

平成 16 年度 CDM / JI 事業調査

南アフリカ共和国における

バイオディーゼルオイルリファイナリー建設計画調査

報告書

平成 17 年 3 月

三 井 物 産 株 式 会 社

目 次

第1章 プロジェクト実施に係わる基礎的要素	1
1.1 提案プロジェクトの概要と企画立案の背景	1
1.1.1 バイオディーゼルオイル	1
1.1.2 ナンヨウアブラギリ(Jatropha Curcas)	2
1.1.3 プランテーション及びバイオディーゼルオイルリファイナリー	4
1.1.4 企画立案の背景	5
1.2 ホスト国の概要	8
1.2.1 一般事情	8
1.2.2 政治	9
1.2.3 経済	11
1.2.4 エネルギー事情	12
1.2.5 液体燃料	14
1.2.6 再生可能エネルギー	16
1.3 ホスト国のCDM/JIに関する政策・状況	17
1.4 ホスト国の持続可能な開発へ貢献できる点・技術移転できる点	18
1.5 調査の実施体制	19
第2章 プロジェクトの立案	21
2.1 プロジェクトの具体的な内容	21
2.1.1 プラント設置予定地	21
2.1.2 プラント配置計画	21
2.1.3 ナンヨウアブラギリ栽培(プランテーション)	22
2.1.4 マーケティング	27
2.1.5 製造プロセス	41
2.1.6 プロセス物質収支	44
2.1.7 プロセス比較	46
2.1.8 設備投資額	47
2.1.9 公共ユーティリティ	47
2.1.10 操業組織	48
2.1.11 プロジェクト実施スケジュール	48

2.2	プロジェクト設計書 (PDD)	50
2.2.1	プロジェクト境界・ベースラインの設定・追加性の立証	50
2.2.2	モニタリング計画一般.....	60
2.3	環境影響/その他の間接影響.....	62
第3章 プロジェクト事業化に向けて		65
3.1	プロジェクトの実施体制	65
3.2	プロジェクト実施のための資金計画	66
3.2.1	資金総額と資金調達先.....	66
3.2.2	借入金	66
3.3	費用対効果	67
3.3.1	プロジェクト領域	67
3.3.2	製品及び価格.....	68
3.3.3	内部収益率 (IRR ROI).....	70
3.3.4	センシティブティ.....	74
3.3.5	クレジット価格	74
3.4	具体的事業化に向けての見込み・課題	75
3.4.1	マーケティング.....	75
3.4.2	過去のバイオディーゼルプロジェクト事例.....	76

第1章 プロジェクト実施に係わる基礎的要素

1.1 提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

1.1.1 バイオディーゼルオイル

近年の先進国各国の経済繁栄は、膨大な石油燃料の消費の上に築かれているいっても過言ではない。しかしながら、近年、化石燃料の需要・供給のバランスは逼迫し、原油が高騰し、この1年をとってみると1バレル50米ドルを超えることもある。

更に1992年6月にブラジルのリオデジャネイロで開催された「地球サミット」以降高まる国際的な地球環境問題解決の具体的な取り組みにより、地球温暖化の主な原因とされる化石燃料起源の二酸化炭素の削減が、先進国の危急的な目標となっている。それを実現するためCDM、JIを通じて二酸化炭素の取引が国際的規模で進められている。

現在、大量に消費されている石油燃料の代表的なものとしてディーゼルオイルがある。ディーゼルオイルは、ディーゼル車、船舶、発電機等の産業用のエンジンに使用されている。このディーゼルエンジンが1895年に開発された当時の燃料は、ピーナッツオイルという植物油であった。しかし、その後の石油採掘技術の進展とともに安価で大量に化石燃料が手に入ることにより、ディーゼルエンジンの燃料源は植物油ベースから石油ベースへと代わったきた。

上述のように、近年の地球温暖化阻止の技術として非化石燃料の開発、適用が注目され、米国、ヨーロッパ諸国では、ディーゼルエンジン用、もしくはガソリンエンジン用に植物油の適用が盛んになってきている。現在、特にEUは世界最大のバイオディーゼルオイル製造・消費マーケットであり、年間200万トンものバイオディーゼルオイルが生産、消費されている。

EUでバイオディーゼルオイルマーケットが拡大してきた理由は、輸送部門におけるバイオ燃料並びにその他再生可能エネルギーの利用促進を定めたEU指令(EU Directive 2003/30/EC)が制定され、2003年5月に発効したことがその背景である。同EU指令で定める内容は、輸送分野のガソリン・ディーゼルオイル利用に関し、バイオ燃料の混入比率を以下のように義務づけるものである：

2005年12月31日迄 2%

2010年12月31日迄 5.75%

このEU指令が制定された背景は以下の通りである：

- 1) 石油・天然ガス・石炭などの限られた埋蔵量から生産する化石燃料の消費を押さえる。理由は、これら化石燃料がCO₂排出の最大の要因となっていることである。
- 2) バイオ燃料は幅広い種類のバイオマスから製造可能である事。ソースの多元化が可能である。

- 3) 運輸分野でのエネルギー消費は EU 域内での総合エネルギー消費の 30%以上を占め、将来も増加する傾向にある。
- 4) EU委員会白書「2010 年までの欧州の交通政策」によれば、交通分野でのCO₂排出は 1990 年から 2010 年の間に 50%増大し、1113Bil Tonになると試算され、その内の 84%が道路輸送によるもの。従い、現在の石油依存体質（現状では 98%）をバイオ燃料のような代替燃料で薄めていくもの。
- 5) 交通部門のバイオ燃料利用は京都プロコールの取決め維持方法の一部と合致する。
- 6) バイオ燃料利用促進は EU のエネルギー輸入依存度を低減させ、燃料市場においては中長期的にエネルギーの供給安全性に影響を与える事が可能であること。
- 7) 既に今日の技術をしてバイオ交通燃料をわずかに混ぜた燃料を問題無く利用する事が可能で、新技術を利用すればその混合割合を更に高くする事が可能であること。
- 8) 複数の都市でバイオ燃料(バイオディーゼルオイル)を燃料とする CAR PARK を導入し、都市部における大気の水質が改善される事が確認済みであり、EU 加盟国が公共輸送手段にバイオ燃料導入を促進させる事が可能であること。
- 9) バイオ燃料の交通分野における利用促進は、バイオマスの利用増大への一歩となり、将来各種バイオ燃料が開発される事が予想されること。
- 10) 農林業をベースとする過疎地域で新たな雇用につながり、地域の収入も増加し、過疎化対策になる。 また EU 新加盟国にとっても同様の効果が顕著に期待される。

現在のバイオディーゼルオイルは、EU では主に菜種を中心に製造されている。これに加え、廃油、ひまわりなどが活用されている。一方米国では大豆、東南アジアではパーム油、ココナツ油なども原料として使用されている。但し生産規模から菜種をベースとしたバイオディーゼルオイルが多数を占めている。但し菜種、ひまわり、大豆といった原料油は食用用途としても製造されており、このため収穫の出来・不出来により価格が非常に大きく変動することが特徴であり、従来は食用・工業用に使用されていなかった原料油が注目を浴びている。

1.1.2 ナンヨウアブラギリ(Jatropha Curcas)

提案プロジェクトの原料には、ナンヨウアブラギリ種子の使用を検討している。

ナンヨウアブラギリは、トウダイクサ科アブラギリ属で原産は南米である。現在熱帯各地に広く分布し、種子から油を採って薬用、或いは小工業に利用されているが、搾油したのものには毒性が有るため食用には適さず、原料価格の変動を少なく見込むことが出来るとの観点で、検討しているものである。

従来の用途としては、油煙を出さずに燃焼することから灯用、また下剤、吐剤、皮膚病薬といった薬用として用いられてきた。また、工業的には硬質石鹼やローソクの製造、機械の潤滑油などにも利用されている。

ナンヨウアブラギリの栽培上の特徴は下記の通りである。

- 寿命は約 40 年間
- 熱帯の乾燥したやせた土地でも栽培可能
- 砂礫、塩分を含む土地でも栽培可能
- 長期間の日照りにも耐性がある
- 有毒植物のために家畜が食べず垣根として利用されている。
- 1 ha で約 1600 本の栽培が可能、これから約 1,700kg の搾油可能

注) 1ha 1600kg の搾油データはインドのデータ

バイオディーゼルオイルを目的にしたナンヨウアブラギリの商業栽培は、全世界でも本格的におこなわれておらず、パイロット的に行われているに過ぎない。表-1.1 に世界各国で行われているナンヨウアブラギリのプランテーション及びバイオディーゼルオイルのパイロットプラントの概略情報を示す。

表-1.1 ナンヨウアブラギリのプランテーション及び利用形態

国名	ナンヨウアブラギリのプランテーション及び利用形態
Cape Verde Islands	石鹼等の非燃料用途用に使用
中国	2004 年前半からバイオディーゼルオイル燃料のテスト実施中
エジプト	800 エーカー(約 324ha)のプランテーションを行い、2004 年からバイオディーゼルオイルの生産開始、増設も計画中
ガーナ	100ha のパイロットプランテーション実施中
インド	公営のプランテーションが 2004 年に Andhra Pradesh and Jaipur 州内の山蔭の 100 万 ha 以上の規模で進行中。プロジェクトの目的は雇用創出
マリ	10,000 km の垣根の植え付け完了。
メキシコ	無毒の新品種が Chiapas 地域で発見。
モザンビーク	SASOL の新設パイプラインに沿って植林
ニカラグア	1996 年以来 1000ha のプランテーションとバイオディーゼルオイルパイロットプラントを運転
タンザニア	Kakute 社が年間 1,000 kg の石鹼を生産

現在、南アフリカ国内で実施もしくは検討を行っているナンヨウアブラギリ関連のプロジェクト情報を表-1.2 に示す。

表-1.2 南アフリカ国内におけるナンヨウアブラギリ関連プロジェクト

企業名	開発の内容
Emerald Oil Int. (Pty) Ltd.	ダーバンで年間 10 万 ton のバイオディーゼルオイルプラント建設の計画。原料の種子は自国のプランテーションとマラウイ、モザンビークから輸入の計画。しかし、情報は未確認
Bio Diesel S.A	Jatropha Task Team formed together with the KwaZulu-Natal 州の農業局と KZN 農業基金とともに小規模バイオディーゼルオイルプラントのタスクチームを発足
Agricultural Extension Service in KwaZulu-Natal	スワジランドの南方にある Makatini において栽培普及中
Owen Sithole College of Agriculture – OSCA	Agricultural Extension Service, KwaZulu-Natal の協力を得て小規模のプランテーションを所有
Agro Forest Bio Energy Association – Afbea	Moringa, Ximenia and Papea にてプランテーションを検討中
Department of Science and Technology, South Africa	ナンヨウアブラギリを含む植物種子からバイオディーゼルオイルのパイロットプロジェクトに 750 万ランドの予算化。但し、プロジェクト開始時期は不明

1.1.3 プランテーション及びバイオディーゼルオイルリファイナリー

バイオディーゼルオイルは、植物油のエステル化変換にて製造するもので副産物としてグリセリンが発生する。下記はバイオディーゼルオイルの製造プロセス保有企業を示すが、いずれもエステル変換をすることは共通している。これらは公知の製造技術であり、商業的に確立していると言える。

- 1) Westfalia
- 2) Lurgi Life
- 3) AT- Agrartechnik
- 4) Energea
- 5) BDI
- 6) Uhde

提案プロジェクトの精製プラントは、南アフリカ・リチャードベイ産業開発ゾーンに立地する計画であり、ナンヨウアブラギリ種子 25 万トン/年を原料として 10 万トン/年のバイオディーゼルオイル、1 万トン/年の医療品グレードグリセリンを製造、14 万トン/年の絞りカスが発生する。

ナンヨウアブラギリ栽培用地を近隣 100km 以内の候補地から 15,000 ヘクタールの土地買収を行い確保し、近隣の農民を雇用して栽培を行うこととしている。バイオディーゼルオイル製造過程で排出される絞りカスは、有機肥料として、プランテーションへ再利用する計画である。

製造したバイオディーゼルオイルは、石油系ディーゼル販売会社もしくは製造会社へ販売するものとして計画している。従い、石油系ディーゼルへの混合は、販売先で行うことになる。

提案プロジェクトの精製プラントの建設期間は、詳細設計開始から、機器調達、建設工事等プラント設備完成まで約 1 年間である。原料種子となるナンヨウアブラギリの生育は育苗に 1 ヶ月、移植後結実まで 12 から 15 ヶ月であるので、プラント操業開始に合わせてプランテーション開始時期を決める必要がある。操業開始 2 年間ほどは、自前プランテーション種子では量的な不足が生じるので外部からの種子調達を計画しているが、3 年目からは、100%の自前種子を原料とすることが可能である。

1.1.4 企画立案の背景

南アフリカは 2002 年 3 月に京都議定書を批准、2004 年 12 月に Designated National Authority (DNA) を設立し、国際的な地球温暖化対策に積極的な行動を示している。CDM プロジェクトに関しては、南アフリカ開発銀行 (Development Bank of South Africa : DBSA) が世界銀行炭素クレジット基金の現地窓口として、新規案件発掘・形成をサポートしている。

国内的には 2002 年 8 月に国内の再生可能エネルギー (バイオマス・風力・太陽熱等) の供給量を 2012 年までに 5% 増加させる数値目標をうたいあげるなど、政策的にも積極的に再生可能エネルギーの普及に取り組んでいる。

このような状況の下、南アフリカのバイオディーゼルオイル関連の政策は次のように推移している。

- 2002 年 1 月よりディーゼルオイルの硫黄分含有量を 0.3% 以下とする。
- 更に 2006 年 1 月よりディーゼルオイルの硫黄分含有量を 0.05% 以下とする。
- 2002 年 2 月よりバイオディーゼルオイルには燃料税を 30% 減免する。
- 2001 年より農業、林業、鉱業、漁業、沿岸海運業、海底採掘業、鉄道港湾サービス業及び海難救助隊が購入するディーゼルオイルは燃料税が減免されていたが、2002 年以降はこれらがバイオディーゼルを購入する際には減免措置は無効になった。
- 2004 年よりバイオディーゼル設備に対する減価償却を 50%、30%、20% とする。

また、表-1.3 に再生可能エネルギーを普及させるための南アフリカの政策の流れを示す。

表-1.3 南アフリカの再生可能エネルギー関連の政策の推移

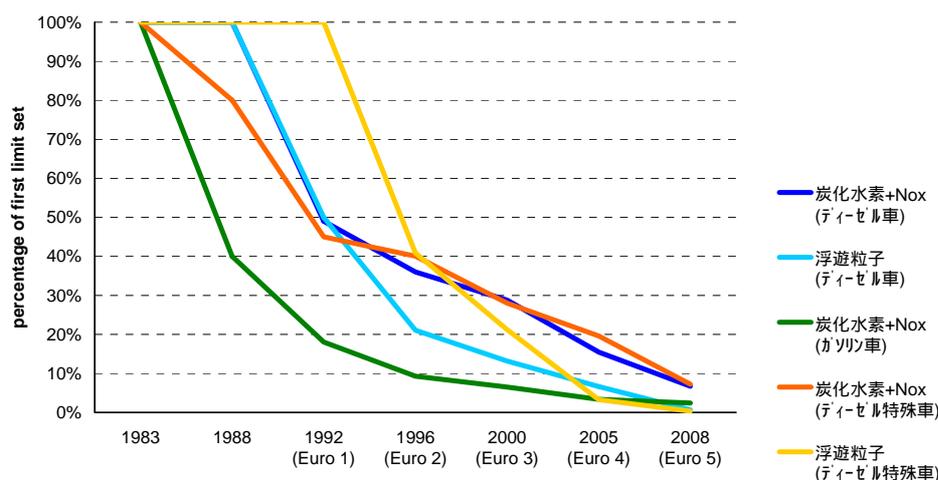
総合エネルギープラン (2003年3月1日発行)	バイオマス、風力、太陽光および小水力等の再生可能エネルギーを2013年までに10,000GWh(80万トンの原油に相当)増加させる。
再生可能エネルギー白書 (2003年11月承認)	再生可能エネルギー業界の発展のための法的枠組みの制定 鉱物・エネルギー省は、関係省庁とのコーディネーション、政策の策定、戦略、アクションプラン、法制化等、再生可能エネルギーに関する政策の一切の責任を負う。 第一段階：再生可能エネルギーの普及戦略の確立：バイオディーゼルに関しては、経済的優遇策、石油業界がバイオディーゼルやエタノールを一定量取り入れるための法律の制定、燃料均等化基金からの補助金、政府系組織が一定量バイオディーゼルを使用することなど。
再生可能エネルギー白書の 実行(2004-2013)	2004年7月～2010年6月：1000万ランドの予算。再生可能エネルギーによる最低価格電力を適用する環境作り。電力以外の再生可能エネルギーとBiofuel。 2007年7月～2010年6月(Phase 2)：1億6千万ランドの予算。 2010年7月～2013年6月(Phase 3)：3億3千9百万ランドの予算。非電力系再生可能エネルギーおよびBiofuelで2013年までに10000GWhのエネルギー生産。
再生可能エネルギーによる電力の市場ルール(2004年6月の報告書)	電力系再生可能エネルギー発電会社へのリコメンデーション：短期には補助金交付、中期には電力の買入れ、長期には再生可能エネルギーの一定割合の投入。 短期：補助金対象とする適正技術の評価と評価当事者の定義。当事者が実行プランの策定するにあたり、その参考例となる計画の策定
国家エネルギーアドバイザリーコミッティーの創立(2004年11月12日に公聴会開催)	鉱物・エネルギー省に対するアドバイス、再生可能エネルギーの普及、総合エネルギー計画、エネルギー効率化プログラムの策定、健康・安全・環境プログラム、エネルギー研究開発プログラム、家庭のエネルギー政策等
DME普及のための補助金政策の検討	政府が支援すべきプロジェクトの検討、設備への補助金以外の補助金政策の実行機関の検討、長期的には新しいメカニズムを考案して再生可能エネルギー普及への側面支援を実施。

ディーゼルオイルの硫黄規制は次第に厳しくなり、世界的には日本と EU が規制の先端を走っている。南アフリカは、車両排気ガス規制法を検討中であるが、規制の概要と方向性を表-1.4 に示す。また、EU 規制値を図-1.1 に示す。

表-1.4 南アフリカの車両排気ガス規正法の規制目標

年度	規制目標
2004	法は存在せず
2005	EURO 1 (承認車両に対し)
2006	EURO 1 (新型承認車両に対し)
2008	EURO 2 (新車に対し)
2010	EURO 4 (新型承認車両に対し)
2012	EURO 4 (新車に対し)

図-1.1 EU 規制値



Source: European Federation for Transportation and Environment, Daimler-Chrysler.dieselnet.com

硫黄分を全く含まないバイオディーゼルオイルは、税制のサポートにも後押しされ、今後はその必要性、需要はますます大きくなっていくものと考えられる。また、これに加え、バイオディーゼルオイルプロジェクトを CDM プロジェクトとして仕立てることが可能であれば、二酸化炭素削減にも貢献できる上、外国より投資を呼び込むことができること、一定の二酸化炭素取引の恩恵に与ることが可能となること等、南アフリカにとって多くのメリットを享受できるものと考えられる。

また、現在南アフリカは、失業率は30%を超えるなど深刻な雇用問題を抱えており、外国からの投資等により、雇用問題を改善することは政府の取り組むべき最重要課題の1つである。南アフリカ政府は、海外資本を積極的に呼び込むべく優遇措置も各種整備している。具体例としては、南アフリカ通商産業省が雇用創出、南アフリカ経済に貢献するとして承認した戦略的投資に対して、その初期投資50%または100%に相当する所得税の減税を3年間に亘り実施するもの(戦略的投資プログラム(Strategic Investment Program:SIP))や、外国投資を対象として新しい機器(自動車を除く)の海外からの移転費用、または機器価値の15%の何れか低い金額を最大300万ランド(約4,800万円)まで補助するもの(Foreign Investment Grant)等がある。

提案プロジェクトは、亜熱帯植物であるナンヨウアブラギリを原料としたバイオディーゼルオイルを製造することにより、化石ディーゼルオイル使用に比べCO₂排出量削減、SO₂排出量削減ならびにばい塵排出量削減が期待出来る事から、CDMプロジェクト形成が可能となり、南アフリカ政府の再生可能エネルギー取組政策とも合致するものである。また、提案プロジェクトでは原料安定確保の観点からナンヨウアブラギリのプランテーションを設営する計画であり、バイオディーゼルオイルリファイナリーの従業員のみならず、農園作業員として最終的には50,000人程度の新規雇用創出が想定される事から、南アフリカにおける失業率低下・地域振興にも貢献出来るものと考えている。

1.2 ホスト国の概要

1.2.1 一般事情

南アフリカ共和国は、周囲をナミビア共和国、ボツワナ共和国、ジンバブエ共和国、モザンビーク共和国及びスワジランド王国に国境を接し、南東部にレソト王国を包含する。西部は大西洋、南部及び東部はインド洋に面し、ケープタウン南東大西洋上のプリンスエドワード及びマリオン島を有し、首都はプレタリア、日本国土の約3.2倍、1,219,090平方キロメートルの面積である。(世界第24位)

南アフリカは、イースタンケープ、フリーステート、ハウテン、クワズル ナタウ、リンポポ、ムプマランガ、ノースウエスト、ノーザンケープ、ウェスタンケープの9州で構成され、人口は4,483万人(2003年:南ア国勢調査)、人口増加率1.2%(2002年:世銀)であり、人種比率は、黒人(79%)、白人(9.6%)、混血(8.9%)、アジア系(2.5%)となっている。英語、アフリカーンス語、バンツール諸語(ズールー語、ソト語ほか)等の合計11が公用語であり、宗教はキリスト教(人口の約80%)、ヒンズー教、イスラム教が主な宗教である。図-1.2に各州での主要言語比率を示す。

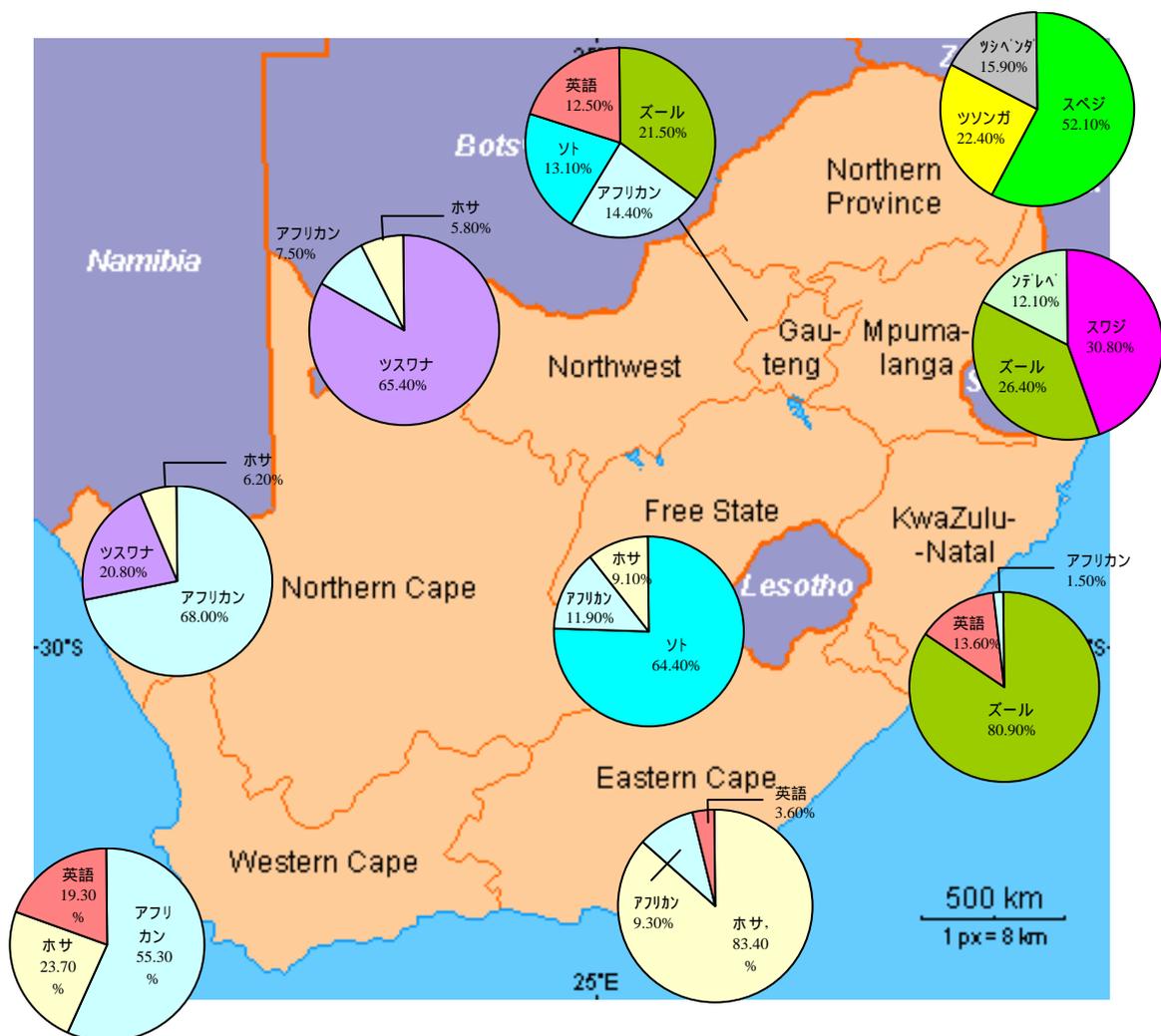
1.2.2 政治

1989年9月のデ・クラーク大統領就任以来、アパルトヘイト撤廃に向けての改革が進展し、その集大成として、1994年4月に南ア史上初めて黒人を含む全人種参加の下で総選挙（制憲議会選挙及び州議会選挙）が実施され、同年5月にマンデラ大統領が選出された。

1999年6月には第2回目の民主的総選挙が行われ、与党アフリカ民族会議（ANC）が圧勝し、マンデラ大統領の後継としてムベキ大統領が選出された。

民主化10周年に当たる2004年4月には、民主化達成後の3度目となる総選挙が実施され、与党ANCが圧勝。ムベキ大統領は、貧困と未開発を解決するため、経済の成長と発展による雇用の創出、貧困撲滅のための社会保障制度の構築などを軸とする政治を進めている。

図-1.2 南アフリカ共和国 州別主要言語比率



現在の政府省庁組織は、図-1.3 のように 27 省から成り立っている。

図-1.3 27 省の名称

- | | |
|---------------|------------|
| — 内務 | — 司法・憲法開発 |
| — 教育 | — 環境・観光 |
| — 外務 | — 公共サービス |
| — 国家防衛 | — 通信 |
| — 大蔵 | — 労働 |
| — 州・地方政府 | — 矯正サービス |
| — 芸術・文化・科学・技術 | — 土地・農業 |
| — 輸送 | — 森林水源 |
| — 公共企業 | — 情報 |
| — 公共事業 | — 鉱物・エネルギー |
| — 社会開発 | — 厚生 |
| — 安全防衛 | — 内閣 |
| — 住宅 | — 娯楽・スポーツ |
| — 通商産業 | |

1.2.3 経済

南アフリカの主要産業は農業、鉱業、工業であり、具体的には以下の通りである：

農業：とうもろこし、柑橘類、その他の果物、小麦、砂糖等

鉱業：金、ダイヤモンド、プラチナ、ウラン、鉄鉱石、石炭、銅、クロム、マンガ
ン、石綿等

工業：食品、製鉄、化学、繊維、自動車等

名目 GDP は 1,823 億ドル(2003 年)であり、一人当たりの名目 GDP は 4,100 ドル(2003 年)、経済成長率は、3.0%(2002 年)、1.9%(2003 年)、2.6%(2004E 年)である(CIA World Factbook に拠る)。

一方、物価上昇率は、5.7%(2001 年)、10.0%(2002 年)、6.8%(2003 年)、1.4%(2004E 年)と比較的安定してきているが、失業率が 31.2%(2003 年)を記録するなど、人種間の所得格差、高い失業率、黒人貧困層の生活改善などが急務である。

貿易は、輸出が 312 億ドル(2002 年)、385 億ドル(2003 年)これに対する輸入が 266 億ドル(2002 年)、347 億ドル(2003 年)と輸出入とも拡大しており、主な貿易品目としては、輸出・輸入ともに以下の通りである：

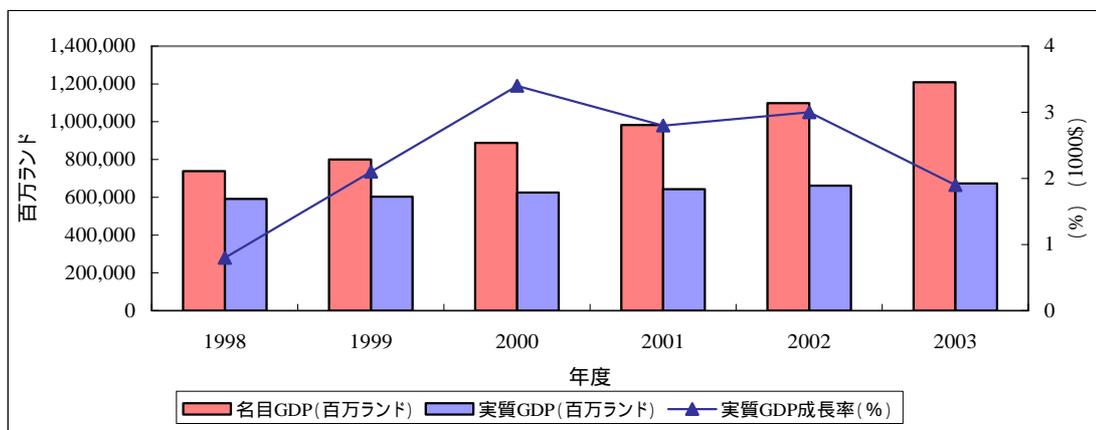
輸出：金、希金属、鉱物製品、化学製品、食品、繊維製品、ダイヤ

輸入：機械、自動車類、化学製品、科学機器、繊維製品、プラスチック、ゴム

貿易の主要相手国としては、輸出が米、日本、伊、独、英、輸入が独、英、米、日本、伊となっている。尚、日本との貿易はジェトロ集計によると、ドルベースで対日輸出額は 15 億ドル(2002 年)、31 億ドル(2003 年)、対日輸入額は 18 億ドル(2002 年)、24 億ドル(2003 年)と共に拡大している。

1998 年から 2003 年の GDP 推移は図-1.4 の通りである。

図-1.4 南アフリカ共和国 GDP 推移



(出所：ジェトロ 2005 年 2 月)

南アフリカ政府にとって、雇用と技能開発は最も重要な課題であり、雇用機会創出、若年層の技能、技術の習得のため中央政府、商工業界、地方政府リーダーが開発発展サミットを組織しているいろいろなプログラムを行っている。中小企業、特に零細企業が多数存在する現状から、雇用拡大の為に零細企業の育成が重要課題となっている。尚、2004年3月の労働力調査では失業率が27.8%と前年に比べ改善している。

1.2.4 エネルギー事情

南アフリカでは鉱物・エネルギー省がエネルギー関連の事項を管轄している。また、鉱物・エネルギー省は次の局を設置し、政府のエネルギー政策を実施している。

- 国家電気統制局（電力供給事業を管理する）
- 国家原子力統制局（電力供給事業を管理する）
- 原子力安全委員会（原子力安全管理）
- その他

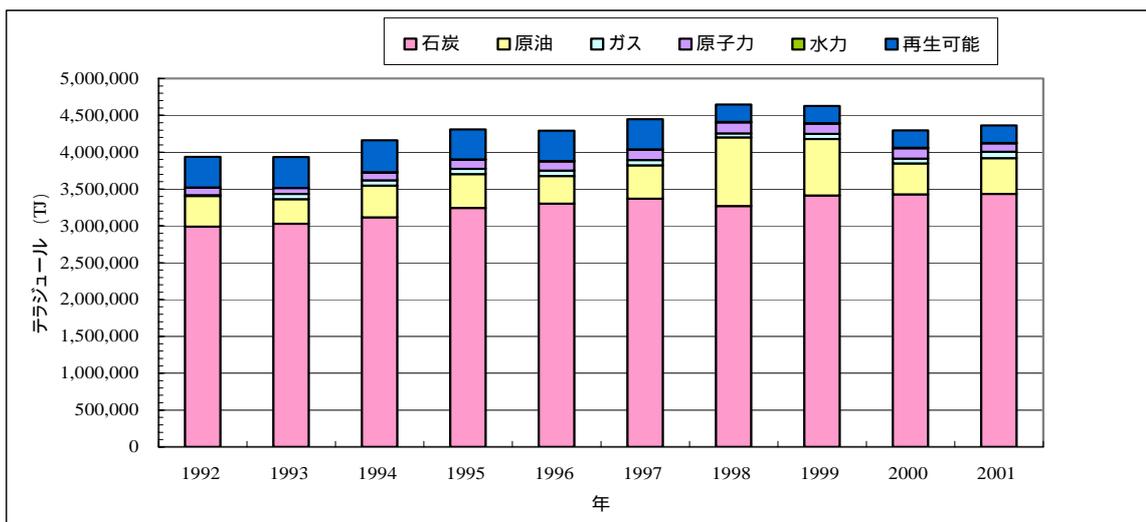
石油関連企業の国営ホールディング会社である中央エネルギー基金（Central Energy Funds：CEF）が石油・ガス資源の探査及び生産を管理し、その傘下企業の経営陣は鉱物・エネルギー大臣の任命となっている。モスガス、スコールなどを纏めたペトロサ（PetroSA：Petroleum Oil and Gas Corporation of South Africa）が1999年11月に設立されている。

電気事業公社エスコム（Eskom）が南アフリカでは圧倒的な力を有する発電、送配電事業者である。

南アフリカでは、過去にアパルトヘイト政策による国際的な経済制裁があったことから、自国に豊富に存在する石炭がエネルギーの中心となってきた。しかしながら、エネルギーソースの多様化を図り石炭一辺倒の現状脱却を目指し、天然ガス開発の促進、大規模緑化事業へのガス価格軽減などの優遇策を取っている。

一次エネルギー生産総量の推移を図-1.5に示す。1992年から2001年では総量として10.9%増えており、石炭でのエネルギー生産は14.8%増加しており、総一次エネルギー源の約80%が石炭となっている。石炭エネルギーの約5割は発電用、約3割はガス化用で消費され、残りの2割が最終エネルギー形態で消費されている。

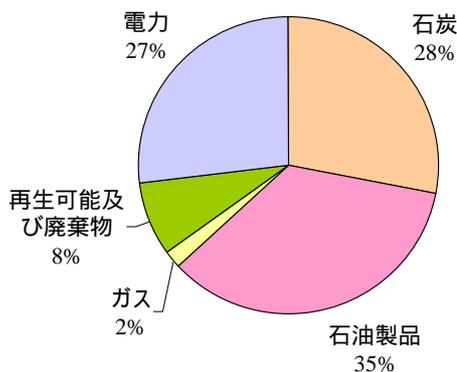
図-1.5 セクター別一次エネルギー生産量推移



(出所: Digest of South African Energy Statistics 2002)

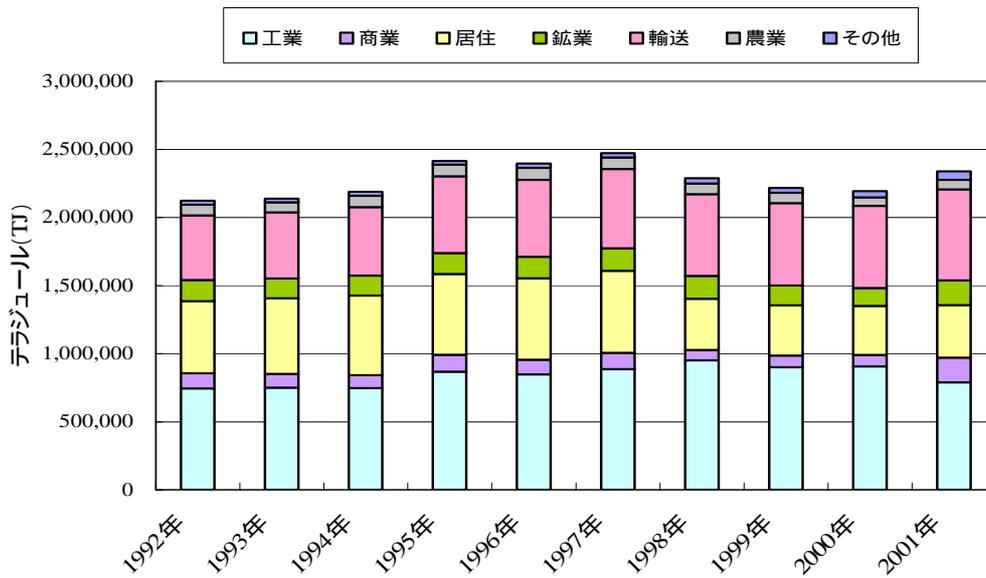
2001年の最終消費でのエネルギー形態は、図-1.6に示すように石炭が28%、石油製品が35%、電力27%、再生可能及び廃棄物8%、ガス2%となっており、石炭、石油、電力で全体の90%を占めている。近年のエネルギー消費構造を概観すると、商業・工業部門合計では漸減の傾向があるが、輸送部門は漸増してきており、2001年では全体の約27%となっている。

図-1.6 最終消費でのエネルギー源比率(エネルギー形態別)



(出所: Digest of South African Energy Statistics 2002)

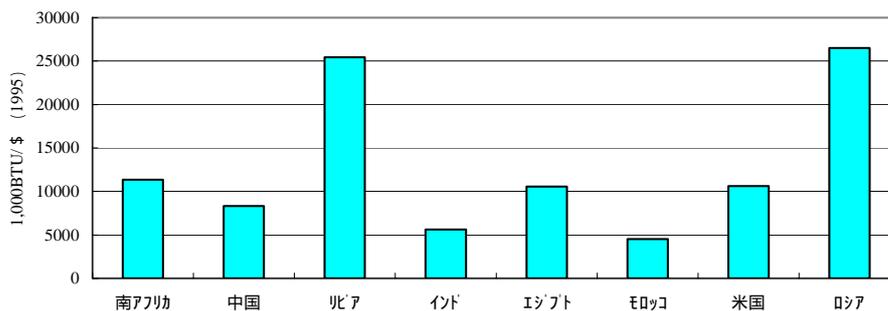
図-1.7 セクター別エネルギー消費量推移



(出所: Digest of South African Energy Statistics 2002)

南アフリカはアフリカ大陸諸国では先進工業国に位置づけられているが、エネルギーインテンシティを見ると、アルジェリア、モロッコ、エジプト等のエネルギー生産国に比較してエネルギー消費率が高い。また、インド、中国などの工業急進国よりも多くのエネルギー消費となっており、省エネルギーが進んでいない状況といえる。図-1.8 に 2002 年の諸国エネルギーインテンシティを示す。

図-1.8 2002 年エネルギーインテンシティ



(出所: Energy and Environmental Issues of South Africa EIA of DOE/USA)

1.2.5 液体燃料

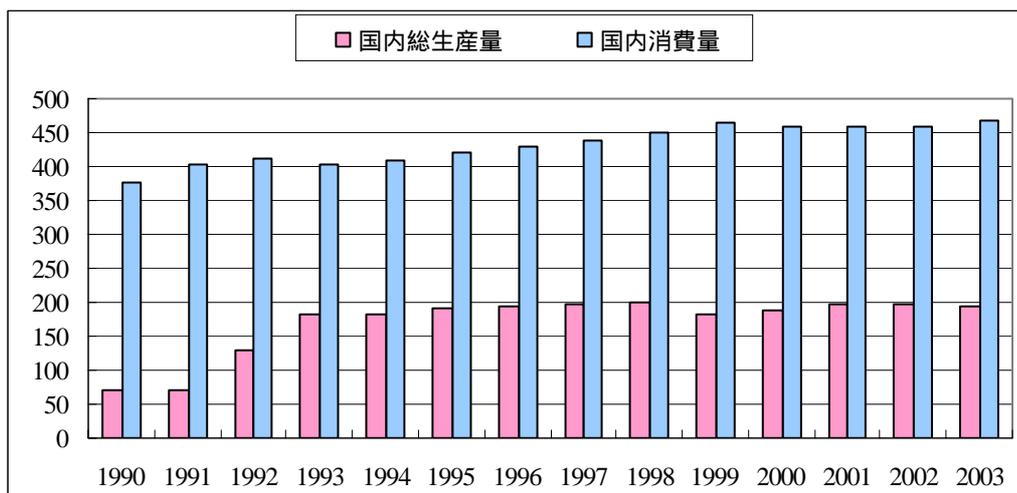
南アフリカは豊富な石炭の埋蔵量は有するが、石油資源は乏しい。

確認石油埋蔵量は 2005 年 1 月時点で 1,570 万バレルと Oil & Gas Journal 誌は報告している。国内原油生産量は 2003 年で約 19.5 万バレル/日であり、そのうち 16.5 万バレル

ル/日は合成石油であり、国内消費量 46.9 万バレル/日には不足しており、海外からの原油及び製品を輸入している。原油輸入先は主にイラン、続いてクエート、UAE、サウジアラビア及びナイジェリアが有り、輸入源の多様化を図っている。

石油生産と消費の推移は図-1.9 のようになっている。

図-1.10 南アフリカでの 1990 年から 2003 年までの石油生産及び消費



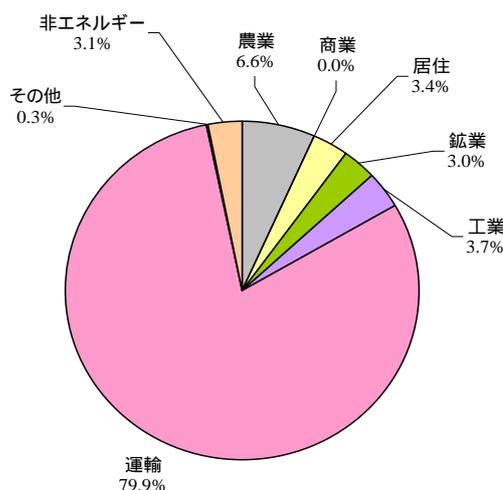
(出所：Energy Overview of South Africa by DOE/USA)

南アフリカの精製設備能力は 52 万バレル/日で、アフリカ大陸ではエジプトに次ぐ第 2 位の設備を保有する。一方、国内の石油生産の不足を補う政策のもと、合成燃料工業では南アフリカは先進技術を保有している。豊富な石炭埋蔵、モッセル湾からの天然ガス及びコンデンセートを背景に、サソール (Sasol) が石炭液化技術開発を達成、現在は世界最大の石炭液化燃料生産会社となっている。

南アフリカでは、天然ガスから液化製品を製造するペトロサ (PetroSA) 及びサソールの 2 社が合成燃料を製造しており、現在サソールが 15 万バレル/日、ペトロサが 5 万バレル/日の製造能力を保有する。

液体燃料における国内消費の 80% は圧倒的に自動車を始めとする輸送部門であることが分かる。

図-1.11 石油製品の部門別消費比率(2000年)



(出所: 鉱物・エネルギー省)

1.2.6 再生可能エネルギー

南アフリカでは再生可能エネルギーの活用は、バイオマス発電、太陽光発電及び風力発電が見られる。

南アフリカの年間晴天時間は 2,500 時間を超え、一日当り平均の太陽光エネルギーは 4.5 から 6.5kWh/平方メートルと想定され、太陽光発電の有力地区といわれる。電力会社エスコムは電線網による電化コストの削減に成功しているが、残された農村部の未電化地域の電化には太陽光発電による電化を積極化に推進している。未電化農村部においては電力消費が非常に少ないことが予想されるため、電線網による電化には自ずと限界が見えているためである。

南アフリカは上述の未電化農村部の太陽光発電による電化手法としてコンセッション方式を採用し、民間もしくは半官半民の企業にその地域の太陽光発電の電化事業を委託している。

その代表的なものに

- 1) エスコム/シェルグループ
- 2) Electricite de France/Total グループ
- 3) NUON/RAPS グループ

等がある。

これらは 50,000 戸の家庭に対し約 50W の SHS (Solar Home System) と呼ばれる太陽光発電装置を適置し、Fee for Service 方式 (SHS は事業体が所有し、電力料金 = SHS 使用量を毎月 50 ランド程度徴収するスキームである。)

SHS の設備費用のかなりの部分は南アフリカ政府の補助金でまかなわれる。

風力発電も家畜飼育或いは自家用の水ポンプ電源として小規模であるが利用されている。バイオマス発電に関して国民は家庭用のエネルギー源として木材を利用、砂糖ミル工場は、精製過程の廃物バガスを石炭の粉と混合して熱電併用自家発電にて蒸気、電気を得ている。

1.3 ホスト国の CDM/JI に関する政策・状況

南アフリカ政府は「自動車からの有害排出ガス管理国家戦略 (National Strategy for the control of toxic exhaust emission from vehicle) 」を作成しており、この中では 2008 年から国内で販売される新車全てに排気ガス浄化用触媒の装着を義務付けている。1996 年に無鉛ガソリンが導入されたが、依然有鉛ガソリンが多く使用されており、大気汚染の原因となっている。

上述戦略ペーパーによれば、2006 年までに国内で販売される新モデルの自動車には触媒の装着が義務付けられ、2008 年までには全ての新車に対して装着が義務付けられる。触媒は自動車排気の有害物質を 90% まで削減できるとされる。また 2012 年からは、2005 年に欧州各国で適用がされる予定で、更に厳しい環境基準となる Euro4 を南アフリカ市場にも適用する事が検討されている。有鉛ガソリンの販売は 2006 年で禁止されるが、2004 年までにガソリンに含まれている硫黄分を 500ppm に減少、2010 年までに 50ppm に減少させる等が含まれているが、2004 年からの硫黄分削減目標は既に 2006 年と変更されており、これら目標の実現化への道は、かなり厳しい状況である。

一方、南アフリカ政府は 2002 年 3 月に京都議定書を批准、非附属書 I 国となっているために当面 2012 年までは削減の義務は発生しないが、CDM プロジェクト形成には積極的である。2004 年 12 月に鉱物・エネルギー省に Designated National Authority (DNA) を設置し、排出量削減、排出権取引等、具体的な CDM プロジェクト認定のフレームワーク作りを進めている。

南アフリカの CDM 形成ポテンシャルは高く、米国エネルギー情報センターの分析では、2002 年における全世界の温室効果ガス排出量の 3.4%、全アフリカの 90.6% に相当する年間 3 億 630 万トンの高二酸化炭素排出国であり、アフリカでは最大の温室効果ガス削減の可能性を有す。また国連の気候変動枠組み条約 (UNFCCC) を批准しており、中国、ブラジルに続き 3 番目に CDM プロジェクトの魅力が高いとされている。

温室効果ガス削減は、石炭消費が特に大きい発電部門の天然ガスへの切り換え、産業用ボイラーでの従来の燃料である重油、石油系ディーゼルからバイオディーゼルオイル及びバイオ燃料への転換が CDM プロジェクトとして大きな可能性があるといえる。

また、企業としては電力のエスコム、石炭の大量消費をしている製鉄会社イスコール、石炭液化のサソール等が大きな温室効果ガス排出削減源であり、家庭でのエネルギー源である木材の使用を減らすための地方村落の再生可能エネルギーによる電化及びバイオ燃料の普及等、南アフリカは温室効果ガス排出削減へのポテンシャルは大きい。

また提案プロジェクト製品の適用などによる輸送部門の法整備も CDM プロジェクトへの大きな出発点である。現地調査以後、経済産業省が主となって、従来の石油系ディーゼルへのバイオディーゼルオイルの混合を義務づける法整備を早期に行うよう鉱物・エネルギー省に公式要請を出す事になったとの情報を得ている。

1.4 ホスト国の持続可能な開発へ貢献できる点・技術移転できる点

南アフリカは提案プロジェクトを実行しバイオディーゼルオイルを生産することにより、以下のメリットを享受出来る。

- 1) 政府が推進中の高生産コストの再生可能エネルギー事業援助を具体化する種々法案整備。
- 2) バイオディーゼルオイルリファイナリー操業、*Jatropha Curcas* プランテーション運営を通じ、総勢約 5 万人の新規現地雇用創出。これにより、失業問題低下・黒人経済開発を支援する。
- 3) 化石ディーゼルへの混合による化石ディーゼル消費量の削減、これによるディーゼルオイル製品輸入削減、温室効果ガス排出削減、SO_x、NO_x、煤塵の削減。
- 4) リチャードベイ工業開発ゾーン開発。
- 5) ナンヨウアブラギリ栽培による地区農業大学、研究機関の知識、技能の習得、発展。
- 6) 新規雇用による労働確保に伴う収入の増加。
- 7) さとうきび栽培に不適な農地の作付け転換による増収。

提案プロジェクトで使用するナンヨウアブラギリは、現地企業が 5 年ほど前から種子を輸入シクワズル ナタウ州或いはウツングル地区の農業研究所、農業大学の協力を得て栽

培実験を行ってきており、その成育に特別な技術は不要だが、播種、苗木の生育はある程度
の環境整備が必要である。

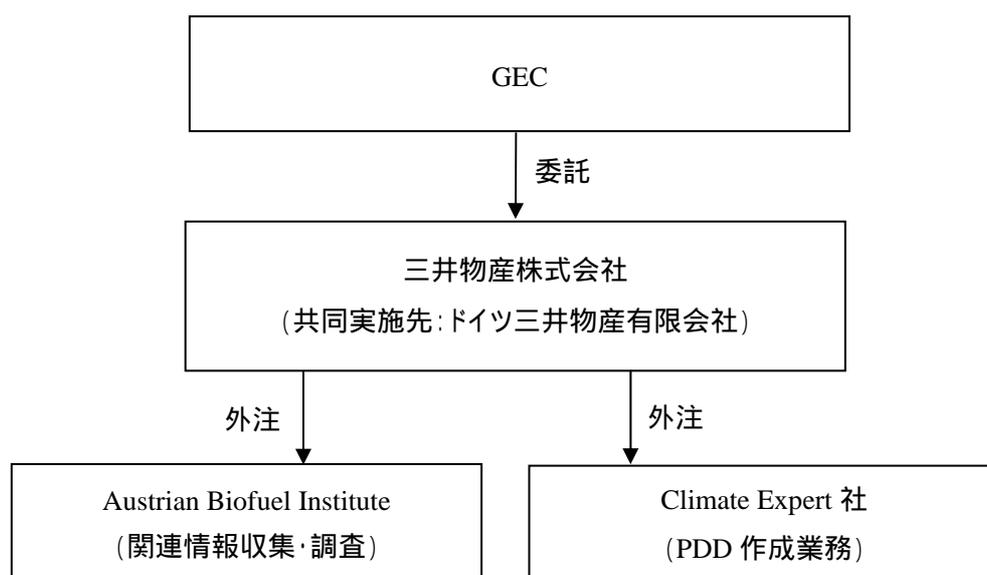
尚、バイオディーゼルオイル製造技術は、植物油のエステル化変換であり、欧州では主
にナタネ油、食用廃油等を原料とし商業生産体制が確立されている。またナンヨウアブラ
ギリ種子に関しても試験製造を実施している企業が世界に存在する。従い、ナンヨウアブ
ラギリ種子の圧搾、抽出、精製設備の運転・保守・管理等に関する知識・技術を提案プロ
ジェクトにて新規採用する運転員に習得させる必要は有るが、技術的な困難は大きくは無
く、スーパーバイザーを一定期間派遣し技術トレーニングを実施することで、現地側への
技術移転が実施可能である。

1.5 調査の実施体制

本調査は、南アフリカ共和国におけるバイオディーゼルオイルリファイナリー建設計画
に関し、その事業性を調査すること、及び CDM 案件としての実現性を調査することを目
的とし、以下の調査体制にて調査を実施した。

GEC より三井物産（株）が受託、ドイツ三井物産（有）と共同で調査を実行。

但し以下に挙げる一部調査・業務に関しては、担当調査分野において深い知見を有す
Austrian Biodiesel Institute 及び Climate Expert に業務を外注した。



外注調査・業務内容：

(1) Austrian Biodiesel Institute

外注調査項目	内容
1. 原料情報収集	原料種子の特性・特徴(含油率、供給・生産量等)に関する情報収集を行う。
2. マーケティング情報収集	製品ディーゼルオイル及びグリセリンの販売チャンネル、競合状況等の情報収集を行う。
3. 現地法・税制度情報収集	現地法・税制度の情報収集を行う。
4. プロセス関連情報収集	生産プロセス検討の為の情報収集を行う。
5. その他	その他、必要に応じ補助的な情報収集・調査検討業務を行う

(2) Climate Expert 社

プロジェクト設計書（PDD）の作成、及び此れに付随する関連調査・業務。

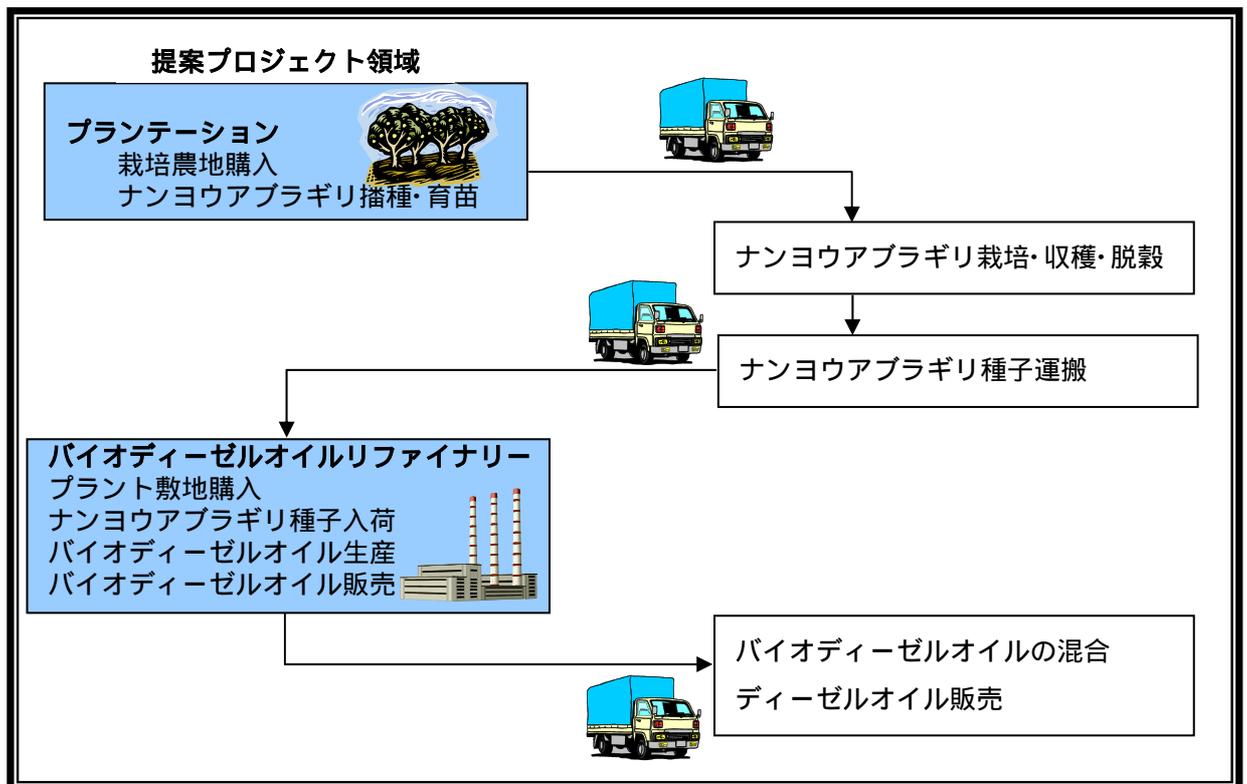
第2章 プロジェクトの立案

2.1 プロジェクトの具体的な内容

提案プロジェクトはナンヨウアブラギリのプランテーションを行い、その種子を収穫、搾油し、メタノールとのエステル化反応によりバイオディーゼルオイルを生産するものである。

提案プロジェクトの領域を下図-2.1 に示す。

図-2.1 プロジェクト領域



2.1.1 プラント設置予定地

プラント設置予定地は、クワズル ナタウ州ウツングル地区ウムラツズ市リチャードベイ産業開発ゾーン (Richards Bay Industrial Development Zone) を想定する。

所在地、概要は図-2.2、図-2.3 の通りである。

2.1.2 プラント配置計画

設備配置計画図 (図-2.4) を参照。

プラント設計基準は次の通りである：。

原材料	ナンヨウアブラギリ種子	250,000 トン/年
	メタノール	120,000 トン/年
製品	バイオディーゼルオイル	100,000 トン/年
	精製グリセリン	10,000 トン/年
	絞りカス	140,000 トン/年
主要設備	種子受入貯蔵設備	
	種子圧搾設備	
	エステル化変換設備	
	グリセリン精製設備	
	製品貯蔵設備	
	出荷設備	
	運転管理設備	
	ユーティリティ設備	
	分析設備	
	設備保守管理設備	

2.1.3 ナンヨウアブラギリ栽培(プランテーション)

プランテーションの候補団地は現在サトウキビ栽培或いは植林に使用されている。これらの土地はすべてナンヨウアブラギリへの転用が可能である事は、現地農民組織との話し合いで確認されている。

現在ナンヨウアブラギリは主に、インド、ギニア、ケープ-ベルデ諸島、ジンバブエ、マリ、パラグアイ、モザンビーク、マダガスカルで栽培されている。1本当たり6kgから10kgの種子の収穫を得ることができる為、提案プロジェクトの年産10万トンのバイオディーゼルオイル製造のための農地面積は次の通りとなる：

バイオディーゼルオイル生産量：	100,000ton / 年
原料種子の含油率：	40～48%
原料種子重量：	250,000ton / 年(含油率40%として)
1haあたりのナンヨウアブラギリ本数：	2,500本
1本あたりのナンヨウアブラギリ種子収穫量：	6～10kg
必要農地面積(1本あたり6.7kgの種子収穫として)：	15,000ha (250,000 ton / 年 ÷ (2,500本 / ha × 6.7kg / 本・年))

ナンヨウアブラギリは1年木から結実するが収穫量は少なく、安定した種子生産には3年から5年かかる事から、プラント建設開始より先行して栽培開始する。但しプラント操業時の原料が不足する為、当初は輸入で賄い操業開始後3年目頃を目処に全量国産種子への切り替えとする。

プランテーション用土地及び農地は、プラント設置予定地から100km以内を候補地とする。合計で15,000haの土地買収を行う予定である。

移植期間としては、先ず苗木の育成に 4～6 週間、続いて移植を 2,500 苗木 / ha、250 万苗木 / 月で行うと、約 15 ヶ月で完了する。1,000ha 当たり 50 の栽培農家を予定しており、最終的には 750 農家の就業を予定する。

図-2.2 クワズル ナタウ州地図

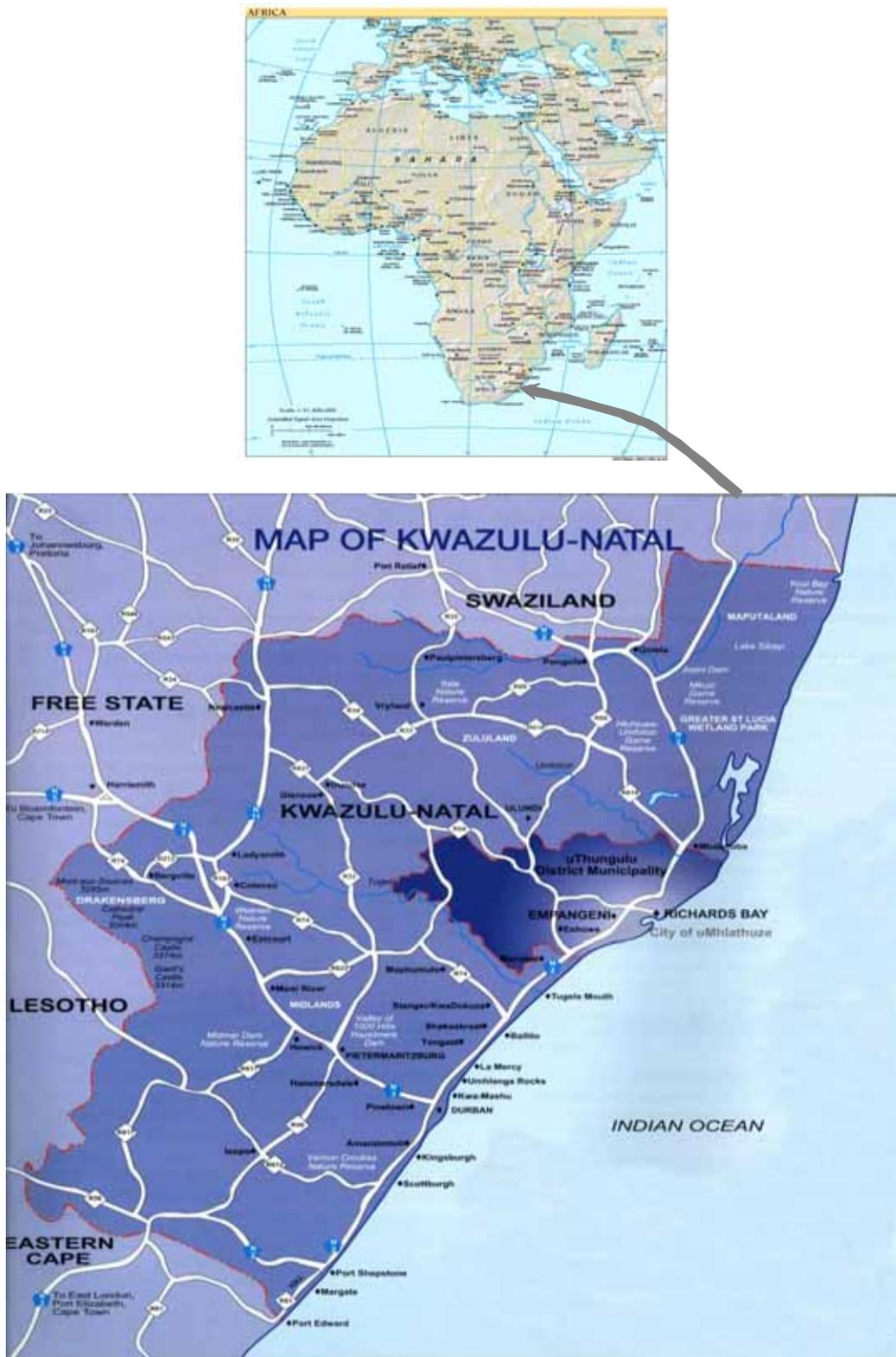


図-2.3 リチャードベイ産業開発ゾーン(進出候補ゾーン:1A)

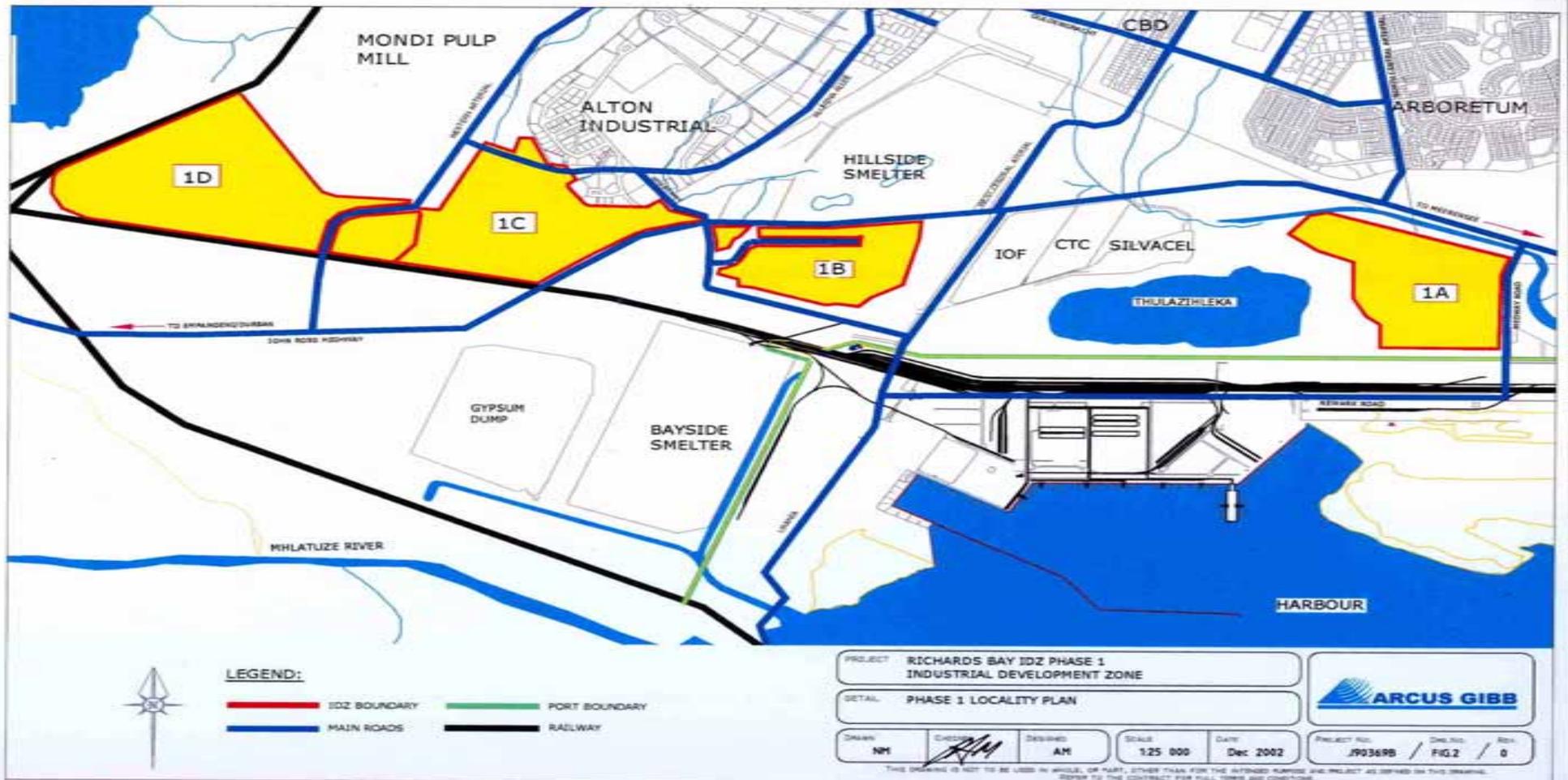
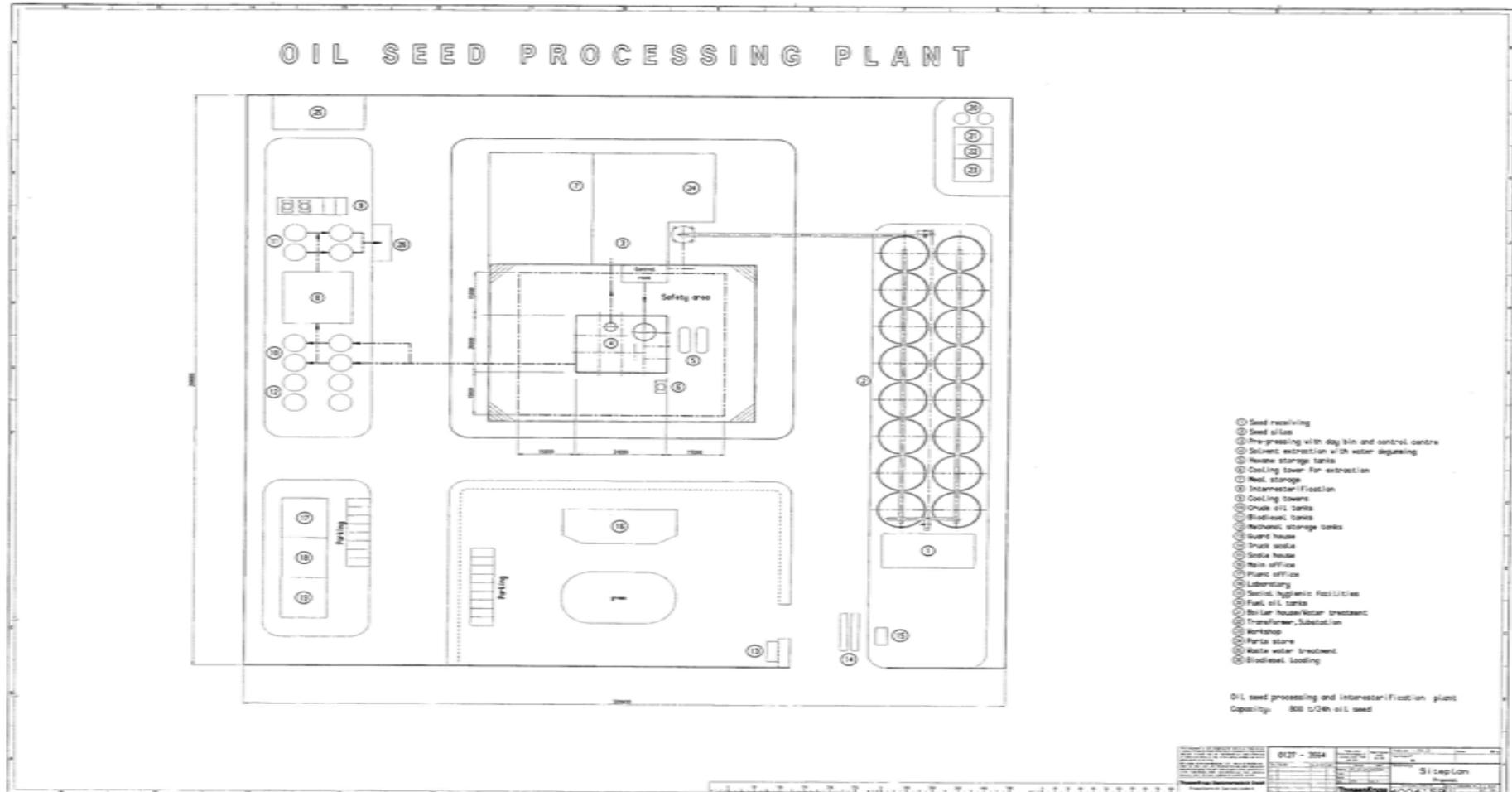


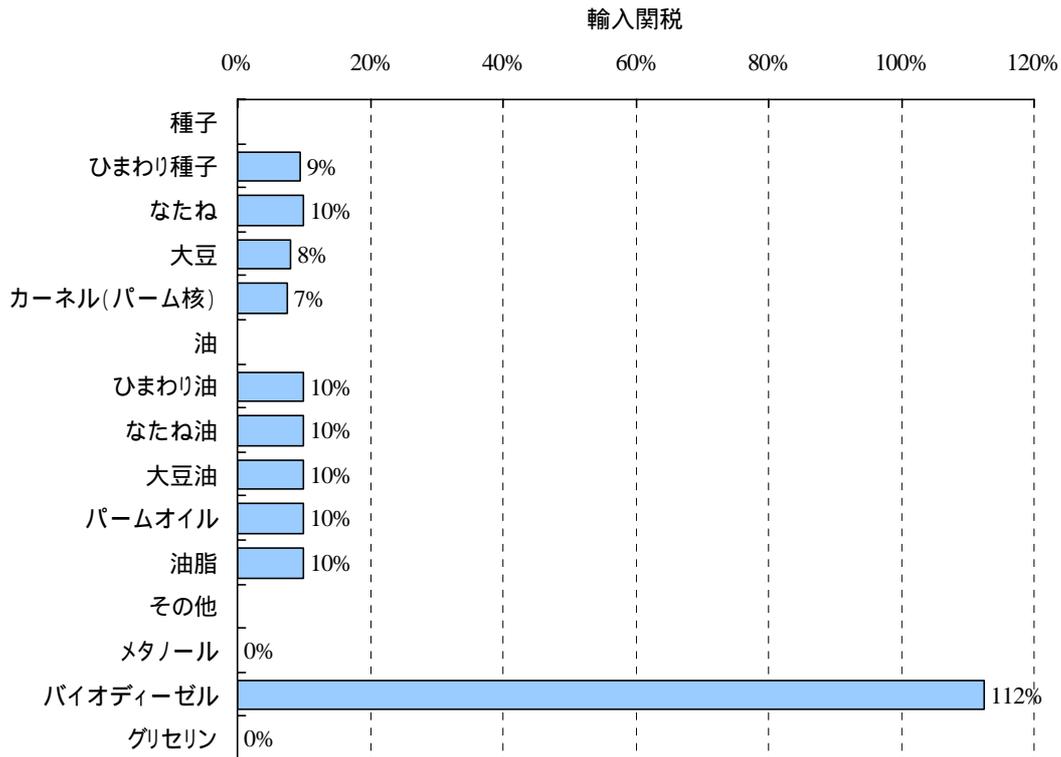
図-2.4 バイオディーゼルオイルリファイナリー工場配置計画図



2.1.4 マーケティング

南アフリカでは輸入関税は植物油、搾油用の種子を含め、おおむね 10%であるが、バイオディーゼルオイルに関しては 112%の関税が掛けられている。すなわち南ア国内のバイオディーゼルオイル製造業者は関税で、保護されており、南アフリカでの国内価格が海外からの輸入 CIF 価格の 2 倍であっても、競争力があるということになる。

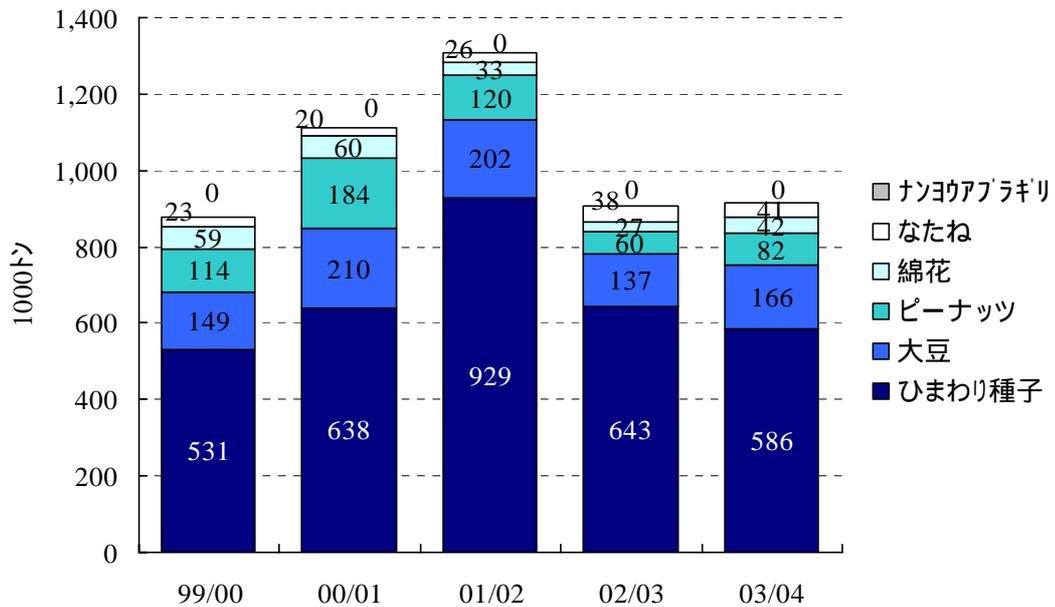
図-2.5 植物油、種子、バイオディーゼルオイル等の輸入関税



Source: The Department of Trade and Investment, South Africa except Glycerine and Biodiesel: South African Customs & Excise Office at Richards Bay and Biodiesel price c/kg: Oleoline and OANDA (Q4 2004 price for biodiesel ex mill in Europe converted to South African cents)

南アフリカ国内の植物油用の種子生産は、図-2.6 に示すように生産 85 万トン～125 万トンで推移している。品目の中ではひまわり種子が約 60%を占め、次いで大豆、ピーナッツ、綿花、なたねの順に生産されている。提案プロジェクトで使用されるナンヨウアブラギリの生産はほとんどゼロである。ナンヨウアブラギリ以外は主に食用油として利用されている。今後バイオディーゼルオイルの生産が増加するに従い、食用に利用される他の種子ではなく、南アフリカの風土にあったナンヨウアブラギリの生産が増加してくるものと考えられる。

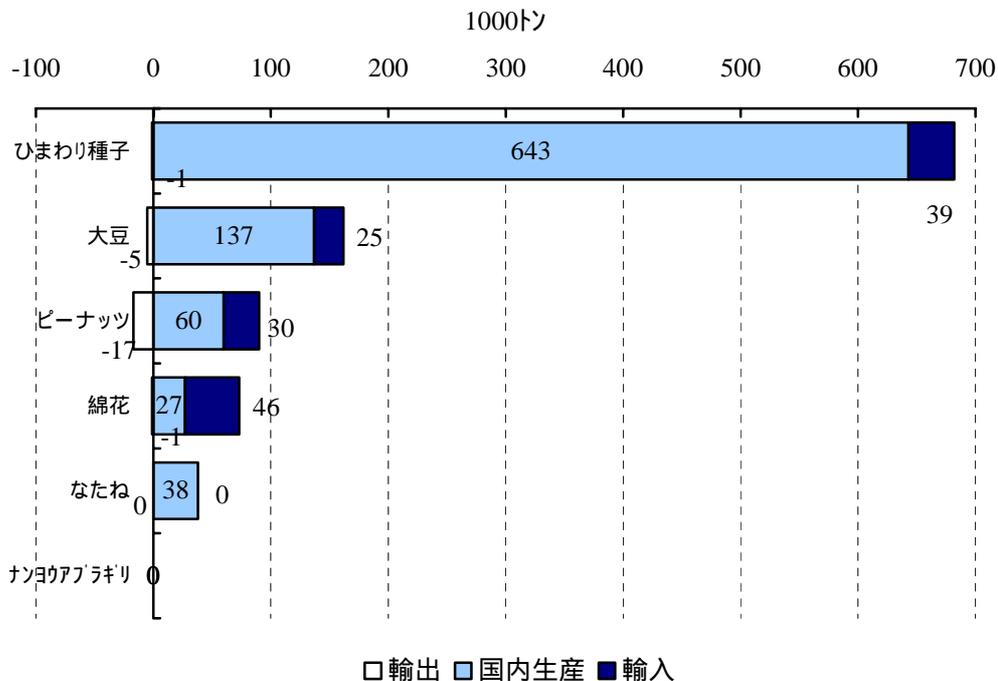
図-2.6 南アフリカにおける植物油用種子の生産高



Source: Oilworld

南アフリカでの 2003 年における植物油用種子の国内生産高と輸入量、輸出量を図-2.7 に示す。国内消費量に対し、輸入量はおおむね 12%、国内生産で約 88%である。

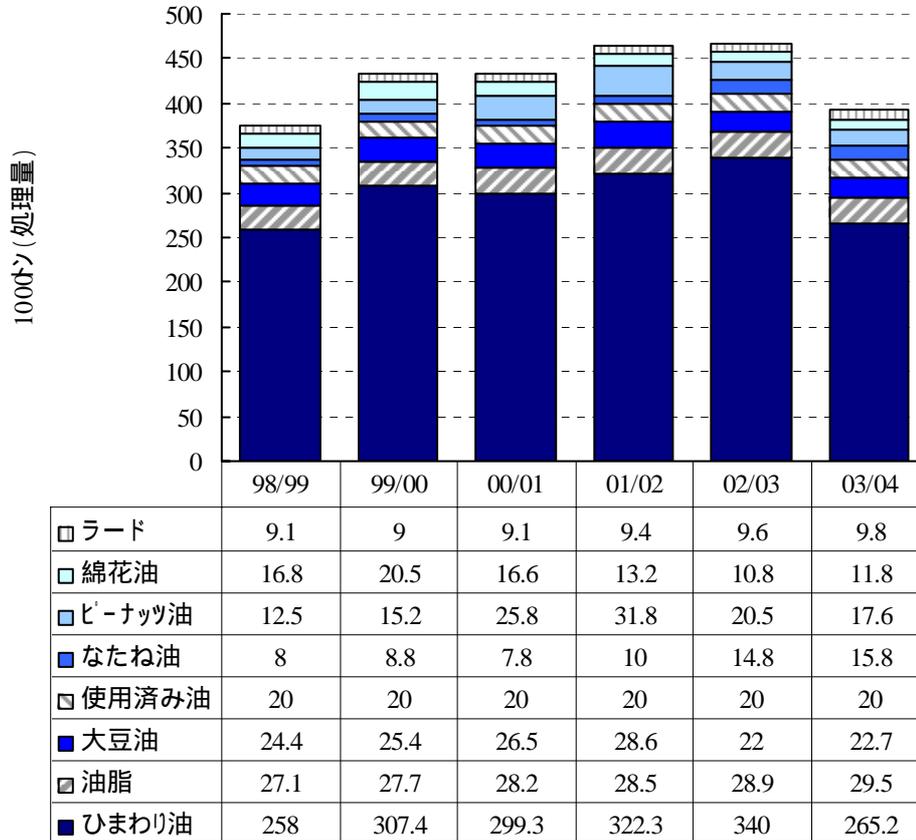
図-2.7 南アフリカにおける 2003 年の植物油用種子の生産量と輸出入量



Source: Oilworld

図-2.8 に南アフリカでの油及び油脂の生産量の推移を示す。年間 40～50 万トンで生産量は推移している。

図-2.8 油及び油脂の生産量



Source: Oilworld except used frying oils

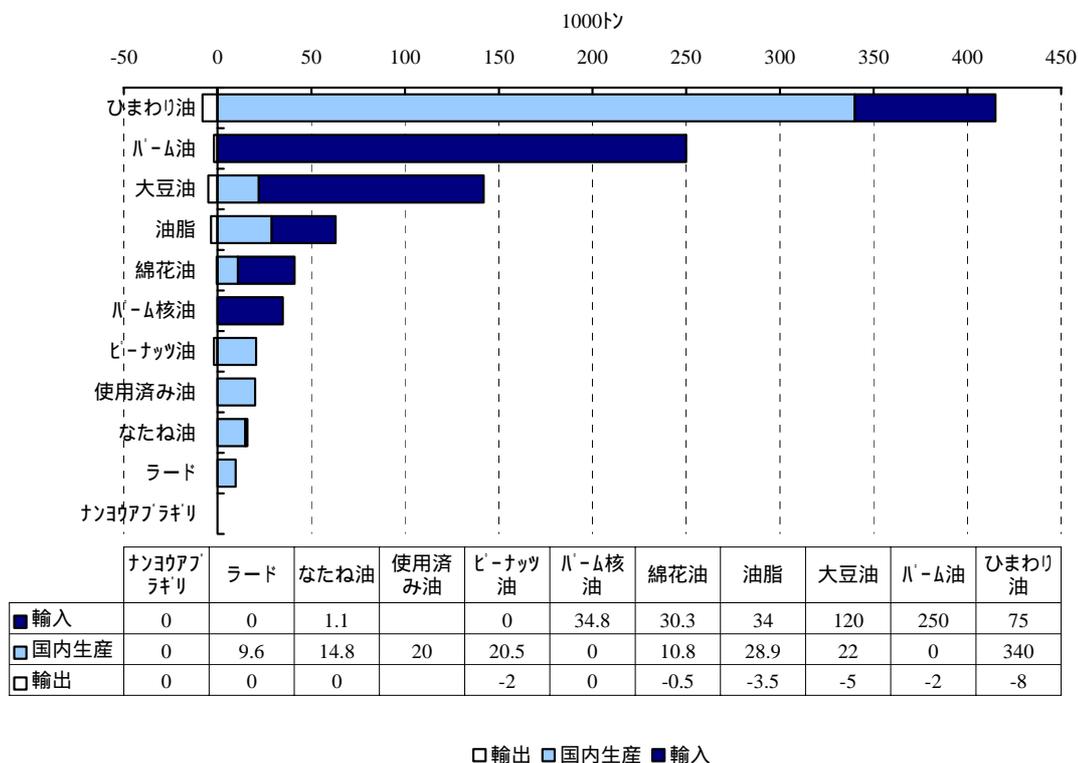
図-2.9 に南アフリカの 2003 年における油及び油脂の国内生産、輸出入量を示す。

国内生産は 46.7 万トン、輸入は 54.5 万トン、輸出は 2.1 万トンである。南アフリカでは、図-2.7 に示すように種子での輸入量は 14 万トンと少ないが、植物油の輸入が国内の生産量（搾油量）を上回っている。

南アフリカ国内における植物油の搾油・精製プラントの位置及びプラントの規模を図-2.10 に示す。搾油から精製まで行うプラントはヨハネスバーグ近郊のひまわり栽培地を中心に立地されているが、小規模精製プラントは植物油の輸入地であるダーバンを中心に立地されている。これら南アフリカのプラントで生産される植物油の生産量は、図-2.9 のとおり全体の 45%程度である。これにより、既存の植物油をバイオディーゼルオイルに転用するのは困難であることがわかる。

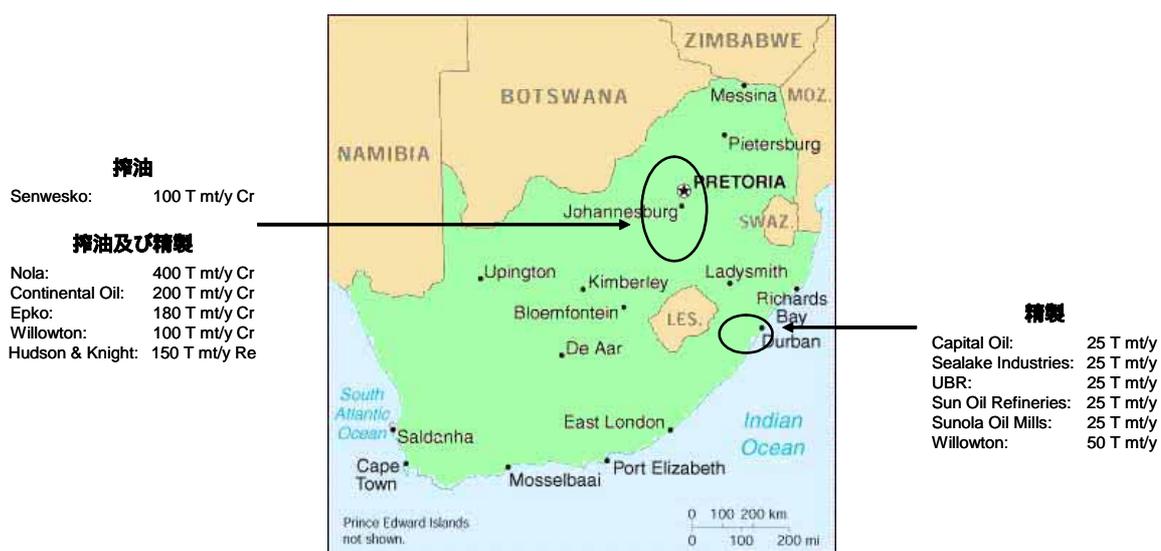
バイオディーゼルオイルを南アフリカで生産する場合は新規に種子を増産するか、外国からの輸入に頼る他はないことになる。

図-2.9 南アフリカの2003年における油及び油脂の国内生産、輸出入量



Source: Oilworld

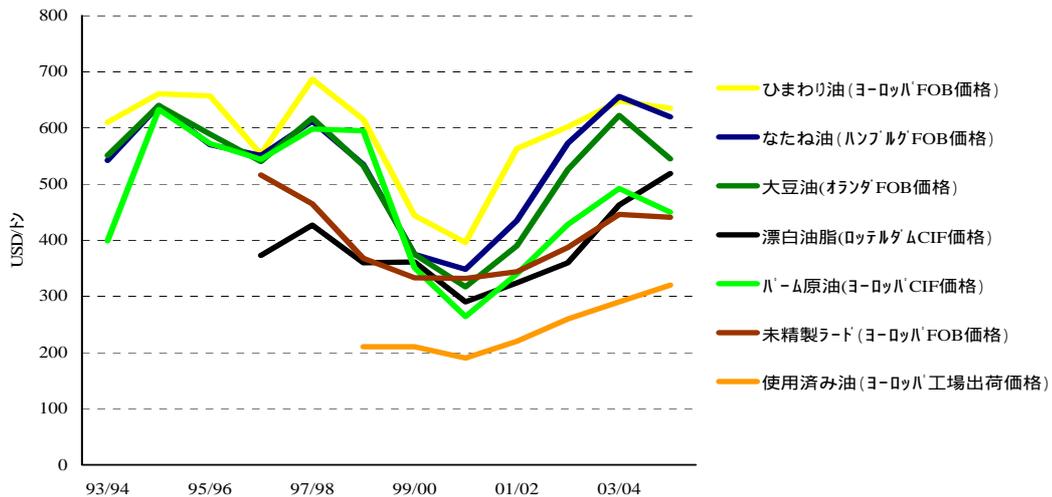
図-2.10 植物油、搾油、精製プラント



Source: The South African Oil Processor Association
Austrian Trade Commission

食用油の種子等の生産高は世界の気候変動、特にエルニーニョの影響を受け変動する。従い、この種子等から作られる食用油の国際価格も大きく変動している。平均では 500 US\$/ton 程度であるが、年により 300 US\$/ton を切ることもある。

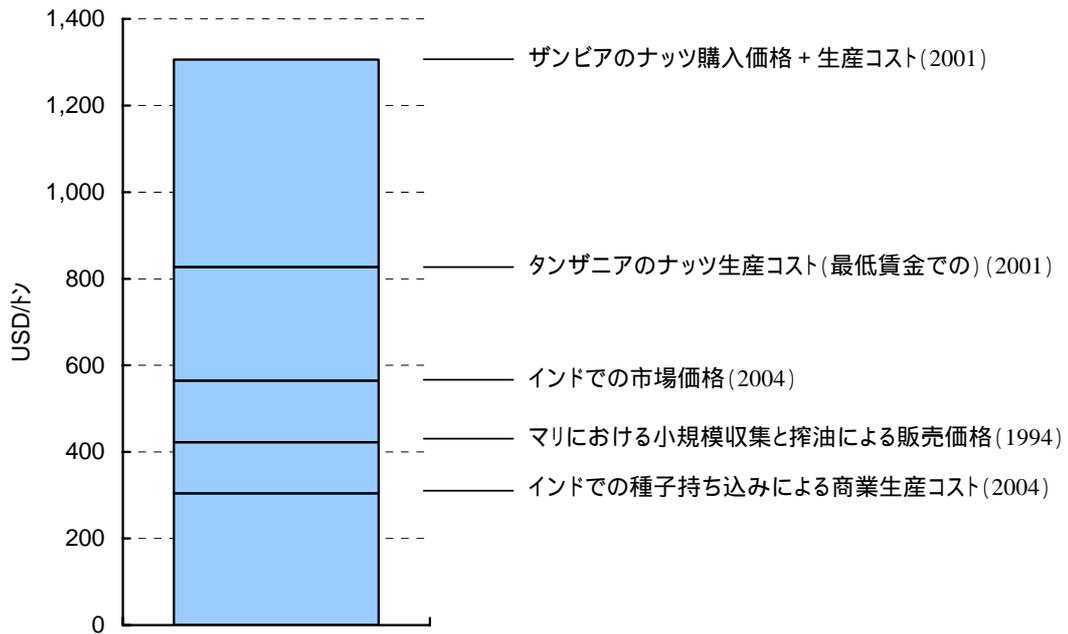
図-2.11 食用油国際価格の推移



Source: Oleocom, Matif, CBoT

ナンヨウアブラギリ油は、国際商品ではないため国際価格は存在しない。しかしすでに当該油を製造している国々での製造コスト等の資料は利用することができ、その一例を図-2.12 に示す。前述の図-2.11 の食用油の国際価格よりも下回ることが望ましいが、インドでの価格はそれを下回るものの、概してナンヨウアブラギリ油の製造コストは比較的高く、バイオディーゼルオイルの原料として普及していくためには大量生産等の工夫により製造コストを下げる必要がある。

図-2.12 ナンヨウアブラギリ油価格の推定



Source: Bagani GbR, Indian Central Organization for Oil Industry and Trade, Gujarat Oleo Chem Ltd., OANDA

南アフリカ科学技術省では、ナンヨウアブラギリの生産用地として約 190 万 ha が将来利用可能としている。このうち 20%の用地がナンヨウアブラギリの生産に回されたとすると栽培面積は 38 万 ha となる。

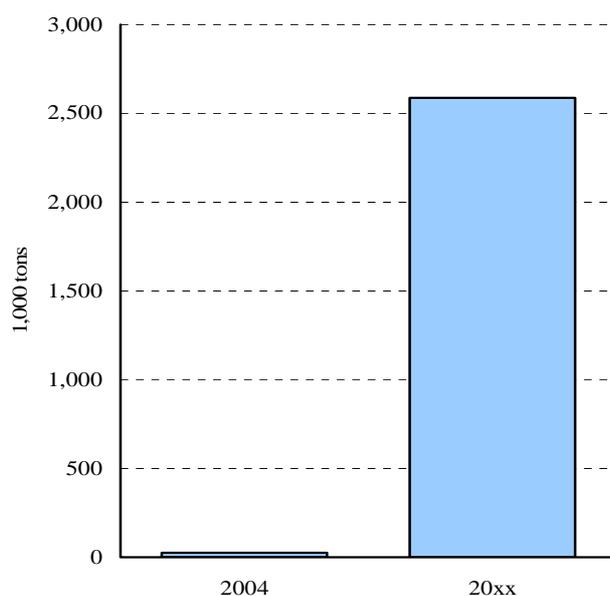
ナンヨウアブラギリの種子の生産	16,750 kg/ha
搾油率	40%

とすると

1 ha あたりの油の生産は、6.7 ton となる。

従い、38 万 ha では約 259 万トン/年の生産が可能であり、将来マーケットが拡大した際には十分な生産量を確保できると言える (図-2.13 参照)。

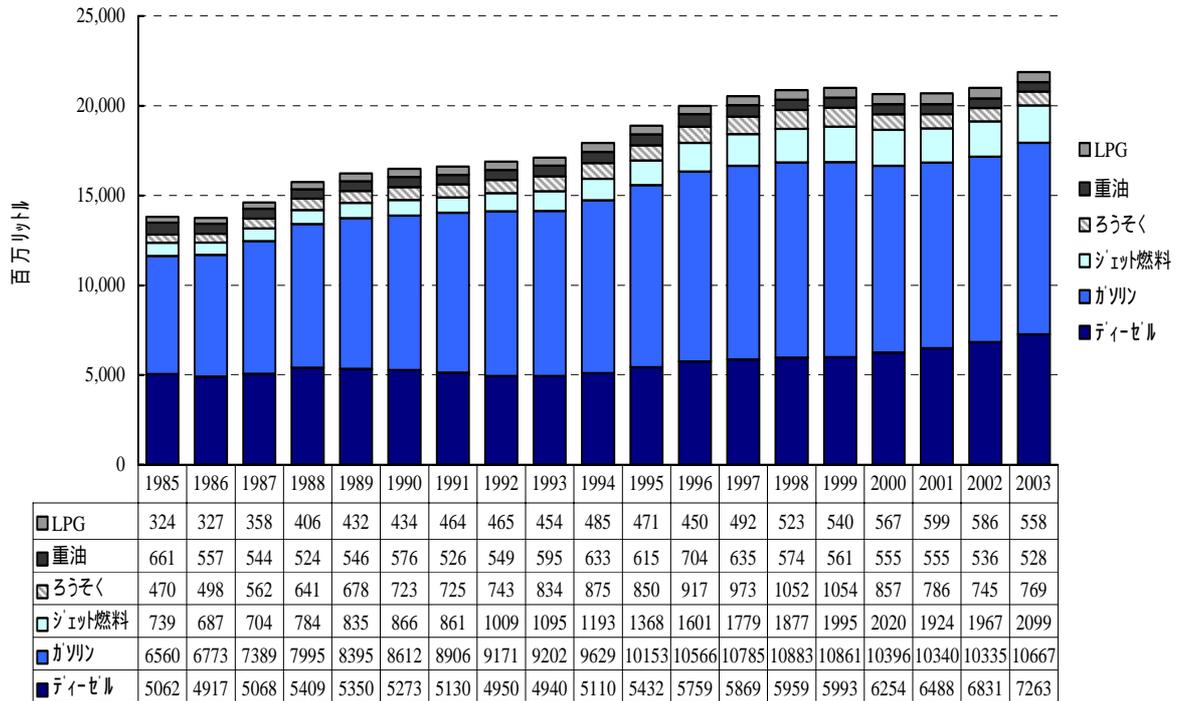
図-2.13 南アフリカにおけるナノヨウアブラギリ油の潜在的生産量



Source: Department of Science and Technology, South Africa

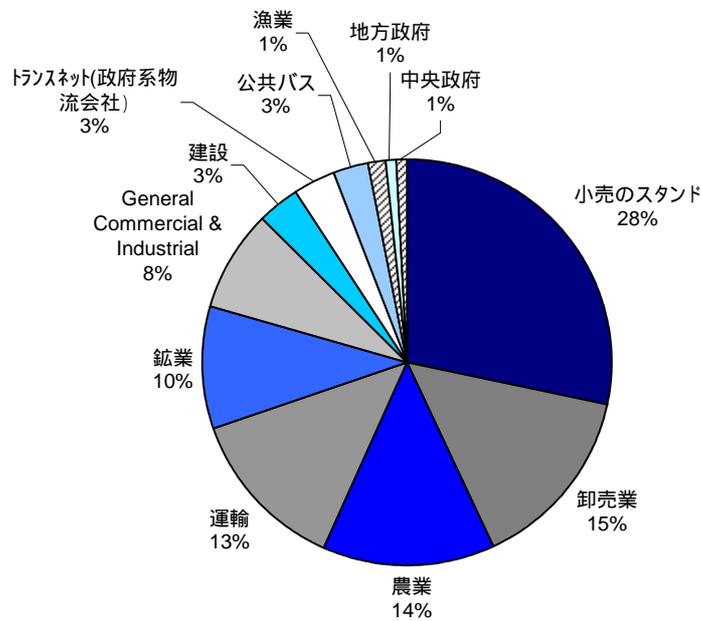
図-2.14 に南アフリカの石油製品販売量の年次推移を示す。2003 年に於いては提案プロジェクトで代替を目指すディーゼルオイルは年間 726 万 m^3 の需要があり、全石油製品の約 33%を占める。これを使用セグメント別に見てみると図-2.15 で示すとおり、小売及び輸送での使用が全体の 41%にのぼる。また、ディーゼルオイルの主な小売販売業者は図-2.16 のとおりである。図-2.17 に南アフリカにおける原油の入手源の内訳と精製量を示す。南アフリカは自国での原油生産量が少なく、外国からの輸入と自国石炭からの液化により原油の確保を行っていることがわかる。また、図-2.18 に製油所の立地場所を示す。南アフリカは原油の大半を輸入に頼っているため、製油所は原油輸入基地のある沿海部に立地されている。

図-2.14 南アフリカの石油製品の販売量推移



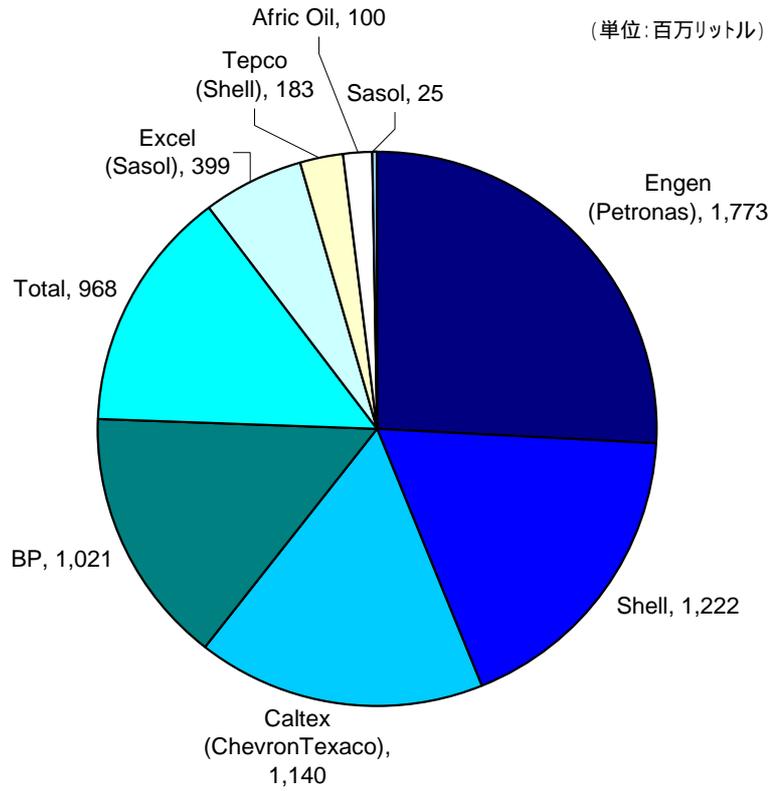
Source: South African Petroleum Industry Association

図-2.15 南アフリカのディーゼルオイル セグメント別使用比率



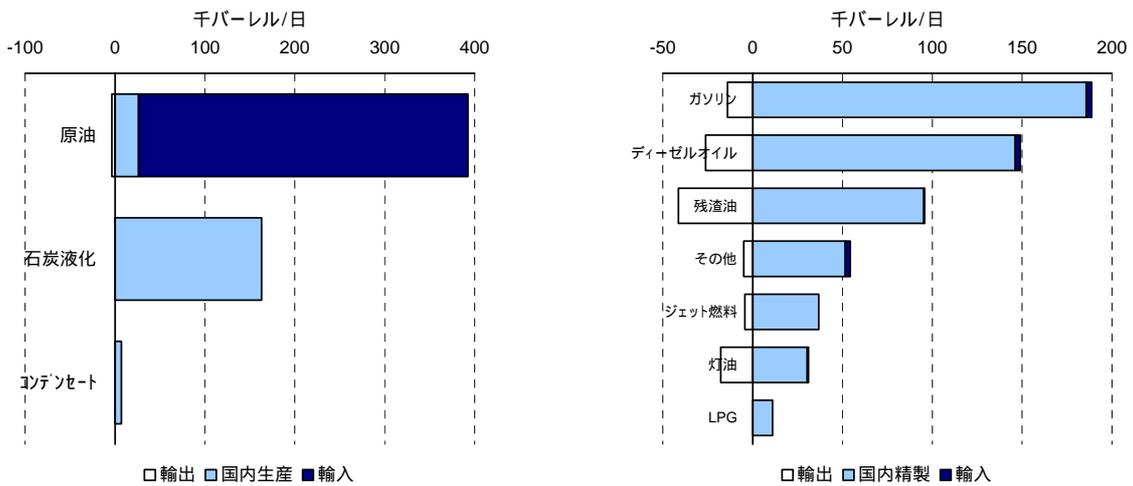
Source: South African Petroleum Industry Association

図-2.16 南アフリカのディーゼルオイル販売業者



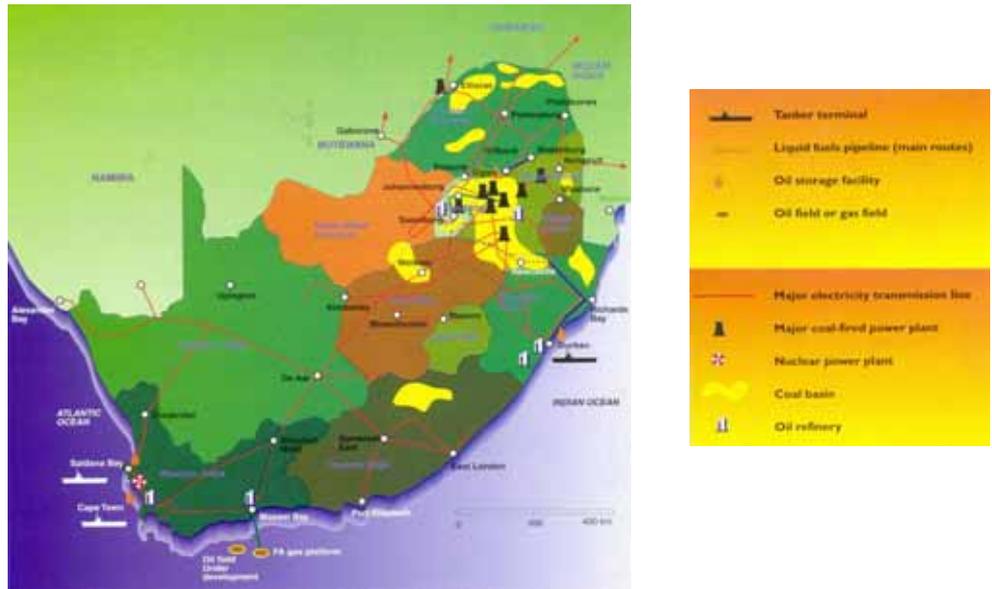
Source: South African Petroleum Industry Association, Times Publications

図-2.17 南アフリカでの原油ソースと精製量



Source: Energy Information Administration

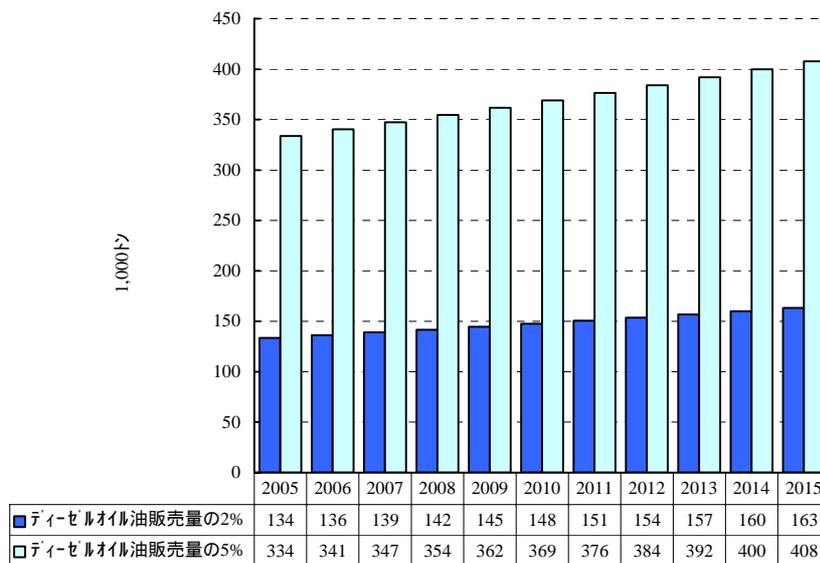
図-2.18 南アフリカ石油精製所



Source: South African National Energy Association,
South African Petroleum Industry Association

ディーゼルオイルの消費が毎年 2%増加するという仮定のもと、将来そのうちの 2%ある
いは 5%がバイオディーゼルオイルに置き換わったとした場合のバイオディーゼルオイル
の需要（潜在販売量）を図-2.19 に示す。但しディーゼルオイルの比重を 0.883 として売量
を求めている。代替量が 2%の場合は 2010 年で 148,000 トン、5%の場合は 369,000 トンの
需要となる。

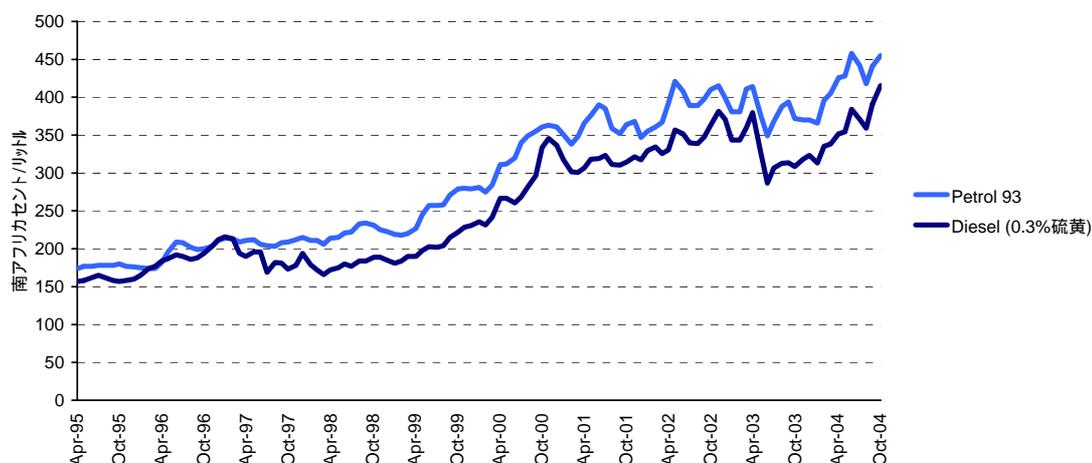
図-2.19 南アフリカにおけるバイオディーゼルオイルの潜在販売量



Source: South African Petroleum Industry Association

また、南アフリカでのガソリン（Petrol 93）とディーゼルオイル（硫黄分 0.3%含有）の小売価格の変遷（1995年4月から2004年10月）を図-2.20に示す。小売価格はガソリン、ディーゼルオイルともに上昇を続けている。提案プロジェクトで代替を目指しているディーゼルオイルは1995年10月から2004年10月の9年間で年平均11.4%の上昇を続けている。特に2003年10月から2004年10月の1年間では原油の国際価格の上昇を反映して、実に34.5%の上昇となっている。

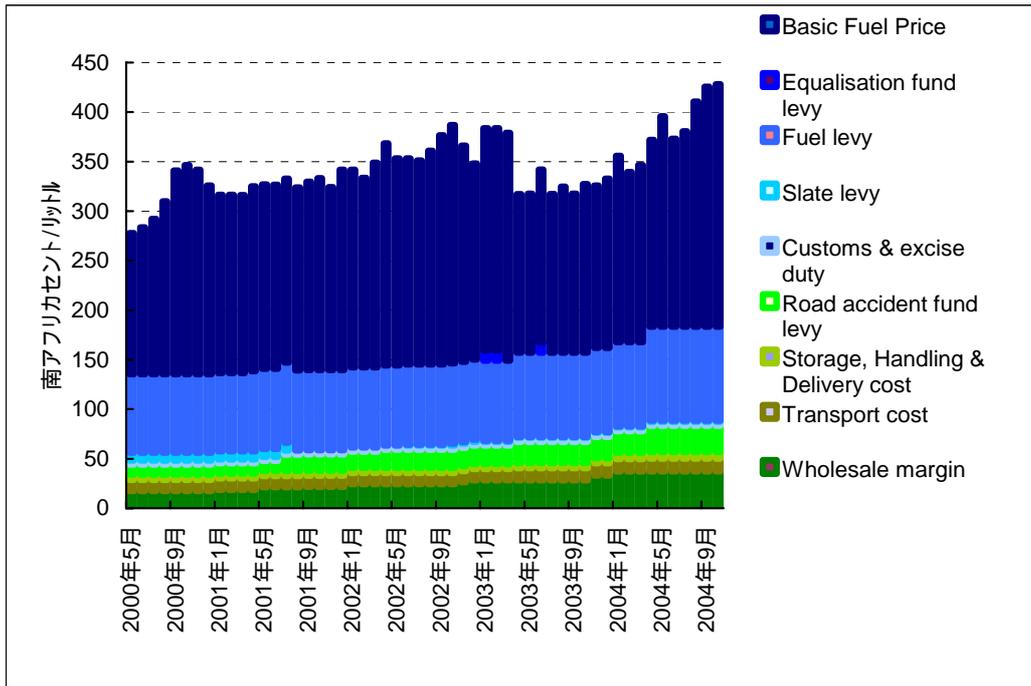
図-2.20 南アフリカにおけるガソリン・ディーゼルオイルの小売価格変遷



Source: South African Petroleum Industry Association

一方、ディーゼルオイルの小売価格は図-2.21に示すように、Base Fuel Priceのほか、海上輸送、保険、税金、卸業者の保管料、マージン等を含んでいる。バイオディーゼルの販売先は、既存のディーゼルオイルメーカーが主体となるため、その価格設定は、彼らの工場出荷価格（Base Fuel Price）に相当するレベルとなる。Base Fuel Priceは小売価格の50-60%程度であるが、これも近年、急速な上昇を続けており、バイオディーゼルの法的なインセンティブ（税金の減免）とあわせ、価格設定を行うにあたり有利な環境が整いつつある。

図-2.21 ディーゼルオイル小売価格構成と変遷

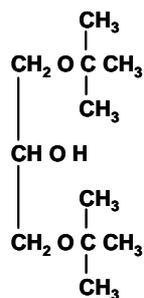


Source: Department of Minerals and Energy, Republic of South Africa

バイオディーゼルオイルの副生物として生産されるグリセリンは、2001年では約80万トン生産されている。その用途を図-2.22に示す。近年このほかに次の用途開発が行われ、将来の消費量の増加が期待されている。

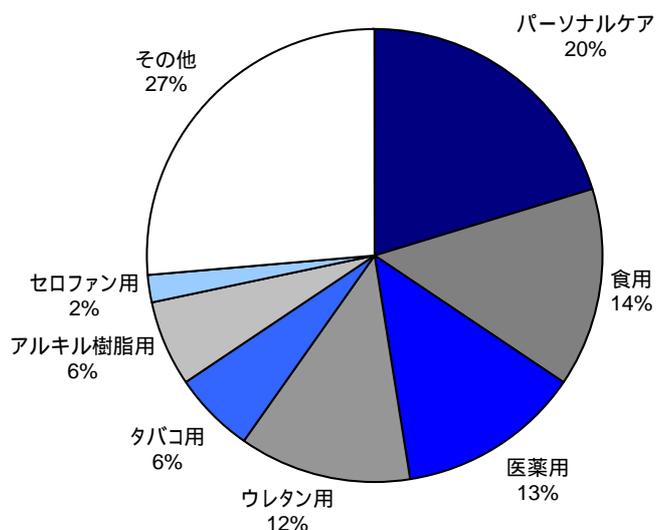
- 動物用の餌に含まれているプロピレングリコールの代替品
- 強力洗剤用のプロピレングリコールの代替品
- スープへの添加剤
- 不凍液や凍結防止剤の原料
- アトキンスダイエット方式に沿った栄養剤成分
- Dibutoxy Glycerol (排気ガス削減のためのディーゼルオイルの酸素添加剤)

Dibutoxy Glycerol



Oxygen Content %: 22.6%
 Flash Point °C: 92
 Solubility in ULSD: Excellent
 Water Tolerance: Excellent
 Elastomere compatibility: Good

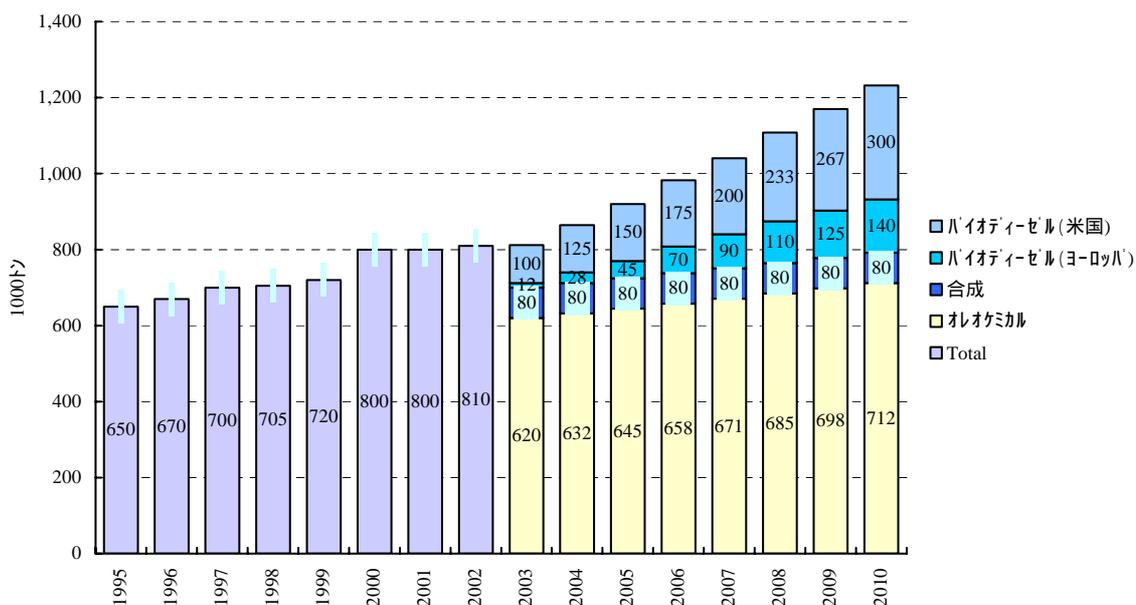
図-2.22 グリセリンの用途



Source: Procter & Gamble

グリセリンの世界生産高の推移を図-2.23 に示す。2001 年から 2003 年では年間約 80 万トンで横ばいである。上記のようにグリセリンの用途が拡大することにより需要が増加することが予想されるが、一方、生産量はバイオディーゼルオイル化が進む米国、ヨーロッパで副産品として生産されるグリセリンの生産量が増加していくため、2005 年以降は急速に生産量が拡大し、生産量が過剰となる傾向である。

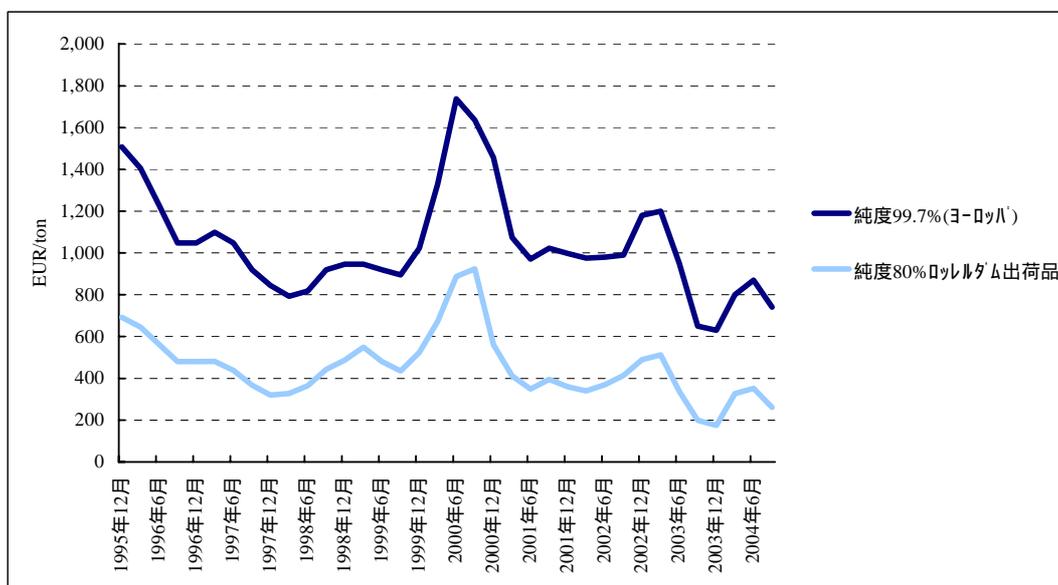
図-2.23 グリセリンの世界の生産量(予測)



Source: Procter & Gamble Chemicals

図-2.24 に示すようにグリセリンの価格も食用油と同様、需給バランスにより大きく変動する。

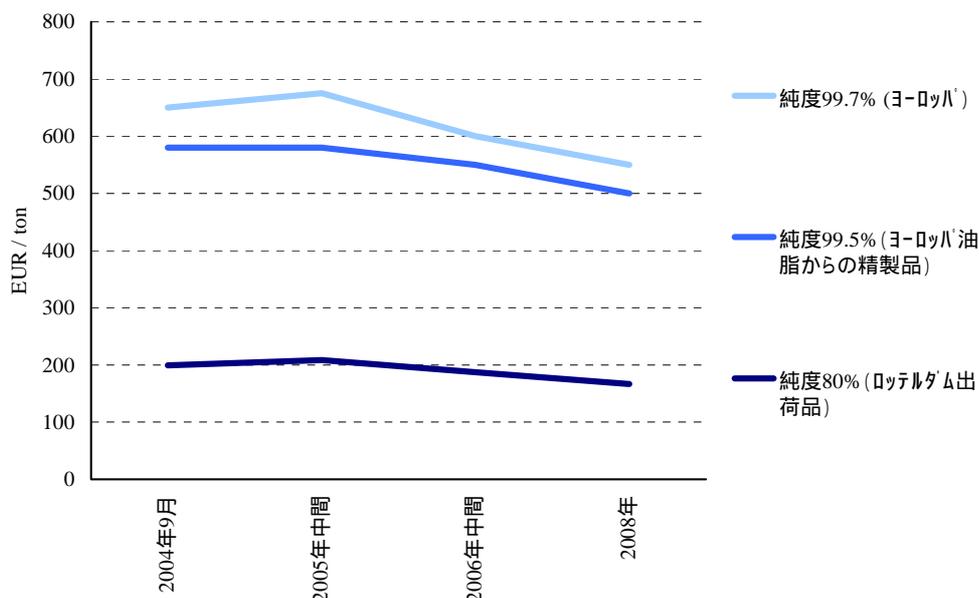
図-2.24 グリセリンの価格の推移



Source: Oleoline

図-2.25 に将来のグリセリン価格の予想を示す。バイオディーゼルオイルの副産品としてのグリセリンの生産量の増加にともないグリセリンの国際価格は低下する予想が立てられる。

図-2.25 グリセリン価格予想



Source: Oleoline, OANDA

なお、南アフリカにおけるグリセリン価格は2002年では9 ZAR/kg (1,380 US\$/ton) となっている。

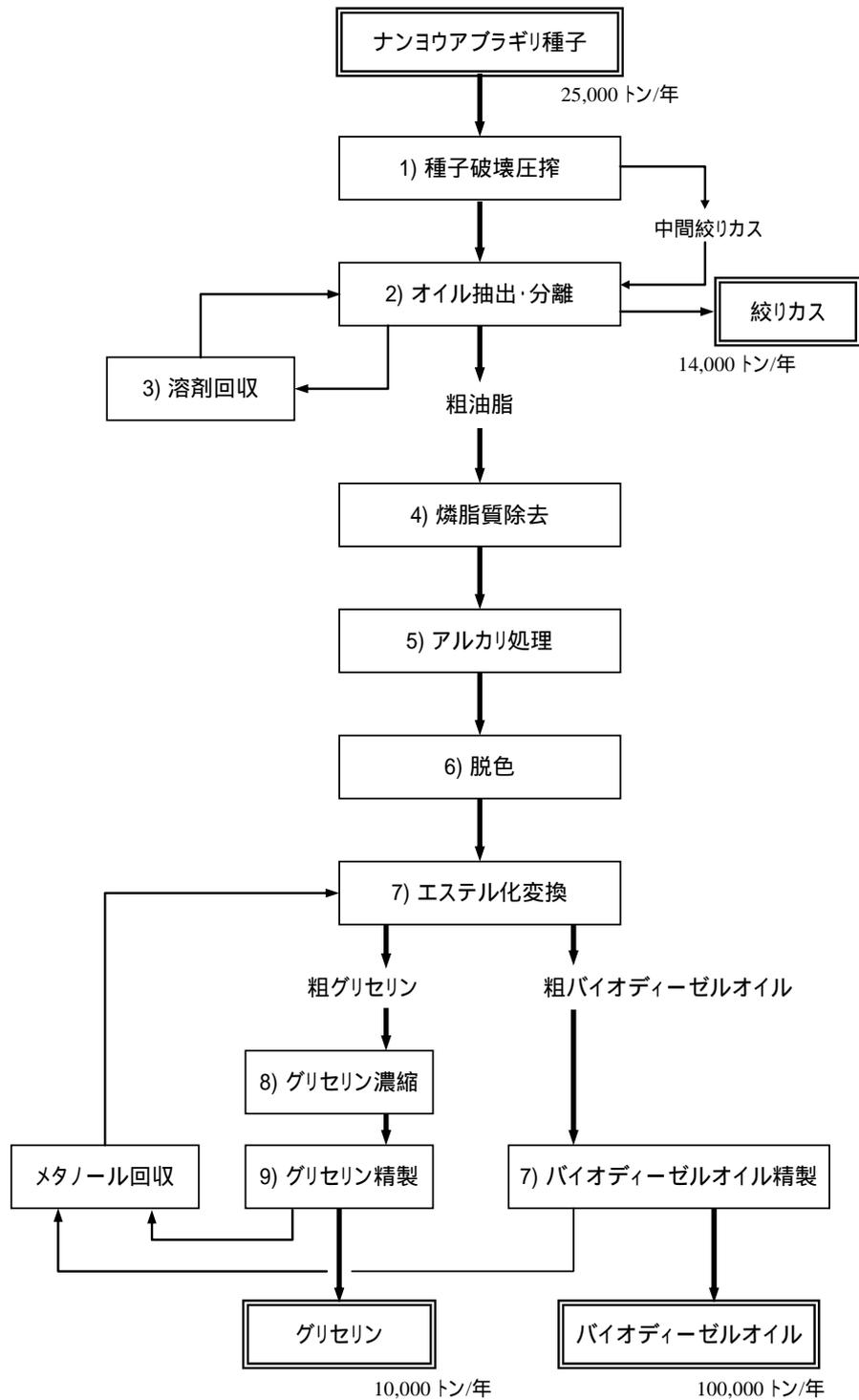
2.1.5 製造プロセス

バイオディーゼルオイル精製プラントプロセスは、種子破碎・圧搾、オイル抽出・分離、溶剤回収、燐脂質除去、アルカリ処理、脱色、エステル化変換、グリセリン濃縮、グリセリン精製からなる。そのブロックフローを図-2.26 に示す。

1) 種子破碎・圧搾

種子に付着している不純物除去のため種子はエで洗浄供給され、計量器へと導かれる。洗浄された種子は先ずロール機にて破碎、微粉化され乾燥装置に送られる。次にスクリーフィーダーによりスクリーブレス機に送られ、搾油される。オイルに混在している絞りカスは沈殿槽へ送られ沈降分離、粗オイルは中間タンク、ポンプを介してフィルタープレスで更に固形物分離して、中間タンクに一時貯蔵される。沈殿槽にて得られたカスは更に再度スクリーブレスへ送られ含有油を採られる。このスクリーブレスからの絞りカス(ケーキ)は次の抽出工程へ送られる。

図-2.26 製造プロセスフロー



2) オイル抽出・分離

圧搾工程からの絞りカスは、スクリーフィーダーにて抽出器に送られる。ここでは溶剤と絞りカスの向流接触にて、油が溶剤に抽出され、油/溶剤と絞りカスに分離されて排出される。溶剤分離オイルはバイオディーゼルオイルへのエステル化

処理フィードとなる。分離された溶剤は回収工程へ送られ、抽出器からの絞りカスは貯蔵庫へ送られる。

3) 溶剤回収

溶剤・水分離器にて、比重差の原理で凝縮溶剤と凝縮水に分離される。プロセス内からの回収水及び排気空気は溶剤を含んでいるため水分分離器、吸収塔で分離される。

4) 燐脂質除去

原油は中間冷却層にて貯蔵後、フィルター、熱交換器を經由し、混合器に送られる。ここでは温水と混合され、油の中にある燐脂質が沈殿し、その後遠心分離機で3種に遠心分離される。上澄部からの処理原油は減圧乾燥器で乾燥され次の工程へ送られる。中間部からの燐脂質沈殿物及び温水、最下部からの固形物は絞りカス処理塔へ送られる。

5) アルカリ処理

原油は酸液タンクからの適量の酸と混合器を通し混ぜられ、反応缶へ送られる。酸と反応した原油は、さらに苛性ソーダと混合され、原油内の鉱物酸類、脂肪酸類を中和させ、オイルから石鹸類及び粘性脂質を分離し、浮遊物とする。この状態で遠心分離機に導き、オイルから石鹸質類、粘性脂質を分離する。

不純物を除去されたオイルは未だ微粒の石鹸脂質を含んでいるため、軟水と混合器で混合、洗浄され、その後遠心分離機を通して分離される。洗浄されたオイルは減圧乾燥器で乾燥された後、次の工程へ送られる。洗浄水に混入したオイルは分離タンクにて回収されリサイクルされる。

6) 脱色

中和されたオイルは脱気乾燥される。脱気、乾燥されたオイルは脱色塔で脱色剤との接触・混合が行われる。

7) エステル化変換及びバイオディーゼルオイル精製

脱色されたオイルはメタノール及び触媒と混合器で混合され反応缶に送られる。反応缶からの製品メチルエステルは沈殿槽に送られる。副反応製品グリセリンは別の沈殿槽に送られる。グリセリンはグリセリンフラッシュ塔でメタノール分離された後、グリセリン濃縮工程に送られる。

メチルエステル沈殿槽からの沈殿物は再循環され、メタノールを分離する。メタノール分離されたメチルエステルはメタノールを完全除去した後、フィルターを経由して製品タンクへ送られる。

ストリップ塔からのメタノールガスは凝縮器で凝縮され再利用される。

8) グリセリン濃縮

粗グリセリンはメタノール分離塔へ送られる。メタノール分離されたグリセリンは再度、酸を注入され沈殿槽に送られる。この沈殿槽上部に浮遊する脂肪酸は受け槽に受けられ貯蔵される。

グリセリンは、pH 調整されている混合槽で水酸化カルシウム、凝縮剤及びフィルター助剤と混合され、真空ドラムフィルターに送られ、固形物除去される。洗浄されたグリセリンは苛性ソーダとともに反応タンクに送られ、次の真空ドラムフィルターに送られ最終洗浄され、グリセリン水タンクへ送られる。

9) グリセリン精製

凝縮グリセリンは、少量混入されている脂肪酸及びエステルの中和のため苛性ソーダを注入され、反応缶に送られる。反応缶から濃縮グリセリンは真空吸引にて乾燥缶へ導かれる。乾燥缶からの空気は少量のグリセリンが混入しているため凝縮器で凝縮され、グリセリン凝縮工程へ再送される。乾燥缶からの濃縮グリセリンは、減圧精留塔へ送られ真空蒸留される。純粋なグリセリンはこの塔の中間段から引き抜かれ受け槽へ受けられる。この純粋グリセリンは、脱臭塔、固定層フィルター及びバグフィルターを経由し、精製グリセリン製品タンクへ送られる。

2.1.6 プロセス物質収支

各プロセスでのユーティリティを含めた物質収支を表-2.1 に示す。

表-2.1 各プロセスの物質収支

	圧搾/抽出/分離		アルカリ精製		脱色		エステル化		グリセリン分離		グリセリン濃縮		グリセリン精製		総計	
供給																
種子		250,000													250,000	T/Y
油脂				110,000		110,000		110,000		100,000						
グリセリン										10,000		20,000		10,000		
絞りカス																
排出																
油脂		110,000						100,000		100,000					100,000	T/Y
グリセリン								10,000	50%	20,000		10,000		10,000	10,000	T/Y
絞りカス		140,000													140,000	T/Y
溶剤/助剤																
ヘキサン	1 kg	250													250	T/Y
燐酸			2 kg	220					10 kg	1,100					1,320	T/Y
苛性ソーダ			1.4 kg	154					8 kg	880			3 kg	30	1,064	T/Y
塩酸									40 kg	4,400					4,400	T/Y
石灰									30 kg	3,300					3,300	T/Y
第二塩化鉄									5 kg	550					550	T/Y
メタノール							109 kg	11,990							11,990	T/Y
ナトリウムメチレート							4 kg	440							440	T/Y
酢酸							0.6 kg	66							66	T/Y
活性炭													2 kg	20	20	T/Y
TONSIL					3 kg	330			4 kg	440					770	T/Y
ユーティリティ																0
蒸気	300 kg	75,000	65 kg		30 kg	3,300	250 kg 10K	27,500	560 kg	61,600	260 kg 11K	5,200	150 kg	1,500	174,100	T/Y
冷却水	1 m ³	250	2 m ³		1 m ³	110	20 m ³ 循環	110,000	28 m ³ 循環	154,000	16 m ³ 循環	16,000	50 m ³ 循環	25,000	305,360	m ³ /Y
清水			150 kg						1000 kg	20,000					20,000	m ³ /Y
圧縮空気			1 Nm ³												0	
電力	45 kWhr	11,250	2.3 kWhr		1.2 kWhr	132	3 kWhr	330	9.2 kWhr	1,012	8 kWhr	160	15 kWhr	150	13,034	MWhr/Y
													熱量	3,600,000	3,600	Gcal/Y
													360,000			

2.1.7 プロセス比較

バイオディーゼル製造技術のライセンサーとその技術の定性的な比較を表-2.2 に示す。各技術の原料油の処理レベルには若干の差異はあるものの既に年間 12,000 トンから 250,000 トンまでの商業プラントが 15 基建設されており、バイオディーゼルの製造技術は商業的に確立されている。

また、プロセス選定及びプラント設計の際には下記の点に注意して検討を進め、プロジェクトを成功裡に導くことが肝要である。

バイオディーゼルオイルの品質：バイオディーゼルオイルの欧州規格 EN14214 (表-2.3 参照)を遵守するのは勿論のこと、さらに水分と全汚濁度は規格を上回ること。

収率：99.5%以上のトリグリセライド及び脂肪酸分子がメチルエステル分子に変換されること。

異なる原料からのバイオディーゼルオイルの生産を可能とするプロセス設計と大容量の原料タンクを有し、バイオディーゼルオイルの生産計画に柔軟性と冗長性を与えること。

生産コスト削減を目指し、反応温度、圧力、速度の検討、触媒の選定を行うこと。廃棄物排出量と廃棄物処理費用の検討を行うこと。

年間 330 日の連続運転が可能な設備の信頼性を確保すること。

プロセスランセンサーからのオンラインによるトラブルシューティングが得られること。

ユニット別の投資金額と全設備の投資金額についての検討を行うこと。

過去のバイオディーゼル製造プラントの実績を参考にすること。

表-2.2 プロセス比較

プロセス所有会社	原料中の遊離脂肪酸の処理能力レベル				残留自然酸化防止剤のレベル	収率(%)	技術レベル	プラント建設実績	プラント規模 (1000t/y)	プラントコスト
	< 1 %	< 3 %	< 20 %	> 20 %						
Westfalia(ドイツ)	yes	no	no	no	zero	95 - 97	medium	3	100 - 120	high
Lurgi Life(ドイツ)	yes	no	no	no	zero	95 - 97	low	1	100	high
AT- Agrartechnik(ドイツ)	yes	yes	no	no	medium	96 - 97	low	2	53 - 75	medium
Energea(オーストリア)	yes	yes	yes	-	high	99	highest	3	40 - 250	low
BDI(オーストリア)	yes	yes	yes	yes	zero-high	99	high	6	12 - 40	high

Source: "Best Case Study on Biodiesel production plants in Europe" ABI 2004

表-2.3 バイオディーゼルオイル規格 (EN14214)

密度 15 [g/cm ³]	0.860 - 0.900	メタノール [%m/m]	0.20
粘性 40 [mm ³ /s]	3.5 - 5.0	フリーグリセロール [%m/m]	0.02
目詰まり点 []	accord.EN 590	全グリセロール [%m/m]	0.25
引火点 []	120	モノグリセライド [%m/m]	0.8
イオウ [mg/kg]	10	ディグリセライド [%m/m]	0.2
残留炭素 (CCR) [%m/m]	0.30	トリグリセライド [%m/m]	0.2
灰分 [%m/m]	0.02	ヨウ素価 [-]	120
セタン価 [-]	51	リン [mg/kg]	10
酸素 [mg KOH/g]	0.5	酸化安定度 [h]	6
水分 [mg/kg]	500	ナトリウム、カリウム (Na, K) [mg/kg]	5
全汚濁度 [mg/kg]	24	カルシウム、マグネシウム (Ca, Mg) [mg/kg]	5

2.1.8 設備投資額

提案プロジェクトの必要投資額を下記に示す。

番号	項目	費用	
		ランド	US\$
1)	ナンヨウアブラギリ栽培農地購入 (プランテーション)	105,000,000	16,154,000
2)	プラント用地購入	6,200,000	947,000
3)	土木建築工事	18,000,000	2,770,000
4)	機器設備 (CIP)	110,500,000	17,000,000
5)	現地据付工事	22,100,000	3,400,000
	計	261,900,000	40,271,000

但し Exchange Rate : 6.5 ランド / US\$

2.1.9 公共ユーティリティ

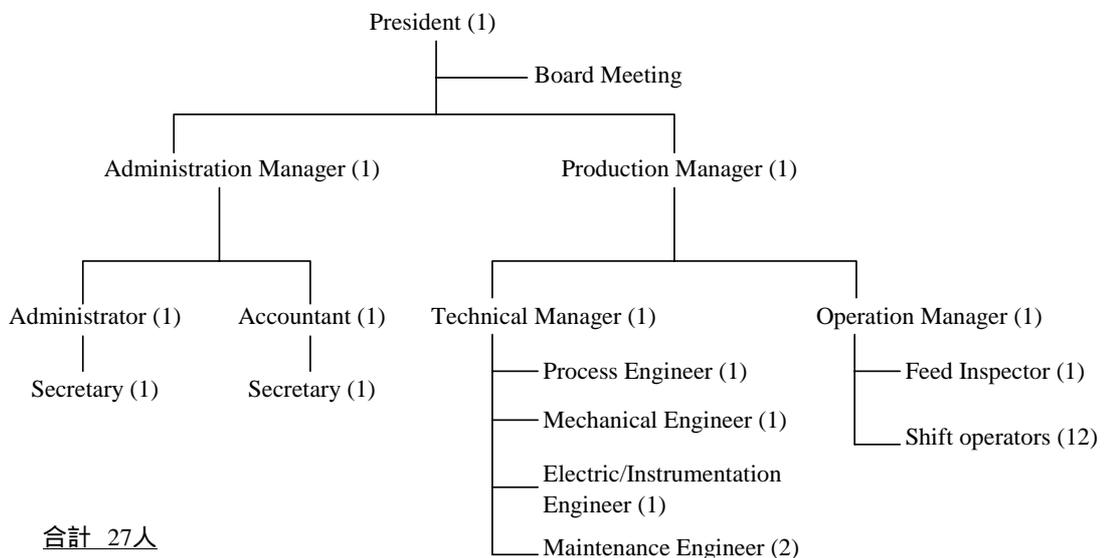
リチャードベイ産業開発ゾーンは、公社である Richards Bay Industrial Development Zone Company が開発しており、電気、水の供給を行い、その供給料金を下記に示す。

	種類	分類	タリフ	備考
『電気』	11kV 電力：	基本料金	50.10 Rand/kVA	月あたり（夏季）
			61.70 Rand/kVA	"（冬季）
		従量料金	0.1050 Rand/kWh	（夏季）
			0.1281 Rand/kWh	（冬季）
	132kV 電力：	基本料金	41.39 Rand/kVA	月あたり（夏季）
			69.10 Rand/kVA	"（冬季）
		従量料金	0.086 Rand/kWh	（夏季）
			0.1436 Rand/kWh	（冬季）
『水』	処理水	1k /日以下の使用の場合		2.516 Rand/k
		1k /日以上の使用の場合		2.932 Rand/k
		未処理水		0.807 Rand/k

2.1.10 操業組織

提案プロジェクトの建設実行時及びプラント完成後の操業時を図-2.27 の組織にて運営する計画である。

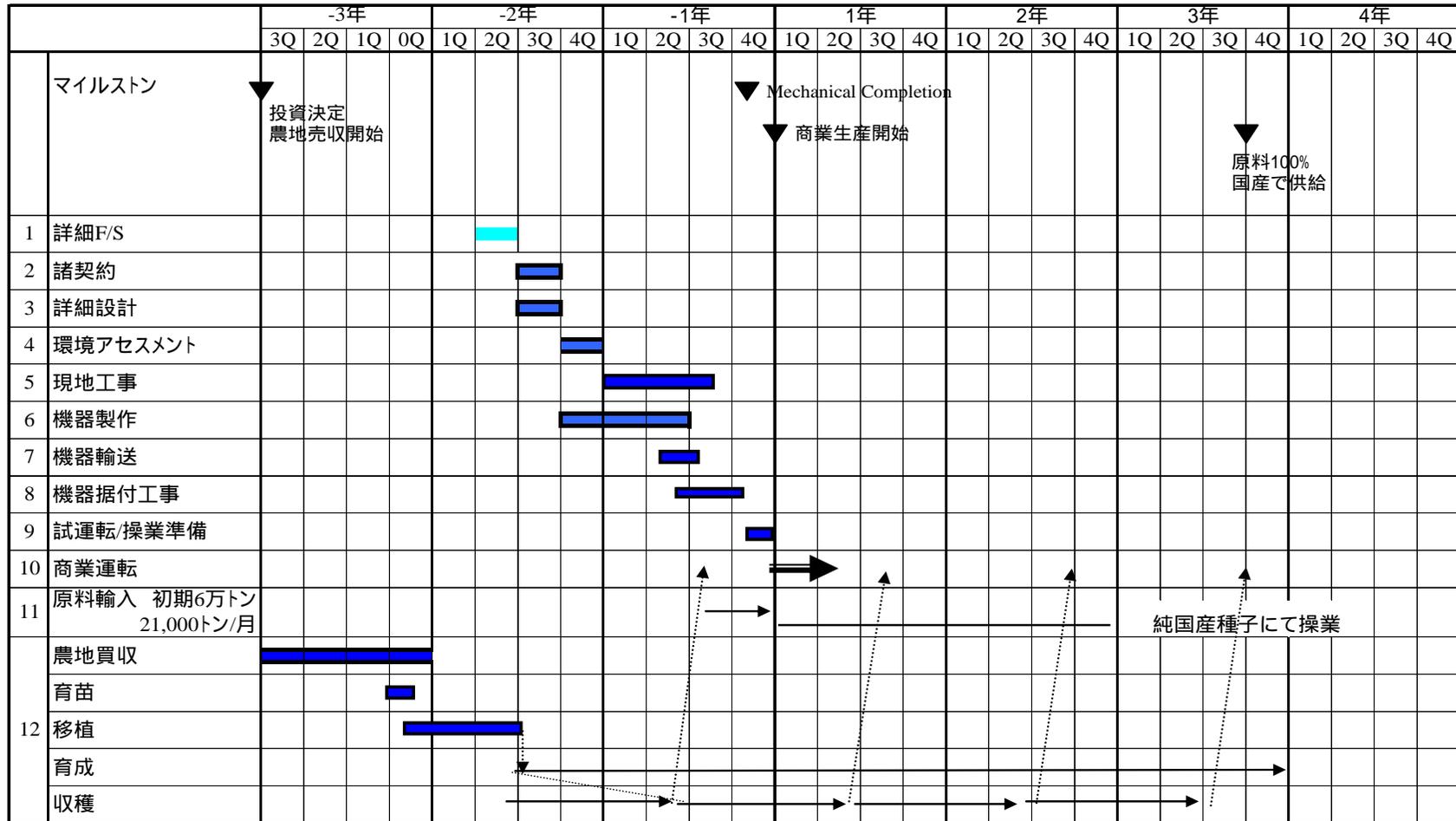
図-2.27 組織



2.1.11 プロジェクト実施スケジュール

当該プロジェクトの実施スケジュールは図-2.28 の通りである。

図-2.28 南アフリカ バイオディーゼルオイルリファイナリー建設プロジェクト実施スケジュール



2.2 プロジェクト設計書（PDD）

本調査では、提案プロジェクトの実行による温室効果ガス排出量削減効果を検討し、本プロジェクトの CDM プロジェクトとしての可能性を検討した。このため、提案プロジェクトの PDD (Project Design Documents) を作成し、本プロジェクトの温室効果ガス排出量についてのベースラインを設定するとともに、提案する設備計画に基づき、プロジェクト実施による温室効果ガスの排出量削減量、プロジェクト期間中のモニタリングの方法を定めた。

本項では、作成した PDD の要点、特にプロジェクト境界、ベースラインの設定、追加性の立証、モニタリング計画について説明する。なお、詳細は添付の PDD を参照していただきたい。

2.2.1 プロジェクト境界・ベースラインの設定・追加性の立証

1) 提案プロジェクトに適用されるプロジェクト分類

小規模 CDM で定義されている” II.C. Emission Reductions by Low-Greenhouse Gas Emitting Vehicles”を適用する。

プロジェクト分類は小規模 CDM での分類を転用しているだけであり、提案プロジェクトはフルスケールの CDM プロジェクトである。

なお、参考のため小規模 CDM での分類を表-2.4 に示す。

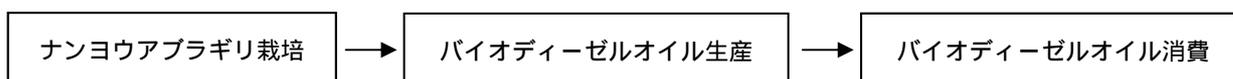
表-2.4 小規模 CDM プロジェクトの分類

分類	例
タイプ (I): 再生可能エネルギープロジェクト	
I.A. ユーザーによる発電	ソーラーホームシステム、風力蓄電池
I.B. ユーザーによる機械用エネルギー利用	風力、太陽光利用ポンプ、水車、風車ミル
I.C. ユーザーによる熱エネルギー利用	太陽熱温水器、乾燥器、ソーラークッカー、バイオマスを用いるコージェネレーションシステムで熱供給と電力供給を行うもの
I.D. グリッド用の再生可能電力発電	太陽光、水力、潮流・波力、風力、地熱、バイオマスでグリッドに電力を供給するもの
タイプ (II): エネルギー改善プロジェクト	
II.A. 供給側のエネルギー効率改善 - 送配電	送電線昇電圧、変圧器の交換、地域熱供給システムのパイプの断熱強化
II.B. 供給側のエネルギー効率改善 - 発電	発電所または地域暖房設備やコージェネレーションシステムにおける効率向上
II.C. 特定技術に関する需要側のエネルギー改善プログラム	エネルギー効率の良い装置 - 電灯、安定器、冷蔵庫、モーター、送風機、空調機器等
II.D. 産業用設備に対するエネルギー効率改善及び燃料転換	高効率モーター、燃料転換対策、産業用プロセス機器に対する効率向上対策

II.E. 建築物におけるエネルギー効率改善及び燃料転換	高性能電気機器、断熱や燃料転換(石油からガス)等による技術的エネルギー効率改善対策
タイプ III: その他のプロジェクト	
III.A. 農業	
III.B. 化石燃料からの転換	既存の産業、住宅、商業施設または発電設備における化石燃料からの転換
III.C. 低 GHG 排出車両による排出削減	
III.D. メタン回収	炭鉱、農業、埋立地、廃水処理設備からのメタン回収
III.E. メタン排出回避	

2) ベースラインの設定

ベースラインの設定にあたり、ライフサイクルアセスメントの手法を用い、次の 3 段階における GHG の排出量を検討する。



2)-1 ベースライン設定する上での各種条件

[ナンヨウアブラギリ栽培段階の条件]

- (a) ナンヨウアブラギリの栽培は既存の森林を減少させない。または新規の植林や再植林を妨げない。ナンヨウアブラギリの栽培は新規の植林または再植林を抑制しない。

ナンヨウアブラギリの栽培に当たり、プロジェクト参加者は栽培者との間でこの趣旨の覚書を締結する。提案プロジェクトではナンヨウアブラギリの生産もプロジェクト範囲に含めているが、最初の 2 年は精製設備とナンヨウアブラギリ種子の供給能力のアンバランスを調整するため外部より種子の購入を計画している。

年度	自社プランテーションからの種子供給	外部より種子購入
1 年目	50%	50%
2 年目	80%	20%
3 年目以降	100%	-

提案プロジェクトで使用するナンヨウアブラギリ原料種子は、自社プランテーションにおいても、外部より種子購入においても化学肥料を使わずに栽培したナンヨウアブラギリの種子を使用することとしている。このことによりナンヨウアブラギリの栽培段階においては新たな GHG が発生しないこととなる。

- (b) GHG 削減方策に関してはナンヨウアブラガリの栽培以外に対象農地を利用する手段がない。

ナンヨウアブラガリの栽培に当たり、プロジェクト参加者は栽培者との間でこの趣旨の覚書を締結する。

[バイオディーゼルオイル生産段階での条件]

- (c) 提案プロジェクト(精製プラント)が同じナンヨウアブラギリ種子を原料として使用するプロジェクトの中では、様々なバリアを考慮すると、プロジェクト参加者にとって最善のプロジェクトであること。

提案プロジェクトでは次のようなバリアが存在すると考えられる。

- 投資資金上の問題
- 技術的な問題
- ナンヨウアブラガリの栽培のための農地の確保の問題

- (d) プロジェクト参加者は他のバイオマス原料を利用したプロジェクトを実行する計画を有していないこと。

その理由は次の通りである。

- ナンヨウアブラギリは多年草植物で50年間以上の収穫が期待できる。
- ナンヨウアブラギリ栽培は暑く乾燥した地域に適していること。
- ナンヨウアブラギリを原料としたバイオディーゼルオイルの化学・物理的性能は現在、石油燃料の代替品として使用されている菜種油と大差は無いこと。
- ナンヨウアブラギリは食用油に適していないためこれを石油代替燃料の原料として使用しても食糧問題に影響を与えないこと。

- (e) 提案プロジェクトはCER収入が無ければ経済性がないこと。

[バイオディーゼルオイル消費段階での条件]

- (f) バイオディーゼルオイルにより石油起源の燃料の消費量が減少すること。

この条件は次に述べる諸条件が合致した場合に条件を満たすことができる。

提案プロジェクトで製造されたバイオディーゼルオイルは通常の流通経路を通して石油燃料の代替燃料として販売されること。

バイオ燃料の市場流通率は、南アフリカにおいては70%以下であること。

南アフリカは、積極的に石油代替燃料の普及を図っているが、提案プロジェクトのクレジット期間である 10 年間では市場流通率は 70% にはるか及ばないと推測される。

南アフリカにおいては石油燃料供給能力が大きく、提案プロジェクトが実現され、石油燃料の消費が減少しても、減少分が他の消費に回らないこと。

南アフリカでは石油の精製能力は実消費量を上回っており、供給過剰の状況にある。従い、現状、この条件を満たしているといえる。

石油燃料が南アフリカでは法的に使用が禁止されていないこと。

南アフリカではディーゼルオイルの硫黄含有量が 2006 年までに 0.05% に制限されるが、石油系燃料の禁止はなされず、実際にこの新基準に合致する石油燃料は販売されている。従い、将来、石油系燃料の禁止がなされると考えるのは非現実的である。同型な他のバイオディーゼルオイルが南アフリカにおいて法令により使用を義務付けられていないこと

2)-2 ベースライン設定ロジック

ベースラインシナリオを決定するため、CER 収入なしでのありうべき他のシナリオを検討し、最終的に 1 つのシナリオに絞る。

前述と同様、次の 3 つの段階にわけ検討する。

ステージ 1: ナンヨウアブラギリ栽培

ステージ 2: バイオディーゼルオイル生産

ステージ 3: バイオディーゼルオイル消費

ステージ 1 [ナンヨウアブラギリ栽培]

ナンヨウアブラギリが栽培されその種子が精製設備に供給されるというプロジェクトシナリオを設定しているが、その場合の農地の利用方法に関する次のベースラインオプションは次の通りである。

- オプション 1-1: 現状のまま継続
- オプション 1-2: 森林の消滅
- オプション 1-3: 新規の植林または再植林

- オプション 1-4: バイオ燃料の原料となる植物以外の植物の栽培
- オプション 1-5: プロジェクトシナリオ以外の他のバイオマス植物の栽培
- オプション 1-6: プロジェクトシナリオどおりナンヨウアブラギリの栽培
- オプション 1-7: GHG を排出する設備の建設

前述 2-1)a.の条件によりオプション 1-1、1-3 は消去、2-1)b.の条件によりオプション 1-5 は消去、オプション 1-2 及び 1-7 は、GHG の排出量が増大するシナリオであり、これを適用した場合、提案プロジェクトによる GHG 削減量が増大する方向になるので、GHG 削減量の保守的なシナリオ (GHG 排出量を過大に見積もらないこと) の観点から消去される。また、オプション 1-4 は、農地の所有者がこのオプションを適用する意思を持っていないことから消去、従い、オプション 1-6 のみ残ることになる。

ステージ 2 [バイオディーゼルオイル生産]

バイオディーゼルオイル生産段階でのベースラインは、現状のまま (バイオディーゼルオイルがない状態のまま将来も継続される) となる。

前述 2-1)e は、提案プロジェクトの経済計算を行い、CER がなければ提案プロジェクトの経済性がないことを証明することで確認することができる。提案プロジェクトの IRROI は 4.4% であり、南アフリカでの通常の投資指標としての IRROI は、長期ローンの金利 11.5% 以上である必要がある。また、提案プロジェクトは南アフリカでは最初のプロジェクトであり、技術的なリスクが潜在している。

ステージ 3 [バイオディーゼルオイル消費]

提案プロジェクトのバイオディーゼルオイルが、石油燃料ではなく他のバイオ燃料の代替品となる可能性を検討しなければならない。もし、そうなれば石油燃料の消費量が減らないからである。現実的に、現在流通しているバイオ燃料は価格競争力があるから流通しているので、提案プロジェクトでこれが代替されるとは考えられない。従い、この可能性は排除される。

また、もし、南アフリカで石油燃料の供給が十分でなく、需要が抑えられている場合、供給されるバイオディーゼルオイルは単に潜在需要を満たすだけになり、石油燃料の代替となりえない。しかし前述 2-1)1)f. に示したようにその可能性も排除できる。

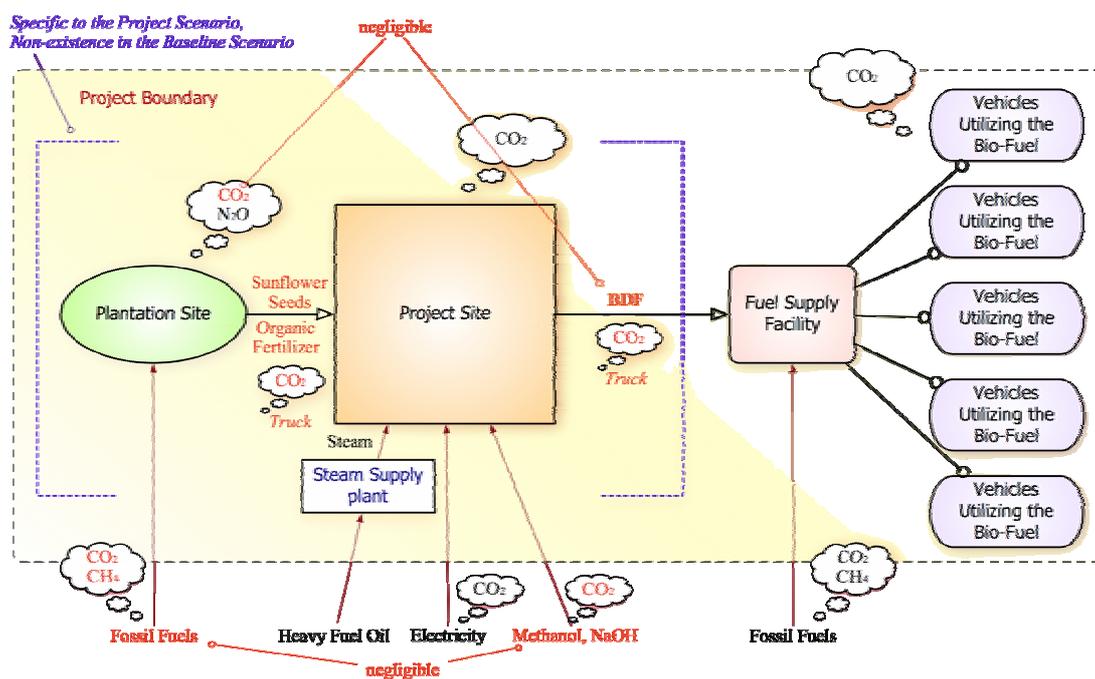
3) プロジェクト境界

提案プロジェクトのプロジェクト境界は次の通りである。図-2.29 にそれを図示する。

- ナンヨウアブラギリ栽培農地

- リファイナーまでの輸送
- リファイナー
- リファイナーからバイオディーゼルオイル供給所までの輸送
- バイオディーゼルオイル供給所
- バイオディーゼルオイルを利用して走行する車両

図-2.29 提案プロジェクトのプロジェクト境界



プロジェクト境界内外の GHG 排出源を表-2.5 に列記する

表-2.5 プロジェクト境界内外の GHG 排出源

		境界内	境界外
ベースラインシナリオ	重要 (モニタリングされるもの)	<ul style="list-style-type: none"> • バイオディーゼルオイルを使用する車両 (代替される石油燃料から発生するCO₂) 	<ul style="list-style-type: none"> • バイオ燃料で代替された開発、精製、輸送関連の石油燃料 (CO₂, CH₄)
	無視できるもの (モニタリングされないもの)	<ul style="list-style-type: none"> • バイオディーゼルオイル供給設備 • バイオディーゼルオイルを使用する車両 (代替される石油燃料から発生するN₂O) 	無し
プロジェクトシナリオ	重要 (モニタリングされるもの)	<ul style="list-style-type: none"> • バイオディーゼルオイルを使用する車両 (メタノールのCから発生するCO₂) • 精製設備に供給される蒸気 (重油焚ボイラーからのCO₂) • 栽培農地 (肥料からのN₂O) • ナンヨウアブラギリ種子の輸送 (CO₂) 	<ul style="list-style-type: none"> • 系統と関係している配電網 (精製設備から発生するCO₂)
	無視できるもの (モニタリングされないもの)	<ul style="list-style-type: none"> • バイオディーゼルオイルの輸送 (CO₂) • 栽培農場 (農機から発生するCO₂) • バイオディーゼルオイルを使用する車両 (石油燃料のCから発生するCO₂) • バイオディーゼルオイル供給設備 (CO₂) • 栽培農地 (肥料からの栽培農地) (肥料からのN₂O) 	<ul style="list-style-type: none"> • 原料の生産プロセス (CO₂, etc.) • Exploitation, Refinement, バイオ燃料で代替された開発、精製、輸送関連の石油燃料 (CO₂, CH₄) • 境界外の副産品 (CO₂) • 設備への通勤バス (CO₂)

ナンヨウアブラギリ種子の絞りカスは栽培農地に戻され、有機肥料として使用されるので肥料からのN₂O発生は考慮しなくてもよいが、もし化学肥料が使用されることになった場合は、プロジェクト実行時にN₂Oの発生量をモニタリングする必要がある。

4) 提案プロジェクトの GHG 排出量

4)-1 プロジェクト排出量

提案プロジェクト境界から発生する GHG 発生量は次の式で表される。

$$PE_y = FF_{heavy\ oil, y}^{BFP} * COEF_{heavy\ oil}^{FF} + BF_y^{mass} * COEF^{FS} + PE_{y}^{Tarnsp1} + PE_{N_2O_y}^{Plantation}$$

$FF_{heavy\ oil, y}^{BFP}$: 精製設備に供給される蒸気発生に使用される重油量[kl/yr]

$COEF_{heavy\ oil}^{FF}$: 重油のLCA CO₂ 排出係数 (oxidization factor含む) [tCO₂/kl]

BF_y^{mass} : バイオディーゼルオイルの年間販売量[ton-BioFuel/yr]

$COEF^{FS}$: バイオディーゼルオイルに含まれるバイオ起源以外の原料によるCO₂ 排出係数[tCO₂/ton-BioFuel]

$PE_{y}^{Tarnsp1}$: 栽培農地から精製設備までの輸送関連のCO₂ 排出量
 $= \sum_{transportation\ mode\ i} EN_{mode\ i, y}^{TR} * COEF_{mode\ i}^{TR}$ [tCO₂/yr]

where $EN_{mode\ i, y}^{TR}$: 輸送モード*i*の使用エネルギー

$COEF_{mode\ i}^{TR}$: 輸送モード*i*のCO₂ 排出係数¹

$PE_{N_2O_y}^{Plantation}$: 農地での肥料の使用から発生するN₂O排出量
 $= Fertilizer_y^{in} * UREA_EQ^{in} * COEF_{N_2O}^{Direct} * GWP_{N_2O}$
 [tCO₂eq/yr]

$Fertilizer_y^{in}$: 肥料の使用量 [ton-fertilizer/yr],

$UREA_EQ^{in}$: 肥料の尿素同等係数 (N-component) [ton-urea/ton-fertilizer],

提案プロジェクトは最初の2年間はナンヨウアブラギリの種子を外部より調達する計画であるため、調達種子の輸送に係るCO₂排出量を考慮する必要がある。これは、輸送にかかる燃料費から求めることができる。

提案プロジェクト(年間 100,000tの精製油)のプロジェクト排出量は次の通りである。

$$\begin{aligned} PE_y &= 13,660 \text{ [kilo liter-heavy oil/yr]} * 3.1 \text{ [tCO}_2\text{/kilo liter-heavy oil]} \\ &+ 1,500 \text{ [kilo liter-diesel]} * 2.6 \text{ [tCO}_2\text{/kilo liter-diesel]} \\ &+ 140,000 \text{ [ton-fertilizer]} * 0.12 \text{ [ton-urea/ton-fertilizer]} \\ &\quad * 0.010 \text{ [tN}_2\text{O/ton-urea]} * 310 \text{ [tCO}_2\text{eq/tN}_2\text{O]} \\ &= (42,346 + 3,900 + 52,080) \text{ [tCO}_2\text{eq/yr]} \\ &= 0.98 * 10^5 \text{ [tCO}_2\text{eq/yr]} \end{aligned}$$

上記の計算では次の値を当てはめている。

$FF_{heavy\ oil, y}^{BFP}$: 精製油の反応プロセス情報から求められる。

¹ “輸送モード” は鉄道や、トラック輸送、海上輸送等のモードを示す。

$COEF_{NG}^{FF}$: IPCC のデータを使用。
 BF_y^{mass} : 100,000t/年
 $COEF^{FS}$: 理論値
 $Fertilizer_y^{in}$: ひまわり油から推定。
 $UREA_EQ_y^{in}$: N-component (窒素分)を 5.3%として推定
 $COEF_{N_2O}^{Direct}$: 1.0% (PDDの Annex を参照)

4)-2 リークージ

リークージは次の式で求められる。

$$L_y = EL_y * COEF_y^{EL} / (1 - Loss_y) - BE_{N_2O_y} + PE_{N_2O_y}^{Indirect}$$

where

EL_y : 精製設備での消費電力量 [MWh/yr]

$COEF_y^{EL}$: 電力のCO₂ 排出係数 [tCO₂/MWh]

$Loss_y$: 系統の送電ロス

$BE_{N_2O_y}$: ナンヨウアブラギリ種子の絞りカスで代替された肥料のN₂O 排出量

$$= BioFertilizer_y^{out} * UREA_EQ_y^{out} * COEF_{N_2O} * GWP_{N_2O} \text{ [tCO}_2\text{eq/yr]}$$

$BioFertilizer_y^{out}$: ナンヨウアブラギリ種子の絞りカス(有機肥料)の外部販売量[t-(bio-fertilizer)/yr]

$UREA_EQ_y^{out}$: ナンヨウアブラギリ種子の絞りカス(有機肥料)から化学肥料への変換係数(尿素同等量に関して) [t-urea/t-(bio-fertilizer)]

$COEF_{N_2O}^{tot}$: 化学肥料のN₂O排出係数 (direct + indirect) (=0.030) [tN₂O/t-urea]

GWP_{N_2O} : GWP of N₂O (=310 in the 1st Commitment Period)[tCO₂eq/tN₂O]

$PE_{N_2O_y}^{Indirect}$: 栽培農地で使用する肥料の間接的なN₂O排出量(肥料製造設備からの排出量)

$$= Fertilizer_y^{in} * UREA_EQ_y^{in} * COEF_{N_2O}^{Indirect} * GWP_{N_2O} \text{ [tCO}_2\text{eq/yr]}$$

$COEF_{N_2O}^{Direct}$: 栽培農地で使用する肥料の間接的なN₂O排出係数 (=2.0%)(化学肥料のみに適用)

提案プロジェクト(年間 100,000tの精製油)のプロジェクトでのリークージは次の通りである。

$$\begin{aligned}
 L_y &= (1.3 * 10^4 \text{ [MWh/yr]}) * 0.92 \text{ [tCO}_2\text{/MWh]} / (1 - 0.03) - 0 + 0 \\
 &= 1.2 * 10^4 \text{ [tCO}_2\text{/yr]}
 \end{aligned}$$

上記の計算では次の値を当てはめている。

EL_y :	精製設備の設計値(ユーティリティ消費量)から推定
$COEF^{EL}_y$:	石炭火力発電所のデータより推定
$Loss_y$:	NER's 統計データより推定.
$BioFertilizer^{out}_y$:	ゼロ(提案プロジェクトでは始めから有機肥料を使用するため、代替肥料が存在しない。)
$UREA_{EQ}^{out}_y$:	プロジェクト実施段階で必要に応じて計測
$COEF_{N2O}^{tot}$:	3.0% (PDDのAnnex of the baseline methodology参照。)
$PE^{Indirect}_{N2O_y}$:	ゼロ(提案プロジェクトではそのような計画はしていない。)

4)-3 プロジェクトでの総排出量

リーケージを含む提案プロジェクトの GHG 排出量は次の式で求められる。

$$\begin{aligned}
 PE_y^{tot} &= PE_y + L_y \\
 &= 0.98 * 10^5 + 1.2 * 10^4 = 1.10 * 10^5 \text{ [tCO}_2\text{eq/yr]}
 \end{aligned}$$

5) ベースラインの GHG 排出量

ベースラインの境界内 GHG 排出量は次の式で表される。

$$BE_y = BF_y * COEF^{FF}_{petro-diesel} * (1 + \delta)$$

$$\begin{aligned}
 BF_y : \quad & \text{ある年のバイオディーゼルオイルの販売量または使用量(熱換算)[GJ/yr]} \\
 &= BF_y^{vol} * Density_y * HV_y
 \end{aligned}$$

$$\text{where : } BF_y^{vol} : BF_y \text{ の容積[m}^3\text{/yr],}$$

$$Density_y : \text{ バイオディーゼルオイルの密度[ton/m}^3\text{]}$$

$$HV_y : \text{ バイオディーゼルオイルの 1tあたりの熱量[GJ/ton]}$$

$$COEF^{FF}_{petro-diesel} : \text{ バイオディーゼルオイルが代替しようとする石油燃料のCO}_2\text{ 排出係数(LCAを考慮した) [tCO}_2\text{eq/GJ]}$$

$$\delta : \text{ 走行距離 1km あたりの燃費の違いからくる調整係数}$$

$$= [L_{biofuel}/L_{fossil}] - 1$$

$$L_{fossil} : \text{ 代替される石油燃料のGJあたりの平均燃費[m/GJ]}$$

$$L_{biofuel} : \text{ バイオディーゼルオイルのGJあたりの平均燃費 [m/GJ]}$$

ベースライン GHG 排出量は次のとおりである。

$$\begin{aligned}
 BE_y = BF_y * COEF^{FF} &= 1.0 * 10^5 \text{ [ton-BDF/yr]} * 0.89 \text{ [ton-Diesel/ton-BDF]} * 3.21 \\
 &\text{ [tCO}_2\text{/ton-Diesel]} * 1.3 = 3.7 * 10^5 \text{ [tCO}_2\text{/yr]}
 \end{aligned}$$

上記の計算では次の値を当てはめている。

$$BF_y : 1.0 * 10^5 \text{ ton/年.}$$

$COEF^{FF}$: IPCCのデータよりCO₂を求める。

$$(20.2 \text{ [tC/TJ]} * 43.33 \text{ [TJ/10}^3\text{ton]} * 44/12 \text{ [tCO}_2\text{/tC]})/1000 = 3.21,$$

ただし、LCAにより30%アップとする。(PDDのAnnex 3 参照)

δ : ゼロ(PDDのAnnex 3を参照)。

6) GHGの削減量

GHGの削減量は次の式で求められる。

$$\begin{aligned} ER_y &= BE_y - PE_y - L_y \\ &= 3.72 * 10^5 - 1.13 * 10^5 - 1.2 * 10^4 \\ &= \text{約 } 26 \text{ 万トン/年[tCO}_2\text{eq]} \end{aligned}$$

クレジット期間10年では
260万トンのCO₂の削減量となる。

7) クレジット期間

10年を設定

2.2.2 モニタリング計画一般

プロジェクト実施後に上述 GHG 削減量の検証を行うべく、モニタリングすべき項目について表-2.6のごとくモニタリングを行う。

表-2.6 モニタリング計画

番号	利用データ	データ源	単位	計測(m), 計算(c) 推定(e)	記録頻度	データのモニタリング割合	データ記録手段 (電子記録媒体/ 用紙)
P1. FF ^{BFP} _{heavy oil, y}	精製設備に供給される蒸気(重油焚ボイラーからのCO ₂)	重量計または他の計器	[kilo liter]	m	毎日	100%	電子記録媒体
P2. COEF ^{FF} _{heavy oil}	重油のLCA CO ₂ 排出係数 (oxidization factor含む)	燃料供給者の統計資料または科学的論文	[tCO ₂ / kilo liter]	c	クレジット期間の当初に1回	100%	電子記録媒体
P3. BF ^{mass} _y	バイオディーゼルオイルの年間販売量	重量計	[ton-BioFuel]	m	毎日	100%	電子記録媒体
P4. COEF ^{FS}	バイオディーゼルオイルに含まれるバイオ起源以外の原料によるCO ₂ 排出係数	-	[tCO ₂ /ton-BioFuel]	c	PDD 作成時に1回	100%	電子記録媒体
P5. PE ^{Tarnsp1} _y	栽培農地から精製設備までの輸送関連のCO ₂ 排出量	-	[tCO ₂ /yr]	c	毎月	100%	電子記録媒体
P6. EN ^{TR} _{mode1, y}	輸送モード ² の使用エネルギー	領収書	[kilo liter]	m	毎月	100%	電子記録媒体
P7. COEF ^{TR} _{mode1}	輸送モードのCO ₂ 排出係数	Statistics	[tCO ₂ / kilo liter]	c	PDD 作成時に1回	100%	電子記録媒体
P8. PE ^{Plantation} _{N₂O_y}	農地での肥料の使用から発生するN ₂ O排出量	-	[tCO ₂ eq/yr]	c	毎月	100%	電子記録媒体
P9. Fertilizer ⁱⁿ _y	肥料の使用量	重量メータ	[ton-fertilizer]	m	monthly	100%	電子記録媒体
P10. UREA_EQ ⁱⁿ	肥料の尿素同等係数 (N-component)		[ton-urea/ton-fertilizer]		肥料を変えるとき 毎回		電子記録媒体

² “輸送モード” は鉄道や、トラック輸送、海上輸送等のモードを示す。

2.3 環境影響/その他の間接影響

(1) 南アフリカにおける環境配慮の動き

南アフリカでは、1994年の民主化以降すみやかな経済発展を目的として、同国資源を利用したエネルギー集約的な産業の振興に重きが置かれ、環境保護に就いては十分な政策が取られていなかった。

大気汚染防止に関しては1965年に施行された大気汚染防止法が現行の法律となっている。これは遵守すべきガイドラインとして、PM、ダイオキシン、HCl、SO₂等が定められているが、ヨーロッパ、米国の基準値よりもかなりゆるい基準になっている。

上下水道に就いても、まず衛生的な水を国民全員に普及させる事が優先されており、鉱工業排水、生活廃水などの水質管理には至っていない。

しかし、南アフリカの国際化に伴い、環境対策は避けられないものになってきており、産業界も公害問題への市民の関心が高まっている事から、環境への取り組みを開始している。

このような背景のもと近年、南アフリカ政府は環境関連の政策に力を入れて来ており、1997年10月に「環境マネジメント白書（White Paper on Environment management）」を制定して環境政策のフレームワークを明示した他、1998年には各省間の環境関連法制度を調和させる事を目的として、「環境管理法（National Environment Management Act）」を施行、関連各省に対し4年毎に「環境実施計画（Environmental Implementation Plan）」と「環境管理計画（Environmental Management Plan）」を作成する事を義務付けた。また産業界、有識者12人～15人で構成される環境大臣の諮問機関である「環境アドバイザー・フォーラム（National Environmental Advisory Forum）」も設置した。

新しい環境管理法に基づく次の原則に基づきより厳しい環境基準の制定を図ろうとしているが、まだ制定には至っていない。

- a) 同意された環境品質を達成するための実性能に基づく諸基準
- b) 種々の基準が規定されるプロセスは、全てに共通し適用でき、排出者、関係省庁、科学者協会や市民社会の保有するニーズや情報を考慮したものであり、ガイドラインや基準の設定はこれらの協力の基に実施されること
- c) 基準を設定するプロセス及び基準そのものは市民社会に容易にアクセスできるようにすること

- d) 諸基準が既存の排出者や廃棄物管理者に対し設定される時は、諸基準の達成に向かって短・中・長期的目標を定めて、交渉に基づく段階的アプローチが確立されること

下記に南アフリカ国内の環境に関する重要な法規を列記する。

環境に関する主な基本法		制定年
1.	南アフリカ憲法 108 条	1996 年
2.	環境管理法	1989 年
3.	環境保護法	1989 年
4.	保健法	1977 年
5.	遺産資源法	1999 年
大気に関する法律		
1.	大気汚染防止法	1965 年
水に関する法律		
1.	水資源法	1998 年
2.	水道サービス法	1997 年
生物の多様性に関する法律		
1.	植物資源保護法	1983 年
2.	森林法	1998 年
3.	海洋資源法	1998 年
廃棄物に関する法律		
1.	環境保護法	1989 年
産業における環境に関する法律		
1.	危険物法	1973 年
2.	職業上保険安全法	1993 年
3.	鉱業法	1991 年
4.	鉱物・石油資源開発法案	2002 年
5.	植物資源法	1983 年
6.	遺伝子組み替え有機体法	1997 年

(2) 本プロジェクトの環境への影響

プロジェクト設備の建設に当たっては National Environmental Management Act に基づき環境影響評価を行う必要がある。実際の実施はプロジェクトの実施決定がなさ

れた後、プロジェクト実施者であるバイオディーゼルオイル事業会社（仮称）によって法の定める手続きおよび方法に従って行われる。

実際の環境アセスメントはプラント設置予定地の環境局が検査承認を行うことになっている。

< 廃水 >

- 生活廃水は、下水道経由地域の沈殿プラントで、固形物処理を行なわれる。処理水はパイプラインで海へ投棄されるが、法律の定める廃水基準に従い処理されているので、環境に与える影響は少ないと判断される。
- 工業廃水は、下記基準を超える場合及び3千トン/日以上 of 廃水の場合、別途環境局との合意が必要となる。

温度 : 56 以上

残留固形物 : 50mg / リットル以上、及び重金属、弗化物、変色・発泡性廃水

環境局との協議に基づき、必要な処理を講ずることとし、環境への配慮を十分実施する予定である。

< 大気排出 >

- 大気汚染防止法によるが、1年後を目途に変更中である。排出規制物質はSO₂であり、そのほかの物質の規制は、現在されていない。

尚、大気汚染に関しても環境局との協議に基づき十分な環境対策を講ずる予定である。プラント設置候補であるリチャードベイ産業開発区 1A は軽工業用地として環境局の承認を既に得ている。

第3章 プロジェクト事業化に向けて

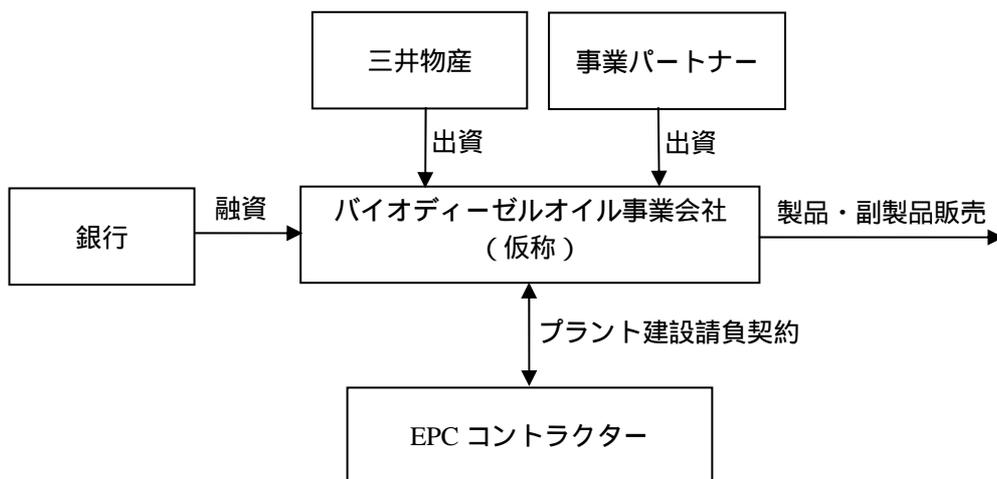
3.1 プロジェクトの実施体制

提案プロジェクトは、新たに南アフリカにおいて事業会社を設立、同事業会社がプランテーション、バイオディーゼルオイル精製設備の保有、運営を行うものである。

事業会社への出資は、三井物産(株)及び現地・欧米有力企業が共同で行う計画である。具体的な事業パートナーに就いては、先ず三井物産自身で提案プロジェクトが Feasible であることを確認した上で、改めて三井物産が共同事業パートナーを募る計画である。従い、具体的な各事業パートナー、及びその出資比率等は今後決定する予定である。

図-3.1 に事業体制を示す。

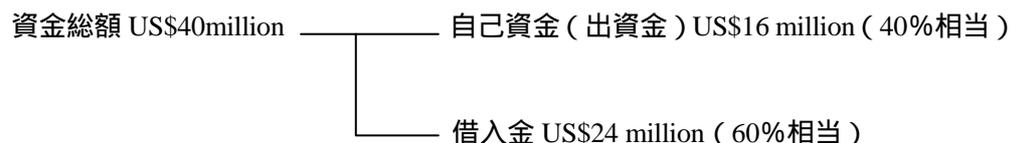
図-3.1 バイオディーゼルオイルリファイナリー事業実施体制



3.2 プロジェクト実施のための資金計画

3.2.1 資金総額と資金調達先

前述 2.1.8 項に記述した通り、提案プロジェクトの建設に必要な総投資額は約 4 千万米ドルである。資金調達先として次の資金を計画している。



但し、南アフリカ国内法では外資により 75%以上の株式を所有されている企業が、南アフリカ国内で行う借入れには制限があること、南アフリカ政府は黒人企業の成長促進を目的として海外投資案件には黒人企業が一定割合株主となる事を強く要求していること (Black Economic Empowerment) のため、今後具体的な株主構成と借入金の借入先を検討していく際、この点を十分考慮する必要がある。

尚、出資者間の詳細な役務分担、詳細プロジェクト計画を立案する段階で我国の公的資金導入方法に就いても具体的検討を加える方針である。

3.2.2 借入金

(1) 借入先の検討

低コストで長期の資金調達先を検討の結果、以下候補がある。

いずれの場合も、南アフリカ政府からの返済保証が求められると見込まれる点に注意する必要がある。

- 南アフリカ金融機関の融資
- 国際協力銀行 (JBIC) の輸出金融
- 国際協力銀行 (JBIC) の投資金融
- 世界銀行グループ、アジア開発銀行等の Multi-Lateral Agency からの融資

(2) 南アフリカ金融機関の融資

提案プロジェクトは、南アフリカの二酸化炭素排出量削減、硫黄酸化物排出量削減、煤塵排出量削減等、南アフリカの大気環境保全への貢献が大きい。従って、地球温暖化防止のためのカーボンファンドに関する南アフリカでのエージェント的業

務を行っている南アフリカ開発銀行（Development Bank of South Africa）が現地調査を通じて基本的興味を持っていることを確認している。更に、大手市中銀行 ABSA Bank とコンタクトした結果、提案プロジェクトへの融資に対する興味も確認出来ている。具体的な借入れ条件に就いては継続協議していく事となる。

(3) 国際協力銀行（JBIC）の輸出金融

OECD ガイドラインに準拠する必要あり、金利等の条件面で若干不利である。しかし他の資金調達方法と比較して、プラント建設にあたり日本から一定の輸出品が見込める限りにおいて、融資を獲得し易いが、提案プロジェクトの性格上、調達品はヨーロッパ製品が中心となることが予想され、今後、JBIC と輸出金融の融資条件を詰めていく必要がある。

(4) 国際協力銀行（JBIC）の投資金融

日本企業が出資をする事業に対し JBIC から融資されるもので、輸出金融や commercial level よりも低利が見込める点において優れている。

(5) 世界銀行グループ、アジア開発銀行等の Multi-Lateral Agency からの融資

民間事業への融資が可能なのは世界銀行グループの IFC であるが、金利等の条件は commercial level であり、JBIC の投資金融より不利である。

3.3 費用対効果

3.3.1 プロジェクト領域

提案プロジェクトの領域は 2.1 項にて述べている通り、原料種子の栽培からバイオディーゼルオイル精製まで含まれている。これにより提案プロジェクトは、大気中の二酸化炭素を吸収元としての森林事業とそれを利用して既存ディーゼルオイルの代替品を製造する精製事業を包含する自立型新規事業ということが出来る。

しかしながら、自前で栽培するナンヨウアブラガリの成育、即ち原料に適用できる種子収穫がプラント操業開始時には不足が生じるため、2 年間ほどの操業には、近隣諸国からの輸入に頼ることになる。

3.3.2 製品及び価格

当該プロジェクトの製品は、バイオディーゼルオイル、医薬レベルのグリセリンの2種である。また、副製品として種子の絞り粕が相当量発生する。2種の製品は、市場性があり、それぞれ下記に示すとおり販売価格を設定することができる。一方、絞り粕は、優秀な有機肥料であるため、自前のナンヨウアブラギリのプランテーションの肥料に投入する。

グリセリンは現在の南アフリカでのメーカー取引価格を設定した。

主製品であるバイオディーゼルオイルは、通常の化石ディーゼルオイルへの混合原料、ガスから製造されたディーゼルオイルの潤滑性補助剤での販売が予測される。

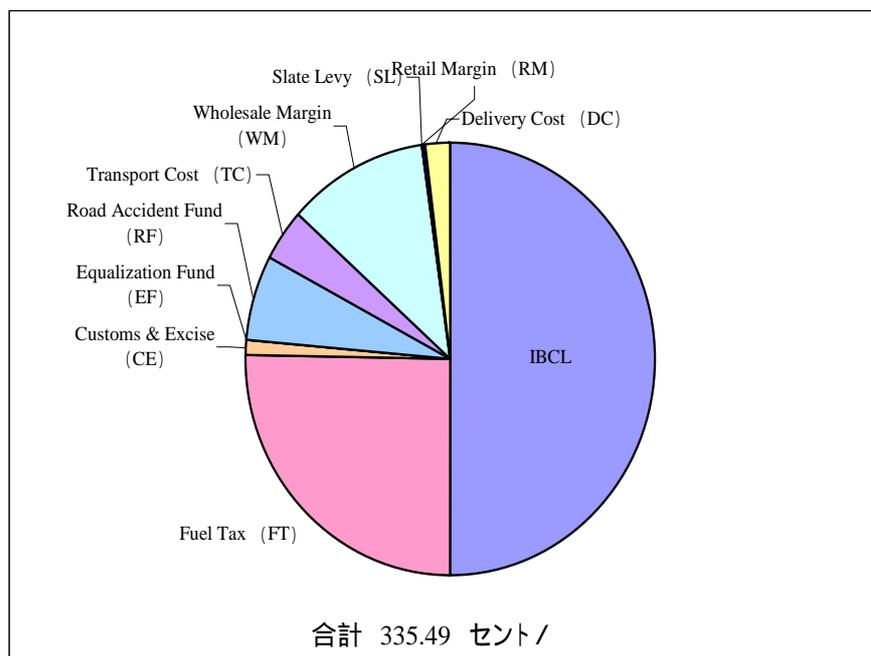
従って、提案プロジェクトでは下記の販売バラエティが想定できる

南アフリカ国内のディーゼルオイルは、現在、硫黄含有量 0.3%と 0.05%の2種販売されているが、南アフリカ政府は、2006年には大気汚染防止目標から 0.05%含有のディーゼルオイルへ統一する予定である。従い、提案プロジェクト製品のバイオディーゼルオイルの混合ベースは 0.05%硫黄含有ディーゼルとなる。

南アフリカでの石油製品販売価格は統制されており、最終小売価格は図-3.2 に示す構成となっている。ベース価格は IBLC (In Bond Landed Cost) で表され、シンガポール及びバーレンでの国際 FOB 価格を基本として海上輸送、保険、ロス、係船等のコストを含んでいる。これに国内で発生する各種費用を付加、国内業者が国際業者と競争できる価格として設定されている。毎月第1水曜日にその月の価格が発表される。

図-3.2 0.05%硫黄含有ディーゼル価格構成(2004年1月現在)

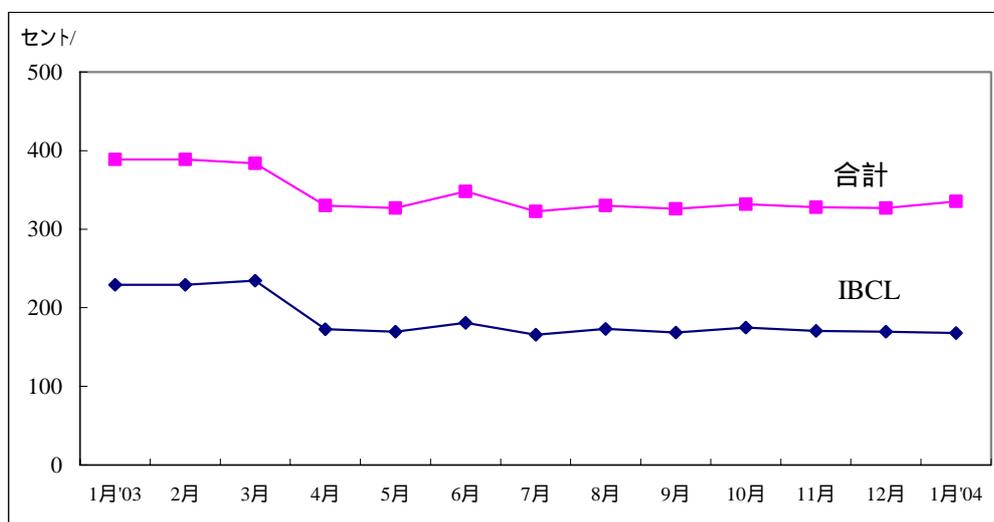
(単位：セント=1/100ランド)



Source : Price Element Diesel, Ministry of Minerals and Energy

図-3.3 0.05%硫黄含有ディーゼル価格推移

(単位：セント=1/100ランド)



Source : Price Element Diesel, Ministry of Minerals and Energy

従って、ディーゼルオイルメーカーへの販売は、彼等の工場出荷価格相応となる IBCL と同等化がこれ以下の販売価格を設定する必要があり、上記 1 年間の IBCL の平均値は 185.10 セント/リットルである。

一方、鉱物・エネルギー省は2003年3月にエネルギー白書を発表、バイオマスから生産されるバイオ燃料への燃料税を30%軽減を行うためのガス法令及び石油製品法令の変更具体化を言明した。従い上述税金充当部分の30%相当価格を上積みして販売することが可能と思われ、次の販売価格で提案プロジェクトの収益性を検討する。

$$185.10 + (85.00 + 4.00 + 21.50 + 1.00) \times 0.3 = 218.55 \text{ セント/リットル}$$

尚、潤滑助剤目的での販売については、販路が明確でない部分が多い。また販売価格は上述バイオディーゼルオイル用に比べ、高く設定することができると考えられるが、未確定部分が多く、プロジェクトの収益性を検討する上では、安全側を見て、提案プロジェクトの製品は全量バイオバイオディーゼルオイルとして販売するものとする。

3.3.3 内部収益率 (IRR ROI)

製品販売価格は上述計算値を採用、ナンヨウアブラギリ種子は、1年目は50%、2年目は80%、3年目以降は100%の自前プランテーションでの収穫を利用するものとし、1年目、2年目の不足量は外部から調達することし、1年目の操業率を80%、2年目以降は100%操業とし、それ以外の条件設定は表-3.1に示す条件として、内部収益率を検討する。

計算スプレッドシートは表-3.2に示しており、提案プロジェクトの内部収益率 (IRR ROI) は、4.43%となり、収益性が見込めるプロジェクトとは言いがたい。

表-3.1 プロジェクト経済性計算条件設定

換算レート	1US\$=	6.50 ZAR
-------	--------	----------

価格

バイオディーゼル	ZAR	2.19 /Litre	(US\$	382.08 /Ton)
グリセリン	ZAR	9.00 /kg	(US\$	1,384.62 /Ton)
ケーキ	ZAR	0.00 /Ton	(US\$	0.00 /Ton)
ヘキサン	ZAR	10,000.00 /Ton	(US\$	1,538.46 /Ton)
苛性ソーダ	ZAR	4,000.00 /Ton	(US\$	615.38 /Ton)
燐酸	ZAR	6,000.00 /Ton	(US\$	923.08 /Ton)
メタノール	ZAR	4,000.00 /Ton	(US\$	615.38 /Ton)
塩酸	ZAR	4,000.00 /Ton	(US\$	615.38 /Ton)
石灰	ZAR	2,000.00 /Ton	(US\$	307.69 /Ton)
第二塩化鉄	ZAR	10,000.00 /Ton	(US\$	1,538.46 /Ton)
ナトリウムメチレート	ZAR	10,000.00 /Ton	(US\$	1,538.46 /Ton)
酢酸	ZAR	4,000.00 /Ton	(US\$	615.38 /Ton)
活性炭	ZAR	2,000.00 /Ton	(US\$	307.69 /Ton)
TONSIL	ZAR	2,000.00 /Ton	(US\$	307.69 /Ton)
ナッツ(輸入)	ZAR	750.00 /Ton	(US\$	115.38 /Ton)
ナッツ(国産)	ZAR	500.00 /Ton	(US\$	76.92 /Ton)
冷却水	ZAR	0.81 /Ton	(US\$	0.12 /Ton)
清水	ZAR	2.93 /Ton	(US\$	0.45 /Ton)
電気	ZAR	61.07 /KVAContract/M	(1000US \$	2,254.89 /年)
	ZAR	0.13 /kWhr	(US\$	0.01970769 /kWhr)
栽培	ZAC	15.00 /本	2.5百本/月	57,700 US \$ /月

ベース価格	2.1855	ZAC/L
変動率	100%	

カーボンのクレジット 単価 0.00 US\$/T-CO₂

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
排出削減量 (t/年)										

人員配置

採用年	-1	1	2		報酬	
役員	2	3	3		76,900 US\$/人・年	ZAR 500,000 /年
事務	2	4	4		30,800 US\$/人・年	ZAR 200,000 /年
技術者	7	8	8		46,200 US\$/人・年	ZAR 300,000 /年
シフト		12	12		15,400 US\$/人・年	ZAR 100,000 /年
計	11	27	27			

設備保全費	3% /年 (設備費に対して)
本経費	5% /年 (総売上額に対して)

総設備建設費		ZAR/m ²	m ²	ZAR
土地(栽培)	16,154,000 US\$	0.7	150x10 ⁶	105x10 ⁶
土地(プラント)	947,000 US\$	120	51,300	6156000
建築	2,769,000 US\$	1800	10000	18000000
機械設備	17,000,000 US\$			
現場掘削工事	3,400,000 US\$	建築/機材価格変動		100%
計	40,270,000 US\$			

建設資金調達

自己資金	40%	16,108,000 US\$
借入(1)	60%	24,162,000 US\$

建設費支払い

年	-1	
支払い率 (%)	100%	

返済計画

	金利	猶予期間	返済年数	返済回数
借入(1)	11.50% /年	0	10	10
短期借入	11.50% /年	キャッシュ不足補充		
金利変動率	100%			

原価償却

建設経費	定率/年	10%	
機械設備	1年目	40%	2-4年 20%

法人税	30%
-----	-----

表-3.2 経済性計算(1/2)

プロジェクト年	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計
原料/副資材												
バイオディーゼル												(トン)
販売量(トン/年)		80,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	980,000
販売額(US\$/年)		30,566	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	
グリセリン												
販売量(トン/年)		8,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	98,000
販売額(US\$/年)		11,077	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	
ケーキ												
販売量(トン/年)		107,200	134,000	134,000	134,000	134,000	134,000	134,000	134,000	134,000	134,000	1,313,200
販売額(US\$/年)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ナノユアブラギリ												
種子輸入量(トン/年)	30,000	100,000	50,000	0								180,000
自前種子量(トン/年)	30,000	100,000	200,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	
購入額(US\$/年)	5,769	19,231	21,154	19,231	19,231	19,231	19,231	19,231	19,231	19,231	19,231	
ヘキサン												
購入量(トン/年)		200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	2,450
購入額(US\$/年)		308	385	385	385	385	385	385	385	385	385	
磷酸												
購入量(トン/年)		1,056	1,320	1,320	1,320	1,320	1,320	1,320	1,320	1,320	1,320	12,936
購入額(US\$/年)		975	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	
苛性ソーダ												
購入量(トン/年)		851	1,064	1,064	1,064	1,064	1,064	1,064	1,064	1,064	1,064	10,427
購入額(US\$/年)		524	655	655	655	655	655	655	655	655	655	
塩酸												
購入量(トン/年)		3,520	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	43,120
購入額(US\$/年)		2,166	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	
石灰												
購入量(トン/年)		2,640	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	32,340
購入額(US\$/年)		812	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	
第二塩化鉄												
購入量(トン/年)		440	550	550	550	550	550	550	550	550	550	5,390
購入額(US\$/年)		677	846	846	846	846	846	846	846	846	846	
メタノール												
購入量(トン/年)		9,592	11,990	11,990	11,990	11,990	11,990	11,990	11,990	11,990	11,990	117,502
購入額(US\$/年)		5,903	7,378	7,378	7,378	7,378	7,378	7,378	7,378	7,378	7,378	
ナトリウムメチレート												
購入量(トン/年)		352	440	440	440	440	440	440	440	440	440	4,312
購入額(US\$/年)		542	677	677	677	677	677	677	677	677	677	
酢酸												
購入量(トン/年)		53	66	66	66	66	66	66	66	66	66	647
購入額(US\$/年)		32	41	41	41	41	41	41	41	41	41	
活性炭												
購入量(トン/年)		16	20	20	20	20	20	20	20	20	20	196
購入額(US\$/年)		5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
TONSIL												
購入量(トン/年)		616	770	770	770	770	770	770	770	770	770	7,546
購入額(US\$/年)		190	237	237	237	237	237	237	237	237	237	

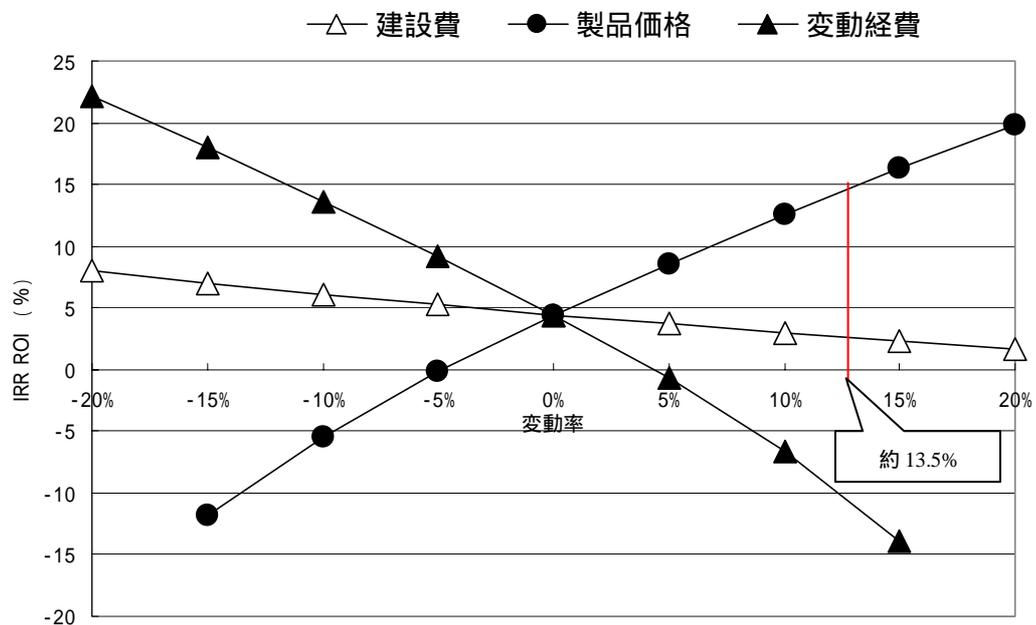
表-3.2 経済性計算(2/2)

プロジェクト年	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計
損益計算												
								(単位: 1,000US\$)				
収益												
バイオディーゼルのグリセリン		30,566	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	38,208	374,439
ケーキ		11,077	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	13,846	135,692
カーボンプレジット		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	0	41,643	52,054	52,054	52,054	52,054	52,054	52,054	52,054	52,054	52,054	510,131
支出												
原料購入費	5,769	19,231	21,154	19,231	19,231	19,231	19,231	19,231	19,231	19,231	19,231	200,000
副資材購入費		12,133	15,166	15,166	15,166	15,166	15,166	15,166	15,166	15,166	15,166	148,628
ユーティリティ		2,060	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580	25,284
本社経費		4,164	5,205	5,205	5,205	5,205	5,205	5,205	5,205	5,205	5,205	51,013
人件費	539	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	9,622
設備保全費		593	593	593	593	593	593	593	593	593	593	5,931
ロイヤリティ												0
原価償却費		8,437	4,357	4,357	4,357	277	277	277	277	277	277	23,169
金利	2,779	4,223	3,913	3,603	2,169	1,859	1,549	1,239	929	620	310	23,192
栽培料	692	692	692	692	692							3,462
計	9,779	52,442	54,569	52,337	50,902	45,820	45,510	45,200	44,890	44,581	44,271	490,301
税引前利益	-9,779	-10,798	-2,515	-282	1,152	6,234	6,544	6,854	7,164	7,474	7,783	19,830
繰越欠損金	0	-9,779	-20,577	-23,093	0	0	0	0	0	0	0	-53,449
税金	0	0	0	0	346	1,870	1,963	2,056	2,149	2,242	2,335	12,962
税引後利益	-9,779	-10,798	-2,515	-282	806	4,364	4,581	4,798	5,015	5,231	5,448	6,869
キャッシュフロー												
収入												
資本金	16,108											16,108
借入(1)	24,162											24,162
借入(2)	9,779	5,055										14,834
税引後利益	-9,779	-10,798	-2,515	-282	806	4,364	4,581	4,798	5,015	5,231	5,448	6,869
原価償却	0	8,437	4,357	4,357	4,357	277	277	277	277	277	277	23,169
計	40,270	2,694	1,842	4,075	5,163	4,641	4,858	5,075	5,292	5,508	5,725	85,142
(キャッシュ収入累積)	40,270	42,964	44,806	48,880	54,044	58,685	63,542	68,617	73,909	79,417	85,142	
支出												
設備投資	40,270											40,270
借入金(1)返済		2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	26,941
配当												0
計	40,270	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	2,694	67,211
キャッシュ益(単年)	0	0	-852	1,381	2,469	1,947	2,164	2,381	2,597	2,814	3,031	17,932
(累積)	0	0	-852	528	2,997	4,944	7,108	9,489	12,086	14,900	17,932	
IRR(ROI)	-47,270	1,861	5,755	7,678	7,332	6,500	6,407	6,314	6,221	6,128	6,035	
4.43%												
IRR(ROE)	-16,108	0	-852	1,381	2,469	1,947	2,164	2,381	2,597	2,814	3,031	
1.52%												
単純返済年数												
DSCR(単年)		0.27	0.87	1.22	1.51	1.43	1.51	1.61	1.72	1.85	2.01	

3.3.4 センシティブリティ

提案プロジェクトの投資額の見積の精度は±30%、また、バイオディーゼルオイル価格も国際価格及びランドの対ドル為替変動により変化することより、センシティブリティを調査すると、図-3.4 のようになる。下記センシティブリティから、提案プロジェクトではバイオディーゼルオイル販売価格及び変動経費の変動が収益率に与える影響が大きいことが分かる。変動経費は原料購入費（ナンヨウアブラギリ種子）、副資材購入費及びユーティリティ費用から構成されるが、原料購入費がこのうちの52%を占め、如何に原料を安価に仕入れるかが提案プロジェクトの採算性に大きく影響する。

図-3.4 センシティブリティ



3.3.5 クレジット価格

新規事業判断となる IRR ROI を 15% と期待すると、図-3.4 から製品価格の 13.5% 相当分 (2.1855 ランド × 0.135 × 10 万トン) 29,500,000ZAR/年の増収が必要である。これを提案プロジェクトで削減可能な二酸化炭素量の売買収入にて充当すると仮定すれば、1 トンあたりの二酸化炭素のクレジット価格が求まる。

提案プロジェクトの 10 年間の総削減量は約 26 万トン / 年であることから、

$$29,500,000 / 6.50 / 260,000 = 17.46 \text{ \$ / tCO}_2\text{eq}$$

と計算される。

3.4 具体的事業化に向けての見込み・課題

上記 3.3 項で議論した通り、提案プロジェクトの事業化に際しては、その経済性が大きな課題である。

一つには、現マーケット価格での経済性の低さであり、一方でマーケット価格に大きく左右される変動リスクを以下にコントロール/回避するかである。

現マーケットでの経済性の低さについては CDM 化し、カーボンのクレジットを 3.3.5 項で長期に販売出来るようなスキームを構築することが一つの回答であり、検討を重ねていく。

一方、マーケット変動リスクに関しては、販売先の意向に大きく影響されるものであり、3.4.1 項にて潜在的な販売先を取り上げる。

更に、これまでのバイオディーゼルプロジェクトの成功・失敗の事例も参考にしつつ提案プロジェクトの実現を検討してゆく。過去の事例に関しては 3.4.2 項にて調査結果を取り纏めた。

3.4.1 マーケティング

(1) バイオディーゼルオイル

現在バイオディーゼルオイルの潜在顧客としては下記企業を検討している。

- SASOL (南アフリカ最大手化学会社)
- De Beers (ダイヤモンド鉱業)
- BHP Billiton (アルミニウム精練工場)
- Mossgas (同国国営ガス会社/天然ガスよりガソリン、ディーゼル等の液体燃料製造)

具体的な引取可能数量・引取時期・引取手段等は、本件の推進状況と合わせ、今後詰めていく方針である。

(2) グリセリン

医薬品グレードである事を前提条件に、南アフリカ医薬品会社 Protea Chemicals より引取興味表明を受けている。

グリセリンは品質が重要ファクターにて、本提案プロジェクトで生産される品質をベースに、Protea Chemicals と交渉を実施する方針である。

(3) 絞りカス

ナンヨウアブラギリの絞りカスはその毒性により家畜飼料として使用不可能である。よって提案プロジェクトでは、有機肥料として使用を予定する。毒性除去技術

は現在確立された商業技術は無いが、この可能性についても追及し、家畜飼料としての可能性も検討を継続する方針である。またナンヨウアブラギリの栽培は南アフリカで商業栽培の実績は無く、政府許認可等も含め、状況を注視すると共に可能な限りのサポートを行う方針である。

3.4.2 過去のバイオディーゼルプロジェクト事例

本プロジェクトと同様のバイオディーゼル製造プロジェクトに関しては、主に欧州で多数のプロジェクト事例はあるが、幾つかは失敗に終わっている。主な原因としては、以下が挙げられる（商業ベースのプラント）：

原料として精製されたナタネ油を使用する場合、プロセスは簡単なものの原料費が大きく採算に合わないこと。

プロセス中のロス発生率が高い技術を採用したため収率が悪いこと。

全自動制御を採用していないため、人件費が大きく、又、誤操作が大きいこと。

廃棄物量が大きく処理費用がかさむこと。

生産量が 5,000t ~ 15,000t / 年と比較的規模の小さいプラントを建設したため採算が悪いこと。

製品のバイオディーゼルオイルが ONC1190 や EN14214（規格）に合致しないこと。

また、プロジェクトのコアとなるバイオディーゼル製造設備の他に、プロジェクトを成功裏に実現させる為には、原料植物油の搾油及び精製、品質管理に関しても以下のようなポイントに留意する必要がある。

- 搾油設備
- ・ 国内及び海外の搾油業界から独立していること。
 - ・ 物流コストに優位性をもつこと。
 - ・ 搾油量に柔軟性をもつこと。
 - ・ 直接経費、間接経費に優位性をもつこと。
 - ・ 堅型の配置を心がけること。

- 品質保証
- ・ 適正な Total Quality Control をこころがけること。
 - ・ QC のエビデンスの管理。
 - ・ プロセスのエビデンスの管理。
 - ・ ラボによる品質管理。

プロジェクトの立地選定に関しても、以下のポイントに留意する必要がある：

物資（プラント機器）、原料、副資材の輸送に有利な場所を選定し、物流費の削減をはかる。

既存の化学工業団地内に立地場所を選定する。

- メンテナンスコストや Security Cost の削減。
- 第三者の分析機関へのアクセス
- 原料貯蔵タンクファームへのアクセス
- メタノールサプライヤーへのアクセス

既設製油所の近隣に立地する。

- バイオディーゼルの輸送コストの削減（但しその製油所への過度の依存を避けること）

原料の栽培フィールドの近隣に立地する。

- 原料の輸送コストの削減（但し、そのフィールドへの過度の依存を避けること）

今回のプロジェクト候補地である Richards Bay に関しては、以上のポイントからプロジェクト実現に適していると考えられる。

その他上記ポイントに関しても提案プロジェクト実現に対し留意し推進していく方針である。