

タンザニア
タンザニア国ジャトロファ事業準備調査
(BOPビジネス連携促進) 報告書

平成 23 年 10 月
(2011 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先
日本ジャトロファ株式会社

| |
|--------|
| 民連 |
| JR |
| 11-013 |

「本報告書の内容は、国際協力機構が委託して株式会社日本ジェトロファが実施した協力準備調査「**BOP** ビジネス連携促進」の調査結果を取りまとめたもので、必ずしも国際協力機構の統一的な公式見解ではありません。」

タンザニア国ジャトロファ事業準備調査（BOP ビジネス連携促進）報告書

目 次

要約

第1章 ジャトロファ（Jatropha）の高いポテンシャル

| | | |
|-----|--------------------------------|------|
| 1.1 | バイオエネルギーに対する期待 | 1-1 |
| 1.2 | バイオエネルギーは代替エネルギーの有力な切り札 | 1-3 |
| 1.3 | ジャトロファは次世代のバイオエネルギーとして注目を集めている | 1-3 |
| 1.4 | ジャトロファに対する世界及び日本の需要 | 1-5 |
| | (1) 世界におけるジャトロファ燃料の需要 | 1-6 |
| | (2) 日本におけるジャトロファ燃料の需要 | 1-7 |
| 1.5 | ジャトロファの植栽・搾油・加工技術 | 1-8 |
| | (1) ジャトロファ植栽技術 | 1-8 |
| | (2) ジャトロファの搾油 | 1-8 |
| | (3) ジャトロファ原油の品質の適切さ | 1-9 |
| 1.6 | ジャトロファの実用化 | 1-14 |

第2章 タンザニアにおけるジャトロファ事業の高いポテンシャル

| | | |
|-----|-------------------------------|------|
| 2.1 | 要旨 | 2-1 |
| 2.2 | タンザニアの概要 | 2-1 |
| 2.3 | タンザニアに注目した理由 | 2-3 |
| | (1) タンザニアにおけるジャトロファ燃料の需要 | 2-5 |
| | (2) タンザニアにおける JEF の需要 | 2-6 |
| 2.4 | タンザニアのジャトロファ事業に関連する制度政策 | 2-7 |
| | (1) タンザニア農務省関係者の公的発言 | 2-7 |
| | (2) タンザニアにおける電力買取政策 | 2-8 |
| 2.5 | タンザニアとジャトロファ事業のビジネスとしてのポテンシャル | 2-11 |

第3章 事業計画書

| | | |
|-----|----------------|-----|
| 3.1 | 事業理念 | 3-1 |
| 3.2 | 会社の設立 | 3-1 |
| 3.3 | 事業体の運営 | 3-4 |
| 3.4 | 事業実施のフェーjing | 3-5 |
| | (1) 段階別概要 | 3-5 |
| | (2) 各段階別売電事業計画 | 3-8 |

| | |
|----------------------------|------|
| 3.5 創業事業計画 | 3-9 |
| (1) 事業対象地域の選定 | 3-9 |
| (2) 事業経営 | 3-10 |
| (3) タンザニアにおけるジャトロファ事業の実施体制 | 3-12 |
| (4) 植栽 | 3-26 |
| (5) 収穫及び集荷、搾油 | 3-31 |
| (6) 加工 | 3-39 |
| (7) 製品の流通・販売 | 3-44 |
| (8) 品質管理 | 3-50 |

第4章 リスク

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 4.1 JJのジャトロファ事業リスク | 4-1 |
| 4.2 主要な環境社会影響項目の予測・評価、及び緩和策、モニタリング計画案 | 4-3 |

第5章 資金計画

| | |
|------------------------------|------|
| 5.1 全般 | 5-1 |
| 5.2 事業収支計画 | 5-2 |
| (1) バックグラウンド | 5-2 |
| (2) 創業事業の収支計画集計表 | 5-3 |
| (3) 収支計画の詳細 | 5-4 |
| (4) 収支計画作業の関連資料 | 5-10 |
| 5.3 資金計画 | 5-11 |
| (1) 具体案（日本の都市銀行によるシンジケートローン） | 5-11 |
| (2) その他（民間企業との提携） | 5-18 |

第6章 開発モニタリング

| | |
|---|-----|
| 6.1 貧困対策 | 6-1 |
| 6.2 開発効果のモニタリング | 6-2 |
| 6.3 タンザニアジャトロファ事業準備調査に係る PDM(Project Design Matrix) | 6-3 |

別添資料リスト：別添資料-1：The National Grid System (TANESCO)

別添資料-2：タンザニアの電力買取政策の概要

別添資料-3：インセンティブ詳細

別添資料-4：操業リスク

図リスト

| 図 | ページ |
|--------------------------------|------|
| 図-1 新エネルギーの導入予測 | 1-2 |
| 図-2 各種バイオマスの比較について | 1-5 |
| 図-3 世界の石油消費量 | 1-6 |
| 図-4 ジャトロファオイルの FAME の製造方法 | 1-12 |
| 図-5 動粘度グラフ | 1-13 |
| 図-6 ジャトロファ植栽を商業ベースで計画中の国々 | 1-14 |
| 図-7 タンザニアにおけるバイオ燃料ジャトロファの需要例 | 2-6 |
| 図-8 ジャトロファ事業形態例 | 3-2 |
| 図-9 JJ と TJ の基本的な関係図 | 3-4 |
| 図-10 事業対象地域 | 3-10 |
| 図-11 実施体制図 | 3-12 |
| 図-12 初年度の MJC の構成 | 3-16 |
| 図-13 最小単位の Outgrowing のイメージ | 3-17 |
| 図-14 青空村議会の様子 | 3-18 |
| 図-15 坪刈りによる植栽 | 3-28 |
| 図-16 搾油工程図 | 3-38 |
| 図-17 J 炭及び有機肥料の製造工程 | 3-47 |
| 図-18 廃油事業形態 | 3-49 |
| 図-19 資金計画 | 5-1 |
| 図-20 REA との Syndicate Loan プラン | 5-12 |
| 図-21 産業省との Syndicate Loan プラン | 5-16 |

表リスト

| 表 | ページ |
|---|------|
| 表-1 軽油引取税免除対象について | 1-7 |
| 表-2-1 ジャトロファ原油の成分分析表(DILIGENT) | 1-9 |
| 表-2-2 ジャトロファ原油の成分分析表(日本海事検定協会) | 1-10 |
| 表-2-3 米国、欧州のバイオディーゼル燃料性状規格(東京図書出版、山根) | 1-10 |
| 表-3 ジャトロファオイルと軽油の特性比較 | 1-11 |
| 表-4 ジャトロファ植栽を商業ベースで計画中国々 | 1-15 |
| 表-5 タンザニアにおけるジャトロファ栽培の自然条件 | 2-4 |
| 表-6 TANESCO による電力買取り価格表 | 2-9 |
| 表-7 電力買取事業にライセンス登録した企業 | 2-9 |
| 表-8 Off grid における買取り電力 | 2-10 |
| 表-9 IPP 発電量及び隣国からの購入量 | 2-10 |
| 表-10 ジャトロファ事業のタンザニア及び日本に対する裨益効果 | 2-11 |
| 表-11 事業規模と事業展開 | 3-6 |
| 表-12 事業規模と当初 2 年間の累積参加人数 | 3-7 |
| 表-13 近代的な大農場の植栽と Outgrowing, JC 方式による現地適応型植栽の事業性の比較 | 3-11 |
| 表-14 MJC、JC に参加する当初 2 年間の農民等の総括表 | 3-15 |
| 表-15 JC に参加意思を表明した Small holder の調査表 | 3-19 |
| 表-16 植栽候補地 | 3-24 |
| 表-17 タイにおける収穫量データ | 3-33 |
| 表-18 ドイツ製搾油機能力表 | 3-37 |
| 表-19 ジャトロファ原油価格と種子購入価格と搾油率の比較表 | 3-38 |
| 表-20 発電機の回転数と利用油の品質 | 3-42 |
| 表-21 Low cost processing the crude oil | 3-43 |
| 表-22 発電に使う JEF 量 | 3-44 |
| 表-23 発電機の回転数と利用油の品質 | 3-45 |
| 表-24 リスク対策表 | 4-1 |

略語リスト

| | 略語リスト |
|---------|--|
| BDF | Bio Diesel Fuel |
| BEFS | Bioenergy and Food Security project |
| BOP | Base of the Pyramid |
| BP | British Petroleum |
| CDM | Clean Development Mechanism |
| CIF | Cost, Insurance, & Freight |
| EU | European Union |
| FAME | Fatty Acid Methyl Ester |
| FAO | Food and Agriculture Organization |
| FOB | Free On Board |
| GDP | Gross Domestic Product |
| GNP | Gross National Product |
| ha | hectare |
| IPP | Independent power producer |
| IT | Information Technology |
| JC | Jatropha Cooperative |
| JEF | Jatropha Emulsion Fuel |
| JICA | Japan International Cooperation Agency |
| JJ | Japan Jatropha Inc. |
| J炭 | Jatropha Briquette |
| MAFC | Ministry of Agriculture, Food and Cooperatives |
| MDO | Marine Diesel Oil |
| MJC | Model Jatropha Cooperative |
| NBTF | National Biofuels Task Force |
| NDC | National Development Corporation |
| NGO | Non Governmental Organization |
| NPO | Nonprofit Organization |
| NS | National Service |
| ODA | Official Development Assistance |
| OECD | Organization for Economic Co-operation and Development |
| REA | Rural Energy Agency |
| rpm | Revolutions Per Minute |
| SUA | Sokoine University of Agriculture |
| TANESCO | Tanzania Electric Supply Company Limited |
| TASO | Tanzania Agricultural Society |
| TIC | Tanzania Investment Center |
| TJ | Tanzania Jatropha Inc. |
| TZ | Tanzania |
| | |

要約

近年、世界的に化石燃料の代替エネルギー源に対する関心が高まっている。そして、地球環境に負担をかけない代替エネルギー源としてバイオ燃料が注目を集めている。

バイオ燃料の原料として菜種、大豆、トウモロコシ、サトウキビ、ヒマワリ、パームヤシ、ココナツヤシ、ジャトロファ、海藻等が存在する。本事業では、これらのバイオ燃料の原料のうち、非可食であり農業、放牧業、林業に使われていない未利用地に植栽できる有望な原料として、特にジャトロファに着目し、ジャトロファの植栽、収穫、搾油、加工、販売、発電事業を行う。

本事業では事業実施国としてタンザニアを選定した。アジア、アフリカの中で、タンザニアはジャトロファ事業を具体化するのに最適の条件を備えている。具体的には、自然環境が適しジャトロファが自生するとともに、小規模ながら現地農民による植栽の実績がある。政府と農民は事業進出を期待しており、かつ社会体制が比較的安定していると考えている。ジャトロファを含むバイオ燃料に対する潜在需要もある（例：貧困層が生活用に使うランタンやコンロ用灯油、石鹼、漁業や農業用の機器向け燃料、病院や学校・公共施設・商業施設の自家発電機向け燃料、IPP 発電事業向け燃料）。

本事業の実現にあたって、2011年5月にタンザニア・ジャトロファ社を設立した（日本ジャトロファ株式会社とは法的に連携関係はない）。先ずタンザニアで地産地消の創業事業（2,000ha）を行い、続いて本格的な植栽を行う本格事業（20,000ha）、輸出事業に発展させる拡張事業（1,000,000ha）という手順で段階的に進めていく。最終製品として、ジャトロファ原油を加工したエマルジョン油とともに搾油段階で出てくるジャトロファ種子の搾りかすを使ったジャトロファの炭、有機肥料等を提供する。

創業段階では、ジャトロファを 2,000ha に植栽し、最終的にエマルジョン油（JEF）2,500 トンを生産する。そして、搾りかすを有効活用し、10,000 トンのジャトロファ炭及び 6,000 トンの有機肥料を生産する。

具体的な事業モデルとして以下を採用する。植栽、搾油、加工技術は技術的に実証されているものを使用する。

①対象サイト

植栽適地及び植栽活動に参加する自作農の確保可能性、集荷作業や流通販売上の立地等の観点からモロゴロ州を選定した。

②植栽

ジャトロファの植栽は現地の自作農（**Small holder**）を組織化して行う。その際、書面による契約方式によらず、本事業の主旨に賛同する自作農が自発的に参加する方式（**Outgrowing** 方式）を採用する。

植栽にあたって、植栽事業の模範例を提示するジャトロファ組合（**Model Jatropha Cooperative**）と模範例に基づき事業を展開するジャトロファ組合（**Jatropha Cooperative**）の2種類を設立する。各組合の構成員には社会構造の **Base of the Pyramid (BOP)** に位置する自作農となる。JICAの本 F/S 調査期間中に多くの自作農が本事業への参加に高い関心を示した。

ジャトロファの植栽用地として、自主的に本事業に参加する自作農の所有地（主に未利用地）とタンザニア・ジャトロファ社が直営植栽用に借り上げる土地を確保する。

自作農は未利用地のブッシュを伐採し雑草を刈りしてジャトロファの種子を直播きして年に数回の除草を行い、成長を促すことになる。

③収穫したジャトロファ種子を搾油して得られる原油を廉価なコストで **JEF (Jatropha Emulsion Fuel)** に加工する。

収穫したジャトロファの種子は原油・種子の重量比 25%で搾油して水を添加した **JEF** に加工してジーゼル発電機の燃料とする。

創業事業の植栽は事業資金確保の関係で2~3年に分割して計画しているので、種子の収穫が可能になるまでの間、外部からジャトロファ種子を調達し、搾油及び **JEF** 加工を行う。植栽に参加する自作農との関係では、本事業につなぎとめるためのインセンティブとして、植栽技術の指導とともに本事業で副次的に生産するジャトロファ炭と有機肥料の無償提供を行う。

④発電事業

IPP (Independent Power Producer) の電力を買い上げる法制が適用できるので、**JEF** を使って発電事業を行う。創業事業はタンザニア電力公社（**TANESCO**）のオフグリッドでミニグリッド電力購入計画に合わせて **IPP** から電力を買い上げる地域で発電事業を展開する。

なお、本格事業と拡張事業では、ジャトロファの植栽と発電施設の設置する上で決定的な条件はないので、TANESCO 等の計画及び輸出の容易さ等を考慮して発電事業のサイトを選定する。

環境社会配慮面については、現地在住のコンサルタントに調査を委託した。その結果、住民移転は行われず、環境社会面の問題は発生しないとの結論を得た。

事業に伴う潜在的リスクについて、先ず政治暴力リスクについては、世界銀行（MIGA）等の公的機関による保険の活用を検討し、技術リスクについては実証済みの技術を活用することによって潜在的リスクの顕在化を予防する。その他に計画どおりの自作農の数と植栽面積の確保の可能性についてのリスク、収穫したジャトロファを自作農が他の業者に販売してしまうリスク、ジャトロファ種子の自作農からの買い上げ価格が変動するリスクなどが想定されるが、既述のとおり本事業に参加する自作農への技術指導やジャトロファ炭・有機肥料の無償提供などインセンティブ措置によって対処可能と考えている。

本件の事業総額については、創業事業では約 4 億円、本格事業では約 25 億円、拡張事業では約 300 億円規模を想定している。今後の資金調達については、国内外の公的資金、民間金融機関によるシンジケートローン等、幅広い選択肢を検討していく。

本事業の開発インパクトとして、創業事業は、本格事業、拡張事業と枠を広げることにより、10 年以内にジャトロファ事業によりバイオエネルギーの地産地消によってタンザニアの代替エネルギー源確保への貢献（45 万トン相当）、BOP 層の雇用及び所得機会の創出（事業開始後 10 年以内に 50 万人の雇用創出）、本事業で生産したバイオ燃料の日本等への輸出実現による新たな外貨獲得手段（80 万トン＝年間 400 億円相当）の確保を想定している。

第 1 章 ジャトロファ(Jatropha)の高いポテンシャル

第 1 章 ジャトロファ (Jatropha) の高いポテンシャル

1.1 バイオエネルギーに対する期待

バイオエネルギーは化石燃料による CO₂ 増加→地球温暖化など、地球の将来に負の遺産を残す惧れがない代替エネルギーとして着実に存在価値を認められつつある。
バイオエネルギーに対する期待は大きく、その期待に応えていくことは民間企業としての責務である。

全世界的なエネルギー需要の膨張

近年、何れ化石燃料が枯渇すると予測され、代替エネルギーの必要性が高まっている。また、地球温暖化は CO₂ 排出量の増加が原因であるという認識が高まる中で、特に先進国では有力な代替エネルギーを求める声が高まりつつある。

一方、開発途上国はエネルギー消費量が急速に伸びており、その対策に苦慮している。エネルギーの需給関係は地産地消であることがベストであることを開発途上国は認識してその方策をデザインして実行する意欲を示している。

日本では、新エネルギーの可能性が様々な角度から検討されている。既に研究が完了していると思われる化石燃料や原子力と同じ土俵において相対的な比較検討が必要である。

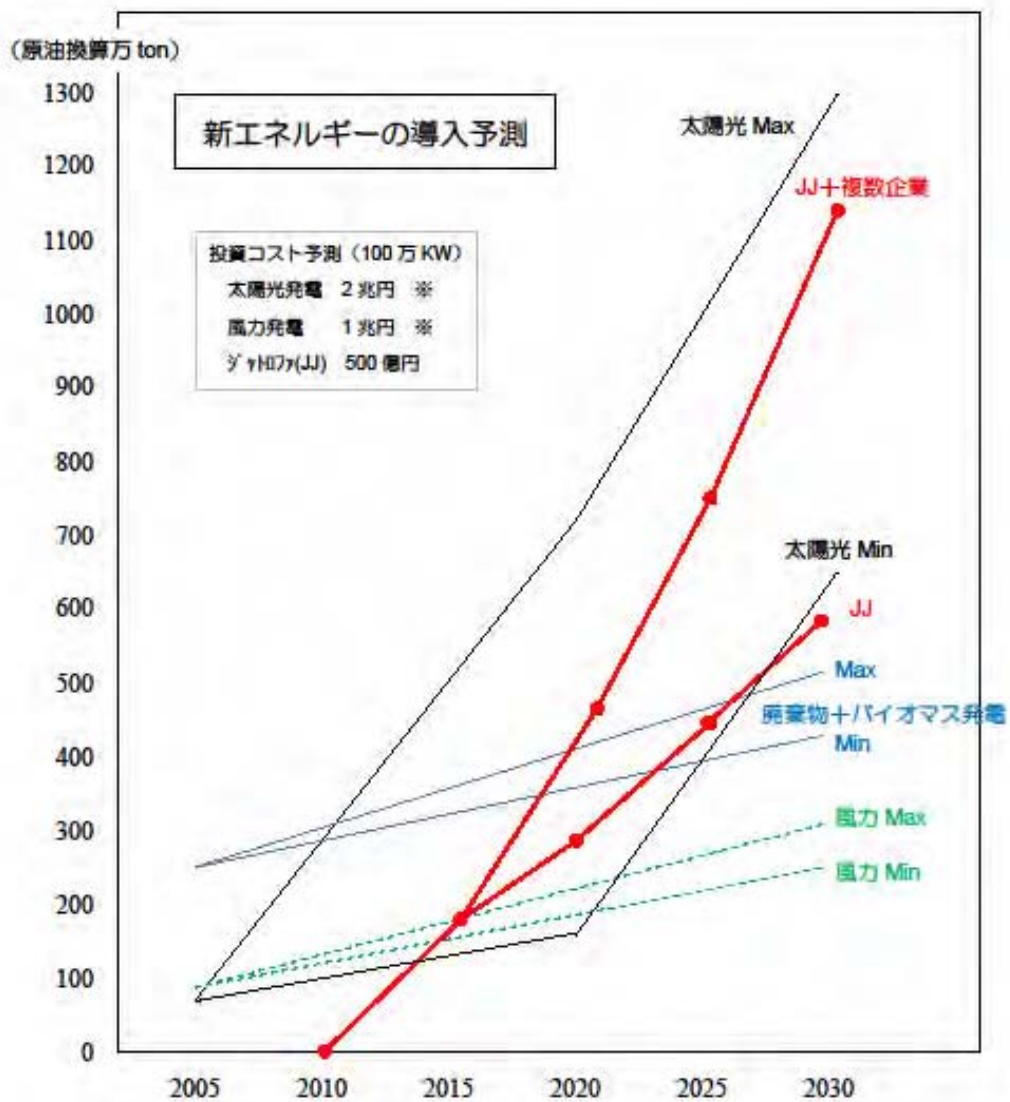
ここでは新エネルギーとして脚光を浴びている太陽光発電、風力発電、エタノールのコストとジャトロファのコストを比較した。

資源エネルギー庁のデータを用いて 1,000MW の電力を確保するための太陽光及び風力の発電コストを把握することは容易である。概ね 1~2 兆円が必要との推計で事業投資対象としては助成金も期待できることから魅力的である。

しかし、この予測にはシステム維持及び耐用年数を越えた後の廃棄コストが考察されていない。電子材料、プラスチック材等は約 10 年で特性が劣化して使用に耐えなくなることは技術の世界では周知の事実である。

バイオエネルギーは食糧、林業、牧畜業等と共存共栄できる環境の下で、自然環境が保全でき、中長期的な貧困対策、新事業の創成に貢献する。技術研究も概ね完了しており、かつ、採算性の高いビジネスとして成立することが多角的視点からの検証に耐えたときに、新エネルギーの素材として考察の対象になり得る。

新エネルギーの導入予測と JJ 事業



資源エネルギー庁総合政策課の「長期エネルギー需給見通し(再計算)について：平成 21 年 8 月」にジャトロファの予測 (JJ+複数企業) を追加掲載

※ 資源エネルギー庁「日本のエネルギー2006 新エネルギー」より抜粋

図-1 新エネルギーの導入予測

1.2 バイオエネルギーは代替エネルギーの有力な切り札

バイオエネルギーの事業環境

バイオ燃料は、菜種、大豆、トウモロコシ、サトウキビ、ヒマワリ、パームヤシ、ココナツヤシ、ジャトロファ、海藻、廃油・廃材等を用途に応じて加工、精製して得られる。

現在、バイオ燃料は、太陽エネルギーを有機的に利用可能なエネルギーに変換する、地球環境に負担をかけない代替エネルギーとして、全世界的に注目を集めている。その変換工程において植栽及び加工の事業が創成されて、開発途上国の貧困対策と社会開発に寄与する効果が期待できる。従って、バイオエネルギーは代替エネルギーの切り札の一つとなっている。

- a. 新エネルギーとして注目されている太陽光発電、風力発電は先進国で開発された技術による工業製品を世界に広く設置することになる。開発途上国は先端技術を駆使したこれらの工業製品を購入する経済力を豊かに持っていないため、その導入と維持は容易でない。
- b. 移動体用の汎用燃料は石油エネルギー、蓄電池による電力、或いはバイオエネルギーに依存する。長距離を移動する大型の車両、船舶、航空機用の安価なエネルギーとして常用されてきた石油エネルギーの代替としてバイオマスが注目されている。

幸いなことに地球上に広がる大陸と海洋は、バイオマスを生産する可能性を秘めている。その鍵は、実用化が容易で低価格のバイオマスを量産する可能性にある。

自然環境を破壊することなく、多額の先行投資及び長期にわたる研究開発を必要とせずに実用できることが条件である。

- c. 新エネルギーの開発と実用化に開発途上国が直接関与できれば世界の貧富の差を解消する有力な方策となる。バイオエネルギーの生産は、熱帯、亜熱帯の開発途上国が抱えている南北格差を改善する大きい可能性も秘めている。

1.3 ジャトロファは次世代のバイオエネルギーとして注目を集めている

バイオエタノールの原料である菜種、大豆、トウモロコシ、サトウキビ等は、これまで広大な農地に食用又は家畜の飼料として栽培されてきた。

その一方で、バイオエネルギーは、バイオ燃料原油の需要に関わる投機的動きと、食糧生産能力との間に生じつつある軋轢の問題があり、食糧価格が上昇している元凶であると論評されることがある。

例えば、熱帯地方ではバイオ燃料源としてのパームヤシを植栽する目的で原生林を広域にわた

って伐採したことにより、貴重な熱帯雨林を破壊してしまう地球環境問題を惹起した。大量の食糧、飼料をバイオ燃料に転用したときに世界中が食品価格の高騰を経験した。

「悪い物価上昇」家計を圧迫 穀物高騰→食品相次ぎ値上げ 日銀打つ手なし

2011.5.28 01:40

総務省が27日発表した4月の全国消費者物価指数が2年4カ月ぶりに上昇に転じたのは、穀物や資源価格が高騰していることが主因で、景気回復による需要の増加を伴わない「悪い物価上昇」だ。食料品などの身の回りの商品は今後も値上がりするとみられ、賃金や雇用環境が改善しないなか、家計をジワジワと圧迫する。“物価の番人”である日銀も打つ手が見あたらず、日本経済は一段と厳しい局面に立たされている。

「食料、エネルギーが大きな変化を示しており、注視していく必要がある」



26日のシカゴのトウモロコシの先物相場は1ブッシェル(約25キログラム)=7ドル49セントと、リーマン・ショック前の最高値を更新した4月11日の7ドル83セントに迫った。

米国では、金融緩和策からの転換を探る動きもあるが、「投機マネーは減らず、穀物相場は強含みで推移する」(翁田紘希・住友商事総合研究所シニアエコノミスト)見通し。

世界生産の約4割を占める米国は、トウモロコシを使ったバイオエタノール燃料の振興で輸出余力が落ちた上に天候不順が加わり、相場は昨年の約倍の水準に跳ね上がった。これに昨年初のトウモロコシ輸入に踏み切った中国の需要拡大が、追い打ちをかける。

小麦も世界的な天候不順が価格を押し上げている。欧州の干魃(かんばつ)や北米の洪水で高品質の小麦が不足し、ミネアポリスの先物市場は26日、10ドル45セントをつけ、今後も上昇局面が続くと予想される。

© 2011 The Sankei Shimbun& Sankei Digital

バイオマスの原料として、未利用で大量に海洋から得られる海藻があるが、低コストでバイオ燃料化する技術開発に成功すれば魅力的な素材であるものの、まだ研究開発テーマの域を出ていない。

このような状況の中で、現在、食糧にならず、熱帯地方で熱帯雨林を伐採せずに、農業、林業、放牧業に使用されていない未開発地又は休耕地に大量に植栽できるジャトロファに対する関心が高まっている。石油製品の市価と同等以下のジャトロファ精油を生産できる可能性が十分にある。

ジャトロファは非可食であり、農業、放牧業、林業に使われていない未利用地に植栽できる有望なバイオエネルギーの素材として見られている。ジャトロファは開発途上国の不毛の荒野にも育つという利点ももっている。

バイオマスリングの中でジャトロファは最適である。

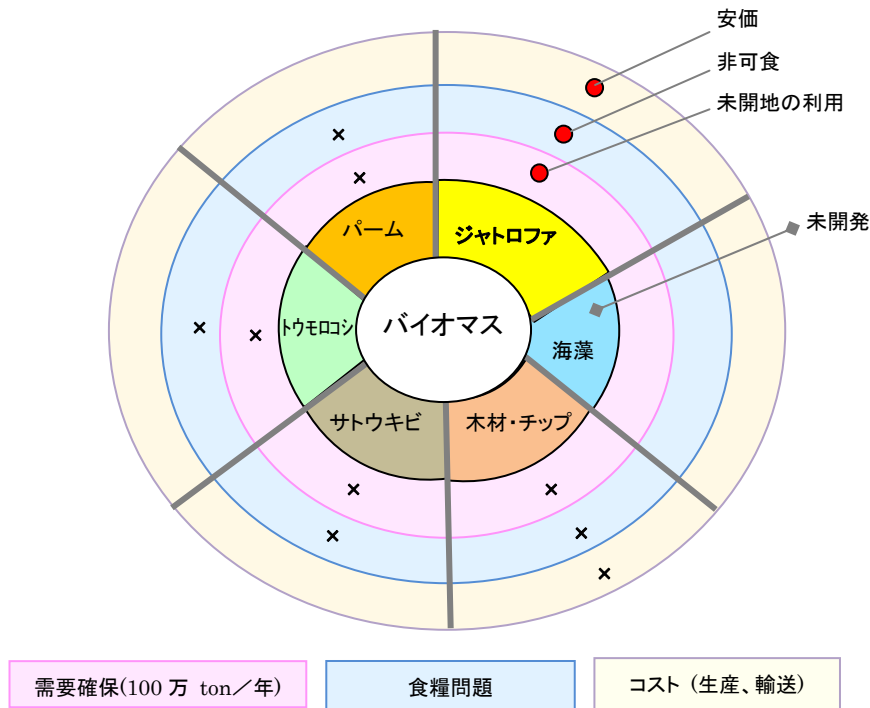


図-2 各種バイオマスの比較について

従って、近未来に日本のバイオ燃料源の有力な素材になるであろうジャトロファ植栽事業はバイオ原油の確保というテーマに対する有効な解決策といえる。

1.4 ジャトロファに対する世界及び日本の需要

バイオマスに求められる条件は、食糧問題、環境問題、地球温暖化問題等を引き起こすことなく、石油系の燃料と同等以下の価格で早急に実用できることである。

各種のバイオマスの中で上記の条件を備えていれば、ジャトロファに注目が集まることになる。ジャトロファは上記の条件をクリアーできる有力な素材であるが、現在消費している石油系エネルギー(Fossil Oil)に全面的に代替することは困難である。

JJ は、一社で 10 年以内に 100 万 ton の生産を計画しているが、世界的に百社のジャトロファ事業体がそれぞれに 100 万 ton を生産して 10,000 万 ton となれば、石油消費量の 2.5% に相当する。このような期待から、JJ はジャトロファ事業で開発した全てのノウハウと技術を他企業に開示する予定である。

世界の石油消費量(2010.11.05)

- 世界の石油消費量は、増加する傾向にある。
- アジアや中南米などの途上国では、石油消費量の増加が顕著になっている。

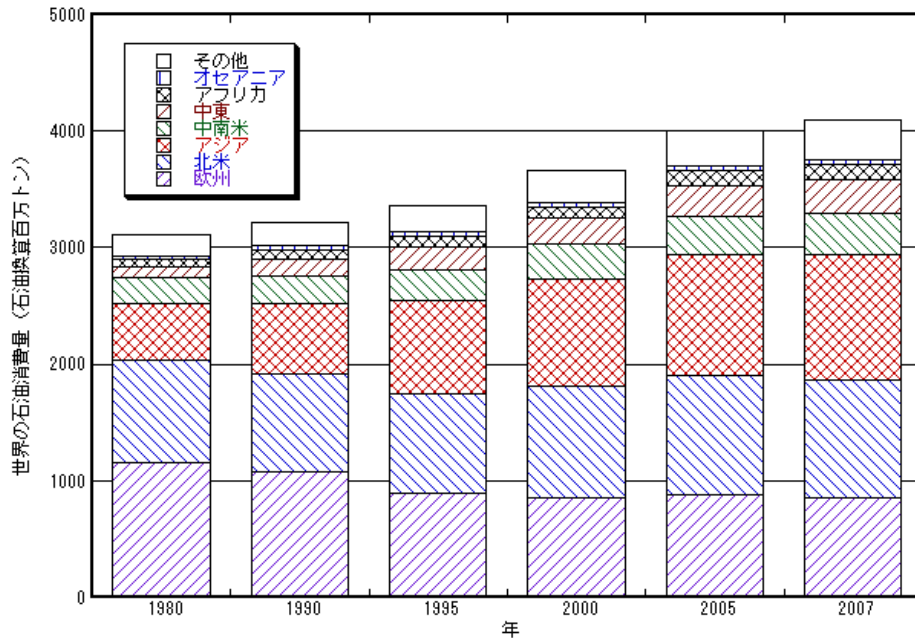


図-3 世界の石油消費量

使用データ:EDMC/エネルギー・経済統計要覧(2010年版)

(1)世界におけるジャトロファ燃料の需要

バイオ燃料は、菜種、大豆、トウモロコシ、サトウキビ、ヒマワリ、パームヤシ、ココナツヤシ、ジャトロファ、海藻、廃油、廃材等から原油を採集して、精製加工することにより得られることは周知の通りである。これらの原料と精製については世界各国において様々な研究開発が行われており、多くのレポートが発表されている。

BDF(Bio Diesel Fuel) -FAME は EU の EN14214 が世界の標準仕様となっており、それぞれの国が示す行政指針により下記の比率で経由に混合されて使用される見通しであるが、まだ本格的に実行されている事例は少ない。

(日本 : B5、ドイツ : 最大 B20、米国 : 最大 B20、仏 : B5、インド : B5~B10、
タイ : B10、タンザニア : B10) [B5 : 軽油に BDF を 5% 混入する。]

その一方では、日本ではバイオエネルギーに対する熱意は後退してきており、京都会議の時代とは隔世の感がある。BDF-FAME を最大で 5% まで添加してもよいということで義務化はされておらず、更に NO_x、黒煙対策を義務付けて BDF の使用に制限が加えられる傾向が観察されるので、継続的に見ていく必要がある。

(2) 日本におけるジャトロファ燃料の需要

日本のバイオ燃料について、将来は数百～数千万トンの需要が予測されるが、国際市場に原料が豊富にあり、いつでも安価に、大量に安定して入手できるという状況は期待できない。

輸入又は国産のいずれの方法であっても、大量の食糧や飼料を廉価なバイオ燃料に転用することは難しい。

将来の開発に期待できるという前提で、四周を海に囲まれている日本としては海藻に注目したいところであるが、工業的に実用化できる見通しはまだ立っていない。

廃材、間伐材等について日本国内で原油需要を満足できる量の供給源は期待できず、かつ、伐採と輸送に関わる日本人労働者のコストは事業採算がとれない程に非常に高い。

様々な視点から分析したときにジャトロファのみがバイオ燃料素材の中での唯一の合格点がつけられる。

現在の日本政府の新エネルギー施策の重点は太陽光発電、風力発電等に集中している感がある。

日本ではバイオ燃料に関して、石油燃料に最大で BDF-FAME を 5% 混入してもよいという案が資源エネルギー庁で論じられており、今後、国としての基本的な方向性が出されることが期待される。

コージェネレータ等で自家発電を行っている企業(IPP : Independent Power Producer)、自治体等は石油価格の乱高下に見舞われているが、価格及び品質、量で納得できる場合に石油の代替品としてバイオ燃料に注目することになる(参考: この場合は軽油引取税の免除等のインセンティブは適用されない)。

表一 軽油引取税免除対象について (出典: 図解地方税 財団法人大蔵財務協)

| 免税軽油使用者 | 免税用途 |
|---------------------|--|
| ① 石油化学製品を製造する事業を営む者 | イ エチレン、プロピレン、ブチレン、ノルマルパラフィン、硝安油剤爆薬、潤滑油、グリース又は印刷インキ用溶剤の原料(ノルマルパラフィンにあっては、ノルマルパラフィンとなる部分に限ります。)の用途 ロ ポリプロピレンの製造工程における物性改良のためのアモルファスポリマーの粘性低下の用途 |
| ② 船舶の使用者 | 船舶の動力源の用途 |
| ③ 海上保安庁 | 航路標識の電源の用途 |

| ① 農業又は林業を営む者、委託を受けて農作業を行う者(注1)、農地の造成等を主たる業務とする者及び木材生産業を営む者(注2) | 農業又は林業の用に供する機械及び左欄の業務の用に供する機械で次に掲げるものの動力源の用途 イ 動力耕うん機その他の耕うん用機械、栽培管理用機械、収穫調整用機械、輸送用機械及び畜産用機械 ロ 製材機、集材機、積込機及び可開式チップ製造機 (注)1 基幹的な作業(専ら機械を使用して行われるものをいいます。)のすべての委託を受けて農作業を行うものをいいます。 2 前年度の木材の生産量が1,000m ³ 以上である者とされています。 |
|--|---|
| ② 陶磁器製造業を営む者 | 陶磁器の製造工程における焼成及び乾燥の用途 |

日本国内においてもタンザニアの現状と同じく加工費が安価なジャトロファ・エマルジョン燃料（JEF：Jatropha Emulsion Fuel）に特化することにより、需要が発生する。

これまでのマーケットリサーチにより、輸入したジャトロファ燃料が石油製品の価格よりも廉価に販売できれば、日本における販路は十分に開かれていると確信している。

例えば、日本の漁業と温室ハウス農業は石油の乱高下に打撃を受けている。品質が保証されて、安定して必要な量が石油よりも廉価に供給できるという条件でバイオ燃料即ちジャトロファ燃料に対して強い期待がある。この場合はジャトロファ燃料にも軽油引取税（32円/ℓ）が免除される。

1.5 ジャトロファの植栽・搾油・加工技術

ジャトロファの植栽・搾油・加工技術は実証されつつあり、世界及び我が国の潜在需要に応えることができる。

(1) ジャトロファ植栽技術

ジャトロファは自然に自生する小灌木であり、特殊な植栽技術を必要としない。

一般に未利用地は農業、林業及び牧畜業に適していないが、ジャトロファの植栽は技術的に可能である。500mm/年以上の降雨量が、ジャトロファが成長を続ける最小限の条件である。500mm～1,000mm/年の降雨であれば年間を通して収穫が期待できる。日照は重要な条件である。水分と日照に恵まれることにより多量の収穫が期待できる。

多くの場合にジャトロファの1ha当りの収穫量が問題にされるが、成育環境により差が生じる。採算性の高い事業という視点に立つとha当りの高収穫が期待される。

収益事業として見た場合、ジャトロファの植栽技術を改善して費用対効果を追求する必要がある。そうした問題意識から、JJは、日本とタンザニアの森林専門家の参加を得て、タンザニアにおいて最適と考えられる植栽技術を用いる。タンザニアソコイネ農業大学教授Prof.Reuben,Dr.Amuri, Dr.Damasの本件に関するコメントを3章に記載している。

(2) ジャトロファの搾油

人類が植物油を用いるようになって以来、よりよい搾油方法の研究が続けられてきた。植物油は植物の種子、果実等に含まれる油成分を機械的に搾り出して製造する。その際に考慮すべき要因は、最少の経費で努めて早く搾り、搾り粕に残る油を少なくすることにつきる。

大量のジャトロファ種子を効率よく搾るという課題に、この分野のメーカーは製品を競っており、搾油技術は確立されている。日本を含む世界中で搾油機が市販されているが、参考までに、代表的なD社のデータを3章に記載する。

(3) ジャトロファ原油の品質の適切さ

a. ジャトロファ原油

タンザニアで事業を展開しているオランダ系企業 DILIGENT の脱燐しないジャトロファの分析データを入手した。同じくタンザニアで脱燐したジャトロファ原油の日本海外検定協会による分析結果とは整合が取れている。タンザニアの原油は加水・遠心分離による脱燐で欧米のバイオディーゼル燃料性状規格に概ね適合することが判明した。

表-2-1 ジャトロファ原油の成分分析表(DILIGENT)

| 1. Ingredients | 2. Physical Data: |
|--|--|
| Product is supplied as a whole seed / kernel oil. | Density at 15°C (gcm-3) : 0.92 |
| Composition: | Viscosity at 30°C (cSt) : 52 |
| <u>Free fatty acid composition:</u> | Flash point (°C) : 240 |
| Myristic acid (14:0) 0-0.1 % | Boiling point (°C): > 180 |
| Palmitic acid (16:0) 14.1-15.3 % | State : Liquid at room temperature |
| Stearic acid (18:0) 3.7-9.8 % | Solubility :Organic solvents.Insoluble in water |
| Arachidic acid (20:0) 0-0.3 % | Appearance : Similar to Castor oil |
| Behenic acid (22:0) 0-0.2 % | Odour : Similar to raw castor oil |
| Palmitoleic acid (16:1) 0-1.3 % | Color: Golden yellow |
| Oleic acid (18:1) 34.3-45.8 % | Refractive index: 1.4735 |
| Linoleic acid (18:2) 29.0-44.2 % | Free fatty acids (% as C18:1)4.54— 6.7 |
| Linoleic acid (18:3) 0-0.3 % | Acid value (mg KOH. g-1) 1.24— 4.24 |
| <u>Chemical parameters:</u> | Total saturated (%) 22.3 |
| Monoglycerides (% m/m) : Not detected | Total mono unsaturated (%) 42 – 43.1 |
| Diglycerides (% m/m) : 2.7 | Total PUFA (%) 34 – 36 |
| Triglycerides (% m/m) : 97.3 | Iodine value (mg.l2.g-1) 97.1—111.6 |
| Water (% m/m) : 0.07 | Peroxide value (mg reac. O2 g-1) 3.5 |
| Phosphorus (mg kg-1) : 290 | Saponification value (mg KOH.g-1)169.9—197 |
| Calcium (mg kg-1) : 56 | Calorific value 37.8 MJ/kg |
| Magnesium (mg kg-1) : 103 | Note: Since it is a natural product, the exact physical and chemical data may vary from that mentioned in this sheet. |
| Iron (mg kg-1) : 2.4 | |
| Diligent Tanzania Ltd PO Box 14387 Arusha, Tanzania www.diligent-tanzania.com | |

表 2-2 ジャトロファ原油の成分分析表

社団法人 日本海事検定協会
平成 20 年 7 月 4 日 報告書 No. Y582/08

表 2-3 米国、欧州のバイオディーゼル燃料性状規格

「バイオディーゼル」山根浩二
東京図書出版協会

| 試験項目 | 単位 | 結果 | 試験方法 | 規格 | |
|--------------|-----------------------|----------|----------------------|---|----------------------------------|
| | | | | 米国 | EU |
| | | | | ASTMD6751-02 | EN14214 (自動車) EN14213 (暖房) |
| | | | 発効年月日 | 2002 | 2003.7 |
| | | | 適用対象 | FAMAE* | FAME* |
| 密度 @15℃ | g/cm ³ | 0.9196 | JIS K 2249 | 密度 @15℃ g/cm ³ | - |
| 総発熱量 | J/g | 39,490 | JIS K 2279 | 動粘度 @40℃ mm ² /s | 1.9-6.0 |
| 動粘度 @40℃ | mm ² /s | 34.49 | JIS K 2283 | 95%留出温度 ℃ | 360 (最大) |
| 動粘度 @70℃ | mm ² /s | 14.50 | JIS K 2283 | 引火点 ℃ | 130 (下限) |
| 硫黄分 | 質量% | 0.0001 | JIS K 2541-6 | 目詰まり点 | - |
| 引火点 | ℃ | 242 | JIS K 2265-4 | 流動点 | - |
| 流動点 | ℃ | -2.5 | JIS K 2269 | 硫黄分 質量% | 0.05 (上限) |
| 残留炭素分 | 質量% | 0.47 | JIS K 2270 | コソト [※] 炭素残留量 質量% | 0.05 (上限) |
| 水分 | 質量 ppm | 670 | JIS K 2275 | 10%残留炭素分 | - |
| 灰分 | 質量% | 0.005 未満 | JIS K 2272 | 硫酸化灰分 質量% | 0.02 (上限) |
| 酸価 | mgKOH/g | 2.48 | JIS K 2501 | 灰分 質量% | - |
| 反応 | - | 中性 | JIS K 2252 | 水分 mg/kg | 0.05 vol% (上限) |
| 目詰まり点 | ℃ | 測定不能* | JIS K 2288 | 不純物総量 mg/kg | - |
| ナトリウム (Na) | mg/kg | 2 | ICP-ES 法 | 銅板腐食 3h/50℃ | No. 3 (上限) |
| カリウム (K) | mg/kg | 2 | ICP-ES 法 | セタン価 | 47 (下限) |
| カルシウム (Ca) | mg/kg | 3 | ICP-ES 法 | 酸価 mgKOH/g | 0.80 (上限) |
| 脂肪酸組成 | | | | メタノール 質量% | - |
| パルチミン酸(16:0) | 質量% | 12.2 | ガスクロマトグラフ法 | エステル量 質量% | - |
| ステアリン酸(18:0) | 質量% | 7.3 | | モノグリセリド [※] 質量% | - |
| オレイン酸(18:1) | 質量% | 47.5 | | ジグリセリド [※] 質量% | - |
| リノール酸(18:2) | 質量% | 32.3 | | トリグリセリド [※] 質量% | - |
| リノレン酸(18:3) | 質量% | 0.3 | | 遊離グリセリン 質量% | <0.02 |
| アラキジン酸(20:0) | 質量% | 0.4 | | 全グリセリン 質量% | <0.24 |
| マグネシウム (Mg) | mg/kg | 2 | ICP-ES 法 | ヨウ素価 | - |
| ヨウ素価 | gI ₂ /100g | 103 | 基準油脂分析試験法 2.3.4-1996 | リリン酸及び高級不飽和脂肪酸 質量% | - |
| リン (P) | mg/kg | 2 | ICP-ES 法 | 燐分 mg/kg | 0.001 質量%(上限) |
| 窒素分 | 質量% | 0.0003 | JIS K 2609 | アルカリ金属類 (NA,K) mg/kg | - |
| | | | | 金属 Ca,Mg mg/kg | - |
| | | | | 酸化安定性@110℃ | - |
| | | | | 多不飽和脂肪酸 ^{メチル} 二重結合 4 以上 質量% | - |
| | | | | *FAME: Fatty Acid Methyl ester(脂肪酸 ^{メチル} エステル) | 6(下限)(EN14214) 4(下限)(EN14213) |
| | | | | *FAMAE: Fatty Acid Mono Alkyl Methyl ester(脂肪酸 ^{モノアルキルメチル} エステル) | 1(上限) |

* 試料の粘度が高すぎるため、測定できなかった。

(注) 上記の日本海事検定協会の原油成分分析表は、脱燐処理後のジャトロファ原油を対象としている。

(注) 国際貿易では脱燐前及び後を合わせて原油としている。(日本植物油協会)

ジャトロファ原油は軽油と比較して硫黄分が少なく、セタン価や発熱量はほぼ同じである。

表-3 ジャトロファオイルと軽油の特性比較

| 項目 | ジャトロファ油 | 軽油 |
|--------------------------------|---------|-------|
| 動粘度 cs (mm ² /s) | 50.73 | 2.7 |
| セタン価 | 51.0 | 50.0 |
| 引火点 °C | 240 | 50 |
| 流動点 °C | 8 | 10 |
| 発熱量 kcal/kg | 9470 | 10170 |
| 硫黄 % | 0.13 | 1.2 |

出典：「バイオ燃料としてのジャトロファ油のポテンシャル評価」
(電力中央研究所報告書 H21.5)

ジャトロファ原油は石油系の軽油にはない高い粘性があるため、ガソリン、軽油を動力源として開発された機器に使用する場合は、機器の加工、またはジャトロファ原油の加工が必要である。

b. ジャトロファ原油の加工

ジャトロファ油をディーゼルエンジン等の燃料として使用する際に、粘度を下げる方法としては希釈法、エステル化法、加熱法等があり、これら技術は既に確立されている。

これらの技術論文を多く発表している神戸大学の論文名を参考までに記載する。

- Combustion analysis of the jatropha-water emulsion fuel in pre-combustion chamber type diesel engine(ISMR 2009, BEXCO, Busan, Oct, 2009, 神戸大学論文)
- Combustion analysis of the Jatropha oil in a pre-combustion chamber type compression ignition engine (ISMR 2009, BEXCO, Busan, Oct, 2009, 神戸大学論文)
- 高速ディーゼル機関にける廃食用油の適用
(神戸大学海事科学部紀要第1号 2004年3月17日)

希釈法

粘度の高い植物油（ジャトロファ油）に軽油もしくはA重油等を混合すると、植物油の粘度は改善できる。但し、混合が適正でないと燃焼に斑が起り完全燃焼しない。

希釈法により粘度を改善した混合燃料に機械的な「せん断力」を加えて油を10ミクロン程度に微粒子化し、植物油とA重油、軽油を融合させる。粘度改善と微粒子化により良好な燃焼が可能になる。又、混合改質燃料は6か月以上の長期間にわたって分離しないという実験室データがある。

エステル化

エステル化は、製造コストが高いため、軽油及びA重油の代替として収益事業化することは困難である。

現在、実用プラントが開発されている「メチルエステル化法」は苛性ソーダによる化学反応を用いるため処理能力に限界があり、副産物であるグリセリンの処理、汚水の処理等のため製造コストが高くなるという難題を抱えている。

[脂肪酸メチルエステル (FAME) の製造]

バイオディーゼル燃料はエステル交換反応によって得られる植物油の FAME である。

エステル交換反応には多くの手法があるが、エステル交換反応の触媒としてアルカリ（苛性ソーダなど）を用いる方法が多く採用される。ジャトロファと FAME の製造方法の概略は次に示すとおりである。

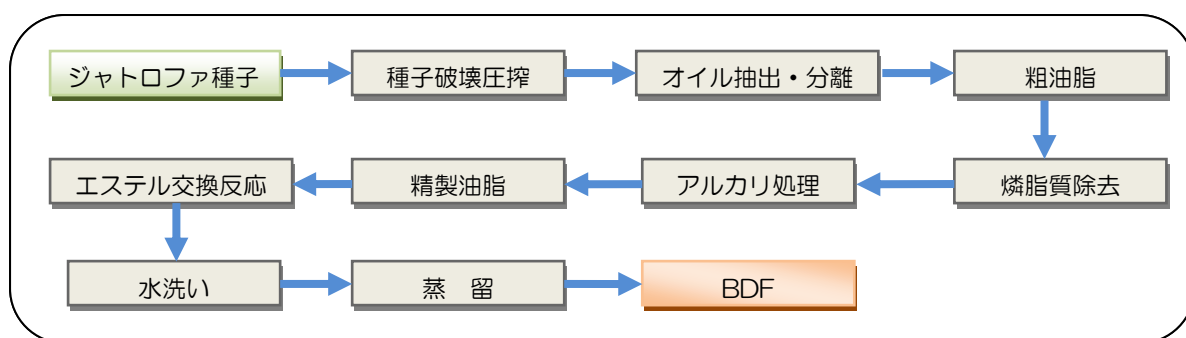


図-4 ジャトロファオイルの FAME の製造方法（三井物産資料）

水洗い処理工程を行わず、BDF-FAME の酸化進行を抑える技術が日本で開発されており、世界の BDF-FAME プラントの主流になる可能性はある。

加熱法

高粘度の植物油を加熱すると、燃料温度の上昇に伴って燃料噴霧は微細化できて、燃焼状態を良好にする。

ジャトロファの需要を簡明に確定するために採用した希釈法による JEF の特性は次の通りである。

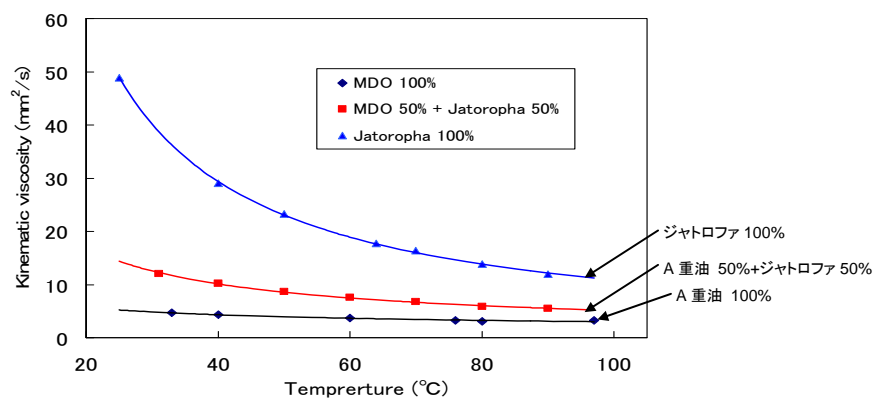
ジャトロファ油燃焼特性

動粘度

ディーゼルエンジンで燃焼可能な油の動粘度は 20 センチストークス以下である。

外気温度(油温)が 25°C の場合、ジャトロファ油 50% 混合であれば A 重油と同じ燃焼が可能である。ジャトロファ油 (100%) は油温度を 60°C 以上に加熱すれば、動粘度は 20 センチストークス以下になり使用できる。

図-5 動粘度グラフ



・ NO_x濃度

ジャトロファ油を利用することで着火遅れ期間が短縮され、主燃焼室内での燃焼割合が増えることにより A 重油に比較し希薄燃焼するので、NO_xは改善できる。

・ 煙濃度

低負荷時に減少する。不飽和脂肪酸が多いにもかかわらず、煙濃度が減少した理由は、脂肪酸に含まれる酸素が燃焼の一助となったと推測される。

・ 正味熱効率

発熱量は A 重油と比較して 1 割ほど低い

結論

ジャトロファ油及び軽油が各 50% の混合割合であれば、1,500rp 以下の回転速度のディーゼルエンジンの燃料として使用できる。

環境面でも NO_x 濃度の低減、低負荷での煙濃度低減、熱効率の低下も僅かであり、ジャトロファ油は重油、軽油代替燃料としての利用できる。

出典：神戸大学の研究レポートから引用

日本ジャトロファ(株)としてはジャトロファ原油を希釈法によって JEF に加工することにより、使用対象は限定されるが広い需要に応えることが可能である。

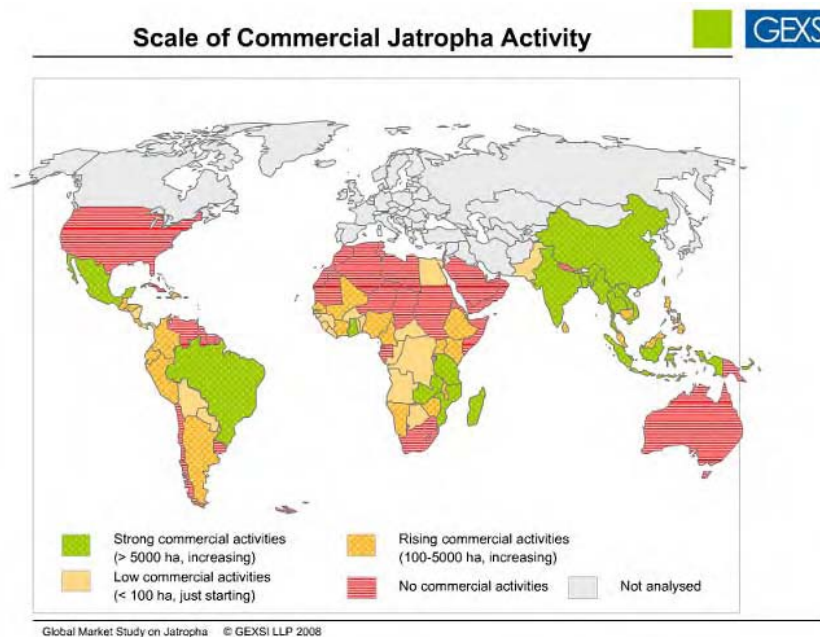
1.6 ジャトロファの実用化

ジャトロファ事業に適する国

ジャトロファの植栽・搾油・加工面の基本的な技術は、既に確立されている。現在、更に改善するための努力が続けられている。そして、バイオ燃料としての商業ベースの活動として、ジャトロファの植栽・搾油・加工・販売は既に実用化段階に入っている。

これまでの実用化段階の経験から、安価で広大な土地があれば、ジャトロファの成育条件は理想的ではなくとも広い土地を効果的に使用することによって収益事業が展開できる。アフリカでは広大な未利用地があるので、ジャトロファ事業が展開できる素地は十分にある。

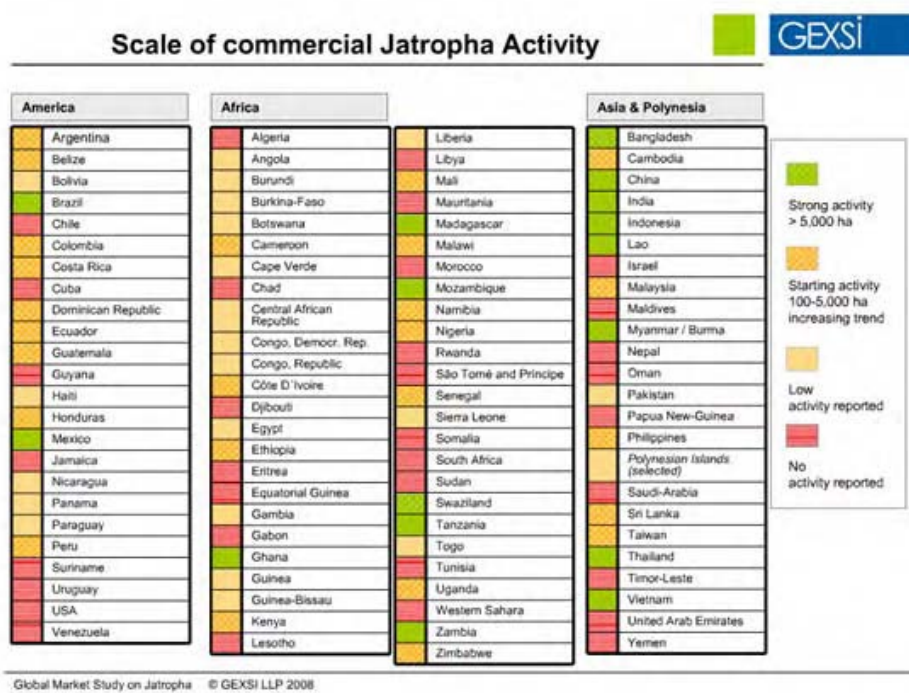
栽培が可能であり、活動を徐々に始めている国々が既に出てきている（図-6）。



出典：「Global Market Study on Jatropha」 GEXSi

図-6 ジャトロファ植栽を商業ベースで計画中の国々

表-4 ジャトロファ植栽を商業ベースで計画中の国々



実用化段階に入ったジャトロファ事業は日本の新聞でも紹介されている。

ジャトロファが大量に植栽された事例はまだ少ないものの、このように実用化段階に既に入り、地球環境問題の CO₂ 対策、エネルギー対策の担い手として十分に注目されており、次世代のバイオエネルギーとして高いポテンシャルをもっている。

今後、バイオマスが精製石油に匹敵する価格競争力を持ち、大量に供給できれば、バイオ燃料事業にスポットライトが当たることは間違いないと予測できる。

浸食続ける燃料農場

アフリカの小国スワジランドの町フルティの丘陵地に東京ディズニーランドの20倍に当たる1000ヘクタールのプランテーションが広がる。等高線に沿い、しま模様を描くのはバイオ燃料の原料「Jatropha」だ。英国のバイオ燃料メーカー「D1オイルズ」の名を冠した、立ち入りや撮影を禁じる警告板が立つ。プランテーションを経営するのは、英国の石油メジャー「BP」との合弁企業。

昨年6月に設立され、1億6000万ドルを投資して Jatropha の作付面積を東京都の約5倍の100万ヘクタールに広げる計画だ。「乾燥に強く、雨が降らないと自ら葉を枯らし、水分の蒸散を減らして生き延びる。油質もディーゼル車に最適」。D1オイルズの担当者は、プランテーションの北90キロの実験農場で、黄色い落ち葉を手のひらに載せ、胸を張った。油が採れる種は毒性物質を含み、食用にはならない。温室効果ガスを多く出す化石燃料に代わり注目されるバイオ燃料。原油価格の高騰で生産に拍車がかかる。多くはトウモロコシやサトウキビから作られており、米国では昨年、収穫の約4分の1に当たるトウモロコシが燃料に回された。シカゴ商品取引所のトウモロコシ価格は先月、過去最高のトン当たり288.1ドルをつけ、2年前の約3倍になるなど穀物価格の高騰は続く。

エジプトやハイチなど各地の途上国で、食品値上げに怒る群衆による抗議デモや暴動が頻発している。マレーシアやインドネシアでは、バイオ燃料の原料にもなるアブラヤシの栽培地が熱帯林を侵食し、環境破壊が指摘される。Jatropha は、乾燥地や荒地でも育ち、農地や森林を破壊することなく栽培できるため、食糧と競合しないバイオ燃料として期待される。栽培地は南部アフリカ全体、さらにインドや東南アジアにも広がる。しかし、理想のバイオ燃料栽培の形は早くも崩れ始めている。アフリカ南部の農業国マラウイ。首都リロングウェの100キロ北に住むダグラス・カムツさん(45)は昨年、メイズ(トウモロコシの一種)を作っていた1ヘクタールの畑をつぶし、Jatropha を植えた。地元のベンチャー企業とNGOが「輸出でもうかる」と触れ込み、一帯の農民に苗を無償配布した。7人暮らしのカムツさんの家には電気も水道もない。「メイズでは貧しさから抜け出せない」とつぶやいた。Jatropha 研究の第一人者であるインドのプシュピト・ゴーシュ博士は「食物を作る農地をつぶして栽培すれば、トウモロコシと同様、食糧生産を圧迫する」と警告する。北海道洞爺湖サミットの議題として急浮上した食料問題。バイオ燃料の生産を伸ばしつつ、食料生産をどう確保するか。その国際的なルール作りが急がれている。

(2008年7月2日読売新聞)



スワジランドに広がる Jatropha のプランテーション。中央の道を挟み、左側がバイオ燃料原料の Jatropha。右側はメイズ畑(6月16日、スワジランド・フルティで、本社チャーター機から)＝鷹見安浩撮影

第2章 タンザニアにおけるジャトロファ事業の 高いポテンシャル

第2章 タンザニアにおけるジャトロファ事業の高いポテンシャル

2.1 要旨

タンザニアは民族（130）対立、宗教（キリスト教、回教等）紛争、政治混乱と内紛、隣国との緊張関係がない平和な国である。大規模な輸出産品がなく、国の財政は逼迫しており、先進国に仲間入りする軌道に乗って走っている訳ではない。

近年、欧米印中等の投資、観光業の発展等によって経済的に上向きの傾向があり、国民はハングリー精神に目覚めて気迫が充実しつつある、これからの国である。

タンザニアは大変な親日国であり、首都でも奥地においても同様に、日本人であれば「大事な仲間である」という処遇を受ける。

2.2 タンザニアの概要

[タンザニア関連データ]

面積：94.5 万 km²（日本の 2.5 倍）

人口：4,248 万人（2008 年：世界銀行）

首都：ドドマ（法律上の首都：約 195 万人）、
ダルエスサラーム（旧首都：288 万人）

住民：約 130 の部族から成り立っているが、部族紛争はない。

宗教：イスラム（約 40%）、キリスト（約 40%）、伝統宗教（約 20%）であるが、
宗教的な対立はない。

主要産業：農業（GDP の約 30%）が中心であるが、生産性は低く、電気、良質の水を使えない貧困層が非常に多い。

水力発電を中心にした国内総発電量は Fy2006 年時点で 1,200MW にすぎない。
近年、小規模の天然ガスが開発されて、200MW 程度のガス発電が行われている。
石油を産出しないため、少ない外貨で精製石油 100 万トンを輸入している。

エネルギー需給が逼迫しているため、社会活動は滞りがちであり、産業の発展を難しくしている。電気を使える一般家庭は全国民の約 8% に相当する僅かに 50 万戸にすぎない。

2011 年 7 月に TANESCO から入手した送電網の将来整備も含めた「Planned National Grid System」によると、日本の 2 倍の面積のタンザニアでいかに電力の利用が遅れているかが読み取れる。

（別添資料－1：「Planned National Grid System」）

Off grid 地域は地方自治体の公共機関、鉱山、セメント会社、ホテル等の自家発電施設を持っている施設以外は全く電気がない世界である。

夜はランタン以外に光がなく、それもない家が多い。

自家発電システムを備えているケースでも発電用のディーゼル（日本流に表現すると「軽油」）は110～120円/ℓであり、電力は高価である。

Off grid 地帯において法律に基づいて TANESCO が IPP から電力購入している価格が 2010 年に約 369Tsh/kwh=20.3 円/kw/h で、日本の電気代と大差がない。

G N P : 500US\$ / 年 (2009 / 年世界銀行) で世界銀行の分類では最貧国レベルに近い。

貿易 : 輸出品がほとんどないため、FY2008 の輸出 3,036 百万\$, 輸入 6,483 百万\$にとどまっている。

FY2008 の対日輸出は 252 億円、輸入は 140 億円であった。

日本との経済関係 : 永年にわたって友好国である日本に対してタンザニアの大統領 (H18 訪日) 及び政府は火力発電プラント、石炭開発、鉱山開発、水産基地、ジャトロファ等の分野で日本が本腰を入れて進出することを期待しているが、まだ本格的な産業分野への事業進出事例はない。

日本との経済関係

日本との貿易の推移 (100万ドル)

| 年 | 日本の輸出 | 日本の輸入 | バランス |
|------|-------|-------|------|
| 2004 | 78.7 | 79.2 | △0.4 |
| 2005 | 95.5 | 75.1 | 20.4 |
| 2006 | 115.1 | 90.7 | 24.4 |

日本の直接投資額の推移 (億円)

| 年 | 金額 |
|------|----|
| 2003 | — |
| 2004 | — |
| 2005 | — |

主要商品別輸出入 (2006年、1,000ドル)

| 日本の輸出 | | 日本の輸入 | |
|---------|--------|-------|--------|
| 商品名 | 金額 | 商品名 | 金額 |
| 乗用車 | 45,115 | 非鉄金属鉱 | 33,518 |
| バス・トラック | 25,566 | 魚介類 | 8,028 |
| プラスチック | 9,845 | 繊維製品 | 1,381 |

JETRO 報告書「タンザニア経済概況 2007」より抜粋

[タンザニアのエネルギー事情]

タンザニア政府のエネルギー開発計画は期待リストのように感じられる。

タンザニア国土開発基本計画である「Mini tiger plan (2004年に策定)」について、幾つかの項目の現状確認を行ったが、まだ多くの事案が実現されていない。

電力不足を補うための石油輸入増加は外資不足で実行されていない。

TIC (Tanzania Investment Center) は親日派のスタッフが活動しているが、日本の民間企業の投資は世界各国の投資国リストに登場できない程に低いレベルである。

タンザニアは、主要なエネルギー源として広大な森林伐採による薪炭、水力発電、天然ガス発電、及び輸入した精製石油に依存している。これらのエネルギー源はタンザニアの経済発展に必要な需要を満たしておらず、社会活動の停滞と自然環境の悪化を誘発するという難題を抱えている。しかし、タンザニア政府、日本を含む多くの経済援助国、並びに IMF 及び世界銀行は抜本的な解決策を見出せない状況にある。

森林伐採による薪炭エネルギーは第一次エネルギー供給量 1,391 万ト (石油換算:2002) の 91.5% を占めている。森林伐採により自然環境破壊が顕著になってきたことを憂慮して、タンザニア政府は薪炭の使用に厳しい制限を課している。

水力発電及び石炭火力発電の開発はインフラ整備まで含めて重要な案件であるが数百億円規模の資金を必要とする。現在の 1,200MW の発電能力を Mchuchuma の国産石炭を用いる火力発電 500MW によって 50% 増加するタンザニア政府の緊急計画について、2006 年に NDC (タンザニア国土開発公社) から(株)国際情報リサーチ研究所に対して日本からの参加企業を見付けるように要請されたが、IPP (Independent Power Producer) に取り組む企業が現れなかったため、2011 年 7 月現在まだ具体化していない。

タンザニアが輸入している精製石油は第一次エネルギーの 6.6% に相当する 92 万トであり、その大半を輸送部門が消費している。国民の一人当りの総所得が 500US\$ / 年のタンザニアにおいて、市販の車両用のガソリン、軽油は約 110~120 円 / l であるため、国の財政と、農業を含む全ての産業と国民生活に大きい負担をかけている。

タンザニア政府はジャトロファから生産するバイオ燃料により輸入石油から発生する社会負担を削減することを重要なエネルギー政策の一つであると位置づけている。2007 年に訪日したキクエテ大統領はこの計画に言及して日本に協力を求めた。

貧困対策、未利用原野、経営が破綻した国営農場の再開発、エネルギー事情の改善、石油輸入による外貨流出の節約と国内物資輸送コストの削減による産業の活性化等の諸課題に対してジャトロファ事業は短期間に成果をもたらす可能性がある。

2.3 タンザニアに注目した理由

タンザニアではジャトロファに関する明快な関心と期待が国と農民の双方にあり、ジャトロファ事業が芽を出して育つ環境は十分にある。その要件は、次に示すとおりである。

- ①石油、鉱産物、農産物等の資源国でないタンザニアは、貿易で国を支える基幹産業を持ち合わせていない。
- ②農業国であるが生産性が低く、本格的な農産物の輸出国ではない。
- ③エネルギーは水力発電に近年天然ガス発電が加わったが、石油を産出せず、電気の恩恵に浴していない地域は広大である。エネルギー不足が産業立国の足枷になっている。
- ④バイオエネルギーは広大なタンザニアでは地産地消事業の有力な対象と考えられる。
- ⑤経済力は弱体であるが、宗教、民族、内政、国際安全保障等に関わる紛争と無縁であり、紛争発生等の政治暴力リスクの可能性は高くない。
- ⑥多くの国民がハングリー精神で仕事機会を求めており、ジャトロファの植栽に利用できそうな土地が存在する。
- ⑦タンザニア人は日本に対して親日的であり、日本人にとって、比較的タンザニアは入りやすい雰囲気がある。
- ⑧ジャトロファ事業は **Bilateral** に日本、タンザニアの双方に裨益する可能性が大きい。

以上、過去 30 年間にわたって多数回訪問して体感したタンザニアの現実である。ジャトロファ事業の候補国の一つであるタイはタンザニアより頻繁に訪問して、ジャトロファに対する期待は感じるが、政府関係者の真剣さ、未利用地の面積、国民のハングリー度等から判断するとタンザニアを優先するという結論に到達した。

そして、タンザニアの自然条件は以下の表のようにジャトロファの栽培に適している。事実、JJ が JICA の BOP ビジネス連携促進 F/S 事業で調査に入る前から、ジャトロファは自生するとともに、農民が自発的にジャトロファを小規模ながら栽培していた事実がある。

表-5 タンザニアにおけるジャトロファ栽培の自然条件

◎：適 △：対処可能 ×：難題

| 項目 | 評価 | 評価理由 |
|-----|----|---|
| 降雨 | △ | 300～500mm/年になる旱魃の頻度は少ないが、5～10年に1回位の割合で予測される。 |
| 肥沃度 | △ | ①未利用地で土質が栄養分に富んでいるケースは少ないため、有機肥料で肥沃度を向上させる。 ②ジャトロファを坪狩りで直播して植栽する。周辺の雑草をジャトロファの根元にマルチすることにより、乾燥を抑えると共に有機肥料源になる。 ③ジャトロファ種子を搾油した後の絞り粕は有機肥料にする。 |
| 気温 | ◎ | タンザニアのサバンナ地帯はブッシュが成育する条件を備えており、ジャトロファの植栽に問題はない。 |
| 混栽 | × | 農作物又はマメ科の植物を混植して双方から収益を上げるという方法は周知されているが、土地が一層痩せること及び混栽によりジャトロファの成長を阻害する惧れが大きいいため推奨できない。 |

(1) タンザニアにおけるジャトロファ燃料の需要

タンザニアにはジャトロファ燃料に対する潜在需要がある。地産地消のマーケットとしても大きなポテンシャルをもっている。タンザニアが旧来から利用している水力発電、火力発電、及び石油はエネルギー需要に対して供給量が不足するという悩みは解消していない。

バイオマスについては薪炭エネルギーを森林破壊につながると問題視しているが、効果的な対応策は見出されていない。それに代わるものとしての新エネルギーについては本格的な実用化が進んでいる状況ではなく、検討中である。

広大なタンザニアで水力、火力発電は **Grid** を整備した地域にのみ利用可能であるが、それ以外は自家発電を除いて無電化地域である。無電化地域に持ち込めるエネルギーは石油のみであり、その絶対量が不足するためバイオ燃料に対する関心は高い。

しかしながら、大規模に実用されているバイオマスはなく、ジャトロファ、ひまわり等の将来性に注目が集まっているのが現状である。欧、米、日、中の海外諸国及び世界銀行等はガス火力発電の売り込みに関心を持っているが、タンザニアのエネルギー事情の改善に本格的に乗り出している訳ではない。ジャトロファには政府、国民共に関心は高いが、タンザニアのエネルギー事情を改善するために本格的に取り組んでいる大手企業は皆無である。

この逼塞したタンザニアのエネルギー事情を打破する方策として、タンザニア **Rural Energy Agency (REA)** も **JJ** のジャトロファ事業構想の提案に注目している。**JJ** の事業構想に対して実用化に関する **Feasibility Study** を共同で行うように逆提案を受けていることによって、高い関心度がうかがわれる。地方部でジャトロファを植栽してその成果物を地産地消でエネルギーとして使用することは国策事業に発展するという判断をした **REA** は、実行段階への積極的な取り組みを **JJ** に求めてきている。

(2) タンザニアにおける JEF の需要

タンザニアにおける JEF の需要は特に運輸部門に限定されることなく、以下の図のように広範にわたっている。

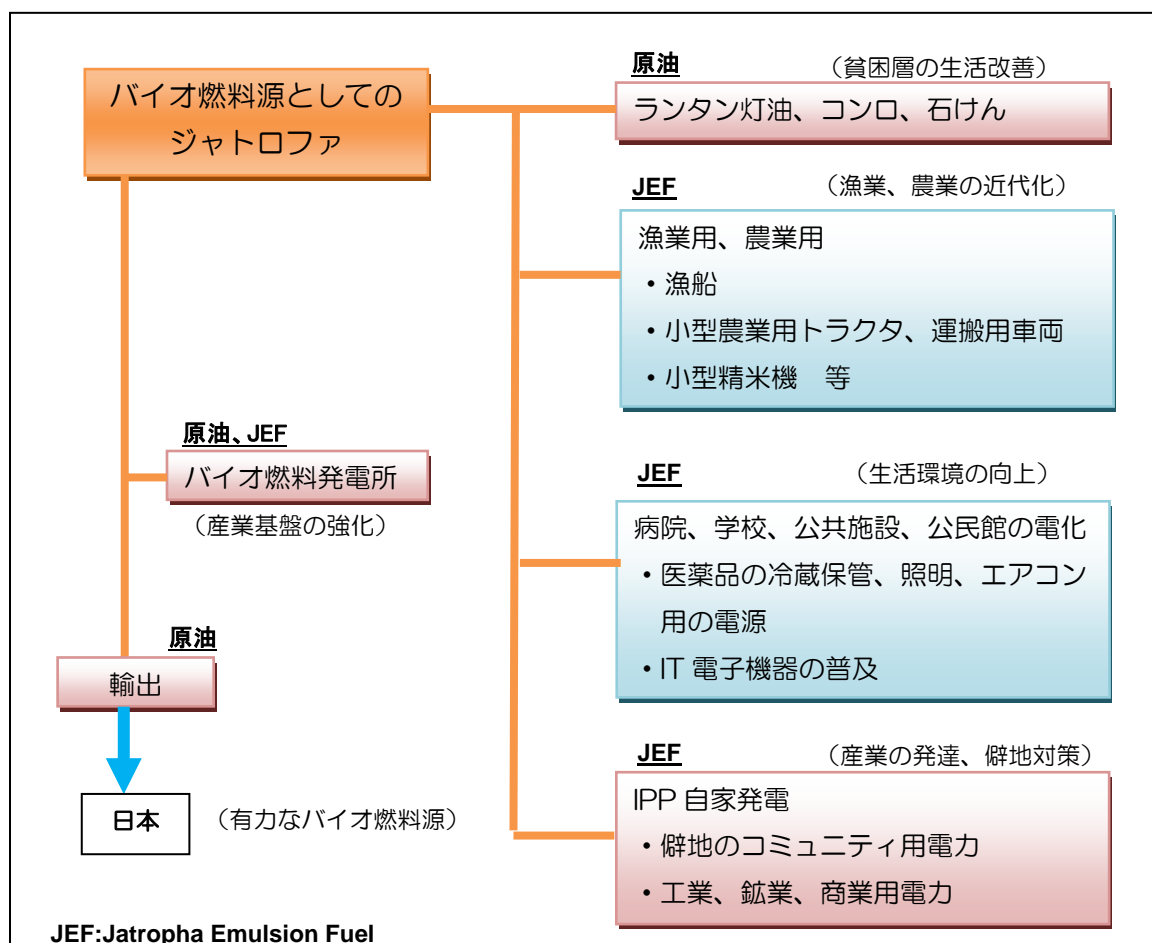


図-7 タンザニアにおけるバイオ燃料ジャトロファの需要例

漁業は近海及び内陸の湖で行われているが、最も大きいダルエスサラーム港でも数 10 隻のトビ〜数百トクラスの漁船を見かける程度である。これらの漁船は Diesel を燃料として用いており、100〜110 円/リットルと高価であるためジャトロファによって JEF が 80〜90 円/リットルで提供できるようになればよい顧客になる。

農業の分野では、広い土地を所有する農民が耕運機を使用している。Small holder、Tenant はドライバー付耕運機をレンタルで用いることがある。

農業の効率を上げる機械化はこれからのテーマであり、安価な燃料が確保できることが一つの鍵である。

TANESCO から電力を供給されている病院、ホテル、企業、商店の多くは停電対策としての予備発電機を所有している。一方、電力の供給を受けていないケースでは Diesel 発電機を備

えている。石油 Diesel よりも 10%安価な JEF の需要量は特定できないが次のような概算はできる。

タンザニアの石油消費量 100 万トﾝ／年の三分の二が車両用に消費されていると見てよく、三分の一の 30 万トﾝ程度が JEF に移行することも十分に考えられる。

TANESCO の Off-Grid 地域の電力は主として Diesel 発電と天然ガス発電に依存している。製糖工場のバカスによるバイオマス発電が見られる。JJ のジャトロファ事業計画を聴取した REA はジャトロファが Off-Grid の電力エネルギー源に最も重要な地位を占めることになるであろうと認めている。TANESCO は Grid の内外において IPP の電力を購入する具体的なルールを確立している。(詳細は 2.4-(2)に記載)

以上の本調査の結果、タンザニアにおける地産地消を考えた場合、発電の燃料需要が最も有望視されることが判明した

2.4 タンザニアのジャトロファ事業に関連する制度政策

タンザニア政府は、ジャトロファ事業に対してこれまでも高い関心をもってきた。具体的には President、Ministry of Agriculture、Ministry of Energy、Tanzania Investment Center、Rural Energy Agency 等の認識と期待は次のとおりである。

- ①バイオ燃料ジャトロファにより、高騰している石油対策、外貨節約
- ②余剰のジャトロファ原油を輸出、輸出振興
- ③農業の活性化と貧困対策（低所得農民の救済と季節労働者に就労機会を提供）
- ④未利用の原野、国営農場跡地等の開発
- ⑤環境保全、地球温暖化対策（CDM）
- ⑥先進国の企業及び資本を誘致して産業立国
- ⑦バイオ燃料ジャトロファによる僻地の電化等、社会インフラ充実

本事業計画については、逼塞した社会環境を改善する有力な構図であり、その早期実現に対する強い期待感がある。

(1)タンザニア農務省関係者の公的発言

また、ケニアの国際フォーラムで 2009 年 3 月にタンザニア農務省がプレゼンテーションしたジャトロファ事業への期待感は次のとおりである。

タンザニア政府の認識

農務省はバイオ燃料のポテンシャル確認作業を通してジャトロファに注目、2006/2007年度からジャトロファを主要作物の一つと指定した。

主要推進事業：

- ・ 農民に配分するための種子の調達
- ・ 情報収集とその文書化
- ・ 生産、処理及び実用化技術のための要員の教育訓練

2006/2007年度から、農務省はナショナル・サービス（NS）と協力して、NSの農場、政府系の農場等数カ所にジャトロファを植栽

バイオエネルギー／バイオ燃料の国内市場の創設：

政府は国内企業と協同して、バイオ燃料の持続的な国内市場創設のため国内外の投資家を勧誘している。Arusha等いくつかの州で、ジャトロファの生産を行い、クッキング・ストーブや灯火用としての利用に成功を収め、Rukwa州では農業用トラクターに試験的に使用した事例がある。

バイオ燃料に関する国家政策構想の作成：

関係省庁、機関は Biofuel NBTF（バイオ燃料国家政策構想を構築し政府に助言や提言を行う委員会）を通じて協力。この協力作業を通じて、ガイドラインを策定している。

BEFS (Bioenergy and Food Security Project) (バイオ燃料食糧安全保障プロジェクト)

BEFSは、バイオ燃料が食糧安全保障に与えるインパクトを検証のために設立された。BEFSは農業と食糧安保に関するFAOと農務省の協同プロジェクトである。現在は農務省（MAFC）がBEFSとの調整を行っている。

「Bioenergy and Food Security, The BEFS Analysis for Tanzania (2009.3)」からの抜粋＝

(2) タンザニアにおける電力買取政策

タンザニアは慢性的な電力不足を補足するため、タンザニア水資源庁、TANESCO（タンザニア電力公社）を中心にして積極的にIPP（Independent Power Producer）の進出を勧誘して電力の買取り政策を推進している。

- ・ The Electricity ACT (CAP 131)
The Electricity (Development of Small Power Projects) Rules, 2010
- ・ Guidelines for Grid Interconnection of Small Power Projects in Tanzania.
- ・ The Energy and Water Utilities Regulatory Authority Ewura
(別添資料－2：タンザニアの電力買取政策の概要)

2010年度の買取り公表価格は下記のとおりである。

表-6 TANESCO による電力買取価格表 (2010年度)

| 地域 | 季節 | 価格 | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|
| | | Tsh/kwh | 円/kwh |
| Main grid (In grid) | 乾期 (8月～11月) | 133.36 Tsh | 7.33 円/kwh |
| | 雨期 (12月～7月) | 99.27 Tsh | 5.46 円/kwh |
| | 平均 | 110.30 Tsh | 6.07 円/kwh |
| Off grid (Mini-Grid) | 通年 | 368.89 Tsh | 20.29 円/kwh |
| 実契約価格 | TANESCO と IPP の間で協議 | | |

表-7 電力買取事業にライセンス登録した企業(2011年度より始動)

| Licences/Exemptions Granted | | | | |
|-----------------------------|----------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| No. | Licensee | Project Area | Project Specifics | Type of licence/ Duration |
| 1 | AG & G Power | Mtwara | 30 MW- natural gas generation | Long-term exemption - 15 yrs |
| 2 | Umoja Light Ltd | Mtwara and Lindi | Distribution | Long-term exemption - 15 yrs |
| 3 | TANWAT Ltd. | Njombe | 2.5 MW - Biomass generation | Short-term - 1yr ⁵ |
| 4 | TPC Ltd | Moshi | 20MW-Biomass generation | Short-term - 1yr ⁵ |
| 5 | Ngombeni Power Ltd | Mafia | 0.5MW-Biomass generation | Provisional Licence - 2 yrs |
| 6 | Sao Hills Energy Ltd | Mafinga | 16 MW Biomass generation | Provisional Licence - 2 yrs |

Permanent licence will be issued as soon as licence template is in place.

出典：ANNUAL REPORT FOR THE YEAR ENDED 30TH JUNE, 2010 (EWURA)

小規模な IPP 事業者に対する制度が整いつつあり、ジャトロファを原料とする燃料で発電機を稼働させ、発電事業を行えば、TANESCO が購入する可能性は高い。

JJ の計画によると、JEF はジャトロファ原油に約 10%の水を添加して製造する。JEF の発熱量はジャトロファ原油の発熱量と同じになるので JEF の量を原油量と同じとして計算した。

JEF 加工能力は、原油 500 トン/h = 0.45 トン/h (比重=0.9) を加工するとして 1年では、0.45 トン/h×20h×330日=2,970 トン/年である。

ジャトロファの原油 2,500 トン/年の JEF 加工には、JEF 加工装置×1 台でよい。

(出典：JEF 加工能力はアックス社 ECOPRO 性能諸元を適用)

尚、TJ はジャトロファ原油に加えて、1,000 トン/年の廃油を市中から回収して JEF に加工する。従って、3,500 トンの JEF+廃油エマルジョン燃料の加工にはアックス社製の ECOPRO 装置を 2 台使用する。

事実、Morogoro に位置するタンザニア最大の砂糖工場は IPP としてシュガーコーンの絞粕(バガス) で発電した電力を TANESCO に販売する事業を 2010 年から開始している。

表-8 Off grid における買取り電力

Table 5: Off-Grid TANESCO Thermal Generation – May, 2010

| Station | Installed Capacity (kW) | Available Capacity (kW) |
|------------|-------------------------|-------------------------|
| Biharamulo | 952 | 830 |
| Bukoba | 2,560 | 1,920 |
| Ikwiriri | 848 | 848 |
| Kigoma | 12,498 | 8,350 |
| Kilwa | 2,042 | 420 |
| Liwale | 600 | 1,40 |
| Ludewa | 1,270 | 1,270 |
| Mafia | 848 | 8,48 |
| Masasi | 4,500 | 4,200 |
| Mbinga | 2,250 | 2,250 |
| Mpanda | 1,656 | 1,350 |
| Ngara | 952 | 850 |
| Songea | 6,428 | 4,771 |
| Tunduru | 2,068 | 1,090 |
| Sub-total | 39,472 | 29,137 |

出典：ANNUAL REPORT FOR THE YEAR ENDED 30TH JUNE, 2010 (EWURA)

表-9 IPP 発電量及び隣国からの購入量

Table 6: Off-Grid IPP

| Station | Capacity (MW) |
|------------------------|---------------|
| AG & P Power (Artumas) | 12 |
| Sub-total | 12 |

Table 7: Imports on Off-Grid TANESCO System

| Source | Capacity (MW) |
|--------------------|---------------|
| Import from Uganda | 10.00 |
| Import from Zambia | 3.00 |
| Import from Kenya | 0.80 |
| Total Import | 13.80 |

出典：ANNUAL REPORT FOR THE YEAR ENDED 30TH JUNE, 2010 (EWURA)

上記の表-8、9 に示すとおりタンザニアでは Rural Area の電力需要供給体制の整備が進展している。

2.5 タンザニアとジャトロファ事業のビジネスとしてのポテンシャル

ジャトロファの植栽に数万 ha～百万 ha の事業規模で日本企業が進出することは、タンザニア政府及び農民のいずれも大歓迎である。ジャトロファ事業が実現すれば有史以来初めて、タンザニアと日本の間に市民レベルで強い連帯関係が樹立できたと評価されるであろう。

2,000 ha のジャトロファ植栽により産物である 10,000 トン/年の種子を収穫して搾油すると、2,500 万トン/年のジャトロファ原油が得られる。

2,000 ha の場合、1,200 人の Small holder と当初 2 年間の累積 420 人の Tenant と季節労働者が所得増の裨益を受けることになる。（詳細は第 3 章の表-12、表-14 を参照のこと）

100 万 ha のジャトロファ植栽が実現すると効果的なエネルギー対策であり、かつ森林破壊にブレーキをかける環境対策にもなる。併せて、30 万人の Small holder を救済して、職業を求めている 20 万人の季節労働者等に対して持続的な就労機会を提供することでタンザニアの国内事情を大きく改善できる。

タンザニアで生産するジャトロファ原油の 30% を消費し、残り 70% を、1.4-(2) で記述した日本におけるジャトロファ原油への潜在需要に応えるべく、日本に向けて輸出する事業構想を描くことも可能である。結果として両国が期待できるビジネスプランになる。

エネルギー事情の改善は国内インフラストラクチャーの充実に直接リンクしており、農業・工業等の振興につながる。僻地における電力供給と電化・IT 化は僻地の産業革命になる。

表-10 ジャトロファ事業のタンザニア及び日本に対する裨益効果

| | タンザニア | 日本 |
|----------------------|----------|-----------------|
| エネルギー対策 | ◎ | ◎ |
| CO ₂ 、CDM | ◎ | ◎ |
| 貧困対策 | ◎ | 国際貢献 |
| 新貿易産業 | ◎ Oil 輸出 | ◎ Oil 輸入、インフラ輸出 |
| 国土開発 | ◎ | 国際貢献 |
| Rural Area 対策 | ◎ | 国際貢献 |
| 社会インフラ整備 | ◎ | ◎ インフラ輸出 |
| 派生効果 | 過疎地対策 | 農水産業対策 |

ジャトロファ事業を収益事業とするには、まず植栽国の次に示す受け入れ環境の整備が必要である。下記の条件に関しては BOP 調査の各段階においてクリアできるという見通しを得た。

[条件]

- ① ジャトロファについて植栽国の行政府、地方自治体、及び国民の積極的な関心
- ② 豊富な未利用地を安価に確保
- ③ **Small holder** の参加、低コストの豊富な **Tenant** と季節労働者の雇用
- ④ 成果物の加工販売体系の確立
- ⑤ 行政府及び立法府の支持
- ⑥ 気候、内陸輸送路、輸出港等のインフラ
- ⑦ 治安・政情が安定して、進出民間企業の経済活動・安全を保証

【タンザニアの国内事情】

2011年7月現在で、上記のタンザニア国の期待に十分に答えているジャトロファ事業体はタンザニアに見当たらない。タンザニアにおいて、新規性が高い事業といえる。

タンザニアにおけるジャトロファ事情を考察する上で、植栽している農民の成果物（種子）を買上げる体制が次の2つの理由で整備されていないことが市場発展の大きな障害となっている。しかし、過去の失敗例のレッスンを十分に検討した結果、予め適切に対処をすれば、そうした失敗を繰り返す必要はないとJJは考えている。

[問題点]

- ① ジャトロファを大量に植栽する方式、組織がない。
- ② ジャトロファ種子を広く散在している小規模生産農家から集荷するネットワークがない。
- ③ ジャトロファ原油を **BDF-FAME** に加工するプラントがタンザニアにはまだ整備されていない。

[対応策]

植栽、加工、需要開拓の視点から画期的で明快な対策を講じれば、タンザニアにおけるジャトロファ事業は活性化する。

タンザニアに定着している固定概念の軌道修正が必要である。

<固定概念-1>

ジャトロファをサイザルのように広大な近代農園で植栽。遺伝子操作技術も必要

<固定概念-2>

ジャトロファ原油を加工して国際的な規格である EN14214 の **BDF-FAME**、即ちディーゼル車両用燃料にする。

[問題の打破策]

- ・ 農民（Small holder）が Outgrowing でジャトロファを植栽する新組織を編成する。
- ・ 農業機械の導入を避ける。搾り粕の有機肥料を多用して肥沃な土地とする。
- ・ 原油は JEF に加工して需給体制を確立する。

これらの打開策によってタンザニアのジャトロファの事業環境は好転して、将来性と収益性の高い新事業として定着できると JJ は判断した。

タンザニアにおいて事業展開をする際の考慮すべき基本戦略

- 1) タンザニアにおける貧困対策、経済発展、エネルギー対策に直接的に寄与する。
- 2) ジャトロファ事業を当初は小規模に堅実に着手して、100 万 ha 植栽を将来目標とする。
- 3) 環境問題を重視する。
- 4) 持続性のある収益事業としてタンザニアと日本に裨益する。

