

省資源と環境負荷の低減を実現する
再生可能エネルギー技術の動向を発信中！

低炭素型
まちづくり森保
林全太陽光
発電小水力
発電バイオマス
発電風力
発電グリーン
プロパティ

2014.11.6号



地域の活性化で 注目される小水力発電

前橋工科大学名誉教授
中央大学理工学研究所 土屋十圀先生

インタビュー：国際航業(株) 東日本事業本部
第二技術部 宇野沢剛

固定価格買取制度(以下 FIT) がスタートし、太陽光発電以外の再生可能エネルギーにも関心が寄せられるようになりました。中でも主に山間地の豊かな水源を利用する「小水力発電」が注目されています。

今回は、エネルギー源の河川の水理・水文解析の立場から小水力発電の普及に取り組まれている土屋先生に、注目される背景や導入するときの検討事項などについてお話をうかがいました。

小水力発電の盛り上がりは、規制緩和から

——最近、小水力発電への関心が高まっていると聞きますが、なぜ今、このような盛り上がりが起きているのでしょうか。

土屋 FITがスタートし、2013年7月までに新たに稼働した再生可能エネルギーの能力は、原発約4基分に相当する408万6,000kWと言われています。このうち約96%が太陽光発電によるものです。

ところが、2013年7月までに認定されている太陽光の設備容量は2,206万kWに上るものの、稼働している発電所は認定分の2割未満にとどまっています。というのも、認可さえ受けてしまえば稼働が遅れても、2012年の42円/kWh(税込み)という高めの価格がそのまま維持されるため、まずは適地探しや土地の取得が先行したようです。また、太陽光発電の適地は全国的にほぼ明らかになりましたし、課題は発電パネルの価格だけで、今は開発が落ち着いた状態といえます。

対して小水力発電(1,000kW未満)は、河川管理者の水利権に関する規制が厳しく、開発は遅れていました。しかし、

2013年4月から許可権限や手続きが簡素化されたため、注目されるようになりました。

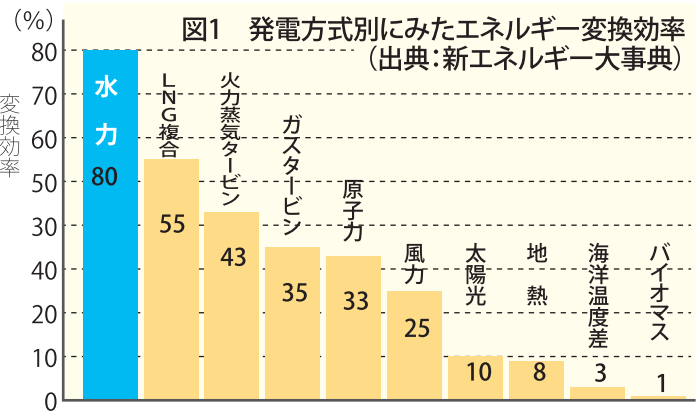
一級河川の指定区間において、特定水利使用以外の発電では最大出力200kW~1,000kW未満(準特定水利使用) および最大出力200kW未満(その他の水利使用)の発電量の場合、国が許可等の権限を持っていました。これが都道府県に移譲され、手続きも簡素化されたのです。

準特定水利使用の場合、関連手続として、関係行政機関の長(経済産業大臣等)との協議、関係地方公共団体の長からの意見聴取の手続きが必要でしたが、これも国土交通大臣による認可だけに簡素化され、その他の水利使用は、国土交通大臣による認可も不要になりました。市町村管理の普通河川の場合も、自治体の判断で発電が可能になりました。ただし、新規の水利使用によって下流の既得水利権などに影響を及ぼす場合、河川法適用河川に指定されることもあります。

他の発電より優れる熱エネルギー変換効率

土屋 小水力発電が注目される理由はもう一つあります。それは熱エネルギー変換効率が高いことです(図1参照)。

水力発電は、化石燃料を使わない、水の位置エネルギーを利用した発電なので、火力発電のようにCO₂は発生せず、地球温暖化抑制に寄与します。そして、火力発電の化石燃料→熱→水蒸気→発電というプロセスがない分効率がよく、位置エネルギーや運動エネルギーの80%を電気に変換できるのです。太陽光、風力発電と比較しますと、第一にエネルギー密度が高いため、施設面積の小型化が可能であること、第二に常に安定した発電を行えるといった特徴を持っています。特に水は循環型の資源であり、小水力発電は地域で活用可能な自立・分散型の優秀な地産地消エネルギーと言われていきます。



電力の地産地消により地域の活性化を

——電力を地産地消し、地域の活性化に役立てたい自治体も多いと思いますが。

土屋 自治体の場合、人口規模や地域性、地域を流れる河川等の潜在的な水力エネルギー発電可能量によって判断し、同時に、小水力発電を行う目的と需要地を明確化し、調査を行うことが重要です。企業と違って経済的なメリットのみ追求するのではなく、農業、観光、地域コミュニティ、環境教育など能動的なニーズを掘り起こし、町・村の再生に活用する手段にもなります。

例えば、200kW未満の発電所は小規模ですが、仮に1日24時間365日、180kWを安定供給可能であれば、年間157万6,800kWhになります。日本の1世帯平均年間電力消費量を4,000kWhとして、約390世帯の消費量に相当します。需要地として学校等の公的施設が近傍にあれば、送電ロスも少なく済み、限定された場所、地域に供給可能です。

小規模とはいえませんが、川内川流域県立自然公園内にある「新曾木発電所」は観光資源としても有効活用されてい



写真1 新曾木発電所(左)と発電情報館(右)

る事例です(写真1)。これは、地元の観光名所「曾木の滝」を活用したもので、自治体の協力のもと、民間事業会社が建設・運営しています。小水力発電には、他の施設にはない魅力があるのです。

大規模は採算性、小規模は地域活性化がメリット

——自治体のお手本になる例があればお聞かせ下さい。

土屋 小規模の例では、岐阜県中津川市の馬籠小水力1,2号発電所(理論出力180W、700W)があります。市内の馬籠宿は旧中山道の宿場であり、歴史と名産品を売りとした観光地として全国から観光客が訪れます。旧街道にある昔から使われている水車には、今では発電装置が加えられ、建物の電力の一部を賄っています。発電量はリアルタイムで表示され、観光客の注目を集める効果を発揮しています(写真2)。

自治体による大規模な発電の例では、売電価格が安かった時代、すなわちFIT以前から群馬県企業局、東京都交通局、三重県企業庁等で行われているものがあります。公営企業法を適用していますので、発電所建設は電気事業会計で実施しています。会計はすべて独立採算性の特別会計となっています。群馬県企業局は現在、水力32カ所、火力1カ所、風力1カ所、太陽光1カ所の合計35カ所の発電所を運転しています。群馬県の場合、1万kW～3万kW未満が6カ所、3万kW以上1カ所、その他中小水力の発電所25カ所です。すべて電力会社に売電していますが、スケールが大きくなるほど独立した企業



写真2 中山道木曾・馬籠宿・水車発電

採算ベースに乗ることは確実と言えます。水力発電は初期投資がかかりますが、これまでの単価の低い制度の下でも20年以上継続することで経済的にも採算性が確保されています。

農業用水路など豊富な発電バリエーション

——小水力発電というと、農業用水路を利用した発電も多くあると聞きます。その可能性については如何でしょうか。

土屋 農業用水路は河川法の許可水利権、あるいは慣行水利権によってもともと水利権を有していました。農業水利システム（農業水利施設とそれら施設を管理する組織の総体）はこの許可の範囲内で水力発電を行います。なお、今回の河川法の一部改正で河川管理者との許可や協議が不要になったため、より普及し易くなりました。しかし、灌漑用水は水田利用が一般的であり、灌漑期と非灌漑期があるため後者の期間は半年近く農業用水路に配水されないか、制限を受ける水路があり、用途や発電場所を調査する必要があります。

——他にはどんなバリエーションがありますか。

土屋 用水路以外では、上中流域における、河川からのダム方式による直接取水・導水方式での発電があります。上流域や溪流などでは多目的ダムの従属発電はもちろん、今後、砂防堰堤などの活用による発電が期待されており、近年、長野県、山梨県、富山県などで盛んに推進されています。

渓谷、河岸段丘、トンネルなどからの山水・湧水が期待できる場所では、導水によるミニ発電が可能です。鹿児島県霧島市溝辺町の竹川峡では山腹からの山水を利用し、1kWのミニ水力発電を行い、電気自動車の蓄電池に利用しています(写真3)。このミニカーは地域の老人世帯に買い物の品物を届ける足となって集落の人たちに歓迎されています。このプロジェクトは竹子地域の協議会と鹿児島大学地域政策の研究プロジェクトによる実証実験です。また、群馬県水上町ではJR上越線清水トンネルからの湧水を活用した水力発電の事業化調査が行われており、2015年春にも完成予定です。また、面白いものでは、桐生市の電動アシスト自転車の充電施設として小水力発電が活用されている事例があります。



写真3 霧島市溝辺町の電気自動車・きらく号

事業採算性把握には、流量・流況把握の精度が重要

——自然河川の場合、天候・季節による水量の変動などもあります。発電の適否はどうやって見分けるのでしょうか。

土屋 第一に安定した流量データの把握です。日本の地形は急峻で急流が多く、流域面積最大の利根川でも降雨は1～2日で太平洋に流出します。このような降雨一流出現象は年間365日の水文調査、すなわち降雨観測や流量観測を通じて正確に把握できます。現在、10年間の流量データ取得は発電所許可の条件から外れましたが、リスク管理の立場から流量把握は、発電量の経済性を左右する重要なファクターです。事業化の基金やファンドの調達面でも極めて重要です。

なお、場所は限定されますが、河川管理者から流量データの入手も可能です。しかし、事業主体が直接流量を把握することが望ましく、最低でも発電所建設候補地における2年程度の観測が必要と考えます。

第二に流量データと流況解析の確保です。一級河川では国や自治体の河川管理で観測している流量情報を入手する必要があります。これは一般財団法人河川情報センター(FRICS)から入手可能ですが、必ずしも発電所候補地の近傍とは限りません。その場合、観測済の箇所データの活用、降雨・流出解析の手法から発電候補地の近傍の河川流量を推定することができます。また、市町村を流れる河川の場合、2年程度の流量データと近傍の降雨量データによって同様に降雨・流出解析から発電候補地の流量予測が可能です。

さらに、流出解析によって365日の流量を把握し、次に流況解析を行います。流況解析は365日の流量データを最大日流量から最小日流量まで順番に並べます。その間に、大きい順に、豊水流量(95日流量)、平水流量(185日流量)、低水流量(275日流量)、渇水流量(355日流量)を求めます。これらの解析データから発電候補地の年間の安定した流量の範囲を決めることができます。なお、発電候補地の多くは砂防堰堤、落差工、滝などの落差がある場所が一般的です。発電量は地形上の落差が必要ですから、新たな取水堰等を河川につくることによって有効な落差が確保できれば、任意の地点でも発電は可能です。この場合は河川管理者の占用許可が必要です。(発電量は下記の理論式を参照)

$$\text{発電量の理論出力} P (\text{kW}) = 9.8 \times \text{流量} Q (\text{m}^3/\text{s}) \times \text{落差} H (\text{m}) \times \text{総合効率} \eta$$

ここで、 $\eta = \eta_1 \times \eta_2$ 水車 η_1 と発電機 η_2 の効率

いずれにしても信頼性のある既設の観測データが近傍にあることが必要でしょう。それによって、任意の箇所の流量を把握(推定)することが可能になるのです。

このプロセスは水力発電量を推定するために非常に大切な作業です。なお、降雨一流出現象の解析、流況解析、発電量の推定には専門的な知識と技術が必要になります。

揚水発電に注目したい

——最後に、先生は水資源分野を専門にご研究されてきましたが、今後、小水力発電分野に期待することや、推進に向けての課題等についてご意見をいただけないでしょうか。

土屋 日本は水の豊富な国土と言われます。平均降水量は1,690mm/年、世界の平均降水量の810mm/年の約2倍です。しかし、水利用可能な指標である水資源賦存量で評価しますと、降水量から蒸発散量を引いた日本の水資源賦存量は4,100億m³/年。降水量のおよそ1/3は蒸発量です。したがって、人口一人当たりの水資源賦存量は9,300ℓ/日で、世界平均の2万2,000ℓ/日を下回るのです。

戦前から戦後の高度経済成長にかけて開発された水力発電ダムは大規模なダム開発が中心だったため、過疎地の電力生産地と大都市の電力消費地を遠距離送電することになりました。ダムでの過度な取水により、生態系や環境への弊害、そして受益と負担のアンバランスも問題視されました。その点小水力発電は、需要地にふさわしい規模の地産地消エネルギーであり、リスクバランスを確保できる可能性があります。したがって、自立分散型のエネルギーに転換するには、小水力発電は最もふさわしい電力と言えるでしょう。

近年、水力発電での揚水発電量が増加しています。これは上ダムに貯留し、昼間に流下、発電するもので、昼間の電力需要ピークに対応した発電ができます。夜間は余剰電力で下側貯水池から上ダムに揚水します。小規模な発電所でもこうした揚水発電を取り入れれば、地産地消がさらに推進される可能性もあります。これに関連したもので、地方の農村地域に散在する遊休ため池を利用する発電も興味深いですね。

——本日は、お忙しい中、ありがとうございました。

(2014年3月取材)

インタビュアー 宇野沢剛



【小水力発電についてもっと勉強したい方へ：土屋先生がご推奨頂いた図書】

- ・小水力発電がわかる本—しくみから導入まで—、全国小水力利用推進協議会編(オーム社)
- ・エネルギー土木、野口俊郎、岸 清、杉 正著 (コロナ社)

【土屋十圀先生プロフィール】

略 歴：

1946年、長野県生まれ。中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻修了。1972年、東京都庁。東京都土木技術研究所にて河川の水利・水文、環境の調査・研究に従事。1995年、同河川研究室長。1998年、前橋工科大学建設工学科教授。2007年に工学部長、2009年に副学長を歴任。2012年、前橋工科大学名誉教授。2005年から中央大学大学院兼任講師。現在、中大理工学研究科客員研究員。専門は河川工学・水文学・環境水利、自然共生システム論。工学博士(東工大)、技術士(建設部門)

社会的活動：

- 国土交通省中央工事紛争審査会特別委員など、東京都河川基本計画策定専門委員、吾妻川上流域水土保持対策検討委員会(長野庁)、隅田川流域連絡会座長、隅田川流域クリーンキャンペーン実行委員長、CCI東京審査委員長、東京都公園協会評議委員、河川生態系と森林の物質供給機能に関する研究評価委員会座長(電力中央研究所)
- 群馬県国土利用審議会会長、群馬県衛生環境研究所特別研究評価委員、ぐんま小水力発電推進協議会副会長、世田谷区・川場村友好の森づくり事業運営委員、公益財団法人とうぎゅう環境財団選考委員、全国いい川づくり審査委員、野川自然再生協議会専門委員など歴任。
- 東京都庁、群馬県、千葉県、三重県、愛知県、杉並区、民間などで河川災害、河川環境に関する講演活動、小水力に関しては土木学会、砂防学会、水文・水資源学会で発表。

著 書：

『水ハンドブック』共著(丸善)、『水文・水資源ハンドブック』共著(朝倉書店)、『都市の中に生きた水辺を』共著(信山社)、環境水理学(土木学会・近刊予定)

学会活動：

土木学会フェロー会員、水文・水資源学会理事、自然災害学会会員、応用生態工学会会員、IAHR(国際水工学会)