

ラオス国

ラオス国
広東アブラギリ種子の多益利用事業
案件化調査

業務完了報告書

平成 31 年 4 月
(2019 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社すまエコ

| |
|--------|
| 民連 |
| JR(P) |
| 19-043 |

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

写真



写真 1 メコン川に沿うルアンパバーン市の景観



写真 2 スパーヌウォン大学教官への第 2 回 BDF 製造研修



写真 3 スパーヌウォン大学に BDF 製造研修



写真 4 BDF 実験研修で薬品調合する研修員



写真 5 広東アブラギリ油で作製した BDF



写真 6 科学技術省規格局と BDF 規格化の打合せ



写真 7 スパーヌウォン大学農林学部と打合せ



写真 8 ルアンパバーン県商工部長と意見交換



写真 9 広東アブラギリ植林地(ホアイヒア村)



写真 10 ドローン飛行撮影(キュンヤ村)



写真 11 今年 2019 年に収集した広東アブラギリ種子を林地で保管(ホアイヒア村)



写真 12 広東アブラギリ果実の外皮剥き(ホアイヒア村)



写真 13 広東アブラギリの果実(中に種子)



写真 14 住民にヒアリング調査(キュンヤ村)

目次

| | |
|---|------|
| 要約（和文） | viii |
| はじめに | |
| 1. 調査名 | xvi |
| 2. 調査の背景 | xvi |
| 3. 調査の目的 | xvi |
| 4. 調査対象国・地域 | xvi |
| 5. 契約期間、調査工程 | xvi |
| 6. 調査団員構成 | xxi |
| 第1章 対象国・地域の開発課題 | |
| 1-1 対象国・地域の開発課題 | 1 |
| 1-1-1 地域の問題／ルアンパバーン県 | 1 |
| 1-1-2 上記（1）に関わる対象国の課題 | 2 |
| 1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等 | 3 |
| 1-2-1 ラオスの第8次国家社会開発計画（2016～2020年） | 3 |
| 1-2-2 ラオス政府エネルギー・鉱山省「再生可能エネルギー開発戦略」（2011年10月） | 3 |
| 1-2-3 バイオマス燃料に関する法令（2016年11月） | 3 |
| 1-2-4 森林戦略2020（Forestry Strategy to the year2020） | 3 |
| 1-2-5 ルアンパバーン県の農林開発計画 | 4 |
| 1-3 当該開発課題に関連する我が国の開発協力方針 | 4 |
| 1-3-1 ラオスの持続的な発展に向けた日本・ラオス開発協力共同計画 （日本外務省、平成28年9月） | 4 |
| 1-3-2 対ラオス国別開発協力方針（日本外務省・旧国別援助方針、平成24年4月） | 4 |
| 1-4 当該開発課題に関連するODA事業及び他ドナーの先行事例分析 | 4 |
| 1-4-1 関連するODA事業 | 4 |
| 1-4-2 関連する他ドナー事業 | 5 |
| 第2章 提案企業、製品・技術の概要 | |
| 2-1 提案企業の概要 | 6 |
| 2-1-1 企業概要 | 6 |
| 2-1-2 海外進出の目的及び必要性 | 6 |
| 2-1-3 自社の経営戦略における海外事業の位置付け | 6 |
| 2-1-4 海外展開を検討中の国・地域・都市 | 6 |
| 2-2 提案製品・技術の概要 | 7 |
| 2-2-1 製品・技術の特長 | 7 |
| 2-2-2 製品・技術のスペック・価格 | 8 |
| 2-2-3 製品・技術における特許 | 10 |
| 2-2-4 国内外の販売実績（件数、売上高、主要取引先等） | 11 |
| 2-2-5 国内外の競合他社製品との比較優位性 | 11 |
| 2-3 提案製品・技術の現地適合性 | 12 |
| 2-3-1 広東アブラギリの油成分 | 12 |
| 2-3-2 BDFの製造技術 | 12 |
| 2-3-3 金属石鹼の製造技術 | 13 |
| 2-3-4 制度での課題 | 13 |
| 2-4 開発課題解決への貢献可能性 | 14 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第3章 ODA 案件化 | |
| 3-1 ODA 案件化の概要 | 14 |
| 3-1-1 普及・実証・ビジネス化事業 | 14 |
| 3-1-2 既存 ODA 事業との相乗効果 | 15 |
| 3-2 ODA 案件の内容 | 15 |
| 3-2-1 PDM (Project Design Matrix) | 15 |
| 3-2-2 投入 | 16 |
| 3-2-3 実施体制図 | 18 |
| 3-2-4 活動計画・作業工程 | 19 |
| 3-2-5 事業額概算 | 23 |
| 3-3 C/P 候補の機関組織と協議状況 | 24 |
| 3-3-1 C/P 候補の機関組織 | 24 |
| 3-3-2 協議状況 | 24 |
| 3-4 他 ODA 事業との連携可能性 | 26 |
| 3-5 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策 | 27 |
| 3-5-1 制度面にかかる課題・リスク | 27 |
| 3-5-2 インフラ面にかかる課題・リスク | 27 |
| 3-5-3 C/P 体制面にかかる課題・リスク | 27 |
| 3-6 環境社会配慮およびジェンダー配慮 | 28 |
| 3-6-1 環境社会配慮 | 28 |
| 3-6-2 ジェンダー配慮 | 30 |
| 3-7 ODA を通じて期待される効果 | 30 |
| 3-7-1 ODA とビジネス展開の関連 | 30 |
| 3-7-2 期待される効果 | 30 |
| 第4章 ビジネス展開計画 | |
| 4-1 ビジネス展開計画の概要 | 31 |
| 4-2 市場分析 | 32 |
| 4-2-1 金属石鹼 | 32 |
| 4-2-2 BDF | 34 |
| 4-2-3 BDF 凝固点降下剤 | 35 |
| 4-2-4 農家のインセンティブ | 35 |
| 4-2-5 競合他社 | 36 |
| 4-3 バリューチェーン | 37 |
| 4-3-1 広東アブラギリ種子の安定的供給 | 37 |
| 4-3-2 安定的な BDF 製造と金属石鹼製造 | 41 |
| 4-3-3 製造における薬品類、ユーティリティーの安定的供給 | 42 |
| 4-3-4 製品の円滑な流通・販売 | 42 |
| 4-4 進出形態とパートナー候補 | 42 |
| 4-4-1 実施体制 | 43 |
| 4-4-2 事業候補地 | 43 |
| 4-4-3 交渉経緯 | 43 |
| 4-5 収支計画 | 43 |
| 4-5-1 収支予測 | 43 |
| 4-5-2 初期投資、投資計画 | 47 |
| 4-5-3 事業化スケジュール | 47 |
| 4-6 想定される課題・リスクと対応策 | 48 |
| 4-6-1 法制度面のリスクと対応策 | 48 |

| | | |
|---------------------|-------------------------------------|----|
| 4-6-2 | ビジネス面のリスクと対応策..... | 49 |
| 4-6-3 | 政治・経済面のリスクと対応策..... | 50 |
| 4-6-4 | その他のリスクと対応策..... | 50 |
| 4-7 | ビジネス展開を通じて期待される開発効果..... | 51 |
| 4-7-1 | ルアンパバーン県での効果..... | 51 |
| 4-7-2 | 再生可能エネルギー政策の推進..... | 51 |
| 4-7-3 | 施策「グリーンかつ持続的な自然資源と環境の保護と活用」の実現..... | 51 |
| 4-8 | 国内の地元経済・地域活性化への貢献について..... | 51 |
| 4-8-1 | 沖縄県..... | 51 |
| 4-8-2 | 大阪府堺市..... | 52 |
| 4-8-3 | その他..... | 52 |
| Summary (英文要約)..... | | 53 |

別添資料

| | |
|---------|--|
| 資料 2.1 | 種子油の分析結果の中間報告 |
| 資料 2.2 | 第 1 回 BDF 製造研修の報告書／実験室にて |
| 資料 2.3 | 第 2 回 BDF 製造研修の報告書／小型製造装置を用いて |
| 資料 2.3 | 第 3 回 BDF 製造研修の報告書／小型製造装置を用いて |
| 資料 3.1 | 環境影響評価の現地事前調査 |
| 資料 3.2 | 環境社会チェックリスト |
| 資料 4.1 | 金属石鹼の市場調査報告／ハノイ |
| 資料 4.2 | 金属石鹼の市場調査の補足／日本国内 |
| 資料 4.3a | 表 4.1 2017 年の石油会社毎のガソリンスタンド数、販売量、市場占有率 |
| 資料 4.3b | 表 4.2 2017 年 石油会社毎の県別ガソリンスタンド数 |
| 資料 4.3c | 表 4.3 2000～2017 年 12 月までの全国車両登録件数 |
| 資料 4.3d | 表 4.4 ルアンパバーン県の 2001～2017 車両登録件数 |
| 資料 4.4 | 農家ヒアリング調査報告 |
| 資料 4.5 | Lao Agro Tech 社の視察報告 |
| 資料 4.6a | 2009～2012 年 ルアンパバーン県の郡別の広東アブラギリ植林面積 |
| 資料 4.6b | ルアンパバーン県の農林業施策（抜粋）植林施策（2011 年まで） |
| 資料 4.7 | リモートセンシングによる広東アブラギリの分布調査 |
| 資料 4.8 | 広東アブラギリ種子産地と昆明ルート |
| 資料 4.9 | ラオス国から隣国ベトナム、タイへの陸路国境と物流ルート |

図リスト

| | |
|-------|----------------------------|
| 図 I | ラオス国ルアンパバーン県 |
| 図 1.1 | 駐車場に並ぶピックアップトラック（首都ビエンチャン） |
| 図 2.1 | 種子油の多段階精製システムの加工工程と製品 |
| 図 2.2 | 広東アブラギリとその果実 |
| 図 2.3 | 油脂から BDF を製造する原理 |
| 図 2.4 | 広東アブラギリ油から製造した金属石鹼 |
| 図 2.5 | 共溶媒法 BDF の特性 |
| 図 2.6 | 広東アブラギリ油 BDF の高い低温流動性 |
| 図 2.7 | ラオスで検討中の BDF 規格(案) |

- 図 3.1 BDF 製造装置の概略設計図
- 図 3.2 大阪府立大学にある類似の BDF 製造装置（反応槽 100ℓ）
- 図 3.3 普及・実証・ビジネス化事業の想定する実施体制図
- 図 3.4 実証施設の設置候補地
- 図 3.5 候補地近くの構内配電線路
- 図 3.6 校舎への電線引き込の状況
- 図 3.7 スパースオン大学農林学部副部長 Vongpasith との会談。
- 図 3.8 農林学部副学部長 Dr. Vongpasith
- 図 3.9 スパースオン大学第 1 副学長 Sianuvoung
- 図 3.10 高等教育総局長 Dr.Saykhong
- 図 3.11 校内の用水路
- 図 3.12 ビジネス展開における ODA 事業の必要性
- 図 4.1 想定するルアンパバーン県での商業事業の概念図
- 図 4.2 ビジネス展開のロードマップ
- 図 4.3 LPB 市のタイペトロトレードの GS(ガソリンスタンド)
- 図 4.4 農家で集めた広東アブラギリの種子（2018 年 9 月）
- 図 4.5 バリューチェーン
- 図 4.6 2 カ所の植林地と無人航空機の観測域
- 図 4.7 村 2 における鉛直画像と植生調査結果（高度 200m）
- 図 4.8 画像分類の結果

表リスト

- 表 I （第 1 回現地調査の）訪問先と調査項目
- 表 II （第 2 回現地調査の）訪問先と調査項目
- 表 III （第 3 回現地調査の）訪問先と調査項目
- 表 IV （第 4 回現地調査の）訪問先と調査項目
- 表 V （第 5 回現地調査の）訪問先と調査項目
- 表 VI （第 6 回現地調査の）訪問先と調査項目
- 表 1.1 既存の ODA 事業と本事業の関連性
- 表 3.1 PDM
- 表 3.2 普及・実証・ビジネス化事業に必要な分析機器類
- 表 3.3 走行モニタリング実施計画（案）
- 表 3.4 走行モニタリングにおける燃料使用量の試算
- 表 3.5 BDF 製造に必要な広東アブラギリの諸原料
- 表 3.6 普及・実証・ビジネス化事業の活動スケジュール
- 表 3.7 普及・実証・ビジネス化事業の事業額概算
- 表 3.8 既存の ODA 事業と本事業の関連性
- 表 4.1 広東アブラギリ種子からのマテリアルフロー
- 表 4.2 収支計算の前提条件
- 表 4.3 5 年間の事業収支予測（1）
- 表 4.4 5 年間の事業収支予測（2）

略語表

| 略語 | フル表記 | 邦訳 |
|---------------|--|------------------------|
| ADB | Asian Development Bank | アジア開発銀行 |
| BDF | biodiesel fuel | バイオディーゼル燃料 |
| C/P | counterpart | カウンターパート |
| DESIA | Division of Environmental and Social Impact Assessment | 環境社会影響評価局 |
| EIA | Environmental Impact Assessment | 環境影響評価 |
| IEE | Initial Environmental Examination | 初期環境審査 |
| JETRO | Japan External Trade Organization | 独立行政法人・日本貿易振興機構 |
| JIRCAS | Japan International Research Center for Agricultural Sciences | 国立研究開発法人・国際農林水産業研究センター |
| LPB | Luang Prabang | ルアンパバーン |
| MONRE | Ministry of Natural Resources and Environment | 天然資源環境省 |
| MoU | Memorandum of Understanding | 了解覚え書き |
| ODA | Official Development Assistance | 政府開発援助 |
| PDM | Project Design Matrix | プロジェクト・デザイン・マトリックス |
| REDD | Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries | 森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減 |
| SATREPS | Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development | 地球規模課題対応国際科学技術協力 |
| SDGs | Sustainable Development Goals | 持続可能な開発目標 |
| SP University | Souphanouvong University | スパースオン大学 |
| kt | kiloton | キロトン(=1000トン) |
| kℓ | kiloliter | キロリットル(=1000リットル) |

要約

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 地域の問題

- (1) ルアンパバーン県： ルアンパバーン (LPB) 県はラオス北部の人口 400 千人の中堅都市である。世界遺産に登録された市街地以外は山村地帯であり、県行政は農林業や地場産業の振興による農家の生計向上に力を入れてきた。県は「地域振興 5 年計画 (2010~15 年)」の中に、広東アブラギリ (*Vernicia montana*) の種子油の経済的活用を挙げ、その植林を大々的に農家に推奨した。県は広東アブラギリの種子油からバイオディーゼル燃料 (BDF) の製造を考え、同県で石油販売を営む Makkau Lao 社 (マッカウ社) が BDF を製造し販売を試みていた。しかし、同社は種子油の知見や製造技術が未熟で、粗油や BDF の品質の悪さが問題になっており、農家は種子の買い取りに不満をもっていた。そのため、県もマッカウ社も上記課題の解決と地域振興策の継続のためにも、BDF 製造の技術および品質の改善について技術支援を切望していた。
- (2) 国立スパーヌオン大学 (スパ大学)： スパ大学は 2016 年に、「大学の戦略開発計画 2016-2025 年及び 2030 年のビジョン」を掲げ、新しい大学のため施設の拡充や人材育成に注力していた。さらに、大学の役割として人材と技術・知見を生かして地域や国の課題の解決に積極的に貢献する活動を進めていた。

1-2 上記 1 に関わる対象国の課題

- (1) 石油消費量の増大とバイオ燃料の推進： ラオスは石油を全て輸入に依存している。石油の消費量は 2030 年には 1,550 kt に達し 2014 年比で倍増すると予測されている。そのうち軽油の割合が高く、2014 年の輸入量のうち 72.0% を占める。これは自動車の普及に比例しており、2014 年のラオスの車両台数は約 1.57 百万台で、過去 10 年間で 3.6 倍にも増加した。石油消費量を抑制するために、ラオス政府は 2011 年に「再生可能エネルギー開発戦略」を発表し、2025 年までに BDF 製造を 79 千 kℓ にすることを目標とした。2016 年に「バイオマス燃料に関する法令」を發布し BDF 推進の施策を行ってきたが、バイオ燃料を製造する事業者が少なく、その施策達成の目処が立っていない。
- (2) 森林資源の減少と植林の有効な経済活用の不足： 森林国であったラオスは森林減少が著しい。森林率は 1940 年代には 70% であったが、2010 年に 40.3% まで低下した。ラオス政府は 2005 年に「森林戦略 2020」を発表し、荒廃地への植林を推進している。第 8 次国家社会開発計画の施策「グリーンかつ持続的な、自然資源と環境の保護と活用を図る」には、成長が早く成林後の経済的利用が明確で農民にインセンティブのある樹種の選定が望まれている。

- 1-3 当該開発課題に関連する我が国の開発協力方針： 「ラオスの持続的な発展に向けた日本・ラオス開発協力共同計画」(日本外務省)の中で、「環境・文化保全に配慮した均衡のとれた都市・地方開発を通じた格差是正」を掲げ、「地方都市における持続的な開発」と「メコン河流域の森林保全等の環境保全と持続的開発」を提唱した。

第2章 提案企業、製品・技術の概要

2-1 提案企業の概要

提案企業は 2012 年に沖縄県に設立した再生可能エネルギー・省エネルギーの製造・エンジニアリング会社である。事業の 1 つとして BDF の製造販売事業を行っており、日本国内で調達可能な

BDF 原料は限界があるため、2013 年頃から海外進出を図ってきた。

2-2 提案製品・技術の概要

(1) 製品・技術の特長

本技術は植物種子の油を加工する工程をプラットフォームとして、順次、多様な有用製品を生産するシステムである。ア. 種子のカーネル（仁）を搾油し不純物を除去したものが精製油である。イ. この精製油中の遊離脂肪酸にカルシウム、バリウム、亜鉛などの金属水酸化物を添加して金属石鹼を製造する。次に遊離脂肪酸が減少した油分から、ウ. 革新技術の「共溶媒法」で BDF を製造する。この BDF は、エ. ディーゼル車両の燃料として使う。広東アブラギリ油 BDF の場合は、オ. パームオイル由来の BDF の低温流動性を高める添加剤になる。この技術によって、種子油の総合利用と廃棄物の少ないゼロエミッション事業も可能にする。

(2) 原料の広東アブラギリ樹木

広東アブラギリは東南アジア北部から中国南部の丘陵地帯に自生する。成長が早く、種子油の含有率が 30%以上と高く、成熟した種子は 9~10 月に集中的に落下するのが特徴である。

(3) 製品・技術のスペック・価格： 本事業で販売する製品・技術の特徴を下表に示す。

| 製品 | 金属石鹼 | BDF(燃料用) | BDF 低温流動性の改善剤 |
|-------------|---|---|---|
| 本製品・技術のスペック | 広東アブラギリ油の主成分は α -エレオステリック酸で、不飽和結合を 3 つ含有する。この金属石鹼は、既存の金属石鹼にない機能を有する可能性大。 | 「共溶媒法」は、従来のアルカリ触媒法に有機溶媒アセトン を 10%程度添加することで、常温での反応が可能。 | 広東アブラギリ油 BDF の凝固点は -12°C と低いのが特徴であり、オイルパーム油 BDF に 10~30%を添加することで、低温でも凝固しない性状に改善できる。 |
| 価格 | 価格はその機能に応じて、数百円~2,000 円/kg | 製造費用が 13 円/l、従来の製造方法の 27 円/l の半分程度。 | ASEAN ではまだ市販がないので、200~400 円/kg を想定。 |
| 実績販売 | なし。特殊な機能性金属石鹼を開発中。 | 共溶媒法による広東アブラギリ油 BDF ではなし。共溶媒法ではベトナムで 40t。 | なし。今回、新しく考案した製品で製品化中。 |
| 他社製品との比較 | 製品を開発中。 | 全工程に必要な時間を従来法の 1/4 に短縮し、純度 98%以上の高品質 BDF を得る。 | 市販の BDF 添加剤は添加する分だけメチルエステル分(BDF)の濃度が低下し BDF 規格に抵触するが、本製品はそのまま使用できる。 |

2-3 提案製品・技術の現地適合性

(1) 広東アブラギリの油成分： 金属石鹼や BDF の品質は、原料の種子油の性状に依存する。

広東アブラギリ種子油を分析した結果、80%を超える α -エレオステリン酸が含まれており固形化しにくい、逆に酸化されやすい性質である。従ってこの油は空気と接触しないようにして暗所に保存する必要がある。

(2) BDF の製造技術： 現地の関係者に一連の工程を理解してもらうため、提案企業はスパ大学など関係者に 3 回の製造研修を行ない、関係者と意見交換もして彼らの能力を把握した。

第 1 回研修は実験室レベルで、参加者は同大学教官など 10 名、第 2 回研修はマッカウ社の小型製造装置を使い、同大学教官 6 名が参加した。第 3 回研修もこの製造装置を用い、今年に採取した広東アブラギリ油で製造研修を行った。参加者は、同大学の他に県行政から 6 部署の部長、副部長 14 名の計 20 名。県行政の管理職は、日本側の指導でマッカウ社の製造装置でも国際規格に準ずる品質の BDF が製造できることに高い関心を示した。

(3) 制度での課題： ラオスには BDF の品質規格がなかったため、提案企業の BDF が B5 製品として政府から認可されないことを危惧したが、科学技術省規格・度量衡局は同省の中に BDF 規格化検討委員会を設置し、2018 年に規格案を作成した。規格案はパブリックコメントを終了し、規格化検討委員会の承認を得ており最終の調整段階である。ただし、ラオス国内で BDF を分析できる機関がないことから、当面はタイ国など海外に分析を頼らざるを得ない。そのため、提案企業の事業によりスパ大学が分析能力を備えることに期待を示した。

2-4 開発課題解決への貢献可能性

- (1) 提案企業の共溶媒法 BDF は高品質であり、LPB 県で製造する BDF 品質を改善する。
- (2) 高品質な BDF はディーゼル車両で問題なく使用でき、従来法よりも製造効率が高く量産が可能であり、県は BDF の普及を推進することが可能となる。
- (3) 政府の再生可能エネルギー戦略で掲げる BDF 生産推進の技術的支援になる。

第3章 ODA 案件化

3-1 ODA 案件化の概要： ODA 案件として、提案企業は「普及・実証・ビジネス化事業」を想定している。目的は LPB 県で、広東アブラギリの種子を原料として、高効率で高品質な BDF を製造する技術を実証し、その装置の操作管理と人的体制に関わる技術基盤を構築する。そして、それらの技術の普及と同県での BDF の利用拡大を図ることで、ラオス国のバイオ燃料推進策の地産地消モデルの 1 つとする。

実施予定期間は、2019 年 12 月～2022 年 3 月（2 年 4 ヶ月）を想定する。

3-2 ODA 案件の内容

(1) 主な投入計画

ア. 日本側： (ア) 機材として BDF 製造装置一式（反応槽容量 100ℓ）と高速液体クロマトグラフなど分析機器一式を導入／(イ) ディーゼル車両に BDF を用いての走行モニタリングの実施／(ウ) 上記に必要な日本人専門家の派遣と、現地および本邦での研修会／(エ) 普及に必要なパンフレットなど媒体の作成、マスメディアへの広報など。

イ. カウンターパート（C/P）側： (ア) C/P 候補は国立スパーヌウォン大学農林学部、2003 年 11 月に設立された新しい大学／(イ) C/P の役割：同大学の適切な人材と場所の提供、BDF 製造の技術及び金属石鹼の作製方法の習得／分析装置の操作、結果の解析方法の習得／BDF の走行モニタリングに必要な車両の手配／普及に必要なセミナー等の開催で日本側に協力。

(2) 活動計画・作業工程

ア. BDF の製造と品質分析： (ア) 製造装置の稼働日数は年 50 日間程度。1 日 1 バッチ製造で BDF は最大 95 ℓ/日、年 4,750 ℓ／(イ) 品質分析を行う／(エ) 製造した BDF は車両走行モニタリングに利用する。

イ. 金属石鹼の試供品の作製： (ア) 適時、機能の異なる試供品を作製する。／(イ) 日本国内の企業に提案し共同開発していく。

ウ. 車両走行モニタリング： (ア) 車両はピックアップ、トラック、バスを各 1～2 台／(イ) 使用燃料は B5、B100／(ウ) 試験期間は 1 年以上、走行距離はピックアップ 10 千 km、それ以外は 50 千 km／(エ) 試験項目は 1) エンジンその他の機器に不具合や損傷等を与えないこと、2) 燃料消費率が軽油 100%使用時と遜色ないこと、3) 排気ガス性状が排出規制値

以下であること、軽油使用時と遜色ないこと／（オ）BDFは4,750ℓ、軽油は58,583ℓが必要である。

エ. BDF 実証装置の設置場所とユーティリティ：（ア）設置予定地： 野外の資材倉庫を候補とし、整地と建屋の新築が必要。（イ）電力は実証設備の最大電力が約6kW、実証機への供給電圧は単相220V。配電線路については大学の電気設備管理部署や電力公社と協議が必要である。水道と排水設備は問題ない。

オ. 実施体制；（ア）製造：提案企業が責任をもって実施する。農林学部は本事業の担当チームを設置し、運営管理と評価を行う。製造装置の稼働を日常管理するため、提案企業が現地で非常勤技術者1人を雇用し配置する。／（イ）モニタリング：車両の提供および市内の走行については、県のエネルギー鉱山部、交通部から県の関係部署の全体で検討するよう助言を得た。／（ウ）ビジネスパートナー候補のマッカウ社は、広東アブラギリの種子または搾油した精製油の供給に協力する予定。

カ. 本邦での研修： 全2回、7日間、3人程度。BDFと金属石鹼の製造と分析の一連の過程を習得する。日本国内のバイオ燃料工場などの実情を学ぶ。

キ. 事業額概算： 日本側が投入する活動経費は、合計97.6百万円（税込み）と試算する。そのうち、機材関係（製造・購入、輸送、据付）は34百万円。

3-3 C/P 候補の機関との協議状況

(1) スパ大学との協議

農林学部の副学部長および本学の第1副学長と協議を行い、非常に前向きだった。

ア. 同学部のニーズ： 本大学はまだ新しく実験施設も整っていないため、「大学の戦略開発計画2016-2025年」で目指すように、JICAによる小規模実証装置と関連分析器の導入により人材育成を強く望んでいる。韓国と技術協力の交流があるが、日本とは全く交流がないためこれを契機に進展を強く期待している。

イ. 本 ODA 事業の構想、機材の設置場所、費用負担、人員配置などを具体的に協議し、大学側が責任を負うことで大筋の合意は得て、MoU の締結を作成中。大学側は予算措置については検討中である。

ウ. 事業後の機材の活用： 農林学部は多様な活用を考えている。（ア）学生の教育、（イ）教官の研究、（ウ）ビジネスでは、大学でBDFを製造して県行政に販売することや、大学が運営する食品加工センターが分析器を活用して商品価値を高めることを検討している。

(2) 教育スポーツ省高等教育総局長との協議

局長は、このBDF事業が石油消費の抑制や植林の拡大にも繋がること、大学にBDF製造と分析の高度な技術移転がなされることを高く評価した。一方、スパ大学の人員配置や予算について懸念をもち、大学へ助言をした。

3-4 他 ODA 事業との連携可能性

(1) 持続可能な森林管理と REDD プラス支援事業、および(2) ビエンチャンバス公社能力改善事業フェーズ2と会合をもった。(1)とは植林拡大と農家の生計向上に役立つ点で、(2)とは公共バスの燃料をBDFで代替する効果の点で、お互いに協力できることを確認できた。

3-5 環境社会配慮およびジェンダー配慮

本事業は環境社会配慮カテゴリーBに分類されているため、以下の環境社会配慮およびジェンダー配慮について調査を実施した。

- (1) ラオス国の環境社会配慮の法的規定には、「環境影響評価ガイドライン」(2012年)や「投資事業・活動の環境社会影響評価プロセスに関する天然資源環境大臣インストラクション 8030号」(2013年)などがあり、JICA環境ガイドライン(2010年4月)と大きな乖離はない。
- (2) 環境影響評価の実施管理は、LPB県の天然資源環境部(DONRE)が行う。法規制に基づきLPB県DONRE部長からは次の助言を得た。業種が化学製造や燃料製造においては、小規模でも環境影響評価は必要であること、IEEかEIAについては、廃棄物の種類や発生量、処理方法によって判断すること、および今後、当部と相談すること。
- (3) 負の環境影響が懸念される項目について現地調査を行い、JICA環境社会チェックリストを作成した。本件は「鉱工業に関わるチェックリスト」に該当し、想定される環境リスクは、次の通りである。2. 汚染対策の(2)水質、(3)廃棄物；3. 自然環境の(2)生態系／(d)プロジェクトによる水利用；4. 社会環境の(6)労働環境。
- (4) ジェンダー配慮： 農家では広東アブラギリ植林地の管理や果実の収集では、男女を問わず手の空いている者が行い、果実の外皮剥きは祖父母が行うなど、男女の片方が不利な状況に置かれることはない。

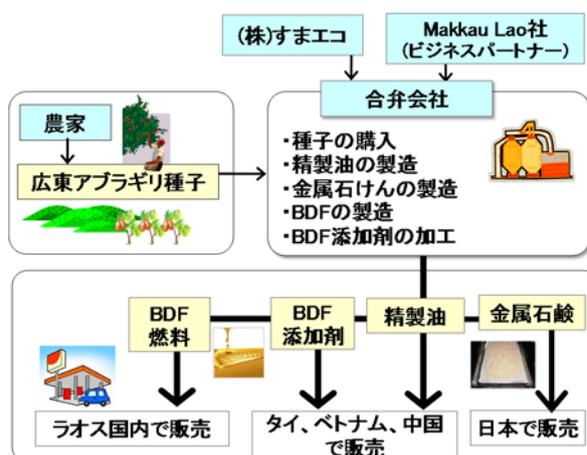
3-6 ODAを通じて期待される効果

(1) BDF製造の実証によって、高品質で高効率なBDF製造技術の基盤ができる。(2) 車両走行モニタリングによって、BDFの安全性が実践的に証明され、BDFが車両燃料としてLPB県で普及する契機になる。(3) 既に植林されている広東アブラギリを経済的に有効活用する契機になり、農家にとって経済的インセンティブがある樹種のモデルを示す。(4) スパ大学は品質分析やBDF製造技術指導に関わることで大学の施設の拡充、人材の育成が図られ、地域・国の課題解決に関わり、「大学の戦略開発計画」の実現に繋がる。

第4章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画の概要

ビジネス構想の概要を右図に示す。提案企業は、LPB市にマッカウ社との合弁会社を設立し、製造設備を保有して各種製品を生産し、販売の一部について担当する。製造したBDFはマッカウ社のガソリンスタンド(GS)で国内販売し、BDF添加剤、精製油は隣国のタイ、ベトナム、中国で販売し、金属石鹸は特殊な機能性金属石鹸として日本で販売する。



4-2 市場分析

- (1) 金属石鹸： ベトナムでは日本市場よりも厳しい低価格競争と、新しい性状の金属石鹸を導入する環境にないため、参入障壁は高いことが分かった。広東アブラギリ油成分の特性を活かした付加価値の高い機能性金属製品にすべく試供品を作製し、日本の顧客に接触している。
- (2) BDF： ラオスのBDFの市場規模は、最大で約27千tと推定している。
 - ア. 石油の流通量：2017年の石油取扱量でGSに卸される量は844,900k0。GSの石油製品販売量ではディーゼルが72.5%と比率が高い。LPB県のGSは88軒で全国17県中の第7番目。／
 - イ. 車両数：全国の4輪車は465,776台あり、うちディーゼル燃料を主に使う車両の計は4輪

車の73.4%も占める。車両台数ではLPB県は全国4番目に多い。以上から、LPB県でも全国でも車両におけるディーゼル燃料の需要が高い。／ウ. ガソリンスタンド(GS)／エ. GS経営者にはBDFがまだまだ認知されてなく、BDFの正確な機能と効用を店舗や消費者(車所有者)に知ってもらうことが、BDF普及にとっては大きな課題である。

(3) BDFの凝固点降下剤：アジアのBDF市場はパームオイル由来のBDFが優占する。そのパームオイルBDFが気温20℃ほどで固体化するため、最低気温が20℃を下る地域はBDF凝固点降下剤の市場になる。LPB市では、最低気温が20℃以下の時期は乾期の11月～3月で5ヶ月間あり、特に12月～1月には14℃まで下がる。同様な条件になる東南・南アジアの主要都市には、ベトナムのハノイ市、タイのチェンマイ市など多い。LPB県に近い中国の中核地方都市の昆明市では、1年を通して最低気温が20℃を下回る。

(5) 競合他社： ビエンチャン近郊でタイ系のオイルパーム会社Lao Agro Tech社がBDFを製造し、自社でB5に混合して700kℓ/月を販売している。価格はディーゼルの市場価格より少し安い。ラオスでは同社とマッカウ社の2社しかBDFを製造していないことから、同社とは競合というよりも、協力してラオス政府に減税、免税など優遇策の創設を要求する方が市場の拡大に繋がる。

4-3 バリューチェーン

(1) 広東アブラギリ種子の安定的供給

安定的供給には農家の動向が影響する。2村で農家ヒアリングとドローン空撮を実施した。植栽面積は0.5～1.0haで、場所は農家、林道やバイクで入れる山道に近くである。植栽後3～4年目で結実し、種子収穫量は500～1,000kg/ha。種子販売が年1～2百万LAK(=120～240USD)の収入になり、農家の年収は2.5～10百万LAK(=290～1,200USD)なので広東アブラギリ種子の収入は小さくない。問題はマッカウ社が種子の買い取りを十分にしなかったため、不満を募らせた農民が出ており、農地への転作(サチャインチ植物など)や、収穫を休止する農家が増加していることである。現状では、種子の買い取りはマッカウ社のみである。

(2) 安定的なBDF製造と金属石鹼製造

ア. BDFの製造：(ア)マッカウ社のBDF製造装置は一定品質のBDFを製造できるが、BDFの収率(油量から生産できるBDF量の比率)が低く、経済性が悪い。この原因は個々の装置の構造やシステムにあることを把握した。現状のマッカウ社の製造装置を改修することで、少なくとも数年間はBDF製造が可能である。／(イ)大学に油脂やBDFの組成を分析する装置がなく、マッカウ社の製造装置を改善しても、BDFの品質検査をすることができない。
イ. 金属石鹼：当面は機能の異なる種々の試供品を作製し、日本の顧客のニーズと合致させ製品化する。

(3) 製造における薬品類、ユーティリティーの安定的供給

薬品類は全てがタイ国や欧州からの輸入品である。ビエンチャンの業者に聴取して、入荷とLPB市までの運送に問題ないことを確認した。水、電気のユーティリティーは問題ない。

(4) 製品の円滑な流通・販売

ア. BDF：BDFは知名度が低く、BDFを販売するGSやエンドユーザーの消費者が品質に不安をもっており、車両燃料としてまだ理解されておらず、この改善が最大課題である。

イ. 金属石鹼、BDF添加剤：BDF添加剤はLPB市から隣国ベトナムやタイに陸路の輸送を想定する。LPB市には長距離のトラック運送会社1社と長距離定期バスがある。積み荷量が多

い場合はトラック利用となるが、少ない場合は定期バスに載せる方が経済的である。

4-4 進出形態とパートナー候補

本ビジネス事業にはまだ課題はあるが提案企業は以下の進出方針を検討している。

- (1) まずは、マッカウ社の現有の装置規模（反応槽 200~500 l）で、普通の品質の BDF 製造を日常的・継続的にできる体制をつくりあげる。
- (2) (株)すまエコのビジネス事業への関与の仕方は、当面は少額出資で技術面を中心として担い、様々なリスクの軽減を図りながら、本格的な出資と事業拡大を判断する。
- (3) 交渉経緯： マッカウ社は提案企業との提携に前向きであるが、契約条件についてはこれから交渉を行う。マッカウ社の石油輸入ライセンスには若干の問題があり、ライセンスの更新が商工省で保留にされているため、その解決に向け協議中である。

4-5 収支計画

- (1) マテリアルフローを設定して、収支の予測を行った。当面は生産規模が大きくないので、生産工場は1ヶ所集約型を想定した。
- (2) ベースとなる BDF の生産のみを行い、GS で B5 燃料として販売する場合は、初年度はマイナス収支であるが、2 年目から単年度プラス収支になる。次に BDF 販売に加えて、乾性油、BDF 添加剤および金属石鹸を販売すると、初年度からプラス収支になる。
- (3) 本格的な事業開始は、2025 年 1 月以降を想定する。事業開始の初期においてはマッカウ社の既存設備を活用する。BDF を継続的に製造する体制ができれば、4 年目には事業の状況を踏まえて BDF の生産能力を拡大するため追加投資を行う予定である。

4-6 想定される課題・リスクと対応策

(1) 法制度面のリスクと対応策

ア. 投資規制： 改正投資奨励法（2016 年）で規制事業の対象になる 13 分野 67 業種を「ネガティブリスト」と称する。その中で農林・漁業セクターの「条項 0230」がごく最近に改定され、規制対象事業に「商品作物のための、林産物の栽培と採取に関する活動」を指定したことが分かった。これは広東アブラギリ植林地も対象になる可能性があり、現在、商工省の担当部署に問い合わせる回答待ちである。これ以外は、いずれの規制にも該当しない。

イ. 許認可： ラオスの投資担当部局である商工省一般投資促進局と計画投資省投資促進局から、BDF 製造の投資で特殊な規制や条件はないとの回答を得た。

ウ. 知財： 本事業に利用する精製・製造技術の特許はラオス国では対象外である。提携する現地企業が本装置やシステムを無断で利用、作製するリスクがある。提携会社に対して、「本技術や装置は提案企業との合弁会社でしか利用できないこと」を契約書に明記することで回避する。あるいは日本-ラオス間の特許無審査特例制度を活用することも検討する。

(2) ビジネス面のリスクと対応策： 広東アブラギリ種子の供給不足及び種子価格の高騰、薬品類の供給不足、高度な人材の確保のリスクが考えられる。

(3) 政治・経済面では大きなリスクは見当たらない。

4-7 ビジネス展開を通じて期待される開発効果

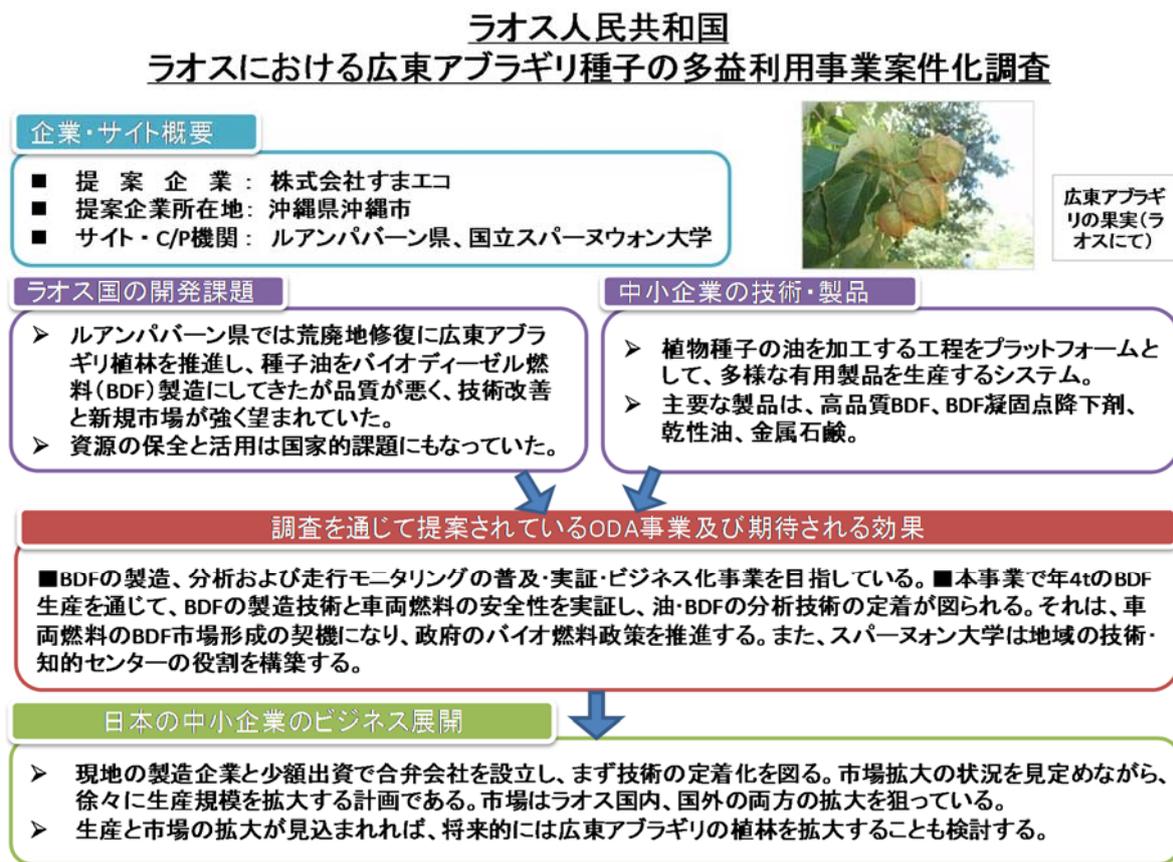
- (1) LPB 県での開発効果： ア. 品質管理された広東アブラギリの粗油や BDF の生産量が飛躍的に増加する。／イ. 広東アブラギリの植林地が維持され、種子の収穫・販売が継続し、農家の生計向上と地場産業の振興を促進し、県行政が掲げる農林業と地域振興を推進する。／ウ. 産官学の連携活動と分析業務の拡大を通じて、スパ大学の人材育成、技術・知見の向上が

図られ、地域で唯一の知的センターとしての役割が高まる。

- (2) 国の開発効果： ア. 植林地 3,000ha の種子を利用できると年 765t の BDF が生産できる。これはラオスの B5 需要量の 2.6%をまかなうことになり、再生可能エネルギー戦略 (2011 年) の実現の一翼になる。/イ. 広東アブラギリの種子の活用と植林地の維持は森林減少を抑制し、第 8 次国家社会開発計画の施策「グリーンかつ持続的な、自然資源と環境の保護と活用を図る」に貢献。

4-8 国内の地元経済・地域活性化への貢献について

沖縄県では、本 ODA 案件化と海外展開の実施でラオスに導入する製造装置の主要部分は、沖縄県で製作して輸出する予定である。製作の一部は県内の機械製作会社に外注するため、これらの企業の売上増につながる。



はじめに

1. 調査名

ラオス国広東アブラギリ種子の多益利用事業案件化調査

(Feasibility Survey for Multi-beneficial Use Project of *Vernicia montana* Tree Seeds in Laos.)

2. 調査の背景

ラオス国で広東アブラギリの種子の経済的活用が遅れているという課題に対して、提案技術である多段階精製法を適用し、現地大学をカウンターパート (C/P) 機関とした高度な精製技術の移転を行う ODA 案件を通じて、バイオディーゼル燃料 (BDF) など有用製品の生産体制基盤の構築を目指す。

3. 調査の目的

ラオス国で広東アブラギリ種子を多様に経済活用する ODA 案件化及び商業化に関して事業可能性を評価することを目的とする。

4. 調査対象国・地域

- 1) ラオス国ルアンパバーン県ルアンパバーン市 (Luang Prabang、以下 LPB と略する) 及び首都ビエンチャン
- 2) ベトナム国ハノイ及びハイフォン市



図 I ラオス国ルアンパバーン県

5. 契約期間、調査工程

(1) 契約期間

2018年6月22日～2019年6月28日

(2) 調査工程

これまで6回の現地調査を行った。調査工程は以下の通り。

第1回現地調査

調査期間 2018年7月8日～7月17日 (10日間)

表 I 訪問先と調査項目

| | 機関名 | 役職 | 調査項目 |
|-----------------|----------------------------|------|--|
| ビエンチャン | | | |
| 1 | JICA ラオス事務所 | 所長 | ビジネスとしての実効性。ODA 展開の可能性、C/P のスパークスウオン大学の能力。バリューチェーンの広東アブラギリの実情。 |
| 2 | 商工省 輸出入局 | 係長 | BDF 市場調査：石油輸入ライセンスと量。 |
| 3 | 商工省 国内取引局 商品価格課 | 課長 | BDF 市場調査：石油輸入量、ガソリンスタンドの数。 |
| ルアンパバーン (LPB) 県 | | | |
| 4 | スパークスウオン大学 農林学部 | 副学部長 | 広東アブラギリの情報収集、ODA に関わる情報提供、協議。 |
| 5 | スパークスウオン大学 農林学部 実験室 | | 技術の現地適合性検討：第 1 回 BDF 製造研修の実施。 |
| 6 | 農林省 LPB 県農林部 | 副部長 | LPB 市での広東アブラギリ植林の経緯、実情や課題。(政策文書、広東アブラギリ植林農家の紹介) |
| 7 | 農林省 LPB 県農林部 森林事務所 | 所長 | LPB 市での広東アブラギリ植林の実情 (植林データ) |
| 8 | 計画投資省 LPB 県 計画投資部投資推進課 | 課長 | 広東アブラギリ植林と BDF 事業の経緯、実態。 LPB 市の開発計画文書、Makkau Lao 社の BDF 事業の情報。 |
| 9 | 計画投資省 LPB 県 計画投資部 | 副部長 | 広東アブラギリ植林と BDF 事業の経緯、実態。 本事業の説明、ドローン飛行の許可申請の手続き協議。 |
| 10 | 同上、国際協力課 | 課長 | ドローン飛行の許可申請の手続き協議。 |
| 11 | エネ鉱山省 LPB 県 エネ・鉱山部エネ管理課 | 課長 | 広東アブラギリ植林と BDF 事業の経緯、実態。 LPB 市の BDF 燃料普及の方針。Makkau Lao 社の BDF 事業の情報。 |
| 12 | 商工省 LPB 県商工部 | 副部長 | 広東アブラギリ植林と BDF 事業の経緯、実態。 LPB 市の軽油消費量、ガソリンスタンド数など市場情報。 Makkau Lao 社の BDF 事業の情報。 |
| 13 | 同上、商工促進係 | 係長 | (同上) |
| 14 | Makkau Lao 社 | 工場長 | 市場調査、Makkau Lao 社のビジネス情報。役所訪問のサポート依頼。 |
| 15 | ガソリンスタンド 1: ラオスペトロ社 | 店長 | 石油製品の販売量動向、BDF 販売の希望の有無。 |
| 16 | ガソリンスタンド 2: ペトロベトナム社 | 店長 | 石油製品の販売量動向、BDF 販売の希望の有無。 |
| 17 | ガソリンスタンド 3: ペトロタイ社 | 店長 | 石油製品の販売量動向、BDF 販売の希望の有無。 |

第 2 回現地調査

調査期間： 2018 年 8 月 20 日～8 月 30 日 (11 日間) / うちベトナム調査 8 月 27 日～8 月 29 日 (3 日間)

表 II 訪問先と調査項目

| | 機関名 | 役職 | 調査項目 |
|--------|-----|----|------|
| ビエンチャン | | | |

| | | | |
|-----------------|------------------------------------|-------------|---|
| 1 | 公共事業運輸省 交通局 | 副総局長 | 市場調査： BDF 対象の車両、BDF 利用。 |
| 2 | 投資計画省 投資促進局 | 総局長 | 市場調査： 業種に特定した投資条件の確認。 |
| 3 | 商工省 企業登記局 | 局長 | 同上 |
| 4 | 民間企業 PK-LAB Co.,LTD (化学薬品など取扱商社) | 社長 | 市場調査、技術の適合性： 化学薬品、機器の調達。 |
| 5 | JICA-REDD プラス・森林保全事業 | チームリーダー | ODA 調査： 協力、連携の可能性。 |
| 6 | 民間企業 Lao Agro Tech 社 (オイルパーム油製造工場) | 社長 | 市場調査 (類似他社の動向)： BDF 製造ライセンスを所有、パーム油残渣などから BDF 製造し普及を計画。 |
| 7 | JICA ラオス事務所 | 民間連携担当 | 実務報告。ODA 調査： 普及実証の方向性の意見交換。 |
| ルアンパバーン (LPB) 県 | | | |
| 8 | スパーヌウォン大学 農林学部 | 副学部長 | ODA 調査： 普及実証や BDF 製造試験のニーズ。ドローン輸入許可申請。 |
| 9 | Makkau Lao 社 | 会長 | 技術の適合性、ビジネス展開： 同社製造装置を借用した BDF 研修。業務実情の聴取。ビジネスの方向性。 |
| 10 | Makkau Lao 社 BDF 製造工場 | | 第 3 回 BDF 製造研修で製造装置借用。 |
| 11 | 農林省 LPB 県農林部 計画・協力課 | 副課長 | 市場調査： LPB 県内の植林農家の紹介。 |
| 12 | 同上 シェンゴン郡 農林事務所 | 所長 | 市場調査： シェンゴン郡の植林農家の調整。ヒアリング農家の案内依頼。 |
| 13 | 計画投資省 LPB 県 計画投資部 国際協力課 | 専門家 | # ドローン飛行の許可申請の手続き協議。 # LPB 開発計画書の入手。 |
| 14 | 天然資源環境省 LPB 環境局 | 部長 | ODA 調査： EIA 実施手続きの聴取。 |
| 15 | 同上 | JICA 青年協力隊員 | 廃棄物処理の環境教育の実態。 |
| 16 | 公共事業運輸省 LPB 県公共事業運輸部 | 副部長 | ドローン飛行許可の承認手続きの助言。市場調査： LPB 県の車両データの提供。 |
| 17 | 郵政通信省 LPB 県・郵政通信部 | 副部長 | ドローン飛行許可の承認手続き。 |
| 18 | エネ鉱山省 LPB 県 エネ・鉱山部エネ管理課 | 課長 | 第 2 回 BDF 研修の結果報告、意見交換。 |
| ベトナム (ハノイ) | | | |
| 19 | ベトナム国家大学・バイオマス研究センター | 教授、センター長 | 金属石鹼のヒアリング対象機関の選定、調整。市場概要の情報収集。 |
| 20 | 同上 | 教授 | 同大学の金属石鹼の製造技術の紹介と意見交換。 |

| | | | |
|----|--|------------|------------------------------------|
| 21 | 民間企業 Thang Long Chemical Co. Ltd. | 本部長 | 資材・製品を扱う商社。 市場調査： 需給の実情の提供。 |
| 22 | 民間企業 Phuc Ha Invest. & Develop. Co. Ltd. | 上級管 理者 | パイプ、バルブの製造工場。 市場調査： 具体的なニーズの聴取。 |
| 23 | 民間企業 Tana Daithang Co. Ltd. | 技 術 部 長 | パイプ、バルブの製造工場。 市場調査： 具体的なニーズの聴取。 |

第3回現地調査

調査期間： 2018年10月9日～10月21日（13日間）

表 III 訪問先と調査項目

| | 機関名 | 役職 | 調査項目 |
|---------------|-----------------------------------|---------------|--|
| ビエンチャン | | | |
| 1 | エネルギー鉱山省 エネ・鉱山研究所 | 所長 | ラオスの BDF 規格と策定状況。 |
| 2 | 科学技術省 規格・度 量衡局 規格部 | 部長 | 同上 |
| 3 | 同局 規格認証・品 質検証センター | 所長 | 同上 |
| 4 | JICA ラオス事務所 | 次長 | 実務報告。ODA 調査： 普及実証の方向性。 |
| ルアンパバーン（LPB）県 | | | |
| 5 | スパーヌウォン大学 農林学部 | 副学部 長 | ドローンの受領。研究教育でのニーズ。EIA 調査。 市場調査： 農家ヒアリングに同伴（森林資源学科、モン語が可）。 第3回 BDF 製造研修の調整。 |
| 6 | 公共事業運輸省 LPB 県公共事業運輸 部 航空管理課 | 課長 | ドローン飛行許可の最終確認。 |
| 7 | 農林省 LPB 県農林 部 計画・協力課 | 副課長 | 市場調査： LPB 県内の植林農家の紹介。 |
| 8 | Makkau Lao 社 | 会長，社 長，工場長 | 技術の適合性：第3回 BDF 製造研修の調整。 ビジネス展開：業務実情の聴取。ビジネスの方向性。 |
| 9 | Makkau Lao 社 BDF 製造工場 | | 第3回 BDF 製造研修で製造装置借用。 |
| 10 | センゴン郡 農林事 務所 | | 農家調査とドローン飛行の通知。 |
| 11 | センゴン郡 警察署 | | 農家調査とドローン飛行の通知。 |
| 12 | センゴン郡 ホアイ ヒア村 | | 農民 5 名のヒアリング。広東アブラギリ植林地のドローン飛行 撮影の実施。 |
| 13 | センゴン郡 キュン ヤ村 | | 農民 5 名のヒアリング。広東アブラギリ植林地のドローン飛行 撮影の実施。 |

第4回現地調査

調査期間： 2018年12月16日～12月22日（7日間）

表 IV 訪問先と調査項目

| | 機関名 | 役職 | 調査項目 |
|-----------------|-----------------------|--------|--|
| ビエンチャン | | | |
| 1 | 教育スポーツ省 高等教育局 | 総局長 | 普及実証でのSPA大学への協力の要請と同局のニーズ聴取。 |
| 2 | JICA ラオス事務所 | 民間連携担当 | 実務報告。ODA 調査： 普及実証の方向性。 |
| ルアンパバーン (LPB) 県 | | | |
| 3 | スパーヌウォン大学 農林学部 | 副学部長 | 普及実証でのSPA大学のニーズと協力の諸課題。 |
| 4 | スパーヌウォン大学 本学 | 第1副学長 | 普及実証でのSPA大学のニーズと協力の諸課題。 |
| 5 | 公共事業運輸省 LPB 県公共事業運輸部 | 副部長 | 普及実証での走行モニタリングの協力要請。 |
| 6 | 商工省 LPB 県商工部 | 副部長 | 普及実証の協力要請。石油価格の事情を聴取。 |
| 7 | 農林省 LPB 県農林部 計画・協力課 | 副課長 | 海外投資のネガティブリストの聴取。 |
| 8 | Makkau Lao 社 BDF 製造工場 | 工場長 | 広東アブラギリの精製油の入手。今年の子収穫量、石油ライセンスの延長等の事情聴取。 |
| 9 | 長距離バスターミナル会社 | 職員 | 長距離バスの運航先の聴取。 |
| 10 | Banchit トラック運送会社 | 社長 | タイ、ベトナムへの運送の事情聴取、見積の可能性。 |

第5回現地調査

調査期間： 2019年1月20日～1月26日（7日間）

表 V 訪問先と調査項目

| | 機関名 | 役職 | 調査項目 |
|-----------------|----------------------|----------|--|
| ビエンチャン | | | |
| 1 | JICA 公共バス普及事業 | JICA 専門家 | 事業内容の聴取と走行モニタリングの協力可能性の打診。 |
| 2 | JICA 森林保全 REDD プラス事業 | リーダー | 広東アブラギリ植林調査の報告と協力課題の意見交換。 |
| 3 | 商工省 国内貿易局 商品価格課 | 課長 | BDF 販売促進の施策の聴取、マッカウラオ社の石油ライセンス延長の不許可について議論。 |
| 4 | JICA ラオス事務所 | 次長 | 実務報告。ODA 調査： 普及実証の方向性。 |
| ルアンパバーン (LPB) 県 | | | |
| 5 | スパーヌウォン大学 農林学部 | 副学部長 | 環境影響評価に関わる事項の現地調査、食品加工センターの視察、国際協力の実情聴取。 |
| 6 | エネ鉱山省 LPB 県 エネ鉱山部 | 部長 | マッカウラオ社製造機での BDF 製造の成果、今後の BDF ビジネスについてニーズの聴取。 |

| | | | |
|---|------------------|-------|---|
| 7 | 長距離バスターミナル会社 | 社長 | 金属石鹼の隣国へ運送する条件の聴取。 |
| 8 | Banchit トラック運送会社 | 副社長 | 金属石鹼の隣国へ運送する条件の聴取。 |
| 9 | Makkau Lao 社 | 会長,社長 | 石油ライセンス再延長の不許可の理由の詳細議論。種子購入する中国企業の事情聴取。 |

第6回現地調査

調査期間： 2019年2月12日～2月16日（5日間）

表 VI 訪問先と調査項目

| | 機関名 | 役職 | 調査項目 |
|---------------|-------------------|--------|--------------------------------------|
| ビエンチャン | | | |
| 1 | 科学技術省 規格・度量衡局 規格部 | 部長 | ラオスの BDF 規格と策定状況。 |
| 2 | 同局 規格課 | 課長 | 同上 |
| 3 | 農林省 農林研究所 | 副所長 | 広東アブラギリ等の特用林産樹種の植林技術。 |
| 4 | JICA ラオス事務所 | 民間連携担当 | 実務報告。ODA 調査：普及実証の方向性。 |
| ルアンパバーン（LPB）県 | | | |
| 5 | スパーヌウォン大学 農林学部 | 副学部長 | 普及実証の提案に向けた諸実務。 |
| 6 | Makkau Lao 社 | 社長 | ビジネス展開：業務実情の聴取。ビジネスの方向性。普及実証での役割の確認。 |

6. 調査団員構成

調査団員の構成を表 VII に示す。

表 VII 調査団員とその担当業務

| 企業・団体名 | 氏名 | 担当業務 |
|-------------|-------|---------------------------------------|
| (株)すまエコ | 宮城 勝 | ・業務主任者 ・ビジネス展開計画の策定 |
| | 谷山 剛 | ・調査：市場分析 |
| | 宇佐美 徹 | ・国内業務の管理 ・調査：ビジネス計画 |
| (株)環境総合テクノス | 沖森 泰行 | ・チーフアドバイザー ・開発課題、ODA 案件化、ビジネス計画の助言 |
| | 末国 次朗 | ・調査：植林地の画像解析及び評価 |
| | 栗栖 敏浩 | ・調査：環境社会配慮、ODA とビジネスのリスクと対応策 |
| | 田代 有希 | ・調査：開発課題、ジェンダー配慮 |
| | 寺中 恭介 | ・調査：植林地の現場踏査・画像処理 |

| | | |
|-------------|--------|----------------------------------|
| (株)琉球テクノロジー | 浄土 栄之助 | ・アドバイザー ・金属石鹼の技術・市場の調査と助言 |
| 個人 | 前田 泰昭 | ・アドバイザー／多段階精製技術の助言、ODA 案件化の調査・助言 |
| 個人 | 今村 清 | ・アドバイザー／原料・製品の分析と評価の助言 |

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 対象国・地域の開発課題

1-1-1 地域の問題

(1) ルアンパバーン県

ルアンパバーン（LPB）県はラオス北部の一角を占める人口 400 千人の中堅都市である。市街地は世界遺産登録された観光地であるが、それ以外は山林が広がる山村地帯であり、同県庁は観光業だけでなく、農林業や地場産業の振興にも力を入れ、油量植物を含む商品作物の導入を奨励してきた。その1つが、広東アブラギリ（*Vernicia montana*；現地名マッカウ）の種子油の経済的活用であり、県は 2010～15 年の地域振興の 5 カ年計画の1つとして、同樹種の植林を農家に推奨し大々的に推進した。同樹種は種子油を取るために 1980 年代から細々と植林されてきたが、隣国ベトナムの影響で経済樹種として県が取り上げた。

これまで、農家から収集した種子の大半は未加工で中国へ販売されていた。一方、この広東アブラギリの種子油からバイオディーゼル燃料（BDF）を作製できることから、軽油代替となる BDF 生産の推進を図る政府施策を鑑みて、近年、県は収集した種子の一部を搾油して BDF 製造を始めていた。

県は自らは BDF 製造技術がないため、その製造を同県で石油販売を営む Makkau Lao 社に協力依頼していた。同社の会長 Vunphet 氏は同県の初代知事であり、かつて人民議会議長も務めたことから、広東アブラギリ種子油を利用した BDF 生産の国策的な重要性を認識しており、ベトナムの技術で小型製造装置を導入して BDF 製造を行い、自社のガソリンステーションで販売を試みていた。しかし、同社も種子油の知見や製造技術が未熟で、粗油や BDF の品質の悪さが大きな課題になっていた上に、同社が植林契約した農家の一部から種子を買い取らないなどの問題が発生し、不満をもった農家が植林地を転換して植林地が減少する事態が発生している。

そのため、県も Makkau Lao 社も上記事態の解決と地域振興策の推進継続のためにも、同樹種の種子の経済的活用の1つとして BDF 製造の技術改善および品質改善のために技術支援を切望していた。

(2) スパーヌオン大学

スパーヌオン大学は 2016 年に、「スパーヌオン大学の戦略開発計画 2016-2025 年及び 2030 年のビジョン」を提唱した。最初に 3 つのビジョンが掲げられ、そのうち 2 つは本調査の ODA 計画とビジネス展開に関連深い。

- ア. 質の高い労働人材を育成し、地域・国の開発に知識をもたらすことを可能にする。
- イ. 「学術を深め、地域の発展、国際標準化へ乗り出す」ことにより、地域と国際社会をつなげるミッションとして貢献する。

さらに、同大学の役割として、4 つを掲げており、そのうち本調査に関連するのは次の 2 つである。

- ア. 学習と指導を実施すること、同時に職員の教育とレベルを上げる研修をすることによって能力のある学者や運営者を育成する。
- イ. 起業家や官民にコンサルタントとして、社会・経済開発に質の高い学術を提供する。

新しい国立大学として、まだ施設や人材が十分でないことから、何よりもその拡充と育成に注力している。同大学との会合では、常に人材育成の協力を求められている。それと同時に、同大学の役割として地域や国の課題の解決に積極的に貢献する活動を求めている。

一方で、それらビジョン、役割を実現するための計画として、予算措置について次の言及がある。「計画 14. 財政予算を改善し管理する：知恵や土地、施設、車両、設備、資金等を利用し効果的に収益を高めることにより、自助計画を立てて、収入源を探す。目標は様々な収入源から年間 30 億 LAK（≒39 百万円）の収入を得る」。

自ら積極的に国内外の資金の獲得にも進めることを提起し、大学の人材と技術・知見を生かした地域産業育成の事業を求めている。

1-1-2 上記 1-1-1 に関わる対象国の課題

上記の地域問題は、以下のような国の課題に深く関わっている。

(1) 石油消費量の増大とバイオ燃料推進策

ラオスは石油を全て輸入に依存している。石油の消費量は 2014 年に 780kt であり、ラオス政府は 2030 年には 1,550 kt にまで倍増すると予測している。石油消費量のうち軽油の割合が高く、2014 年の輸入量のうち 72.0% を占め、688,907 kℓ（≒約 586 kt）である（ラオス・エネルギー・鉱山省エネルギー政策・計画局、2015）。軽油の増加率は 2000 年から 2010 年で 9.8% であり、ガソリンの増加率 5.6% よりも格段に高い（ラオス国エネルギーセクター調査、JICA 2012）。

これは自動車の普及に比例しており、Vientiane Style (JETRO 2015) によると、2014 年のラオス全土の車両台数は約 1.57 百万台で、過去 10 年間で 3.6 倍にも増加し、このうち自動車が 20% である。自動車の中ではピックアップトラックが 60% 以上と高い割合を占めており（図 1.1）、これはまだ未舗装の道路が多いことが背景にある。ピックアップトラックの多くはディーゼルエンジンの軽油使用である。同国においては、軽油の代替になるバイオディーゼル燃料（BDF）の生産利用は、軽油消費量の抑制に繋がる製品として有望といえる。

ラオス政府は再生可能エネルギー開発戦略を発表し（エネルギー・鉱山省、2011 年 10 月）、2025 年までに BDF 製造を 79 千 kℓ にすることを目標としているが、バイオ燃料を製造する事業者が少ないので、その生産方針の目処が十分に立っていない。

ラオス政府はディーゼル車両の規制については、市街地への大型トラックの乗り入れは規制しているが、輸入禁止や増税、排ガス規制など、ディーゼル市場の減少に繋がる政策を検討している情報はない。



図 1.1 駐車場に並ぶピックアップトラック(首都ビエンチャン)

(2) 森林資源の減少と植林の有効な経済活用の不足

森林国であったラオスは森林減少が著しい。森林率は 1940 年代には 70% であったが、

2002年には41.5%、2010年に40.3%まで低下している（ラオス林野局）。森林減少の原因は商業伐採、水力発電建設や焼き畑と言われる。北部山岳地域では貧困住民が多く、彼らは生業を依然として焼き畑耕作に依存している。近年は北部において、外国投資によるゴムノキや飼料用トウモロコシなど商業作物への転換が急速に拡大し、森林減少に拍車をかけている。

ラオス政府は2005年にForestry Strategy to the year 2020（森林戦略2020）を発表し、焼き畑跡地など荒廃地への植林を推進している。その主な植林樹種は、建築用のチークや紙パルプ用のユーカリ、アカシアなどであるが、農家が参画するには、伐採まで収入がないことや植林地の維持作業などに難しさがあったと言われる。

よって、同国の修復植林や拡大植林の施策を維持するには、成長が早く成林後の経済的利用が明確で農民にインセンティブのあるような樹種の選定が望まれている。

以上の背景から、LPB県において種子油の精製・加工技術を改善することは、BDFの飛躍的な利用普及を図ることになる。また、BDF原料として広東アブラギリの種子油の活用を高めれば、原料油を他国から輸入することはなく地産地消を図るとともに、経済活用の高い植林樹種として修復植林に最大限の活用が可能となる。そして、大学が関与することで、地域の高度な人材・知識・技術の核となるべき大学の発展にもなる。

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

1-2-1 ラオスの第8次国家社会開発計画（2016～2020年）

この開発計画の大目標は「3つの成果（経済、社会、環境）の実現を通じて、SDGs達成に向けた持続可能な発展を確保し、2020年までに後開発途上国を脱却する」である。この中で、施策「グリーンかつ持続的な、自然資源と環境の保護と活用を図る」があり、既存の広東アブラギリ植林の種子利用はこれに合致する。

1-2-2 ラオス政府エネルギー・鉱山省「再生可能エネルギー開発戦略」（2011年10月）

本戦略では、ラオスにおけるエネルギー消費と再生可能エネルギー開発の現状を解析し、再生可能エネルギー利用の2025年までの目標を定めている。その目標を実現するために、施策、体制、資金などが示されている。

バイオ燃料（BDFとバイオエタノール）の当面の展望は以下の2点が提起されている。

（1）2025年までに輸送機関の燃料需要の10%をバイオ燃料で代替する。

（2）農村地域においてバイオ燃料技術の配備を増やす。

BDFの生産目標は2025年までに79百万L（=79,000kL）である。

1-2-3 バイオマス燃料に関する法令（2016年11月）

ラオス政府は上記1-2-2の再生可能エネルギー開発戦略を受けて、バイオマス燃料の推進に関して法令を制定した。対象となるのは主に、バイオエタノールとバイオディーゼル（BDF）である。同燃料事業活動の計画、原料の規定、生産者・販売者・消費者の権利・義務、管理と検査、違反者への罰則など9章にわたって規定してある。管轄責任者はエネルギー・鉱山省であり、他省庁との連携も規定している。

1-2-4 森林戦略2020（Forestry Strategy to the year2020）

この戦略では、2020年までに森林被覆率を70%まで回復し、その森林開発の最終目的と

して貧困削減への貢献を掲げている。その目標達成手段として、(1) 地域における生産体系の一環として健全な森林維持、(2) 住民による森林からの収入拡大及び国家財政安定化、及び拡大化、(3) 環境保全、生態系維持を含む森林機能の発揮を掲げている。

1-2-5 LPB 県の農林開発計画

LPB 県農林部は、油糧植物を重要な推進作物の一つに挙げている。2011 年～2015 年と 2016～2020 年の 5 ヶ年開発計画において、および 2030 年までの農林業戦略においてそれぞれで位置づけられている。2011～2016 年開発計画では広東アブラギリが筆頭に上がっていたが、2016 年以降の計画ではその地位はサチャインチ¹などに替わっており、方針変更がみられる。

1-3 当該開発課題に関連する我が国の開発協力方針

1-3-1 ラオスの持続的な発展に向けた日本・ラオス開発協力共同計画（日本外務省、平成 28 年 9 月）

この共同計画で「協力の 3 本柱」を掲げている。その 1 つが「環境・文化保全に配慮した均衡のとれた都市・地方開発を通じた格差是正」で、その協力課題のうち本事業は次の 2 つに関係する。

(1) 課題「世界遺産都市ルアンパバーンを含む地方都市における持続的な開発」

本提案は、現地資源の広東アブラギリ植林を活用した付加価値の高い金属石鹼の輸出、および BDF の地産地消の推進により、同地域の持続的な開発に寄与する。

(2) 課題「メコン河流域の森林保全等の環境保全と持続的開発」

本事業で種子の利用が推進されれば、将来的に広東アブラギリ植林の拡大の契機となり森林保全に寄与する。

1-3-2 対ラオス国別開発協力方針（日本外務省・旧国別援助方針、平成 24 年 4 月）

同方針では「重点分野（中目標）」として 4 分野が掲げられ、次の項目が本事業に関係する。

(1) 農業の発展と森林の保全

森林保全及び貧困削減のため、森林資源の持続的活用と生計向上のための支援を行う。

(2) 同方針では留意事項として、「"グリーン・メコンに向けた 10 年" イニシアチブに関する行動計画に基づき、環境と経済成長の両立、持続可能な開発及び気候変動対策の必要性に留意する」とある。

1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

1-4-1 関連する ODA 事業

(株)すまエコの事業と関連すると思われる ODA 事業を表 1.1 に整理した。

¹ サチャインチ (Sacha Inch) : 学名は *Plukenetia volubilis*、アマゾングリーンナッツとも称しペルーのアマゾン流域を原産地とするツル性植物。星形の特徴的な形をした実の油は薬効成分が豊富に含まれている。

表 1.1 既存の ODA 事業と本事業の関連性 (JICA 調査団作成)

| ODA 事業名 | | 事業概要 | 本案件との関連性 |
|--|-------------------------------|--|---|
| 1) 持続可能な森林管理と REDD プラス ² 支援事業 | 2014.10～2020.9 技術協力事業 | 気候変動対策と森林保全を目指す REDD プラスを基軸にして、持続的な森林管理の政策策定・実施能力の強化を図るため、詳細計画策定を実施する。 | (株)すまエコの事業により広東アブラギリが荒廃地の修復植林として拡大し、農民の生計向上になれば、自然林の伐採抑制にも寄与するので、農民参加の持続可能な森林経営と REDD プラス事業の側方支援になり得る。 |
| 2) ルアンパバーン県の三輪電気自動車普及・実証事業 | 2014.10～2017.1 普及・実証事業(終了) | 愛知県の(株)プロッツアが実施。庶民の足であるガソリン三輪自動車の代替として、同社の三輪電動車 14 台を導入。低公害・低炭素の環境都市を目指す。 | BDF はガソリン車ではなく軽油自動車の燃料代替になるため、三輪電動車とは競合しない。逆に、(株)すまエコの BDF は軽油自動車の CO2 排出削減に寄与するので、本事業とともに低公害・低炭素の環境都市を相乗的に展開することが可能である。 |
| 3) ビエンチャンバス公社能力改善プロジェクトフェーズ 2 | 2016.8～2019.8 技術協力事業 | 公共交通の利用拡大を図るため、バスを無償供与し、バス公社運営体制の強化、運行サービス改善などで乗客数増加を目指す。 | バスはディーゼルエンジンで軽油を使用する。BDF の混合軽油を使えば、バス利用拡大に伴う軽油消費量の増加の抑制と排ガス中の大気汚染原因物質の軽減で、環境にもやさしい交通機関の推進となる。 |
| 4) 固有植物の高付加価値化に向けた加工技術に関する普及・実証事業 | 2017.1～2018.12 普及・実証事業 | 滋賀県のツジコー(株)。健康食品原料でラオスに固有植物を対象に、加工・品質管理の技術を改善し品質を高めて輸出商品とし、バリューチェーンの構築を行う。対応機関は保健省。 | (株)すまエコは事業の原料である広東アブラギリの種子油が有用な多種の薬効成分を含んでいることを確認済みで、将来的にこの開発も考えている。有用な技術を持つツジコー(株)や対応機関の保健省の事業との情報交換は、同国での有用植物資源の利用を進めることになる。 |
| 5) ルアンパバーン世界遺産の持続可能な管理保全能力向上事業 | 2018.2～2021.2 技術協力事業 | 世界遺産指定地区の管理保全体制の強化、および県地方部の観光を通じた地域振興を推進するため、県職員の能力向上を図る。管理保全の体制、資金メカニズム、観光地開拓、工芸品や農作物の販路構築。岐阜県高山市が協力。 | (株)すまエコの事業は、既存の広東アブラギリ植林の種子を活用する製造業なので、地産地消を実現し、持続的開発産業になる。また、その BDF が遺産指定地区の車両に使用されれば環境対策にもなる。同県が環境にやさしい観光県としてブランド化すればイメージアップに繋がる。 |

1-4-2 関連する他ドナー事業

(1) BDF 事業について

BDF 事業については、韓国系企業 Kolao 社やラオス科学技術省が実証事業を行っていたとの文献はある(瀬越・高田・吉田, 2012, Emerging Markets Newsletter No.22, 大和総研)。エネルギー・鉱山省再生可能エネルギー研究所に聴取したところ、Kolao 社は以前に実証試験を行っていたが、すでに BDF からは撤退していること、科学技術省では研究はしているが、

² REDD プラス事業：温暖化対策の 1 つとして国連が提案した森林保全対策。途上国の森林の減少や劣化に由来する排出の削減を抑えるため、森林の保全に取り組む事業。

実証試験は行っていないとの回答を得た。

(2) 森林、植林について

森林、植林については、JICA-REDD プラス事業で聴取し、次の情報を得た。

ア. GIZ（ドイツ国際協力機構）が 2020 年から 40 億円の資金を拠出して GCF（Green Climate Fund、緑の気候基金）をつくり、植林を推進する。広東アブラギリ植林もこれを利用できる可能性がある。

イ. ラオスでの日本の REDD プラス事業は、早稲田大や丸紅が LPB 県のポンサイ郡で実施していたが、すでに終了している。

ウ. LPB 県を含むラオス北部の 6 県を対象に、ラオス政府は FCPF（Forest Carbon Partnership Facility）から資金を得ることになっている。同基金には 600 億円の基金があり、CO2 削減量 1t 当たり 5 ドルが支払われる予定である。

第 2 章 提案企業、製品・技術の概要

2-1 提案企業の概要

2-1-1 企業概要

(株)すまエコは 2012 年 2 月 15 日に沖縄県に設立した再生可能エネルギー・省エネルギーに関連した製造・エンジニアリング会社である。資本金 54.5 百万円、年商 315 百万円である。主な事業内容として、(1) 植物燃料普及事業、(2) 電力需給調整力サービス事業、(3) 電化普及促進事業、及び(4) エネルギー関連調査事業の 4 つの事業を行っている。植物燃料普及事業では、カンボジアで BDF を製造して、現地で販売している。

2-1-2 海外進出の目的及び必要性

(株)すまエコは、4 つの事業の 1 つとして BDF の製造販売事業を行っており、本事業に関連して 2013 年頃から海外進出を図ってきた。その理由は次の通りである。

日本国内で調達可能な BDF 原料は主に廃食用油であるが、既に取り合いとなり調達に限界がある上に、廃食用油は品質が安定せず、BDF の品質にばらつきが生じやすい。従って、原料の海外調達が是非とも必要となったためである。

(株)すまエコは、カンボジア国において、2013 年から非食用の油糧植物である南洋アブラギリ (*Jatropha curcus* L.) の農園開発を進めており、2017 年には BDF 製造設備を沖縄県から同国に移設した。これと並行して、隣国のラオス国とベトナム国においても、原料の調達可能性の調査を進めてきた。

2-1-3 自社の経営戦略における海外事業の位置付け

上記 2-1-2 の理由から、海外事業を(株)すまエコの経営戦略において最重要な活動に位置付けている。中長期的には、ラオス国、カンボジア国、ベトナム国のインドシナ 3 国において、広東アブラギリ油や他の非食用の植物油を調達して、BDF を製造販売する計画である。BDF の製造販売量の目標は 2030 年に年間 100 千 kl である。

2-1-4 海外展開を検討中の国・地域・都市

これまでの調査で、ベトナム国においても、広東アブラギリ油やパラゴム種子油、獣脂等を大量に調達できる可能性があることから、ベトナム国での事業展開も検討中である。

2-2 提案製品・技術の概要

2-2-1 製品・技術の特長

(1) 製品、技術

本技術は植物種子の油を製造・精製する加工工程をプラットフォームとして、順次、多様な有用製品を生産するシステムである（図 2.1）。

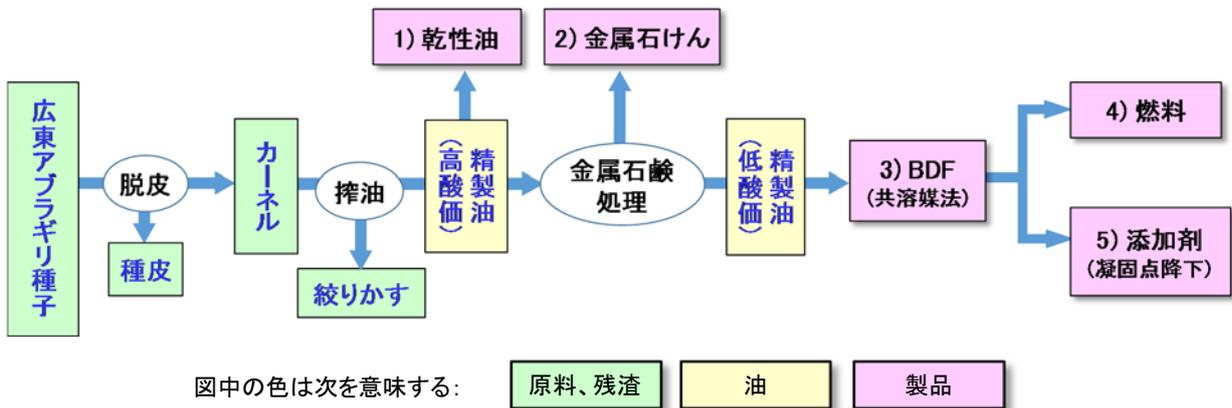


図 2.1 種子油の多段階精製システムの加工工程と製品（JICA 調査団作成）

最初に、種子を脱皮して中身のカーネル³を取り出した後、1) カーネルを搾油し不純物を除去したものが精製油である。これ自体は乾性油として市場はある。2) この精製油中の遊離脂肪酸に Ca（カルシウム）、Ba（バリウム）、Zn（亜鉛）などの金属水酸化物を添加して金属石鹼を製造する。

次に遊離脂肪酸が減少した油分から、3) 革新技術の共溶媒法で BDF を製造する。この技術によって、種子油分から BDF を製造するだけの従来製造法と比べて、金属石鹼も販売できるため、種子油の総合利用として収益性の高い事業になるだけでなく、廃棄物の少ないゼロエミッション事業の構築も可能にした。

この BDF は、4) ディーゼル車両（車、列車、船舶等）燃料として使うだけでなく、5) 広東アブラギリ油 BDF の場合は、パームオイル BDF など他の原料由来の BDF の凝固点降下を促進する添加剤としても効果がある。

(2) 原料の広東アブラギリ樹木

原料の植物種子は広東アブラギリ (*Vernicia montana*, 図 2.2) で、東南アジア北部から中国南部の丘陵地帯に自生する。成長が早く、種子油の含有率が 30%以上と高く、また成熟した種子は 9~10 月に集中的に落下するのが特徴である。

以上の技術と知見は、大阪府立大学が主導した SATREPS 事業「ベトナム及びインドシナ諸国におけるバイオマスエネルギー生産システム構築による多益性気候変動緩和策の研究」(2011~2016 年) による有益な成果である。(株)すまエコは大阪府立大学の使用許可

³ カーネル: 植物の堅果の中の仁(または核種)

を得てビジネスに活用するものである。



図 2.2 広東アブラギリ（左）とその果実（右）

2-2-2 製品・技術のスペック・価格

(1) BDF 製造の原理

植物油や動物脂肪の油脂から金属石鹼や BDF を製造する原理を図 2.3 に示す。元々、油脂は高級脂肪酸とグリセリンで構成されるエステルであり、メタノール（メチルアルコール）とエステル交換反応をすることで脂肪酸メチルエステルを生成する。一般にはこの脂肪酸メチルエステルをバイオディーゼル燃料と称している。その反応過程で、触媒に使用した金属化合物の金属イオンが、遊離している脂肪酸と結合して金属石鹼ができる。

そこで、先に金属イオンを付加して遊離脂肪酸から金属石鹼を生成して除去しておき、残ったグリセリンと結合する脂肪酸から図 2.3 の反応で脂肪酸メチルエステル（BDF）を生成するものである。

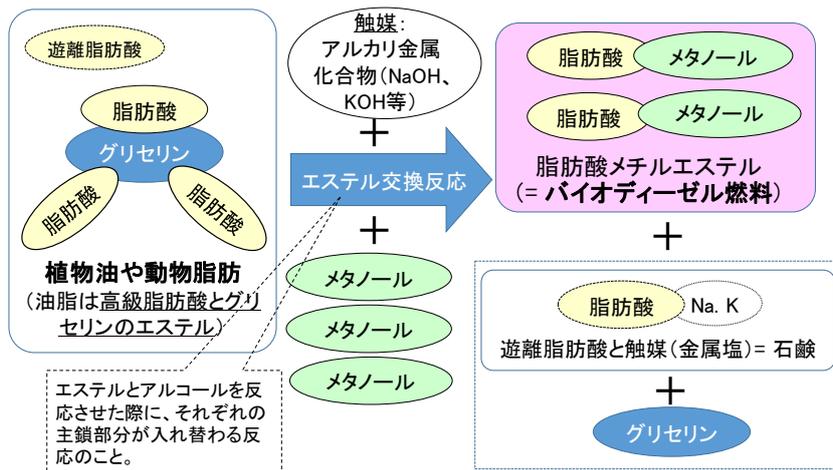


図 2.3 油脂から BDF を製造する原理 (JICA 調査団作成)

(2) 各製品・技術の特徴

本事業で販売する製品・技術の特徴を表 2.1 に列挙する。

表 2.1 各製品・技術の特徴 (JICA 調査団作成)

| 製品 | 金属石鹼(図 2.4) | BDF(燃料用) | BDF 低温流動性 ⁴ の改善添加剤 |
|-------------|--|--|--|
| 一般的な性質 | <p>○金属石鹼の性質 摩擦係数の低減効果(滑り性向上)と金属との密着作用(皮膜効果)があり、この性能を活かして工業資材から化粧品まで幅広く利用されている。</p> <p>具体的には、合成樹脂の滑剤・離型の成型添加剤、極圧効果を発揮する金属加工油剤の添加剤、粉末冶金、鋳造での表面処理、塩ビ樹脂の塩化水素捕捉など、他にも多く利用がある。</p> | <p>○生物由来油から作られるディーゼルエンジン用燃料の総称。軽油(ディーゼル油)の代替燃料となり、再生可能エネルギーの1つ。</p> <p>原料の油脂はそれぞれ性状が異なり、BDF自体の性状も異なるため、厳格な品質規格に準ずる必要がある。</p> | <p>○BDFの低温流動性 オイルパーム油や廃食油等を原料として製造した安価なBDFには、秋～春の低温期に固まり易く、低温流動性が劣るという欠点がある。</p> <p>流動性の指標になる凝固点は、オイルパームBDFが15～22℃で、廃食油BDFも同程度である。</p> |
| 本製品・技術のスペック | <p>○広東アブラギリ油の主成分はα-エレオステリック酸で、不飽和結合⁵を3つ含有する。この金属石鹼は、既存の金属石鹼にない機能をもつ可能性が大きい。</p> <p>○α-エレオステリック酸と金属化合物の複分解⁶過程で、大阪府立大学が開発した技術の超音波照射を行うことで粒度調整が可能であり、100μm-1000μmの顆粒状から粉状の幅広い大きさに成形できる。</p> | <p>○「共溶媒法」は、従来のアルカリ触媒法(図 2.3)に有機溶媒アセトンを10%程度を添加することで、常温での反応を可能にした。</p> <p>○エステル交換反応から分離、洗浄・乾燥の全工程に必要な時間を従来法の1/4に短縮でき、かつ純度98%以上のBDFが得られる技術である(図 2.5)。</p> <p>○さらに、反応に消費するエネルギーが少なく、廃棄物も少ない。</p> | <p>○広東アブラギリ油BDFの凝固点はマイナス12℃と非常に低いのが特徴である。よって広東アブラギリ油BDFをオイルパーム油BDFに添加することで、低温でも凝固しないBDFにすることが可能である。</p> |
| 価格 | <p>価格はその機能に応じて、数百円～2,000円/kg</p> | <p>製造費用が13円/ℓ、従来の製造方法の27円/ℓの半分程度。輸送代を入れても原料油脂の価格プラス25円程度でBDFを製造販売できる。</p> | <p>日本で類似の市販製品は1kg当たり500～1,000円。ASEANではまだ市販がないので、200～400円/kgを想定。</p> |

4 低温流動性：石油や潤滑油は低温の一定条件で流動しなくなり凝固する。軽油でも寒冷地仕様には低温流動性向上剤を添加することで低温での流動性を上げる処方をしている。バイオディーゼル燃料(BDF)は流動点が高い事が多く冬季や低温条件下での単独使用は困難となる。このため軽油との混合や流動点降下剤の添加が必要となる事が多い。

5 不飽和結合：の二重結合および三重結合のこと。

6 複分解：2種の化合物が反応し、それぞれの成分が入れ替わった新しい2種の化合物を生じる反応。塩化ナトリウムと硝酸銀とから、硝酸ナトリウムと塩化銀を生じる反応など。



図 2.4 広東アブラギリ油から製造した金属石鹼（左からカルシウム、バリウム、亜鉛）



図 2.5 共溶媒法 BDF の特性：共溶媒法 BDF（右）は従来の機械攪拌法 BDF（左）と異なり石鹼ができず純度が高い。

表 2.1 の BDF 添加剤において、広東アブラギリ BDF がパームオイル BDF の低温流動性の低さを改善する効果を試験した。広東アブラギリ油 BDF をパームオイル BDF に添加して、低温にした時の凝固点の変動を試験した結果が図 2.6 である。温度 20℃で 100%のパームオイル BDF だと白濁（固形化）し始める。これに広東アブラギリ油 BDF を 10~30%添加すると、パームオイル BDF に白濁（固形化）は見られない。しかし、キャノラ（菜種）BDF を添加する場合には白濁し始める。少しでも白濁するとエンジン燃焼には使えない。

凝固点が高い（低温流動性が低い）広東アブラギリ油 BDF を混合することで、パームオイル BDF の凝固点が下がり固体化せず、低温での流動性が改善することがわかる。

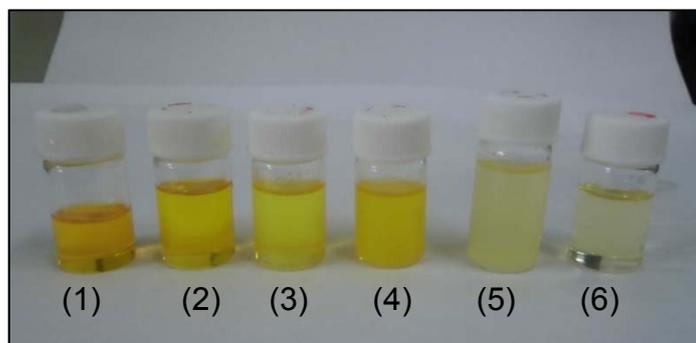


図 2.6 広東アブラギリ BDF の高い低温流動性（JICA 調査団が実施）：(a)広東アブラギリ BDF 及び(c)キャノラ(菜種)BDF を(b)パームオイル BDF に添加し、温度 20℃にした結果。

(1) (a) 100%、(2) (a)30%+(b)70%、(3) (a) 20%+(b) 80%、(4) (a) 10%+(b) 90%、(5) (b) 100%、(6) (c) 30%+(b) 70%。結果、(2)~(4) は変化がないが、(5) と (6) は白濁し始める。

2-2-3 製品・技術における特許

特許 1：油糧種子からショ糖、薬効成分と油分のカスケード抽出とバイオエネルギーと薬の製造・利用（特願 2015-193843）

特許 2：米ぬかから生理活性物質を製造するための方法（特願 2014-111531）

特許 3：脂肪酸アルキルエステルの製造方法及び製造システム（特許第 5486589）。本特許は科学技術振興機構（JST）の支援で、中国、アメリカ、ベトナムで国際特許を取得済み。

特許 4：グリセリンの精製方法（特開 2013-100489）

特許 5：遊離脂肪酸および油分を含有する油脂の有効利用方法（特願 2017-202707）

特許 1 から特許 4 は多段階製法の基礎となる技術の特許であるが、金属石鹼は含まれていない。特許 3 は、多段階製法のうちの BDF 製造の部分に関する技術の特許となり、特許 4 は BDF 製造の際に発生する副産物を精製する技術の特許となる。金属石鹼については特許 5 の技術を用いている。

2-2-4 国内外の販売実績（件数、売上高、主要取引先等）

（1）金属石鹼

金属石鹼については、(株)すまエコにはまだ販売実績はない。 α -エレオステリック酸を多く含む広東アブラギリ油の特性を生かした機能を開発しているところである。その点で今後開拓する市場の展望については、「4-2 市場分析」で詳述する。

（2）BDF

広東アブラギリ油の共溶媒法 BDF の販売実績はない。本案件化調査の研修で初めて製造した。他の原料油を使った共溶媒法 BDF は、ベトナム国で、ハロン湾の観光船の燃料に B10~B100（軽油に BDF を 10~100%混合）で約 40t が利用され、現在軽油と同程度の価格で販売されている。また同国クアンニン省のごみ収集船でも、B100 の燃料として利用されている。

（3）BDF 凝固点降下の添加剤

本製品は、広東アブラギリ油 BDF の特性を分析する中で新しく考案された製品であり、まだ販売実績はない。4-2-3 で記載する通り、東南アジア諸国でパームオイル BDF が拡大する中で、今後、需要が拡大する可能性は十分にあると考えている。

2-2-5 国内外の競合他社製品との比較優位性

（1）金属石鹼

広東アブラギリ油から製造した金属石鹼は、ア．不飽和結合を 3 つ含有した α -エレオステリック酸の金属石鹼であり、従来の金属石鹼とは異なる優れた機能を有し、イ．大阪府立大学がもつ超音波照射技術により粒度調整が可能である点に優位性がある。

（2）共溶媒法 BDF（図 2.4）

世界中で BDF を製造している最も一般的な製法は機械攪拌法であり、それと比べると、ア．反応速度が速い、イ．廃棄物の量が 1/10 と少量、ウ．使用するエネルギーが 50%以下、エ．高純度であり、極めて省エネルギーでクリーンな高品質 BDF の製造法である。

（3）市販の添加剤

この低温流動性を改善する添加剤にはいくつかの市販製品がある。広東アブラギリ油の BDF は低温流動性が極めて高いため、このような添加剤の代替品とするものである。

市販の BDF 添加剤は、重量ベースで 0.5~2% 添加するもので、その分、メチルエステル分 (BDF) の濃度が 0.5~2% 低くなるため、BDF 規格 (日本では 96.5%) を満たすのが難しくなる場合がでてくる。広東アブラギリ BDF を添加すれば、メチルエステル分の濃度を下げることではなく、そのまま使用できるため非常に有利になると考えている。

2-3 提案製品・技術の現地適合性

2-3-1 広東アブラギリの油成分

金属石鹼や BDF の品質は、原料である広東アブラギリの粗油⁷の品質にも依存する。本技術を現地に適合させるためにも、粗油の成分分析を実施し、季節や保管方法による品質変化の有無も確認した。

10 月に入手した広東アブラギリ種子油を大阪府大にて分析した。その特徴として以下の点が明らかになった。(詳細は別添資料 2.1 に示す)

- ア. 油には約 80% を超える α -エレオステリン酸が含まれており、ゴムノキ油や南洋アブラギリ油とは全く異なる組成である。これは固形化しにくい、逆に酸化されやすい性質である。
- イ. これは分子内に二重結合を 3 つ有するため、極めて抗酸化性と紫外線遮蔽性に富んでいるからである。一方、空気と接触すると極めて迅速に二重結合が酸化され、粘度が増加すると共に、重合してゼリー状の高分子化合物を生成することになる。
- ウ. これらの結果は、この油は特に夏場には、暗所に空気と接触しないようにして保存する必要があることを示す。

2-3-2 BDF の製造技術

(株)すまエコが一連の工程を実演し、現地の関係者に実際に理解してもらうことが重要と考えた。本調査の C/P 候補であるスパーヌオン大学の実験室に関係者を招集し、フラスコ等を用いた実験器具レベルで実施して、その品質の有効性と操作の簡易性を示す。併せて関係者との意見交換を行い、彼らの能力を把握する。実験室レベルの研修後に、大学の要望が強かったため小規模製造装置を用いた研修も追加し、計 3 回の製造研修を行なった。

(1) 第 1 回研修 (実験室レベル)

講義と実験実習を行い、参加者は同大学教官 9 名と他大学から 1 名の計 10 名であった。実験内容は、以下の 3 課題であり、実験手順のマニュアル (ラオス語) を作成し用いた。研修内容の詳細は、資料 2.2 を添付する。

- ア. 粗油の酸価の測定と遊離脂肪酸量の算出方法の実験
- イ. BDF の製造と精製方法の実験
- ウ. 金属石鹼の製造方法の実験

この研修で、植物油から BDF や金属石鹼を作製する初歩的な知見と工程を、研修生に習得してもらうことができた。

(2) 第 2 回研修 (小型製造装置レベル)

第 1 回研修の終了後に、参加者から実際の製造装置で研修を受けたいとの要望が強

⁷ 未精製の原料油の総称。原料の種子から圧搾や溶剤抽出によって油分を取り出すと、その油分は不純物や浮遊物を多く含んでいるので「粗油 (Crude oil)」と称する。

かったことから、LPB 市で唯一、製造装置を有する Makkau Lao 社に協力を依頼して同製造装置を借りて BDF 製造の実演研修を行った。この実演ではアルカリ触媒の従来法で行うこととし、スパーヌオン大学教官 5 名と Makkau Lao 社工場長 1 名の計 6 名が参加した。原料は市販のオイルパーム油 100 kg と昨年に搾油した広東アブラギリ油 100 kg を用いて行った。研修内容の詳細は、資料 2.3 に添付した。

参加者の感想は、製造装置を使う場合は実験室レベルと異なる課題が多々あり、非常に勉強になったと好評であった。

また、Makkau Lao 社の BDF は品質が良くないため、県庁から技術改善指導を強く求められていたため、ここで併せて、同社製造装置の問題点も抽出し改善点を同社にも提言し、県庁にも報告した。これは両者から前向きな評価を得た。

(3) 第 3 回研修（小型製造装置レベル）

以下の 3 点について、第 3 回目の研修を行うこととした。内容の詳細は、資料 2.4 に添付した。

ア．原料として今年に採取した広東アブラギリ油を用いる。

イ．共溶媒法を用いた BDF 製造を行う。

ウ．関係する県庁職員を招聘し、普及の拡大をはかる。

参加者は、スパーヌオン大学から 4 名、県行政の 6 部局から 14 名、および Makkau Lao 社から 2 名で計 20 名であった。県行政の各部局からは部長、副部長が参加し、日本側の指導で Makkau Lao 社の製造装置でも国際規格に準ずる品質の BDF が製造できることが示され、高い関心をもってもらうことができた。

2-3-3 金属石鹼の製造技術

金属石鹼の生産工程は高度な技術ではなく、共溶媒法 BDF も従来法とあまり変わらない装置と運転ではあるが、多段階精製にすることで全体の操作がやや複雑になる。この点で、現地に適応したシステムにするには、費用や運転能力において工夫が必要であるが、現在、広東アブラギリ精製油の特性を生かして創出する金属石鹼が確立できていないので、まだシステム完成にはいたっていない。

ベトナム調査では金属石鹼の市場は小さくないが、有害で安価な Pb (鉛) を使用した金属石鹼が主流であり、低価格競争になっていることから、既存の金属石鹼製造では参入障壁が高いといえる。一方、本邦での企業は、広東アブラギリ油成分の特性を活かす付加価値の高い金属石鹼にはニーズが高い。よって、当面は、機能の異なる種々の試供品を作製し、顧客との対話を通じて、早急かつ継続的に製品開発に取り組むことを考えている。

2-3-4 制度での課題

当該の製品と技術が、現地の法規制や許認可の点で制限になる課題としては、BDF の規格が考えられる。(株)すまエコは高品質の共溶媒法 BDF を製造し B5 燃料（軽油に BDF を 5%混合した燃料）とするが、ラオスには BDF の品質規格がなかったため、B5 製品として政府から認可されないリスクが考えられた。

BDF 規格化については、科学技術省規格・度量衡局 (Metrology) を 2018 年 10 月に訪問し担当部長らと意見交換した。同省の中に BDF 規格化検討委員会が設置されており、すでに規格案 (図 2.7) が公表され 60 日間のパブリックコメントを聴取しているところであった。この動きは再生可能エネルギー政策 (2011 年) とバイオ燃料の法令 (2016 年) に基づ

いて実行しているものである。

ただ、これは B100 を対象にしており、B10、B20 になると品質や影響が異なるため、(株)すまエコからもパブリックコメントに文書で具体的に提言をした。

2019 年 2 月に再度、科学技術省規格・度量衡局を訪問し、次のコメントを得た。

- ア. BDF 規格書はパブリックコメントを終了し、規格化検討委員会の承認を得ており最終の調整段階である。
- イ. (株)すまエコが提出した意見も承知しており、反映している。
- ウ. 対象となる原料は、パームオイルだけでなく、広東アブラギリ油、南洋アブラギリ油、サチャインチ油なども入る。
- エ. ラオス国内で BDF を十分に分析できる機関がないことから、当面はタイ国など海外に頼らざるを得ない。その点で、今後、(株)すまエコの事業でスパ大学が分析能力を備えるようになることを期待している。
- オ. BDF は原料植物によって性質が異なることから、今後は原料毎の BDF 規準も作成する方針をもっている。

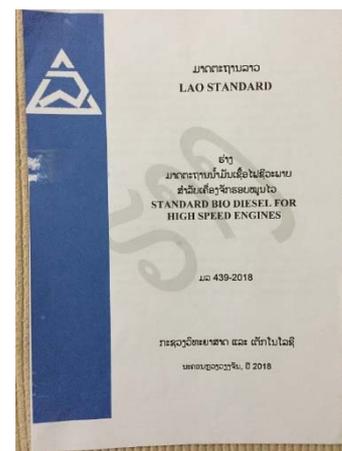


図 2.7 ラオスで検討中の BDF 規格(案)

2-4 開発課題解決への貢献可能性

- 2-4-1 (株)すまエコが有する共溶媒法 BDF は高品質であるから、現状の LPB 県で製造する BDF 品質を決定的に改善することになる。
- 2-4-2 高品質な BDF ならばディーゼル車両は問題なく使用することができ、反応装置が同じ容量ならば従来法よりも製造効率が高く量産が可能となるため、県はディーゼル車両に BDF の普及を推進することが可能となる。
- 2-4-3 共溶媒法 BDF は従来 of BDF 製造技術よりも、高品質で低コストであるから、政府の再生可能エネルギー戦略で掲げる BDF 生産推進の技術的な普及モデルになる可能性が高い。

第 3 章 ODA 案件化

3-1 ODA 案件化の概要

3-1-1 普及・実証・ビジネス化事業

ODA 案件として、(株)すまエコは可能ならば「普及・実証・ビジネス化事業」の実施を考えている。想定する普及・実証・ビジネス化事業の概要は次の通りである。

- (1) 目的は、LPB 県で共溶媒法 BDF の技術を実証し、現地の大学、民間企業に基礎技術の移転を行い、ラオス国のバイオ燃料推進策の地産地消モデルとする。さらに、付加価値がある金属石鹼として種々の試供品を作製し、その作製技術と機能性評価の知見を移転し、広東アブラギリの利用開発の推進とする。

(2) 主な活動は、BDF 製造装置の一式、分析機器一式および金属石鹼作製の用具を導入して製造実証を行い、車両の走行モニタリングによって BDF 品質の安全性を実証して普及の原動力とする。そのため日本人専門家の派遣や、本邦研修、現地セミナーの実証を行い、カウンターパート (C/P) は油脂・BDF の組成分析技術および BDF 製造、金属石鹼作製の技術を実証活動と研修を通じて習得する。

3-1-2 既存 ODA 事業との相乗効果

表 1.1 に掲げた関連する ODA 事業の中で、以下の案件は相乗的な効果を及ぼすと推察する。

(1) 持続可能な森林管理と REDD プラス支援事業

(株)すまエコの事業により広東アブラギリが荒廃地の修復植林として拡大し、農民の生計向上になれば、自然林の伐採抑制にも寄与するため、農民参加の持続可能な森林経営と REDD プラス事業の側方支援になり得る。

(2) ビエンチャンバス公社能力改善プロジェクトフェーズ 2

バスはディーゼルエンジンで軽油を使用する。BDF の混合軽油を使えば、バス利用拡大に伴う軽油消費量の抑制と排ガス中の大気汚染原因物質の軽減で、環境にもやさしい交通機関の推進となる。

3-2 ODA 案件の内容

広東アブラギリ種子を原料とする BDF 等の製造・販売事業に向けた普及・実証・ビジネス化事業の内容は、以下を想定している。

3-2-1 PDM (Project Design Matrix)

普及・実証・ビジネス化事業で現在想定する PDM は表 3.1 の通りである。

表 3.1 PDM

| | |
|--|--|
| 目的: | ルアンパバーン県で、広東アブラギリの種子を原料として、高効率で高品質な BDF を製造する技術を実証し、その装置の操作管理と人的体制に関わる技術基盤を構築する。そして、それらの技術の普及と同県での BDF の利用拡大を図ることで、ラオス国のバイオ燃料推進策の地産地消モデルの 1 つとする。 |
| 成果: | 活動: |
| 成果 1 C/P であるスパーヌオン大学が油脂・BDF の分析技術、および BDF 製造の共溶媒法技術を習得し、一定の品質基準を満たす BDF の製造ができる。さらに、金属石鹼の試供品作製の技術を習得する。 | 活動 1-1: 分析機器の設置を行い、C/P が油脂と BDF の分析技術を習得できる施設を整備する。 活動 1-2: BDF の製造装置の設計、作製、及び据え付けを行い、品質に留意した BDF 製造の一連の工程管理を実証する。 活動 1-3: 金属石鹼の作製試験が行えるように付帯設備を設置する。 活動 1-4: 日本人専門家の派遣および本邦研修により、関係者に油脂、BDF の分析および BDF 製造と金属石鹼作製の技術移転を行う。 活動 1-5: 油脂、BDF 分析法および BDF 製造、金属石鹼作製に関連する技術マニュアルを作成する。 |
| 成果 2 産官学共同の体制で BDF を活用した走行モニタリングを通じて、車 | 活動 2-1: 車両走行モニタリングに必要な量の、広東アブラギリ種子油を入手し、BDF 製造を実証する。 活動 2-2: 実証製造した BDF を、現地公的機関や民間の複数の車両に最低 1 年間供給して、各車両走行距離 50 千 km 程度を目標にして |

| | |
|---|--|
| 両燃料の品質としてBDFの有効性が実証され、BDFの普及が推進される。 | 運行し、排ガス測定などをモニタリングして、BDF品質の安全性を確認することでその普及啓発活動を推進する。 |
| | 活動 2-3：現地で BDF 製造実証および走行モニタリングの成果について、パンフレットの作成やセミナー等を産官学で行い、 <u>エンドユーザーの不安が払拭されるような BDF の普及啓発活動を推進する。</u> |
| 成果 3 現地バリューチェーンの実情に応じて、(株)すまエコの事業計画が策定される。 | 活動 3-1：種子の供給（植林地、収集、保管）、BDF と金属石鹸の販売路、公的機関の支援などを精査する。 |
| | 活動 3-2：ビジネスパートナーの技術力、経営力を精査し、出資の仕方について可能な限りのオプションを洗い出す。 |
| | 活動 3-3：現地政府、県行政の積極性、バリューチェーンの確実性、現地大学の技術力、およびビジネスパートナーの能力を総合的に評価する。 |

3-2-2 投入

(1) 日本側

ア. BDF 製造装置の一式および分析機器一式を導入する。

当初計画では反応槽 500 kg/回としていたが、現地 C/P より規模が大きすぎると扱いづらいと指摘があったため、反応槽 100 kg/回とする。

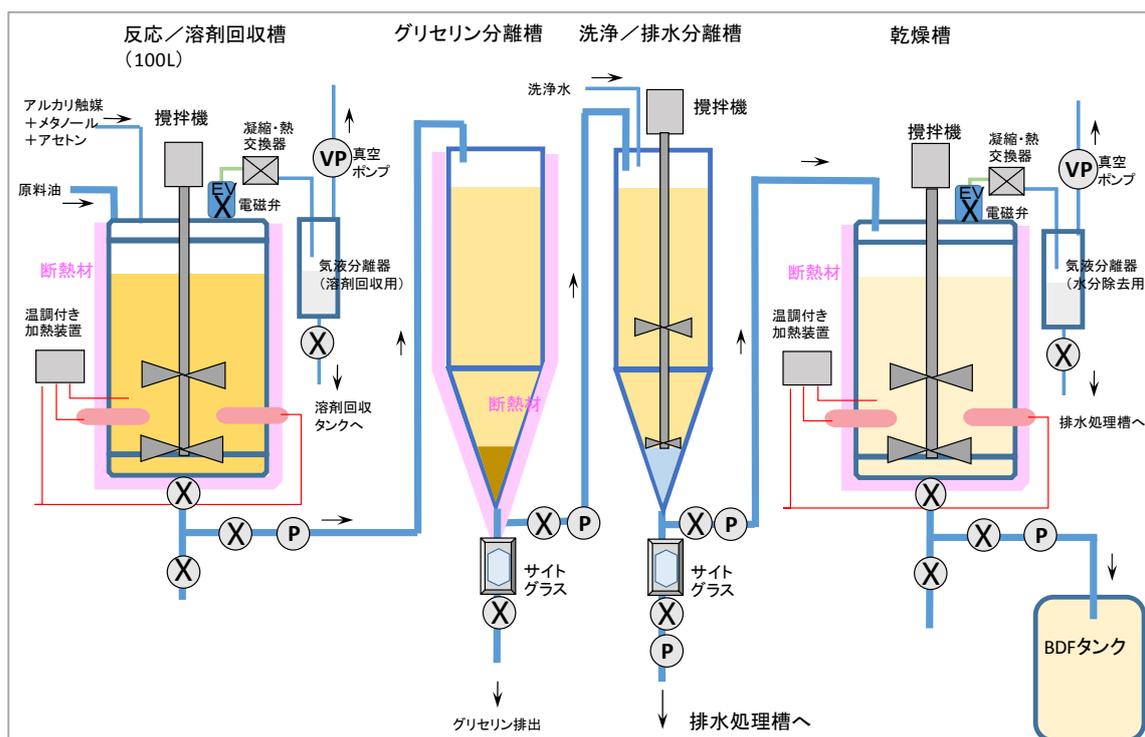


図 3.1 BDF 製造装置の概略設計図 (JICA 調査団作成)

- ・ 広東アブラギリ油： 基本は Makkau Lao 社等から購入する。
- ・ BDF 製造装置一式： バッチ式⁸で、反応槽が 100 l/回程度（原料油 100l を処理できる容量とする）。図 3.1 に概略設計図を、図 3.2 に同規模の類似装置を示す。

⁸ バッチ式：batch、1つのかまどや炉でいくつかの異なる処理を行う方式。相対するのは「連続式」。

- ・ 分析機器： 高速液体クロマトグラフ (HPLC)⁹、排ガス測定装置など。
- ・ 金属石鹼作製の機器： メカニカル攪拌器、デジタルホットプレートなど。

想定される必要な機器を表 3.2 に示す。

- イ. 日本人専門家の派遣と、現地および本邦での研修会の開催。
- ウ. ディーゼル車両に BDF を用いての走行モニタリングを行う。車両にはピックアップトラック、中型トラック、バスなどを複数台利用し、排ガス測定を行う。
- エ. 普及に必要なパンフレットなど媒体の作成、セミナーの開催、マスメディアへの広報を積極的に行う。



図 3.2 大阪府立大学にある類似の BDF 製造装置(反応槽 100ℓ)(JICA 調査団作成)

表 3.2 普及・実証・ビジネス化事業に必要な主な分析機器類

| | 機器名称 | 仕様 | 千円 (税抜) |
|---|-----------------------|---|------------|
| 1 | BDF 製造装置 | BDF の製造、反応槽 100ℓ。 ・冷凍機は含まず(常温水による冷却とする)。 ・原料と製品のタンクは含まず | 22,000 |
| 2 | 高速液体クロマトグラフ /HPLC-RID | 種子油の mono-, di-, tri-glycerides や遊離脂肪酸の定量分析: オートサンプラー | 3,500 |
| 3 | ガスクロマトグラフ | GC-8AP タイプ:昇温プログラマつき, GC-8AI タイプ:アイソサーマル、窒素ガス、水素ガス | 3,000 |
| 4 | カール・フィッシャー水分計 | 測定範囲:0.1~999.9999mg H ₂ O | 700 |
| 5 | 金属石鹼(試供品作製) | メカニカル攪拌器、ステンレス反応槽、デジタルホットプレートなど | 260 |
| 6 | 排ガス測定装置 | 携帯型、O ₂ , CO, NO, HC, 排ガス温度/2 台 | 300 |
| | 合計 | | 29,760 |

(2) カウンターパート (C/P) 側

ア. 想定する C/P

国立スパーヌウォン大学農林学部 (LPB 県に所在) Faculty of Agriculture and Forest Resources, Souphanouvong University

⁹ 高速液体クロマトグラフ (HPLC) : 液体の移動相をポンプなどによって加圧してカラムを通過させ、分析種を固定相及び移動相との相互作用(吸着、分配、イオン交換、サイズ排除など)の差を利用して高性能に分離して検出する分析方法。

(LPB 県のエネルギー鉱山部には試験・技術開発機関がなく、同大学が LPB 県で唯一の技術開発機関となる。)

イ. C/P の役割

- ・ 同大学の適切な人材と場所を提供し、BDF 製造の技術及び金属石鹼の作製方法を実証活動と研修を通じて習得する。
- ・ 分析装置の操作、その結果の解析方法を習得する。
- ・ 製造した BDF の走行モニタリングに必要な車両の手配をする。
- ・ 普及に必要なセミナー等の行事開催において、日本側に協力する。

ウ. 人員の配置、費用の負担事項、資機材を設置する土地・インフラ設備、ODA 案件実施後の維持管理体制について、大学の本学および農林学部と協議した。

- ・ 人員の配置と土地・インフラ整備については、農林学部が対応する。
- ・ 費用負担事項については、農林学部の了解を得ているが、具体的な予算措置については、まだ時間がかかる。農林学部では本学部と協力して高等教育総局に申請する予算案を策定するとともに、外部資金を取り入れるために財団等への申請の策定をしている。

3-2-3 実施体制図

(株)すまエコおよび外部人材、C/P、その他政府関係機関、提携企業、裨益者、顧客、ビジネスパートナー、JICA 等を含めた実施体制図を図 3.3 に示す。

なお、ビジネスパートナー候補の Makkau Lao 社は、広東アブラギリ種子または搾油した精製油の供給に協力する予定である。

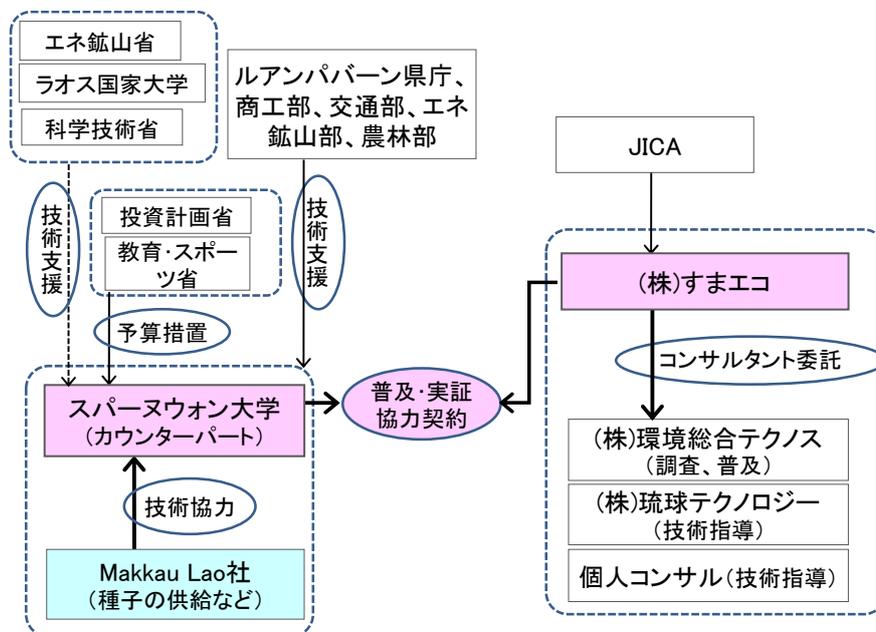


図 3.3 普及・実証・ビジネス化事業の想定する実施体制図

3-2-4 活動計画・作業工程

実施期間は、2019年12月～2022年3月（2年4ヶ月）を想定する。

(1) BDFの製造と品質分析

- ア. 製造装置の稼働日数は年50日間程度。
- イ. 1日1バッチ製造でBDFは最大95ℓ/日、年4,750ℓ (=4t)。これは種子14.6t、植林地面積で14.6haに相当する。
- ウ. 品質分析を行う。
- エ. 製造したBDFは車両走行モニタリングに利用する。
- オ. 給水量は150ℓ/日、排水量も同等。

(2) 金属石鹸の試供品の作製

- ア. 適時、機能の異なる試供品を作製する。
- イ. 外部人材と協力して、日本国内の企業に提案し共同開発していく。

(3) 車両走行モニタリング

表3.3に実施計画（案）を示す。

表 3.3 走行モニタリング実施計画（案）

| | | |
|--------------|---|---|
| 対象車種 | ピックアップ、中型～大型トラック、バス（路線バス又は長距離バス） | |
| 使用燃料 | B5、B100 | |
| 試験台数 | 1)B5 燃料：ピックアップ、トラック、バスの3種×2台=6台。 2)B100 燃料：ピックアップの1種×1台=1台。 | |
| 試験期間 | 1年以上 | |
| 目標走行距離 | ピックアップ；10,000km、トラック；50,000km、バス；50,000km | |
| 試験によって確認すること | 1)BDF 燃料の継続的、長期間の使用によってエンジンその他の機器に不具合や損傷等を与えないこと 2)燃料消費率（あるいは燃料コスト）が軽油100%使用時と遜色ないこと 3)排気ガス性状が排出規制値以下であること、軽油使用時と遜色ないこと | |
| 確認方法 | 運行前点検 | 1) エンジンオイル量や汚れを目視し、異常がないこと 2) エンジン回り、その他の部位から燃料やオイルも漏れがないこと 3) エンジンの始動性に問題がないこと 4) エンジンの応答性、加速性などに問題がないこと |
| | 運行後点検 | 燃料、オイル等の漏れなどがいないこと |
| | 定期点検 | 1) エンジン、各機器に異常がないこと： 燃料噴射ポンプの圧力異常、燃料噴射ノズルの目詰まり・損傷、シリンダーヘッドへのカーボン等の付着、損傷など。 2) 定期点検は、ピックアップは6ヵ月毎、トラック、バスは3ヶ月毎を目安にする。 3) 車両提供者と十分に協議する。 |

| | | |
|--|-------|-----------------------------|
| | 燃料消費率 | 走行距離と給油量を記録し、月平均の燃料消費率を算出。 |
| | 排ガス性状 | 試験開始前、開始直後、及び1ヶ月毎に排ガス測定を実施。 |

ア. 対象車種でバスは、ビエンチャンのバス公社と提携することを検討中である。バス公社は JICA 公共バス普及プロジェクトのパートナーであり、同プロジェクトには相談し、バス公社に導入の提案をすることを推奨された。

イ. BDF と軽油の必要使用量を表 3.4 に示す。BDF は 4,750ℓ、軽油は 58,583ℓになる。

表3.4 走行モニタリングにおける燃料使用量の試算（JICA調査団作成）

| 使用燃料 | 試験車両 | 台数 | 年間走行距離 | 燃費 | 燃料使用量 | BDF必要量 | BDF小計 | 軽油必要量 | 軽油小計 |
|------|----------|----|--------|------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | | | km/年 | km/ℓ | ℓ | ℓ | ℓ | ℓ | ℓ |
| B5 | ピックアップ | 2 | 10,000 | 6 | 3,333 | 167 | 3,083 | 3,167 | 58,583 |
| B5 | 4tonトラック | 2 | 50,000 | 4 | 25,000 | 1,250 | | 23,750 | |
| B5 | 路線バス | 2 | 50,000 | 3 | 33,333 | 1,667 | | 31,667 | |
| B10 | ピックアップ | 0 | 10,000 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B10 | 4tonトラック | 0 | 50,000 | 4 | 0 | 0 | | 0 | |
| B10 | 路線バス | 0 | 50,000 | 3 | 0 | 0 | | 0 | |
| B100 | ピックアップ | 1 | 10,000 | 6 | 1,667 | 1,667 | 1,667 | 0 | 0 |
| B100 | 4tonトラック | 0 | 50,000 | 4 | 0 | 0 | | 0 | |
| B100 | 路線バス | 0 | 50,000 | 3 | 0 | 0 | | 0 | |
| 合計 | | | | | 63,333 | 4,750 | | 58,583 | |

ウ. 上記の BDF を製造するのに必要な原料量を表 3.5 に示す。種子は 14.6 t、それに該当する広東アブラギリ植林地の面積は 14.6 ha になる。

表3.5 BDF製造に必要な広東アブラギリの諸原料（JICA調査団作成）

| BDF | 種子油 *1,*2 | | 種子*3 | 植林地面積 |
|-------|-----------|-------|--------|-------|
| ℓ | ℓ | kg | kg | ha |
| 4,750 | 4,750 | 4,370 | 14,600 | 14.6 |

*1) 種子油密度: 0.92 g/cm³ (資料2.1の表1より)

*2) 油収率: 30%

*3) 種子収穫量: 1t/ha

(4) BDF 実証装置の設置場所

ア. 設置予定地

- ・BDF 製造装置と分析機器を設置する候補場所として、スパーヌウォン大学農林学部長から農林学部敷地内で次の2カ所を推奨された。

校舎1階のマテリアルルーム（資材室）

野外の資材倉庫

現地視察の結果、野外の資材倉庫を第1候補とすることとした（図3.4）。



図 3.4. 実証施設の設置候補地：農林学部の敷地内(左)、近景(右)

イ. 電力の事情

- ・建屋照明等を含めた実証設備の最大電力は約 6kW、1 回の BDF 製造における消費電力量は 30kWh 程度と推定している。
- ・実証機への供給電圧は一般的には三相電力を供給することが望ましいが、実証機においてはヒーター容量が小さいこと、及び、三相配電線が設置候補地の近くにないことから単相 220Vでの電力供給を計画することとした。



図 3.5. 候補地近くの構内配電線路



図 3.6. 校舎への電線引込の状況

- ・実証機の設置候補地には隣接して農学部の施設管理員の宿舍や設備倉庫等があるが、これらに供給されている電力は電灯用、及び家庭用エアコン、小規模乾燥機等への供給であり、配電線が細く、実証機への供給は困難である。

しかし、候補地の近くには緑地、及び構内道路を隔てて校舎があり、道路に沿って配電線路が布設され校舎への電力供給がなされている（図 3.5、3.6 を参照）。これらの配電線、または配電線路を利用すれば実証設備への電力供給は可能と思われる。但し、実際の装置設計にあたっては、既設負荷や将来負荷を含めた電線の許容電流や配電用変圧器容量等との関係があるため、スパーヌウォン大学の電気設備管理部署や電力公社と十分な協議を行う必要がある。

ウ. 水道の状況

- ・候補地に隣接した管理員宿舎や隣接農場へ水道管が布設されており、水の供給には問題がないことが確認できた。

エ. 排水設備の状況

- ・実証機の設置候補地の近くには構内排水路があり、排水設備の設置には特に問題はない。BDF 製造時における排水は油水分離、凝集処理、pH 処理を適切に行うことで構内排水路への排水は可能と思われる。

(5) 実施体制

当面検討している上記の製造とモニタリング体制は以下の通りである。

ア. 製造

- ・製造にあたっては、農林学部および外部人材と協力して、(株)すまエコが責任をもって実施する。
- ・農林学部内に本事業のプロジェクトチームを設置し、運営管理と評価を行う。主に、食品工学科の教官で構成する。植物油加工を理解する教官を実施責任者に配置する。
- ・製造装置の稼働を日常的に管理するために、(株)すまエコが現地で非常勤技術者 1 人を雇用し配置する。(株)すまエコ社員が定期的に滞在して指導し、非常勤技術者が全工程を管理する。
- ・BDF の品質分析は農林学部のプロジェクトチームが行う。

イ. モニタリング

- ・車両の提供および市内の走行については、LPB 県のエネルギー鉱山部、交通部の協力を得る。すでに交渉をしており、今後、県の関係部署の全体で検討するよう助言を受けている。
- ・定期的な排ガス測定は農林学部、または県が行う。

(6) 本邦での研修

- ・全 2 回、7 日間、3 人程度。
- ・日本国内で入手できる植物油を用いて、BDF と金属石鹼の製造と分析の一連の過程を習得する。
- ・日本国内のバイオ燃料工場の実態と課題を学ぶ。

(7) 活動スケジュール

表 3.6 に活動スケジュールを示す。

表 3.6 普及・実証・ビジネス化事業の活動スケジュール

| | 2019 | | | | 2020 | | | | 2021 | | | | 2022 | | | |
|--------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| | 4月 - | 7月 - | 10月 - | 12月 - | 1月 - | 4月 - | 7月 - | 10月 - | 1月 - | 4月 - | 7月 - | 10月 - | 1月 - | 4月 - | 7月 - | 10月 - |
| | 応募 | 通知採択 | 契約 | 開始 | | | | | | | | | 終了 | | | |
| 機材 | | | | → | | | | | | | | | | | | |
| 種子・製油 | | → | | | | | | → | | | | → | | | | |
| BDF製造 | | | | | | → | | | | | | | | | | |
| 車両走行試験 | | | | | | | → | | | | | | | | | |
| 普及活動 | | | | | | | | → | | | | | | | | |
| 本邦研修 | | | | | | ■ | | | | | ■ | | | | | |
| 事業会社 | | | | | | | | | | | | | | | | |

事業準備
2023年4月設立目標

3-2-5 事業額概算

普及・実証・ビジネス化事業で日本側が投入する活動にかかる経費の概算を、表 3.7 に示す。

表3.7 普及・実証・ビジネス化事業の事業額概算 (JICA調査団作成)

| 大項目 | 中項目 | | 小計(千円) | | 小計(千円) |
|------|------------|----------|--------|--------|--------|
| 人件費 | | | 19,247 | | |
| 直接経費 | | | 64,636 | | |
| | 機材関係 | | | 34,224 | |
| | 機材製造・購入 | 本体 | | | 29,760 |
| | 機材輸送費 | 本体 x 10% | | | 2,976 |
| | 機材据付費 | 本体 x 5% | | | 1,488 |
| | 資材(種子油、薬品) | | | 2,250 | |
| | 旅費 | | | 12,887 | |
| | 航空賃 | | | | 5,100 |
| | 日当・宿泊、内国旅費 | | | | 7,787 |
| | 現地活動費 | | | 13,649 | |

| | | | | | |
|--------|-------------------------------|------------|--|-------|-------------------------|
| | 車両、通訳、翻訳等 走行モニタリング 現地備人 | 1人:BDF製造管理 | | | 9,164 3,000 1,485 |
| | 本邦受入活動費 | 2回 | | 1,626 | |
| 管理費 | 直接経費 x 10% | | | | 6,464 |
| 小計(千円) | | | | | 90,346 |
| 消費税 | 8% | | | | 7,228 |
| 合計(千円) | | | | | 97,574 |

3-3 C/P 候補の機関組織と協議状況

3-3-1 C/P 候補の機関組織

(1) C/P 候補の国立スパヌウォン大学はラオスにある 5 つの国立大学の 1 つであり、2003 年 11 月に設立された新しい大学である。工学部、農林学部、経済・観光学部など 5 学部、学生数 4,000 人を擁し、ラオス中部の科学技術、産業、人材の育成を担っている。国際交流にも積極的で、最近では韓国や中国が教育・研究交流の促進に参画しているが、日本からの協力はほとんどない。

(2) 当該大学の ODA 案件担当部局については、本学の第 1 副学長 Sianuvoung 氏と面談し協議した。

3-3-2 協議状況

(1) 本案件化調査の以前

スパヌウォン大学農林学部には 2017 年 1 月と 3 月に訪問し、Dr. Vongpasith Chanthakhoun 副学部長らと会合し（図 3.7、3.8）、相互に技術交流することと、(株)すまエコの調査に協力してもらうことに了解を得た。

また、2016 年 6 月及び 2017 年 1 月に LPB 県知事 Khamkhanh 氏と、2018 年 5 月に副知事と面会し、(株)すまエコの事業構想について高い関心が示され、積極的な支援の約束を得た。

(2) 本案件化調査

ア. 農林学部との協議

本案件化調査以降、2018 年 7 月、8 月および 10 月の各調査時に、農林学部副学部長や若手教官と毎回、協議を行った。

(ア) 同学部のニーズ

- ・本大学はまだ新しく、実験施設も整っていないため、JICA による小規模実証装置と関連分析器の導入により人材育成を強く望んでいる。
- ・しかし、実証装置を入れるなら、是非、学生が実験で使え、更に教官が研究でも使えるものが望ましい。あまり大きい装置の場合には扱えない。



図 3.7 スパヌウォン大学農林学部副学部長 Vongpasith(中央)との会合(2018 年 8 月)

- ・同学部では植物油の有効利用研究には積極的であり、タイや韓国で大学院を修了した教官がいる。韓国と技術協力の交流があるが、日本とは全く交流がないためこれを契機に進展させたい。

(イ) 普及・実証・ビジネス化事業について

事業の構想、実証装置・分析装置の設置場所、費用負担、人員配置などについて具体的に協議をし、大筋の合意は得ている。MoU の締結に向けて作成中である。

(ウ) 事業後の機材の活用

事業後の機材の活用については、農林学部と協議して次のように考えている。

- ・学生の教育での活用： 実習や卒論では、これまで分析機器がなかったため、課題を科学的に実証していくことを十分に学べなかったため、分析機材は大いに役立つ。
- ・教官の研究での活用： 教官は積極的に外部の調査研究資金の獲得に動いている。特に、植物油の有効成分利用は韓国で学位を取った教官達が研究をしており、その成分分析には効果的である。
- ・ビジネスでの活用 1： 大学が BDF を製造して、県行政がこれを買って上げて県が保有する車両に使用するモデルをつくる。大学はその収入で継続的に BDF を製造できる。県は BDF 普及の主体となるとともに、世界遺産観光都市で環境に優しい交通づくりの構築の一翼を担う。
- ・ビジネスでの活用 2： 農林学部には韓国の支援で建設した食品加工センターがあり、専任教官を配置して有用植物の種子や油を商品化開発している。その成分分析ができると、商品化も信用を得て進展する。

イ. スパヌウォン大学本学との協議 (2018 年 12 月 19 日)

- ・第 1 副学長 Sianuvong 氏 (図 3.9) と面談し協議した。副学長はラオス北部で広東アブラギリ木に関わってきた経験もあり、植林とその利用 (精油、BDF 等) については、歴史的経緯や県行政、Makkau Lao 社の関わりと問題点を良く承知していた。
- ・広東アブラギリ事業 (植林、BDF) についてはラオス政府の方針にも合致しているので、政府、県、企業だけでなく、本大学も協力することを表明した。
- ・ODA (JICA 普及・実証・ビジネス化事業) を実施するには、双方の手続きが必要であること、関係する省庁への説明や、装置の設置場所、要員配置、予算措置などの必要性も良く承知しており、農林学部に対して早急に検討するように指示を出した。
- ・本提案事業で製造した製品販売の売上げを大学にフィードバックして、事業経費を賄うアイデアも提案した。



図 3.8 農林学部副学部長
Dr. Vongpasith



図 3.9 スパ大学第1副学長、Sianuvong

ウ. 教育スポーツ省高等教育総局との協議（2018年12月21日、ビエンチャン）

この協議には、Dr.Saykhong 局長（図 3.10）が出席した。この会合には遠方の LPB 市からスパ大学農林学部副学部長も出席し、農林学部の前向きな意向を局長に伝えた。局長からは、以下の4点のコメントを得た。

- (ア) 必要性： ラオスは石油の全てが輸入なので、BDF は必要である。
- (イ) 効果： 広東アブラギリ種子は農家の生計向上に繋がる。既存の植林地があり、うまくいけば植林の拡大にもなる。再生可能エネルギーとしては重要な循環型システムになる。
- (ウ) スパ大学に BDF と分析の高度な技術移転がなされる。
- (エ) 心配な点： スパ大学が要員をどれだけ配置できるか。スパ大学が予算をどこまで対応できるかであり、予算計画をたてて政府に申請しないといけない。車両の確保も結構、難しい。



図 3.10 高等教育総局長 Dr.Saykhong

エ. 関連する活動

一方、(株)すまエコの団員である前田泰昭（大阪府大）が日本の科学技術協力機構 JST のサクラサイエンス事業に採択され、同大学の学生 10 名を 2018 年 12 月に日本に招聘した。大阪府大はこれを契機に同大学と研究教育の協力関係を築こうとしており、これは本事業を推進する上で側面支援になる。

3-4 他 ODA 事業との連携可能性

連携の可能性がある ODA 事業は、以下の案件である。

表 3.8 既存の ODA 事業と本事業の関連性（JICA 調査団作成）

| ODA 事業名 | 期間 | 事業概要 | 本案件との関連性 |
|----------------------------|--------------------------|--|--|
| 1) 持続可能な森林管理と REDD プラス支援事業 | 2014.10～2020.9 技術協力事業 | 気候変動対策と森林保全を目指す REDD プラスを基軸にして、持続的な森林管理の政策策定・実施能力の強化を図るため、詳細計画策定を実施する。 | ・5回の会合を持ち意見交換し、同事業チームからは、(株)すまエコ事業に対して強い関心表明があった。 ・広東アブラギリが荒廃地の修復植林として拡大し、農民の生計向上になれば、自然林の伐採抑制にも寄与するため、農民参加の持続可能な森林経営と REDD プラス事業の側方支援になるという点で、関連性が高いからである。 |
| 2) ビエンチャンバス公社能力改善プロジェクトフェー | 2016.8～2019.8 技術協力事業 | ・公共交通の利用拡大を図るため、バスを無償供与し、バス公社運営体制の強化、運行サービス改善などで乗客数増加を目 | ・バスはディーゼルエンジンで軽油を使用する。BDFの混合軽油を使えば、バス利用拡大に伴う軽油消費量の増加の抑制と排ガス中の大気汚染原因物質の軽 |

| | | | |
|--------------------------------|---------------------|--|--|
| ズ 2 | | 指す。2019年8月で終了する。 ・2018年12月から、公共交通マスタープラン策定事業が始まっており3年間続く。ピエンチャンで主にバスを対象にしており、その中で、環境影響として燃料が1つの課題になる。 | 減で、環境にもやさしい交通機関の推進となる。 ・担当専門家と1回の会合をもち、同専門家からは次の点で、BDF燃料利用について高い関心を得た。1) 環境に優しい公共バスとして宣伝、2) 公社の燃料費削減、3) CO2の削減。 ・よって、普及・実証・ビジネス化事業の時に、バス公社に BDF 走行モニタリングの協力を提案する価値を認めてもらった。ただし、品質、費用、不具合発生時の役割、輸送など多くの条件を、(株)すまエコが準備する必要はある。 |
| 3) ルアンパバーン世界遺産の持続可能な管理保全能力向上事業 | 2018 末～3 年間 技術協力 事業 | 世界遺産指定地区の管理保全体制の強化、および県地方部の観光を通じた地域振興を推進するため、県職員の能力向上を図る。管理保全の体制、資金メカニズム、観光地開拓、工芸品や農作物の販路構築。岐阜県高山市が協力。 | (株)すまエコの事業は、既存の広東アブラギリ植林の種子を活用する製造業であるため、地産地消を実現し、持続的開発産業になる。また、その BDF が遺産指定地区の車両に使用されれば環境対策にもなる。同県が環境にやさしい観光県としてブランド化すればイメージアップに繋がる。同事業とは、まだ接触はない。 |

3-5 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策

3-5-1 制度面にかかる課題・リスク

化学薬品の取扱いが課題である。BDF を生産する時に、最初の反応器に植物油を投入する前に化学薬品のアセトンに 10%の比率で混入する。このアセトンは有機溶媒であり、日本では消防法で危険物の引火性液体に指定されており、保管には厳しい制限がある。ラオス国内法でこれらの化学薬品の使用・保管の規制を調べておく必要がある。

3-5-2 インフラ面にかかる課題・リスク

- (1) 実証機を設置する候補地は決まった。構内は新設地で広い問題はないと考えるが、薬品、周辺機器や製品を保管する場所も考慮すると、ある程度大きな空間が必要となる。
- (2) 水、電気、ガスなどユーティリティの供給能力については、概ね問題ないことを確認したが、同大学の施設管理箇所と詳細な協議は必要になる。
- (3) 製品のうち BDF は油類であり、製造場所が汚れることから、その清掃と汚れ物の処分のルールが必要になる。
- (4) BDF を燃料とした車両走行モニタリングでは、走行中に不具合が起き、最悪で事故が発生するリスクがある。日本国内では(株)すまエコが走行モニタリングの実績がある。その経験をもとに、事前の車両点検、事故時の対策などを C/P や県行政担当カ所（エネルギー鉱山部、公共事業運輸部）と十分に協議しておく。

3-5-3 C/P 体制面にかかる課題・リスク

C/P 候補機関の人員体制、予算措置およびメンテナンス体制は、いずれも重要な課題である。スパ大学は新しい国立大学であり、彼らと十分な協議が必要である。

3-6 環境社会配慮およびジェンダー配慮

本事業は環境社会配慮カテゴリーBに分類されているため、以下の環境社会配慮およびジェンダー配慮について調査を実施した。

3-6-1 環境社会配慮

(1) ラオス国の環境社会配慮の法令、制度、組織の確認

ア. 環境配慮に関連する法令、規準など。

天然資源環境省 (MONRE) の環境政策・コンプライアンス局 (DEPC) でヒアリングを行い、情報を整理した。

基本となる法的規定は次の通りである。

- ・「環境影響評価ガイドライン」(2012年)、
- ・「投資事業・活動の初期環境影響調査 (IEE) プロセスに関する天然資源環境大臣インストラクション 8029号」(2013年)、
- ・「投資事業・活動の環境社会影響評価 (ESIA) プロセスに関する天然資源環境大臣インストラクション 8030号」(2013年)。

イ. JICA 環境ガイドライン (2010年4月) との乖離及びその解消方法

・影響の緩和策とモニタリング

ガイドラインでは、事業によるリスクや影響への対応策を考える際、回避、軽減、補償・代替措置の優先順位で対応を検討するが、ラオスのガイドラインでは優先順位が明確でない。この点については、JICA ガイドラインに従って実施する。

・他の点では大きな乖離はないと考えられる。

ウ. 関係機関の役割

LPB 県天然資源環境部(DONRE)部長の説明は次の通り。事業が小中規模は県、大規模は国で対応するため、小・中規模に該当するなら当部に申請することで良い。規模については、定量的な規定はなく、当部に相談してくれば、関連部署と会議で共有する。各部署で議論して問題なければ、エネルギー・鉱山省が判断する流れになる。

(2) ラオス国法規制による実施の有無の確認

ラオスの「環境影響評価に関する首相令 112号」(2010年)では、「何らかの社会・環境影響を及ぼし得るすべての事業は、IEE もしくは EIA の実施を検討しなくてはならない。」と定められている。

ODA 事業の段階では、新たに広東アブラギリを植林しないため「農林業セクターの投資事業・活動」には該当しない。本件は「工業生産セクターの投資事業・活動」の範疇で、「化学製品生産工場」に該当すると解釈でき、この場合、事業規模に関係なく IEE または EIA を行うことを求められる可能性がある。MONRE/DEPC を訪問し、実際の環境影響評価は LPB 県の天然資源環境部 (DONRE) が実施管理するため、そこで聞くように助言を受けた。LPB 県の DONRE を訪問し部長から以下の助言を受けた。

ア. 業種が化学製造や燃料製造においては、小規模でも環境影響評価は必要である。

政府のガイドラインでもそうになっている。廃棄物処理が関係するのではないか。

イ. IEE か EIA については、廃棄物の種類や発生量、処理方法によって判断することになる。事業内容を検討して、精査することになる。

上記より、普及・実証・ビジネス化事業を行う場合は、IEE または EIA を実施するこ

とになる。

(3) 重要な環境社会影響項目の調査の実施

実施する事項は以下の通り。

ア. 予測・評価

重要な環境影響項目の予測・評価を行った。

(ア) 簡易な現地調査と情報収集

BDF 実証装置の予定地（野外）と分析装置を設置予定の実験室を調査した。

・BDF 実証装置の予定地は、前述 3-2-4 の(4)に記載した資材倉庫で、その位置図と周辺環境については地図化して、資料 3.1 に添付した。

周辺は果樹試験地、放牧試験地など農林学部の圃場がある所である。大学構内なので周辺に民家はない。排水は排水溝から小川に入り、最終的にはメコン川に放水される。

(イ) 負の影響が想定される項目

環境社会のリスクとして、以下のことが考えられた。

・廃水の施設と管理： スパーヌウォン大学構内に廃水処理設備は、現状としては無い。構内の用水路（図 3.11）一般排水に混じることで希釈して排出され、河川に流れ込んでいる。

・薬品の管理： 薬品類は、各実験室内において保管している。有機溶媒を保管するための保管庫のような施設はない。

・ガス類の管理： 各種のガスのボンベ類は使用していない。ボンベ類としては、炊事用のプロパンガスのみである。したがって、分析機器に供給するための実験室内外のガス配管は設けられていない。

・また、それぞれの室内の広さ、換気扇・室内扇、実験用給排水設備、電源などについて点検した。

(ウ) 予測・評価の結果

以下の項目については、環境社会チェックリストに記載した。

- ・緩和策の作成
- ・モニタリング計画案の作成
- ・実施体制案

(4) 環境社会チェックリストの作成

ODA 事業の段階では、広東アブラギリの新規植林はないため「林業セクター」のチェックリストは該当しない。本件は、化学製品の製造事業であるため、「鉱工業に関わるチェックリスト」に該当する。

当該チェックリストを作成したので、資料 3.2 に添付した。想定される主な環境リスクは、以下の通りと考える。



図 3.11 構内の用水路

- ア. 2. 汚染対策／(2)水質、(3)廃棄物
- イ. 3. 自然環境／(2)生態系／(d)プロジェクトによる水利用
- ウ. 4. 社会環境／(6)労働環境

なお、次の事項は本調査では実施していない。ア. ベースとなる環境社会の状況確認、イ. スコーピング、およびウ. ステークホルダーとの協議。

3-6-2 ジェンダー配慮

(1) 目的

森林・自然環境資源の保全において、ジェンダーにより自然資源への関わり方が異なるという視点において、本件に男女双方が参加し片方が不利な状況に置かれるかを予測・評価する。本 ODA 事業では直接に植林地の管理に関与するわけではないが、製品の原料調達という点で間接的には関わる。

(2) 調査事項

広東アブラギリ植林地は個別に農家が所有し管理していると、現時点では考えられる。この植林地の利用活動には、植林地の育成・維持の活動および種子の収集活動がある。

ア. この利用活動において、具体的な作業をヒアリングする。

イ. 農家の生活実態をヒアリングする。

ウ. その中で、男女双方が参加し片方が不利な状況に置かれるような状況が発生しているかを分析する。

10月の農家ヒアリング調査時に併せて、同調査も実施した。植林地の育成・維持に労力はかけておらず、種子の収集は男女を問わず手の空いている者が行っている。また、果実の外皮剥きは、家庭にて主に祖父母が行っている。以上のことから、本件では男女の片方が不利な状況に置かれることはないと評価する。

3-7 ODA を通じて期待される効果

3-7-1 ODA とビジネス展開の関連

(株)すまエコのビジネス展開において、ODA の支援が必要なことを図 3.12 にまとめた。

3-7-2 期待される効果

- (1) BDF の実証装置は、バッチ式反応槽容量が 100ℓ 程度で 1 回に最大 95 ℓ の BDF を生産。試験生産を 1 日 1 回、年 50 日として年 4,750 ℓ の BDF 生産が可能である。これにより高品質で高効率な BDF 製造技術の基盤ができる。
- (2) 車両走行モニタリングによって BDF の安全性が実践的に証明され、BDF が車両燃料として LPB 県で普及され、ラオスで地産地消のバイオ燃料モデルになる。これはラオスの再生可能エネルギー戦略（2011 年）において、軽油代替としての BDF 普及拡大の有望なモデルになる。
- (3) 既に植林されている広東アブラギリが、経済的に有効活用がされる目処が立てば、農家にとってインセンティブがある樹種として、修復植林の経済的な有用樹種の 1 つになる。これはラオス政府の森林戦略 2020（2005 年）の推進に役立つ。
- (4) スパースウォン大学は品質分析や BDF 製造技術指導、種子の多面的利用に関わること

で大学の施設の拡充、人材の育成が図られ、地域・国の課題解決に関わり、「大学の戦略開発計画」の実現に繋がる。

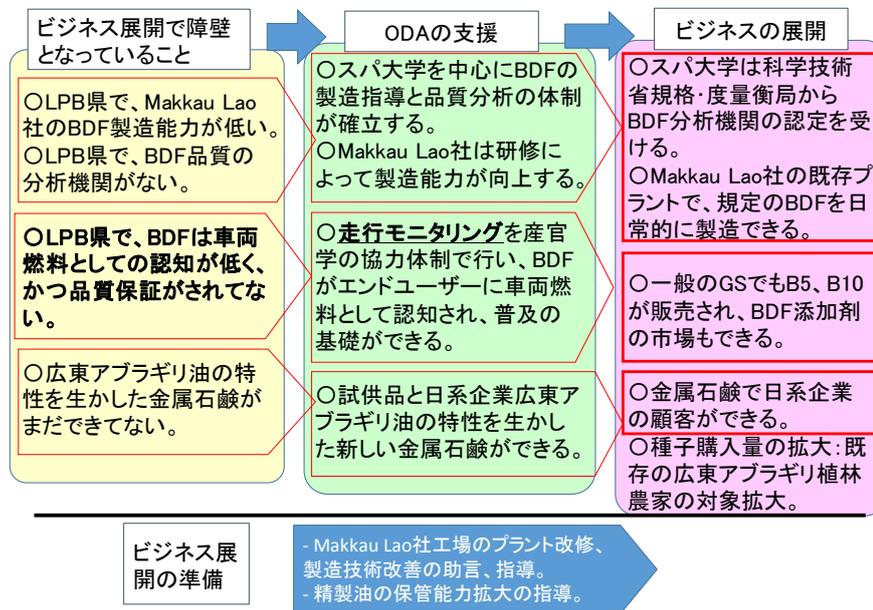


図 3.12 ビジネス展開における ODA 事業の必要性 (JICA 調査団作成)

第 4 章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画の概要

ビジネス構想の概要を図 4.1 に示す。(株)すまエコは、ルアンパバーン市に Makkau Lao 社との合弁会社を設立し、Makkau Lao 社の製造設備を活用して各種製品を生産し販売する計画である。(株)すまエコは製造と販売の一部について担当する。

製造した BDF は Makkau Lao 社のガソリンスタンドで国内販売し、金属石鹸はラオス国内では現状では市場がないことから、当面は広東アブラギリ油の特性を生かして特殊金属石鹸として日本で販売する。

ビジネスのロードマップは、図 4.2 の工程で行う。

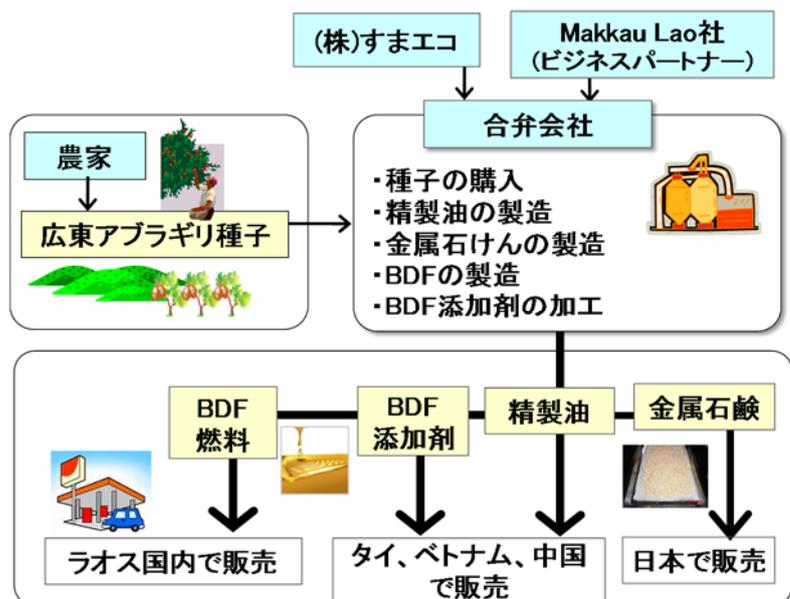


図 4.1 想定する LPB 県での商業事業の概念図 (JICA 調査団作成)

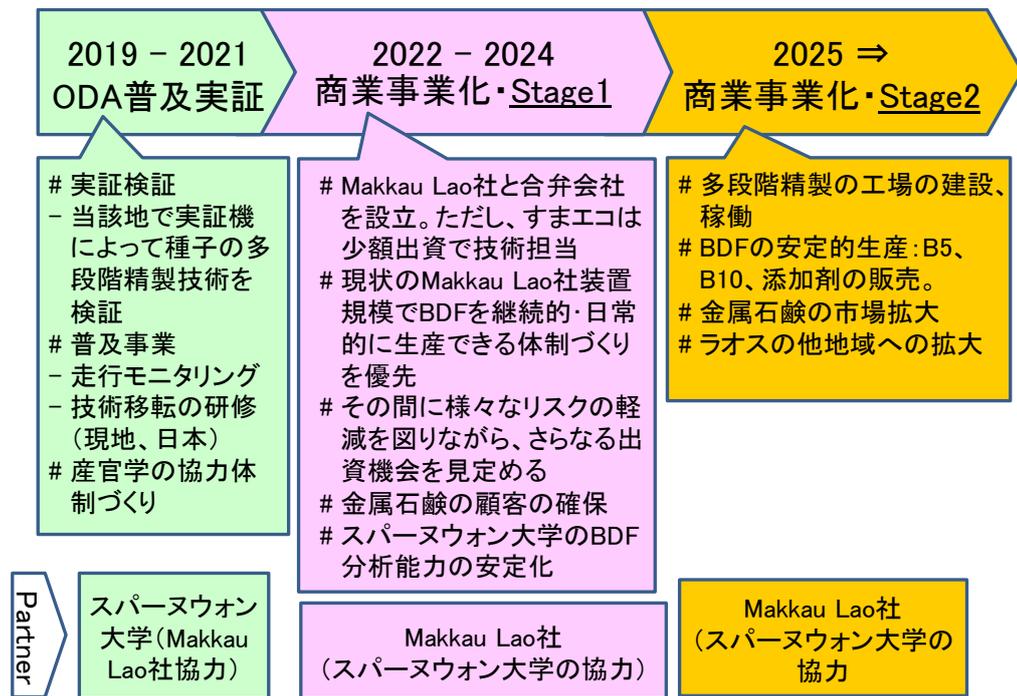


図 4.2 ビジネス展開のロードマップ (JICA 調査団作成)

4-2 市場分析

(株)すまエコの製品が国内外で販売実績が少ない理由は、以下の市場状況があるためである。これが「途上国発イノベーション」としての応募のきっかけとなった。

4-2-1 金属石鹼

(1) 金属石鹼市場の障壁

(株)すまエコは当初、金属石鹼市場について次のように認識していた。

日本の市場は大きいですが、大企業の安価な大量生産品が主流であり、かつ、大企業が顧客と密接なつながりを築いているため、参入障壁が高い。

一方で、工業化が進みつつある途上国の市場は、樹脂の成型加工業の日本からの移転などで拡大傾向にある。それでも、まだ市場規模が小さいため、大企業の参入は困難であり、(株)すまエコのような中小企業が参入できる可能性が高いため、ラオス隣国で工業化が進みつつあるベトナムで販売することを計画していた。

しかし、実際に市場調査を行うと、以下のように新たな状況がわかり、販売戦略の見直しをすることにした。

(2) 市場の開拓

ア. ベトナムでの市場調査

ベトナムの金属石鹼の市場規模は、約6千tと推定され、今後拡大傾向にある。ベトナムのハノイを訪問し、民間企業3社と政府系研究所にヒアリングを実施し、以下の知見を得た。

ベトナムでは金属石鹼の用途はポリ塩化ビニルの製造が多く、Pb（鉛）石鹼が主流であり、価格が非常に安く仕入れ値で 1.25～1.50 USD/kg である。今後は有害な鉛の使用規制が広がるため、Ca/Zn（カルシウム/亜鉛）石鹼、Sn（錫）硫黄化合物などに転換が徐々に進むと思われるが年数はかかる。ベトナムにおいて Pb 石鹼から Ca/Zn への移行が遅れている原因は、以下の通りである。

（ア）価格が高い。Ca/Zn 石鹼は 2 USD/kg、Sn 硫黄化合物石鹼は 6 USD/kg。ベトナムでは品質より価格が最も重視されている。

（イ）ポリ塩化ビニルの種類や製品によって、添加量が変わってしまう。

（ウ）Pb 系の方が安価だけでなく、添加量も少なく済む。

（エ）ポリ塩化ビニルに関係する日本の企業に判断して貰わないと、現地企業は販売が難しい。

調査内容の詳細は、資料 4.1 に添付する。

（株）すまエコは、ベトナムで環境に有害な Pb を使用した金属石鹼を販売するつもりはなく、日本市場よりも厳しい低価格競争と、新しい性質の金属石鹼を取り入れるほど生産現場が成熟していないため、すぐに市場に参入するのは困難なことが分かってきた。

イ. 高度で特殊な市場の開拓

ベトナム市場調査を受けて、日本国内で広東アブラギリ油を用いた金属石鹼の試供品に関心をもつ顧客の開拓を試みた。対象者は、国内の金属石鹼メーカーまたは取り扱い業者で、3 社に 10 月末に電話にてヒアリングを行った。その結果、日本国内で市場を見つける場合は、機能性金属石鹼として、付加価値があつて他には類がない製品とすべきとの助言が多かった。従つて、湿式法が良いか、脂肪酸から乾式法で作るのが良いかは、性状や物理特性に合わせて合成法を検討する必要があり、技術開発要素が具体的になってきたといえる。詳細は、資料 4.2 として添付した。

今回の調査で、金属石鹼市場に参入するには、広東アブラギリ油成分の特性を活かす付加価値のついた技術開発を急ぎ進める必要があり、その具体的なニーズが見えてきた。ベトナムに工場をもつ日本企業本社にはまだ接触できていないため、（株）すまエコは上記の視点で試供品を早急に作製し、対象の顧客にアプローチする方向ですでに進めている。

ウ. 金属石鹼市場の特殊性

金属石鹼の価格が数百円～2,000 円/kg と比較的高いのは、最終製品の機能・用途によって必要とされる金属石鹼の品質・機能が異なり特殊化しているからである。従つて、新規の顧客を開拓するには次の手順が必要である。

（ア）（株）すまエコで広東アブラギリ種子油の特性を活かした試供品を作製する。

（イ）試供品を顧客に無償で提供し、性能試験と評価をしてもらう。

（ウ）試供品に関心をもつ顧客について、現地工場で金属石鹼が使用される工程、量を確認する。

一般に、海外の日系企業工場は、生産仕様に関わることは日本本社の指示で動くため、まずは日本本社に対して、上記（ア）と（イ）の手順を踏み、ベトナム工場（ウ）を行うことで進めている。

4-2-2 BDF

日本では、産廃処理事業として廃食用油から BDF 製造が行われているが、これ以外の原料由来の BDF については採算が合わないことで、市場がほぼ存在しない。ラオスでは、同国の政策により、国産資源を原料とする BDF の市場が存在することから、BDF は同国内で販売することを計画している。具体的には、B5 燃料を、商業パートナー候補の Makkau Lao 社が運営するガソリンスタンドで販売する。

ラオスの BDF の市場規模は、最大で約 27 千 t と推定している。同国の軽油消費量は増加傾向にあることから、他の石油販売会社にも BDF の供給を展開する計画である。

(1) 石油輸入販売会社のライセンス（商工省輸出入局）

ア. 石油製品（ガソリン、軽油など）輸入販売する企業には、3 種類のライセンスがある。ライセンス 1 は石油製品輸入の一般的な商業許可。ライセンス 2 は工業団地に特化して販売する会社。ライセンス 3 は BDF 燃料を製造し混合軽油を販売することを条件にした石油製品の輸入・販売会社。

イ. ライセンス 1 には 26 社、ライセンス 2 の輸入販売会社が 1 社、ライセンス 3 の輸入販売会社が 2 社ある。メジャーはライセンス 1 の上位 6 社であり、そのうち、大手 2 社はラオス石油公社とタイ資本の民間企業ペトロタイトレード (PTT) の 2 社である。また、ライセンス 3 の 2 社には、当方のパートナー候補の Makkau Lao 社と、タイ資本のパームオイル会社が入っている。

ウ. ラオス国政府は、26 社は過当競争になるため、元売り会社を 6 社に絞る計画である。

(2) 石油の流通量（商工省国内取引局）

2017 年の全国の石油取り扱い量などを添付資料 4.3a の表 4.1 に示す。石油取り扱い量は 1,075,132 kℓ で、うちガソリンスタンドに卸される量は 844,900 kℓ。ガソリンスタンドでは 3 種類の石油製品が販売されるが、うちディーゼルは 72.5% と非常に高い割合である。添付資料 4.3b の表 4.2 にガソリンスタンド数を示す。全国に 1,718 軒あり、うちルアンパバーン県には 88 軒で全国 17 県中の第 7 番目である。

(3) 車両数（公共事業運輸省交通局）

車両登録数の全国数を添付資料 4.3c の表 4.3 に示す。全国の 4 輪車（軽自動車とトラック）の合計は 465,776 台あり、うちディーゼル燃料を主に使うピックアップトラック、ジープ、貨物トラック、乗用トラック（バス）の計は 342,051 台になり、4 輪車の 73.4% を占め、高い割合である。車両台数ではルアンパバーン県は全国 4 番目と多い。

添付資料 4.3d の表 4.4 にルアンパバーン県の車両台数を示す。同様に、ディーゼル燃料の使用が多い 4 車種の計は 13,153 台で 4 輪車の 78.0% を占める。

以上から、ルアンパバーン県、さらに全国でみても車両におけるディーゼル燃料の需要が高い。

(4) ガソリンスタンド経営のニーズと課題

LPB 市の次の 3 店舗（図 4.3）にヒアリングを行った、各系列会社—ラオスペトロ社、ペトロベトナム社、およびタイペトロトレード社。店主から以下の回答があった。

・月販売量は 40 千～200 千ℓ（うち 70～80%がディーゼル油）。

・2 年前から大型車両（トラック、バス等）はルアンパバーン市内への乗入れが禁止となったため、それらが市内の既存ガソリンスタンドに立ち寄りなくなりディーゼル販売量は減少した。

・近年、ガソリンスタンドの店舗数が増えて過当競争となり、販売量は停滞。従って政府が店舗数に規制をかけ、新規店舗は既存店と 1km 離す条件になった。

・価格は政府が県ごとに決める制度に変わり、毎月、政府から価格の通達がある。よって店舗毎の価格競争は無く、価格差をつけるメリットがなくなった。

・「BDF は知っているか？」の問いに、Makkau Lao 社が BDF を作っていることは知っているが、いずれの店舗も親会社から BDF を利用する指示はない。BDF というのは車両のような高速エンジンには使えず、農機具とポンプのエンジンにのみ使用が可能であると聞いている。

・売上げの高い店舗の特徴： 取り扱う燃料製品が高品質であることと、ミニマート、カフェ、車両点検ガレージ、ATM 等を併設し多角経営を行っている。（タイペトロレード社）

上記のことから、近年でガソリンスタンドの状況が様変わりし、過当競争を低減するために政府が規制を導入したため、石油製品を販売するだけでは儲けに繋がりにくい業種になっていると推測される。また BDF の認知はまだまだ低く、正確な BDF の機能と効用を店舗や消費者（車所有者）に知ってもらうことが、BDF 普及にとっては非常に重要なことと認識された。

4-2-3 BDF 凝固点降下剤

パームオイル BDF が低温で固体化するのはおよそ気温 20℃であるから、最低気温が 20℃を下る地域は、パームオイル BDF に凝固点降下剤を混合することは必須になると考えている。

現地の LPB 市では、最低気温が 20℃以下の時期は乾期の 11 月～3 月で 5 ヶ月間あり、12 月～1 月には 14℃まで下がる。同様に乾期に最低気温が 20℃以下になる東南・南アジアの主要都市には、ベトナムのハノイ市、タイのチェンマイ市、インドのニューデリー市、コルカタ市など多々ある。また、LPB に近い中国の中核地方都市の昆明市では、一年を通して最低気温が 20℃を下回る。

アジア地域での BDF 原料はオイルパーム油や廃食油が主流であるため、冷涼な季節性がある地域では広東アブラギリ BDF の添加剤製品化の市場性は小さくはないと考えている。

4-2-4 農家のインセンティブ

(1) 農家ヒアリング



図 4.3 LPB 市のタイペトロレードの GS

農家ヒアリングを2村で実施した。場所はルアンパバーン市から南に10 kmほど下ったセンゴン郡のホアイヒア村とキュンヤ村であり、それぞれ村民5人ずつの計10名である。同調査にあたっては、県の農林部計画協力課とセンゴン郡農林事務所の協力を得て行った。

ヒアリング対象者は広東アブラギリ植林を行っている農民である(図4.4)。大半の農民は陸稲やトウモロコシを自家消費用に栽培しており、全員が2010年以降に、県やMakkau Lao社の普及に従って広東アブラギリ植林を始めた。

植栽面積は0.5~1.0 ha、本数は400本/haであり、植栽後3~4年目で結実し種子収穫が可能。種子収穫量は500~1,000 kg/haとばらついており、土地条件によって収穫量が異なるようである。



図4.4 農家で集めた広東アブラギリの種子(2018年9月)

(2) 収入のインセンティブの可能性

2017年の種子買い取り価格が2,000LAK/kg(=0.23USD/kg)であったから、年1~2百万LAK(=120~240USD)の収入になる。農家の年収は、自己申告で2.5~10百万LAK(=290~1,200USD)のようであったから、広東アブラギリ種子の収入は小さくないようであった。しかし、ホアイヒア村長の情報では、同村の124世帯のうち、30世帯が植林農家であったが、現在は10世帯に減少し、サチャインチ(油糧植物)に転作している。サチャインチの方が、単位面積当たりの買い取り価格が高いらしい。

農家ヒアリング調査内容の詳細は、資料4.4に添付した。

4-2-5 競合他社

韓国系企業がBDFの実証試験を行ったとの情報を得ている(本文1-4(2))が、それ以外に外資系やラオス資本の会社がBDF製造を行っている情報はない。

現地でタイ資本系のオイルパーム会社がBDFを製造し、すでにB5にして使用しているとの情報を得たため、当該企業の許可を得てヒアリング調査を行った。対象はLao Agro Tech社であり、以下の知見を得た。

会社は2008年に設立した。農場面積は現在1,600 haで、BDF製造のきっかけは、ラオス政府からBDF政策が発表されたため、2012年にBDF工場を立ち上げた。製造ライセンスをエネルギー鉱山省から、販売ライセンスを商工省から取得している。BDFは自社でB5に混合して販売している。B5の製造量は700,000 l/月である。B5はダム建設工事などの工事会社が買いに来るが、配達はしない。価格はディーゼルの市場価格から300 LAK(0.04USD)安い価格(1lあたり)で販売している。

同国ではBDF市場はまだまだ形成されていないことから、同社とは競合というよりも協力してラオス政府に働きかけ、規格の構築や市場の拡大につなげる方が有効であると考えられ、その旨の意見交換も行ってきた。調査内容の詳細は、別添の資料4.5に示した。

4-3 バリューチェーン

本事業で生産する製品は、金属石鹸、バイオディーゼル燃料（BDF）および BDF 添加剤である。この事業活動を機能ごとに分類すると、種子の安定的供給（調達）、2つの製品の安定的製造（製造）および製品の国内外への円滑な流通・販売（販売）である。現段階で考えるこのバリューチェーンを示すと図 4.5 の通りである。

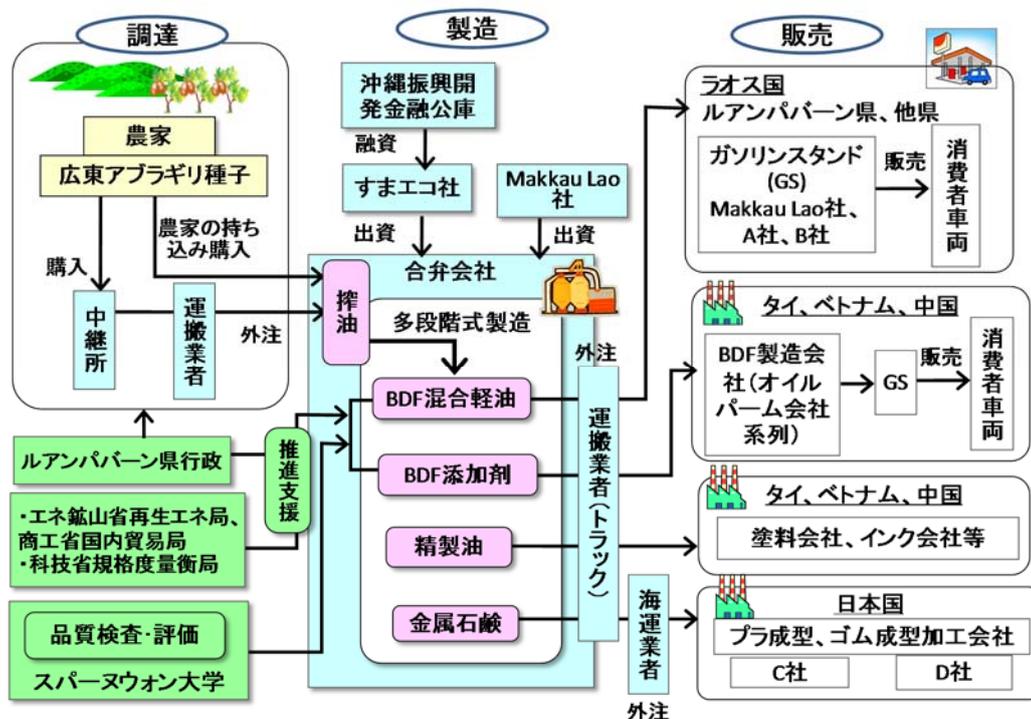


図 4.5 バリューチェーン(JICA 調査団作成)

4-3-1 広東アブラギリ種子の安定的供給

安定した製品の製造が可能となったとして、その後最もネックになるのは、安定的な種子の供給である。現地関係者の事前のヒアリングでは、以下の情報を得ている。

- ア. 県下で 1980 年代から植林され、6,000~7,000 ha あるといわれる。
- イ. 農家が植林と維持管理している。
- ウ. 農家が種子の収穫は行い、民間業者に持ち込むか、業者が収集する。

今後、製品の製造目標や経営規模の拡大を考える上で、現状の植林地の面積、分布や管理実態、農家にとってのインセンティブに関して、具体的な情報を得ることは必須である。

その上で、農家が収穫した種子の安定的な回収システムについても、コスト低減の観点から検討する。

(1) 植林経緯の実情

まず、上記植林面積の 6,000~7,000 ha の根拠を LPB 県農林部で確認した。資料 4.6a は LPB 県農林部で入手した 2009~2012 年の広東アブラギリ植林実績表である。全県で 7,421 ha、苗木数 2 百万本、参加した農家は 8,012 軒にも及んでいる。最も多いのは、LPB 郡の南隣のシアングエン郡と東隣のポーンサイ郡である。この数値の正確さを確認することはできないが、LPB 県の複数の部局でヒアリングした結果、当時、県が 2010

～15年の地域振興の5カ年計画の1つとして公的に大々的に推進したようである。例えば、県農林部の幹部が2015年にあるセミナーで発表した農林業開発政策では（資料4.6b）、チークやゴムノキの植林と同じく、工芸作物として広東アブラギリ植林を推進するためのモデル地域の設定や住民へのインセンティブ形成など細かく提起していたことからわかる。

資料4.6b中の表から、農家1軒あたりの植林面積は0.93haであり、農家が植林の担い手となって小規模栽培である。植林に当たっては、Makkau Lao社が収穫された種子を2,000 LAK/kg (= 0.23USD/kg) で購入する植林契約を締結していた。

問題は、Makkau Lao社が種子の買い取りを十分にしなかったため、不満を募らせている農民が出ており、植林地への転作や、休止している農家の増加が発生していることである。

現状では、種子の買い取りはMakkau Lao社のみであるため、同社の工場長にヒアリングした結果、現状では、種子を集められる所からしか集めていないとの回答である。理由として以下を列挙した。

- ア. 稲の収穫期が10～11月で重なり、農家の労働力が種子回収に割けない。
- イ. 種子の買い取り価格が変動する。昨年はMakkau Lao社が中国に売る価格は4,500LAK/kg (0.53USD/kg) で、農民からの買い取り価格が2,400LAK/kg (0.28USD/kg)。
- ウ. 中国の注文が年によって変わり、不明確である。
- エ. また、2017年には種子500tを農家から収集した。50%は中国に販売し、残り50%はBDF製造に供給した。

LPB県行政はこの事情を深く憂慮しており、また植林事業に深く関与してきたためこれを打開し地域振興に繋げるために、日本の会社が少しでも関わるなら大いに支援、協力することを表明していた。（商工部部長、前副知事）

（2）植林地の実情

広東アブラギリ植林地の分布の実情を把握するために、以下のような植林地調査を行なった。

- ア. 2カ所の植林地を選定し（図4.6）、当該地および周辺の簡易な植生調査を実施。
- イ. 当該2カ所及び周辺地の上空で無人航空機ドローン（DHI社製 Phantom4-Pro）を飛行し空撮を実施し、樹冠の特性と周辺植生との識別を行った。ドローンは日本から持ち込むにあたっては、ラオス国政府の輸入許可及び飛行撮影許可を正式に取得してある。
- ウ. 当該2カ所を含む10km四方（10千ha）の人工衛星画像を入手し、広東アブラギリ樹種及び他の植生（他の樹木、田畑地など）との分光特性（太陽光の異なる吸収波長）の違いを抽出する。最終的に10km四方の面積内において、同植林地の分布を特定する。この人工衛星はWorldView-2で、画像解像度は2m、観測年は2013年10月9日である。

上記のア. とイ. によって、以下のことが分かった。

ドローンの空撮画像を図4.7に示す。

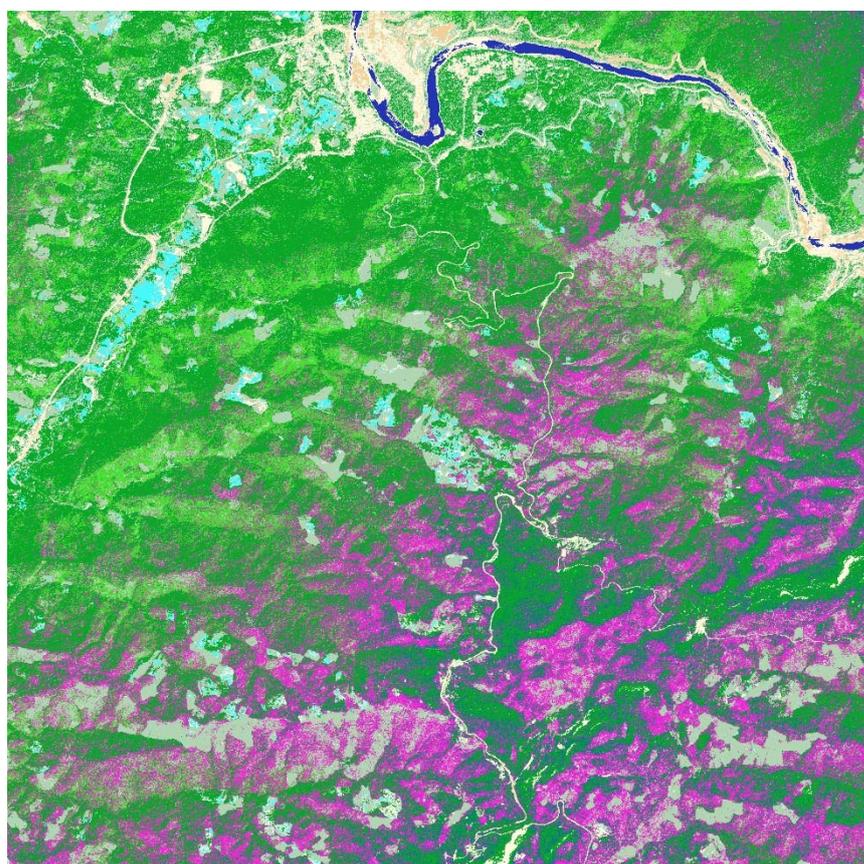


図 4.6 2カ所の植林地と無人航空機の観測域 (JICA 調査団作成)



図 4.7 村2における鉛直画像と植生調査結果(高度 200m) (赤:アブラギリ、青:その他) JICA 調査団作成

- (ア) 植林地は面積の大半が 1~2 ha である。これは農家ヒアリングで農民から聴取した面積とほぼ同じである。農民にとっては田畑や樹林（植林地、果樹園）は重要な財産であることから、農民は現地の度量衡単位 1 Rai (= 4 Ngane = 1,600 m²) でかなり正確に面積を把握していることを裏付けていた。
- (イ) 植林地は農家や林道に近い場所が多いが、林道や山道（バイクで入れる）から徒歩 30 分程度の遠方にも散在する。植林地で収集した種子は複数の土嚢袋に詰め（約 30 kg/袋）、林地で保管し、後日、バイクを停めた林道まで背負って運ぶ。よって、土嚢袋を背負って来れる程度の距離に植林地はある。
- (ウ) 植林地には他の天然樹種も混合しているのが普通である。広東アブラギリの葉形は独特であるが、乾期には落葉に向けて葉色が変化し、同じ広東アブラギリでも樹木個体によって葉色が全く異なるため、ドローン空撮によっても他樹種と識別が困難な場合もある。



| | | | |
|-------|---------|------|----------|
| ■ 水域 | ■ 裸地、道路 | ■ 森林 | ■ アブラギリ |
| ■ チーク | ■ 灌木林 | ■ 水田 | ■ 草地、耕作地 |
| | | | ■ 未分類 |

図 4.8 画像分類の結果（JICA 調査団作成）

次に、植林地 2 カ所で、ドローン空撮によって植林地範囲を特定し、それらを衛星画像と照合してその分光特性を抽出し、最終的に 10 km 四方面積（10 千 ha）内の広

東アブラギリ林の分布を推定した。赤紫色が広東アブラギリ植林地を示す（図 4.8）。この分布からすると相当な面積を占めていることになるが、この分布は不確定な要素をかなり含んでおり、現状ではこの分布を同樹種と特定するには、まだ無理がある。何よりも衛星画像が 2013 年であり、その年であると LPB 県が大々的に広東アブラギリ植林を開始した直後であるから、当時はまだ幼齢林であった可能性が高い。

いずれにしても、今回の手法で広東アブラギリ林の特性に合わせて調査方法を改善する方策は分かってきたので、今後改良していけば、広い面積範囲での分布を推定することは可能と考える。

詳細は添付資料 4.7 に記載した。

4-3-2 安定的な BDF 製造と金属石鹼製造

(1) BDF の製造

本案件化調査で 3 回の BDF 製造研修を行った。1 回目は大学の実験室で、2 回目と 3 回目は Makkau Lao 社の小規模製造装置を利用した研修である。研修に参加したスパ大学教官や Makkau Lao 社技術者からは、研修については好評であったが、ビジネス展開するにおいては、以下の問題点が認識できた。

- ア. 大学ではこれまで BDF を作製した経験がないため、類似分野を専攻する教官でも自立して BDF 作製を行うことはまだ容易でない。
- イ. 大学に油脂（または BDF）組成を分析する液体（またはガス）クロマトグラフがなく、他の公的機関には試験部署がない。同市で唯一の BDF 製造機関である Makkau Lao 社が技術改善をしても、製造した BDF を適時、品質検査することができない。
- ウ. Makkau Lao 社の BDF 製造装置でも、一定品質を保った BDF を製造できることは確認したが、BDF の収率（当初の油量に対して生産できた BDF 量の比率）が極めて低く、生産効率が低い、つまり経済性が非常に悪い。この原因が個々の装置の構造や、システムの仕組みに問題があることは具体的に把握した。その対処療法は助言したが、同社の経営者と技術者が、BDF 作製の基本的な理論と技術工程を理解していないため、助言が十分に活かされない可能性がある。
- エ. 一方で上記ウ.に関しては、現状の Makkau Lao 社の製造装置を改修することで、少なくとも当面の数年間には BDF 製造が可能である。よって、(株)すまエコは初期投資を極力抑えて、まずは現状の同社の装置規模（反応槽 200～500 ℓ）で BDF を継続的・日常的に生産できる体制づくりを優先し、その間に様々なリスクの軽減を図りながら、さらなる出資機会を見定めるという方策が妥当ではないかと考えている。

(2) 金属石鹼

まだ技術開発要素が残っている。ベトナム調査では金属石鹼の市場は小さくないが、有害ではあるものの安価な Pb（鉛）石鹼が主流であり、低価格競争になっていることから、従来の金属石鹼製造では市場への参入障壁が高い。一方、本邦での企業は、広東アブラギリ油成分の特性を活かす付加価値の高い金属石鹼にはニーズが高い。よって、当

面は、機能の異なる種々の試供品を作製し、顧客との対話を通じて、早急かつ継続的に製品開発に取り組むことになる。

4-3-3 製造における薬品類、ユーティリティの安定的供給

共溶媒法 BDF では有機溶媒アセトン、メタノールを大量に使用し、金属石鹼では Ca、Ba、Zn などの金属水酸化物を添加する。ビエンチャンで営業する化学薬品の取り扱い企業にヒアリングした。全てがタイ国や欧州からの輸入品であり、入荷に問題はない。

また、LPB 市まで運送することも問題ないことを確認した。

4-3-4 製品の円滑な流通・販売

(1) BDF

また、ガソリンスタンドや BDF 製造をする他社のヒアリング調査で、以下の点が認識できた。

ア. BDF の知名度が低く、BDF を販売するべきガソリンスタンドやエンドユーザーの消費者が品質に不安をもっており、車両燃料として彼らにまだ全く理解されていない。

イ. BDF 製造会社は、ビエンチャン近郊のオイルパーム会社のみである。原料が異なるため競合することはない、逆に、協力して政府に BDF 規格の作成や減税、免税、補助金など優遇策の創設を要求していくことも考えられる。

(2) 金属石鹼、BDF 添加剤

BDF 添加剤は LPB 市で製造して隣国ベトナムやタイに輸出を想定している。そこからベトナム、タイの該当する市まで効率的に運送する手段、ルートを策定する必要がある。ラオスは内陸国であるため運送の基本は陸路になる。

LPB 市には長距離のトラック運送会社 1 社と定期バスがある。積み荷量が多い場合はトラック運送会社であるが、少ない場合は定期バスに載せる方が経済的である。隣国ベトナムとタイへの陸路輸送ルートの概略を資料 4.8 として添付した。

4-4 進出形態とパートナー候補

本案件化調査において、BDF 研修や市場調査、バリューチェーン調査によって、本ビジネス事業に関わる課題が具体的に見えてきた。

(1) ネガティブな要因： 種子価格の高さ、植林農家の減少、Makkau Lao 社方針の曖昧さ、石油販売業の魅力の減少、金属石鹼の製品化には時間がかかる。

(2) ポジティブな要因： それでも植林地はまだある、県庁の期待は高い、曲がりなりにも Makkau Lao 社の製造装置がある、国の BDF 政策は明確。特殊な金属石鹼のニーズと特性は十分ある。

ここにビジネスの道筋を切り拓くために、(株)すまエコは以下の進出方針を検討している。

(1) まずは、Makkau Lao 社で普通の品質の BDF 製造が、継続してできる体制をつくりあげる。現状では、広東アブラギリ種子の収集には Makkau Lao 社を利用するのが一番である。

(2) その場合、(株)すまエコのビジネス事業への関与の仕方は、当面は、少額出資で技術面を中心として担い、事業の進展を見てから本格的な出資と事業拡大を判断する。

(3) 付加価値の高い金属石鹼の製品化までは、次の売上げ拡大をしながら事業参画を維持

する。

ア. BDF を製造し販売する。(Makkau Lao 社の課題については、4-4-3を参照)

イ. 広東アブラギリ油の BDF を他の BDF の添加剤製品として販売する。

ウ. 広東アブラギリ油の精製油を販売する。

4-4-1 実施体制

実施体制は図 4.1 に示す通りである。(株)すまエコは、Makkau Lao 社との合弁会社の設立を想定しており、製造設備を保有して各種製品を生産し販売する。合弁会社における Makkau Lao 社の役割は次を想定している。

- (1) 会社事務所、製造工場の用地取得の交渉
- (2) 製造業、製品の輸出など業務形態に関わる、ラオス国での業務ライセンスの取得手続き
- (3) 業務形態の許認可の官庁との交渉手続き
- (4) 広東アブラギリ種子の価格交渉、収集業務
- (5) BDF 混合軽油の販売に関わる価格交渉、営業

4-4-2 事業候補地

Makkau Lao 社は現在、LPB 市街の郊外に小規模な BDF 製造所を持っている。当面のビジネスでは当該地をそのまま改修して利用する方向である。

4-4-3 交渉経緯

2016年6月及び2017年1月、3月および8月の計4回、ラオス国 LPB 県を訪問し現場視察および同県知事や Makkau Lao 社の会長、社長との面談を実施した。Makkau Lao 社は基本的には(株)すまエコとの提携に前向きであるが、契約条件についてはまだこれからの交渉になる。

パートナー候補の Makkau Lao 社の石油輸入業の継続 (B5 製造事業) には、いくつかの問題があり、その解決のため当方と協議している。

同社は B5 製造を条件に2年間の石油輸入ライセンスを取得していたが、BDF 製造がうまくできないことから、今年2018年6月にライセンス更新を保留にされている。従って、BDF を製造することで石油製品を輸入販売し利益をあげ、併せて広東アブラギリ植林の地域振興にも貢献するというビジネスモデルが行き詰まっている。

これを打開するには、かれらの製造装置で BDF を正常に生産できることが、その一歩になる。かれらの問題は、非常に「初歩的な」技術の理解の誤りであった。

今回の BDF 製造研修で、彼らの装置で通常品質の BDF 製造が可能ながわかり、継続的な BDF 生産への意欲が回復しつつある。ただし、中央省庁や県庁から求められている BDF 品質の保証が必要である。そのためには、日常的な品質の分析が必須である。

4-5 収支計画

4-5-1 収支予測

ベースとなる BDF 製造については、ガソリンステーションで B5 (軽油に 5%BDF の混合燃料) として販売することが基本である。それに関連する製品として、乾性油、BDF 添加剤 (凝固点降下用) および金属石鹼になる。

したがって、B5 販売の収支を予測し、それに他の関連製品を加えた時の収支を予測することとした。

まず、マテリアルフローと収支計算の前提条件を示す。

(1) マテリアルフローと前提条件

マテリアルフローを表 4.1 に示す。種子収量を 1t/ha、うち油含量を 30%とする。

非公開

収支の前提条件は次の表 4.2 の通りである。

非公開

非公開

(2) 収支予測

まず、BDFの生産のみを行い、ガソリンステーションでB5燃料として販売する場合の5年間収支を表4.3に示す。これがベースとなる。

非公開

非公開

当初の計画では、上記の BDF 製造においては、当地の広東アブラギリ種子の買い取り価格がやや高いため、その収益性が低いと予想したので、BDF 製造工程において、収益性の高い金属石鹼の生産を行う工程を付加した。しかし、本案件化調査で金属石鹼の販売先の確保に時間がかかることから、種子油の付加価値の高い利用を図りながら、当面の売上を確保するために、次の関連製品を加えることとした。

その5年間の事業収支予測を表4.4に示す。

- ・粗油の精製油（乾性油）としての販売
- ・BDF の凝固点改善用添加剤としての販売

非公開

非公開

生産ラインは集約型としているが、植林地が分散している場合は、種子の収集・輸送を考えると工場を分散型とする案もある。集約型と分散型のどちらが優れているかの検討には至っていない。今後の検討課題である。

4-5-2 初期投資、投資計画

非公開

4-5-3 事業化スケジュール

- (1) 案件化調査： 2018年6月～2019年6月
- (2) 普及・実証・ビジネス化事業： 2019年12月～2022年3月（2019年4月提案）
- (3) 事業会社設立： 2023年4月（2022年はその準備期間）
- (4) 資金調達： 2022年4月～2023年3月

- (5) 投資ライセンス等の取得： 2023年4月
- (6) 用地確保・現地拠点の建屋等の建設： 2023年5月～2024年12月
- (7) 本格的な事業開始： 2025年1月以降

4-6 想定される課題・リスクと対応策

4-6-1 法制度面のリスクと対応策

現時点で(株)すまエコが計画しているのは、合弁会社の設立であり、業種は植物種子油を精製して金属石鹼と BDF 燃料を製造・販売する事業である。ラオスでは改正投資奨励法(2016年)により、内外資ともに広く投資を奨励することが明記されているが、本事業を同国の投資規制に照合すると次の通りである。

(1) 投資規制

ア. 同国で認められる投資形態のうち、現地企業との合弁では外国企業の最低出資比率は資本金総額の10%以上であり、(株)すまエコはこれ以上を考えているため問題はない。

イ. ラオスでは外資に対して次のような規制がある。「禁止事業」の6分野、「規制事業」ネガティブリストの13分野67業種；総資本金や出資条件等により外国企業の出資比率に上限が定められている10分野20業種；ラオス国籍者のみに保全される伝統技術や比較的平易な業種14分野36業種(JETRO「ラオス投資ガイドブック2016」より)。

上記のネガティブリストで、農林・漁業セクターの「0230：森林産物・種の採取に関する活動」は、本事業の広東アブラギリ種子の収集に係るため、LPB 県農林部で確認した。その結果、本条項は自然林由来の産物を規定しており、広東アブラギリ植林地には該当しないので問題がないとの回答を得た。しかし、ごく最近になってこの条項が、「0230 商品作物のための、林産物の栽培と採取に関する活動」に変更されたことが分かった。この文言になると広東アブラギリ植林地も対象になる可能性があるため、農林省林業局・計画協力部に問い合わせたが、本件には対応できないとのこと、現在、商工省に問い合わせる回答を待っているところである。

それ以外は、本事業はいずれの規制にも該当しない。

(2) 許認可

ラオスの投資担当部局は、商工省一般投資促進局と計画投資省投資促進局である。(株)すまエコの事業分野については、特に大きな障害はないと考えているが、法令等で明記されていない事実上の外資制限分野があるという情報があり、管轄官庁で個別に確認を行った。

両方の部署を訪問してヒアリングして、BDF 製造の投資で特殊な規制や条件はないとの回答を得た。また、商工省では企業登記局に行くように助言され、同局で以下のコメントを受けた。

ア. 今は、投資金額に制限や規制は無くなっている。以前の最低投資金額10億キープという制限はない。2016年までは規制があったが、現在、規制が残っているのは金融と建設分野のみ。

イ. ラオスで起業する場合、①単独資本、②合弁会社、③現地会社への出資の3つ

の選択肢がある。

ウ. BDF 製造事業の場合、商工部とエネルギー・鉱山部と農林部が絡んでくるが、登記局が窓口である。BDF 製造事業でも一般の会社設立と同じ手続きでよく、特別な規制はない。

エ. 2018 年 11 月から新しい法整備の下で新しい管理体制が実施される。新しい体制では、登記申請したら会社は成立し、その後、関係部門との交渉となる。早い時期に会社が成立するため、銀行口座を早く開設でき送金ができるという利点がある。

(3) 知財

本事業に利用する精製・製造技術は特許を取得済みであるが、ラオス国は当該特許の対象外である。従って、リスクとしては、提携する現地企業が本装置やシステムを無断で利用したり作製したりする可能性がある。このリスクは、提携会社に対して、本技術や装置は (株)すまエコとの合弁会社でしか利用できないことを、明確に契約書に記載することで回避する。あるいは、日本-ラオス間の特許無審査特例制度を活用することも検討する。

また、ビジネス段階においては、BDF 製造に関心がある民間企業に対して、精製・製造装置を販売することも想定する。この場合にも、同様の装置を複製して、使用したり販売したりするリスクがあるため、販売契約の中に装置の複製を禁ずる内容を盛り込むことで、このリスクを回避する。普及・実証・ビジネス化事業で装置を導入する予定のスパ大学に対しても、装置の複製については契約で禁ずるものとする。

4-6-2 ビジネス面のリスクと対応策

(1) 原料、資材の供給不足

ア. 広東アブラギリ種子の供給不足

種子の供給量が不足するリスクがある。原因には次のことが考えられる。

- ・ 当初予測よりも植林地面積が少ない。
- ・ 中国系業者が買い取り価格を上げたため農民の種子売値が高くなる。
- ・ 天候の不順で開花・結実が少なくなる。

短期的には他県から種子を購入すること、BDF に対して期間限定の補助金をつけて価格の補填をするなどが考えられる。長期的には、広東アブラギリ植林の面積を拡大し、その時に農民と専売契約を結ぶ。

イ. 薬品類の供給不足

現在の調達ルートはまだ確認していないが、通常がビエンチャンルートのみである場合は、東部のベトナム国ハノイや北部の中国、西部のタイ国チェンマイなどから直接輸入する。

(2) 市場ニーズの変化

ア. 金属石鹼の市場と考えているベトナム国は、現状ではマレーシア、韓国、ドイツなどからの輸入品であり、ベトナム国内での製造はない。そこでのニーズ変化、例えばベトナム国内で安価な金属石鹼を製造する会社ができる場合は、ラオス国から輸出するという我々の計画に影響する。

イ. ラオス国内で電気自動車の普及が一気に進展し、ディーゼルエンジン車両が激減し

BDF の需要が激減するという事態。

ウ．ラオス政府の再生可能エネ政策が強化され、バイオ燃料の需要が高まり油脂系原料が不足し、BDF 供給が追いつかない事態。

(3) 後発企業の参入

BDF と金属石鹼の市場がある程度形成されてくると、類似の製造会社が出現する可能性がある。

(4) 法務、税務、労務

ア．ラオスの関係法令は、会社法は 2014 年、投資奨励法が 2009 年、税法が 2016 年、改正労働法が 2014 年（初版は 1994 年）など比較的新しい。そのため、頻繁に変更が発生することや、運用がまだ円滑でないことが想定される。

イ．これらの法令対策の実務には、現地の日系の法律事務所や会計事務所と契約して、随時、対応できるようにする。

(5) 高度な人材の確保

本事業が拡大する場合は、多段階精製や品質分析を管理する高度な技術を習得できる人材が必要になる。ラオスでは一般的にそれらを習得できる人材が不足しているが、ODA 事業のパートナー候補が国立スパ大学であることから、本大学で積極的に人材育成を行い、雇用の確保に繋げることでリスクを回避する。

4-6-3 政治・経済面のリスクと対応策

(1) カントリーリスク

近年のラオスの経済成長はめざましく、足元の経済成長率は 6.7%と高い（2017 年）が、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（2014 年）は以下の問題点を指摘している。

ア．近年、同国の経済成長の主要な牽引役は鉱山開発や水力発電といった資源関連部門と、外国人観光客増加によるサービス部門の拡大である。

イ．貿易面で隣国タイに大きく依存している。

ウ．ラオス国内ではバーツやドルが広汎に流通しており、銀行や企業のバランスシートにもバーツやドル建ての負債が多い。このため、外貨の流動性が不足すれば、国内金融システムが機能不全に陥る恐れがある。

(2) 金利、為替、物価変動

ラオスの政策金利は 4.00%（2018 年 2 月、CEIC データ社¹⁰）で高いが、現地通貨のキープだと為替変動リスクが大きい。元々、ラオス市民は 3 割程度しか金融サービスを利用しておらず、貯蓄や投資には関心が薄い（Investors life¹¹）。

JETRO（2017 年）によると、消費者物価上昇率 1.51（%）。ラオスの過去 10 年間のインフレ率は一桁台で、年間インフレ率は 4.74%（2012 年）であった。経済基盤の脆弱な後発開発途上国としては、足元の物価は比較的安定している部類に入る（三菱 UFJ/R &C, 2014 年）。

4-6-4 その他のリスクと対応策

東京海上日動リスクコンサルティング（2013 年）は、ラオス国において次のリスクを挙

¹⁰ <https://www.ceicdata.com/ja/indicator/laos/policy-rate>

¹¹ <http://viedll.com/879/>

げている。

(1) 自然災害

洪水は他のメコン諸国と同様に発生しうるリスクである。2008年8月にはメコン川のビエンチャン近くで危険水位の18mを超え、決壊まで1mに迫る水位に到達した。雨季においては河川の水位に留意し生活する必要がある。

(2) 医療

ラオスで重篤な病気にかかった場合には、タイやカンボジア側の病院を利用することが一般的であり、外国人が通院可能な英語が話せる病院は非常に少ない。

4-7 ビジネス展開を通じて期待される開発効果

前述「1-1」で指摘した開発課題の解決に貢献する。

4-7-1 LPB 県での効果は以下のことが考えられる。

- (1) 種子の搾油、BDF 製造技術の向上および適切な品質分析によって、品質管理された粗油や BDF の生産量が飛躍的に増加する。
- (2) 種子の経済的活用が明確になることで、植林地維持、種子の収穫・販売が持続的になり、農家の生計向上と地場産業の振興が促進され、県行政が推進する農林業と地域振興の実現に繋がる。
- (3) 産官学の連携活動と分析業務の拡大を通じて、大学の人材育成、技術・知見の向上が図られ、地域で唯一の知的センターとしての役割が高まる。

4-7-2 再生可能エネルギー政策の推進

ラオスは石油を全て輸入に依存している。軽油の消費量は2014年に586,000tである。B5を普及する場合、年29,300tのBDFが必要となる。植林地3,000haの種子を利用できると年765tのBDFが生産できる。これはB5需要量の2.6%をまかなうことになる。これにより、再生可能エネルギー戦略(2011年)の実現の一翼になる。

4-7-3 施策「グリーンかつ持続的な、自然資源と環境の保護と活用を図る」の実現

広東アブラギリ植林地の維持や新規植林は荒廃地の復旧植林に大いに貢献し、かつ種子利用は伐採せずに活用できることから、まさに本事業は保護と活用の両立を図り、この施策実現の一翼を担うものである。

4-8 国内の地元経済・地域活性化への貢献について

4-8-1 沖縄県

- (1) 本 ODA 案件化と海外展開の実施でラオスに導入する製造装置の主要部分は、沖縄県で製作して輸出する予定である。製作の一部は県内の機械製作会社に外注するため、これらの企業の売上増につながる。
- (2) 宮古島市は、エコアイランド宮古島構想の推進のため、BDF 供給量の拡大を望んでいる。また、沖縄県もエネルギー供給源の多様化のため、県内の BDF 供給量の拡大を望んでいる。本 ODA 案件化と海外展開の実施により、宮古島市や沖縄本島に対して BDF の供給が可能となれば、これらの地域のエネルギー供給源の多様化等にも貢献できると共に、連携を更に強化できる。

4-8-2 大阪府堺市

同市における BDF 事業の課題は、原料となる廃食用油の量が限られ、かつ単価が高いためあまり多くは使われていないことである。本 ODA 案件化と海外展開で製造される BDF が軽油並みの価格であれば、堺市では B100 を購入することを望んでおり、(株)すまエコの事業が拡大すれば堺市での当該事業が進展することになる。

4-8-3 その他

国際農林水産業研究センター (JIRCAS) や岐阜薬科大学は、本事業に強い興味を持っており、本事業が進展すれば、これら研究機関との新たに連携を構築が可能性である。

以上

Summary

Chapter 1 Development Issues in the Target Country and the Region

1-1 Regional Issues

(1) Luang Prabang Prefecture

Luang Prabang (LPB) Prefecture is a mid-sized city with a population of 400 thousand in northern Laos. Other than the city area registered as a World Heritage Site, it is a mountain village area, and the prefectural administration has been focusing on improving the livelihoods of farmers by promoting agriculture, forestry and local industries. The prefecture listed the economic application of seed oil from Chinese tung tree (*Vernicia montana*) in the “five-year plan for regional development (2010-15),” and strongly recommended afforestation activities to its farmers. The prefecture once studied production of biodiesel fuel (BDF) from seed oil of the tree, and Makkau Lao Company (Makkau), a private company that operates petroleum sales in the prefecture, attempted to manufacture and sell BDF. However, the quality of crude oil and BDF that Makkau produced became a problem because the company was unfamiliar with the knowledge of the seed oil itself and its production technology, and also farmers had been unhappy in trading their oil seeds with the company. Therefore, both the prefecture and Makkau had longed for technical assistance in improving the technology and quality of BDF production in an effort to solve the above problem and to continue regional promotion measures.

(2) Souphanouvong University (SP University)

In 2016, SP University set “Strategic Development Plan for the University in 2016-2025 and its Vision for 2030” and had been focusing on facility expansion and human resource development as a new university. Furthermore, as a role of the university, they had been promoting activities that actively contribute to the solution of regional and national issues by utilizing human resources, technology and knowledge.

1-2 Issues in the Target Country related to Section 1-1 above

(1) Increasing oil consumption and promoting biofuels

Laos relies entirely on imports of oil. Petroleum consumption is expected to reach 1,550 kt in 2030, doubling in comparison with 2014, and the proportion of diesel oil in the petroleum consumption is high, accounting for 72.0% of the import volume in 2014. This is in proportion to the spread of automobiles, and the number of vehicles in Laos in 2014 was about 1.57 million, which increased by 3.6 times in the past 10 years. In an effort to curb this oil consumption, the Lao government announced its “Renewable Energy Development Strategy” in 2011 with a goal of achieving BDF production of 79,000 kℓ by 2025. Although the government issued its “Biomass Fuel Act” in 2016, taking measures to promote BDF, the prospects for achieving these measures have not been reached because there have been few companies producing biofuels.

(2) Decrease in forest resources and lack of effective economic use of plantation

Laos, once a forest country, has been suffering from severe deforestation. The forest cover ratio was 70% in the 1940s but fell to 40.3% in 2010. The Lao government announced “Forest Strategy 2020” in 2005 and has been promoting tree planting on degraded land. For the measures of the 8th National Social Development Plan “Green and Sustainable Utilization of Natural Resources and Environments”, selection of such tree species that grow fast and have clear economic values after they grow up is desired to provide incentives to farmers.

1-3 Japan's Development Cooperation Policy related to the Development Issues

In the “Japan-Laos Development Cooperation Joint Plan for Sustainable Development of Laos” (Ministry of Foreign Affairs of Japan), “Disparity Resolution Through Balanced Urban and Regional Development in Consideration of Environmental and Cultural Conservation” was raised, and “Sustainable Development in Local Cities” and “Environmental Conservation and Sustainable Development such as Forest Conservation in the Mekong River Basin” were advocated.

Chapter 2 Proposed Company and an Overview of its Products and Technologies

2-1 Overview of the Proposed Company

The proposer is a manufacturing and engineering company established in Okinawa Prefecture in 2012, working in the scope of renewable energy and energy saving. As one of its business items, the company has been producing and selling BDF and challenging to expand its business overseas since around 2013 due to a limit to the availability of BDF raw materials in Japan.

2-2 Overview of the proposed products and technologies

(1) Features of the products and technologies

The present technology is a system that sequentially produces various useful products throughout the process of processing plant seed oil as a platform: A) Refined oil to be obtained by squeezing seed kernels and removing impurities; B) Metal soaps to be produced by adding metal hydroxides such as calcium, barium and zinc to free fatty acids in this refined oil, and from the oil whose free fatty acids decrease; C) BDF to be produced by the innovative technology named “co-solvent method”; D) BDF produced by this method to be used as fuel for diesel vehicles; E) In the case of BDF produced from seed oil of Chinese tung tree, the BDF to be used as an additive that enhances the low temperature fluidity of BDF produced from palm oil. This technology enables an integrated use of seed oil and also zero emission projects with less waste.

(2) The Chinese wood oil tree as raw material

This tree species grows naturally in the hilly areas of northern Southeast Asia and southern China. The tree is characterized by its rapid growth, high seed oil content of 30% or more and intensive fall of mature seeds from September to October.

(3) Specifications and prices of the products and technologies

The features of the products and technologies sold in this project are shown in the table below.

| Product | Metal soap | BDF (for fuel) | BDF(for improver of low temperature fluidity) |
|---------------------------------------|--|---|--|
| features of products and technologies | Main component is α -eleostearic acid containing with 3 unsaturated bonds. This metal soap has a great possibility of having functions not found in the existing metal soaps. | The “co-solvent method” allows oil to react at room temperatures by adding about 10% of the organic solvent acetone to the conventional alkali catalyst method. | BDF from Chinese tung tree has characteristics of low freezing point (-12°C), and adding 10-30% to BDF from oil palm oil could improve the property of BDF in terms of not coagulating even at low temperatures. |
| Price | The price is several hundred yen to 2,000 yen/kg, depending on the function. | The production cost is 13 yen/ ℓ , about half of that (27 yen/ ℓ) of the conventional production method. | As there is no market in ASEAN yet, 200-400 yen/kg is assumed. |

| | | | |
|---|--|---|--|
| Sales | None. Currently developing special functional metal soaps. | None with BDF from Chinese tung tree by co-solvent method. 40t of BDF was produced in Vietnam with the cosolvent method. | None. We are currently commercializing a newly devised product. |
| Comparison with other companies' products | Under development | The time required for the entire process may be reduced to 1/4 of that by the conventional method, and yet high quality BDF with a purity of 98% or more is produced. | Although commercially available BDF additives reduce the concentration of methyl ester (BDF) as much as the amount added and also reduce the quality out of the BDF standard, this product can be used as it is. |

2-3 Local Suitability of the Proposed Products and Technologies

(1) Oil component of seed oil of Chinese tung tree

The quality of the metal soap and BDF depends on the properties of the raw seed oil. An analysis of seed oil of this tree shows that the seed oil contains more than 80% of α -eleostearic acid and that it is hard to solidify but tends to be easily oxidized on the contrary. Therefore, the seed oil needs to be stored in the dark to avoid contact with air.

(2) BDF production technology

In order for local stakeholders to understand a series of the production processes, the proposer conducted three production training sessions with relevant parties such as SP University, and exchanged opinions with them so as to grasp their abilities and potentials. The first training was held at the laboratory with 10 participants including the university instructors. In the second training, six instructors from the university participated and used a compact production equipment owned by Makkau. The third training session was also conducted with seed oil of Chinese tung tree collected this year, using this production equipment. In addition to those from the university, there were a total of 20 participants from the prefectural administration, including 14 of department directors and vice directors from six departments. Under the guidance of the Japanese side, the administrative staff of the prefectural government showed a high interest in the ability to produce BDF of the quality in accordance with the international standard even with the production equipment of Makkau.

(3) System issues

Because Laos did not have any quality standards for BDF, the proposer feared that the proposer's BDF would not be approved by the government as a B5 product, but the Ministry of Science and Technology's Standards and Measurement Bureau set up a BDF Standardization Review Committee within the ministry to prepare a draft standard in 2018. The draft standard went through its public comment phase and has been approved by the committee to proceed to the stage of its final adjustment. Because Laos has no institutes that can analyze BDF, however, they have to rely on overseas organizations such as those in Thailand for the time being. In this association, they hoped that SP University would have the analytical ability in the future through the proposer's project.

2-4 Likelihood of Contributing to Solving Development Issues

- (1) Since BDF produced by the proposer's co-solvent method is of high quality, the technology decisively improves the quality of BDF currently produced in LPB Prefecture.
- (2) Since high-quality BDF can be used for diesel vehicles with no problem, and this technology allows them to mass produce BDF with a higher production efficiency than its conventional counterpart, the prefectural government may promote the spread of BDF.
- (3) The project will make a technical support for the promotion of BDF production listed in the

government's renewable energy strategy.

Chapter 3 ODA Project Development

3-1 Outline of ODA Project Development

As an ODA project, the proposer assumes the “Dissemination, Verification, and Businessization Project.” The objective is to demonstrate the related technologies to produce high-efficiency, high-quality BDF using Chinese tung tree seeds as a raw material, and to build up the technology base in LPB Prefecture. By disseminating these technologies and expanding the use of BDF in the prefecture, the project will be one model of local production for local consumption in accordance with biofuel promotion measures in Laos. An implementation period from December 2019 through March 2022 (for 2 years and 4 months) is proposed.

3-2 Contents of the ODA Project

(1) Main input plan

- 1) Japanese party: i) To introduce a complete set of BDF production equipment (with a reaction tank of 100ℓ in capacity) and a complete set of analytical instruments including high-performance liquid chromatograph; ii) To monitor driving tests using diesel vehicles with BDF; iii) To dispatch Japanese experts necessary for the above, and to implement local and Japanese workshops; iv) To prepare media such as brochures necessary for the spread, and to implement PR activities to mass media, etc.
- 2) Counterpart party (C/P): i) C/P candidate is Faculty of Agriculture and Forestry, SP University, a new university established in November 2003; ii) Roles of C/P are to provide appropriate human resources and places of the university, to acquire the skills to produce BDF and metal soaps, to acquire the skills to operate analytical instruments, to interpret the analytical results, to arrange for vehicles required for monitoring driving tests with BDF, to cooperate with the Japanese side in holding various seminars.

(2) Activity plan and working process

- 1) BDF production and quality analysis: i) The operating days of the production equipment are about 50 days a year and thus BDF up to 95ℓ/day in one batch production per day, or 4,750ℓ/year to be produced; ii) quality analysis; iii) The BDF produced is used for vehicle monitoring driving tests.
- 2) Preparation of metal soap samples: i) To make samples of different functions whenever requested; ii) To propose ideas to companies based in Japan for joint development.
- 3) Vehicle driving monitoring: i) One or two vehicles for pickup, truck, and bus vehicle each; ii) Fuel used is B5 and B100; iii) The monitoring test period is more than one year with the traveling distance of 10 thousand km for pickup vehicles and 50 thousand km for the other vehicles; iv) Checkpoints are a) BDF makes no damage or trouble to the engine or other equipment, b) the fuel consumption rate of BDF is the same as that of 100% diesel oil, c) exhaust gas properties of BDF are below the emission control value and similar to those of diesel oil; d) the required amounts of BDF and diesel oil are, respectively, 4,750ℓ and 58,583 ℓ.
- 4) Installation place and utility for the BDF demonstration: i) as for installation place, an outdoor material warehouse is a candidate site, and it is necessary to level up the land and to build a new building; ii) the maximum power demand of the demonstration facility is approximately 6 kW, and the voltage supplied to the demonstration unit is single phase 220V. As for power

distribution lines, it is necessary to consult with the university's electrical facilities management department and the power supplier. There is no problem with water supply and drainage facilities.

- 5) Implementation system: i) The proposer is responsible for production. The Faculty of Agriculture and Forestry sets up a team in charge of the project to conduct operation management and evaluation. In order to manage the operation of production equipment on a daily basis, the proposer employs and deploys one local part-time engineer.; ii) As for the preparation of vehicles and driving tests in the city, we were advised by the Energy Mining Department and the Transportation Department of the prefecture to consult with all of the related departments of the prefecture.; iii) The potential business partner, Makkau, will cooperate in supplying either seeds or extracted refined oil from Chinese tung tree.
- 6) Training in Japan: Some three people are trained twice in the project term for seven days to master the whole process of producing and analyzing BDF and metal soaps, and learn about the reality of biofuel plants in Japan.
- 7) Rough estimation of the project budget: The total cost of activities for the Japanese side is estimated to be 97.6 million yen (tax inclusive). In the budget, equipment-related costs (manufacturing, purchasing, transportation and installation) is total 34 million yen.

3-3 Status of discussions with candidate organizations

(1) SP University

We had discussions with the Deputy Dean of the Faculty of Agriculture and Forestry and the First Vice President of the university, who were both very positive about the project.

- 1) Needs of the Faculty: As this university is a newly established organization and having not been fully equipped with experimental facilities yet, they strongly hope to develop human resources by introducing small-scale demonstration equipment and associated analytical instruments by JICA, according to “the University's Strategic Development Plan 2016-2025.” Since they have technical cooperation with Korea but not with Japan, they strongly expect progress with this opportunity.
- 2) Through specifically discussing the concept of this ODA project, the equipment installation location, cost burden, staffing, etc., we reached a general agreement that the university side bears responsibility, preparing a MoU presently. Budgeting the project implementation on the university side is now being considered.
- 3) Utilization of the equipment after the project: Faculty of Agriculture and Forestry has various ideas about this including i) Student education; ii) Researches by instructors; iii) As for business, to produce and sell BDF for prefectural organizations and to utilize the equipment for the food processing center operated by the university in order to increase its product value.

(2) Director General of Higher Education, Ministry of Education and Sports

The director highly appreciated that this BDF project would lead to the suppression of oil consumption and the expansion of afforestation, and that advanced technologies of BDF production and analysis could be transferred to the university. At the same time, he indicated his concern about the staffing and budget on SP University side and therefore advised the university accordingly.

3-4 Possible Collaboration with Other ODA Projects

We had a meeting with people from (1) the project of supporting sustainable forest management and REDD plus, and a meeting with people from (2) Vientiane Bus Corporation Capacity Improvement Project Phase 2. We confirmed that we could work together in helping to expand tree planting and improving livelihoods with the project (1) and in replacing fuel of public buses with

BDF with the project (2).

3-5 Environmental and Social Considerations (ESC) and Gender Considerations

Since this project is classified into “Environmental and Social Consideration Category B”, the survey of ESC and Gender Considerations were carried out.

- (1) Legal provisions for environmental and social considerations in Laos include “Environmental Impact Assessment Guidelines” (2012) and “Ministry of Natural Resources and Environment Ministers' Instruction No. 8030 on Environmental and Social Impact Assessment Process of Investment Projects and Activities” (2013). There is no major divergence from the JICA Environmental Guidelines (April 2010).
- (2) Implementation management of environmental impact assessment will be conducted by the Department of Natural Resources and Environment (DONRE) of LPB Prefecture. The following advice was obtained from the director of this organization, based on the laws and regulations. In the case of chemical production and fuel production in industry, environmental impact assessment is necessary even for projects on a small scale, and the question of whether IEE or EIA should be implemented depends on the type and amount of waste and disposal method, and therefore the project proponents are advised to consultation with this department in the future.
- (3) We carried out on-site surveys on items susceptible to negative environmental impacts, and prepared JICA’s environmental and social checklist. The present case falls under the “Checklist for the Mining Industry,” and the environmental risks are as follows: “2. Pollution control-(2) water quality, (3) waste”; “3. Natural environment-(2) ecosystem- (d) water use by the project”; “4. Social environment-(6) working environment”.
- (4) Gender considerations: in farmer’s households, management of Chinese tung tree plantations and collection of fruits are done by whoever has time, regardless of gender, and fruit skin peeling is done by grandparents. Thus, either men or women will not be in a disadvantaged situation.

3-6 Effects Expected through ODA

- (1) Demonstration of BDF production can provide a basis for high-quality, high-efficiency BDF production technologies.
- (2) The safety of BDF is practically proved by vehicle driving monitoring, and the project provides LPB Prefecture with an opportunity to spread BDF as a vehicle fuel.
- (3) The project demonstrates a model of tree species that provides economic incentives for farmers, which leads to an opportunity for the existing Chinese tung tree plantations to become economically viable.
- (4) The project provides SP University with an opportunity to expand its facilities and to train human resources through training of quality analysis and production of BDF, and to make contributions to solving regional and national issues, eventually leading to the realization of the "Strategy Development Plan" of the university.

Chapter 4. Business Deployment Plan

4-1 Outline of the Business Deployment Plan

The right figure shows the outline of the business deployment plan. The proposer will establish a joint venture with Makkau in LPB City, own production facilities producing various products, and be in charge of a part of sales. Produced BDF will be sold at Makkau gas stations in the country. BDF additives and refined oil will be sold to neighboring countries including Thailand, Vietnam, and China. Metal soap will be marketed in Japan as functional metal soap products.

4-2 Market Analysis

- (1) Metal Soap: It has been revealed that the access barriers to the metal soap market in Vietnam is

high because of the price competition severer than in Japan and difficulty in introducing metal soap having new properties. Therefore, we have prepared samples of high-value-added functional products that utilize the characteristics of the ingredients of Chinese tung oil, and are now making contact with Japanese customers.

- (2) BDF : The Laotian BDF market is estimated to be around 27 thousand tons at the maximum.
 - 1) Amount of petroleum circulation: The amount of petrol sold to gas stations in 2017 was 844,900 kℓ. In the sales shares by product type at gas stations, diesel oil has a relatively high rate of 72.5%. There are 88 gas stations in LPB Prefecture, which is the seventh largest number in 17 prefectures in the country.
 - 2) Number of vehicles: There are a total number of 465,776 four-wheel vehicles in this country. Those mainly run on diesel fuel command 73.4%. In terms of the number of vehicles, LPB Prefecture is the fourth largest. Therefore, this prefecture, as well as the country, has significant potential demand for diesel vehicle fuel.
 - 3) Gas stations: BDF is currently still far from being recognized by gas station owners. We are facing the task of disseminating correct information on the functionality and effectiveness of BDF to gas stations and consumers (vehicles owners) in order to spread the use of a new BDF fuel.
- (3) BDF Freezing-Point Depressant: The Asian BDF market is dominated by fuels produced from palm oil. Since this type of BDF solidifies at around 20°C, the areas with air temperatures dropping below this level are potential markets of a freezing-point depressant. In LPB City, the temperature falls below 20°C for five months in the dry season from November to March, down to 14°C in December and January. There are not a few major cities with similar conditions in Southeast Asia and South Asia, including Hanoi in Vietnam and Chiang Mai in Thailand. In Kunming City, a local core city in China located near LPB City, the lowest temperature falls short of 20°C throughout the year.
- (4) Competitors: Lao Agro Tech, a Thai oil palm company is producing BDF near Vientiane, mixes it with B5, and sells 700 kℓ per month. The market price is slightly lower than that of diesel oil. Since there are only two BDF producers, Lao Agro Tech and Makkau, the two companies should cooperate, rather than compete with each other, in requesting the Laotian government preferential treatment such as tax reduction and tax exemption, which will lead to the growth of the market.

4-3 Value Chain

(1) Stable Supply of Chinese Tung Seeds

Stable supply depends on the trend of the farmers. Hearing to farmers and drone aerial photography were conducted in two villages. The area of plantation is 0.5 to 1.0 ha, and the locations are near the farmers' houses, forest roads and mountain paths accessible by motor bike. Three to four years after planting, trees will bear seeds. The seed harvest is 500 to 1,000 kg/ha. Selling these seeds will bring income of one to two million LAK (= 120 to 240 USD). Since the current annual income of a farmer is 2.5 to 10 million LAK (= 290 to 1,200 USD), the income by producing Chinese tung is not bad. The problem is the insufficient purchase of seeds by Makkau resulted in complaints by farmers, which has increased the number of farmers switching to agriculture (Sacha Inchi plant, etc.) and giving up harvesting. Currently, only Makkau is buying seeds.

(2) Stable Production of BDF and Metal Soap

- 1) Production of BDF: i) Makkau's BDF production equipment can output BDF of constant quality. However, the BDF yield (ratio of produced BDF to input oil) is relatively low and not economical. According to our understanding, the reason for low efficiency is the structure of each piece of equipment and the configuration of the entire system. By modifying the production facilities, it is possible to continue BDF production for at least several years. ii) The university

has no equipment for analyzing the composition of oil and fats, and BDF. Therefore, it is impossible to verify the quality of BDF in a timely manner even if the production equipment is reformed.

2) Metal soap: For the time being, several different types of samples will be produced, and after making match to the needs of Japanese customers, full-scale production will be started.

(3) Stable Supply of Chemicals and Utility for Production

All chemicals will be imported from Thailand and Europe. Following hearing to a dealer in Vientiane, it has been confirmed that there is no problem in supply and transportation to LPB City. The utility, such as water and electricity, has no problem.

(4) Smooth Distribution and Sales of Products

1) BDF: BDF is not generally known in this country. Gas stations, which will sell BDF and consumers have uncertainty about its quality. BDF is not recognized as a fuel for vehicles by the owners. Changing people's recognition is the greatest challenge.

2) Metal soap and BDF additives: It is planned that BDF additives will be transported by road from LPB City to the neighboring countries including Vietnam and Thailand. In LPB City, there is one long-distance transportation company and long-distance transit bus services. If the amount of shipment is large, transportation by track is efficient, but if it is limited, using transit buses is more economical.

4-4 Branching out Process and Business Partner Candidates

Although there are still some issues, the proposer is considering the following steps to establish business.

(1) Using the current Makkau equipment (200 to 500 l reaction chamber), a system for producing a regular quality BDF daily and continuously will be built.

(2) The philosophy of SMAECO Inc. in involving new business is to start with a small amount of investment and mainly providing technological assistance, then while reducing various risks, making judgment on full-scale investment and business expansion.

(3) Negotiations: Makkau is willing to team up with the proposer. However, the contract conditions need to be negotiated. There are a few problems in their petrol import license. Its renewal is pending at the Ministry of Industry and Commerce, and we have been talking with Makkau about this matter.

4-5 Business Plan

(1) Cash flow forecast has been made against a defined material flow. Since the scale of production will be limited for the time being, a single centralized production factory has been assumed.

(2) The first calculation is a case of producing BDF only. If it is sold as B5 fuel at gas stations, the account balance will be negative (red) in the initial fiscal year, but turn to positive in single-year basis from the next year. If drying oil, BDF additives, and metal soap are sold, in addition to BDF, the balance will be positive from the initial fiscal year.

(3) The full-fledged operation will start in January 2025 or later. In early stages of operation, Makkau's existing facilities will be used. In the fourth year, when a system for producing BDF continuously is established, additional investments will be made to expand BDF production capacity with consideration given to the business status.

4-6 Estimated Issues and Risks, and Countermeasures

(1) Institutional Risks and Countermeasures

1) Investment regulations: There is a negative list, which states 67 businesses in 13 fields that are the targets of the Investment Promotion Law (2016). In the list, Article 0230 in the agricultural

and fishery sector has been revised recently, and business activities of planting and collecting forest products for commercial crops have been specified as targets of the regulations. There are fears that forests of planted Chinese tung could be the regulated. We have made an inquiry about this matter to the division in charge of the Ministry of Industry and Commerce, and waiting for a response. No other items fall under the regulations.

2) Approval and authorization: In response to our inquiry, the General Investment Promotion Department, Ministry of Industry and Commerce, and the Investment Promotion Department, Ministry of Planning and Investment, which are the departments in charge of investment in Laos, stated that there are no special regulations or conditions concerning the investment to BDF production.

3) Intellectual properties: The patents on the purification and production technologies used for this project are not in force in Laos. There are risks that the local partner uses the technology or builds their own equipment and systems using these technologies without permission. Therefore, the business agreement with the partner should stipulate that these technologies and the related equipment can be used only by the joint venture with the proposer. The application of special schemes for patent approvals without examination between Japan and Laos should also be considered.

(2) Business Risks and Countermeasures: Possible risks include insufficient supply of Chinese tung seeds and chemicals, and difficulty in hiring local experts.

(3) Political and Economic Risks: Such risks are nowhere to find.

4-7 Estimated Effects of Development through Business Deployment

(1) Effects of Development in LPB Prefecture: a) The production of crude oil and BDF from quality-controlled Chinese tung will be increased significantly. b) Forests of planted Chinese tung are preserved, harvest and sales of seeds are continued, the increase in the income of farmers and development of local industry are accelerated, and agriculture and forestry, and regional development, which are the slogans of the prefectural administration office, will be promoted. c) Human development, and technology and expertise improvement at SP University through collaboration of industry, academia, and government, and expansion of analysis tasks will enhance the role of the university as the sole intellectual center in the area.

(2) Effects of Development on the Country: a) Using the seeds harvested from a 3,000 ha of planted forests will produce 765 tons of BDF every year, which accounts for 2.6% of the B5 demand in Laos and contributes to the renewable energy strategy of the country (in 2011). b) Use of Chinese tung seeds and maintenance of planted Chinese tung forests will inhibit deforestation, and contribute to the measures, “Green and Sustainable Utilization of Natural Resources and Environments” in the Eighth Five-Year National Socio-Economic Development Plan.

4-8 Contributions to the Okinawa’s Local Economy and Revitalization

Following the implementation and overseas deployment of this ODA project, the major parts of the production equipment exported to Laos will be manufactured in Okinawa. Some of the manufacturing process will be outsourced to machine construction companies in Okinawa, which will increase the sales of these companies.

Feasibility Survey for Multi-beneficial Use Project of *Vernicia montana* Tree Seeds in Laos

SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME: SMAECO Co., Ltd.
- Location of SME: Okinawa-shi, Okinawa Pref., Japan
- Survey Site/ Counterpart Organization: Luan Prabang/ Souphanouvong University



Fruits of *Vernicia montana* in Las

Concerned Development Issues

- Luan Prabang government has been promoting *Vernicia montana* tree plantation in the degraded lands, and making use of the seed oil for producing BDF. But, as the BDF quality is poor, they keenly desire an improvement of BDF technology and new market of seed oil.
- The conservation and effective utilization of natural resources become the national significant issue.

Products and Technologies of SMEs

- The technology is to build the cascade refinery which produce a variety of useful products in the refining process of plant seed.
- The main products are a highly qualified BDF, a BDF freezing-point depressant, a refinery oil and a metal soap.

Proposed ODA Projects and Expected Impact

- We firstly expect to propose the Dissemination, Verification, and Businessization study as an ODA project in which we will implement BDF production, monitoring driving tests using BDF and establishing a Lab-analysis of oil and BDF.
- In the ODA study, we will annually produce 4 t of BDF for verifying the technology of BDF production and a safety of BDF as a vehicle fuel, and establish the lab technology of oil/BDF analysis.
- It will develop a BDF market of vehicle fuel, consequently promote the biofuel policy of Lao government, and advance Souphanouvong University as an intellectual center of technology and knowledge in LPB.

別添資料

種子油の分析結果の中間報告

2018年10月29日

今村清、前田泰昭

広東アブラギリ油 (*Vernicia montana* Oil、VMO) の性状をゴムノキ油 (Rubber Oil、RO) と南洋アブラギリ (*Jatropha curcus* Oil、JCO) 油と比較して表 1 に示した。

広東アブラギリの油には約 80%を超える α -エレオステリン酸が含まれており、この有機酸は固形しにくいですが逆に酸化されやすい性質がある。

表 1 ゴムノキ油 (RO)、広東アブラギリ (VMO)、南洋アブラギリ油 (JCO) の性状

| Properties | Unit | Average \pm Standard deviation | | |
|---|------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | | RO ^b | VMO ^b | JCO ^c |
| 油の含有量 (種子中) | wt.% | 37-50 ^d | 33.7 \pm 0.4 | 35-40 |
| 密度 (25°C) | g.cm ⁻³ | 0.912 \pm 0.001 | 0.924 \pm 0.002 | 0.86-0.933 |
| 酸価 | mg KOH/g oil | 0.2 \pm 0.0 | 1.5 \pm 0.0 | 15.9-28.0 |
| ヨウ素価 | g I ₂ /100g | 117.8 \pm 0.5 | 159.2 \pm 0.6 | 95-107 |
| 脂肪酸トリグリセリドの種類 | | | | |
| Palmitic acid (C16:0) ^a | wt% | 4.3 \pm 0.3 | 2.2 \pm 0.3 | 12.3-15.1 |
| Stearic acid (C18:0) ^a | wt% | 2.7 \pm 0.5 | 1.9 \pm 0.3 | 5.80-7.4 |
| Oleic acid (C18:1) ^a | wt% | 61.8 \pm 0.6 | 6.5 \pm 0.1 | 34.6-41.4 |
| Linoleic acid (C18:2) ^a | wt% | 20.7 \pm 0.3 | 8.5 \pm 0.2 | 31.4-43.2 |
| Linolenic acid (C18:3) ^a | wt% | 8.4 \pm 0.1 | - | 0.2-1.4 |
| α -Eleostearic acid (C18:3) ^a | wt% | - | 80.3 \pm 0.5 | - |
| Other fatty acids | wt% | 2.1 \pm 0.1 | 0.5 \pm 0.4 | 1.5-2.1 |

^a Number of carbon atoms: number of double bonds

^b Each sample was analyzed in triplicate (n=3)

^{c,d} cited in references from [3,12,30]

一方、広東アブラギリ油は後述するように、優れた性質を有するため、表 2 に示すように、他の BDF 原料油と比べて価格が高い。

表 2 種々の食用油と非食用油から共溶媒法で製造した BDF の価格

| 燃料の種類 | 単位 | 価格 | Reference |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Diesel | US/litter | 0.95 | [8] |
| Biodiesel (B100) | US/litter | 0.9–1.0 | [9] |
| Rapeseed oil | US/kg | 0.823 | [10] |
| Sunflower oil | US/kg | 0.940 | [10] |
| Soybean oil | US/kg | 0.695 | [10] |
| Palm oil | US/kg | 0.623 | [10] |
| Olive oil | US/kg | 4.389 | [10] |
| <i>Jatropha curcas</i> oil | US/litter | 0.80–0.97 | [7] |
| Linseed oil | US/kg | 0.991 | [7] |
| <i>Vernicia montana</i> oil | US/kg | 1.350 | [7] |
| Rubber seed oil | US/kg | 0.45 | Our study |

[7] H.A.M. van der Vossen, G.S. Mkamilo, P.R. of T.A. (Program), Plant Resources of Tropical Africa: Vegetable oils, PROTA Foundation, 2007. https://books.google.co.jp/books?id=_1mkQwAACAAJ.

[8] GlobalPetrolPrices.com, Download gasoline and diesel price data _ GlobalPetrolPrices, (n.d.). http://www.globalpetrolprices.com/diesel_prices/ (accessed June 3, 2017).

[9] P.D. Luu, H.T. Truong, B. Van Luu, L.N. Pham, K. Imamura, N. Takenaka, Y. Maeda, Production of biodiesel from Vietnamese *Jatropha curcas* oil by a co-solvent method., *Bioresour. Technol.* 173C (2014) 309–316.

[10] World Bank, Fishmeal - Monthly Price - Commodity Prices - Price Charts, Data, and News - IndexMundi, (2015) 230000. <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=fish-meal&months=60> (accessed June 3, 2017).

広東アブラギリ油は分子内に二重結合を3つ有するので、極めて抗酸化性と紫外線遮蔽性に富んでいる。一方、空気と接触すると極めて迅速に二重結合が酸化され、粘度が増加すると共に、重合してゼリー状の高分子化合物を生成する。

その様子を写真1に示した。左から広東アブラギリで、2年経過した油、1年経過した油、および今年の新しい種子から搾油した油である。2年経過した油は酸化反応によって生成した高分子化合物の生成が見られる。1年後ではゼリー上の高分子化合物の生成は見られないが、粘度が新しい油の $39.5 \text{ (mm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$ が1年経過すると $68.5 \text{ (mm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$ まで増加しており、かなりの酸化生成物が油の中に含まれていると考えられる。

これらの結果から、広東アブラギリ油は特に夏場には、暗所に空気と接触しないようにして保存する必要があることが明らかとなった。

これらの結果を確かめるために、各種の脂肪酸に γ 線を照射し、OHラジカルによる酸化によって、どの脂肪酸がどのくらい劣化するかを検討した。用いた脂肪酸の分子構造を図1に示した。

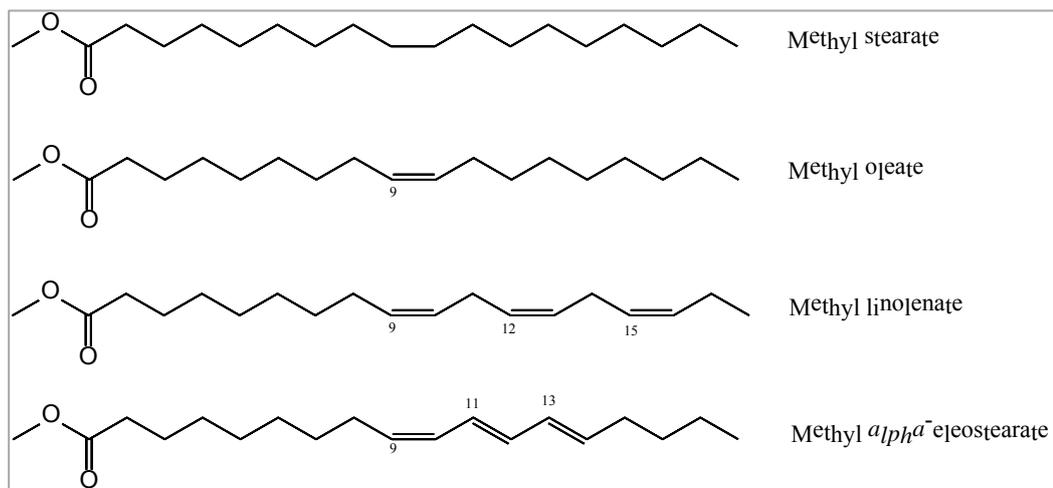


図1. 各種 BDF (FAME) の化学構造

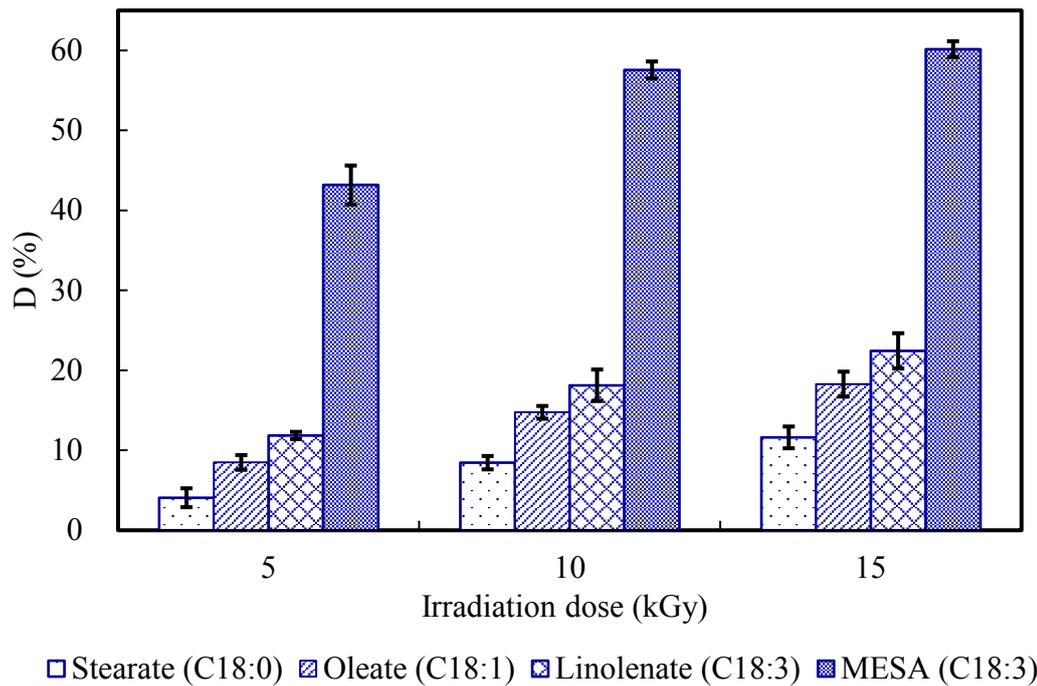


図 2 各種脂肪酸メチルエステルの酸化分解

図 2 から明らかなように他の脂肪酸と比べて、広東アブラギリの主成分の α -エレオステアリン酸は同じ二重結合を 3 つ分子内に有するリノレン酸の 2 倍以上の劣化速度を有ることが分かった。

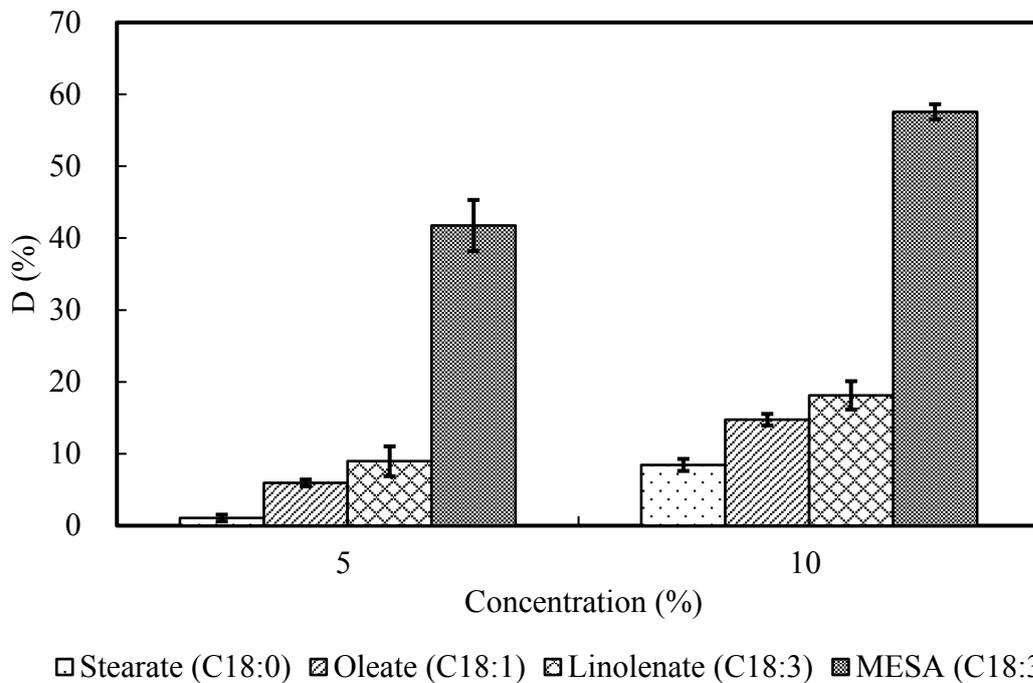


図 3. FAME の劣化速度に対する FAME 濃度の影響 (γ 線照射強度 10 kGy)

図 3 に各種脂肪酸メチルエステルの劣化速度への FAME 濃度の影響を示した。ステアリン酸、オレイン酸、リノレン酸のメチルエステルは濃度を 2 倍にすると劣化速度もほぼ 2 倍になったが、 α -エレオステアリン酸メチルエステルは濃度を 2 倍にしても劣化速度は 1.3 倍にしかならなかった。これは 10 kGy のガンマ線照射によって発生する OH ラジカル濃度は 10% と、高濃度の α -エレオステアリン酸メチルエステルを劣化させるには十分な OH ラジカルが発生していないことになる。この結果から、広東アブラギリを原料として製造する α -エレオステアリン酸メチルエステルはガンマ線照射による OH ラジカルとの反応が極めて速いことが明らかとなった。これはこの油が極めて酸化されやすく、化粧品油としての皮膚の防御作用（抗酸化能と紫外線遮蔽能）が高いことを示している。

図 4 に FAME の劣化速度に及ぼす共存有機化合物の影響を示した。

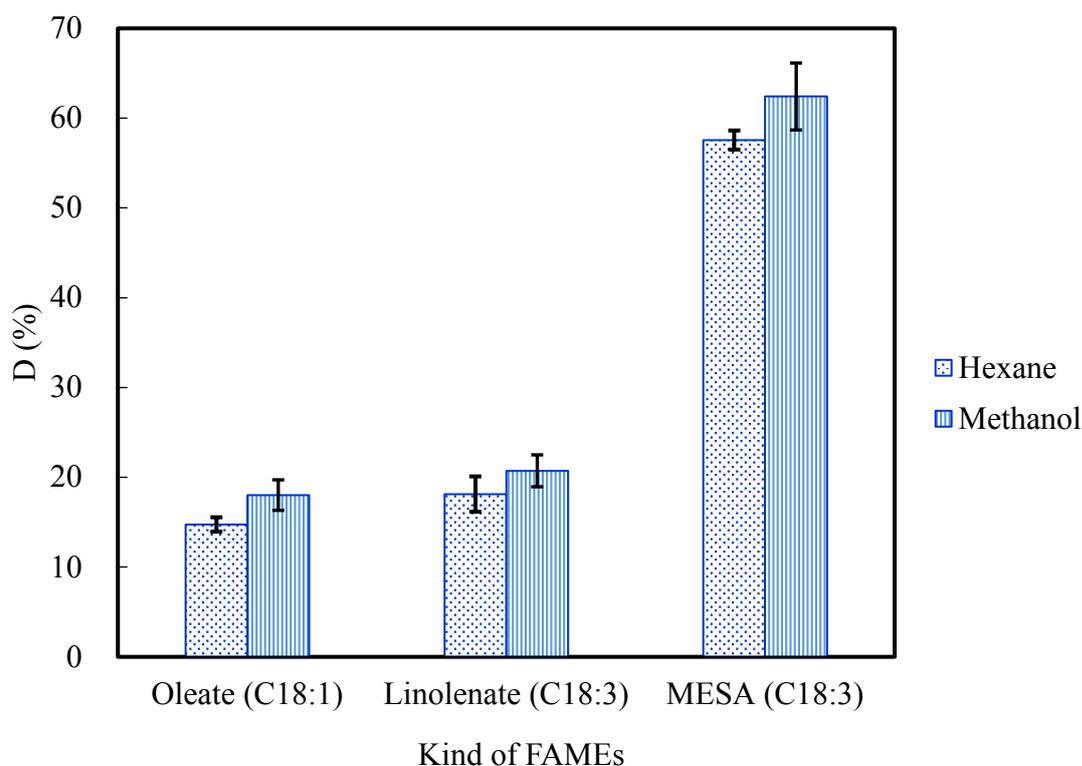


図 4 FAMEs の劣化速度に及ぼす共存化合物の影響

FAME は通常、炭化水素を成分とする軽油と混ぜて使用するので炭化水素とアルコールの共存下での劣化速度を測定した。図 4 から明らかなように、メタノールを共存した時の方が炭化水素の共存より劣化速度が速かった。これはメタノール共存下で γ -線を照射すると生成する OH ラジカル濃度が高くなることで説明できる。

以上

| | |
|------|--|
| 調査課題 | 第 1 回 BDF 製造研修の報告書／実験室にて |
| 日 時 | 平成 30 年 7 月 11 日 (水) I. 講義 9:00~10:15 (会議室) II. 実験 10:20~12:15 (2 階実験室) |
| 場 所 | スパーヌウォン大学農林学部校舎 |
| 出席者 | 研修生：スパーヌウォン大学内の関係者 9 名、マッコウラオ社 1 名 講師：大阪府立大・前田泰昭 (主)、(株)すまエコ・宮城勝 (補佐)、(株)KANSO・栗栖敏浩 (補佐)、ラオス国立大学 Dr.Santi (通訳兼補佐)。 通訳：エック。(株)KANSO・沖森泰行 (調整) |

目的は広東アブラギリから採取した粗油を簡便に短時間で高品質 BDF を製造できることを示す。



写真 4.1 実験準備：実験器具(日本から運搬)と薬品(現地調達)

I. 講義

- ・大阪府立大・前田泰昭： パワーポイントを用いて、広東アブラギリ種子由来の粗油から BDF を作製する手法を約 1 時間で講義、質疑応答を行った。
- ・質疑応答では、「内燃機関に対する BDF の影響」等についての質問があり、前田先生からは、「良質の BDF を使用した場合には、悪影響は無い」と回答。
- ・講義終了後には、同大学 2 階実験室にて下記の実験を行った。



写真 4.2 大阪府立大・前田先生の講義

[使用した PPT 資料] 「How to make high quality BDF from inedible waste which is competitive with Petro-diesel? 11th of July in Luang Prabang」大阪府立大・前田泰昭

II. 実験研修

実験内容は、以下の 3 課題である。

- 1) 粗油の酸価の測定と遊離脂肪酸量の算出方法の実験
- 2) BDF の製造と精製方法の実験
- 3) 金属石鹼の製造方法の実験

1. 実験で留意したこと

- ・ 当方が作製した実験マニュアル（ラオス語版）を配布し、内容を解説しながら、実験を進行した。
- ・ 滴定や反応など各ステップで、講師の実演後に研修員が交代で同じ操作を行ってもらった。
- ・ 滴定による反応量の計算は、研修員に行ってもらった。

2. 実験結果

- 1) 供試した広東アブラギリ種子由来の粗油の酸価と遊離脂肪酸量

○初期値

酸価：14.6～15.1 遊離脂肪酸：7.3～7.6%

○粗油をメタノール洗浄して遊離脂肪酸を除いた後の酸価

酸価：9.6～10.1 遊離脂肪酸：4.8～5.0%

<参考> 他の各種油に含まれる遊離脂肪酸量の比較

- ・ 廃食油：10～60%
- ・ 動物油：2～5%
- ・ ゴム種子油：30～50%
- ・ パーム油：0.5～2%
- ・ 広東アブラギリ油：5～15%

- 2) BDF の製造と精製方法の実験（従来法と共溶媒法の比較）

アセトン、水酸化カリウム（触媒）、メタノールを用いたアルカリ触媒法を実演し、短時間で簡便な実験機材で BDF の作製が可能であることを実証した。

- 3) 金属石鹼の製造方法の実験

BDF の製造と同じく短時間で簡便な実験機材で、金属石鹼の作製が可能であることを実証した。

3. 研修員の感想や意見

- ・ 自分は類似の実験をしたことがあるので、実験室レベルの BDF 作製実験を体験して、油から BDF ができることは理解した、それほど難しくはないとわかった。
- ・ しかし、BDF 製造はすでに実験室レベルではないので、これがスケールアップすると、自分で上手くできるか自信はない。是非ともスケールアップモデルしたことをやってみたい。
- ・ 自分たちは今後、学生に教えることになる。指導者として、理解度を高める必要があるので、そのための取組を教えて欲しい。
- ・ 理論的には理解できたが、自分は実験分野ではないので、化学実験に経験が無く戸惑った。野外調査では技術があるので、そちらで協力できる。



写真 4.3 供試する粗油の計量



写真 4.4 アルカリ触媒 KOH の添加

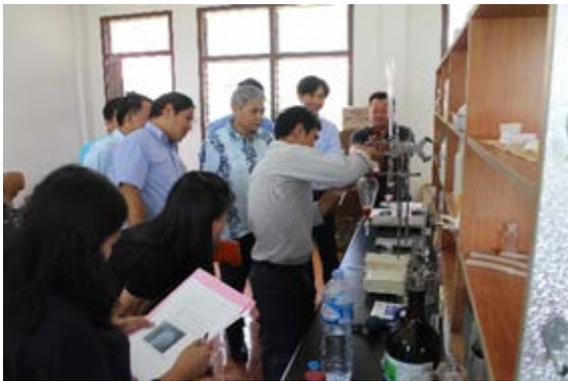


写真 4.5 メタノールの添加



写真 4.6 生成した BDF の計量



写真 4.7 薬品が混在した BDF



写真 4.8 薬品を蒸発させて純粋 BDF の精製

〔使用した配布資料〕

- ・「BDF 作製に関する実験マニュアル」「金属石鹸作製に関する実験マニュアル」
前田先生作成（英文とラオス文の両方配布）

当該技術の現地適合性検討（２）／JICA殿へのご相談

1. 今回の研修でスパーヌウォン大学教官からは、BDF プラントの実稼働で研修することに強い要望があった。そこで、マッカウ・ラオ社の BDF 製造装置が現地研修として利用できるか視察した。
2. マッカウ・ラオ社のBDF製造施設（7/13 午前中）
 - ・次ページ、写真4.9～4.13。
 - ・酸触媒法を用いてBDF製造を行っており、この方法では、遊離脂肪酸はBDFにすることができても多くの脂肪酸を含むトリグリセリドはBDFに変換できていない状況。品質が悪い。
 - ・材料となる広東アブラギリ粗油および製造したBDFについて、品質の分析検査が行われていない。LP県には分析設備と分析技術者を有する機関がなく、LP県エネ鉱山部の管轄下にも、研究所や技術普及所にあたる組織はない。
 - ・ただ、同社の施設は以前より格段に良く整備されており、スパーヌウォン大学が一時的に BDF 製造を研修する場として活用可能である。LP 県庁関係者にも品質改善を実証できる機会になる。
 - ・品質改善には、同社の反応容器（容積 2000）を用いて「アルカリ触媒の従来法」による BDF 製造研修を行うことが可能。
3. スパーヌウォン大学（7/13 午後）
 - ・BDF 製造プラントを見たかったので、是非ともマッカウ・ラオ社と一緒にやりたい。この JICA 案件化調査の中での研修として位置づけてくれば、大変に喜ばしい。
 - ・大学からは、4、5名ほど参加させたい。特に、実験研修に参加したMs. Tim Noy講師は喜んでいる。
4. 提案

次回、第2回調査（8月下旬）で、スパーヌウォン大学とLP県庁も参加して、マッカウ・ラオ社の小型プラント（反応槽 2000）で 100L の油を用いて日本側が指導して研修を行いたい。

以上



写真 4.9 種子の保管



写真 4.10 搾油装置



写真 4.11 品質管理用の実験器具



写真 4.12 ドラム缶のメタノール



写真 4.13 BDF 製造装置、反応容器(容積 200ℓ)

第 2 回 BDF 製造研修の報告書／小型製造装置を用いて

2018 年 9 月 11 日

宮城勝・谷山剛（すまエコ）、前田泰昭（大阪府大）

（文責：宮城）

Makkau Lao 社の BDF 製造工場において、同社の設備を用いて主にスパーヌウォン大学教官に対して、BDF 製造研修を実施した。

I. 目的

- 1) 実際に稼働しているプラントの BDF 製造装置を用いて、スパーヌウォン大学教官が BDF 製造を体験することにより、BDF 製造方法の基本を習得するとともに、実用規模での製造における留意点を理解してもらうこと。
- 2) 低品質と言われる Makkau Lao 社の BDF について、製造装置と製造方法の技術的問題点を明らかにし、改善策を提言して同国での BDF 製造技術の底上げを図る一歩とする。

II. 研修日時、研修場所

2018 年 8 月 25 日 8:30～12:00 Makkau Lao 社の BDF 製造工場内

III. 対象者

Souphanouvong 大学 教員 5 名、Makkau Lao 社 技術者 1 名

IV. 研修スケジュール

- 8 月 23 日（木）：設備状況の確認、薬品・原料の有無の確認、ビーカーによる製造確認実験
 8 月 24 日（金）：プラント装置を用いた予備実験
 8 月 25 日（土）：プラント装置を用いた BDF 製造研修、広東アブラギリ油での製造実験
 8 月 26 日（日）：BDF 乾燥作業、後片付け

V. 事前準備、及び研修の詳細

1. 事前準備（8 月 23 日）

1-1. 製造プラント装置の現状と課題

研修に先立って Makkau Lao 社の装置の状況を確認し、研修に使用する装置の選定、製造方法について検討を行った。Makkau Lao 社の BDF 設備は主に下記の装置によって構成されている。（写真 1～5 参照）

- | | |
|------------------|------------------------|
| ①反応槽（200L） | ⑤溶剤（メタノール）回収槽（約 1000L） |
| ②反応槽（500L） | ⑥乾燥槽（150L） |
| ③洗浄、分離槽（約 1000L） | ⑦加温用油循環装置 |
| ④製品中間貯留槽（500L） | ⑧冷却水循環装置 |



写真 1. ①反応槽 (200L)



写真 2. ⑥乾燥槽 (150L)

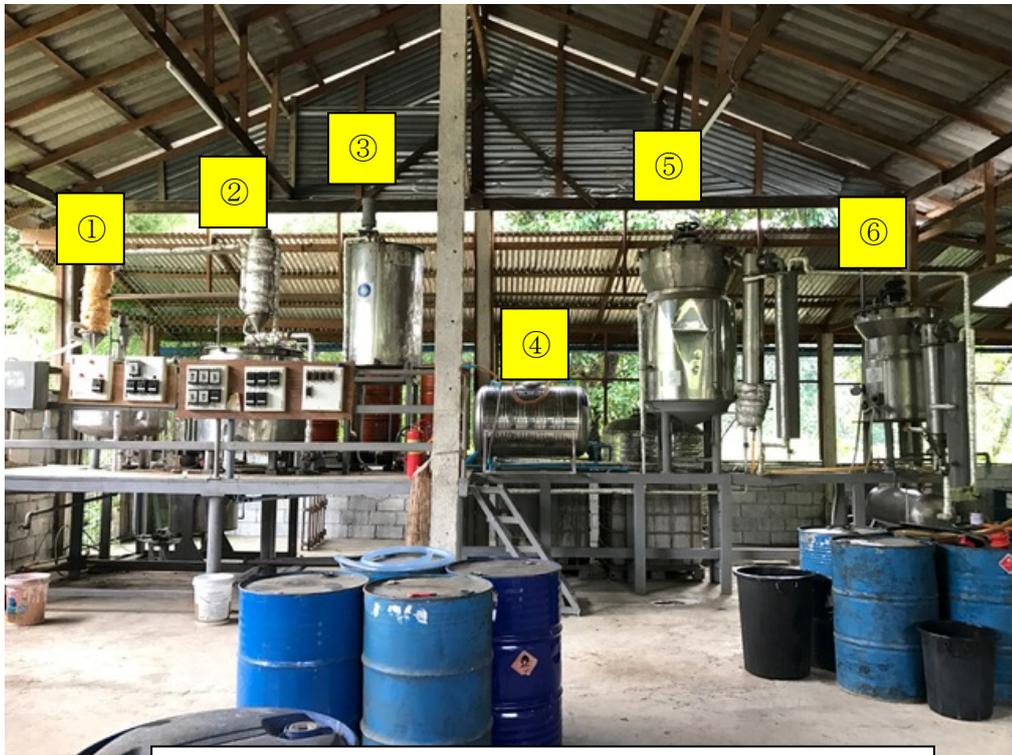


写真 3. Makkau Lao 社の BDF 製造装置①～⑥



写真 4. ⑦加温用油循環装置



写真 5. ⑧冷却水循環装置

Makkau Lao 社の設備には高品質の BDF を効率的に製造する上で、下記のような問題が見受けられたので、Makkau Lao 社へ改善を提案した。

- 1) 各装置の容量がシステムとして統一されていない。
- 2) 作業手順と装置の配置が連続的になっていないため、作業が煩雑になっている。
- 3) 反応槽には内部を確認するためののぞき窓、あるいは液面レベルゲージがないため、反応状態やグリセリンとの界面状態、界面の位置等が確認できず、グリセリン等の分離の効率が悪くなっている。
- 4) 反応槽の底部の形状は鏡板状であり、洗浄分離槽の底部は平板状の構造になっている。平板状では適切な分離作業は行えず、鏡板状であっても排出によって生じる渦巻流によって上層部の FAME (BDF) が巻き込まれて排出されてしまい分離効率が悪くなる。場合によっては下層のグリセリンや洗浄水が残留し品質を低下させることになる。分離作業を要する装置の底部形状はロート状にすることが望ましい。
- 5) 各装置には内部を確認したり、内部清掃を行うためのハンドホールが設置されていないため、内部確認、清掃作業が煩雑になっている。

上記のような課題はあるが、現状の設備でもアルカリ法（従来法）による BDF 製造が可能であることが確認できたのは、重要な成果であった。

次に、反応槽①を利用して、BDF 製造を実施する手順を検討した。

- 「反応、グリセリン分離、洗浄、洗浄水分離」作業を実施する。
- 次に分離された FAME を⑥の乾燥槽に移し、80°Cに加熱しつつ真空乾燥する。
- 乾燥された BDF を自然冷却後に取出す。

1-2. 原料油、薬品等の在庫量、及び品質の現状と課題

○研修に使用する原料油、薬品等は、Makkau Lao 社が保有物品を無償提供した。

- ・ 昨年に搾油し保管してあった広東アブラギリ油がドラム缶数本分、メタノールがドラム缶 1 本分、回収メタノールがドラム缶 1 本分、アルカリ (KOH) が 4kg 程度あった。
- ・ 研修には十分な量であったが、品質に問題がないか確認するため、滴定、及びピーカーによる BDF 製造試験を実施した。

○また原料油については製造装置での製造を容易にするため市販植物油（新油）を使用することとした。

表 1.に確認実験の反応条件と実験結果を示す。実験 1.以外は BDF を生成し、グリセリンと分離することができたことから、回収メタノールを含め、薬品類の使用に問題ないことを確認した。

表 1. 確認試験の条件と結果

| 項目 | 実験 1. | 実験 2. | 実験 3. | 実験 4. |
|-------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 原料油 (酸価) | 広東アブラギリ (15.7) | 市販植物油 (0.5~1.0) | 市販植物油 (0.5~1.0) | 市販植物油 (0.5~1.0) |
| メタノール | モル比で 1:6 | モル比で 1:6 | モル比で 1:6 回収メタノール | モル比で 1:6 回収メタノール |
| アセトン | (添加なし) | (添加なし) | (添加なし) | 20% |
| KOH | 1% | 1% | 1% | 1% |
| 反応温度 | 50~60℃ | 50~60℃ | 50~60℃ | 室温 (約 28℃) |
| 反応時間 | 20 分 | 20 分 | 20 分 | 20 分 |
| 結果 | × | ○ | ○ | ○ |



写真 6. 実験 1. BDF 生成できず

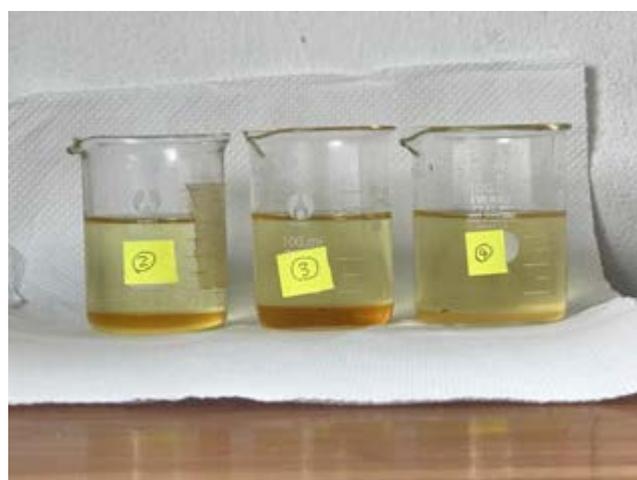


写真 7. 左から実験 2、実験 3、実験 4

2. プラント装置を用いた事前実験 (8月24日)

2-1. プラント装置を用いた事前実験

研修に先立って Makkau Lao 社の BDF 装置の性能、及び作業手順を確認するために事前実験を実施した。実験の条件、及び手順は以下の通りである。なお、装置の操作、及び各作業は Makkau Lao 社のソンブン氏と工場スタッフの皆さんの支援を受けた。

実験条件

- ・原料油 市販植物油 (大豆油) 65kg
- ・メタノール 15kg=原料油の 23 重量%
- ・KOH 520g=原料油の 0.8 重量%
- ・反応温度 50~60℃
- ・反応時間 1 時間
- ・分離静置時間 1 時間
- ・洗浄 20L の水で 3 回洗浄

- ・乾燥 80°Cで水分の回収が目視で見えなくなるまで

実験の手順

1. 原料油を計量し、反応槽①に投入する。
2. 加温用油循環装置を起動し、原料油を 60°Cまで加温する。
3. メタノールをバケツに計量する。
4. KOH を計量し、メタノールと混合する
5. 原料油が 60°Cに達したらメタノールと KOH の混合液を反応槽に投入する。
6. 反応温度を 50~60°Cに保ちながら 1 時間反応させる。
7. 反応が終了したら反応槽の攪拌を止め、1 時間静置し、グリセリンを分離、沈殿させる。
8. 分離、沈殿したグリセリンを反応槽底部から排出する。
9. 反応槽に残った FAME (BDF) に 20L の水を加え、僅かに攪拌し、その後 30 分静置する。
10. 分離、沈殿した水分を反応槽底部から排出する。(9.~10.を 3 回繰り返す。)
11. 洗浄の完了した FAME を反応槽から乾燥槽⑥へ移す。
12. 乾燥槽の温度を 80°Cに設定し、減圧乾燥する。
13. 水分の回収が目視で確認できなくなるまで減圧乾燥を続ける。
14. 乾燥完了後に乾燥槽から FAME を取出し、保管用ドラム缶に移し替える。
 ※乾燥槽の容量、温調器の位置等の関係から、当日製造分の FAME だけでは乾燥作業が行えないことから、翌日の研修での製造分と合わせて乾燥する事とした。

事前実験にて反応終了直後の反応液をサンプル採取し、グリセリンの分離を確認した後、上澄み液 (FAME) に水を加えて石鹼の生成やエマルジョン化が起きないことを確認できた。よって、Makkau Lao 社の装置の性能、実験条件や手順に問題無いことが確認した。

2-2. 広東アブラギリ油での BDF 製造試験

前日の確認試験において広東アブラギリ油での BDF 製造は一般的な KOH 量ではうまく反応できないことが分かったので、原料油の酸価に合わせて KOH 量を増加し、再度、ビーカーによる試験を実施した。(写真 8、9)

23 日の滴定において Makkau Lao 社の広東アブラギリ油の酸価は 15.7、遊離脂肪酸量が 7.85%であったので、これに合う KOH 量として原料油 1ℓあたり 17.9g と算定し、メタノール量等のその他の条件は確認実験時と同様とした。

試験の結果、FAME とグリセリンの分離ができ、上層の FAME に水を添加しても石鹼生成やエマルジョン化が起きないことが確認できた。これにより、広東アブラギリ油を原料とした場合でも反応条件を適正にすることで BDF 製造が可能であることが確認できた。



写真 8. パーム油 BDF (下層はグリセリン)



写真 9. 広東アブラギリ油 BDF (下層はグリセリン)

3. BDF 製造研修 (8 月 25 日)

3-1. 大豆油を用いた BDF 研修

- 作業開始前に柘すまエコの谷山が、装置の概要と作業の流れについて説明を行った。その後、Makkau Lao 社のソンブン氏と工場スタッフの協力を得て、BDF 製造研修を開始した。
- 反応条件、作業手順は前日の事前実験と同じ条件、手順で行った。作業のステップ毎に谷山が作業内容と手順を説明し、研修生からの質問には随時、大阪府立大学の前田が対応した。
- 反応直後の油をサンプル採取し、ビーカーにてグリセリンの分離と、上澄み液 (FAME) に水を添加しても石鹸の生成とエマルジョン化が起きないことを確認した。
- 研修時間の都合にて、洗浄工程までの研修となった。



写真 10. 装置概要の説明



写真 11. KOH の計量



写真 12. メタノールと KOH の調合



写真 13. 原料油の投入



写真 14. グリセリンの排出



写真 15. パーム油 BDF (洗浄後)

3-2. ビーカーによる BDF 製造研修

○研修生からの要望があったので、プラント装置での研修の合間を縫って、ビーカーでの BDF 製造研修を実施した。



写真 16. 広東アブラギリ油の反応実験



左：パーム油 BDF (プラント装置使用) 中央：パーム油 BDF、右：広東アブラギリ油 BDF

○反応条件、アルカリ (KOH) 添加量の算定方法を㈱すまエコの宮城より説明し、研修生自身で計量、溶剤の調合、反応を実施し、本研修は BDF とグリセリンが分離することを確認することまでとした。原料油は市販植物油と広東アブラギリ油を使用した。

いずれの原料油においても BDF とグリセリンの分離を確認することができた。

3-3. 広東アブラギリ油での BDF 製造実験

広東アブラギリ油からの BDF 製造実験を実施した。実験条件は以下の通り。

実験条件

- ・原料油 広東アブラギリ油 100kg
- ・メタノール 25kg=原料油の 25 重量%
- ・KOH 2kg=原料油の 2 重量%
- ・反応温度 50~60℃
- ・反応時間 1 時間
- ・分離静置時間 1 時間
- ・洗浄 40L の水で 5 回洗浄
- ・乾燥 80℃で水分の回収が目視で見えなくなるまで



写真 18. プラント装置で製造した BDF の最終製品 (乾燥済) (左: パーム油 BDF、右: 広東アブラギリ油 BDF)

実験手順は、予備試験、製造研修の手順に準じて実施した。ただし、作業時間の関

係で洗浄は翌 26 日に実施し、乾燥は Makkau Lao 社スタッフに任せることとなった。

4. 製造実験の結果

○製造実験、研修において製造された FAME (BDF) をサンプル採取し、前田先生にて大阪府立大学にて分析を行った。サンプルはプラント装置にて製造された BDF の 3 サンプルである。

○全ての実験において FAME 濃度が 97%を越えており、日本の BDF 規格を満たす結果となっている。

○しかし、市販植物油 (大豆油) を原料とした場合の原料油に対する収率は 83%、広東アブラギリ油を原料とした場合の収率は 73%程度にとどまり、BDF 収率が悪い結果となった。そのため、装置の改造や製造条件、製造手法の見直し等が必要であると考えられる。

製造実験、研修において製造された FAME (BDF) をサンプル採取し、前田先生にて大阪府立大学にて分析を行った。サンプルはプラント装置にて製造された BDF の 3 サンプルである。全ての実験において FAME 濃度が 97%を越えており、日本の BDF 規格をクリアする結果となっている。しかし、市販植物油 (パーム油) を原料とした場合の原料油に対する収率は 83%、広東アブラギリ油を原料とした場合の収率は 73%程度となっており BDF 製造

効率が悪い結果となっているため、装置の改造や製造条件、製造手法の見直し等が必要であると考えます。

大阪府立大学での分析は高速液体クロマトグラフで行った(写真 19)。混合している複数の物質を分離する方法をクロマトグラフィー¹といい、試料を分離するために、分離カラムと溶離液を用いる液体クロマトグラフィー(LC)および分離カラムとキャリアガスを用いるガスクロマトグラフィー(GC)がある。LCでは液体の試料を分析するが、GCでは気体及び液体の試料の分析ができる。



写真 20. 高速液体クロマトグラフ(大阪府大)

クロマトグラムと分析結果を図 1 に示す。物質によってクロマトグラムのそれぞれのピークの位置を示す溶離時間が異なり、その物質を特定することができる。15.692 分がトリグリセリド(油)、16.500 分がジグリセリド、17.675 分が FAME(脂肪酸メチルエステル：BDF)、18.758 分がモノグリセリドである。

FAME のピークが顕著である(図中の①)。それぞれの物質の組成の相対値は図中の②に示される。その解析結果を表 2. に示す。FAME 濃度が原料 1.、2. および 3. のそれぞれで 97.8%、98.2% および 99.23% となり、高濃度で製造できたことを示している。異なる原料でも本プラントを使って品質の高い BDF を製造できることが分かった。

¹ クロマトグラフィーではサンプルの中の物質が分離され、「何が含まれているのか(定性分析)」「どれくらいの量が含まれているのか(定量分析)」という 2 つを知ることができる。各々物質が異なった速度で移動することにより分離され、その移動速度をその物質の特性値として検出する。

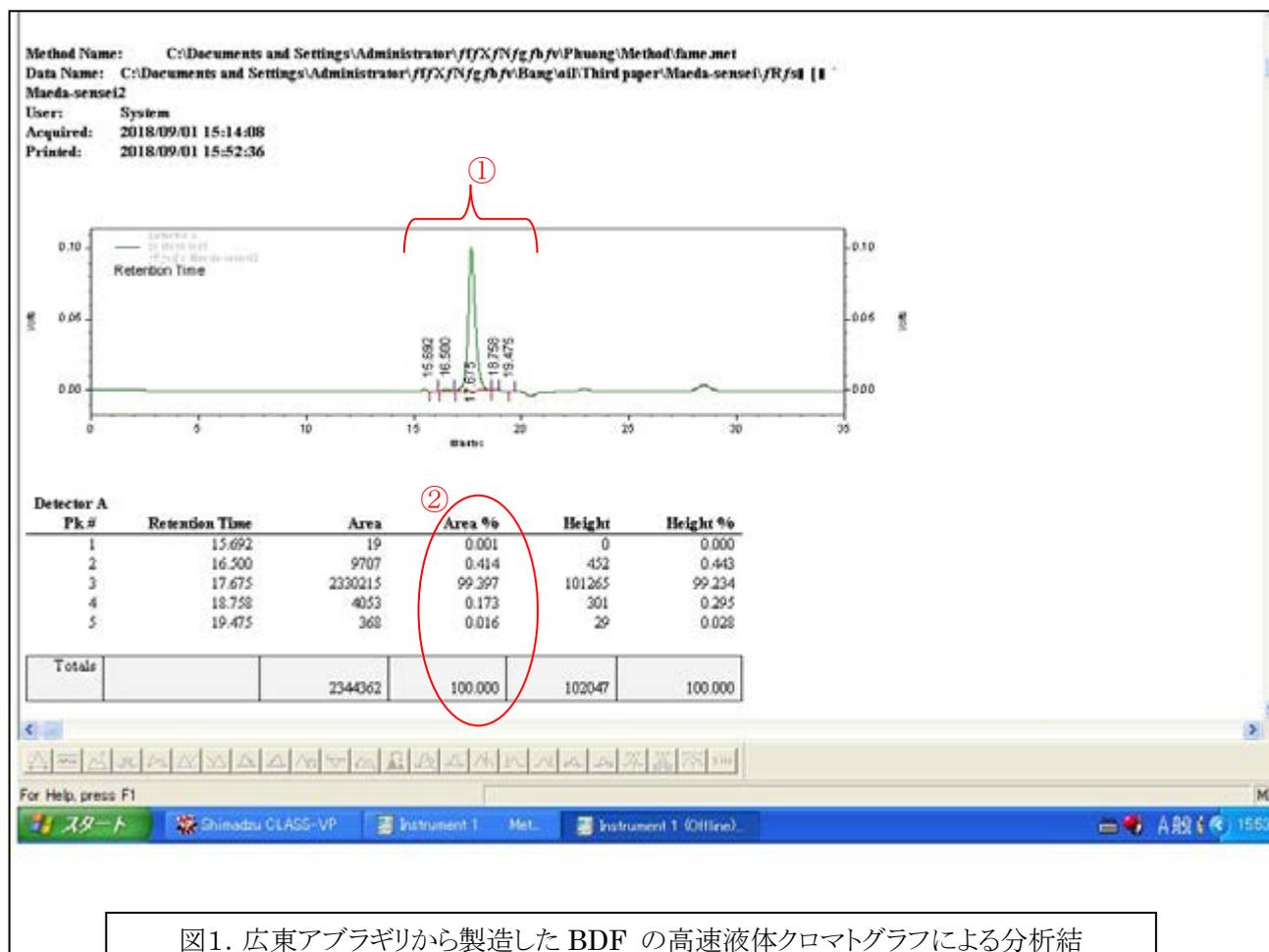


表 2. Makkau 社のプラントを用いて実施した BDF 製造実験結果

| 原料 | FAME(BDF)濃度 (%) | トリグリセリド (%) | ジグリセリド (%) | モノグリセリド (%) |
|-----------------|-----------------|-------------|------------|-------------|
| 1.パーム油(24 日) | 97.8 | 0.2 | 0.23 | 0.56 |
| 2.パーム油(25 日) | 98.2 | 0.1 | 0.18 | 0.67 |
| 3.広東アブラギリ(25 日) | 99.23 | 0.1 | 0.44 | 0.30 |

5. 研修生の感想

研修終了後に研修員と意見交換し、以下のような意見、感想があった。

- ・大学での研修時にはあまり理解できていない部分もあったが、2 回目の研修でより理解を深めることができた。
- ・実験室での研修では容易に思えたことでも、実際の装置を使用しての製造では難しいことが沢山あって勉強になった。
- ・大型の装置を使った実験の機会がほとんどないので、今回の研修では多くのことを学ぶことが出来た。このような機会があればまた参加したい。

研修員の皆さんは、待機時間を利用してピーカーレベルでの BDF 製造実験を自ら提案するなど、BDF 製造技術の習得に対して大変意欲的、積極性が感じられた。



写真 20. 研修員（前列の 5 名）、Makkau Lao 社工場責任者のソンブン氏（後列右から 4 人目）

VI. 次回調査（第 3 回現地調査）における BDF 製造研修、及び実験の提案

10月の第3回現地調査において、以下の目的にて再度プラント装置を使用した BDF 研修、及び実験を実施を予定する。

- ・ルアンプラバン県関係者、及び Souphanouvong 大学に BDF 製造について理解を深めてもらう。
- ・共溶媒法による BDF 製造方法について理解してもらう。
- ・広東アブラギリの新油（今季に採取された種子から搾油された油）の性状と特性、BDF 製造の可否の確認
- ・広東アブラギリ油からの BDF 製造の再現性と収率等の確認
- ・事業パートナー候補である Makkau Lao 社の装置の特性、及び人材能力の確認

以上

第 3 回 BDF 製造研修の報告書／小型製造装置を用いて

宮城株（すまエコ）、前田、沖森（環総テクノス）

2018 年 10 月 18 日

JICA 調査事業である「広東アブラギリ種子の多益利用調査」において、すまエコと大阪府立大、及び環総テクノスは、以下の BDF 製造の技術研修を実施した。実施にあたっては、Makkau Lao 社の多大な協力を得たことに感謝する。

1. 要項

(1) 目的

- 1) Luang prabang 県関係者に対して実際のプラント装置を用いて Makkau 油から高品質の BDF が製造できることを示し、ラオス国における BDF 製造技術の底上げを図るとともに、県、及びラオス国の再生可能エネルギー政策、植林政策、農業政策、工業化政策等の推進に寄与すること。
- 2) 実際に稼働しているプラントの BDF 製造装置を用いて、スパーヌウォン大学教官が BDF 製造を体験することにより、共溶媒法による BDF 製造方法の基本を習得するとともに、実用規模での製造における留意点を理解してもらうこと。

(2) 研修日時、研修場所

Makkau Lao 社の BDF 製造工場内にて

2018 年 10 月 18 日 9:30～11:00 （スパーヌウォン大学、Makkau Lao 社）

13:00～16:00 （県庁の関係部署、Makkau Lao 社）

(3) 対象者

Luang prabang 県関係者 14 名、Souphanouvong 大学 教員 4 名、
Makkau Lao 社 Vongphet 会長、Sonbun 工場長

(4) 研修スケジュール

10 月 17 日（水）：設備状況の確認、薬品・原料の有無の確認、ビーカーによる製造確認
実験

10 月 18 日（木）：プラント装置を用いた製造研修（原料投入～反応～グリセリン分離～
洗浄）

10 月 19 日（金）：製造した広東アブラギリ BDF の乾燥（脱水）

※乾燥（脱水）処理は Makkau 社工場作業員のみにて実施した。

2. 実施内容

2.1 原料

○広東アブラギリ油①：今季に採取した種子を用いて Makkau 社にて搾油した油

○広東アブラギリ油②：Makkau 社が 1 年前に搾油しドラム缶に貯蔵していた油

※①は十分な量の搾油ができなかった為、ビーカー確認試験のみ実施した。

2.2 製造装置

Makkau 社の BDF 製造装置は写真 1 のような構成になっている。第 2 回の研修で提起したように、Makkau 社の装置には BDF 製造に不向きな要素もいくつかある。その為、今回の研修においても第 2 回と同様に反応槽 1 と乾燥槽 6 を用いた簡略的な製造方法とした。



写真 1. Makkau 社の BDF 製造装置

2.3 反応条件と製造手順

- (1) 原料油である広東アブラギリ油の酸価、及び遊離脂肪酸量を滴定法により測定した。
測定結果は、酸価：11.2、遊離脂肪酸量：5.6%であった。
- (2) 原料油 100kg とアセトン 10kg（原料油の 10%）を反応槽へ投入し攪拌。
- (3) メタノール 22kg(原料油とのモル比で 1:6)にアルカリ触媒の KOH1.85kg を溶解し、反応槽へ添加して原料油とエステル交換反応により BDF を生成した。
反応温度は室温（約 30℃）、反応時間は 30 分とした。
- (4) 反応完了後に静置により副生したグリセリンを分離し、反応槽下部から排出した。
- (5) 反応槽に残った BDF を水道水 20L で水洗、排水を 10 回繰り返した。
- (6) BDF を反応槽から乾燥槽へ移し、70℃に加熱しながら脱水した。（但し、この脱水作業は研修翌日に Makkau 社によって実施された。）

2.4 結果

共溶媒法にて製造した以下の 4 サンプルを大阪府立大学にて高速液体クロマトグラフによって分析した。

サンプル①：Makkau 社が 1 年前に搾油し、ドラム缶に保管していた油から、ビーカー試験によって製造した BDF

サンプル②：今季に採取した広東アブラギリ種子を用いて、試験当日に Makkau 社にて搾油した油から、ビーカー試験によって製造した BDF

サンプル③：Makkau 社が 1 年前に搾油し、ドラム缶に保管していた油から、Makkau 社の装置を使用してエステル交換反応させた後、一部をビーカーに取出して、グリセリン分離、洗浄、乾燥を行って製造した BDF

サンプル④：Makkau 社が 1 年前に搾油し、ドラム缶に保管していた油から、Makkau 社の装置を使用して製造した BDF

分析結果を表 1 に示す。サンプル②では FAME 純度が 75.633%と低く規格を満足していないものとなっている。使用した油は新油で、酸価の測定値は 3.36 と測定され KOH 量は 0.94%と算定されたが、新油のフィルタリングが十分になされなかったことから油中に夾雑物が残存し、これが酸価測定に影響を与え、KOH 量が少なく算定されてしまったことと、夾雑物の存在によりエステル交換反応が阻害された為に FAME 純度が低くなったと推測される。

サンプル①、③、④では FAME 純度は日本の規格値を満足している。使用された広東アブラギリ油の酸価は 11.2 であり、このように非常に酸価の高い油は通常のアルカリ法では製造が難しく、純度が悪くなるか、収率が低くなってしまい実用的ではない。しかし共溶媒法ではこれを改善することが可能であり今回の実験における収率は 84.4%と、前回実験（アルカリ法）での収率 73%を大きく上回っている。一方、グリセリド残量においては、規格値を逸脱しているものもみられることから、厳密な滴定による KOH 量の算定が必要と思われる。

第 2 回、第 3 回の実験で示されたように Makkau Lao 社の製造プラントを使用して、広東アブラギリ油から BDF を製造することは可能である。しかし、現状の装置、製造方法では BDF 製造に不適な部分もあるため、効率的で安定的な製造は難しい状況である。調査チームは高品質な BDF を収率良く、安定して製造することができるように、Makkau Lao 社に装置や製造方法の改善提案を行った。

写真 2.~5.に各サンプル BDF、写真 6.に分析装置を、図 1.に分析結果のクロマトグラフを示す。

表 1. BDF 製造実験結果

| 試験 | FAME(BDF) 濃度 (%) | モノグリセリド [※] (%) | ジグリセリド [※] (%) | トリグリセリド [※] (%) |
|-------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| サンプル① | 97.002 | 0.242 | 0.528 | 2.228 |
| サンプル② | 75.633 | 1.233 | 6.673 | 16.461 |
| サンプル③ | 98.387 | 0.308 | 0.181 | 1.123 |
| サンプル④ | 98.936 | 0.688 | 0.122 | 0.254 |

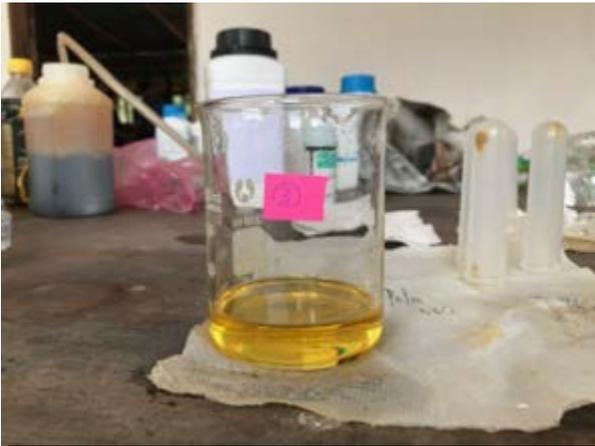


写真 2. サンプル①
広東アブラギリの保管油にて、ビーカー試験で製造した BDF(洗浄、乾燥済)



写真 3. サンプル②
広東アブラギリの新油にて、ビーカー試験で製造した BDF(洗浄、乾燥済)



写真 4. サンプル③
広東アブラギリの保管油にて、プラント装置で反応させた後、ビーカーに取出して分離、洗浄、乾燥し製造した BDF



写真 5. サンプル④
広東アブラギリの保管油にて、プラント装置で製造した BDF(洗浄、乾燥済)



写真 6. 分析に用いた高速液体クロマトグラフと担当者・今村清専門家、大阪府立大学に

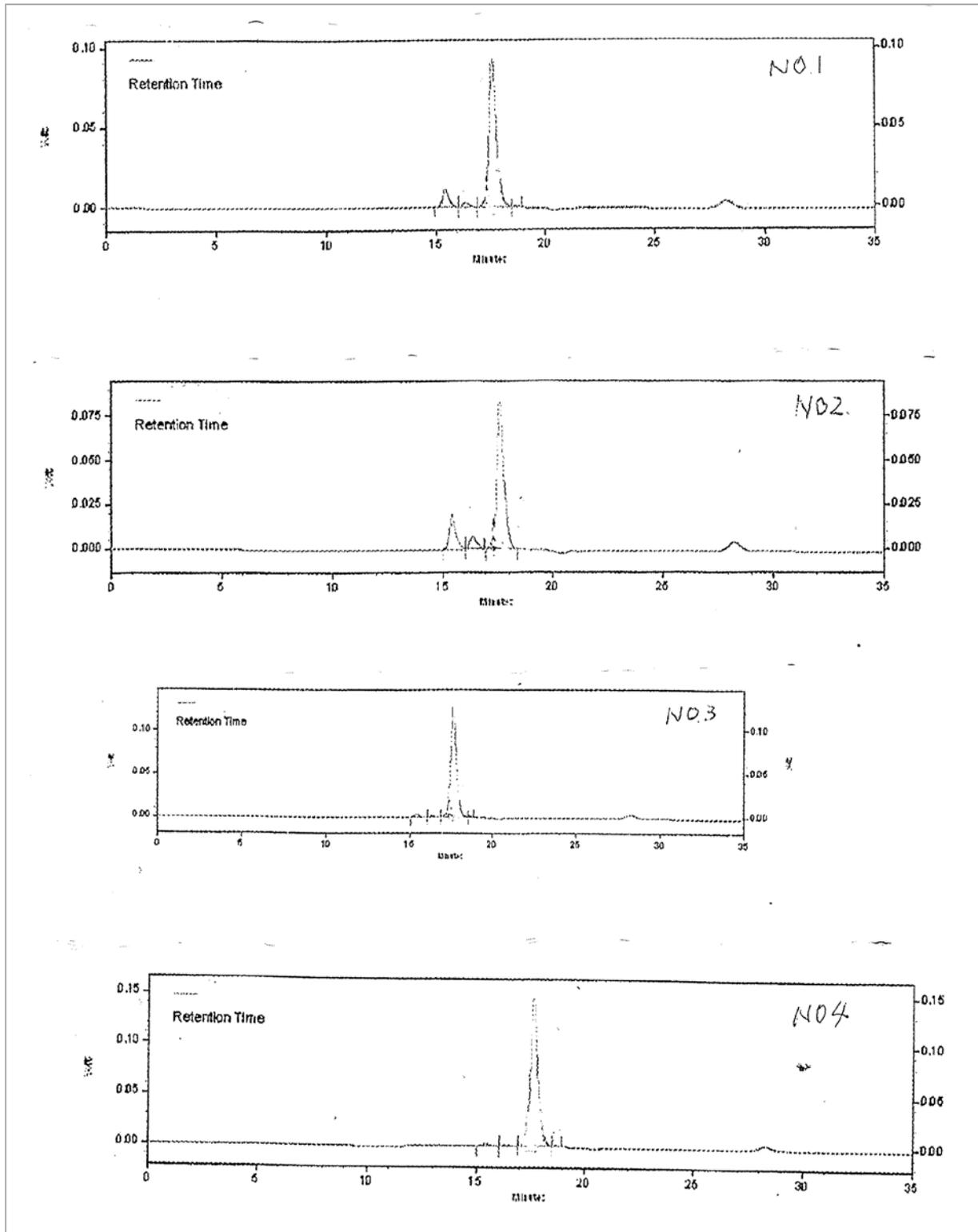


図1. 広東アブラギリから製造した BDF の高速液体クロマトグラフによる分析結果
図中の番号は、表 1 の「サンプル番号」に一致する。

2.5 Makkau 社での実験の様子を示す。



写真 7. 搾油作業



写真 8. 搾油した油のフィルター作業



写真 9. 原料油の計量



写真 10. 原料油の反応槽への投入



写真 11. 研修に参加した県庁幹部：①エネ鉱山部長、②科学技術部課長、③総務部副部長、④商工部長、⑤天然資源環境部長



写真 12. 研修・午後の部に参加した県庁幹部、マツカウラオ社、JICA 団員の皆さん

以上

環境影響評価の現地事前調査

1. BDF 実証機の設置候補地

当初の候補地は校舎内であったが、隣接の教室に影響があるので、校舎から離れた農学部の野外施設地を第1候補として推薦された（写真1）。その位置図を別紙1に示す。



写真 1. 実証施設の設置候補地

2. BDF 製造装置の稼働で影響が出るのは、排水処理と考えられた。農林学部の排水状況を観察した。実験に試用した薬品等の排水処理はしておらず、構内の用水路を通じて小川に流し、そのままメコン川に放流している。その経路を別紙2（図と写真）に示す。

3. 同大学には理系は農林学部の他に、工学部、建築学部、物理化学科があるが、排水量は少ない。実験等の排水が多いのは農林学部のみ。現状は、まだ実験が少ないので薬品量も少なくさほど問題になってないが、今後、プロジェクトが増えると対策が必要。副学部長もその認識はもっている。







写真 1. 校舎の横の用水路



写真 2. 道路を横断する暗渠の入り口



写真 3. 広場を横断した暗渠の出口



写真 4. 道路沿いの用水路



写真 5. 用水路から小川へ合流



写真 6. その後の小川

環境チェックリスト：1. 鉱工業 (1)

| 分類 | 環境項目 | 主なチェック事項 | Yes: Y No: N | 具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等) |
|-------------|--------------------|--|----------------------------------|--|
| 1 許認可・説明 | (1) EIAおよび環境許認可 | (a) 環境アセスメント報告書 (EIAレポート)等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。 | (a) N (b) N (c) N (d) N | (a) 未作成。天然環境資源省LPB(天然資源環境部)に普及実証事業家を説明し、環境リスクを相談済み。規模が小さいので、初期環境影響調査(IEE)となる可能性大。普及実証事業家が明確になった段階で、再協議することになった。 (b) 未実施。 (c) 該当しない。 (d) 該当しない。 |
| | (2) 現地ステークホルダーへの説明 | (a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。 | (a) Y (b) N | (a) C/P大学の木字と農林字部には、実証装置と稼働に必要な環境保全措置について説明した。当方およびC/Pのそれぞれが措置する項目については理解を得ている。 (b) 大学構内であり近辺に住民が少ないことから、行っていない。 |
| | (3) 代替案の検討 | (a) プロジェクト計画の複数の代替案は(除却の際、環境・社会に係る項目も含めて)検討されているか。 | (a) N | (a) 実証装置の設置場所は2つを検討し、C/Pの希望で1つに絞った。 |
| 2 汚染対策 | (1) 大気質 | (a) 船舶・車輛・付帯施設(ドック等)から排出される硫黄酸化物(SOx)、窒素酸化物(NOx)、煤じん等の大気汚染物質は、当該国の排出基準、環境基準等と整合するか。大気質に対する対策は取られるか。 | (a) N | (a) 大気に排出する工程はない。 |
| | (2) 水質 | (a) 対象となる作業場、施設並びに付帯設備等から排出される排水(BOD、COD、SS、油脂、pH、その他有害物質)は当該国の排水基準等と整合するか。また、排水により当該国の環境基準等と整合しない地域が生じるか。 (b) 原材料、化学物質、廃棄物等の貯蔵場所から流出水が表流水、地下水、土壌を汚染しない対策がなされているか。 | (a) Y (b) Y | (a) ラオス国家環境基準(2009)の「表流水基準」と「一般工場排水基準」を遵守する。BDF製造時の排水量は150t/日であり、大量ではないので、実証装置に付随して排水処理設備をつけて対処する。 (b) 実証装置に付随して排水処理施設をつくる予定である。種子油の原油(ドラム缶)、KOHやメタノールなど薬品類は、コンクリート床の倉庫に貯蔵し外に漏れないようにする。 |
| | (3) 廃棄物 | (a) 対象となる作業場、施設並びに付帯設備等から発生する廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。 (b) 廃棄物保管場所または処分場からの浸出水によって土壌・地下水を汚染しない対策がなされるか。 | (a) Y (b) Y | (a) 固形廃棄物は環境保護法の3章に規定(1991年)、その運用は第4章に規定(2002年)。それらを守って行う。 (b) 薬品類の使用済み容器など。規制に従って廃棄物業者に委託する。 |
| 3 自然環境 | (4) 騒音・振動 | (a) 騒音、振動は当該国の基準等と整合するか。 | (a) Y | (a) 環境保護法で定めた国家環境基準(2017年改正)を遵守して行う。 |
| | (5) 地盤沈下 | (a) 大量の地下水の汲み上げを行う場合、地盤沈下が生じる恐れがあるかか。 | (a) N | (a) 地下水は使わない。BDF製造時は約100t/日の使用量を予定。 |
| | (6) 悪臭 | (a) 悪臭源はあるか。悪臭防止の対策はとられるか。 | (a) N | (a) 保管物と製造時に悪臭発生はない。 |
| 3 自然環境 | (1) 保護区 | (a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。 | (a) N | (a) 大学構内であり、該当しない。 |
| | (2) 生態系 | (a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地(埋蔵地、マンダロープ種地、干潟等)を含むか。 | (a) N | (a) 大学構内であり、該当しない。 (b) (同上) (c) (同上) |
| | | (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 | (b) N | |
| | | (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) プロジェクトによる水利用(地表水、地下水)が、河川等の水域環境に影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。 | (c) N (d) Y | (d) 大学の排水系統に下水処理施設はなく、排水は小川に入り、近隣のメコン川に放水される。よって実証装置に排水処理施設を付けて、小川に放水時には同国の基準を遵守する体制をとる。日排水量は1500程度である。 |

| 分類 | 環境項目 | 主なチェック事項 | Yes: Y No: N | 具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等) |
|-----------------------|-----------|--|--|---|
| 3 自然 環境 | (3) 地形・地質 | (a) 盛土、切土等の地山の改変は地山の安定を考慮して計画されているか。 | (a) Y (b) N (c) N | (a) 大学構内の倉庫を建て替える予定。平地であり地山の改変はない。 (b) (同上) (c) 海域ではないので該当しない。 |
| | | (b) 盛土部、切土部、土捨て場、土砂採取場からの土砂流出は生じるか。土砂流出を防ぐための適切な対策がなされるか。 (c) 海域に計画されている場合は、自然海岸の侵食を助長する恐れがあるか。 | | |
| 4 社 会 環 境 | (1) 住民移転 | (a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。 | (a) N (b) N (c) N (d) N (e) N (f) N (g) N (h) N (i) N (j) N | (a) 住民移転はなく、該当しない。 (b) (同上) (c) (同上) (d) (同上) (e) (同上) (f) (同上) (g) (同上) (h) (同上) (i) (同上) (j) (同上) |
| | | (a) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (b) プロジェクトの実施により必要となる社会基盤の整備は十分か。(病院・学校、道路等)。不十分な場合、整備計画はあるか。 (c) プロジェクトに伴う大型車両等の運行によって周辺の道路交通に影響はあるか。必要に応じて交通への影響を緩和する配慮が行われるか。 (d) 他の地域からの人口流入により病気の発生 (HIV等の感染症を含む) の危険があるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮は行われるか。 | (a) N (b) N (c) N (d) N | (a) 該当しない。 (b) 該当しない。 (c) 種子油の搬入や製造したBDFの搬出で、ドラム缶を積載するトラックが一般道から大学構内に入るが、日産1000でドラム缶半分程度なので、搬出入の頻度は低く、道路交通への影響は小さい。 (d) 該当しない。 |
| (3) 文化遺産 | (4) 景 観 | (a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。 | (a) N | (a) 大学構内に該当する施設はない。 |
| | | (a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。 | (a) N | (a) 大学構内に該当する施設はない。 |
| | | (a) 当該国の少数民族、先住民の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。 | (a) N (b) N | (a) 該当しない。 (b) 該当しない。 |

| 分類 | 環境項目 | 主なチェック事項 | Yes: Y No: N | 具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等) |
|----|-----------------|--|---|--|
| 4 | 社会環境 (6)労働環境 | (a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハート面での安全配慮が措置されるか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。 | (a) Y (b) Y (c) Y (d) Y | (a) 労働法(2007年)を遵守して行う。 (b) 化学薬品類や有機溶媒を扱うので、保管場所、作業時の保護具を用意する。 (c) 稼働時の取り扱いマニュアルを作成し、講習会を開催して安全教育を行う。 (d) 稼働時の作業員は少なく、特に警備員を配置することもないため、該当しない。 |
| 5 | その他の | (1) 工事中の影響 (2) 事故防止対策 (3) モニタリング | (a) N (b) N (a) Y (a) Y (b) ? (c) Y (d) ? | (a) トラックや重機の搬入が少ないので、当該汚染が発生する可能性は小さい。 (b) (同上) (a) 薬品類の搬入は専用容器、製造したBDFの搬出はドラム缶である。それらが輸送中に破損、落下することがないように、荷台の安全確認と固定具(ロープ、金具、シート)の設置を行う。 (a) 必ず実施するが、計画内容を検討中。 (b) (同上) (c) (同上) (d) (同上) |
| 6 | 留意点 | 他の環境チェックリストの参照 環境チェックリストの留意 ト使用上の注意 | (a) N (b) N (a) N | (a) 該当しない。 (b) 該当しない。 (a) 該当しない。 |

注1) 表中『当該国の基準』については、国際的に認められた基準と比較して著しい乖離がある場合には、必要に応じ対応策を検討する。
当該国において現在規制が確立されていない項目については、当該国以外（日本における経験も含めて）の適切な基準との比較により検討を行う。

注2) 環境チェックリストはあくまでも標準的な環境チェック項目を示したものであり、事業および地域の特性によっては、項目の削除または追加を行う必要がある。

金属石鹼の市場調査報告／ハノイ

場所： ベトナム国ハノイ市

当方： 前田泰昭（大阪府立大）、谷山剛（すまエコ）、浄土栄之助（琉球テクノロジー）、
Ha Thuy(ベトナム語日本語通訳)

以下の3社に対して金属石鹼の調査を実施した。

(1) 会社名： Thang Long Chemical Joint Stock Company （所在地 Dang Da Dist, Hanoi）

先方の対応者： General Director: Doan Khac Thinh 氏 (Mr.)

Sales Manager: Khuc Dai Minh 氏 (Mr.)

Sales Department: Dang Tien Hai 氏 (Mr.)

場所： ハノイ市内ベトナム国家大学（VNU） Boi 教授のオフィス

日時： 2018年8/27（月）9:00～10:00

○当会社は、プラスチックおよび塗料関連の資材や製品を取り扱う商社で、自社工場は持っていない。金属石鹼は、塩ビ（PVC）製品の資材として製造業者に販売しているが、その他の用途は知らない。

○現在のところは、Pb（鉛）石鹼（仕入れ値で1.25～1.50 USD/kg）が主で、塩ビ各種製品（パイプ、継手、フィルム）製造時の遊離塩素安定の目的での添加剤として用いている。乾式製法のパウダータイプを取り扱っている。

○Pb 石鹼がベトナムで普及している理由は、価格が安いという点、使用量が少なくても機能するからである。

○今後は有害な鉛の使用規制が広がるので、Ca/Zn（カルシウム/亜鉛）石鹼（2 USD/kg）、Sn（錫）硫黄化合物（6 USD/kg）などに転換が徐々に進むと思われる。Ca/Zn 石鹼は主に PVC フィルムの製造に使われる。ベトナムにおいて Pb(鉛)石鹼から Ca/Zn への移行が遅れている原因には、以下が考えられる。

- ① 価格が高い（ベトナムでは品質より価格を重視）
- ② PVC の種類や 製品によって、添加量が変わってしまう
- ③ Pb 系の方が安価なうえ、添加量も少なくて済む
- ④ 日本の企業(PVC 製造)に判断して貰わないと販売が難しい

また、新規添加剤の採用に当たっては 添加した PVC の性能評価（安全性や劣化試験など）1年以上を要することになる。このことから 開発に意欲のある企業しか導入を検討しない。

○金属石鹼製品の輸入はマレーシア、中国、インドネシア、韓国、日本、イタリアから行なっている。金属石鹼を使う PVC 成型品としては、パイプ、継手、電線の被覆材などがある。

○この会社では、新しい種類の金属石鹼の評価やその導入の可否を決めることはできない。欧米や日本などで製品として品質が保証されているものであれば、取り扱うことはできる。日本の三菱レーヨンとパートナー企業の関係にあり、例えば、三菱レーヨン側で品質がチェックされたものであれば、取扱いはできると思う。いずれにせよ、ベトナム市場で新しい製品（金属石鹼）を普及させるのであれば、一番大事なのはなんと言っても「価格が安いこと・手ごろなこと」であって、品質や機能は二の次になると力説されていた。

(2) 会社名 : Phuc Ha Investment & Development JSC (所在地 : Nam Thang Long Industrial Park, Hanoi)

先方の対応者 : Senior Manager: Nguyen Hoang Phuong 氏 (Mr.)

場所 : Nam Thang Long Industrial Park 内の当会社事務棟 2F 会議室

日時 : 8/27 (月) 10:30~11:30

今回の訪問先は、Nam Thang Long 工業団地内のこの会社の事務棟と倉庫がある場所。工場はソンホン川を渡って北側に行った Thang Long 工業団地内に所在するとのこと (今回は視察できず)。

○会社全体での従業員は約 500 名。この会社の主な製品は、PVC、PP、PE のパイプ類と継手、金属のバルブである (DEKKO というブランド名)。

○現在 Pb 系の石鹼を使用、Ca/Zn 石鹼を使用してみたことはあるが、以下の理由で不採用。

- ① Pb 石鹼に比べて使用量を 20~30% 増しにしなればうまいくはなかつたこと
- ② 金属バルブの製造につかうと色が付いてしまうこと
- ③ 特に Zn が入ると製造する製品ごとに Zn 量の配合のレシピを細かく替えないとうまいくはず取扱いが面倒なことから、現在は Pb 石鹼のみを使っている。Pb 石鹼ならば 1 つの配合レシピで作り溜めしたものを、あらゆる製品に使えて便利、単価も安いこともあるので。

Pb 石鹼はシンガポールのサンレイ社一社から仕入れている。仕入れ価格は約 2 USD/kg で年間の消費量は約 120 トン。Ca/Zn 石鹼の実用試験の苦労があるので、新しい種類や別の機能の金属石鹼を積極的に採用する気はない。



この会社の事務棟 (今回訪問先)

(3) 会社名 : Tana Daithang Company

先方の対応者 : 工場長 Luong Quang Tuyen 氏 (Mr.)、技術部長、以下全部で 4 人 (以下写真のテーブルの向こう側の 4 名、名刺は理由は不明だが交換できなかった)

所在地 : Pho Noi A Industrial Park, Hung Yen Hanoi 市郊外。

場所 : 会社工場内の 2F 会議室とその後工場内見学

日時 : 8/27 (月) 14:00~15:00

ドイツの Stroman と技術提携し、Stroman ブランドの PVC、PP、HDPE パイプ (主に上水、給水用) および継手類をこの工場で製造している。

○敷地面積は 7.5ha で、ベトナム国内には他に 2 工場あり、そちらでは排水用のパイプ類を製造している。この会社ではパイプ・継手の全自動型製造ライン装置をヨーロッパから輸入して、自動的に原料 (金属石鹼含む) の配合供給、パイプや継手の押出成形、切断、末端の処理を行っている。全自動機械のため、1 機械あたり作業員 3 名で対応ができるようになっている。この工場での現在の製造規模は、1500 トン/月 (製品重量)。



向こう側の左が工場長の Luong Quang Tuyen 氏



正門前



製品：パイプ（塩ビ、高密度ポリプロピレン）、継手（塩ビ）



高密度 PP パイプ



ポリ塩化ビニルパイプ

- 現在、Pb 金属石鹼から Ca/Zn 石鹼に移行して行く途中の段階。古い機械では Pb 石鹼しか対応できないが、現在導入している新型の機械では Ca/Zn 石鹼に対応しており、月間の使用量は約 25 トンになる。
- これは、機械が製品の種類により材料や添加剤を自動測量にて混合してくれるため種類ごとに添加剤量を人間が計算して変える必要がないためである。
- また、Ca/Zn 系に移行するのは、給水用（温水対応にも利用）のパイプに使用されることから Pb 系では溶出の懸念があるためでもある。Ca/Zn 石鹼はドイツの IKA 社（関連会社）から

仕入れている。先日も中国の業者から Ca/Zn 石鹼の売り込みを受けたが、価格、品質ともに折り合わなかった。

○添加剤は金属石鹼だけではなく、可塑剤の目的でエポキシ化大豆油も樹脂パイプ原料として使っているとのこと。(ちなみに日本では、DEHP (フタル酸ビス(2-エチルヘキシル) や DINP (フタル酸ジイソノニル) が主流である)

○塩ビのパイプのベトナム国内の状況は、製品製造しているのは他社含めて全部で 15 社ある。この工場では第一期工事で、3500 万 USD の設備投資、第二期は同じ 3500 万 USD の投資で、最終的には 3000t/月のパイプ生産を計画中。金属石鹼の使用量はプラスチック原料中の 2.5%を基本としている。

(4) ベトナム国家大学の BDF 製造装置
2018 年 8 月 28 日 / Hoa Lac 科学団地

同大学が SATREPS で設置した装置。
金属石鹼製造の技術開発も行っており、関係の研究者と意見交換した。
また、Makkau 社の装置の反応槽の下部、ロータ型の装置を調査し、グリセリン分離時の FAME の巻き込みについて、調査した。また加熱脱水後の最終製品の取り出し時の、冷却機についても調査した。



(5) ベトナム科学技術アカデミーの植物化学研究所 (IPC/VAST)
各種、油糧種子からの油分の抽出と最終製品を販売している。
工業原料油脂として、または金属石鹼の利用はないが、
① 化粧用石鹼 (金属石鹼と同様の作り方)
② エッセンシャルオイルの可能性
③ 天然系界面活性剤として
などによる販売も可能性としてはある。

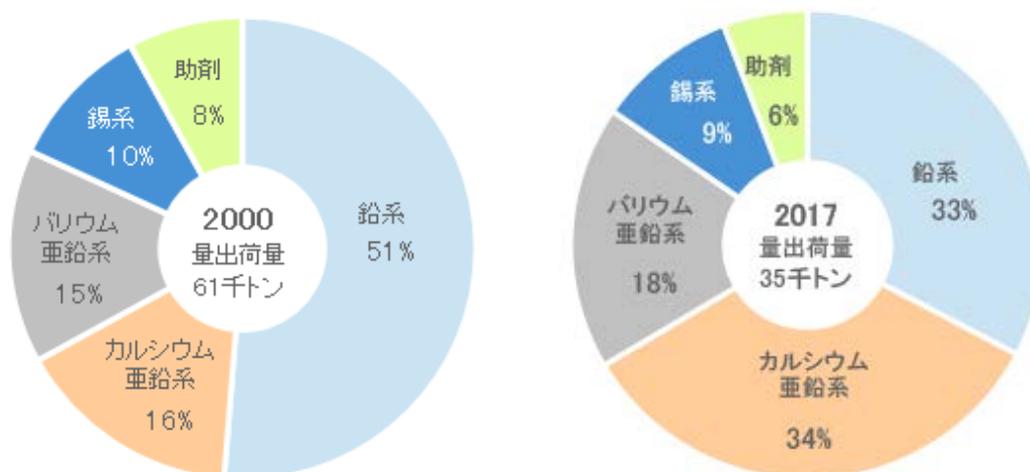


参考資料

安定剤は、塩ビを熱成形して塩ビ製品をつくる際の塩ビの熱分解の進行を抑制するためや、塩ビ製品使用中の紫外線劣化などを防ぐため、配合段階で添加される。

一般に金属石鹸、あるいは金属化合物であり、塩ビ 100 に対して 1～3 程度が添加。

日本国内での安定剤の出荷量推移



Pb系について

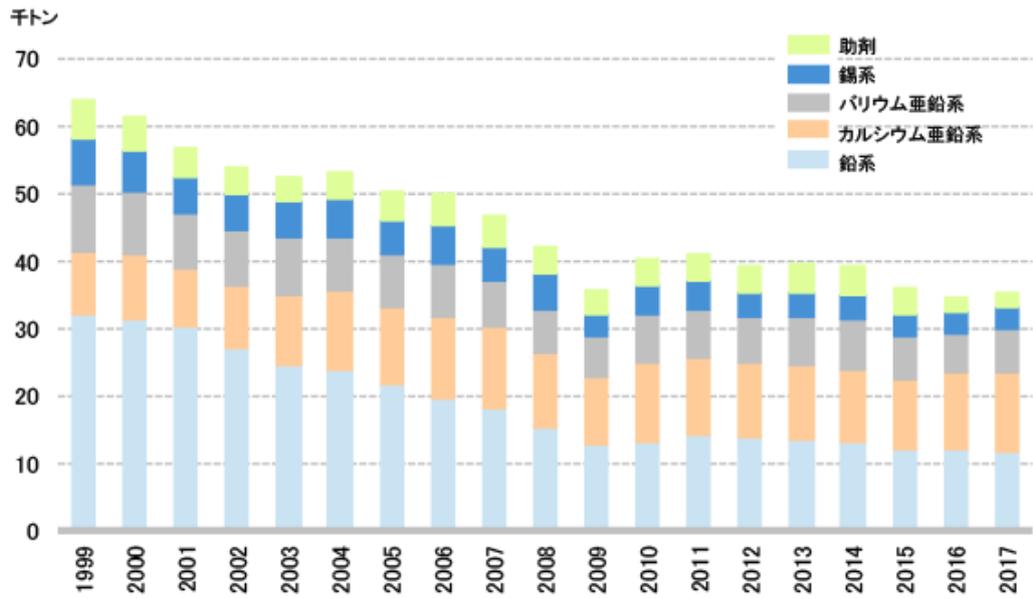
最も長い歴史を有する塩ビ用安定剤で、全体の4割近くを占めているが、その使用量は年々減少。安定化効果は抜群に優れており、長期の耐久性が求められる製品（電力ケーブル）や長時間の成形加工時間に耐える必要のある製品（大口径パイプなど）に使われている。

その他、窓枠など、建材用途の異型押出の硬質塩ビ製品にも使われているが、Pb系安定剤は、有害性物質としてのリスクを極小化するため、人の口に接する可能性があるものや製品寿命が短く、使い捨て用途の多い軟質塩ビの日用品分野には使用されていない。

Ca/Zn系について

Ca/Zn系は塩ビ樹脂安定剤全体の2割強を占め、電力通信系ケーブルを除く自動車、家電用などの電線被覆材の用途分野で、Pb系の代替安定剤として使用量が増えつつある。

またFDA（米食品医薬品局）に適合し、JHPA（塩ビ食品衛生協議会）で認定された低毒性安定剤として日用品分野（玩具、ホースなど）、医療用器具などの軟質塩ビ製品を中心に使用されてきている。



出典：日本無機薬品協会

| 安定剤の種類 | 2000 | '08 | '09 | '10 | '11 | '12 | '13 | '14 | '15 | '16 | '17 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 鉛系 | 31,360 | 15,374 | 12,804 | 13,235 | 14,060 | 13,657 | 13,599 | 13,248 | 12,037 | 11,903 | 11,536 |
| カルシウム垂鉛系 | 9,614 | 11,129 | 10,008 | 11,628 | 11,640 | 11,117 | 10,907 | 10,732 | 10,269 | 11,554 | 11,887 |
| バリウム垂鉛系 | 9,130 | 6,423 | 6,022 | 7,022 | 7,162 | 7,010 | 7,251 | 7,525 | 6,597 | 5,881 | 6,409 |
| 錫系 | 6,203 | 5,053 | 3,319 | 4,376 | 4,082 | 3,444 | 3,644 | 3,502 | 3,181 | 3,211 | 3,386 |
| 助剤 | 4,871 | 4,187 | 3,362 | 4,080 | 3,993 | 3,951 | 4,273 | 4,287 | 3,797 | 2,084 | 2,035 |
| 出荷量 | 61,178 | 42,160 | 35,515 | 40,341 | 40,937 | 39,178 | 39,673 | 39,294 | 35,881 | 34,633 | 35,254 |

以上

金属石鹸の市場調査の補足／日本国内

実施者： 浄土栄之助（(株)琉球テクノロジー）、前田泰昭（大阪府大）

ベトナム市場調査を受けて、国内で広東アブラギリ油からの金属石鹸試供品に関心をもつ顧客の開拓を試みた。対象者は、浄土が繋がりのある顧客で、主に電話にてヒアリングを行った。結果は以下の通り。

(1) S 貿易会社

日時： 2018.10.23 13:30 ～

相手方： 同社営業第一本部／チームリーダー

担当主任 寺本将也

- ・ 金属石けんは、塩ビ安定剤や金属加工に販売ルートがあるが、使用する品質は決まっているため価格競争のみになる。
- ・ 品質というよりは、使用用途により規格が違う。水分、酸価は少ない方が良い。灰分、粒度分布は使用用途で様々である。
- ・ 価格競争になっている市場の中で、特徴ある金属石けんを開発していけば日本国内では「機能性金属石けん」として紹介は可能かもしれない。
- ・ 日本国内では、付加価値があって他には類がない製品とすべき。海外へ（ベトナムなど）は日本国内企業が受け入れ検査で問題ないものを、低価格で出荷するが基本。東南アジアでは、中国品やインド品などが多いのではと推察する。

(2) A 化学製造会社

日時： 2018.10.24 10:00 ～

相手方： 研究所副所長

- ・ 2重結合が多い金属石けんの付加価値について聴集した。
- ・ 現在流通している金属石けんは、脂肪酸(油脂)に水素添加して硬化油脂にしたもので作られている。金属石けんの酸化による劣化を防ぐ目的と、粒度をなるべく揃えていくためである。不飽和脂肪酸だと品質管理が難しくないかと懸念する。
- ・ 金属石けんの主な販売先は、伸線用途。金属との混合で加熱もされるため、酸化が早まる可能性もある。

(3) M 化学製造会社

日時： 2018.10.25 10:00 ～

相手方： 開発部 入船

- ・ 2重結合が多い金属石けんの付加価値について聴集した。

- ・ 1 液型 鍛造潤滑への応用で可能性を聴取
- ・ 常温で液状は面白いが、その他の成分も配合の必要がある。
- ・ 評価としては、メーカーによる円筒深絞り試験、ボール通し試験、リング圧縮試験にて、パーカーライジングより価格が安く性能が同等以上であれば、自動車会社工場内で試験として利用可能である。

(4) 今後の対応について

日時： 2018.08.15 終日

上記の専門企業のヒアリング結果を受けて、浄土と前田が次のように対応を検討した。

- ・ 特に、金属石けんの合成方法については、以下の課題がある。
- ・ 湿式法と乾式法では粒度分布や水分値が変わってくる。
- ・ 脂肪酸(油脂)を先に入れるか、金属を先に入れるかでも製品の状態が変わる。
ミセルの状態は、油性が外か水性が外かになる（潤滑性や金属への密着性が大きく変わる）。
- ・ 乾式法では油脂から作る場合、グリセリンも残る。
ただし、潤滑などの利用では グリセリンが入っているものも可能性はある。
- ・ 塩ビ添加剤はグリセリンがない方がよい。
湿式方が良いか、脂肪酸から乾式法で作るかは、性状や物理特性に合わせて合成法を検討する必要がある。

以上

資料 4.3a

表4.1 2017年の石油輸入・卸売りサービスクラスごとのガソリンスタンド数、石油販売量(取り扱い量)および市場占有率

国内貿易局
商品・サービスクラス管理課
No.002/ensc
ピエンチャン都、15/1/2018
【単位はリットル】

| No. | 会社名 | S (人) | | K (人) | | 1) ガソリンスタンド | | | 2) 一般顧客プロジェクト(税金を払う) ハイオクタン | レギュラー | ディセー | 灯油(機械用 灯油/ランプ 用灯油) | 合計(ハイオク タン、レギュラーと ディセー) | 市場占 率 (%) |
|-----|--------------------------|-------|-------|--------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------------------------|--------|------|--------------------------|-------------------------------|--------------|
| | | ガソリン | ディーゼル | ハイオクタン | レギュラー | ディセー | | | | | | | | |
| | 合計 | 256 | 1,481 | 1,737 | 844,900,260 | 612,941,688 | 212,324,300 | 61,890,036 | 1,075,132,332 | 100.00 | | | | |
| 1 | ラオ石油公社 | 21 | 307 | 21 | 1,908,940 | 46,285,890 | 125,529,209 | 40,702,036 | 173,724,039 | 16.16 | | | | |
| 2 | PTTラオ株式会社 | 17 | 20 | 20 | 2,787,000 | 23,153,000 | 62,270,000 | 73,746,110 | 161,956,110 | 15.06 | | | | |
| 3 | ペトロリウム ラオ株式会社 | 21 | 85 | 85 | 38,996,514 | 84,439,788 | 19,193,340 | 12,561,050 | 155,190,692 | 14.43 | | | | |
| 4 | ペトロリウム トレーディング ラオ公開有限会社 | 15 | 95 | 95 | 954,000 | 25,886,894 | 36,487,340 | 19,000 | 110,234,804 | 10.25 | | | | |
| 5 | プアサワン エネルギ-株式会社 | 7 | 128 | 7 | 9,424,269 | 65,460,806 | 15,607,000 | 2,277,000 | 92,769,075 | 8.63 | | | | |
| 6 | ペトロベトナム オイル ラオ株式会社 | 2 | 94 | 2 | 915,000 | 20,711,700 | 35,415,000 | 2,573,987 | 89,524,206 | 8.33 | | | | |
| 7 | アジア石油株式会社 | | 78 | | 10,845,000 | 48,798,619 | 10,760,000 | | 70,403,619 | 6.55 | | | | |
| 8 | ペトロ ラオ株式会社 | 95 | | | 10,835,550 | 32,923,366 | | | 43,758,916 | 4.07 | | | | |
| 9 | ダラジャルエン株式会社 | 1 | 188 | 1 | 1,795,815 | 29,043,467 | | | 30,839,282 | 2.87 | | | | |
| 10 | ランサン石油株式会社 | 3 | 42 | 3 | 4,273,000 | 17,750,000 | 841,000 | | 22,864,000 | 2.13 | | | | |
| 11 | ダイナム ベトロリウム株式会社 | 4 | 51 | 4 | 5,360,000 | 8,345,000 | 8,150,000 | | 21,855,000 | 2.03 | | | | |
| 12 | ムアンルアン石油株式会社 | | 50 | | 8,148,000 | 13,364,000 | | | 21,512,000 | 2.00 | | | | |
| 13 | ダフィー石油会社 | 0 | 67 | | 3,637,000 | 16,023,000 | | | 19,660,000 | 1.83 | | | | |
| 14 | ピエンチャン石油株式会社 | 9 | 10 | | 5,470,000 | 6,480,000 | | 10,000,000 | 11,950,000 | 1.11 | | | | |
| 15 | ラオマイ石油株式会社 | 3 | 56 | | 2,506,000 | 6,421,000 | | | 8,927,000 | 0.83 | | | | |
| 16 | サイソムブーン石油株式会社 | | 16 | | 1,850,000 | 4,600,000 | 300,000 | | 8,750,000 | 0.81 | | | | |
| 17 | ローベトロリウム株式会社 | 13 | 102 | | 2,162,000 | 6,118,000 | | | 8,280,000 | 0.77 | | | | |
| 18 | NTP商事石油公開有限会社 | 1 | 0 | | | | 56,735 | | 4,142,496 | 0.39 | | | | |
| 19 | インペリアル石油株式会社 | 11 | 41 | | 1,032,000 | 3,905,713 | | | 4,937,713 | 0.46 | | | | |
| 20 | プーシ石油有限公司 | 1 | 34 | | 1,030,000 | 2,512,000 | 400,000 | | 4,062,000 | 0.38 | | | | |
| 21 | ソムワンエン ベトロリウム ジュエリー株式会社 | 29 | 24 | | 1,720,000 | 6,354,380 | | | 8,074,380 | 0.75 | | | | |
| 22 | ポンサマイ輸入石油有限公司 | 1 | 13 | | | 465,000 | 745,000 | 6,108,000 | 1,481,000 | 0.14 | | | | |
| 23 | ラオチャイナベス ベトロリウム オイル株式会社 | 2 | 0 | | | 236,000 | | | 236,000 | 0.02 | | | | |
| 24 | ラットパッタナー ソンナポットマイ グループ会社 | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | ベッサマイ石油株式会社 | 5 | 21 | | 280,000 | 510,000 | | | 790,000 | 0.07 | | | | |

資料4.3b

表4.2 2017年(2017/1～6月) 石油会社ごとの県別ガソリンスタンド数

ラオス商工会議所

ラオス石油とガス会議所

No...078/ラオス石油とガス会議所

| No. | 会社名 | ビエンチャン都 | ウドムサイ | ルアンナムター | ボーケオ | ルアンパバン | ボンサリー | サイヤブリー | フアパン | シエンクワン | ビエンチャン | サイソムブーン | ポリカムサイ | カムムアン | サバンナケート | サラワン | チャンパサック | セーコン | アッタプー | 合計 |
|-----|-------------------------|---------|-------|---------|------|--------|-------|--------|------|--------|--------|---------|--------|-------|---------|------|---------|------|-------|------|
| 1 | ラオ石油公社 | 75 | 9 | 3 | 13 | 12 | 5 | 1 | 31 | 24 | 38 | | 12 | 17 | 29 | 15 | 39 | 3 | 11 | 337 |
| 2 | ダラジャルエン石油株式会社 | 24 | 1 | | | 20 | 3 | 12 | | 6 | 33 | | 13 | 8 | 19 | 7 | 8 | 2 | 3 | 159 |
| 3 | フアサワン エネルギー株式会社 | 9 | 24 | 6 | 2 | 18 | 11 | 21 | 5 | 11 | 6 | 2 | 9 | | | 2 | 7 | | 1 | 134 |
| 4 | ペトロリウム トレーディング ラオ公開有限会社 | 26 | 8 | | | 2 | | 1 | | 1 | 16 | 6 | 6 | 8 | 27 | | 6 | 1 | 4 | 112 |
| 5 | ペトロリウム ラオ株式会社 | 20 | | | | 4 | | | | 6 | 6 | | 4 | 1 | 52 | 6 | 10 | | | 109 |
| 6 | TPP-1株式会社 | 2 | 10 | 28 | 9 | 4 | 4 | 36 | | 5 | 2 | | | 4 | | | 1 | | | 105 |
| 7 | ペトロブトナム オイル ラオ株式会社 | 20 | | | | 4 | | 1 | 1 | 6 | 6 | | 7 | 12 | 17 | 5 | 13 | | 2 | 94 |
| 8 | ローペトロリウム株式会社 | 12 | | 8 | 4 | | 1 | | | | 3 | 1 | 1 | 20 | 8 | 26 | 3 | 5 | 92 | 92 |
| 9 | ペトロ ラオ株式会社 | 12 | | 2 | | 3 | | 4 | 11 | 10 | 1 | 1 | 4 | 7 | 12 | 1 | 6 | 2 | 9 | 85 |
| 10 | アジア石油株式会社 | 5 | 3 | 3 | 1 | 5 | | 4 | 11 | 14 | 5 | | 4 | 15 | 2 | 2 | 3 | 1 | | 78 |
| 11 | ダフィー石油公社 | 7 | 1 | 5 | 12 | 2 | | 15 | | 9 | 6 | | 4 | 2 | 2 | 2 | 6 | | | 73 |
| 12 | ムアンルアン石油株式会社 | 14 | | | | | | | | | 1 | | 1 | 2 | 16 | 5 | 9 | | 1 | 49 |
| 13 | ラーンサン石油株式会社 | 6 | 4 | 3 | 1 | 2 | | 3 | | | 2 | | 8 | 7 | | 2 | 8 | | | 46 |
| 14 | ラオマイ石油株式会社 | 12 | | | 7 | | | 21 | | | | | | | | | | | | 40 |
| 15 | PTTラオ株式会社 | 11 | | | 3 | 2 | | 4 | | | 2 | | 3 | 1 | 5 | | 4 | | 2 | 37 |
| 16 | プーシラオ石油会社 | 8 | | | | 9 | | 2 | | | 7 | | | | | | 6 | | | 32 |
| 17 | ベッサマイ石油株式会社 | 8 | 1 | | | | | | | | 3 | | 3 | | | 2 | 9 | 3 | | 29 |
| 18 | サイソムブーン石油株式会社 | | | | | | | 4 | | 6 | 3 | | 1 | | | | 5 | | | 19 |
| 19 | ビエンチャン石油株式会社 | 2 | | | | | | | | 1 | | 1 | 2 | 3 | 8 | | | | | 17 |
| 20 | ボンサマイ石油会社 | 3 | | | | 1 | | | | | 5 | | 2 | | | 2 | 1 | | | 14 |
| 21 | ダイナムミック ペトロリウム株式会社 | 1 | 3 | 1 | 26 | | 2 | | | | | | | | 8 | | 6 | | | 47 |
| 22 | インベリアルラオ石油株式会社 | 2 | | 1 | | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | 6 |
| 23 | NTP商事石油会社 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 24 | ラオ・チャイナブレード株式会社 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | 合計 | 281 | 64 | 61 | 79 | 88 | 26 | 131 | 60 | 99 | 145 | 11 | 84 | 83 | 221 | 59 | 173 | 15 | 38 | 1718 |

資料4.3c

表4.3 2000～2017年12月までの全国の車両登録件数

| No. | 県名 | オートバイク | | 軽自動車 | | | | トラック | | 合計 |
|-----|-------------------|-----------|-------|--------|---------|---------|--------|--------|-------|-----------|
| | | 2輪 | 3輪 | セダン | ピックアップ | バン | ジープ | 貨物 | 乗用 | |
| 1 | Vientiane Capital | 580,549 | 3,403 | 57,817 | 116,284 | 29,913 | 24,439 | 31,258 | 2,098 | 845,761 |
| 2 | Phongsaly | 11,471 | | 152 | 1,628 | 131 | 167 | 276 | 101 | 13,926 |
| 3 | Luang namtha | 25,869 | 26 | 597 | 3,094 | 688 | 397 | 680 | 108 | 31,459 |
| 4 | Oudomxay | 35,177 | 192 | 342 | 3,910 | 458 | 462 | 1,555 | 353 | 42,449 |
| 5 | Borkeo | 38,990 | 158 | 434 | 4,900 | 385 | 627 | 841 | 137 | 46,472 |
| 6 | Luangphabang | 93,192 | 815 | 1,210 | 9,873 | 2,272 | 1,072 | 1,308 | 367 | 110,109 |
| 7 | Xayabuly | 60,341 | 95 | 320 | 8,324 | 446 | 250 | 1,697 | 35 | 71,508 |
| 8 | Huaphan | 38,843 | 14 | 210 | 2,364 | 205 | 344 | 761 | 145 | 42,886 |
| 9 | Xiengkhuang | 40,465 | 254 | 486 | 7,358 | 823 | 543 | 1,454 | 116 | 51,499 |
| 10 | Vientiane | 60,497 | 203 | 970 | 10,767 | 1,863 | 682 | 2,890 | 77 | 77,949 |
| 11 | Borikhamxay | 31,069 | 143 | 674 | 5,040 | 756 | 369 | 1,325 | 213 | 39,589 |
| 12 | Khammuan | 38,978 | 679 | 1,350 | 11,606 | 2,039 | 1,204 | 3,363 | 138 | 59,357 |
| 13 | Savannakhet | 270,268 | 1,449 | 4,420 | 33,439 | 6,776 | 1,628 | 4,829 | 323 | 323,132 |
| 14 | Salavan | 24,220 | 149 | 221 | 4,469 | 465 | 269 | 560 | 56 | 30,409 |
| 15 | Champasak | 134,503 | 1,293 | 3,665 | 19,451 | 2,918 | 2,126 | 2,845 | 533 | 167,334 |
| 16 | Sekong | 7,734 | 21 | 106 | 1,206 | 98 | 182 | 296 | 45 | 9,688 |
| 17 | Attapeu | 11,234 | 53 | 233 | 1,893 | 278 | 283 | 387 | 106 | 14,467 |
| 18 | Xaysomboun | 934 | | | 106 | 4 | 9 | 10 | | 1,063 |
| | 合計 | 1,504,334 | 8,947 | 73,207 | 245,712 | 50,518 | 35,053 | 56,335 | 4,951 | 1,979,057 |
| | | 1,513,281 | | | 404,490 | | | 61,286 | | |
| | | | | | | 465,776 | | | | |

出典：公共事業運輸省 運輸局
 改変：ジープの合計車両数が本書の数字が誤っていたためJICA調査団で一部改変

表4.4 ルアンパバン県の2001～2007 新システムのよるナンバープレート登録の統計データ

| 年 | オートバイク | | 軽自動車 | | | | | トラック | | 合計 | (前年との)比較 (Excel計算値) | 備考 (原本手入力) |
|------|--------|-----|---------|--------|--------|--------|-------|-------|---------------|---------|------------------------|---------------|
| | 2輪 | 3輪 | 4輪(セダン) | ピックアップ | ジープ | バン | 電気自動車 | トラック | 乗合自動車 (バス) | | | |
| 2001 | 2,484 | 51 | 50 | 470 | 24 | 57 | 0 | 66 | 27 | 3,229 | | |
| 2002 | 5,951 | 112 | 74 | 641 | 36 | 75 | 0 | 117 | 48 | 7,054 | 218.5 | 218.5 |
| 2003 | 10,073 | 271 | 108 | 1,066 | 61 | 140 | 0 | 241 | 70 | 12,030 | 170.5 | 170.5 |
| 2004 | 13,448 | 306 | 150 | 1,430 | 94 | 201 | 0 | 176 | 78 | 15,883 | 132.0 | 132 |
| 2005 | 17,362 | 344 | 225 | 1,821 | 126 | 313 | 0 | 209 | 87 | 20,487 | 129.0 | 129 |
| 2006 | 21,998 | 514 | 402 | 2,852 | 241 | 506 | 0 | 350 | 98 | 26,961 | 131.6 | 131 |
| 2007 | 27,741 | 540 | 456 | 3,361 | 264 | 661 | 0 | 385 | 115 | 33,523 | 124.3 | 124 |
| 2008 | 34,326 | 622 | 530 | 3,905 | 298 | 854 | 0 | 415 | 166 | 41,116 | 122.7 | 122 |
| 2009 | 39,917 | 686 | 582 | 4,536 | 336 | 1,054 | 0 | 459 | 185 | 47,755 | 116.1 | 116.2 |
| 2010 | 46,271 | 718 | 658 | 5,187 | 404 | 1,295 | 0 | 495 | 227 | 55,255 | 115.7 | 115.7 |
| 2011 | 52,689 | 740 | 739 | 6,044 | 456 | 1,484 | 0 | 530 | 263 | 62,945 | 113.9 | 113.9 |
| 2012 | 59,908 | 749 | 835 | 6,716 | 519 | 1,660 | 0 | 629 | 279 | 71,295 | 113.3 | 113.3 |
| 2013 | 67,340 | 768 | 950 | 7,388 | 601 | 1,818 | 0 | 757 | 314 | 79,936 | 112.1 | 112.1 |
| 2014 | 75,333 | 780 | 1,023 | 8,132 | 680 | 1,941 | 10 | 885 | 325 | 89,109 | 111.5 | 111.5 |
| 2015 | 84,741 | 798 | 1,094 | 8,908 | 793 | 2,107 | 10 | 1,086 | 347 | 99,884 | 112.1 | 112.1 |
| 2016 | 90,846 | 815 | 1,158 | 9,559 | 930 | 2,197 | 23 | 1,205 | 355 | 107,088 | 107.2 | 107.2 |
| 2017 | 97,086 | 818 | 1,345 | 10,283 | 1,128 | 2,341 | 23 | 1,369 | 373 | 114,766 | 107.2 | 107.2 |
| | | | | | 15,120 | | | | 1,742 | | | |
| | | | | | | 16,862 | | | | | | |

出典：公共事業・運輸省ルアンパバン県運輸部
本書のNo.7～9の合計車両数が異なっていたため、JICA調査団が原本から一部改変

農家ヒアリング調査報告
ラオス ルアンパバーン

【概要】

10月11日にホアイ・ヒア村の農家を、10月12日にキュンヤ村の農家を対象に、広東アブラギリの栽培状況や生活状況についてヒアリングを実施した。結果は以下の表の通りである。ヒアリングの様子は1地点目のホアイ・ヒア村は写真1～4、2地点目のキュンヤ村は写真5～8に示す。

表 ヒアリング対象村の情報

| | 1 地点目 | 2 地点目 |
|------|---|---|
| 村名 | ホアイ・ヒア (Huay Hear) 村 | キュンヤ (Kiw Ya) 村 |
| 日時 | 2018年10月11日 | 2018年10月12日 |
| 標高 | 840 m | 917 m |
| 位置情報 | 北緯 19 度 43 分 31.6 秒 東経 102 度 11 分 99.5 秒 | 北緯 19 度 42 分 55.2 秒 東経 102 度 11 分 38.7 秒 |

地図

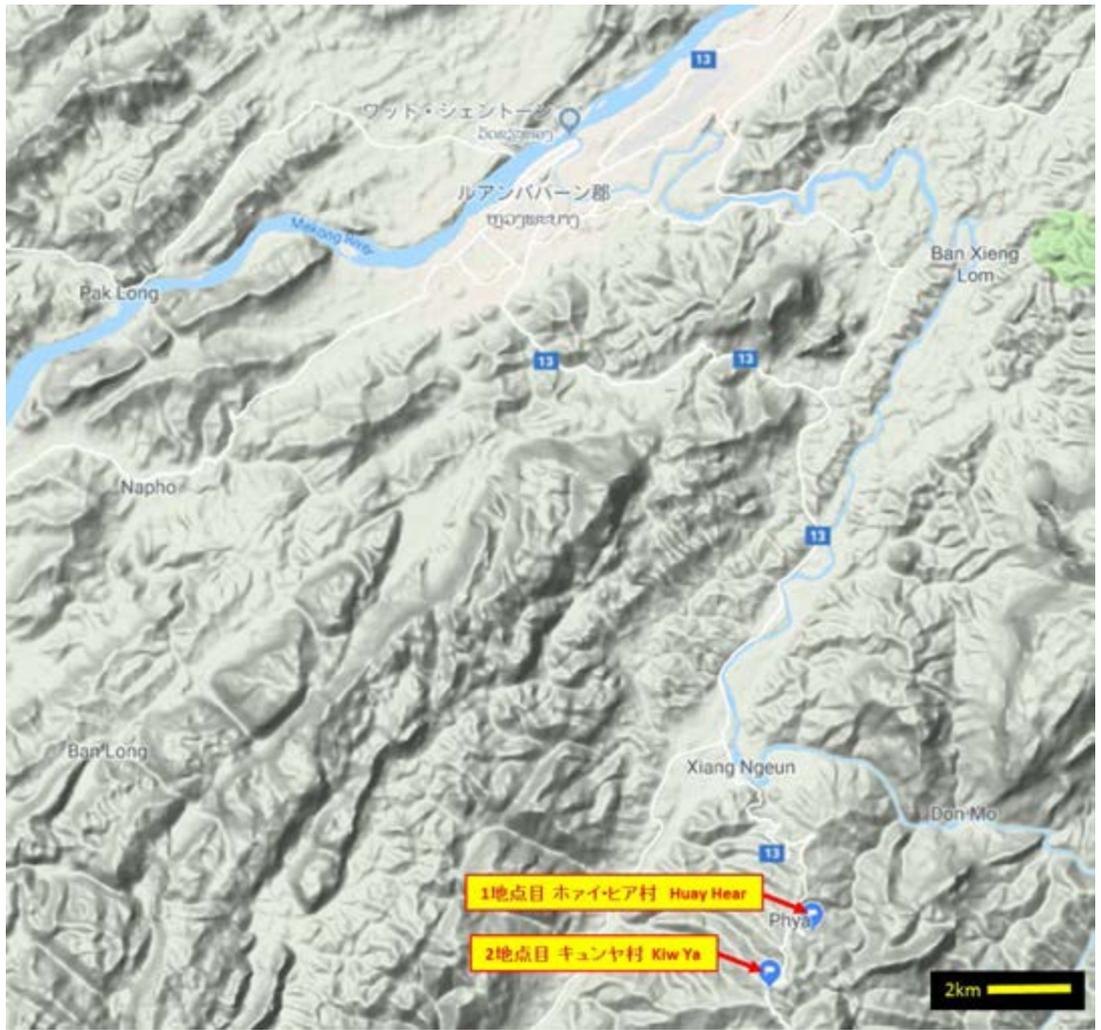


写真1 ホアイ・ヒア村



写真2 農家ヒアリング概要説明



写真3 ヒアリング対象者



写真4 ヒアリングの様子



写真5 キュンヤ村



写真6 農家ヒアリング概要説明



写真7 ヒアリング対象者



写真8 ヒアリングの様子

| 本項目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------|---|----------------------------|
| 本項目 | 11.Oct. 2018 | 11.Oct. 2018 | 11.Oct. 2018 | 11.Oct. 2018 | 11.Oct. 2018 |
| 1. 村の名前(英語) | | | | | |
| ホアイ・ヒア(Huay Hiar)村 | | | | | |
| 2. 家族 | | | | | |
| 1) 性別 | 男性 | 女性 | 女性 | 女性 | 男性 |
| 年齢(歳) | 58 | 51 | 60 | 56 | 45 |
| 2) 家族構成(本人含む) | 6 | 8 | 6 | 12 | 9 |
| 構成員[別添] | | | | | |
| 赤字…ヒアリング対象者 | 父母、[子4人] | 父母、義父、[子5人] | 母、子3人、[子2人] | 父母、両親、子5人、孫2人、婿 | 父母、子6人、孫1人 |
| 3) 居住地 | カム荘 | カム荘 | カム荘 | カム荘 | カム荘 |
| 4) 職業、生業 | 農業、商店 | 農業 | 農業 | 農業 | 農業 |
| 3. 農事について | | | | | |
| 1) 耕作の面積合計(ha) | 1.5 | 1 | 1.3 | 1 | 1.7 |
| 2) 作物・果樹の種類 耕作面積内訳(ha) | マッカウ 1 バナナ 0.3 ケン 0.2 | マッカウ 1 バナナ 少し コーヒー少し | 陸稲 0.8 マッカウ 0.5 バナナ 少し | 陸稲 0.5 マッカウ 0.5 コーヒー少し トウモロコシ家庭分 | 陸稲 1 マッカウ 0.5 ケン 0.2 |
| 3) 耕作期間 | - | - | - | - | - |
| 4) 収穫後の作物の扱い | 自家消費 | 市場販売 | 自家消費 | 自家消費 | 自家消費 |
| 5) 収量 | - | - | 1000kg/0.8ha | 1000kg/0.5ha | 1000kg/ha(陸稲) |
| 6) 化学製品の使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 |
| 7) 農作業担当者 | 雇っている | - | 家族 | 家族 | 家族 |
| 備考 | 「ケン」は着の先 | 「マッカウ」を売り米を購入している | | 収量は上下する | 石がごろごろあり、土壌はよくない |
| 4. 家畜 | | | | | |
| 1) 家畜の種類(数) | ブタ、トリ、ヤギ(飼育を依頼) | ウシ(5)、トリ | ブタ、トリ | ブタ(2)、トリ(多) | ブタ(7)、トリ(1) |
| 2) 家畜のエサ | 米ぬか、糞べ残し | 雑草(アブラヤリ農園内) | 米ぬか、糞べ残し | 米ぬか、糞べ残し | 米ぬか、糞べ残し |
| 3) 放牧 | トリ(壁のみ) | ウシ | トリ(壁のみ) | - | - |
| 4) 家畜の産物 | - | - | - | - | - |
| 5) 成長した家畜の取り扱い | 自家消費 | トリ | ブタ、トリ | ブタ、トリ | ブタ、トリ |
| | 市場に販売 | ブタ、ヤギ | ときどき | トリをときどき | ブタをときどき |
| 6) 家畜の世話係 | - | 自分たち | - | 自分たち | 自分たち |
| 5. 広葉アブラヤリについて | | | | | |
| 1) 維持したのはいつか? | 2010年~ | 2010年~ | 2010年~ | 2010年~ | 2012年~ |
| 2) 何本あるか? | 400本/ha | 400本 | 200本 | 200本 | - |
| 3) 維持管理はしているか? | ・人丈ほどになれば、先端を切って横に広げようとしている ・除草 | ・人丈ほどになれば、先端を切って横に広げようとしている ・除草 | 定期的に除草 | 定期的に除草 | 最初の一年だけ管理 |
| 4) 種子が取れたのは、 播種してから何年目か? | 4年目 | 4年目 | 4年目 | - | 収穫なし |
| 5) 種子が取れるのは何月か? | 8、9月 | 8、9月 | 8、9月 | - | - |
| 6) 種子の取り方、取る準備は? | 落下した木の葉を拾う | 取る準備: 草茎 取り方: 落下した木の葉を拾 | なし | なし | - |
| 7) 採取した種子の量 | 1000kg/year | 1000kg/year | 1000kg/year(0.5haで) | 1000kg/year(0.5haで) | - |
| 8) 種子を採取するのは誰か? 作業で苦労はあるか? | 雇った人 | 本人1人で | 家族(十たまに親戚も) | 家族 | - |
| 女性でも作業できるか? | 男女の区別はない、子供も手伝う | なし | - | なし | - |
| 9) 採取した種子の取り扱いは? | 種を取って少し日干して乾燥 | 洗って陰干し | 種を取って日干し | 熱させて、とった種は磨く | - |
| 10) 種子の市場 | 村人が買い取ってくれる。 (その後おそらくマッカウラオに売られている) | - | - | - | - |
| 11) その販売の価格 (種子のみ)LAK/kg | 初めのころ 500 2017年 2000 2018年 2500 | - | - | - | - |
| 6. 広葉アブラヤリへの関心について | | | | | |
| 1) 広葉アブラヤリの本を維持したいか? | haを維持する | 維持したい。種が上があれば拡大したい | 維持したい。種が上があれば拡大したい | 維持したい。種が上があれば拡大したい | 種が上があれば拡大したい |
| 2) 広葉アブラヤリ栽培をやめて他の作物を植えないか? | 変えない | 自家消費のために野菜を増やしたい | - | - | - |
| 7. 家電製品や車は持っているか? | | | | | |
| 1) 電気はあるか? バッテリーか? | 電気はきている | 電気はきている | 電気はきている | 電気はきている | 電気はきている |
| 2) テレビ、ラジオ、照明? | TV、ラジオ、照明 | TV、ラジオ、照明 | TV、照明 | TV、ラジオ、照明 | TV、ラジオ、照明 |
| 3) モーターバイク、車? | モーターバイク | なし | モーターバイク | モーターバイク(3台) | モーターバイク(1台) |
| 8. 燃料について | | | | | |
| 8.1 燃料の材料 (薪/ガス/石油/石炭) | 薪 | 薪 | 薪 | 薪 | 薪 |
| 8.2 薪を使用する場合 | | | | | |
| 1) 薪はどこから取るのか? | 森 | 森(不足時購入) | 森(不足時購入) | 森(不足時購入) | 森 |
| 2) 薪の採集頻度は? | - | - | - | - | - |
| 3) 誰が採集? | - | - | - | - | - |
| 9. 森林の利用(森林産物、狩猟) | | | | | |
| 1) 木材の利用 | キノコをとるため | 野菜、キノコ、たけのこ | 野菜、キノコ | 野菜、キノコ | 野菜、キノコ |
| 2) 燃料用の薪 | - | - | - | - | - |
| 3) 薬用植物 | - | - | - | - | - |
| 4) 狩猟 | - | - | - | - | なし |
| 10. 家畜の収入/支出 | | | | | |
| 10.1 収入(LAK/year) | 700万 | 250万 | 300万 | 500-600万 | 500-600万 |
| 10.2 支出 | | | | | |
| 1) 食料 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 2) 燃料 | - | - | - | - | - |
| 3) 農業の種子、資材 | - | - | - | - | - |
| 4) 農業の機械 | - | - | - | - | - |
| 5) その他 | 日用品、薬 | - | 薬、服 | 薬、服、教育費 | 治療費、薬 |
| 6) 合計 | - | - | - | - | - |

| 年次 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|--|--|---|---|
| 年次 | 12.Oct. 2018 | 12.Oct. 2018 | 12.Oct. 2018 | 12.Oct. 2018 | 12.Oct. 2018 |
| 1. 村の名前(英語) | | | | | |
| キユンヤ(Kw Ya)村 | | | | | |
| 2. 家族 | | | | | |
| 1) 性別 | 女性 | 女性 | 女性 | 男性 | 男性 |
| 2) 家族構成(本人含む) | 8 | 8 | 6 | 6 | 7 |
| 3) 家族構成(別居) | 母、子1人、孫2人 | 父母、息子夫婦、[子1人] | 父母、子3人、孫1人 | 父母、子4人 | 両親、父母、子2人 |
| 4) 職業、主要 | 農業 | 農業 | 農業 | 農業 | 農業 |
| 3. 農作について | | | | | |
| 1) 耕作の面積合計(ha) | 2.2 | 4.3 | 11.5 | 6.16 | 2.5 |
| 2) 作物・果樹の種類 耕作面積内訳(ha) | 陸稲 1 トウモロコシ 0.2 マッカウ 0.5 はと麦 0.5 | 陸稲 1 トウモロコシ 0.5 マッカウ 0.8 はと麦 1 ケン1 | チーク 10 マッカウ 1 ケン 0.5 | 陸稲 0.16 マッカウ 2 ケン1 チーク 3 トウモロコシ 0.5 | 陸稲 0.5 マッカウ 1 トウモロコシ 1 |
| 3) 耕作時期 | - | - | - | - | - |
| 4) 収穫後の作物の扱い | 自家消費 | 自家消費 | 自家消費 | 自家消費 | 自家消費 |
| 5) 化学肥料の使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 |
| 6) 農作業担当者 | 家族 | 家族 | 両親(時々雇う) | 家族 | 家族 |
| 備考 | | マッカウは火災で一部焼失 | チークは20人くらい雇う | | |
| 4. 家畜 | | | | | |
| 1) 家畜の種類(数) | トリ | トリ、ブタ(6)、ウシ(3) | 飼っていない | ブタ(6-7) | ブタ(3)、アヒル(50)、ウシ(6)、ヤギ(2) |
| 2) 家畜のエサ | 米ぬか、トウモロコシ、野菜 | 米ぬか、トウモロコシ、野菜 | - | 米ぬか、トウモロコシ、野菜 | 米ぬか、トウモロコシ、野菜 |
| 3) 放牧 | - | - | - | - | - |
| 4) 家畜の産物 | - | - | - | - | - |
| 5) 成長した家畜の取り扱い | 自家消費 | トリ、ブタ(6)、ウシ(3) | - | ブタ(6-7) | ブタ(3)、アヒル(50)、ウシ(6)、ヤギ(2) |
| 6) 家畜の世話係 | - | - | - | - | - |
| 5. 広葉アブラギリについて | | | | | |
| 1) 植林したのはいつか? | 2010年~ | 2010年~ | 2010年~ | 2010年~ | 2010年~ |
| 2) 何本あるか? | - | - | - | 400本 | 400本 |
| 3) 維持管理はしているか? | 最初の3年のみ除草 | 最初の3年のみ除草 | 最初の3年のみ除草 | 最初の3年のみ除草 | 最初の3年のみ除草 |
| 4) 種子が取れたのは、 植えてから何年目か? | 3-4年目 | 3-4年目 | 3-4年目 | 3-4年目 | 3-4年目 |
| 5) 種子が取れるのは何月か? | 9、10月 | 9、10月 | 9、10月 | 9、10月 | 9、10月 |
| 6) 種子の取り方、取る準備は? | 袋と草刈 | 袋と草刈 | 袋と草刈 | なし | なし |
| 7) 採取した種子の量 | 500-600kg/year | 400-500kg/year | - | 500-600kg/2017年 | 500kg/2017年 |
| 8) 種子を採取するのは誰か? 作業で苦労はあるか? 女性でも作業できるか? | - | - | - | できる | できる |
| 9) 採取した種子の取り扱いは | スプーンで種を取り 陰干し | スプーンで種を取り 陰干し | スプーンで種を取り 陰干し | 陰干し | 陰干し (さじとぎで皮むき) |
| 10) 種子の市場 | - | - | - | 今年は村長が買ってくれた | 種は買い取られる |
| 11) その販売の価格 (種子のみ)LAK/kg | - | - | 2016年 1500 2017年 2000 2018年 2500 | 2016年 1500 2017年 2000 2018年 2500 | ~2016年 1500 2017年 2000 2018年 2500 |
| 6. 広葉アブラギリへの関心について | | | | | |
| 1) 広葉アブラギリの木を維持 したいか? | 2000LAK以上なら維持したい。 | 2000LAK以上なら維持したい。 | 2000LAK以上なら維持したい。 | 2000LAKなら維持したい。 以上なら拡大、以下なら放棄 | 2000LAK以上なら維持したい。 |
| 2) 広葉アブラギリ栽培をやめて 他の作物を植えるか? | - | - | - | - | - |
| 7. 家電製品や車は持っているか? | | | | | |
| 1) 電気はあるか? バッテリー? | 電気はきている | 電気はきている | 電気はきている | 電気はきている | 電気はきている |
| 2) テレビ、ラジオ、照明? | TV、照明、冷蔵庫、ガラケー | TV、照明、冷蔵庫、スマホ | TV、照明、冷蔵庫、スマホ | TV、照明、冷蔵庫 | TV、ラジオ、照明、冷蔵庫 |
| 3) モーターバイク、車? | なし | モーターバイク(1台) | モーターバイク(1台) | モーターバイク(2台) | モーターバイク(2台) |
| 8. 燃料について | | | | | |
| 8.1 燃料の材料 (薪/ガス/石油/石炭) | 薪 | 薪 | 薪 | 薪 | 薪 |
| 8.2 薪を使用する場合 | - | - | - | - | - |
| 1) 薪はどこから取るのか? | 山 | 山 | 山 | 山 | 山 |
| 2) 薪の採集頻度は? | - | - | - | - | - |
| 3) 誰が採集? | - | - | - | 自分で | 自分で |
| 9. 森林の利用(森林産物、投資) | | | | | |
| 1) 木材の利用 | - | - | - | - | - |
| 2) 燃料用の薪 | - | - | - | - | - |
| 3) 薬用植物 | - | - | - | - | - |
| 4) 狩猟 | - | - | - | - | - |
| 10. 家計の収入/支出 | | | | | |
| 10.1 収入(LAK/year) | 400-500万 | 1000万 | 1000万 | 1500万 | 800万-900万 |
| 10.2 支出 | - | - | - | - | - |
| 1) 食料 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 2) 燃料 | - | - | - | - | - |
| 3) 農業の種子、資材 | - | - | - | - | - |
| 4) 農業の機械 | - | - | - | - | - |
| 5) その他 | 教育費 | - | - | 教育費 | 教育費 |
| 6) 合計 | - | - | - | - | - |

LAO AGRO TECH 社の視察調査報告

日 時 ; 2018 年 8 月 22 日 10:00~12:00

訪問先 : LAO AGRO TECH PUBRIC COMPANY

先 方 : 社長 Mr. Oudom KEOTHAVONG、副社長 Mr.Soukanya KOMPHAKDY

当 方 : 宮城 (すまエコ)、谷山 (すまエコ)、前田 (大阪府大)

Mr. SANTI (通訳、調整)、Mr. INSIRI (通訳)

(文責 : 宮城)

ラオスにて BDF を製造している LAO AGRO TECH 社を訪問し、BDF の生産状況を聴集し、BDF 製造施設の視察を視察した。調査結果の概要は以下の通りです。

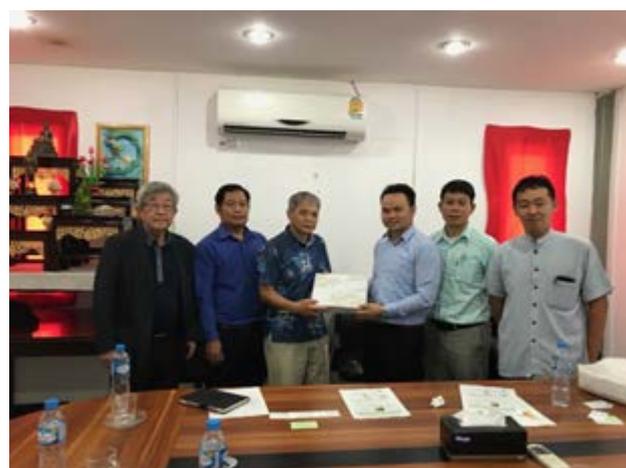
1. 会社の概要

- ・ 会社は 2008 年に設立した。当初はパームの栽培（契約農家の育成：自社で育苗したパーム苗の配布）から始めた。パームは契約農家から買い取りしている。農場面積は現在 1,600ha でヴィエンチャンの他にサヤブリー県、サラワン県で栽培している。パームは農家が送ってくる。パームは 800kip/kg で購入している。
- ・ 1ha あたり 18ton の種子が採れ、油にすると 5ton/ha になる。
- ・ パームオイルの搾りかすは飼料として販売している。販売価格は 80 ドル/ton である。
- ・ パームの栽培農家は今後も増やしていく予定だが、オイルは将来的には食用油を生産、販売したいと考えている。
- ・ この会社でのパーム油の製造工程
 農家→FFB（果実が付いたままの房）→〈脱果〉→果実→〈予熱〉→
 〈スクリュープレス搾油〉→〈フィルタープレス（圧力ろ過）〉→パーム粗油
- ・ つまり、パーム果実とパーム核（種子）を分離せず、一緒にスクリュープレスで搾油するスタイルとなっている。

2. BDF 製造

- ・ BDF 製造のきっかけは、ラオス政府から BDF 政策が発表されたので、2012 年に BDF 工場を立ち上げた。当初は自社のパームオイルが無かったので海外からパームオイルを輸入して BDF パイロットプラントで製造した。2015 年から自社のパームオイルを使用している。
- ・ BDF 製造に関してラオス政府からのサポートは特にない。
- ・ ライセンスは製造ライセンスをエネルギー鉱山省から、販売ライセンスを商工省から取得している。
- ・ ラオス国内の他の BDF 事業者については、2 社知っている。1 社はコーラオ Kolao 社（韓国系）で Jatropha 油を使用していたが、原料が入手できずに現在は生産を中止している。もう 1 社はマッカウラオ社がある。広東アブラギリ油を使っているが、今年は政府からの燃料配分が停止されて、生産していないと聞いている。

- ・ 自社で搾油したパームオイルは 70%を粗油で動物の餌として販売し、30%は BDF を製造している。
- ・ BDF は自社で B5 に混合して販売している。B5 の製造量は 700,000L/月である。
- ・ B5 はダム建設工事などの工事会社買いに来るが、配達はしない。価格はディーゼルの市場価格から 300 kip 安い価格（1L あたり）で販売している。
- ・ 社内専用の B5 給油装置もある。
- ・ BDF の純度は 95%である。ラオスには BDF 規格がないので 95%純度としているが、規格ができればそれに合わせる。BDF の品質チェックをできる所はラオス国内にはないので、タイの PTT 社に依頼している。
- ・ BDF 製造の薬品類はタイから輸入している。メタノールは 20 パーツ/kg、KOH は 35 パーツ/kg である。
- ・ グリセリンの処理に困っている。現状は販売先や処理方法がなく、社内に約 100 ton を保管している。
- ・ BDF はアルカリ法で製造しているが、水洗浄を行わないドライ方式を採用している。詳細は企業秘密なので教えられない。製造規模は反応器容量が 2,000 L である。
- ・ BDF 製造に使用するパームオイルが足りない場合は廃食油を使用することもある。
- ・ BDF 製造に係る作業員は 5 名である。会社全体では 100 人。



右から 3 人目が Mr. Oudom CEO



搾油装置



BDF 反応装置



B5 給油施設（販売用）



B5 給油施設（社内用）



自社ナーサリーでのパーム苗
FFB



農家からトラックで運ばれてきたパーム



FFB から脱果、水洗浄された搾油前のパーム果実

以上。

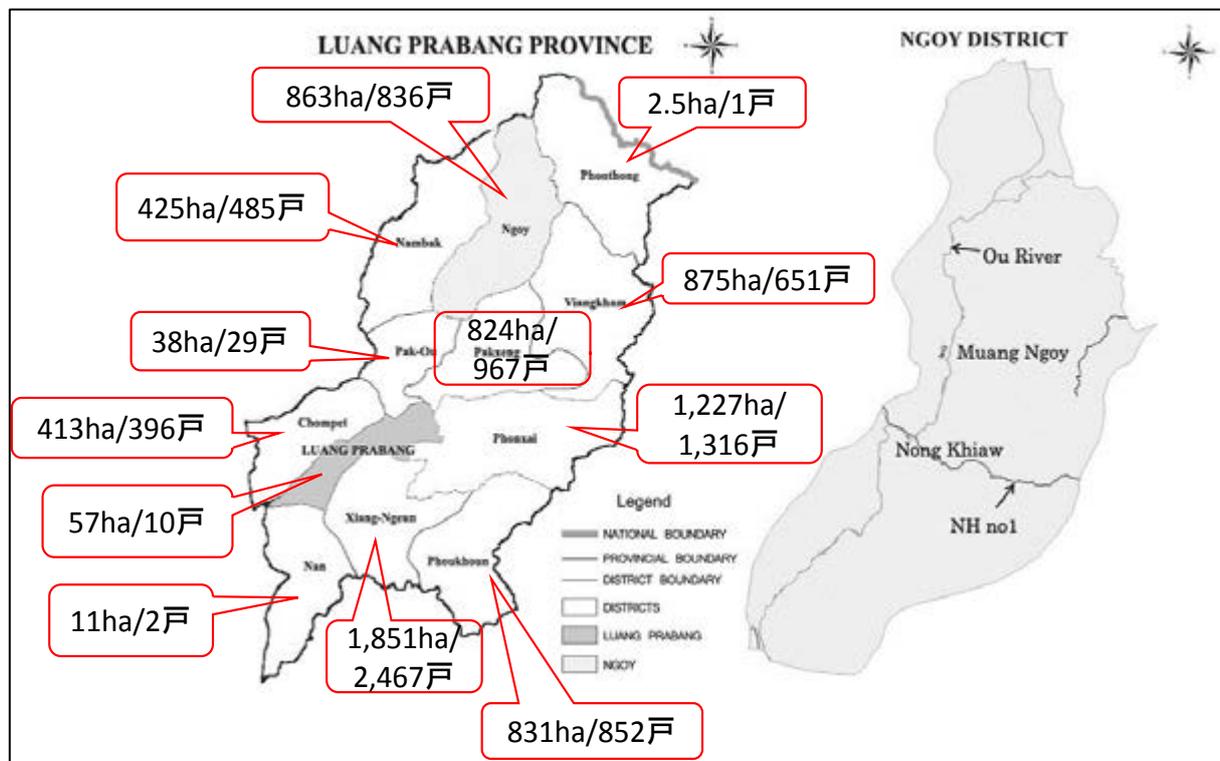
2009-2012年 ルアンパバン県の各郡における広東アブラギリ植林の実績

| No. | 郡名 | グループ数 | 村数 | 農家数 | 面積(ha) | 苗木数 | 種子数 |
|-----|---------|-------|-----|-------|--------|-----------|-------|
| 1 | ポーンサイ | 8 | 43 | 1,316 | 1,228 | 479,221 | 0 |
| 2 | ヴィエンカム | 7 | 17 | 651 | 875 | 138,413 | 1,469 |
| 3 | シアングエン | 8 | 50 | 2,467 | 1,851 | 700,073 | 0 |
| 4 | プークーン | 7 | 33 | 852 | 831 | 145,700 | 1,660 |
| 5 | ナンバーク | 8 | 32 | 485 | 425 | 136,413 | 149 |
| 6 | ゴーイ | 8 | 26 | 836 | 864 | 258,531 | 917 |
| 7 | パークシェン | 7 | 33 | 967 | 824 | 172,675 | 1,345 |
| 8 | ルアンパバン | 2 | 6 | 10 | 58 | 23,108 | 0 |
| 9 | パークウー | 1 | 2 | 29 | 39 | 15,468 | 0 |
| 10 | チョームペット | 8 | 29 | 396 | 413 | 6,500 | 1,906 |
| 11 | ムアンナーン | 1 | 1 | 2 | 11 | 4,400 | 0 |
| 12 | ポートン | 1 | 1 | 1 | 3 | 1,000 | 0 |
| | 合計 | 66 | 273 | 8,012 | 7,421 | 2,081,502 | 7,446 |

日付: 20/08/2012

ルアンパバンチーク材輸出入有限会社*
カムスック サイクエヤジョントウア

*注) ルアンパバンチーク材輸出入有限会社はBDFを製造するMakkau Lao社の関連会社である。当時の代表はMakkau Lao社のVongphet会長。



ルアンパバーン県の農・林業施策(抜粋)

2006～2011年県の農・林業統計の実施結果

| 内容 | 目標 | 実施 | ±(%) |
|-----------------------|-----------|-----------|--------|
| 17.家禽数 | 1,599,294 | 1,765,332 | +10.4% |
| 18.家畜のための草原面積(ヘクタール) | | 650 | |
| 19.チーク材の植林面積(ヘクタール) | 23,000 | 26,500 | +15% |
| 20.ゴムの木植林面積(ヘクタール) | 13,000 | 13,500 | +3.8% |
| 21.広東アブラギリ植林面積(ヘクタール) | 計画無し | 2,500 | |
| 22.トウモロコシ(ヘクタール) | 22,146 | 10,620.7 | -52% |
| 23.ジュズダマ(ヘクタール) | 3,000 | 6,774.30 | +126% |

2001～2011年焼畑農業の置き換えで商品作物を栽培

商品の生産及び植林、特にチーク材、ゴム、広東アブラギリ等の促進を通じて焼畑農業面積が順次に縮小し、森林被服面積も徐々に増加となった



面積8つの森林保護地域が50,572ヘクタール(ナム・アッドプー・レイ国立公園が87,140ヘクタール、7つの県と郡の森林保護地域は634,432ヘクタール)あり、保護された森林が10カ所で総面積は628,492ヘクタール(これは復元予定領域は含まれていない)あり、生産地域は275395ヘクタール、植林面積は41685ヘクタールの中で26,500ヘクタールのチーク材、13,550ヘクタールのゴム木、2,500ヘクタールの広東アブラギリが含まれている。

4.1法的に

これまで、各機関のスタッフや退職した方、地域住民へ林業法の内容の教育と普及に注力してきた。特に森林資源の管理と保護、違法伐採が重要な問題である。

家族の収入を得るための目標

特徴と可能性に応じて、以下の3つの生産促進エリアに分けた

1. **市内周辺地域:** 有機野菜や畜産農業関連の清潔な農業の作物をはじめ、観光に役立つ生産品質を高めることに焦点を当てている。1人当たりの所得目標は2000ドル。
2. **平野と谷:** 2植+1飼、又は、2飼+1植に生産構造の改善及び構築に重点を置き、1人当たりの所得目標は1700ドル。いくつかの例はこの章の最後に提示される。
3. **遠隔山間部:** 収入を上げることに焦点を当てることと、1植え+1飼を利用し製品として生産することができる(家禽飼育+工業作物(広東アブラギリ))

貧困を解消するための選択肢は2植+1飼、 又は、2飼+1植

選択肢1の例

- 1) 稲集約栽培法 1ヘクタール
- 2) 広東アブラギリ 1~2ヘクタール
- 3) 鶏飼育 30~50羽



2植+1飼

選択肢2の例

1. 鶏飼育 30~50羽
2. 牛飼育 10頭
3. 広東アブラギリ植林 1~2ヘクタール



2飼+1植

1ヘクタール当たりの広東アブラギリ栽培 するための投資額推定

| | | | |
|------------------------------|-------|--------------------|------------------|
| 1. 広東アブラギリの種子購入 | 2キロ | 1キロ当たり 5,000キープ | =10,000 |
| 2. 1ヘクタール栽培面積を 準備するための労努力 | | | =750,000 |
| 3.栽培するための労努力 | 400本 | 1本当たり 300キープ | =120,000 |
| 4.雑草除去労努力 | 最初の2年 | 350,000キープ | =700,000 |
| 広東アブラギリ栽培への投資額 | | | 1,580,000 |

1ヘクタールの広東アブラギリ植林による推定収入

| 1ヘクタール 当たりの本数 | 1本あたり の生産量 | 1ヘクタール当たり の生産量 | 1キロ当たりの 価格 | 合計収入 |
|------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| 400本/Ha | 30Kg/Ha | 400 × 30=12,000Kg | 1,000キープ/Kg | 12,000,000 キープ |

収支のバランス:

$$12,000,000\text{キープ} - 1,5800,000\text{キープ} = \underline{10,420,000\text{キープ}}$$

実行方法

1. 担当責任部署を設定する
2. 87名の農業学校の卒業生を各村落共同体にボランティアとして行かせる。そのうち、45人は農家に稲集約栽培法を指導する。
3. 更に75名のスタッフを各村落共同体に派遣し駐在。
4. 総括的な専門スタッフを育成。
5. 2植+1飼(稲集約栽培法+広東アブラギリ植林+鶏の飼育)に関連する土地使用計画を用いて4つのモデル村(又は焦点となる村)を設定する。その4村は:ムアンスーン村(ゴイ郡)、ポーン村、ナークエン村、ドントゥーム村(ナン郡)がある。

リモートセンシングによる広東アブラギリの分布調査に関する可能性の検討

3-1 目的

ラオス国内における広東アブラギリ（以下、アブラギリり記す）の分布状況調査において、個々の土地被覆が有する分光特性を利用することで、アブラギリの抽出が可能かどうかをみるため、人工衛星で観測されたデータを基に解析を行い、その可能性について検討した。

また、近年、安定性や操縦性が大幅に向上したことで、測量分野でも急速に利用が進んでいるドローンについても、アブラギリの調査において、どのような活用の仕方が可能であるかを検討した。

3-2 現地調査

リモートセンシングデータの「教師付き分類」に必要な土地被覆の情報を取得するため、解析対象地域においてグラントゥルースを実施した。さらに、ラオスは熱帯域にあり本来的に利用できる衛星データが限られることから、現地において無人航空機（マルチコプター）による観測を行い、これによって取得したデータについても検討の対象とした。

3-2-1 グラントゥルース

1) 方法

アブラギリが一定以上の面積（主に 0.5ha 以上）で植林されている集落を対象に、アブラギリを含め当該地域で一般に見られる植生について、地理情報を取得するとともに景観撮影を行った。

今回の主目的は、アブラギリの植林地点の抽出であるが、分類精度を高くするためには、同一地域に存在する他の土地被覆の分光特性も調べ、アブラギリと正しく区別するための情報を与えておくことが重要である。特に、アブラギリと分光特性が近い土地被覆（植生）については、ある程度詳細に調査しておくことで、分類精度を上げることができる。

今回作成した分類図では、8種類のクラスを示したが、グラントゥルースでは表-1の15種類のクラスを対象とした。

表-1 グラントゥルースと分類図でのクラス

| グラントゥルース地点 | 分類図でのクラス |
|------------|----------|
| A. 河川 | ①水域 |
| B. 湖沼 | ①水域 |
| C. 裸地 | ②裸地、道路 |
| D. 道路 | ②裸地、道路 |
| E. 自然林 A | ③森林 |
| F. 自然林 B | ③森林 |

| グラントゥルース地点 | 分類図でのクラス |
|------------|----------|
| G. 2次林 | ③森林 |
| H. アブラギリ | ④アブラギリ |
| I. チーク | ⑤チーク |
| J. 灌木林 | ⑥灌木林 |
| K. 水田 | ⑦水田 |
| L. 草地 | ⑧草地、耕作地 |
| M. 陸稲 | ⑧草地、耕作地 |
| N. バナナ園 | ⑧草地、耕作地 |
| O. ハトムギ園 | ⑧草地、耕作地 |

2) 調査概要

グラントゥルースは2018年10月13日および14日に実施した。図1に、今回のグラントゥルースの調査域と無人航空機の観測域を示す。

アブラギリは、果実を収穫する必要性から、比較的集落（民家）に近いところに植えられており、また耕作地もその傾向が強いため、集落周辺を中心に調査を行った。

対象とした集落はルアンパバーンから南南東に約20kmのところであり、車を利用した場合、約1時間で到着可能である。また車で移動中に、集落周辺以外の地点においても、特徴的な土地被覆がみられた場合はその情報収集に努めた。



図1 グラントゥルースの調査域と無人航空機の観測域

グランドトゥルースの結果（調査対象地域における代表的な土地被覆の景観）を写真 1～13 に示す。同一の樹種でも生育段階や、混交率の違い等により分光特性が異なるため、それらについては別のタイプとして調査を実施した。

今回実施した現地調査の時期が、落葉季に入る少し前ということもあり、葉色の変化がかなり進んだ個体があった他、ほとんど変化のみられない個体や、それらの中間的な色合いを示す個体があるなど、同一樹種でも明らかに分光特性が異なると考えられる個体が入り混じった状態であった。本調査の主要対象樹種であるアブラギリが、このような状況であったことから、将来本格的な調査を実施する場合には、現地調査の時期を再度検討すべきであろう。

なお、グランドトゥルースにおける各調査地点の地理座標については、今回は時間の都合上、地図上に各地点を書き込むことで対応した。



写真 1 アブラギリ(単木)



写真 2 アブラギリ(林床植生が多い)



写真 3 アブラギリ(400 本/ha)



写真 4 アブラギリ(若齢林)



写真 5 チーク林



写真 6 果樹園(バナナ)



写真 7 野菜畑



写真 8 陸稲



写真 9 ハトムギ



写真 10 イモ類



写真 11 集落・裸地



写真 12 水域(河川)



写真 13 市街地

3-2-1 無人航空機による観測

1) 方法

無人航空機による観測は、アブラギリの生育状況等が異なる2箇所（村1、村2）を対象に実施した。各対象地域には、アブラギリと他の植生が適度に含まれるとともに、集落や林道、裸地、水域等を含むよう領域を設定した。

観測は高度約150～200mからマニュアル飛行及び自動飛行により実施した。対象域は、村1で300m×200m、村2で800m×400m程度とした。撮影に際しては上空視界に配慮しながら対空標識を設置し、画像合成時における位置精度の確保に努めた。

2) 結果

今回は雨天ではなかったものの、やや風があり観測時における天候や雲の有無によって、明暗の変化が著しい状況であった。露出をオートに設定していたため、露出オーバーまたはアンダーになることはなかったが、同一地点においても画像の色調に変化がみられるという結果となった。解析への影響を考慮して、このような天候では露出を固定するのも、選択肢にしておくのが良いかもしれない。

写真14～17に村1、村2における斜方向の空撮画像、鉛直画像、および鉛直画像と植生調査結果を示した。なお、撮影高度は村1で150m、村2で200mである。

鉛直画像及び植生調査結果は一例であるが、調査結果はすべて上空から空撮した画像をもとに樹木の種類を現地で確認し、記録した。



写真14 村1からの斜方向の空撮画像(高度150m)



写真 15(1) 村1における鉛直画像(高度 150m)



写真 15(2) 村1における鉛直画像と植生調査結果(高度 150m)
(赤:アブラギリ、黄色:チーク、青:その他)



写真 16(1) 村2からの斜方向の空撮画像(高度 200m)



写真 16(2) 村2からの斜方向の空撮画像(高度 200m)

3-3 データ解析

人工衛星データを利用して土地被覆別に分光特性を調べ、最尤法による画像分類を行った。この処理によって得られた教師判別率等をもとに、アブラギリの分布調査に関するリモートセンシングの利用可能性について検討した。

3-3-1 人工衛星データの解析

1) 人工衛星データの入手

本解析では小面積に植林されたアブラギリの分類が目的であるため、高解像度かつ近赤外域のバンドを有する人工衛星データを利用することとした。解析対象域が熱帯域に位置するため、良好な画像が得られる確率はそれほど高くない。そのため上記の仕様を有する WorldView-2、WorldView-3、Geo-Eye-1 の3衛星について、直近5ヵ年のアーカイブの中から、雲量が少なくアブラギリが葉を有する時期の画像を検索した。

その結果、WorldView-3 及び Geo-Eye-1 には該当する画像は存在せず、唯一 WorldView-2 に解析可能な画像が存在したことから、これを用いて解析することとした。以下にデータの諸元を示す。

【人工衛星データの諸元】

| | |
|------------|------------------|
| ・人工衛星名称 | WorldView-2 |
| ・軌道 | |
| ①高度 | 770km |
| ②種類 | 太陽同期準回帰 |
| ・観測年月日 | 2013年10月9日 |
| ・バンド | |
| ①コースタルブルー | 396～458 nm |
| ②青 | 442～515 nm |
| ③緑 | 506～586 nm |
| ④黄 | 584～663 nm |
| ⑤赤 | 624～694 nm |
| ⑥レッドエッジ | 699～749 nm |
| ⑦近赤外1 | 765～901 nm |
| ⑧近赤外2 | 856～1043 nm |
| ・画像解像度 | 約2m（直下の場合は1.85m） |
| ・ダイナミックレンジ | 11ビット |
| ・データ領域 | 図2に示す通り |

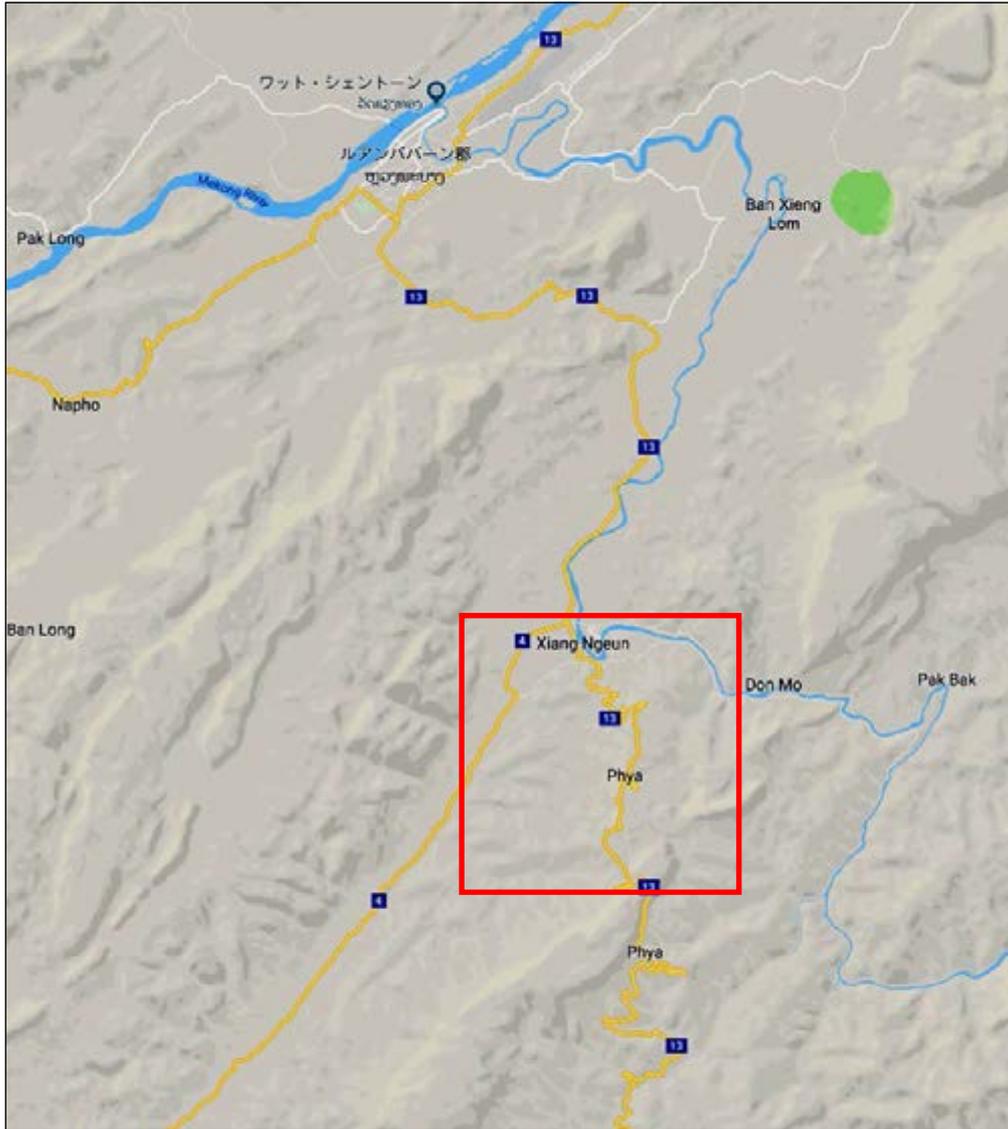


図2 衛星データ領域
(赤枠の範囲が今回入手した WorldView2 のデータ領域)

2) 調査用画像の作成

10月の現地調査に先立ち、入手したデータを基にナチュラルカラー画像(図3)とフォルスカラー画像(図4)を作成した。これらの画像から、色調の違いにより区別が可能な土地被覆については、教師付き分類を行った際に、判別率が高くなることから、グランドトゥールスの際の参考に利用することが多い。

なお、合成に利用したバンドは、ナチュラルカラー画像を(R: ⑤, G: ⑥, B: ③)で作成し、フォルスカラー画像を(R: ⑥, G: ⑤, B: ③)で作成した。バンドの番号①が波長最短のコースタルブルーであり、⑧が波長最長の近赤外2としており、波長の長さ順に番号を割り当てた。

参考までに、ナチュラルカラー画像は植生域で反射率の高いレッドエッジを緑に割当てた合成であり、フォルスカラー画像はこれを赤に割当てた合成である。



図 3 WorldView2 のデータから合成したナチュラルカラー画像

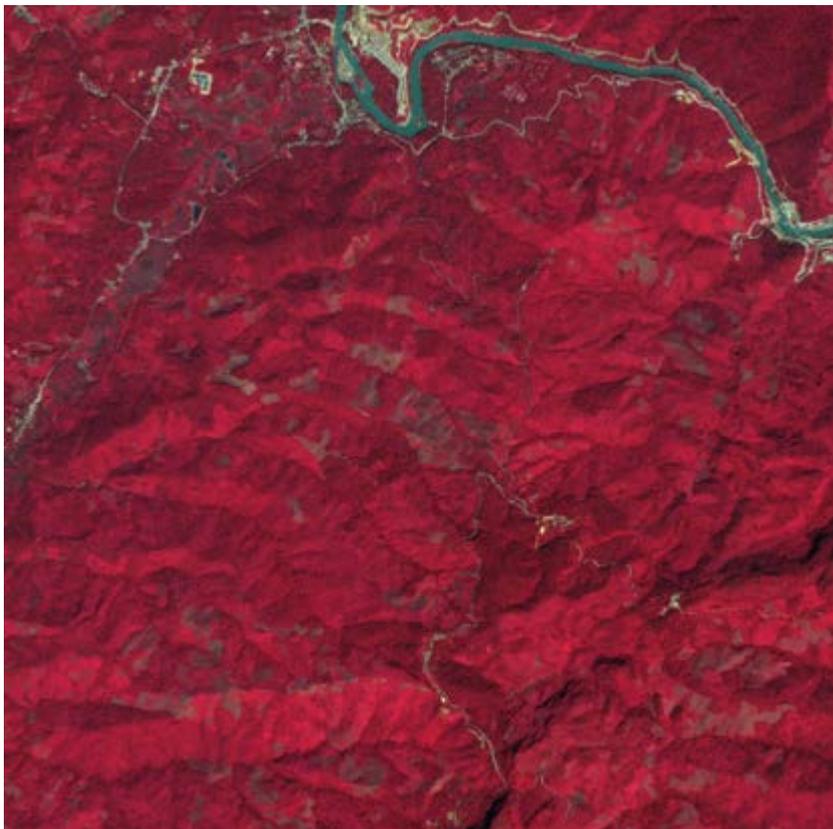


図 4 WorldView2 のデータから合成したフォルスカラー画像

3) 土地被覆タイプ別分光特性の解析

画像分類が適切に行われるためには、各クラスがそれぞれ特徴的な分光特性を有することが条件であり、これらが適切な分布幅を示し、クラス毎に明確に分離していれば、分類の精度は自ずと高くなる。一方で、分光特性は通常、季節や樹勢、成長段階、生育地等によっても変化するため、特徴のでやすい時期に観測されたデータや、調査地点を選ぶのも重要である。

ここでは、今回入手した衛星データとグラントゥルースの結果を基に、バンド別クラス毎に分光特性として DN (digital number: 衛星データがバンド別に有する各ピクセルの数値情報) の統計値を求めた。表-2に各クラスにおけるその統計値を記す。また、図-5a~cに、バンド別クラス毎の平均と標準偏差を図示した。

図から、可視域 (Band 1~5) においては、河川・湖沼等の水域に比べ、すべての植生域で、DN が低い値を示すことがわかる。一方、近赤外域 (Band 7~8) においては、その傾向が逆転していることがわかる。

植生域のみをみると、Band 5 (赤色) のレベルが最も低いが、これはクロロフィルの吸収帯にあたるため、同様にクロロフィルの吸収帯である Band 2 (青色) についても低いを示す様子がわかる。一方、レッドエッジや近赤外域では植生は高い値を示している。これらのバンドは、植物の葉や葉の層が厚いと強く反射されるという特徴がある。

植物の分光特性は上記に示したように、大まかな共通点があるものの、樹種毎に含有する色素が異なるほか、葉の付き方や樹形などにも違いがあるため、分光特性もそれらに応じて異なるのが通常である。色素の違いは葉色の違いになって現れるため、可視域のバンドを用いることでその違いを調べることが可能である。

ここで注意すべきことは、植物が分布する地点のデータが、すべて葉で反射されたとは限らないことである。例えば、バナナ園や今回入手した画像のような収穫後のハトムギ畑では、地面からの反射が相当含まれていると考えられる。しかし、これらクラスの地面は裸地ではないため、裸地の特性とも異なっている。分類作業では、こうした現場での実態を考慮して進める必要がある。

図から、自然林 A、自然林 B 及び二次林は、典型的な閉鎖した樹冠を有する森林の特性を持つことがわかった。アブラギリ、チーク、灌木林については、可視域では先の森林と大差はなかったが、レッドエッジや近赤外域で、前者より高い値を示している。水田と草地については、可視域において、いずれも森林よりも同程度高い値をしめしたが、レッドエッジや近赤外域においては、草地は依然森林より高かったが、水では逆に森林より小さな値を示した。陸稲は可視域では、森林やアブラギリの特性に近く、レッドエッジや近赤外域では草地やハトムギの特性に近かった。

上記のように、特定のバンドだけでは、樹種や植生タイプの分類は困難であるが、複数のバンドを用いることで、ある程度の分類ができる可能性が示された。一方で、可視域の Band 3~5 において、アブラギリのバラツキ (標準偏差) が大きいことや、レッドエッジや近赤外域では、水田と草地を除く植生域の多くでバラツキが少なくないため、誤分類の発生も少なくないことが予想される。

表-2 各クラスにおけるバンド別 DN の統計値

Band 1

| ID | クラス名 | ピクセル数 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|-------|------|
| [A] | 河川 | 5084 | 350.9 | 5.2 |
| [B] | 湖沼 | 270 | 345.7 | 3.7 |
| [C] | 裸地 | 510 | 361.8 | 7.0 |
| [D] | 道路 | 91 | 394.6 | 9.4 |
| [E] | 自然林A | 5439 | 294.9 | 5.9 |
| [F] | 自然林B | 3944 | 284.3 | 5.2 |
| [G] | 二次林 | 4674 | 309.8 | 4.5 |
| [H] | アブラギリ | 1530 | 291.5 | 5.1 |
| [I] | チーク | 1631 | 285.5 | 5.3 |
| [J] | 灌木林 | 4032 | 300.5 | 4.7 |
| [K] | 水田 | 3328 | 319.2 | 4.2 |
| [L] | 草地 | 143 | 324.5 | 4.1 |
| [M] | 陸稲 | 899 | 292.0 | 4.0 |
| [N] | バナナ | 128 | 293.6 | 4.6 |
| [O] | はと麦 | 357 | 311.3 | 11.8 |

Band 5

| ID | クラス名 | ピクセル数 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|-------|------|
| [A] | 河川 | 5084 | 285.0 | 7.2 |
| [B] | 湖沼 | 270 | 252.7 | 6.0 |
| [C] | 裸地 | 510 | 386.6 | 32.3 |
| [D] | 道路 | 91 | 412.4 | 22.6 |
| [E] | 自然林A | 5439 | 99.0 | 10.4 |
| [F] | 自然林B | 3944 | 92.6 | 8.8 |
| [G] | 二次林 | 4674 | 117.7 | 10.4 |
| [H] | アブラギリ | 1530 | 113.8 | 15.3 |
| [I] | チーク | 1631 | 97.6 | 10.3 |
| [J] | 灌木林 | 4032 | 109.6 | 6.7 |
| [K] | 水田 | 3328 | 179.0 | 10.0 |
| [L] | 草地 | 143 | 181.0 | 11.0 |
| [M] | 陸稲 | 899 | 126.2 | 6.1 |
| [N] | バナナ | 128 | 122.9 | 10.6 |
| [O] | はと麦 | 357 | 217.1 | 46.0 |

Band 2

| ID | クラス名 | ピクセル数 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|-------|------|
| [A] | 河川 | 5084 | 219.3 | 4.8 |
| [B] | 湖沼 | 270 | 215.0 | 3.5 |
| [C] | 裸地 | 510 | 230.5 | 7.2 |
| [D] | 道路 | 91 | 263.8 | 8.8 |
| [E] | 自然林A | 5439 | 158.3 | 5.1 |
| [F] | 自然林B | 3944 | 150.7 | 4.7 |
| [G] | 二次林 | 4674 | 170.4 | 4.6 |
| [H] | アブラギリ | 1530 | 158.6 | 5.4 |
| [I] | チーク | 1631 | 153.0 | 4.8 |
| [J] | 灌木林 | 4032 | 164.0 | 4.4 |
| [K] | 水田 | 3328 | 185.3 | 4.2 |
| [L] | 草地 | 143 | 188.1 | 4.3 |
| [M] | 陸稲 | 899 | 160.4 | 2.7 |
| [N] | バナナ | 128 | 162.6 | 4.4 |
| [O] | はと麦 | 357 | 183.6 | 13.7 |

Band 6

| ID | クラス名 | ピクセル数 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| [A] | 河川 | 5084 | 252.1 | 6.9 |
| [B] | 湖沼 | 270 | 296.4 | 7.6 |
| [C] | 裸地 | 510 | 551.3 | 38.8 |
| [D] | 道路 | 91 | 552.5 | 30.5 |
| [E] | 自然林A | 5439 | 449.9 | 91.9 |
| [F] | 自然林B | 3944 | 436.7 | 87.9 |
| [G] | 二次林 | 4674 | 449.9 | 59.0 |
| [H] | アブラギリ | 1530 | 636.4 | 82.1 |
| [I] | チーク | 1631 | 483.8 | 101.5 |
| [J] | 灌木林 | 4032 | 627.6 | 65.0 |
| [K] | 水田 | 3328 | 431.8 | 22.8 |
| [L] | 草地 | 143 | 627.0 | 18.4 |
| [M] | 陸稲 | 899 | 618.8 | 53.4 |
| [N] | バナナ | 128 | 693.8 | 47.5 |
| [O] | はと麦 | 357 | 592.0 | 47.4 |

Band 3

| ID | クラス名 | ピクセル数 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|-------|------|
| [A] | 河川 | 5084 | 317.7 | 6.6 |
| [B] | 湖沼 | 270 | 306.1 | 5.2 |
| [C] | 裸地 | 510 | 343.7 | 18.6 |
| [D] | 道路 | 91 | 404.1 | 18.2 |
| [E] | 自然林A | 5439 | 191.2 | 16.7 |
| [F] | 自然林B | 3944 | 180.0 | 14.7 |
| [G] | 二次林 | 4674 | 208.5 | 12.0 |
| [H] | アブラギリ | 1530 | 216.9 | 19.7 |
| [I] | チーク | 1631 | 189.5 | 16.7 |
| [J] | 灌木林 | 4032 | 221.2 | 12.4 |
| [K] | 水田 | 3328 | 245.4 | 6.9 |
| [L] | 草地 | 143 | 261.8 | 7.3 |
| [M] | 陸稲 | 899 | 221.5 | 7.7 |
| [N] | バナナ | 128 | 238.6 | 13.5 |
| [O] | はと麦 | 357 | 263.7 | 27.0 |

Band 7

| ID | クラス名 | ピクセル数 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|--------|-------|
| [A] | 河川 | 5084 | 190.2 | 7.1 |
| [B] | 湖沼 | 270 | 239.9 | 7.4 |
| [C] | 裸地 | 510 | 598.6 | 38.1 |
| [D] | 道路 | 91 | 562.6 | 34.1 |
| [E] | 自然林A | 5439 | 754.1 | 162.6 |
| [F] | 自然林B | 3944 | 715.5 | 145.7 |
| [G] | 二次林 | 4674 | 692.3 | 89.2 |
| [H] | アブラギリ | 1530 | 994.9 | 137.8 |
| [I] | チーク | 1631 | 793.8 | 170.1 |
| [J] | 灌木林 | 4032 | 1067.5 | 102.3 |
| [K] | 水田 | 3328 | 563.4 | 37.0 |
| [L] | 草地 | 143 | 974.0 | 37.2 |
| [M] | 陸稲 | 899 | 881.9 | 100.5 |
| [N] | バナナ | 128 | 1123.3 | 85.8 |
| [O] | はと麦 | 357 | 800.3 | 81.8 |

Band 4

| ID | クラス名 | ピクセル数 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|-------|------|
| [A] | 河川 | 5084 | 412.5 | 8.8 |
| [B] | 湖沼 | 270 | 376.1 | 7.3 |
| [C] | 裸地 | 510 | 491.7 | 37.4 |
| [D] | 道路 | 91 | 552.8 | 31.8 |
| [E] | 自然林A | 5439 | 178.7 | 17.8 |
| [F] | 自然林B | 3944 | 169.5 | 16.3 |
| [G] | 二次林 | 4674 | 202.4 | 14.9 |
| [H] | アブラギリ | 1530 | 208.3 | 24.5 |
| [I] | チーク | 1631 | 177.2 | 17.7 |
| [J] | 灌木林 | 4032 | 205.4 | 13.0 |
| [K] | 水田 | 3328 | 275.9 | 11.2 |
| [L] | 草地 | 143 | 285.9 | 12.6 |
| [M] | 陸稲 | 899 | 223.2 | 8.3 |
| [N] | バナナ | 128 | 229.5 | 16.6 |
| [O] | はと麦 | 357 | 314.8 | 52.4 |

Band 8

| ID | クラス名 | ピクセル数 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| [A] | 河川 | 5084 | 122.7 | 6.9 |
| [B] | 湖沼 | 270 | 146.6 | 5.0 |
| [C] | 裸地 | 510 | 521.8 | 30.4 |
| [D] | 道路 | 91 | 457.9 | 27.4 |
| [E] | 自然林A | 5439 | 666.4 | 144.4 |
| [F] | 自然林B | 3944 | 637.9 | 131.3 |
| [G] | 二次林 | 4674 | 614.1 | 81.8 |
| [H] | アブラギリ | 1530 | 887.0 | 117.7 |
| [I] | チーク | 1631 | 696.6 | 153.5 |
| [J] | 灌木林 | 4032 | 940.8 | 92.1 |
| [K] | 水田 | 3328 | 485.8 | 37.2 |
| [L] | 草地 | 143 | 863.7 | 30.4 |
| [M] | 陸稲 | 899 | 786.1 | 85.2 |
| [N] | バナナ | 128 | 993.3 | 74.2 |
| [O] | はと麦 | 357 | 736.8 | 65.9 |

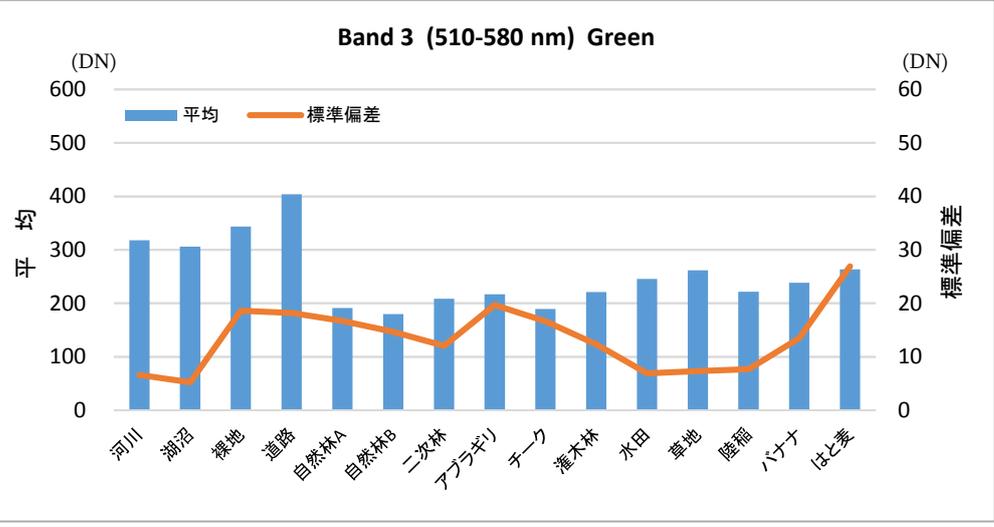
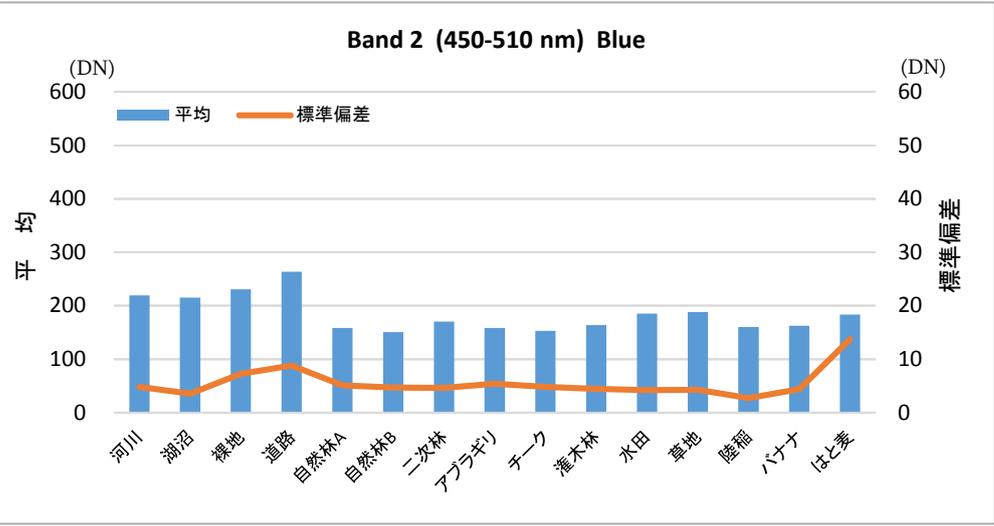
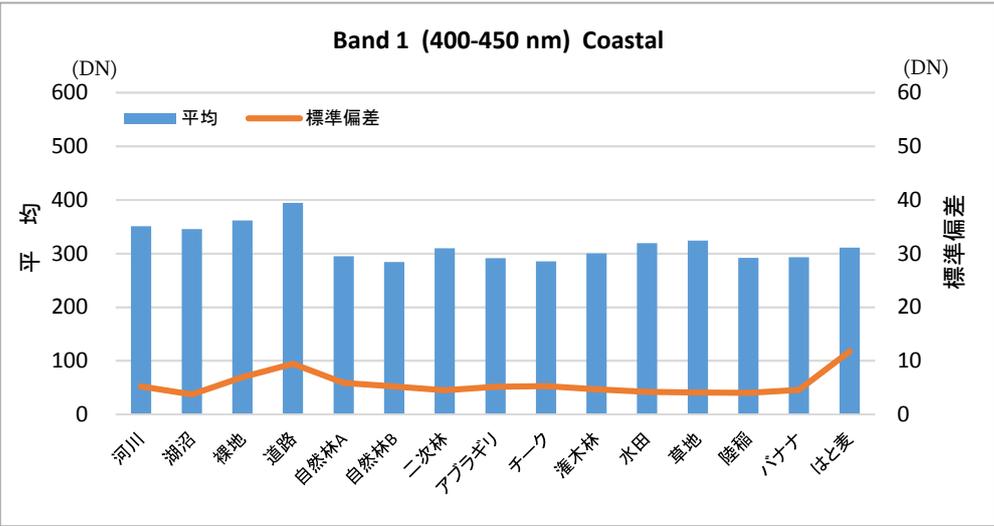


図-5a DNの平均と標準偏差 (Band 1~Band 3)

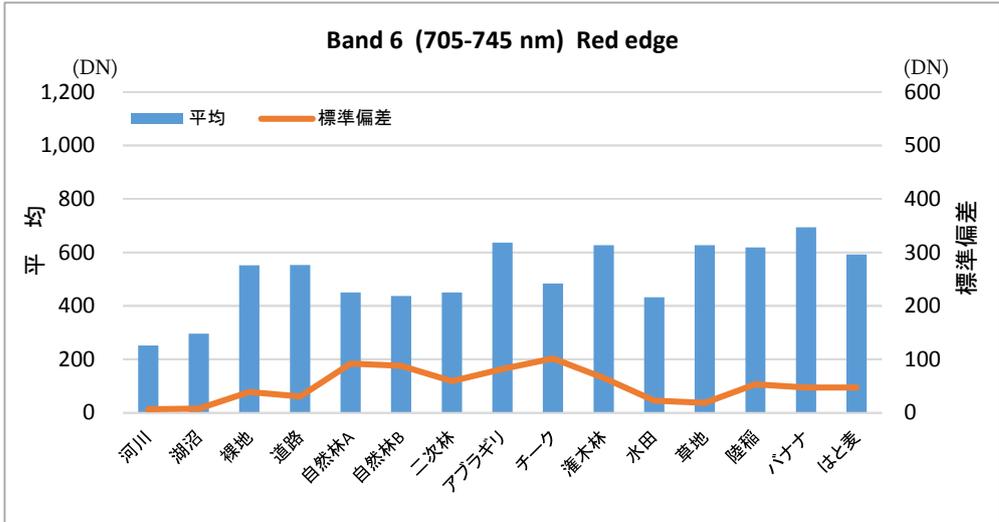
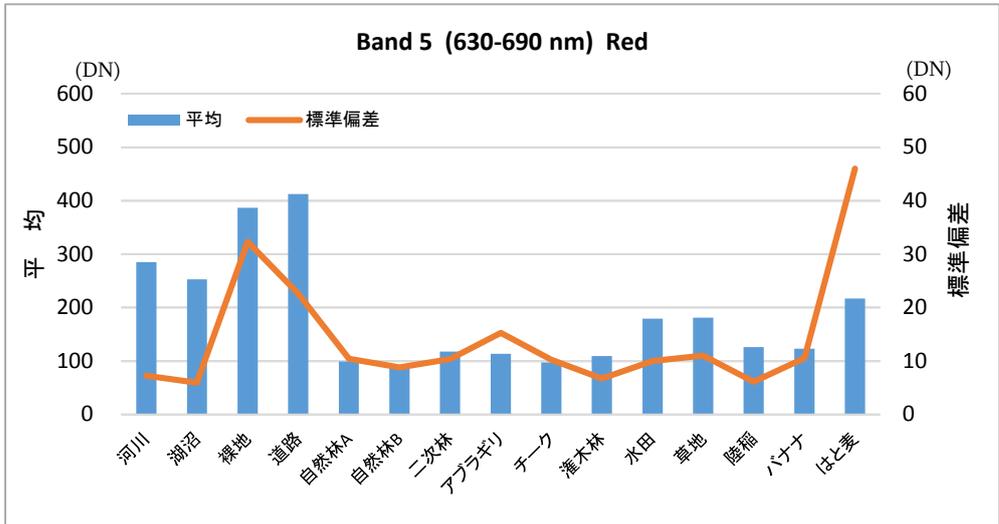
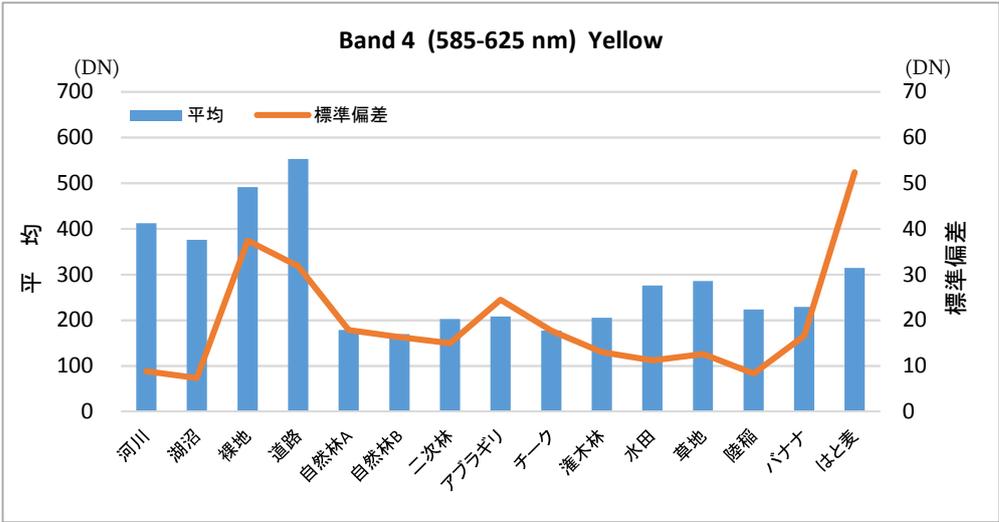


図-5b DNの平均と標準偏差 (Band 4~Band 6)

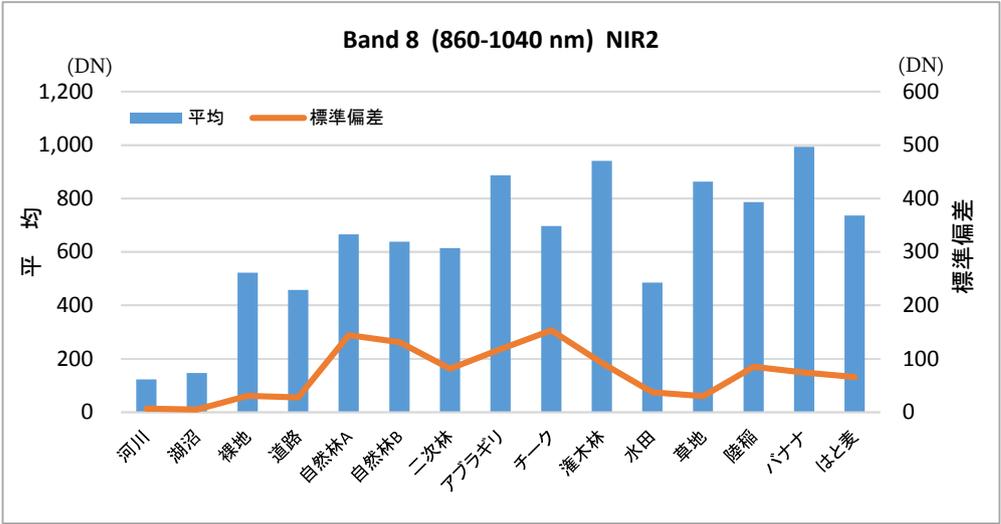
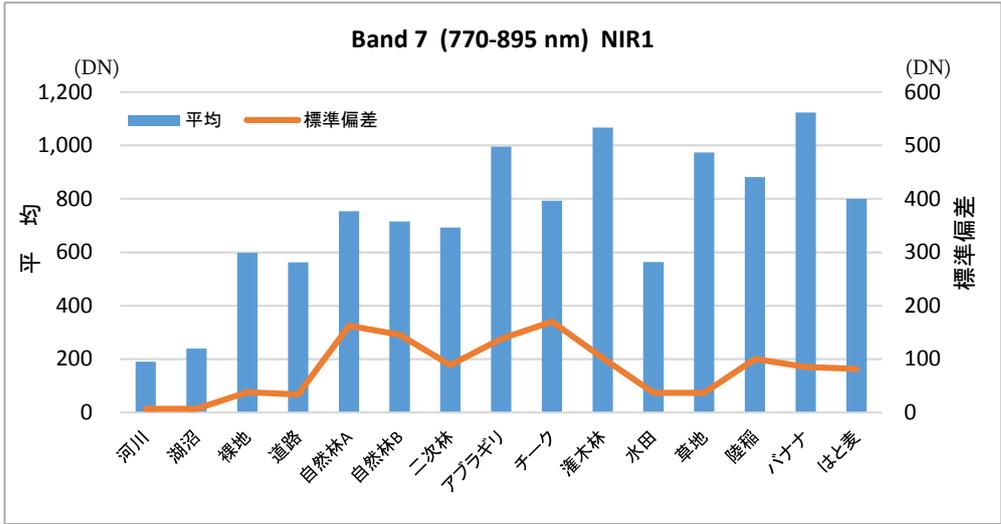


図-5c DNの平均と標準偏差 (Band 7~Band 8)

4) 教師判別率の算出

先に求めたタイプ別バンド毎の統計値を基に、教師（当該クラスの代表として指定したピクセルのデータ）のみを用いて、どの程度本来のクラスとして、分類されるかをみた。表-3にクラス毎の教師判別率を示す。

表-3 クラス毎の教師判別率

| クラス名 | 河川 | 湖沼 | 裸地 | 道路 | 自然林A | 自然林B | 2次林 | アブラギリ | チーク | 灌木林 | 水田 | 草地 | 陸稲 | バナナ | はと麦 |
|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 河川 | 98.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 湖沼 | 0.0 | 99.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 裸地 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 道路 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 97.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 自然林A | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 57.9 | 4.5 | 10.1 | 3.3 | 6.8 | 6.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.8 | 0.0 |
| 自然林B | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.5 | 55.9 | 0.0 | 3.4 | 35.6 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2次林 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 0.0 | 85.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 1.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| アブラギリ | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.4 | 4.9 | 0.1 | 63.4 | 20.7 | 24.7 | 0.0 | 0.0 | 55.2 | 21.9 | 5.6 |
| チーク | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 34.7 | 0.0 | 9.7 | 36.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.3 |
| 灌木林 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.9 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 57.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 0.0 |
| 水田 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 96.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 草地 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 80.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 陸稲 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.6 | 0.0 | 0.0 |
| バナナ | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.5 | 0.2 | 10.9 | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 74.2 | 0.3 |
| はと麦 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 4.6 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 2.6 | 19.6 | 1.1 | 0.0 | 91.0 |
| 未分類 | 1.6 | 0.7 | 0.0 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 2.8 |

| | |
|--------------------|--------|
| 平均教師判別率 | 75.6 % |
| アブラギリの教師判別率 | 63.4 % |
| 他クラスのアブラギリへの平均誤判別率 | 10.3 % |

表中の対角線上に示した黄色のセルが、各クラスの教師データが正しく当該クラスに分類された割合である。河川や湖沼、裸地、道路、水田はいずれも96%以上あり、高い精度で分類されていることがわかる。一方、チークや陸稲の教師判別率は低く、36.4%および39.6%となった。チークが誤分類されたクラスには自然林Bとアブラギリの割合が多く、この2つで56.2%であった。陸稲でもアブラギリへの誤分類が多く、それだけで55.2%を占めている。全クラスの平均教師判別率は75.6%であった。

今回の解析で、最も重要なアブラギリの教師判別率は63.4%にとどまった。アブラギリの教師データでありながら、他のクラスに分類されたデータが約37%あり、中でもバナナやチーク、陸稲に分類されたものが28%あった。逆に、本来はアブラギリでないクラスの教師データがアブラギリとして分類されたものは、陸稲が55.2%と最も多く、次いで灌木林の24.7%、バナナの21.9%、チークの20.7%と、いずれも少なからぬ誤分類が発生している。他のクラスにおけるアブラギリへの平均誤判別率は、10.3%であった。

3-2-1のグランドトゥルースのところで示したが、最終的に分類図で同じクラスとして表示するクラスがあり、これらのクラス間については本来的に分光特性が近い場合もあって、それら間の誤分類については実用上問題にはならない。しかしながら、本解析においては、アブラギリの抽出が目的であったことから、アブラギリが他のクラスに分類されたり、逆に他のクラスがアブラギリに分類される割合が多いと実用に耐えないという結果となる。

今回利用した衛星データのように、取得されてから5年が経過しているような場合は、土地被覆がかなり変化している可能性があり、特にアブラギリは近年植林が本格化したこともあり、5年前ではまだ十分に成長していなかったと考えられる。これが、アブラギリの誤判別に影響した可能性の一つと考えられる。

他の要因としては、アブラギリ自体に分光特性上のバラツキが大きい可能性や、また観測された10月というのが、アブラギリの分光特性にバラツキを発生させやすい時期となる可能性も考えられる。特に後者の理由としては、10月はアブラギリの落葉期が近いとため、葉内での養分吸収が進むとともに、色素の分解が始まっていると考えられるため、肉眼的にはわからなくても、早く落葉準備が進んでいる個体とそうでない個体とが、センサーには明確に捉えられて、それがバラツキの原因となった可能性もある。

5) 画像分類

教師判別率をみる限りにおいては、かなり厳しい状況であったが、今回はこの入手したデータ以外に、分類に利用できる衛星データが存在しないため、このデータを用いて分類作業を行った。分類結果を図-6に示す。

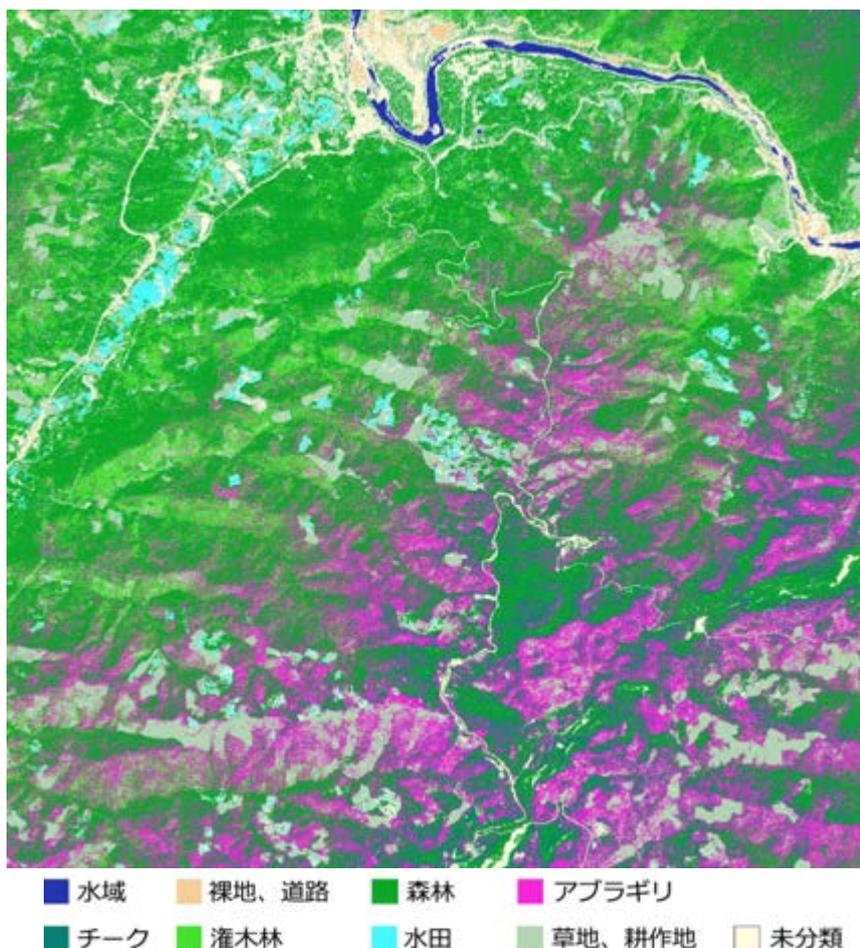


図-6 画像分類の結果

画像の分類は、先に示した World View2 が有する8バンドすべてを用いて行った。分類の結果、アブラギリ（赤で表示）は、画像の中央部から南部にかけて広く分布する様子が示

された。アブラギリの教師データとして指定した地点については、大部分がアブラギリとして分類されていたが、アブラギリ以外のクラスで、アブラギリと誤分類された地点が、今回の衛星データを利用した場合には多数出現したと思われる。

図-3 ナチュラルカラー画像、図-4 フォルスカラー画像と合わせて確認すると、分類処理においてアブラギリと判定された場所は、密度があまり高くない植生が、多数出現していると考えられる。これは、陸稲や灌木林からの誤分類が多いことから伺える。

なお、図中の未分類については、今回用いた教師データのいずれからも、統計的距離が離れた分光特性を持つ地点を示している。未分類は、その地点から別途教師データを選ぶことで減らすことが可能であるが、今回の未分類の多くは裸地や集落、道路もしくは水域であり、アブラギリとは異なる場所であることから、そのまま未分類として残すこととした。

6) アブラギリの分布調査に関する衛星データの有用性の検討

今回利用した衛星データは、アブラギリの分光特性と類似するクラスが多かった（アブラギリへの誤分類が多かった）とともに、他のクラスと比較してアブラギリのバラツキ（標準偏差）が大きかったために、結果的にアブラギリの分類には適さなかった。

この原因については、観測された年代が5年前であり、アブラギリが十分に成長する以前であったため、他の植生の影響を強く受けた可能性があることや、観測時期も落葉直前にあたる10月で、アブラギリの葉の内部で色素等に変化が起っていた可能性が挙げられる。これらがアブラギリの分光特性に他のクラスの影響を及ぼし、さらにはアブラギリのバラツキの増大を招いたものと考えられる。

衛星データは広域を調査するには非常に有用であるが、定められた軌道を周回しながら観測するという性格上、観測したい日時指定は困難である。（一定の制限下でリクエストが可能の場合もあるが、そのタイミングで晴れるとは限らない。）特に、熱帯域は年中雲の影響を受けやすいため、実質的には数年に一度、良好な画像を取得できれば幸いと言わざるを得ないであろう。今回入手した衛星データも、3種類の高解像度人工衛星の5年分のアーカイブを全て検索して、唯一良好なデータであった。

これらを考えると、植林が本格的に始まってからの年数が短いアブラギリの分布を、衛星データを用いて精度よく調査するのは、近年に取得された良好な衛星データがない現状では厳しいといえる。しかし、今後も継続して衛星による観測は行われる予定であり、将来アブラギリの分光特性が他のクラスと明確に異なる時期（これを知るには現地での詳細な調査が必要）の、良好なデータが取得されれば、利用に値す分類図の作成も可能になるかも知れない。

一方で、アブラギリの分光特性においてバラツキの大きい原因が、他の樹種の混合によるものではなく、遺伝的なものであるなら、分光特性による分類は不可能である。これについても現地調査によって確認する以外に方法はない。

3-3-2 無人航空機データの解析

1) 無人航空機データの入手

データの入手については、3-2-1 無人航空機による観測で記した通りである。利用可能なバンドは、標準的なカラー写真であるため、Red、Green、Blueの3バンドである。

2) Sfm ソフトによる無人航空機データの処理

取得された無人航空機のデータは、複数の静止画像から構成されており、村1で50枚、村2で168枚であった。自動航行の場合、これらの画像は連続的に撮影されているので、1枚1枚を順に見ていくという方法でも利用は可能であるが、地図上の正確な位置を知るには不便である。また、写真のままでは高さ方向の情報は不明であることから Sfm (Structure from motion) ソフトを利用して、3次元座標を計算により求めた。また、その結果から、視覚的に理解しやすい3D画像の作成ならびにGISのソフト等への取込みも可能なオルソ画像(正射投影の画像)の作成を行った。Sfmソフトには、Agisoft社のPhotoScanを使用した。

3) PhotoScanによる村1および村2の処理結果

図-7、8に、村1におけるオルソ画像と3Dイメージを、図-9、10に村2における同画像と同イメージをそれぞれ示す。オルソ画像の解像度は、村1が約4cm、村2が約6cmであった。解像度の違いは、村2での観測域が広がったため、村1よりも高高度から撮影したためである。

3Dイメージは、村1および村2の高密度点群データから作成したものである。3Dの各イメージには方位を記したが、上部が真北のイメージ(図-8と図-10の左上の図)以外は、正確さがやや劣るため参考とお考えいただきたい。また、今回現地に所持した無人航空機のバッテリーの関係から、飛行時間を多くとることができなかったため、写真のオーバーラップ率を下げた。その結果、点群で3D描写を行った際に、村1で点のない部分(穴の開いた部分)が目立った。

この現象は、対象域の地形や、森林・樹木等の形状で改善できない場合もあるが、撮影高度を変えたりオーバーラップ率を増やす等で、改善できる場合もある。しかし、オルソ画像については、ほとんど真上からの映像が主となり、また補間処理も行っているため、図-7、図-9において、画像の欠落等は発生しなかった。

一方、図-9の中央部からやや北側において、画像の色がやや黄色く出ている部分があるが、これは雲によってその影が映りこんだ影響と思われる。また全体的に色調に不安定さを感じさせるのは、これは気象条件の異なる日に観測した画像を、同時に利用したためと考えられる。さらに観測中、風が少なからずあり、日照条件も十分ではなかったことから、遅いシャッタースピードによるブレの影響も多少みらる。

Sfmソフトによる解析は、良好(シャープで色調が安定)な写真を得ることが重要である。今後、本格的に無人航空機データの利用を考える場合には、上記の点を考慮して現地調査の日程等に、余裕を持たせた計画が必要である。



図-7 村1のオルソ画像 (315m×223m)



図-8 村1の3D画像



図-9 村2のオルソ画像 (795m×440m)

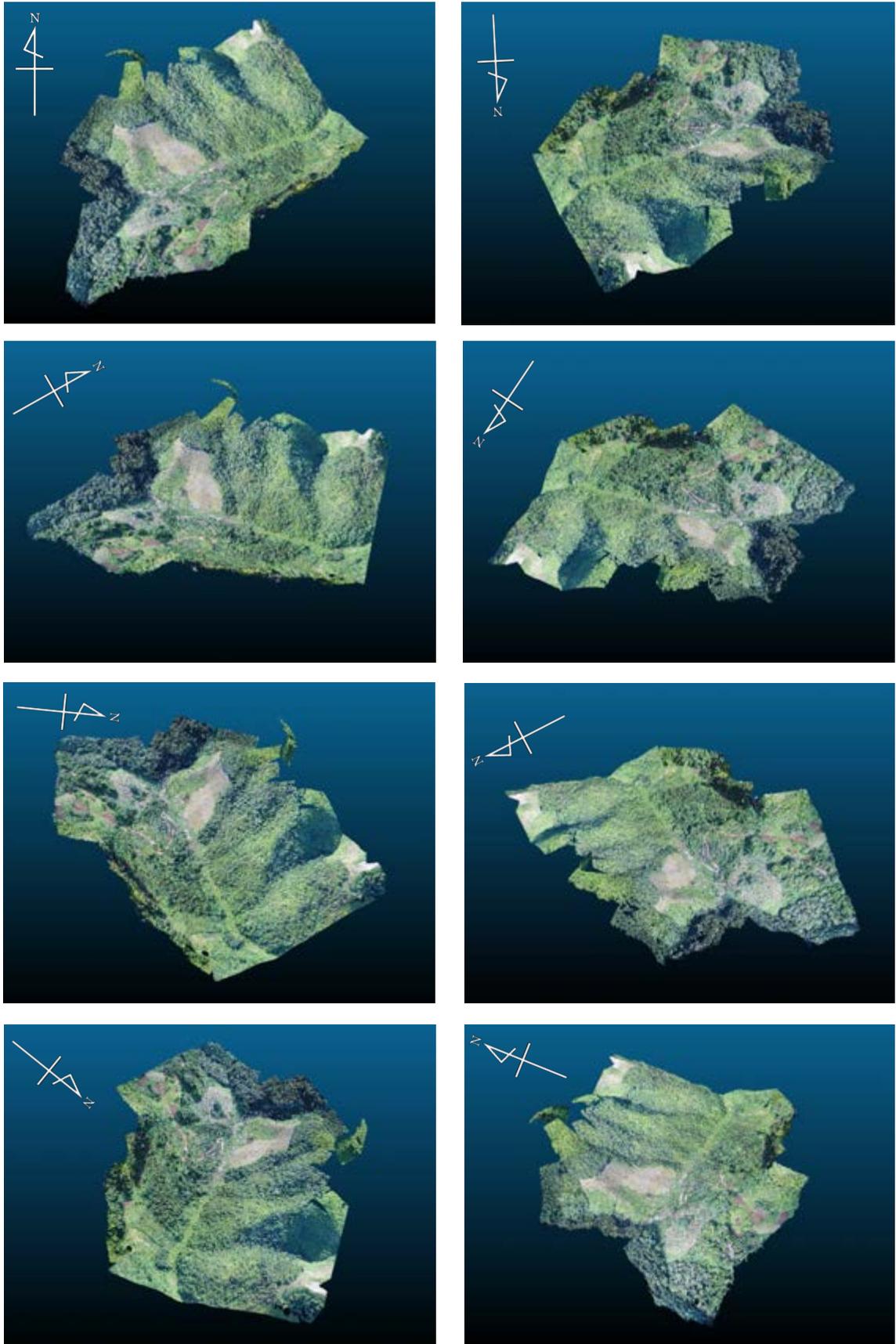


図-10 村2の3D画像

4) 土地被覆タイプ別分光特性の解析

村1のオルソ画像を基に、分光特性によるアブラギリ抽出の可能性について検討した。図-7に示した村1のオルソ画像をR、G、Bの3バンドに分離し、さらに4m解像度に変換したデータを用いて、人工衛星データの場合と同様の手順で解析を行った。

分類に用いた土地被覆のタイプは、アブラギリを含めた植生9クラスに、裸地及び道路を加えた合計11クラスであった。表-4にクラス毎の教師判別率を示す。

表-4 クラス毎の教師判別率

| クラス名 | アブラギリ | チーク | Khai | Han | Bar | Fang | 保護林 | バナナ | 草地 | 裸地 | 道路 |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| アブラギリ | 50.0 | 16.7 | 12.5 | 25.0 | 0.0 | 0.0 | 10.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| チーク | 23.5 | 66.7 | 37.5 | 0.0 | 0.0 | 22.2 | 3.6 | 69.2 | 100.0 | 25.0 | 0.0 |
| Khai | 2.9 | 0.0 | 37.5 | 0.0 | 0.0 | 11.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Han | 11.8 | 8.3 | 0.0 | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 14.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Bar | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 33.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Fang | 0.0 | 0.0 | 12.5 | 0.0 | 16.7 | 55.6 | 3.6 | 7.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 保護林 | 11.8 | 8.3 | 0.0 | 25.0 | 50.0 | 11.1 | 67.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| バナナ | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 草地 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 裸地 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 75.0 | 0.0 |
| 道路 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 未分類 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | |
|--------------------|--------|
| 平均教師判別率 | 50.8 % |
| アブラギリの教師判別率 | 50.0 % |
| 他クラスのアブラギリへの平均誤判別率 | 6.5 % |

上記解析の結果、平均教師判別率ならびにアブラギリの教師判別率ともに50%程度と低く、このデータでは精度の良いアブラギリの抽出は、困難であることがわかった。

この要因の一つに、チークの存在がある。チークは観測を行った当時、ちょうど開花期にあたり、これによって分光特性のバラツキが大きくなったことから、アブラギリを含めて、他のクラスをチークに誤分類(28.1%)させる結果になったと考えられる。また、他の植生についても、観測時季が雨季から乾季への変わり目であったため、フェノロジー的な要因による分光特性のバラツキが影響した可能性が高い。

他の要因としては、解析に利用できるバンドの数である。先に示した衛星データの解析では、赤外域を含めた8つのバンドを利用できたが、無人航空機データでは、可視域の3バンドのみが利用可能であった。樹種ごとにバンドに対する特性が異なる(特定樹種に対して分類上、どのバンドが有効であるかが異なる)ため、可視域のみの利用では、高い教師判別率を得るのは困難と思われる。以上のことから、あくまでも、今回のデータでは精度の良いアブラギリの抽出ができなかったとすべきであろう。

今後、最適な観測時季を検討したり、無人航空機用の小型赤外カメラを併用する等により、教師判別率を向上させる可能性は十分にあると考えられる。

広東アブラギリ種子産地と昆明 (Kunming)ルート

ルアンパバーン県 Pak Mong 郡、Nam Bak 郡（赤マル印）。地図 Google map より。

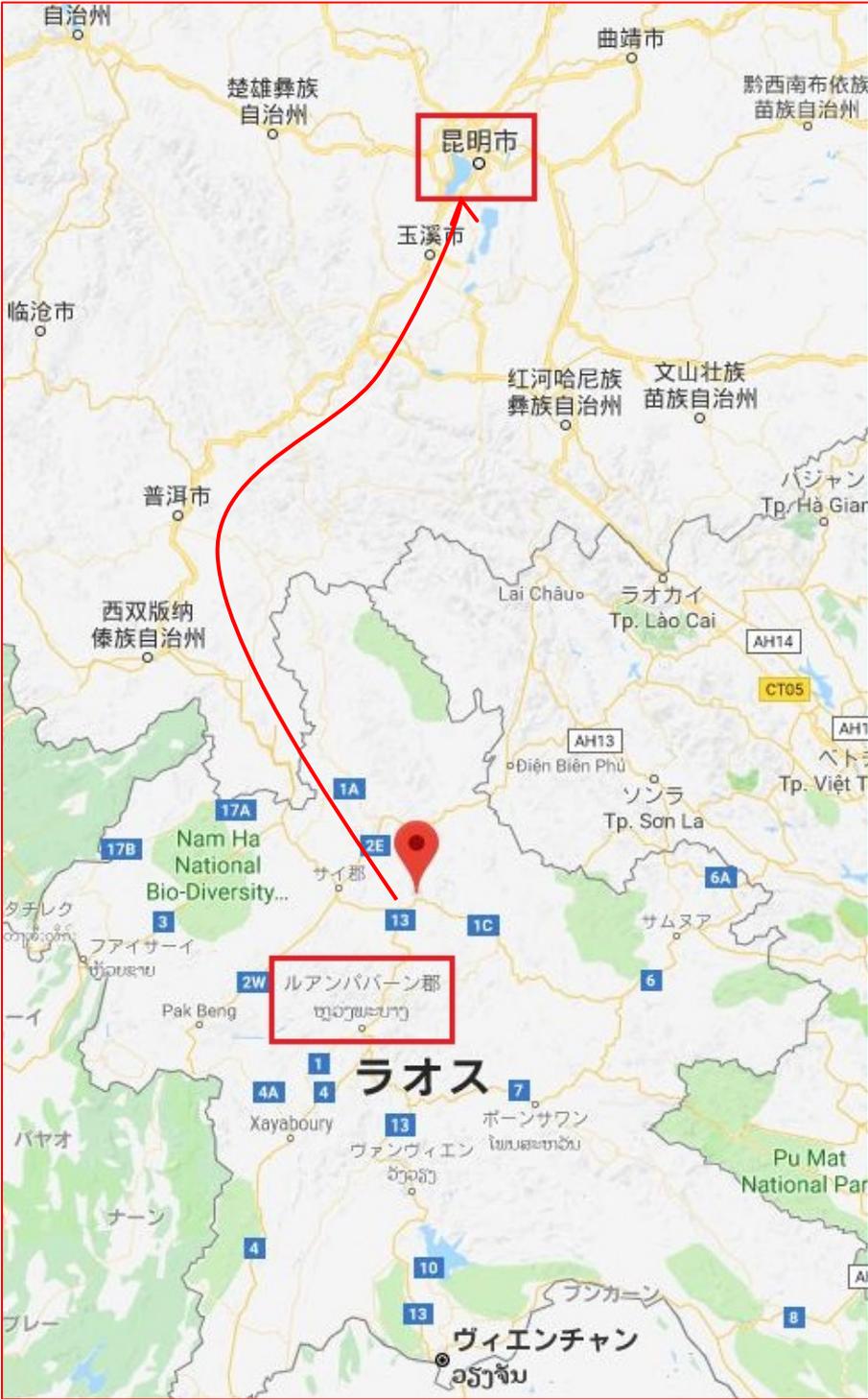


図 1 LPB 県から中国・昆明市への運搬ルート（Google Map を利用）
（JICA 調査団作成）

ラオス国から隣国ベトナム、タイへの陸路国境と物流ルート

出展：<https://tabijyoho.net/archives/3012>（世界遺産と旅情報サイト）

1. ラオス～ベトナム間の国境とルート（図中の青色番号）

- (1) LPB⇒ムアンクア⇒ラ国境 Sop Hun／ベ国境 Tay Trang⇒ディエンビエンフー⇒ハノイ：17 時間
- (2) LPB⇒サムヌア⇒ラ側国境 Na Maew／ベ国境 Nam Xoi⇒タインホア市：20 時間
- (3) LPB⇒ポーンサワン⇒ラ国境 NamCan／ベ国境 Nam Khan⇒ビン市：20 時間
- (4) ラ側国境 Nam Phao／ベ側国境 Cau Treo⇒ビン市
- (5) ラ側国境 Dansavanh／ベ側国境 Lao Bao⇒フエ市
- (6) ラ側国境 Bo Y／ベ側国境 Ngoc Hoi⇒ダナン市

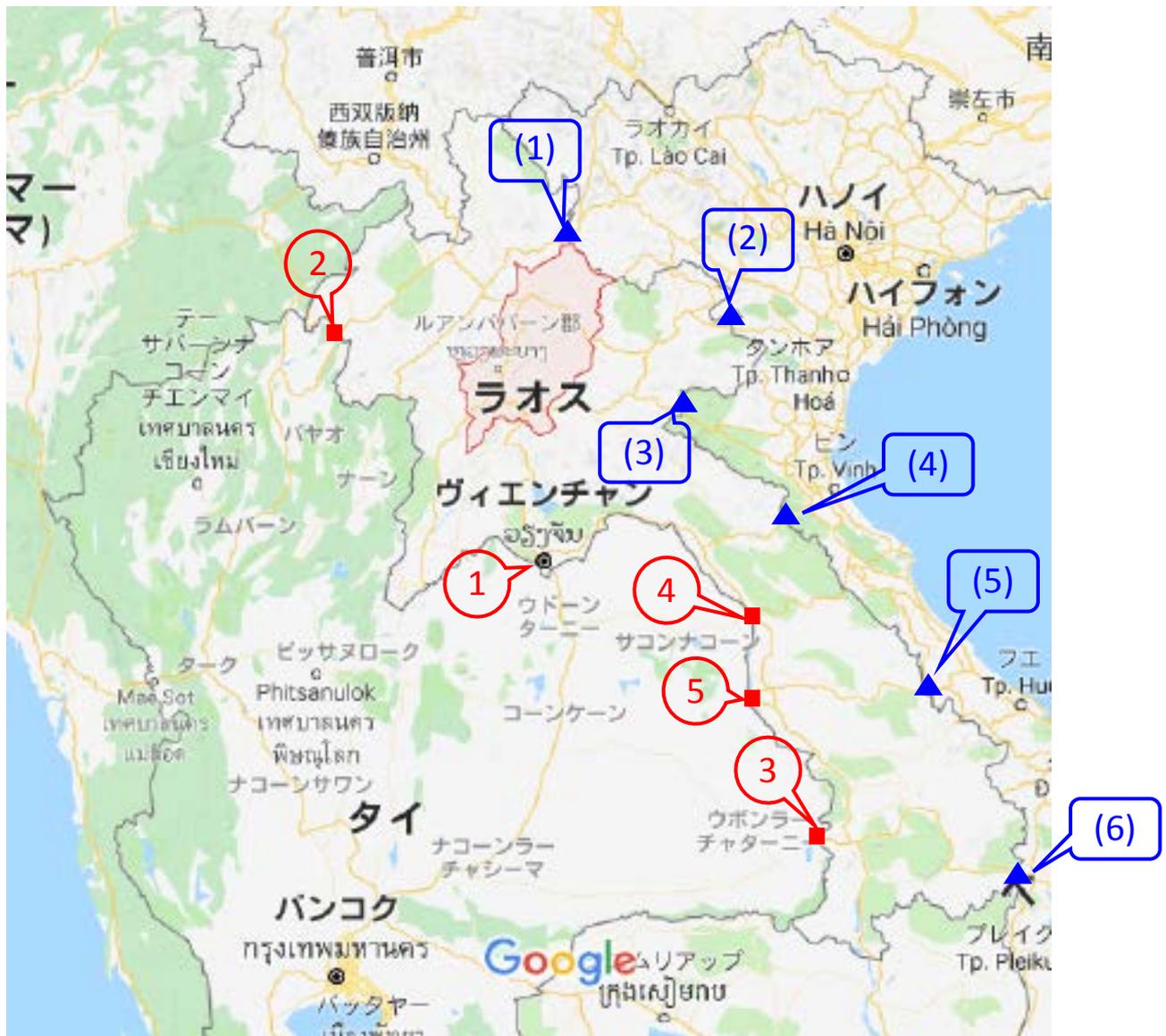


図 2 ラオスからベトナム、タイ間の主要な国境地点（地図：Google Map より）
番号は本文と一致、ベトナムは青色、タイは赤色で示す。（JICA 調査団作成）

2. タイ~ラオス間の主な国境とルート

- (1) LPB⇒ラ国ヴィエンチャン／(タイ・ラオス友好橋)タイ国ノンカーイ⇒バンコク :
20 時間
- (2) LPB⇒ラ国フェサイ／(第 4 タイ・ラオス友好橋)タイ国チェンコーン⇒チェンマイ :
11 時間
- (3) ラオス側ワンタオ／タイ側チョン・メック
- (4) ラオス側ター・ケーク／(第 3 タイ・ラオス友好橋)タイ側ナコーン・パノム
- (5) ラオス側サワンナケート／(第 2 タイ・ラオス友好橋)タイ側ムクダーハーン

以上