THE INTERNATIONAL ENERGY AGENCY TECHNOLOGY COLLABORATION PROGRAMME ON HYDROPOWER

IEA Hydropower

Annex-2　小規模水力発電

Subtask A5

「地域社会における持続可能な小規模水力発電」

概要報告書

2017 年 2 月

国際エネルギー機関（International Energy Agency: IEA）

IEA は、OECD（Organization for Economic Co-operation and Development）の枠組みの中で、1974 年 11 月に設立された独立機関である。IEA は、OECD に加盟する 34 カ国のうちの 29 カ国（平成 27 年 10 月現在）の間で、エネルギー協力に関する広範なプログラムを実施しており、その目的は次のとおりである。

- 石油供給途絶に対処するためのシステムを維持し改善すること
- 非加盟国、産業界および国際組織との協力関係を通じて、世界情勢における合理的なエネルギー政策を促進すること
- 国際石油市場に関する永続的な情報システムを運営すること
- 代替エネルギー源の開発やエネルギー利用効率の向上により、世界のエネルギー需給構造を改善すること
- 環境政策とエネルギー政策の統合を支援すること

IEA 水力実施協定の概要

IEA 水力実施協定（IEA Hydro）は、世界的な水力発電の推進に関心のある IEA メンバー国およびその他の国からなる活動グループである。参加国の政府は、自らあるいはその国の代表として指定した機関が、IEA Hydro の業務を遂行する執行委員会（EXCO）および作業部会（Annex）に参加する。IEA Hydro のいくつかの活動は、他の水力関係機関と協働して実施されることがある。

ビジョン：

十分に確立されており、かつ社会的に好ましいエネルギー技術としての水力発電の世界全般の認識を促すことにより、水力発電の新規開発および既設発電所の近代化を推進する。

ミッション：

一般の理解、知識および支持を通じて、水力発電の開発と運用における、水資源の持続可能な利用を促進する。

このミッションを達成するため、執行委員会は次のように戦略的に計画を推進している。

- 実施可能で社会的に受け入れられやすい再生可能エネルギーとしての水力発電の社会的受容性を高めるための研究への学際的アプローチの適用
- 水力発電に関わる幅広い課題についての知識の蓄積の増大
- 社会的に望ましい電源としての水力発電の継続的利用において国際的に共通する関心分野の発掘
- 環境的に望ましいエネルギー技術としての水力発電に関する世界的な論争への公平な視点の提示
- 技術開発の奨励

IEA Hydro は、活動計画を積極的に推進し、非 IEA メンバー国の参加も奨励している。OECD メンバー国と非メンバー国全てが参加可能である。参加資格と調査活動の詳細は、IEA Hydro のウェブサイト：www.ieahydro.org で得ることができる。

目次

謝辞 2
要旨 3

１．はじめに 4
1.1 背景 4
1.2 サブタスク A5 の概要 4

２．調査方法 5
2.1 好事例の定義 5
2.2 好事例データの収集方法 6
2.3 好事例の文書化 6
2.4 好事例の分析・評価方法 7

３．収集された好事例の概要 8
3.1 概要 8
3.2 調査対象国における小規模水力発電の現状 11
(1) 小規模水力発電の開発実績とポテンシャル 11
(2) 電気事業の形態 11
(3) 規制 12
(4) 支援策 12

４．好事例の分析と評価 12
4.1 経済的持続可能性の取り組み 12
4.2 社会的持続可能性の取り組み 14
4.3 経済的持続可能性と社会的持続可能性のバランス 15
4.4 成功理由の分析 17

５．まとめと結論 17

６．提言 18

参考文献 19

付録
A1. 調査対象国における小規模水力発電の現状
A2. 好事例報告書コレクション
A3. 調査文献リスト

謝辞

2011 年末に IEA 水力実施協定 Annex-2 サブタスク A5 の提案書が提出されて以降、9 回の専門家会合、4 回の公開ワークショップ、6 回の執行委員会など全部で 19 回に及んだ会議を通じて、参加者一同は、本サブタスクの意義について互いに共通の理解を深め、作業の着実な前進を得ることができた。

本サブタスクの 5 年間にわたる活動に関して、Annex-II およびサブタスクのメンバー、日本の国内専門委員会や事務局において継続的に多大なるご支援・ご協力を賜った次の方々に感謝を申し上げる。Kearon Bennett 氏、柏柳正之氏、Torodd Jensen 氏、Kjell Erik Stensby 氏、Boualem Hadjerioua 氏、Patrick O’Connor 氏、Niels Nielsen 氏、金田剛一氏、小林久氏、森井一成氏、稲倉宗俊氏、中川豊氏、楠井辰之氏、大前将之氏、村上利一氏、織田晃治氏、中西浩和氏、瀧澤雅仁氏、中村彰吾氏、鳥谷宗治氏、津田延裕氏、横川憲司氏、秋山隆氏、橋本雅一氏、笠原徹氏、小嶋浩氏、濱本良太氏、坂川大介氏、大西眞弘氏、岡本二郎氏、高橋真弘氏。

また、本サブタスクにおける好事例の収集に関して、貴重な好事例報告書ドラフトを投稿して頂いた執筆者、現地訪問調査に対応して頂いた方々、および好事例に関する貴重な資料を提供して頂いた方々、欧州での好事例収集のために、適切なご指導・ご助言を賜った欧州小水力発電協会（ESHA）の方々に感謝を申し上げる。

また、本サブタスクの活動に関して、貴重なご意見・ご指導を賜った IEA 水力実施協定執行委員会のメンバー、日本の国内委員会のメンバー、資源エネルギー庁の担当官の方々に感謝を申し上げる。

2017 年 3 月

Annex II　サブタスク A5　リーダー　宮永洋一

要旨

IEA 水力実施協定の小規模水力発電に関わる専門部会 Annex-2 は、2012 年～2016 年にかけて、サブタスク A5 を設定し、小規模水力発電の地域社会における経済的、社会的持続可能性についてのケーススタディを行った。この調査は、Annex-2 のメンバーである日本がリーダーを務め、ノルウェー、米国の協力、および Annex-2 の Operating Agent の支援を得て、世界各国において事業の経済性を確保しつつ、地域社会に経済的・社会的便益をもたらしている持続可能な小規模水力発電プロジェクトを"好事例"として収集・文書化し、その分析・評価結果に基づく情報を水力関係者に発信して、今後の小規模水力開発の円滑な推進に資することを目的としている。

好事例の選択の視点は「プロジェクトの経済性」「地域社会への経済的便益」「地域社会と環境への貢献」の 3 つである。好事例の定義に基づき、アンケート調査や文献調査、現地調査により、世界各国から 23 の好事例を収集し、事例毎にプロジェクトの概要、経済性、経済的便益、地域社会への社会的便益をまとめた「好事例報告書」を作成した。また、好事例の背景を把握するために、その所在国における小規模水力発電の現状について文献調査を行った。

各事例の経済的持続可能性は、初期投資の回収、維持管理費の確保、適正な利潤の確保を基準に評価した。また、社会的持続可能性は、経済的便益として、自治体の税収や交付金収入、雇用創出、地域産業振興、地域間の人的交流の拡大による経済的効果、プロジェクト利益の地域社会との共有の 5 項目、社会的便益として、地域インフラの整備、自然環境・生態系の保全、歴史・文化の保全、地域間の人的交流の拡大による地域社会の活性化、教育・訓練・人材育成、地域資源の開発、国・地域の政策への貢献の 7 項目について評価した。

好事例の分析・評価の結果から、プロジェクトの経済的持続可能性を確保しつつ、地域社会に経済的・社会的便益をもたらすための次のような有効な施策を抽出することができた。

経済的持続可能性に関わる有効な取り組みの例：

- 公的支援制度の活用、長期電力購入契約、FIT 制度や RPS 制度の活用、共同出資による資金調達や契約方式の工夫によるコスト低減などの財政的手法
- 新技術の導入、設計合理化、維持管理合理化、既設設備活用などの技術的手法

社会的持続可能性に関わる有効な取り組みの例：

- 観光、企業誘致、新規水力開発などによる地域産業の振興
- 発電所の建設・運用、観光開発や地域内の資金循環に伴う雇用創出
- 地域間人的交流の拡大による経済的効果および地域社会の活性化
- 道路・水路・ダム周辺環境等の整備・改善と防災機能の向上
- 森林・河川・貯水池・魚類・野生生物等の保全
- 景観、地域の歴史・文化、先住民の生活・文化の保全
- 未利用再生可能エネルギー・水利用・観光・余暇機会・地域ブランドなどの地域資源の開発

これらの知見は、今後の小規模水力開発における社会的合意の形成や、既設地点の立地地域との関係改善に役立つものと考えられる。

１．はじめに

1.1　背景

地球温暖化対策、エネルギーセキュリティおよび持続可能な成長の観点から、再生可能エネルギーを拡大することの重要性が世界的に高まっている。IEA の「技術ロードマップ　水力発電」(2012)[1)]は、2050 年までに世界の水力発電設備容量が現在の約 2 倍の 2000GW に達すると予測している。

小規模水力発電は、大規模水力発電に比べて、一般的に経済性はやや劣るものの、土地の水没や住民の移住などの問題がほとんどなく、自然・社会環境への影響が小さい電源である。また、遠隔地や離島などのオフグリッド地域の電化に、小規模水力発電が出力の安定した分散型電源として利用されることもある[2)]。

近年、小規模を含め、水力発電を推進する上で多くの国々に共通する主要な課題として、プロジェクトの経済性の向上、各種の規制や許認可プロセスの改善、および立地地域の社会的受容性の向上が挙げられる[1,3)]。これらのうち、経済性と規制の課題については、欧州、米国、カナダ、日本などにおいて、これまでに財政支援策、規制緩和、新技術の開発、プロジェクト管理の合理化など様々な手段により、十分とは言えないものの、ある程度の改善が図られてきている。一方、社会的受容性の課題については、個別のプロジェクトにおける取り組みはあるものの、世界的に制度や政策への反映はまだ不十分で、改善が進んでいるとは言い難い。

水力発電と地域社会との関係について、IEA 水力実施協定 Annex-12「改訂版水力発電と環境のための勧告」(2010)[4)]では、「水力発電プロジェクトは、そのライフサイクルを通して地域コミュニティに便益を与えるべきである」との勧告を示している。また、国際水力発電協会(IHA)の「水力発電の持続可能性の評価手順（Hydropower Sustainability Assessment Protocol）」(2010)[5)]は、一般的な自然・社会環境影響評価に加えて、地域社会への影響を評価するためのトピックスとして、「プロジェクトの影響を受けるコミュニティと生計」「プロジェクトの便益」「先住民」などを挙げている。こうした勧告や手法の実践を含めて、水力発電の社会的受容性を高めているプロジェクトの実績を検証しておくことは、今後の小規模水力発電の推進にとって有意義なことと考えられる。

この課題に取り組むために、IEA 水力実施協定 Annex-2「小規模水力発電」[6)]では、2012 年にサブタスク A5「地域社会における持続可能な小規模水力発電」を設定し、小規模水力発電の経済的・社会的持続可能性について集中的な調査研究を行った。本報告書は、同サブタスクの 2012 年～2016 年の活動の成果をまとめたものである。

1.2　サブタスク A5 の概要

サブタスク A5「地域社会における持続可能な小規模水力発電」の目的は、プロジェクトの経済性と立地地域への貢献を両立させている好事例(Good Practice)を収集・分析し、その情報を水力関係者に発信することにより、今後の小規模水力開発の円滑な推進に資することである。

実施体制は、日本がサブタスクリーダーを務め、ノルウェー、米国がサブタスクメンバーとして協力した。また、Annex-2 の Operating Agent （以下、OA）は、サブタスクの設定から実施、終了に至るまで、活動全体を支援した。

活動期間は、2012 年～2016 年の 5 年間である。

好事例の選択の視点は「プロジェクトの経済性」「地域社会への経済的便益」「地域社会と環境への貢献」の 3 つである。原則として、プロジェクトの経済的妥当性が確保され、地域社会に好ましい経済的便益を与え、地域社会に社会的・環境的貢献を果たしている事例を好事例として選択した。収集数の目標は、世界全体で 20 事例程度とした。収集方法は、文献調査、アンケート調査を基本とし、必要に応じてプロジェクトの実施主体への聞き取り調査も行った。収集した好事例は、“Good Practice Report”として、統一した書式で文書化した。また、収集した好事例の背景を把握するために、その所在国における小規模水力発電に関する開発規模、事業形態、規制、支援策などの現状について、文献調査を行った。

２．調査方法

2.1　好事例の定義

サブタスク A5 で対象とした小規模水力発電の好事例は、「地域社会において、プロジェクトの開始から現在に至るまで、経済的かつ社会的に持続可能であることを実証している既存の小規模水力発電プロジェクト」と定義される。

「経済的に持続可能」とは、プロジェクトから得られる収入によって、次の 3 つの基準が満足されていることと考えた。

・初期投資の回収
・運用管理費用の確保
・適切な利潤の確保

これらは、プロジェクトが経済的に妥当であるために必要と考えられる条件である。ただし、プロジェクトの費用は、事業者と出資者が全てを負担するとは限らず、外部からの経済的支援や優遇措置等を受ける場合もある。また、営利を目的としない社会的企業などが行うプロジェクトでは、事業利益は全て地域社会に還元されることが多い。こうしたプロジェクトの様々な財務的条件を勘案して、上記の 3 つの基準による判断は柔軟に行った。

次に、「社会的に持続可能」とは、プロジェクトの実施によって、地域社会に経済的便益あるいは社会的便益がもたらされ、地域社会との良好な関係が構築・維持されていることと考えた。

経済的便益の主な指標としては、次の 5 項目を考えた。

・自治体の税収や交付金収入
・雇用創出
・地域産業振興
・地域間の人的交流の拡大による経済的効果
・プロジェクト利益の地域社会との共有

また、社会的便益は幅広く考える必要があり、地域環境への貢献と地域社会への貢献とに大別して、次の 7 項目の指標を考えた。

地域環境への貢献：

・地域インフラの整備（エネルギーインフラを含む）
・自然環境・生態系の保全

・歴史・文化の保全

地域社会への貢献：

・地域間の人的交流の拡大による地域社会の活性化

・教育・訓練・人材育成

・地域資源の開発

・国・地域の政策への貢献

ここで、「地域資源の開発」には、エネルギー、水、観光、特産品、余暇機会、地域ブランドなど、地域社会を活性化させるための様々なハード・ソフト資源が含まれる。

なお、プロジェクトの規模は、原則として発電所 1 ヵ所当たりの出力 10MW 以下としたが、小規模水力発電の定義は国によって幅があるため、10MW を超える場合でも好事例に選択したプロジェクトが 3 件ある。

2.2　好事例データの収集方法

調査した文献のリストは付録 A3 に示してある。

アンケート調査は、Table 1 のような調査項目からなる調査票をプロジェクトの実施主体に送付して行った。日本の好事例については、文献調査から選んだプロジェクトの他、IEA 水力実施協定を支援する国内委員会のメンバー等から紹介されたプロジェクトも対象に含めた。それ以外の国の好事例については、文献調査から選んだプロジェクトの他、サブタスク A5 のメンバー、Annex-2 の OA、IEA 水力実施協定のメンバー等から紹介されたプロジェクトも対象に含めた。

また、Table 1 と同じ調査内容の電子版アンケートを Annex-2 のウェブサイト（www.small-hydro.com）にリンクさせ、好事例の提案を公募するオンライン調査も行った。

また、Atlin（カナダ）、Praterkraftwerk（ドイツ）、Jorda（ノルウェー）、Storfallet（ノルウェー）、Eigg Island（英国）、Torrs Hydro（英国）、Abernethy Trust（英国）、Power Creek（米国）、Delta Creek（米国）の 9 プロジェクトについては、アンケート調査に加えて、実施主体への聞き取り調査も行った（Table 3 参照）。

Table 1 アンケート調査の項目

1. Outline of the project	記述（好事例である理由を含む）
2. Power plant information	名前、国、水系、運用開始年
3. Owner information	名前、所有者形態、市場形態
4. Power plant specification	設備容量、最大使用水量、有効落差
5. Financial viability of the project	経済性を 4 段階、収支見込みを 4 段階で自己評価
6. Economic spin-offs of the project	税収、雇用、観光、産業振興、その他から選択
7. Social aspects of the project	インフラ整備、魚道整備、景観保全、地域開発など 18 項目から選択

2.3　好事例の文書化

収集した好事例のデータは、Table 2 のような統一した様式の“Good Practice Report”として文書化した。

Table 2 Good Practice Report の書式

見出し	本文
・発電所名	１．プロジェクトの概要
・国名（州／県を含む）	２．プロジェクトの経済的妥当性
・発電所の所有者	３．プロジェクトの経済的便益
- 所有者名	４．プロジェクトの社会的側面
- 所有者形態	4.1 地域環境
- 市場形態	4.2 地域社会
・運用開始年	５．成功理由
・プロジェクト評価	６．第三者のコメント
・キーワード	７．参考文献
・要旨	

Table 2 の見出しの「所有者形態」は、原則として次の 5 タイプに分類した。
・電気公益事業者（Electric Utility）
・公営の電気公益事業者（Public Electric Utility）
・卸電力供給者（Wholesale Power Supplier）
・発電事業者（Power Producer）
・自家用発電設備所有者（On-site Power Generator）
所有者が発電専業でない場合には、その組織形態も併記した。

Table 2 の見出しの「市場形態」は、原則として次の 7 タイプに分類した。
・電気公益事業（Electric Utility）
・公営の電気公益事業（Public Electric Utility）
・卸電力供給（Wholesale Power Supply）
・長期電力購入契約（Power Purchase Agreement [PPA]）
・再生可能エネルギー電力の導入支援制度
（Feed-in Tariff [FIT] / Feed-in Premium [FIP] / Renewable Portfolio Standard [RPS], etc.）
・売電（PPA, 導入支援制度以外）（Power Production and Sales）
・自家用発電（On-site Power Generation）

Table 2 の本文第 6 章「第三者のコメント」は、メディアによる報道、雑誌記事、国や学術団体等の表彰制度による受賞歴などを含む。

2.4　好事例の分析・評価方法

収集した好事例は、プロジェクトの経済的持続可能性および社会的持続可能性について評価した。評価項目は、2.1 の好事例の定義に示した経済的持続可能性の 3 つの基準および社会的持続可能性の 12 項目の合計 15 項目である。評価は定性的であるが、各評価項目について、プロジェクトに明らかに好ましい効果をもたらしていると考えられる具体的な取り組みを抽出した。

３．収集された好事例の概要

3.1 概要

サブタスク A5 で収集した好事例は、Table 3(a)に示す 10 ヵ国の 23 件である。

地域別の内訳は、アジア 8 件、欧州 8 件、北米 5 件、南米 1 件、アフリカ 1 件であり、このうち、国別では日本の事例が 7 件で最も多い(Fig.1)。

所有者形態別の内訳は、発電事業者（民間）6 件、自家用発電設備所有者 6 件、電気公益事業者 3 件、卸電力供給者 3 件、発電事業者（その他）3 件、公営の電気公益事業者 2 件、となっている(Fig.2)。発電事業者（その他）には、地方自治体、土地所有者（農家）が含まれる。

市場形態別の内訳は、FIT / RPS 6 件、PPA 6 件、電気公益事業 3 件、卸電力供給 3 件、売電 3 件、公営の電気公益事業 1 件、自家用発電 1 件である(Fig.3)。

発電所の運用開始時期は 1914 年～2014 年で、いずれも現在まで運用が継続されている。一部の発電所は設備更新を行っている。

Table 3 (a) 収集した好事例の概要

No.	発電所名	国	運用開始年	所有者形態	市場形態	出力(MW)
CA01	McNair Creek	カナダ	2004	PP/PC	PPA	9
CA02	Rutherford Creek	カナダ	2004	PP/PC	PPA	49
CA03	Atlin	カナダ	2009	WP	WP	2.1
CL01	Mallarauco	チリ	2011	WP	WP	3.43
DE01	Prater	ドイツ	2010	PUT	FIT	2.5
JP01	家中川 (3 plants)	日本	2005	OP/LM	FIT	0.046 in total
JP02	鯛生	日本	2004	OP/LM	FIT	0.066
JP03	那須野ヶ原 (5 plants)	日本	1992	OP/LRD	PPA	1.5 in total
JP04	富士緒井路 (2 plants)	日本	1914	OP/LRD	PPA	1.3 in total
JP05	新帝釈川 (2 plants)	日本	2003	UT	UT	13.4 in total
JP06	高知県公営企業局の水力発電所 (3 plants)	日本	1953	WP/LM	WP	39.2 in total
JP07	落合楼	日本	2006	PP/PC	FIT	0.1
NO01	Ljøsåa	ノルウェー	2008	PP/PC	PPS	2.4
NO02	Jorda	ノルウェー	2012	PP/LO	PPS	2.4
NO03	Storfallet (2 plants)	ノルウェー	1990	PP/LO	PPS	7.7 in total
PH01	Ambangal	フィリピン	2010	PP/LM	PPA	0.2
PT01	Canedo	ポルトガル	2008	PP/PC	FIT	10
UK01	Eigg Island (3 plants)	英国	2008	LUT	LUT	0.112 in total
UK02	Torrs	英国	2008	PP/IPS	PPA	0.063
UK03	Abernethy Trust	英国	2010	OP/NPO	FIT	0.089
US01	Power Creek (2 plants)	米国	2002	LUT/EC	LUT	7.25 in total
US02	Delta Creek	米国	1994	PUT/LM	PUT	0.8
ZA01	Brandkop Conduit Hydropower	南アフリカ	2015	OP/WUT	OP	0.096

PP=Power Producer, PC=Private Company, WP=Wholesale Power Supplier / Supply, UT=Utility
PUT=Public UT, OP=On-site Power Generator / Generation, LM=Local Municipality
LRD=Land Reclamation District, LO=Landowner, LUT=Local UT, IPS=Industrial and Provident Society
NPO=Non-Profit Organization, EC=Electric Cooperative, WUT=Water UT, PPA=Power Purchase Agreement
FIT=Feed-in Tariff, RPS=Renewable Portfolio Standard, PPS=Power Production and Sales

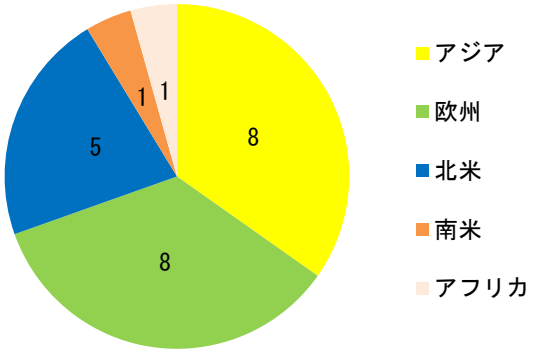

Fig.1 好事例の地域別の内訳

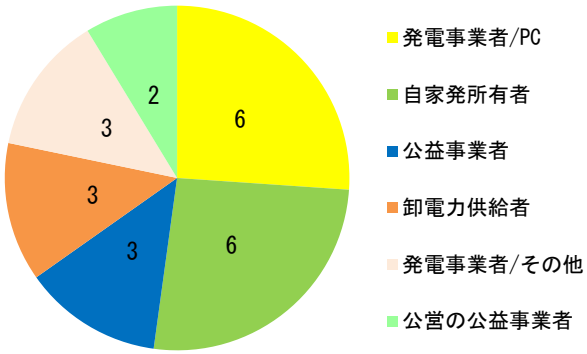

Fig.2 好事例の所有者形態別の内訳
（PC=Private Company）

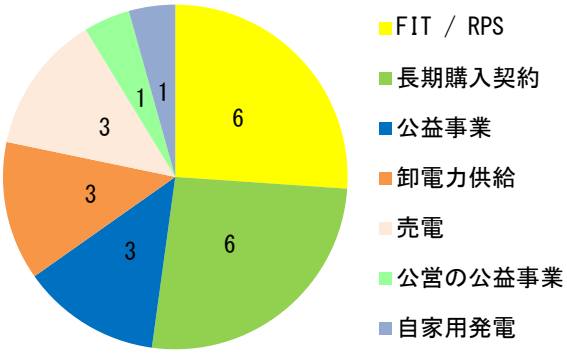

Fig.3 好事例の市場形態別の内訳
（FIT=Feed-in Tariff, RPS=Renewable Portfolio Standard）

各好事例のプロジェクトの特徴と主な社会的側面を Table 3(b)に示す。

キーワードで大別すると、Fig.4 に示すように、環境・文化の保全、農業関係、先住民との関わり、自治体の戦略などに関わる好事例が比較的多い。

Table 3 (b) 収集した好事例のプロジェクトの特徴と主な社会的側面

No.	プロジェクトの特徴	主な社会的側面
CA01	民間企業による先住民居住地域内における開発	先住民の雇用創出、河川環境・生態系の保全
CA02	民間企業による先住民居住地域内における開発	先住民の雇用創出、放水路の余暇機会利用
CA03	オフグリッド地域の先住民組織による小水力	先住民の教育・訓練と雇用創出
CL01	民間企業と灌漑用水組合による共同開発	農業用水路の維持管理と農家の経済的負担の軽減
DE01	自治体の公営電力会社による都市河川における地下式小水力	自治体の CO2 削減目標達成ための再生エネ戦略、都市景観の保全
JP01	自治体による市民参加型の自家用小水力	自治体による環境保全と地域活性化戦略
JP02	自治体による既設ダムを利用した自家用小水力	地域交流施設と観光施設への電力供給、森林保全
JP03	土地改良区による農業用水路を利用した小水力	農業用水路の維持管理と農家の経済的負担の軽減
JP04	土地改良区による農業用水路を利用した小水力	農業用水路の維持管理と農家の経済的負担の軽減
JP05	電力会社による既設水力の保全と再開発	国定公園の自然環境保全、ダム湖の観光利用
JP06	自治体の公営企業による卸電力供給	ダム周辺環境整備、水源地の森林保全
JP07	民間企業による廃止された小水力の再生	観光や内水面漁業に配慮した河川環境整備
NO01	土地所有者（農家）と電力会社による共同開発	農村地域の振興、地域の未利用エネ資源の開発
NO02	土地所有者（農家）と電力会社による共同開発	農村地域の振興、地域の未利用エネ資源の開発
NO03	個人の土地所有者（農家）による開発	農村地域の振興、地域の未利用エネ資源の開発
PH01	国際協力で自治体に寄贈された住民参加型小水力	世界遺産の棚田と地域の伝統文化の保全
PT01	民間企業による貯水池式水力	灌漑用水や鱒の養殖業に配慮した発電運用
UK01	オフグリッドの離島における再生エネによる電力自給システム	島内の需要管理等による安定した電力供給
UK02	社会的企業による地域環境保全のための小水力	地域活動の支援、環境教育
UK03	非営利慈善団体による自家用小水力	地域における青少年育成事業、小水力の普及啓発
US01	オフグリッド地域における電気協同組合によるマイクログリッド	企業誘致による地域産業・雇用の創出、先住民コミュニティの省エネ・再生エネ開発支援
US02	オフグリッド地域における自治体によるマイクログリッド	遠隔地の先住民コミュニティにおける電気料金の安定化と低廉化
ZA01	水道事業者による導水管余剰圧力を利用した自家用小水力	事業所からの GHG 排出削減、近隣の電力不足地域への電力の無償供給

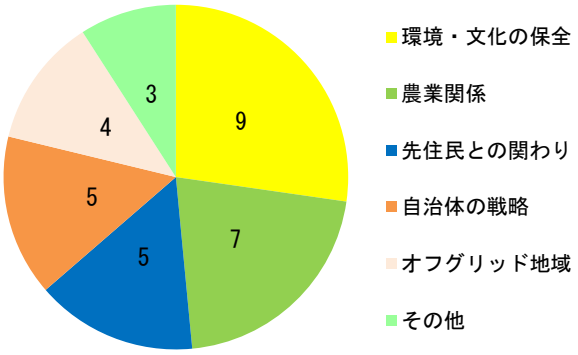

Fig.4 キーワードによる好事例の分類（重複あり）

3.2 調査対象国における小規模水力発電の現状

(1) 小規模水力発電の開発実績とポテンシャル

国別報告書（付録 A1）の統計値から、各国の小規模水力発電の開発実績とポテンシャルを比較すると、Fig.5 の通りである。

未開発のポテンシャルは、カナダ、日本、チリ、米国、ノルウェーが比較的大きい。ただし、カナダの統計値の上限は 50MW で、その他の国の 10MW より範囲が広いので注意が必要である。また、統計値の年も、2010 年～2013 年の範囲で国により異なっている。エネルギー価格の上昇や低炭素化の加速などの情勢変化があれば、これらの小規模水力のポテンシャルを開発する価値も高まると考えられる。

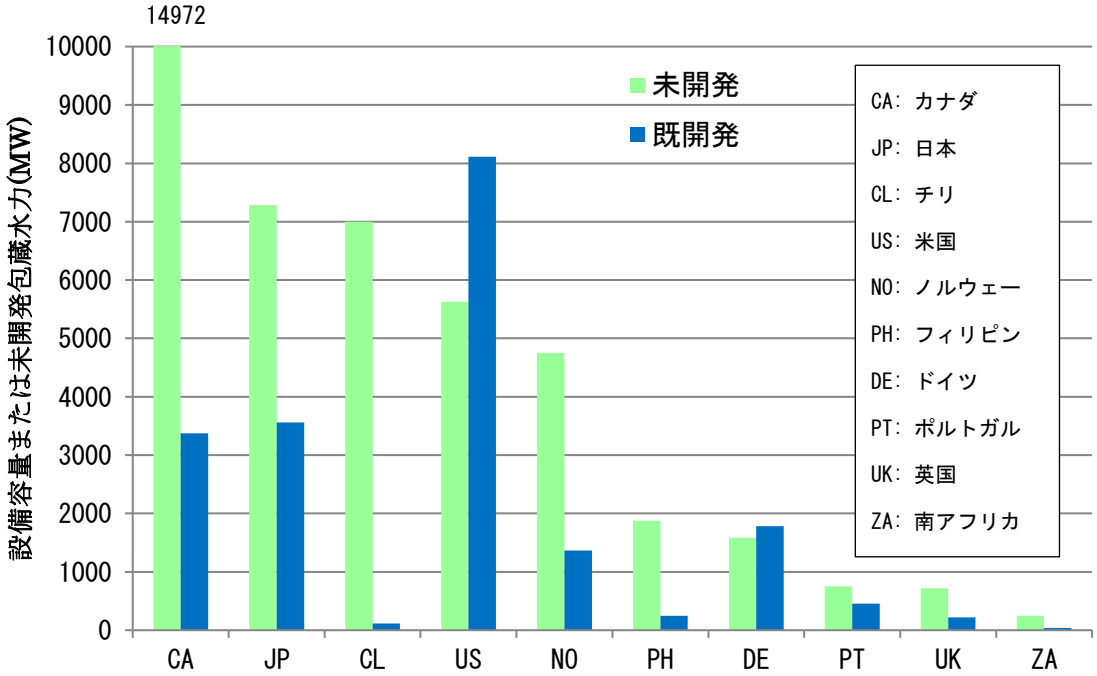

Fig.5 各国の小水力発電の設備容量（既開発）と未開発の包蔵水力

（カナダは 50MW 以下、米国の既開発は 30MW 以下、その他は 10MW 以下の 2010～2013 年の統計値）

(2) 電気事業の形態

電力市場は、英国、ドイツ、ポルトガル、ノルウェー、フィリピン、チリで小売が全面自由化され、発電・送電・配電が分離されている。これらの国の好事例は、ノルウェーで 1990 年に運用開始した 1 件以外は、いずれも自由化後に運用開始したものである。ただし、英国の好事例は離島におけるマイクログリッドと自営線による局所配電（余剰電力の系統を通じた売電を含む）の 2 件であり、プロジェクトへの自由化市場の影響はほとんどないと考えられる。ドイツの好事例も、地域独占に近い垂直統合型の地方公営企業“Stadtwerke”による固定価格買取制度を利用したプロジェクトで、自由化市場の影響は小さいと考えられる。

日本では、1995 年から小売の部分自由化が始まり、2016 年に全面自由化に移行した。ただし、日本の好事例 7 件は、全て規制市場において開始されたものである。

また、米国は 1992 年以降卸売市場が自由化され、発電・送電・配電も分離されたが、小売の自由化は州によって異なり、好事例 2 件を収集したアラスカ州は規制市場である。カナダでも、米

国の要請に応じて卸売市場を自由化したが、小売の自由化は州によって異なり、好事例を収集したブリティッシュコロンビア州では、大口産業需要家に限定した部分自由化が行われている。発電・送電・配電の各事業を手掛ける州営の BC ハイドロ社は、再生可能エネルギー発電事業者からの電力の購入も積極的に行い、小規模水力発電の拡大を後押ししている。

(3) 規制

水利権の許可制度は全ての国で実施されている。河川維持流量の放流も、ポルトガルと南アフリカ以外の国では義務化されている。なお、チリでは 1981 年以降水利権が私的財産として認められ、取得手続きは比較的容易であり、水利用セクター間での取引も行われるなど、他の国とは規制の考え方が大きく異なっている。

その他の規制については把握できない国もあったが、欧州連合では水枠組み指令（Water Framework Directive）による環境規制が厳しく、プロジェクトの経済性の悪化や許認可取得期間の長期化を招いているとの指摘がある [3)]。ポルトガルのように許認可手続きの平均期間が 3～11 年と長い国では、所管官庁の分散化と手続きの煩雑さによる非効率性の問題が指摘されている [3)]。

また、カナダでは先住民との協議が義務化されており、収集した好事例にも先住民に配慮した種々の取り組みが見られる。

(4) 支援策

再生可能エネルギー購入の義務化や奨励（RPS、Renewables Obligation、電力証書など）または固定価格買取制度（FIT、FIP）などの支援策を導入している国は、英国、ドイツ、ポルトガル、ノルウェー、日本、フィリピン、南アフリカ、チリの 8 ヵ国であり、また、カナダと米国でも、好事例を収集した州以外の州ではいずれかの制度を導入しているところがあり、これらの制度は、再生可能エネルギーの普及策として多くの国で導入されていることが分かる。

その他の支援策としては、種々の条件での計画・建設への補助金、再生可能エネルギー電力のユーティリティによる買い取りや国による競争入札、税の優遇、低利融資などがある。特に、カナダや米国では、先住民コミュニティやオフグリッド地域への支援が手厚く配慮されている。

情報不足の国もあるが、Fig.4 で未開発ポテンシャルが比較的多いカナダ、日本、米国では、支援策の種類も比較的多様化している傾向がみられる。

４．好事例の分析と評価

4.1 経済的持続可能性の取り組み

Table 4 に、各事例の分析から有効と判断された取り組みの一覧と該当する好事例を示す。なお、評価区分の「初期投資の回収」では、初期投資負担の軽減、安定した収入の確保、借入金返済の負担軽減に有効な取り組みを取り上げた。また、「維持管理費の確保」と「適正な利潤の確保」では不可分の共通する取り組みが多いため、まとめて記載してある。

初期投資の回収では、負担軽減のために補助金を活用している事例が最も多い。これらは、カナダ、日本、英国、米国の 12 事例である。カナダや米国では、オフグリッド地域や先住民コミュニティへの電力供給に対する公的補助が充実している。

2 番目に多い取り組みは新技術の導入で、10 事例ある。これらは、水車の高効率化・コンパクト化、SR 合成起伏堰、FRPM 管、HDPE 管、埋設型水圧鉄管によるアンカーブロックの省略などである。

その他の初期投資負担の軽減策として、EPC 契約や工区別契約、メーカーとの機器リース契約など契約方式の工夫、起債、共同出資、既設設備の活用、設計の合理化、建設工事への住民参加や資材の現地調達などの取り組みが見られる。

維持管理費および利潤の確保では、FIT や RPS など再生可能エネルギー支援制度が最も多く、2 番目の長期電力購入契約などと共に、安定した収入の確保という点で重要である。なお、これらは初期投資の回収も含め、全ての評価区分に共通する有効な取り組みである。

3 番目に多い取り組みは維持管理の合理化であるが、これらはいずれも近接する複数の発電所の一括管理であり、単独の発電所の場合には参考にならない。

Table 4 経済的持続可能性の有効な取り組みと該当する好事例

評価区分	有効な取り組み	該当する好事例	件数
初期投資の回収	補助金の活用	CA03, JP01-05, JP07, UK01-03, US01-02	12
	新技術の導入	CA01-03, CL01, DE01, JP01-03, JP07, PT01	10
	再エネ支援制度の活用	DE01, JP01-02, JP07, NO01-03, UK03	8
	長期電力購入契約	CA01-03, JP03-04, UK02	6
	設計の合理化	JP01, JP05, NO01-02, ZA01	5
	既設設備の活用	JP02, JP05, JP07, ZA01	4
	ディーゼル発電の代替	CA03, UK01, US01-02	4
	契約方式の工夫	CA01-02, PT01, UK03	4
	共同出資	DE01, UK01-02	3
	低利融資の活用	CL01, JP04	2
	総括原価方式	JP05-06	2
	起債	JP01-02	2
	建設資材の現地調達	CA03, UK02	2
	建設工事への住民参加	PH01*, UK03	2
	プリペイド料金システム	UK01	1
維持管理費の確保および適正な利潤の確保	再エネ支援制度の活用	DE01, JP01-02, JP07, NO01-03, UK03	8
	長期電力購入契約	CA01-03, JP03-04, PH01, UK02	7
	維持管理の合理化	JP01, JP03-07	6
	新技術の導入	CA01-02, JP01, JP03	4
	ディーゼル発電の代替	CA03, UK01, US01-02	4
	低利融資の活用	CL01, JP04	2
	総括原価方式	JP05-06	2
	貯水池・発電所の最適運用	CL01, PT01	2
	契約方式の工夫	UK03	1
	ボランティア運転保守	UK02	1
	プリペイド料金システム	UK01	1

* 国際協力により初期投資の回収は不要な事例であるが、初期投資負担の軽減策として挙げている。

その他の取り組みとして、低利融資の活用、総括原価方式、新技術の導入（取水設備の土砂対策や携帯電話を利用した簡易遠方監視システム等）、離島や遠隔地におけるディーゼル発電の代替による電気料金収入などがある。このうち総括原価方式は、自由化以前の日本の規制市場で行われてきた電気料金や卸売価格の設定方式で、日本の一般電気事業者や公営電気事業者のプロジェクトの経済性は、基本的にはこの方式によって確保されてきた。それにより、「JP05 新帝釈川発電所」や「JP07 高知県公営企業局発電所」のような好事例が生み出されてきたが、2016 年以降は小売市場が全面自由化され、総括原価方式に頼らない経済性の確保の取り組みが必要になる。

なお、フィリピンの PH01 Ambangal 発電所は、収集した好事例の中では唯一の国際協力による事例であり、国際 NGO の Global Sustainable Electricity Partnership (GSEP)のメンバーである東京電力が発電所を建設し、フィリピンのイフガオ州政府に寄贈した。このため、東京電力とイフガオ州政府は初期投資の回収の必要がなく、同州政府は発電と世界遺産の棚田の保全事業を一体で経営することにより、プロジェクトの経済性を確保している。

4.2 社会的持続可能性の取り組み

Table 5 に、各事例の分析から有効と判断された取り組みの一覧と該当する好事例を示す。

Table 5 社会的持続可能性の有効な取り組みと該当する好事例

評価区分	有効な取り組み	該当する好事例	件数
経済的便益	税・交付金収入	CA01-03, CL01, DE01, JP03-07, NO01-03, PT01, UK02, US01	16
	観光・林業支援、企業誘致、新規水力開発等による地域産業振興	CA02-03, CL01, JP03, JP05-07, PH01, PT01, UK01, UK03, US01-02, ZA01	14
	発電所維持管理、観光開発、地域内資金循環等による雇用創出	CA01-03, CL01, DE01, JP02-03, PH01, PT01, UK02, US01	11
	地域間交流拡大による経済効果	JP01-06, UK01-02	8
	便益の地域社会との共有	JP03-04, NO01-03, PH01, UK02	7
地域環境への貢献	ディーゼル発電代替、道路・水路・ダム周辺環境の整備、防災設備	CA01, CA03, CL01, JP02-06, NO01, PT01, UK01, UK03, US01-02, ZA01	15
	森林・河川・貯水池・魚類・野生生物等の保全、河川維持流量	CA01-03, DE01, JP01-07, PT01, UK02, US01	14
	景観・歴史・文化の保全、先住民の文化・生活の保全	CA03, CL01, DE01, JP04-05, JP07, NO01-02, PH01, PT01, UK01-02, US01-02	14
地域社会への貢献	再エネ・観光・水利用・余暇機会・地域ブランド等地域資源の開発	CA01-03, JP01, JP05-07, UK01-02, US01-02, ZA01	12
	教育・訓練・人材育成	CA03, CL01, JP01-04, JP06-07, PH01, UK03, US01, ZA01	12
	国・地域の環境政策や地域活性化政策への貢献	CA03, CL01, DE01, JP01, PH01, UK01-02, US01-02, ZA01	10
	地域間交流拡大による地域活性化	JP01-06, UK01-03	9

経済的便益では、税・交付金収入が 16 事例で最も多く、次いで地域産業振興が 14 事例である。ただし、税・交付金収入については、日本の「JP05 新帝釈川発電所」の立地自治体に交付される「電源立地地域対策交付金」以外は固定資産税や法人税などで金額が小さいため、地域への経済

的便益は限定的である。「電源立地地域対策交付金」は金額が大きく、自治体の公共施設や地域インフラの整備などに活用されている。また、地域産業振興では、ダム貯水池の観光利用の支援、森林整備による林業の支援、再生可能エネルギー電力供給による企業誘致、新規水力開発プロジェクトへの展開などの取り組みがある。

3 番目に多いのが雇用の創出で、建設時の一時的な雇用ではなく、発電所の運用・維持管理という安定した雇用に加えて、観光開発や地域内の資金循環に伴う間接雇用などが 11 事例ある。

その他の取り組みとして、地域間人的交流の促進による経済効果、便益の地域社会との共有がある。便益の地域社会との共有の内容は、灌漑用水受益農家の賦課金の軽減 2 件と、棚田保全基金の運用、および地域貢献基金の運用である。

地域環境への貢献では、地域インフラ整備が 15 事例で最も多く、オフグリッド地域において水力発電がディーゼル発電の代替として貴重なエネルギーインフラとなっている事例や、その他の地域でも、発電所の設置に伴い、道路・水路やダムの周辺環境を整備したり、山火事の抑制のために消火栓を設置したり、災害時に水力発電所を電力系統から切り離して地域の非常用電源に利用できるようにしている事例などがある。

自然環境・生態系の保全および歴史・文化の保全も、それぞれ 14 事例と重視されている。自然環境・生態系の保全については、好事例としての取り組みを挙げていない場合でも、水利権取得に必要な環境保全や法令で義務化された環境影響評価など、何らかの取り組みが行われていることが多い。歴史・文化の保全には、自然景観や都市景観の保全、歴史的構造物の保全、棚田の保全、先住民文化の保全などが含まれる。

地域社会への貢献では、地域資源の開発と教育・訓練・人材育成がそれぞれ 12 事例で最も多い。地域資源開発の具体的な内容は、未利用再生可能エネルギー資源の開発、観光資源開発、水資源の多目的利用に配慮した発電所の運用、余剰電力による熱供給、余暇機会の創出、地域ブランドの向上などが含まれる。例えば、カナダの「CA02 Rutherford Creek 発電所」の発電所放水路を利用したカヤックスラローム水路の設置は、ユニークで魅力的な余暇機会の創出である。

教育・訓練・人材育成では、発電所の施設見学や、発電所を利用したエネルギー・環境教育が多いが、フィリピンやカナダの事例では、地元住民や先住民を対象に発電所の運転・保守要員の教育・訓練を行っている。

その他の取り組みとして、地域間人的交流の促進による地域の活性化、国や地域の温暖化政策や地域活性化政策への貢献などがある。ドイツの DE01 Praterkraftwerk 発電所は、ミュンヘン市の CO2 削減目標実現のためにミュンヘン都市公社（SWM: Stadtwerke Munchen）が推進する「再生可能エネルギー拡大戦略」の一環として開発されたもので、ミュンヘン市民はこの戦略を支持し、Voluntary Surcharge を支払うことにより、さらなる再生可能エネルギーの開発促進に協力している。Praterkraftwerk 発電所単独の効果というわけではないが、これもミュンヘン市の政策への貢献の一つである。

4.3 経済的持続可能性と社会的持続可能性のバランス

地域社会における持続可能な小規模水力発電においては、4.1 と 4.2 で分析した経済的持続可能性と社会的持続可能性のバランスが重要と考えられる。そこで、Table 4 と Table 5 のデータから、各好事例における有効な取り組みの件数をまとめたものが Table 6 である。

この表において、経済的持続可能性の取り組み件数は、初期投資の回収と維持管理費・利潤の確保に共通する取り組みを重複して数えているのに対し、社会的持続可能性の取り組み件数には重複はない。この点も考慮すると、単純に件数だけを比較すれば、全ての好事例において、社会的持続可能性の取り組みは経済的持続可能性の取り組みを上回っていることが分かる。これは、全ての好事例において、社会的持続可能性が経済的持続可能性に劣らず重視されていることを示していると考えられる。

特に取り組み件数が多いのは、オフグリッド地域の先住民に電力供給を行っている CA03 Atlin 発電所および US01 Power Creek 発電所、土地改良区による農業用水を利用した JP03 那須野ヶ原発電所群、公営企業が発電以外にダム周辺環境整備や森林保全も行っている JP06 高知県企業局、社会的企業による地域環境保全を目的とした UK02 Torrs 発電所などである。一方、ノルウェーのプロジェクトは比較的取り組み件数が少ないが、これらはいずれも過疎化が進行する遠隔地の農村地域の土地所有者による地域産業の振興、地域の活性化を目的としており、社会的持続可能性を重視したプロジェクトである。

Table 6 各好事例における経済的持続可能性と社会的持続可能性の取り組み状況

No.	発電所名	経済的持続可能性の取り組み件数			社会的持続可能性の取り組み件数			
		初期投資回収	維持管理・利潤	合計	経済的便益	地域環境貢献	地域社会貢献	合計
CA01	McNair Creek	3	2	5	2	2	1	5
CA02	Rutherford Creek	3	2	5	3	1	1	5
CA03	Atlin	3	2	5	3	3	3	9
CL01	Mallarauco	2	2	4	3	2	2	7
DE01	Prater	2	2	4	2	2	1	5
JP01	家中川	4	2	6	1	1	4	6
JP02	鯛生	4	1	5	2	2	2	6
JP03	那須野ヶ原	3	3	6	5	2	2	9
JP04	富士緒井路	3	3	6	3	3	2	8
JP05	新帝釈川	4	2	6	3	3	2	8
JP06	高知県公営企業局	1	2	3	3	3	3	9
JP07	落合楼	4	2	6	2	2	2	6
NO01	Ljøsåa	2	1	3	2	2	0	4
NO02	Jorda	2	1	3	2	1	0	3
NO03	Storfallet	1	1	2	2	0	0	2
PH01	Ambangal	1	1	2	3	1	2	6
PT01	Canedo	1	1	2	3	3	0	6
UK01	Eigg Island	4	2	6	2	2	3	7
UK02	Torrs	4	2	6	4	2	3	9
UK03	Abernethy Trust	3	1	4	1	1	2	4
US01	Power Creek	2	1	3	3	3	3	9
US02	Delta Creek	2	1	3	1	2	2	5
ZA01	Brandkop Conduit Hydro	2	0	2	1	1	3	5

4.4 成功理由の分析

各好事例の成功理由を比較すると、共通的な要因として、地域貢献に対する事業者の明確なビジョン、水力プロジェクトに対する地域の強いニーズ、事業者のリーダーシップ、パートナーシップの活用、地域住民とのコミュニケーション、および国等の政策による支援を挙げることができる。また、やや数は少ないが、高い技術力によって建設費や維持管理費の低減に成功している事例も見られる。そこで、これらの要因に該当すると考えられる好事例の一覧を Table 7 に示す。

Table 7 成功理由の共通的要因と該当する好事例

成功理由の共通的要因	該当する好事例	件数
住民とのコミュニケーション	CA01-03, CL01, JP01, JP03-07, PH01, PT01, UK01-03, US01	16
国等の政策による支援	CA01-03, DE01, JP01-07, UK01-02, US01-02	15
地域貢献に対する明確なビジョン	CA03, DE01, JP01-03, JP06, NO01-02, PH01, UK01-02, US01-02	13
パートナーシップの活用	CA03, CL01, DE01, JP01, JP03, PH01, NO01-02, UK01-03	11
事業者のリーダーシップ	CA03, DE01, JP01-04, NO03, UK02, ZA01	9
プロジェクトに対する地域の強いニーズ	CA03, CL01, DE01, NO01-02, UK01-02, US01-02	9
高い技術力	CA01-02, DE01, JP05, JP07, ZA01	6

この表から、住民とのコミュニケーション、国等による政策支援、地域貢献のビジョンなどが特に多くの好事例に共通していることが分かる。Table 7に示す要因を多く備えることは、持続可能性に関わる種々の取り組みを成功させていく上で、有利な条件であると考えられる。

５．まとめと結論

事業の経済的持続可能性を確保しつつ、地域社会にも様々な便益をもたらしている「持続可能な小規模水力発電」の世界各国における好事例の分析から、経済的・社会的持続可能性に関わる具体的で有用な以下の知見を得ることができた。

<u>プロジェクトの経済的持続可能性に関わる有効な取り組み：</u>

(1) 財務的手法・制度

・FIT 制度や RPS 制度の活用

・長期電力購入契約

・共同出資による資金調達や契約方式の工夫によるコスト低減

・公的な財務支援制度の活用

(2) 技術的手法

・新技術の導入

・立地条件の選定、設計の合理化、維持管理の合理化

・既設設備の活用

・オフグリッド地域でのディーゼル発電の代替

プロジェクトの社会的持続可能性に関わる有効な取り組み：

(1) 経済的便益

・観光、企業誘致、新規水力開発などによる地域産業の振興
・発電所の建設・運用、観光開発や地域内の資金循環に伴う雇用創出
・地域間人的交流の拡大による経済的効果
・農家の賦課金軽減や地域貢献基金の運用などの地域社会との便益の共有
・地元自治体への税・交付金等の収入

(2) 地域環境への貢献

・オフグリッド地域のエネルギーセキュリティの向上
・道路・水路・ダム周辺環境等の整備・改善と防災機能の向上
・森林・河川・貯水池・魚類・野生生物等の保全
・景観、地域の歴史・文化、先住民の生活・文化の保全

(3) 地域社会への貢献

・未利用再生可能エネルギー・水利用・観光・余暇機会・地域ブランドなどの地域資源の開発
・教育・訓練・人材育成
・地域間人的交流の拡大による地域社会の活性化
・国や地域の環境政策や地域活性化政策への貢献

各取り組みについての詳細な情報は、個別の「好事例報告書」（付録 A2）から得ることができる。これらの知見は、今後の新規小規模水力開発における社会的合意の形成や、既設地点の立地地域との関係改善に役立つものと考えられる。

６．提言

(1) 水力開発におけるプロジェクトの社会的持続可能性は、これまで以上に重視されるべきである。

これまでの経済的持続可能性の向上に偏った水力開発は、社会的受容性の課題を克服できない。水力開発の基本的な考え方を転換し、社会的持続可能性の向上を図ることで、隘路を打開できる可能性がある。政策決定者や事業者が、水力プロジェクトの地域社会における社会的持続可能性に関する定義、評価、必要性について理解を深め、共通の認識を持つことが必要である。

(2) 「地域社会における持続可能な小規模水力発電」という形の水力開発は、世界のあらゆる地域で、様々な形態の事業者によって取り組まれるべきである。

これまではオフグリッド地域の電源や、「コミュニティ発電所」といった形での極めて小規模な電源が開発されやすい傾向にあったが、より広い地域で多様な事業者が取り組むことによって、

新たなビジネスモデルや事業スキームが生まれ、開発を拡大できる可能性がある。それを促すための方策と課題を明らかにし、課題の解決を図っていく必要がある。

(3) 「地域社会における持続可能な小規模水力発電」の好事例は、一般の人々が水力発電の価値を再認識する機会に活用されるべきである。

水力発電の価値は一般の人々には理解されにくい。実際に地域社会に貢献している水力発電を一般の人々が実感できるような機会を増やすことによって社会の関心が高まり、それが水力開発に対する社会的受容性を高め、事業者は社会的持続可能性をさらに重視するようになるという好循環が生まれる可能性がある。メディア、教育機関、環境団体などと連携し、地域社会の協力を得て、持続可能な水力発電に対する社会の理解を深めるための戦略的な普及・啓発活動が必要である。

(4) 「地域社会における持続可能な小規模水力発電」についての情報は、さらに蓄積・分析・体系化が進められ、水力関係者によって共有されるべきである。

過去の事例に基づく経済的・社会的持続可能性の分析を行った調査研究や報告はまだ数が少ない。今後さらなる事例やデータの蓄積と成功要因などの分析、それに基づく情報の体系化、およびそれらの水力関係者による情報共有を図っていくことが重要である。

参考文献

1) International Energy Agency (2012), Technology Roadmap Hydropower, OECD/IEA.
2) United Nations Industrial Development Organization and International Center for Small Hydropower (2013), World Small Hydropower Development Report 2013.
3) European Small Hydropower Association (2012), Small Hydropower Roadmap, Condensed research data for EU-27.
4) The International Energy Agency Implementing Agreement on Hydropower Technologies and Programmes (2010), Update of Recommendations for Hydropower and the Environment, Annex XII Task2 Briefing Paper.
5) International Hydropower Association (2010), Hydropower Sustainability Assessment Protocol.
6) The International Energy Agency Technology Collaboration Programme on Hydropower, Annex II Small- Scale Hydropower.
http://www.ieahydro.org/annex-ii-small-scale-hydropower