

ラオス人民民主共和国

ラオス国

BOP訴求型の農林業由来 バイオコークス製造販売事業準備調査 (BOPビジネス連携促進)報告書

要約

平成 25 年 8 月

(2013 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

王子グリーンリソース株式会社

株式会社ナニワ炉機研究所

プライスウォーターハウスクーパース サステナビリティ株式会社

民連
JR
13-085

はじめに（調査の背景と実施体制）

1.1 本報告書の位置付け

- 王子グリーンリソース株式会社（以降「王子」という。）は、2012年8月22日～2013年8月30日の期間、株式会社ナニワ炉機研究所及びプライスウォーターハウスコーパスサステナビリティ株式会社と共同で、「BOP訴求型の農林業由来バイオコークス製造販売事業準備調査（BOPビジネス連携促進）」を実施した。
- 本調査の目的は、王子がラオス中南部地域におけるバイオコークス製造・販売ビジネスの実現可能性の検証である。このビジネスでは、農林業国であるラオスにおいて発生するバイオマスからバイオコークスを生産し、製造・流通・消費のバリューチェーンにおいてBOP層の活用を目標としている。

1.2 調査の背景

(1) バイオコークスとは

- バイオコークスとは、近畿大学工学部准教授の井田民男（本事業の調査団員）によって開発された新しいバイオマス固形燃料である（近畿大学）。同品は、光合成由来の植物性廃棄物から保有するエネルギーの損失が殆どなく、製品化される。その生成原理は、植物性廃棄物が持つリグニン、セルロース、ヘミセルロースを圧縮加熱することでヘミセルロースとリグニンが軟化して繊維質のセルロースをバインド強化する。また、加圧することで植物由来廃棄物の間の空隙が充填され密度が上がり、植物由来廃棄物の欠点の一つである、エネルギー密度（体積あたりのエネルギー量）が小さな点を解決することが可能となった。

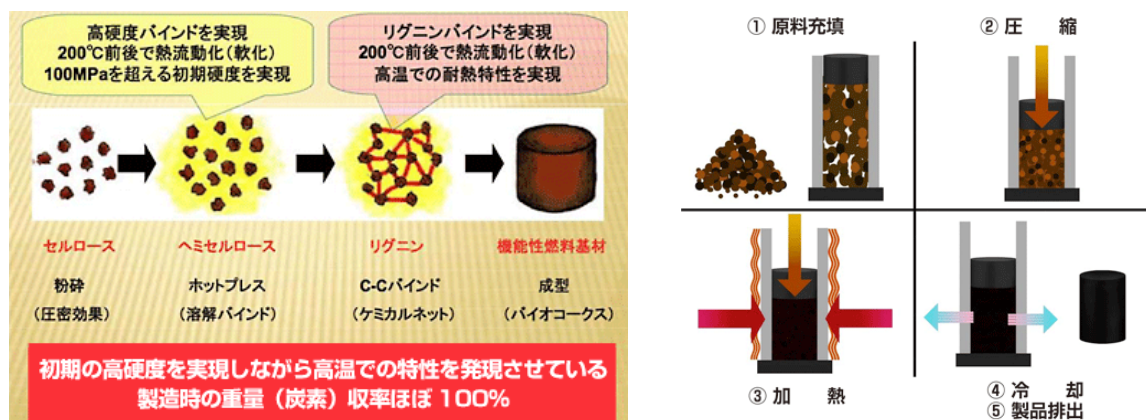


図1 バイオコークスの生成原理と製造工程（近畿大学井田提供）

- 商用化の事例は、我が国において、1例ある。2011年、大阪府高槻森林組合が間伐材等を原料としてバイオコークスを製造する「高槻バイオコークス加工場（年間製造能力1,800トン）」を稼動し、バイオコークスを石炭コークス代替燃料として製造販売している（高槻市バイオコークス事業創出地域協議会）。

(2) LPFLの植林事業

- 王子グループの植林会社LPFL（Oji Lao Plantation Forest Co. Ltd.）は、ラオスの中南部地域ボリカ

ムサイ県、カムアン県等において、現在まで約 22,000ha の植林を実施している。

- また、LPFL はラオス政府の農村開発政策「2+3 政策」に則して、農民植林を実施している。現在、農民植林への参加世帯は、ボリカムサイ県 2,958 世帯(約 2,600ha)、カムアン県 1,827 世帯(約 2,400ha)と、約 5,000 世帯(約 5,000ha) に達している。
- 提案するビジネスモデルの事業化においては、こうした LPFL の事業基盤や LPFL が地元農家と築いた信頼基盤の活用を前提に、検討を進めていくことが重要であると考えている。

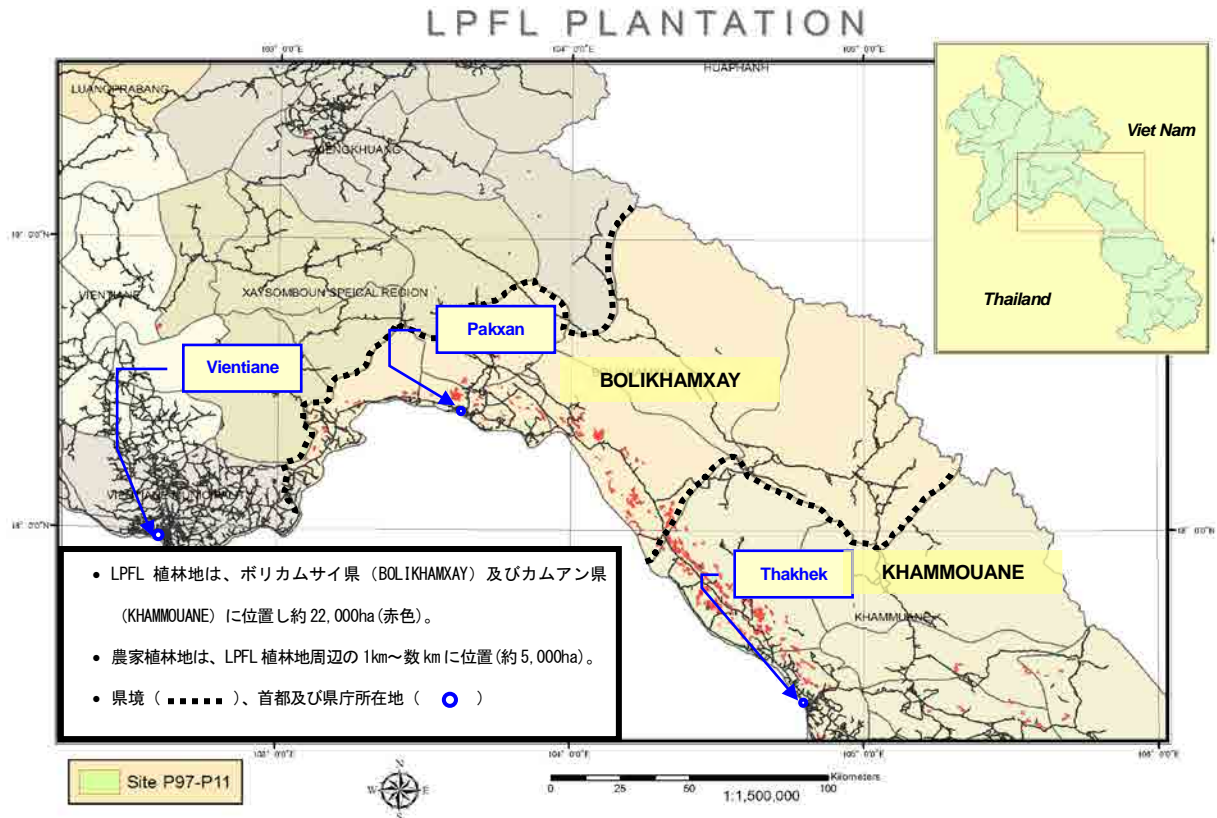


図 2 LPFL 事業位置図

第 1 編 投資環境・ビジネス環境

1.1 第 7 次国家社会経済開発 (2011-2015)

- 近年のラオスの経済成長は好調な伸びを示している。しかし、一方でラオスは依然として国連人間開発指標で後発途上国(LDC)に区分されている。
- ラオスの貧困率は 1992/93 年で 46%、2002/03 年で 33%、そして 2007/08 年で 27%と着実に減少している。この背景にあるのが人口の 68.0%が農村地域で自給自足に近い農業を営み、GDP の 32.5%が農業から生まれている。
- 2011 年、国民議会にて承認された第 7 次国家社会経済開発 5 年計画 (2011~2015) では、
 - ① 安定的な経済成長の確保 (GDP 成長率 8%、一人当たり GDP1,700 ドル)、
 - ② 2015 年までのミレニアム開発目標 MDGs の達成、2020 年までの LDC の脱却、
 - ③ 文化・社会の発展、天然資源の保全、環境保全を伴う持続的な経済成長の確保、

④ 政治的安定、平和、及び社会秩序の維持、国際社会における役割向上の 4 点の開発目標を掲げている。

- このため、ラオス政府において、「農村地域の開発は、ミレニアム開発目標（MDGs）の一つである貧困削減の最も重要な分野である。即ち、農村地域の開発が貧困削減の最も有効なアプローチであり、経済成長の恩恵がラオスの成長と公正を両立させる長期的な経済発展の達成にも欠かせないものである」と捉えている。

1.2 我が国の国別援助方針

- 我が国は、同国の開発目標達成を支援し、ASEAN が進める統合、連結性の強化、域内の格差是正を図っていく観点から、「経済・社会インフラ整備」、「農業の発展と森林の保全」、「教育環境の整備と人材育成」及び「保健医療サービスの改善」の 4 つを、重点分野とし、特に、環境などにも配慮した経済成長の促進に一層の重点を置いた援助を展開する（対ラオス人民民主共和国 国別援助方針（平成 24 年 4 月））。
- 上記方針に基づき、JICA では経済・社会インフラ整備、農業の発展と森林の保全、教育環境の整備と人材育成、保健医療サービスの改善を重点分野として、様々な支援活動を行っている（JICA : ODA マップ ラオス全国拡大版）。

1.3 再生可能エネルギー戦略

- 再生可能エネルギー戦略 Renewable Energy Development Strategy in Lao PDR (2011)によれば、再生可能エネルギー分野への投資に対し、以下の投資優遇策を示している。

- ① 生産設備や原料に係る関税の免除、
- ② 7年間の化学原料に対する関税の免除、並びに
- ③ 事業の規模や地域、投資規模に応じて、法人税を 10%、15%、20%に区分し、さらに免税期間を設ける¹。

※ バイオコークスは、石炭コークスとの代替により、CO2 排出量を削減可能である。このため、一般投資事業の投資優遇策に加え、再生可能エネルギー戦略の投資優遇策の可能性を協議する必要があると考える。

※ さらに、2013 年 8 月 7 日、日本政府とラオス政府は二国間クレジット制度²に関する二国間文書の署名を行った。今後、二国間クレジット制度と再生可能エネルギー戦略との連携も期待できるものと思われる。

¹ 但し、事業規模、地域、免税期間等の詳細は明記されていない。具体的な投資案件が申請されたタイミングで、申請者とラオス政府で詳細を協議するものと思われる。

² 二国間クレジット制度は、途上国への温室効果ガス削減技術、製品、システム、サービス、インフラなどの普及や対策を通じ、実現した温室効果ガス排出削減・吸収への日本の貢献を定量的に評価し、日本の削減目標の達成に活用するもの。

1.4 投資優遇策の概要

- ラオス政府は、外国の直接投資により、資金、技術、経営ノウハウ、及び市場等が導入され、ラオスの発展や開発に貢献することから、投資優遇策を国の主要な政策のひとつとして積極的に投資促進を行っている。
- 投資事業は、①一般投資事業、②コンセッション事業、並びに③特別経済区及び特定経済区事業（SEZ Special Economic Zone）の3種類に区分し、それぞれの所管組織及び投資申請先を定めている。
- 開発地域は、インフラの未整備状況に応じて、第Iゾーン、第IIゾーン、並びに第IIIゾーンの3地域に区分し、本事業が想定しているボリカムサイ県パクサン地域とカムアン県タケク地域は第IIゾーンに区分される。

※ 本事業は、現地の製材業者とのJVを想定しており、バイオコークス製造工場は製材工場内に建設予定であることから、下表の「一般投資事業（特区外）」に区分される。

表 1 経済特区及び特区外の税制上の恩典

経済特区		特区外			
法人税	10年免税→ 免税期間終了後8%		地域分類 低 ←—— インフラ整備 ——→ 高		
		プロジェクトの奨励度	Zone 1	Zone 2	Zone 3
		Level 1 高	10年	6年	4年
		Level 2 中	6年	4年	2年
		Level 3 低	4年	2年	1年
		利潤税免税期間後	24%	24%	24%
			Zone 1	投資に便利は経済インフラが未整備	
	Zone 2	投資に便利は経済インフラがある程度整備されている。			
	Zone 3	投資に便利は経済インフラが十分に整備されている。			
		奨励度を示すレベル1～3は、政府によって決定される。			
個人所得税	一律5%	累進課税0～20%			
輸入関税	建設資材・プラント：免税 材料・部品：免税	建設資材・プラント：免税 材料・部品：免税			
付加価値税	建設資材・プラント：免税 材料・部品：免税	建設資材・プラント：免税 材料・部品：還付			

出典：鈴木基義（2013）：ラオス投資セミナー、「ラオスの経済・投資環境、ラオス投資の利点」、22頁

- 一般投資事業の法人税は、24%である。
- 法人免税期間を、奨励度に応じて、レベル1（奨励度高）；免税期間6年、レベル2（奨励度中）；免税期間4年、レベル3（奨励度低）；免税期間2年と指定している。
- 尚、レベル（奨励度）は中央や地方の政策へ貢献性や貧困対策、あるいは新技術の導入の有無に応じて、政府と協議し、レベル（免税期間）が確定される。

1.5 投資関連コスト

- ラオスに製造拠点を設ける最大の魅力は、人件費と電気料金の安さである。人件費は凡そワーカークラスで月額US\$ 132とタイの約1/3である。業務用電気料金はUS\$ 0.08 kWhとタイの約1/2である。
- タイでは人件費の高騰や労働力不足、高い電力費等により、人件費の安いミャンマー人を雇用している鋳造メーカーもあった。こうした労働集約型産業はタイ国内では生産限界に近づきつつあると感じている。

- LPFL や農家植林の植林伐採残渣等のバイオマス資源、さらには LPFL が農家植林において培った農家との信頼関係に基づく原料収集における人的資源の活用が期待できることが、ラオスで製造するメリットである。

1.6 対象市場の現状（バイオコークス及びブリケット炭の競争優位性）

16.1 石炭コークスの市場

- 世界の石炭コークスの市況価格は中国の輸出量に大きく影響を受けている。アジア域内の主要な石炭コークス消費国は日本、韓国、並びに台湾であり、これらの国々では原料炭を輸入し石炭コークスを生産する一方、不足分を中国等より輸入している。尚、タイは自国内で石炭コークスを生産せず、国内需要の全量を中国や日本等より輸入している。
- 日本、タイ、韓国、並びに台湾の4ヵ年（2009年-2012年）の石炭コークスの年間平均輸入量と輸入CIF価格を、下表に示す。

表 2 各国の石炭コークス輸入実績（年間平均：2009年-2012年）

	日本		タイ		韓国		台湾	
	輸入量 (t/年)	CIF (US\$/t)	輸入量 (t/年)	CIF (US\$/t)	輸入量 (t/年)	CIF (US\$/t)	輸入量 (t/年)	CIF (US\$/t)
中国	315,796	510.70	31,701	570.52	273,052	428.87	86,082	456.85
その他	114,024	303.45	85,412	406.41	141,740	347.23	564,165	216.66
合計	429,819	455.72	117,113	450.84	414,792	400.97	650,247	248.46

出典：各国の貿易統計より実績を抜粋し、筆者試算。

- 中国産の石炭コークスの輸入CIF価格はタイUS\$570/トン、日本US\$510/トン、韓国・台湾がUS\$429~456/トンと、輸入石炭コークスの中で最も高い価格を示している。
- 尚、日本の中国産石炭コークスの輸入CIF価格は、2009年US\$486/トン、2010年US\$501/トン、2011年US\$518/トン、2012年US\$534/トンと、年間3.0%~4.0%で上昇している。
- ラオス国内には、製鉄産業、あるいはバイクや自動車等のエンジンパーツを製造する鑄造や冶金産業がないため、石炭コークスを消費している業界はなかった（商工省MOIC他業界等へヒアリングにて）。しかしながら、タイの鑄造メーカー等が将来、ラオスの安い人件費や電力費を求めて、ラオスに進出する可能性はある。進出企業が、電気炉を導入した場合でも、吸炭のために石炭コークスは必要である。

※ このため、本事業モデルではバイオコークスの対象市場を、日本とタイの2カ国を想定した。

1.6.2 石炭の市場

- 石炭は経済性に優れ、安定調達が可能のため、ラオスをはじめ各国で幅広く消費されている。ラオスでは石炭を使用している業種は主にセメント業界であった。業界の年間使用量は約1百万トン、調達価格は約US\$113/トンであった。

※ 石炭の市場規模は大きい、価格がUS\$100/トン前後と極めて安い。輸送費を除くバイオコークスの製造コストはUS\$160~180/トン前後と想定されることから、石炭に対する価格競争力は望めない。

1.6.3 木炭の市場

- ラオスのエネルギー消費の約 60%～70%は薪や木炭であり、その殆どが調理用熱源である。
- ビエンチャンにおける木炭の調達価格(市場価格)は US\$292/トンと、地方の木炭調達価格 US\$130\$/トンの約 2 倍と極めて高い。さらに、LP ガスは US\$1,427/トンとさらに高い。
- 木炭の不便性(着火のしやすさ、煙、熱量不足等)をヒアリングしたが、「特に不便性は感じない、LP ガスに比べ価格が安い、容易に調達できる等」、木炭の不便性を示すコメントは得られなかった。



製材廃棄物



端材を使った製炭風景



業者へ販売用木炭



村内の炭焼 (半地下式)



木炭 (Mai-tiew) の販売



露店商 (木炭の利用)

写真 1 製材端材や Mai-tiew を原料とする製炭方法

- 今後、LP ガスのインフラが普及し安価に供給できるシステムが構築されれば、一般世帯の需要は木炭から LP ガスへ転換するものと思われる。しかしながら、木炭と LP ガスの価格差は極めて高く、現状から推察すると、今後もしばらくは木炭が主要な調理用燃料源の座を占めるものと思われる。

表 3 ラオスにおける木炭の調達価格と平均使用量

調査件数	産業用 シコンメーカー1社		一般世帯(ビエンチャン)			簡易食堂 (タケク)	レストラン (ビエンチャン)
	木炭 (製材端材)	木炭 (雑木)	5世帯 木炭 (雑木)	3世帯 (木炭/LPガス併用) 木炭 (雑木)	LPガス	3軒 木炭 (雑木)	2軒 LPガス
調達価格 (kip/kg)	1,500~1,600	1,900	2,333	2,333	11,333	1,033	6,571
(US\$/t)	188.9~201.5	239.3	292.5	292.5	1,427.5	130.1	827.7
平均使用量 (kg/月)	-	-	35 (15~60)	12 (5~15)	12 (8~15)	284	255

雑木Mai-tiew由来の木炭と、製材端材由来の木炭の2種。

調理用としては、火持ちが良い雑木由来の木炭が好まれ、広く普及されている。

- ラオス国内で広く普及している木炭の原木は、郷土樹種の Mai-tiew である。Mai-tiew の木炭は熱量が高く、火持ちが良いことから、製材端材由来の木炭より高値で取引されている。
- また、近年、ラオス産木炭の輸出量は年間 15,000 トン～30,000 トン程度と増加傾向にある。

- 「(村有林の Mai-tiew を) バイオコークスの原料として売ることが可能。一方で、中国や日本の炭焼専門業者からの引き合いも多い。十分な成長を待たずに、伐採すれば、将来、Mai-tiew の資源が不足するかもしれない。また、地元の木炭供給量が減るかもしれない」と、安易な村有林の Mai-tiew の伐採に懸念を表明している。

※ 調理用熱源として、木炭の需要は高く、価格も高値で取引されている。加えて、木炭の原木となる Mai-tiew の資源の枯渇が懸念されている。今後、益々木炭及び木炭原木の Mai-tiew に対するニーズが高くなることが予想される。

- バイオコークスとブリケット (製材オガ粉を圧縮した固形バイオマス) の原料と製造プロセスの前処理工程 (粉碎→乾燥) は、凡そ同じである。さらにブリケットを製炭すれば、ブリケット炭になる (後述の図3参照)。ブリケット炭は、成形炭として、日本国内でも広く普及している。
- 仮に、日本及びタイ向けのバイオコークスの製造・販売事業と並行し、ラオスの一般世帯向けにブリケット/ブリケット炭の製造・販売事業を行えば、上記の木炭に対するニーズの緩和につながるものとする。
- さらに、周辺農家から購入した原料を用いて、バイオコークスに加えて、一般世帯向けにブリケット炭を製造販売することにより、本事業における原料生産(植林)や収集における周辺農家の理解が深まることが期待される。
- また、バイオコークスとブリケット炭は、原料を粉碎するため、原料の種類は問わない。即ち、現在、売り物にならないバイオマスを原料として購入し、加えて植林等を推奨することにより、Mai-tiew 資源の枯渇に対する懸念を緩和させることにつながるものとする。

1.6.4 木炭代替としてのブリケット炭の可能性

- バイオコークスと木炭の違いは、
 - バイオコークスは、800℃～1,000℃でなければ着火しない。このため、着火には別の熱源が必要であり、一般世帯での使用は困難である。
 - バイオコークスを木炭にした場合、製造コストが高くなり、木炭市場での価格競争力は望めない。
- ブリケットの製造方法は、我が国で開発され、その後、中国、インドネシア、マレーシア等に普及している。我が国でも、ブリケットは薪の代用品 (オガライト) として、ブリケット炭は木炭代替品 (成型炭、もしくはオガタン) として流通している。

※ 本事業では、バイオコークスに加え、ブリケット炭を製造販売する事業モデル(案)を提案し、検討した。

1.7 原料の選定及び原料調達システムの立案

1.7.1 原料調達の視点

バイオコークスは、あらゆる光合成由来のバイオマスから製造可能であるが、一般にバイオマスは広

く薄く分散しているため、原料収集や運搬コストが割高となり、経済性や実現性を満たさない場合が多い。このため、本事業では下記の視点から、現地のバイオマスの発生状況を調査し、原料種を検討した。

- 経済性を有し（安価で）、かつ現実に調達可能な原料種であること、
- 生産規模を満たし（大量で）、かつ通年で調達可能な原料種であると、
- 将来においても、安定して調達可能な原料種であること、
- （願わくば）水分率が低く、かさ張らない原料種であること、

1.7.2 食品加工工場の加工残渣、農家の収穫残渣（稲わら、もみ殻）の可能性

- ビール工場の場合、廃棄物が凡そ 150kg/日で発生するが、地元の養魚業者に販売している。ラム酒メーカーの場合、バガス（サトウキビの搾りかす）はボイラーで燃やし、余剰分は肥料源として畑に還元する。

※ 食品加工場の加工残渣の発生量は、極めて少なく、バイオコークスの原料としては望めない。

- 脱穀の際、稲わらが発生するが、稲わらは水田に放置し牛の餌や水田の肥料として利用されている。このため、ヒアリングした農家からは、「原料として販売することは可能であるが、牛の餌が不足する、水田の地力が低下するのでは」との懸念があった。
- 小規模な精米工場にて、もみ殻は日平均 3.0 トン前後発生する。もみ殻の場合、多くは無償で引き渡されている。
- このため、日本にて、もみ殻を原料とした「もみ殻ブリケット」を試作して、現地にてモニター調査を行ったが、
 - 一般家庭からは、「大量に煙が発生、低い熱量、燃え続ける時間が短い等」のネガティブコメントがあった。
 - レストランからは、殆どポジティブコメントはなかった。「燃え始まるために木炭を使う必要があり、燃焼時間が短い、目が痛い程煙が強いという」コメントがあった。
- ブリケット成形機の機械メーカーより、「もみ殻を原料としてブリケットを製造することは可能だが、もみ殻のケイ素（ガラス質）がシリンダーを磨耗させ、場合によっては数日でシリンダーを交換しなければならない。また、燃焼後の灰分も多い。メーカー的には木質を原料の方が望ましい」のコメントが得られた。

※ 上記の結果より、「もみ殻を原料とするソフトバイオコークスは品質面において、調理用熱源に適さない」と判断した。

※ 稲わらは軽くかさ張るため、広く分散した稲わらを収集し運搬するコストは木質バイオマスよりも割高になる。このため、バイオコークスの原料としてはコスト面で適しないと判断した。

1.7.3 製材工場における製材廃棄物（端材、パーク、オガ粉等）の可能性

- 製材工場では、丸太を製材する際に、パーク（樹皮）、端材、オガ粉等の製材廃棄物が発生する。
- 製材廃棄物は、オガ粉程度の粒径（1mm～2mm 程度）に粉碎することにより、バイオコークスの

原料として適していることは、既に日本国内で実証されている。

- また、原料発生場所に、バイオコークス製造工場を建設することは、①原料収集コストの圧縮、②製材工場の既存インフラ（土地、電力、設備等）の共用による設備投資額の圧縮が可能となる。
- このため、ボリカムサイ県パクサン地域とカムアン県タケク地域の製材工場にて、製材廃棄物の発生量と利用状況について、聞き取り調査を行った。
 - 製材端材は、地元の炭焼業者や村民等への木炭用原料として小規模な市場を形成していた。
 - 一方、製材オガ粉は無償で村人に木炭製造時の熱源、もしくは木炭製造時の覆土の代わりに提供するしかない。その量は極めて少量である。このため、殆どの製材オガ粉が工場敷地内に埋め立て廃棄している。
 - ヒアリングしたどの業者も製材オガ粉の処理には頭を悩ませており、「バイオコークスの市場が形成されるならば原料として提供可能」とのコメントが多かった。
 - パクサン地域の大手製材業者では日 5 トン～10 トンの製材オガ粉が発生し、周囲 10km 圏内の製材業者を合計すると、日 50 トン～70 トンは収集可能であった。また、タケク地域の製材業者では 1 社単独で日 50 トン～60 トンの製材オガ粉が発生している。

※ このため、製材オガ粉や木炭の原料とならないバーク等はバイオコークスの原料として有望であると思われる。

※ 一方で、製材業者の原木は、政府の開発計画に依存している。このため、将来の原木の減少を想定し、後述の植林木や他の木質バイオマスの利用を想定した原料調達システムを立案しなければならない。



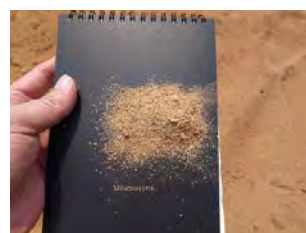
木炭販売用端材



用途のないバークと端材



村人への無償提供



大規模製材工場における製材オガ粉の発生状況（中央は埋立地）

写真 2 製材工場における製材廃棄物の発生状況

1.7.4 植林地伐採残渣及び新規バイオマス植林（栽培）の可能性

(1) 植林地伐採残渣の可能性

- LPFL では、2015 年頃より、年間 1,200ha ベース、農民植林地で年間 800ha ベースの伐採を想定し

ている。伐採木は末口 10cm 以上をパルプ材や用材向けに、末口 10cm 未満を木炭用原木に使用することを想定している。(木炭向けとの価格次第であるが) 仮に、末口 10cm 未満がバイオコークスの原料として可能性がある。年間の伐採面積から推定すれば、伐採残渣は枝葉を含め年間数百～1、2千トンの規模で発生する。

- しかしながら、雇用して、伐採残渣を集めることは現実的でない。仮に、1ha あたり 20 人の農民を雇用して伐採残渣を拾い集め、トラクターで道路まで搬出する費用等を加えて試算した結果、伐採残渣の販売価格(道路渡し)は凡そ US\$ 20.9/トンとなり、極めて高い価格になる。また、同地域は人口密度の低い地域であるため、作業員 20 人を確保するは極めて困難である。

※ 人を雇用して伐採残渣を集める場合、安定した数量の確保が望めるが、上記の通り、価格と労働力確保の面で現実的ではないと判断される。

※ 現実には、薪を集めるように、周辺農家が自主的に伐採残渣を集めて、道路際に集積する。ついで、農家は集積した伐採残渣を耕運機に乗せて工場に搬入する。あるいは、一定量を集積した場合、工場側でトラックを手配し、道路際に購入することが現実的な原料収集プロセスと思われる。

(2) アカシア・バイオマス植林とネピアグラス・バイオマス栽培の可能性

- LPFL のコンセッションエリア内には、毎年、雨季に水深 1m～3m 程度、水没する土地が約 7,500ha 以上ある。こうした水没地の有効活用を目的として、アカシアとネピアグラスのバイオマス試験を、2012 年 10 月より、開始している。
- 4 ヶ月間のバイオマス量から伐採/収穫時³のバイオマス量を推定し販売価格を試算した結果、アカシアの販売価格(道路渡し価格)は凡そ US\$ 8.0/トンを、ネピアグラスの販売価格は凡そ US\$ 11.0/トンと試算された。

※ 上記の販売価格(道路渡し価格)は、原料として買い取り可能な価格と推察される。しかしながら、価格は伐採時のバイオマス量によって大きく異なるため、試験の最終段階におけるバイオマス量を確定した上で、原料の可能性について判断する。

1.7.4 Mai-tiew 植林の可能性

- Mai-tiew は、焼畑跡地の耕作(陸稲や大豆、キャッサバ等)終了後、自然萌芽し、休閑期間 5 年程度で根元径 8cm～12cm 程度、樹高 8-10m 程度になり、木炭原木として、農民の換金作物になっている。
- Mai-tiew 植林の場合、農家にとって、ユーカリやアカシア植林のように施肥や除草は必要としないことから、初期投資は少なくすむ。また、植栽 5 年くらいで木炭の原木に売れる。このため、農家にとって、バイオコークスの原料として売るか、木炭の原木として売るか市場の選択が可能になる。
- バイオコークスの原料の一つとして、Mai-tiew 植林の可能性があると判断される。

1.7.5 バイオコークスサンプル試作及び分析結果

- バイオコークスの原料候補であるマイチューの幹 (Stem of Mai tiew)、マイチューの枝 (Branches of

³ アカシアの伐採年数を 4 年、ネピアグラスの収穫年数を 1 年と想定した。

Mai tiev)、ユーカリの枝 (Branches of Eucalyptus)、アカシアの枝 (Branches of Acacia)、オガ粉 (Saw Dust)、ネピアグラス (Napier grass) について、基本的な元素組成分析、熱量分析を基に、熱分解特性を行い、さらにそれらの原料からバイオコークスを形成し、冷間圧縮強度評価を行った。

- 下表に、発熱量分析、CHN 分析、水分量分析、灰量分析結果を示す。総発熱量 (有姿ベース) は、JIS M 8814 により、CHN 分析は JIS M 8813、水分及び灰分分析：JIS M 8812 により実施した。
 - 総発熱量、炭素量ともに、平均的なバイオマス資源であることが分かった。
 - 窒素成分は、草本系バイオマスであるネピアグラスが少し高値を示しているが、燃焼利用に問題になるレベルではない。
 - また、同様に灰分量もネピアグラスだけが 5% 台を示しているが、石炭コークス約 15% の灰分量と比較すると、問題にならない範囲であると考えられる。

表 4 ラオス産バイオマスの基礎分析結果

No.	Samples	Gross Calorific Value [kJ/kg]	Gross Calorific Value [kcal/kg]	C [wt%]	H [wt%]	N [wt%]	Water Content [wt%]	Ash Content [wt%]
1	Stem of Mai tiev	18,350	4,390	46.59	6.39	0.11	9.34	0.58
2	Branches of Mai tiev	18,810	4,500	47.51	6.51	0.46	10.74	1.59
3	Branches of Eucalyptus	17,681	4,230	47.23	6.49	0.09	10.45	1.00
4	Branches of Acacia	18,099	4,330	46.66	6.55	0.46	9.75	2.27
5	Saw Dust	18,517	4,430	47.32	6.37	0.15	9.14	2.26
6	Napier grass	17,890	4,280	44.34	6.55	1.50	9.28	5.04

※ 上記の結果、木質バイオマス及びネピアグラスは、品質面においてバイオコークスの原料として、適していることが判明した。

第 2 編 事業計画

2.1 事業サイトの調査

- 事業サイトは、通年を通じて原料が調達可能なサイトでなければならない。この点で、製材業者が集中するボリカムサイ県パクサン地域とカムアン県タケク地域は有力な事業候補である。また、LPFL が植林事業を展開しているエリアでもある。
- 前述の 1.7.2 の結果より、「事業候補地は、ボリカムサイ県パクサン地域及びカムアン県タケク地域の 2 箇所」が最有力候補である。また、どの製材業者も製材オガ粉の処分には困っており、本事業モデル及びバイオコークスに関し、強い興味を示している。

2.2 目標販売価格の設定

(1) バイオコークスの目標販売価格

- 石炭コークスは、厳格に品質管理された工業製品であり、その性状や発熱量は比較的安定している。このため、バイオコークスの販売価格は対象とする石炭コークスと熱量等価でなければ、価格競争力が望めない。一方、各種バイオマス原料を用いた井田等の分析によれば、バイオコークスの発熱量は石炭コークスより低く、その範囲は凡そ 4,302kcal/kg～5,497 kcal/kg とされている。
- 本事業モデルでは、バイオコークスの標準発熱量を 4,500kcal/kg (暫定値) とし、前述の表 2 に記

載した中国産石炭コークスの輸入CIF価格に対する日本及びタイ向けの目標販売価格(CIFベース)を、下表に設定した。

表 5 日本及びタイの石炭コークスに対するバイオコークスの目標販売価格

対象市場		日本向け	タイ向け	(韓国)	(台湾)
バイオコークス	標準熱量 (kcal/kg)	4,500.0	4,500.0	4,500.0	4,500.0
	目標販売価格(CIFベース) (US\$/t)	327.1	365.4	274.7	292.6
中国産石炭コークス	標準熱量 (kcal/kg)	7,026.0	7,026.0	7,026.0	7,026.0
	輸入CIF価格 (US\$/t)	510.7	570.5	428.9	456.9

石炭コークス標準発熱量：経済産業省資源エネルギー庁(平成19年5月)：「2005年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改訂値について」、韓国及び台湾は、参考価格。

(2) ブリケット炭の目標販売価格

- 木炭の熱量は製炭方法によって異なり、凡そ 6,500kcal～7,500kcal/kg である。ラオス国内で流通している木炭の熱量を 7,086kcal/kg とし仮定した。ブリケット炭の価格は熱量等価であれば、US\$ 292.5/トンである。しかしながら、我々が実施したブリケット炭のモニター結果では「品質は良いが、販売価格は安い方がよい」とのコメントが多かった。
- このため、ブリケット炭の目標販売価格を、ビエンチャンの木炭市場価格より US\$ 58.5/トン安い、US\$ 234/トンに設定した。

表 6 ビエンチャンの木炭に対するブリケット炭の目標販売価格

対象市場 (ビエンチャン)		ブリケット炭
ブリケット炭	標準熱量 (kcal/kg)	7,086.0
	目標販売価格(調整額) (US\$/t)	234.0
木炭	市場価格 (US\$/t)	292.5
	標準熱量 (kcal/kg)	7,086.0

参考；ウッドペレット3,800～4,500kcal, 木質チップ 2,100kcal

2.3 製造諸条件

工場の製造諸条件を、以下の通り、想定した。

- 事業期間： 20年。
- 工場予定地： ボリカムサイ県パクサン地域、若しくはカムアン県タケク地域の製材工場、尚、本事業は王子と上記製材工場の合弁事業を想定している。
- 操業条件： 3シフト/24時間操業、25日/月、300日/年。
- 製品種： 日本向けとタイ向けのバイオコークスと、ビエンチャン向けブリケット炭。
- 年間生産量： バイオコークス 3,000トン/年、ブリケット炭 60トン/年。
- 原料調達量： 合計 5,100トン/年（製材オガ粉ベースで、水分率 40%で計算）。

2.4 原料調達システム及び製造プロセス

原料調達システムと製造プロセスを、以下に示す；

- ① 小規模製材業者や農家は、それぞれ製材廃棄物や植林木伐採残渣や小径木等を、直接工場に運搬し、原料を販売する。原料販売量は、年間 1,500 トンを想定した。
- ② 工場に直接原料を運搬できない遠方農家は、精米所に原料を運搬する。工場が設置した小型破砕機で原料を粉砕し、精米所に販売する。原料販売量は、年間 600 トンを想定した。工場は、定期的に原料粉砕物を収集する（精米所への委託収集システム）。尚、一定量の原料販売が望める場合は、村や農家グループに小型破砕機を貸し出すことも想定される。
- ③ 外部調達量は、年間 2,100 トンを想定した。尚、農家より購入する植林木伐採残渣や小径木等は乾季（11月～2月）に発生が集中するため、小規模製材より購入する製材廃棄物との購入割合を調整し、年間を通じて安定した原料調達を図る。
- ④ 本事業の JV パートナーより、年間 3,000 トンの製材廃棄物、主に製材オガ粉やバーク等を内部調達する。
- ⑤ 小規模製材業者や農家より、購入する原料は、重量ベースで購入する。原料購入価格は、農民が Mai-tiew を伐採し道路渡しで木炭業者に販売している価格を参考に、US\$ 6.19/トンと想定した。尚、製材オガ粉は無償で取り引きされている。

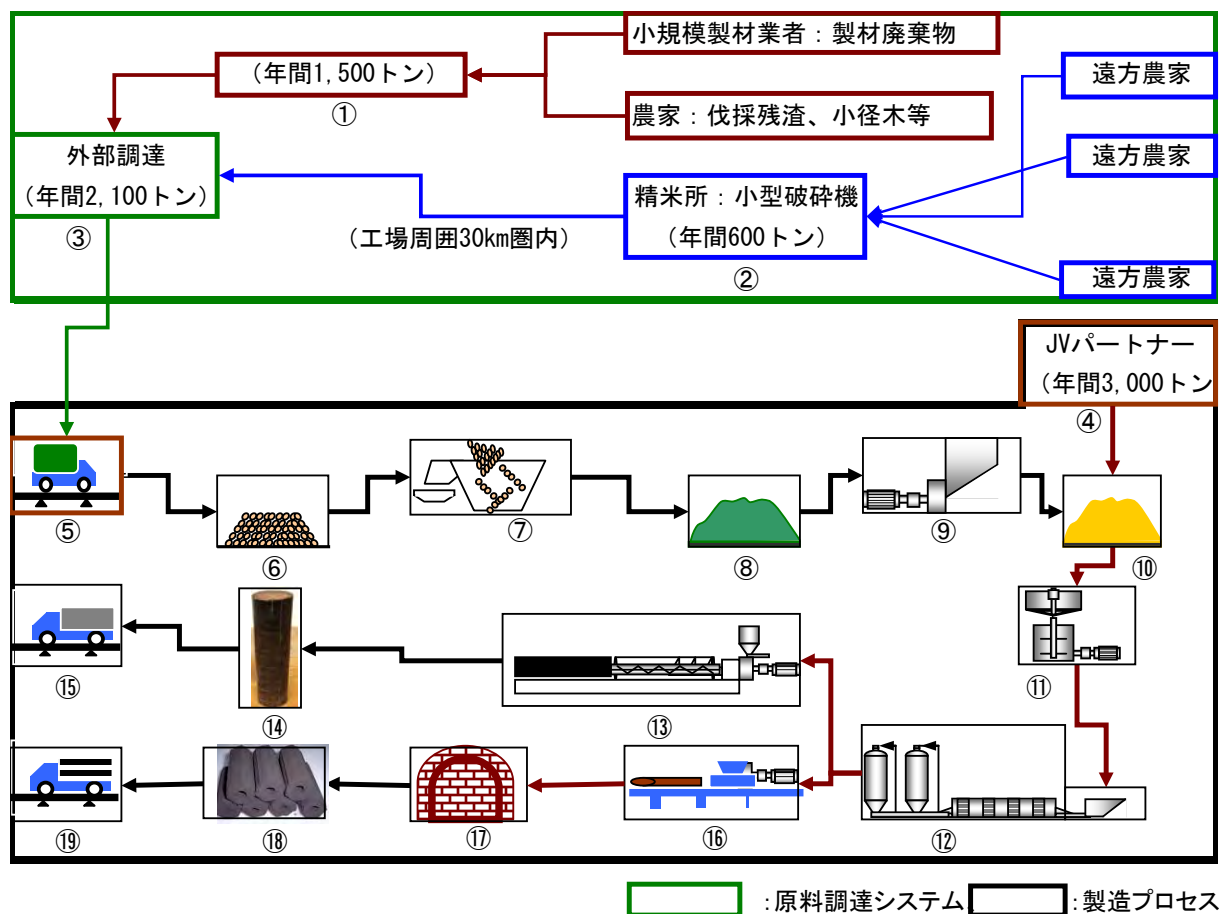


図 3 原料調達システムと主要な製造プロセス

⑥ 未粉砕の原料 1 次ヤード。

- ⑦ 固定式破砕機（タイ製）。小径木や製材端材、バーク等を1次粉砕する。
- ⑧ 1次粉砕物貯蔵ヤード（屋根付き）。施工は、ラオス業者を想定。
- ⑨ オガ粉製造機（タイ製）。
- ⑩ オガ粉貯蔵ヤード（屋根付き）。
- ⑪ オガ粉篩い機（タイ製）。
- ⑫ オガ粉乾燥機（タイ製）。
- ⑬ バイオコークス反応機（日本製）。
- ⑭ バイオコークス：年間3,000トン製造。バイオコークスは日本向けに年間2,100トン、タイ向けに年間900トン販売することを想定した。日本向けの目標販売価格はUS\$ 327/トン、タイ向けの目標販売価格をUS\$ 365/トンと想定した。
- ⑮ バイオコークスの輸送は、日本向けはタイまで陸送し、海上輸送する。タイ向けは陸送する。
- ⑯ ブリケット成形機（タイ製）：ブリケットを年間300トン製造する。
- ⑰ 製炭炉：ブリケット炭用製炭炉。ブリケットは木炭にすることにより重量が減少するため、ブリケット炭は年間60トンとなる（収炭率20%）。
- ⑱ ブリケット炭：当面は、ビエンチャンの一般世帯向けに販売する。目標販売価格は、US\$ 234/トンと想定した。
- ⑲ ブリケット炭の輸送は、地元の輸送業者や小型トラック所有者を想定した。

2.5 製品輸送費試算

- バイオコークスを日本向けに輸出する場合、ベトナム経由、もしくはタイ経由が想定される。ベトナム経由の場合、輸送距離がタイ経由の凡そ半分であることから陸上輸送費が安いことが期待された。
- しかしながら、ラオス及びタイの物流業者へのヒアリングの結果、ラオス-ベトナム間は道路インフラが脆弱であり、国境間の税関手続きがスムーズでないことから、同2国間の輸送は商用レベルではないと判断された。
- このため、輸送ルート及び輸送費は、下記を想定した。

バイオコークス：	日本向け（タケク～バンコック経由～横浜）、 タイ向け（タケク～バンコック市内の石炭コークスユーザー）、
バイオコークス輸送費：	コンテナ陸送費 US\$ 97.2/トン（タケク～バンコック）、 海上輸送費 US\$ 48.9/トン（バンコック～横浜）
ブリケット炭：	トラック陸送費 US\$ 20.2/トン（タケク～ビエンチャン）

2.6 要員計画、人材育成計画

- 雇用は、原則、地元雇用とする。しかしながら、マネージャークラス及び機械技術者が地元にはない場合は、ビエンチャンからも募集する。
- 単純作業員 39 人は 13 人を 1 シフトとし、8 時間勤務×3 シフト体制を想定。尚、夜間勤務の人員費と、昼間勤務の人員費は適正な給与格差を設ける。但し、24 時間操業のため地元で労働力が確保できない場合は、外国人の雇用も検討する。
- ブリケット炭の製炭作業は、炉内への原木の積み方、燃焼具合、消火・取り出しのタイミング等の炭焼きの経験を有している地元の炭焼き 3 人を雇用する。
- マネージャー及び機械技術者は経験者を厚遇するが、特に機械技術者の不足するスキルに関しては機械設備メーカー等へ機械技術者を派遣し、技術習得のトレーニングを行う。
- 単純作業は、作業種を可能な限り単純化させ、作業マニュアルに基づく指導を行う。
- 今回導入する製炭炉は、現地の一般的な半地下式炭焼窯と異なり、炉型である。このため当初から日本の製炭技術者を招き、炉の建設、その後の製炭作業を含め、日本人製炭技術者の下でトレーニングを行うことを想定している。

- 操業は、24 時間操業とし、
- 雇用は、ラオス人及び外国人を含め、44 人。
- 内訳、マネージャークラス 1 人、機械技術者(中間クラス)1 人、単純作業員 42 人
(内、3 人は製炭作業員)
- 賃金は、法令順守を前提に、適切な賃金水準を維持する。

2.7 事業モデル立案、事業性評価

2.7.1 財務諸条件

(1) 資本金

- 資本金は、US\$ 600,000 を想定し、JV の親会社からの調達とする。日本側は王子と、JV パートナーは現地の製材業者を想定している。JV パートナーの出資条件や出資比率の具体的な条件については、今後協議を行う予定である。

(2) 借入金

- 合弁事業の最初の資本金は総投資額の 30%以上であることから、総投資額より資本金を除く資金を、JV は現地金融機関、あるいは親会社を通じて資金を調達することを想定している。
- 借入期間は、設備投資の更新期間 7 年以内とする。

(3) 法人税免税期間

- 一般投資事業の法人税免税期間は、2 年、4 年、6 年に区分される。尚、法人税免税期間は投資申請後の政府との協議によって確定されるため、中間値の 4 年と仮定した。

(4) 有利子負債調達レート

- 長期及び短期借入に対するラオスの市中銀行調達レートは kip ベースで、年率 6.5%～11.0%である

(PwC グループ調べ)。実際の借入利率は、借入額や借入期間、並びに親会社の借入保証の有無によって異なることから、調達レートを 6.5%と仮定した。

(5) 物価上昇率

- 事業性を評価する上において、物価上昇率は極めて重要な要因である。過去 2003 年～2012 年の物価上昇率の平均は 6.99%で推移している (IMF - World Economic Outlook Databases 2013)。
- 本事業の事業期間は 20 年を想定しており、今後 20 年間の物価上昇率の予測は極めて難しく、かつ前提条件によって、事業の収益性は大きく異なることから、
 - 物価上昇率を折り込まない事業モデルを「現行モデル」とし、
 - 物価上昇率が今後 20 年間 6.0%で推移すると仮定したケースを「修正モデル①」とし、
 - 物価上昇率が今後 20 年間 7.0%で推移すると仮定したケースを「修正モデル②」と仮定した。

(6) 販売価格上昇率

- バイオコークスの目標販売価格は、熱量等価で中国産石炭コークスの輸入 CIF 価格に連動することを前提としている。
- 日本の中国産石炭コークスの輸入 CIF 価格の上昇率は 2009 年～2012 年の期間、3.0%～4.0%であった。物価上昇率と同様に、今後 20 年間の中国産石炭コークスの輸入 CIF 価格の推移を予測するが極めて難しい。このため、
 - バイオコークスの販売価格上昇率を、中間値の 3.5%と仮定した。
 - 尚、ブリケット炭の販売価格上昇率はラオスの物価上昇率に連動すると仮定した。

表 7 財務諸条件 (暫定値)

	現行モデル	修正モデル①	修正モデル②	備考
事業期間 (年)	20	20	20	合弁企業法に基づく
資本金 (US\$)	600,000	600,000	600,000	最低出資制限US\$ 300,000以上
必要現金 (US\$/年)	100,000	100,000	100,000	
有利子負債調達レート (%)	6.5%	6.5%	6.5%	(暫定値)
法人税PT(実行税率) (%)	24.0%	24.0%	24.0%	一般投資事業の現行通り
法人税免税期間 (Zone 2) (年)	4	4	4	(暫定値) 現行の免税期間の中間値
最小課税MT(実行税率) (%)	0.25%	0.25%	0.25%	現行通り
物価上昇率 (%)	0.0%	6.0%	7.0%	(暫定値) kipベース
販売価格上昇率				
(バイオコークス) (%)	0.0%	3.5%	3.5%	(暫定値) 現行の上昇率の中間値
(ブリケット炭) (%)	0.0%	6.0%	7.0%	物価上昇率に連動

2009年～2012年の日本の中国産石炭コークスのCIF価格の上昇率：3.0%～4.0%

2.7.2 現行モデルの事業費、財務及び収益性分析、並びに損益計画

(1) 事業費

- 総投資額は、US\$ 1.86 M(約 1.7 億円)。内、32%を JV 親会社からの調達とする。初期投資資金の 95%は製造設備への投資である。
- 尚、総投資額の 68%を長期借入とした。借入期間は 6 年で返済可能であった。

(2) 財務及び収益性分析

- 当期純利益率（累計）は 15.0%。
- IRR は、11.9%であった。

(3) 損益計画

- 売上高は、US\$ 20.5M（約 18 億円）。
- 売上原価は、US\$ 16.25M（約 15 億円）。
- 当期純利益（累計）は、US\$ 3.07M（約 2.8 億円）。

※ 現行モデルでは、実現可能性はあると判断される。一方で、初期投資 US\$ 1.86M（約 1.7 億円）に対し、20 年間の純利益合計 US\$ 3.0M（約 2.8 億円）と、投資案件としては魅力がやや乏しい結果となった（表 9）。

※今後、タケクベトナム間の道路インフラと通関手続きが改善されれば、製造原価の 48%を占める輸送費（陸送費）が安くなり、収益性が改善されることを期待する。

表 8 現行モデルの事業費、財務及び収益性分析（事業期間：20 年）

1. 前提条件					
法人税	(%)	24.0%		(現行通り：一般投資事業)	
免税期間	(年)	4		(現行通り)	
有利子負債調達レート	(%)	6.5%		(暫定値)	
物価上昇率	(%)	0.0%			
販売価格上昇率	(%)	0.0%		(バイオコークス)	
2. 事業費積算					
1) 総投資額			3) 初期投資資金		
増資	(US\$)	600,000	32%	設備投資額	(US\$) 1,756,139
長期借入	(US\$)	1,256,139	68%	必要現預金	(US\$) 100,000
合計	(US\$)	1,856,139		合計	(US\$) 1,856,139
2) 借入期間 (年)			3) 当期純利益(累計) (US\$)		
			6		
3. 財務及び収益性分析					
当期純利益率（累計）	(%)	15.0%	売上高営業利益率	(%)	20.8%
当期純利益率（20年目）	(%)	20.3%	売上高経常利益率	(%)	19.4%
NPV (5.0%)	(US\$)	2,300,079	IRR (5.0%)	(%)	11.9%

2.7.3 現行モデルに対する物価上昇率と販売価格上昇率の影響（修正モデル①と修正モデル②）

表 7 記載の条件に基づき、現行モデルに対し物価上昇率と販売価格上昇率を加味した修正モデルの分析を、以下に行った。

「現行モデルと修正モデル①の比較」

- 修正条件：物価上昇率を 6.0%、目標販売価格上昇率を 3.5%に修正した。
- 投資額は、両モデルとも US\$ 1.8M は変わらない。

- 売上原価は、物価上昇率をおりこむことにより、電力費や燃料費、人件費が上昇し、45%増の US\$ 23.6M (約 21.7 億円)、事業収益を悪化させる要因となっている。
- しかしながら、販売価格の上昇に伴い売上高は 42%増の US\$ 29.16M (約 26.8 億円)。
- 結果、当期純利益 (累計) は US\$ 4.09M (約 3.8 億円) と増加した。
- IRR も、当期純利益 (累計) の増加により、2.9%増の 14.7%であった。

※ **修正モデル①は、現行モデルに対し収益性が改善され、実現可能性はあると判断された。**

「現行モデルと修正モデル②の比較」

- 修正条件：物価上昇率を 7.0%、目標販売価格上昇率を 3.5%に修正した。
- 投資額は、両モデルとも US\$ 1.8 M は変わらない。
- 売上原価が現行モデルに対し 61%増となり、営業利益、経常利益共に 30%程度悪化した。当期純利益 (累計) は、US\$2.1M (約 1.9 億円)と、凡そ初期投資額並みとなり、投資案件としては魅力がないと判断される。

※ **結果、修正モデル②は収益性が低く、実現可能性はないと考える。**

表 9 現行モデルに対する修正モデル①と②の事業収益性比較

		現行モデル	修正モデル①	差異 (%)	修正モデル②	差異 (%)
前提条件	法人税 (%)	24.0%	24.0%	0.0%	24.0%	0.0%
	免税期間 (年)	4	4	0	4	0
	金利 (%)	6.5%	6.5%	0.0%	6.5%	0.0%
	物価上昇率 (%)	0.0%	6.0%	6.0%	7.0%	7.0%
	目標販売価格上昇率 (%)	0.0%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%
投資額 (US\$)	1,856,139	1,856,139	0	1,856,139	0	
当期純利益率 (累計) (%)	15.0%	14.0%	-0.9%	7.3%	-7.7%	
NPV (5.0%) (US\$)	2,300,079	2,894,493	594,414	1,979,538	-320,541	
IRR (5.0%) (%)	11.9%	14.7%	2.9%	11.7%	-0.1%	
売上高 (US\$)	20,510,053	29,155,838	8,645,785 42%	29,214,945	8,704,892 42%	
売上原価 (US\$)	16,245,909	23,595,627	7,349,718 45%	26,111,532	9,865,623 61%	
営業利益 (US\$)	4,264,144	5,560,210	1,296,067 30%	3,103,413	-1,160,731 -27%	
経常利益 (US\$)	3,980,609	5,294,805	1,314,195 33%	2,835,612	-1,144,998 -29%	
税引前当期利益 (US\$)	3,980,609	5,294,805	1,314,195 33%	2,835,612	-1,144,998 -29%	
当期純利益 (累計) (US\$)	3,068,116	4,093,025	1,024,909 33%	2,118,226	-949,890 -31%	

- 上記の通り、物価上昇率と目標販売価格上昇率の変動は事業性を大幅に左右する要因である。
- 一方で、本事業は、石炭コークスをバイオコークスに代替することにより、石炭コークス由来の CO2 の排出を削減することから、前述の「1.3 再生可能エネルギー戦略」の投資優遇策が適用される可能性もある。
- 今後、一般投資事業の投資優遇策に加え、上記の再生可能エネルギー戦略の投資優遇策の適応の範囲、条件等を協議しなければならない。

2.8 事業のリスク分析

その他、主要な事業リスクとして、以下が想定される。

- 石炭コークスや木炭の市場縮小に伴うリスク、

- 製材廃棄物調達量の減少に伴うリスク、
- 法規制関連リスク（法人税率、法人税免税期間等の適用）、
- 資金調達関連リスク（借入金調達、借入金の金利、出資パートナーの選定等）

(1) 石炭コークスや木炭の市場縮小によるリスク

- 石炭コークスユーザーが、将来、電気炉への転換や廃業によって、石炭コークスの消費量が減り、結果、バイオコークスの販売量が減少するリスクも想定される。
- また、ビエンチャンの一般世帯が木炭から LP ガスに転換することで木炭の消費量が減り、結果、ブリケット炭の販売量が減少するリスクも想定される。

① タイ、石炭コークスの市場縮小

- 日本の石炭コークスの生産量は製鉄業及び非製鉄業とあわせて、2003年～2008年年間、38百万トンの規模で推移している（コークス・ノート）。このため、日本の石炭コークスの市場規模が、今後、急速に縮小されることは想定されない。
- 一方、タイの石炭コークスの使用量は年間約17万トン、全量を輸入石炭コークスに依存している。また、電力費や人件費の高騰、さらには煙灰等の環境問題において、電気炉への転換が進みつつある。このため、修正モデル①を用いて、事業開始11年目以降のタイ向けの販売量を仮に年間300トン（全体の10%）に変更した場合のリスク分析を行った結果、IRR及び当期純利益率は若干悪化するが、事業の実現可能性に影響を及ぼすほどではない。
- また、表2記載の通り、韓国や台湾も中国産石炭コークスを輸入しており、タイの石炭コークスの市場の縮小によるリスクは小さいと判断される。

② ビエンチャンの木炭市場の縮小

- 将来、ビエンチャンにおいてLPガスの普及が進み、調理用熱源が木炭からLPガスに転換する可能性はある。一方で、木炭自体は安価であり、調達が容易であることから、市場から消えることはないと推察する。
- ブリケット炭の売上高に占める割合は、現行モデル及び修正モデル①においても2.0%未満であることから、同リスクは小さいと判断される。

(2) 製材廃棄物調達量の減少に伴うリスク

- 前述の1.7.3記載の通り、政府の伐採計画の変更や終了に伴い、原料となる製材廃棄物が将来減少する可能性がある。
- 原料調達計画では、年間5,100トンの原料が必要である。内、3,000トンを製材工場より内部調達で、2,100トンを外部の小規模製材業者や農家等から調達する計画である。外部調達量を増やすことにより、製材廃棄物から植林木伐採残渣等への原料がシフトすることになる。
- このため、修正モデル①を用いて、事業開始11年目以降、内部調達量を年間900トン、外部調達量を年間4,200トンに変更した場合のリスク分析を行った結果、IRRと当期純利益率は若干悪化するが、当期純利益(累計)はUS\$ 3.7M（約3.4億円）を維持しており、事業の継続は可能と判断される。

(3) 法規制関連リスク（法人税率、法人税免税期間等の適用）

- 本事業は、一般投資事業に基づく投資案件、もしくは今後投資優遇策の細則が整備される再生可能エネルギー戦略の投資案件として、適応される可能性がある。このため、本調査終了後もひきつづき事業化を検討する予定である。

(4) 資金調達関連リスク（借入金調達、借入金の金利、出資パートナーの選定等）

- JV パートナーは、ボリカムサイ県パクサン地区、もしくはカムアン県タケク地区の製材業者から1社を選定する予定である。
- 今後、本調査事業の事業モデルと収益性分析結果等を提示し、合弁条件や資金調達方法等の詳細を、協議する方針である。

2.9 資金調達計画

- JV の資金調達方法として、①親会社の取引銀行（邦銀）を経由した借入、②親会社を通じた日本国内の各種公的貸付制度を利用した借入、③JV が現地金融機関を通じた借入が考えられる。
- 原則、JV が資金調達できれば良いのだが、特に、現地パートナーが単独で現地金融機関から資金を調達する場合、現実には厳しい可能性がある。
- 今後、事業実施の判断後、JV パートナーと協議を行いながら、幅広く資金調達について模索する方針である。

2.10 環境・社会配慮（原料収集、人材確保等）

(1) バイオコークスの原料由来や品質等の明示

- 天然林由来の製材廃棄物を原料として使用することから、原料購入時に合法性の有無や原料の由来を確認し製品の原料履歴を明示する必要があると考える。
- また、将来の二国間オフセット・クレジット制度（JCM）に備えて、原料調達～製造に要した燃料消費量と電力消費量をベースに製品1トン当りのCO₂排出量を明記する必要がある。これにより、石炭コークスユーザーはバイオコークスへの代替によるCO₂排出削減量を容易に積算することが可能となる。

(2) 原料としての村有林資源への配慮

- 村有林の利用権は村落に委譲されている。仮に、本事業が村有林の資源を購入することになれば、炭焼人以外の村人も村有林の資源を求める懸念が生じ、結果、村有林の資源が枯渇する恐れがある。
- このため、村有林資源由来の原料を購入する場合、村長の許可の有無や村有林資源の管理に関し、村長への協力と理解を求めなければならないと考える。さらに、原料搬入者や村長に対し、Mai-tiew 植林の奨励を行い、村有林の資源維持を図ることも想定される。

(3) 精米所にアクセスできない農家への配慮

- 前述の図3記載の原料調達システムにおいて、耕運機を所有していない世帯は原料を運搬する手段がなく、結果、精米所にアクセスできないケースが想定される。
- このため、ある一定量の原料の調達量が見込める場合は、移動式破砕機（エンジンタイプ）を村、あるいは世帯グループに貸し出し、耕運機を持たない世帯でも原料を販売するシステムを立案する

必要があると考える。

(4) 人材確保、人材育成において配慮すべき事項

- ラオスでは、24時間操業の業種は一般的でない。しかしながら、本事業では3交代制の24時間操業体制を想定している。このため、夜間勤務の人材を確保する必要がある。
- 夜間作業に対し労働意欲が期待できるよう、給与体系や作業環境の改善、さらにはシフト体制等に配慮し、作業員の労働対価を満たす雇用環境を提供する方針である。
- 一方で、ラオス人のみで24時間操業体制が組めない場合は、外国人の雇用も検討する。その場合、外国人の雇用に関する規制や労働法に配慮し、地元の労働行政局に相談しながら、外国人の雇用を図る方針である。

2.11 事業化実施スケジュール(案)

- 本調査で、「バイオコークスは日本及びタイの石炭コークス代替品として、ブリケット炭はビエンチャンの木炭代替品として、価格競争力がある」ことを、明らかにした。
- しかしながら、事業実施の判断を行うには更なる調査及び関係者との協議が必要と考える。王子は、本調査終了後、2014年3月を目標に、事業化詳細調査（日本国内石炭コークスユーザーへのバイオコークスの数量引き取りやJVパートナー候補へのJVの打診等）を行い、事業化の是非の判断を行なう予定である。
- 事業実施を判断した場合、ラオス政府への本事業計画（案）の正式な打診、資金調達計画、投資申請等を行う予定である。事業実施は、2015年4月を予定している。

2.12 バイオコークスの二国間クレジット制度（JCM）活用の可能性

(1) 日本及びラオスの二国間クレジット制度への取り組み

- 「日・ラオス間の二国間クレジット制度に関する二国間文書」では、同制度の実施を促進するために、両国間の合同委員会の設置を定めている。今後、合同委員会にて、具体的なMRV（算定・報告・検証）やプロジェクトの認証手続き、クレジットの取扱等に関する細則が整備されていくものとする。さらに、両政府は実際の案件やプロジェクトを導入するために、具体的な導入促進策や優遇策等を協議するものと思われる。

(2) バイオコークスの二国間クレジット制度活用の可能性

- バイオコークスの製造技術は近畿大学の井田等開発した技術であり、同技術をラオスに導入してバイオコークスを製造することにより、
- 原料となる製材廃棄物や植林木伐採残渣等はカーボンフリーであるため、CO₂は排出されない。CO₂が排出されるのは、原料収集と製造工程、並びに工場～港までの輸送工程における燃料消費や電力消費に伴うCO₂の排出である。
- 製造したバイオコークスを、日本やタイに輸出し、両国の石炭コークスと代替することにより両国においてCO₂排出量が削減される。
- 本事業は、ラオスの第7次国家社会経済開発計画における開発目標を達成するための政策（投資優

遇策や再生可能エネルギー戦略等) に合致するものである。

- また、我が国の環境に配慮した経済成長の促進に重点をおいた国別援助方針や二国間クレジット制度にも合致するものである。

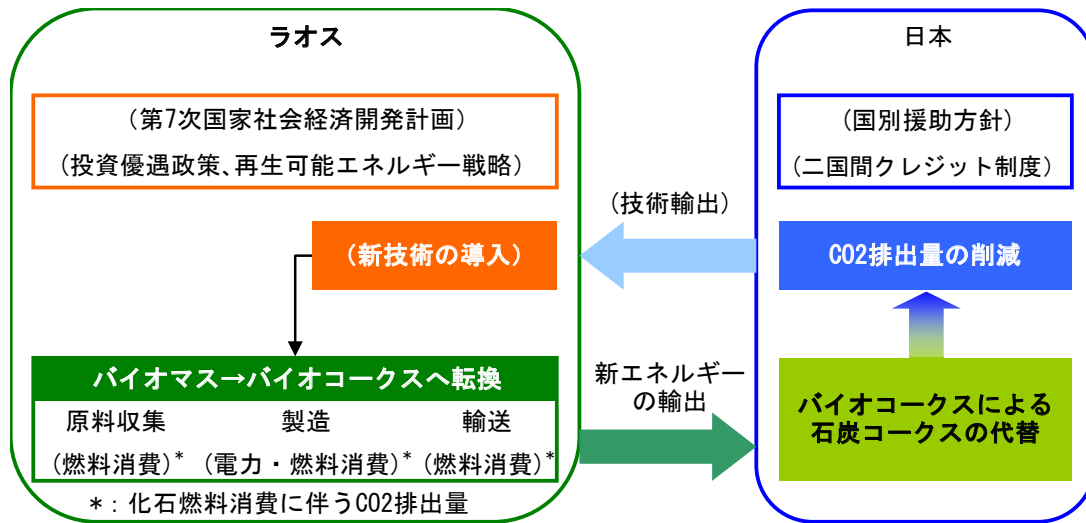


図 4 二国間クレジット制度におけるバイオコークスの活用

第 3 編 JICA 事業との連携可能性の検討

3.1 BOP 層のバリューチェーンへのかかわり

可能性を含め、BOP 層の本事業モデルのバリューチェーンへのかかわりに関し、以下の様に整理した。

(市場販売部門)

- BOP 層のかかわりはブリケット炭の購入者のみと想定される。一般世帯の木炭使用量を年間 600kg と想定した場合、購入世帯数は 100 世帯。ブリケット炭代替による費用削減は、年間 US\$ 35.1/世帯 (世帯あたり燃料費の約 20%削減) に相当する。

(流通/輸送部門)

- バイオコークスの場合、二国間輸送を行う輸送業者及びローカルのトラック業者を想定しており、BOP 層のかかわりは望めない。
- ブリケット炭の場合、地元のトラック業者、または小型トラック (1 トン程度) を所有する一般世帯に輸送を委託することを想定している。
- また、ブリケット炭の販売拠点をビエンチャンに設けた場合、在庫管理や販売を行う BOP 層を雇用することも想定される。さらに、販売拠点がブリケット炭の注文を受け、耕運機やトゥクトゥク (3 輪車) を使って、小規模レストランに直接デリバリーする流通システムが生じる可能性もある。

表 10 BOP 層のバリューチェーンへのかかわり

製品種	バイオコークス(年間3,000トン)	ブリケット炭(年間60トン)
用途	石炭コークス代替用	木炭代替用
市場価格	日本 US\$ 510.7/トン、 タイ US\$ 570.5/トン	ピエンチャン: US\$ 292.5/トン (参考) タケク: US\$ 130.1/トン
目標販売価格	日本向け: US\$ 327.1/トン タイ向け: US\$ 365.4/トン	ピエンチャン: US\$ 234.0/トン 地方向けは、価格競争力が望めない。
1. 市場/販売部門 対象購買層	日本・タイの石炭コークスユーザー 現在、ラオスには石炭コークスの需要はない。 将来、タイの鋳物メーカーがラオスに進出すれば、ラオス国内に需要が生まれる可能性がある。	ピエンチャンの一般世帯、小規模レストラン、シリコンメーカー等 一般世帯の木炭使用量を、年間600kgと想定した場合、100世帯分。 世帯当りの木炭消費価格: US\$ 175.5/年 - 代替した場合の消費価格: US\$ 140.4/年 - 一世帯当りの代替効果: ▲US\$ 35.1/年
BOP層のかかわり	かかわらない。	購買者としてのかかわりが期待できる。
2. 流通/輸送部門 BOP層のかかわり	二国間輸送を行う輸送業者を想定 かかわらない。	地元のトラック業者、小型トラック所有世帯。 近距離の輸送の場合、かかわる可能性がある。

(製造部門)

- 雇用は44人を想定。内、作業員42人がBOP層となる可能性がある。一般作業員39人は、OJTを通じたトレーニングを実施予定。
- 尚、製炭作業は一般作業とは異なるため、製炭経験のある地元の炭焼人を雇用する。

表 11 BOP 層のバリューチェーンへのかかわり(続き)

製品種	バイオコークス(年間3,000トン)	ブリケット炭(年間56トン)
3. 製造部門 雇用人数	24時間/3シフト体制 マネージャー1人、機械技術者1人、作業員42人(内、製炭3人)の合計44人 BOP層の対象となるのが、作業員42人。但し、夜間操業に対しては外国人の雇用を想定。	
BOP層のかかわり	直接雇用。	
人材育成計画	機械技術者は、設備メーカー等でのトレーニングが必要。 作業員39人は、OJTによるトレーニングが必要。 炭焼人は、地元雇用を優先。但し、製炭炉の違いによるトレーニングが必要。	
4. 原料調達部門	JVパートナーより、年間3,000トンの製材オガ粉を、内部調達。 製造工場周辺(30km圏内)の小規模製材業者や農家等が製材残材や小径木等を、外部調達	外部調達量は、年間2,100トン。
1) 原料収集 (外部調達収集方法)	製造工場周辺の製材業者や農家等が、直接製造工場に搬入する。 地元トラック所有者に委託し、1日4回、30km圏内の精米所から収集する。	
BOP層のかかわり	仮に、全量2,100トンをトラックで収集した場合、ドライバーの雇用は、1人に相当。	
2) 原料販売(生産)	原料の買い取り価格は道路渡しで、US\$ 6.2/トン。	
BOP層のかかわり	仮に、農家が原料を年間10トン販売した場合、販売農家数は年間210人。 農家一世帯当りの収入は、年間US\$ 62.0/世帯に相当。	
(新規植林)	仮に、農家がバイオコークス用の植林を新たに行う場合、 1ha当りの伐採量を10トンと仮定すると、210haの植林面積が必要。	

(原料収集/原料生産)

- 地元のトラック所有者が年間2,100トンを収集すると仮定した場合、ドライバーの雇用は1人程度と想定される。

- 仮に、農家が原料を年間 10 トン販売する場合、販売農家数は約 210 世帯と想定される。農家一世帯当たり、年間 US\$ 62.0 の新規収入が発生する。
- 仮に、農家がバイオコークスの原料として、新たに植林（前述のアカシアや Mai-tiew）を行うと想定した場合、伐採時のバイオマス 10 トン/ha を前提とすると、約 210ha の新規植林が必要となる。

3.2 連携事業の可能性

(1) 資金協力の可能性

- 本事業実施を阻む要因のひとつである長期借入金に対する金利が、緩和されることにより、事業実施が可能となる。
- JICA 投融資制度の活用により、ラオス政府の投資優遇精度を最大限活用できる可能性がある。また、今後、連携が期待される再生可能エネルギー戦略と二国間クレジット制度（JCM）への適用の可能性が期待される。
- 事業途中に事業拡大を行う際、他の公的貸付制度を活用しやすくなる（IFC 等）

(2) 技術協力の可能性

- 本事業が想定している地域は、現在、ラオス農業セクターで実施中の案件と対象地域が異なるため、現時点では農村部担当案件との連携は難しいものと思われる。
- しかしながら、ブリケット炭の製炭・販売の裨益者は BOP 層であり、さらにバイオマス植林/栽培等が実施されればこれらの裨益者も BOP 層である。
- このため、草の根技術協力と民間連携ボランティアと組み合わせた技術協力の可能性が期待される。以下は、調査団のアイデア・要望である。
- 製炭技術者の派遣及び製炭技術の拠点作り：製炭技術者の派遣と製炭技術の拠点作りを行うことにより、ブリケット炭の製炭技術が現地の炭焼人に移転される。製炭技術が BOP 層に移転されれば、ブリケット炭の委託生産が可能となる。
- 原料調達（生産）：青年協力隊等による技術支援（例えば、苗木作り、植林、管理等）により、これらの技術が農家に定着できれば、農家の安定した収入基盤のひとつとなる。原料の安定した調達が望まれば、結果、本事業における原料調達のリスクが緩和される。

第 4 編 開発効果

4.1 対象となる BOP 層の状況

- LPFL の農民植林に参加している世帯数は約 5,000 世帯（193 カ村）、植林面積は約 5,000ha である。これらの農民植林参加世帯が、植林木伐採残渣等からの原料収集や、将来のアカシア・バイオマス植林やネピアグラス栽培の中心になるものと期待される。
- このため、農民植林参加世帯の最も多いボリカムサイ県とカムアン県の参加村から無作為で抽出した 15 カ村において、村落調査を実施した（村長へのインフォーマル形式）。

(インフラ整備状況)

- 電化率については、13 カ村のうち 10 カ村は完全に電化している。100%未満の 2 カ村であった (97.2%と 35%)。
- 13 カ村では殆どの世帯が耕運機を所有していたが、残り 2 カ村では耕運機を所有する世帯は少なく、人力耕作が行われていた。

(生計・経済活動)

- 調査村の生計手段は農業であり、収入源も農業である。世帯の支出は、食料、農業、教育費であった。
- 各々の村では様々な農産物を外部に販売している。販売作物は、コメ、サトウキビ、キャッサバ、薪、木炭、ゴム、タバコであった。
- 12 カ村中 5 カ村で、農作物の生産や販売のために必要な資金を貸し付けるコミュニティ/共同体を組織していた。

(原料調達での連携の可能性)

- 稲わらやもみ殻、あるいは収穫残渣等の農業廃棄物に関し、利用状況をヒアリングした所、家畜の餌や田畑の肥料に使用している反面、殆どの村で田畑に放置しているのが実情である。
- また、未利用の農業廃棄物をバイオコークスの原料として、提供可能かヒアリングした所、「価格次第であるが、農業廃棄物を提供することは可能」と回答している。
- さらに、2+3 システムの下で、苗木や栽培方法等が提供されるならば、これらの栽培組織に参加することは可能と考えている。
- 本事業が実施された場合の懸念される影響として、以下のコメントが得られた。

負の影響	正の影響
乾季の家畜 (牛) の餌の不足、水田の地力の低下、 木炭生産の供給不足、	コミュニティに新たな雇用が生まれる、結果として、村人に新たな収入が生まれる
収集した木質原料に金銭的価値が生まれれば、村人間で盗みが生じないか懸念される。	
	生活が良くなる、村の環境が良くなる。

(村落の開発ニーズ)

- 本事業 (事業化した場合) を通じて、村長は村の発展や改善に繋がるものと考えている。
- 村の内外の道路状況が改善される、乾季の灌漑システムの建設と改善。
- 村長事務所の建設、教育システムや施設の改善、農業従事者へのトレーニングや技術者の派遣。

4.2 開発課題に対する開発指標の設定

本調査で得られた開発課題を整理し、本事業を通じた開発課題と開発指標 (目標値) を下表に示す。

尚、開発指標に記載した値は本事業における開発目標値を示す。

表 12 本事業を通じた開発課題と開発指標(目標値)

	開発課題	開発指標(目標値)
1. 市場/ 販売/消 費部門	<p>(バイオコークス) 中国産石炭コークス輸入 CIF 価格 ; (日本) US\$510.7/トン (タイ) US\$ 570.5/トン 中国産石炭コークスへの依存。 代替品が普及していない。 CO2 排出量の削減。</p> <p>(ブリケット炭) ビエンチャンの木炭市場価格 : US\$ 293/トン 木炭代替品が普及していない、若しくは極めて高い (LP ガス等)。 都市部の木炭の価格は地方に比べて極めて高い (約 2 倍)。</p>	<p>(バイオコークス) 市場への提供 : 年間 3,000 トン。 日本向け : 年間 2,100 トン、US\$327/トン タイ向け : 年間 900 トン、US\$ 365/トン 燃焼時の CO2 排出を伴わないバイオコークスの提供 CO2 削減量 : tCO2/年。</p> <p>(ブリケット炭) 当面、ビエンチャンの一般世帯向けに販売する。 ブリケット炭の販売量 : 60 トン/年 販売価格 : US\$ 234/トン。 世帯当りの燃料費の削減率 : 20%/年</p>
2. 流通/ 輸 送 部 門	<p>セメントや木材、石炭等の流通は大手業者が担っており、小口商品の流通は少ない。 地元の小規模な流通業者や小型トラック、耕運機等による流通のニーズが少なく、不定期であるため、収入が安定しない。</p>	<p>ブリケット炭の販売拠点数 : 箇所/年。 ブリケット炭の輸送・販売量 : 60 トン/年。 販売拠点における人員数と販売委託料 : 人/年、US\$/トン。 販売拠点を含む流通/輸送に工場側で支払われた委託料の割合 : %/年</p>
3. 製品 製 造 部 門	<p>農産物を販売する市場が少なく、取引が不安定 (販売の予測が困難)。 販売価格が安い、あるいは価格設定が不明瞭。 市場へのアクセス手段が限られている (耕運機他)。 現金獲得の機会が少ない。 2 次産業が少ないため、雇用機会に恵まれない。 製材廃棄物の処分に困っている。 地元の炭焼釜は半地下式窯であり、製炭技術にバラツキが多い。</p>	<p>バイオコークス製造 : 年間 3,000 トン ブリケット炭製造 : 年間 60 トン 製造工場の従業員数 : 44 人/年 内、炭焼人の従業員数 : 3 人/年 従業員の平均年収 : US\$1,723/年。 従業員の年間所得に対する給与の割合 : %/年 工場従業員の年間技術トレーニングの受講者数 : 人/年 技術取得や作業環境改善に対する工場の支出割合 : %/年。 ブリケット炭の委託生産量 : トン/年。</p>

<p>4. 原料生産/収集部門</p>	<p>(製材工場) 製材工場では、製材廃棄物の処分に困っている。 製材原木は政府の開発計画に依存しており、将来の展望が描けない。 廃棄物を原料として、新たな製品をつくれば、安定した操業が望める。 (農家) 植林木や、ゴム、キャッサバ以外に、原料を売る市場が少ない。 木炭原木の Mai-tiew の市場はあるが、資源の枯渇が懸念されている。 原料の買い取り業者が少なく、不定期。めったに売れたことはない。 伐採残渣や小径木等の売り先がない。</p>	<p>原料調達量：5,100 トン/年 年間の廃棄物発生量に対する原料使用割合：%/年。 外部調達先別、年間の原料購入量：2,100 トン/年。 調達先別、原料購入価格：US\$6.2/トン。 農家の原料販売世帯数：210 世帯/年。 農家の年間所得に占める原料販売の割合：%/年/世帯。 Mai-tiew 植林やバイオマス植林/栽培面積の推移：210ha</p>
---------------------	--	--

4.3 BOP ビジネス実施後の開発効果発現シナリオ(案)

本事業の上位目標は、「1.2.1 第7次国家社会経済開発(2011-2015)」記載の4つの開発目標に対する達成への寄与である。ここでは、本事業の上位目標に対する開発効果発現シナリオ(案)について、記載する。

- 本事業規模で想定される開発効果を要約すると、以下の通りであり、その効果はやや小さいものである。

<ul style="list-style-type: none"> ● バイオコークス：年間3,000トン。日本の石炭コークス消費量は38百万トン(コークス・ノート2010)、中国の石炭コークス輸出量は15百万トン(Coke Market Survey 2011)である。これに対し、本事業で製造・販売するバイオコークスは年間3,000トンと、<u>市場規模の1%に相当する</u>。 ● ブリケット炭：年間60トン。(ラオスの木炭消費量は不明であった) 参考までに、2009年～2012年のラオスの木炭輸出量は20,972トンであった(表7参照)。木炭輸出量と比較した場合、本事業でビエンチャンの一般世帯向けに販売するブリケット炭は年間60トンと、<u>0.3%程度である</u>。 ● 仮に、一世帯当り年間600kgのブリケット炭を使用すると仮定した場合、<u>その裨益者は100世帯に相当する</u>。<u>世帯当りの燃料費を約20%削減</u>。 ● 雇用：地元より、<u>年間44人</u>。 ● 原料販売：周辺農家が、原料をUS\$6.19/トン×年間10トンを販売した場合、<u>その裨益者は210世帯で、世帯あたり年間US\$61.9の収入増に相当する</u>。 ● また、仮に農家が原料生産用に新たに植林や栽培を始めた場合、植林・栽培面積は<u>210ha (1ha/世帯×210世帯)</u>に相当する
--

- しかしながら、本事業は環境に配慮した農村地域への経済開発、バリューチェーンにおけるBOP層の活用、さらには気候変動対策等、上位目標に対する開発効果は明らかである。
- さらに、本事業は第1ステップとして、ボリカムサイ県パクサン地区、もしくはカムアン県タケク

地区のどちらかで事業を開始する予定であるが、バイオコークスやブリケット炭が市場に受け入れられ、事業経営が安定すれば他の地域への展開も予想される。

- 本事業モデルは、バイオマスの収集量に応じて、ラオスの他の地域へ展開可能な事業である。
- ※ 即ち、本事業モデルをラオスの他の地域へ水平展開することにより、上記の上位開発目標に対するさらなる貢献が可能になると考える。
- 石炭コークスの市場規模に対し、バイオコークスの供給規模は極めて小さい。このため、本事業モデルは、ラオスと同様にバイオマスを有するアジア地域への展開も可能である。即ち、自国で発生するバイオマスを用いてバイオコークスを製造し、自国あるいは他国へ販売して、アジア域内の石炭コークス由来の CO2 排出量を削減が可能となる。
- ※ このため、本事業をラオスで最初に実施することは、環境に配慮しながら持続的な経済発展を目指す他のアジア域内における先駆的な BOP ビジネスの事例となることが期待される。

参考文献リスト

- 1) 近畿大学：バイオコークスプロジェクト <http://www.kindai.ac.jp/bio-coke/>
- 2) 高槻市バイオコークス事業創出地域協議会：<http://bio-cokes.info/bioCokes.html>
- 3) LPFL：Oji Lao Plantation Forest Co. Ltd. <http://www.lpfl.la/>
- 4) 第7次国家社会経済開発5カ年計画(第7次 NSEDP): The Seventh Five-Year National Socio-Economic Development Plan (2011-2015)
- 5) 外務省（2012）：対ラオス人民民主共和国 国別援助方針（平成24年4月）
- 6) JICA（2013）：ODA マップ ラオス全国拡大版
- 7) 再生可能エネルギー戦略：Renewable Energy Development Strategy in Lao PDR (2011)
- 8) 外務省（2013）：報道発表「日・ラオス間の二国間クレジット制度に関する二国間文書の署名」
- 9) 鈴木基義（2013）：ラオス経済投資セミナー、「ラオスの経済・投資環境、ラオス投資の利点」、スライド 10、22 頁。
- 10) IMF 2013: World Economic Outlook Databases 2013
- 11) コークス・ノート(2010)：(社)日本エネルギー学会編：5 頁)