

ドイツ・フライブルク市の中等教育におけるエネルギー教育の促進要因

－市内の 4 つの学校を事例に－

Promoting factors of energy education in secondary education of German Freiburg City - A Case Study of the four schools in the city -

中口 毅博*

Takahiro Nakaguchi*

Abstract: This study analyzes for promoting factors of energy education in secondary education in Freiburg city which is one of the famous environmentally advanced city in Germany. As a result, it was revealed the next thing. It became clear that distinctive energy education is practiced such as Eco-watt project in Staudinger Gesamtschule, Scolaire companies in Deutsch-Französische Gymnasium, solar club and energy committee in Wenzinger Realschule, production and experiment of renewable energy and energy-saving equipment in collaboration with companies in Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule, etc. As promoting factors, participation willingness to high environmental awareness of citizens and activities, the integration of energy-related industries, various activities of energy agencies and non-profit organizations, enhance environmental learning centers, the freedom of the school and teachers are revealed.

Keywords: environmental education, energy education, renewable energy, energy saving, Germany

環境教育、エネルギー教育、再生可能エネルギー、省エネルギー、ドイツ

1. 研究の背景と目的

地球温暖化防止や点炭素社会の実現のためには、国際的な枠組みに基づき、国レベルの取り組みが必要であるとともに、地域レベルや市民レベルの取り組みの実践が不可欠である¹⁾。より多くの市民が温暖化防止や省エネ活動に参画するには、小さい頃からの教育が不可欠であると言われている。しかし、日本の学校教育の現場では知識を教授する教育が依然として多く、ESD（持続可能な発展教育）の 10 年が終了した現在においても、社会参画につながる地域連携による参加体験型学習や問題解決型学習（プロブレム・ベースド・ラーニングもしくはプロジェクト・ベースド・ラーニング：PBL）の実践事例は少ないのが現状である。

そこで本研究は、環境先進国ドイツの中でも環境先進都市として有名な都市のひとつであるフライブルク市を取り上げ、中等教育におけるエネルギー教育の促進要因について分析することを目的とする。これによって、日本が遅れている、社会参画を促すエネルギー教育のヒントを得るものとする。

2. 研究の枠組みと方法

2.1 ドイツの教育制度

ドイツの教育制度を図 1 に示す。ドイツではまず、6 歳で日本の小学校に相当する基礎学校（Grundschule：グランドシューレ）に入り 4 年間過ごす。中学校・高校の区別はない。日本では小学校 5 年になると、進路選択を迫られる。すなわち基幹学校（Hauptschule：ハウプトシューレ）、実科学校（Realschule：リアルシューレ）、ギムナジウム（Gymnasium）、統合学校（Gesamtschule：ゲザムトシューレ）のどれかに進む。

大学に進学するには、ギムナジウムが統合学校に入っていない

ければならず、かつ、アビトゥア試験という大学入学資格試験に合格しなければならない。基幹学校や実科学校に進んだ場合には、専門学校が職業学校で、職業教育を受け、社会に出ることになる。

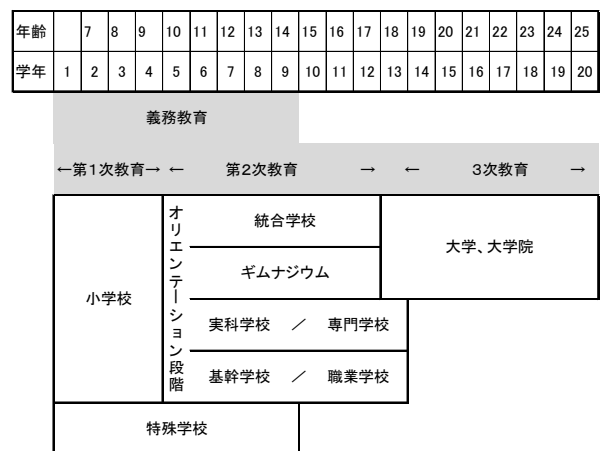


図 1 ドイツの学校系統図(文献 2 をもとに改変)



図 2 4 つの学校の位置 (google map 上にプロット)

* 正会員 芝浦工業大学 Shibaura Institute of Technology

2.2 分析の対象と方法

本研究では、フライブルク市の中等教育におけるエネルギー教育の普遍的特徴を見いだすことが必要ことから、図1における4種の学校から1つずつを対象とし、2013年から2015年にかけて学校を訪問し、当該教育の担当者に対するヒアリング調査を行った。訪問した学校と訪問日は以下の通りである。その位置を図2に示した。

- (1)シュタウジンガー統合学校 (Staudinger Gesamtschule) : 2015 年 9 月 4 日
- (2)独仏ギムナジウム (Deutsch-Französische Gymnasium) : 2014 年 9 月 11 日
- (3)ヴェンツィンガー実科学校 (Wenzinger Realschule) : 2014 年 1 月 22 日
- (4)リヒャルトフェーレンバッハ職業学校 (Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule) : 2014 年 1 月 24 日

3. 取り組みの内容

3.1 シュタウジンガー統合学校

シュタウジンガー統合学校は1970年に創立、生徒数約2000人、教員数約150人の市内で初めて設立された全日制統合学校である³⁾。フライブルク市の中では規模が大きい学校である。学級担任の自由裁量の幅が大きく、それを活かしたさまざまな環境教育を行っている。生徒の環境への意識は反原発運動を境に向上傾向にあり、生徒や保護者の参加意欲は全体的に高い。

①環境教育のカリキュラムの特徴

クラスは1学年7クラスからなる。環境に関する学習が通年通して行い、遠足等を利用して環境保護グループやその代表の方の指導の下、水力施設等に課外学習を行っている。具体的には5年生は、環境問題に関心のあることを自由に調べる、6年生は省エネ、7年生は清掃公社に見学、ごみに関する学習、8年生は遠足や施設の見学をする学習計画になっている。

日常生活においては、教員が生徒に環境や省エネについて改善するにはどうしたら良いのか、呼びかけている。授業では、日常的な物を用いて生徒に環境問題による現象をビジュアル化し、体験させることが行ったり、ごみに関する歌を作成し、エコに関する演劇も授業の中に取り入れている。環境保護団体などからの外部講師や専門家による授業も、学校の教育課程の中に組み込まれており、半期に1、2回設けている。

特徴的なのは、生徒が生徒に教える独自カリキュラムがあることである。上級生(10年生)が下級生(6年生)に教科における(物理や化学)エコや環境保護について授業を通して教えていく。これは、「教えが学び」であるという考え方に沿っている。

②エコワットプロジェクトによる設備の改修

校舎は1970年代に建てられ断熱性能が悪いため、1999年から光熱費、設備費として年間26万ユーロも支払ってきていた。

光熱費の3分の1を節約することを目標に設定し、設備の改修をしようと考えたが、市から改修費用の支援は得られなかった。そこで学校設備の改修を行うことを目的に1998年に「エ

コワット株式会社」を設立し、生徒、教師友人から8年後に出資金の6%の利子をつけて返還するという条件で出資を募り、出資金を25万ユーロ集めた。改修が行われれば光熱費が節約することができるため、市から光熱費として毎年支給される26万ユーロのうち節約分が利益になる。この利益を学校と出資者に分配するしくみを確立した(図3)。

一方、外部の研究機関「エコ研究所」の協力で、生徒の活動として学校設備の調査を行って、対策を考える取り組みが実施された。暖房装置の調節弁が壊れ、温度調節ができなくなってしまったため、生徒は暖房が暑すぎるときは窓を開けていた。そのために無駄なエネルギーを消費していたことが分かった。これが直ることでどのような効果があるのか生徒たちが考え、プロジェクトの管理者がすべての弁を修理した。その結果、プロジェクト後は暑いから窓を開けるというようなことは減り、暖房家電を適切に温度調整し、無駄な電力消費も抑えることができるようになった。もちろん、破損もなくなった。また、天井には消費電力100Wの古い蛍光灯がたくさんついており、これを35Wの蛍光灯に替えることで約60%の電力を削減できることがわかった。そこで付け替える作業が生徒も手伝って行われた。

これらの結果、8年間で540万KWの熱、140万KWの電気(60世帯分)、7,700万リットルの水(風呂桶50万杯分)、2,650tのCO₂を削減された。また、学校側は会社から1万ユーロを受け取り、学校の環境活動の費用に充てることができた⁴⁾。

③「遊びの家」の製作

5年生になると、「遊びの家」という木製の小屋を作る。それは取り壊さずにずっと保存されているので、小屋は年々増えている。隣接する建物は、生徒や両親と一緒にプランニングしたもので、エコロジカルな建材が使われている。また、4KWのソーラーパネルや、1KWの風力発電装置も設置されている。

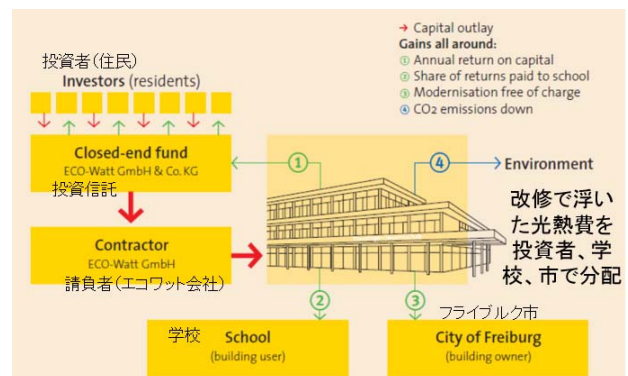


図3 エコワットプロジェクトのしくみ (出典4を改変)



写真1 シュタウジンガー統合学校全景 (出典3)



写真2 シュタウジンガー統合学校発電量リアルタイム表示板
(筆者撮影)

3.2 独仏ギムナジウム

独仏ギムナジウムは市の支援を受けたバーデン＝ヴュルテンベルク州の公立学校で、フランス語教育に力を注いでいる。フライブルク市内では大きな学校のひとつであり、約840名の生徒が在籍している。約90人の教師がおり、3分の1はフランス語の教師ある。ほとんどのドイツ人学生はフライブルク市内在住であり、またフランス人学生の大半も市内在住であるが、一部フランス人学生はフランスのアルザス地方からスクールバスで通学している⁸⁾。

シュコライレ(Scolaire)事業会社

9年生(中学3年生)以上の有志の学生が教師の支援を得て、2008年に太陽光発電事業等を行うシュコライレ(Scolaire)という会社を設立した。シュコライレは約30名の生徒で構成されている。2002年に1.2KWの小型のソーラーパネルを設置していたが、市ソーラー協会の提案で事業会社を設立し、現在は33.1KWのパネルを保有している。シュコライレは経理、技術、広報の3つのサブグループからなる。教師や技術者との共同作業と言うよりは、生徒たちが独立して自分たちの意思で運営している。社員である学生は、学校の卒業証書とともに、シュコライレの卒業証書も受け取っている。この体験が、生徒のかげがえのない学びとなり、大きな達成感と喜びを感じているようである⁷⁾。



写真3 独仏ギムナジウム校舎 (筆者撮影)



写真4 独仏ギムナジウム屋上のソーラーパネル (筆者撮影)

3.3 ヴェンツィンガー実科学校

市の西部、ゼーパークという大規模公園の北側に隣接し、500人の生徒、19クラス、45の教師からなる⁸⁾。ゼーパークの中にはエコステーションという環境学習拠点がすぐそばにあるため、エコステーションが提供する多様な学習プログラムを活用できるという地理的に恵まれた位置にある。

①ソーラークラブ

ソーラークラブは生徒のクラブ活動のひとつで、1997年から始まり、8～13年生が年間5～10人参加している。実科学校とギムナジウムが共同で活動しており、教師が実科学校から1人、ギムナジウムから2人参加し、協議しながら活動している。

生徒は、太陽光パネルの原理に関する学習をエコステーションにおいて学んだ後、非営利団体「ヴェンツゾーラー」の支援のもと、ソーラーパネルを注文して取り寄せ、学校の屋上に生徒自身で設置し管理する。ただし電気系統の工事や修理は専門的な作業になるので、近隣の電気工業者が支援している⁹⁾。パネルの取り付けは概ね年1回行っている。発電した電気は売電しており、非営利団体および学校は、売電収入を得ることができる。日本であれば教育施設として行政の管理下に置かれ、むやみにソーラーパネルを設置したり、売電収入を得たりすることはできないであろうが、フライブルク市ではそれが許されている。

教育上の効果としては、環境に関する分野の教材としてもソーラーパネルを活用できる。また、クラブに参加している生徒が参加していない生徒に説明することで、全校の環境意識の向上に寄与している。

②エネルギー委員会(Energiesprecher)

エネルギー委員会は2005年より始まった生徒の委員会活動のひとつである。5～8年生が対象で、各クラス2名ずつが委員に選ばれる。委員に選ばれた生徒は年に4回、エコステーションでエネルギー問題や持続可能性に関する特別授業を受ける。生徒は学んだ内容を学校に持って帰り、掲示や報告などの形でほかの生徒にも伝達する。また、クラスにおける暖房、換気、消灯などの省エネが適切に行われるよう注意する。これにより、地球規模の環境問題など、現代社会のさまざまな課題を子供た

ちがわかりやすい形で理解し、意識するようになる。授業内容はすべてエコステーションが考案し提供している。



写真5 ヴェンツィンガー実科学校遠景 (筆者撮影)



写真6 ヴェンツィンガー実科学校屋上のソーラーパネル
(筆者撮影)

3.4 リヒャルトフェーレンバッハ職業学校

リヒャルトフェーレンバッハ職業学校は、フライブルク中央駅から北へ歩いて5分ほどのところにある、日本で言う工業高校で、1920年に設立された。主として電気工学、機械工学、制御技術などを学んでいる¹⁰⁾。1980年代からフランフォーファ研究所などの企業と連携して、再生可能エネルギー関連装置の開発や、エネルギー効率向上のための装置の製作や実験を行っている。

①再生可能エネルギー設備の制作や実験への活用

校庭には、ソーラー照明や環境に関する情報パネルが設置されており、小型の風力発電装置、ソーラー充電ステーションなども設置されている。また、校舎と体育館には70KWのソーラーパネルが設置されているが、半分は再生可能エネルギー導入を推進する非営利団体「フェーザ(Fesa)」の投資によるものである。

校庭内を流れる小川には、水車が設置されているが、これは2003年にドイツ連邦環境財団の9.2万ユーロの支援で生徒の手で卒業制作として設置された。これがプロジェクト・ベースド・ラーニング(PBL)の起点となった¹¹⁾。

②エネルギー効率向上のための装置の制作や実験

エントランス付近には研究棟があり、1.5KWの太陽追尾型のソーラーパネルを設置した「太陽の塔」がある。この塔は1993年に設置され、1998年にはドイツのソーラー賞を受けた。研究棟はパンプソーラーシステムが導入されており、太陽熱温水器は学校や体育館の温水需要の一部を賄っている。実験棟内には、小型の水素プラント、地中熱ヒートポンプをはじめ、さまざまな測定装置が設置され、専門の技術職員による授業で活用されている。

教室棟の実験室内には、エネルギー公社「バーデノーヴァ(badenova)」の支援を受け、エネルギー効率向上のための実験装置が置かれている。「アナグマ(Dachs)」と称する天然ガスコジェネレーション装置や燃料電池によるコジェネレーション装置がある。また木質チップや木質ペレットボイラー装置は、授業で生徒の手で制作されている。また発泡スチロール、瓦などを用いた断熱材の性能実験が行われている。

教育上の配慮としては、生徒の気づきや主体性を重視している。例えば、機械装置の一部にわざと不具合を仕掛けておき、生徒達に自らその不具合を発見させるといった工夫をしている。



写真7 リヒャルトフェーレンバッハ職業学校校舎
(筆者撮影)



写真8 リヒャルトフェーレンバッハ職業学校の水車 (筆者撮影)



写真9 リヒャルトフェーレンバッハ職業学校の
実験室内の制作中の装置（筆者撮影）

4. フライブルク市におけるエネルギー教育の促進要因

以上の4つの学校の取り組みを踏まえ、ここではフライブルク市におけるエネルギー教育の促進要因について考察する。

①高い市民の環境意識と活動への参加意欲

1975 年、フライブルク市近郊のヴィールに原発を建設する計画が持ち上がると、反対運動が市民に広がり、大勢の市民が建設現場や市役所前に集まった。これをきっかけに市民自らが学ぶことでエネルギーのオルタナティブ（代替エネルギー）を考えようという機運が強まり、自然エネルギーに関する講座が頻繁に実施された。これが行政にも影響を与え、環境先進国ドイツの中でも有数の環境都市へと発展していった。

2000 年代に学校に子どもを通わせていた親は、これらの反対運動に学生として参加していた者も多いと考えられる。したがって保護者の高い環境意識が子どもにも伝播しているものと推測され、また保護者と学校が一体となったプロジェクトが多く生まれているベースとなっていると思われる。

②エネルギー関連産業の集積

反原発運動で市全体が盛り上がりを見せると、フライブルク市はドイツ全土において「環境に熱心な街」というイメージが定着し、企業の進出意欲が高まった。1978 年にエコメッセが開催されたのと相まって、1980 年代からソーラーシステムを設計・開発する企業が集積し始める。例えば、フランフォーファ研究所、ソーラーパブリック社がフライブルク市内に進出・設立された。リヒャルトフェーレンバッハ職業学校のプロジェクト・ベースド・ラーニング（PBL）は、これらの企業との連携があつてこそ成立していると言ってよい。

③エネルギーエージェンシーや非営利団体の活動の活発化

反原発運動に参加した学生や、エネルギー関連産業から独立した者が、エネルギーエージェンシーといわれるコンサルティング会社を設立し、省エネ改修や市民出資の再生可能エネルギー導入を主導するようになった。例えば、エコ研究所（Öko-Institut：省エネや再生可能エネルギーをはじめ持続可能な社会システムに関する査研究を行う）、エコンツェプト（econzep, Energieplanung GmbH：エネルギープランや省エ

ネ・エネルギー高効率化に関する事業を行う会社）、エコトリノヴァ（ECOtrinoва：再生可能エネルギーや持続可能な社会の発展をめざし、市民に対する情報提供やプロジェクトを行う非営利組織）、フェーザ（fesa：再生可能エネルギーに関する情報提供、啓蒙、市民共同出資のソーラーパネルなども手掛ける非営利団体で、これとは別に再エネ事業を行う有限会社もある）などである。現在は 200 ぐらいのエネルギーエージェンシーが存在し、大きな雇用の場となっていると言われる。

例えば、シュタウジンガー統合学校のエコワットプロジェクトは、エコ研究所のサポート無しにはできなかったと言って良い。リヒャルトフェーレンバッハ職業学校のソーラーパネルの設置も非営利団体フェーザが市民からの出資を仲介したことで成立している。

④環境学習拠点の充実

フライブルク市には学校が利用できる環境学習拠点多く存在する。例えば、ヴァルトハウス（Waldhaus：「森・林業」に関する情報・教育センター）、ムンデンホフ（mundenhof：子どもが動物とふれあえる市立の動物園）、ホイゼルマイヤーホフ（Häuslemaierhof：子供・大人向けの農業体験プログラムや休暇プログラムを提供する農園）、クンツェンホフ（Kunzenhof：農業や食に関する教育を行ったり、子供が家畜と触れ合う機会も提供する農園）、それにエコステーション（Öko-Station）である。エコステーションはゼーパークという大規模公園の中にある市の施設であるが、運営はドイツ最大の非営利団体ブント（Bund）が行っており、子供に食事と健康、農業・畜産についての意識を高めてもらう各種プログラムを提供している。ヴェンツィンガー実科学校やシュタウジンガー統合学校をはじめ、市内の多くの学校がエコステーションの提供するプログラムを利用しており、また利用できる環境にあることが最大の強みのひとつである。

⑤学校や教員の自由裁量の大きさ

日本の場合、学習指導要領で定められた各教科等の授業時数に縛られ、教員の創意工夫で実施できる授業や特別活動は限定されているが、4 つ学校とも先生の裁量で自由に授業の組み立てられる割合が大きいことが、大きな強みである。また、再生エネルギーに関する投資や運営をする会社を設立し、収益を学校に還元することも自由に行われている。

例えば、独仏ギムナジウムやヴェンツィンガー実科学校では、生徒や地域の方を含めた会社を設立しプロジェクトの運営を行っている。ヴェンツィンガー実科学校では先生の判断でエコステーションを頻繁に利用しており、子どもたちは昼休みにエコステーションに行き自由遊びしている。座学よりも体験学習中心であり、また委員会活動や社会的活動に力を入れることで、プロジェクト・ベースド・ラーニング（PBL）が自然と実施されていると言える。

5. まとめ

本研究は、環境先進国ドイツの中でも環境先進都市として有名な都市のひとつであるフライブルク市を取り上げ、中等教育におけるエネルギー教育の促進要因について分析した。その結果、次のことが明らかになった。

シュタウジンガー統合学校のエコワットプロジェクト、独仏ギムナジウムのシュコライレ事業会社、ヴェンツィンガー実科学学校のソーラークラブやエネルギー委員会、リヒャルトフェーレンバッハ職業学校の企業との連携による再生可能エネルギーや省エネ装置の制作や実験など、特色あるエネルギー教育が実践されていることが明らかになった。

その促進要因として、高い市民の環境意識と活動への参加意欲、エネルギー関連産業の集積、エネルギーエージェンシーや非営利団体の活動の活発化、環境学習拠点の充実、学校や教員の自由裁量の大きさの5点が明らかになった。その背景として、ドイツの教育制度やフライブルク市の政策的支援も有効に機能していると言える。以上をまとめると、図3のようになる。

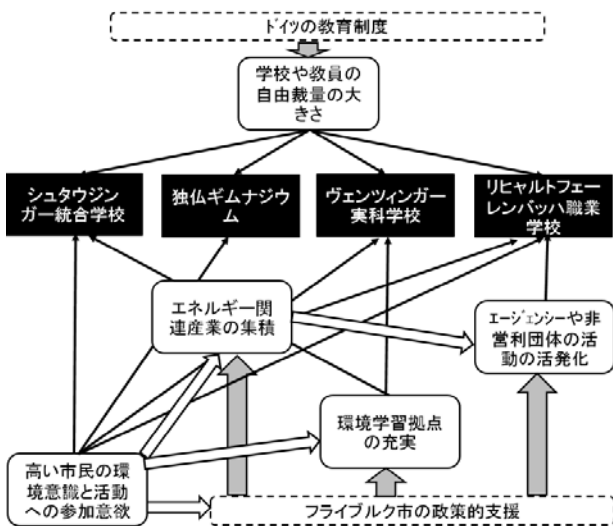


図3 エネルギー教育の促進要因のまとめ



写真10 エコステーションでのアトラクションに参加する
ヴェンツィンガー実科学学校の生徒（筆者撮影）

謝 辞

取材や資料提供にご協力いただいた、シュタウジンガー統合学校、独仏ギムナジウム、ヴェンツィンガー実科学学校、リヒャルトフェーレンバッハ職業学校の教員、生徒の皆様には厚く御礼申し上げます。また、通訳や自らの取材資料を提供いただいたフライブルク市在住の熊崎実佳さんにも、厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 例えば、中口毅博(2011)市区町村における温暖化対策・温暖化計画の立案・推進上の課題。地域政策研究 54, p22-28.
- 2) 文部科学省(2015)ドイツの学校系統図。
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/015/siryo/08102_203/001/016/004.htm, 2015 年 11 月 30 日閲覧
- 3) シュタウジンガー統合学校ホームページ。
<http://www.staudi.fr.schule-bw.de/>, 2015 年 11 月 30 日閲覧
- 4) Dieter Seifried Making(2007) Climate Change Mitigation Pay ECO-Watt: The Community-Financed Negawatt Power Plant. 48pp.
http://www.eco-watt.de/fileadmin/user_upload/pdf/ECO-Watt_english.pdf, 2015 年 11 月 30 日閲覧
- 5) Fesa(2015) "Eco-Watt" - Das Bürger-Einsparkkraftwerk..
<http://fesa.de/index.php?id=25>, 2015 年 11 月 30 日閲覧
- 6) 独仏ギムナジウムホームページ。 <http://www.dfglfa.net/dfg/fr/>
2015 年 11 月 30 日閲覧
- 7) Ecotrinova(2013) Staudinger Gesamtschule Freiburg i. Br. Einspar-Kraftwerk ECOwatt & Solar- & Windkraft-Projekte
<http://www.ecotrinova.de/downloads/090805dfreiburgstaudinger-gesamtschuleinfo.pdf>, 2015 年 11 月 30 日閲覧
- 8) ヴェンツィンガー実科学学校ホームページ
。 <http://www.wentzinger-rs.de/home/>, 2015 年 11 月 30 日閲覧
- 9) Ecotrinova(2013) WentzSolar avec PV et élèves-conseillers en énergie.
<http://www.ecotrinova.de/downloads/090806dfreiburgwentzsolarinfo.pdf>, 2015 年 11 月 30 日閲覧
- 10) リヒャルトフェーレンバッハ職業学校ホームページ。
<http://www.rfgs.de/>, 2015 年 11 月 30 日閲覧
- 11) Ecotrinova(2013) Richard-Fehrenbach-Schule Freiburg: Rundum mit erneuerbaren Energien.
<http://www.ecotrinova.de/downloads/090903dfreiburg-rfschuleinfo.pdf>, 2015 年 11 月 30 日閲覧