

## 平成 21 年度CDM／JI事業調査

# エクアドル・ガラパゴス諸島における風力及び ジャトロファ油を用いたコジェネレーション CDM 事業調査

## 報告書

平成22年 3 月

三菱 UFJ 証券株式会社



## 目次

1	基礎情報 .....	1
1.1	プロジェクトの概要 .....	1
1.2	企画立案の背景 .....	1
1.3	ホスト国及び地域 .....	2
1.3.1	地勢 .....	2
1.3.2	気候 .....	4
1.3.3	人口 .....	5
1.3.4	政治体制 .....	7
1.3.5	経済状況 .....	7
1.3.6	エクアドル本土におけるエネルギー事情 .....	10
1.3.6.1	石油及び天然ガス部門 .....	10
1.3.6.2	発電部門 .....	11
1.3.7	ガラパゴス諸島におけるエネルギー事情 .....	12
1.3.7.1	エネルギーの供給 .....	12
1.3.7.2	化石燃料需要 .....	15
1.3.7.3	ガラパゴス諸島における発電部門 .....	16
1.3.8	ガラパゴスの環境政策－化石燃料ゼロプログラム .....	22
1.3.8.1	化石燃料ゼロプログラムの主な推進要因 .....	22
1.3.8.2	政府の対策 .....	22
1.4	ホスト国の CDM に関する政策及び状況 .....	23
1.4.1	CDM に関する取組み及び体制 .....	23
1.4.2	エクアドルにおける CDM の実績 .....	24
1.4.3	DNA 承認手続き .....	25
2	調査内容 .....	28
2.1	調査実施体制 .....	28
2.2	調査課題 .....	29
2.3	調査内容 .....	30
2.4	現地調査 .....	34
3	調査結果 .....	35
3.1	プロジェクトの内容 .....	35
3.1.1	風力発電プロジェクト .....	35
3.1.1.1	風況調査及び立地選定背景 .....	35
3.1.1.2	実施計画 .....	39
3.1.1.3	風力発電及び送電線に係わる導入技術 .....	40

3.1.2	コジェネ発電.....	41
3.1.2.1	立案及び立地選定背景 .....	41
3.1.2.2	実施計画.....	41
3.1.2.3	導入技術.....	42
3.1.3	バイオ燃料の生産.....	42
3.1.3.1	マナビ地方におけるジャトロファの植生.....	42
3.1.3.2	バイオ燃料生産能力.....	43
3.1.3.3	ジャトロファ種子の収穫方法.....	44
3.1.3.4	バイオ燃料の搾油 .....	45
3.1.3.5	バイオ燃料の輸送 .....	48
3.1.3.6	廃棄物の処理方法 .....	49
3.2	適用方法論 .....	49
3.3	CDM におけるプロジェクト・バウンダリーの設定 .....	50
3.4	ベースラインの設定 .....	50
3.4.1	E マイナス .....	50
3.4.2	風力発電.....	50
3.4.2.1	バルトラ島におけるベースラインの設定課題.....	50
3.4.2.2	サンタクルス島におけるベースラインの設定.....	51
3.4.2.3	風力発電におけるベースライン排出量の算定方法 .....	53
3.4.3	コジェネ発電.....	54
3.5	プロジェクト排出量及びリーケージ .....	57
3.5.1	風力発電.....	57
3.5.2	コジェネ発電.....	57
3.6	モニタリング計画.....	63
3.6.1	風力発電.....	63
3.6.2	コジェネ発電.....	63
3.7	温室効果ガス削減量 .....	64
3.7.1	風力発電.....	64
3.7.2	コジェネ発電.....	65
3.8	クレジット獲得期間 .....	66
3.9	環境影響及びその他の間接影響 .....	66
3.9.1	風力発電プロジェクト .....	66
3.9.2	コジェネ発電プロジェクト .....	68
3.10	利害関係者のコメント .....	69
3.10.1	風力プロジェクト（送電線含む） .....	69
3.10.2	コジェネ発電プロジェクト.....	70

3.11	プロジェクトの実施体制 .....	71
3.12	資金計画 .....	71
3.13	経済性分析 .....	72
3.14	追加性の証明 .....	81
3.14.1	風力プロジェクト及びコジェネ発電共通の障壁 .....	81
3.14.2	風力プロジェクトに特化した障壁 .....	82
3.14.3	コジェネ発電プロジェクトに特化した障壁 .....	83
3.15	事業化に向けての展望と課題 .....	83
3.15.1	プロジェクト実施スケジュール .....	83
3.15.2	稼働について .....	85
3.15.3	ジャトロファのプランテーション開発について .....	85
3.16	他地域への波及性 .....	86
4	コベネフィットに関する調査結果 .....	87
4.1	背景 .....	87
4.2	ホスト国における環境汚染対策等効果の評価 .....	87
5	持続可能な開発への貢献に関する調査結果 .....	92
5.1	ホスト国における生体系破壊リスクの評価 .....	92
5.1.1	生体系保護の歴史 .....	92
5.1.2	生態系破壊リスクの調査 .....	92
5.2	サンタクルス島における陸上運搬による燃料消費量の減少による 追加的 CO <sub>2</sub> 排出削減 .....	96
5.3	サンタクルス島の土壌汚染環境改善 .....	96
5.4	サンタクルス島の水質汚染環境改善 .....	97
5.5	大気汚染物質削減指標 .....	97
5.6	淡水の供給 .....	100
5.7	マナビ地方農村部への経済的貢献 .....	100



## 1 基礎情報

### 1.1 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、エクアドル国ガラパゴス諸島におけるバルトラ島にて、同政府が石油依存脱却を目指す「ガラパゴス諸島における化石燃料ゼロプログラム」の下、6.75MW の小規模風力発電と 5MW のバイオ燃料(ジャトロファ油) を使用したコジェネ発電をバルトラ島に段階的に導入し、ミニグリッドを通じて隣接するサンタクルス島へ供給することで、ディーゼル起源の電力を代替し CO<sub>2</sub> 排出量を削減するものである。コジェネ発電所で発生した熱は、諸島にて初めて建設される予定の淡水化プラントに供給される等、本プロジェクトは、エクアドル政府電力・再生可能エネルギー省主導により複合的に実施される。現在まで利用価値が見出されなかったエクアドル本土に生垣として植生するジャトロファの実を燃料として利用することにより、貧困層が多い現地農家の新たな収入源を確保することが可能となる。また現在、発電用にタンカーによって運搬されているディーゼルの使用を序々に廃止することで、本化石燃料ゼロプログラム実施の要因となったタンカー座礁による燃料油流出事故の影響を緩和し、ガラパゴス諸島の生態系を保護することが最大の目的である。

本プロジェクトにおける風力発電は、2011 年 1 月から、またコジェネ発電は 2013 年 1 月から稼動予定で、第 1 クレジット期間平均でそれぞれ 11,177t-CO<sub>2</sub>/年、10,321 t-CO<sub>2</sub>/年の温室効果ガスの削減が見込まれる。また、再生可能エネルギーを導入することで、化石燃料の使用量の減少に伴う大気汚染物質の削減というコベネフィット効果が期待される。

### 1.2 企画立案の背景

エクアドル国ガラパゴス諸島は、7 つの主要な島<sup>1</sup>と 100 以上の小島及び岩礁から成り、居住者は約 3 万人で年間 12 万人以上の観光者が訪れる。ほぼ全ての資源を諸島外部からの輸入に頼っており、島内電力は本土から輸送されたディーゼルを用いて発電されている。同諸島は、2007 年 6 月に UNESCO によって「危機にさらされている世界遺産」として登録されたが、それに先立ち、同年 4 月にエクアドル国大統領は、2015 年までに石油依存脱却を目指す「ガラパゴス諸島における化石燃料ゼロプログラム」を提案した。同プログラムの下、エクアドル政府は、風力、太陽光、バイオ燃料利用等の実現性及び環境影響評価について調査を実施し、欧州政府からの援助や国連、地球環境基金等の資金及び民間からの投資を活用し、風力発電、バイオ燃料発電、太陽光発電等の事業を開発・実施している。諸島の中で 1 万 6 千人

---

<sup>1</sup> イサベラ島、サンタクルス島、フェルナンディナ島、サンティアゴ島、サンクリストバル島、フロレアナ島、マルチェナ島 (ECUADOR, Parque Nacional Galápagos, Ecolap Y Mae, Ecofound, Fan, Darwinnet, IGM, Coloma Andrea-Rivadeneira Cristina-Rivera Jade, Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador, Quito, 2007 p.279)

と最も多い人口を抱えるサンタクルス島の電力供給に関連して、隣接するバルトラ島にて風力発電及びバイオ燃料を用いたコジェネ発電事業を段階的に実施することが計画された。（第1フェーズでは2.25MWの風力発電所を建設、第2フェーズでは4.5MWの風力発電所拡張及びコジェネ発電機の設置。）しかし、第1フェーズの計画途中で340万米ドルの資金不足であることが判明した。政府は第2フェーズに関しても、資金繰りを調整中ではあるが、エクアドルでは、2008年12月に同国大統領が外貨建て債務不履行宣言をするなど、世界的金融危機の余波を受け、公共事業の抜本的見直しが求められている中、現地政府としては本案件への追加資金の投入は難しく、外部資金を必要としている。このような状況の下、本調査を通じてCDM化を図ることで化石燃料消費を削減し、ガラパゴス諸島の持続可能な開発及び世界遺産の保護に寄与する同事業を促進する。

### 1.3 ホスト国及び地域

#### 1.3.1 地勢

エクアドル共和国（以下、エクアドル）は南アメリカ大陸の北西部、アンデス地方に位置しており、コロンビア、ペルー及び太平洋に隣接している。エクアドルの総面積は、ガラパゴス諸島を含め、およそ28万平方キロメートルあり、大きく次の4つの地域に区別される。首都キトのある高地山岳地帯、太平洋沿岸の肥沃で農業に適した平原（高地）、アマゾンの低地帯域、そしてガラパゴス諸島である。

ガラパゴス諸島はエクアドルの沿岸から約1,000kmの距離にあり、1832年にエクアドルが領有を宣言した。ガラパゴス諸島の総面積は7,882平方キロメートルで、うち96.7%が国立公園、また3.3%が人間の活動区域となっており、人間活動区域はサンクリストバル島、サンタクルス島、イサベラ島とフロレアナ島に散在している（表1-1を参照）。1978年に陸上部分が世界自然遺産に登録され、2001年に周辺の海洋保護区が追加された。ガラパゴス諸島は世界自然遺産の中でも上位10位に入る貴重な地域であり、生態学的価値という点において世界で屈指の規模を誇る多様性豊かで複雑な海洋列島である。一方、ほぼ全ての資源は諸島外部からの輸入に頼っており、島内の電力は本土から輸送されたディーゼル油を用いて発電されている。本プロジェクトが実際されるバルトラ島は、同国の軍事基地及び諸島の主要空港を有し、陸上保護区、海洋保護区、人間居住区に区分されている。





図 1-1 エクアドルの地図（緑枠内はジャトロファ植生地のマナビ地方）<sup>2</sup>



図 1-2 ガラパゴス諸島（出典：ウィキペディア）

<sup>2</sup> <http://www.maporama.com/political-map-of-ecuador/>

表 1-1：ガラパゴス諸島における土地の分配状況

島	総面積 (ha)	国立公園エリア		居住区エリア			
		国立公園 (ha)	総面積 に対する 率 (%)	都市部 (ha)	農村部 (ha)	合計面積 (ha)	総面積 に対する 率 (%)
サンクリストバル	55,709	46,740	83.9	733.6	8,235.5	8,969.1	16.1
サンタクルス	98,516	86,851	88.2	188.3	11,476.5	11,644.8	11.8
イザベラ	470,696	465,338	98.9	125.2	5,233.2	5,358.4	1.1
フロレアナ	17,255	16,965	98.3	38.6	290.2	290	1.7
バルトラ	2,544	2,544	100	0	0	0	0
その他	154,820	154,820	100	0	0	0	0
合計	799,540	773,258	96.7	1,085.7	25,235.4	26,282.3	3.3

### 1.3.2 気候

エクアドルは、各地域によって気候が大きく異なる。本章では、プロジェクトが関連する本土の沿岸地帯及びガラパゴス諸島の気候について記す。

本土沿岸地帯は、熱帯気候である。この地帯全体の気温は、ほぼ一定しており、23℃～26℃程である。季節的な気温の変化はそれほど大きくないものの、12月～4月の雨期は蒸暑く（特に2月から4月までが最も暑い季節）、5月～11月の乾期には平均気温は下がるのが主な特徴である。南部最大都市であり、エクアドルでは首都キトの次に最も大きい都市であるグアヤキル市近辺では、8月と9月が1年のうち最も涼しい。沿岸地帯の降雨量は、北から南に下るにつれて減少し、植生は北部の熱帯雨林から熱帯サバナ、南部の砂漠へと変化する<sup>3</sup>。本プロジェクトで使用されるジャトロファは、グアヤキルより北部に位置するマナビ地方にて収穫されるが、同地方内の降雨量は北部と南部で大きく隔たりがあり、そのため収穫期間及び回数等は其々地方に合わせて別途計画することが必要である。

ガラパゴス諸島の気候は、海流によって和らげられ、高度による影響も受けている。諸島は、南東貿易風帯にあたり、貿易風による南赤道海流と、寒流であるペルー海流（フンボルト海流）とクロムウェル深層流の影響で、赤道圏にありながら乾燥した亜熱帯の気候をもつ。貿易風は1月～4月に弱まり、南赤道海流も南寄りに流れるため、ペルー海流が諸島付近に流

<sup>3</sup> Mongabay.com

入せず、ガラパゴス諸島ではこの時期気温が上昇し暖期（雨期）となる。この暖期には、2、3 年毎に発生するエルニーニョ現象の影響により激しい気温上昇が長引くことがある<sup>4</sup>。他方、6 月から 12 月にかけては貿易風が強くなり冷たいクロムウェル深層流が湧昇流となってガラパゴス諸島全体を包むようになるので、ペルー海流の流入とあいまって気温の低いガルア期（雲霧期）となる。ガルア期には低地に雨が降らず、高地は雲霧に包み込まれる<sup>5</sup>。このようにガラパゴスの季節は 2 季あり、ガラパゴス諸島のほぼ中央に位置するサンタクルス島南岸における年間雨量は 512 ミリ、最暖月は 3 月で平均気温は 29.1℃、最寒月は 9 月で気温は 23.1℃、年平均気温は 25.4℃となっている<sup>6</sup>。

### 1.3.3 人口

エクアドル国家統計調査局（INEC）が 2001 年 11 月に実施した直近の国勢調査によると、エクアドルの総人口は 1,210 万人である。ガラパゴス諸島においては、脆弱な固有の生態系を保護する手段として、移住、ひいては人口増加をコントロールするために、いくつかの国家政策が中央政府によって策定され、ガラパゴス開発庁（INGALA : Instituto Nacional Galápagos）によって実施されている。図 1-3 は、現地で人口・住宅統計調査が行われた 1950 年から 2006 年までのガラパゴス諸島の人口増加を示している。諸島における人口増加期は過去 3 回あったとされている。

第 1 期（1950 年から 1975 年）： 移住と農業フロンティアの拡大

第 2 期（1990 年代）： 漁業と観光産業の労働力の需要拡大

第 3 期（2000 年から 2005 年）： ガラパゴス特別法制定後、同法が間接的に移住を促し、結果的に人口増加に至る

INGALA が記録した 2006 年の住民数は 2 万 6,372 人であった。

---

<sup>4</sup> Cornell University Earth and Atmospheric Science レポート  
<http://www.geo.cornell.edu/geology/GalapagosWWW/GalapagosClimate.html>

<sup>5</sup> 日本科学技術振興機構「ガラパゴスに学ぶ生物の進化」  
<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0220f/start.html>

<sup>6</sup> 長崎大学附属図書館「ガラパゴス諸島画像データベース」  
<http://gallery.lb.nagasaki-u.ac.jp/galapagos/index.html>

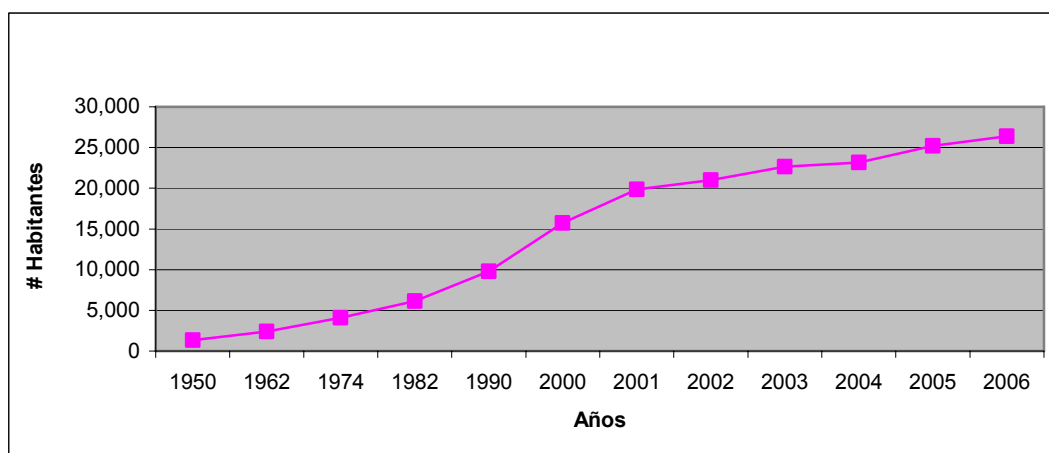


図 1-3 ガラパゴス諸島の人口推移  
(出典: INGALA、INEC)

2006 年に INEC がガラパゴス諸島で実施した国勢調査によると、図 1-4 に示す通りサンタクルス島の人口が最も多く、諸島の総人口の 59%を占めている。これは、大規模な観光活動の発展によるものである。人口数第 2 位のサンクリストバル島は、サンタクルス島に比べて観光産業の開発が進んでいないことから横ばい状態が続いている。また、人口数第 3 位のイサベラ島は、面積では最大の島だが、総人口に占める割合はわずか 9%である。

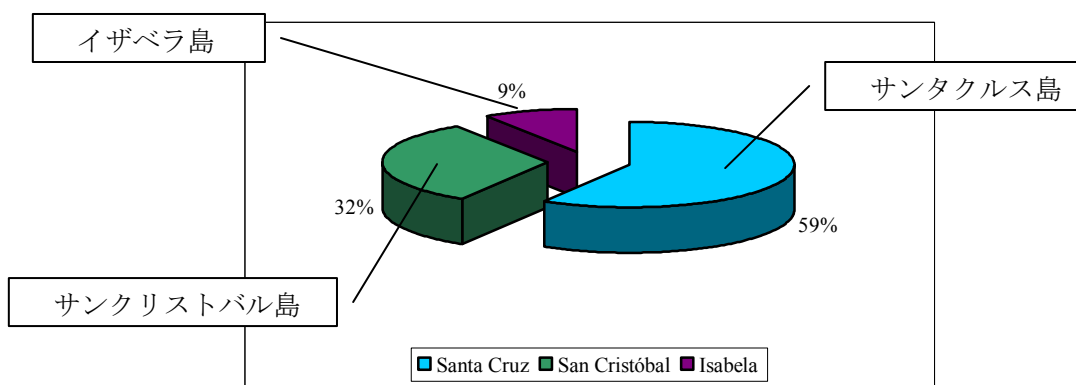


図 1-4 ガラパゴス諸島の人口分布  
(出典: INEC)

2006 年の INEC の調査では、ガラパゴスの住民の 85%は都市部に居住しており、農村部に居住していたのはわずか 15%だった。また、2006 年の住宅数は 3100 戸を越えており、2001 年の記録 (2206 戸) に比べると 6 年間で 40%強増加している<sup>7</sup>。人口増加に伴い、エネルギー

<sup>7</sup> INEC 及びサンタクルス地方自治体政府 (Municipio de Santa Cruz)

一、水、その他の基本サービスの需要がサンタクルス島で拡大している。今後の人口増加の展望としては、政策上は横ばいすることが見込まれているが、本土からの違法移民が増大する可能性は残る。エネルギー需要の展望は今後も拡大することが予想されており、本プロジェクトのベースライン排出量算出は、この予測を基に試算する。

### 1.3.4 政治体制

エクアドルは、1822年に旧大コロンビアから独立した後クーデターによる政権交代が繰り返され、1979年の民政移管以降は民主主義体制が維持されてはいるものの、現在に至るまで政情不安が継続している。国政の混乱及び寡占的な政治経済構造に対する国民の不満を背景に、貧困層の多数の支持を得て、ラファエル・コレア氏が2007年1月に大統領に就任した。その後、2008年に新憲法発足を手掛ける等、国内における改革を推し進めている。コレア大統領は、2009年4月26日に実施された総選挙にて、51.95パーセントの得票率をもって再任された<sup>8</sup>。2009年8月から2期目が開始したが、今後の4年間の任期において、新憲法の下政治的安定を維持しつつ改革を推進できるかが課題となっている。

コレア政権の下、多くの行政改革が実施されている。エネルギー関連では、2007年7月、石油部門所轄官庁の機構改革が実施され、エネルギー鉱山省(MMP:Ministerio de Minas y Petroleo)が担当していた電力及び再生可能エネルギー部門が同省より切り離され、電力・再生可能エネルギー省(MEER: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable)が創設された<sup>9</sup>。今まで石油優遇政策の影で軽視されていた再生可能エネルギーを用いた発電プロジェクトの開発を後押しすることで、再生可能エネルギー推進を戦略的に促進することが目的である。現在エクアドル政府は、新政策の下、水力発電事業に力を入れている。これは、国内の石油精製能力低下による石油精製品の供給不足と温室効果ガスの削減効果を考え、火力発電への依存を低減するためである。

ガラパゴス諸島における本プロジェクトは、MEERの管轄下にある。

### 1.3.5 経済状況

エクアドルは、石油輸出国であり、その経済は石油輸出に大きく依存している。石油製品に加えて、国家経済は、海外への出稼ぎ労働者からの送金収入と主要な産業品であるバナナ

---

<sup>8</sup> 在エクアドル日本大使館「エクアドル情勢—内政・外交」(2009年4月)  
[http://www.ec.emb-japan.go.jp/document/naisei-gaiko/naisei-gaiko\\_200904.pdf](http://www.ec.emb-japan.go.jp/document/naisei-gaiko/naisei-gaiko_200904.pdf)

<sup>9</sup> 新木秀和「エクアドルの石油産業」坂口安紀編『発展途上国における石油産業の政治経済学的分析—資料集—』日本貿易振興機構アジア経済研究所(2008年)  
[http://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Download/Report/pdf/2007\\_04\\_16\\_07.pdf](http://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Download/Report/pdf/2007_04_16_07.pdf)

や花、カカオなどの農産物、マグロ、エビなどの魚介類の輸出に依存している<sup>10</sup>。

エクアドルは、2008 年の世界的金融危機の影響により、国内経済が停滞している。国際通貨基金（IMF）によると、2008 年に 5.3%であった経済成長率は、2009 年ではマイナス 2.3%になり、2010 年には少しながら持ち直して 1.0%程度になることが予測されている。図 1-5 は、在エクアドル日本大使館が 2009 年 5 月に取り纏めた 1995 年以降のエクアドル経済の推移である。図 1-5 が示す通り、経済の不安定さが如実である。

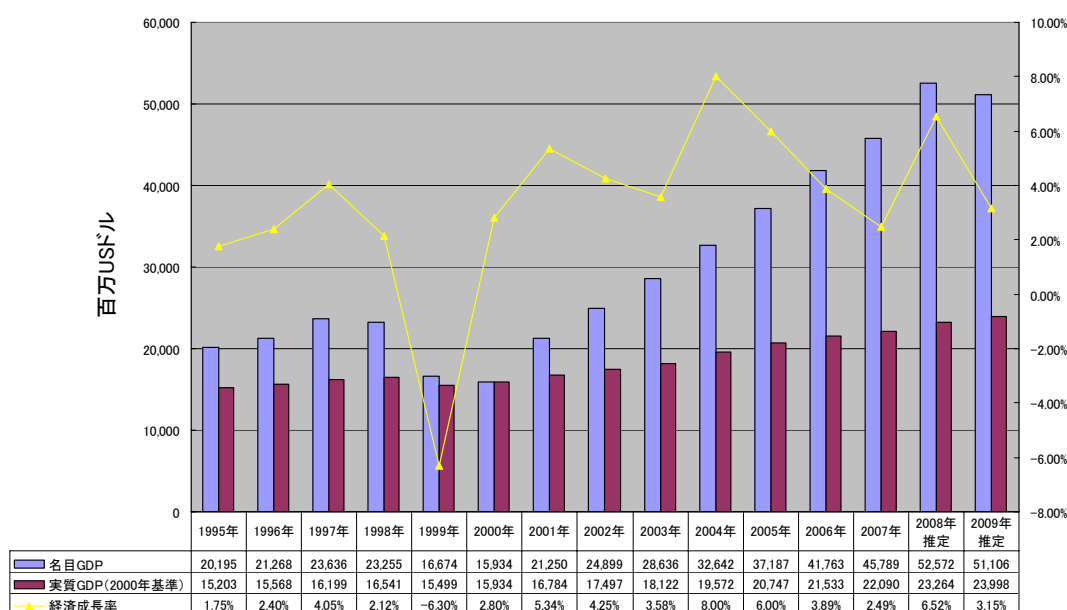


図 1-5：エクアドルの経済状況

(出典：日本外務省在エクアドル日本大使館「主要経済指標」(2009 年 5 月)<sup>11</sup>)

毎年の国家予算に占める石油輸出の割合が大きいため、国家予算は、原油の参照価格に基づいて政府が作成している。2008 年の歳入は、原油価格の高騰によって増大し、2007 年を 62.2%上回った。しかし、2008 年の年間支出は、2007 年に比べ 70.4%膨張し、その結果、2008 年の収支は 2007 年に比べて 39%縮小した。これは主に、大規模な公共事業の増加及び輸入品価格の高騰によるものであった。また、精製能力不足が原因で、エクアドルはディーゼル油、LPG、ナフサを輸入しなければならない状況にある。

2009 年の国家予算見通しは、原油の参照価格を 1 バレル 85 米ドルと想定していたが、原油

<sup>10</sup>日本外務省によると、貿易額は、輸出が 138 億ドル（2007 年）、輸入が 125 億ドル（2007 年）であった。  
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/ecuador/data.html>

<sup>11</sup> [http://www.ec.emb-japan.go.jp/document/shihyo/shihyo\\_1995-2008.pdf](http://www.ec.emb-japan.go.jp/document/shihyo/shihyo_1995-2008.pdf)

価格は1 バレル 60 米ドルを下回っており、2007 年以降に計画された公共部門投資に影響を及ぼしている。2009 年については、当初約 150 億米ドルの歳出を見込んでいたが、歳入の最大額は 110.85 億米ドルと歳出を下回ることが予想され、約 23.6 億ドルの年間財政赤字となることが試算されている。歳入の減少は、原油価格の下落と世界的な金融危機による出稼ぎ労働者の収入の減少によるものである。中央政府は、インフラストラクチャやエネルギー部門の大規模国家戦略的プロジェクトへの資金拠出を中止することが難しいため、米州開発銀行 (IDB: Inter-American Development Bank) やアンデス開発公社 (CAF: Corporación Andina de Fomento) 等の国際機関に対し経済支援を要請している。IDB は 2009 年にインフラストラクチャ整備のために 10 億ドルの融資を承認し、CAF はエネルギー開発のために 2 億 5,000 万ドルの融資を承認した。

経済危機への対策として、2009 年 3 月に、コレア大統領はエクアドルの公共事業費を昨年から 8 億 US ドル削減すると発表している。また、現在政府は、既に実施計画が確定し、予算が承認されていた幾つかの事業を打ち切り、それらに配分されていた予算を水力発電事業に充当することを検討している。本件に関しては第 3 章の追加性のセクションにて詳細を記すが、エクアドル経済の不況は政策に直接影響を及ぼしており、ガラパゴス再生可能エネルギー事業実施を脅かす要因となっている。

インフレ率は、2001 年の通貨変更後徐々に下がっており、10%未満のレベルを保っている。2008 年の年間インフレ率は、農作物のほか、石油、銅及び一部の原材料の高騰により 8.4%に達した。図 1-6 は、年間インフレ率を示している。

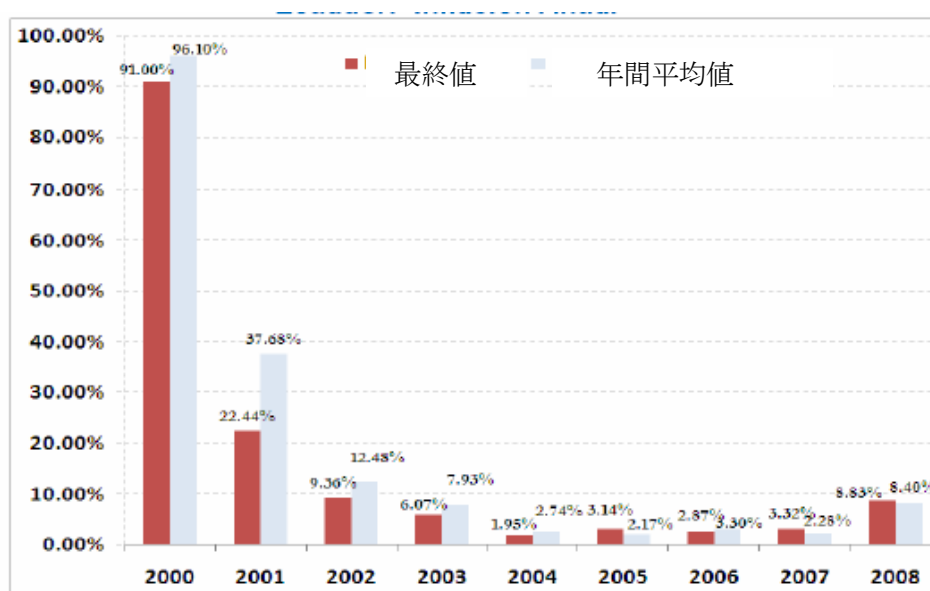


図 1-6 : エクアドルのインフレ率  
(出典 : INEC)

その他、主要な経済問題の 1 つとして、エクアドルは現在深刻な貧困問題を抱えている。貧困層は国民の 6 割を占めるといわれており、国家統計調査局（INEC）の発表によると 2009 年 9 月期の完全失業率が 9 月の失業率は 9.1%、不完全就業率は 51.7%に達しており、2008 年の値から上昇している。

ガラパゴス諸島の経済状況は、2001 年から 2007 年にかけて部門別総付加価値は大きく変化していない。2001 年における第一位は商業で、ガラパゴス経済の 46.8%を占めており、続いて観光が 35.79%、建設が 7%、最後に公行政が 3.26%となっている。

商業部門は 2007 年も諸島経済の 44%を占めて第一位、観光は 39%で第二位となっている。商業が間接的に観光に関わっていることは指摘しておくべきであり、商業部門を観光の一部として含めると、観光は諸島経済の 83%を占めていることになる。

1990 年以降、現地インフラの改善と新たな観光クルーズの導入により、観光客数が増加し、90 年代の増加率は 6%、2000～2007 年の増加率は 13%となった。

### 1.3.6 エクアドル本土におけるエネルギー事情

#### 1.3.6.1 石油及び天然ガス部門

エクアドルは産油国であり、2007 年 10 月に 1998 年に脱退した OPEC に復帰した。2008 年度の公式統計では、原油生産量は 1.8 億バレルで、その内訳は 75%が国営企業とその請負企業で、残りは民間企業であった。原油生産のうち 3.9%は、限界油田によるものである。国内原油生産量の 29.6%は国内石油精製所で消費されている。輸出先の内訳は、米国市場が 62%、続いてペルーが 13%、チリが 12%となっている。

天然ガス部門では熱帯雨林地帯に存在するガス田での生産が主力であり、2008 年の生産量は 78.8 Mcft/日あった。また、1980 年代に発見されたマカラ市の沖合 65 キロメートルに位置するラ・アミスタッド・ガス田では 1996 年に探鉱・生産に関する事業参加契約が締結され、開発が進んでいる<sup>12</sup>。

エクアドルには Petroecuador 社が所有する石油精製所 3 箇所あり、うち 2 つは沿岸地帯、1 つはジャングルに位置している。精製能力は、最大のエスメラルダス製油所が 11 万バレル/日である一方、ラ・リベルタ製油所は 4 万 5,000 バレル/日、ジャングルの製油所は 2 万バレル/日である。しかし、これらの精製所はメンテナンス上の問題により、現時点での総生産能

---

<sup>12</sup> <http://www.bloque15.com/> (Petroamazonas Ecuador ホームページ)



力では国内の燃料製品の需要を満たすことができず、石油精製品を輸入しなければならない状況にある。このため、中央政府は 30 万バレル/日の処理能力を有する投資推定額 100 億米ドル超の新たな製油所をエクアドル海岸地帯のマナビ地方に建設する計画を立てている。エクアドル政府当局は、現在このプロジェクトの財源を模索している。

### 1.3.6.2 発電部門

2008 年時点におけるエクアドルの電力の設備容量は約 5,206MW で、うち 39%を水力発電が占める。(図 1-7 を参照) 非在来型の再生可能エネルギー源の設備容量は、109MW 超で、総設備容量の 2.5%以上を占めている。非在来型の再生可能エネルギー源の中で最も重要な位置を占めているのが、バガスを使用したバイオマス発電であり、3 件は CDM 登録事業である。風力発電所は同国にはまだ 1 箇所しかなく、これはエクアドル政府と民間企業団体である e8 の協働でサンクリストバル島にて開発され、CDM を用いて実現された。その他、隣国のコロンビアから電力を輸入しており、2008 年の輸入量は 500GWh であった。

現在、発電能力を拡大するための取組みが中央政府によってなされている。特に大規模水力発電プロジェクトに焦点を置いており、国内最大の水力発電所となる 1,500MW の Coca Codo Sinclair 発電所建設計画が進んでいる。中央政府によると、この発電所は 2014 年に稼働開始する見込みである。その他の試みとしては、エクアドルとコロンビア、ペルーの 3 国間を繋ぐ 230 キロボルトの送電設備建設プロジェクトがある。完成直後は電力の輸入に使用されるが、将来的には輸出に使用する計画である。

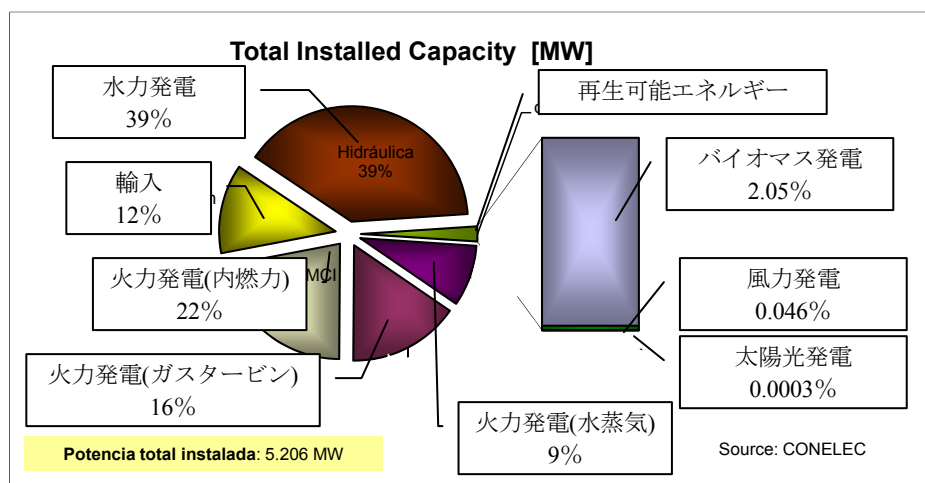


図 1-7: 総電力設備容量 (MW)

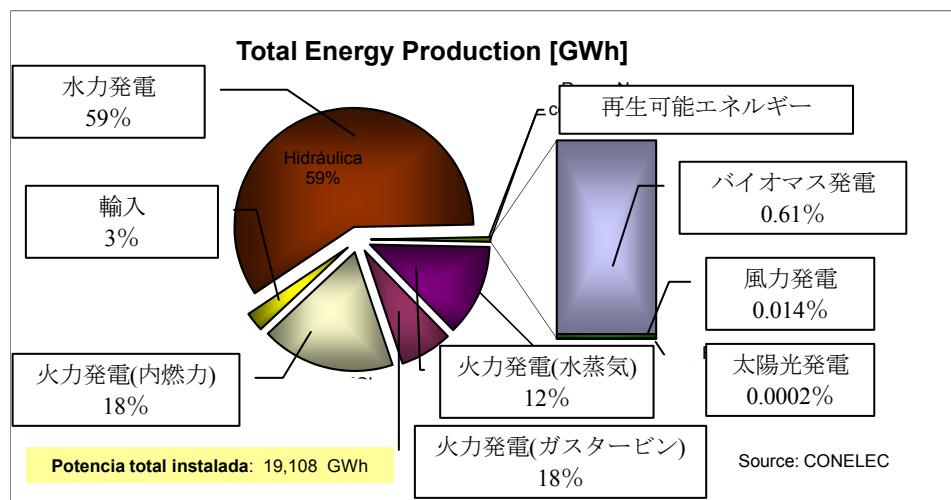


図 1-8: 2008 年における総発電量 (GWh)  
(出典：国家電力審議会 (CONELEC) )

### 1.3.7 ガラパゴス諸島におけるエネルギー事情

#### 1.3.7.1 エネルギーの供給

ガラパゴスのエネルギー需要は基本的に本土から輸入された化石燃料の利用によって満たされている。ガラパゴス諸島の地理的位置、更には、本土のエネルギー事業とは分離した独自のシステムとしてのエネルギー管理は、ロジスティックス上の課題、高い輸送コスト、また環境リスクをもたらしている。

居住者のいる諸島では、様々な社会経済的活動を発展させるためにディーゼル油、レギュラーガソリン及びLPGが使用されている。プレミアムガソリンは、諸島では流通していない。石油製品は、エクアドル本土のラ・リベルタ港からタンカーで運ばれているが、島内の備蓄能力が限られていることから頻繁な輸送が必要である。2008年には、978万ガロンのディーゼル油及び242万ガロンのガソリンが延べ12隻の船舶によってガラパゴスに輸送された<sup>13</sup>。発電用の燃料は約219万ガロンのディーゼル油で、居住者のいる4島へ分配された。

ガラパゴス諸島内の化石燃料の流通は、国営会社であるPetrocommercial社によって行われている。同社は、ガラパゴスの生態系を保全するための環境プログラム<sup>14</sup>を適用しており、プログラムの指針の下、バルトラ島の石油備蓄ターミナルを改築し（図1-9を参照）、サンタクルス島とサンクリストバル島に新たな燃料ステーションを建設した。バルトラ・ターミナル

<sup>13</sup> Petrocommercial 社へのヒアリング結果より。

<sup>14</sup> バルトラ・ターミナルと2基の燃料ステーションについてISO 14,000の認証を受けている。

は、国内で最も新しく、最も近代的なターミナルである。このターミナルは、ガソリン及びディーゼル油の備蓄能力を最大化し、ディーゼルを動力とするクルーザーのエネルギー需要に対応するよう設計されており、サンタクルス島で必要とするエネルギーの輸送にも対応する。バルトラ島におけるディーゼル燃料の流通は、諸島の総需要の 71%に相当する。



図 1-9：バルトラ島の石油備蓄ターミナル

サンクリストバル島、イサベラ島、フロレアナ島には何れもバルトラ島のような石油精品備蓄ターミナルがない。図 1-8 は、イサベラ島への化石燃料の輸送方法を示している。同島の火山活動状況により、オイルタンカーが港に接岸することは難しい。従って、大型タンカーから同島の港まで化石燃料を運ぶには、小型タンカーボートが必要であり、化石燃料の漏出等の環境リスクが存在する。

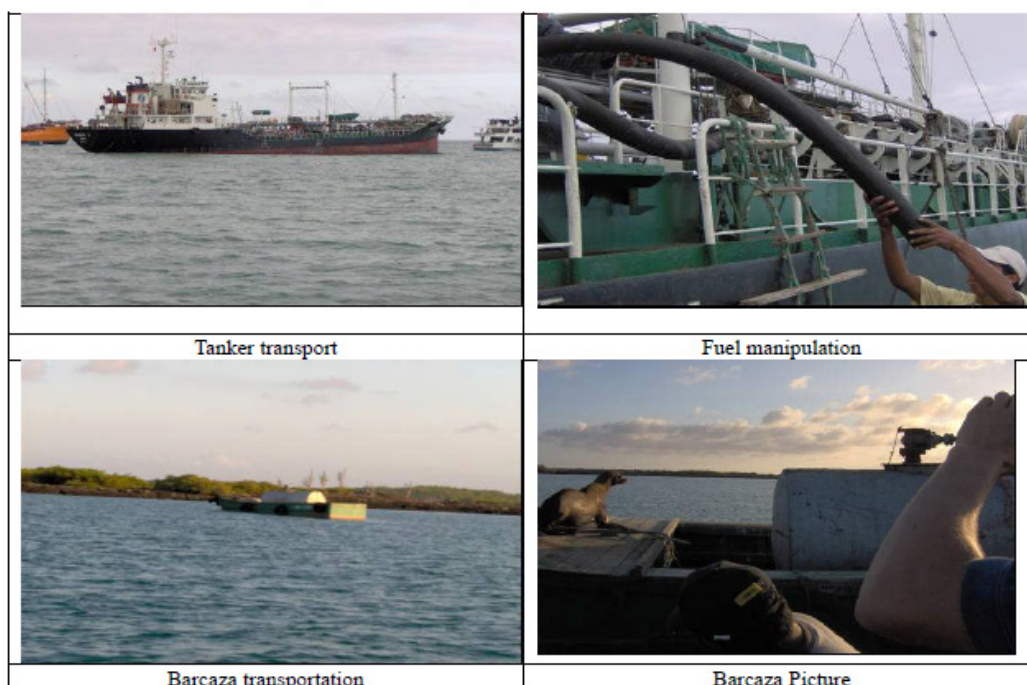


図 1-10：イザベル島への輸送手段

ガラパゴスでは、輸送燃料の流出事故が発生しており、諸島への石油燃料輸送量を削減するための強力な措置が早期にとられなければ、事故を防ぐことは難しいとされる。2001 年 1 月 16 日、タンカー「ジェシカ号」がサンクリストバル島の海岸沖付近で座礁し、燃料油 7 万 5,000 ガロンとディーゼル油 7 万ガロンが流出した。気象条件と、比較的迅速な流出抑止措置が功を奏し被害は軽減されたものの、付近のサンタフェ島のウミイグアナに深刻な影響を及ぼしたことが事故発生 1 年後に報告された。環境回復のための対策案の推定費用は、1 千万米ドルを超えていた<sup>15</sup>。また、流出によるイメージダウンを原因とする観光客の減少が、現地の経済及び住民の生活に大きな影響を及ぼした。ジェシカ号以外にも、小規模な流出事故の被害が多くみられている。

本プロジェクトは、再生可能エネルギーによって発電された電力を用いてサンタクルス島のミニグリッドにより供給されている電力を代替するものである。そのため、サンタクルス島の発電所への化石燃料輸送方法について調査した。

図 1-10 は、バルトラ島石油備蓄ターミナルから需要が高いサンタクルス島へ燃料を供給するための輸送システムを示している。輸送は、船舶と陸路の両ルートを使用する必要がある。まず、バルトラ島とサンタクルス島の北部は海峡によって隔てられ、その距離は 600 メートルであることから備蓄基地から小型タンカーボートによってサンタクルス島へ輸送される。サンタクルス島の沖合いからは、トラックを使用しての陸路の輸送となる。中心都市プエルトアヨラ市はサンタクルス島の南部に位置しており、陸路上での輸送距離はおおよそ 50 キロメートルである。トラックを使用することで化石燃料を使用するという負の側面以外に、輸送途中燃料が漏出するリスクがあるため、環境への影響が課題となっている。

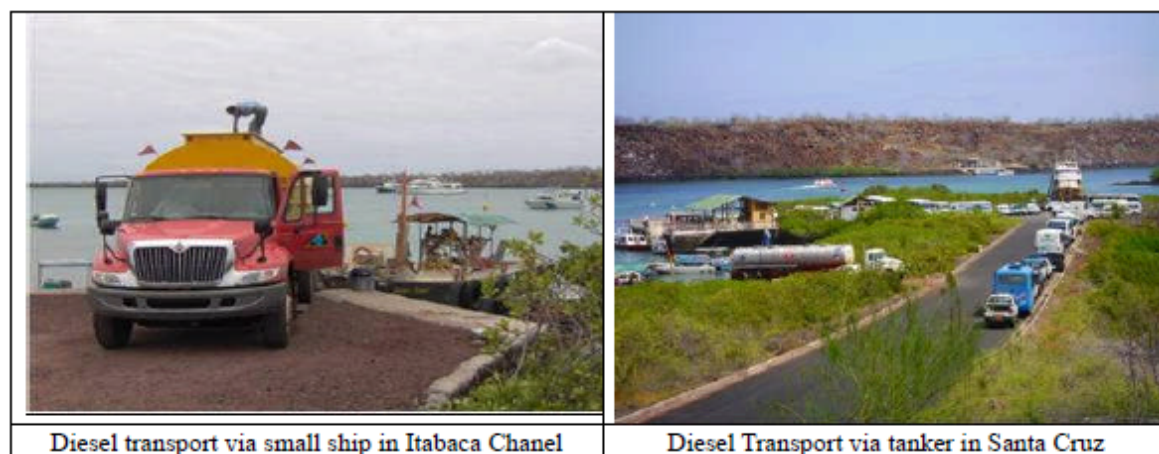


図 1-11: バルトラ島－サンタクルス島間の燃料輸送方法

<sup>15</sup> Jacobs Gibb “Evaluation of Environmental Damages from the Jessica Oil Spill, Galapagos Islands”, 2002 年 5 月作成ドラフト資料より。



プエルトアヨラ市では、燃料ステーション、港、また発電所に化石燃料が配送される。図 1-11 は、発電所の備蓄システムである。石油流出のリスクを軽減するためのインフラ設備が十分ではなく、備蓄状態も良好ではないことから、現在環境への影響を精査するための準備が進められている。



図 1-12: プエルトアヨラ市の発電所における備蓄システム

本土からの燃料輸送と島内における管理は、脆弱な生態系に大きな環境上の影響を及ぼしている。

### 1.3.7.2 化石燃料需要

エネルギー需要は、過去 8 年間で増大しており、図 1-12 は、諸島で使われている各化石燃料の消費量の増加を示している。2000 年－2008 年のディーゼル燃料の消費量の増加率は年間 12.4% となった一方、同時期のガソリンの増加率は 11.9% であったことが分かる。

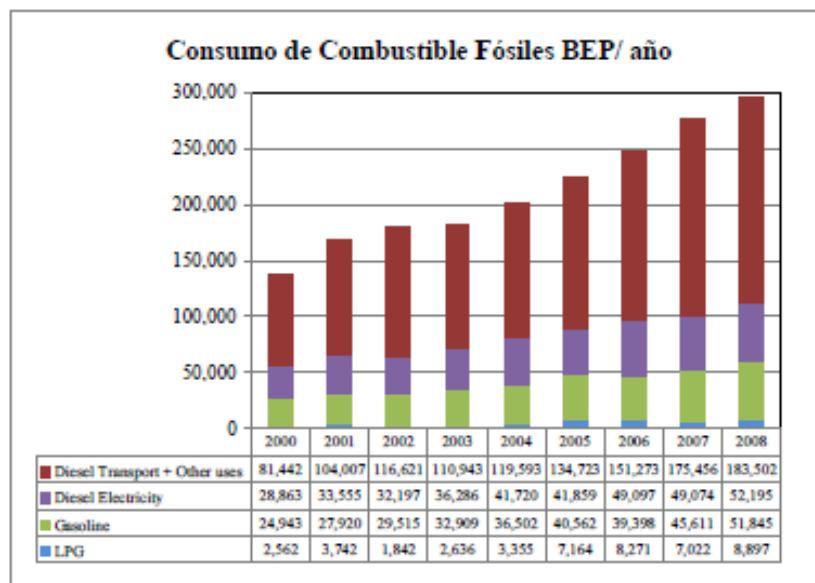


図 1-13 : ガラパゴス諸島における化石燃料の消費量 (BOE/年)

図 1-14 は、各島におけるディーゼル燃料とガソリンの流通状況を示している。前述の通り、ディーゼル油はガラパゴス海洋特別保護区まで航行するためにバルトラ島で燃料補給するクルーザーに供給されていることから、ディーゼルの流通量の 70%以上がバルトラに集中している。一方、サンタクルス島は、自動車の車両数が最も多いことからガソリンの消費量の方が多い。また、サンタクルス島は、サンクリストバル島とイサベラ島への日帰りボート旅行のロジスティックセンターとなっており、ディーゼル油の消費がバルトラ島の次に多い。

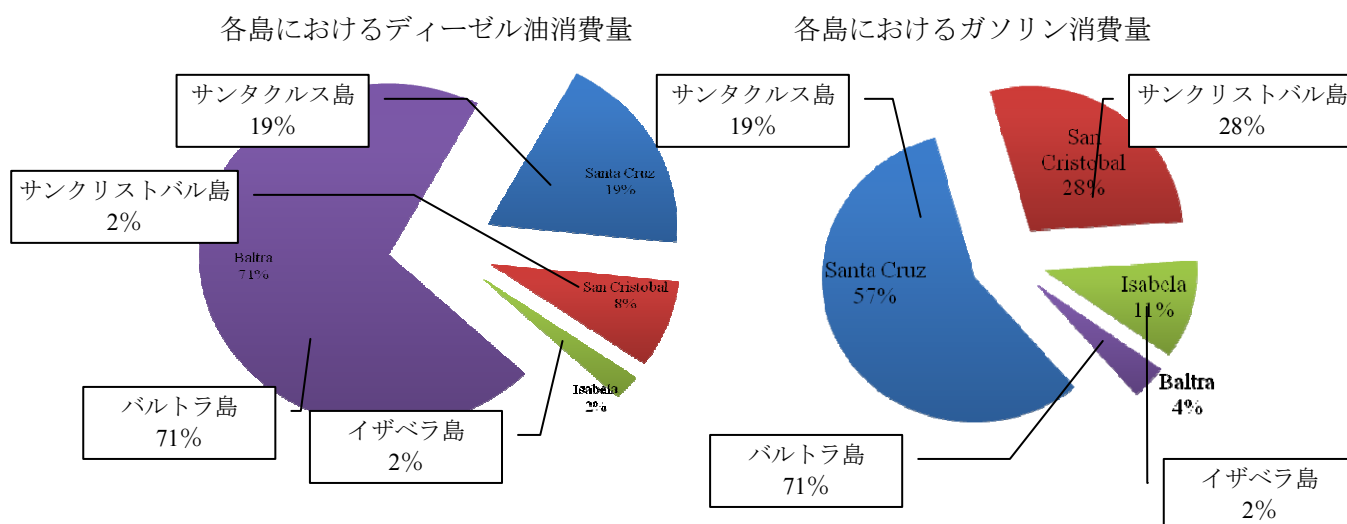


図 1-14 : ガラパゴス諸島におけるディーゼル油及びガソリンの消費内訳 (2008 年)

### 1.3.7.3 ガラパゴス諸島における発電部門

エクアドルでは、電力規制機関である国家電力審議会(CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad)が本土における系統電源を含む全ての電力に関する管理を担っている。しかし、ガラパゴス諸島においては、その特異な状況から、CONELEC はガラパゴス電力会社 (ELECGALAPAGOS : Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A.) に発電、配電、商業化の営業を行う権限を与えている。同社は、フロレアナ島、サンクリストバル島、イサベラ島、サンタクルス島を管理している国有企業だが、一部民間経営がなされている。将来に向けた新たな電力法と公益事業法が現在協議されているが、ガラパゴスは特別法により、ELECGALAPAGOS の特別な経営体制が維持される見込みである。本プロジェクトにおいて、発電管理及びモニタリングの一部を実施するのは同社である。

諸島内における発電は、基本的にディーゼルを燃料とする火力発電所で行われている。しかし、ガラパゴス再生可能エネルギープログラム (ERGAL: Energías Renovables para Galápagos)

<sup>16</sup>主導のイニシアチブの一環として、フロレアナ島では太陽光発電プロジェクト、サンクリストバル島では風力発電プロジェクトが既に実施されている。図 1-15 は、諸島内の年間電力生産量を示している。2008 年では、風力発電が諸島の電力供給の 9.09%を占めていた一方、太陽光エネルギーの比率は 0.1%だった。発電量の 90.81%は、ディーゼルを燃料とする火力発電所によるものであった。火力発電所で使用されているエンジンは、古く（第 3 章の表 3-3 を参照）、大気排出基準に度々準拠しておらず、風力・太陽光発電システムとの適切な統合に多くの課題が挙げられている。

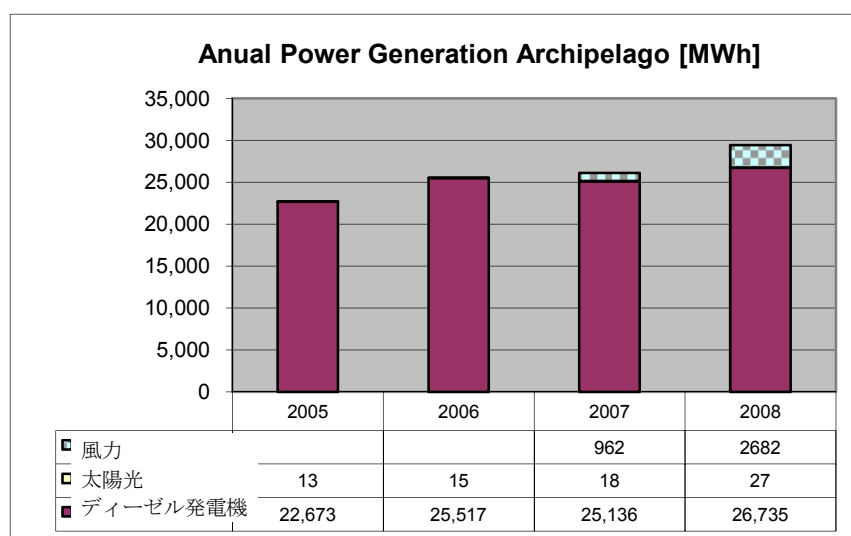


図 1-15：ガラパゴス諸島における総電力発電量

2000—2008 年間における電力消費量の成長率は年率約 8%であった。電力消費量が最も多いのはサンタクルス島で、消費量の 63%を占めた。サンクリストバル島は 29%、またイサベラ島は 8%を占めた。

ガラパゴス諸島の電力需要は住宅部門によるものが最も多く、商業部門がそれに続く。商業部門は観光活動のため重要な位置を占めており、ホテル、レストラン、店舗等が含まれる。その他、ガラパゴス国立公園を管理するための様々な政府機関が重要な需要家である。また、エネルギー消費は部門の数だけではなく、エネルギー集約度によっても影響される。2008 年の住宅部門の電力消費はエネルギー需要全体の 45%であったが、住宅部門の需要家数は全体の 80.2%にも達した。

次に各島における発電状況についてまとめた。

<sup>16</sup> 詳細はセクション 1.3.9.2 及び第 2 章に記す。

## サンタクルス島

サンタクルス島は、前述の通り最も人口の多い島であり、加えて諸島の中で最も観光産業が盛んである。総設備容量は 4.25MW であり、2008 年のピーク需要の記録値は 3.56MW であった。同島の年間発電量を図 1-17 に示す。

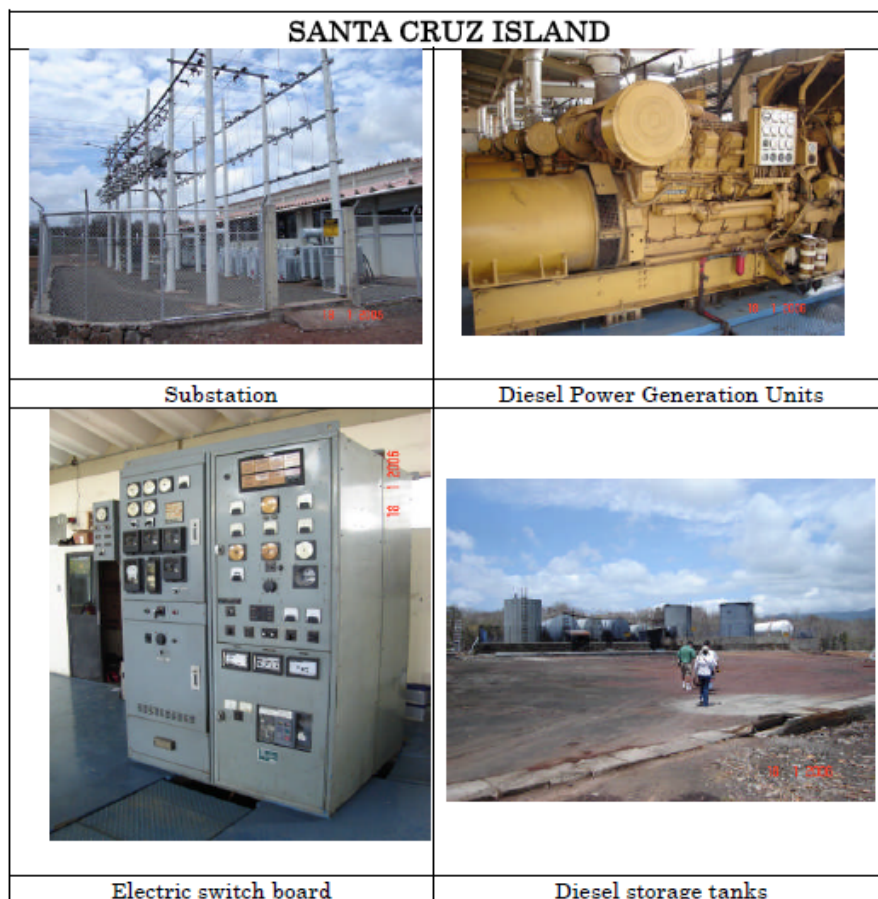


図 1-16：サンタクルス島における火力発電所

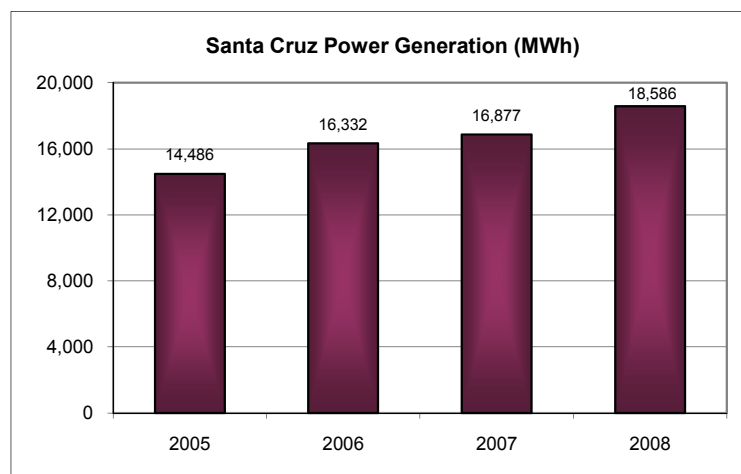


図 1-17：サンタクリス島における電力発電量（MWh/年）



## サンクリストバル島

サンクリストバル島は諸島内ではサンタクルス島の次にエネルギー需要が高い島である。火力発電所の設備容量は3.25MWであり、2008年のピーク需要の記録値は1.75MWであった。2007年9月、前述の通りエクアドル政府とe8の協働開発の下CDMを活用した風力発電所が設置され、風力の設備容量2.4MWが加わった。風力エネルギーの発電量は全体の31.5%を占めている。同島の年間発電量を図1-19に示す。



図 1-18：サンクリストバル島における火力発電所及び風力発電所

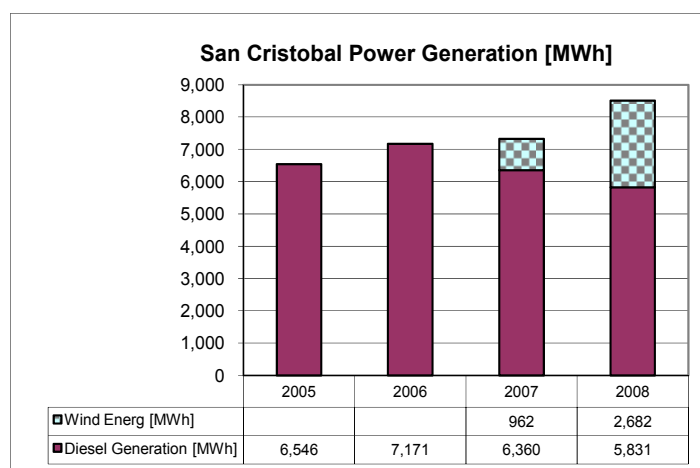


図 1-19：サンクリストバル島における電力発電量（MWh/年）

## フロレアナ島

フロレアナ島はサンクリストバル島の農村教区の1つである。居住者人口は140人である。ディーゼル油を用いた火力発電の設備容量は110kWであり、これを補完するのが2004年末に設置された24.5kWの太陽光発電を組み入れたマイクログリッド・プロジェクトである。2008年のピーク需要の記録値は29kWであった。ERGALはサンタクルス島以外に、フロレアナ島においてバイオ燃料を用いた発電を計画中である。ただし、これは発電のみでコジェ

ネとはならない。同島の年間発電量を図 1-21 に示す。

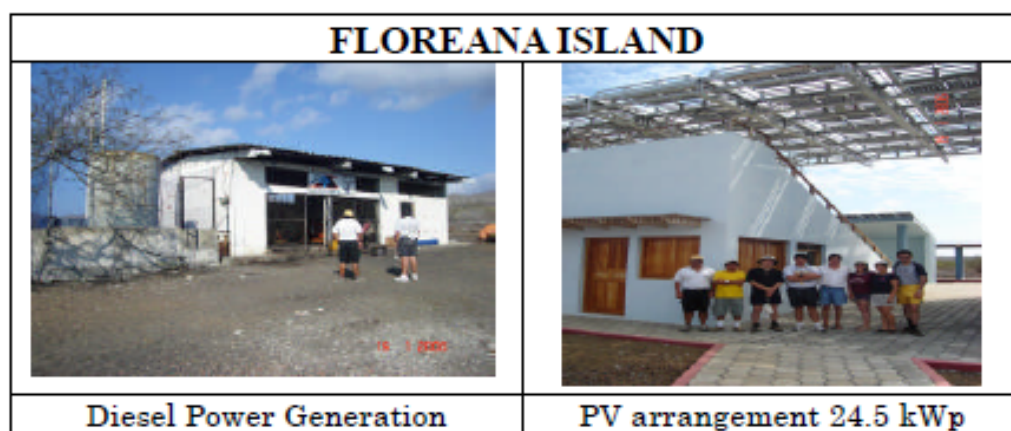


図 1-20：フロレアナ島における火力発電所及び太陽光システム

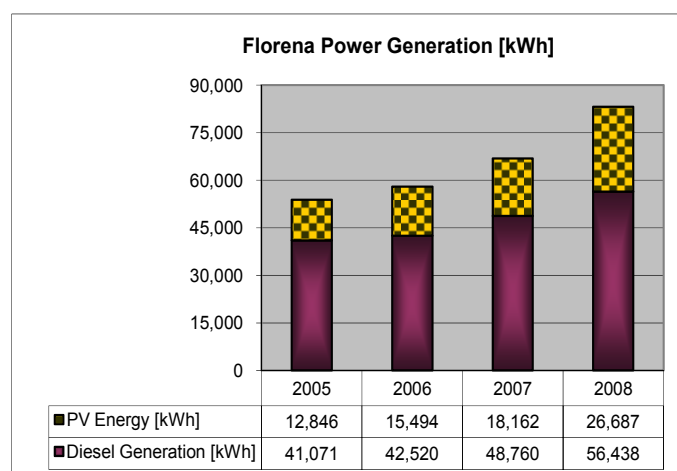


図 1-21：フロレアナ島における電力発電量（MWh/年）

#### イサベラ島

イサベラ島は、総人口は 2,000 人程度だが、観光部門の発展が最近顕著になってきた島である。総設備容量は 1.08MW であり、2008 年のピーク需要の記録値は 455kW であった。ドイツ復興金融公庫（KfW）がパイロットプロジェクトとして、本プロジェクトと同様にマナビ地方のジャトロファを原料としたバイオ燃料を使用した発電事業を進めている。容量は 500kW（ピーク時）である。同島の年間発電量を図 1-23 に示す。

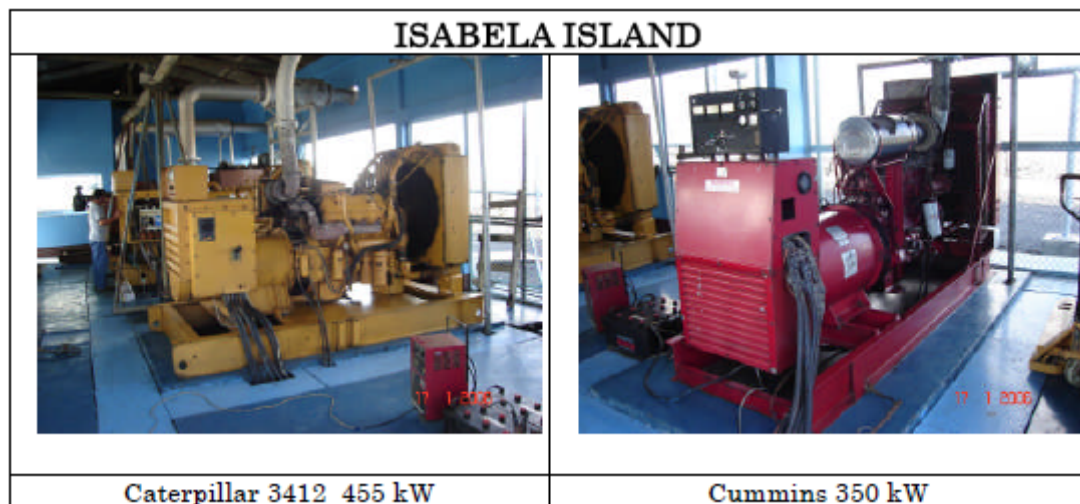


図 1-22：イザベラ島における火力発電所

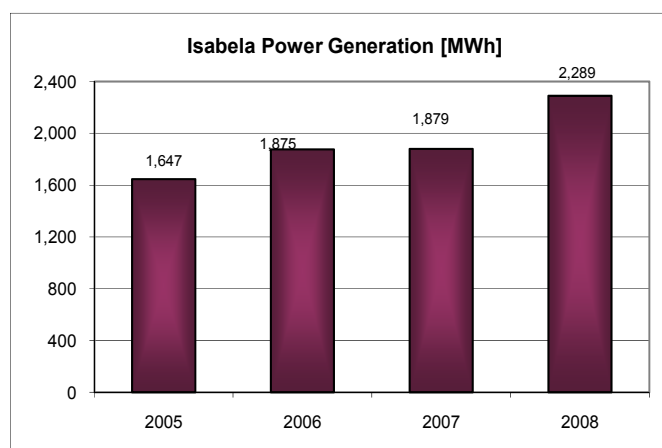


図 1-23：イザベラ島における電力発電量（MWh/年）

#### バルトラ島

ELECGALAPAGOS 社は同島において発電システムを運営していない。しかし、2010 年の風力発電所建設後に、この島での発電事業許可を取得する予定である。多くの観光客がガラパゴス諸島の玄関口として訪れる同島の空港は島で最大の電力消費源であり、空港の拡大計画に伴ってさらに消費電力が増えると予測されている。また、バルトラ島には数は少ないが軍関係者が空港付近に居住しており、小さなディーゼル発電機数基を用いて発電している。電力の用途は石油製品備蓄ターミナルのための電力等、多岐に渡り、現在 19 基以上のディーゼル発電機により電力が供給されている。バルトラ島における発電に使用されるディーゼル燃料消費量についての公式な数字はない。図 1-22 は、バルトラ島におけるディーゼル発電機の一例である。

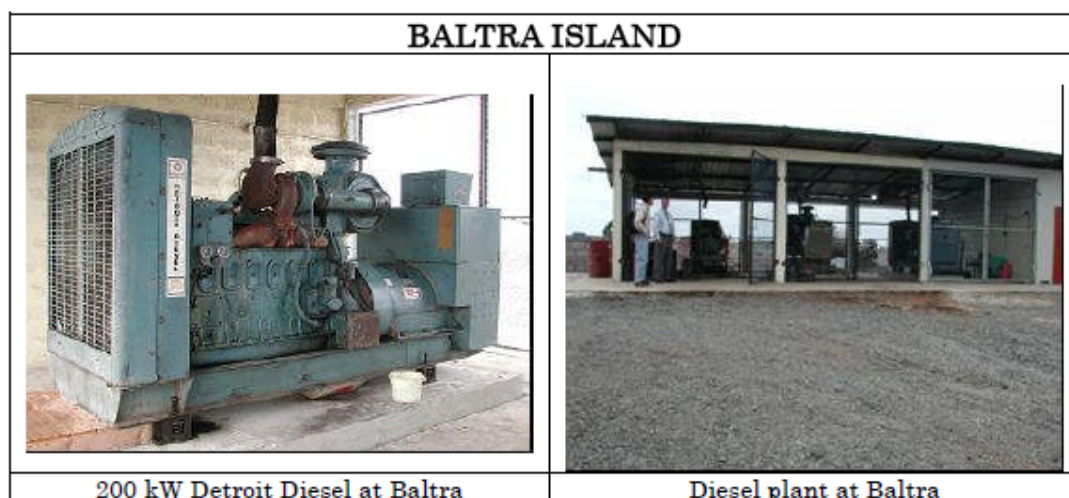


図 1-24 : バルトラ島空港付近にあるディーゼル発電機

### 1.3.8 ガラパゴスの環境政策－化石燃料ゼロプログラム

#### 1.3.8.1 化石燃料ゼロプログラムの主な推進要因

居住者人口及び観光客増加に伴い、エネルギーの安定供給がガラパゴス諸島にとって重要な課題となっている。本土からの化石燃料「輸入」が同島のエネルギー需要を支えている現状の下、輸入量増加により本土への依存度を更に高めることを避けることが重要視されている。また、ガラパゴス諸島におけるエネルギー源の開発及びエネルギー利用の効率性が、国の水準に達していないことが今後の課題として挙げられている。エクアドル政府により 2007 年に「再生可能エネルギー及びエネルギー効率（Renewable Energy and Energy Efficiency）プログラム」が創設されたこともあり、ガラパゴス諸島でもエネルギーの効率的利用と再生可能エネルギーの開発が求められている。しかしながら、発電・配電施設のメンテナンスと更新への投資不足は発電・配電設備の老朽化を加速しており、加えて、政府からの補助金政策により燃料や電力が非常に安価で提供され、住民達のエネルギー資源の浪費に繋がっている。

また、燃料の輸送、取扱い及び消費は常にガラパゴス諸島の環境汚染の要因となっており、各島の発電所が原因で発生する環境汚染も課題となっている。例えば、サンタクルス島の発電所は地下水をくみ上げて島内に上水を供給する上水局の近接地にあるが、発電所からの燃料漏出による土壌汚染と地下水への影響が問題視されている。

経済性及び環境保護の観点からも化石燃料以外のエネルギーの開発及び利用は急務である。

#### 1.3.8.2 政府の対策

ガラパゴス諸島では、過去様々な再生可能エネルギーに関する調査が国際機関による支援

の下実施された。それらの調査の結果、エクアドル政府は世界自然遺産を保護するために、旧エネルギー・鉱山省を通じてエネルギー活動における化石燃料の使用を削減するために「ガラパゴス化石燃料ゼロプログラム」を 2007 年に開始した。この取り組みは、自主的な活動であり法的規制に基づくものではない。同プログラムには発電における化石燃料の利用をゼロにする活動が盛り込まれているが、その他にも諸島の燃料使用量の大半を占める輸送部門における化石燃料の利用を削減することが見込まれている。同プログラムは、ERGAL によって実施される（ERGAL については、第 2 章を参照）。

同プログラムでは、以下の方針を掲げている。

- 再生可能なエネルギー資源の段階的利用によって大陸からの化石燃料供給への依存度を低減し、本土へのエネルギー供給依存度を最小限にする
- 柔軟性の高い堅牢なエネルギーシステムを構築し、技術上の不測事態に対する脆弱性を軽減するという最終目標をもちエネルギー源及びエネルギー転換技術を多様化する
- 転換プロセスとエネルギーの最終消費における効率化を図る
- 石油燃料の代わりに自然環境への影響が少ない生物分解可能な植物由来の燃料を用いることによって、化石燃料の輸送、取り扱い、また使用において生じる汚染リスクを低減する
- 諸島の経済的・社会的発展のための新たな代替手段を生み出すサービスを推進する活動を通じ、エネルギー連鎖に沿って技術的發展を活かせるすきま市場を創出する

## 1.4 ホスト国の CDM に関する政策及び状況

### 1.4.1 CDM に関する取り組み及び体制

エクアドルは京都議定書を 1999 年に批准している。中南米諸国の中では、エルサルバドル（1988 年）に次ぐ 2 番目の批准国である。その後、1998 年には国家気候変動委員会（NCCC : National Climate Change Committee）を設立し、2000 年に国別報告書を作成、2002 年に持続可能な発展に関する国家委員会（NCSD : National Council for Sustainable Development）を設立するなど、気候変動枠組み条約に対して積極的に取り組んできた。

エクアドル政府は、2003 年 4 月 21 日に制定された国家気候委員会決定書第 1 号 CNC/2003 によって、環境省内に指定国家機関（DNA）を設置した<sup>17</sup>。また、CDM 事業の促進のために CDM 案件承認機関である環境省との間に利害関係の対立が生じないよう独立機関として、CDM 促進協会（CORDELIM : La Corporación para la Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio）が環境省の監督下に設置された。CORDELIM は、DNA と共に CDM プロジェクトの研究や政策決定への助言を行ってきた。PIN（Project Idea Note）や PDD（Project Design

<sup>17</sup> この決議は、2003 年 5 月 21 日付の官報第 86 号に掲載された。

Document) の作成及び、グリッド電源の排出係数の算定等プロジェクト開発の支援や事業者に対するワークショップの開催といった・ビルディングを実施した。CORDELIM は半官半民の独立組織であり、UNEP-RISOE の CD4CDM における CDM 能力開発支援の初期対象組織であった。しかし、2009 年初旬に環境省内部の再編成により CORDELIM の CDM 促進業務は環境省に吸収され、現在 DNA 承認体制の見直しが図られている。

#### 1.4.2 エクアドルにおける CDM の実績

エクアドルにおける CDM プロジェクトは、表 1-2 及び表 1-3 で示すように、現在 13 件が国連に承認されており、その全てが再生可能エネルギー案件で水力発電プロジェクトが最も多い。

表 1-2：エクアドルにおける CDM の案件実績（2010 年 1 月現在）

申請状況	案件数
バリデーション中	11
登録申請中	1
登録済み	13
過去発行経験有り	9
合計	25

(出典：社内データベース)

表 1-3：エクアドルにおける CDM 案件タイプ

案件タイプ	案件数
水力発電	14
家畜（メタンガス）	3
バイオマス発電（バガス）	3
埋立て地（メタンガス）	2
エネルギー効率（民生）	1
産業排水	1
風力	1

(出典：社内データベース)

エクアドルには、総計 25 件の CDM プロジェクトが存在するが、表 1-4 が示す通り毎年 4 ～5 件の案件がバリデーションを開始している。

表 1-4：エクアドルにおける CDM 案件のバリデーション開始年

バリデーション開始年	案件数
2004	2
2005	5
2006	4
2007	5
2008	5
2009	4

(出典：社内データベース)

#### 1.4.3 DNA 承認手続き

エクアドル DNA は、DNA 承認レター及び Letter of No Objection を発行する。Letter of No Objection はオプションであり、事業者からの要望があれば発行する。

CDM 承認レター発行は、申請書を DNA に提出して以降最短 1 ヶ月を要する。申請書が DNA によって受理されると、CDM DNA コーディネーター及びプロジェクトのニーズに応じて様々な専門家により構成させる評価チームが指名され、図 1-25 の手順に則って審査される。

図 1-25 の 1.ア)で DNA へ提出する添付資料 A には、以下の資料が含まれる。

- 国の法規定への遵守の証明
- プロジェクト概要（プロジェクトの内容、排出削減量、モニタリング計画、環境影響評価等、PDD で記載する事項を踏襲）

エクアドル DNA へのヒアリングによると、図 1-25 の 1.イ) で行われる基本的技術審査は、規定では最長 9 営業日以内に審査を終える必要があるが、実際はそれ以上の延長は可能であり、これはチェックリストで不足情報があった場合、情報入手に要する時間を良心的に考慮する処置であるという。また、チェックリストは組織編制後も特段変更がないことが明らかになった。

その他、手続きの 1.ア) 及びウ) では、其々事前評価審査料の 250 米ドル及び最終評価審査料の 750 米ドルを事業者からエクアドル DNA へ支払う必要がある。

DNA 承認レター取得に関して、本調査にて確認された最も重要な事項は、環境影響評価 (EIA) や環境ライセンス等が必要な案件タイプは、それらを取得しない限り手続きの 1.イ) での基本的技術審査で未完了と見なされ、次のステップに進むことができず、承認レターの

発行はなしえないということである。本プロジェクトの風力発電は、既に全てのフェーズに対応した EIA 及び環境ライセンスを取得しているため、DNA 承認レター発行のための申請は可能であるが、コジェネ発電については、EIA の準備段階であり直近で申請手続きを踏める状況ではない。そのため、風力発電とコジェネ発電は別々に CDM 案件として登録する必要があり、プロジェクトを束ねて小規模バンドリング案件として登録することは難しい。

現在、エクアドル DNA は持続可能な開発 (SD) クライテリア導入について検討している。SD クライテリアについては、CD4CDM のキャパシティー・ビルディングが実施されていた 2005 年の時点で既に今後の DNA の課題として検討されたようだが、その後何ら進展はない。本件については、今後バリデーションを実施する際に再度 DNA に進展状況を確認する必要がある。



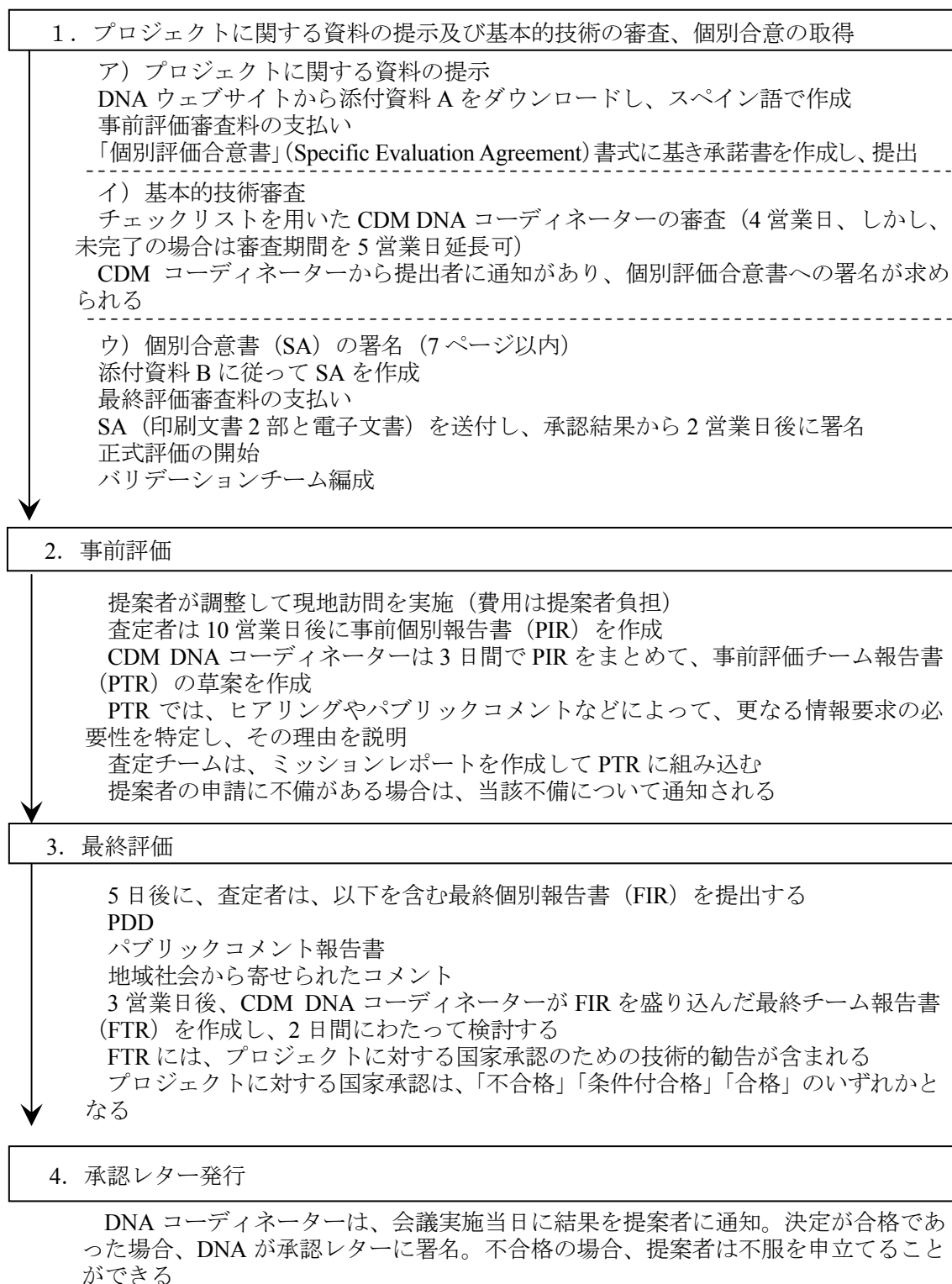


図 1-25 : CDM プロジェクトのための承認レターの入手手続  
(出典 : エクアドル DNA)

## 2 調査内容

### 2.1 調査実施体制

本調査は、本プロジェクトの実施機関である ERGAL を現地カウンターパートとして行われた。コジェネ発電に使用されるジャトロファ及びバイオ燃料に関する調査は、ジャトロファの収穫及び搾油をコーディネートしている農牧水産省（MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganaderia Acuacultura y Pesca）及び現地研究機関である国立独立農業研究機関（INIAP: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias）からの支援を受け実施した。図 2-1 に実施体制を示す。

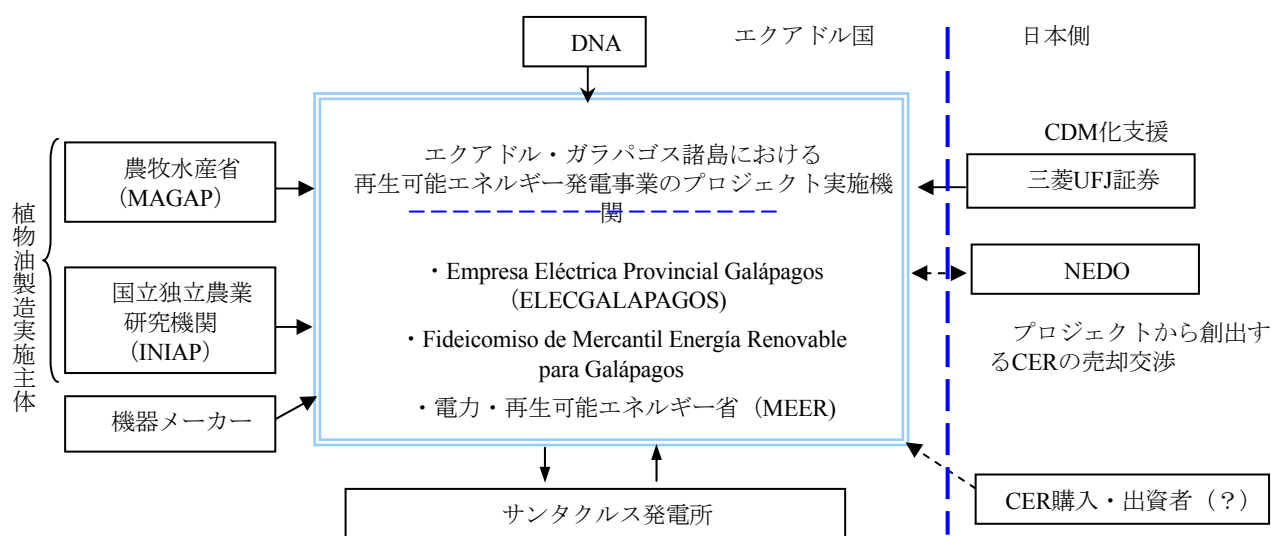


図 2-1：プロジェクト実施体制

ERGAL は国連開発計画（UNDP）と地球環境ファシリティ（GEF）のサポートの下、2007 年 4 月から電力・再生可能エネルギー省を通じて「エクアドル：発電のための再生可能エネルギーガラパゴス諸島の再生可能エネルギーによる電力供給のための技術支援（Ecuador: Renewable Energy for Electricity Generation – Technical Assistance for Renewable Electrification of the Galapagos Islands）」プロジェクトを実施している。このプロジェクトは、発電における非在来型（再生可能な）エネルギー技術の開発・利用を阻む障壁を取り除くことを目的としており、当初はガラパゴス諸島からスタートし、最終的には国全体で実施することが目標である。

ERGAL は限定的ではあるが既に 2004 年から活動を開始しており、諸島における再生可能エネルギー技術の開発を阻止している障壁を特定する調査を行ってきた。同調査の一環であるプロジェクト資金確保の可能性の模索が ERGAL の CDM への関心の根拠となっている。

ERGAL は、プロジェクト活動の全体的な指針及びプロジェクトの進捗状況の監視や助言をプロジェクト運営委員会（ELEGALAPAGOS 社、CONELEC、MEER 及び環境省、海外協力事業団の代表者から構成される）から受ける。また、GEF のエクアドル政府窓口である環境省からもプロジェクト活動に対する監督・指導を受ける。

## 2.2 調査課題

本プロジェクトの CDM としての実現可能性を明らかにするには、本調査において次に挙げる課題を明確にする必要があると考えられる。

### （CDM 関係）

- ア) **方法論の適用性及び改訂についての確認**：本プロジェクトにおいて適用可能と考えられる方法論は、小規模方法論 I.C.及び I.D.である。I.C.に関しては、ガラパゴス諸島に適したベースラインシナリオ及びバイオ燃料の利用が考慮されていないことから、方法論改訂案に取込むべき内容について検討する。
- イ) **既存データの確認**：上記方法論に必要なデータ収集の可否について見極める。
- ウ) **バイオ燃料製造過程及び運搬におけるプロジェクト排出量及びリーケージ**：バイオ燃料はエクアドル本国で製造され、ディーゼル油同様ガラパゴス諸島へタンカーによって持ち込まれる。この状況下におけるバイオ燃料製造過程で発生するプロジェクト排出量及び運搬によるリーケージを検討する。
- エ) **モニタリング計画の確認**：本プロジェクトに適用される CDM 方法論で必要とされているモニタリング実施の可否に関する見極める。
- オ) **追加性の証明**：本プロジェクトの追加性について検討する。
- カ) **利害関係者からのコメントの確認**：利害関係者の特定方法及び懸念事項に対する対策処置について調査する。
- キ) **DNA の承認体制**：エクアドルの DNA 承認体制及び承認プロセス、必要条件等についての調査をする。

### （事業化関係）

- ア) **エクアドルの電力事情**：エクアドル及びガラパゴス諸島のエネルギー及び電力事情（政府の政策、規制、再生可能エネルギーに対するインセンティブ等）について確認する。
- イ) **ガラパゴス特有の規制**：ガラパゴス諸島に特化した規制で、本プロジェクトに影響を及ぼす事項について調査する。
- ウ) **使用技術**：本プロジェクトで採用する技術は、風力発電、コジェネ発電、バイオ燃料の搾油技術から成る。本プロジェクトは公的事业であるため採用技術はすべて入札により採択される。本調査では入札状況などを見極め、採用技術について確認する。

- エ) **バイオ燃料製造**：本プロジェクトで用いられるバイオ燃料の原料確保の確認及び搾油・濾過技術等について調査する。
- オ) **バイオ燃料製造の経済性**：事業の継続性の観点から、ジャトロファ集荷コストを考慮に入れ、経済性について確認する。
- カ) **バイオ燃料供給能力**：将来的需要の増加を踏まえ、バイオ燃料供給能力の拡大のためジャトロファのプランテーション開発が実施されるか確認する。
- キ) **環境影響評価（EIA）**：風力発電に対しては EIA が承認されたが、コジェネ発電に関する EIA 調査開始に向け現在準備中のため、本調査にて現地と協議しながら PDD 作成に必要な情報を入手する。
- ク) **利害関係者のコメント**：EIA において利害関係者からのコメント収集が要求されている。本調査では、風力発電に関する EIA にて収集された利害関係者からのコメント及びその対応について確認する。また、コジェネ発電においては EIA 及び利害関係者からのコメント収集開始時期を現在調整中のため、本調査にてそれらの実施時期及び PDD 作成に必要な情報の入手方法等について、現地カウンターパートとの検討が必要である。
- ケ) **案件の実現性及び実施スケジュール**：本プロジェクトは公共事業であるため、案件実現性については政府資金の導入等を含め精査する。

（コベネフィット関係）

- ア) **環境汚染対策効果の評価**：バルトラ島及びサンタクルス島において既存ディーゼル発電機から排出されている SOx、NOx 等大気汚染物質の削減効果の評価を検討する。
- イ) **生物多様性に関する調査**：ディーゼル運搬削減による生態系破壊リスクについて調査を行い、本プロジェクト効果の指標化の可能性も含め検討する。

## 2.3 調査内容

本調査では、2 度の現地調査の実施と文献調査に加え、現地調査で収集できなかった情報を現地カウンターパートである ERGAL を通して確認した。また、コジェネ発電については、既存の方法論はバイオ燃料を取扱わないため、既存の方法論改訂案を作成する必要がある。そのため、バイオ燃料を用いた既存の方法論及び過去に提出されたクラリフィケーションや改訂案等について文献調査を行い、小規模ワーキンググループへ改訂案を提出した。同章 2 項にて示した事前課題に対し得られた成果を以下にまとめる。詳細は、第 2 章及び第 3 章にて述べる。現地調査の詳細は次項 4 項に示す。

（CDM 関係）

- ア) 方法論の適用性及び改訂についての確認

小規模方法論 I.C.の改訂については、去る 2009 年 9 月に本プロジェクトに合致するベース

ラインシナリオとバイオ燃料を盛り込んだ方法論改定案（SSC\_349）を小規模ワーキンググループへ提出した。本調査にて作成した PDD には、SSC\_349 に対するワーキンググループの回答を基に改訂した方法論を適用している。

また、風力発電に関しては現在バルトラ島の備蓄基地からサンタクルス島の発電所までの輸送から温室効果ガスが発生しているが、本プロジェクトの実施により削減されることになる。しかし、小規模方法論 I.D.でこの点は考慮されていないため、輸送に伴う温室効果ガス削減量を参考までに算出した。詳細は、第3章1項及び4項に述べる。

#### イ) 既存データの確認

風力発電については、当初プロジェクトサイトがあるバルトラ島とサンタクルス島両島の電力代替をベースラインとして考慮することを計画していた。しかし、バルトラ島にはミニグリッドが無く、また個々の施設に設置されているディーゼル発電機のディーゼル油使用量のデータが存在しないことが調査の結果判明した。従って、ERGAL と協議した結果、風力発電のベースラインではサンタクルス島へ供給される電力量のみを考慮するとした。

コジェネ発電については導入するコジェネ発電機がまだ限定されていないため、代わりに一般的なデータを用いた。また、バイオ燃料製造過程に所内等にて使用される本土グリッド電源については、エクアドル DNA が 2005 年から 2007 年のデータを基に算出した係数を使用した。詳細は、第3章1項及び4項に述べる。

#### ウ) バイオ燃料製造過程及び運搬におけるプロジェクト排出量及びリーケージ

バイオ燃料製造過程において発生するプロジェクト排出量としては、製造所及び本土の港までの運搬が特定された。製造所における電力消費量は、フロレアナ島にて同バイオ燃料を用いた発電のパイロットプロジェクトを実施している専門家等へのヒアリングを基に概算した。また、ディーゼル油とバイオ燃料の容量あたりのエネルギー量の違いから本土ーバルトラ島間の船舶輸送が増える可能性について調査した。詳細は、第3章5項に述べる。

#### エ) モニタリング計画の確認

風力発電プロジェクトについては、小規模方法論が規定するモニタリングポイント以外にバルトラ島で消費された電力量を追加した。コジェネ発電プロジェクトについては、小規模方法論 I.C.の改訂案に沿ってモニタリングが可能なポイントについて検討した。詳細は、第3章1項及び6項に述べる。

#### オ) 追加性の証明

追加性証明は、小規模方法論のガイドラインに則って行った。証明には、バリアー分析（投

資分析含む)を使用した。バリアー分析には、投資分析及び初期投資コストが増加した要因、エクアドル政府が追加予算を捻出することが難しい経済状況进行分析した。また、コモン・プラクティスとしては、同様の政府案件で過去予算が確定していたにも係わらず撤回された事例を挙げた。詳細は、第3章15項に述べる。

#### カ) 利害関係者からのコメントの確認

風力発電プロジェクトは、EIAにて収集されたコメント及び対処策をそのまま引用した。コジェネ発電プロジェクトではEIAが実施されていないことから、フロレアナ島のパイロットプロジェクトで収集された情報をまとめた。詳細は、第3章9項及び10項に述べる。

#### キ) DNAの承認体制

2009年初頭に管轄の環境省内部で組織編成が行われた、承認プロセス自体は2003年に制定されたままであることが分かった。承認手続きについてはDNA(CORDELIMと併用)の公式ウェブサイト及びヒアリングを基に記載した。エクアドルでは、持続可能な開発クライテリアが未だ設定されておらず、現在導入について検討されていることが分かった。詳細は、第1章4項に述べる。

#### (事業化関係)

##### ア) エクアドルの電力事情

エクアドルでは、コレア大統領の下で水力発電及びその他の再生可能エネルギー促進のための政策処置が取られている。ガラパゴス諸島においては化石燃料ゼロプログラムが2007年より導入されたが、これは自主的活動であり法的拘束力が無いことが調査の結果分かった。詳細は、第1章3項に述べる。

##### イ) ガラパゴス特有の規制

エクアドルでは、1MW以上の発電規模の事業である場合、EIAを実施し、環境省からの許認可が必要である。しかし、ガラパゴス諸島においては全ての発電事業に対してEIAの実施が義務付けられており、最近の法令改正によってEIAの許認可の権限は環境省からガラパゴス国立公園へ譲渡されている。また、空港関連法により空港近辺に設置する予定である風力発電機の高さに規制が掛けられていることが、初期投資増大の1つの原因であることが分かった。詳細は、第3章1項及び9項に述べる。

##### ウ) 使用技術

風力発電プロジェクトで採用される機器については現在公的入札の準備が進められている。コジェネ発電については、入札募集を行う前に技術的F/S調査を実施することになっている。本土における搾油所については、フロレアナ島のパイロットプロジェクトのため建設計画が

進められている。詳細は、第 3 章 1 項に述べる。

#### エ) バイオ燃料製造

バイオ燃料の原料確保については、理論上では既存のジャトロファでガラパゴス諸島全体の需要を充たすことが可能であることが判明した。搾油及び濾過技術は、簡易な技術が用いられることが確認された。詳細は、第 3 章 1 項に述べる。

#### オ) バイオ燃料製造の経済性

フロレアナ島のパイロットプロジェクトにおいてバイオ燃料製造に係わるコストが試算されているため、その数値からバイオ燃料を利用することによる経済性を見直し、コジェネ発電事業の継続運転に問題がないことが確認された。詳細は、第 3 章 13 項に述べる。

#### カ) バイオ燃料供給能力

エクアドル政府が長期的な需要の拡大を考え、ジャトロファのプランテーション開発について検討していることが分かった。現在、マナビ地方の研究機関がジャトロファについてプランテーション開発の可能性も含め調査を進めている。同政府は、本件について環境への負の影響がある可能性を認識しているため慎重な対応を示していた。詳細は、第 3 章 15 に述べる。

#### キ) EIA

コジェネ発電に関する環境への影響については、ガラパゴスという特質な環境を考慮し、主に建設についての影響について検討した。詳細は、第 3 章 9 項に述べる。

#### ク) 利害関係者のコメント

風力発電プロジェクトについては、EIA にて実施された内容を踏襲した。コジェネ発電プロジェクトについては、前述の通りパイロットプロジェクトを引用した。詳細は、第 3 章 10 項に述べる。

#### ケ) 案件の実現性及び実施スケジュール

本プロジェクトに対する政府資金の導入額増加については、調査開始時と何ら変更の兆しは見えない。むしろ国内電力を支える主要な水力発電所が水不足から 2009 年 11 月より大規模な電力供給の危機をもたらしたことから公的事業の見直しが図られている。しかし、エクアドル政府は CDM を用いて風力発電事業を実現するため、追加予算給付を検討中である。本プロジェクトに対する同政府の予算は、年度毎に確定されるため、第 2 フェーズに関する資金調達方法については機器調達が確定する 2011 年までに詳細が明確化される。また、現在第 1 フェーズの風力発電建設のため機器メーカーと契約調印の最終段階であり、早期の CDM 化が望ましいことは確実である。詳細は、第 3 章 15 項に述べる。

(コベネフィット関係)

ア) 環境汚染対策効果の評価

サンタクルス島における発電所から排出される SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 等大気汚染物質のデータを入手し、それらを基にコベネフィット定量評価マニュアルを使用して指標化が可能であることが判明した。バイオ燃料を使用した際に発生する大気汚染物質については、導入機器の確定後、再度試算する。詳細は、第 4 章に述べる。

イ) 生物多様性に関する調査

現地でのヒアリングの結果、生物多様性に対するリスク低減を指標化するための適切なデータは存在しないことが分かった。本調査では、既存の情報等を基に特に船舶関連の事故及びリスク分析の手法等について検討した。詳細は、第 5 章 1 項に述べる。

## 2.4 現地調査

第 1 回現地調査を 2009 年 9 月に実施した。現地調査では、ERGAL と打ち合わせを行い、本事業の進捗状況及び調査計画について協議すると共に、風力発電建設予定地及びジェットロファ生産地、バイオ燃料搾油技術等の視察を行った。第 2 回現地調査は、2010 年 2 月に実施した。現地では事業の実現化及び今後 CDM 案件を進めるにあたり詳細なステップ等を中心に関係者等と協議した。(バリデーションの準備等含む)。また、コジェネ発電プロジェクト及びバイオ燃料製造についての追加情報を収集した。

現地調査にて訪問した関係機関及び有識者らを以下に示す。

- ・ 電力・再生可能エネルギー省
- ・ ガラパゴス電力公社 (ELECGALAPAGOS)
- ・ ガラパゴス国立公園(機関)
- ・ サンタクルス島政府(Gobierno Municipal de Santa Cruz)
- ・ エクアドル DNA(環境省)
- ・ 農牧水産省
- ・ WWF
- ・ チャールズ・ダーウィン財団(Fundación Charles Darwin )
- ・ Fundar Galápagos (NGO)
- ・ バルトラ島 PetroComercial 社 (備蓄基地)
- ・ 国立独立農業研究機関(Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias)





係数  $k$  値<sup>18</sup>が最大 2.3 と近い値となっている。

Monthly Wind Speed in m/s (60 m above Ground)

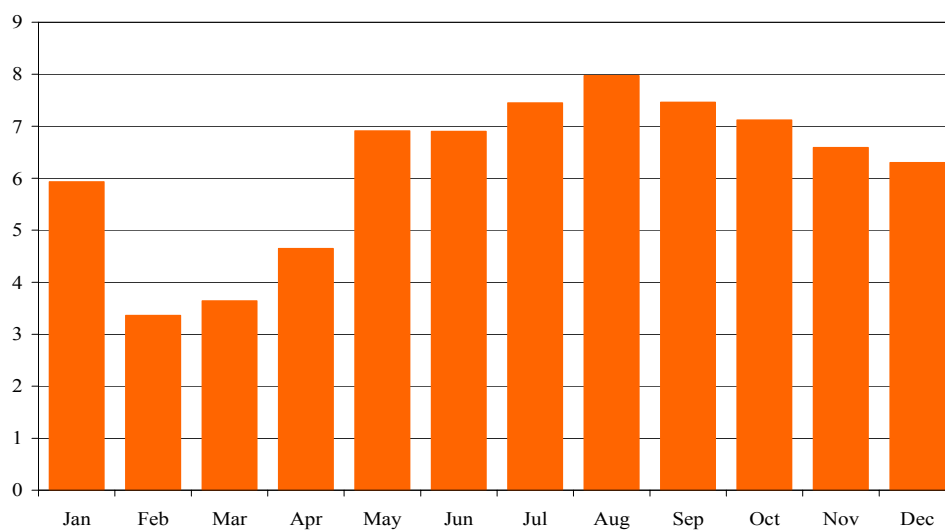


図 3-2 : バルトラ島における年間風況調査結果 (地上 60 メートル地点\*)  
(\*データは、地上 40 メートルで測定されたデータを基に算出)

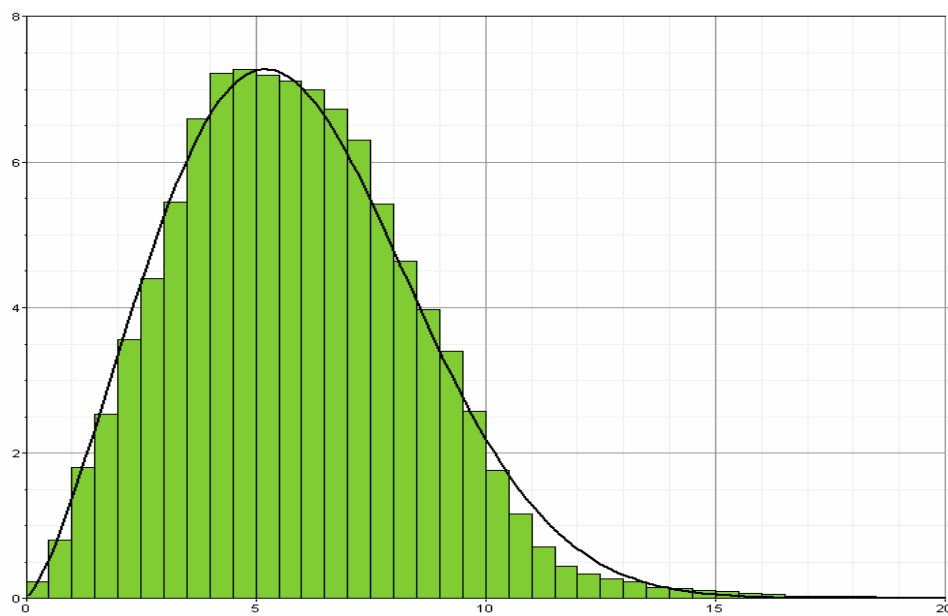


図 3-3 : バルトラ島ー地上 40 メールにて測定された頻度分配図 (%)

<sup>18</sup> ワイブル分布については、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 風況精査マニュアルを参照。  
(<http://app2.infoc.nedo.go.jp/nedo/Weibull.pdf>)

風力発電所の建設地は環境影響評価の結果に基づき選定した。ガラパゴス諸島に生息若しくは渡り鳥等の通過する動物相及び植物相へのリスクが特に重要視されたため、環境影響評価はガラパゴス諸島の生態系に最も詳しいチャールズ・ダーウィン財団が実施した。調査から、サンタクルス島の建設予定地では鳥類とコウモリの生息環境と飛行ルートに影響が及ぶリスクが高いことが判明した。一方、図 3-4 に示すバルトラ島の建設予定地には鳥類等の飛行ルートの問題がない上、第二次世界大戦中に建設された米軍基地の跡地がアクセス用施設として利用できるため好条件である。



図 3-4 : バルトラ島風力発電所選定地

バルトラ島は平坦であり機器の輸送・組立に特別な条件がなく、港と風力発電所候補地の距離はわずか 4 キロメートルである。また、同島には、国立公園に指定されている広大なエリア以外に軍用地がある。ガラパゴス開発庁（INGALA）は、これらの複雑な土地利用及び風境測定・EIA の結果を総合的に考慮し、関係機関との協議の上、風力発電所のプロジェクト

トサイトを航空規定に定める空港滑走路からの隔離距離の要件を満たすことで南東部に決定した。

バルトラ島の土地利用に関する詳細については図 3-5 を参照されたい。選定地は発電所の拡大を考慮しており、1MW クラスのタービンを基準として出力が 30MW 超の設備設置用のスペースがある。

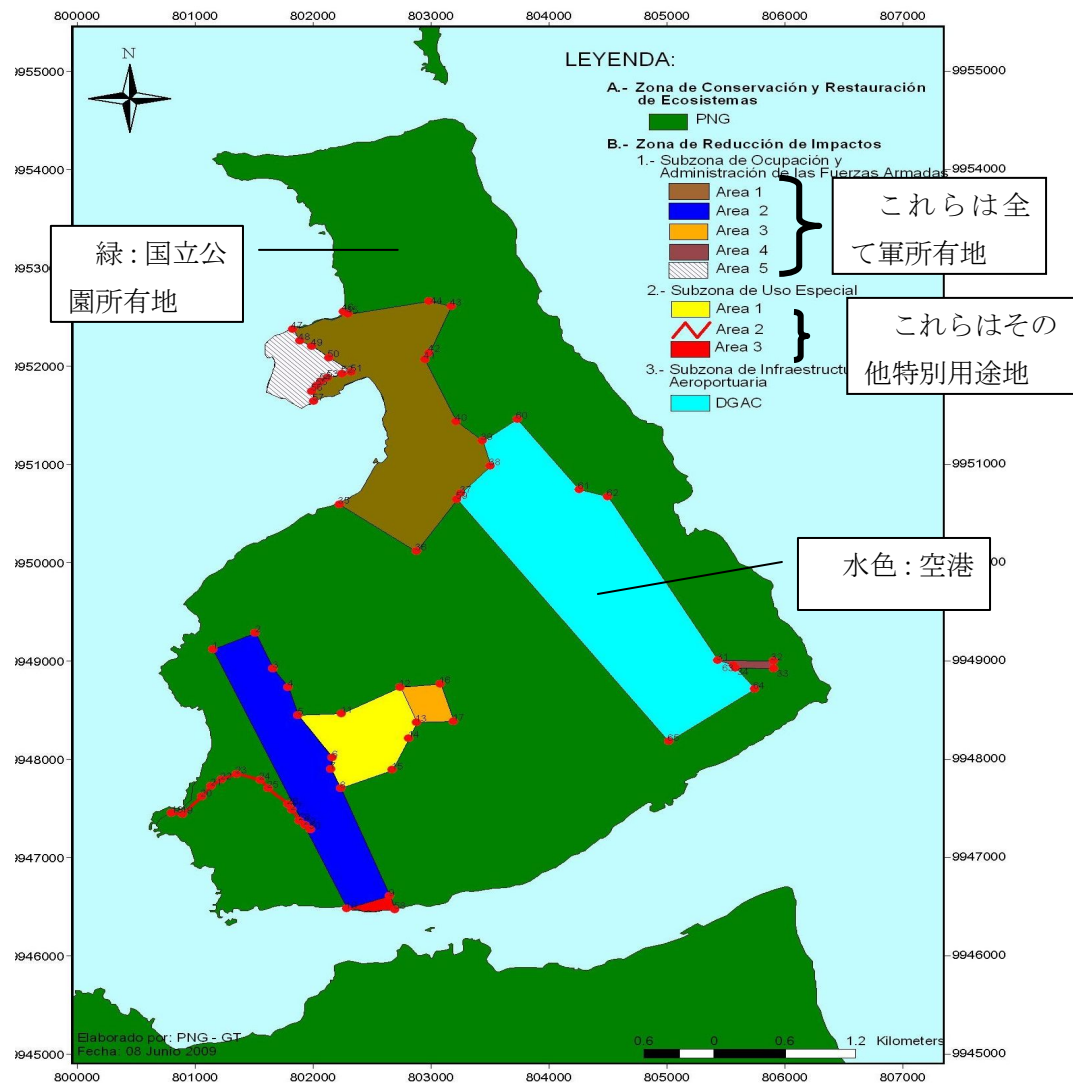
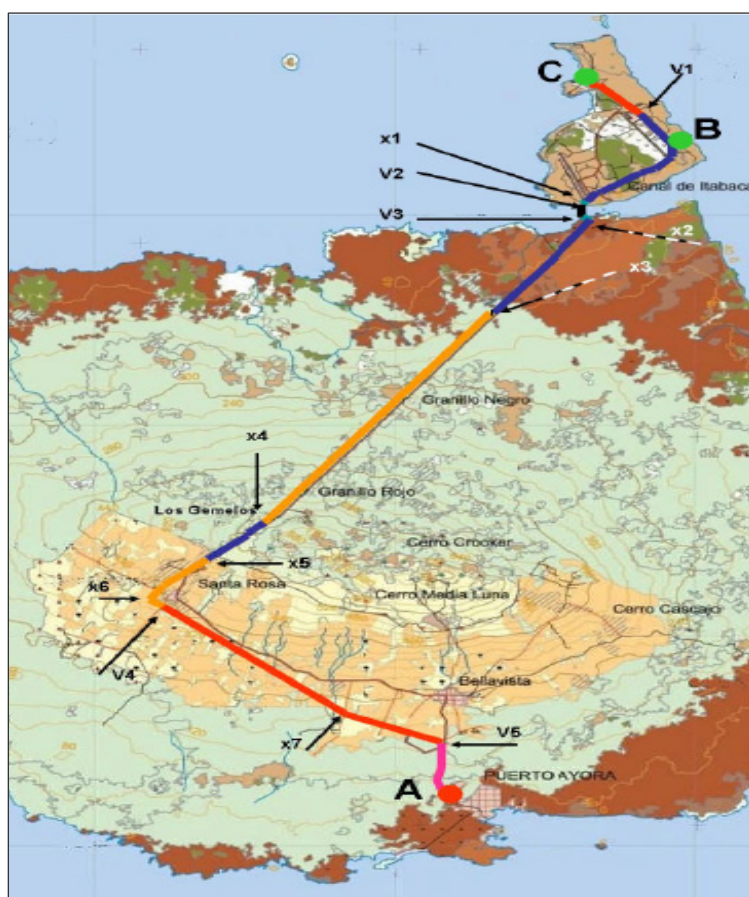


図 3-5：バルトラ島土地利用詳細図  
(出典：INGALA、ガラパゴス国立公園)

バルトラ島における風力発電所建設の構想と同時に、バルトラ島からサンタクルス島へ電力を供給するための送電線の導入を検討した。図 3-6 は送電線設置の詳細計画である。



- 変電所
- A:プエルトアヨラ(既存の施設を使用)
  - B:バルトラ(風力発電所に対応)
  - C: カピタニア (燃料ステーションと連結)
- 海底及び地下ケーブル
  - コンパクト型送電線
  - 高架線
  - 従来型高架線

図 3-6：送電線配線計画

送電線設置については、生態系への影響に配慮している。EIA の結果、ガラパゴス国立公園内においては高架敷設、地中埋設及び水中敷設を組み合わせ、低電圧での送電や地上に設置される送電線には絶縁体物質のコーティング等の技術を導入する。また、景観を考えできるだけ周囲と一体化するための努力を施す。施設の高架部分の寿命は 25 年であり、他の部分の寿命はさらに長い。適切なメンテナンスにより、寿命が長くなるものと期待できる。

### 3.1.1.2 実施計画

風力発電は、3つのフェーズに別けて実施される。現在、第1フェーズの初期投資資金が一部不足しており、かつ第2フェーズの資金源は確保できていない。第1、第2フェーズの実施結果によって第3フェーズの実施が決議されるため、CDM としては第1、第2フェーズのみ考慮する。風力タービンは全て同じタイプのものを使用し、個々のタービンの規模は全高 82m 未満、設備発電能力 500kW から 1500kW までとする。フェーズ毎の実施計画は以下の通りである。

#### ＜第1フェーズ：グリッドとのパラレル運転＞

第1フェーズでは、標準設備出力2.25－3MWの風力タービンがグリッドとパラレル運転で稼働する見込みである。グリッドの安定性を確保するために、風速が早く需要が低い時期には風力発電所の公称出力を下げる必要がある。プエルトアヨラ（サンタクルス島）及びバルトラ島を合算した年間負荷増大率7%と典型的な負荷曲線を用い、最小ディーゼル負荷50%の安定性基準を考慮したシミュレーションでは、風力エネルギーの導入率が最大25%（即ち2010年2年間はグリッドの総電力需要2.4GWhのうち最大6GWh）で、風力発電量の19%が超過電力となる。導入率は稼働後電力需要に合わせ調整していく。

#### ＜第2フェーズ：風力/コジェネ発電ハイブリッドシステム＞

第2フェーズでは、4.5MWの風力発電所の拡張が計画されている。風力導入率は、風速が低い2月から4月以外の9カ月において最低50%まで引き上げる。

#### ＜第3フェーズ：蓄電池を備えた風力/コジェネ発電ハイブリッドシステム＞

第3フェーズでは、大規模な工業用蓄電池をシステムに導入し、最大12MWの風力発電機を増設して風力導入率100%を目指す（導入率の算出方法は、前述と同様に1年のうち9カ月のみを算入）。同フェーズでは、政府の化石燃料ゼロプログラムにて並行して構想が練られている電気自動車導入案と連動して実施する予定である。これは、サンタクルス島とバルトラ島における全ての陸上旅客車を電気自動車に切り替える提案だが、大型トラック及び一部の特殊機械についてはバイオ燃料に切り替えることが提案されている。

### 3.1.1.3 風力発電及び送電線に係わる導入技術

風力発電機及び送電線については、2007年に実施された技術調査及び2008年に終了したEIA調査を基に現在機器メーカーと価格等について交渉中ではあるが、導入機器についての詳細は概ね特定されている。導入予定の風力タービンの特徴は次の通りである。

- 3枚ブレード、翼型、アップウィンド型ローター
- IECクラスIII風力タービン
- アクティブヨー（首振りシステム）
- ピッチ・コントロール
- 多重系フェールセーフシステム
- 全自動運転、リモートコントロール&モニタリング用インターフェース
- 独立型チューブ状スチールタワー（支え線なし）

また、タービンはIECの34-72を使用し、絶縁種別は熱帯地域対応を考慮して温度上昇限度が高くても長時間持続して使用できるF種を用いる予定である。



### 3.1.2 コジェネ発電

#### 3.1.2.1 立案及び立地選定背景

風力発電のように間欠的な再生可能エネルギー源を電源供給が安定しているシステム（例：グリッド）以外で用いる場合、通常代替電力源と掛け合わせたハイブリッドシステム若しくは蓄電池を導入する。代替電力源としては、太陽光発電やディーゼル発電機等が使用される例が多い。本プロジェクトでは、風力発電はミニグリッドへの電力供給を目的としているが、特に風が吹かない2月から4月の間はミニグリッドの供給安定化のため、代替電力源が必要である。化石燃料ゼロプログラムの下、バイオ燃料を持いたディーゼル発電の導入が計画段階で提案された。

純粋な植物油を発電に利用するためには、ジャトロファ油の消費に適した発電装置を設置しなければならない。しかし、サンタクルス島に設置されている既存の設備は純粋な植物油では稼働できないため、バイオ燃料を扱える効率的な新規発電システムの購入が必要となった。コジェネ発電所は道路や港へのアクセスなどの利便性を考え、バルトラ島の化石燃料備蓄ターミナルに建設する。（図3-4を参照）

#### 3.1.2.2 実施計画

コジェネ発電プロジェクトは、第2フェーズより稼働する。バイオ燃料を用いて発電された電力は、サンタクルス島にあるディーゼル発電を使用したミニグリッド電力を代替する。コジェネ発電所はバイオ燃料の運搬を考慮し、既存の燃料備蓄ターミナル付近に建設する予定である。バイオ燃料の供給力については、3.2.2に記す。コジェネ発電所から発生する熱は海水淡水化装置へ供給する。淡水化施設はコジェネ発電に隣接して設置する。稼働開始日は当初2009年9月より開始予定であった技術調査が大幅に遅れているため、現案では2年後の2013年1月となっている。図3-7にコジェネ発電プロジェクトの実施フローを示す。搾油所は、コミュニティ事業であり、製造するバイオ燃料は垣根から収集したジャトロファ油であること、そしてガラパゴス諸島のみにバイオ燃料を販売すること等を条件に、政府が資金援助をし建設される。

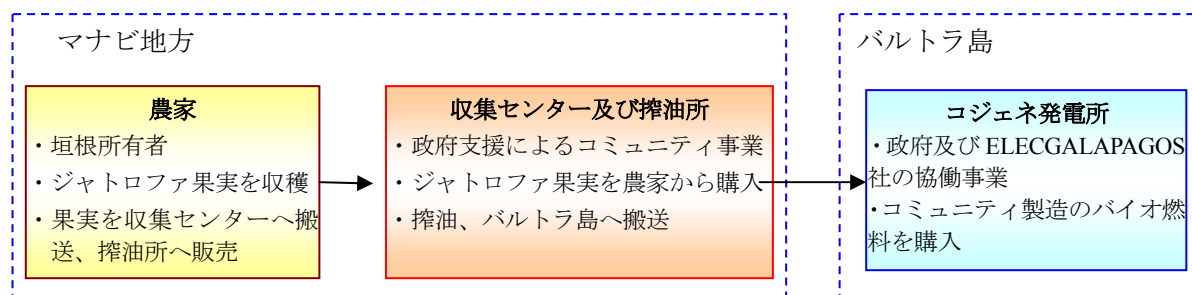


図 3-7：コジェネ発電プロジェクトの実施フロー

### 3.1.2.3 導入技術

本調査では、フロレアナ島で実施されている類似プロジェクトの関係者及びバイオ燃料を扱っている幾つかのコジェネ発電機メーカーに対してヒアリングを実施した。

本プロジェクトに類似しているフロレアナ島のジャトロファ油発電パイロットプロジェクトは、70KW のバイオ燃料用発電機を 2010 年末頃に 2 基導入する計画である。本プロジェクトで用いられるコジェネ発電機はまだ特定されていないが、バイオ燃料に対応する発電機はエクアドルにはないため、欧州より輸入する予定である。エクアドル政府はこのパイロットプロジェクトを通してバイオ燃料を利用した発電事業に関する障壁や課題点等を洗い出し、本プロジェクトに役立てる。当該関係者へのヒアリングの結果、純粋なバイオ燃料対応用の発電機は、発電容量が 500kW を上回る機器のみ製造されていることが分かった。そのため、パイロットプロジェクトでは、ディーゼル発電機の改造を施す予定である。

現在検討されているコジェネ発電所の容量は 5MW であり、1MW を 5 基設置することが適切であることが機器メーカーへのヒアリングで分かった。この定格値では、ディーゼル発電機の大手メーカーであるドイツの MAN 社やフィンランドのバルチラ社等のメーカーが純粋な植物油、特にジャトロファ油対応が可能な発電設備を市販していることが調査で分かった。ヒアリングの結果、発電効率は約 33%、発熱効率は約 44% であることが判明したため、それらを用いて PDD を作成する。

### 3.1.3 バイオ燃料の生産

#### 3.1.3.1 マナビ地方におけるジャトロファの植生

バイオ燃料には、生垣から収穫されるジャトロファの種子を使用する。マナビ地方をはじめとするエクアドル沿岸地帯では、主にジャトロファ等の植物を使って生垣を作る慣習がある。以下に、本プロジェクトに使用されるジャトロファ（学名：ヤトロファクルカス）の特徴を記す。

- 土地固有の植物である。
- エクアドル沿岸地帯では、私有地、農地、牧場地に生垣として植えられることが多い。放牧地では、放牧牛が私有地を離れることを防ぐためジャトロファを植える。
- 多年生低木であり、種子を手積みにより収穫できる。
- 経済的用途がない。奥地などの地域によっては、種子は石鹼を作るために使われる場合がある。
- 超乾燥気候から湿潤気候までの熱帯地方、さらには亜熱帯までの幅広い農業生態環境で



生育し、降雨量 300－2,000 ミリメートル、気温 18℃から 30℃以上までの気候条件に対応する。

- 土壌の質に対する要求が大きい。木として、土壌を浸食から守り、土壌を向上させる。
- 種子または挿し木によって簡単に増やすことができる。種子による増殖の場合、根が地中深くに張り、全体が頑強になる。
- 最初の年から結実することが可能であり、5年目で最大量に達し、寿命は 50 年である。乾燥地帯では、収穫は 1 年に 1 回であり、より湿度の高い地帯では 1 年に 2 回収穫することが可能である。



図 3-8：ジャトロファ植生状況

### 3.1.3.2 バイオ燃料生産能力

表 3-1 は、マナビ地方の主な気候分布における生垣としてのジャトロファの実態を調査した結果である。(搾油量の試算方法については、セクション 3.2.2.4 を参照)

表 3-1：マナビ地方におけるジャトロファの生垣及び種子・油の収穫の潜在的可能性

	乾燥地域	雨量が少量 の地域	半湿潤地域	合計
生垣 (キロメートル)	662	1292	4876	6,830
種子 (トン/年)	662	2584	14628	17,874
搾取油 (トン/油)	199	775	4388	5,362

(出典：IICA, 2008)

また、表 3-2 は、2015 年の電力需要量の増加に合わせて試算されたガラパゴス諸島での発電に必要な植物油の量及び種子の量を示している。

表 3-2 : 2015 年の電力需要に対し必要とされるバイオ燃料量の予測

島	発電に必要とされる植物 油量 [ガロン/年]	植物油生産に必要とされる 種子[トン/年]
サンタクルス島	780,000	10,156
サンクリストバル島	300,000	3,906
イザベラ島	160,000	2,083
フロレアナ島	11,000	143
合計	1,253,015	16,289

表 3-1 及び表 3-2 に記載されている種子の量を比較する限り、生垣という形で存在する種子の量だけで諸島全体の必要量をカバーするのに十分な油を抽出できることが明らかである。しかし、将来の安定供給を保障するために現在農業省は、現地の研究機関である国立独立農業研究機関 (INIAP) と共同で生垣拡張等の可能性を検討している。ジャトロファのプランテーションの可能性についても過去議論されたが、現地では単一栽培を反対する声が強いため、プランテーション化への発展は難しいと考える。植樹するとしても既存の垣根内に挿し木する程度に留まることが想定されている。研究所では、地性にあった種子の選択に関する調査の他、油の含有量の最適化や有機肥料の使用の可能性等様々な観点から環境に優しく、効率のよいバイオ燃料製造に向けた調査を進めている。

### 3.1.3.3 ジャトロファ種子の収穫方法

現状では、生垣のジャトロファの果実は地面に落ちて朽ちている。本プロジェクトでは、ジャトロファの果実は農家が手で摘み取り、を数か所の収集センターに運びこみ、3 か所の拠点に分散された搾油工場でジャトロファ油を製造する計画である。

中央政府は、小規模生産者を支援する手段として各工場に公的資金を注入する。また、本プロジェクトにて使用される搾油工場はジャトロファ専用ではなく、多種多様な植物油を搾油するため、地域的貢献度が高い。よって、施設予定地はそれらの点を考慮して、次の 3 つを選定した。

#### ①チョネ：

マナビ地方の北部に位置し、牧畜が主要な経済活動である。主に酪農家の女性が副収入取得のため参加する見込みである。施設予定地は同地域の重要なハブであり、農家がジャトロ

ファを一カ所に集められることから選ばれた戦略的なロジスティック拠点であるボヤカ・ステーションに位置する。ステーションからガラパゴス諸島へ出港するラ・リベルタ港までの距離は 140 キロメートルである。

②パハン：

マナビ地方の南東部に位置するパハンは地域社会をまとめた組織企画の実施経験があり、組織面で強みを持つ。港までの距離は 125 キロメートルである。

③ヒピハパ：

マナビ地方の南西部に位置しており、ラ・リベルタ港まで最も近い場所にある。資源となるジャトロファが豊富である。貧困率と失業率が高く、最も大きな経済的問題を抱える地域でもある。施設予定地は、エル・サンディアル（El Sandial）の乾燥地域の戦略的な立地にある。港までの距離は 95 キロメートルである。

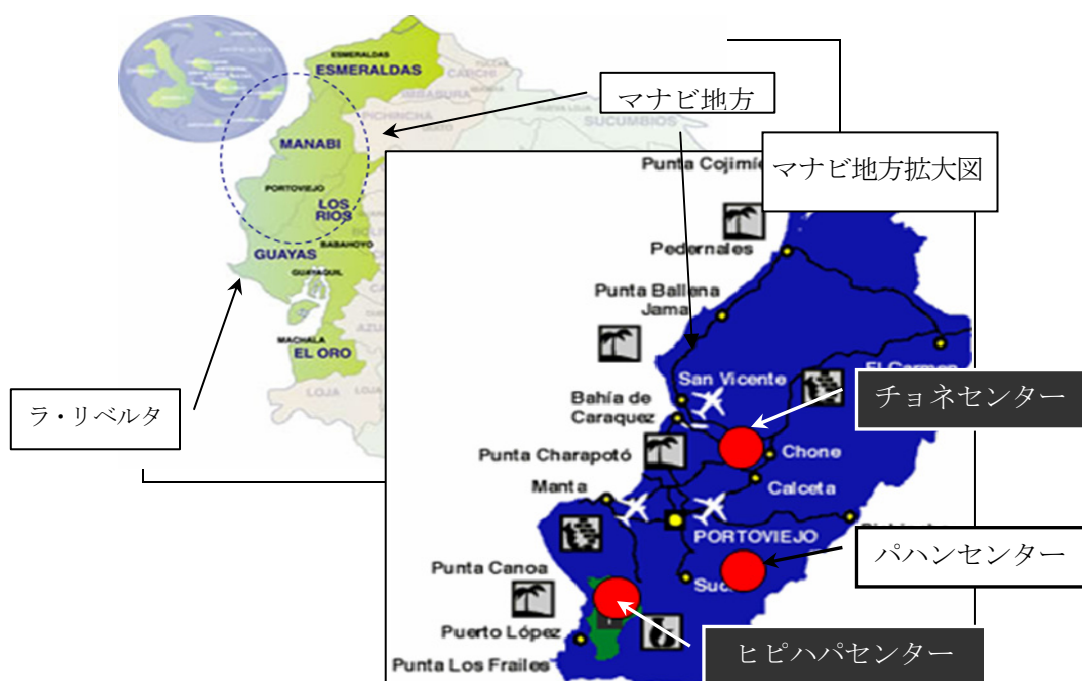


図 3-9：搾取所及びラ・リベルタ港

### 3.1.3.4 バイオ燃料の搾油

本プロジェクトでは、ジャトロファ油の搾油に複雑な技術を使用しない。搾油施設はジャトロファの種子の保管サイロ、種子圧搾ユニット、ポンプ設備、油ろ過設備と油／残渣物の保管庫からなる単純で小規模な「工場」である。圧搾（プレス）、ポンプ使用、ろ過には、電力を要するためプロジェクト排出量を考慮する。電力源は全て本土のグリッドから供給される予定である。

ジャトロファのプレス及びろ過には、図 3-12 や図 3-13 のような機器を導入し、図 3-10 のような簡易方式で製造することを現在検討している。その場合、図 3-11 が示すエネルギーバランスが考えられ、ジャトロファ種子 1 トンを加工するために必要なエネルギーは 250～295kWh と想定する。

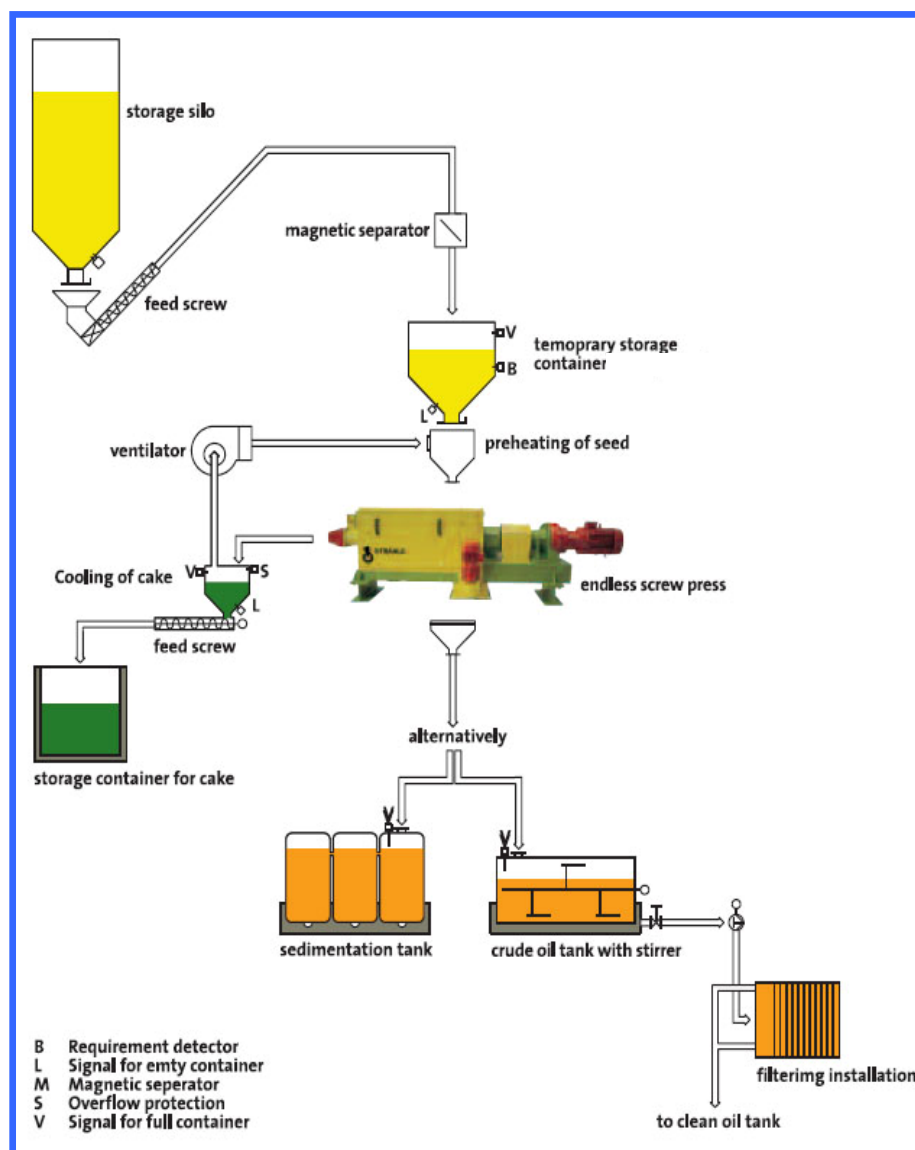


図 3-10: 検討中のジャトロファ搾油技術

INIAP の調査では果実の 25%は種子であり、また国立技術専門学校の研究によると種子の 30%が油分で、70%が残渣となる。

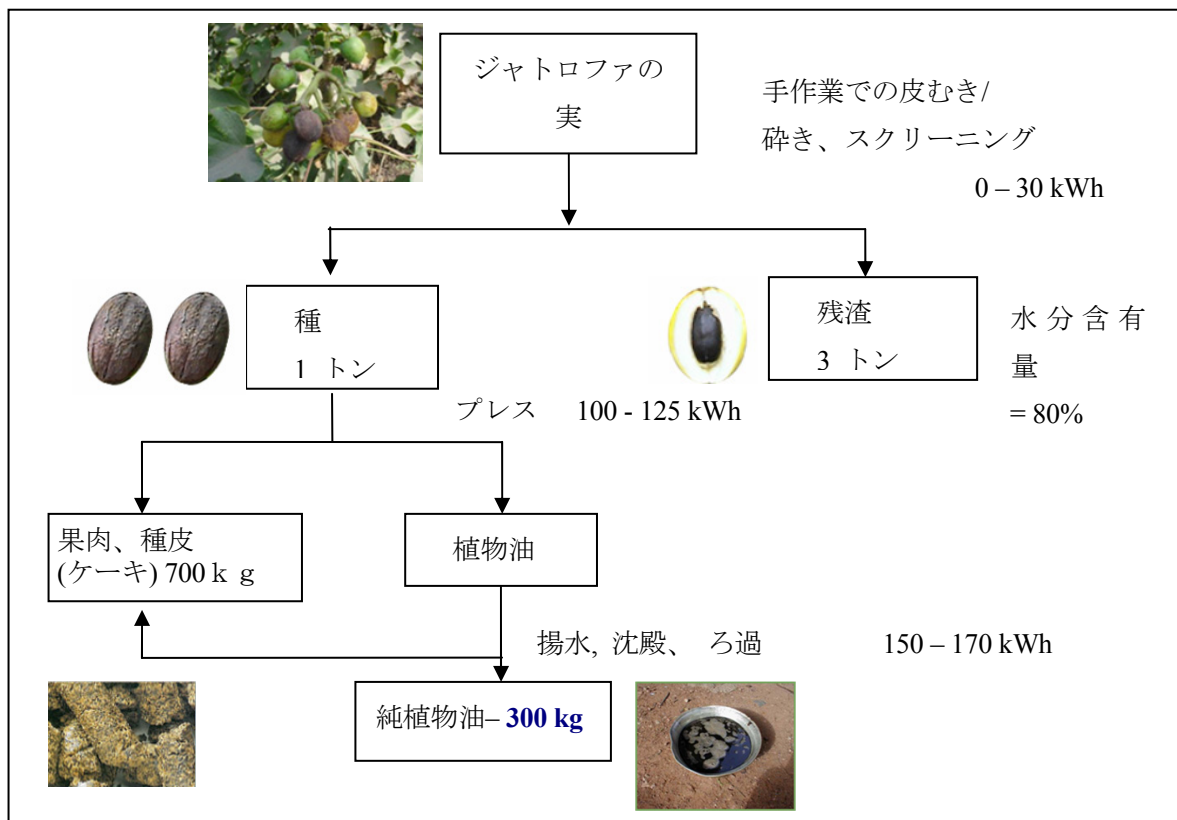


図 3-11: ジャトロファ油製造におけるマスバランス及びエネルギーバランス

導入機器はまだ確定していないため、本調査ではこの機器を例にバイオ燃料製造過程で発生するプロジェクト排出量を算出する。

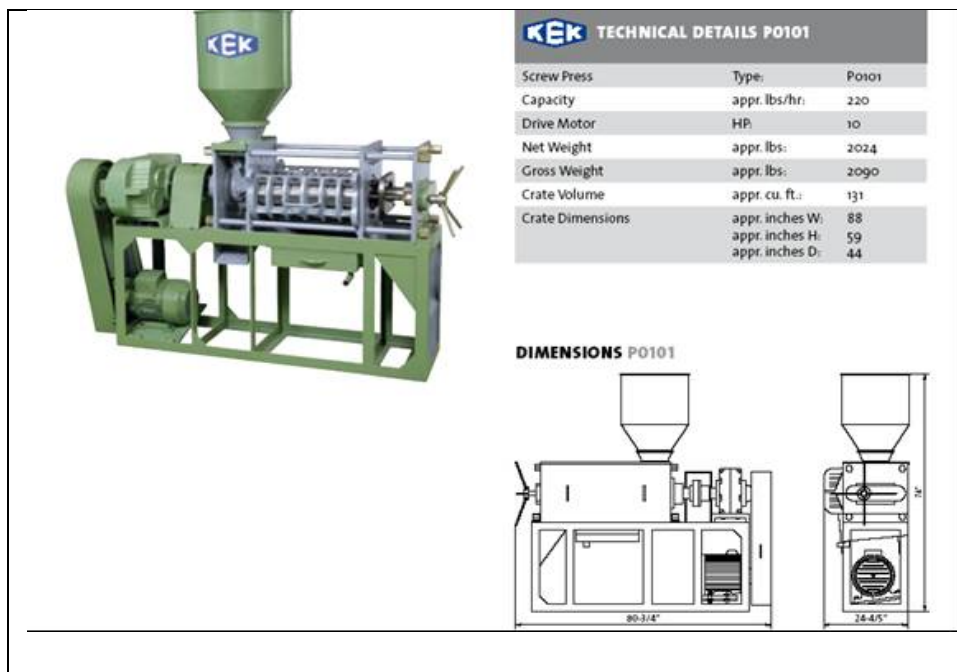


図 3-12: 植物油プレス機の参照例



図 3-13:植物油のろ過機の参照例

#### 3.1.3.5 バイオ燃料の輸送

生産されたジャトロファ油は、まず搾油施設からラ・リベルタ港へとタンクローリーで輸送しなければならない。ラ・リベルタは大規模な港であり、そこからタンカーにてガラパゴスへと化石燃料が出荷される。(図 3-14 を参照)タンカーへは、ディーゼル油と純粋なジャトロファ油を分離して輸送できるように設計されたコンテナを積み込むことを計画している。



図 3-14: ラ・リベルタ港からガラパゴス諸島までのバイオ燃料の輸送

Petrocomercial 社によると、ラ・リベルタ港からガラパゴスまでの距離は約 1000 キロメートルである。

### 3.1.3.6 廃棄物の処理方法

図 3-11 で示す通り、種子 1 トンから 700 キログラムのジャトロファの残渣が生成される。残渣は高濃度の窒素、リン及びマグネシウムを含有されており、肥料に適している。一方、そのエネルギー含量の高さから、ジャトロファの残渣物はペレットとしてエネルギー生産／発電に使うことができる。現在、国立独立農業研究機関（INIAP）が残渣物のエネルギー利用の市場需要調査を行っている。

## 3.2 適用方法論

前述に述べた通り DNA 承認には EIA 及び環境ラインセンスが必要なため、本プロジェクトにおいては風力発電及びコジェネ発電を個々のプロジェクトとして扱い、其々PDDを作成して CDM 登録申請まで進めていく。其々のプロジェクトで使用される方法論を以下に記す。

- 風力発電: 小規模方法論 I.D.グリッド接続の再生可能発電(Grid connected renewable electricity generation) (バージョン 15)
- コジェネ発電: 小規模方法論 I. C. 利用者のための熱エネルギー(Thermal energy for the user with or without electrical energy) (バージョン 16)の改訂案

小規模方法論 I.D.については、風力発電所からの電力がバルトラ島で消費される可能性があるため、方法論からの逸脱をバリデーション中に申請する必要性が生じる。しかし、バルトラ島へ供給される電力は送電線の分岐点にて一括してモニタリングされるため、特段問題ないと考ええる。

小規模方法論 I.C.においては、バイオ燃料使用が認められていないこと、そしてミニグリッドが記述されていないことに問題があるため改訂が必要である。第 2 章で述べたように方法論改訂案 (SSC\_349) を小規模ワーキンググループへ提出した。ワーキンググループのコメントに則り再生可能バイオマスの定義 (Definition of Renewable Biomass) を加筆して改定版を更新した。

改訂方法論 SSC\_349 案では、第 12 項の(h) (最新版では(i)) として、化石燃料を用いた発電・発熱を行い、電力はグリッドへ売電することをベースラインシナリオとして加えた。その際のベースライン排出量は、既存方法論第 16 項に従い電力生産からの排出量と熱生産からの排出量の合計として算定する。また、使用される燃料が本プロジェクトのようにバイオ燃料であった場合には、バイオ燃料の熱量としてサンプルの測定値を用いることを提案した。SSC\_349 案への小規模ワーキンググループの回答を基に、使用するバイオマスをタイプ別に考慮した記述を追加する等の修正を行った。



本改訂案では、既存のバイオマスだけでなく新規に造成した生垣若しくはプランテーションでも適用可能としたことから、リーケージ等の条項にバイオマスタイプ毎の記載を加筆した。

### 3.3 CDM におけるプロジェクト・バウンダリーの設定

プロジェクト・バウンダリーを、各プロジェクトで使用された方法論に従い以下の通り設定した。

風力発電プロジェクトについては、方法論が示す通り再生可能エネルギー生成源の施設であるため、風力発電所とする。

コジェネ発電プロジェクトについては、小規模方法論 I.C. (バージョン 16) 及び小規模方法論改訂案(SSC\_349 及び添付参照)に基き、コジェネ発電所及びコジェネ発電所から熱供給がされる予定である淡水化プラント、そしてバイオ燃料の原料栽培地、搾油所及び製造過程で排出される残渣の廃棄地とする。

送電線は、プロジェクト・バウンダリー外である。

### 3.4 ベースラインの設定

#### 3.4.1 E マイナス

本プロジェクトは政府主導で進められているが、法的義務による試行ではなく自主的行動である。しかしながら、本プロジェクトは、ガラパゴスにおける化石燃料使用率をゼロにするという 2007 年に大統領宣言によって導入された政策の下に実施されている。これは、第 22 回 CDM 理事会で決定された「ベースラインシナリオの決定における国家・産業政策の扱いについて」の E マイナスに該当する。よって、ベースラインシナリオは、同プログラムが導入されていない状態が適用される。2009 年に開催された COP/MOP5 にて、E プラス、E マイナスのガイドラインを設定する指針が提示されたため、今後新しいガイドラインに沿って修正する必要がある。

#### 3.4.2 風力発電

##### 3.4.2.1 バルトラ島におけるベースラインの設定課題

ベースラインシナリオとしては、バルトラ島及びサンタクルス島におけるミニグリッドの代替を本件提案時に想定していたが、その後実施された第一回現地調査にて、バルトラ島にはミニグリッドが存在しないことが判明した。そのため、同島の電力消費データが存在する



か調査した。前述の通り、バルトラ島では、ミニグリッドの代わりに 19 の施設が其々ディーゼル自家発電機を有している。各施設へのディーゼル油供給量は、供給元である Petrocomercial 社より入手可能であることを確認したが、供給されたディーゼル油はトラックやボート等の運輸用に使用されるため、発電用に使用されたディーゼル油のみの算出は同社の情報だけでは不可能であることが判明した。その後、全施設に対してヒアリングを実施したが、2 つの消費用途を区別して把握しているのは Petrocomercial 社のみであるということが分かった。

19 の施設の中で最も電力消費量が高いとされる施設は、空港、軍用基地、Petrocomercial 社の石油製品貯蔵基地の 3 箇所である。各施設へ情報提供を求めた際、唯一データ提供のあった Petrocomercial 社の石油製品貯蔵基地では、自家発電用として月当たり僅か 400 ガロンを使用している。これを GHG 排出量にすると、約 4 CO<sub>2</sub>-トン程度となり、電力消費が高いとされている同施設でさえ、サンタクルス島に比べプロジェクトの実施に伴う温室効果ガス削減量が大幅に低いことが分かる。

バルトラ島における既存のディーゼル発電機の情報不足について ELECGALAPAGOS 社及び ERGAL と協議した結果、同島の消費量が少ないこともあり、本プロジェクトにおける CDM の対象は、サンタクルス島のミニグリッド代替のみとし、バルトラ島にて消費された電力についてはモニタリングで測定し、ベースライン排出量から差引くこととした。PDD にて記載するベースラインには、風力発電の予想出力量を使用する。

### 3.4.2.2 サンタクルス島におけるベースラインの設定

本プロジェクトはサンタクルス島のミニグリッド代替のため、既存の機器の寿命を考慮する必要はないが、実際は 1 箇所の電力発電所（ELECGALAPAGOS 社所有）の発電機の代替であるため、同発電所の機器について調査を行った。表 3-3 で示されているように、サンタクルス島に設置されている発電機のうち最も古いものは 1992 年に導入された。

表 3-3：ガラパゴス諸島における発電設備容量及び機器導入年

島	既存の機器及び 機器メーカー各種	電力容量		機器 導入年
		公称電力量 (kW)	有効電力量 (kW)	
サンタクルス トバル	火力発電機 7 基 (Caterpillar 社機器)	650	552.5	1992
		650	552.5	1992
		310	263.5	1981
		650	552.5	1992
		310	248	1984

		365	292	1988
		310	248	1981
	火力発電（総計）	3,245	2,709	
	独立発電事業社 MADE	800	192	2007
		800	190	2007
		800	188	2007
	風力発電	2,400	570	
サンタクル ス	火力発電機 6 基 (Caterpillar 社機器)	650	552.5	1992
		650	552.5	1992
		650	552.5	1994
		650	552.5	1994
		1100	935	1997
		650	552.5	2002
	合計（火力発電）	4,350	3,697.5	
イザベラ	火力発電機 3 基 (Caterpillar 社機器 2 基、 Dow Warner 社機器 1 基)	455	386.8	1999
		310	248	1996
		315	252	1993
	合計（火力発電）	1,080	886.8	
フロレアナ	火力発電機 2 基 (Leroy Somer 社機器)	60	42	1992
		50	35	1992
	合計（火力発電）	110	77	
	ISOFOTON	245	24.5	2003
	太陽光（PV）	245	24.5	
総計	火力発電	8,785	7,370.3	
	風力発電	2,400	570	
	太陽光（PV）	245	24.5	

(出典：ELECGALAPAGOS 社)

第 50 回 CDM 理事会にて導入された機器寿命残存期間判断ツール（Tool to determine the remaining lifetime of equipment）によると、ディーゼル発電機のデフォルト値では、50,000 時間の使用が機器の寿命であるとされている。ELECGALAPAGOS 社に、発電機毎に稼動時間を算出する可能性について打診したが、データ開示は難しいとの見解であった。他方、表 3-3 が示す通り、ガラパゴス諸島内で最も古い機器は 1981 年に導入されている 2 基で、29 年経った今尚稼動している。機器の寿命は、機器使用率が大きく影響を及ぼすため確固たる情報なくして精査をするこ

とは極めて困難である。しかし、サンタクルス島に存在する最も古い 1992 年導入の機器 2 基を前例に習い最低 29 年間稼働すると考えると寿命残在期間は 11 年となる。最も新しく導入された 2002 年の機器は、寿命残在期間 21 年である<sup>19</sup>。今後、バリデーション実施前に、必要に応じてツールが示す通り専門家を雇い、守秘義務の下、機器の正確な残余寿命を確認する必要があるが、本調査では寿命残在期間は平均値である 14 年とし、ベースラインを算出する。

### 3.4.2.3 風力発電におけるベースライン排出量の算定方法

第 1 フェーズでは、コジェネ発電が稼働していないため、風力タービンはミニグリッドと同時に稼働させ電力需要に合わせて供給される。風力によるエネルギー生産量はピッチコントロール等によって制御され、需要に基づいてグリッドが受け入れられる電力量だけが供給される。これらの微調整については、モニタリング計画にて明確な方針の下、測定する。

第 2 フェーズでは、バイオ燃料を使ったコジェネ発電所が稼働開始し、また風力発電所にフライホイール、MSM マスター同期機を設置することによって、ディーゼル発電システムを完全に稼働停止することが可能になる。

当該方法論第 9 項では、ディーゼル発電システム用に簡易排出係数が方法論表 I.D.1 に示されている。同島に唯一存在する発電所は、ディーゼル燃料を利用する 24 時間稼働のシステムであり、方法論表 I.D.1 の係数を用いることができる条件を充たすため、発電容量が 200kW 以上の排出係数 0.0008 tCO<sub>2</sub>/kWh を用いて、風力からの発電量は表 3-4、ベースライン排出量は表 3-5 のように算定する。風力発電のロードファクター確定方法に関して、ガイドライン (Guidelines for Reporting and Validation of Plant Load Factors, ver.01) は 2 つのオプションを提示しているが、バリデーション前ではガイドラインのパラ. 3(b)に則り機器メーカーと相談してロードファクターを確定するが、本調査では現在 ERGAL が試算値として使用しているドイツの Factor 4 Energy Projects 社によって測定されたロードファクターを採用した。

表 3-4 : 風力発電量算定

フェーズ	公称出力 (MW)	台数	稼働時間/ 年	ロード ファクター	年間発電量 (MWh)
第 1	0.75	3	8760	29.83%	5880 =>4800 (調整値 <sup>20</sup> )

<sup>19</sup> 6 基の残余寿命を単純平均した場合は、14 年である。

<sup>20</sup> 調整値は、50%のミニグリッドの供給を安定されるため稼働される既存ディーゼル発電機からの発電量を考慮した結果試算された数値。調整値については、3.1.1.2 を参照。

第2 (既存+ 追加容量)	0.75		9		8760		29.83%		17640
---------------------	------	--	---	--	------	--	--------	--	-------

$$BE_y = EG_y \times 0.0008$$

$BE_y$ : y 年のベースライン排出量 (t CO<sub>2</sub>)

$EG_y$ : y 年のエネルギーベースライン (電力発電量) (kWh)

$$EG_y = EG_{y,sc} - EG_{y,Baltra}$$

$EG_{y,sc}$ : y 年においてサンタクルス島にて発電されるであろう電力量 (kWh)

$EG_{y,Baltra}$ : y 年においてバルトラ島にて発電されうるであろう電力量 (kWh)

表 3-5 : ベースライン排出量算定 (第 1 クレジット期間)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
第 1 フェーズ にて拡張された機器から の電力発電量 (MWh/year)	4,800	4,800	5,880	5,880	5,880	5,880	5,880
第 2 フェーズにて拡張 された機器からの電力 発電量 (MWh/year)	—	—	11,760	11,760	11,760	11,760	11,760
① $EG_y$ 総計想定年間電力発 電量 (MWh/year)	4,800	4,800	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640
②方法論排出係数 (tCO <sub>2</sub> e/MWh)	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
③ $BE_y$ : ベースライン排 出量 (tCO <sub>2</sub> e) =①x ②x 10 <sup>3</sup>	3,840	3,840	14,112	14,112	14,112	14,112	14,112

### 3.4.3 コジェネ発電

本プロジェクトでは、コジェネ発電は風力発電とのハイブリッド措置であるため、コジェネからの発電量は総電力需要量と風力発電量の差となる。その場合、差分をコジェネ発電で賄うだけのバイオ燃料を製造できるかが、ベースライン排出量算定にとって重要な点となる。

エクアドル政府は、サンタクルス島の総電力需要量は今後毎年平均 4-5%ほど増加することを想定する。現在入手した需要予測データを用いてコジェネ発電量を試算する。(表 3-6 を参照)

表 3-6：コジェネ発電に関するベースライン排出量

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
①想定年間総 電力需要量 (MWh/year)	24,700	25,811	26,973	28,052	29,174	30,341	31,554	32,817	33,965	35,154	36,384	37,658	38,976
②風力発電か らの想定年間 電力発電量 (MWh/year)	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640
③コジェネ発電 量(MWh/year) =①-②	7,060	8,171	9,333	10,412	11,534	12,701	13,914	15,177	16,325	17,514	18,744	20,018	21,336

小規模方法論 I.C.には、適用シナリオが第 12 項(a)から(g)まで明確に記載されている。改訂案では、同条項の(h)として「化石燃料を用いた発電・発熱を行い、電力をグリッドへ売電する」ことをベースラインシナリオとして加えた。その際のベースライン排出量は、既存方法論第 16 項に従い電力生産からの排出量と熱生産からの排出量の合計として算定する。また、使用される燃料が本プロジェクトのようにバイオ燃料であった場合は、バイオ燃料の熱量はサンプルの測定値を用いることを提案した。

また、コジェネ発電で生産される電力は既存のミニグリッドへ供給されるが、熱源は新設の淡水化施設へ供給されるため、同方法論第 12 項の脚注に則りコンバインドツール (Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality, バージョン 2.2) を使用して適切なベースラインシナリオを選定しなくてはならない。同ツールのステップ 1 で挙げられたベースラインシナリオは、以下の通りである。

- ① 本プロジェクトを CDM とせず実行する
- ② 本プロジェクトで使用される燃料をディーゼル油とする
- ③ 本プロジェクトで使用される燃料をディーゼル油とし、ディーゼル発電機を使用する。  
淡水化施設は、新規ボイラーを導入しディーゼル油を燃料とする
- ④ 本プロジェクトを実施せず、サンタクルス島の既存のディーゼル発電機がミニグリッドに電力供給を続ける。淡水化施設では、新規ボイラーを導入しディーゼル油を燃料とする。

ステップ 2 にて、上記 3 つのベースラインシナリオにバリアー分析を行ったところ、コジェネ発電機を使用する①並びに②に稼働に関する技術的問題と初期投資における障壁があった。よって、ステップ 3 にて③と④を投資分析した結果、③にはディーゼル発電機を購入する分の負担があり、④が最も低い初期投資額を必要とすることから④を本プロジェクトのベースラインシナリオとする。前述の風力発電同様以下の小規模方法論 I.D.を用いベースライ

ン排出量を算出した結果を表 3-8 に示す。クレジット期間は、3.8 にて詳細を記すが、コジェネ発電は更新可能な 14 年を想定している。

$$BE_{ele,y} = EG_y \times 0.0008$$

$BE_y$ : y 年のベースライン排出量 (t CO<sub>2</sub>)

$EG_y$ : y 年のエネルギーベースライン (電力発電量) (kWh)

表 3-7 : コジェネ発電に関するベースライン排出量 (第 1 クレジット期間)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
① $EG_y$ : コジェネ発電量 (MWh/year)	7,060	8,171	9,333	10,412	11,534	12,701	13,914
② 方法論排出係数 (tCO <sub>2</sub> e/kWh)	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
③ $BE_{ele,y}$ : 発電に関するベースラ イン排出量(tCO <sub>2</sub> e) =①x ②	5,648	6,537	7,466	8,330	9,227	10,161	11,131

コジェネ発電で生成された熱は、新規ボイラーを同プラント内に導入することを想定し、小規模方法論 I.C.第 15 項の計算式を用い試算する。

熱生産によるベースライン排出量

$$BE_{thermal,CO_2,y} = (EG_{thermal,y} / \eta_{BL, Thermal}) * EF_{diesel, CO_2}$$

$BE_{thermal,CO_2,y}$ : y 年にプロジェクトによって代替される蒸気・熱からのベースライン排出量 (tCO<sub>2</sub>e)

$EG_{thermal,y}$  y 年にプロジェクトによって供給される蒸気・熱の純量 (TJ)

$\eta_{BL, Thermal}$  プロジェクトが無かった場合に利用されていたであろう化石燃料を利用した施設の効率

$EF_{diesel, CO_2}$  ベースライン設備で利用されていたであろう燃料のエネルギー単位当たりの CO<sub>2</sub> 排出係数 (tCO<sub>2</sub>/TJ)。入手可能であれば、信頼できる現地・国家データから取得するが、入手できない場合は IPCC のデフォルト排出係数を利用

ERGAL が、首都キトにて幾つかの現地機器メーカーにボイラー効率 ( $\eta_{BL, Thermal}$ ) 及び一般的に使用される燃料についてヒアリングを実施したところ、燃料はディーゼル油を使用しているところが多く、ボイラー効率は通常 80%であることが分かったため、それらをベースライン算出に使用した。しかしボイラー効率 80%は比較的低いため、今後調査を進め必要に

応じ修正する。表 3-8 に熱生成に関するベースライン排出量の試算をまとめる。

表 3-8：熱生成に関するベースライン排出量 (第 1 クレジット期間)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
① $EG_{thermal,y}$ 淡水化プラントに供給された純 熱量(TJ/year)	34	39	45	50	55	61	67
② $\eta_{BL, Thermal}$ ディーゼル消費量@80%の効率 (TJ/year)(①/0.8)	42	49	56	62	69	76	83
③ $EF_{diesel, CO_2}$ ベースラインにて使用されるで ある化石燃料の排出係数 (tCO <sub>2</sub> /TJ-ディーゼル)	74.10	74.10	74.10	74.10	74.10	74.10	74.10
④ $BE_{thermal, CO_2, y}$ 発熱生産に関するベースライン 排出量(tCO <sub>2</sub> e)=②x ③	3,139	3,633	4,149	4,629	5,128	5,647	6,186

また、改訂方法論 SSC\_349 案にも記載したが、本プロジェクトは農地や牧草地、居住地等の垣根に生るジャトロファの実を使用するが、通常はそのまま垣根の周りに落下・放置されており、十分な嫌気性反応は起こらないため、バイオ燃料に関するベースライン排出量はゼロと考える。小規模ワーキンググループにより、再生可能バイオマスの定義に則りバイオ燃料の原料カテゴリーを明記することが要求されている。

### 3.5 プロジェクト排出量及びリーケージ

#### 3.5.1 風力発電

小規模方法論 I.D.においては、地熱若しくは貯水池を有する水力発電事業以外ではプロジェクト排出量が考慮されないため、当該風力発電所に係るプロジェクト排出量はゼロとする。

リーケージについては、同方法論ではエネルギー創出機器が移転された場合のみリーケージとしてカウントされるため、当該風力発電所に係る風力発電排出量はゼロとする。

#### 3.5.2 コジェネ発電

小規模方法論 I.C.で規定されているプロジェクト排出量及び本プロジェクトの適用事項については、表 3-9 にまとめた。

表 3-9：小規模方法論 I.C.にて考慮するプロジェクト排出量

	小規模方法論 I.C.規定事項	本プロジェクトにおけるの該当事項
①	バイオマス残渣の収集/プロセス/プロジェ	該当なし (ジャトロファはバイオマス

	クトサイトへの輸送に伴う CO <sub>2</sub> 排出量	残渣ではないため。)
②	オンサイトにおける化石燃料の消費による CO <sub>2</sub> 排出量	該当なし
③	プロジェクトによる電力消費に伴う CO <sub>2</sub> 排出量	コジェネ発電のスタートアップに使用される可能性はあるものの、第 1 フェーズにて稼働している風力発電からの電力を使用することが可能なため、プロジェクト排出量を考慮しない
④	その他、プロジェクト・バウンダリー内における顕著な排出量	該当なし
⑤	地熱発電プロジェクトに対する特定事項	該当なし

上記表 3-9 以外に方法論改訂案にて提案されたバイオ燃料の取扱いに関するプロジェクト排出量を表 3-10 に示す。

表 3-10：小規模方法論 I.C.改訂案にて提案されたプロジェクト排出量

	小規模方法論 I.C.改訂案提案事項	本プロジェクトにおける該当事項
⑥	種子栽培のための耕作による GHG 排出量（新たに土地を開墾した場合のみ適用）	生垣として植生しているジャトロファを使用しているため該当しない
⑦	バイオマスの収集/植物油の製造/プロジェクトサイトへの輸送に伴う CO <sub>2</sub> 排出量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ジャトロファ果実の搾油所への運搬</li> <li>・搾油所における電力消費量</li> <li>・搾油所から港までの運搬</li> </ul>
⑧	植物油製造過程で排出された廃棄物をプロジェクトサイト外へ輸送する場合の CO <sub>2</sub> 排出量	現在バイオマス残渣の再利用方法を検討中のため本調査ではゼロと見なす。
⑨	廃棄物から発生する GHG 排出量（ただし、管理下で燃焼される、バイオガス回収に伴う埋立地への廃棄、もしくは好気条件下で土壌に使用された場合は、プロジェクト排出量は考慮しない）	現在有機肥料若しくは果肉・種皮を固めた固形燃料を製造し、現地にて販売する可能性を調査中のため、本調査では廃棄物から GHG は排出されないとする。

表 3-10 が示す通り、コジェネ発電には以下の 3 点に関してプロジェクト排出量を算出する必要がある。

- ・ ジャトロファ果実の搾油所への運搬における燃料使用
- ・ 搾油所における電力消費量



- ・ バイオ燃料の搾油所から港までの運搬における燃料使用

前述した通り、本プロジェクトでは 3 か所の搾油所を設置する。搾油所はその立地上、生産地である生垣からロバや馬等の動物によって運搬することが可能な距離にあり、トラック等車両を使用した輸送はし難い。そのため、本プロジェクトにおけるジャトロファ収穫地から搾油所への車両による運搬はゼロとする。

収集されたジャトロファの果実は、手作業もしくは機械により皮むきがされる。仮に機械を使用した場合、4 トンあたりの果実に対し 0.75kWh の電力を必要とする。その他、4 トンの果実あたり、プレスに 100～125kWh、揚水、沈殿、ろ過に 150～170 kWh の電力が必要となる。本調査では、4 トンあたりの果実から 300kg のジャトロファ油を生産するのに、325kWh 所内電力を消費することとする。電力は本土のグリッドから供給される。グリッド排出量の算出には、エクアドル DNA が 2005 年～2007 年の 3 カ年のグリッドデータを元に ACM0002(バージョン 7)を使用して計算したグリッド排出係数 (0.56053 tCO<sub>2</sub>/MWh) を使用する。しかし、バリデーションの際には最新の方法を用いて以下の計算式を基に算出する。表 3-11 にプロジェクト排出量の算出結果を示す。

搾油所におけるプロジェクト排出量

$$PE_{OFP,jatropha,y} = EC_{OFP,jatropha,y} \times EF_{CO_2,ELEC}$$

$PE_{OFP,k,y}$  = y 年の作物 k から油を生産する工程（搾油・精製）におけるプロジェクト排出量 (tCO<sub>2</sub>)

$EC_{OFP,k,y}$  = y 年の作物 k から油を生産する工程における電力消費量 (MWh)

$EF_{CO_2,ELEC}$  = グリッド排出係数 (tCO<sub>2</sub>/MWh)

表 3-11：搾取所におけるプロジェクト排出量(第 1 クレジット期間)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
①コジエネ発電に必要なジャトロファ油 (gal/year)	415,294	480,647	549,000	612,471	678,471	747,118	818,471
②コジエネ発電に必要なジャトロファ油 (ton/year)*	1,449	1,677	1,916	2,137	2,367	2,607	2,856
③ $EC_{OFP,jatropha,y}$ 搾油所における消費電力 (MWh/year)(②×0.325/0.3)	1,546	1,789	2,043	2,279	2,525	2,781	3,046
④ $EF_{CO_2,ELEC}$ グリッド排出係 (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0.56053	0.56053	0.56053	0.56053	0.56053	0.56053	0.56053
⑤ $PE_{OFP,jatropha,y}$ 搾油所におけるプロジェクト 排出量 (tCO <sub>2</sub> /year)(③×④)	866	1,003	1,145	1,278	1,415	1,559	1,707

\*ジャトロファの比重は、286.6gal/ton である。

各地に分散した搾油所で生産されたジャトロファ油は燃料配送港へと輸送され、ガラパゴスへ出荷される前に港に備蓄される。ターミナル所有者であるペトロエクアドル社によると、ジャトロファ油用の備蓄タンクの容量は 10,000 ガロンを予定している。

方法論改訂案では、統合方法論 ACM0006 バイオマス残渣による発電統合方法論 (Consolidated methodology for electricity generation from biomass residues)(バージョン 9) のバイオマス運搬からの排出量を算出する方法を踏襲した。ACM0006 では、距離と輸送車両のタイプで算出するオプション 1 と燃料消費量で算出するオプション 2 のどちらかを選定しプロジェクト排出量を算定できる。燃料の陸上輸送に詳しい PetroCommercial 社にヒアリングをした結果、各搾油所からターミナルへ陸上輸送を使用した場合、1 万ガロンのディーゼル油をタンクローリーで 100 キロメートル輸送するのに約 25 ガロンのディーゼル油が必要であることが判明した。表 3-12 には、3 つの搾油施設からラ・リベルタ港までの距離を示しているが、各搾油所から其々どの程度の割合でジャトロファ油が供給されるか現在まだ計画がたてられていない。現地カウンターパートである ERGAL と検討した結果、ACM0006 のオプション 2 を用いてプロジェクト排出量を表 3-13 の通り試算した。消費燃料を算出するのに使用した概算距離には、平均距離である 120 キロメートルを使用した。

ACM0006 オプション 2 を参照したプロジェクト排出量算定式

$$PET_y = FC_{TR,diesel,y} \times NCV_{diesel} \times EF_{diesel,CO2}$$

$PET_y$  = y 年にプロジェクト施設へバイオマスを運搬することによって発生した CO<sub>2</sub> 排出量(tCO<sub>2</sub>/yr)

$FC_{TR,diesel,y}$  = y 年にバイオマス運搬によるトラックのディーゼル油の消費量(ton)

$NCV_{diesel}$  = ディーゼル油の熱量 (GJ/ton)

$EF_{diesel, CO2}$  = ディーゼル油の排出係数 (tCO<sub>2</sub>/GJ)

表 3-12：各搾油所から港までの距離

搾油所	ラ・リベルタ港までの距離
ボヤカ・ステーション	140 キロメートル
パハン・ステーション	125 キロメートル
ヒピハパ・ステーション	95 キロメートル
平均距離	120 キロメートル

表 3-13：港への輸送におけるプロジェクト排出量(第1クレジット期間)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
①バイオ燃料輸送量(gal/year)	120,020	138,907	158,661	177,004	196,078	215,917	236,538
②1 マンガロンを 100km 輸送するのに必要なディーゼル量(gal-diesel /100km)	25	25	25	25	25	25	25
③を 120km の走行距離に調整した場合(gal-diesel /100km)	30	30	30	30	30	30	30
④片道輸送に必要なディーゼル量(gal-diesel /year)	360	417	476	531	588	648	710
⑤往復輸送に必要なディーゼル量(gal-diesel /year)	720	833	952	1,062	1,176	1,296	1,419
⑥FC <sub>TR,diesel</sub> 往復輸送に必要なディーゼル量(ton-diesel /year)	2.51	2.91	3.32	3.71	4.10	4.52	4.95
⑦NCV <sub>diesel</sub> ディーゼルの熱量(TJ-ton)(IPCC)	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
⑧EF <sub>diesel,CO2</sub> ディーゼルの排出係数(tCO <sub>2</sub> /TJ)(IPCC)	74.10	74.10	74.10	74.10	74.10	74.10	74.10
⑨PET <sub>y</sub> 運搬におけるプロジェクト排出量(tCO <sub>2</sub> /year)(⑥×⑦×⑧)	8	9	11	12	13	14	16

リーケージについては、小規模方法論 I.C.では以下の2点を考慮しなければならない。

- ア) エネルギー生産機器が既存の機器で、バウンダリー外から持ち込まれた場合
- イ) バイオマス残渣の収集/処理プロセス/運搬がバウンダリー外で発生した場合

また、改訂案では、小規模方法論 III.T.及び「バイオマスプロジェクトにおけるリーケージのガイドライン」(General guidance on leakage in biomass project activities) を基に、バイオ燃料を使用したコジェネプロジェクトに対して次の内容を追加項目として挙げた。

バイオマスプロジェクトにおけるリーケージのガイドラインにおいて以下の項目を考慮する。

- ・ プロジェクト実施前の活動からのシフト (shift of pre-project activities)
- ・ バイオマス資源の競合利用

本プロジェクトでは、表 3-14 の通りリーケージについて調査した。

表 3-14：リーケージに関する調査

リーケージ確認項目	本プロジェクトにおける該当事項
ア) エネルギー生産機器が既存の機器で、バウンダリー外から持ち込まれた場合	該当なし
イ) バイオマス残渣の収集/処理プロセス/運搬がバウンダリー外で発生した場合	ラ・リベルタ港からバルトラ島への備蓄ターミナルまでの海上輸送には、プロジェクト実施前ではディーゼル油が運搬されていた。輸送時に使用される化石燃料が、プロジェクト実施前、実施後の間で同量ならばリーケージとしてカウントする必要はない。しかし、ディーゼル油とジャトロファ油の密度及びエネルギー量が異なるため、プロジェクト実施によりタンカーからの排出量が増加する可能性はある。
ウ) プロジェクト実施前の活動からのシフト	プロジェクト実施前は、生垣に生るジャトロファの実はそのまま地面に落下し、腐敗していた。よって、プロジェクト実施前の活動は特段なく、活動のシフトもない。
バイオマス資源の競合利用	エクアドルにはジャトロファの市場がないため、競合利用はない

海上輸送について調査したところ、一般的情報によるとジャトロファのエネルギー含有量は、ディーゼル油より約 8%減少するが、密度はジャトロファ油の質によってはディーゼル油より高くなる可能性があることから、試算した結果本プロジェクトによる輸送量増加の可能性があったことが分かった。

また、Petrocomercial 社の情報では、ラ・リベルタ港－バルトラ島間の海上輸送距離は約 1,000 キロメートルあり、1,000 ガロンの輸送燃料あたり約 2 ガロンのディーゼル量が輸送にて消費される。また、Ocean Diesel 社へのヒアリングによると、バルトラ島の備蓄基地からサンタクルス島へ輸送する距離は約 2.4 キロメートルあり、消費ディーゼル量は輸送燃料 3,000 ガロン当たり約 20 ガロンであることが分かった。

しかし、実際の排出量を試算するデータは概算値しか入手できなかったため、PDD ではリーケージを考慮していない。プロジェクトが実施される際、マナビ地方で製造されるジャトロファ油のエネルギー量及び密度等を計測し、輸送燃料の詳細なデータに基き試算する予定である。

### 3.6 モニタリング計画

#### 3.6.1 風力発電

小規模方法論 I.D.におけるモニタリングは、グリッドへ供給された純電力量である。風力発電所に設置される予定である管理室にてサンタクルス島のミニグリッドへの供給量を観測する。また、バルトラ島へ供給される電力量についても、同管理室にて全て記録を録る。

#### 3.6.2 コジェネ発電

小規模方法論 I.C.におけるモニタリングは、発電量及び発熱量の測定である。特に発熱量については熱の流量及び温度を直接測定することが義務付けられている。導入機器がほぼ確定してから再度最新の方法論と照らし合わせ修正する。また、同方法論ではバイオマス及び化石燃料の消費量をモニタリングしなければならない。

その他同方法論の改訂案では、小規模方法論 III.T.を参照にバイオ燃料に付随するモニタリング項目を提案した。表 3-15 にてこれらの提案項目及び本プロジェクトにおけるモニタリング方法を示す。

表 3-15：提案されたモニタリング項目及び本プロジェクトにおけるモニタリング方法

提案されたモニタリング項目	モニタリング方法案
プロジェクト活動における植物油の消費量	コジェネ発電所にてジャトロファ油購入の伝票の数値を採用
種子の収穫量、搾油用種子の含油量、種子当たりの植物油製造量	・含油量は、現地の研究機関に依頼し3つの拠点其々からサンプルを取り計測する ・果実あたりの油製造量は、各製造所にて投入果実の重さと油製造量を記録する
植物油製造過程において消費されたエネルギー量及び植物油用樹木生成に使用された肥料量、プロジェクト実施前の活動（shift of pre-project activities）、バイオマス利用の競争についてのモニタリング	本プロジェクトでは該当しないが、新規に生垣が植えつけられた場合は耕作のために使用された肥料の量を記録する
植物油の真発熱量(NCV)（幾つかのサンプルを選定し、直接測定）	真発熱量は、現地の研究機関に依頼し3つの拠点其々からサンプルを取り計測する
果実・種子及び植物油の搾油所若しくは供給地までの運搬にて使用される燃料	生垣から搾油所への運搬方法の確認、搾油所からラ・リベルタ港への運搬回数（及び燃料消費量）
植物油製造者と消費者間の CER の権利に関	設置が予定されている3箇所の搾油所から

する契約（製造者と利用者が同参加者でなかった場合）	ジャトロファ油は供給されるが、製造者は其々のコミュニティであり、本案件においてコミュニティと政府若しくはELECGALAPAGOSとの間でバイオ燃料供給に関する契約書にて、プロジェクト参加者がCERの所有権を有することを記載する
最終廃棄処理方法及び/若しくは利用方法及び/若しくは廃棄場	廃棄物は肥料若しくはペレット状にした燃料として使用されるか確定していないが、排出量として考慮しなければならない温室効果ガスは発生しないことが想定されている
最終廃棄物処理運搬に伴う排出量	肥料若しくはペレット状の燃料がどのように運搬されるか明確ではないが、計画内容が確定した際に運搬方法及びプロジェクト排出量等について再度調査を行う

### 3.7 温室効果ガス削減量

排出削減量は下記のように計算される。

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

#### 3.7.1 風力発電

風力発電における温室効果ガス削減量を表 3-16 に示す。

表 3-16：風力発電における温室効果ガス削減量

		ベースライン 排出量 $BE_y$	プロジェクト 排出量 $PE_y$	リーケージ $LE_y$	排出削減量 $ER_y$
1	2011	4,800	0	0	4,800
2	2012	4,800	0	0	4,800
3	2013	17,640	0	0	17,640
4	2014	17,640	0	0	17,640
5	2015	17,640	0	0	17,640

6	2016	17,640	0	0	17,640
7	2017	17,640	0	0	17,640
8	2018	17,640	0	0	17,640
9	2019	17,640	0	0	17,640
10	2020	17,640	0	0	17,640
11	2021	17,640	0	0	17,640
12	2022	17,640	0	0	17,640
13	2023	17,640	0	0	17,640
14	2024	17,640	0	0	17,640
	合計	221,280	0	0	221,280

(tCO<sub>2</sub>)

### 3.7.2 コジェネ発電

コジェネ発電における温室効果ガス削減量を表 3-17 に示す。

表 3-17：コジェネ発電に関するベースライン排出量

		ベースライン 排出量 $BE_y$	プロジェクト 排出量 $PE_y$	リーケージ $LE_y$	排出削減量 $ER_y$
1	2013	8,787	894	0	7,893
2	2014	10,170	1,035	0	9,135
3	2015	11,615	1,182	0	10,433
4	2016	12,959	1,319	0	11,640
5	2017	14,355	1,461	0	12,894
6	2018	15,808	1,609	0	14,199
7	2019	17,317	1,762	0	15,555
8	2020	18,890	1,923	0	16,967
9	2021	20,318	2,068	0	18,250
10	2022	21,798	2,219	0	19,579
11	2023	23,329	2,374	0	20,955
12	2024	24,914	2,535	0	22,379
13	2025	26,555	2,702	0	23,852
14	2026	35,328	3,595	0	31,733
	合計	262,143	26,678	0	235,465

(tCO<sub>2</sub>)

### 3.8 クレジット獲得期間

風力発電は、今後サンタクルス島のディーゼル発電機の残余寿命の専門家診断の結果をもって確定するが、本調査では残余寿命の平均値が 14 年であるためクレジット期間は更新可能な 14 年とする。コジェネ発電については、今後導入するコジェネ発電機の寿命と照らし合わせて確定するが、機器メーカーへのヒアリングでは 8760 時間/年稼働し、適宜メンテナンスをしたとして最低 15 年であったため、本調査ではプロジェクトのクレジット期間は 14 年とし 7 年後に CDM の規定に則り更新する。

### 3.9 環境影響及びその他の間接影響

#### 3.9.1 風力発電プロジェクト

風力発電プロジェクト及び送電線に関する環境影響評価（EIA）は、2007 年 9 月から 2008 年 3 月の 7 ヶ月間で行われた。表 3-は、バルトラ島の風力発電所に関する環境アセスメントと送電線に関する環境影響評価（EIA）の最重要マイルストーンを要約したものである。また、プロジェクト実行期間中に発生が予想される環境への影響の一覧も掲載する。

表 3-18: EIA の重要マイルストーン

実施日	活動
EIA に関する過去の活動	
2006 年 5 月～2007 年 8 月 チャールズ・ダーウィン財団により実施（ガラパゴス国立公園支援）	風力発電所がサンタローサ島、カモテ、バルトラ島の 3 カ所の鳥類、こうもり、イグアナ、植物相に与える環境影響を決定するためのアセスメント
2006 年 8 月～2007 年 1 月 Terrambiente 社により実施	サンタローサ島、カモテ、バルトラ島の 3 カ所の植物相に対する風力発電所建設の影響を評価するための予備的環境アセスメント（PEIA）
2007 年 1 月 22 日 ERGAL（Terrambiente 社及び Proviento 社が支援）	利害関係者への説明会①：バルトラ島が風力発電所建設の唯一の実現可能な選択肢であると結論付けた予備的環境アセスメントの結果の公表
2007 年 11 月 7 日 ERGAL(GEF、UND が支援)	利害関係者への説明会②：サンタクルス島プロジェクトのスケジュールの地域社会への公表
環境アセスメントの実施	
2008 年 1 月 5、10～16 日まで ERGAL	実施要項の説明会への市民参加を促すため、新聞、ラジオ、テレビで開催を公告
2008 年 1 月 10～16 日まで ERGAL（EIA コンサルタント Walsh 社支援）	バルトラ島の風力発電所及び送電線に関する EIA の実施要項の内容について地域住民から再度意見を聴取



2008 年 1 月 17 日 ERGAL (Walsh 社支援)	利害関係者への説明会③：バルトラ島風力発電所及びバルトラ島からプエルトアヨラまでの送電線に関する EIA の実施要項の公表
2008 年 4 月 7 日	環境省による実施要項の承認
2008 1 月～7 月 Walsh 社作成	環境アセスメントの実行
2008 年 7 月 22～30 日まで ERGAL	バルトラ島風力発電所及び送電線に関する EIA の結果発表会への市民参加を促すため、新聞、ラジオ、テレビで開催を公告
2008 年 7 月 22～30 日まで ERGAL (Walsh 社支援)	バルトラ島風力発電所及び送電線に関する EIA の結果について、地域住民から再度意見を聴取
2008 年 7 月 31 日まで ERGAL (Walsh 社支援)	利害関係者への説明会④：バルトラ島風力発電所及びバルトラ島からプエルトアヨラまでの送電線に関する EIA 結果の公表
EIA の発表及び承認プロセス	
2008 年 10 月 16 日	環境省、ガラパゴス国立公園及び CONELEC への EIA 文書（風力発電所及び送電線に関する）の提出
2008 年 12 月 3 日	CONELEC による風力発電所及び送電線に関する EIA の承認
2009 年 1 月 5 日	ガラパゴス国立公園による風力発電所及び送電線に関する EIA の承認
2009 年 3 月 7 日	風力発電所及び送電線に関する EIA を環境省が承認
2009 年 7 月 24 日	ERGAL プロジェクトに対し、風力発電所及び送電線の建設に環境省が環境許可を認許

これら一連の EIA を通じた調査を通して判明した環境への影響とその対策を、表 3-19 にまとめた。風力発電の大きな課題としては、立地の選択及び建設があたえる生態系への影響であるが、EIA にて環境影響を確認するモニタリング手法がガラパゴス国立公園の指導に基づき詳細に記されており、ERGAL は同管理機関と共同でプロジェクトにおける環境への影響を観測する。本対応策は、2009 年にガラパゴス国立公園及び環境省から承認を得ており、両機関から十分な処置として認められている。

表 3-19: 予測される環境影響と対策

予測される環境影響	環境管理計画
土砂移動及び鳥・爬虫類の巣の変化と一時的移動	風力発電機、道路やその他のインフラのための掘削前に、ガラパゴスリクイグアナ ( <i>Conolophus subcristatus</i> ) の巣と生息

	地を確認しなければならない。風力発電所建設については、イグアナ（絶滅危惧種）を保護するために連絡道路全体にフェンスを設置する必要がある。
地平線に並ぶ風力タービンによる景観の変化	公称出力 500 kW以上の風力タービン <sup>21</sup> を採用することによってタービン設置数を減らす。これは、入札文書に記載された。
鳥類とコウモリの飛行ルートの変化	プロジェクト用地に生息する鳥類とコウモリの飛行高度は10メートル未満である。環境管理計画では、「鳥類の衝突リスクを最小限に抑えるため、地表からブレード下端まで最低10メートルの高さがなければならない」と述べている。更に、「タワーは、鳥類の衝突・死亡事故を防ぐため、支線を使わずに設置する」ともしている。そのため、タービン機器入札条件には、支線式タワーを使う風力タービンメーカーによる入札を除外した。
固形・液体廃棄物の生成	風力タービンの技術評価において、変速機のない風力タービンが好ましいとされた。
建設工事による観光業への一時的影響	ERGAL は、建設工事によって景観が一時的に損なわれるため、観光業への影響を軽減するために本プロジェクトに関する教育キャンペーンを実施するために現地 NGO を起用している。
外来種の渡来	風力発電機等の機器に対してガラパゴス諸島への到着時に港で植物検疫を実施する。

### 3.9.2 コジェネ発電プロジェクト

現在エクアドル政府は、コジェネ発電プロジェクトにおける環境影響評価（EIA）に関する調査の実施準備を行っている。詳細に関しては、EIA の専門家と確認中である。コジェネ発電所は備蓄基地に近接して建設されるため、バイオ燃料の取扱いにおいて重大な環境影響を及ぼす可能性を考察する。想定できる環境負荷としては、建設時の生態系への影響である。風力発電同様、バルトラ島の爬虫類（特にリクイグアナ）（図 3-15 を参照）は絶滅種であったためガラパゴス国立公園が一次保護し、孵化した陸イグアナを同島へ放し観測を続けており、それらの保護は重要事項である。その他想定される点とは植物検疫であるが、コジェネ発電機等の機器に対しては風力同様植物検疫が必要だが、ジャトロファ油は燃料として扱わ

<sup>21</sup> 国家航空管理局（National Aviation Directorate）は、航空規定により、風力タービンの全高を 82 メートル未満にするよう求めたため、風力発電機 1 基当たりの出力容量は 500～900kW に絞込まれた。

れるため検疫免除となる。



図 3-15：バルトラ島に生息するガラパゴスリクイグアナ

### 3.10 利害関係者のコメント

#### 3.10.1 風力プロジェクト(送電線含む)

第 1 回現地調査にて、関連政府機関（環境省、農牧水産省、サンタクルス島政府、ガラパゴス国立公園）及び NGO（WWF、チャールズ・ダーウィン財団、Fundar Galápagos）、民間企業（PetroComercial 社）等にヒアリングを実施したが、全て本プロジェクトに賛同する意見であった。これは、EIA 実施の際、数回に渡る説明会及び情報普及キャンペーンを実施した成果であったかと同える。しかし、当初 EIA で説明会を開催した際は、幾つかの否定的なコメントが寄せられた。表 3-20 に、EIA にて収集された懸念事項に関するコメントを抽出した。電力消費者及び農家からの意見が多かったため、本プロジェクトに関する説明会をできるだけ多く実施する他、定期的に一定の期間を設け同プロジェクトで導入される再生可能エネルギーや送電線に用いられる技術等についてキャパシティ・ビルディングを実施することにより現地住民の理解を得た。

表 3-20:プロジェクトに関するステークホルダーのコメント

否定的なコメント	プロジェクト実施者の回答
電気料金が上がる	消費者が支払う電気料金は、電力規制機関 CONELEC によって定められている。実質価格を請求するというのは政策ではなく、政府独自の決定に基づく政府決定である。エクアドル政府は、電力に補助金を出しており、風力エネルギーは補助金を減額することに貢献する。
停電が起こる	プロジェクト設計において、この状況を避けるための措置が検討された。
電力が豊富にあるなら、消	そうではない。エネルギーは限られた資源であり、エネルギ

費量を増やすことができる	一の合理的な使い方を推進しなければならない。環境に対する意識を高め、省エネ習慣を推進する役割が現地 NGO に与えられている。
送電線は地元民の健康に被害を及ぼし、家畜が正気を失う	そのようなことはない。電圧レベルは、中電圧である。送電線は大部分がガラパゴス国立公園を横断し、一部が農場を横断するが、電圧レベルが低いため人間や家畜に健康被害や病気をもたらすことはない。

### 3.10.2 コジェネ発電プロジェクト

コジェネ発電に関する EIA に基く利害関係者への説明会は現在準備中のため、フロレアナ島にて、バイオ燃料を使用した火力発電のパイロットプロジェクトに対する利害関係者から寄せられたコメントを本調査で検討した。

フロレアナ島におけるバイオ燃料プロジェクトの事業化調査は、2009 年 8 月と 11 月に実施され、その結果は、地元住民と関連政府機関及び NGO 等の団体へ公表された。利害関係者からのコメントの一部は、様々な意思決定者の意見を取り入れるため、調査とは別にプロジェクト推進のため開催されたミーティング等からヒアリングした内容を含む。多くのコメントはプロジェクトを支援する内容であったが、表 3-21 で示すように幾つかの否定的なコメントはあった。しかし、何れも本プロジェクトにて追加対策を考慮する必要がある問題ではないことがわかる。

表 3-21: バイオ燃料を用いた発電事業への利害関係者の懸念事項と回答

考えられる否定的な問題	プロジェクト実施者の回答
ガラパゴス諸島におけるジャトロファ栽培の推進	国家環境法及びガラパゴス管理計画によって禁止されている。ジャトロファは、本土で生産される。
ガラパゴスのエネルギー需要を満たすための本土での単一栽培の推進	マナビ県の生垣から収穫できるジャトロファだけで、ガラパゴスのエネルギー需要を満たすのに十分である。それに加えて、環境省は、IDB などの国際機関からのバイオ燃料スコアカード案に従って環境にやさしい方法を促進するために取り組んでいる。一方、バイオ燃料の供給をコントロールするために、ガラパゴス島におけるエネルギー増加をコントロールすることが必須である。
食糧ではなくバイオ燃料の生産のための土地利用	このプロジェクトは、単一栽培を促進するものではない。生垣から利用可能なジャトロファを活用することになる。
バイオ燃料を使うことで大気汚染物質が増えるのでは	テクノロジーによる。商業用に転用されたテスト済みの公称出力 1MW 超の発電所の場合は大きな懸念はない。また、コジェネ発電

ないか？	プラントを建設して、排出ガスの熱を海水の淡水化に使うため、化学反応を起こす確率が高い高温のガスが排出されることはない。
化学製品であるのに、バイオ燃料といえるのか	このプロジェクトのバイオ燃料は、純粋な植物油である。精製所を必要とするエステル交換処理はされていない。これは、ディーゼル油に非常に似た化学的性質を持つローテクノロジー製品である。製造にあたっては、圧搾とろ過をコントロールするだけでよい。
発電のためにバイオ燃料を使うのを避け、風力と太陽エネルギーだけを使えばよいのではないか	風力と太陽エネルギーが時間によって変動するという理由だけではなく、蓄電及び電圧と周波数という点でのグリッドの安定性を確保するためにも、ガラパゴスでは火力発電も必要である。この理由から、かつ、化石燃料ゼロ戦略をサポートするために、残る火力発電に使われるディーゼル油をジャトロファの純粋な油で代替することはガラパゴスの環境にとってもマナビ県の経済に非常に好ましい。

### 3.11 プロジェクトの実施体制

プロジェクトの実施体制は、第2章図2-1に記載した通りである。本プロジェクトは、ERGALを中心に実施される。

### 3.12 資金計画

現時点の計画では、第1フェーズとして3基の750kW級風力発電機及び送電線を設置する予定である。この初期投資額の77.4%は、エクアドル政府によって確保されている。残額の22.6%は、CER購入希望の民間投資家からの出資で賄うことを期待している。初期投資額以外に、O&Mコストとして年間27.2万ドル必要であることが想定されている。第2フェーズでは、750kWの風力発電機を6基追加し、5MWの発電出力を持つコジェネ発電機を1基導入する予定である。風力発電の第1フェーズにおけるプロジェクトに必要な初期投資額は、1500万ドル（風力発電1000万ドル＋送電線500万ドル）である。現在確定している資金提供先は表3-22の通りである。

表 3-22：第1フェーズの資金計画

エクアドル政府	
・エネルギー・鉱物省	600,000
・電力・再生可能エネルギー省	7,900,000
GEF（送電線のみ使用可）	2,500,000
国連財団（UNF）（送電線のみ使用可）	600,000
TOTAL	11,600,000
不足資金	3,400,000

GEF 及び国連財団の支援金は、送電線建設のために約束された支援であり、案件実施が不履行になる場合給付されない。また、次項にて試算された経済性分析では、不足分のみ初期投資と見なし、GEF 等の資金を含む表 3-22 に挙げられている 1160 万ドルの資金は一切考慮されていない。エクアドル政府は、年度毎に予算を確定するため、将来的に発生する CER からの収入等を考慮しながら、2010 年度の支給額を現在協議中である。第 2 フェーズでは 1800 万米ドルの初期投資が必要である。同政府予算は年度毎に確定されるため、第 2 フェーズに関する資金調達方法については機器調達が確定する 2011 年までに詳細が明確化される予定である。資金はエクアドル政府が全て拠出する予定ではあるが、第 1 フェーズが既に資金不足であることから、CDM 等外部より資金を調達する方法無くしては実現が難しい状況である。

### 3.13 経済性分析

本プロジェクトは、2 つのフェーズに分け実施される。其々に掛かる初期投資額を表 3-23 及び表 3-24 に、その他投資分析に使用された仮定値を表 3-27 示す。

表 3-23：第 1 フェーズに必要な初期投資額

	米ドル
<b>風力発電所</b>	
風力機器	7,500,000
土木工事	1,250,000
臨時費	450,000
エンジニアリング、開発監督・管理	800,000
小計	10,000,000
年間 O&M コスト	272,000/年
整備費(overhaul)	
(2020 年)	500,000
(2022 年)	1,000,000
<b>送電線</b>	
送電線建設	5,000,000
総計	15,000,000
年間 O&M コスト	272,000/年

表 3-24：第 2 フェーズに必要な初期投資額

	米ドル
<b>風力発電所</b>	
風力機器	15,000,000
発電所の土木工事	2,500,000
エンジニアリング、開発監督・管理	500,000
小計	18,000,000
年間 O&M コスト (第 1 フェーズ操業基含む)	544,500/年
整備費(overhaul)	
(2022 年)	800,000
(2027 年)	800,000
<b>コジェネ発電所</b>	
発電機	8,000,000
土木工事	2,500,000
変電所、開発監督・管理	1,000,000
エンジニアリング	350,000
小計	12,350,000
年間 O&M コスト	420,000/年
総計	30,350,000
年間 O&M コスト	964,500

表 3-25：その他の仮定値

指標	仮定
風力発電機寿命（想定値）	最低 20 年
コジェネ発電機寿命（想定値）	最低 15 年
CDM クレジット期間	14 年（火力発電所の寿命を最低 14 年とした場合）
売電価格（CONELEC 数値）	
風力	0.122 米ドル/kWh
コジェネ	0.1196 米ドル/kWh
バイオ燃料価格 （DED 調査から推定）	3 ドル／ガロン

1.4.9 及び 3.2 に記した通り、本調査で判明した結果に基づき、風力発電とコジェネ発電につき個々の PDD を作成するため、其々の PDD に合わせ再度投資分析を行った結果を表 3-31 にまとめた。風力発電では、フェーズ毎に分けたケースと、両フェーズ合わせた 3 つのケースに対し、想定機器寿命を 15 年として其々試算した。第 1 フェーズについては、本来実施される計画であったが、予算不足から計画が頓挫していることもあり、投資分析のガイダンス(Guidance on the Assessment of Investment Analysis, ver.02.1)に則って差額分を初期投資額と見立てた。試算には、現在検討されている 2010 年度の予算案は考慮されていない。10 年後に重要な整備を施す必要があり、2020 年に 500,000 米ドル、2022 年に 1,000,000 米ドルの支出が予定されている。CDM のクレジット期間は、既存の火力発電機の寿命を考慮し 14 年となっている。

コジェネ発電についての投資分析は、3.8 に記した通り、想定機器寿命を 15 年として表 3-30 に結果をまとめた。コジェネ発電は、10 年後重要な整備を施す必要があり、その後は寿命が続くまで 5 年置きに実施する。

バイオ燃料の価格は、ドイツ開発奉仕事業団（DED）がフロレアナ島のパイロットプロジェクトのために試算した数値を参考に、ガロンあたり 3 ドルに設定した。これは、植物油の売買価格と搾油所からの輸送コストを考慮している。バルトラ島における DED の調査では、国内のパームオレイン油<sup>22</sup>の価格がジャトロファ油の価格として妥当であると判断し、国内及び国外の指標値を比較した結果（表 3-26 を参照）、ジャトロファ油の単価を 2.76 米ドル/ガロンとした。

<sup>22</sup> パームオレイン油は、純粋なパーム油より価格が高い。

表 3-26 : パームオレイン油の価格

国内製造社及び海外の 指標値	価格(米ドル/ガロン)	価格 (米ドル/トン)
EPACEM	3.40	980
ALES	3.09	865
LA FABRIL	3.74	1080
マレーシア、 cif. Rotterdam (オランダ)	2.57	740

(出典 : DED)

表 3-27 は、フロレアナ島のパイロットプロジェクトで精査されたジャトロファ油製造に関する経済分析結果である。

表 3-27 : ジャトロファ油製造プロジェクトの経済分析

ジャトロファ種子の購入価格	
搾油所でのジャトロファ種子の購入価格	6~8 米ドル/キンタール (qq <sup>23</sup> ) = 132~176 米ドル/トン (1 トンのジャトロファ種子から製造されるジャトロファ油 276 リットル (=73 ガロン))
経済分析のための仮定	
搾油能力	200kg のジャトロファ種子/hr
稼動時間	8000 時間と仮定
ジャトロファ果実の年間処理量	1600 トン
ジャトロファ油の年間製造量	116, 825 ガロン
経済分析	
投資額 (圧搾機、フィルター、ポンプ、タンク等の備品と土木工事費含む)	200, 000 米ドル
年間メンテナンスコスト	10, 000 米ドル
年間人件費 (管理及び技術者等)	24, 800 米ドル
年間管理費	10, 000 米ドル
年間賃貸費 (土地・建築物)	24, 000 米ドル
ジャトロファ種子購入量	281, 600 米ドル (176 米ドル/トンから試算)
利息率	5%
プロジェクトの寿命	15 年

<sup>23</sup> 1 qq = 100 pounds = 45.45 kg



ジャトロファ油販売価格	276 米ドル/ガロン
ジャトロファ固形燃料 (果肉・種皮を凝固したもの)	132 米ドル/トン
分析結果	
IRR	56%
NPV	912,050 米ドル
投資回収年	1.93 年

(出典：DED)

この経済分析には、搾油所からフロレアナ島のプロジェクトサイトまでの輸送コストは考慮されていないが、0.89 米ドル/ガロンと試算されている。本プロジェクトの場合、考慮しなければならない輸送コストは搾油所からラ・リベルタ港までの陸上輸送コストであるため、フロレアナ島における数値の半分以下に抑えることが可能である。3.5.2 にて記載した通り、ジャトロファの生産地から搾油所までの輸送は、車両の代わりに家畜を用いることから集荷コストはすべてジャトロファ果実購入価格に織り込まれていると想定され、経済分析には考慮されていない。

表 3-29、表 3-30 の結果が示す通り、本プロジェクトは公共事業であり事業収益性を期待するものではない。通常 CDM における投資分析は、プロジェクトの CDM 化を試みる決定をした際に用いた投資分析について追加性を証明する。しかし、本プロジェクトの場合は、第 1 フェーズは本来、政府資金で実施される予定であった案件が資金不足で頓挫しているため CDM を活用することが検討されたため、不足資金に対して投資分析を行う必要がある。一方、第 2 フェーズについては、まだ政府予算が組まれていないこともあり、当初から CDM を合わせて計画実施を決断したと想定すると、PDD に記載する最も適切なケースは、表 3-36 の③となる。しかし、政府予算が年度毎に決まるため、バリデーションを行う前に再度本プロジェクトにおける投資分析を行う必要がある。IRR は、IRR 値が比較的高い第 1 フェーズのみのケースでも CER の収入なしでは 8.45%であり、通常のカントリーリスクレートで投資には向かないとされているエクアドルのような国では低い数値である。しかし、CER による収益（クレジット価格を 1tCO<sub>2</sub> あたり 15 ドルと想定）を考慮すると IRR が 10%を超えることが可能であることが分かった。

感度分析は、投資結果の改善につながる指標である①売電価格、②火力発電所の寿命及び③CER の価格について行った。(表 3-28 を参照。)

表 3-28：感度分析結果（IRR%）

		風力発電			コジェネ発電
		第 1 フェーズ のみ	第 2 フェーズ のみ	第 1&第 2 フェーズ	
ベースライン 値 (10%上昇)	CER 無し	8.45%	-2.85%	1.65%	算定不能
	CER 有	10.96%	-0.27%	2.69%	7.99%
①売電価格 (10%上昇)	CER 無し	11.12%	-1.12%	3.58%	算定不能
	CER 有	13.51%	1.25%	4.47%	9.44%
②火力発電所 の寿命 (2027 年まで)	CER 無し	9.46%	-0.62%	1.65%	算定不能
	CER 有	11.13%	1.60%	2.83%	8.28%
③CER の価格 (\$ 15->\$18)	CER 有	11.46%	0.04%	3.02%	8.30%

感度分析の結果、売電価格の上昇が IRR 値を最も大きく改善できることが分かった。しかし、売電価格が 10%上昇しただけでは、第 1 フェーズのみのシナリオ以外はベースライン値が低いためあまり効果が無かった。第 2 フェーズにおいては、風力発電及びコジェネ発電プロジェクトのベースライン値（CER からの収入無し）のシナリオにおける IRR が 0%になるには、電力価格が其々16.9%、30.7%上昇する必要があることが判明した。コジェネ発電の IRR 値が高かった主な要因としては、ジャトロファ油の価格が 3 ドル/ガロンと抑えられていることになる。今後、価格が上昇する可能性はあり、価格のあり方について引続き現地カウンターパートである ERGAL と協議する必要がある。

表 3-29：風力発電投資分析

第1フェーズのみ対象

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
フェーズ1風力のみ		2010	2011	2012	2013	2014	2016	2018	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2026	2028	2027
初期投資	第1フェーズ風力	900,000																	
その他	土木工事	1,250,000																	
	エンジニアリング	475,000	325,000																
	臨時費	450,000																	
支出	O & M コスト(風力)		272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	500,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	0	0
収入	売電(風力) (0.122ドル/kWh)		585,600	585,600	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	0	0
Flow		-3,075,000	-11,400	313,800	445,380	445,380	445,380	445,380	445,380	445,380	445,380	217,380	445,380	445,380	445,380	445,380	445,380	0	0

IRR(CER無し) 8.46%

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
フェーズ1風力のみ		2010	2011	2012	2013	2014	2016	2018	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2026	2028	2027
初期投資	第1フェーズ風力	900,000																	
その他	土木工事	1,250,000																	
	エンジニアリング	475,000	325,000																
	臨時費	450,000																	
支出	O & M コスト(風力)		272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	500,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	0	0
収入	売電(風力) (0.122ドル/kWh)		585,600	585,600	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	717,360	0	0
	CER売買からの収益 (@15USD)		57,600	70,560	70,560	70,560	70,560	70,560	70,560	70,560	70,560	70,560	70,560	70,560	70,560	0	0	0	0
Flow		-3,075,000	48,200	384,180	515,820	515,820	515,820	515,820	515,820	515,820	515,820	287,820	515,820	515,820	515,820	445,380	445,380	0	0

IRR (CER有) 10.98%

②第2フェーズのみ対象

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2026	2028	2027
フェーズ2風力のみ																			
類 投 資 期	第2フェーズ風力			15,000,000															
	土木工事			1,500,000															
そ の 他	エンジニアリング			300,000	200,000														
	臨時費																		
支 出	O & M コスト(風力)			272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	1,272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000
収 入	売電(風力)				1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720
	Flow	0	0	-17,072,000	862,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720	182,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720	1,162,720

IRR(CER無し) -2.86%

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2026	2028	2027
フェーズ2風力のみ																			
類 投 資 期	第1フェーズ風力			15,000,000															
	土木工事			1,500,000															
そ の 他	エンジニアリング			300,000	200,000														
	臨時費																		
支 出	O & M コスト(風力)			272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000	272,000
収 入	売電(風力) (0.122ドル/kWh)				1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720	1,434,720
	CER売買からの収益 (¥15USD)				141,120	141,120	141,120	141,120	141,120	141,120	141,120	141,120	141,120	141,120	141,120	141,120	141,120		
	Flow	0	0	-17,072,000	1,103,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840	1,303,840

IRR (CER有) -0.27%

③第 1、第 2 フェーズ対象

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
フェーズ2風力のみ		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
投 資 期	第1フェーズ風力	900,000																	
	第2フェーズ風力			15,000,000															
そ の 他	土木工事	1,250,000		1,500,000															
	エンジニアリング	475,000	325,000	300,000	200,000														
	臨時費	450,000																	
支 出	O & M コスト(風力)		272,000	544,500	544,500	544,500	544,500	544,500	544,500	544,500	544,500	1,044,500	544,500	1,544,500	544,500	544,500	544,500	272,000	272,000
収 入	売電(風力) (0.122ドル/kWh)		585,600	585,600	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	1,434,720	1,434,720
	Flow	-2,175,000	-11,400	-16,758,900	1,407,580	1,607,580	1,607,580	1,607,580	1,607,580	1,607,580	1,607,580	1,107,580	1,607,580	607,580	1,607,580	1,607,580	1,607,580	1,162,720	1,162,720

IRR(CER無し) 1.65%

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
フェーズ2風力のみ		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
投 資 期	第1フェーズ風力	900,000																	
	第2フェーズ風力			15,000,000															
そ の 他	土木工事	1,250,000		1,500,000															
	エンジニアリング	475,000	325,000	300,000	200,000														
	臨時費	450,000																	
支 出	O & M コスト(風力)		272,000	544,500	544,500	544,500	544,500	544,500	544,500	544,500	544,500	1,044,500	544,500	1,544,500	544,500	544,500	544,500	272,000	272,000
収 入	売電(風力) (0.122ドル/kWh)		585,600	585,600	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	2,152,080	1,434,720	1,434,720
	CER売買からの収益 (@15USD)		57,600	57,600	211,680	211,680	211,680	211,680	211,680	211,680	211,680	211,680	211,680	211,680	211,680	211,680	141,120		
	Flow	-3,075,000	46,200	-16,701,300	1,619,260	1,819,260	1,819,260	1,819,260	1,819,260	1,819,260	1,819,260	1,319,260	1,819,260	819,260	1,819,260	1,819,260	1,748,700	1,162,720	1,162,720

IRR (CER有) 2.69%

表 3-30：コジェネ発電投資分析

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
フェーズ2	コジェネのみ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
投 資 期	コジェネ発電機			8,000,000															
そ の 他	土木工事			2,500,000															
	変電所等			1,000,000															
	エンジニアリング			350,000															
支 出	O & M コスト (コジェネ)				420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	1,220,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000
	バイオ燃料購入費 (3ドル/ガロン)				1,245,865	1,442,011	1,646,984	1,837,381	2,035,394	2,241,327	2,455,498	2,678,236	2,880,927	3,090,712	3,307,840	3,532,568	3,765,160	5,009,151	5,221,684
収 入	売電(コジェネ) (0.1196ドル /kWh)				844,364	977,299	1,116,216	1,245,254	1,379,454	1,519,022	1,664,173	1,815,130	1,952,500	2,094,679	2,241,834	2,394,139	2,551,775	3,394,868	3,538,909
	Flow	0	0	-11,850,000	-821,501	-884,712	-950,768	-1,012,127	-1,075,940	-1,142,305	-1,211,325	-1,283,106	-1,348,427	-2,216,034	-1,486,007	-1,558,429	-1,633,386	-2,034,282	-2,102,775

IRR(CER無し) #DIV/0! (算定不能)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
フェーズ2	風力のみ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
投 資 期	第1フェーズ風力			8,000,000															
そ の 他	土木工事			2,500,000															
	エンジニアリング			1,000,000															
	臨時費			350,000															
支 出	O & M コスト (コジェネ)				420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	1,220,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000
	バイオ燃料購入費 (3ドル/ガロン)				1,245,865	1,442,011	1,646,984	1,837,381	2,035,394	2,241,327	2,455,498	2,678,236	2,880,927	3,090,712	3,307,840	3,532,568	3,765,160	5,009,151	5,221,684
収 入	売電(コジェネ) (0.1196ドル /kWh)				844,364	977,299	1,116,216	1,245,254	1,379,454	1,519,022	1,664,173	1,815,130	1,952,500	2,094,679	2,241,834	2,394,139	2,551,775	3,394,868	3,538,909
	CER売電からの 収益 (@15USD)				104,627	121,092	138,303	154,303	170,931	188,233	206,200	224,928	241,927	259,551	277,784	296,661	316,196		
	Flow	0	0	-11,850,000	528,391	678,391	834,519	979,557	1,130,385	1,287,255	1,450,373	1,620,058	974,427	1,934,230	2,099,618	2,270,800	2,447,971	2,974,868	3,118,909

IRR (CER有) 7.99%

### 3.14 追加性の証明

追加性の証明には、障壁分析を採用した。

#### 3.14.1 風力プロジェクト及びコジェネ発電共通の障壁

##### 1) 投資分析に基づく障壁

前章の 3.13 の経済性分析を参照されたい。

##### 2) エクアドル政府の財政難

石油産出国であるにもかかわらず石油派生品を輸入しなければならないことから、エクアドル経済は、原油価格が高水準にあるにも関わらず石油輸出から大きな利益を上げることができない。また、付加価値のある石油製品の輸入は貿易収支に影響を与えている。2008 年には、国内のニーズを満たすためにナフサについては国内需要の 44%、ディーゼル油は 49%、LPG ガスは 81.5%を輸入しなければならなかった。これら石油製品の輸入は、国家予算からの年間支出の 20%以上を占めており、この額のほとんどは表 3-31 に示す通り、重大な経済的コストを伴う助成金政策が原因で回収が困難な状態である。

表 3-31：エクアドル政府による助成金支出額（百万米ドル）

助成金の種類	2006	2007	2008	成長率 2007-2008
1.年金	452,7	524	579.4	10.6%
IESS	343	378	416.6	10.2%
ISSPOL	78.1	42	48,2	14.8%
ISSFA	31.6	104	114.6	10.2%
2.燃料	1301.3	2115	2696	27.5%
LPG	487.9	498	547	9.8%
ディーゼル油	566.2	1266	1615	27.6%
ガソリン	247.2	351	534	52.1%
3.電力	230	30	230	666.7%
4.その他（BONO DE DESARROLLO HUMANO）	204	360	374	3.9%
合計	2188	3029	3879.4	28.1%

（出典：IEEP Instituto Ecuatoriano de Economía Pública）

2009 年秋に再当選したコレア大統領は、エネルギー部門及び貧困政策や健康保険制度、教育制度等の社会開発に対する補助金支給を政策的誓約として挙げている。現大統領の下、2008

年の原油価格の高騰もあり政治は安定しつつあったが、翌年の 2009 年は原油価格の落込みで政府の収支状況は更に悪化している。また、2009 年 11 月、度重なる水不足から幾つかの主要な水力発電ダムが干上がり、エクアドルは深刻なエネルギー危機に陥った。都市部において、同政府は一日 3 時間の計画的停電をもってエネルギー需給のバランスをとる措置を緊急に導入した。現在エクアドル政府は、水力発電の代替策として火力発電を早急に導入することを検討しており、その資金捻出に他の事業の見直しを開始した。このような財政的、政治的背景から、ガラパゴス諸島の再生可能エネルギーへの予算確保が不透明な状況にある。

### 3) ガラパゴス諸島のインフラ設備開発における障壁

諸島における開発事業は概ね公共事業だが、全てが予定通り施行されるわけではない。これは、政治的な背景以外に、離島であるがために開発に最低限必要なロジスティックスや基本サービスが乏しい等の不便さや、高い労働及び基本サービスのコスト、そして環境保護を目的とした様々な規制等が障壁となっている。過去、実際に計画が進んでいた開発プロジェクトが停止した例を以下に挙げる。

#### ①淡水化プロジェクト

スペイン政府とエクアドル政府の二国間協定の下、淡水化施設を 2 年間で建設するために 2003 年に 1400 万米ドルの融資がスペイン政府から貸与された。しかし、エクアドル政府は計画の甘さと様々な環境規制の問題から、このプロジェクトを完全停止することを決めた。特に着目したいのは、このプロジェクトの基礎工事のコストである。当初概算された金額は、環境規制によるコスト増額を正確に反映していなかったため、工事実施後に大幅な増額への修正を要求された。プロジェクト実施者は、修正案に基き予算増額要求をしたが、却下された。

#### ②バルトラ空港プロジェクト

バルトラ空港は、屋根の張替えが必要となったため適切な手続きを踏み選定された業者と契約を交わした。しかし、その後、水不足、高い労働賃金等が適切に見積もられていなかったため、予算を大幅に超えてしまい契約は途中で破棄された。

前述の 2 つの不履行ケースは、本プロジェクトが置かれている状況と類似している。本プロジェクトでは、EIA の結果環境保全のために計画が修正され、そのため予算の増額が余儀なくされた。現在、政府の財政が厳しいため、プロジェクト停止とならないよう CDM を通じて外部からの追加融資を得ようとしている。

### 3.14.2 風力プロジェクトに特化した障壁

#### 4) 風力タービン供給難と価格の高騰



近年、風力発電の需要が急激に高まり、世界中で開発のスピードが飛躍的に伸びている。需要が著しくヒートアップしているため、風力タービンの供給が追いついていない。多くのメーカーは、大規模タービンの発注<sup>24</sup>を好み、本プロジェクトのような 1MW 以下の小規模タービンに関心を寄せるメーカーが予想以上に少なく、入札の進行が遅れている。また、離島という地理的に不利な条件だけでなく、生態系の保護から様々な制約があるため、発電所建設は技術的にも通常以上に困難な計画となっている。

### 3.14.3 コジェネ発電プロジェクトに特化した障壁

#### 5) 投機資金の流入によるジャトロファ種子価格の高騰

現在、ジャトロファ種子の市場は、存在しない価格を政府が購入することにより一定に保つことは可能である。また、本プロジェクトを実施することによって、一定の規模のバイオ燃料の需要が確定される。しかし、将来同様のタイプの発電プロジェクトが諸島内若しくは本土で実施されることによりジャトロファ油の需要が高まることを想定し、先行して投機的動きをする大規模ジャトロファ生産者等が出てくること可能性を考慮すると、ジャトロファ種子の価格が高騰するリスクがある。エクアドル政府は、このような投機的な理由から生じる価格高騰に備え対策案を検討しているが、コジェネ発電事業実施の障壁となることは確かである。

#### 6) コジェネ発電機調達の制約

100%植物油を利用したコジェネ発電機を提供できる製造メーカーは世界的にまだ限られており、ドイツの MAN 社やフィンランドの Wartsila 社等欧州に集中している。そのため、限定されたメーカーからの輸入に頼るしかなく、初期投資額を上げる要因となっている。

### 3.15 事業化に向けての展望と課題

#### 3.15.1 プロジェクト実施スケジュール

風力発電は、表 3-32 の通り実施される予定である。

---

<sup>24</sup> 中南米では、ベネズエラ、ブラジル、チリ等が最低 50MW の大規模風力発電所の建設に力を入れている。

表 3-32：風力発電プロジェクト実施スケジュール

	2005 -2008	2009	2010	2011	2012	2013
第1 フェーズ						
エンジニアリグ、EIA	↔					
入札		↔				
契約			⊕			
発電機製造			↔			
土木工事			↔			
発電機設置			↔			
試運転			⊕			
稼動開始				→	→	→
送電線、ステーション						
エンジニアリング	↔					
入札			↔			
契約			⊕			
土木工事			↔			
送電線設置			↔			
送電テスト			⊕			
稼動開始				→	→	→
第2 フェーズ						
エンジニアリング デザイン			↔			
発電機製造				↔		
土木工事					↔	
風力発電機設置					↔	
試運転					⊕	
稼動開始					→	→

コジェネ発電事業の技術調査は内部手続き等の諸事情から遅れていたが、現在、プロジェクトの開発を加速させるため、本調査と EIA を同時に実施する可能性について検討している。技術調査は外部機関からの支援資金援助の下実施される予定で、内部手続きが滞りなく行われれば、2010 年の春に調査を開始する予定である。引続き現地カウンターパートの ERGAL と連絡を密に取り状況の進捗をみながら、必要に応じて PDD を改訂しながら方法論改訂申請再提出のタイミングをみて CDM 化を進めていく予定である。

表 3-33：コジェネ発電プロジェクト実施スケジュール

プロジェクト実施スケジュール	2009	2010	2011	2012	2013
技術調査		↔			
EIA		↔			
機器調達のための選定期間			↔		
機器製造			↔	→	
PDD 修正、方法論改訂申請 再提出			↔		
基礎工事			↔	→	
コジェネ発電機設置				↔	
試運転				⇄	
稼働					→

### 3.15.2 稼働について

コジェネ発電施設は第 2 フェーズより開始するが、技術士がバルトラ島に居住することが必須となることが想定されている。しかし、バルトラ島には、わずかな例外（軍、備蓄基地を所有している Petrocomercial 社、国家航空管理局）を除いて居住施設のない島である。従業員がサンタクルス島に住む場合は、少なくとも 1 日 3 交代制にする必要があり、それに関連して運転員がサンタクルス島からバルトラ島へ移動するために化石燃料の消費が必要となる。この問題については、現在 ELEGALAPAGOS 社内部で検討中であるが、解決策としては、Petrocomercial 社の技術士と同様に、コジェネ発電施設の技術士をバルトラ島に居住させることである。

風力発電については、サンタクルス島の発電所に設置予定である遠隔コントロール装置を通じて稼働コントロールがなされるため、風力発電所に従業員を配置する必要はない。

### 3.15.3 ジャトロファのプランテーション開発について

本プロジェクトで使用されるジャトロファ油は、既存の生垣から収穫される種子のみを活用している。これは、農業省の調査で既存の生垣からの収穫だけで、ガラパゴスのエネルギー需要を満たすのに十分な量を搾油できることが判明しているからである。しかし、今後同様のプロジェクトを他の島若しくは本土にて実施するには、既存の生垣だけでは対応が難しいことが想定されている。

エクアドル政府は、環境への影響等を含め、燃料利用のために開発されたジャトロファのプラン

テーションから収穫・搾油されたジャトロファ油を用いた発電事業の認可について検討した。その結果、現地では単一栽培を反対する声が強く、ガラパゴス諸島に供給されるバイオ燃料は、全て生垣から収穫される種を使用することが義務付けられている。本土に関しては、国立独立農業研究機関(INIAP)が研究を続ける予定である。研究には、ジャトロファの収穫高の測定、干ばつへの適応性と油分量という点から見て最も適したジャトロファの種子の選定、農場での収穫・栽培普及のための技術、害虫駆除方法等が含まれている。

### 3.16 他地域への波及性

風力発電所については、ガラパゴス諸島が先行して実施計画を進めているが、現政府の再生可能エネルギー促進政策に後押しされ今後本土での普及が期待できる。ガラパゴス諸島の経験は、その特殊環境と小規模ながら風力の利用最適化の面において、ミニグリッドへの電力供給の管理体制に特徴があるといえる。今後、本プロジェクトで得られた知見は、本土での風力発電開発に役立つと考える。

ジャトロファ油を使用したコジェネ発電は、国内第1号であり淡水化施設での熱利用等、今後諸島内だけでなく、ジャトロファの生垣が比較的多く、水不足問題を抱えているエクアドル本土沿岸地帯のロハ地方やサンタエレナ地方へと普及する可能性はあると考える。

## 4 コベネフィットに関する調査結果

### 4.1 背景

本プロジェクトで得られるコベネフィットは、ディーゼル油を燃料として使用することによりサンタクルス島の発電所から排出される大気汚染物質排出量の削減である。第3章にて述べたが、同島では6基のディーゼル発電機が現在稼動している（発電機の詳細は表3-4を参照）。機器導入年が2002年と比較的新しい発電機もあるが、それ以外は1990年代に設置した機器であり、老朽化が進むにつれて発電単位あたりのSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>等の大気汚染物質排出量が増加している。そのため、国家電力審議会(CONELEC)は、ELCGALAPAGOS社にガラパゴス諸島に居住者がいる4島（サンクリストバル島、サンタクルス島、イザベラ島、フロレアナ島）にて最低年1回以上は発電所のガス分析をすることを義務付けた。この規定では、独立した公認測定機関を起用して各発電機のテールパイプからのガス排出量を測定しなければならない。

### 4.2 ホスト国における環境汚染対策等効果の評価

定量評価に向けての調査は、「コベネフィット定量評価マニュアル第1.0版」を参考に次のステップの通り行った。

#### ①評価分野の選択：

本プロジェクトは、テールパイプから排出される排気ガスはそのまま大気中に放出されることから、「大気質改善」分野とする。

#### ②評価指標の選択：

大気質改善分野では、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、煤塵、CO<sub>2</sub>がマニュアルの表2-3にて評価指標として掲載されている。表4-1にて本プロジェクトにおいて対象となる評価指標を示す。

表 4-1：大気質改善分野における評価指標

評価指標	指標の使い方	本プロジェクトにおける対象評価指標
SO <sub>x</sub>	プロジェクトの実施による化石燃料使用量の減少量から硫酸化物の削減効果を評価する	○
NO <sub>x</sub>	プロジェクトの実施による時間あたりのNO <sub>x</sub> 排出量の減少量から窒素酸化物の削減効果を評価する	○
煤塵	プロジェクトの実施によるばいじん量の減少量から、煤塵の削減効果を評価する	○

CO <sub>2</sub>	プロジェクトの実施による化石燃料使用量の減少量から 硫黄酸化物の削減効果を評価する	○
-----------------	--	---

(出典：コベネフィット定量評価マニュアル第 1.0 版)

#### ③評価レベルの選択：

コベネフィット評価マニュアルでは、評価レベルは Tier1 から Tier3 までである（評価レベルの詳細については表 4-2 を参照）。

表 4-2：評価手法レベル

評価手法レベル	評価の仕方
Tier 1	評価のための計算などは行わず、対策の実施内容に対応した評価基準に基づいて評価を実施する
Tier 2	評価を実施する際には、できる限り取得可能な実測データなどを活用し、予め設定された算定式を用いて定量的な評価を実施する
Tier 3	評価を実施する際には、活動量やパラメーターも実測データを使用し、算定式も独自に設定して、定量的な評価を実施する

(出典：コベネフィット定量評価マニュアル第 1.0 版（表 1-1）)

本プロジェクトでは、評価指標に対し既に実測された濃度及び排出ガスの流量のデータ（表 4-4 を参照）及び稼動時間（表 4-5 を参照）を用いて大気汚染物質の排出量を算定した。評価手法は Tier3 とし、算定方法はテールパイプからの実測排出値を使用した。

#### ④ベースライン／プロジェクトシナリオの設定

ベースライン及びプロジェクトシナリオは以下の通りである。

表 4-3：ベースライン/プロジェクトシナリオ

ベースラインシナリオ	SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub> 、煤塵、CO <sub>2</sub> がサンタクルス発電所の 6 基の発電機より排出される。
プロジェクトシナリオ	<p>風力発電所の稼動で、2011 年及び 2012 年における SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、煤塵、CO<sub>2</sub> の排出量が 50%削減される（グリッド電力安定供給のため、電力需要の 50%がグリッドから供給される予定）。</p> <p>また、2013 年以降は既存の 6 基の稼動が停止し、その代わりにバイオ燃料を使用したコジェネ発電が導入されるため、既存の発電所からの排出量はゼロとなる。</p> <p>しかし、コジェネ発電所からのプロジェクト排出量が幾分か想定される。</p>

表 4-4：サンタクルス発電所に設置されている 6 基のディーゼル発電機のテールパイプから排出されるガス分量測定結果（2008 年 9 月測定）

		発電機 1	発電機 2	発電機 3	発電機 4	発電機 5	発電機 6
設置容量	KW	650	650	650	1100	650	650
ガスの温度	°C	440.3	421.9	443.7	435.6	393.4	180.4
ガスの速さ	m/s	34.3	34.6	35.4	35.6	40.6	14.05
ガスの湿度 (Gas Humidity)	%	2.33	2.78	2.2	2.68	2.72	2.67
排気ガスの流量 (基準状態)	m <sup>3</sup> /min	41.46	42.86	44.8	43.6	50.1	26.39
等運動性テスト	%	104.7	106	102.4	103.4	92.6	104.5
O <sub>2</sub> *	%	8.6	8.96	9.25	9.2	10.81	17.37
CO <sub>2</sub> *	%	9.6	9.32	9.1	9.24	7.89	2.78
CO	ppm	635.4	477	588	568	134	196.8
NO <sub>x</sub>	ppm	1510.2	1539	1478.8	1492.6	1627.8	314.2
SO <sub>2</sub>	ppm	40	42.6	59	49	39	38.4
PM	mg/Nm <sup>3</sup>	40.34	28.09	27.2	32.1	36.2	53.77

\* 1 大気圧、0°C の状態における測定値

(出典：ELECGALAPAGOS)

#### 算出方法

大気物質排出削減量は、以下の通りに算出する。

$$ER_{SOx,y} = BE_{SOx,y} - PE_{SOx,y}$$

$$ER_{SOx,y} = \text{SOx 排出削減量 (トン/年)}$$

$$BE_{SOx,y} = \text{ベースラインシナリオでの各大気汚染物質削減量 (トン/年)}$$

$$PE_{SOx,y} = \text{プロジェクトシナリオでの各大気汚染物質削減量 (トン/年)}$$

E

$$R_{NOx,y} = BE_{NOx,y} - PE_{NOx,y}$$

$$ER_{NOx,y} = \text{NOx 排出削減量 (トン/年)}$$

$$BE_{NOx,y} = \text{ベースラインシナリオでの NOx 排出量(t/年)}$$

$$PE_{NOx,y} = \text{プロジェクトシナリオでの NOx 排出量(t/年)}$$

$$ER_{PM,y} = BE_{PM,y} - PE_{PM,y}$$

$ER_{PM,y}$  = 煤塵排出削減量 (トン/年)

$BE_{PM,y}$  = ベースラインシナリオでの煤塵排出量(t/年)

$PE_{PM,y}$  = プロジェクトシナリオでの煤塵排出量(t/年)

ベースライン及びプロジェクト排出量算出には、以下の計算式を用いる。

<SOx>

ベースライン排出量計算方法

$$BE_{SOx,y} = GFR_{BE,y} \times OT_{BE,y} \times CR_{BE,SOx,y} \times 60/10^9$$

プロジェクト排出量計算方法

$$PE_{SOx,y} = (GFR_{PE,y} \times OT_{PE,y} \times CR_{PE,SOx,y} \times 60/10^9) + (GFR_{cogen,y} \times OT_{cogen,y} \times CR_{cogen-SOx,y} \times 60/10^9)$$

$GFR_{BE,y}$  = 火力発電機のベースラインにおけるガス流量 (m3/分)

$OT_{BE,y}$  = 火力発電機<sub>(1~6)</sub>のベースラインにおける稼動時間 (h/年)

$CR_{BE,SOx,y}$  = 火力発電機<sub>(1~6)</sub>のベースラインにおけるテールパイプからのSOx濃度(ガス密度)

$GFR_{PE,y}$  = 火力発電機のプロジェクトにおけるガス流量 (m3/分)

$OT_{PE,y}$  = 火力発電機<sub>(1~6)</sub>のプロジェクトにおける稼動時間 (h/年)

$CR_{PE,SOx,y}$  = 火力発電機<sub>(1~6)</sub>のプロジェクトにおけるテールパイプからのSOx濃度(ガス密度)

$GFR_{cogen,y}$  = コージェネ発電機におけるガス流量 (m3/分)

$OT_{cogen,y}$  = コージェネ発電機における稼動時間 (h/年)

$CR_{cogen-SOx,y}$  = コージェネ発電機のテールパイプにおけるSOx濃度(ガス密度)

<NOx>

ベースライン排出量計算方法

$$BE_{NOx,y} = GFR_{BE,y} \times OT_{BE,y} \times CR_{BE,NOx,y} \times 60/10^9$$

プロジェクト排出量計算方法

$$PE_{NOx,y} = (GFR_{PE,y} \times OT_{PE,y} \times CR_{PE,NOx,y} \times 60/10^9) + (GFR_{cogen,y} \times OT_{cogen,y} \times CR_{cogen-NOx,y} \times 60/10^9)$$

$CR_{BE,NOx,y}$  = 火力発電機<sub>(1~6)</sub>のベースラインにおけるテールパイプからの平均NOx濃度(ガス密度)



$CR_{PE,NOx,y}$  = 火力発電機<sub>(1~6)</sub>のプロジェクトにおけるテールパイプからの  
平均 NOx 濃度(ガス密度)

$CR_{cogen-NOx,y}$  = コージェネ発電機のテールパイプにおける NOx 濃度(ガス密度)

<煤塵>

ベースライン排出量計算方法

$$BE_{PM,y} = GFR_{BE,y} \times OT_{BE,y} \times CR_{BE,PM,y} \times 60/10^9$$

プロジェクト排出量計算方法

$$PE_{PM,y} = (GFR_{PE,y} \times OT_{PE,y} \times CR_{PE,PM,y} \times 60/10^9) + (GFR_{cogen,y} \times OT_{cogen,y} \times CR_{cogen-PM,y} \times 60/10^9)$$

$CR_{BE,PM,y}$  = 火力発電機<sub>(1~6)</sub>のベースラインにおけるテールパイプからの  
平均 PM 濃度(mg/m<sup>3</sup>)

$CR_{PE,PM,y}$  = 火力発電機<sub>(1~6)</sub>のプロジェクトにおけるテールパイプからの  
平均 PM 濃度(mg/m<sup>3</sup>)

$CR_{cogen-PM,y}$  = コージェネ発電機のテールパイプにおける SOx 濃度(mg/m<sup>3</sup>)

#### ⑥モニタリング計画

ベースラインシナリオにおける発電所を所有している ELECGALAPAGS 社は、本プロジェクト実施後も表 4-4 で挙げられている項目及びコージェネ発電におけるテールパイプ並びに燃料使用量等の計測を継続的に実施する予定である。

## 5 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

### 5.1 ホスト国における生体系破壊リスクの評価

#### 5.1.1 生体系保護の歴史

1998 年、経済発展と環境保護の両立を模索するため、「ガラパゴス特別法」が制定された。同法は生態系と生物多様性の保全、その中での持続的開発などを柱とした上で、外来種規制や違法漁業対策等が盛り込まれた。また、ガラパゴスの生態系を守るため、ガラパゴス定住に対して厳しい条件を設けることにより、人口増加による環境負荷を極力抑える試みを行っている。

本プロジェクトが実施されるバルトラ島は第二次世界大戦中米国が軍用基地として占有しており、また近年までガラパゴス諸島内で唯一エクアドル軍管轄下にあったため、ガラパゴス諸島内で最も生態系が破壊された島といわれている。しかし、2009 年 7 月の政令により国立公園化され、国立公園管理機関が発電事業等の開発行為に関する EIA の最終承認機関となり、環境改善及び維持に努めている。

#### 5.1.2 生態系破壊リスクの調査

本プロジェクト実施により生体系破壊リスクが軽減・回避されたことを、指標を用いて定量的に評価するには、ベースラインシナリオで化石燃料の運搬及び使用が生態系に悪影響を及ぼしてきたか、またプロジェクトシナリオで今後同様の破壊が継続されるリスク分析が必要となる。しかし、ガラパゴス国立公園管理機関及び環境 NGO へのヒアリングの結果、こうしたリスク分析を適切に実施するための十分なデータが存在しないことが判明した。2001 年のジェシカ号座礁等の大きな事故による生態系への影響についての調査結果はあるものの、本土からガラパゴス諸島への燃料の海上輸送及び貯蔵基地から消費者への陸上運送にて生じた環境的な影響を定量化することは極めて困難であることが分かった。よって本調査では、船舶を使用することで生態系破壊が起こりうる可能性が高い事象についてヒアリング及び文献調査を行った。

調査の結果、船舶関連で生態系破壊に繋がる可能性が高い事象として以下の 3 点があることが分かった。

- 燃料の流出が発生したケース
- 燃料の流出を伴わない、もしくは流出発生後抑止されるケース
- 火事

表 5-1、5-2、5-3 にて其々上記ケースについて幾つかの例を挙げた。

表 5-1：ガラパゴス諸島におけるジェシカ号及び最近の大きな燃料流出事故

船舶名	燃料タイプ及び 流出量	事件発生地	発生日
ジェシカ	・ディーゼル油 70,000 ガロン ・燃料油 (IFO) 75,000 ガロン	サンクリストバル島	2001 年 1 月 16 日
ELECGALAPAGOS 社 荷船	ディーゼル油 2000 ガロン	イザベラ島	2002 年 7 月 3 日
エボルーション (Evolution)	未測定	サンタクルス島 (バヒア・アカデミア)	2009 年 6 月 17 日
コルモラン II (Cormoran II) (カタマランタイプ)	ガソリン 1000 ガロン	イザベラ島 (バリバー海峡)	2009 年 10 月 1 日



図 5-1：ジェシカ号の油流出事故及びその影響を受けた絶滅危惧種



図 5-2 : カタマラン号の事故

表 5-2 : 流出を伴わない、もしくは流出発生後抑止された船、ボート、クルーズ船等の難破事故例

船舶名	燃料タイプ及び流出量	事件発生地	発生日
スポンディラ (Spondylus)	ディーゼル油 300 ガロン	ジェノヴェッサ島 (ダーウィン湾)	—
アラウカリア (Araucaria)	ディーゼル油 200 ガロン	サンクリストバル島 (プエルトバケリソ)	2007 年 10 月
チャタム (Chatam)	未測定	サンクリストバル島	2009 年 6 月



図 5-3 : スポンディラス号の事故

表 5-3：最近発生した火事の記録

船舶名	燃料タイプ及び流出量	事件発生地
マリーナ 91	ディーゼル油 4,000 ガロン	——
パランダ (観光ヨット)	——	バルトロメ島



図 5-4：パランダ号の火事

表 5-1、表 5-2、表 5-3、図 5-1、図 5-2、図 5-3 の出典：Sources: El Comercio (新聞)、El Universo (新聞)、 El Hoy (新聞)、 ガラパゴス国立公園プレス部、UNDP プロジェクトレポート (Sistemas de información geográfica del sistema de respuesta emergencia )

これらの情報だけでは正確なリスク分析はできないが、ジェシカ号のような大規模船舶だけではなく日常的にガラパゴス諸島を行き来している小規模船が生態系に影響を及ぼす可能性は十分ある。

ジェシカ号の油流出事故については、現在国連開発計画 (UNDP: United Nations Development Programme) が環境再生・保全プログラムを実施している。しかし、本調査で分かったことは、同事故の被害規模の結果は調査実施機関によって異なることである。ガラパゴス諸島で権威のある NGO のチャールズ・ダーウィン財団の調査では、350 種の大規模動物及び何千もの海洋生物及び無脊椎動物への影響があったことが推定されたが、多くの海洋生物は死亡後海底へ沈んだため正確なデータを取ることは難しいとされた。しかし、プリンストン大学の調査

では、事故発生後から 11 ヶ月にして事故の影響が大きかったサンタフェ島では 15,000 匹の海イグアナが死亡したと推定した<sup>25</sup>。

このように、事故発生後の生物多様性への影響自体を測定することは難しく、生態系へのリスク軽減評価については引続き現地専門家等と協議し、前述の定量的評価方法以外の手法を用いる可能性について検討する。

## 5.2 サンタクルス島における陸上運搬による燃料消費量の減少による追加的 CO<sub>2</sub> 排出削減

本プロジェクトを実施することにより、サンタクルス島の発電所におけるディーゼル油消費量が大幅に減少し、最終的にはゼロとなる。小規模方法論ではこのディーゼル油消費量の削減が排出削減量に考慮されているが、同島内における燃料の陸上運搬に伴うディーゼル油の消費量減少・使用停止による排出削減量は考慮されていない。

第 3 章にて説明した通り、バルトラ島で備蓄された燃料はバルトラ島ーサンタクルス島間の海峡付近に停泊した荷船から陸上にあるタンクローリーにより供給される。供給地からプエルトアヨラ市への距離は 42 キロメートルであり、ELECGALAPAGOS 社によると燃料 6000 ガロンの運搬あたり 17 ガロンのディーゼル油が消費される。2008 年では、年間約 180 万ガロンの燃料が発電所にて消費されたため、往復で約 1 万ガロン（35 トン）のディーゼルが陸上輸送に消費されたことになる。この陸上輸送用ディーゼル油の消費削減は、約 111 トンの CO<sub>2</sub> 削減にあたる。

## 5.3 サンタクルス島の土壤汚染環境改善

サンタクルス島の発電所では、発電用燃料であるディーゼル油は所内の貯蓄タンクにて貯蔵されている。しかし、タンクの老朽化から燃料が土壤へ漏出しており、土壤汚染が最近問題視されている。現在、発電所の所有者である ELECGALAPAGOS 社は、専門家と調整を取りながら環境影響の分析を進めている。バルトラ島の再生可能エネルギープロジェクトの実現は、サンタクルス島の土壤汚染を抑制することに繋がる。

---

<sup>25</sup> The Independent, 2002 年 6 月 6 日



図 5-5：サンタクルス島の発電所写真

#### 5.4 サンタクルス島の水質汚染環境改善

前項で言及したサンタクルス島の発電所における土壌汚染問題は、上水用の貯水池が近接しているという地理的な理由から同島の水質汚染問題と密接に係わっている。同貯水池は、最も人口が多いプエルトアヨラへ上水を供給しているが、これは地下水を含んだ汽水である。ガラパゴス諸島は、地質上汚染物資が浸透しやすい土壌であるため、発電所の土壌汚染は地下水に影響を及ぼす可能性がある。本プロジェクトの実施は、上水（地価水）への負の影響の抑制に間接的に貢献する。

#### 5.5 大気汚染物資削減指標

大気汚染物質排出量の算定結果を表 5-4 に示す。再生可能エネルギーを導入することで、ミニグリッドへ電力を供給する発電機 6 基が最終的には停止するため、大気汚染物質の排出削減効果が確実に見込める。しかし、コジェネ発電で使用するバイオ燃料は、NO<sub>x</sub> の排出量がディーゼル油より高い可能性があり、モニタリングで確認する必要がある。



表 5-4：コベネフィット指標算出結果

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
想定年間総電力需要量 (MWh/year)	22,578	23,636	24,700	25,811	26,973	28,052	29,174	30,341	31,554	32,817	33,965	35,154	36,384	37,658	38,976	40,145	41,350
風力発電からの想定年間電力発電量 (MWh /year)	4,800	4,800	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	17,640	11,760	11,760
コジェネ発電量 (MWh/year)	0	0	7,060	8,171	9,333	10,412	11,534	12,701	13,914	15,177	16,315	17,514	18,744	20,018	21,336	22,385	23,590
想定年間総電力需要量の伸び率(%) (2010年＝基準値)	5.10%	10.02%	14.97%	20.15%	25.55%	30.57%	35.80%	41.23%	46.88%	52.75%	58.10%	63.63%	69.36%	75.29%	81.42%	86.87%	92.47%

		発電機1	発電機2	発電機3	発電機4	発電機5	発電機6	平均値
SO <sub>2</sub>	ppm	40	42.6	50	49	50	58.4	44.67
NO <sub>x</sub>	ppm	1510.2	1530	1478.8	1492.0	1627.8	514.2	1327.10
PM	mg/Nm <sup>3</sup>	40.54	28.09	27.2	32.1	56.2	55.77	36.28
ディーゼル油消費量	kWh/gal	16.5	10.11	12.06	15.08	11.56	11.27	12.61

サンタウルス鳥保護館からの検出量(2003年調査結果)

		第電機1	第電機2	第電機3	第電機4	第電機5	第電機6	
ガス密度 (モル濃度)								
O <sub>2</sub>	%	8.6	8.98	9.25	9.2	10.81	17.37	
CO <sub>2</sub>	%	9.6	9.32	9.1	9.24	7.89	2.78	
CO	PPM	635.4	477	588	568	134	198.8	
NO <sub>x</sub>	PPM	1510.2	1539	1478.8	1492.6	1627.8	314.2	
N <sub>2</sub>	%	81.58	81.51	81.44	81.35	81.12	79.80	
SO <sub>x</sub>	PPM	40	42.6	59	49	39	38.4	
PM	mg/Nm <sup>3</sup>	40.34	28.09	27.2	32.1	36.2	53.77	
分子重								
	PM (kg/mol)	Mass (kg)						
O <sub>2</sub>	32	2.8	2.9	3.0	2.9	3.5	5.6	
CO <sub>2</sub>	44	3.1	3.0	2.9	3.0	2.5	0.9	
CO	28	0.018	0.013	0.016	0.016	0.004	0.006	
NO <sub>x</sub>	46	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	
N <sub>2</sub>	28	22.8	22.8	22.8	22.8	22.7	22.3	
SO <sub>x</sub>	64	0.003	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	
	分子重量	kg / kmol	28.757	28.760	28.763	28.766	28.779	28.813
質量濃度								
O <sub>2</sub>	%	9.6%	10.0%	10.3%	10.2%	12.0%	19.3%	
CO <sub>2</sub>	%	10.68%	10.37%	10.13%	10.28%	8.78%	3.06%	
CO	PPM	618.68	464.45	572.53	553.06	130.47	191.62	
NO <sub>x</sub>	PPM	2415.76	2461.83	2365.54	2387.61	2603.88	502.60	
N <sub>2</sub>	%	79.43%	79.37%	79.29%	79.21%	78.99%	77.70%	
SO <sub>x</sub>	PPM	89.02	94.81	131.31	109.05	86.80	85.46	
ガス密度		ガス密度 = 圧力・分子重量 (M/m <sup>3</sup> )						
		気体定数・温度						
	圧力 atm	1	1	1	1	1	1	
	温度 °C	713.3	694.9	716.7	708.6	686.4	453.4	
	標準気圧 atm	0.082						
	分子重量 kg / kmol	28.76	28.76	28.76	28.77	28.78	28.81	
	ガス密度 kg / m <sup>3</sup>	0.49	0.50	0.49	0.49	0.53	0.77	
	ガス流量 (Std. Conditions) m <sup>3</sup> /min	41.46	42.88	44.80	43.60	50.10	26.39	
	ガス流量 (Actual Conditions) m <sup>3</sup> /min	39.24	39.94	107.75	103.67	112.04	40.15	
	2008年の稼働時間 hours	5838	5624	5695	4326	6067	3722	
大気汚染物質排出量 (Ton/year)								
CO		10.57	7.90	10.31	7.37	2.80	1.33	
NO <sub>x</sub>		41.29	41.90	42.61	31.80	55.88	3.49	
SO <sub>x</sub>		1.52	1.61	2.37	1.45	1.88	0.59	
PM		1.40	0.95	1.00	0.86	1.48	0.48	
							合計	
							40.29	
							216.97	
							9.41	
							0.61	





## 5.6 淡水の供給

水は、ガラパゴス市民、特に真水ではなく汽水の消費を余儀なくされているサンタクルス島の住民にとっては最も改善が必要なインフラ設備の1つである。観光船の中には、バルトラ島の備蓄ターミナルで給油した後、サンタクルス島のプエルトアヨラの港まで航行して、同島の上水を取水してから他の島を回るクルーズが多い。

過去、淡水化処理施設の建設を試みたが失敗に終わった。本プロジェクトでは、コジェネ発電所から発生する熱を淡水化施設へ無償で供給する予定だが、これは淡水化に要する膨大な電力消費を軽減することが狙いである。また、本経験を活かし、他の島でも同様なプロジェクトの再現する機会をつくることができる。現在の試算では、飲料水の日産量約 4,000 立方メートルを淡水化することが可能である。これは、上水施設の処理能力（800 立方メートル/日）の約 5 倍に相当するため住民からの期待が高い<sup>12</sup>。

## 5.7 マナビ地方農村部への経済的貢献

本プロジェクトで使用するバイオ燃料の原料は、マナビ地方に植生するジャトロファの生垣から収穫される。エクアドルの沿岸部には貧困層が多いが、マナビ地方は農村地域であることもあり特に生活水準が低い。多くのジャトロファは、農場、牧場、若しくは民家の垣根に使用されているが、今まで経済的価値がなかったため本プロジェクトに対する現地の期待は大きい。第3章にて述べたが、搾油所の選定基準の1つに貧困対策として社会的貢献度が高いことが上げられた。例えばチョネの搾油所では、酪農家の女性の副収入取得が地元での関心を集めた。農村部には小規模な組織的コミュニティが多くあり、これらを戦略的に活用してジャトロファがコミュニティにとっての経済的な起爆剤となり、関係するコミュニティの生活水準を向上させ、雇用機会を生み出すことが期待できる。

---

<sup>12</sup> [http://web.mit.edu/12.000/www/m2008/teams/lasiguanas/Water\\_Management.html](http://web.mit.edu/12.000/www/m2008/teams/lasiguanas/Water_Management.html)

## 表一覧

表 1-1 : ガラパゴス諸島における土地の分配状況.....	4
表 1-2 : エクアドルにおける CDM の案件実績 (2010 年 1 月現在) .....	24
表 1-3 : エクアドルにおける CDM 案件タイプ.....	24
表 1-4 : エクアドルにおける CDM 案件のバリデーション開始年.....	25
表 3-1 : マナビ地方におけるジャトロファの生垣及び種子・油の収穫の潜在的可能性 .....	43
表 3-2 : 2015 年の電力需要に対し必要とされるバイオ燃料量の予測.....	44
表 3-3 : ガラパゴス諸島における発電設備容量及び機器導入年.....	51
表 3-4 : 風力発電量算定.....	53
表 3-5 : ベースライン排出量算定 (第 1 クレジット期間) .....	54
表 3-6 : コジェネ発電に関するベースライン排出量.....	55
表 3-7 : コジェネ発電に関するベースライン排出量 (第 1 クレジット期間).....	56
表 3-8 : 熱生成に関するベースライン排出量 (第 1 クレジット期間).....	57
表 3-9 : 小規模方法論 I.C.にて考慮するプロジェクト排出量.....	57
表 3-10 : 小規模方法論 I.C.改訂案にて提案されたプロジェクト排出量.....	58
表 3-11 : 搾取所におけるプロジェクト排出量(第 1 クレジット期間) .....	59
表 3-12 : 各搾油所から港までの距離.....	60
表 3-13 : 港への輸送におけるプロジェクト排出量(第 1 クレジット期間).....	61
表 3-14 : リークエージに関する調査.....	62
表 3-15 : 提案されたモニタリング項目及び本プロジェクトにおけるモニタリング方法 .....	63
表 3-16 : 風力発電における温室効果ガス削減量.....	64
表 3-17 : コジェネ発電に関するベースライン排出量 .....	65
表 3-18 : EIA の重要マイルストーン.....	66
表 3-19 : 予測される環境影響と対策.....	67
表 3-20 : プロジェクトに関するステークホルダーのコメント .....	69
表 3-21 : バイオ燃料を用いた発電事業への利害関係者の懸念事項と回答 .....	70
表 3-22 : 第 1 フェーズの資金計画 .....	71
表 3-23 : 第 1 フェーズに必要な初期投資額.....	73
表 3-24 : 第 2 フェーズに必要な初期投資額.....	72
表 3-25 : その他の仮定値 .....	73
表 3-26 : パームオレイン油の価格 .....	74
表 3-27 : ジャトロファ油製造プロジェクトの経済分析 .....	74
表 3-28 : 感度分析結果 (IRR%) .....	76
表 3-29 : 風力発電投資分析 .....	77
表 3-30 : コジェネ発電投資分析 .....	80

表 3-31 : エクアドル政府による助成金支出額（百万米ドル） .....	81
表 3-32 : 風力発電プロジェクト実施スケジュール.....	84
表 3-33 : コジェネ発電プロジェクト実施スケジュール .....	85
表 4-1 : 大気質改善分野における評価指標.....	87
表 4-2 : 評価手法レベル.....	88
表 4-3 : ベースライン/プロジェクトシナリオ.....	88
表 4-4 : サンタクルス発電所に設置されている 6 基のディーゼル発電機の テールパイプから排出されるガス分量測定結果（2008 年 9 月測定） .....	89
表 5-1 : ガラパゴス諸島におけるジェシカ号及び最近の大きな燃料流出事故.....	93
表 5-2 : 流出を伴わない、もしくは流出発生後抑止された船、ボート、クルーズ船等の 難破事故例.....	94
表 5-3 : 最近発生した火事の記録 .....	95
表 5-4 : コベネフィット指標算出結果.....	98

## 図一覧

図 1-1 エクアドルの地図（緑枠内はジャトロファ植生地のマナビ地方） .....	3
図 1-2 ガラパゴス諸島 .....	3
図 1-3 ガラパゴス諸島の人口推移 .....	6
図 1-4 ガラパゴス諸島の人口分布 .....	6
図 1-5 : エクアドルの経済状況 .....	8
図 1-6 : エクアドルのインフレ率 .....	9
図 1-7: 総電力設備容量（MW） .....	11
図 1-8: 2008 年における総発電量（GWh） .....	12
図 1-9 : バルトラ島の石油備蓄ターミナル .....	13
図 1-10 : イザベル島への輸送手段 .....	13
図 1-11: バルトラ島ーサンタクルス島間の燃料輸送方法 .....	14
図 1-12: プエルトアヨラ市の発電所における備蓄システム .....	15
図 1-13 : ガラパゴス諸島における化石燃料の消費量（BOE/年） .....	15
図 1-14 : ガラパゴス諸島におけるディーゼル油及びガソリンの消費内訳（2008 年） ..	16
図 1-15 : ガラパゴス諸島における総電力発電量 .....	17
図 1-16 : サンタクルス島における火力発電所 .....	18
図 1-17 : サンタクリス島における電力発電量（MWh/年） .....	18
図 1-18 : サンクリストバル島における火力発電所及び風力発電所 .....	19
図 1-19 : サンクリストバル島における電力発電量（MWh/年） .....	19
図 1-20 : フロレアナ島における火力発電所及び太陽光システム .....	20
図 1-21 : フロレアナ島における電力発電量（MWh/年） .....	20
図 1-22 : イザベラ島における火力発電所 .....	21
図 1-23 : イザベラ島における電力発電量（MWh/年） .....	21
図 1-24 : バルトラ島空港付近にあるディーゼル発電機 .....	22
図 1-25 : CDM プロジェクトのための承認レターの入手手続 .....	27
図 2-1 : プロジェクト実施体制 .....	28
図 3-1 : サンタクルス島とバルトラ島における 3 つの立地候補地 .....	35
図 3-2 : バルトラ島における年間風況調査結果（地上 60 メートル地点*） .....	36
図 3-3 : バルトラ島ー地上 40 メートルにて測定された頻度分配図（%） .....	36
図 3-4 : バルトラ島風力発電所選定地 .....	37
図 3-5 : バルトラ島土地利用詳細図 .....	38
図 3-6 : 送電線配線計画 .....	39
図 3-7 : コジェネ発電プロジェクトの実施フロー .....	41
図 3-8 : ジャトロファ植生状況 .....	43

図 3-9 : 搾取所及びラ・リベルタ港.....	45
図 3-10: 検討中のジャトロファ搾油技術.....	46
図 3-11: ジャトロファ油製造におけるマスバランス及びエネルギーバランス.....	47
図 3-12: 植物油プレス機の参照例.....	47
図 3-13: 植物油のろ過機の参照例.....	48
図 3-14: ラ・リベルタ港からガラパゴス諸島までのバイオ燃料の輸送.....	48
図 3-15 : バルトラ島に生息するガラパゴスリクイグアナ.....	69
図 5-1 : ジェシカ号の油流出事故及びその影響を受けた絶滅危惧種.....	93
図 5-2 : カタマラン号の事故.....	94
図 5-3 : スポンディラス号の事故.....	94
図 5-4 : パランダ号の火事.....	95
図 5-5 : サンタクルス島の発電所写真.....	97

## 参考資料

「ECUADOR, Parque Nacional Galápagos, Ecolap Y Mae , Ecofound, Fan, Darwinnet, IGM, Coloma Andrea-Rivadeneira Cristina-Rivera Jade, Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador,」 (2007)

Cornell University Earth and Atmospheric Science レポート

<http://www.geo.cornell.edu/geology/GalapagosWWW/GalapagosClimate.html>

日本科学技術振興機構「ガラパゴスに学ぶ生物の進化」

<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0220f/start.html>

長崎大学附属図書館「ガラパゴス諸島画像データベース」

<http://gallery.lb.nagasaki-u.ac.jp/galapagos/index.html>

在エクアドル日本大使館「エクアドル情勢—内政・外交」(2009年4月)

[http://www.ec.emb-japan.go.jp/document/naisei-gaiko/naisei-gaiko\\_200904.pdf](http://www.ec.emb-japan.go.jp/document/naisei-gaiko/naisei-gaiko_200904.pdf)

新木秀和「エクアドルの石油産業」坂口安紀編『発展途上国における石油産業の政治経済学的分析—資料集—』日本貿易振興機構アジア経済研究所 (2008年)

[http://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Download/Report/pdf/2007\\_04\\_16\\_07.pdf](http://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Download/Report/pdf/2007_04_16_07.pdf)

日本外務省

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/ecuador/data.html>

[http://www.ec.emb-japan.go.jp/document/shihyo/shihyo\\_1995-2008.pdf](http://www.ec.emb-japan.go.jp/document/shihyo/shihyo_1995-2008.pdf)

Petroamazonas Ecuador

<http://www.bloque15.com/>

Jacobs Gibb 「Evaluation of Environmental Damages from the Jessica Oil Spill, Galapagos Islands」  
(2002年5月)

The Independent (2002年6月6日の新聞にて掲載された記事)

[http://web.mit.edu/12.000/www/m2008/teams/lasiguanas/Water\\_Management.html](http://web.mit.edu/12.000/www/m2008/teams/lasiguanas/Water_Management.html)