、丸太から製品の木材を製造する過程で、プレーナー屑やチップ、鋸屑等が発生する。プレーナー屑は乾燥材や集成材を製造する工程から発生し、発生量は丸太換算で2%程度である。またチップの発生量は丸太換算で27%程度、鋸屑の発生量は9%程度である。チップは隣接する王子製紙株式会社へ搬送されて製紙原料として使用される。一方鋸屑は、大部分がパーティクルボードの原料や、近隣の二村化学株式会社で活性炭の原料、家畜舎の床敷として使用されており、燃料利用はわずかである。最終的にボイラー燃料として使用されるプレーナー屑と鋸屑の合計量は推定値ではあるが、丸太換算で約2%になる。

1.3.2 年間製材量

原木から製造される中間製品や最終製品の材別内訳と、鋸屑の用途別構成比を表1に示す。

表1：原木からの製品及び廃材の構成割合

原木 (m ³)	中間製品		製品内訳 / 鋸屑の用途	生産量 (m ³)	構成割合 (%)
丸太 1,385,000 (100%)	製材	891,000m ³ (64%)	未乾燥材	567,000	41%
			乾燥材	231,000	17%
			集成材	19,000	1%
			チップその他	23,000	2%
			燃料(プレーナー屑)	32,000	2%
			乾燥時の収缩量	19,000	1%
	チップ	367,000m ³ (27%)	チップ	367,000	27%
	鋸屑	126,000m ³ (9%)	家畜舎床敷	64,800	5%
			活性炭原料	46,900	3%
			パーティクルボード原料	12,400	1%
			燃料	1,900	0.1%

注1) 表中の構成割合は、丸太を100%とした時の値である。

注2) 1999年度実績値(1999年7月～2000年6月)である。

注3) 木材は乾燥時に収縮するが、収缩量は推定値である。

注4) 燃料として利用しているプレーナー屑と鋸屑量は、推定値である。

1.3.3 月間製材量

2000年9月の月間製材量の実績を以下に示す。

丸太原木量： 12万7,800m³

製材量： 8万1,000m³

製材量中、集成材：1,750m³

プレカット加工材：3,000m³(9,500坪)(約0.3m³/坪で換算)

(30 坪 / 戸として、約 300 戸分に相当)

一般的にプレカット加工材の単位は坪で表示されるが、約 0.3m³ / 坪で換算した。
なおプレカット加工材には、社外からの持込材も含まれる。

1.4 プラント設備の概要

1.4.1 呉工場

呉工場におけるプラント設備の概要は以下の通りである。表 2 に熱源設備を示す。

電力 :

供給側 中国電力からの買電 (全量) (契約量 5,781kW)
需要側 乾燥炉 炉数 : 76 (50m³ / 炉換算で計算) (740kW) 他

熱 :

供給側 木屑焚きボイラー (燃料はすべて木屑)

表 2 : 呉工場の熱源設備

機 器	容 量	数 量
木屑焚きボイラー	5 t	2 基

注) 木屑投入量のデータ無し。

需要側 すべて乾燥炉で使用する。
乾燥炉 炉数 : 76 (50m³ / 炉換算で計算)

1.4.2 郷原工場

郷原工場におけるプラント設備の概要は、以下の通りである。

電力 :

表 3 に自家発電設備の容量と数量を示す。

供給側 中国電力からの買電 契約量 : 2,300kW
自家発電 : 2,595kW

表 3 : 郷原工場の自家発電設備

機 器	容 量	数 量
ターボモータ	310kW	2 基
ディーゼル発電機	395kW	5 基

需要側

表 4 に、郷原工場の年間電力消費の主要用途とその構成割合を示す。

表 4 : 郷原工場の年間電力消費の主要用途とその構成割合

主要用途	使用電力量 (kWh)	構成割合 (%)
乾燥炉	8,581,355	51.5
加工機・搬送装置等	8,096,789	48.5
合計	16,678,144	100.0

注) 値は 1999 年 7 月 ~ 2000 年 6 月の実績値である。

熱 :

供給側

表 5 に、郷原工場の熱源機器の容量と数量を示す。

表 5 : 郷原工場の熱源設備

機 器	容 量	数 量
木屑焚きボイラー	5 t	2 基
	10 t	1 基
	13 t	1 基

注) 4 基のボイラー燃料は、100%木屑(プレーナー屑、鋸屑、廃木材等)である。

注) 残材(木屑)サイロ(容量 500m³×1 基)により投入原料の安定供給を行っている。

需要側

すべて乾燥炉棟(炉数 317(50m³/炉換算で計算))で使用する。表 6 に、郷原工場の乾燥炉の条件を示す。

表 6 : 郷原工場乾燥炉条件

条 件	温度上限	80
	蒸気圧力	3 ~ 5 kg/m ²
	蒸気温度	130 ~ 140

注) ボイラーへの単位時間当り供給水量は 18t/h であり、その内 12 ~ 13 t の蒸気を回収し再使用している。

1.5 郷原工場における木質バイオマスによる発電状況

1.5.1 発電量(月間電力供給量)

郷原工場の月間電力使用量の約 77%を自家発電で賄っており、その内約 14%が木屑焚きボイラーによる発電である。郷原工場の全電力使用量は 200 万 kWh/月であり、供給の内訳は表 7 の通りである。

表 7 : 郷原工場における月間電力供給量の内訳

電 源 種 類	電力供給量 (kWh/月)
木屑焚きボイラーによる発電(310kW×2)	270,000
重油によるディーゼルエンジンによる自家発電(395kW×5)	1,260,000
中国電力からの買電	470,000
合 計	2,000,000

1.5.2 ターボモータ

運転 :

ターボモータの定格は 620kW であるが、乾燥炉用に供給される蒸気の使用量により変動し、実際の発電電力は 300 ~ 500kW である。

稼働状況：

ターボモータの稼働状況を表8に示す。

表8：郷原工場の稼働状況

項目	内容
補助燃料の使用	なし
稼働時間	24時間
原料（燃料としての木質系バイオマス）投入量	14m ³ /h（約3t/h(比重0.2で換算)）
燃焼灰の処理方法	産業廃棄物として処理

1.5.3 プラント設備費

郷原工場におけるプラント設備の費用は、ターボモータ、ディーゼル発電機、残材サイロ、残材搬送設備、乾燥炉等の設備費用があるが、ヒアリングによって得られたものについて表9に示す。

表9：郷原工場の設備費

機器	価格
木屑焚きボイラー（13t）	1.5億円/基
ターボモータ（310kW）	0.2億円/基

1.6 現状の課題と将来的な取り組み

製材市場は海外を含めた厳しいコスト競争下にあり、コスト増加要因である電気、及び熱のコストを下げる事が求められている。また、最近みられる重油価格の高騰によって、重油焚き自家発電のメリットは減少している。したがって、自社の製材工場からの残材、及び外部から住宅解体材受け入れ、それらを燃料にしたコージェネレーションプラントを検討中である。

将来的には、顧客企業の木材乾燥を委託事業として受注し、全国展開していくことを検討している。その実現のために、乾燥炉用燃料としてプレカットメーカーからの残材受け入れ、住宅解体材の受け入れを検討している。

1.7 まとめ

中国木材株式会社では、製材工場から発生するプレーナー屑や鋸屑等を熱源の燃料に利用しており、その量は丸太換算で約2%になる（推定値）。残りの鋸屑は、家畜舎床敷、活性炭原料、及びパーティクルボード原料等マテリアルリサイクルを通して有効利用しており、残材を十分に有効活用している事例の一つといえる。製材工場においては、利用できる木質系バイオマス資源が存在し、乾燥炉での熱需要と動力としての電気の需要があるため、木質系バイオマスを活用したコージェネレーションプラントは、最も適した利用形態であると考えられる。本事例においては、コスト面の十分なデータが得られなかったが、経済性に関しての考察を行うためにも、国内外における同様事例の調査が必要と考える。

第2部 株式会社シンコーにおける木質系バイオマスの活用事例の概要

2.1 株式会社シンコーの概要

設立日： 昭和13年12月
資本金： 2億円
本社所在地： 〒732-0802 広島県広島市南区大州5-7-21
TEL：082-508-1000（代表）
社長： 筒井数三
主な事業所： 大州工場 広島市南区大州5-6-28
府中工場 安芸郡府中町茂陰2-1-1
売上高： 平成9年10月 114億円
平成10年10月 160億円
売上構成：
- ポンプ 46%
- タービン 35%
- 鋳造品類 18%
- 特殊機器 1%
従業員数： 530名
営業内容：
- 船舶用各種ポンプ
- 陸船用各種蒸気タービン
- 鋳造品
- 製材工場の木屑、鋸屑利用発電プラント
- 工場蒸気の圧力差利用発電プラント
- その他

元々は、鋳造業の会社として主に船舶用のバルブやポンプ、小型蒸気タービンを製造販売してきた。船舶用は景気の波による影響が大きいため、20年前より陸用のタービンに注力してきた。

特に製材工場の木屑等を燃料に利用した発電プラントとしては、日本国内で第1号機を開発、設置した実績がある。現在まで、国内外の合板工場、製材工場への蒸気タービン発電機の納入実績は合計35例に及んでいる。近年は、清掃工場からの受注が増加している。

2.2 府中工場の概要

府中工場においては、近隣の工場からの残材や家屋の解体材等を引き取り、2,000kWの府中発電所を運営している。

2.2.1 発電所設置の目的

発電所は、発電設備の展示用プラントとしての役割を果たしている。工場全体の電力使用量は約3,500kWであり、特別高圧電力（2,000kW以上）に該当するところを、2,000kWの自家発電の実施により、契約電力を1,500kWへ引き下げ、受電設備費の負担軽減を実現している。その結果、毎月約200万円から約250万円の電力料金の節減がなされている。自家発電の燃料は、廃材や家屋解体材をボイラー燃料として購入して使用しており、その価格は10～20円/台・トラックである。また地域社会から発生する家屋解体材は、産業廃棄物として処理されているが、本プラントにおいてそれらを購入することは、広島市の産

業廃棄物最終処分場の負荷緩和に貢献している。

2.2.2 発電プラントの設備と仕様

以下表 10～13 に、府中工場における発電プラントの設備とその仕様を示す。

表 10：府中工場の蒸気タービン仕様

型式	ラト-12 段落直結式
発電容量	2,000kW
回転数	3,600rpm
入口蒸気	圧力：14kg/cm ² -g、温度：245

表 11：府中工場発電機仕様

型式	3 相交流同期発電機
出力	2,000kW
回転数	3,600rpm
電圧	6,600V
系統	独立（誘導発電方式）

表 12：府中工場のボイラー仕様

型式	水管式
蒸気発生量	定格：12、最大：15 t/h
蒸気圧力	定格：14.5、最大：20kg/cm ² -g
燃料使用量	廃木材 3.5t/h (2,000kW 発電時)
冷却水	15m ³ /h

表 13：府中工場のその他機器

機 器	数 量
復水器	1 基
冷却塔	1 基
冷却水用貯水槽（容量 350m ³ 雨水用）	1 基

2.2.3 発電効率、及び工事費

本発電プラントにおける発電効率は約 10～15%であり、本発電設備の建設に伴う工事費は約 6 億円である。

2.2.4 発電プラント系統図

図 2 に府中発電所の系統図を示す。それぞれの系統におけるプロセスは下記の通りである。

蒸気および給水ライン：

ボイラーで発生した蒸気は、タービンに送られ発電機を駆動する。タービン排気は復水

器に導かれて液化し、復水ポンプで抽出されてカスケードタンクに送られる。カスケードタンク内で空気が分離された後、給水ポンプでボイラーに給水して循環使用されるため、水の補給はほとんど必要ない。

冷却水ライン :

冷却塔で冷却された水は、ポンプで復水器とタービン潤滑油冷却器へ送られ、タービン排気と潤滑油の冷却を行った後、再度冷却塔に送り返されて循環使用する。なお、冷却水には雨水等を有効に利用しており、不足分は上水道から追加する。雨水は、貯水槽に貯留している。

燃料の供給 :

発電量を監視しながら、積み込み機械を使用して廃材をボイラー口に直接投入している。一回当たりの投入量は、特に計量を行っていないため不明である。

2.3 木質バイオマス発電の利用状況

2.3.1 自家発電の目標

自家発電による発電電力量を 16,000 kWh / 日以上、系統からの買電を 10,000 kWh / 日以下にするという目標値を設定して運用が行われている。

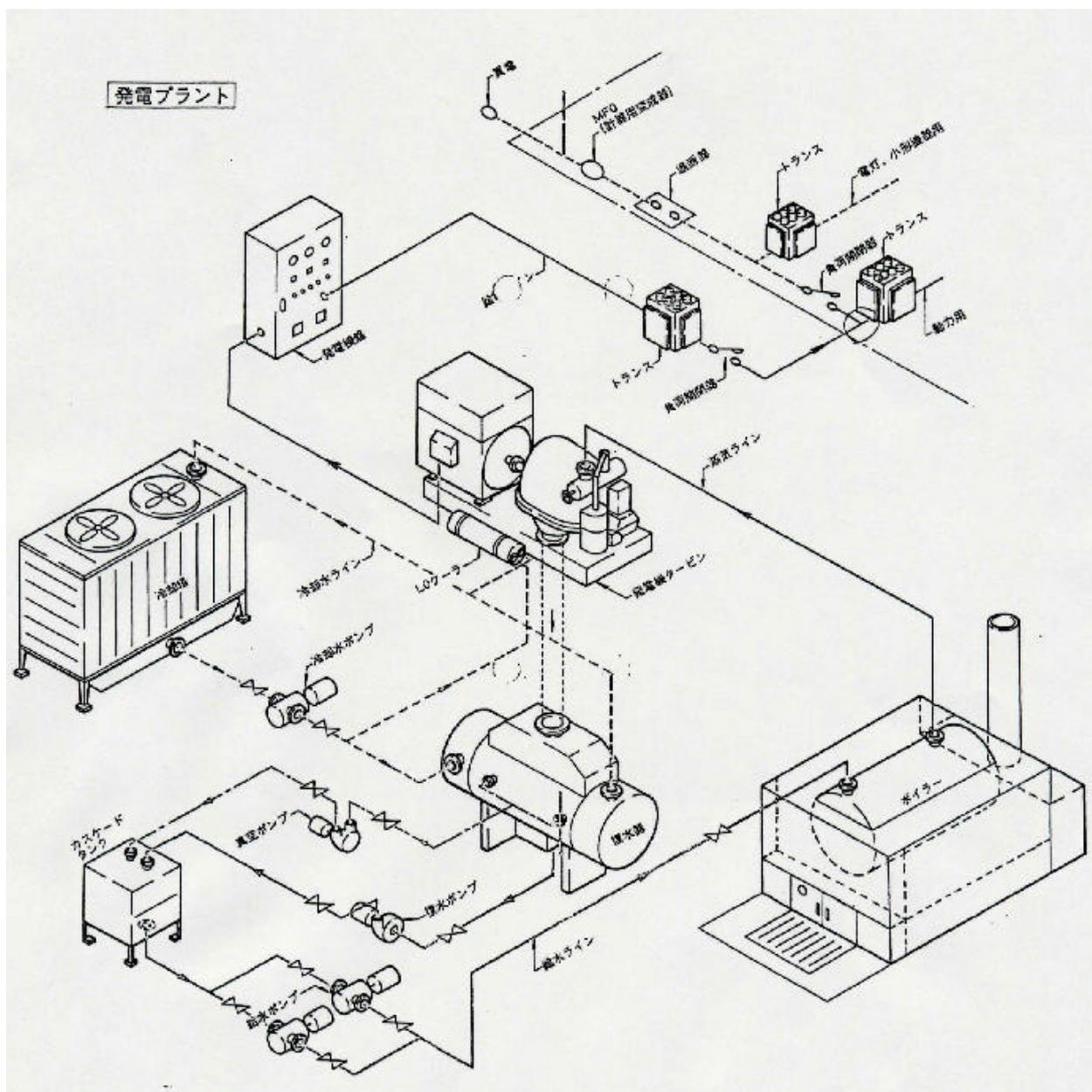


図 2 : 株式会社シンコーの府中発電所系統図

2.3.2 稼働状況

一日当たりのプラントの稼働時間は、7時45分～16時45分の9時間であり、日曜と休日は停止する。

2.3.3 稼働実績、及び収支試算

表14に、(株)シンコーによる自家発電の稼働実績、及び収支試算を示す。

2.3.4 発電単価

表14より、期毎の発電単価を以下の式より求める。

期毎の発電単価(円/kWh) = 月間平均発電コスト(円) ÷ 月間自家発電量(kWh)

これまでの実績は、下記の通りである。

65期(1998年11月～1999年10月) 自家発電単価： 11.59円/kWh

66期(1999年11月～2000年10月) 自家発電単価： 10.94円/kWh

2.3.5 メンテナンス

メンテナンスは、法定によるものが2～4年に一度実施し、ボイラー内部の火が接触する部分については毎年行っている。

2.3.6 残渣の処理

発電後に発生する残渣は、産業廃棄物として処理している。

2.3.7 プラント運用上の課題

家屋解体材を直接ボイラーに投入して燃焼させる本事例の場合には、木材を均一燃焼させるための「経験」が必要である。本事例では、炉の局部過熱を防止するため、水(冷却水として使用する雨水等を使用)を炉内に散布して加熱温度の調節を実施している。また、ボイラーの着火は、新聞紙に火をつけて行っており、その立ち上がり時間に時間を要する。

2.3.8 助成金等

府中工場の発電プラントは、建設時に日本船舶振興協会からの助成金を活用している。

2.3.9 付記事項

家屋解体材には接着剤や塗料等が含まれるが、特に前処理による除去は行っていない。

2.3.10 発電プラントの販売実績

合板工場及び製材工場等への発電プラントの納入実績は35件(国内23件、国外12件：現在は既に設備廃棄した事例を含む)である。なお、近年は都市ゴミ焼却工場への納入実績が増えている。

表 14：株式会社シンコーにおける自家発電の稼働実績、及び収支試算

月度	稼働日数	発電日数	実自家発電量(kWh)		買電量(kWh)		月間合計使用量 電力量(kWh)	買電 単価	仮定電力料金 (円)	実払電力料金 (円)	自家発電コスト (円)	利益 (円)
			月間	1日平均	月間	1日平均						
65期平均	20.5	21.2	109,904	19,296	19,384	9,770	603,136	9.59	10,559	109,786	4,752,000	2,217,794
11	21	22	419,446	19,066	176,364	8,017	595,810	9.59	10,840,443	3,888,456	4,263,000	2,688,987
12	20	21	392,564	18,694	169,020	8,049	561,584	9.59	10,512,216	3,818,027	4,263,000	2,431,189
1	19	19	357,298	18,805	157,428	8,286	514,726	9.59	10,062,947	3,706,860	4,263,000	2,092,988
2	20	20	368,603	18,430	167,064	8,353	535,667	9.59	10,263,672	3,799,269	4,263,000	2,201,403
3	20	20	344,535	17,227	186,768	9,338	531,303	9.59	10,221,821	3,988,230	4,263,000	1,970,591
4	23	23	424,933	18,475	187,668	8,159	612,601	9.59	11,001,469	3,996,861	4,263,000	2,741,607
5	18	18	319,166	17,731	139,572	7,754	458,738	9.59	9,525,922	3,535,620	4,263,000	1,727,302
6	22	22	406,010	18,455	192,420	8,746	598,430	9.59	10,865,569	4,042,433	4,263,000	2,560,136
7	22	22	403,570	18,344	171,108	7,778	574,678	9.59	10,637,787	3,838,051	4,263,000	2,536,736
8	18	18	331,544	18,419	161,100	8,950	492,644	9.59	9,851,081	3,742,074	4,263,000	1,846,007
9	21	21	379,625	18,077	165,312	7,872	544,937	9.59	10,352,571	3,782,467	4,263,000	2,307,104
10	20	20	373,519	18,676	177,048	8,852	550,567	9.59	10,406,563	3,895,015	4,263,000	2,248,547
66期平均	20.5	21.2	109,904	19,296	19,384	9,770	603,136	9.59	10,559	109,786	4,752,000	2,217,794

目標 1. 実自家発電量：1日平均 16,000 kW 以上
2. 買電量：1日平均 10,000 kW 以下

2000.10.23
生産本部発電室

1. 実自家発電電量 = 自家発電量 - 発電室使用電力量

2. 月間合計使用電力量 = 実自家発電電量 + 買電量

3. 仮定電力料金 = (1575円/kWh × 3500kWh × 0.93) + (買電単価 × 月間合計使用電力量)

4. 実支払電力料金 = (1575円/kWh × 1500kWh × 0.93) + (買電単価 × 月間買電量)

5. 自家発電コスト (1) 減価償却費 = 991,000円

(2) 労務費 = 1,172,000円

(3) 消耗品費 = 266,000円

(4) 諸経費 = 1,834,000円

合計 4,263,000円

6. 利益 = 仮定電力料金 - (実支払電力料金 + 自家発電コスト)

7. 諸経費の中には次のものが含まれている

(1) 修理費 = 1,248,000円

(2) 灰処理費 = 378,000円

(3) 水道料 = 208,000円

8. 買電単価 (電気料金10.21円：燃料費調整単価-0.16)

(1) 1999年7月1日より：10.21円/kWh - 0.62 = 9.59円

(2) 1998年7月1日より：10.21円/kWh + 1.02 = 11.23円

9. 基本契約書

(1) 1994年2月1日：1,990kWを1,500kWに

(2) 1995年7月1日：1,500kWを1,602kWに

(3) 1996年8月1日：1,602kWを1,500kWに

2.4 現状の課題と将来的な取り組み

2.4.1 木質系バイオマス原料について

加工用木材需要の減少：

海外からの半製品としての木材輸入が増加したため、国内の製材工場では排出される廃材量が減少傾向にある（例：ピアノ）。

住宅廃材の増加：

全国で30万戸/年の住宅が取り壊され、1,400万m³の家屋解体材が排出されているが、家屋の解体件数は今後増加すると推測される。その為、産業廃棄物処理の負担軽減のために、本事例のように家屋解体材を燃料として有効利用することは益々有意義になることが予測される。尚、一戸当りの取り壊し費用は、約150万円である。

燃料用廃材の位置付け：

現在のところ廃材を燃料として利用しているため、廃材は「有価物」と位置付けている。当初は廃材を無料で引き取っていたが、現在は、積載重量にかかわらず10～20円/台・トラックで購入している。これにより、廃棄物処理法の適用対象外となっている。なお、製材工場の廃材利用の場合には、廃棄物の自家処理に該当する。

2.4.2 排気ガス対策等の必要性

廃棄物処理法の規制は受けないが、保健所による検査はある。廃棄物処理法が適用されると、木質系廃材を投入する炉口が外気に接する構造は禁止されることになる。木質系廃材の場合、接着剤や塗料を含むために、ダイオキシンが発生していると推測しており、将来的な対応策については、現在検討中である。

2.4.3 技術面での課題

復水器を持った発電設備は、タービンから出た排気を冷却水で冷やして復水する必要があり、補機（冷却塔用ファン、冷却水ポンプ、復水ポンプ等）が発電電力を消費する。これらの所内動力による電力消費量が大きいため、総合効率が低くなってしまふ。(株)シンコーの府中発電所の場合は、発電効率が約15%（(株)シンコー試算）となっている。また、所内動力による電力消費量は、発電電力量の約15%に達している。

2.4.4 中小企業において発電設備を導入する際の課題

電気事業法上の制約として、ボイラー・タービン主任技術者、電気主任技術者2名の雇用が必要であり、人材の確保とコスト負担が発生する。また、業務上の負荷として工事計画承認申請書等の提出等が必要になる。技術基準としては、「発電用火力設備の技術基準」により、設備は構造、材質上の規制を受ける。定期点検として、タービンの定期点検（開放点検）及びボイラーの定期点検が必要である。前者は、タービンプレード（羽根）における腐食有無を検査するもので、2年ごとに自主点検を実施、4年ごとに検査官による点検を実施しており、その費用は、200～300万円/回、所要日数は、10日間/回である。ボイラーの法定点検は毎年1回実施され、その所要日数は1ヶ月/回である。

電力会社との系統連系に際して、安全を期するために「系統連系技術要件ガイドライン」による規制があり、電力会社と合意書を交わして地域の通産局に届け出る必要がある。

2.4.5 余剰電力の販売について

余剰電力を販売するためには、基本的に発電所の日当たり稼働時間を 24 時間にするとともに、発電電力量や質の安定性確保が重要である。発電規模については、常時 3,000kW 以上の発電量がないと成立しない(株)シンコーによる試算)。なお、中国電力からの買電単価は、1999 年 7 月 1 日よりの提示価格が 9.59 円 / kWh であり、前述の本プラント自家発電単価 11.59 円 / kWh (65 期平均値) 及び 10.94 円 / kWh (66 期平均値) と比較して低い水準にある。

2.5 まとめ

シンコー株式会社の事例は、未利用の木質系バイオマスの中で、特に家屋解体材を活用した発電である。燃料となる解体材の購入費用はほぼゼロに近いものであるが、その場合の自家発電単価の平均値は 10.94 円 / kWh であり、電力会社からの買電単価 9.59 円 / kWh と比較して高い水準にある。また、家屋解体材は、防腐剤、接着剤等を含んでいるため、今後はそれら物質の除去のための前処理工程、あるいは排ガス処理装置を将来的に付加する必要が生じると考えられる。また本事例のように木材を直接燃焼するシステムの場合の課題として、貯蔵・運搬の簡素化、燃焼の安定化、熱需要の確保等があげられるだろう。それらに加え、家屋解体材を活用する場合には廃棄物処理法との関連という複合的な問題が存在し、有効利用を促進する為には、様々な方面からの政策的アプローチが必要であると考えられる。

第3部 サッポロビール株式会社におけるバイオマスの活用事例の概要

3.1 サッポロビール株式会社の概要

設立日： 昭和24年9月1日（創業 明治9年9月）
 資本金： 438億3164万円
 本社所在地： 〒150-8686 東京都渋谷区恵比寿4-20-1
 電話 03-5432-2111（大代表）
 社長： 岩間 辰志
 主な事業所： ビール工場9工場（北海道、札幌、仙台、群馬、埼玉、千葉、静岡
 大阪、新九州）
 千葉工場所在地： 〒273-0014 船橋市高瀬町2番地
 電話 047-437-3511（代表）
 売上高： 平成12年12月 4,790億円
 売上構成： - 酒類・飲料 87%
 - 外食・ホテル 8%
 - 不動産 5%
 従業員： 2,931名
 営業内容： - 酒類・飲料
 - 外食・ホテル
 - 不動産

3.2 千葉工場の概要

東京都渋谷区にあった恵比寿工場の再開発に伴い、1988年に完成したビール専門工場で、年間製造能力はビール瓶（大瓶）に換算して約4億3,000万本、1日当たり約200万本になる。従業員は130名である。

省資源、及び省エネルギーへの取り組みとして、表15に示すような継続的な活動を実施しており、1998年度には副産物・廃棄物の再資源化率100%を達成し、1999年9月にはISO14001を取得した。

表15：千葉工場における環境活動

年度	取り組み内容	目的
1996	嫌気性排水処理システムの導入	汚泥発生量の削減、省電力
1998	200kW燃料電池の導入	バイオガスの有効利用（電気・熱）
1999	ビオトープ園開園（5,800m ² ） ケナフ畑を設置（1,000m ² ）	自然環境の保全 環境体験の場の提供
2000	10kW太陽光発電システムの設置	省電力

3.2.1 生産工程

ビール製造工程を図 3 に示す。ビール製造に伴って排出される廃棄物・副産物をすべて再資源化している。

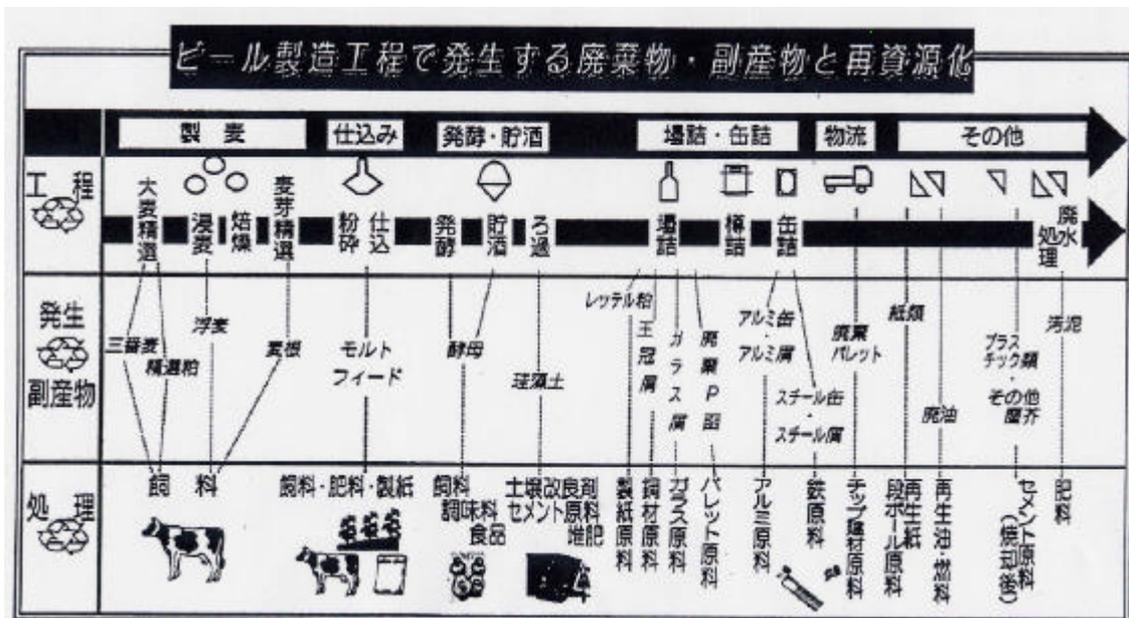


図 3 : ビール製造工程と発生した廃棄物・副産物の再資源化状況

製麦工程：

水を含ませて発芽させた大麦を乾燥させて生長を止め、根を除去する。この麦芽をジロ（サイロ）と呼ばれる貯蔵庫で、約 2 ヶ月間貯蔵する。

仕込み工程：

粉碎した麦芽と副原料（米、コーンスターチ等）に温水を混ぜて糖化させる。これをろ過してホップを加え、煮沸して麦汁を作る。

醗酵工程：

冷却した麦汁に酵母を加え、約 8 で低温醗酵する。麦汁中の糖分はアルコールと炭酸ガスに分解され、約 1 週間で若いビールに育成される。

貯酒工程：

若いビールを 0 の貯蔵タンクで数十日間貯蔵する。炭酸ガスが溶け込み、熟成されてビールになる。

ろ過工程：

熟成を終えたビールを一段目のろ過でほぼ酵母のない状態にし、二段目のセラミックフィルターで完全に酵母を除去する。

ビン詰工程：

無菌室において、洗浄殺菌したビンにビールを無菌充填する。

3.2.2 エネルギー利用の特徴

千葉工場は食品コンビナート地区（食品 35 社から構成される。）内に位置しており、コンビナート地区内はエネルギー供給会社（京葉ユーティリティ株式会社）から、電力、熱（蒸気）、水の供給を受けるとともに、同社に排水処理も委託してきた。ビールの生産増に

伴い京葉ユーティリティ株式会社の排水処理能力の関係から、1997年に千葉工場内に独自に1次排水処理装置として嫌気性排水処理装置を増設した。嫌気性排水処理は、好気性排水処理で行う曝気処理を行わないため、その分省電力であるとともに、汚泥の発生量も大幅に減少する。さらに副生するバイオガス(メタンガス)を燃料として有効利用できる利点もある。すでに静岡工場、北海道工場において嫌気性排水処理装置が導入されており、バイオガスの有効利用(熱回収)が実施されていた。千葉工場においては、より高度なバイオガスの利用方法が検討された。

3.2.3 燃料電池発電装置の導入

千葉工場としては、ビール製造工程より発生する有機性排水の処理を行ない、嫌気性処理工程から発生する高濃度のバイオガス(メタン濃度は65~70%)を代替エネルギーとして熱及び電力として利用する事、さらに発電設備の選択の際に環境性を重視する事などの要件を満たすものとして、燃料電池発電システムの導入を決定した。

燃料電池発電システムの主な特徴：

主な特徴として下記の点が挙げられる。

- ・新規性：世界初のバイオガス燃料電池発電事業
- ・高効率：総合効率81%(発電40%、熱回収41%)
- ・環境性：低騒音とクリーンな排気ガス
- ・代替エネルギー：再生可能エネルギー(バイオガス)の利用
- ・省エネルギー：千場工場で使用する化石燃料使用量の削減が可能

導入費用：

導入に当っては、新エネルギー促進法(新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法)による通商産業大臣認定事業として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの補助金を利用している。補助金の範囲は、バイオガスの前処理装置、メタンガス貯留用(バッファ)タンク、燃料電池の設備費用である。投資費用の総額は、2億3,000万円であり、内約8,000万円が補助金で賄われた。発電容量当りの設備費は、115万円/kWであり、ガスエンジンあるいはガスタービンによるコジェネレーションシステムの設備費の約5倍に相当する。

3.3 燃料電池発電設備

燃料電池発電設備のシステム概要を、図4に示す。燃料電池発電設備は、高濃度の有機性排水の処理とバイオガスの発生を行う嫌気性排水処理設備(メタン醗酵設備)及びバイオガス中の不純物を除去する前処理装置と貯留用ガスタンク、そして燃料電池発電装置から構成される。

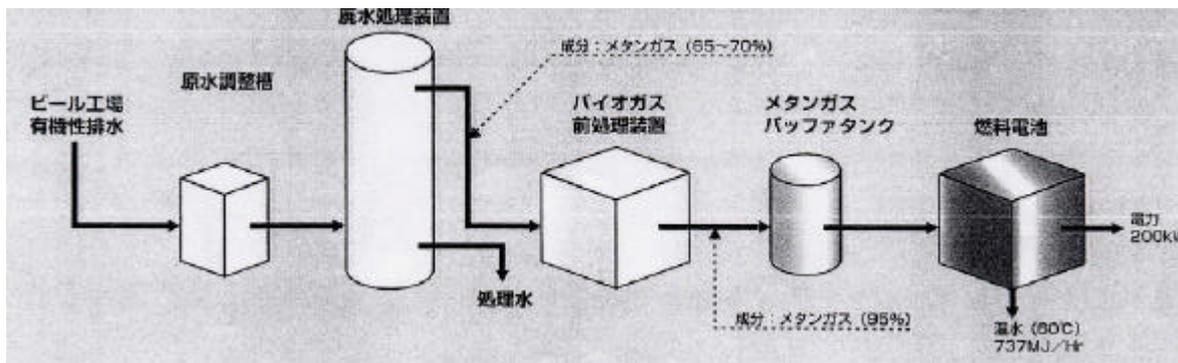


図 4 : 千葉工場燃料電池発電設備のシステム概要図

3.3.1 排水処理設備

ビール製造工程から排出される高濃度の有機性排水を集めて嫌気性排水処理設備に導入し、バイオガスを発生させる。排水処理設備は酸酩酵槽と嫌気リアクターの2槽からなり、酸生成菌が生存する酸酩酵槽を経て嫌気リアクターに入り、嫌気リアクター内のメタン菌の活動でメタンガスが発生する。高濃度有機性排水は嫌気性排水処理設備により有機物負荷量の約 90%が除去され、処理水はビール製造工程からの一般排水と合流して京葉ユーティリティ株式会社の排水処理設備に送られる。

表 16 に、嫌気性排水処理設備概要を示す。

表 16 : 千葉工場嫌気性排水処理設備

項目	内容
最大 BOD 容積負荷	6,000kg / 日
バイオガス発生量	2,800 ~ 3,000m ³ / 日
バイオガスの組成 ²	メタン ; 65 ~ 70% 二酸化炭素 ; 30% 硫黄分他 ; 0.5% 以下

3.3.2 バイオガス前処理装置

嫌気性排水処理設備から発生したバイオガスは、含有している硫黄分を除去した後、ガスタンクに貯留される。メタン濃度を 95%に調整した後に、燃料電池発電装置に導入する。また補助燃料として天然ガスを活用している。表 17 にバイオガス前処理装置の概要を示す。

表 17 : 千葉工場バイオガス前処理装置

項目	内容
処理ガス量	最大 150m ³ / h
硫黄分・アンモニア・塩類除去	湿式・乾式脱硫装置
貯留用ガスタンク	水封式 (10m ³)
メタン濃度 (燃料電池入口)	95%

²その他微量の酸素、及びアンモニア・塩類を含有する。

3.3.3 燃料電池発電装置の概要

表 18 に燃料電池発電装置の仕様を、図 5 にシステムの概要を示す。

表 18：千葉工場燃料電池発電装置仕様

メーカー・型式	東芝 PC25 TM C 型	
定格出力	200kW (交流送電端)	
出力電圧・周波数	400V・50Hz	
総合効率	81% (カタログ値)	
発電効率	40% (LHV ³ 、交流送電端)	
熱利用効率	41% (LHV)	
熱出力	737MJ/h	
熱供給形態	温水 (60)	
燃料消費量	バイオガス 53m ³ /h (メタン濃度：95%)	
排気特性	NO _x ：5ppm 以下 SO _x ：微量	
騒音特性	約 60dB (機側 10m 平均値)	
排水	水質：純水 排出量：ほぼゼロ	
ユーティリティ	水	水質：水道水 補給量：ほぼゼロ
	窒素	1 回の起動・停止で、7m ³ ボンベ 4 本使用
寸法	縦 3.0 × 横 5.5 × 高さ 3.0m	
重量	18.2 t	
設置場所	屋外	
運転形式	自動・無人運転	
出力方式	工場生産設備用配電系統に系統連系	

燃料電池発電装置は、株式会社東芝が、米国の IFC / ONSI 社と共同開発した、PC25TM-C 型 (定格出力 200kW) である。燃料電池発電装置において、バイオガス中のメタンを改質器に通し、水素を製造する。電池本体では水素と酸素を電気化学反応させて、直流電気を発電し、直交変換器を用いて交流電気に変える。また発電の際に発生する熱は、温水として回収する。

³ 低位発熱量：燃焼生成物である水蒸気の潜熱を含めない発熱量

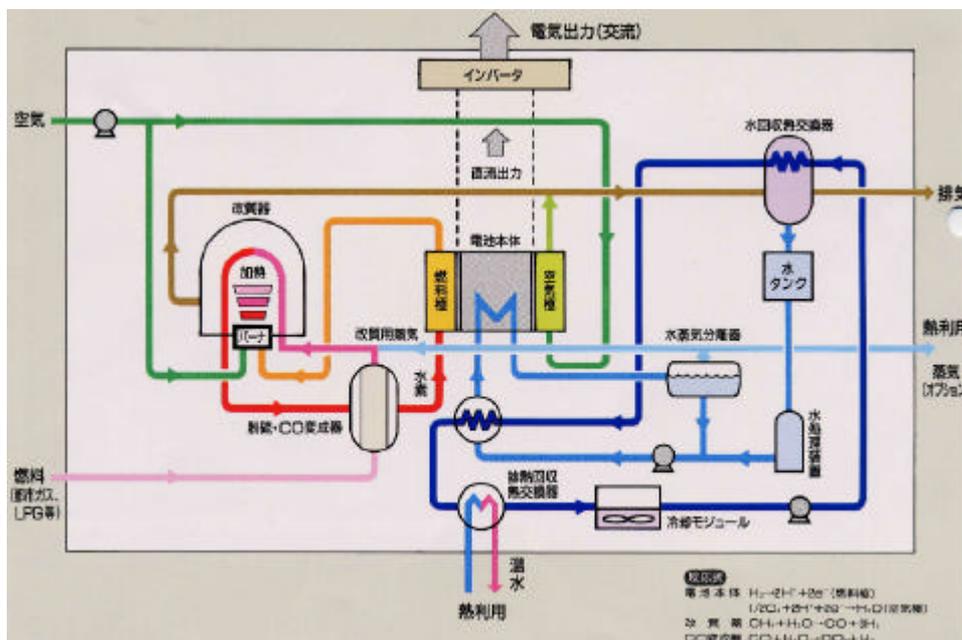


図 5：千葉工場燃料電池発電装置のシステム概要図

発電電力：

工場の排水処理が主目的であり、排水負荷の調整等によるバイオガス発生量のコントロールを行っていないため、通常は定格出力(200kW)の85%程度の出力で運転している。燃料電池の発電量を増加させるために、バイオガス発生量を調整することは行わない。発電した電力は、全量を工場内で消費している。

給湯：

燃料電池発電装置からの60℃の温水は、蒸気を導入して80℃の温水とし、工場内の殺菌用給湯として活用している。

メンテナンス：

表 19 に、燃料電池発電装置のメンテナンスの概要を示す。なおオーバーホールは、現時点では実施しておらず、所要日数は不明である。

表 19：千葉工場燃料電池発電装置のメンテナンス状況

項目	頻度	内容	所要日数
運転中点検	1回/ 3~4ヶ月	各部フィルター掃除 水処理用樹脂交換等	1日間
停止点検	1回/年	ポンプ点検 タンク熱交換器清掃等	4日間
オーバーホール	1回/5年	電池本体交換 反応器触媒交換	不明

3.4 燃料電池発電装置による発電状況

3.4.1 稼働状況

稼働時間：

1日24時間連続稼働で、年間350日程度稼働する。従って、年間稼働時間は、8,400時間となる。

停止時期：

夏期、年末年始休暇時期、及び定期点検時期のみ停止する。発停回数は年間5～6回程度である。

メンテナンス：

運転中点検を、年間3回実施している。

操作人員：

専従要員は配置していない。

3.4.2 導入成果

発電電力量：

月間の発電電力量は、120～130MWh（定格144MWh）である。平均的には定格出力の85%程度の出力で稼働しており、工場全体の電力使用量（3,000MWh以上/月）の約3～5%に相当する。なおこの値は、千葉工場が製造するビール1キロリットル当たり換算して、使用電力削減率は約6%に相当する。

熱：

年間で発生する熱エネルギーは、6,365,475MJである。この値は、千葉工場が製造するビール1キロリットル当りに換算して、石油燃料削減率約2%に相当する。

化石燃料の代替：

燃料電池の導入によって、年間でA重油換算633キロリットルが削減された。

3.4.3 発電コスト

発電単価（ランニングコスト）の目標値を、7円/kWh以下としているが、設置以来の長期間にわたるデータ検証の結果からの実績値は、7～13円/kWhである。但し燃料電池発電装置の設置費用、及びメンテナンス費用は含んでいない。

ランニングコストの低減には、補助燃料である天然ガス使用量の削減が必要である。天然ガス割合の実績値は、正月で工場の操業を停止した1999年1月が80%、定期点検時期の2月が50%、最良の11月で1.6%、他の月は平均で2～3%であった。バイオガスの発生量は、工場の操業状態に直接の影響を受け、不足分を天然ガスでカバーしている。

3.5 現状の問題点と将来的な取り組み

3.5.1 政策的課題

バイオマスエネルギー等の再生可能エネルギーの利用には、普及拡大に対するビジョンと政策が必要である。

燃料電池発電装置の場合、初期投資額が巨大であり、現状では補助金を利用し、電気と

熱を十分に利用しても投資額の回収が目標値より下まわっている。

3.5.2 経済的課題

ガスエンジンやガスタービンによるコジェネレーションシステムの発電容量当たりの設備コストは15～20万円/kWであるが、燃料電池では100万円/kWとなる。

有機性排水処理の結果発生するバイオガスを主燃料に使用しているが、燃料電池の安定的稼動のためには補助燃料として都市ガスが必要である。ランニングコストを削減するためには、都市ガスの使用量を削減する必要がある。

3.5.3 技術的課題

燃料電池発電装置においては、触媒の劣化問題から、発停回数が年間30～40回に限定されている。そのため燃料電池は発停を避けるためのベースロード用として使用しなければならず、導入が限定される。

燃料電池発電装置内の改質器を通して、バイオガス中のメタンガスから水素を製造しなければならないため、起動に4～5時間の予備加熱時間が必要になるなど、燃料電池の起動性が悪い。この技術的特性から、発停の少ないベースロード用としての利用が適していると考えられる。1回の起動、及び停止には、7m³窒素ガスボンベ4本を消費する。

3.5.4 他工場への導入可能性

燃料電池によるバイオガス発電事業は、代替エネルギー（再生可能エネルギー）の活用については、新規性・先進性として一企業の技術にとどまらずに評価できる。しかし投資額が大きく、回収面では難があるため、他工場への導入については現設備の更なる評価を継続している。

3.6 まとめ

サッポロビール株式会社千葉工場では、世界初のバイオガス燃料電池発電事業を実施している。同工場における燃料電池導入の背景には、ビール製造ラインから排出される高濃度有機性排水の嫌気性処理から発生するバイオガスを有効利用することであった。目的はあくまで嫌気性排水処理であり、燃料電池の発電量を増加させるために、排水負荷量を調整することはしていない。

燃料電池は順調に稼動しており、発電電力量は120～130kWh/月（定格出力の85%程度）で工場全体の電力使用量の約3～5%に相当しており、発生する熱はすべて生産プロセスで利用されている。本来ビール工場は、電気と熱の需要量が大きく、コジェネレーションの導入対象として比較的適したエネルギー需要形態を有している。燃料電池の運転に関するノウハウは着実に蓄積されてきており、将来の燃料電池普及拡大に向けそのノウハウを提供する事業の可能性も期待される。

しかしながら本事例における燃料電池は、その発電容量当たりの設備コストが100万円/kWであり、15～20万円/kWのガスエンジンやガスタービンによるコジェネレーションシステムと比較して、極めて高価な設備であると言える。

第 4 部 東京都下水道局小台処理場におけるバイオマスの活用事例の概要

4.1 小台処理場の概要

運転開始： 昭和 37 年 4 月
 所在地： 〒120-0047 東京都足立区宮城 2-1-14
 電話 03-3919-7001 (代表)
 場長： 前田 淳一

表 20 : 小台処理場の概要

処理区域	北区の大部分及び板橋区、豊島区、足立区の一部
処理対象	生活排水と東京北部工業地域の工場排水
計画処理面積	1,687ha
計画処理人口	371,000 人
計画処理能力	晴天時 420,000m ³ /日
処理方法	高級処理 (活性汚泥法)
現有処理能力	下水処理 358,000m ³ /日 汚泥処理 24,000m ³ /日
処理実績(1999 年度)	下水処理の平均値 247,250m ³ /日 下水処理の最大値 730,330m ³ /日 (雨天)
処理水の放流先	隅田川
敷地面積	112,508m ²

4.1.1 下水処理フロー・説明

小台処理場には、下水処理施設と下水処理により発生した汚泥を処理する汚泥処理施設があり、併せて落合処理場から発生した汚泥も処理している。

小台処理場における下水処理フローの概要を図 6 に示す。

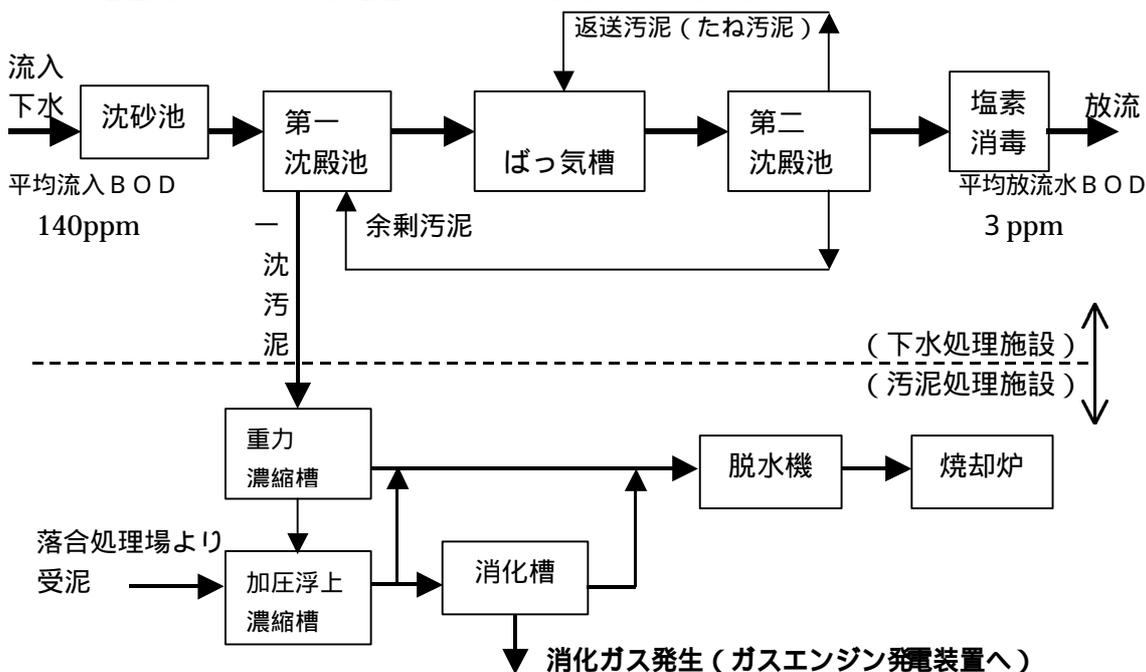


図 6 : 小台処理場における下水処理フロー図

4.1.2 下水処理施設

下水処理施設及び内容を表 21 に示す。

表 21 : 小台処理場の下水処理施設

施設	数量	処理内容
沈砂池	3 池	処理場に集められた下水は、沈砂池に入り土砂類を底に沈殿させて取り除き、大きなゴミはスクリーンで取り除く。
第一沈殿池	6 池	沈砂池からポンプで下水を、第一沈殿池へ汲み上げ 2~3 時間程かけてゆっくり流し沈砂池で沈まなかった細かい汚れを底に沈め、底にたまった泥（汚泥）は、汚泥処理施設へ送る。
ばっ気槽	8 槽	ここで、微生物が入っている泥（活性汚泥）を加え、空気を吹き込みながら 6~8 時間程かき混ぜる。微生物は下水中に溶けている汚れを栄養として吸収し、水や炭酸ガスなどに分解繁殖し、微生物のまわりには細かい汚れが付着し沈殿しやすい泥の固まりになる。
第二沈殿池	8 池	ここで 3~4 時間程かけてゆっくり流し、ばっ気槽でできた泥の固まり（活性汚泥）を沈殿させ、上澄みのきれいな水は塩素消毒した後放流する。

微生物を含む沈殿した泥の固まり（活性汚泥）の一部を、たね汚泥として曝気槽に戻し再び利用する。残りの汚泥は、第一沈殿池に返して、汚泥処理施設に送る。

4.1.3 汚泥処理施設

小台処理場の第一沈殿池から抜き出した一沈汚泥、及び落合処理場から送泥管により送られてきた汚泥は、汚泥処理施設にて処理を行う。

汚泥処理施設を表 22 に示す。

表 22 : 小台処理場の汚泥処理施設

	施設	数量	仕様
	重力濃縮槽	2 槽	1,350、2,000m ³
	加圧浮上濃縮槽	4 槽	337.5m ³ / 槽
	消化槽	8 槽	5,000m ³ / 槽
	消化汚泥洗浄槽	4 槽	850m ³ / 槽
	汚泥脱水機	15 台	ベルトプレス型、130 kg DS / m時
	汚泥焼却炉	3 基	処理能力 200t/日/基、流動層式

濃縮槽 :

第一沈殿池及び落合処理場から送られてきた汚泥には固形分が約 1%程度含有されているが、重力濃縮槽又は加圧浮上濃縮槽にて汚泥を濃縮し、固形分の割合を 2 ~ 3 %まで高める。加圧浮上濃縮槽は、近年汚泥に含まれる有機分が増加して汚泥の比重が軽くなってきたため設置したもので、槽内のノズルから微細な気泡を発生させてこれを汚泥粒子に付着させ、汚泥の見かけ比重をより小さくして浮上分離する。

加圧浮上濃縮した汚泥の一部が、消化槽に送られる。

消化槽 :

加圧浮上濃縮槽からの濃縮汚泥を 1,000 ~ 1,500m³ / 日 (年間平均 1,190m³ / 日) の割合で消化槽に投入し、約 50 の温度で約 30 日間の嫌気性処理を行う。 汚泥投入量と消化槽における滞留日数により、消化ガス (バイオガス) 発生量を調整している。

消化槽から発生するバイオガスはガスエンジン発電装置の燃料として使用し、電力は場内機器の動力として、ガスエンジン発電装置の排熱は消化槽の加温に利用している。

脱水機 :

濃縮汚泥及び消化汚泥は、ベルトプレス脱水機で脱水する。脱水後の汚泥発生量は、一日約 280 トンである。

焼却炉 :

発生した汚泥は、汚泥焼却炉で焼却し焼却灰が、一日約 15 トン発生する。

焼却炉は流動層式で、焼却熱は消化槽の加温に利用している。

4.1.4 汚泥焼却灰の再資源化

小台処理場から発生した焼却灰は、南部スラッジプラントにてレンガ (メトロレンガ) や細粒材の原料としたり、セメント原料とする等、汚泥の 100%再資源化を目指している。

小台処理場から発生した汚泥焼却灰の再資源化状況を表 23 に示す。

表 23 : 小台処理場の汚泥焼却灰再資源化状況 (1999 年度)

用途	使用量 (t)
レンガ原料	2,808
細粒材	725
セメント原料	1,436
その他	320
埋立処分量	407
合計	5,696

4.2 エネルギー利用状況

小台処理場では、年間約 140 万 m³ の濃縮汚泥が発生し、その内の 44 万 m³ (31%) を消化槽に投入し約 50 の温度で約 30 日間程度滞留させ (嫌気性処理) 汚泥の有機分の多くを分解、液化、ガス化 (消化ガス) して減量及び安定化を図っている。

消化槽より年間 562 万 m³ (平均 15,400m³ / 日) のバイオガスが発生し、発生したバ

イオガス量のほぼ 100%をガスエンジン発電装置に導入している。

一方都市ガスは年間 70 万 m³を使用しており、その内の 98%を汚泥焼却炉用燃料として使用し、残り 2%をガスエンジン発電装置の補助燃料に利用している。

電気は、特別高圧 2 万 V で受電し契約電力は 5,900kW (負荷率別契約 2-B) である。1999 年度の年間総使用電力量 4,567 万 kWh の 19%に相当する 874 万 kWh (平均 24,000 kWh / 日) を、バイオガスを燃料としたガスエンジン発電装置による発電で賄っており、残りの 81%を東京電力から購入している。

小台処理場における、電気、都市ガス、バイオガスの使用状況を表 24 に示す。

表 24 : 小台処理場における主要エネルギー使用量 (1999 年度)

種類	年間総使用量	内 訳	用途別使用量
電 気	45,672,390kWh	買電電力量 36,927,640kWh (81%) 発電電力量 (バイオガス) 8,744,750kWh (19%)	
都市ガス	689,675m ³	汚泥焼却炉用燃料	676,425m ³
		ガスエンジン補助燃料	13,250m ³
バイオガス	5,621,150m ³	ガスエンジン燃料	5,564,510m ³
		汚泥焼却炉用補助燃料他	56,110m ³

4.3 ガスエンジン発電設備

4.3.1 ガスエンジン発電装置の導入

導入理由 :

従来は消化槽から発生するバイオガスは消化槽の加温用にのみ使用していたが、設備更新時に汚泥焼却炉を従来の多段式から流動層式に変更したことにより、焼却炉の排ガス温度が上昇して消化槽の加温にも利用できるようになった。

そのため、新たなエネルギー源としてのバイオガスの有効利用方法を検討した結果、消化ガスの全量を電力及び熱エネルギーとして回収するエネルギーシステムである消化ガス発電設備を 1988 年 10 月に導入した。

バイオガスの組成 :

バイオガスには微量であるが硫化水素が含まれているため、脱硫装置を通過させて硫化水素を除去した後でガスエンジンに導入している。

表 25 に、バイオガスの平均組成と発熱量を示す。

表 25 : 小台処理場のバイオガス平均組成と発熱量

項 目	含有割合	
組成	メタン	60%
	二酸化炭素	40%
	硫化水素	970ppm
発熱量	21,000kJ / m ³	

導入費用

ガスエンジン発電設備工事費 1,349,510 千円

但し機械設備、電気設備、建物改造、既設設備撤去費等を含む。

4.3.2 ガスエンジン発電装置の設備概要

バイオガスの前処理フロー：

消化槽から発生したバイオガスは脱硫器で硫化水素を除去した後、昇圧し一度ガスタンクに貯留してガスエンジン発電装置に送られる。また都市ガスを補助燃料として使用する場合は、ミキシングタンク内でバイオガスと都市ガスを混合する。

図 7 に小台処理場の消化ガス発電フローを示す。

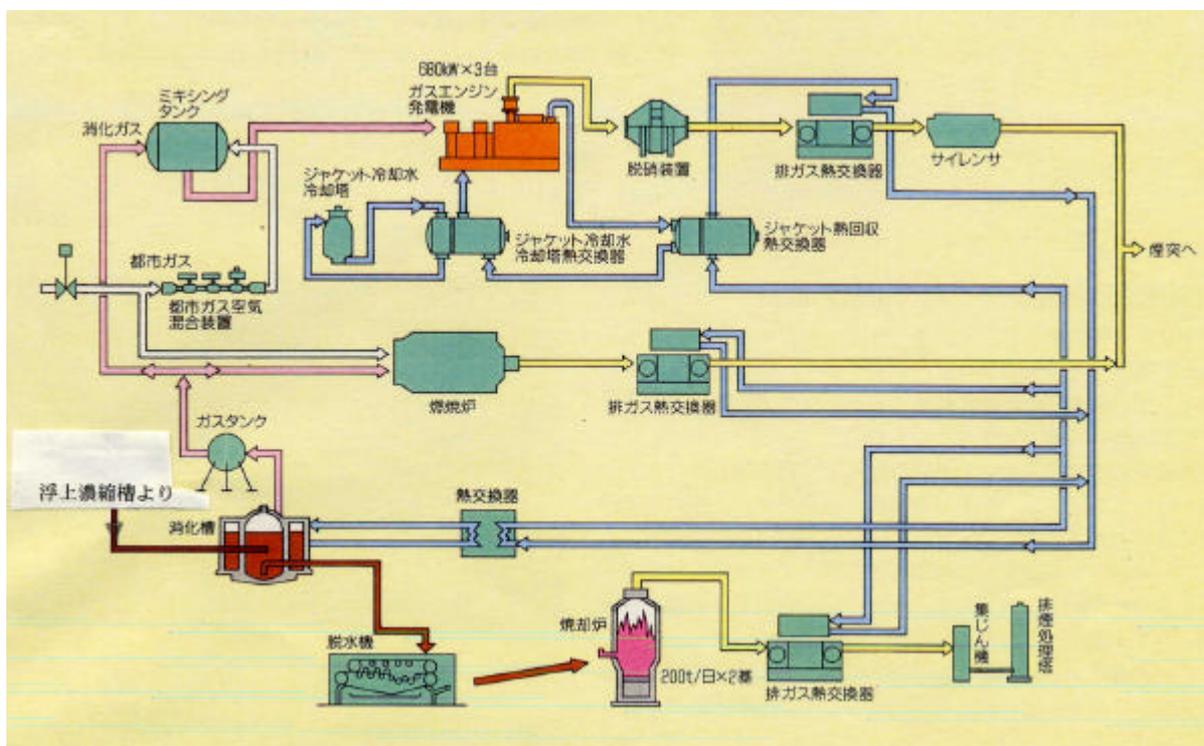


図 7：小台処理場の消化ガス発電フロー図

前処理設備の概要：

脱硫器、ガスタンクの仕様を表 26 に示す。

表 26：小台処理場の前処理設備仕様

設備	仕様
脱硫器	乾式脱硫方式 脱硫剤：酸化第二鉄（40～60%含有） バイオガス通過量：50,000m ³ /日
ガスタンク	鋼製球形、常用圧力 0.3Mpa

ガスエンジン発電装置の概要 :

ガスエンジン発電装置のエンジン、発電機、脱硝装置の仕様を、表 27 に示す。

表 27 : 小台処理場のガスエンジン発電装置仕様

項目	内容
メーカー	日本鋼管株式会社
エンジン型式	水冷 4 サイクル
シリンダー数	16 気筒
シリンダー配置	V 型
定格出力	1,100PS
回転数	1,030rpm
燃焼方式	電気着火方式
始動方式	圧縮空気始動
過冷却方式	無過給
消化ガス消費量	359Nm ³ / 時
NO _x 低減方法	三元触媒 (八二カム構造)
概略寸法	幅 3.5m × 奥行 6m × 高さ 1.5m
重量	14 t
発電機	三相誘導発電機
発電電圧	3,300V
発電機容量	680kW × 3 台
運転方法	系統連系、但し逆潮流なし

4.3.3 ガスエンジン発電装置による発電状況

稼動状況 :

ガスエンジン発電装置は、年間を通して安定稼動しており、発電電力量の季節変動等はない。 1999 年度の実績値を表 28 に示す。

表 28 : 小台処理場のガスエンジン発電装置稼動実績 (1999 年度)

項目	実績値
燃料使用量	バイオガス 5,564,510m ³ 都市ガス 13,250m ³
発電電力量	8,744,750kWh
稼動時間	17,139 時間 (5,713 時間 / 台)

ガスエンジン発電装置の運転は、バイオガスの発生に応じて常時 2 台運転を基本とし、保守点検、補修時は交代で休止し、全台停止は数時間 / 年程度である。

運用 :

ガスエンジンの運転、定期点検等は、民間会社に委託している。

ガスエンジンの排熱利用：

80 の温水として回収し、消化槽の加温に 100%利用している。

発電コスト：

1999 年度の実績は、12.1 円 / kWh である。

但し、設備の減価償却費、運転、保守点検消耗品、補修費、潤滑油、冷却水、補助燃料の都市ガス費及び、廃熱回収分を含む。契約電力低減、ピーク調整契約による割引分等を加味すると、10.1 円/kWh となる。

なお、年により補修費等が異なるので、発電コストも変動する。

4.4 現状の課題と将来的な取り組み

4.4.1 バイオガス発電のメリット

契約電力の低減：

降雨時等の揚水ポンプの運転台数が多い時にピークオーバー対策としてガスエンジン発電装置を追加運転することにより、契約電力を低減している。

電気料金の抑制：

小台処理場の電力使用量の 19%をバイオガス発電で賄っているため、電力料金のコスト負担を軽減している。

電力ピーク時における電力料金の節減：

1999 年度は、東京電力との間に夏季のピーク調整契約を結んでおり、6~9 月の 13~16 時の時間帯に 3 台のガスエンジン発電装置に都市ガス補助燃料を導入してフル稼働させている。これにより 1999 年度は、電気料金約 2,000 万円 / 年の割引を受けている。

4.4.2 現状の課題

技術的課題：

消化ガス中に都市ガスには含まれない有機ケイ素がガス状に存在し、燃焼過程において無機ケイ素に変化し、排ガスの NO_x 除去装置の触媒層に付着して脱硝能力を低下させる現象が生じている。

又、エンジン内部においても潤滑油の Ca 等と結合し硬い残渣物を形成し、部品寿命の短縮等も予想されるため、その対策について検討中である。

経済的課題：

運転開始後 10 年以上経過しているため、各部の補修費が増加している。

また三元触媒等の消耗品も定期的に交換する必要がある。

立地上の課題：

汚泥の消化（嫌気性処理）は、消化槽、洗浄槽、ガスタンク他消化ガス設備等の占有面積が大きく、立地確保の問題がある。

4.4.3 将来的な取り組み

他の下水処理場への導入可能性 :

本来、汚泥の消化(嫌気性処理)は、処理過程から発生する汚泥の減量化、安定化が主目的であるが、一方で、消化槽等の処理施設のために広大な面積を必要とする。

しかし都市型下水処理場においては、敷地を確保すること自体が困難であり、東京都下水道局が近年建設した下水処理場では嫌気性処理法を採用していない。

なお、消化槽を有する森ヶ崎水処理センター(大田区、品川区、目黒区が処理区域)において、都市ガス及びバイオガスを燃料とする発電装置を設置する計画があり、現在構想段階である。

一方、処理場のスペースに余裕がある下水処理場においては、嫌気性排水処理法の採用が多く、電力と熱の回収が積極的に行われている。

未利用エネルギーの活用 :

下水自体が持つ熱の利用を目的とした、大規模な「アーバンヒートシステム」として、9 処理場と 2 ポンプ場で下水を冷暖房の熱源に利用している。例えば文京区後楽一丁目地区の 21.6 ヘクタールの商業地域では、1994 年 7 月から全国初の未処理下水を熱源に利用した地域冷暖房事業に取り組んでいる。

また、砂町水処理センターでは、江東区新砂三丁目に計画中の地域冷暖房事業に対して処理水と汚泥焼却熱を利用した冷温水を供給する計画がある。

4.5 まとめ

東京都下水道局の小台処理場では、下水汚泥の嫌気性処理から発生するバイオガスをガスエンジン発電装置の主燃料として利用して、場内所要電力の 19%を賄っている。

またガスエンジンからの排熱は、嫌気性処理の消化槽の加温に有効利用されている。

バイオガスを利用したコージェネレーションとしては、電気、熱ともに常時完全利用しており、極めて好ましい事例である。発電による契約電力の低下、電気料金のコスト負担の軽減、電力ピーク時における電力料金の節減等の具体的なメリットが生じている。

お問い合わせ info@tky.ieej.or.jp