

南ドイツにおける小水力発電の調査報告と わが国の農村地域の小水力発電の今後の展望

後藤真宏*・上坂博亨**・小林 久***

目 次

I 緒言	169	a 買い取り価格	173
II 調査地区の概要	169	b 関連企業	173
III ドイツにおけるエネルギー及び小水力の現状	170	c 除塵装置	174
IV 南ドイツとわが国の小水力の相違点	172	d 支援体制	174
1 小水力発電の多様な事業主体	172	V わが国の農村地域の小水力発電の今後の展望	174
a 自然愛好協会	172	VI 結言	177
b 共同出資	172	参考文献	177
c 個人所有	172	Summary	178
2 小水力発電への種々の取り組み	173		

I 緒言

2009年10月に鳩山首相は国連総会において、温室効果ガス排出量削減目標値として、2020年までに1990年比で25%削減を掲げたが、現時点で具体的な削減方法は提示されていない。具体的な数値が示されていた前政権時の麻生首相が提示した2005年比15%削減案をもとに、小水力でどの程度賄わねばならないか試算してみた。15%のうち1%を太陽光などで賄うと報じられていたので、この1%のうち仮に小水力で0.2～0.3%とすると10年間で合計100万kW、平均すると1年間で10万kWの発電所の建設が必要となる。水力発電所一カ所あたりの出力を500kWとすると、毎年200カ所の水力発電所を建設する計算になる。

現在このような動きも含めて、温暖化対策として自然エネルギーの中でも小水力発電に関心が高まってきた。特にわが国の農村地域には農業用水を利用した小水力発電の開発可能な地点が存在しており、他の自然エネルギーに比べて出力が安定している小水力発電は注目されている。著者らは、平成20年9月に、ドイツ国内でも小水力発電の盛んな南ドイツのバーテン＝ヴェルテンベルク州とバイエルン州における状況を調査する機会を得

た。ドイツの河川はわが国よりも勾配が緩く、年降水量も少なく、水力発電には恵まれていないにもかかわらず、古くから、また近年にあっては盛んに小水力発電所が建設されている。

そこで本報告では、南ドイツにおける小水力発電の現状についての調査結果とわが国における小水力発電の現状との比較、さらにはわが国の小水力発電の今後の展望について報告する。

本報は、科学研究費補助金（基盤研究（B）（一般）：課題番号（20380131））、科学技術振興機構社会技術研究開発センターによる社会技術研究開発事業研究開発プログラム「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会、プロジェクト名：小水力を核とした脱温暖化の地域社会形成」、官民連携新技術研究開発事業の一環として実施したものである。なお、今回の調査では、ドイツ在住の環境ジャーナリストの松田雅央氏に多大なご協力を頂いた。記して、感謝申し上げる。

II 調査地区の概要

1 調査地区の概要

南ドイツに位置するバーテン＝ヴェルテンベルク州のカールスルーエとフライブルグ、バイエルン州のヴェルツブルグ、ニュルンベルグとミュンヘンの計5都市周辺を調査した（Fig.1）。今回調査した地域は、稚内よりも北側の北緯48～50°に位置している。標高は110m（カールスルーエ）～970m（ミュンヘン）で、わが国の中山間地域よりも緩勾配であるが、北ドイツに比べて

* 施設資源部

** 富山国際大学

*** 茨城大学

平成21年12月14日受理

キーワード：小水力発電、ドイツ、固定買い取り制度



Fig.1 調査地区の概要
Location map of study area

地形勾配が急である。年間降水量は最大でミュンヘンの970mm、いずれの都市でも1,000mm以下である。このようにわが国と比較すると地形勾配や水量で小水力発電に恵まれているとはいえない条件である。

カールスルーエとフライブルグは、スイスのトマーゼ湖に端を發し北海へと注ぐライン川に面しており、ヴュルツブルグはライン川の支流であるマイン川の流域である。ニュルンベルグは、マイン川とドナウ川の結ぶマイン-ドナウ運河に沿っている。ミュンヘンは、ドイツ南部バーデン=ヴュルテンベルク州の森林地帯「シュヴァルトツヴァルト（黒い森）」に端を發し、概ね東から南東方向に流れ、東欧各国を含む10ヶ国を通して黒海に注ぐドナウ川の支流イザール川に面している。

2 調査行程

調査行程と概略をTable 1に示す。12の地点において、13台の水車、水車製造会社、自然エネルギー関連施設等を見学し、関係者との意見交換を行った。

III ドイツにおけるエネルギー及び小水力の現状

1 ドイツにおけるエネルギーの概要

ドイツ全土における一次エネルギー消費総量に占める

再生可能エネルギーの割合は、2000年の2.6%、2005年の4.7%、2006年の5.3%と増加している。

2006年において再生可能エネルギーの部門別の割合は、水力は約11%、風力が約16%、バイオマスが約69%である(Table 2)。また電力総消費量に占める再生可能エネルギーの部門別の割合は、水力発電が約3.6%、風力が約5%、バイオマスが約2.2%、太陽光発電が約0.3%である。

ドイツ連邦環境省が2008年3月に発表した再生可能エネルギーの2007年暫定版データでは、再生可能エネルギーをエネルギー源にした電力、熱、燃料の年間生産量は222TWh(2006年は189.6TWh)で、エネルギー総消費量に占める再生可能エネルギーの割合は8.5%(2006年は5.3%)に、電力消費量に占める再生可能エネルギーの割合は14.2%に達したと報告されている。

2 ドイツにおける小水力の現状

2005年から2006年にかけてドイツにおける小水力発電所の設置数と出力を見ると、5,000kW以下の発電所は7,201から7,524箇所と、1年間に約300箇所もの発電所が建設されている(Table 3)。一方、5,000kW以上の発電所数は増加していない。5,000kW以下の発電出力は、2005年から2006年にかけて815MWから869MWへ増

Table 1 調査行程
Schedule of investigation

月 日	都 市 名	日 程
23Sep. (火)	カールスルーエ ゲルンスバッハ	①ドゥーラッハの水車見学 訪問先：ドゥーラッハ自然愛好協会、協会役員と面談 直径 8m・落差 3.5m・出力 15kW の胸掛け水車 ②水車を中核とする川の自然復元事業見学 訪問先：ドゥーラッハ自然愛好協会、協会役員と面談 ③スタインプレナー社の小水力見学 訪問先：製粉工場跡の小水力 流量 9.0m ³ /s・落差 1.4m・出力 78kW のカプラン水車 水車上流に石積みのわん曲斜め堰があり、水車へ導水
24Sep. (水)	フライブルグ	④再生可能エネルギーに関する講演 訪問先：フライブルグ自然エネルギーツアー ⑤フライブルク地区の小水力見学 担当者等：エコメディア研究所委員と面談 流量 6.6m ³ /s・落差 4.3m・出力 250kW のカプラン水車 流量 4.0m ³ /s・落差 3.0m・出力 90kW のらせん水車 流量 2.3m ³ /s・落差 4.0m・出力 69kW のカプラン水車
25Sep. (木)	タウバー川流域	⑥ブロンバッハ修道院の小水力見学 訪問先：個人出資の小水力 流量 8.0～9.0m ³ /s・落差 3.2m・出力 90kW と 130kW の 2 台 ⑦ケーニヒスホーフェン地区の小水力見学 訪問先：個人所有の小水力 流量 1.5m ³ /s・落差 1.4m・出力 18kW のらせん水車 ⑧シェフタースハイムの小水力見学 訪問先：共同出資による小水力 流量 4.65m ³ /s・落差 2.6m・出力 73kW のカプラン水車
26Sep. (金)	ヴァイセンブルク	⑨ブロンバッハ湖の小水力見学 訪問先：ダム放流施設の小水力 流量 1.22m ³ /s・落差 33.0m・出力 327kW のクロスフロー水車が同型 2 台
27Sep. (土)	ニュルンベルク	⑩マイン・ドナウ運河の小水力見学 訪問先：運河からの放流水による小水力 流量 4.8m ³ /s・落差 18.0m・出力 720kW のカプラン水車
28Sep. (日)	ヴァイセンブルク	⑪オズバーガー社見学 訪問先：水車メーカーを見学、役員と面談 クロスフロー水車では高効率水車の製作技術を有する
29Sep. (月)	ミュンヘン	⑫英国庭園の TIVOLI 水力発電所見学 訪問先：バイエルン水力発電所協会所長ライブル博士と面談 流量 12.5m ³ /s・落差 4.5m・出力 450kW：2 台

Table 2 2006 年の再生可能エネルギーの割合
Proportion of renewable energy in 2006

	電力 (TWh)	熱 (TWh)	燃料 (TWh)	合計 (TWh)	比率 (%)
水 力	21.6			21.6	11.4
風 力	30.5			30.5	16.1
バイオマス	18.6	83.9	27.5	130.0	68.6
太 陽 光	2.0			2.0	1.1
太 陽 熱		3.4		3.4	1.8
地 熱	0.1	2.1		2.1	1.1
合 計	72.7	89.4	27.5	189.6	100.0

Table 3 ドイツにおける小水力発電所数と出力
Number of small hydroelectric power plants and output in Germany

		2005 年	2006 年
水車の設置数	5,000kW 以下	7,201	7,524
	5,000kW 以上	155	155
	合計	7,356	7,679
出力の合計	5,000kW 以下	815	869
	5,000kW 以上	3,466	3,466
	合計	4,680	4,700

加している。この間に建設された323箇所の一地点当たりの平均出力は、約160kWとなる。

統計値は違うものの2002年のドイツの再生可能エネルギーに関する報告では、1,000kW以上の水力発電所は403箇所、1,000kW未満は5,500箇所と、小水力発電所の建設数の多いことがわかる。一方、わが国では、地形条件等も考えられるが、1,000kW以上の水力発電所は1,407箇所に対して、1,000kW未満は437箇所と、圧倒的に1,000kW未満の開発が遅れていることが明らかである(水力協, 2008)。

IV 南ドイツとわが国の小水力の相違点

ここでは、今回の南ドイツにおける小水力発電関連の調査を踏まえて、その特徴とわが国との相違点について報告する。

1 小水力発電の多様な事業主体

わが国では、水力発電の主な事業主体は電力会社・企業局であり、自治体・市民・個人等が参加できる経済市場になっていない。東京電力などの一般電気事業者、J-POWERなどの卸電気事業者などの事業主体が全体の60%以上を占めている。その他、県企業局、土地改良区の事業主体と自家発などである。

今回の調査では、個人から共同出資、市民団体、公共団体等種々の小水力発電事業者が所有する発電所を調査できた。ここでは特徴的だった事業主体を紹介する。

a 自然愛好協会

カールスルーエ市内のドゥーラッハ地区には、文化・芸術・自然保護等を行っている会員約480名の自然愛好協会が運営する小水力発電所がある(Fig.2)。水車は直径8m、幅2.5mの胸掛け式水車で、最大出力は50kW、年間発電量は約15万kWhである。発電所は協会が1987年にカールスルーエ市から水利権とともに買



Fig.2 自然愛好協会の胸掛け水車
Breast wheel of Naurfreunde in Karlsruhe

い取った。発電電力は、敷地内の建物内で約15%使用して、残りをカールスルーエのエネルギー水道公社に1kWh当たり10ユーロセントで売電している。2010年1月時点で、1ユーロ=132円程度であるので、日本円で約13円となる。水車や発電所の運営は協会会員のボランティアで賄われている。

b 共同出資

ニュルンベルグ近郊のマイン・ドナウ運河からの放流水を利用した出力720kW(流量4.8m³/s・落差18m)の発電所(Fig.3)は、3人の共同出資で建設された。自己資金30%、バイエルン州経済局からの返却不要の補助20%、銀行から50%の資金である。発電所建設の許可には4年を要している。運河の取水口から直径1.8mのポリエチレン管(GFK)で250m導水している。南ドイツの降水量が少ない6月から9月に運河を通じて大量の水がマイン川に注ぎ込まれる時期が主要な発電時期となっている。

またニュルンベルグ近郊のタウバー川に、再生可能エネルギーに興味を持った仲間を募って、10人の大口出資者と50人の小口出資者で建設された、出力70kW(流量4.6m³/s・落差2.5m)の発電所がある。近くの町への用水のための堰として利用していたが、60年前に使用されなくなり堰のみが残っていた地点で発電を行っている。建設費40万ユーロ(土木15万、水車発電機25万)のうち、出資者で34万5千ユーロ、5万5千ユーロを補助金で賄っている。発電所自体がコンテナになっており、建設期間が短縮できるような構造となっている(Fig.4)。

c 個人所有

タウバー川沿いのケーニッツスホーフエンには、個人所有の小水力発電所がある。リッツアトロ社製のらせん水車で、出力18kW(流量1.5m³/s・落差1.4m)である(Fig.5)。このらせん水車の効率は90%程度と非常に高効率である。土木工事2万ユーロを含めて13万ユー



Fig.3 カプラン水車
Kaplan turbine at Main-Donau canal



Fig.4 建設中の発電所の概要
Outline of hydropower plant under construction



Fig.5 個人所有のらせん水車
Spiral water mill of individual ownership

ロで製作した。

2 小水力発電への種々の取り組み

a 買い取り価格

ドイツでは、固定買い取り制度（FIT：フィードインタリフ制度）を導入している。また、今回調査した発電所はいずれも電力会社へ売電していた。今回の調査で売電に関して以下の点が明らかになった。

- 1) 水力発電では出力規模によって買い取り価格が区分され、小規模出力ほど高く設定されている。
- 2) 水力発電の買い取り価格は、2000年にkWh当たり7.67ユーロセント、2004年には魚道を設置するなどの環境に配慮した場合（Fig.6）には2ユーロセント加算されて9.67ユーロセント、2009年からは11.67ユーロセントである。

一方、わが国の電力会社の電力買い取り価格は、土地改良区や県企業局など個々の発電事業者が東京電力などの電力会社と個別に協議して決定されているが、基本的には電力会社の提示価格に従っている状況である。また、東京電力や関西電力など9電力会社によってkWh当た



Fig.6 水車設置に伴って環境に配慮した河川改修
River improvement that considers environment along with water mill installation

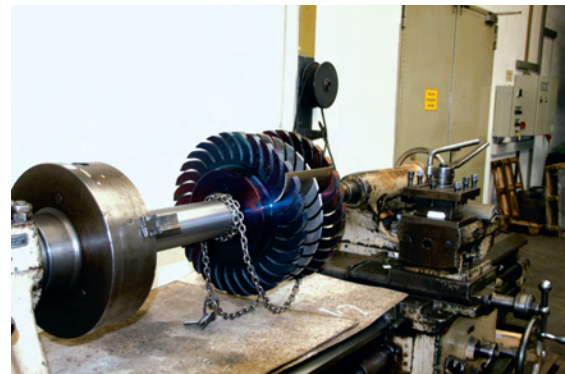


Fig.7 オズバーガー社の工場内の状況（クロスフロー水車）
Situation in factory of Ossberger

り3～10円程度と買い取り価格に大きな差が生じている。

2010年1月時点で、1ユーロ=132円程度であるので、11.67ユーロセント=15.40円となり、国内の買い取り価格の1.5～3倍程度である。

b 関連企業

今回は、1～1,500kWの中小規模の水車を製造するオズバーガー社を見学した。当該会社は、クロスフロー水車の製造技術に長けており、約120名のスタッフによって水車の開発・製造がなされ、水車効率は中大型機で86%と高効率で、製造コストを抑える方法として水車形状を規格化している（Fig.7）。ドイツではオズバーガー社を含めて大規模水力から中小水力発電機の製造メーカーがあり、小水力発電のメーカーが企業体として成り立っている。

一方、わが国の小水力発電の市場規模は、現状では10億円程度と言われており、年間数カ所の小水力発電所が建設されているにすぎない。国内には水車専門メーカーが数社しかなく、先に記述したように、年間200箇所もの発電所が建設される状況でなければ、小水力発電が産業として成立するのは困難と考えられる。このような状況下で、水力発電に関連する技術者が減少している、技術が継承されていないなどの問題が発電事業者などから指摘されている。

c 除塵装置

小水力発電の維持管理において、水車に流入する塵芥の処理は大きな問題である。わが国もスクリーン、電動除塵機などを設置して、ゴミの除去、処理を行っている。ここでは調査地に設置されていた特徴的な除塵装置を紹介する。

(1) 流入防止装置

発電所の上流に、流れ方向に対して斜めに板が設置されている (Fig.8)。浮遊性塵芥が流れてくると、この板に沿って放流口に流れることにより、発電所に直接流入する浮遊性の塵芥量を減少させることができる。さらに本装置によって、水車前面に設置してあるスクリーンに付着する塵芥を減少でき、除塵回数の低減が図られる。このような装置はわが国でも研究開発されている (たとえば、平成18年度農村工学研究所研究成果情報, 2007)。

(2) 放流装置

発電所には一般にスクリーン及び除塵機が設置されている。わが国では除塵機はスクリーンに付着した塵芥を掻き上げ、掻き上げたゴミは分別した後に処理される。今回調査した発電所の中で掻き上げた塵芥を再び河川や水路に放流する装置を設置している事例がいくつか見られた。放流方法として、掻き上げた塵芥を桶状の水路に落として、そこにポンプによる噴流を与えて塵芥をフラッシュさせるタイプ (Fig.9) と、掻き上げた塵芥を水槽に落として水槽の側壁ゲートを開放することによって放流させるタイプ (Fig.10) の2タイプが見られた。

わが国同様に、除塵機で掻き上げたゴミは掻き上げた当事者が処理しなければならないが、掻き上げないものは下流に流すようにしている施設が多いことが明らかになった。

d 支援体制

わが国同様に、水利権など発電所建設に伴う手続きは必要であり、申請から取得までに4年も要する事例など多くの労力を要する実態が明らかになった。また水利権に関して、州の権限が連邦に引き渡されるなどの問題も指摘されていた。一方で、以下のような小水力を支援す

る体制が明らかになった。

- ・州で小水力発電の開発可能な地点を把握しており、一般からの問い合わせに答える体制がある。
- ・たとえばバイエルン水力発電協会など小水力を推進させる組織があり売電交渉や小水力の推進のためのロビー活動を行っている。
- ・再生可能エネルギー法、固定買い取り制度のように小水力の推進を支援している。

V わが国の農村地域の小水力発電の今後の展望

ドイツの河川は、わが国の河川よりも緩勾配で、年降



Fig.9 フラッシュタイプの除塵機
Flash-type trash removal screen



Fig.8 浮遊性ゴミ流入防止板
Board that prevents floating waste from flowing into a sluiceway



Fig.10 ゲートタイプの除塵機
Gate-type trash removal screen

水量も6割程度と少ないにもかかわらず、現在もなお小水力発電所が数多く建設されている。前述したように、ドイツでは2005年から2006年にかけて、約300カ所の5,000kW以下の水力発電所が建設されている。ドイツにおいて小水力発電の建設を進めているものとして、①固定買い取り制度、②環境配慮へのインセンティブ、③多様な事業主体の参加、④小水力に関する情報公開、⑤小水力利用への種々のバックアップ体制などが上げられる。

一方、わが国には農業用ダムや用水路内の落差工、急流工地点など開発可能な地点は多く賦存しているが、Ⅲ章で述べたように小水力発電所の建設はドイツと比較すると十分に進んでいるとは言えない。ここでは今回の調査等を踏まえて、わが国の農村地域の今後の小水力発電について展望する。

1 小水力発電の拡大を図るための制度面の方策

著者らは、地域が主体的に小水力開発に関する問題を解決するメカニズム創出を目指して、わが国において小水力開発が盛んな富山県を対象に調査研究に取り組んでいる。許認可権を有する省庁、自治体、電力会社、土地改良区などのステークホルダー（利害関係者）が自由に討議できる場を設定して、小水力推進のための問題点の発掘と共通認識などを行っている。その中で明らかになってきたことは、①安すぎる売電単価、②水利権等小水力の手続きの簡素化、③ダム主任技術者の選任等制度の簡素化、④農業用水路の活用の拡大など、小水力発電の拡大のためには解決しなければならない問題が数多く存在することである。

今回の調査から、小水力発電の拡大を図るためには、①小河川の積極的な利用、②多様な事業主体の参画を促進、③個別交渉でなく、固定買い取り制度など売電単価の透明性の確保、④小水力利用の議論の場の創出、⑤小水力関連の支援体制の整備などが今後の取り組みとして考えられる。

2 小水力発電の開発可能性

現在わが国の開発可能な小水力発電地点は、出力範囲が100～1,000kWで数千地点、10～100kWで数万地点との試算がある³⁾。これらを合計すると発電出力は約500万kWとなり、原発数箇所に相当する大きな賦存量といえる。

わが国の歴史を振り返ると、明治11年の「共武政表」という統計では9,000台以上の水車が稼働していた⁴⁾。昭和17年の調査では精米、タービン等農事用水車が約78,000台稼働していた⁵⁾。また、大正9年ごろに富山県で考案された螺旋水車は、全盛期の昭和10年には約13,000台が普及していた⁶⁾。戦後、無電地区に電力を供給する目的で昭和27年に農山漁村電気導入促進法が制定され、農協、土地改良区、森林組合等が事業主体となっ

てこれまで200地点以上の発電所が建設されている⁷⁾。

昭和17年の約78,000台のうち、73,000台は鉄製の在来型水車で、出力は数kW程度と考えられる。また、螺旋水車の出力は、0.5kW程度である。農業用水路や小河川における数kW以下の小水力利用の地点は、前述の水車台数から10万カ所程度はあったと推定される。現在のように農業用水路がコンクリートで整備されていない時期の数値である。これらの地点がすべて現時点で利用可能ではないが、昭和63年時点で受益面積100ha以上の農地に送水している基幹的な農業用水路は約28,000kmに達し⁸⁾、現時点において基幹的な用水路に支線、末端用水路を加えると、数kWクラスの小水力利用地点はさらに数多く存在するものと考えられる。仮に、これらすべてで数kWの小水力発電が可能と考えると、水車性能、発電機効率の向上などから数十万kWの発電可能性が見込まれ、貴重なエネルギー資源といえる。

3 電気利用を巡る状況

2008年から2009年にかけて、ガソリン車、ハイブリッド車、燃料電池車、EV車へと自動車を巡る状況が大きく変化している。国内の大手企業だけでなく、地方の中小企業、インドなどの海外も含めて電気自動車の開発、販売が急速に進んでおり、100万円を下回る電気自動車も販売されている。また、電気バイク、小型の電動耕耘機などの農作業機械も販売されている。

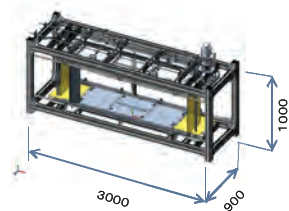
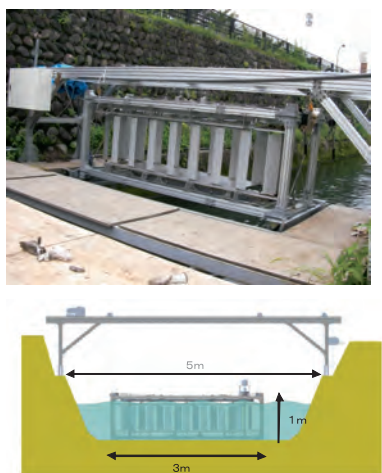
電気自動車を例にすると、1kWhの充電で約10kmの走行が可能である。このことから、一日数kWhの発電電力で十分であり、出力数kWの発電で十分といえる。また、1戸あたりの契約電力は数kWである。このことから農村地域の農業用水を利用した小水力発電では経済性に見合う規模として数百kWを開発対象としてきたが、農村地域に数多く存在する数kWの発電地点が大きな意味を持つてくると考えられる。

4 緩勾配の農業用水路を利用した小水力発電

農村工学研究所では、民間、大学等の参画する官民連携新技術研究開発事業において、農業用水路等緩勾配流水力発電技術の開発を行っている。本事業においては、農業用水路の流水エネルギーを効率的に電力に変換するカスケード水車を開発している（Fig.11）。勾配1/1,500の用水路に水車を設置して、水車出力、水位変化、長期間の耐久試験等を実施して、水車流入流量1.8m³/sec、水車上下流水位差0.15mで、出力1.4kWの結果を得ている。農業用水路に水車設置による上下流水位への影響を考慮すれば、数kmの間に複数台設置することも可能である。

5 わが国の小水力発電の目指すべき方向

電気自動車やバッテリー技術の変化は、単に自動車という輸送手段における変化にとどまるのではなく、農



ブレード枚数: 19
 ブレード諸元: 翼幅 600
 翼弦長 150
 回転軸: 4本
 機能: 上流側ブレードピッチ角と
 下流側ブレードピッチ角の
 差動可能
 目標水車効率: 60%程度

Fig.11 カスケード水車の概要
 Outline of cascade turbine

山村地域の生活や環境などに大きな変化をもたらすものと考えられる。すなわち、化石燃料中心の社会システムでは化石エネルギーの最遠地であった農山村地域が、小水力に代表される再生可能エネルギーの視点で見ると源泉地に生まれ変わることを意味する。ここでは、今後の小水力発電の目指すべき方向と農村工学研究所が果たすべき課題について記述する。

a 現状の水利システムにおけるエネルギー状況の技術的、制度的課題

農業用ダムや用水路内の落差工、急流工地点がこれまでの小水力発電の主要な地点であった。昭和58年からかんがい排水事業ではこれまで26地点の建設に留まっている。これは、建設の可否においては経済性が最も重要視され、最低でも数百kW程度の発電規模が必要となることから、発電箇所が限られている。現在、固定買い取り価格制の検討が行われており、さらに小規模の発電所でも経済性の向上が期待される。今後も数百kWクラスの小水力開発は重要であるが、基本的に電力会社への売電、すなわち電力システムへの連携が基本と考えられる。

ここで解決すべき課題として、①現状の水利システムにおける消費エネルギーの実態把握、②燃料価格等経済性を考慮した水利システムの維持可能性の検討、③現状の水利システムにおけるエネルギー削減方法の検討、④小水力エネルギー利用を考慮したダムの貯水運用方法の開発、⑤土地改良法、国有財産法、冬期水利権の利用等、水利システム活用に関する制度上の問題点の抽出と解決方策の提案、などがある。

b 現状の水利システムにおける新たなエネルギー利活用技術の開発

数百kW程度の発電可能地点は、幹線用水路に多くても数地点程度である。このため開発目標を数百kWクラスにすると数十～数kWの資源が未開発になり、点の開発に留まってしまう。前述したように、農業用水路には数十～数kWのクラスの開発地点が数多く存在する。さ

らに、ため池や休耕田など水利システムには未開発の小水力エネルギーが賦存している。開発の目標を数十～数kWのクラスまで拡大することが重要である。

ここで解決すべき課題として、①農業用水路における数十～数kWのクラスの小型水車の開発、②農業用水路の数十～数kWの小水力エネルギー賦存状況の解明、③小型水車の農業用水路への導入技術の開発、④ため池を活用した発電システムの開発、⑤休耕田を活用した小型発電システムの開発、などがある。

c 農村地域におけるエネルギー安定供給技術の開発

個々の家における生活、自動車やバイクなどの移動手段、トラクターや耕耘機などの大型農作業機械から草刈機などの小型機械など、農村地域の維持には化石燃料の使用は不可欠である。農村地域は、都市部のようなエネルギー消費地点が集中した形態ではなく、分散かつ一地点の消費量が小さい特徴を有している。数十～数kWのクラスの発電は街灯や電気自動車への供給など小規模小出力需要に単独で利用することも可能であるが、小規模な発電を多数開発して、これらを面状につなぎ合わせることで（マイクログリッド）によって、システムに連携することなく、一定の地域の電力を賄うことも可能となる。そこで小規模分散電力網を形成して、農村の振興、農村生活、農業生産に十分に貢献するためには以下の課題が挙げられる。

①農村地域における生活から農業まで全てに関わるエネルギーの使用状況の解明、②農村地域におけるエネルギー消費の分布状況の解明、③小規模水力の複合利用・安定化技術の開発、④太陽光、風力、バイオマス発電等を活用した安定化技術の開発、⑤エネルギーの需給バランスの安定化技術の開発、などがある。

d 小水力エネルギー利活用を考慮した新たな水利システムの構築

これまでの小水力利用はあくまで既存の農業水利シス

テムを改変しないで利用する考え方であるが、今後のエネルギーや食料状況を鑑みたときに、さらなる水力開発、エネルギー利用、食料生産、安定した農村生活を支えるために、農業水利システムをエネルギー利活用システムへ再構築することが必要であると考えられる。

ここで取り組むべき課題は、①農業用水の利用状況の経年変化の把握、②土地利用状況の経年変化の把握、③小水力エネルギー利活用を考慮した用水路の路線計画手法の開発、④小水力エネルギー利活用を考慮した用水管理手法の開発、⑤農業水利システムの再構築の開発、などである。

このためには、社会システム、法整備など越えなければならぬ課題も山積しているが、そこではトップダウンで物事を進めるのではなく、地域にある資源、社会システムを活かし、地域の実情にあった開発を地域が主体的に解決していくことが重要であると考えられる。

VI 結 言

今回の調査で、わが国の今後の小水力開発において指標となるドイツの小水力発電の現状を垣間見ることができた。

すなわち、①多様な事業主体の参画によって、地域エネルギーである小水力の有効利用が図られている、②小水力発電に関する補助金や売電単価など行政の支援が充実している、③小水力事業が産業として成り立っている、

④わずかな落差に対しても小水力発電を活用しようとする意欲が高いなどである。

小水力発電は、わが国において今後重要度を増していくものと考えられる。水車の開発、農業水利システムの高度な活用、規制緩和など多々の課題があるものの、様々な分野の英知を結集して取り組んでいかねばならないと考える。

参考文献

- 1) 平成 18 年度農村工学研究所研究成果情報 (2007) : 水位に追随して自動開閉する機構を備えた取水口の浮遊性ゴミ流入防止装置, 農村工学研究所, p.75-76
- 2) 水力協 (全国小水力利用推進協議会) (2008) : ながれる水の物語, p.17
- 3) 小林 久 (2010) : 小水力発電の可能性, 世界 (岩波書店), 2010-1, p.104-114
- 4) 末尾至行 (1980) : 水力開発 = 利用の歴史地理, 大明堂, p.7
- 5) 前田清志 (1992) : 日本の水車と文化, 玉川出版部, p.43
- 6) 田中勇人 (1990) : 螺旋水車, p.151
- 7) 農村開発企画委員会 (1983) : 農村工学研究, 33, p.85
- 8) 農林水産省 (1988) : 農業水利施設整備状況調査結果, p.16

Investigation Report of Small Scale Hydropower in South Germany and View in the Future of Small Scale Hydropower of Rural Area in Japan

GOTO Masahiro, UESAKA Hiroyuki and KOBAYASHI Hisashi

Summary

We surveyed south Germany where a lot of small hydraulic power plants existed. As a result of the investigation, interesting findings were obtained as follows.

- 1) The power plant of 5,000kW or less was constructed from 2005 to 2006 by about as much as 300 plants in Germany. The average output of the constructed power plant in one place was about 160kW.
- 2) The existence of a small hydro-power entrepreneurs of individual ownership, a joint investment, the civic group, and the public organization, etc. was able to be confirmed.
- 3) Feed-in electricity tariffs have been introduced in Germany to encourage the use of new energy technologies such as wind power, biomass, hydropower, geothermal power and solar photovoltaics. FIT was €0.0767 per kWh in 2000, €0.0967 per kWh in 2004 with responsible concern for the environment, €0.1167 per kWh in 2009.
- 4) A lot of small hydro-power companies have been approved as an enterprise.

Keywords : small scale hydropower, Germany, feed-in tariff