

ドイツ・フライブルク市のエネルギー政策

The Energy Policy of the City of Freiburg in Germany

飛田 満
Mitsuru TOBITA

Abstract

The city of Freiburg is today world-famous as the “Environmental Capital” and the “Solar City” of Germany. The purpose of this paper is to present the advanced environmental policy of the city, emphasizing the energy policy. The “local energy supply concept” of the city, consists of three main pillars: “energy saving”, “energy efficiency” and “renewable energy”.

In this paper I would like to examine primarily, the attempts to reduce energy, through energy-saving renovations, contracts and campaigns, and through regulation of the “low energy housing standard”; secondarily, innovations in cost-effective and self-supporting energy technology, combined heat and power system (=cogeneration) and local supply network; and thirdly, the unique energy concept of the “Solar Region Freiburg” to develop renewable energy, especially solar energy, and to promote projects in seven fields: future of work, citizen participation, tourism, building and housing, research and development, finance and marketing, and education and enlightenment.

キーワード : 地域エネルギー供給コンセプト、省エネルギー、再生可能エネルギー、コジェネレーション、ソーラーシティ

Key Words : local energy supply concept, energy saving, renewable energy, cogeneration, solar city

はじめに

ドイツのエネルギー政策は、「安定供給」「環境保全」「低価格化」をその三大目標として掲げている。環境と経済との両立という相矛盾した目標の達成に苦慮しながら、「脱原子力」「省エネ・効率化」「再生可能エネルギー」を軸とした「エネルギー転換」を図ろうとする。2002年4月に施行された「改正原子力法」により、新規の原子力発電所の建設は禁止され、既存の原

子炉も段階的に操業が停止され、2021年までにはすべての原発が閉鎖されることになっている。とはいえ当時のドイツでは、総発電量の約30%を原子力が占め、約60%を石油、天然ガス、石炭といった化石燃料が占めており、また一次エネルギーの約75%を外国からの輸入に頼っていた。そのため、省エネルギーとエネルギー効率の改善に努め、電力全体に占める化石燃料と原子力の割合を減らし、代わって再生可能エネルギーの割合を引き上げていくことが、エネルギー政策の重要課題として位置づけられた⁽¹⁾。

ドイツでは、2004年4月に「再生可能エネルギー法」が改正され、再生可能エネルギーが総発電量に占める割合を2010年までに12.5%、2020年までに20%に引き上げ、これにより温室効果ガスの排出量を2020年までに40%、2050年までに80%削減する、という目標が掲げられた。ところが、再生可能エネルギーの普及は予想以上に急速に進み、目標であった12.5%は2007年中に達成してしまう状況になったので、政府は2007年7月、2020年までの目標を20%から27%へと上方修正し、2030年までに再生可能エネルギーで総発電量の45%を賄う、というさらに高い目標を設定した。2007年現在、ドイツの再生可能エネルギーの発電量は2220億kWh、総発電量に占める割合は14.2%である。発電量を種類別に見ると、太陽光発電が35億kWh、風力発電が395億kWh、水力発電が207億kWh、バイオマス発電が395億kWhなどとなっている。ここ10年間に飛躍的に発展を遂げたのは風力発電であり、世界の風力発電量の3分の1を占め、世界一の座を誇る。発電量は少ないが最高の伸び率を示したのは太陽光発電であり、日本を大きく抜き去って世界一の地位を確立した。その他、今後期待される再生可能エネルギーとして、洋上風力発電、中規模水力発電、バイオマス利用のコジェネレーション、パラボラ型ソーラー発熱器、そして地熱発電などがある⁽²⁾。

ところでこうした野心的なエネルギー政策を推し進める「環境先進国」ドイツの自治体の中にあって、つとに「環境首都」として世界的にも名高いフライブルク (Freiburg im Breisgau) 市のエネルギー政策には見るべきものが多い。小論では、このフライブルク市のエネルギー政策について、その基本構想である「地域エネルギー供給コンセプト」に基づき、「省エネルギー」「高効率なエネルギー技術」「再生可能エネルギー」という3つのパースペクティブから考察してみたい⁽³⁾。

そもそもフライブルク市が全市を挙げてエネルギー政策に取り組むようになったきっかけは、1970年代に起こった原子力発電所建設反対運動であったとすることができる。当時のドイツは、そしてフライブルク市のあるバーデン・ヴュルテンベルク州も、戦後経済の奇跡的復興の中にあって、急増する電力需要を賄うために、原子力発電の積極的推進を一大政策として掲げていた。その一環として1973年、フライブルク市の北西25キロほどにあるライン川沿いの村ヴィール (Wyhl) に原子力発電所の建設計画が持ち上がったとき、黒い森とワインを観光資源にもつ周辺の村の人々は、原発事故や放射能汚染に対する恐怖よりも、むしろ冷却塔から放出される水蒸気による局地的な気象変化に対する不安から、まず原発反対の声を上げたと言わ

れる。そしてこの反対の輪にフライブルク市民が加わり、学生や大学教授らの支援も得ながら、大規模な集会やデモ、座り込みなどが繰り返し行なわれ、原発反対運動はますます盛り上がりを見せたが、しかし州政府の態度はあくまでも強硬であり、1975年には原発建設の許可を出し、座り込む人々を強制的に排除した。しかしながら州政府の原発政策が強硬であればあるほど、かえって市民の原発やエネルギーへの関心は高まり、また反対運動も強化され組織化されて、1970年代後半から、例えば「ドイツ環境自然保護連盟」(BUND)のような環境NGOや、政府から中立的な「エコ研究所」のような研究機関が立ち上げられ、また反核や環境保護を主張する「緑の党」のような政党も現れた。こうしてヴィール村の原子力発電所建設計画は、州政府が地域住民の考えや動きを読み違えたことと、最終的には1986年のチェルノブイリ原発事故を経て、1987年12月に州知事によって断念することが宣言された⁽⁴⁾。

ところでフライブルク市議会では、このような市民の反対運動を受けて、すでに1983年6月に、「フライブルク市はヴィール原子力発電所の建設計画に反対し、これを阻止し、また州政府に対して断念することを要求する」決議を採択している。そして1986年5月、すなわちチェルノブイリ事故の翌月には、さらに「ヴィール原子力発電所建設反対」決議を確認したうえで、連邦と州に対して「原子力発電に依存しないエネルギー政策を中期的目標とすること」および「隣国(フランスやスイス)政府も脱原発の路線をとること」を要求するとともに、市の行政に対して「省エネルギーと代替エネルギーを軸とするエネルギー供給コンセプトを作成すること」および「隣国で原発事故が発生した場合の市民の保護対応策を検討すること」を指示する旨の決議を行なっている。要するに、フライブルク市議会はこれらの決議をもって州政府および連邦政府に対して、脱原子力発電と省エネルギー・代替エネルギー政策という市の立場を鮮明に打ち出したのである⁽⁵⁾。

1986年10月、市の行政によってまとめられ提出された「地域エネルギー供給コンセプト」(das lokale Energieversorgungskonzept)を、フライブルク市議会は全会一致で決議した。このコンセプトは、いわば原発推進政策に対するカウンタープランであるとともに、その後の市のエネルギー政策はもちろん、各種環境政策の基本となったものである。その要点を以下に記す⁽⁶⁾。

〔基本原則〕

- 事業は、フライブルク市とフライブルク・エネルギー水道供給公社(FEW)との共同で進める。
- コンセプトの変更は、市議会の議決を要する。

〔基本方針〕

- エネルギーの節約により、エネルギー需要を減らす「省エネルギー対策」を第一とする。
- 再生可能エネルギーは、エネルギー需要を満たすために、従来のエネルギー燃料に優先して考慮される。

〔エネルギーと環境対策の目標〕

- 元来の省エネルギー対策
- 地域レベルおよび地球規模での大気汚染物質の削減
- 原子力エネルギーに対する代替エネルギーの開発
- 環境にやさしく経済的で合理的なエネルギーの供給

〔コンセプトの主要項目〕

- 省エネルギーの促進
- 新しいテクノロジーの導入（コジェネレーションなど）
- 再生エネルギー源の利用（ソーラーエネルギーなど）
- 近距離・遠距離熱供給システムの開発（地域暖房など）

要するに、地域のエネルギー自給をめざすフライブルク市の「エネルギー供給コンセプト」は、次の3つの柱から成っている。

- ①省エネルギーの推進
- ②高効率なエネルギー技術の導入
- ③再生可能エネルギーの促進

以下に、この3つの柱のそれぞれについて、主要な事例を具体的に示してみたい。

1. 省エネルギーの推進

省エネルギー対策の最も具体的な取り組みの事例はフライブルク・エネルギー水道供給公社（FEW）が展開した「マイスターランプ・アクション」であろう。これは1996年に、FEWが電気を供給している約10万5000世帯に「省エネ電球」（マイスターランプ）1個の無料引換券を配布し、また引き換えと同時にさらに省エネ電球1個の割引券を提供して、市民に節電を呼びかけたキャンペーンである。この省エネ電球（市価25マルク）は一種の白熱灯型蛍光灯であるが、その特長として、消費電力が11Wであるのに、明るさは60Wの白熱灯と変わらない、つまり同じ明るさを得るのに、約80%の電気を節約することができる。ということは、もし10万5000世帯すべてがこの省エネ電球を1個使うとすると、1年間に合計5000万kWhの電気が節約されることになる。

FEWがこのアクションのための財源を調達したのは、言ってみれば電気料金の「隠れた値上げ」によってである。すなわち、それまで電気料金に含まれていた炭鉱振興税（石炭ペニヒ）が廃止され、その分値下げすべきところを、その半分ほどしか値下げせず、残りの半分ほどをアクション費用と公社の財源に計上した。つまり、FEWは電球と節電のマイナス分をこの「隠れた値上げ」で相殺し、消費者は電球による節電によりこの「隠れた値上げ」分を取り返す、というわけである。このアクションへの反響は良好であったようで、アクション期間中の4ヵ月間だけで市内では、ほぼ10万個の電球が引き換えられ購入されたとのことである⁽⁷⁾。

しかしフライブルク市における省エネルギー対策の最初の取り組みは、すでに1979年から始まっていた。フライブルク市は庁舎のほか、学校、ホール、劇場、プールなど、市の大型公共施設を対象に、例えば暖房使用規則の改定、断熱材の取り付け、熱再回収装置の取り付け、石油から天然ガスへのボイラー装置の切り替え、照明方法の改善、太陽熱温水装置の設置、太陽光発電装置の設置、節水装置の取り付けなど、様々な角度から省エネリフォームを行なっている。その結果、1991年までの12年間に、800万マルクの設定投資をして、2600万マルクのエネルギーコストを削減する（あるいは別のデータで、1994年までの15年間に、1060万マルクの設定投資をして、3520万マルクのコストを削減する）といった非常に大きな成果を収めている。しかもこの公共施設の省エネルギー対策は、すぐれて市の光熱費とエネルギーを節減しただけでなく、二酸化炭素30%、窒素酸化物29%、二酸化硫黄57%、そして粉塵53%というように、温室効果ガスや大気汚染物質の排出量を削減したこともまた同時に特筆に値する⁽⁸⁾。

ところで、ドイツでは2002年2月に改正された「省エネルギー政令」（制定は1976年）によって、新築または改築される建物に対して低エネルギー建築を義務づけ、暖房エネルギーを従来よりも平均30%下げることがを要求している。ここで「暖房エネルギー」というのは、ドイツでは冷房はほとんど必要がなく、また一般の住宅で消費されるエネルギーの約80%は暖房用のものであるからであるが、この政令によると、新規の建物の暖房に消費されるエネルギーは、年間平均1㎡当たり70kWh以下でなければならないというかなり厳しい基準であるが、しかしフライブルク市では連邦に先駆けて1992年に、市が新築する建物や市が開発する土地に建築される建物はすべて、暖房エネルギーは年間平均1㎡当たり最大65kWhの「低エネルギー建築仕様」（Niedrigenergie-bauweise）とするという条例を定めた。

この条例を受けて、1992年に市の中央近くのフランス軍兵舎跡地に開発されたヴォーバン（Vauban）地区と、1994年に市の西部にモダンな都市計画に従って開発されたリーゼルフェルト（Rieselfeld）地区においては、すべての土地購入者が市との売買契約時に「低エネルギー建築仕様」とすることを義務づけられた。実際この二つの新興住宅地では、全世帯が、家の南側を断熱ガラス張りの窓にして太陽熱を取り入れ、北側を断熱材入りの厚い壁にして放熱を少なくする、いわゆる「パッシブハウス」を基本として、屋根には太陽熱温水装置や太陽光発電装置を取り付け、さらに木屑によるコジェネレーションの熱供給システム（地域暖房）を導入することによって、従来の住宅地に比べてCO₂の排出量も約60%少ない低エネルギーハウスを、早くも政令施行以前に実現させている。

省エネルギー政令が実際施行されてからは、低エネルギーハウスがスタンダードになり、この基準を満たす家を新築することやこの基準を満たす家に改築することが求められるようになった。そうした状況を受けてフライブルク市は、1999年にエネルギーコンサルタント会社「レギオ・フライブルク・エネルギー・エージェンシー」を設立した。ここでは、建物の断熱の改善、省エネルギー技術の運用、再生可能エネルギーの利用など、省エネルギー対策に関する相談を受け助言を与える活動や、パイロットプロジェクトを担当しエネルギーコンセプトを作成

するといった活動が行なわれている⁽⁹⁾。

これに加えて、日本でも最近「ESCO事業」として導入され始めたエネルギーサービス事業が、ドイツではすでに20年も前から「省エネルギー契約」(コントラクティング)として広く展開されている。コントラクティングとは、要するに、コントラクター(市のエネルギー供給事業所や民間のエネルギー関連会社など)が、顧客(企業、役所、大学、病院など)と省エネルギー契約を結び、つまり顧客のエネルギー消費状況を調査したうえで、自らがもつ省エネルギーの知識と技術を駆使して、暖房、照明、温水、換気などに要するエネルギーコストを削減することを約束し、断熱材、ボイラー、コジェネレーションなど、あるいは太陽熱温水装置や太陽光発電装置なども含めて、自ら設備投資をして、省エネルギー対策を実行する。そしてこの対策によって削減されたエネルギーコスト(光熱費の差額分)は、契約期間中は、設備投資したコントラクターに経費などとして支払われるが、契約期間後は、設備も削減されるエネルギーコストもすべて顧客の手に残る、というシステムである。このコントラクティングという手法は、省エネルギー対策を必要と感じながらも多額の設備投資がネックになって実現できない企業を中心に、今日盛んに取り入れられているが、とくにフライブルクにおいて興味深いのは、この手法が学校でも実践され成功を取めていることである。

代表的な事例として、ハズラッハ地区のシュタウディングー総合学校では、教師と両親および有志の市民が共同出資して、約25万ユーロの資金を調達し、元「エコ研究所」研究員のエネルギーコンサルタントの指導のもとに、1999年、コントラクティング会社「エコワット」を設立し、同時に省エネルギープロジェクト「エコワット」を立ち上げた。エコワット(ECO-Watt)社とフライブルク市は省エネルギー契約(コントラクティング)を結び、エコワット社は集めて得た資金で省エネルギー対策を実行し、光熱費の差額分つまり削減できた分を8年間受け取り、これを元手に配当を投資家に、報酬を学校に支払うが、8年後以降の削減分はすべてフライブルク市のものになる、とした。蛍光灯の取り替えや照明システムの改善、トイレやシャワーの節水装置の取り付け、サーモスタットを使った暖房装置や換気装置の取り付け、また補完として太陽熱温水装置や太陽光発電装置の設置など、様々な省エネルギー対策が講じられた。しかしハード面での対策だけでなく、この「エコワット」プロジェクトでは、例えば生徒と教師のグループがコンサルタントの協力で生徒・教師・両親に情報を提供する場を作る、エネルギーをテーマとした催しを学校で開く、あるいは上級生が新入生にこのプロジェクトの目的を伝える、教室の換気や照明の使用など省エネの方法を教えるなど、ソフト面での活動がハード面での成功を支えた。このプロジェクトにより2002年には、電力の消費が30%減少、水道の消費が75%減少、光熱・水道費が年間10万ユーロ以上節約され、出資者たちは6%の配当を受け取り、学校も1万ユーロの報酬を受け取った、とのことである⁽¹⁰⁾。

2. 高効率なエネルギー技術の導入

フライブルク市は省エネルギー対策に関して一定の成功を取めているが、しかし現時点では

化石燃料なしにはエネルギー消費はカバーされえない、ということもまた自明の事実である。長期的に見れば、エネルギー需要はもっぱら再生可能エネルギーにより満たされねばならないが、しかし化石燃料をまだ利用している過渡期にあつては、その利用はできるだけ効率的に行なわれねばならない、ということが第二のポイントになる。そこで注目されているのが、エネルギー効率の極めて高い、電気と熱を同時に生産する技術、すなわちコージェネレーション（熱併給発電システム）の導入である。

従来の火力発電の場合、投入された一次エネルギーのうち、電気として使われるのは3分の1程度で、残りの3分の2は廃熱として放出される。つまり、エネルギー効率が悪く、CO₂を多く排出する。これに対してコージェネレーションは、発電すると同時に発電による熱を工場の工程や地域の暖房・給湯に利用する。これによりエネルギー効率は従来の火力発電の2～3倍となり、工程や暖房・給湯のために新たに燃料を投入する必要がないので、エネルギーの節約にもなり、CO₂の削減にもつながる。コージェネレーションには、石炭や天然ガスなどを燃料とする蒸気タービンやガスタービンなど大型のものと、天然ガスやメタンガス、木屑などを燃料としてエンジンで発電する小型のもの（ブロック式）と、二つのタイプがあるが、ドイツで最近普及が進んでいるのは、とくに後者（Blockheizkraftwerk）である。これをプールや学校、会社や工場などに設置して、近距離・遠距離電力・熱供給網を整備することで、地域分散型の電力・熱供給つまり地域発電・地域暖房が可能になる⁽¹¹⁾。

フライブルク市ではすでに1991年から、市の北部にあるアイヒェルブック埋め立て処分場で発生する腐敗ガス中のメタンガスを回収して、このガスを地下埋設管で4キロほど離れたラントヴァッサー地区（住民約9000人）にある発電所に送って発電し、さらに発電によって放出される廃熱を暖房や給湯にサーマル利用するコージェネレーション（ブロック式熱併給発電）施設が稼動している。この発電所ではメタンガス用のタービンと天然ガス用のタービンが併用され、発電される電気はFEWの配給回路に取り込まれて同地区の各家庭に送られる。かつては最高発電能力4.1メガワット（地区の需要量の約2倍）、温水供給能力7メガワット（地区の需要量の約70%）を記録したこともある、ドイツで最初のゴミ発電型コージェネレーション施設である⁽¹²⁾。

1998年には、フライブルク市最大のコージェネレーション施設（GUD）が完成し稼動を始めた。この施設は、市内最大の化学工業ローディア社とFEWとが官民提携で共同出資して、1億マルク以上かけて同社の敷地内に建設した「天然ガス蒸気タービン発電所」（Gas-und Dampf-Turbinen-Kraftwerk）である。ドイツで最も効果的な施設の一つとされるこのコージェネレーション発電所においては、まず天然ガスがガスタービンに送られて発電が行なわれ、そのときに出る排ガスは放出されずにボイラーを熱するのに利用され、さらにこのときに出る蒸気が蒸気タービンに送られて発電が行なわれ、最後にそのときに出る廃熱はローディア社の工場生産工程に使われる。従来の火力発電では、投入された一次エネルギーの利用効率は40%以下にとどまるが、この天然ガス蒸気タービン・コージェネレーションでは、一次エネルギーの利

用効率は最高90%以上にも高まる、つまりエネルギーが非常に効率的かつ合理的に利用されている。

ガスタービンと蒸気タービンとを合わせたコージェネレーション全体の発電性能は約60メガワットであるが、ローディア社では、大量の熱を必要とするわりに、電力はそれほど必要としないので、この発電所でできた電力の大半はFEWの公共回路に送られて、周辺地域の電力供給に使われている。このコージェネレーションによる電力だけで、ローディア社も含めた市の消費電力全体の40%を賄うことができるという。実際、2000年にこのコージェネレーションがFEWの回路に供給した電力は3億500万kWhであって、これはフライブルク市の消費電力全体の3分の1をカバーしている。フライブルク市には、熱併給発電と地域熱結合による「フライブルク地域暖房ネットワーク」の構想がある。この構想は、総投資額2億2000万マルクをつぎ込んで、コージェネレーションと地域暖房ネットワークを段階的に拡張していき、最終的には市の消費電力の75%をコージェネレーションで賄おうというものであり、上記のGUD（天然ガス蒸気タービン発電所）はこのより壮大なプロジェクトの第一段階をなすものである⁽¹³⁾。

フライブルク市では、コージェネレーションと地域暖房ネットワークとがあちこちで導入されている。例えば1995年には、3つの市営プールにおいて天然ガス式のコージェネレーションが導入された。ここではフライブルク市の電力需要の0.5%を占める、年間510万kWhの電力を発電している。ヴァインガルテン地区および隣接するリーゼルフェルト地区では、1999年から、天然ガス利用のブロック式熱併給発電施設が導入された。ここではフライブルク市の電力需要の2.5%を占める、年間2500万kWhの電力を発電している。ヴォーバン地区では、2002年から、木屑によるブロック式熱併給発電施設が導入された。ここでは約500世帯分の電力需要をカバーする、200万kWhの電力を発電している。これまでのところ、ブロック式熱併給発電施設はその地域暖房ネットワークとともに、有害物質の排出を30%まで削減し、原発依存率も（連邦レベルの）30%まで低減させた、と言われる⁽¹⁴⁾。

3. 再生可能エネルギーの利用

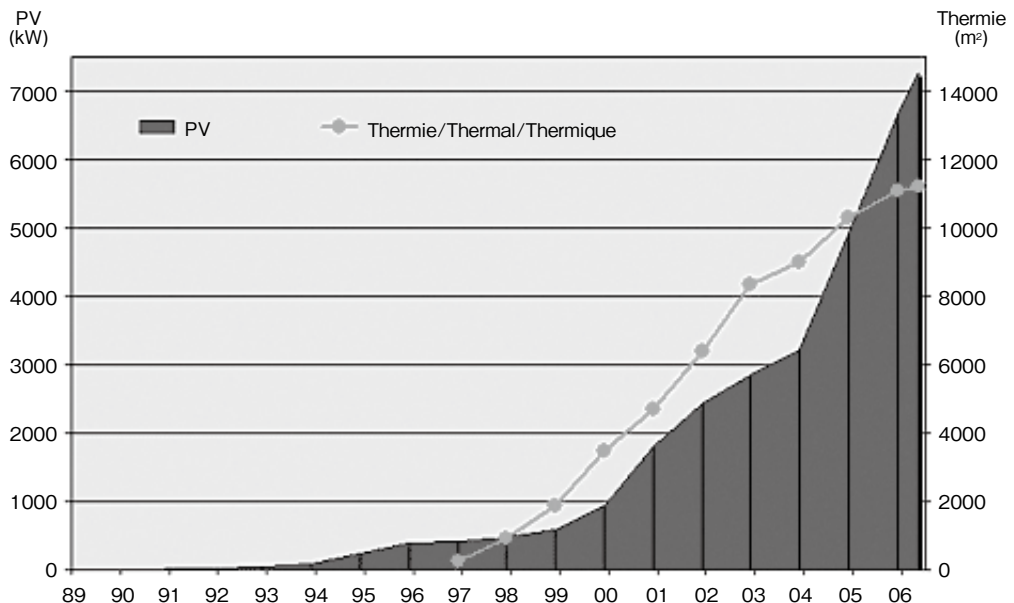
再生可能エネルギーとは、太陽光、太陽熱、風力、水力、地熱、バイオマスなど、自然界で繰り返し起こる現象から取り出されるエネルギー、したがって利用されるのと同様以上の速さで再生されるエネルギー、いわゆる自然エネルギーのことである。再生可能エネルギーは、石油や石炭のような化石燃料やウランのような埋蔵資源とは異なり、有限な資源を消費せず、持続的な利用が可能であり、また大気汚染物質や温室効果ガスの発生も少ない。将来的に持続可能なエネルギー供給を目指すとするれば、この再生可能エネルギーを基盤とする以外に道はない。

ところで、フライブルク市における再生可能エネルギーの利用は、すでに見たヴォーバン地区のバイオマス発電や、ラントヴァッサー地区のバイオガス発電のほか、ドライザム川の自然の流れを利用した流水式小型水力発電や、マールベルク他の市民風車6基による風力発電など

もあるが、しかしなんと言ってもその中心はソーラーエネルギーの利用であり、フライブルク市をドイツの「ソーラーシティ」と呼ぶことに異論を差し挟む人はいないだろう。その理由はいくつか挙げられる。第一にフライブルク市には、ソーラーテクノロジーに関する第一級の研究機関や組織が集中していること。第二に、ソーラー関連企業や関係業者が数多く存在し、それらが急成長していること。第三に、ソーラーエネルギーの普及のために巨額の投資や助成が行なわれていること。第四に、ソーラー関連の注目に値するプロジェクトが絶え間なく推進されていること。そして第五にフライブルク市は、ソーラー設備の住民一人当たりの設置率が最も高い自治体であるということ。とくにこの第五の点は重要であろう⁽¹⁵⁾。

ドイツには「ソーラーブンデスリーガ」といって、各市町村に設置されている太陽光発電装置と太陽熱温水装置の、住民一人当たりの出力と面積を割り出し、そのポイントを競うという、いわば自治体別ソーラー設置ランキングが、「ドイツ環境援助基金」という環境団体によって、2001年から毎年発表されている。それによると、フライブルク市は2003年から2006年まで4年連続して人口10万人以上の大都市部門で優勝している（2007年は、インゴルシュタット、ウルムに次ぐ、第3位に下落した）。もう少し詳しく見ると、太陽光発電装置と太陽熱温水装置は、とくに2000年と2004年に設置が急増し、2006年現在、出力累計約7263kWの太陽光発電装置と、面積累計約1万1223㎡の太陽熱温水装置が、フライブルク市内に設置されている。ひとくちにソーラーエネルギーの利用といっても、太陽光を使って電力を作り出す太陽光発電装

表 フライブルク市内の太陽光発電装置 (PV) の出力累計 (kW) と太陽熱温水装置 (Thermie) の面積累計 (㎡) / 1989年～2006年



(出典：http://www.solarregion.freiburg/d/〔19〕)

置 (Photovoltaikanlage) と、太陽熱を使って給湯や暖房を賄う太陽熱温水装置 (Solarthermieanlage)、そして太陽熱・太陽光をパッシブかつアクティブに利用するソーラー建築 (solares Bauen) の3分野があるが、いずれの分野でもソーラーエネルギーの利用は、1986年の「地域エネルギー供給コンセプト」の時代から、フライブルク市のエネルギー政策の重点である⁽¹⁶⁾。

このようにフライブルク市はソーラーブームであるが、しかしいまやドイツ全体がソーラーブームであり、これにはもちろん理由がある。第一に、太陽熱温水装置のために、2000年だけでも総額1億7000万マルクの補助金が支出されたこと。第二に、1999年から2003年まで「10万件の屋根計画」が実施され、太陽光発電装置の取り付けに1.9%の低利子ローンが提供されたこと。第三に、2000年4月に「再生可能エネルギー法」が施行され、電力事業者による太陽光電力の買取り義務と買取り最低価格が定められたことである。このうち「再生可能エネルギー法」は重要である。これは、電力供給量全体に再生可能エネルギーが占める割合を、2010年までに最低12.5%まで引き上げることを目的として施行された「再生可能エネルギーを優先させる法律」であるが、そのポイントは、再生可能エネルギーを燃料として発電された電力の買取りを電力事業者に義務づけたことと、それぞれのエネルギーごとに電力の買取り最低価格を設定したことにある。その価格とは20年間の買取りで、例えば太陽光発電の場合は、発電量3500万kWhを上限に1kWh当たり99ペニヒと最も高く（電気料金の4～5倍）、風力発電の場合は、最初の5年間は17.8ペニヒ、その後は12.1ペニヒ、バイオマス発電の場合は、500kWまでは20ペニヒ、それ以上は18ペニヒ、水力発電の場合は、500kWまでは15ペニヒ、それ以上は13ペニヒなどである。ただしこの買取り最低価格は、2004年の再生可能エネルギー法の改正に伴って改定され、以前より細かく買取り価格と買取り条件が定められたが、とくに太陽光発電に関して言えば、45.7～62.4セントと5%ほど低下したが、買取り対象となる発電量の上限がなくなった⁽¹⁷⁾。

以上は主としてドイツ連邦政府のソーラーエネルギー戦略であるが、さらにフライブルク市は自治体としても市営・民間企業と共同で、独自のソーラーシティ構想「ソーラー地域圏フライブルク」(Solar Region Freiburg) を推進している。ここで「地域圏」といわれるのはドイツ語の“Region”であるが、要するにフライブルク市単独ではなく、隣接する2つの自治体、ブライスガウ・ホッホシュヴァルトツヴァルト郡とエメンディングゲン郡を含めた人口60万人規模の「地域圏」を意味する。市はこの構想の具体化のために、独自のロゴマークを制作し、環境保全局内に事務局を開設して、出版物やサイトによる広報活動を展開し、7つの分野からなる基本プロジェクトを立ち上げた。その基本プロジェクトとは、①将来性のある職場、②市民参加、③ツーリズム、④建築と住居、⑤研究と開発、⑥ファイナンスとマーケティング、⑦教育と啓蒙、の7つである。フライブルク市がこのプロジェクトを外部に、しかも世界に最初に力強く発信したのは、2000年にドイツ・ハノーファーで開催された万博 (EXPO2000) においてのことである。そこで市は助成または促進してきた先進的にして大規模なソーラープロジェクトの

数々を展示して注目を浴びた。以下にそのプロジェクトの概要を記すとともに、具体的事例を【注】で補足したい⁽¹⁸⁾。

(1) 将来性のある職場

ソーラー地域圏フライブルクにおいては、ドイツ（連邦）の平均値をはるかに超えるソーラー関連企業、産業、手工業が存在し、多数の雇用機会と職場が創出されている。なかでも太陽光発電装置を生産するソーラー・ファブリック社は、中小企業ながらドイツで最も成功した企業の一つである。またメッセ会場で開催される国際見本市「インターソーラー」や、メッセ会場近くの情報センター「ソーラー・インフォセンター」が、ソーラー経済にインパルスを与えている。「ソーラー地域圏フライブルク」の報告書によれば、（データは少し古くなるが）2000年現在で、ソーラー地域圏フライブルクにおけるソーラー関連の企業数は77、雇用数は637で、連邦平均値と比較して企業数で335%、雇用数で468%もの経済活動がソーラー分野で行なわれているという。ソーラーテクノロジーは、環境保護や気候保護のために有効かつ必要なだけでなく、将来に向けて経済成長と持続可能な発展をもたらすポテンシャルを十分に秘めていると言えよう⁽¹⁹⁾。

(2) 市民参加

ソーラー地域圏フライブルクにおいては、市民の（個人または団体での）自発的・積極的な社会参加（アンガジユマン）がソーラーエネルギー普及の原動力となっている。なかでも「レギオ・フライブルク・エネルギー・ソーラー振興協会」（FESA）は、無料で屋根を提供してくれる企業などの屋上に太陽光発電装置を備え付け、市民にその所有権を分譲する「レギオ太陽光発電所」プロジェクトというユニークな活動を行なっている。FESAはこれまでに、レギオ太陽光発電所のほかにも、「レギオ風車」や「レギオ水車」などのプロジェクトも手がけているが、とくに市のサッカーチームのホームスタジアム観客席の屋根の上に、市民の出資による大規模な太陽光発電装置を設置したプロジェクトは反響を呼んだ。ソーラーエネルギー普及のためには、こうした市民参加、アンガジユマンが今後もさらに強化される必要がある⁽²⁰⁾。

(3) ツーリズム

フライブルクといえば気候が温暖で風光明媚な観光都市であり、またその周辺地域もシュヴァルツヴァルトやカイザーシュトゥールといった自然美あふれる観光スポットにも恵まれている。ソーラー地域圏フライブルクにおいては、これらの観光資源を保全するという点において、ソーラーエネルギーの開発とツーリズムは共生している。例えば、ゼロエミッションの四つ星ホテル「ヴィクトリア」、シャウインスラントの山小屋「ラッペンエッカー」、そしてなによりソーラーシティ・フライブルクへの入口、中央駅わきにそびえるソーラータワーが、ソーラー開発とツーリズムの共生を具現化している。さらにフライブルク市はエコツーリズムに力を入れ、ソーラーマップを作成、ソーラーツアーを企画して、多くのエコツーリストを世界中から呼び寄せている。実に2000年だけで2000人以上の日本人がフライブルクを訪れたというから

驚きである⁽²¹⁾。

(4) 建築と住居

将来を見据えたエコロジカルな建築や住居は、構造、デザイン、建材、熱電設備などの点で、環境への負荷が少なく化石燃料に依存しないタイプ、つまり再生可能エネルギー、とくにソーラーエネルギーのパッシヴ利用とアクティヴ利用とを統合した、省エネルギー型かつエネルギー自給型のタイプのものではない。ソーラー地域圏フライブルクにおいては、ロルフ・ディッシュ氏が設計したソーラーハウス「ヘリオトロープ」を始めとして、その技術を活かして市の郊外ムンツィンゲンに建設した住宅団地「ソーラーガーデン」や、さらに市の中心部のシュリーアベルクに建設した「プラスエネルギー住宅」など、多くのパイロット的なエコロジカル住宅が誕生している。またヴォーバンやリーゼルフェルトなどの振興住宅地区には、「低エネルギー建築仕様」のソーラーハウスが建ち並んでいる⁽²²⁾。

(5) 研究と開発

フライブルク市には、フライブルク大学（正確には“Albert-Ludwigs-Universität Freiburg”）は言うまでもなく、古くは「キーペンホイアー太陽物理学研究所」、最近ではヨーロッパ最大のソーラー研究所「フラウンホーファー・ソーラーエネルギーシステム研究所」(ISE) や政府から独立したエネルギー問題研究機関「エコ研究所」、さらに世界100カ国以上で活動しているNGO「国際ソーラーエネルギー協会」(ISES) 本部など、ソーラーエネルギー関係の世界的な研究機関・組織が集中して設立・設置されている。なかでもエネルギー完全自給の「ソーラーハウス」を設計し、シリカゲル触媒の「ソーラー冷房装置」を開発したISEは、ソーラー建築、ソーラーセル、ソーラー電力供給、燃料電池、水素テクノロジーなどを中心とする実用的研究・開発を進めており、ソーラー地域圏フライブルクにおける多くのプロジェクトを導いている⁽²³⁾。

(6) ファイナンスとマーケティング

例えば、学校、公園、プールなどへの太陽光発電装置や太陽熱温水装置の設置、ソーラー関連の機関や企業の土地建物や不動産税などの優遇措置、ソーラー団地プロジェクトへの赤字補填、レギオ発電所への公共建築物の屋根の利用権提供など、各種ソーラープロジェクトの助成・促進のためにフライブルク市は、FEW（合併後はバーデノヴァ社）とともに、過去数年間で400万マルクから600万マルクの投資を行ってきたと言われる。FEW／バーデノヴァ社は、地域にエネルギーを安定供給するだけでなく、例えば、ソーラー発電による電力の割高料金での買取り、ソーラー発電ないし温水装置設置のための助成、ソーラーによる二酸化炭素削減に対しての補助、レギオ電力の導入と再生可能エネルギーの促進など、各種ソーラー促進プログラムにより、ソーラー地域圏フライブルクにおけるエネルギー自給率の向上を図っている⁽²⁴⁾。

(7) 教育と啓蒙

フライブルク市内のリヒャルト・フェーレンバッハ実業学校は、再生可能エネルギーの基礎から応用までを、未来の技術者たちだけでなく地域の手工業者たちとともに学ぶ職業教育の中

心校であり、同校のソーラータワーは「ソーラー教室」として専門の教育・実習・研究のために利用されている。これに加えて「フライブルクの学校における太陽発電所」プロジェクトでは、フライブルク市内の一般の学校（現在21校）の屋根・校舎に太陽光発電装置を取り付けて、生徒たちに省エネルギーや自然エネルギーについて考えさせるきっかけを作っている。ソーラー技術の専門家を育成するためにはインテンシヴな教育が必要であるが、すでに早くから自然エネルギーへの意識を醸成するためにも、ソーラー技術というテーマは普通の学校の日常生活の中でも意味がある。ソーラー地域圏フライブルクではこのプロジェクトを拡大させる方向である⁽²⁵⁾。

おわりに

最後にフライブルク市のエネルギー政策のポイントをまとめてみたい。すでに述べたように、フライブルク市の「地域エネルギー供給コンセプト」は、1986年10月に原発推進政策に対するカウンタープランとして成立した、フライブルク市のエネルギー政策の基本構想である。それは要するに、「省エネルギーの推進」「高効率なエネルギー技術の導入」「再生可能エネルギーの促進」を3つの柱とする、同市のエネルギー自給・自治都市構想である、ということができる。

第一の「省エネルギーの推進」に関してフライブルク市は、市の大型公共施設を対象とした「省エネルギーリフォーム」の実施、「マイスターランプ・アクション」による省エネルギーキャンペーンの展開、連邦の省エネルギー政令に先駆けた「低エネルギー建築仕様」条例の制定、「省エネコントラクティング」などのエネルギーサービス事業の推進、「エコワット」などの市民参加型省エネルギープロジェクトの支援など、役所・企業・学校・住宅などの暖房・照明・温水・換気などに要するエネルギーコストの削減の取り組みを行なっている。

第二の「高効率なエネルギー技術の導入」に関しては、埋め立て処分場のメタンガスを利用したラントヴァッサー地区のブロック式熱併給発電所の建設、化学工業ローディア社との官民提携による大型天然ガス蒸気タービン発電所（GUD）の建設、市営プールや新興住宅地区の天然ガスやバイオマスを利用したブロック式熱併給発電所の建設など、電気と熱を同時に生産する技術すなわち「コジェネレーション」と近距離・遠距離電力・熱供給網による「地域暖房ネットワーク」を組み合わせた合理的・効率的なエネルギー供給構想を進めている。

第三の「再生可能エネルギーの促進」に関しては、バイオマス・バイオガス発電のほか、若干の水力発電や風力発電の取り組みもあるが、フライブルク市ではとくに太陽熱利用を含む太陽光発電の普及と拡大を第一に、隣接するブライスガウ・ホッホシュヴァルト郡とエメンディングゲン郡とともに、独自のソーラーシティ構想「ソーラー地域圏フライブルク」の実現をめざして、①将来性のある職場、②市民参加、③ツーリズム、④建築と住居、⑤研究と開発、⑥ファイナンスとマーケティング、⑦教育と啓蒙、という7つの分野のプロジェクトを掲げている。

この7つを要約すれば、①ソーラー関連の企業・業者を誘致して職場・雇用機会を創出し、②市民の自発的参加（アンガジュマン）をソーラー普及の原動力とし、③観光資源に恵まれた環境の中でソーラー開発とツーリズムを共生させ、④省エネルギー・エネルギー自給型のエコロジカル建築・住居を建設し、⑤ソーラー関連の世界的な研究機関・組織を集中的に設立・設置し、⑥ソーラープロジェクトの助成・促進のために巨額の投資・支援を行ない、⑦ソーラーの専門家育成と並んで学校での啓蒙活動にも力を入れる、ということになる。

2007年6月、フライブルク市のメッセ会場で、ヨーロッパ最大のソーラーメッセ「インターソーラー2007」が開催された。世界30カ国から600社が出展し、来場者も3日間で3万人を超えた。フライブルク市で2000年に始まったこの国際見本市も、年々規模が拡大し、ついにはキャパシティの都合で、2008年から南ドイツ最大の都市ミュンヘンに会場を移転した。ドイツはいまやソーラーブームであり、もはやフライブルク市ばかりが「ソーラーシティ」ではない。とはいえソーラーは、確かに将来的には無限の可能性を秘めた再生可能エネルギーではあるが、しかし現実的にはまだエネルギー自給を支えられるようなレベルにはない。実際、2005年のフライブルク市のソーラー発電による電力供給量は、市内の全電力消費量のわずか0.6%を占めるにすぎない。したがって考え方（基本的方針）としては、なによりもまず省エネルギー、さらに再生可能エネルギーを優先させながら、高効率なエネルギー技術を導入する、ということになる。

【注】

- (1) [5] pp.79-80. [20] 参照。
- (2) [10] p.26, pp.199-200.
- (3) [11] pp.61-81. [12] pp.83-93. [13] pp.97-107.
- (4) [1] p.27. [5] p.63.
- (5) [3] p.166. [8] pp.27-28.
- (6) [1] pp.56-57. [3] pp.170-171.
- (7) [1] pp.48-51. [4] pp.49-53. [8] p.69.
- (8) [1] pp.51-72. [2] p.26. [8] p.70
- (9) [7] pp.45-49. [15] pp.28-32. [16] pp.16-20.
- (10) [4] pp.54-60. [7] pp.129-133. [14] p.10. [16] p.23.
- (11) [2] pp.13-19.
- (12) [1] pp.39-40. [3] pp.171-172.
- (13) [2] pp.28-32. [4] pp.67-71. [8] pp.74-75. [14] p.11.
- (14) [8] pp.75-79. [14] p.11.
- (15) [8] pp.79-82. [9] pp.57-62.
- (16) [6] pp.99-100. [9] pp.95-97. [19] 参照。
- (17) [7] pp.51-56. [9] pp.87-94. [10] pp.20-24.
- (18) [9] pp.71-86. [15] p.4. [19] 参照。
- (19) [4] pp.220-230. [9] pp.108-109. [14] p.15. [15] p.45. [16] p.19. [17] p.8.

1996年、ゲオルク・サルヴァモーザー氏は太陽光発電装置を生産する「ソーラー・ファブリック社」(Solar-Fabrik)を設立した。その売り上げは3年間で60万マルクから1750万マルクへと急成長を遂げ、いまやソーラーテクノロジーではヨーロッパでも一流企業の仲間入りを果たしている。そのソーラー・ファブリック社の新工場が、2002年、総床面積2万㎡の「ゼロエミッション工場」として完成した。工場南側のファサードは、地面から屋根まで斜めのガラス面とソーラーパネルで覆われており、ファサード内側は、昼間は温室のように暖かく照明が必要ないほど明るい。そして重要なのは、この工場で消費されるエネルギー源がすべて再生可能エネルギーによっているということである。すなわち、ファサードおよび屋上に取り付けられた太陽光発電装置は合計575㎡、56.5kWの電力で、これだけで電力需要の3分の1を供給する。これに加えて45kW性能のブロック式熱併給発電装置(Block-heizkraftwerk)、いわゆるコジェネレーションが電力と熱を供給するが、その燃料は地元産の菜種油、いわゆるバイオエタノールであり、したがって発電してもカーボン・ニュートラルということになる。また熱供給の点でも、ファサードの断熱ガラス越しに差し込む太陽熱と、前述のコジェネレーションの廃熱が利用されるから、ゼロエミッションである。さらに屋外の新鮮な空気は、建物下地中3mの深さに30mにわたって配管された換気用のパイプを通り、冬は暖められ夏は冷やされてから屋内に取り入れられるようになっている。

(20) [1] pp.44-46. [2] pp.41-43. [4] pp.44-46. [14] p.12. [15] p.74. [17] p.9.

1995年、フライブルクのサッカーチーム「SCフライブルク」は、ブンデスリーガ1部リーグへの昇格を機に、ホームグラウンドのドライザム・バーデノヴァ・スタジアム(badenova-Stadion SC Freiburg)の新しい南側スタンドの屋根に大型の太陽光発電装置を設置した。この太陽光発電装置は、FESAの「レギオ太陽光発電所」システムによって、モジュール1000個(発電能力100kW)の所有権を分譲し、市民から出資金を募って設置された。発電した電気は市のエネルギー供給公社に売られ、得られた利益は出資者に分配される。所有権の分譲は、フライブルク市やバーデン・ヴュルテンベルク州からの支援を受け、またスタジアムの年間指定席券を配当の一部とする付加価値も付けられたため、サッカーファンも巻き込んで、希望者が殺到してまたたく間に完売した。さらにスタジアム西側スタンドの屋根には、面積60㎡の太陽熱温水装置が設置されていて、年間約2万5000kWhのエネルギーを生み出し、これで必要量の60%を賄うことができる。

(21) [14] p.6. [15] p.70. [16] p.27. [17] p.9.

フライブルク中央駅のすぐわきにそびえる2つのソーラータワー(Solartower Freiburg)は、2001年以降、ソーラーシティ・フライブルクのシンボル、市のランドマークになっている。とくに60mを超える19階建ての中央タワーは、その南側のファサードに、上から下まで面積327㎡、36kWの性能をもつ240個のモジュールが取り付けられており、また北側の第二タワーは、これよりやや低い13階建てであるが、やはり同様に面積209㎡、21kWの性能をもつモジュールが、その南側のファサードに取り付けられている。フライブルク市から多額の経済的支援を受け、ソーラー・ファブリックによって特別に開発されたモジュールが、環境にやさしい電気を生み出すだけでなく、ファサードを天候の影響から保護し、建物に独特の美しさを与えている。

(22) [1] pp.46-48. [2] pp.32-40. [4] pp.38-42. [15] p.84. [16] p.15. [17] p.10.

1994年、建築家ロルフ・ディッシュ氏はフライブルク市内に、太陽の動きに合わせて360度回転する「ソーラーハウス・ヘリオトロプ」(Solarhaus Heliotrop)を設計・建築し、自らのオフィスとして家族とともに住んでいる。ギリシア語で「太陽に向く」という意味をもつ「ヘリオトロプ」は、一ディッシュ氏が「樹木の家」とも呼ぶように—「幹」のような直径3mの柱に、「枝葉」にあたる直径11m、重さ100t、総床面積約200㎡の円筒型三階建ての家をくっつけたような構造をした木造建築である。外面の片側半分は三重の断熱ガラスからなり、残りの半分は断熱性能のよい壁になっている。円筒型の家は柱を中心にモーターによって回転し、冬や暖房が必要な日にはガラス面が太陽に向けられ、夏や暑い日には壁側が太陽に向けられ熱を遮断する。屋根の上には面積54㎡、電力6.6kWのソーラーパネルが設置され、これは家の向きとは無関係に太陽に合わせて向きを変えられるので、この家が消費する電力の5～6倍、年間9000kWhと効果的に発電し、余っ

た電力は市のエネルギー供給公社に売られる。さらにガラス側には6.5kWの真空式太陽熱温水装置が設置され、これにより吸収された熱は給湯や暖房に使われるほか、地熱交換器や熱回収装置付きの換気装置が室内の空気を暖めている。

ディッシュ氏は、この「ヘリオトロープ」の技術を活かして、フライブルク市の郊外ムンツィンゲンに住宅団地「ソーラーガーデン」(Solargarten)を、さらに市の中心部のシュリーアベルクに「プラスエネルギー住宅」(Plusenergiehäuser)を建設した。プラスエネルギー住宅とは、まさにその名のとおりに、住む人が消費するよりも多くのエネルギーを生み出す住宅ということである。「ソーラー団地」(Solarsiedlung)と呼ばれる住宅地1万1000㎡に、メゾネット型の木造住宅50世帯以上が建ち並ぶ。これらの住宅の屋根には電力4～8kWの太陽光発電装置が設置され、消費される電力以上の電力は市のエネルギー供給公社に売電される(年間最高7000kWh)。この住宅ではソーラーパネルは同時に屋根そのものでもある。家の南側はほぼ全面断熱性の高い三重のガラス戸になっており、加えて熱回収装置付きの換気装置によって入った熱を逃さない。プラスエネルギー住宅は、従来型の家の暖房に必要なエネルギーの10分の1しか必要とせず、年間通じて数週間しか暖房する必要がないという。

(23) [4] pp.32-37. [14] p.10. [15] pp.10-13. [16] p.26. [17] p.10.

1992年、フラウンホーファー・ソーラーエネルギーシステム研究所は、連邦研究省、バーデン・ヴュルテンベルク州、フライブルク市の後援を受けて、暖房・給湯・電気のすべての需要を100%ソーラーエネルギーだけで賄う、ドイツで最初のエネルギー完全自給の家「フライブルク・ソーラーハウス」(Solarhaus Freiburg)を完成させた。このソーラーハウスは日当たりのよい南側に向かって半円形をなしており、屋根には太陽光発電装置と太陽熱温水装置が取り付けられている。居住面積は145㎡、二階建てで地下は機械室になっている。南側の壁は、窓以外はすべて透明断熱材で覆われていて、太陽光をパッシブ利用した暖房装置になっている。日当たりの悪い北側は、断熱材と石灰砂岩の二重壁で保温されていて、熱の損失が少なくゆっくりと室内を暖める。一方で太陽熱温水装置は面積14㎡、太陽光が直接太陽に面した側に当たるだけでなく、反射板によって反対側にも反射光が当たるので、太陽光が二重に吸収されることと、先の透明断熱材が使われていることを特長とする。他方で太陽光発電装置は面積36㎡、最高4.2kWの電力を発電し、電気器具の使用や暖房などに使われる。余った電気は地下室の燃料電池に蓄電され、太陽光の少ない日の電気の需要を賄う。それでもなお余った電気エネルギーは、電気分解装置により水素と酸素とに分解され、それぞれ別々に屋外の圧力タンクに貯蔵され、冬や天候の悪い日などに必要に応じて、水素と酸素とから再び電気エネルギーを取り出すしくみになっている。

(24) [3] pp.172-173. [4] pp.80-82. [7] p.59. [9] pp.63-68, 87. [14] p.14. [17] p.11.

フライブルク市の電力料金制度には基本料金がなく、時間帯によって単価の異なる料金設定が行なわれている。つまり電力消費のピーク時には電力料金も高く、電力消費が少ない夜には電力料金も安いのであるが、FEWは市民が発電したソーラー電力も、この料金設定と同じ額で買取っている。具体的には、平日の8時30分から12時30分までは2.5倍、22時から6時までは0.6倍、それ以外の時間帯は1.4倍というように、平均すると1.6倍も政府が定めたものより割高の価格で買取っている。フライブルク市では、このFEWによるソーラー電力の割高買取制度によって、1993年から1995年までに発電性能にして340kWの太陽光発電装置が設置されたという。

さらにバーデノヴァ社は(もともとFEWがスタートさせたメニューであるが)、コジェネレーション+小型水力発電+バイオガス発電+ソーラー発電から作られた電力、つまり地元で作られたクリーンな電力を「レギオ(地域)電力」として、スタンダードな電力(火力と原発が中心の電力)よりも1kWh当たり1.75セント(約2.5円)割高な料金設定で提供している。その割高な分(差額)による収入は、地域の再生可能エネルギーを推進するための助成金として活用されている。現在、バーデノヴァ社の顧客の約10%がこの電力メニューを選んでいることから、毎年再生可能エネルギー促進プロジェクトに約65万ユーロ(約1億円)が投入されているという。

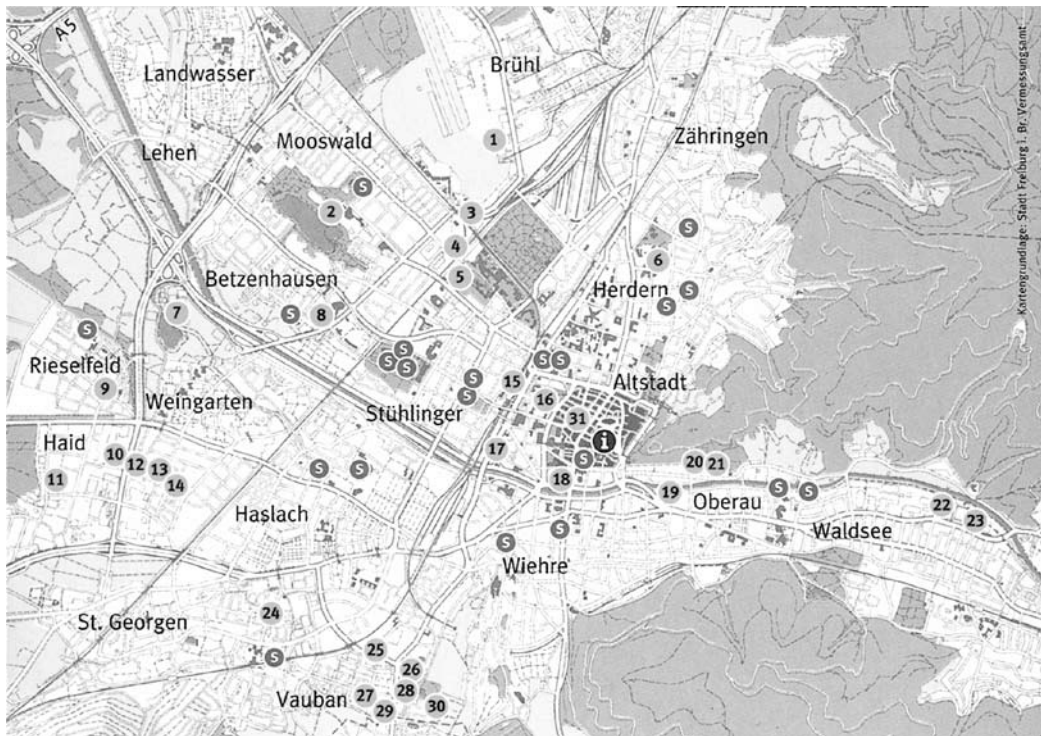
(25) [15] p.10, 59. [16] p.23. [17] p.11.

フライブルク市のリヒャルト・フェーレンバッハ＝ヴァルター・レーテナウ実業学校（Richard-Fehrenbach- und Walther-Räthenau- Gewerbeschulen）では、職業学校・専門学校・工業高校・マイスター学校の3000人を超える生徒たちが学んでいる。この学校に1993年、フライブルク市とフラウンホーファー研究所との共同で「ソーラータワー」が建てられた。このソーラータワーの上には南に向いた面積11.8㎡、最高電力1.5kWの太陽光発電装置が、また学校の入り口のファサードには面積80㎡、最高電力8kWの太陽光発電装置が取り付けられている。さらに50～70㎡の大きな貯水式の温水装置が給湯や暖房のための温水を、またタワーの上の様々なタイプの10個の温水装置が隣接の体育館に温水を供給している。加えて充電用のソーラータンク、地熱発電装置、そして風車までもが、再生可能エネルギーテクノロジーの様々なスペクトルを例示しており、授業ではこれらを利用した測定や実験が行なわれている。2004年には、学校のすぐわきを流れる運河に水車が回り始めたが、この水車は直径6.5m、車幅1.2m、電力は12kWあり、生徒たちは学校のラボにある測定・監視装置、切替え装置を使って、この水力発電施設の稼働の過程や状態を学ぶことができる。

【参考文献】

- [1] 資源リサイクル推進協議会編『徹底紹介「環境首都」フライブルク』中央法規、1997年
- [2] 今泉みね子著『ドイツを変えた10人の環境バイオニア』白水社、1997年
- [3] 川名英之著『こうして…森と緑は守られた!!—自然保護と環境の国ドイツ—』三修社、1999年
- [4] 今泉みね子著『フライブルク環境レポート』中央法規、2001年
- [5] 田北廣道著『日欧エネルギー・環境政策の現状と展望—環境史との対話—』九州大学出版会、2004年
- [6] 今泉みね子著『ここが違う、ドイツの環境政策』白水社、2003年
- [7] 今泉みね子著『ドイツ発、環境最新事情—フライブルク環境レポート2—』中央法規、2004年
- [8] 村上 敦著『Report [フライブルク市のエネルギー政策] 第一部—反対からオルタナティブの提唱へ、エネルギー自給自足と原子力発電からの脱却—』循環型社会ネットワーク研究所、2007年
- [9] 村上 敦著『Report [フライブルク市のエネルギー政策] 第二部—温暖化防止コンセプトとソーラー首都への道—』循環型社会ネットワーク研究所、2007年
- [10] 和田 武著『飛躍するドイツの再生可能エネルギー—地球温暖化防止と持続可能社会構築をめざして—』世界思想社、2008年
- [11] 佐々木博著「環境首都フライブルク—大学都市プラス環境観光都市—」『目白大学総合科学研究 第4号』目白大学編、2008年
- [12] 飛田 満著「ドイツ・フライブルク市の廃棄物政策」『目白大学総合科学研究 第4号』目白大学編、2008年
- [13] 飛田 満著「ドイツ・フライブルク市の都市交通政策」『目白大学人文学研究 第4号』目白大学編、2008年
- [14] *Umweltpolitik in Freiburg*, v. Stadt Freiburg, Umweltschutzamt, 2005.
- [15] *Solarführer Region Freiburg*, v. Stadt Freiburg, Umweltschutzamt, 2005.
- [16] *Solartouren in Freiburg*, v. Stadt Freiburg, Umweltschutzamt 2004.
- [17] *Solar Region Freiburg*, v. Stadt Freiburg, Umweltschutzamt, 2007.
- [18] <http://www.freiburg.de/>
- [19] <http://www.solarregion.freiburg.d/>
- [20] <http://www.german-consulate.or.jp/>

図 フライブルク市のソーラーシティマップ
 ①～⑩は主要なソーラープロジェクト、⑪は学校のソーラープロジェクト



(出典：Solar Region Freiburg〔17〕)