

日本 MOT 学会による査読論文 (2019-3)

## 再生可能エネルギーを用いた地域活性化事業の研究

—中国地方の小水力発電所の FIT を用いた活性化事業の分析—

A Study on Community Development Projects Utilizing Renewable Energy  
— Chugoku Region's Small Hydropower Plant Projects Utilizing FIT Scheme —三森 八重子  
Yaeko Mitsumori

## 要 旨

中国地方には 1950～1960 年にかけて 90 基ほどの小水力発電所が建設されたが、老朽化し、大掛かりな改修工事を必要としていた。2012 年に導入された再生可能エネルギー固定価格買取制度 (FIT) を利用することで、小水力発電所を再生させ、今後も地域に便益をもたらし続けることが可能となった。本稿は、四和発電所に焦点を当て、FIT を活用した中国地方の小水力発電所による地域活性化プロジェクトを分析した。社会的投資利益率 (SROI) を使った分析から、FIT を使った改修プログラムが社会的・経済的ベネフィットを地域社会にもたらすことが示された。

## ABSTRACT

About 90 small hydropower plants were constructed in Chugoku Region between 1950 and 1960. Roughly half of these are still running. However, 50 to 60 years after their construction, many plants are out of date, requiring large-scale overhauling. Operators of these small hydropower plants have been unable to raise the necessary funds for such overhaul efforts. However, the Japanese government in 2012 introduced a Feed-in-Tariff (FIT) system for renewable energy. By utilizing the FIT system, various small hydropower plant operators in the Chugoku Region have renovated their plants, and these facilities will now be able to provide benefits to the local community over at least the next 20 years. This study focused on the Shiwa Small Hydropower Plant in Hiroshima Prefecture and analyzed the social and economic impact of a community development program utilizing small hydropower plants in the region.

キーワード：再生可能エネルギー，地域活性化，社会的・経済的インパクト分析

投稿区分：研究論文

## 1. はじめに

2011 年の東日本大震災とその後の福島第一原発事故の発生をいわゆる「3.11」以降、日本政府は原子力エネルギーに大きく依存したエネルギー政策の見直しを余儀なくされている。いまや再生可能エネルギー

の利用は焦眉の急となっている。とりわけ、温暖化ガスの排出がほとんどなく、環境への負荷が少なく、開発のポテンシャルが大きい小水力発電に大きな注目が集まっている。

本稿では、第 2 次世界大戦後に電力不足を補うため数多くの小水力発電所が建設された中国地方の小水

力発電所群に焦点を当てて、小水力発電所を利用した地域活性化プログラムのインパクトを分析する。

中国地方のこれらの小水力発電所は建設から 50 年～60 年経ち老朽化が進んでいる。一部の小水力発電所は、2012 年に導入された「再生可能エネルギー固定価格買取制度 (FIT)」のスキームを使って施設を改修して、新規のあるいは既設の発電所として地域活性化に寄与している。本研究はこの FIT が小水力発電所の再活性化プログラムに与えたインパクトを分析する。

その上で、中国地方の小水力発電所の 1 つである四和小水力発電所の事例を取り上げ、同小水力発電所の地域活性化プログラムの社会的・経済的インパクトも分析する。

本研究は欧州、米国で既に確立している SROI を使ってインパクトを測るという学術的意義に加えて、FIT を用いた地域活性化事業の社会的・経済的意義を測るという実用的な側面も兼ね備えている。

## 2. 分析手法

本研究では、小水力発電が地域にもたらす社会的および経済的インパクトを分析する。

経済的インパクトを分析する手法は、投資利益率 (ROI)、総資産利益率 (ROA)、あるいは株主資本利益率 (ROE) など既に確立した手法があるが、社会的インパクトを分析する確立した手法はあまり多くない。本研究では社会的インパクトを分析する手法として社会的投資利益率 (SROI) 手法を用いることとする。SROI とは、米国のサンフランシスコを拠点とするベンチャー・フィランソロピー・ファンド The Roberts Enterprise Development Fund (REDF) が、非営利組織によって創出される社会的価値を貨幣化するためのコンセプトとして 1996 年に開発した手法である。2004 年以降、英国の非営利系のシンクタンクや SROI ネットワークによって使われ発展した (塚本, 2014)。

経済的インパクト分析手法である ROI と異なり、収益に加えて社会的収益にも着目し、事業を評価する手法である。具体的には、事業によって創出された社会的価値を貨幣価値に換算した結果と、その価値を創出するために投じられた費用とを比較することで算出する (山口, 2012)。

計算式は以下の通りである。

計算式: SROI (社会的投資収益率) = 貨幣価値換算された社会的価値 ÷ 投入された費用

SROI では 1.0 を超えると有効あるいは効率的と判断される (公共経営・社会戦略研究所, 2015)。

## 3. 先行研究分析

本研究が研究対象とする再生可能エネルギー、とりわけ小水力発電にかかる研究論文は数多く書かれているが、その多くは技術的課題にかかるもの、あるいは経済的インパクト研究にかかるものであり、社会的インパクトを分析した論文は少ない。

### 経済分析

石川らは地域間産業連関表を使って東北地域における再生可能エネルギー (太陽光および風力発電) 導入の経済効果を分析した (石川ら, 2014)。

太田は、長野県飯田市の小水力発電所の事例に注目し、農山村地域で小水力発電を導入・普及する際の費用負担問題を分析した (太田, 2013)。

SUMIYA JORG R. & 中山は再生可能エネルギーの電源ごとの産業連鎖分析を用いて再生可能エネルギーが日本の地域にもたらす経済的效果を分析している (SUMIYA JORG R. & 中山, 2015)。

### 政策

伊藤は、持続可能な地域づくりを行おうという試みが日本の各地で実践されていることを踏まえて、日本の小水力発電の現状と意義を分析した上で、主として制度面の課題を提言している (伊藤, 2012)。

山口は、諸外国の再生可能エネルギーの導入の現状分析と政策動向を踏まえ、日本における再生可能エネルギー促進のための施策を提言している (山口肇, 2005 年)。

### SROI

上記のように SROI は 1996 年に米国の REDF によって開発され、その後英国で発展を遂げた分析手法である。

Watson K.J. & Whitley T. は SROI について、英国、欧州、米国などで社会的インパクト分析に使われている確立した分析手法であると論じた上で、非臨床の 3 つのヘルスケア関連のビルの社会的価値を SROI を使って分析した。その上で、より効果的な SROI 分析を行うための 6 つの提言を行った (Watson K.J. & Whitley T, 2016)。

Williams J. F. & Parker J. C. は廃棄物発電 (waste-to-energy = WOE) のプログラムの分析に従来の Financial Return on Investment (FROI) と SROI を使って分析を行い、WOE のようなプログラムには金銭以外のベネフィットを測ることができる SROI がより適していると結論づけている (Williams J. F. & Parker J. C, 2010)。

Kousky C. らは、SROI に注目し、災害に対する地

域コミュニティの準備活動の価値を分析するために SROI を使うことを想定し、SROI にはすべてのインプットやリターンを見極めるのが困難であるなどの限界があると指摘している。その上で、これらの課題は決して乗り越えられない課題ではなく、SROI 分析にどのぐらいの時間と資金をつぎ込むのかを前もって決定しなければならないと論じている (Kousky C. et al., 2017)。

## 4. 小水力発電とは

### 4.1 小水力発電の仕組み

一般的な水力発電は、発電所から比較的遠方にダムを建設し、ダムと発電所間の水位差による水圧と、流速で水車(タービン)を回転して発電を行う。

小水力発電も水の流れて水車を回し、発電するという基本原理は同じであるが、ダムのような大規模構造物を必要としない点が異なる(環境省ウェブサイト)。

### 4.2 小水力発電の定義

小水力発電の明確な定義は今のところない。供給者、利用者によって、異なる定義を提唱している。

国際エネルギー機関(IEA)では、国際的に合意された定義はないものの「10,000kW以下が一般的に小水力発電として受け入れられている」としている(IEAウェブサイト)。

欧州の小水力発電推進団体である欧州小水力発電協会(ESHA)は、10,000kW以下を小水力発電としている(ESHAウェブサイト)。

日本のFITは30,000kW未満までの小水力発電所を買い入れの対象としている。国土交通省は1,000kW未満を小水力発電と定義している(国土交通省水管理・国土保全局)。

日本の環境省は、「小水力発電所の厳密な定義はないが、出力1,000kW以下の小規模発電所を総称して小水力発電と呼ぶこともある」としている(環境省ウェブサイト)。

経済産業省傘下の国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は、表1のように、水力発電所を出力別に5つのカテゴリーに分

表1 NEDOによる水力発電の分類

区分	発電出力(kW)
大水力 large hydropower	100,000 以上
中水力 medium hydropower	10,000 ~ 100,000
小水力 small hydropower	1,000 ~ 10,000
ミニ水力 mini hydropower	100 ~ 1,000
マイクロ水力 micro hydropower	100以下

出典：『マイクロ水力発電導入ガイドブック』2003年、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

類している。すなわち、100,000kW以上が大水力、10,000kW～100,000kWが中水力、1,000kW～10,000kWが小水力、100kW～1,000kWがミニ水力、100kW以下がマイクロ水力である(新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO))。

小水力発電の普及を推進している「全国小水力発電利用推進協議会」は、1,000kW以下を小水力発電と定義している(全国小水力利用推進協議会ウェブサイト、「小水力の規模は何kW?」)。

上記の鑑み、本研究では1,000kW以下を小水力発電と定義する。

### 4.3 日本の小水力発電の現状とポテンシャル

経済産業省の資源エネルギー庁によると、出力1,000kW未満の小水力発電所は日本の541地点に建設されており、総出力は225,509kW、これらの発電所の総発電量は1,403,694MWhである。出力10,000kW未満までの発電所を含むと、設置拠点は1,420カ所となり、総出力は3,544,795kW、総発電量は18,790,926MWhとなる(資源エネルギー庁(2016))。

### 4.4 小水力発電の強みと弱み

小水力発電の普及を推進している「全国小水力利用推進協議会」は、小水力発電の強みを4つ挙げている(全国小水力利用推進協議会ウェブサイト、「小水力発電の特徴」)。

- 太陽光や風力と比較して安定性が高く出力変動が小さい。
- 設備利用率が50～90%と高い。
- 未利用の包蔵出力(技術的・経済的に利用可能な水力エネルギー量)が大きい。

表2 日本の既開発・未開発小水力発電

出力区分 (kW)	既開発の小水力発電		
	地点	出力 (kW)	電力量 (MWh)
1,000未満	541	225,509	1,403,694
1,000～3,000	429	764,643	4,286,082
3,000～5,000	165	620,075	3,261,349
5,000～10,000	285	1,934,568	9,839,801
計	1420	3,544,795	18,790,926

出典：出力別包蔵水力(一般水力)資源エネルギー庁ウェブサイトより。

[http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/electric/hydroelectric/database/energy\\_japan006/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/hydroelectric/database/energy_japan006/)

(d) 設置面積が少なくて済む。

一方、小水力発電にはいくつかの弱点もある（全国小水力利用推進協議会ウェブサイト、「小水力発電の特徴」）。（再掲）

(a) 設置地点が落差や流量により限定される。

(b) 水利権に関しては、歴史的経緯を含めて様々な利害が絡みあう。

(c) 複数の省庁にまたがる法的規制があり、手続きが煩雑である。

(d) 流量と落差の2要素にあったカスタムメイドの技術と機器の開発が必要。

(f) 水力独特の保安資格者を選任する義務がある（ただし出力による）。

#### 4.5 再生可能エネルギー固定価格買取制度

政府は3.11後の2012年7月にFITを導入し、電気事業者が一定期間一定の価格で再生エネルギーを購入する仕組みを作った（経済産業省ウェブサイト「なっとく！再生可能エネルギー 固定買取制度ウェブサイト」）。

FITとは、再生可能エネルギー施設で発電された電気をその地域の電力会社が一定価格で買い取ることを国が約束する制度である。発電事業者は、最初に適用された価格（固定価格）のまま一定期間、再生可能エネルギーを販売することができる（経済産業省ウェブサイト「なっとく！再生可能エネルギー 固定買取制度ウェブサイト」）。（再掲）

電気事業者が買い取りに要した費用は使用電力に比例した賦課金によって回収することとなっており、電気料金の一部として電気使用者が負担する（経済産業省ウェブサイト「なっとく！再生可能エネルギー 固定買取制度ウェブサイト」）。（再掲）

表3に示すとおり、小水力発電の買取価格は、新規の設備の場合、5,000kW以上30,000kW未満の

表3 再生可能エネルギー固定価格買取価格

新規の中小水力	5,000kW以上 30,000kW未満	1,000kW以上 5,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
調達価格	20円+税金	27円+税金	29円+税金	34円+税金
調達期間	20年間			
既設導水路活用中小水力	5,000kW以上 30,000kW未満	1,000kW以上 5,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
調達価格	12円+税金	15円+税金	21円+税金	25円+税金
調達期間	20年間			

出典：経済産業省ウェブサイト、なっとく！再生可能エネルギー 固定価格買い取り制度より。

[http://www.enechometi.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/index.html](http://www.enechometi.go.jp/category/saving_and_new/saiene/index.html)

施設で20円kWh、1,000以上5,000kW未満の施設で27円kWh、200kW以上1,000kW未満の施設で29円kWh、200kW未満の施設で34円kWhであり、買取期間は20年間である（すべて税抜き価格）。

一方、既存の水路を活用した施設の場合には、5,000kW以上30,000kW未満の施設で12円kWh、1,000kW以上5,000kW未満の施設で15円kWh、200kW以上1,000kW未満の施設で21円kWh、200kW未満の施設で25円kWhであり、買取期間は20年間である（すべて税抜き価格）。

#### 4.6 小水力発電を利用した地域活性化活動

とりわけ3.11以降、小水力発電を利用した地域活性化活動を推進する地域が増加している。

日経新聞が主催するポータルサイトである「日経スマートコンソーシアム」（2014年11月14日）は、小水力発電は「地元住民との結びつきが強い地域密着型エネルギーである」と論じている（日経スマートコンソーシアム）。

文部科学省の科学技術政策研究所（NISTEP）が発行する「科学技術動向」（2012年5月-6月号）は、「小水力発電導入実施を契機として持続可能な地域づくりを行おうという試みが各地で実践されている」と指摘している（伊藤, 2012）。

全国小水力発電利用推進協議会は、小水力発電が地域にもたらす社会的便益として、(1) 地域密着型電源であり、地域振興に生かす動きが始まっている、(2) 小水力発電所の建設が国内経済・地域経済に寄与する、(3) 安定電源である、(4) 温室効果ガス排出係数が最も小さい、(5) 雇用を創出する、の5つを挙げている（全国小水力利用推進協議会「小水力発電の特徴」）。本研究では上記の内、小水力発電所の改修工事(2)、温室効果ガスの削減(4)、雇用創出(5)、配当金支払い（地域コミュニティへの資金の流入）などを考慮し、経済的・社会的インパクトを分析する。

### 5. 中国地方の小水力発電所

#### 5.1 中国地方の小水力発電所の歴史

日本の小水力発電の歴史は古い。「日本の水力発電の歴史」（水力ドットコム）によると、日本の最初の水力発電所は1888年に完成した「三居沢発電所」（発電事業者：宮城紡績）であった。発電出力は運用開始時は5kWであった。1951年に東北電力が継承し、現在も稼働を続けており、現在は最大1,000kW、常時290kWで運転している（水力ドットコムウェブサイト）。

水力発電所は、昭和にかけ大規模化していき、大正末期からは1,000kWを超える大型の水力発電が主流となった（フォーラムエネルギーを考えるウェブサイト）。

小水力発電が再び脚光を浴びたのは、第 2 次大戦後である。敗戦により電力不足に陥った無電化村に光を灯すため小水力発電所建設が進められた。

昭和 27 (1952) 年には「農山漁村電気導入促進法」が制定され、小水力発電所建設が促進された。

中国地方にはとりわけ多くの小水力発電所が建設され、この時期中国地方には 90 ヶ所の小水力発電所が稼働していた (渡部, 2011)。

しかし電力需要の急速な増加により火力発電が主流となり、1970 年代からは、経営困難、水害による施設の破損、施設の老朽化などにより、小水力発電所は廃止されていった (藤本, 2012)。

## 5.2 現在稼働している中国地方の発電所の概要

上記のように、中国地方には 90 基近い小水力発電所が 1950 ~ 1960 年代にかけて建設され、長年にわたり電気を生み出し地域に電力を供給してきた (渡部, 2011)。

しかしながら、それら小水力発電所の施設は老朽化し、大掛かりな改修工事を必要としている (広島県再生可能エネルギー推進検討会, 2013)。

JA など小水力発電所の運営団体で作る「中国小水力発電協会」が 2006 年に調査したところ当時稼働中の 53 ヶ所の小水力発電所のうち 26 ヶ所が赤字に陥っていた。改修費用は数千万円ほどかかる一方、売電価格は 1 キロワット時当たり 9 円程度に抑えられていたからだ (沖, 2012)。

一方、発電所を改修する費用がないからといって発電所を廃止することもままならない状況に陥っていた。廃止するためには土地を原状回復する必要があるからだ (藤本, 2012)。

FIT が導入された 2012 年 7 月当時の中国地方の小水力発電所は、以下の問題を抱えていた。

- (a) 小水力発電所の施設が建設されてから 50 ~ 60 年たっており、老朽化により、発電所の運転の継続が危ぶまれていた。
- (b) FIT が導入された当初は、FIT は新規の小水力発電所施設のみを対象としており、FIT 適用も困難であった。
- (c) 発電所を廃止する場合には、現地の原状回復が求められ、原状回復には多額の資金が必要とされるため、廃止もままならなかった。

ところが 2014 年に FIT 規定が一部改正になり、(条件を満たした) 既存の施設にも FIT が適用されるようになったことで、中国地方の老朽化した小水力発電所も、一部改修工事を行うことで FIT 適用施設として、発電所の操業を続けることが可能となった (石田, 2015)。

## 5.3 FIT による小水力発電の活用

2017 年 1 月現在、稼働している中国地方の小水力発電所は 50 基で、発電能力の合計は 10,066kW である。上記の FIT の規制緩和により、新規小水力発電所の要件が明確化され、新規・既存の小水力発電所の区分ができ、小水力発電の改修計画が進んだ。

上記 50 基のうち、すでに改修工事が終了し、新設の小水力発電所として、運転が開始された小水力発電所が 10 基、新設の小水力発電所として認定を受けた小水力発電所が 20 基ある。そのほか、既設の小水力発電所として認定を受けた小水力発電所が 2 基ある。残りの 18 基が、現在 FIT 対応を検討中である。その多くは、発電の能力が 120 ~ 130kW の小型の小水力発電所である。

120kW の小水力発電が FIT の新設発電所として認定された場合、年間発電量は 735,840kWh となる。

$$\text{計算式: } 120\text{kW} \times 24 \times 365 \times 0.7 = 735,840 \text{ kWh (1)}$$

上記の計算式 (1) で、0.7 をかけるのは、小水力発電の発電効率が 70% ほどであるからである。

120kW の場合 FIT による売電価格は 34 円 /kWh なので年間売上高は 25,018,560 円ほどとなる。

$$\text{計算式: } 735,840 \times 34 \text{ 円} = 25,018,560 \text{ 円 (2)}$$

計算上では年間 2,500 万円ほどの売り上げが想定され、FIT の買取期間の 20 年間では 5 億円ほどになる見通しだ。

仮に、これだけの売電収入が確保されれば、水車や発動機の買い入れや、水車小屋や一部の水管を工事するとしても、十分に借入金を返済できる見通しが立つと考えられる (実際のところ、必要経費は各発電所のデザイン、環境、稼働年数などによって異なる)。

一方、発電能力 120kW 以下の発電所では、多額の借入れをして大掛かりな改修をしても、返済の見通しがつかず、改修工事に着手できない可能性がある。

## 6. 四和発電所

前項では中国地方の小水力発電所を概観した。

本項では、そのインパクトを分析するため、中国地方の小水力発電所の 1 つである四和発電所に焦点を絞り、より詳細な分析を試みる。

四和発電所は 1950 ~ 1960 年代にかけて中国地方に建設された 90 基ほどの小水力発電所の一つであり、1961 年に運転を開始した。上記で説明したように中国地方の多くの小水力発電所の施設が老朽化し、大掛かりな改修工事を必要としているのだが、売電価格が 1 キロワット時当たり 9 円程度に抑えられているため、改修工事に必要な費用が準備できず、その一方、原状回復工事に必要な費用も工面できないという問題を抱えていた。そのような状況の下、同発電所は FIT を利用することで多額の費用を伴う改修工事を行うめ

表 4 四和発電所のスペック

事業者	四和電化組合
発電所名	四和発電所
河川名	小瀬川
発電出力	180 kW
有効落差	25 m
使用水量	0.97m <sup>3</sup>
水車型式	横軸フランシス(イームル工業)
発電機	三相誘導発電機 水車 HFT(明電舎)
発電開始年月	昭和36年4月

出典：JA 広島より入手

どが立ち、引き続き発電所運営を継続できる見通しがついた。そのため、分析事例としてふさわしいと判断した。

### 6.1 四和小水力発電所の概要

四和小水力発電所は、広島県廿日市市栗栖にある「四和電化農業協同組合」が運営する小規模の発電所で、小瀬川の水を取水して発電している。四和発電所は、1952年に制定された「農山漁村電気導入促進法」に基づいて建設されたもので、電気が十分に供給されていなかった農村部に小瀬川の水資源を生かして電気を供給することを目的に設置された。

### 6.2 四和小水力発電所スペック

四和小水力発電所は、四和電化農業協同組合が事業者となり 1961年4月に運転を開始した [注 1]。

四和小水力発電所のスペックは表 4 の通りである。

### 6.3 四和発電所ビジネスモデル

老朽化の進む四和小水力発電所は、中国電力の子会社である株式会社エネルギー・ソリューション・アンド・サービス (ESS) から融資を受けて、大型の改修工事を行うこととした。融資額は 3 億円である。

四和小水力発電所は ESS からの 3 億円の借入金を使い、発電所内の機器および水管を改修する。加えて、四和小水力発電所の資金 (金融機関からの借入金) を使って、外部の水路を改修する。現在の発電所の建物 (水車小屋) はそのまま利用する。発電所の内部の発電関連機器 (水車、発電機、変電機、コントローラーなど) を取り換えるほか、水圧管を改修する。

改修後の発電所は、「新規の発電所」の認定を受けて、FIT のスキームに乗せて中国電力に売電する。売電価格は 180kW の発電所なので、34 円 kWh となる。

発電事業者は四和電化農業協同組合であり、四和電化農業協同組合が中国電力に売電し売電収入を得る。四和電化農業協同組合は、売電収入から 20 年にわたり均等割りで ESS へ借入金を返済する。FIT 買取期間が終了する 20 年後には、ESS が償却済みの発電施設

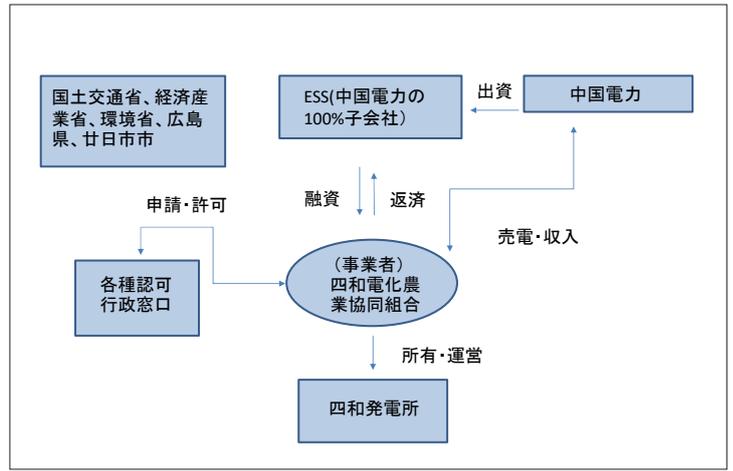


図 1 四和発電所のビジネスモデル

出典：ヒアリングを基に筆者が作成

を簿価で四和電化農業協同組合に売却する (およそ 5,000 万円の見込み)。

同発電所のビジネスモデルの模式図を図 1 に示す。

### 6.4 四和発電所の分析

四和小水力発電所は、ESS から出資を仰ぎ、大型の改修工事を行うことで、FIT のスキームに乗せて中国電力に売電を行い、20 年間、定額の売電収入を得ることで今後も長期的に小水力発電を運営することが可能となった。

小水力発電所の大規模な改修工事は、水車や発電機、コントローラーの購入および一部の水路工事に絞ったとしても億単位の資金が必要とされる。従来の売電価格 (中国電力へ 9 円程度 kWh で売電) による売電収入では、上記の多額な改修費用を賄うために金融機関などから融資を受けることは難しいと思われる。

また、上記のように、小水力発電所を廃止するとなると、原状回復が求められそれにも億円単位のコストがかかることが想定され、従来のスキームではそれを選択することも不可能であった。

今回 FIT のスキームに乗せることで、下記 (a) ~ (d) の 4 条件が確保された。

- (a) 売電価格が (従来の 9 円程度 kWh から) 34 円 kWh に設定された。
- (b) 20 年間一定の売電収入が確保された。
- (c) ESS から資金を調達することができた。
- (d) 20 年後には、ESS から発電所施設を (償却済み価格で) 買い取ることができるようになった。

これらにより、大型の改修工事費用を賄うことができ、これにより今後少なくとも 20 年間は小水力発電所の維持が可能となった。加えて、四和小水力発電所は発電所の管理のため、管理人を雇用しているが、同スキームを取り入れることで、管理人の雇用のコスト

表5 四和発電所の改修コスト分析

動産/不動産	内訳	単位(百万円)
動産	水車/発電機	100
	鉄管工事	30
	周辺機器(変圧器)	100
	コンサルタント料	30
	その他	40
	小計	300
不動産	水路	20
	基盤工事	10
	小計	30
合計		330

出典：ヒアリングより筆者が作成

表6 四和発電所のランニングコスト分析

	月額コスト	年間コスト
人件費	25万円	300万円
配当金	(年間出資金380万円(7%))	26万円
漁業補償金		5万円
合計		331万円

出典：ヒアリングより筆者が作成

が確保できた。

四和小水力発電所を運用している四和電化組合は、地域住民が組合員となって設立された。今回のスキームを取り入れることで、組合員への配当金を引き続き支払うことが可能となった。

## 6.5 ロジックモデル分析

上記のように本研究では四和発電所の改修工事がもたらすインパクトを分析するために SROI を使う。SROI 分析で使う項目を抽出するためにまずロジックモデル分析を行った。

戦略を「老朽化した四和発電所を、ESS からの借入金を使って改修し、FIT 適用とする」とし、想定事項を「ESS からの借入金を使い四和発電所を改修し、FIT 適用施設とする。FIT 価格による売電収入の一部を将来の改修資金として積むことで、四和発電所を持続可能な水力発電所とする」として資源、活動、アウトプット、アウトカムを分析した。そこから、以下の4項目のインパクトが抽出された。

- ①改修工事により FIT 適合施設とすることで、四和発電所の継続運用が可能となり、引き続き温暖化ガス抑制に貢献。
- ②改修工事により FIT 適合施設となり、電化農業組合員へ配当金を継続して支払うことができる。その結果、地域経済が活性化される。
- ③ FIT 適合施設とすることで、売電収入が現在の9円/kWh から34円/kWh へ引き上げられ、ESS への返済金(3億円)、運転コスト(改修積立金、人件費、配当金、災害保険、漁業補償金等)を差

表7 四和発電所の地元コミュニティへのインパクト分析

インプット	インパクト	20年間合計(万円)
発電所建設費用	(当初3億3千万円)	
運転コスト	331万円/年間	6620
	インプットからのインパクト合計	39620
アウトプット	インパクト	
CO2削減効果	CO2削減効果 646万円/年間	12920
売電収入(34円/kwh)	年間の売電収入 3753万円/年間	75060
地元経済への還元	配当金 26万円・年間	520
	アウトプットからのインパクト合計	88500

出典：ヒアリングより筆者が作成

し引いても手元に4億円弱が残ることになる。それによって将来、必要となる四和発電所の改修コストとして資金を積み立てることができる。

- ④四和発電所の継続運用によって、引き続き地元雇用を生み出すことができる。

## 6.6 コミュニティへのインパクトの分析

次に四和発電所の改修工事によるコミュニティへの社会的・経済的インパクトについて社会的投資利益率(SROI)手法を用いて分析した。

上記示したように、SROI の計算式は以下の通りである。

計算式：SROI (社会的投資収益率) = 貨幣価値換算された社会的価値 ÷ 投入された費用

SROI では 1.0 を超えると有効あるいは効率的と判断される(公共経営・社会戦略研究所, 2015)。

四和発電所の地元コミュニティへのインパクトを、期間を20年に設定して分析することとした。20年としたのはFITの買取期間が20年と設定されているからである。

インパクト分析の結果、インプットは、改修費用(3億3,000万円)および運転コスト(年間331万円)となった。またアウトプットとしては、温暖化ガスの削減効果(年間594トン削減)、売電収入(34円/kWhとして計算)、および組合員への配当金支払い(年間26万円)が計上された。今回の事例ではFITをベースとしたビジネスモデルとなっており、FITにより売電収入が20年間固定されるため割引率を使った現在価値を使っていない。

その結果、SROIは2.23となり、同プログラムはコミュニティに便益をもたらすことが示された。

尚、SROI分析ではプロジェクトやプログラムによっては「機会損失比率」[注2]を設定するあるいは「置換比率」[注3]を設定するなどのステップを導入することがあるが、本研究では該当しないためこれらの作業は行わない。

## 7. 結論

中国地方には 1950～1960 年代にかけて 90 基近い小水力発電所が建設され、そのうち 50 基が現在も稼働を続けている。これらの小水力発電所はこの間地域に電気と売電収入を与え続けてきた。すでに建設から 50～60 年がたち、施設の老朽化が進み、大型の改修工事が焦眉の急であった。

しかしながら従来の、相対での売電交渉による売電価格では、改修工事の資金を賄うことができなかった。2012 年に FIT が導入されたことで、これらの老朽化した小水力発電所の一部は、FIT のスキームをつかって大型の改修工事を行うことが可能となった。現在までに 32 基の小水力発電所が、FIT のスキームを利用して改修を行い、少なくとも今後 20 年間は従来通り地域住民にベネフィットを与え続けることが可能となった。

四和発電所を使ったより詳細な分析で FIT を使った改修プログラムが、社会的・経済的ベネフィットを地域社会にもたらすことが示された。

## 8. 限界

FIT は 2012 年 7 月に導入された仕組みであるが、FIT による再生可能エネルギーの買取価格は定期に見直しが行われてきた。これまで小水力発電の買取価格が引き下げられたことはないが、今後小水力発電の買取価格の引き下げが全くないとは言い切れない。

太陽光発電や風力発電については系統接続への制限が実施されている地域がある。小水力発電についてはこれまで接続制限が実施されたケースはないが、今後接続制限が行われることが全くないとは言い切れない。

四和発電所は第 2 次大戦後に日本が電力不足に陥った際、不足する電気を賄う目的で地域に創設された電化農協により建設され、今日に至る。電化率が 100% 近くに達した今日の日本にあっては、電化農協に替わる自治体やコミュニティが地域活性化の目的で小水力発電所を建設し、運営し、多様なプログラムを推進するケースが多い。

(みつもり やえこ)

[注]

- [1] 当初は JA により建設されたが、その後四和電化農業協同組合が買い取った。
- [2] 当該事業が行われなかった場合においても同じ効果が生じたであろう割合。
- [3] 同じ効果を生じさせるほかの活動に置き換えられる割合。

《引用・参考文献》

- ・ ESHA ウェブサイト  
<https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/partners/european-small-hydropower-association-0>  
(2018 年 12 月 28 日確認)。
- ・ フォーラムエネルギーを考えるウェブサイト (2013) 「北アルプスからの恵みを生かした発電と、自然を維持し続ける試み」 2013 年 11 月 20 日。  
<http://www.ett.gr.jp/feature/vol013.html>
- ・ 藤本穰彦, 皆田 潔, 島谷 幸宏 (2012) 「中国地方の小水力エネルギー利用に観る自然エネルギーに基づく地域づくりの思想」、島根県中山間地域研究センター研究報告, 8 31-38, pp.31-34 (2012 年 7 月)。
- ・ 広島県再生可能エネルギー推進検討会 (2013) 「広島県再生可能エネルギー推進検討会報告書」, p.29, (2013 年 2 月)。
- ・ IEA ウェブサイト, “IEA Small Hydropower”,  
<http://www.small-hydro.com/About/small-scale-hydrpower.aspx> (2018 年 12 月 28 日確認)。
- ・ 石田雅也 (2015) 「既設の水路を生かして小水力発電, 発電設備を更新すれば買取制度で認定」, 2015 年 07 月 10 日, <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1507/10/news026.html>。
- ・ 伊藤康 (2012) 「小水力発電の現状・意義と普及のための制度面での課題」『科学技術動向』, 文部科学省科学技術政策研究所, p.14, (2012 年 5 月 -6 月)。
- ・ 石川良文ら (2012) 「東北地域における再生可能エネルギー導入の経済効果: 地域間産業連関表による太陽光発電・風力発電導入の分析」, RIETI Policy Discussion Paper Series, 独立行政法人経済産業研究所 (RIETI) 2012 年 7 月 全 29 ページ。
- ・ 環境省ウェブサイト, 「小水力発電情報サイト 小水力発電の仕組み」, <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/shg/page02.html> (2018 年 12 月 28 日確認)。
- ・ 環境省ウェブサイト, 「小水力発電情報サイト 小水力発電とは…?」, <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/shg/page01.html> (2018 年 12 月 28 日確認)。

- ・経済産業省ウェブサイト、「なっとく！再生可能エネルギー 固定買取制度ウェブサイト」, [http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/) (2018年12月28日確認)。
  - ・公共経営・社会戦略研究所 (2015) 「エフピコ：クックチャム：北海道芽室町：九神ファームめむろ協働による障害者雇用創出事業、社会インパクト評価レポート」、p.29 (2015年9月30日)。
  - ・国土交通省水管理・国土保全局 (2016) 「小水力発電設置のための手引き」、p.4, (2016年3月)。
  - ・Kousky C. et al., (2017) “Social Return on Investment Analysis and Its Applicability to Community Preparedness Activities: Calculating Costs and Returns,” Discussion Paper, Resources for the Future, 2017, totally 27 pages.
  - ・日経スマートコンソーシアム (2014) 「小水力発電で地域を元気に～みなおされる懐かしくて新しい地域密着型エネルギー」日経新聞ポータルサイト、(2014年11月14日)。 [http://bizgate.nikkei.co.jp/smartcity/technology/001807\\_6.html](http://bizgate.nikkei.co.jp/smartcity/technology/001807_6.html)
  - ・沖武宏 (2012) 「中国地方の小水力発電その歴史と課題」、イームル工業株式会社発表資料。2012年11月5日。
  - ・太田隆之 (2013) 「農山村地域で小水力発電を導入・普及する際の費用負担問題－長野県内の動向を手がかりに－」、静岡大学経済研究、2013年2月, Vol. 17 No. 4 pp.221-245
  - ・新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (2003) 「マイクロ水力発電導入ガイドブック」2003年。
  - ・資源エネルギー庁 (2016)、既開発の小水力発電所 (2016年3月31日)。
  - ・水力ドットコムウェブサイト、「日本の水力発電の歴史」、 <http://www.suiryoku.com/history/m20.html> (2018年12月28日確認)。
  - ・SUMIYA JORG R. & 中山琢夫 (2015) 「再生可能エネルギーが地域にもたらす経済効果－電源ごとの産業連鎖分析を用いた試算モデル」 Discussion Paper Series No. 25, Research Center for Innovation Management, Ritsumeikan University, 2015年4月, 全29ページ⑩。
  - ・塚本一郎 (2014) 「Social Return on Investment とは何か?」、株式会社公共経営・社会戦略研究所 総括研究員、2014年9月20日。
  - ・渡部喜智 (2011) 「農協等の取り組む小水力発電事業への期待と課題」、農林中金総合研究所 (2011年8月)。
  - ・Watson K.J. & Whitley T. (2016) “Applying Social Return on Investment (SROI) to the built environment,” Building Research & Information by Routledge, Vol. 45, No. 8, Sept. 2016, pp.875-891
  - ・Williams J. F. & Parker J. C. (2010) , “Measuring the sustainable return on investment (SROI) of waste to energy,” Proceedings of the 18th annual North American waste-to-energy conference (NAWTEC18), May 11-13, 2010, Orlando Florida, U.S.A. pp. 173-191
  - ・山口高弘 (2012) 「ソーシャルイノベーションの加速に向けた SROI と SIB 活用のススメ」、NRI パブリックマネジメントレビュー、株式会社野村総合研究所、vol.103, pp.1-2, (2012年2月)。
  - ・山口肇 (2005) (「再生可能エネルギーに関する政策動向と今後の展望」外国の立法、国立国会図書館調査立法考査局、2005年8月、全21ページ
  - ・全国小水力利用推進協議会ウェブサイト、「小水力の規模は何kW?」、 <http://j-water.org/about/#about01> (2018年12月28日確認)。
  - ・全国小水力利用推進協議会ウェブサイト、「小水力発電の特徴」、 <http://j-water.org/about/#about03> (2018年12月28日確認)。
- 謝辞：今回ヒアリングにご取材に協力いただいた JA 広島中央会事務局の土井崇司氏、四和電化協同組合代表理事の竹中三千穂氏、ならびに同組合の事務局の黒田氏にこの場を借りて謝意を表したい。