

平成 16年環境省委託事業

平成 16年度CDM/JI事業調査

ブラジル製糖廃棄物エネルギー転換プロジェクト調査

報告書

平成 17年 3月

社団法人 国際環境研究協会

株式会社 三菱総合研究所

ブラジル製糖廃棄物エネルギー転換プロジェクト調査報告書

目次

1 プロジェクト実施に係る基礎的要素	1
1.1 提案プロジェクトの概要と企画・立案の背景	1
1.2 ホスト国の概要	6
1.3 エネルギー状況と政策	7
1.4 ホスト国の CDM 受入れの状況	13
1.5 提案プロジェクトのホスト国への貢献	15
1.6 調査の実施体制	16
2 プロジェクトの立案	19
2.1 プロジェクトの具体的な内容	19
2.2 プロジェクト活動に対する公的資金	21
2.3 プロジェクト実施による GHG 削減量 (CO ₂ 吸収量)及びリーケージ	27
2.4 モニタリング計画	29
2.5 環境影響 / その他の間接影響	31
3 事業化に向けて	32
3.1 プロジェクトの実施体制	32
3.2 プロジェクト実施のための資金計画	32
3.3 費用対効果	32
3.4 具体的な事業化に向けての見込み 課題	32
4 バリデーション / デターミネーション	35
4.1 Validation の概要	35
4.2 対応策及び課題	35
4.3 PDD 改訂作業	36
添付資料 1 PDD(改訂版)	
添付資料 2 バガス起源コージェネレーション方法論 (AM0015)	
添付資料 3 ブラジル政府 CDM 規定	
添付資料 4 CDM 案件提出マニュアル	

1 プロジェクト実施に係る基礎的要素

1.1 提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

(1) 調査事業目的及び概要

1) 調査の目的

本調査業務は、京都議定書で採択されたクリーン開発メカニズム(CDM)の具体化に向けて、炭素クレジット獲得のための知見の蓄積などを目的として、プロジェクト設計書(PDD)の策定を視野に、温室効果ガスの排出削減や吸収源強化につながるプロジェクトのフィージビリティ調査を実施するものである。

2) 調査事業概要

本調査業務の対象プロジェクトはブラジル、サンパウロ州の製糖工場において製糖廃棄物(バガス)を利用したコージェネレーションシステムを高効率化し、電力系統に給電することにより化石燃料起源のCO₂排出を削減するものである。本調査業務はこのプロジェクトをCDM事業とするために必要なプロジェクト設計書(PDD)を作成する。

(2) 提案プロジェクトの概要

1) 提案プロジェクト名：ウニアルゴ社バガスコージェネレーションプロジェクト

2) 提案プロジェクト概要

事業はブラジル連邦共和国サンパウロ州にあるウニアルゴ社アルコール製造施設にある電熱供給施設を改良し、余剰電力を電力網に供給できるようにすることを目的とする。

現在、この施設は電力網から離れており、自社施設への電熱供給のみ目的とした低効率のボイラ及び発電機が設置されている。事業計画では現在のボイラ及び発電機をより効率の良い機器に交換するとともに電力網への電力供給施設建設(分岐施設及び送電線)を行う。現在の設備容量である1.5MW発電機×4基を15MW発電機×2基及び8MW発電機×1基に増強する。これにより23.7MWの電力を電力網に供給できることになり、供給電力量は104,299MWh(年間稼働約183日)が可能である。

3) 導入技術の概要

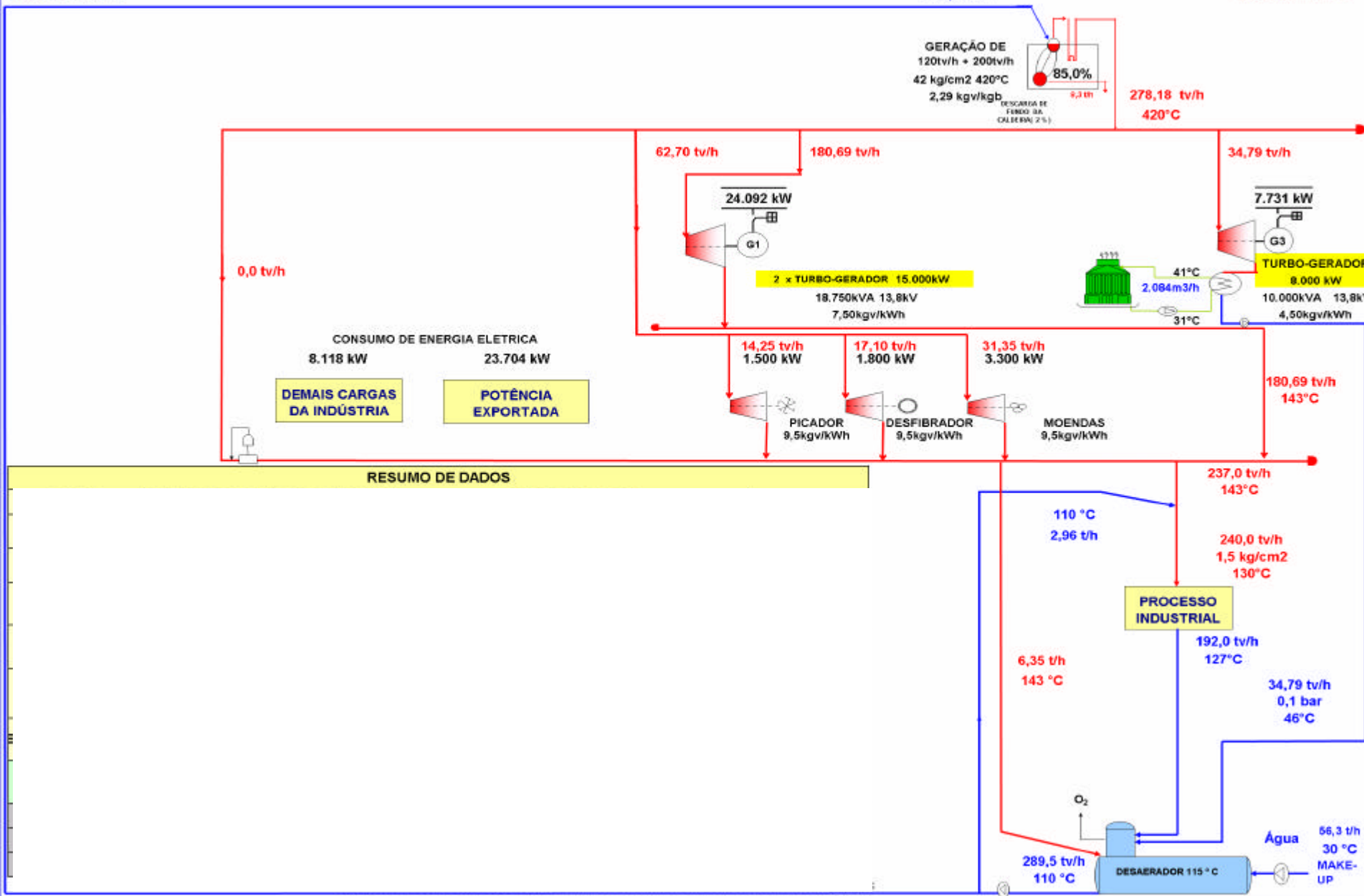
分類	型式
ボイラ	ボイラ型式 AUP-67 200t-v/h 420 42kgf/cm ² を現施設 (AUP-40 120t-v/h 380 21kgf/cm ²) に併設する。
発電機	1) 02 × Counterpressure Turbo-Generator 18,750kVA/15,000kW -13.8kV (42kgf/cm ²) 2) 01 × Condensation turbo-generator 10,000kVA/8,000kW -13.8kV (42kgf/cm ²) この発電機 3 基を現在の発電機 1.5MW × 4 基と交換設置する。
送電施設	138KV 高張力送電線 30km

表 1-1 導入予定技術

この事業計画はバイオマス発電を増やし、その電力をブラジル電力網への供給することを目指す。それによってバイオマス以外の発電 (主として化石燃料発電と推定している) の代替とする。現有施設はバガス (サトウキビの絞り滓) を全量使用しているため、増強した発電施設においても燃料としてのバガスの使用量は増えない。

電力網への電力供給は、ブラジル製糖産業あるいはアルコール産業においてほとんどないのが現状である。その理由はこのような投資に対する経済的効果が事業計画者にとってかなりの危険性を伴うと思われるからである。この計画でも送電施設 (30km) を作らねばならずその危険性を大きくしている。

次ページにプロジェクト全体フロー図 (図 1-1) を示す。



(3)立案の背景

バガスとはサトウキビより製品(砂糖、アルコール)の原料となる糖液を絞ったあとの部分を指す。1999年には全エネルギーミックスに占めるバイオマスエネルギーの比率は約3%であり、このうちバガスは1.2%、紙・パルプ産業の固形廃棄物0.8%、先住民の農業廃棄物利用0.6%、薪炭材0.2%であった。サトウキビの重量の28%が絞り粕、すなわちバガスになる。エネルギー量で見るとサトウキビの持つエネルギーのうち49.5%はバガスであり、残りはエタノール(43.2%)、その他廃棄物(7.3%)に含まれる。

ブラジルにおいてバガスは従来からエネルギー源とされてきた。バガスは通常は低圧(20kgf/cm²程度)ボイラで燃焼され、生成するエネルギーの60%は圧搾機の動力用の蒸気に、約40%は所内の動力・照明用の電力の発電に用いられた。サトウキビ1トンの処理に約12kWhの電力を要するが、これはバガスの燃焼によってまかなえる。発電機の動力用の蒸気タービンから排出される蒸気は蒸気圧2.5 kgf/cm²程度のものであるが、これは糖液の加熱やアルコール蒸留用に用いられている。

PROINFA(ブラジルのエネルギー開発支援計画)以後、ブラジルにはバイオマスを原料とする発電施設の建設が相次いだ。2002年1月までに159箇所、総設備能力992MWに達した(紙・パルプ産業の黒液利用施設を除く)。これは火力の8%、全電力の1.4%に相当する。このうち木質系バイオマスは4箇所25.5MW、籾殻が3箇所14.4MWにとどまり、残りの全てがバガスであった。これらの多くは製糖業が立地するサンパウロ州の施設であった。

バガスが大量に発生する季節は水資源が不足する乾期であり、バガス利用のバイオマス発電は、水力発電をベースにしたブラジルの電源構成にとって非常に都合が良い電力補充能力を持つ。加えて、バガスの有効利用は、1989年の車両燃料として供給危機以降、競争力を失いつつあるエタノールの製造単価構成を押し下げる要因ともなり競争力向上にも役立つ。

一方、ブラジルでは現在、水力発電ベースの電源構成から天然ガスをベースとした電源構成へ転換する選択肢も考慮されており、天然ガス火力が信頼性の高いベースロード電源として使用された場合、水力発電の稼働率は下がる。

州毎の製糖業コージェネレーション導入及び系統電力への供給について図1-2に示す。導入ポテンシャル及び導入量もサンパウロ州が圧倒的に多く、また系統電力への供給という点ではほぼサンパウロ州のみが行っていることがわかる。ANEEL(ブラジル電力公社)によればブラジルにおけるバガスコージェネレーションのポテンシャルは3,852MWに達し、このうち60%はサンパウロ州に起源する。サンパウロ州以外でポテンシャルが高い地域は南部パラナ州及び北東

部ペルナンブコ州、アラゴアス州である。

これらの施設から系統電力への供給は2001 まで132MW しか行われておらず、これはブラジル全土のポテンシャルの約 3.4%であるばかりか 現在系統供給を行っている施設のもつポテンシャルの約 11%にとどまっている。しかし2001 年のエネルギー危機により再生可能エネルギーが高価で購入されることになり 状況は変化しつつある。UNICA (サンパウロ州製糖業組合)の調査によれば、系統電力への供給量は 2003 年末には 600MW を超えた。これは本事業のCDM としての追加性の立証に大きな影響を及ぼす。

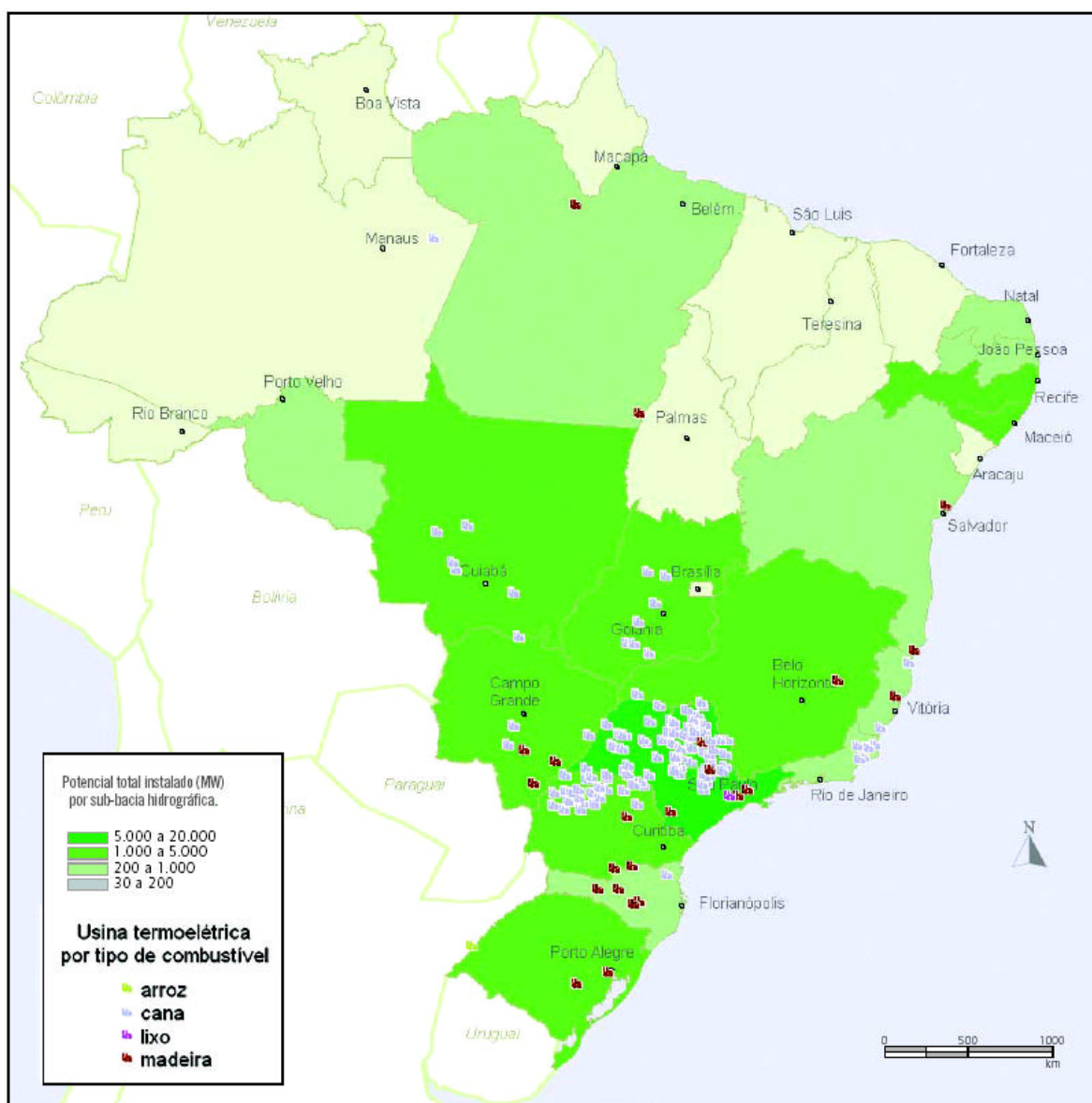


図 1-2 ブラジルにおけるバイオマスコージェネレーション立地地点

1.2 ホスト国の概要

(1) 国情全般

ブラジルの面積は851万1965平方キロメートルと南米大陸のおよそ半分(47.3%)を占める中南米最大の国である。世界で見ても5番目に広大な国土を持つ国である。その広大な国土にアマゾン川流域をはじめとして国土の90%を占める熱帯地域が広がっており、後述するように鉱物資源が非常に豊富な国である。



図 1-3 ブラジルの地図

ブラジルでは1964年の革命以来、1985年に至るまで軍政が敷かれていた。1985年にネーヴェス大統領が選ばれ、再民主化され、1988年には新憲法が公布され、民主主義国としての体制を確実にした。2002年には歴史上初めて労働党が勝利し、2003年より労働党党首のルラ大統領が誕生した。ルラ大統領は選挙運動でブラジルにおける貧富格差の解消など社会福祉に最も重点を置いていたことから、当選直後は経済界が危機感を抱き、一時株価が下がったが、その後、前政権の経済政策を引き継ぎ、手堅い経済政策を進めていることから経済は混乱することはなかった。

以下にブラジルの人口の変化とGDPの変化を示す。

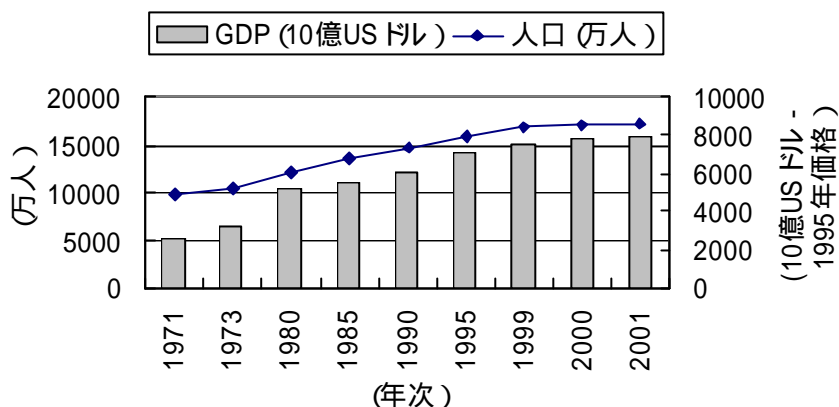


図 1-4 ブラジルの人口・GDP の推移 (1971 ~ 2001 年)

1.3 エネルギー状況及び政策

(1) エネルギー全般状況

ブラジルは石油、天然ガス、石炭、ウランなど豊富なエネルギー資源を有している。表 1-2 に示すように、世界全体に示すシェアは石油で0.8%、天然ガス0.2%、石炭 1.2%となっており、国内自給率の向上に役立っている。それらの化石燃料に加え、水力も豊富で総発電能力 8,223 万 kW のうち 79%を水力発電が占めており、水力発電量としては米国について世界第 2 位である。しかし、2001 年の旱魃に伴う電力危機により、過剰な水力への依存が見直されるようになった。その結果、水力発電から石油・天然ガス火力発電への転換が推進され、現在、2,000 万 kW の火力発電所の新設とアルゼンチンからの電力輸入が検討されている。

表 1-2 ブラジルのエネルギー賦存量

	単位	確認埋蔵量	推定/予想埋蔵量	合計	石油換算 (千トン)	世界シェア
石油	千 m ³	1,560,158	519,984	2,080,142	1,388,123	0.8%
天然ガス	百万 m ³	236,592	95,349	331,941	234,842	0.2%
石炭	百万トン	10,113	22,240	32,353	3,944,070	1.2%
水力	GW /年	93	51	143	236,003	
原子力	U ₃ O ₈ トン	177,500	131,870	309,370	1,236,287	

(出典) Brazil Ministry of Mines and Energy, Brazilian Energy Balance 2003

¹ 2002.12.31 現在。Brazil Ministry of Mines and Energy, Brazilian Energy Balance 2003

2003年版エネルギーバランスの発表後、2003年9月にペトロプラス²はおよそ4,190億m³と推定される新天然ガス田を、サントス沖海底油田地区で発見したと発表した。この新天然ガス田によってブラジルの天然ガス埋蔵量は約6,900億m³へと大幅に増加するものと見られている。

ブラジルのエネルギーバランスによると、2002年度の総エネルギー供給量は1億9800万トン(石油換算)であり、最近15年間でおよそ4割増加した。

以下の図に、一次エネルギー供給の燃料別構成について1987年から最新の2002年までの推移を示す。

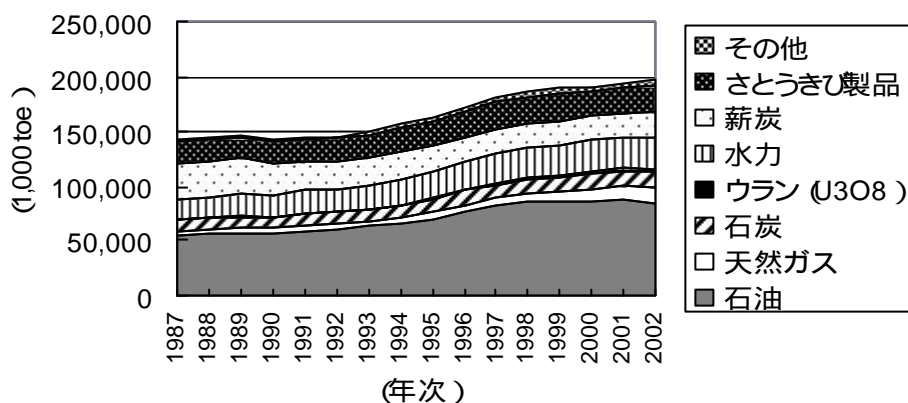


図 1-5 一次エネルギー供給量の推移 (1987～2002年)

(出典 IEA Energy Balances of Non-OECD Countries 2003 より作成)

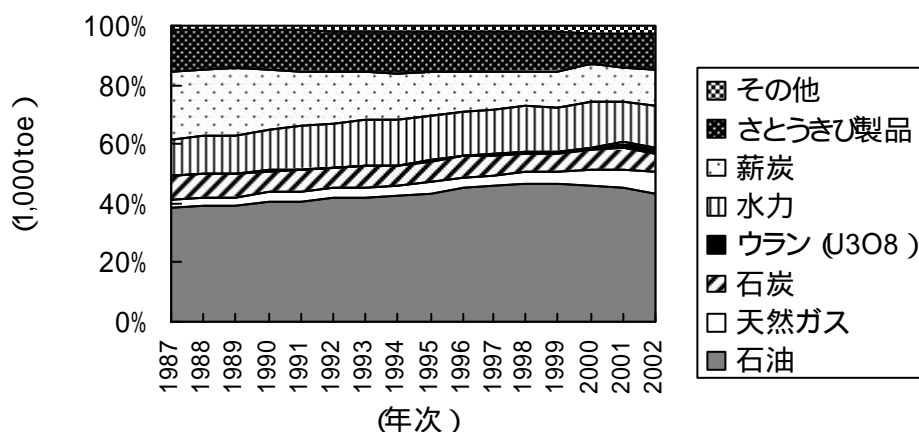


図 1-6 一次エネルギー供給における燃料構成の推移 (1987～2002年)

(出典 IEA Energy Balances of Non-OECD Countries 2003 より作成)

上記の図及び表 1-3、1-4 に示すとおり、エネルギー構成で見ると石油、水力、薪、さとうきび燃料

² 1953年の創設以来、ブラジル国内における石油の探鉱、開発、精製、販売を独占している国営石油会社(鉱山動力省に所属)であり、政府は株式の50%プラス1株を保有している。

(エタノール)が中心であり、特に石油が全体の 43.1%を占めている。天然ガスのシェアは現在、7.5%とまだ少ないが、1990年代では年 8.4%の伸びを示しており、前述したペトロプラスによるサントス沖の新ガス田の発見により今後更にそのシェアは高まると予想される。鉱山動力省によれば、この発見により2010年までの間に天然ガスのシェアは 7.5%から 21%へ増加すると予想されている。特に、経済状況が不透明な中では、民間企業は初期コストが高い水力発電よりも天然ガス火力発電をより好む傾向にある。

ブラジルのエネルギー供給の特徴は再生可能エネルギーのシェアが全体の 41%を占めていることである。再生可能エネルギーの内訳は、水力が 14%、サトウキビ関連製品(エタノール、バガスなど)が 13%、薪炭が 12%である。

表 1-3 一次エネルギー供給量の推移 (1987～2002 年)

(単位 :1000 トン-石油換算)

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
非再生可能エネルギー	70,022	71,580	72,972	72,238	72,852	76,461	79,123	83,166	89,070	96,779	102,881	107,121	109,261	112,201	117,655	116,827
石油	55,223	56,520	57,513	57,749	59,115	60,869	63,042	66,692	70,786	77,599	82,561	86,346	87,414	86,582	87,975	85,285
天然ガス	3,899	4,050	4,259	4,337	4,355	4,595	4,926	5,128	5,424	5,946	6,495	6,813	7,761	10,256	12,548	14,838
石炭	10,609	10,842	10,727	9,555	10,961	10,651	11,010	11,304	11,949	12,451	12,661	12,440	12,695	13,557	13,349	13,005
ウラン (U ₃ O ₈)	291	167	473	598	422	348	145	43	911	784	1,164	1,522	1,391	1,806	3,783	3,698
再生可能エネルギー	72,641	72,843	73,793	69,702	70,032	69,441	70,547	74,123	73,870	74,947	77,790	78,441	79,958	78,239	76,272	81,118
水力	17,400	18,658	19,497	20,051	21,050	21,264	22,576	23,595	24,866	25,990	27,461	28,444	28,623	29,980	26,282	27,639
薪炭	32,777	32,565	32,953	28,537	26,701	25,089	24,793	24,854	23,266	21,976	21,668	21,265	22,130	23,060	22,443	23,545
さとうきび製品	20,603	19,619	19,346	18,988	19,943	20,342	20,194	22,669	22,814	23,893	25,378	25,284	25,235	20,761	22,916	24,980
その他	1,862	2,002	1,998	2,126	2,338	2,745	2,985	3,004	2,923	3,088	3,284	3,448	3,970	4,439	4,631	4,955
合計	142,663	144,423	146,765	141,940	144,884	145,902	149,670	157,288	162,940	171,726	180,671	185,562	189,219	190,440	193,927	197,945

表 1-4 一次エネルギー供給における燃料構成の推移 (1987～2002 年)

(単位 :%)

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
非再生可能エネルギー	49.1%	49.6%	49.7%	50.9%	50.3%	52.4%	52.9%	52.9%	54.7%	56.4%	56.9%	57.7%	57.7%	58.9%	60.7%	59.0%
石油	38.7%	39.1%	39.2%	40.7%	40.8%	41.7%	42.1%	42.4%	43.4%	45.2%	45.7%	46.5%	46.2%	45.5%	45.4%	43.1%
天然ガス	2.7%	2.8%	2.9%	3.1%	3.0%	3.1%	3.3%	3.3%	3.3%	3.5%	3.6%	3.7%	4.1%	5.4%	6.5%	7.5%
石炭	7.4%	7.5%	7.3%	6.7%	7.6%	7.3%	7.4%	7.2%	7.3%	7.3%	7.0%	6.7%	6.7%	7.1%	6.9%	6.6%
ウラン (U ₃ O ₈)	0.2%	0.1%	0.3%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%	0.6%	0.5%	0.6%	0.8%	0.7%	0.9%	2.0%	1.9%
再生可能エネルギー	50.9%	50.4%	50.3%	49.1%	48.3%	47.6%	47.1%	47.1%	45.3%	43.6%	43.1%	42.3%	42.3%	41.1%	39.3%	41.0%
水力	12.2%	12.9%	13.3%	14.1%	14.5%	14.6%	15.1%	15.0%	15.3%	15.1%	15.2%	15.3%	15.1%	15.7%	13.6%	14.0%
薪炭	23.0%	22.5%	22.5%	20.1%	18.4%	17.2%	16.6%	15.8%	14.3%	12.8%	12.0%	11.5%	11.7%	12.1%	11.6%	11.9%
さとうきび製品	14.4%	13.6%	13.2%	13.4%	13.8%	13.9%	13.5%	14.4%	14.0%	13.9%	14.0%	13.6%	13.3%	10.9%	11.8%	12.6%
その他	1.3%	1.4%	1.4%	1.5%	1.6%	1.9%	2.0%	1.9%	1.8%	1.8%	1.8%	1.9%	2.1%	2.3%	2.4%	2.5%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(出典 :IEA Energy Balances of Non-OECD Countries 2003)

(2) 電力事情

1970年代の石油危機、1980年代の国際的な金融危機により、ブラジル政府は原油輸入量を抑制するために水力発電を積極的に進めた結果、1980年代には電力供給量の90%を占めるまでになった。水力発電以外の発電施設は、主に乾期や系統非接続の遠隔地域など系統をサポートするための補助的な目的で建設され、水力発電中心の電力供給体制が確立された。以下に1970年以降のブラジルの電源構成を示す。

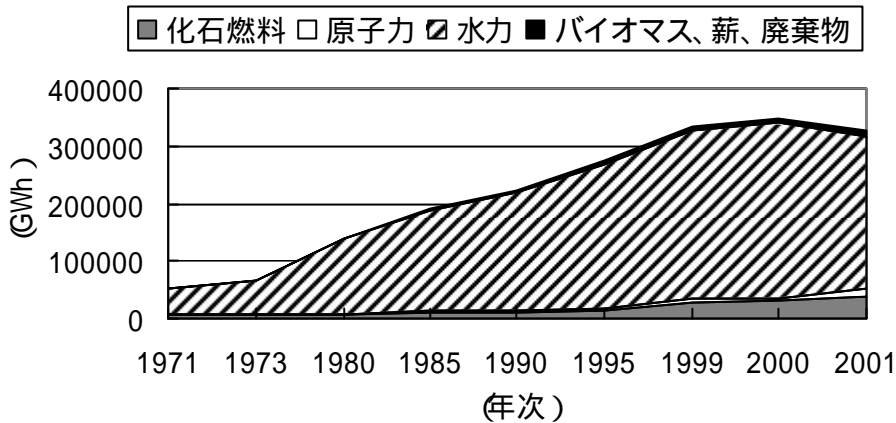


図 1-7 ブラジルにおける電源構成の推移 (1971 ~ 2001 年)

表 1-5 ブラジルにおける電源構成の推移 (1971 ~ 2001 年)

	1971	1973	1980	1985	1990	1995	1999	2000	2001
化石燃料	15.0%	9.4%	6.2%	4.6%	4.6%	4.9%	8.7%	8.4%	11.1%
原子力	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	1.0%	0.9%	1.2%	1.7%	4.4%
水力	83.7%	89.4%	92.5%	92.1%	92.8%	92.1%	87.5%	87.3%	81.7%
バイオマス、薪、廃棄物	1.3%	1.2%	1.3%	1.6%	1.6%	2.0%	2.6%	2.6%	2.9%

(出典 :Energy Statistics of Non-OECD Countries (2003))

1993年の法律8631の成立をきっかけに民営化策が推進され、配電会社のESCELSAの売却など配電部門の民営化が進められた。民営化政策は、州政府の役割維持を求める国民の反対などにより民間企業による発電能力の拡大にはつながっていないが、化石燃料のマーケットシェアは1990年代を通じて拡大しており、電源構成における火力発電のシェアは増加傾向にある。民営化以前の水力発電の全電源容量に占める割合は90%以上だったのに対して、2001年には81%にまで低減している。

近年、電力部門における民営化は進められており、発電部門の大規模水力は国営であるが、IPPも出てきており、送電部門は国営、配電部門は民営で、系統はすでに民営化されている(民間企業が送電を行う際には国に送電料金を支払う)。電力部門の民営化により、信頼性の高いガス火力へのシフトが進みつつあるが、建設には時間を要するため、急増する需要に追いつかない問題がある。その点において、

製糖産業におけるバイオマス発電による売電は好ましいと考えられる。³

電力会社以外の売電は 1997 年より認められた。電力価格は 2003 年 4 月時点で R\$60/MWh に落ち込んでいるが、景気回復に伴う電力不足より R\$90/MWh 程度まで上昇する可能性がある。

サンパウロ市近くの沖合で天然ガス油田が発見され、今後ブラジルはこの大量の天然ガスをいかに利用するかを検討することになる。国内産天然ガスが供給され、ガス火力発電への依存度を高めていく状況においても、バイオマス発電は (1) 高い燃焼効率 (55 ~ 57%)、(2) 為替変動に左右されずにコストが安定していること、などの長所を有しており、その潜在量も大きい。

エネルギー危機を見据え、再生可能エネルギー促進プロジェクト(小水力、風力、バイオなど)の "PROINFA (PROGRAMA DE INCENTIVO AS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELETRICA)" が民間の参加も募りながら進められている。⁴

国際連合工業開発機関 (UNIDO) の "CDM Investment Guide for Brazil 2003.3" では 2015 年におけるブラジルの電源構成シナリオを示しているが、どのシナリオにおいても水力のシェアが低下する一方で、天然ガスのシェアが増加すると想定されている。特にベースラインシナリオと技術促進シナリオでは、天然ガス比率が 12% 以上に増加するとしており、今後、ブラジルの電源構成において天然ガスの重要性が増すと見られる。

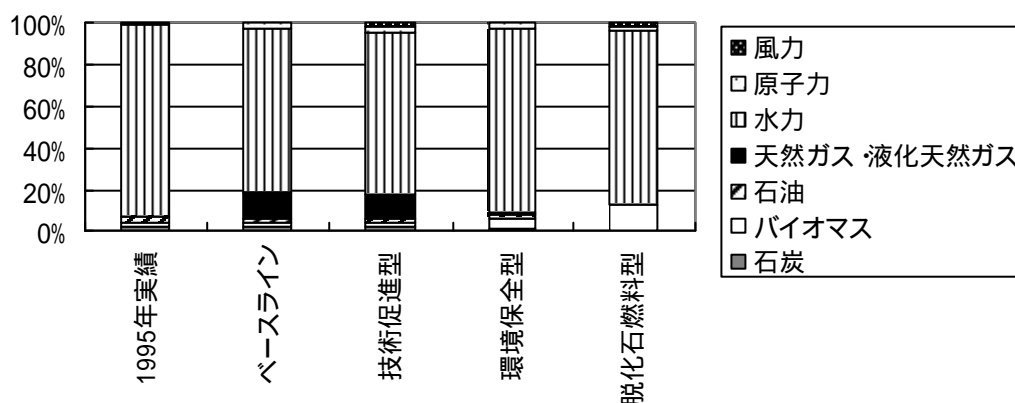


図 1-8 2015 年における電源構成シナリオ

³ 2003 年 10 月第 1 回ブラジル現地調査における John Snow Brazil へのヒアリングより

⁴ 同上 Dr. José Roberto Moreira (Negawatt 代表、元サンパウロ大学教授)へのヒアリングより

表 1-6 2015 年における電源構成シナリオ (単位 :GW)

	1995 年実績	ベースライン	技術促進型	環境保全型	脱化石燃料型
石炭	2.0%	1.5%	1.5%	1.4%	0.0%
バイオマス	1.4%	2.0%	2.0%	5.3%	13.4%
石油	4.7%	3.4%	1.8%	1.7%	0.0%
天然ガス・ 液化天然ガス	0.0%	12.5%	12.4%	0.8%	0.0%
水力	90.7%	77.8%	77.8%	88.2%	82.4%
原子力	1.3%	2.8%	2.8%	2.6%	2.7%
風力	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	1.5%

1.4 ホスト国の CDM 受入れ状況

(1) 地球温暖化対策の組織

ブラジルは気候変動枠組み条約に 1992 年 6 月 4 日に署名し、1994 年 2 月 28 日に批准した。京都議定書には 1998 年 4 月 29 日に署名し、2002 年 8 月 23 日に批准している。ブラジルにおける地球温暖化対策の体制は以下の通りである。

1) 気候変動プログラム (Climate Change Program)

科学技術省 (Ministério de Ciência e Tecnologia: MCT) によって運営される気候変動プログラムが中心となって、国別報告書 (National Communications) 等、温室効果ガス排出量の把握などの調査を行っている。気候変動プログラムは 1996 年に開始され、GEF (Global Environmental Facility) や米国との二国間協定に基づく「U.S. Country Studies Program」などの海外の資金により進められている。

2) 気候センター (Centro Clima)⁵

2000 年には、環境省の Human Settlement Environmental Quality Secretary (MMA/SQA) とリオ・デ・ジャネイロ国立大学 (UFRJ) の Instituto Alberto Luiz Coimbra- Coordennacao de Programas de Pos-Graduacao e Pesquisa em Engenharia (Alberto Luiz Coimbra Institute for Research and Postgraduate Studies of Engineering) の共同で環境・気候変動研究機関 (Centro Clima) が設立され、サン・パウロ大学 (USP) とのパートナーシップも立ち上げられた。当機関は各界の参加を募り、ブラジル気候変動フォーラムを支援することを目的としている。

3) ブラジル気候変動フォーラム (The Brazilian Forum on Climate Change :Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas)

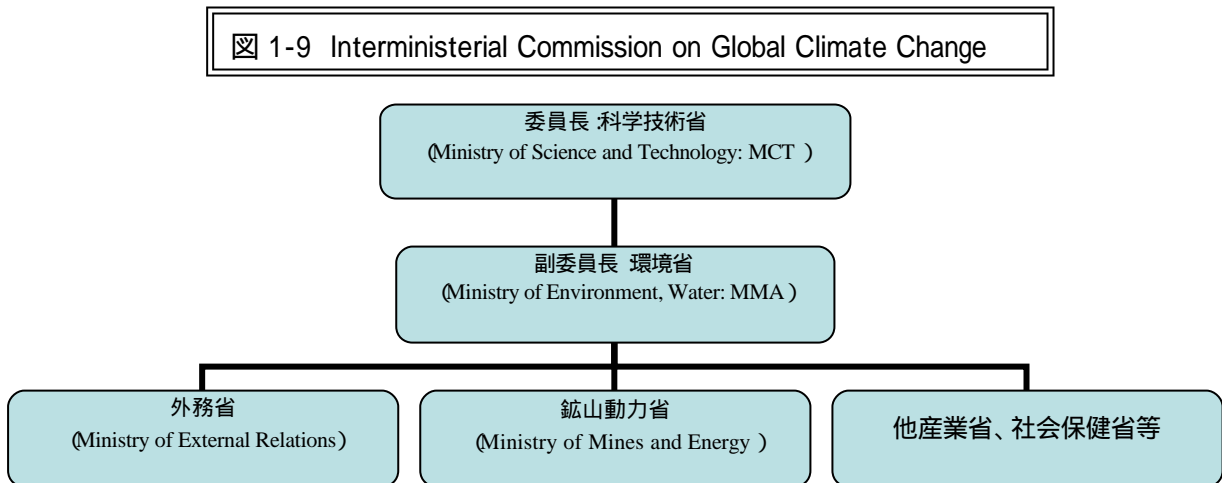
各産業団体、政府、NGO や研究機関から広く意見を吸い上げ、政府の温暖化政策に反映させることを目的とする。

⁵ <http://www.mct.gov.br/clima>

(2) ブラジルの CDM 承認体制

ブラジルの CDM 承認体制は以下のような組織となっている。

ブラジルの CDM 承認体制は科学技術省を委員長として、環境省、外務省、鉱山動力省、産業省、社会保健省など全 11 省庁から構成される省庁間委員会により行われている。この省庁間委員会が CDM プロジェクトの承認や発効を行う。



CDM プロジェクトの申請受付手続きは始まったばかりであり、環境省によると⁶承認 (No Objection Letter を発効したという意味と考えられる) 第 1 号を 2003 年 9 月 11 日に初めて発行した。議定書でうたわれる持続可能性の原則とはほぼ一致するものであり、追加的にはブラジル特有の社会的側面 (児童就労の禁止など) を重視していること以外には特別厳しい基準を設けているものではない。環境省は承認手続きの中では、プロジェクトが技術向上に資するものであり“Good condition”で行われていることが担保できるようにチェックするとしている。承認に際して専門的なレビューが必要な場合には、外部からコンサルタントや大学などの研究機関の協力を求めることも考えられるとしているが、具体的には未定である。2003 年に示された CDM に関するガイドラインの主な項目は以下のとおりである。

プロジェクト関係者は、プロジェクト活動が持続可能な開発にどう寄与するかについて次の観点から言及しなければならない。

- (a) 地域環境の持続可能性に対する貢献
- (b) 労働環境向上と雇用への貢献
- (c) 利益配分に対する貢献
- (d) 技術力 / 技術開発に対する貢献
- (e) 地域統合 (+ 他セクターの包含) に対する貢献

⁶ 2003 年 10 月第 1 回ブラジル現地調査における科学技術省、環境省へのヒアリングより

ガイドラインの最終版を添付する。

1.5 提案プロジェクトのホスト国への貢献

前述のように ANEEL は現状の技術を用いたバガス利用コージェネレーションの発電ポテンシャルとして 3,851MW という試算をしている。これは既に風力発電や小規模水力を上回る数値である。しかしバガス利用コージェネレーションの発電ポテンシャルは技術に大きく依存する。これについていくつかの検討結果を示す。

(1) UNICA による試算

UNICA はバガスコージェネレーションのポテンシャルに関して技術ベースの試算をしている。UNICA によれば、蒸気圧 21kgf/cm²、温度 300 の低効率ボイラではバガス 1 トンの処理に 530kg の蒸気を要し、残りを発電用途に用いる。これによりサトウキビ 1 トンの処理に必要な電力 (12kWh) をほぼ賄うことが可能であるが、系統電力への供給は不可能である。

しかし蒸気圧 80kgf/cm²、温度 480 の高効率ボイラへの変更によりバガス 1 トンの処理に必要な蒸気量を 340kg に減少させることが可能であり、加えてサトウキビ 1 トン当たり 120kWh の電力を発電し、所内消費 (12kWh/t 程度) を差し引いた分を系統に供給することが可能となる。サトウキビの生産量 (約 3 億トン) を考慮すると系統に供給可能な電力は 32.4TWh と算出される。これは 2002 年の総発電量 (315TWh) の約 10% 以上に相当する。バガス燃焼施設の稼働期間は乾季の約 4,500 時間とされているため、これは 7,700MW の施設に相当する。これがボイラ効率向上のポテンシャルである。

(2) 新技術の可能性を考慮した研究

バガスのガス化及び収穫廃棄物の利用といった新技術を用いて、バガスを用いたさらなる発電 (及び温室効果ガス排出削減) をもたらす可能性が考えられている。これらについて以下に示す。

1) Copersucar による研究

バガスのガス化技術はブラジルでは過去数年検討されてきたものであり 1999 年に 32MW の試験プラントが稼働しているが、主としてコスト面の問題で実用化はまだである。ガス化によるガスタービン発電により、サトウキビ 1 トン当たりの所要蒸気量を 280kg に抑え、また 1 トン当たり 250kWh の電力を系統に供給することが可能となる。この場合総供給量は 72.5TWh、追加的な設備容量は 16,000MW と算出される (2002 年総発電量の約 1/4 に相当)。

2) その他

また、収穫廃棄物の利用も検討されている。現在サトウキビの人力収穫時には畑に残される余剰部分を焼き払っているが、これを焼かずに機械で収穫を行う場合、葉などのバイオマスが追加的に利用可能となり、サトウキビ 1 トンあたりのバガス収量が 280kg から 390kg へと約 40% 程度増加する。このような方法は燃料として利用可能なバイオマスの増加につながるほか、焼却時の大気汚染物質の排出を伴わないというメリットがある。

表 1-7 収穫廃棄物利用による効果

(出典 :Tolmasquim & Neto, 2002)

年	発電効率 kWh/t	単価 US\$/kW	収穫廃棄物未使用 (MW)			収穫廃棄物使用 (MW)		
			2001	2005	2010	2001	2005	2010
現状の技術	10-20	-	1,040	1,127	1,214	1,493	1,618	1,742
高効率ボイラ	14-44	222-667	3,121	3,381	3,641	4,480	4,853	5,227
CEST	80-100	1,450-1,650	5,964	6,461	6,958	9,951	10,780	11,610
ガス化	200	950-1,150	12,344	13,373	14,402	18,264	19,786	21,309

以上のようにサトウキビの収穫時に生じる農業廃棄物を焼き払わずに収穫する方法は非常に魅力的である。しかし、焼かずに収穫を行う場合は機械を用いる必要があり、労働力の節減につながる。製糖業が未熟練労働力の大きな吸収源である現在、この方法の採用による雇用の喪失は大きな社会問題となりうる。これについては後述する。

(3) 製糖業全体の収益に対する影響

現在、製糖業の収入は約 150 億レアル (約 5,000 億円) であり、砂糖及びアルコールがほぼ同量の収入をもたらしている。コージェネレーションによる現状の売電量 (約 600GWh) は製糖業の収入の 1% に満たないが、理論的には製糖業の収入を大幅に増加させる効果を持つ。

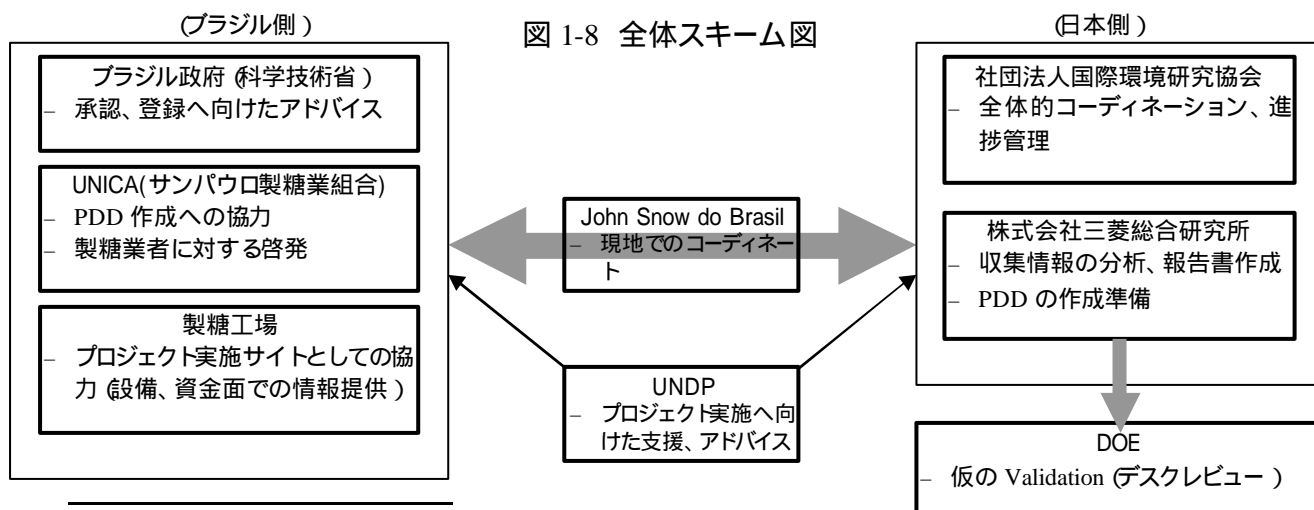
さらにバガスによるコージェネレーションは CDM としての可能性を持つ。この収益に与える影響は売電の効果と比べてオーダー1 つ小さい。しかし CO2 は国際市場が成立することが期待され、CO2 関連の収入は外貨収入となる。これは通貨危機を何度も経験しているブラジル産業界にとっては大きな魅力となることが考えられる⁷。

1.6 調査の実施体制

(1) 実施体制

(1) 実施体制スキーム

(注1) 再委託等も含めて、全体のスキームを図1-10で記載すること。



⁷ 2003 年 10 月第 1 回ブラジル現地調査における科学技術省、環境省へのヒアリングより

(2) 調査内容の概要

実施項目	調査項目	概要	備考(外注等)
1)国内調査分析(1)	ベースライン方法論	平成 15 年度調査を踏まえ、PDD に記載すべき内容の素案の作成。	UNICA のアドバイスを得る。
	プロジェクト実施期間 / クレジット獲得期間に関する調査	同上 (事業者、UNICA と協議の上決定)	同上
	モニタリング手法 / 計画に関する調査	同上 (系統電力削減以外の削減項目、モニタリング方法について調査)	同上
	温室効果ガス排出量 (又は吸収量) 計算に関する調査	同上	同上
	その他の間接影響に関する調査	同上 (間接影響の有無について調査)	
	その他	CDM の国際動向の把握 (類似プロジェクトの方法論承認、登録動向の把握)	
2)第 1回現地調査	上記 ~	上記項目 ~ について、主として UNICA と協議する。	現地調査の調整を John Snow do Brasil (JSB) に外注。
	環境影響に関する調査	サンパウロ州の制度、及びプロジェクトとの関連について知見を得る。	同上。
	その他の間接影響に関する調査	定量的側面について調査。	同上
	利害関係者のコメントに関する調査	との関連、事業者及び UNICA の取組みについて知見を得る。	同上。
	資金計画に関する調査	事業者との協議を実施。ブラジル内外の支援体制について UNDP、JBIC 等とも協議。	同上。
	その他	ブラジル政府の承認方針、本プロジェクトに対する姿勢について、科学技術省を中心とした政府省庁の支援を得る。	
3)国内調査分析(2)	~	現地調査を踏まえたフォローアップ	追加質問等について、直接質疑、協議が出来ないものは JSB に外注。
	その他	CDM の国際動向の把握 (類似プロジェクトの方法論承認、登録動向の把握)	
4)第二回現地調査	~	各項目について協議。 UNICA : 事業者 : ・ブラジル政府 : 、国内体制、承認への姿勢等 - その他 : - UNDP、ブラジル開銀 : - JBIC 等 :日本側の資金提供の可能性	現地調査の調整を JSB に外注
5)国内調査分析(3)	~	現地調査を踏まえたフォローアップ	追加質問等について直接協議等が出来ないものは JSB に外注。
	その他	CDM の国際動向の把握 (類似プロジェクトの方法論承認、登録動向の把握)。また、PDD に関する国際動向の把握 (フォーマットの修正等)	COP10 (現地出張予定) の場合でも調査。
6)PDD 作成	プロジェクト設計書の作成	上記調査を踏まえた PDD の作成	必要に応じてブラジル側 (主として UNICA) と協議
7)簡易 Validation	デスクレビューによる有効審査	PDD の書面審査	DOE (AE) に外注。JQA を想定。
8)報告書作成		背景調査及び PDD を含めた報告書を作成。	

(2) 調査工程表

	2004年							2005年		
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1)国内調査分析(1)		→								
2)第1回現地調査			→							
3)国内調査分析(2)				→						
4)第2回現地調査								→		
5)国内調査分析(3)									→	
6)PDD作成								→		
7)簡易Validation									→	

2.プロジェクトの立案

2.1 プロジェクトの具体的な内容

(1) プロジェクトの概要

本プロジェクトは、電力をグリッドに供給するために、ブラジル、サンパウロ州にあるユニアルコ社のアルコール蒸留工場内に設置された既存の発電・発熱施設をオーバーホールするものである。現在、蒸留工場は電力グリッドから隔離されており、工場内で消費する電気と熱を得るために効率の悪いボイラ・発電機システムを使用している。本プロジェクトは、ボイラと発電機をより効率的なモデルに切り替えると共に、送電設備（ステーションと送電線）を建設する計画である。発電能力は現在の $4 \times 1.5 \text{ MW}$ から $2 \times 15 \text{ MW} + 8 \text{ MW}$ に高められ、そのうちの 23.7 MW 分（予定年間発電量 $104,299 \text{ MWh}$ ）の電力をグリッドに供給する予定である。

(2) プロジェクト参加者

ユニアルコ・アルコール・エ・アスカール社

(3) プロジェクトの所在地

ブラジル共和国、サンパウロ州

工場所在地： エストラダ ヴィシナル アンジェロ・ザンカネール グアララペス地域 サンパウロ州

>>



Map of Brazil, and location of Project
(Map :Government of Brazil)



Map of Sao Paulo State, and location of project
(Map: Municipality of Aracatuba)

本プロジェクトは、バイオマスによる発電量を増やしてそれをブラジルの電力グリッドに供給しようというもので、それによって他の発電源(主として化石燃料発電)からの電力が置換される。工場は現在、バガス(サトウキビ絞りかす)をすべて焼却処分しており、発電量を増やすことがバガスの燃焼量を増やすことにはつながらない。

セクション B で説明する通り、ブラジルの製糖施設およびアルコール蒸留施設が電力をグリッドに供給することは(徐々に増えてはいるものの)依然として余り行われていないが、それは投資の見返りの点において、プロジェクト・デベロッパーが大きなビジネス・リスクを負うことによる。本プロジェクトの場合、大掛かりな送電設備(30キロメートル)を建設する必要があることから、状況は一層と厳しい。本プロジェクトは、この種のものとして初めてのものである。

(4)クレジット獲得期間における推定排出削減量

電力のグリッドへの予定年間販売量は 104,299 MWh である。ベースライン GHG 排出率は 0.604 tCO₂/MWh であり、これに基づき、10 年間のクレジット獲得期間中における排出削減量は 622,997t-CO₂ と計算される。

(5)プロジェクト活動に対する公的資金

なし

2.2 プロジェクト境界 ベースラインの設定 追加性の立証

(1) プロジェクト活動に適用するベースライン方法の名称および参照番号

「バガス・ベースによるコジェネ電力のグリッドへの接続」(AM0015)を用いる。本方法を選択した正当性と当該プロジェクト活動への適用理由は下記のとおり。

チェックポイント1: コジェネの原料として使用するバガスは、プロジェクトを実施するのと同じ工場から供給される。

バガスはユニアルコ社のアルコール蒸留工場から供給される。

チェックポイント2: 政府は再生可能エネルギーが利用可能であればそれを推進しようという政策・計画だが、分析資料は、クリーン開発メカニズム(CDM)がなければ、公的部門、プロジェクト参加者あるいは他の関連デベロッパーのいずれもが本プロジェクト活動を実施することはないであろうことを示している。

本プロジェクトは、100%民間の会社であるユニアルコ社が実施する予定のものである。財政スキームはまだ最終的なものとなっていないが、ユニアルコ社は資金をブラジル

開発銀行 (BNDES) から 9% を超える金利で調達することを計画している。後ほど示すように、これはプロジェクト活動にとって極めて大きなビジネス・リスクである。

チェックポイント3: プロジェクトの実施は、施設におけるバガスの発生量を増加させるものではない。

本プロジェクトでは、アルコールと砂糖の生産の過程において施設内で発生するサトウキビ・バガスを利用する。バガスの発生量は製造する砂糖の量によって決まる (280 キロ・バガス/トン・サトウキビ)。

本プロジェクトはバガスを利用するエネルギー施設の改修を行うものであり、サトウキビ破碎その他の工程には影響を及ぼさない。従って、プロジェクトの実施が工場におけるバガスの発生量を増加させることはない。

チェックポイント4: バガスはプロジェクト施設において1年以上貯蔵することはない。

バガスを1年以上貯蔵することは理論的に不可能ではないものの、実際に行われることはない。施設は5月から11月にかけての乾季に4,400時間(約6か月間)の運転を行い、水力発電が比較的乏しい時期に電力を供給するという計画である。雨季にはオーバーホールのために全施設を運転停止する。数日間分のバガスを6か月の間、次シーズンのスタートアップ燃料として貯蔵する。これはブラジル砂糖製造業界では通常行われていることで、新規施設でもこの方法を踏襲する。

バガスの貯蔵期間や使用期間を延長するとした場合、百万トンを超える量の極めて大規模な貯蔵スペースが必要となって管理上の問題が出てくるのみならず、自然発火が起こったり健康上の支障をきたす恐れがある(乾燥している時期はほこりが拡散してそれを吸引する危険があり、湿っている時期は微生物による汚染の可能性がある)ことから、そうした貯蔵期間や使用期間の延長は考慮外である。また、雨季に発電することは水力発電に取って代わることを意味し、それではGHGの排出量削減とならない。

このように、「バガス・ベースのゴジェネの電力グリッドへの接続」(AM0015)プロジェクトは、すべての適合性基準を満たしているといえる。

(2) プロジェクト活動への適用方法についての記述

「バガス・ベースのゴジェネの電力グリッドへの接続」(AM0015)プロジェクトでは、ACM0002 プロジェクトと同じ方法で運転マージン (operating margin) とビルド・マージン (build margin) を計算することによりベースラインを設定する。この計画のベースラインは、国際エネルギー機関 (IEA) の調査結果に基づいて Vale do Rosario (VRBC) プロジェクトが設定したベースラインと同一に設定される。

これは、本プロジェクトが Vale do Rosario プロジェクトが接続したのと同じグリッドへの電力供給であり、また電力購入契約 (PPA) の交渉も同一の配電業者 (CPFL) との間で進められていることから、妥当性を有する。

調査によると、ブラジルの南部 - 南東部グリッドの運転マージンとビルド・マージンはそれぞれ 0.639 t-CO₂/MWh と 0.569 t-CO₂/MWh である。従って、水力のマージン時の複合マージン (Combined Margin) は 0.604 t-CO₂/MWh となる。本プロジェクトは Vale do Rosario プロジェクトと同じグリッドに同じ季節に電力を供給する予定なので、マージンが異なると考える理由は見当たらない。

更に、ベースライン排出ファクターについては、実際にモニター・計算するのではなく、過去のデータを分析することが提案される。その理由は、実際の計算は極めて高価となる上に、プロジェクト・スポンサーの専門外であることによる。また、バガス・ベースの発電は、水力発電の能力が低下しブラジルの化石燃料発電が運転を行う乾季 (UNICA によれば、この時期、水力発電の能力はピーク時の 55% 程度に低下する) にほぼ集中して行われることから、提案の CO₂ 排出ファクターは控えめの数字である。

(3) CDM プロジェクト活動がなかった場合と比べ、人為的 GHG 排出量がどのように削減されるかについての記述

ここでは、CDM 理事会が策定した「追加性の実証と評価のためのツール」を適用する。具体的には下記のとおりである。

ステップ0. プロジェクト活動の開始日を基とした暫定的スクリーニング

プロジェクト参加者は、プロジェクト活動を登録するよりも前にクレジット獲得期間を開始することを希望しておらず、従って検討は必要とされない。

ステップ1. 現行の法規に合致する、プロジェクト活動の代替案の特定

サブステップ 1a. プロジェクト活動に対する代替案の記述

本プロジェクトの代替案は以下の通りである。

- 1) 「ノーアクション」(No-option) オプション (既存の施設をこれまで通りに使用)
「ノーアクション」シナリオでは投資は行わないので、最も安いオプションである。ただし、ノーアクションでは通常、将来に機器の故障 (equipment failure) が生じるリスクが高まる。そうしたリスクは高くはないものの、リスクを嫌う産業界は一般的に次のオプションを選択する傾向が強い。すなわち

2) 自足」(Self-sufficiency) オプション (自足ために、既存の施設を拡張する)

「自足」シナリオでは、当該施設の電力供給システムの再構築は考えるが、電力を外部に対して供給することは考えない。このシナリオでは、既存の設備は解体せず、それを機器が故障した場合のバックアップとして使用する。このシナリオでは 15MW の発電機が対象となる。送電設備は建設しないので、電力を外部に向けて供給することはない。

サブステップ 1b. 該当法規の施行

バガスを電力供給に使用しなければならないと定めた法律は存在しない。本プロジェクト及び現行活動の継続のいずれもが現行の法規に合致したものである。

ステップ 2. 投資分析

サブステップ 2a. 適切な分析方法の決定

プロジェクト設計書の作成において、IRR の比較が現在まで最も一般的に採用されている方法であり、オプション II (投資比較分析)を実施する。

サブステップ 2c. 財政的指数の計算と比較

プロジェクト・シナリオ

下記の通り、CER なしの IRR は約 9.6% である。CER の価格が 12 reals / t-CO₂ に設定されていると仮定すると、20 年間にわたる IRR は 10.6% に高まり、10% の決定的バリアを超える。また、CER なしではプロジェクトは初年度に利益を計上することは期待できない。このように、CER は大きな相違を生じる。

代替シナリオ

代替シナリオでは電力の販売により利益を上げることは考えないので、投資指標の分析はできない。

サブステップ 2d. 感度分析

返済期間を 10 年間に設定すると、CER なしの IRR は約 2.7% に、CER のある IRR は約 4.4% となる。いずれのケースも高い数字ではなく、本プロジェクトがデベロッパーにとっていかに難しいものであるかがわかる。

ステップ 3. バリア分析

サブステップ 3a. 提案のプロジェクト活動の実施を拒むバリアの特定

バリアとしては、1)投資上のバリア、と2)技術上のバリア、のふたつがある。

1) 投資上のバリア

本プロジェクトの合計コストは 54 百万ヘアイスと推定される。この金額はユニアルゴ社の過去 9 年間における工場施設への合計投資額 (1995 年から 2003 年までの期間で 52 百万ヘアイス)よりも大きい。従って、本プロジェクトへの投資がいかに莫大な金額のものであるかが容易に理解できる。予定資本費 (全プロジェクト・コストの 30%、17 百万ヘアイス)は、今日までのどの年の投資額よりも大きい。

2) 技術上のバリア

「ノーアクション」オプションおよび「自足」オプションに対する技術上のバリアは、いずれのケースについても電力引渡しの契約義務を負うことになる外部への電力供給は行わないので、存在しないか、もしくは最低限のものである。「自足」シナリオのプロジェクト・リスクも、古い設備がバックアップとして機能し、新規設備の完成が遅れることがあってもアルコール・砂糖の生産は継続されるので、高いものではない。

結論として、本プロジェクトに関連する投資上および技術上のバリアは非常に大きなものだが、プロジェクトの代替案にはそのようなリスクは存在しない。

従ってステップ2より、提案のプロジェクト活動は収益性の高いものではなく、自立経営能力は CER によって大きく高められることがわかる。ステップ3からはまた、提案のプロジェクト活動は他の可能性あるシナリオに比較して相当に高いリスクを持つものであることが示される。

ステップ4. 一般的慣行についての分析

サブステップ4. 提案のプロジェクト活動に類似した他の活動の分析：

ブラジルでバガスにより実現可能な発電量は数千メガワットと考えられる。Atlas Energia Eeectrica do Brasil は、ブラジル全土におけるその実現可能電力量を 3,851 MW と計算している (2002年)。その内の 1,540 MW が実現されている。ただし、その内でグリッドに供給されているのはわずか 123 MW (約8%)である。従って、バガスによって発電された電力の外部への供給は例外的なものといえる。

その理由は次の通りである。

- ・ ブラジルでは水力が比較的豊富に存在することが、バガスを使って発電することに対するインセンティブを相殺している。水力は、一度多額の資本コストが償却されると運転経費はほとんどかからない (これは、ブラジルにおける大部分の大規模水力発電プロジェクトについて当てはまる)。

- ・ 電力の外部への供給は、電力の売買契約を交渉し、建設と運転に関連するリスクを確実に回避しなければならないという、高いビジネス・スキルを必要とする活動である。コア・ビジネス以外にはほとんど他の専門知識を持たないファミリー・ビジネスである砂糖・アルコール生産工場には、そうしたスキルはほとんど存在しない。

サブステップ4. 存在する類似したオプションについての考察

バガスにより生産された電力を外部に供給するパイオニア的活動は、CDM のインセンティブもあって少しずつ進んでいる。Vale do Rosario や Catanduva がその例である。しかし、こうしたプラントの占める位置は、上記した理由から、なかなか実現しない大きな可能性の中にあっては小さなものである。他にいくつかの CDM によらない施設が、ブラジルで 2001 年の日照りにより水力発電が影響を受けて発生した電力危機の後に建設されている。高騰した電力価格のために発電機に対する関心は高まったが、その後水力発電が回復したためにそれ以上の進展は見られなかった。

さらに、グリッドに電力を供給しているほとんどすべての施設は、グリッドの近くに位置している。それに対してユニアルゴ社の工場は送電線からはほど遠いサンパウロ州の西部地区にある。グリッドに電力を供給するためには、30 キロメートルにおよぶ 138 kV の送電線を建設しなければならない。これは他の同様プロジェクトとの比較において大きな相違点であり、これまでに本プロジェクトのようなプロジェクトは存在していない。

ステップ5. CDM 登録の影響

登録の影響は次の通りである。

- ・ 人為的温室効果ガスの排出量が削減される。
- ・ CER を売却することによって収入が確保される。

ユニアルゴ社の主製品は国内で消費される(含水および無水)アルコールであることから、上記の 2 番目の点は重要である。電力についても同じことが言える。ブラジルの通貨ヘアウ (Real) は価値変動が激しく、その価値は過去 5 年間に半分に切り下がった。一方、CER 収入額はその分高くなる。

CDM プロジェクトとしての登録は、ユニアルゴ社を「世界地図に載せる」ものであり、無水エタノールの自動車燃料への添加が論議されている日本のような外国顧客の注目を引く可能性がある。

以上、追加性の立証に関する標準ツールを用い、本プロジェクト活動は追加的 (additional) であると立証される。

(4)ベースライン方法に関連するプロジェクト境界をどのようにプロジェクト活動に適用したかの記述
AM0015 に関し、プロジェクト境界はプロジェクトのサイト(即ちユニアルコ社)である。ボイラおよび発電機における(運転開始用の)化石燃料の消費量を考慮する。

(5)ベースライン情報の詳細(ベースライン・スタディの作成日およびベースラインを設定した個人/主体名を含む)

〒100-8141

日本国東京都千代田区大手町 2-3-6

三菱総合研究所

シニアコンサルタント

山口 建一郎

2.3 プロジェクト実施によるGHG削減量(CO₂吸収量)及びリーケージ

(1)温室効果ガス排出量の算出

プロジェクトに起因する温室効果ガス排出量

下記のように推計する。

本プロジェクトでは、スタートアップ燃料として前シーズンから取っておいたバガスを使用する予定である。ただし、雨の影響等により水分が多すぎてバガスを使用できない時は、少量のディーゼルを使用することがある。かかる化石燃料の仕様はモニターされるが、プロジェクトからGHGが排出される。上述した通り、次の計算式を使用する。

$$EP_j = FF_i \times NCV_i \times COEF_i$$

EP_j はプロジェクトからの GHG 排出量、 FF_i 、 NCV_i および $COEF_i$ はそれぞれ、プロジェクト活動においてプロジェクト・サイトで t 年に使用される化石燃料 i の量 (リットル)、化石燃料 i のネットの熱量 (GJ /リットル)、および化石燃料 i の CO₂ 排出ファクター (t-CO₂ / TJ) である。最も可能性の高い燃料はディーゼルで、「*人為的 GHG 排出のブラジルにおける最初のインベントリー*」によると、ディーゼルの NCV_i は、42.96TJ/toe、 $COEF_i$ は 20.2 t-C/TJ もしくは 74.1 t-CO₂/TJ (この燃料に対する標準値) となっている。

スタートアップ等に使用する化石燃料の消費量は、熱量の点で、バガスの消費量に比較して極めて少ない。さらに、化石燃料の消費量は、化石燃料はバガスが使用できない時のみ使用するので、アプリアリには決めることができない。従って、本項において、プロジェクト活動についての排出源ごとの GHG 排出量はゼロと見なす。また、後述するように本プロジェクトのリーケージはゼロと見なすことが出来る。従って、ここでは本プロジェクトに起因する温室効果ガス排出量はゼロと見なすことが出来る。

ベースライン排出量

ベースライン GHG 排出量は、本プロジェクトで発電された電力により置換された電力の発電からの排出量である。

$$E_{blt} = EG_{yt} * CEF_{blt}$$

E_{blt} 、 EG_{yt} および CEF_{blt} はそれぞれ、 t 年におけるベースライン排出量、同年にプロジェクトからグリッドに供給される電力、およびグリッドのベースライン GHG (CO₂) 排出ファクターである。また BC_t と BC_{2004} はそれぞれ、 t 年におけるバガスの焼却量と基準となる 2003-4 年におけるバガスの焼却量である。上記の説明に基づき、 CEF_{blt} は常に 0.604 t-CO₂/MWh と想定する。

EG_y はモニターされるが、 $23.7 \text{ MW} * 4,400 \text{ 時} = 104,299 \text{ MW 時}$ と考えられる。従って、排出源ごとの人為的 GHG ベースラインの推定排出量は、次の通り計算される。

$$104,299 \text{ MW 時} * 0.604 \text{ t-CO}_2/\text{MW 時} = 62,997 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

温室効果ガス排出削減量

上記より、本プロジェクトによる温室効果ガス排出削減量は、下記のように算出可能である。

$$62,997 \text{ t-CO}_2/\text{年} - 0 = 62,997 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

(2)リーケージ

AM0015 の方法に基づき、リーケージはゼロと見なす。

- ・ 本プロジェクトに先立ってバガスを他の発電施設に売却したことはない。従って、本プロジェクトの存在が他の発電施設で使用するバガスを奪うことはない。
- ・ サトウキビは現在、アルコール生産の最初の工程として施設に運び込まれ、バガスは現場において焼却されており、輸送用トラックからの排出は本プロジェクトについても他のケースについても同一と考えられ、リーケージとはならない。

2.4 モニタリング計画

(1)プロジェクト活動からの排出量をモニターするために収集するデータ およびかかるデータの収集方法

下記のとおり

ID 番号	可変データ	データ・ソース	データの単位	実測(m)、 計算値(c)、 または 推定値(e)	記録頻度	モニターされる データの割合	データの取得方 法 (電子的/紙)	コメント
1.EGi	送電電力	電力購入者	MWh	m	毎時測定、毎月 記録	100%	電子的	クレジット取得期間 及其後の2年間
2. FFi,t	物理的量	プロジェクト活動の ためにプロジェクト サイトで使用した 化石燃料iの量	リッター / 年	m	年ごと	100%	電子的	クレジット取得期間 及其後の2年間
3. NCVi	熱発生 の インタ ルビ-	化石燃料 i のネッ トの 熱量	GJ / リッター	c	クレジット取得期間 の初めに1度	100%	電子的	クレジット取得期間 及其後の2年間
4. COEFi	CO2 の 排出係 数	化石燃料 i の CO2 排出ファクター	tCO2 / GJ	c	クレジット取得期間 の初めに1度	100%	電子的	クレジット取得期間 及其後の2年間

(2)モニターされたデータに関する品質管理 (QC)および品質保証 (QA)の実施

下記のとおり。

データ (表および ID 番号、即ち、例えば 3.-1 ; 3.2 を記載)	データの不確実性 (高 / 中 / 低)	これらのデータに対して計画された QA/QC 手順、または手順が不要の場合はその説明。
1	低	電力の売買書類により、電力販売量のダブルチェックが可能。
2	低	燃料の使用量は、施設の内部的管理システムにより記録、チェックが可能。
3, 4	低	ほとんどの化石燃料 (使用が想定されるディーゼルを含む) について信頼できる正確なデフォルト値が入手可能。

2.5 環境影響/その他の間接影響 (植林の場合、リスク調査結果も含む)

サンパウロ州では、暫定的環境影響評価 (Relatorio Ambiental Preliminar: RAP) が同州の法律 (RESOLUCAO SMA 42/94 DE 29-12-94) に基づいて実施される。森林関連法規に関連し、RAP のコピーを州の天然資源保護省 (DEPRN) 宛に送付し、承認を得る。更に、大気拡散の観点からプロジェクトの分析を行う Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) 宛にもコピーを送付する。この分析に基づき、更に詳細な環境影響評価 (EIA) を実施するか否かが決定される。本プロジェクトよりもずっと規模の大きな Vale do Rosario についての RAP が承認されていることから、本プロジェクトについての RAP はほとんど問題ないと考えられる。

本プロジェクト活動の環境への影響は、たとえあったとしても極めて僅かなものである。本プロジェクト活動はこれまでよりも多量のバガスを燃焼するものではなく、大気への排出はサンパウロ州の法律に従ったものである。従って、本プロジェクト活動が大気汚染を進めることはない。灰は、砂糖製造業会の慣習に従って肥料用にリサイクルされる。本プロジェクト活動は海岸線から約 400 キロメートル、最も近い国境 (パラグアイとの国境) から 500 キロメートル離れている。従って、境界を越えて影響の及ぶことは考えられない。

2.6 利害関係者のコメント

利害関係者のコメントについては、環境影響評価 (RAP) で勘案予定である。

3. 事業化に向けて

3.1 プロジェクトの実施体制 (国内・ホスト国・その他)

プロジェクトはユニアルコ社が中心となって実施する。

3.2 プロジェクト実施のための資金計画

プロジェクト所期費用は5,400万リアル(約21.6億円)である。うち30%を自己資金で、残りを銀行融資を想定している。融資先はブラジル開発銀行(BNDES)であり、金利は9%に上る。従って資金計画は容易ではない。

3.3 費用対効果

本プロジェクトで想定されるキャッシュフロー計算を行った。結果を以下に示す。

	IRR		DSCR
	10yr	20yr	
without CER	2.7%	9.6%	1.53
with CER	4.4%	10.6%	1.62

DSCR (Debt-Service Coverage Ratio) :年間元利返済額に対する年間収益率の割合

3.4 具体的な事業化に向けての見込み 課題

本プロジェクトの実施へ向けたユニアルコ社の意欲は高く、2005年2月の訪問時において、本プロジェクトのCDMとしての実施へ向けて共同で作業を行うことに関するMOUを締結した。

CDM化に際しては、下記の課題が存在し、これらの解決が必要となる。

(1)追加性と資金的課題

本プロジェクトは高度の追加性を有することは前述のとおりであるが、それはとりもなおさず本件の事業化に当たっての障壁を意味する。とりわけブラジルの金融機関が、開発銀行とは言え高金利であることは障壁となる。

(2)技術的課題

また上記障壁が存在するため、ボイラ蒸気圧42kgfというタイプを想定せざるを得ない状況であるが、これはVale do Rosario (62kgf)やインドで構想されている類似プロジェクト(Haidergarhプロジェクトでは70kgf)に比べると技術水準が低い(もっともこれらにしても、現在日本のメーカーが製造してい

る100kgf超という高圧ボイラに比べると技術水準が低い)。CDMプロジェクトは技術的に先進的であるべきかどうかについては議論の分かれるところであり、ブラジル政府及び現状のCDM理事会の動向を見る限り問題ないと考えられるが、技術的先進性の欠如を理由にレビューが請求されたプロジェクトもあり(ホンジュラス Cuyamapa水力発電)、動向のウォッチが必要であろう。

(3) CDM化へ向けた諸課題

ブラジル政府が近年定めた規則 (CDM案件提出マニュアル (Manual for Submitting a CDM Project to the Interministerial Commission on Global Climate Change) 添付資料参照)では、提出に必要な要件として下記を定めている。

1. PDD (英語、ポルトガル語)
2. Validation report (英語、ポルトガル語)
3. 利害関係者への招待状 (管轄自治体の象徴、州環境省、市町村環境省、ブラジル社会 環境NGOフォーラム、地域団体、検察 (public prosecution office))
4. 当該事業者によるコミットメント
5. 環境 労働関連諸法の遵守の証明
6. DOEに関する証明 (DOEはブラジルに拠点を持つ必要がある)

このうち3点目については今後の検討課題となろう。

4 .バリデーション/デターミネーション (本プロセスを行った場合)

4 . 1 Validation (デスクレビュー) の概要

本プロジェクトについては2005年1月中旬にPDDを作成し、DOEによる仮のバリデーション (デスクレビュー) を委託した。結果は以下のとおり。

(1)AM0015 への準拠

- AM0015 (バガス利用コージェネ) に照らしたプロジェクト境界及びモニタリングするパラメータ適用条件の記載が不十分
- 記載内容をバガス利用コージェネプロジェクトに不慣れな人でも十分に理解できるようにする (バガス燃焼の現状が非常に非効率であることを記載する等)
- 先進技術の導入について記載。

(2)プロジェクトの体制について記載すべき。

- プロジェクトの実施主体に記載すべき。
- 技術移転の体制について記載すべき。

(3)その他

- ブラジルの持続可能な開発指標に照らした記載を充実させるべき。
- モニタリングの品質保証について、計測機器の地点等詳細な記載を充実させるべき。
- バガスの生産量及び購入量 (もしあれば) について記載すべき。

4.2 対応策及び課題

下記のとおり

(1)AM0015 への準拠

1)プロジェクト境界

AM0015 はプロジェクトの地理的範囲 (spatial extent) を、プロジェクトサイト及びそれが属する送電網としており、その中で代替電源のマージンを求めるとしている。ブラジルでは電力が垂直分離しており、一事業者による送電網の全ての電源の原単位の把握は事実上不可能であるとして、本件では当初、Dispatch Data analysis に準拠した IEA のスタディにより代替電源の CO₂ 原単位を 0.604t-CO₂/MWh として固定することとした。これは本方法論の精神とはやや異なるが、理路整然としていても現実には実現不可能な PDD の起草を避けることを目的としたものである。

しかし DOE の意見では、プロジェクト期間中、事後 (ex post) ベースでベースラインは測定すべきとするものであった。しかし垂直分離したブラジルの電力系統ではデータの入手が非常に困難と予想されること、プロジェクト事業者 (ウニアルコ社) にこのような作業を要求するのは困難であることから可能な限り Ex ante (ベースライン CO₂ 原単位の事前設定) 手法を採用する方法を採択した。

ここで、AM0015 及び ACM0002 (再生可能エネルギーに関する統合方法論) に基づき Simple adjusted operating margin 手法が至近 3 年の平均を用いた ex ante 手法を認めていること、これに基づいた PDD が 2005 年 2 月に入り多く Validation されていることより、これになった。この手法の欠点は、低コスト/ マストラン電源が調整電源となる時間の比率 () が 1 年の半分以上となってしまうことであり、このため operating margin は IEA に基づく数値 0.719 t-CO₂/MWh の半分以下 (0.338 t-CO₂/MWh) となり build margin と併せた combined margin は 0.453t-CO₂/MWh となる。これに基づき期待温室効果ガス排出削減量は 104,299MWh × 0.453t-CO₂/MWh = 47,247t-CO₂/yr に減少する。

ここでバガス起源の発電プロジェクトは乾季に集中して発電を行うため、Simple adjusted operating margin 手法ではほぼ確実に温室効果ガス排出削減量を過小評価することになる。このような中、ブラジル訪問時に科学技術省のミゲス氏 (DNA) と協議、Dispatch data 分析に基づく系統電源のベースライン CO₂ 原単位策定作業を国家プロジェクトとして実施したい意向があることを伺った。従って、Simple adjusted operating margin 手法を基本とし、ブラジル政府による原単位が本プロジェクトに適用可能なことが第三者により立証された場合にこちらを選択するという方式を提案した。

2)平易な表現

これまでブラジルにおいてはバガスは資源ではなくむしろ廃棄物であり、年間数千万トンに達するバガスの処理が課題であったという現状がある。従ってバガスの燃焼は半ば意図的に非効率であったという経緯がある。このような状況であり、効率化による発電電力量の増加はバガスの外部購入を必要たらしめるものではない。このような特異な事情について明記する必要があるとされた。これについては今後努めることとする。

3)先進技術の導入

本プロジェクトで導入を意図しているボイラは蒸気圧 42 気圧、温度 420 であり、日本で開発 製造されているバイオマスボイラ (100 気圧、500 以上) 及びブラジルやインドで計画されている CDM プロジェクト (60 ~ 80 気圧) に及ばない。しかし、業界標準である 21 気圧、330 のものと比べると大幅な効率向上であり、かつ大規模な送電施設の建設を余儀なくされ、資金的に厳しいことから、CDM プロジェクトとしての追加性を立証する諸般の障壁は明確である。従ってこの点を強調したい。

(2)体制

現時点では附属書 国の参加者は未定であり、PDD には記載できない。将来実施予定の本格的な Validation に向けて検討する。具体的には Japan Greenhouse Gas Reduction Fund 等に諮ることとする。

(3)その他

ブラジル連邦政府決議 2003 年 9 月 11 日第 1 号 Annex III に記載されたブラジルの持続可能な開発指標 (環境持続性、労働条件及び雇用創出、所得配分、技術開発、他の分野との関係へ向けた貢献) の多くについて本プロジェクトが該当することは自明であり、PDD 内での記載で担保されていると考えていたが、さらに明確にする。

モニタリングの品質保証については検討する。電力については、売電側と購入側との誤差 $x\%$ 以内であれば購入側 (電力損失を担保) の数値を用い、誤差がそれ以上であればキャリブレーション等を行なう等の方法を検討する。バガスの生産量についてはデータを入手しており、記載できる。ユニアルコ社はバガスを移出しているものの購入はしておらず、今後も想定できないが、それについてはチェックを行い、按分する等記載する。

4.3 PDD の改定作業

上記の提言に基づき PDD の改定作業を実施した。上記の点以外にも、2005 年 2 月の現地訪問で明らかとなった環境影響評価の内容の記載等、随所に改訂を設けた。しかし、この事業計画書 (PDD) を実際に CDM 事業として実施するための PDD として完成させるためには、調査レベル C による CDM の動向等に関する追加調査及び試行が希望される。

添付資料 1 PDD (改訂版)

添付資料 2 バガス起源コージェネレーション方法論 (AM0015)

添付資料 3 ブラジル政府CDM規定

(Resolution # 1 of September 11, 2003

The Interministerial Commission on Global Climate Change, created by Decree of July 7, 1999, in the exercise of its powers under Article 3, paragraphs III and IV,)

添付資料 4 CDM案件提出マニュアル (Manual for Submitting a CDM Project to the Interministerial Commission on Global Climate Change)