

平成24年度政府開発援助
海外経済協力事業委託費による
「案件化調査」

ファイナル・レポート

ラオス人民民主共和国
ベトナム社会主義共和国
カンボジア王国

無電化・弱電化地域における
流水式マイクロ水力発電
プロジェクト案件化調査

平成25年3月

(2013年)

シーベルインターナショナル株式会社
株式会社野村総合研究所共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、シーベルインターナショナル株式会社・株式会社野村総合研究所共同企業体が実施した平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による途上国政府への案件化調査の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

また、本報告書では、受託企業によるビジネスに支障を来す可能性があるとは判断される情報や外国政府等との信頼関係が損なわれる恐れがあるとは判断される情報については非公開としています。なお、企業情報については原則として2年後に公開予定です。

目次

巻頭写真	1
略語表	3
要旨	5
はじめに 調査概要	13
第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	15
1-1 対象国の政治・経済の概況	15
1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状	18
1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度	21
1-4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析	23
第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	25
2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み	25
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	30
2-3 提案企業の海外進出による地域経済への貢献	31
2-4 リスクへの対応	32
第3章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開効果	33
3-1 提案製品・技術と当該開発課題の整合性	33
3-2 ODA 案件化による当該企業の事業展開に係る効果	34
第4章 ODA 案件化の具体的提案	36
4-1 ODA 案件概要	36
4-2 具体的な協力内容及び開発効果	40
4-3 他 ODA 案件との連携可能性	43
4-4 その他関連情報	44

巻頭写真



図1 写真 ベトナム Hoa Binh 省 So 地区の住民が管理するピコ水力発電機



図2 写真2 ベトナム Hoa Binh 省副人民委員長と会談



図3 写真 ラオス Vientian 県 Kasi 地区現地調査



図4 写真 カンボジア Pursat Province トートバイ村の無電化村

略語表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ASEAN	Association of South - East Asian Nations	東南アジア諸国連合
CLMV	Cambodia, Lao, Myanmar, Vietnam	カンボジア、ラオス、ミャンマー、ベトナム
CP	Counterpart	受入先
DOE	Department of Electricity	ラオス電力局
DOI	Department of Irrigation	ラオス農業省灌漑局
EAC	Electricity Authority of Cambodia	カンボジア電力庁
EDC	Electricite Du Cambodia	カンボジア電力公社
EDL	Electricite du Laos	ラオス電力公社
EVN	Electricity of Vietnam	ベトナム電力公社
FIT	Feed-in Tariff	固定価格買取制度
FS	feasibility study	可能性調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
IDA	International Development Association	国際開発協会
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JV	Joint Venture	共同企業体
kfw	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
MARD	Ministry of Agriculture and Rural Development	ベトナム農業農村開発省
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MEM	Ministry of Energy and Mines	ラオスエネルギー鉱業省
MIME	Ministry of Industry, Mines and Energy	カンボジア鉱工業エネルギー省
MOIT	Ministry of Industry and Trade	ベトナム商工省
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MOWRAM	Ministry of Water Resources and Meteorology	カンボジア水資源気象省
MPI	Ministry of Planning and Investment	ベトナム投資省

NAFES	National Agriculture and Forestry Extension Services	ラオス農林省農林普及局
NDA	Non-disclosure agreement	秘密保持契約
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	新エネルギー・産業技術総合開発機構
SME	Small and Medium Enterprises	中小企業
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画

要旨

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

表1 調査国の開発課題とニーズ

対象国	開発課題の現状	開発ニーズ
ラオス	ビエンチャン近郊で視察した地域を見る限り、水量は豊富で、年間通じ発電が可能な模様である。雨期、乾期での水量差はあるようだが、その差などを精査することが必要となる。	未電化地域では、農村開発と関連づけた灌漑とのセットでの整備需要はある。電化地域でも、乾季には国内需要の半分が輸入に頼っているため、グリッドへの売電需要はある。
ベトナム	シーベルインターナショナルのマイクロ水力発電機「STREAM」の設置に適している農業用水路が完備されている地域には、ほぼ送電網のカバー範囲である。無電化地域である山岳地や島部は、少数民族などが生活をしている。それらの地域の住民は貧しい場合が多く、発電能力500W程度の超小型水力発電装置を50ドル程度で購入し、住民自らが設置していることがある。	ハノイから日帰りが可能である Hoa Binh 省では、無電化地域が36か所、合計4000世帯ある。省政府は無電化地域の電化が課題であり、水力が有力な手段だと考えている。商工省(MOIT) エネルギー総局からは、「STREAM」の設置という側面のみならず、アセアン地区全体(特に、カンボジア、ラオス、ミャンマー)における「STREAM」の生産、工事・メンテナンスの拠点としてODAを活用した技術移転の提案をいただいた。
カンボジア	平野部の灌漑は雨期頼みで半年間はごく限られた水路にしか水がない。山岳を水源とする河川は年間水量があるが、雨期と乾季で水量の差が激しい。	カンボジアは雨期と乾期の水量変動が大きく、しかも水力発電は乾期には難しい。

第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

シーベルインターナショナルのマイクロ水力発電機「STREAM」の技術の強みをまとめると以下ようになる。

- 分散型の電源として短期間に導入が可能である。
- 導入後のメンテナンスが容易である。
- 灌漑地域への適用性が高い。
- 同等の出力規模の水力発電に比べ投資費用が安価である。
- 単体あたり 5～15kW 規模のマイクロ水力で無電化・弱電化農村の需要に適合している。

シーベルインターナショナルのマイクロ水力発電は、水力発電機器の本体構造に特許を保有しているが、海外における事業展開は、現地企業への技術移転を行い、現地企業による現地生産、現地での維持管理を行うことによるライセンス方式を基本に考えている。(技術移転までの初期フェーズは日本製のものを輸出することになるが、対象技術は途上国の無電化地域などの貧困層の生活水準の向上などに貢献するものであり、現地ニーズに合う設備仕様、価格設定に対応していくためには、現地製造が必須であると考え)

また、このマイクロ水力発電機は構造に特許を持っているが、その機器を構成する部品パーツは全て市販品による組立であり、市販品の調達が行えれば、製造に高度な特殊技能などは必要がなく、現地企業への技術移転は十分に可能である。

この製品の設置に適しているのは灌漑水路であることから、本製品の海外進出において、アジア地域では特に、米作の盛んなメコン諸国に注目しており、特に 2015 年のアセアン統合をふまえ、メコン諸国のなかで工業化の進んでいるベトナムへの技術移転、そしてベトナムおよび周辺メコン諸国への拡大の可能性が高いと考えている。

本調査を通し、対象国における対象製品の普及のための第 1 フェーズとしては、対象製品が現地で持続的に利用されていくための現地適応性と、現地の利用に適した製品仕様を明確にしていくためのパイロットプロジェクトを実施することが必要であると考えられる。そこで、本調査では現地政府関係機関へのヒアリングや現地実施調査を通して、各対象国のパイロットプロジェクトの実施可能性を評価した。

表2 パイロットプロジェクトの可能性

項目	ベトナム	カンボジア	ラオス(1)	ラオス(2)
候補地	Hoa Binh 省 So 地区 グリッドから離れた山岳地帯の無電化地域。現在は、超小型水力発電(中国製やベトナム製の500W)で対応 水量は豊富だが、3面コンクリートがあるわけではなく、多少の土木工事が必要	プルサット州 Toul Tbeing 村の農業用水路。年間通して水量があるが、取水管理が農村任せで曖昧。周辺はディーゼル発電のミニグリッド網があるが80セント/kWh と高い	ビエンチャン県ナンフン地区 近くに水力発電所があり、そこからの水路の水を活用予定。地域は既に電化しており、売電を前提	ビエンチャン県ナムスワン地区 灌漑用水路に設置 地域は電化しており、売電を前提
カウンターパート候補	Hoa Binh 省、MPI(計画投資省)	EDC(電力公社)、MIME(工業鉱山エネルギー省)	エネルギー鉱業省、EDL	農業省灌漑局、エネルギー鉱業省、EDL
狙い	無電化地域での電力供給 他のベトナム国内の無電化地域への展開を期待するが、無電化地域が限られる	無電化地域での電力供給 国内の他の無電化地域への展開 但し、水が流れている設置場所が限れる	売電事業 他地域展開を狙ったシヨールーム効果狙い。 他地域での民間事業者参入促進(ラオス政府の補助金可能性あり)	売電事業と農業省灌漑局の収入源として 他地域展開へのビジネスモデル展開シヨールーム効果を狙う
ODA の可能性 (無償、技術協力、草の根等の可能性)	プロジェクト規模から一般無償、技術協力は難しいだろう。 草の根無償はありうるが、少額最大1000万円)で対応が難しい金額が小さい ODA を活用した普及・実証事業を検討	プロジェクト規模から一般無償、技術協力は難しいだろう。 EVC が自己資金で購入するという提案があり、それに草の根技術支援を組合せることが考えられる ODA を活用した普及・実証事業を検討	プロジェクト規模から一般無償、技術協力は難しいだろう。 ODA を活用した普及・実証事業を検討	プロジェクト規模から一般無償、技術協力は難しいだろう。 ODA を活用した普及・実証事業を検討
パイロット PJT 後の事業展開の可能性	○ 無電化地域が少なく、FIT を前提とした展開可能性は考えられる。	△ そもそもの設置候補場所が少なく、事業展開が難しい	○ 設置可能地は多く、電力不足を補うために全国展開の可能性	◎ 設置可能地は多く、全国展開の可能性は高い。農業省とエネルギー鉱業省の双方の支援
総合評価	○	△	○ (但し、新しいODAスキームの検討が必要)	○ (但し、新しいODAスキームの検討が必要)

第3章 ODA 案件化による対象国における開発効果

及び提案企業の事業展開効果

再生可能エネルギーである小規模水力発電システムは、短期間で分散的に配置できるその特徴から、電気インフラが未整備な開発途上国に点在する農村地域の電化に効率的なケースがあり、開発途上国に最も大きな市場があると考えられるため、シーベルインターナショナルでは開発途上国への取り組みを経営戦略の柱として位置付けている。シーベルインターナショナルの技術は、こうした開発途上国に対するインフラ整備の向上に役立つものとして ODA の活用の必要性を重視している。

当該事業の実現によって、無電/弱電化地域に安定した電力が確保されれば、マイクロエンタプライズなどの創設、生産性の向上、それによる所得収入の増加が期待出来る。その追加収入が余暇などに寄与することで、識字率の上昇、学業従事時間の増加など貧困削減や持続的な経済・社会発展へと波及すると見られる。

シーベルインターナショナルでは、アジア諸国でのマイクロ水力発電関係者との人的ネットワークを活かしながら、ODA 案件化によるベトナムの生産拠点を早期に立ち上げ、2015年に市場統合される ASEAN 市場をまず開拓し、その後、欧州、アフリカ、日本への輸出も視野に入れて事業展開を行っていくこととする。



図5 シーベルインターナショナルのグローバルビジネス戦略マップ

第4章 ODA 案件化の具体的提案

第1回現地調査でのパイロットプロジェクトの可能性の検討では、マイクロ水力発電機の設置の容易性からラオスの候補地を高く評価したが、すでに電化されている地域が多く、無償技術協力、草の根・人間の安全保障無償資金協力などのODA 案件化の具体的提案は難しいものと判断した。

一方、ベトナムの Hoa Binh 省では、第2回海外渡航での現地関係機関との討議の結果、シーベルインターナショナルが想定している下記の事業モデルを実現できると判断した。また、ハノイから西に70km 程度の距離に位置することから、ODA を活用した普及・実証事業としての効果を期待できるものと判断した。

そして、最大の課題である無電化農村地域の電化を進めるとともに、本技術のマイクロ水力発電機の運営・維持管理に関する人材育成を行うことが可能と考えられる。

それによって、無電化農村地域において、電力不足の解消、電力確保による新たな産業の振興、地元住民の維持管理等の技術習得、それにとまなう新たな雇用創出と収入増などが期待できる。

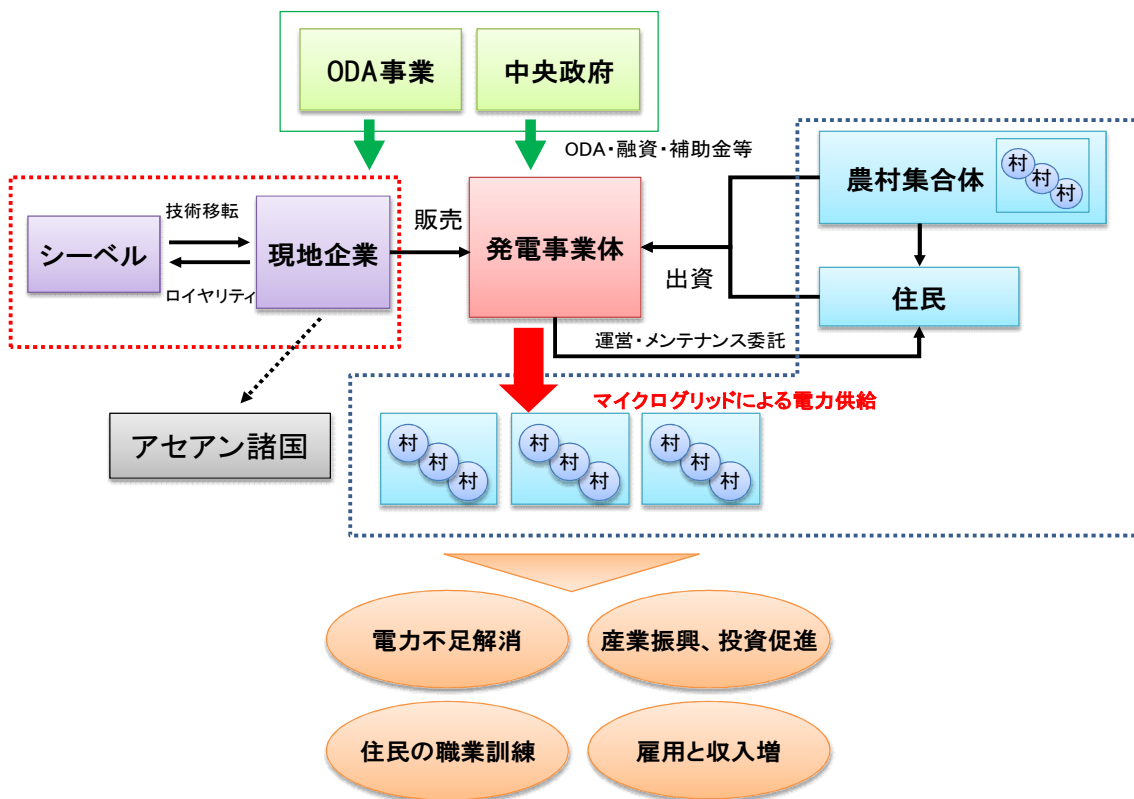


図6 想定される事業モデル

(1) 事業概要

① ODA 案件の目標

平成 25 年度事業としてベトナムの Hoa Binh 省で ODA を活用した普及・実証事業を推進する。

② 協力内容

- シーベルインターナショナル社のマイクロ水力発電施設「STREAM」を 2-5 機、日本からベトナムの Hoa Binh 省に持ち込み、実証事業を行う。
- 実証期間中、現地の AGRIMECO 社と NDA（機密保持契約）、MOU（覚書）を結び、図面を提供する。AGRIMECO 社が試作した部品を、シーベルインターナショナル社のマイクロ水力発電機「STREAM」に組み込み、現地仕様の確立のための技術面および、現地普及のためのコスト面からの評価を行う。
- マイクロ水力発電機「STREAM」2-5 機の設置場所については、Hoa Binh 省人民委員会及び Hoa Binh 省電気会社と協議のうえ、選定する。
- Hoa Binh 省の無電化地域には灌漑用水路がないため、マイクロ水力発電施設「STREAM」2-5 機の設置にあたっては、土木工事を必要とする。この工事費用は、Hoa Binh 省が支出する。
- マイクロ水力発電機「STREAM」2-5 機の維持管理は、Hoa Binh 省電気会社が行う。そのための研修を実証事業の中で行う。
- 発電した電気は、Hoa Binh 省電気会社がミニグリッドを設置し、無電化地域の家庭に配電する。

③ カウンターパート

Hoa Binh 省人民委員会

ベトナム計画投資省

④ ロケーション

Hoa Binh 省 Da Bac 郡 Thung Thanh 村 So 地区（ハノイから西に 70km 程度）

So 地区は、54 世帯の無電化地域で、少数民族 Muong 族の村である。

So 地区は、標高約 500m で、自給自足で生活を送っている。

⑤ 実施体制

（日本側）

シーベルインターナショナル株式会社（パイロットプロジェクト実施）

株式会社中山鉄工所（日本国内の STREAM 製造提携会社、ベトナムの協力会社への技術指導）

株式会社野村総合研究所（協力コンサルタント）

(ベトナム側)

Hoa Binh 省人民委員会 (カウンターパート)

ベトナム計画投資省 (カウンターパート)

AGRIMECO 社 (現地パートナー、部品試作。※次年度以降にはシステム全体の製造を開始)

Ha Binh 省電気会社 (設置場所選定、土木工事、STREAM 設置、メンテナンス、ミニグリッド設置、配電)

⑥ スケジュール

平成 25 年第 1 四半期 CP とのパイロットプロジェクト実施に向けての協議、設置場所決定
AGRIMECO 社と NDA (機密保持契約)、MOU (覚書) 締結
日本での STREAM 製造

平成 25 年第 2 四半期 現地での土木工事
AGRIMECO 社へ図面提供、技術指導・研修、部品試作
Ha Binh 省電気会社 社員への研修
ベトナムへの STREAM 輸出

平成 25 年第 3 四半期 現地での STREAM 設置、ミニグリッド設置、配電
AGRIMECO 社へ図面提供、部品試作
発電事業開始

平成 25 年第 4 四半期 Ha Binh 省電気会社から村民へのメンテナンス指導
AGRIMECO 社の製造した部品の性能評価
パイロットプロジェクトの事業成果 (開発効果、保守管理・事業の
継続性) の検証
報告書取りまとめ

⑦ 概算費用

合計約 1 億円(消費税込み)

内訳: 機材制作費 (5-15KW を 2-5 機程度): 5000 万円

人件費(実証計画立案・検証、持続性検討、スキーム検討等): 3000 万円

測量・設置工事費: 500 万円

機材輸送費: 100 万円

人材育成費 (メンテナンス、製作等): 500 万円

旅費(ベトナム出張 10 人回): 300 万円

その他(通訳・翻訳代、セミナー費等): 200 万円

⑧ 発電した電力の用途、利用者

無電化地域 So 地区 少数民族 Muong 族の 54 世帯への電力供給

スキーム(案件化調査)
ベトナム、ラオス、カンボジア
無電化・弱電化地域における流水式マイクロ水力発電プロジェクト

企業・サイト概要

- 提案企業 : シーベルインターナショナル株式会社
- 提案企業所在地 : 〒101-0031 東京都千代田区東神田2-8-11 萬産ビル4階
- サイト : ベトナム社会主義共和国 Hoa Binh 省 Da Bac 郡 Thung Thanh 村 So 地区
- C/P 機関 : Hoa Binh 省人民委員会、ベトナム計画投資省

ベトナム社会主義共和国の開発課題

- 無電化地域の解消
- 自然再生可能エネルギーの利用促進
- 自国の製造業の育成

中小企業の技術・製品

- 流水式マイクロ水力発電機
- 落差3メートル未満の水路でも発電可能
- 分散型独立電源

企画書で提案されているODA事業及び期待される効果

- 実証事業によるショーケースの設置とパートナー企業の育成
- 貧困地域小規模インフラ整備事業の活用による複数の無電化地域の解消
- シルバーボランティアの活用によるマイクロ水力発電機の管理技術の伝達

日本の中小企業のビジネス展開

- ASEAN市場開拓のためのベトナムでのショーケース設置
- ベトナムでの製造拠点確立に向けたパートナー企業との提携



はじめに

調査の背景

今般の調査対象国であるラオス人民共和国、ベトナム社会主義共和国、カンボジア王国では、農村地域では極めて低い電化率を向上させて生活水準を高めることが国家的課題となっている。これらの農村地帯は電力不足が深刻であり、電化は首都特別市に集中したもので、人口のほとんどを占める地方の農村の多くの世帯は電化されていない。地方農村の生活水準、教育水準の向上にはこのような農村地域への電力供給が必要であるが、大規模なグリッド網を建設するには多大な時間とコストがかかり、地域に分散する農村地帯の電化が進まない。また、これらの集落は分散しており各集落あたりの電気需要も小さいため、各集落にグリッドを引くよりも、分散電源を配置した地産地消型の電力供給を行う方が時間、コストともに効率的なケースがある。

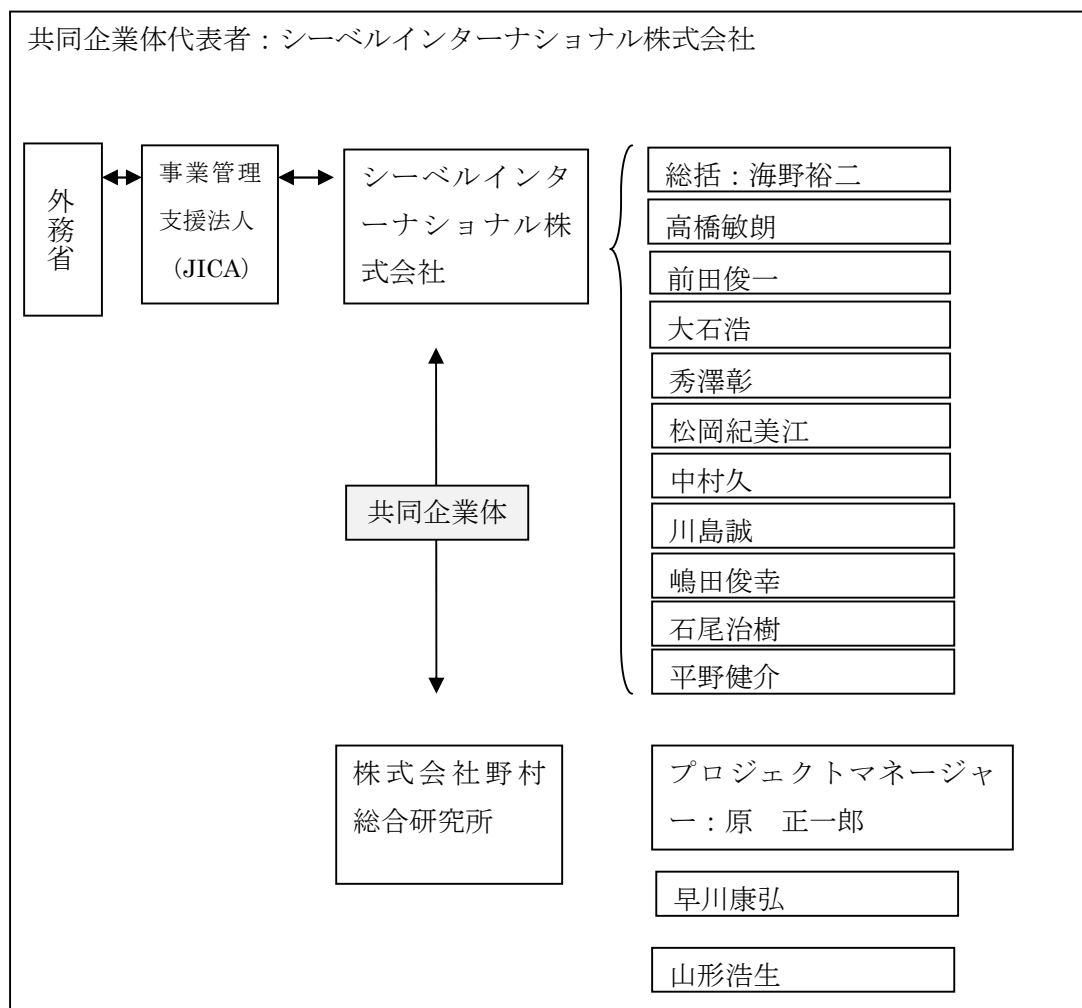
調査の目的

今般の調査は、上記を背景にして、提案製品である低落差型の流水式マイクロ水力発電機 STREAM の調査対象国への普及の可能性による海外進出（具体的には現地製造のための技術移転を想定）及び、提案製品が現地導入されていくことによる農村地域などの無電化・弱電化の解消を行うことによる対象地域の生活水準の向上の可能性について、ODA の活用を見据えながら調査することを目的とする。

調査工程と作業内容

	時期	作業内容
第1回渡航	2012/12/6-12/15	<ul style="list-style-type: none"> ● 相手政府カウンターパート特定 ● 現地ニーズの把握 ● 現地調査
第2回渡航	2013/1/10-1/19	<ul style="list-style-type: none"> ● カウンターパートとの協議 ● パイロットサイト特定 ● ODA 事業提案
第3回渡航	2013/2/24-2/27	<ul style="list-style-type: none"> ● ODA 要請意向の確認

業務実施体制



第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1-1 対象国の政治・経済の概況

事業国・地域・都市はラオス人民民主共和国、ベトナム社会主義共和国、カンボジア王国のメコン川流域の無電化農村地域とする。

本調査の対象3カ国にミャンマー連邦共和国を加えた4カ国は、ASEAN 諸国の中でも一人当たり所得が少ない後発4カ国（CLMV）と呼ばれており、産業振興による所得の向上が重要なテーマとなっている。

本調査対象国はメコン川流域の豊富な水資源と森林資源に恵まれているが、日メコン協力のための東京戦略2012などによれば、その豊富な天然資源やダイナミックな労働力の活用と同時に、メコン川の水及び関連する資源の持続可能な利用、保存および管理にも重きを置いており、今後の対象地域のエネルギー開発においては、従来に見られるような大規模なダム開発等だけでなく、自然環境への負荷の小さなマイクロ規模の再生可能エネルギーによる開発も重視されていく可能性が期待される。



図 1-1 メコン川流域の各国位置図

ラオス及びベトナム北部のメコン川流域の山間部では豊富で落差のある水流により中規模以上の水力発電適地が多いものの、山間部の農村地域では、極めて低い電化率を向上させて生活水準を高めることが国家的課題となっている。

また、カンボジア及びベトナム南部では、河川の水量は豊富であるが低落差（0～10m）であることから中規模以上の水力発電には適さないとされ、カンボジアでは無電化率が76%となっている。

このため、調査対象国の基幹産業である農業を下支えする灌漑用水の低落差を活用して発電可能なマイクロ水力発電は、当該国の国家戦略に合致するものであり、現地政府からのニーズ・関心も高いものと考えられる。

当該事業の実現によって、無電／弱電化地域に安定した電力が確保されれば、マイクロエンタプライズなどの創設、生産性の向上、それによる所得収入の増加が期待出来る。その追加収入が余暇などに寄与することで、識字率の上昇、学業従事時間の増加など貧困削減や持続的な経済・社会発展へと波及すると見られる。

(1)ラオス

ラオスは、国家主席を元首とする共和制国家であり、現在の元首は、チュンマリー・サイニャソーン国家主席（ラオス人民革命党書記長）である。チュンマリー国家主席は、2006年6月の第6期国民議会において選出され、その後、2011年4月に第7期国民議会においても再任され、現在に至っている。チュンマリー国家主席は、2015年までの年8%以上の経済成長と1人当たりGDP1,700ドルMDGsの達成を目指している。

一人当たりGDPは、2011年IMF推定値によると1203米ドルで、GDP（名目）は約78.91億ドル（63兆4,459億キープ）、GDP成長率は8.2%となっている。

無電化率は、45%であり無電化人口は3百万人となっており、まだ半数近くの国民が無電化となっている。

(2)ベトナム

ベトナムの統治体制は、ベトナム共産党による一党独裁制度である。2011年5月に国会議員選挙が行われ、その結果を受けて7月より第13期国会が召集され、グエン・シン・フン国会議長、チュオン・タン・サン国家主席が選出され、グエン・タン・ズン首相が再選された。2020年までに近代工業国家に成長することを目標に掲げている。

一人当たりGDPは、2011年ベトナム統計総局によると1373米ドルで、GDPは約1,227億米ドル、GDP成長率は5.9%となっている。

無電化率は、11%と今回の調査対象国では最も低い。ただ、無電化人口は約1000万人とラオスと比較すると多く、カンボジアよりは少ない。

(3)カンボジア

国家体制は国王を元首とする立憲君主制である。現在の元首は2004年10月に即位したノロドム・シハモニ国王である。国会は二院制をとっており、上院は全61議席、任期6年で、下院(国民議会)は全123議席、任期5年である。

一人当たりGDPは、2011年IMFによると912米ドルで、GDPは約132億米ドル、GDP成長率は6.0%となっている。産業別GDPは、農業が32.8%、縫製業が9.0%、建設業が6.1%、

観光業が4.5%となっている。

無電化率は、76%と今回の調査対象国では最も高い。無電化人口も約1100万人と最も深刻である。

表 1-1 調査対象国の情勢

国名	ラオス人民民主共和国	ベトナム社会主義共和国	カンボジア王国
面積	24万km ²	32.9万km ²	18.1万km ²
人口	626万人	8784万人	1340万人
主要産業	サービス業(GDPの39%)、農業(GDPの28.0%)、工業(GDPの26%)、但し労働人口の約7割が農業に従事	農林水産業、鉱業、軽工業	農業(GDPの32.8%)、縫製業(GDPの9.0%)、建設業(GDPの6.1%)、観光業(GDPの4.5%)
GDP	約78.91億米ドル	約1227億米ドル	約132億米ドル
一人当たりGDP	1203米ドル	1374米ドル	912米ドル
無電化率	45%	11%	76%
無電化人口	3百万人	10百万人	11百万人
注) 面積、人口、主要産業、GDP、一人当たりGDPの出所は外務省の各国・地域情勢			
無電化率、無電化人口の出所はUNDP(国連開発計画)調査(2009)			

1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状

1-1に述べたように、対象3カ国の政治・経済の概況から判断すると、マイクロ水力発電による農村電化は、対象国によってその電化率は異なるが、電化率の向上において、都市間、ハイウェイ沿いのようなグリッドが優先的に引かれる地点から外れた農村の電化を進めるには、グリッド整備を待つには時間がかかる、もしくはそもそもグリッドが引かれる計画もない場所などには、ミニグリッドとしても利用できる再生可能エネルギーの活用が有効と考えられ、各国の電化率の向上を図る国家戦略に合致し、現地政府からのニーズ・関心も高いものと考えられる。

今回の調査対象国の中で、無電化率、無電化人口が最も多いのはカンボジアであり、農村電化において最もニーズが高いと考えられる。次いで、無電化率が高いのはラオスとなっている。ベトナムは、無電化率は調査対象国の中では最も低いですが、そもそもの人口が多く、無電化人口では、約1000万人と絶対数は多い。従って、無電化率が低いと言っても、無電化人口の絶対数が多いため、マイクロ水力発電による農村電化のニーズは高いと考えられる。2012/12/6-12/15に実施した第1回の渡航では、これらの仮説を確認するために、当該国の行政機関へのインタビュー調査及び現地調査を実施した。

その結果、以下の点が明らかになった。

(1)ラオス

- ビエンチャン近郊で視察した地域を見る限り、水量は豊富で、年中のほとんどを通じた発電が可能な模様である。雨期、乾期での水量差はあるとのこと、その差などを精査することが必要となる。
- 未電化地域では、農村開発と関連づけた灌漑とのセットでの整備需要はある。また NGO などによる村落開発の試みがあり、施工が簡単で中国製より耐久力のあるマイクロ水力設備として需要が見込まれる。
- 電化地域であっても、電力を輸出にまわしすぎて国内需要の半分が輸入に頼っているため、グリッドへの売電需要はある。水力発電所からの放水路では、エネルギー省だけで話がすむので手続きが容易である。それ以外では、灌漑省とも連携が必要。いまのところ FIT などではなく、地域によっては 6.5 セント/kWh、都市近郊でも 6 セント/kWh にとどまるのが難点である。

(2)ベトナム

- ベトナムは亜熱帯地域であり、水路も豊富ある。また、農業も盛んであり、STREAM を設置する候補地は非常に多くありそうである。商工省エネルギー総局の調査結果によると、100KW～30MW までの小水力発電の候補地が全国に 1016 か所あり、潜在発電

能力は 7,000MW であるという調査結果があり、さらに小規模な小水力発電であれば、数え切れないほどあると考えられる。

- しかし、「STREAM」の設置に適している農業用水路が完備されている地域には、ほぼ送電網のカバー範囲である。
- ベトナムの送電網網羅率は、95%以上に達しており、無電化地域は、山岳地帯、島部に限られている。（実際に都市部から離れた農村部にも国のグリッドが整備されていて、弱電化状態ではなく必要な電気も使えている実態も確認できた。）
- ベトナムの電力料金は、US\$5-6 セント/KWh と非常に安く、送電網でカバーされている地域において、「STREAM」を導入することは、価格競争的にも難しいと考えられる。従って、農業用水路が完備されている地域への導入は現状では難しいと判断される。
- 無電化地域である山岳地や島部は、少数民族などが生活をしている。それらの地域の住民は貧しい場合が多く、発電能力 500W 程度の超小型水力発電装置を 50 ドル程度で購入し、住民自らが設置しているケースが多い。しかし、故障も多く、メンテナンスも 4 カ月毎にベアリング交換が必要、毎日のゴミ除去など手間がかかるうえ、電力も安定しないために、住民としては、実質的に無電化の生活を送っているが実態である。
- これらの地域において、安定的な電力を供給することは、社会的に意義があることであると思われる。
- 山岳地域といっても、水量がある程度ある川の近くに集落が形成されていることも多く、「STREAM」を設置が可能である地域も多いと思われる。
- また、商工省（MOIT）エネルギー総局からは、「STREAM」の設置という側面のみならず、アセアン地区全体（特に、カンボジア、ラオス、ミャンマー）における「STREAM」の生産、工事・メンテナンスの拠点として ODA を活用した技術移転の提案をいただいた。
- Hoa Binh 省では、無電化地域が 36 か所、合計で 4000 世帯ある。これらの地域への電化は省政府としても課題であり、水力が最適な手段だと考えている。そのためにも、シーベルインターナショナルの導入には、積極的に取り組んでいきたい。具体的には、設置費用、権利者調整など、現地での対応は、ホアビン省人民人会で対応していただける予定（副人民委員長の発言）
- 価格を下げないと、ODA などの支援で機器を導入されても、類似品が出回るだけ。できるだけ価格を下げられるように、現地化を進める、活用部材の工夫、現地に合わせた低スペック化などで、類似品にも負けない価格で販売することの検討が不可欠であろう。

(3)カンボジア

- カンボジアの輸入電力を含めた発電電力量の推移をみると、2007 年末から 115kV 送電線によるタイからの電力輸入、2009 年からの 230kV 送電線によるベトナムからの電力輸入、2010 年には 22kV 配電線によるラオスからの電力輸入が開始され、2010 年における発電電力量のうち、電力輸入が占める割合は 61.5%になっている。
- 平野部の灌漑は雨期頼みで半年間のごく限られた水路にしか水がない。今回訪問したプルサット州のトートバイ村の農業用水路では、村長へのヒアリングから年間通して水量があるとのことであったが、実態は取水管理が曖昧な状態にある。
- 山岳を水源とする河川は年間水量があるが、雨期と乾季で水量の差が激しい。
- カンボジアは雨期と乾期の水量変動が大きすぎるため、カンボジアにおける水力発電は乾期には実施できず稼働は半年程度しか期待できず、それが現地の認識でもある。
- 通常 EDC が供給している電気代は 20-40 セント/kWh であり、ベトナムやラオスと比較して電気代は高い。さらに IPP 事業者のディーゼル発電では 80 セント/kWh と高額である。
- EDC の計画では、2020 年までにグリッド、オフグリッドを問わず無電化農村を無くし、2030 年までにカンボジアの全世帯の 70%以上にグリッドを引く計画を立てている。
- EDC は世界銀行のプロジェクトで 12,000 世帯の無電化農村に 330 ドルの太陽光パネルを導入している。
- カンボジアには水利権は整備されていないが、水への関心は高く、農民の調整には最大 3 年程度かかることもある。
- EAC の認可した IPP 事業者が国内には 308 あり、ミニグリッド規模のものも存在している。

1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

(1)ラオス

- ラオスは電化目標を 2020 年まで定めてそれを着実に達成している。2010 年に世帯電化率 70%が目標だったが 73%を実現、2015 年に 80%が目標だったが、これをすでに 2012 年で達成している。2020 年に 90%が目標だが、かなり前倒しで実現できそう。
- 地方電化の考え方は、EDL などはもちろんグリッド延伸が中心である。かなり無理をして配電線を伸ばしているところもあるが、系統は、115kV の送電線が中心で、メインの部分では 230kV となる。その下の配電は 22kV、その下は 400V, 220V といった具合である。
- 灌漑に伴う小規模発電も灌漑局の担当である。大きい部分は EDL/エネルギー省だが、5MW 以下になると、各県にある灌漑局の担当となる。

(2)ベトナム

- 2015 年までに全国送電網 100%の計画である。全国送電網 100%というとは、全国の村レベルまでをカバーすることであり、山岳地帯などの小部落までをカバーすることは難しいと考えている。
- 世帯レベルでは、95%をカバーする計画である。EVN は、長距離基幹の 500KVA から 25KVA までの地域基幹配電網の整備を担当しており、その先の配電は、地方政府が部落レベルまでの配電を整備し、その先の各家庭までは、各家庭が負担することになっている。なお、地方政府が部落レベルまでの整備を担当しているが、資金などについては、商工省 (MOIT) や計画投資省 (MPI) と協力しながら、電力供給されていない地域への送配電網に取り組んでいる。
- 山岳地帯の小部落 (10 世帯程度の部落) では、再生可能エネルギーによる発電で、電力供給することになる。ベトナム政府としても、小水力発電やバイオマス発電などの再生可能エネルギーの導入を奨励している。

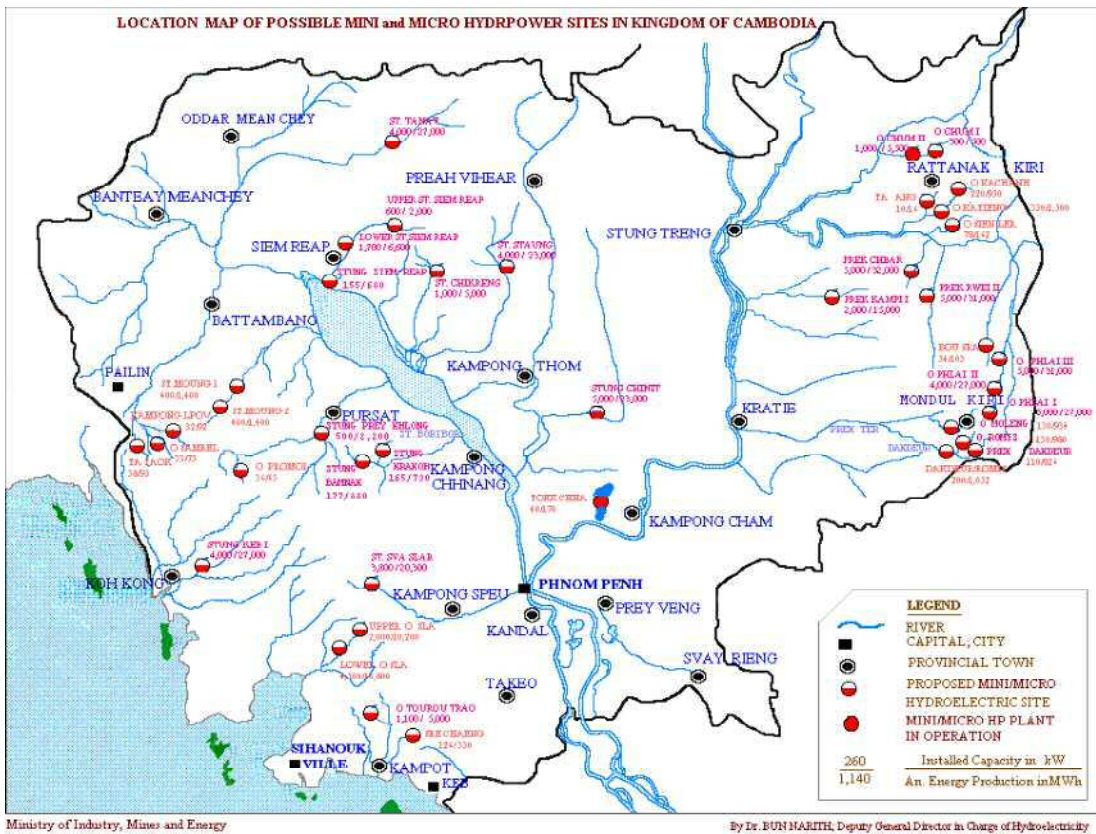
(3)カンボジア

- EDC の計画では 2013 年までに農村の 70%にグリッドを引き、2020 年までに無電化村を無くす計画をたてている。
- EDC での実績は 2011 年から 2012 年末にかけて、無電化農村に太陽光パネル+バッテリーを 12,000 世帯に提供した。この事例ではファンドを利用して、1セット 330 ドルの太陽光を農民に年 60 ドルを 4 年に分けて販売し、残りの 90 ドル分は世界銀行が負担した。2013 年度のファンドには 400 万ドルの予算が付いている。2013 年度の計画では、①グリッドが近いところに住む農民向けの配電支援 ②太陽光パネル+バッテリー提供を 4000 件追加で実施 ③EDC が送電していないエリアに IPP 事業者が送電する

ための支援 の3本の柱を計画しているが、このファンドを利用して STREAM のパイロット設置を行いたいと提案があった。

- カンボジア鉱工業エネルギー省では、小規模水力発電が可能なサイト一覧を公表している。トンレサップ湖西岸の山間地やカンボジア東部のモンドルキリ州などにサイトが多く分布している。

図 1-2 カンボジアにおける小規模水力発電が可能なサイト一覧



出典：カンボジア鉱工業エネルギー省資料

1-4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析

(1) ラオス

- 「電力セクター事業管理能力強化プロジェクト」(平成 22 年 8 月～平成 25 年 2 月) が Department of Electricity (DOE), Ministry of Energy and Mines (MEM) : エネルギー鉱業省 電力局をカウンターパート機関として実施されている。エネルギー資源省 JICA 専門家 橋本信雄氏の説明によれば、ラオスの電力状況は、経済が水力発電による売電の収入に頼っている一方で、乾期には電力を輸入しなくてはならない状況になっている。すなわち、高圧電力は輸出しつつ、低圧の国内需要の半分は輸入しているという状態になっている。このため、小水力でも発電に貢献できれば歓迎はされるとのことであった。
- 「南部メコン川沿岸地域参加型灌漑農業振興プロジェクト」(平成 22 年 11 月～平成 27 年 10 月) が Department of Irrigation (DOI) : 農林省灌漑局, National Agriculture and Forestry Extension Services (NAFES) : 農林省農林普及局をカウンターパート機関として実施されている。農林省灌漑局の Deputy DG Mr. Nouanedeng Rajvong の説明によれば、灌漑が進んでいない部分は、地方部にかなり残っている。そうしたところでは灌漑といっしょに小水力を入れたいと考えている。また、生活だけでなく、産物の小規模加工などに使えるようにして、貧困削減などに貢献できれば良いと考えている。このためには 10KW くらいの設備は非常に有用であると考えたとのことであった。
- 世界銀行グループの国際開発協会 (IDA) では、1998 年から 2004 年まで南部地方農村電化プロジェクトを実施した。プロジェクトの総費用は 4140 万ドルで、うち 3440 万ドルを IDA が出資し、残りの 74 万ドルが地球環境ファシリティ、630 万ドルが政府から調達して取り組まれた。このプロジェクトを通じて 721 の農村の 5 万 1000 世帯以上 (1 世帯当たり平均 5 人) が主電力網から電気の供給を受けるようになった。ほかにも 6097 世帯がソーラーシステムや村の水力発電システムなど、電力網以外のシステムに接続された。このプロジェクトの後、他の国際機関からの国内農村電化のための支援がされており、例えば、ノルウェー開発協力庁から 1000 万ドルが支援されている。

(2) ベトナム

- 「貧困地域小規模インフラ整備事業 (II)」(L/A 調印日 : 2006 年 3 月 31 日) が Ministry of Planning and Investment (MPI) : ベトナム計画投資省をカウンターパート機関として実施されている。JICA 東南アジア第三課では、本事業の内容・方向性に関して様々な可能性を検討しており、新たな試みとして、小水力発電も視野に入れて検討することを考えている。
- 「タクモ水力発電増設事業」(L/A 調印日 : 2004 年 3 月 31 日) が Electricity of Vietnam (EVN) : ベトナム電力公社をカウンターパート機関として実施されている。発電能力が 30MW 以上の発電所は EVN が直轄運営しており、それ以下の発電所は地方政府もし

くは民間企業が担当している。但し、30MW以下の発電所による電力も EVN が購入しており、全国に配電している。

- 「ファンリー・ファンティエット灌漑事業」(L/A 調印日:2006年3月31日)が Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD) : ベトナム農業農村開発省をカウンターパート機関として実施されている。WATER RESOURCES UNIVERSITY の教授で MARD の元副大臣の Prof.Dao Xuan Hoc の説明によれば、ベトナム政府では、今後、再生可能エネルギーを積極的に導入する方針であり、無電化地域ではないものの灌漑用水路の整備した地域でシーベルインターナショナル社のマイクロ水力発電機を設置することを奨励している。
- これ以外にも、ベトナムでは無電化地域における再生可能エネルギーなどの導入支援を、世界銀行や UNDP、デンマーク、ニュージーランド、オランダ、スイス等から受けている。

(3)カンボジア

- 「カンボジア国モンドルキリ州小水力地方電化計画の運営・維持管理プロジェクト」(平成20年12月～平成23年3月)が Ministry of Industry, Mines and Energy (MIME) : 鉱工業エネルギー省をカウンターパート機関として実施されている。Electricity Authority of Cambodia(EAC)の Dr. TY NORIN/ Chairman-Secretary of State の説明によれば、モンドルキリ州の小水力発電は、ディーゼル発電とのハイブリッド型にしたため、1年間を通して電力を供給している。電力コストは当初計画していた 1000 リエルから 1600 リエルへと上昇し、割高になったが、この徴収料によって施設を安定的に運用することができた。持続的に運用することが大事であり、シーベルインターナショナル社のマイクロ水力発電機についても安定的に電力を供給するためにはディーゼル発電などとのハイブリッド型にすることも考えられるとのアドバイスをいただいた。
- 「トンレサップ西部流域灌漑施設改修事業」(L/A 調印日:2011年8月23日)が Ministry of Water Resources and Meteorology (MOWRAM) : 水資源気象省をカウンターパート機関として実施されている。しかし、JICA 専門家の平岩氏の説明によれば、この事業では雨季の期間に水路に水を流すことを前提にしており、乾季に水を流すことは想定していないとのことである。
- カンボジアの電力セクターに対しては、世界銀行及び ADB、韓国、独 KfW、中国が主に送電及び地方電化支援等を実施している。例えば、世界銀行と ADB は、2004年に地方電化基金の創設を支援して、1) 電力需要を経済活動用、社会活動用、家庭用別に分けて、それぞれ支払い可能な価格体系を確立して地方電化の推進、2) 民間セクターの参画を奨励し、地方電化を強化、3) 発電エネルギー源として再生可能エネルギー開発を推進に取り組んでいる。

第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性

及び将来的な事業展開の見通し

2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

(1) 製品の概要

シーベルインターナショナルのマイクロ水力発電機の出力規模は、単体で10kW程度である。

表 2-1 水力発電の分類

水力発電の分類	出力規模
大水力	100,000kw 以上
中水力	10,000kw～100,000kw
小水力	1,000kw～10,000kw
ミニ水力	100kw～1,000kw
マイクロ水力	1kw～100kw
ピコ水力	1kw 未満

出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック

(新エネルギー・産業技術総合開発機構)

注) ピコ水力については追記

一般に、水力発電は、その出力規模によって、表 2-1 のように分類されるが、他の出力規模の水力発電と比較して、次のような強みを有している。

- 中小水力は開発が落差の取れる山間地になり、環境に与える影響と、発電開始までに時間と費用がかかる。
- 中国製などのピコ水力は、出力規模が数十ワットで個人宅用途の最低限の電気供給しかできない。農村開発にはコミュニティで利用できる規模の電気が必要である
- 10kW 規模のマイクロ水力であれば、無電化・弱電化農村の世帯に必要な電気需要と、農産物の簡易的な加工などに利用できる電力を供給できる
- 農村地域の灌漑水路であれば、1～3m 程度の落差であれば新たな水路を作らなくても既存の水路で設置できる。
- 1～3m の低落差の水路に直接設置して効率良く発電が可能なものは STREAM だけである。

表 2-2 低落差を範囲とする水車形式の比較

	STREAM	上掛け水車	下掛け水車	らせん水車	横軸羽根プロペラ
開放水路への設置	可能	バイパス水路を要する	バイパス水路を要する	バイパス水路を要する	管路を要する
水量変動への対応	対応可能	不可	不可	不可	不可
水路ゴミ対応	少量は流入可	少量は流入可	少量は流入可	少量は流入可	不可
対応落差	0～5m程度	2～5m程度	1～2m程度	1～20m程度	3～20m程度
効率	30～40%	10～30%	10～30%	50%程度	75%程度
評価	○	△	△	△	△
	既存水路に直接設置できるため土木工事がほとんど必要ない	設置にバイパス水路が必要である	水車径が大きく大掛かりな割に効率が低い	設置にバイパス水路が必要である	効率は高いがバイパス管路と落差が必要

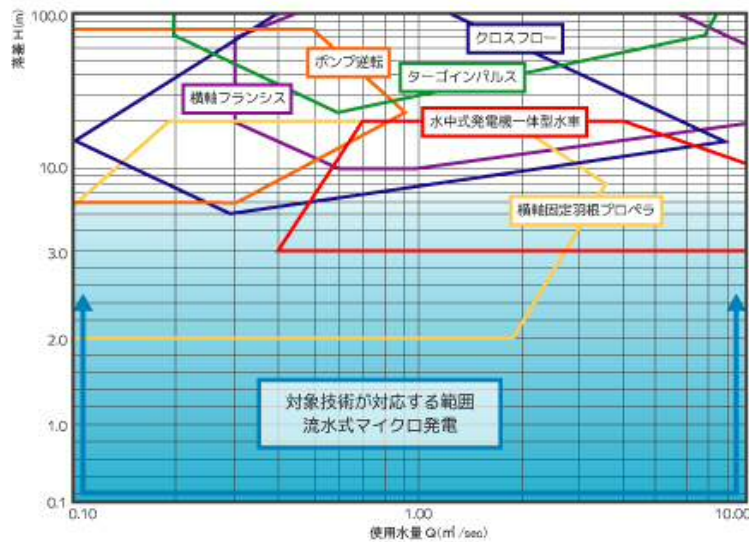


図 2-1 落差・流量による水力発電水車の適用範囲

従来、発電に利用される水車には、落差、流量の条件に応じて様々な種類の水車が開発されているが、従来の水車技術では落差 3m 未満での水路条件に発電のためのバイパス水路

等を設けずに、直接水路に設置して効率良く発電できるものは見受けられず、水力発電の適地は高い落差の取れる山間地域などが中心であった。一方で分散型電力としての水力発電利用を考えると、実際に電気需要のある集落等の生活圏は山間地域よりも下流（低落差しかない地域）に位置することが多く、水路落差を活用することが難しかった。今回のシーベルインターナショナルの対象技術は3m程度の低落差水路、かつ水量が少ない水路であっても、発電を可能とする水力の利活用範囲を大幅に拡充させるマイクロ水力発電技術である。

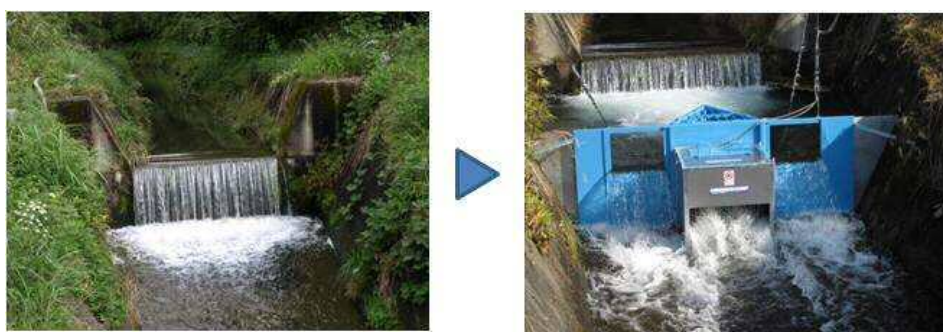


図 2-2 対象技術によるマイクロ水力発電機

上記の写真の通り、対象技術によるマイクロ水力発電は、開放水路に設置し発電を行うものである。これは低落差でも効率を上げられる開放型垂直型 2 軸水車構造によるマイクロ水力発電で、

- ①水車前面に受ける運動エネルギーを貯留して位置エネルギーに変換し
- ②ベルマウス形状により流速を加速し
- ③2 軸水車によって中心部へエネルギーを集約させ、水車に最大エネルギーを作用させるものである

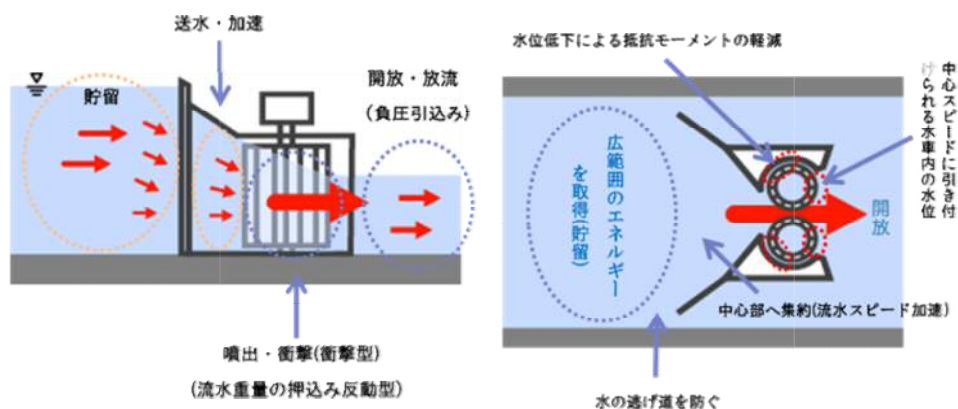


図 2-3 マイクロ水力発電機「STREAM」の発電の仕組み

また、対象技術によるマイクロ水力発電は低落差で発電可能なことから、農業用水などの水路機能として存在している既存の低落差を活用して、同一の水路上に複数台のマイクロ水力発電をクラスター状に連続で設置することができる。このため、本技術のマイクロ水力発電を無電化・弱電化地域の灌漑水路にクラスター設置していけば、大規模な送電グリッド網を引かずとも、該当地域に必要な電力を地産地消していくことができる。

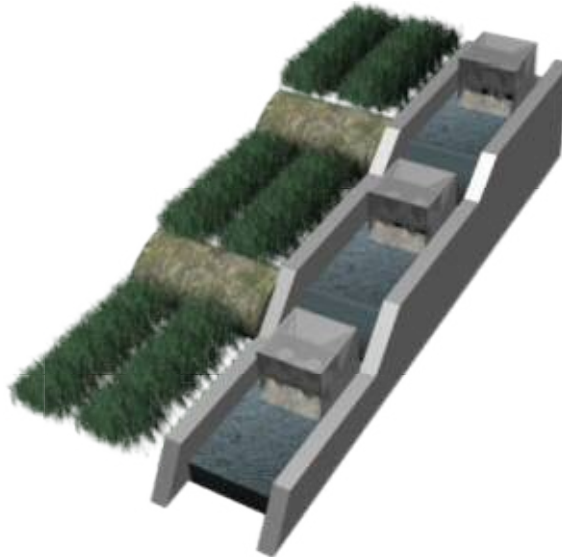


図 2-4 対象技術のクラスター設置イメージ

(2) 製品・技術の強み

シーベルインターナショナルの流水型水力発電システムは一般の中小水力発電設備と比べて、①低落差（0～10m、特に3m未満では当該技術のみ）で設置可能（前頁の図参照）、②都市部・農地・山間部など設置場所が限定されず分散電源として利用価値が高い、③既存水路を利用できるので大規模な土木工事が不要、④かつ工事期間を短縮でき工事費が安価（3日程度）、⑤設備が標準化されておりメンテナンスが安価で用意であるという技術的優位性があり、我が国の国内では既に国土交通省の管轄する河川への納入実績を有した確立した技術製品である。

また、本対象製品は、その構成部品において、この製品のためだけに製造するような特注パーツは一切なく、すべてが市販の汎用パーツで構成されている。これにより、製造コストを下げることはもちろん、維持管理の手間とコストも同時に下げることができ、運転開始後の維持管理を現地化していくことが容易であるといえる。

以上から本対象技術の強みをまとめると以下のようになる。

- 分散型の電源として短期間に導入が可能である。
- 導入後のメンテナンスが容易である。
- 灌漑地域への適用性が高い。
- 既存の水路構造を活かして設置できるため、同等の出力規模の水力発電に比べ、土木工事をほとんど必要とせず、投資費用が安価である。
- 単体あたり 5～10kW 規模のマイクロ水力で無電化・弱電化農村の需要に適合している。

等の理由から、対象国の無電化・弱電化の農村電化を促進するための発電技術としての適用性が高い。

2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

- シーベルインターナショナルのマイクロ水力発電機の技術は、①無電化地域での利用に適した出力規模(単体で 10kW 程度)。②低落差で発電できるため既存の水路を利用できるため、設置に大規模な土木工事が不要である。③従来の落差型の中小水力と違い計画から運転開始までを短期間で行える。といった特徴から、我が国の国内での事業展開だけではなく、海外の開発途上国に最大のニーズがあると位置づけており、特にアジア地域に注目している。
- シーベルインターナショナルのマイクロ水力発電は、水力発電機器の本体構造に特許を保有しているが、海外における事業展開は、現地企業への技術移転を行い、現地企業による現地生産、現地での維持管理を行うことによるライセンス方式を基本に考えている。(技術移転までの初期フェーズは日本製のを輸出することになるが、対象技術は途上国の無電化地域などの貧困層の生活水準の向上などに貢献するものであり、現地ニーズに合う設備仕様、価格設定に対応していくためには、現地製造が必須であると考え)
- また、このマイクロ水力発電機は構造に特許を持っているが、その機器を構成する部品パーツは全て市販品による組立であり、市販品の調達が行えれば、製造に高度な特殊技能などは必要がなく、現地企業への技術移転は十分に可能である。
- この製品の設置に適しているのは灌漑水路であることから、本製品の海外進出において、アジア地域では特に、米作の盛んなメコン諸国に注目しており、特に 2015 年のアセアン統合をふまえ、メコン諸国のなかで工業化の進んでいるベトナムへの技術移転、そしてベトナムおよび周辺メコン諸国への拡大の可能性が高いと考えている。
- 本調査と同時期にミャンマーにおける FS 調査を実施しているが、特にミャンマーでは灌漑水路での本技術のポテンシャルが高く、無電化農村のニーズが高いことが判明しており、メコン諸国でのマーケットは大きい。
- そこで、シーベルインターナショナルはアセアン諸国への進出の位置付けとして、ベトナムの現地企業との間で現地製造の拠点を作り、ベトナムを含めた周辺諸国のニーズに適した製品仕様による製品の製造・販売・保守の体制作りを検討している。本調査を通して既にベトナムの機械製造業の数社と面談を行い候補企業をピックアップしている。
- シーベルインターナショナルでは既に先行してインド国内での本技術の普及に向けた FS 調査を実施しており、インド国内の無電化農村に本技術のポテンシャルが高く、かつ、現地製造企業との技術移転に向けた協議も進めており、インドとベトナムで現地製造が実現できれば、周辺諸国への展開はもちろん、アフリカや我が国向けの製品の製作も将来的には期待できると考えられる。

2-3 提案企業の海外進出による地域経済への貢献

シーベルインターナショナルのマイクロ水力発電機の海外進出は、前述のとおり、最初のパイロットケースでは我が国で製造した日本製を現地に輸出する形を取るが、基本的には現地企業とのライセンス契約を結び、現地製造を行い、該当国での製造・販売・保守を現地で行う形を考えている。また、機械製品であることから、設置後も適正な維持管理が必要であるが、維持管理に特殊技能は必要としないことから、日常の維持管理は無電化地域の現地住民および現地のエンジニア企業で実施することができるが、当面の間は現地企業への技術移転、指導のために日本からの技術指導者が現地に駐在し、指導を行っていく必要がある。このため、シーベルインターナショナルまたは関連企業などにおいて、海外駐在の可能な人材が必要となる。これは海外シニアボランティアのような人材の活用が検討されるとともに、当該企業の雇用拡大などの効果も期待できる。

2-4 リスクへの対応

(1) 製造・維持管理の問題

本製品は機械設備であることから、適切な維持管理を行えなければ現地で持続的に利用されることは期待できない恐れがある。

- ベトナムには技術移転による現地製造が可能と思われる候補企業が複数存在し、これらの企業には全土に施工、メンテナンスの拠点を持っているため、維持管理の教育を行うことで現地で持続的に利用させることができる。
- カンボジアでは現状では現地製造は難しいと考えられるが、本製品に強い関心を示している EDC に農村電化を推進する部門がありカンボジアの広い範囲をカバーできることから、将来的にカンボジアへの本製品の普及が進んだ場合には、維持管理もそれらの部門の協力が期待できる。

(2) 価格（中国製）の問題

- ベトナム、カンボジアの無電化地域で現地住民が自前で中国製のピコ水力発電を設置して利用している事例が確認されたこと。
- これらの中国製のピコ水車は現地ヒアリングから 80 万ドン(約 3000 円)程度 (Hoa Binh 省の So 村) と格安
- 但し、中国製ピコ水車は 2-3 年程度の使い捨てで発電も不安定であり、無電化農村の住民が利用できる電力は最低限の照明などに限られている
- シーベルインターナショナル技術のマイクロ水力であれば、同条件の水況でも 10 倍以上の発電が可能と見込める。
- 住民の使用できる電力が多くなり、照明、ラジオ、テレビ等が安定的に利用できるようになれば、住民の生活水準の向上が図れる。
- 各家庭単位での利用のみならず、コミュニティで利用できる農業機械設備などに電力を使って簡単な加工などができるようになれば、生産性の向上、所得の増加につながり、中国製の超価格の水車との差別化になり、単なる電化だけではない農村開発の視点から必ずしも競合とはならない。

第3章 ODA 案件化による対象国における開発効果

及び提案企業の事業展開効果

3-1 提案製品・技術と当該開発課題の整合性

再生可能エネルギーである小規模水力発電システムは、短期間で分散的に配置できるその特徴から、電気インフラが未整備な開発途上国に点在する農村地域の電化に活用でき、開発途上国に最も大きな市場があると考えられるため、シーベルインターナショナルでは開発途上国への取り組みを経営戦略の柱として位置付けている。シーベルインターナショナルの技術は、こうした開発途上国に対するインフラ整備の向上に役立つものとして ODA の活用の必要性を重視している。

マイクロ水力発電機「STREAM」の強みと当該開発課題の整合性については下表のように整理できるが、当該事業の実現によって、無電／弱電化地域に安定した電力が確保されれば、マイクロエンタプライズなどの創設、生産性の向上、それによる所得収入の増加が期待出来る。その追加収入が余暇などに寄与することで、識字率の上昇、学業従事時間の増加など貧困削減や持続的な経済・社会発展へと波及すると見られる。

表 3-1 提案製品・技術と当該開発課題の整合性

国名	対象分野における開発課題	マイクロ水力発電機「STREAM」の強み	対象分野における開発課題との整合性
3カ国共通	電化率の向上において、都市間、ハイウェイ沿いのようなグリッドが優先的に引かれる地点から外れた農村の電化を進めるには、グリッド整備を待つには時間がかかる。	分散型の電源として短期間に導入が可能である。	ミニグリッドとしても利用できる再生可能エネルギーの活用が有効と考えられ、各国の電化率の向上を図る国家戦略に合致し、現地政府からのニーズ・関心も高い。
	そもそもグリッドが引かれる計画もない場所が存在する。	導入後のメンテナンスが容易である。	
	雨期、乾期での自然河川の水量差がある。	灌漑地域への適用性が高い。	
ラオス	電力を輸出にまわしすぎて国内需要の半分が輸入に頼っている。	既存の水路構造を活かして設置できるため、同等の出力規模の水力発電に比べ、土木工事をほとんど必要とせず、投資費用が安価である。	同等の出力規模の水力発電に比べ、土木工事をほとんど必要とせず、安価な投資コストで発電が可能になる。
ベトナム	再生可能エネルギーの利用促進が国際機関から要請されている。	単体あたり5～10kW規模のマイクロ水力で無電化・弱電化農村の需要に適合している。	すでに整備された灌漑用水路を活用して、再生可能エネルギーの利用を促進することが可能になる。
カンボジア	電気料金が低い。		同等の出力規模の水力発電に比べ、土木工事をほとんど必要とせず、安価な投資コストで発電が可能になる。
	国内での電力供給量が少なく、輸入に依存している。		

3-2 ODA 案件化による当該企業の事業展開に係る効果

シーベルインターナショナルは、2011年からNEDOの委託業務としてインドにおける本技術の現地の無電化地域解消のためのFS調査を実施し、現地ポテンシャルと現地ニーズの高さ、および現地事業化の見通しが見えてきている。そのなかで、インドを拠点とした周辺の近隣諸国に対し、既にシーベルインターナショナルではミャンマーにおける現地調査を開始したところであるが、シーベルインターナショナルは開発途上国への取り組みを経営戦略の柱と位置付けており、同様の横展開として、今回、水力開発の盛んなラオスを始めとしたメコン諸国での調査を実施してきた。なお、2011年にインドで実施したFS調査では現地に本技術のマイクロ水力発電機の実機を持ち込み、現地政府関係者等への現地デモを実施したが、この現地デモンストレーションが、同時期にインド工科大学が主催した世界各国の政府関係機関から派遣された小水力発電のエンジニア向けの研修会に組込まれる機会があったが、この研修会には本提案における対象国であるラオスの電力公社(Electricite' du Laos)のChief Engineerや、ベトナムのMinistry of Agriculture and Rural Developmentの関連機関でもある水力発電の研究を行うHanoi Water Resources Universityの教授も出席し、本技術のマイクロ水力発電を視察し、発電のためにダムやバイパス水路などを必要としない環境に優しい技術であることと、維持管理が容易なシンプルな発電機であることが評価され高い関心を寄せられている。



図 3-1 インドで実施した現地デモの様子（ラオス・ベトナム政府関係者が参加）

シーベルインターナショナルでは、このようなアジア諸国でのマイクロ水力発電関係者との人的ネットワークを活かしながら、ODA 案件化によるベトナムを生産拠点を早期に立ち上げ、2015年に市場統合されるASEAN市場をまず開拓し、その後、欧州、アフリカ、日本への輸出も視野に入れて事業展開を行っていくこととする。



図 3-2 シーベルインターナショナル社のグローバルビジネス戦略マップ

第4章 ODA 案件化の具体的提案

4-1 ODA 案件概要

2012/12/6-12/15 に実施した第1回渡航では、3カ国の潜在的な発電ポテンシャルなどが定量化されていないものの、いずれの政府機関からもシーベルインターナショナル社のマイクロ水力発電機 STREAM は高い評価を頂いた。そして、STREAM の設置に適した候補地を具体的に挙げていただいた。

調査団が2012/12/6-12/15 に実施した第1回渡航および2013/1/10-1/19 に実施した第2回渡航時に、それぞれの候補地で具体的なパイロットプロジェクトの可能性を検討した結果、設置のしやすさから言えばラオスの2カ所が高い評価結果となった。

ただし、今回の調査におけるラオスの候補地2カ所はいずれも無電化地域ではないことから、無電化・弱電化の解消という本提案調査の主旨との整合性が弱い。

一方、ベトナムでは、すでに電化率が95%を超え、無電化地域は少ないものの、シーベルインターナショナル社が今後、ASEAN 地域で事業展開していく上で、

- ・現地の優良パートナーの存在
- ・プロジェクト実施サイトの位置（ハノイ付近）
- ・2015年のASEANの市場統合を見据えた事業展開の拠点としてのポテンシャル

などを勘案して、ベトナムでのパイロットプロジェクトの実施し、ODA を活用した普及・実証事業を検討していくことを最優先にすることとした。

また、候補地であるベトナムの Hoa Binh 省 So 地区は、水量は豊富だが、3面コンクリートがあるわけではなく、多少の土木工事が必要等の課題も多いが、以下の理由により、ODA 案件の形成による裨益効果は極めて大きいものと判断している。

- ・グリッドから離れた山岳地帯の無電化地域であり、今後ともグリッドがひかれる可能性が低い。
- ・So 地区は、54世帯の無電化地域で、少数民族 Muong 族の村であり、自給自足で生活を送っている。タロイモの販売(2000 ドン/kg(約1円/kg))や、米の販売、豚や鶏の販売で、現金収入を得ているが、電化されることにより、識字率の上昇、学業従事時間の増加など貧困削減や農産品の加工などによる持続的な経済・社会発展へと波及すると見られる。

以上から、本調査では、第2章で述べた事業化スケジュールを踏まえて、ODA を活用した以下のようなスキームを考えている。

表 4-1 シーベルインターナショナルの ODA 案件化スケジュール(※印が ODA 事業を示す。)

年度	ベトナム	ラオス	カンボジア
平成 24 年度	※ベトナム・ラオス・カンボジアの 3 カ国で ODA 案件化調査を進める。		
平成 25 年度	<ul style="list-style-type: none"> ① ※ODA を活用した普及・実証事業によるパイロットモデルの導入。 ② 現地パートナーとの関係構築。 		
平成 26 年度～ 平成 27 年度	<ul style="list-style-type: none"> ① ※現地製造・メンテナンス拠点を確立し、貧困地域小規模インフラ整備事業の活用により、複数の無電化村に販売していく。 ② 灌漑用水路が整備された地域での再生可能エネルギー施設として導入を進めていく。 ③ 現地製造の比率を高め、ラオス・カンボジアおよび周辺諸国への輸出もしていく。 	<ul style="list-style-type: none"> ① エネルギー鉱業省再生エネルギー推進研究所 (IREP) の持つ再生エネルギー奨励ファンドなどを利用して、 <ul style="list-style-type: none"> i) 灌漑用水路スキーム ii) 水力発電所などの放水路スキーム の案件化を推進する。 ② 地元精通している農村開発 NGO や PESCO を活用する。 ③ ※ODA 草の根・人間の安全保障無償資金協力などの活用によって、無電化農村の電化を農村集落単位で複数事業を展開していく。 ④ ※現地に設置したマイクロ水力発電のメンテナンスをシニア海外ボランティアなどを通して地域住民に指導していく。 	
平成 28 年度			① カンボジア電力公社 (EDC) のファンドを利

			<p>用したパイロットプロジェクトの実施を検討する。</p> <p>② 地元精通している農村開発 NGO を活用する。</p> <p>③ ※ODA 草の根・人間の安全保障無償資金協力などの活用によって、無電化農村の電化を農村集落単位で複数事業を展開していく。</p> <p>④ ※現地に設置したマイクロ水力発電のメンテナンスをシニア海外ボランティアなどを通して地域住民に指導していく。</p>
--	--	--	--

(1) ベトナムでの ODA 案件化

まず、平成 25 年度に、ベトナムで ODA を活用した普及・実証事業によってパイロットモデルを導入していくことを目指す。並行して、現地パートナーとの関係を構築することを目指す。

ベトナムでは、無償資金協力による機器の導入にはかなりの要件を満たす必要があることから、まずは、ODA 実証事業費に採択されることを目指す。

さらに、このパイロットモデルが成功し、ベトナムの複数の無電化村でマイクロ水力発電機 STREAM のさらなる設置が見込まれる場合には、有償協力の貧困地域小規模インフラ整備事業の活用を目指す。

(2) ラオスでの ODA 案件化

次に、ベトナムのパートナー企業が製造したマイクロ水力発電機 STREAM を用いて、平成 26 年度以降に、ラオスでの案件化を進めていく。

ラオスにおける農村発電事業に関しては事業計画、設置や管理体制の構築に関して持続可能事業には地域の受益者・主体者、運用管理者との間で綿密なコミュニケーションなどによる連携が不可欠とされる。

対策として地元精通している農村開発 NGO や PESCO(Provincial Electricity Supply Companies, 地域毎電力配電会社)などの事業関与が考えられる。地元根付いた機関を介す

ることにより当該地域のニーズや固有の問題点をより詳しくタイムリーに把握・対応出来るメリットがある。この後ラオスでの案件化を推進して行く上ではより具体的に NGO や PESCO の機能や特質を検証して行きたい。

また、ODA 草の根・人間の安全保障無償資金協力などの活用によって、無電化農村の電化を農村集落単位で複数事業を展開していくとともに、現地に設置したマイクロ水力発電のメンテナンスをシニア海外ボランティアなどを通して地域住民に指導していくことも想定する。

(3) カンボジアでの ODA 案件化

カンボジアについては、今後、中国企業などがカンボジアの山間部で建設している **Stung Atay** などの大規模ダムが完成し、ダム湖下流の河川とそれに接続する灌漑用水路に 1 年間を通して安定した水流が確保されることが期待される平成 28 年度以降に、EDC のファンドを利用したパイロットプロジェクトの実施も検討するとともに、ラオスと同様のスキームで ODA 案件化することを目指す。

4-2 具体的な協力内容及び開発効果

これまでの検討の結果、平成 25 年以降の具体的な協力内容及び開発効果を以下のように整理した。

(1) 事業概要

① ODA 案件の目標

平成 25 年度事業としてベトナムの Hoa Binh 省で ODA を活用した普及・実証事業を推進する。

この目的は対象技術を現地および周辺のアセアン諸国に将来的に普及させていくためのパイロットプロジェクトとして現地で持続的に利用されていくために最適な機器仕様や、運用体制についての課題の抽出と、現地パートナー企業への技術移転への第 1 ステップとすることにある。このパイロットプロジェクトを通し、2-5 章に記載した事業実施体制の実現を精査していくこととする。

② 協力内容

- シーベルインターナショナル社のマイクロ水力発電施設「STREAM」を 2-5 機、日本からベトナムの Hoa Binh 省に持ち込み、実証事業を行う。
- 実証期間中、現地の AGRIMECO 社と NDA（機密保持契約）、MOU（覚書）を結び、図面を提供する。AGRIMECO 社が試作した部品を、シーベルインターナショナル社のマイクロ水力発電施設「STREAM」に組み込み、現地仕様の確立のための技術面および、現地普及のためのコスト面からの評価を行う。
- マイクロ水力発電施設「STREAM」2-5 機の設置場所については、Hoa Binh 省人民委員会及び Hoa Binh 省電気会社と協議のうえ、選定する。
- Hoa Binh 省の無電化地域には灌既用水路がないため、マイクロ水力発電施設「STREAM」2-5 機の設置にあたっては、土木工事を必要とする。この工事費用については、Hoa Binh 省が支出する。
- マイクロ水力発電施設「STREAM」2-5 機の維持管理は、Hoa Binh 省電気会社が行う。そのための研修を実証事業の中で行う。
- 発電した電気は、Hoa Binh 省電気会社がミニグリッドを設置し、無電化地域の家庭に配電する。

③ カウンターパート

Hoa Binh 省人民委員会

ベトナム計画投資省

④ ロケーション

Hoa Binh 省 Da Bac 郡 Thung Thanh 村 So 地区（ハノイから西に 70km 程度）

So 地区は、54 世帯の無電化地域で、少数民族 Muong 族の村である。

So 地区は、標高約 500m で、自給自足で生活を送っている。

⑤実施体制

(日本側)

シーベルインターナショナル株式会社 (パイロットプロジェクト実施)

株式会社中山鉄工所 (日本国内の STREAM 製造提携会社、ベトナムの協力会社への技術指導)

株式会社野村総合研究所 (協力コンサルタント)

(ベトナム側)

Hoa Binh 省人民委員会 (カウンターパート)

ベトナム計画投資省 (カウンターパート)

AGRIMECO 社 (現地パートナー、部品試作。※次年度以降にはシステム全体の製造を開始)

Ha Binh 省電気会社 (設置場所選定、土木工事、STREAM 設置、メンテナンス、ミニグリッド設置、配電)

⑥スケジュール

平成 25 年第 1 四半期

CP とのパイロットプロジェクト実施に向けての協議、設置場所決定

AGRIMECO 社と NDA (機密保持契約)、MOU (覚書) 締結、日本での STREAM 製造

平成 25 年第 2 四半期

現地での土木工事、AGRIMECO 社へ図面提供、技術指導・研修、部品試作

Ha Binh 省電気会社 社員への研修

ベトナムへの STREAM 輸出

平成 25 年第 3 四半期

現地での STREAM 設置、ミニグリッド設置、配電

AGRIMECO 社へ図面提供、部品試作

発電事業開始

平成 25 年第 4 四半期

Hoa Binh 省電気会社から村民へのメンテナンス指導

AGRIMECO 社の製造した部品の性能評価

パイロットプロジェクトの事業成果(開発効果、保守管理・事業の継続性)の検証

報告書取りまとめ

⑦概算費用

合計約 1 億円(消費税込み)

内訳： 機材制作費（5-15KW を 2-5 機程度）：5000 万円

人件費(実証計画立案・検証、持続性検討、スキーム検討等)：3000 万円

測量・設置工事費：500 万円

機材輸送費：100 万円

人材育成費（メンテナンス、製作等）：500 万円

旅費(ベトナム出張 10 人回)：300 万円

その他(通訳・翻訳代、セミナー費等)：200 万円

⑧発電した電力の用途、利用者

無電化地域 So 地区 少数民族 Muong 族の 54 世帯への電力供給

(2)開発効果

ベトナムでは、すでに電化率は 95%を超えており、無電化地域は山間部に限られている。

これらの地域では、少数民族が生活しており、当該事業の実現によって、無電/弱電化地域に安定した電力が確保されれば、マイクロエンタプライズなどの創設、生産性の向上、それによる所得収入の増加が期待出来る。その追加収入が余暇などに寄与することで、識字率の上昇、学業従事時間の増加など貧困削減や持続的な経済・社会発展へと波及すると見られる。

4-3 他 ODA 案件との連携可能性

ラオス、ベトナム、カンボジアでの開発可能な地点については、例えば、我が国の大手ゼネコンなどが手掛けられるような大規模な灌漑開発事業と本技術をマッチングさせることによって、発電機能を持った灌漑用水開発を行うことができ、灌漑整備によって対象国の灌漑状況の改善による農作物の生産向上が進むとともに、同時に灌漑のために使用する水資源から電力をもその地域に供給することもできるようになり、開発途上国に対する支援として非常に意義の高いものとすることもできると考えられる。

また、ベトナム、ラオス、カンボジアで進められている個別の ODA 案件との連携可能性については、次のように整理できる。

表 4-2 他 ODA 案件との連携可能性

国名	ODA事業名	マイクロ水力発電機「STREAM」との連携可能性
ベトナム	「貧困地域小規模インフラ整備事業(Ⅱ)」 (L/A調印日:2006年3月31日)	JICAにおいて「貧困地域小規模インフラ整備事業」の内容・方向性に関して様々な可能性が検討されている。新たな試みとして、小水力発電も視野に入れた検討が進めば、複数の無電化村にマイクロ水力発電機「STREAM」を販売していくことが可能になる。
	「ファンリー・ファンティエット灌漑事業」 (L/A調印日:2006年3月31日)	ベトナム政府では、今後、再生可能エネルギーを積極的に導入する方針であり、無電化地域ではないものの灌漑水路の整備した地域でシーベル社のマイクロ水力発電機を設置できる可能性がある。
ラオス	「電力セクター事業管理能力強化プロジェクト」 (平成22年8月～平成25年2月)	ラオスの電力状況は、経済が水力発電による売電の収入に頼っている一方で、乾期には電力を輸入しなくてはならない状況になっている。すなわち、高圧電力は輸出しつつ、低圧の国内需要の半分は輸入しているという状態になっている。このため、小水力でも発電に貢献できれば歓迎はされるとのことであり、マイクロ水力発電機「STREAM」との連携は十分可能である。
	「南部メコン川沿岸地域参加型灌漑農業振興プロジェクト」 (平成22年11月～平成27年10月)	灌漑が進んでいない部分は、地方部にかかり残っており、そうしたところでは灌漑と一しょにマイクロ水力発電機「STREAM」を導入することにより、生活だけでなく、産物の小規模加工や花き、野菜などの栽培に必要な堆肥作りに電気が使えるようになる。10KWくらいの設備は非常に有用であるとのことである。
カンボジア	「トンレサップ西部流域灌漑施設改修事業」 (L/A調印日:2011年8月23日)	この事業では雨季の期間に水路に水を流すことを前提にしており、乾季に水を流すことは想定していない。しかし、今後、山間部で大規模ダムが完成し、ダム湖下流の河川とそれに接続する灌漑用水路に1年間を通して安定した水量が確保されれば、マイクロ水力発電機「STREAM」との連携が可能になる。

4-4 その他関連情報

平成 25 年度に、ベトナムの Hoa Binh 省で ODA を活用した普及・実証事業を推進するに当たり、現在、以下の取り組みを行っている。

- Hoa Binh 省では、地域を挙げて、マイクロ小水力発電を受け入れたいという意向が強い。このため、必要な土木工事については、地元が負担するよう申し入れている。
- 現地の AGRIMECO 社とは、2 回にわたり、社長と面談しており、トップダウンでパートナー企業との契約手続きが進む環境が出来上がっている。
 - (1) 在ベトナム日本大使館、JICA ベトナム事務所と密接に情報交換を行い、本事業への支援を頂いている。
 - (2) 事業実施に当たっては、機器を日本から輸出する際、関税などの税金が発生する可能性が高い。税金の負担については、ベトナム政府側と協議をすることが必要である。なお、現時点で、ベトナムでの生産を念頭におきながらも、日本から輸出しないといけないキーパーツとしては、発電機があるが、発電機のベトナムでの関税率は、HS コード 85013293(出力が 750 ワットを超え 75 キロワット以下の電動機及び発電機) の場合、10%である。