

ネパール国

代替エネルギー促進センター

**ネパール国
ヒマラヤ農村地域の生活水準向上に
向けた軽水力発電機普及・実証事業
業務完了報告書**

平成31年4月

(2019年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社茨城製作所

民連
JR(P)
19-060

＜本報告書の利用についての注意・免責事項＞

- ・ 本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・ 利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

巻頭写真	i
略語表	vi
地図	viii
図番号	ix
表番号	x
写真番号	xii
案件概要	xiv
要約	xv
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	2
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	3
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	4
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	6
2. 普及・実証事業の概要	11
(1) 事業の目的	11
(2) 期待される成果	12
(3) 事業の実施方法・作業工程	12
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	14
(5) 事業実施体制	17
(6) 事業実施国政府機関の概要	18
3. 普及・実証事業の実績	20
(1) 活動項目毎の結果	20
① 各サイトの活動概要	22
② 成果 1 に係る活動（実証活動）	26
③ 成果 2 に係る活動（実証活動）	56
④ 成果 3 に係る活動（実証活動）	81
⑤ 成果 4 に係る活動（普及活動）	86
(2) 事業目的の達成状況	109
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	112
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	112
(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	112

(6) 今後の課題と対応策	112
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	114
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	114
① Cappa	115
② Kingyo	116
③ Cappa と Kingyo のビジネス展開分析	117
③ ネパールでの現状の水力発電ビジネスモデル	120
(2) 想定されるリスクと対応	129
① 想定されるリスク	129
② リスクへの対応	131
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果	134
(4) 本事業から得られた教訓と提言	135
① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓	135
② ネパールでの事業環境	135
③ JICA や政府関係機関に向けた提言	136
④ AEPC やネパール側に対しての提言	137

巻頭写真



JICA、AEPC、茨城製作所の三者による事業実施体制構築（2017年2月）



実証サイト関係者との MoU の締結（2017年9月）



製品輸送（2017年10月）



ボカラ寺院サイトでの製品デモンストレーション (2017 年 11 月)



維持メンテナンストレーニング (2017 年 11 月)



バラティバワンサイトでの Kingyo 設置とその電力で点灯した電球 (2017 年 12 月)



チャンディカ小学校 製品導入準備と設置時（2018年3月）



チャンディカ小学校 製品デモンストレーション（2018年3月）



第1回本邦研修（2018年4月）



NYSE での製品パーツの現地製造と組み立て（2018 年 7 月）



第 2 回本邦研修（2018 年 10 月）



Cappa ネパールモデルのお披露目（カトマンズ サクー市）（2018 年 11 月）



製品の利活用（映画鑑賞、家庭で夜間学習）



維持管理・利活用に関するワークショップの開催（2018年11月）



JICA
ネパール事務所 所長

AEPC
Executive Director



機材ハンドオーバー（2019年2月）

略語表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AEPC	Alternative Energy Promotion Center	代替エネルギー促進センター
CP, C/P	Counter Part	カウンターパート
Danida	Danish International Development Assistance	デンマーク国際開発援助活動
DCC	District Coordination Committee	郡調整委員会
DCRDC	Dhaulagiri Community Resource Development Center	ダウラギリ地域資源開発センター
DDC	District Development Committee	郡開発委員会
DFID	Department for International Development	イギリス国際開発省
DOL	Department of Industry	産業省産業局
HCREEE	Himaraya-Hindu Kush Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency	ヒマラヤ地域再生エネルギー・エネルギー効率センター
IBN	Investment Board Nepal	ネパール投資庁
ICIMOD	International Centre for Integrated Mountain Development	国際総合山岳開発センター
INSEC	Informal Sector Service Centre	(現地 NGO の 1 つ)
IWM	Improved Water Mill	改良型水車
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
MC	Communist Party of Nepal – Maoist Centre	ネパール共産党マオイスト・センター
MoU	Memorandum of Understanding	覚書
NAST	Nepal Academy of Science and Technology	ネパール科学技術アカデミー
NEA	Nepal Electricity Authority	ネパール電力公社
NGO	Non-governmental Organization	非政府組織
NMHDA	Nepal Micro Hydropower Development Association	ネパール小水力開発協会
NRREP	National Rural and Renewable Energy Programme	国家地方および再生可能エネルギープログラム
NSP	National Service Provider	ナショナル・サービス・プロバイダー
NYSE	Nepal Yantra Shala Energy	(現地水力発電機メーカーの 1 社)
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PPP	Public Private Partnership	官民連携
PQC	Product Quality Control	製品品質管理
RSC	Regional Service Center	地域サービスセンター
rpm	revolutions per minute	回転毎分 (回転/分)
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標

SMC	School Management Committee	学校運営委員会
SNV	The Netherlands Organization for Development	オランダ開発組織
TMC	Temple Management Committee	寺院運営委員会
UML	Communist Party of Nepal – Unified Marxist-Leninist	ネパール共産党統一マルクス・レーニン主義派
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	国連工業開発機関
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
VCC	Village Coordination Committee	村落調整委員会
VDC	Village Development Committee	村落開発委員会

地図



出典：Wikipedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nepal_Map.PNG) 収録の
ファイルに調査団が加筆

図番号

図 1	導入イメージ図	11
図 2	事業実施体制	17
図 3	AEPC 組織図	19
図 4	各サイトへの配置図	20
図 5	ポカラ寺院サイトにおける製品導入の検討過程	26
図 6	チャンディカサイトにおける製品導入の検討過程	27
図 7	バラティバワンサイトにおける製品導入の検討過程	28
図 8	サクーサイトにおける製品導入の検討過程	29
図 9	ポカラ寺院サイトにおける許認可取得プロセス	30
図 10	チャンディカサイトにおける許認可取得プロセス	30
図 11	バラティバワンサイトにおける許認可取得プロセス	31
図 12	サクーサイトにおける許認可取得プロセス	31
図 13	Cappa / Kingyo のマニュアル	70
図 14	維持管理に向けた計画案	72
図 15	利活用モデル図解	75
図 16	太陽光パネルの発電電力の評価グラフ（バラティバワンサイト）	100
図 17	太陽光パネルの発電電力の評価グラフ（サクーサイト）	101
図 18	第三者評価の完了レポート	106
図 19	普及・実証後の主な関与者	108
図 20	進出形態別のビジネス展開案	114
図 21	製品製造から導入までの流れ	115
図 22	今後のビジネス展開の方向性	118
図 23	購入資金スキーム	120
図 24	AEPC の補助金を活用した導入スキーム	120
図 25	AEPC の補助金活用時のメーカーへの支払いメカニズム	121
図 26	小型水力発電機導入時の関係者ごとの費用負担	121
図 27	ネパール国内における原材料調達ルート	123
図 28	事業開始手続	126
図 29	設置後、判明した課題と対応策	129
図 30	茨城製作所のメディア登場回数	138

表番号

表 1	現代ネパール政治史	1
表 2	経済指標の推移	2
表 3	無償資金協力	4
表 4	有償資金協力	5
表 5	軽水力発電機 Cappa と既存の小水力発電施設の比較	8
表 6	低落差式超小型水力発電機 Kingyo と既存の落差式小水力発電機の比較	9
表 7	機材ごとの設置場所	10
表 8	作業工程表	13
表 9	従事計画・実績表	14
表 10	業務フローチャート	15
表 11	投入済み資機材リスト	16
表 12	サイトごとの設置機器	20
表 13	各実証サイトへの設置状況	21
表 14	輸出入手続	33
表 15	機材保管状況	34
表 16	計測状況	52
表 17	電圧ドロップと電圧の関係	54
表 18	水量調整板（流量絞りプレート）と電圧・電流の関係	54
表 19	教室の照度状況	55
表 20	利活用モデルごとの負荷機器の分析	73
表 21	チャンディカサイトにおけるワークショップ概要	77
表 22	ポカラ寺院サイトにおける製品デモンストレーションプログラム	88
表 23	サクーサイトにおける製品デモンストレーションプログラム	95
表 24	バラティバワンサイトの設置の太陽光パネル仕様	97
表 25	サクーサイトの設置の太陽光パネル仕様	97
表 26	1日当たりの発電量(Wh)を基準とした 1Wh あたりの発電単価の比較	105
表 27	SWOT 分析	107
表 28	4つの戦略	108
表 29	プロジェクトの達成状況	109
表 30	プロジェクトの課題と対応策	113
表 31	軽水力発電機に関する AEPC の補助金の算定方法	122
表 32	連携可能性の検討	125
表 33	国際機関、他ドナーとのコミュニケーション実績	125
表 34	要員計画・人材育成計画	127

表 35	収支計画	128
表 36	投資開放領域	131

写真番号

写真 1	軽水力発電機 Cappa	6
写真 2	低落差式超小型水力発電機 Kingyo	7
写真 3	ポカラ寺院（Cappa バッテリーモデル 1 台、ミニマムモデル 1 台）	22
写真 4	チャンディカサイト	23
写真 5	バラティバワン中学校（Kingyo 2 台）	24
写真 6	サクーサイト	25
写真 7	各地域の関係者との協議の様子と MoU	32
写真 8	ポカラ寺院サイトでの設置の様子	35
写真 9	ゴミ清掃の様子	37
写真 10	標識	37
写真 11	ゴミネット設置	38
写真 12	ゴミネットの改良	38
写真 13	実際の様子	39
写真 14	チャンディカサイトでの作業の様子	40
写真 15	各地大雨被害の報道記事	43
写真 16	修復工事の様子	44
写真 17	バラティバワンサイト	45
写真 18	サクーサイトの水路整備	48
写真 19	ポカラ寺院サイトの設置状況	49
写真 20	投棄ゴミ	50
写真 21	チャンディカサイトの設置の様子	50
写真 22	バラティバワンサイトの設置の様子	53
写真 23	サクーサイトの設置の様子	55
写真 24	ポカラ寺院サイトでのトレーニングの様子	58
写真 25	チャンディカサイトでのトレーニングの様子	60
写真 26	バラティバワンサイトでのトレーニングの様子	61
写真 27	サクーサイトでのトレーニングの様子	63
写真 28	第 1 回本邦研修 主な研修内容	64
写真 29	第 2 回本邦研修風景	67
写真 30	チャンディカサイトでの稼働の様子	70
写真 31	Kingyo バッテリー × 観光客向けグッズ制作	76
写真 32	現地メーカーの様子	81
写真 33	実験の様子	84
写真 34	ポカラ寺院サイトにおける製品デモンストレーションの様子	87

写真 35	ポカラ寺院サイトにおける製品デモンストレーション 主なプログラムの様子	89
写真 36	ポカラ寺院サイトにおける製品デモンストレーション 会場の様子	90
写真 37	学校創立 31 周年式典の様子	92
写真 38	夕暮れ時のチャンディカサイト	93
写真 39	サクーサイトにおける製品デモンストレーション様子	96
写真 40	ネパールの NYSE 社による鋼のディフューザーの試作品	116
写真 41	ノウビセの NYSE のパワーハウスと水力発電システム	117
写真 42	カトマンズの工場にあった修理中の小型水力発電機	119
写真 43	世界銀行とのミーティングの様子	126

案件概要

ネパール国

ヒマラヤ農村地域の生活水準向上に向けた軽水力発電機普及・実証事業 株式会社茨城製作所(茨城県)

ネパール国の開発ニーズ

- 2030年までに中所得国の一員となることを長期目標としているが、電力にアクセス可能な人口は74%に達した程度。
- 山岳部・農村部には無電化地域や電力不足地域が多く存在しており、学校や識字クラスでの授業実施に支障が出ている。

普及・実証事業の内容

- パイロット事業
学校2校においてCappaとKingyoを1年程度稼働させ、地元コミュニティで運用、維持管理できる体制作りを目指す。
- デモンストレーション
普及のための製品デモンストレーションを実施する。
- 製品テスト
現地メーカーに一部部品の製造技術を移転し、現地メーカーが製造した部品を使ったCappaの稼働試験を行う。

提案企業の技術・製品



軽水力発電機 Cappa 低落差式超小型水力発電機 Kingyo

- 軽水力発電機Cappaは、落差を必要とせず可搬式で、水流に入れるだけで発電を開始。
- 低落差式超小型水力発電機 Kingyoはペットボトルの大きさで、1.5mの超低落差から発電可能。
- いずれも設置にあたり大規模な土木工事が不要な分散型独立電源。

事業概要

相手国実施機関：
代替エネルギー普及センター

事業期間：2017年5月～2019年5月

事業サイト：カトマンズ郡、カスキ郡

ネパール国側に見込まれる成果

- 電力供給が不安定な地域の学校及び公共機関へ製品が導入されることにより、より安定した電源が確保される
- 明かりが灯ることによる学習環境の改善や、パソコン等教育に必要な電力供給が、教育サービス機会の拡充と質の向上を促す。
- 夜間照明や携帯電話の充電が可能となり、生活環境が改善する。

日本企業側の成果

現状

- 現地製造事業者にて技術指導を行ったことで、複数の部品がネパールで製造できるようになる。
- 国内外の大学、政府機関、NGO等と連携し、CappaやKingyoの普及を継続して行う。

今後

- 機材の一部製造や使用方法、管理システムを含む途上国モデルを構築すると同時に拠点を設立。
- ネパールやアジア各国でのCappaやKingyoの製造販売や、欧米地域でのCappaバッテリーモデルの販売を目指す。

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	(和文) ヒマラヤ農村地域の生活水準向上に向けた軽水力発電機普及・実証事業 (英文: Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Introducing Small Hydro-Kinetic Power Generator to the Himalayan Rural Area to Improve Living Standard)
事業実施地	ネパール連邦民主共和国
相手国 政府関係機関	代替エネルギー促進センター (Alternative Energy Promotion Center : AEPC)
事業実施期間	2017 年 5 月 22 日～2019 年 5 月 31 日
契約金額	99,690,480 円 (税込)
事業の目的	電力供給が不安定な地域もしくは無電化地域に軽水力発電機 Cappa 及び低落差式超小型水力発電機 Kingyo を設置し、学校及びコミュニティに安定した電力を供給することによって、同発電機が新しいタイプの分散型独立電源としてネパール国の農村地域の生活改善に貢献する可能性を実証するとともに、同国での製品の普及方法と課題について整理・検討する。
事業の実施方針	・実証事業： 学校 2 校において Cappa と Kingyo を稼働させる。現地での実際の稼働状況に合わせて改良するとともに、維持管理のトレーニングを受けた現地水力発電技術者の指導の下、地元コミュニティで運用、維持管理できる体制作りを目指す。 ・デモンストレーション： 政府・民間関係者を集めやすいカスキ郡庁所在地のポカラ、及びカトマンズ郡サクー近郊で普及のための製品デモンストレーションを実施する。 ・製品テスト： 現地メーカーに一部部品の製造技術を移転するとともに、サクーのサイトでは現地メーカーが製造した部品を使った Cappa の稼働試験を行う。

実績	現地協力者や Cappa 導入補助員など多くの人の試行錯誤と協力及び連携の上で、各サイトで機材を設置し、稼働させ、維持管理を行うことができた。 学校やコミュニティ施設に Cappa や Kingyo が設置され、授業の際に明るい教室で勉強ができるというような直接的な効果だけでなく、ゴミ清掃を自主的に行うなどの効果もあった。（成果 1） 現地でのトレーニングやワークショップだけでなく、日本での本邦研修を実施し、維持管理人材を育成した。（成果 2） 特に、Cappa の製造に関する技術移転においては、安価な現地製造モデルの検討をしたところ、想定よりも多くの部品が製造できるなど大きな成果が得られた。（成果 3） ビジネス展開においては、現地に合わせたスペック・価格にすることを目指し、ネパールだけでなく世界各国への販売に向けビジネス展開計画を策定した。（成果 4） 1. 実証・普及活動 (1) 機材設置場所を最終決定し、実証サイトの条件に機材の仕様、配線などの導入システムを開発した。（活動 1-1） (2) 機材設置のための覚書（MoU）の締結 全ての実証サイト 3 ヶ所について、SMC や TMC、Ward との MoU を締結した。（活動 1-2） (3) 機材輸送、機材設置 全ての機材をネパールに輸出し、機材を適切に設置した。各サイトでは足場板や盗難防止柵の設置を行った。全てのサイトでクリーンキャンペーンを行った。（活動 1-3, 1-4） (4) 維持メンテナンスに関する技術移転 全ての実証サイト 3 ヶ所にて、サイト関係者と地域住民を対象としてトレーニングを実施した。（活動 2-1, 2-2） (5) 本邦受入活動を実施し、茨城製作所本社にて、製品維持管理の技術的指導を行った。（活動 2-3） (6) 電力事情や水路水位の変化に応じて Cappa の設置稼働場所を変更させた。（活動 2-4） (7) 維持管理を計画に基づき行った。（活動 2-5） (8) 電力の利活用の仕組みを検討した。（活動 2-6） (9) 部品製造のための技術移転 パートナー候補企業（NYSE）を選定し、技術指導を行い一部
----	---

	パーツを NYSE が製造し、国内製パーツと合わせて製品の組み立てを行った。（活動 3-1, 3-2, 3-3） (10) 製品デモンストレーションの実施（活動 4-1,4-2） (11) 太陽光パネルとの発電効率比較を行った。（活動 4-3） (12) ネパールにおける製品普及計画及び方針を策定した。（活動 4-4） (13) ユーロニュースから普及・実証事業の取材を受けた。同サイトで配信された動画は 43 万件以上のアクセスがあった。 2. ビジネス展開計画 現地での需要、競合製品・代替製品の分析、導入されやすい価格や仕組みについて検討を行った結果、3 つの進出形態（①代理店販売、②茨城製作所 100%出資子会社としての単独法人設立、③現地パートナーとの合弁会社設立（ジョイントベンチャー：JV））でのビジネス展開を想定している。 普及実証事業後の本格的な販売先としては、第 1 フェーズ（ドナーに販売、公的機関へ導入）、第 2 フェーズ（自治組織、民間に販売・導入）に分けてターゲットを設定した。
課題	1. 実証・普及活動 水量の変動、水路の決壊、水路を流れるゴミの影響で稼働が安定しないことから、周辺住民との協力体制を強化するとともに、水路の構造の変更なども JICA 本部のインハウスコンサルタント、小水力発電機導入経験豊富な NYSE 社長、現地の土木関係者等のアドバイスを基に対策をとった。また、ネパールにおいて水路のゴミ掃除や製品の運用メンテナンスを円滑に進めていく為には、地域住民の製品運用に対する理解度や協力度合いを見極めて進めていくことが大切である。 2. ビジネス展開計画 普及・実証事業で構築した政府関係機関、民間企業、NPO や NGO とのネットワークを生かし、ビジネス展開を進めていく。現地での更なる製造に向けて、人材育成も念頭に、事業後には、ネパールに連絡事務所設立を行う。更に、JV 設立に向けて、関連するリスクに対する対応策を引き続き検討するとともに、海外投資・技術移転法を中心に法制度の改正についての情報収集に努める。 現地製造については、現地部品製造・調達の拡大移管をはじめ価

	格を低減を進めると共に、ネパールでの製造が難しい機械加工の難易度の高い部品を、今後、インドでも製造・調達を検討していく。ネパールとインドを繋げたビジネスを展開していくことで、更なる価格の低減と、3 国間のビジネスのみならず、アフリカ等他地域へのビジネスも視野に入れていく。
事業後の展開	普及・実証事業終了後の初年度、ネパールに現地の活動拠点となる駐在員事務所（Liaison Office）を設立予定。 その後、3 つの進出方法（①代理店販売、②茨城製作所 100%出資子会社での単独法人設立、③現地パートナーとの JV 設立の進出形態を想定している。 本事業後 2019 年～2020 年（第 1 フェーズ）ではまず、各国ドナーや NGO をマーケットとし、その後（第 2 フェーズ）では住民自治組織や民間をターゲットとして展開することを検討中である。
Ⅱ．提案企業の概要	
企業名	株式会社 茨城製作所
企業所在地	茨城県日立市神峰町 4-7-10
設立年月日	1967 年 4 月
業種	製造業
主要事業・製品	電気機器製造業 回転電機製造及び修理・オーバーホール
資本金	3,000 万円（2019 年 3 月時点）
売上高	8 億 2,000 万円（2018 年 3 月期：2019 年 2 月末時点での試算）
従業員数	90 名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

ネパールは、南アジアに位置する東、西、南をインド、北を中国チベット自治区に接している内陸国である。面積 14.7 万平方キロメートル（北海道の約 1.8 倍）の国土にインド・アール系とチベット・ミャンマー系の多民族によって構成される約 2,930 万人¹（2017 年）が居住している。世界最高峰のエベレスト（ネパール語名サガルマータ、標高 8,848m）を含むヒマラヤ山脈、国土の中央部に位置する丘陵地帯、南部のタライ平原からなる国土は、変化に富んだ地形を呈している。

1996 年以降の政情不安に加え 2015 年 4 月 25 日の大地震と余震の被害により政治の混乱と経済の停滞が続いていた。特に、2015/2016 年度は震災の影響とインドの国境封鎖の影響で製造業を中心に国内産業が大きな打撃を受け、経済成長率は 0.56%となった。

しかし、2016/2017 年度に入り震災からの復興や 20 年ぶりの地方選挙の実施など、国内は安定してきており、経済成長率は 7.5%²と見込まれている。

表 1 現代ネパール政治史

1990 年 11 月	1990 年憲法成立、国民主権の元、複数政党制の導入
1996 年 2 月	ネパール統一共産党毛沢東主義派（マオイスト）が王政と政府に対する武装闘争を開始
2001 年 1 月 6 月	マオイスト、人民解放軍を創設 王宮乱射事件、ギャネンドラ国王即位
	以降、国王、議会、マオイストによる主導権争い、混乱状態が続く
2006 年 11 月	政府とマオイストが包括和平合意に調印
2007 年 1 月	暫定憲法成立
2008 年 5 月 7 月	制憲議会設置、王政廃止 初代大統領ヤーダブ（ネパール会議派）、首相プラチャンダ（マオイスト）就任
2009 年~2012 年	以降、首相交代が 3 回繰り返されるも憲法制定に至らず、制憲議会の任期が満了
2014 年 1 月	第 2 次制憲議会開会

¹ 世界銀行 World Bank Open Data （2019 年 2 月 14 日 閲覧）

² IMF World Economic Outlook, October 2017

2015 年 4 月 9 月	大震災の発生 新憲法が成立（当初の公布期限は 1 月であった） 州の境界線等をめぐって南部のインド系住民が反発、ゼネストの実施、インドとの国境を封鎖
2016 年 2 月	国境封鎖の解除
2017 年 5 月～9 月	20 年ぶりの地方選挙
11 月～12 月	州議会選挙・連邦下院選挙
2018 年 2 月	オリ UML 党首が首相に就任
5 月	連立与党 UML と MC が統合しネパール共産党が発足

出所：JICA 調査団作成

表 2 経済指標の推移

	2000 年	2010 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
人口	23,740 千人	26,876 千人	28,323 千人	28,656 千人	28,983 千人	29,304 千人
名目 GDP	5,494 百万ドル	16,002 百万ドル	20,003 百万ドル	21,314 百万ドル	21,144 百万ドル	25,992 百万ドル
一人当 り名目 GDP	231.43 ドル	595.43 ドル	706.24 ドル	743.77 ドル	729.53 ドル	848.1 ドル
実質 GDP 成長率	6.2%	4.8%	6.0%	2.7%	0.6%	6.94%
海外からの 送金額 GDP 比	10.7%	18.5%	29.1%	31.6%	31.2%	—

出所：世界銀行 World Bank Open Data

② 対象分野における開発課題

2017 年 2 月に発表された第 14 次計画（2016/17-2018/19）においてネパールが経済成長を果たすためにエネルギーインフラの整備は緊急の課題の 1 つとされており、水力発電の開発はその中核であるが、電気インフラ整備計画の目処が立っていない無電化地域は未だ多く存在する。ネパール電力公社（Nepal Electricity Authority : NEA）の 2017 年年次報告によると、インドからの電力輸入量の増加、送配電設備の増強、電力の需給バランスの適切な管理等によりカトマンズやポカラといった都市部では 24 時間無停電を達成し、その他の地域でも乾季に最小限の停電が発生するのみにまで電力供給は改善したとしているものの、人口の 65%しかグリッドに接続できない状況であり、第 14 次計画において電力にアクセスできる人口の割合を第 13 次計画で達成された 74%から 87%に向上させることを目標

としている。

電力が供給されていない学校では、照明のない教室で薄暗い中で授業を行っており、十分な学習環境が整備されていない。ネパールの開発課題である貧困からの脱却ために、計画停電に左右されず、十分なインフラ整備網の届かない農村部でも最低限の安定した電力を確保することのできる電力供給方法の開発が求められている。また、持続可能な開発目標（SDGs）においても、目標 7 でクリーンなエネルギーをみんなに届けることにより、地球上の誰一人として取り残さず（leave no one behind）持続可能な世界を実現することが謳われており、ネパールの SDGs 達成のためには山間部、農村部への自然に優しいエネルギーの確保が必須となっている。

なお、我が国の対ネパール国別開発協力方針では「後発開発途上国からの脱却を目指した持続的かつ均衡のとれた経済成長への支援」を基本方針としており、重点分野（中目標）1「ハード及びソフト両面にわたる震災復興及び災害に強い国づくり」、重点分野（中目標）2「経済成長や国民生活の改善に直結する社会・経済基盤整備」、重点分野（中目標）3「貧困削減及び生活の質の向上」のいずれにおいても水力発電開発の重要性が指摘されていることから、提案製品の導入事業は我が国の開発協力方針に合致するといえる。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

ア) ネパールの開発計画における電力セクターの位置づけ

2017 年 2 月に発表された第 14 次計画（2016/17-2018/19）で、ネパール政府は 2030 年までに中所得国（middle income country）の一員となることを長期的なビジョンとして掲げ、年あたりの経済成長率を 7.2%超、貧困ライン以下で生活する人口を 17%以下に下げることが同計画のゴールとしている。ネパールの経済成長には電力へアクセスが重要な要素の 1 つとされており、上記の通り、電力へのアクセス可能な人口を 74%から 87%に向上させることを数値目標の 1 つとして掲げている。

イ) 電力セクターの管轄省庁

ネパールでは、エネルギー省が電力セクターを管轄し、同国のエネルギーセクターの政策立案と実施を担っている。NEA は、水資源省の電力局と、ネパール電力会社、その他関連委員会が合併して 1985 年に国有の公社として設立され、以来電源開発、発電、送電、配電事業を担っている。一方、1996 年に再生可能エネルギーの活用促進を行う政府機関として代替エネルギー促進センター（Alternative Energy Promotion Center : AEPC、現在は人口環境省の下部組織）が設立され、再生可能エネルギー普及のための補助金政策の策定や技術普及などを実施している。1MW までの代替エネルギー普及は AEPC が担当し、1MW 以上は NEA が管轄している。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

ア) JICA における再生可能エネルギー事業の先行事例

JICA の電力セクタープロジェクトとしては、水力発電の能力向上や拡大に関するプロジェクトが実施されているのと同時に、再生可能エネルギーなど石油系燃料などに依存しない発電の整備も行われているものの、小規模分散型の発電施設に対する支援は、下記「西部地域小水力発電所改善計画」のみである。分散型電源等の特性を生かし既存の電力供給技術とのすみわけを行うことにより、電力へのアクセスを向上させることが必要である。

表 3 無償資金協力

西部地域小水力発電所改善計画	
実施年度	平成 26 年度
案件スキーム	無償資金援助（供与限度額：15.71 億円）
実施地域	バジャン郡、バジュラ郡、ルクム郡
案件概要	基幹送配電系統に接続されていない事業対象地域において老朽化した既設の小水力発電所を改修することにより、村落地域の逼迫した電力需要への対応を図り、地域経済の発展、民生の向上に寄与。
裨益効果	電力の安定供給、一度に電力供給できる世帯数の増加
ビジネス展開への関連性	既存の小水力発電所の代替設備として Cappa/Kingyo が導入できるのか、検討の参考とする。

太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画	
実施年度	平成 21 年度
案件スキーム	無償資金協力（供与限度額 6.60 億円）
実施地域	ラリトプール郡
案件概要	石油系燃料を輸入に依存している同国において、再生可能エネルギーである系統連系型太陽光発電システムを導入。同国における太陽光発電の普及を促進するため、同国の首都カトマンズ近傍の貯水池に太陽光発電施設を設置し、既存の電力系統に連系するための資機材を供与するとともに、施設の維持管理指導を実施。
裨益効果	太陽光発電システム運営の技術者育成、運転実績の蓄積による太陽光発電の普及促進
ビジネス展開への関連性	Cappa/Kingyo と太陽光発電システムを組み合わせる場合に本事業によって移転された技術の活用が検討できる。

出所：JICA「ODA が見える。わかる。ODA 見える化サイト」

表 4 有償資金協力

タナフ水力発電事業	
実施年度	平成 24 年度～平成 33 年度
案件スキーム	有償資金協力（借款契約額 151.37 億円）
実施地域	タナフ郡（セティ川上流）
案件概要	豊富な水資源を有するネパールでは、電力の 9 割を水力発電に依存。しかし、その多くは流れ込み式の水力発電であるため、降雨量によって発電能力が左右され、乾期には最大 16 時間の計画停電を余儀なくされている。この解決のため、タナフ郡において、国内初となる乾期でも発電できる貯水池式水力発電所の建設を支援。
裨益効果	電力の安定供給
ビジネス展開への関連性	現在実施中の事業であることから、ビジネス展開にあたっては当該水力発電所の完成による電力供給への影響を考慮する。

出所：JICA「ODA が見える。わかる。ODA 見える化サイト」

イ) 他ドナーによる代替エネルギー開発に対する支援

1MW 以下の代替エネルギーの普及を管轄している AEPC は、設立以来、UNDP、世銀等のマルチドナーや Danida、DFID 等の各国支援機関の援助を受けて様々な事業を実施してきたが、2012 年から地方コミュニティの電化を支援する「国家地方及び再生可能エネルギープログラム」（National Rural and Renewable Energy Programme : NRREP）として支援の協調が図られている。

また、国際総合山岳開発センター（International Centre for Integrated Mountain Development : ICIMOD）では国際連合工業開発機関（United Nations Industrial Development Organization : UNIDO）と共同で、ネパールを含むアジアの内陸国での再生可能エネルギー普及の方策を検討するプロジェクトを 2016 年から進めている（Himaraya-Hindu Kush Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency : HCREEE）。

ADB や DFID などは地域コミュニティに小水力発電機器を導入するようなプロジェクトは現在実施していない。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	(1) 軽水力発電機 Cappa (2) 低落差式超小型水力発電機 Kingyo	
スペック (仕様)	(1) 軽水力発電機Cappa	
	出力	160～200W
	寸法	約幅83cm×高さ67cm×長さ77cm
	本体重量	約57kg
	(2) 低落差式超小型水力発電機Kingyo	
	出力	100W
	寸法	約幅15cm×高さ15cm×長さ75cm
	本体重量	約3.9kg
特徴	(1) 軽水力発電機Cappa 大人2人で持ち運ぶことができ、簡単に設置ができる。落差が不要であり、設置工事を必要としない。水流に入れば発電を開始する。構造が簡単で保守管理が容易であり、地域の独立電源として利用できる。 写真 1 軽水力発電機 Cappa  水の流れをエネルギーに変える  大人2人で持ち運び、水流に入れられれば発電開始 (2) 低落差式超小型水力発電機Kingyo 1.5m の超低落差から発電可能である。ペットボトルの大きさと簡単に設置ができる。構造が簡単で保守管理が容易であり、地域の独立電源として利用することができる。	

	写真 2 低落差式超小型水力発電機 Kingyo  水深 15cm、落差 1.5m、わずかな水量でも発電できる。パイプの太さはペットボトル程度
競 合 他 社 製 品 と 比 べ た 比 較 優 位 性	(1) 軽水力発電機Cappa 軽水力発電機Cappaは独自の形状の集水筒とプロペラ、増速プレートにより水流の集水・増速効果を生み、通常のプロペラ単体を水流に設置した場合に比べ約4倍の電力を発電可能な構造となっている。 Cappaと既存小水力発電施設を比較すると、単位発電量あたりの初期投資額は既存水力発電施設のほうが少額となるケースは多い。しかし、既存の水力発電施設は発電方式が落差式であるために、落差を造成し設置するための大規模な工事が必要であり、落差造成が不要であるCappaのように、流速で発電量を確保できるものはない。造成工事が必要となることから設置まで期間を要し、いったん設置した発電施設を移設することは不可能である。 また、落差のある場所は、地形が険しく人が住みにくい場所であることも多く、設置や電線敷設に困難を伴う傾向にあり、雨季の山崩れ等により破損した際に修復がなかなか進まない例もあることがわかっている。 この点、Cappaは小型軽量で2～3人程度で運搬することができ、落差を造成する工事は不要である。平野部のみならず、山間部でもなだらかな地形の地域に集落が多く形成されており、こうした地域への設置に適している。 また、容易に移設することができるため、季節によって河川や水路の水量が大きく変動するネパールでも、水量に応じて移動して発電が可能である。

表 5 軽水力発電機 Cappa と既存の小水力発電施設の比較

	軽水力発電機 Cappa	既存の小水力発電施設
水車方式	集水増速装置を有する流水式軸流水車	ペルトン ³ またはクロスフロー水車 ⁴
出力	160～220W 程度	1～100KW 程度
落差	0m（流れで発電）	（有効落差）10m 以上
初期投資額	約 200 万ネパールルピー（約 2.3 百万円）	10W 規模で 3.5～4 百万ネパールルピー（3.9～4.5 百万円）
設置場所	既存の導水路を使用し工事不要	落差がとれる小河川で工事が必要
機材運搬手段	制約無し	制約有り
工期	1 日～数週間（小規模な水路整備・補修が必要な場合）	設計～施工に数年を要する場合もあり
設置後の移動	可能	不可
寸法	約幅 83cm×高さ 67cm×長さ 77cm	
本体重量	約 57kg	

出所：JICA 調査団作成

このように、ネパールの農村地域の集落に多い灌漑用水路を活用して発電することができるCappaは、水路の状況に応じた運営・管理の体制を構築すれば機動性が高く安定した電源になることから、市場での競争力を有すると考える。

関連特許2件出願済み。2013年度グッドデザイン・ものづくりデザイン賞（中小企業庁長官賞）受賞。

(2) 低落差式超小型水力発電機Kingyo

水深15cm、落差1.5mあればわずかな水量でも発電でき、ペットボトル程度のスペースがあれば設置可能であることから、小さな河川や狭い側溝の落差がある流れを有効に活用して発電することができる。

³ おわん状のバケットに水を噴き付けてランナーを回転させることによって発電機を動作させる水車。落差が高い（150m 以上）の発電所で用いられる。

⁴ 構造が簡単で安価なため 1,000KW 以下の小水力発電に用いられることが多い水車ではあるが、約 10m～100m の落差が必要。

表 6 低落差式超小型水力発電機 Kingyo と既存の落差式小水力発電機の比較

名称・水車方式	A社 発電機一体型 インライン水車 発電機	B社 低ヘッドマイクロ 水力発電機	C社 らせん型水車 水力発電機	D社 クロスフロー式 水力発電機	Kingyo
水車羽根車外径[mm]	80	130～220	100	約100(推定値)	69
発電効率[%]	56～61	?	?	?	70
出力[kW]	0.5～3.5	0.2	0.06	約0.23	0.1
流量有効落差[m³/s]	0.01～0.023	0.035	0.03	0.0065	0.006～0.008
有効落差[m]	8～39	1.5	1	6	1.5
付属品を含む重量[kg]	110	16	120	50	15以下
適用場所	管路	開水路	管路	管路・開水路	管路・開水路
価格[万円]	数百～1千の オーダー	約38	70～80	約100	50以下
本体寸法[cm]	施設によって異なる				約幅15×高さ15× 長さ75
本体重量[kg]					約3.9

出所：JICA 調査団作成

実際の開水路⁵では、1.5～2.5m 程度の超低落差がほとんどであることを考慮すると、実用性が高く、超低落差で高出力（100W）、軽量（15kg 以下）、適用場所の自由度が高い落差式超小型水力発電機 Kingyo は市場で優位性がある。

国内
外
の
販
売
実
績

(1) 軽水力発電機Cappa

- 国内

2013年12月より国内での販売を開始、これまでの販売実績は、福島県只見町（1台、エコスクール1回実施）、茨城県常陸大宮市（1台、市の防災訓練でデモ実施）、静岡県民間（1台）、(株)アポロガス購入予定、大手重電メーカーのシステムに導入予定、(株)Readyfor導入予定

- 海外

販売実績なし

(2) 落差式超小型水力発電機Kingyo

- 国内

茨城県民間（3台）、筑波銀行購入予定

- 海外

販売実績なし

⁵ 開水路：運河、灌漑用水路等、水の流れの水面が大気に接している状態
管路：水道管、パイプライン等、管の中を液体が圧力を受けて流れている状態

サイズ	(1) 軽水力発電機Cappa<table><tr><td>寸法</td><td colspan="4">約幅83cm×高さ67cm×長さ77cm</td></tr><tr><td>本体重量</td><td colspan="4">約57kg</td></tr></table> (2) 低落差式超小型水力発電機Kingyo<table><tr><td>寸法</td><td colspan="4">約幅15cm×高さ15cm×長さ75cm</td></tr><tr><td>本体重量</td><td colspan="4">約3.9kg</td></tr></table>					寸法	約幅83cm×高さ67cm×長さ77cm				本体重量	約57kg				寸法	約幅15cm×高さ15cm×長さ75cm				本体重量	約3.9kg													
寸法	約幅83cm×高さ67cm×長さ77cm																																		
本体重量	約57kg																																		
寸法	約幅15cm×高さ15cm×長さ75cm																																		
本体重量	約3.9kg																																		
設置場所	・カスキ郡：ポカラ寺院（Ram Mandir Temple） ・チャンディカサイト：チャンディカ小学校 （Shree Chandika Primary School） ・バラティバワンサイト：バラティバワン中学校 （Shree Bharati Bhawan Higher Secondary School） ・サクーサイト：サクー寺院（Salinadi Premises Temple） 表 7 機材ごとの設置場所 <table><tr><th></th><th>Cappa ミニマムモデル （日本製）</th><th>Cappaバッテ リーモデル （日本製）</th><th>Cappa ミニマムモデル （ネパール製）</th><th>Kingyo （日本製）</th></tr><tr><td>ポカラ寺院サイト</td><td>1台</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>チャンディカサイト</td><td>1台</td><td>1台</td><td></td><td></td></tr><tr><td>バラティバワンサイト</td><td></td><td></td><td></td><td>2台</td></tr><tr><td>サクーサイト</td><td>2台</td><td></td><td>1台</td><td>1台</td></tr><tr><td>合計</td><td>4台</td><td>1台</td><td>1台</td><td>3台</td></tr></table> 出所：JICA 調査団作成						Cappa ミニマムモデル （日本製）	Cappaバッテ リーモデル （日本製）	Cappa ミニマムモデル （ネパール製）	Kingyo （日本製）	ポカラ寺院サイト	1台				チャンディカサイト	1台	1台			バラティバワンサイト				2台	サクーサイト	2台		1台	1台	合計	4台	1台	1台	3台
	Cappa ミニマムモデル （日本製）	Cappaバッテ リーモデル （日本製）	Cappa ミニマムモデル （ネパール製）	Kingyo （日本製）																															
ポカラ寺院サイト	1台																																		
チャンディカサイト	1台	1台																																	
バラティバワンサイト				2台																															
サクーサイト	2台		1台	1台																															
合計	4台	1台	1台	3台																															
機材の数量 今回提案する	Cappa バッテリーモデル1 台 Cappa ミニマムモデル（日本製造）4 台 Cappa ミニマムモデル（ネパール製造）1 台 Kingyo3 台																																		
価格	一式当たりの販売価格 Cappaミニマムモデル2,300千円 Kingyo金属製国内モデル670千円 本事業での機材費総額（輸送・関税等含む）24,087千円 現地メーカーに技術移転し、一部部品を現地生産することにより、製造原価及び販売価格を低減することを計画している。																																		

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

ネパールは南アジアで最も所得水準の低い後発開発途上国である。同国政府が掲げる最貧困国脱却のためには、国の安定した経済成長実現に向けた平和及び民主主義の定着が重要であり、特に電力インフラの整備による発電能力増強と無電化地域の電化は喫緊の課題となっている。しかし、慢性的な電力不足が年々悪化し、国家全体のインフラ整備がほとんど進まない状況のもと、電力インフラの整備がいつになるか目処が立っていない無電化地域は未だ多く存在する。大人 2 人で持ち運べ、自然に負荷をかけず簡単に設置できる流水式マイクロ水力発電機（提案製品名：軽水力発電機 **Cappa**）及び、ペットボトルサイズの低落差式超小型水力発電機（提案製品名：落差式超小型水力発電機 **Kingyo**）をヒマラヤの無電化農村地域や電力不足地域に導入することで、自然水流からの独立電源を確保し、電化による生活水準の向上、地域コミュニティの活性化、教育環境の充実等を目指す。本調査では学校及びコミュニティに安定した電力を供給することによって、2 種類の発電機が新しいタイプの分散型独立電源としてネパールの農村地域の生活改善に貢献する可能性を実証するとともに、同国での製品の普及方法と課題について整理・検討する。

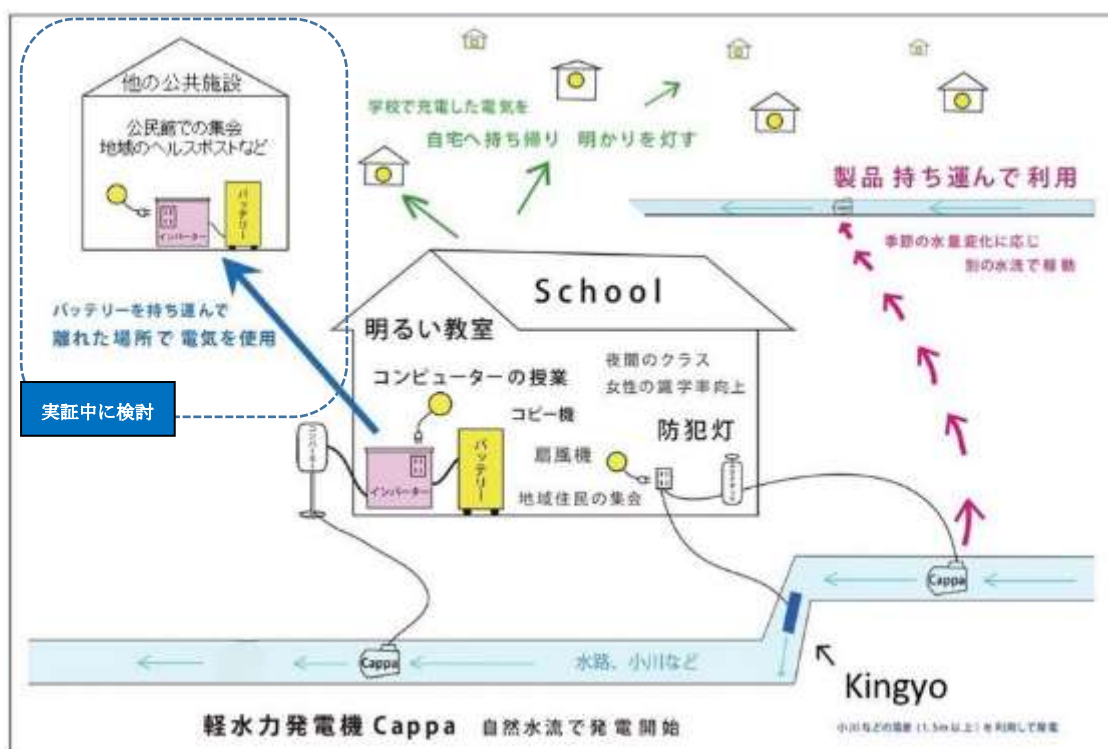


図 1 導入イメージ図

出所：JICA 調査団作成

（２）期待される成果

成果１．Cappa と Kingyo が学校やコミュニティ施設に設置され、より安定した電力を供給できるようになる

成果２．地元コミュニティによる Cappa と Kingyo の維持管理体制が検討され、利活用モデルが検証される

成果３．Cappa の製造工程の移管により、安価な現地製造モデルが検証される

成果４．ネパールでの Cappa と Kingyo の普及計画が策定される

（３）事業の実施方法・作業工程

本普及・実証事業では、「ヒマラヤ農村貧困地域における軽水力発電機導入プロジェクト案件化調査」（以下、案件化調査という。）の調査結果に基づき試作した Cappa 及び Kingyo の導入システムをカスキ郡の①生徒数 50 名程（2018 年 12 月）のチャンディカ小学校（Shree Chandika Primary School）及び②生徒数 500 人程度（2018 年 12 月）のバラティバワン中学校（Shree Bharati Bhawan Higher Secondary School）を実証サイトとし、数ヵ月から 1 年間稼働させる。現地での実際の稼働状況に合わせて導入システムを改良するとともに、維持管理のトレーニングを受けた技術者の指導の下、地元コミュニティで Cappa 及び Kingyo を運用、維持管理できる体制作りを目指す。

また、潜在的な顧客となり得る政府、民間関係者を集めやすいカスキ郡庁所在地のポカラ寺院、及びカトマンズ郡サクー近郊で普及のための製品デモンストレーションを実施する。さらに、現地メーカーに一部部品の製造技術を移転するとともに、サクーのサイトでは現地メーカーが製造した部品を使った Cappa と Kingyo の稼働試験を行う。また、カスキ郡及びカトマンズ郡の各 1 サイトで、太陽光発電システムを導入し、軽水力発電機との比較を行う。

なお、サクーは 2015 年の震災で大きな被害を受けており（家屋の約 9 割に損害が発生）、現在でも仮設住宅で生活している住民が多いことから、実証活動を実施することによって被災地の生活インフラの復旧の一部を担うことも目指している。

表 8 作業工程表

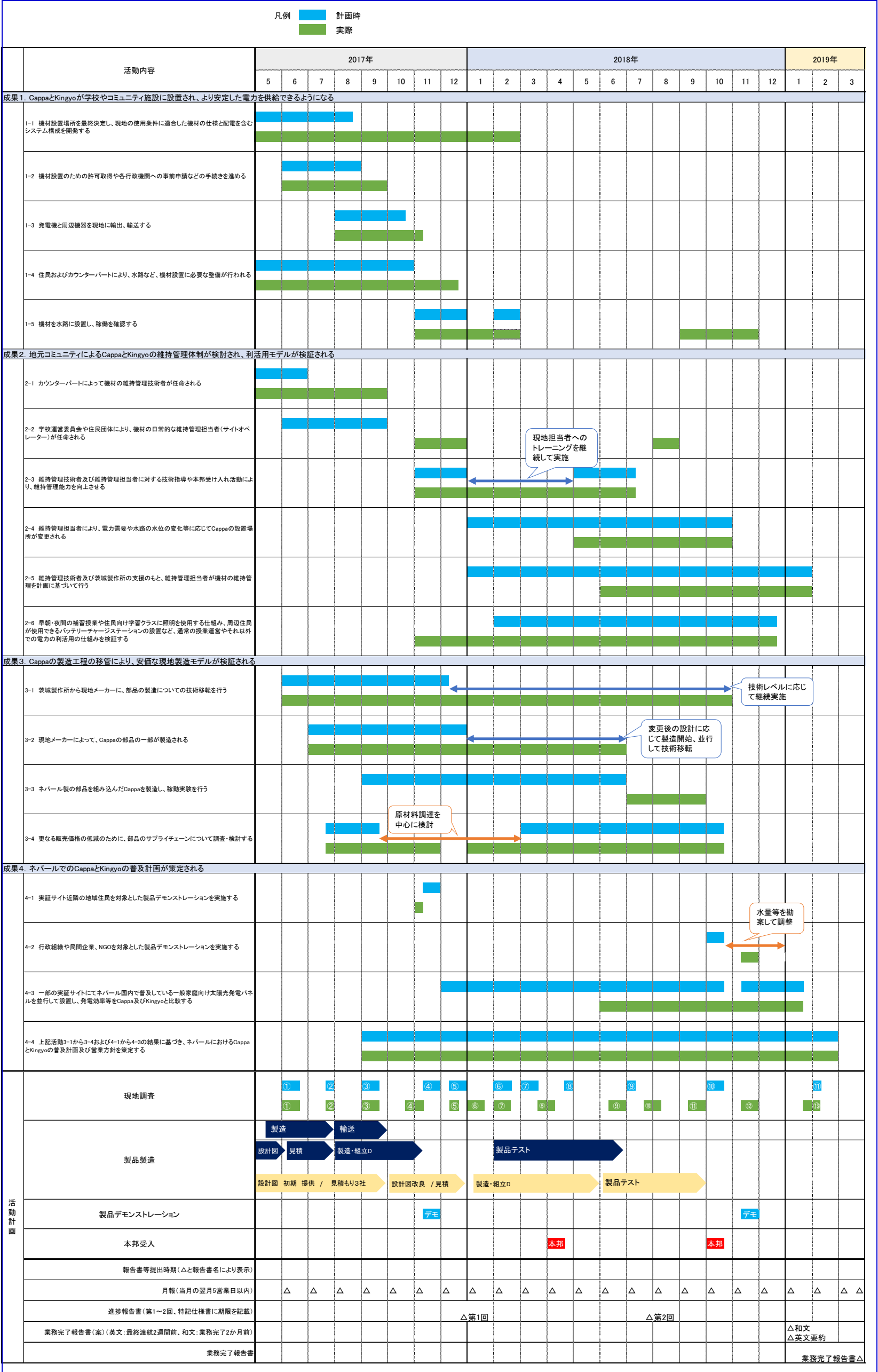


表 9 従事計画・実績表

提單法人 人員小計 (現地)	計画	600	19.99	
	実績	695	23.15	

提案法人 人月小計 (国内)	計画	900	45.00	
	実績	862	43.10	

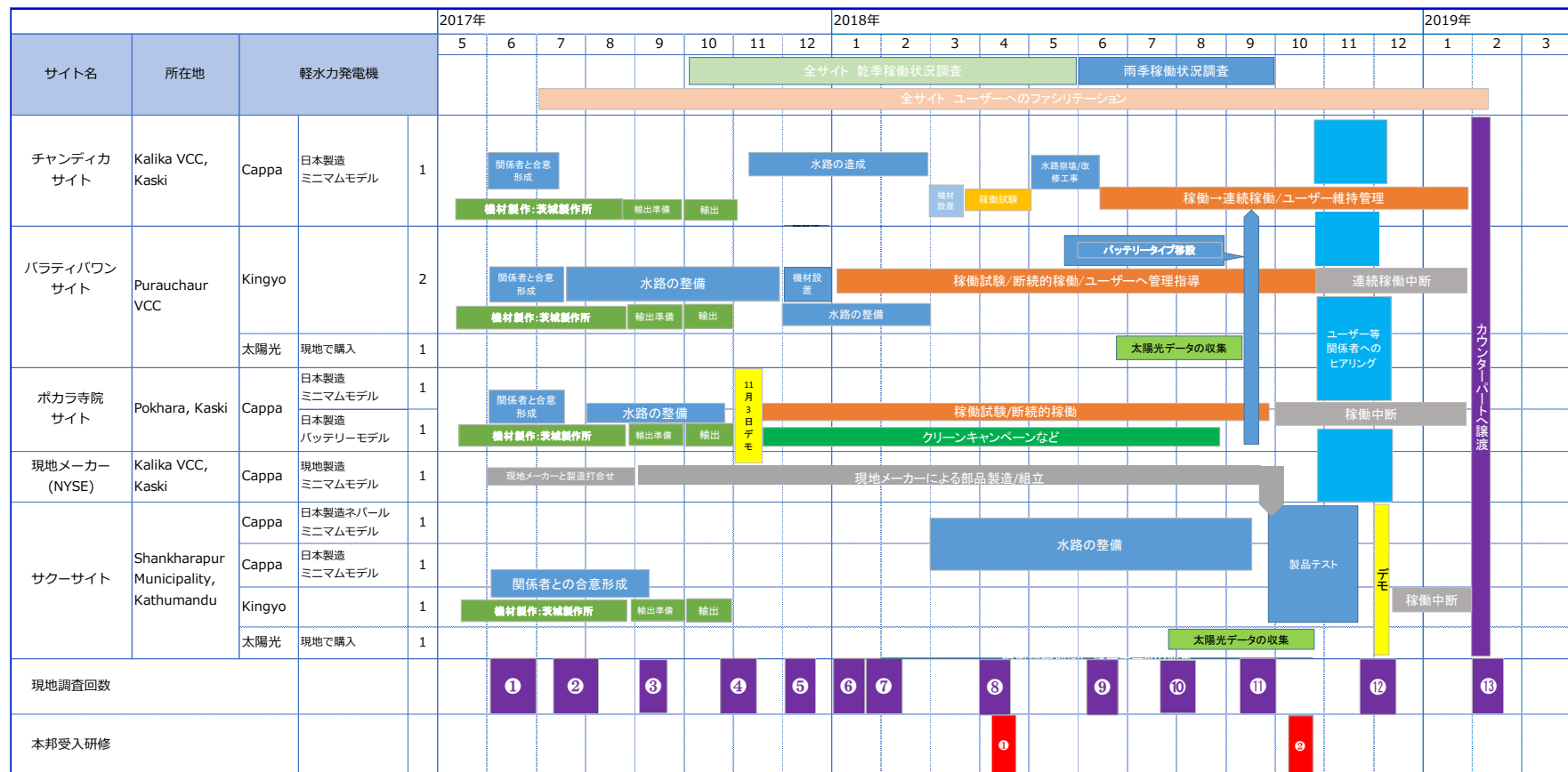
外部人材 人月単計 (現地)	管理用	20	0.67	
	実績	101	3.37	

外部人材 人月単価 (国内)	管理用	14	0.70	
	実績	114	5.72	

外部人材人月 (現地十国内) 合計	計画	214	8.00
	管理用	34	1.37
	実績	215	9.00

[illegible]

表 10 業務フローチャート



カウンターパートへ譲渡

・資機材リスト

表 11 投入済み資機材リスト

No.	機材名	型番	数量	納入年月	配置場所
Cappa 国内製造ミニマムモデル					
1	Cappa 国内製造ミニマムモデル	I200014-2	1	2017/11/4	ポカラ寺院（カスキ郡）
2	Cappa 国内製造ミニマムモデル	I200014-1	1	【水路崩壊前】 2018/3/31 ※2【水路崩壊後】 2018/9/14	チャンディカ小学校 （カスキ郡）
3	Cappa 国内製造ミニマムモデル	I200014-3、 I200017-1	2	2018/11/20	サクー寺院 （カトマンズ）
Cappa 現地製造ミニマムモデル					
1	Cappa 現地製造ミニマムモデル	I200015-1	1	2018/11/20	サクー寺院 （カトマンズ）
Cappa 国内製造バッテリーモデル					
1	Cappa 国内製造バッテリーモデル	I200016-1	1	【移転前】 2017/11/4 ※1【移転後】 2018/11/24	【移転前】ポカラ寺院 （カスキ郡） ※1【移転後】チャンディカ小学校（カスキ郡）
Kingyo（低落差式超小型水力発電機原価）					
1	Kingyo（低落差式超小型水力発電機原価）	I200018-1、2	2	2017/12/15	バラティバワン中学校
2	Kingyo（低落差式超小型水力発電機原価）	I200018-3	1	2018/11/20	サクー寺院 （カトマンズ）
羽根車					
1	羽根車		1	2017/11/4	カスキ郡ポカラ寺院
2	羽根車		1	【移転前】 2017/11/4 ※1【移転後】 2018/11/24	【移転前】カスキ郡ポカラ寺院 ※1【移転後】チャンディカ小学校（カスキ郡）
3	羽根車		1	2018/3/31	チャンディカ小学校 （カスキ郡）
4	羽根車		3	2018/11/20	サクー寺院 （カトマンズ）

太陽光発電装置					
1	太陽光発電装置 200W 一式		1	2018/6/22	バラティバワン中学校
2	太陽光発電装置 200W 一式		1	2018/7/24	サクー寺院 (カトマンズ)

※1 ゴミ問題により設置場所移転

※2 水路崩壊による修理完了後再稼働

出所：JICA 調査団作成

・ 事業実施国政府機関側の投入

- ① 事業責任者（Rana Bahadur Thapa 氏）、事業担当者（Pratima KC 氏）、Regional Center 担当者の事業への関与
- ② 機材輸入手続の支援
- ③ 各サイト側との MoU 調印に向けての支援
- ④ デモンストレーション支援

（５）事業実施体制

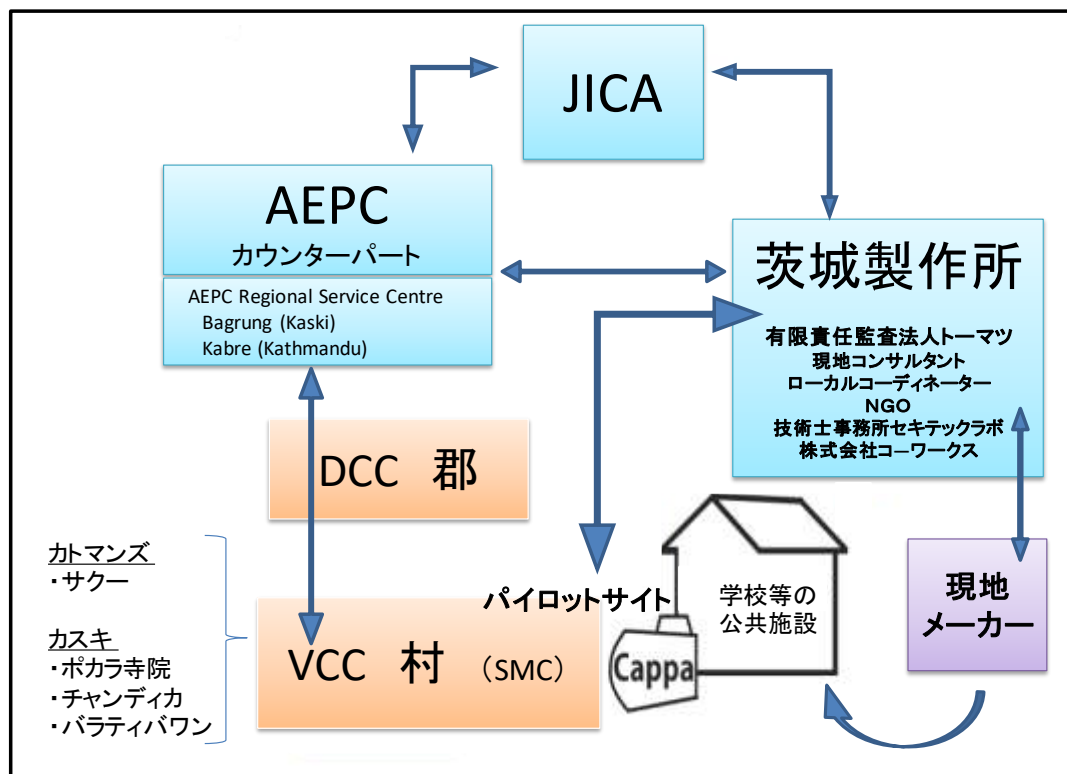


図 2 事業実施体制

出所：JICA 調査団作成

(6) 事業実施国政府機関の概要

- ① 組織の正式名：代替エネルギー促進センター

Alternative Energy Promotion Center : AEPC

- ② 所在地：カトマンズ市 Godawari Sadak, Patan 44700

- ③ 設立年：1996 年

- ④ 組織の規模（資金・人数等）

2017/18 年度の AEPC の年間予算達成額は 33 億 2,541 万 NPR（≒33 億 2,541 万円）となっている⁶。

AEPC は 11 名から構成される理事会によって独立して運営されており、常勤職員は 35 名、その他、プロジェクトに直接関与している職員が 75 名いる。また、地域サービスセンター（Regional Service Centre : RSC）として 9 つの NGO、ナショナル・サービス・プロバイダー（National Service Provider : NSP）として 2 つの団体（改良型水車 Improved Water Mill : IWM とバイオガス）を指定しており、AEPC の活動を支えているとのことである。

- ⑤ 組織の目的

1MW の再生可能エネルギー技術の普及を管轄している AEPC は以下の責務を担っている⁷。

- 短期、中期、長期政策及び計画の設定
- 再生可能エネルギー開発に関連する計画の促進
- 基準の設定、品質保証、モニタリング
- （再生可能エネルギー施設を導入する団体に対する）維持管理トレーニング等のサービス及びサポート
- 補助金等の資金調達支援
- 政府機関、援助機関、ローカル NGO、国際 NGO、民間企業の（役割分担等の）調整
- AEPC 及びそのパートナーの強化

- ⑥ 主な業務内容

地方電化のための代替エネルギー促進は AEPC が担っており、補助金政策を実施している。2013 年再生可能エネルギーのための補助金政策では、補助金が僻地、貧困、社会的に不利な人々に届くよう、それまでの補助金政策の見直しが行われた。補

⁶ AEPC Progress at a Glance: A Year in Review FY2017/2018

⁷ http://www.aepc.gov.np/?option=aboutus&page=aboutsub&mid=1&sub_id=2&id=2

助金は、アクセスの困難な地方に高い金額が配布されるように設定されている。村落開発委員会 (Village Development Committees : VDC) を、そのアクセスに応じて、非常に困難 (A)、困難 (B)、アクセス可能 (C) の3カテゴリーに分類し、補助金額を設定している。

⑦ 組織図

AEPC の上位省庁は、2018 年政権交代後の省庁再編により、人口・環境省からエネルギー・水資源・灌漑省に変更された。

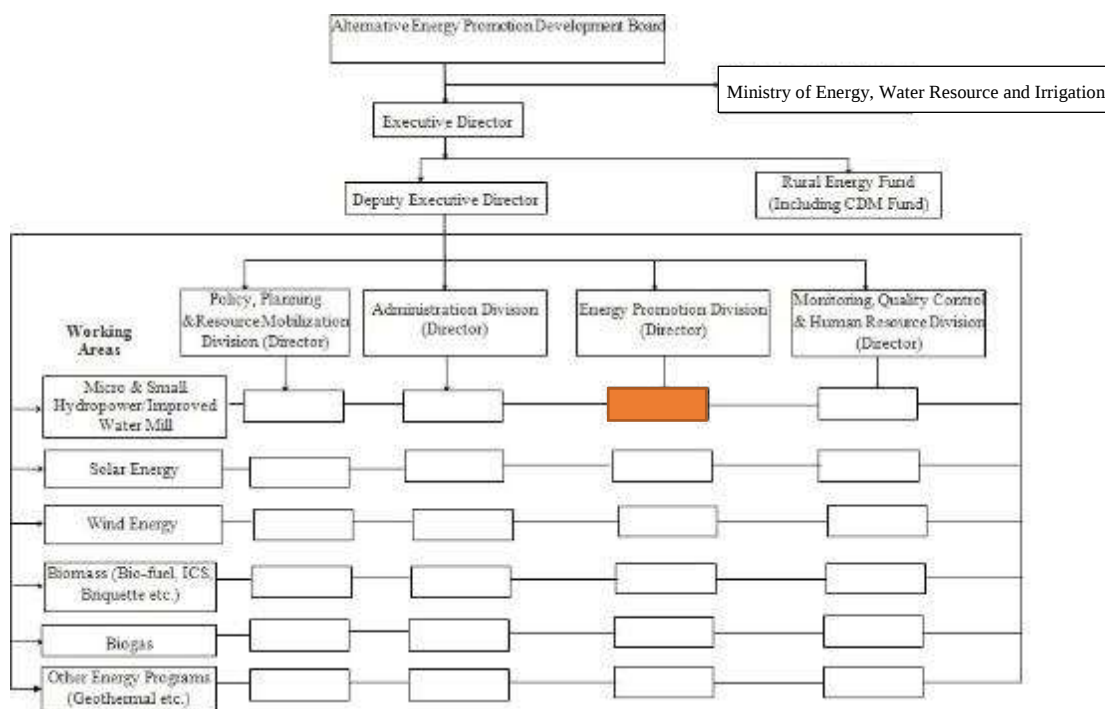


図 3 AEPC 組織図⁸

出所：JICA 調査団作成

⁸ http://www.aepc.gov.np/?option=aboutus&page=aboutsub&mid=1&sub_id=4&id=4

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

各実証サイトにおける設置状況を取りまとめると、以下の通りとなる。

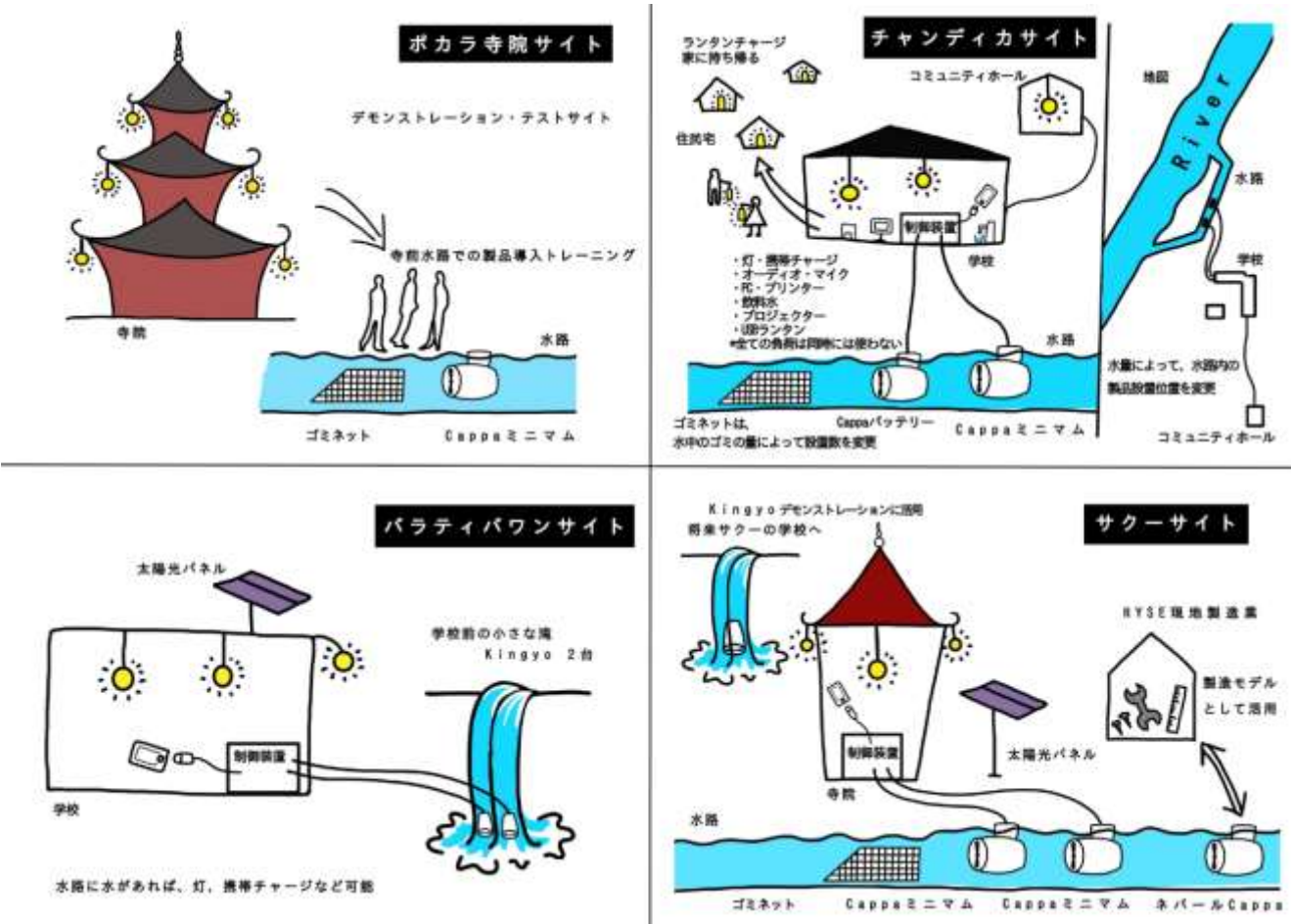


図 4 各サイトへの配置図

出所：JICA 調査団作成

表 12 サイトごとの設置機器

	Cappa ミニマムモデル (日本製)	Cappa バッテリ ーモデル (日本製)	Cappa ミニマムモデル (ネパール製)	Kingyo (日本製)
ポカラ寺院サイト	1 台			
チャンディカサイト	1 台	1 台		
バラティバワンサイト				2 台
サクーサイト	2 台		1 台	1 台
合計	4 台	1 台	1 台	3 台

出所：JICA 調査団作成

表 13 各実証サイトへの設置状況

ポカラ カトマンズ	サイト名	設置機材	自然条件、特徴	本プロジェクトによる主な効果	サイトの現状 (2019年2月)
	ポカラ寺院 サイト	◆ Cappaミニマムモデル 1台	- 豊富で安定的な水量及び流速 - 市街地に位置しており、中心で訪問者が多い場所 - 既存の水路を活用でき設置が容易 - 人通りが多い分、ゴミが多い	■ 寺院の電化(イルミネーション) ■ チャージステーションの設置 ■ サイトはポカラ市内であるため、市外・国外からの視察希望者等も容易に訪問が可能であり、デモンストレーションサイトとしての役割を果たす	■ ゴミが多いため、ゴミネットの改良などの対策を実施 ■ 現地のゴミ除去の協力が十分ではなく、より活用されるチャンディカサイトへCappa(バッテリーモデル)を移動 ■ 製品の運用トレーニングの要請がある際には、ここでトレーニングを行う
	チャンディカ サイト	◆ Cappaミニマムモデル 1台 ◆ Cappaバッテリーモデル 1台 (寺院サイトから移動)	- Cappaで発電可能な水量確保 - 学校そばの河川に人工水路を整備 - 河川の水量が増水する際は、水路の水門を下す	■ 照明が設置されたことによる学習環境の改善 ■ 飲み水用浄水器、ラップトップ、プリンター、スキャナー、コピー、オーディオセット(スピーカー)を状況に合わせて使用 ■ USBチャージで、灯りを自宅に持ち帰ることで、家庭内の学習環境改善 ■ 女性団体や学校管理団体を巻き込んだ、ワークショップ開催によるコミュニティ開発	■ 地域住民と学校との連携した維持管理の実施 ■ 年約10ヶ月の稼働 ■ 流量や、水中濁度状況に合わせ、製品の設置位置や、ゴミネット設置数を変更
	バラティ バワン サイト	◆ Kingyo 2台 (低落差式超小型水力発電機)	- 学校の前に、(上部水路から、下方水路へ水が落ちる)小さな滝があり、この落差でKingyoの発電が可能 - 季節や水量の変化に対応させる為、既存の水路を補修し、ゴミの除去や一定量の水を確保、発電させる - 太陽光パネルと併設	■ 照明が設置されたことによる学習環境の改善 ■ Wi-Fi使用環境改善	■ 地域住民と学校との連携した維持管理の実施 ■ 上流水路補修工事の為、水路に水がこず、状況に合わせて製品稼働
	サクー サイト	◆ Cappaミニマムモデル 2台 ◆ Cappa現地製造モデル 1台 ◆ Kingyo 1台	- サクー市側の関与が積極的(水路の設置もサクー市が実施) - Cappaで発電可能な水量確保 - カトマンズからアクセス可能 - 太陽光パネルと併設	■ 寺院の電化 ■ サクーサイトで、製品をテストさせながら、現地製造部品を組み込んだネパールCappaが完成した	■ サクー市と連携した維持管理の実施 ■ 寺院の祭りと、水量激減のため一旦製品倉庫保管中

出所：JICA 調査団作成

① 各サイトの活動概要

ア) ポカラ寺院サイト

写真 3 ポカラ寺院（Cappa バッテリーモデル 1 台、ミニマムモデル 1 台）



多くの市民が行きかうポカラ市の中心に位置する寺という公共施設で、ポカラ市商工会議所の協力の下、地元政府や日本政府関係者、多くの地域団体が参列し、2 台の製品導入デモンストレーションが行われた。その後、製品操作マニュアルの説明と製品導入トレーニング、製品の稼働チェックなどを実施した。

しかし、水路に、毎朝夕、大量の生活ゴミが市民によって投棄されるために Cappa の連続稼働ができない状況が続いている。ポカラ商工会議所会長・副会長、TMC、水路下流の水力発電所社長、灌漑局員、地域住民責任者を交え打ち合わせ、追加ゴミネット設置を検討、ゴミ掃除員の配置等協議を進めたが、想定外の大量の投棄ゴミには対応できずにいる。クリーンキャンペーンの啓蒙活動を実施しているが、地域住民に浸透には時間がかかる。

また同時に水路補修工事も重なり、Cappa 稼働に必要な水量が一時的に無くなってしまったため、AEPC、サイト関係者（地元商工会議所、TMC、Ward Chirman、諸団体）と協議し Cappa バッテリーモデル 1 台は、チャンディカサイトに可搬実証中である。ネパールのゴミ問題にどこまでゴミネットが対応できるか、茨城製作所で試作開発をし、これをネパールで製作した。Cappa ミニマムモデル 1 台は、試作開発したゴミネットの効果確認しながら、今後もポカラ市内の水路で国内外へ PR し、寺院を中心に活用を図っていく。

イ) チャンディカサイト

写真 4 チャンディカサイト



学校の前の川から造成した水路へ導水し、その水の流れによって **Cappa** を発電させ、校舎に電気を連続的に供給している。また、周辺無電化の家庭には、**Cappa** で充電したランタンを持ち運び、夜間や雨嵐の際に明かりが灯っている。川の水量は不安定で時期によっては危険も伴うため、**Cappa** 用の水路を地域住民と協力して完成させた。

水路完成後に例年になく洪水と鉄砲水で一部（3分の1）が崩壊し、一時製品稼働を余儀なくストップさせる時期もあったが、その後稼働が続いている。特に維持管理担当者（オペレーター）が技術を習得した後は、学校の長期休暇時期を除いては製品は連続稼働をしており、現在、4ヵ月間目となる。

途中からは、ポカラ寺院からバッテリーモデルも可搬導入し、2台並列連続稼働にも成功している。そのことで、学校の学習環境は大きく改善された。（教室の灯り、飲み水用浄水器、ラップトップ、プリンター・スキャナー・コピー、オーディオセット（スピーカー）、生徒が家庭に持ち運びができる充電式ランタン利用）

維持管理担当者（オペレーター）を中心に、学校の教職員によるゴミ掃除が必要に応じて主体的に行われており（基本的に毎朝）、問題解決に対しても非常に協力的であることから、完全に維持管理された状態にある。川の水量が激減する乾季の時期は、**Cappa** 2台の並列稼働は厳しくなり、**Cappa** 1台の稼働となる。

また地域が主体的に活動するチャンディカサイトには、グローバルなニュース専門放送局であるユーロニュースが取材を行い、その模様が2018年12月に放映された。インター

ネット上でも公開されており、視聴回数は 43 万 2 千回以上（2019 年 2 月 14 日時点）となっている。

ウ) バラティバワンサイト

写真 5 バラティバワン中学校（Kingyo 2 台）



学校前を通る農業用水路から流れ落ちる小さな滝を利用して、Kingyo 2 台の設置を行い、ケーブル敷設をして連続稼働を実施した。これにより門入口のセキュリティライトや学校の 8 教室に電気が灯り、安全や学習環境が改善された。しかしながら、製品を安定的に連続稼働させるため、いかに農業用水路の水量を安定的に確保できるかが、バラティバワンサイト側の大きな課題となっている。農業用用水路として地域住民が活用するこの水路は、取水口からの長さが 11km 以上と長く、多くの地域住民が水を取水し暮らしているため、水量は常に不安定である。また、森林の中を通り抜ける水路の水には、葉や枝、泥などのゴミが溜まりやすくなるため、それらを除くし、ゴミの少ない安定的な水量が製品へ導水出来るような水路の改良工事を水力発電で経験豊富な NYSE のアドバイスのもと行った。

その結果、水量の安定しない時や、雨季で水が常に濁る時期でも連続稼働が可能となった。しかし予期せぬ土砂災害で、バラティバワンサイトから離れた上流付近の水路が数ヵ所崩壊してしまったため、現在水路には水がない状態が続いている。このような状況であるため、製品は、工事が終了する予定の 2019 年 4 月まで一時学校倉庫に保管したことを、JICA、AEPC に報告した。

エ) サクーサイト

写真 6 サクーサイト



首都カトマンズの近郊であることから、これまで、中央政府や国際機関、ビジネスマンに向けて製品の PR、製品デモンストレーションイベントを 2 度行った。また、ネパール製造モデルの評価の実証サイトとしても活用している。サクー市は、震災でカトマンズ地域で最も大きな被害を受けたことで、市も Cappa/Kingyo への期待が大きく、導入に向けて非常に協力的である。市は今後、これらの電力を活用したエコパーク等も計画しており、今回の事業で市は、費用を負担し、Cappa 専用水路工事も完成させてきた。寺院の前の川に、Cappa 専用の水路を河川片岸に添って造成し導水する構造としている。但し、乾季は上流の水量が安定せず、水路の導水構造に課題があるため連続稼働が不安定な状況であり、また、寺院に来る人々が川に供物をささげる習慣がある。これらの課題を解決し、製品を安定的に連続稼働させていくためには、今後は導水部の改善やクリーンキャンペーンの実施、ゴミネットによる異物の除去など、市側が主体的に取り組んでいくことが重要になる。

② 成果 1 に係る活動（実証活動）

ア) 活動 1-1 機材設置場所を最終決定し、現地の使用条件に適合した、機材の仕様と配電を含むシステム構成を開発する。

実証サイトの候補地域で Cappa 等を設置する場所を 4 ヶ所選定し、システム構成⁹を検討する。本事業では、Cappa 6 台（日本製造バッテリーモデル 1 台、日本製造ミニマムモデル 4 台、現地製造部品組込みミニマムモデル 1 台水車部分のみ）と低落差式超小型水力発電機 Kingyo 3 台を使用した。

実証サイトとして上記の通り 4 ヶ所を選定し、各実証サイトにおけるシステム構成を検討し、現地で必要部品等の調達を開始した。実際に調達した部品を設計したシステムに導入したところ、電気機器部品などの品質やサイトの管理体制などにより、構成を見直す必要が生じた。各サイトで発電機が安定的に稼働した段階で、システム構成を決定した。

カスキ郡及びカトマンズ郡の各サイトでは、以下のような製品導入検討調査に基づいて、システム構成を決定した。

(a) ポカラ寺院サイト

ポカラ寺院サイトにおける製品導入の検討状況

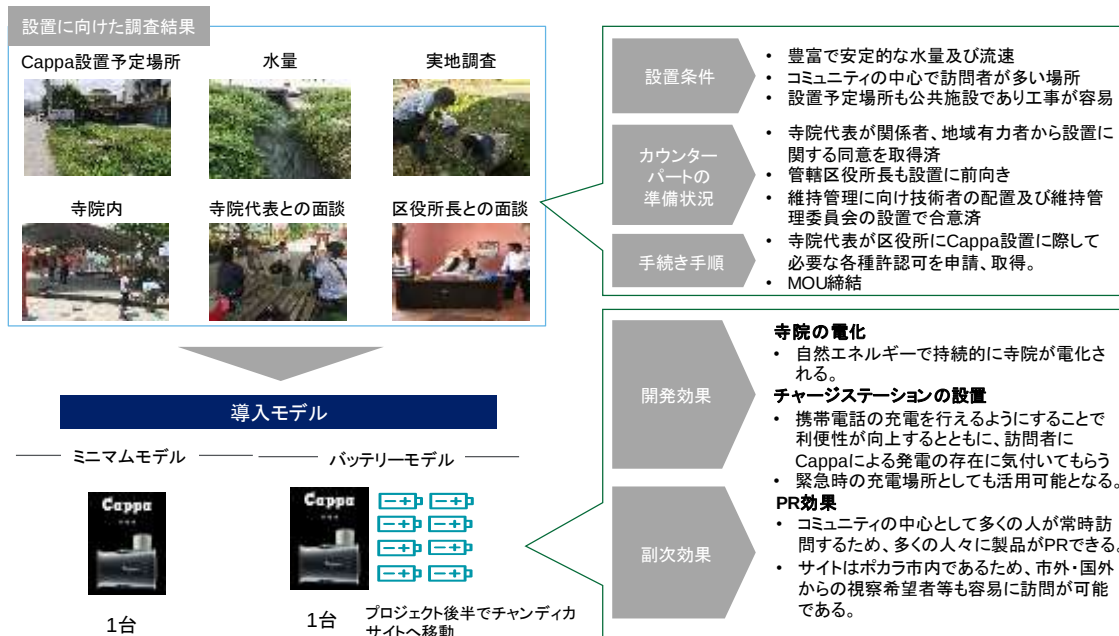


図 5 ポカラ寺院サイトにおける製品導入の検討過程

出所：JICA 調査団作成

⁹ 製品システムを構成している発電機本体を除く周辺機器類（電灯、音響機器などの発電された電気を使う負荷機器やケーブル、設置器具等）を指す。

水路に大量の生活ゴミが投棄されることから Cappa の連続稼働ができないため、関係諸団体と協議し、Cappa バッテリーモデルは、チャンディカサイトに可搬導入している。Cappa ミニマムモデルは、このサイトの利点を生かし、引き続き PR 用、また維持管理担当者（オペレーター）のトレーニング用として使用している。

(b) チャンディカサイト

チャンディカサイトにおける製品導入の検討状況



図 6 チャンディカサイトにおける製品導入の検討過程

出所：JICA 調査団作成

2018年9月から連続稼働中であり、途中から寺院から移設したバッテリーモデルも導入し、2台並列連続稼働している。学校の先生によるゴミ掃除が必要に応じて行われており、製品を稼働させるために非常に協力的な姿勢であり、完全に維持管理された状態にある。学校では、教室の灯り、ラップトップ、プリンター、オーディオセット（スピーカー）、ユーロガード（水浄化フィルターシステム）の使用ができ、また、テレビモニターで日本のアニメを実映した。バッテリー単独で450W、1時間～120W、10時間までの負荷機器が使用できる。

(c) バラティバワンサイト

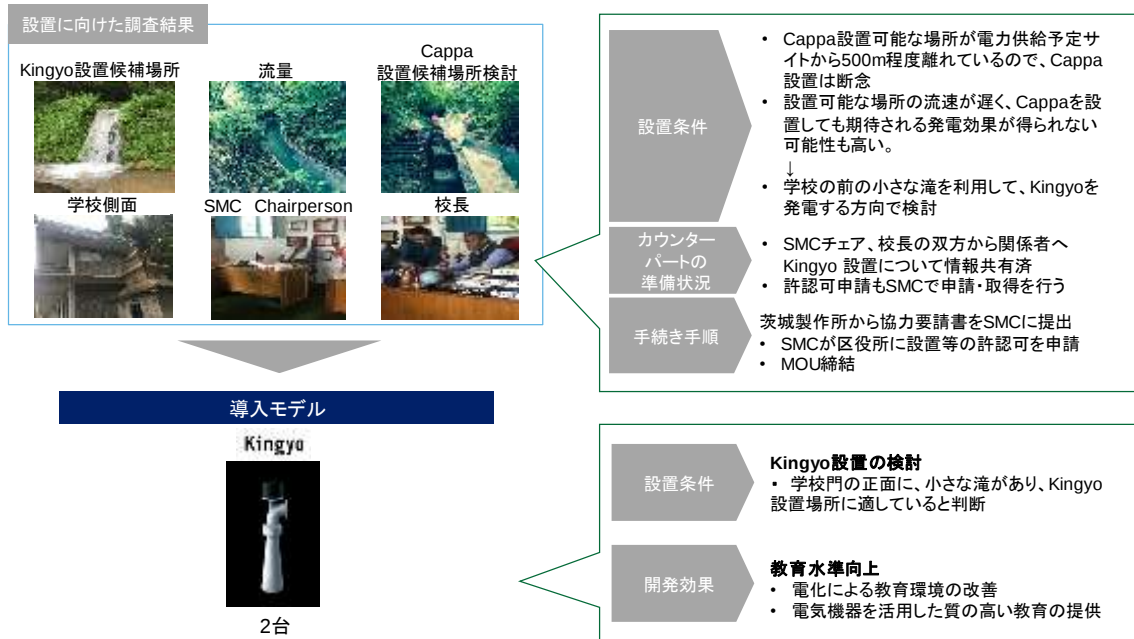


図 7 バラティバワンサイトにおける製品導入の検討過程

出所：JICA 調査団作成

Kingyo 2 台の連続稼働で、門入口のセキュリティーライトと教室に電気が灯り、学習環境が改善された。土砂災害の影響で、上流水路部大規模な水路修繕工事中のため、状況を見て太陽光と併用して利用している。

(d) サクーサイト



図 8 サクーサイトにおける製品導入の検討過程

出所：JICA 調査団作成

2015 年の震災で大きな被害が出たサクー市は、製品導入に非常に積極的であり、製品設置のための水路造成工事、製品デモンストレーション開催、それら費用も含め全て市側で行った。製品デモンストレーション後に、市は、製品の継続利用に向けた水路補修や、ゴミ除去システムの開発を進めた。水量が安定する時期は、Cappa ミニマムモデル 2 台を稼働させ、サクー寺院に灯りを灯し、携帯電話の充電ポイントを設置、更に同市内で Kingyo 1 台を稼働させ防犯灯に活用をしたなど、自然エネルギーを積極的に活用する地域として PR をしている。また、AEPC や NYSE が更に技術向上と価格低減を図り製品を普及させるための施策として Cappa1 台をテスト用として利用している。

イ) 活動 1-2 機材設置のための許可取得や各行政機関への事前申請などの手続きを進める。

案件化調査の結果、Cappa や Kingyo の設置は電力関連の法制度の規制対象外ではあるが、地元自治体や水利組合等の許可や事前の申し入れが必要な場合もあることが判明していたことから、カウンターパートの調整の下、手続きを進めた。同様に、学校周辺の土地の使用にあたっては学校運営委員会 (SMC) への申請や所有者からの許可取得を行った。

覚書 (MoU) を 4 ヶ所 (ポカラ院サイト、チャンディカサイト、バラティバワンサイト、サクーサイト) を以下のフローで締結した。

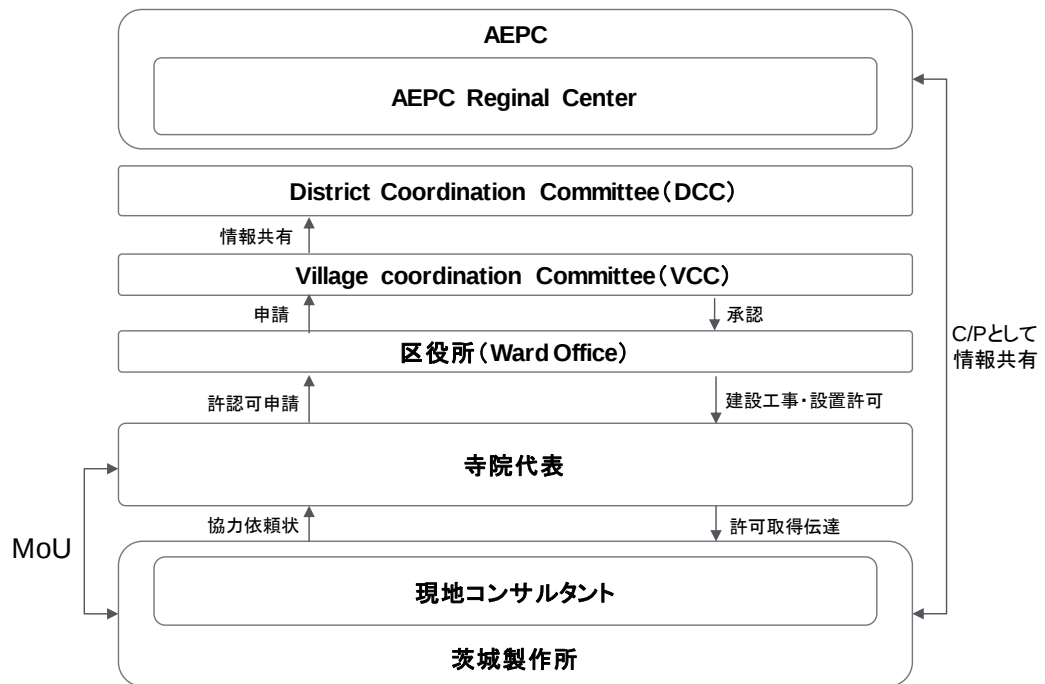


図 9 ポカラ寺院サイトにおける許認可取得プロセス

出所：現地ヒアリングから JICA 調査団作成

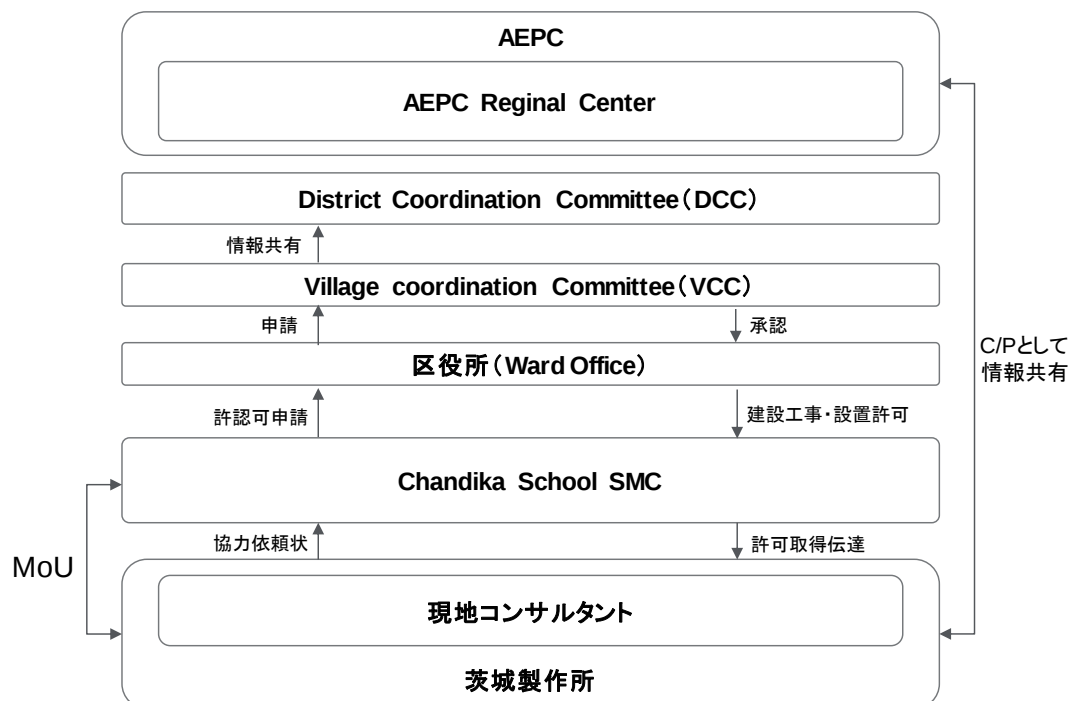


図 10 チャンディカサイトにおける許認可取得プロセス

出所：現地ヒアリングから JICA 調査団作成

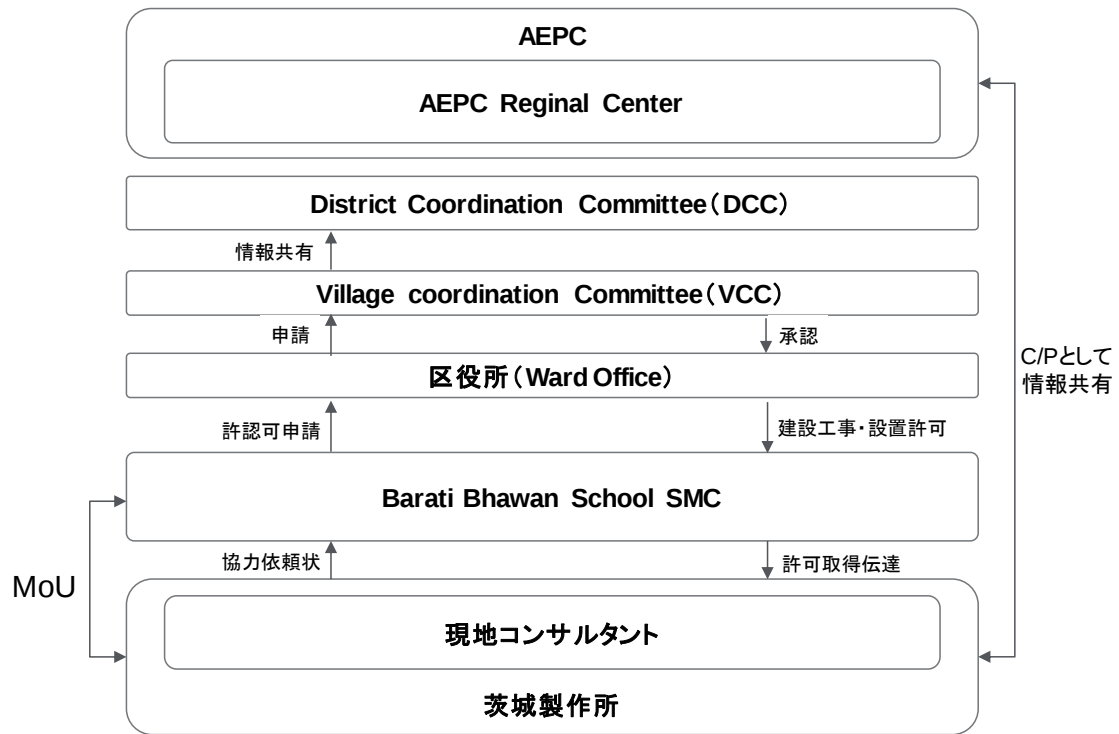


図 11 パラティバワンサイトにおける許認可取得プロセス

出所：現地ヒアリングから JICA 調査団作成

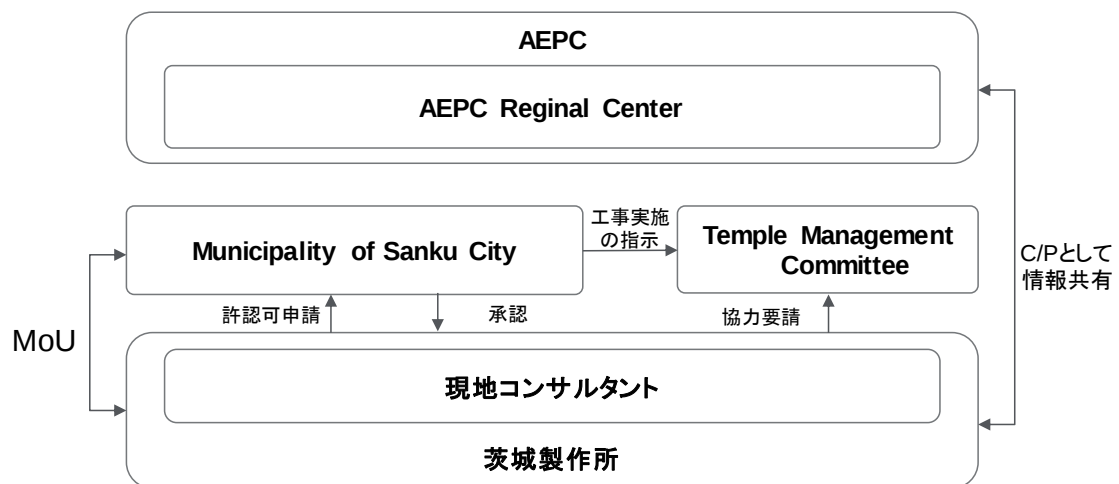


図 12 サクーサイトにおける許認可取得プロセス

出所：現地ヒアリングから JICA 調査団作成

写真 7 各地域の関係者との協議の様子と MoU



ウ) 活動 1-3 発電機と周辺機器を現地に輸出・輸送する

Cappa と Kingyo 及び設置に必要な周辺機器の輸出、運送手続きを行った。なお、案件化調査にて製品デモンストレーションを実施した際、既に Cappa 1 台と周辺機器を実際に現地に輸送した経験があるため、手続き等については把握していたが、普及・実証事業では合計 9 台分の機材を輸送し設置まで一時保管する必要があることから、特に保管場所の確保にあたってはカウンターパート等の現地関係者の協力を求め実施した。

以下のようなスケジュールで現地に発電機と周辺機器を輸出し、各サイトに輸送した。カトマンズ空港における関税の担当者の対応により、予定より大幅に遅れ、ポカラ寺院における設置がデモンストレーションの前日になるなど、現地での作業メンバーの負荷が大きくなった。

表 14 輸出入手続

日時	茨城製作所対応	輸出事業者等の対応
2017 年 8 月	・ 製品輸出準備（必要書類：インボイス、パッキングリスト、原産地証明準備、該非証明書、輸出貿易管理令等該当調書、審査票、JICA ネパール事務所へ正式書面にて輸送手続き依頼書、手順の確認）	
9 月	・ 製品梱包（ラッピング終了） ・ 製品の配送先ごとの仕分け	・ ネパール側輸入申請書類の作成（現地コンサルタント作成）
10 月上旬	・ 輸出業者の変更 ・ カトマンズ通関時に写真付きで全ての輸送品の詳細説明書類を準備 ・ 茨城製作所本社工場より出荷	・ 輸送業者による航空予約 ・ 大まかな関税額計算 ・ 輸送保険加入
10 月中旬	・ 輸送状況確認	・ 輸出事業者による、輸出機材引渡や輸出梱包作業、発送
10 月 24 日		・ 機材がネパール・カトマンズ空港着
10 月 29 日 30 日	・ 空港から荷物が出るまで、カトマンズにあるローカルコンサルタントの事務所に待機 ・ 通関状況収集、必要対応と連絡に追われる	・ ネパール・カトマンズ空港の税関手続き （10/25 祝日、10/26 が急遽祝日、10/27 が空港関税局コンピューターサーバーダウン、10/28 土曜休日）
10 月 31 日	・ エネルギー環境省発行の茨城製作所製品通関依頼 1) 茨城製作所から AEPC エグゼクティブディレクターへ、レター、インボイス、パッキングリスト提出 2) AEPC のエグゼクティブディレクターから、エネルギー環境省へのレター作成依頼（省庁へ向けた書類となるため、全てネパール語政府用語で併記） 3) エネルギー環境省発行の茨城製作所製品通関依頼書を受領	・ 10/29 空港内に輸送貨物が溢れ、関税手続きの順番が回ってこなかった。 ・ 10/30 夕方漸く関税寸前まで来たところで書類不備指摘（エネルギー環境省発行の書類） ・ 10/31 夜再び空港コンピューターサーバーダウン

	エネルギー環境省からのレターを空港通関所へ提出	
11月1日	・ネパール・カトマンズ空港において関税支払い、荷物を空港の外へ出す作業の補助 ・NYSEでの集荷補助と荷物受け取り確認 ・N.A.Threeでの集荷補助と荷物受け取り確認 ・カトマンズからポカラへの道路輸送のサポート（2日朝まで）	・輸出事業者によるネパール・カトマンズ空港の税関への支払完了・搬出 ・空港からの出荷直前に税関から全荷物開梱チェックを求められたが、最小限の確認で出荷
11月2日	・ポカラ寺院に機材着 ・ポカラ寺院での集荷、開梱補助、荷物受け取り確認 ・ポカラ市内現地コンサルタント事務所での集荷、開梱、保管場所への移動補助、荷物受け取り確認 ・バラティバワンでの集荷、開梱、保管場所への移動補助、荷物受け取り確認	・輸送業者による荷物受け渡し立ち合い
11月3日	・ポカラ寺院でのデモンストレーション実施	

出所：JICA 調査団作成

各サイトに輸送した機材は、現在、稼働時以外は以下の場所に保管している。

表 15 機材保管状況

設置予定場所	機材保管場所	保管責任者
ポカラ寺院サイト (Cappa 日本製ミニマムモデル)	寺院の倉庫	TMC
チャンディカサイト (Cappa 日本製ミニマムモデル、 Cappa 日本製バッテリーモデル)	学校の保管庫	SMC
バラティバワンサイト (Kingyo 2 台)	学校の保管庫	SMC
サクーサイト (Cappa 日本製ミニマムモデル、Kingyo)	寺院の倉庫	TMC

サクーサイト (Cappa ネパール製ミニマムモデルの主な部品、Cappa 組み立て見本用本体)	寺院の倉庫 ⇔ カトマンズの工場 NYSE	TMC ⇔ NYSE
--	-----------------------	------------

出所： JICA 調査団作成

エ) 活動 1-4 住民およびカウンターパートにより、水路など機材設置に必要な整備が行われる

機材の設置にあたり、簡易な水路の増設や補修が必要とされる場合がある。水路の補修、清掃も含め、このような設置環境の整備については地元住民や場合によっては DCC、VCC の技術部門の協力を得て実施した。

各サイトでは、以下のような整備が実施された。

(a) ポカラ寺院サイト

(i) 足場板や防止柵の設置

2017 年 10 月上旬に、ネパール現地スタッフと現地コンサルタント（以下、ローカルスタッフ）主導で、Cappa 導入先への足場板設置や盗難防止策設置を行った。

写真 8 ポカラ寺院サイトでの設置の様子



住民や動物（牛）が踏まないよう、Cappa のコードを地中のパイプに埋める



水路へ足場板設置



製品導入のための枠組み完成



ゴミフィルター

(ii) 清掃

2017 年 10 月に Cappa 稼働のためのクリーンキャンペーンが実施された。

■ スケジュール

- ・ 第 1 回目 2017 年 10 月 3 日 Ward office 主催
- ・ 第 2 回目 2017 年 10 月 23 日 寺主催
- ・ 第 3 回目 2018 年 1 月 23 日 地域主催

■ 参加の属性

- ・ Ward office 関係者
- ・ 寺関係者
- ・ 女性グループ (mother group, women group)
- ・ ダムサイト青年グループ、ポカラ市役所
- ・ 茨城製作所ローカルスタッフ

■ 内容

- ・ 水路のゴミ (ビニール袋、プラスチックボトル) の除去

■ 問題点

- ・ ネパール人はゴミをすぐに投げ捨てる行動が目立つ。
- ・ ゴミの問題に対して、ネパール人は、ゴミネットを設置して除去すれば良いという考えが中心である。ゴミは投げ捨ててはいけないという「意識」を培っていく必要がある。
- ・ 製品が稼働し発電を継続させるためのクリーンな水流環境づくりが必要であることを、住民教育によって普及させていく必要がある。
- ・ このような住民主体の活動を一般的なネパール人に継続して実施してもらうためには、その重要性を繰り返し丁寧に伝えることが必要である。また、彼らの主体性を育てるためには、こちら側の考えを押し付けるのではなく、ネパール人の気質を十分に把握したファシリテーターによる環境教育やトレーニングが必須である。
- ・ トレーニングの実施にあたっては、軽食や日当といった物的な見返りではないインセンティブを明示することも重要である。
- ・ 日本とネパールの異なる文化や考え方を理解して、ネパールに合ったトレーニング方法、環境改善方法を考える必要がある。

■ 第 3 回目には、クリーンキャンペーンポスターを以下の団体と協力し、サイト周辺に 3 枚掲示した。

- ・ Ward no. 17 Pokhara Lekhnath Metropolitan City, Ward no .17
- ・ Ram Mandir Management Committee
- ・ Rameswor Marg Tole Development Organization
- ・ Rameswor Marg Tole Improvement Committee
- ・ Rameswor Area Development Committee

- Rameswor Marg Mothers' Group
- Rameswor Marg Agriculture Cooperative Organization

写真 9 ゴミ清掃の様子



写真 10 標識



制作したクリーンキャンペーンポスターには、「ゴミのない地域—私たちが自分で地域を清掃し、責任ある市民になるようにしましょう。そして、ポカラ溪谷のより大きな清掃活動に貢献しましょう。」と記されている

(iii) ポカラ寺院サイト周辺と水路のゴミの現状

上記クリーンキャンペーンを行うものの、地域外部から水路に大量に流れ込むゴミに対応が追い付かず、製品の連続稼働時間は長くても 5 時間に留まっている。ゴミが製品に絡みつかないように、下記の写真のような製品の上流付近にネットを追加、また、日本から輸送したゴミネットを改良するなど試みたが、投棄される生活ゴミの量は予想を遥かに超えて多く、種類も様々で（水分を大量に含んだ紙おむつや布団が流れてくることもある）、製品破損の恐れ、またゴミが水路を塞ぎ水が周辺道路に溢れ出ることもあるため、2018 年 6

月から現在まで、一時的な導入を除き、製品の連続稼働運転を一時中止している。大量の生活ゴミ投棄問題は、想定していた日本における自然のゴミ問題とは本質的に異なるため、この間茨城製作所においては、以上のゴミ問題を踏まえ更なるゴミネット試作開発を進めた。

維持管理担当者（オペレーター）とは別に、ゴミ掃除担当者をサイトに配置し製品稼働を試みるも、この間のクリーンキャンペーンの効果はなく、ゴミの量も多く、掃除が追いつかない状態であった。ゴミを河川に投棄するのは、教育がされていないからであり、また清掃意識については、旧カースト身分制度の影響で、ゴミ掃除は身分の低い人のする事という認識が浸透しているため、理解と協力を得ることは事業期間中では出来なかった。その後、ゴミ問題のため AEPC や商工会議所と協議し、JICA ネパール事務所とも相談した結果、製品の他サイトでの運用を検討し、チャンディカサイトに Cappa バッテリーモデルを可搬導入実証することを決定した。

写真 11 ゴミネット設置



製品前方に追加ゴミネット設置した際の写真

写真 12 ゴミネットの改良



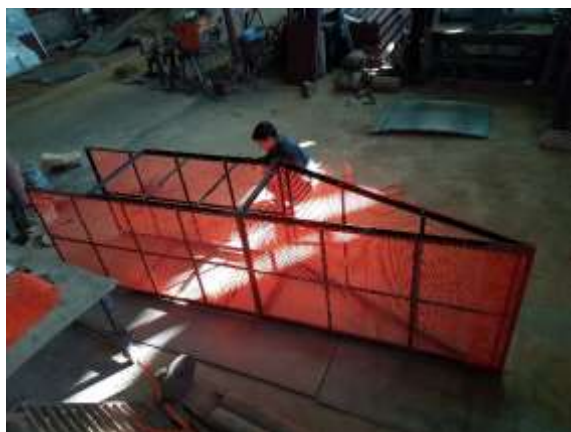
ゴミネットの改良実験

現地でどこにでも手に入る竹を利用し前方を半円にすることで、引っかかったゴミは一時的に自然と後方に流れるようになった。しかし、ゴミの内容や大きさによってネットの左右重量バランスが崩れて水路片側によってしまう。本結果に基づき、大量で多種多様な投棄生活ゴミに対応できるようなゴミネットを日本において試作開発した。

写真 13 実際の様子



ゴミネットや製品のプロペラ部分に溜まったゴミ



茨城製作所で試作開発したゴミネットを NYSE で製作し(左)、水路にゴミネット設置(右)した際の写真

(b) チャンディカサイト

Cappa を設置するために必要な整備を、茨城製作所、サイト関係者、住民が行った。

2017 年 11 月中旬に水路の造成工事を開始し、2018 年 2 月に完成した。

写真 14 チャンディカサイトでの作業の様子



稲作収穫期の合間に、住民が集まって水路工事に必要な資材（石）を集めた



水路会社によって水路工事が完了した



チャンディカサイトの生徒たちと協力して、初めて水路に導水をした



完成した水路に、水門とゴミ除去フィルターを設置

上記の通り、いったん水路は完成したが、2018年5月2日に崩壊してしまった。例年がない大雨による川からの増水が原因と見られる。同日、他地域の用水路、田畑など、ネパール中でも多くの被害が出たことが新聞やニュースで報道されていた。

写真 15 各地大雨被害の報道記事



(i) 水路崩壊の経緯

5月2日深夜から明け方にかけての大雨によって水路の一部が崩壊した。

5月3日に水路崩壊の報告を受け維持管理担当者（オペレーター）が水路崩壊確認後に、製品を学校倉庫に移動保管した。

ローカルスタッフが、水路崩壊箇所への立ち入り禁止テープを貼り、生徒と住民の安全に対するアナウンスを学校へ依頼した。

工事会社に対しては、現場調査と修繕工事依頼に関する正式文書を送付し、工事会社とローカルスタッフによる現場検証と協議が行われた。

現場状況を JICA へ報告・相談し、JICA 水路コンサルタントから水路補修のための技術アドバイスを受けて、現地へ伝えた。

その後、水路修繕工事に向け、SMC と住民による資材（砂と砂利）集めが行われ、6月上旬工事会社による崩壊した壁部分の修繕工事を実施。修繕箇所については、JICA 本部コンサルタントのアドバイスに基づき、これまでと違う重力式擁壁へ変更した。

本格的に雨季に入る前の補強対策として石積ネット（ガビオンロック）を水路入口付近、崩落付近へ設置し、修復工事後の水路状況や、今後の雨季の状況を見つつ、乾季後の必要追加工事有無の検討協議を重ね完成させた。

写真 16 修復工事の様子



崩壊した直後の水路写真 2018 年 5 月 4 日

入口から大量の泥を含んだ川の水が流れ込み、周囲に浸水して水路壁が崩壊している



水路修繕工事風景 2018 年 5 月下旬から 6 月上旬



水路入口付近の石積（ガビオンロック）補強対策と側壁補強

(c) バラティバワンサイト

学校の前の農業用水路から落ちる滝に、Kingyo を 2 台設置するための必要な整備を、茨城製作所、バラティバワンサイト関係者、住民が行った。

上流で住民が水を取水し、Kingyo へ流れる水量が不安定であること、更に水中に土砂が大量に含まれて製品の連続稼働に支障をきたすことから、上流の水路においてゴミのない水量を確保するため、水路に一部補修工事を行った。

写真 17 パラティバワンサイト



学校前水路から流れ出る小さな滝



滝の上部を流れる水路



水路用ゴミフィルター



取水用パイプ



パイプジョイント



ゴミフィルターを実際に設置（左）



セキュリティーゲージ製造過程



安定した水量の導水と、落ち葉や小石など除去のため水路補修を行った



(左) 水路の水を Kingyo へ導水するためのパイプ

(中央、右) ゴミネット



学校の 7 年生 40 名とクリーンキャンペーンを行った (2018 年 1 月 9 日 13:45-15:00)

(d) サクーサイト

サクー市の寺院の前の川に、Cappa を 2 台設置するための必要な整備を、市側が行った。

市民が日常利用している河川であるため Cappa 専用の水路を河川片岸に添って造成し導水する構造とした。乾季は水源の水量が余り多くないため、これに対応できる水路構造が必要であった。水路の構造設計、水路造成工事及び費用ともサクー市役所が進め完成させた。

写真 18 サクーサイトの水路整備



ネパールでも有名な寺院と川（手前）



沐浴もされる川



川の片側に水路工事



水路工事途中経過



足場板設置



水は元の川へ戻る



造成水路全景



配線を行う



電球設置

オ) 活動 1-5 機材を水路に設置し、稼働を確認する

茨城製作所が地元住民の協力の下、Cappa を含む発電システムを実際に実証サイトに設置し、設置後は地元関係者の立会いの下、稼働試験を行った。

下記の通り、カスキ郡の 3 サイトとカトマンズ郡サクーでの設置、稼働試験が完了した。

(a) ポカラ寺院サイト

■ 検査年月日：2017 年 11 月 4 日

■ 場所：ポカラ寺院（カスキ郡）

設置状況と発電有無についての確認を実施した。

写真 19 ポカラ寺院サイトの設置状況



ミニマムモデル



バッテリーモデル



寺に灯りが灯る



夜間チェーンとロックをかけて連続稼働

2 機とも同じ水路に設置されており、問題なく発電していることを確認した。

しかし、水路内のゴミの量が時間によって多く流れてくることで、連続稼働は 5 時間以上は難しかった。

写真 20 投棄ゴミ



ネットに付着した大量の生活投棄ゴミ



付着したゴミ除去作業が追付かない

(b) チャンディカサイト

■ 検査年月日：2018年3月31日

■ 場所：チャンディカ小学校（カスキ郡）

設置状況と発電有無についての確認を実施した。

写真 21 チャンディカサイトの設置の様子



Cappa ミニmamモデルが水路に設置されており、問題なく発電していることを確認した



教室内に初めて灯りを灯した



教室が明るくなった瞬間

水路完成時 2017 年 2 月～3 月は乾季真っ只中であつたため、水路入口付近の水深は一番少ない時 15 cmを下回つた。製品稼働には最低 50 cmの水深が必要であるため、水路内に土嚢を積み発電する水位まで上げて、製品を安定的に稼働させた。テスト稼働の際は、茨城製作所技術者立ち合い時のみ製品導入し、夜間は倉庫に移動させた。

河川にゴミが少なく安定した水量が流れているため、2018 年 9 月から連続稼働を続けている。この間、学校の教職員達によって日々の管理がなされ、発電電圧とネットのゴミ付着状況に応じてゴミ清掃が行われている。学校関係者は Cappa が連続運転していくためには、ゴミの無い環境作りの重要性和関係者による日々の状況管理とゴミ掃除が極めて大事であること、また学校教育における電気活用の重要性を十分理解しているために、日々の自主的なメンテナンス管理を行っている。一連のトレーニングの効果が出ていた。

2018 年 12 月から、ポカラ寺院サイトから移設したバッテリータイプとミニマムタイプの並列運転を行っている。バッテリータイプはバッテリー単独で 450W、1 時間～120W、10 時間の使用が可能であるため、今回学校の備品であつたラップトップ、プリンター、オーディオセット（スピーカー）、ユーロガード（水浄化フィルターシステム）の使用ができ、バッテリーの 450W の活用範囲は大きな効果がある。

使用できる電気上限が 450W となるため、最大 450W で 1 時間まで利用できるバッテリーは、この範囲を超えないで、使用する機器のワット数に応じて幾つかの機器を同時使用することができる。また、テレビで日本のアニメの実映した。（子供も大人も食い入るように見入っていた。）

(i) 教室の照度状況

Cappa の電力を用いて各教室に電球を設置した。これにより、気温の低い冬季において窓やドアを閉めても、授業継続が可能な明るさを照明から得られるようになった。

電球有無による明るさの比較を行った。

表 16 計測状況

計測日：2018 年 12 月 3 日 15 時 薄曇り

単位：ルクス

		電球照明 無し			電球照明 有り		
		ドア・窓両方を全て閉める（冬季や早朝と同じ状況）	ドアのみ開ける	ドア・窓両方を全て開ける	ドア・窓両方を全て閉める（冬季や早朝と同じ状況）	ドアのみ開ける	ドア・窓両方を全て開ける
部屋番号	1	0.9	4.4	9.3	38.2	42.6	47.6
	2	0.7	8.8	15.2	31.4	37.5	41.8
	3	1.8	12.7	22.3	20.2	28.2	33.8
	4	0.6	10.7	12.4	34.6	40.5	46.1
	5	1.6	4.1	12.1	28.0	33.0	41.5

出所：現地調査より JICA 調査団作成

全ての部屋に電球を 2 つ設置したが、部屋番号 3 のみ展示物の影響で利用できる電球が 1 つだったため、上記計測時も電球 1 つの明るさになる。

Cappa によって電球照明が使えるようになったため、冬季や春季・秋季の早朝などはドア・窓両方を全て閉めて授業を行っている。

日本の文部科学省の「学校環境衛生の基準」においては、教室及び黒板の照度は 500 ルクス以上であることが望ましいとされているが、チャンディカサイトの小学校においては冬季のドアや窓を全て閉める状況では 0.6～1.8 ルクスとほぼ暗闇に近く、勉強には不十分な明るさだった。

電球照明無しと有りの状況を比較すると、Cappa 導入の効果により明るさが 11.2～57.7 倍になり、大幅に改善されたことが分かる。

(c) バラティバワンサイト

■ 検査年月日：2017 年 12 月 15 日

■ 場所：バラティバワン中学校（カスキ群）

設置状況と発電有無についての確認を実施した。

このサイトには計画通り、Kingyo 2 台を設置し、入口門の防犯灯と教室電灯の点等を確認した。

約 11km にわたる農業用水路の水により発電しているが、途中で各家が水を取水するた

めに水量が安定せず、この水路の水は畑の農作物や時期に合わせ、上流に設置されている水門で水量を調整している。Kingyo を安定的に運用するためには、地域住民の理解と協力が必要であり、安定した水量が流れるような仕組み作りを継続して行っている。

また、生活ゴミの投棄や落ち葉類が多いため、これらの流入を防止するための水路の改造と同時にネット構造の見直しが必要となり、流入防止のために水路の Kingyo 導水部に貯水槽を設けた。また、ネット構造見直しによる Kingyo 導水路の改造を行った。

約 1 時間の試運転では、電圧は約 30V であった。ネットのゴミ目詰まりの影響でゲージ内水位が低下し、パイプの集水口に渦が発生して水車内にエアが入り、電圧が低下した。パイプの集水口に径の大きいパイプを被せることにより渦の発生をなくし、安定した電圧となったが、ゴミゲージ部の水位を 30cm 以上に保つ必要があるため、水深が浅くても渦の発生を防ぐ対策が必要であった。また、落差が高い関係で、回転速度が速くなり電圧が上がり過ぎたため、最終的には、制御回路の一部を変更し、水量調整板を管路内に入れて落差調整を図り、電圧を下げるようにした。（制御機器に上限電圧制限があるため落差調整をする必要があった）無負荷電圧 35～38V、電圧ドロップパーと水量調整で 15V で連続運転し、17 時間後 18.4V と安定した。

電圧ドロップパーと電圧の関係を表 17、水量調整板と電圧特性の関係を表 18 に示す。3 種のレバーによる電圧ドロップ効果は、レバー L がベストであったが、水量により最適なレバーに切替える必要がある。導通試験で教室に点灯させ、制御回路に問題が無いことを確認した。

学校の教室に電灯をつけるため、Kingyo から教室まで距離約 18m、道路からの高さ 6m の位置にケーブルを敷設した。

写真 22 バラティバワンサイトの設置の様子



学校へのケーブル敷設



発電テスト



変更した制御回路の動作確認



教室の電球点灯

表 17 電圧ドロップパーと電圧の関係

	レバー	レバー S	レバー M	レバー L
電圧ドロップパーのみ	電流 (V)	33.3	32.5	27.9
電圧ドロップパー+充電	電圧 (V)	13.4	13.4	13.3
	電圧 (A)	1.57	1.37	0.8

出所：JICA 調査団作成

表 18 水量調整板（流量絞りプレート）と電圧・電流の関係

流量絞りプレート 内径面積(%)	回転数(rpm)	発電電圧(V)
90	4103.0	37～40
80	3696.6	33～36
70	3187.1	28～31

出所：JICA 調査団作成

表 19 教室の照度状況

計測日：2018 年 11 月 25 日 14 時 晴れ

単位：ルクス

		電球照明 無し		電球照明 有り	
		ドア・窓両方を全て閉める (冬季や早朝と同じ状況)	ドアのみ開ける	ドア・窓両方を全て閉める (冬季や早朝と同じ状況)	ドアのみ開ける
部屋番号	1	0.3	139.4	25.2	200.2
	3	1.9	81.1	26.6	176.6
	21	0.1	105.0	22.2	157.1
	22	0.2	103.7	63.5	257.8

出所：JICA 調査団作成

電球を設置した教室のうち、計測可能だった 4 つの教室について計測を行った。

電球照明無しと有りの状況を比較すると、Kingyo 導入の効果により明るさが 14～317 倍と大幅に改善された。

(d) サクーサイト

■ 検査年月日：2018 年 11 月 20 日

■ 場所：サクー市（カトマンズ）

写真 23 サクーサイトの設置の様子



小さな滝に設置し、問題なく発電していることを確認した



寺院の灯り

サクーサイトは、製品 PR サイト、デモンストレーションサイトとしての役割をもっているが、市が非常に積極的に製品の継続活用を進めている。

③ 成果 2に係る活動（実証活動）

ア) 活動 2-1 カウンターパートによって機材の維持管理技術者が任命される

ネパールにおける Cappa や Kingyo の持続的な維持管理体制を確立するため、カウンターパートからの指示の元、RSC スタッフの中から維持管理技術者を任命した。

維持管理技術者は小型の水力発電に関する知見を有する技術者であり、地元住民から選定される維持管理担当者（オペレーター）に対して、茨城製作所の製品インストラクターと協力して技術指導を行う役割を担う。

維持管理技術者としては、ポカラ群はバグルンの AEPC Regional Service Center のスタッフを、カトマンズ郡は AEPC 職員を、カウンターパートから任命しており、各サイトでの製品説明を実施、本邦研修での技術トレーニングを完了した。

イ) 活動 2-2 学校運営委員会や住民団体により、維持管理担当者（オペレーター）が任命される

機材の日常的な維持管理については、地元住民が実施することを想定している。学校運営委員会等の実証サイト関係者や地元住民団体に対して維持管理担当者（オペレーター）を任命するように要請し、維持管理担当者は機材の維持管理が持続的に行うよう、各サイトで以下のようにオペレーターを選任した。

➤ ポカラ寺院サイト

TMC 1 名、Ward no.17 職員 2 名

➤ チャンディカサイト

校長、SMC 会長、サイト近くに住む教職員

➤ バラティバワンサイト

教職員 2 名、学校管理事務員 1 名

➤ サクーサイト

TMC メンバー 2 名、サクー市役所職員 1 名、地域コミュニティー 1 名

ウ) 活動 2-3 維持管理技術者及び維持管理担当者に対する技術指導や本邦受け入れ活動により、維持管理能力を向上させる

カウンターパートである AEPC などから選定された維持管理技術者に対して、Cappa を含むシステムに関する技術や維持管理の方法、維持管理計画の策定等についてのトレーニングを実施した。(トレーニングの一部は、維持管理技術者を本邦に招聘し、茨城製作所の工場で実施。)

(a) ポカラ寺院サイト

茨城製作所の現地スタッフと現地コンサルタント(ローカルスタッフ)が、地元住民向けのトレーニングをデモンストレーション後の 2017 年 11 月 4 日より約 2 週間実施した。

第 1 回トレーニングのスケジュール 2017 年 11 月 5～7 日 (3 日間)

■ 参加人数 5 人

■ 参加の属性

- ・ 寺院 2 名
- ・ Ward office 2 名
- ・ 地元の学生 1 名

■ プログラム概要 (Cappa ミニマムモデル)

- ・ 茨城製作所スタッフ主導により実施
- ・ Cappa の倉庫からの出し入れ方法
- ・ Cappa の水路への出し入れ方法
- ・ ゴミネットの設置方法 (足場での躓きや手を挟める危険性についても説明を実施)
- ・ ゴミネットからのゴミの除去を実施
- ・ Cappa プロペラに付着したゴミの除去方法実施
- ・ プロペラを触る際の注意点
- ・ 接続ケーブルの接続方法
- ・ 注意点 (製品の稼働レベルが低下し、ゴミを除去しても解決されない際は、必ず製品を陸に上げてから行うこと、水中では絶対行わない)

■ その後

製品導入技術を段階に応じて習得し地域住民が Cappa を利活用していくモデルを構

築した。また、Kingyo（バラティバワンサイト）の製品トレーニングも合わせて、ローカルインストラクターがネパールの現状を踏まえて、トレーニング計画を立てた。第一回のトレーニング経験を元に、製品トレーニングマニュアルを、茨城製作所とローカルコンサルタントが協力し作成した。また、トレーニング終了時、製品オペレーション、メンテナンス方法を技術習得できた人には、茨城製作所より認定書を授与することで、今後責任と意識を持って製品運用を進めてもらうこととした。

第2回トレーニングのスケジュール 2017年12月15, 17日（2日間）8:00－13:00

■ 参加人数 5人

■ 参加の属性

- ・ 寺院 2名
- ・ Ward office 2名
- ・ 地元の学生 1名

■ プログラム概要（Cappa ミニマムモデル）

- ・ 1回目トレーニング復習と、電気について、製品理論についての学習
吊り金具の組立、Cappa 本体のゴミ取りのトレーニングを実施した。

■ その後

ポカラ寺院サイトのゴミ問題の解決策の一つであるゴミネットの改良は、日本で試作試験を進めた。ネパールで製作完成、同サイトに導入し、効果確認試験を実施した。

写真 24 ポカラ寺院サイトでのトレーニングの様子



接続部分の確認



ゴミネットの設置の練習



Cappa の出し入れ練習



プロペラに付着したゴミの除去方法



Cappa システム、電気設計説明



吊り金具の設置方法



電気についての学習



トレーニング終了証

(b) チャンディカサイト

第1回トレーニングのスケジュール 2018年3月26日 14:30-17:00

■ 参加人数 3人

■ 参加の属性

校長、SMC 会長、チャンディカサイト近くに住む教職員

■ プログラム概要 (Cappa ミニマムモデル)

- ・ 茨城製作所ローカルスタッフ主導により実施
- ・ Cappa の倉庫からの出し入れ方法
- ・ Cappa の水路への出し入れ方法
- ・ ゴミネットの設置方法 (足場での躓きや手を挟める危険性についても説明を実施)
- ・ ゴミネットからのゴミの除去を実施
- ・ Cappa プロペラに付着したゴミの除去方法実施
- ・ プロペラを触る際の注意点
- ・ 接続ケーブルの接続方法
- ・ 注意点 (製品の稼働レベルが低下し、ゴミを除去しても解決されない際は、必ず製品を陸に上げてから行うこと、水中では絶対行わない。)

■ その後

チャンディカサイトは、水がきれい、Cappa 専用水路に設置されているため、従来のゴミ掃除の方法よりメンテナンスをシンプルにすることを検討した。①ほうき ②前方ネットの掃除 ③水路の水門を閉じて水をなくし、維持管理担当者 (オペレーター)

が直接水路に入ってプロペラ周辺を確認するなど、製品のセキュリティーをより向上させる方法を検討した。この地域は砂利や小石が多いため、水路に入り込んで製品を破損しないシステムを構築する必要があったため、学校の生徒、教職員、地域住民に水路周辺の清掃メンテナンスについてワークショップを行った。

写真 25 チャンディカサイトでのトレーニングの様子



製品準備をし、水路への導入を繰り返し何度も練習

第2回トレーニングのスケジュール 2018年4月23日 14:30-17:00

- 参加人数 3人
- 参加の属性
校長、SMC 会長、チャンディカサイト近くに住む教職員
- プログラム概要
 - ・ ローカルスタッフによる、前回の復習
- その後

大雨による河川の増水により水路の一部が崩落したが、補強工事を施し復旧作業が完了した。その後の大雨の洪水により上流からガビオンが水門付近まで流されてきたために、水門の防御を図るために新たなガビオンを水門前に置いて、雨期の時期の状況を確認することにした。同サイトは既に現地スタッフだけで組立から設置、稼働運転まで出来る状態にある。状況確認後、本格的な稼働運転を開始した。

■ 結果

Cappa の吊り金具組立、投入方法、ゴミネットの設置方法をトレーニングを重ねた結果、それらを十分に理解し実践できる状態になった。2018年9月以降連続稼働している。この間、水路から一度も引き揚げることなく、ゴミネットのゴミの除去とプロペラに付着したゴミの除去を状況に応じて実施し、日々維持管理している。ゴミ掃除の方法は前方ネットの掃除と備付けの箒で十分対応ができています。

(c) バラティバワンサイト

第1回トレーニングのスケジュール 2017年12月14日 8:00-14:30

- 参加人数 3人
- 参加の属性 教職員2名、学校管理事務員1名
- プログラム概要 (Kingyo)
 - ・ 水が来ていることを確認し、Kingyoを設置
 - ・ 水路のゴミネットを設置し、機能を確認
 - ・ Kingyo のトレーニングを実施した。

写真 26 バラティバワンサイトでのトレーニングの様子



Kingyo 設置



設置トレーニング



システム、操作説明



教室の電球点灯

■ その後

ゴミ除去を目的とした水路改修工事が完了した。水量が安定しており、改修水路の沈殿槽によって Kingyo へのゴミの流入は少なくなり、改修水路の沈殿槽の効果が確認でき、特性試験を実施した。また、太陽光発電装置の設置が完了し、特性試験を実施した。

Kingyo と太陽光発電の発電量の比較試験を実施し、データ収集をした。

■ 結果

ゴミ流入問題もなくなり、特性試験では、発電電圧が 34～41V、回転速度が 3,444～4,198rpm と正常範囲であった。不規則な住民の取水や、上流地点での水路工事発生など、常に安定した水量が保証されない課題があり、その都度、学校関係者に協力の依頼を話した。引続き計画的に水量が確保されるよう協力要請をしていく。

サイトの維持管理担当者（オペレーター）は、AEPC が企画実施する維持管理トレーニングに参加した。トレーニングはカトマンズで 8 日間行われ、費用等全て AEPC が負担した。

- チャンディカサイト： 校長、バラティバワンサイト近くに住む教職員
- バラティバワンサイト： 住民 2 名
- ポカラ寺院サイト： 住民 1 名

(d) サクーサイト

第 1 回トレーニングのスケジュール 2018 年 12 月 9 日

■ 参加人数 4 人

■ 参加の属性

- ・ TMC メンバー（2 名）
- ・ サクー市役所職員（1 名）
- ・ 地域コミュニティー（1 名）

■ プログラム概要

- ・ ローカルスタッフによるトレーニング

■ 今後の予定

乾季の水量状況を確認、稼働に必要な水深や水量、流速などを測定。設置、稼働運転まで出来るようトレーニングを行う。

■ 結果

Cappa の吊り金具組立、投入方法、ゴミネットの設置方法、製品稼働方法トレーニングを重ねた。

第 2 回トレーニングのスケジュール 2018 年 12 月 10 日 8:00－14:30

■ 参加の属性

- ・ TMC メンバー（2 名）
- ・ サクー市役所職員（1 名）
- ・ 地域コミュニティー（1 名）

■ プログラム概要 （Cappa ミニマムモデル）

- ・ 1 回目トレーニング復習

- ・ 吊り金具の組立
- ・ Cappa 本体のゴミ取りのトレーニング

■ その後

現在は乾季のため、水量が少ない時期であり、寺院の前にある河川では日常的に沐浴などが行われている。祭りの時期には、大量の供物が河川に入れられることで、水中ゴミ問題がおこる。サクー市側は製品の連続稼働に向け、ゴミネットの改良とともに、TMC 側に、ゴミ問題に対する解決案を出してもらう。

写真 27 サクーサイトでのトレーニングの様子



製品導入やメンテナンス方法を確認



ゆっくり水路へ投入

第 1 回本邦研修 2018 年 4 月 9 日（月）～15 日（日）（渡航日数含む）

■ 目的

カウンターパートである AEPC に Cappa や Kingyo の製造過程や日本での稼働状況を視察することで、今後のネパールにおける設置への検討を推進していくため。

■ 参加者

- ・ Mr. Rana B Thapa (AEPC Senior officer)
- ・ Mr. Tulasi Prasad Ghimire, (AEPC account officer)
- ・ Mr. Ishwor Lal Rajbhandari, (Chairperson, Dhaulagiri Community Resource Development Center : DCRDC)

写真 28 第 1 回本邦研修 主な研修内容



Cappa/Kingyo 構造、システム、メンテナンス管理説明



茨城製作所の見学



測長器、設備管理技術研修

コンサルタント（トーマツ）との打合せ



茨城大学工学部小型軸流水車実験施設見学



十王水路稼働状況視察と実習



JICA との挨拶風景



清掃センター見学



日鉱記念館見学



日立市役所訪問

■ 研修結果

今回の研修で、製品 **Cappa/Kingyo** の技術や管理、日本のものづくりのあり方（品質管理と安全管理等の重要性）、今日の日本の発展の歴史とその背景にあるもの、ゴミのない街作りや自然環境保全の仕組み等を学び、また製品 **Cappa/Kingyo** のコンセプトや仕組み、扱い方に関する理解を更に深めたことで、製品に対する理解が一層深まった。研修を通して、ネパール国の発展と製品の普及に生かしていきたいという意識がこれまで以上に高まった。課題として、講習内容に製品の一部専門的な内容を含んでいたため、研修生の所属と役職によっては短時間の講習で理解するのが難しいと判断された点が挙げられる。

ネパールのような途上国での再生可能エネルギー製品の普及にはやはり行政関係者の理解とサポートが必要であるため、これを踏まえて、今後の研修では講習内容の検討をしていく必要がある。概ね、当初の目標、目的及び活動内容は達成されたものと判断した。

第2回本邦研修 2018年10月14日～20日（渡航日数含む）

■ 目的

茨城製作所や、地域の中心的企业である日立製作所、その他関係企業や機関を実際に見学し、また、**Cappa** や **Kingyo** の製造過程や、日本での稼働状況を視察することで、今後のネパールにおける更なる普及とビジネス展開方法への検討を推進していく。

また、現地の製造業 NYSE 社長が実際に日本のものづくりを見学し、本邦研修を行うことで、今後パートナー企業としての関係も構築した。

■ 参加者

- ・ Mr. Narayan Prasad Adhikari Alternative Energy Promotion Center
Director
- ・ Mr. Anil Nath Shrestha Kathmandu Metropolitan City Civil Engineer
- ・ Mr. Bikram Raj Pradhan Nepal Yantra Shala Energy,Ltd Managing
Director

■ 主な研修内容

- ・ 軽水力発電機の理解を深める。構造とシステム、オペレーション方法など実習し、事業後に製品譲渡された後、自分たちで管理できるようにする。
- ・ 茨城製作所でものづくりを見学。徹底した品質管理・生産管理・安全管理を経験し、
- ・ ネパールでの軽水力発電機の管理に役立てる。
- ・ 高品質のものづくりで欠かせない「連携」の仕組みを知る。
- ・ 水路見学。日本の水路管理と周辺の自然環境保全の状況を見学。ネパールのゴミ溢れる水路と日本を比較することで、自然に負担をかけない環境づくり・改善に役立てる。
- ・ 日本の産業発展と郊外の歴史、それに取り組んだ地域や人々を資料館（日鉱記念館）にて見学。
- ・ 再生可能エネルギーの普及状況見学。
- ・ 日立地域とネパールのものづくりの輪を広げる可能性につき意見交換を行う。

■ 研修結果

ネパールのような後発開発途上国での製品 Cappa/Kingyo の普及には関係各行政の理解とサポート、現地の製造メーカーが必要である。今回の研修を通して、政府職員と製造メーカーが参加者おり、Cappa/Kingyo の製造技術や品質保証等の管理技術、日本のモノづくりのあり方の重要性を学び、また、今日の日本の発展の歴史とその背景を知る機会となった。

ゴミのない街と自然環境保全の取り組み等も学び、製品 Cappa/Kingyo の理解を深めたことで、今後、ネパール国の発展と製品の普及に生かしていきたいという意識がこれまで以上に高まった。概ね、当初の目標、目的及び活動内容は達成された。

写真 29 第2回本邦研修風景



Cappa/Kingyo 構造、システム、メンテナンス管理説明



茨城製作所滑川・神峰工場見学



製品の吊り金具の組み立てを学ぶ



ゴミネット組み立てを学ぶ



十王水路実習



モータ稼働を振動で確認



日立産業支援センター見学



日立日鉱記念館見学 ものづくりの歴史をたどる



茨城大学工学部流体解析実験施設見学



商品開発について学ぶ



日立製作所山手工場見学



日立市役所訪問

エ) 活動 2-4 維持管理担当者により、電力需要や水路の水位の変化に応じて Cappa の設置場所が変更される

ネパールでは、流量調整のための水門が設置されている水路でも乾季と雨季で水路の水位に大きな変化があることが通常である。維持管理担当者は維持管理技術者と相談し、Cappa が効率的に稼働するように Cappa の設置場所を電力需要や水路の状況に応じて試行的に移動させる。

ポカラ寺院サイトの設置場所で、想定外の大量に投棄される生活ゴミの問題が発生しており、現状では連続稼働が難しい状況となっていることから、その他の場所での設置をカウンターパート AEPC や製品維持管理技術者とともに検討し、TMC や Ward と話し合いを行った結果、チャンディカサイトにバッテリーモデル1台を可搬導入実証することとした。

可搬導入設置作業は、スムーズに行われ、これによりチャンディカサイトでは、ミニマムモデル1台とバッテリーモデル1台が同時に稼働している。

写真 30 チャンディカサイトでの稼働の様子



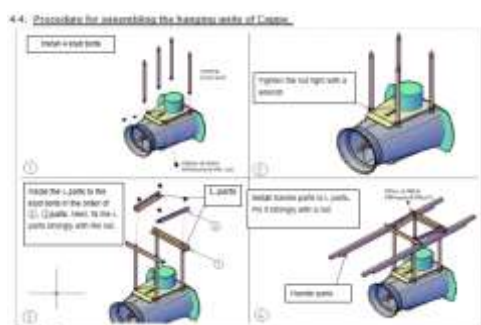
手前 Cappa が、ポカラ寺院から可搬したバッテリーモデル、
奥がもともと稼働中のミニマムモデル

オ) 活動 2-5 維持管理技術者および茨城製作所の指導のもと、維持管理担当者が機材の維持管理を計画に基づいて行う

機材が持続して運用されるように、維持管理技術者と茨城製作所は協力して維持管理計画を策定に向けて教職員や住民などとディスカッションを行った。

維持管理計画の策定にあたっては、水路の水位の変化や実証サイト周辺の環境（自然環境や地元の生活環境等）を考慮し、清掃の回数や半消耗品（ごみよけネット等）の交換時期等を Cappa 導入補助員がアドバイスをを行った。

普及・実証事業後も継続した維持管理のために、マニュアルを英語版とネパール語版で作成し、配布した。



英語版のマニュアル



ネパール語版の表紙

図 13 Cappa / Kingyo のマニュアル

(a) チャンディカサイト

ゴミの流れる状況は時々刻々変化しているが、チャンディカサイトの場合は、流れるゴミが比較的少ないので、担当者が 1 日朝夕の 2 回水路を見回り、ネットのゴミの付着状況を確認し、発電電圧の低下状態に応じてゴミネットの清掃を実施し、維持管理することになっている。月に 1 回程度、Cappa を水路から引き上げて発電機本体の異常の有無を目視確認することとしている。

ワークショップ名	維持管理検討ワークショップ
実施日時	2019 年 1 月
主な対象者・参加者数	女性団体（Ama samuha）メンバー 約 40 名
目的	SMC 以外にも今後の Cappa の維持管理に向けて自発的な意識の醸成を促す。
成果	Cappa が設置されていることを、あまり自分ゴトとして考えられていなかった参加者が多かったが、ワークショップを通して利活用について検討を行うきっかけとなった。



グループディスカッション



発表の様子

ワークショップ後に、チャンディカ小学校教職員や SMC のメンバーとディスカッションを行い、以下のような維持管理体制案が作成された。

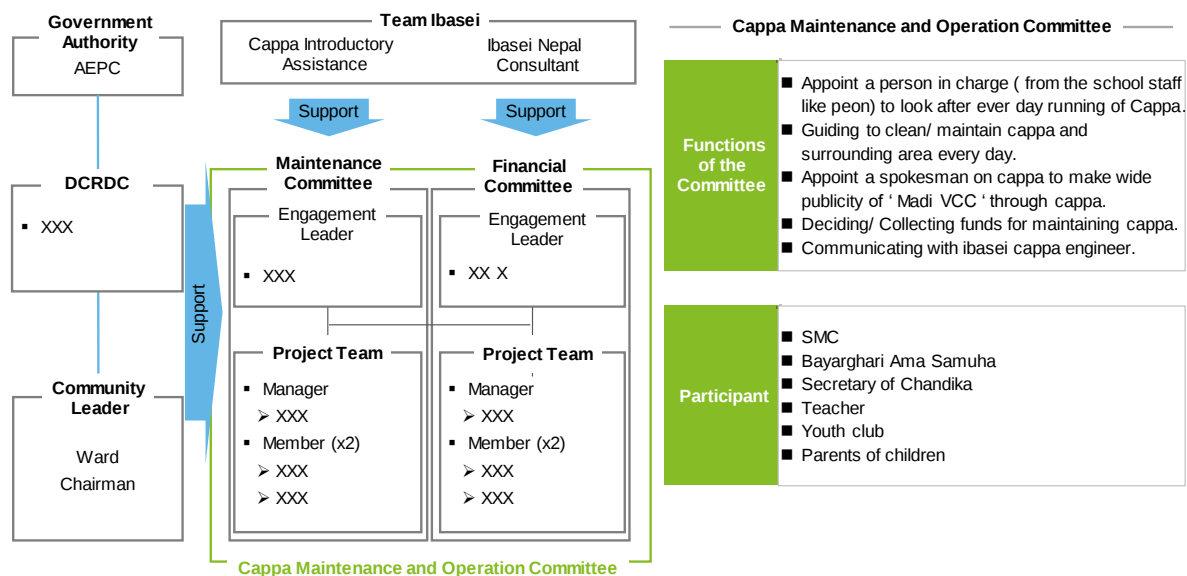


図 14 維持管理に向けた計画案

出所：JICA 調査団作成

(b) チャンディカサイト以外

各サイトとも安定した水量が確保できない問題があり、安定した水量を確保するための関係者による仕組み作りとそれに基づいた維持管理方法、また、生活廃棄ゴミや草木のゴミネットへの付着量と発電電圧との関係によりネット清掃の頻度が決まってくる。維持管理にはこれらの状況を踏まえた関係者の協力が不可欠である。

バラティバワンサイトとサクーサイトは、発電に必要な安定した水量が確保できない問題があり、安定した水量を確保するための関係者による仕組み作りの構築が必要であり、それにより維持管理方法と計画が決まる。ポカラ寺院サイトにおいては、水路に大量に投棄される生活廃棄ゴミで Cappa の稼働ができない状況であり、投棄ゴミの絶対量を減らさなければならない。ゴミの投棄をやめさせるための関係者による環境作りが必要であり、維持管理方法と計画はこれらの状況を踏まえたものになる。

カ) 活動 2-6 早朝・夜間の補習授業や住民向け学習クラスに照明を使用する仕組み、周辺住民が使用できるバッテリーチャージステーションの設置など、通常の授業運営やそれ以外での電力の利活用の仕組みを検証する

Cappa や Kingyo を用いてどのような利活用ができるかを洗い出し、主な 4 つのアイデアについてどのモデルが有用かのアンケートをポカラ寺院サイトで行った。

チャンディカサイトでは Cappa が発電した電力について、教室の電球以外にも多様な活用方法があることに学校の教職員や地域住民に気付いてもらうための複数のワークショップを行った。

また、子供が（具体的には周辺家庭にランタン（リチウムイオンバッテリー）を貸与し）、学校で Cappa の電力を使用していない時間帯に Cappa から充電し、バッテリーを自宅に持ち帰ることで照明や携帯電話の充電に使用する仕組みのトライアルを行った。

周辺の公共施設における利用も含め、利活用モデルの検討を行った。

(a) 利活用モデルの検討

現地調査から以下のような 15 種類の利活用モデルを洗い出し、より広範囲に裨益すると考えられる 4 つについて（下表★印）2017 年 11 月のポカラ寺院におけるデモンストレーション時にアンケートを行った。

アンケートの結果、①学校：11 票、②養魚場：5 票、③エコホテル：1 票、④ヘルスポスト：4 票となり、学校における使用事例が最も人気があった。次いで、養魚場とヘルスポストという結果となった。ネパールにおける非電化地域は多く、学習機会の創出など興味を持っているようだった。

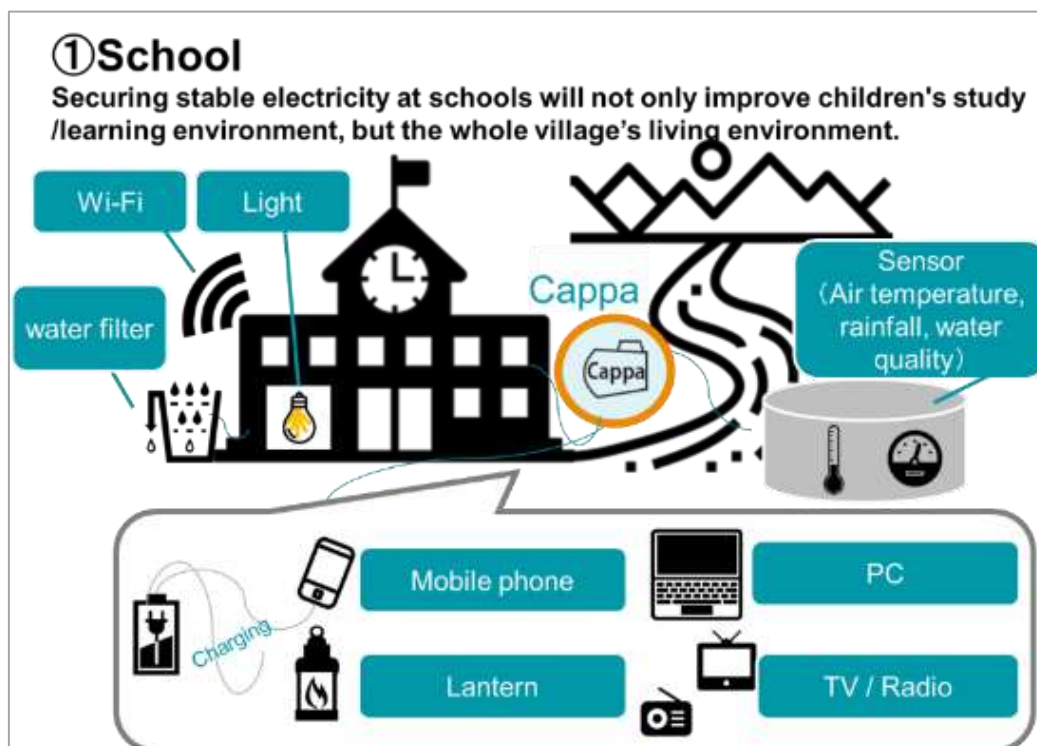
表 20 利活用モデルごとの負荷機器の分析

#	施設／機器	パソコン	携帯電話	電灯	ランタン	電池	センサ (気象、 水質)	テレビ・ ラジオ	Wi-Fi	融資注 入器	イルミ ネーション	ワグチン 冷蔵庫	携帯 基地局	街灯
1	学校 ★	●	●	●	●	●	●	●	●					
2	養魚場 ★			●			●			●				
3	エコホテル ★	●	●	●			●	●	●		●			
4	ヘルスケアポ スト★		●	●	●	●	●	●				●		
5	寺	●	●	●	●	●	●	●	●		●			
6	コミュニティー ホール	●	●	●	●	●	●	●	●		●			
7	トレッキング ルートのトイレ		●	●			●							
8	温泉地		●	●										
9	ベースキャン プ	●	●	●	●	●		●	●					
10	養魚場のレス トラン			●			●		●	●	●			
11	バス停		●	●	●									
12	ウォーターミ ル		●		●		●							
13	山村ホームス テイ	●	●	●	●	●	●	●	●		●			
14	冬虫夏草の 採取		●	●	●				●					
15	市街地のイン フラ		●						●		●		●	●

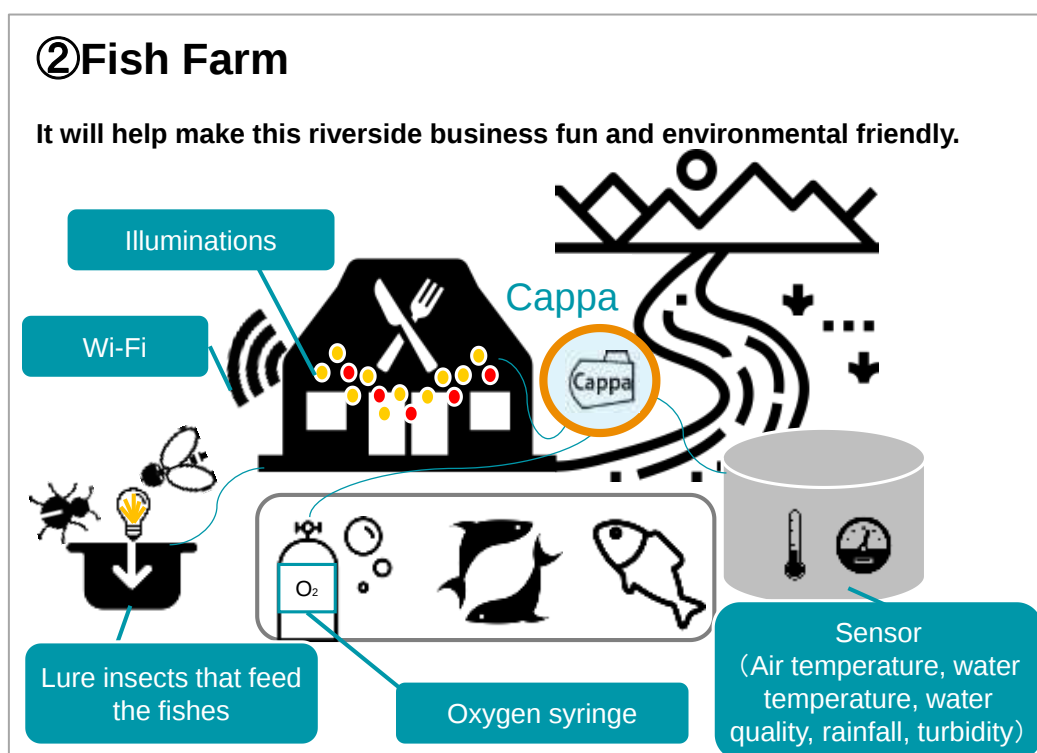
出所：JICA 調査団作成

4 つの利活用モデルについて、さらに幅広く電力を活用することによって、コミュニティ

の所得向上につなげる方策について、引き続き検討を進めている。



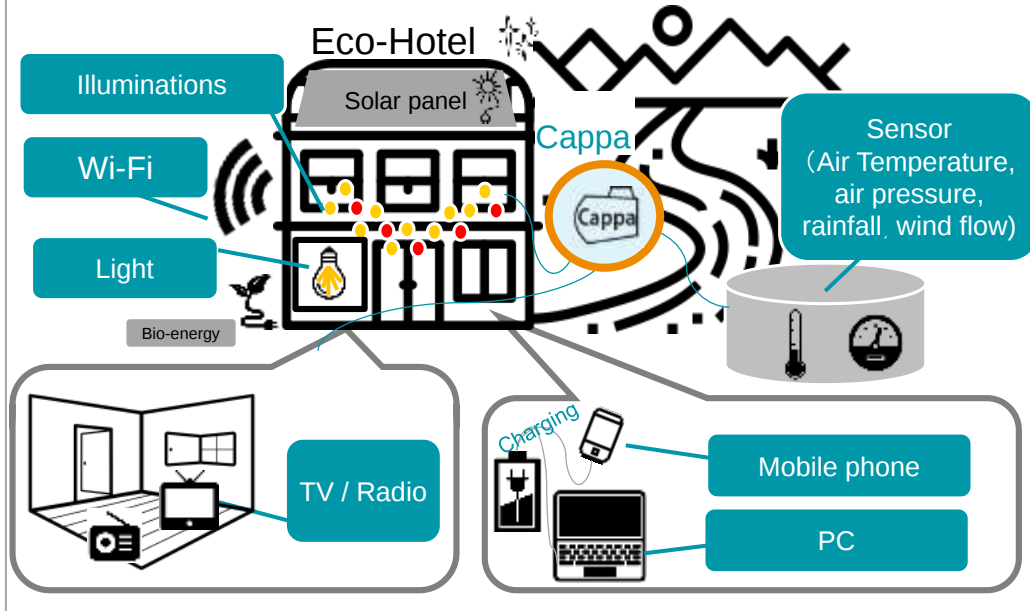
学校や公共施設の夜の照明を活用してフェルトによる小物作りなどの収入向上活動をコミュニティで行うことも考えられる。



養魚場をコミュニティで運営管理できれば、山間部の農村の地域おこしにつながる。

③Eco-Hotel

Cappa will help provide a more comfortable hotel.



④Health post

Using Cappa at Health post will allow you to use various useful equipment.

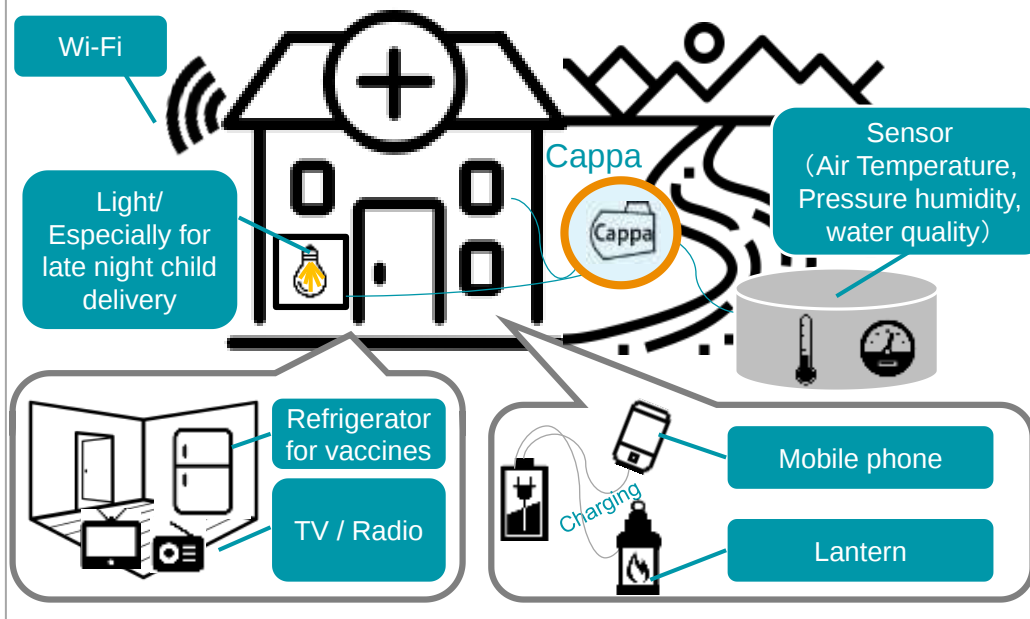


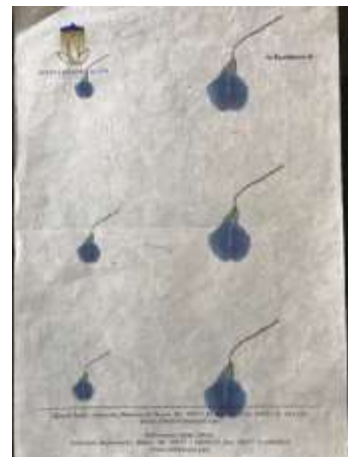
図 15 利活用モデル図解

出所：JICA 調査団作成

ホテル施設の運営だけでなく、観光客向けのグッズ（ホテルの部屋に備え付けるステーションナリーやラッピングペーパー）の製造にも Cappa の電力は活用できる。写真は、Kingyo から充電したバッテリーを農村地域へ持ち運び、同じく持ち込んだプリンターを利用して地域の野草データを地元の女性たちと収集、デザインしたもので実験的にレターセットを製作している様子。

Cappa × アート 地域の資源（河原の石を使ったランプシェード）を地域の子どもや女性たちと作成。地域の観光資源やイベントなどに活用し地域活性に役立てることも検討した。

写真 31 Kingyo バッテリー × 観光客向けグッズ制作



その他、Cappa 設置場所に周辺に自生するヨモギや、販売可能な植物を植えて、景観を保つとともに販売収入を得て所得向上を目指すことも検討している。

(b) チャンディカサイトにおける利活用について

普及・実証事業の初期に設置が行われたチャンディカサイトにおいて、事業終了後も維持管理や利活用を自主的に行えるように、以下のワークショップを開催した。

表 21 チャンディカサイトにおけるワークショップ概要

視点		ポイント	獲得目標	対象者	実施したワークショップ
目標	Cappa/Kingyoの設置による地域社会・経済への貢献	・ Cappa/Kingyoの設置により、地域に電力と新たな現金収入の手段を提供するだけでなく、共同管理体制の構築を通じてコミュニティの結束力を強化する	・ Cappa/Kingyoの活用方法検討 ・ 管理・運営体制の構築	地域住民全体	以下の①～⑥
	1 コミュニティ内の多様な主体の参加と協働	・ コミュニティ全体のコミットメントと可能な限り多くのコミュニティ内のステークホルダーの関与と合意形成、役割分担を図るための仕組みの構築が必要	管理運営体制の把握	主に女性団体	① 維持管理検討
	2 関与者の理解度の向上	・ Cappa/Kingyo設置地域の理解度に合わせた現地コミュニティに無理のない管理計画/体制の立案が効果的	電気に関する理解度の向上	教職員 子供	② 電気使用方法指導 ③ Cappaを表現
	3 Cappaの電気を生かしたコミュニティ開発	・ Cappaの電気を生かして、普段の教室の電球以外のアイデアを実施可能か試してみる	多様な使用方法の気づき	子供、教職員	④アイデア検討会（映画、絵あめ）
	4 自然資源の活用したコミュニティ開発	・ 子供たちに投げ込まれる危険性のある周辺の石を投げないように教え、大人には石を用いて収入手段にもなりうることを伝える	Cappaとその周辺にあるものを活用して地域発展につなげるアイデア	子供 教職員、保護者	⑤石積みWS ⑥ストーンアート紹介

出所：JICA 調査団作成

(i) 利活用モデルの検討

上記のように検討している利活用モデルについて、水量やゴミ問題で Cappa や Kingyo の安定稼働が難しいサイトもあるが、それ以外ではサイトを中心に地域住民協力の下、検討をし、ワークショップを行った。

① ワークショップ名	維持管理検討ワークショップ
実施日時	2019 年 1 月
主な対象者・参加者数	女性団体（Ama samuha）メンバー 約 40 名
目的	SMC 以外にも今後の Cappa の維持管理に向けて自発的な意識の醸成を促す。
成果	Cappa が設置されていることを、あまり自分ゴトとして考えられていなかった参加者が多かったが、ワークショップを通して利活用について検討を行うきっかけとなった。



グループディスカッション



発表の様子

②ワークショップ名	電気を正しく理解しよう
実施日時	2018 年 11 月
主な対象者・参加者数	教職員
目的	Cappa からの供給電力と、使いたい機器の消費電力のバランスを知る。
成果	電化製品には消費電力が記載されており、Cappa ミニマムモデルとバッテリーモデルの供給電力はそれぞれ異なるので、大きさに合わせて使用することが必要であると、電気を使用する教員が知ることができた。



ランタンの裏を見て消費電力を調べる



コンセントの色分けによる見える化

③ワークショップ名	Cappa のことを表現しよう
実施日時	2018 年 11 月
主な対象者・参加者数	子供約 60 名
目的	Cappa を子供たちがどのように捉えているかを知る。
成果	教室の電球が大きな存在として絵に描かれており、発電の仕組みについても理解している児童もいた。



Cappa の仕組みと暮らしについての絵



幼稚園児はランプシェードへの装飾を施す

④ワークショップ名	Cappa の電気で何ができるかな（ワクワク体験）
実施日時	2018 年 11 月
主な対象者・参加者数	子供約 60 名、教職員・保護者数名
目的	Cappa の電気で何ができるのかを子供に伝える。 大人は Cappa を用いたコミュニティー開発のアイデアを得る。
成果	電気があれば、電球だけでなく多様な使い方ができることが参加者に伝わった。
 映画トトロの上映会  綿あめ製造	

⑤ワークショップ名	石積みワークショップ
実施日時	2018 年 11 月
主な対象者・参加者数	小学生、教職員、地元住民、保護者など約 50 名
目的	子供や地元住民は、水路周辺は常にきれいに保ち、石を Cappa に向かって投げないということを、石積みという体験から学ぶ。 大人は地域の資源（河原の石を使ったランプシェード）を観

	光資源やイベントなどに活用し、地域活性に役立てる。
成果	石だけでなく、プラスチックのゴミも Cappa には良くないものであることが伝わった。



色々な形や色の石を集める



清掃した水路の周りに石積



Cappa の電気を石のアートに灯す



暗闇に石のランプシェード

⑥ワークショップ名	石を使って何ができるか
実施日時	2018 年 11 月
主な対象者・参加者数	教職員や保護者など約 7 名
目的	地域の資源（河原の石を使ったランプシェード）を観光資源やイベントなどに活用し地域活性に役立てる。
成果	石が売り物になることを知った。



石積みワークショップの写真展



ストーンアートと土産物の可能性の説明

④ 成果3に係る活動（実証活動）

ア) 活動 3-1 茨城製作所から現地メーカーに、部品の製造についての技術移転を行う

案件化調査の結果から、現地メーカーでも Cappa の部品の一部を製造できる水準の技術力を有することが分かっているため、現地メーカーで茨城製作所技術者による技術移転トレーニングを実施し、部品の製造指導を行った。

写真 32 現地メーカーの様子



工場内の機械をチェックする



NYSE 社長と図面で議論を重ねる



カトマンズの別の会社では図面を無視した作業が確認された

普及・実証事業では、再度現地の製造レベル確認と、本事業でのパートナー企業選定のため、回転体部品・軸受部品・外装部品の試作品を複数社に依頼した。これら 3 つの製作された部品の不具合要因から、現地では、測長器や設備の精度管理、維持管理、保守管理等の品質保証に関する管理全般の認識が非常に希薄であった。また、作業方法や図面通りに正確にものを作るものづくりに対する考え方が弱かった。アルミニウムやステンレス材料の加工経験が殆いこと、Cappa の部品加工に必要な一部の設備不足、加工技術で非常に重要な粗さや同芯（同軸）加工方法が未熟等の問題があった。

高品質の部品を製造する経験がないため、公差レベルが低く、測定器など普段使うことも少なく、Cappa に要求される品質からは、製造の技術レベルはかなり低かった。また、品質保証する要素である機械のメンテナンスも不十分であった。また、ものづくりの原則であり品質保証の基本の一つである、図面通りにものを作る、図面通りにできなければ製作を依頼された会社に連絡して指示をもらう意識が低く、作業者の勝手な判断で図面とは違うものに加工しても構わないという考えも散見された。

さらに、アルミやステンレス材料の調達の問題がある。国内製 Cappa は、アルミとステンレスが使用されているため、現地で見積を取り、部品の製造を試みたが、アルミとステンレス材料調達はほぼネパールでは不可能であることが分かった。また、普段流通しない材料は、インド側から定尺でしか購入できないため、これらの素材を使用してネパールで製造すると、日本で製造するより約 3 倍高価格になることがわかった。

上記の課題に対して、下記の対策を進めた。まず、現地で入手しやすい材料を使用する必要があるために、材料はなるべく鉄とし、その上に亜鉛メッキ等・防錆塗料等の加工を施す方法とする。材料変更により、重量を抑えるためにも製品の構造を変更した。並行して、品質保証に関する考え方や管理方法の指導と、ものづくり全般に関する技術指導をした。また、品質機能を維持したうえでの設計変更（構造、形状、公差）を検討した。

現地メーカーへの技術移転については、これまで 10 社程視察ヒアリングしてきたが、絞った 3 社へ部品試作依頼、見積もり依頼を行った。NYSE 社の見積価格に対して他の 2 社は A 社が 1.4 倍、B 社が 5.7 倍であったため、最終的に、パートナー候補企業を NYSE と決定した。

NYSE は小水力発電機・超小型水力発電機の販売実績を多数有しており、1970 年代から、国の小水力発電機導入に向け、製造、導入、メンテナンスと中心的な役割を果たしてきた小水力発電機のエキスパートであり AEPC からの信頼も厚い。また、日本の製造の品質技術を学びたいという前向きな姿勢が強い製造企業である。茨城製作所は、NYSE を本事業の製造パートナーとし、継続的に技術指導を行っている。パートナーの技術レベルを確認するために、何度も設計図で理解度を確認し、実際に製造した部品を茨城製作所に持ち帰り検査を行った。NYSE には、部品の PQC シートを作成し、部品の測定結果を記録してもらい、

茨城製作所内で検査することを繰り返し行うことで、公差に対する最重要性を NYSE に認識してもらい、当初より認識度合いが上がってきた。

技術指導面では、例えば、面粗さや寸法公差を確保する適切な切削諸元や細目ネジ、中心振り分けを要する穴加工等の作業手順と注意事項を記機械加工方案書を作成し指導を行ってきた。

品質管理面では、作業方法や図面通りに正確にものを作るために、試作品の製造の際に指導を行った。例えば、製作部品の公差に対する重要性和管理方法に関して、PQC シート作成と管理を繰り返し指導し認識してもらようにした。

NYSE が製造した試作部品を茨城製作所が確認を行い、NYSE に対する技術力面と Cappa の品質保証面から製作部品に関する評価検討を行った。部品素材であるステンレスやアルミ（シャフトと軸廻り部品、シャフトハウジング部品及び発電機を収納するハウジングに使用）は、製品の品質保証の面から変更は困難であり、また、現段階ではまだ NYSE の技術レベルでは加工できないと判断した。このような材質や構造の設計変更を数回行い、従来の構成部品から 5 部品を廃止し、NYSE 製作対象の 28 部品に対して 20 部品を製作可能と判断した。上述の技術と品質管理等の指導を繰り返し行い、技術移転を行った。

イ) 活動 3-2 現地メーカーによって、Cappa の部品の一部が製造される

上記のように、継続的な技術指導を行い、品質の向上を図るため、現地メーカーNYSE に部品を試作・製造してもらい、茨城製作所が Cappa へ組み込むために十分な品質が達成されているかの確認を行った。

ネパールで部品製造に必要な原材料でステンレスとアルミニウムの大半はその都度、インドからの輸入品であるため、ステンレスとアルミニウムによる対象部品価格が約 61 万円と日本のコスト 44 万円より高いことが判明した。現地製造の強みである生産コストの低減を実現するために、ネパールでの製造部品については、軸廻りの部品を除いて、原材料を鋼に変更して製造することにした。そのため、製品の設計を一部変更し、再度現地選定メーカーNYSE に部品を試作・製造してもらい、茨城製作所が Cappa へ組み込むために十分な品質が達成されているかの確認を行った。材質や構造の設計変更を数回行い、NYSE 製作対象の 28 部品に対して 20 部品を製作可能と判断した。これらの部品製作の技術と品質管理等の指導を繰り返し行った結果、品質的に問題のない 20 部品を完成することができた。残りの部品は当面茨城製作所の支給とした。

ウ) 活動 3-3 ネパール製の部品を組み込んだ Cappa が製造され、稼動実験が行われる

現地メーカーNYSE が製造した部品を現地で組み込み、現地モデルの Cappa を完成させた。

NYSE で製作した 20 部品を組込みながら、作業上の注意点、パッキンの役割、芯出しやネジ締めの確認作業の重要性を繰り返し説明、指導した結果、Cappa 組立を NYSE 作業員自身で完成させることができた。サクーサイトから日本へ輸出したモデル製品と比較稼働試験を実施した結果、水深 16cm、流速約 2 m/秒で各々発電電圧が 80～90V であり、また、構造的にも問題がなかった。

写真 33 実験の様子



茨城製作所の指導で組み立て



なんども練習を繰り返す



吊り金具もつける



ネパールモデル完成



NYSE の Cappa 組立作業とサクーサイト水路での試験

エ) 活動 3-4 更なる販売価格の低減のために部品のサプライチェーンについて調査・検討する

案件化調査の結果、ネパールで水車関連部品を製造していることが分かっている。しかしながら、Cappa 部品製造に必要な原材料の大半がインドからの輸入品であるため、予想よりも調達コストが掛ることが判明しており（前述の 3.（1）③ イ）を参照）、現地製造の強みである生産コストの低減を実現するためには、将来的には、原材料調達先であるインドでの生産も視野に入れ、関税、輸送費等の付随費用も含めた原価を低く抑える方策の検討が必要である。

普及・実証事業では、製造業が集積しているタライ盆地の製造業者に関し調査を行ったが、本事業で茨城製作所から技術移転を行った NYSE とタライ盆地の製造業との協業は行っておらず、ライバル企業になる可能性があるということから、現状においてはタライ盆地の企業との連携は行わないこととなった。

Cappa の原価を低減させ、販売価格の引き下げを実現するため、部品の現地調達を検討した。例えば、ネパール国内では調達が困難な材料（ステンレス・アルミニウム）で品質保証上材料の変更ができない部品は、当面日本で制作して支給し、その他の部品を NYSE で製作した。製作した 20 部品の価格と日本の価格を比較すると、NYSE 価格約 22.8 万円に対し日本価格約 59.9 万円であり、37.1 万円の大きな価格低減となった。引き続き設計見直しや NYSE と技術提携をして技術指導をはじめ品質保証管理全般にわたる指導を継続し、製作レベルを上げて製造部品の範囲を拡大していくことと、インドをはじめとする東南アジア地域に部品調達を展開していくことで、更なる価格低減が図られる。

なお、カトマンズの製造業者にヒアリングを行ったところ、ネパールでは個々の会社で技術を明かさずに発注元に対して個別に納品する形態となっており製造業者同士の横の連携

体制はない。

ヒアリングや文献調査の結果から、以下がタライ盆地(ブトワル地域とビラトナガル地域)で小水力発電機の部材を製造している業者である。

他の水力発電機は落下差がある山間地域のみしか発電できないが、Cappa は水路があれば発電できるため、Cappa 製造技術を持った NYSE の技術の先進性は高くなる。

(a) ブトワル地域の企業

企業名	NEPAL HYDRO AND ELECTRIC LTD.
住所	DURBAR MARG, BUTWAL-6, RUPANDEHI, NEPAL

企業名	OSHIN POWER SERVICES PVT. LTD.
住所	B.T.I. COMPLEX, BUTWAL, RUPANDEHI

企業名	NEPAL HYDRO AND ELECTRIC LTD.
住所	DURBAR MARG, BUTWAL-6, RUPANDEHI, NEPAL

企業名	THAPA ENGINEERING INDUSTRY PVT.LTD.
住所	BUTWAL INDUSTRIAL ESTATE, BUTWAL, RUPANDEHI, NEPAL

(b) ビラトナガル地域の企業

企業名	Krishna Grill & Engineering Works Pvt. Ltd.
住所	Bhumiprashasan Chowk 13, Biratnagar, Morang, NEPAL

出所：Nepal Micro Hydropower Development Association

⑤ 成果 4に係る活動（普及活動）

ア) 活動 4-1 実証サイト近隣の地域住民を対象とした製品デモンストレーションを実施する

Cappa 実証事業を行うカスキ郡において、Cappa の認知度を高め維持管理や利活用への住民参加を進めることを目的として、近隣の地域住民を対象とした製品デモンストレーションを行った。

(a) ポカラ寺院サイト

ポカラ寺院サイトにおいて、製品デモンストレーションを実施した。

- 日時 2017年11月3日(金) 16:00-18:30
- 実施場所 ポカラ寺院 (空港から約1.5km)
- 参加者 170人(署名者121人)

写真 34 ポカラ寺院サイトにおける製品デモンストレーションの様子



実施場所概観



広域地図

表 22 ポカラ寺院サイトにおける製品デモンストレーションプログラム

NO.	プログラム	所属、役職	日本語の役職名
1	Welcome Speech by AEPC	Alternative Energy Promotion Center, Senior Officer	AEPC : 本プロジェクトの カウンターパート
2	Remarks by Ibasei including introduction of team members/engineers	Dr. Norio Kikuchi (Ibasei, CEO)	茨城製作所 社長
3	Remarks by Pokhara Chamber of Commerce and Industries	Palikhe, President	ポカラ商工会議所 会長
4	Remarks by JICA	JICA Chief Representative	JICA ネパール事務所 所長
5	Remarks by Embassy of Japan	Researcher/Adviser, Embassy of Japan	在ネパール日本大使館 専門調査員
6	Remarks by Chairperson of ward 17	Representing Pokhara Lekhnath Metropolitan city	ポカラ・レークナート地区 代表
7	Visual Presentation on Cappa/Kingyo	Dr. Norio Kikuchi (ibasei, CEO)	茨城製作所 社長
8	Inauguration of Cappa by Chief Guest and Remarks from Chief Guest	➤ Chief District Officer, Administration Office, Kaski ➤ Representative of AEPC ➤ Pokhara Chamber ➤ JICA Chief Representative	➤ カスキ群 地方事務局長 ➤ AEPC ➤ ポカラ商工会議所 所長 ➤ JICA ネパール事務所 所長
9	Remarks by Chief District Officer	Chief District Officer, Administration Office, Kaski	カスキ群 地方事務局長
10	Thanks and closing by Temple Management Committee	Acharya President	寺院代表

11	Press Meeting		
----	---------------	--	--

出所：JICA 調査団作成

写真 35 ポカラ寺院サイトにおける製品デモンストレーション 主なプログラムの様子

1. Welcome Speech by AEPC

(Alternative Energy Promotion Center)

2. Remarks by ibasei

Dr. Norio Kikuchi

(Ibasei, CEO)



4. Remarks by JICA

JICA Chief Representative

5. Remarks by Embassy of Japan

Researcher/Adviser, Embassy of Japan



8. Inauguration of Cappa by Chief Guest and Remarks from Chief Guest



4 人のチーフゲストによる Cappa 投入



Cappa が発電する電力により寺院のライトが点灯

11. Press Meeting



(左から) AEPC 代表者、茨城製作所
菊池社長、JICA ネパール所長、
ポカラ商工会議所会長



プロジェクト関係者集合写真

写真 36 ポカラ寺院サイトにおける製品デモンストレーション 会場の様子



舞台の設置



フォトブースと参加者



寺院の入り口



プロジェクト説明パネル



パネルによる使用例の展示

(b) チャンディカサイト

2018 年 3 月 31 日に学校の創立 31 周年式典のメインイベントとして Cappa の導入紹介が行われた。Cappa 紹介がメインイベントであり、イベント中、停電が続いていたため、よい製品 PR になった。茨城製作所からは、製品による電気の供給（マイク、オーディオ機

器、イルミネーション、教室の灯り）、代表スピーチ（渡辺、アミーラ氏）、製品紹介プレゼンテーション（プルナ氏）を行った。

■ 主な参加者

- ・ Man Bahadur Grung Province no.4 州政府の議員
- ・ ポカラ商工会議所副会長
- ・ Ward office 職員
- ・ VCC の教育担当者
- ・ ライオンズクラブのメンバー
- ・ SMC 会長
- ・ 学校関係者（教職員、生徒、両親、家族）

以上総勢 80 名ほどが参加した。

写真 37 学校創立 31 周年式典の様子



代表者スピーチ



機材見学



参加者の様子



手作りのウエルカム門



地域住民の炊き出し風景



年に一度の垂れ幕には JICA 調印時の写真が利用されていた

手作りイルミネーション

学校と SMC、住民手作りの創立記念日デモンストレーションとなった。

学校の今年の大イベントをお知らせする垂れ幕には、JICA 事業の調印時の写真が使われた。Cappa の電気で灯りがつく LED の文字盤、「Cappa が来た灯りがついた」は、先生の手作り、式典の出し物には子供たちのダンスやスピーチが盛り込まれ、住民が炊き出しにも参加して大いに盛り上がった。

写真 38 夕暮れ時のチャンディカサイト



夕暮れ時のチャンディカサイトは、灯りのほとんどない暗闇の訪れでもある。この暮ら
しに Cappa をもっと役立てていくためにこれから何をするべきか、色々挑戦して生活を変

えていきたいとチャンディカサイトの周辺住民はとてもやる気を示している。

イ) 活動 4-2 行政組織や民間企業、NGO を対象とした製品デモンストレーションを実施する

Cappa や Kingyo をネパール各地に普及させるため、カトマンズ郡サクー市で製品デモンストレーションを実施し、中央省庁や周辺の自治体に対して Cappa と Kingyo の広報活動を行った。また、Cappa や Kingyo の購入者としては、公的機関のみならず NGO や観光業者を中心とした民間企業も想定していることから、上記カスキ郡、カトマンズ郡の計 2 回のデモンストレーションでは、これらのマーケット関係者にも参加を呼び掛け、複数の参加者を得た。これらの人的ネットワークは今後の販路開拓に役立てる。

以下、2018 年 11 月実施のサクーでの製品デモンストレーションは、サクー市役所主催で行われ、AEPC、サクー市役所、日本大使館、JICA ネパールの関係者、バグルン RSC、パートナー企業 NYSE、その他関係者、民間企業、地域住民の多数が出席した。

(a) サクーサイト

- 日時 2018 年 11 月 20 日（火）15:30－19:00
- 実施場所 Salinadi Premises 寺院 （サクー市中心部から約 15km）
- 参加者 約 120 人

今回のデモンストレーションでは、サクー市が主催となり、来賓に向けて、①国内製の Cappa、②国内製 Kingyo、③ネパール Cappa のお披露目が行われた。サクー市は、非常に事業に前向きで協力的であることから、事前に、製品導入のための水路準備、周辺への配線、デモンストレーションへのゲスト招待など全ての費用捻出や準備に至るまでを自分たちで行った。

来賓には、AEPC のエグゼクティブディレクター代理、AEPC 小水力発電普及担当職員、日本大使館参事官、JICA ネパール事務所次長、NYSE 社長、カスキ地域の Cappa / Kingyo 維持管理技術担当者、市役所関係者、そして地域住民など多くが参列した。各機関代表のスピーチが行われ、茨城製作所社長よりプロジェクターを使って事業の説明が行われた。サクーの民族音楽が楽器隊によって演奏される中、ちょうど夕陽が沈む頃に合わせ、日本大使館参事官が製品のスイッチを入れた。

サクーサイトの水路の流れで発電された灯やイルミネーションが寺院や小川、周辺の森を優しくあたたかく照らし出し、デモンストレーションはクライマックスを迎えた。会場から市役所へ移動し、各機関顔合わせや、今後に向けての話し合い、製品についての質問や議論が行われた。また、今回のデモンストレーションは、ネパールでも大変有名な寺院の敷地

内で行われた。

引き続きサクー市は製品を PR し、新たな技術を活用しながら地域の発展に役立てていきたいとの事である。

表 23 サクーサイトにおける製品デモンストレーションプログラム

NO.	プログラム	所属、役職	日本語の役職名
1	Invite to guests on Dias and Front row National Anthem	AEPC	AEPC : 本プロジェクトのカウンターパート
2	Welcome Speech by Deputy Mayor:	Shukra Laxmi Shrestha	サクー市長
3	Welcome by local musical band	Local musician	地元の楽団
4	Remarks by President	Dr. Norio Kikuchi (Ibasei, CEO)	茨城製作所 社長
5	Remarks of JICA	JICA, Deputy Director	JICA ネパール事務所 副所長
6	Remarks of AEPC	Acting Executive Director	エグゼクティブディレクター代理
7	Inauguration of Cappa by Mr. Yoshioka, Embassy of Japan by putting cappa to canals	Embassy of Japan, Counselor	在ネパール日本大使館 参事官
8	Vote of Thanks by Shree Madhav Narayan Swosthani Brata Tatha Salinadi Sudhar Samiti	TMC	寺代表
9	Remarks by Embassy of Japan	Embassy of Japan, Counselor	在ネパール日本大使館
10	Token of Love from Municipality to JICA and EoJ	Shankhu municipality	サクー市役所

11	Visual Presentation on Cappa/ Kingyo and Euro news Video by Dr. Norio Kikuchi, ibasei	Dr. Norio Kikuchi (Ibasei, CEO)	茨城製作所 菊池
12	Closing Notes Remarks by Chief Guest: : Chairperson/ Mayor : Subarna Shrestha	Mayor of Shankhu	サクー市長

出所：JICA 調査団作成

写真 39 サクーサイトにおける製品デモンストレーション様子



サクー寺院でのデモンストレーション



参加者席と両国国旗



サクー寺院でのデモンストレーション



主賓席



日章旗と JICA ステッカーのある Cappa

Cappa の電気で明かりを灯す

ウ) 活動 4-3 一部の実証サイトにてネパール国内で普及している一般家庭向け太陽光発電パネルを並行して設置し、発電効率等を Cappa 及び Kingyo と比較する

ネパールでは小型の太陽光発電パネルを設置している一般家庭も見受けられることから、ネパールで購入した太陽光発電システムと Cappa、Kingyo の発電効率、コスト等の比較を行った。販売戦略立案の際の検討材料とする。

(a) 設置サイトの太陽光パネル仕様

表 24 バラティバワンサイトの設置の太陽光パネル仕様

定格最大出力 (Pmax) : 100W	太陽光パネル（ボカラ設置）仕様 
定格最大電圧 (Vmp) : 18.10V	
定格最大電流 (Imp) : 5.52A	
無負荷電圧 (Voc) : 22.10V	
出力短絡電流 (Isc) : 5.98A	
曲線因子(Fill Factor : FF) : $FF(V_{mp}) \times (I_{mp}) / (V_{oc} \times I_{oc}) = .75.6\%$ (注記*)	

出所：JICA 調査団作成

表 25 サクーサイトの設置の太陽光パネル仕様

定格最大出力 (Pmax) : 100W	太陽光パネル（サクー設置）仕様 
定格最大電圧 (Vmp) : 17.79V	
定格最大電流 (Imp) : 5.63A	
無負荷電圧 (Voc) : 21.56V	
出力短絡電流 (Isc) : 6.09A	
曲線因子(Fill Factor : FF) : $FF(V_{mp}) \times (I_{mp}) / (V_{oc} \times I_{oc}) = .76.3\%$ (注記*)	

出所：JICA 調査団作成

(注記＊)

曲線因子 (FF) の値は太陽光パネルの評価の重要な指標であり、この値が 100%に近いほど性能が良いことになる。一般の結晶シリコンセルでは、70～80%である。

設置した太陽光パネルは、2 ヶ所とも FF の値が、70～80%の中間にあり、性能に問題は無いと評価できる。

(b) 太陽光パネルの発電電力の評価法

太陽光パネルの性能は、パネルから出力される電圧 (V) と電流 (I) のデータをパラメーターとして評価できるが、太陽光パネルの種類や太陽光の入射エネルギーが周辺環境 (特に天候、温度、塵埃など) で変化するので、定量的に定まらず取り扱いが複雑となる。

一方で、太陽光エネルギー利用の場合、出力された電気エネルギーをバッテリーに蓄積する方法が採用される。しかし、一日の太陽光エネルギー変化を計測するとき、このバッテリー蓄積システムに接続した状態で計測すると、バッテリーの電圧レベルに引きずられ、太陽光パネルからの発電電力の単独評価が困難となる。従って、バッテリー蓄積システムの影響を切り離して測定する事が必要になる。この場合の太陽光パネルからの出力電圧は、無負荷での電圧 (open-circuit voltage) 計測になる。また、発電電力を求めるためには、これをパネルの稼働時における実働負荷電圧に置き換える必要がある。この無負荷電圧の計測値を太陽光からのエネルギー変化の基準電圧データとして、太陽光パネルの発電電力(W)を以下の如く近似計算するものとした。この際の計算に使う電圧は、太陽光パネルの仕様の定格最大電圧 (V_{mp}) と無負荷電圧 (V_{oc}) の比率 (計算例 1, 2 に示すように太陽光パネルの「電圧変動ファクター」) を、計測した無負荷電圧に乗じて近似換算し、実働負荷電圧を求める。

また、この時の負荷電流もパネルの無負荷電圧の変動に連れて定格最大電流 (I_{mp}) を基準に変化するので、以下、計算例 1, 2 に示すように太陽光パネルの「内部抵抗ファクター」を加味して電流値を求め、発電電力 (W) を算出する。

(i) 計算例 1 : バラティバワンサイトの設置太陽光パネルの計測電圧 (21.3V)

バラティバワンパネルの「電圧変動ファクター」 = $V_{mp}/V_{oc} = 18.1/22.1 = 0.819$

バラティバワンパネルの「内部抵抗ファクター」 = $V_{mp}/I_{mp} = 18.1/5.52 = 3.28 (\Omega)$

発電電力量 (W) = (計測電圧 × 0.819 / 3.28) × (計測電圧 × 0.819)
= (21.3V × 0.819 / 3.28Ω) × (21.3V × 0.819) = 92.8W

(ii) 計算例 2 : サクーサイトの設置太陽光パネルの計測電圧 (19.0V)

サクーパネルの「電圧変化ファクター」 = $V_{mp}/V_{oc} = 17.79/21.56 = 0.825$

サクーパネルの「内部抵抗ファクター」 = $V_{mp}/I_{mp} = 17.79/5.63 = 3.16 (\Omega)$

$$\begin{aligned}\text{発電電力量 (W)} &= (\text{計測電圧} \times 0.825 / 3.16) \times (\text{計測電圧} \times 0.825) \\ &= (19.0\text{V} \times 0.825 / 3.16\Omega) \times (19.0\text{V} \times 0.825) = 74.4\text{W}\end{aligned}$$

ただし、この計算は、この太陽光発電の条件を最良の状態で計算した数値であり、実際のシステムに於いては、充電制御やインバータなどの負荷制御の効率を 60～80%程度加味すべきである。また、算出値はパネルの温度を 25℃の条件で計算しており、温度上昇を加味していない。パネルは 1℃の温度上昇で、出力電圧が、0.4～0.5%低下すると言われている。

例えば、この時期のバラティバワンのあるポカラの気温は 25～32℃のため、パネルの温度は 25℃以上あるのは自明であり、実際の出力は、算出された値と比べ小さくなる。

以上は、太陽光パネルの純粋な発電電力の計算となるが、実際のシステムでは、発電出力をバッテリーに蓄電して利用する場合が多い。この方法の場合、太陽光エネルギーの電気エネルギー変換計算に含める発電電圧の大きさに制限が生じる。今回、バラティバワンやサクーに設置した太陽光パネルは、12V 系の鉛バッテリーに充電するシステムで構成されている。

このバッテリーに満充電する条件を満たすために必要な稼働電圧（太陽光パネルの出力動作電圧）は 15.58V とされている。太陽光エネルギーの変換効率が低下し、この電圧未満となると、バッテリー満充電ができなくなる。従って、太陽光発電の稼働電圧が 15.58V 未満の場合は、太陽光エネルギーの発電電力の容量計算に含めない。

実際に、朝や夕方、曇りや雨の日は、この閾値を超えないことが多くある。

この閾値は、太陽光パネルの最大出力動作電圧 (V) = 12V (バッテリーの公称電圧) × 1.24 (鉛バッテリーの満充電係数) + 0.7V (太陽光パネルへの逆流電流防止ダイオードの電圧降下) = 15.58V で計算され、システム計画の参考基準とされている。

(c) 発電電力の計測結果

(i) バラティバワンサイト

図 16 は、2018 年 12 月～2019 年 1 月にポカラ郊外のバラティバワン中学校で測定した時間ごとの平均無負荷電圧により換算した発電稼働電圧 (DCV) と算出した発電電力 (W) をグラフで示したものである。なお、本グラフはシステムの全体効率 60～80%および温度上昇による出力低下は考慮しない理想的な状態での数値である。

結果、太陽がない夜は発電しないので 0V、夜明けの 6 時近くから発電を開始し、7 時以降から充電電圧閾値の 15.58V を超えて充電を開始。11 時～14 時くらいに発電量が最大となり、17 時以降には発電量が低下し、バッテリーへの充電ができなくなる。また、日没と共に発電も行われなくなる。

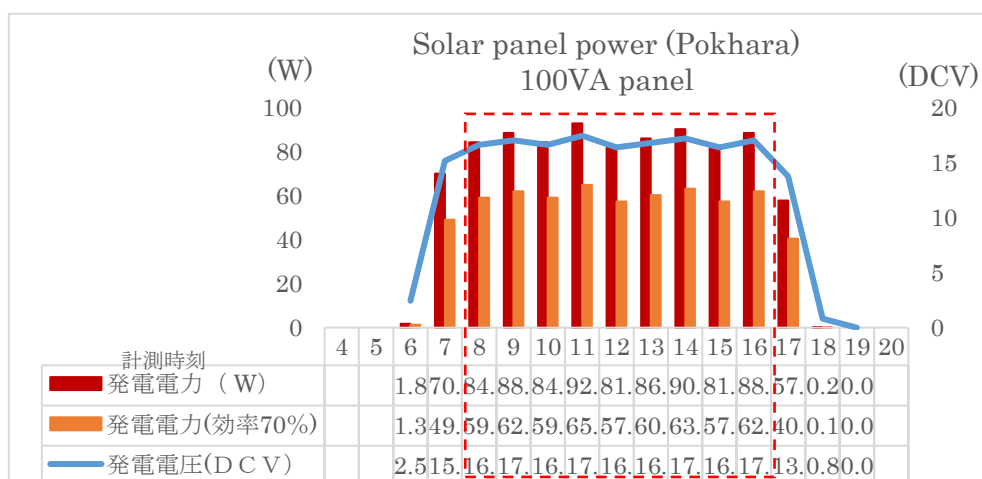


図 16 太陽光パネルの発電電力の評価グラフ（バラティバワンサイト）

出所：JICA 調査団作成

本グラフから、以下のことが分かる。

- ・太陽光パネルの発電時間は、おおよそ 7：00～17：00 の間の約 11 時間。
- ・太陽光の発電電圧がバッテリーの満充電電圧の閾値 15.58V を超えて充電のできる時間は、おおよそ 8：00～16：00 の間の約 9 時間。
- ・この間に充電できる電力量（時間による電力の積分值）は、778Wh となる。よって、発電および充電可能な時間帯での 1 時間当たりの平均発電量は、 $778\text{Wh}/9=86.4\text{Wh}$ となる。
- ・一般に他の発電方法（水力、火力、風力など）と比較する場合は昼夜を問わず発電できる他の方法と比較するため、太陽光の場合も発電できない時間帯も含めた 1 日当たりの発電量に換算する。1 日当たり（24 時間）の発電量との比較をする場合の 1 時間当たりの発電量は、 $(778\text{Wh}/24\text{h}) \times 1\text{hr}=32.4\text{Wh}$ となる。

尚、実運用システムでは、バッテリーや制御装置（ソーラーチャージコントローラー、インバーター装置など）の運転効率（ η ）60～80%（図 16 のグラフでは、70%の場合の発電電力を参考に示した）とソーラパネルの温度上昇による出力低下を考慮するので、

$$32.4\text{Wh} \times (\eta = 0.6 \sim 0.8) = 19.4\text{Wh} \sim 25.9\text{Wh} \text{ となる。}$$

- ・100W の太陽光パネルで 24 時間発電した場合で、今回の一日の発電量 778Wh を割ったものが稼働率である。

$$778\text{Wh} \times (\eta = 0.6 \sim 0.8) / (100\text{Wh} \times 24\text{h}) = 0.194 \sim 0.259$$

となり、稼働率は約 19%～26%となる。

ただし、これは、ネパールの観光シーズンとされる乾期であり、暑過ぎず寒過ぎずの 12 月～1 月の時期に測定したものであり、実際にネパールは 4 月～9 月の約 6 ヶ月は雨季で、大きく発電量と稼働率は低下するものと思われる。

(ii) サクーサイト

図 17 は、2019 年 1 月 17 日と 21 日にサクー市の中心街から約 15km にある、サクー寺院の屋根に設置した太陽光パネルでデータを測定した。時間ごとの平均無負荷電圧により換算した発電稼働電圧 (DCV) と算出した発電電力 (W) をグラフで示したものである。なお、本グラフはシステムの全体効率 60～80% および温度上昇による出力低下は考慮しない理想的な条件での数値である。

結果、太陽がない夜は発電しないので 0V、夜明けの 7 時～8 時近くから発電を開始し、9 時以降から満充電電圧の閾値 15.58 V を超えて充電を開始。9 時～15 時くらいに発電量が最大となり、その後 16 時以降には発電量が低下し、バッテリーへの充電が出来なくなる。また、18 時の日没と共に発電も行われなくなる。このサクーサイトは山の丘陵にある寺院であるが、この地域は樹木の林も多く、朝夕の日当たりの環境が良くないこともあり、太陽光パネルの発電時間が朝夕の 1 時間ずつ短くなっている。

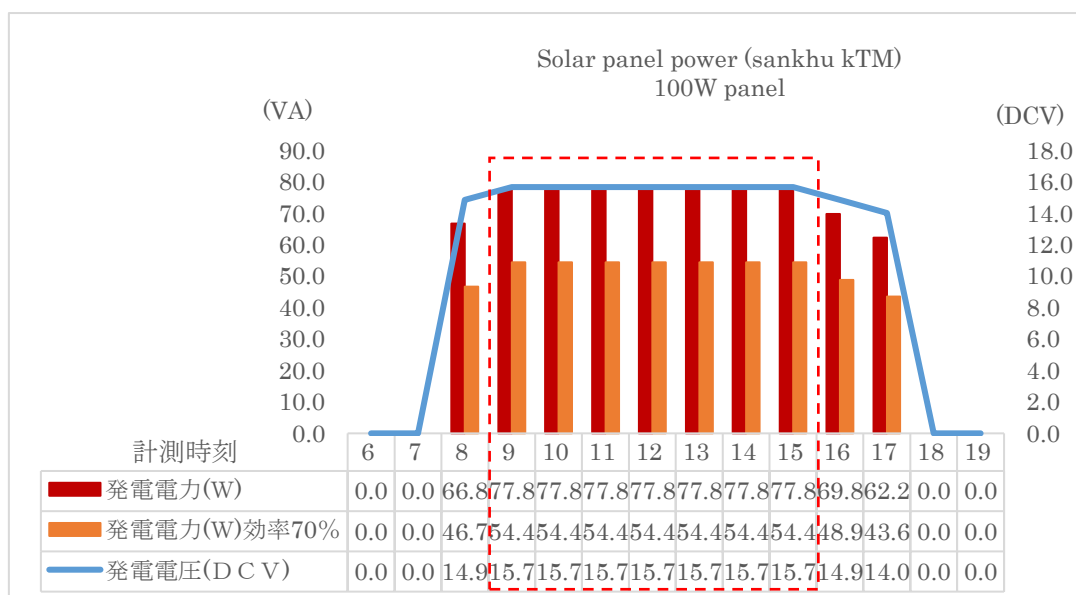


図 17 太陽光パネルの発電電力の評価グラフ (サクーサイト)

出所：JICA 調査団作成

本グラフから、以下のことが分かる。

- ・太陽光パネルの発電時間は、おおよそ 8 : 00～17 : 00 の間の約 10 時間。
- ・太陽光の発電電圧がバッテリーの満充電電圧の閾値 15.58V を超えて充電のできる時間は、おおよそ 9 : 00～15 : 00 の間の約 7 時間。
- ・この間に充電できる電力量 (時間による電力の積分値) は、545Wh となる。よって、発電および充電可能な時間帯での 1 時間当たりの平均発電量は、 $545 \text{ Wh} / 7 = 77.8 \text{ Wh}$ となる。

・一般に他の発電方法（水力、火力、風力など）と比較する場合は昼夜を問わず発電できる他の方法と比較するため、太陽光の場合も発電できない時間帯も含めた 1 日当たりの発電量に換算する。1 日当たり（24 時間）の発電量との比較をする場合の 1 時間当たりの発電量は、 $(545 \text{ Wh}/24\text{h}) \times 1\text{hr} = 22.7\text{Wh}$ となる。

尚、実運用システムでは、バッテリー機器や制御装置（ソーラーチャージコントローラー、インバーター装置など）の運転効率（ η ）60～80%（図 17 のグラフでは、70%の場合の発電電力を参考に示した）とソーラパネルの温度上昇による出力低下を考慮するので、

$$22.7\text{Wh} \times (\eta = 0.6 \sim 0.8) = 13.6 \text{ Wh} \sim 18.2 \text{ Wh} \text{ となる。}$$

・100W の太陽光パネルで 24 時間発電した場合で、今回の一日の発電量 778 Wh を割ったものが稼働率である。

$$545 \text{ Wh} \times (\eta = 0.6 \sim 0.8) / (100\text{W} \times 24\text{h}) = 0.136 \sim 0.182$$

となり、稼働率は約 14%～18%となる。

ただし、これは、ネパールの観光のベストシーズンとされる乾期であり、暑過ぎず寒過ぎずの 12 月～1 月の時期に測定したものであり、実際にネパールでは 4 月～9 月の約 6 ヶ月には雨季となり、大きく発電量と稼働率は更に低下するものと思われる。

今回は、太陽光パネルをバラティバワンサイトとサクーサイトにそれぞれ設置し、発電量を計測した。

太陽光パネルの性能に関しては、前段の太陽光パネル仕様のところで、曲線因子（FF）の値について確認し、いずれのものも問題は無いことが評価できた。

2 ヶ所の設置環境における差異として以下の 2 点が見受けられる。

- サクーサイトの設置場所周辺の樹木が朝夕の太陽光を遮っている点で、発電時間が短くなっている。
- 無負荷の計測電圧がボカラに比べ低い点から、サクーサイトのあるカトマンズ地域全体にスモッグ、塵埃による太陽光エネルギーの低下が感じられる。

(d) Cappa 及び Kingyo と太陽光発電パネルとの発電量や発電効率などの比較評価

(i) Cappa と太陽光発電との比較

Cappa は河川や用水路に流れる水のエネルギーを電気のエネルギーに変えて利用する流水型の発電システムである。

・発電出力：発電機 200W、連続定格出力：AC 単相 50/60Hz, 160W（力率 1）

（バッテリー併用システム出力：AC450W/1hr～AC120W/10hr）

・Cappa の発電電力の評価法は、純粋に AC200W の発電機の発電電力を 24 時間の累積発電量に対し、制御機器などの運転効率を加味した 24 時間発電量を算出する。

Cappa システムの発電効率(η)=コンバータ効率×インバーター効率=0.95×0.85=0.80

従って、定格発電電力 (W) = $200\text{W} \times 0.8 = 160\text{W}$ となり、24 時間の発電量は下記となる。

$160\text{W} \times 24\text{hr} = \underline{3,840\text{Whr}}$ となる。

- ・太陽光発電での 100W パネル×2 枚=200W として、前記のバラティバワンサイトでの太陽光発電パネルでの調査実績をベースとして 24 時間の発電量を算定すると下記となる。バラティバワンパネルの発電出力 (100Whr×2 枚換算) = $778\text{Whr} \times 2 = 1,556\text{Whr}$ となり、これに運転効率として、 $\eta = 0.7$ とすると、バラティバワンパネルの 24 時間の発電量 (Whr) = $1,556\text{Whr} \times 0.7 = 1,089\text{Whr}$ となる。

(ii) Cappa と太陽光発電の比較評価

(Cappa の 24 時間発電量) / (太陽光 24 時間発電量) = $3,840\text{Whr} / 1,089\text{Whr} = 3.52$

結果、Cappa 発電量は、太陽光発電量に比較し、約 3.5 倍となり、高い優位性を持つことが明確になった。

コスト評価の上では、発電量の優位性を活かすことで、投資コストの回収を意識した、販売戦略を立て、電力ビジネスへの展開を進めることが考えられる。

(iii) Kingyo と太陽光発電との比較

Kingyo は、低落差の水のエネルギーを電気のエネルギーに変えて利用する。低落差型の発電システムである。

- ・発電出力：発電機 100W、連続定格出力：単相インバーター 50/60Hz、100W (力率 1)
(バッテリーシステム出力：AC100W/1.5hr～AC20W/10hr)
- ・Kingyo の発電電力の評価は、AC100W の発電機の発電電力をバッテリーの充電用として 24 時間の連続発電に対応し、満充電のための発電量を確保する。

定格発電電力 (W) = 100W による 24 時間の発電量は下記となる。稼働維持の効率 90% を考慮すると、 $100\text{W} \times 24\text{hr} \times 0.9 = \underline{2,160\text{Whr}}$ となる。

- ・太陽光発電での 100A パネル×1 枚=100Wとして、前記のバラティバワンサイトでの太陽光発電パネルでの調査実績をベースとして 24 時間の発電量を算定すると下記となる。バラティバワンパネルの発電出力 (100Whr×1 枚) = $778\text{Whr} \times 1 = 778\text{Whr}$ となり、これに運転効率として、 $\eta = 0.7$ とすると、バラティバワンパネルの 24 時間の発電量 (Whr) = $778\text{Whr} \times 0.7 = 545\text{Whr}$ となる。

(iv) Kinogyo と太陽光発電の比較評価

(Kingyo の 24 時間発電量) / (太陽光 24 時間発電量) = $2,160\text{Whr} / 545\text{Whr} = 3.96$

結果、Kingyo 発電量は、太陽光発電量に比較し、約 4 倍となり、高い優位性を持つ。

コスト評価の上で、Kingyo の場合は既に小型化、部品コスト低減も進んでおり、太陽光発電システムとの価格差は小さい。Cappa の場合と同様に連続運転と発電量の優位性を活かすことも考え、太陽光発電とのハイブリット運用などの販売戦略を立て、電力ビジネスへの展開を進めることが考えられる。

3) Cappa 及び Kingyo の水力発電と太陽光発電の 1Wh 当たりの発電単価(発電単価)比較

ネパールで使用されている太陽光発電機システムの耐用年数は約 2、3 年と言われている(案件化調査報告書より)。一方、Cappa 及び Kingyo のそれは年 1、2 回のメンテナンスを実施することにより各々 20 年、10 年である。製品価格については、太陽光発電機システムは 200W 約 8 万円/セット、100W 約 6 万円/セットであり、Cappa 及び Kingyo はネパールの NYSE へのものづくり全般の技術指導と設計の見直し等による価格低減効果により各々約 140 万円、50 万円となる。以上の要因による各発電方式の 1Wh のあたりの発電単価(発電単価)を表 26 に示す。ここでは、比較・評価の形態として、以下の A)、B)の方法で行った。

A)「システム価格」短期回収の発電単価の比較評価

*「システム価格」短期回収での発電単価の計算式 (⑥) = ③ (システム価格 : 円) ÷ ② (1 日当たりの発電量 : Wh)

この比較方法の場合、Cappa の 1Wh 当たり発電単価が 364.6 円/Wh に対し太陽光は 73.5 円/Wh となり、その発電単価比率に於いて太陽光の 5 倍となる。また、Kingyo の 1Wh 当たり発電単価が 231.5 円/Wh に対し太陽光は 73.4 円/Wh となり、その発電単価比率は 3.2 倍となる。Cappa、Kingyo いずれにおいても投資価格(システム価格)の回収を短期間で行う方法での優位性を求めるのは難しい。

B)「システム価格」を「耐用年数」で回収換算した発電単価の比較評価

*「耐用年数」で換算した発電単価 (⑧) = ③ (システム価格 : 円) ÷ ② (1 日当たりの発電量 : Wh) ÷ ④ (耐用年数)

この比較方法によれば、Cappa の 1Wh 当たり発電単価が 18.2 円/Wh に対し太陽光は 24.5 円/Wh となり、その発電単価比率に於いて太陽光の 0.7 倍となる。また、Kingyo の 1Wh 当たり発電単価が 23.1 円/Wh に対し太陽光は 24.5 円/Wh となり、その発電単価比率は 0.9 倍となる。Cappa、Kingyo いずれにおいても投資価格(システム価格)の回収を耐用年数で換算回収を行う方法で優位性が認められる。

表 26 1日当たりの発電量(Wh)を基準とした1Whあたりの発電単価の比較

発電方式	出力 ①	1日当たり の発電量 (Wh) ②	システム 価格※ (円) ③	耐用 年数 (年) ④	システム価格 単期回収の 発電単価 (円/Wh) ⑤	A)システム価格 単期回収の 発電単価比率 ⑥	耐用年数で 換算した発 電単価 (円/ Wh) ⑦	B)耐用年数で 換算した 発電単価比率 ⑧
Cappa	200W	3,840	1,400,000	20	364.6	Cappa/太陽 光=5.0	18.2	Cappa /太陽光= 0.7
太陽光発電	200W	1,089	80,000	3	73.5		24.5	
Kingyo	100 W	2,160	500,000	10	231.	Kingyo/太陽 光=3.2	23.1	Kingyo /太陽光= 0.9
太陽光発電	100 W	545	60,000	3	73.4		24.5	

※Cappa と Kingyo はネパールでの現地生産開始後の想定価格

出所：JICA 調査団作成

(e) Cappa 及び Kingyo の第三者評価

(i) Cappa の第三者評価の要約

Cappa と Kingyo の発電量や発電効率などの機能性を示すために、AEPC が認める第三者により第三者評価を行った。

客観的な事実を示すことで、今後の販売における信用度向上の側面も期待できる。

Cappa をバッテリーボックスに接続し、クランプメーターを使用して電力を測定。流量測定はフロート法で行った。評価当日の水深は浅く 27cm だったが 200W の電力が観測された。

0.38m 3 /秒の放電で Cappa から 201.79W の発電を測定。製品は、正常に稼働していることが確認された。尚、評価を行ったチャンディカサイトには、Cappa を一年中スムーズに稼働させる十分な水の流れがあるが、乾季で川に水がほぼ無くなることも年によってはあり、その際は稼働が難しくなる。

(ii) Kingyo の第三者評価の要約

Kingyo から 10 lps の放電で 102.492w の電力を測定した。製品は、正常に稼働した。評価を行った、サクーサイト付近のスンダリジャル川 (Sundari jal) の水量は多く、一年中 Kingyo を円滑に稼働させることが可能。

製品設置時の発電容量は、通常の水量で 100W。このタイプの製品は大量の水と落差を必要としないため、小さな排水管に設置が可能であり、ヘルスポスト、学校、銀行、その他の重要な場所で利用できる。

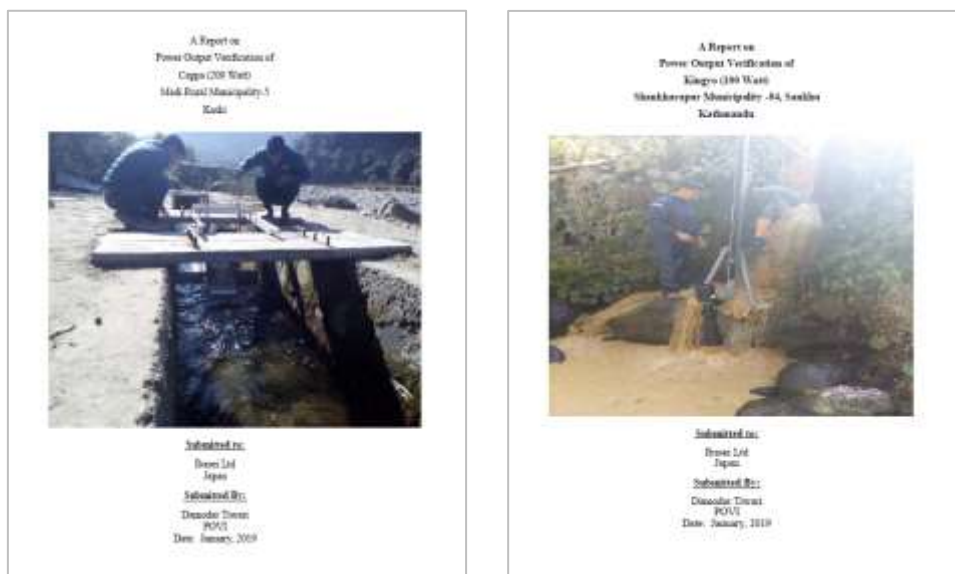


図 18 第三者評価の完了レポート

エ) 活動 4-4 上記活動 3-1 から 3-4 および 4-1 から 4-3 の結果に基づき、ネパールにおける Cappa と Kingyo の普及計画及び営業方針を策定する

実証、普及活動の結果を踏まえ、今後のネパールでの経営戦略のための SWOT 分析を行い、普及計画・営業方針を検討した。

(a) 自社の SWOT 分析

自社製品の販路開拓に向け、自社を取り巻く周辺環境を分析するために強み (Strengths) ・弱み (Weaknesses) ・機会 (Opportunities) ・脅威 (Threats) の 4 つの要素を用いた SWOT 分析を行った。

ネパールにおける販路開拓に際しての内部的な弱みとしては、ネパール国内での販売実績がなく、ブランド認知度の低い点と価格の高さである。他方、自社の強みである製品の品質の高さと本調査を通じて構築した現地製造メーカーとのリレーションを活かし、上記の弱みを克服すべく、ネパール国内販売に適した製品モデルの開発を着実に進めている。

一方、外部環境に関しては、より発電量の大きい発電機へのニーズが高まっているものの、遠隔地域を中心に小型、超小型水力発電機へのニーズは依然高く、政府補助金も提供されており、自社製品への潜在的なニーズは十分存在すると考えている。

表 27 SWOT 分析

内部環境	S Strength ・製品の品質が高い ・ネパール国内モデルを設計中 ・ネパール国内の製造・販売メーカーとのリレーション ・国際的な認知度	W Weakness ・ネパール国内での製品販売実績 ・ネパール国内でのブランド認知度の低さ ・価格競争力が低い ・他の小型水力発電機に比べて発電量が小さい
外部環境	O Opportunity ・ネパール国内の水力発電に対する需要の大きさ(特に西部無電化地域) ・AEPICによる補助金の提供 ・ネパール国内の小型超小型水力発電機の9割はAEPICを通じた公共調達によって市場に提供されている ・ネパール国内大手水力発電機メーカーとの協力関係 ・日本政府(JICA)による支援 ・超小型水力発電機製造メーカーの減少	T Threat ・太陽光発電との価格競争 ・廉価なインド・中国製の小型水力発電機との競争 ・ネパール国内でのニーズ発掘 ・ネパール国内需要の変化(より大型の発電量を有する水力発電機へシフト中) ・補助金支給制度(大型の水力発電機に対する支給額が大きくなる仕組み)

出所：JICA 調査団作成

上記 SWOT 分析の結果を受け、自社の高い製造技術の優位性を有する Cappa / Kingyo の販売に向けた事業戦略の第一歩として、ネパール国内で水力発電機メーカーとしての販売実績とブランド知名度の獲得が有効であると考えている。そのため、ネパール国内でのブランド認知度向上に向け、NYSE 製品の改良等による低価格帯製品の開発を行い、ネパール国内での水力発電機販売実績と知名度の向上を行い、高い製造技術の優位性を有する Cappa/Kingyo の潜在ニーズを掘り起こす戦略の実現可能性を検討している。

(b) 高い製造技術の優位性を有する Cappa/Kingyo の販売に向けた普及計画・営業方針(案)

- 基本方針：新規参入企業として国内マーケットのシェアを獲得し、知名度を高めることで Cappa/Kingyo の販売実現を目指す
- 普及計画・営業方針内容(案)：①NYSE 製品の改良等による低価格帯製品の開発、②右製品の市場投入による市場ならびに知名度獲得、③低価格帯製品による市場獲得時の知名度を活用し、高い製造技術の優位性を有する Cappa / Kingyo を市場投入+販売を実現等、段階的に市場開拓を行うことで自社のハイエンド商品の販路開拓を目指す。

内部環境(強・み弱み)×外部環境(機会・脅威)から、4つの戦略を導くことができる。

表 28 4つの戦略

	[S] 強み	[W] 弱み	
[O] 機会	- 現地ニーズに対応可能な製品ラインナップ多様化（低価格帯製品開発+高品質製品帯製品（Cappa/Kingyo）） - 新製品による新規顧客開拓（低価格帯製品開発with NYSE） - メディア露出等によるネパール国内顧客の獲得	- 低価格商品の開発・展開による顧客・知名度獲得 - 積極的な広告展開 - 発電出力の増大 - ホテル・トレッキングコースなど広告塔となる場所への製品導入 - 国産化によるコスト削減	① $O \times S$（「機会」×「強み」）=積極戦略 今後の可能性・チャンスに自社の「強み」を活かした具体策 ② $O \times W$（「機会」×「弱み」）=改善戦略 今後の可能性・チャンスがあるのに、弱みがネックになっているので、それを改善してチャンスを獲得するための具体策
	- 超小型水力発電機マーケットに特化した集中戦略 - 高品質・高価格製品の導入による輸入品・値引可能な国内商品との差別化 - 導入先の状況に個別対応（オーダーメート型対応）	- 無電化地域特化など販売戦略の差別化 - AEPCの補助金活用以外の資金元の検討 - 低価格製品、太陽光との競争回避（発電効率の良さ・性能・持続性・革新性をPR）	③ $T \times S$（「脅威」×「強み」）=差別化戦略 今後の脅威があり、他社も手を引く可能性があるのに、自社の「強み」を活かして徹底した差別化やNo.1戦略を取る具体策 ④ $T \times W$（「脅威」×「弱み」）=致命傷回避・撤退縮小戦略 今後の脅威やリスクがあるのに、自社の「弱み」が災いして、危険な状況になっている。それを打開する為の具体策

出所：JICA 調査団作成

(c) 今後の方向性

(i) 茨城製作所がネパールでの販売代理店設置などの現地活動を実施する

- 現地事務所の設立：業務内容は営業、販売、機材メンテナンス、設置、関係諸組織/団体等の対外交渉、水路調査等
- 現地スタッフの採用：管理責任者、営業、設計/技術者
- 販売代理店候補と協議を行い、代理先を決定する
- 製品の価格低減：NYSE との製造技術提携、近隣諸国からの部品調達
- Kingyo のラインナップ拡大：NYSE と、容量 up と製品シリーズ化の共同開発
- 水路調査と導入推進：ネパールの農村地域において収入向上プログラムや水路整備などインフラプロジェクトを実施している DCRDC や、実施地域となる自治体関係者等と連携して、無電化地域の主に学校周辺の適地調査

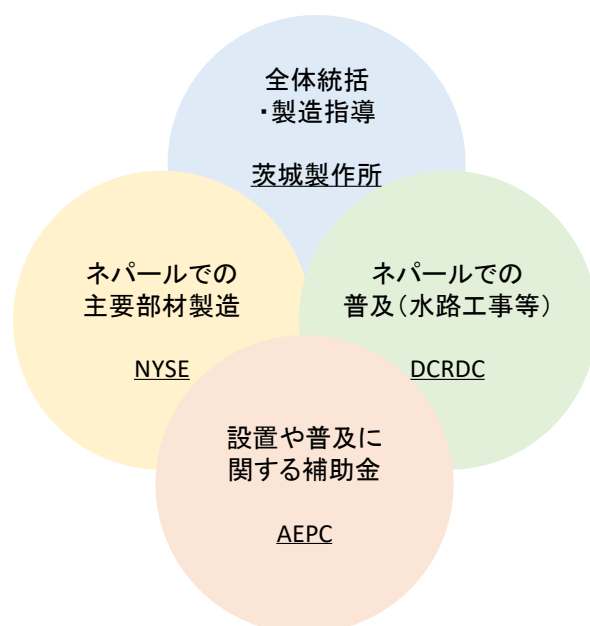


図 19 普及・実証後の主な関与者

出所：JICA 調査団作成

(ii) AEPC：Cappa や Kingyo に適した新たな補助金な創設への働きかけと、既存の補助金の獲得を行う

(iii) NYSE：普及・実証事業における知見や技術を活用し、Cappa の主な部品の調達・製

造と Kingyo の発電量を大きくする共同開発を進める

- (iv) DCRDC：現地コミュニティと既存の関係をいかし、設置場所の提案・発掘や、コミュニティに対する水路工事の手続き支援など、連携した無電化地方への Cappa/Kingyono 設置を推進する

(2) 事業目的の達成状況

上記の活動結果の記載のとおり、現地協力者や Cappa 導入補助員など多くの人の試行錯誤と協力・連携の上で達成することができたと評価している。

特に、「成果 3. Cappa の製造工程の移管により、安価な現地製造モデルが検証される」にあたる活動 3-1～3-4 に関しては、想定していたよりも多くの部品が製造できるなど、大きな成果が得られたと考えている。

チャンディカサイトでは連続稼働が続いており、部品交換が必要になった際には日本から輸送すると時間がかかることが想定され、ネパールで製品の活用可能性は高まっている。また、製品の電力の活用した収益向上について、住民とのコミュニケーション等を通じて幅広いアイデアが生まれた。製品の安定稼働のために今後も現地関係者との協力を続け、製品の普及を進めていきたい。

2019 年 2 月時点での自己評価による本普及実証事業の達成状況を以下に記載した。

表 29 プロジェクトの達成状況

活動目標	結果概要	達成状況
1-1 機材設置場所を最終決定し、現地の使用条件に適合した機材の仕様と配電を含むシステム構成を開発する	地理条件や現地のコミュニティとの話合に基つき、導入機器を選定した。 本邦製造・購入部分と現地製造・購入部分を組み合わせ、現地の自然状況や使われ方に合わせる事ができた。	達成
1-2 機材設置のための許可取得や各行政機関への事前申請などの手続きを進める	設置許可は現地コミュニティと MoU を締結するなど、設置場所も順調に決まり、現地コンサルのアドバイスの基、ネパールでの手続きを行った。	達成
1-3 発電機と周辺機器を現地に輸出、輸送する	ネパールの空港での荷物受取が税関でストップするなどハプニングに見舞われたが、デモンストレーションや設置時期には到着した。	達成
1-4 住民およびカウンターパート	チャンディカサイトは SMC などが協力し	達成

により、水路など、機材設置に必要な整備が行われる	て水路整備や補修の支援を行った。バラティバワンサイトでは地本民の協力により水路補修を行い、またサクー市は自らの予算で水路整備を行った。	
1-5 機材を水路に設置し、稼働を確認する	全てのサイトで機器の稼働を確認した。但し、サイトにより水量の不安定/不足及びゴミ問題で一時中断を余儀なくされている。	達成
2-1 カウンターパートによって機材の維持管理技術者が任命される	AEPCから任命された各サイトの維持管理技術者に対し、サイトでの製品説明を実施した。	達成
2-2 学校運営委員会や住民団体により、機材の日常的な維持管理担当者が任命される	各サイトにおいて、維持管理担当者が任命された。また彼らをフォローするよう Cappa 導入補助員がプロジェクト後も支援を行う。	達成
2-3 維持管理技術者及び維持管理担当者に対する技術指導や本邦受け入れ活動により、維持管理能力を向上させる	2 回の本邦研修を実施し、維持管理技術者及び維持管理担当者が日本において研修を受講し機器の構造、制御システム、電気特性、維持管理、品質管理等を理解した。	達成
2-4 維持管理担当者により、電力需要や水路の水位の変化等に応じて Cappa の設置場所が変更される	AEPC と維持管理技術者の判断を受け、ポカラ寺院サイトからチャンディカサイトへ Cappa 1 台を移設した。	達成
2-5 維持管理技術者及び茨城製作所の支援のもと、維持管理担当者が機材の維持管理を計画に基づいて行う	維持管理計画の素案をチャンディカサイトにおいて関係者とともに、作成を行った。 Cappa 導入補助員の協力を得つつ、管理を行っている。 日々の管理・月毎の管理・年の管理・部品管理・外観目視管理・水量状況管理・ゴミと電圧との管理等についての内容を説明し、これらに基づいて維持管理を実施していくことを理解してもらった。但し、サイトにより水量の不安定/不足及びゴミ問題で一時中断を余儀なくされている。	達成
2-6 Cappa の電力について、通常の授業運営以外の利活用の仕組みを検証する	地域住民やデモンストレーション参加者の意見などを取り入れ、様々なワークショップ開催により検討を行った。 安定した水量が確保されているチャンデ	達成

	ィカサイトでは、学習教室の照明、バッテリーによる授業運営とそれ以外（ランタン家庭持込み活用）の電力利用の効果が検証された。 但し、サイトにより水量の不安定/不足及びゴミ問題で一時中断を余儀なくされている。	
3-1 茨城製作所から現地メーカーに、部品の製造についての技術移転を行う	複数の現地メーカーを訪問し、見積もりや技術レベルを見極め、カトマンズにある NYSE へ技術指導と技術移転を行った。	達成
3-2 現地メーカーによって、Cappa の部品の一部が製造される	現地製造モデルの部品が NYSE で製造できた。更なる技術指導により難易度の高い部品の製造が期待できる。	達成
3-3 ネパール製の部品を組み込んだ Cappa を製造し、稼働実験を行う	ネパール製造ミニマムモデルが完成し、サクーサイトで稼働実験を行った。	達成
3-4 更なる販売価格の低減のために、部品のサプライチェーンについて調査・検討する	Nepal Micro Hydropower Development Association にヒアリングを行い、電材商社がネパールにないことが確認されたが、小水力発電機製造企業が把握できた。	達成
4-1 実証サイト近隣の地域住民を対象とした製品デモンストレーションを実施する	ボカラ寺院サイトで 2017 年 11 月に大規模なデモンストレーションを実施した。 チャンディカサイトは 2018 年 3 月に実施した。	達成
4-2 行政組織や民間企業、NGO を対象とした製品デモンストレーションを実施する	サクーサイトで 2018 年 11 月に大規模なデモンストレーションを実施した。	達成
4-3 一部の实証サイトにてネパール国内で普及している一般家庭向け太陽光発電パネルを並行して設置し、発電効率等を Cappa 及び Kingyo と比較する	バラティバワンサイトとサクーサイトにおいて比較を行った。	達成
4-4 上記活動 3-1 から 3-4 および 4-1 から 4-3 の結果に基づき、ネパールにおける Cappa と Kingyo の普及計画及び営業方針を策定する	ネパール国内だけでなく、インドでの製造検討など今後の営業方針を策定した。	達成

出所：JICA 調査団作成

（３）開発課題解決の観点から見た貢献

十分なインフラが整備されていない農村部に電力を確保し、持続可能な社会を実現する足掛かりとすべく、残りの事業期間で稼働を安定させるための活動を実施してきた。そのなかで、学校での学びの場の質が向上し、ランタンによる生活環境改善を図った。

また、技術移転の観点でも、当初の想定以上の部品の試作を NYSE と茨城製作所によって行うことができた。高度な産業人材育成への貢献も期待できる。

（４）日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

本普及・実証事業の活動については、ODA 白書やユーロニュース、NHK、Web ニュースなどで多く広報されており、茨城県企業による海外進出の意欲の高まりに貢献していると考えている。本事業開始前後から JICA や茨城製作所のホームページを見ての県内外からの問い合わせが増えているのと、本事業で発注した部品メーカーからは、事業後どのように展開していくのかの問い合わせが来ており、関心と期待度が大きい。また、海外へのビジネス展開による生産量の拡大に伴い、既存の分野においても国内地域の企業（現段階での茨城製作所のサプライヤー約 200 社）へ発注を増やしていきたいと考えている。

（５）事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

本事業で導入した 4 ヶ所の実証サイトの機材導入費及び維持費に関して事業実施国政府機関による財務負担は発生しない。一方、機材の持続的な活用を実現するため、実証サイトごとに機材の管理委員会を設置し、設置場所となる水路管理を所管する各地域の AEPC RSC と水路使用/工事实施に関する MoU を締結し、事業実施国政府機関を含めた地域のステークホルダーによる包括的な管理体制を構築して対応することを想定している。現時点で製品が設置されたボカラ寺院サイトでは、寺院が製品保管庫のコンクリート壁の修復や鉄格子の設置といった製品の盗難防止対策や、製品設置用足場の工事を実施している。また、地区（Ward）により追加ゴミネットの購入を検討しており自立的な活動が始まっている。

また、地域で導入機材が持続的に活用されるよう、携帯電話チャージステーションの料金収入等、機材導入によってコミュニティが収入を得られる仕組み作りを検討するとともに、チャンディカサイトではマイクロファイナンスの活用も検討している。

（６）今後の課題と対応策

今後も継続して事業をネパールで行っていくにあたり、以下のような課題と対応策が考えられる。

表 30 プロジェクトの課題と対応策

項目	現状	今後調査したいこと
Cappa / Kingyo に合った補助金	電化した1つの建物を1世帯と換算して再生可能エネルギーの補助金が支給されているため、学校や公共施設に設置した場合、十分な補助金額にならない	AEPC と相談しつつ、コミュニティ全体に裨益していることを伝え、施策に反映されるようアドボカシー活動を行う
製造拠点の検討	ネパールメーカーでの部品製造・調達の拡大移管を進めている	価格低減のために、難易度の高い部品をインドで製造可能か検討する
安定的な稼働	水量の変動、水路の崩壊、水路を流れるゴミの影響で稼働が安定しない	人為的な水量の変化がないように地域住民との協力体制を強化、水路の構造の変更、ゴミネットの改良、ゴミ掃除担当者の配置といった対策を検討する
発電量のスケールアップ	発電量を大きくできないかという要望がある	Kingyo について、茨城製作所・現地メーカー・茨城大学で共同研究開発を進めていく

出所：JICA 調査団作成

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

茨城製作所は普及・実証事業終了後の初年度、首都カトマンズに現地活動拠点となる駐在員事務所（Liaison Office）を設立予定である。その後、3つの進出形態（①代理店販売、②茨城製作所 100%出資子会社としての単独法人設立、③現地パートナーとの合弁会社設立（ジョイントベンチャー；JV））を想定している。

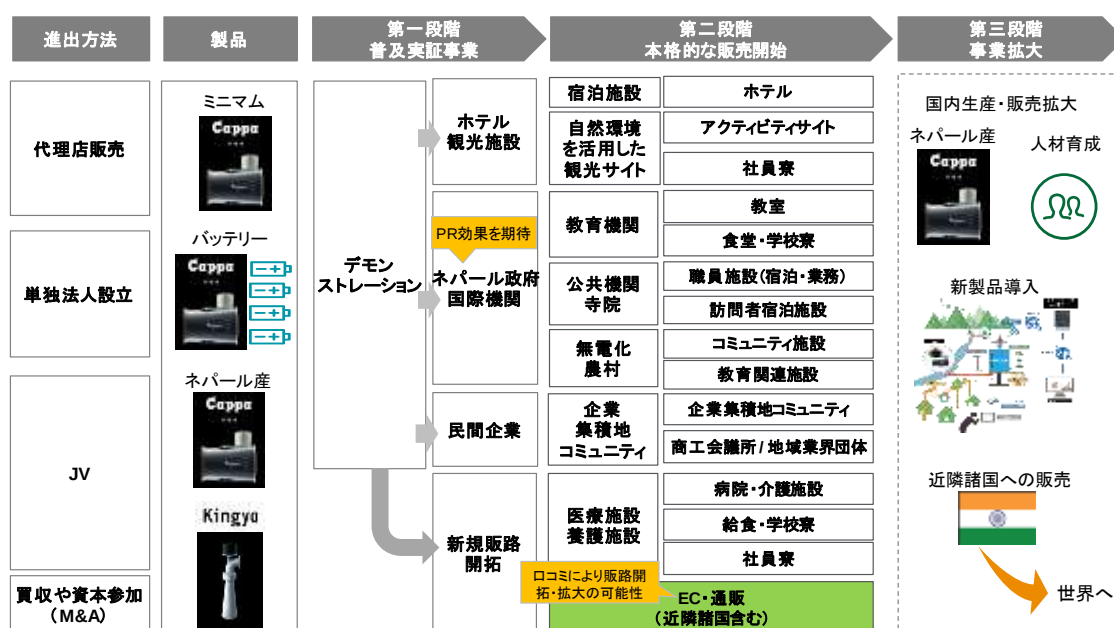


図 20 進出形態別のビジネス展開案

出所：JICA 調査団作成

第二段階での販売先については、第1フェーズ（ドナーに販売、公的機関へ導入）と第2フェーズ（自治組織、民間に販売・導入）にターゲティングを細分化し、アクセスを行っていく。

第三段階にある事業拡大に関しては、人材育成は Cappa と Kingyo だけでなく、モーター事業の事務所業務のネパール国へのアウトソーシング、新製品導入は IoT と AI 機能を追加した防災機能の強化に資する環境状態モニタリング・災害予測システムを検討している。

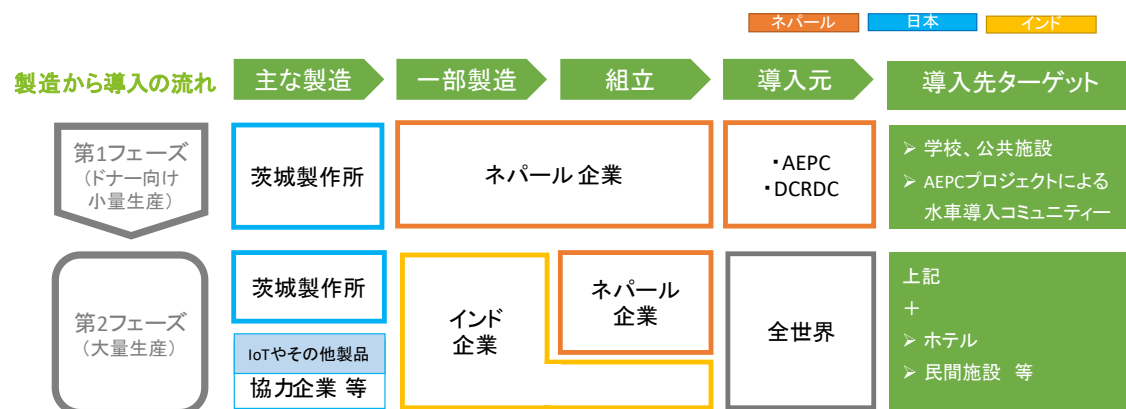


図 21 製品製造から導入までの流れ

出所：JICA 調査団作成

現地の細かな事情を理解し、現地活動経験の豊富な NGO や NPO との連携事業。茨城製作所は、これまで、案件化調査前には、日本の NPO 協力の下、ヒマラヤ奥地山間地域で最初の調査を進めたことがあり、また、案件化調査では、現地コンサルタントとして、途上国でのメタファシリテーションノウハウを持つ NPO ムラのミライ、現地 NGO を実施体制として、海外での初めての事業を行った。

また、本事業でも、協力関係の DCRDC は、AEPC のカスキ地域出先機関として、AEPC から委託されている NGO であることから、海外で事業を成功させ、ビジネスを広げて行くためには、企業だけでなく、NPO や NGO との連携も必要不可欠であると考え。今後の計画としては、製品を導入する農村地域で、製品を更に生活に役立て生計向上を進めてもらうためのソーシャルワーカーの派遣や、地元農業を組み合わせた事業を NGO と協働で行いたいと考えている。また、製品を NGO に使用してもらいモニタリングを行うなどの方向性もあり得る。

① Cappa

ア) Cappa の更なる価格低減を目指し、NYSE と現地の調達・使用環境および製造技術に適したモデルの試作を進める。その後、ネパール・インドでの製品価格低減、量産を目指す

ネパールでは、ステンレス・アルミニウム等非鉄金属は国内に出回っておらず、また、ほとんどの鋼の原材料の輸入を主にインドに頼っており、輸入できる原材料も軟鋼 (mild steel) などに限られている。必要なサイズを購入することも難しく、歩留まりの悪い定尺サイズでの購入になる。また、数値制御による加工ができる NC 機械 (Numerically Controlled Machine) がなく、汎用機械での製造となるため、小ロットでの製造には向いているが、量産には対応が難しい。製品の価格低減を図るには、こういったネパールの原材料調達市場、

製造設備状況や製造技能レベルと品質保証全般に対する考え方を考慮した設計の見直しと現地仕様のものづくりを進めている。

日本からの一部部品の輸出でも、関税や輸送費を考慮すると、現地製造の価格低減分の効果が下ってしまうため、可能な限り全部品の現地や周辺国からの調達を図る必要がある。現状、ギアボックスと発電機を除いた全部品の試作を NYSE で進めており、国内製造部品である羽根車、ディフューザー等の材質を変えた試作品が一部完成し、品質評価をする段階である。ネパールでは、ギアボックスと発電機は現地調達できないため当面支給になるが、インドをはじめとする近隣諸国で調達できるか調査を進める。

今後、まずは NYSE と技術提携をして、引き続き製造技術を含めた品質保証全般にわたり指導をしていしながら、全部品を対象にした製造で、価格低減を進めていき、量産化の場合は、5 軸加工機等の NC 機械設備があるインドで製造し価格低減を進めていく。

関税や輸送費といった点を勘案すると、日本製造品をネパールで販売することは現実的ではなく、販売方法については、製造委託をしている NYSE が販売するようなライセンス販売契約が考えられる。

写真 40 ネパールの NYSE 社による鋼のディフューザーの試作品



イ) Cappa をタライ地域で稼働実証を行い、これまで小水力導入のない地域への導入を目指す

今後は、平野部が多く、Cappa の導入に適したインドとの国境地帯のタライ平原部にて、NYSE で製造する現地モデルの販売・導入を考えている。また、出力のスケールアップも検討している。

② Kingyo

ア) Kingyo のスケールアップを図るため、茨城製作所・茨城大学・NYSE の協働で開発を進め、AEPC と協力してネパール政府のパイロット事業を行う

まず、ネパールの村などの地域コミュニティで需要がある 10～15KW のシステムを開発し、カトマンズから最も最寄り AEPC を初めとした政府関係者やビジネス関係者に PR しやすい、車と徒歩で約 2 時間 15 分の Naubise（ノウビセ）村で NYSE と共同でパイロットプログラムを実施する考えである。

15KW という発電能力がある本システムでは、昼間に工場で電力を活用でき、余った電気も近隣の村に売電できるため、産業の活性化と売電収入の点でその有用性は高いと判断する。

NYSE はノウビセで既に 160m の有効落差で 39KW の水力発電システムを導入しており、合意が容易であるため、上記の追加導入を検討している（2018 年 10 月に NYSE の Bikram Pradhan 社長と菊池が訪問・調査済み）

③ Cappa と Kingyo のビジネス展開分析

写真 41 ノウビセの NYSE のパワーハウスと水力発電システム



ア) JICA ネパールや外務省の無償事業への参画

最終的には NYSE の実績のある最大出力の約 250KW にスケールアップし、日本政府の無償協力などの事業を活用し、西ネパールの電力プロジェクトに参画することを検討している。

イ) カトマンズに茨城製作所連絡事務所設立および業務移管の検討

上記 Cappa および Kingyo の事業実施に際し、現地事務所の設立を、本プロジェクト終了後に速やかに設立したい。事業の進捗に応じ、前述のビジネス展開方法のうち、3 つの進

出形態を柔軟に検討する：①代理店販売、②茨城製作所 100%出資子会社としての単独法人設立、③現地パートナーとの合弁会社設立（ジョイントベンチャー；JV）。

また、これまでに培った人的・技術的資産を活用し、茨城製作所のモーター事業の事務所業務の一部を業務移管する現地法人を設立することを検討する。これにより技術移転による現地の人材育成および、人材の海外流出の防止、現地雇用の創出、日本国内での人材不足の解消、コスト競争力の強化を図れる。また、IT の活用と情報セキュリティの点でリスク要因もあるため、在ネパール日本大使館や JICA、在ネパール日本商工会議所と連携して進めていきたい。

ウ) インドから、アフリカなど他国へ製品導入を目指す

インド調査の結果、約 12 億人の人口を抱え、水と食料、エネルギーの確保が急務なインドでは、①最先端技術の導入、②水・食料・エネルギーに資する技術の導入に大変積極的である。ヨーロッパ全土とほぼ同じ国土面積を持つインド全土に、食料を確保するための広大な政府管理の農業用水路を設置し、また、再生可能エネルギーの導入に積極的である。ネパールで普及実証をした本製品をインドで量産し、IoT、AI 機能による状態監視や災害予測機能を付加したモデルをインドで導入し普及を目指したい。また、インドとアフリカはビジネス上関係が深く、インドで成功したモデルはアフリカでも成功しやすいため、将来的にはインドからアフリカへの展開も目指したい。

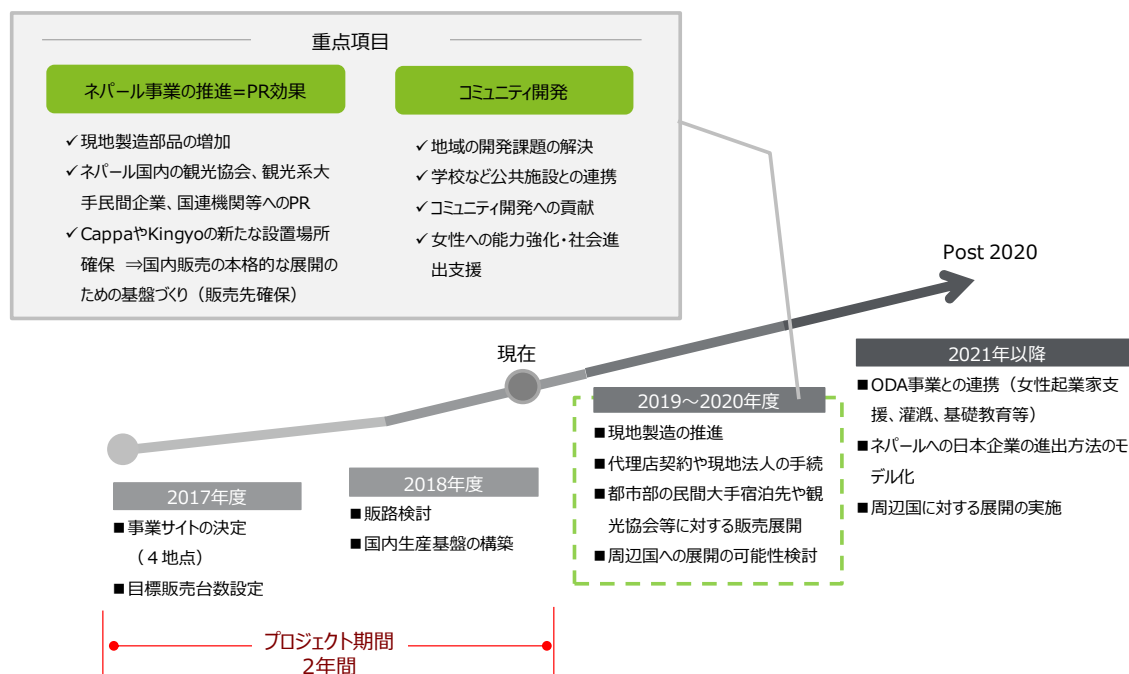


図 22 今後のビジネス展開の方向性

出所：JICA 調査団作成

エ) マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

現時点までのマーケット分析では、ドナーに販売し公的機関に導入する（市場 A）、民間に販売、導入する（市場 B）の 2 つの市場があると考えている。

市場 A については、各国ドナーや NGO によって学校、街路灯などの公共施設へ小型の太陽光発電システムが導入されている例が多く見られた。ただし、設置後のメンテナンスは十分とは言えず（高所に設置されており、ほこりまみれでも掃除できない）、出力が大きく下がったり、故障したまま放置されていたり、3～5 年のバッテリー寿命後に購入できず放置しているケースも多いことが分かっている。また、イギリス製の小型水力発電機（300W）がイギリス系の小学校に導入されているが、調査の結果、都市部に近い地域でのみ、主に教材用や非常用電源として導入されるとのことで、本来必要のある奥地山間地域への導入はまだされていないことが分かった。

写真 42 カトマンズの工場にあった修理中の小型水力発電機



写真 42 はカトマンズの工場にあった修理中の小型水力発電機だが、部品数も多く各ユニットが重い機器だった。1997 年製。

市場 B については、環境保全に熱心なホテルで太陽光やバイオマス発電を導入している事例が見受けられた。また、グリッドからの電力供給が不安定な地域では一般家庭も含めて小規模な太陽光パネルを使っていることも多い。太陽光パネルはメンテナンスが十分でなく発電効率が落ちていたり壊れたままになっていたりするケースが数多く見受けられ、第 3 章で示したように実際の発電効率は、夜間は発電しなく、また埃をかぶったり太陽熱による半導体の劣化により水力発電に比べ、中国製が多く製品寿命が 3 年程度と短い、水力発電と比較して初期導入費用が少なく済むという考えだけで、普及が進んでいる。

今後の製品の普及に当たっては、初期導入コストではなくライフサイクル・コストの訴求が重要である。

オ) ビジネス展開の仕組み

資金の調達購入・実施者が多様な出資元から資金を調達し、一元化して購入することが想定される。

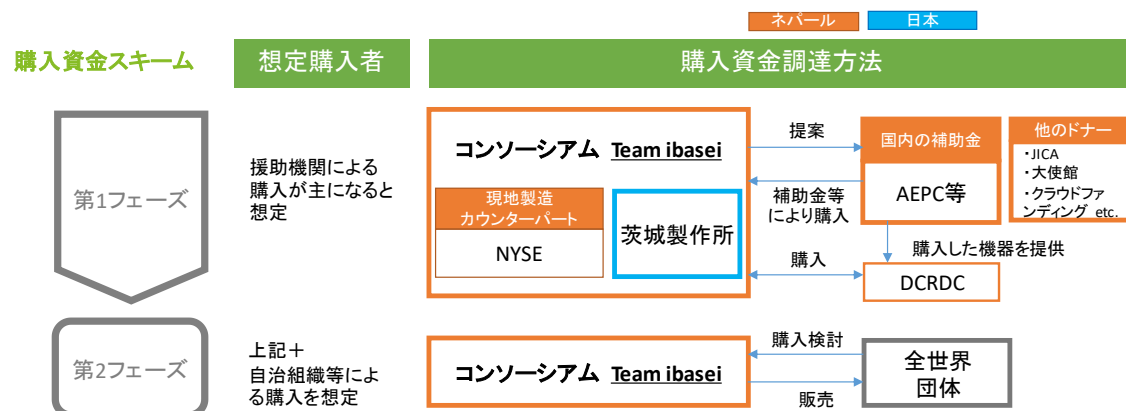


図 23 購入資金スキーム

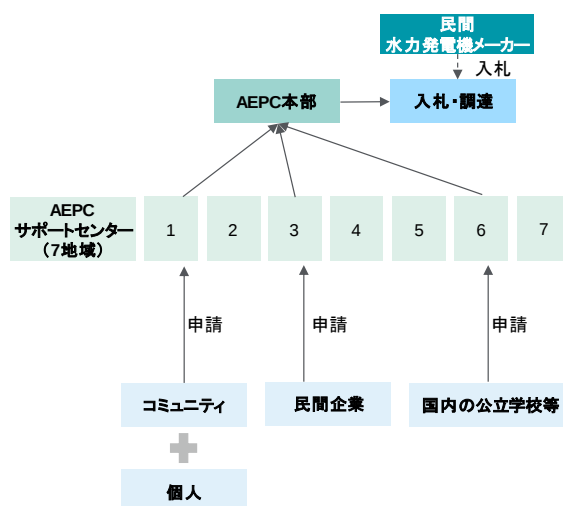
出所：JICA 調査団作成

④ ネパールでの現状の水力発電ビジネスモデル

水力発電機導入の9割はAEPCの補助金を活用したものであり、調達もAEPC経由で行われている。残りの1割は地方政府が直接行う調達及び民間企業等の自費負担購入である。

このことから、AEPCの補助金を活用し、各地域のRegional Centre（本事業のあるポカラ地域では、DCRDC）が管理運営することを想定している。

AEPCの補助金を利用する場合
（導入の9割以上が補助金を活用）



AEPCの補助金を利用せずに直接調達する場合
（全体の1割以下）

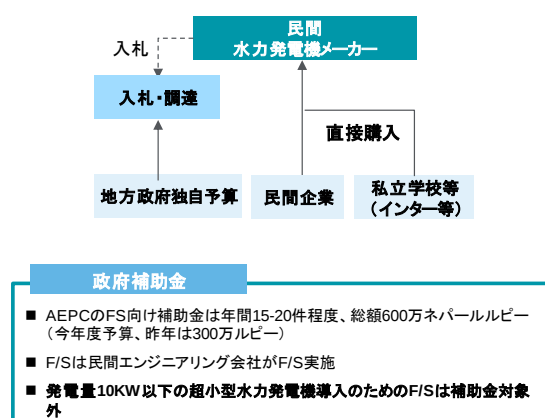


図 24 AEPC の補助金を活用した導入スキーム

出所：現地ヒアリングより JICA 調査団作成

上記の補助金による水力発電機導入に向けた施工プロセス（入札後の手順）は下記のとおりである。水力発電機の製造メーカーは水力発電機の設置に必要な工事の進捗に応じてAEPCに対して支払い申請を行う必要がある。

政府からメーカーへの補助金支払い方法

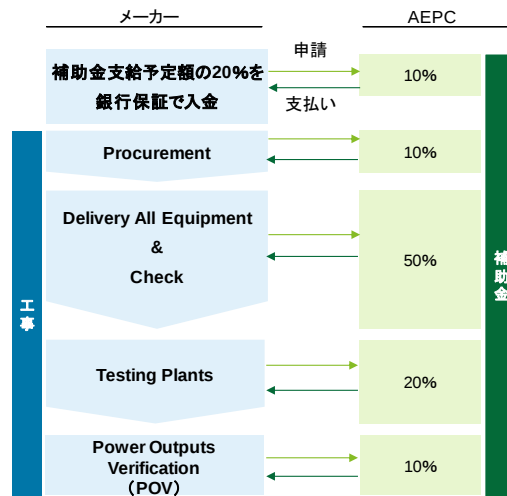
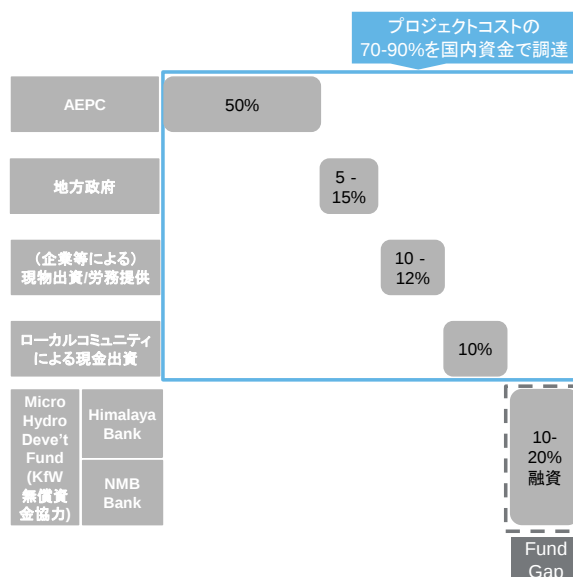


図 25 AEPC の補助金活用時のメーカーへの支払いメカニズム

出所：現地ヒアリングより JICA 調査団作成

ネパール国内で小型水力発電機を導入する際のステークホルダーごとの資金負担は下記のとおりである。補助金が存在するものの、水力発電機設置後の維持・管理に対して利用者（裨益者）のコミットメントを明確化するため、水力発電機を導入するローカルコミュニティにも一定（通常 10%程度）の資金負担が要求される。資金スキームについては、現時点で収集した情報から以下のように想定している。

ステークホルダーの出資比率



小型水力発電機器導入における投資スキーム

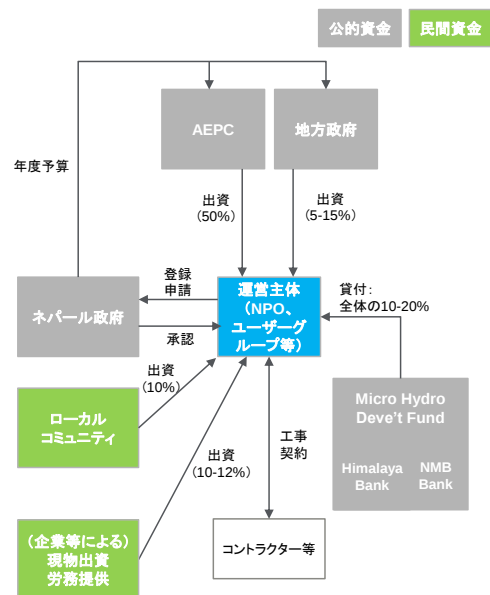


図 26 小型水力発電機導入時の関係者ごとの費用負担

出所：現地ヒアリングより JICA 調査団作成

ただし、現在の AEPC の補助金の規定を Cappa や Kingyo で検討している学校や公共機関での活用モデルに当てはめると、配電先の世帯数が 1 世帯として算定されてしまい、学校などで裨益人数が多くても補助金額が 1 世帯分しか支給されないことが分かった。AEPC とともに補助金のあり方を検討しているが、今後ネパール政府の主導するパイロット事業に Cappa や Kingyo を取り入れ、よりネパール政府に対し認知を促すことの必要性や、NYSE と協働して製品のスケールアップを進めていくことで、AEPC の既存の補助金の枠組みに合わせていくことなど議論されている。なお、本事業で Cappa と Kingyo システムの第三者評価を実施し、良好な結果を得られ、今後の製品導入時の補助金に向けて前進した。

表 31 軽水力発電機に関する AEPC の補助金の算定方法¹⁰

補助金額	算定基準	機器の発電容量	カテゴリー“A” 地方	カテゴリー“B” 地方と都市の中間	ポカラ、サクー の各サイト カテゴリー“C” 都市
(1) 世帯数と生産量を 基にした算出方法 (①+②の合計)	①配電世帯数 (1世帯あたり)	10 kWより少ない 場合	Rs. 11,500	Rs. 10,500	Rs. 10,000
	②発電容量 (kWあたり)	5kWより少ない場 合	Rs. 70,000	Rs. 60,000	Rs. 50,000
		5～10 kWの場合	Rs. 95,000	Rs. 85,000	Rs. 75,000
(2) 補助金の上限	発電容量 (kWあたり)	5kWより少ない場 合	Rs. 185,000	Rs. 165,000	Rs. 150,000
		5～10 kWの場合	Rs. 210,000	Rs. 190,000	Rs. 175,000

- 算出例 (カテゴリーCの都市部において、発電容量5kWの発電機から25世帯に送電する場合)
 - (1) 25世帯×Rs.10,000+5kW×Rs.50,000=Rs. 500,000
 - (2) 5kW×Rs.175,000=Rs. 875,000
 - (1) < (2) なので、Rs. 500,000が支給される。
- 考慮すべき事項：
 - 配電世帯数は配電する建物の数によって算定されることから、学校への導入は1世帯と換算される。

出所：現地ヒアリングより JICA 調査団作成

ア) 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

(a) 原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

前述のように、ネパールでの原材料は主にインドから輸入されているため、第 1 フェーズで製造の一部をネパールとする場合も、第 2 フェーズで大量生産を行う場合もインドで原材料・資機材を調達し一部部品を製造することを検討している。

また、ネパール国内の本プロジェクトにおける小型水力発電機材調達ルートは以下のようになっている。

¹⁰ AEPC 公表資料 (ネパール語) 及び AEPC 職員からの聞き取りをもとに JICA 調査団作成

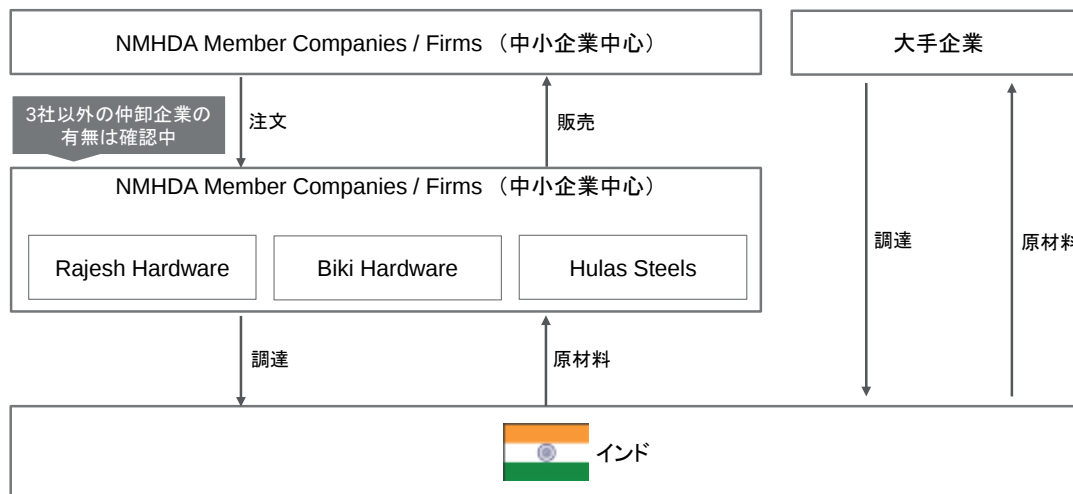


図 27 ネパール国内における原材料調達ルート

出所：現地ヒアリングより JICA 調査団作成

(b) 生産・流通・販売計画（含、許認可の必要性、現地生産計画の有無）

(i) 第 1 フェーズ（2019 年～2020 年）

ネパールの民間企業による部品製造を一部行うことで原価を低減させ、AEPC 等の政府機関や地元 NGO の協力のもと、Cappa や Kingyo を西ネパール等の奥地へ、最小限の電気を必要とする人々へ届けることを目指す。

普及・実証事業では、ネパールの製造技術レベルの現状から、大部分の部品の日本製造を想定せざるを得なかったが、このプロジェクト期間中に、茨城製作所とネパール企業 NYSE との間で信頼関係が構築され、今後の開発とビジネスに向けて議論が繰り返されるようになった。

NYSE は、Cappa や Kingyo の既存水車にはない新しい技術を国に普及し、本格的なビジネスに向け Cappa 製造や、Kingyo のスケールアップに挑戦したいという前向きな姿勢があり、実際、本事業の Cappa 部品の一部製造、組み立て完了後に、茨城製作所と協力し、独自の方法で、残る多くの Cappa 部品の製造を試作中である。今後試作された部品の品質検査および試験評価を基に、現地で生産可能と判断したものはネパールで製造し、製造不可な部品は日本や隣国インドなどから調達しネパール国内で組み立て、ネパール企業による現地生産を行う予定である。

販売は、代理店による販売を考えているが、ネパールでの製造販売に向けては、茨城製作所は国際的なビジネス経験が少ないため、相手国のパートナー企業とは、国際弁護士等と交え、ビジネスを書面にて整えていく予定である。

導入元については、政府のパイロット事業への導入、AEPC から国内外の企業・団体等の紹介を受けたり、山岳地方で暮らす人々の調査・実証研究等を行っている ICIMOD (International Centre for Integrated Mountain Development ; アジア 9 カ国における援

助機関)や DFID (Department for International Development ; イギリスの援助機関)などを想定している。

導入先は、政府のパイロット事業先や援助機関等が重視し、グリッドによる電力供給が優先されている都市部よりもニーズが多く波及効果も大きな山間部の学校や公共施設になると考えている。水の流れエネルギーで発電できる Cappa は、一般にこれまで小水力導入実績がほばない地域だが水量が豊富にあるタライ平野部にポテンシャルがあるとの案があり、新しい地域での導入の可能性を探していくうえでも、NYSE はタライでパイロット事業を進めていきたいと話している。また、水の落差エネルギーを利用する Kingyo については、山間地域が有力である。

(ii) 第 2 フェーズ (2021 年～)

ネパールでの、ビジネスを安定的に、更に広げていくために、マスでの製造を得意とし、材料調達も容易なインド側 (民間企業 政府機関) と繋がりを構築し、更なる製品の価格低減や、導入地域の可能性を広げる。ネパールはインドから原料を大量に輸入しているため、特に特殊材料・難加工部品はインドにおいて製造しネパールで組み立てることで、製品単価を下げるよう努める。

また、ネパールにおいては、Cappa や Kingyo を環境モニタリングや状態監視に活用する IoT システムと繋げ、AI 技術と組み合わせることで防災機能の強化などに繋げていく。現地調査から IoT の活用に対する要望が多数あり、それらの高機能製品を提供し付加価値を創出する。

導入先は自然災害の懸念が高い自治体や、トレッキングルートの観光客向けの山小屋、アウトドア企業の CSR としての購入を想定しており、より多方面での活用を目指す。

なお、いずれの展開先についても山間部奥地 (特に貧しい西部) や第一フェーズの結果によってはタライ地域への機材の導入が想定されることから、今後の調査で地方への物流についての検討を進める。

今後のネパールでの展開において、国際機関などと連携の可能性について協議を行った。これまで、以下の組織と連携を視野に議論を行っている。

表 32 連携可能性の検討

ネパールの公的機関		
組織名	連携可能性のある分野	ディスカッション内容
Ministry of Education	設置場所の選定	・9年生以上でTechnical Educationを行うことになっているが、非電化地域では、そのような教育が現状では行えていない ・Technical Educationのパイロット地域への訪問を計画中
ICIMOD	設置場所の選定	・Nuwakotでのプロジェクトが2018年6月に終了するため、別の連携を引き続き検討する
NAST	認証取得、フィージビリティレポート	・発電に関する様々な機器の第三者認証を実施している
民間企業・団体		
組織名	連携可能性のある分野	ディスカッション内容
Micro Hydro Association	補助金申請	・製品価格はネパール製であれば安い
NYSE（メーカー）	一部製造、組立	・水力発電に適した水路が重要
現地NGO		
組織名	連携可能性のある分野	ディスカッション内容
INSEC	設置場所の選定、自治体との連携	・防災教育をネパール全土で実施。今後連携をはかりたい

出所：JICA 調査団作成

なお、国際機関や他ドナーの組織のプロジェクトと直接連携するのは難しいという感触を得ており、AEPC や他のネパール政府機関を介して調達等の可能性を探る。

表 33 国際機関、他ドナーとのコミュニケーション実績

援助機関	
世界銀行（WB）	・ ライフサイクルベースで、太陽光発電とコスト比較をすることが重要
アジア開発銀行（ADB）	・ 超小水力発電（Pico Hydro）のプロジェクトは現時点で実施していないが、発電量の大きい小水力発電（Micro Hydro）は実施している。 ・ 今後はより大きな電力供給に注目
英国国際開発省（DFID）	・ 非電化地域等の直接的な支援ではなく、AEPCの政府機関への支援を行っている

出所：JICA 調査団作成

写真 43 世界銀行とのミーティングの様子



現地へ出資する場合の許認可については、下図のように外国投資許可、会社登録、税務登録、銀行口座申請（中央銀行）、事業許可取得が必要となるため、事業開始までに時間を要するリスクがある。対処法として、ネパール日本商工会登録会社の協力の基に事業を進めることが考えられる。

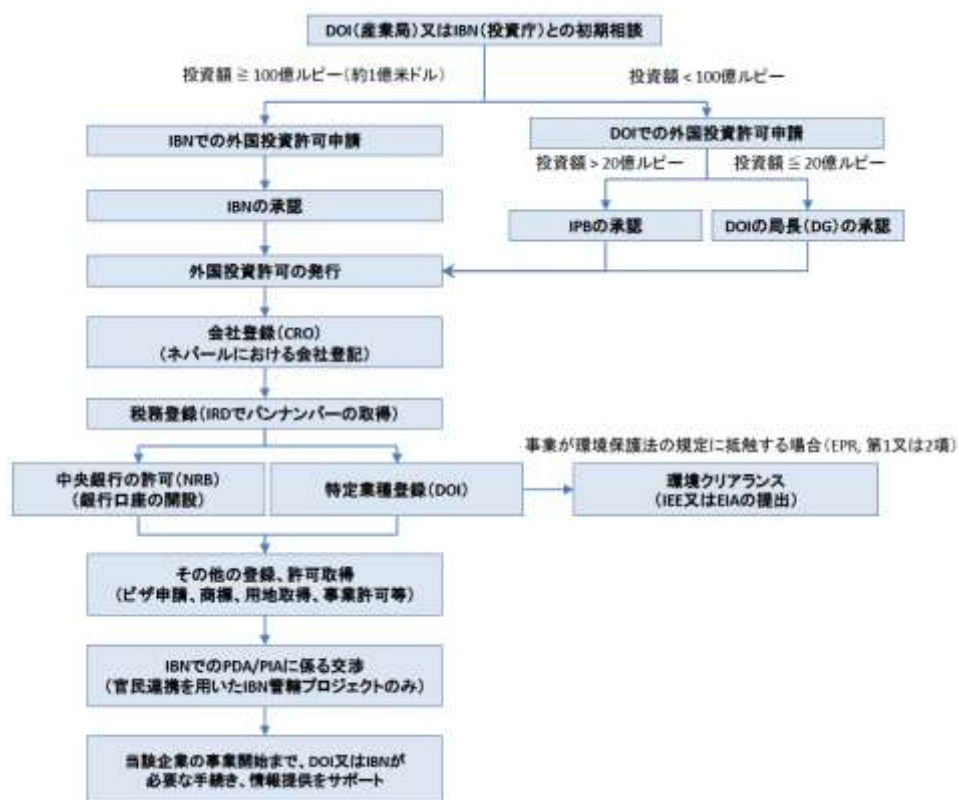


図 28 事業開始手続

出所：ネパール投資ガイド（ネパール投資庁、ネパール政府産業省）

(c) 要員計画・人材育成計画

Cappa や Kingyo に関連する海外ビジネスに関して、今後 5 年間の人材育成について、検討を行った。

表 34 要員計画・人材育成計画

育成段階	目安年	育成内容
第 1 段階	2021～2022 年	➤ 現地職員を約 10 人にし、現地 PR や販売促進を行う数名の現地営業販売者の採用：営業販売体制を整える。主に現地に人を派遣して営業教育を行う。 ➤ 日本への招聘を行い、ものづくり技術の移転を目指す。 ➤ 現地技術者の採用と教育：採用技術者を招聘し製造技術、生産管理技術及び品質管理技術等の教育を行い、生産及び品質管理体制を整える。 ➤ 日本職員を現地に 5 回程度派遣し、より品質の高い製造・メンテナンス技術や設置場所の確認、現地指導員の育成を行う ➤ 茨城製作所の技術者を現地に派遣して、機材導入地域の環境調査と導入に関する現地指導を行う。
第 2 段階	2023～2024 年	IoT・AI システムエンジニアリング技術経験者を 1 名現地採用して Cappa の本システムの現地対応を図る。
第 3 段階	2025 年～	量産に向けた管理体制の人員見直しを図る。

出所：JICA 調査団作成

(d) 収支分析・資金調達計画

現状と同程度の大きさや発電容量の Cappa / Kingyo の今後の販売について今後 5 年間の収支計画を策定した。販売先は主にはネパールとインドとし、毎年、ネパールやインドでの現地調達部品を増やし、原価の低減を行うことを想定している。3 年目以降にインドでの販売を本格化する予定である。

ネパールにおける Cappa 導入補助員の人材育成を行うなど、人への投資が別途行うことが必要になると考えらるが、維持管理体制も同時に構築することを考慮すると重要な投資になる。

表 35 収支計画

非公開

イ) ビジネス展開可能性の評価

(a) 現地の需要

ネパールでの無電化地域は多いが、既存の既存の小水力発電機は都市部に近い地域でのみ教材用や非常用電源として導入されている状況であり、本来必要のある奥地山間地域への導入はまだされていないことが分かった。

第三者評価を行った担当者からも、無電化地域の多い西ネパールで需要があり、Cappa や Kingyo を展開していくようアドバイスがあった。

上記のことから、需要や要望はあると評価でき、今後は現地事務所や、現地代理店などの立ち上げを行った後に、西ネパールへの設置可能性について調査を行い、地方自治体への Cappa や Kingyo の導入可能性について検討を行う予定である。

(b) 導入されやすい価格や仕組みづくり

ネパールやインドにおいて機器の製造や現地調達部品を増加させていき、原価を低減させることで、販売価格をより安くする。それにより、ネパール政府の地域開発や再生可能エネルギーに関する補助金による補填される割合が向上し、購入しやすくなると考えられる。

ドナーが購入し自治体などへ導入する（市場 A）という販売戦略をより詳細化するため、AEPC との協議を継続して行っており、普及・実証事業終了後も協議を継続していく。

(c) 蓄積された知見を活用したビジネス展開

普及・実証事業実施時には課題に対応するために様々な対応策を講じ、それらの知見が今後のビジネス展開にも活用できる。特にゴミの問題はどの地域でも起こることであり、ゴミネットが改良されたことで、メンテナンス面での対応が容易になった。

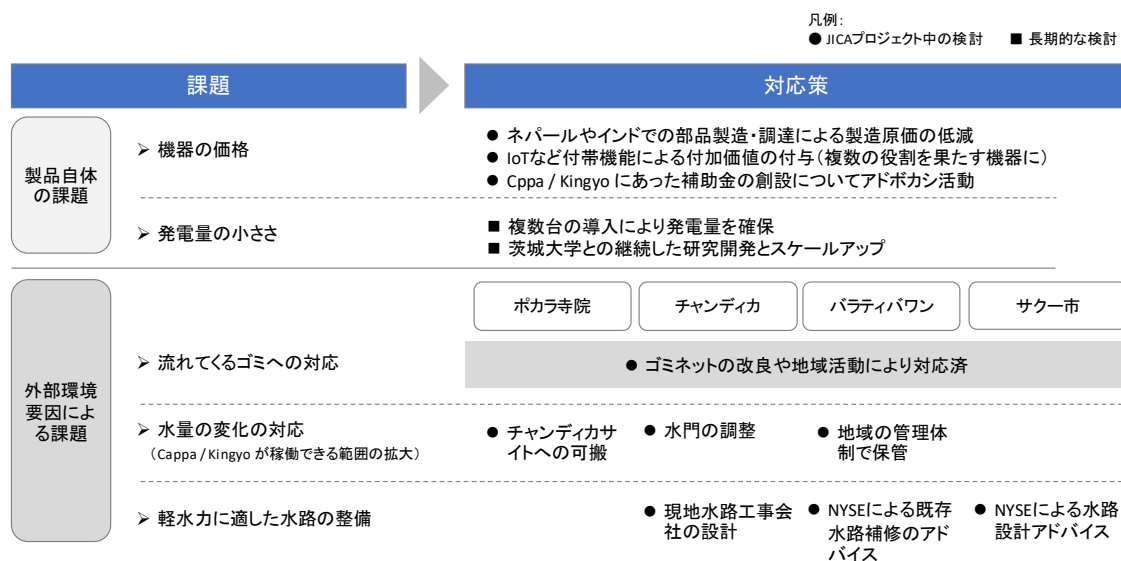


図 29 設置後、判明した課題と対応策

出所：JICA 調査団作成

(2) 想定されるリスクと対応

① 想定されるリスク

日本企業とネパール企業によるジョイントベンチャー（JV）による会社設立を目指す場合。以下のようなリスクが考えられる。

ア) JV 時の最低出資払い込みによる資金流出

最低 NPR5,000,000 (≒5,000,000 円) の出資が必要になる(2018 年 2 月時点)。JV 設立においては事業の収益性や継続性を慎重に見極める必要がある。

収益性に関しては、現地での製造コストと売上見込などを試算し、どの程度の利益率の向上になるかにより判断する。また、継続性に関しては、JV の相手側企業の経営者の経営姿勢、中長期な関係構築が可能か、誠実性などの観点で判断する。

イ) 製造業の出資比率

現地事情に精通している現地企業に JV の意思決定を掌握されるリスクがある。

ただし、製造業の出資比率に関する規定は特にないため、ネパールに進出しているもしくは、進出を検討している多くの日本企業は、迅速な意思決定のため 51%以上の出資比率で会社設立することが多い。

ネパール企業側に経営の実権を握らせないようにするため、特定の株主に多数の株式を所有させないようにすると同時に、合算すると過半数に達するような多数の株式をネパール側の複数の株主に所有させないように、留意する必要がある。

ウ) 日本企業が JV を行う際の注意点

JV に関して締結する際の手紙に、日本側が必ず確認する。手紙を日本企業側の不利益になるような規定が盛り込まれている可能性があり、事業の推進が困難になる場合がある。

エ) 海外投資・技術移転法の改正について

海外投資・技術移転法は現在、議会でのレビューが進められていると報道されている。投資環境を改善することによって、海外からの FDI を増加させることを目指した改正ではあるが、内容には留意する必要がある。

オ) 情報・技術漏洩

商習慣の違いや、設計図等の技術情報、電子メール等の情報の知的財産に対する認識の薄さから、情報・技術漏洩のリスクがあるため、書面による署名はもとより、IT、セキュリティカメラなどを駆使したハードとソフトの両面で対策が必要となる。

表 36 投資開放領域

ネパールでは、様々な産業分野が、外国投資・ビジネスに開放されている。政府は外国投資を誘致するため、積極的な政策を打ち出しており、産業省産業局（DOI, Department of Industry）や、首相直轄のネパール投資庁（IBN, Investment Board Nepal）などの政府機関が、投資家にあらゆるサポートを提供する役割を担っている。2015年に制定された外国投資政策（Foreign Investment Policy）2015では、外国投資の受け入れが奨励されている。

外国投資の形態

外国投資に係る法令は、外国投資及び技術移転法（FITTA, Foreign Investment and Technology Transfer Act）1992により規定されており、次の活動を外国投資として分類している：

- ・ 外国資本による新規事業の設立、又はネパールの国内事業者や他の外国投資家との合弁会社の設立
- ・ 国内事業者からの株式移転・取得による投資
- ・ 国内事業者に対する融資
- ・ 国内事業者への技術移転

外国投資が制限・禁止されている分野については、付録1を参照。

外国投資許可の申請

ネパールで外国投資を行う事業者は、事業を開始する前に、外国投資許可を政府より取得しなければならない。許可申請は投資額に応じて、産業局（DOI）もしくは、ネパール投資庁（IBN）にて実施する。ネパールへの外国資本の参入及び事業の実施の詳細規定は、外国投資及び技術移転法（FITTA）1992に記載されている。

投資額別の外国投資許可機関

投資額	申請	承認
≥ NPR 100億 (約1億米ドル)	ネパール投資庁 (IBN)	ネパール投資庁 (IBN)
< NPR 100億 ≥ NPR 20億 (約2千万米ドル)	産業省 (DOI)	産業振興庁 (IPB)
< NPR 20億	産業省 (DOI)	DOIの局長

注：投資促進庁は産業省の傘下。

産業省産業局（DOI, Department of Industry）管轄

投資額が20億ネパールルピー（約2千万米ドル）未満の場合、産業局局長（DoI/Director General）が外国投資の許可権限を有する。投資額が20～100億ネパールルピー（約2千万～1億米ドル）となる場合は、産業大臣を長とする投資促進庁（IPB, Industrial Promotion Board）が外国投資許可の付与権限を有する。

ネパール投資庁（IBN, Investment Board Nepal）管轄

国家として重要度の高い大規模プロジェクトを推進する政府機関として、ネパール投資庁が2011年に新設された。同庁の長は首相であり、100億ネパールルピー（約1億米ドル）以上の外国投資を取り扱う。又、外国投資許可を付与する他、決議事項を確実に実行するため、各関係政府機関を束ねる強い権限が与えられている。

出所：ネパール投資ガイド（ネパール投資庁、ネパール政府産業省）

② リスクへの対応

計画時に認識していたリスクへの対応については以下の通り対応を進めている。

ア) 雨季と乾季の水量の差

ネパールは、ヒマラヤ山系に蓄えられた膨大な水資源を有しているものの、地域によって年間を通じて保水量の高い地域、乾季は干上がってしまう地域等ばらつきがある。また、雨季には死者を多く出す程の鉄砲水や土砂災害に見舞われやすい地域もある。Cappa の設置には年間を通じ水量や流速が安定している水路が望ましいものの、付近の地理的状況を踏まえ、川から導水して安定的に使用できる簡易水路での設置や、季節ごとの水量変化に合わせ

た設置場所の移動、乾季に水が全くない地域では太陽光パネルと組み合わせての使用等、地域の希望に応じてカスタマイズする。

水路の約 3 分の 1 が鉄砲水により崩壊してしまったチャンディカサイトでは、水路の一部分を重力壁擁壁にすることで強度を高めた構造にした。今後の設置場所の選定や整備の際にはチャンディカサイトの実例を参考にできるものと考えている。

また、乾季や水量による製品の稼働状況に合わせ、太陽光パネルとの併用についてはバラティバワンサイトで実証した。老朽化し更に、2018 年の土砂災害で、上流部水路が崩壊してしまったため、Kingyo の設置場所迄水が来なくなった時に、Kingyo が稼働できなくなった際、学校側が太陽光発電で、教室の灯りをつけた。ただ、バラティバワンサイトでは約 10km にわたる水路が急にメンテナンスに入ったり、避雷針がないため落雷によるサージ電圧で村全体の電子機器（パソコン、電話、太陽光発電のインバーター）が破壊されたりするなど、新興国ならではのアクシデントが多発した。国家としてのインフラの整備が必要とされている。

イ) 盗難のリスク

各コミュニティの中から維持管理者を育てる必要があるが、これまでの調査で、ネパールではコミュニティに結束力が強くあることが分かった。組織の長によってコミュニティがどのように管理されているのか今後詳しく調査を行い、機材を住民主体で維持管理するシステムを構築していく。また、Cappa の稼働ポイントの周辺状況やコミュニティの特性によってハード面での対策をカスタマイズする必要がある。例えば、外部から人のアクセスが頻繁にある場所においては、製品をチェーン等で固定する、柵で囲う等の対策も検討する。

なお、ネパールでは今、多くの地域で森林利用グループがあり、ネパールの自然破壊が進む中、公共の森を自分たちの持ち物のように大切にしていこうという考えが根付いており、住民組織意識が非常に高まっている。そのため地域の経営者達からは盗難の心配はほぼないだろうとの見解を得た。

盗難防止金属網やチェーンによる固定設置を行い、設置までの機器の保管においても施錠が可能な場所かつ特定の管理責任者がいる場所を選んでいる。設置サイトごとに以下のメンテナンス体制を敷いて、トレーニングを施し、地域ぐるみで製品を管理し、守っていくという意識付けと仕組みを構築した。さらに、チャンディカサイトにおいては、水路を作る工事の際に村人が水路資材の石を集め水路製造に労働力を提供したり、エコスクールを実施したりと、村全体で自分事化し所有意識を高めた。また、設置前と設置後の両方の段階において盗難・事故保険に加入した。

ウ) メンテナンス体制

これまでの調査の結果、導入機材の維持管理は技術的に対応可能であると判断されるが、公共物に対するメンテナンス意識の低さが課題である。水路などは使われ続けているもの

の、一度も掃除をせず、砂や泥が水底に溜まっているもの、周囲に植物が茂り水路がある事を確認出来ない場所等が存在した。EU から支援で導入された脱穀機は、3 つの村に導入された機械のうち、2 ヶ所は埃に埋もれ使われていない現状を確認した。管理が行き届いた施設と行き届いていない施設の違いは、管理者が主体的であるか否かの差であったことから、専門家や NGO 主導のファシリテーションによって、管理者・使用住民に対して維持管理の意識付けを行うことが重要であると考えられる。

本事業においては、メンテナンス体制の構築は活動 2-2～2-5 において構築した。

エ) 現地規制に関するリスク

これまでの政府機関や民間団体を対象としたヒアリング調査では、Cappa 及び Kingyo の設置は現時点での電力関係の規制の対象外とのコメントを得ている。今後の調査で根拠となる政令の特定に努めるとともに、事業の実施に当たっては規制の新設・改訂に注意することとする。一方で、水路の利用やコミュニティ内への施設の設置については、地域によって複数の許認可を取るよう求められる可能性がある。今後パイロットサイトの調査を実施する際には現地関係者から十分な情報収集を行う必要がある。

本事業においては、Cappa 及び Kingyo の設置は現時点での電力関係の規制の対象外であるが、設置に関しては設置場所を管理する団体（主に学校や寺院）と地域により異なる場合もあるが主に区・地域コミュニティ・AEPC 地域センターの承認のもと、必ず書面で MoU を締結した。また、現地で非常に評価の高い JICA による公的機関への導入プロジェクトであるため、導入先も関連機関も好意的で協力的であった。

なお、模倣リスクについてはネパール国内の材料入手の困難性や技術水準の現状より極めて低いと考えている。また、技術の中核となる部品についてはそもそもネパールで困難なためネパールへ製造を移管しない方向で検討していることから、製品の模倣は極めて困難と判断している。

ビジネス展開時のリスクへの対応については、必要に応じて国際弁護士を通し、現地事業者等と契約するなど、リスク軽減を行う。

（３）普及・実証において検討した事業化による開発効果

事業化における開発効果については、これまで検討した 2 つの事業フェーズそれぞれについて検討することとする。

普及・実証事業で実施した結果に基づいて、今後のビジネス展開を検討している。そのビジネスを実施した際の開発効果を以下のように考えている。

➤ 先端技術による電力へのアクセスの向上

電化が安定していなかった地域が、Cappa や Kingyo が設置されることで電力へアクセスしやすくなり、電気を必要とする機器の活用が容易になるなど、生活環境のレベルが向上した。

➤ 児童・生徒の学習環境の向上

普及・実証事業が行う前では電力へのアクセスが十分でなかった地域が、Cappa や Kingyo の電力を使うことで、教室の照明や継続した Wi-Fi の利用が可能になるなど、便益を享受できるようになった。

➤ 地域コミュニティ力の向上

維持管理体制の構築のため、地域の様々な団体（SMC、女性団体、若者団体など）が議論でき、地域の方向性について住民が主体的に検討する機会が増えた。

➤ 製造企業への技術移転

製造技術だけでなく、調達技術、情報管理技術、品質管理技術などを伝授することで、モノづくり人材の育成が行われた。それにより、現地雇用創出と出稼ぎ単純労働人材流出の低減にも効果があると考えられる。

➤ 政策に携わる人材の育成

AEPC のような政府職員が本邦研修に参加し、日本のものづくり技術や再生可能エネルギーの活用を学んだことで、ネパールの電化や再生可能エネルギーの関連政策・施策の策定に携わる、高度人材の育成に貢献した。

(4) 本事業から得られた教訓と提言

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

- 公募での提案で実現性の高い事業計画を提案するために、公募開始までに自社で事前調査を実施し、自社製品の強みを生かした市場の選択を行うとともに、プロジェクト実施予定国での自社製品に関連する法規制、事業展開を検討するうえでリレーション構築が必要となる政府関係機関等の整理、自社調査と公費を活用した調査との連動など、事前に事業実施準備を進めておくことが事業採択後の円滑なプロジェクト実施に繋がる。
- ネパールのように多くの国際援助機関が入っている途上国では、住民主体の活動をいかに根付かせるかが重要になる。民族性や現地住民の気質を十分に理解した人材によるトレーニングやファシリテーションが必要である。そうでないと外部者からの押し付けとして活動が定着しないばかりか、活動の見返りの要求等のトラブルを起こしかねない。
- JICA の事業とは言え、JICA に依存し過ぎると事業展開は難しくなる。JICA やコンサルタントにはそれぞれの役割があるので、その役割の範囲内において適時、サポートやアドバイスをしてもらう考え方が必要である。
- 実際、どの様なトラブルが起こるか分からないが、事前に多くの想定トラブルのシミュレーションをしておき、トラブル対応のための現地の情報を多く集めておくことと、やはり人的ネットワークを構築しておくことが大事である。想定外のトラブルでもこれらの準備は役に立つ。
- 国外においては、日本の基準で物事を捉えたり、考え方を押し付けたりせず、常に状況に応じて柔軟に対応していく姿勢で取り組むことが大事である。
- 初めての海外事業であったが、本事業を通して組織力は大きく強化することが出来た。今回の経験は、これからの海外事業において、現地で対応していくための社員教育効果としては大きく、現地対応力は非常に向上した。

② ネパールでの事業環境

- 物事を進める際には、現地でのコミュニケーションや交渉、商習慣に慣れた人材を通して行うことで、現地で取りうる選択肢の多さが変わってくる。
- ネパールでの製造業で人材を探す際には、専門性を必要としない分野は高卒者、専門性を有する分野の高度エンジニアは大卒者が良いと考える。
- 民族ごとに業種や協力し合うグループが分かれており、多くのサプライヤーに仕事を発注してまとめ上げるような形態はみられない。同じ民族集団内で物事を進めようとする傾向が強く、留意すべき点である。

- 業務に様々な仕事内容が含まれる際には、地域側に仕事を丸投げするのではなく、コミュニケーションを通して必要な作業内容を理解をしてもらい、作業がより円滑に回るシステムを共に構築していく必要がある。
- 電気に関する基礎的な知識を持たない人が多く、安全面においては危険を感じるが多かった。分かり易い内容で根気強く説明することが必要と考える。
- 言い争いを避ける傾向がある多民族国家なので、喧嘩腰に言うと言物が先に進まない。柔らかな発言や姿勢、誰からどのように伝えるかなどのアプローチに工夫が必要である。
- 中国やインドから輸入されている電化製品の多くの記載は信頼性に欠ける。例えば、電球の出力量を日本で検証したところ、ほぼ全てが記載された出力でなかった。また、コンセントターミナルの耐電流は10分の1であり、分解すると接触不良の銅線などが数多くあった。現地調達品は記載内容を鵜呑みにしないでよく確認をして使用しないと、安全性や信頼性に欠けた不良品が多く余計な出費が余儀なくされ、苦勞する。
- 故障などが多いことから、はんだ付け等電器品の簡易修理ができる人間が現地に常時いた方がよい。
- 物の扱いが雑でありマニュアル等は読まず無視する傾向があるため、機器がすぐ壊される危険性がある。

③ JICA や政府関係機関に向けた提言

ア) 改善されると良い点

- 機器の盗難保険を加入する際に、機器の所有権が JICA 側にあるが、保険契約者が普及・実証実施企業になり、保険に加入する際に保険会社に理解してもらうことが難しかった。
- 加入すべき海外保険に関して、特に治療と緊急搬送などの保険は無制限のものを強制加入としてもよいのではないかと。特に、ネパールで事故等あった際、日本と同じ医療を受けるには、最寄りのバンコクに搬送となる。最寄りに非常時対応できる医療機関のない国での事業には、緊急搬送と入院治療無制限でよいのではないかと。
- ネパールの省庁の行政官に対して、メールや電話で連絡を行っても返事を得られないことが多いため、現地の事務所に行って待ち続けないと話が進まない状況になる。茨城製作所のメンバーは JICA の業務の一環として中央省庁の関係者にアポイントメントを取ることができ、人間関係を構築することができた。日本企業が JICA などの日本国政府機関の支援なく、独自でネパールにおいて事業を行う場合には、初期段階の人間関係の構築が難しいことが予想でき、ビジネス展開が困難になる。このため、企業が必要としているネパール人紹介を日本国政府機関が行うなど、ネパールにおける人的ネットワーク構築支援があるとよい。

イ) 良かった点

- 茨城製作所は、案件化調査の際から JICA と日本大使館と関係構築を行い、両機関との信頼関係を培ってきた。それにより、ネパール政府機関や国際機関などを紹介いただき、先方からは門前払いもされず、真摯な対応を受けた。また、ネットワーク作りと信頼関係構築にも役立った。
- JICA からの資金面でのサポートは、ネパールでの継続した事業を行っていくにあたり、不可欠な点であった。
- 本事業について茨城大学等学校機関でセミナーを行う事が多数あり、その際、感銘を受けた学生自ら後日希望を出し、直接弊社を訪れることがあり、学生と企業の間で相互の関係が深まった。
- 本業務の途中経過や成果の説明を茨城県等で実施したことで、地域の企業から業務連携の検討依頼や、地銀からの別事業への融資検討など、地域での協業・協働への好循環が生まれている。
- JICA から内閣府に対して、茨城製作所の事業内容を紹介していただき、国際的なメディアへの広報活動に尽力いただいた。その結果、ユーロニュースなどの影響力のあるメディアに取り上げられ、事業や機器の認知拡大につながった。また、国内の既存の協力関係企業からの信頼が上がり、受注に繋がった。
- 今回、加害者側 100%過失の交通事故に最後の最後に遭遇した。絶命の危機ある事故であったが、JICA、在ネパール日本大使館、外務省が連携し救援活動をサポートしていただき、その後も入院、治療でのデータ取得と日本の専門医と連携したアドバイス、保険会社との交渉サポート、帰国手配、日本の病院の手配と調整、日本の家族のサポートと、真摯に尽力いただいた。
- 海外初めて、パスポート取得も初めての社員が何人もいたが、海外で実際に経験したこと（見知らぬ環境下での仕事、外国人とのコミュニケーション、異なる生活）から、多くの学びと経験があり、短い間に社員が著しく成長した。
- 他民族国家という国ネパールで、日本ではないコミュニケーションの感覚や、実際に仕事を進めて行くのに注意しなければならない点など学ぶことができた。
- 茨城製作所において、海外で事業を行う際に必要な一連の流れ（人脈構築方法、海外輸送、MoU などの契約書類の英文書き方、政府への対応方法など、許認可方法など）を習得することができた。

④ AEPC やネパール側に対しての提言

- ネパールでの教育課程において、再生可能エネルギーについて取り扱いがあればよい。それをきっかけとして、Cappa や Kingyo について伝えることができる。
- 教育省へのヒアリングの際に、非電化地域では 9 年生以上で必須となっている技術教育（パソコンなどを用いた授業）が行えていない、という現状を聞いた。教育省が

実施している技術教育のパイロット地域があるので、教育省と連携してそれらの地域の教育環境改善のプロジェクトに茨城製作所が関与できるとよい。



図 30 茨城製作所のメディア登場回数

出所：JICA 調査団作成

参考文献

World Bank Open Data	世界銀行
Nepal Electricity Authority Annual Report, August 2017	NEA
ODA が見える。わかる。ODA 見える化サイト	JICA
First Draft – Feasibility Study on the Himalaya-Hindu Kush Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency	ICIMOD, Global Network, UNIDO
AEPC Website	AEPC
ネパール投資ガイド	ネパール投資庁、ネパール政府産業省

Alternative Energy Promotion Center
(AEPC)

Summary Report

Nepal

Pilot Program with the Private Sector for
Disseminating Japanese Technologies for
Introducing Small Hydro-Kinetic Power
Generator to the Himalayan Rural Area
to Improve Living Standard

April, 2019

ibasei, Ltd.

1.BACKGROUND

Nepal is a country with high potential of renewal energy such as hydro, solar and wind power. The energy system of Nepal, however, excessively depends on fossil fuels. Thus, alternative energy sources need to be explored to solve the present energy crisis of the country. The promotion of alternative energy as a mainstream supply to rural area is critical for the development of the country.

ibasei, Ltd. (hereinafter “ibasei”) has developed a compact pico-hydrokinetic power generator called “Cappa”, which generates electric power and can be used in a river or a water channel. Introduction of this innovative Japanese technology and transfer and dissemination of the technology to the local community and industry became beneficial for the development of rural areas and industry of Nepal.

AEPC is working for the promotion and development of alternative and renewable energy technologies for raising the living standards of the people in rural areas and environmental protection in Nepal.

JICA is also introducing innovative technology to various countries though Japanese enterprises which possess technological resources in various fields that may assist in fulfilling societal needs and have a positive impact on the social welfare of the countries.

ibasei conducted this verification survey (“the Survey”) for the dissemination and the establishment of the Japanese technology of pico-hydrokinetic power generator jointly with AEPC and JICA for the improvement of living standard in rural areas of Nepal.

2.OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME’S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

Through the actual installation and operation of “Cappa” and “Kingyo” in non-electrified area and/or the area with unstable power supply, the benefit of “Cappa” and “Kingyo” for living-standard improvements in rural area is verified and clarified some of the the issues around the transfer, scale-up and dissemination of their technology.

(2) Activities

Output 1.

"Cappa" and "Kingyo" are installed in schools/public facilities and start generating power.

Activities for Output 1

- 1-1. Specified project sites and develop the system of "Cappa" and "Kingyo" suitable for each project site.
- 1-2. Obtained necessary permission to install and operate "Cappa" and "Kingyo".
- 1-3. Exported and transported the generators and peripheral equipment to the project sites.
- 1-4. Prepared for water channels to install the generators, such as construction and repair, are completed by local communities.
- 1-5. Installed the generators to water channels and check whether they are running properly.

Output 2.

Operation and maintenance (O&M) systems are developed and the utilization models of "Cappa" and "Kingyo" in local communities are verified.

Activities for Output 2

- 2-1. AEPC appointed the System O&M supervisors.
- 2-2. Local management organizations (LMOs), such as school management committees, appointed the System operators.
- 2-3. Improved O&M knowledge and skills of the supervisors and operators through internal or external trainings including Knowledge Co-creation Program.
- 2-4. Operators transferred a "Cappa" depending on electricity demand and condition of water channels.
- 2-5. Operators maintained the generators according to O&M plan under instruction of supervisors and ibasei, Ltd.
- 2-6. Verified utilization system inside or outside school, for example lightning in morning, night or Tole Reading classes, and battery charging station for neighboring residents.

Output 3.

Economical local production model is evaluated through the partial transfer of the production processes to local manufacturers in Nepal.

Activities for Output 3

- 3-1. Implemented technical transfer of the production processes of some parts to local manufacturer.
- 3-2. Local manufacturer produced some parts.
- 3-3. Conducted trial operation of new "Cappa" model with made-in-Nepal parts.
- 3-4. Considered supply chain of some parts to lower the price of "Cappa".

Output 4.

Dissemination plans for "Cappa" and "Kingyo" in Nepal were developed.

Activities for Output 4

- 4-1. Conducted demonstration events for neighboring local communities.
- 4-2. Conducted demonstration events for local governments, potential business partners, and NGOs.
- 4-3. Implemented comparative test with home-use solar panel sold in Nepal.
- 4-4. Prepared dissemination plan and business strategy based on the results of above Activities.

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

① "Cappa"

"Cappa" is a pico hydro-kinetic power generator, with using the natural flowing water and does not require a water drop.

Output	160~200W
Size and Weight	W83cm×H67cm×L77cm, 57kg ; main body (approx.)
Target current speed	Average current flow speed 1.75m/s
Water level	Recommended no less than 110(W) × 50(H) cm



② "Kingyo"

"Kingyo" is a plastic-bottle-size hydro power generator, which requires 1.5m

waterfall to generate electricity. “Kingyo” only weighs 3.5kg.

Output	100W
Size and Weight (approx.)	W15cm×H15cm×L75cm 3.5kg
Minimum Water level	effective height more than 1.5m



Installation of “Cappa” and “Kingyo” is relatively simple operation compared with normal micro hydro power generators which require civil engineering works. Therefore, they are suitable for mountainous remote areas in Nepal. Also the mobility of “Cappa” and “Kingyo” is useful to adapt to the seasonal variability of water quantity by transferring the equipment itself for keeping effective power generation.

(4) Counterpart Organization

Counterpart Organization: Alternative Energy Promotion Center (hereinafter referred to as “AEPC”)

In addition, since this project was promoted in cooperation with government officials and local residents’ groups in Nepal, considerable experiences on information gathering, coordination for stakeholders, and project management is required.

(5) Target Area and Beneficiaries

Target Area:

- Kaski District,
- Shakharpur Municipality (Shankhu) in Kathmandu District.



Figure 1 Target Area

Beneficiaries:

- Students (about 600 people in total) of elementary school and secondary high school of Kaski District,
- Surrounding residents of the schools, and
- Earthquake victims of Shankhu, and Kathmandu District.

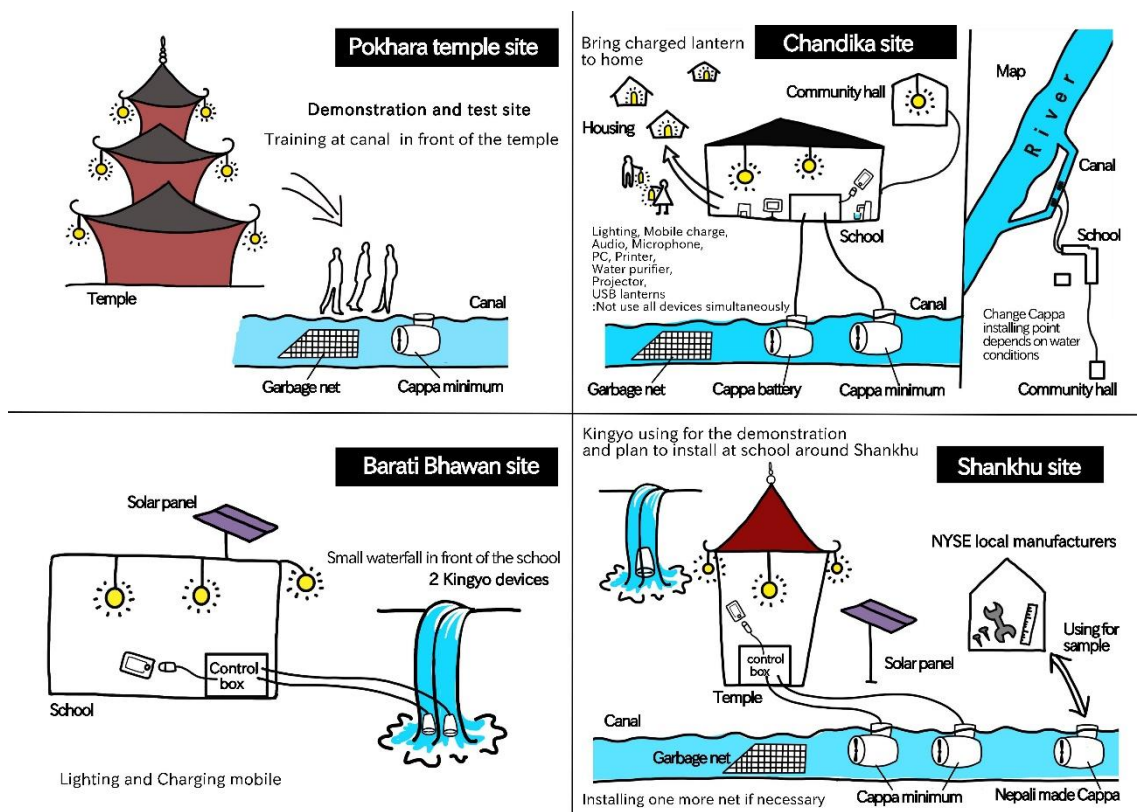
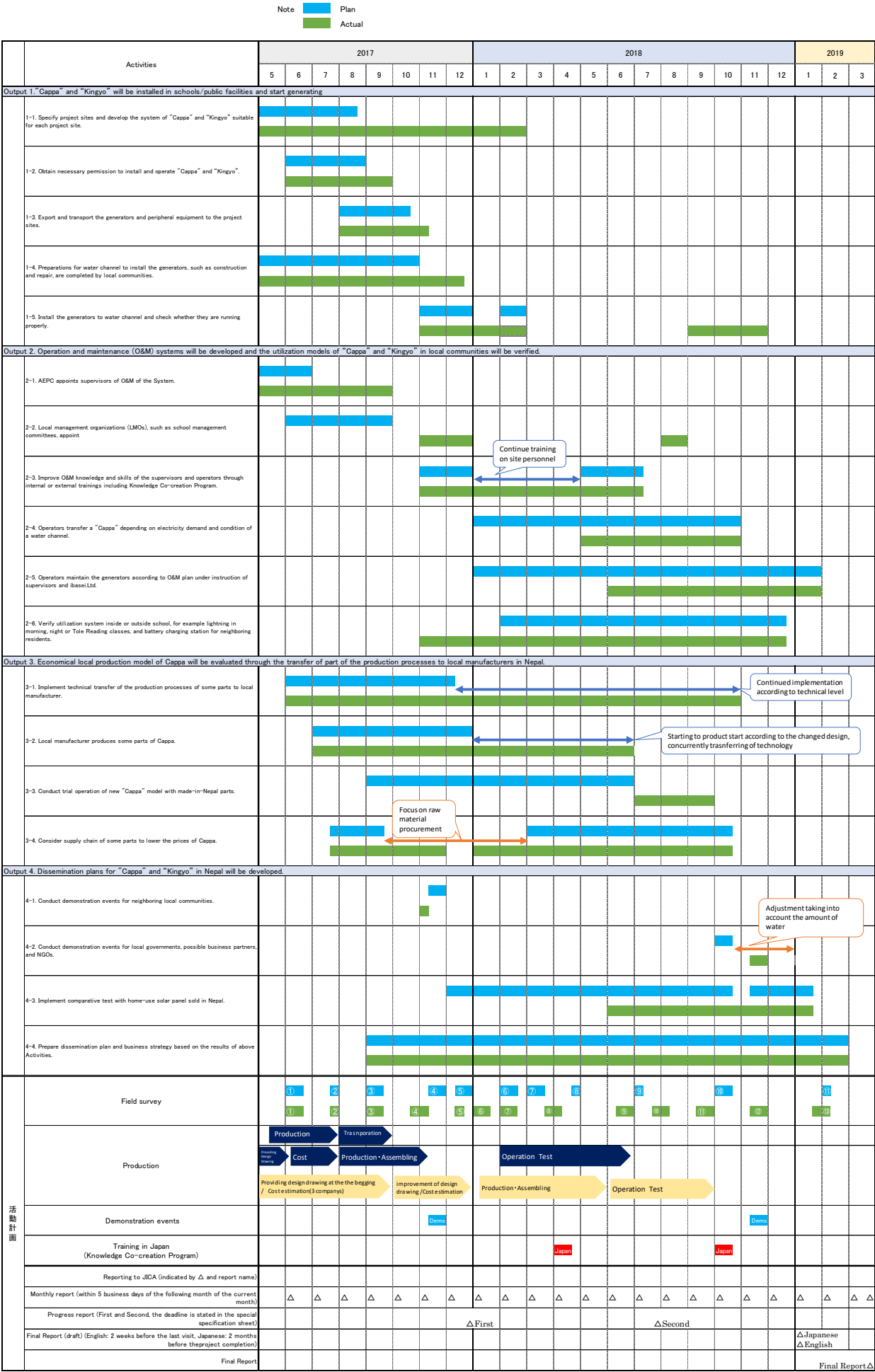


Figure 2 Layout of each site

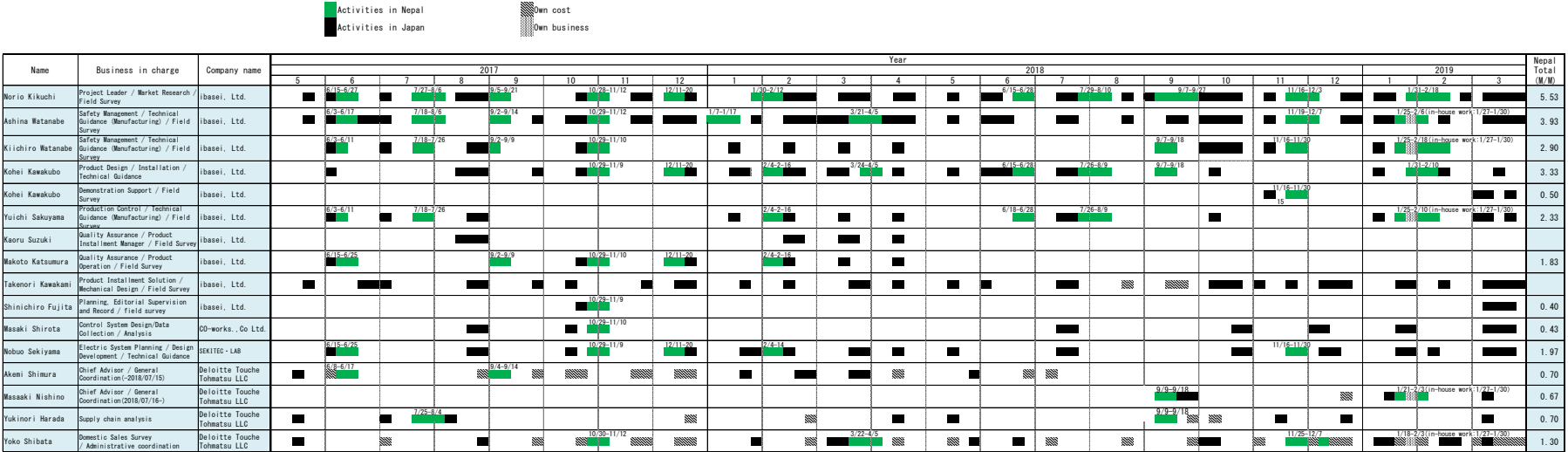
(6) Duration

From May 22, 2017 to May 31, 2019.

(7) Progress Schedule



(8) Manning Schedule



(9) Implementation System

Japan: JICA, ibasei, Ltd.

Nepal: AEPC, DCC (District Coordination Committee), VCC (Village Coordination Committee)

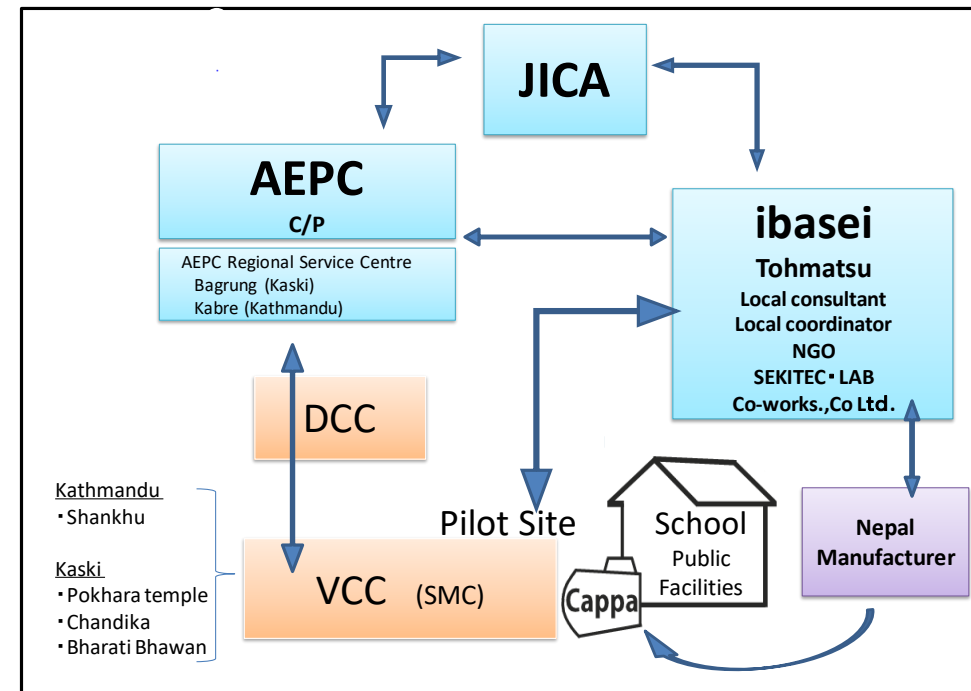


Figure 3 Project Implementation Structure

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

i. Output

We have evaluated that the following Project Outputs that have been achieved through trial-and-error, cooperation and coordination of many people such as local cooperators and Cappa introduction assistants. Especially, with regard to activities 3-1 to 3-4 corresponding to “Output 3: Economical local production model was evaluated through the partial transfer of the production processes to local manufacturers in Nepal”, we believe that we achieved big success such as being able to manufacture more parts than expected.

Some sites already have been in continuous using Cappa and Kingyo devices. When users require some parts replacement for maintenance purpose, demand for the Nepal made parts would be increased for the reason of cost and speed comparing to Japan made. In addition, a wide range of ideas was created through communication with the residents to increase the profit by utilizing the products

power. In order to ensure stable operation of the products, we continue to cooperate with local people and promote the spread of the products.

Output1: "Cappa" and "Kingyo" were installed in schools/public facilities and start generating power.

We selected 4 appropriate sites (2 schools and 2 temples) and installed a total of 6 Cappa and 3 Kingyo. Through the survey, water channels on each site were repaired or maintained by local people as needed. By installing equipment and generating electricity, schools, some of project sites, could provide lights in their rooms for children who had learned in dark place before installation of devices.

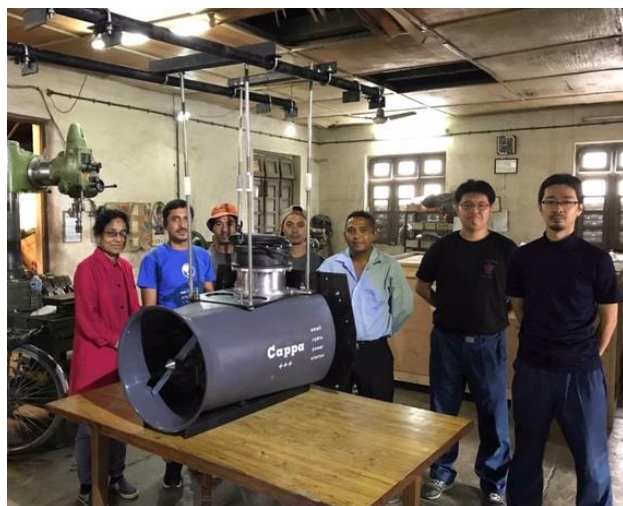
Output 2: Operation and maintenance (O&M) systems were developed and the utilization models of "Cappa" and "Kingyo" in local communities were verified.

At each site, maintenance training was provided to the local residents, and maintenance personnel were trained so that they could continue to operate Cappa or Kingyo by themselves even after the end of the survey.

In addition to that, two training sessions in Japan were conducted, and members of AEPC and other participants learned about the manufacturing process of Cappa and Kingyo and manufacturing industry of Japan.

Output 3: Economical local production model was evaluated through the partial transfer of the production processes to local manufacturers in Nepal.

Ibasei members taught and trained local manufacturers about processing technology to produce high quality parts. One of local manufacturers, NYSE, were able to make Cappa parts in Nepal. The local model Cappa was operated on the demonstration site.



Picture 1: Cappa made in Nepal with NYSE & ibasei members

Output 4: Dissemination plans for "Cappa" and "Kingyo" in Nepal was developed.

Compared with solar power in this project through making dissemination plans, it became clear that Cappa and Kingyo has the following advantages in terms of daily power generation (Wh) and price per Wh.

Tabel1: Comparison table of daily power generation (Wh) and price per Wh

	Output (W)	Generating Capacity per day (Wh)	Price (Yen)	Service life (year)	Price per Wh (Yen)
Cappa	200	3,840	1,400,000	20	18.2
Solar power	200	1,089	80,000	2~3	24.5
Kingyo	100	2,160	500,000	10	23.1
Solar power	100 W	545	40,000	2~3	24.5

ii. The main outcome

In order to secure electricity in rural areas where sufficient infrastructure has not been established, as a foothold to realize a sustainable society, we have carried out activities to stabilize operations of the products during the remaining project period. The quality of the place of learning in the school was improved among them, and the living environment was improved by the lantern.

Also, from the viewpoint of technology transfer, the local company and ibasei, Ltd. were able to produce prototype parts beyond the initial assumption, contributing to the development of advanced industrial human resources.

(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

In order to realize the sustainable use of the equipment, we established the equipment management committee at each demonstration site.

In addition, we concluded the MoU with AEPC RSC (Regional Service Center) about waterway use/construction implementation in each area under the jurisdiction of waterway management that was the installation site. It is assumed that a comprehensive management system by stakeholders in the region including the government that operates on business is constructed and responded. At this point, in the Pokhara temple site where products have been installed, temple is carrying out antitheft measures for products such as restoration of concrete walls in the product storage and installation of steel gratings, and construction of scaffolds for product installation. In addition, they

start to consider the purchase of additional trash nets and self-sustaining activities have started in some ward.

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business

Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

- i. Improvement of access to electricity by advanced technology after installation of Cappa and Kingyo, it became easier for people who live in area where electrification was not stable to access electric power and to use equipment that requires electricity. In fact, the level of living environment has improved.

- ii. Improvement of learning environment of children and students

People, who live in the area where there was no sufficient access to electric power before the extension and demonstration project, have accessed to classroom lighting and connected Wi-Fi by using the electric power Cappa and Kingyo.

- iii. Improvement of local community

Various organizations in the area (School Management Committee, women's organizations, youth organizations, etc.) were able to discuss the establishment of a maintenance management system. In addition, residents independently considered the directionality of their community more.

- iv. Technology transfer including back work to keep quality, from Japan to Nepal manufacturing companies

Training of manufacturing personnel was carried out by transferring not only manufacturing technology but also procurement, information management, quality control, safety management skills. It is considered to be effective in creating local jobs and way forward to reduce migrant workers.

- v. Development of human resources involved in policy

Government officials such as AEPC participated in training in Japan and learned how to use Japanese manufacturing technology and renewable energy. As a result, they contributed to the development of human resources who are involved in the development of relevant policies and measures for electrification and renewable energy in Nepal.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

Lessons Learned

- i. In terms of recruiting in Nepal, it is better to consider the customs. In general, many Nepali who graduates university are relatively wealthy. When looking for human resources in the manufacturing industry in Nepal, high school graduates are good for the fields who do not

require the expertise, and university graduates are good for the area that require the advanced engineering skills.

- ii. Since electric parts bought in Nepal tend to get trouble, it is better that a staff who can carry out simple repair such as soldering stay regularly at each side.
- iii. There is a risk that the equipment would be destroyed because the way people handle objects are rough and tendency to ignore manuals are found.

Recommendation

- i. To be able to create an environment in which government agencies and local governments in Nepal can cooperate for the project and work with local residents so that stakeholders can help each other.
- ii. AEPC and government in Nepal could introduce the project and generator to other organizations in Nepal.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

Nepal

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese technologies for Introducing Small Hydro-Kinetic Power Generator to the Himalayan Poverty Rural Area ibasei.Ltd, Hitachi, Ibaraki, Japan

Concerned Development Issues in Nepal

- The long-term target of the Government of Nepal is to become a middle-income country by 2030, but the electrification rate reaches only 74%.
- There are many non-electrified areas and power shortage areas in the mountains and rural areas, and it is hindrance to implement lessons at schools and literacy classes.

Implemented Activities in the Survey

- Pilot program
Install "Cappa" and "Kingyo" to 2 schools for a year, aiming to establish community based Operation and maintenance (O&M) system.
- Demonstration
Conduct demonstration events to disseminate the generators.
- Trial operation
Implement technical transfer of the production processes of some parts to local manufacturers. Conduct trial operation of new "Cappa" model with the made-in-Nepal parts.

Proposed Products/Technologies



small hydro-kinetic power generator "Cappa" and "Kingyo"

- "Cappa" is a pico hydro-kinetic power generator, with using flowing water and does not require a water drop.
- "Kingyo" is a plastic-bottle-size hydro power generator, which requires 1.5m waterfall to generate electricity.
- Both are independent power sources, and don't require civil engineering works for installation.

Survey Overview

Name of Counterpart: AEP
(Alternative Energy Promotion Center)
Survey duration: from May 2017 to May 2019
Survey Area: Kathmandu and Kaski

Impact on the Concerned Development Issues in Nepal

- By installment of the generators to schools and public facilities in electricity-unstable regions, a more stable power supply is secured.
- Improvement of the learning environment by the lighting and power supply necessary for education (personal computers etc.) will encourage expansion and quality improvement of educational services.
- Living standard will be improved by night lighting and charging of mobile phones.

Outputs and Outcomes of the Survey

As is

- By technology transfer to local manufacturers through the survey, manufacturing multiple parts is possible in Nepal.
- In cooperation with universities, government agencies, NGOs, etc. inside and outside Japan, continued dissemination of Cappa and Kingyo is taken place.

Hereafter

- Establish developing-country-model system including operation and management in Nepal and set up a business base at the same time.
- Aim to manufacture and sell Cappa and Kingyo in Nepal as well as other Asian countries. Aim to sell Cappa battery models in Europe and North America.