

モザンビーク共和国
新エネルギー・再生可能エネルギー
基礎情報収集・確認調査報告書

平成21年10月
(2009年)

独立行政法人国際協力機構
アフリカ部

| |
|--------|
| アフ |
| JR |
| 09-028 |

モザンビーク共和国
新エネルギー・再生可能エネルギー
基礎情報収集・確認調査報告書

平成21年10月
(2009年)

独立行政法人国際協力機構
アフリカ部

目 次

目 次 略語表

| | |
|---|----|
| 第1章 調査概要..... | 1 |
| 1-1 調査の背景..... | 1 |
| 1-2 調査の目的..... | 1 |
| 1-3 調査団員構成..... | 1 |
| 1-4 調査日程..... | 2 |
| 1-5 面談者及び調査対象機関..... | 4 |
| 第2章 調査結果概要..... | 5 |
| 2-1 エネルギー・電力事情の概要..... | 5 |
| 2-1-1 エネルギーセクター戦略..... | 5 |
| 2-1-2 エネルギーセクターのポテンシャル..... | 5 |
| 2-2 天然ガスの現状と課題..... | 6 |
| 2-3 風力・太陽光発電の現状と課題..... | 6 |
| 2-4 バイオマスの現状と課題..... | 6 |
| 第3章 モザンビークのエネルギー・電力事情..... | 7 |
| 3-1 関連機関及び組織構成..... | 7 |
| 3-2 現状と課題..... | 9 |
| 3-3 他ドナーの支援状況..... | 10 |
| 第4章 天然ガスの現状と課題..... | 12 |
| 4-1 政策概要..... | 12 |
| 4-2 関連機関及びその役割..... | 13 |
| 4-2-1 鉱物資源省 (Ministry of Mineral Resources : MIREM) | 13 |
| 4-2-2 エネルギー省 (Ministry of Energy : ME) | 13 |
| 4-2-3 石油天然ガス管理機構 (National Petroleum Institute : INP) | 13 |
| 4-2-4 国家炭化水素公社 (Empress Nacional de Hidrocarbonetos E.P. : ENH) | 13 |
| 4-2-5 Matola Gas Company (MGC) | 14 |
| 4-2-6 ペトロモック社..... | 14 |
| 4-3 天然ガス/LPGの利用に関する現状..... | 15 |
| 4-3-1 天然ガスの開発..... | 15 |
| 4-3-2 天然ガスの利用..... | 17 |
| 4-3-3 LPGの利用..... | 20 |
| 4-3-4 インフラの状況..... | 21 |
| 4-4 課題..... | 33 |

| | |
|--|--------|
| 第5章 風力・太陽光発電の現状と課題..... | 34 |
| 5-1 政策概要..... | 34 |
| 5-1-1 再生可能エネルギー法..... | 34 |
| 5-1-2 エネルギー戦略計画における風力／太陽光発電の位置づけ..... | 34 |
| 5-2 関連組織概要..... | 37 |
| 5-3 風力・太陽光の利用に関する現状..... | 38 |
| 5-3-1 再生可能エネルギー事業の実施状況..... | 38 |
| 5-3-2 無電化地域の現状..... | 41 |
| 5-3-3 FUNAEによる無電化地域の再生可能エネルギー導入計画..... | 47 |
| 5-4 課題..... | 48 |
| 第6章 バイオマスの現状と課題..... | 50 |
| 6-1 政策概要..... | 50 |
| 6-1-1 バイオ燃料政策及び戦略..... | 50 |
| 6-1-2 農業省によるランドマッピング..... | 51 |
| 6-2 バイオマスの利用に関する現状..... | 55 |
| 6-2-1 概要..... | 55 |
| 6-2-2 視察地..... | 56 |
| 6-3 課題..... | 63 |
| 付属資料 | |
| 1. 入手資料リスト..... | 67 |
| 2. 面談者リスト..... | 69 |
| 3. 天然ガス関連視察報告..... | 72 |
| 4. 風力/太陽光関連視察報告..... | 80 |
| 5. バイオマス関連視察報告..... | 91 |

略 語 表

| 略 語 | 正 式 名 称 | 和 訳 |
|--------|--|----------------|
| AFD | Agence Française de Développement | フランス開発庁 |
| CNB | Comissao Nacional de Biocombustiveis | 国家バイオ燃料委員会 |
| CPF | Central Processing Facility | 中央精製設備 |
| DANIDA | Danish International Development Agency | デンマーク国際開発事業団 |
| ENH | Empress Nacional de Hidrocarbonetos E.P. | 国家炭化水素公社 |
| FAO | Food and Agriculture Organization | 食糧農業機関 |
| FUNAE | Fund of Energia | エネルギー基金 |
| INNOQ | Instituto Nacional de Qualidade | 国立品質研究院 |
| INP | National Petroleum Institute | 石油天然ガス管理機構 |
| LPG | Liquefied Petroleum Gas | 液化天然ガス |
| ME | Ministry of Energy | エネルギー省 |
| MIREM | Ministry of Mineral Resources | 鉱物資源省 |
| NCR | Nomas dos Combustiveis Rcnovavcis | 再生可能燃料規格 |
| NGV | Natural Gas Vehicle | 天然ガス自動車 |
| NORAD | The Norwegian Agency for Development Cooperation | ノルウェー開発協力局 |
| PCB | Programa de Compra de Biocombustiveis | バイオ燃料買い取りプログラム |
| PNDB | Programa Nacional de Descnvolvimento de Biocom bustiveis | バイオ燃料開発国家プログラム |
| TSC | Taxa Sobre es Comvusiveis | 燃料税 |
| UNDP | UN Development Program | 国連開発計画 |
| UNEP | UN Environmental Program | 国連環境計画 |

第1章 調査概要

1-1 調査の背景

モザンビーク共和国（以下、「モザンビーク」と記す）の2006年の国内電力総生産量（1万4,737GWh）は98%をカボラバッサ水力発電所1カ所の供給源に依存しており、残りの2%をディーゼル発電、及び天然ガス発電により生産している。カボラバッサ水力発電所の発電量のうち、1万2,465GWh（86%）は南アフリカ共和国や南部アフリカパワープールに輸出しており、一方で1万GWh近い電力を南アフリカ共和国から輸入している。

モザンビークでは、国民の大半が居住する農村地域を中心に電化率は非常に低く、電力普及率は全人口の13.2%である。政府は、貧困削減及び経済成長には、安定的な電気の普及が不可欠として、地方のオングリッド化と代替エネルギーを用いたオフグリッド発電を平行して推進している。

地方のオングリッド化に関しては、2015年までに全国128のDistrictの中心地をグリッド網の延伸により電力供給を行う計画であるが、南部と中北部に挟まれた中間地域及び北部内陸部の2カ所について電化の遅れが目立っている。一方で、代替エネルギーを用いたオフグリッド発電に関しては、環境に対する配慮もあり、政府は開発の進むTemane及びPandeの天然ガスや、太陽光、バイオマスなどの優先的な活用を検討している。

1-2 調査の目的

本調査は、モザンビークにおける新エネルギー・再生可能エネルギーについて、自然環境状況や同国政府の政策・制度環境の現状、ドナー及び民間セクターの動向等を含め、同分野の情報収集を行い、この分野の発展に効果的な支援の検討を行うための基礎とすることを目的としている。

1-3 調査団員構成

| 担当 | 氏名 | 所属 | 出張期間 |
|--------------|--------|-----------------|------------|
| 団長 | 宿野部 雅美 | JICA モザンビーク事務所長 | 駐在 |
| 開発協力 | 長沼 秀明 | アフリカ開発協会 | 9/26~10/16 |
| 天然ガス（技術研究） | 佐々木 正人 | ㈱石井鐵工所 | 9/26~10/11 |
| 天然ガス（産業開発） | 樋口 隆之 | ㈱石井鐵工所 | 9/26~10/11 |
| 風力・太陽光（産業開発） | 佐野 英之 | ㈱WINPRO | 9/29~10/11 |
| バイオ燃料（産業開発） | 合田 真 | 日本植物燃料㈱ | 10/3~10/18 |
| バイオ燃料（技術研究） | 芋生 憲司 | 東京大学 | 10/7~10/18 |
| 風力・太陽光（技術研究） | 河村 愛 | ㈱エックス都市研究所 | 9/26~10/16 |
| 通訳 | 田辺 早苗 | JICE | 9/26~10/18 |

1-4 調査日程

| 分野 | 天然ガス | 風力・太陽光 | バイオマス |
|-------------|--|---|-------------------------------------|
| 担当 | 樋口/佐々木/（長沼/田辺） | 佐野/河村/（長沼/田辺） | 合田/芋生（長沼/田辺） |
| 9/26 （土） | 成田発→香港→Johannesburg （樋口、佐々木、長沼、田辺 団員） | 成田発→香港→ Johannesburg（河村団員） | |
| 9/27 （日） | Johannesburg→10:50 Maputo （樋口、佐々木、長沼、田辺 団員） | Johannesburg→10:50 Maputo （河村団員） | |
| 9/28 （月） | 08:30 JICA モザンビーク事務 所打合せ 14:00 在モザンビーク日本大 使館表敬 15:00 ペトロモック社 | 08:30 JICA モザンビーク事 務所打合せ 14:00 在モザンビーク日本 大使館表敬 | |
| 9/29 （火） | 10:00 鉱物資源省（MIREM） 13:30 エネルギー省（ME） National Directorate of New and Renewable Energy 15:00 石油天然ガス管理機構 （INP） 17:00 JICA モザンビーク事務 所打合せ | 成田発→香港→ Johannesburg（佐野団員） | |
| 9/30 （水） | 09:00 ペトロモック社 （Matola 工場視察） 12:30 Matola Gas Company 二次減圧設備視察 | Johannesburg→ 10:50 Maputo（佐野団員） | |
| 10/1 （木） | 09:00 国家炭化水素公社 （ENH） 13:00 Matola Gas Company 一 次減圧設備視察 | 14:00 エネルギー基金 （FUNAE） | |
| 10/2 （金） | 13:00 エネルギー省（ME） National Directorate of Fuels | 09:00 ME 11:00 国連工業開発機関 （UNIDO） | |
| 10/3 （土） | | | 成田発→香港→ Johannesburg（合田団員） |
| 10/4 （日） | | | Johannesburg→ 10:50 Maputo（合田団員） |
| 10/5 （月） | Vinankuloへ移動 | | |
| 10/6 （火） | Sasol 社天然ガス中央精製設 備（CPF）視察 | | 09:00 University of EM |

| | | | |
|--------------|--|---|---|
| 10/7 (水) | Maputo へ移動 | [Inhambane 州現地調査] 16:30 Massinga Nhachengue 無電化地域のクリニック | 08:15 Petromoc 農園候補 地着 成田発→香港→ Johannesburg (芋生団員) |
| 10/8 (木) | 13:30 National Petroleum Institute 訪問 16:00 在モザンビーク日本大 使館へ報告会 | [Inhambane 州現地調査] 09:30 Palm Tree 社風力発電 設備 11:40 Jangamo District, Mahena 無電化地域 12:25 Jangamo District, Nhacoja 無電化地域の クリニック | Johannesburg→ 10:50 Maputo (芋生団員) 13:30 Ministry of Education 16:00 在モザンビーク日 本大使館へ報告会 |
| 10/9 (金) | 09:00 ENH 14:00 ペトロモック社 | 17:30 FUNAE | 09:00 エコモス社のマト ウーラ工場視察(ペ トロモック社敷地 内) 13:30 University of EM |
| 10/10 (土) | 11:50 Maputo→Johannesburg (樋口、佐々木団員) | 11:50 Maputo→Johannesburg (佐野団員) | |
| 10/11 (日) | | | |
| 10/12 (月) | | 資料整理 | 08:30~ ペトロモック社 のジャトロファ農 園候補地現地調査 (マニッサ) 11:40 ENERGEM 社ジャ トロファ農園視察 (Bilene) 11:15 Enegium 社事務所 |
| 10/13 (火) | | 9:30 DANIDA | 09:00 University of EM 11:00 JICA モザンビーク 事務所 |
| 10/14 (水) | | 14:00 ME | |
| 10/15 (木) | | | University of EM |
| 10/16 (金) | | | Ministry of Education |
| 10/17 (土) | | | 11:50 Maputo→ Johannesburg (合田、芋生、田辺団員) |

1-5 面談者及び調査対象機関

今回の基本調査に関し下記関連機関に協力していただいた。

(1) 天然ガス

- ・ 鉱物資源省 (Ministry of Mineral Resources : MIREM)
- ・ エネルギー省 (Ministry of Energy : ME, National Directorate of Fuels)
- ・ 石油天然ガス管理機構 (National Petroleum Institute : INP)
- ・ 国家炭化水素公社 (Emress Nacional de Hidrocarbonestos E.P. : ENH)
- ・ Matola Gas Company
- ・ ペトロモック社

(2) 風力・太陽光

- ・ エネルギー省 (Ministry of Energy : ME) , National Directorate of New and Renewable Energy
- ・ エネルギー基金 (Fund of Energia : FUNAE)
- ・ 国連工業開発機関 (United Nations Industrial Development Organisation : UNIDO)
- ・ デンマーク国際開発事業団 (Danish International Development Agency : DANIDA)

(3) バイオマス

- ・ University of Eduardo Mondlane
- ・ Ministry of Education

第2章 調査結果概要

2-1 エネルギー・電力事情の概要

2-1-1 エネルギーセクター戦略

モザンビーク政府は、社会経済発展のために国内におけるエネルギー供給を保障することを目的として2009年6月4日、閣僚評議会決議第10/2009号エネルギーセクター戦略を閣議決定した。同戦略は、「多様で持続的なエネルギーアクセス拡大を可能とする条件を整え、国民の健全と社会経済発展に貢献する。」ことを目的とし、国家主要計画のなかで、年度ごとの社会経済計画（PES）を通して実施される国家5カ年計画及び国家貧困撲滅計画（PARPA）にも組み込まれることが決定している。同戦略内では、以下の3つの要素に重点が置かれているといえる。

- ① 国際的なエネルギーの有効利用
- ② 国民の適切な環境行動
- ③ エネルギー源の多様化（特に新エネルギー/再生エネルギー及び京都議定書のCDMの活用）

また、同戦略では国家電力網（RNT）、低価格代替エネルギー、及び Electricidade de Mozambique（EdM）とエネルギー基金（FUNAE）との協力関係強化、同時に高効率電気製品（例：省エネ高効率電球）開発への投資を通じ、農村地帯に優先を置く電化活動の継続、及び促進をめざすことが明記されている。

2-1-2 エネルギーセクターのポテンシャル

モザンビークのエネルギーセクターは、資源が豊富であり、国内需要のみならず、南部アフリカへの輸出の可能性を十分に有しているといえる。国内資源（液体、天然ガス、石炭、バイオ燃料）に加えて、アフリカの interland への扉に位置しているという同国の地理的好条件により、港湾、鉄道、石油パイプラインといった国内インフラを整備することで、南部アフリカ開発共同体（SADC）諸国と東部アフリカ諸国との交易をつなぐことができる地理的優位性をもつ。

電力セクターでは、水力発電ポテンシャルが最も高く、現在1万2,000MW又は6万GWh/年、21万6,000TJ/年であり、そのほかに、天然ガス500MW、石炭5,000MWである。電化の予想成長率は年6%であり、現在のカホラ・バサの国内向け発電量400MWにまもなく達することが見込まれている。現在策定中の生産基本計画に基づいたエネルギー生産事業の導入が早急に求められる。

一方、国家消費エネルギーの80%が、3,000万haの森林（薪、植物炭）からのバイオマスエネルギーに依存しており、森林の劣化が深刻化の一途をたどっている。モザンビークでは、電化地域は全人口のわずか13.2%にとどまることから、同国家戦略のなかでも（非持続可能なバイオマス資源に替わる）持続的バイオマス資源（薪、バイオ燃料、バイオガス）、太陽光、風力、水力を活用したへき地へのハイブリッド型の解決策を提唱し、電化プロジェクトを推進している。しかし、対象となる村落が広い国土に分散していることから、現在利用されているバイオマスエネルギーを電力が代替するには長い期間を要すると推測される。現在、農村地域では人力とバイオマスエネルギーがエネルギー源の主流であり、モザンビーク政府は、エネルギー面のみならず、総合的な地域開発の視点から地域計画の強化を進めているところである。

モザンビークの年間化石燃料消費は6億リットルで、主に、交通セクターと農業セクターで消費されている。また、国家エネルギー割合の大部分は液化天然ガス（LPG）と原油からなるが、政府は現在、再生可能エネルギーを積極的に推進することを表明している。将来的には、輸出の可能性を視野にいれつつ、国家レベルでエネルギーの付加価値向上に向けた取り組みを開始し、補助金政策に依存しないエネルギー価格の安定化のニーズは高いと考えられる。

2-2 天然ガスの現状と課題

モザンビークの人口の約80%は農村部に居住し、大部分の家庭においては石炭や藁を燃料として使用し、天然ガスとはかかわりのない生活を送っている。一方、モザンビーク政府としては徐々に天然ガスの使用を促すために、都市部において天然ガス供給網の整備並びにLPGの国内生産にあわせた設備拡張の計画を進め、将来的には全国の一般家庭へ供給できるよう、そのバックボーンを早急に形成したい意向をもっている。しかしながら、現時点において天然ガスの需要は都市部の限られた地域のみであり、多くの一般庶民に対し高価なガス燃料が受け入れられるのか、また、市場規模の小さな国内一般家庭用ガス市場へ積極的に参画する企業があるかどうかは課題としてあげられる。モザンビーク政府関係者からは本計画に必要な貯槽や、天然ガス貯蔵・供給設備の整備（基本・詳細設計や資機材の調達）、一般家庭への販売事業にかかわるソフト及びハード面における支援の必要性が言及された。

2-3 風力・太陽光発電の現状と課題

モザンビークは広大な土地に人口が分散しており、電化率が全人口の13.2%と低水準にある。モザンビーク政府は特に農村電化推進政策として、2009年6月に再生可能エネルギー法を制定して、風力・太陽光などの再生可能エネルギーの積極的な推進を行っている。今後、太陽光発電システム等のプロジェクトの推進にあたっては、適切な運営管理体制の確立、重要度に応じたシステムの選択、再生可能エネルギーポテンシャルの定量評価などの課題が想定され、今回調査を行ったモザンビーク政府関係者からは、無電化地域における再生可能エネルギーシステム導入に対する支援の必要性が言及された。

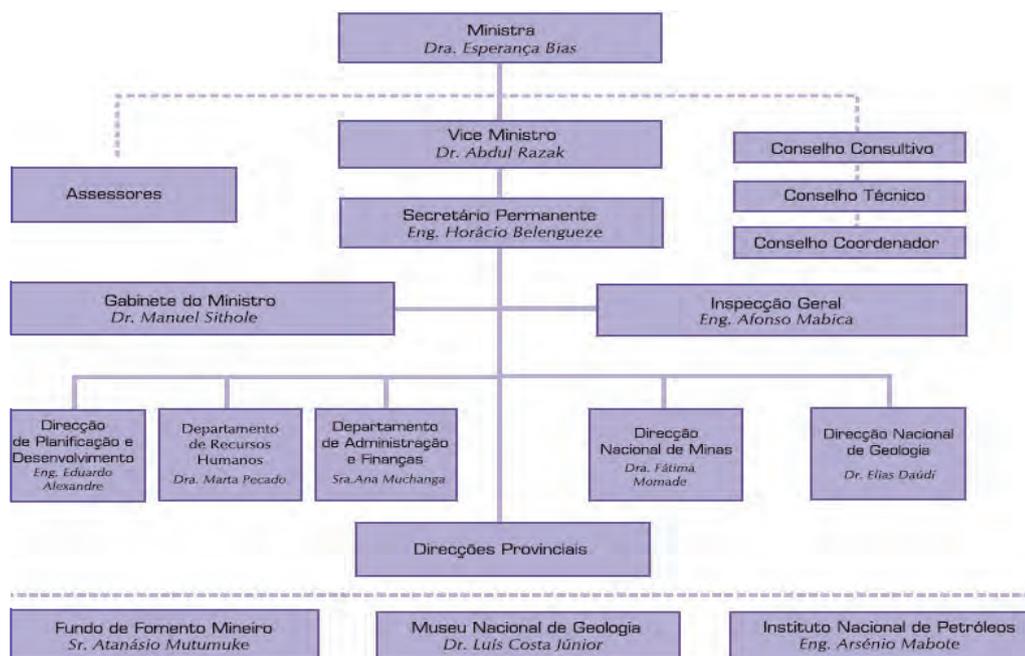
2-4 バイオマスの現状と課題

モザンビークの液体燃料輸入額は2006年には全体輸入額の14%に達した。2009年には国家バイオ燃料政策・戦略が策定され、エネルギー省（ME）と農業省を通して活動形成と計画を模索しているところである。モザンビークにおいては特に農村部において、バイオマスエネルギーが主要なエネルギーとして利活用されてきているが、その結果、森林伐採が継続し、森林劣化、土地荒廃が深刻化している。今後、バイオ燃料生産に関する支援と同時に持続可能で効果的なバイオマスの利活用を推進・担保していくための生産性に関するデータ収集を含む基礎研究の支援ニーズがあると考えられた。

第3章 モザンビークのエネルギー・電力事情

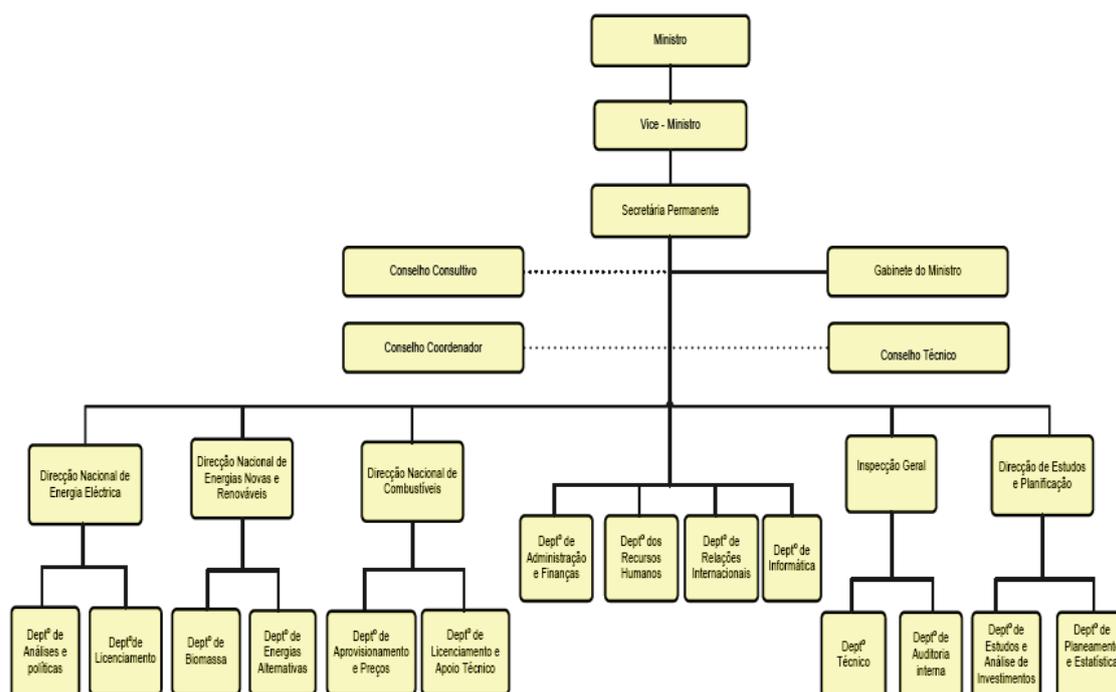
3-1 関連機関及び組織構成

モザンビークのエネルギー政策は、上流部門は鉱物資源省（Ministry of Mineral Resources : MIREM）、下流部門はエネルギー省（Ministry of Energy : ME）が所管している。かつては鉱物資源エネルギー省（Ministry of Mineral Resources and Energy）であったが、2005年に主に天然ガスを所轄する上流部門を所管する MIREM と、電力やエネルギー流通に関する下流部門を所管する ME に分割された。両省の組織図を図 3-1 に示す。



出所：INP 提供資料（2009）

図 3-1 鉱物資源省（MIREM）組織図



出所：ME 提供資料（2009）

図 3 - 2 エネルギー省（ME）組織図

上記のほかに電力セクターの関連機関として以下の組織があげられる。

- ・ エネルギー基金（Fund de Energia : FUNAE）
- ・ ペトロモック社
- ・ Electricidade de Mocambique : EdM
- ・ Hidroelectrica de Cahora Bassa : HCB
- ・ Conselho Nacional de Electricidade : CNELEC
- ・ 農業促進機構（Centro de Promocao de Agricultura : CEPAGRI）
- ・ 持続可能な開発委員会（Conselho para o Desenvolvimento Sustentavel : CONDES）
- ・ 国家環境基金（Fundo Nacional do Ambiente : FUNAB）
- ・ 水力発電プロジェクト技術機関（Unidade Tecnica de Projectos Hidroelctricos : UTIP）
- ・ 農村工業技術促進機関（Unidate Tecnica para a Promocao da Industria Rural : UIPIR）

表 3-1 は、2009 年の両省の予算規模を示している。MIREM は約 3 億 4,000 万円/年、ME はその約半分の 1 億 6,000 万円/年である。

表 3 - 1 鉱物資源省 (MIREM) / エネルギー省 (ME) の 2009 年度予算

(1000MT)

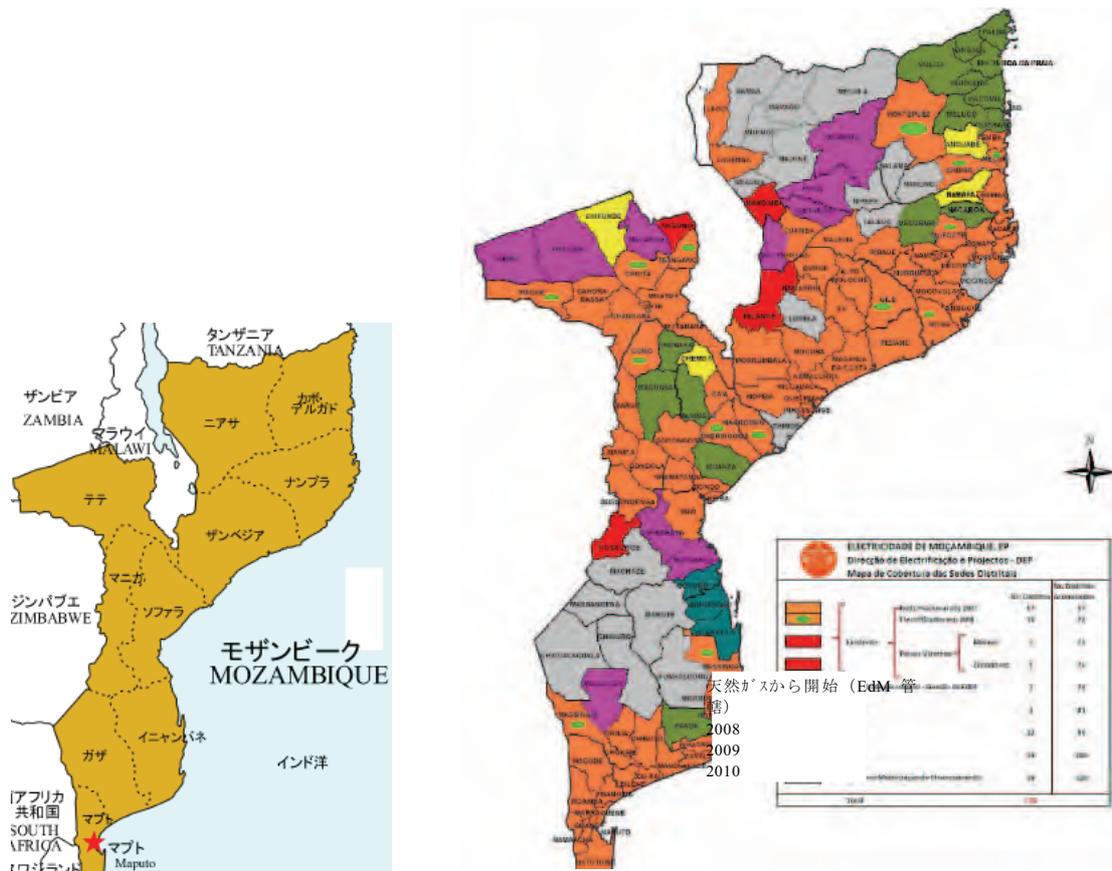
| 説明 | 個人費用 Despesas com pessoal | 商品とサービス Bens e Serviços | 移動平均 Transferências Correntes | その他 Outras Despesas | 合計 |
|--------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------|
| 鉱物資源省 | 41,712 | 17,734 | 3,937 | 33,926 | 97,309 |
| エネルギー省 | 26,129 | 19,301 | 273 | 0 | 45,703 |

出所：エネルギー省提供資料（2009）

3 - 2 現状と課題

ME による “Achievements of the Energy Sector (2005-2008)” では、2005～2008 年の間に政府の 5 カ年計画に基づき、農村電化プログラム (Rural Electrification Program) が積極的に展開されており、良質な電力の利用者数の拡大は、5 カ年計画の当初の目標が 8 万人であったのに対し、2008 年までの実績で 35 万人¹と、目標の 4 倍以上の成果をあげたことが報告されている。また、全国 128 の District のすべての庁舎の電化が完了しており、これらに象徴されるように各州、各 District において電化の取り組みは積極的に行われている。図 3-3 はモザンビークの電化状況を示しているが、これより首都 Maputo の位置する Maputo 州や、中部において比較的早期に電化が進んでいる一方で、Gaza 州や Inhambane 州を含む南部の一部、及び、Niassa 州や Nampula 州を含む北部の一部で特に電化が遅れていることがわかる。モザンビークの全国レベルでの電化率はいまだ全人口の 13.2%にとどまっており、広大な国土に人口が分散しているモザンビークの電化には長期間を要すると考えられる。

¹ 2005 年：7 万人、2006 年：8 万 5,000 人、2007 年：9 万 5,000 人、2008 年：10 万人（計 35 万人）



出所：Realizacoes do Sector de Energia (2005-2008)

図 3-3 モザンビークの電化状況

3-3 他ドナーの支援状況

地方電化分野では、デンマーク国際開発事業団（DANIDA）が電力セクターへの支援を行い、以下のマスタープランを作成している（2007年に終了）。DANIDAは、今後の政策的な方向性として、電力セクターに対する支援は予定していないが、今後はモザンビークに対する環境分野の支援を強化することを計画しており、そのなかで温室効果ガス削減対策として再生可能エネルギー・新エネルギーに関連する支援を行う計画を有している。

- Off-grid Renewable Master Plan(DANIDA)
- Low-Cost Rural Electrification Plan (DANIDA)

また、国連工業開発機関（UNIDO）は、無電化地域に対する再生可能エネルギー導入のための Millennium Development Goal Funds（MDGF、2008）というプロジェクトをスペイン、ノルウェー王国、スウェーデン王国（以下、「ノルウェー、スウェーデン」と記す）、食糧農業機関（FAO）、国連環境計画（UNEP）、国連開発計画（UNDP）、国連人間居住計画（UNHABITAT）などと共同で実施している。コミュニティの総合的な開発のなかで再生可能エネルギーが一要素として組み込まれており、関係する各機関が、それぞれの目標と目的を定めた取り組みとなっている。予算規模は3年間で700万米ドルである。

また、天然ガス分野においては、国家炭化水素公社（ENH）の情報によると、2008年にフランス開発庁（AFD）がMaputoにおける天然ガスパイプライン開発のための実施可能性調査（F/S）

を実施し、2009年にはノルウェー開発局（NORAD）によりビジネスプラン策定、世界銀行は5つの天然ガスポイントにおいて、どのようなプロジェクトオプションがあるのか、あるいはマーケットがあるのかについて市場調査を実施したとのことであった。

他国のドナーの全般的な動向については、2010年に、モザンビークで初めてのドナー会議が予定されており、各セクターにおける各ドナーの支援分野がより明確になることが見込まれる。

第4章 天然ガスの現状と課題

4-1 政策概要

モザンビークでは、エネルギー資源を豊富に有しているにもかかわらず生産量のほとんどを南アフリカ共和国に輸出しており、国内需要は満たされていない。化石燃料の輸入額は、2006年には総輸入額の14%に達している。天然ガスにおいては産出量の95%が輸出され、国内消費分の燃料は南アフリカ共和国から天然ガスや液化天然ガス（LPG）を輸入しているのが現状である。GDPの成長に伴い、液体燃料の国内消費量は増加の一途をたどっているが、近年の化石燃料の価格上昇は、使用燃料の大部分を輸入に頼っているモザンビークにとって、経済的に非常に大きな負担であり、重要な問題となっている。

こうしたなか、政府は天然ガスに関するエネルギー戦略として以下を掲げている。

(1) 天然ガス需要の拡大

モザンビークの天然ガスポテンシャルは高く、国際パートナー、及び民間企業により、現在17エリアで探鉱プロジェクトが進められており、そのうち6地区で天然ガスが発見されている。

こうした背景を基に、政府は国産エネルギーの優先利用と国内生産/国内利用を目標に掲げ、一般家庭での利用や工場での燃料転換を働きかけるとともに、石炭や水力に替えて天然ガスを燃料とした発電所の計画、肥料の原料などといった新たな天然ガスの利用方法を検討している。そのなかで天然ガス自動車（NGV）にも高い関心をもち、NGVの普及とオートガススタンドなどのインフラ整備にも力が注がれている。

(2) 天然ガス精製設備の拡張

国家炭化水素公社（ENH）と Temane に天然ガス精製設備をもつ SASOL 社は、新しいガス田からの産出予測と今後の国内需要と南アフリカ共和国への輸出量の増加分を考慮に入れ、1億2,200万GJ/年から1億8,300万GJ/年への精製能力の拡張、及びパイプラインの更新計画を立てた。また、将来的には3億GJ/年までの能力アップが必要とも推測されている。

(3) LPGの国内生産

天然ガスに随伴して産出されるコンデンセートは輸出されているのが現状だが、このコンデンセートからLPGを回収するための技術研究が進められており、今後1~2年以内にもLPGの生産開始が可能とみられている（推定生産量:2万~5万トン/年）。

現在LPGは100%南アフリカ共和国からの輸入に依存しているが、コンデンセートから回収したLPGは、輸入品に替わり国内消費分として供給されることとなる。

(4) LPG貯蔵設備の拡張

LPGの国内生産にあわせ、Matolaにあるペトロモック社のLPG貯蔵設備の拡張が計画されている。また、地方における薪や石炭からの燃料転換の促進、インフラの整備、ボンベ販売網の拡張についても検討されている。

4-2 関連機関及びその役割

4-2-1 鉱物資源省 (Ministry of Mineral Resources : MIREM)

MIREM は地質調査、石炭やハイドロカーボンを含む鉱物資源の研究・開発を指揮・遂行し、エネルギー産業の上流部門を担当する。

4-2-2 エネルギー省 (Ministry of Energy : ME)

ME は 2005 年に Ministry of Mineral Resources and Energy から分割された組織である。ME はエネルギーの分配を含む下流部門を担当し、体制の整備、ガスの消費・販売に対する法律整備、枠組の作成、民間プロジェクトの監視、人材育成・能力開発を行う。

4-2-3 石油天然ガス管理機構 (National Petroleum Institute : INP)

INP は MIREM 管轄の下部組織であり、監督機関として石油・天然ガスの研究開発を担当する。また、独立採算制の機構であり、上流部門のプロジェクト開発・契約の推進を行い、オペレーターの開発業務を管理する。

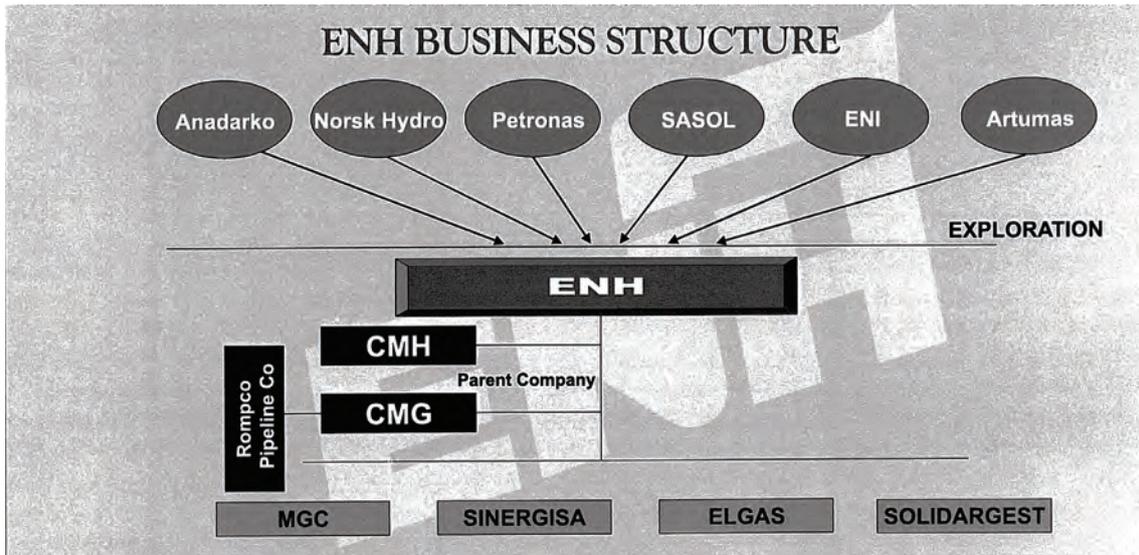


出所 : INP 提供資料 (2009)

図 4-1 石油天然ガス管理機構 (INP) 組織図

4-2-4 国家炭化水素公社 (Empress Nacional de Hidrocarbonetos E.P. : ENH)

ENH は国営石油会社であり、石油・天然ガスビジネスにおける政府の営利的な機関である。Inhambane 北部の発電所や工場などへの天然ガス供給をはじめとし、新規天然ガス供給網の開発を行う。また、政府に代わりライセンサーとして探鉱プロジェクトにかかわると同時に、いくつかの開発鉱区においては共同出資者として参画する。



出所：ENH 提供資料（2009）

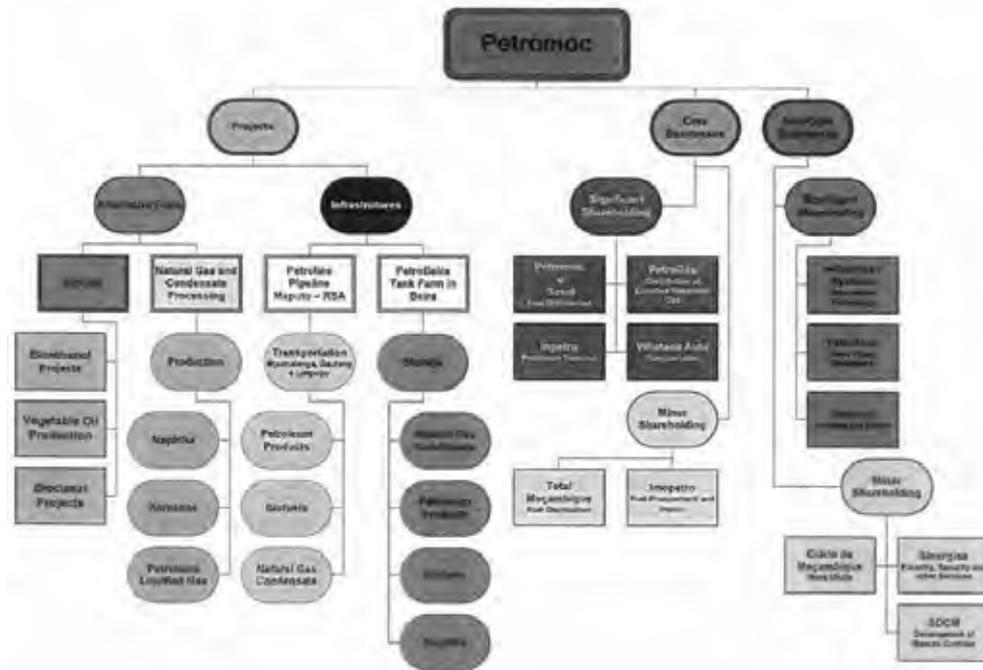
図 4-2 国家炭化水素公社（ENH）Business Structure

4-2-5 Matola Gas Company（MGC）

2004 年に政府、及び民間資本による合弁会社として創設された（ENH も 30% 出資）。Temane-Secunda パイプラインの天然ガスを利用したパイプライン供給網を構築し、2005 年から Maputo と Matola の工業地区に天然ガスの供給を行っている。これまで燃料は輸入に頼っていたが、以来、国産天然ガスの本格的な利用が開始された。

4-2-6 ペトロモック社

ペトロモック社は政府が 80% の資本をもつ合弁会社であり、石油製品の調達、及び売買価格を決定する責任を有している。119 ヲ所のガソリンスタンドのほかに 3 つの石油ターミナルと 16 ヲ所の貯蔵所をもち、石油貯蔵量は 50 万 m³ を超える。国内では、Mozal 社（アルミニウム精錬会社）、Cahora Bassa 水力発電会社に次ぐ収益第 3 位の企業で、国内での販売シェアは 32% と業界第 1 位である。過去においては、モザンビーク国内の各民間石油会社に対して石油製品の割当量を決定していた。事実上すべての輸入燃料をハンドリングする傍ら、マーケットの約半数に及ぶガソリンスタンドを全国的に展開するなど、モザンビークにおいて石油製品供給の重要な役割を担っている。Maputo の精製設備は経済的理由、及び運転の効率化を図るために 1984 年に閉鎖され、現在は LPG の貯蔵設備となっている。石油産業の自由化への動きとして近い将来は完全民営化されることになる。



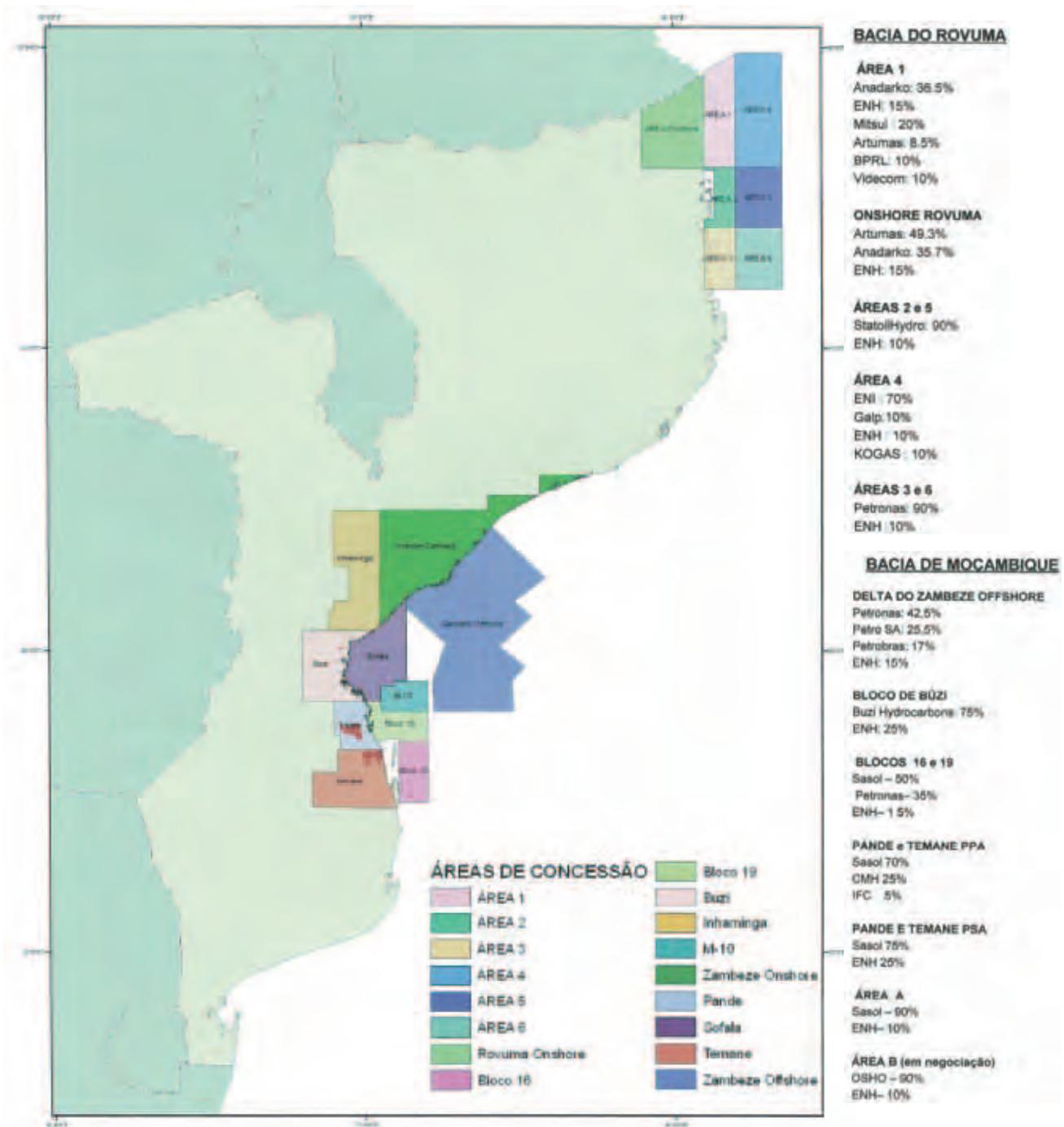
出所：Petromoc 提供資料（2009）

図 4 - 3 Petromoc 組織図

4 - 3 天然ガス/LPG の利用に関する現状

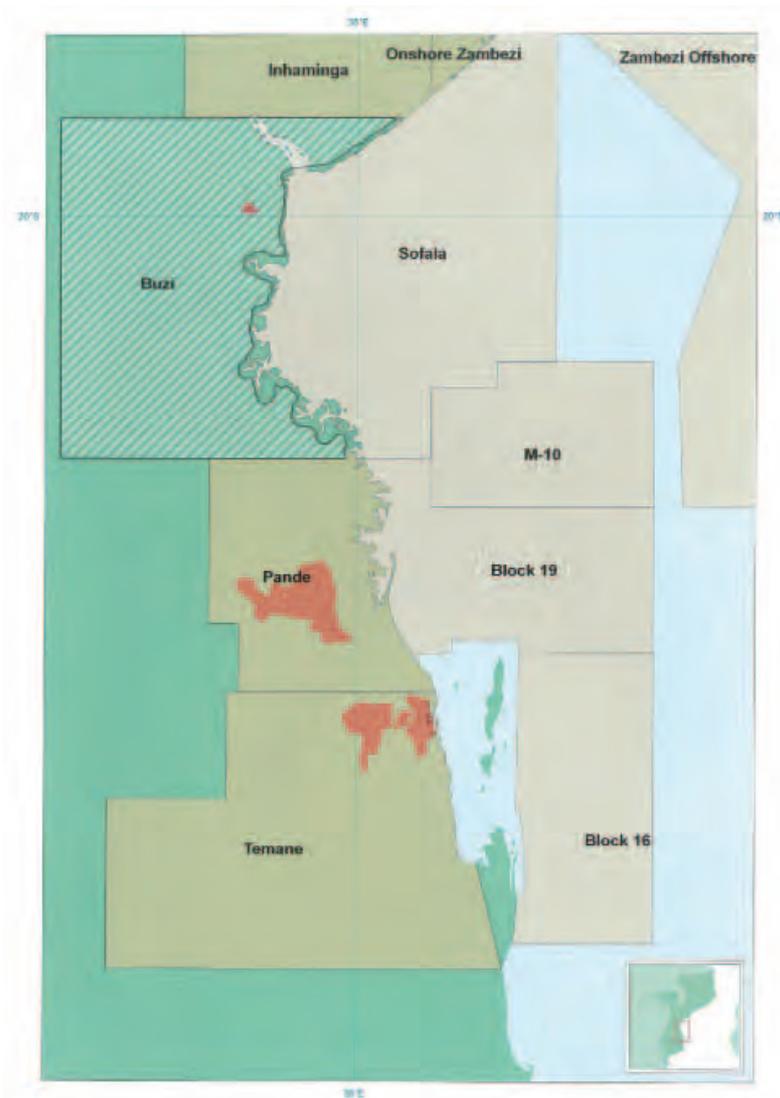
4 - 3 - 1 天然ガスの開発

モザンビークでは、Rovuma 湾と Mozambique 湾で石油・天然ガスの開発が進められており、Pande、Buzi、Temane、Temane East、Inhassoro、Area16&19 の 6 地区で天然ガスが発見されている。その産出量は 1 億 2,000 万 GJ/年で、確認埋蔵量は 5 TCF (1,008 億 m³) 以上 (Pande:2.6TCF、Buzi : 5.6BCF、Temane : 1.8TCF、Inhassoro : 0.6TCF) である。



出所：ENH 提供資料（2009）

図 4-4 各開発ブロックのオペレーター及びパートナー



出所：ENH 提供資料（2009）

図 4 - 5 ガス田分布図

4 - 3 - 2 天然ガスの利用

(1) 産出量と輸出量

Pande と Temane の天然ガスは、ガスとコンデンセートが混合された状態で Temane の中央精製設備（Central Processing Facility：CPF）に集められ、コンデンセートの分離、及び精製を行った後、圧縮ガスとしてパイプラインで送出される（Temane-Secunda パイプライン、26”×全長 865km）。そのうち 95%は、南アフリカ共和国企業の Sasol 社（70%）、ENH（25%）、IFC 社（International Finance Corp.）（5%）の販売契約に基づき南アフリカ共和国に輸出され、残りの 5%は国内消費に向けられている。

また、CPF でガスと分離されたコンデンセートは、タンクローリーで Maputo に輸送され、Maputo から海外に輸出されている。

表 4-1 天然ガスの産出量及び輸出量（2004 年～2009 年 6 月）

| 年 | 産出量 | | 輸出量 | コンデンセート | |
|------|----------------|----------------|----------------|-------------|-------------|
| | Nm3 | GJ | GJ | 産出量 bbls | 販売量 bbls |
| 2004 | 1,252,767,377 | 52,979,286.27 | 49,704,017.95 | 294,320 | 211,535 |
| 2005 | 2,095,889,939 | 88,920,561.29 | 86,038,801.31 | 531,096 | 532,787 |
| 2006 | 2,409,715,825 | 102,062,625.68 | 97,950,273.63 | 648,423 | 539,500 |
| 2007 | 2,465,099,526 | 104,790,155.21 | 100,468,934.73 | 695,938 | 773,805 |
| 2008 | 2,725,661,638 | 116,662,805.97 | 112,476,975.32 | 705,068 | 704,201 |
| 2009 | | | | | |
| 1 月 | 188,628,573 | 8,043,122.35 | 7,711,102.25 | 44,805 | 53,819 |
| 2 月 | 209,161,776 | 8,937,482.69 | 8,709,704.72 | 54,278 | 51,126 |
| 3 月 | 212,764,064 | 9,091,408.45 | 8,851,204.88 | 52,415 | 56,101 |
| 4 月 | 217,320,509 | 9,281,758.94 | 3,064,382.88 | 53,825 | 54,300 |
| 5 月 | 170,657,810 | 7,278,555.60 | 7,082,217.00 | 42,161 | 41,428 |
| 6 月 | 213,694,409 | 9,094,834.05 | 8,902,539.00 | 50,197 | 45,133 |
| 小計 | 1,212,227,141 | 51,727,162 | 44,321,151 | 297,681 | 301,907 |
| 合計 | 12,161,361,446 | 517,142,597 | 490,960,154 | 3,172,526 | 3,063,735 |

出所：INP 提供資料（2009）

(2) 国内需要

モザンビーク国内では、主として MGC 社（Matola Gas Company）と ENH が天然ガス供給を担っている。

1) MGC 社による天然ガス供給

Temane-Secunda パイプラインの Ressano Garcia 分岐ポイントから天然ガスを取り込み、減圧設備を経て Matola 工業地区の 24 の工場にパイプライン（供給網は約 100km）にて 2005 年から供給を行っている（Matola：21 カ所、Maputo：3 カ所）。その後、2007 年から Matola 地区への供給を開始するが、パイプラインを用いないボンベ供給方式とした。これは、“Virtual Pipeline” と呼ばれ、アフリカで初の試みであった。MGC 社の最大の供給先は、Mozal 社のアルミ精錬工場と CIM 社のセメント工場であり、MGC 社が供給する天然ガスの 90% を占めている。

また、2007 年から試験的に天然ガス自動車（NGV）が導入され、現在では 89 台（民間自動車 86 台＋マプト交通公社バス 3 台）が NGV として改良されている（2009 年末までには 100 台をめざす）。また、Autogas 社により Matola 市内に 2 カ所のオートガステーション

表 4-2 天然ガス国内消費量の推移

| 年 | 消費量 (GJ) |
|------|-----------|
| 2005 | 719,022 |
| 2006 | 1,173,716 |
| 2007 | 1,313,807 |
| 2008 | 2,351,320 |

出所：ME 提供資料（2009）

ンが設置され、1日当たり中型車両150台、及びバス30台の燃料を補給できる能力をもっている（2008年MGC社年間販売量：132万8,065GJ）。

2) ENHによる天然ガス供給

Inhambane 北部に天然ガス供給網（Vilanculos、Nova Mombone、Inhassoro、Chibwane/約300km）を開発し、発電用や一般消費用として天然ガスを供給している（2008年ENH年間販売量：19万2,000GJ）。

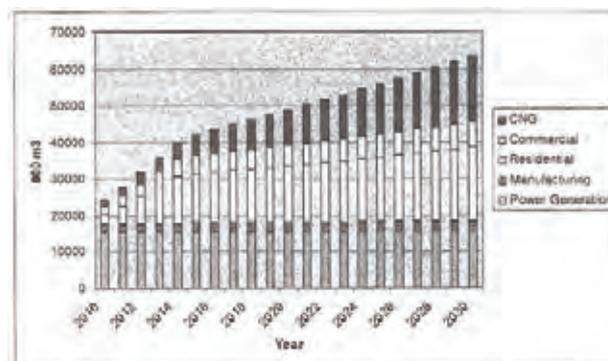
また、政府からの依頼を受け、Maputo、及びMarracuene地区への天然ガス供給網（ガス導管）について市場調査や建設コスト、妥当性についての確認を終えた。

現在ENHでは、Inhambane北部での経験を生かし、この新しい供給網の具体的な計画に取り掛かっている。天然ガスはRessano Garciaのパイプライン分岐ポイントから取り込み、MGC社のパイプラインを共有してMatolaまで送り、そこからMatolaまでは新たなパイプラインを設置する。また、これとは別にRessano GarciaからMaputoまで直送するパイプラインの新設も計画している。



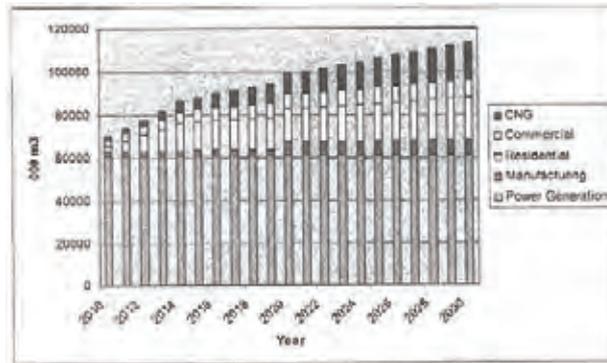
出所：ENH提供資料（2009）

図4-6 Maputoまでのパイプライン構想



出所：ENH提供資料（2009）

図4-7 Maputoにおける天然ガス需要の予測推移
（EDM社発電設備タービン1基運転の場合）

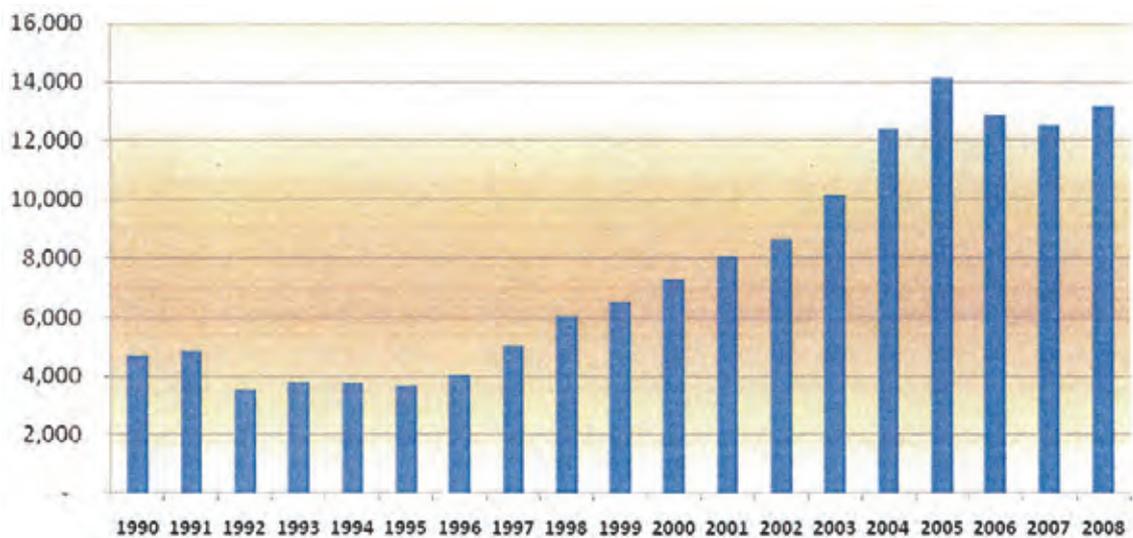


出所：ENH 提供資料（2009）

図 4-8 Maputo における天然ガス需要の予測推移
（EDM 社発電設備タービン 3 基運転、及び
ビール工場予測需要を考慮した場合）

4-3-3 LPG の利用

LPG の国内消費量は 1 万 2,000～1 万 5,000 トン/年で 100% 輸入に依存している。現在は、南アフリカ共和国の石油精製工場で生産された LPG を、タンクローリーや貨車で Petromoc 社の Matola LPG 貯蔵設備に輸入、貯蔵しているが、南アフリカ共和国内における需要も増大しており、輸入量は制限されている。Matola LPG 貯蔵設備は老朽化が進んでいるため、安全上の問題からタンクの液位を下げて貯蔵しており、現在の貯蔵能力は 850m³ である。貯蔵された LPG は、ポンペ充填会社（Petrogas 社、Galp 社）を経て Maputo、Matola、Beira、Nampula（1 万 4,000 トン/年以下）へ供給されている。



出所：Petromoc 提供資料（2009）

（単位：トン/年）

図 4-9 LPG 国内消費量の推移

ペトロモック社では、1～2 年以内に可能とされる LPG の国内生産にあわせるとともに、南アフリカ共和国以外からも LPG を輸入できるように、タンカー容量に見合った貯蔵能力への拡張を計画している。その具体的な計画は、4,000 トンの貯蔵能力拡張と、タンカーから受け入

れるためのアンローディングアームの新設である。また、LPGの需要を拡大するためのインフラ整備として、ボンベ充填設備の新設、販売網の拡充、安全管理システムの確立、家庭用ガスメーターの設置なども検討課題としてあげている。

将来的には、Temane-Secundaパイプラインの天然ガスから、LPGを回収することも考えており、そのための精製設備、タンク、及びパイプラインの設置についても検討している。

4-3-4 インフラの状況

(1) 天然ガス中央精製設備 (Central Processing Facility : CPF)

1) CPFの概要

Pande と Temane で産出された天然ガスは、Inhambane 州北部の Pande-Temane 天然ガス開発エリアに位置する CPF で精製され、Temane-Secunda パイプラインによって南アフリカ共和国まで輸出されている。本 CPF は、2003 年に建設プロジェクトがスタートし、2004 年から運転を開始している。

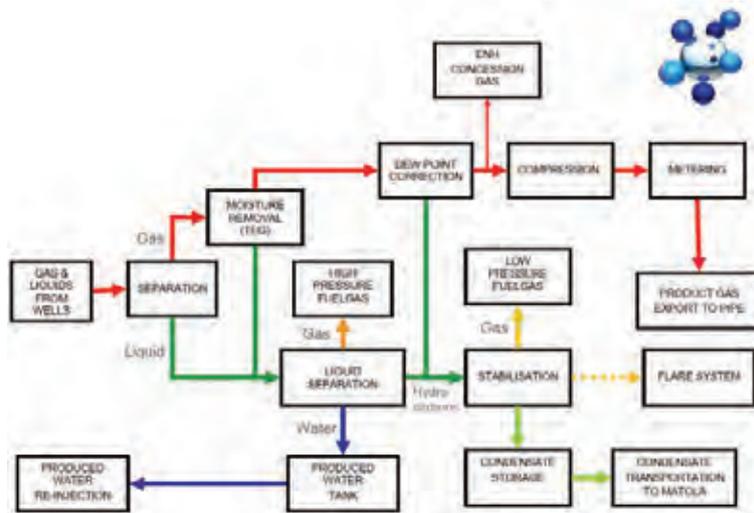
CPF の資本構成は、SASOL 社 70%、ENH 25%、IFC 社 5%である。



写真 4-1 CPF 航空写真

2) 精製設備概要

Pande と Temane の複数の井戸から産出された天然ガスは、ガスとコンデンセートの混合状態で CPF へ送られる。CPF では、ガスとコンデンセートを分離後、天然ガスを 125bar まで昇圧しパイプラインへ送出している。分離課程で排出されたコンデンセートは更に精製され、コンデンセートを安定化したのち、タンクに貯蔵される。



出所：SASOL 社提供資料（2009）

図 4-10 天然ガス精製フロー

表 4-3 天然ガス組成分析レポート（2009 年 10 月 4 日）

| COMPONENT | VOL% | Combustion Properties | Units | Specification | Value |
|---------------|------------------|--|---|---------------|---------|
| Methane | 94.30830 | Energy Content (EC) (Gross) | MJ/nM ³ (101.325 kPa @ 0°C) | 38.10-43.50 | 41.08 |
| Ethane | 2.03816 | Energy Content (EC) (Gross) | MJ/nM ³ (101.325 kPa @ 15°C) | 37.40-42.20 | 38.76 |
| Propane | 0.81830 | Relative density (RD) | 101.325 kPa @ 0°C | 0.55-0.70 | 0.591 |
| iso-Butane | 0.20624 | Relative density (RD) | 101.325 kPa @ 15°C | 0.55-0.70 | 0.594 |
| n-Butane | 0.23604 | Wobbe Index (WI) | MJ/nM ³ | 45.80-56.00 | 53.43 |
| neo-Pentane | 0.00000 | Hydrocarbon Dewpoint | °C @ 6.25 Barg | -6.8 | -10.16 |
| iso-Pentane | 0.07327 | Water Dewpoint | lb/mm scf @ 101 kpa | 7 | |
| n-Pentane | 0.06116 | Total Inerts (N ₂ , CO ₂) | Vol% | 5.0 max | 2.08 |
| n-Hexane | 0.08008 | Mr | g/mol | | 17.16 |
| n-Heptane | 0.08043 | DMG | gram | | 1716.38 |
| n-Octane | 0.01283 | H ₂ S | ppm | 4.0 max | 0.00 |
| Nonane | 0.00176 | | | | |
| Decanes | 0.00013 | | | | |
| Nitrogen | 2.08331 | | | | |
| Carbondioxide | 0.00000 | | | | |
| Oxygen | 0.00000 | | | | |
| Total | 100.00000 | | | | |

出所：SASOL 社提供資料（2009）



写真4-2 精製設備全景



写真4-3 セパレーター及びコンデンサー



写真 4 - 4 パイプライン送出口

3) 拡張計画

Temane でのガス産出量が増加していることや、新たなガス田からの産出予測を基に、政府は国内での天然ガス需要の拡大と CPF の能力拡張をエネルギー政策のひとつとして掲げている。

これを受け、SASOL 社は今後の国内需要と輸出量の増加を考慮し 50%の能力拡張工事を計画している。

表 4 - 4 CPF の能力

| | | 運転容量 | 設計容量 |
|-----|-----------------------------|------|------|
| 現 状 | ドライガス (億 GJ/年) | 1.22 | 1.36 |
| | コンデンセート (m ³ /日) | 352 | 391 |
| 拡張後 | ドライガス (億 GJ/年) | 1.83 | 2.03 |
| | コンデンセート (m ³ /日) | 426 | 470 |

出所：INP 提供資料（2009）

(2) 天然ガス供給設備（MGC 社）

1) 天然ガス供給設備概要

LNG の国内供給の大半を担う MGC 社は Matola に減圧設備とボンベ充填設備を設置し、Temane-Secunda パイプラインの天然ガスを利用した Matola 工業地区と Maputo への供給網を展開している。最大の供給先である Mozal 社のアルミ精錬工場は、MGC 社のボン

ベ充填設備の隣に位置している。



写真 4 - 5 MGC ボンベ充填設備 航空写真

Matola 工業地区へは、Temane-Secunda パイプラインの Ressano Garcia 分岐ポイントから天然ガスを採取し、一次減圧設備（Pressure Reducing Station : PRS1）（125bar⇒40bar）、二次減圧設備（PRS2）（40bar⇒10bar）を経て、パイプライン供給網により天然ガスを供給している。減圧設備は周囲が嚴重に囲まれ、警備員によって監視されている。

また、Matola のボンベ充填設備で 250bar に昇圧充填したボンベを、複数本ボックスに収納し Maputo に運搬・供給している。Maputo に配送されたボンベの圧力は、ボンベ充填設備内で遠隔監視されており、圧力が下がった時点で新しいボンベを配送できるシステムになっている。

ボンベ充填設備の入口には、NGV（天然ガス自動車）に充填するためのオートステーションが設置されている。現在国内には 2 ヲ所しか設置されていないが、今後の NGV の導入拡大にあわせてオートステーションも各地に増設されることとなる。



写真 4 - 6 一次減圧設備 (PRS1) 全景



写真 4 - 7 二次減圧設備 (PRS2) 全景



写真 4 - 8 ポンベ充填設備（ポンベ用ボックス）



写真 4 - 9 ポンベが設置されている Matola の食用油工場

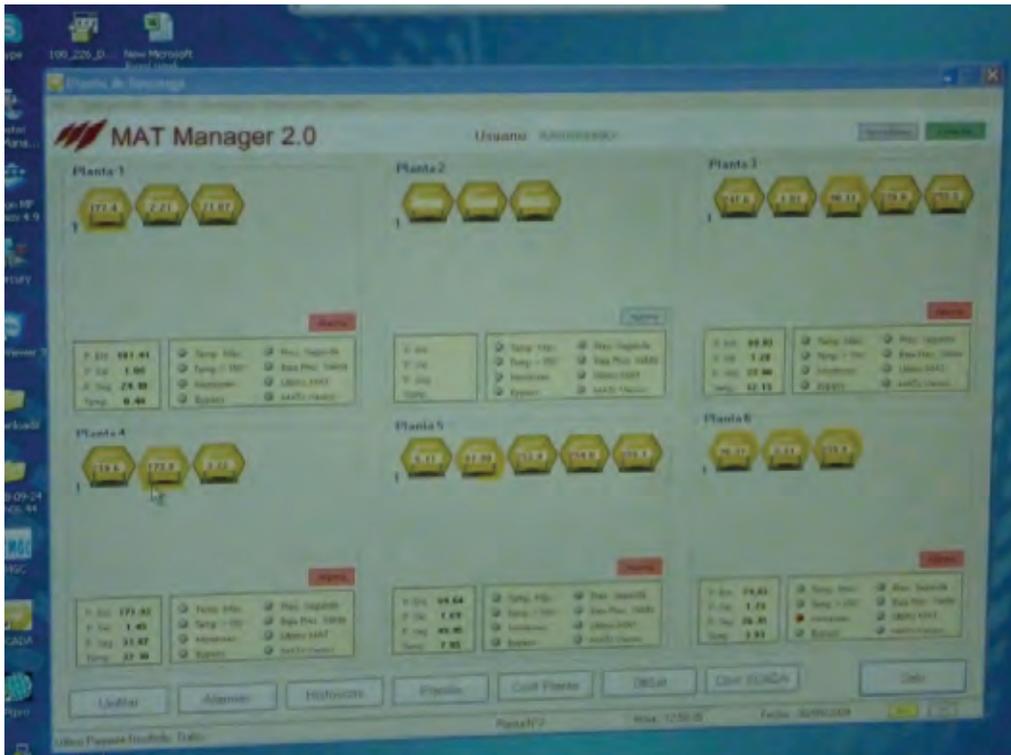


写真 4-10 ポンベ圧力監視システム



写真 4-11 オートガスステーション

(3) Matola LPG 貯蔵設備 (Petromoc 社)

1) LPG 貯蔵設備の概要

LPG の国内消費量は、年間 1 万 2,000～1 万 5,000 トンで、その 100%を南アフリカ共和国から輸入しており、Matola 地区にあるペトロモック社の Matola LPG 貯蔵設備に貯蔵されている（球形タンク 2 基、横置円筒タンク 4 基）。

貯蔵された LPG は、近隣のボンベ充填会社（Petrogas 社、Galp 社）に供給され、各サイズのボンベ（4.5ℓ、6ℓ、9ℓ、14ℓ、19ℓ、48ℓ）に充填後、各地にトラック配送されている。

また、Temane で産出されるコンデンセートをローリー車で受け入れ、Maputo から海外へ輸出している。

このように、Matola の LPG 貯蔵設備は、国内における LPG の中心的な役割を担っているが、設備の老朽化が問題となっている。LPG は、プロパンとブタンの混合状態（ブタンに対しプロパンの割合が高い）で輸入されているが、球形タンク 2 基のうち 1 基はブタン仕様で設計されており、プロパン・ブタンの混合液に対して強度不足であることから、現在は使用されていない。また、貯蔵設備全体として老朽化が進んでいることから、安全を考慮し貯蔵能力の 50%以下で使用している。そのため、現在の運用上の貯蔵能力は 850m³となっている。



写真 4 - 12 Matola LPG 貯蔵設備 航空写真



写真 4 - 13 貯蔵設備全景



写真 4 - 14 LPG 球形タンク



写真4-15 LPG 横置円筒タンク



写真4-16 LPG 送液ポンプ



写真4-17 LPG 受入状況（貨車からの受入）



写真4-18 隣接するLPG 充填会社（Petrogas 社）

2) 拡張計画

政府の政策である LPG の国内生産への対応と、新しい輸入先からのタンカー受入れを考慮し、下記のような設備の拡張計画を立てている。

- ・ 貯蔵設備の拡張（貯蔵能力 4,000 トンの増強）
- ・ タンカーから受入れするためのアンローディングアームの新設
- ・ アンローディングアームから LPG 設備までのパイプライン新設（12"～16"×1.5km）

将来的には、Temane で産出されるコンデンセートや、南アフリカ共和国へのパイプラインから LPG を回収することを検討している。コンデンセート、及びパイプラインからの回収量はそれぞれ 2 万トン/年、及び 2 万～5 万トン/年と見込んでいる。

4-4 課題

(1) 政府のエネルギー戦略について

今回の限られた調査期間では、政府のエネルギー戦略における天然ガスと LPG の位置づけ、利用にあたっての合理的な区分がみえてこなかった。政府の方針をもとに、エネルギーの有効利用方法について ENH や MGC 社、ペトロモック社などが具体的に計画を立てているが、Maputo においては天然ガスの供給網の整備と LPG 販売網の整備の 2 つの計画が混在している。Petro Moc 社の考えは、Maputo で天然ガス化が進んだ場合、LPG の販売先を郊外へ移していくというものであったが、利用者の負担や投資の無駄を少なくするためにも、政府が将来的なビジョンを明確にし、各社の計画を調整しながら進める体制が必要と考える。

(2) 一般消費者の負担について

一般消費者の多くは低収入で主たる燃料は石炭や薪である。安価で少量から購入できる石炭や薪に比べ、天然ガスや LPG の利用は過大な経済的負担となる。インフラ整備において一般消費者の理解を求めると同時に、利用にあたってのガス機器の購入費用や燃料費の負担をどうするか十分に検討する必要がある。

(3) パイプラインからの LPG 回収について

Temane-Secunda パイプラインの天然ガスから LPG を回収する計画があるが、本来、天然ガス中に含まれる LPG（プロパン、ブタン）の成分割合は微々たるものであること、また諸外国産の天然ガスと比較しても LPG 成分が多いとはいえないため、回収設備の建設・運転コストにふさわしい LPG の生産コストは、現状、輸入している LPG の購入コストに太刀打ちできないと考えられるため、十分に検討する必要がある。