

再生可能エネルギー発電をマネジメントする —中国地方の農協小水力を事例に—

本田 恭子*

[キーワード]: 再生可能エネルギー, 小水力発電,
コミュニティ, 農業協同組合 (JA),
地域資源管理

1. はじめに

わが国の一次エネルギー国内供給は、東日本大震災以降の原子力発電所の稼働率低下などにより現在 $19 \times 10^{18} \text{J}$ と、東日本大震災以前の水準 ($22 \times 10^{18} \text{J}$) に比べ 10% 以上低下しており (図 1)、昨今の電力需要逼迫の一因となっている。2020 年度の冬季には、寒波による電力需要の大幅増と LNG (液化天然ガス) 在庫の減少に伴う LNG 火力発電の抑制から、電力の市場価格は前年の同時期に比べて 10 倍以上に跳ね上がり、2022 年 3 月には「電力需給ひっ迫警報」が 2012 年の運用開始以降、初めて発出された。一次エネルギー国内供給に占める化石燃料の割合 (化石エネルギー依存度) は 88.6% で (資源エネルギー庁, 2021a)、化石燃料のほとんどを輸入に頼っているため、わが国のエネルギー供給は世界情勢に左右されやすい。また、少数の大規模な発電所に依存しているため、自然災

害の影響も受けやすい。2018 年の北海道胆振東部地震では、道内の電力需要の 1/3 をまかなっていた火力発電所の緊急停止により大規模な停電 (ブラックアウト) が発生した。このように、わが国のエネルギー供給体制は脆弱であり、電源の多様化と分散化を含むエネルギー改革はまさに喫緊の課題である。

この問題に対しては、安定的な資源確保や徹底した省エネなどとともに、再生可能エネルギー (以下、「再エネ」) の主力電源化が重要な政策目標として掲げられている。第 6 次エネルギー基本計画では、再エネの 2030 年度の電源構成の目標値は 36~38% と、現在のおよそ 3 倍に設定されている。再エネの 1kWh あたりのライフサイクル CO₂ 排出量は火力発電の数十分の一である (今村ら, 2016) ことから、再エネの主力電源化は、エネルギー安全保障や災害に対するレジリエンスの向上に寄与するだけでなく、カーボンニュートラルの実現にも不可欠である。

2. 小水力発電の可能性

再エネで最も身近なものは太陽光発電 (以下、「太陽光」) であろう。太陽光は 2012 年に再エネの固定価格買取制度 (Feed-in Tariff, 以下、「FIT」) が導入されて以降急激に増加し、今や電源構成の約 8% を占めるまでに至った。しかし、夜間に発電ができず、発電量も季節や天候に大きく左右されることから、太陽光はベースロード電源 (安価で昼夜、季節を問わず安定的に発電できる電源) にはなれないという根本的な問題が存在する。これに対して小規模な水力発電 (以下、「小水力」¹⁾) は一定量を安定的に発電できるために、ベースロード電源になり得る。また、1kWh あたりのライフサイクル CO₂ 排出量も太陽光発電に比べて 1/3 以下であり (今村ら, 2016)、

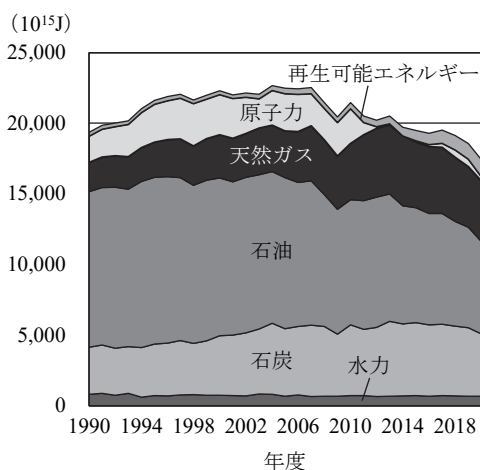


図 1 日本の一次エネルギー国内供給の推移

1) 小水力発電の規模に関する国際的な定義は存在しないものの、最大出力 10MW 以下がもっとも広く受け入れられている (Paish, 2002)。一方で、日本では再生可能エネルギー関連法案において、最大出力 1,000kW 以下の水力発電と定義されている。

よりクリーンな電源である。

小水力は大規模な水力発電とは異なりダムを造成する必要がないことから、一般電気事業者（電力会社）以外の多様な事業主体が参画できる。一方で、太陽光と異なり水利権の取得が不可欠であるため、地域住民の理解が欠かせない。つまり、小水力のエネルギー源である、地域住民が長年守り続けてきた河川水やそれを涵養してきた森林を、地域住民を置き去りにして利用することはできない。よって、小水力は太陽光と異なり、地域住民が何らかのかたちでかかわり、小水力から得られる利益が地域社会に還元されるしくみを作りやすく、衰退しつつある農山村の再生にも貢献が期待できる。小水力の開発ポテンシャルは 10MW 以下までを含めると約 900 万 kW であり（株式会社エクス都市研究所・アジア航測株式会社，2020），これは原子力発電所 1 基の平均が一般的に 100 万 kW とされることから、原子力発電所 9 基分に相当する。このように、小水力は分散型のベースロード電源になり得ること、地域再生の核となりうること、そして今後の開発ポテンシャルが大きいことから、次世代の主力候補として近年注目を集めている。

本稿では、小水力が今後普及するためにはコスト面での検証が不可欠であることから、中国地方の農業協同組合（以下、「農協」）から格別のご厚意で提供いただいた小水力発電所の収支データの分析を通して、再エネ発電事業のマネジメントの実態を明らかにする。

2. 中国地方の農協小水力 —その特徴と先進性—

本題に入る前に、本稿が取り上げる中国地方の小水力発電について説明したい。一般的に、小水力発電所は電力会社や地方自治体が所有していることが多いのに対して、中国地方には農協が建設した小水力発電所（以下、「農協小水力」）²⁾ が一定数存在する。これらは、1952 年の農山漁村電気導入促進法にもとづいて、おもに 1950、60 年代に集中的に建設された。また、これらはすべて発電目的で水利使用許可を得ており、水路や堰堤などの施設も発電専

用のものである。

1950、60 年代に農協による小水力発電所の建設が盛んになった背景には、この運動を主導した織田史郎の役割がきわめて大きい³⁾。現在の中国電力の元役員であった織田は、戦後の復興には農村主導型の小水力発電が欠かせないと考え、農山漁村電気導入促進法の制定に尽力するかたわら、発電所の調査・設計から安価な水車製造までを担う企業を立ち上げ、各地の農協をサポートした（本田，2020）。企業活動を通じて社会貢献を実現した織田の活動は、ソーシャルビジネスの先駆けであった。また、近年再エネの望ましい導入のあり方として、地域主導と地域貢献を特徴とする「コミュニティ・エネルギー」（室田，2013）が注目されている。中国地方の農協小水力は地域ぐるみで建設され、さまざまなかたちで地域に還元してきた（本田ら，2017）ことから、日本におけるコミュニティ・エネルギーの先駆的事例といえる。

3. 研究の方法

(1) 調査対象事例とデータの概要

本稿の対象事例は中国山地に位置する A 発電所である。砂防えん堤を活用したダム水路式の発電所で最大出力約 500kW であり、発電電力の全量が中国電力株式会社（以下、「中国電力」）に販売されている。総事業費は当時価格で約 92,000 千円であり、土木工事費が 7 割を占める。農山漁村電気導入促進法にもとづき、総事業費の約 8 割を農林漁業金融公庫からの借入金でまかなっている。建設当時の事業者は B 町農協であったが、2 度の合併を経て、現在は C 農協が所有している。

分析に用いたデータは 1964～1971、1975 年度の A 発電所収支決算書と 1972～74 年度および 1976～1997 年度の B 町農協総代会提出議案の財務諸表から作成した⁴⁾。

3) 織田史郎の功績については、沖（2011）などを参照されたい。
4) データ作成にあたって、旧 B 町農協元役員および元職員、C 農協職員（発電所の維持管理業務担当者および会計業務担当者）への聞き取り調査を行った（2015～2016 年、2018 年に 3 回実施）。2 つの資料のうち、収支決算書は中国電力との売電単価交渉の資料として作成されたものである。そのため、農協組合員への報告用に作成された財務諸表には計上されていない科目（例：災害補償金引当繰入、管理部門費、部内共通費）が費用に含まれている。これらの科目は財務諸表からの作成が困難であることから、費用から省いた。また、運搬費や通信費、水道光熱費は財務諸表にのみ記載されているが、これらの合計額が費用全体に占める割合は 0.5～1.6%とわずかであるため、「その他」の項目に含めている。なお、支払利息や保険料、減価償却費の算定方法も異なり、収支決算書の方で費用が多く見積られる傾向があった。

2) ただし、現存する農協小水力のなかには、農協合併を契機として市町村や住民出資の協同組合（電化農業協同組合）が発電所の運営を引き継いだケースが存在する。農協小水力の近年の動向については、本田（2020）を参照されたい。

(2) 分析の手順

まず収支の推移と費用の項目別の推移を整理し、次に事業性評価を行った。費用は秋山(1980)の4項目(人件費, 借入金利息, 減価償却費, その他)に修繕費を追加した5項目で整理した。これは, 1980年代後半より修繕費が増加していることをふまえたものである。

発電事業の事業性評価については, FIT以前より小水力発電事業計画の導入可否を判断するため, さまざまな手法が提案されてきた(例: 投資回収年数や建設単価法, 費用便益法, 発電原価)。これらのうち, 本稿では投資回収年数を用いる。投資回収年数とは, 各年度の収支の累積額が初期投資額(建設工事費)を上回るまでに要する年数のことであり, 他の手法と比べて事業自体の経済性を評価できる点で優れている(資源エネルギー庁・新エネルギー財団, 2005)。投資回収年数の参考値としては, 電気業用電力発電設備の法定耐用年数22年(資源エネルギー庁・新エネルギー財団, 2005)や融資借入期間(沖縄県, 2007)などがある。

4. 収支データの分析からみる 小水力マネジメントの実態

(1) 収支の内訳

図2にA発電所の収支の推移を示す。収入は短期的には変動しつつも長期的には増加傾向にある。費用は稼働12年目の1976年をピークに緩やかに減少しているが, 1993年のみ1976年を上回る。単年度

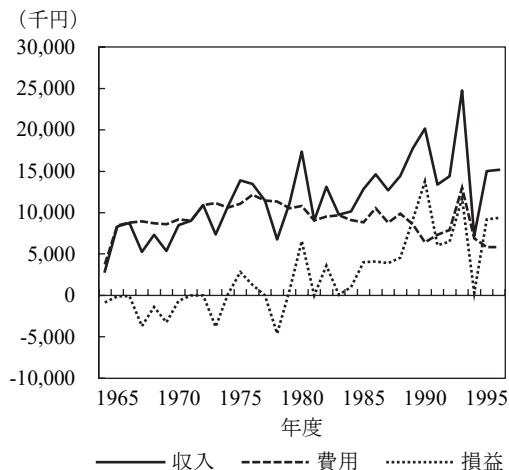


図2 A発電所の収支の推移(1964~1996年度)

注: 1975, 1977~1984, 1992年度は売電単価のデータがないため, 年間の売電料金を発電電力量で除して売電単価とした。1993年度以降は発電電力量と売電単価のデータ自体が存在しない。

で初めて黒字を計上したのは1974年(稼働11年目), 累積赤字解消年は1985年度(稼働22年目)である。1985年度以降は常に黒字である。

次に, 図3に年間の発電電力量と売電単価を示す。年間の発電電力量については, 1980年頃までは年毎の変動が大きいものの, 長期的には減少傾向にある。売電単価は1970年頃までは3円/kWhであったが, 1975年頃から増加し, 1989年に10円/kWh台へ到達している。つまり, 1975年以降の収入増加は発電電力量の増加ではなく, 売電単価の上昇に起因している。

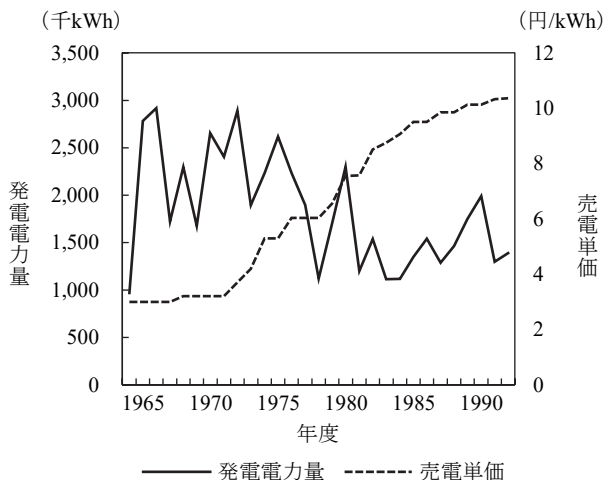


図3 A発電所の発電電力量と売電単価の推移(1964~1992年度)

売電単価向上の背景として、石油危機以降の水力発電への再評価の動きと売電単価交渉に対する農協と地域の積極的な取り組みが指摘できる。このうち後者に関して、中国地方の農協小水力は中国電力と売電単価の集団交渉を行っており、中国電力との交渉経験を持つ JA 広島中央会が事務局として交渉にあたってきている。加えて、当時の事業者であった旧 B 町農協は A 発電所の経営が厳しかったこともあり、旧 B 町町会議員の協力も得て、単独でも中国電力に働きかけを行っていた。(以上、旧 B 町農協元役員、元職員への聞き取り調査結果)。これ以外にも旧 B 町は資金調達時の債務保証を行うなど、A 発電所の建設に多大な支援を行っていた(旧 B 町農協内部資料より)。

また、A 発電所が稼働開始直後より損失を出していた理由は水量不足にある。当初の計画では、年間発電電力量を 3,622 千 kWh、売電料単価 3 円と想定していた。しかし、図 2 のとおり、電力量が当初の計画を上回った年は一度もない。これは、計画時の想定よりも雨量が少なく、度々干ばつが発生していたことによる(B 町農協元職員への聞き取り調査結果)。そのため、1970 年代には、職員総出で水路の清掃を行い、山中の小川から水路に水を引き入れるなどの水量確保対策が熱心に行われた。

続いて、表 1 に 5 年ごとの費用の項目別平均とその割合を示した。人件費が 1980 年度以降大幅に減少している点と修繕費が 1985 年度以降大幅に増加している点の特徴である。なかでも修繕費の割合は、1985 年度以降、20%前後まで増えている。人件費の削減は、維持管理業務に従事する職員数を減らしたり、職員が発電所以外の業務も担当したりするなどの対策が取られた結果である(旧 B 町農協職員への

聞き取り調査結果)。このような形での人件費削減は、多様な事業を営む総合農協だからこそ実現できたといえる。また、修繕費の増大は、設備の老朽化と自然災害によるものである。A 発電所の発電設備は 1986 年に法定耐用年数 22 年を迎えており、維持管理業務担当者によれば、1980 年代後半より豪雨が増加してきている。その結果、少なくとも 1980 年代後半に水路を 2 度、水車を 1 度修繕し、1990 年代には水路を 1 度、発電機を 1 度修繕している。

(2) 事業性評価

A 発電所はデータの最終年度では総工事費 92,000 千円を回収できていないものの、かりに、1997 年以降の損益を 1990~1996 年度の平均値とすると、投資回収年は 1998 年、投資回収年数は 34 年となる。また、A 発電所は 2010 年代前半までは稼働している。よって、A 発電所は水力発電設備の法定耐用年数は超過したものの初期投資額を回収し、その後 10 年以上収益を生み出していたことがわかる。

A 発電所の売電単価は最高でも 10 円前後である。FIT の買取価格 29 円(2022 年度、200kW 以上 1,000kW 未満)と比べてはるかに低い価格でも採算が取れた理由として、当時の工事費の安さがあげられる。一般的な小水力発電所の現在の建設費は 800~1,000 千円/kW とされる(資源エネルギー庁、2021b)ことから、A 発電所と同規模の発電所を建設しようとするに 4~5 億円かかると推定される。よって、今日小水力の採算性を確保するためには、売電単価を 10 円よりもっと高く設定する必要はあろう。しかし、このことを考慮したとしても、A 発電所の事例からは、FIT の買取価格ほど高くはなくても適切な売電単価が設定されれば、小水力が事業として現在でも成立しうることが示唆される。

表 1 費用の項目別平均と構成比の推移 (単位：千円)

年度	人件費	借入金利息	減価償却費	修繕費	その他	合計
1964~69	1,176(15%)	3,219(41%)	2,884(37%)	156(2%)	454(6%)	7,889(100%)
1970~74	1,617(16%)	4,738(47%)	2,711(27%)	119(1%)	996(10%)	10,181(100%)
1975~79	1,206(11%)	3,790(33%)	5,075(45%)	212(2%)	1,044(9%)	11,326(100%)
1980~84	390(4%)	3,288(34%)	4,598(48%)	379(4%)	983(10%)	9,638(100%)
1985~89	548(6%)	2,896(31%)	3,301(35%)	1,813(19%)	777(8%)	9,334(100%)
1990~96	639(8%)	1,611(21%)	2,754(36%)	1,967(26%)	631(8%)	7,602(100%)
全期間	919(10%)	3,156(34%)	3,485(38%)	828(9%)	792(9%)	9,180(100%)

注：5 年ごとの平均値としているが、稼働開始年度(1964 年度)は 1965~69 年度に、データの最終年度(1996 年度)は 1990~1995 年度に含めている。

5. おわりに

A 発電所は、稼働当初は厳しい運営を迫られたものの、1990年代末には初期投資を回収し、その後10年以上収益を生み出すことができている。FITの買取価格ほどではなくとも相応の単価さえ設定されれば、小水力は長期間にわたり一定の収益が見込める事業となりえる。

FITが存在しない時代に、電力会社でも自治体でもない、地域の事業者による小水力が長期間継続した事実をもっと広く知られてよい。A 発電所の事例では売電単価向上と人件費削減が黒字化に寄与していた。ただし、人件費削減は、事業者が総合農協であることの強みを活かしたものである。よって、再エネ事業のみを営む事業主体には、このような大幅な人件費削減は難しく、その点は売電単価を設定する際に留意する必要がある。また、災害が激甚化すると、修繕費は増大することから、今後はその対応も課題となる可能性がある。

付記

本稿は、本田(2017)をもとに追加調査を行って大幅に加筆修正したものである。また、本稿は2015年度生協総研賞助成事業およびJSPS科学研究費16K21182, 19K20506の助成を受けている。聞き取り調査へのご協力ならびに貴重な資料のご提供をいただいた旧B町農協およびC農協の皆様へ深くお礼を申し上げます。

引用文献

秋山武 1980. 農協小水力発電の歴史と問題点, 協同組合経営研究月報 323: 55-68.

- 今村栄一・井内正直・坂東茂 2016. 電力中央研究所報告 日本における発電技術のライフサイクル CO₂ 排出量総合評価, <https://criepi.denken.or.jp/hokokusho/pb/reportDownload?reportNoUkCode=Y06&tenpuTypeCode=30&seqNo=1&reportId=8713> (参照 2022.11.21).
- 本田恭子 2017. 中国地方の小水力発電を支えたローカル・ガバナンス, 生協総研賞・第13回助成事業研究論文集: 25-41.
- 本田恭子 2020. コミュニティ・エネルギーを体現する地域社会の形成. 小林久編著, 再エネで地域社会をデザインする, 京都大学学術出版会, 京都, 187-233.
- 本田恭子・松岡崇暢・岩本光一郎 2017. 中国地方の小水力発電の運営実態と固定価格買取制度の影響—事業者の種類に着目して—, 農村計画学会誌 36:317-322.
- 株式会社エックス都市研究所・アジア航測株式会社 2020. 令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書, https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/t01/t01_whole.pdf. (参照 2022.9.7)
- 室田武 2013. 持続可能なエネルギーとコミュニティ再生. 室田武・倉阪秀史・小林久・島谷幸宏・山下輝和・藤本穰彦・三浦修一・諸富徹著, シリーズ地域の再生 13 コミュニティ・エネルギー—小水力発電, 森林バイオマスを中心に, 農山漁村文化協会, 東京, 13-48.
- 沖縄県 2007. 小水力発電事業化可能性調査報告書, <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/kikaku/chosei/documents/50.pdf> (参照 2022.8.11).
- 沖武宏 2011. 小水力発電の巨人 織田史郎, 水の文化, 39: 28-33.
- Paish, O. 2002. Small hydro power: technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 6: 537-556
- 資源エネルギー庁 2021a. 令和2年度エネルギーに関する年次報告, https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/2_1.pdf (参照 2022.9.7).
- 資源エネルギー庁 2021b. 総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ(第8回会合)資料3各電源の諸元一覧, https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/2021/data/08_06.pdf (参照 2022.9.7).
- 資源エネルギー庁・新エネルギー財団 2005. ハイドロパレー計画ガイドブック. 新エネルギー財団水力本部, 東京.