

# 海外鉱山におけるバイオ燃料導入プロジェクト

坪田 晴弘

インドネシアのカリマンタン島の鉱山跡地に栽培したジャトロファの種から、現地に建設した精製プラントで、バイオディーゼル燃料（以下、BDF）を作る。

このBDFは軽油の代替燃料となり、当鉱山で稼働する積載量90トンのダンプトラックに使用する。

当事国では、鉱山跡地修復義務とBDF推進義務があること、ジャトロファは乾燥した貧栄養地でも栽培可能であること、食用に適さず食料と競合しないこと等のメリットがあることから、この話が進んだ。

このプロジェクトは、カーボンニュートラルなBDFを、鉱山で稼働する建設機械に利用することで、温暖化対策に貢献しようと立ち上げた地産地消の新たなビジネスモデルの一例である。

キーワード：バイオディーゼル燃料、ジャトロファ、インドネシア、ダンプトラック、鉱山、地産地消、CO<sub>2</sub>削減、BDF

## 1. はじめに

1997年の京都議定書、昨年の国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP15）、そして今年の生物多様性条約締約国会議（COP10）と地球温暖化対策は、世界の最優先課題の一つであり、企業にとっては、社会的責任（CSR）として本業を通じた環境への積極的な対応が必要で、今や避けて通れなくなっている。ここ数年の間に、自動車業界だけでなく建設機械メーカーも、格段に燃費の良いハイブリッド建機を世に送り出して、地球温暖化対策に貢献している。

本稿では、その建設機械メーカーが次の対策として、カーボンニュートラルな再生可能エネルギーである、バイオディーゼル燃料（BDF）と鉱山オペレーションを組み合わせ、新たなビジネスモデルを構築しようと海外の企業と共同プロジェクトを立ち上げたのでここに紹介する。尚、本ビジネスモデルは、インドネシアの鉱山会社、現地の販売代理店と日本の建設機械メーカーの共同プロジェクトであり、グローバルな温暖化対策の一例である。

## 2. インドネシアのカリマンタン島

インドネシアは、石油や石炭等天然資源の採掘が国の経済の主幹をなしている。大小さまざまな島で構成されており、首都ジャカルタのあるジャワ島、観光地

で有名なバリ島、シンガポールに近いスマトラ島、そして当該鉱山のあるカリマンタン島（旧ボルネオ島）等がある。このカリマンタン島は、世界で3番目に大きな島（日本の約2倍の面積）であり、インドネシア、マレーシア、ブルネイと3つの国に分かれている。気候は熱帯気候で熱帯雨林が発達し、大量のCO<sub>2</sub>を吸収可能なことから「地球の肺」と呼ばれている。また、数多くの野生生物が生息している。



図一 1 インドネシアの地図

この島の南方に、石炭採掘の広大な鉱山がある。当該鉱山は、いくつかのサイトに分かれているが、ここで稼働している当該建設機械メーカーの積載量90トンのダンプトラックは、総計300台余である。

次の写真一1に見える小さな車両が、積載量90トンのダンプトラックであり、鉱山の大きさが推定できる。



写真一 1 インドネシアの石炭鉱山



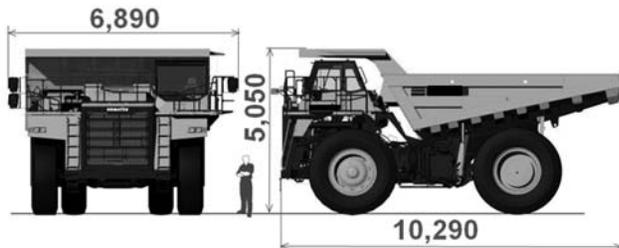
写真一 3 ジャトロファの苗床



写真一 2 鉱山で稼働中の建設機械



写真一 4 ジャトロファ栽培地



図一 2 積載量 90 トンのダンプトラック



写真一 5 ジャトロファの実

インドネシアには、採掘し終わった鉱山跡地を修復する義務が鉱山会社にあり、現在鉱山跡地や跡地周辺にジャトロファ等の植物が植えられている。鉱山会社組織の中に植物を育てる業務の部門があり、60余種類の植物の苗床を管理している。

### 3. バイオディーゼル燃料の原料ジャトロファ

#### (1) 栽培地

ジャトロファ（別名ナンヨウアブラギリ）は、熱帯の乾燥した貧栄養地でも育つ植物で、その種を搾って燃料にできることは以前から知られていた。しかし、精製までのコストが軽油に比べ2割前後高くなるため、経済的な面から興味を持たれなかったが、2008年の原油価格高騰の折、世界的に関心が高まった。ア

フリカ、インド、タイ、マレーシア、フィリピン等世界的に栽培地が広まった。当インドネシアの鉱山跡地もその一例である。

#### (2) 植物原料油

パームや菜種、大豆、ひまわり等の原料からもBDFは作られるが、ジャトロファのもう一つの特徴は食用に適さないという点である。パーム油の原産地でもあるカリマンタン島で、以前プランテーションが熱帯雨林を破壊していると言われ、また食糧との競合でパーム油が高騰して、世界的に問題視されたりした

事例があったが、ジャトロファならこんな心配をすることもない。同様に、食糧とは競合しないマメ科のポンガミアとか緑藻のボトリオコッカス等も将来有望な原料として、世の中では研究が進んでいる。

また、比較表(表一1)でも示しているが、流動点(液体が固化する温度)でもパーム BDF が12℃であるのに比べ、ジャトロファ BDF なら2℃と低く、燃料として使用可能地域も広がるメリットもある。

(3) BDF 精製 (図一3)

(a) 前処理工程

原料となる植物粗油(搾り汁)等からリン脂質を除去し(脱ガム)、遊離脂肪酸を除去する(脱酸)工程。

(b) エステル化工程

前処理を経た植物油(食用油に近いもの)にメタノールと触媒を加え、脂肪酸メチルエステル(BDF)を作る工程。

(c) 後処理工程

エステル化工程で使用したメタノールを回収して、再利用に回す。後処理を経て、製品となる BDF が完成する工程。

次に、ジャトロファの種から BDF 精製までの油を

比較した写真を示す(写真一6)。

左から順に、

- ①ジャトロファ BDF (後処理工程後の油)
- ②脱ガム, 脱酸をした油 (前処理工程後の油)
- ③ジャトロファ粗油(種を搾ったままで不純物含む)
- ④ジャトロファの種(写真一5の実にある)を示す。

(4) BDF 要求品質

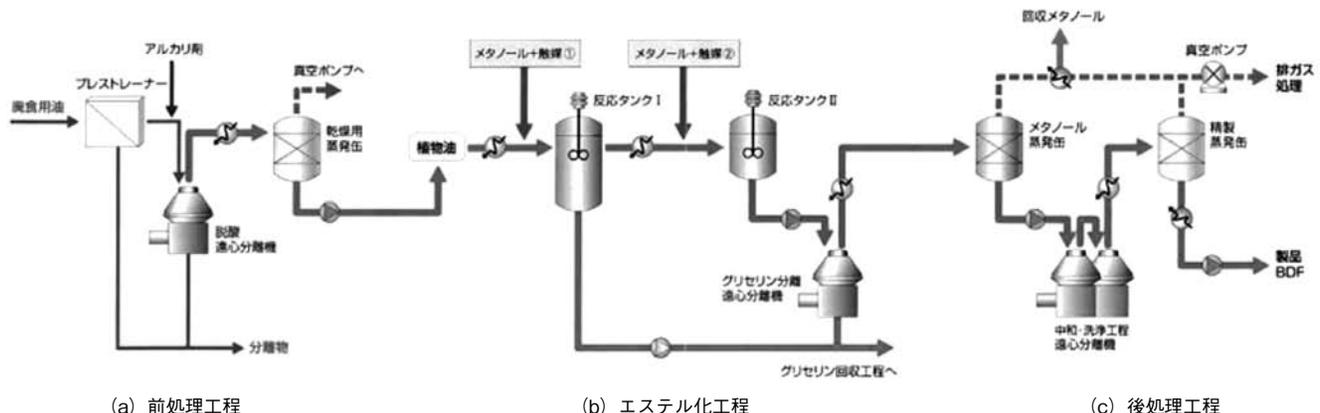
BDF として、欧州規格(EN14214)、インドネシア規格(SNI-04-7182-2006)、米国規格(ASTM D6751)等がある(表一2)。ここインドネシアで使用する



写真一6 BDF 精製までの油等比較

表一1 原料油と BDF の比較表

項目	菜種	大豆	パーム	ジャトロファ
原料油	収穫量 × 0.5トン/ha	× 0.3トン/ha	◎ 4トン/ha	○ 2トン/ha
	収穫効率 ○ 機械での収穫可能	◎ 大規模機械での収穫可能	○ 手作業での収穫だが、油含む果実密集し効率よい	△ 現状目視選別の上、手作業での収穫
	食物との競合 × 食用油用途と競合	× 食物・食用油用途と競合	× 食用油用途と競合	◎ 食用に適さず競合しない
	栽培地 ○ 丈夫で育ちやすい	△ 連作障害発生しやすく消毒や土壌改善が必要	△ 湿潤、肥沃な土地に限る	◎ 乾燥地、貧栄養地でも栽培可能
BDF	◎ -13℃ 寒冷地に強い	○ -2℃	× 12℃	△ 2℃



図一3 BDF 精製工程

表一 2 BDF 規格比較表

項目	単位	欧州規格 EN14214	インドネシア規格 SNI-04-7182-2006	米国規格 ASTM D6751
エステル含率	% (m/m)	≥ 96.5	≥ 96.5	-
密度	kg/m <sup>3</sup>	860 - 900	850-890	-
動粘度	mm <sup>2</sup> /s	3.5 - 5.0	2.3 - 6.0	1.9 - 6.0
引火点	℃	≥ 101	≥ 100	≥ 130
曇り点	℃	-	≤ 18	-
含硫量	mg/kg	≤ 10	≤ 100	≤ 15
残留炭素	% (m/m)	≤ 0.3	≤ 0.05	≤ 0.05
硫酸灰分	% (m/m)	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.02
セタン価	-	≥ 51.0	≥ 51.0	≥ 47.0
含水率	mg/kg	≤ 500	-	-
水でい分	% volume	-	≤ 0.05	≤ 0.05
総不純物量	mg/kg	≤ 24	-	-
銅板腐食性	rating	class 1	≤ class 3	≤ class 3
酸化安定度	hours	≥ 6	-	≥ 3
酸価	mg KOH/g	≤ 0.5	≤ 0.8	≤ 0.5
ヨウ素価	-	≤ 120	≤ 115	-
リノレン酸メチルエステル含量	% (m/m)	≤ 12	-	-
多価不飽和メチルエステル含量	% (m/m)	≤ 1	-	-
残存メタノール	% (m/m)	≤ 0.2	-	≤ 0.2
残存モノグリセリド	% (m/m)	≤ 0.8	-	-
残存ジグリセリド	% (m/m)	≤ 0.2	-	-
残存トリグリセリド	% (m/m)	≤ 0.2	-	-
残存遊離グリセロール	% (m/m)	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.02
残存全グリセロール	% (m/m)	≤ 0.25	≤ 0.24	≤ 0.24
I 族元素 (Na+K)	mg/kg	≤ 5	-	≤ 5
II 族元素 (Ca+Mg)	mg/kg	-	-	≤ 5
リン含量	mg/kg	≤ 10	≤ 10	≤ 10
90%留出温度	℃	-	≤ 360	≤ 360

ためには、最低インドネシア規格を満足する品質の BDF でも良いが、将来を考えて今回は欧州規格を満足する品質の BDF を目標とする。

本導入プロジェクトでは、精製プラントだけでなく、BDF の品質を常にチェックするため、成分分析室も併設する計画である。

(1) 導入プロジェクト (2010 年から 2012 年)

インドネシア鉱山会社が当該鉱山跡地にジャトロファ等を栽培する。その種を搾って、当地に作った小型の精製プラント (日産 1 トン、写真一 7) で、BDF を作る。プラントに併設した分析室 (写真一 8) にて、BDF が規格を満足するか否かの成分分析を行う。原料植物の栽培ノウハウや精製プラント、分析室は建設機械メーカーが提供する。B20 の BDF にて、数台のダンプトラックを稼働し、性能試験および耐久試験を経て、建設機械メーカーがダンプトラックの品質保証をする。事前検討では、技術上の課題は克服できるが、経済的な問題、例えば軽油と BDF の価格差や現地法規制の状況等の社会環境は不透明である。量産プロジェクトへの移行に与える影響を検討した上で、問題なければ量産プロジェクトに移行する。



写真一 7 パイロットプラント建設中



写真一 8 分析室建設中

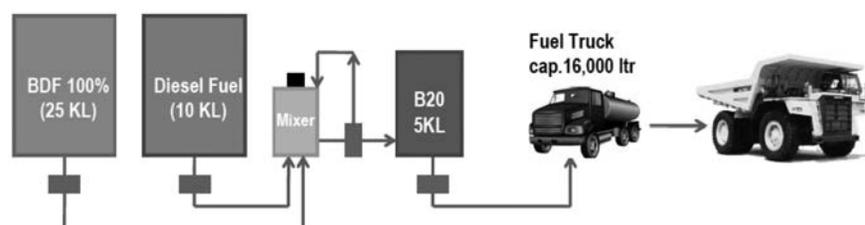
(2) B20 (20% BDF, 80%軽油) ブレンド  
 欧州の自動車では、B3 から B10 あたりが法規制の基準値になっている。インドネシアでは、ペナルティはないが、最低 B5 の BDF 推進義務となっている。先を考え、このプロジェクトでは、ダンプトラックの燃料を B20 ブレンド (図一 4) で進めている。

4. 共同プロジェクトの基本合意

本ビジネスモデルは、次の 2 フェーズで構成される。

(2) 量産プロジェクト (2012 年以降)

このプロジェクトは、100 台規模のダンプトラック



図一 4 BDF ブレンド B20

をB20のBDFで稼働させるものである。そのために必要な大型の精製プラント(日産30から50トン予定)は鉱山側の費用で製作することが決まっている。さらに、鉱山側はジャトロファ等の植物原料を確保するため、定期的な植林をし、その後の育成管理も行う。以上の共同プロジェクトは、2009年11月に基本合意された。



写真—9 共同プロジェクトのメンバー

### (3) プロジェクト合意に至る背景

今回のジャトロファ栽培には、建設機械メーカー側から長期にわたるインドネシア側への多大な支援が背景にある。具体的には、1991年から現在まで、建設機械メーカーの社員が当該国の林業省研究開発庁とフタバガキ(ラワン材)の植林技術開発に貢献してきた経緯があり(写真—10, 11)、今回のジャトロファ栽培のノウハウも技術指導している。生物多様性保全活動の一例でもある。



写真—10 フタバガキ苗木の育成



写真—11 フタバガキ植林後 現在

## 5. CO<sub>2</sub> 削減期待効果 (図—5)

量産プロジェクトに移行した場合、100台規模のダンプトラックが稼働することになる。軽油の代替燃料であるBDFは、植物から製造されるため原料植物が生育途中で大気中のCO<sub>2</sub>を吸収することにより、使用しても大気中のCO<sub>2</sub>を増加させないと考えられている(カーボンニュートラル)。100台規模のダンプトラックがB20ブレンド燃料を使用すれば、消費燃料の20%分のCO<sub>2</sub>を削減できることになる。これは、換算すると1年間で約2万トンCO<sub>2</sub>相当となり、当該建設機械メーカーの国内生産工場の排出する1年間分の約10分の1となる。ちなみに、2009年度の国内生産工場総排出量は、約19万トンCO<sub>2</sub>であった。

さらに、将来1,000台規模のダンプトラックに採用することになれば、国内生産工場排出分と同等のCO<sub>2</sub>削減が期待できる。



図—5 BDF消費量とCO<sub>2</sub>吸収栽培面積

## 6. 終わりに

本共同プロジェクトは、非常に数多くの人の協力により成立している。インドネシア鉱山会社、販売代理店、林業省、そして日本の建設機械メーカー等いろいろな立場の人が、それぞれのメリットを享受しながら、地球温暖化対策という社会貢献につながるプロジェクトとして、思いを一つにして進んでいる。

個人的には、地球規模のスケールの大きな温暖化対策の取り組みに参加させていただいていることに、非常に喜びを感じている。是非とも成功させたい。

JCMA

### [筆者紹介]

坪田 晴弘 (つばた はるひろ)  
 (株)小松製作所  
 環境管理部  
 主幹

