

スウェーデンの自然エネルギー自給循環型コンパクト・エコシティ

糸長浩司
日本大学生物資源科学部教授

地球環境問題の中で、都市化、都市のエネルギー活用による温暖化現象は大きな課題である。「環境と資源の安全保障」に関する都市計画上もこのエネルギー問題は解決を迫られている緊急の課題である。この課題を解決するためには、都市そのものが、自立的な自然エネルギー生産をも担うシステムづくりが必要である。都市活動を支えるエネルギーを外部から供給し、消費し汚染された大気と熱を外部に排出する線系システムを転換することが求められる。北欧での自然エネルギーの自給型のエコシティづくりを紹介する。

自然エネルギーの地域的自給を環境問題、経済問題を絡めて国を挙げて取り組んでいるスウェーデンを事例として解説する。

1) バイオガスエネルギー都市・イエテボリ

スウェーデン第二の都市イエテボリは工業都市から環境都市への脱皮を、市民、行政、企業のパートナーシップで図っている。1995年からの市の都市計画戦略は「コンペティティブ&サステナブル」(競争力ある持続可能な都市づくり)である。その戦略ポイントは、「居住地と職場の統合化=職住近接型の都市再生、新しい郊外型住宅地開発ではなく、既存都市の密度ある整備、公共交通機関へのアクセス向上、エコロジカル建築の普及」があり、コンパクトで統合的な都市再生であり、新世紀型ガーデンシティの創造にあるという。

近代工業都市での発展から都市環境問題を抱えていたイエテボリは、90年代当初から「コンペティティブとサステナブル」を同時的に追求し、かつ広域地域の中核的産業都市と環境共生型都市の両方を目指す都市計画が目標設定された。産業構造の転換、造船跡地、工場跡地の再開発による都市内居住の魅力化、交通問題解消のための交通機関の再整備、団地のエコロジカルな再生、コミュニティ再生のためのコミュニティガーデンづくり等である。地域自給型の再生エネルギー生産も熱心にとり組んできた。イエテボリの位置するスウェーデンの西海岸はデンマークからの天然ガスの供給ラインが整備されており、この天然ガスのパイプラインを活かした地域ガスシステムの中に、都市下水処理場の汚泥から生産したメタンガスを注入するシステムも開発されつつある。

下水処理場汚泥からバイオガス生産

市内のはずれの下水処理場リーアヴェルケットは汚泥からバイオガスを発生させ、それを使った地域暖房と発電のコージェネシシステムを確立している。メタンガスの一部は精製された後、施設内のガス自動車用の燃料として試験的に利用されている。この施設では、約50GWhのバイオガスを生産し、約15GWhの電力と約25GWhの熱に変換される。このプラントの稼働電力消費量は約30GWhであり15GWhの電力は外から買うことになるが、施設で浄化された排水からは約475GWhの熱が再利用され、この熱とバイオガスによって生産された熱がイエテボリ市の地域暖房システムに入り4万から5万世帯が温水として利用している。

下水場に入ってくる排水は、季節によって変わるが10度~20度の温度を保つ。排水は風呂や台所排水であり熱を蓄えている。これを排水処理施設に隣接するイエテボリエネルギー会社のヒートポンプシステムで熱として吸収し、地域暖房の熱源として活用しているわけ

である。

排水には生ゴミ、排泄物などの有機物が含まれ、その污水处理の過程で分解しやすい有機物はバクテリアによって分解され汚泥になる。それはさらに細かく破砕され、バイオガス発酵施設の嫌気性のバクテリアによりバイオガスが生産される。この施設では、市内の食品工場やレストランの脂肪分解機などから出る生ゴミも請け負っている。これらの油脂は直接腐敗室にポンプで送り込まれ、ガスの生産力を高めている。メタンガス発酵温度は37度に保たれているが、発酵槽に入る汚泥は冷たいため、それを温めるためのエネルギーはこの施設内での自家製の熱を活用して保たれている。

バイオガスの成分は、約3分の2のメタン(CH_4)と3分の1の二酸化炭素(CO_2)ででき、その一部はメタンガスの含有率95%までに浄化・圧縮されて自動車燃料として使われる。この施設内で利用される全ての車はバイオガスで動いている。1 m^3 の浄化済バイオガスで約10キロ走り、年間ガス生産量は、約ガソリン1万2千リットル分に相当するという。

この施設は熱は自給自足しており、電力のほぼ半分は自給している。バイオガスプラントからは副産物としてバイオ土が生産され、この土は土木建設、たとえば道路工事の際や堆肥として使われる。この施設では毎年約5万トンの脱水済のバイオ土ができるという。

スウェーデンのバイオガスエネルギー実情

スウェーデンは年間およそ480TWhのエネルギーを使用し、その内92TWhがバイオ燃料であり9TWhは天然ガスである(スウェーデンエネルギー省、2000年)。2000年現在でバイオガスプラントは国内221あり、その内134基は下水処理場の汚泥処理によるメタンガス発酵、59基は埋め立て式ゴミ処理場からのメタンガス発酵であり、約1.4TWh/年間の生産である。スウェーデンの将来的なバイオガス装置での生産可能量は約17TWhと言われ、バイオガスは基本的にはヒーティングと発電で使用されている。その内、約2.5%がガス自動車での利用のために精錬されている。

ストックホルムから南部の大きな都市のほとんどはガススタンドを持っている(天然ガスかバイオガス)。スウェーデンの南、西、中央部のドライブでは、ガス自動車が可能であるという。1999年以来、オンライン化されたガススタンドが南部のヨンショッピング、マルモ等にある。ガススタンドを設置予定の自治体は新しく17上がっており、これで南西スウェーデンのほとんどの自治体が設置することになるという。

西部スウェーデンで生産されているバイオガスの総量は、70~80GWhであり、約4000台の自家用車分である。西部イエテランド地域(イエテボリ市を含む広域的地域)で約700台のガス自動車が使用されており、そのうち、600台がイエテボリ市及び近郊で使用されている。700台の内100台は、バス、トラック、廃棄物収集車等の重量車両である。西部スウェーデンでは、公共使用できる6つのガススタンドが設置されている(内、5つはイエテボリ市内にあり、もう4つが建設中である)。1998~2000年の3年間で、西部イエテランド地域の自治体と関連団体が、多様なバイオガスプロジェクトに対して4億SEKを投資し、これらのプロジェクトは、政府から1.07億SEKの助成金を得ている。

スウェーデン全体で、現在2000のガス自動車が走る。バイオガスの主要な利用はバス使用である。西部スウェーデンのバス会社、2000年では、少なくとも10%の再生可能エネルギーを使用した。2001年には30%、2005年には100%が再生可能エネルギー

ギー使用となるという。燃料採用は個々の会社によるが、ガス車両に関心を持っている。一般的に、西部スウェーデンでのガスバスの使用経験は良好であると判断され、汚染物質の減少は都市中心部の空気を新鮮にし、ガス自動車は静かである。

注) 単位 千 = K・キロ 百万 = M・メガ 十億 = G・ギガ 兆 = T・テラ
(2000年11月のイエテボリ市交通公共輸送部の最新報告書より翻訳抜粋)

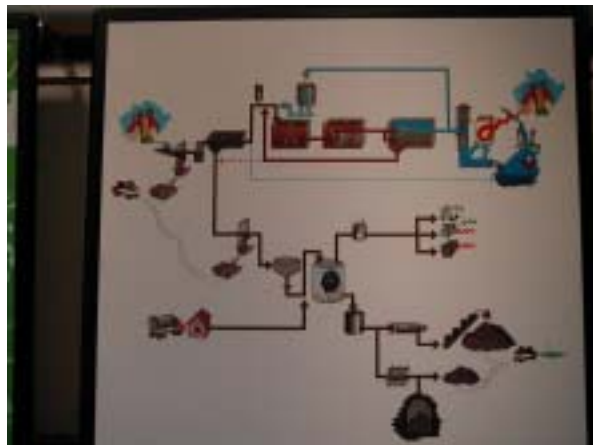


写真 イエテボリ市の下水処理場。
下水汚泥をバイオガス化して利用

写真 下水処理場での処理とバイオガスシステム

2) スtockホルム市の工場跡地再開発によるエコシティ・ハマルビー

ストックホルム市のウォーターフロント沿い工場跡地のエコシティ開発地である。計画は約1.5万人のための約8000戸の住宅建設であり、1998年から開発され、居住は2001年に始まり、2010年頃を目途に完了する予定である。オリンピック誘致を見込んだ再開発であったが、誘致失敗と、政権の交代で開発規模や最初のエコのアイデアは大分縮小しているようであるが、汚水処理で発生したバイオガスを家庭の炊事用に提供するシステム等は生き残っている。公共交通網を整備して、自動車の利用を少なくし、船と電車で中心部と連絡するシステムも採用されている。従来型の都市より半分のエネルギー消費で活動できる都市構造づくりを目指しており、パッシブ型住宅棟、バイオガス活用の都市づくり、循環型の都市づくりの先進地として評価できよう。



3) バイオマスエネルギー自給都市・ベクショー

ベクショーはスウェーデン森林部の都市で、森林資源バイオマスを地域エネルギーとして活用し、化石燃料ゼロを目指す都市である。市民と行政による環境保全活動、ローカルアジェンダ21づくりの成果でもある。飲料にもなるほどきれいな水を湛えた湖水に囲まれた森林都市はかつては木材産業から出る汚水のために汚れた。スウェーデン中で最悪な湖水環境として環境保護団体から避難される中で、環境保護団体と地域住民の連携による環境改善運動が熱心に始まり、この運動がローカルアジェンダ21づくりに修練された。湖水の汚染処理は近代的な下水処理場を整備し、その汚泥からはバイオガスを生産し施設稼働のエネルギーとなる。また、地域暖房と発電のための再生エネルギー源は森林残滓や木材加工工場からの木屑のバイオマスであり、石油等の化石燃料使用を実質的ゼロに近づけようとしている。その地域暖房プラントはベクショー市が100%出資した会社が運営する。地球温暖化対策としてベクショー市は「化石燃料使用ゼロ宣言」し、2010年までにCO2排出を半減することを目指している。地域暖房システムの普及により、その熱源を地域内のバイオマス使用に切り替えることで可能となってきている。ただ、輸送エネルギーに関してのCO2排出削減は難しい状況にある。

ベクショー市のエコプロジェクトの中心的人物であるローカルアジェンダ21対策室長サラ・ニルソン女史は、市の環境哲学のキーワードとして、「持続可能性と長期的哲学」、「エコロジカルな思考」、「環境にやさしい選択」、「全てのものに対する責任感」等を示した。ローカル・アジェンダ21づくりでの理念は、「化石燃料使用ゼロのベクショー市」、「水質保全」、「生物多様性の維持」、「持続可能な住宅」、「持続可能な工業振興」、「知識向上と地域民主主義」である。それを実現するための方法は、「異なるコミュニティとの円卓会議による討論の充実」、「異なる地域グループとの協力」、「協会や企業との対話と研修会」等の市民、異業種のコラボレーションにある。

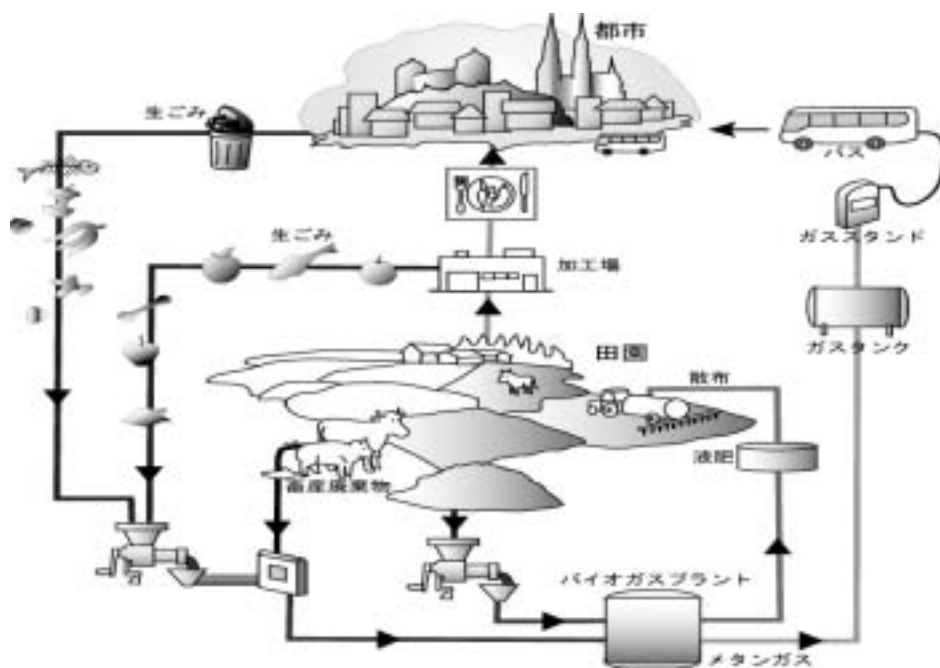


図 都市及び農村からの有機廃棄物をガスエネルギー化して都市・農村での循環システム
(ベクショー市のローカルアジェンダ21室の作製したものを編集)

ベクショー市の新コージェネプラント

ベクショー市の100%出資のエネルギー会社VEABが新しく採用したコージェネプラントは、環境共生型のバイオマスに基づく発熱と発電とコージェネプラントである。VEABは、38MWの電気と66MWの熱を生産するために4億4千5百万クローネを投資している。この地区全部のヒーティングとベクショー市の消費者から要求される電力の30~40%はこのプラントから生産されている。バイオマスのみで稼働しており、木質系の燃焼によるCO₂は、森林部でのCO₂の吸収により増加することはない、栄養分を含んでいる燃焼後の灰は森林に還元されることとなる。

ベクショー市の地域暖房システムは1970年代初頭に構築され、無数の炉やボイラーに取って代わった。1974年に市の地域暖房プラントが稼働した時はもっぱら石油で稼働していたが、1980年と1983年にバイオマスの燃焼に切り替えた。これは経済的な理由から石油の備蓄の減少により決定され、1997年現在、バイオマスは95%以上になっている。

新コージェネプラントはほとんどの種類のバイオマスを燃料として使用でき、木材チップから樹皮、ピートまで何でも可能である。湿気のある燃料が使用できることで、より柔軟性のあるプラントである。VEABは、ベクショー市での暖房の基礎としての電気と石油を地域暖房ヒーティングに替え、この方法で、暖房の規模は拡大し、またより多くの電気を供給できるようになった。新しいボイラーは104MWの出力能力を持ち、内66MWは暖房であり、38MWの発電装置が稼働している。地域暖房がより多く使用されれば、電気もより多く生産されることになる。バイオマスを使用して、おおよそ年間160GWhの発電と年間350GWhの地域暖房を生産する。これはおおよそ年間5万立方メートルの石油使用に相当するという。また、このプラントは、将来的にはガス化されたバイオマスの使用を念頭において拡張の計画がある。それにより、15MWの熱と25MWの電力の供給が可能となる。

スウェーデンにおける生産・生活過程から出る有機廃棄物を地域エネルギー資源として活用し、ゼロエミッション型で都市完結型のコンパクトシティづくりの事例を検討した。エネルギー自給、都市内の有機廃棄物を効率的に資源化・エネルギー化することで都市の自給性を高めることが、地球環境問題に対する個々の都市の役割であることを示している。日本の都市エネルギー政策の自立性、環境性をいかに高めていくかが今後の課題であり、また、地域暖房システム等の普及を進めることが求められる。



写真 ベクショー市の木質系バイオマスコージェネプラント