

温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査
インドにおける廃糖蜜等からのエタノール燃料
の製造に関する調査
報 告 書

平成 15 年 2 月

新日鉱テクノリサーチ株式会社

目 次

概要

本文

1 調査概要

1.1 目的	1
1.2 調査の背景	2
1.3 プロジェクトの立案	3
1.4 事前調査	3
1.5 現地調査	4

2 現地調査

2.1 実施国の温室効果ガス排出量、地球温暖化対策に係る施策・方針等	5
2.1.1 インドの温室効果ガス排出量	5
2.1.2 インドにおける気候変動の影響	6
2.1.3 インドの CDM の方針と政策	7
2.2 プロジェクト対象地域の地理・社会・経済・文化的背景	12
2.2.1 地理	13
2.2.2 気象条件	14
2.2.3 政治状況	16
2.2.4 経済状況	18
2.2.5 社会状況	23
2.2.6 エネルギー状況	25
2.3 プロジェクト立案等に必要となる基礎的なデータ収集	35
2.3.1 砂糖キビ栽培	35
2.4 プロジェクトへの現地ニーズの有無	44
2.5 プロジェクト実施等における現地の協力体制	44
2.5.1 プロジェクトへの関心度	44
2.5.2 プロジェクトへの積極度等	45
2.6 プロジェクト実施等に当たっての諸条件、問題点、その他必要と思われる事項	49

3 プロジェクト実施計画の立案

3.1 対象技術分野	50
3.2 対象となる温室効果ガスの種類	50

3.3 具体的な実施内容	50
3.3.1 ワラナ協同組合の概要	51
3.3.2 ワラナ砂糖工場の概要	52
3.3.3 無水エタノール製造設備のプロセス概要	61
3.3.4 ワラナ砂糖工場での無水エタノールの生産	66
3.4 実施スケジュール	76
3.5 日本側が協力できる範囲（提供すべき業務の範囲）	77
3.6 カウンターパートとの協力体制等、現地における実施体制	78
3.7 実施にあたっての資金計画	79
3.7.1 予算額	79
3.7.2 資金調達方法等	80
3.8 プロジェクトの維持に必要な管理等の方策及びそれに係る資金計画	81
3.9 プロジェクトの効果をモニタリングする方法	82
3.9.1 モニタリング項目の設定	82
3.9.2 データ収集の手法等	82
3.10 プロジェクトの実施にあたって必要とされる要件や問題点の整理、 その解決方法等	83
4 プロジェクトの評価	
4.1 対象となる温室効果ガスの排出削減・吸収量	84
4.1.1 技術的根拠	84
4.1.2 算定基礎となるベースライン	84
4.1.3 削減・吸収量	85
4.1.4 発生期間	85
4.1.5 累積量	85
4.1.6 効果の具体的な確認方法	85
4.2 プロジェクト実施及びクレジット獲得に関する費用対効果	86
4.2.1 温室効果ガスの排出削減・吸収効果	86
4.2.2 投資コスト回収	86
4.2.3 その他の経済効果等	92
4.3 CDM・J Iプロジェクトとしての実現可能性や持続可能性	92
4.4 プロジェクト対象地域外でのプロジェクトの普及効果	92
4.5 プロジェクト実施に伴って生じる間接影響	94
4.5.1 環境面における影響	94
4.5.2 経済面における影響	94
4.5.3 社会・文化面における影響等	94

結び

参考資料リスト

添付資料

- 1 専門家ヒアリング結果
- 2 国内砂糖工場の調査概要
- 3 国内アルコール工場の調査概要

はじめに

本報告書は、財団法人地球環境センター（G E F）から弊社が平成 14 年度事業として請負った温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査「インドにおける廃糖蜜等からのエタノール燃料の製造に関する調査」の成果を取りまとめたものである。

1997 年 12 月京都において気候変動に関する国際連合枠組み条約第 3 回締約国会議（COP3）が開催され、二酸化炭素を含めた温室効果ガスによる地球温暖化防止のため、日本は 2008 年から 2012 年の平均排出量を 1990 年レベルより 6%削減する（先進国全体で 5%削減）という目標が「京都議定書」として採択された。

京都議定書では、目標達成の柔軟性措置として、先進国・途上国間の「クリーン開発メカニズム（C D M）」、先進国間の「共同実施（J I）」等の京都メカニズムを活用することが盛り込まれている。

本調査は、C D M、J I として効果の高いプロジェクトを発掘するとともに、C D M、J I の仕組みに対する国内・国際ルールづくりに必要な知見、炭素クレジット獲得のための手法などを蓄積することを目的に、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について、フィージビリティ調査を実施するものである。

今回の調査は、世界有数の砂糖生産国であるインドにおいて、砂糖キビの生産工程から得られるモラセス（廃糖蜜）やバガス（砂糖キビの絞り粕）を原料としてバイオ技術によりエタノールを生成し、これをガソリンに添加することで、自動車燃料であるガソホール（G a s o h o l）を製造する。ガソリンの一部を再生可能エネルギーであるガソホールに代替することによる二酸化炭素削減効果について検証を行うものである。

近年、インドでは人口の増加と工業の発展によりガソリンを始めとする石油製品の需要の伸びが著しい。インドは以前自国で生産される石油でほぼ石油製品の需要を賄うことができたが、現在では自国の石油生産がやっと 30%を賄う程度に低下し、70%を中近東の諸国からの輸入に依存している。

また、インドは農村の人口が全体の 2 / 3 を占め、農業の依存度が大きいため、種々の保護政策を行っている。特に砂糖キビの生産は、市場の変動が大きいため、安定的に需要が見込めるエタノール燃料の生産は農村の振興策として期待されている。

本調査はインドのマハラシュトラ州コルハプール市のワラナ砂糖工場における調査によりエタノール燃料生産の可能性について調査したものである。

平成 15 年 2 月

新日鉱テクノロジー株式会社

1. 調査概要

1.1 目的

インドやブラジル等の熱帯・亜熱帯地域では植物育成が早く、資源となるバイオマスの生産に適している。ブラジルでは過去の石油危機時代を背景に、代替エネルギーとしてバイオマスを原料としたエタノール燃料を導入した例があり、現在でもガソリンの代替燃料としてエタノール燃料を生産している。近年、再生可能エネルギーであるバイオマスエネルギーはCO₂発生量を抑制する効果があること、また廃棄物をバイオマス技術によって有効利用できることから、地球温暖化対策の重要課題の一つとしてクローズアップされるようになった。わが国では第2次石油危機以降、ユウカリの木の栽培やエタノールの生産等の熱帯・亜熱帯地域における海外立地を基盤としたバイオマス燃料に着目した調査や検討が実施された経緯がある。

また、自動車からの排ガスによる大気汚染改善効果が期待できる含酸素燃料(MTBE 等)の代替として、各国でバイオマス由来のエタノールが注目されるようになっている。

インド政府はガソリン需要の増加と都市部での環境問題の深刻化から、ガソリンにエタノールを混合したガソホールを使用する政策を発表した。各砂糖工場もこの動きに注目し、ガソホールの生産を検討している。現在の技術では国の補助を受けないとエタノールを商業ベースで生産することはコスト的に難しいとされ、CDM による炭素クレジットの導入や環境問題、エネルギー政策、雇用対策等の問題解決の一環として実施することが期待されている。

本調査はインドにおけるガソホール生産について、商業ベースで生産するために必要な脱水工程への新技術の導入やバガス等代替燃料の利用による省エネ・コスト削減、温室効果ガスの削減効果について検討し、CDM プロジェクトとしての実施可能性について調査したものである。

1.2 調査の背景

インドは人口の増加が著しい。また、IT産業を始めとする先端産業が急速な発展を遂げている。しかし、国内のインフラ整備が遅れ、物資の輸送は主に自動車やトラックに頼っているため、軽油やガソリン等の石油製品の需要が大きく伸びている。インドは石油を産出し、第1位のボンベイ・ハイ油田（ボンベイ沖合、74年発見）第2位ヘーラ油田（ボンベイ沖合、77年発見）第3位ガンダハル油田（西部油田地域、84年発見）第4位ネーラム油田（ボンベイ沖合、87年発見）第5位ラワ油田（南方油田地域、87年発見）第6位ラクワラクフマニ油田（東部油田地域、64年発見）があるが、全体として主要油田の油量が減少傾向にある。このため、需要の約70%は中東等からの輸入に依存している。経済の急速な発展に伴いガソリン消費量も急速な増加を示しているが、自国の石油の生産量が頭打ちとなり、今後、ますます中東への石油の輸入依存度が高まるものと予測される。

インドは北部山岳部を除いて年中高温の日が続き、肥沃な土地により農作物の耕作が盛んである。特に砂糖キビの栽培はインドの気候に適し、インドの南部から北部まで広く栽培されている。また、広大な農業に適した未利用地が残っており、砂糖キビを基礎農産物とする産業の発展の余地が大きい。しかし、砂糖は市場価格の変動が激しく、各国とも保護政策を行っていることから国内需要を賄う程度に生産調整が行われている。

また、砂糖キビから得られる砂糖の搾りかすであるバガスや砂糖の生産工程で副生するモラセスの一部は燃料や家畜の飼料、エタノールの原料として利用されているが、十分に有効利用されていない現状から、エネルギー政策、農村の振興、環境問題等の解決策としてガソホール政策が期待されている。

1.3 プロジェクトの立案

(1)対象地域

インドにおいてエタノール工場を設置する対象地域は砂糖の主な生産地域である、西部のマハラシュトラ州とする。具体的にはコルハプール市内にあるワラナ砂糖工場にエタノールの発酵設備と脱水設備を設置し、得られたエタノールを最寄りのガソリンの油槽所に持ち込みガソリン基材と混合してガソホールを生産するものとする。

(2)エタノールの生産

エタノールを生産するための原料は、ケース 1 として砂糖の生産工程で副生されるモラセスを原料とする場合、ケース 2 として砂糖の生産で燃料として使用し、余剰となったバガスとモラセスを原料とする場合について検討を行った。

1.4 事前調査

事前調査として、平成 12 年度に実施した環境省の「ベトナムにおける砂糖キビからのエタノール含有ガソリンの製造に関する調査」、平成 13 年度に実施した日本プラント協会の「タイにおけるキャッサバの栽培によるガソホール導入」の検討例、新燃料技術開発研究組合の「バイオマスエタノールの生産技術及びコスト」等バイオ技術によるエタノールの生産について文献調査を実施するとともに、専門家ヒアリング、日本国内の砂糖生産地である奄美大島の砂糖工場、出水のアルコール工場を訪問して、本調査の参考にした。

(添付資料参照)

1.5 現地調査

インドの現地調査の概要は以下のとおり。

(1)日程：7月30日～8月5日

(2)調査項目：

- ・インドの政治・経済・社会・エネルギー状況把握
- ・インドの CDM，省エネの方針・政策
- ・対象地域・サイトの把握
- ・実施サイトの設備データ・用役、原料及び副産物のデータ収集

(3)訪問先及び対応者：

1) ヒンドスタン石油：

対応者：S.V.Kenkre Chief Manager Supply, Operation & Distribution Dept.

Lawood R. Gavkar Manager Operation & Facilities

調査内容：ヒンドスタン石油はムンバイ市（旧ボンベイ市）近郊に製油所を有し、ガソホールの試験生産販売を行っている。燃料用アルコールは既存の製糖会社から購入し、自社の油槽所で混合しガソホールを試験生産している。マハラシュトラ州の油槽所で試験生産しており、1箇所はコルハプール市近郊にある。エタノールの混合割合は5%程度で、まだブラジル等で実施している20%混合率には程遠い。現在、政府の各種税制優遇、推進活動があるため実施しているが、商業ベースでの実施はまだ難しい。

2) ワラナ協同組合：

対応者：Rajesh Kaley Business Co-ordinator

N.H.Patif Technical Director

調査内容：ワラナ協同組合は Korey 氏が約 1957 年に設立した農業関連の協同組合である。当初は砂糖工場から始め、次第に果樹ジュース工場、紙パルプ工場、スーパーマーケット、銀行まで一括経営するマハラシュトラ州でもトップクラスの協同組合である。この組合は昨今の砂糖産業の規制撤廃、生産過剰による価格の低下、政府のガソホール計画の推進等から燃料用エタノールの生産に興味を持ち、熱心にエタノール工場の建設の検討を行っている。

2 現地調査結果

2.1 実施国の温室効果ガス排出量、地球温暖化対策に係る施策・方針等

2.1.1 インドの温室効果ガス排出量

インドの温室効果ガス排出量は世界のトップ 10 の中に入るが、人口当たりの排出量は少なく、世界の平均の 6 分の 1 である。(アジア開発銀行 1994)

表 2.1-1 インドの温室効果ガス排出目録 (1990)

単位: Gg

温室効果ガスの 排出・吸収源	C O ₂ 排出	C O ₂ 吸収	C H ₄	N ₂ O	C O ₂ 当量 (CO ₂ +CH ₄ +N ₂ O)
1.エネルギー	508,600		2,535	11	565,245
燃料の燃焼	508,600		1,579	11	545,169
燃料の排出			956		20,076
2.工業プロセス	24,200			1	24,510
3.溶剤等					
4.農業			12,654	243	341,064
腸の発酵			7,563		158,823
肥料の管理			905		19,005
米の収穫			4,070		85,470
農場の土				240	74,400
野焼き			116	3	3,366
5.土地改変と森	52,385	-50,900			1,485
森林等へ変化		-6,171			-6,171
森林等の改変	52,385				52,385
管理地の廃棄		-44,729			-44,729
6.廃棄物			3,288		69,048
固体廃棄物			334		7,014
廃水			49		1,029
工業廃水			2,905		61,005
合計排出量	585,185	-50,900	18,477	255	1,001,352

出典: ADB (Asian Development Bank) 1998

インドの温室効果ガス排出目録は IPCC で使われる、ALGAS (Asia Least-Cost Greenhouse Gas Abatement Strategy) プロジェクトの一環として NPL (National Physical Laboratory) により作成された。インドの温室効果ガス排出目録 (1990) を表 2.1-1 に示した。

インドの温室効果ガスの総排出量は CO_2 当量で 1,001,352Gg で地球全体の 3% に相当する。1990 年の人口 1 人当たりの CO_2 当量排出量は 1,194kg 又は炭素 325kg であった。これに対し日本は炭素 2,400kg、米国は 5,400kg である。

2.1.2 インドにおける気候変動の影響

発展途上国にとって気候変動による影響は、急激な都市化、工業化、経済発展が加わり、環境に対して生態的、社会経済的にストレスを受けやすい。特に、インドのように 6,500km の海岸線に人口が集中し、経済が天然資源に密接に関係している国では、気候変動の影響を大きく受けやすいと考えられている。

Lonergan S(1998)によれば、 CO_2 濃度が 2 倍になると気温が 2.33 ~ 4.78 上昇し、しばしば大雨が降ると予測している。(IPCC 1998)

(1) 農業への影響

農業はインドの経済にとって全 GDP の約 30% を占める重要な経済活動である。その上、インドの全労働人口の 68% が農業に携わり、また、輸出額の 21% (工業省 1997 年) を農産物が占めている。農地の 65% (TERI 1999 年) は降雨に水源を頼っており、インドの農業は基本的に天候依存型である。

インドの経済は農業に多くを依存しており、天候の変化に非常に敏感であることから、気候変動の影響は農業に過大な影響をもたらす。気候変動の直接的な影響は、気温の上昇、降雨量の変動、炭酸ガス濃度の上昇などである。これらの要因により間接影響として、土壌の変化、害虫、病気、雑草による被害がある。

いくつかの研究結果によると、気候変動により米と小麦の生産量は減少すると予測されている。Seshu D V and Cady FB(1984)によると、最低気温が 18 から 19 に上昇すると米の収穫量が 0.71 トン / ha 減少し、気温が 22 から 23 に上昇すると米の収穫量は 0.41 トン / ha 減少すると予測している。

(2) 森林の影響

森林は生態系に対して大きな役割を果たすとともに、インドの経済に対して大きく寄与している。1996 ~ 1997 年において林業は GDP の 1% の経済効果と 5500 万人の就業人口を賄っている。

(3)海岸地域の影響

インドは低地の人口の密集する海岸線が 6,500km あり、UNEP (1989) は 27 カ国の中でインドが海面上昇により最も被害を受けやすい国であると指摘している。海岸地域の殆どが水害や塩害の影響を受けやすい水田や農業に適した肥沃な土地である。1999 年のオリッサ (Orissa) を襲った熱帯サイクロンは約 1 万人の死者を出し、気候の変化が甚大な影響のあることを証明した。

Orissa と West Bengal のケーススタディーの結果(IPCC1992)では、もし何の対策をしなければ、1mの海面上昇により 1,700km²の肥沃な農地が失われ、5,763 km²の地域が影響を受け、710 万人に危険が生じる。各州ごとの影響を表 2.1-2 に示した。海面の上昇は、土地の消失だけではなく、地域の経済活動にも影響を及ぼす。

表 2.1-2 1mの海面上昇による海岸地域と人口の影響

海岸地域の面積 (百万ヘクタール)				人口 (百万人)		
州	合計	浸水	%	合計	影響	%
Andhra Pradesh	27.504	0.055	0.19	66.36	0.617	0.93
Goa	0.37	0.016	4.34	1.17	0.085	7.25
Gujarat	19.602	0.181	0.92	41.17	0.441	1.07
Karnataka	19.179	0.029	0.15	44.81	0.25	0.56
Kerala	3.886	0.012	0.3	29.08	0.454	1.56
Maharashtra	30.771	0.041	0.13	78.75	1.376	1.75
Orissa	15.571	0.048	0.31	31.51	0.555	1.76
Tamil Nadu	13.006	0.067	0.52	55.64	1.621	2.91
West Benbal	8.875	0.122	1.38	67.98	1.6	2.35

連邦直轄地	合計	浸水	%	合計	影響	%
Andaman and Nicobar Islands	0.825	0.006	0.72	0	0	0
India	139.594	0.571	0.41	416.74	7.1	1.68

出典：JNU (Jawaharlal Nehru University) 1993

2.1.3 インドの CDM の方針と政策

(1)気候変動の方針

インド政府は 1993 年 UNFCCC (United Nations Convention on Climate Change) に署名し批准した。MOEF (Ministry of Environment and Forest) はインドにおける環境

関連の活動の中核となる官庁で、気候変動に関する方針の調整役も行っている。

気候変動に関するインド政府の方針は3つの幅広い原則に基づいている。

- 1．GHG (Green House Gas) の排出削減の根本の責任は先進国にある。従って、気候変動に向けた活動により明らかに成果を示すことが必要である。
- 2．発展途上国にとって発展は一番重要なことである。
- 3．先進国は都合の良い時期に資源と技術を発展途上国に移転し、発展途上国が適切な発展の道に進めるよう助成すべきである。

(2)インド政府の CDM に対する見通し

インドの CDM に対する基本的な考えは以下のとおりである。

- 1) CDM は本来、国内の排出削減努力の補完とすべきであり、京都メカニズムを柔軟に使用することには上限を設けるべきである。
- 2) Sink(森林の吸収)は CDM に含めるべきでない。
- 3) CDM プロジェクトの基準について
 - a) ホスト国は国際的に持続可能な発展を基準として判断すべきである。
 - b) プロジェクト活動を通じてが技術移転が促進されるべきである。
 - c) 得られる効果は CDM プロジェクト全体を総合して求めるべきである。
 - d) ベースラインはプロジェクト毎に定義すべきである。
 - e) プロジェクトの資金は ODA (Official Development Assistance)、GEF(Global Environment Facilities)、その他発展途上国に対する資金援助計画とは別に、追加されるべきである。
- 4) 認証されたプロジェクト活動から得られる収入の配分は先進国が国内で GHG 削減プロジェクトを実施した場合と発展途上の国内で GHG 削減プロジェクトを実施した場合のコストの差を契約によって決めた割合で配分すべきである。
- 5) CERs (Certified Emission Reductions) と資金の分担期間と条件は先進国と発展途上国の間で取り決めるべきである。
- 6) 排出削減の認証の運営方法は COP / MOP(Conference of Parties to the Convention serving as the meeting of parties to the Protocol)によって指定されるべきである。
- 7) CDM のためのモニタリング、認証及び報告に関する国際的なシステムが確立されるべきである。

AIJ (Activities Implemented Jointly) について検討した結果、インド政府は MOEF の中に AIJ ワーキンググループを設置し、AIJ プロジェクトを実施するためのガイドラインを策定した。CDM については京都議定書でメカニズムが明らかにならなかったため、条件の見直しを行っている。政府は京都議定書のメカニズムについて国の見解をまとめるために専門家グループを組織した。政府は 2012 年までに再生可能エネルギーを新たな発電容量の 10%まで増やすこととしている。

ALGAS (Asia Least Cost Greenhouse Gas Abatement Strategy) は表 2.1-3 のエネルギーの効率化と表 2.1-4 の再生可能エネルギーのリストを以下の 3 つの基準に基づき選定した。

- 1) 国の開発の優先順位に基づいている
- 2) エネルギーの消費量が比較多い
- 3) GHG 削減効果が比較的大きい

表 2.1-3 エネルギーの効率化

発電部門	工業部門	民生部門
コンバインドサイクル IGCC ISTIG PFBC 微粉炭超臨界ボイラー コジェネ アモルファスコア変圧器	ディーゼルコジェネ 鉄と鉄鋼 ：超高压アーク炉 連続鋳造、直接還元 紙 ：連続蒸解 セメント ：ドライキルン、 ドライ予熱キルン 苛性ソーダ ：膜プロセス 廃熱回収 高効率バーナ（低空気比） ヒートポンプ	高効率冷蔵庫 高効率エアコン 高効率照明

出典：Tata Energy Research Institute, January 2001

表 2.1-4 再生可能エネルギー

発 電	民生部門	農業部門
バイオマス火力発電 太陽電池発電 太陽熱発電 風力農場 小水力発電	改善バイオマス 料理 バイオバスプラント 太陽調理器 ソーラ家庭用システム ソーラ照明	ソーラポンプ 風力ポンプ バイオマスガス化

出典：Tata Energy Research Institute, January 2001

CII (Confederation of India Industry) が他部門との関連による省エネの可能性について見積った結果を表 2.1-5 に示した。

表 2.1-5 他部門の活動による省エネ効果

プロジェクト	他部門の活動	効果(発電)	投資額	省エネ効果	GHG 効果
選炭	灰分 40→30%	5,000 ~ 6,000MW	18 億 US \$	5,500 Btu/kg 石炭	1,100 万 t/年
燃料転換	石炭→LNG	38,000MW	31	0.15kgC/kWh	400
従来型の 効率化	熱効率 1.5%	6,500MW	1.5		400
集中ガス化 コバ インド サイクル	IGCC 技術の採用	10,000MW	100	2,000 Btu/kWh	500
再生可能	風力、ソーラ、 バイオマス、 小水力	35,000MW	250	0.35kgC/kWh	6,000

出典：CII (2000)

インド政府によって認可された AIJ(Activities Implemented Jointly)プロジェクトは表 2.1-6 に示した。

表 2.1-6 インド政府に認可された AIJ(Activities Implemented Jointly)プロジェクト

プロジェクト名	インド側の実施者	海外の資金
直接還元製鉄	M/S Essar, Gujarat	日本
集中農業	Andhra Pradesh 州 電力委員会	世界銀行
DESI 電力のバイオガス化	DESI 電力開発	オランダ
乾燥地帯の森林化	ADAT,Bagepalli,Karnataka	米国
廃ガス・廃水のエネルギー回収	IPCL	日本
ハイブリッド再生可能エネルギー		オーストラリア
尿素塊で腸内発酵によるメタン排出の削減		カナダ

出典：Tata Tnergy Research Institute, January 2001

表 2.1-6 の内、直接還元製鉄は技術移転に関する問題で結論が出ていない。メタンの排出削減のプロジェクトは認可未了である。

(3) CDM プロジェクトの機会

投資家は以下の基準を満たす CDM プロジェクトを指向する。

- 1) 政府の認可が得やすい
- 2) コストが安い
- 3) GHG の削減効果が大きい

以下のプロジェクトがインドにおける CDM として提案されている。

発電関係

- 1) IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) を使った石炭発電プラント
- 2) PFBC (Pulverized Fluidized Bed Combustion) を使った石炭発電プラント
- 3) 発電プラントの改修と近代化

再生可能エネルギー関係

- 1) 風力ベース発電
- 2) 発電用ソーラ熱エネルギー
- 3) 農業の風力ポンプ

工業の効率化

- 1) 鉄鋼業の直接還元プロセス
- 2) パルプ・製紙工業の連続パルプ蒸解
- 3) 需要側の管理：効率モーター

2.2 プロジェクト対象地域の地理・社会・経済・文化的背景

(1)一般事項

国名 : インド (India)
面積 : 3,287,263km² (印側資料 : パキスタン、中国との係争地を含む)
人口 : 10 億 2,702 万人 (2001 年国勢調査) 人口増加率 : 2.0% (90 年 ~ 98 年平均)
首都 : デリー (Delhi)
人種 : インド・アーリア族、ドラビダ族、モンゴロイド族等
言語 : 連邦公用語はヒンドゥー語、他に憲法で公認されている州の言語が 17
宗教 : ヒンドゥー教徒 (82.7%)、イスラム教徒 (11.2%)、キリスト教徒 (2.6%)
シーク教徒 (1.9%)、仏教徒 (0.7%)、ジャイナ教徒 (0.5%)
識字率 : 65.4% (2001 年国勢調査)
略史 : 1947 年イギリス領より独立
1950 年インド憲法施行
独立運動の中心となったインド国民会議派が、インド独立後にはインドの議会制民主主義の主要な担い手となり、長期に亘り政権を担当

(2)政治体制・内政

政体 : 共和制
元首 : アブドル・カラム大統領 (平成 14 年 7 月就任)
議会 : 二院制 (上院 245 議席、下院 545 議席)
政府 : 首相 アタル・ビハリ・バジパイ

(3)経済

GDP : 4,418 億米ドル (99 年世銀アトラス 2001)
一人あたり GNP : 444 米ドル (99 年世銀アトラス 2001)
経済成長率 : 4.4% (2000 年政府資料)
物価上昇率 : 3.8% (2000 年政府資料)
失業率 : —
貿易額 : 輸出 445.6 億ドル、輸入 505.4 億ドル (2000 年政府資料)
主要貿易品目 : 輸出品 (宝石、衣類、海産物) 輸入品 (原油、石油製品、宝石類)
貿易相手国 : 輸出 (米国、香港、UAE) 輸入 (米国、英国、ベルギー)

(出典 : 外務省ホームページ 各国情勢)

2.2.1 地理

インドはインド亜大陸と呼ばれるほど広大な国土を有し、北部はヒマラヤ山脈を境として、その南方に広大なデカン高原が広がっている。南部は赤道に近く熱帯地域となっている。北西部はパキスタンと接し、年中降雨量の少ない砂漠地帯が、東部はバングラデシュを囲む様に位置し、世界有数の多雨地帯である。北部から東部ベンガル湾に向けてガンジス川が流れている。また、西部はアラビア海に沿って西ガート山脈が、東部はベンガル湾沿いに東ガート山脈が連なっている。



図 2.2-1 インド全体図

出典：日印技術ネットワークホームページ

2.2.2 気象条件

インドは 50 を越える猛暑の地域から冬場には朝晩 10 以下の寒い地域も有り、一概に猛暑の国とは言い切れない。インドの気候は大きく分けて乾季、暑季、雨季に分けられる。雨季は大体 6 月から 9 月で、ある時間帯にまとまった雨が降る場合が多い。この時期アラビア海の湿った空気を季節風がインドに運び込み、インドの国土の大部分が雨季となる。乾季は 11 月から 2 月で、北部山岳地帯は零 以下の寒季となり、南部でも多少涼しくなる。暑季は 3 月末から雨季に入る 6 月までの 2 ヶ月間で、年間で一番気温の高い時期となる。

デリー及びデリー周辺の気候：12 月から 3 月が比較的過ごし易い季節で、12 月、1 月の最も寒い時期でも朝晩 5 から 7 程度である。3 月を過ぎた頃から急激に気温が上昇し、6 月が最も暑く日中は 40 を越え、夜でも 30 を越える。

北部の気候：インド北部のカシミール地方やヒマラヤ地方は夏涼しく、イギリス統治時代は上流階級の避暑地となっていた。しかし、冬は寒さが厳しく、雪で閉ざされてしまう地方も有る。

北西部の気候：インド西部ラジャスタン州は殆ど雨の降らない砂漠地帯で、雨季も雨が少ないが気温が若干低下し比較的過ごし易い季節となる。

西部の気候：グジャラート州を中心とする地域はモンスーンの影響を受け雨季に特に雨の多い地域である。

東部の気候：ガンジス川流域を中心とした地域は雨季も比較的雨量が少ない。暑季の 4 月から 5 月は比較的湿気が多く、蒸し暑い。冬季の気温は 20 代で過ごし易い。

南部の気候：西海岸に面した南部の地域は年間を通じて気温差が少なく、30 程度で推移する。しかし、モンスーンの影響を受け 5 月から 11 月まで雨が多い。バンガロールを中心とした中央部では 30 を越えるのは 4 月から 5 月で、年間を通じて過ごし易い。9 月から 11 月にかけて雨季となるが、雨量は比較的少ない。東部のベンガル湾に面した地域は、4 月から 6 月に気温が 40 近くまで上昇し、湿度も高い。雨季は 10 月から 12 月で気温は 30 以下に下り過ごし易い。

代表的な都市の降雨量と平均気温の範囲を表 2.2-1 に示した。

表 2.2-1 代表的な都市の年間の気象

都 市 名	降 雨 量 mm	平均気温の範囲 ()	
		最低	最高
バンガロール	750	14.5	34.7
ボンベイ	877	19.8	33.2
カルカッタ	2,167	14.2	34.5
ダージリン	2,783	1.7	21.6
ハイデラバード	1,596	15.0	38.8
マドラス	1,058	19.8	36.1
ニューデリー	911	8.3	39.9
パटना	1,011	9.4	36.4
ポートブレイア	2,257	22.1	31.9
シロング	2,427	7.1	24.2
シムラ	1,767	4.0	25.3
スリナガル	1,239	-1.7	30.8

出典：計画省、統計部門、統計センター、統計ポケットブック（1991）

2.2.3 政治状況

1) 略史

1600 年にイギリスが東インド会社を設立以来、インドはイギリスの影響を多く受けてきた。1947 年にインド・パキスタンが分離独立した。1950 年にインド憲法が発布し、共和国が成立した。独立以降、民主的な政権交代が継続している。1971 年には第 3 次インド・パキスタンの戦争が発生し、バングラデシュが独立した。

2) 政治動向

インドは 1970 年代から旧ソ連との関係を深めたが、冷戦の終結以降、経済関係を中心に米国をはじめ西側諸国との関係を強化し、ASEAN・APEC への接近を図るなどの外交活動を活発化させている。1962 年の国境紛争以降冷却化していた中国との関係も 80 年代に後半から好転した。1998 年の核実験により一時関係が冷却化したが、外相及び大統領の訪中以降関係が修復しつつある。ASEAN との関係では 1996 年から ASEAN 拡大外相会議に参加し、関係を強めている。米国との関係は、2000 年にクリントン大統領及びバジパイ首相が相互訪問し、関係を深めている。対ロシア関係は旧ソ連の軍事同盟から貿易関係を含めた多角的な関係の構築を進めている。

カシミール問題を巡って対立しているパキスタンとの関係は 1999 年の両首脳によるラポール会談により沈静化の動きもあったが、武装勢力が管理ラインを越えインド側に侵入を繰り返し、現在も軍事的緊張が続いている。

3) インドの国家組織

(a)政治体制

政治は連邦共和制で、議会は二院制（上院 245 議席、下院 545 議席）をとっている。元首は大統領で平成 14 年 7 月 15 日に投票が実施され、K・R・ナラヤナン氏から、アブドル・カラム氏に大統領が交代した。アブドル・カラム大統領はミサイルの父と呼ばれるイスラム教徒の科学者である。首相は大統領が任命するが、実際の権限は首相が上位にあり、大統領は主に国内統一の象徴的役割を担う。現在の首相はアタル・ビハリ・バジパイである。

(b)行政体制

現在インドには 28 の州と 7 つの中央政府直轄領がある。直轄領は中央政府の管理下に置かれている地域で、行政的には州と同格に扱われる。州にはそれぞれ議会と首相・大臣があり、日本の都道府県と比べはるかに強い政治的な独立性を保っている。

表 2.2-2 インドの行政組織概要

首 相 府			
農業省	財務省	法務省	地方開発省
民間航空省	健康家族福祉省	鉱業省	科学技術省
石炭省	重工業・公社省	非従来型エネルギー	中小企業省
通商・産業省	家庭省	資源省	社会正義権利省
通信省	文化・青年・	議会省	鉄鋼省
消費者・配布省	体育省	人事・紛争・年金省	運輸省
防衛省	人材開発省	石油・天然ガス省	繊維省
環境・森林省	情報・放送省	計画・実施省	観光省
外務省	情報技術省	電力省	部族省
都市開発省	労働省	鉄道省	

出典：インド大使館ホームページ

(c)要人往来（抜粋）

（往 1984 年以降）	1984 年	中曽根総理大臣、安部外相
	1990 年	海部総理大臣、橋本大蔵大臣
	1998 年 11 月	渡辺衆議院副議長
	2000 年 5 月	深谷通産大臣
	2000 年 8 月	森総理大臣
（来 1982 年以降）	1982 年	インデラ・ガンジー首相、ラオ外相
	1985, 7, 8 年	ラジーブ・ガンジー首相
	1989 年	ベンカタラマン大統領、ラオ首相
	1995 年	ナラヤナン副大統領、ムカルジー外相
	1998 年 10 月	バーラヨギ下院議長、グジュラル前首相
	2001 年 12 月	バジパイ首相

2.2.4 経済状況

(a)略史

インドは独立以降社会主義型計画経済政策をとっていたが、長期的経済の停滞を経験し、旧ソ連の崩壊による市場喪失や 1991 年の湾岸戦争による外貨危機を契機に、外資の導入を含む経済自由化政策を本格化させた。その結果、インド経済は 1990 年代半ばに 7%代の経済成長を記録するなど、順調な経済成長率を達成している。

NDA(国民民主連合)政権は第二世代の経済改革を政策課題に取上げ、経済の安定化と財政赤字の克服に取り組んでいる。また、国際競争力を強化するため、産業政策改革、貿易・為替政策改革、金融改革等の政策を推進している。

2001 年度の中央政府予算においても第二世代の経済改革路線を踏襲し、規制や改革が困難と思われる分野にも積極的に取り組んでいる。

経済成長率の推移は、10 年間の年平均を比較すると 90 年代が比較的高い水準にある。90 年代は外貨危機のあった 1990 年、1991 年を除くと 6.3%の GDP 成長率を記録している。

表 2.2-3 経済成長率の推移 (年率%)

	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	92-98 年
GDP 成長率	4.0	4.0	3.0	5.9	5.7	6.3

90 年代は 90～98 年度

出典：Government of India, Economic Survey 1999-2000 より算出

表 2.2-4 90 年代の部門別経済成長率の推移 (%/年)

年	経済全体	農 業	工 業	サービス業
1990	5.4	4.8	7.2	4.3
1991	0.8	-2.5	-1.7	5.3
1992	5.3	6.1	4.2	5.4
1993	6.2	3.7	6.6	7.7
1994	7.0	5.0	9.2	7.0
1995	7.3	-0.9	11.8	10.3
1996	7.5	9.6	6.0	7.0
1997	5.0	-1.9	5.9	9.0
1998	5.8	7.2	4.0	8.3
1999	6.4	1.3		

1999 年度は 2000 年 2 月に上方修正された政府見込。

出典：Government of India, Economic Survey 1999-2000

産業部門別の GDP 構成比を見ると、1980 年は農業部門が約 40% と他部門を上回っているが、農業部門の比率が年々低下し、20 年間で約 10% 以上低下した。他方、サービス部門は約 10% 上昇した。サービス部門の成長の中で特にソフトウェア産業の成長が注目されている。工業部門の比率は 20 年前とほぼ同比率である。

表 2.2-5 産業部門別 GDP 構成比 (%)

	1980	1985	1990	1993	1995	1996	1997
GDP	100	100	100	100	100	100	100
農業部門	39.6	36.3	34.1	32.8	30.1	30.4	28.7
工業部門	24.4	25.9	27.1	23.3	24.7	24.4	24.7
サービス部門	36.0	37.8	38.8	43.9	45.2	45.2	46.6

出典：Government of India, Economic Survey 1999-2000

(b) 日本とインド二国間の貿易

貿易額

日本とインド間の貿易額の状況を表 2.2-6 に示す。貿易額はほぼ一定しており、日本の輸入超過の状況にある。

表 2.2-6 対日貿易統計（通関ベース） 単位：億ドル

	日本の輸出	日本の輸入	収支
1996 年	24.4	28.6	-4.2
1997 年	22.2	26.7	-4.6
1998 年	24.0	21.7	2.3
1999 年	24.2	22.4	1.8
2000 年	24.9	26.5	-1.5
2001 年	19.3	22.3	-3.0

出典：JETRO 資料

日本の主な輸出入品

輸出品：一般機械（25%）、電気機械（15%）、金属製品（13%）、化学製品（14%）

輸入品：魚介類（主にエビ）（17%）、ダイヤモンド（16%）、鉄鉱石（16%）、揮発油等石油製品（7%）、衣類・同付属品（1%）等

貿易上の課題

日本側の黒字は 1986 年の 8 億ドルをピークに減少した。1990 年以降は輸入超過が続いたが、1998 年は輸出超過に転じている。しかし、1999 年はダイヤモンド輸入の大

幅増により輸出超過幅が縮小した。2000 年、2001 年は再び輸入超過となった。インドからの輸入はダイヤモンド、エビ、鉄鉱石の 3 品目が 6 割を占めている。

インドの輸出は加工ダイヤの輸出が一番大きく、世界の加工ダイヤの 70% はインドで生産している。

(c) 日本企業の直接投資

投資件数と投資額（2000 年度末累計（財務省資料））

件数：328 件

金額：18 億 7500 万ドル

主な進出企業（2002 年 4 月時点）

旭硝子（1957 年） 松下電器（1972 年） スズキ自動車（1982 年）

ホンダ（1985 年） 三洋電機（1987 年） シャープ（1989 年） トヨタ（1997 年）、

ニッショウ（1999 年） アイシン精機（1999 年）

進出に関連する問題点

- ・インフラの未整備
- ・生活環境
- ・許認可手続きの煩雑さ
- ・外資出資比率制限

(d) 日本の経済協力

インドは我が国にとって政治・経済上の重要国であり、伝統的に友好関係にあったこと、人口の約 3 分の 1 が貧困状況におかれ、援助需要が高いこと、経済自由化に積極的に取り組み市場指向型経済の推進を図っていることから、円借款を中心に従来から積極的な援助を行ってきた。

表 2.2-7 日本の経済協力

単位：億円

	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年
有償資金協力	1327	1327	115	0
無償援助協力	34	35	4	13
技術協力	11	13	10	10

出典：外務省 ODA 白書

(e) 農林水産業の概要

国内総生産に占める農業の割合は、産業構造の変化に伴い低下しているものの、農村人口の割合は 5 割を越え、就業人口の 6 割が農業に従事しているなど、国民経済にとって重要な位置を占めている。

表 2.2-8 農家の人口 単位：万人

総人口（１）	99,806
農家の人口（２）	55,323
（２）／（１）	55.4%
総就労人口（３）	43,733
農業就労人口（４）	26,277
（４）／（３）	60.1%

資料：世界銀行資料

表 2.2-9 農林水産業の地位（1999 年）

	名目額（百万ドル）	G D P 構成比（％）
国内総生産(G D P)	447,300	—
農 林 漁 業	123,900	27.7

資料：世界銀行資料

農地面積は 1 億 7005 万 ha で、国土面積の 52%を占めている。農家の経営規模は、所有する農地の面積が 2ha 以下と零細な小規模農家が全体の約 8 割を占めているが、農地全体の 32%にしかない。

表 2.2-10 耕地面積の推移 単位：千 ha

	1970 年	1980 年	1985 年	1990 年	1995 年	1999 年
総土地面積	328,726	328,726	328,726	328,726	328,726	328,726
耕地面積	160,560	162,955	163,215	163,138	162,250	161,750
永年作物地	4,500	5,300	5,800	6,300	7,500	7,950

資料：F A O 資料

表 2.2-11 農地の状況（1999 年）

	面積（万 ha）	比率（％）
国土全体	32,873	100.0
農 地	17,005	51.7
耕 地	15,110	46.0
永年作物地	790	2.4
永年牧草地	1,105	3.4

資料：F A O 資料

表 2.2-12 農産物の生産量

品目名	1998 年	1999 年	2000 年
	生産量：Mt	生産量：Mt	生産量：Mt
穀物、合計	226,945,400	234,340,500	234,213,000
米、もみ	128,928,000	134,153,000	128,200,000
小麦	66,345,000	70,778,500	75,600,000
牛乳	30,800,000	32,100,000	33,500,000
ばれいしょ	17,648,100	23,610,000	25,000,000
砂糖（分蜜糖、粗糖）	14,592,000	17,436,000	20,219,000
とうもろこし	10,677,000	10,775,000	11,500,000
なたね	4,702,900	5,660,000	5,960,000
トマト	5,450,000	5,500,000	5,500,000
大豆	7,140,000	6,790,000	5,090,000
たまねぎ（生鮮）	5,470,000	4,750,000	4,750,000
オレンジ	2,640,000	3,000,000	3,000,000
鶏卵	1,658,000	1,732,500	1,782,000
綿花（リント）	2,089,300	1,979,000	1,596,300
牛肉及び子牛肉	1,400,800	1,421,400	1,442,000
大麦	1,679,400	1,468,000	1,413,000
りんご	1,320,590	1,380,000	1,380,000
ぶどう	840,000	1,083,000	1,083,000
鶏肉	540,000	558,900	575,100
豚肉	542,500	560,000	560,000

資料：FAO「FAOSTAT」

2.2.5 社会状況

インドは4000年の歴史を持ち、多くの文化遺産が各地で見られる。人口は10億人を越え、人口密度が高く、年間2%で人口が増加し数年で中国を追い越す勢いである。人種はアーリア族、ドラビダ族等の多民族から成り立っている。言語はヒンドゥー語が公用語であるが、多様な言語があり他に17の言語が公用語として認められているなど、多文化から成り立っている。宗教はヒンドゥー教が82.7%でその他イスラム教やキリスト教などがある。近年ヒンドゥー教とイスラム教の争いが絶えない。インドは現在も貧困、健康、教育等多くの問題を抱えている。

(1) 人口

インドの人口は1970年に5.5億人であったが、毎年2%の勢いで増加し、2001年で10億人を越え、1970年の2倍になろうとしている。

表 2.2-13 インドの人口推移

単位：千人

	1970 年	1980 年	1985 年	1990 年	1995 年	1999 年
総人口	554,911	688,856	767,842	850,785	933,665	998,056
経済活動人口	242,635	300,231	330,058	360,947	403,273	437,333
農業経済活動人口	176,242	208,765	220,288	231,063	249,486	262,767

資料：F A O 資料

男女の性別人口の割合はインド全体では男性1に対して女性が0.933と男性の方が大きくなっている。これは女性が伝統的に差別を受け、栄養や教育、家事労働等で劣位な状況に置かれていることを示唆している。

農村の人口は全体の60%と都市流入は深刻ではない。ニューデリーでは10年間で都市人口が46%増加しているが、その他の都市でまだ農民の都市流入は顕在化していない。

表 2.2-14 主な地域の人口（千人） 性別比率（-） 密度（人／km²） 増加率（10 年間％）

州 名	人口	男性	女性	女／男	密度	増加率
インド全体	1,027,015	531,277	495,738	0.933	324	21.34
パンジャブ	24,289	12,963	11,325	0.874	482	19.76
ハリヤナ	21,082	11,327	9,755	0.861	477	28.06
デリー	13,782	7,570	6,212	0.821	9,294	46.31
ラジャスタン	56,473	29,381	27,091	0.922	165	28.33
ウッタル・プラデシュ	166,052	87,466	78,586	0.898	689	25.80
ビハル	82,878	43,153	39,724	0.921	880	28.43
アッサム	26,638	13,787	12,850	0.932	340	18.85
西ベンガル	80,221	41,487	38,733	0.934	904	17.84
ジハルクhand	26,909	13,861	13,048	0.941	338	23.19
オリッサ	36,706	18,612	18,094	0.972	236	15.94
チハチスガル	20,795	10,452	10,343	0.990	154	18.06
マドヤプラデシュ	60,385	31,456	28,928	0.920	196	24.34
グジャラート	50,596	26,344	24,252	0.921	258	22.48
マハラシュトラ	96,752	50,334	46,417	0.922	314	22.57
アンドラプラデシュ	75,727	38,286	37,440	0.978	275	13.86
カルナタカ	52,733	26,856	25,877	0.964	275	17.25
ケララ	31,838	15,468	16,369	1.058	819	9.42
タミールナド	62,110	31,268	30,842	0.986	478	11.19

出典：家庭省年次報告書（2001）

2.2.6 エネルギー状況

インドでは石炭エネルギーの供給量は全一次エネルギーの70%を占めている。ここ数年天然ガスの割合は増加の傾向を示し、1994年の10%が、1999/2000年には13%に増加している。これに対し石油の生産量の一次エネルギー生産量に占める割合は20%から17%に低下している。

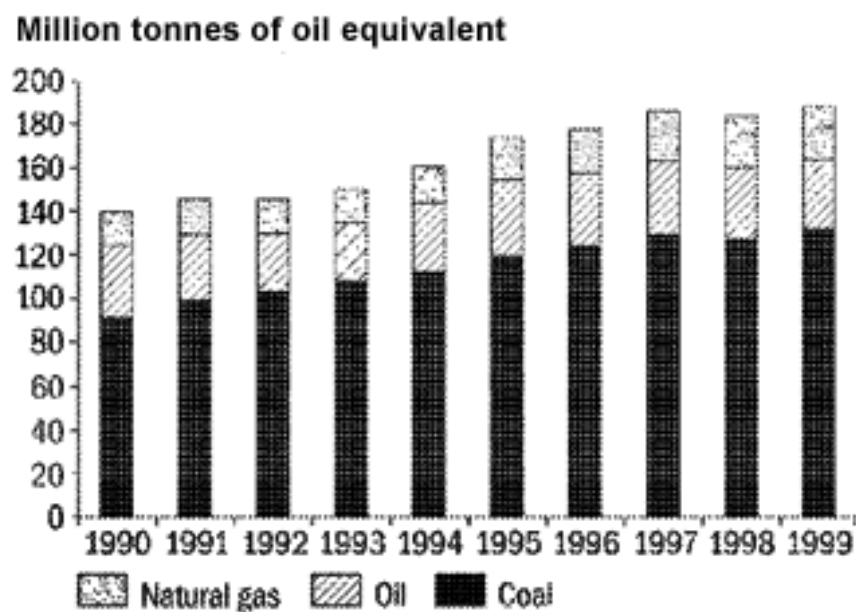


図 2.2-2 エネルギー生産量の推移

出典：Coal Controller 's Organization 2000,石油・天然ガス省 2000

表 2.2-15 商業エネルギーのバランス (百万トン油当量): 1999 / 2000

供給・需要 ・原料	一次エネルギー								
	石炭	石油	ガス	水力	原子力	軟炭	LPG	ナフサ	揮発油
供 給									
生産	132.05	31.95	24.37	6.79	1.12				
輸入	12.67	56.90					1.56	0.26	0.00
輸出	0.04						0.04	0.23	0.00
貯蔵	-1.82	2.89					-0.23	0.15	0.35
利用可能量	146.50	85.96	24.37				1.75	-0.12	-0.35
変換	76.20	85.96	11.88				5.06	8.78	6.67
軟炭	0					0.0019			
石油精製		85.96					2.81	8.78	6.67
LPG 抽出			2.25				2.25		
発電	76.20		8.30	6.79	1.12				
発電損失	49.98		5.39						
発電自消	2.36		0.25	0.06	0.12				
配送損失	0.00								
ルアリソグ			1.34						
消費量	70.31	0.00	12.49			0.002	6.81	8.67	6.32
農業			0.13						
工業	7030		2.27				1.12		
輸送	0.01								6.32
住宅			0.23			0.002	5.59		
その他							0.10		
原料用			9.85					8.67	

出典: TERI Energy Data Directory & Yearbook 2001 / 2002

(1)石炭

インドの石炭の埋蔵量は213,905.5百万トン(2001年1月における深さ1200mまでの埋蔵量)で全世界の8%を占めている。(British Petroleum2001)インドは米国、中国、豪州に次ぐ世界第4位の石炭と褐炭の生産国で、世界の7%を生産している(British Petroleum2001)。2000/01年のインドの石炭総生産量は309百万トンである。石炭の生産はAndhra Pradesh, Bihar, Madhya Pradesh, Maharashtra, Orissaの5州に集中している。これらの州で1999/2000年のインド生産量の87%を占めている。

インドは膨大な石炭の埋蔵量を有するにもかかわらず、年16%の伸び率で石炭の輸入が増大している。これは炭鉱の生産性の向上と供給石炭の品質改善策のためである。

表 2.2-16 CIL (インド石炭) と SCCL (シンガレニ炭坑会社) の部門別の出炭量

単位：百万トン

部 門	CIL			SCCL		
	目標	実績	達成率(%)	目標	実績	達成率(%)
発電	136.74	141.00	103	16.76	17.90	106.8
鉄鋼	14.12	10.95	78	0	0	0
汽車	0	0.007	100	0	0	0
セメント	4.36	4.81	110	2.32	2.32	100
肥料	2.79	2.39	86	0.44	—	-100
その他	29.58	28.99	98	2.68	1.91	71.3
炭坑での消費	1.93	1.67	85	0.26	0.22	84.6

出典：石炭省年次報告 (1999 / 2000)

表 2.2-17 種類別石炭の埋蔵量 (2001 年 1 月)

単位：百万トン

石炭の種類	確認埋蔵量	可採埋蔵量	推定埋蔵量	合計
コークス炭	16,390.2	12,828.5	1,328.1	30,546.7
一次コークス炭	4,614.4	698.7		5,313.1
中間コークス炭	11,293.7	11,225.7	1,106.4	23,625.8
混合炭	482.2	904.0	221.7	1,607.9
非コークス炭	68,023.7	77,413.4	37,921.7	183,358.8
合計	84,413.9	90,241.8	39,249.8	213,905.5

出典：石炭省年次報告 (2000 / 2001)

(2)石油と天然ガス

インドは産油国であるが、一方で石油の輸入国でもある。このため石油の確保は海外の価格に影響されやすくなっている。原油及び石油製品の輸入量は 1990 年の 29 百万トンから 1999 年には 58 百万トンと約 2 倍に増加している。1999 / 2000 年の原油及び石油製品の輸入量は全輸入量の 20%を占めている。

表 2.2-18 インドの石油産業の推移

		1980 /81	1990 /91	1995 /96	1996 /97	1997 /98	1998 /99	1999 /00
埋蔵量	原油(百万 t)	366	739	732	727	747	715	658
	天然ガス(億m ³)	3,520	6,860	6,600	6,400	6,920	6,750	6,280
消費量	原油(百万 t)	25.84	51.77	58.74	62.82	65.17	68.54	85.96
	製品(百万 t)	30.90	55.04	74.67	79.16	84.29	90.56	93.91
	天然ガス(億m ³)	15.22	127.66	212.02	214.95	245.22	257.16	268.85
生産量	原油(百万 t)	10.51	33.02	35.17	32.90	33.86	32.72	31.95
	製品(百万 t)	24.12	48.56	55.08	59.01	61.31	64.54	79.41
	天然ガス(億m ³)	23.58	179.98	226.39	232.55	264.01	274.28	284.46
輸入量	原油(百万 t)	16.25	20.70	27.34	33.91	34.49	39.81	44.99
	製品(百万 t)	7.29	8.66	20.34	20.26	19.53	18.78	13.07
輸出力	原油(百万 t)	—	—	—	—	—	—	—
	製品(百万 t)	0.04	2.65	3.44	3.16	2.93	1.40	0.09

出典：石油・天然ガス省資料

表 2.2-19 石油産業の従業員数

単位：人

	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998
探査及び生産	31,413	48,700	56,477	57,633	50,244	48,585	52,909
精製	15,334	23,074	25,751	23,031	24,622	20,723	25,294
販売	19,20	27,717	36,261	34,270	37,321	38,744	37,943
パイプライン	2,215	2,901	3,189	3,619	3,712	3,934	3,782
研究開発				2,953	2,935	2,901	2,832
その他	3,415	4,480	8,268	14,929	20,770	21,958	15,249
合 計	62,470	72,297	121,840	136,435	139,604	136,845	138,009

出典：石油・天然ガス省資料

インドの石油鉱区の41%が探査を待っているが、インドの原油の可採埋蔵量は1991年の739百万トンから1999/0年には658百万トンと減少している。1999/2000年の原油の生産量は31.95百万トンである。天然ガスの埋蔵量は1990年から1999年に生産量が58.0%増加したことにより、6860億m³から6280億m³に減少した。(表2.2-18参照)

石油製品の消費量は1980年から2000年までに3倍に増加し、特にガソリンや軽油等の軽質留分の消費の伸びが著しい。(表2.2-20参照)

表 2.2-20 石油製品の消費量

単位：千トン

	1980 /81	1990 /91	1996 /97	1997 /98	1998 /99	1999 /00	2000 /01	全体の 割合%
軽質留分	4388	9801	14384	15742	17958	20473	21770	21.9
LPG	405	2415	4184	4581	5041	6029	6613	6.6
ガソリン	1522	3545	4955	5182	5507	5909	6613	6.6
ナフサ	2325	3446	4015	4716	6652	7970	8059	8.1
NGL			682	768	330	91	6	0.0
その他	136	395	548	495	428	474	479	0.5
中間留分	17056	33106	48544	49716	51686	54259	52854	53.1
灯油	4228	8423	9646	9878	10599	10731	10714	10.8
A重油	1125	1677	2158	2108	2112	2197	2249	2.3
高硫黄軽油	10345	21139	35019	36071	37217	39287	37938	38.1
低硫黄軽油	1122	1506	1223	1235	1278	1512	1399	1.4
その他	236	361	498	424	480	532	554	0.6
重質残分	9452	12128	14296	14380	15122	15919	15362	15.4
加熱炉油	5406	4462	6534	6651	6767	6816	6371	6.4
低高硫黄重油	2067	4524	4313	4323	4537	4763	4989	5.0
潤滑油/グリース	593	892	705	835	885	915	797	0.8
ピッチメン	1064	1581	2273	2178	2412	2879	2618	2.6
石油コークス	137	290	276	227	315	328	414	0.4
パラフィン・ワックス		70	58	28	36	53	43	0.0
その他ワックス		47	57	45	76	89	61	0.1
その他	185	262	80	93	94	76	69	0.1
合計	30896	55035	77224	79838	84766	90651	89986	90.3
私企業の輸入			1944	4452	5796			9.7
総合計	30896	55035	79168	84290	89362	90651	89986	100.0

出典：石油・天然ガス省資料

インド国内の製油所の原油処理能力は約 7,000 万トンで消費量との差約 2,000 万トンを石油製品の輸入で賄っている。(表 2.2-21 参照)

表 2.2-21 インドの製油所の原油処理能力 (1999 年 4 月 1 日)

(Million Tonnes)

1.	IOC,Guwahati	1962	1.00
2.	IOC,Barauni	1964	3.30
3.	IOC,Gujarat	1965	9.50
4.	IOC,Haldia	1974	3.75
5.	IOC,Mathura	1982	7.50
6.	IOC,Digboi	1901	0.65
7.	IOC,Panipat	1998	6.00
8.	HPCL,Mumbai	1954	5.50
9.	HPCL,Visakh	1957	4.50
10.	BPCL,Mumbai	1955	6.90
11.	MRL,Chennai	1969	6.50
12.	CRL,Cochin	1966	7.50
13.	BR&PL,Assam	1979	2.35
14.	MRL,Narimanam	1993	0.50
15.	MR&PL,Mangalore	1996	3.69
	Total		69.140

IOC : India Oil Corporation Ltd

HPCL : Hindustan Petroleum Corporation Ltd

BPCL : Bharat Petroleum Corporation Ltd

MRL : Madras Refineries Ltd

CRL : Cochin Refineries Ltd

BR&PL : Bongaigaon Refinery & Petrochemicals Ltd

MR&PL : Mangalore Refinery & Petrochemicals Ltd



図 2.2-3 製油所の位置

出典：石油・天然ガス省資料

販売拠点

油槽所数：333 箇所、タンク容量：28.85 百万 kl、

パイプライン距離：4835 km , パイプライン容量：30.35 百万 kl / 年

(3)電力

2001年3月におけるインドの発電容量は101,630MWで、71%が火力、25%が水力、3%が原子力、1%が風力となっている。石炭は発電に使われる燃料の太宗を占めている。総設備容量の60%は石炭が燃料として使われている。総設備容量の61%は州部門、30%が中央部門に属している。第9回5カ年計画(1996/97～2001/02)において40,245MWの容量増加を計画したが、目標は半分に下げられた。このため1998/99年に5.9%、2000/01年には7.8%の不足を生じた。

発電における石炭の使用は環境問題を引き起している。この対策として発電における最適な一次エネルギーのベストミックスが必要となる。長年、火力と水力の関係は火力が優位にあったが、インドにおける豊富な水力資源の有効利用、炭酸ガスの排出削減及びピーク時の電力不足の改善を図るため水力の開発が必要となっている。(表2.2-22、23参照)

表 2.2-22 発電量の推移

単位：(GWh)

年	火力	水力	原子力	合計
1992 / 93	224,766	69,869	6,727	301,362
1995 / 96	299,316	72,579	7,982	379,877
1996 / 97	317,158	68,618	9,024	394,800
1997 / 98	336,104	74,476	10,042	420,622
1998 / 99	363,800	82,619	11,987	448,406
1999 / 00	388,226	80,533	13,252	480,011
2000 / 01	408,208	74,346	16,896	499,450

出典：電力省年次報告(2001-02)

表 2.2-23 発電容量の推移

単位：MW

年	火力	水力	原子量	合計
1947	854	508		1,362
1955	1,755	940		2,695
1966	4,900	4,124		9,027
1974	9,059	6,965	640	16,664
1985	27,030	14,460	1,095	42,585
1990	43,764	18,307	1,565	63,636
1995	68,113	20,833	2,225	81,171
2000	69,474	23,627	1,840	97,845
2001	74,700	25,574	2,860	103,134

出典：電力省年次報告(2001-02)

(4)再生可能エネルギー

発電、工業生産、輸送に化石燃料を生産し消費することにより、森林の減少、国土の減少、水質・大気の汚染を招く。これらは化石燃料を使用する発電部門の温室効果ガスの排出が関係している。その解決法がバイオマス、水力、風力、太陽エネルギーなどの再生可能な天然資源を使用する技術の開発の推進である。2000年12月31日における再生可能エネルギーの寄与度は3000MWに達している。これは全グリッド容量の3%に相当する。風力は利用可能エネルギーに対して3%、バイオマスは2%、小規模水力は9%が利用されているに過ぎない。

表 2.2-24 インドにおける再生可能エネルギーの可能性と達成量

手段 / 技術	単位	可能量	達成量 (2000年12月)
風力発電	MW	45,000	1,267
小規模水力 (25MW まで)	MW	15,000	1,341
バイオマス発電	MW	19,500	308
バイオマスガス化	MW	16,000	35
バイオマスコジェネ	MW	3,500	273
都市及び産業廃棄物発電	MW	1,700	15.2
太陽電池	MW/km ²	20	47(MW)
太陽熱温水器	百万m ²	140	0.55
バイオガスプラント	百万	12	3.1
改良バイオマス調理器	百万	120	33

出典：.2001.Renewable Energy in India Opportunities

非従来型エネルギー源省 (MNES)

(5)エネルギー消費量

インドにおけるエネルギー消費量の合計は油換算で 202 百万トンである。1990 年から 1999 年まで年間 5.5%の割合で増加している。エネルギー消費量に対する油の消費量の割合は 1990～1999 年の平均 32%に対し 1999 / 2000 では 36%に増加している。石炭は現在でも一次エネルギーの消費量の 55%を占めている。1999 年から 3.6%の伸び率で消費が増大すると 20 年後には日本に匹敵するエネルギー消費国となる。(表 2.2-25 参照)

表 2.2-25 インド及び主要国における今後のエネルギー消費量

単位 10¹⁵BTU

国 名	1990	1998	1999	2005	2010	2015	2020	伸び率(%)
インド	7.8	11.6	12.2	15.2	18.2	21.8	25.4	3.6
中国	27.0	35.3	31.9	42.9	55.1	68.8	84.4	4.7
米国	84.2	94.6	97.0	107.6	115.6	123.6	130.9	1.4
日本	17.9	21.5	21.7	22.9	24.2	25.4	26.6	1.0

出典：1999 年までの実績は EIA (Energy Information Administration)

2020 年までの予測は EIA Annual Energy Outlook 2002

2.3 プロジェクト立案等に必要となる基礎的なデータ収集

2.3.1 砂糖キビ栽培

インドの砂糖の生産量は、収穫面積の増加等により、98 / 99 年度、99 / 2000 年度と 2 年連続して対前年比 20%増加しており、2000 / 01 年度は LMC 社の予測によると 1,870 万トンと前年比約 5%減少するもののブラジルを抜いて世界 1 位の砂糖生産国になると予測されている。

インドの砂糖の消費量は人口増加等により毎年増加しており、99 / 2000 年度には 1,664 万トン 2000 / 01 年度には対前年比 5%増加し、1744 万トンに達し世界第 1 位の砂糖消費国となっている。

表 2.3-1 砂糖の需要バランス

単位 (千トン)

年度	稼働工場数	期初在庫	生産量	輸入量	消費量	輸出量	期末在庫
1989/90	377	1,270	10,990	242	10,283	35	2,184
1990/91	385	2,184	12,047		10,715	207	3,309
1991/92	392	3,309	13,405		11,225	583	4,906
1992/93	393	4,906	10,609		12,005	397	3,113
1993/94	394	3,113	98,33	460	11,129	75	2,202
1994/95	408	2,202	14,643	674	11,974	41	5,504
1995/96	416	5,504	16,453	42	13,172	887	7,940
1996/97	412	7,035	14,050	135	15,305	755	5,159
1997/98	400	5,159	13,696	630	15,555	75	3,856
1998/99	427	4,460	16,770	884	15,541	31	6,541
1999/00		6,541	19,729	300	16,641	200	9,729
2000/01		9,729	18,696		17,436	1,000	9,990

出典：1995 / 96 年度以前及び稼働工場数のデータはインド・シュガー・オンライン

1996 / 97 以降の稼働工場数以外のデータは LMC 社報告

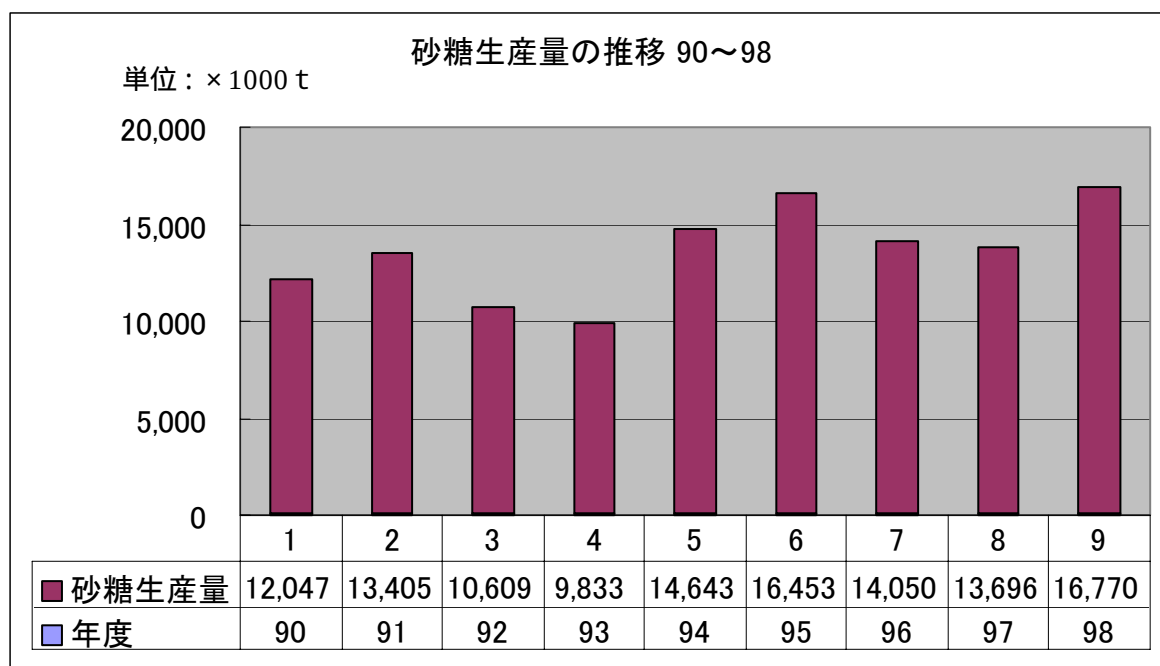


図 2.3-1 砂糖生産量の推移 90～98

出典： インド・シュガー・オンライン

(1) 砂糖キビの生産状況

砂糖キビの栽培はインド全域で行われている。収穫面積は 94 / 95 年度から増加傾向にある。98 / 99 年度は主に西・南部熱帯地域における増加により収穫面積は約 400 万 ha となった。収穫量は収穫面積の増加と肥培の管理技術の向上により単収が増加し、98 / 99 年度の砂糖キビの生産量は約 2 億 9600 万トンとなった。

98 / 99 年度の主要生産州の収穫面積は、北部亜熱帯地域ではウッタルプラデッシュ州の収穫面積が 48.3% を占めている。西部熱帯地域ではマハラシュトラ州が 15.9%、南部熱帯地域ではタルミナドゥ州が 8.5% を占めている。単収では灌漑用水が充実しているタルミナドゥ州が 134.2 トン / ha と高く、インド全体の平均の 2 倍近くに達する。生産量では収穫面積の大きいウッタルプラデッシュ州が 39.3% を占めている。（表 2.3-3 参照）

表 2.3-2 砂糖キビの生産の推移

年度	収穫面積 (千 ha)	単 収 (トン / ha)	生産量 (千トン)
89 / 90	3,439	65.6	225,569
90 / 91	3,686	64.4	241,045
91 / 92	3,844	66.1	253,995
92 / 93	3,572	63.8	228,033
93 / 94	3,422	67.1	229,660
94 / 95	3,867	71.3	275,540
95 / 96	4,147	67.8	281,100
96 / 97	4,174	66.5	277,560
97 / 98	3,930	71.1	279,541
98 / 99	4,076	72.6	295,726

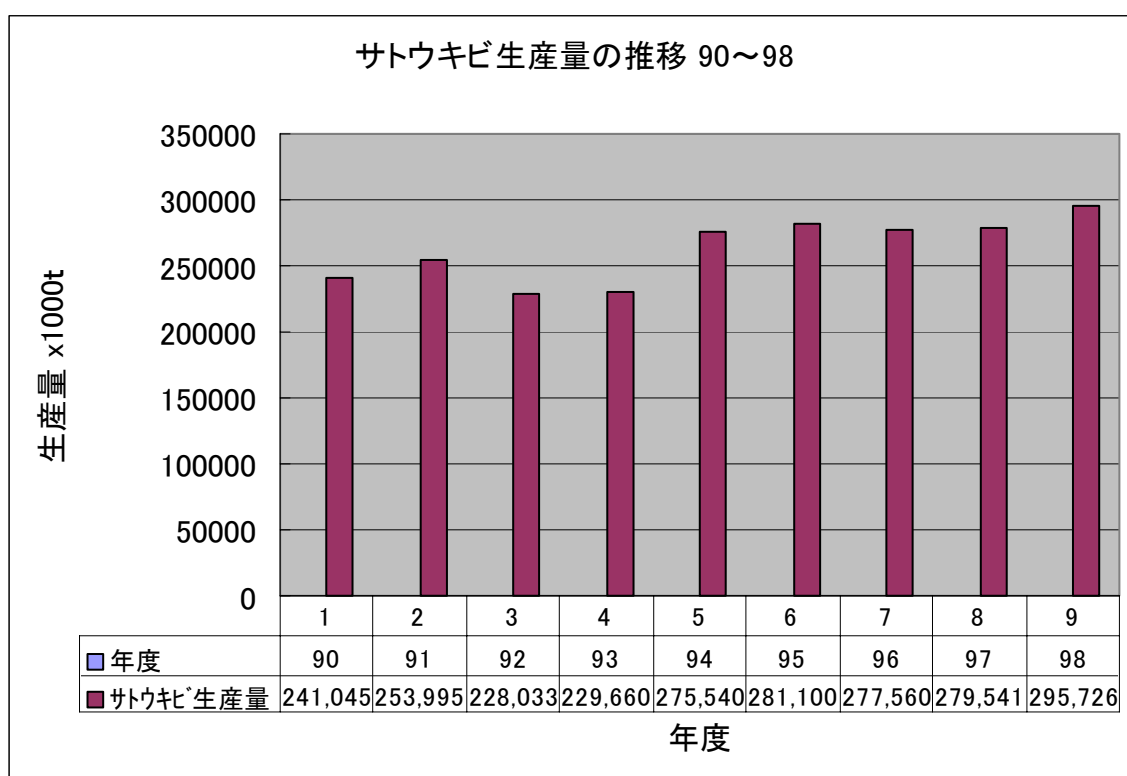


図 2.3-2 砂糖キビ生産量の推移 90～98

出典：インド・シュガー・オンライン

表 2.3-3 主要生産州別砂糖キビの生産実績（98 / 99 年度）

地 域	州 名	収 穫 面 積		単 収 トン/ha	生 産 量	
		千 ha	比率(%)		千トン	比率(%)
北部 亜熱帯	パンジャブ	103	2.5	59.5	6,130	2.1
	ハリヤナ	125	3.1	55.0	6,880	2.3
	ウッタルプラデッシュ	1970	48.3	59.0	116,303	39.3
	ビハール	107	2.6	48.5	5,219	1.8
西部熱帯	グジャラート	196	4.8	69.1	13,566	4.6
	マハラシュトラ	530	13.0	89.0	47,151	15.9
南部熱帯	アンドラプラデッシュ	214	5.3	78.0	16,685	5.6
	カルナータカ	312	7.7	91.2	28,454	9.6
	タミルナドゥ	348	8.5	134.2	46,673	15.8
インド計		4,076	100.0	72.6	295,726	100.0

出典：インド・シュガー・オンライン

注）主な生産州を列記したため、合計とインド計は一致しない。



図 2.3-3 インドにおける主な都市及び砂糖キビ生産州

出典：農畜産業振興事業団 砂糖類ホームページ

(2)砂糖の生産及び消費状況

インドで生産されている分みつ糖の殆どは、原料産地で砂糖キビの搾り汁から直接製造される耕地白糖である。粗糖の生産量はわずかで、EU 等に輸出されている。精製糖はダブルリファインドシュガーと呼ばれ、5 つ星ホテルや航空会社で利用されていたが、最近、需要の高まりから生産の動きが見られる。

インドでは砂糖キビの搾汁液をそのまま煮詰めたグルと搾汁液を清浄化して煮詰めたカンサリという含みつ糖が生産されている。最近では白糖の消費の増加に伴い含みつ糖の生産が減少している。

表 2.3-4 砂糖生産量の内訳

単位：千トン

	1994 / 95 年	1995 / 96 年	1996 / 97 年	1997 / 98 年
分みつ糖の総生産量	15,758	17,750	13,958	13,859
粗 糖	12	43	14	—
白 糖	15,736	17,697	13,934	13,849
精製糖	10	10	10	10
グル・カンサリ生産量	11,038	8,500	10,779	10,678

出典：農畜産業振興事業団 砂糖類ホームページ

インドの砂糖消費の内訳を表 2.3-5 に示す。家庭用の消費量は 1994 / 95 年に総消費量の 28% であったが、工業用の消費増大に従って年々シェアが減少している。工業部門の最大のユーザーは飲料製造部門で 1997 / 98 年には総消費量の 23.7% を占めている。

1997 / 98 年の白糖の 1 人当たり消費量は 15.3kg、グル及びカンサリは 11.1kg である。

表 2.3-5 砂糖消費量の内訳

単位：1,000 トン、粗糖換算

	1994 / 95 年		1995 / 96 年		1996 / 97 年		1997 / 98 年	
	(%)		(%)		(%)		(%)	
家庭消費量	3,898	28.1	4,076	27.4	4066	26.8	3,858	26.2
工業用	9,950	71.9	10,791	72.6	11,128	73.2	10,884	73.8
飲料	3,034	21.9	3,366	22.6	3,531	23.2	3,497	23.7
製パン	1,675	12.1	1,781	12.0	1,806	11.9	1,740	11.8
製菓	2,152	15.5	2,361	15.9	2,466	16.2	2,446	16.6
乳製品	574	4.1	629	4.2	657	4.3	651	4.4
果物及び食品	999	7.2	1,053	7.1	1,059	7.0	1,012	6.9
その他(食品以外を含む)	1,516	10.9	1,600	10.8	1,609	10.6	1,537	10.4
分みつ糖計	13,848		14,867		15,194		14,742	
グル及びカンサリ合計	11,038		8,500		10,779		10,678	
分みつ糖 1 人当たり(kg/人)	15.2		16.0		16.1		15.3	
グル及びカンサリ	12.1		9.1		11.4		11.1	
1 人当たり(kg/人)								

出典：農畜産業振興事業団 砂糖類ホームページ

(3)砂糖制度の主な特徴

中央政府と州政府は砂糖の生産、販売及び消費の全ての段階で介入している。中央政府は消費者への安価な供給を目標としている。また、州政府は農場経営者のロビー活動に対応するため、砂糖価格を高く維持することを目指している。

砂糖キビの生産は、化学肥料、水資源及び電気などに対する補助金、砂糖価格の高め維持によって維持されている。中央政府は、農場経営者に対して所得維持のために「法定最低価格（SMP：Statutory Minimum Price）を、州政府は州勧告価格（SAP：State Advised Price）を定めているが、SAPがSMPより高いためSMPは有名無実である。

砂糖工場は民間、公共及び協同組合の3形態の経営組織があり、協同組合は経営収支に基づき原料代を支払っているが、民間と公共はSAPによって原料代を支払っているのが実態である。

一方、中央政府は白糖生産の40%を国内自由市場価格より安価に流通させるため、公共流通制度（PDP：Public Distribution System）を採用している。残りの60%は自由市場に販売できることとなっているが毎月の割当による厳しい規制がある。

砂糖工場は、その地域の全ての砂糖キビを高い固定価格で購入しなければならないため、収穫量の多い年には白糖の供給過剰により国内価格が下落し、原料代の支払が困難となり、多額の未払い金が発生する。このため収穫面積が減少し、市場価格が上昇することにより原料代の支払が可能となり、砂糖キビの収穫面積が増加する。これが周期的に繰り返されている。

近年、砂糖政策の改善を求める声が大きくなり、中央政府は1998年に砂糖工場の創業または設備の拡張に関する許可制度を廃止するとともに、徴収砂糖販売の撤廃、砂糖販売の入札制度の導入、流通段階の規制撤廃等の検討を進めている。

砂糖工場の許可制の撤廃により、新しい砂糖工場の設置に関する唯一の制限は、その所在距離が既存の砂糖工場から少なくとも15km以上はなれなければならないことである。

グルとカンサリの生産は比較的自由に創業する事が許可されている。原料価格と販売価格に対する制限は無く、分みつ糖の砂糖工場から5km離れていれば自由に操業ができる。

砂糖キビと砂糖の1994/95年～1997/98年平均価格を表2.3-6に示した。国内自由市場価格は輸出平価の水準を上回っているため、白糖を世界市場に輸出することには積極的でない。インドはEUに特惠白糖輸出(年間20,000トン)を行い、高価格で受入れている。

砂糖に掛かる税金は中央政府により徴収砂糖に対し520ルピー/トンと自由市場砂糖に対し850ルピー/トン、州政府により約1%の地方税が課せられる。

グルとカンサリは価格規制がなく自由に価格を交渉することができる。一般的にはグルは徴収砂糖の価格に近く、カンサリは自由市場砂糖価格に近い。グルとカンサリは中央政府の課税はない。

表 2.3-6 砂糖キビと白糖の平均価格(1994 / 95 年 ~ 1997 / 98 年平均)単位(US\$/トン)

	砂糖キビ	白 糖	粗 糖
砂糖キビ価格 (S A P)	19		
卸売価格			
徴収砂糖価格		274	
国内自由市場価格		359	
特惠輸出価格		729	
輸出平価		315	282
小売価格			
徴収砂糖価格		291	
国内自由市場価格		402	

出典：農畜産業振興事業団 砂糖類ホームページ

(4)砂糖産業の現状

インドの砂糖工場は3種類（民間、協同組合、公共機関）の形態があるが、協同組合の形態の砂糖工場は、特にマハラシュトラ州に多く、栽培者は砂糖工場の組合員として、砂糖工場の経営収支に基づき原料代金を受け取る。砂糖工場は、収穫作業の手配を行うと共に原料輸送を手配し、栽培者に料金を請求する。砂糖工場は収益の一部を地域の学校、医療施設に提供している。

民間の砂糖工場はウタル・プラデシュ州、カルナタカ州、タミルナドゥ州などの南部におおく複数の工場を所有するグループもある。公共の砂糖工場はウタル・プラデシュ州、ビハール州では一般的である。非営利の工場で、州政府が民間から引き継いだ工場もある。

徴収砂糖の販売は州のインド食糧公社によって行われている。砂糖工場からの砂糖の購入と販売店への輸送の手配を行っている。マハラシュトラ州では協同組合団体に代理人が任命され購入先と販売地域を割当てられている。取引業者は砂糖取引保管許可証を所持しなければならない。

(5)インドのアルコール事情

インド全土に 400 箇所のエタノール工場があり、砂糖製造に伴う副生産物であるモラセスを原料としてエタノールを生産している。当該エタノール工場は、フル稼働すれば 250 万 kl / 年の生産能力がある。現在は年間 150 万 kl のエタノールを生産し、その内 90% を工業用と飲料用に消費している。国内消費の内工業用が 60%、飲料用等が 40% である。

インド全体での砂糖キビの生産量は、98 年度で、295,726 千トンとなっている。モラセスの生産量を砂糖キビの 4% とすれば、モラセス生産可能量は、11,830 千トンとなる。更に、モラセス由来のエタノール生産可能量は、収率を、250 リットル / t - モラセスとすれば、

296 万 kl という計算結果となる。

実際のエタノール生産量は 150 万 kl で、生産可能量の約半分となっている。すなわち、生産されているモラセスの残り半分は肥料や家畜の飼料等に使われている。

インドでは、エタノールは砂糖産業が副生産物として生産するモラセスを原料として生産しており、他の国でエタノール生産に使用されているバイオマス、例えば、コーン、タピオカ等からはエタノールを生産していない。インド政府が燃料用エタノール生産政策による砂糖生産業界の救済、収入増をガソール転換政策の一つの目的としているのはその農政の実態を反映してのことであろう。

従って、エタノールの生産に必要な原料が不足すれば、インド政府は砂糖キビを増産する政策をとることになる。インドで生産されている農産物には、砂糖キビに替え得る原料としてトウモロコシが生産されている。しかし、従来からエタノールは砂糖キビを原料として生産されてきた経緯、トウモロコシからエタノールを生産する技術の観点、又政府のガソール転換政策の趣旨からして、原料を転換する政策がとられるとは考えにくい。むしろ、砂糖キビの増産もしくは、モラセスの用途転換促進政策が優先されるであろう。

2.4 プロジェクトへの現地ニーズの有無

砂糖工場は農村の貴重な雇用機関であり、砂糖工場の従業員と農民との貧富の差は歴然としている。アルコール工場が建設され多くの農村労働者が働けるようになれば、農村全体が裕福になれると期待されている。

ワラナ砂糖工場周辺は肥沃な農地と灌漑用水に恵まれ、砂糖キビの生産に適している。農業従事者も肥沃な農地から多くの砂糖キビを生産することができ、収入の増加が見込まれる。

アルコール燃料は石油代替燃料として、石油消費の増加が著しいインドにとっては石油依存度を低下させ外貨の流出の防止にも役立つ。

また、アルコールは高オクタン価基材として、ガソリン中のアロマ含有量の低下に寄与すると共に含酸素燃料の特性から環境汚染防止に役立つと期待される。

2.5 プロジェクト実施等における現地の協力体制

2.5.1 プロジェクトへの関心度

砂糖は市場商品の典型であるため、市況が良い時に資金を蓄え、豊作の年には砂糖価格が下落して肥料や労働者の労務費の支払に事欠く状況に備えている。このため、砂糖工場は、市況に左右されずに安定的に砂糖を生産できる供給先を求めている。アルコール燃料の生産は市況に左右され難いため砂糖工場の関心度は高い。

また、インドは原油の生産が頭打ちとなり、需要の増加に伴い輸入量が増加し、貴重な外貨の流出が問題となっている。また、自動車の増加による都市部での環境汚染が深刻となっており、インドはアルコール燃料の導入を国のエネルギー政策として進めている。

石油会社では、エタノール工場から得られるアルコールを 5%程度ガソリンに混合し、試験的にガソホルの生産を始めた。砂糖工場はこの動きに非常に関心を持っており、これに合わせて、無水アルコールの生産に強い関心を寄せている。

2.5.2 プロジェクトへの積極度等

インド政府は、インド国内で使用されているガソリンをガソホール（無水エタノールを混合したガソリン）に置き換えて、大気中に放出される CO₂ ガスを削減しようとする政策の実施を決定している。この政策には、大気放出 CO₂ 量を削減するという、いわゆる地球温暖化防止対策とする目的の他に、

a．農民生活安定、雇用機会増大：

恒常的な砂糖価格の下落傾向、価格不安定に起因する農民の収入の減少、不安定を改善する為に砂糖キビからエタノールを生産しガソホールを製造・普及させ、農民の生活向上、雇用機会の増大を図る

b．砂糖工場の操業コストの低減

c．原油の輸入量削減、原油購入外貨の節約

の目的も大きな比重を占める。

インド標準規格（B I S）では、5%エタノール混合ガソホールとしているが、インド政府としては10%まで増やしたい意向である。さらに、将来的には、ディーゼル油にもエタノールを数%混合するべく、フィージビリティを検討している。これは、インド全土で消費される燃料油の80%以上をこのディーゼル油が占めている事実を踏まえている。

インドの新聞紙上^{*1}に、上記ガソホール転換政策について、インド政府の石油相、ラムナイク氏が、インド全土でガソリンに替えてガソホールを自動車燃料に使用する政策を2年以内に実施に移す決断をしたその背景、目的、エタノール価格政策、パガス発電設備建設に関する資金供与に関わる政策が掲載されている。インド政府としては、ガソホール転換により、原油購入に関わる外貨の節約、砂糖生産に関わる業界に新しい収入源を与える事を目論んでいる。本計画は、2段階で進める予定で、まず第一期で下記の8州で開始する。その後第二期で、残る州で実施するとのことである。

第一期実施州：アンドラ プラデッシュ州、グジャラート州、ハリヤナ州、カルナタカ州、マハラシュトラ州、プンジャブ州、タミール ナドール州、ウッタル プラデッシュ州

参考資料 - 1

「Gasohol to fuel vehicles in two years」The Eco Times of India 12th dec '01

参考資料 - 2

「Govt extends duty sops for blended petrol project」The Eco Times of India 21st Dec '01

本調査の対象のワラナ砂糖工場は既に工場用地を確保し、インド国内のアルコールをガソリンに混合するガソホール計画の動きに注目している。現在アルコール燃料の生産コストは発酵工程と95%アルコールを脱水して無水アルコールを生産する工程がアルコールの価格を左右するとしており、低コスト技術の導入について興味を示している。

THE ECO TIMES of INDIA 12th Dec. '01

Gasohol to fuel vehicles in two years Govt hopes to save forex, help sugar cos with fresh income source

Lola Nayar

NEW DELHI 12 DECEMBER

INDIA aims to supply gasohol as a transport fuel throughout the country within two years, to save foreign exchange and provide the sugar sector with an alternative source of income.

Gasohol is a blend of five per cent ethanol, a by-product of sugarcane, with petrol.

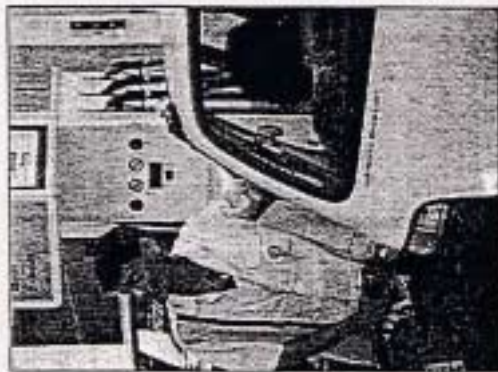
"This decision would help India save valuable foreign exchange as the country imports nearly 70 per cent of its petroleum requirements," Petroleum Minister Ram Naik has told Parliament. The use of ethanol is expected to provide an alternative source of income for farmers and help sugar mills reduce their costs of operation, he said.

The project is to be implemented in two phases. Eight states — Andhra Pradesh, Gujarat, Haryana, Karnataka, Maharashtra, Punjab, Tamil Nadu and Uttar

Pradesh — would be covered in the first year. The remaining states are to be covered in the second year.

Ethanol has been used as a fuel blend in Brazil for nearly 40 years. India launched three pilot projects a year ago to test its use. Two of the projects are in Maharashtra and the third is in Uttar Pradesh, both of which are major sugarcane producing areas.

Brazil, the world's largest producer of sugarcane, annually produces 14 bn litres of ethanol against the 1.3 bn litres that India currently produces. The US produces about 4.6 bn litres of ethanol annually



PILL IT, SHUT IT, CAN THEY FORGET?

from corn-maize, another crop from which ethanol can be derived. While the Bureau of Indian Standards (BIS), India's certifying authority, permits a five per cent blend of ethanol in petrol, the federal government wants to enhance this to 10 per cent.

It is also keen to test the feasibility of blending ethanol with diesel. To this end, the government has sanctioned Rs 40m for conducting studies that are likely to be completed within six months.

"The studies are being undertaken in view of the fact that diesel accounts for about 80 per cent of the fuel that is consumed in India," said Mr Naik.

The government also wants ethanol to be priced more competitively to increase its use as a petrol blend. It has, therefore, amended legislation governing the Sugar Development Fund to enable the funding of ethanol projects from this corpus.

Funds are also to be provided for setting up power plants fuelled by bagasse, the sugarcane waste after the juice has been extracted. This power, depending on the amount generated, can be used by the sugar mills themselves or sold to other consumers, official sources say. India's crude oil requirements have been estimated at 110 m tonnes annually and are increasing at a rate of 6 to 7 per cent annually. A five per cent reduction would lower imports by a little over 5m tonnes. India's oil bill during '00-01 came to \$16 bn. — IANS

ガソリンを2年以内に車両用の燃料に

政府は外貨節約と砂糖工場の新たな収入源として期待

インド政府はガソホールを運輸用燃料として2年以内に全国に供給しようとしている。これにより外貨を節約し、また、砂糖業界の新たな収入にしようとしている。

ガソホールはガソリンに5%のエタノールを混合したものである。エタノールは砂糖生産の副生産物である。この決定は、消費量の70%を輸入に頼る石油製品の購入に使われる貴重な外貨の節約に寄与することになるろうと、ラムナイク石油大臣が国会で述べた。

また、エタノールを使用することにより農民に新たな収入源を与え、また、砂糖工場の操業コスト削減に寄与すると述べた。

本プロジェクトは2フェーズに分かれて実施される。8州、アンドラ、プラディッシュ、グジャラート、ハリヤナ、カルナタカ、マハラシュトラ、プンジャブ、タミールナデュー、ウッタラプラディッシュは第1フェーズに実施される。残りの州は第2フェーズで実施される。

エタノールはブラジルで既に40年前から混合燃料として使用されている。インドでは3箇所のパイロットプラントを1年前に立ち上げガソホールの使用について試験を重ねてきた。その内2箇所はマハラシュトラ州に、1箇所はウッタラプラディッシュ州に設置された。両地方とも主な砂糖の産地である。

ブラジルは世界で最大級の砂糖キビの生産地であり、そのエタノール生産量は年間140億リットルに達する。インドは現在13億リットルの生産量である。アメリカは46億リットルをトウモロコシやその他の穀物から生産している。インド標準局(BIS)はガソリンに5%までエタノールを混合することを認めているが、政府は10%に増加するよう望んでいる。また、さらに、ディーゼル油にエタノールを混合することの是非についての試験を実施しようとしている。政府は4000万ルピアの予算で上記試験を実施する。当該試験は6ヶ月で終了する。ディーゼル油は国内の燃料油消費量の80%を占めており、実施に向け検討を行うとナイク氏は述べている。

エタノールの価格は、十分競争力がつくよう設定することを政府は望んでいる。そこで、砂糖開発基金に係る法律を改正して、エタノールプロジェクトにも使えるようにした。当基金はバガス焚き発電にも使われる。この電力は発電量にもよるが、砂糖工場の自家使用のほか、他の消費者にも販売できる。

インドの原油必要量は年間1.1億トンに達すると推定されている。更に、年率6~7%の割合で増加している。石油の消費量を5%削減できれば輸入量を500万トン減らせる。2000年度のインドの石油輸入額は160億US\$に達する。



参考資料—2 The Eco Times of India 21st Dec '01 記事の邦訳

政府は混合ガソリンプロジェクトに優遇税制措置を拡大適用する

財務省は無水エタノールに対する国内消費税の改訂を決定した。これはエタノール混合ガソリンの製造に使用される。混合ガソリンはこの2年間に商品化され発売される。政府は既に3箇所のパイロットプロジェクトで試験を実施し良い成績を収めている。

石油省のラムナイク大臣は「エタノールガソリンはレギュラーガソリンより安い価格で販売されるだろう。また、政府は更に5箇所のパイロットプラントを立ち上げ、ガソリンの販売を成功裏にストーとさせるよう決定した。」と述べた。国内消費税の低減及び、物品販売税の減免は、石油会社がエタノールガソリンの価格をレギュラーガソリンの価格より安く設定し易くするであろう。これまでは、パイロットプラントで生産された混合ガソリンはレギュラーガソリンと同じ価格で販売された。ナイク氏は「当局は石油会社に財政面からの援助を与えている。今後の本格生産に必要であれば生産試験期間中はこの種の援助を与えなければならない。」と述べている。

石油省当局はまた、「砂糖生産地はその収穫の一部を混合ガソリン製造に廻すよう規制するかもしれない。」と述べている。生産物は2フェーズにおいて商業ベースで供給される。

2.6 プロジェクト実施等に当たっての諸条件、問題点、その他必要と思われる事項

ワラナ砂糖工場はアルコール燃料の製造計画に当り、日本をはじめとする海外の技術援助、資金援助について模索している。ワラナ協同組合は砂糖工場の他各種事業を展開している。その中には銀行経営も行っているが、自己資金によるプロジェクト展開と同時に、経営戦略から有利な資金の提供を望んでいる。技術的には既存の技術でも無水アルコールの生産は可能であるが、採算性を向上するためにはより低コストの技術導入が必要である。特に発酵生産効率の改善や膜技術を利用した脱水技術のためには日本の技術が不可欠である。エタノール工場の建設用地、労働力は砂糖工場周辺に技術のある豊富な技術者を手当てすることが可能である。

上記のエネルギーバランスから、モラセス、57,000t、及びバガス 90,000 t の双方を原料として無水エタノールを生産した場合でも、バガス燃料で必要なエネルギーを賄える。両 CASE のエネルギーバランスのまとめは下表の通りとなる。

表 3.3-1 エタノール生産に必要な原料・エタノール生産量・エネルギー

	ケース 1	ケース 2
項目	原料：モラセス	原料：モラセス+バガス
砂糖キビ	1,425,000 t	1,425,000 t
砂糖	150,000 t	150,000 t
モラセス	57,000 t	57,000 t
バガス量	399,000 t	399,000 t
燃料	399,000 t	309,000 t
エタノール原料	0	90,000 t
全バガス使用可能熱量	574,560Gcal	574,560Gcal
原料用バガス量 熱量		90,000 t 129,600Gcal
燃料用バガス量 熱量		309,000 t 444,960Gcal
砂糖生産消費熱量	183,825Gcal	183,825Gcal
エタノール生産 消費熱量		
モラセス～エタノール	33,000 Gcal	33,000 Gcal
バガス～エタノール	0	220,500 Gcal
エネルギーバランス	357,735 Gcal	7,635 Gcal

両 CASE 共、バガスの熱量で、砂糖生産およびモラセスおよびバガスを原料としてエタノールを生産するのに必要なエネルギーを十分に賄える。

4. プロジェクトの評価

4.1 対象となる温室効果ガスの排出削減・吸収量

4.1.1 技術的根拠

バイオマス由来のエタノールは再生可能エネルギーとして扱われ、燃焼によって発生する CO₂ は砂糖キビの成育時に吸収され、循環する。したがって、CO₂ の発生は無いものと見なすことができる。また、CO₂ の削減量はエタノールを混合したことにより削減されるガソリンが発生する CO₂ の量だけ削減されることとなる（エタノールの生産工程で CO₂ の発生量があればこれを差し引くことが必要である）。

4.1.2 算定基礎となるベースライン

(1) ベースラインの計算方法

- (a) ガソリン生産における CO₂ 発生量 = 360 kg - CO₂ / kl - ガソリン
- (b) ガソリン燃焼による CO₂ 発生量 = 2,360 kg - CO₂ / kl - ガソリン
- (c) ガソリンの CO₂ 発生量の合計 = 360 + 2,360 = 2,720 kg - CO₂ / kl - ガソリン
- (d) エタノール燃焼時に発生する CO₂ は、サトウキビ生産時の CO₂ 吸収で相殺され
るとする。
- (e) ケース - 1、ケース - 2 のエタノール生産時の CO₂ 発生量：
本調査では、ケース - 1、ケース - 2 の両ケース共、エタノールを生産するのに必要
なエネルギーはすべてバガスで賄える。また、設備製造、原料運搬などに関わる
CO₂ 発生量は発酵、蒸留等の操作に比して少量なので本報告書では無視する。よっ
て、両ケース共エタノール生産時の CO₂ 発生は無いものとする。
(表 3.3.4 のエネルギーバランス参照)

(2) ワラナ砂糖工場のエタノールの生産量

ワラナ砂糖工場の稼働率はアルコールの生産開始前後で変わらないものとする。(生
産を開始して順調に運転が行われればワラナ協同組合の他の砂糖工場でもアルコール
の生産を開始することが予測されるがここでは考慮しないこととする。)

4.1.3 削減・吸収量

(1) ワラナ砂糖工場で生産されるエタノールの量

ケース 1 モラセスを原料とする場合： 14,300kl / 年

ケース 2 バガスとモラセスを原料とする場合： 27,800kl / 年

(2) 生産されるエタノールによる CO₂ の排出削減量

ケース 1 14,300kl / 年 × 2,720 kg - CO₂ / kl = 38,896t / 年

ケース 2 27,800kl / 年 × 2,720 kg - CO₂ / kl = 75,616t / 年

4.1.4 発生期間

プロジェクト計画からエタノールの生産開始は 2005 年末である。従って CO₂ の排出が削減できるのは 2006 年からである。設備の減価償却を考慮して 10 年間 CO₂ の排出削減効果が得られる。

4.1.5 累積量

設備の減価償却を考慮して 10 年間 CO₂ の排出削減効果が得られるとすると

ケース 1 14,300kl / 年 × 2,720 kg - CO₂ / kl × 10 = 388,960t

ケース 2 27,800kl / 年 × 2,720 kg - CO₂ / kl × 10 = 756,160t

4.1.6 効果の具体的な確認方法

3.9 モニタリングの項で述べた様に、必要な項目を毎年管理することにより、定期的に確認することができる。

4.2 プロジェクト実施及びクレジット獲得に関する費用対効果

4.2.1 温室効果ガスの排出削減・吸収効果

(1) ワラナ砂糖工場で生産されるエタノールの量

ケース 1 モラセスを原料とする場合： 14,300kl / 年

ケース 2 バガスとモラセスを原料とする場合： 27,800kl / 年

(2) 10 年間累計の温室効果ガス削減量

ケース 1 $14,300\text{kl} / \text{年} \times 2,720 \text{ kg} - \text{CO}_2 / \text{kl} \times 10 = 388,960\text{t}$

ケース 2 $27,800\text{kl} / \text{年} \times 2,720 \text{ kg} - \text{CO}_2 / \text{kl} \times 10 = 756,160\text{t}$

4.2.2 投資コスト回収

(1) モラセスを原料とする場合（ケース 1）

1) 検討の条件

エタノールの生産量： 14,300kl / 年

エタノールの価格： 4,767,000 US\$ (単価： 333 US\$ / kl)

CO₂ の削減量： 38,896t

労務費： 47,000 US\$ / 年 (37 人 × 106US\$ / 人・月)

原料代： 285,000 US\$ (単価： 5 US\$ / t)

用役費： 89,000 US\$ (蒸気、水、薬品類)

副資材： 137,000 US\$

管理費： 57,000 US\$ (1.0 US\$ / 処理原料 t)

設備管理費： 139,000 US\$ (1% / 設備費)

設備費： 13,930,000 US\$

2) 収益性計算

金利： 2% (自己資金： 15%、借入金： 85%、返済期間： 10 年間))

減価償却： 10 年

法人税： 35% とする

ケース・スタディー

エタノールの単価： 333 US\$ / kl、375 US\$ / kl、583 US\$ / kl

モラセスの単価： 5 US\$ / t、10 US\$ / t

CO₂ の単価： 0 US\$ / t、5 US\$ / t、10 US\$ / t、20 US\$ / t

3)内部収益率（ I R R ）の計算結果（ ケース 1 ）

表 4.2-1 モラセスを原料とする場合の内部収益率（ I R R ）の計算結果（ ケース 1 ）

スタディー N o .	エタノール 単価（ US\$/kl ）	モラセス 単価（ US\$/kl ）	CO2 単価 （ US\$/ t ）	IRR 税引後 （ % ）
M-1-16-1	333	5	0	17.29
M-1-16-2	333	10	0	15.07
M-1-16-3	333	5	5	18.34
M-1-16-4	333	10	5	16.79
M-1-16-5	333	5	10	19.37
M-1-16-6	333	10	10	17.85
M-1-16-7	333	5	20	21.38
M-1-16-8	333	10	20	19.91
M-2-18-1	375	5	0	20.45
M-2-18-2	375	10	0	18.96
M-2-18-3	375	5	5	21.44
M-2-18-4	375	10	5	19.98
M-2-18-5	375	5	10	22.42
M-2-18-6	375	10	10	20.95
M-2-18-7	375	5	20	24.33
M-2-18-8	375	10	20	22.94
M-3-28-1	583	5	0	34.32
M-3-28-2	583	10	0	33.09
M-3-28-3	583	5	5	35.14
M-3-28-4	583	10	5	33.93
M-3-28-5	583	5	10	35.96
M-3-28-6	583	10	10	34.76
M-3-28-7	583	5	20	37.59
M-3-28-8	583	10	20	36.40

(2)モラセスとバガスを原料とする場合（ケース2）

1)検討の条件

エタノールの生産量：14,300kl / 年(モラセス原料)

13,500kl / 年（バガス原料）

エタノールの価格：9,267,000 US\$（単価：333 US\$ / kl）

CO₂の削減量：75,616t

労務費：61,000 US\$ / 年（50人×102US\$ / 人・月）

原料代：735,000 US\$（単価：5 US\$ / t）

用役費：241,000 US\$（蒸気、水、薬品類）

副資材：737,000 US\$

管理費：147,000 US\$（1.0 US\$ / 処理原料 t）

設備管理費：422,000 US\$（1% / 設備費）

設備費：42,244,000 US\$

2)収益性計算

金利：2%（自己資金：15%、借入金：85%、返済期間：10年間）

減価償却：10年

法人税：35%とする

ケース・スタディー

エタノールの単価：333 US\$ / kl、375 US\$ / kl、583 US\$ / kl

モラセスの単価：5 US\$ / t、10 US\$ / t

CO₂の単価：0 US\$ / t、5 US\$ / t、10 US\$ / t、20 US\$ / t

3)内部収益率（IRR）の計算結果（ケース2）

表 4.2-2 モラセスとバガスを原料とする場合の
内部収益率（IRR）の計算結果（ケース2）

スタディー No.	エタノール 単価（US\$/kl）	モラセス 単価（US\$/kl）	CO2 単価 （US\$/ t）	IRR 税引後 （%）
MG-1-16-1	333	5	0	6.73
MG-1-16-2	333	10	0	6.05
MG-1-16-3	333	5	5	7.62
MG-1-16-4	333	10	5	6.96
MG-1-16-5	333	5	10	8.49
MG-1-16-6	333	10	10	7.84
MG-1-16-7	333	5	20	10.16
MG-1-16-8	333	10	20	9.54
MG-2-18-1	375	5	0	9.39
MG-2-18-2	375	10	0	8.76
MG-2-18-3	375	5	5	10.21
MG-2-18-4	375	10	5	9.59
MG-2-18-5	375	5	10	11.02
MG-2-18-6	375	10	10	10.41
MG-2-18-7	375	5	20	12.57
MG-2-18-8	375	10	20	11.99
MG-3-28-1	583	5	0	20.47
MG-3-28-2	583	10	0	19.98
MG-3-28-3	583	5	5	21.12
MG-3-28-4	583	10	5	20.63
MG-3-28-5	583	5	10	21.75
MG-3-28-6	583	10	10	21.27
MG-3-28-7	583	5	20	23.01
MG-3-28-8	583	10	20	22.54

4) 内部収益率計算結果および感度分析に対する評価

(a) ケース 1 とケース 2 の比較

両ケースを比較すると、ケース 1 の IRR は比較的高く良い収益性を示している。一方、ケース 2 はケース 1 に比べ、販売量は増えるが、運転に伴う副資材費及び設備費が増加するため、IRR が低くなっている。その理由は、投資額及び運転費用に比べて製品エタノールの価格が低いこと、投資額に対して製品エタノールの収率が悪いいため、収益率を悪くしているものと思われる。

(b) 感度分析結果

ケース 1 :

原料のモラセス価格の影響は製品エタノール価格が低い場合には IRR への影響が 5US\$ の差で 1.5 ~ 2.2% と大きくなるが、製品エタノール価格が高い場合には IRR への影響が 5US\$ の差で 1.1% 程度と小さくなる。製品エタノール価格が現状の市販エタノール単価 (333 ~ 375US\$/kl) からガソリン単価 (583US\$/kl) まで上昇すると、IRR を約 17% 増加させる効果がある。

CO₂ 排出削減量の購入単価を 0 ~ 20US\$/t まで増加させると、IRR を 3 ~ 4% 押し上げる効果があった。

ケース 2 :

原料のモラセス価格の影響はケース 1 と同様に製品エタノール価格が低い場合の方が IRR への影響が大きいとその差は 0.2% 程度で、製品エタノール価格が低い場合の IRR への影響が 5US\$ の差で 0.6 ~ 0.7% 程度である。製品エタノール価格が現状の市販エタノール単価 (333 ~ 375US\$/kl) からガソリン単価 (583US\$/kl) まで上昇すると、IRR を約 13% 増加させる効果がある。

CO₂ 排出削減量の購入単価を 0 ~ 20US\$/t まで増加させると、IRR を 2.5 ~ 3.5% 押し上げる効果があった。全般的にケース 2 の感度はケース 1 と比べて鈍い傾向にある。

5) 費用対プロジェクト効果

本プロジェクト実施の費用対効果を CO₂ 排出削減量 1 t 当たりのプロジェクト予算額で評価すると以下のとおりとなる。

ケース 1 : 予算額・13,930,000US\$、CO₂ 削減量・388,960 t (10 年間)

温室効果ガス削減効果 : 36 US\$/t

ケース 2 : 予算額・42,244,000US\$、CO₂ 削減量・756,160 t (10 年間)

温室効果ガス削減効果 : 56 US\$/t

6)投資回収効果

ケース 1 ではエタノール価格が現状の市販価格、原料モラセス価格が 5US\$ / kl、CO₂ の削減量を考慮しない場合の投資回収期間は、以下の表 4.2-3 から約 4 年 4 ヶ月となる。

表 4.2-3 モラセスを原料とする場合の投資回収効果 (ケース 1) 単位 : 千 US\$

操業年	1	2	3	4	5
製品売上	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767
経費計	754	754	754	754	754
人件費	47	47	47	47	47
保全費	139	139	139	139	139
変動費	511	511	511	511	511
諸経費	57	57	57	57	57
借入金利	240	213	189	166	142
当期利益 (税引前)	907	1,523	2,015	2,411	2,730
法人税	259	533	705	844	955
法人所得税引後利益	3,513	3,266	3,118	3,002	2,915
税引後利益累計	3,513	6,779	9,897	12,899	15,814

税引後利益累計がプロジェクト予算 (13,930,000 US\$) に等しくなる年数は 4 . 4 年

同様にケース 2 では、表 4.2-4 から約 7 年 3 ヶ月となる。

表 4.2-4 モラセスとバガスを原料とする場合の投資回収効果 (ケース 2) 単位 : 千 US\$

操業年	1	2	3	4	5	6	7	8
製品売上	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267
経費計	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343
人件費	61	61	61	61	61	61	61	61
保全費	422	422	422	422	422	422	422	422
変動費	1,713	1,713	1,713	1,713	1,713	1,713	1,713	1,713
諸経費	147	147	147	147	147	147	147	147
借入金利	725	646	575	503	431	359	287	215
当期利益 (税引前)	-2490	-625	867	2,066	3,033	3,817	4,454	4,974
法人税	0	0	0	0	879	1,336	1,559	1,741
法人所得税引後利益	6,198	6,277	6,348	6,420	5,613	5,228	5,077	4,967
税引後利益累計	6,198	12,475	18,823	25,243	30,856	36,084	41,161	46,128

税引後利益累計がプロジェクト予算 (42,244,000 US\$) に等しくなる年数は 7.2 年

4.2.3 その他の経済効果等

(1) 原油輸入の削減による外貨節約が図れる。

エタノールの生産量はケース1で14,300kl / 年、ケース2で27,800kl / 年である。
この分のガソリン消費量が削減でき、原油の輸入が削減される。

原油単価を US \$ 25.0 / バレル = US \$ 157 / kl とすれば

ケース1 14,300kl / 年 × US \$ 157 / kl = 2,245,100 US \$ / 年

ケース2 27,800kl / 年 × US \$ 157 / kl = 4,364,600 US \$ / 年

となる。

インド全体に普及した場合は、2005 年度のガソホル転換によるガソリン削減可能量は、予想ガソリン消費量を 10,811 千 kl とすれば、10%の混合で 1,081 千 kl となる。

2005 年度で節減できる原油輸入外貨は、

$1,081,000 \text{ kl} \times \text{US } \$ 157 / \text{kl} = 1.70 \times 10^8 = 1.7 \text{ 億ドル (204 億円)}$

となる。

(2) 農民雇用機会の増加：

ワラナ協同組合で計画されている VK WARANA プロジェクト（ガソホル用無水エタノール製造計画）に依れば、新規に砂糖キビ処理量：800,000t / 年の無水エタノール製造工場を設立・操業することで 75,000 人の農民が価格安定の恩恵を得ると計画されている。更にアルコール工場の従業員として雇用機会が増加する。

このデータに基づきインド全体で新規に砂糖キビを増産し、副生するモラセスからエタノールを生産した場合には、2005 年度の所要砂糖キビ量は 107,722 千 t となり、

$107,722 \text{ 千 t} / \text{年} / 800,000 \text{ t} / \text{年} = 138$

138 の砂糖及びエタノール工場を建設する必要が有る。

この事業により $138 \text{ 工場} \times 75,000 \text{ 人} = 10,350,000 \text{ 人}$ の農民が恩恵を得る計算になる。

しかしながら、この場合砂糖が 30%増産され現実的ではない。粗糖キビの搾汁を全量アルコール生産に向けると 800 千 t の砂糖キビから 56 千 kl の無水アルコールが生産される。従って、インド全体で 20 工場の建設が必要となり、150 万人の農民が恩恵を受けると考えるのが妥当である。

4.3 CDM・J I プロジェクトとしての実現可能性や持続可能性

本プロジェクトはバイオマスを原料としたエネルギーの生産であり、エタノールの生産工程でバガスを燃料として使用し、得られたエタノールをガソホルの混合基材として使用することにより継続してその温室効果ガスの削減効果は持続可能である。

4.4 プロジェクト対象地域外でのプロジェクトの普及効果

インドにおけるガソリン需要量は 2000 年の実績は 6,613 千 t / 年で、これをベースに年間 3.6% / 年の伸び率として計算すれば、2005 年のガソリン消費量は、7,892 千 t / 年、10,811kl / 年になる。

インドにおけるガソリン中のエタノール含有量は 10%を目標としており、これを達成するためには 2003 年以降 100 万 kl 以上のエタノールの生産が必要となる。

このエタノールを生産するために、既存砂糖工場が砂糖を生産する際に併産されるモラセスの内約 30%を無水エタノール原料に転換すれば、所要量のガソホル生産に必要な無水エタノールを生産できる。

インド国内には約 450 の砂糖工場があり、これらが燃料用エタノールの生産を志向するよう政策的な働きかけと採算性向上のための技術開発及び販売価格の調整が必要である。

表 4.4-1 インドにおける燃料用エタノール必要量及び原料必要量の予測

年度	00	01	02	03	04	05
ガソリン消費量 千 t	6,613	6851	7098	7,353	7,618	7,892
ガソリン消費量千 kl	9,059	9,385	9,723	10,073	10,436	10,811
エタノール消費量千 kl	906	939	972	1,007	1,044	1,081
所要モラセス量千 t	3,452	3,578	3,703	3,837	3,975	4,119
所要砂糖キビ量千 t	90,276	93,565	96,833	100,348	104,035	107,722
予想砂糖キビ生産量	312,762	321,644	330,779	340,173	349,834	359,769
所要砂糖キビ比率%	28.9	29.1	29.3	29.5	29.7	29.9

無水エタノール 1.0kl 製造するに必要なサトウキビの量：99.65t / kl-無水エタノール

砂糖キビ予想生産量計算の基準：1998 年生産量 295,726 千 t / 年。年平均伸び率 2.84%

4.5 プロジェクト実施に伴って生じる間接影響

4.5.1 環境面における影響

砂糖工場では液体廃棄物としてスペントウオッシュが排出される。スペントウオッシュは多量の有機物を含有し、またカリウムを多く含む。これを利用してメタン醗酵を行い、有機物の分解によりメタンガスを発生させ、エネルギー源として回収し有効利用する。更に残液はアンモニア濃度が高くなり、カリウムを多く含むことから良好な液体肥料となる。砂糖キビ畑にこれを施肥することで大地に還元し、自然のサイクルの中で循環利用することで、排水による公害問題は解決する。その他の排水は処理設備により浄化し、排水基準を満たして放流する。

また、バガスボイラーの増強による大気汚染については集塵機の設置等により煤塵対策を施せば、燃料中には硫黄分が殆ど含まないため、SOx についてはあまり心配ない。

4.5.2 経済面における影響

本プロジェクトでは既存の砂糖工場から生産されるモラセス及びバガスからエタノールを生産することとしているが、既存のモラセス及びバガスが利用できない場合は、新たに砂糖キビを増産し、モラセス、バガスを生産することとなる。この場合相当量の砂糖が併産される。この砂糖生産量は成り行き生産量の約 30%になる。これは砂糖相場を軟化させる結果になり現実的な策ではなかろう。廃棄物に近いモラセス、バガスをエタノール原料に転換することにより、バイオマスの有効活用になり、また温暖化防止策として有効な施策となる。今後、砂糖キビ、モラセス、バガスをどんな配分でどのような用途に使用するのが最適かの更なる検証が課題となるであろう。

4.5.3 社会・文化面における影響等

エタノール製造工場はプロセス産業であり、農村にこれらの工業が誘致されることにより、地域の技術レベルの向上が図れる。

また、農村の現金収入の増加と砂糖の安定生産により、農家の収入が安定し、文化活動や教育水準を向上させるゆとりが生まれる。

結び

本調査は、インド国マハラシュトラ州コルハプール市にあるワラナ砂糖工場において、そこで副生される、モラセス（廃糖蜜）及びバガス（砂糖キビの絞り粕）を原料として無水エタノールを生産し、これをガソリンに混合して自動車燃料（ガソホール）を生産するプロジェクトの可能性について調査したものである。バイオマス由来の燃料はその生育時に CO_2 を吸収するため、燃焼により発生する CO_2 は温暖化に影響しないとすることができる。

インド政府はガソリンにエタノールを混合したガソホールを使用するエネルギー政策を発表し、既にガソリンに 5% のエタノールを混合したガソホールを試験的に生産し販売を開始した。これは、石油の海外依存度の減少及び外貨流出量の削減、自動車排気ガスによる大気汚染の防止、人口の 6 割を占める農村の振興策を目的にしている。

今回の調査対象のワラナ砂糖工場は、砂糖の市況変化に振り回され、砂糖価格の低迷に苦しんでおり、今回のガソホール政策に対する関心が非常に高い。このような状況からワラナ砂糖工場は、独自でアルコール工場の建設計画を真剣に検討していたが、設備コスト負担が大きいこと、効率的な発酵技術や脱水技術について情報が不足するなどの理由からいまだ実現に至っていない。

今回の検討結果ではバガスを原料とした場合は設備費、副資材費が高いため採算性が充分とは言えないが、モラセスを原料とした場合は採算性が比較的高く、実現の可能性があると期待される。今後、インド政府によるエタノールの価格政策とガソホールの推進政策如何によっては、早い時期にインド国内にガソホールが普及するものと思われる。

添付資料

1 専門家ヒアリング結果

(1)日本の現状

NEDO アルコール事業本部では輸入モラセス及びサツマイモから発酵エタノールを7工場で製造してきた。サツマイモ（デンプン約26%）についてはその価格が農業対策の面などから高く設定されたため、1998年からは醗酵を中止している。モラセスからの醗酵もコスト面から鹿児島の出水（いずみ）工場以外は発酵を中止し、粗留エタノール（93～95%）を輸入（ブラジル、インドネシア、タイなどから）し、エタノールを年間約19万kl生産（現在、出水を含め5工場）している。

(2)エタノール発酵技術の進歩

発酵法：凝集性酵母（凝集沈降する性質を持つ）を用いる「繰り返し回分発酵法」
...発酵後沈降させ、高濃度の菌体を保持したまま「もろみ」を抜き出し、新しい糖液を加えて発酵を繰り返す...酵母を再利用、生産速度が4～5倍、長期安定な発酵を繰り返せる、生産工程簡略化、などの特長をもつ。

NEDO アルコール事業本部の長年の研究によるもので、1993年に出水工場で実生産開始した。凝集性酵母は通産、アルコール課のプロジェクト（1987～93年）で開発されたものである。

発酵温度は30～32℃に維持され、熱帯などでは冷凍設備で冷却水循環が必要である。発酵時間は24時間に短縮されるなどメリットが大きいと思われる。

いもの蒸煮温度：低温蒸煮法...省エネ対策で120℃を80～90℃に下げた。

廃液処理：メタン発酵法の採用による合理化メリットは大きく、採用は増えつつある。

日本の企業によりタイなどでも試みられている様子である。

エタノール選択膜：アルコール協会のプロジェクトで最近開発された。ただし、工業用発酵エタノールは飲食料品工業用、とくに食品防腐剤用途が多く、食品用規格適用のため工業化にはまだ少し時間がかかりそうという。燃料用であれば十分採用出来る。

以上、日本で新規技術が開発されてきているが、これらの多くはNEDOが所持する技術（特許、ノウハウ）であり、海外などへの一般利用は困難と思われる。NEDOの出水工場では新規発酵法を採用し、高い原料から唯一エタノール発酵を行い、海外に対抗して続けている。

2 国内砂糖工場の調査概要

本 F S の事前調査として、日本国内の砂糖キビを原料とする砂糖工場を調査した。

(1)調査先工場名：富国製糖株式会社奄美事業所

(2)所在地：鹿児島県大島郡笠利町（奄美大島）

(3)工場概要：

- (a) 砂糖キビ処理量：40,000 t / 年、460 t / 日
- (b) 操業日数：約 90 日 / 年（1 月～4 月）
- (c) 砂糖キビ収穫期間：1 月から 4 月
- (d) 砂糖キビ圃場面積：約 600ha
- (e) 砂糖キビの糖度：平均 13.5 度（インド ワラナ 12.0 度）
- (f) 砂糖キビの Brix：平均 17.5（インド ワラナ 14.8）
- (g) 製造工程：図 1.4-1 参照

(4)製造工程の概要：

本砂糖工場では、原料の砂糖キビは集荷段階で約 30cm に切断され納入される。集荷された砂糖キビは受け入れ時に更に破碎され圧搾機に掛けられ搾汁される。本砂糖工場では 4 段の圧搾機があり、バガスは全糖分の 2%以下になるまで搾られる。糖汁は加熱され、連続沈殿槽で固形分が除去される。固形分が除去された清浄汁は多重効用缶と称する蒸発缶に送られ水分を飛ばす。多重効用缶は 4 重効用缶を使用している。濃縮された糖汁は更に結晶缶で砂糖分を結晶化（晶析）させる。結晶化した砂糖分を分離機で分離し、粒度を調整し製品砂糖（粗糖）とする。バガスは全量を蒸気発生に使っている。蒸気は動力及び発電に使用した後、糖汁の加熱に使用するコジェネ方式を採用している。

蒸気タービン発電機容量：500 k W、

(5)設備の配置：図 1.4-2 参照

鉄骨スレート葺 3 階建の建物で操業している。

床面積は、約 2,000m²

敷地面積は、約 10,000m²

(6)従業員：

製糖期以外の時期：常用社員 20 人（事務方 6 人、工場 14 人）

製糖期：常用社員 20 人、臨時員：45 人（30 人：工場、15 人：引取り、品質管理他）

合計 65 人

甘蔗分蜜糖製造工程

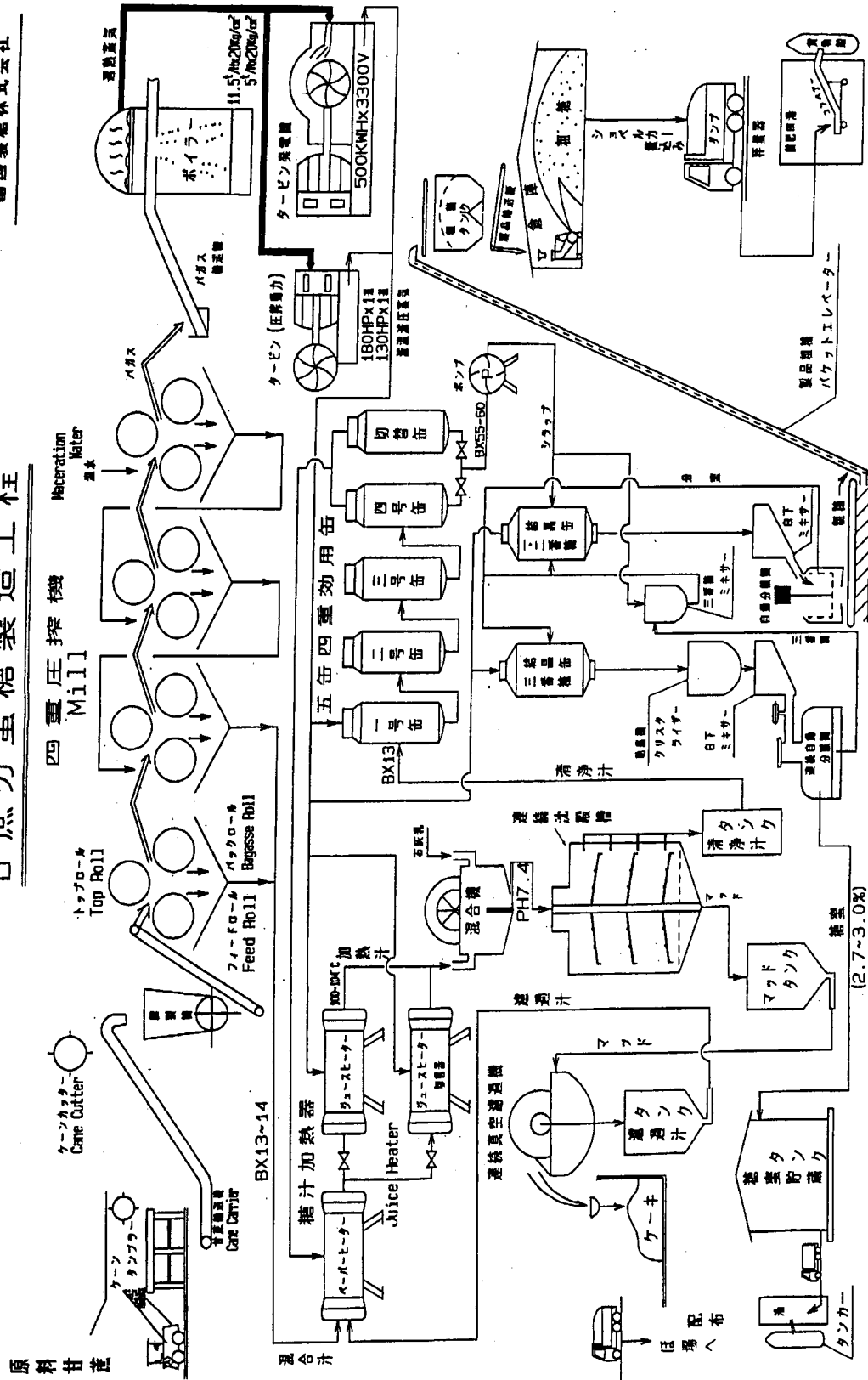
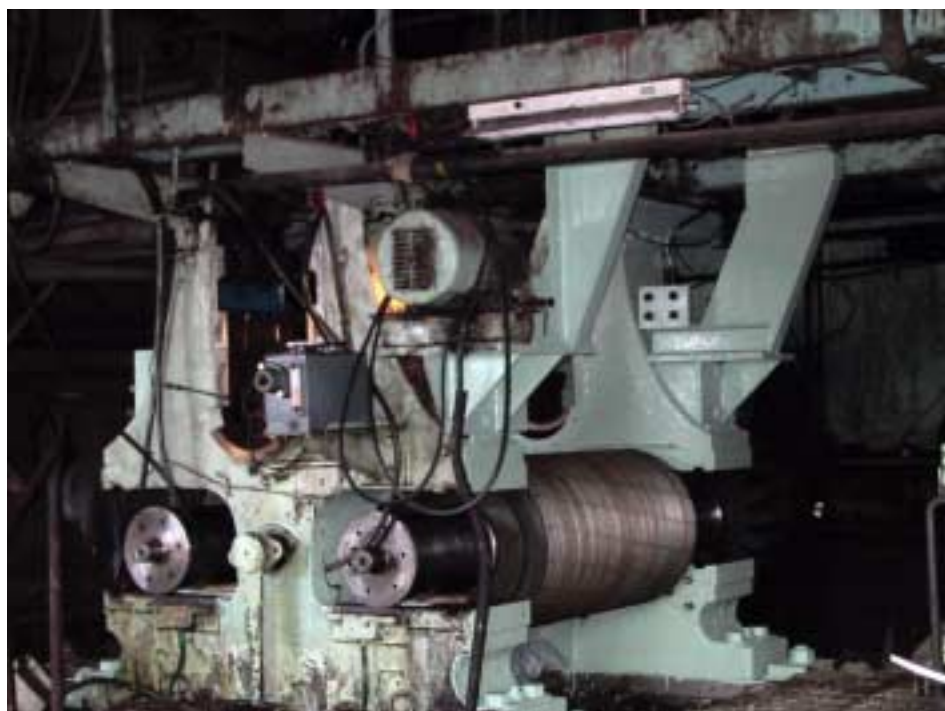


図 1.4-1 富国製糖電美事業所 製造工程図

写真 1.4-1 富国製糖奄美事業所 全景



写真 1.4-2 富国製糖奄美事業所 搾汁機（整備中）



3 国内アルコール工場の調査概要

本 F S の事前調査として、日本国内の NEDO アルコール工場で唯一となったアルコール発酵を行っている出水工場を訪問し、国内のアルコール発酵技術について調査した。

アルコールの生産能力は 200 kl / 日、(95%:150 kl / 日、99.7%50 kl / 日、13 年度実績 46,700 kl / 年)で NEDO 全体(5 工場)では 170-180 千 kl / 年。NEDO が企業に委託生産している分を含めると 240-250 千 kl / 年。

80%程度は粗留アルコールを輸入し精留して NEDO 規格(旧専売アルコール規格)にあったアルコールとして販売している。残りは独自に開発した凝集性酵母を用いたモラセスから(一部果汁蜜)のアルコール発酵を行っている。数年前までは生甘蔗からのアルコールも実施していたがコスト高のため中止した。

粗留アルコールは 60-70%を中国から輸入し、残りがタイ、ブラジルから輸入している。モラセスはタイが 60%、沖縄が 20%で残りはベトナム、インドネシアから輸入している。果汁蜜は熊本から購入している。

凝集性酵母を用いたモラセスからのアルコール発酵は、机上実験では 14-15 回繰り返し行えるが、実操業では 7-8 回の繰り返しである。発酵槽は 260 kl であるが、発泡のため 200 kl 仕込みで実施している。発酵歩合は少なくとも 80%以上である。7-8 回を超えると発酵歩合が急激に低下するため、凝集性酵母の生菌率を指標として管理している。

初発糖濃度は発酵歩合を 80%とすると約 22%となる。モラセスの希釈はスタティックミキサーでラインミキシングで行っており、糖濃度の調整は電磁流量計と調整弁で実施している。

雑菌汚染対策としてはスタート時に発酵槽、配管を蒸気ブローするのみで、特にモラセスの殺菌などは実施していない。スタート時の酒母の接種量は 10%で(20 kl)こちらは殺菌(100 蒸煮)している。

発酵時間は初回 48 時間、繰り返しに入ってから 24 時間サイクルで実施している。200kl の仕込みに対して醗酵終了後に 150 kl を抜き出し 50 kl を残す。濃縮調整されたモラセスを 150kl 加え次の醗酵を始める。栄養源としては硫酸を添加している。

発酵槽は SUS304 を使用している。従来は SS であったが、腐食のために 5 年くらいで側板を張り替え補修していた。冷却は外部熱交方式で、流量は 100 kl / 時で、冷却水は水温 20 の地下水を使用している。

アルコール濃度は 11.5v/v %で、もろみは、従来のモロミ塔ではなく、多重効用缶で濃縮している。モロミ塔はメンテナンスが困難なため、プレート熱交を使用した多重効用缶としているが、設備価格は高くなる。濃度 15%程度のアルコールができる。残液は(Spent Wash)肥料として業者が引き取る。

濃縮液は精留塔で 95%アルコールまで蒸留する。塔頂にはヒートポンプを設置し熱回収している。95%アルコールは輸入した粗留アルコールと合わせて精製工程へおくれ、NEDO

規格に適合する製品とする。精製は抽出塔で一旦 10 数%に希釈し精留塔、精製塔を経て 95%アルコールとしている。無水アルコールはシクロヘキサンを用いたアゼオトロピック蒸留により生産されている。99.7%アルコールは吸湿するため、現在は製品在庫期間の短縮と製品の余裕（99.9%アルコール）で対処し、設備的な対応はとっていない。

ボイラーはC重油で $14\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ の蒸気で、能力 16 トン/時が 3 缶で常時 2 缶運転を行っている。発電機は 980kW の容量である。蒸気は蒸気タービンを廻した後加熱等に用いる。加熱用の蒸気は $1.5\text{ kg}/\text{cm}^2\text{G}$ あれば十分である。

発酵、蒸留の運転は直 6 名×5 直で運転し、DCS で集中管理されている。敷地は $74,000\text{m}^2$ であるが、貯蔵タンク、厚生施設を除くと、製造設備としては $40,000\text{m}^2$ である。メタン発酵は S43 年頃まで実施していたが、現在は実施せずに、処理槽は排水貯槽として利用している。排水処理は活性汚泥法を採用している。モロミ濃縮装置から排出される、アルコールが除かれた廃液にはカリウムが多く含まれ良い肥料となるため、業者が有償で引き取っている。発酵槽からでるマッド（タンクスラッジのようなもの）は乾燥処理し肥料としている。そのため着色成分（糖のカラメル主体）は排水に入らないので、排水は無色である。

参考資料リスト

1．CDM 関連

- 1) ' Clean Development Mechanism Project Opportunities in India ' TERI Jan 2001
- 2) ' Clean Development Mechanism ' issues and modalities TERI1998

2．経済関連

- 1) ' 南アジア経済問題研究会（インドの経済改革と経済情勢）'
国際通貨研究所（平成 13 年 2 月）

3．一般概要

- 1) ' 各国・地域情勢 ' 外務省ホームページ
- 2) ' India Related Links (省庁) ' インド大使館ホームページ
- 3) インド政府観光局ホームページ
- 4) ' 世界の歩き方 インド ' ダイアモンド社
- 5) ' アジア地域国際共同実施可能性調査報告書 ' NEDO 新エネルギー海外情報 00-7 号
- 6) ' 世界の歴史と文化 ' 辛島昇 新潮社

4．エネルギー

- 1) ' Overview of the Indian energy sector ' Tata Energy Research Institute
- 2) ' Teddy 2001/2002:TERI Energy Data Directory & Yearbook ' Teri Publication
- 3) ' International Energy Outlook 2002 ' March 2002 DOE
- 4) インド石炭省 年次報告書 2001-2002
- 5) インド石油・天然ガス省 年次報告書 2001-2002
- 6) インド電力省 年次報告書 2001-2002
- 7) ' 石油年鑑 ' 井口祐男 オイル・リポート社（1999）
- 8) ' 石油製品のライフサイクルインベントリーの作成に関する調査報告 '
石油産業活性化センター（平成 9 年 3 月）

5．砂糖について

- 1) ' 海外レポート インド砂糖産業の概要 ' 2001 年 8 月 農畜産業振興事業団
- 2) ' 海外レポート インドの砂糖産業及び砂糖政策の概要 '
農畜産業振興事業団（1999 年 9 月）
- 3) ' インドの農林水産業概要 ' 農林水産省 ホームページ

6．アルコール発酵

- 1) ‘発酵ハンドブック’ (財) バイオインダストリー協会 発酵と代謝研究会 編、
共立出版 (2001)
- 2) ‘アルコールハンドブック’
(社) アルコール協会・(財) バイオインダストリー協会 編、技法堂出版 (1997)
- 3) ‘アルコール’ 勝目英 編著、(財) 発酵協会
- 4) ‘バイオマスエネルギーの特性とエネルギー変換・利用技術’ エヌ・ティ・エス (2002)
- 5) ‘バイオマスからの燃料油の生産技術の普及基盤に関する調査’
新燃料油開発技術研究組合 (1992)
- 6) ‘Fuels from Biomass and Waste’
D.L.Klass and G.H.Emert, ANN ARBOR SCIENCE, (1981)
- 7) ‘Lignocellulosic Biomass to Ethanol Process Design and Economics Utilizing
Co-Current Dilute Acid Prehydrolysis and Enzymatic Hydrolysis Current and
Futuristic Scenarios’ R. Wooley, et.al., National Renewable Energy
Laboratory, (1999)
- 8) ‘Fuel Ethanol Production by Immobilized Yeast and Yeast Immobilization’
Iida, T., Industrial Application of Immobilized Biocatalysts, eds. A. Tanaka,
pp 163-182, Marcel Dekker (1993)

7．その他

- 1) Warana Group 資料
- 2) 富国製糖株式会社 資料
- 3) ‘アルコール事業分科会’ 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (平成9年9月)
- 4) ‘ベトナムにおけるサトウキビからエタノール含有ガソリンの製造に関する調査’
環境省 温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査 (平成13年2月)