

2002年11月  
日本貿易振興会LL事業  
スウェーデンミッション報告会  
配布資料

1. はじめに
2. 森林について
3. バイオマス生産について
4. 燃焼機器について
5. 熱電併給およびシステムについて
6. 行政と市民のかかわりについて
7. おわりに

2003年1月26日  
岩手・木質バイオマス研究会

## はじめに

～有名になった「ローカルアジェンダ 21」～

岩手・木質バイオマス研究会

事務局長 金沢滋

第2次ミッション団団長

### 《はじめに》

私たちの訪問は「視察」ではない。

これまでのスウェーデン・ヴェクショー市との交流も3年を数える。1999年3月にスウェーデン・バイオマス協会のケント会長が来県して以来、ジェトロのLL事業等を通じて、平成12年度から交流が続いているからだ。

今回のミッション団の募集する時点の目的は

岩手県で比較的たやすく入手できる「チップ木材」をどう利用できるか。

森林でのバイオマス生産をどう日本で参考にできるか。

ペレットを含めた、燃料の認証制度がどう確立されているか。

私たち全員がよいところだけを見て報告書を書けばよい、という代物ではなく、現実はどう生かすかが問われている。そして帰国後もミッションの成果を生かすべく、それぞれの持ち場で模索を続けている。今回の配布資料は、そのスタートである。

### 《ミッション参加者（敬称略）》

|             |                |       |
|-------------|----------------|-------|
| 団長：株式会社金澤林業 | 専務取締役          | 金沢滋   |
| 株式会社東洋設計    | 環境指導部長         | 阿部将一  |
| 岩手大学農学部     | 助手             | 伊藤幸男  |
| 岩手県林業公社     | 管理課管理第一係長      | 木地谷照雄 |
| 有限会社立花林業    |                | 立花光穂  |
| 北進産業機械株式会社  | 専務取締役          | 筒井久   |
| 北進産業機械株式会社  | 営業課長           | 出村隆二  |
| 沢内村役場       | 産業振興課課長補佐      | 内記和彦  |
| 株式会社葛巻林業    | 取締役営業部長        | 福島尚   |
| サンポット株式会社   | 研究開発部長 ねろみねジャー | 真賀幸八  |
| 三田農林株式会社    | 取締役            | 三田林太郎 |
| 毎日新聞福井支局    | 記者             | 横田信行  |
| ジェトロ盛岡      |                | 道法清隆  |

計 13 名

### 《訪問スケジュール》

| 月日      | 訪問内容等 | 訪問地等      |
|---------|-------|-----------|
| 11/2(土) | 移動    | 成田(泊)     |
| 11/3(日) | 移動    | ヴェクショー(泊) |

|          |  |                                 |
|----------|--|---------------------------------|
|          | 12:45 成田発 SK984<br>16:15 コペンハーゲン着<br>20:35 コペンハーゲン発 SK8285<br>21:25 ヴェクショー着  |                                 |
| 11/4(月)  | 09:30 ヴェクショー市役所<br>「Agenda 21 & 化石燃料フリーのヴェクショー市」<br>11:45 カール＝オロフ・ベングトソン市長ご招待ランチ<br>14:15 ベクシェ - 大学「バイオエネルギー研究、概括」<br>15:30 ベクシェーエネルギー相談所  | 宿泊ホテル:<br>ROYAL CORNER<br>HOTEL |
| 11/5(火)  | < 燃焼システム・グループ ><br>バスでカルマール市へ出発<br>09:30 スキャンド・ペレックス社「ペレットバーナー」<br>11:00 カルマール・エネルギー公社<br>14:00 スメドゥビー製材所「地域熱供給」<br>< 森林グループ ><br>午前 ソドラ・エネルギー社「森林・伐採について」<br>「教育サポートについて」<br>15:00 ヴェクショー市の森林政策について | ヴェクショー泊                         |
| 11/6(水)  | 09:00 サンドビック・コージェネレーション施設<br>14:30 農家でのチップボイラー使用事例<br>15:30 MBIO 社 (小型バーナーメーカー)<br>夕方 中間とりまとめのための意見交換  | ヴェクショー泊                         |
| 11/7(木)  | ヤーンフォーセン社導入チップボイラー使用事例<br>エンマボーダチップボイラー導入事例<br>カールスクローナ市の地域熱供給<br>カールスクローナの海軍施設内の熱供給施設   | ヴェクショー泊                         |
| 11/8(金)  | 午前 リュングビー廃棄物処理場<br>11:00 マーカード社 (チップ・マシンメーカー)<br>15:00 ヴェクショー市役所にて最終意見交換会<br>18:00 JETRO ホストの夕食会   | ヴェクショー泊                         |
| 11/9(土)  | 11:10 ベクシェー発 SK1162<br>11:50 ストックホルム着<br>13:40 ストックホルム発 SK415<br>14:55 コペンハーゲン着<br>15:45 コペンハーゲン発 SK983  | (機中泊)                           |
| 11/10(日) | 10:35 成田着  |                                 |

## 《スウェーデン・ヴェクショー市について》

道法 清隆



ヴェクショー市はスウェーデンの首都ストックホルムから南西約 450km にある。人口は 75,000 人。ヴェクショー市はスウェーデンで 22 番目の自治体（コミューン。これについては後ほど簡単に触れる）である。車で一時間の距離以内に 120 万人が住む。

ヴェクショーは 650 年以上の歴史を持つ。市内には川や湖が多く、もともとは商業都市として発展してきたおり、今も変わらない。ストックホルムから遠いことから独立した意識がある。また発明がさかんであり、中小企業が多く、大企業が少ない。このヴェクショー市を中心として周りに企業が多い。

### 1. ヴェクショー市役所（コミューン）について

スウェーデンでは、地域自治体のことをコミューンと呼ぶ。このコミューンは極めて高い自治性を持っており、徴税権（平均して 20% 程度の地方所得税があるといわれている）はもちろんであるが、環境保全と老人福祉への責任を持っており、エネルギー、廃棄物処理、上下水道、公共交通を所管、ほかにも環境と健康保護法、都市計画と建築法、化学製品法などといういくつかの法の執行機関でもある。

ヴェクショー・コミューンでは、収入の 30% が地方税であり、学校や福祉関係者を含めて 6,500 人が働く。市議会議員選挙は 4 年ごと。ヴェクショー市議会議員は 61 名おり、この中から 5 名の副市長が選出される。現在のカールオルフベンクトソン市長は議会与党第 1 党からの選出となる。

### 2. ヴェクショー市の環境施策について

#### <ローカルアジェンダ 21 について>

96 年にローカルアジェンダ 21 を市議会で決定した。その内容は 化石燃料の使用をやめる。二酸化炭素排出を 2010 年までに 1993 年レベルの半分まで削減する、というものである。この脱化石燃料宣言がヴェクショー市を世界的に有名にさせているのである。

ヴェクショー市は湖が多く、70 年代はそこへの廃棄物の垂れ流しが問題となっており、湖の浄化が、ヴェクショー市が環境問題に取り組む最初のきっかけとなったのである。その後、環境問題に政治家が興味を持ち、ヴェクショー市や NGO、市民との協力により、95 年に京都議定書に基づいた、「ローカルアジェンダ 21」を策定した。

ここにはヴェクショー市が行政としての旗振り役をしていた役割もあるが、それぞれの分野において多くの関係者が関わっている。政策の検討において、専門家のほかにも産業界や市民などさまざまな分野から集まり、円卓会議を何回も重ねて、政策の実行へと進んでいる。

このローカルアジェンダ 21 の目的として、環境問題に取り組むということもあるが、その他にも二酸化炭素排出の半減により国際的にヴェクショー市を有名にする（これは政治家もメリットがある）。そして環境分野における産業界を発展させる、という目的もある。

サラ・ニールセン氏は最後に日本への提案として次のとおりの提案をした。まずは解決法がわからなくても行動が必要である、トップダウンで、NGO グループや市民も参加していく、企業との協調で（企業もメリットがあるように）。

次に 2002 年 4 月からアジェンダ 21 の渉外担当をしている、ソヒエ・キム＝ヘルストロム氏からヴェクショー市の「ローカルアジェンダ 21」について詳細な説明があった。

ヴェクショー市は「ローカルアジェンダ 21 ビジョン」をうすいパンフで作成している（国連の「アジェンダ 21」は約 300 ページにもわたるといわれる）。内容としては次のとおりである。

実業界・住民への参加を促す

- 1) オープンセミナーの開催
- 2) 有識者の講演会
- 3) 近郊にある企業への情報提供
- 4) 関係団体・住民への意見調整
- 5) 図書館等へのパネル展示、新聞広告

円卓会議の開催

各分野（実業界、行政、住民）において目標を策定

このローカルアジェンダ 21 の中では、重点分野として以下の 6 つの分野がある。

脱化石燃料

湖の浄化

（生物学的に多様性のある）緑化 例えば公園への緑化作業等

持続可能な住宅建築

ビジネスの持続発展

持続発展のための知識のストック

そしてそれぞれの分野において目標があり、例えば 湖の浄化の場合は、1) 人間の影響を受けていない湖にすること、2) 自然環境のサポートをすること、3) 水質のいい水の市民への供給をすること、などが目標設定された。

ヴェクショー市の環境局担当は月に一度、企業を呼んで会議を開く。これには大体約 50 社が集まり、企業からはプレゼンを行い、招待した客員講師とともに各問題点を話し、環境への意識を高めている。また「アジェンダ 21 フォーラム」を年 2 回開催している。これは INS（岩手ネットワークシステム、岩手大学工学部を中心とした産官学連携組織）のようなものを想像してもらえればよくわかる。詳細については、ヴェクショー市ローカルアジェンダ 21 に関する HP を参照してもらいたい。

英文 HP: <http://www.vaxjo.se/agenda21/environmentalinfo/index.html>

以前はヴェクショー市の環境関連の NGO で働いており、1999 年からヴェクショー市で働いているヘンリック・ヨハンソン氏からは、脱化石燃料に向けたヴェクショーの取り組みについて話があった。

脱化石燃料に向けて最初に始めたことは、二酸化炭素排出の推移調査である。当初暖房用ボイラーは石油が当然であり小規模ボイラーだったが、地域暖房に変えていった。現在では暖房全体の約 90% は木質バイオマスを燃料としており、石油は減少傾向。1999 年を境にガソリンは減少し、93 年から 2000 年までに二酸化炭素排出を半分に削減することができた。暖房分野においては全体の 70% の二酸化炭素削減はできたが、地域暖房のエネルギーを化石燃料から木質バイオマスへ転換したことが大きな理由だった。大きく動かした要因は国、EU からの補助金であった。しかし運送・搬送などの物流分野においては二酸化炭素の排出が約 20% も増えている。その理由として、ヴェクショーは商業都市であるため、物流の削減は困難であることや化石燃料を抑制するトラックや運送車はコストがかかり、一般の人に理解してもらうのは困難だからだ、という。

森林について  
～機械化と生態系重視～

1. スウェーデン南部の森林について

木地谷照雄

ヴェクショー市を中心とするスモーランド地方は 1903 年スウェーデン森林保護法が出来るおよそ 100 年前までは、ほとんど森林は無かった。石の多い畑が多く貧しい地域でアメリカなどへの移民を多く排出した地域で、政策として荒廃した農地を森林へと移行させるための造林を奨励、その呼びかけに応じた当時の人々の遺産、まさに後世への遺産として、広大な森林が大地を覆い地域経済の発展に寄与している。

ヴェクショー市森林管理局のラース・アンダソン氏によると、現在、商業ベースに乗って伐採されている森林は 1920 年代に人の手により植林された物がほとんどとのことだった。森林管理については、地域の森林をその機能別区分により以下の 4 つに分類管理しているとのことだった。

生産性のある森林

生産性プラス自然保護の森林

森林管理保護法による自然保護森林

何も手を入れない、残す森林

個人所有の 80% が生産性のある森林に区分され、森林所有者管理組合「セードラ」の組織力・営業企画力により世界を市場に事業を展開している印象だった。また、森林施業に対し国からの補助等ほとんど無く、関与として自然保護と森林の生産性を高めるため、植生の違う森林単位毎の施業および計画の相談役として 2 の県に一人配置され、法律ではなく話し合いによって方向付けをしているとの説明を受けた。

市の管理する森林については、森林域毎の管理計画を 1 ~ 2 ha 単位で 5 年間の計画を立て管理する。今年から外部のコンサルタントが入る予定、計画担当者が必ずしも専門家でないので、例えば、植物、昆虫等知識をもった方々の協力を得ており、合理的な方法と感心した。今後は自然保護と広葉樹の多い森林を望む住民の意向を反映させた森林施業になると想定しているとのこと。施業としては、自然と入ってきた物を意図的に残す方法を採用、植付けはしないという。

伐採作業は当日、ハーベスタ 1 台フォワーダ 1 台の 2 人体制。

大型のトラクターは石が多い林地でも安定を保ちやすいと考えられる巾の広いタイタを装着し、前後四輪はチェーンを巻いていた。苔の巻いた大きな石のなかの走行を補佐するものと思われる。ハーベスタのオペレータがフォワーダの搬出路及び枝等林地残材の置き方について、作業効率を考慮し、ルート的位置を決めながら作業に従事している。

樹高約 25m のトウヒを伐倒、枝払い、玉切に要する時間を簡易計測の結果、平坦であり効率が良いので 2 分とかからない。また、採材については製材所からのデジタルデータ（カード）によって、管理され需要に合わせた採材となるとのことでした。生産された丸太はグラップル付きのフォワーダで林道まで搬出され、林道からは直接工場へ運搬、残されたバイオ燃料の残材は来春まで放置され、乾燥によってトウヒの葉が落ちるのをまって、集積とのことでした。

機械の償却について、5 年をメドとしているとの説明を受けた、古くなると、効率が落ちる。併せて、機々の改良が早く新しい機能に対応することが難しくなることの無いようにしなければならないとの説明に産業としての規模の大きさを感じた。また、機械の償却を早めるために 2 交代制で働くこともある

が、体力的には厳しい条件との認識を示していた。

伐採跡地の対応は残した木からの種子の落下による更新を進めるための、母樹を残すことや広葉樹及び鳥獣保護を目的とした枯損木を残すことなど、ヨーロッパの森林管理の基準に添った作業を実施しているとの説明を受けた。今回、ミッション行程の往路に見られた伐採地は、車上からであるがアカマツが母樹として残されていることが多いように思われた。



## 2. 機械の仕事

立花光穂

森林の経営主体としてわれわれが接したのは、ソドラ社（南スウェーデン森林所有者組合）であった。ソドラ社の事業内容は、製材所、パルプ工場、バイオ燃料であり、組合員数約34,000人である。森林面積は、スウェーデン全体で約2,300万ha（森林所有者の割合は個人所有約50%残りが企業又は国有林）ソドラ社のある南スウェーデンにおいては約400万ha（割合は約80%が個人、20%が企業、国有林）であり、50%の所有者がソドラ社の組合員である。

伐採について、方法としては、

ハーベスタにより伐採、造材

フォワーダによる集積、搬出

枝等の残存木集積及び半年～1年後のバイオマス燃料としての収穫

という流れである。ミッション先の施業地は、樹齢80年生で、現場の状況は平坦であり凹凸がなく、日本の森林地とは大きく異なっている。また、植栽方法も異なり、植林は天然植林であるため林地には、数本伐採せず残す。これは天然植林の目的以外にも、生態系維持の観点からもこのような方法をとる。伐採された材の内容は18cm以上のものは製材用と、7cm以上18cm以下のものについてはパルプ材として利用される。それ以下のものはバイオマス燃料とされる。価格は製材用が1m<sup>3</sup>/500クローネ、パルプが1m<sup>3</sup>/200～230クローネである。全体量の割合

は製材用50%、パルプ40%で、残りがバイオマス燃料となる。このバイオマス燃料は主に伐採後の枝等がメインであるため圧縮された価格で1m<sup>3</sup>/20~23クローネである。また、製材用の材については市場の要求によって規格が決定され日本とは異なる。さらに、スウェーデンの認証制度(PFC)による規格により管理される。搬出は、基本的に「自然にやさしい」ということを理念においており、枝等で施業地に搬出路をつくりその上をフォワードによる搬出方法をとる。それによって地表を崩さず、自然交配にも負担をかけないようにしている。

機械の仕事量については、年間の稼働は11ヶ月で、ハーベスタは1日2交代で16時間稼働。8時間/200m<sup>3</sup>の処理能力。価格は200万クローネである。フォワードは積載量15~20m<sup>3</sup>、1日10回~15回の運搬。(施業地ha/250m<sup>3</sup>)価格は150万クローネである。また、機械のオペレータは、特に免許証はないが、運転技術は容易ではなく、森林学校でかなりの訓練を受け、ここの現場ではソドラ社の認定を受けた者でなければならない。現在このオペレータを希望する若い労働力が少なくなっている。

以上伐採から搬出をミッションして、日本でのこれらの導入を考えると、現地の地形的要因も異なり大幅に改良した小型の機械が必要である。樹種もスギ、ヒノキ等の針葉樹が圧倒的に多く、目的が建築用材ということもあり、植林から保育にまで過大な資金を投入してきており、用材とエネルギーとしての活用という考え方に転換していく必要があると思われる。現在、間伐等の緊急を要する林業においては、間伐材の有効利用としてもプラスになるとと思われる。さらに、森林がこれほど放置され地球温暖化に拍車をかけている現状があり、森林の交配を早期実現させるためにも、重要だと感じる。これまでは、林業の生産性ばかりを追求してきたが、今後環境分野での森林の必要性を考えるべきであると思われる。最近、何県かの地方行政では、水源確保、温暖化防止のために、森林の持つ機能性を重視し、水源環境税など検討しており、このような考え方をもっと一般に浸透させるべきだと思われる。





森林バイオマスの生産について  
～現場でチップ化、直送方式～

1. 燃料形態と製造法とチップング法

福島 尚

Södra (ソドラ) の例

前回の(2002,1)調査報告に示された内容を踏まえ、林地残材のチップ化について報告する。皆伐時発生した林地残材(末木、枝、他)を集積し移動用チップ機でチップングする。これをフローチャートに示すと以下の通りである。

作業内容

| 作業工程              | 作業機械・作業内容                                    | 能力               | 備考                             |
|-------------------|--|------------------|--------------------------------|
| 残材集積              | フォワーダ<br>集積し天然乾燥                             |                  | 期間 1~1.5 年<br>含水率 180% 80~100% |
| チップ化<br>(作業員 1 名) | 移動式チップ機<br>370PS トラクター牽引式・グラップル稼働貯留コンテナ(18)付 | 108 /h<br>(出口総積) | 回転ドラム(チップ機 ~ ナイフ)              |
| 小運搬<br>(作業員 1 名)  | トラクター<br>チップ コンテナ                            | 稼働コンテナ<br>(18)   |                                |
| コンテナ              | コンテナ 35<br>コンテナに集積                           | 3 台              |                                |
| 運搬                | コンテナ用トラック                                    |                  | コジェネプラントへ                      |

残材集積(水分調整)

残材の集積後 1~1.5 年程天乾をすることで葉部は除去され、含水率が減る。この効果を計算すると約 120kcal/kg 発熱量が増加する。同時に比重が下がる分だけチップ化のエネルギーが少なくなる。また、チップ生産の 80% は冬季に生産されており、需要期に合わせた生産調整の効果も生んでいる。



林地残材の状況

チップ化(作業機械)

Södra のチップング現場での使用されているチップ機の特長は、チップ機、グラップル、コンテナが一体である。一方国内の殆どの機械はチップ機 単独で開発されており、グラップル チッパー ヤード堆積(運搬車)の工程である。両者を同程度の能力で比較するとスウェーデンの方式は機械全体が小さいため作業スペースが狭くて済み、林地での作業に適している。(もっとも、国内の場合は土木系の支障木を処理し、堆肥の原材料とすることが主目的で燃料化はあまり考慮されていない。)



スウェーデン Södra のチップ化



県内のチップ化の状況  
(残材を平場のヤードに集積して処理)

機械の能力比較

|             | チップング方式 | 出力 (PS) | 生産能力 /h  |
|-------------|---------|---------|----------|
| ミッション対象機械   | チップ ナイフ | 370     | 108      |
| K 社自走式木材破碎機 | ハンマー方式  | 310     | 20 ~ 100 |
| W社製 (K 社扱い) | カッター方式  | 420     | 50 ~ 150 |

チップの形状

加工されたチップの形状は概ね 65 ~ 100mm アンダー程度であるが、写真に示すように破損枝が混入しており、粒度分布が広い状況である。スクリーンが付いていないと推測する。また、カッターナイフで加工しているため細長い形状のチップが少なく、国内でハンマー方式で処理生産されているチップと比較して木口の切削面が鈍角であるため、絡み合いや引っかかりが少なく、搬送面で有利である。国内で生産されている製紙用チップイメージとは異なる。



刃物・メンテナンス

写真に示すとおりチップ ナイフは鋼製である。カッター方式の場合超硬チップが多く、石や金属等の異物混入により刃こぼれを起こす。(国内でリースした場合、1現場 (1000 ) 当たり 30 ~ 35 万円刃物費を要求されることがある。)

鋼製の場合は石に当たっても変形程度でおさまり、比較的簡単に研磨で対応できるためコストの縮減、管理の簡素化が出来る。



チップパー機のカッター刃

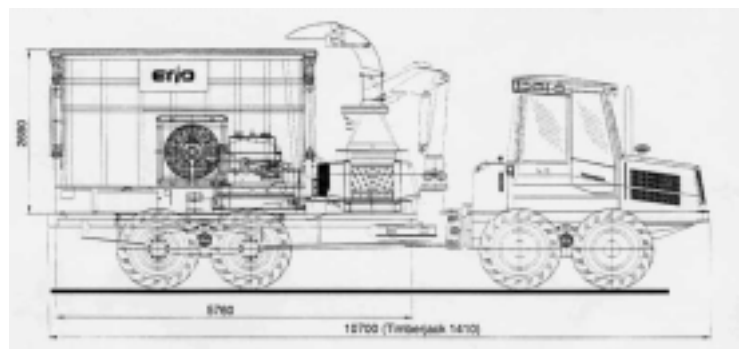
作業システム

この現場は 1 チーム 3 ~ 4 人で行われている。チップ化、小運搬、中運搬、運搬に分業されており、システムが完成している。

エネルギーとして確実に納品先があるため計画生産ができる。計画生産ができるため投資もできる。結果として機械も発達していると思われる。



少し小型の自走式チップパー



チップ パ 機の詳細 Erjo 社

## 2. 補足

立花 光穂

バイオマス燃料としての残存木・枝について、半年～1年経過後の収穫方法は、チップ-により枝等をチップにシトレーラーで運搬する。このチップ-の仕事量は10分/18m<sup>3</sup>の処理能力であり、コンテナ1箱が36m<sup>3</sup>の積載量である。それらコンテナ2個を1回のトレーラーで運搬し、燃料として活用するサイロ等に運搬する。1回の運搬は平均して70km～80kmで1日3往復程度。チップの価格はエネルギー量で決定する。この収穫の時期はチップ-の数、コンテナの数など1週間の計画によって稼働される。このチップ-の価格は400万クローネ、特徴として含水率が高いほうがチップにしやすい。また現場に落ちている鉄の棒や石等により、粉碎部分の刃に故障がこりやすい。それと、これらの現場では燃料である枝等の残存木を約1年近く放置するためシートを掛け保存するが、このシートについても紙製であり、最後の収穫まで自然環境に配慮した方法がとられている。

### バイオ燃料の搬出

木地谷 照雄

林地残材の集積状況は時期が合わないため、見ることが出来なかったがクラップルが届く範囲で高く集積されていた。説明によると、夏の間の作業となり、集積した状態で購入者がある時まで放置するという。日本では架線集材の末木枝条が集積された状態と似ていると思われた。チップングの作業について、その効率の良さに併せてチップの搬送車の上部機能、コンテナの荷台への積込み機能等注目した。傾斜地の多い岩手の状況とは相当の距離があると思われるが、その集荷システムは応用できないものか。

バイオ燃料が収集された跡地には苗高、約20cmのトウヒが植林済みであり石と石の間に土を拾うように植えられていた。苗を比較するとアカマツの植付けと似ているが、土壌条件に相当の開きがある。伐採地の林床は苔が多く、多年草等、初期の植栽木の成長を妨げるものはほとんど確認されない。森林施業を岩手の森林に応用するとした場合の類似点、改良点を探すことは保育作業において難しいと考えられた。ただし、森林に対するスウェーデン国民の権利、木を切る以外、森林に立ち入ることの出来る権利は、慣習では無く、決まりごととして住民の森林教育をする上で重要なことではないかと思われた。

**チップ製造メーカー：**スウェーデン2大大手メーカーの1社である、マーカード社を訪問した。約28年前から移動式と固定式のチップマシンを製造している。現在では約90%が移動式のチップマシンである。



同社製は横（トラクターの側面部分）から間伐材を入れチップにする方法と縦（トラクターの後方部分）から間伐材を入れチップにする方法、という2つの方法がある。日本の山を考えた場合、林道は非常に狭くその道は山の斜面にある。そのため横から間伐材を入れるという方法は現実的ではなく、林道内にてトラクターの後方部分から間伐材を入れ、チップとしていく方法が効率的であると考えられる。同社製品を日本に輸入する場合、すでにある日本製のトラクターにチップマシンのみを据え付けることが、コスト等を考えると現実的なのではないかと考えられる。

### 3. 製材工場でのペレット生産

筒井 久

木材を使用する過程において出てくる（排出される）カット屑（切削屑、加工屑、その他）は、全て燃料として、そのままの形もあれば、加工された形もあり、循環して使用されている。要は木材の使用において究極の歩留まりの達成とでもいえる形がとられているように感じました、日本において製材施設の試算計算をする場合製品になる部分をどれだけギリギリまで取れるかによって歩留まりの向上を図るかを考えますが、スウェーデンの場合は、製品の歩留まり率は全体で考えるようでした。ブリケットになる分もしくはペレットになる分、燃料で使用するバークの分、おが粉の分、木材の製品の部分と言うように総体で考えているように感じました。



上 製材挽きくず



上 バーク粉碎屑



上 オガ粉



上 製材所のリングバーカー（皮剥き）



上記の施設の工場はスウェーデンでは中堅の製材所でバークとおが粉をミックスして、木材乾燥機（左）のボイラーに使用していました。また、おが粉と挽き屑の一部はペレットの生産工場に（右写真・自社の工場）空送してペレットの最終のパッキングまで行っていました。

（このほか、カルマールエネルギー公社で製造されているのは次々項参考）



## 木質燃料の種類と流通システム

～森林からの視点～

三田 林太郎

はじめに：今回ヴェクショー周辺を訪問し、予想よりはるかにチップ利用と地域暖房に特化していることがわかった。ヴェクショーでは1970年から地域暖房化が始まり、6年間で主な建物の暖房の工事を終了したという。産業界では電気や化石燃料を使って施設ごとのエネルギーをまかなうような商品を開発する。岩手でも、木材加工施設が近くにある地域暖房が可能な地域があるかもしれないが、現状を考えれば「小規模分散のバイオマス利用を」という姿が望ましい。そのためには、枝条だけでなく林地に放置されているとび腐れ材や曲がり材も使い、バイオマス燃料に回す割合をスウェーデンよりずっと高く



していくべきだ。近い将来、市場に出回るかもしれない建築廃材に関しては、利用形態を別にして混ざらないようにしないと安全性は確保できない。当然、燃やせる施設は限定され、小規模分散とはならないだろう。

規模の目安としてヴェクショー大学のBjörn Zettraeus教授は 個人宅は10kw ビルは100kw。燃料はペレットが中心になるという。燃料として扱いやすいペレットの暖房で実績を作り、その間にチップを使える条件を整えていく形がわかりやすい。

**チップの価格と品質について：** 森林での作業は立方メートル単位での請負であるが、搬送先のコージェネプラントで燃焼効率・エネルギー量での取引になっていた。トラックでコージェネレーション施設（VEAB）などに入り、車両ごと重さを量り燃料の重から水分率と熱量から燃焼効率が見積もられ、値段が決まる。計測は中立な立場の会社であり、その場でエネルギー量と価格が決まる。水分率65%以上だと無料で引き取りという。かつては燃料の契約は5年だったが今は1～3年。10月が改定期でチップ納入業者は得上がりを予想し短期契約を望む。1kwhで11～12オーレ。相場より少し安く購入しているという。水蒸気が出るとタービンに循環し回せるからだという。Emmabodaの3MW+5MWのプラントではプラントが水分率の高いチップ用に作られており、チップを乾かしながら移動する仕組みで、VEABではタダになるようなチップでも価格がつく。

Johansforsの0.3MWコンテナユニットは学校、スポーツホール、アパート群などを温めていたが、燃料は近くの木工会社から出る乾いたプレーナーくずなどいいものであった。燃料のサイロはプライウッドでできていた。もし鉄製だったら寒さでチップがくっついてしまうだろうということ。この大きさ



の施設にメンバーの関心は高かった。Ingestadの1.5MWのチップボイラー（出力800kwh）では1時間に0.8～1.0m<sup>3</sup>のチップを使うという。

このように地域ごとに燃料状態は違うし、プラントもそれに合わせていた。エネルギー量に応じて価

格が決まるというのは、ユーザー側が強いということであり、顧客サイドに立った考え方と言える。ここは私見だが、稼働率を70%と仮定し、ソドラ、VEABで聞いたことと合わせて考えると1m<sup>3</sup>当たりチップ化、トラックでの運搬、エネルギー量計算などをだいたい900円前後でやっていることになる。

**ペレットの品質について：** スウェーデンにはペレット協会がある。バークやプレーナー加工後のくずからなどいろいろな種類があり、箱に詳しい品質表示がなされていた。直径6、8、10、12mmがある。なお市役所での話だとスモーランド地方では年間2千戸程度がペレット使用へ移行しているようだ。建築廃材は輸入廃材を含めヴェクショー以外では使うところもあるという。廃材は産業廃棄物で、プラントは基準を満たさないといけない。しかし、7年前にスウェーデンでは年間の住宅着工戸数が1万戸以下だと聞いたし、借入金の利子だけを払い続け、死亡時に元本と住宅を相殺というローンまでであるらしく、日本より建築廃材は少ないだろう。ペレット品質・基準については、今後も課題として期待したい。

**エネルギー造林について：** 私自身が1995年にスウェーデンを訪ねた時にエネルギーのためのヤナギ(Salix)の造林、収穫、販売の会社を見学した。そのときは将来ヨーロッパの農地の10%くらいはこういう使われ方をするだろう、とまで言われた。今回ソドラで尋ねたら、スウェーデンでは50万ha造林の予定だったが7.5万haにとどまっているとのこと。ストックホルム勤務の行政官 Armas Jäppinen の話だと最近では景観、文化、生態系を守るため、草地や生産されていない農地をそのままにするのがいいと考えられ、年間13億円ほど直接補償に注ぎ込まれているそうである。農地のエネルギー造林への転換が進まないひとつの要因であろう。しかしスウェーデン農科大学のウプサラのキャンパスではヤナギ造林の試験が継続されて行われていた。

**所見：** スウェーデンでは森林所有者はバイオマス生産しているのは収入の1%ほどに過ぎないという。少しがっかりしたが、今回同行したある機械メーカーの方から「一番儲かるのは我々機械屋かもしれない。研究会に何とか還元したい」とうれしい言葉をいただいた。スウェーデンでは森林は市場原理の中にあり、日本とは異なり造林補助金は広葉樹造林のみだった。針葉樹の一斉造林、広葉樹への転換、木質バイオマス利用とスウェーデンでは今までは日本の20~30年先を進んでいるように見える。だとしたら日本でも林業に対する補助金は減少し、バイオマスを含めた森林利用を進めることで経営を成り立たせていくのだろう。今までの非効率を改めれば国内の森林資源をもっと使えるのではないか。森林は動かすことができないし、海外に移転するわけにもいかない。ただ木質バイオマスの燃料の生産はきっと北日本の山村の重要な産業となっていくだろう。強い地域を作ることが最終的に森林所有者にも大切なことなのである。 以上



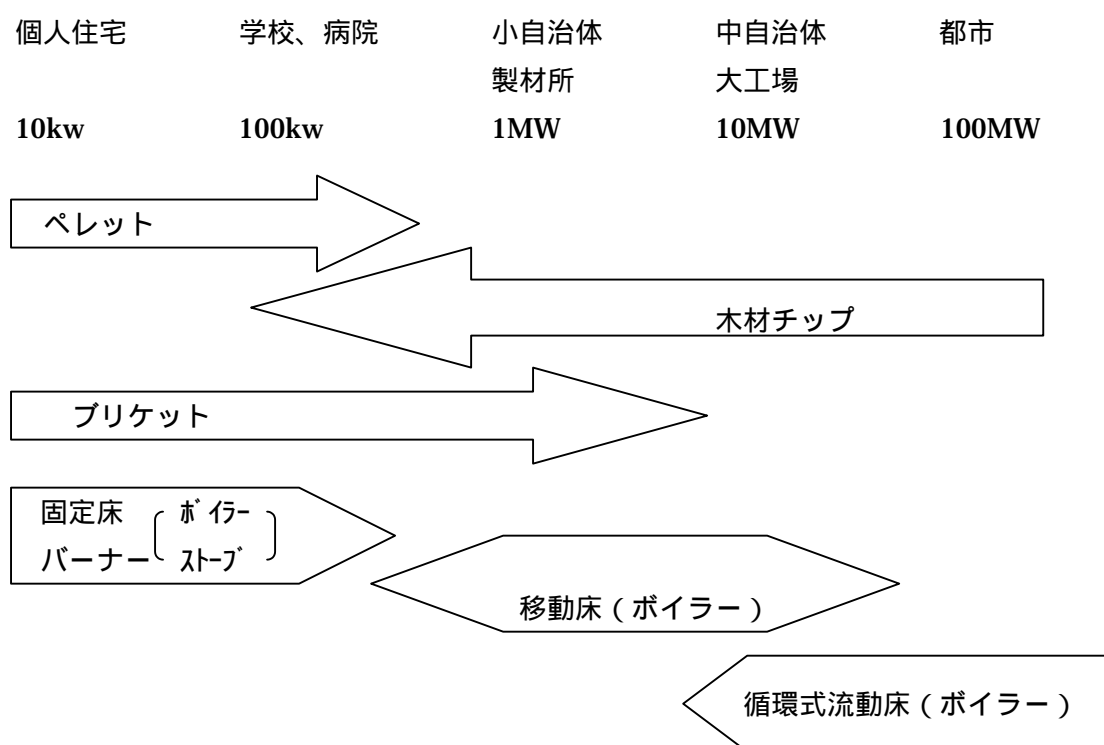
燃焼機器について  
～家庭から都市まで～

真賀 幸八  
筒井 久  
出村 隆二

ひとくちに「燃焼機器」といっても、規模により考え方や形態が異なる。最初に、ヴェクショー大学で考え方を整理してもらった。

《バイオマスエネルギー利用の指針》

ヴェクショー大学 Mehri.Sanati 教授の講義の中で、使用目的により使うバイオマス燃料他、燃焼機器などを大まかに分類すると、下記の図のように分けられてくると説明を受けた。



ペレットは加工する分高価な燃料だが、比重が重く粒がそろっているため石油と同じぐらい扱いやすい。タンク（サイロ）の設置面積をとらないので、個人住宅、小規模な学校・病院等の施設の利用が望ましい。燃料機は固定床（注 1）タイプのボイラー、ストーブ、バーナー式のボイラーなどで、出力では 300kw ぐらいまでと考えられるブリケットも同等のようだ。

木質チップは加工されていない分や、森から直接チップにして運び入れるため、バイオマス燃焼としてはもっとも安価な燃料となる。しかし、かさ比重が大きくなるためサイロも大型となる。各施設クラスから自治体の地域暖房、都市のコージェネレーションプラントまで使用される出力では 300kw 以上になる。

燃焼機器のボイラーは、チップの含水率や出力によって固定床、移動床（注 2）循環式流動床（注 3）に分かれる。

（注 1）固定床 - ロストル付（無しもある）のストーブやボイラー

（注 2）移動床 - 炉内のロストルが傾斜しておりロストル自体振動するためチップが時間をかけ、一定

量炉内部奥へと送り入れる構造です。したがって乾燥しながら燃焼させるためウエットチップに通したボイラーとなる。

(注3) 循環式移動床 - 床の構造は移動床と同じだが、炉内部で燃焼ガスが循環燃焼するため燃焼効率のより高いボイラーとなる。

### 《規模別の機器》

#### 1. ストープ・小型ボイラー (個人住宅・小規模施設用)

**スキャンパレット社** : 同社は、97年に2名でスタートしたパレットストーブ及びパレットバーナーのメーカーで、現在8名のスタッフでストーブ1機種、バーナー2機種を販売している。年間の売り上げは40,000,000ユーロ(5億2千万円程度)で、家庭用のボイラー市場をリードしている。代理店はヨーロッパを中心に200社で、日本に代理店を増やすことも考えている。

実際にミッションで訪問したのは、同社の本社ショールームで、製造は現在外注している。



手前バイオソーラーボイラー

日本で、実際に使用した経験のある毎日新聞福井支社 横田氏が、下記の質問し、回答をえた。

**設置業者の育成** スウェーデンでは、煙突設置協会(元国家公務員)会員が排気等設置・機器の設置等をチェックし、指導するインフラがある。日本の場合は、代理店に設置等を行わせその設置費用を含めて売り上げを上げてもらう事を考えている。

**バーカパレットの使用可否** 2003年度のシーズンに向けて開発中である。前回岩手県を訪問した時点で要求された為、開発をすることとしたが、テスト用パレットの供給を受けるとより確実である。今回の開発品は、天板部に調理用加熱可能なスペースを設けた、現状品とはかなり変更部の多い製品である。また、今後リサイクル生産等のバーナーを捜している。

(同社のバーカパレットの燃焼技術は、今現在不明な点が多く新製品投入直後の情報に注意し、今後の協力関係が築ける物かを検討したい。)

**大きすぎる** 開発中の製品は、小型化している。

**製品導入後の教育・マニュアル** スウェーデンから派遣する教育担当社員の旅費は客持ちで、トレーニング費用は無料で実施する用意がある。マニュアル等は、他の国(ドイツ)では客自身で作成している。

同社で設置し暖房に使用しているボイラーシステムを見学した。バーナーは、約20kw出力で、145㎡を暖房している。灰の回収は、4週に一回の割合で行うという。



アレックス社のショールーム  
バーナー及び燃料タンクシステム

スウェーデンでは、オイルからバイオマスへ燃料転換が進んでいる。市・行政の指導もあるが、ランニングコストを比較すると



バイオマスが割安であることが一番の要因と考える。(スウェーデンの概略燃料価格：灯油 5 円 / kw ペレット 3.5 円 / kw) 暖房端末及びボイラー缶体は既存の設備を使用し、バーナー及び燃料タンクを改造追加するケースが多い。本システムも、バーナー及び燃料系統の変更をした物で、変更分のみの金額は 4000 ドル (480,000 円) ボイラー缶体は 3000 ドル程度とのこと。



燃料供給には、マファ (MAFA i Angelholm AB) 製の 11m<sup>3</sup> ペレットタンクを屋外に設置し使用していた。タンク詳細は、製造元に後日問い合わせ予定。

ボイラーは、on-off 制御で、デファルショナル 15deg と説明があった。また、燃料はホワイトペレットを使用しており、バーンペレットは使用できない。バーンペレットを使用すると、バーナーが横吹きのため、炎口下部にクリカ(燃料中の未燃成分)がたまり、燃焼不良が発生する。

同社の新製品として、バイオソラーボイラーの展示があった。缶体内は 1 缶 3 水路形式で、ソーラー側のヒーターが缶体下部に設置してあり、給水余熱にソーラーを使用してい

ると考える。また、温水は、低温水高温水と分けて取り出されており、給湯暖房に使用可能な構造である。(仕様：最大出力 25kw 最大出湯温度 90 缶体容量 620L)

カルマル、エネルギー公社 (GRANINGE): 同社は、1998 年からバイオマス主体でカルマル市への地域エネルギー供給を実施している。以前は、石炭を利用していたが、1990 年代にバイオマスに切り替えを行った。



トータル 320GW/h の熱をカルマル市の 65% (18000 戸の住宅と 300 の集合住宅) に供給している。その内訳は、バイオマス 75%その他は、ヒートポンプと石油ボイラーである。エネルギー供給基地は市内 11ヶ所に点在しており、公共施設(学校など)の暖房用エネルギーをまかなう事と同時に、周辺へエネルギー供給を行っている。

バイオマスは、近郊のフローリング工場から排出される木材パワダ(年間 80000 t)を 50000 t 蓄積可能な倉庫に一旦蓄積しパワダ状態で使用する以外に、ブリケット・ペレット等に加工し利用している。



カルマル市のエネルギー公社近くのフローリング工場から出るおが屑を年間 8 万トン、ペレット、ブリケットに加工している。

近くの住民が直接ペレットを購入しに来ていた。配達

より割安となる。ブリケット 1kg 1.5 クローナ (23 円) 工場渡しペレット 1kg 1.8 クローナ (27 円) 〃。地域のバイオ燃料が必要な人が車で実際にブリケットを購入しに来社していたが、灯油と比較して約半値のため、近年利用者が急増してきており昨年のシーズン末には品切れした為、ブリケット価格が値上がりした。スウェーデン全体が値上がり傾向にある。



同工場で使用している温水ペレットボイラー (固定床) 1基  
CTC 社製 出力 21kw オイルボイラー (バックアップ用) 1基



#### バイオ燃料の使用例 (ゲムラ 農家)

オケベターソン氏 67 歳

20 年以上自家製のチップを燃焼させて暖房給湯をまかなっている。母屋はボイラー室から 10m 程度離れた所にある総 2 階建て約 280 ㎡の床面積を有し、ボイラー出力は 21kw である。メンテナンスは、1 日 1 回の灰掃除が必要で、そろそろ灰掃除が辛い年齢になり、地熱ヒートポンプにしたいと話していた。

(ボイラー仕様: メーカー CTC 出力 21kw 大きさ概略) 1200 d x 700 w x 1600 h 貯湯量 251LHS 80 デファルシヤル 10deg バーナ ポット式に近い形状) 手前チップボイラー



空港熱供給施設: 2000 年まで木材バーナを使用していた設備を、国の補助金(30%)でペレットボイラーに変換した。建築・設備費総額は、およそ 3500000 ユーロ 約 50,000,000 円程度。

ボイラー施設は、空港から 100m 程度離れた駐車場に建築され、VEAB が管理している。年間 1GW の出力の施設で、余力があるため



周辺への熱供給を検討している。(仕様:ボイラー hotab社製 TYP TS65:01 出力1000kw HS 72 HR 65)設備の容量が小型なためか?膨張タンク付きの密閉回路を組んでいた。



ペレットサイロ(15㎡)は配送車のホースからワンタッチでジョイントされサイロ上部へと風送される。ボイラーへはスクリーンで自動供給される。

**ペレットバーナー会社** (ピオ バナー MBO Tecnic): 親子2人でバーナーを研究・設計・製造している。

特徴は、タンクから搬送するペレットを搬送モーターの動力を利用して、粉碎し燃焼させること、及び、燃焼機にセンサーを取り付け、温度で燃焼状態を管理している。また、燃焼部に回転体があり、空気の供給と燃料の攪拌を行っている。ちょうど試験していた燃焼モーターを聞いたところ、CO<sub>2</sub> 13% CO 100ppm NO<sub>x</sub> 100ppm とのこと。ペレットバーナーとしては、CO<sub>2</sub>濃度が極端に高く、その他の排ガス成分も低いため、安定した燃焼で有ることが解る。CO<sub>2</sub>から察すると、過剰空気量が少なく、理論空気量近くで燃焼していることから、ペレットの粉碎及び攪拌が良い効果をもたらしていると思われる。

このバーナーは、制御機付きで約200,000円程度と説明があった。燃焼灰の処理は、燃焼バーナー下部にリフト駆動の蓋があり、タイミングで開け閉めし、外部に排出する機構を有している。



## 2. 中規模・地域熱供給用ボイラー

**スメードピボイラーセンター (小規模地域暖房熱供給施設):** このセンターは、ゴミ・ペレット・ブリケット・オイル(予備)タンクガスを燃料に熱供給を実施している。屋外のコンテナ状の燃料タンクからボイラー室にベルトコンベアで燃料供給を行い、ゴミとブリケットの燃料変換は、同一ボイラーで自動的に行われている。ボイラーは出力400kw

のアマル (Amal) 製の横吹きバーナータイプボイラーで燃焼部のブローチューブ部が回転するタイプで、珍しい機構であった。同所内にオイルボイラー2基、メタンガスボイラー1基が設置してあり、メタンガスはゴミ集積場からの供給を受けるが、いつもガスが発生しているとは限らないとのことで、ガスが発生したら処理する目的で設置している様子であった。



る様子であった。

温水の供給温度は、冬 HS 110 HR 80 夏 HS 80 HR 65 で、膨張水処理は密閉式であるが、膨張タンクを設置せず膨張水を排気筒内に噴霧して処理を行っているとの事。熱供給基地は、最終日のヴェクショー空港以外は膨張タンクの設置は無かったので、同様の処置をしていると考える。

スウェーデンでは、日本と比較し水の成分の差が配管腐食に対してあまり考慮しておらず、配管・缶体等全て鉄製であった。



AMAL 社製 ペレット、ブリケット兼用バーナー式ボイラー。社長様曰く、非常に性能の良いボイラーだと絶賛していた。日本もこのような高性能ペレットバーナーの開発を急ぐべきだと思う。



アール グスタブ アンダーセン製材所 (JG Anderssons Soner AB): 同社は年間9万7千の製材を行い、国内・ヨーロッパに製品を供給している。

完成品になるのは、原木の64%ほどで、残りの残材36%は、木の乾燥用及び地域熱供給用の燃料に使用し、原木を100%活用している。

熱源機は、ヤフォセン社のストーカ式燃焼ボイラーで、8MWの出力を出す。5MWは、社内で使用し、他は熱供給している。

同社では、年間800万ユーロほど機械設備に投資しており、68名のスタッフが従事しているが、多くが機械及び管理用PCのオペレーターである。その投資の中から、今年度ペレット製造を導入し、ペレット製造を行っていた。

比較的小型ながら300kg/hのペレットを製造する能力があり、導入価格は、1500万ユーロとの説明有り。実質機械としては600万ユーロ(800万円)程度と推測する。



### ヤフーセン社概要

1984年操業開始。現在、従業員数 40名。年商 2億4000万円（約30億円）。創業当時は、設計を行っていたが、現在はコンクリート業務の比重が高い。初期は、2.46kwの小型ボイラーを開発していたが、現在は最大20Mwのボイラーまで製造可能。製造部門は外注で、社内では、営業部・機械技術・制御技術が強いため、類似の製品はあるが、制御関係に特徴がある。近年ユーザー要望による改善が多くなっている。

近郊に、ペレットメーカー（SPC AB）があるため、翌日ユーザーが詳細を問い合わせることとした。

**ヨハンソン 地域熱供給施設：**バイオマス燃料ボイラーを使用している、コンテナセンター。燃料は木工会社と契約し、その廃材を利用（プレーナくず）してをり、貯蓄場所は屋外で、ボイラーハウスまではスクリュウで搬送している。ボイラーは、ヤフーセン社の製品で、燃焼部と熱交換部が一体になっている小型タイプ。（仕様：ボイラー 300kw 排ガス温度 200 行き温水温度 90 戻り温水温度 70 燃焼量 6.5 m<sup>3</sup>/h 缶体貯湯量 2.5 m<sup>3</sup>）



近くの大手木工所から乾燥プレーナくずの供給を受けている。熱回収換算で代金が支払われるため良品の燃料が集まるとのこと。



ボイラーからの逆火と防ぐためのロータリーバルブと非常消火用のスプリンクラーが取付けてある。



サイロ（30㎡）は結露を防ぐため合板で作られていた。ブリッジ防止のスクレーパーで中央に集められ、スクリュウでボイラーに供給される。

VEAB インゲルスタッド熱供給施設：燃料タンクはピットを使用し、屋外にあるためカバーを付けて飛散を防止している。ボイラーはヤンフォセ社のストーカー式 1Mw 出力ボイラーを使用しているが、バックアップ用にオイルボイラー 2MWが設置されていた。

熱供給は、1000 世帯分? で、行き温水温度 70 度 戻り温水温度 45 度のこと。

- ・チップ含水率 50~65%で、ボイラーは乾燥させながら燃焼させる移動床型を採用。

- ・油圧開閉扉の地下ピットサイロ (150 ㎡) 5 日分のチップをストックできる。



エンマポアー熱供給会社：1995 年 5MW、97 年 3MW 出力のボイラーを導入し、燃料の転換をはかる。現在、含水率 65%のチップ燃料をも燃焼可能である。含水率 65%のウェットチップパークも含まれている。



石油ボイラー (中央)  
1基 (バックアップ用)

へ



**ボフスターM olofstom (海軍基地内):** 古いタイプのストーカ式燃焼ボイラーで、改造中。ストーカ部の燃料ペルを検出する為に、ガンマメーターを取付けて燃焼部のペルをフラットに保つことで燃焼改善を行う制御を追加設置していた。燃焼ガスを排気筒から燃焼部にリターンさせており、効率を上げているとの事。燃焼速度を下げる目的ではないか？との問い合わせに、そうではないとの説明があり。



燃料貯蔵倉庫

ガンマメーター

**ユンギビー ゴミ焼却場:** ヴェクショーを含む6自治体から集めたゴミ 40,000 トンを焼却した熱で 15000 人(世帯?)の電気と熱供給を行っている。熱: 18MW 電気: 7MW 出力する規模を有している。

施設は自動化され、6名のスタッフがいますが、24時間稼働し常時3名のスタッフが常駐している。夏期は、熱需要が少ないため、3ヶ月ゴミは燃焼せず別の敷地にストックし、泥炭(ピート)とチップを別のボイラーで使用して供給している。排出される灰は、固形化して一時埋め立てるが、安定後密閉化し土盛りする。家庭用ゴミ 1t の処理料は 40 クローナ。灰は駐車場の埋立てに使う。



全自動  
無人運転  
が可能だ  
が非常時  
のため 1  
人常駐し  
ている。

暖房用ボイラー 18MW ・ 発電用ボイラー7MW

生活ごみを燃焼させるためダイオキシン除去の排ガス処理装置を取付けている。

# 大規模コージェネレーションシステム ～ そのほか環境対策～

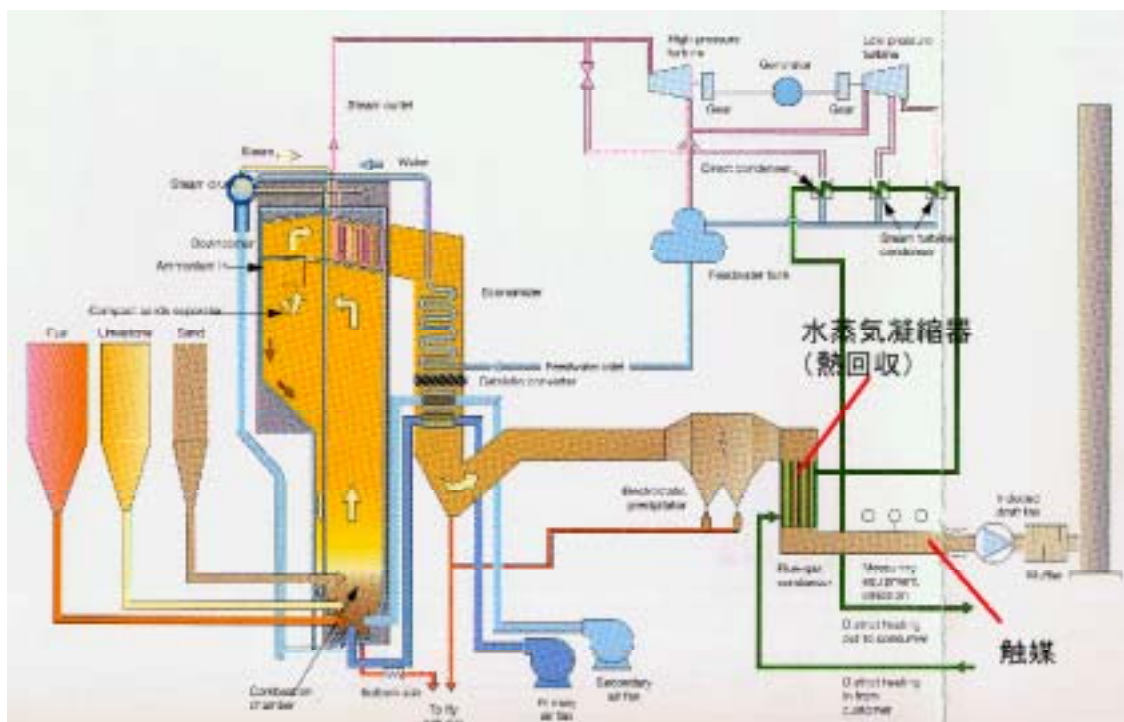
阿部将一

## 1. SANDVIK

脱化石燃料として象徴的施設であり世界的にも有名な SANDVIK 。この施設はヴェクショー市を中心とする地域への熱（温水）と電力供給を目的とするコージェネレーション（熱電併給）システムである。

現在の設備計画規模

|          |                                  |
|----------|----------------------------------|
| 発電容量     | 38MW （年間発電量 160GWh）              |
| 熱供給量     | 66MW （年間熱供給量 350GWh）             |
| ボイラ形式    | 内部循環型流動床式（砂量約 20 トン）             |
| 蒸気発生量    | 142kg/h（154.8t/h）                |
| タービン蒸気圧力 | 142Bar（144.8kg/cm <sup>2</sup> ） |
| タービン蒸気温度 | 540                              |



SANDVIK のシステムフロー

現在の運転負荷は電力 118GWh / 年、熱供給 430GWh / 年となっており熱供給の負荷が高い。

**燃料調達：** SANDVIK ではバイオマス燃料の受け入れは 35 トントラックで持ち込まれる。燃料として使える状態に加工してある事が受け入れ条件となっている。1日の消費量は約 50 トン（現状では 60 トン）、100km 程度の範囲から持ち込まれている。

現在のバイオマス燃料の構成比は以下の通りである。

|                  |             |     |
|------------------|-------------|-----|
| WOOD CHIP（森林チップ） | （forest）    | 40% |
| SAW DUST（製材廃材）   | （sawmill）   | 40% |
| BARK（樹皮）         | （saw&paper） | 10% |



## PEAT (泥炭)

10%

これらを混合して使用するがその作業は工場側で行う。



行

貯蔵されたチップ



細かいチップ



比較的大きなチップ

バイオマス燃料の燃料価格は搬入された原料の低位発熱量(乾燥基準)と含水率によって決定される。水分量が多いほど価格は下がる。含水率 65%以上では燃料としての価格はつかない。含水率は含水率測定協会が常駐でい 24 時間以内に報告される。受け入れ側の費用負担である。取引水分は厳しく管理されているが燃料は屋根のない野積みとなっていた。

**設備構成:** 内部循環型流動床式ボイラを採用している。計画蒸気条件は 140Bar、540 である。電力は熱供給より経済性に優れるため出きるだけ高温高圧を採用し発電量を増やす計画にしたと思われる。

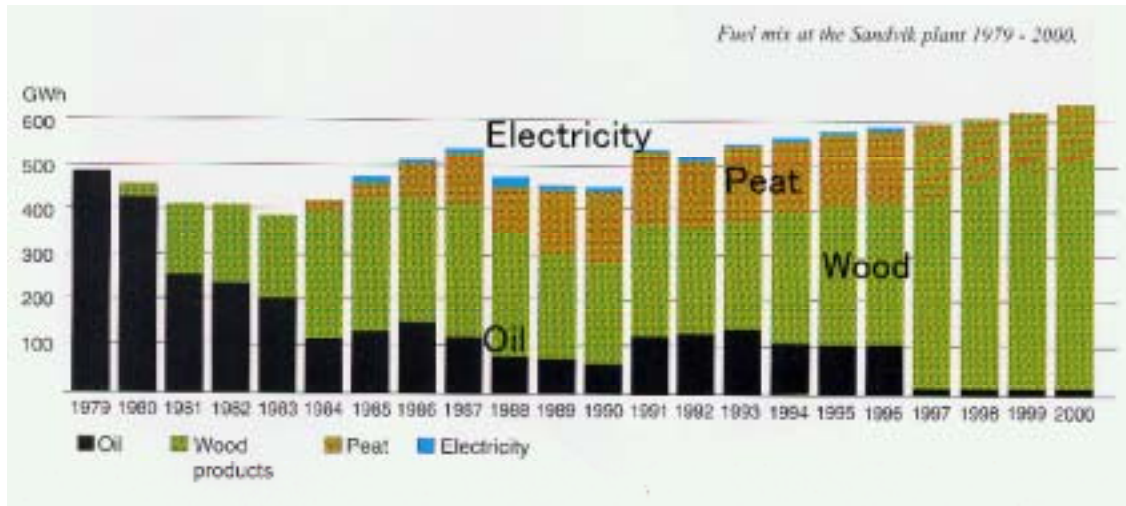
媒塵対策は電気集じん器を採用している。窒素酸化物排出抑制のため燃焼室にはアンモニア注入、排ガス処理系には触媒分解法を採用している。窒素酸化物の排出には課税されるので十分な対策が講じられている。ダイオキシン類はバイオマス燃料では生成しないとの理由で意図的には対策を行っていない。窒素酸化物分解用触媒によってはダイオキシン類が分解される可能性は有る。一方、ヴェクショー大学ではバイオマス燃料におけるダイオキシン生成の研究を行っている。

熱回収として特徴的なのは、排ガス中の水蒸気を凝縮させる事によって得られる潜熱を最大限回収している事である。熱需要側からの戻り水温度が低い(40 50 )こと、バイオマス燃料には腐食成分を含まない事が技術的に可能としている。バイオマス燃料の水分量に応じて取引価格が低下するのに対して水分量が多いほど凝縮による潜熱回収量が増加するため買い手に利益が発生するというメカニズムが存在していると思われる。

**バイオマス燃料採用の背景と実態:** 1970 年初頭からのヴェクショー市の地域熱供給システムの整備に伴い BEAB が 1974 年にこのプラントを建設した。最初は石油専焼ボイラであったが第 1 次オイルショックを契機に 1980 年及び 1983 年に石油の代替であるバイオマス燃料へと転換が図られた。

SANDVIK はあらゆるバイオマス燃焼に対応できるように計画されている。1997 年以降バイオマス燃焼は 95%、昨年は 2%しか石油を使用していないほどバイオマス燃料の使用に徹している。1979 年以降スウェーデン政府および EU から石油燃料削減への貢献として 104,300,000SEK の補助を受けているという。

ヴェクショー市はオイルショックの経験、言い替えれば石油入手難のリスク回避のためエネルギー設備においてはバイオマス燃料の導入を継続的に続けてきた。最近ではスウェーデンの国策としての位置付けも明確になります。バイオマス燃料への転換傾向が強まりこの地域では他の熱供給施設を含めて殆どがバイオマス燃料へと転換がされていた。石油、バイオマス、PEAT（泥炭）等のエネルギー消費の変遷を以下に示す。



## 2. 燃料に対する課税

スウェーデンでは地球温暖化、環境汚染防止のためエネルギー税、二酸化炭素税、窒素氧化物税、硫化合物税が各燃料に課せられている。石炭や石油燃料自体の価格はバイオマス燃料より安価であるがこれ

| 燃料                                | エネルギー税 | 二酸化炭素 | 硫化物 | 合計    | 税金Öre/kWh |
|-----------------------------------|--------|-------|-----|-------|-----------|
| <b>産業用</b>                        |        |       |     |       |           |
| 燃料用軽油(硫黄0.1%)SEK/m <sup>3</sup>   | 0      | 230   | —   | 230   | 3         |
| 燃料用重油(硫黄0.4%)SEK/m <sup>3</sup>   | 0      | 230   | 108 | 338   | 4         |
| 石炭(硫黄0.5%)SEK/t                   | 0      | 200   | 150 | 350   | 5         |
| 天然ガスSEK/1,000m <sup>3</sup>       | 0      | 170   | 0   | 170   | 2         |
| LPガスSEK/t                         | 0      | 240   | 0   | 240   | 2         |
| <b>その他(家庭用)</b>                   |        |       |     |       |           |
| 燃料用軽油(硫黄0.1%未満)SEK/m <sup>3</sup> | 540    | 920   | —   | 1,460 | 15        |
| 燃料用重油(硫黄0.4%)SEK/m <sup>3</sup>   | 540    | 920   | 108 | 1,568 | 16        |
| 石炭(硫黄0.5%)SEK/t                   | 230    | 800   | 150 | 1,180 | 16        |
| 天然ガスSEK/t 1,000m <sup>3</sup>     | 175    | 680   | —   | 855   | 8         |
| LPガスSEK/t                         | 105    | 960   | —   | 1,065 | 8         |
| 泥炭                                | —      | —     | 60  | 60    | 2         |
| 電力 Öre/kWh                        | 8.5    | —     | —   | 8.5   | 8.5       |
| 電力、北部スウェーデン Öre/kWh               | 3.5    | —     | —   | 3.5   | 3.5       |
| 電力、地域暖房                           | 5.0    | —     | —   | 5.0   | 5.0       |
| 有鉛ガソリン SEK/l                      | 3.65   | 0.74  | —   | 4.39  | —         |
| 無鉛ガソリン                            | 3.14   | 0.74  | —   | 3.88  | —         |

資料: Nutek

らの税を加えると経済的に不利となる仕組みである。バイオマス燃料は排出する炭酸ガスについてはゼ

ロバランスとの考えから二酸化炭素税は課税されない。この国の税システムがバイオマス燃料の発展を協力を推し進めているといえる。

ピート（泥炭）を SANDVIK は使用しているが政権交代時の妥協の産物とのことである。現在ではピートをバイオマス燃料と見なす人は少ない。化石燃料と位置付けられれば二酸化炭素税などが課税される事になる。

### 3. 地域熱供給の配管

真賀 幸八

暖房配管の施工は、メイン管は市が施工し、枝管はユーザ-負担となる。(約 580000 円)市街地は、熱供給配管がほぼ終了し、周辺の戸建住宅地に配管を敷設し始めている。

メイン管は 150 で、かぶり深さは 1m 程度、配管長 12m を溶接接続していた。枝管は、25 前後でメイン管に穴を開け溶接接続するもよう。

循環水は水を使用し循環水を補給する前に O<sub>2</sub> 処理を行っているとの説明を受けるが、詳細不明。管の肉厚は、3.2mm 程度で設計寿命が 30 年であるが実際は 100 年程度の耐久性が有るとのこと。

漏れ確認用の配線



阿部 昇一

ヴェクショー市および周辺地域では殆どの家庭で地域熱供給の恩恵を得ている。VEAB が対象としている需要者は 24,000 戸に及ぶと言う。VEAB は SANDVIK 以外に数カ所のローカル熱供給を行う施設を持っている。EMMABODA (300KW)、VARMEGASKYLA (3.0+2.5MW)、その他 (1MW) などをミッションした。EMMABODA は村としては熱供給を採用していない(経済的でない)が地元の製材工場廃材を燃料として学校、アパート等を対象とした小型の施設(パッケージタイプ)が建設されている。独立した集団的な住宅等に適したシステムがその地域に適した形で建設されている。

需要先の正確な住宅戸数が判らないが 1 戸当りの需要量は余り大きくなく米国のように建物全体を暖房することはしていないと思われる。0.3MW、1MW という小規模な熱供給設備があるが燃料搬入、灰処分等を除いて自動化されており時々巡回点検する程度である。排ガス規制も緩やかなせいかサイクロン式煤塵除去のみを行っている。

ミッションした全ての設備はバイオマス燃料であるが万一のトラブルへの対応、ピークの熱需要対応として石油ボイラを併設している。石油ボイラはピーク時の負荷分散を積極的に行えるよう計画されており徒な過大設備を避けている。学ぶべきことである。

配管工事は日本で見える工法より大まかであるようだ。地中配管の接続はガス溶接であった。断熱材で被覆した配管には漏洩感知用のセンサーが埋めこんであった。防食対策は行っていない。設計寿命は 30

年だが地中配管周辺は乾燥しているので 100 年は耐えられるとの説明であった。

#### 4.環境対策その他について

阿部昇一

##### ばいじん問題

集じん装置は電気集じん器を採用している。バグフィルターを使用している例はなかった。

##### 煤塵規制は

- ・ 森林等の地域           250mg/M<sup>3</sup>
- ・ 市街地                   100
- ・ 密集市街地           50

である。その他の規制値を知る事は出来なかったが日本の規制よりやや緩やかのように思える。

一方、ヴェクショー大学では 1000 分の 1mm (1 ミクロン) 以下の微粒子に関しては厳しく捉えている。健康被害をもたらすのは排出煤塵量総量ではなくてサブミクロン (ジーゼル排ガス中の煤塵等) といわれる微粒子である事に注目していることは興味深い。

電気集じん器で捕捉した飛灰は主燃焼室に再投入し主灰と共に排出する。灰の処理はボトムアッシュ、フライアッシュとも埋立処分若しくは森林に散布して良いという。ミネラルを自然に帰すとの説明である。熱供給施設の燃料中には産業廃棄物と思われる廃材やプラスチックが含まれていたがおおらかな面があるようである。

##### ダイオキシン対策

ダイオキシンに関しては一貫してバイオマス燃料では生成しないか微量であるとの回答である。測定データについては開示しなかったがダイオキシンがないとの説明は余り根拠がない様に思われた。

ヴェクショー大学ではバイオマス燃焼でもダイオキシンの生成懸念があるとのことで研究テーマに取り上げている。塩害、防火対策用塗料中の塩素に起因する生成が懸念されるため安心は出来ないと指摘していた。SANDVIK では大学により計測が行われていたが大学と現場との意識の差はやむをえない。

日本でも木質バイオマスの燃焼時のダイオキシン生成、除去の要否についてできるだけ多くのデータを集め開示する必要がある。

##### 燃料中の含水量

暖房エネルギーは温水で供給される。SANDVIK では供給地域が増加した事により戻りの水温が低下し 40 50 になっている。戻り温水と燃焼排ガスと熱交換し潜熱回収を行っている。排ガス中の蒸気を水にすると回収水 1kg 当り 530kcal の熱が回収できるため水分を回収するほど熱効率が向上する事になる。このため低位発熱量基準では著しく熱効率が高くなる。

含水率 50 - 70% (乾基準) の燃料の場合、燃焼熱量の 8 - 12% に相当する熱が回収できる (煙突ガス温度を 200 と仮定して筆者試算)。

森林で調達するバイオマス燃料は水分が多いほど燃料価格が低くなる取り決めがある。潜熱回収はそれに見合う以上の熱回収量が得られるというメカニズムによるものと思われる。65% 以上の含水率のバイオマス燃料は無料で取引されるが潜熱回収をすれば多くのエネルギーが回収できる。この事はボイラ側に多くの利益をもたらす事になる。他の地域熱供給設備も潜熱回収システムを採用している例が多い。

回収水分は下水放流していると思われるが十分な排水処理をしているかは確認できなかった。回収水には汚染物質がないとの解釈であろうがダイオキシン同様検証する必要があるのではないだろうか。

##### ボイラトラブルと運転シミュレーション

ボイラは内部循環型流動床式燃焼炉である。燃焼雰囲気アルカリ性になると流動砂や灰が固まるなどの不都合が生じる。またバーナーの周辺の壁に砂が付着し運転が困難になる。またボイラ室内部の一部に砂が溜まってしまいセメントの様に固まってしまった事もある。経験したトラブルは我々も貴重な情報として計画に反映できる。

バイオマス燃料の供給系のトラブル(フィーダーが熱により損傷)で週末に炉を停止する事になった。ヴェクショー市地域の熱供給需要は約 100MW であるが SANDVIK はそのうち 75%をまかなっている。施設内の他のボイラ(バイオマスと石油ボイラ)で 50MW は供給可能である。しかしこれも停止したら大きな問題となる。冬季には施設の完全停止は許されない。このため予備ボイラでの予期せぬトラブルを想定しコンピューターシミュレーションを行い対応を検討していた。シミュレーションのレベルについては不明であるが重要なことであり興味深い。

気温が 0 程度ならバイオマス燃料ボイラで対応できるがマイナス 2 3 になると石油ボイラを稼働させる必要があるとの事である。100%を越えての運転も時々あるとの事でかなり厳しいエネルギー需給バランスであるように感じた。最近さらに 500 戸の住宅に暖房用熱供給をすることになったのでさらに厳しい対応を迫られている。抜本的な対応を図る時期に来ているのかもしれない。

## 所見

### 真賀 幸八

燃料の貯蓄から、供給・燃焼・排ガス処理に至るまで、ゴミ焼却技術と一致する点が多い。燃料がバイオマスの場合、ゴミ焼却と比較して燃料の性状が安定していることから、国内のゴミ焼却炉プラントメーカー技術で、大型バイオマス燃焼施設の構築は比較的簡単に出来ると考える。

### 筒井 久

スウェーデンにてスタンダードな考え方で日本と違うと感じたてんがありました。スウェーデンでは、燃焼器のバーナー部は既存のボイラーを使用してバーナー部のみ交換する考え方です。全て新しくするのはではなく、バーナーのみ(ペレット用、ブリケット用、その他)を後で付けるような形が一般的なようです。

推測ですが、以前より油焚きボイラーの普及もある程度あったのではないかと思います。ただし、現在は、市街地に住んでいる住民は地域暖房に移行しているようです。極端な話ではありますが、現在の市街地で尚且つ地域暖房の地域に定住している人に関しては、灰の処理や暖房器具のメンテナンスも考えず、且つバイオマスエネルギーを好きな時に好きなだけ使用できるという恵まれた地域も存在している。(ただし、パイプラインの引き込み工事、暖房器具の買い替え設置、熱交換器の購入設置、等は自分で設置しなければならない)但し優遇されるような制度と多少の補助金もあるようでした。ですから、小型(家庭用)のボイラー及びストーブ等の燃焼器具の使用は、郊外地区の地域熱暖房の整備がまだ整っていない地域あるいは、農家で燃料の調達が可能である地区に多く設備されているのではないかと推測します。燃料の調達が容易と前文に触れましたが、実際ペレット、ブリケット等は、見学に行った工場に直接買いに来る一般の家族がけっこう多いのには少しだけびっくりしました。しかも、ブリケットなどは自分で仕分けして買っていく人たちもいました。

## 行政と民間とのかかわり

～アドバイザー制度とバイオマスエネルギーグループの存在～

横田信行

### 1. はじめに



地球温暖化防止に向けた取り組みが地球規模で進められているが、北欧などの先進国に比べると、日本では一部の市民団体の活動ばかりが先行し、行政や企業とも全体で見ると動きは鈍く、掛け声倒れになりがち。スウェーデンがどのようにして先進国となったのか、行政が果たした役割について、わずか人口約7万5000人の地方都市ながら、木質バイオマスを柱とした革新的な施策が世界から注目を集めているヴェクショー市を中心に検証。日本の地方都市がどうすべきなのか、学ぶことがあるのかを探ってみた。

### 2. ヴェクショー市の先進性

#### a) 大胆な目標設定

ヴェクショー市は70年代の湖沼の水質汚染対策に始まり、環境保全に積極的に取り組んできたが、その名を一躍、世界に広めたのが「化石燃料を使わない」というキャッチフレーズだ。96年に市役所が化石燃料の使用中止を決め、市全体でも化石燃料使用による1人当たりの二酸化炭素排出量を2010年までに93年の半分にすることを決めた。97年の地球温暖化防止京都会議で、日本の温室効果ガスの削減目標が、08年～10年に90年比で6%だったのに比べれば、いかに大胆な目標が分かる。

#### b) 基本は「協働」

目標設定と併行し、温暖化防止に向けた地域の行動計画「ローカルアジェンダ21」策定など、具体的な環境施策を打ち出した。注目すべきは、施策が行政からの押しつけではなく、地域住民、NGO、産業界など幅広い意見を十分に踏まえ、木目細かく事業化し、市自らが率先し実施している点だ。例えば、95年には、スウェーデンの総人口の2%が会員である同国最大の環境NGO「スウェーデン自然保護協会」と共同で30のパイロット事業を始め、政治家や行政、住民の教育啓発に協力。施策が順調に進む環境作りに大きな効果を上げた。

また、計画を実現させるため、小さなコミュニティにおける情報提供のためのミーティングや、産官民による円卓会議を重ね、出たアイデアを施策に反映。優れたビジョンや戦略を示すことで、国やEUの助成も獲得。それを元に、行政は規制と助成の「アメとムチ」をうまく使い分けている。



左から、ヘンリク・ヨハンソン氏、ソヒエ・キム＝ヘルストロム氏、サラ・ニールセン氏、レナート・ゴードマルク氏、そして金沢ミッション団長

#### c) 柔軟な行政組織

木目細かな行政サービスを実現する職員数は6500人。ほぼ同じ人口規模の日本の自治体と比べると、7～8倍で、

人員削減を進める日本では考えられない多さだ。反面、住民の税金負担は重いが、日本と違い、地方分権が徹底され地方財源に多く回される。日本から同国への移住者は「税金の使い道がガラス張り、自分たちの生活に返ってくることが実感できる。日本よりずっと満足」と語る。

もちろん、職員が多いただけではなく、優秀な人材確保にも力を入れている。地域に根差しアジェンダ 21 で国際的な立場での戦略を立てている市の責任者、サラ・ニールソンさんは生物学者でジャーナリスト。化石燃料削減策の担当者ヘンリック・ヨハンソンさんはNGOから採用。職員が出したアイデアを政策に反映させるシステムが整備されている。事業のほとんどは年限をきって、達成度をチェックしながら進められ、徹底した実力・成果重視の考えが行政組織を活性化している。

現在のようにヴェクショーの知名度が世界的なものになると、同市で働きたいという人が全国から集まるようになり、募集は新聞広告程度で十分という。筆記試験ではなく、面接とこれまでの活動経歴によって採用している。

70年代からの湖沼の水質改善など環境保全施策が取り組まれてきたことで、政治家や市民の中に、環境に対する理解が深まってきたことも大きい。また、予算の中で環境関係の予算として独立させることなく、普通の事業と統合化し、明確化しないことで、結果として、より多くの予算を獲得できるような戦術をとっている。

#### d) 魅力ある都市へ

大規模事業者がなく、中小企業がほとんどだが、市の環境施策が新たなビジネスチャンスを提供。ベンチャー企業が次々と育ち、経済は好調。他都市と比べ失業率も低く、人口も伸び続けている。ヴェクショー大学があることで若者も多い。優れた環境施策が他の都市との差別化をもたらしヴェクショーを有名にし、都市の価値や魅力を増加させている。海外からのミッションを積極的に受け入れることで、環境ツーリズムという新たな動きも出てきた。

市国際交流室長のレナート・ゴードマークさんは「高度な教育や住環境、娯楽を充実させ、社会的な男女平等などさまざまな社会課題を既に達成しており、こうしたことも環境重視の施策を可能にした」と説明する。

### 3. ヴェクショーと木質バイオマス

#### a) アメとムチ

行政も二つの制度でバイオマスへの転換を積極的に後押しした。一つは、化石燃料が出す硫化物や窒素酸化物、二酸化炭素などに対するエネルギー税。課税なしでは石炭が最も安いですが、こうした税の優遇措置でバイオマスが最も安くなり、競争力を持つようになった。もう一つが課徴金制度だ。大規模発電施設が窒素酸化物に対する課徴金をプールし、排出量の平均値を下回っている施設に返還していく。こうすることで、施設が排出量を下げる誘因を作り、実際にも平均値は毎年下がっているという。サンドヴィックの施設長、ウルフ・ヨンソンさんは「サンビック は最も優秀な施設で、発電すればするほどお金が戻ってくる」と胸を張る。

木質バイオマスをエネルギー源として利用することは、燃料を供給する林業側から見れば、これまで捨てるしかなかった木くずを販売できるメリットがあり、需要側から見れば、環境にやさしい再生可能な燃料を低コストで安定確保できるメリットがある。環境保全と地域経済の活性化に貢献しているといえる。

#### b) 地域への普及

脱化石燃料の代替資源として木質バイオマスの利用が拡大するスウェーデン。暖房では、森林を持つ

農家は自前のチップをボイラーに使用。地域のエネルギー供給会社には大量のおが粉やチップが運び込まれ、燃やされて地域暖房に利用されるだけでなく、まき代わり使えるブリケットやペレットに成形され、住民が車で買いに来る姿も見られた。

地域社会に根付くことで市場は広がり、燃焼機器を中心とした新たな企業が次々誕生。各地で独自の技術やアイデアを基にしたのぎを削っている。ヴェクショー市で、こうした企業を支えているのが、産官学のネットワーク、ヴェクショー・バイオマスグループだ。ヴェクショー大学が中心となり、大学に近い7企業などが参加。燃焼制御技術や、ダイオキシンなど有害物質の抑制など、世界でも高いレベルの研究が続けられ、企業などに還元されている。

このほか、同市は、市内企業約 50 社の環境担当の責任者を定期的に集まる場「環境喫茶」を開催。市は進行役程度で、あくまでも企業主導で情報交換を促進するのが目的。横のネットワークづくりにも取り組む。

自然エネルギーへの転換を図るには、生活習慣から転換しなければならず、コミュニティを回ってこうした啓蒙活動をするため、01年から3年間の事業として、移動オフィスを開設し、市職員3人が専従になっている。

一方、住民により密着した形で自然エネルギーへの転換を促す役割を果たしているのが、エネルギーアドバイザーだ。ヴェクショー大学内には、エネルギー相談所があり、エネルギーアドバイザーが常駐。暖房の熱源として化石燃料から自然エネルギーへの転換や、効率のよい断熱策、自然エネルギーへの転換に対する助成制度など、市民からの省エネルギーや自然エネルギーに関する、さまざまな相談を受けている。電話相談は半日で5～10件。アドバイザーは公的な資格ではないが、豊かな知識と技術を持っており、アドバイザーの団体が内部で教育し、行政が給料を出している。こうしたアドバイザーがコミュニティ単位でいることは、市民にとって心強い。

豊富な情報を提供することで、市民や企業の関心が深まり、市場が拡大。産官学の手厚いサポートは他にないビジネス環境の充実というメリットも生んでいる。

#### 4. 環境に対する理解が高いからか？

ヴェクショー市には日本からミッションが相次ぐ。ミッションを積極的に受け入れる理由について、市関係者は「先輩として教えるのは当然」と答え、「将来は商売や研究のパートナーとして期待している」と続けた。ただ、成果のほとんどが実際の施策に反映されていない現状では、日本側は問題意識が薄く、受け身になりがちで、後者のような対等の立場での交流にまでは至っていない。何を求めているかをはっきりしないと目立った成果が期待できない事態に陥ることが予想される。

両国の違いをもってしてスウェーデンだからできること、と言ってしまうとそれまで。スウェーデン人は、環境に対する理解が極端に高いと思われがちだが、ある調査結果では、環境にやさしい電気を買うために余分に払うのは1kwあたりわずか0.01円程度というのだ。木質バイオマスへの転換を住民が受け入れたのは、まず安い価格、手間がかからない快適性、供給の安定性が主な理由で、環境はその次。まず経済性の確立が普及への突破口といえそう。でなければ、ユートピアへのあこがれでしかない。他に真似のできない先進性の提示。環境への出費を都市の魅力アップにつなげ、ビジネス環境の整備につなげる都市経営、前例にとられない優れた人材の発掘登用など、





学ぶ点はいくらでもある。

同じく石油ショックを経て、エネルギーに関しては異なる道を進んできた両国。経験やノウハウの蓄積には約 30 年分の差があるうえ、総人口では、日本はスウェーデンの約 13 倍と規模にも大きな開きがある。日本では政策転換に向けた社会全体の合意を得ることは一朝一夕にはできず、差を一気に縮めることは至難の技だ。

「まず着手し、トップが先導する。NGO や市民との対話を忘れず、双方が勝者になれる形で企業とも共同歩調を取る。」ヴェクショー市のレナート・ゴードマーク国際交流室長が言うように、月並みだが、ここから始めるしかない。

## 市エネルギーアドバイザーの仕事

内記和彦

ミッション団員全員が興味を持った職種がエネルギーアドバイザーだった。市職員で採用されたアドバイザーが、市民に対して効果的で細かいことを指導する制度だ。(ホルムグレン氏(アドバイザー)の説明より。事務所はヴェクショー大学内)

1日5～10件程度「電気や石油に代わるものはないか」といった相談がある。一般家庭の暖房機器の内訳は、ラジエーター(電気)が30%、石油ボイラーが25%、ペレット・薪が20%、地域暖房が10%となっている。ヒートポンプも出てきている。市内は地域暖房を、そのネットワーク以外(郊外)はペレット又は薪ボイラーをソーラーの組み合わせを勧めている。ソーラー設置には35%、ボイラー設置には25%の補助をしており、設置費用はソーラー・ボイラーとも6万クロネ程となっている。

具体的なアドバイスとしては、隙間風を入れないようにということなどで2重窓の場合は1枚はペアガラスにすることで、1軒をまるごとそうすれば25,000クロネ費用はかかるが、年3,000kw3,000クロネ節約できることを説明する。ソーラーも真空のもので性能が良いものがあることや、節約シャワーノズルや節約電球(蛍光灯)を紹介している。



(写真左) 2重窓のサンプル  
(右) 節約機器のサンプル

アドバイザーは市の職員だが、その費用は国から50%の補助がある。なお、ヴェクショー市

の規模であれば、国の設置基準では2人必要であるが現在は1人である。小さな自治体では共同で設置しているところもある。国のエネルギー庁からの指導で、石油やバイオマス、地域暖房ごとの二酸化炭素量やコストを比較して市民に知らせる。チップ・ペレットの二酸化炭素はゼロとなっている。ペレットは1kg当たり2クロネ、バークペレットは1.4クロネであるが、バークペレットはアシュ(灰)が多い。チップは各家庭で自分の森林から調達するのが普通であり、市場価格は形成されていないが、試算をすれば1立方メートル当たり90クロネくらいか。石油は1リットル6.5クロネ。

石油と薪兼用のボイラーもある。ペレットボイラーは、週1回(30分程度)掃除必要である。自動灰出し装置のあるボイラーもある。出される灰は肥料にする。南スウェーデンでは、酸性雨の心配があり、

灰は中和に役立っている。なお、チップは幹や枝など部位によって形状が変わってくる。

最近、需用が多くなってきてバイオ燃料が20%程値上がりしたが、それでも石油よりは安い。



啓発活動用のパンフレット

**所見：** 役場職員としての立場から、今回特に注目した事項は、持続的な社会を形成していくために必要な「環境改善」という課題の解決に向けて、行政（自治体）が動機づけを行うとともに、具体的な行動は企業も含めた住民が共通認識の下に一体となって進めているところでした。

市の職員の皆さんから、その旨の説明を受けている時に思い起こしたことは、私の村である沢内村の取り組みでした。沢内

村は全国屈指の豪雪地帯であり、長く厳しい雪のため、病気が多く米などの農産物の生産力も弱く大変に貧しい村でした。そうした状況を打開しようと、昭和30年代、村は社会教育的手法で地域住民との懇談会を何回も開催し、生活向上を妨げている困難が何であるかを搾り出し、その課題の解決に向けて村民挙げて取り組んだのでした。それが、「保健の村、健康の村 沢内」を作り上げる力となったのです。

私は、沢内村のこの取り組み経過が、ヴェクショー市が進めている「脱化石燃料」への取り組みと非常に近い、同質のものではないかと感じました。

沢内村が森林バイオマス利用を進め、地域エネルギーの確保により自立した地域づくりを行い、地域の活性化と地球温暖化防止への貢献を果たしていくことができるかどうかは、「保健の村、健康の村 沢内」を作り上げた過程と同様に、環境に対する問題意識の明確化を図り、ヴェクショー市で取り組まれている啓発活動と、それに対する住民からの意見をうまく行政に取り入れられている仕組みを、今一度学びとることが重要であると認識したしだいです。

## ヴェクショー大学とバイオエナジーグループについて

伊藤幸男



最後にバイオマス利用を中心とした産学連携について触れておきたい。

1996年に、VEAB やソドラ、バイオマスコンサルティング企業、バイオマスボイラーメーカーなど地域のバイオマス関連企業7社によって「バイオエナジーグループ」という会社が設立された。

この設立の目的は、ヴェクショー大学や企業の研究開発に投資をし、バイオマスの利用促進し新たな産業化に結びつけようとするものである。



このバイオエナジーグループの全面的な支援のもとで「バイオエナジー研究グループ」がヴェクショー大学内に設立されている。代表は、サンドヴィックのウルフ・ヨンソン氏（右写真）だ。研究プロジェクトを通じての大学と企業の技術的な協力関係が形成されているが、近年取り組まれているのは中規模の地域熱供給システムの研究である。大学を中心にした研究支援で、年間約 1000 万円単位で研究費を助成してきた。これまで手薄だった 0.5～10MWh の領域での、特に排気ガスの規制や基準作りなどが行われている。

**所見：**今回のミッションでは、この他に中規模の数多くの地域熱供給施設や、バイオマス関連企業などを訪問することが出来た。ここ数年で地域熱供給施設が相次いで設置されており、いたる所でパイプラインの埋設が行われていた。バイオマス関連企業も多くは家族経営や中小企業であるが、近年成長が著しい分野である。今やスウェーデンのバイオマス利用は、「バイオマス産業」と呼べるほどの市場規模に成長を遂げている。

以上のヴェクショー市を中心としたバイオマス利用の事例から、その定着の背景について5点ほどに整理してまとめたい。

1点目は、バイオマス利用の基礎的条件を形成した国の政策である。環境税の導入はバイオマスが化石燃料と競争しうる決定的な条件を与え、また各種補助金もバイオマス利用の導入を支えてきた。しかし、これに至る背景には 1970 年代からの一貫した省エネルギー政策があり、エネルギー消費量を抑制ないしは減少させる中でバイオマス利用が進められてきた点に注目する必要がある<sup>(14)</sup>。

2点目は、確立された地方分権のもとでのコミューンの自立的な政策と基盤整備である。スウェーデンでは多くの権限がコミューンにあり、独自の地域ビジョンに基づいた地域政策の展開と実践が行われている。ヴェクショー市では、様々な主体による対話の積み重ねの中から問題意識が共有され、政策と実践が形づくられていた。

3点目は、基本的な枠組みは政策によって形成されているが、実践レベルでは産業ベース行われていることである。環境政策の実践によって新たな産業と雇用の創出が目指されているとともに、質の高いサービスを効率よく市民に提供していく手法としてもビジネスとして成立させていくことが目指されている。

4点目は、圧倒的な林業生産性の高さで徹底した合理性の追求である。スウェーデンの林業生産性の高さについて繰り返すまでもないが、この世界的競争力を有する林業・木材産業の存在は木質バイオマスの利用拡大に間違いなく大きな役割を果たしてきた。しかし、むしろ注目すべき点は無駄のない合理的な木材利用の姿である。収穫した木材をほとんど捨てるどころがないまでに利用するという試みの中でバイオマス利用も進んできたのである。

5点目は産学連携である。バイオマス産業の担い手の多くは中小企業であるが、これらが高い技術力を有し短期間に成長を果たしている背景には大学との直接、間接の連携がある。実際のプラントでの実験・研究とその成果のフィードバックという協力関係が構築されており、バイオエナジー研究グループの設立はその具体的成果といえるだろう。

木質バイオマス利用の普及と定着は、林業や木材産業など特定の業界の努力のみで実現できるものではない。それはエネルギーという我々の社会もしくは生活の根幹に係わる問題であり、一産業の問題にとどまらないからである。よって、木質バイオマス利用の普及のためには、様々なセクタとの横断的、重層的な連携と問題意識の共有が求められるのである。それゆえに社会システムをも大きく変えていく可能性を秘めていることをスウェーデンの事例は示唆しているように思われる。

日本でも5省庁による「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定された。ようやくバイオマス利用の推進に向けた国レベルの政策が大きく動き出した。しかしその一方で今必要とされているのは、地域レベルでの実践可能な小さな取り組みを始動させることであろう。

おわりに  
～まとめを終えて～

団長：金沢 滋

今回のミッションは従来の相互交流の中でも、もっともビジネスを求められた内容だった。冒頭で書いたように、「視察調査団」ではない。ヴェクショーコンミュン側の協力も、やはり相互交流を前提にしているからだ。それだけに無事に終えることができ、ほっとしている。

ミッションメンバーの責務は、これから始まる。どう生かすか、がヴェクショーの方々のご厚意に報いる最大の返礼であろう。そこでおわりにあたり、2度目のヴェクショー滞在を踏まえ、いくつかのポイントを提示したい。

#### 1. トップの意思

経済不況が続くニッポン。地方財政はひっぱくし、公共投資は新規事業を減らして過去の償還に埋没する。民間企業も毎年コスト削減をテーマに掲げる。2年前、スウェーデンに渡ったときよりも数段、経済は厳しくなっている。こんなときにスウェーデンに渡り、20年前の状況から現在にいたるまでの間を知り実感したのは、トップの強い意志だった。

木質バイオマス利用を総論で反対する人はほとんどいない。しかし、施設を建てたり事業を進めるにあたりコスト面や利便性から異論を唱えだす。自治体でいうと、つまりは「二酸化炭素削減？森林の多角的利用？それはいいねえ。でも石油より高ければだめだよ。議会が納得しない」というわけだ。

今回、次から次へと見せられる施設に、「環境意識が高いスウェーデンだからできた」と高をくくっていたミッションメンバーも多かったはず。しかし、世界的に有名なウルフ・ヨンソン氏は「一般の人たちがそれほど木質バイオマスの意義を理解しているわけではない。スウェーデンでは、主要政策はトップダウンだ。トップの強い意志が決め手になる」と語った。この場合のトップとは、必ずしも一人の政治家という意味ではない。コンミュンは合議制だし、市長は議会から選ばれた執行委員の中から選任される。そして、各部の職員は、この議会から選ばれた執行委員が人事権を握ることから、強い民主的なトップダウン制度が生まれる。

システムは異なるが、すでに新エネルギービジョン策定などを終えている市町村では、木質バイオマス利用に関して県議会や町村議会はどのような判断をしているだろうか。このところ、木質バイオマスは問い合わせのある市町村は、いずれも首長が強い意思を持って取り組もうとしているだろうか。

#### 2. コストについて

全国各地から寄せられる質問の中で、大半を占めるのが「コストはどれだけかかるの？」だ。例えば、公共事業で仕様書に盛り込もうとすれば避けられない問題だし、自宅にペレットストーブを導入するためにも、家計のやりくりの中でエネルギーコストは低いほうが良いに決まっている。基本的にはウルフ・ヨンソン氏やそのほかのヴェクショー関係者が言うように「環境の意識だけで木質バイオマスエネルギーは普及しない」のは前提だ。

ところが、わかりやすいはずのペレットをとっても、末端価格やランニングコストをはじくにはい

くつものシュミレーションを組まねばならない。材料はいくらか、プラントは何億円かかるのか、搬送費はいくらか。仮に、原材料を林地残材を当て込んだら、原木費 作業システム巧程 チップ化が必要か否か トラックの運送距離 人件費 で使用する機械費用...から始まる。プラントにいたっても、原材料を何にするのかで何倍も変わってくる。販売の際に代理店を通せば、一割以上は価格が上乘せになる可能性もあるわけだ。地域によって大きく異なるのだ。

岩手県が実施している木質バイオマス燃焼装置（ペレットストーブ）先導的導入・設置事業フィージビリティ調査検討委員会では、ペレット価格をおおまかに 25 円/キログラムとし、キロワット当たり 4 円前後と仮定して進めている。現実としては、スウェーデン製ペレットストーブを使用している個人宅では、単価は灯油よりも高いはずが使用度数が高いほど年間の燃料費は灯油換算より安価になっている実情もある。ペレットに関しては、モニタリングを通じて実測データを集めるほうが早道だろう。

チップに関しても同様だ。2002 年 1 月、日本貿易振興会のミニ L L 事業専門化派遣事業報告（深澤光氏ら）によると、林地残材のチップ化費用は原木 1 立方メートル当たり 1000 円から 2000 円。チップ化した枝等燃料材の価格は 1 キロワット当たり約 1.5 円で、チップ 1 立方メートル当たりで換算すると約 1000 円になる。日本ではチップ材燃料はまだないので、パルプ用で換算するとその 4 ~ 5 倍に当たる。しかし、これらの価格が日本の経済構造でどう生き延びていくのか、まったくわからない。今年度中に岩手県林業技術センターに外国製チップボイラーが設置される。実際の燃焼試験を通じて実測データを集めて積み上げる以外、説得力を持つものはないだろう。

今回のミッションでも、サンドヴィックに搬入される燃料用チップは業者によって価格が異なるようだったし、搬入する業者にとっても相手によって価格を変えており、それ以上の意味を感じずに突っ込んだ質問は避けたほどだった。しかし、それ以前は「5 年契約で価格を固定しないと安定供給できなかった」という。こうしてみると、初期段階で公共機関の場合にはある程度価格を固定するような特別な仕組みも必要ではなからうか。

### 3. 今後の交流について

#### 機器の開発について

遠藤保仁会長は「昭和 50 年代の木質ペレット第一期のころには、燃焼機器が少なかった」といつも口にする。スウェーデンは同じころから研究開発が始まり、現在に至っている。本報告のコージェネレーションの章にあるように、環境対策のノウハウはその期間に蓄積されている。

機器を開発・製造する過程で、効率を重んじるのはもちろんだが、排出される物質（灰や空気）の検証も重要だろう。例えば、ヤンフォーセン社は小型の燃焼機器を製造しても、細かいところのセンサーまで気をつけて設置をしている。それがひいては燃焼効率と安全性を高めているわけだ。約 20 年のノウハウがある。独自開発の道だけではなく、ソフト的なノウハウ提供などの交流がもう少し盛んになることでさらにレベルアップできるのではないか。

#### ヴェクショー・バイオエナジーグループについて

2000 年 11 月に日本政策投資銀行が作成した「ヴェクショー市にみる地域経済戦略」にもあるように、同グループが果たす役割は大きい。大学を中心に、企業の機器開発に助成するだけでなく、サンドヴィックのような公的な施設のモニタリングをして研究成果をフィードバックしている。私たちが伺った折もサンドヴィック では炉の上部に特殊なセンサーを打ち込み、データを採取していた。

同時に、ヴェクショー大学でサマースクールを開催し世界から燃焼に関する専門家たちが集まっていた。いずれも博士号を持っている生徒たちで、木質バイオマスを利用する際に排出されるガスや燃焼効率など、環境に与える影響を学びあっている。ヴェクショー周辺でヴェンチャー企業が育成されていくのもこうした支援組織があることを忘れてはならない。

当研究会とは水準も規模も異なるが、これまでの交流事業では何度か関係者も出席している。代表者はウルフ・ヨンソン氏であり、学術面を含め、なんらかの形で交流を模索してもよいのではないか。

#### 燃料の認証に関して

今回のミッションの目的には、ペレットやチップの認証制度に関する調査もあった。残念ながら、詳しく報告できていない。



ペレットに関しては、カルマール市の製材工場で製造された袋をみるとわかるように、エネルギー量やどういふものからできているのかが表示されている。具体的にペレットの品質表示が日本でいうJISやJASのように半公的機関が認証している様子ではない。ほとんどが自主規制のようだ。ひとつには、大量にバルト3国から輸入ペレットが急増していることなどの背景もあるようだ。このあたりは、ペレットクラブ準備会 (<http://www.jabio.org/pellet/>) でも現在慎重に事業者との協議を進めている。しかし、すでに国内でも産業廃棄物をペレット燃料する動きが胎動しており、安全性と安定供給を含めて早急に対応をしなければならない。

チップに関しては、現場から需要家に直送するシステム。エネルギー会社の監視場にトラックが立ち寄り、重量と熱量を中間検査機関（協会組織）が測定していた。サンプルを抜き取り、翌日に前日の成績がわかるようになっていた。ただし、水蒸気に関して需要側と供給側では意見の分かれるところであった。またチップ現場では、チップパーにかかる際に金属片など異物が混入し刃がかけることも多々あるという。

燃料の認証に関しては、なお今後の課題である。

今回のミッションにあたり、日本貿易振興会の関係者各位には大変お世話になりました。現地での対応や岩手での準備など、頭の下がる思いでした。また、ベングストン市長やゴールドマーク氏をはじめとするヴェクショーコンミュンの関係者にも、本当にそのホスピタリティあふれる対応にはミッションメンバー一同、感動して帰国いたしました。その感謝の念は忘れることができません。

そして、これをお読みになっている方々すべてに、今後ともご指導、ご鞭撻をお願いし、結びとさせていただきます。



以上

付録

《岩手・木質バイオマス研究会の歩み》

( \* はスウェーデンとの取り組み )

1999年10月25～26日\*

スウェーデンバイオマス協会 ( EU 協会 ) のケント会長ら来訪。「木質バイオマスエネルギー活用」を講演、技術ミーティング開催。

1999年11月26日\*

環境庁「地球温暖化防止先進対策実施検討事業」におけるルンド大学・環境エネルギー研究員の訪問とミーティングを開催。

以上の前提から岩手県で木質バイオマス利用の素地が醸成される。

2000年3月14～21日\*

新規事業開拓支援専門家派遣事業 ( 日本貿易振興会 ) による専門家 3 名をスウェーデンに派遣。テーマは木質バイオマスの利用が中心だった。

- ・ コージェネレーション施設、森林組合など訪問。
- ・ ヴェクショー市の仲介により、燃焼機器を製造販売するメーカー訪問。
- ・ 市幹部、担当者との会談。
- ・ 木質バイオマスを使用している一般家庭を訪問。

2000年4月\*

ミニLL事業採択受ける。(対象は、スウェーデン国ヴェクショー市)

\*\*\*\*\*

2000年7月

**岩手・木質バイオマス研究会発足**

2000年11月5～9日\*

岩手県と当研究会で「環境ミレニアムフォーラム～環境とエネルギーを考える」にヴェクショー市より計 5 名を招聘 ( このうち 3 名はジェットロのミニLL事業の一環として招聘 )

- ・ ベングドソン市長
- ・ レナート・ゴードマーク国際室長
- ・ ロジャー・ヒルディングソン ローカルアジェンダ 21 コーディネーター
- ・ ウルフ・ヨンソン ヴェクショー市エネルギー公社熱電併給施設長
- ・ イングベ・ルンドベリー オーフインターナショナルプロジェクトリーダー

盛岡市内のホテルで日本側の 4 人とともに、パネルディスカッションを開催した。ベングドソン市長はすぐに帰国したものの、引き続き、技術分科会 ( 盛岡市 ) 現地視察 ( 花巻市のスイミングスクール～遠野市の国産材供給モデル団地 ) と意見交換会 住田町でフォーラム開催 ( 地元高校生 80 人参加 ) 新エネルギービジョン策定委員会傍聴 研究会員との意見交換、懇親会と県内各地を回り、普及と具体的な指導・示唆を受けた。

このフォーラムに先立ち、同年4月に増田寛也知事がスウェーデンを訪問して木質バイオマス利用の現場を視察。そこでベングドソン市長と会談し、招聘が決まったという経緯もあった。

#### 2001年1月16～21日\*

ミニLL事業の一環としてミッションを派遣。前年11月のフォーラムに際し、ヴェクショー側から「木質バイオマスEU国際会議を開くので、さらなる交流を」と提案を受ける。これを機に、澤辺攻・岩手大学農学部教授（住田町新エネルギービジョン策定委員会座長）を団長に、製材業関係、建設会社技術者、行政関係者ら18人のミッションを派遣、ヴェクショー市側から歓待を受けた。訪問先は、環境機器展示会 製材所の電熱併給プラント（コージェネレーションシステム） 小規模地域熱供給プラント 木質ボイラー製造工場 個人住宅でのペレット暖房・給湯システム 大規模電熱供給プラントなどを視察した。

#### 2001年3月28日\*

ヴェクショー市長から増田寛也知事あての親書が届く。

#### 2001年5月8～12日\*

当研究会メンバーの県会議員がヴェクショー市に増田寛也知事の親書を携えて、訪問。熱電併給施設などを視察。

#### 2001年5月

木質バイオマスの啓蒙普及のため男女共同参画フォーラムにワークショップ出展（パネル展示）

#### 2001年6月

木質バイオマスの啓蒙普及のため牛乳パック再生全国協議会フォーラムに出展（パネル展示）

#### 2001年7月

総会ならびにフリーディスカッションを開催

#### 2001年8月20日

ホームページを立ち上げ、「岩手型木質バイオマス利用の行方～2000年度活動報告」（約200頁）の頒布、増田寛也県知事に直接提言書を手渡す

#### <増田・岩手県知事の姿勢>

通常は「陳情」という扱いで担当課が対応することになるが、直接お会いして当研究会の提言書「岩手型バイオマス利用の行方」を手渡すことができた。

その際、

豊かな森林を有する県として、木質バイオマスを地域産業の核として検討することは新産業の育成から考え、当然のことである。

これまで、行政とともに普及活動をされてきたが、今後はどんどん目に触れるような施策が必要であると実感。小さなことから積み重ねたい。



特産である南部鉄器技術を応用した、「岩手型ペレットストーブ」の開発に着手する。  
住宅建設の際に融資の割増を検討するなど、一般消費者にも利用できるような仕組みを考えたい。  
などの返答をいただいた。

その結果、平成 14 年度には、

工業技術センターで独自の「岩手型ペレットストーブ」の商品開発に取り組む。  
公共施設に木質ペレットを利用する設備を導入する。  
ペレット以外にも、たやすく利用できるチップ利用もボイラーなどで進めていく。  
木質バイオマスを利用する際の市場性調査。などが計画されている。

背景として、二酸化炭素削減について、増田知事が 8 % という数字を明言したことや、製材工場の廃棄物（副産物）が平成 14 年度から完全に焼却炉で燃やせなくなってしまったことが挙げられる。価格にならない間伐材が山林に放置され、災害につながる恐れがあることも推進の原動力となっている。

2001 年 10 月

岩手県主催「いわて大環境祭 21」でフォーラム「暮らしの中の森林エネルギー」を開催。

2001 年 11 月

「オーストリア～名古屋～いわて 木質バイオマスの利用」報告会を開催。

2002 年 1 月 13～18 日\*

ジェットロのミニ LL 事業の一環として岩手・木質バイオマス研究会員をヴェクショー市に派遣。ボイラー製造会社技術者も同行し、チップボイラーに関する専門調査を行う。当研究会では、木質バイオマスの原料形状を、固形状に成型する「木質ペレット」と、間伐材などを破砕する「チップ」の両面から検討してきた。

この海外派遣に関しては、森林から比較的簡易に搬出できるチップを主体にボイラーメーカーとのライセンス製造などを視野に入れて調査した。具体的には、岩手県にチップボイラーが導入されることが決定しており、ペレットは市街地や一般家庭、チップは山間部や中規模以上の公共施設などすみわけをしながら木質バイオマスの利用度合いを高める方向に進むことになる。

2002 年 2 月 3～8 日 「森林（もり）のエネルギーを活かそう in 岩手」

～スウェーデンに学ぶ～

ヴェクショー側から JARNFORSEN 社と SCAND-PELLET 社の技術者、幹部をジェットロのミニ LL 事業の一環として招聘。県内で木質バイオマス利用を検討、又はすでに利用している自治体を回り意見交換やフォーラムを開催した。最終的に、盛岡市内で公共事業で導入を図ろうとする自治体、建築、設計、コンサルタント関係者のほか、民間で取り組もうとしている関係者を集め、設置する際の注意、さまざまな処理などをディスカッションした。

2 月 3 日 来盛

4 日 住田町

5 日 二戸市

6 日 県林業技術センター

- 7日 盛岡市
- 8日 離盛
- 9日 帰国

2002年3月22日 「スウェーデン・二戸地区調査事業報告会」

今年1月に専門家派遣事業でスウェーデンを訪ねて詳細に調査した深澤光・運営委員 二戸地区の木質バイオマス利用をわかりやすく検討した伊藤幸男・事務局員の二人からそれぞれ報告があった。また岩手県の3月定例県議会に提出された資料などをもとに岩手・木質バイオマス研究会による県の施策・予算概要説明もした。

2002年6月2日

木質バイオマス啓蒙普及のため、「緑のフェスティバル」に出展

2002年6月23日

木質バイオマス啓蒙普及のため、「いわて男女共同参画フェスティバル」にてパネル展示。岩手県立大学学生との勉強会を実施。

2002年7月27日

木質バイオマス啓蒙普及のため、「クリーンエネルギーフェア」に出展。2002年度総会を開催するとともに、「森林エネルギーへの期待」と題し岐阜県立森林文化アカデミー大学学長の熊崎實氏の講演会を開催。また県内4自治体(住田町、沢内村、衣川村、葛巻町)での木質バイオマスへの取り組みについて、それぞれ報告があった。

2002年11月3日~10日\*

ジェットロのミニLL事業の一環としてミッションを派遣。金沢滋氏(岩手・木質バイオマス研究会事務局長)を団長として、県内自治体、林業関係者、大学、燃焼機器メーカー、マスコミ関係者らが参加。チップを燃料とした導入事例やコージェネレーション施設、森林伐採現場、燃焼機器メーカー等を訪問した。

2003年1月26日\*

県主催により木質バイオマス利用促進シンポジウムが開催予定。

いずれの取り組みも、事後には報告会を開き報告書をまとめて情報の集積を行っている。またメールリングリストやホームページなどにより常時情報交換を行っている。

<http://www.angel.ne.jp/~imb>