

# 木製水車を利用したマイクロ水力発電による地域活性化

池田 穰<sup>\*1</sup>

水力発電は、安定的な運用が可能なベースロード電源であり、河川、農業用水、上下水道など落差と流量があればどこにでも設置可能である。わが国においても再生可能エネルギーの一環として積極的な展開が期待される。なかでもマイクロ水力発電といわれるダム・堰を有しない出力20kW未満の施設では、電気事業法の保安規定が適用されず、電気主任技術者の配置や工事計画届も必要ないため、比較的容易に設置できる。またFIT（再生可能エネルギー固定価格買取制度）の調達価格は水力発電の中で最も高く設定されている。ここでは農業用水を利用したマイクロ水力発電による地域活性化事業の一例について紹介する。

キーワード：マイクロ水力発電，地域活性化，木製水車，再生可能エネルギー，農業用水

## 1. はじめに

水力発電は落差と水量があればどこにでも設置可能である。(表-1)に小水力発電と太陽光・風力発電の比較を示す。太陽光発電や風力発電という他の再生可能エネルギーと比較して設備利用率が高く、日射量や風況に左右されず変動が少ない安定的な発電が可能である。このような特徴から国も再生可能エネルギーの一環としてその設置を促進している。2016年度には、経済産業省において水力発電事業化促進事業費補助金が新設された。

水力発電は発電規模により100,000kW以上の大水力発電、10,000～100,000kWの中水力発電、1,000～10,000kWの小水力発電、100～1,000kWのミニ水力発電および100kW以下のマイクロ水力発電に分類される。ここではマイクロ水力発電を対象に地域活性化に用いられる調査事例を報告する。

## 2. マイクロ水力発電の特徴

200kW未満の水力発電ではFIT（固定価格買取制度）においてそれ以上の発電規模の水力発電と比較して高い

表-2 平成28年度のFIT価格表(調達価格1kWh当たり)

水力	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
調達価格	24円+税	29円+税	34円+税
調達期間	20年間	20年間	20年間

買取価格が設定されている(表-2)。さらに2015年に電気事業法が改正された。それによるとダム・堰を有しない20～200kW未満のミニ水力発電では、電気事業法の保安規定は適用され、電気主任技術者の配置が必要であるものの工事計画届はいらぬ。またダム・堰を有しない出力20kW未満のマイクロ水力発電では、電気事業法の保安規定も適用されず、電気主任技術者の配置や工事計画届も必要ない。これら規制緩和によりマイクロ水力発電施設は比較的容易に設置できるようになった(表-3)。さらに2013年度より規制緩和の一環として、従属発電(発電のための取水により流量が少なくなる減水区間が生じない発電、図-1)が許可制から登録制となった。

こうしたミニ・マイクロ水力発電の発電ポテンシャルとしては、平成22年度環境省調査によると農業用水路

表-1 小水力発電と太陽光・風力発電の比較 (出典：環境省HP)

	小水力発電	太陽光発電	風力発電
設備利用率	70%程度	12%程度	20%程度
発電原価	8～25円/kWh	37～46円/kWh (家庭用)	10～14円/kWh (陸域4.5MW以上)
特徴など	発電量の変動は小さいのが一般的	昼間のみ発電 日射量により発電量は変動	風況により発電量は変動

\*1 先端・環境研究部

表-3 電気事業法に基づく発電方法・出力別の順守事項

発電方法・出力の条件	保安規程	電気主任技術者	ダム水路主任技術者	工事計画届
ダム・堰を有する、または出力 200kW 以上	●	●	●	●
ダム・堰を有せず出力 20~200kW 未満	●	●	—	—
上下水道・工業用水の落差を利用し、ダム・堰を有しない	●	●	—	—
ダム・堰を有せず出力 20kW 未満	—	—	—	—

で (1,000kW 以下) 102,533kW, 河川部 (1,000kW 以下) 5,278,046kW となっている。これよりマイクロ水力発電として農業用水路では 100kW 級で約 1,000 台, 河川部では 100kW 級で約 50,000 台設置できるポテンシャルがある。

### 3. 調査事例

一般社団法人自然エネルギー利用推進協議会は静岡県駿東郡長泉町において、農業用水路を利用したマイクロ水力発電施設を地元の自治体や土地改良組合の協力により設置した。計画では当該地区に 9 機のマイクロ水力発電施設を設置する予定であり、現在 1 機が稼働している (写真-1)。マイクロ水力発電の概要を (表-4) に示す。なお水車には地元静岡県の間伐材 (天竜材) を用いた。設計電力は以下より求められる。 $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$  (流量)  $\times$   $1.4\text{m}$  (水路落差+発電装置付属堰)  $\times$   $9.8\text{m}/\text{s}^2$  (重力加速度)  $\times$   $0.7$  (設備効率) =  $7.2\text{kW}/\text{時}$ 。これより年間発電量は  $7.2\text{kW}/\text{時} \times 24\text{時間} \times 365\text{日} \times 0.7$  (稼働率) =  $44,150\text{kW}/\text{年}$  となる。

水車の断面図を図-2 に示す。除塵スクリーンを掻き

下げてフラップゲートの背後に塵を一時貯留し、フラップゲートの裏が一杯になると、水車を振り上げてフラップゲートの下部から塵を自動に流下させる。維持管理時・増水時には水車を大きく振り上げ水路内流域を確保し、安全に保つ。

表-4 調査事例のマイクロ水力発電の概要

項目	内容
名称	にこにこ水力1号
設置場所	静岡県駿東郡長泉町桜堤地先
事業者	一般社団法人 自然エネルギー利用推進協議会
協力	大堰土地改良区, 箱根芦湖水利組合, 長泉商工事業者
稼働年月日	2015年2月28日
平均落差 (cm)	30
水路幅 (m)	2~2.5
水深 (cm)	30~40
平均流速 (m/s)	1.45
平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	0.75 (非灌漑期), 1.88 (灌漑期)
設計電力 (kW/時)	7.2
発電量 (kW/年)	44,150

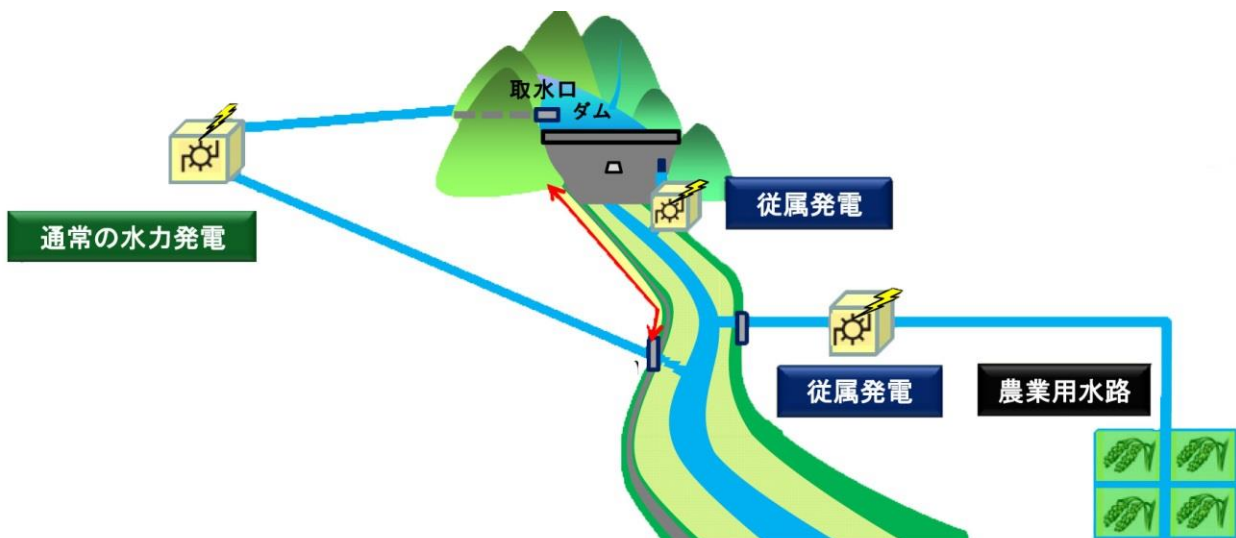


図-1 従属発電と通常的水力発電 (出典: 国交省 小水力発電設置のための手引き)



写真-1 木製水車全景

の調達価格は 34 円 /kWh ( 税抜き, 200kW 未満の水力, 調達期間 20 年) である。発電事業者は収入の一部を地元活性化資金として地元住民 ( 水利権者等) に還元する。また発電事業者は自治体・行政 ( 長泉町) と「災害時における電力の供給に関する協定」を締結している。具体的には、災害・緊急時には非常用電源として発電施設を独立運転させ、専用送電線により指定避難所へ送電したり、携帯可能な蓄電池により要援護者へ電力を提供する。事業者は FIT により 20 年間の安定した収益を確保するとともに、地元住民にとっては災害・緊急時の電力や地元活性化資金も利用できる。自治体・行政としては地産地消の再生可能エネルギーを活用した地域創生が期待できる。いわば「三方よし」の形態である。

#### 4. 事業内容

##### 4.1 事業のスキーム

本事業に関する発電事業者、地元住民 ( 水利権者等) および自治体・行政との関係を ( 図-3) に示す。発電事業者は電力会社に FIT を利用して売電する。平成 28 年度

##### 4.2 事業の経済性

長泉町では現在実証機として 1 機設置しているが性能確認の後、今後同一水路に発電出力 7 ~ 9kW/h の同様のマイクロ水力発電施設を 8 機設置する計画である。この場合の総発電出力は 68kW/h となる。この規模での事業の経済性を検討するために、事業の PIRR ( プロジェクト内部収

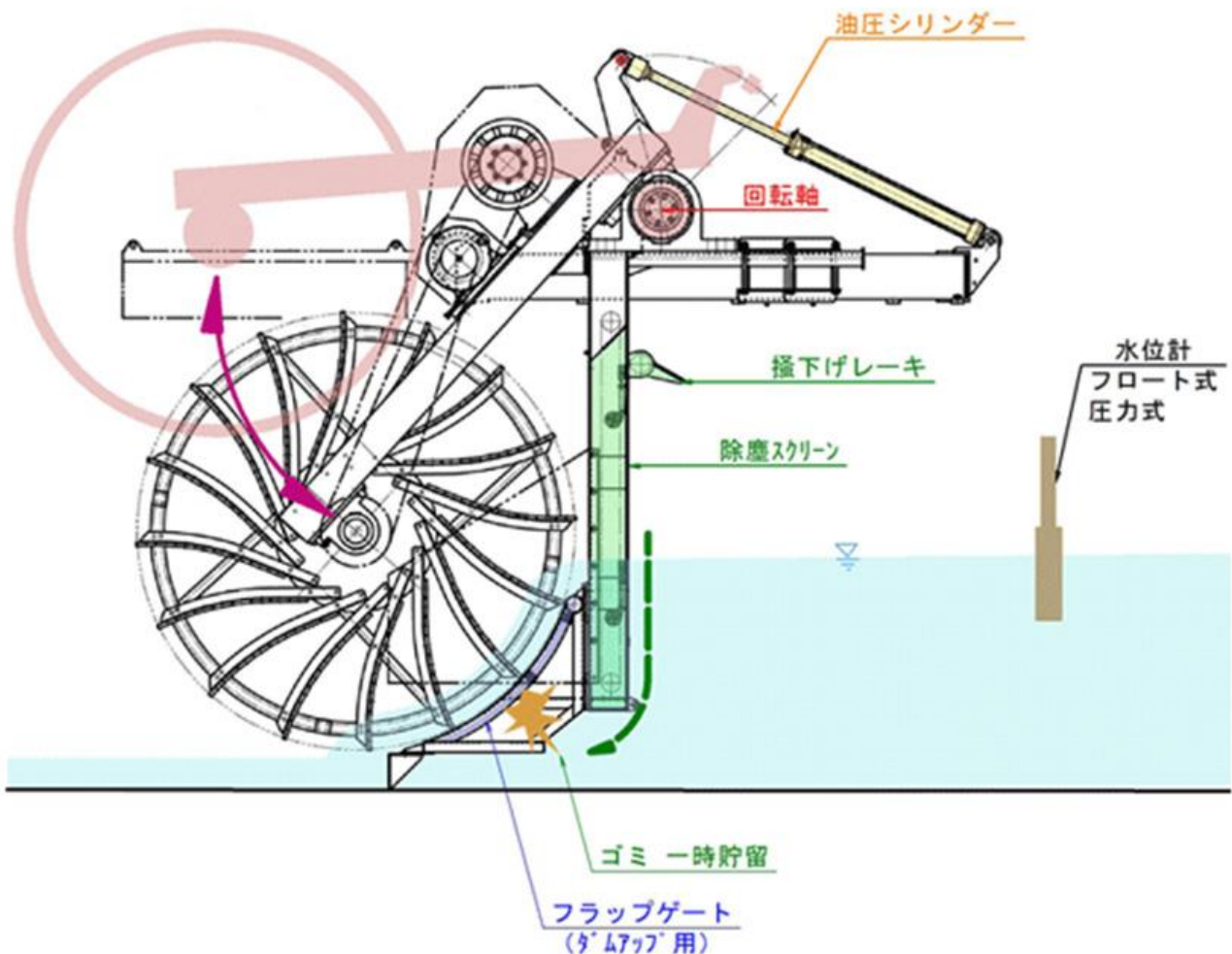


図-2 水車の断面

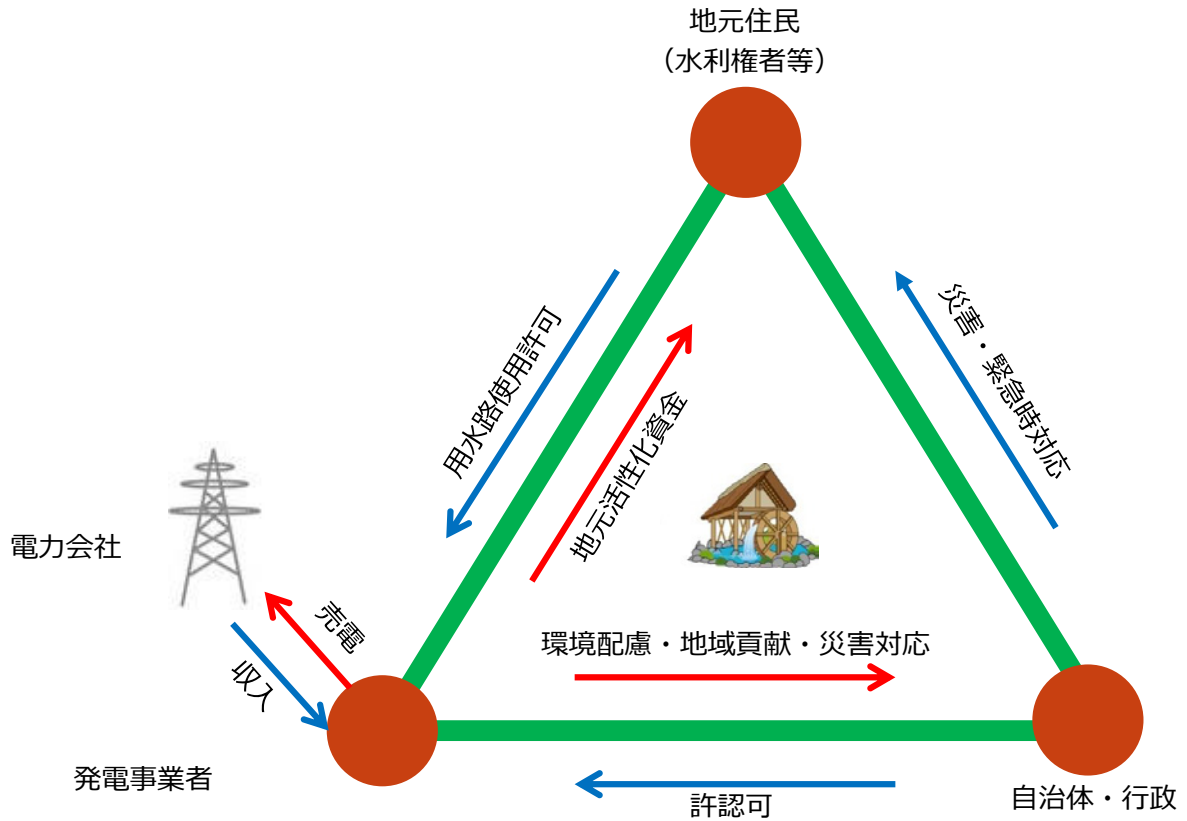


図-3 事業のスキーム

益率) を検討した。PIRR は事業期間を通じた事業自体の収益性・投資利回りを計るための指標である。言い換えれば、建設費等の初期投資額 (図-4 の①) に対して、当該

事業から何%の「リターン」が期待できるかを表す利回りである。

具体的には減価償却や設備投資などを除き、出資者及

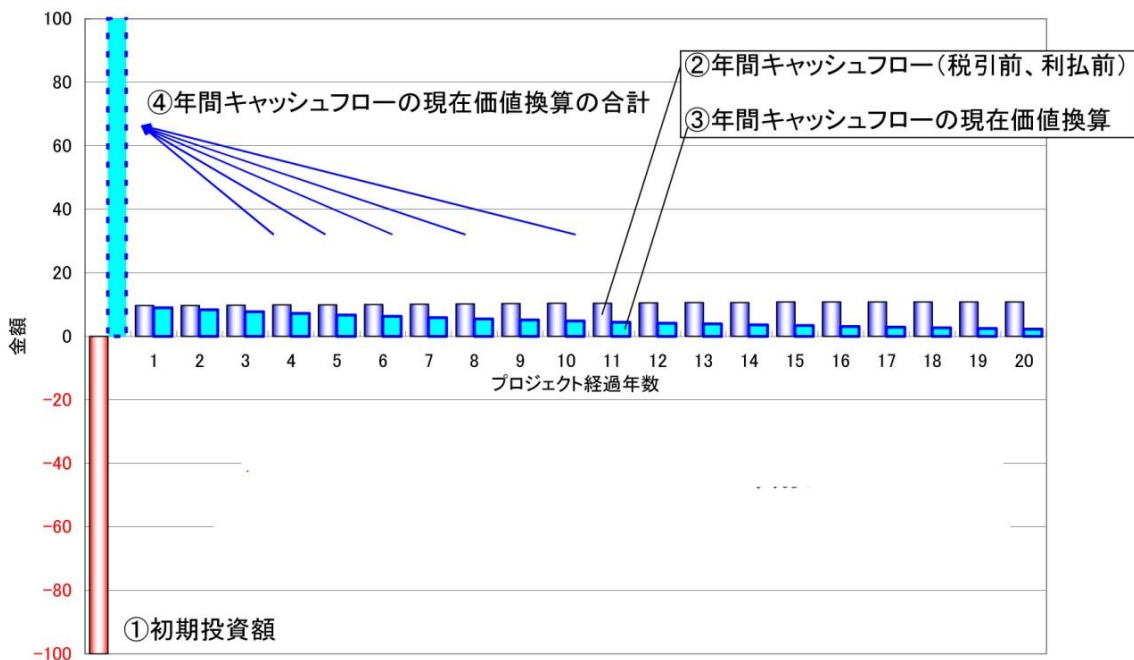


図-4 PIRR (プロジェクト内部収益率) の概念

(出典:国土交通省所管事業を対象としたVFM (バリュー・フォー・マネー) 簡易シミュレーション, 国土交通省, 2003年)



表－5 調査事例の経済性評価のまとめ

項目	内容	金額	備考
期間	事業期間(年)	20年	
イニシャルコスト	用地費	0	
	プラント	1.2億円	7kW/時×6台+8kW/時×1台+9kW/時×2台=68kW/時, 180万円/kWとして計算
	調査設計費	1,200万円	プラント費の10%
	総計	1.3億円	
資金	補助金比率(%)	0	
	自己資本比率(%)	100	
収入	売電単価(円/kWh)	34	平成28年度のFIT(再生可能エネルギー固定価格買取制度:200kW未満)調達価格
	売電収入(円/年)	15,536,640	456,960kWh/年(年間発電量:68kW/時×24時間×280日)×34円
支出	地域関係者・水利関係者配分(円)	2,000,000	収入の12.9%
	メンテナンス費(円)	1,296,640	プラントコストの1.1%
	物価上昇率	2%	
	減価償却		償還期間20年, 定率法
税率等		固定資産税率1.4%, 都市計画税0.3%, 法人税:実効税率として36.65%	
その他		利益準備金引当率9.09%, 返済準備金引当率50%	
事業採算評価指標	PIRR(プロジェクト内部収益率)	5.26%	

び金融機関等に支払うことができる現金(キャッシュフロー, 図-4の②)を割引率により現在価値に換算し(図-4の③), その現在価値換算の合計(図-4の④)と初期投資額(図-4の①)が等しくなる割引率としてPIRRが定義される。数式では以下のように表される。

$$I = \sum C_n (1 + r)^{-n}$$

I: 初期投資額

C<sub>n</sub>: n年度に発生する出資者及び融資する金融機関等に帰属するキャッシュフローの合計額

r: PIRR

表-5に本事業の経済性をイニシャルコスト, 資金, 収入, 支出などの項目ごとにまとめた。採算性を示すPIRRは5.26%となり, 事業性は見込めると考えられる。なお調査事例と同様な事業条件で, PIRRを4.0%で一定とした場合, 発電規模30kWから140kWのミニ・マイクロ水力発電

のプラント規模(発電出力)別での地元活性化資金の変動を(図-5)に示す。地元活性化資金はプラント規模(発電出力)に比例して約200万円から約800万円まで見込めることが分かる。本調査事例ではPIRRは5.26%で200万円の地元活性化資金であったが, PIRRを4%にすればそれは400万円近くになる。

### 4.3 木製水車のメリット

設置した水車の素材は間伐材の有効利用の一環として地元静岡県産天竜ヒノキの間伐材を用いている。水車に木材を利用することで昔ながらの里山の景観がよみがえる。また夾雑物により水車が停止することを想定した場合, 剛性の高い鋼製の水車ではその影響が発電機を含むシステム全体に及ぶ。しかし木製水車では水車の部分的な破壊ですむ場合もあり, レジリエンスに富む。また木製

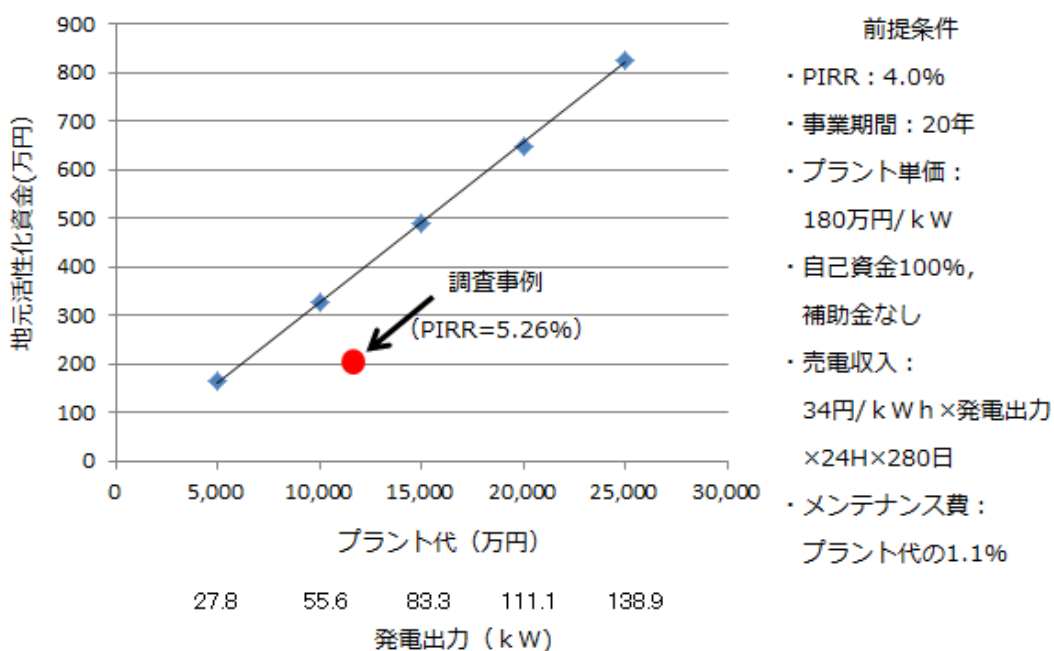


図-5 プラント規模(発電出力)による地元活性化資金

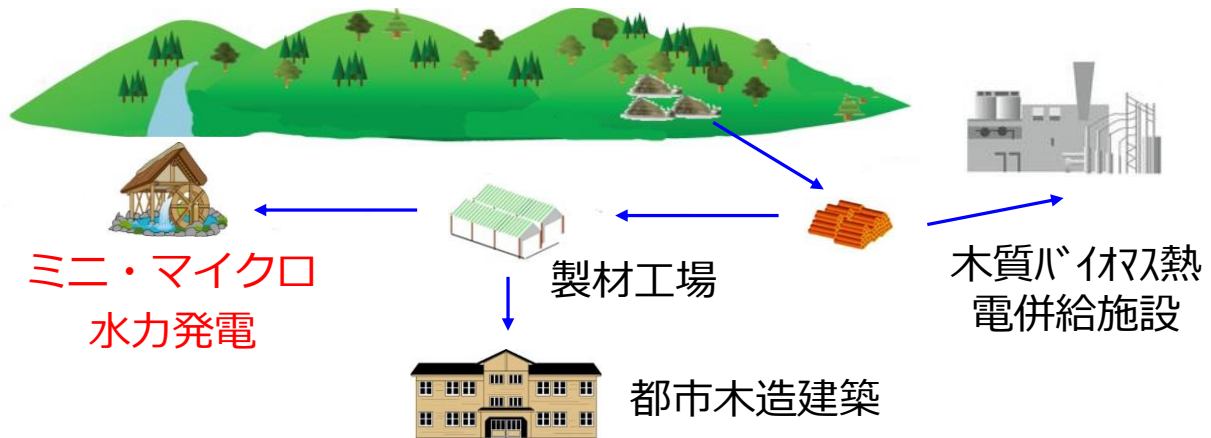


図-6 地域資源を（木、水）を生かした地域活性化の展開

水車の表面に付着するバイオフィルムにより水車の回転効率が上昇し、発電効率が上がる可能性も考えられる。さらに耐用年数は鋼製より劣るもののフルカーボンアカウンティング（全炭素算定）では比較優位となり、地球温暖化抑制に資する。このように水車に地域資源である木を利用することは十分検討する価値がある。

## 5. おわりに

マイクロ水力発電を含む小水力発電導入促進のため国土交通省では水利使用手続きの簡素化・円滑化を進めており、従属発電は許可制から登録制となった。また経済産業省、農林水産省、環境省でも再生可能エネルギーの一環として導入支援制度を設けている。水力発電は他の発電と比較して発電能力の割に設備費と維持管理費が大きいのが難点であるが、水に恵まれたわが国における地域資

源の一つとして更なる展開が望まれる。わが国におけるもう一つの地域資源としては木が上げられる。水車に地域由来の間伐材を用いたり、間伐材、製材残材などを燃料とする木質バイオマス熱電併給施設を設置することで、地域の持続可能な林業にも貢献する（図-6）。このような地域資源である水と木を活用した地域活性化の事例が更に展開されることを期待したい。

謝辞：本調査にあたりご協力いただいた一般社団法人自然エネルギー利用推進協議会の石井真人氏に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 池田穰, 石井真人:木製水車を利用したマイクロ水力発電による地域活性化の事例, 土木学会第71回年次学術講演会, V-077, 2016年, pp.153-154.

---

## Regional Development by Micro Hydraulic Power Generation Using Wooden Waterwheels

Yutaka IKEDA

Hydraulic power generation is a base-load electric power source with stable operation. It is possible to set up in any place with both head and flow of fluid such as rivers, agricultural water, water, and sewage. In Japan, hydraulic power generation is expected to widely prevail as one of the renewable sources of power. Among them, micro hydraulic power generation, whose power is less than 20 kW with no dam, is relatively easy to set up owing to loosening of regulations. The procurement cost of micro hydraulic electric generation is priced the most high in the FIT (feed-in tariff). In this report, an example of regional development by micro hydraulic power generation using agricultural water is presented.

---