

平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業
(本邦技術活用等途上国支援推進事業) 委託費
「案件化調査」

ファイナル・レポート

ミャンマー国

小水力発電技術の案件化調査

平成26年3月
(2014年)

株式会社北陸精機・国際建設技術協会共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、株式会社北陸精機・国際建設技術協会共同企業が実施した平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費（案件化調査）の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

報告書 目次

プロジェクト対象地域位置図

巻頭写真

略語表

要旨

はじめに

第1章	対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認.....	1-1
1.1	対象国の政治・経済の概況.....	1-1
1.2	対象国の対象分野における開発課題の現状.....	1-1
1.2.1	ミャンマー国における電力状況.....	1-1
1.2.2	発電方法の転換.....	1-3
1.2.3	地方電化の状況.....	1-4
1.2.4	小水力(100KW以下)発電のニーズ.....	1-4
1.2.5	小水力発電分野の現状.....	1-5
1.2.6	その他.....	1-7
1.3	対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度.....	1-7
1.4	対象国の対象分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析.....	1-7
第2章	提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し.....	2-1
2.1	提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み.....	2-1
2.1.1	業界分析、提案企業の業界における位置づけ.....	2-1
2.1.2	ミャンマー国製品との比較、類似製品・技術の概況.....	2-1
2.1.3	提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み.....	2-3
2.2	事業展開における海外進出の位置付け.....	2-5
2.2.1	提案企業の事業開発方針.....	2-5
2.2.2	経緯・背景.....	2-7
2.3	海外進出による日本国内地域経済への貢献.....	2-7
2.4	想定する事業の仕組み.....	2-8
2.5	想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール.....	2-9
2.5.1	現地パートナーの確保状況及び見通し.....	2-9
2.5.2	普及・販売等に関する具体的なスケジュール、課題等.....	2-10
2.6	リスクへの対応.....	2-10
第3章	製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動	

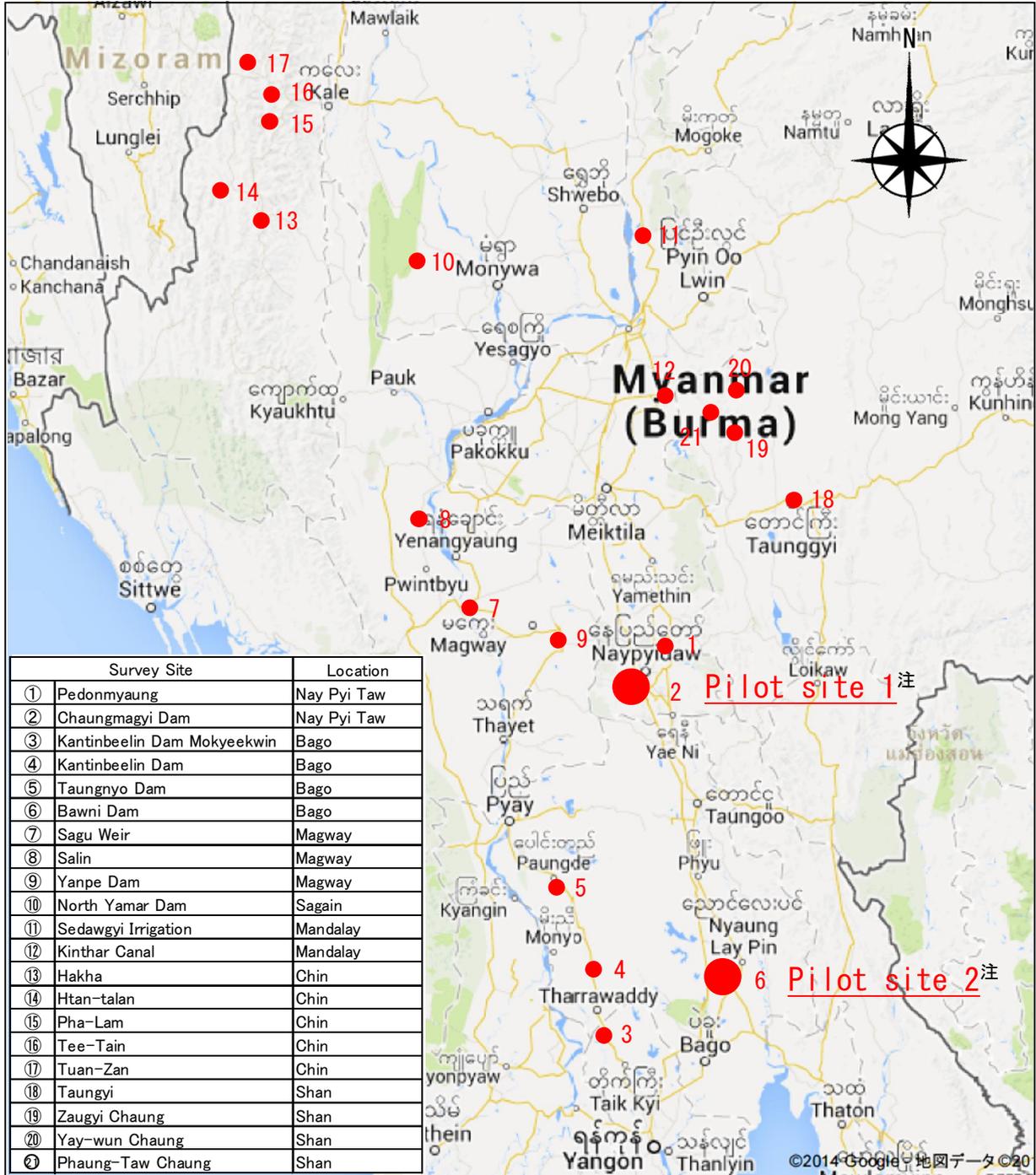
	(実証・パイロット調査)	3-1
3.1	製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動(実証・パイロット調査)の概要	3-1
3.2	案件化調査結果の概要.....	3-1
3.3	採算性の検討.....	3-4
第4章	ODA案件化による対象国における開発効果及び 提案企業の事業展開に係る効果.....	4-1
4.1	提案製品・技術と開発課題の整合性.....	4-1
4.2	ODA案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・普及による開発効果.....	4-4
4.3	ODA案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果	4-6
第5章	ODA案件概要.....	5-1
5.1	ODA案件概要.....	5-1
5.2	具体的な協力内容及び開発効果.....	5-1
5.2.1	具体的な協力内容.....	5-1
5.2.2	案件の目標・成果.....	5-3
5.2.3	先方実施機関（カウンターパート機関）と実施体制.....	5-3
5.2.4	スケジュール.....	5-4
5.2.5	概算金額.....	5-4
5.3	他ODA案件との連携可能性.....	5-5
5.4	その他関連情報.....	5-5

【現地調査資料】

1. 面談記録（先方政府、関係機関等）
2. 調査時の写真
3. 収集資料

【英文要約】

プロジェクト対象地域位置図



注：Pilot site 1及び2は民間提案型普及・実証事業の予定サイト

巻頭写真

	
<p>IDとの会議(ネピドー)</p>	<p>IDの関係者(右 : Deputy Director General)</p>
	
<p>パイロットサイト1 (ネピドー市郊外)</p>	<p>パイロットサイト2 (バゴー市北方)</p>
 <p>マイクロ水力発電機 パワーアルキメデス Power Archimedes 小さな発電機から、環境への大きな一歩。 ふるさとの水が CO₂排出ゼロのエネルギーをつくれます。</p>	
<p>小水力発電設備 (提案製品)</p>	<p>同左全景</p>
	
<p>小水力発電 (ID、ネピドー市郊外)</p>	<p>同左の計器板</p>



小発電水力設備(ID、バゴ市南方)



同左のチューブラ水車



IDヤンゴンWorkshop



同左で製作されたプロペラ水車



トライアングル・リンクス社
(Phase 3のパートナー)との会議



同左のWorkshop



シャン州における小水力発電(中国製)



電気店で売られている発電機器 (3-5KWh)

略語表

略語	英文表記	日本語表記
組織		
DEP	Department of Electric Power of MOEP	電力省電力局
DHP	Department of Hydroelectric Power of MOEP	電力省水力総局
ID	Irrigation Department of MOAI	農業灌漑省灌漑局
TTC	Technical Training Center of ID	灌漑局灌漑技術センター
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MELC	Myanmar Electric Light Co-operative Society Ltd.	ミャンマー電灯共同組合
MEPE	Myanmar Electric Power Enterprise	ミャンマー電力公社
MOAI	Ministry of Agriculture and Irrigation	農業灌漑省
MOE	Ministry of Cooperatives	共同組合省
MOE	Ministry of Energy	エネルギー省
MOEP	Ministry of Electric Power	電力省
MOF	Ministry of Forestry	林業省
MOFA	Ministry of Foreign Affairs	外務省
MOI	Ministry of Industry	工業省
NEDO	New Energy & Industrial Technology Development Organization, Japan	日本新エネルギー・産業技術総合開発機構
VEC	Village Electrification Committee	村落電化委員会
VPDC	Village Peace and Development Council	村落平和発展評議会
経済・財務		
FS	Feasibility Study	フィージビリティ調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GRDP	Gross Regional Domestic Product	国内地域総生産
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
MP	Master Plan	マスタープラン
単位		
KWh	Kilo-Watt-hour	
MWh	Mega-Watt-hour (103KWh)	
MJ	Mega-Joule (106J)	
K	Currency unit of Myanmar (Kyat)	
その他		
BCZ	Battery Charging Station	バッテリー充電所
CDZ	Central Dry Zone	中央乾燥地帯
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
OJT	On-the-Job-Training	実地訓練
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
R&D	Research and Development	研究開発
RE	Rural Electrification	地方電化
SHS	Solar Home System	太陽光発電家庭電化システム

要旨

1. ミャンマー国における開発課題の現状とニーズの確認

1.1 開発課題の現状

2013年5月に安倍首相が公式訪問した際に、ミャンマー連邦共和国（以下、ミャンマー国）に対する支援として「少数民族支援を含む民生向上・貧困削減」「持続的発展のためのインフラ整備」を掲げている。電力インフラ整備は、慢性化した電力不足に加え、全人口の70%を占める地方農村部の電化が極端に遅れている(世帯電化率16%:The New Energy Architecture: Myanmar Report 2013、無電化農村数45,000村：インタビュー結果)。

2011年3月の民政移管以降、政府は積極的な改革政策を着実に実施してきている。今後の経済発展を見据えると、電力需要も格段に高まることが予想される。

これまで水力発電所を中心に、新規水力発電の開発が進められてきていたが、ミッソダム建設の凍結、政府の資金的な制約、ガス・石炭火力発電においては現有施設の老朽化、発電に必要な燃料不足等の背景もあり、新たな電力供給の確保には至っていない。

特に3月～6月においては、水力発電所の発電量の減少にともない、計画停電が実施されてきたように、安定した電力の供給が喫緊の課題である。

今回の開発課題である小水力発電分野では、大統領の特命を受けた農村部の無電化対策の一端として、農業灌漑省灌漑局（Irrigation Department、以下ID）が、自らが管理する溜池ダム直下の灌漑用水路を利用した小水力発電(主として発電出力100KW以下)を展開中にある(下表参照)。2013年において約100基が稼働している。発電された電力は集落に対し電灯使用に限定し無料で配電している。このように無電化集落の解消策としてIDや民間企業が小水力発電機器を小規模ながら製造、設置している。しかしながら電化率の向上には程遠い状況にあり、まず第一歩を踏み出した幕開けの段階と言える。

IDによる設置済みマイクロ（20KW以下）、ミニ(20KW以上)発電の状況

	Project Site	No. of Installed Units		No. of Household	Installed Capacity (KW)
		Micro	Mini		
1	Nay Phi Taw	2		150	30
2	Yangon Division	2		100	8
3	Mandalay Division	23		3,350	302
4	Ayeywaddy Division	28	1	2,000	740
5	Sagaing Division	4	1	600	284
6	Bago Division	8	2	1,050	236
7	Magway Division	11	1	1,900	204
8	Thaninharyi Division	4		150	22
9	Southern Shan State	13	1	1,000	192
10	Northern Shan State		3	1,500	500
11	Kyar State	2		100	8
12	Mon State	2		150	9
13	Rakhine State		2	800	180
14	Chin State		1	1,100	600
15	Kayin State	1		50	5
	Total	100	12	14,000	3,320

Data source: Irrigation Department(IDによるMicro(20kW以下)、Mini(20kW以上)区分

我が国が既に協力しているバルーチャン第2発電所の補修、ヤンゴン地区の変電設備のリハビリ等に加え、クリーンな水力を用いた発電が電化率の向上に大いに寄与できると期待されている。

1.2 小水力(100 KW以下)発電のニーズ

上述したように、農業灌漑省IDが管理する溜池ダムが全国に点在している。その数は2013年時点で239カ所 (Outline of Irrigation Department)となっている。今回の現地調査でも用水路、溪流を対象とした40カ所以上のサイトを踏査したが、いずれのサイトでもその周辺には無電化集落が存在しており、案内役のID職員からすべての集落が電力の供給を切望している、と報告を受けた。農村部における無電化集落の解消という課題に対し、生活環境の改善(特に夜間における子供の勉強、コミュニティーの集会、会議など)、農業の生産性向上、貧困削減を目指した小水力による電力供給のニーズは極めて高い。

とりわけ流量の安定している上述したダムからの灌漑用水路の落差工を利用すると、小水力発電設備を最小限の土木工事費で据付可能であり、周辺には無電化集落が存在していることもあり、低コストでの小水力発電に好都合な条件が整っている。

2. 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2.1 提案企業の技術の活用性

ミャンマー国における機器の設計・製造は、小水力発電に係る技術基準、ガイドラインが未整備の中で独自の手法で実施している。



IDによる小水力発電(ネピドー市郊外)



IDによる小水力発電（バゴー州南方、Ma Mya Dam下流域）

今回のIDや地方政府との協議、IDによる既設発電施設の視察(日本側のコメントを要請)、パイロットサイト選定現地踏査などを通じて得られた問題、課題を纏めると以下のとおりである。

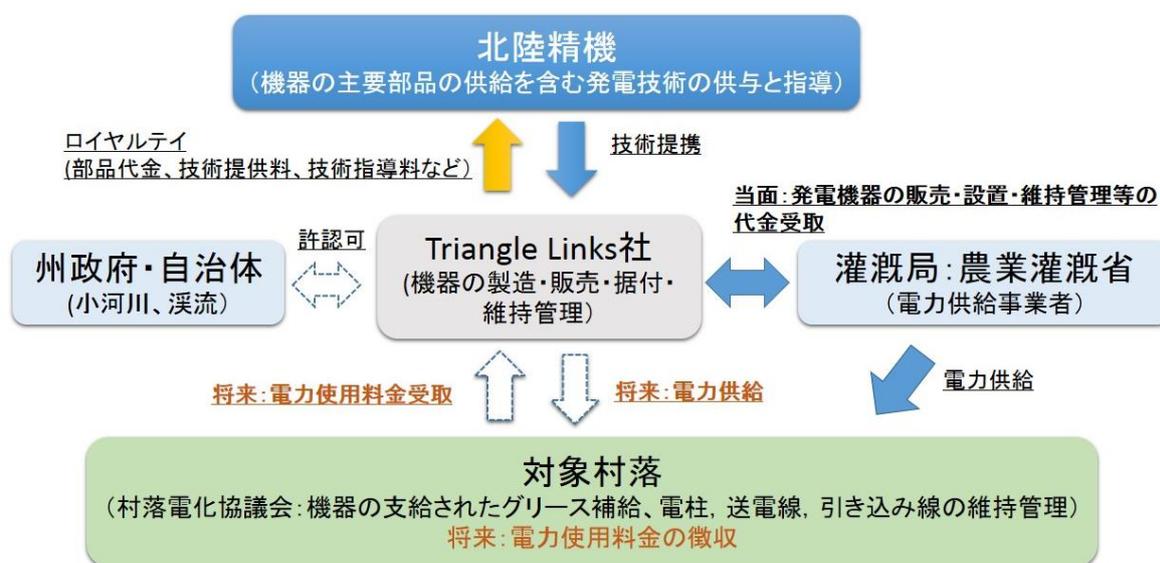
- 1) 水路前面のゴミ排除、
- 2) プロペラへの水量調節が無く不安定なプロペラ回転数、
- 3) ベアリングの磨耗(水密性の不足)による回転数の低下、軸ぶれ、
- 4) 機器の短寿命（機械加工技術の不足、鉄、鋼の質の悪さ）
- 5) 維持管理の手法と体制や効率の測定、技術者の育成、などの今後に向けた課題、他。

以上がミャンマー国側の今後の小水力発電技術の向上に際しての技術的な隘路となっている。ミャンマー国側の「倦まず弛まず」の心掛けのもと、北陸精機のこれまでに培った技術・経験・知識（提案する製品・技術、図面作成、材質、機器の製造、図面のデータバンク化、維持管理、図面に基づく補修）が、小水力発電の全工程において活用可能であり、これらの技術的隘路を克服し、北陸精機のビジネス展開が可能であると考えている。ミャンマー国側の開発課題である無電化集落の解消、小水力発電技術の質的な改善にも多いに寄与している。

2.2 将来的な事業展開の見通し(Phase 3)

北陸精機はミャンマー国における小水力発電の普及については、Phase 1では小水力発電技術の案件化調査を実施し、Phase 2では小水力発電の民間提案型普及・実証事業、Phase 3では北陸精機による事業展開を予定している。電力グリッドでカバーされない無電化農村集落の生活環境の改善と農業生産性の向上は、ミャンマー国政府の至上命令でもあることから、小水力発電へのニーズは極めて高い。このような中で、将来的なPhase 3では、灌漑用水路、あるいは溪流などを対象に、北陸精機の有する技術、経験、知見を活用した小水力発電の事業展開が有望である。

現地企業と技術提携することにより、機器の現地生産・販売・据付・維持管理、技術者の育成、などのビジネスモデルを想定している。現地部品を活用した現地生産による機器の製造を具体化することにより、ミャンマー国側の発電設備の「高効率化」、「長寿命化」、「低コスト化」、これらを支えるための「維持管理体制の構築」、などを検討して行く。これにより全国に散らばる無電化集落の解消に向けた発電設備を普及するためのビジネス展開が大いに期待できる。我が国としても、これら優位技術の活用によりミャンマー国の無電化集落の解消に大きく寄与、貢献できる。現時点での将来的なビジネスモデル・事業展開体制を以下に示した。



Phase 3におけるビジネスモデルと事業展開体制

現時点で想定しているミャンマー国側のパートナーも、設計手法が未確立、基準やガイドラインが未整備の中で独自の手法によって小規模ではあるが、自前の機器を製造・販売している。技術の底上げ、設備の発電効率の向上を見据えて、このような技術的な提携関係を歓迎している。加えて北陸精機においては、今後の事業展開を踏まえて、パートナーからの技能実習生の受け入れについても協議中である。また、現在想定される事業展開モデルの顧客としては、灌漑局ID、地方政府の各自治体、あるいは集落などが挙げられる。

3. 提案製品・技術に関する紹介、現地適合性検証活動

3.1 提案企業の技術・製品の紹介

北陸精機は昭和34年に創業し、地域に根ざしたモノづくりに携わり、機械の部品加工から始まり、現在は設備機械、発電設備を製造、設置、メンテナンスなど総合的に事業を展開している。加えて、社の所在する富山県では、産業振興に関して「新富山科学技術プラン」(平成19年度～27年度)を遂行中であり、「産・官・学」の力を結集し、科学技術施策を推進している。富山県立大学、石川県立大学との技術・製品の共同開発も行っている。2014年以降の事業展開では、①100-500 KWクラスの小水力発電機の開発と販売、②技術開発による価格の低減、③製品の内製化とメンテナンスサービスの強化、④海外事業の展開を掲げている。

今回提案した製品はプロペラ水車（立軸軸流水車）であるが、据付としては高落差タイプ、低落差タイプ、吊り下げタイプ、などに分類できる。



高落差タイプ



下水を利用した発電



吊り下げタイプ

これら製品は、クリーンで再生可能な水の力で作るエネルギーを供給する次世代エネルギーシステムの中核となるものである。「発電効率性が高いこと」、「用水路の落差工への設置により土木工事が大幅に削減：縦型スクルータイプ」、「メンテフリー：ただし磨耗するベアリングの定期的な交換と潤滑油の補給は必要」、「20年以上の安定的な稼動」など多くの特長をもち、「小水量・低落差で効率の高い安定した発電」が実現可能である。いずれにしても対象となる用水路、溪流などの地域特性に柔軟に対応した製品を提供できる。

3.2 現地適合性検証活動

本調査後のPhase 2で想定している民間提案型普及・実証事業では、上記3.1で紹介した製品・技術の現地適合性を検証する。発電機器設置後の2年次に検証する主なる事項は、稼動と配電状況、発電の効率性、安定性、他地域への適用性、コストの削減策、現地部品の活用性、維持管理手法と体制、電力料金徴収システム、昼間の余剰電力の利用法、他国製品との価格の比較検討、事業展開における総合的な競争力、などである。特に現地生産を目指す発電機器の製造費についてはどの程度まで現地部品を採用できるかの見極めが重要となるので、実証事業で部品の適合性、活用性を確認する。現地生産における現地部品調達率は水車、増速機、インバーター、コンバーター

など現時点では全体の約70%を想定している。

また普及活動では、将来的な事業展開では電力料金を徴収することとなるので、啓蒙活動（電気の利用、電気は無料ではない、集落住民に対するアンケートの実施など）にも十分に注力する予定である。

3.3 採算性の検討

提案製品（立軸軸流水車）は、長寿命(20年以上)、発電効率の高さ、安定した発電などの特長を持っている。ミャンマー国の今後の経済発展により高品質の電気が要求される時がやってくるのが想定されるが、これにも十分対応できる。

現在、日本では100万円/1KWであるが、事業展開に当たり、要求される電気の品質（当面電灯として利用）、加えて事業展開に向けた投資として40万円程度までのコストダウンが、トライアングル・リンクス社との提携による現地生産体制を構築すれば可能と考えている。コストダウンの要因としては人件費、性能に影響しない現地部品の採用、などが大きく影響してくる。上記3.2で述べたごとく現地部品の適合性、活用性については十二分に検証する予定である。

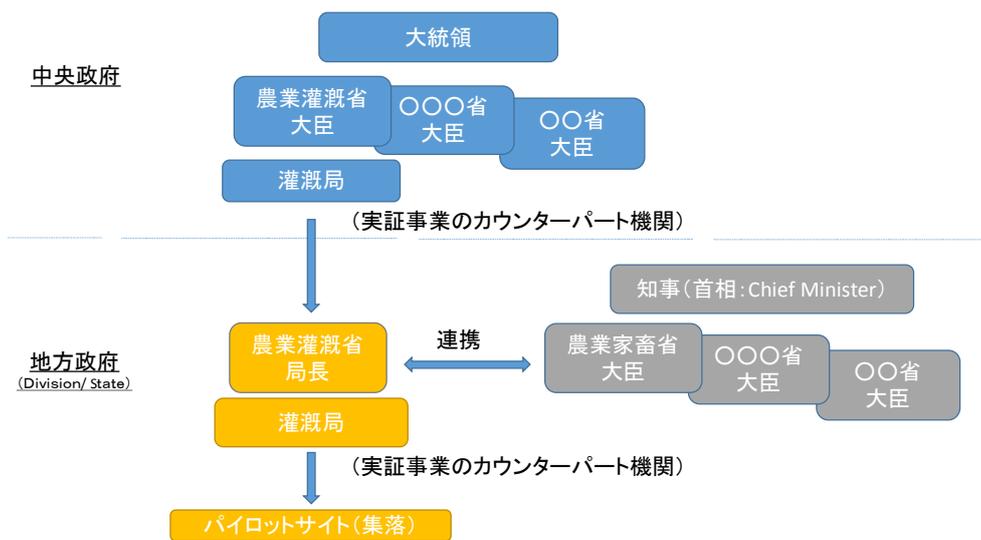
一方、ミャンマー国側でのコストは20万～40万程度となっている。短寿命、低い発電効率を考慮すればこれ以上の価格となる。以上から事業展開は可能と考えている。以上の採算性については総合的な競争力を含め、民間提案型普及・実証事業によって確認する。

4. ODA 案件化(Phase 2)によるミャンマー国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

4.1 ODA案件化（Phase 2）によるミャンマー国における開発効果

ミャンマー国においては、電化率の向上、安定した電力供給が急務であるが、小水力発電機器の設計手法が未確立であることなどは既に述べたようである。用水路を管理するIDでも、安定した流れのある灌漑用の用水路を活用した小水力発電事業を着手済みにある。自前の工場を全国に4ヵ所運営し、機器の製造（外部委託）、据付を手がけ、原則として“電灯に使用する”という前提のもとに無料で配電している。しかしながら基準やガイドラインが未整備の中で独自の手法での設計、製造であり維持管理手法・体制不足の中で、多くのMechanical Engineerが悩んでいる、と現地調査を通じて聴取・確認した。ミャンマー国側は、民間提案型普及・実証事業の全工程において日本側との協働作業を、とIDのDeputy Director Generalから強く要請されている。

従って、次段階のPhase 2においては農業灌漑省のIDをカウンターパートとして、流量の安定した、しかも土木工事を最小化できる用水路落差工に小発電設備を設置して近傍の集落に配電する民間提案型普及・実証事業を実施したい。以下にPhase 2事業のためのカウンターパート機関を示した（事業実施体制は後述5.2）参照）。



民間提案型普及・実証事業のカウンターパート機関(Phase 2)

計画・設計に係る技術指導、据付、配電に加え、維持管理の手法や体制の検討、技術者の研修、など事業の全工程の作業を協働することにより、①IDが期待する小水力発電技術全般の底上げが期待される、②無電化集落の解消という開発課題との適合性にも合致している、と言える。ここで肝要なことはミャンマー国側の目線に合致した技術や体制構築のための技術移転である。無電化集落の解消（生活環境の改善、農業生産性の向上、貧困削減など）に向けての情報発信、啓発も含め、技術的・体制的に飛躍するための一つの突破口となる場を提供できる。

加えて、今回提案している2カ所のパイロットサイトは、ヤンゴン～ネピドーを結ぶ高速道路沿いに位置しており現場へのアクセスが良好であることから、実証事業を通じた普及のための宣伝効果も極めて高い。外部からの視察も企画することにより、小水力発電関係者にも技術の底上げ、改善も付加的、間接的に期待される。

4.2 提案企業（北陸精機）の事業展開に係る効果

上記2.1でも述べたごとく、海外における小水力発電機器の生産も含めた事業展開は、社の掲げる今後への展望の延長線上に位置するものであり、裾野の広い事業となると期待している。

次段階のPhase 2での民間提案型普及・実証事業を通じて、海外事業展開の目的の明確化と留意事項（法規制、税制、商習慣含む）、事業のプロセス認識、適合性の検証、ビジネスモデルや実施体制の構築、資金・流通・販売計画、将来的な電力料金徴収への備え、リスク対策などに対して有益な経験、知見、情報が得られる。

これらPhase 2での経験と知見を十分に活用できるPhase 3としての海外事業展開は、更なる技術力の総合化、創造的人材の育成、雇用の増大などを促進し、北陸における地域活性化はもとより、

県の提唱する科学技術施策による市場を世界に求める第一歩を踏み出すこととなる。このように北陸精機の国際化による販路の拡大、技術の総合化は、地域経済の発展に大きく寄与することに加え、我が国とミャンマー国との国際交流にも少なからず貢献する。

5. ODA案件化の具体的提案

以上よりPhase 2における活用可能なODAスキームは、民間提案型普及・実証事業となる。民間提案型普及・実証事業の概要は以下のとおりである。加えてその成果をより効率的、波及的、持続的にするために他のODAオプションも以下に併記した。

5.1 民間提案型普及・実証事業の内容

- 1) 事業名：小水力発電技術の民間提案型普及・実証事業
- 2) カウンターパート機関：農業灌漑省・灌漑局(ID)とサイトが属する州の出先灌漑局
- 3) パイロットサイトと事業内容：

パイロットサイトの選定では、国による電力グリッドでカバーされない地域の踏査したサイトの中から、①IDの導水路、用水路である、②IDの小水力発電による電化計画がある、③適当な集落が存在する、④大規模土木工事が不要、工事のし易さ、⑤良好なアクセス、⑥宣伝効果などを勘案し、カウンターパート機関のIDの意向(パイロットサイトとして最適)を重視して下記の2サイトを選定した。選定した2サイトにおける民間提案型普及・実証事業の概要は以下のとおりである。

民間提案型普及・実証事業の概要

事項	Site 1: Pedonmyaung 村 ネピドー市郊外	Site 2: Bawni 村 バゴー州北方
配電戸数	250 世帯	500 世帯
使用水源/施設	灌漑用水路/落差工	灌漑用水路/落差工
水車形式	立軸軸流水車	立軸軸流水車
発電出力	10KW	20KW
総施設コスト	11,700,000 円	19,950,000 円
電気の質	3 相	3 相
電力使用料金	徴収しない	徴収しない
維持管理体制	村落電化委員会	村落電化委員会



Site1 (ネピドー市郊外)



Site2 (バゴー州北方)



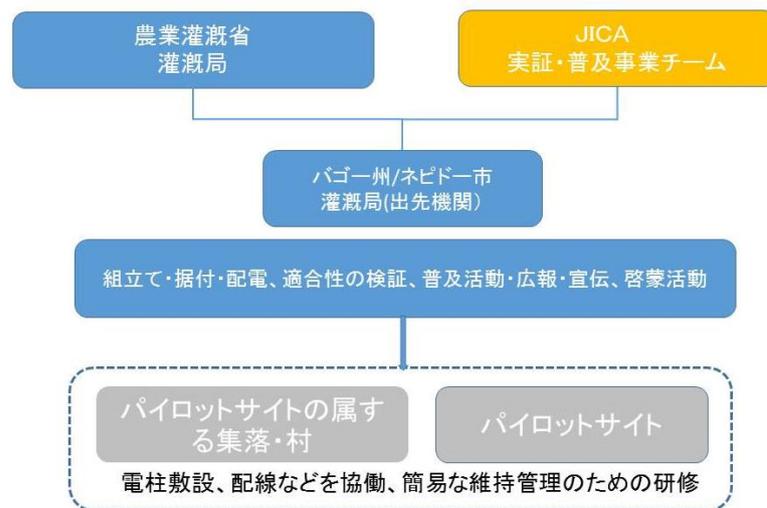
Site 1 村落の状況



Site 2 村落の状況

5.2 民間提案型普及・実証事業の実施体制:

- カウンターパート実施機関である灌漑局と事業を協働で実施
- 対象の村落は、電柱の敷設、配線、引き込み線の作業を協働



民間提案型普及・実証事業の実施体制

5.3 民間提案型普及・実証事業の実施スケジュール:

- 民間提案型普及・実証事業の実施期間は2年間
- 1年次：現地調査、基本設計/詳細設計、製造、輸送、据付工事、配電工事、機器の試運転と配電
- 2年次：小水力発電の実証テストと（運転と配電状況、発電の効率性、安定性、他地域への適用性、コストの削減策、現地部品の適合性と活用性、維持管理手法と体制、料金徴収システム、他国製品との価格比較検討、事業展開における総合的な競争力、など）と普及活動（技術者養成、研修、外部からの視察受け入れ、広報宣伝、啓蒙など）

項目/年月	2014												2015												2016		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
普及・実証事業 (Phase2)																											
現地調査・IDとのMOU																											
設計																											
製造																											
輸送																											
据付工事																											
配電工事																											
試運転・配電																											
実証																											
アンケート調査																											
維持管理手法の確立																											
維持管理体制の確立																											
技術研修																											
報告書取り纏め																											

民間提案型普及・実証事業の概略スケジュール

5.4 その他 ODA 事業オプション

- 無償資金協力による発電機器の設置と発電による普及活動

上記5.1の民間提案型普及・実証事業に加えて以下の無償資金協力事業を提案する。

現地踏査を実施したチン州やシャン州では、灌漑ダムも少なく、無電化の小規模集落が点在している。現地踏査した全ての集落では小水力発電による電化を強く望んでいる。主要水源は小河川や溪流が対象となる。このような集落に対し生活環境改善の観点から、小水力発電設備を供与して電化率を高めるための無償資金協力事業としての支援を提案する。

案件化調査 ミャンマー国 小水力発電技術の案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社北陸精機
- 提案企業所在地：富山県魚津市
- サイト・C/P機関：中央乾燥地帯・農業灌漑省灌漑局

ミャンマー国の開発課題

- ミャンマーでは水力発電が約67%を占めているが、慢性的な電力不足状態である。
- 雨期と乾期の発電量の差や送電におけるロスが課題となっている。
- 電化されている世帯は全世界の約26%で、半分以上の電力が人口が集中している都市部で消費されており、農村部には無電化村が多く存在する。

北陸精機の技術・製品

- マイクロ水力発電装置「立軸水流車（パワーアーキメデス）」は水車の羽根をらせん状にすることで、小流量・低落差でも安定した効率の良い発電が可能である。
- 部品の製造、組立までを自社で行う純国産製品であり、設置場所に合わせたカスタマイズやメンテナンスが容易である。

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 国の電力グリッドでカバーしきれない農村部に対して、農業灌漑省灌漑局と共に灌漑水路/落差工を利用して発電した電力を供給することにより、無電化農村部における生活環境の向上、電気を使用することによる農業の生産性向上が可能になる。
- 農村部でメンテナンス体制を構築することで、人材育成、地域の雇用の拡大につながる。

北陸精機のビジネス展開

- ミャンマー国において現地企業と生産・販売・据付・メンテナンスにおける技術提携を行い、マイクロ水力発電装置を現地生産することで、自治体、村落等における普及を目指す。
- フィリピンにおける無償資金協力「イサベラ州小水力発電計画」において、小水力発電装置の生産を受注。（約1.5億円）



はじめに

調査概要

本調査の背景と目的

本調査の背景と目的は、ODAによる途上国支援と我が国の中小企業の海外事業展開とのマッチングを行うことで、「途上国の開発課題の解決」と「優れた製品・技術等を有する一方で海外事業に関する知見やノウハウについて情報を必要としている我が国の中小企業等との海外展開」との両立を図り、それによって経済協力を通じた二国間関係の強化や経済外交の一層の推進を図ることである。

本調査においては、ミャンマー国における無電化村での電化率を高めるため、北陸精機の有する優れた小水力発電に関する製品・技術の活用、技術指導等による事業展開を念頭に置いた同社の製品・技術のミャンマー国政府機関での試用・導入等への働きかけを行い、事業の実現可能性を調査したものである。本調査は、株式会社北陸精機と一般社団法人国際建設技術協会による共同企業体によって実施した。

調査概要

案件化調査は、農業灌漑省灌漑局をカウンターパートとして、2013年10月から2014年1月末までの期間の中で、2013年10月と12月の2回にわたって現地調査を実施した。調査の概要は以下のとおりである。

- 調査対象地区：バゴー、マンダレー、マグウエー、サガインの4管区とチン州、シャン州の2州
- ミャンマー国における小水力発電の開発課題の現状（ID とトライアングル・リンクス社のWorkshop、稼働中の既存施設等の視察と協議）の確認
- 小水力発電のニーズ調査
- 北陸精機の有する製品・技術の開発課題への適合性と活用可能性の検討
- ミャンマー国における開発効果の調査
- 北陸精機の事業展開に係る効果の調査
- 民間提案型普及・実証事業を想定したパイロットサイトの選定
- 機器の形式、発電容量、コストなどの概略設定
- 民間提案型普及・実証事業の実施体制の検討
- 将来的な事業展開におけるミャンマー国側のパートナー企業の選定

団員リストと調査工程

本調査は、北陸精機と国際建設技術協会の共同企業体で実施し、団員構成は以下に示す表のとおりである。2013年12月の現地調査では、谷口北陸精機会長と南技術顧問が1週間現地調査に同行した。

団員リスト

団員名	所属	職位	担当分野
室崎 秀実	北陸精機	顧問	総括：ビジネスモデル 市場調査
須藤 良作	北陸精機	技術顧問	実証調査、技術移転
野邊 隆行	国際建設技術協会	技術顧問	プロジェクトマネージャー： 総合調整
藤原 朗	国際建設技術協会	主任研究員	市場調査、財務分析

調査行程

	担当業務	氏名	所属先	8	9	10	11	12	1	2	3	人・日計		
												現地	国内	
現地業務	総括/市場調査/現地調査	室崎 秀実	株式会社北陸精機			■		■					43	
	技術移転/現地調査	須藤 良作	株式会社北陸精機			■		■					21	
	プロジェクトマネージャー/総合調整	野邊 隆行	一般社団法人 国際建設技術協会			■		■					21	
	市場調査/現地調査	藤原 朗	一般社団法人 国際建設技術協会			■		■					27	
国内作業	総括/ビジネスモデル策定	室崎 秀実	株式会社北陸精機				□		□		□			12
	技術移転検討	須藤 良作	株式会社北陸精機				□				□			7
	プロジェクトマネージャー/総合調整	野邊 隆行	一般社団法人 国際建設技術協会				□		□					7
	報告書作成	藤原朗	一般社団法人 国際建設技術協会				□		□		□			12
報告書等提出時期 (△と報告書名により表示)									△		△			

凡例 ■ 現地業務
□ 国内作業

△ ドラフト報告書
△ 最終報告書

第1回現地調査行程

日にち		室崎	須藤、野邊、藤原
10月9日	(水)	移動(成田→ヤンゴン)	同左
10月10日	(木)	日本大使館、JETRO面談	同左
10月11日	(金)	トライアングルリンク社面談・資料整理	同左
10月12日	(土)	打合せ・トライアングルリンク社	同左
10月13日	(日)	移動(ヤンゴン→ネピト)	同左
10月14日	(月)	ID訪問、サイト調査	同左
10月15日	(火)	サイト調査、移動(→ヤンゴン)	同左
10月16日	(水)	サイト調査・資料整理	同左
10月17日	(木)	移動(→パゴ) 打合せ	同左
10月18日	(金)	パゴ州政府面談、サイト訪問、移動	同左
10月19日	(土)	トライアングルリンク面談、移動(→ネピト)	同左
10月20日	(日)	移動(ネピト→マグウェイ)	ID工場視察
10月21日	(月)	ID面談、サイト調査	大使館概要報告・移動(ヤンゴン～成田)
10月22日	(火)	サイト調査	移動(→成田)
10月23日	(水)	移動(マグウェイ→モンユウ)	
10月24日	(木)	サイト調査	
10月25日	(金)	移動(→マンダレイ) サイト調査	
10月26日	(土)	サイト調査および調査のまとめ	
10月27日	(日)	移動(→シャン州タウン)	
10月28日	(月)	ID面談、サイト調査	
10月29日	(火)	ID面談、シャン州政府面談	
10月30日	(水)	移動(→ネピト) ID面談	
10月31日	(木)	移動(→ヤンゴン) JICA面談	
11月1日	(金)	ID面談	
11月2日	(土)		
11月3日	(日)		
11月4日	(月)	チン州入州申請、旅行会社面談	
11月5日	(火)	日本工営面談 ID面談	
11月6日	(水)	日本大使館面談 旅行会社面談 移動	
11月7日	(木)	移動(→成田)	

第2回現地調査行程

日にち		室崎	藤原	須藤、野邊
12月16日	(月)	移動(成田→ヤンゴン)	移動(成田→ヤンゴン)	
12月17日	(火)	旅行会社面談 移動(→カレー)	旅行会社面談 移動(→ヘーホー)	
12月18日	(水)	移動(カレー→チン州ハッカ)	サイト調査(シャン州)	
12月19日	(木)	チン州政府面談 サイト調査	シャン州ID面談 販売店調査	
12月20日	(金)	サイト調査	シャン州政府面談 サイト調査	
12月21日	(土)	移動(→カレー→マンダレイ→マグウェイ)	移動(ヘーホー→マンダレイ)	
12月22日	(日)	サイト調査	サイト調査	移動(成田→ヤンゴン)
12月23日	(月)	ID面談 移動(→ネピト)	移動(→ネピト)	サイト調査、移動(→ネピト)
12月24日	(火)	サイト調査 ID面談	同左	同左
12月25日	(水)	移動(ネピト→ヤンゴン)	同左	同左
12月26日	(木)	トライアングルリンク ID面談	同左	同左
12月27日	(金)	日本大使館面談 移動(→成田)	同左	同左
12月28日	(土)	移動(→成田)	同左	同左

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1.1 対象国の政治・経済の概況

2011年3月、軍事政権を解除し、文民政権が発足、テイン・セイン大統領のもと民生移管を実現し、民主化を推進するとともに、経済改革を断行中である。国際社会への復帰を進め、2014年にはASEANの議長国に就任することが決まっており、経済成長は一気に加速されるものと考えられる。近年、各国からの民主化支援策、経済協力、投資が殺到している現状にある。

政体は大統領制・共和制であり、国会は上院・下院の二院制である。地方行政制度においては2008年の憲法下で7管区（Region）と7州（State）および連邦領（ネピドー）から構成されており、管区はビルマ族が多数を占め、州は少数民族から成り立っている。宗教は90%が仏教であり、キリスト教、イスラム教が残りをおもっている。

経済面においては以下のとおりである。

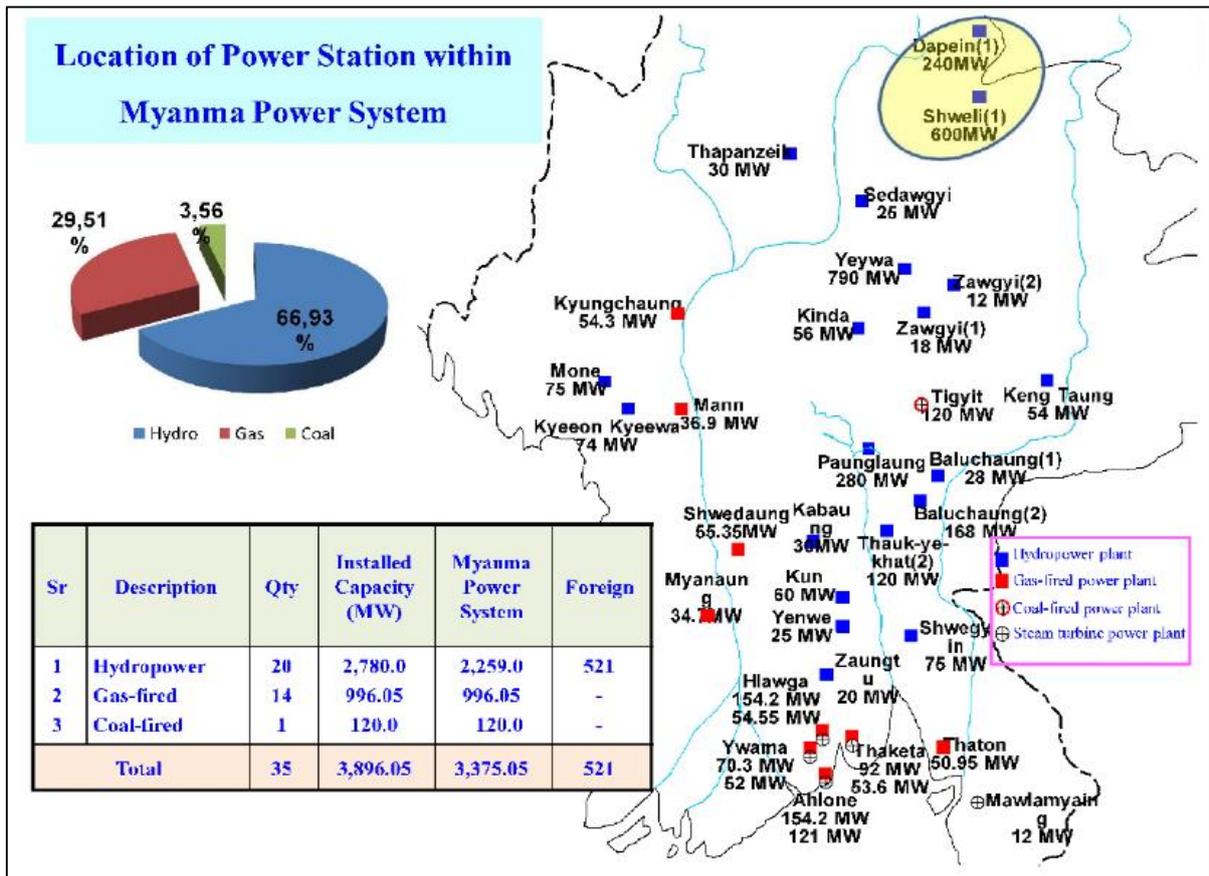
- 主要産業：農業
- GDP：約540億ドル（2012年IMF推定）
- GDP／1人：834ドル（2012年IMF推定）
- 経済成長率：5.0%（2012年IMF推定）
- 総輸出額：89億ドル（2012年度 中央統計局発表）
- 主要貿易品目：天然ガス、豆類、宝石、木材
- 総輸入額：90億ドル（2012年度 中央統計局発表）
 主要貿易品目：石油、機械部品、パーム油、織物、金属、工業製品
 （外務省ホームページより）

1.2 対象国の対象分野における開発課題の現状

1.2.1 ミャンマー国における電力状況

本調査分野である電力については、旧軍事政権時代から電力不足問題は深刻であり、安定した電力供給は喫緊の課題となっている。現状では水力による発電が図1.1から判るように約67%を占めている。慢性的な電力不足はあるが、とくに乾期における電力不足（表1.1参照）は深刻な状況を呈している。

政府は水力発電開発により電力不足の解決を図り、大型の水力発電事業を推進しようとしていたが、IDへのヒアリングによると、雨期と乾期の発電量の差、送電ロスの問題、社会環境面、ファイナンス面の問題等があり、現在では大都市における電力不足は水力発電のみでなく火力発電も加えて解消を計るべく計画している。



Data source: Present & Future Power Sector Development in Myanmar ;Ministry of Electric Power2013

図 1.1 各発電所の発電量および配置図

表1.1 2013年における電力の需給状況

Demand & Supply Condition in 2013		
	Dry Season (May) (MW)	Wet Season (Sep:) (MW)
Hydro Generation	1210	1897
Thermal Generation	350	242
Total Generation	1560	2139
Demand Forecast	2060	1957
Difference	(-) 509	(+) 182

Data source: Present & Future Power Sector Development in Myanmar ;Ministry of Electric Power2013

特に留意しなければならない点は電化率である。(表1.2参照) ミャンマー国における全世帯数892万世帯に対して電化されている世帯数は275万世帯で全世帯の約29%にすぎない。経済発展に伴い都市への人口集積が始まり、最大都市のヤンゴンにはミャンマー国全電力の5割近くが消費されており(「訪ミャンマー電力ビジネス調査団」報告:2012年12月)、管区、州の農村部においては、電化の目途もたっていないのが現状である。

表1.2 電化率

Electrification Ratio		
No	Description	Quantity
1	Population	59.78 million
2	Numbers of Household	8.92 million
3	Electrified Household	2.575 million
4	Percentage	28.86 %

Data source: Present & Future Power Sector Development in Myanmar ;Ministry of Electric Power2013

1.2.2 発電方法の転換

近年まで、ミャンマーの電力はダムを開発し、大型水力発電を主な発電方法としてきたが、大型のダム開発は、環境問題、住民移転の問題等により、凍結の動きがでるなど、停滞状況にある。2011年9月には中国が北部カチン州で進めていたミッソングダムが凍結され、また最近ではインドが推進していたTamanthiおよびShwezayaの水力発電プロジェクトが中断される等の事例が発生している。その理由としては住民移転等の社会環境問題さらに自然環境破壊、民族問題等が発生したことがあげられる。政府はグリッドにおける電力整備を、火力（ガス・石炭）発電にて、IPP、PPPによる海外からの投資により進めている。

このような中で日本は、発電能力の増強、送電ロスの低減、配電設備の更新、管理能力の強化を目的に支援を進めている。

- バルーチャン第二水力発電所補修計画

バルーチャン第二水力発電所は、総出力168メガワットを有し、年間発電電力量は全国の総発電電力量の約10%を占め、安定したベースロード電源の発電所として位置づけられている。1960年に運転を開始して以来の連続稼働運転による機器の劣化、老朽化が進んでおり、同発電所の安全かつ安定的な稼働を維持し、供給不足であるミャンマーの電力事情を更に悪化させないことを目的に、発電設備、変電設備及び水圧鉄管の補修及び更新が無償資金協力により実施されている。

- ヤンゴン地区変電設備等リハビリ計画

ヤンゴン都市圏開発プログラムに関連し、経済産業省が我が国企業の優れた技術・ノウハウを活用した円借款及び民活型インフラ整備プロジェクトの一環で、インフラ・システム輸出促進調査等事業を実施している。2009年から水力発電所の建設が進められたが発電量の変動や電力送電ロスが発生しており、その原因が既存設備の老朽化によるものと考えられ、民主化推進支援の一環として電力供給改善のための支援が両政府間で合意された。

1.2.3 地方電化の状況

地方電化においては電化率の向上が今後の課題といえる。電力省による地方電化の現況は以下のとおりである。

- －Grid Electrification : 3,459 Villages(5.6%)
- －Off Grid Electrification : 13,752 Villages(22.1%)
- －No Electricity: : 45,007 Villages(72.3%)

Off Grid Electrificationについての管轄は以下のとおり。

電力省

- Diesel Generator Power Plants
- Small Hydro Power Plants (1,000KW以上)

科学技術省

- Biomass Gas Power Plants

農業灌漑省・畜産水産省・各州政府

- Micro & Small Hydro Power Plants(1,000KW以下)

州政府

- Diesel Generator Plants

1.2.4 小水力(100KW以下)発電のニーズ

このようなミャンマー国における電力不足や予算などの制約の中で、同国の農業灌漑省IDが管理する既設の溜池ダムが全国に点在しており、その数は2013年時点で239カ所となっている。ダム下流の周辺には、国による送電網から外れた無電化の小集落が無数に存在している。ダムから灌漑用水を供給するための導水路、あるいは用水路を活用して土木工事を最小限とした低コストでの小水力発電が可能である。

集落の個数については、電力省の報告によれば約45,000村あり、水稻栽培を行っている地域については密集、畑作地域（丘陵・山岳地域）においては分散していた。IDおよび管区・州が要望した村落の戸数は地域により差があり、チン州、シャン州における村落の戸数は10戸から100戸と分散しており、マンダレー、バゴー、マグウェーにおいては100戸から500戸と纏まった集落であった。都市部以外の農村集落はそのほとんどが無電化集落となっている。本調査においてパイロットサイトに選定した村落周辺にも無電化村は点在しており、中央乾燥地域および丘陵・山岳地域における村落も同様である。

今回の現地調査でも用水路を50カ所以上と、溪流を20カ所踏査したが、いずれもその周辺には無電化の集落が存在しており、すべての集落が電力の供給を望んでいると案内役のID職員から報告されており、本調査において踏査した集落についても村長および村民からの強い要望を確認している。地域特性、課題に応じて、このような無電化農村部における生活環境の改善、農業の生産性向上を目指した小水力による安定した電力供給のニーズは極めて高いといえる。

ミャンマー国における電力インフラ整備（発電、送電、配電設備）については、慢性化した電力不足に加え、特に地方農村部の電化が極端に遅れており、電化率の向上が喫緊の課題となっている。2013年の同国の電化率は30%未満であり、発電された電力は主として大都市に送られ、特にヤンゴン市では全体の約50%（「訪ミャンマー電力ビジネス調査団」報告：2012年12月）が消費されていると報告されている。電源別構成は水力発電が約68%、火力が29%、その他3%となっている。

2011年3月の民政移管以降、政府は積極的な改革政策を着実に実施してきている。経済開発としてティラワSEZ開発を実施している等、今後の経済発展を見据えると、電力需要も格段に高まることが予想される。

これまで水力発電所を中心に、新規水力発電の開発が進められてきていたが、ミッソンドム建設の凍結、政府の資金的な制約、ガス・石炭火力発電においては現有施設の老朽化、発電に必要な燃料不足等の背景もあり、新たな電力供給の確保には至っていない。特に3月～6月においては、水力発電所の発電量の減少にともない、計画停電が実施されてきたように、安定した電力の供給が喫緊の課題であることから、特に地方農村部では水力発電による電力ニーズがあると考えている。

1.2.5 小水力発電分野の現状

今回の開発課題である小水力発電分野では、農村部の無電化対策の一端として、農業灌漑省灌漑局（Irrigation Department: ID）が自身の管理する溜池ダム直下の灌漑導水路、用水路を利用した発電を行っている。

IDによる設置済みマイクロ(発電容量20KW以下)、ミニ（同20KW以上）発電の状況

	Project Site	No. of Installed Units		No. of Household	Installed Capacity (KW)
		Micro	Mini		
1	Nay Phi Taw	2		150	30
2	Yangon Division	2		100	8
3	Mandalay Division	23		3,350	302
4	Ayeywaddy Division	28	1	2,000	740
5	Sagaing Division	4	1	600	284
6	Bago Division	8	2	1,050	236
7	Magway Division	11	1	1,900	204
8	Thaninharyi Division	4		150	22
9	Southern Shan State	13	1	1,000	192
10	Northern Shan State		3	1,500	500
11	Kyar State	2		100	8
12	Mon State	2		150	9
13	Rakhine State		2	800	180
14	Chin State		1	1,100	600
15	Kayin State	1		50	5
	Total	100	12	14,000	3,320

Date Souse:ID Micro,Miniの区分けはIDの基準

上表はIDの導入した小水力機器を示している。ネピドーの1カ所、バゴの1カ所の機器は中国製品、その他はID工場で製作された機器であった。このことから類推すれば、導入初期においては中国製品が使用され、その後はIDで製作した機器が使用されていると考えられる。

IDによる電化の計画や優先順位について詳細は不明であるが、IDの小水力機器の製造工場はヤンゴン、モービー、マンダレーの3カ所にあり、各々40名の職員で製造している。農業灌漑省の灌漑局局長は年間50台製造するよう要請しているが、現状では30～40台となる予定とのことであった（ID職員からの聞き取り）。IDによる今後の設置予定水路は、建設事務所別に以下のとおりである。

● Construction(1)事務所

Warkatoke Dam : Conduit Canal

● Construction(2)事務所

Taungnyo Dam : Main Canal

Maday Dam : Main Canal

● Construction (3) 事務所

Pade Dam : Main Canal

● Construction (4) 事務所

Teinyin Dam : Right Main Canal、 Left Main、

North Yamar Extended Irrigation System : Main Canal

● Construction(5)事務所

Kabaung Dam : Right Main Canal

● Construction(6)事務所

Yeboke Dam : Main Canal

Katike Dam : Main Canal

● Construction(9)事務所

Thnze Dam : Right Main Canal, Main Canal B-1、 Left Main Canal B-1、 DY-4

Mamya Dam : Right Main Canal

IDは利用対象を電灯使用に限定し無料で配電している。政府は国内の食料安全保障、経済を牽引する主産業の一つとして、また貧困対策の観点から、農業の発展を重要視し、その課題として、①国内需要の充実、②外貨獲得を目的とした農産品輸出促進、③農業開発による地方部の発展を掲げている。無料で配電する理由としては③の農業開発による地方部の発展の観点での施策と思われる。

このように無電化集落の解消策としてID(主として100KW以下の小水力発電を担当)が小水力発電機を製造、設置、配電しており、民間企業により同様の取り組みも行われているが、電化率の向上には程遠い状況にあり、まず第一歩を踏み出した幕開けの段階と言える。

1.2.6 その他

導入候補サイトへの製品導入に関する技術面・運営面での課題は以下のとおりである。

- ミャンマー国の機械加工の状況
- 地元企業の防錆技術状況
- 維持管理の所管
- 地元企業及びIDへの技術移転

現在、村落における送・配電の電線については2種類の電線が使用されている。1巻3,000フィートが各々40,000チャット(4,000円)、35,000チャット(3,500円)となっている。

電柱については、電柱敷設・配線費用は500,000チャット(50,000円)/100M当たりであり、敷設、配電については村民の協力が得られることを確認している。

1.3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

対象分野における関連計画、政策等は以下のようである。

- エネルギー政策についてはエネルギー省の管轄であり、再生可能エネルギーの導入促進は、エネルギー政策の中で優先度が高い。
- 再生可能エネルギーを管轄する省庁としては電力省、農業灌漑省、科学技術省、畜産水産省が関係し、規模が30MW以下であれば地方政府管轄となっている。
- 地方Off-Grid地域における小規模電化は、州、畜産水産省、農業灌漑省IDが担っている。

シャン州のYay-Wun Chaungの村にはグリッドはあるものの、州政府の小水力部門の職員に確認したところ、この村に通電する計画がないとのことであった。また、現在民間提案型普及・実証事業のサイトとして予定している箇所は、ネピドー市郊外とバゴー州の高速道路脇で立地している。そのいずれもグリッドが近くに敷設されているが、現在グリッドの通過と近隣村落の電化とは直接の関連は無いと言える。村落の電化までは予算、電力量の問題から手がまわらないのが現状と考えられる。また、この2カ所については、IDは小水力発電で電化する計画となっている。

IDが管理する灌漑水路での小水力発電事業はIDが行っており、許認可等の法整備はなされていない。従って現在、企業が灌漑水路で実施する場合には、個別に相談し、了解を貰う必要がある。IDは製造工場を持ち、製作のための職員を有し、設置・維持管理を行っている。それに対する対価は徴収していないのが現状である。今後増大する需要に対しては民間活用の必要性も比重を増してくると想像され、IDに提言・協議して進めていく予定である。

1.4 対象国の対象分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析

日本のODAによる電力分野類似案件は以下のとおりである。

- バルーチャン第二水力発電所補修計画（東京電力、日本工営、日立製作所、丸紅）
- ヤンゴン地区変電設備等リハビリプロジェクト調査（オリコン、三井物産、東電設計）
- ヤンゴン近郊火力発電所修復計画（丸紅、日立製作所）
- ミャンマー国電力開発計画プログラム形成準備調査（ニュージェック、関西電力）
- ヤンゴン都市圏電力設備改善計画（中部電力）

ミャンマーにおける喫緊の電力不足に対応するとともに、電力供給のインフラ整備（発電設備、送配電設備など）を行うことにより、日本企業の進出を加速させる意義を有している。この取り組みについては、都市のグリッドに関連したものであり、大都市および限られた地域への電力供給であり、地方の無電化地域への電力供給には関与していない。

小水力分野における他ドナーの状況は以下のとおりである。

- チン州東部の高地において、UNDP(United Nations Development Programme)が2011年11月に3,250\$を出資し、Thicong Village(47世帯)の電化を行っている。UNDPはこれまで12の無電化村に対し、12基のマイクロ hidro 発電設備を設置してきている。
- モン州においてはWorld Bank Supportからの、140百万ドルのローンにより、Thaton Gas Turbine Stationのリハビリを実施している。
- わが国においても、日本財団が貧困削減の観点から地方電化への援助に乗り出している。他にも2、3件の企業が進出を計画している。

上述した日本財団は2002年より少数民族居住地域であるシャン州において、現地NGOセダナーと協力し学校を建設し、その施設を寄贈している。2013年にはそれに加え開発事業として小水力発電事業を実施した。その概要は以下のとおりである。

- 実施カ所：シャン州パウンピャー村
- 資金：約47万円（4,700,000チャット）
- 供給状況：約170世帯への電気の供給
- 使用状況：夜間の子供の勉強、マラリア蚊の予防

日本のミャンマー国に対する支援方針は明確であり、下記の分野について優先的に支援することを表明しており、地方の無電化地域への小水力発電による電力の供給支援は、支援方針にそったものである。

- 少数民族支援を含む民生向上・貧困削減
- 人材育成・制度整備
- 持続的発展のためのインフラ整備（発電設備、送配電設備など）

競合企業としては、中央乾燥地帯にあるマンダレーにおいて、農村のエネルギー自立支援を目的に、川端鐵工株式会社が川端式たらい水車にて事業化を目指し基礎調査を行っている。また、シーベルインターナショナルが流水式小水力発電機により、ミャンマー国への導入を図っていると仄聞している。

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2.1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

2.1.1 業界分析、提案企業の業界における位置づけ

北陸精機は昭和34年に創業し、地域に根ざしたモノづくりに携わり、機械の部品加工から始まり、現在は設備機械、発電設備等を製造、設置、維持管理など総合的に事業を展開している。営業品目は中間搬送装置、各種自動化装置、除雪装置、建材部品、産業プラント部品、各種機器の維持管理となっている。本社工場は富山県魚津市、資本金は48,000千円、従業員数は120人、年間売上額18億円である。

弊社製品である立軸軸流水車（パワーアルキメデス）は5～50KWのレンジで適用でき、一基で500世帯ほどの村すべてをカバーできる発電能力を有する。さらに、水路の落差工に設置するため、土木工事をほとんど必要としない。据付としては高落差タイプ、低落差タイプ、吊り下げタイプ、などに分類できる。



高落差タイプ



低落差タイプ



吊り下げタイプ

富山県では、産業振興に関して「新富山科学技術プラン」(平成19年度～27年度)を遂行中であり、「産・官・学」の力を結集し、科学技術施策を推進している。このような中で、北陸精機では農業用水、下水処理水などを利用した、小水力発電機を開発・製造・販売している。製品開発では富山県立大学、石川県立大学との共同開発を行っており、より効率性の高い製品の開発を目指している。これら製品は、再生可能なクリーンなエネルギーを供給する次世代エネルギーシステムの中核となるものである。「発電効率性が高いこと」、「用水路への設置により大規模土木工事が不要」、「ごみ取り、水量調節装置を有し、メンテフリー：ただし磨耗するベアリングの定期的な交換と潤滑油の補給は必要」、など多くの特長がある。また、小水量・低落差でも安定した効率の良い発電が可能であり、現地の用水路、溪流などの地域特性に柔軟に対応した製品の提供を可能としている。出力が5KWから50KWで、落差工に直接設置できるのは弊社製品のこの立軸軸流水車のみである。

2.1.2 ミャンマー国製品との比較、類似製品・技術の概況

現在、I.D.は小水力発電設備の導入において、ID自らの製造工場で製造しているが、小水力発電に係る技術基準、ガイドラインが未整備の中で独自の手法で実施している。製品は実際に稼働し、

集落に電気を供給している。

電気は単相で、外灯、家の灯り、テレビのみに使用されている。IDは灯りに重点を置き、現時点では動力使用（ポンプ、モーター）は検討していない。脱穀、製粉、水の汲み上げ等は電力省の仕事とし、役割分担がなされているといえる。年間15基程度、5～6年で100基程度製作する計画を立てているが、その製品には以下のような特徴が見られる。

- 機械加工が少なく精度に問題があり発電効率が大変低い
- ガバナ（回転数制御装置）が取り付けられておらず、制御ができない
- 避雷器が取り付けられておらず、故障の原因となる
- 現在設置されている水車は3～5KWのものは縦型スクリュウタイプのもの、15～20KWの出力においては、S型チューブラ水車が適用されている。稀にペルトン水車の事例も確認された。全て中国製のコピー製品である。
- 製品は全て鉄のため錆易く水に強い塗装もしていないため長寿命化ができない（日本の場合は溶融亜鉛めっきとステンレス製で製造している）
- 設計方法が確立されていない
- 維持管理についてのシステムがない

下記写真はネピドー郊外にある用水路の落差工であるが、落差1.1mの落差工に迂回工事を行い、チューブラ発電機を設置し10KWの発電を行い、50世帯に配電している。工事・メンテナンスはID、建設費200万円程度、電気料金は徴収していないとのこと。使用目的は灯りのみ。

概略、以下の写真に基づきコメントを行う。

迂回路工事について



IDによる小水力発電（ネピドー市郊外）

[コメント]

- ・チューブラ発電機設置のための、中規模土木工事を行っている。（迂回路工事）
- ・避雷器の設置がなされていない。

チューブラ発電機のケーシングについて



チューブラ発電機のケーシング状況（ネピドー市郊外）

〔コメント〕

- ・ ケースに食い違いがある。
- ・ 2012年6月の設置であるが、発錆がみられる。（塗装技術）
- ・ 溶接が精密でない。

コントロールパネルについて



コントロールパネル（ネピドー市郊外）

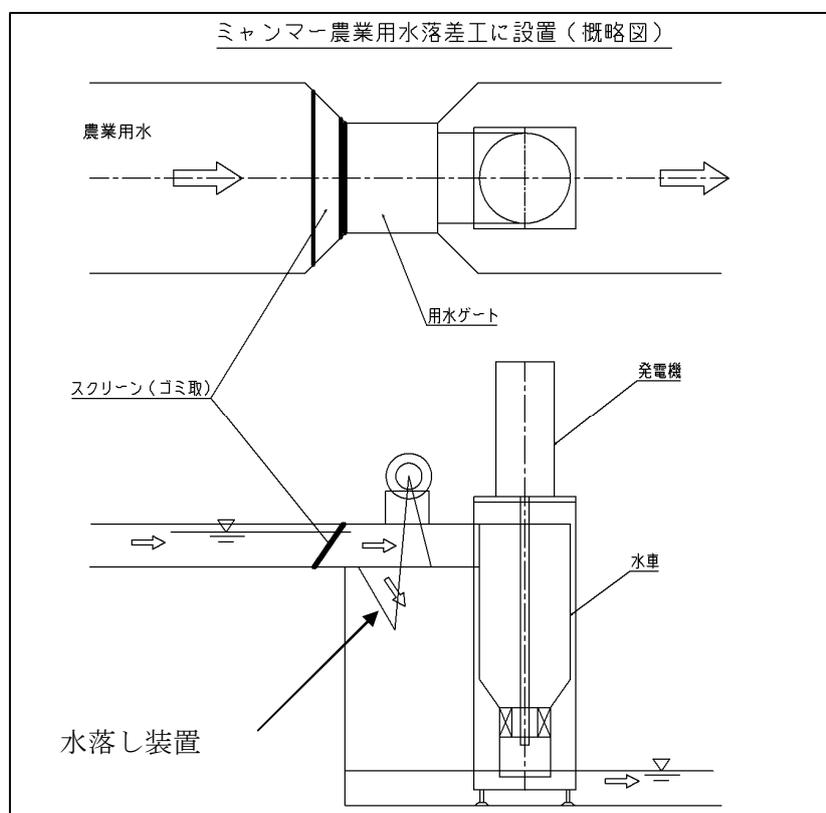
〔コメント〕

- ・ 日本の三菱電機のブレーカーが使用されている。
- ・ 単相である。
- ・ ガバナーが装着されていない（回転数が制御出来ない）

2.1.3 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

今回の提案製品は立軸軸流タイプ水力発電装置（パワーアルキメデス）であり、その特徴は以下のとおりである。

- 構造が簡単（途上国で製造可能）
- 装置の据付が容易（最低限の土木工事で据付可能）



データ出所：北陸精機

図 2.1 据付状況概略図

- 低落差で効率が低い（総合効率60%～70%）
- 日本では農業用水、特に1m～3mの落差工に発電水車を直接設置しているのはパワーアルキメデスだけである。
（国内外には重量式のラセン水車、回転式等が農業用水の落差工に適用されている水車もあるが効率が悪い。）
- 農業用水の設置場所の上流に水門があり水量管理ができる水路には最適である。
- 水量調整装置及び水車点検用として水落とし装置が付いている。（図 2.1 参照）

- 水車本体ではないが、スクリーン（ごみ除去装置）を標準装備としている。

現地や他国の類似製品との技術面・価格面での比較は下表のとおりである。

表2.1 他製品との比較

	市販（中国製） 3KW	ID 3KW	ID 20KW	弊社20KW
水車型式	縦型プロペラ水車	縦型プロペラ水車	チュウブラ水車	立軸軸流水車
世帯数	30世帯程度	30世帯程度	500世帯程度	500世帯程度
価格	27,000円	27,000円	665万円	2,170万円: 実証事業持ち込む場合 800万円: 現地生産の場合
発電効率	計測なし	計測なし	計測なし	60～70%
設置箇所	水路・落差工	水路・落差工	迂回水路	水路・落差工
位相	単相	単相	単相	3相

データ出所：現地製はヒアリング

2.2 事業展開における海外進出の位置付け

2.2.1 提案企業の事業開発方針

事業は Phase 1、Phase 2、Phase 3 からなり、今回の調査は Phase 1 の位置づけであるが、Phase 2 においては、JICA による民間提案型普及・実証事業、中小企業等人材派遣による技術指導およびカウンターパート(C/P)の日本への招聘も想定し、事業の早期実現化を図りたいと考えている。

今回の案件化調査

Phase 1：上位計画・法制度・政府・地域の意向調査

設置候補地の選定調査

無電化集落の状況調査

電力需要調査

現地の鉄工所の技術レベル調査

ビジネスプランの検討並びに小水力発電技術の優位性

事業の財務分析^注

Phase 2 における ODA 案件化の検討

注：第3章 3.3 投資金の回収参照

ODA 案件の想定

Phase 2 : 実証実験のための基本設計 (測量、流量、落差、概略設計、工事費算出)

詳細設計 (施工計画書作成)

デモンストレーションの実施 (2~3 箇所) 設置・発電・配電

アンケート調査

C/P に対する小水力発電技術の研修

(土木・メカ・配電・料金回収)

メンテナンス手法の検討

ビジネスプラン策定

他の ODA 案件のオプションの検討

事業の展開

Phase3 : ビジネスモデルの展開

小水力発電装置の現地生産・販売

維持管理

Phase 2 における ODA の活用により、下記事項の解決が計られ、着実な事業を展開できると考えている。

- 普及・実証活動の実施
- 安全性の確保および電気設備の維持管理のための人材育成
- 堅実なビジネスプランの策定

さらに、当事業においてはきめ細かな対応・情報収集・啓発活動が必要であり、現地大使館、JICA 事務所、NGO、JOCV、SV の協力を仰ぎたい。

Phase2における実証事業実施体制は下記の事業実施体制図のとおりである。

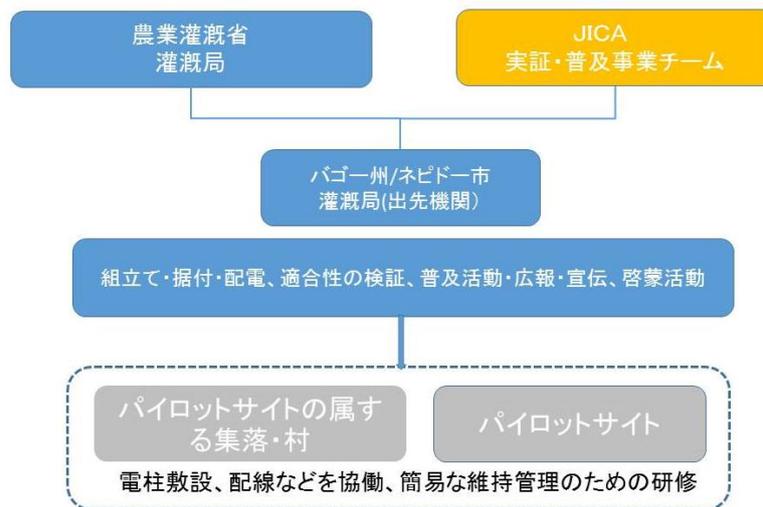


図 2.2 事業実施体制

2.2.2 経緯・背景

日本において、これまで水力開発の行われなかった平野部において、豊富に存在する農業用水を利用し、低流量・低落差の条件下でも効率良く稼働する小型水車を開発することは、小水力発電システムの核となる重要な課題である。

2014年以降の事業展開では、①100-500 KWクラスの小水力発電機の開発と販売、②技術開発による価格の低減、③製品の内製化とメンテナンスサービスの強化、④海外事業の展開を掲げている。

北陸精機における技術開発の目的は、農業用水の落差工に注目し、小規模レベルでも効率よく発電し、かつ維持管理が容易で、耐久性にも優れた水車を設計・開発することである。水車は大規模レベルでの発電に適した形での技術は確立されているが、スケールメリットの得られない、小規模発電での技術開発は全く進展していない。従来の水車を小型化しただけでは使い物にならないことから、新たな技術開発を必要とした。このような課題を踏まえ、近年弊社においては新しいタイプの水車を考案し、低コストかつ高効率のシステムを開発することに成功した。それが立軸軸流水車（パワーアルキメデス）である。

農業用水は稲作をしているアジア各国にあり、最近になりこの立軸軸流水車（パワーアルキメデス）の海外への納品も実施している。海外への納品としては、フィリピン国に対する我が国の無償資金協力「イサベラ州小水力発電計画」において小水力発電装置、立軸軸流水車：パワーアルキメデスの生産を受注済みにある。

2.3 海外進出による日本国内地域経済への貢献

弊社が所在している富山県は日本一の水力発電の県であり、それだけ水に恵まれた県であるため、現在は高落差・大水量の場所でしか発電を行っていないが、現在では中山間地での農業用水を利用した小水力発電を設置するための許認可について富山県知事が先頭に立って中央政府との交渉を進めている。

北陸精機や他の中小企業においては、技術の向上、開発要員、製造要員等の小発電装置の受注増にともなって雇用人員が増しており、この水車を設置した地域でも管理、メンテナンス要員として仕事が増えている。水力発電は単にエネルギーの問題ばかりではなく、環境問題としてCO₂の削減に貢献できる。

北陸精機では、

- 全国からの小水力発電技術の見学・研修の受け入れ
- 北陸精機会長が富山県機電工業会の副会長として活躍
- 富山県の外国人の機械加工研修者の受け入れ

などの地域貢献も積極的に行っている。

開発当初より富山県立大学、石川県立大学と共同開発を進めてきており、大学で水車エネルギー理論と実験データの作成をしている。現地製造に当たっては、発電機本体（ランナー、タービンなど）は日本製を用いるが、水車、増速機、インバーター、コンバーターなどの部品は現地で製造あるいは既製品を購入することを予定している。部品の現地調達率は現時点では全体の約70%を想定している。

2.4 想定する事業の仕組み

ミャンマー国の電化率は30%弱であり、その大部分はヤンゴンや他の大都市に供給されている。農村部では依然として無電化の状況が続いている。大規模な水力および火力発電所の建設も資金、環境面などの制約があり、電化率の改善にはほど遠い状況にある。一方、ミャンマー国にはIDが管理する溜池ダムが全国に約240カ所と点在しており、その下流には水量の安定した無数の導水路、用水路が灌漑用水路として米作りに活躍している。また山地部では無数の溪流が流れている。地方における電化率向上の隘路を開くカギが、このような安定した水量を確保できる導水路、用水路を活用した低コストの小水力発電と言える。

無電化集落の生活環境の改善と農業生産性の向上は、ミャンマー国政府の至上命令でもあることから、小水力発電へのニーズは高いと言える。このような中で、灌漑用水路、あるいは山地部の溪流などを対象に、北陸精機の有する技術、経験、知見を活用して、機器の現地生産・販売・据付・維持管理、技術者の育成などを現地企業と技術提携し、発電装置の低価格化、配電設備の低廉化、機器の長寿命化、などを成し遂げつつ、全国に散らばる無電化集落へ普及するためのビジネス展開が大いに期待される。これらの優位技術の活用により、無電化集落の解消に大きく寄与できると考えている。Phase 3では、現地生産による機器の製造を想定することから「品質の高度化」、「長寿命化」、「低コスト化」など今後の全国的な普及に向けた懸念事項も解消でき、更なる事業展開を図ってゆく所存である。将来の事業化に向けた状況は以下のようにまとめられる。

- 無電化農村集落の生活環境の改善と農業生産性の向上は、ミャンマー国政府の至上命令であり、小水力発電へのニーズは極めて高い
- 流量の安定している灌漑用水路の落差工を利用すると、発電設備を最小限の土木工事費で据付可能、低コストでの発電に好都合な条件が整っている

- 灌漑用水路、溪流などを対象に、北陸精機の技術、経験、知見を活用した小水力発電事業の展開

2.5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

2.5.1 現地パートナーの確保状況及び見通し

現時点ではミャンマー国側のパートナーとして、民間企業であるトライアングル・リンクス社を想定している。同社は、小水力発電に係る技術基準、ガイドラインが未整備の中で独自の手法によって小規模ではあるが、自前の機器を製造・販売しており、技術の底上げ、機器の発電効率の向上を見据えて、このような技術的な提携関係を歓迎している。現在想定される事業展開モデルの顧客としては、灌漑局、地方政府の各自治体、あるいは集落などが挙げられる。

現時点での将来的なビジネスモデル・事業展開体制を以下に示した。図に示すように、当面は灌漑局を対象に実績を積み上げ、将来的には州政府や自治体を対象とした小河川や溪流に展開を広げていく予定である。

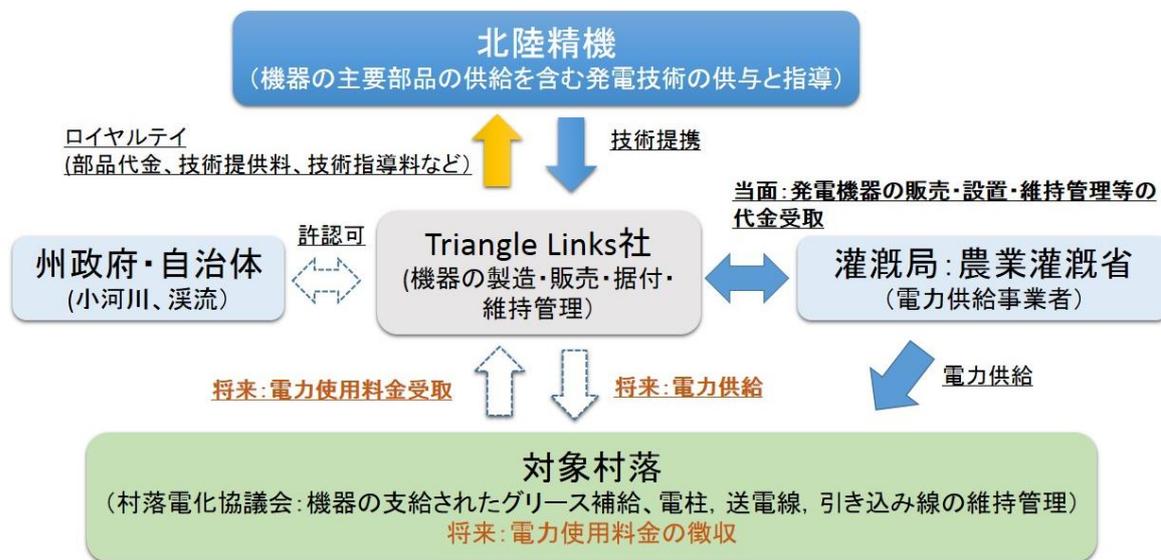


図 2.3 ビジネスモデルと事業展開体制

設置・維持管理については、技術研修を実施することにより現地業者が早期に習得できると考えている。現在弊社においては現地企業からの技術研修生の受け入れを実現すべく現地企業と協議している。また軽微な維持管理はパイロット事業を通じ、各村落にて結成する電化協議会で行えるようマニュアル作成を行う。

将来的には、各村落の電化協議会に電力料金徴収や軽微な維持管理（支給された潤滑油補給、電柱、配線、引込み線などの維持管理、異常時の連絡）を委託して電化事業を円滑に進めて行く予定にある。協議会の構成は村長はじめ、有力者で構成する。提携企業による定期的な発電設備の点検作業に合わせた協議会との打合せなどによりコミュニケーションを維持していく。軽微な維持管理は無償とし、電力料金徴収に関しては手数料を支払う考えである。手数料の程度については今後の課題とする。

トライアングル・リンクスは、ミャンマー発電公社、電力省、農業灌漑省灌漑局、工業省を主なる顧客として建設機械、水力発電設備、橋桁製作などの分野において、水力発電ペンストックの据え付け、鋼構造物の製作および導入等の実績がある。小水力発電の分野では現在までにミャンマー発電公社や灌漑局に対し、発電設備を納入した数件の実績がある。ただし電力使用料金の徴収についての実績はない。小水力発電分野に関連した実績では以下の2例がある。

●Mini Hydroelectric Turbine Design and Manufacturing

●Penstock Pipe Fabrication and Installation

将来的には発電機器の維持管理は提携企業が主体となって実施する。IDや発注者である電化事業を管轄する関係機関、自治体に対しては発電技術の基礎知識の習得、製品の品質確認とチェック、軽微な維持管理支援（運転状況の確認、異常事態の連絡）などが求められるので、それらに必要な研修を実施する必要がある。

2.5.2 普及・販売等に関する具体的なスケジュール、課題等

普及・販売については民間提案型普及・実証事業の過程で得る知見により計画・実施していく所存であるが採算性が確保できれば普及・実証事業の途中から随時実施する予定である。なお実施工程計画は下表のとおりである。

表 2.1 実施工程計画

項目/年月	2014												2015												2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
案件化調査 (Phase1)	[Red bar]																																			
普及・実証事業 (Phase2)	[Yellow bars]																																			
現地調査・IDとのMOU	[Yellow bar]																																			
設計	[Yellow bar]																																			
製造	[Yellow bar]																																			
輸送	[Yellow bar]																																			
据付工事	[Yellow bar]																																			
配電工事	[Yellow bar]																																			
試運転・配電	[Yellow bar]																																			
実証	[Yellow bar]																																			
アンケート調査	[Yellow bar]																																			
維持管理手法の確立	[Yellow bar]																																			
維持管理体制の確立	[Yellow bar]																																			
技術研修	[Yellow bar]																																			
報告書取り纏め	[Yellow bar]																																			
ビジネスモデルの展開 (Phase3)	[Blue bars]																																			
地元企業との提携	[Blue bar]																																			
技術交流	[Blue bar]																																			
生産体制の確立	[Blue bar]																																			
販売体制の確立	[Blue bar]																																			
集落電化委員会の設立	[Blue bar]																																			
生産・販売	[Blue bar]																																			

2.6 リスクへの対応

想定できるリスクへの対応については、SWOT分析を行い、概略を検討した。特に弱み、脅威を十分考慮し、リスク対策を検討していく。これらのリスクに関しても次段階の民間提案型普及・実証事業を通じて、海外事業展開の目的の明確化と留意事項（法規制、税制、商習慣含む）、事業のプロセス認識、ビジネスモデル構築や実施体制の構築、資金計画、流通・販売計画、リスク対

策などに対して有益な経験、知見、情報を得ることで対応していく。

SWOT分析

強み

(現地)

- ・無電化村とされているが、灯りに対しては、灯油、蠟燭、バッテリー充電により、何らかの対価を支払っている。(100~200チャット)
- ・住民の小水力発電についての知識が豊富である。
- ・電化に対する住民の要望度が高い。

(カウンターパート)

- ・IDがカウンターパートであり、灌漑水路に設置するので水の管理は為されている。
- ・ID、地方政府が小水力発電を推進し、導入に積極的である。

(製品)

- ・大規模工事は必要なく、電化のスピードが速い。
- ・社会環境および自然環境への負荷はほとんどない。

(その他)

- ・小水力技術は昔から存する技術であり、維持管理が容易である。

「村落電化委員会」は今後設立していく組織であるが、灯りに対する要望は強く、村民は据付け、建柱、配線作業についても手伝うとのことで、「村落電化委員会」の役割、守備範囲を明示・協議すれば、早期の設立は可能であると考えている。

機会

- ・政府による電化政策が大型のダム発電建設から火力発電建設に舵が切られたこと。
- ・政府が地方電化推進にコミットしていること。
- ・農業は国の基幹産業であり、その増進のため灌漑施設の整備、拡大を図っていること。
- ・現状での電化率は30%未満であること。
- ・門戸が開放され、海外からの投資気運が高まっており、エネルギーとしてのインフラは必要不可欠である。

火力発電の燃料は石炭、ガスが主要なものであり、それらの価格は世界市場の動きに左右されることになる。その点から見れば小水力発電は再生可能な自然エネルギーであり、安定した価格を設定でき、発電需要を喚起するものと考えられる。

弱み

- ・廉価な中国製品、タイ製品が競合となる
- ・農業従事者の収入が低く、購買力が低い
- ・収穫期には灌漑用水を2ヶ月停止している用水路がある

脅威

- ・ 地方電化に関する政策・法律・推進体制が不明確
- ・ 民族紛争の恐れ
- ・ 人材不足に直面する恐れ（製造技術者・電気技術者）

タイ製品は中国製品に席卷され、現在市場では出回っていない。中国製品は2KW、3KW、5KWで市場にて販売されており、IDの水路にも設置されている。IDの購入価格は本体（縦型プロペラ水車）のみで以下のとおりである。

- 2KW: 255,000 チャット（25,500 円）
- 3KW: 300,000 チャット（30,000 円）
- 5KW: 580,000 チャット（58,000 円）であり

付帯設備は平均1,150,000チャット（115,000円）である。

IDでは10KW以上の発電機にはチューブラ発電機が採用されている。当初この型も中国製であったが、現在ではゼネレーターを除きIDの工場で作成されている。その価格は20KW：66,500,000チャット（6,650,000円）である。以上は機器を設計、製作したID技術者からの聞き取り結果である。

第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

3.1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動(実証・パイロット調査)の概要

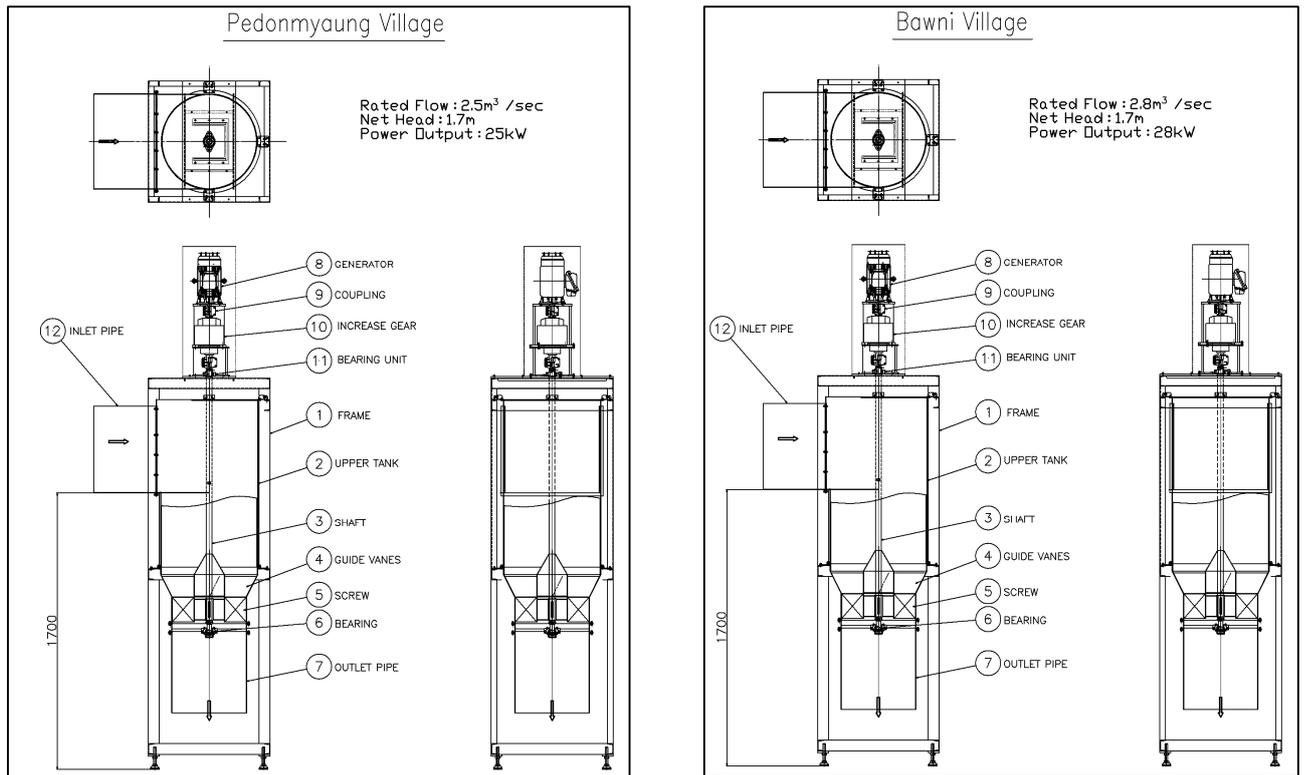
今回の調査においては実証・パイロット調査は実施していない。今回の調査はミャンマー国の各地域の電化状況、河川・水路の状況、無電化集落の状況を調査し、河川を管理している州・管区、灌漑水路を管理しているIDの意向、IDをカウンターパートとして今後協働して行くことの可能性の確認、さらに弊社製品の適応性の検討を行った。次の段階で実証・普及テストを実施したいと考えており、村落状況、条件、宣伝効果、IDの要請等を勘案しパイロットサイトを決定した。

3.2 案件化調査結果の概要

調査箇所の選定においては、用水路はIDの要望箇所、溪流サイトは管区または州政府の要望箇所をもとにしている。要望箇所は別表のとおりであり、水路名・村落名のみでは現地にたどり着けない道路事情のため、IDおよび州、管区の案内人に従い現地調査を行った（調査サイトは21カ所で、それらサイトにある用水路50カ所以上、溪流20カ所で実施）。

パイロットサイトの選定では具体的には、国による電力グリッドでカバーされない地域の踏査したサイトの中から、①IDの導水路、用水路を活用、②IDの小水力発電による電化計画がある、③適当な集落が存在、④大規模土木工事が不要、工事のし易さ、⑤良好なアクセス、⑥宣伝効果などを勘案し、アクセスのよさ、宣伝効果、カウンターパート機関IDの意向(パイロットサイトとして最適)を重視して2サイトを選定した。また、各州における現地踏査の概要、無電化集落の実態、電化に対する要望等は、巻末の現地調査資料に掲載した。

選定したパイロットサイトに適用する弊社製品は、下図に示した立軸軸流水車（パワーアルキメデス）であり流量・落差からPedonmaung 村においては10KW、Bowni 村においては20KWの発電装置のものとし、各家庭において電球2個程度（40W）の電化を、次段階の民間提案型普及・実証事業で行ないたいと考えている。



データ出所：北陸精機

図 3.1 立軸軸流水車（パワーアルキメデス）

この立軸軸流水車（パワーアルキメデス）の特徴は下記のとおりである。

- 構造が簡単（途上国で製造可能）
- 装置の据付が容易（最低限の土木工事で据付可能）
- 低落差で効率が高い（総合効率60%～70%）
- 日本で農業用水の落差工に発電水車を直接設置しているのはパワーアルキメデスのみ
- 水量調整装置及び水車点検用として図2.1の様な水落とし装置が付いている
- 水車本体ではないが、スクリーン（ごみ除去装置）を標準装備としている

なお、日本仕様と同等の周辺機器を導入する予定であるが、電力量、建屋、電気の質等の詳細は、住民との協議を通じて決定していきたいと考えている。また周辺機器についても、できる限り現地調達を念頭に検討することとする。

現在ミャンマー国においてIDが設置している水車には3～5KWのものは縦型スクリュウタイプのもの、15～20KWの出力については、S型チューブラ水車が適用されている。弊社製品であるパワーアルキメデスは5～50KWのレンジで適用でき、集落の規模が500戸以下であれば、50KW一基で一村すべてをカバーできる発電能力を有する。さらに、水路の落差工に設置するため、土木工事をほとんど必要としない。

IDは自己の小水力製造工場にて中国製製品を参考にしながら年間30～40台程度製造しており、水路

を利用し順次無電化集落への電気供給を計画している。電気は単相であり、電気の使用は外灯、家庭の灯り、テレビに限定しており、現時点では電気の動力使用（ポンプ、モーター）は行っていない。

技術レベル・現地鉄工所での実態調査によれば現状は以下のとおりである。

- 機械加工がなされていない
- 防錆塗装がなされていない
- メッキ技術が未成熟である
- 溶接技術の練度が低い
- 水密加工技術が未成熟である

前出の第2章、2.1.3で述べたように、現地や他国の類似製品との技術面・価格面での比較は表2.1のとおりである。

民間提案型普及・実証事業においては、提案する製品・技術の現地適合性を検証したいと考えている。現時点で計画する検証項目は、稼動と配電状況、発電の効率性、安定性、他地域への適用性、事業展開プロセス、コストの削減策、現地部品の活用性、維持管理手法と体制、電力料金徴収システム（料金含む）、昼間の余剰電力の活用法、他国製品との価格の比較検討、事業展開における総合的な競争力などである。特に現地生産を目指す発電機器の製造費についてはどの程度まで現地部品を採用できるかの見極めが重要となるので、普及・実証事業において部品の適合性、活用性を確認する。

現時点では、日本から持ち込む部品は発電機本体（ランナー、タービンなど）を計画している。一方、現地で製造、あるいは流用する部品（既製品）は水車、増速機、インバーター、コンバーターなど、全体の約70%を想定している。

水量については、現地調査期間が乾期であったことから、一年を通じて発電に十分な水量が確保されると考えている。

普及・実証事業を実施する上で、自然環境、社会的な影響等は以下のとおりである。

- 自然環境：本事業においては、自然の改変を行わないため、影響を及ぼさない。
- 社会環境：住民からの用地取得や、住民移転を必要とせず、電気を提供出来るため、プラスの影響を生じると考えられる。
- 社会的合意：調査で訪れた ID、州政府、村々においては小水力発電機の導入に積極的であり、導入に係る合意は得られていると考えている。
- 先住民族：ミャンマー国においては、今後海外資本が流入し、都市部と農村部の所得格差は更に広がっていくことが予想される。その中において集落の電化はその格差解消の1つと考えられる。先住民族問題においても同様に電化による生活改善、情報の共有、情報発信は非常に重要なものとなり、また電化事業を農業灌漑省の ID と協働で行うことは民族融和の一つの契機となる可能性も考えられる。

3.3 採算性の検討

技術の優位性とコストおよび住民の支払い能力を考慮し検討していく必要がある。提案製品（立軸軸流水車）は、長寿命（20年以上）、発電効率の高さ、安定した発電などの特長を持っている。そのため、今後の経済発展により高品質の電気が要求された場合でも十分対応できる。

技術の優位性

現在ミャンマー国における水車は2KW、3KW、5KWについては縦型のプロペラ水車、10KW、15KW、20KWについてはチューブラ水車を使用している。縦型プロペラ水車と、プロペラ水車は中国製を手本にID工場で作製されている。チューブラ水車は迂回路工事が必要であり、また水路脇に用地の確保が必要とされる。それに対し弊社製品である「パワーアルキメデス」は縦型プロペラ水車同様水路に直接設置可能であり、10KWから50KWの出力を有する立軸軸流水車である。

縦型プロペラ水車は10世帯から100世帯程度の集落を担い、チューブラ水車は100から500世帯の集落の電化を可能としている。調査した各集落においての要望は10KW以上であり、IDで製造されている水車も聞き取り調査によれば10KW以上に転換している。

採算性の検討

現在、日本での製品の製造コストは100万円/1KWであるが、事業展開に当たり、要求される電気の品質（当面電灯として利用）、加えて事業展開に向けた投資を考慮して40万円程度までのコストダウン（下表参照）が、トライアングル・リンクス社との提携による現地生産体制を構築すれば可能と考えている。コストダウンには、人件費、性能に影響しない現地部品の採用、機械による加工費などが大きく影響してくる。機器の現地製造に当たっては、現地で製造または流用する部品（既製品）は水車、増速機、インバーター、コンバーターなど、現時点では全体の約70%を想定している。

表3.1 現地生産をした場合の製造想定コスト（発電出力：10KW）

種別	費用（円）	摘要
1.水車		
材料費	300,000	国際価格
加工費	700,000	
購入品（ランナー、タービン：日本製、 増速機：現地製）	500,000	量産（50セットとして）
小計	1,500,000	
2.電力制御		
インバーター、コンバーターなど:現地製	1,600,000	量産（50セットとして）
3.間接費		
一式	900,000	
合計	4,000,000	400,000円/KW

一方、ミャンマー国側で製造されている製品の製造コストは20万～40万円/KW程度となっている。現地製造品が提案企業の製品パワーアルキメデスと比べると短寿命、低い発電効率であることを考慮すれば事業展開は十分に可能と考えている。上記について、民間提案型普及・実証事業によって詳細を確認したいと考えている。

投資金の回収

現状においてIDが電力を供給している、あるいは供給しようとしている集落においては、電気使用量を徴収していない。したがってビジネスモデルの1形態である電力供給事業に取り組むのは当面は困難と考えている。

しかし、聞き取り調査により、無電化集落では灯り用のローソク代・携帯電話のバッテリー充電代として平均して200チャット（20円）/世帯/日、を支払っている。200世帯の集落では、20円（200チャット）×200世帯×30日×12カ月＝144万円/年となる。

回収年数は、発電容量10KWの設備投資に対して

- 投資額：4,000,000 円
- 料金収入：1,440,000 円/年
- 回収年数：4,000,000 円/（料金収入：1,440,000 円-料金徴収手数料 10%:144,000 円-設備維持管理費用 10%:144,000 円=1,152,000 円）→約 3.5 年

以上より回収年数は4～5年程度と推算できる。

以上より、電化されれば、ローソク代等の支払いが不要になるため、電気料金の回収の可能性もあり得ると考えられる。したがってこの考えをIDなどへ提供し、無電化集落の解消促進に充てることも可能と考える。その際トライアングル・リンクス社と提携し、将来的な電力供給事業の可能性も検討していく。

現地での事業展開計画の策定において最も重要なことは採算性であり、より詳細な計画が求められるが、特に考慮しなければならない事項は以下と考えている。

- 人材育成
- 加工機械の現地企業での導入
- 量産体制の確立
- 品質の保持
- 顧客の確保
- 維持管理体制

以上に対しては、民間提案型普及・実証事業において明確にしていきたいと考えている。

現地調査において入手した現地における価格等は以下のとおりである。

① トライアングル・リンクス社より聞取り

- 中国製の水車：3万円位で数多く販売されている。
- ベアリングの故障、回転の軸ぶれにより、1年半位の寿命

② トライアングル・リンクス社でクロスフロー水車を製造した場合の価格

Estimation Cost for Mini Hydro Turbine (Price in US\$)

	Accessories	25KW	50KW	75KW	100KW	Remarks
1	Crossflow Turbine	5,150	7,450	9,500	11,500	
2	Generator	2,100	2,750	3,100	3,400	
3	Control Panel	2,000	3,500	5,000	6,000	
4	Penstock per M	155	155	175	175	
	Total Amount	9,405	13,855	17,775	21,075	

出所：トライアングル・リンクス社

③ I.D.における導入価格

Cost Estimate for Installing Micro Hydro Tubular Turbine (10-KW & 20-KW)

(unit:Kyat)

No	Particular	10-KW x (1-Unit)	20-KW x (1-Unit)	Remark
1	Tubular Turbine Assy: & its related Equipment	1,600,000	2,500,000	Without Off Grid Cable Line Installation Charges
2	Generator & its related Equipment	900,000	1,300,000	
3	Speed Increaser Assy: & Base Frame	1,000,000	1,400,000	
4	Electrical Control Panel & related Equipment	300,000	500,000	
5	Control Gate & Gear Assy:	1,000,000	1,400,000	
6	Inlet Steel Pipe Assy: & its related Equipment	600,000	1,000,000	
7	Draft Tube Assy: & its related Equipment	600,000	900,000	
8	Water Way Structure & Power House Building	2,000,000	3,000,000	
	Total	8,000,000	12,000,000	

出所 : ID

④ ネピドーWeir

- 既設小水力発電 (ID管理)
- 中国製 10KW
- 建設費 : 20,000,000チャット:200万円



IDによる小水力発電 (ネピドー市)

⑤ Thoneze Dam

- 縦型：1セット/3万円×2 木造設備を含め全体で8万円
- タービン：ミャンマー製 発電機：中国製



IDによる小水力発電（バゴー州南部）

⑥ Kantin Billin Dam（2001年完成）

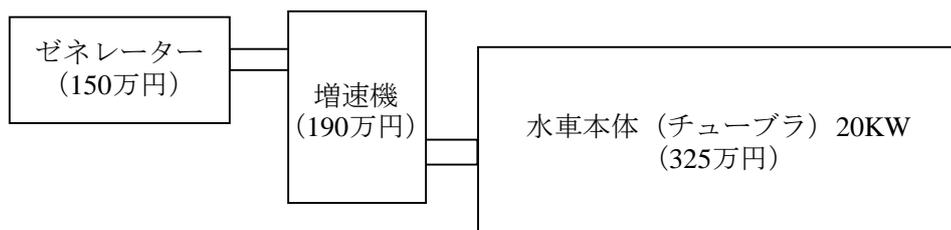
- ビルマ人とカレン人の集落の電化
- 電柱+配電100mあたり5万円
- 無電化時は200～500チャットで近くの店で充電（車のバッテリー）



IDによる小水力発電（バゴー州南部）

⑦ Taungnyo Dam

- 現状での値段（20KW）



計：665万円

これはID（設備規模：200Households/20KW）により値段が抑えられており、もし民間であればそ

の3倍はかかるとのこと（ID Engineerより聞き取り）。



IDによる小水力発電（バゴー州南部）

⑧ シャン州、Zawgyi-Chaung,yat-souk,Hle-Toe Village

- 5年前に3万円で購入している。年2回のメンテナンスに8千円かかっている。



シャン州水力発電部門による小水力発電（シャン州南部）

⑨ シャン州タウンジーの電機販売店

- 3KWの発電機（中国製）：15,500円
- 付帯機器：7,000円 計23,000円
- 雨期には40台/月販売されているとのこと。



シャン州タウンジーの電機販売店（シャン州南部）

⑩ IDのヤンゴン工場

- 計画：年間15個、5、6年で100個設置
- DGの要請：10～20KWの製作設置数50台/年
- 実情：月3台程度、年間35台程度の製作状況
- ヤンゴン、モービー、マンダレーに製造工場を有し、スタッフは各40名程度である。
- TTCにおいては農業、灌漑事業の訓練が行われている。



IDのヤンゴン小水力発電工場

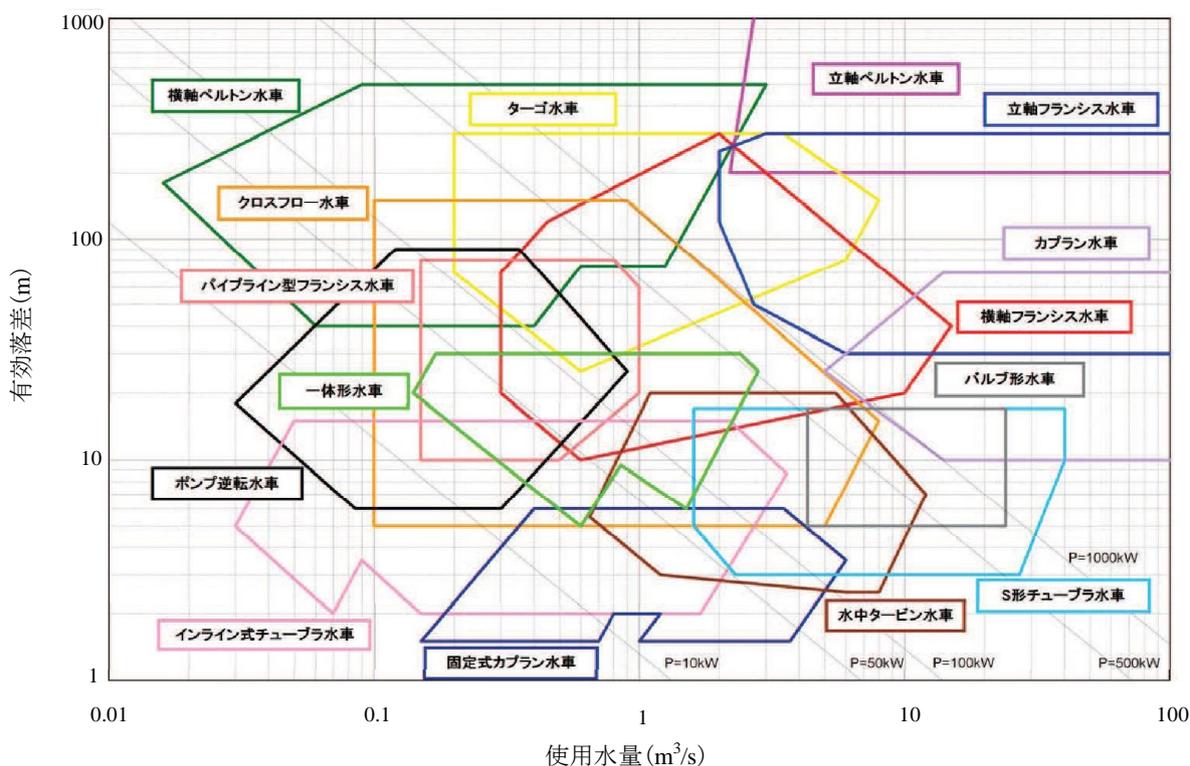
第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

4.1 提案製品・技術と開発課題の整合性

日本における小水力発電は、一般社団法人新エネルギー財団により水車形式・適用レンジ等が下図（有効落差と使用水量により適用すべき水車形式を選定する目安）のように定義されており、弊社製品である立軸軸流水車（パワーアルキメデス）は水車の形式として、固定式カプラン水車の範疇に属するものである。

IDにおいては3～5KWの発電については縦型プロペラ水車を、15～20KWが必要な箇所についてはチューブラ水車を適用している。縦型プロペラ水車は発電能力が低く、必要に応じて2基、3基設置し集落の需要を満たそうとしており、チューブラ水車においては落差工部分に迂回路を設ける必要があり、中規模の土木工事を必要としている。

弊社製品である立軸軸流水車は下表のとおり低落差、小流量において発電能力を有し、1基で5～50KWの発電能力を有しており、土木工事を必要とせず、IDにおける灌漑水路への設置には最適なものといえる。

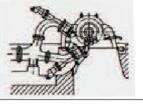
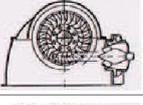
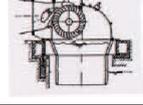
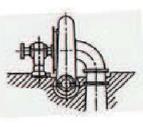
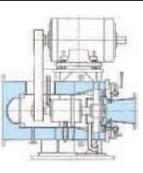


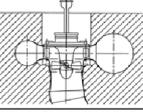
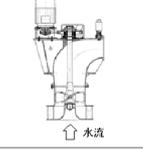
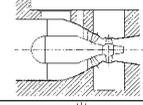
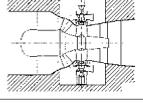
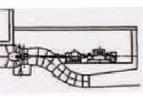
データ出所：「平成 24 年度中小水力開発促進指導事業基礎調査」

一般財団法人 新エネルギー財団(経済産業省 自然エネルギー庁委託調査)

図 4.1 水車形式選定図

水車の形式と特徴

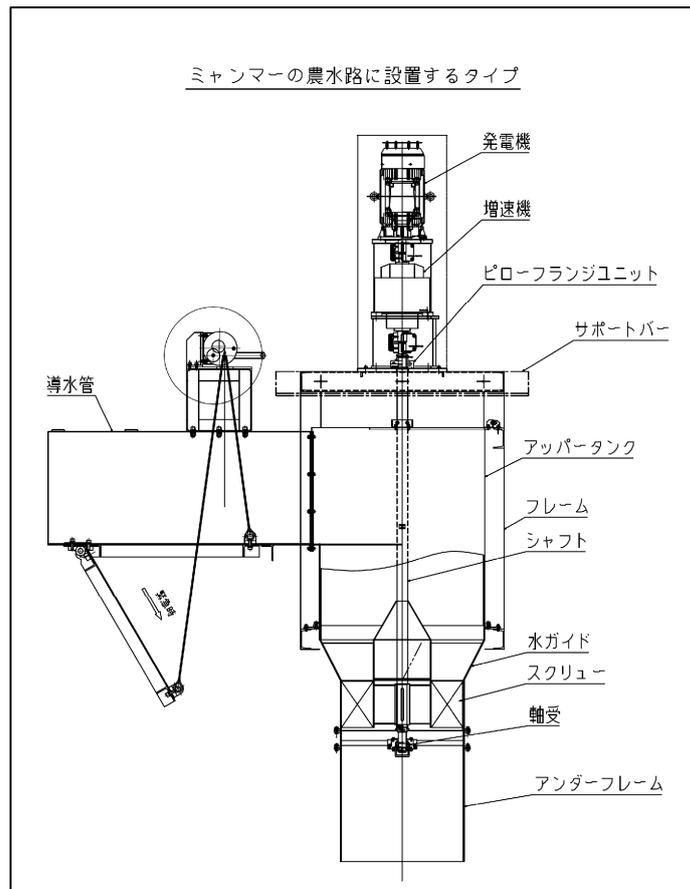
形式	概略図	構造概要	適用範囲	部分負荷特性	変落差特性	備考
衝動水車		ノズルから流出するジェットをランナ周辺バケットに作用させる構造のもの。ランナは左右対称の2つのわん形状のバケットをもつ。	出力:0.5~4,000kW 程度 落差:17~500m 程度 流量:0.01~2m³/s	流量が変化しても効率低下は比較的小さい。	落差変化が大きいと効率が低下する。	回転速度が低いいため、機器体格が大きい。
		ノズルから流出するジェットをバケットに斜めに作用させる構造のもの。ランナは1つのわん形状のバケットをもつ。	出力:100~8,000kW 程度 落差:25~300m 程度 流量:0.2~8m³/s	最大効率ではやや劣るが、軽負荷特性は良好。15%程度の負荷でも運転可能。2ノズル方式の場合、流量に応じてバケット数切替。	落差変化が大きいと効率が低下する。	構造が簡単。
反動水車		衝動水車及び反動水車の特性を併せもち、流水が円筒形ランナに軸と直角方向に流入し、ランナを貫通して流出するもの。	出力:10~1,000kW 程度 落差:5~200m 程度 流量:0.1~8m³/s	最大効率ではやや劣るが、軽負荷特性は良好。2ノズル方式の場合、15%程度の負荷でも運転可能。	落差変化が大きいと効率が低下する。	構造が簡単。
		流水がランナ外周から半径方向に流入し、ランナ内において軸方向に向きを変えて流出するもの。	出力:50~4,000kW 程度 落差:10~300m 程度 流量:0.3~10m³/s	軽負荷になると効率低下が大きくなる傾向にある。	落差変化に対しては、効率低下が少ない。	マイクログリーン水車用として1kW程度の汎用品も製作されている。
		ガイドベーン操作機構部を簡素化し、円筒型ケーシングを採用した、新しいタイプのフランシス水車。水車上に発電機を搭載し、水車回転部と発電機をベトで直結した「ベルト掛け方式」の他に「直結方式」がある。	出力:10~500kW 程度 落差:10~80m 程度 流量:0.15~1m³/s	電動サーボモーターによるガイドベーン操作方式を採用することで、流量変化にも対応できる。	一般的なフランシス水車に比べ、落差変化に対する効率低下が大きい。	渦巻形ケーシングを持たないため、機器本体が小さい。

形式	概略図	構造概要	適用範囲	部分負荷特性	変落差特性	備考
反動水車		反動水車の一種であり、流量に対してランナの角度を変えることにより、常に最適の羽根角度となるように調整されている。	出力:1,000~100,000kW 程度 落差:10~60m 程度 流量:10m³/s ~	流量が変化しても効率低下は小さい。	落差が変化しても効率低下は小さい。	中小水力には、経済性の理由から採用されるケースが少ない。
		円筒立軸の固定羽根水車である。サイフォン取水できるようなランナ形状になっている構造のものもある。	出力:1~200kW 程度 落差:1.5~7m 程度 流量:0.1~4.0m³/s	ガイドベーン及びランナベーンが固定であるため、流量変化に対しては台数制御にて対応。	落差変化が大きいと効率が低下する。	水車・発電機間に駆動軸がないために構造が簡単。流量調整機能省略。制水弁で運転・停止機能を兼用。
		発電機が水車上流側流水路中の電球形状をしたハウジング内に設置される構造。	出力:150~3,000kW 程度 落差:5~20m 程度 流量:4~25m³/s	ガイドベーン、ランナベーン共に可動にして流量と落差の変動に対応できる。	落差変化に対しては、効率低下が少ない。	バルブ内に発電機を収納しているため、はずみ車効果 GD ² に限界がある。
		発電機がランナ外周に設置される構造で、発電機ロータはランナ外周で支えられ、ランナとともに回転する。	出力:10~600kW 程度 落差:5~30m 程度 流量:0.2~3m³/s	ガイドベーン及びランナベーンが固定であるため、流量変化に対しては台数制御にて対応。	落差変化が大きいと効率が低下する。	水車のランナ外周に発電機ロータが取り付いているため、コンパクトである。
		円筒アベラ水車(ランナを通過する流水の方向が軸方向のもの)のうち、発電機を流水路の外に設置するため、流水路を屈曲させる構造のもの。	出力:50~5,000kW 程度 落差:3~18m 程度 流量:1.5~40m³/s	ランナベーンが可動なものは、10~100%運転。ランナベーン固定のものは、80~100%運転。	落差変化に対しては、効率低下が少ない。	低落差で流量の多い場合に適用。

データ出所：「平成24年度中小水力開発促進指導事業基礎調査」

一般財団法人 新エネルギー財団(経済産業省 自然エネルギー庁委託調査)より抜粋

適用予定の小水力発電装置は下図(図4.2 発電装置)のとおりである。民間提案型普及・実証事業に適用する器機は10KW、20KWの二種を計画している。



出所：北陸精機

図 4.2 発電装置

民間提案型普及・実証事業では、提案する製品・技術の現地適合性を検証する。現時点で計画する検証項目は、稼動と配電状況、発電の効率性、安定性、他地域への適用性、事業展開プロセス、コストの削減策、現地部品の活用性、維持管理手法と体制、電力料金徴収システム（料金含む）、昼間の余剰電力の活用法、他国製品との価格の比較検討、事業展開における総合的な競争力などである。特に現地生産を目指す発電機器の製造費についてはどの程度まで現地部品を採用できるかの見極めが重要となるので、実証事業で部品の適合性、活用性を確認する。

現時点では、日本より持ち込む部品は発電機本体（ランナー、タービンなど）を計画している。一方、現地で製造、あるいは流用する部品（既製品）は水車、増速機、インバーター、コンバーターなど、全体の約70%を想定している。

将来的には、電力料金徴収や軽微な維持管理（支給された潤滑油補給、電柱、配線、引込み線などの維持管理、異常時の連絡）を村落に委託して電化事業を円滑に進めて行く予定にある。委員会の構成は村長はじめ、有力者で構成する。提携企業による定期的な発電設備の点検作業に合わせた打合せなどによりコミュニケーションを維持して行く。軽微な維持管理は無償とし、電力料金徴収に関しては手数料を支払う考えである。手数料の程度については今後の課題とする。

中央乾燥地帯であるマンダレー管区においては水源での水量が少ないため、地方政府が村落に、大型のディーゼル発電機をローンで購入・導入し、村民はローンを支払うシステムを推進している。これによれば村民は以下のとおり最低6,000チャット（600円）/月を支払うことになる。

- 10KW/20,000,000 チャット（2,000,000 円）/1 台
- 村民のローン返済期間（4～5 年）
- 返済額：5,000 チャット（5,000 円）/世帯/月
- 運転費：1,000～2,000 チャット（100～200 円）/月

さらに、シャン州のチン村では、24世帯が小水力発電による灯りを使用している。2011年に導入した発電機は5KWで約3,000,000チャット(300,000円)であり、その資金は村民の積立によるものである。導入前の2006年から1,000チャット（100円）/月積立していたとのことであった。これより上記同様に月あたり6,000チャット（600円）の支払い能力があると推定できる。

- 灯りの代用品ローソクまたはケロシン代として 200 チャット（20 円）/日
- 月当たり 200 チャット（20 円）/日 * 30 日 = 6,000 チャット（600 円）

維持管理を含めた人材育成については、電気、発電技術に係る基礎的な知識、軽微な維持管理（支給された潤滑油の補給、電柱・配線のチェック）などに必要な知識・技術を移転する研修を実施する予定である。

実証事業を実施することによる効果、裨益について、北陸精機は海外事業展開の目的の明確化と留意事項（法規制、税制、商習慣含む）、事業のプロセス認識、適合性の検証、現地部品の活用性、コストダウンの具体策、ビジネスモデルや実施体制の構築、流通・販売計画、将来的な電力料金徴収への備え、リスク対策などに対して有益な経験、知見、情報などの効果・裨益が得られる。合わせて提案する製品・技術の広報・宣伝にも役立ち、今後の普及に向けて大いに役立つと考えている。

一方、対象の村落は、全世帯とも夜の電灯による文化生活、電灯による教育水準の向上、テレビジョンを設置した場合の各種情報の取得、夜間における村落の集会、昼間の余剰電力使用による効果が期待される（世帯によっては米の粳摺り、精米、井戸ポンプ、水中ポンプ、各種動力用電源に使用可能）。

4.2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・普及による開発効果

ミャンマー国においては、電化率の改善が喫緊の課題であり、安定した電力供給の必要性などは既に述べたとおりである。用水路を管理するIDでも、土木工事が大幅に低減でき、かつ安定した水量が供給される灌漑用の導水路、用水路を活用した小水力発電に対し、自前の工場を全国に4ヵ所運営し、機器の製造、据付を手がけ、原則として“電灯に使用する”という前提のもとに無料で配電している。小水力発電に係る技術基準、ガイドラインが未整備の中で独自の手法での設計、製造であり、維持管理手法・体制不足の中で、多くの携わる技術者が悩んでいると今回の現地調査インタビューでも聴取、確認されている。

民間提案型普及・実証事業を通じて、現在IDが抱えている技術および維持管理手法における課題は、事業を協働で実施することにより改善されていくと考えられる。小水力発電に求められる技術とは電気技術（発電機・配電）、機械技術（水車）及び土木技術（据付・建柱）であり、これらはID職員の日本での技術研修、TTCの小水力分野の拡充、モデル事業等を通じた活動によりミャンマー国内に定着し、さらには、無電化集落数の減少に繋がるものと期待される。

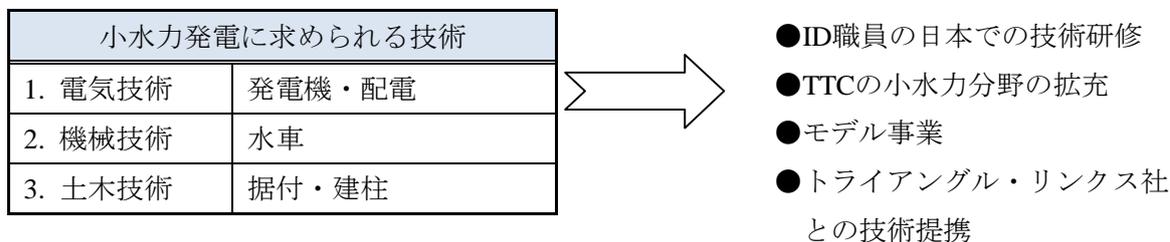


図 4.3 小水力発電に求められる技術の移転

民間提案型普及・実証事業では、農業灌漑省のIDをカウンターパートとして、流量の安定した電力を、土木工事を最小化できる用水路落差工に小発電設備を設置して近傍の集落に配電する。以下にPhase 2事業のためのカウンターパート機関を示した。

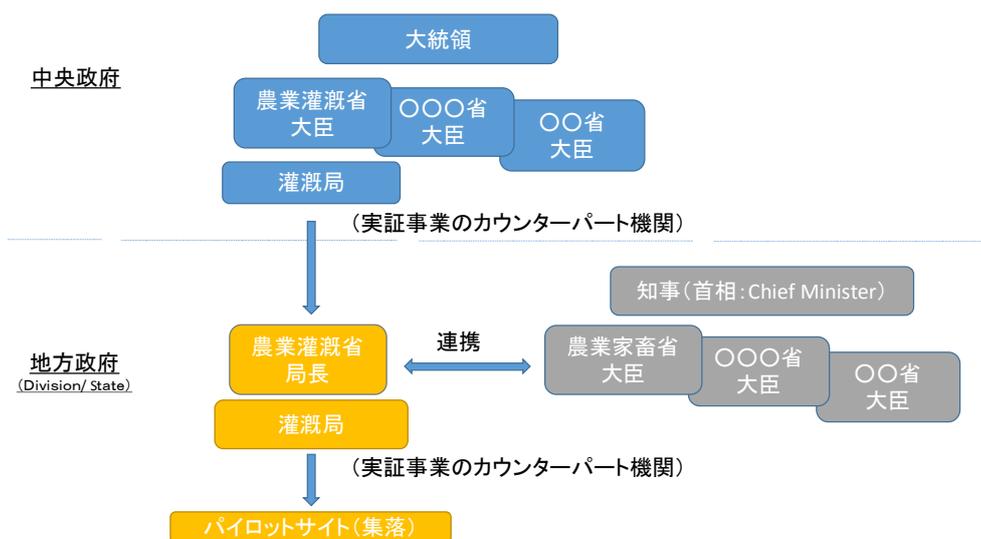


図 4.4 民間提案型普及・実証事業のカウンターパート機関(Phase 2)と関連機関

計画・設計に係る技術指導、据付、配電に加え、維持管理の手法や体制の検討、技術者の研修、など事業の全工程の作業を協働することにより、①IDが期待する小水力発電技術全般の底上げが期待される、②無電化集落の解消という開発課題との適合性にも合致していると言える。無電化集落の解消（生活環境の改善、農業生産性の向上、貧困削減など）に向けての情報発信、啓発も含め技術的・体制的に飛躍するための一つの突破口となる場を提供できる。

加えて、今回提案している2カ所のパイロットサイトは、ヤンゴン～ネピドーを結ぶ高速道路沿いに位置しており現場へのアクセスが良好であることから、実証事業を通じた普及のための宣伝効果も極めて高い。外部からの視察も企画することにより、小水力発電関係者にも技術の底上げ、

改善も付加的、間接的に期待される。

4.3 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

第2章の2.2(図2-3)で述べたように、**phase 3**として現地企業と技術提携した事業展開を考えている。事業展開の概要は以下のとおりである。

- 現地企業トライアングル・リンクス社と技術提携し、機器の製造・販売・据付・維持管理を計画
- 当面は灌漑用水路を管理する ID に設備を納入し、設置、維持管理を代行し、その代金を受領
- 軽微な設備の維持管理（支給された潤滑油の補給、電柱・配線・引込み線）は村落に委託し、必要な研修を実施
- 将来的には、ID に加え州、自治体を対象に設備を販売・設置、維持管理を実施
- 村落に協議会を設置して、電力料金徴収、上記同様の軽微な維持管理を委託。電力料金徴収に対しては、代価を支払うが、その程度は今後の課題

将来的な事業展開概要は以上のとおりであるが、提案するODA案件（民間提案型普及・実証事業）が、次のような観点から今後に向けた事業展開に大いに役立つと言える。

海外における小水力発電機器の生産も含めた事業展開は、社の掲げる今後への展望の延長上に位置するものであり、裾野の広い事業となると期待している。民間提案型普及・実証事業を通じて、海外事業展開の目的の明確化と留意事項（法規制、税制、商習慣含む）、事業のプロセス認識、適合性の検証、現地部品の活用性とコスト削減策、ビジネスモデルや実施体制の構築、資金・流通・販売計画、将来的な電力料金徴収への備え、リスク対策などに対して有益な経験、知見、情報が得られる。

これら民間提案型普及・実証事業での経験と知見を十分に活用できる**Phase 3**としての海外事業展開は、更なる技術力の総合化、創造的人材の育成、雇用の増大などを促進し、北陸における地域活性化はもとより、県の提唱する科学技術施策による市場を世界に求める第一歩を踏み出すこととなる。このように北陸精機の国際化による販路の拡大、技術の総合化に加え、地域経済の発展に大きく寄与することに加え、我が国とミャンマー国との国際交流にも少なからず貢献する。

中国製の安価な製品は、現地調査により案内された山岳部における小集落の分散された地域であり、その世帯数は10～20程度の小規模集落となっている。製品は個人、またはグループによって所有している。また現地ヒアリングによればその寿命は2～3年と短く、故障に伴って使用不可となる場合も発生するとのことであった。

一方、提案する製品は、発電出力で最低規模10KW、さらに20KW、30KW程度まで、さらにそれ以上は設備台数を複数化することにより、200世帯以上の中規模集落に適用可能である。提案製品は灌漑水路の落差工に設置することで土木工事費が殆ど不要な発電が可能となるという特徴を持っている。これら提案製品を普及するためには、ミャンマー国の中央乾燥地帯に立地する240ダムからの無数の灌漑用水路を活用して、当面は灌漑用水路を対象に周辺に広がる中規模集落に納

入・設置することを考えている。このような適当な箇所がどの程度あるのかについての詳細な調査は今後の課題である。また現地製品、輸入製品とのコスト競争力に関しては、第3章の採算性でも述べたごとく、現地生産体制が整えば40万円/KW程度までコスト削減が可能であり、コスト競争性は十分に備えられると想定している。

第5章 ODA 案件概要

5.1 ODA 案件概要

Phase 2における活用可能なODAスキームは、民間提案型普及・実証事業である。その成果をより効率的、波及的、持続的に事業の実施に繋げていく。民間提案型普及・実証事業の概要は以下のとおりである。

5.2 具体的な協力内容及び開発効果

5.2.1 具体的な協力内容

- 1)事業名：小水力発電技術の民間提案型普及・実証事業
- 2)カウンターパート機関：農業灌漑省灌漑局(ID)
- 3)パイロットサイトと ODA 事業内容：

表 5.1 パイロットサイトにおける事業内容

事項	Site 1: Pedonmyaung 村 ネピドー市郊外	Site 2: Bawni 村 バゴー州北方
配電戸数	250 世帯	500 世帯
使用水源/施設	灌漑用水路/落差工	灌漑用水路/落差工
水車形式	立軸軸流水車	立軸軸流水車
発電容量	10KW	20KW
総施設コスト	1,170 万円	1,995 万円
電力使用料金	徴収しない	徴収しない
維持管理体制	村落電化委員会	村落電化委員会

「村落電化委員会」は今後設立していくことを考えている組織であるが、灯りに対する要望は強く、村民は据付け、建柱、配線作業についても手伝うとのことで、「村落電化委員会」の役割、守備範囲を明示・協議すれば、早期の設立は可能であると考えている。

将来的には、電力料金徴収や軽微な維持管理（支給された潤滑油補給、電柱、配線、引込み線などの維持管理、異常時の連絡）を村落に委託して電化事業を円滑に進めて行く予定である。委員会の構成は村長はじめ、有力者で構成する。提携企業による定期的な発電設備の点検作業に合わせた打合せなどによりコミュニケーションを維持して行く。軽微な維持管理は無償とし、電力料金徴収に関しては手数料を支払う考えである。手数料の程度については今後の課題とする。

●サイトの状況



Site 1 (ネピドー市郊外)



Site 2 (バゴー州北方)



Site 1 村落の状況



Site 2 村落の状況

第4章の図4.4で示したように、この民間提案型普及・実証事業では中央政府の灌漑局(ID)に加え、パイロット地区の属する州にある出先機関の灌漑局(ID)と共に協働で事業を実施する予定である。計画・設計に係る技術指導、据付、配電に加え、維持管理の手法や体制の検討、技術者の研修など事業の全過程の作業を協働することにより、IDが期待する小水力発電技術全般の底上げが可能となることに加え、安定した電力供給という開発課題との適合性も極めて高いと言える。この結果として、無電化集落の解消（生活環境の改善、農業生産性の向上）に向けての情報発信、啓発も含め技術的・体制的に飛躍するための一つの契機となる場を提供できると確信している。

加えて、今回想定しているパイロットサイトは、現場へのアクセスが良好であることから、実証事業を通じた普及のための宣伝効果も高く、場合により外部からの視察も企画することにより、Phase 3での技術提携を想定している現地企業、他の民間企業にも小水力発電技術の底上げ、改善も間接的に期待されると推量できる。

民間提案型普及・実証事業では、提案する製品・技術の現地適合性を検証する。現時点で計画する検証項目は、稼動と配電状況、発電の効率性、安定性、他地域への適用性、事業展開プロセス、コストの削減策、現地部品の活用性、維持管理手法と体制、電力料金徴収システム（料金含む）、昼間の余剰電力の活用法、他国製品との価格の比較検討、事業展開における総合的な競争力など

である。特に現地生産を目指す発電機器の製造費についてはどの程度まで現地部品を採用できるかの見極めが重要となるので、実証事業で部品の適合性、活用性を確認する。

現時点では、日本より持ち込む部品は発電機本体（ランナー、タービンなど）を計画している。一方、現地で製造、あるいは流用する部品（既製品）は水車、増速機、インバーター、コンバーターなど、全体の約70%を想定している。

また普及活動では、将来的な事業展開では電力料金を徴収することとなるので、ID や集落に対する啓蒙活動（電気の利用、電気は無料ではない、集落住民に対するアンケートの実施など）も実施して行く予定である。

以上に対し、カウンターパートのIDとは、小水力発電技術の質的な改善にも大いに寄与するので、上記の検証活動を協働で実施することで、合意形成ができています。

5.2.2 案件の目標・成果

案件目標は、灌漑用水路の落差工を活用した小水力発電設備を設置・送電・配電することにより無電化集落の電化率を高めることである。

成果としては、2サイトにおいて約750世帯に配電が可能であり、文化的な電化生活の恩恵を受けることとなる。

5.2.3 先方実施機関（カウンターパート機関）と実施体制

カウンターパート機関は農業灌漑省灌漑局であり、民間提案型普及・実証事業の実施体制は図5.1のとおりである。

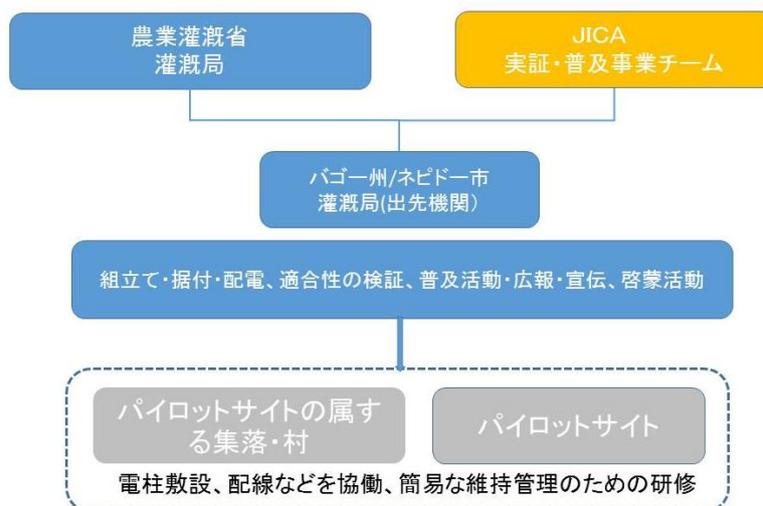


図 5.1 事業実施体制

日本側の実証・普及チームの構成は以下の組織を計画している。

- 株式会社北陸精機
 - 土木・電気チーム
 - 技術移転・指導チーム
- 外部人材活用 (国際建設技術協会)
 - コンサルタント・調整

5.2.4 スケジュール

ODA案件のスケジュール表

ODA案件についての工程は現地作業を対象にしたものである。民間提案型普及・実証事業においては事業の展開を常に視野に置き、地域特性に応じた事業の遂行を図るため、工期は2年とした。既に小水力に対する要望は多く、事業採算性を確認のうえ、この事業の遂行とともにビジネスモデルの展開を図っていく所存である。

表 5.2 ODA事業工程

項目/年月	2014												2015												2016		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
普及・実証事業 (Phase2)																											
現地調査・IDとのMOU																											
設計																											
製造																											
輸送																											
据付工事																											
配電工事																											
試運転・配電																											
実証																											
アンケート調査																											
維持管理手法の確立																											
維持管理体制の確立																											
技術研修																											
報告書取り纏め																											

5.2.5 概算金額

民間提案型普及・実証事業における総事業費は、9,756万円である。その内訳は、下表に示すように、輸送費を含む設備総経費は3,165万円、その他現地経費、人件費、旅費等として6,596万円となっている。

表 5.3 民間提案型普及・実証事業概算事業費

項目	概算費用(円)	備考
小水力発電機・設備関連一式	31,650,000	輸送費含む
車両借り上げ・通訳費一式	5,560,000	
人件費一式	46,000,000	
旅費・宿泊費一式	14,400,000	
合計	97,610,000	

5.3 他 ODA 案件との連携可能性

上記の民間提案型普及・実証事業を効果的にすると共に、山岳地域の無電化集落に対する更なる調査を進め、小水力発電による電化対策のために以下の無償資金協力事業を提案する。

現地踏査を実施したチン州やシャン州では、灌漑ダムも少なく、無電化の小規模集落が点在している。現地踏査した全ての集落では小水力発電による電化を強く望んでいる。

チン州は山岳地帯であり、州都（ハッカ）へのグリッドの計画はあるが電化されておらず、現在はディーゼルによる発電が行われている。山岳地帯であることから、集落は尾根に分散しており、州政府は河川、溪流を利用した小水力発電を要望している。

シャン州において、山岳部にある州都（タウンジー）はグリッドによる電化が行われているが、低地部の水田地帯ではIDによる灌漑水路が布設されており、州及びIDが小水力発電の導入を要望している。山岳部の集落についてはチン州同様に州政府が水力発電を小河川、溪流に要望している。

このような集落に対し生活環境改善の観点から、小水力発電設備を供与して電化率を高めるために無償資金協力事業による支援を提案する。

5.4 その他関連情報

本案件化調査の現地調査では在ミャンマー日本国大使館、JICAミャンマー事務所、カウンターパート機関のID、IDの地方事務所などを表敬すると共に意見交換の場を持った。現地調査期間中に面談した先方政府、関係機関等における面談者リスト、議事録は巻末資料に収録した。

また、日本貿易振興機構のヤンゴン事務所を訪問して、海外投資アドバイザーの山口氏にミャンマー国の小水力発電に関わる事項についても意見聴取すると共に助言をいただいた。

カウンターパート機関のIDにおいては現地調査に協力をいただくと同時に、次段階に実施したいと考えている民間提案型普及・実証事業に対しては積極的な発言があり、以下のとおりであった。

- 民間提案型普及・実証事業のCPとして協働で事業を実施したい
- 灌漑用水路の落差工を活用した発電は低コストでもあることから計画案を了解
- 選定された2箇所のパイロットサイトも交通アクセスもよく了解
- 上記事業が実現できれば、大統領はじめ政府高官に視察を要請
- 機器も日本製を設置したい、その設計据付を協働したい