

**ミャンマー国**  
**小水力発電による農村の**  
**エネルギー自立支援事業調査**  
**(中小企業連携促進)**

**ファイナル・レポート (要約版)**

**平成 27 年 1 月**  
**(2015 年)**

**独立行政法人**  
**国際協力機構 (JICA)**

**川端鐵工株式会社**  
**有限会社角野製作所**  
**アジア航測株式会社**

|        |
|--------|
| 国内     |
| JR     |
| 15-006 |



## 目 次

|     |                          |    |
|-----|--------------------------|----|
| 1.  | 事業サマリー.....              | 1  |
| 2.  | 農村の経済力、電力需要、消費性向の把握..... | 2  |
| 3.  | ニーズ調査.....               | 2  |
| 4.  | 水車適性調査.....              | 4  |
| 5.  | 競合調査 .....               | 8  |
| 6.  | 関係機関との意見交換.....          | 10 |
| 7.  | 投資環境調査.....              | 11 |
| 8.  | 現地生産体制調査.....            | 13 |
| 9.  | 事業モデルの検討.....            | 14 |
| 10. | 現地 ODA 事業との連携.....       | 19 |

# 1. 事業サマリー

## 1.1 ミャンマーの開発課題と本調査の位置づけ

国際協力銀行の「ミャンマーの投資環境 2013年11月」によれば、ミャンマー国内の電化率は26%（MOEP公表）にとどまっており、電力の普及が国家的課題となっている。本事業は小水力発電技術による電力供給を推進するものであり、当該国が抱えるエネルギー課題の一助となるものである。

本事業が提案する小水力発電は小流量（ $0.01\text{m}^3/\text{s}\sim 0.05\text{m}^3/\text{s}$ ）かつ低落差（ $0.1\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 程度）でも発電できる簡易発電であり、我が国のものづくりを支える中小企業でも、近年独自の装置開発が進んでいる。これらの発電装置は施工性、メンテナンスの容易さからミャンマー国の無電化地帯（特に農村地帯）でも即戦力となるものであり、1台あたり250,000円～300,000円の安価な価格設定で現地生産・現地販売を目指すものである。

## 1.2 事業内容

川端鐵工所の「タライ水車」による発電装置を主力に、角野製作所が開発した「ピコピカ水車」、その他一般的な「上掛け水車」「下掛け水車」「らせん水車」等、様々なタイプの小水力発電装置を生産し、設置場所の条件や使用用途に合わせた提案を行い、現地での生産・販売を行う。



図1 タライ水車とピコピカ水車

## 1.3 調査結果の概要

農村ヒアリングの結果、小水力発電に対する高いニーズや商品適性が確認でき、特に丘陵地形を呈するシャン州では小水力発電の適地が多いことが明らかになった。農家の経済力は一律に低く、個人への販売は困難であると推察されるが、すでに小水力発電を導入している村では、組織的な取り組みで各家庭から資金を徴収してイニシャルコストを調達しており、本事業においても同様の販売戦略が可能と判断した。

関係機関からは投資環境のリスク等について助言をいただき、現地パートナー企業との合弁事業が最適との結論に至った。本調査において、小水力発電を手掛ける現地企業と面談を行い、相互に合弁の意思を確認し、1年後をめどに合弁会社を立ち上げる計画とした。

## 2. 農村の経済力、電力需要、消費性向の把握

ミャンマーにおける農村の実態を把握するために、複数の農村を対象としてヒアリングを実施した。訪問した農村の一覧は表1のとおりである。地域の多様性を考慮してデルタ地帯（エーヤワディ管区）、中央乾燥地帯（マグウェ管区、マンダレー管区）、丘陵地帯（シャン州）の農村を訪問した。シャン州では小水力発電を導入している農村が多かったため、その市場性に着目して多くの農村を訪問した。いずれの農村でもヒアリング時には多くの方々に参集いただいたが、主に村長や僧侶、電化委員会などの代表者に回答いただいた。

表1 訪問した農村一覧

| 訪問した農村      | 州・管区   | 農村規模   | 小水力発電の導入の有無      |
|-------------|--------|--------|------------------|
| ① Paykone村  | エーヤワディ | 950人   | 未整備              |
| ② Shardee村  | マグウェ   | 800人   | 未整備              |
| ③ Khin村     | マンダレー  | 1,000人 | 未整備              |
| ④ InnNi村    | シャン    | 500人   | クロスフロー水車         |
| ⑤ NaunPee村  | シャン    | 650人   | プロペラ水車           |
| ⑥ NaungWoe村 | シャン    | 1,400人 | 最近電化されたため使用していない |
| ⑦ SanPhoo村  | シャン    | 1,100人 | 中国製プロペラ水（故障で放置）  |
| ⑧ PanLyan村  | シャン    | 340人   | フランス水車           |
| ⑨ NaunHoo村  | シャン    | 350人   | 中国製プロペラ水車        |
| ⑩ HoNa村     | シャン    | 500人   | 中国製ターゴ水車         |
| ⑪ PanMa村    | シャン    | 600人   | 未整備              |
| ⑫ KyuMoon村  | シャン    | 300人   | 中国製プロペラ水車        |
| ⑬ Sangaw村   | シャン    | 500人   | 中国製プロペラ水車        |

## 3. ニーズ調査

### 3.1 ミャンマー国における電力プランの把握

中央政府においては、2030年までの長期展望として、ミャンマー初の電力マスタープランを策定中であり、その具体内容を注視していく必要がある。

一方、世界銀行でも National Electrification Plan(2030年までの国家電化計画)と呼ばれる計画を作っている。これは世界銀行とミャンマーの政府系組織（ESE=Electricity Supply Enterprise、DRD=Department of Rural Development）の3者が共同で作成しているものである。この計画では2030年までに98%~99%の国内電化を達成するとされており、既存グリッドの周辺から徐々にエリアを拡大するとされている。ただし、電化が遅れる辺境についてはオフグリッド・ミニグリッドの分散型発電の施策を併用するとされている。

### 3.2 ターゲットとする市場（農村）の現状

地域によって差はあるものの、訪問した農村の経済状況は概して厳しい。農村ヒアリングでは一般的な農家年収が1,000,000MMKと回答しており、45,000MMKのソーラパネルを購入できる世帯は一握りである。乾電池式のLED電灯（ハンディタイプ）を保有している世帯は散見されたが、無電化地域における夜の灯りは今でもロウソクが主流となっている。

小水力発電に対する農村の期待は大きいものの、その経済状況から個別世帯への水車販売は難しいものがある。このような中、小水力発電が盛んなシャン州では、村組織として出資金を集め、共同購入によって設備を導入している事例が多く見られた。



図2 小水力発電の話に興味を持って集まる無電化農村の子供たち（SharDu村）

### 3.3 販売先（需要者）の想定

村組織への販売が主流となり個人向けの販売は難しいものと考えられる。小水力発電の導入にあたっては、初期投資が必要となるため、その出資金をどのように集めるか、という視点をもってすると、リーダーが存在している地域、村内組織が既に機能している地域、僧侶が絶対的に大きなイニシアチブを持っている地域等では出資を募りやすい。またこのような自治機能がしっかりとした地域では、小水力発電導入後の維持・管理についても自営体制が結成されやすいと考えられる。シャン州ではこのような形態でいくつかの村が小水力発電を実現している。

また、農村でのヒアリングでは小水力発電の電力を電動工具等に活用したいという声もあった。無電化農村ではそもそも電化製品に関する知識が低いうえ、農業を主体とした生活をしているため、電力の産業利用については先見的なイメージを持っていないが、バイクの修理に必要な電動工具の利用については大きな期待を持っている。ある程度大きな発電（10kW以上）が実現すれば将来的には電力の産業利用も可能であり、ひいては農村の収入向上につながるものである。

### 3.4 需要者への資金提供、マイクロファイナンスの可能性

地域によってはUNDPが運営している「PACT IN MYANMAR」というマイクロファイナンス（年利4% 上限10万MMK）を利用している農村があった。しかしながらこれらは一部の地域のみであり、ほとんどの農村ではファイナンスの仕組みが普及していない。

ミャンマーではこれまで国内銀行の保護を理由に外銀の営業を認めていなかったが、最近では金融改革の一環として外銀に免許を与えることに方針転換をしている。日本の銀行のうち、3つのメガバンク（三菱東京UFJ銀行、三井住友銀行、みずほ銀行）がミャンマー政府に銀行業務の免許を申請し、認可を受けている（2014年10月）。今後はこれらの日系バンクとの連携でファイナンス方式による資金調達の可能性もある。

### 3.5 ナショナルグリッドと小水力発電

調査した農村の中には、ナショナルグリッドの普及によって従来利用していた小水力発電を放棄した事例があった。ナショナルグリッドからの配電を享受するためには、相当の初期料金や月々の電気料金が必要になるため、収入に余裕のある家庭しか利用していないケースが多いが、メンテナンスの手間がなく、いつでも自由に使える電気として、その利便性が重宝されている。ナショナルグリッドは今後、国家プロジェクトとしてさらなる拡大が見込まれ、将来的には小水力発電のようなローカル発電は衰退していくことも考えられる。ただし、ナショナルグリッドの全土整備には相当の時間を要するため、現状の無電化農村においてはまだまだローカル発電のニーズが高い。

一方で、ナショナルグリッドと小水力発電の共存も考えていくべきである。先進国においては環境問題や資源枯渇の視点から自然エネルギーの地産地消が見直されているが、本来、自然エネルギーは有効な地域資源として活用することが必要である。電化率の低いミャンマー国においては、生活向上のためナショナルグリッドの整備普及が喫緊の課題であるが、これと小水力発電は相反するものではない。苦労して導入した小水力発電を簡単に放棄するのではなく、地域資源として継続的にこれを有効利用する方向性を指導していくこともわれわれの使命と考える。小水力発電は自然の水の流れを利用する無償の地域資源であり、適切なメンテナンスを行えば持続的に享受できる電力資源である。

## 4. 水車適性調査

### 4.1 水路状況、周辺地形の踏査

本調査ではミャンマー国内の多様な地域性を把握するために、複数のエリアを視察した。

ミャンマーの地形は以下の4つに大別されるが、中でも比較的人口分布の多い①②③の地域に存する農村を訪問した。

- ① デルタ地帯（イラワジ川河口）
- ② 中央平原（中央乾燥地帯）
- ③ 丘陵地（東部）
- ④ 高地（北部・西部）

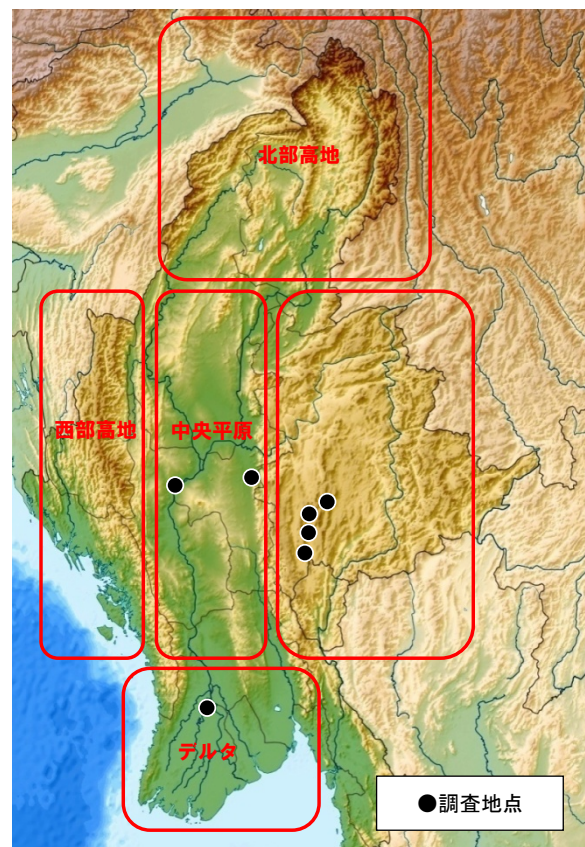


図3 ミャンマーの地勢

#### 4.1.1 デルタ地帯

デルタ地帯は肥沃な土地で緑は豊かだが、地形の起伏はほとんどなく、川の流れも緩やかで川幅も広い。平坦地ゆえに、小水力発電に適した小さな流れはほとんどみられない。雨季と乾季の流量変動が大きいいため、小水力発電に適した流量管理が困難である。



図 4 デルタ地帯の河川 (3月)



図 5 デルタ地帯の河川 (10月)

#### 4.1.2 中央平原

地形の起伏はあるもの、いずれも乾燥地域で荒涼としたイメージが強く、水が得られる河川沿いに集落が寄り添っている。主要河川は乾季でも水量豊かだが、水脈（小水路）の多様性に欠ける。雨季と乾季の流量変動が大きいいため、小水力発電に適した流量管理が困難である。



図 6 中央平原の河川 (3月)



図 7 中央平原の河川 (10月)

#### 4.1.3 丘陵地

適度な山地に囲まれ、多様性に富んだ溪流（小河川）が流れる姿は日本の中山間地とほぼ同様であり、小水力発電に適した自然落差も多い。また、緑豊かな山地の保水効果によって、雨季と乾季の流量変動が抑えられるため、年間を通じて安定した発電が期待できる。このような土地柄では自然溪流の流れや水田用水を生かした小水力発電に古くから取り組んでいる地域も多い。

本調査では訪問しなかったが、少数民族の多い辺境の山岳地帯でも同様の地形条件を呈していると考えられる。





図 8 丘陵地の溪流 (3月)



図 9 丘陵地の溪流 (10月)



図 10 豊かな水量と起伏に富む中山間地では小水力発電の好適地が多い



図 11 自然の地形（落差）を生かした小水力発電の設置事例

#### 4.2 水車適性の検討

シャン州に見られるような地形の起伏に富んだ丘陵地・山地が小水力発電の好適地といえる。

川端鐵工株式会社の「タライ水車」は設置規模に応じて0.5kW～15kW程度の発電が可能であり、1.0m程度の落差と50ℓ/s程度の流量があれば設置が可能である。シンプルな構造でメンテナンス性や耐久性に優れ、施工も比較的容易である。

また、角野製作所の「ピコピカ水車」は低流量・低落差（落差10cm～ 流量10ℓ/s～）での発電が可能で、コンパクトな躯体と設置のしやすさが特徴である。本調査においても訪問した農村でピコピカ水車を試用したが、現地農民の方々でもすぐに設置・発電することができた。ピコピカ水車はそのコンパクトさゆえに微小出力（10W）であるが、LED電灯や携帯電話充電器などの付属品のセット販売も可能であり、発電した小電力をすぐに生活に利活用できる使いやすさも大きな強みである。

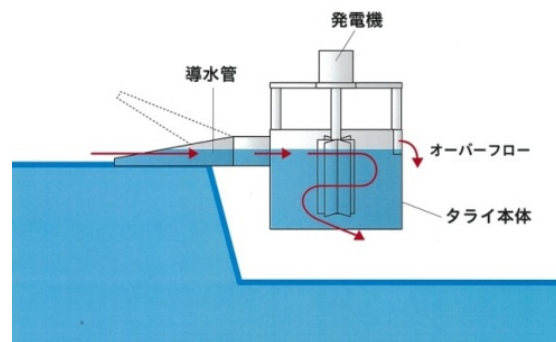


図 12 タライ水車の構造



図 13 ピコピカ水車の試用状況

### 4.3 発電方式の検討

小水力発電は地形の利を生かして落差を作り出すことが基本であり、水の流れをある程度人為的に制御することが必要である。一般的には自然河川や用水路の本流からバイパス水路に水を引き込み、一定の落差が得られるところで引き込んだ水を落として発電し、再度、本流側に水を戻す。ミャンマー国内の灌漑水路や水田用水、自然溪流でも同様の手法がとられている。

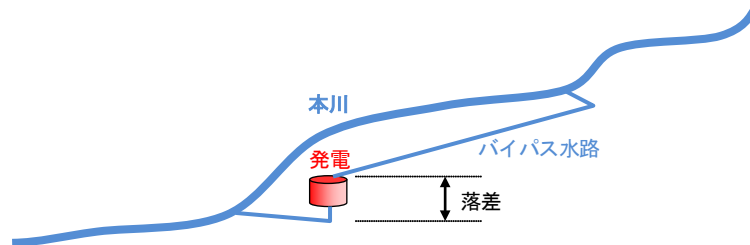


図 14 一般的な水力発電方式（引き込み式）



図 15 農業水路と発電用水路の分水地点



図 16 発電地点（左写真の下流側）

川端鐵工株式会社の「タライ水車」の場合は上記と同様の引き込み式で発電することが望ましいが、河川や水路内に適度な段差がある場合は懸架式で直接水路に固定して設置することも可能である。

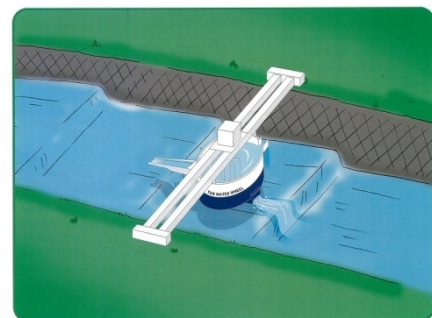


図 17 懸架式の設置イメージ

一方、角野製作所の「ピコピカ水車」は水路に直接設置する投げ込み式を想定した造りになっており、大きな土木工事を必要としない。訪問した農村でもピコピカ水車に適した小水路がいくつか見られた。



図 18 ピコピカ水車に適した小水路

## 5. 競合調査

### 5.1 ミャンマー国における既設小水力発電の有無と現状

「ミャンマー国 農村地域における再生可能エネルギー導入調査 最終報告書（平成 15 年 9 月）」によると、ミャンマーにおける小水力発電は発電容量によって以下のように整理されている。

- (1) MEPE (Myanmar Electric Power Enterprise) による小水力・マイクロ水力（平均で 450kW）が 30 ヶ所で運転中である。
- (2) その他、村落単位で民間エンジニアによる水車が設置されている。これらは、ほとんどが 20 kW 未満である。
- (3) 村民自身が設置・管理するピコ水力（1 kW 程度）も相当数普及している。

このうち、(1) は国主導で規模の大きな発電に該当するため、本調査では (2) および (3) について調査を行った。

なお、(2) は民間エンジニアによる個別受注生産（以降、村落水車と呼ぶ）であり、(3) は中国製の廉価な量販タイプの水車（以降、ピコ水車と呼ぶ）である。

### 5.2 村落水車メーカー

本調査ではタウンジーのエダヤ工業団地に拠点を構える Khun Phaya Bwar 社にコンタクトをとり、工場設備を視察するとともに、シャン州（南部）における水車設置状況を確認した。Khun Phaya Bwar 社は建築・配電・小水力発電を手掛けるエンジニアリング会社であり、近年、タウンジー周辺で多くの小水力発電を建造している。

エダヤ工業団地内の工場設備は決して十分なものではないが、10kW～100kW 級のフランス水車を製造しており、生産している水車製品は見劣るものではない。価格帯は 1kW 当たり 100 万～200 万 MMK である。新工場や水理実験施設を増設中で先進的に取り組んでおり、現在でも数件の発電プロジェクト（村単位）を受注しているとのことである。



図 19 Khun Phaya Bwar 社の水車製造工場（エダヤ工業団地／タウンジー）

### 5.3 ピコ水車

タウンジー市内で量販型の水車を取扱う機械小売店を視察した。量販型の水車は主に2タイプあり、いずれも国境貿易区のムセを経由して仕入れられている中国製の廉価商品である。発電機と水車がセットになった一体型であり、公称値で1kW～3kWの出力となっている。価格帯は1kW当たり10万～30万MMK程度である。



図 20 量販型のプロペラ式水車  
(中国製)



図 21 量販型のターゴ式水車  
(中国製)

### 5.4 既存の発電機製造元

民間エンジニアによる個別受注生産の場合、水車（タービン）部分は独自生産であるが、発電機については二次製品を用いている。現地エンジニア（Khun Phaya Bwar 社）へのヒアリングによると、発電機は中国製を購入して使用しているケースがほとんどであるとのことであった。なお、中国製の量販型水車は、発電機と水車がセットになった一体型である。



図 22 民間エンジニアによる小水力発電装置  
(上部が中国製発電機で下部が水車)

### 5.5 競合商品の利用状況、故障・メンテナンス状況

民間エンジニアリングが設置する村落水車は、村内で専属の管理人を任命しているケースが多く、管理人ですぐに手には負えない異常が発生した場合のみエンジニアがメンテナンスを行っている。

一方、量販型の廉価な水車の場合、店頭で購入したものをユーザー自身が設置するケースが多く、公称値の発電出力が出ていない状況が多く見受けられた（流量不足等）。故障時のメンテナンスフォローもなく、ベアリング等の交換頻度が高いことから、利用を諦めて放置されている事例も散見された。



図 23 放置されている量販型水車

## 6. 関係機関との意見交換

### 6.1 ヒアリング対象機関

政府系の現地関係機関を訪問し、ミャンマーにおける小水力発電事業に関して多岐にわたるアドバイスをいただいた。

また、複数の現地民間企業を訪問し、投資環境や企業進出に対するリスクマネジメントについてさまざまなアドバイスをいただいた。

ヒアリングした関係機関は表 2 に示す 8 機関である。



図 24 関係機関との意見交換状況

表 2 訪問した関係機関一覧

| ヒアリング機関          | 主なヒアリング内容        |
|------------------|------------------|
| JETRO ヤンゴン事務所    | 小水力発電事業への助言      |
| ミャンマー商工会議所連盟     | ミャンマー国内での人材確保等   |
| ITUC (国際労働組合総連合) | 農村の状況等           |
| FREDA            | 小水力発電事業への助言      |
| REAM             | 小水力発電事業への助言      |
| 三菱 UFJ 銀行        | ミャンマー国内の投資環境等    |
| 地平法律事務所          | ミャンマー国内の投資規制等    |
| 阪急阪神エクスプレス       | ミャンマー国内の物流状況等    |
| ミンガラドン工業団地株式会社   | ミャンマー国内の工業団地の状況等 |

### 6.2 ヒアリング結果

本事業の主旨である無電化農村への小水力発電事業については関係機関より多くの賛同を得た。一方、ミャンマー国への製造業としての進出にあたって、土地所有や物流、資材調達に関するリスク等についていくつか指摘を受けた。これらの内容については 7 章～9 章の中で課題として整理している。

## 7. 投資環境調査

表 3 投資環境に関する調査結果一覧

| 調査項目             | 調査結果   |
|------------------|--|
| 外国からの投資に対する規制や条件 | JETRO ヤンゴン事務所にて調査・確認したところ、本事業で提案する小水力発電装置の販売は禁止分野には該当しないことを確認した。   |
| 提案事業に関する政策及び法制度  | 事業ライセンスが求められる分野として「水力・石炭火力発電所による発電と売電の事業」が挙げられているが、ミャンマー電力省職員への聞き取りにより、発電装置の販売自体には制限がなく、発電した電気も村や集落の管理下で使われる場合は売電事業としての制約は受けないとの回答を得た。   |
| 資金市場の状況、資金調達     | 「東京三菱UFJ社」を訪問し、国外からの投資の可能性を調査・確認したところ、ドル建ての海外送金については問題がないことを確認した。  |
| 優遇税制の有無          | 外国投資法に定める要件に基づき設立された企業に対し、生産または役務の提供開始から5年間の法人所得税の免除が認められ、さらにMIC（ミャンマー投資委員会）が認めれば、免除経過後の経過措置やその他の優遇措置を受けることができる。   |
| 輸出に対する規制の有無      | 輸出入の具体的手続きについての問題点として、輸出入のたびにライセンスの取得が必要であることが挙げられる。MIC（外交投資委員会）で設立した法人の場合は、ライセンスの取得は容易だが、現地会社法にて設立された法人の場合、外資が入っているとライセンスの取得が難しくなることが判明した。ただし、現地法人とのパートナーシップを築くことができれば課題はクリアできると思われる。 |
| 労働力調達の可能性、法規制の有無 | 2013年3月に最低賃金法が成立し、同年6月より施行されたが、現時点では具体的な賃金水準は定められていない。JETRO ヤンゴン事務所を訪問して確認したところ、最低賃金法は成立したが各業界・各企業でのそれぞれに取り組みは任せられている状態である。  |
| 労働者保護、労働組合システム   | ITUC（国際労働組合総連合）によれば、企業で働く労働者（特に外国企業）はある程度保護されているが、労働組合のような組織は未整備で各企業の取り組みに委ねられているとのことである。  |
| 製造業における労使関係      | ミャンマーでは賃上げ要求のストライキが頻発しているとのこと、経済の成長に伴い要求がエスカレートしていくのは時代の流れとして受け止める必要がある。一部の外資企業では労働条件・労働環境等の問題により離職するケースも多い。ただし、その原因の多くは企業側の説明不足と企業・労使両者の意思疎通の問題に起因していることが多く、日本式の経営・管理を行っていけば問題はない。    |

|          |   |
|----------|---|
| 販売チャネル   | <p>① 合弁先企業 (Khun Phaya Bwar 社)</p> <p>最も有望な販売チャネルは合弁先企業である Khun Phaya Bwar 社の既存の営業チャネルである。Khun Phaya Bwar 社は小水力発電のポテンシャルが高いシャン州 (タウンジー) に拠点を構え、その技術力の高さはシャン州に広く伝播しており、農村からの信頼も厚い。小水力発電を希望する農村からの引き合いが多だけでなく、自ら発電適地を探して農村に導入を提案する営業力もある。新たな合弁企業立ち上げ後も Khun Phaya Bwar 社に対する信頼と営業力に期待できる。低落差を得意とするタライ型水車がラインナップに加わることで、販売ターゲットの拡大につながるものである。</p> <p>② REAM (Renewable Energy Association Myanmar)</p> <p>REAM はミャンマー国内で再生可能エネルギーの普及を推進している団体であり、海外技術者を召集したワークショップや国内調査など精力的な活動をしている。ミャンマー政府とのつながりも強く、本事業において非常に有力なカウンターパートと考えている。小水力発電に関する知識も豊富であり、ミャンマー全土を対象とした調査データも有しているとのことである。他社製品にはない「低落差での発電」「設置・メンテナンスの容易性」という強みをもったタライ型水車やピコピカ水車に大きな興味を示しており、販売手数料等のプロフィットシェアの仕組みを作ることによって、発電候補地に関する積極的な情報提供や販促協力が期待できる。</p> <p>③ ITUC (国際労働組合総連合)</p> <p>ITUC では、ミャンマー国内における農業協同組合 (農協) の設置を推進しており、ミャンマー農村に対する造詣が深い。ITUC の活動として農村を訪問する中で、小水力発電のニーズを把握しており、低落差でも発電できるタライ型水車に大きな興味を示している。プロフィットシェア等の協定関係の構築は難しいが、本事業の主旨 (無電化農村の電化支援) と農村支援を進める ITUC のベクトルは同一であり、発電候補地 (販売先) に関する情報提供が期待できる。</p> |
| 社会・文化的側面 | <p>無電化集落では電力の普及を希望しており、農村ヒアリングにおいても、小水力発電に対する期待が強く感じられた。現状では中国製の製品 (水車) を使っている場所が散見されるが、故障により放置されているケースも少なくない。本事業で提案する水車に大きな期待を持っていることを感じた。</p>   |

## 8. 現地生産体制調査

### 8.1 合併企業の可能性

2012年11月に改正された新外国投資法によれば、外国企業はミャンマー人又はミャンマー企業（民間企業又は国営企業）との間で合弁会社を設立することができる。旧外国投資法では、ミャンマー人又はミャンマー企業との間で合弁会社を設立する場合、外国企業は35%以上を出資しなければならない旨が規定されていた。しかし、新外国投資法では、合弁事業を行う場合の出資比率は外国企業とミャンマー人又はミャンマー企業の合意により定めることができると規定され（外国投資法10条(a)(ii)）、外国企業の出資比率の下限は撤廃された。

ミャンマー商工会議所連盟やJETROからの斡旋では、前向きに検討できるパートナー企業は見つからなかったが、本調査において現地調査に協力いただいたKhun Phaya Bwar社（シャン州タウンジー／エダヤ工業団地）と良好な関係を築くことができた。Khun Phaya Bwar社は小水力発電装置を製造しているエンジニア企業であり、地元の信頼も厚く、無電化農村の電化に向けて献身的に貢献している優良企業である。

上記の経緯を踏まえ、Khun Phaya Bwar社との合併を計画する。

### 8.2 原材料・資材調達の可能性・ルート

材料や部品を販売している現地商店での聞き取り調査を行った結果、鋼材等の材料、部品については中国から輸入されているものが多く、その他についてはミャンマー製の資材も多く流通している。調査したシャン州タウンジーの商店では中国国境貿易区であるムセからのルートでミャンマーへ輸入されているケースが多い。

Khun Phaya Bwar社に現地サプライヤーの状況を確認したところ、原材料は工業団地内に材料販売業者があり、そこから調達することも可能である。

### 8.3 輸送・物流システム

ミャンマー国内での流通は主要都市間ではかなり整備されてきているが、本事業の実施場所として想定される山間部までの輸送については、道路の整備も含め困難な状況にあると思われる。この点に関し、ヤンゴンで国際輸送業務を展開している阪神阪急エクスプレスを訪問した。

国内輸送については可能ではあるが、道路状況が悪く、製品の破損等の問題が頻繁に発生する。また、破損に対しての運送保険のシステムは確立されていない等の問題点が確認された。

### 8.4 要員計画、人材育成計画

ミャンマー国最大の工業都市はヤンゴンであるが、地方の人々も積極的に技術向上を目指し日々鍛錬を積んでいる。また、国際的なビジネスを目指す若者が多く、マンダレーにも「HITOセンター」と言われる日本語学校等も存在し若者が積極的に学べる環境がある。

タウンジー等の地方工業団地で事業展開を考えるとときには自前での社員教育を進め、人材センターの施設を利用した研修や、場合によっては日本での研修も必要である。



## 9. 事業モデルの検討

### 9.1 自社の強みの定義

本事業提案の小水力発電装置は「川端式タライ水車」(川端鐵工)と「螺旋式ピコ水力発電装置ピコピカ」(角野製作所)である。

現地調査において、廉価な中国製の小規模水車の流通が明らかになったが、その利用実態は総じて耐久性に劣っており、装置の構造上、ゴミによる目詰まりで発電機能が停止することが弱点である。

「タライ水車」は特徴として低落差での発電やゴミに強い等の特性からミャンマーを含むアジア圏、各国の無電化地域での普及が期待できる。また、導入費用も用水等の整備に係る費用が少なく、発電設備コスト全体の低減につながり、導入の可能性が大きくなる。

「ピコピカ水車」はそのコンパクトさゆえに微小出力(10W)であるが、LED電灯や携帯電話充電器などの付属品のセット販売も可能であり、発電した小電力をすぐに生活に活用できる使いやすさが大きな強みである。

また、タライ水車を製造する川端鐵工は、メッキ装置等の設計・製造・組立を主力とする会社であり、フィリピン及びタイに子会社を設立しているほか、マレーシア、中国、インドネシアに協力会社のネットワークがあることから、すでに東南アジアでの製造ネットワークは構築済みである。

ピコピカ水車を製造する角野製作所は、「自動車・航空宇宙部品加工」や「医療機器製造販売」を手掛ける金属加工を主力とする会社であり、その高度な加工製品は欧州の大手自動車メーカーや航空・宇宙分野で利用されている。

### 9.2 事業目標の設定

ミャンマーにおいて小水力発電による無電化集落の電化推進に資することを目的として、小水力発電装置の現地製造・現地販売を行うビジネスモデルを作りあげる。

現地調査で把握した競合製品の価格や無電化農村の所得、村の財政力を考慮した場合、ミャンマーで販売を進めるためには現地生産による大幅なコストダウンが重要である。

タライ型水車については1台250,000円～300,000円を価格目標とし、ピコピカ水車においても1台10,000円～25,000円を価格目標とする。

また、10～20kwの大型のタライ型水車のニーズもあることが判明したため、1基1,000万円程度での販売を見込む。

販売台数についてはミャンマー国内の販売チャネルの多様化から年間20台～30台の販売を目指す。また、事業の継続性を高めるため、タライ型水車にこだわることなく多種の水車の製造販売を行っていく。

### 9.3 合併での事業スキーム

合併のパートナーとしてKhun Phaya Bwar社(シャン州/エダヤ工業団地)との協議を進める。Khun Phaya Bwar社はシャン州を拠点として、ナショナルグリッドの配電工事や農村向けの小水力発電、寺院等の建築設計など多岐にわたる事業を展開している。

Khun Phaya Bwar 社との合弁スキームおよび事業の全体モデルを図 25 に示す。

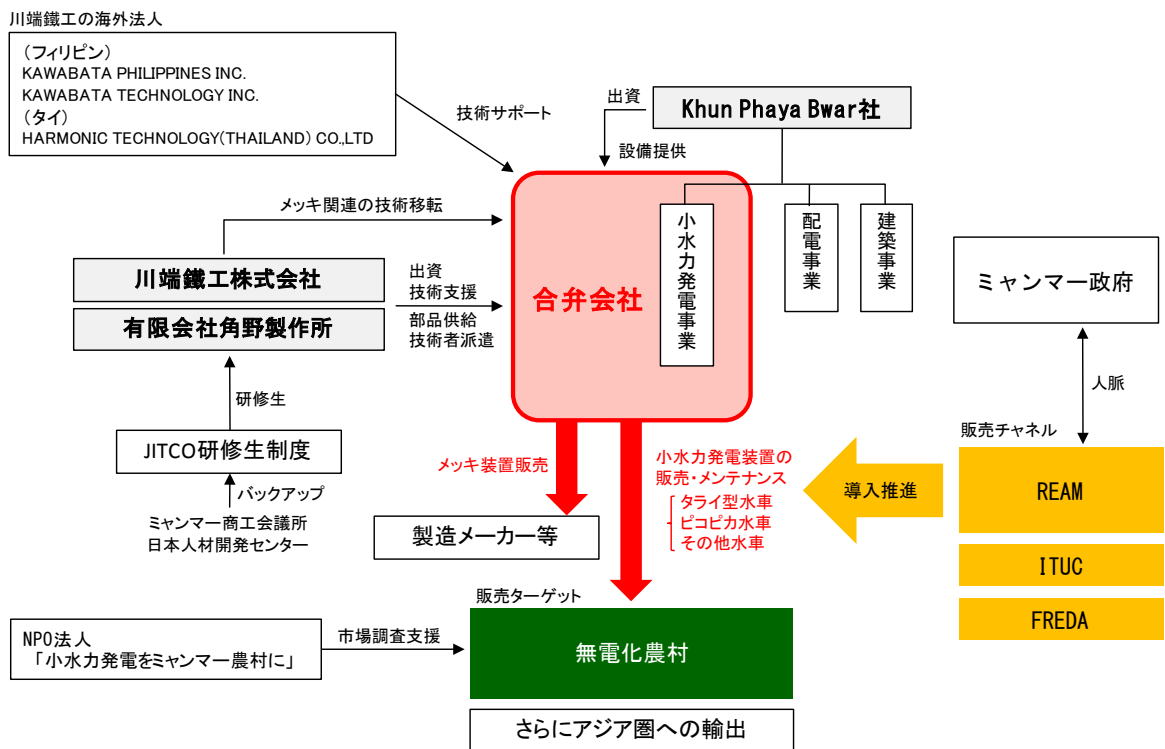


図 25 合弁スキームと事業モデル

Khun Phaya Bwar 社が展開している多様な事業部門のうち、小水力発電部門を独立させて、川端鐵工・角野製作所との新たな合併会社を設立する。Khun Phaya Bwar 社の小水力発電事業は現状でも独立採算性を確保しており、その生産ラインにタライ型水車やピコピカ水車のラインナップを追加する形となるため、初期の生産体制構築にかかるリスクは低いと考えられる。なお、Khun Phaya Bwar 社が製作している水車はフランシス水車やペルトン水車といった高落差を利用するタイプの水車であり、低落差発電のタライ型水車とは設置する場所で競合することはない。

一方、タライ型水車の製造販売だけで永続的に事業を継続していくことは現実的に困難である。今回合弁先として選んだ Khun Phaya Bwar 社はミャンマーにおいて複数タイプの水車製造実績があることから、タライ型水車に加えて、日本の他メーカーの水車の OEM 受注を進め、ミャンマー国におけるトップメーカーへの成長を目指す。

さらに、経営の安定化を図るため、川端鐵工が最も得意とするメッキ事業の取り組みも並行的に進めていく。川端鐵工のメッキ事業はすでにフィリピンやタイでの海外事業実績があり、現地生産によりアジア圏に販売をしている。これらのノウハウを基にミャンマー国でも同様の展開を進める。JETRO ミャンマー事務所で確認したところ、ミャンマー国におけるメッキ設備会社の進出はまだ無いが、そのニーズは非常に高いとのことであった。今後、ミャンマー国では多様な製造企業の進出が予想されることから、基盤となるメッキ装置の需要は十分に見込める。

#### 9.4 生産、流通、販売計画

今回、合弁先企業として選定した Khun Phaya Bwar 社は、現時点で年間 10 基以上の小水力発電装置（3kW～50kW）を製造しており、生産体制に問題はないうえ、品質的にも高い技術力を有している。合弁後は、隣接する用地を取得して現在の工場を拡張する予定もあり、タライ型水車や他の水車の生産量増加に対応が可能である。また、日本からの設備導入により、さらなる効率化とコストダウンが期待できる。

Khun Phaya Bwar 社を選定した理由として、合弁会社立ち上げ時のタイムラグ防止という観点もある。Khun Phaya Bwar 社が持っている小水力発電装置の製造実績やノウハウを活用していけば合弁会社立ち上げ後もオンタイムで計画を進めることができる。

合弁会社立ち上げ当初は日本から部品の一部を調達（輸出）することになるが、これは最小限にとどめる方針であり、できる限り早期に現地調達の体制を構築する。これらの調達体制についても、実際に現地生産・現地施工で小水力発電システムを建造している Khun Phaya Bwar 社の経験知に大きな期待が持てる。

表 4 販売計画（メッキ関連事業含む）（単位：千円）

|            | 初年度    | 2年目    | 3年目    | 4年目    | 5年目    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| タライ型       | 3,000  | 9,000  | 12,000 | 12,000 | 12,000 |
| タライ大型      | 10,000 | 10,000 | 20,000 | 20,000 | 20,000 |
| ピコピカ       | 375    | 1,125  | 2,750  | 2,750  | 2,750  |
| 水車メンテナンス事業 | 1,000  | 2,000  | 3,000  | 3,000  | 3,000  |
| メッキ事業      | 5,000  | 10,000 | 50,000 | 50,000 | 50,000 |
| 売上合計       | 19,375 | 32,125 | 87,750 | 87,750 | 87,750 |
| 製造原価       | 15,500 | 25,700 | 70,200 | 70,200 | 70,200 |
| 人件費        | 3,000  | 6,000  | 9,000  | 9,000  | 9,000  |
| 諸経費        | 2,000  | 2,000  | 3,000  | 3,000  | 3,000  |
| 経費計        | 20,500 | 33,700 | 82,200 | 82,200 | 82,200 |
| 純利益        | -1,125 | -1,575 | 5,550  | 5,550  | 5,550  |

表 5 販売目標計画（個数ベース）（単位：個）

|       | 単価       | 初年度 | 2年目 | 3年目 | 4年目 | 5年目 |
|-------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| タライ型  | 300千円    | 10  | 30  | 40  | 40  | 40  |
| タライ大型 | 10,000千円 | 1   | 1   | 2   | 2   | 2   |
| ピコピカ  | 25千円     | 15  | 45  | 110 | 110 | 110 |

- ・初年度および2年目についてはミャンマー国内での販売に集中。
- ・3年目以降はミャンマーでの販売に加え、アジア件への輸出を目指す。
- ・ミャンマーで安価に製造した製品の日本への逆輸入も検討予定。

#### (現地体制・組織計画)

- ・日本から1名の技術者を派遣（管理・技術指導）。
- ・必要に応じ短期出張ベースで追加技術者の派遣を行う。
- ・現地雇用者は技術者1名、作業員10名でスタート。
- ・生産能力により作業員の増員を実施。
- ・技術者研修制度を利用し、日本での技術習得も進める。

#### 9.5 販売価格と資金回収計画

安価な競合製品（中国・ベトナム製）が市場に出ていることから、現地調達、現地生産でコストダウンを図り、日本価格の1/5程度の価格設定を目指す。販売代金の回収については、販売先が自治体や集落対象という点からリスクは少ないと考える。原則として現金での販売を想定するが、リースや分割払い等による販売システムの構築も検討する。

#### 9.6 事業化の多面的リスク分析

本事業に特化した具体的リスクとして下記が挙げられるが、小水力発電に実績のある現地企業との合弁によりリスク低減が図れると考える。

表 6 本事業における多面的リスク

| 多面的リスク       | 対応方針   |
|--------------|--|
| 現地事業所の土地の確保  | パートナーである Khun Phaya Bwar 社が土地を確保し、合弁会社が借り上げる   |
| リビングコスト      | ヤンゴンではリビングコストが急騰しているため、シャン州に合弁会社を設立する  |
| 商品の適用性・ニーズ   | 小水力発電適地やニーズが多いシャン州を主なターゲットとする  |
| 雨季と乾季の流量変動   | 山地丘陵の多いシャン州では山の保水効果により、中央平原やデルタ地帯のような大規模な流量変動がない   |
| 水利権          | Khun Phaya Bwar 社に確認したところ、ミャンマーでは、大規模発電（5MW 以上）を行う場合や灌漑水路で発電する場合のみ州政府への申請が必要とのことである。                 |
| 多民族国家としての多様性 | シャン州を代表するパオ族は温和で組織統率力が高く献身的である。村内で電化委員会等を組織することができ、資金回収でのリスクを低減できる。自発的なメンテナンス体制の構築も期待できる。            |
| 競合商品（中国製品）   | 中国製品（ピコ水車）は廉価だが、Khun Phaya Bwar 社はこれらの不具合に対する改良で地域の信頼を得ている。Khun Phaya Bwar 社の技術力と日本製品の品質を融合させ差別化を図る。 |
| 政府の電化計画      | 政府電力が開通した途端に小水力発電のニーズがなくなるケースが多い。Khun Phaya Bwar 社は電力省とのつながり（配電事業の受注）もあり、他に先んじて政府の電化計画を把握することが期待できる。 |

### 9.7 事業費積算（初期投資資金、運転資金、運営維持保守資金等）

ミャンマー国内での合弁企業立ち上げには、初期等資金を川端鐵工、角野製作所が各々用意し、初期等投資資金、運転資金、維持管理費として運用していく計画である。ただし、初期投資の詳細については合弁企業との条件等により大きく変更が予想されるため、具体的な合弁協議を踏まえて見直しを行う。

### 9.8 事業化までのスケジュール

- ・合弁協議：2014年11月～（協議期間が短くなれば以降のスケジュールは早まる。）
- ・資金調達：2016年4月～
- ・投資手続：2016年6月～（ライセンス等取得）
- ・法人設立：2016年12月～
- ・事業所開設：2016年12月～
- ・事業開始：2017年1月～

### 9.9 小水力発電導入の役割分担

本事業の販売先となる無電化農村では、設備導入に向けて村内で電化委員会を組織することが多い。実際の導入事例を見ても、土木工事や配電工事の多くは農民自らの労働力で出来上がっている。

これらの実状を踏まえると、小水力発電導入の役割分担は下記の形態が想定される。

表 7 導入工程別の役割分担

| 導入工程          | 役割分担                         |
|---------------|------------------------------|
| 1. 資金調達       | 村の電化委員会が責任をもって村内の各戸から徴収      |
| 2. 導入調査・設計    | 合弁会社で実施                      |
| 3. 水車製造       | 合弁会社で製造                      |
| 4. 土木工事（付帯工事） | 合弁会社で資材調達、農村側は労働力奉仕          |
| 5. 水車据え付け     | 合弁会社で指導、農村側は労働力奉仕            |
| 6. 配電工事       | 合弁会社で資材調達、農村側は労働力奉仕          |
| 7. 維持管理       | 電化委員会で維持管理を実施（設置時に合弁会社が技術指導） |
| 8. 消耗部品の交換    | 電化委員会で交換を実施（設置時に合弁会社が技術指導）   |
| 9. 高度な故障修理    | 合弁会社がアフターフォロー                |

## 10. 現地 ODA 事業との連携

対ミャンマー経済協力方針（2012/4 公表 外務省）によれば、今後の ODA 事業の方向性として、「インフラの整備」と「少数民族支援等」に力を入れていくことが示されている。

- 少数民族支援を含む民生向上・貧困削減
- 人材育成・制度整備
- 持続的発展のためのインフラ整備

地方の無電化地域への小水力発電による電力の供給支援は、上記の支援方針に沿ったものとなる。

小水力発電の普及を促進する ODA 事業の取り組みとして以下のパターンが考えられる。

### ① 自然河川を利用した小水力発電事業

地形条件と流量条件が良く、自然河川を使って小水力発電を行う地域の場合は、中規模な土木工事が必要ではあるが、比較的安価な工事であるため、多くの地域で小水力発電を実施することが可能である。さらに、こうした場所を少数民族地域において優先的に実施することで、ミャンマー国の発展に寄与するものと考えられる。

### ② 灌漑施設を活用した小水力発電事業

灌漑施設が整備されているエリアは限定的であるが、流量の安定している灌漑用水路の落差工を利用すると、最小限の土木工事費で小水力発電設備を設置することが可能である。既存の灌漑施設に小水力発電装置を設置する場合、川端鐵工のタライ水車は設置が簡単なため、設置費用が安価で済む。

### ③ 小水力発電を想定した灌漑施設整備事業

一般には、既設の灌漑設備を改良して小水力発電装置を後付けするケースが多いが、灌漑施設を計画する時点で、最初から小水力発電の併設を考慮しておけば、灌漑と電化が同時に実現でき、かつ小水力発電にかかるコストを抑えることができる。特に無電化地域において新規の水路計画がある場合は、このような付加価値の高い灌漑施設を整備することが効果的である。

以上