

ピコ水力発電等事業の普及に向けた 地方自治体の動向に関する調査研究

岡山朋子

人間環境学科 准教授

専門分野：廃棄物管理、循環型社会政策論、再生可能エネルギー政策論

キーワード：ピコ水力発電、再生可能エネルギー政策、地方自治体

1. 研究の背景と目的

2011 年の福島第一原子力発電所事故以降、日本においては再生可能エネルギー利用の重要性が高まっている。特に、2012 年には「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（以下、FIT 法）が施行され、太陽光や風力といった再生可能エネルギー普及のための固定価格買取制度（FIT: Feed-in Tariff）が導入された。これによって、太陽光発電システムの設置台数は急速に増加した。しかし、水力発電については、2013 年度の日本の全発電量に占める割合は 8.5%（資源エネルギー庁、2014）であるものの、1,000kW 未満の小規模水力発電については導入が必ずしも進んでいない。

この 1,000kW 未満の水力発電出力を、ピコレベル（～1,000W）、ナノレベル（～10kW）、マイクロレベル（～100kW）、ミニレベル（100kW～）の 4 つに便宜的に分類した場合、これまでの事例研究¹⁾より、FIT による事業化が見込めるマイクロレベルとミニレベルは、各地において事業化が試みられていることがわかった。2018 年に封切りになった映画「おだやかな革命」において、岡山県西栗倉村と岐阜県郡上市の石徹白地区の小水力発電・FIT による売電事業がモデル事業としてとりあげられるなど、再生可能エネルギーを利用した中山間地・小集落のまちづくり事業の成功事例として注目されている。

一方、極小規模のピコ・ナノレベルの水力は、包蔵水力（水力賦存量）が把握されておらず、日本の包蔵水力量に計上されていない。ただし、極めて広く浅く分布するため、把握されていないだけで存在しないわけではない。現在は発電事業として経済的に成立するマイクロ・ミニレベルの包蔵水力のみが注目されているが、数十年後の日本においては、このピコ・ナノレベルの水力をもエネルギーとして有効利用する必要が生じる可能性は否定できない。したがって、ピコ・ナノ水力発電に関する研究と実証を継続して進め、その普及を目指すことは、近い将来の日本社会に資するものと考えられる。

しかしながら、ピコレベルとナノレベルの水力発電は、売電に適さず費用対効果が極めて悪いため、日本における水力発電出力および発電量としても全く計上されていない。そもそもピコ・ナノ水力発電は、実証実験としての導入事例が多く、さらに継続的に稼働している水車は極めて少ないため、水力発電全体からみれば誤差範囲にもならない。例えば、信州大学の池田敏彦名誉教授の実証事業によって製作・設置してきたピコ水力発電システム全 24 事例中、現在も稼働しているのは 14 件である²⁾。ただし、筆者が事例研究として実際に現地視察を行い、2017 年度現在、実際に発電を行っていることが確認できた水車は 4 件であった。

ピコ・ナノ水力発電が継続的に稼働することが困難である理由としては、発電した電気の使い道が極めて限定されること、事前調査不足による水車のミスマッチ、連続的な発電を行うためには水車の除塵といった人の手間が不可欠であるなどといった課題があげられる。また、小規模水力発電に対する誤解や認識不足があり、設置しようとしてもコミュニティならびにステークホルダー（行政・民間事業者・住民等）から受入れられず断念した事例もある。

このような水力発電に関する背景とピコ・ナノ水力発電の課題を踏まえた上でピコ・ナノ水力発電の普及を目指そうとした場合、技術的課題の解決に加えてピコ・ナノ水力発電の価値と意義が理解された上で、設置コミュニティに受容されることが社

会的な課題となる。そこで、導入における重要なステークホルダーである行政が、実際にどの程度事業を導入しているかといった現状と、ピコ・ナノ水力発電事業の導入についてどのように捉えているかといった実態を明らかにすることを目的に、全国の都道府県を含む地方公共団体を対象にアンケート調査を実施した。本稿は、この調査結果を報告し、考察を加えたものである。

2. 小水力発電規模の再定義

水力発電の発電出力規模の呼称においては諸説あり、特に定義されているわけではない。また国際的に統一された規格や標準もない。しかし、日本の法律においては、1,000kW 以下の出力の水力発電が小水力発電として区分されている。例えば、新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法（新エネルギー法、1997 年 6 月施行）の 2008 年の施行令改正時には、1,000kW 以下の水力発電が新エネルギーと定義され、電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS 法、2003 年 4 月施行）においても、1,000kW 以下の水力発電が RPS（Renewable Portfolio Standard）の対象とされた³⁾。ただし FIT 法⁴⁾においては、30,000kW 未満 1,000kW 以上と、1,000kW 未満 200kW 以上、さらに 200kW 未満の 3 区分の水力発電においてそれぞれ調達価格が定められている。

本稿においては、1. にも前述したように、この 1,000kW 以下の小水力発電をさらに 4 つの出力規模に区分する（表 1 参照）。また、この区分を小規模水力発電の出力レベルの定義とし、これらの区分・レベルに基づいて分析を加えるものとする。

表 1 小水力発電における 4 段階の区分

区分	ピコレベル	ナノレベル	マイクロレベル	ミニレベル
出力規模	1,000W未満	1kW～10kW	100kW未満	100kW以上
事例	須坂市落差工滝用水車（150W） 立梅用水・彦電（600W）	磐田市磐南浄化センター・マイクロ水力発電（5kW）	元気くん1号（20kW） 石徹白清流発電所（63kW）	西栗倉発電所めぐみ（290kW） 石徹白番場清流発電所（125kW）

3. 調査の方法

アンケート調査は、「再生可能エネルギー（特に小水力）利活用に関するアンケート調査」という題名で実施した。設問は 12 問で、再生可能エネルギー全般についての質問（補助金の有無、補助金対象と補助額・補助率、自区域内の有望な再生可能エネルギー）と、小水力発電事業に関する実態（問合せ・相談の有無、導入実績、現状、今後の導入意思、導入を妨げる原因、導入のために必要な条件やことがら等）について質問した。

調査概要

調査設計：岡山朋子（協力：内山知実・名古屋大学、水車・風車に関する研究会）

質問票発送・回収・集計：特定非営利活動法人中部リサイクル運動市民の会

集計協力：内山ゼミ（名古屋大学）

調査方法：質問票を郵送し、直接記入の上、FAX によって回答を回収

調査期間：2016 年 11 月 25 日から 1 ヶ月間（質問票郵送から FAX による回収締切まで）
有効回答数・回答率：1,175（有効回答率 65.7%）都道府県、23 特別区を含む
設問数：12 問

4. 結果

4.1 補助金の有無

設問 1：新エネルギー・自然エネルギー・再生可能エネルギー利用および省エネルギーに関して、なんらかの助成金・補助金を出していますか？（n=1,171, SA）

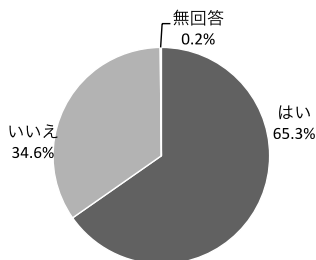


図 1 補助金の有無

4.2 補助金の対象

設問 2：どのようなことがらに出している助成金・補助金ですか？（n=767, MA）

表 2 助成金・補助金の対象

選択肢	件数	比率
1. 協議会等設立	9	1.2%
2. 調査研究等	23	3.0%
3. 太陽光パネル設置等	659	85.9%
4. 太陽熱温水器設置等	207	27.0%
5. 燃料電池設置等	220	28.7%
6. 蓄電池	200	26.1%
7. HEMS設置等	116	15.1%
8. 照明のLED化	82	10.7%
9. 窓の断熱	46	6.0%
10. 上記以外の省エネ設備等	123	16.0%
11. 小水力発電施設設置等	46	6.0%
12. バイオマス利活用施設設置等	85	11.1%
13. 風力発電施設設置等	37	4.8%
14. 地熱発電施設設置等	22	2.9%
15. その他再生可能エネルギー発電施設設置等	17	2.2%
16. 水素利用等	10	1.3%
17. その他	133	17.3%
計	767	100.0%

再生可能エネルギーに関する事業導入を支援するために行政が実施する補助金事業は、65%以上の自治体で実施しており（図 1 参照）、その対象としては太陽光パネルの設置が 85.9%で大半を占める。太陽光温水器設置が 27.0%、燃料電池設置が 28.7%、蓄電池が 26.1%と続き、小水力発電については 6.0%であった（表 2 参照）。その他については、地中熱利用、薪/ペレットストーブ、EV、住宅用環境配慮型機器などの回答があった。

4.3 補助金の補助率・上限

設問 3：助成金・補助金の割合（補助率）・上限額を教えてください。（n=1, 175）

太陽光パネル等設置については、2 万円から 10 万円程度、10 万円代、20 万円代、30 万円代、50 万円、200 万円と上限は多岐にわたっている。一律 5 万円、8 万円、10 万円という補助金が多い。また、1kW あたり 1 万円から 10 万円程度まで、上限は家庭と事業者で異なる自治体、補助率も行政、家庭、NPO、企業で異なる自治体も多い。

水力発電事業に対して補助金を出している自治体は少ないが、市町では 20 万円～200 万円、県レベルでは 500 万円～数千万円という補助金がみられる。例えば、小水力発電が有望な長野県では補助率 30%、9,000 万円上限、東京都では 33%中小企業で 5,000 万円、その他で 2,500 万円上限、福岡県では 50%、1 億円上限と設定されている。

4.4 地域で期待される再生可能エネルギー

設問 4：自区域内では、具体的にどの再生可能エネルギーの利活用が有望だと想定されていますか？（n=1, 157, MA:3 つまで）

表 3 地域の有望な再生可能エネルギー

選択肢	件数	比率
1.太陽光	928	80.2%
2. 水力	173	15.0%
3. バイオマス(森林)	351	30.3%
4. バイオマス(生ごみ・下水汚泥等)	191	16.5%
5. 風力	176	15.2%
6. 波力・潮力	31	2.7%
7. 地熱	64	5.5%
8. その他	51	4.4%
計	1157	100.0%

水力を地域の有望な再生可能エネルギーと捉えている自治体は 15.0%（n=173）である。太陽光エネルギーが 80.2%と最も高く、続いてバイオマス（森林）30.3%、バイオマス（生ごみ・下水汚泥等）16.5%、風力が 15.2%であり、水力と風力への期待はほぼ等しい。

4.5 行政への水力発電に係る問い合わせ

設問 5：小水力発電事業に関して、企業や個人等から（建設・観光課等の他部署へも含め）問合せや相談がありますか？（n=1,175, SA）

表 4 自治体への水力発電に関する問い合わせ件数

選択肢	件数	比率
1. ほとんどない	934	79.5%
2. 年々減っている	20	1.7%
3. 年々増えている	39	3.3%
4. 毎年同じ程度ある	82	7.0%
5. 分からない	75	6.4%
無回答	25	2.1%
計	1175	100.0%

4.6 小水力発電事業の有無

設問 6：自区域内に、小水力発電事業事例がありますか？（既存の電力会社による水力発電施設を除く）（n=1,171, SA）

小規模水力発電施設を保有している自治体は全体の 19.3%（n=227）あった（図 2 参照）。また、その 227 自治体（ただし都道府県を除く）を日本地図上に示した（図 3 参照）。これをみると、もともと水力賦存量（包蔵水力）の多い北陸（福井県・富山県・石川県等）および中央高地（岐阜県・長野県、その他栃木県等）に、実施事例が多いことがわかる。

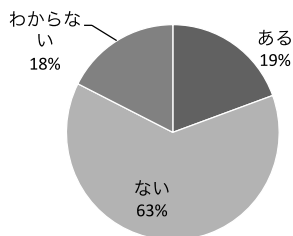


図 2 小水力発電事業の有無

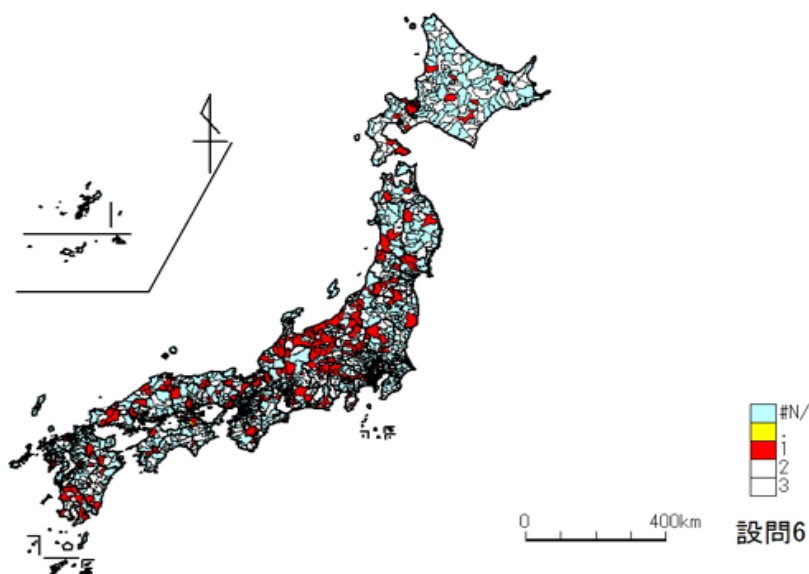


図3 小規模水力発電事業導入実績

4.7 実例の詳細

設問7：個別の小水力発電事業について教えてください。（n=227）

表5 小規模水力発電事例（抜粋）

自治体	名称	設置年月	出力 (kW)	目的	設置場所
熱海市	マイクロ水力発電実証実験	2014/10	1.2	実験	糸川
南魚沼市	五城発電所	2000/3	1100	農業用	幹線用水
飯島町	田切郷沢川発電所	2016/3	2	売電	農業用水の排水場所に設置
吉野町	吉野町プロペラ式小水力発電	2016/4	0.05	実験	関西電力（株）吉野発電所導水路
尾花沢市	徳良湖マイクロ水力発電設備	2014/3	3	防災	徳良湖
島田市	伊太小水力発電	2013/7	430	売電	用水
	細島発電所	2016/4	54.9	売電	大井川用水
須坂市	落差工（滝用水車）	2007/2	150	有害鳥獣対策	北の沢用水路
都留市	元気くん1号	2006/4	20	啓発、環境教	家中川
	元気くん2号	2010/5	19	啓発、環境教	家中川
磐田市	マイクロ水力発電設備	2016/3	5	売電	下水処理場
南阿蘇村	フラッタ方式マイクロ水力発電	2016/1	0.02~0.1	実験	農業用水路
沼津市	外天パートナーズ戸田新田発電所	2016/4	7.5×2台	売電、防災	石原沢からの農業かんがい用水
阿蘇市	宮地発電所	2013/3	3	売電	浜川
	小野田発電所	2012/6	3.3	売電	農業用水路

設問6において、水力発電事業を導入していると回答した227自治体について、具体的に実例の詳細について尋ねた。表5に、一部を記載する。

全国の518（基礎自治体と県の重複回答があるため、実際には500弱）の小規模水力発電施設の情報が得られた。調査では、上記の情報に加えて、導入主体、管理主体、

補助先、補助率、設置費用、現在での稼働の有無等を尋ねている。表 5 に記載した事例においては、阿蘇市の 2 つの事例は、現在は稼働していない。南阿蘇村の水車も、2017 年 6 月に筆者が訪問した際には稼働していなかった。都留市では、報告された 2 つの水車以外に、家中川には都留市が設置した元気くん 3 号、その他数基の民間・大学などが設置した水車があるが、現在の発電状況は不明である。

全体では、北陸と中央高地（長野県、富山県、岐阜県等）および栃木県等で売電を目的とした小規模発電の中でも大規模な施設が多く、政令市等では浄水場や下水処理場に設置したマイクロ水力発電事例が多い。また、ピコレベルの事例においては、NPO 法人地球の未来が開発販売している「ピコピカ」を導入した事例が複数報告された。



図 4 島田市 細島発電所の水車



図 5 須坂市 元気くん 2 号

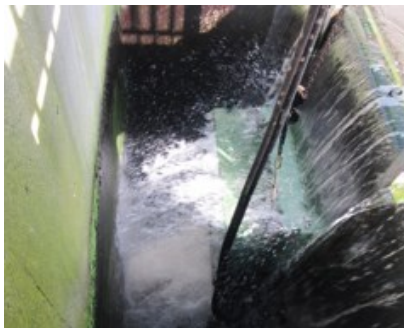


図 6 磐田市 マイクロ水力発電



図 7 南阿蘇村 フラッタ水車



図 8 沼津市 戸田新田発電所



図 9 阿蘇市 宮地発電所

4.8 停止の理由

設問 8：設問 7 における水力発電事業の現状において「停止」と回答された事業について、停止した理由を以下の選択肢からすべて選んでください。（n=36, MA）

表 6 水力発電事業停止の理由

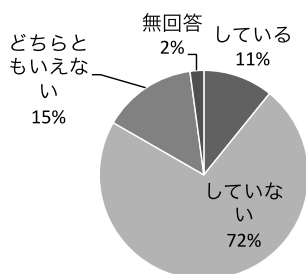
選択肢	件数(全事例の合計)	
1. 故障	7	19.4%
2. 維持管理費(修理費含む)の不足	2	5.6%
3. 除塵作業ができない(手間がかかりすぎる)	9	25.0%
4. 維持管理者等の人材不足	5	13.9%
5. 振動・騒音	1	2.8%
6. 洪水・水があふれた	3	8.3%
7. その他の苦情	0	0.0%
8. 事前検討・見込み不足	4	11.1%
9. 水流量不足	5	13.9%
10. 売電による収益不足	0	0.0%
11. 研究期間・補助期間の終了	1	2.8%
12. 水利権問題	0	0.0%
13. その他	11	30.6%
不明	2	5.6%
停止事例数計	36	100.0%

表 6 に、水車の現状は停止と回答のあった事例の理由をまとめた。農業用水利用においては、冬場は水量が得られないために停止する事例が多い。また、台風などの増水による故障・停止、ごみ等による故障や停止、点検中といった回答が多かった。

土地改良区等で実施されている水力発電事業は、冬季の耕作期間外での流量不足による停止が多い。また、除塵等メンテナンス不足による稼働中止も多い。

4.9 小水力発電事業の導入の検討の有無

設問 9：自区域内に小水力発電事業の導入を検討していますか？（n=1, 171, SA）



自区域内における小水力発電事業の導入の検討の有無を尋ねたところ、している 10.8%（n=127）、していない 72.5%（n=852）という結果であった（図 10 参照）。

図 10 小水力発電事業導入の検討

4.10 期待発電出力

設問 10: 1 基あたり、およそどの程度の発電量を期待しますか？ (n=113)

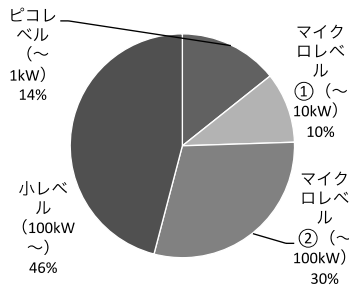


図 11 小水力発電事業期待出力

小水力発電事業導入を検討している自治体 (n=127) に、1 基あたり、どの程度の発電出力を期待するか尋ねたところ、ピコ・ナノ水力発電への期待は 10%~14%と、売電が可能なマイクロ・ミニ水力発電 (30%~46%) に比べて少なかった (図 11 参照)。

また、期待出力別に自治体を日本地図に図示したところ、ピコ・ナノレベルの水力発電事業を期待している自治体は九州・四国・本州に均等に分布し、特に地域性はみられなかった (図 12 参照)。

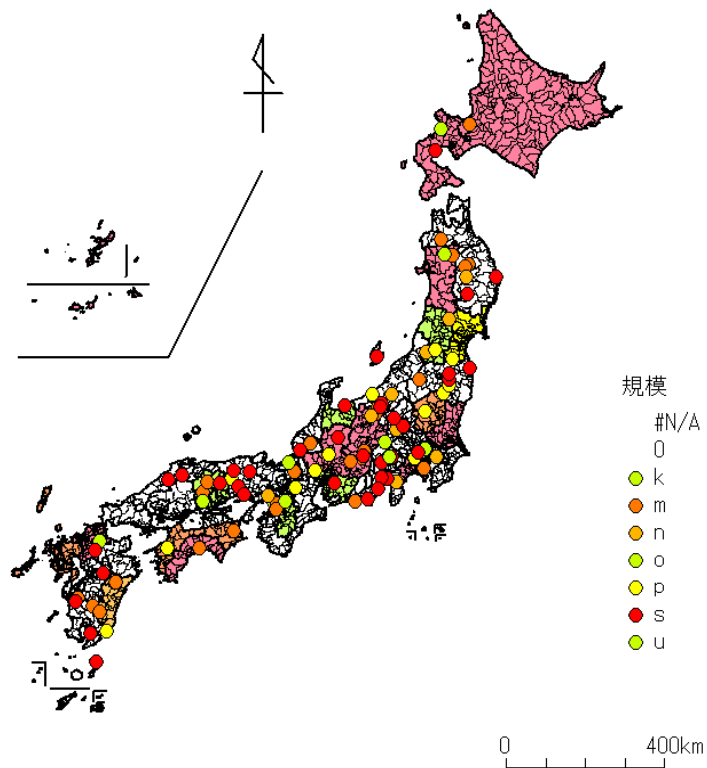


図 12 期待する小水力発電出力
(p=ピコ、n=ナノ、m=マイクロ、s=ミニ)

4.11 小水力発電事業に必要な事柄

設問 11：小水力発電事業導入に踏み切るには、何が必要ですか？（n=307, MA, 無回答 13）

全国のこれらの自治体に、（検討は）どちらとも言えないという 171 の自治体を加えて、小水力発電事業導入に踏み切るために必要な事柄を尋ねたところ（n=307、複数回答可）、補助金・助成金 68.1%、専門家の知見や助言 60.3%、関係者の協力 54.7%、住民の理解 49.8%、水利権の緩和 42.7%の回答が多かった（表 7 参照）。

表 7 実施に必要なことから

選択肢	件数	比率
1. 補助金・助成金	209	68.1%
2. 専門家の知見や助言	185	60.3%
3. 既存制度の改善	39	12.7%
4. 水利権の緩和	131	42.7%
5. 技術コンサルタント	91	29.6%
6. 首長のイニシアティブ	52	16.9%
7. 住民の理解	153	49.8%
8. 関係者の協力	168	54.7%
9. 人材の確保	88	28.7%
10. その他	39	12.7%
計	307	100.0%

4.12 水力発電事業を導入できない理由

設問 12：設問 6 で「ない」または「わからない」、設問 9 で「していない」または「どちらともいえない」と回答された方のみにお尋ねします。自区域内への小水力発電事業を導入せず、あるいは導入の検討を行っていない、導入を迷っているのはなぜですか？（n=1,096, MA, 無回答 10）

表 8 導入できない理由

選択肢	件数	比率
1. 有効水流量不足	378	34.5%
2. 資金不足	366	33.4%
3. 人材不足	290	26.5%
4. 環境に悪い	9	0.8%
5. 前例がない	235	21.4%
6. 失敗事例が多い	13	1.2%
7. 知見不足	409	37.3%
8. 関係者の協力が不足	63	5.7%
9. 検討したが期待する発電出力が得られないと判断	33	3.0%
10. 事務手続きが煩雑	58	5.3%
11. 水利権問題	203	18.5%
12. 現状に満足	93	8.5%
13. 設置調整中・準備中	18	1.6%
14. その他	124	11.3%
計	1096	100.0%

導入の検討をしていない 852 自治体に、自区域内への小水力発電事業を導入せず、あるいは導入の検討を行っていない、導入を迷っているのはなぜかを尋ねた（n=1095、複数回答可）。最も多い理由は、知見不足 37.3%であり、次に有効流量不足 34.5%、資金不足 33.4%、人材不足 26.4%という結果であった（表 8 参照）。

5. 考察

表 9 4つの発電レベルにおける水力発電事業分類

発電・出力規模	ピコレベル	ナノレベル	マイクロレベル	ミニレベル
出力別の期待	14自治体（14%）	10自治体（10%）	29自治体（30%）	45自治体（46%）
行政の関心	少ない	ほとんどない	あり	非常にある
賦存量（適地）	非常に多い	多い	少ない	非常に少ない
コンサルタント	ない（余力がない、情報ミスマッチ）		数社独占状態（国産は非常に少数）	

4 の結果を表 9 にまとめた。ピコ水力発電の導入を検討している 14 自治体における導入の目的は啓発や環境教育、観光である。また、導入に必要な条件、あるいは導入を妨げている要因を鑑みると、小水力発電施設の導入には、知見や情報、専門家の助言が最も重要であることがわかった。小規模水力発電に知見を持つ研究者の不在、あるいは研究としての導入事例が研究期間終了とともに停止するといったことから導入できない、あるいは導入のメリットがないと捉えられている。事例研究からも、専門家としての知見を持つコンサルタントが極めて限られている上、コンサルタントと提携するメーカーの水車が、必ずしも導入河川に合致せず、結果として目的を達成できていない事例も多いことが明らかになっている。事業費用は必ず必要であり重要であるが、資金不足は知見不足に比べると重要度が低い。

したがって、ピコ・ナノ水力発電普及には、専門家やメーカーによる水車・発電機を目的に見合う単価に下げる技術開発、専門家の育成とネットワーキング、情報発信が必要であると言える。特に専門家は、学術分野でも流体力学・流体機械のみならず、電気、土木といった多様な分野の専門家が必要である。技術者においても同様である。竹村⁵⁾は、専門家集団のメンバーとなるのは、電力会社、行政、コンサルタント、導入経験者、実際には 65 歳以上の OB が望ましいとしている。しかしながら、これらの専門家はマイクロ・ミニレベルの水力発電事業には極めて有能であるが、ピコ・ナノレベルの水力発電における専門的知見は乏しい。そこで、ピコ・ナノ水力発電に特化した専門家・技術者・経験者のネットワーキングを目的に、池田がこれまで 15 年間実施してきた「水車・風車に関する研究会」²⁾を「ピコ水力発電研究会」として発展させ、2018 年 3 月 3 日には山形県長井市でキックオフシンポジウムを開催した。今後、ピコ水力発電研究会への参加者を募るとともに、会を母体に調査研究ならびに情報交換を活発に行い、外部資金を獲得し、実証実験や導入事例を増やしていきたいと考えている。

【ピコ水力発電研究会】

代表：内山知実 名古屋大学教授

事務局連絡先：

電話 052-789-5187

メール picohydro1000w@gmail.com

HP http://www.is.nagoya-u.ac.jp/dep-cs/uchiyama/pico_hydraulic.html

文献

- 1) 岡山朋子：ピコ水力発電に関する研究、大正大学人間環境論集 第 3 号、pp. 63-83 (2016)
- 2) 池田敏彦：水車・風車に関する研究会の 15 年のあゆみ-ピコ・ナノ水力発電に関する実証研究について-、ピコ水力発電シンポジウム in 長井 水のまち・長井発 水路を使ってトコトン発電！ 報告書、pp. 17-22 (2018)
- 3) 全国小水力利用推進協議会：小水力発電とは、<http://jwater.org/about/#about01> (2018 年 3 月 10 日閲覧)
- 4) 資源エネルギー庁：なっとく！再生可能エネルギー、http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html (2018 年 3 月 10 日閲覧)
- 5) 竹村公太郎：水力発電が日本を救う、東洋経済新報社、(2016)

謝辞 本調査は、平成 28 年度・平成 29 年度名古屋大学未来材料・システム研究所共同利用・共同研究にて行われた。