

広い海と豊かな森に囲まれた国、日本。太陽もほどよく照り、雨も多い。バラエティ豊かな自然を有する国だからこそ、再生可能エネルギーのポテンシャルも高いと言えるのだ。例えば、地熱発電。世界有数の火山国である日本の地熱資源のポテンシャルは、アメリカ、インドネシアに次いで世界3位。銅メダルだ。ただし、調べてみるとその多くが国立公園の下に眠っていることが判明した。地熱発電の開発を行えば貴重な自然環境を損なうという理由で待たがかったが、環境省は国立公園の外から掘削する「ナメ掘り」なる妙案を打ち出して検討中だ。火山国であると同時に、日本は温泉大国でもある。温泉の熱を利用した「バイナリー発電」に取り組むソーシヤルな温泉街も現れ始めている。

今年3月に開かれた環境省の「エネルギー供給ワーキンググループ」では、2050年の総発電量に対する再生可能エネルギーの導入割合を中位で60%と見込んだ。委員のひとりである千葉大学大学院教授の倉阪秀史さんは、「さらに40%を省エネやコージェネ、エネルギーをためる技術の開発でカバーできれば、100%再生可能エネルギーで賄うことも夢ではありません」と話す。夢を叶えるべく、日本の再生可能エネルギーのポテンシャルを検証した。



世界一再生エネルギーが眠る国 日本。

日本の総発電量に対して、再生可能エネルギーが占める割合はたったの3.4%（大型ダム発電を含まない場合）。震災後、再生可能エネルギーへのシフトが叫ばれているものの、実現への道はまだ遠い。そこで、発想を変え、96.6%という膨大な「のびしろ」があると考えてはどうだろうか？

photographs by Yusuke Abe(130-131), Hiroshi Takaoka(134), Masaya Tanaka(135)
text by Kentaro Matsui

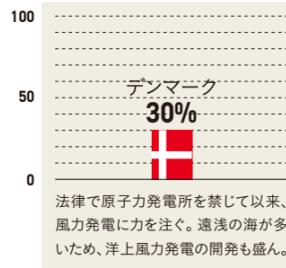
日本一の湧出量を誇る大分県・別府温泉。温泉熱を利用した発電の取り組みが始まっている。

日本の再生可能エネルギー、そのポテンシャルは？

日本のエネルギー自給率は4%。エネルギー資源が少ない国だからこそ、再生可能エネルギーのポテンシャルに目を向けるべきです。

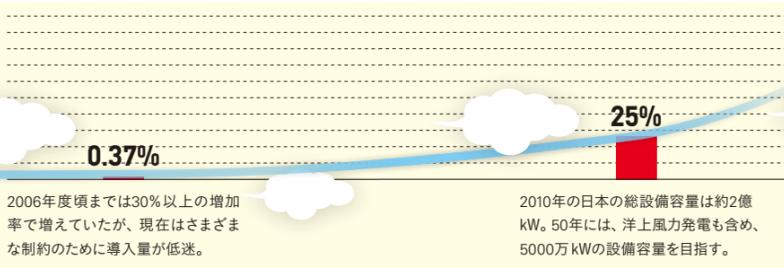
進む海外の事例

ドイツや北欧をはじめ、海外では再生可能エネルギーの普及が進んでいる。



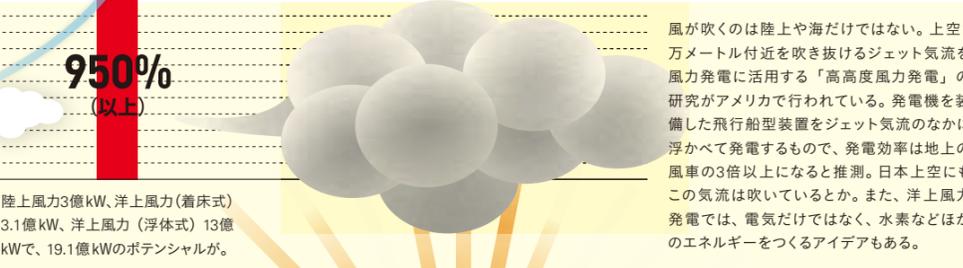
2010年の日本の現状

日本の総発電量のうち、再生可能エネルギーが発電した電力量の割合。



2050年の導入シナリオ

2010年度の総設備容量に占める、50年の再生可能エネルギーの設備容量の最大の割合。



さらに、こんな技術も！

最先端技術が採用されれば、再エネのポテンシャルは無限大に広がりそう。

風が吹くのは陸上や海だけではなく、上空1万メートル付近を吹き抜けるジェット気流を風力発電に活用する「高高度風力発電」の研究がアメリカで行われている。発電機を装備した飛行船型装置をジェット気流のなかに浮かべて発電するもので、発電効率は地上の風車の3倍以上になると推測。日本上空にもこの気流は吹いているとか。また、洋上風力発電では、電気だけではなく、水素などほかのエネルギーをつくるアイデアもある。

印刷できる太陽電池、色素増感型太陽電池、窓や壁にも設置できる建物一体型など、太陽光パネルの研究は日々、進化を続けている。そんななか、アメリカ・マサチューセッツ工科大学は、太陽エネルギーを貯蔵可能なかたちに変換できる装置の開発に成功した。植物の光合成のプロセスを模倣する「人工葉」だ。水に沈めて太陽光を当てると、水分分解反応を起こし、酸素と水素を発生。それを化合させれば、燃料電池に供給できるのだ。

2010年、筑波大学の渡邊信教授のグループが「オーランチオキトリウム」という藻類が、石油に代わる成分を生み出すという研究成果を発表した。オーランチオキトリウムは光合成を行わず、水中に溶け込んだ有機物を取り込み、体内で重油に似た成分をつくる。その成分を抽出し、代替燃料として使うのだ。理論上では、日本全体の排水からオーランチオキトリウムで油をつくれれば、日本の石油輸入量の約13%にあたる油を生産できる。

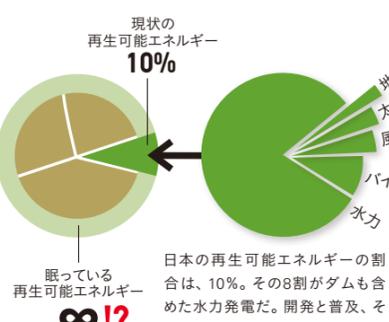
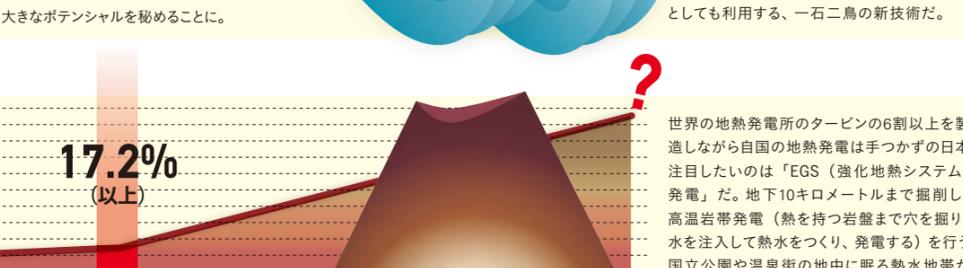
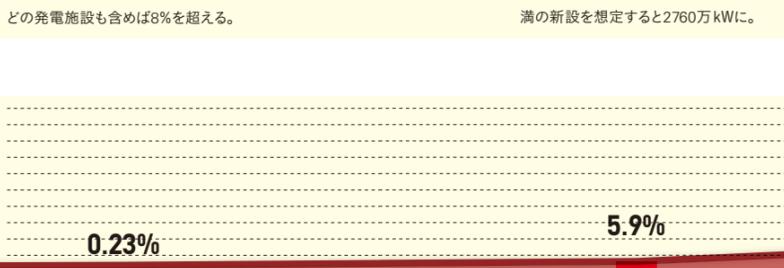
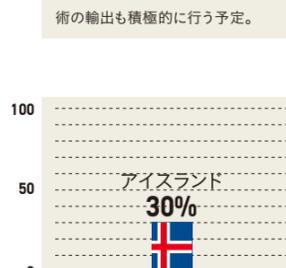
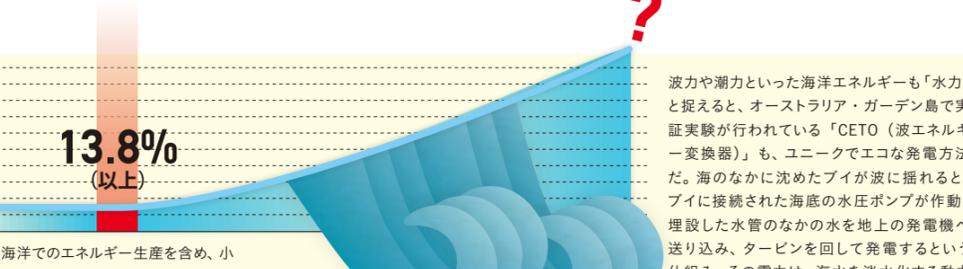
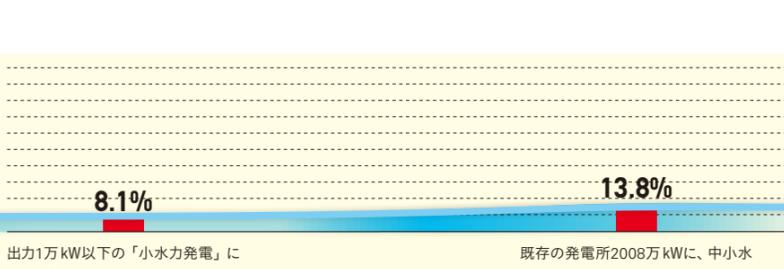
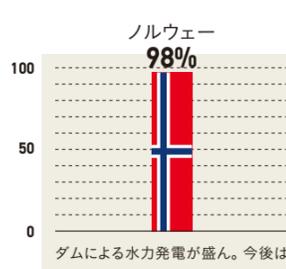
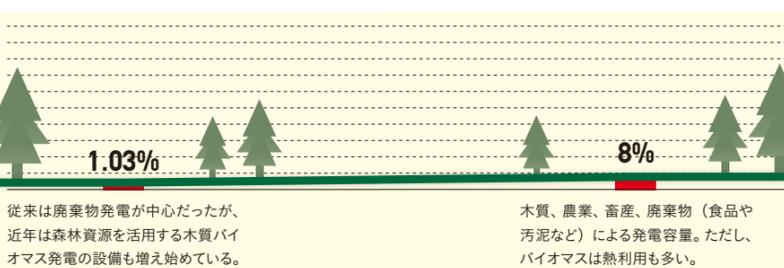
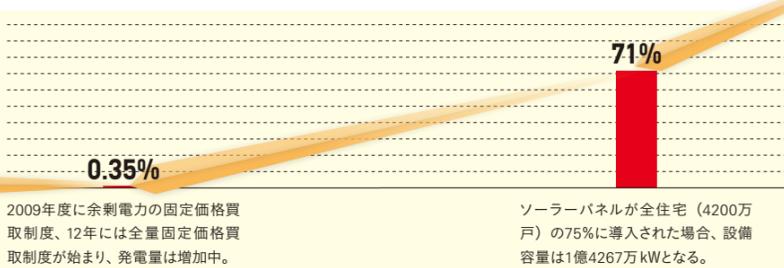
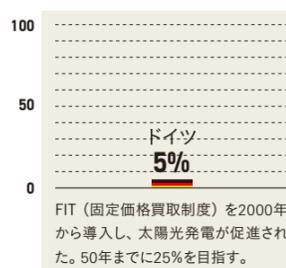
波力や潮力といった海洋エネルギーも「水力」と捉えれば、オーストラリア・ガーデン島で実証実験が行われている「CETO (波エネルギー変換器)」も、ユニークでエコな発電方法だ。海のなかに沈めたブイが波に揺れると、ブイに接続された海底の水圧ポンプが作動。埋設した水管のなかの水を地上の発電機へ送り込み、タービンを回して発電するという仕組み。その電力は、海水を淡水化する動力としても利用する、一石二鳥の新技術だ。

世界の地熱発電所のタービンの6割以上を製造しながら自国の地熱発電は手つかずの日本。注目したいのは「EGS (強化地熱システム) 発電」だ。地下10キロメートルまで掘削し、高温岩帯発電 (熱を持つ岩盤まで穴を掘り、水を注入して熱水をつくり、発電する) を行う。国立公園や温泉街の地中に眠る熱水地帯からだけでなくも熱エネルギーを取り出せる。アメリカの研究によれば、EGSの導入によって地熱発電のポテンシャルは13倍に高まるとか。

農業、産業、ITに続く第4の革命、「エネルギー革命」。再生可能エネルギーへのシフトは世界各国で進み、ドイツは電力供給に占める再生可能エネルギーの割合が20%を超えたと発表された。対して、日本は10%と出遅れ気味だ。太陽光発電は2004年以降、国の普及政策が滞ったために導入量が伸び悩み、ドイツに追い抜かれた苦い過去もある。

しかし、今年7月、日本でもついに全量固定買取価格制度がスタート。未来へ向けて、再生可能エネルギーへの関心が再び高まっている。環境エネルギー政策研究所の「2050年自然エネルギービジョン」によれば、50年までに電力供給の67%を自然エネルギーで賄えると試算している。ちなみに、この数値には太陽熱やバイオマスの熱利用といった熱エネルギー「革命」に期待したい。

エネルギーは含まれていない。コジェネやヒートポンプなど熱エネルギーのポテンシャルも忘れてはいけない。暮らしの節電や省エネ技術も、ポテンシャルと言えよう。新たな再生可能エネルギー技術が開発、採用されれば、ポテンシャルは数倍、数十倍にもふくれあがる。そんな、膨大なポテンシャルを持つ日本の「エネルギー革命」に期待したい。



地

域内で使用するエネルギー量（家庭・オフィス・店舗・公共施設など民生用と農林水産業用）以上の再生可能エネルギー供給を実現している地域を「エネルギー持続地帯」と定義して、調査を進めています。エネルギー持続地帯は日本に52市町村ありますが、それぞれ地形や気象条件、ポテンシャルの高さを考え合わせたかたちで再生可能エネルギーを導入していることがわかります。

日本は雨が多く、年間降水量は世界6位。川の流れが急な中山間地では小水力発電が効果的です。持続地帯報告書の都道府県別分析表でも、再生可能エネルギーに占める小水力発電の割合が高いのは、富山県（94%）や長野県（84%）など中山間地が多い県です。山梨県（68%）では、北杜市の「村山六ヶ村堰水力発電所」が成功例として注目されています。農業用水路から引き込まれた水は、落差85メートルの傾斜を勢いよく流れ、発電所で電気を生みます。稼働率は90%を超え、年間発電量は約2

約7万8000か所にあった水車のように、地域でシェアするエネルギーを。



どうすればもっと普及するの？

再生可能エネルギーの活用を図るために、緻密なデータを収集し、政策提言を続ける2人の専門家に聞きました。

30万kWh。一般家庭の約639軒分を賄えます。発電に使った水は再び用水路へ戻すので、農業にもダメージを与えません。

また、日本は国土の約7割が森という森林大国でもあります。木質バイオマスのエネルギー利用は、林業が盛んな地域で有望でしょう。戦前までは、薪炭材として燃料に使う木材の量が、住宅などに使う用材を上回っていたように、本来、日本では林業はエネルギー産業だったのです。流通性や燃焼性に優れた木質ペレット

トを地域内でつくり、ペレットボイラーやペレットストーブで地域の暖房や給湯を賄えば、林業の再生とともに、エネルギーの地産地消が実現できます。地域の木を切り、地域の工場でペレットをつくり、販売することで雇用の創出にもつながるでしょう。岩手県の住田町が好例です。

ただ、再生可能エネルギーは大きく儲かる産業ではありません。現在、全量固定価格買取制度によって採算がとれるようになり、大企業が各地でメガソーラーを作ったりしていますが、本来あるべき姿ではないと考えています。地域住民が、地域のために、地域で投資できる範囲で導入する、細く長く続けられる持続産業であるべきでしょう。戦前、次世代のためにコミュニティの人々が資金を出し合って建てた農業用の水車小屋が全国に約7万8000か所あったように、再生可能エネルギー施設もコミュニティ・スケールで導入し、地域住民がシェアしながら持続的に使っていくという健全なあり方で普及することを望みます。

千葉大学大学院教授
倉阪秀史さん

くらさか・ひでふみ ●1964年三重県生まれ。東京大学経済学部卒業。環境庁（現・環境省）、米国メリーランド大学客員研究員などを経て、千葉大学大学院人文社会科学部研究科教授。著書に、『環境を守るほど経済は発展する』（朝日新聞社）、『地域主導のエネルギー革命』（本の泉社）など。

環

境省の調査では、太陽光発電（非住宅系）のポテンシャルは最大1億5000万kW。そこに含まれない住宅系のポテンシャルを加えると2億kW程度になります。太陽光発電の稼働率を12%としても、日本全体の電力設備容量の1割は賄える計算です。

ポテンシャルとしては風力発電のほうが最大19億kWと高いのですが、太陽光が有望だと考えるのは、発電施設を短期間でつくられるから。計画後、太陽光発電は1年ほどで運用を開始できますが、風力発電は3年、地熱発電は10年かかります。再生可能エネルギーを早急に普及させるには太陽光発電が最も有利なのです。

では、風力や地熱発電が運用までに数年間もかかるのはなぜでしょうか？ その主因の一つは、環境アセスメントや地域住民との合意形成に時間を費やすからです。陸上風力発電では、景観、バードストライク、低周波の問題が取り沙汰されます。それならと、洋上風力発電を計画すれば、今度は漁業者が反対。地熱は調査に時間がかかり、温泉熱発電では温泉街の住民が異を唱え、小水力発電では水利権の問題が絡んできて、合意形成は一筋縄ではいきません。

地域住民の合意形成を得ながら、小規模分散型のエネルギー社会をつくるためには、新しいルールづくり



再生可能エネルギーのポテンシャルは、私たちの心のなかに眠っている。

が必要でしょう。ドイツや北欧が行う「ゾーニング」もその一つ。計画の前段階で、風車を建てていい場所、いけない場所を、地域住民とコンセンサスを取りながら選定し、計画を進める手法です。例えば、分散型の情報社会をつくったインターネットや携帯電話にしても、爆発的に普及するプロセスのなかで、電車内のマナーモードや出会い系サイトの防止といった社会的なルールをつくってききましたよね？ そうしたルールづくりが、再生可能エネルギーの普及

Journey to Number
Japan

にも不可欠なのです。

さらに、漁業者や農業者、温泉組合といった地域住民自らが発電施設のオーナーとなり、売電収入などで生計の一部を支えられるような地域主導型の仕組みをつくることも大切です。地域社会にある程度の便益をもたらし、再生可能エネルギーによるまちづくりを誇りと思えるような「ソーシャル・リターン」があれば、地域住民も一歩、踏み出す勇氣を持てるはずですよ。

再生可能エネルギーのポテンシャル

環境エネルギー政策研究所所長
飯田哲也さん

いいだ・てつなり ●1959年山口県生まれ。京都大学原子核工学専攻修了、東京大学先端科学技術研究センター博士課程単位取得満期退学。自然エネルギー政策の第一人者として知られ、NPO環境エネルギー政策研究所所長を務める。近著に、『1億3000万人の自然エネルギー』（講談社）。

ルは、自然のなかに眠っているのではなく、私たちの心のなかにあるもの。地域の宝が持ち腐れにならないよう、社会的課題である再生可能エネルギーとの向き合い方を、社会全体で考えましょう。

温泉バイナリー発電

新潟県十日町市など

温泉街に広がるエネルギー革命！ 余分な温泉熱を利用するバイナリー発電。

地熱発電のなかで注目を集めつつあるのが、温泉の熱を使ったバイナリー発電。環境省が実証実験を進める新潟県十日町市の松之山温泉でのバイナリー発電をはじめ、福島県福島市の土湯温泉や長崎県雲仙市の小浜温泉など、地域住民が主導して計画するものも見られる。

温泉バイナリー発電とは、80～150℃の温泉水や蒸気の熱で、水より沸点が低いアンモニアなどを沸騰

させ、その蒸気でタービンを回して発電するもの。松之山温泉の場合、温泉の温度は97℃、出力は87kWで、一般家庭100世帯分ほどの電力を賅える計算だ。

バイナリー発電の特徴は、新たに井戸を掘削する必要がなく、建設費が抑えられること。汲み上げた温泉水の余分な熱を利用し、その後は浴用に回すだけなので、温泉の枯渇や泉質などにもまったく影響を与



上／松之山温泉のバイナリー発電の実証施設。100℃以下の温泉熱を利用するバイナリー発電システムとしては、国内初の実用レベルの試験運転となる。左／発電設備。

えない。そこで、福島の土湯温泉は、震災後の風評被害によって観光客が減ったことから、バイナリー発電で温泉街の復興を図ろうと地元の復興再生協議会が計画。2014年春までの稼働を目指している。雲仙の

小浜温泉でも、地域活性化や環境教育のために温泉の未利用熱を活用しようと地元住民が立ち上がり、シンポジウムを開催するなど、地元の合意を集めながら実用化へ向かっている。

木質バイオマス

岩手県・住田町

森林率90%の豊富な資源を活用して、 ペレットが町内で循環する仕組みを確立！

町の面積の約9割が森林という岩手県・住田町。基盤産業である林業を発展させようと、木材の伐採、加工、生産、流通、さらには住宅生産や販売に至る工程をシステム化してきた。2000年の集中豪雨で林地残材が流出し、大きな被害を経験したことから、町は、「地域新エネルギービジョン」を策定して、木質バイオマスの燃料生産や有効利用システムの検討を開始。02年

に、町立世田米保育園にペレットボイラーを導入し、床暖房など熱利用を始めた。

その後、町役場や学校などの公共施設や一般家庭にペレットストーブを導入。普及を図るために04年度から06年度まで、ペレットストーブの購入補助金（購入費の4分の3）も支給した。同時に、町内のプレカット工場から出る端材から木質ペレットを製造する仕組みも確立し



右／木造仮設住宅に設置されたペレットストーブ。炎が見た目にも暖かさを感じさせる。左／世田米保育園では、ペレットボイラーを導入し、その熱を床暖房に利用している。06年度には、憩いの施設「遊林ランド種山」にもペレットボイラーを導入。浴場などの給湯に熱を供給。

た。現在は、年間400トンの生産と販売を行っている。

東日本大震災の後、町内に建設された仮設住宅にもペレットストーブを設置した。被災した住民からは、「寒い冬を温かく過ごせる」と好評

だった。11年度現在、ペレットボイラーとチップボイラーは町内に2か所ずつ、発電施設は1か所、ペレットストーブは157か所に導入されている。今後も、木質ペレットの地産地消を積極的に進めていく方針だ。

洋上風力発電

茨城県神栖市

広い海と長い海岸線に囲まれた日本、 洋上風力発電への期待も高まる！

国土は狭くても、広い海に囲まれ、長い海岸線を持つ日本では、洋上風力発電のポテンシャルも高い。多くの陸上風力発電所が建設される山地や丘陵に比べ、洋上では、強く安定した風が得られ、発電効率が高くなる。人家がある地域からも離れるため、騒音や震動による影響も少ない。

現在、日本には3か所の洋上風力発電所が稼働しているが、もっとも

規模が大きいのは、茨城県神栖市に設置されている『ウインド・パワーかみす洋上風力発電所』。7基の総出力は1万4000kWで、約7000世帯分の電気を賅える。

特徴は、国産の風車を採用していること。日本に多い台風や雷にも対応する設計で、強風を受けても羽根がタワーに擦れないよう、やや斜め向きに取り付けられるなど工夫が凝らされている。さらに、羽根が風下



右／「ダウンウインド方式」なので、この写真では風は右から左に向かって吹いている。左／2010年7月から稼働している『ウインド・パワーかみす洋上風力発電所』。海岸から50メートルの洋上に建設し、棧橋で陸上とつながっているためメンテナンスもしやすい。

側に設置された「ダウンウインド方式」なので、360度から吹きつける風を効率よく捉えることができる。また、東日本大震災時の震度6の地震と津波にも耐えた耐震性の高さも国産ならではの強みだ。『ウイン

ド・パワー』広報担当の小松崎忍さんは、「茨城沖は遠浅の海なので、沖合での着床式洋上風力発電も可能です。ノウハウを蓄積して、日本の洋上風力発電の可能性を広げたいです」と話す。

小水力発電

長野県大町市

住民が自らつくった、マイクロ水力発電。 小さいながら、意外とパワフル！

水力発電には巨大ダムによる発電も含まれるが、今後、期待されているのは出力が1000～1万kW以下の「小水力発電」。さらに、出力100kW以下の「マイクロ水力発電」は、比較的簡単に設置できる発電施設として、傾斜地と豊かな水流のある中山間地で普及しつつある。

長野県大町市のNPO地域づくり工房による実験的な3基の発電施設、川上、コラミ平、駒沢の発電施設もマイクロ水力発電だ。それぞれの出力を合わせても1.8kWという小さな施設だが、元・変電所技術者の川上博さんが自宅前の水路に設置した川上発電施設は、自家消費電力の3～4割を賅っている。

小水力発電は、一定の水量があれば24時間稼働できるため、太陽

光発電に比べて数倍の稼働率で発電できる。出力が小さくても、長時間発電するので太陽光発電にもひけを取らない。ただし、課題もある。落ち葉などが流入して取水口を塞がないよう恒常的なメンテナンスが必要なことと、水利権をはじめとする制約が少なくないこと。このプロジェクトでも、実はもう1基の発電施設を計画していたが、水利権に関わる土地改良区の許可が下りずに頓挫した経緯がある。

「大町市にはのべ220キロメートルの水路が、標高差100～200メートルを流れ落ちていて、設置候補地は200か所以上。今後も住民自らの手で、地域の同意を得ながら普及させたいです」と、理事の藤井英一さんは期待を込める。



上／奥に見える大町ダムとの対比がユニークなコラミ平発電施設。県産材を使ったクラシックな水車がのどかな風景をかもしている。左／環境学習用として活用することを条件に、自宅前の水路に発電設備を設置した川上発電施設。

地域の再生可能エネルギーを掘り起こせ！

暮らしのそばに森、川、海がある自然の豊かな国、日本。見渡せば、エネルギーの源はそこかしこに。気候風土や産業を活かしながら、再生可能エネルギーの発掘に取り組む地域や企業を紹介。

Journey to Number Japan

太陽光発電

千葉県市原市

田んぼや畑で太陽光発電!? 作物も元気に育つ「ソーラーシェアリング」。

住宅や工場、ビルなどの屋根や屋上への設置が進むなか、太陽光発電パネルを農地に設置し、栽培する作物と太陽光を分け合う「ソーラーシェアリング」というアイデアが登場。考案したのは、CHO技術研究所所長の長島彬さんだ。2003年に特許を出願したが、05年からは多くの人に使ってもらいたいと、その技術を無償で公開している。

「太陽光パネルで陰になれば、作物が育たないのでは？」という疑問も生まれるが、長島さんによれば、「一定の強さの光があれば、植物は十分に光合成を行います。イネの場合、40～50キログラム以上の光が当たっても光合成の量は増えません。それ以上の余った光を発電に使うという発想がソーラーシェアリングです」。

実際に長島さんも畑に設置して、タマネギ、ソバ、落花生などの作物を栽培し、生育状況を観察している。

ソーラーシェアリングは、農家の新たな収入源としても期待される。農地1反（約1000平方メートル）に40kWの太陽光パネルを設置すれば、年間平均4万kWhの発電が見込め、売電収入は168万円（42円/kWhの場合）となる。総設置費用を1200万円（30万円/kW）とすると、7年ほどで回収できる。長島さんは、「農地転用に当たらないという判断を昨秋、電話で得ていますが、さらに文書として受け取るため、農水省のプロジェクトに応募しました。その認可によって公文書と同等の効果が得られます。9月中に確定する予定で計画を進めている最中です」と意気込む。



上／千葉県市原市にある「ソーラーシェアリング」の実証試験場。ソバを栽培する農地の上に、格子状に太陽光パネルを設置。左／長島さんによれば、パネルの陰になる遮光率の高い部分に植えた作物も、生育の差は見られないようだ。www.d3.dion.ne.jp/~higashi9/sola1.htm