

マリボCHPプラント

- 【訪問先】 マリボCHPプラント
Maribo-Sakskobing CHP plant
- 【所在地】 Toemmervej 1, 4990 Sakskobing, Denmark
Tel: +45 54 70 20 70
- 【訪問日】 2003年11月3日（月）午後
- 【対応者】 Osami Saito (Managing Director/BIOENER ApS)
Hans Jorn Clausen (Department Manager Sales & Proposals/BIOENER ApS)

1. はじめに

デンマークはスカンジナビアの南端に位置し、ユトランド半島、シェラン島、フェン島など大小500の島々からなる国である。面積は日本の約10%であり、九州とほぼ同じくらい、人口は約530万人で日本の約4%、九州の約半分である。1960年代より福祉政策を重視し、高度な福祉制度が確立した国として知られており、現在では国民一人あたりのGNPにおいても世界屈指の先進国となっている。古くから環境問題、地球温暖化問題等にも積極的に取り組んでおり、風力発電が盛んなことでも知られている。

デンマークを含む北欧においては、地球温暖化防止対策の一つとして、古くから農林系バイオマス利用による発電、熱利用が行われてきた。今回はそのうちの一つ「ストロー（麦わら）」を用いた発電設備である Maribo-Sakskobing CHP plant（マリボーサクスブルグCHPプラント）を訪問したので報告する。なお、「CHP」とは「Combined Heat & Power」の略であり、欧州では一般的に使われている言葉であるが、日本でよく使われている Co-Generation と同義であることを付記しておく。

2. 概要

デンマークの首都、コペンハーゲンの南方にあるこの施設は、世界的セメントメーカーである FLS（エフェルスミス）社傘下の FLS miljo（ミリオ）のバイオマス発電部門が、電力会社であ

る Energi 2 (E2) 社に納入し、1999年から発電、及び地域熱供給を開始している。デンマークでは電力会社は2社存在し、デンマークのおよそ東側半分、シェラン島およびロラン島を賄っているのが、この Energi 2 (E2) 社である。

納入元である FLS miljo（ミリオ）のバイオマス発電部門は、これまで20プラント以上の納入実績があり、ストロー燃焼発電は6プラントの実績がある。なお、FLS miljo社のバイオマス発電部門は、(株)タクマと伊藤忠商事(株)が2002年12月に買収し、現在は「Bioener ApS」社となっている。

この施設ではストローを燃料として9.7MWの発電と20MWの地域熱供給を行っており、電力は約10,000世帯分をカバー、熱は近隣2市（マリボ市、サクスブルグ市）の人口30,000人分の全需要のうち、90%を賄っている。残りの10%も別施設でのバイオマス由来の熱でカバーしており、2市の熱需要に関しては100%バイオマス由来ということになる。

施設での全従業員は9名（エンジニア3名、オペレータ4名、ボイラ担当2名）。勤務時間は7:00～15:00であり、夜間と土日は全自動運転で無人になっているが、万が一施設に異常が発生した場合は、従業員が現地へ急行し、状況を確認するシステムが確立されている。

3. 施設外観

写真1に施設外観を示す。農場に囲まれた所に位置しており、機械類は全て屋内設置で

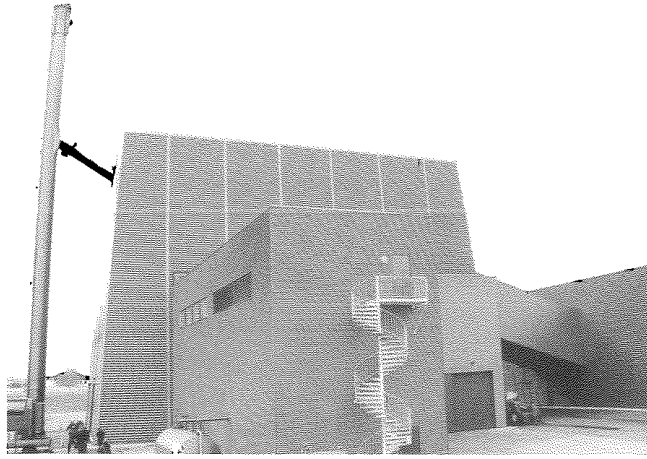


写真1 施設外観（右から順に貯留場、炉室、煙突）

あった。黒を基調とした外観はあまり日本では馴染みがないが、精悍な雰囲気醸し出している。建設からまだ数年しか経ってないこともあり、非常に綺麗であった。

4. 燃料

前述のとおり、燃料はストローである。大麦およびライ麦が主体であり、近隣50～60kmの農家から買い取っている。約1.2m四方×長さ2.5mほど（重さ約500kg）に梱包されて搬入される（写真2）が、引き取る際に水分チェックが行われ、水分が25%を超えると受け取らないようにしている。貯留場の容量は約900tで、これは定格燃料消費量の約4日分に相当する。年間焼却量は約40,000ton。また、ストローの燃焼によって生じた灰は、無償で農家に提供し、新たな燃料（麦）の育成のための肥料として使用される。写真3として、貯留場内部の様子を示す。



写真2 ストローの搬入

5. プラント主仕様

プラントフローを図1に示す。また設計諸元を表1に示す。

フローについては、一般的な国内の廃棄物焼却発電プラントと似ているが、受入供給設備までは2系列、焼却炉以降は1系列であること、並びに水冷復水方式（回収熱は地域熱供給に使用）を採用しているところが特徴である。

設計諸元では、蒸気条件を高温高压化して発電効率29%を達成している他、特筆すべきは、89%もある熱と発電を併せたプラント効率である。内訳を図示すると、図2のようになる。寒冷な地域であり熱需要が多いこと、周辺住民また自治体のサーマルリサイクルへの意識が高いこと、等の要因がこの数値を可能にさせたと思われる。また約30,000人分の熱需要をカバーする6,000m³の温水タンク（写真4に示す）も壮観であった。



写真3 ストロー貯留場

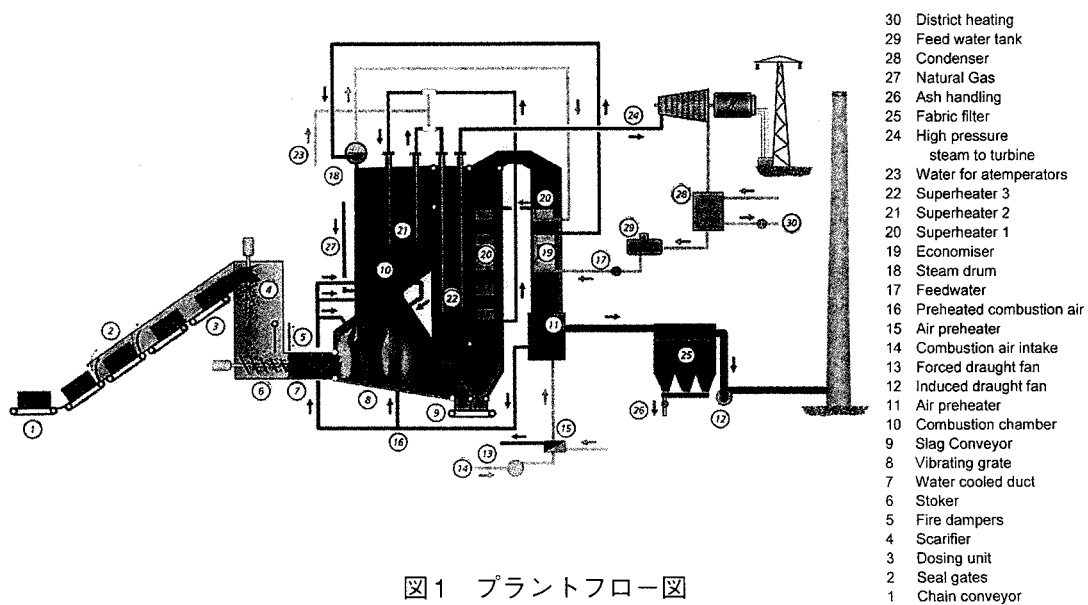


図1 プラントフロー図

表1 設計緒元

主燃料	麦わら
最大水分量	25%
代替燃料	木屑(wood chips)
燃料消費量 (焼却量)	8.1t/h
蒸気発生量	43.2t/h
主蒸気圧	92bar=9.2MPa
主蒸気温度	542℃
給水温度	210℃
ボイラ効率	92.9%
発電量	9.7MW
熱供給量	20MW
地域熱供給用温水温度 (行)	85℃
〃 (戻)	53℃
温水タンク容量	6,000m ³
プラント (熱+発電) 効率	89%

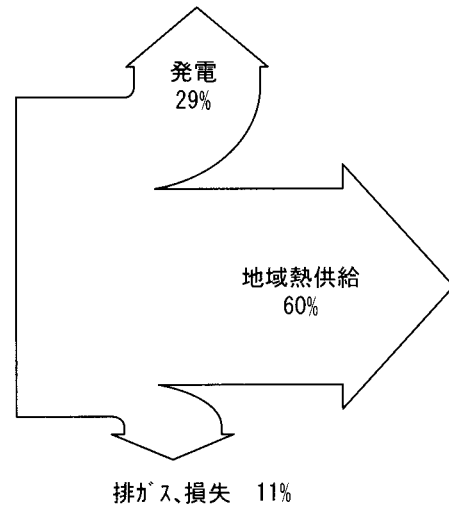


図2 熱収支

6. 受入供給設備

クレーンで掴まれたストローはそのまま、コンベヤ①に受けられ、貯留場から炉室へと運ばれる。写真5に、ストローの供給の様子を示す。貯留場にはかなりの量のストローが貯留されているが (写真3参照)、荷降し作業中であつたにも関わらず、あまり埃っぽくなく、安心して見学することができた。

コンベヤで運ばれたストローは、出口部分の解砕機④で梱包がほどかれ、ばらばらになって供給機⑥へと送られる。供給機はスクリーフィーダ方式であり、この供給機までが2系列、そしてボイラ以降は1系列である。これは、ボイラの安定連続運転性および低負荷



写真4 温水タンク (写真左)

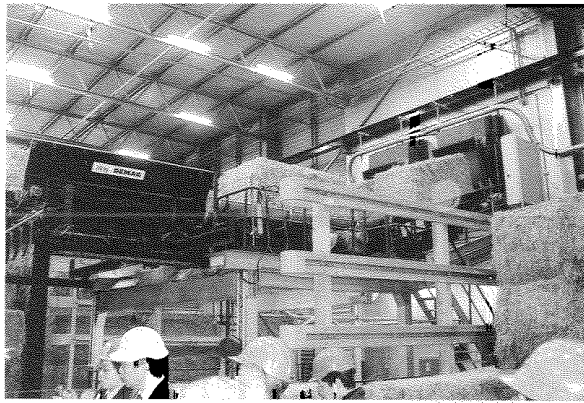


写真5 ストローの供給

時の定量供給性を向上させるための方策であると考えられる。

見学の際、説明者が解砕機付近の点検口を開放し、内部を見ることができたが、器内は環境集じん器で負圧に保たれており、ストロー層が外へ飛散するようなことは無かった。

貯留場での火災を未然に防ぐために、いくつかの方策が取られていた。貯留場と炉室は、道路を挟んで全く別の建物としており(写真1参照)、さらに、貯留場と炉室をつなぐコンベヤの内部は、シールゲート②が二重に置かれて下流側と縁切りされていた。また、ごみ供給装置出口のケーシング⑦は水冷構造となっており、さらにファイヤダンパ⑤が設置され、焼却炉からの逆火による火災を防止する構造となっていた。

7. 燃焼設備、ボイラ設備

炉内に投入されたストローは、ボイラ水による水冷式振動ストーカ⑧により、順次下流側へ送られ、燃焼されていく。このストーカの振動は間欠であり、8～10回/hの頻度で、1回あたり数秒間作動する。

燃焼排ガスは、その後ボイラ(⑩～⑫)へ送られる。ここで、主蒸気は3段過熱により9.2MPa、542℃まで過熱され、蒸気タービンへ送られる。蒸気タービン⑭は出力9.7MWの4段抽気復水式で、前段2段は給水加熱に、後段2段は温水発生に使用される。

炉室は鉄骨造で機械架構は1階から立ち上がっていた。点検歩廊はグレーチング敷きで、特に狭いとは思わなかった。ここでもストローや灰が飛散している訳でもなく、非常に綺

麗であった。また、手摺の繋ぎ目の溶接、塗装等も綺麗に仕上げられており、丁寧に施工された様子うかがえる。

8. 排ガス処理設備

ボイラを出た排ガスは、その後空気予熱器⑬へ送られ、燃焼用空気の予熱用として熱回収される。その後、ろ過式集じん器⑮を通り、煙突から排出される。ろ過式集じん器における集じん効率99.99%とのことであった。

9. 灰出設備

ストロー焼却後の灰は、加湿後そのまま灰貯留ヤードへ貯められているようであった。灰の発生量は焼却量の約5%で、その内主灰はストロー買取先の農家の肥料に使用される。灰貯留ヤードの様子を写真6に示す。なお、飛灰は別途フレコンバックに集められ、保管されていた。

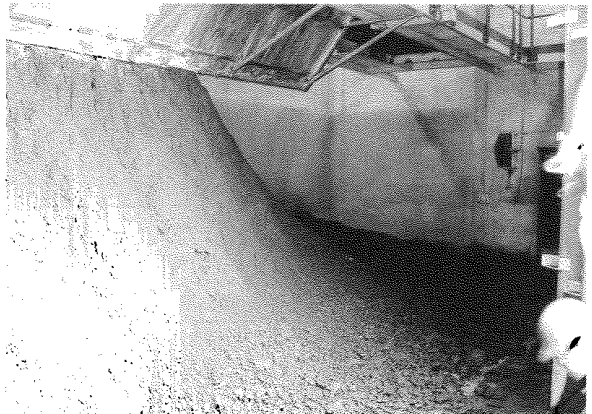


写真6 灰貯留ヤード

10. コストデータ

この施設は、燃料(ストロー)を農家から買い取り、それを焼却し、売電、売熱することで収益を上げている。参考データとして、表2にコストデータを示す。

表2 コストデータ

建設費	3億 DKK
売電単価	0.6 DKK/kWh
売熱単価	65 DKK/GJ
ストロー買取単価	400～600 DKK/t (持込み)

(1DKK=約18円)

11. 所 感

麦わらを燃焼させ、麦わらが持っている熱量の約90%を熱と電気に変えて有効利用する。そこで発生した灰は土に帰り、また二酸化炭素は一旦大気へ放出されるものの、土と水と太陽の力、そして焼却後の灰の力で再び麦というエネルギーに変えられる。今回、バイオマス発電を目の当たりにし、このような循環系が明確にイメージできるようになった。地形や、気候等に違いがあるので、日本にそのまま応用するは難しいかも知れないが、環境に対する意識の高さ、リサイクルに対する姿勢は学ぶべき所が多いと感じた。

文中にでも述べたが、炉室内は民間のボイラ施設とは思えないほど非常に綺麗であった。我々の見学中、炉室内の配管ラックの上部など埃のたまりやすいところを、高所作業車に乗って掃除機で清掃している作業員を見かけたが、環境に対する取り組みが表向きの大気



写真7 集合写真

環境だけでなく、身近の作業環境に対しても徹底して行われていることに、改めて関心した次第である。

(調査担当：岡田光浩、玉出善紀、松村淳、内山隆、梶原吉郎)