

ミャンマー国
農業畜産灌漑省灌漑水利局

ミャンマー国
マイクロ水力発電技術の普及・実証事業
業務完了報告書

平成 30 年 4 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)
株式会社北陸精機

国内
JR
18-095

目 次

巻頭写真	3
実証事業対象地地図	6
図表番号	7
案件概要	10
要 約	xi
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
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	2
2. 事業実施内容	4
(1) 事業目的	4
(2) 期待された成果	4
(3) 事業の実施方法・作業工程	4
(4) 投入	5
(5) 事業実施体制	6
(6) 事業実施国政府機関の概要	7
3. 普及・実証事業の実績	8
(1) 活動項目毎の結果	8
(2) 事業目的の達成状況	48
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	50
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	50
(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	51
(6) 今後の課題と対応策	51
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	53
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	53
(2) 想定するリスクとその対応	54
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果	55
(4) 本事業から得られた教訓と提言	55
添付資料	57

巻頭写真

普及・実証事業サイト(2016 年 11 月)



対象村落に於けるインタビュー調査風景(2016 年 11 月)



発電機器製造後の出荷前検品風景 (2017 年 3 月)



発電機据付工事風景（2017 年 6 月）



稼働中の水力発電機器（2017 年 8 月）



配電設備付帯設備整備風景（2017 年 6 月）



パワーキオスク建物



バッテリー再充電棚

対象村落内にある小学校に通電完了(2017 年 7 月)



ミャウンジーボウン村小学校

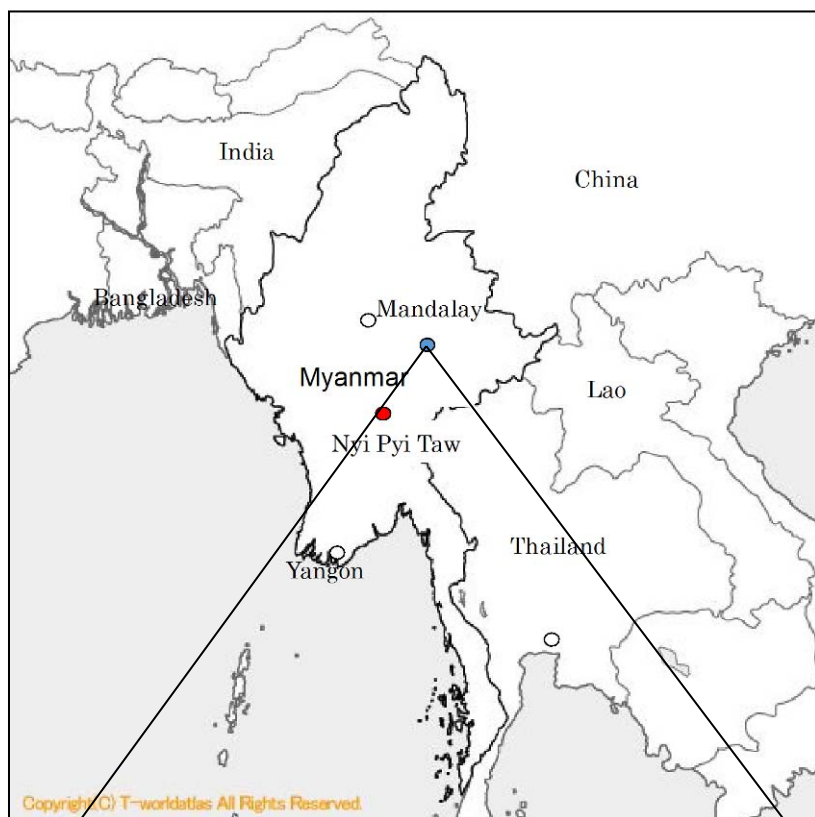


プエロンチョウ村小学校

発電所開所式風景 (2017 年 6 月)



実証事業対象地地図



出典 : <http://www.sekaichizu.jp/>より取得し調査団が加工



マンダレー管区ミャウンジーボウン村・プエロンチョウ村 位置図

図表番号

表リスト

表 3-1-1	DY-3C の月間流量 (2014 年実績)
表 3-1-2	電気使用状況
表 3-2-1	プエロンチョウ村の課金状況
表 3-2-2	ミャウンジーボウン村の課金状況
表 3-3-1	キンダー東灌漑用水路諸元
表 3-3-2	水力発電機の製造における北陸精機と灌漑局との比較

図リスト

図 2-1	業務フローチャート
図 2-2	作業工程及び要員投入計画・実績
図 2-3	事業実施体制
図 2-4	IWUMD 組織図
図 3-1-1	設置予定灌漑用水路測量図 第 3 落差工
図 3-1-2	設置予定灌漑用水路測量図 第 7 落差工
図 3-1-3	設備設計図及び施工状況 第 3 落差工
図 3-1-4	設備設計図及び施工状況 第 7 落差工
図 3-1-5	発電システム概略図
図 3-1-6	単線結線図
図 3-1-7	送配電システム設備整備状況
図 3-1-8	温度変化と発電稼働状況図 (2017 年 8 月)
図 3-1-9	ミャウンジーボウン村のパワーキオスク内バッテリー充電状況
図 3-1-10	プエロンチョウ村のパワーキオスク内バッテリー充電状況
図 3-1-11	モニタリングシステムのカメラと画像
図 3-1-12	2017 年 8 月以降のデータ
図 3-1-13	新たに投入したディープサイクル蓄電池 (2017 年 10 月)
図 3-1-14	パワーキオスク内のバッテリー充電状況
図 3-1-15	現地産ゴマの搾油状況
図 3-1-16	炊飯器の貸与
図 3-1-17	外灯の設置
図 3-1-18	アングル取付部の損傷
図 3-1-19	ウインチ柱の傾斜
図 3-1-20	IWUMD での製作可能部分
図 3-1-21	整流器取付け状況
図 3-2-1	プエロンチョウ村に於ける委員会の編成及び従事者選定集会
図 3-2-2	ミャウンジーボウン村における委員会の編成及び従事者選定集会

- 図 3-2-3 バッテリー充電業務の開始
- 図 3-2-4 連絡体制
- 図 3-2-5 運転マニュアル（抜粋）
- 図 3-2-6 操作フロー図（抜粋）
- 図 3-2-7 定期点検概要（抜粋）
- 図 3-3-1 調査事業個所調査地点概略図
- 図 3-3-2 キンダー東灌漑システムの潜在事業地点状況
- 図 3-3-3 ホーエン村視察
- 図 3-3-4 海外直接投資申請と会社設立登記の流れ
- 図 3-3-5 IWUMD 工場視察
- 図 3-3-6 マイクロ水力発電装置概略製造工程
- 図 3-3-7 IWUMD のヤンゴン工場で展示されている S 型チューブラの躯体・ランナー
- 図 3-3-8 IWUMD が製造するチューブラタービンの概略設計図
- 図 3-3-9 バゴ管区におけるマイクロ水力発電装置（出力 20kW）のバイパス工事状況と設置工事状況
- 図 3-3-10 パワーアルキメデスのランナー
- 図 3-3-11 パワーアルキメデスの据付状況
- 図 3-3-12 ペンストックを用いるパワーアルキメデス

略語表

略語	名称（英語）	名称（日本語）
DICA	Directorate of Investment and Company Administration	投資企業管理局
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IWUMD	Irrigation and Water Utilization Management Department	灌漑・水利局
JICS	Japan International Cooperation System	一般財団法人日本国際協力システム
kW	kilo Watt	キロワット
MMK	Myanmar Kyat	ミャンマーチャット
MOALI	Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation	農業畜産灌漑省
NLD	National League for Democracy	国民民主連盟
PK	Power Kiosk	配電サービス所

案件概要

ミャンマー

マイクロ水力発電技術普及・実証事業 株式会社北陸精機(富山県)

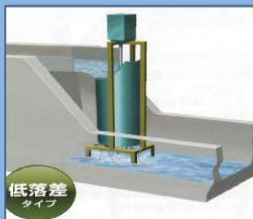
ミャンマー国の開発ニーズ

- ミャンマーの電化率は30%
- 人口の70%が住む居住する地方部の電化は4.0%に過ぎず、政府は村落電化を進めているが資金・技術が不足
- 灌漑用水路の落差工を用いたマイクロ発電による村落電化に適切な発電機が見当たらない。

普及・実証事業の内容

- 対象村落の社会経済調査実施
- マンダレ・管区キンダー一次灌漑用水路の二次用水路に沿ったミャウンジーボウン村にマイクロ水力発電機を設置する。
- ミャウンジーボウン村(120世帯)と近傍のブエロンチョウ村(170世帯)を合わせ村落電化を行う。
- カウンターパート機関であるIWUMDの職員に対し発電機の維持管理及び設計に関する技術移転を行い、設置した発電装置の維持管理能力を強化する。
- ビジネスモデルを策定する。

提案企業の技術・製品



製品・技術名

ーパワーアルキメデス

ー少量水、低落差、高エネルギー
転換効率マイクロ水力発電

ー持続的・自立可能村落電化

事業概要

相手国実施機関：
農業畜産灌漑省灌漑水利局

事業期間：15ヶ月

事業サイト：マンダレ・管区

ミャンマー国側に見込まれる成果

- 灌漑用水路の落差工に高効率の発電が可能で、維持管理の容易なマイクロ水力発電機を据え付けることにより村落電化が容易となる。
- 無電化地域の村落電化が進み、地方部での生活水準が向上する。
- 地方農村部での産業振興がすすむ。

日本企業側の成果

現状

- パワーアルキメデスを開発
- 国内での受注は伸びているが海外市場での成約は限られている。

今後

- ミャンマーでの実需を確認し、本事業での実証・普及活動を足掛かりにミャンマー市場への販売を促進する。
- 現地の経済事情に適應する低廉なモデルを開発し部品の現地生産等により競争力を高める。
- ミャンマーをベースに近隣諸国の市場開拓を進める。

要 約

I. 提案事業の概要	
案件名	(和文) マイクロ水力発電技術の普及・実証事業 (英文) : Verification Survey with the Private Sector for disseminating Japanese Technologies for Micro-Hydropower Generation System Project
事業実施地	ミャンマー国マンダレー管区
相手国	農業畜産灌漑省
政府関係機関	灌漑・水利局
事業実施期間	2016 年 11 月～2018 年 4 月
契約金額	99,964,800 円 (税込)
事業の目的	ミャンマー国の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約 67%を占めている。 ミャンマー国の電化率は低く、特に地方部での遅れが目立つ。2012 年度の全世帯数 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%、地方部では約 16%にすぎない。経済発展に伴い都市への人口集積が進んでいる最大都市のヤンゴンでは、ミャンマー国全電力の 50%近くが消費されている一方、一部の管区、州の農村部では、電化の目途もたっていないのが現状である。 本事業の受注者である株式会社北陸精機は、2013 年にミャンマー国にて同社のマイクロ水力発電技術の有用性について、旧農業灌漑省灌漑局（現農業畜産灌漑省灌漑水利局-IWUMD）及び各管区・州の電力大臣協力のもと、案件化調査を実施した。結果、同局が管理する既設の溜池ダム（全国 239 カ所）下流周辺には、国による送電網（グリッド）から外れた無電化の村落が数多く存在し、ダムから延びる灌漑用水路を利用したマイクロ水力発電のニーズが高いことを確認した。 本事業は、受注企業が農業畜産灌漑省の協力を得つつ、同社のマイクロ水力発電機を汎用化し、現地組み立て（将来的に現地生産）・部品現地調達・量産により安価で有用性の高いマイクロ水力発電機「パワーアルキメデス」の提供を検討することで、地方無電化村落における生活改善の一助となることを目指し、事業を実施するものである。 具体的には、マンダレー管区において IWUMD の管理する落差工のある灌漑用水路近傍の無電化集落（ミャウジーボウン村・プエロンチョウ村）を IWUMD との協力のもと、北陸精機のマイクロハイドロ発電機（パワーアルキメデス）を設置し電化を行い、一年のうち耕作用に水供給が止められる一定期間を除き、安定的に電力が供給される体制の構築を通じて、電力利用を通じた対象村の生活改善を図ると共に、パワーアルキメデスを利用した発電の効率性を確認し、同製品の普及の可能性を検証する。
事業の実施方針	【基本方針】 本事業の目的を達成するため、カウンターパートを灌漑用水路および河川

	の水を管轄している農業畜産灌漑省灌漑水利局(IWUMD)とし、直接的受益者は本サイトが位置するマングレー管区のミャウンジーボウン村(世帯数約 120) 及び同村落より約 1,200m の距離に存するプエロンチョウ村(世帯数約 170)であるが灌漑用水路沿いに位置する 1 万以上の無電化村落(約 2 万世帯、6-7 百万人) が潜在的受益者と考え実施した。 【本事業に期待される成果】 成果 1. パワーアルキメデスが灌漑用水路に適切に設置され、対象村落に送電されることで、電力利用を通じた対象村落の生活改善の可能性が確認される。 成果 2. 農業畜産灌漑省灌漑水利局 (IWUMD) におけるパワーアルキメデスの維持管理体制及び対象村落における持続的な電力利活用体制が構築される。 成果 3. パワーアルキメデスの普及のための計画が策定される。 【本事業の実施体制】 マイクロ水力発電機メーカーである株式会社北陸精機を日本側の事業主体とし、株式会社建設技術センターおよび三井共同建設コンサルタントのプロジェクトマネジメント、施工管理・運営管理支援等を受け、IWUMD をカウンターパートとした。
実績	1. 実証・普及活動 (1) 機材設置状況 1. 設置に要した時間は全体で 3 日かかったが、ヤンゴンの IWUMD から事業サイトまでの機材運送に問題がなかったならば、正味 2 日間 (2 基) で機材の設置が可能であった。 2. IWUMD 職員との協業で遂行。 3. 機材据付後の稼働状況は 2018 年 3 月現在まで約 10 ヶ月経た現在まで何の問題もなく稼働している。 4. 据付後約 10 ヶ月の間に約 30 回灌漑用水路の水流が止まったことになるが、そのたびに発電機の停止・起動作業が必要であったことになる。発電機の停止・起動は選別されたパワーキオスク運営者が行っていることから、村落レベルにおいてパワーアルキメデスの運転方法が習熟されたことが確認された。 (2) 事業実施国政府機関との協議状況 基本的には農業畜産灌漑省・灌漑水利局との RD に基づき実施され、その都度灌漑水利局本部および支局において協議の上、事業を遂行した。 1. 日本から発送された貨物の受け取り 2. 貨物の一時保管とトラックによる運送 3. クレーン車・および作業人員の提供

	4. 据付け時の職員への維持管理手法の講習 5. 日本招聘による技術の伝達 6. 技術協力 (3) 集落住民との協議 1. 電化委員会の設立・運営 2. 維持管理 3. バッテリー充電 4. 維持管理手法の講習・伝達 5. 課金・サービス料金徴収 6. 収入・支出に関する記帳方法等 2. ビジネス展開計画 ミャンマー全土の灌漑施設、貯水池、小水力発電の設計、整備、監理を所管する IWUMD は北陸精機とパワーアルキメデスの現地製造化について基本的に合意した。今後の展開は以下のとおりと考えている。 (1) 2018 年現在引き合いがもたらされているチン州の 2 カ所の発電事業サイトについては純日本製のパワーアルキメデスを北陸精機が IWUMD に供給し、IWUMD が所要機材の輸入、通関、運搬、据付、関連土木工事等を IWUMD が行うことが取り決められている。 (2) その後の需要に対しては IWUMD が運営する既存の小水力発電機製造工場でパワーアルキメデスの核となる部分（スクリュー、軸、発電機、制御盤等）を除き IWUMD が製造（外枠、シリンダー等）し、事業サイトにおいて組み立てた上で、運転指導、維持管理指導を行い、メーカーとして総合的な維持管理を行うこととを合意している。
課題	1. 実証・普及活動 パワーアルキメデスの有用性の実証と村落における持続的な維持管理体制の確立により、無電化集落の電化のモデルを確立すべく活動してきた。ビジネスモデルの基本は、パワーアルキメデスにより発電される電力を用いてバッテリーを充電し供与する、バッテリー配電サービスであるが、バッテリーの充電・管理を行い、利用者に課金するシステムの管理施設として受電・配電施設を整備した。これをパワーキオスク(PK)と称し、IWUMD が指導し、村民が自主的に運営するビジネスモデルの村落部における中心的な施設である。事業対象村落における利用者にパワーアルキメデス及びパワーキオスクに装備した機器の有用性は実証されたが、PK の収益性バッテリー充電サービスに限定されているため毎月の経費を完全に賄うだけの収益を上げてはいないこと、村民の自発的な電気利用の啓発が有効になされていないこと等、今後課題を残しており、ビジネスモデルとしては完成したとは言いがたい。しかしながら IWUMD 本部の情報では、各州および IWUMD 支局が本事業に強く興味を示しており、各州においての展開を希

	望している。 ミャンマーの中で最も貧しい州とされ、国の重点施策地域とされているチン州からパワーアルキメデスに対する引き合いが来ており、チン州政府からの要望により、IWUMD と協働でパワーアルキメデスの設置に向け、現在チン州政府と価格交渉の段階にある。また、IWUMD の工場見学、日本招聘時の日本の技術・品質管理の研修を通じ、IWUMD はパワーアルキメデスの現地製造に取り組む意思を示している。今後の技術提携契約等については、工事受注を通じ進めて行くことになる。 2. ビジネス展開計画 農業畜産灌漑省は大統領令で再生可能エネルギーを活用した村落における電化事業の推進と、所要機材の製造という任務を負うことが定められているが、一方でエネルギー電力省はグリッドの延伸と村落部への電力供給、さらに太陽光発電を主体とする再生可能エネルギーの利用による無電化村解消の任務を負っている。このように二つの省が無電化村の電化事業についてその所掌範囲が重複している。IWUMD の村落電化戦略と政策を明確にし、エネルギー電力省と協議の上、所掌区分を定義した上で予算措置を行う必要がある。灌漑用水路の利用による発電事業、自然の水資源を利用した発電事業のビジネスモデルを設定しエネルギー電力省との協議を進めることが必要である。
事業後の展開	2017 年 1 月、IWUMD は現在取り組み中のチン州における小水力発電事業に北陸精機の技術支援を要請してきた。これに応じて北陸精機は現地視察を実施し計画する事業の内容を把握すると共に所要機材の設計、工事費見積もりを行った。IWUMD が当該事業を実施する際には、IWUMD との契約を締結した上で詳細設計及び機材据付施工管理を行うことを予定している。尚、当該事業の実施予算は IWUMD および州政府の予算により賄われることになっている。
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社北陸精機
企業所在地	富山県魚津市 103 番地
設立年月日	1959 年 4 月
業種	製造業
主要事業・製品	産業プラント設備設計・製作 小水力発電ユニット設計・製作 除雪機器設計・製作 精密板金加工
資本金	4,800 万円（2017 年 4 月時点）
売上高	15 億円
従業員数	118 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

ミャンマー国の人口は 5,141 万人であり、首都はネピドー、民族の約 7 割はビルマ族であり、残り約 3 割は 135 の少数民族で構成されている。1886 年に英領インドに編入され、1948 年に独立している。現在、政治体制は大統領制、共和制であり、国会は上下二院制である。

独立後、軍事政権が長く続いたが、2011 年テイン・セイン大統領のもと民政移管を実現し、2015 年の総選挙においてアウン・サン・スーチー女史が率いる NLD が大勝し、テイン・チョウ氏を大統領とする新政権が発足、民主化の定着、国民和解、経済発展のための諸施策を遂行しつつ現在に至っている。（我が国外務省国別情報より抜粋）

経済の主要産業は農業であり、一人当たり GDP は 1,307 ドル、2015/2016 の経済成長率は年 6.3 パーセント（IMF 推計）である。現政権は、外国からの海外直接投資を歓迎し、規制緩和を志向する姿勢を示している。2016 年 9 月に米国が対ミャンマー経済政策を解除したことから、現在世界各国から海外直接投資に対する注目を集めている。2017 年 7 月には新経済政策が発表され、10 月には新投資法が制定されたように、海外からの直接投資をより促進しようとしている。

② 対象分野における開発課題

ミャンマー国の電化率は低く、特に地方部での遅れが目立っている。2012 年度の全世帯数 892 万世帯に対して電化されている世帯数は 275 万世帯であり、全世帯の約 29% であるが、地方部では約 16% にすぎない。経済発展に伴い都市への人口集積が進んでおり最大都市のヤンゴンでは、ミャンマー国全電力の 50% 近くが消費されているが、一部の管区、州の農村部では、電化の目途もたっていない状況である。

本事業の受注者である株式会社北陸精機は、2013 年にミャンマー国にて同社のマイクロ水力発電技術の有用性について、旧農業灌漑省灌漑局（現農業畜産灌漑省灌漑水利局）及び各管区・州の電力大臣協力のもと、案件化調査を実施した。結果、同局が管理する既設の溜池ダム（全国 239 カ所）下流周辺には、国による送電網（グリッド）から外れた無電化の村落が数多く存在し、貯水池から延びる灌漑用水路を利用したマイクロ水力発電のニーズが高いことを確認すると共に地方の村落は非常に貧しいため、インフラとしての電気には何らかのインセンティブが必要と思料した。

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

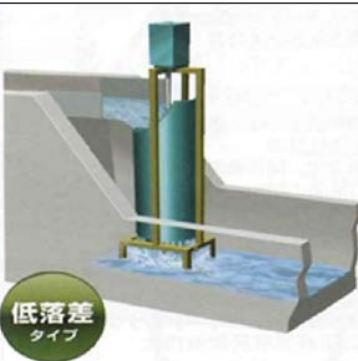
ミャンマー政府は地方開発・貧困削減を国家方針の優先的開発課題として位置づけ、地方部の生活基盤インフラの整備を施策として掲げている。具体的には、その整備に向け、2014 年に畜産・地方開発省や農業灌漑省（当時省編成）等から構成される「地方電化支援委員会」を結成し地方部の電化を図っている。また政府は 2030 年までに電化率 100% を達成する目標を立て、2019 年には 170 万世帯をグリッドに組み込み電化率 50% を達成するとしている。（出典：国家電化計画、世界銀行）

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

当分野においては、JICS が日本政府の委託を受けて僻地・遠隔地にある非電化村落の電化を推進するため小水力発電・太陽光発電（再生可能エネルギー）の整備を実施している。本事業と同様に持続的な運用にも重点をおいている。

さらに、世界銀行はミャンマー政府が 2030 年までに電化率 100%を目指す「国家電化計画」に対し、資金援助を表明している。ただし、この援助は家庭用太陽光発電設備に重点を置いており、利用者が個々に少額ではあるが借入を起こし定期的に返済せねばならないというモデルとなっている。

（２） 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	マイクロ小水力発電水車「パワーアルキメデス」
諸元	出力 7kW （サイズ： 縦 1.3m×横 1.3m×高さ 3.2m）
特徴	① 水量 0.1m³/秒以上、落差 1.0m 以上で効率的に発電可能（縦軸軸流水車により小水量・低落差でも発電能力を発揮） ② 制御装置を備えていることから事故が無く、維持管理が容易である。 ③ 発電機を灌漑用水路の既設落差工に設置するため、据付が容易（用地取得や大規模な灌漑工事が必要ない）で安価である。 ④ 適切なメンテナンスを行うことにより、20 年近い稼働が可能である。 【発電システム】 用水路の上・下流の高低差を利用し、用水の重力で発電水車を回し、同期発電機を用いて発電するシステム。発電量は水の流量と落差で決まるが、この水の位置エネルギーを高い効率で機械的及び電氣的エネルギーに変換するシステム。 【配電システム】 配電システムは基本的には発電された電気をスパン 30-35m の電力柱を用いて架空電線により、対象村落部の中心部に配置するバッテリー充電器と結線する。バッテリー充電器により本事業で購入するバッテリー（168 個）および利用世帯から持ち込まれるバッテリーを充電し配電する方式とする。灌漑用水路は多くの場合 12 月～1 月は貯水のため用水路には水を流さないことから同期間中は小水力発電機による発電は不可能となる。この期間における電化は、従来のバッテリーを用いた方式とした。
	 

競合他社製品と比べた比較優位性	発電効率が極めて高く、水量が少なく落差が低くても効率よく発電を行うことが出来る。他社製品で追従するエネルギー変換能力を有する製品は存在しない。
国内外の販売実績	国内： 9 件 石川県土地改良事業団体連合会（農業用水） 2.5kW, 650 万円 長崎県長崎市上下水道局（下水処理場） 6.0kW, 850 万円 大分県日田市土木建築部（下水処理場） 2.7kW, 920 万円 S 株式会社（工場排水路） 6.7kW, 900 万円 富山県高岡土木センター（下水処理場） 10.0kW, 1,150 万円 榑演算工房（鴨川・印田用水、農業用水） 10.0kW, 1,150 万円 久留米市企業局上下水道局（下水処理場） 5.5kW, 900 万円 花見川終末処理場(下水処理場) 2.7kW, 700 万円 鳥取市秋里終末処理場(下水処理場) 7.1kW, 900 万円 （国内に於いて弊社発電機の引き合いは増加中） 海外： 2 件 フィリピン国公共事業道路省：2 基 フィリピン国エネルギー省イザベラ州：2 基
サイズ	縦 1.3m×横 1.3m×高さ 3.2m
設置場所	マンダレー市南約 70km に位置するキンダー運河の支線の一つであり、ミヤウンジーボウン村の取水口に接続した灌漑用水路
今回提案する機材の数量	2 基 選定したサイトであるキンダー運河に付属する 2 次水路には長さ約 200m に 9 カ所の落差工が設けられており、それぞれの落差には若干の差異がある。比較的高い落差の落差工には「つり込み式」、低い落差の落差工には用水路下流部の底部に据え置く「据え置式」と異なる設置方式を採用し、普及段階を勘案したデモンストレーション効果を狙う。
価格	・ 1 台（1 式）当たりの製造原価: 7kW, 624 万円 ・ 本事業での機材費総額（輸送費・関税等含む） ● マイクロ水力発電機 ● 送電線 ● パワーキオスク建物 ● バッテリー充電システム ● バッテリー ● 外灯等照明器具 合計約 31.5 百万円

2. 事業実施内容

(1) 事業目的

一年のうち降雨量とダムの貯水量及び農耕作業の内要に関わり灌漑用水の供給が止められる一定期間（12月～1月）を除き、安定的に電力が供給される体制の構築を通じて、電力利用により事業対象村の生活改善を図ると共に、パワーアルキメデスを利用した発電の効率性を確認し、同製品のミャンマーにおける普及の可能性を検証する。

(2) 期待された成果

- 成果 1. パワーアルキメデスが灌漑用水路に適切に設置され、対象村落に送電されることで、電力利用を通じた対象村落の生活改善の可能性が確認される。
- 成果 2. 農業畜産灌漑省灌漑水利局（IWUMD）におけるパワーアルキメデスの維持管理体制及び対象村落における持続的な電力利活用体制が構築される。
- 成果 3. パワーアルキメデスの普及のための計画が策定される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

図 2-1 に業務フローを示す。

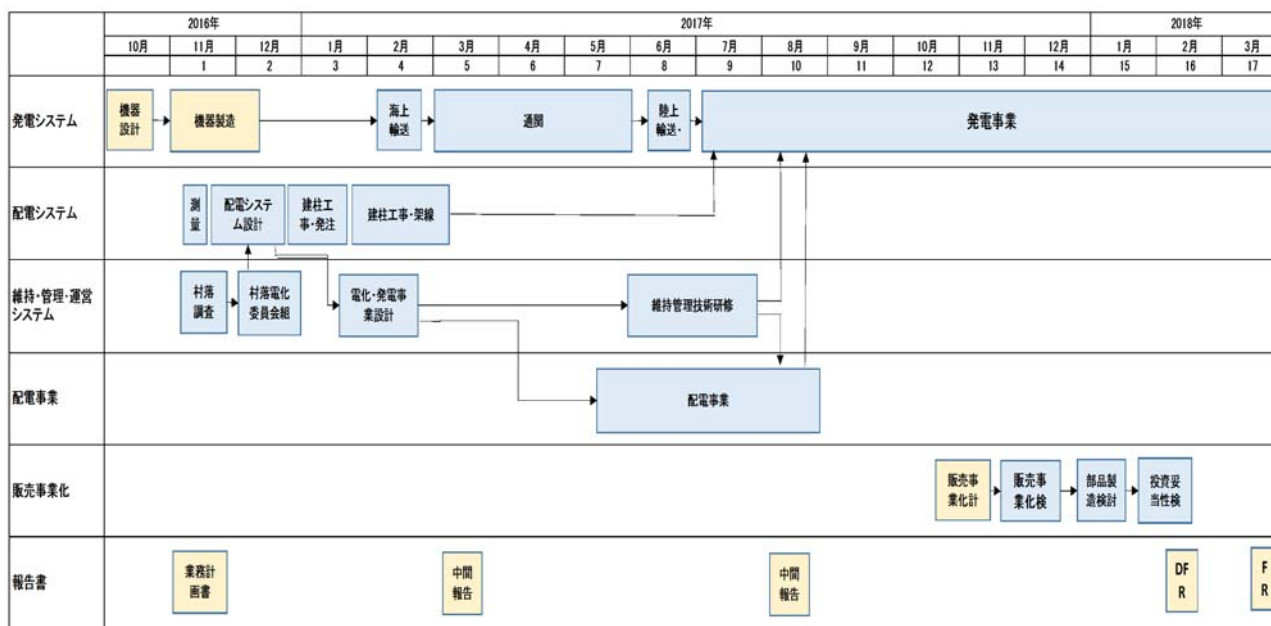


図 2-1 業務フローチャート

図 2-2 に作業工程及び要員投入計画と実績を示す。

調査項目	2016年			2017年												2018年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
報告書・成果品提出																		
業務計画書																		
業務進捗報告書																		
ドラフト報告書																		
報告書																		
事業スケジュール																		
インセプションレポート説明・協議																		
発電・配電システム																		
水文調査・分析																		
発電計画・基本設計																		
発電施設詳細設計																		
発電機器製造																		
発電機器船積み																		
発電機器内陸輸送																		
発電機器据付																		
送電線計画・設計																		
送電線調達契約																		
送電線敷設																		
配電施設設計																		
配電施設設計																		
配電施設機器選定																		
配電施設機器購入																		
パワーキオスク建物整備																		
配電機器据付																		
発電・送電施設繋ぎ込み																		
試運転																		
本格運転																		
運転・維持管理技術本邦研修																		
引き渡し																		
ビジネスモデル																		
村落調査・組織編成																		
村落インタビュー調査																		
対象村落電気需要調査																		
村落電化委員会編成																		
配電サービス料金調査																		
ビジネスモデル策定																		
村落電化開発ガイドライン策定																		
事業展開計画																		
システム市場調査																		
全国村落電化計画調査																		
村落電化資金調達計画																		
発電機製造計画策定																		
発電機製造販売組織計画																		

担当	氏名	所属	予定	2016年												2017年												2018年			計	
				11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	現地	国内										
業務主任	南 弘雄	(株)北陸精機	予定	6	6	15	15	15				6					6	6			55	30										
			実績	7	15	15		15		1	12		8						8		11	46	55									
事業展開	谷口貞夫	(株)北陸精機	予定				6										6	6			18											
			実績									7										7										
電力制御	谷川 聡	(株)北陸精機	予定	6	6	15	1	6			6				10			6			40	30										
			実績	7	15	15					11											18	30									
電気工事	萩原 智	(株)北陸精機	予定	6			6				6										18											
			実績								11											11										
機械設計	上田敏信	(株)北陸精機	予定	6	15	15	6				6							6			24	30										
			実績		15	15		15		15	12		7						8			27	55									
チーフアドバイザー	小池 勇	(株)建設技術センター	予定	15	6	12	3	10		4	8			10	4	10		3	6		71	20										
			実績	15	6	6	3	1	1	15	11	11	9		10				5	10	11	88	26									
村落開発	藤田佳広	(株)建設技術センター	予定	6	4		6							5							12	9										
			実績																													
システム開発	山崎 崇	三井共同設計コンサルタント(株)	予定	6	4		10								6		3				22	7										
			実績	7							9								7	9		25	7									
発電・配電施設	望月 直	三井共同設計コンサルタント(株)	予定	6	2	6	2	10		6	2				6		2				34	8										
			実績	7	2		1			11	11	7						7		6		41	10									
運転・運営指導	藤原 朗	(株)建設技術センター	予定	15	3	12		15		3	8		10	10			3	6			76	9										
			実績	15	3	6	1	1	15	11	14	9		10		10				9	5	11	100	9								
業務調整・施工管理	三好俊太郎	(株)建設技術センター	予定	15	3	12		15	2	2	8			10	10			6			76	7										
			実績	15	3	6	1	1	15	11	14	9						2		5		75	9									
																						受注企業 人・月計(予定)		155	90							
																						受注企業 人・月計(実績)		109	140							
																						外部人材 人・月計(予定)		291	60							
																						外部人材 人・月計(実績)		329	61							
																						人・月計(予定)		446	150							
																						人・月計(実績)		438	201							

図 2-2 作業工程及び要員投入計画・実績

・資機材リスト

	機材名	型番	数量	設置年月	設置先
1	マイクロ発電機器	出力 7kW	2	2017 年 6 月	Kinder Dam Irrigation 二次水路 (DY-3C)
2	電力制御盤	7kW 用	2	2017 年 6 月	Kinder Dam Irrigation 二次水路 (DY-3C)脇
3	フェンス	8.0m×4m	2	2017 年 5 月	Kinder Dam Irrigation 二次水路 (DY-3C)脇
4	電線・電柱	9m コンクリートポール 三相 4 線仕様	1	2017 年 3 月	Myaung Gyi Baung 村 Pwe Lone Kyaw 村
5	電線・電柱 (追加)	9m コンクリートポール 三相 4 線仕様	1	2017 年 6 月	Myaung Gyi Baung 村、 Pwe Lone Kyaw 村
6	パワーキオスク 建物	3.5m x 7.5m x 3.0m	2	2017 年 4 月	Myaung Gyi Baung 村 Pwe Lone Kyaw 村
7	コントロール ハウス内設備	バッテリー充電棚、机、 椅子、作業机他	2	2017 年 6 月	パワーキオスク内
8	バッテリー チャージャー	BC50/30	6	2017 年 5 月	パワーキオスク内
9	バッテリー チャージャー	60V 充電器	12	2017 年 7 月	パワーキオスク内
10	バッテリー	ミャンマー製 12 V	24	2017 年 6 月	パワーキオスク内
11	バッテリー	ミャンマー製 12 V	24	2017 年 8 月	パワーキオスク内
12	バッテリー	TATABPSOLA, 12V, 40 Ah	60	2017 年 10 月	パワーキオスク内
13	バッテリー	TATABPSOLA, 12V, 40 Ah	60	2017 年 11 月	パワーキオスク内

・事業実施国政府機関側の投入

	投入	内容	数量	年月日	適用
1	トラック(8 トン)	ヤンゴンからマンダレー まで水力発電機器の運送	6 台	2017 年 6 月	2 台が 3 日間にわたり機材を 運送
2	クレーン車	据付	4 台	2017 年 6 月	4 日間
3	作業員	梱包解体・用水路清掃	32 名	2017 年 6 月	8 名×4 日
4	開所式祝典 会場設営	開所式所要施設	1 式	2017 年 8 月	

(5) 事業実施体制

事業実施体制を図 2-3 に示す。受注者である株式会社北陸精機を主体とし、株式会社建設技術センター・三井共同建設コンサルタント株式会社（外部支援）はプロジェクトマネジメント及び技術支援、事業展開支援を実施した。また現地においては、外部支援チームを中心として、IWUMD、IWUMD 関連機関、村落電化委員会との連携を図り、本事業は遂行された。

IWUMD は IWUMD のマンダレー支局を通じてミャウンジーボウン村およびプエロンチョウ村で組織される村落電化委員会の管理監督を行い、発電・配電システムの維持管理を徹底する。IWUMD の水力発電機製造部局は本事業で我が国より輸入する資機材の輸入通関、機材の保管、機材の現地サイトへの運搬、機材の据付を担当した。

北陸精機は現地サイトにおいて、据付工事等の施工管理監督を行った。北陸精機は、配電

システムの中心となる建柱、架線等のシステムの敷設を担当し、現地電気工事会社に作業を発注した。同電気設備工事の所要作業の管理監督は外部支援チームが担当し実施した。事業の進捗状況等は、北陸精機が JICA ミャンマー事務所及び JICA 本部の担当部局に対して定期的に連絡・報告を行った。

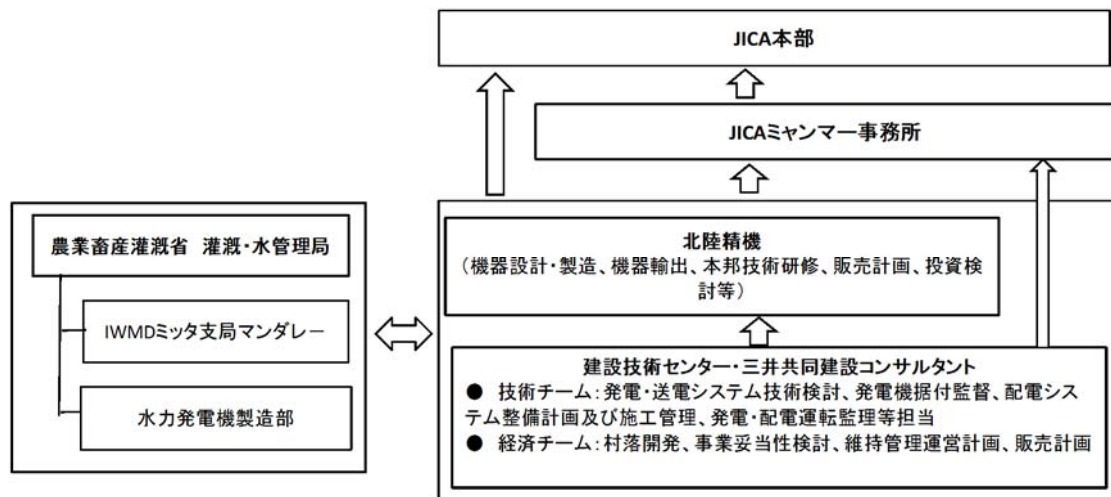


図 2-3 事業実施体制

(6) 事業実施国政府機関の概要

本件事業の相手国政府機関は農業畜産灌漑省灌漑水管理局（IWUMD）である。2016 年に新政権発足に伴い、農業灌漑省は畜水産地方開発省、協同組合省と統合され、灌漑局（ID）は灌漑水利局（IWUMD）と改組された。図 2-4 に IWUMD の組織図を示す。

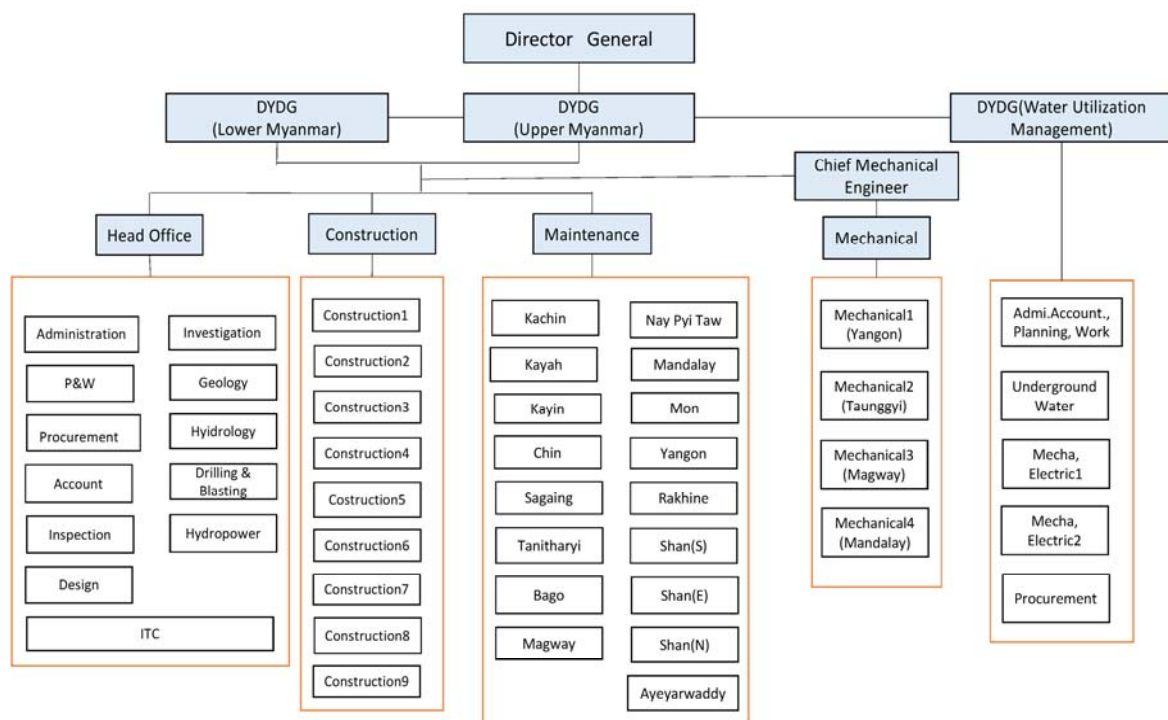


図 2-4 IWUMD 組織図

IWUMD はミャンマー国全体に渡って灌漑施設の整備計画の策定、施工管理を行っている

だけでなく、機械製造部を組織し、灌漑施設に要する機材の他、灌漑用水を利用した水力発電機の製造・建設を行っている。この水力発電機製造部門では既に過去約 100 基の水力発電機を製造し、灌漑用水路に設置して来ている。当該部門は本事業実施にあたり、発電所建設に係るミャンマー国内での諸手続きを行い、円滑な建設を確かなものとしてきた。

本事業においては事業完了後、設置した機材は IWUMD に譲与されるが、機材の維持管理については IWUMD の監理の下に、電気を利用する村落が組織する「村落電化委員会」が直接責任を持つことになる。IWUMD は灌漑用水路を利用した村落発電事業として所要発電施設建設及び運転監理指導を行い、更に一定期間は IWUMD 発電機製造部局が維持管理指導を行うが、保証期間（1 年）を過ぎた後は、村落の利用者が組織する村落電化委員会が発電機、配電システムの維持管理を行うことになる。また、村落電化委員会運営及び維持管理に係る経費は、村落電化委員会が売電する収益の一部を充てることとなる。

そのため、本事業の実施に当っては、事業の開始後すぐに村落電化委員会を設置し、維持管理体制を組織した。維持管理方法の技術移転については、北陸精機が IWUMD の維持管理担当者を日本に招聘し、北陸精機の本社工場にて維持管理方法に関する技術移転を実施した。

本講習を受講した IWUMD の維持管理担当者他は中間訓練者としての役割を担い、事業完了後は類似電化システムの導入を図る際、村落電化委員会の維持管理担当者に本システムの維持管理に関する手法を伝授する役割を担う。同委員会の発電・配電・売電事業についての事業経営については、外部支援チームが経営者・管理者の人材育成を目的とした経営管理訓練を実施し、村落委員会の適切な事業管理を支援及び補助を行った。

3. 普及・実証事業の実績

（１）活動項目毎の結果

【成果 1 に係る活動】

活動 1-1：対象村落の社会経済調査を行い、無電化村落の現況及び課題を確認する。

- ・調査対象地：マンドレー管区 ミャウンジーボウン村、プエロンチョウ村
- ・調査対象者：村落全世帯の世帯主または配偶者(299 世帯)
- ・調査項目：10 分類 389 項目
- ・調査方法：インタビュー調査
- ・調査日時：2017 年 8 月 12 日、9 月 12 日、10 月 12 日の各 1 日 3 回。
- ・社会経済調査実施者：AAT Business Centre²への外部委託

社会経済調査で明らかになった主要な点は以下のとおりである。

（当該インタビュー調査の結果をまとめたプロフィールは別添資料-1 を参照）

²本事業の内村落インタビュー調査を委託した AAT Business Centre はインタビュー調査業務のほかに起業家育成を目的とした会社設立支援、ビジネストレーニングを行っているマンドレー在の現地企業

- ◆ ミャウンジーボウン村 120 世帯、プエロンチョウ村 179 世帯
- ◆ 農業を営む世帯の平均耕地面積は 1.6 ヘクタール
- ◆ 自宅から圃場までの平均距離は約 2.2km
- ◆ 年収約 1,800,000MMK (月収約 111 米ドル)、全世帯の約 3 割が借入金を抱えている。
- ◆ 借入金を抱える世帯の平均借入金約 450,000MMK(約 330 米ドル＝月収の約 3 倍)
- ◆ 全世帯で自動車用バッテリー又は太陽光発電用バッテリーを電源として利用
- ◆ 太陽光発電システムを所有している世帯は全世帯の約 49%
- ◆ 自動車用バッテリーの平均容量は 40Ah、バッテリーの平均連続利用日数は約 2.5 日間
- ◆ バッテリーの平均寿命は約 2 年、平均購入価格は約 38,000MMK (約 30 ドル)
- ◆ 世帯当たり電気サービスに対する平均支払い可能額は約 4,600MMK/月 (約 3.2 ドル/月)
- ◆ 世帯当たり照明に対する平均支払額は約 3,800MMK/月 (約 2.7 ドル/月)
- ◆ 支払可能額の月間所得に占める割合は最大 5.0%又は約 8,000MMK/月 (約 5.7 ドル/月)

活動 1-2：灌漑用水路へのパワーアルキメデス設置に必要なデータを確保し、そのデータに基づき現地に最適な設備設計を行う。

第 1 回目渡航時及び第 2 回目渡航時現地において測込みを実施した。収集したデータに基づき作成した現地状況図は図 3-1-1、図 3-1-2 のとおりである。これらの図面および流量実績に基づき、パワーアルキメデスの仕様・出力を決定した。

IWUMD との合意により決定した発電機を設置するサイトは IWUMD が管理するキンダー東灌漑システムの二次水路 (DY-3C) の第 3 落差工と第 7 落差工である。表 3-1-1 に IWUMD から入手した DY-3C の 2014 年における月間流量を示す。これらの流量・落差により発電機の出力を 7.0kW から 8.5kW と想定し図 3-1-3、図 3-1-4 に示したように設備設計を行った。

表 3-1-1 DY-3C の月間流量 (2014 年実績)

	流量 (立方フィート/月)	
1 月	-	対象二次水路：DY-3C 2014 年の降雨日数：49 日 年間降雨量：30 インチ 年間降雨量：90 センチ 平均流量： 28 ft ³ /秒 平均流量 0.756m ³ /秒
2 月	364	
3 月	616	
4 月	532	
5 月	588	
6 月	588	
7 月	532	
8 月	616	
9 月	560	
10 月	560	
11 月	448	
12 月	-	

注：

1. 12 月～1 月は用水路への灌漑水は供給されない。それ以外の月であっても 8 日間供給された後 4 日間程度供給が止められる。(平等に灌漑用水を供給する必要があるため。)
2. 1 日の平均流量は上記の流量を 20 で割ることにより求める。

出典：IWUMD ダム管理者より入手したデータを整理

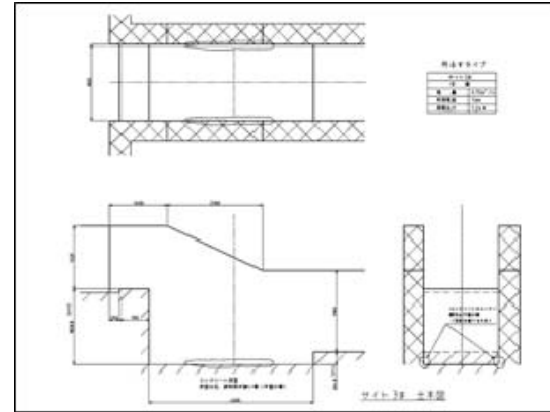


図 3-1-1 設置予定灌漑用水路測量図 第 3 落差工

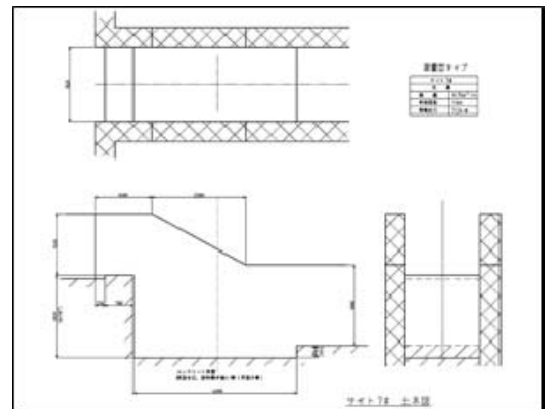


図 3-1-2 設置予定灌漑用水路測量図 第 7 落差工

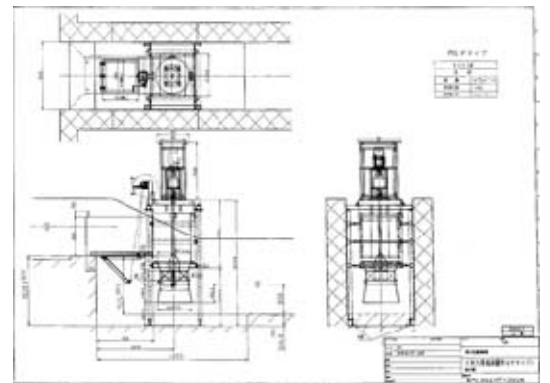


図 3-1-3 設備設計図及び施工状況 (第 3 落差工)

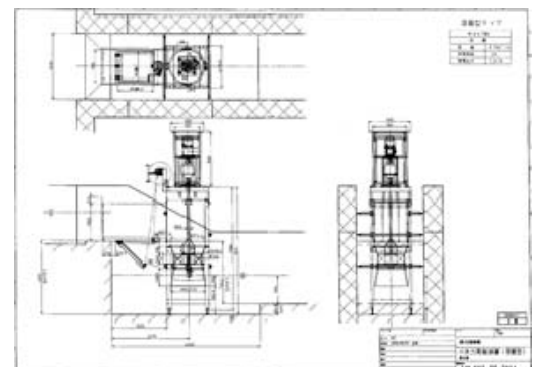


図 3-1-4 設備設計図及び施工状況 (第 7 落差工)

活動 1-3：対象村落の基点への送電システムを設計する。

発電システムについては、(株)北陸精機本社工場に設けられている小水力発電実施試験場において、出荷前に発電・送電テストを実施した。水量と落差により、規定の発電量を確認の上、梱包・運送、船積みを行った。

灌漑用水路の落差工に設置した小水力発電機から、対象村落における村落電化の基点である受電所（パワーキオスクと称す）までの送電は、送電時の減衰を考慮し、400V 三相 4 線方式にて送電することを決定した。発電システムは図 3-1-5 発電システム概略図のとおりであり、結線を図 3-1-6 単線結線図に示す。

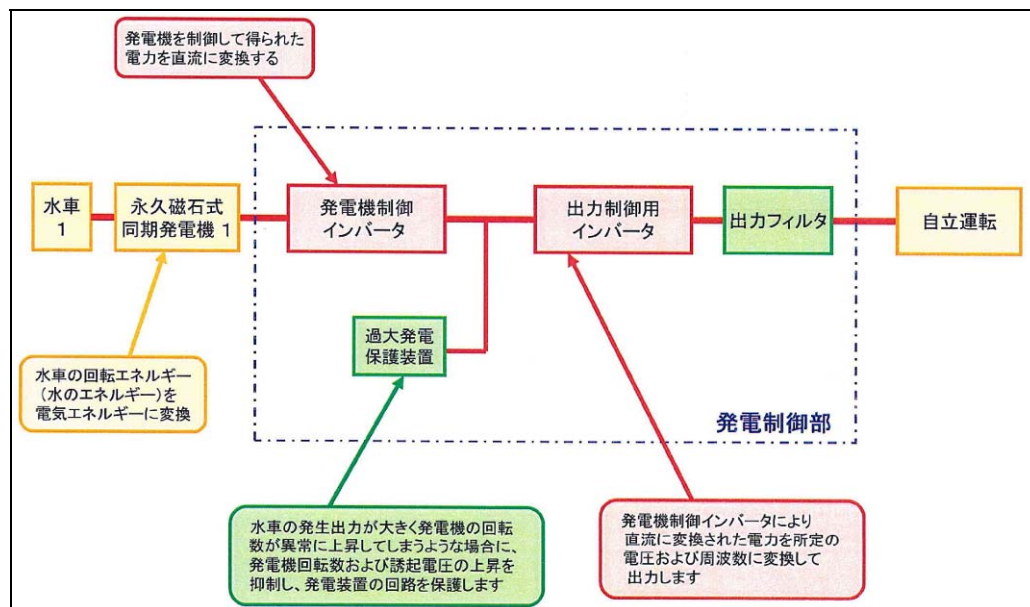


図 3-1-5 発電システム概略図

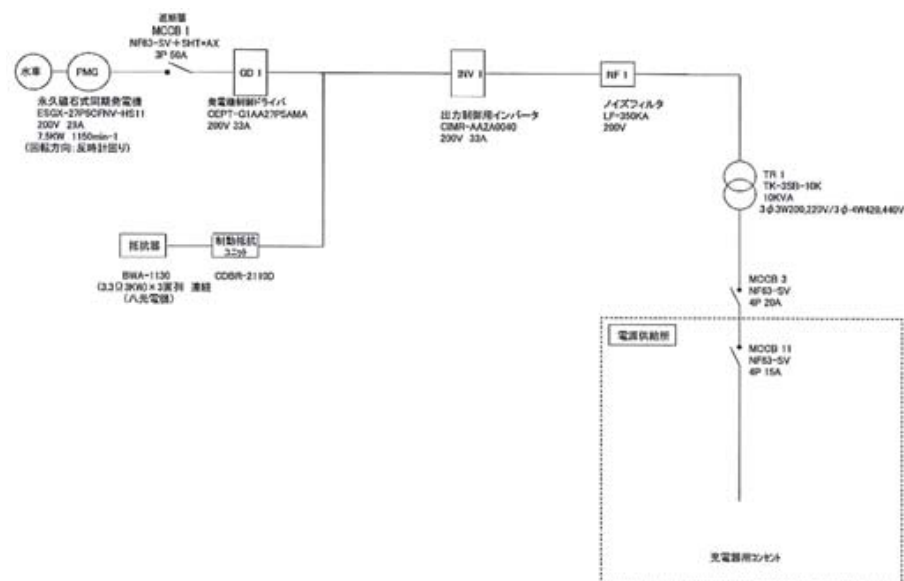


図 3-1-6 単線結線図

活動 1-4：灌漑用水路にパワーアルキメデスを設置し、対象村落へ送電する。

機材の輸送：小水力発電機器の機材全てが 2017 年 2 月 25 日富山港より積みだされプサン港、シンガポール港を経由し同年 3 月 27 日に仕向け港であるヤンゴン港に到着した。その後ヤンゴン港からの貨物の引き取り手続きが行われたが、通関に要する船積み書類等各種書類の不備、通関手続き上の混乱、輸入税完全免除に関する荷受人からの書類提出の遅れ、フォワーダーのフォローの不備等が重なり貨物の港湾部からの引き取りに予想外の時間を要した。貨物は 2017 年 6 月 20 日（到着日より 85 日目）に船積み前に行った事前の打ち合わせ通りヤンゴンにある IWUMD の倉庫へ移送された。その後同貨物は 2 回に分けてヤンゴンより事業サイトへ IWUMD の車両により移送され、貨物がサイトに到着する前に既に現地に到着していた（株）北陸精機及びコンサルタントにより梱包がとかれ、所定のサイトに分割したうえ、据付箇所にモバイルクレーン 1 基と小型トラック 1 台を用いて移送した。

送電線、パワーキオスク建築、配電機材整備等：小水力発電機器が到着する前に、サイトからそれぞれの対象村落への送電線の設置、受電盤の設置を行っていた他、配電サービスを行うパワーキオスクの建物の建築工事、バッテリー充電作業用の棚の整備、制御盤を設置するためのコンクリート基礎整備、配電サービス用の資機材（充電器、バッテリー他）の村への納入が行われた。このため発電機器の据付が完了後すぐに、発電テスト・送電テストを実施することが出来た。機材のヤンゴンの IWUMD の倉庫から現場までの運び込みが 2 回に分けられたため、機材の据付完了までに 3 日間かかった。もしヤンゴンからサイトまでの機材の輸送が分割されておらず、日本から船積みした資機材の全てが一度にサイトに運び込まれておれば、実質一基あたり約 1 日で据付完了したと考えられる。2 基を完全に据え付けるのに合計 3 日間かかったが、準備が適切に整っていれば短時間で容易に、小水力機器を据え付けることが可能であるかを IWUMD に対して印象づけることができた。（小水力機器の据付にあたり、ヤンゴンからサイトまでの機材の輸送、さらに据付時に必要な機材つり上げ作業用としてモバイルクレーン車 1 台は、事前の合意の下、IWUMD によって手配された。）

据付と送電試験：発電された電力は自立型制御盤を通し電圧 400V にて三相 4 線方式により、敷設された電柱・電線により送電し、各村落に建設されたパワーキオスクの受電盤まで送られる。受電盤からはバッテリー充電用に直流 230V、通常の電気の使用を目的とする交流 230V、モーター使用のための三相仕様に分類するように配電している。さらに緊急時用のディーゼル発電機による電気を用いることが出来るように、電源切り替え装置（現場で設計施工）の取り付けも行った。発電機が設置された 2017 年 7 月、村落の小学校に通電し、それまでは昼間でも薄暗かった教室に電灯がともった。図 3-1-7 に送配電状況の概略を示す。

活動 1-5：パワーアルキメデスを稼働させ、雨季及び乾季における発電状況をモニタリングし、安定的な電力供給が可能であることを確認する。

本業務は現地で補助員を備いデータを記録させ、調査団の毎渡航時に北陸精機が確認することにより遂行した。発電状況のモニタリングは、IWUMD-ダム管理者による水量割当てがあり、定期的に水流が止められるため、水力発電機による発電が大きく左右されるという課題が明らかとなった。発電機を設置した灌漑用水路（DY-3C）は、12月及び1月の用水路の水が2ヶ月にわたり完全に止められる。更にそれ以外の月においても8日間連続して流し4日間連続し止めるというような運用が行われていたが、10日間連続して流し2日間止めることをIWUMDに提案し、ダム管理者から了承を得た。上記運用により通常の灌漑用水供給期間（12月、1月以外）では流量が一定しており発電に支障を来さないことを確認した。

また、バッテリーは一度充電すると次の再充電までの期間は3日間ほどあるので水流が止まっても、その期間のバッテリー充電を必要とはしない。長期間水流がとまる12月・1月については、当初ディーゼル発電機を回して対応することを計画していた。しかしながら、ディーゼル発電機を稼働させるための燃料代が、維持管理のための課金（バッテリーの貸出・バッテリーの再充電サービス）による収益を上回るため、パワーキオスク運営組織はディーゼル発電機を用いず、従来のおり最寄りのバッテリー充電サービスを利用することを決定した。これによりパワーアルキメデスは安定的な電源として機能することを確認した。

パワーキオスクが十分な収益をあげ、発電機の稼働・維持管理に必要な資金を村単位で自立して賄っていくには、バッテリーの再充電サービスだけでは不十分であることが明らかとなったため、バッテリーの再充電サービスに加えて精米、搾油他の付加価値が高い経済活動を行うことが必須であるということが判明した。そのようなポストハーベスト又は食品加工のような事業内容は、各村によって異なるため、事業の計画策定にあたっては今後小水力発電機による村落電化の対象となる村ごとに行う必要がある。

図 3-1-7 に両事業対象村での発電・送電・配電・電気の利用状況を示す。

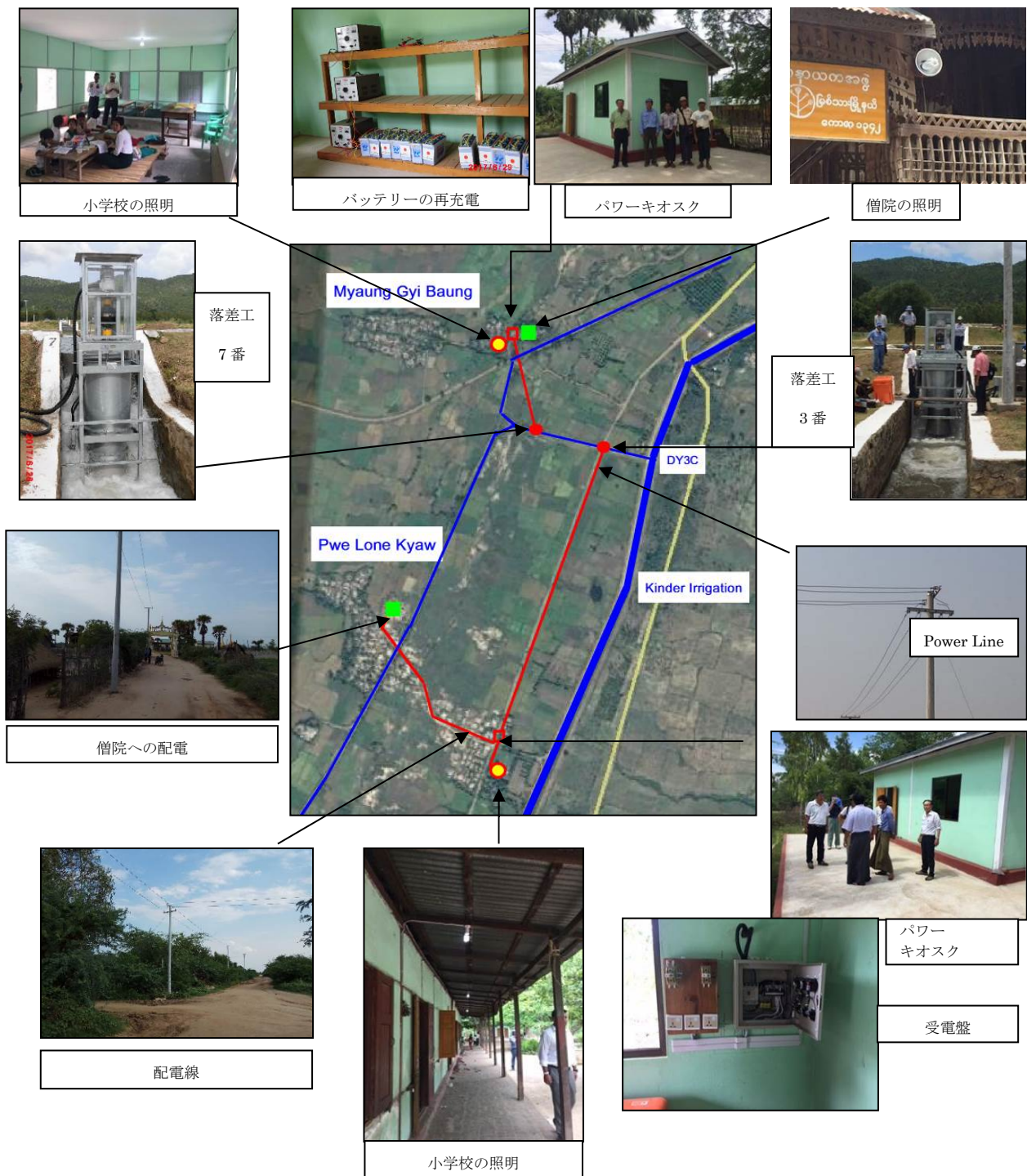


図 3-1-7 送配電システム設備整備状況

活動 1-6： 対象村落の基点に電気が安定的に送電できていることの確認

発電機からパワーキオスクへの発電・送電実績は表 3-1-2 のとおりである。

表 3-1-2 電気使用状況

No	Date / Time	Pwe Lone Kyaw	Myaung Gyi Baung
1	7, Sep 10:00	・ R - phase : 1[A](Consumption of about 220 VA) ・ S - phase : 2[A](Consumption of about 440VA) ・ T - phase : 0[A](Not Used) Both RST - phase are connected to outlet of distribution board	・ R - phase : No connection ・ S - phase : No connection ・ T - phase : Unreadable Only T - phase is connected to the outlet of the distribution board. Although T - phase can not accurately read the meter, it seems that a value close to 5 [A] is used. About 10 batteries are brought in the cabin.
From 8, Sep 20:00 To 13, Sep 8:35, Power generation stopped due to water stop			
2	14, sep 11:00	・ R - phase : 0[A](Not Used) ・ S - phase : 1[A](Consumption of about 220 VA) ・ T - phase : 4[A](Consumption of about 880 VA) Both RST - phase are connected to outlet of distribution board	・ R - phase : No connection ・ S - phase : No connection ・ T - phase : Unreadable Only T - phase is connected to the outlet of the distribution board. Although T - phase can not accurately read the meter, it seems that a value close to 2 [A] is used. About 3 batteries are brought in the cabin.
3	16, sep 11:00	・ R - phase : No connection ・ S - phase : 0[A](Not Used) ・ T - phase : 3[A] (Consumption of about 660VA) R - phase is disconnected to outlet of distribution board	The situation remains the same as 9/14.
4	17, sep 13:00	・ R - phase : 2[A] (Consumption of about 440VA) ・ S - phase : 1[A] (Consumption of about 220VA) ・ T - phase : 0[A](Not Used) Both RST - phase are connected to outlet of distribution board	The situation is the same as yesterday, but the number of batteries are increased, and T - phase seems to be used about 5 [A]
5	18, sep 15:00	・ R - phase : 1[A] (Consumption of about 220VA) ・ S - phase : 1[A] (Consumption of about 220VA) ・ T - phase : 1[A] (Consumption of about 220VA) Both RST - phase are connected to outlet of distribution board	The situation is the same as yesterday

図 3-1-8 に 8 月の温度変化と発電稼働状況を図示した、本システムの電源はマイクロ発電機器であり、記録にない部分（発電停止時間）は二次用水路に水が流れていない期間である。

2017 年 8 月の止水時間

8 月 11 日（6：00）～8 月 14 日（6：18）：72 時間 18 分（約 3.0 日間）止水

8 月 22 日（5：00）～8 月 25 日（16：57）：84 時間 00 分（約 3.5 日間）止水

計 6.5 日間

同年 9 月の止水時間

9 月 3 日（6：00）～（20：42）：14:42（約 0.6 日間）止水

9 月 8 日（20：0）0～9 月 13 日（8：35）：108 時間 35 分（約 4.5 日間）止水

9 月 21 日（3：00）～9 月 25 日（9：09）：102 時間 09 分（約 4.3 日間）止水

計 9.4 日間

発電・バッテリー充電状況のモニタリング

発電状況の継続的なモニタリングについては、村落電化委員会との協議により発電状況モニタリングの担当者を決め、モニタリングを実施した。モニタリングでは、月間発電量、年間発電量、発電効率計算等を継続して計測することとした。

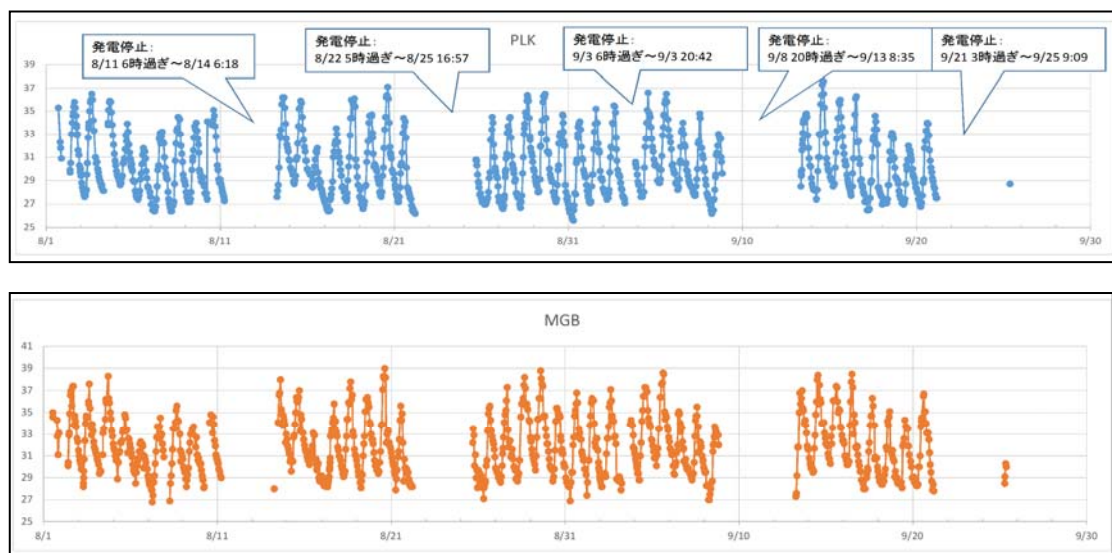


図 3-1-8 温度変化・発電稼働状況図 (2017 年 8 月)



図 3-1-9 ミャウンジーボウン村のパワーキオスク内バッテリー充電状況



図 3-1-10 プエロンチョウ村のパワーキオスク内バッテリー充電状況

2017 年 6 月に事業サイトにおいてテストを行った遠隔定時管理用カメラ（定時に瞬間的に画像を撮り送信する装置でインターネットを利用して目視することができる。）を第 6 回渡航時（2017 年 7 月）に各パワーキオスク内に 2 個設置した。この装置の電源は、据え付けた水力発電であるため、発電機が稼働している際には画像がアップロードされ、1 時間毎の室内温度、湿度、電力使用量、作業状況を確認することが出来る。一方で画像がアップロードされていない時間帯は、水力発電機が稼働していないことが遠隔地でもモニターすることができる。遠隔モニタリング機材の据付状況は図 3-1-11 の通りである。

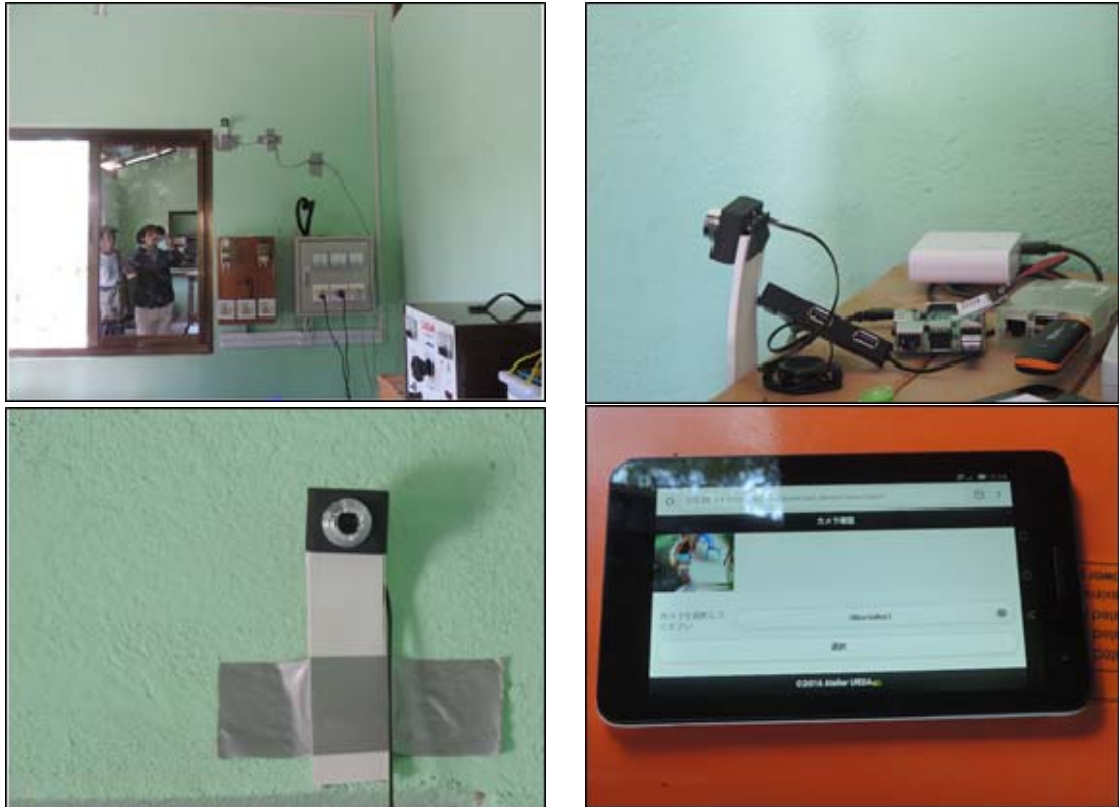


図 3-1-11 モニタリングシステムのカメラと画像

図 3-1-12 に 2017 年 8 月以降のデータを纏めた。

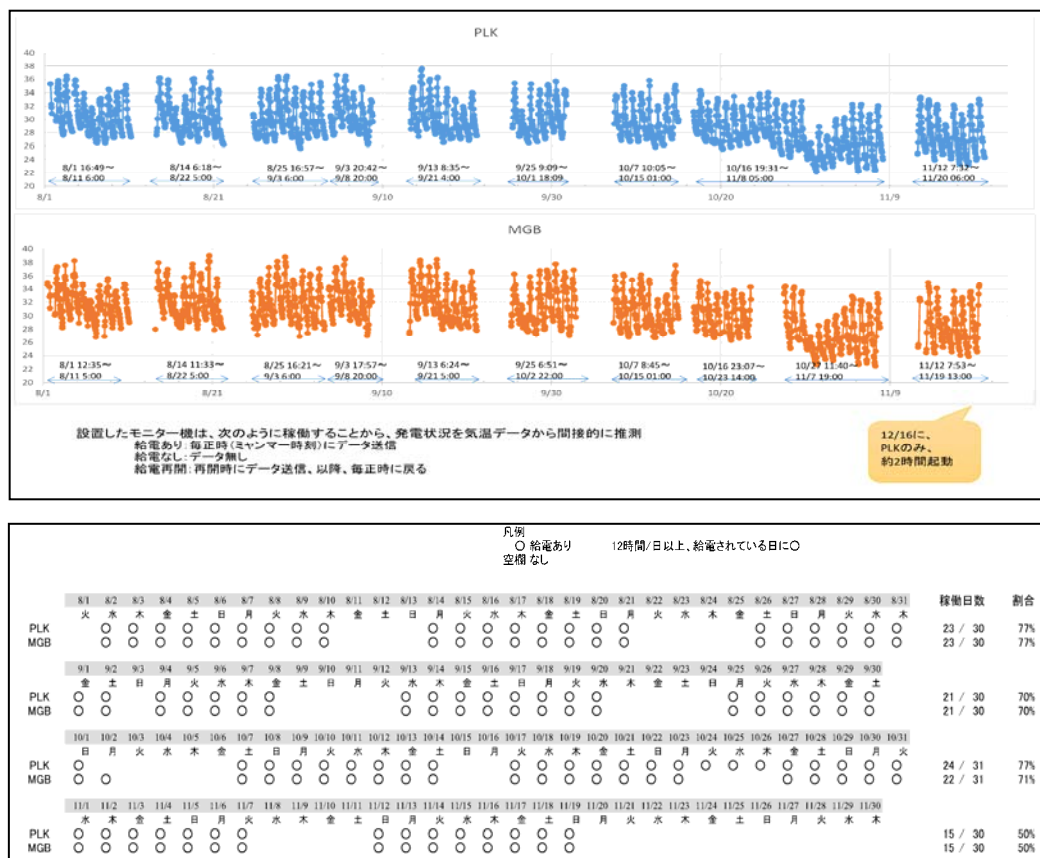


図 3-1-12 2017 年 8 月以降のデータ

活動 1-7：送電された電気がどのように利活用されているか、また対象村落の生活環境が 1-1 で調査した時点から電化したことでどの程度改善されたのかを定量的・定性的に確認する。

2017 年 6 月末、水力発電機の据付が完了し水力発電機運転試験直後より電気の利用が開始された。10 月には 40A ディープサイクル型バッテリー 60 個（1 個約 5,000 円）、11 月には 60 個の 40A ディープサイクル型 TATABPSOLAR バッテリー（1 個約 6,000 円）を投入した。バッテリーの利活用、さらに電動モーター使用についての状況を把握することとしている。

2017 年 6 月下旬に以下の送電が開始された

1. 両対象村落に位置する小学校への送電（照明）
2. 両対象村落に位置する僧院への送電（照明）
3. 両対象村落に位置するパワーキオスクに設置したバッテリーチャージャーによるバッテリーへの充電

バッテリー再充電サービスのモニタリング

2017 年 6 月第 2 回渡航時にモニタリングカメラをパワーキオスク内に各 2 個設置した。以降、日本で機器の稼働状況（発生電力及びバッテリー充電業務の推移）についてモニタリングを実施している。施設設計発電容量が 7kW であるが、モニタリングした電力使用量の推計値が 1～2kW 程度であることから、電気の活用が充分なされていないことが推測された。そのため現場での電力使用状況について、現地で目視とオペレーターからの情報聴取により、その状況を確認した。各パワーキオスクにおいてバッテリーの個数は 24 個である。1 個のバッテリーを十分に充電するために約 8 時間を要することが明らかになった。また、現在の個数ではフル回転に近い状況であることが分かった。そのためバッテリーの数を増やしても、発電容量は十分にあることが確認出来た。上記理由から、既に使用しているバッテリーに加え、新たに TATABRSOLAR（ディープサイクル型）のバッテリーを各 30 個追加投入し、各村 54 個体制で 2017 年 10 月 15 日より運用を開始した。図 3-1-13 に新たに追加したバッテリーの状況を示す。



図 3-1-13 新たに投入したディープサイクル蓄電池（2017 年 10 月）

図 3-1-14 にバッテリー再充電作業をモニタリングしている画像を示す。



図 3-1-14 パワーキオスク内のバッテリー充電状況

バッテリーの利用状況

バッテリーの利用目的は、当初の予想通り世帯での夜間照明のほか、テレビ、扇風機の電源としても利用されており、当初の予想より世帯当たり電力消費量が高いと推定された。このため、2017年11月10日、さらに各村用にバッテリー（TATABPSOLAR）30個を追加購入し投入し、最終的には各村において84個を貸出し用バッテリーとして所有している。

搾油機の利用状況

本事業において事業開始時に村落インタビュー調査の再委託を請け負ったビジネスコンサルタント会社 AAT Business Park 社は、本件事業に現地企業として積極的に参加することを決定し、村落における共同体ベースの経済振興事業に取り組みを始めた。2017年6月中旬には、AAT は一つの試みとして、今回導入された水力発電機によって利用可能となった電気を活用しゴマ、大豆等を対象とした搾油ビジネスを試みるとして電動搾油機を導入し、下の写真に見られるようにゴマの搾油指導を行った。品質においては問題ないものの品質保持方法、運送方法および販売先を検討中であり、現在世帯の自己消費にとどまっている。図 3-1-15 に搾油機の利用状況を示す。



ミャウンジーボウン村の村長



プエロンチョウ村の村長

図 3-1-15 現地産ゴマの搾油状況

両事業対象村の村長に日本製の炊飯器を電気活用実証に供した。炊飯器はバッテリーで稼働はしないのでパワーキオスクのオペレーターで利用する。状況を確認したところ評判がすこぶる良いと現地からの連絡があった。



炊飯器の実証



炊飯器の実証



PK 内に配置



炊飯の実施

図 3-1-16 炊飯器の使用

電力消費量：

搾油機の電力消費量は 1.5kW であるので、水力発電機の施設容量である 7.5kW の 5 分の 1 程度の使用量にしか過ぎない。2017 年 7 月には既に設置した充電器及びレンタル用のバッテリーを利用し充電済みバッテリーの貸出し、既存バッテリーへの再充電事業を本格化させ、余剰電力がどの程度あるか、対象村落の要望を踏まえコンサルタントの指導の下で電化委員会が検討した上で効率的な電気利活用を推進していく必要がある。バッテリー充電によるサービスからの収益はバッテリー充電サービスに要する経費及び維持管理に要する費用に充当することが出来るが、借入金によりシステムを整備した場合には借入金の返済が難しい。民間投資による類似規模の村落電化をパワーアルキメデスを用いて行い適正な収益を上げ財務的に健全な民間事業とするにはバッテリー充電サービス以外に余剰電力を活用した食品加工ビジネスを行うことを推奨する。

パワーキオスクに於ける食品加工事業

両事業対象村における農作物の内換金作物の食品加工・販売計画、サービス事業を策定し所

用機材の選定を行い、調達計画を立てる。パワーキオスク運営組織が可能性のある事業を提案しコンサルタントがその妥当性を評価することにより調達計画を含む事業実施計画を策定する。候補機材としては以下のものを挙げる事が出来る。

- ア) 冷凍冷蔵庫（枝豆、大豆、小豆等豆類の加熱・冷凍加工）
- イ) 小型精米機、製粉機（米、小麦等の加工）
- ウ) サトウキビジュース絞り機
- エ) 乾燥機（唐辛子等の乾燥・包装）
- オ) 溶接機（農機具等の修理）

村落電化事業を計画する無電化村の村落の住民の中に上述のビジネスに投資し事業を経営することが可能な人材（起業家等）が見当たらない場合には、対象村落の近隣の地方小都市または大都市の農産加工をベースにするような民間企業を公募し設置したパワーアルキメデスが発生する電力を適切に利用し企業の観点からビジネスを起こすことを IWUMD 又は村落電化委員会が促進することが必要である。その場合、IWUMD が本件事業でテストした発電・配電システムを整備し、主要機材を選定した企業に長期リースを行うことを検討することを推奨する。

付帯施設等の工事

外灯の設置についてはパワーキオスクハウス脇の電柱、パワーキオスク建物外に設置した。



図 3-1-17 外灯の設置

活動 1-8：上記 1-2～1-7 の活動結果に基づき、必要に応じてパワーアルキメデスの仕様について改善を行うとともに、灌漑用水路に設置する際の設置方法に係るクライテリアや留意点をまとめる。

水力発電機が稼働を開始してから約 10 か月間の実証期間中に抽出することが出来た課題と留意点および改善点は以下のとおりである。

1. 流量・流速・落差を事前に正確に把握し、設計出力を決定する必要がある。

2. 灌漑用水路とはいえ一定の水量を流しているわけでは無く、対象灌漑地域の作物作付け計画や作付けパターン及び季節により IWUMD は水量を調整し放流している。導水樋への水の供給を一定するためには、導水樋の仕様を検討するか、手動で調整する必要がある。結果として、既存の設計通り手動とし、運転者に対して適切な指導を行い運営している。
3. 導水樋の上部に取り付けられていたアングルの溶接部分が、一部破損した。この原因は樋に人が乗るために生じた事象であるが、その部分は取り外し、線での溶接を廃し、被せる形態で対応した。今後設置する機材の当該部分の溶接方法は横に渡すアングルをかぶせる形で溶接するように改める。



図 3-1-18 アングル取付部の破損

4. 周辺機器において下の写真に見られるような変化が認められた。水落とし装置の開閉を行うウインチは人力によるものであるが、ワイヤーの巻き上げを力任せで行った結果、ウインチを取りつけている柱が若干前傾した。現在の状況では発電に影響を及ぼすことが無いため、担当者に留意する旨伝えている。当該部分の部品を補強するか、むりやりワイヤーを巻いても柱が前傾しないように設計を工夫すべきであり、今後は補強したアングルを使用することとした。



図 3-1-19 ウインチの前傾

5. 本事業で設計・製造されたパワーアルキメデスは全部品、部材が日本製でありかつ日本の仕様のため製造コストが比較的高い。どの部分を現地製造に切り替えるかは今後の技術的、経済的検討による。北陸精機は現実に IWUMD により設置されたマイクロ水力発電装置を現地で実際に確認してきていること、IWUMD のモービー工場見学において現在の IWUMD の技術水準をほぼ把握している。さらに日本招聘時において IWUMD の技術のトップであるチーフ・メカニカルエンジニアとも協議した。その結果は図 3-1-19 のとおりである。図中のメモにあるとおり、IWUMD は発電機のコア部分を除き製作することが出来るとしている。今後においても IWUMD と協働で無電化集落の電化を推進していくこととした。

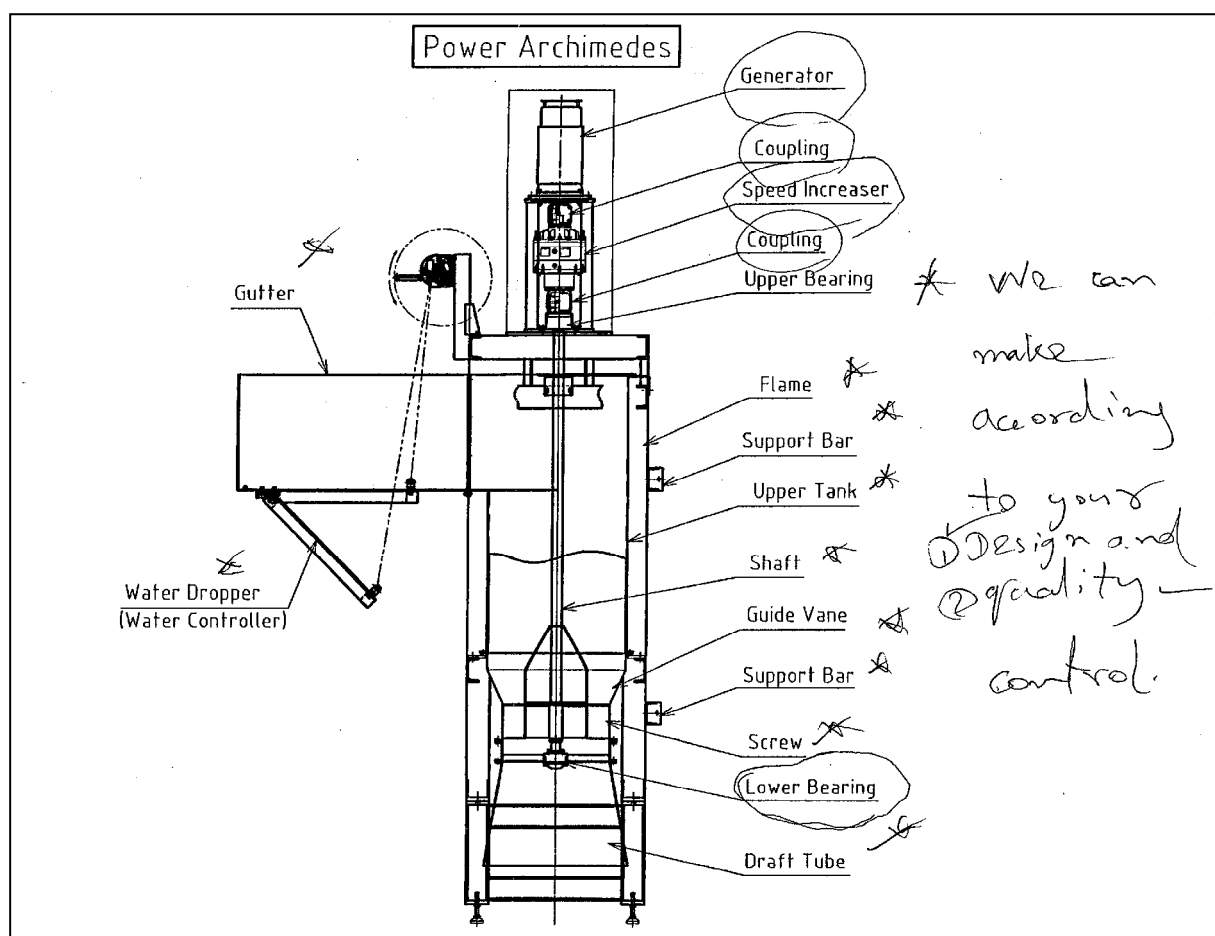
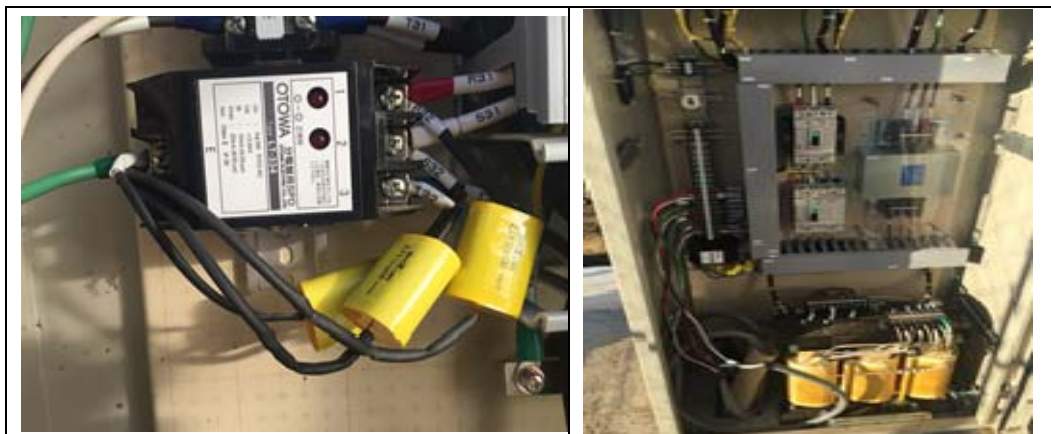


図 3-1-20 IWUMD での製作可能部分

6. パワーアルキメデス（水力発電機器）については、運転開始後約 10 ヶ月の現時点（2018 年 3 月）では全く異常は認められていない。
7. パワーアルキメデスを設置した用水路 DY-3C を管理する IWUMD の水利管理所が発電機設置個所に最も近い場所で電気を利用している施設（パワーキオスクへの送電確認後、水利管理所から電気使用の申し込みが有り、電気供給を行った。それまではソーラー発電を利用していた。送電距離が他の施設と比べて極端に短いことから受電電圧が極めて高くなっており照明器具の破損（電球 1 個）が報告された。このため電圧安定を目的とする整流器（キャパシター、黄色の部品）を制御盤の内部に取り付けることによりこの

問題に対応した。この処置により当該世帯での受電電力が安定したことを確認した。このような事態が起こることは事前に予想されており、予備備品とし、備品箱に常備していたものである。



8. パワーキオスクが本格稼働し、発電配電ビジネスが一定の規模で継続的に行われるような状況になれば、本格的な財務分析を実施し適正な初期投資額を推計することが可能となるが、現状のバッテリーに対する課金のみでは、なんとか維持管理費用を賄える程度の状況である。
9. 無電化村において本事業で実証したパワーアルキメデスを灌漑用水路に設置する電化システムを商業的にも妥当な投資事業とするには、主要所要機材特にパワーアルキメデスに対する初期投資額を可能な限り下げることが必要であると認められる。そのためにも IWUMD によるパワーアルキメデスの現地生産を推進し、コストを低減する必要があることが認められた。

活動 1-9：上記 1-2～1-7 の活動により収集したデータを分析し、パワーアルキメデスの発電効率性を確認する。

発電機が稼働に応じてデータの収集方法を発電の管理を行う村落電化委員会、パワーキオスク運営組織への指示を発出し、新たなバッテリーを投入しつつ本格稼働状況のデータを収集した。

2017 年 6 月末に発電機の稼働を開始し現在に至っているが、バッテリーへの充電事業および余剰電力利用事業はいまだ本格軌道に乗っていない状況である。当初より予定している電化委員会、IWUMD との協議を行い 2017 年 10 月～事業を軌道に乗せ、本事業期間終了までのデータを取得し、分析した。発電効率の分析については以下の方法で行った。

発電効率性の確認：

パワーアルキメデスの発電効率性については、発電出力（P）と年間発電量（KWh）から考察する必要がある。その各々の計算式は以下の通りである。

$$P \text{ (発電出力 KW)} = 9.8 \times Q \text{ (m}^3/\text{s)} \times H_e \text{ (m)} \times \eta$$

P : 発電設備の出力

9.8 : 係数 (重力加速度 × 水の密度)

Q : 流量

H_e : 有効落差 (総落差－損失落差)

η : 効率 (水車効率×発電機効率×増速機効率など、一般的には 60～85%程度)

$$\text{年間発電量 (kWh)} = \text{発電出力 (kW)} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times \text{設備利用率}$$

年間発電量 : 1 年間に発電できるエネルギー量

設備利用率 : 流量が減ると発電出力も下がる。最大出力で 1 年間連続運転する場合の発電量に対する実際の発電量の割合

パワーアルキメデスの発電出力については既に多くのデータを取得しており、流量 : 0.75、落差:1.5 を想定し、計画発電出力を 7.5KW～8.5KW としていたが、据付後の試運転時では実際その通りの数値が計測されている。

ここで重要なのは設備利用率である。前述したように 12 月、1 月は灌漑水路を閉じている。また他の月においても 12 日のうち 2 日は DY-3C の水は止められる状況にある (表 3-1-2 に実績を示す)。このため、他の条件を排除した設備利用率は 0.67 となり、一基あたりの年間発電量は 44,019 kWh となる。

$$\text{発電出力 (7.5kW)} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times \text{設備利用率 } 0.67 = 44,019 \text{ kWh}$$

この発電量を最大限利用できるよう、電気の利活用法を検討する。2 ヶ月間の止水期間、及び通常期間の 2 週間に 1 回 2 日間の止水により、一定の電力供給のためには、代替電源としてディーゼル発電機を設置することが不可欠である。活動 1-7 で述べた AAT Business Park 社は対象村落でのモデル事業の成功を見込み、ディーゼル発電機を貸与した。

【成果 2 に係る活動】

活動 2-1 : 対象村落が送電された電力を持続的に利活用できる体制を確立できるよう、対象村落に事業内容を説明し、電化委員会を設立する。

対象村落に事業内容を説明し、村落電化委員会の設立を指示した。その指示に基づき 2017 年 6 月に各村落の村落電化委員会の組織が編成され、従事者選定を目的とする村民集会在開催された。以下の写真は、その集会の状況である。



図 3-2-1 プエロンチョウ村における委員会の編成および従事者選定集会



図 3-2-2 ミャウジーボン村における委員会の編成および従事者選定集会

上記集会により選定されたパワーキオスク運営に係る従業者によりバッテリー充電・配布業務が開始された。



図 3-2-3 バッテリー充電業務の開始

電化委員会の体制：

各村においては以下のメンバーが選出され、電化委員会を編成することとなった。

・プエロンチョウ村

電化委員会会長： Mr. U Myint Swe Oo （村長）
発電・送電担当者： IWUMD Mr. Kyaw Min Htike
全体技術管理者： IWUMD Mr. Htin Kyaw Lin
水路管理者： IWUMD Mr. U Soe Naing Oo

・ミャウンジーボウン村

電化委員会会長： Mr. Phoe Maung （村長）
発電・送電担当者： IWUMD Mr. Kyaw Min Htike
全体技術管理者： IWUMD Mr. Htin Kyaw Lin
水路管理者： IWUMD Mr. U Soe Naing Oo

・連絡体制表

IWUMD と電化委員会及び関連機関の連絡体制は図 3-2-4 のとおりである。

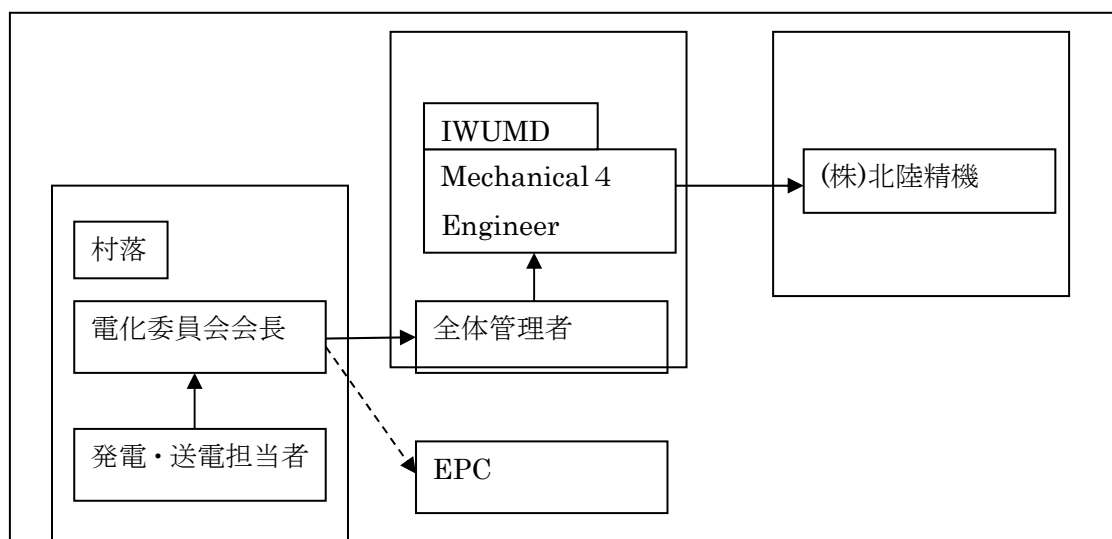


図 3-2-4 連絡体制

電化委員会の任務：

電化委員会の任務等については以下のように要約される。

村落電化委員会：

1. 村落電化の方向性の決定
2. 発電・送電・電力システムの技術的維持管理方法の決定
3. 持続的維持管理の方法（課金方法、課金率、配分等）の決定
4. 電化委員会の規約制定

パワーキオスク運営組織：

1. パワーキオスク運営組織の編成
2. パワーキオスクにおける動力使用機器の運営計画（現地で生産される農作物の収穫後処理、食品加工等対象村落における付加価値の創出を目的としたビジネスプラン）
3. パワーキオスク運営組織の規約制定

IWUMD：

1. 電化委員会のメンバーとして事業を監理・監督し、村落発展に寄与する。
2. 村落で編成するパワーキオスクの運営に必要な技術的指導・援助を行う。

活動 2-2：利用料金体系、課金方法等、対象村落における電力活用体制を確立し、持続的に運営する上で必要な事項につき、電化委員会、村落及び IWUMD の責務について合意を得る。

成員の責務についての理解と合意は以下の内容で得た。

<利用料金体系・課金方法>

課金については、世帯が所有しているバッテリーの充電について 1 回あたり 3,000MMK、パワーキオスク（以降 PK と称する。）が所有するバッテリーの貸し出しについては 1 ヶ月あたり 5,000MMK と取り決め、実施している。更に新たにバッテリーを各 60 個導入したことにより、増加が見込めると考えられている。村落インタビュー調査では一世帯がバッテリー再充電のために支払う意思がある平均月間費用は 50,000MMK となっていることから 3 日に一回のバッテリーレントであれば世帯の支払い可能額に見合うと考えられていたが実際には太陽光発電を利用した充電も増えてきており、当初考えられていた課金のレベルには達していない。

なお、2017 年 11 月時点の課金徴収状況は以下のとおりである。

表 3-2-1 プエロンチョウ村

Pue Lone Kyaw				
2017 in US\$	Revenue	Expenditure	Balance	Accumulated
July	0	0	0	0
August	48	0	48	48
September	53	5	48	96
October	106	66	40	136
November	8	24	-16	120

Pue Lone Kyaw								
2017	Revenue		Expenditure		Balance		Accumulated	
	MMK	US\$	MMK	US\$	MMK	US\$	MMK	US\$
July	0	0	0	0	0	0	0	0
August	64,500	48	0	0	64,500	48	48	48
September	70,900	53	6,500	5	64,400	48	96	96
October	142,400	106	88,500	66	53,900	40	136	136
November	10,600	8	32,500	24	-21,900	-16	120	120

表 3-2-2 ミャウンジーボウン村

Myaung Gyi Boun				
2017 in US\$	Revenue	Expenditure	Balance	Accumulated
July	14	2	12	12
August	21	0	21	34
September	18	0	18	51
October	19	0	19	70
November	71	26	44	114

Myaung Gyi Boun								
2017	Revenue		Expenditure		Balance		Accumulated	
	MMK	US\$	MMK	US\$	MMK	US\$	MMK	US\$
July	18,400	14	2,300	2	16,100	12	0	12
August	28,800	21	0	0	28,800	21	0	34
September	23,600	18	0	0	23,600	18	0	51
October	25,200	19	0	0	25,200	19	0	70
November	94,900	71	35,500	26	59,400	44	0	114

プエロンチョウ村の方が順調にバッテリー充電を行っており月間約 60,000MMK (US\$45) の利益を上げている。この調子で行くと年間約 450 米ドルを維持管理に回すことが可能と思われる。ミャウンジーボウン村は操業から 5 ヶ月目に漸くバッテリー貸出し業務に慣れてきたよ

うであるが、この調子で今後も継続すればプエロンチョウ村と同様にある程度の維持管理費を生み出すことができる可能性がある。

＜村落における電力利活用体制＞

① 計画時の電力の利活用方法、収益見込み

12月・1月は灌漑水路を止めるため、この間のディーゼル発電機利用によるバッテリー充電を行うためには、燃料費が各バッテリー利用者の毎月の課金を8,000MMKとすることが必要とされた。住民の負担できる金額の限度が5,000MMK程度であり、動力系機器の導入によりパワーキオスク運営に依る収益の増加を期待した。

② 実施結果、

ディーゼル発電を稼働させる燃料代がバッテリー充電サービスによる収益を上回ることが危惧され、結局ディーゼル発電機を利用することはなかった。

③ 結果から見えてきた課題

追加収益を生む新たなサービス（精米機・搾油機による電力使用等）を計画し実施しないとパワーキオスク事業は財務的に成り立たない。ただし発電資機材の維持管理に必要な資金はなんとか確保できるという状況にある。

活動 2-3：対象村落に対して送電された電力の持続的な利活用のためのワークショップを行う。

ワークショップについては、2017年6月の稼働以降、調査団員が渡航する度、対象村落、IWUMD 本部において実施し、メンテナンスの重要性、電気の利活用等につき説明・解説及び技術移転を実施した。

活動 2-4：IWUMD 向けの開発計画ガイドラインおよび施工・維持管理にかかるマニュアルを作成する。

2017年6月末のパワーアルキメデス据付工事には現地の主な IWUMD 職員は全期間中据付に立ち会っており、据付の実際を視察している。

現在 IWUMD において灌漑用水路に適用している水車の形式は S 型チューブラタイプであり、バイパスを必要とし、設置のためには大規模な土木工事が必須である。一方、水路落差工に直接設置するパワーアルキメデスは土木工事を一切必要とせず（制御盤を設置する基礎工事は必要であるが極めて小規模）機材が設置場所近辺に用意されれば、1日で据付工事を完了する事が可能である。その意味での経済性の優位を有することは明白である。現地において必要な時の利用が可能のように据付ガイドライン、運転・維持管理マニュアルは両 PK 内に常備している。また、発電機の起動・停止等の操作方法についてはキュービクル（制御盤）内に貼り付け、視認出来るようにしている。

ガイドラインおよび施工・維持管理にかかるマニュアルは別添 5、別添 6 のとおりである。

活動 2-5： IWUMD 職員に対して本邦受入活動を行い、機材の維持管理に係る技術移転を行う。

本邦受入活動は以下のとおり実施された。

第一回本邦受入活動：

受入期間	2017 年 12 月 10 日～2017 年 12 月 16 日
研修項目	エネルギー政策、農業政策、小水力の種類・技術
対象者	IWUMD の政策決定者 4 名
視察先・研修	富山県農業研究所 富山県庁 宇奈月ダム YKK 本社工場 北陸精機小水力発電試験場 北陸精機工場
講義	「小水力発電の効率について」(石川県立大学 瀧本教授) 「村落開発について」((株)建設技術センター 小池) 「パワーアルキメデスの設備について」((株)北陸精機 南)

第二回本邦受入活動：

受入期間	2018 年 1 月 21 日～2018 年 1 月 27 日
研修項目	エネルギーについて、小水力の種類・技術、パワーアルキメデスについて
対象者	IWUMD の技術者 4 名
視察先・研修	YKK 本社工場 北陸精機小水力発電試験場 北陸精機工場
講義	「電気の基礎知識・モニタリングについて」(MCC 望月) 「村落電化について」((株)建設技術センター 小池、資料別添 - 4 参照) 「パワーアルキメデスの操作について」((株)北陸精機 南)

第一回本邦受入活動における成果は参加者がパワーアルキメデスの効率性、経済性、汎用性に優れている点の理解と電力制御の重要性を認識したことであり、第二回本邦受入活動においてはパワーアルキメデスの優れた操作性、精密性、耐久性およびメンテナンスの重要性を理解したことである。メンテナンスについては、2017 年 6 月末のパワーアルキメデス据付時に維持管理作業の中で最も重要な部分である機材の底部にあるベアリングの付け替えの実演を IWUMD 職員の立ち合いで行っている。定期的に行う必要があるグリースの注入・ベアリング交換等基本部分についての重要性とそのスケジュールは理解された。技術者を対象とした本邦受入活動(2 回目)により、メンテナンスの重要性がよりいっそう認識され、その方法についての研修を受けた。

活動 2-6：灌漑用水路に設置したパワーアルキメデスについて IWUMD 及び電化委員会が日常管理及び定期的なメンテナンスを行う体制を構築する。

2017 年 6 月末に電化委員会が編成され、北陸精機職員がサイトを訪れる度に委員会メンバーに対し維持管理方法を繰り返し現地で指導した。発電・配電事業は技術的には順調に運営されていることから、必要最低限の維持管理体制は構築されたと考える。



グリーシングの講習



グリーシングの講習



グリーシングの実施



グリーシングの実施



操作手順の実地訓練



メンテナンスの実地訓練

今後、多数のパワーアルキメデスの整備・利用が実現する場合、パワーアルキメデスの現地生産に係る組織（IWUMD の製造部門）が維持管理体制の中核組織となり維持管理方法・技術の伝播を各村落での運営委員会に対して行うことになる。設置した機器の仕様、構成、発電・送電システムの運転マニュアル、維持管理についてのマニュアルは以下のとおりであり、これらは設置したキュービクル（制御盤）内部に貼りつけてあるので必要な時に参照可能となっている。

1) 機器の仕様：

型式	7.5KWタイプ
落差	1.6m
流量	0.75m ³ /sec
最大出力	7.1KW
水車発電機ユニット	EN0047
発電機	永久磁石式同期発電機 ESGX-27P5CFNV-HS11（安川電機） AC200V、57.5Hz、6P、7.5KW、29A、1150RPM
増速機	GP-7.8-512S（富士変速機株式会社）
発電機制御ドライバ	CEPT-G1AA27P5AMA（安川電機） （発電機能付）AC200V、33A
出力制御用インバータ	CIMR-AA2A0040（安川電機） AC200V、7.5KW、33A インバータ方式：電圧型、電流制御 スイッチング方式：正弦波PWM方式
過大発電保護装置	GDBR-2110D（安川電機） BWA-1130（八光電機）
出力フィルタ	LF-350KA（安川電機）
発電制御盤	屋外仕様（自立型）鋼板製 外形寸法（W×H×D） 700×1720×350mm

2) 機器構成：

①水車

水のエネルギーを回転エネルギーに変換する。

②増速機

水車の回転数を増速した回転で、発電機を回転させる。

③発電機（永久磁石式同期発電機）

水車の回転エネルギーを電気エネルギーに変換する。

落差（H：m）と水量（Q：m³/s）と効率（η：水車×増速機×発電機効率）で算出される出力（kW）を発電する。

④ 発電制御盤（屋外仕様、自立型）

システム全体の発電制御をするための装置で、1) 発電機制御ドライバ、2) 過大発電保護装置、3) 出力制御インバータ、4) 出力フィルター、5) 変圧器が含まれる。

発電出力（kW）、積算電力量（kWh）、運転状態はデジタルオペレータに表示する。

3) 運転マニュアル：

発電機操作手順	Generator Operating Procedure
 1) 水車を立ち上げる前に ① 2つのブレーカが"OFF"の位置にある。 ② 水車が回転していない。 この2点を確認してください。 水車が回転している場合は水車への水の供給を止めてください。 2) 発電機の立ち上げ ① ブレーカMCCB1を"ON"にします。 ② 水車に水を導入すると発電します。 ③ インバータINV1のRUNキーを押します。 ④ ブレーカMCCB3を"ON"にします。 (送電開始) 3) 水車の停止 ① ブレーカMCCB3を"OFF"にします。 (送電停止) ② インバータINV1のSTOPキーを押します。 ③ 水車への水の供給を止めます。 ④ ブレーカMCCB1を"OFF"にします。 4) 異常停止している場合 ① 水車への水の供給を止めます。 ② 2つのブレーカを"OFF"の位置にします。 ③ "2) 発電機の立上げ"操作を行います。 5) ゴミなどにより発電出力が低下した場合 ① "3) 水車の停止"操作を行い、ゴミを除去します。 ② "2) 発電機の立上げ"操作を行います。 以上	 1) Before starting up the Water Turbine, please confirm the following two points. ① Two Breakers must be at "OFF" position. ② Turbine must not be revolving. When the turbine is revolving, stop water supply to it. 2) Start-up of Generator ① Set BreakerMCCB1 at "ON" position. ② When water is supplied to the Turbine, power generation starts. ③ Press "Run" key of InverterINV1. ④ Set BreakerMCCB3 at "ON" position. (power supply starts) 3) Shut-down of Turbine ① Set BreakerMCCB3 at "OFF" position. (power supply stops) ② Press "Stop" key of InverterINV1. ③ Stop water supply to the Turbine. ④ Set BreakerMCCB1 at "OFF" position. 4) In case of Abnormal Stopping ① Stop water supply to the Turbine. ② Set two Breakers at "OFF" position. ③ Follow "2)procedure" to start up Generator. 5) In case of Power Out-put decline due to clogging with waste/garbage ① Follow "3)procedure", then remove waste/garbage. ② Follow "2)procedure" to start up Generator.

図 3-2-5 運転マニュアル (抜粋)

これらは以下の写真に示すように、キュービクル (自立型制御盤) の扉内側に貼りつけてあるので運転者は必要な場合に制御盤を開けた際に参照が可能になるようになっている。



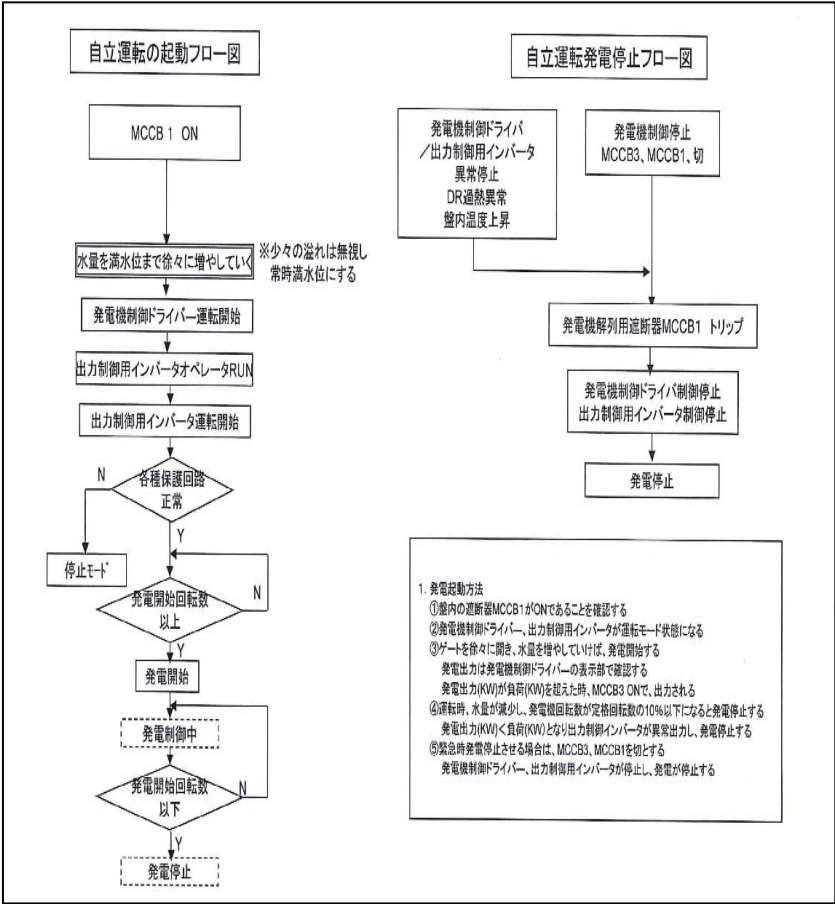


図 3-2-6 操作フロー図（抜粋）

4)維持管理マニュアル

また、定期点検の概要については、下図に基づき実施されるよう、据付時に担当者に説明し、ベアリングの取替講習を行ったが、マニュアルとして英語で纏め、配電センターに常備している。

定期点検リストと定期点検説明書：

◇定期点検リスト			
点検項目	点検内容	異常時の対策	チェック欄
運転（水車発電機ユニット）			
水車 発電機	・ 異常な振動や運転音がないか ・ 回転ムラがないか	・ 当社にご連絡ください ・ 運転を停止し、水車発電機ユニットを点検し、不具合のある場合は、分解、部品交換、修理を行なう ・ 水車内部に異物が絡まっているかを確認する ・ チューンカップリングにグリス充填する ・ ボルト固定部の緩みをチェックする	
発電	・ 発電が正常に行なわれているか ・ 発電量（KW）の変動（低下・上昇）が激しい	・ 水量の変動はないか ・ 1日1回スクリーンのごみを収集する ・ 水車内部に混入物が絡まっているかを確認する ・ 発電システムの運転状況を表示パネルで確認する	
主回路			
制御盤 全般	・ 過熱や劣化により変色した部品はないか ・ 各部品に、破損、変形はないか ・ 汚れや、ごみ、ほこりの付着はないか	・ 破損した部品の交換、修理をする ・ 破損した箇所が修理・交換できない場合は、発電機制御ドライバー、出力制御インバータ等機器ごと交換する ・ 乾燥したエアで除去 ・ 除去できない場合は汚れのひどい部分を交換してください	
導体・電線	・ 電線や連結部に変色、破損、過熱による変質はないか ・ 電線被覆の破れ、ひび割れ、変色はないか	・ 破損した電線の修理か交換をする	
端子台	・ 接続端子に擦り減り、破損、緩みはないか	・ 増し締めをし、ねじや端子に破損があれば交換する	
電界コンデンサ	・ 液漏れ、変色、ひび割れはないか ・ 安全弁は出していないか ・ 弁が膨らんでいないか	・ 破損した箇所が修理・交換できない場合は、発電機制御ドライバー、出力制御インバータ等機器ごと交換する	
IGBT	・ ごみやほこりが付着していないか	・ 乾燥したエアで除去する	

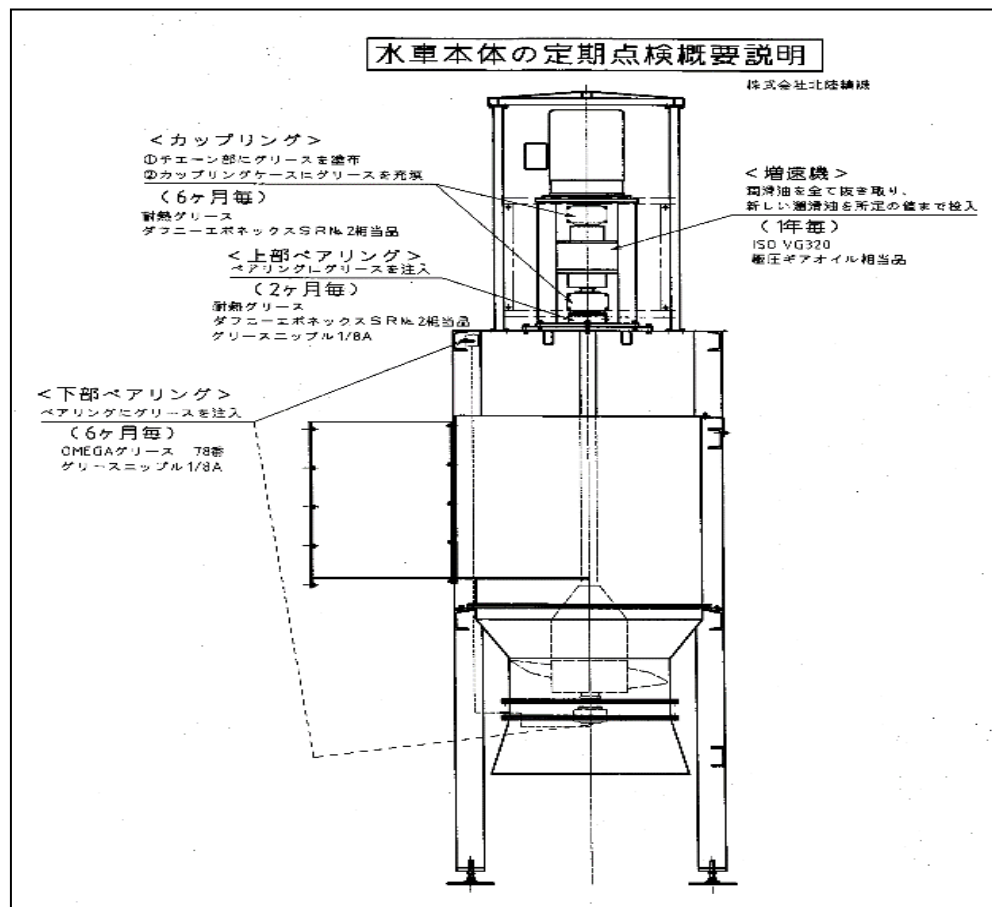


図 3-2-7 定期点検概要 (抜粋)

活動 2-7：電化委員会がバッテリーを用いた配電を持続的に行う体制を構築する。

2017 年 6 月末、電化委員会により、パワーキオスク運営組織が組織された。電化委員会はこのパワーキオスク運営組織の管理監督を行うこととなり、運営組織は、配電事業を担当する。

両村落がパワーアルキメデスから送電された電力を持続的に利活用できるように、パワーキオスク運営組織は、バッテリーの再充電サービスの提供を実施して来た。具体的には、事業開始時に収集した村落情報（既存の電気供給方法、電気料金、世帯所得、各世帯支払能力等）に基づき適切な料金体系等を検討、電化委員会へ提案し、バッテリー配電サービス料金を決定した。2017 年 10 月末には村落電化委員会及びパワーキオスク運営組織は、配電事業において完全に恒常的に稼働できる体制が整った。

一方で、商業的に自立した独立発電事業とするには、追加的収益源を創出することが必要である。別添資料-3 にバッテリー充電サービスだけでの事業妥当性を期待するケースと追加的事業の収益を加えた場合の事業妥当性を期待するケースを示した。後者の場合の追加的事業は、村民が独自に資本投下する財力を持たない場合、対象村落の近隣の地方小都市・地方都市において事業を営む民間企業が村落発電事業を行うことが出来るような体制、促進策を講ずる必要がある。

活動 2-8 : ここまでのタスクの結果に基づき、マニュアル・ガイドラインの最終化を行う。

2017 年 6 月末に発電機の据付、総発電システムの基本的な稼働確認が行われた。以降マニュアル・ガイドラインの最終化とそれに基づく実習も行ってきた。マニュアル・ガイドラインについては本邦受入時にも参加者に説明しており、現在両村落パワーキオスク内に完備している。なお、本報告書の別添 5、別添 6 にマニュアル・ガイドラインの最終版を別添する。

【成果 3 に係る活動】

活動 3-1 : IWUMD による今後のマイクロ水力発電機を活用した無電化村落の電化計画について情報収集し、パワーアルキメデスの需要（市場規模）の予測を行う。

実証試験中のキンダー東灌漑用水路上に存在する無電化村落の調査を行った。

事業対象地が存在するキンダー東灌漑システム（DY-3C が当該事業において発電機を設置した二次用水路）は IWUMD、マンダレー管区のミッタ支局とチャウセー支局が管理しており、各支局の案内で① DY21(落差工 7 ヶ所) Tantwein 村. 250 世帯、② DY23(落差工 8 ヶ所) Mynwan 村. 1,500 世帯、③ DY25 (落差工 9 ヶ所) Pwya 村. 300 世帯、計 3 か所の無電化村を視察した。視察した無電化村の世帯数合計は 2,050 世帯である。上記の村落の選定は IWUMD ミッタ支局が行い、2017 年 10 月、IWUMD ミッタ支局の案内でこれら発電サイト候補地を調査団とともに視察した。

図 3-3-1 にキンダー東灌漑システムの概略図及び視察した無電化村に隣接する二次用水路であり、潜在事業計画地点の位置を示す。これらは、現在実証試験中の二次用水路 DY-3C が取水している一次水路（キンダー東一次運河）の下流部に位置する。

Irrigation System in Mandalay Kinder East Irrigation System

Typical Non-electrified Villages and Secondary
Irrigation Canals of the East Kinder Irrigation System

Canal Name of Village
Code: Profile

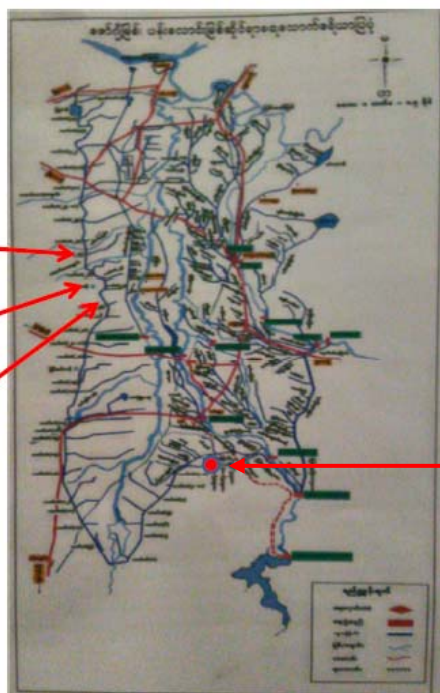
DY-25 Pyaw Village
Household: Approx. 300
Population: Approx. 1,500
Nos. of Drop: 6

DY-23 Mynwon Village
Household: Approx. 1,500
Population: Approx. 6,000
Nos. of Drop: 8

DY-21 Tantwein Village
Household: Approx. 250
Population: Approx. 1,000
Nos. of Drop: 7

Total
Household: Approx. 2,050
Population: Approx. 8,500
Nos. of Drop: 21

UNDER MITTA DIVISION



DY-3C

図 3-3-1 潜在事業個所調査地点概略図



DY-21



DY-23



DY-25

図 3-3-2 キンダー東灌漑システムの潜在事業地点状況

また、キンダー東灌漑システムの各二次水路の落差工の数、有効落差、水量等のデータについては IWUMD ミッタ支局が用意していたものを入手した。表-3-3-1 に、それらのデータの単位をインペリアル法からメートル法に変換したものを示す。

表 3-3-1 キンダー東灌漑用水路諸元

Data of IWUMD Mytta Office
Along East Kinder Irrigation Channel

Secondary Channel Code No.	Discharge Volume	Area	Drop No.	Distance from Water Intake	Height (Base= 5.0)	Breadth	Discharge Volume	Area	Distance from Water Intake	Height (Base= 1.5)	Breadth	Name of Village	Household	Population	Distance from Drops
	Q/sec in cuf	acre		ft	ft	ft	Q/sec in cum	hectare	m	m	m		HH	psn.	km
DY-18	62.5	4,403	1	490	8.0	5.0	2.3	1,779	147	2.40	1.50				
			2	920	8.0	5.0			276	2.40	1.50				
			3	3,320	8.2	5.0			996	2.46	1.50				
			4	9,510	8.1	5.0			2,853	2.43	1.50				
DY-19	55.0	3,848	1	730	7.9	5.0	2.0	1,555	219	2.37	1.50				
			2	10,430	7.9	5.0			3,129	2.37	1.50				
			3	11,170	7.9	5.0			3,351	2.37	1.50				
			4	18,370	7.9	2.5			5,511	2.37	0.75				
DY-20A	72.5	17,935	1	1,065	8.5	6.0	2.7	7,246	320	2.55	1.80				
			2	1,760	7.5	6.0			526	2.25	1.80				
			3	2,750	7.5	6.0			825	2.25	1.80				
			4	4,030	7.5	6.0			1,209	2.25	1.80				
			5	6,670	7.1	6.0			2,001	2.13	1.80				
			6	9,130	7.1	5.0			2,739	2.13	1.50				
			7	13,920	7.2	3.0			4,176	2.16	0.90				
DY-21	41.3	18,660	1	2,070	6.9	4.0	1.5	7,539	621	2.07	1.20	Tantwein	250	1,000	1.5
			2	2,400	6.9	4.0			720	2.07	1.20				
			3	3,420	6.9	4.0			1,026	2.07	1.20				
			4	3,860	6.9	4.0			1,158	2.07	1.20				
			5	6,500	6.9	4.0			1,950	2.07	1.20				
			6	7,560	6.9	4.0			2,268	2.07	1.20				
			7	11,220	6.6	3.0			3,366	1.98	0.90				
DY-22	28.8	5,850	1	610	7.1	2.5	1.1	2,363	183	2.13	0.75				
			2	1,230	7.1	2.5			369	2.13	0.75				
			3	1,610	7.1	2.5			483	2.13	0.75				
			4	2,050	7.1	2.5			615	2.13	0.75				
			5	2,410	7.1	2.5			723	2.13	0.75				
			6	2,710	7.1	2.5			813	2.13	0.75				
			7	4,370	7.1	2.5			1,311	2.13	0.75				
			8	4,950	7.1	2.5			1,485	2.13	0.75				
DY-23	16.3	4,580	1	740	6.3	2.0	0.6	1,850	222	1.89	0.60	Mynwon	1,500	6,000	2.0
			2	1,120	6.3	2.0			336	1.89	0.60				
			3	1,500	6.3	2.0			450	1.89	0.60				
			4	2,020	6.3	2.0			606	1.89	0.60				
			5	2,370	6.3	2.0			711	1.89	0.60				
			6	3,140	6.3	2.0			942	1.89	0.60				
			7	3,620	6.3	2.0			1,086	1.89	0.60				
			8	3,980	6.3	2.0			1,194	1.89	0.60				
DY-25	25.0	11,580	1	360	7.3	3.0	0.9	4,678	108	2.19	0.90	Pyaw	300	1,500	1.6
			2	700	6.3	3.0			210	1.89	0.90				
			3	870	7.3	3.0			261	2.19	0.90				
			4	1,160	7.3	3.0			348	2.19	0.90				
			5	4,000	7.0	2.5			1,200	2.10	0.75				
			6	5,450	7.0	2.5			1,635	2.10	0.75				
Total		66,856	44					27,010							
Non-electrified Village Total		34,820	21					14,067					2,050	8,500	

出典：調査団が IWUMD より聴取したデータを纏めたもの。

2018 年 1 月現地渡航時に、マンダレーの IWUMD 本局局長からマンダレー州の潜在的な需要地に関する意見を聴取した。要点は以下の通り。

1. IWUMD マンダレー支局は、独自に小水力機器導入を決定することは出来ず、IWUMD としての決定権は本局（中央）が持つ。
2. マンダレー政府自体は独自で発電事業等を決定権があるため、マンダレー政府の首相と直接協議することを推奨したい。その場合に IWUMD マンダレー市局は仲介を行うことができる。
3. 2025 年までにマンダレー州の平地部は幹線よりの電気を用いた電化が予定されている。
4. グリッドによる電化が困難で、かつ 24 時間水流のある集落を紹介するので視察して頂きたい。この村落はマンダレー管区とシャン州の境の山岳部に位置する以下の村落である。

村名 : Phoin(ホーエン)村

世帯数 : 118 世帯

農作物 : 米、果物、豆類

水源 : 地下鍾乳洞（シャン州の地下水）に端を発した河川

電化の状況 : マイクロ水力発電機 (3kW)を 6 軒が使用

: ソーラー発電システム(高所得者) 約 50 軒

: バッテリー使用世帯約 50 軒

	
源泉	河川
	
村落住居	中国製発電機（3 Kw）

図 3-3-3 ホーエン村視察

現在のミャンマーの電化率を考えるとミャンマー全体には単純計算で約 35,000 の村が無電化村と言える。これらの無電化村の内 IWUMD が管理する灌漑用水路に隣接する無電化村の数は約 10,000 村と推計されるが、村落電化事業については、各州・管区の所掌するところであるため、IWUMD と共同で潜在需要の掘り起こしを行う必要がある。

一方で、パワーアルキメデスの現地製造を開始する際には IWUMD 側も北陸精機側も人材的に制限があるため一挙に大量生産は不可能である。第一段階としては、実証活動を実施しモデルがいつでも視察できるマンダレー州、山岳部の村落についてはチン州を主に考えることになろう。そのような具体的な実働を通じて各州・管区にパワーアルキメデスを紹介することと事業形成を進めていくのが最も効果が高いと考える。

活動 3-2：ミャンマーの政治経済・社会状況に係るカントリーリスク、為替などの金融リスク、税制や法務等のビジネスリスク等、パワーアルキメデスを普及展開していく上でのリスクについて調査・分析する。

ミャンマーにおいてパワーアルキメデスを普及展開していく上で最重要項目の 1 つはミャンマーの会社法である。ミャンマーの会社法は 1914 年に制定されたものであり、現行法である。2017 年 12 月 6 日に「新会社法」が成立したが施行法・規則については 2018 年 8 月と目されている。投資企業管理局（DICA）は施行開始日を 2018 年 8 月 1 日と発表している。本事業に関連する変更項目は以下のとおりである。

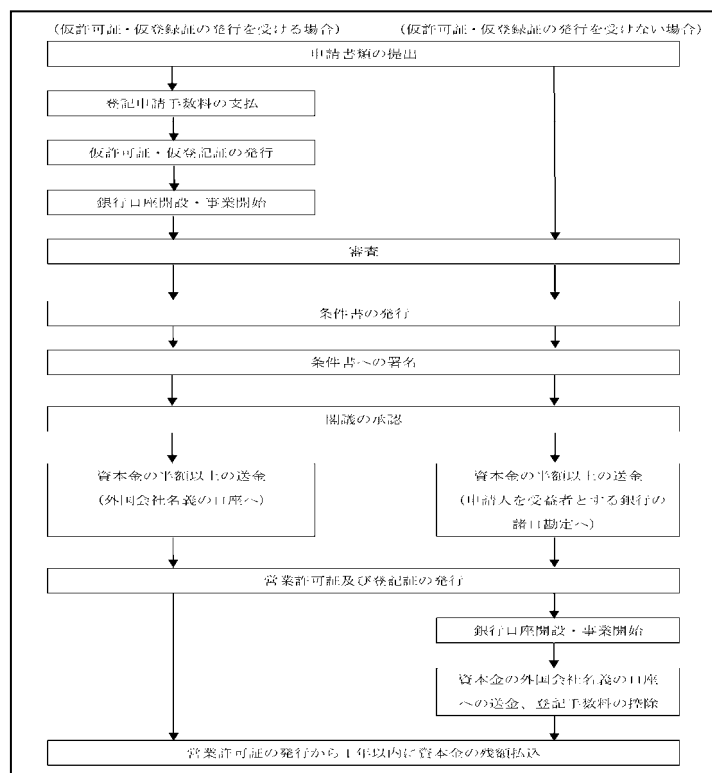
1. 外国企業の定義の変更

旧会社法では外国人が1株でも株式を保有していれば、外国企業と見なされ、土地の長期リースや輸出業者登録が出来ない等のことから国内企業と外国企業との合併が事実上不可能な状況にあった。新会社法では外国人の株式保有が35%以下であれば国内企業としての事業展開が可能となる。

2. オンラインによる会社登録手続き

新会社法ではオンラインによる会社登録手続きが出来、国内・国外企業が会社登録する場合、登録料をミャンマー・ペイメント・ユニオン加盟の銀行から振り込むことが可能である。

現行（2018年3月時点）の会社設立の手続きは図3-3-4に示す。新会社法においては仮設立証明書、仮営業許可の発行は廃止され、会社の登記に要する時間は短縮される見込みである。



出典：「ミャンマー法制度調査-会社法」より抜粋

図 3-3-4 海外直接投資申請と会社設立登記の流れ

このように海外直接投資によるミャンマーでの企業登録、投資の実行等は以前と比較すると格段に容易になって来ている。実際に投資を実行する際には DICA に申請を行うこととなるが、まずは IWUMD との技術提携・現地製造指導から事業を開始し、潜在需要の把握、多数の事業形成、パワーアルキメデスの紹介がくまなく行きたった時点で直接投資を検討することに依り多くの潜在的リスクを回避することができると思う。

活動 3-3：ミャンマーの無電化村落でパワーアルキメデスを普及展開していくうえでの課題を整理する。

課題-1：パワーアルキメデスの潜在市場

IWUMD との協議により全国レベルで類似のマイクロ水力発電機器を灌漑用水路に設置し、村落部における電化事業を進める場合、その対象となる灌漑施設、村落の分布等にかかわる情報を収集し、分析の上潜在的な市場の規模を算定する。IWUMD では既にチン州、ラカイン州、さらには灌漑水路の拡張・補修と共にマグエー管区、サガイン管区の小水力発電開発・整備・改善等の要望を受け小水力発電事業に取り組むべく準備を進めようとしている。事業後の具体的な引き合い案件として、IWUMD は 2018 年 1 月にチン州における小水力発電能力向上に事業に係り北陸精機に当該事業の概略設計と機器選定を依頼して来ている。北陸精機はその具体的な引き合いに対応すべく 2017 年 3 月に現地踏査を実施し、システムの概略設計、所要機材設計及び見積もりを実施した。この事業は IWUMD および州政府の予算で実行することとなっているため、今後協議を重ねパワーアルキメデスの販売を開始することを期待している。

課題-2：パワーアルキメデスの現地生産

IWUMD では今後の小水力発電機の製造・整備に関して北陸精機による設計支援、機材の現地製造支援、生産工程管理支援を希望している。このため IWUMD が現在小水力発電機を製造しているモービー（Hmawbi）の製造工場視察を実施し、生産施設の視察と評価を行った。以下に IWUMD のモービー工場の概要を示す。



モービー工場



工場視察



工作作業



工作作業



工作機器



工作機器

図 3-3-5 IWUMD の機械製造工場視察

IWUMD の製造工場の土地は広大で建物も整ってはいるが全般的に工作機器は老朽化しており近代化を必要としていることが判明した。先ずパワーアルキメデスへの具体的な引き合い、要望等に IWUMD と協働で取り組む中において現地製造の可能性について共同研究と検討を進めることとし、工作機械の更新、設計、品質管理等に対する提案を行っていくこととする。

課題-3: パワーアルキメデスを用いた村落電化の展開

灌漑用水路を用いた小水力発電で発電能力を現在の 7kW としてバッテリーの再充電による収益をパワーキオスク運営の経営の主軸とする場合は対象世帯数が最低 300 世帯必要であるということが明らかとなった。また、バッテリー再充電サービスだけでは発電能力の利用が非効率である場合、他の収益源として電力を必要とするポストハーベスト事業、食品加工事業等を起こしていくことが必要であることが判明した。これらの事業を対象村落の村民が独自で起案し事業計画を行っても能力的に難しく、このような事業は対象村落の近辺の地方小都市ないし大都市において事業を営む民間企業家にゆだねる可能性を今後検討する。

課題-5: パワーアルキメデスの展開を図るための財務的支援

本事業の第一段階として IWUMD の予算で展開が計画されている小水力事業への機材供給を IWUMD との技術提携、業務提携で実現されることが現実的であると考ええる。またミャンマー国内において商業化を図るには機材のコストを低減させることが必須と考えられるため、現地生産によるコストダウンを図らねばならない。IWUMD との共同事業による小水力発電機器の製造が開始され全国展開を図るにはバジェットを必要とするが、インフラである電気については政府の、あるいは各国の支援が必要と考える。

活動 3-4 : 政府関係者を招いた見学会やセミナーを通じてパワーアルキメデスを活用したマイクロ水力発電事業を紹介し、成果と課題を共有する（プロジェクトサイトの視察も含む）。

2017 年 8 月 2 日に政府関係者を招き開所式を実施した。また両村落内のパワーキオスク内にて IWUMD の幹部に充電設備、遠隔定時管理用カメラについての説明を行った。開所式の主な出席者は以下のとおりである。

関連行政機関

IWUMD—副局長

IWUMD—機械部長

IWUMD—マンダレー支局長

その他 IWUMD 関係者約 30 名

対象村落

村長を含む村民約 200 名

JICA ミャンマー事務所

マンダレーにおけるモデル発電事業が始動して以来、開所式を始めとし調査団員が渡航する

度、IWUMD 職員・村落住民を集め啓蒙活動を実施してきた。その活動が広く認識され近隣の村落からも羨望の声が聞こえるなど広くパワーアルキメデスによる村落電化の効能は認識されつつある。さらに 2017 年 12 月、2018 年 1 月には運転・維持管理技術本邦研修が実施され発電機器の有用性は IWUMD だけでなく各州・管区にも広く認識されるに至った。今後とも北陸精機は IWUMD と協働で無電か集落の電化を推進することにより IWUMD と本事業の成果と課題を共有していくこととする。

活動 3-5：上記検討結果を踏まえ、北陸精機の事業展開案（パワーアルキメデスの生産計画、販売計画、現地製造の可能性についての調査・検討を含む）を策定する。

現地製造の可能性についての検討：

図 3-3-4 は(株)北陸精機のマイクロ水力発電装置の概略製造工程である。表 3-3-2 は北陸精機と IWUMD との一般的な製造工程の比較を示す。

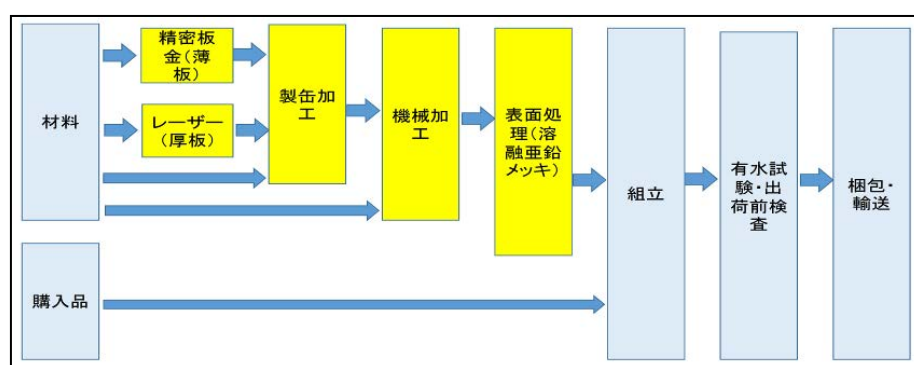


図 3-3-6 マイクロ水力発電装置概略製造工程

表 3-3-2 水力発電機の製造における北陸精機（HSC）と灌漑局（IWUMD）との比較

工 程	HSC	IWUMD	備 考
材料（薄板）入手	○	○	
材料（厚板）入手	○	○	
精密板金	◎	△	機器の性能に影響を及ぼす
レーザー加工	○	×	機器の性能に影響を及ぼす
製缶加工	◎	○	
機械加工	◎	△	機器の性能に影響を及ぼす
表面処理	メッキ加工 ○	防錆ペイント処理 △	耐久性に著しい影響を及ぼす
組立	○	○	
試験	○	○	
購入品（発電機）	△	○	日本のメーカーは数が少なく値段が高い。IWUMD では値段が日本製の 1/5 程度である中国製を購入しているが耐久性が極めて低く、故障発生率が高い。
購入品（増速機）	△	◎	HSC は日本メーカーの機器を使用しているが、IWUMD は自家製作している。

凡例：◎優れている、○普通、△低い、×悪い・ない

IWUMD 機械部門・製造部門においては既に 100 機以上製作し、据え付けており図 3-3-3 に示しているように出力 20kW 相当の S 型チューブラの実績を有しており、これらは現在稼働しているということから 20kW 程度の発電機には多くの実績があると考ええる。また、増速機も自家製作し使用している。

図 3-3-9 は IWUMD の据付工事の状況を示しているが、大がかりな水路のバイパス工事の実施に資材、人区、日数を必要としている。これに対し、北陸精機の据付作業は図 3-3-11 に示すように水路本体に対し大掛かりな改変工事を必要としないという優位性を持つ。配電盤基礎、送電線等関連付帯設備を発電機の据付に合わせて完成させておけば、据付工事自体は正味 1 日で完成させることが出来る。また据付後すぐに試運転を行うことができ、発電・送電状況の確認は数時間で完了するため即日送電が可能となる。

上記情報を踏まえ、現状では輸送、据付作業およびシビルワークを IWUMD、発電機器の提供、電力制御は北陸精機としているが今後どのような分業、協力関係が最善であるかさらに検討が必要である。



図 3-3-7 IWUMD のヤンゴン工場で展示されている S 型チューブラの躯体・ランナー

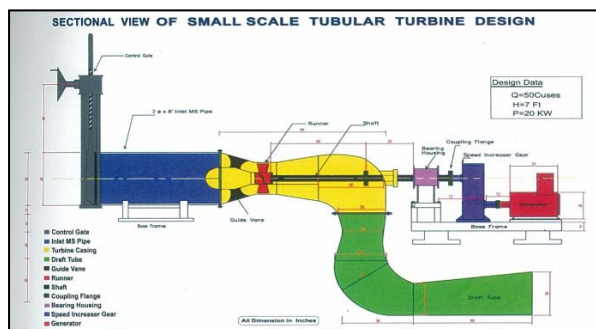


図 3-3-8 IWUMD が製造するチューブラタービンの概略設計図



図 3-3-9 バゴー管区におけるマイクロ水力発電装置（出力 20kW）のバイパス工事状況と設置工事

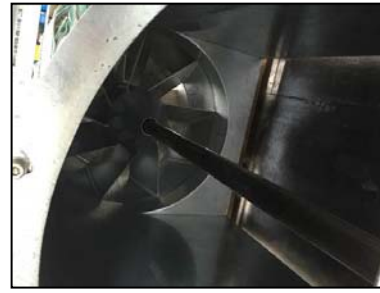


図 3-3-10 パワーアルキメデスのランナー



図 3-3-11 パワーアルキメデスの据付状況

パワーアルキメデスの販売：

IWUMD 本部の情報によると、マンダレー州の他にサガイン、バゴー、シャンの IWUMD 支局が本事業の内容について強い興味を持っているとのことである。また、各州政府においても機器の製造に関心があるということを確認している。2017 年 12 月に実施した本邦研修期間に於いて、IWUMD 幹部による北陸精機の本社製造工場と製造現場を視察した結果、IWUMD は北陸精機の製造体制、工作機器の整備状況、徹底した品質管理体制、製品の精度管理等に強い感銘を受け、今後北陸精機のパワーアルキメデスの設計技術、関連技術、品質管理システムと管理監督を受けることにより IWUMD が現地製造に取り組む意思を強くした。具体的な北陸精機と IWUMD 間の技術提携契約等については今後実際の工事受注を通じて詰めることとなった。

2018 年 1 月、IWUMD は現在取りかかっている小水力発電事業に北陸精機の技術支援を要請してきた。これにたいして北陸精機は現地視察を実施し事業内容を把握し所要機材の設計、工事費見積もり、施工管理を行うこととした。この事業の予算は IWUMD および州の予算で実施することとなっている。当該 2 事業の内容を以下のようにまとめた。

計画事業概要①：

サイト： チン州 Surkha (スルハ) 村 (チン州州都ハッカから約 80 km)

目 的： 既存小水力発電機では電力需要を満たせないため、北陸精機の機器を追加的②導入することで、発電容量の増加を図る。

世帯数： 約 300 世帯
村民数： 約 1,300 人
水 量： 夏季（1～5月）：水量が少ない 冬季（6～12月）：水量は豊富
出 力： 約 30kW
送 電： 夏季は午前 4 時～6 時、午後 6 時～10 時と一日 2 回送電する。
設 備： 既存小水力発電機は建設に 2 年、操業を始めてから約 5 年経過している。
方 式： 既存の小水力発電機は、ペルトン型の水車で、送電は 3 相 4 線方式である。
距 離： 発電所から村までの距離は、送電線の距離が約 2.6km、道路の距離が約 10.2km
計 画：

既存発電機は小河川より約 60m の落差をペンストックにより落下させ、衝撃で発電する方式である。ペンストックの上部にはヘッドタンクが装備されている。発電を行わないときにはヘッドタンクのバルブを閉じる。このことによりオーバーフローする水は滝となり下方の河川に放流される。発電容量の増加には既設の発電所の奥にある滝の下部で取水し、この滝からの水と既存の発電機から放流される水を略水平に導く導水路を設け約 100m 下流の水田の上部にまで水を導き、河床と水田上部の落差を利用しパワーアルキメデスによる発電を行う。送電は既存の送電線を用いることによりできるだけコストがかからないような設計とする。流量にもよるが約 20kW は発電できる見込みである。

計画事業概要②：

サイト： チン州 Satar 村（チン州州都ハッカから約 30 km）
目 的： 既存小水力発電機では電力需要を満たせないため北陸精機の機器を追加的に導入することで、発電容量の増加を図る。
世帯数： 古い村の約 210 世帯と新しい村の約 142 世帯を合わせた 352 世帯
村民数： 約 1,500 人
水 量： 夏季（1～5月）：水量が少ない 冬季（6月～12月）：水量は豊富
出 力： 約 20kW
送 電： 夏季は午前 6 時～10 時、午後 6 時～9 時と一日 2 回送電する。
冬季の水量が豊富な期間は 1 日 24 時間発電するが送電は夜間に限られる。
設 備： 既存の小水力発電機は建設に 2 年、操業を始めてから約 5 年経過している。
方 式： 既存の小水力発電機はペルトン型の水車で、送電は 3 相 4 線方式である。
計 画：

既存の発電機は小河川より約 60m のペンストック(直径 18cm)により約 21m 落下させ、衝撃で発電する方式である。現場を視察することは出来なかったが、上記の計画と同様に既存の発電機から放流される水を利用し河床との落差を利用しパワーアルキメデスによる発電を行う。送電は既存の送電線を用いることによりできるだけコストがかからないような設計とする。流量にもよるが約 20kW は発電できる見込みである。

これらの事業はチン州が行うものである。州政府は電気代の徴収を行っていない。発電機

の操作は月給約 10,000MMK を受けて発電所に居住するか近隣の住民が行っている。聴取した電気の使用状況はいずれの場合も夜間の一定期間しか送電されていない。水量がある以上村落にとって 1 日 24 時間連続運転を行うのが適切である。午前中の照明器具等を利用しない時間帯には実証試験で行っているように蓄電池に再充電する方式が適切であると考えるが、こういった電気の利用についての提言は事業への参画が具体的になった折に行っていくこととする。

このように IWUMD は各州・管区の IWUMD 支部から小水力発電及び村落電化事業についての事業案件を収集することが可能であるので、今後も各州・管区の事業計画を細かく拾ってもらい、それらに対応する体制を IWUMD と共に作り上げていくことが需要の把握にとって効果的且つ具体的であると考ええる。

上記のチン州の計画事業については 2018 年 3 月中に対応し、提案書を IWUMD に提出する予定である。IWUMD は、この 2 事業はその実現を急いでいることから 2018 年中には実現する可能性が高い。

生産計画：河川対応であるため、ペンストック型（図 3-3-12）で対応する予定である。

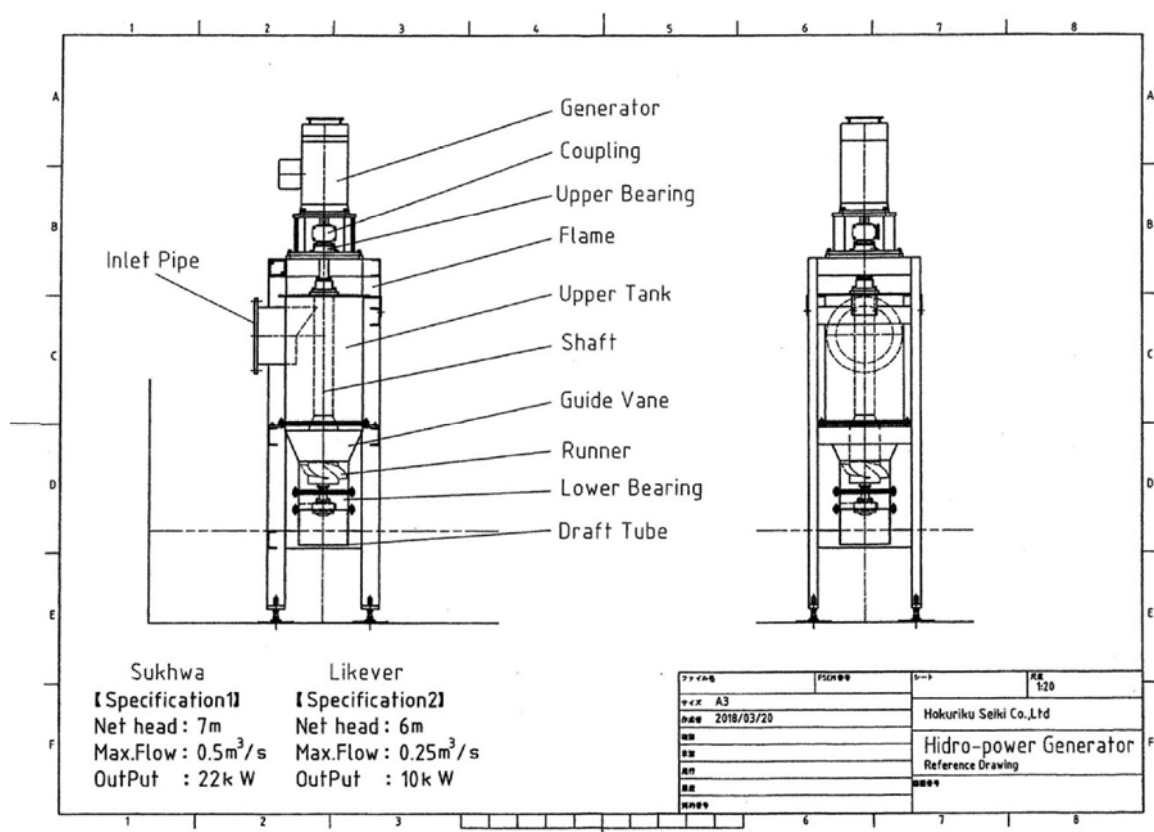


図 3-3-12 ペンストックを用いるパワーアルキメデス

（２）事業目的の達成状況

成果-1：パワーアルキメデスが灌漑用水路に適切に設置され、対象村落に送電されることで、電力利用を通じた対象村落の生活改善の可能性が確認される。

＜設置＞

パワーアルキメデスの設置に要する時間は正味 8 時間：パワーアルキメデスは当初の規格通りに北陸精機本社工場で製造されたものが、灌漑用水路に問題なく設置された。設置に要した時間は機材がサイトに持ち込まれた時点から正味約 8 時間であり、パワーアルキメデスの設置が如何に容易であるかが実証された。

＜送電＞

送電及びバッテリーの充電について：

発電された電気は、発電所から約 1km 離れた各村に設置されたパワーキオスクの受電盤を通じ、バッテリー充電器を用いたバッテリーの充電が行われた。バッテリーは 1 台の充電器で 5 ～6 台のバッテリーを充電することが可能であり、再充電に要する時間は約 8 時間であることが明らかになった。充電されたバッテリーは、村落電化委員会で事前に取り決めた月額バッテリー充電料金により貸出しの際に料金が徴収された。各世帯が自己のバッテリーを持ち込む場合も再充電され、事前に取り決めた月額バッテリー充電料金の徴収が行われた。バッテリーの利用可能期間は世帯によってばらつきがあるが平均 3 日間ということが明らかになった。灌漑用水路は 10 日間通水した後 2 日間止められるという状況については、バッテリーは一度フルに充電すると 3 日間は利用できるもので、当初想定した不都合は発生せず、非常用発電システムは灌漑用水路の通水が完全に停止される 12 月～1 月（年 2 ヶ月）の期間以外は不要とということが分かった。

12 月-1 月の灌漑用水路の止水時期における対応：

12 月～1 月にかけての 2 ヶ月は灌漑用水路の通水が全面的に停止されるため、この期間については代替電源を用いたバッテリー充電が必要であった。しかし、この期間の代替電源をディーゼル発電機とした場合、燃料代が再バッテリー充電による料金徴収を上回ることが明らかとなった。そのため、村落電化委員会ではディーゼル発電機を代替電源とせず、従来の近隣の街にバッテリーを持ち込む方法でバッテリー充電を行うこととなった。この点はパワーキオスクの運営上の重要な課題として残っている。

＜対象村落の生活改善＞

受電盤からの直接送電：

- ① これまで昼間でも薄暗がりの小学校の教室が照明器具の設置により格段に明るくなり学習が円滑に行われるようになった。

バッテリー充電による生活の改善：

- ① 簡便に家庭の灯りが入手可能となった。
- ② テレビ・DVD・ラジオの視聴機会が増加した。
- ③ 携帯電話の充電が容易に出来る。

パワーキオスクの運営による更なる収益増加対策：

世帯数約 150 の場合のバッテリー充電サービスに利用する電力量は、約 2.5kW であることが分かった。設置したパワーアルキメデスの出力は 7.5kW であることから、バッテリー充電サービスのみであると全出力の約 3 割程度しか利用していない。余剰の 5kW を他のサービスに利用することを現地雇用によりビジネスデベロップメントサービス(BDS)を行うコンサルタントを配置し村民の指導（村落の住民に考えさせること、さらにそういった共同体をベースとした起業を指導すること）を行った。所要機材を整備し、余剰の電力を用いて村落における共同体ベースの付加価値創造ビジネスを実施するには資金調達が難しいことから、事業の計画を実施し実証することは不可能であった。

村落に於ける電気を用いた起業について：

対象村落ではパワーキオスクが提供可能な電力を用いて以下のような事業を実施し収益増を図ることが考えられたが商品販売には課題が多いことが分かった。

- ① **精米事業**：小型精米機による村落部内での精米事業（近隣の精米所では村民が持ち込む粳に対する支払として、一部は精米後の米を無料で支給することから精米事業が成立するかどうかは今後も確認が必要である。）
- ② **食糧油の搾油事業**：対象村落では換金作物としてゴマ、大豆が栽培されているが、ゴマを搾油してマンダレーの食糧油事業者の販売を試みたが、ミャンマーではマレーシア等から輸入されるパーム油の競争力が高く、食糧事業者のゴマ油の買い付けはパーム油の増量材として考えられていることからパーム油の価格レベルに抑えられ本来の付加価値を得ることが出来ない。また輸送するには一定の量を確保した上で輸送することがひとつであるため、搾油後の油の保管が問題となる。食糧油は酸化が進むと価値が下がるだけでなく食品の安全度が下がるため保存には留意せねばならぬ。この保存に冷蔵庫を用いることが考えられる。この場合搾油したゴマ油はパーム油への増量材としてではなく、本来のゴマ油として販売すべきであるが村民には市場に直結するアクセスを持っているわけではない。

こういった状況は対象村落に限られたことではなくミャンマーの地方部にあつて無電化村全体が抱える問題であろうと思われる。これらの問題を打開する一つの方法は対象村落の近隣地方小都市または大都市に事務所を設ける農産品を取り扱う商社、仲買人等の企業家に対して一般公募による起業家の選択を行い、選択された企業にパワーアルキメデスを利用した村落部における高付加価値創造事業を請け負わせることが考えられる。こういった視点から灌漑用水路を利用した発電システムをベースとする事業の妥当性を評価した。この結果発電

システム（送電線を含む）に対する初期投資額は 550 万円を上回らないことを条件とせねばならないということを推計した。

成果-2：農業畜産灌漑省灌漑水利局（IWUMD）におけるパワーアルキメデスの維持管理体制及び対象村落における持続的な電力利活用体制が構築される。

パワーアルキメデスの起動、停止は機器の扱いになれていない村民であっても容易に行われること、定期的な維持管理については、グリースの交換、潤滑油の交換だけであり IWUMD の職員によって行われること、簡単な電氣的な事故や修繕等については近隣の町に事務所を持つ EPC（電力配電公社）が取り組むことが確認され、体制の構築ができたと考える。しかし、オーバーホール他機材の分解を要するような維持管理については、さらに高度な技術レベルを有する職員を擁する組織体制が必要である。その点については、IWUMD が今後の普及に向けて業務提携をはかりパワーアルキメデスの現地製造を進めていくことに基本的に合意している。そのため、パワーアルキメデスの維持管理についても、IWUMD が組織する製造部門が負うことになるので全国的に維持管理の要求に答えることができる体制が IWUMD により整えられることを期待する。

成果-3：パワーアルキメデスの普及のための計画が策定される。

無電化村の総数は約 4 万と推計されるが、その内水力発電による村落電化が適切であると考えられる村落数は定かではないが、IWUMD との協議では最低でも 1 万村はあると推定される。エネルギー電力省では 2030 年までにすべての世帯が電化されており、かつ地方部の現在無電化地帯での電化の主力は太陽光発電とされている。しかし地方部でかつ無電化村の世帯の所得は限られており、直接配電線が結線されたとしても電気料金を支払う可能性がある世帯数にはまだまだ限りがあるとうとされている。また太陽光発電システムで現在の無電化村において電気を用いた事業を起こすには相当大規模な発電システムが必要となり世帯ごとの夜間照明には使えるとしても産業化を太陽光システムによることは困難であろう。こういった観点からパワーアルキメデスの利用を IWUMD は考えている。

（３）開発課題解決の観点から見た貢献

農業用灌漑用水路の落差工が持つエネルギーを安定的に電気に転換させる技術の普及、村落部における持続的・自立的なオフグリッド電化事業が進展することにより無電化地帯の村落電化を実現することが可能となり、地方村落部での生活水準の向上及び改善されていくと考える。

（４）日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

株式会社北陸精機は富山県魚津市の機材メーカーであるが、独自に開発したマイクロ水力発電機の製造・販売を行っている。ミャンマー国において同社が開発した発電機を用いてマイクロ水力発電事業が拡大することとなれば、今後選定される適地にて部品の現地製造を、第一段階として IWUMD の機械部門の育成を図ることを目的とした業務提携・技術供与契約

により発電機器の現地製造を行う。その後一定の成果を確認した上で IWUMD との協議を通じて合弁による現地企業を設立し、現地生産を行う予定である。北陸精機の海外進出が実現することにより富山県他北陸地域の中小企業の海外進出の機運が高まることが予想される。

(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

北陸精機はパワーアルキメデスの現地製造について既に IWUMD とは基本的な合意を得ている。今後 IWUMD と北陸精機は業務提携合意を締結する予定であり、この合意の中で今後整備されていくであろうパワーアルキメデスの維持管理については IWUMD の製造部門の維持管理部を最上位とし、地方支局の維持管理部を中位、パワーアルキメデスを設置する灌漑用水路を直接管理する IWUMD の担当部局を下位に置く、維持管理体制を組織することとなる。村落部に置けるパワーアルキメデスの維持管理に要する費用はパワーキオスクの運営に依り積み立てられていくように設計されているが、現況ではバッテリー充電・配電サービスだけでは不足していることについては前項でのべたとおりである。一方、地方部における発電機を利用した個別の事業についてはできるだけ民間私企業（起業家）の参加を促すようなシステムを考案し実施することを IWUMD に提言している。

(6) 今後の課題と対応策

課題	課題の概要	対応策
大課題	農業畜産灌漑省は大統領令で再生可能エネルギーを活用した村落における電化事業の推進と、所要機材の製造という任務を負うことが定められているが、一方でエネルギー電力省はグリッドの延伸と村落部への電力供給、さらに太陽光発電を主体とする再生可能エネルギーの利用による無電化村解消の任務を負っている。	IWUMD の村落電化戦略と政策を明確にし、エネルギー電力省と協議の上、所掌区分を定義し他うえで予算措置を行う必要がある。灌漑用水路の利用による発電事業、自然の水資源を利用した発電事業のモデルを設定しエネルギー電力省との協議を進めることが必要である。
中課題-1	パワーアルキメデスの現地製造による機材価格の引き下げには基本的に IWUMD と北陸精機は合意しているが合意の内容の詳細を詰めていく必要がある。	業務提携に係る基本合意書を作成し IWUMD に提示する。主な条件は北陸精機が保持するパテント使用についてのロイヤリティー料率の決定、北陸精機の提供する技術の内要、品質管理技術の移転方法等となる。
中課題-2	村落部に於けるパワーアルキメデスを利用した自立的な電気事業の稼働にはバッテリーを用いた配電サービスだけでは十分な収益を上げることが出来ない。配電サービス以外の余剰電力を用いたポストハーベスト事業、食品加工事業等付加価値を創出する事業を起こす必要があるが村民レベルでは困難	パワーアルキメデスの現地製造による初期投資コストの引き下げは事業妥当性の確保には重要な要素であるが、一方では収益の増加はそれに勝る重要な要素である。事業の内容はそれぞれの対象村落によって異なるため、それぞれの村落の村民は十分に事業化を検討せねばなら無いが村民にはそれだけのビジネスセンスとビジネスを起業する能力は略無いことが

	であるし、村民にはリスクを負うだけの資金的余力はない。	本事業で明らかになった。このことから対象村落近隣に存在する商人、仲買人、農業関連企業、起業家を対象として事業提案を公募し選択したうえで発電システムのリース、売り渡し、事業資金融資等を適宜組み合わせた起業家への支援システムを作り上げたいと考える。
中課題-3	パワーアルキメデスの安定的な稼働には適切な維持管理が必要である。	IWUMD と北陸精機が締結を予定している業務提携合意書にパワーアルキメデスの維持管理に関する IWUMD の取り組みに関する内容、北陸精機の維持管理に関する管理技術の提供内容を盛り込む。
中課題-4	パワーアルキメデスの現地製造体制の確立には IWUMD の既存製造施設の活用（土地、建物、工作機器等）が不可欠であるが詳細についての協議がなされていない。	IWUMD が保有する工作機器、製造機器、さらに職員の技術練度等を把握するには実際に試験的な現地製造が必要であるが、チン州における小水力事業の完成に向けての共同作業を通じて、当該情報の確認が可能となる。
小課題-1	事業を通じてミャウンジーボウン村及びプエロンチョウ村に供給されたパワーアルキメデスの稼働状況モニタリング、定期維持管理の実施。	IWUMD の維持管理体制の上位レベルに北陸精機が作成した維持管理マニュアルを渡す。事業対象地における IWUMD の直接担当者に維持管理作業内容の再確認を行う。

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

① マーケット分析

パワーアルキメデスの最大の特徴は極めて高いエネルギー変換効率、設置の容易さ、堅牢で長寿命、運転制御システムによる安定的な無人運転等があるが、これらの特徴に並ぶ競合製品は今のところ他に無い。中国製の安価な縦軸型水力発電機は存在するが IWUMD は既に類似機器を大量に調達し設置した結果が惨憺たる結果であったため日本製を求めているという経緯もあり現在のところ競合製品はないとみている。

② ビジネス展開の仕組み

事業後のビジネス展開においては、以下 3 つの展開可能性が考えられる。

1) IWUMD の小水力発電事業関連年間開発予算によるパワーアルキメデス生産・設置

IWUMD はこれまで自らが開発し製造している S-型チューブラ式小水力発電機を全国の灌漑用水路に沿った村落の電化を目的として、年間数台整備してきている。この IWUMD が持つ年間予算枠を北陸精機の指導により IWUMD が製造する現地製パワーアルキメデスの生産及び村落電化を目的とする小水力発電事業に用いる。

2) 我が国の ODA による村落開発事業に係る村落電化でのパワーアルキメデスの活用

現在我が国の ODA として農業開発・農村開発事業を対象とした円借款によるツーステップローンが実施されている。ツーステップローンを活用する事業者は民間企業であるが、民間企業の中には灌漑用水路に設置する小水力発電機を電源とした村落部に於ける農産物の加工・処理等の事業を計画する企業もあるであろう。IWUMD は、村落開発及び村落部に於いて灌漑用水路を利用した小水力発電機による農業関連事業を促進すべく民間企業を対象にツーステップローンへの取り組みを促す。

3) アジア開発銀行等国際開発金融機関の融資

IWUMD は灌漑用水路を用いた発電事業、村落電化事業に係る開発マスタープランを策定し、当該マスタープランをベースにしたセクター開発プログラムに対する濃く買い開発金融機関等からの ODA 資金調達を図る。

上記 3 点のうち 1) については本調査を通じ、北陸精機が持つ技術・製品、特にパワーアルキメデスの高い発電効率と据付に要する時間が極めて短いこと、維持管理が容易であること、北陸精機の製造工程に於ける品質管理システムの優秀であることを認識している IWUMD との技術提携契約による現地製造事業を実現し、実績を積むことを検討している。また、実績を元にして、IWUMD が製造、設置してきた小水力発電のリプレースすることによる販売拡大を目指す。

先述のとおり、第一段階として、チン州からの引き合いを元に IWUMD と北陸精機に

て、製造部分の棲み分け範囲を確立し、その後正式に IWUMD と業務提携を締結する予定である。チン州の案件及び最初の数案件については、IWUMD が北陸精機の指導を得ながら、パワーアルキメデスの現地製造を実施することとし、ヤンゴンにて部品製造・販売促進を行うこととなる。本次の段階として、IWUMD と協働で需要を掘り起こし、一定程度の需要見込みがついた時点で、現地法人（合弁会社）を設立し、段階的な販売拡大を行いたいと考える。

なお、本事業を通じ、IWUMD は北陸精機とパワーアルキメデスの現地製造化について基本的に合意しており、近いうちに書面での合意を取り交わす予定である。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

・原材料・資機材の調達計画

IWUMD との協議に依るが、発電機、増速機、プロペラ、軸、制御盤等は日本から供給し、据付の枠、シリンダー等は現地製造を想定している。更に現地製造の経験を積み、さらに現地ポーションを増やすというように段階的な展開を考えている。当初の現地製造の機関は業務提携合意締結から 3 年、その後は協議によるものとする。

・生産・流通・販売計画

本事業で計上している小水力発電装置の価格は、現在一台当たり 7 kW : 634 万円であるが、本事業の実施を足がかりに製品の一部現地製作、汎用化、および増速機・発電機のタイ製品との組合せ等により一台当たり 200 万円台での現地への提供を想定している。

なお、コストを低減した場合の最終的なマイクロ水力発電機の売り上げ規模は、年間約 60 台（月間 5 台程度）を目標としている。その内容は、上述したように IWUMD の小水力発電事業関連年間開発予算によるパワーアルキメデスの生産・設置を行うことにより、当初年間約 10 台を想定している。またそれに加えて、灌漑用水路他を利用した小水力発電機による発電事業の潜在事業計画サイトは数万とされており、具体的な事業は今後の IWUMD と北陸精機の共同作業による絞り込むこととなる。

前述した通り、現在 IWUMD は国策と合致するチン州での小水力発電事業の実施に注力しており、まずはチン州において確実に実績を作ること为目标としている。このチン州の小水力発電事業はミャンマー政府の資金で実施する予定だが、今後時間をかけても良いと考えられる小水力発電事業については円借款を含む ODA 事業の形成も必要となってくると考えられる。

（２）想定するリスクとその対応

1) IWUMD の組織体制

ミャンマー国は新政治体制の下、省庁の改編が起こったがまだ安定した業務の履行がなされていない。その場合 IWUMD において本件普及・実証事業のカウンターパートとして指定される担当官の移動が起こる可能性がある。機材の据付、試運転、発電システムが稼働に携わった IWUMD 職員、システムの維持管理を担当する IWUMD 職員を対象とした本

邦技術研修に参加した職員が短期間の内に組織編成の影響を受けて移動するようなことが無いように IWUMD に申し入れている。

2) 国営企業のあり方の変化

IWUMD は局内に小水力発電機の設計、製造、据え付け、運転指導を行う部局があり、この部局との連携により北陸精機のミャンマー現地における機器生産活動を行うことを想定しているが、行政機関の一部を基盤に民営化を行い、民営企業として水力発電機器の製造企業を設立する動きも出てくる可能性がある。このため今後もミャンマー国の体制変革の方向性を確認しつつ、最適な現地機関・企業との共同事業形態を検討し確定していく。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

灌漑用水路を利用した小水力発電の場合の発電量は最大で 10kW と考えられるが、バッテリーの再充電による配電サービスについては最低 300 世帯を恒常的な再充電バッテリー配布サービスの対象世帯数とせねばならぬ。村民の中には太陽光パネルを所持して自己のバッテリーを再充電して利用しているが太陽光システムの寿命は短く、最初の 1 年ぐらいいはバッテリーを充電する能力を有しているが毎年充電能力が低下し、バッテリーを十分に充電することが出来なくなってくる。小水力発電を利用する場合においてはこの限りではない。また一つの落差工で発生する電力量を 10kW とする場合バッテリーの再充電に要する電力量は 2.5kW であるから余剰の電力を如何に有効に利用することができるかが事業の妥当性を左右する。しかし、この余剰電力量を村民自体が活用して村落部で事業を起こし十分な安定的な収益を上げることは難しそうである。このため対象村落の付近で事業を営んでいる事業者（農産品の仲買人、商人、精米業者、搾油業者等）に発電システムを貸与（リース等）して事業の稼働を行わせるという方法がある。この場合には事業者に対するインセンティブ（長期融資、リース、減税等）を用意する必要があると考えるが、この点の議論はまだ進んでいない。今後 IWUMD と技術提携による現地製造事業を進めるなかで、村落電化の方法論についての議論を詰めていくことが必要である。

(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

① 所用資機材（小水力発電機器）のヤンゴン港到着からサイトへの移送に約 90 日かかったため事業期間の延長を余儀なくされた。体制移行国においては政府機関の分離統合が起こり政府機関の責任体制が曖昧になり必要な手続き業務において、事業スケジュールが想定していたスケジュールから大幅にずれる恐れがある。事業開始前に交される多数の合意事項が合意されたとおりに実施されないことがあることを念頭に十分な予備的期間(contingency)を組みこむことが必要である。

③ 本事業の実証の目的には「小水力機器の性能と利用についての実証」と「電気を活用した自立的な事業の継続性についての実証」という二つの実証の目的があった。前者についての予算は適切に用意されたが、後者については収益確保のための村落ビジネスに係る予算は用

意されず村民のビジネス能力の評価に留まった。事業の開始前からビジネスモデルを固定的に決めるわけにも行かず、村民他の参加を得てビジネスモデルを策定し所要機材を投入した上でモデルの実証を行うためには計画機材の購入及びビジネスの実施に必要な外部支援に必要な資金（コンサルティングサービスフィー）等をカバーする充分な予備的予算を用意しておく必要がある。

③ 実証された事業を普及させるにあたっては、一つのシステムが数百万（本件の場合最低 5 百万円、できれば 8 百万円）にのぼるため当初から民間資金によることは困難であろう。このような場合に ODA 資金を活用することにより事業の展開が可能となることが考えられるが、どのようなスキームが考えられるのかについての協議の場が必要であると思われる。

2) JICA や政府関係機関に向けた提言

本件事業スキームは「実証・普及」であるが、カウンターパートである現地政府機関は日頃国家予算及び海外資金援助（ODA）等公的資金によるインフラ整備事業に携わっている行政機関である。このことから当該機器の性能・適合性の実証試験に尽力するなかで、性能・適合性等が適切であり妥当であると実証されるならば次の段階として公的資金による「普及」を最初に考えるに違いない。または、そのようなスキームでの「普及」が考えられている中での「実証」であろうと理解しているため、実証が上手く行くために尽力する。しかし「実証」がうまく行き相手政府機関が実証の結果を認めても、当初考えていたような「普及」が起これないとなると失望を与えかねない。

小水力発電システムを電化のために民間企業が進んで取り入れることは、民間企業が十分に育っていないミャンマー国の現状では、あまり考えられず、やはり多くは公共事業としての発電システムの整備というように村民も政府機関も捉えていることが本事業を通じ明らかとなった。これはミャンマーがこれまで長年にわたり軍政の下、社会主義的な経済体制のなかにあって、電気・給水等のインフラ整備事業は完全に政府が行う事業と考えられてきたことから、民間が行う事業では無いという意識が一般的であること原因である。

先述の通り、相手国政府の国家又は州政府予算による電化事業に則った当該製品の普及の先駆けとしての独立型（off grid type）村落発電事業を多数のサイトで実施していくには適切な ODA 資金が必要と考える。カウンターパートとの協議を進める上でも、普及時の選択肢を相手先に示すことは、事業自体の実施が円滑に進むだけでなく、相手側への動機付けにもなると考える。

添付資料

- 別添資料-1 村落プロフィール資料
- 別添資料-2 課金状況の月報
- 別添資料-3 実証試験結果をベースとした財務モデル
- 別添資料-4 本邦研修時に用いた村落電化計画概要
- 別添資料-5 維持管理マニュアル
- 別添資料-6 バッテリー充電作業マニュアル

別添資料－１ 村落プロフィール資料

2016 年 7 月 村落プロフィール

項目	単位	全体	ミヤウンジー ボウン村 MGB	プエロン チョウ村 PLK	留意点
サンプル数	票	299	120	179	
性別					
男性	%	45	40	49	
女性	%	55	60	51	
婚姻					
独身	%	10	16	6	
既婚	%	85	75	89	
平均世帯構成員					
世帯当たり平均	人	5.0	5.1	4.9	
内子供の数	人	2.5	2.7	2.3	
携帯電話保有率	%	55	55	55	
就労状況					
農民	%	62	61	62	
畜産	%	11	18	5	
労働者	%	21	14	26	
大工	%	1	0	2	
店主	%	1	1	1	
行政機関	%	1	0	1	
個人営業	%	2	4	2	
副業					
副業を有する者	%	10	11	9	
内個人独立	%	50	65	35	
内勤め人	%	31	19	41	
内行政機関	%	14	8	19	
副業の中での地位					
オーナー	%	47	58	38	
職員	%	40	11	46	
管理職	%	7	32	4	
教師	%	7	0	13	
副業として希望する職					
個人企業	%	56	56	56	
家族経営企業	%	35	34	36	
私企業の職員	%	5	6	4	
地方行政機関	%	3	4	2	
農民					
労農者	%	33	32	34	
小作農	%	49	43	34	
自作農	%	18	25	12	
自宅と耕作地の距離	km	2.2	2.0	2.4	
耕作地について					
十分な農地を持っている	%	30	32	34	
拡張の余地が無い	%	30	19	34	
労働力と資金が不足	%	30	24	34	
競争力が激しい	%	10	13	6	

	項目	単位	全体	MGB	PLK	留意点
	作物					
	米	%	29	33	27	
	粟	%	22	15	34	
	豆類	%	13	16	12	
	ゴマ	%	12	15	10	
	唐辛子	%	9	11	7	
	綿	%	8	4	5	
	果物	%	2	2	2	
	果物の種類					
	マンゴ	%	46	29	61	
	バナナ	%	31	36	25	
	パパイヤ	%	12	17	7	
	柑橘類	%	8	13	4	
	現下の問題点					
	資金力の不足	%	14	10	15	
	農業技術の不足	%	11	9	12	
	労働力の不足	%	9	11	9	
	管理方法の欠如	%	7	5	8	
	病虫害予防	%	7	6	8	
	保管庫不足による劣化	%	5	6	4	
	輸送機器の不足	%	3	4	2	
	所有している農業用資材					
	牛	%	38	36	41	私有
	耕運機	%	19	20	19	貸出
	倉庫	%	17	17	18	私有
	ポンプ	%	11	12	10	私有
	耕運機	%	8	7	8	私有
	噴霧器	%	7	7	7	私有
	収穫後処理は誰が行うか？					
	自分で	%	42	31	53	
	組合	%	28	30	27	
	他	%	8	1	9	
	どこで農作物を売るか？					
	自宅で	%	46	43	48	
	自分の耕作地で	%	17	18	17	
	地方市場で	%	11	8	14	
	街の市場で	%	11	15	7	
	組合で	%	4	7	0	
	露地で	%	2	2	2	
	作物の販売上での問題					
	価格変動	%	46	45	47	
	買い手の数が不足	%	21	17	34	
	買い手の支払い遅延	%	13	11	15	
	貯蔵による作物の劣化	%	11	15	9	
	市場への輸送	%		13	4	
	畜産について					
	牝牛	%	42	43	52	
	牝牛	%	26	29	22	

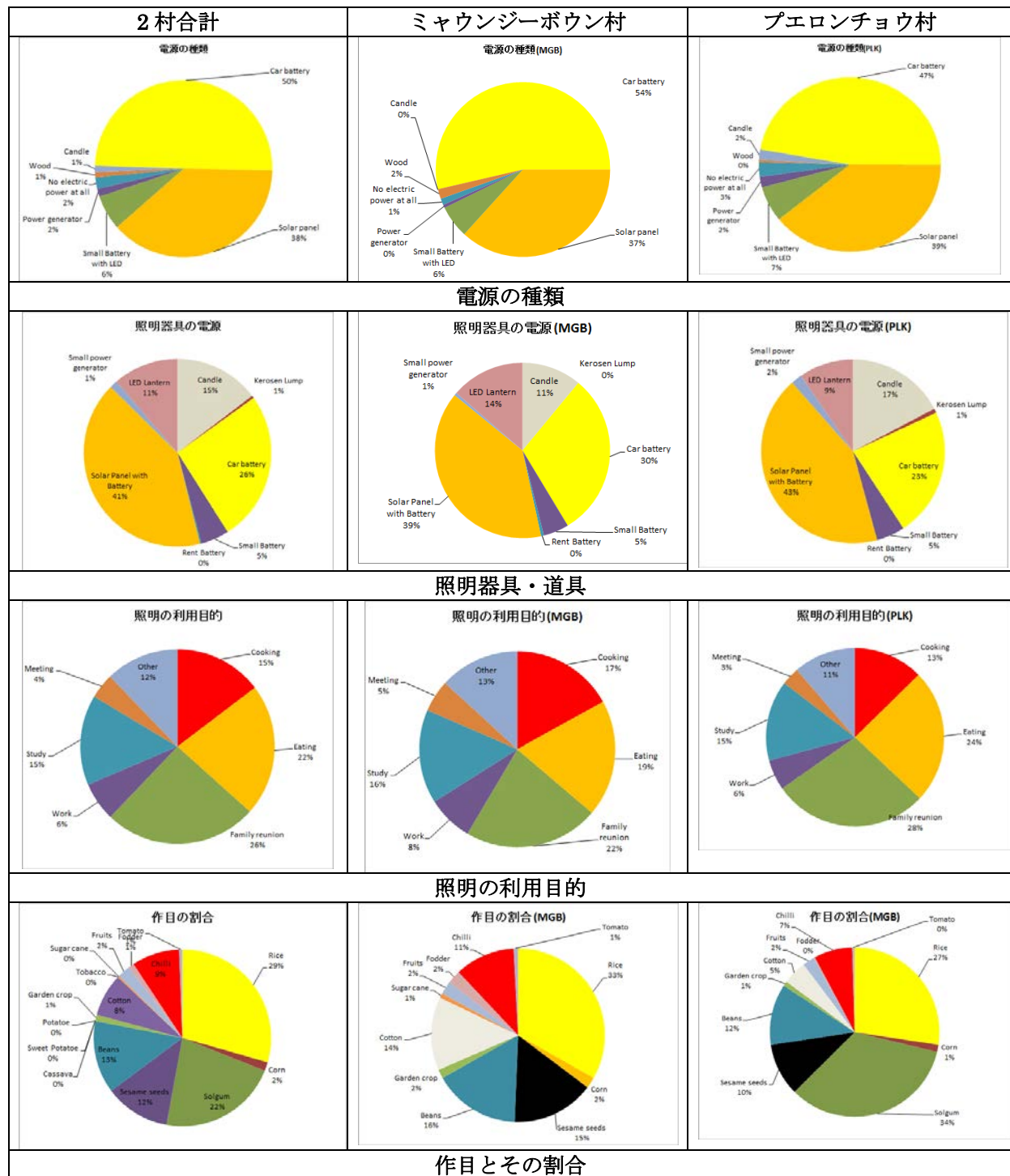
	鶏	%	26	24	29	
		単位	全体	MGB	PLK	Note
所有物						
	自転車	%	30	43	32	
	バイク	%	65	65	67	
	牛	%	40	50	34	
	トラック	%	2	3	2	
	トラクター	%	4			
	粉ひき機	%	1	3	0	
	照明器具	%	48	45	50	
	太陽光パネル	%	48	52	46	
	小型発電機	%	2	1	3	
	時計	%	43	56	34	
	携帯電話	%	56	60	53	
	ラジオ	%	27	37	21	
	テレビ	%	35	40	31	
	DVD	%	25	27	25	
	扇風機	%	2	3	1	
	ベッド	%	43	59	32	
	冷蔵庫	%	0	0	0	
最終学歴						
	無し	%	15	14	16	
	小学校	%	49	49	49	
	中学校	%	23	26	27	
	高等教育	%	3	0	4	
住居						
	1 部屋	%	18	17	19	
	2 部屋	%	71	63	77	
	3 部屋	%	9	18	3	
	4 部屋以上	%	1	3	0	
住居の材質						
	壁：木製	%	78	75	80	
	壁：製材した材木	%	18	21	16	
	壁：コンクリートブロック	%	1	3	0	
	床：木製	%	92	93	92	
	床：土間	%	3	6	1	
	床：セメント	%	2	0	3	
	屋根：亜鉛鉄板	%	78	67	85	
	屋根：かやぶき	%	22	34	15	
トイレの位置						
	家の外	%	100	100	100	
	家の中	%	0	0	0	
	水洗トイレ	%	12	9	13	
	簡易	%	88	91	87	
給水状況						
	地下水	%	96	100	93	
	河川表流水	%	2	0	4	
	池の水	%	2	0	3	
水質						
	良い	%	97	100	96	

	悪い	%	3	0	4	
	一日の平均水使用量	L/日	112			
			単位	全体	MGB	PLK
	現在の電源					
	太陽電池	%	49	51	56	
	蓄電池	%	34	74	68	
	小型蓄電池+LED	%	8	8	9	
	全く電気が無い	%	3	2	4	
	発電機	%	2	1	3	
	平均労働時間	時/日	7.6	8.0	7.5	
	平均学習時間	時/日	1.7	1.4	2.0	
	日没後の学習時間	時/日	1.2	1.0	1.3	
	平均年収					
	平均年収	MMK	1,800,000	2,245,000	1,528,100	
	平均年収	US\$	1,334	1,663	1,132	
	平均月収	US\$	111	139	94	
	世帯平均人口	人	4.9	5.1	4.8	
	世帯平均就労者数	人	2.4	2.7	2.3	
	世帯の中に出嫁ぎは	人	2.1	1.7	1.8	
	出嫁ぎに依る年収は	MMK	862,000	1,025,000	614,700	
	出嫁ぎに依る年収は	US\$	838	759	455	
	銀行口座を持っているか？					
	はい	%	43	33	50	
	いいえ	%	57	67	50	
	銀行に口座開設を希望	%	20	20	18	
	借入金等あるか？					
	銀行からの借り入れ	%	41	33	50	
	友人、隣人、組合から	%	8	8	8	
	銀行からの平均借入額	MMK	447,400	533,750	403,100	
	銀行からの平均借入額	US\$	330	395	299	
	夜間の照明器具について					
	照明器具を所有	%	89	100	82	
	内太陽電池	%	41	39	43	
	内蓄電池	%	26	30	23	
	内ローソク	%	15	11	17	
	内LED ランタン	%	11	14	10	
	内小型蓄電池	%	5	5	5	
	バッテリーの利用可能日数	日	2.5	2.4	2.6	
	何年間バッテリーを使っているか？	年	2.0	3.0	1.3	
	バッテリーは何年ぐらい持つか？	年	1.3	1.5	1.2	
	バッテリーの購入価格は幾らか？	MMK	38,000	42,600	34,890	
	バッテリーの購入価格は幾らか？	US\$	28	32	26	
	バッテリーの平均アンペア数	Ah	65	73	59	
	バッテリーの所有者が占める割合	%	78	77	75	
	太陽電池の所有者が占める割合	%	12	14	18	
	照明器具の利用について					
	一日に何時間ほど使うか？	時間/日	5.7	6.1	5.3	
	家族の団らん	%	25	22	28	
	夕飯	%	22	19	24	
	料理	%	15	17	13	
	勉強	%	15	15	15	

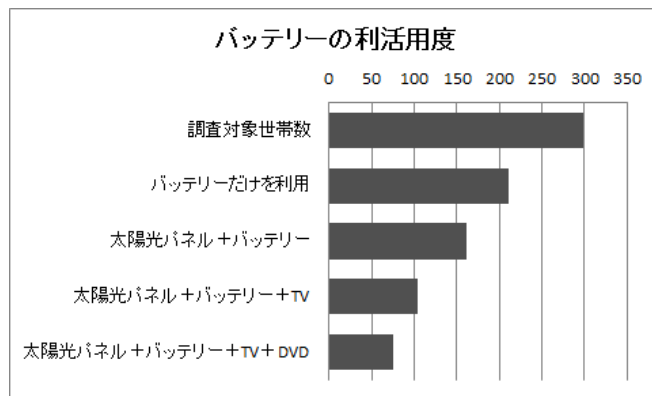
	他	%	12	13	11	
	会合	%	4	5	3	
		単位	全体	MGB	PLK	
	月間平均照明用経費	MMK	3,900	3,390	4,150	
	月間電気サービス料金支払い可能額	MMK	4,600	5,050	4,330	
	月間電気サービス料金支払い可能額	US\$	3.5	3.9	3.3	
	月間収入から電気サービスに払ってもよいと考える割合	%	5.3	4.9	3.5	
	電気の利用方法は？					
	携帯電話の充電	%	56	60	53	
	テレビ	%	50	52	49	
	DVD	%	27	36	32	
	電気ストーブ	%	30	36	26	
	ラジオ	%	27	39	32	
	扇風機	%	19	24	26	
	ティーポット	%	24	31	20	
	冷蔵庫	%	8	16	4	
	粉ひきミル	%	12	7	4	

要約

- ◆ 平均耕地面積は 1.6 ヘクタール
- ◆ 自宅から圃場までの平均距離は約 2.2km
- ◆ 年収約 1,800,000MMK (月間約 111 米ドル)
- ◆ 借入金約 450,000MMK(約 330 米ドル＝月収の約 3 倍)
- ◆ 自動車用バッテリーが電源として利用されている割合は約 76%
- ◆ 自動車用バッテリーの平均容量は 65Ah
- ◆ 充電サイクルは約 2.5 日間
- ◆ バッテリーの寿命は約 2 年
- ◆ バッテリーの平均購入価格は約 38,000MMK
- ◆ 世帯当たり平均電気サービス支払い可能額は約 4,600MMK/月
- ◆ 世帯当たり平均照明に対する支払額は約 3,800MMK/月
- ◆ 電気代支払額の月間所得に占める割合は最大 5.0%



バッテリーの利活用具合



別添資料-2 課金状況の月報

プエロンチョウ村

MONTHLY REPORT

Village name : PWE LONE KYAW
In Charge name : Ko Myo Swe Oo
Operator : U Tun Myanig
Month : Aug ' 2017

No.	Date	Charging Fees	Rental Fee	Revenue Amount	Duration From To	Quantity Battery	Quantity Rental	Charging Times	Expend	Remarks	
1	2.08.17	600				3					
2	3.08.17	1,400				7					
3	4.08.17	600				3					
4	5.08.17	2,400	5,000		5.08.17 5.09.17	12	1				
5	6.08.17	2,500				12					
6	7.08.17	1,000	10,000		7.08.17 8.08.17	4	2			one is big for Ks.300	
7	8.08.17	1,500				7				one is big for Ks.300	
8	9.08.17	1,600				8				one is big for Ks.300	
9	10.08.17		5,000		10.08.17 10.09.17		1				
10	14.08.17	600	10,000		14.08.17 14.09.17	3	2				
11	16.08.17	900				4				one is big for Ks.300	
12	18.08.17		5,000		18.08.17 18.09.17		1				
13	19.08.17	800				4					
14	20.08.17	600	5,000		20.08.17 20.09.17	3	1				
15	26.08.17		5,000		26.08.17 26.09.17		1				
16	30.08.17		5,000		30.08.17 30.09.17		1				
Total = Kyats		14,500	50,000	64,500		70	10		0		64,500

US\$	1,340	10.82	37.31	48.13					0.00		48.13
------	-------	-------	-------	-------	--	--	--	--	------	--	-------

MONTHLY REPORT

Village name : PWE LONE KYAW
In Charge name : Ko Myo Swe Oo
Operator : U Tun Myanig
Month : Sep ' 2017

No.	Date	Charging Fees	Rental Fee	Total Amount	Duration From To	Quantity Battery	Quantity Rental	Charging Times	Total	Expend	Remarks	Balance Amount
1	1.09.17		10,000		1.09.17 1.10.17		2					
2	2.09.17		10,000		2.09.17 2.10.17		2					
3	5.09.17		10,000		5.09.17 5.10.17		2					
4	6.09.17		5,000		6.09.17 6.10.17		1					
5	7.09.17		10,000		7.09.17 7.10.17		2					
6	8.09.17	900				4					one is big for Ks.300	
7	10.09.17									6,500		
8	13.09.17	800				4						
9	14.09.17	800				4						
10	15.09.17		5,000		15.09.17 15.10.17		1					
11	16.09.17	400				2						
12	17.09.17	800				4						
13	18.09.17	400				2						
14	19.09.17		5,000		19.09.17 19.10.17		1					
15	20.09.17		5,000		20.09.17 20.10.17		1					
16	25.09.17	600				3						
17	26.09.17	600	5,000		26.09.17 26.10.17	3	1					
18	27.09.17	400				2						
19	28.09.17	200				1						
Total = Kyats		5,900	65,000	70,900		29	13			6,500		64,400

US\$	1,340	4.40	48.51	52.91						4.85		48.06
------	-------	------	-------	-------	--	--	--	--	--	------	--	-------

MONTHLY REPORT

Village name : PWE LONE KYAW
 In Charge name : Ko Myo Swe Oo
 Operator : U Tun Myanig
 Month : Oct ' 2017

No.	Date	Charging Fees	Rental Fee	Revenue Amount	Duration From To	Quantity Battery	Quantity Rental	Charging Times	Total Charging	Expend	Remarks	Balance
1	1.10.17		5,000		1.10.17 1.11.17		1					
2	2.10.17		5,000		2.10.17 2.11.17		1					
3	5.10.17		5,000		5.10.17 5.11.17		1					
4	6.10.17		5,000		6.10.17 6.11.17		1			27,500		
5	7.10.17									12,000	food for EPC	
6	8.10.17	600	15,000		8.10.17 8.11.17	3	3					
7	9.10.17	400				2						
8	10.10.17	600				3				1,000	food for Japan team	
9	11.10.17	400				2						
10	13.10.17	400				2				9,500	food for Japan team	
11	14.10.17	400				2						
12	15.10.17									3,000	food for Japan team	
13	17.10.17	1,000				4					one is big for Ks.300	
14	18.10.17	200				1						
15	19.10.17	600				3						
16	20.10.17	600				3						
17	21.10.17	600				3						
18	22.10.17		30,000		22.10.17 22.11.17		6			18,000	buy sweep	
19	23.10.17	800	15,000		23.10.17 23.11.17	4	3					
20	24.10.17		24,000		24.10.17 24.11.17	4						
21	25.10.17	600								7,500	food for EPC	
22	26.10.17									10,000		
23	27.10.17	200				1						
24	30.10.17	200	12,000		30.10.17 30.11.17	2						
25	31.10.17	800	18,000		31.10.17 31.11.17	2						
Total = Kyats		8,400	134,000	142,400		41	16		57	88,500		53,900
US\$	1,340	6.27	100.00	106.27						66.04		40.22

ミャウンジーボウン村

MONTHLY REPORT

Village name : Myaung Gyi Baung
 In Charge name : Ko Pho Maung
 Operator : U Kan Nyunt
 Month : July ' 2017

No.	Date	Charging Fees	Rental Fee	Revenue Amount	Duration From To	Quantity Battery	Quantity Rental	Charging Times	Expend	Remarks	Balance
1	14.07.17	1,600				8					
2	15.07.17	1,500				7					
3	16.07.17	1,400				7					
4	21.07.17	1,800				9					
5	22.07.17	1,400				7					
6	23.07.17	2,400				12					
7	24.07.17	1,400				7					
8	25.07.17	2,100				10					
9	26.07.17	2,100				10					
10	27.07.17	2,100				10					
11	28.07.17	600				3			2,300	buy plug n labour	
Total = Kyats		18,400	0	18,400		90	0		2,300		16,100
US\$	1,340	13.73	0.00	13.73					1.72		12.01

MONTHLY REPORT

Village name : Myaung Gyi Baung
 In Charge name : Ko Pho Maung
 Operator : U Kan Nyunt
 Month : Aug ' 2017

No.	Date	Charging Fees	Rental Fee	Revenue Amount	Duration From To	Quantity Battery	Quantity Rental	Charging Times	Expend	Remarks	Balance
1	2.08.17	800				4					
2	3.08.17	1,800				9					
3	4.08.17	1,000				5					
4	5.08.17	600				3					
5	6.08.17	1,800				9					
6	7.08.17	800				4					
7	8.08.17	1,600				8					
8	9.08.17	1,400				7					
9	14.08.17	1,400				7					
10	15.08.17	1,400				7					
11	16.08.17	1,200				6					
12	17.08.17	1,800				9					
13	18.08.17	1,800				9					
14	19.08.17	1,000				5					
15	20.08.17	2,000				10					
16	21.08.17	600				3					
17	26.08.17	2,800				14					
18	27.08.17	800				4					
19	28.08.17	1,400				7					
20	29.08.17	1,200				6					
21	30.08.17	1,600				8					
Total = Kyats		28,800	0	28,800		144	0		0		28,800

US\$	1,340	21.49	0.00	21.49					0.00		21.49
------	-------	-------	------	-------	--	--	--	--	------	--	-------

MONTHLY REPORT

Village name : Myaung Gyi Baung
 In Charge name : Ko Pho Maung
 Operator : U Kan Nyunt
 Month : Sep ' 2017

No.	Date	Charging Fees	Rental Fee	Revenue Amount	Duration From To	Quantity Battery	Quantity Rental	Charging Times	Expend	Remarks	Balance Amount
1	1.09.17	1,400				7					
2	2.09.17	1,800				9					
3	4.09.17	1,200				6					
4	5.09.17	1,000				5					
5	6.09.17	1,400				7					
6	7.09.17	1,200				6					
7	8.09.17	2,000				10					
8	13.09.17	2,200				11					
9	14.09.17	600				3					
10	15.09.17	1,200				6					
11	16.09.17	800				4					
12	17.09.17	600				3					
13	18.09.17	1,400				7					
14	19.09.17	1,200				6					
15	20.09.17	1,000				5					
16	25.09.17	800				4					
17	26.09.17	600				3					
18	27.09.17	800				4					
19	28.09.17	600				3					
20	29.09.17	1,000				5					
21	30.09.17	800				4					
Total = Kyats		23,600	0	23,600		118	0		0		23,600

US\$	1,340	17.61	0.00	17.61					0.00		17.61
------	-------	-------	------	-------	--	--	--	--	------	--	-------

MONTHLY REPORT

Village name : Myaung Gyi Baung
 In Charge name : Ko Pho Maung
 Operator : U Kan Nyunt
 Month : Oct ' 2017

No.	Date	Charging Fees	Rental Fee	Revenue Amount	Duration From To	Quantity Battery	Quantity Rental	Charging Times	Expend	Remarks	
1	1.10.17	1,400				7					
2	2.10.17	1,000				5					
3	7.10.17	1,000				5					
4	8.10.17	1,400				7					
5	9.10.17	1,000				5					
6	10.10.17	1,000				5					
7	11.10.17	800				4					
8	12.10.17	800				4					
9	13.10.17	1,200				6					
10	17.10.17	1,000				5					
11	18.10.17	1,000				5					
12	19.10.17	1,400				7					
13	20.10.17	600				3					
14	21.10.17	1,200				6					
15	22.10.17	1,200				6					
16	23.10.17	1,400				7					
17	25.10.17	1,000				5					
18	28.10.17	1,600				8					
19	29.10.17	1,200				6					
20	30.10.17	1,800				9					
21	31.10.17	2,200				11					
Total = Kyats		25,200	0	25,200		126	0		0		25,200

US\$	1,340	18.81	0.00	18.81					0.00		18.81
------	-------	-------	------	-------	--	--	--	--	------	--	-------

別添資料-3 実証試験結果をベースとした財務モデル
財務分析ケース-1 バッテリー再充電サービスに限定

マイクロ水力発電財務分析表

ケース-1 バッテリー充電サービス、農産品処理事業

配電設備主要数値	
マイクロ水力発電機	1基
出力	300kW
稼働日数	360日/年
稼働時間	24時間/日
ディーゼル発電機	2基
出力	8kW
ディーゼル発電機	0基
バッテリー充電機	6基
充電機	6基
充電能力	8kWh/回
充電所要時間	8時間/回
バッテリー	
提出しバッテリー	60個
提出し日数	3日/充電
電気・配電施設・備品単価	
電気機本体	\$25,000
送電施設	\$14,000
パワーキオスク	\$4,500
バッテリー充電器	\$200
提出し用バッテリー	\$300 (40AH)
ディーゼル発電機	\$2,400
電気・配電システム価格	\$52,900
電気機本体	\$25,000
送電施設	\$14,000
パワーキオスク	\$4,500
バッテリー充電器	\$1,200
提出し用バッテリー	\$1,600
ディーゼル発電機	\$2,400
備付費	\$4,000
初期投資額	\$52,900
ディーゼル発電機	
出力	8kW
出力	6.25kVA
稼働日数	60日/年
稼働時間	10時間/日
燃料消費量	0.05リットル/kWh時
燃料消費量	3.1リットル/日
ディーゼル価格	\$0.80リットル当たり
燃料代	\$2.90一日当たり
燃料代	\$160一年あたり
パワーキオスク設備費	
職員数	3
管理者	1
技術者	1
会計担当者	1
年間給与	\$1,680
賃料	\$100
維持費	\$20
会計担当者	\$20
維持費	\$529
維持費	1%
一般管理費	\$16
経費合計	\$2,377
配電収益	
送電施設	MW 1,340米ドル当たり
バッテリー提出し料金	MW 1,340米ドル当たり
バッテリー充電料金	MW 200回
バッテリー提出し料金	\$3.73
バッテリー充電料金	\$0.15
提出しバッテリー利用世帯数	60世帯
バッテリー再充電利用世帯数	120世帯
月間バッテリー提出し数	60
月間バッテリー再充電数	120
月間バッテリー提出し収益	300,000MMK
月間バッテリー再充電収益	240,000MMK
月間バッテリーサービス	540,000MMK
月間バッテリー提出し収益	\$224
月間バッテリー再充電収益	\$178
月間配電収益	\$403
月間配電収益	\$403
年間配電収益	\$4,836

農産物処理設備主要数値	
精米機	1基
精米処理能力	1トン/日
稼働日数	360日/年
稼働時間	8時間/日
搾油機	5基
搾油能力	10リットル/日
搾油機	1基
精米機	\$2,500
搾油機	\$600
送電施設	\$2,000
電気・配電システム価格	\$2,500
精米機	\$2,500
搾油機	\$3,000
送電施設	\$2,000
パワーキオスク設備費	
職員数	1
管理者	1
技術者	1
会計担当者	1
年間給与	\$1,680
賃料	\$120
維持費	\$80
会計担当者	\$80
維持費	\$375
維持費	5%
一般管理費	\$380
農産物処理設備費	
適当距離	MW 1,340米ドル当たり
精米量	300.0キロ/日
精米料金	MW 40米ドル当たり
精米料金	\$6.40米ドル当たり
搾油量	10リットル/日
油販売価格	MW 3,600リットル当たり
油販売価格	\$2.89リットル当たり
搾油事業期間	2月
処理加工設備収益	
精米事業	\$224
月間収益	\$2,687
月間収益	\$2,687
月間収益	\$672
年間収益	\$4,030

融資条件	
自己資金	20%
借入金	80%
自己資金	\$12,080
借入金	\$48,320
初期投資額	\$60,400
金利	6.0%
返済期間	9年
返済期間	3年

内部収益率計算

FIRR

6.2%

事業期間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
初期投資額	60,400															
ディーゼル燃料費	150	150	150	150	150	1,950	150	2,550	150	150	1,950	150	150	150	150	150
ディーゼル燃料費	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ディーゼル燃料費更新費						1,800		2,400			1,800		0			
電気・配電設備更新費	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702
人件費	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240
保守費	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904
一般管理費	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558
設備投資	60,400	4,852	4,852	4,852	4,852	6,852	4,852	7,252	4,852	4,852	6,852	4,852	4,852	4,852	4,852	4,852
収益	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552
配電(バッテリー利用)	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836
精米事業	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687
搾油事業	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030
収支	-60,400	6,700	6,700	6,700	6,700	4,900	6,700	4,300	6,700	6,700	4,900	6,700	6,700	6,700	6,700	6,700
累計収益		6,700	13,400	20,101	26,801	31,701	38,401	42,702	49,402	56,102	61,002	67,703	74,403	81,103	87,803	94,504

キャッシュフロー計算

事業期間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
初期投資額	60,400															
設備投資	150	150	150	150	150	1,950	150	2,550	150	150	1,950	150	150	150	150	150
ディーゼル燃料費	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ディーゼル燃料費更新費	0	0	0	0	0	1,800	0	2,400	0	0	1,800	0	0	0	0	0
電気・配電設備更新費	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702
人件費	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240
保守費	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904
一般管理費	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558
設備投資	2,899	2,899	2,899	2,899	8,577	8,214	7,852	7,490	7,127	6,765	6,402	362	362	362	0	0
元本返済					6,040	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040					
金利	2,899	2,899	2,899	2,899	2,537	2,174	1,812	1,450	1,087	725	362	362	362	362		
設備合計	60,400	7,751	7,751	7,751	13,429	14,866	12,704	14,742	11,979	11,617	13,054	5,214	5,214	5,214	4,852	4,852
収益	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552
配電(バッテリー利用)	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836
精米事業	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687
搾油事業	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030
収支	-3,801	3,801	3,801	3,801	-1,877	-3,314	-1,152	-3,189	-427	-65	-1,502	6,338	6,338	6,338	6,700	6,700
累計収益		3,801	7,602	11,403	9,527	6,212	5,061	1,871	1,444	1,380	-123	6,215	12,553	18,891	25,591	32,292

損益計算

DESCRIPTION	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15
収益																
配電(バッテリー利用)	0	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836	4,836
精米事業	3,600	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687	2,687
搾油事業	2,400	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030	4,030
収益合計	13,680	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552
設備投資	0	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552	11,552
設備費																
バッテリー更新費	8,370	0	0	0	0	1,800	0	0	0	0	1,800	0	0	0	0	0
ディーゼル燃料費更新費	76,530	0	0	0	0	0	0	2,400	0	0	0	0	0	0	0	0
人件費	96,754	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904
保守費	48,600	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240
一般管理費	19,932	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558
設備投資設備費合計	76,530	4,702	4,702	4,702	4,702	6,852	4,702	7,102	4,702	4,702	6,852	4,702	4,702	4,702	4,702	4,702
EBITDA	96,754	6,850	6,850	6,850	6,850	5,950	6,850	4,450	6,850	6,850	5,950	6,850	6,850	6,850	6,850	6,850
減価償却	60,400	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040					
設備収益	19,932	810	810	810	810	890	810	1,580	810	810	890	6,850	6,850	6,850	6,850	6,850
税金	0	2,899	2,899	2,899	2,537	2,174	1,812	1,450	1,087	725	362	362	362	362	0	0
税引後	16,422	2,889	2,889	2,889	1,727	3,164	1,002	3,039	277	85	1,352	6,488	6,488	6,488	6,850	6,850

財務分析ケース-2 バッテリー再充電サービス及び農産品加工による収益

マイクロ水力発電財務分析表

ケース-1

バッテリー配電サービスに関する

配電事業所主要数表	
マイクログリッド用電機	1基
出力	7kW
稼働日数	300日/年
稼働時間	24時間/日
ディーゼル発電機	1基
出力	7kW
ディーゼル発電機	1基
バッテリー充電機	
充電器	6基
充電能力	600kWh/日
充電停止時間	8時間/日
バッテリー	
蓄出しバッテリー	120個
容量(kWh)	3日分充電
発電・配電設備・整備準備	
発電機本体	\$25,000
送電線路	\$14,000/500m
パワーボックス	\$4,500
バッテリー充電機	\$200/個
蓄出し用バッテリー	\$330/個・4.0kWh
ディーゼル発電機	\$2,400
発電・配電システム費概算	\$48,700
発電機本体	\$20,000
送電線路	\$14,000
パワーボックス	\$4,500
バッテリー充電器	\$200
蓄出し用バッテリー	\$3,600
ディーゼル発電機	\$2,400
その他費	\$4,000
初期投資費	\$46,700
ディーゼル発電機	
出力	5.0kW
出力	6.25kVA
稼働日数	300日/年
稼働時間	16時間/日
燃料消費量	0.05リットル/kWh/時
燃料消費	\$5.00/リットル
燃料エネルギー損失	\$15.00/リットルあたり
燃料代	\$300/日当たり
燃料代	\$300/年あたり
パワーボックス稼働費	
国庫費	3
管理費	1
技術費	1
会費/担当者	1
年間総計	\$3,840
管理費	\$120
技術費	\$100
会費/担当者	\$100
維持費	\$497
維持費	1%
年間管理費	\$960
配電設備	
送電線路	MWK 1,340/300mあたり
バッテリー蓄出し料金	MWK 800
バッテリー充電料金	MWK 480
バッテリー蓄出し料金	\$0.40
バッテリー充電料金	\$0.38
蓄出しバッテリー利用手数料	150/蓄電池
バッテリー再充電利用手数料	30/蓄電池
月間バッテリー蓄出し収益	1,500
月間バッテリー再充電収益	\$896
月間バッテリー蓄出し収益	\$896
月間バッテリー再充電収益	\$322
年間配電収益	\$18,718
年間配電収益	\$15,615

直前他電事業者主要費		
機材値		0 基
機具処理能力		1 トン/日
稼働日数		360 日年
稼働時間		8 時間/日
労務値		0 基
挖油能力		10 リットル/日
冷房値		0 基
直前他電事業者費		0 基
機材費	\$2,500	
挖油機	\$800	
冷房庫	\$2,000	
発電、配電システム費格		\$0
電気設備	\$0	
挖油機	\$0	
冷房庫	\$0	
パワーキオス機器費		\$0
電気料	0	
管理費	0	
技術者	0	
助手	0	
年間給与	\$0	
賃金費	\$120	
技術者	\$100	
助手	\$100	
燃料費	\$0	
燃料費	0 %	
一般管理費	\$0	
直前他電事業者収益		\$0
通関手費	MWV 1.340	米ドル当たり
機材費	0.6	キロワット
燃料費	MWV 20	キロワット
燃料費	\$0.61	キロワット
挖油機	0	リットル/日
油流率価格	MWV 1.300	リットル当たり
油流率価格	\$0.99	リットル当たり
追加工事業者費		\$0
機材事業	\$0	
月間収益	\$0	
年間収益	\$0	
挖油機	\$0	
年間収益	\$0	
年間収益	\$0	

融資條件			
自己資金		20	%
借入金		80	%
自己資金		\$9,940	
借入金		\$39,760	
初期投資額		\$49,700	
金利		6.0	%
返済期間		10	年
猶予期間		3	年

内部收益率計算	FIRR	13.5%
---------	------	-------

事業期間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
初年度投資費	49,700															
設備取得費	300	300	300	3,900	300	300	3,600	2,700	300	3,900	300	300	3,900	300	300	300
リース料																
リース料の消費税		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300					
バッテリー更新費				3,600			3,600			3,600			3,600			
リース料の減価償却更新費																
リース料	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297
人件費	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840
保守費	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497
燃料費	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
経費	49,700	5,597	5,597	9,197	5,597	5,597	9,197	7,997	5,597	9,197	5,597	5,597	9,197	5,597	5,597	5,597
減価償却(バッテリー利用)	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615
税金	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615
結果事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
投資事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
結果事業	-49,700	9,018	9,018	9,018	9,018	9,018	9,018	6,618	9,018	9,018	9,018	9,018	9,018	9,018	9,018	9,018
投資事業	0	18,036	23,454	32,472	41,490	46,908	53,525	62,543	67,961	76,979	85,997	91,415	100,433	109,451	118,469	118,469

キャッシュフロー計算

事業期間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
初年度費	49,700															
固定資産維持費		300	300	3,900	300	300	3,900	2,700	300	3,900	300	300	3,900	300	300	300
デジタル燃料費		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
バッテリー燃料費		0	0	3,600	0	0	3,600	0	0	3,600	0	0	3,600	0	0	0
デジタル多量通信料		0	0	0	0	0	0	2,400	0	0	0	0	0	0	0	0
固定資産維持費		5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297	5,297
人件費		3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840
燃料費		497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497
一般管理費		960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
総計の繰越		2,386	2,386	2,386	6,123	5,884	5,648	5,407	5,169	4,930	4,692	4,453	4,215	3,976	0	0
元金返済					3,976	3,976	3,976	3,976	3,976	3,976	3,976	3,976	3,976	3,976	3,976	
金利		2,386	2,386	2,386	2,147	1,908	1,670	1,431	1,193	954	716	477	239	0	0	
配電料	49,700	7,683	7,683	11,720	11,481	11,481	14,843	13,427	13,427	10,768	10,260	9,752	9,244	8,736	5,597	5,597
配電(バッテリー利用)		14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615
燃料事業		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
管理事業		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
貸付事業		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
償還事業		6,632	6,632	3,032	2,895	3,133	-229	1,211	3,849	488	4,326	4,565	1,203	5,421	9,018	9,018
総計繰越		6,632	13,265	16,297	19,125	22,225	22,097	23,308	27,157	27,645	31,971	36,536	37,739	42,982	51,799	60,817

損益計算

DESCRIPTION	Total	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15
収損																
配当（パツチー・利用）	0	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615
株主事業	14,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
搾油事業	2,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
収益合計	7,455	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615
減損費用	0	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615	14,615
パツチー・装置費	14,400	0	0	3,600	0	0	0	3,600	0	3,600	0	0	3,600	0	0	0
チャー・ワル・設備更新費	96,255	0	0	0	0	0	0	2,400	0	0	0	0	0	0	0	0
維持費	122,969	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497
人件費等																
人件費	57,600	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840
燃料費	17,632	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
減損費用減損費用合計	96,255	5,297	5,297	8,897	5,297	5,297	8,897	7,697	5,297	8,897	5,297	5,297	8,897	5,297	5,297	5,297
EBITDA	122,969	9,318	9,318	5,718	9,318	9,318	5,718	6,918	9,318	5,718	9,318	9,318	5,718	9,318	9,318	9,318
減価償却	49,700	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970
減損費用	4,348	4,348	748	4,348	4,348	748	1,948	4,348	748	4,348	9,318	5,718	9,318	9,318	9,318	9,318
売却利益	17,892	2,386	2,386	2,386	2,147	1,908	1,670	1,431	1,193	954	716	477	239	0	0	0
税金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
純利益	55,377	1,962	1,962	1,638	2,201	2,439	922	517	3,155	206	3,632	8,841	5,479	9,318	9,318	9,318

**VILLAGE ELECTRIFICATION
BY
MICRO-HYDRO POWER GENERATION
UNIT INSTALLED
IN
THE IRRIGATION CHANNELS
IN
MYANMAR**

KENSETSU GIJYUTSU CENTER LTD.
ISAMU KOIKE
PROJECT ADVISOR

ESTIMATED NOS. OF VILLAGES IN MYANMAR

- Population of Myanmar (2015) : 53.9 million
- Rural Population of Myanmar : 35.5 million
- Average Population per HH : 5.5 persons
- Number of Households in Total : 6.5 million
- Average Households per Village : 150 HH
- Number of Villages (estimated) : 43,300 villages
- Rate of Electrified Village : 17%
- Nos of Non-electrified Villages : 36,000 villages
- Main Means of Electrification : Batteries
- Source of Battery Charging :
- Diesel Generator, Solar Panel, Grid Power

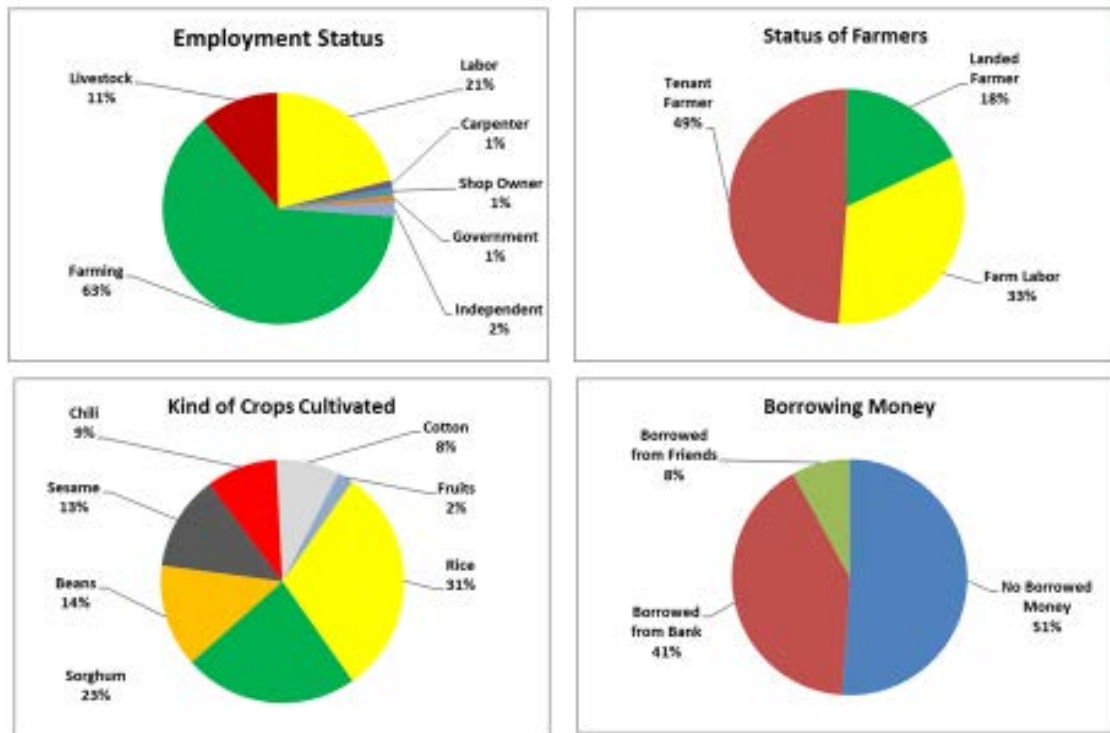
ESTIMATED NOS. OF VILLAGES IN MYANMAR

● Area with Irrigation System

Most of the irrigation systems is situated in the upland
Intensive mixed use agricultural areas as shown in the map at right hand side in green color, (Mandalay, Sagaing, Magway, Bago Regions) where almost 22 millions of people reside or 40% of the total population.
Thus the potential number of villages for electrification by use of micro-hydro power generation units can be estimated at 14,400 villages.

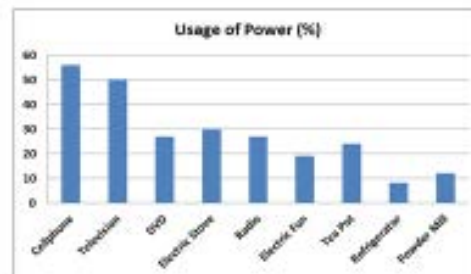
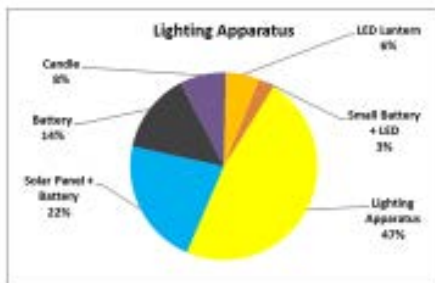
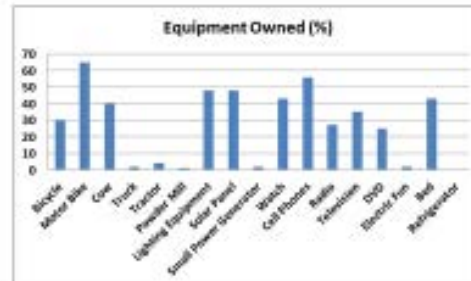
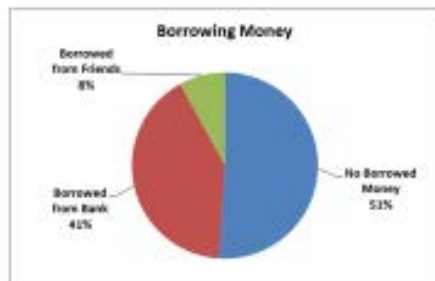


TYPICAL FEATURE OF NON-ELECTRIFIED VILLAGE



TYPICAL FEATURE OF NON-ELECTRIFIED VILLAGE

- Average Monthly Income per HH : US\$ 110
- Average Borrowed Money per HH : US\$ 330



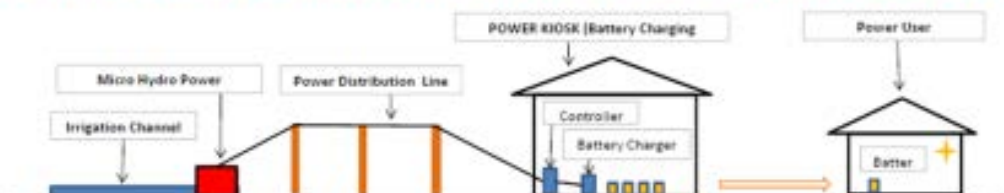
SIGNIFICANT ISSUES TO BE ADDRESSED

- For recharging of batteries the battery owners are required to bring the batteries to a battery charging station near by the village. Most of them are far from the village.
- Transporting batteries to a battery charging station incurs the transport cost;
- The battery charging cost is MMK 500 or so but it lasts only for 2 days or so thus frequent transportation is needed;
- Solar panel's performance to recharge battery depends on the natural conditions and is not sufficient to charge battery fully;
- The life of solar panel is short say 3-4 years; and
- Solar power generating power is not suitable for industrial activity but only for household's use.

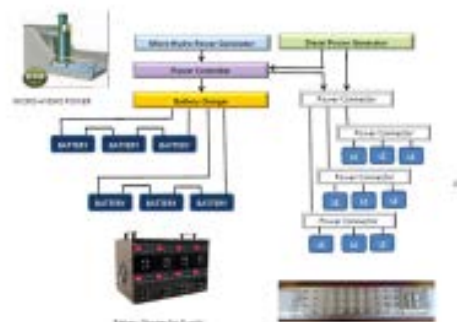
MERITS OF USING MICRO-HYDRO POWER GENERATOR

- No fuel cost is needed for power generation;
- Easy to operate and maintain the system;
- Sufficient power is available for recharging batteries (30-40 units of batteries at one time)
- For recharging 30-40 units of batteries require only around 2 kW of power output despite the fact that the output of micro-hydro PG is 7 kW;
- Around 4 kW of power can be used for industrial activities = value added activities in the villages become possible; and
- The life of HOKURIKU'S micro-hydro PG (Power Archimedes) is 20 years and local manufacturing of bulky components is possible.

FEATURE OF ELECTRIFICATION OF MICRO-HYDRO

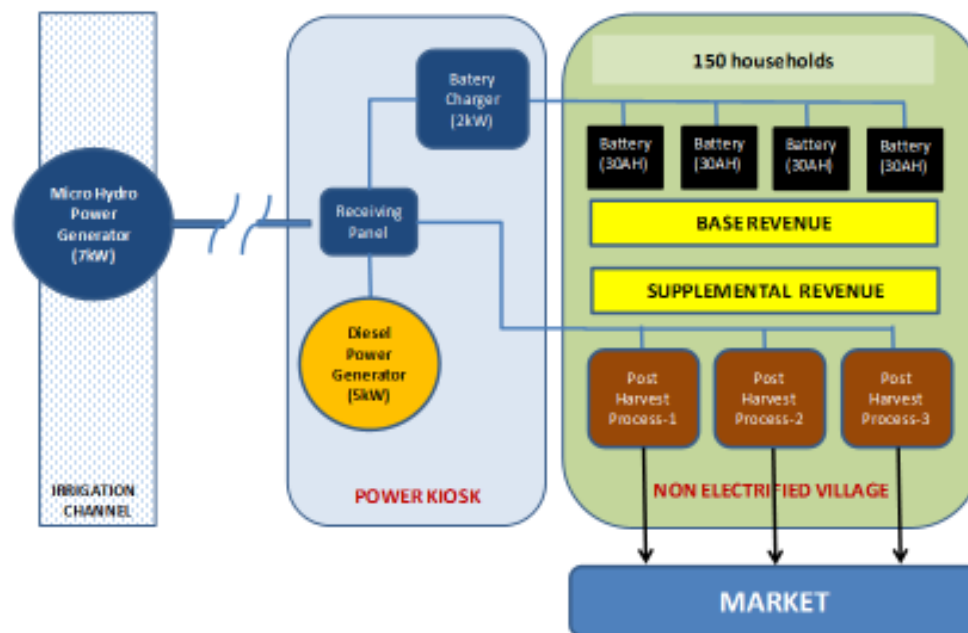


- 1) Generated power is transmitted to the battery charger through transmission wires and control panel.
- 2) Batteries are charged and fully charged batteries will be distributed to the users.
- 3) Empty batteries will be recharged thereby batteries are circulated in the village. (one cycle – 3 days)
- 4) Power available is used for post harvest activities



FEATURE OF ELECTRIFICATION OF MICRO-HYDRO

■ BUSINESS STRUCTURE



BASIC CONDITIONS OF MODEL PROJECT

- Power Output of Micro -hydro PG : 7 kW
- Number of Rent Batteries : 120 units
- Operating Days by Micro Hydro PG : 300 days/year
- Operating Days by Diesel Generator : 60 days/year
- Number of Micro Hydro PG : 1 unit
- Number of Battery Chargers : 6 units
- Necessary Period for Battery Charge : 8 hours
- Period of 1 Cycle of Rent Battery : 3 days/cycle
- Life of Rent Battery : 3 years
- Length of Power Transmission Line : 1 km
- Number of Power Kiosk : 1 unit
- Number of Paid Workers/Operators : 4 persons

FINANCIAL VIABILITY OF MODEL PROJECT

- WTP for Battery Recharging : 5% of Income
- WTP for Battery Recharging/Month : MMK 7,000
- Number of Users in One Village : 150 HH
- Battery Recharging Cycle : 3 days/cycle
- Total Initial Capital Investment Cost: US\$ 50,000
- Micro-hydro Power Generating Unit: US\$ 25,000
- Power Transmission Line (1 km) : US\$ 14,000
- Power Kiosk (Building Works) : US\$ 4,000
- Battery Chargers (6 units) : US\$ 1,200
- Deep Cycle Battery for Renting : US\$ 3,600
- Stand-by Diesel Power Generator : US\$ 2,500
- Installation Cost and others : US\$ 4,000

Note: WTP = Willingness-to-Pay (interview survey)

FINANCIAL VIABILITY OF MODEL PROJECT

- Financial Internal Rate of Return : 3.0 %
- Investment Return Period : 10 years

Conclusion: The system is financially viable under following conditions:

- 1) Maximum initial capital investment: US\$ 56,000
- 2) Monthly Nos. of Rent Battery : 120 units
- 3) Monthly Nos. of Battery Charging : 90 units
- 4) Number of cycle days of battery : 3 days
- 5) Rent charge of battery : MMK 800/cycle
- 6) Recharging charge of battery : MMK 480/1-time
- 7) Bank interest rate : 6.0% p.a.
- 8) Loan period : 8 years
- 9) Grace period : 3 years

COMPARISON OF MODEL AND PRESENT SITUATION

ARTICLE	UNIT	MODEL	PLK	MGB
			Oct. 17	Nov. 17
Nos. of Rent Battery in Total	Unit	120	60	60
Rent Period per Cycle	Day	3	?	?
Nos. of Rent Battery per Month	Unit	120	16	20
Rent Charge per Month	MMK	5,000	5,000	5,000
Rent Charge per Month	US\$	3.75	3.75	3.75
Nos. of Battery for Recharging	Time	600	41	49
Battery Recharging Charge	MMK	200	200	200
Battery Recharging Charge	US\$	0.15	0.15	0.15
Total Revenue per Month (battery)	MMK	300,000	142,000	94,900
Total Revenue per Month (battery)	US\$	225	106.80	71.35
Annual Revenue from Battery	MMK	5 million		
Annual Revenue from Battery	US\$	3,740		
Annual Revenue from Rice Milling	US\$	2,500	0	0
Annual Revenue from Oil Extraction	US\$	4,000	0	0

CURRENT SITUATION OF POWER KIOSK

Pue Lone Kyaw

Month 2017	Revenue		Expenditure		Balance		Accumulated	
	MMK	US\$	MMK	US\$	MMK	US\$	MMK	US\$
July	0	0	0	0	0	0	0	0
August	64,500	48	0	0	64,500	48	48	48
September	70,900	53	6,500	5	64,400	48	96	96
October	142,400	106	88,500	66	53,900	40	136	136
November	10,600	8	32,500	24	-21,900	-16	120	120
December	0	0	0	0	0	0	0	0
January	0	0	0	0	0	0	0	0
February	0	0	0	0	0	0	0	0
March	0	0	0	0	0	0	0	0

Myaung Gyi Boun

Month 2017	Revenue		Expenditure		Balance		Accumulated	
	MMK	US\$	MMK	US\$	MMK	US\$	MMK	US\$
July	18,400	14	2,300	2	16,100	12	0	12
August	28,800	21	0	0	28,800	21	0	34
September	23,600	18	0	0	23,600	18	0	51
October	25,200	19	0	0	25,200	19	0	70
November	94,900	71	35,500	26	59,400	44	0	114
December	0	0	0	0	0	0	0	0
January	0	0	0	0	0	0	0	0
February	0	0	0	0	0	0	0	0
March	0	0	0	0	0	0	0	0

ADDITIONAL EARNING BY COMMUNITY

■ Agro Processing Activities

- 1) Rice milling operation by use of a **small rice milling machine**;
- 2) **Oil expeller** to get edible oils from the seeds of sesame, cotton, sunflower, peanuts, soybeans, etc. for sale to the oil mill company near by;
- 3) Or sale of special edible oil with a brand name of village or area where the oil extraction activity takes place – **One Village One Product – OVOP**;
- 4) **Freezer** can store the oil extracted for a long time without any quality degradation or oxidization; and
- 5) Any other **industrial / post harvest activities** found to be suitable by each community / village.

INSTITUTIONAL FINANCIAL SCHEME

- | | |
|-----------------------|--------------|
| ● Equity Ratio | : 25.0 % |
| ● Borrowed Money | : 75.0 % |
| ● Interest Rate | : 6.0 % p.a. |
| ● Amortization Period | : 8 years |
| ● Grace Period | : 3 years |

RECOMMENDED BUSINESS AND FINANCIAL SCHEME

- 1) Provide institutional financing system
- 2) **Enhance local manufacturing of micro-hydro PG**
- 3) Entrust qualified and selected private entities the operation and management of **POWER KIOSKS** if the villagers are deemed not capable to operate and maintain the systems.
- 4) **Identify the potential locations for application of micro-hydro power generation system for village electrification throughout the country**

POTENTIAL LOCATIONS FOR APPLICATION

- **KINDER IRRIGATION SYSTEM (Relatively New Design)**



- **CONVENTIONAL IRRIGATION DROPS (Old Design)**



POTENTIAL LOCATIONS FOR APPLICATION

- **KINDER IRRIGATION SYSTEM (Relatively New Design)**

Irrigation System in Mandalay Kinder East Irrigation System

Typical Non-electrified Villages and Secondary
Irrigation Canals of the East Kinder Irrigation System

Canal Code	Name of Village	Profile
------------	-----------------	---------

DY-25 Pyaw Village

Household: Approx. 300
Population: Approx. 1,500
Nos. of Drop: 6

DY-23 Mynwon Village

Household: Approx. 1,500
Population: Approx. 6,000
Nos. of Drop: 8

DY-21 Tantwein Village

Household: Approx. 250
Population: Approx. 1,000
Nos. of Drop: 7

Total

Household: Approx. 2,050
Population: Approx. 8,500
Nos. of Drop: 21

UNDER MITTA DIVISION



THANK YOU FOR YOUR ATTENTION.

Micro-Hydropower Generator
PowerArchimedes

Instruction Manual

<Model EN0047>

Customer Name: Irrigation and Water Utilization Management Department
Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation
in Myanmar

Construction Name: Small Hydropower Generator Installation Work in Myanmar in 2017

Construction Site: Myaung gyi boung Village & Pwelone gyaw Village
in Mandalay District, Myanmar

Hokuriku Seiki Co., Ltd.

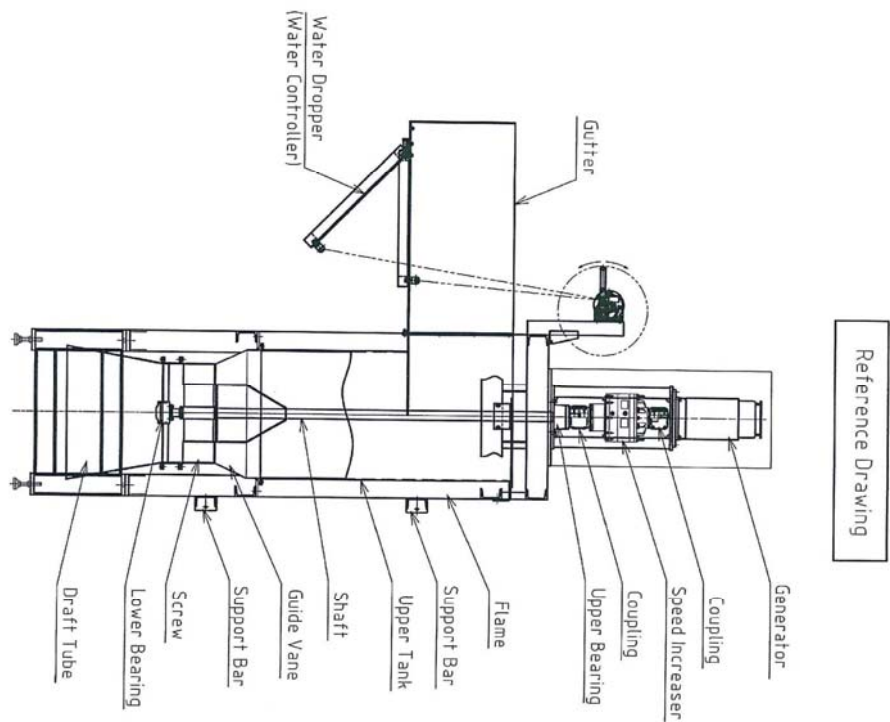


Table of contents

- 1 Introduction
- 2 Safety
- 3 Configuration diagram
- 4 Equipment configuration and specifications
- 5 Troubleshooting
- 6 Periodic inspection and maintenance

[1] Introduction

Our company, Hokuriku Seiki Co. Ltd. has developed the micro-hydropower generator **PowerArchimedes** jointly with Toyama Prefectural University and Ishikawa Prefectural University.

It is a small hydraulic power generator which is suitable for installing on a channel of low flow and a low-water head.

The power generation turbine rotates the waterwheel using water head's weight or the potential energy produced from the height difference between the upstream and downstream, generating electric power with the use of a synchronous generator.

The amount of electric power that is generated is decided by the flow rate of water and the water head.

The micro-hydropower generator **PowerArchimedes**' special feature is its waterwheel wing which has a spiral shape just like a screw. Therefore our generator can efficiently utilize the potential energy of water flow and convert this energy into mechanical and electrical energy.

We have received an order for the micro-hydropower generator from the Irrigation and Water Utilization Management Department, Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation in Myanmar and have completed the installation on the channel in Mandare district.

[2] Safety

The following notices/safety rules on each item are very important to ensure the safe use of.

Please read the instructions prior to its use and observe the safety rules mentioned by Danger-mark, Warning-mark and Caution-mark.

2

1. Using the generator safely

When an operating mistake occurs, the generator's full performance can not be fully achieved and serious accidents might happen.

To avoid unexpected accidents, please be sure to read this instruction manual thoroughly and understand its contents before operating the generator.

Please keep the manual in a safe place after reading it.

2. Definitions of Warning and Caution notes

The definitions of Danger, Warning and Caution are given in the following paragraph.

These indications are very important for safe operation so it is therefore important that you follow the instructions to avoid any unexpected accidents that may result in injury, death or property damage.

Danger: If the Danger sign is ignored or an operating mistake occurs, serious accidents resulting in injury, death and/or property damage might happen.
This sign emerges when the possibility of an emergency is high.

Warning: The Warning sign shows that there is a potential danger. If the sign is ignored or an operating mistake occurs serious accidents resulting in injury, death and/or property damage might happen.

Caution: If the Caution sign is ignored or an operating mistake occurs, serious accidents resulting in injury, death and/or property damage might happen.

3. Danger

- 1) The generator is constantly producing electricity while rotating, and the DC bus in the generation control driver is also under charged voltage. As there is a possibility of electric shock, please don't touch the current-carrying parts such as main circuit terminals etc.

Regarding the safety notes about the generator, please be sure to read the "safety notes" written in the instruction manual on Permanent Magnet Type Three-phase Synchronous Generator.
(note: the term "motor" mentioned in the manual means "generator")

- 2) Professional electricians must conduct wiring work.

- 3) Please never make any modifications to the generator and control board (the generator control driver and output control inverter etc.)

3

4. Warning

- 1) From the completion of the generator's installation until the test run, shut the water gate and don't let the water-wheel rotate. If the gate remains open, excessive water flow may suddenly cause the over speed of the water-wheel, resulting in damage to the equipment and/or unexpected injury.
- 2) The turbine and generator unit case are made of stainless steel. Please be careful not to damage them by hitting them while working.
- 3) While the generation turbine is running, don't open the case of its water-wheel or generating units. It is very dangerous to touch the rotating parts. You should also be careful not to damage them by hitting them.
- 4) Please use electric wires which are capable of withstanding the maximum current. Using wires that are incapable of withstanding the maximum current may cause overheating, resulting in a fire.
- 5) Grounding work must be done correctly.
- 6) Make sure that the corresponding terminals and polarity are correctly worked.
- 7) To ensure that the wiring is safe, make sure that each core electrical wire does not touch the other terminals or core electrical wires.
- 8) During a test run, an acceptance test for handing over or maintenance work, if anything abnormal happens immediately shut the water gate and stop the rotation of the water-wheel.
- 9) After the completion of control board installation work, please be sure to tightly lock the lids and doors to prevent rain water and other liquids from entering, otherwise which could cause electric shocks, fires or other problems.
- 10) Please don't touch any power cord with wet hands. This may result in an electric shock or a severe accident.
- 11) Handle power cords with care, so as not to cause any damage, preventing fires, electric shock or accidents from occurring.

5. Caution

- 1) To ensure the smooth and safe operation of the generator, please obey the rules and regulations of Industrial Safety and Health Law. When you are working at a high place, please be sure to secure enough space where you can work safely while carrying out the installation work.
- 2) When you are working in a high place, please make sure to pay full attention to workers' safety measures and prevent any bodily injury, property damage or accidents.
- 3) When you carry out electric or plumbing work, ensure that the place you are working at is strong and safe enough to carry out the work before starting. The same is true for the installation of the power generation turbine unit and the control board.
- 4) During a test run, an acceptance test for handing over or maintenance work, don't touch the main circuit input/output parts of each unit or output parts of the generation control panel directly.
- 5) Please don't modify the wiring or connect/disconnect connectors during energization.
- 6) Please don't carelessly modify the generator control driver settings or the output control inverter's.
- 7) Please don't carry out any voltage tests on the generator control driver and output control inverter.

4

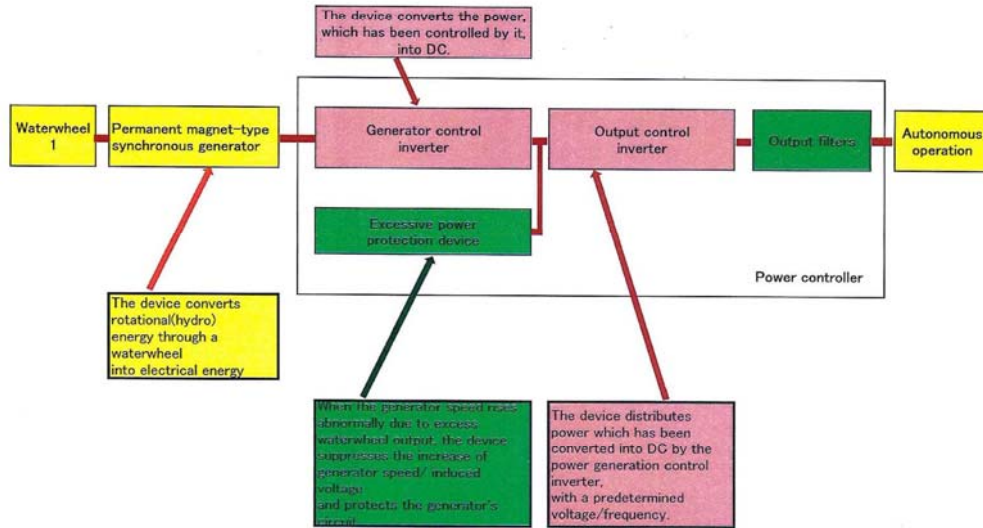
Such tests can destroy semiconductor devices and other parts.

- 8) Please don't touch the heat-radiating fins of the generator control driver and output control inverter, as well as the breaking resistor units, as they become extremely hot.
- 9) Please don't leave on site any electric tool during energizing. They might suddenly operate and cause injuries or accidents.

5

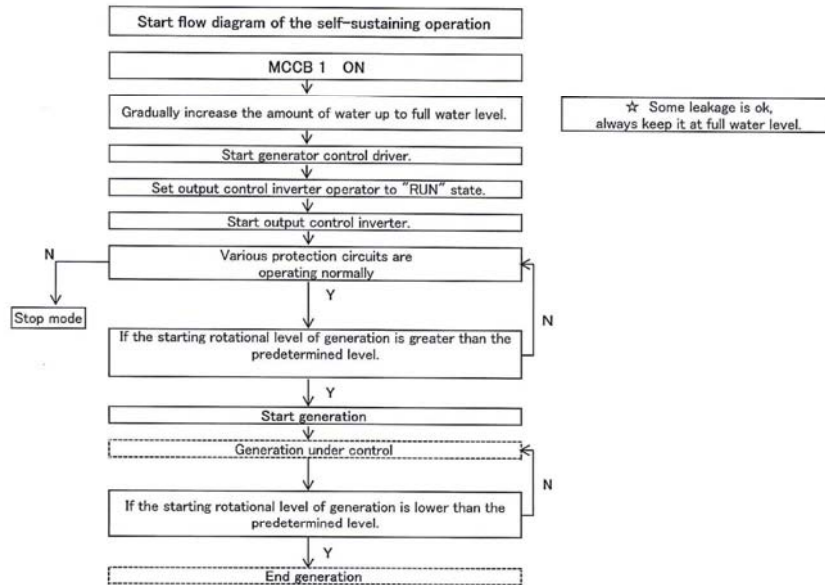
[3] Configuration of the entire system

3.1 Power generation system schematic diagram

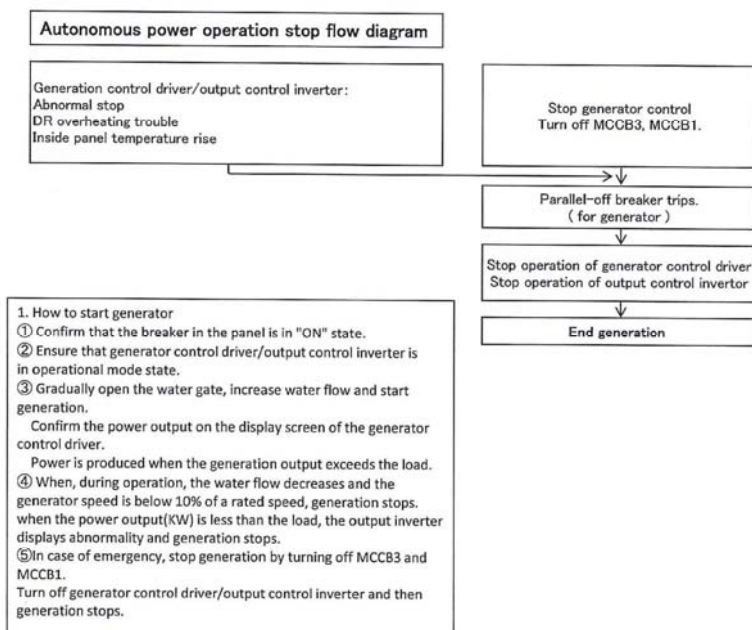


6

3.2 Power generation system operating flow diagram (Self-sustaining operation)



7



8

[4] Equipment Configuration and Specifications

4. 1 Equipment configuration

- ① Water-wheel
transforms water energy into rotational energy.
- ② Speed increaser
increases rotational speed of the water-wheel which makes a generator revolve.
- ③ Generator (Permanent magnet-type synchronous generator)
transforms rotational energy into electrical energy.

Vertical height(H:m), Water flow(Q:m³ /s) and Efficiency(: water-wheel × speed-increaser × generation efficiency)
calculate Power output(kw)
- ④ Generation control panel (outdoor-type, free-standing)
is a device for controlling the entire electrical system and includes 1) Generation control driver, 2) Excessive power protection device, 3) Output control inverter, 4) output filters and 5) transformer.
It also displays the Power output(KW) and Integral power consumption(KWH) operating conditions on the digital operator.

<Reference materials>

1. Generator control driver Enewell-GD Manual
2. Output control inverter A1000 Manual

9

4.2 Specifications

Model	7.5 KW type
Head	1.6m
Water flow	0.75 m3/sec
Maximum output	7.1 KW
Water-wheel generator unit	EN0047
Generator	Permanent magnet-type generator synchronous generator (Yasukawa Electric Corp.) AC200V, 115 HZ, 12P, 7.5 KW, 29A, 1150 RPM
Speed increaser	GP-7.8-512S (Fuji Hensokuki co., Ltd.)
Generator control driver	CPET-G1AA27P5AMA (Yasukawa Electric Corp.)
Output control driver	CIMR-AA2A0040 (Yasukawa Electric Corp.) AC200V, 7.5 KW, 33A Inverter-type: Voltage-type, Current control Switching method: A sine wave PWM system
Excessive power protection device	GDBR-2110D (Yasukawa Electric Corp.) BWA-1130 (Hakko Electric Co., Ltd.)
Output filter	LF-350 KA (Yasukawa Electric Corp.)
Generation control panel	Outdoor type(free-standing) Steel plate Outside dimension (W×H×D) 700 × 1720 × 350mm

10

[5] Troubleshooting

When the generator control driver detects a fault or something abnormal, the digital operator displays a sign showing that something is abnormal. If any of the following abnormalities occur, find its cause and take appropriate measures.

Periodic maintenance checks help to prevent the degradation of the devices' functions and/or damage occurring to the devices. Please be sure to take necessary actions.

Alarm display	Meaning(s)	Cause(s)	Measures
	Over-current	Overload	
OC	The driver input current is higher than the level of over-current (more than 200% of rated current).	Short-circuit/ground-fault on the side of driver-input happened.	Reset the device after investigating the cause and take preventative measures.
OV	Main circuit overvoltage: The main circuit DC voltage has exceeded the overvoltage level (200V-class: about 410V).	The power generation energy is very high or too high for the circuit to absorb.	First of all, stop the generator and then add a braking resistor or check with a tester that the resistance value of braking resistor(DR1~DR3) is 3Ω each, then if not(0Ω means broken) , disconnect and replace it(them).
UV1	Main circuit low voltage: Main circuit DC voltage fell below L2-08 of the prescribed level(low voltage detection level) (200V-class: about 190V).	Power phase interruption, loose wiring terminals, excessive supply voltage variation.	Reset the device after investigating the cause and take preventative measures.
UV2	Control power supply trouble.		If there is a continuing problem, replace the inverter.
UV3	Inrush prevention circuit failure or malfunction of the device.		Try the device OFF and ON. If there is a continuing problem, replace the inverter.

11

OS	Over speed: A speed greater than the set speed(F1-08) has continued within the set time from (F1-09).	An overshoot or undershoot has occurred. [Improper set value of F1-08, F1-09.	Review the gain and check for the set value of F1-08 and F1-09.
----	--	--	---

* For other alarm displays, please see 「The instruction manual: Generator control driver ENEWELL GDJ」.

12

[6] Periodic inspection & maintenance

6.1 Periodic inspection

Instructions on how to do a periodic inspection on the Micro-hydropower generator/PowerArchimedes is shown below.
A general periodic inspection should be performed every year, and we would be pleased to take over this work for a fee.
Periodic maintenance checks help to prevent the degradation of the generator's function and/or damages to the devices, therefore please be sure to take the necessary actions.
At that time, the thrust ball bearing with aligning seat washer(NSK: 53212U) in the water-wheel shaft holding unit, the deep groove ball bearing(NSK:6915ZZ)/(material: SUJ) and the lower bearing(NSK:6209ZZ)/(material: SUS) must be replaced and the lubricant oil(VG320 or equip.) must also be fed into the speed increaser.

◇ Periodic inspection list

Things to check	Checking process	Measures to take if there are any abnormalities.	Check column
Operation(water-wheel generator)			
Water-wheel generator	Check that there are no abnormal vibrations or operating noises or check that there is no uneven rotation and no foreign objects inside the water tank, on the guide vanes or on the runner.	Please contact us. Stop operation, check the water-wheel generator unit, if there is any trouble, then overhaul and repair it, replacing the broken components. Check that there are no foreign objects tangled up inside the water-wheel. Remove them, if any.	
Generation	Check that power is being generated normally and that there are no sharp fluctuations(up or down)of power output(KW)	Check that there is no fluctuation in the water flow. Remove dust from the screen everyday. Check that there are no foreign objects stuck inside the water-wheel. Check the operating state of the generation system on the display panel	
Main circuit			

13

Overall control panel	Check that there are no parts that has been discolored or damaged by overheating or damaged. Check that there are no damaged or deformed parts. If they can't be removed, replace them. Check that there is no adhesive dirt, stains or dust.	Repair and replace damaged components. If a broken unit or parts can't be repaired or replaced, then replace each device's generator control driver, output control inverter etc. Use dry air to blow away dirt. If it can't be removed, then replace the heavily stained part.	
conductors, wires	Check whether there is any deterioration of wires or connecting parts due to discoloration, breakage or overheating. Check whether there are any broken wires/cables coating, cracking or discoloration.	Repair or replace damaged wires.	
Terminal block	Check whether there is any wearing, damage or looseness of connecting terminals.	Retighten screws/terminals. If there is any damage, replace them.	
Electrolytic capacitor	Check whether there is any leakage, discoloration or cracks.	If the broken unit or parts can't be repaired or replaced, then replace all each respective device.(Generator control driver/Output control inverter etc.)	
Diode	Check that there is no dirt or dust stuck on it. Check that the safety valve is not inflated.		
Things to check	Checking process	Measures to take if there are any abnormalities.	check column
Control circuit			
The whole system	Check that there are no bad smells, wearing, damage or looseness of connecting terminals. Check that there are no loose screws.	Retighten screws/terminals. If there is any damage, replace them. If terminals on the circuit board can't be repaired or replaced, then replace all each respective device.	

14

Circuit board	Check that there are no bad smells, discoloration or marked rusting. Are the connectors mounted correctly? Is there any dust or oil mist stuck on it?	Re-attach the connectors. Clean well with an anti-static cloth or vacuum cleaner. If you can't clean it, replace the circuit board. Solvents must not be used on the board. If the broken units or parts can't be repaired or replaced, then replace all each respective device.	
Cooling system			
Cooling fan	Check that there are no abnormal vibration or noise. Check that there are no broken or missing parts.	Clean the fan or replace it.	
Heat sink	Check that there is no dirt or dust stuck on it. Check that there are no stains.	Use dry air to blow dirt/dust away.	
Air duct	Check that there is no clogging or foreign objects inside the intake/exhaust port.		
Display			
Generator control driver/ operator of inverter	Check that the screen is working correctly. Check that the operation parts are not stained.	Please contact our sales office, if there happens to be any trouble on the display or the key. Clean or replace the device.	

6. 2 Maintenance

Prevent the stop of generation system due to the life of device or parts by conducting periodic inspections before any trouble happens.
If the broken part of the machine or units can not be repaired or replaced, then replace all each respective device. (ex. a generator control driver, output control inverter)

6. 3 Regular replacement parts

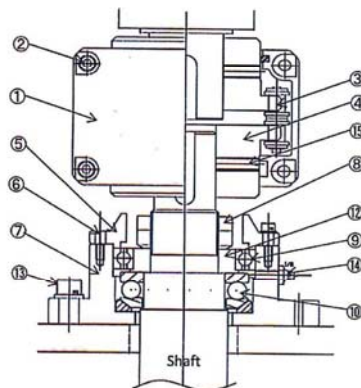
Shown below is a guide of manufacturers' recommended standard replacement life of respective device or unit.
But replacement lives vary according to the use, operating and environmental conditions.

15

Device name	Estimated replacement period
1) The upper bearing: Greasing	Every 3 years Greasing every 3 months(About two shots by a grease gun)
2) The lower bearing: Greasing	Every 2 years Greasing every 6 months(About two shots by a grease gun)
3) Speed increaser: Lubricating oil exchange	Every year (First greasing after 600 ~700 hours' operation)
4) Coupling: Grease exchange	Every year
5) IPM generator: Shield bearing	Every 2 years
6) Generator control driver: Cooling fan Electrolytic capacitor	Every 10 years Every 10 years
7) Output control inverter: Electrolytic capacitor Cooling fan	Every 10 years Every 10 years
8) Transformer	Every 20 years
9) Wiring circuit breaker & Molded case circuit breaker(MCCB)	Every 15 years

16

6-4 Maintenance method 1) Upper Bearing Holder



- ① Case
- ② Hexagon Socket Bolt
- ③ Chain
- ④ Sprocket
- ⑤ Bearing Presser
- ⑥ Hexagon Socket Bolt
- ⑦ Bearing Case
- ⑧ Bearing Nut
- ⑨ Bearing
- ⑩ Collar
- ⑪ Hexagon Socket Bolt
- ⑫ Grease Nipple
- ⑬ Hexagon Socket Stopper Bolt
- ⑭ Grease Nipple
- ⑮ Hexagon Socket Stopper Bolt

1) Bearing Replacement Procedures (Bearing replacement interval : every 3 years)

- 1 Loosen the bolt ② (counter-clockwise) and take off the coupling cover①.
- 2 Next, to remove the chain③ take off the joint link.
- 3 And then, remove the frame which holds the upper speed-increaser and generator.
- 4 At this time, make sure there's nothing on the top and then loosen the bolt⑬ out(counter-clockwise) and remove the sprocket.
- 5 If the sprocket can not be removed easily by hand, then use a pulley remover.
- 6 Next, remove the bolt⑥ and the bearing presser⑤.
- 7 To take out the bearing nut⑧ with use of a hook-spanner, loosen the nut by putting the hook to the upper thin part of the nut and then remove it.

1

17

- 8 Remove the rest of the bearing nuts in the same way.
- 9 At this time, the main shaft will come down about 5 mm with its own weight.
- 10 Then, remove the bolt⑬ and by lifting the bearing case⑦ upward, pull out the bearing⑨⑩.
- 11 After this, put the bearing case back in its original position and firmly fix it with the bolt⑬.
- 12 Then fill a newly replaced/designated bearing⑩ with sufficient grease(Lithium soap grease No.2 or the equivalent) and then install it.
- 13 Then incorporate newly replaced/designated bearing⑨ and collar⑫ in a case⑦.
- 14 Screw the lower bearing nut⑧ on by hand(clockwise).
- 15 If the nut can't be tightened further by hand, then tighten it again tightly with a hook-spanner.
- 16 Next, screw the upper bearing nut on by hand.
- 17 If the nut can't be tightened further by hand, then tighten it again tightly in the same way with a hook-spanner.
- 18 After this, carefully reassemble everything in reverse order.



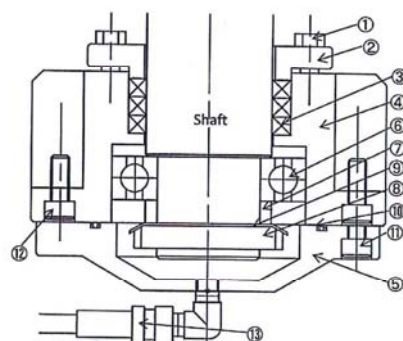
- 2) Grease Replenishing (Interval : First → 1months , Thereafter → every 2months)
 Attach a grease gun to the grease fitting(nipple)⑬ and pump grease until the grease comes out on the top.

2

18

6-2 Maintenance method

2) Lower Bearing Holder



- ① Hexagon Head Bolt
- ② Packing Gland
- ③ Grand Packing
- ④ Bearing Case
- ⑤ Cover
- ⑥ Bearing
- ⑦ Collar
- ⑧ Bearing Nut
- ⑨ Bearing Washer
- ⑩ O-ring
- ⑪ Hexagon Socket Bolt
- ⑫ Hexagon Socket Bolt
- ⑬ Hose

1) Bearing Replacement Procedures (Bearing replacement interval : every 3years)

- 1 After taking off a hose⑬, loosen the bolt⑪ (counter-clockwise) and take off the cover⑤.
- 2 Next, flip up a claw tip of the bearing washer⑨ (one part only) and remove the bearing nut⑧ with a hook spanner(counter-clockwise).
- 3 At this moment, be careful not to drop the collar⑦.
- 4 Then, remove the bolt⑫ and pull out the bearing case④.
- 5 If the bearing case can not be removed easily by hand, pull it out with screwing bolts into the female screw holes.
- 6 At this time, be careful not to drop the bearing⑥.
- 7 After this pulling out, put the bearing case④ back in its original position and firmly fix it with the bolt⑫.
- 8 Fill a newly replaced/designated bearing with sufficient grease (OMEGA grease No.78 or the equivalent products available) and then install it.
- 9 Next, insert the collar⑦ and a new bearing washer⑨ and screw the bearing nut⑧ on by hand(clockwise).

1

19

- 10 If the nut can't be tightened further by hand, then tighten it again tightly in the same way with a hook-spanner.
- 11 After this, knock down one claw tip of the bearing washer toward the bearing nut.
- 12 Attach the O-ring^⑩ on the cover^⑤ and firmly fix the bearing case^⑤ with the bolt^⑪.

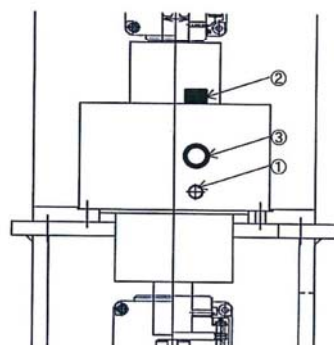


2

20

6-2 Maintenance method

3) Speed increaser



- ① Plug
- ② Oil Filler Plug
- ③ Oil Gauge

(Warning)

- 1 Do not touch the surface of the speed-increasing gear, because it gets very hot while in service or after being turned off.
- 2 Wait until the gear has completely cooled before starting maintenance work.
- 3 The technician for the work (assembling, repairing, and/or overhauling) must be a licensed mechanic, which holds a thorough understanding for maintenance work.
- 4 When discarding waste oil, note that it must be disposed of as general industrial waste.

1

21

- 3) -1 Lubricating Oil Change Procedures (Oil usage period : 1 year)
- 1 After making sure the speed-increasing gear has completely cooled, place an oil pan/tray below the plug① and remove it.
 - 2 Then, remove the upper oil filler plug②.
 - 3 After all waste oil is drained out, re-install the plug① firmly in its place. Note that loose installing will cause oil leakage.
 - 4 Next, pour new lubricating oil through the filler plug② hole until the oil should come up to the center line of the oil gauge③.
 - 5 The quantity required of the oil is indicated on the rating plate.
 - 6 Once the correct level is reached, re-install the filler plug②.
 - 7 Do a test run and check the sound. Insufficient oil will result in making abnormal/groaning noise.

Designated Brand
ISO VG320 Extreme Pressure Gear Oil

Guideline for oil change intervals
Once a year or every 10,000 operating hours.

Generator Operating Procedure

2017.5 Hokuriku Electric Co., Ltd.

1) Before starting up the Water Turbine,
please confirm the following two points.

- ① Two Breakers must be at "OFF" position.
- ② Turbine must not be revolving.

When the turbine is revolving, stop water supply to it.

2) Start-up of Generator

- ① Set BreakerMCCB1 at "ON" position.
- ② When water is supplied to the Turbine,
power generation starts.

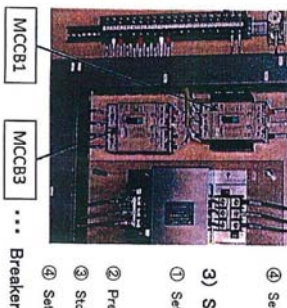
- ③ Press "Run" key of InverterINV1.

- ④ Set BreakerMCCB3 at "ON" position.
(power supply starts)

3) Shut-down of Turbine

- ① Set BreakerMCCB3 at "OFF" position.
(power supply stops)
- ② Press "Stop" key of InverterINV1

- ③ Stop water supply to the Turbine.
- ④ Set BreakerMCCB1 at "OFF" position.

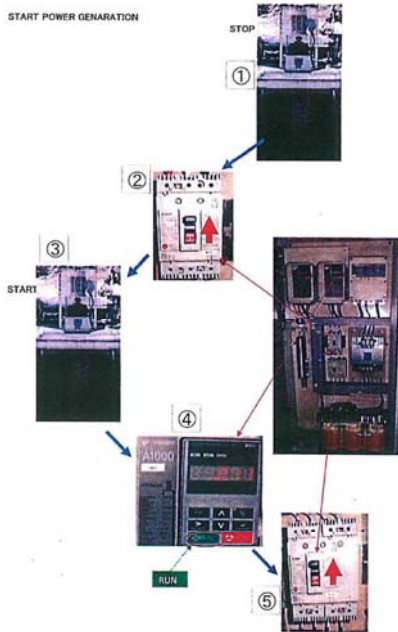


4) In case of Abnormal Stopping

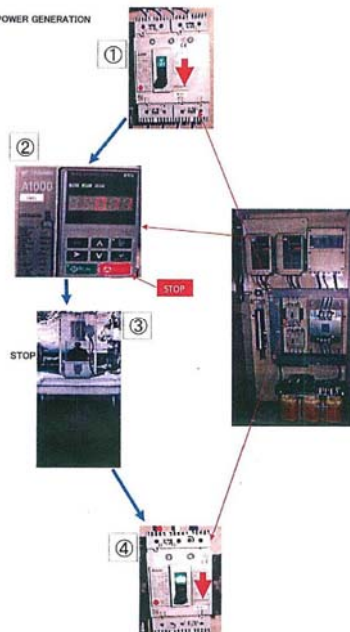
- ① Stop water supply to the Turbine.
- ② Set two Breakers at "OFF" position.
- ③ Follow "2)procedure" to start up Generator.
- 5) In case of Power Out-put decline due to clogging with waste/ garbage
 - ① Follow "3)procedure", then remove waste/ garbage.
 - ② Follow "2)procedure" to start up Generator.

OPERATION SEQUENCE OF HYDROPOWER GENERATOR

START POWER GENERATION

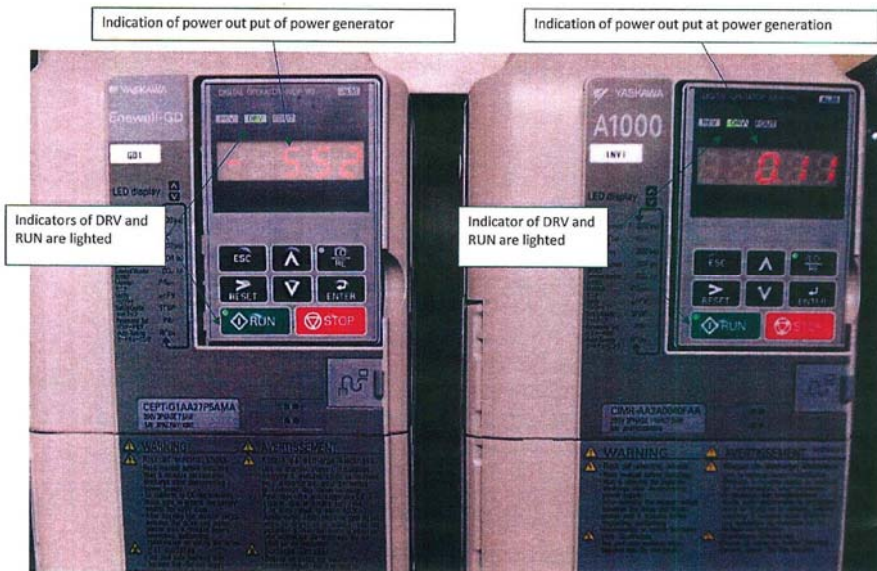


STOP POWER GENERATION



24

Indications of Normal Operating Conditions



25

Micro Hydropower Generation
POWER ARCHIMEDES

Manual of Charging Duties

December, 2017

HOKURIKU SEIKI CO., LTD

Index

1. Duties of the administrator.....	1
2. Battery charging service.....	2
2.1. Connection method of the battery.....	2
2.2. Open the all caps top of the battery.....	2
2.3. Connect Same Capacity battery in same time.....	3
2.4. Keep the Current of battery charging in 2 – 3 Amperes.....	4
2.5. Charge time.....	4
2.6. Check the Battery Liquid level.....	4
3. Relations of generation electricity and the electricity consumption.....	5
4. Recovery of the blackout by the excessive use of the electricity.....	6
5. The use of the electric apparatus except the battery charger.....	6
6. Safekeeping of replacement parts.....	6
7. Safekeeping of the key to generator panel.....	7
8. Keep clean in the POWER KIOSK.....	7
9. The making of the driving daily report.....	7
fig 1 Connection method of the battery (Max for batteries).....	2
fig 2 Open the caps top of the batteries during the charging batteries.....	2
fig 3 Good example(Same Capacity Batteries).....	3
fig 4 Bad example(Not Same Capacity batteries).....	3
fig 5 Front panel of the Battery Charger.....	4
fig 6 Check the Battery Liquid level.....	4
fig 7 Switchboard in the POWER KIOSK.....	5
table 1 Generation electricity and Available electric current.....	5
table 2 example of the driving daily report.....	8
table 3 example of the charging daily report.....	9

1. Duties of the administrator

The administrator has the next duties in the battery charge at the POWER KIOSK. The administrator understands this manual contents, and do the administration of facilities safely.

- Battery charging service
- Connection of the electric apparatus except the battery charger
- Safekeeping of replacement parts
- Safekeeping of the key to generation panel
- Indoor cleaning of the POWER KIOSK
- The making of the driving daily report

2. Battery charging service

2.1. Connection method of the battery

We can charge the four batteries per one battery charger. Don't connect 5 or more batteries same time. Because the charger has only 50 voltage capability. One battery needs 12 voltage. So, four batteries use 48 voltage.

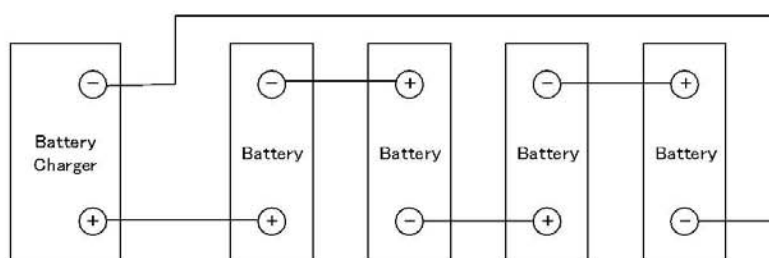


fig 1 Connection method of the battery (Max four batteries)

2.2. Open the all caps top of the battery

Open the all caps top of the battery while you charging batteries. Because it is in danger of a cap jumping out by a temperature rise charging.

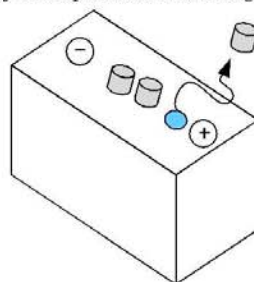


fig 2 Open the caps top of the batteries during the charging batteries

2.3. Connect Same Capacity battery in same time

When you charge batteries, please connect the battery of the same capacity. Don't connect the battery of the different capacity at the same time. Because it depends on the capacity of the battery in a charge time. It becomes the hypercharge or lack charge and is in danger when you charge different battery at the same time.

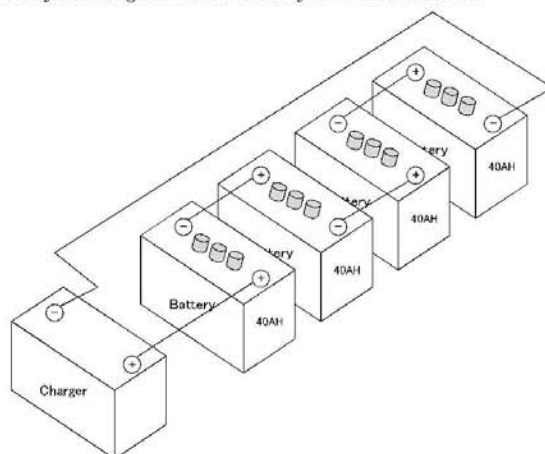


fig 3 Good example(Same Capacity Batteries)

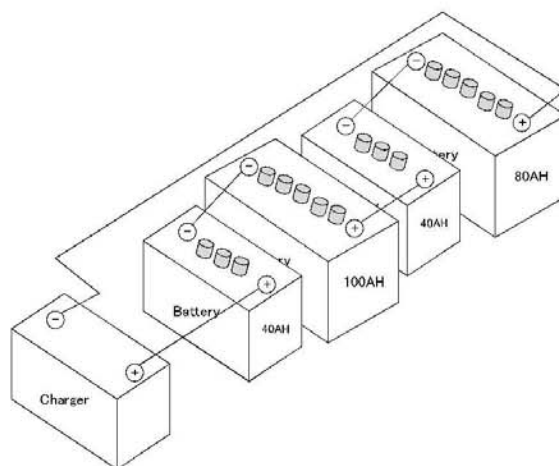


fig 4 Bad example(Not Same Capacity batteries)

2.4. Keep the Current of battery charging in 2 – 3 Amperes

Keep the current if battery charging in 2~3 amperes. You can arrange the electric current by turning the handle.

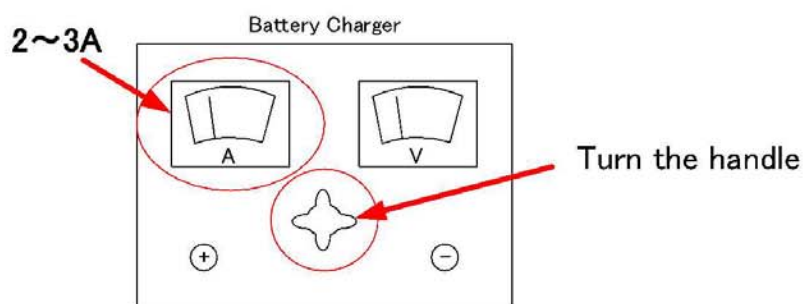


fig 5 Front panel of the Battery Charger

2.5. Charge time

Do the charge with approximately ten hours. But you confirm the correct charge time in the store of the battery, and decide necessary time.

2.6. Check the Battery Liquid level

Each charge, please check battery liquid level. When the battery liquid decreases, please supplement it.

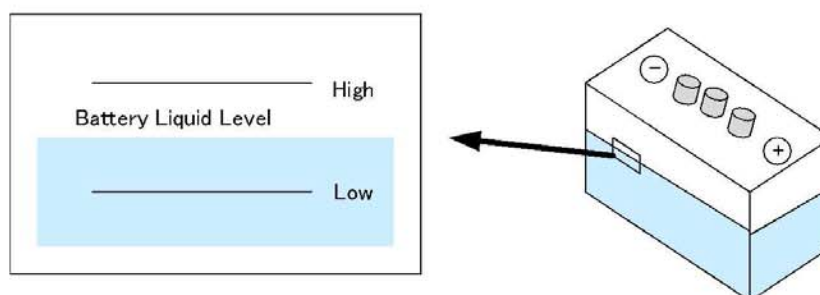


fig 6 Check the Battery Liquid level

3. Relations of generation electricity and the electricity consumption

The usable electricity in the POWER KIOSK is limited within the generation electric energy of the waterpower generator. Therefore, please check the generation electricity of the generator every day. Relations of the generation electricity and available electricity at the POWER KIOSK (the current value that you can confirm with a switchboard) shows it in table 1.

For example, you can use the electricity to 8.0A when the generator drives at 7.5kW. Use the red needle which is on the meter of the switchboard as a mark of upper limit of the consumption in this available electric current level.

In addition, the hydropower generator supplies 3 aspect electricity. Use 3 aspects in a good balance. It might cause a stop to a generator to use the partial specific aspect.

table 1 Generation electricity and Available electric current

Generation electricity	Ratio for the quantity of capacity	Available electric current
7.5[kW]	100%	8.0[A]
6.7[kW]	90%	7.2[A]
6.0[kW]	80%	6.4[A]
5.2[kW]	70%	5.6[A]
4.5[kW]	60%	4.8[A]
3.7[kW]	50%	4.0[A]
3.0[kW]	40%	3.2[A]

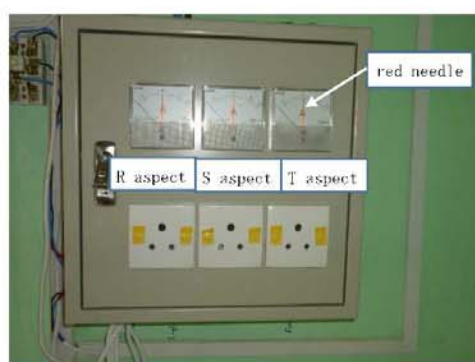


fig 7 Switchboard in the POWER KIOSK

4. Recovery of the blackout by the excessive use of the electricity

When you use electricity than generation electricity, it becomes the overload state and becomes the transmission stop. At this time, please restore in the next procedure.

- Turn off the electricity switch of the table tap.
- Turn off the breaker of the switchboard.
- Reboot a generator and a generation panel.
- Turn on the breaker of the switchboard and turn on the electricity switch of the table tap.

5. The use of the electric apparatus except the battery charger

If you use the electric apparatus except the battery charge, follow the next procedure.

- Single-phase alternating current 200V apparatus
Connect to the OA tap or outlets of the switchboard.
- 3 aspect 400V apparatuses
Connect a cable to the exclusive terminal stand in the switchboard.

In addition, you are within the generation electricity and to use 3 aspect electricity in a good balance.(see above-mentioned Clause 3)

6. Safekeeping of replacement parts

The replacement parts have next. Keep it severely, and prevent non-person concerned from touching it.

- Bearing
- V ring
- Fuse
- Resistor
- Repair paint

A person having necessary knowledge and skill, please perform the exchange according to an instruction manual.

7. Safekeeping of the key to generator panel

It is very dangerous because the high voltage increases in the generator panel, a terminal board, and the inside of the switchboard. The safekeeping of the key, please reach severely so that non-person concerned does not touch it.

8. Keep clean in the POWER KIOSK

A POWER KIOSK is a place for charging. For accident prevention, please do the cleaning regularly.

9. The making of the driving daily report

Please perform the driving of the generator and a record about the charge. Please record the everyday situation in reference to the next example.

table 2 example of the driving daily report

D.M.Y	Generation electricity[kW]	Status of generation	Maintenance	Remarks
11,DEC,2017	7.5	Good		
12,DEC,2017	7.0	Good		
13,DEC,2017	0	Stop		Suspension of water supply
14,DEC,2017	0	Stop		Suspension of water supply
15,DEC,2017	7.5	abnormal noise by a waterwheel		
16,DEC,2017	6.9	abnormal noise cancellation	Bearing exchange	
17,DEC,2017	5.6	Good		

table 3 example of the charging daily report

D.M.Y	Charge client	Amount	Remarks	Income (MMK)	Expenditure (MMK)	Purchase
11,DEC,2017	Mochizuki, Yamazaki, Minami, Fujiwara, Koike, Miyoshi,	24		50,000		
12,DEC,2017	Mochizuki, Yamazaki, Minami, Fujiwara, Koike, Miyoshi,	20		44,000	5,000	Power supply cable
13,DEC,2017	N/A	0	Suspension of water supply	0	20,000	Electric fan
14,DEC,2017	N/A	0	Suspension of water supply	0	2,000	Battery replenisher
15,DEC,2017	Mochizuki, Yamazaki, Minami, Fujiwara, Koike, Miyoshi,	30		60,000		
16,DEC,2017	Mochizuki, Yamazaki, Minami, Fujiwara, Koike,	10		20,000		
17,DEC,2017	Mochizuki, Yamazaki, Minami, Fujiwara, Koike	20		44,000		
Total				218,000	27,000	

**Irrigation and Water Utilization and Management Department
Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation**

Summary Report

Union of the Myanmar Republic

**Verification Survey with the Private Sector for
Disseminating Japanese Technologies for
Micro-hydropower Generation System Project**

April 2018

Japan International Cooperation Agency

Hokuriku Seiki Co., Ltd.

Table of Contents

Photos

Location Map

1. Project Background
2. Outline of the Project
 - 2.1 Objectives of the Project
 - 2.2 Project Activities
 - 2.3 Features of the Total System
 - 2.4 Work Schedule of the Project
 - 2.5 Project Implementation Organization
 - 2.6 Targets of the Project and the Activities Undertaken
3. Achievements of the Survey
4. Business Perspective and Development Plan
 - 4.1 Business Perspective
 - 4.2 Production and Sales Plan

Attachment: Outline of the survey

Photos

Project Site (November 2016)

			
Primary Channel of Kinder East Irrigation System	Water Intake	Secondary Channel	Selected Drops for Installation of Power Generator

Village Interview Survey (November 2016)



Factory Inspection Prior to the Shipment (March 2017)



Inspection before Shipment



Temporary Installation

Installation of Power Generator at the Project Sites (June 2017)



Power Archimedes in Operation at the Project Sites (August 2017)



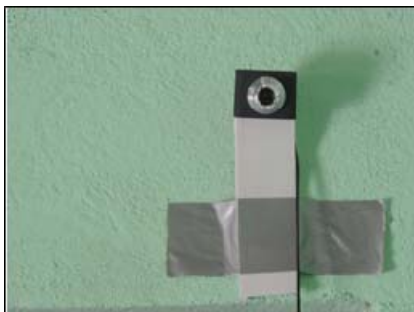
Power Kiosk Built and Battery Charging System (June 2017)



Power Kiosk



Battery Recharging System



Monitoring Camera



View on the Internet Screen



Testing of Oil Expeller



Testing of Rice Cooker

Power for Lighting System in Elementary School (July 2017)



Elementary School in Myaung Gyi Boung

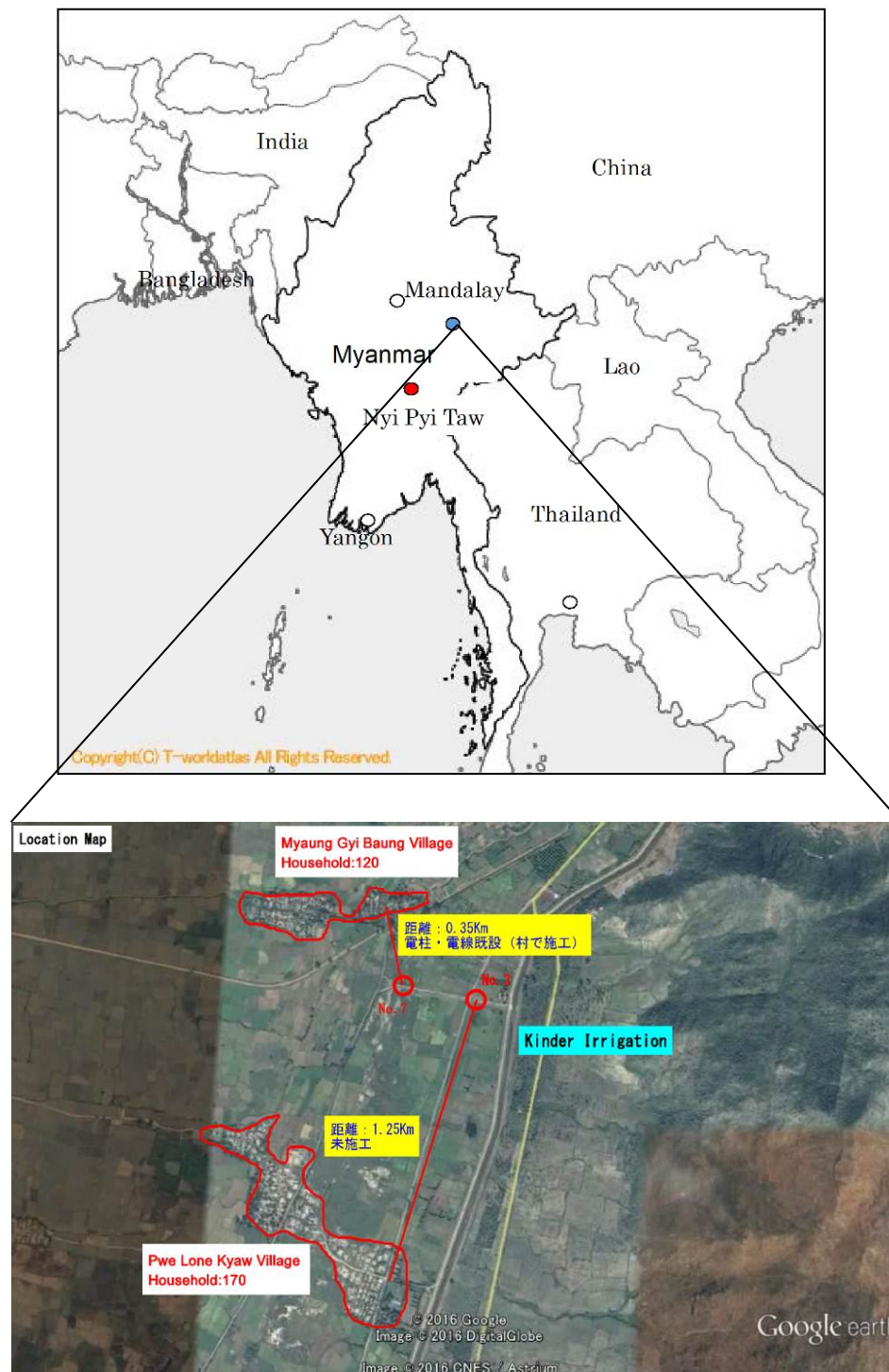


Elementary School in Pwe Lone Kyau

Inauguration Ceremony (June 2017)



Map



Myaung Gyi Boun Village and Pwe Lone Kyau Village in Mandalay Region

1. Project Background

A shortage of electric power is a serious issue that Myanmar has been facing. A realization of a sustainable and stable power supply is most important. Hydropower generation accounts for around 67% of the total power generation capacity at present. The electrification ratio of Myanmar is quite low, especially in rural areas. Around 2.7 million households out of 8.9 million total households (or 29% of total households) are connected to the power grid. The average electrification ratio is around 29%, however in rural areas it is mere 16%. The largest power consumption area in Myanmar is Yangon and its surrounding area, which consumes around 50% of the total power generated in Myanmar. Meanwhile the progress of electrification in rural areas is slow, especially at the village level.

The project formulation survey was carried out by Hokuriku Seiki Co., Ltd. in 2013 to formulate the project aiming at verifying and demonstrating the effectiveness of the micro hydropower generation technologies developed by Hokuriku Seiki Co., Ltd., in collaboration with the Irrigation and Water Utilization Management Department (IWUMD) – formerly the Irrigation Department or ID - of the Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation (MOALI). Through this project formulation survey, the needs for the provision of a micro-hydropower generation system, which can be installed at the drops/falls in irrigation channels, was confirmed.

2. Outline of the Project

2.1 Objectives of the Project

The Project is designed to verify the performance of the micro-hydropower generation system developed by Hokuriku Seiki Co., Ltd. and to contribute to the village electrification program, especially in non-electrified rural areas, in collaboration with the Irrigation and Water Utilization Management Department (IWUMD) of the Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation (MOALI). The objective was to localize production of the product so as to set the price of the product as low as possible in order to make such off-grid type independent power projects financially viable.

The Project envisages installing the micro-hydropower generation system at the drops/falls in the secondary irrigation channels that are controlled and managed by the IWUMD throughout Myanmar. An examination on how the improvement of living standards (or the elimination of poverty in such non-electrified rural areas) by means of village electrification schemes using the micro-hydro power generation system could be realized was undertaken. Furthermore, the process of how the dissemination of such micro-hydro power generation systems could be achieved was examined, in collaboration with the IWUMD.

2.2 Project Activities

In order to achieve the objectives of the Project, the counterpart organization for the execution of the Project was determined as the IWUMD. The direct beneficiaries of the Project are those 120 households of Myaung Gyi Boun Village and those 170 households of Pwe Lone Kyau Village, in the Mandalay Region. These two villages are located about 1 mile away from the selected drops /falls in the secondary channels of the Kinder East Irrigation System that serves the irrigation of some 42,000 hectares. The potential future beneficiaries during implementation of the Project is estimated to be around 20,000 households (equivalent to 6 – 7 million people who reside alongside the irrigation channels) to be developed by the IWUMD.

2.3 Features of the Total System

The inputs to the implementation of the Project are as follows:

Power Unit : Power Archimedes designed and developed by Hokuriku Seiki Co., Ltd.

Output : 7 kW for each drop/fall selected namely CY-3C Drop No. 3 and Drop No. 7

Dimensions : Width 1.3 m, Length 1.3 m, Height 3.2 m

Uniqueness of Power Archimedes :

Power Archimedes is of the Vertical Axis Water Flow Type. Minimum requirement of water discharge is 0.1m³/sec with an effective height 1.0 m for effective power generation (which other Companies cannot achieve);

Easy installation of equipment, especially when the machine is planned to be installed at the drop /fall in the irrigation channel. No substantial volume of civil engineering works is required, thereby the system cost can be minimized;

Hydro-power generation unit can be designed as either a hanging type or a standing type, depending on the shape of drop/fall in the irrigation channel;

Installation of a hydropower generation unit needs only one day in the case of the 10kW unit

Easy maintenance is possible by equipping the controller; and

Extremely long life of the equipment (20 years) subject to the proper maintenance of the machine.

【Power Generation System】

The difference of water level at the drops/falls in the irrigation channels between the up-stream side and the down-stream side (around 1.0 – 1.5m) is sufficient to rotate the screw of hydropower generation unit. The rotation of the shaft coupled with a screw drives the power generator. The power output is determined either by water discharge volume or by effective height at the drop/fall. The power conversion factor is 0.6, which is quite high compared with similar models made by other manufacturers.

Power Archimedes can be designed to meet with technical requirement either for installing it in the irrigation channel or to connect it with the penstock. (Refer Figure-1 Typical Sections of Power Archimedes)

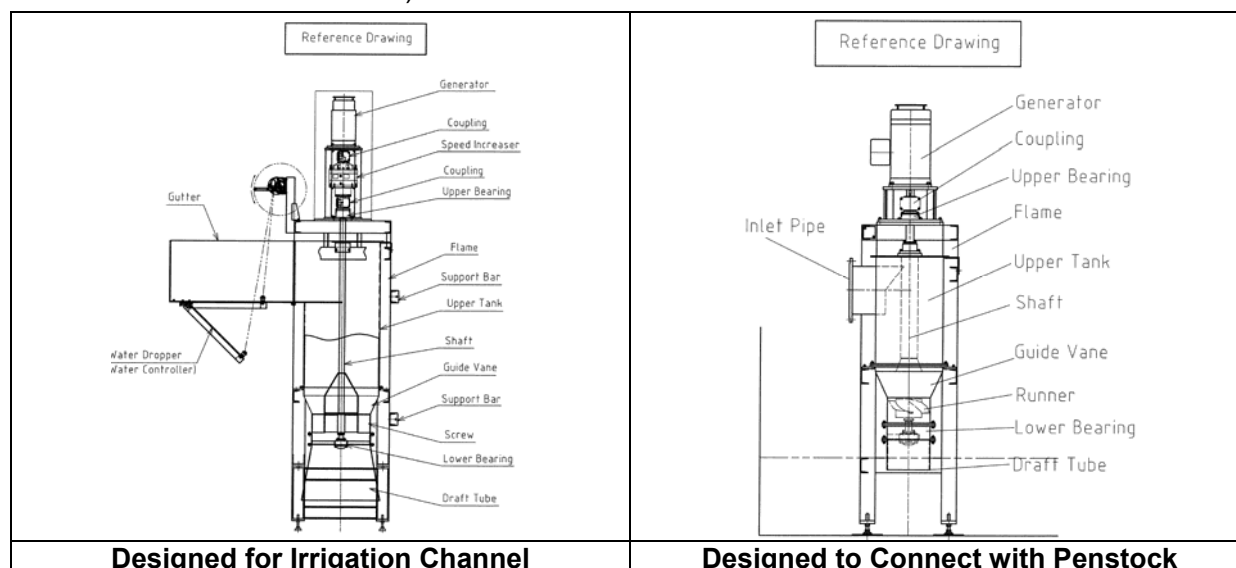


Figure-1 Typical Section of Power Archimedes

【 Power Distribution System 】

Basically the power distribution system designed is to transmit the power generated through the overhead wire to the battery charging units, located in the central area of the target village. The number of batteries rented out to the users in both villages was estimated, and subsequently 168 units were purchased. Since the water flow to the secondary channel where the hydropower generating units are installed is suspended during 2 months (December and January) each year, battery recharging is planned to be carried out in a conventional way that bring batteries for recharging to the nearest town, where the power is available from the grid power system.

In terms of the battery charger supplied, it is possible to re-charge 5 batteries of 40-70 Ah at the same time. The required period for recharging the batteries in full is around 8 hours. The power needed for re-charging around 60 units of batteries is around 2.5 kW depending on the size of batteries to be re-charged. As the required power for re-charging batteries is less than the net output power or around 7 – 10 kW, the remaining power of 4.5 – 7.5 kW can be utilized for industrial activities in the village, composing of around 300 households.

【 Hydro-power Generation Units Provided for the Project 】

The following photos and drawings show the outlook of the drops /falls and sections of two different types of Power Archimedes designed for installing at the respective drops/falls in the irrigation channels.



Figure-2 No.3 Drop/Fall of CY-3C Secondary Channel

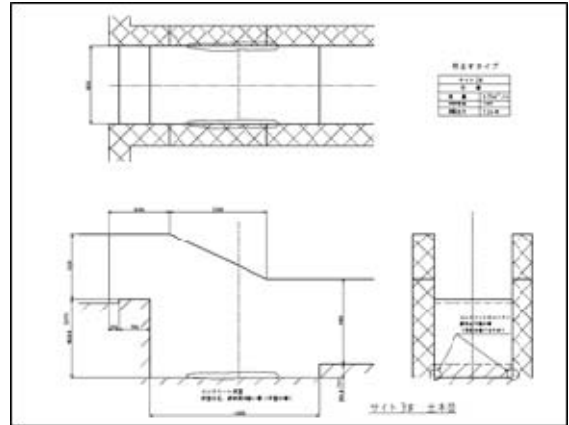


Figure-3 No.7 Drop/Fall of CY-3C Secondary Channel

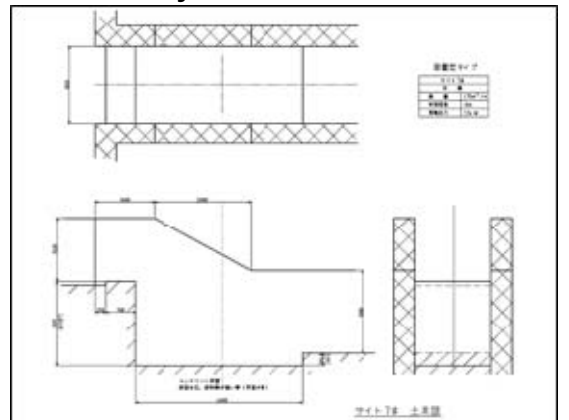


Figure-4 Installation of Power Archimedes - Hanging Type (No.3 Drop)

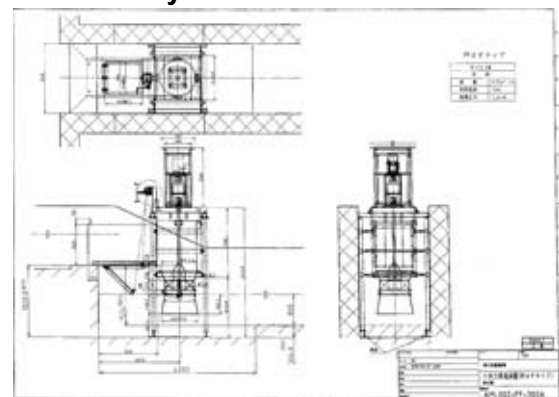
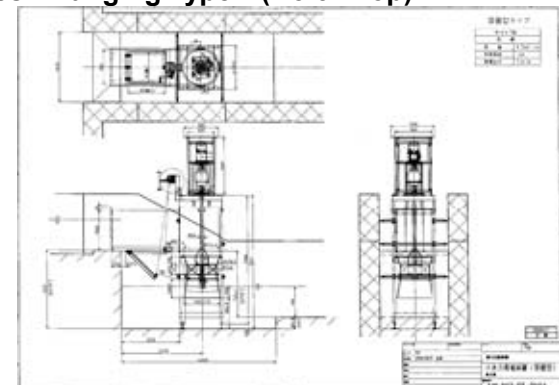


Figure-5 Installation of Power Archimedes – Standing Type (No.7 Drop)



【Total System】

Figure-6 illustrates the total power generation and distribution system in both of the target villages.

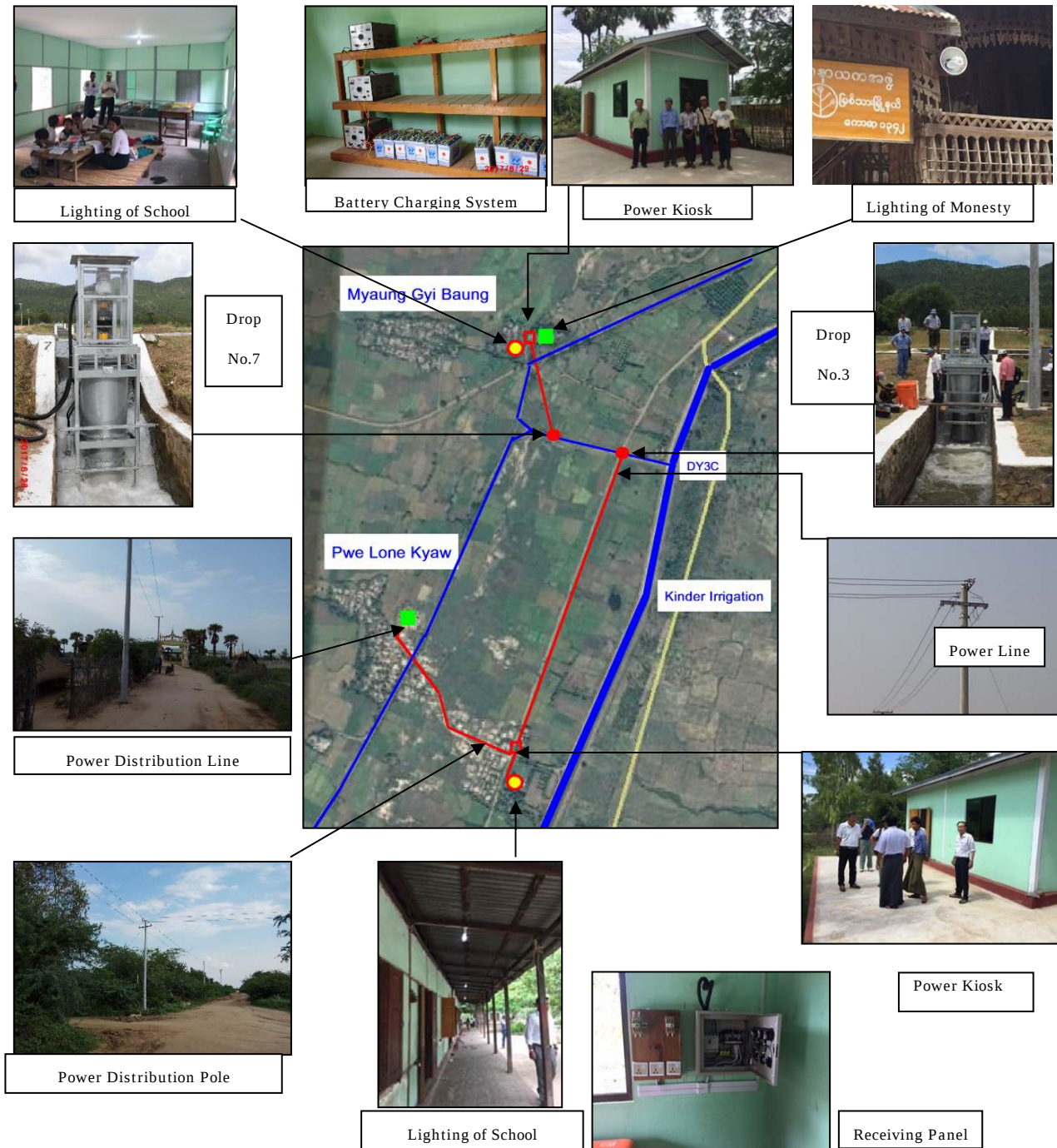


Figure-5 Features of the Total System

【Counterpart Government Agency】

The counterpart government agency of Hokuriku Seiki Co., Ltd. is the Irrigation Water Utilization Management Department (IWUMD) of the Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation (MOALI). The IWUMD is mandated for the plan preparation, development, maintenance of the irrigation facilities, composed of dam, water reservoir, irrigation channels and water utilization (hydropower generation) in the rural areas. The IWUMD is one of the largest government organizations and has a division specialized in the manufacture of hydropower generation units (mostly of the S-shape tubular type). In the past few years, the IWUMD has produced around 100 units of these S-shape tubular type small-hydropower generators.



Figure-6 S-shape Tubular Runner Produced in Yangon Factory of IWUMD

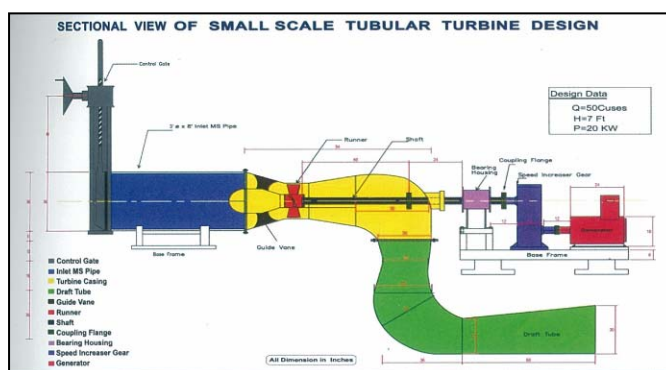


Figure-7 Typical Section of S-shape Tubular Small-hydropower Generator of IWUMD



Figure-8 View of Installation of S-shape Tubular Type Power Generation Units (20 kW)

【Target Area of Beneficiaries】

The direct beneficiaries of the Project are the populations of the two villages where the two power generation systems are provided. The number of households in the project villages is 120 in Myaung Gyi Boun Village and 170 in Pwe Lone Kyau Village. The estimated number of villages that can be electrified by small-hydropower generators is around 36,000 villages, assuming that around 83% of the total number of villages (some 43,300 villages) is not electrified as of 2017. Most of the irrigation systems are situated in the upland intensive mixed-use agricultural areas (in the Mandalay Region, Sagaing Region, Magway Region, and Bago Region) where around 22 million people reside, or some 40% of the total population of Myanmar. Thus the potential number of villages for electrification through the use of micro-hydropower generation units can be estimated at around 14,400 villages. Assuming the number of households per village is around 150, and an average number of people per household is 4, then around 8.6 million people could be potential beneficiaries of such small-hydropower generation systems installed along the irrigation systems.

2.4 Work Schedule of the Project

The work schedule and progress are shown in Figure-9 below.

2.5 Project Implementation Organization

The organization chart of the project implementing organization is as illustrated in Figure-10.

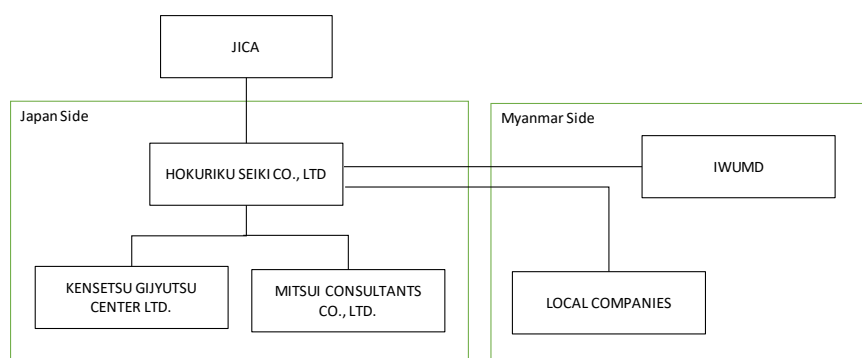


Figure-10 Project Implementation Organization

【Japan side】

Hokuriku Seiki Co., Ltd. (Manufacturer)

Kensetsu Gijyutsu Center, Ltd. (Supporting Consultants)

Mitsui Consultants Co., Ltd. (Supporting Consultants)

【Myanmar side】

Irrigation Water Utilization and Management Department of
Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation

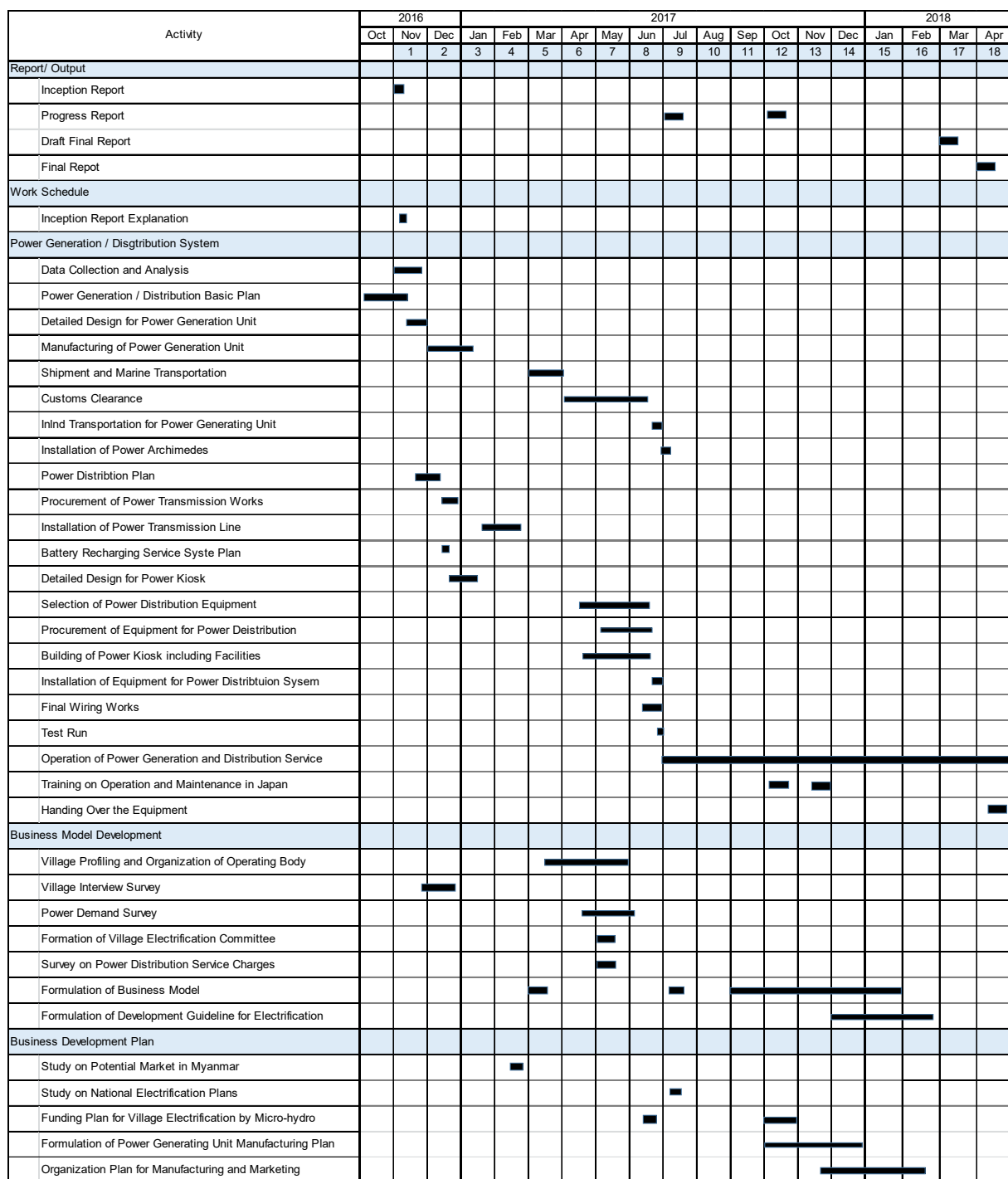


Figure-9 Work Schedule and Progress

2.6 Targets of the Project and the Activities Taken

The achievements of the targets set out for the execution of “*Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Micro-hydropower Generation System Project*” are measured by the achievement of the following targets.

Target-1	Power Archimedes is installed properly as designed and the power generated is transmitted to the target villages and the possibility to improving the living standards of villages is confirmed.
Target-2	The organization for the maintenance of the system in the IWUMD and for the utilization of power in the target villages is designed and formed in both villages.
Target-3	Dissemination plan of Power Archimedes is formulated.

The activities to be carried out to achieve each target are stipulated accordingly, as follows:

Actions taken for the Target-1 .

Target-1	Power Archimedes is installed properly as designed and the power generated is transmitted to target villages and the possibility to improve the living standards of villages is confirmed.
1-1	Conduct village interview surveys to grasp the profile of the target villages and issues at non-electrified villages.
1-2	Collect the data needed to install the Power Archimedes and conduct the necessary engineering design, taking into account the result of analysis of such data collected that has been collected.
1-3	Design the transmission and distribution system
1-4	Install the Power Archimedes manufactured in Japan to the designated locations along the secondary irrigation channels
1-5	Operate the Power Archimedes and monitor the operational conditions to confirm a stable power supply
1-6	Confirm that the power is transmitted to the power receiving panel in a stable manner
1-7	Confirm how the power generated and transmitted is used by the villagers and how the electrification has been achieved in both quantitative and qualitative ways
1-8	Improve the Power Archimedes if any deficiency is found, through the operation of the power generation / distribution systems
1-9	Summarize the criteria and ways to install the Power Archimedes in the secondary irrigation channels.
1-10	Confirm the power generation efficiency of the Power Archimedes based on the data collected through the operations of power generation systems

Actions taken for the Target-2 .

Target-2	The organization for the maintenance of the system in the IWUMD and utilization of power in the target villages is designed and formed in both villages.
2-1	Explain the outline of the Project and required activities to the IWUMD and the villagers to establish the proper organization for sustainable operation of the power generation and utilization systems.
2-2	Determine the service charge level and the way of correcting service charges with the village electrification committee and the power kiosk operation body to

	operate the system in sustainable way.
2-3	Conduct workshops in the villages to help villagers to utilize the electrical power made available to the villages.
2-4	Prepare the manuals and guidelines for the installation and maintenance of the power generation and distribution system for the IWUMD.
2-5	Receive key staff of the IWUMD in Japan for the technical knowledge transfer needed for the maintenance of the hydropower generation unit.
2-6	Establish a regular maintenance system that is to be undertaken by the IWUMD and the village electrification committee
2-7	Establish the system for battery re-charging, aimed at distribution of electrical power to the users.
2-8	Complete the operation and maintenance manuals based on the analytical results of activities carried out at this stage.

Actions taken for the Target-3 .

Target-3	Dissemination plan of Power Archimedes is formulated.
3-1	Collect data and information relevant to the electrification program for the non-electrified villages by the IWUMD, using the micro or small-hydro power generation units and forecast of the potential market size in Myanmar
3-2	Study and analyze the various business risks (i.e. country risk, currency exchange risks, taxation, regulations, etc.) for the marketing of the Power Archimedes.
3-3	Sort out the issues to expand the market of the Power Archimedes in the non-electrified villages in Myanmar based on the analytical results of above studies.
3-4	Introduce the Power Archimedes through an observation tour or a seminar for government organizations to share the results and issues identified through the execution of the Project, which includes observations from project sites.
3-5	Formulate the production, marketing and location plan of the Power Archimedes

3. Achievements

Target-1	Power Archimedes is installed properly as designed and the power generated is transmitted to the target villages and the possibility to improve the living standards of village is confirmed.
----------	---

1) Verification of Power Generation

The discharge volume of CY-3C is as shown in the table below.

Name of Month	Discharge (ft ³ /month)	Remarks
January	-	
February	364	Ref. No. of Secondary Channel DY-3C
March	616	Rainfall in 2014
April	532	Rain Drop Days: 49 Days
May	588	Total: 30 inches
June	588	
July	532	
August	616	Average Discharge: 28 ft ³ /sec
September	560	Average Discharge: 0.79 m ³ /sec
October	560	
November	448	
December	-	

Source: IWUMD Mitta Branch

After installation of Power Archimedes at designated locations, the output power was measured. The output power measured at the time of testing at the project site was around 7.0 kW, in accordance with the design.

2) Verification of Time Needed for the Installation of Power Archimedes at the Project Sites

The water flow in the secondary channel was stopped completely for one day before the day of the machine installation. The components and part of the machines in disassembled form arrived at the project site. The wooden crate and frame protecting the different components of the machine from damages were removed one by one, then were transferred to both positions planned as close as possible to each drop/fall selected for the installation of Power Archimedes by using a mobile crane, a 4-wheel drive truck and labourers. The Power Archimedes was assembled and the steel frames were set at the drops/falls. Then the Power Archimedes was installed by fixing it to the steel frame. In parallel with the installation of Power Archimedes, a self-standing type control panel was erected on a concrete base prepared prior to the arrival of machine at the project site. Thereafter the wire between Power Archimedes and control panel was connected. The power was generated and transmitted to the designated villages through the power transmission lines erected prior to the day of machine installation. The power transmission was measured at the receiving panel furnished in the Power Kiosk at each village and it was confirmed that the power was transmitted properly. All these works were carried out in a single day.

Target-2	The organization for the maintenance of the system in the IWUMD and utilization of power in the target villages were designed and formed in both villages.
----------	--

3) Formation of Village Electrification Committee and Power Kiosk Operating Body

The Organization required for sustainable operation, maintenance and management of the total system was formulated as shown in Figure-10 by the concerned agencies and organization inside and outside of the village.

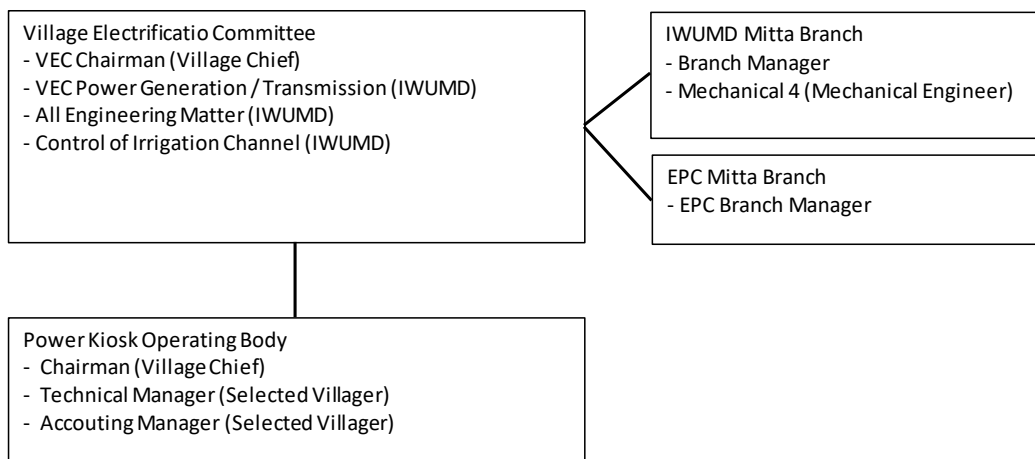


Figure-10 Village Electrification Committee Organigram

4) Maintenance of Power Archimedes and the Total System

The maintenance manuals of Power Archimedes were prepared and delivered to the office of IWUMD directly in-charge of the Project. The most important point of maintenance of Power Archimedes is the replacement of ball bearings attached to the axles of runners, once in every three years of operation. The selected mechanical engineer of IWUMD has been invited to the factory of Hokuriku Seiki Co., Ltd. and the demonstration for the replacement of the important bearings was carried out to transfer knowledge of the relevant technique.

5) Training on Regular Maintenance Activities

During the course of implementation of the project, training on the regular maintenance activities, such as inspection and greasing of ball bearings and other moving parts was conducted at the project site. Figure-11 shows the details of training on the maintenance of machines.



Training on Greasing



Training on Greasing



Training on Greasing of Machine



Training on Greasing of Machine



On-the-Job Training for Operations



On-the-Job Training for Maintenance

Figure-11 On-the-Job Training Conducted

6) Present Power Source and Purpose of Using Electric Power in the Villages

The results of the village interview survey are summarized as shown in Figure-12.

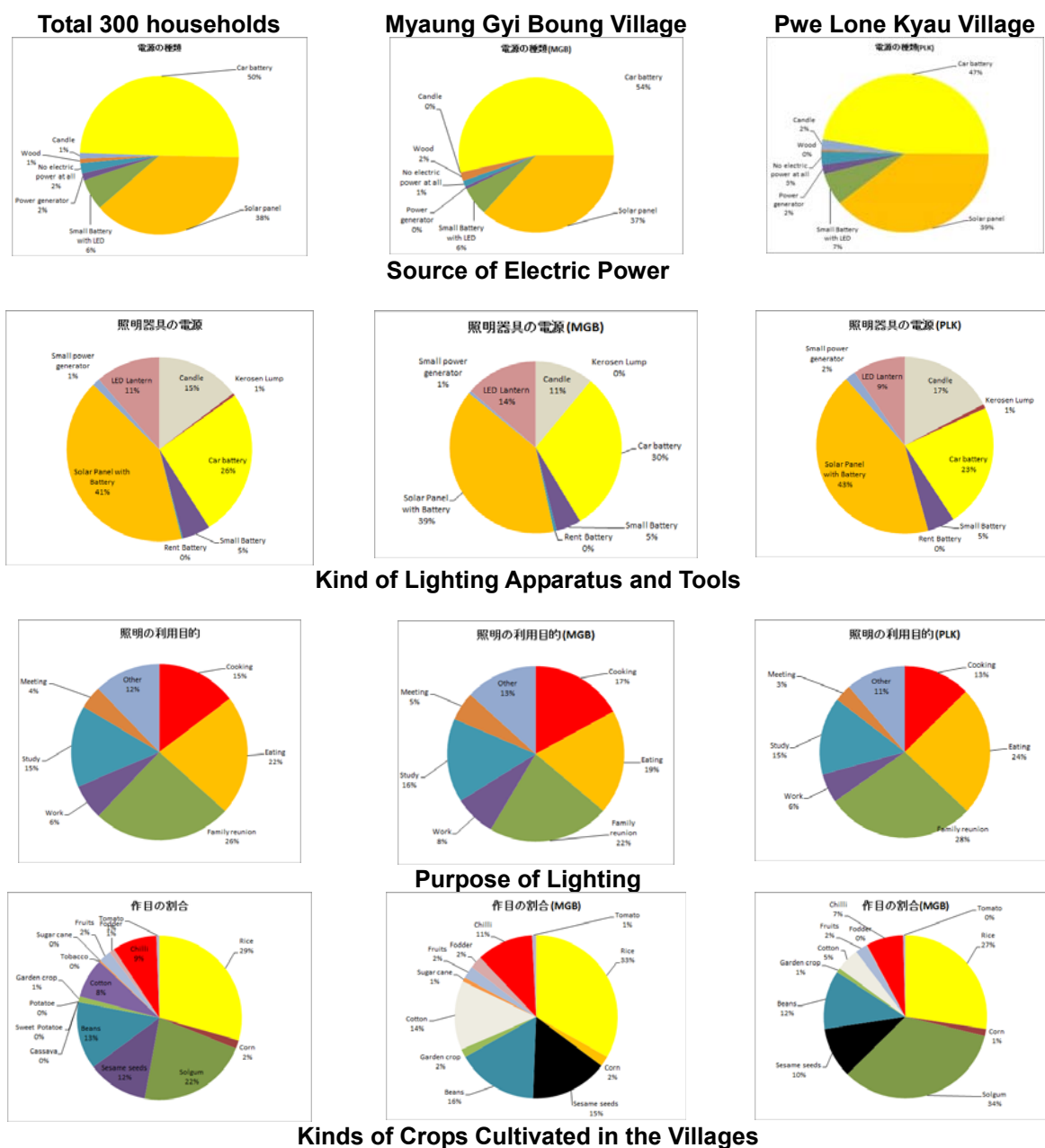


Figure-12 Results of Village Interview Survey on the Use of Electric Power in the Village

7) Average Income and Possible Expenditure for Electric Power Service

The result of interview survey in both villages shows that the average monthly household income is around US\$ 111 (MMK 150,000), of which around 60% is earned by non-farming works outside of the village. Around 50% of the households have borrowed money from moneylender. . The average amount of credit per household is US\$ 330 (MMK 440,000) or equaling 3 times the average monthly income. Around one third of households possess solar panels, batteries, and televisions.

8) Willingness-to-Pay for Electric Power Service

According to the results of the village interview surveys, the average monthly charge that a household is willing and possible to pay for power service is US\$ 3.5 (MMK 4,600) or 5% of their monthly income. Based on this data, the monthly charge for re-charging batteries (for rental batteries is set at MMK 5,000).

9) Average Monthly Revenue of Power Kiosk

It took some months of continuous battery re-charging operations for the Power Kiosk operator to master the battery re-charging procedure and to keep the accounting book recording the sales of battery re-charging services and the expenditure needed for the proper operation of the Power Kiosk. The battery re-charging service started in August 2017, after the Power Archimedes started power generation. The accumulated revenue up to November 2017 reached around US\$ 120 in the respective villages. The monthly revenue is around US\$ 100 or MMK 134,000. If this rate of revenue per month should continue for ten (10) months, the annual revenue of each Power Kiosk can be estimated as US\$ 1,000. Assuming the total initial capital investment cost is US\$ 50,000 and required annual budget for maintenance of machine is 1% of the total initial capital investment cost, the annual budget requirement is US\$ 500. Thus the revenue generated from the battery re-charging services could be sufficient to cover the expenditure for the maintenance of the machine. However, if the power generation project needs to be financially viable from a commercial point of view, the revenue generated from the sale of services for re-charging batteries is not sufficient at all.

10) Optimization of Power Generated by Power Archimedes

The average power consumed for the battery re-charging services for each village is analyzed through four months operation of the total system and was found to be around 2.5 kW. This means that there is a balance available of around 5kW. This 5kW power output can be utilized further for increased revenue of the Power Kiosk and the income of villagers or farmers. A testing of oil extraction using raw materials available locally was carried out. Both villages cultivate several crops that can be processed in the village to add value, such as sesame seed, cotton, and sunflower seed processing. The business plan for industrial activity in the village through utilizing the electric power available was vested to the villagers headed by the village chief. However no good results were obtained, due to a lack of knowledge and experience of business operations by villager themselves.

11) Small Public-Private Partnership type Business is Recommended

It is recommended to invite private business entities from the nearest rural city / township to utilize the electric power made available for small-scale rural agro-industrial businesses in places where the Power Archimedes is installed aimed at village electrification along the irrigation channels. The IWUMD will install the Power Archimedes at several drops/falls along irrigation channels properly and will lease out the machine to private business qualified entities,

selected through public bidding and ready to conduct agro-industrial business utilizing the power available at the villages. In this way, the power requirement of villagers can be met, the income of villagers will increase through sale of their farm products for processing by the private business entity and the private business entity will generate a profit. Then the IWUMD would lead and guide the villagers to attain the best outcome of power generation along irrigation channels.

Target-3	Dissemination plan of Power Archimedes is formulated.
----------	---

1) The Potential Market Size of Power Archimedes

The total number of population of Myanmar is around 53.9 million, of which 35.5 million is considered as the rural population. Assuming the average number of persons per household in rural areas is 5.5; then the total number of rural household would be around 6.5 million. The average number of households in a village may be assumed as 150. Then the total number of villages in the rural area can be estimated at 43,300 villages. As the electrification ratio in the rural area is estimated at around 17% (Source: World Bank), the number of non-electrified villages is around 36,000. The intensive irrigation system is spread out in Mandalay, Sagaing, Magway and Bago regions. The total population of these regions is around 22 million or around 60% of the total rural population. Thus around 21,600 households are considered as non-electrified households. The potential users of power generated along the irrigation channels therefore can be estimated say 60% of non-electrified households or some 13,000 households in total.

2) Requirement of the IWUMD Mitta Branch

The IWUMD's Mitta Branch is responsible for the control and management of the Kinder Irrigation System and oversees the village electrification project and verification survey project of Hokuriku Seiki Co., Ltd. as the site selected for the project belonging to the Kinder East Irrigation System. The IWUMD has already acknowledged the superior performance of the Power Archimedes, and the ease of installing machines and of commissioning the total system for village electrification. Then the IWUMD Mitta Branch has suggested considering the need of village electrification by utilizing the irrigation channel of the Kinder East Irrigation System further. The actual demand of the Power Archimedes exists at around 21 drops/falls in total at DY-21, DY-23 and DY-25. The total population of three villages related to these secondary irrigation channels of the Kinder East System is estimated at around 8,500 and the number of households is around 2,000, all of which are non-electrified at present. Figure-12 shows the outlook of these secondary channels suggested by the IWUMD Mitta Branch to be considered for village electrification through use of the Power Archimedes. As all the drops/falls are standardized and similar to that of DY-3C, where the verification survey project was carried out, the power output of each drop/fall by the Power Archimedes can be estimated at some 7 kW. If

all the drops/falls are utilized for power generation, the total output can be around 150 kW, which is considerable and could be utilized for rural industrialization.



DY-21 Secondary Channel



DY-21 One of 7 Drops



DY-23 Secondary Channel



DY-23 One of 8 Drops



DY-25 Secondary Channel



DY-25 One of 6 Drops

3) Localization of the Manufacturing of Power Archimedes

The IWUMD principally agreed with the Hokuriku Seiki Co., Ltd. to manufacture the substantial part of the Power Archimedes at their factories operating at present under the supervision, and quality control management of Hokuriku Seiki Co., Ltd. The technical collaboration agreement is expected to be concluded in the future. Hokuriku Seiki Co., Ltd. has already observed the existing factories of the IWUMD and assessed that it is possible to utilize the existing building and some machine tools, however it may need to replace and to provide several other machine tools in future.

4. Business Development Plan and Perspective

4.1 Business Perspective

Depending on the agreed conditions with the IWUMD, at the beginning of the cooperation the power generator, speed increaser, screw, axle, and control panel will be manufactured

in Japan and exported to Myanmar (recipient the IWUMD). The steel frameworks and the cylinders will be manufactured locally. The proportion of localized sourced parts will increase on a step-by step basis. The duration of technical collaboration agreement is expected to be 3 years. After the experience of collaborative manufacturing activities, it is expected that a more advance collaboration agreement can be concluded between the two parties.

4.2 Production and Sales Plan

At the beginning of the technical collaboration the average monthly production volume can be set say at five units per month. The project formulation and design will be carried out by the IWUMD, in collaboration with Hokuriku Seiki Co., Ltd. Subsequently after the initial period, the number of production units could be doubled, through increasing the amount of machine tools and labourers.