

平成 19 年度環境省委託事業

平成 19 年度 C D M / J I 事業調査

ラオス・未電化地域におけるバイオマスを活用した電化事業調査

報告書概要版

平成 20 年 3 月

中国電力株式会社

1. プロジェクト実施に係る基礎的要素

(1) プロジェクトの背景と目的

地球温暖化問題は、開発途上国においても、深刻に受け止められつつあるが、これらの国の最も重要な課題は経済発展を実現することであり、地球温暖化問題への対応を行うことが、自国の発展に向けた阻害要因になるのではないかという危惧も根強くある。

このため、開発途上国の積極的な取り組みを促すために、開発途上国の持続可能な開発の牽引要因として地球温暖化問題への取り組みを活発化させ、同時に先進国にとっては開発途上国の開発援助を行いながら温室効果ガスの排出の少ない低炭素社会の形成を誘導する「コベネフィット型CDM」は、今後の我が国の開発援助や地球温暖化対策における国際協力を考える上で、有効なアプローチである。

本プロジェクトの対象国であるラオス人民民主共和国（以下、ラオス）は、インドシナ半島の内陸に位置する後発開発途上国（LDC：Least Development Country）である。

同国政府は、「2020年までに後発開発途上国から脱却すること」を最上位の目標として掲げ、「第6次社会経済5ヵ年開発計画」などを策定し、実現に向けた取り組みを行っている。

現在、ラオスの電化率は48%にとどまっており、特に地方部では電化率が20%以下の県が全17県のうち3県もある。一方で、世帯数の14%が集中する首都ビエンチャンの電化率は90%で、地方部における電化率の低さを示している。

同国の電化促進に責任を持つ、エネルギー鉱業省（Ministry of Energy and Mines）では、前述の「2020年までに後発開発途上国から脱却すること」という目標に向けて、電化率を2010年までに70%、2020年までに90%へ向上させることを目標としているが、集落が点在している同国においては、既存の電力インフラを延長することによる電化は難しく、ディーゼル発電装置を用いたオフグリッドでの電化促進も検討されている。

また、未電化地域においてはディーゼル発電装置によりバッテリーを充電し、民家で照明などに利用するという形態も多く見られる。

このように、ラオスにおいてディーゼル発電装置は、地方部におけるオフグリッドでの電化および未電化地域におけるバッテリー充電などに用いられているが、同国では石油が産出されず輸入に頼っていることから燃料価格は他の物価に比べて高価であり、ディーゼル発電装置による地方電化を進める上での問題となっている。

また、近年の世界的な燃料価格高騰の影響により、さらに同国の燃料価格は高騰しており、地方部における石油代替エネルギー活用は重要な課題となっている。

同国の主要産業である農林業から発生するバイオマスを燃料として活用した地方電化については、ラオス政府としても実現が期待されるものであり、これを我が国の保有する先進技術を用いて実現、CDM化することは、両国にとって有益である。

(2) プロジェクトの概要

農村電化促進は、同国における最優先の開発ニーズのひとつであるが、本プロジェクトは、村落から発生する農業廃棄物などのバイオマスをガス化し、同国に自生しているジャトロファから得られる油とディーゼル発電装置の燃料(混焼)として活用するものである。

本調査事業では、同国北部に位置するサヤブリ県の未電化村をパイロット・プロジェクトとし、同村から排出される農業廃棄物などバイオマスと同村に自生するジャトロファをエネルギー源として活用する電化事業について調査を行った。

あわせて、ラオス中部・南部におけるバイオマス活用状況等を調査し、今後、電化が進められる約 6,500 村の未電化地域に対し、本調査事業の成果を普及・展開させていくためのシナリオ・政策(プログラム)を検討した。



図1 パイロット・プロジェクトと調査箇所位置図

(出典：UNOSAT)

(3) ホスト国の概要

ラオスの原型となっているのは、1353年にラオ族によって最初の統一王朝として建国されたランサーン王国である。その後、18世紀には同王国は分裂し、1899年にはインドシナ半島の植民地化を狙うフランスによってフランス領インドシナに編入された。

フランス支配からの独立は、1953年10月のフランス・ラオス条約により達成されたが、独立後はパテート・ラーオと王国の対立による内戦が長期にわたって続いた。

インドシナ半島においては、1965年にアメリカが北ベトナムに対して爆撃を開始したが、ラオスにおいても北部やラオス国内のホーチミンルートに激しい爆撃が加えられた。

このベトナム戦争終結後の1975年に王制が廃止され、ラオス人民革命党による社会主義を採用した現在のラオス人民民主共和国が成立した。

ラオス人民革命党による一党支配を続けるラオスでは、5年毎に開催される党大会において政策が決定される。

1986年の第4回党大会において、「チンタナカン・マイ（新思考）」と呼ばれる新経済メカニズム（New Economic Mechanism）が提唱され、経済面では市場主義経済に移行している。

(4) ラオスのCDMへの取組み状況

ラオスは、1995年1月に国連気候変動枠組条約（UNFCCC）を批准し、2003年2月に京都議定書を批准している。

現在は水資源・環境庁（Water Resource and Environment Agency、以下WREA）がDNAとして活動しており、CDMプロジェクト承認手続きの省令化（Decree on the approval procedure for proposed Clean Development Mechanism(CDM) project activities in Lao PDR）に向けて最終案の作成を行っているところである。

同国のCDMプロジェクトは1件のみしか登録されていないが、WREAは今後、国内関係機関と協力し、以下のとおりDNA委員会を設置し、CDMプロジェクトの促進をはかる計画である。

（DNA委員会のメンバー）

委員長： 水資源・環境庁長官（Water Resource and Environment Agency）

副委員長： 外務省副事務次官（Ministry of Foreign Affairs）

財務省副事務次官（Ministry of Finance）

委員： 計画投資省副事務次官（Ministry of Planning and Investment）

エネルギー鉱業省副事務次官（Ministry of Energy and Mines）

農林省副事務次官（Ministry of Agriculture and Forestry）

運輸・建設省副事務次官（Ministry of Transportation and Construction）

工業・商業省副事務次官（Ministry of Industry and Commerce）

事務局： 水資源・環境庁

(5) ホスト国の持続可能な開発への貢献

ラオスにおいては、貧困撲滅が最も重要な政策として位置付けられており、「国家成長・貧困削減戦略（NGPES：National Growth and Poverty Eradication Strategy）」を策定し、その対策に取り組んでおり、2020年までにLDCから脱却することが目標とされている。

中でも農村電化はNGPESにおける具体的な取組みとして取り上げられており、現在48%にすぎない電化率を2010年には70%へ向上させることが示されている。

また、電化政策に責任を持つエネルギー鉱業省電力局は、上記の目標に加え2020年までに電化率を90%に向上させる目標に取り組んでいる。

しかしながら、国土の80%を山岳部が占めるといった地理的な問題や村落が点在していることなどから、既存電力システムの拡張による地方電化促進には経済的な限界があり、ディーゼル発電装置などによるオフグリッドでの電化促進も重要視されている。

一方、ラオスでは石油が産出されず、燃料の全量を輸入に依存しているため、近年の世界的な燃料価格の高騰は同国、とりわけ石油系燃料以外にこれといったエネルギー源を有さない未電化地域において経済的に大きな打撃となっており、ディーゼル発電装置による電化を進めるうえでの課題となっている。

本プロジェクトは、このような未電化村から発生する農業廃棄物などバイオマス発電装置のエネルギー源と活用することから、同国の開発ニーズである貧困撲滅を実現するとともに持続可能な開発に貢献するものである。

(6) 調査の実施体制

本プロジェクトの調査は、中国電力株式会社が実施主体となり、清水建設株式会社を協力企業として実施した。(図2参照)

なお、ホスト側においては、同国で唯一の総合大学である国立ラオス大学(NUOL: National University of Laos)および同国の電化政策に責任を持っているエネルギー鉱業省電力局をカウンターパートとして調査を行った。

ラオス大学は同国の一般情報収集および関係機関との連絡調整を担当し、エネルギー鉱業省とは、共同で現地調査を行った。

エネルギー鉱業省は、バイオマスを活用した農村電化に強い関心を持っており、本調査に積極的に協力している。

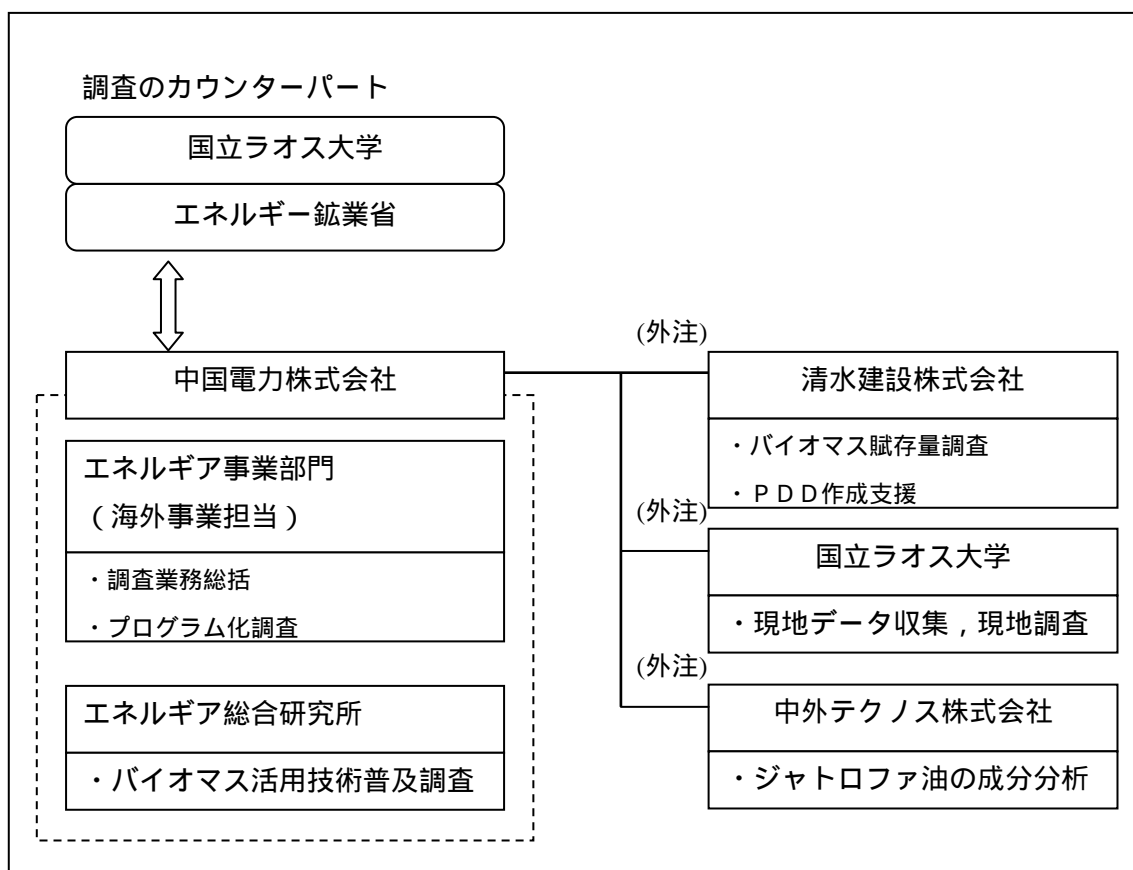


図2 調査の実施体制

2. プロジェクトの立案

本プロジェクトは、ラオスの未電化村を村落から発生する農業廃棄物などのバイオマスをガス化し、同国に自生しているジャトロファから得られる油をディーゼル発電装置の燃料（混焼）として活用するもので、これをプログラム化し、同国において最優先の開発ニーズである農村電化促進策として、国全体の未電化地域全体へ展開するものである。

このため、パイロット・プロジェクトとして、同国北部に位置するサヤブリ（Xayabury）県ピアン（Phiang）郡のナベン（Naven）村を選定し、ラオス中部・南部の調査結果より、同国全体への展開シナリオについて検討した。

(1) パイロット・プロジェクトサイト（ナベン村）の概況

ナベン村は3つの村が合併してできた村で、2007年6月時点での人口が3,413人（577世帯、男性1,669人、女性1,744人）で、米ととうもろこしを中心とした農業により生計を立てている。

サヤブリ県にはルアンプラバンからタイ国境まで通じる幹線道路（未舗装）があるが、この幹線道路からナベン村までは28kmの距離があり、乾季でも幹線道路から村までの移動には1時間以上を要する。

米には、雨季、陸稲の2種類があり、ごく短期間を除いて年間を通じほぼ均等に生産されている。また、とうもろこしの収穫時期は、9月から11月あたりに集中している。

一方、ジャトロファについては、各家庭の生垣に利用されている程度に過ぎず、現状ではジャトロファ油の生産を目的とした栽培はまったく行われていない。（写真6）

表3 ナベン村の農業生産量

種 類	年間生産量（t / 年）	耕作面積（ha）
雨季米	520	136
陸稲米	630	211
とうもろこし	180	44



写真4 ナベン村の集落



写真5 ナベン村の水田



写真6 生垣に使用されているジャトロファ

(2) プロジェクトの実施内容

本パイロット・プロジェクトでは、技術面・コスト面の評価を行った結果、ディーゼル発電(バイオガス+軽油+ジャトロファ油の混焼)を適用技術として採用することとした。

パイロット・プロジェクトにおいては、初年度に 95kW の発電機を設置する計画であり、プログラム化については、現在未電化である約 6,000 村について、その約 25%の村落を対象にプログラム化し順次電化されるものとした。

3. プロジェクトのバウンダリー・ベースラインの設定・追加性の証明

本プロジェクトでは、小規模方法論 AMS-I.A. ‘Electricity generation by the user’の Version 12 を適用する。

(1) ベースラインの設定

ベースラインのシナリオとしては、ラオスの電化政策に基づき、未電化地域において従来型のディーゼル発電装置が導入されていくものと設定した。

(2) 追加性の証明

パイロット・プロジェクトの収益性について CER (Certified Emission Reduction) 販売収入を見込まないケースでは IRR は 8 % となり、カントリーリスク等を考慮すると、投資的魅力はなく実現性が低い。

(3) プロジェクトのバウンダリー

AMS-I.A.によれば、プロジェクトのバウンダリーは再生可能エネルギー発電施設の物理的、地理的な位置と、発電電力を使用する装置を含むものとなっている。

したがって、本プロジェクトのバウンダリーは、バイオマス・ガス化システムに対しては、村内に設置される発電機器、ガス化プラント施設、籾殻貯蔵庫等である。籾殻の運搬は村民によるリヤカー等による運搬を前提としているため、燃料関連施設として精米所や

籾殻を運搬するなどの特別な施設は考慮していない。

また、バイオガス+ジャトロファ油+ディーゼル油の混焼によるディーゼル発電の場合には、上記施設のほか、小規模なディーゼル油の貯蔵タンク、ジャトロファ油の搾油施設、ジャトロファ栽培用地が加わることになる。この場合にも、基本的に全て村民の労力による材料運搬を前提としている。

4. プロジェクトの実施による GHG 排出削減量およびリーケージ

(1) GHG 排出削減量

調査結果より得られた条件をもとに算出した結果、クレジット期間（2008年～2021年）における GHG 排出削減量は 10,010t-CO₂ と想定される。

なお、パイロット・プロジェクトをプログラム化してラオス全国の未電化村に展開することで、約 190 万 t-CO₂ の GHG 排出削減量が見込まれる。

(2) リーケージ

本プロジェクトにリーケージはない。

5. モニタリング

本プロジェクトにおいては、小規模方法論 AMS- .A. ‘Electricity generation by the user’の Version 12 を適用する。

6. 環境影響

本プロジェクトは発電プロジェクトであり、2003年に工業手工芸省電力局（現エネルギー鉱業省電力局）より出されている「電力プロジェクトにおける環境管理基準（Environment Management Standard for Electricity Projects）に基づいて行われることになる。

同基準では、発電機出力が 100kW 未満のプロジェクトに関する環境影響評価は不要とされている。

パイロット・プロジェクトは、発電出力が 100kW 未満の小規模な発電を対象としていることから、原則として「事業内容説明書の提出」だけでよい。

また、プログラム化して全国展開する場合でも、個別のプロジェクトは発電出力が 100kW 未満であると思われるので、環境影響評価は不要である。

7. 利害関係者のコメント

ラオスにおいて、CDM プロジェクトに関する利害関係者を特定するルールはない。このため、本調査では、DNA である WREA に対して、パイロット・プロジェクト実施に関する利害関係者およびそのコメントの収集方法、プログラム化に関する利害関係者とそのコメントの収集方法について確認を行い、面談方式でのコメント収集について了解を得た。

(1) パイロット・プロジェクト

パイロット・プロジェクトの利害関係者は、ナベン村の村民と同村を管理するピアン郡およびエネルギー鉱業省電力局のサヤブリ支所である。

これらの利害関係者に対して、面談を通じてコメントの収集を行ったところ、同村の貧困撲滅に貢献するプロジェクトとして、賛成の立場であり、プロジェクトの早期実現を強く望んでいることがわかった。

(2) プログラム化

プログラム化の利害関係者は、中央政府（エネルギー鉱業省および WREA）である。

エネルギー鉱業省では、貧困撲滅という目標に向けて、現在 48%の電化率を 2010 年に 70%、2020 年に 90%に引き上げることに取り組んでいる。このことから、本プロジェクトは、同省の方針に合致しており、実現を強く希望していることが分かった。

また、WREA においても、本プロジェクトが貧困撲滅に貢献するものであると評価し、プロジェクト実現への期待を表明された。

8. プロジェクトの実施体制

本プロジェクトで最も重要なのは、住民が参加することによるプロジェクトの普及である。そこで、本プロジェクトの実施体制（スキーム案）を図7に示す。

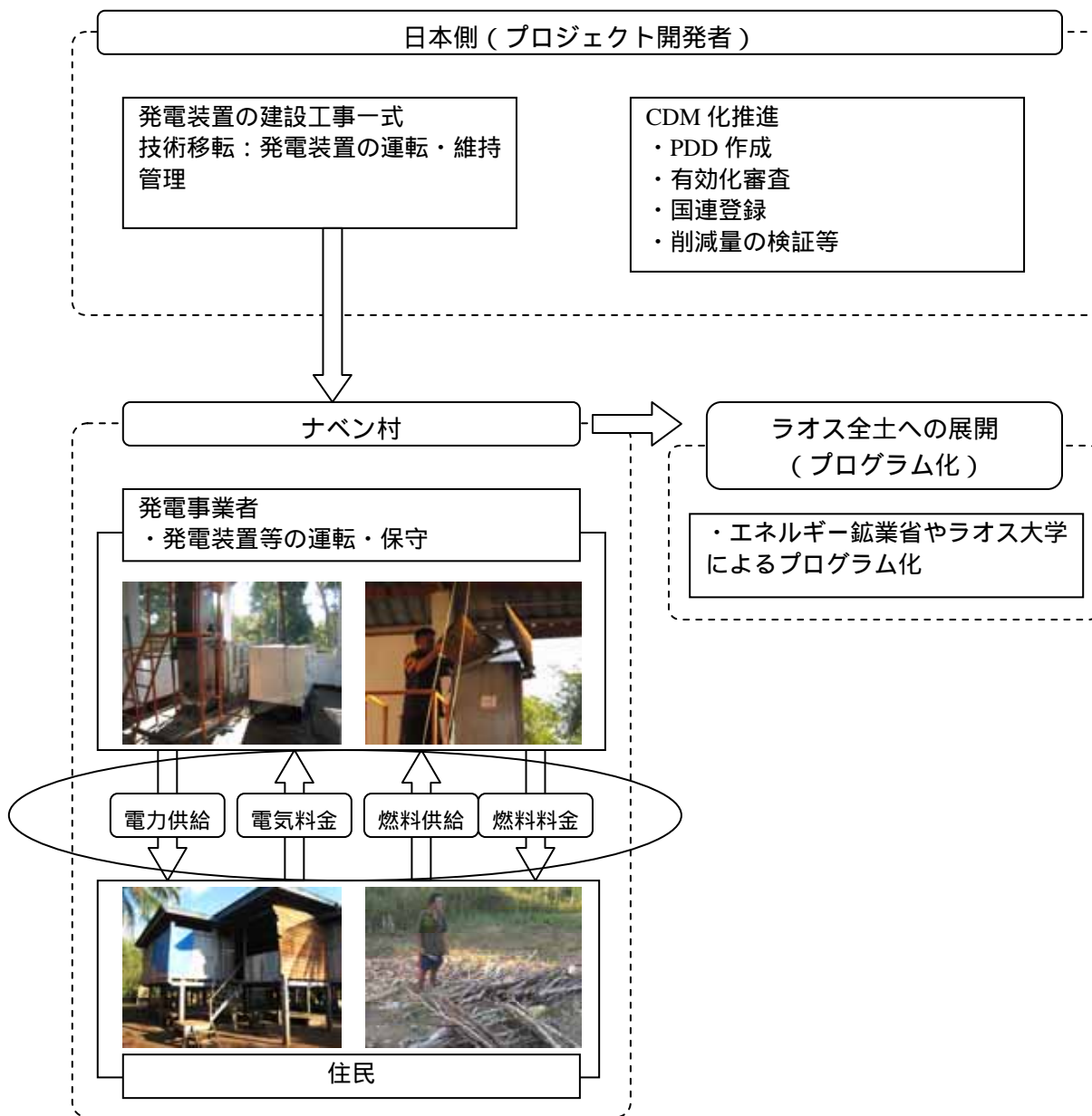


図7 プロジェクトの実施体制

パイロット・プロジェクトの実施主体はナベン村である。

パイロット・プロジェクトでは、発電装置の設置が必要となるが、同村の資金力では負担できないため、日本側のプロジェクト参加者により、初期投資をすべて負担する。

ナベン村は、日本側のプロジェクト参加者が設置した発電装置により村内での発電事業

(燃料調達，設備の運転・保守，電力供給，電気料金収集など)を行う。

しかしながら，ナベン村には発電事業の運営能力がないことから，プロジェクトの運営はラオス大学の協力，もしくは同学への委託により実施する。

9. 資金計画

パイロット・プロジェクトの実施に必要な資金は設備投資資金とランニングコストである。設備投資資金については，プロジェクト規模が小さいことから，日本側プロジェクト参加者による直接投資が適切である。

一方，ランニングコストについては，ナベン村における電気料金収入により運営されるものとする。

10. プロジェクトの経済性

パイロット・プロジェクトとプログラム化における投資回収年数と IRR の試算結果を表 8，表 9 に示す。

表 8 投資回収年数

算定条件		投資回収年数	
		パイロットプロジェクト	プログラム化
CER の経済的価値なし		10 年	回収不可
CER 価格の経済的価値あり	5US\$/t-CO ₂	9 年	14 年
	10US\$/t-CO ₂	8 年	13 年
	15US\$/t-CO ₂	7 年	11 年
	20US\$/t-CO ₂	6 年	10 年

表 9 内部収益率

算定条件		内部収益率 (%)	
		パイロットプロジェクト	プログラム化
CER の経済的価値なし		8.07	-
CER 価格の経済的価値あり	5US\$/t-CO ₂	10.53	2.66
	10US\$/t-CO ₂	12.83	8.49
	15US\$/t-CO ₂	15.00	13.49
	20US\$/t-CO ₂	17.06	17.96

11. 具体的な事業化に向けての課題

本プロジェクトは，ラオスにおいて最優先の開発ニーズのひとつである農村電化促進を，村落から発生する農業廃棄物などのバイオマスを発電装置のエネルギー源として活用する

ことで実現する、「コベネフィッツ型 CDM」である。

本調査では、ラオス北部の未電化村をパイロット・プロジェクトとし、同国全土への展開を検討した。

農村電化に関する関係省庁、地方行政の関心は高く、実現への期待も大きい。

しかしながら、プログラム化に向けての課題としては次のようなものがあり、カウンターパートと認識を共有化し、解決していく必要がある。

- ・ バイオマス燃料買取価格に関するリスク
- ・ 売電価格変動に関するリスク
- ・ 法律、税務上のリスク
- ・ 住民参加型のプロジェクト普及
- ・ プロジェクト技術の実証（ジャトロファ油の長期発電による影響評価）