

# イエメン共和国 電力開発・地方電化プログラム 準備調査報告書

平成 21 年 3 月  
( 2009 年 )

独立行政法人国際協力機構  
中東・欧州部  
産業開発部

産 業
J R
09-104

**イエメン共和国  
電力開発・地方電化プログラム  
準備調査報告書**

平成 21 年 3 月  
( 2009 年 )

**独立行政法人国際協力機構  
中東・欧州部  
産業開発部**

# 目 次

写 真

略語表

今後予定されている主な発電プロジェクト

現在実施中又は今後開始予定のドナー支援プロジェクト

第 1 章 調査の概要	1
1 - 1 背 景	1
1 - 2 調査団員構成	1
1 - 3 訪問先	2
1 - 4 調査スケジュール	2
1 - 5 団長所感	3
第 2 章 イエメンの電力事情	5
2 - 1 電力セクターの概観	5
(1) 電力セクターの組織体制	5
(2) 電力需給状況	7
(3) 電力開発計画	13
(4) 電気料金	17
(5) 電力会社の経営状況	18
(6) 地方電化	19
(7) 援助機関の動向	21
2 - 2 電力政策及び電力セクター改革の進捗	22
(1) 電力法の制定及び施行	22
(2) 今後の電力セクター政策	24
(3) 地方電化政策	25
2 - 3 発電の現状と将来計画（設備、人材及び実施体制等）	33
(1) 発電設備の全般状況	33
(2) 火力発電所の現状	34
(3) ディーゼル発電所の現状	35
第 3 章 再生可能エネルギー	36
3 - 1 再生可能エネルギーの導入状況	36
3 - 2 風力発電開発の可能性	37
(1) 風力発電のポテンシャル	37
(2) 風車の利用状況	37
(3) 風車の入手・輸送・建設	37
(4) 風車の運用・保守	38
(5) 系統連系	38

(6) 電力需要	38
(7) 環境面	38
(8) 考えられる導入案	38

第4章 協力量針の検討	40
4 - 1 電力分野への協力の可能性	40
(1) 人材育成	40
(2) 発電所維持管理	44
(3) 配電ロス低減及び供給信頼度向上	44
(4) DSM及び省エネルギー	44
(5) 地方電化	44
(6) 電力セクター改革	45
4 - 2 再生可能エネルギー開発への協力の可能性	45
4 - 3 協力の留意事項	45
(1) 他ドナーとの協調	45
(2) イエメン政府の実施体制とキャパシティ	45

#### 付属資料

1 . 現地収集資料	49
2 . 施設訪問記録	51



研修センターの研修施設



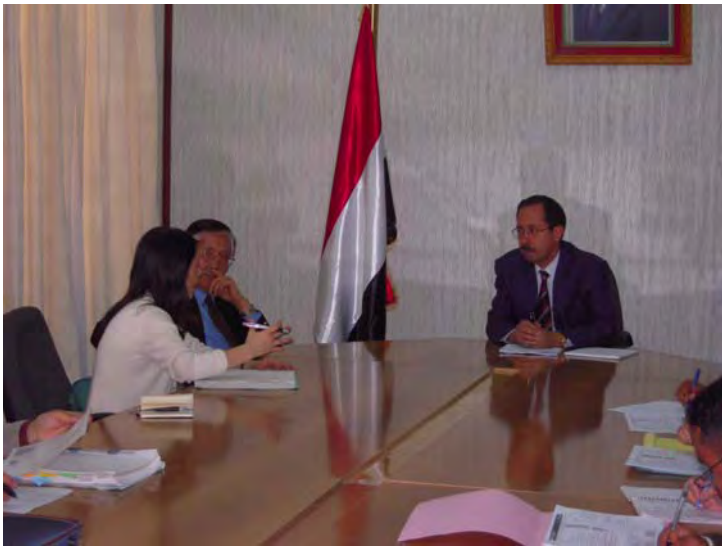
ダハバン・ディーゼル発電所



ダハバンの民間の緊急発電施設



ラス・カトニブ汽力発電所



敏蔭大使とともに計画・国際協力大臣表敬



電力公社（PEC）での協議

## 略 語 表

AFD	Agence Française de Développement	フランス国際開発庁
ETC	Electrical Training Center	ヨルダン電力研修センター
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	ドイツ技術協力公社
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
IsDB	Islamic Development Bank	イスラム開発銀行
MoEE	Ministry of Electricity and Energy	電力エネルギー省
MoPIC	Ministry of Planning and International Cooperation	計画・国際協力省
PEC	Public Electricity Corporation	電力公社
PLC	Programmable Logic Controller	プログラマブルロジックコントローラ（シーケンサ）
PSP	Power Sector Project	電力セクタープロジェクト
PV	Photovoltaic	太陽電池
REA	Rural Electrification Authority	地方電化庁
REREDP	Rural Electrification and Renewable Energy Development Project	地方電化・再生可能エネルギー活用促進プロジェクト
SHS	Solar Home System	戸別型太陽光発電システム

今後予定されている主な発電プロジェクト

プロジェクト名	概要*	費用（百万ドル）*	資金ソース	目標年次*	進捗状況
マーリブ（Marib）I	ガスタービン 360MW	264	アラブファンド	2008/2009	発電所は完成 送電線の一部及び変電所が未 完成のため、未稼働
マーリブ（Marib）	ガスタービン 400MW	420	アラブファンド サウジ銀行	2009	入札中
マーバル（Ma'bar）I	ガスタービン 400MW	445	未定	2010	ガスパイプラインの敷設に係 る資金（240百万ドル）の一部 が未定 ガス供給に係るイエメンLNG との交渉は終了
ベルハーフ（Balhaf）	ガスタービン 240MW	275	未定	2011	天然ガスの積出港近くに建設 予定。送電線の建設が必要
ホデイダ（Hodeidah）	ガスタービン 400MW	470	未定	2012	
アデン（Aden）I	ガスタービン 400MW	496	未定	2014	
アデン（Aden）	ガスタービン 400MW	533	未定	2017	
マーバル（Ma'bar）	ガスタービン 400MW	369	未定	2019	

\* MoEE “Electricity Sector Summery Present Situation and a Plan of the Requested Projects and Investment for Implementation during 2009-2025”（October 2008）



現在実施中又は今後開始予定のドナー支援プロジェクト

プロジェクト名	概要	予算(百万ドル)	ドナー	協力年次	進捗状況
Rural Electrification and Renewable Energy Development Project	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “National Rural Electrification Strategy”の策定支援</li> <li>- “Renewable Energy Strategy”及びアクションプランの策定支援</li> <li>- 実施体制の検討</li> <li>- 風力のポテンシャル調査</li> <li>- PVの市場調査</li> <li>- Wind Atlasの作成</li> <li>- 啓発及びトレーニングの実施</li> </ul>	3	WB( GEF), BMZ( ドイツ経済協力省 ) /GTZ, USTDA/USAID	2005-2007	-
Power Sector Project	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al-Hiswa発電所のボイラー交換</li> <li>- ダマール地域及びホデイダ地域の送配電線建設</li> <li>- ロス低減に係る調査及びパイロットプロジェクトの実施</li> <li>- 電気料金に係る調査</li> <li>- その他技術協力</li> </ul>	50	WB, AFD GTZ( 専門家派遣 )	2007-2011	進捗に1年半程度の遅れ
Rural Energy Access Project	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2015年までに地方電化率30%が目標</li> <li>- [ On-Grid ] “National Rural Electrification Strategy”で設定された27テリトリーのうち12テリトリーの送電線延伸による地方電化支援。電化組合方式を採用予定</li> <li>- [ Off-Grid ] 2万基のSHSを配布( リース方式 → 4~5年で住民に所有権移転 )</li> <li>- [ Capacity development ] REAを含む上記2コンポーネントの実施体制強化</li> </ul>	123	WB( IDA), AFD, IDB GTZ( 専門家派遣 ) USAID( On-Grid分野 へ電化協同組合の専門家派遣 )	2009開始予定	アプレイザル終了

Al-Mocha Wind Park Project	<ul style="list-style-type: none"> <li>- モカでの風力発電導入（60MW）</li> <li>- 当初は15MWのパイロットから開始</li> <li>- 実施はPECの下にSPCを設置し、売電契約によりPECに売電する形式を予定</li> </ul>	100	WB( IDA), AFD, IDB GTZ（専門家派遣）	2009開始予定	アプレイザル終了 15MWのパイロットについて入札書類の作成中
Energy Master Plan in Socotra	- 未定	未定	GTZ	未定	案件形成中
Energy Efficiency Project	発電所の効率改善、送配電ロスの低減、DSM、特定セクターの効率改善（省エネルギー）等のコンポーネントを検討	未定	WB	未定	案件形成中

# 第1章 調査の概要

## 1-1 背景

イエメン共和国（以下、「イエメン」）政府は、第3次5ヵ年計画と従来の貧困削減戦略ペーパー（PRSP）を統合した第3次貧困削減計画（DPPR 2006-10）を策定し開発計画の基本としている。我が国はこれを踏まえたうえで、これまで主にベーシック・ヒューマン・ニーズ（BHN）に焦点を当て、「基礎教育・職業訓練」、「保健・医療」、「地方給水」の3分野を援助重点分野として協力を行ってきた。しかし、イエメンのニーズも踏まえ、今後の協力の方向性については、現在、重点分野を「人的資源開発」、「保健医療」、「社会・経済基盤整備」の3分野に整理する可能性について現地ODAタスクで検討されている。

このような状況のなか、電力分野は基礎経済インフラであるとともに、人々の生活向上に不可欠なインフラであるとの認識から、イエメン政府は我が国に対しこれまでのBHNを中心とした3分野から社会・経済開発にも資する電力分野に対する支援を要望している。

イエメンは電力セクターにおいて中東・北アフリカ地域で最も整備が遅れている国である（電気へアクセスできる人口：40%、農村地域は20%）ため、上記DPPRにおいても、2010年までに年間20%の発電力増強、電力供給の拡張（電気へアクセスできる人口を53%に向上）を目標とするとともに、イエメンで産出される天然ガスを活用したガスタービン発電への転換及び電化の遅れている農村地域への代替エネルギーの活用（風力、太陽光等）による供給拡大（農村地域の電気へのアクセスを25%に向上する）をめざしている。

また、発電のガスタービン化、地方電化での再生エネルギー活用は気候変動対策に資する支援分野のひとつとして位置づけられる。

本協力準備調査では、まずは当国における電力セクターの状況、政策、課題、他ドナーの動向等に係る情報収集・分析を行い、今後の我が国協力の方向性、新規案件の検討に資することを目的として実施した。

## 1-2 調査団員構成

氏名	担当分野	現職
足立 文緒	団長	独立行政法人国際協力機構 産業開発部 次長（資源・エネルギーグループ長）
松下 篤	協力計画	独立行政法人国際協力機構 エジプト事務所長
根本 泰行	風力発電技術	足利工業大学 工学部 機械工学科 准教授
江原 由樹	企画・調整	独立行政法人国際協力機構 産業開発部 資源・エネルギーグループ 資源・省エネルギー課
湯本 登	電力・エネルギー政策	株式会社 エネルギー環境研究所 代表取締役
森 和義	火力発電技術	有限会社 森テクノマネジメント 代表取締役

### 1-3 訪問先

#### 先方政府関連機関

- ・ 計画・国際協力省 (Ministry of Planning and International Cooperation : MoPIC)
- ・ 電力エネルギー省 (Ministry of Electricity and Energy : MoEE)
- ・ 電力公社 (Public Electricity Corporation : PEC)
- ・ 石油天然資源省 (Ministry of Oil and Minerals)

#### 援助機関

- ・ The World Bank サナア事務所
- ・ ドイツ技術協力公社 (GTZ) サナア事務所
- ・ フランス国際開発庁 (AFD) サナア事務所

#### 日本政府関連機関

- ・ 在イエメン日本大使館
- ・ JICAイエメン支所

#### その他

- ・ 双日株式会社 サナ駐在員事務所

### 1-4 調査スケジュール

日付	足立団長	根本団員 (風力発電 技術)	江原団員 (企画・調整)	湯本団員 (電力政策)	森団員 (火力発電 技術)	松下所長 (エジプト 事務所)	宿泊	
2/13	金	東京→ドバイ						-
14	土	ドバイ→サナア 日本大使館表敬、計画・国際協力省表敬、JICAイエメン支所打合せ						サナア
15	日	計画・国際協力省訪問、電力エネルギー省表敬、電力公社表敬 AFD訪問						サナア
16	月	電力エネルギー省協議、電力公社協議、 世界銀行プロジェクト及び世界銀行訪問、GTZ訪問					カイロ→ サナア	サナア
17	火	計画・国際協力省訪問、電力公社協議、石油天然資源省訪問、双日訪問						サナア
18	水	電力エネルギー省、計画・国際協力省報告 日本大使館報告、JICAイエメン支所報告						サナア
19	木	サナア→ドバイ	現地視察 (ホデイダのアル・ハリ発電所 (ディーゼル))					ホデイダ
20	金	ドバイ→東京	現地視察 (ホデイダのラス・カトニブ発電所 (火力))			サナア→ カイロ	サナア	
21	土			世界銀行プロジェクト、電力公社、 地方電化庁訪問				サナア

22	日		電力研修所、ダハバン発電所、 中央給電司令所視察		サナア
23	月		サナア→ ドバイ	追加情報収集	サナア
24	火		ドバイ→ 東京	追加情報収集	サナア
25	水			追加情報収集	サナア
26	木			サナア→ドバイ	-
27	金			ドバイ→東京	-

### 1-5 団長所感

#### <電力分野の改革の概要>

イエメンでは電力分野の改革に着手しており、当調査団到着の2日前には、「電力法」が国会承認されたところであった。同法律には、地方電化庁の設置や電力公社の発送配への分割が規定されており、今後の道程の策定はこれからであり、現時点では何らイエメン政府からも将来像についての説明は得られなかったが、地方電化率の向上や、市場原理の導入による発電コスト等の引き下げを行っていくという方向性が確立されたところである。

他方、電気料金の逆ザヤ問題は同法律では何ら言及がなく、未着手となっている。発電事業を行っている電力公社が購入する石油価格に対し、政府は大規模な補助金を手当てしていることから、消費者に対する電力料金は極めて安価に設定されている。電化率が向上し、発電量が多くなればなるほど、政府の補助金の負担が大きくなる仕組みである。イエメン政府は、電気料金は近隣諸国と比べるとイエメンは比較的高く、電力料金の引き上げよりも、むしろ電力公社の効率化による発電コスト等の引き下げが課題となっており、上述の電力公社の分割や余剰人員を抱える電力公社の人員削減に着手することが先決である、としている。しかしながら、年間約9億6,000万ドルにもものぼる石油価格への補助は持続可能ではないため、電気料金の引き上げは不可欠である。膨大な価格補助が財政を逼迫させている一方で、電源開発のための資金が不足しているとして円借款の再開を強く要請するのは、適当とは考えられない。電気料金の改定を含む電力分野の改革は、円借款の再開のひとつの前提になるものと考えられる。

#### <技術協力を通じた人材育成の重要性>

ドナーとしては、世界銀行、イスラム開発銀行(IsDB)、AFD等が資金協力を実施してきている。他方、技術協力を実施しているのはGTZのみであり、再生可能エネルギーを活用した地方電化を主な協力分野としている。

イエメン政府は、JICAに対しても電源開発のための円借款再開を強く望んでいる。しかしながら、電化率の低い発展途上国では、電源等の設備不足とともに、多くの場合、技術者等の能力不足が存在するものであり、イエメンにおいても関係省庁及び電力公社においてこの傾向が顕著であることから、JICAとしては、他ドナーによる支援が手薄で、かつJICAが比較優位を有している人材育成・組織強化に対する技術協力に注力していくことが適当であると考えられる。

これまでもJICAは、イエメンの電力公社に対しヨルダンにおける火力発電分野の第三国研修を実施してきており（2005～2009年度、毎年20名程度を受入れ）、また再生可能エネルギー分野の本邦集団研修にも電力エネルギー省等から参加している。これらの研修生からは、当研修事業への高い評価が寄せられた。2010年度以降もヨルダンにおける第三国研修を継続したり、イラク等に対してエジプトとシリアでも電力分野の第三国研修を実施してきているため、イエメンが必要としている技術内容と研修生の規模を詳細に調査し、エジプト等を活用した研修規模の拡充を検討していくことが適当である。

<再生可能エネルギーを含む電力分野での支援の目的の明確化>

イエメンは、風力発電や太陽光発電等の再生可能エネルギーのポテンシャルに富んでいる。世界銀行等のドナーは、風力発電（系統連系）と太陽光発電（地方電化用独立電源）のプロジェクトを開始したところである。イエメンは、我が国が提唱する「クールアース構想」に対し早い段階から賛同を示していることから、再生可能エネルギー分野の支援も検討の対象となり得ると考える。

再生可能エネルギーを活用した協力案件の実施にあたっては、金額的に大きな投入をしても、現在の電力不足をほんのわずかに緩和するに過ぎないため、何のために支援をする必要があるのかを明確にする必要がある。例えば、世界自然遺産であるソコトラ島等の環境保全のためのクリーンエネルギーとしての電源である、あるいはこれまでJICAが支援実績のある地方給水設備の電源である、又は深刻な水不足が迫っているため淡水化設備の電源とするものである、といった整理が不可欠である。

さらには、再生可能エネルギーではない通常の電力分野の支援を実施するにあたっては、電気は生産活動や生活の質の改善のための手段に過ぎず、電化そのものは支援の最終目的とはなり得ないことから、何のための電力分野での支援であるのかを整理する必要がある。調査の4日目段階で、在イエメン日本大使館に対し、想定し得る協力案件の一覧を説明した。今後、いずれかの案件を実現するにあたっては、このような最終目的と関連づけたうえでの整理が不可欠である。

## 第2章 イエメンの電力事情

### 2 - 1 電力セクターの概観

#### (1) 電力セクターの組織体制

イエメンの電力政策及び電気事業規制は電力エネルギー省（MoEE）が一元的に担当している。電力エネルギー省の組織を図2 - 1に示す。電力政策及び電力開発計画については、計画・情報局が担当している。また、再生可能エネルギー及び地方電化については、新・再生可能エネルギー局が担当している。新・再生可能エネルギー局には、GTZの技術協力によりドイツ人の専門家（太陽光発電、風力、GIS）が派遣されている。

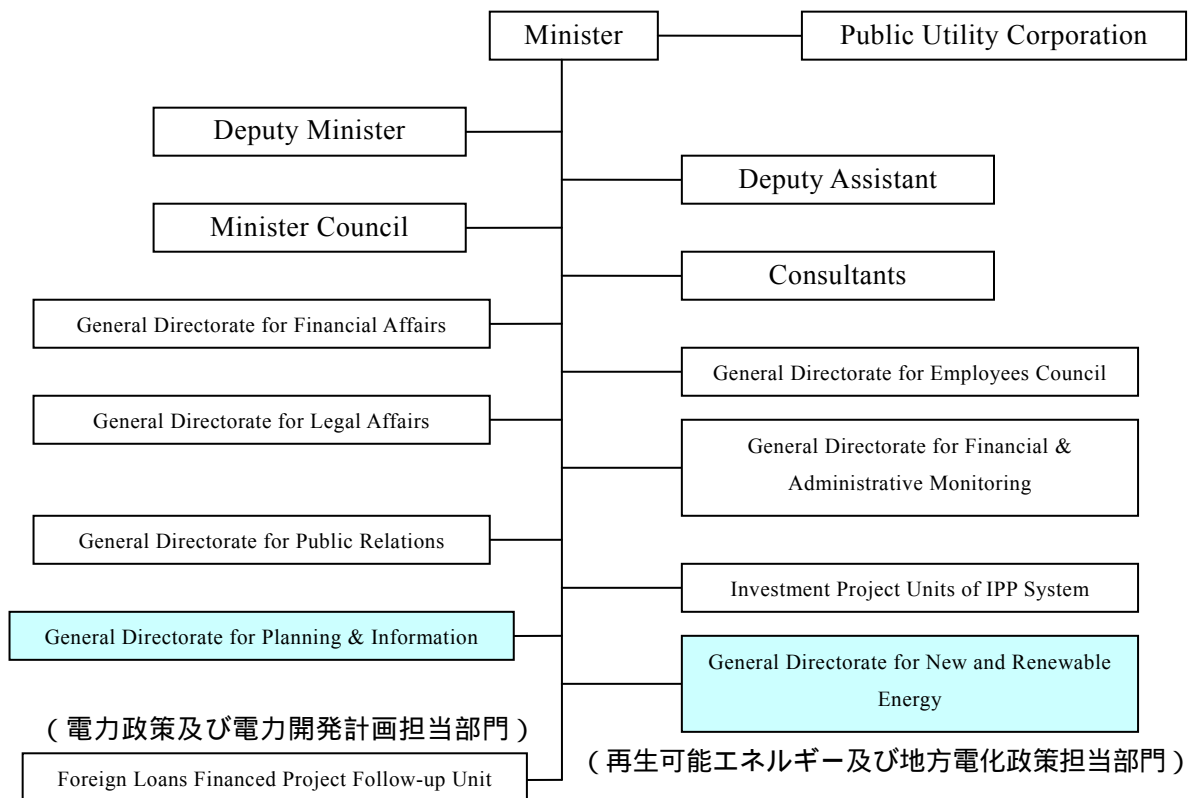


図2 - 1 電力エネルギー省組織図

電気事業については、電力エネルギー省の監督の下で、全国グリッド及び主要な単独グリッドについては国営のイエメン電力公社（PEC）が発電から送配電までを独占的に運営している。地方の小規模グリッドについては地方自治体等の事業者が電力供給を行っている。図2 - 2にPECの組織図を示す。PECの職員数は2007年時点で1万4,238人、その内訳は技術系職員が41%、総務・管理部門が27%、経理・財務部門が23%、サービス部門が8%となっており、間接部門の職員比率が非常に高い構造となっている。このため、各方面からPECの人員合理化の必要性が指摘されている。

電気事業の投資資金調達には計画・国際協力省（MoPIC）が、天然ガス供給については石油天然資源省が、重油、ディーゼル油等の燃料に対する補助金は財務省が所管している。

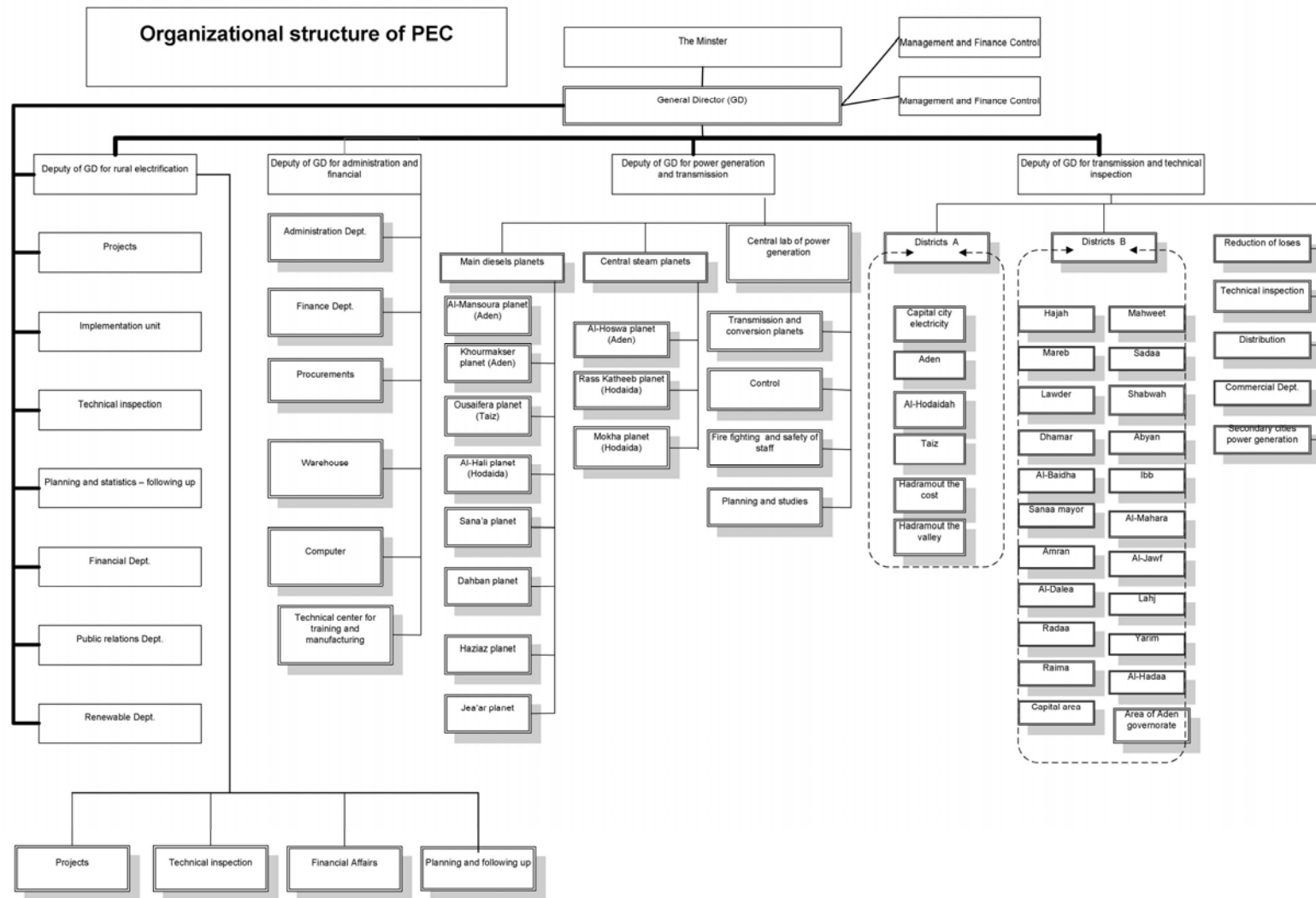


图 2 - 2 PEC組織図



(2) 電力需給状況

イエメンの電力需要は、毎年8～10%増加しているが、電源開発が遅れており、近年は大幅な供給力不足になっている。PECの全国グリッドの最大電力需要は2007年に875MWに、需要電力量（PECの独立グリッドを含む）は4,098GWhに達している。図2-3にPECの電力グリッドの最大電力需要と供給力の推移を、図2-4に部門別需要電力量の推移を示す。イエメンの電力需要は、7割以上が住宅・小口需要であり、工場等の大口需要の比率は1割未満である。

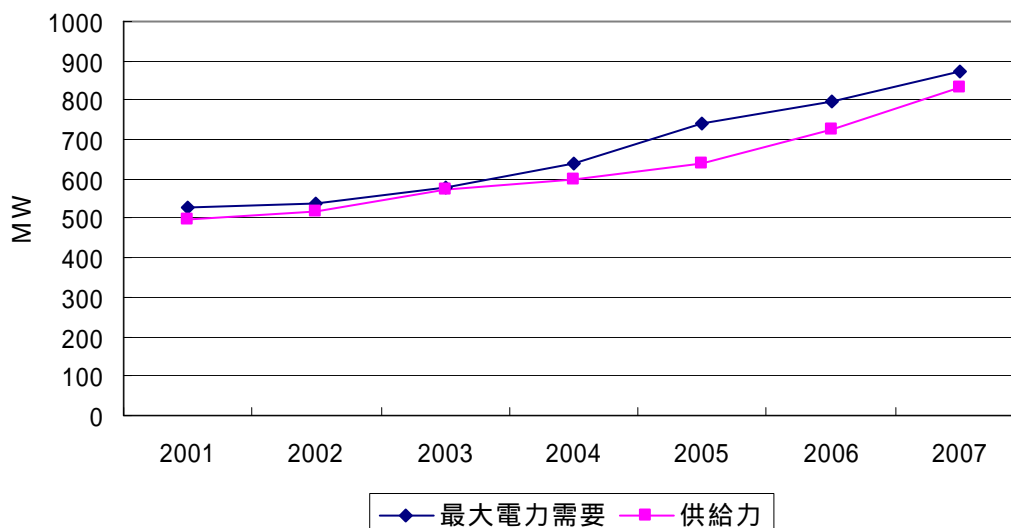


図2-3 最大電力需要と供給力の推移<sup>1</sup>

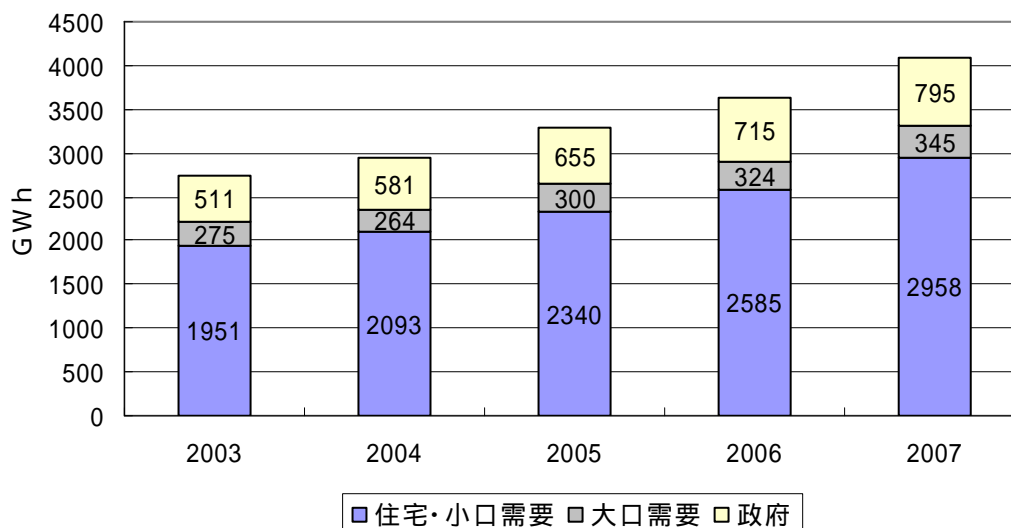


図2-4 電力需要部門別構成の推移

電力需要の地域的分布は、図2-5に示すように首都のサナア、アデン、ホデイダ、タイズ、イビの5都市で7割以上を占めており、ハドラマウト州等の独立電源の需要が2割を占めて

<sup>1</sup> PEC 2008 年報（以下、「2-1 電力セクターの概観」における出典の記載のない図はすべて同資料による。）

いる。全国グリッドの需要だけで見ると、上記の5都市で需要の大半を占めている。

これに対して、PECの全国グリッドの発電設備は、火力発電が3発電所（ホデイダ、モカ、アデンの3都市に立地）で定格出力495MW、実効出力320MW、ディーゼル発電所が定格出力406MW、実効出力245MWであり、このほかに民間発電事業者との契約発電能力が215MWである。図2 - 6に独立グリッドのディーゼル発電所を含むPECの発電設備別電源構成を示す。

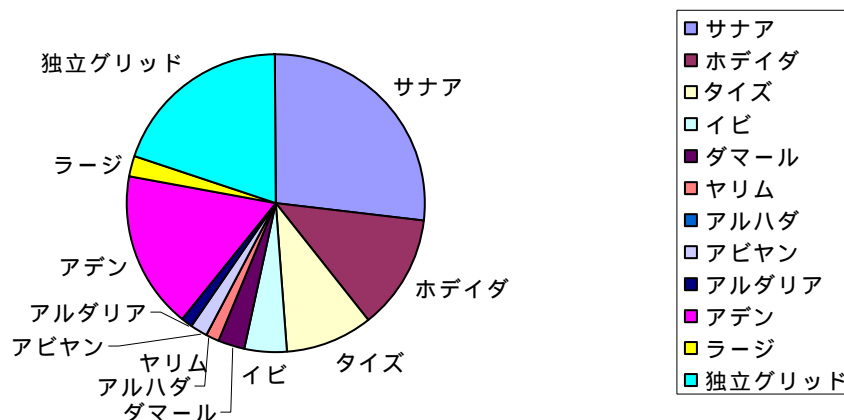
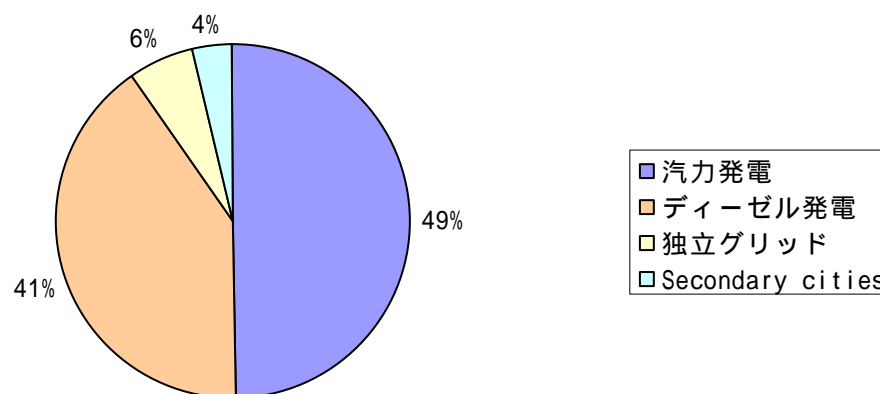


図2 - 5 PECの電力需要の地域分布 (2007年)



注：secondary citiesの電力供給は、ディーゼル発電・ミニグリッドで供給されている。

図2 - 6 PECの電源構成 (2007年)

PECは、供給力不足を補うため、2005年から民間発電事業者からの短期契約（2年）による買電を行っており、図2 - 7に示すように買電量は急増している。民間発電事業者は、燃料をPECから支給され、1MW程度のディーゼル発電機で発電を行い、PECに電気を卸供給している。民間発電事業者の売電価格は、燃料費を除いて2006年には平均5.18イエメンリアル/kWh、2007年には7.56イエメンリアル/kWhと割高であり、PECの収益悪化の原因のひとつとなっている。図2 - 8に民間発電事業者の発電能力の地域別分布を示す。

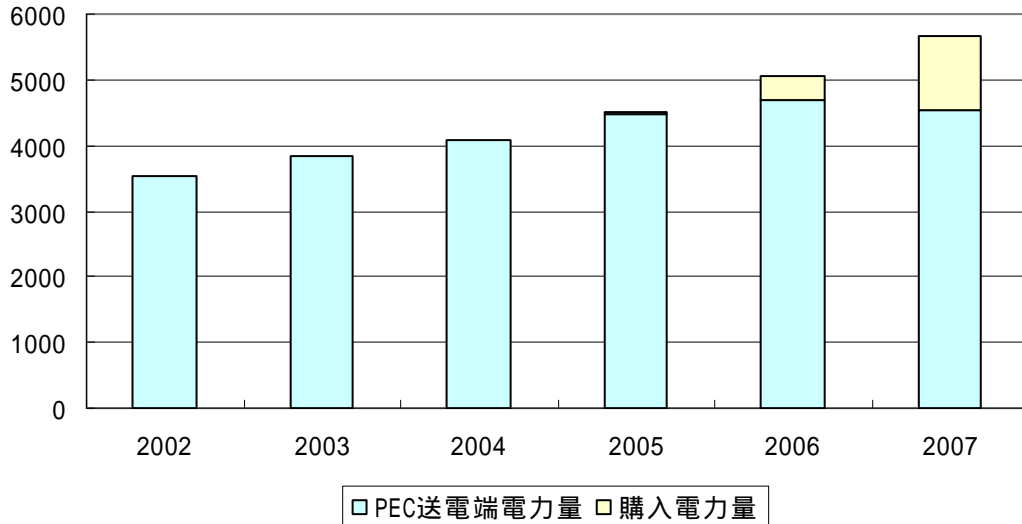


図 2 - 7 民間発電事業者からの買電量の推移

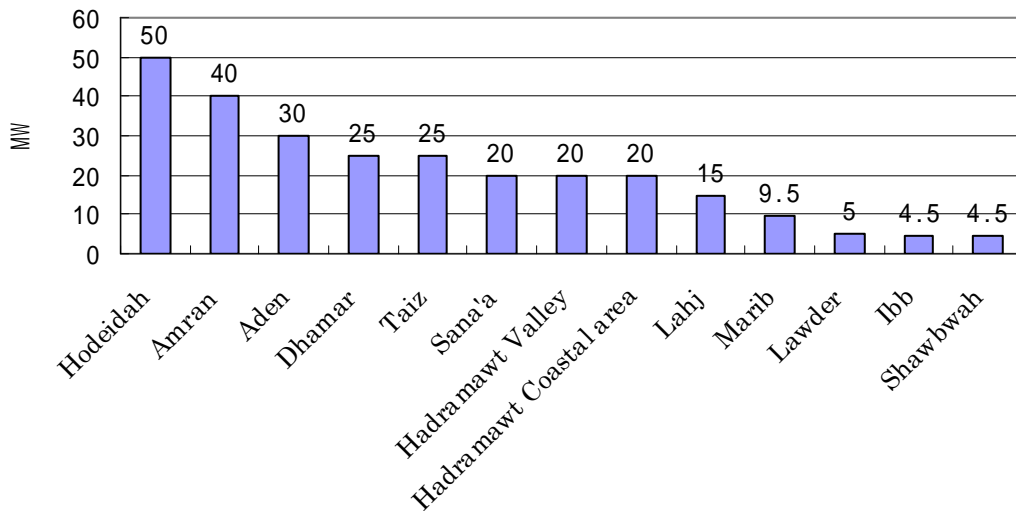


図 2 - 8 民間発電事業者の地域分布 (2007年)

PECは、発電能力の不足に加えて、高い送配電ロスの問題を抱えている。PECの送電電圧は、132kV及び33kVであり、現在、建設中のMarib発電所からSana'a間の送電線は400kVである。配電電圧は11kV及び0.4kVである。図 2 - 9 にPECの送電グリッドを示す。



図 2 - 9 PEC送電グリッド

図2 - 10に示すように2007年の発電所内消費を含む発送配電ロス率は35.27%となっており、発電した電気の約3分の1はロスとなっている。特に配電部門のロスは高水準で推移しており、配電部門におけるロス（ノンテクニカルロスを含む）低減対策の実施が急務となっている。発送配電ロスの低減のため、世界銀行の支援で、Hodeidahの発電所からDhamar変電所、サナアの配電網までを対象としてロス低減対策のパイロット調査が行われている。

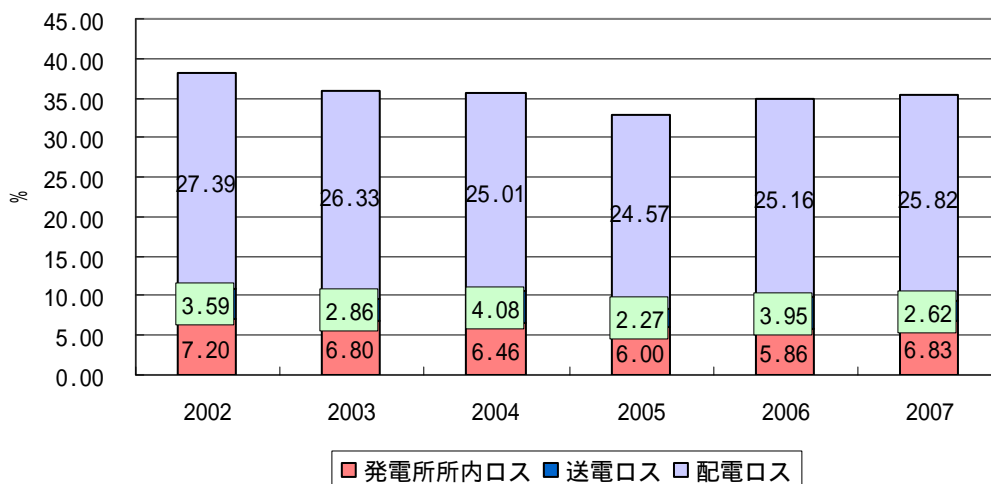


図2 - 10 PECの発送配電ロスの推移

このような発電能力不足及び高い発送配電ロスの結果、PECは恒常的に供給制限を行っている。現在、PECは自家発電設備を有する大口の需要家に対しては17時から24時までの7時間の供給停止を行っているほか、主要な需要地域において1日1時間の計画停電を実施している。図2 - 11に供給制限電力量の推移を示す。2007年には供給制限電力量は減少しているが、これは、既述の民間発電事業者からの買電量を大幅に増加させた効果である。PECの供給力不足を反映した供給制限電力量と民間発電事業者からの買電量の合計量の推移を図2 - 12に示す。図に示すように両者の合計はPECの需要電力量の約2割に達しており、PECの電力不足は年々深刻化している。

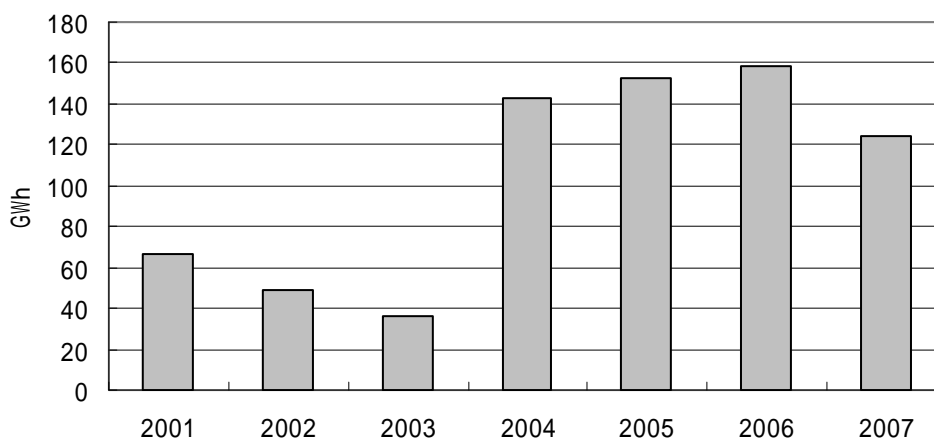


図2 - 11 PECの供給制限電力量の推移

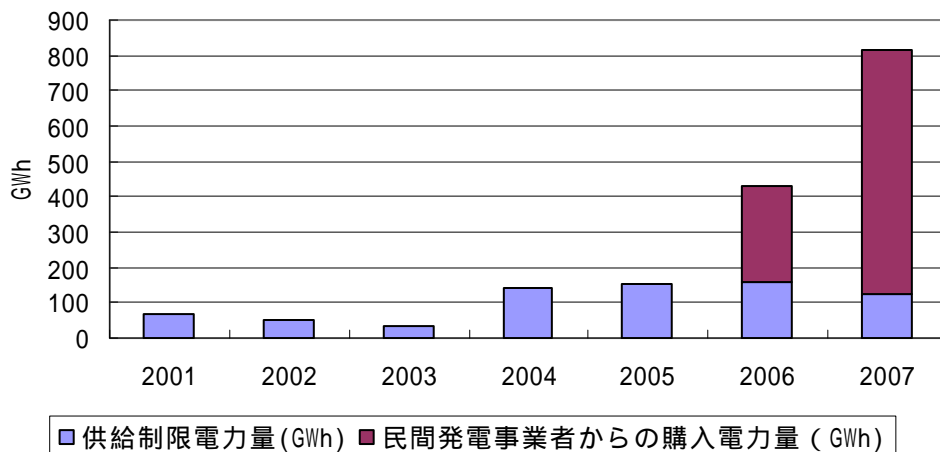


図 2 - 12 PECの供給制限電力量と民間発電事業者からの買電電力量の推移

2009年の全国グリッドの四半期別需給バランスを表 2 - 1 に示す。冬期の第1四半期を除き、大幅な供給力不足が続く見込みである。イエメンの電力需要は大半が住宅・小口需要であるため、1日の需要の時間別変動をみると、図 2 - 13 に示すように夜がピークとなっており、ピークの19時～22時は特に供給力が不足している。このため、デマンドサイドマネジメント (DSM) により夜間のピーク需要を抑制することが大きな課題となっている。

表 2 - 1 2009年PEC全国グリッドの四半期別需給バランス  
(民間発電事業者との契約分を含む)

	最大需要 (MW)	発電能力 (MW)
第1四半期	930	818
第2四半期	1,076	880
第3四半期	1,037	900
第4四半期	1,031	850

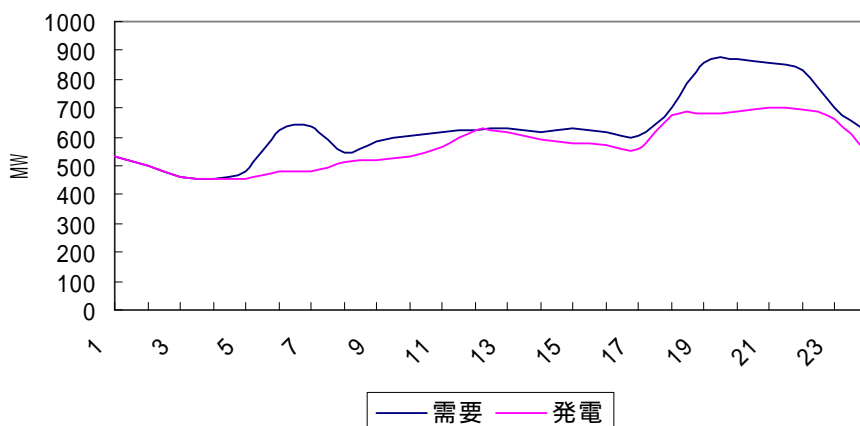


図 2 - 13 日負荷曲線と供給力 (2009年2月16日 (金))

### (3) 電力開発計画

現在の電力開発計画は、2000年に作成された2000年～2025年を対象とするマスタープランを、世界銀行の支援で2003年に見直したマスタープランである。この計画は、Marib発電所の開発の遅れ等により実態と乖離しているため、電力エネルギー省は世界銀行に対して現在実施中のPower Sector Projectの技術協力の一環として新規のマスタープラン作成を要請しており、世界銀行はこの要請を受け入れる方向で検討中である。

#### 一次エネルギー供給

イエメンの原油生産量は図2-14に示すように年々減少しており、2007年にはピーク時の74%に減少している。このため、政府は未利用の天然ガス資源の利用を推進することになっている。同国の天然ガス埋蔵量の推移を図2-15に示す。天然ガスの利用については、フランスのTotal社を中心とするイエメンLNG社が、Balhafに液化基地（生産能力：670万t/年）を建設しており、2009年から米国及び韓国向けにLNGを輸出する計画である。また、国内では発電部門を中心に利用を進めることにしており、政府は発電部門に埋蔵量の約4分の1に当たる5兆2,000億立方フィート（1,472億 $m^3$ ）を配分する計画である。

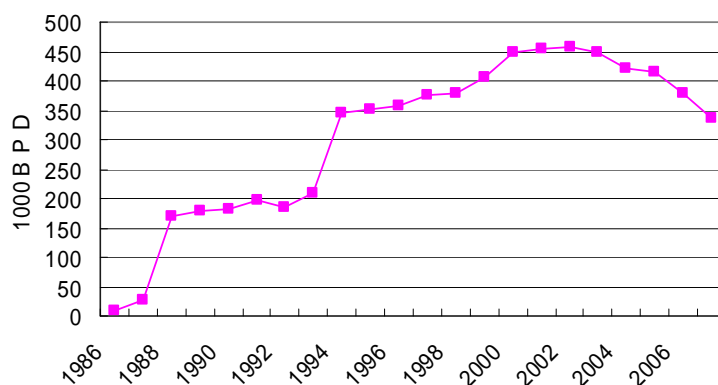


図2-14 イエメンの原油生産量の推移<sup>2</sup>

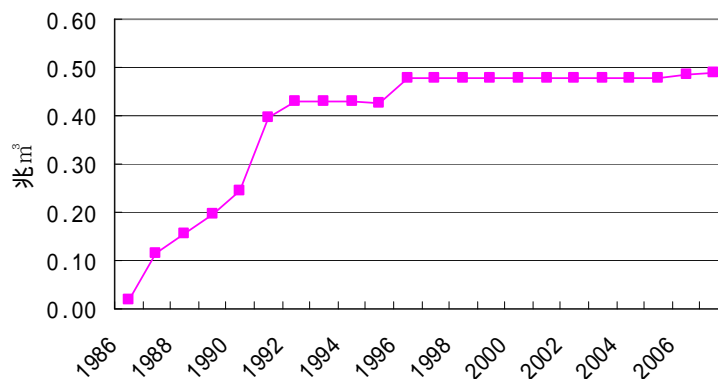


図2-15 イエメンの確認済み天然ガス埋蔵量の推移<sup>3</sup>

<sup>2</sup> BP Statistical Review of World Energy June 2008

<sup>3</sup> BP Statistical Review of World Energy June 2008

主要な電源開発計画の進捗状況（2009年3月現在）

- Maribフェーズ1：発電所（113.7MWガスタービン発電機3台：シーメンス社）は2009年3月中に完成予定である。送電線（400kV、2回線、Marib-Sana'a間：現代建設社）については一部区間で用地買収問題により遅れていたが、用地問題は既に解決されており、8月末までには完成予定である。変電所の建設（イランのParsian社）が最も遅れているが、Parsian社はPECに対して9月中に完成させると回答しており、2月最終週にも3台の変圧器が船積みされる予定である。このため、順調にいけば、秋にはMarib発電所フェーズ1は運転開始の見込みである。
- Marib フェーズ2：発電所（113.7MWガスタービン発電機4台）及び送電線（400kV、2回線、Marib-Ma'bar間）建設資金については、アラブファンドとサウジファンドから調達予定であり、現在、不足する資金について両ファンドと追加融資交渉中である。建設業者については、入札手続き中で、9社を選定して入札図書を送付済みである。工期は約30ヵ月であり、2012年ごろの運転開始が期待される。送電については、現在工事中のMarib-Sana'a間の送電線で容量的には問題ないが、2回線同時遮断時には全国的な大停電が生じるため、供給信頼度確保の観点から、新規送電線建設を計画している。
- Ma'bar 1 & 2：Marib地域の天然ガスを既設の原油パイプライン沿いに建設するガスパイプライン（24インチ、220km）で輸送し、Ma'bar発電所（700MWガスタービン発電所）を建設する計画である。ガスパイプラインは、イエメンLNG社が建設することになっており、総建設費2億6,000万ドルのうち、1億1,000万ドルは同社が負担することが決まっている。残りの資金については財務省が調達することになっており、世界銀行グループのIFCから融資を受けるべく交渉中である。パイプライン建設の工期は5年程度と見込まれている。発電所建設については、フィージビリティ・スタディ（FS）調査、地質調査が完了し、入札図書も作成済みである。発電所建設資金の調達については目処がつかないが、最近、入札参加企業の募集手続きを始めている。なお、世界銀行は、Ma'bar 1 & 2について、オープンサイクルガスタービンからコンバインドサイクルに変更し、独立系発電事業者（IPP）プロジェクトのモデル事業として実施する意向を有しているとのうわさもある。世界銀行は、Gas & Electricity Studyの実施に関心を有している模様である。
- Ma'bar発電所以降の電源開発については、ガスパイプラインの延長にあわせて、順次Hodiedahに675MW、Adenに1,125MWの天然ガスコンバインドサイクル発電所の建設を計画している。世界銀行は、Gas & Electricity Studyの実施に関心を有している模様である。また、LNGの積み出し基地のBalhafに450MWの天然ガスコンバインドサイクル発電所を建設する計画（FS調査実施済み）もあるが、この計画については、ガス供給能力に対する懸念があること、Marib地域のガスよりもHadhramout地域のガスを利用する発電所計画を優先すべきとの声もあり、計画は流動的である。電力不足に対する緊急対策として、Marib発電所の第3フェーズ（370MW）を早急に実施する提案（2008年10月電力



エネルギー省資料)もあるが、Marib地域のガス供給能力と送電容量の観点からその実現を疑問視する声もあり、計画は流動的である。

#### 送電線建設計画

■ Sana'a-Dhamar-Aden送電線プロジェクト：

Marib発電所の建設に伴い、同発電所の電力をAden等の他地域に安定的に供給するため、Sana'aからDhamar変電所を経てAdenまでの間に新たに132kV送電線を増強する計画である。Sana'aのHizyaz変電所からDhamar変電所までの間(90km)の送電線建設及び変電所増強(2,300万ドル)は、世界銀行が実施中のPower Sector Projectの一環として実施される予定である。この送電線(Sana'a-Dhamar間)は、Marib発電所第1フェーズの電力をアデン、ホデイダ等の地域に送電するために必要不可欠な送電線計画である。Dhamar変電所からAdenまでの送電線及び変電所建設(1億7,000万ドル)に対しては、クウェート及びアブダビのファンドからの融資が基本合意済みであり、入札図書も準備済みである。今年度末までには建設開始予定であり、工期は24ヵ月を予定している。

■ Bazil-Abss (Hajja) 送電プロジェクト：

Bazil変電所からAbss変電所までの100kmの132kV送電線については、サウジアラビアからの無償資金援助による建設が決まっており、入札準備中である。

■ Je'ar-Lawder送電線プロジェクト：

Abyan州のJe'arからLawderまでの132kV送電線建設については、機材は入札済みであり、現在、建設工事業者の選定について入札手続き中である。

このほかに、紅海沿岸に沿ったサウジアラビアとの連系送電線計画については、FS調査を実施済みである。両国の周波数が異なるため、この連系線は直流送電を採用する計画である。この連系については、イエメン側のHodeidahの天然ガスコンバインドサイクル発電所建設が前提となるが、サウジアラビア側には発電単価が高いディーゼル発電所しかないため、イエメン側には連系する経済的なメリットがないとの指摘がある。また、Balhaf天然ガスコンバインドサイクル発電所のFS調査においては、Hadhramout州の沿岸部と内陸部の独立系統を連系させて東部グリッドを形成させ、さらに全国グリッドと接続させる連系計画についても検討が行われている。

#### 電力投資5ヵ年計画

計画・国際協力省は、5ヵ年間の電力投資計画を策定している。同計画のフェーズ3(2008～2010)によれば、今後3ヵ年の電力投資額は16億3,500万ドルとなっており、このうち政府が5億7,200万ドル、海外援助機関からの融資等が3億ドル、PECが4,500万ドルとなっており、残りの7億1,800万ドルについては資金調達計画が未定となっている。電力投資に占めるPECの自己資金の比率は4%と極めて低く、国内金融機関からの借り入れも予定されていない。表2-2に2008年～2010年の電力投資計画を示す。

表 2 - 2 電力投資計画 (2008年 ~ 2010年) 1/2

(百万ドル)

プロジェクト名	資金源	2008	2009	2010	合計
実施中案件					
政府資金100%のプロジェクト	政府	19.54	18.00	23.04	60.58
Al-Mokha汽力発電所リハビリ		2.81	1.53	2.50	6.84
AL-Hiswa(Aden)汽力発電所リハビリ		3.04	2.55	2.93	8.52
Ras-Katib(Hodaidah)汽力発電所リハビリ		2.17	1.79	1.58	5.54
Al-Monsura-Khourmakser-Ge'aar-Owsaifera-Al-haliディーゼル発電所リハビリ		3.01	4.84	5.10	12.95
Sana'a(ALQa'a)発電所リハビリ		0.26	0.00	0.00	0.26
Rayan(Hadramount)発電所20MW増設第2期		0.51	0.00	0.00	0.52
Sayion(Hadramount)発電所増強		1.02	0.00	0.00	1.02
132kV送電線沿岸部リハビリ		0.66	0.66	0.68	2.01
132/33kV変電所リハビリ		0.66	0.69	0.71	2.07
132/33kV変電所(Dhamar-Amran-Bejil-Taiz-Ibb-Ai-Hodaida)増強及びブレーカー設置		0.26	0.46	0.88	1.60
ト)		2.55	1.75	2.66	6.96
準都市の配電網増強・改良(30プロジェクト)		1.02	1.05	1.79	3.86
33/11kV変電所リハビリ・更新プロジェクト		1.02	2.04	3.55	6.61
PEC自己資金100%のプロジェクト	PEC	7.65	7.65	13.22	28.53
PEC組織再編		7.65	7.65	13.22	28.53
資金分担により実施中のプロジェクト		45.65	38.56	41.97	126.18
	政府	29.12	32.38	35.93	97.43
	海外	11.23	0.72	0.00	11.96
	PEC	5.30	5.45	6.04	16.79
Wadi Hadramount発電所リハビリ	政府	1.11	1.62	1.78	4.51
Marib発電所第1期建設	政府	0.59	0.00	0.00	0.59
設	政府	1.45	0.00	0.00	1.45
	海外	11.23	0.72	0.00	11.96
	小計	12.68	0.72	0.00	13.41
ロス最小化プロジェクト	政府	0.87	0.87	3.04	4.77
	PEC	0.15	0.15	0.41	0.71
	小計	1.02	1.02	3.44	5.48
グリッド延伸地方電化(148プロジェクト)	政府	11.22	13.27	10.19	34.68
	PEC	2.49	2.48	2.48	7.46
	小計	13.72	15.74	12.68	42.14
グリッド延伸地方電化変電所増強(16箇所)	政府	2.04	3.42	5.16	10.62
	PEC	0.56	0.52	0.59	1.67
	小計	2.60	3.94	5.74	12.29
地方電化プロジェクト	政府	11.84	13.21	15.77	40.82
	PEC	2.09	2.30	2.56	6.94
	小計	13.92	15.51	18.33	47.76

表 2 - 2 電力投資計画 (2008年 ~ 2010年) 2/2

(百万ドル)

プロジェクト名	資金源	2008	2009	2010	合計
新規案件					
政府資金100%のプロジェクト	政府	5.48	12.34	10.88	28.71
Ataq(Shabwah)発電所定期点検・修理		0.46	1.02	1.02	2.49
Lawder(Abyan)発電所リハビリ		0.36	0.36	0.36	1.07
Hazyaz(Sana's)発電所リハビリ		0.29	1.30	1.30	2.89
Dhaban(Sana'a)発電所リハビリ		0.13	0.13	0.13	0.38
Sada'a州発電所増強(15MW)		1.72	1.71	0.00	3.43
Lawder(Abyan)発電所建設		1.18	1.19	1.19	3.57
Hadramount州沿岸部発電所増強		1.02	6.63	6.86	14.54
132/33変電所増強		0.33	0.00	0.00	0.33
その他新規案件	政府	124.69	130.07	130.04	384.80
	海外	96.00	96.00	96.00	288.00
	不足分	224.91	246.41	246.42	717.74
	小計	445.60	472.48	472.46	1390.54
Marib発電所第2期建設	政府	32.83	32.83	32.84	98.85
	海外	33.33	33.33	33.34	100.00
	小計	112.60	112.60	112.62	337.82
Mabar発電所第2期(?)建設*1	政府	50.00	50.00	50.00	150.00
Mabar発電所(400MW)送電線プロジェクト	政府	17.54	17.54	17.54	52.61
	不足分	59.00	59.00	59.00	177.00
	小計	76.54	76.54	76.53	229.61
Marib発電所送電線プロジェクト*2	政府	11.96	11.96	11.96	35.87
	不足分	31.48	31.48	31.47	94.43
	小計	43.44	43.44	43.42	130.30
Marib発電所(700MW)変電所プロジェクト*2	政府	4.46	4.46	4.45	13.37
	不足分	17.83	17.83	17.83	53.49
	小計	22.29	22.29	22.28	66.86
5次電力プロジェクト*3	政府	7.90	7.90	7.90	23.70
	不足分	36.84	36.83	36.83	110.50
	小計	107.40	107.40	107.40	332.20
SCADA導入プロジェクト*4	政府		5.38	5.37	10.75
	不足分		21.50	21.50	43.00
	小計		26.87	26.87	53.75
総合計(継続及び新規プロジェクト)	政府	178.83	192.79	199.89	571.51
	海外	107.23	96.72	96.00	299.95
	PEC	12.95	13.10	19.26	45.31
	不足分	224.91	246.41	246.42	717.74
	総合計	523.93	549.03	561.57	1634.53

\*1: Mabar第1期の間違いの可能性あり

\*2: アラブファンド及びサウジファンドの融資可能性あり

\*3: サウジファンドの融資可能性あり。

\*4: AFDが融資(50百万ドル)

## (4) 電気料金

PECの電気料金は都市と地方で異なっており、供給コストが高い地方が都市よりも高く設定されている。住宅用については、4イエメンリアル/kWh(0.02米ドル/kWh)と供給コスト(2007年の供給費用を販売電力量で割ると平均供給コストは、22.23イエメンリアル/kWhとなる)を大幅に下回る非常に低い水準に設定されている最低料金区分の上限が200kWh/月と他国と比較して高く設定されていることが特徴である。大規模工場、セメント工場、灌漑ポンプ、政

府機関については2008年に電気料金の引き上げが行われたが、需要の大半を占める住宅用、商業用等の電気料金は据え置かれており、PECは料金適正化のための調査を実施中である。また、従量料金に加えて、単相配電需要家には300イエメンリアル/月、3相配電需要家には800イエメンリアル/月の固定料金が適用される。このように供給コストを大幅に下回る電気料金制度を見直すため、世界銀行の支援で、電気料金制度調査が実施される予定となっている。

表 2 - 3 電気料金表

区分	都市		地方	
	区分	料金 (リアル/kWh)	区分	料金 (リアル/kWh)
住宅	1-200kWh	4	1-100kWh	7
	201-350kWh	7		
	351-700kWh	10	101kWh以上	17
	701kWh以上	17		
商業	-	17	-	17
小規模工場	-	17	-	17
ホテル	-	17	-	17
農業	-	17	-	17
大規模工場	-	30	-	30
セメント工場	-	30	-	30
揚水ポンプ	-	30	-	30
政府機関	-	30	-	30
モスク	1-200kWh	4	1-100kWh	7
	201-350kWh	7		
	351-700kWh	10	101kWh以上	17
	701kWh以上	17		

#### (5) 電力会社の経営状況

PECは財務省の燃料補助金により国際価格よりも低廉な価格で火力発電用燃料を調達している。世界銀行の試算では、PECが燃料調達において享受した燃料補助金総額は約9億6,000万ドル/年に達するものと見込まれている。このような多額な燃料補助金にもかかわらず、PECは供給コストを大幅に下回る電気料金、高コストの民間発電事業者からの電力購入の増大、高い送配電ロス、非効率な経営体質等に起因して毎年、赤字を計上している。設備投資資金に占める自己資金はわずか4%程度であり、大半を政府資金と海外からの援助に依存している。図2-16に2007年のPECのコスト内訳を示す。すべての発電を火力発電に依存しているため政府の燃料補助金にもかかわらず燃料費がコストの7割を占めている。図2-17にPECの収入と経費の推移を示す。電気料金が据え置かれているため収入が伸び悩む一方、燃料費等の上昇により供給コストは急上昇しており収支差(赤字額)は近年急速に拡大している。このため、Marib発電所の早期運転開始による燃料費の低減と高コストの民間発電事業者からの購入電力

の削減の実現等のコスト低減策と電気料金の早期引き上げによる収支の改善を図ることが緊急の課題となっている。

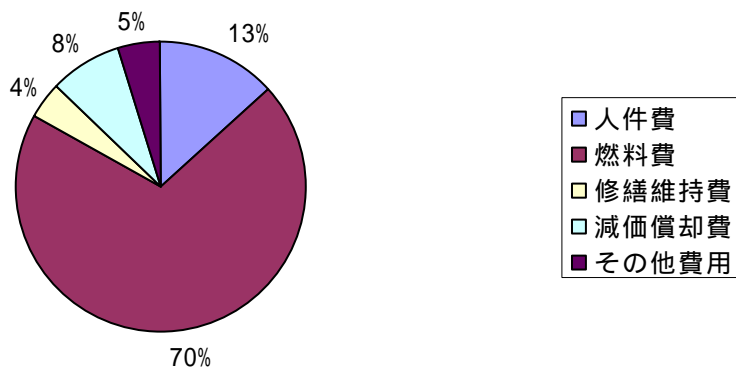


図 2 - 16 PECのコスト構造 (2007年)

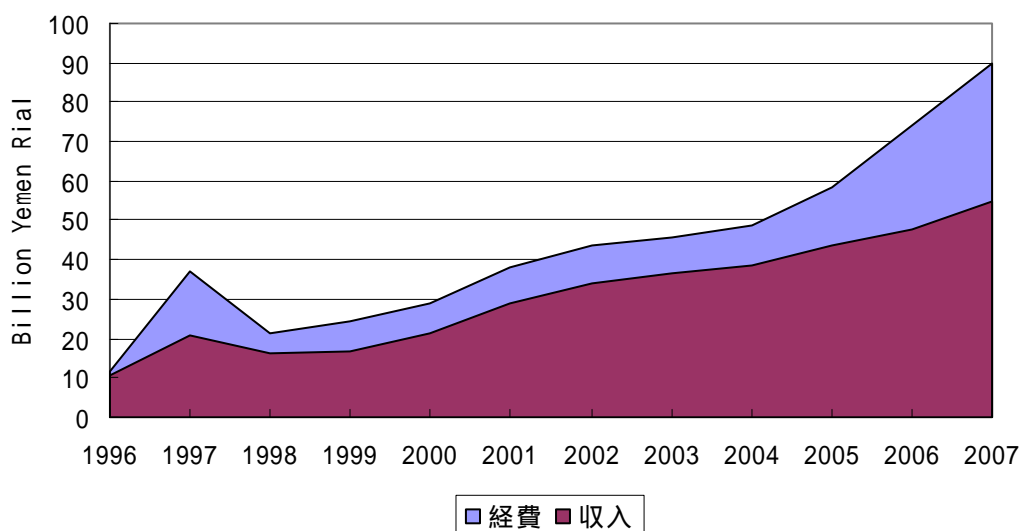


図 2 - 17 PECの収入及び経費の推移

#### (6) 地方電化

イエメンの電化率は、計画・国際協力省の第3次貧困削減社会経済開発5ヵ年計画の中間評価によれば、人口電化率は2010年までに53%に引き上げることになっているが、現状は41.7%にとどまっている。また、都市部の電化率が87.4%であるのに対して地方部の電化率は22.8%にとどまっている。表 2 - 4 に2005年時点の州別の地方部の電化率を示す。

表 2 - 4 州別の地方電化率<sup>4</sup>

州	発電能力 ( MW )	電化需要家	地方電化率 ( % )
サナア市	1.98	-	-
Taiz	4.68	194,250	10.3
Al-Hodeidah	9.11	211,212	16.5
Hadhramout	2.78	54,657	6.5
Ibb	11.01	272,192	14.9
Abyan	5.73	137,655	38.9
Sana'a	2.16	40,385	7.2
Lahaj	9.71	224,538	34.6
Al-Dhalea	4.62	132,599	34.8
Hajjah	6.86	157,363	12.1
Al-Baydha	4.14	58,558	11.8
Shabwah	3.56	102,496	23.9
Al-Mahweet	1.72	37,154	8.4
Dhamar	4.05	55,327	5.7
Marib	3.06	49,269	23.2
Amran	4.85	96,269	12.0
Sa'adah	10.34	238,407	43.0
Al-Maharah	1.39	38,365	61.6
Al-Jawf	1.95	18,577	4.5
Raimah	0.96	26,654	3.2
Total	93.33	2,145,772	15

注：アデンについては地方部のデータがないため、記載されていない。

地方電化についてはGeneral Authority for Rural Electrification and Water Supply ( GAREWS ) が担当していたが、2001年にPECに統合された。PECの地方電化局は、職員が200人、非常勤職員が50人で、地方電化事業を実施している。2008年の地方電化予算は60億イエメンリアルで、296プロジェクトを実施中である。このうち、6割が全国グリッド延伸による地方電化、4割がオフグリッド電化プロジェクトである。グリッド延伸による地方電化は、33kVの送電網、33/11kV変電所、11kV配電網、11/0.4kV変圧器、400V配電線で構成される。電化事業完了後は、PECに移管され、PECが運転管理を行う。地方電化局は事業完了後、1年間、PECに対して保証を行う。オフグリッド電化では、運営主体として地元の人5～6人で構成する委員会を設けるとともに、運転管理スタッフ5～6人を訓練して運転管理を行わせている。地方電化局が、運営状況を監視し、必要に応じて技術支援を行う。地方電化局は、5つの地方事務所を有している。再生可能エネルギー地方電化については、ドイツのGTZの支援で、ホデイダ州で2005年から戸別型太陽光発電システム ( SHS ) 電化のパイロットプロジェクトを実施している。設置したSHSは80台で、最近実施した評価の結果では、95～97%が稼働していることが確認され

<sup>4</sup> The Socio-Economic Development Plan for Poverty Reduction ( 2006-2010 )

た。このパイロットプロジェクトでは、維持管理のために5～10人を訓練している。毎月一定の費用を徴収し積み立てを行い、バッテリーの交換費用に充てることにしている。2009年にさらに300台のSHSを導入する予定で入札手続き中である。SHS電化を行う村落は、電力グリッドから40～50km離れていること、社会経済調査で電化の可能性が確認されていること等の基準から選定することになっている。

また、地方電化局による地方電化事業とは別途に、PECは配電網の延伸（一部、ディーゼル発電と独立グリッドによる電化を含む）による供給区域の拡大をめざすPower 5プロジェクトを実施することになっている。このプロジェクトは、2005年から2008年までの間に準備のために各種調査を実施しており、実際のプロジェクトは2009年から2013年までの4年間で実施する計画である。プロジェクト総額は3億ドルで、このうち1億ドルについてはサウジファンドからの融資が決まっており、残りの資金についてもサウジファンドと交渉中である。プロジェクトは第1フェーズと第2フェーズに分かれており、第1フェーズでは7プロジェクト（71ディストリクトが対象で、電化需要家数は27万7,000戸）の実施を予定している。既に入札を実施したが、応札額が予算額の1億ドルを超えたため計画を見直し、再度入札を行うことにしている。

地方電化については、今後、PECから電力法に基づき設立される地方電化庁に業務が移管されることになっているが、Power 5プロジェクトについては引き続きPECが直営で実施することになっている。

#### （7）援助機関の動向

イエメンの電力セクターに対する援助は世界銀行が中心となっている。世界銀行は現在、総額5,000万ドルのPower Sector Projectを実施している。同プロジェクトにはイスラム開発銀行が1,500万ドルを協調融資しており、イエメン政府が1,000万ドルを負担している。同プロジェクトは発電（Al-Hiswa発電所のボイラー更新）、送電（Dhamar及びHodeidah地域の132kV送電線建設及び変電所増強）、配電機材供与、ロス低減パイロットプロジェクト、プリペイメントメーター導入のパイロット事業及び技術協力で構成されている。技術協力の内容には、電気料金制度調査、ロス低減対策調査、電力セクター改革等が含まれている。また、電力マスタープランの更新もこの技術協力の一環として実施される見込みである。

世界銀行は新規のプロジェクトとして、Rural Energy Access ProjectとAl-Mocha Wind Park Projectを開始準備中である。Rural Energy Access Projectは、2004年からドイツのGTZとGEF/世界銀行（Rural Electrification and Renewable Energy Development）が協力して準備調査を進めてきたプロジェクトである。これまでの準備段階の調査において、バングラデシュの地方電化をモデルとするNational Rural Electrification Strategyが作成され、2008年7月に閣議承認された。2009年3月には、Renewable Energy Strategyが作成され、今後、閣議承認が予定されている。地方電化組織体制整備については、米国のTrade and Development Agency（USTDA）の資金援助で調査が行われ、地方電化庁設立が提案された。地方電化庁設立については2008年7月に閣議承認され、2009年2月に電力法が国会で承認されたため、近々設立の予定となっている。このほか、全国風況地図の作成、太陽電池（PV）市場システム、啓発普及活動が行われた。Rural Energy Access Projectは2009年から6年間で実施予定であり、フランスのAFD及びイスラム開発

銀行が協調融資する計画である。プロジェクトは、27のグリッド延伸による地方電化サービス地域を設定して電化組合がPECから卸電力供給を受けて電化を進めるプロジェクト、SHSを中心とするオフグリッド電化プロジェクト、技術協力の3つの内容で構成されている。Al-Mocha Wind Park Projectは、発電会社を新規に設立して、60MWの風力発電所を建設・運営する計画である。この計画についてはフランスのAFDとの協調融資を予定している（イスラム開発銀行は無償援助を予定）。また、このプロジェクトはCDM（クリーンディベロップメントメカニズム）プロジェクトとして実施予定である。

ドイツのGTZは再生可能エネルギー分野の技術協力を実施しており、新規に設立される地方電化庁に3人の専門家を派遣する予定である。

フランスのAFDは、フランス政府が2002年にイエメンを援助優先国に指定したことから、イエメンに対する援助案件の発掘をはじめ、2007年12月に事務所を開設したばかりである。電力を優先分野としており、PECのSCADA更新に対する融資にサイン済みであり、さらに世界銀行との協調融資で地方電化プロジェクト及び風力発電プロジェクトを支援する予定である。

このほか、イエメンの電力セクターに対しては、各種プロジェクトに対して、イスラム開発銀行、アラブファンド、サウジファンド、アブダビファンド等、中東産油国からの資金援助が行われている。

## 2 - 2 電力政策及び電力セクター改革の進捗

### (1) 電力法の制定及び施行

電力セクターの改革をめざした電力法は、2009年2月に国会で承認され、2月中に大統領令で交付される見込みである。政省令の整備は6ヵ月以内に行うことになっている。電力法の主要内容は次のとおりである。

#### ■ 電力規制機関の設置

電力エネルギー大臣と4人の常勤委員で構成される電力規制委員会を設立する。電力規制委員会は、電気事業許可基準の制定、電気料金制度設計（電気料金の認可は電力エネルギー大臣の権限）、電気事業に関する技術基準、財務基準等各種基準・規制の制定、電気事業の競争促進及び外資投資促進基準の策定、電力輸出入の基準作成、電気事業の環境・安全規制制定への参加、電気事業者と消費者との紛争処理等を担当する。

#### ■ 電気事業の分割・民営化

電気事業について、発電、送電、系統運用、配電の許可制度を導入する（実質的には、PECを発電、送電・系統運用、配電の3つの機能別に分社化することを意味する）。



■ 地方電化庁（Rural Electrification Agency）の設立

電力エネルギー大臣の監督の下に独立性の高い地方電化庁を設立する。地方電化庁は、地方電化戦略計画策定、地方電化プログラムの実施、地方電化事業者の設立支援、地方電化技術基準、地方電化事業許可、地方電化事業者への継続的な助成計画の策定等を担当する。

電力法に基づき新たな電気事業政策・規制体制を図2 - 18、電気事業体制を図2 - 19に示す。

今後、電力法に基づき電力セクター改革が実施されることになるが、当面の3か年間の移行期間として、PECの発電、送電・系統運用、配電会社への分割・法人化等を実施することになっている。電気事業改革の方向としては、送電・系統運用部門は引き続き国が所有することになっているが、発電部門及び配電部門については民営化を検討している。電気料金制度の見直しについては、世界銀行が実施中の電気料金構造調査の結果を踏まえて検討する計画である。

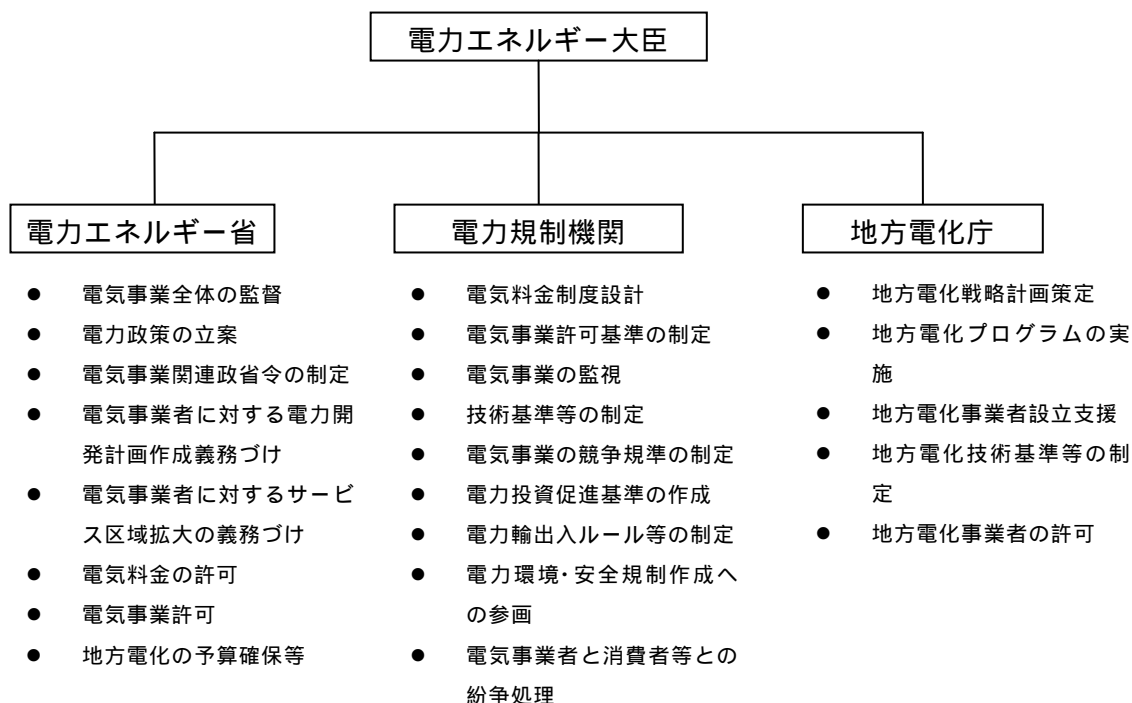


図2 - 18 電力政策・規制機関体制図

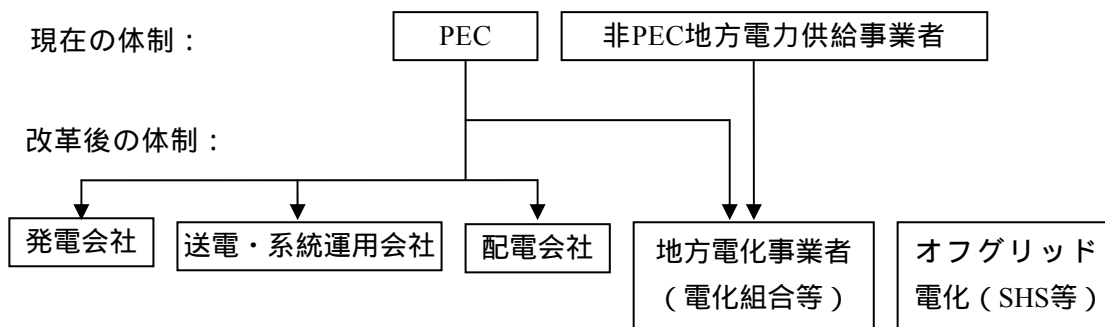


図2 - 19 電気事業体制図

## (2) 今後の電力セクター政策

電力エネルギー省は、電力政策（Power Sector Policy Statement）の原案を策定済みであり、今後、公聴会等の利害関係者の意見聴取を行い、1年以内には閣議承認を得る予定である。現在、電力エネルギー省が取りまとめ中の電力政策の主要な内容は、技術・財務面の改善、効果的で透明な法規制体制の整備、包括的なエネルギー法の制定、再生可能エネルギー、デマンドサイドマネージメント（DSM）部門等を含むエネルギー省への組織改革、電力規制機関の強化、PECの分社化・民営化等である。

### 技術・財務面の改善

電気料金制度を供給費用が回収できる仕組みに改革する。具体的には、電気料金制度に燃料費及び購入電力費用自動調整条項を導入するとともに、各需要区分別の電気料金体系の見直しを行う。低所得者向けの最も安い住宅用電気料金については、送配電ロスを考慮した燃料費を回収できる水準に抑制するとともに、政府がバウチャーシステムのような形式で別途補助を行うことを検討する。

検針、請求、料金徴収、盗電対策、配電ロス低減対策を総合的に講じてコストの大幅な低減をめざす。PECの経営改革も推進する。

### 効果的で透明な法規制体制の整備

- エネルギー省への組織改編、総合エネルギー戦略の策定等を含む包括的なエネルギー法を制定する。
- 新エネルギー省は、政策・プログラム局、再生可能エネルギー局、省エネルギー・DSMプログラム局、IPPプロジェクト調達局、地方電化局を新たに設置する。
- 電力規制機関の権限強化と電気事業許可の免許料収入による規制機関の自主財源確保を行う。
- PECを会社法に基づく発電会社、送電会社、配電会社に分割する。配電会社は、北部配電会社（サナア本社）、南部配電会社（アデン本社）、ヌカラ・ハドラマウト配電会社（ヌカラ本社）の3地域会社とする。送電会社は、引き続き独占的な国有の会社とし、電力の国際連系を進め、地域取引市場に参加する。発電、送電、配電以外の非中核事業部門については、2014年12月31日までに売却する。

### 明確な市場ルールと取引メカニズム

発電、送電、配電会社間の電力取引を円滑に実施するため、供給費用の100%回収原則、第三者アクセスの保証（送電線への接続、料金設定ルール等）、電気事業者の事業許可取得、送電線利用料及び使用ルール、グリッドコード（送配電及び給電の基準）、発電電力の配電会社への割り当て、国際連系線についての政府と電力規制機関の明確なルール等を定める。IPPの参入を促進する政策を導入する。また、地域市場のなかで発電部門への投資を促進するため、系統全体での電力潮流の計測システムの整備を進める。

#### 民間設備投資の促進

発電IPPの参入を促進するための条件整備を行うとともに、発電会社、配電会社の民営化を推進する。民営化にあたっては、配電会社の民営化を先行して実施する。民営化の際の民間投資家の持ち株比率は51～70%以上とする。民間電気事業者に対して15～20年の法人税免除等のインセンティブ措置を講じる。

#### 地域電力市場への参加

ガルフ諸国の地域電力市場に参加するため、エネルギー省は地域電力セクターマネージメント委員会に積極的に参加する。電気料金等電気事業規制についてガルフ諸国との整合性の確保を推進する。

#### 再生可能エネルギー開発プログラム

地方電化における再生可能エネルギー利用を促進する。風力発電開発にあたっては、景観との調和、騒音等の環境への影響の回避が必要である。ビルの建設等では、設計段階からパッシブソーラー技術及びアクティブソーラー技術（PV、太陽熱温水器等）の利用を考慮する。フィードインタリフ制度、減税措置等のインセンティブの導入を検討する。

#### 地方電化

地方電化の手段としては、ディーゼル発電及び地中ケーブルによる配電、SHS、コミュニティ施設のPV電化、PEC及び電化組合による配電線延伸、政府の発電所からの個別住宅への配電、（政府以外の）発電所からの戸別住宅への配電の各種方式がある。地方電化にあたっては、政府が資金の50%を負担し、地域コミュニティが残りの50%を負担する。政府の資金援助は初期設備投資段階のみとし、グリッド延伸等の追加設備投資はコミュニティが自己資金で行う。PEC、政府の発電所からの配電及びPVを除く電化方式については、政府は当初の3カ年の運営維持管理を支援し、その後はコミュニティが運営維持管理を行う。SHS電化については、所有権が個人に移転された後の維持管理及び設備更新はコミュニティが実施し、政府は有料で技術、調達等の支援を行う。

#### DSM及び省エネルギー促進プログラム

省エネルギー機器の普及促進、啓発活動等を実施する。省エネラベルの導入、エネルギー監査の実施等を推進する。

### （3）地方電化政策

地方電化については、地方電化戦略（National Rural Electrification Strategy for Yemen）及び地方電化庁設立が閣議承認済み（2008年7月）であり、電力法の制定に伴い、近々に地方電化庁が設立される予定である。地方電化庁は電力エネルギー大臣の下に設置される独立性の高い組織となる。

地方電化庁が担当する地方の定義は、既に電化されている主要都市（各州の州都等）とセカンドリー都市（ディーゼル発電所と独立グリッドで電力供給）を除く地域である。今後5～6年で地方部の電化率を40%に引き上げることをめざしている。地方電化戦略では、表2 - 5

に示すように12州の27の地域を、PECから卸電力供給を受けた地方電化サービス事業者が電化する計画である。図2 - 20に27のグリッド延伸電化サービス地域の分布を示す。この地方電化計画のうち第1段階の12地域については世界銀行の融資を財源として予定している。その他の地域については、SHS等再生可能エネルギーによる電化（Renewable Energy Strategy and Action Plan）を行う。これについては、政府予算及び援助機関の資金により実施する計画である。地方電化基金の設立については検討を行ったが、イエメンでは既存の他のファンドが期待どおりに運営されていないことから、当面はファンドを設立しないこととしている。

表2 - 5 地方電化計画<sup>5</sup>

州	地方電化戦略に基づく電化サービス地域数	電化状況	PEC配電網延伸計画(2006-2020)又は電化サービス地域による電化予定	備考
Abyan	1	PECが2 districtに電力供給。PEC以外の事業者が2 districtの一部に電力供給。	電化サービス事業者が6 districtを電化。	2 district と 4 districtの一部については電化予定なし。
Amran	2	PEC が Amran 市 と 1 districtに電力供給。	電化サービス事業者が9 districtを電化。	7 districtがオフグリッド電化地域に指定される予定。
Al Baidah	2	PEC以外の事業者が主要な町に電力供給。	電化サービス事業者が15 districtを電化予定。	5 districtについては電化予定なし。
Al Dhale	1			
Al Hodeidah	3	PECが2 districtの一部に電力供給。PECは2 districtを配電網延伸で電化予定。	電化サービス事業者が18 districtを電化予定。	3 districtについては電化予定なし。
Al Mahweet	1	PECがAl Mahwit市に電力供給。	電化サービス事業者が5 districtを電化予定。	3 district と 1 districtの大半については電化予定なし。
Dhamar	2	PECがDhamar市に電力供給。PECは2 districtを配電網延伸で電化予定。	電化サービス事業者がPECの供給区域以外のdistrictをすべて電化予定。	
Hajjah	2	PECがHarad districtに電力供給。PECは5 districtを配電網延伸で電化予定。	電化サービス事業者が23 districtを電化予定。PEC電化計画は上記計画と統合予定。	5 districtについては電化予定なし。

<sup>5</sup> Renewable Energy Strategy and Action Plan Task 3 Renewable Energy Development Strategy, December 2007, Lahmeyer International

Lahj	2	PECが2 districtに電力供給。	電化サービス事業者が9 districtを電化予定。	4 districtについては電化予定なし。
Ibb	4			
Sana'a	3			
Taiz	4	PECが4 districtに電力供給。	電化サービス事業者が23 districtを電化予定。	モカの一部の村と1 districtについては電化予定なし。PECのグリッド延伸計画は電化サービス事業に統合。
Al Jawf	-	PECが2 districtに電力供給。PEC以外の事業者が4 districtに電力供給。6 districtが未電化。	PECは、主要な5地域を電化予定。	PECの電力供給がすべての村をカバーする見込み。
Al Mahara	-	PEC以外の事業者が6 districtに電力供給。3 districtが未電化。	PECは、6 districtの電化を計画。	3 districtについては電化予定なし。
Hadhramout	-	PECが7 districtに電力供給。PEC以外の事業者が5 districtに電力供給。18 districtが未電化。	計画なし	
Marib	-	PECが3 districtに電力供給。PEC以外の事業者が3 districtに電力供給。8 districtが未電化。	PECがすべてのdistrictの電化を計画。	
Raimah	-	2 districtにおいて独立グリッドにより部分的に電力供給。	PECが3 districtを電化する計画。	2 districtについては電化予定なし。
Sa'ada	-	一部のdistrictにおいて独立グリッドにより電力供給。	PECがすべてのdistrictを電化する計画。	一部の村が電化対象から外れる。
Shabwa	-	PECが3 districtに電力供給。PEC以外の事業者が7 districtに部分的に電力供給。7 districtが未電化。	PECがすべてのdistrictを電化する計画。	
Aden	都市地域（電化済み）			
Sana'a首都圏	都市地域（電化済み）			

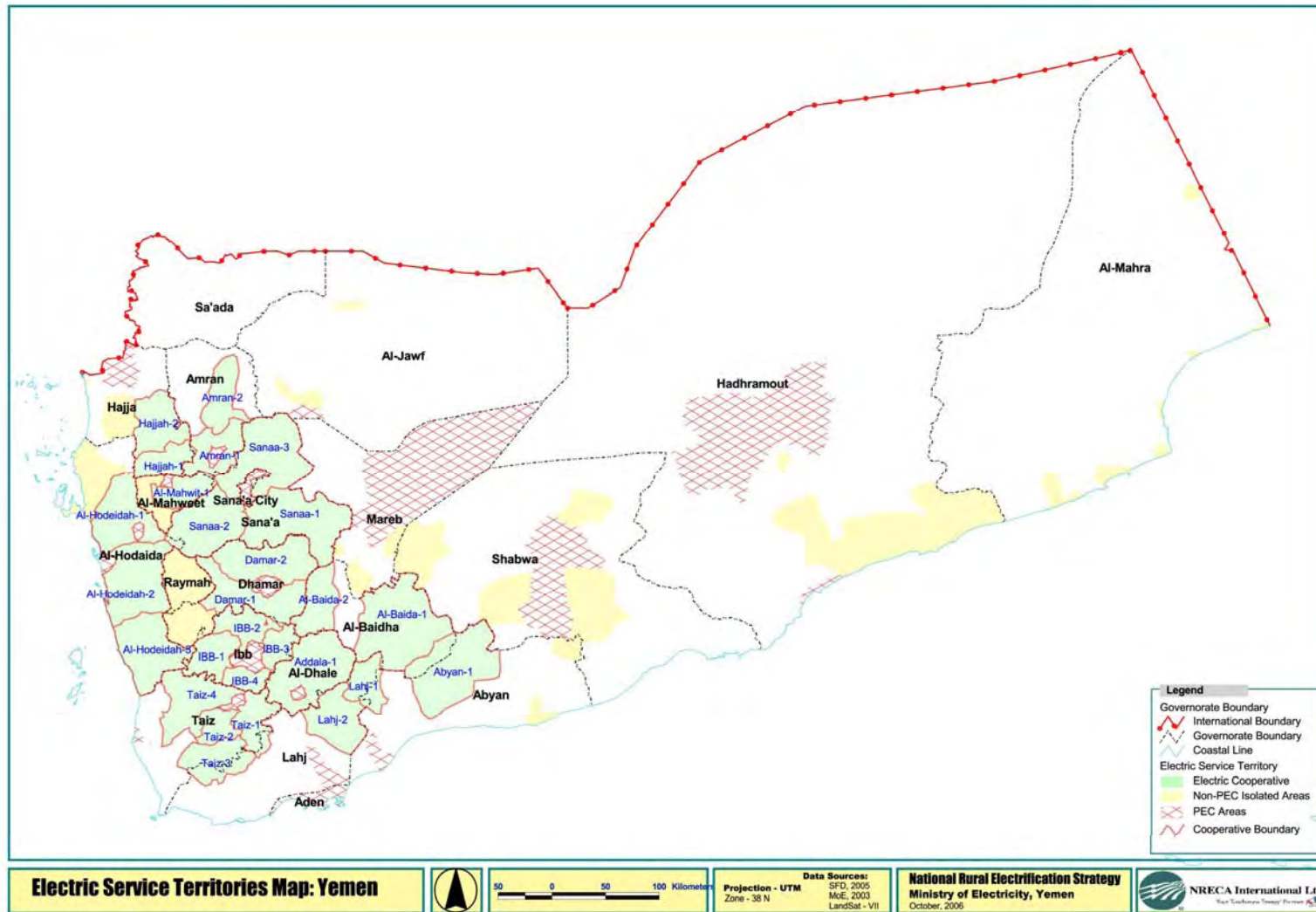


図 2 - 20 地方電化サービス地域の分布

閣議で承認された地方電化戦略は、米国のNRECA International社が作成した地方電化戦略調査（2007年9月）に基づいて作成されている。同調査は、3段階で構成されており、第1段階は情報収集、地方電化組織体制及び地方電化優先プロジェクトの選定である。第2段階は、ワークショップを通じた第1段階の調査成果の普及啓発活動であり、第3段階は地方電化パイロットプロジェクトの詳細設計である。調査の概要を表2 - 6に示す。

表2 - 6 地方電化戦略調査結果の概要

調査結果	内容説明	備考
地方電化サービス地域の特定、地域ごとの需要予測、財務分析及び費用算定を実施。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ GISを用いて12州の27の電化サービス地域を特定。</li> <li>・ プログラムの総投資費用は2億5,900万ドル。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ GIS用のベースマップがないため、衛星写真（ランドサット）を基にベースマップを作成。</li> <li>・ 2004年の国勢調査結果の入手費用が高額で予算を大幅に上回るため、1994年の国勢調査に基づき作成されている Social Development Fundのデータを基に2005年の予測を実施。</li> </ul>
電化地域及び未電化地域住民は電気に対する支払い意思を有している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電化地域の住民はエネルギーに平均8.6米ドル/月支出。</li> <li>・ 未電化地域の住民は、平均4.94米ドル/月を支出。ただし、この金額は、LPGと灯油が多額の補助金により低額に抑制されているため実際のエネルギー価値を示すものではない。</li> <li>・ オフグリッドの非PEC電化地域の住民は電気料金が高いにもかかわらず、電気料金徴収率が高い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ オフグリッドの非PEC電気事業者はディーゼル油を市場価格（PEC調達コストの2倍）で購入する必要があるため、電気料金はPECよりも高い。これらの事業者は発電機の維持管理をほとんど行っておらず、修繕はPECの技術者が行っている。電気料金で修繕費以外の費用は賄われている。</li> </ul>
電化の経済効果は高い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電化の年間経済効果は、102米ドルと推定される。</li> </ul>	
地方電化事業者は、供給費用を回収するために、電気料金引き上げを認められる必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非PEC電気事業者は、PECの全国グリッドの電気料金0.062米ドル/kWhよりも高い電気料金を徴収している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ イビ州及びタイズ州の非PEC電化事業者は、電気料金を0.086米ドル/kWhとしている。</li> </ul>

<p>地方電化を成功させるためには、自立性の高い新たな地方電化担当組織を創設する必要がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PECから独立した自立性の高い地方電化組織を電力エネルギー省の下に設立する。</li> <li>・ 地方電化庁は地方電化プログラム全体に責任を有する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現在のPECの地方電化部門の職員数は203人、このうち専門性を有する職員は75人（37%）である。このうち、正規職員は54人。</li> <li>・ 地方電化庁の設立当初の必要な職員数は80人と想定。</li> </ul>
<p>新たな地方電化サービス地域の事業者としては、電化組合又は民間の事業者が推奨される。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4つのタイプの電化事業者（電化組合等の需要家による電化組織、地方自治体の企業、民間事業者、需要家組織）について評価を実施。</li> <li>・ 2006年に開催されたワークショップにおいて、電化組合が最も望ましい電化組織であることが合意された。</li> </ul>	
<p>より低コスト地方電化が可能である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存の設備基準は妥当である。</li> <li>・ 不適切な配電線の設計と材料調達で設備投資を割高にしている。</li> <li>・ 訓練された現場技術者による配電線の設計の訓練と評価、透明性の高い国際入札による機材調達は投資効率を高める。</li> </ul>	

地方電化戦略調査が提案した地方電化組織体系図を図 2 - 21、地方電化庁組織図を図 2 - 22に示す。



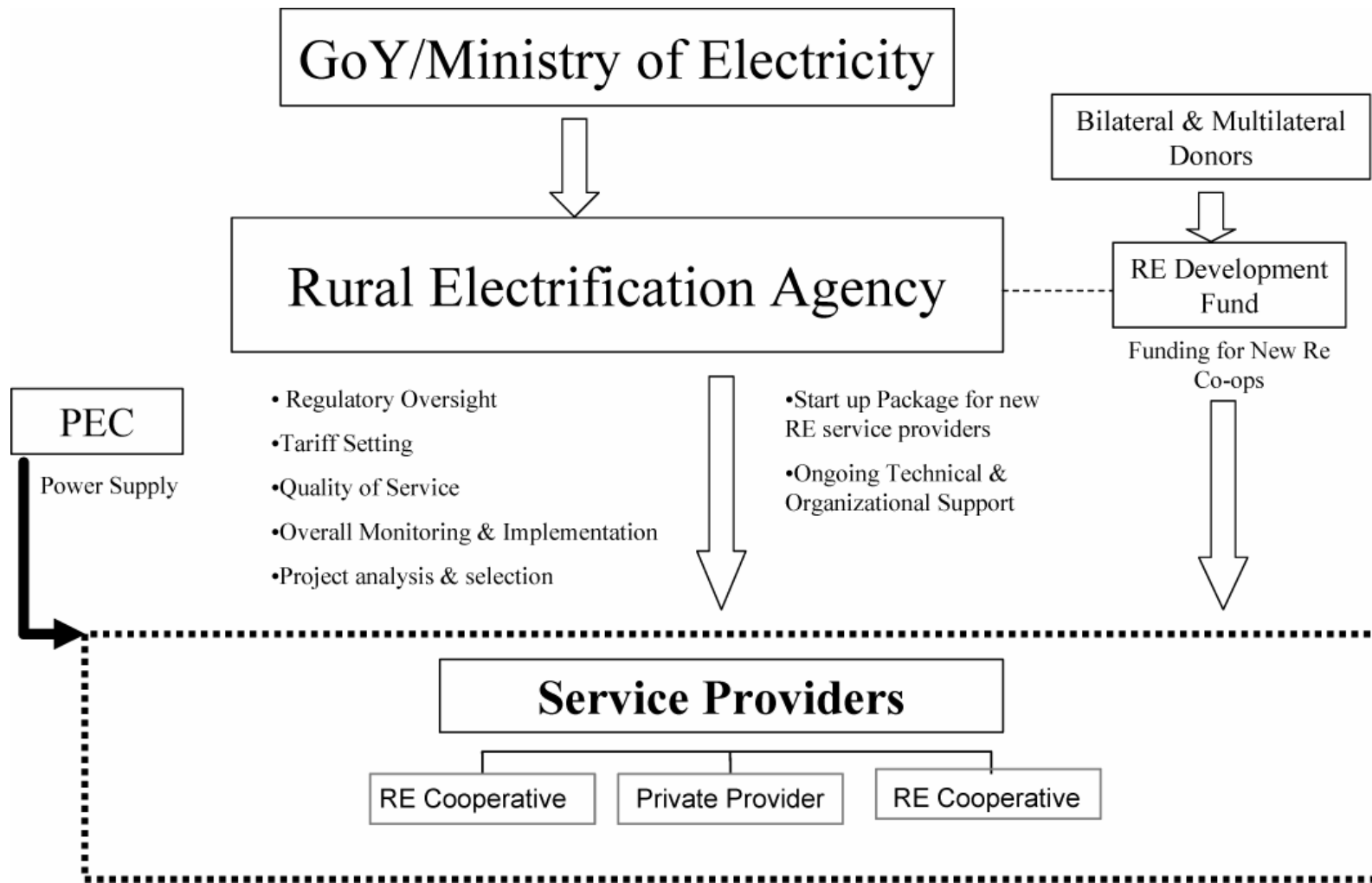


圖 2 - 21 地方電化組織體系圖

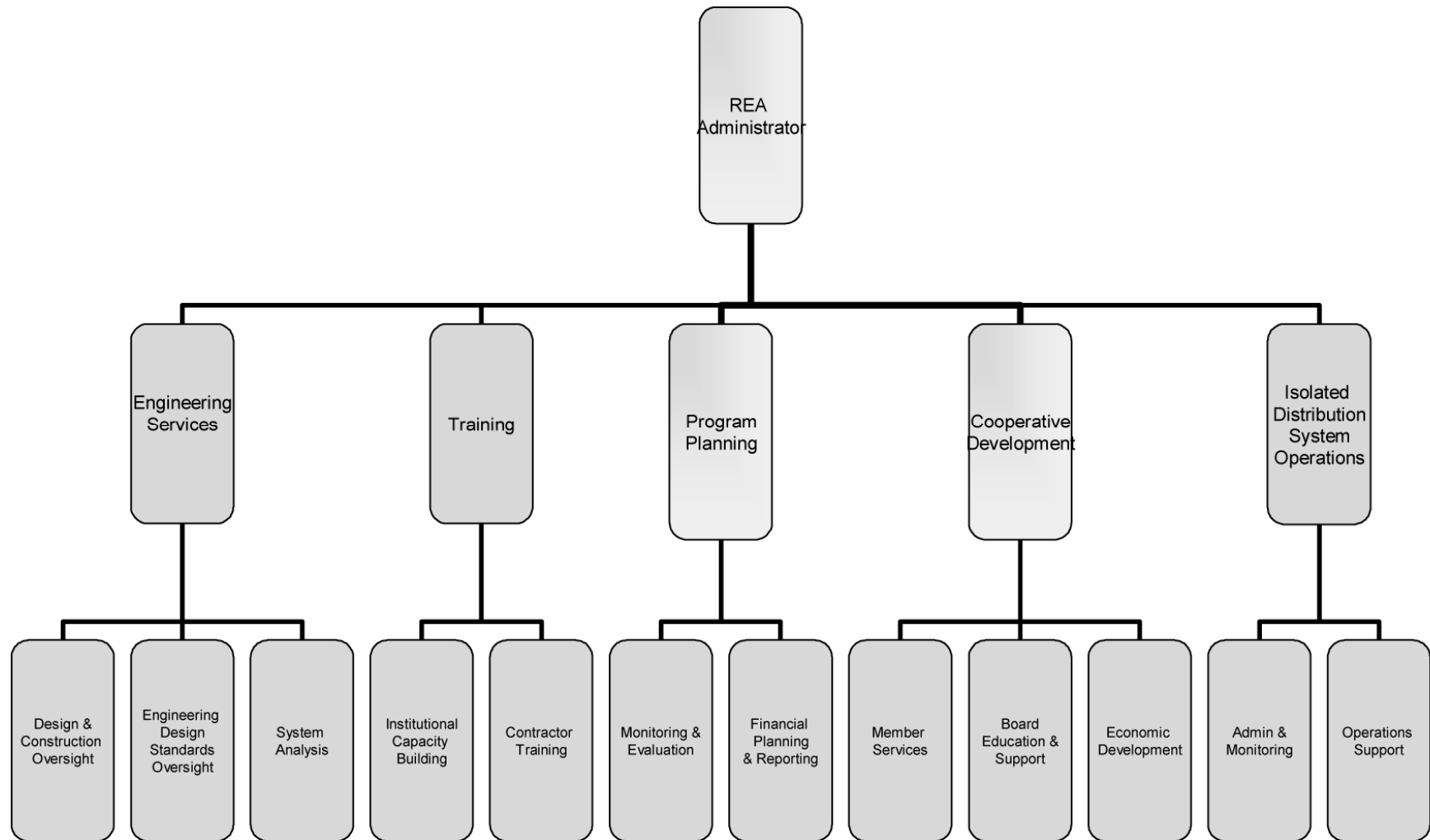


圖 2 - 22 地方電化庁組織図

## 2 - 3 発電の現状と将来計画（設備、人材及び実施体制等）

### （1）発電設備の全般状況

イエメンの発電設備は、図2 - 6 PECの電源構成に示すように、約半分は、汽力発電であり、残りの半分は、独立グリッド系を含めてディーゼル発電である。汽力発電は、2008年に新設されたAl Hiswah発電所に設置されたボイラー1基を除き、1980年代に運転開始し、20年間以上運転している。ディーゼル発電設備のうち、グリッド接続の設備の実効出力について、運転開始時期を図2 - 23に示す。また、同設備について、累積運転時間別の発電基数を図2 - 24に示す。

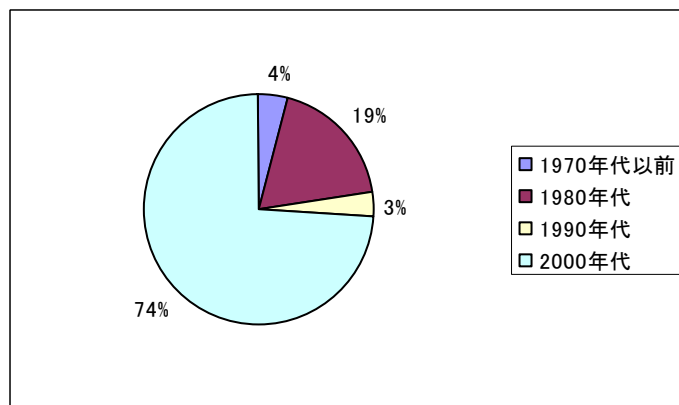


図2 - 23 グリッド接続のディーゼル発電設備の運転開始時期

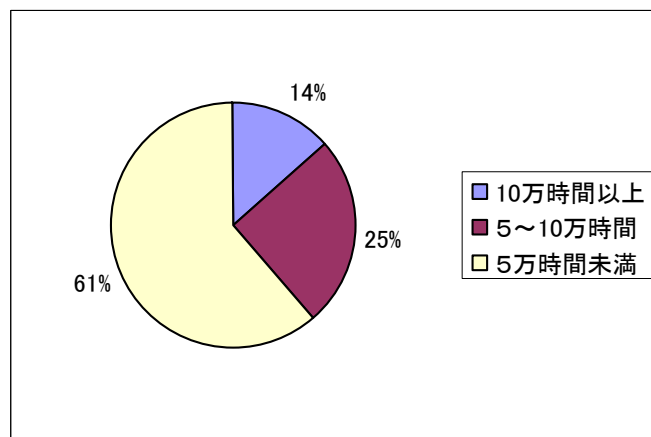


図2 - 24 グリッド接続のディーゼル発電設備の累積運転時間別基数

汽力発電所は、熱負荷の大きいボイラーの保全状態によって、設備寿命が左右されるが、通常は30年以上の運転が可能である。

ディーゼル発電設備は、定期点検・保全のための時間を除けば、年間6,000～7,000時間の運転が普通である。図2 - 23及び図2 - 24より、1980年代以前から20年間以上の運転継続をし、設備寿命の目安としての15万時間運転に達する発電設備が10%～15%程度存在することになる。しかしながら、設備寿命は保全作業や、的確な時期に予備品・消耗部品を交換できる（入手できる）かによって、大きく左右される。

今回の調査では、汽力発電所1カ所、ディーゼル発電所2カ所を訪問・調査したが、取り替え予備品・消耗品の入手（予算確保）に困っている以外は、維持管理には相当の要員を投入し、保全状態はおおむね良好であることが判明した。

## （2）汽力発電所の現状

今回の調査では、Hodeidahにあり、1982年に運転開始した、運転時間が最も長いRas Katneb発電所を訪問し、設備・運用データを入力し及び設備維持管理状態について現場調査した。訪問時の詳細は、付属資料：訪問記録（1）に示す。

同発電所は、海岸に立地し、燃料運搬は船舶により、復水器冷却に海水を使用している。発電設備は、5台の重油専焼（起動時軽油）ボイラー・蒸気タービンの組み合わせであり、蒸気の圧力・蒸気温度（67kg/cm<sup>2</sup>、485）は、発電用としては、低圧に属する。イタリア製であるが、日本の1960年代相当の技術である。現在まで、大修理を1回実施しているが、燃料には3%相当の硫黄分を含むにもかかわらず、燃焼系統の保全を行い、結果的に発電端効率34.4%、送電端効率31.8%を確保していることは、注目に値する。定期点検・修理は、チェックリストも整備して実施しており、故障・事故履歴を取り、品質管理活動に活用している。ボイラー管の肉厚の計測を行い、管、胴の修理を行っているが、TIG溶接ができる技能資格者は1名しかおらず、養成のニーズがある。

ボイラー用水は、海水を原水としているが、逆浸透膜（RO）設備とDesalination設備により、適切な水質管理がなされていることが、設備の良好な維持に貢献していると思われる。復水器冷却用の海水の取水も300m程度の導入水路を取り、塩素注入も行っているせいか、魚介類、海藻等の流入が少ない。復水器管は、日本メーカー製を使用しているとのことであった。

訪問時、1号機の発電機用昇圧変圧器（40MVA）が損傷し、仮の20MVA変圧器を使用していたため、1号機の出力が制限されていたが、その他については、順調な運転を維持しており、計測設備の老朽化、予備品・消耗品の入手遅れの不満は聞かれたが、発電所幹部は、要求資料の提出に熱心であり、勤勉さと意欲に満ちていた。

発電所からの排煙、廃水、騒音等の環境配慮については、全く視野になく、規制値も適用されていない。住宅地からは離隔しており、住民等の苦情もないようである。

発電所の総要員数は、399名と、15万kWの発電所としては多さが目につく（PEC全般の傾向であろう）。

キャパシティビルディングについては、ヨルダンの電力研修センター（ETC）に2006年以来6名派遣、2008年には、約100名に対する各種研修を発電所内の教育・訓練施設で実施している。今回訪問時、11種の教育・訓練ニーズの提示を受けたが、別項のキャパシティビルディングにて取り扱う。

なお、今回訪問できなかったが、Taiz州のAl Mukha発電所について運転実績を入手し、Ras Katneb発電所と同様な良好な運転実績を確認した。

また、1986年にAden近郊のHiawahにロシア・中国によって建設されたHiswah発電所は、ボイラーの老朽化に伴い、世界銀行の資金により、250t/hrのボイラーのリプレースが計画されている。蒸気タービンの話ではないので、通常、燃料や高温高圧で劣化の速いボイラーが寿命となったものと思われる。

### (3) ディーゼル発電所の現状

今回の調査では、HodeidahにあるAl Hali発電所及び首都Sana'a近郊のDhahban発電所の2カ所を訪問した。前者のうちAl-Hali-1は、1980年に運転開始しており、最も運転期間が長い発電機に属し、Al-Hali-2は、2003年の運転開始である。後者は、1979年に運転開始したDhahban(1)と1998/99年に運転開始したDhahban(2)を有する発電所である。2008年までの累積運転時間は、Al-Hali-1が5万8,000時間程度、Dhahban(1)で5万3,000時間程度であり、延べ運転年月が25年以上に及ぶわりには、実質運転時間が短い。いずれの発電所も3基あるいは4基の発電機のうち1台が、リハビリのための休止状態であった。

前者訪問時、Al-Hali-1の2台は、中央の給電指令所からの運転開始指示待ち状態で、待機状態にあった。屋外の民間発電業者の発電設備は、遠望ではあるが、フル稼働の状態であったようであり、Al-Hali発電所は、民間発電業者の発電を補完するような立場にあることは、奇異であった。

運転を継続しているディーゼル発電機の保全状態は、良好であり、設備寿命には程遠い状態であった。PECとして、定期点検の周期を定めて指示しているとのことであった。後者では、年間の点検・修理計画も立案し、実施していた。

前者の発電所の悩みは、予備品の入手が1~2年かかること、教育訓練ができていないこと、特殊工具・計測器の不足、というものであったが、これは各発電所に共通の悩みと思われる。ディーゼル機関は、ピストンシリンダー・ライナー等の摺動(磨耗)部分を有し、ほぼ運転時間に比例して交換する予備品・消耗部品があるが、それらは、メーカー固有の部品を使用することが原則である。予算の制約もあり、入手に時間がかかり、やむなく休止せざるを得ない事情が、運転時間が通常より少ないことに関係しているものと推測される。

Al-Hali発電所では、近接のKornish発電所の運営を統括しており、両方の発電所要員は、Technician 81名、共通のAdministrationを含めると101名という。ディーゼル発電所の典型的な要員・体制と思われるが、この程度の要員の枠内で、教育・訓練も実施していくことの難しさがあり、実施はOJTによっているとのことであった。

なお、両発電所の詳細は、付属資料：訪問記録(2)及び(3)に示す。

## 第3章 再生可能エネルギー

国土の大部分を砂漠に覆われたイエメンでは、小規模水力の可能性は望めない。他方、豊富な太陽光を利用した太陽光発電については導入の可能性はある。また、紅海及びアデン湾沿いを中心に風力のポテンシャルがあると考えられる。

なお、地熱については、アイスランドが調査を行っているようだが、開発の際の初期投資が莫大であり、現段階では円借款を積極的に供与できる状況にはないため、今回の検討からは除外した。

### 3 - 1 再生可能エネルギーの導入状況

太陽光はイエメンで最も妥当性の高い再生可能エネルギーのひとつであり、世界銀行とGTZを中心に、市場ベースでの導入が促進されている。しかしながら、現段階では自立的に普及が進むほど市場メカニズムが機能しているわけではない。これまで世界銀行/GEFの支援により複数のサイトでパイロットプロジェクトが実施されており、導入から2～3年経った中間評価では、メンテナンス等を含めて順調に活用されている状況が報告されている。

これまでの調査<sup>6</sup>で、以下のような阻害要因の存在が明らかになっている。

- ・ 技術的阻害要因

太陽光については、サプライヤーは都市部にしか存在しないため、未電化の地方部では機材の修理のために多額の資金が必要となる。また、これまでインストールされている機材の種類についても多岐に及んでおり、価格の面でも幅がある。

風力については、全国の風況データが存在していないことが最も大きな課題である。山間部など特殊な条件下での風況調査が待たれる。

- ・ 社会的阻害要因

イエメンの社会は封建主義的な考え方が支配的であり、普及プログラムを検討する際には、裨益がコミュニティのリーダー等のところで止まってしまい、住民にいきわたらないような状態を回避すべきである。

- ・ 経済的阻害要因

再生可能エネルギーは通常、他の農村の支出に比べて高額の初期投資を必要とする。そのため、太陽光発電システムの普及にあたっては、ほとんどの人々が何らかの形での資金援助が必要となる。資金援助は、長期の小口融資や割賦販売等の形態をとることが多いが、既存のマイクロファイナンス機関等は再生可能エネルギーについて経験を有しておらず、またほとんど知識も有していないことが想定される。したがって、システム導入に際して融資しながらない現状がある。あるいは、例えば生産活動にのみ融資可能、といった既存のスキームが再生可能エネルギーに対する融資を阻害することもある。

---

<sup>6</sup> 例えばイエメン電力エネルギー省・GTZによる”Market Study and Project Pipeline Development for Solar Photovoltaics”(October 2006)。

- ・ 組織的阻害要因

全体的な地方電化戦略の不在は、再生可能エネルギー市場開発の阻害要因となっている。送配電網延伸の可能性が不確定であることにより、再生可能エネルギー設備の買い控えを招き、市場の発展を阻害している。

再生可能エネルギー技術に対する知識の不足もまた、阻害要因である。

どのようなスキームであっても、組織体制づくりにあたっては、地元の権力構造に十分に留意する必要がある。部族の長老等には必ず一定の役割を担わせる必要がある一方、地方自治体は必ずしも優良な実施機関とはならないという教訓がある。

### 3 - 2 風力発電開発の可能性

#### (1) 風力発電のポテンシャル

世界銀行のプロジェクトのために実施されたフィージビリティ・スタディによると、イエメン全域における風力エネルギー貯存量は1万5,000MWと見積られている（ハブ高さ50m、ローター直径52m、クラス の風力発電機を仮定し、傾斜30°以上の山岳地を除外したシミュレーションによる）。このなかでは、特にホデイダからアデン近郊までのイエメン南西部沿岸地域の風力発電のポテンシャルが高く、各地において50m高で年平均風速7.5m/s以上の可能性が示されている。

南西部沿岸地域のうち、ホデイダとモカでは、ドイツのコンサルタントが、20mならびに40m高における1年間の風況調査を行っている。この結果に基づいて行われたシミュレーションによると、15MWのウインドファーム設置により、4万MWh/年の発電量が得られるとしている。

同社が作成した風力マップによると、沿岸地域だけでなく、内陸部においても年平均風速6m/s以上の地域の存在可能性が示されている。

また、これまでに得られている報告では、ソコトラ島など島嶼部のデータが不足、もしくは欠落している。しかしながら、他ソースによる風力マップを参照すると、年平均風速8m/s以上の可能性が示されており、島嶼部における風力利用も有望であると考えられる。

#### (2) 風車の利用状況

現在のところ、イエメンにおいて、大型風車の建設・利用は行われていない。数kW程度の小形風車についても、利用されているとの情報はない。

世界銀行のプロジェクト(モカ・ウインドパーク・プロジェクト)において、トータル60MWの建設が計画されており、そのうち15MWについては実施間近である。また、地方電化プロジェクトとして、太陽光などと連携した形で風力の利用が検討されている。

100W程度のマイクロ風車については、市内のショップが米国製風車メーカーの代理店となっていることから、販売されている可能性がある。しかしながら、その利用は現在のところ極めて限定的であると考えられる。

#### (3) 風車の入手・輸送・建設

風車は、大型・小形にかかわらず、海外の風車メーカーから船積みで入手することになる。このうち、大型風車については、アデンならびにホデイダに石油積出しのための大型港があることから、少なくともこの2カ所での積み下ろしは容易であると考えられる。

また、アデン港～サナア、アデン港～ハドラマウト間には30m級トレーラーが通行可能な道路があることから、この区間もしくはこの区間近郊であれば、大型風車運搬は可能であると考えられる。

大型風車については、基礎建設のための地盤に関する情報や、本体建設のための大型クレーンの入手先についてのデータが不足しているため、更なる調査が必要である。

#### (4) 風車の運用・保守

イエメン国内に、運用・整備についてのノウハウは存在しない。このため、少なくとも導入初期については、専門家による運用ならびに技術指導が必要である。

10kW程度以下の小形風車であれば、技術指導により、将来的にイエメン人技術者の手に運用を託せる可能性がある。それ以上の大型風車については、運用経験を有する先進国企業に委託するのが望ましい。

#### (5) 系統連系

サナア～ダマール～バジル～ホデイダ、ダマール～イッピ～タイズ、バジル～モカタイズ～アデン～ジャアルといった都市間には33kVの特別高圧線が敷設されている。こうした地域では、風車の系統連系は容易であると考えられる。

#### (6) 電力需要

サナア約350MW、アデン約150MW、ホデイダ・タイズ・ダマール・イッピの各都市が約70MW、アムラン・バジル・ハビライン・ハジャー・ラー・ジャアルの各都市が約20MW、アルジャー、ラハダー、バルハの各都市が約15MWの電力需要を有する。これ以外の都市の電力需要は小さい。

#### (7) 環境面

大型風車の設置にあたっては、バードストライクに関する調査を行う必要がある。特に、ソコトラ島は自然遺産(世界遺産)に指定されており、猛禽類の生息が確認されているので、注意が必要である。独立電源としての小型風力発電機を導入する場合、蓄電池を併用する可能性が高いが、廃蓄電池の処理についてどのように行っているか、あるいは行うべきか、調査する必要がある。

#### (8) 考えられる導入案

第一に、アデン近郊を中心とするイエメン南西部沿岸地域への大規模ウインドファーム(数十MW以上・系統連系型)の導入が考えられる。十分な風力資源、道路及び特別高圧線の存在、電力需要の大きさから、こうした規模のウインドファームの導入に最も適した地域であるといえる。大規模ウインドファームの導入により、地域の電力需要の数十%を賄える可能性がある。このケースでは、導入後の長期間にわたる運用・保守は、運用経験を有する先進国企業に委託して実施されることになると思われる。

第二に、十分な風力資源を有するもののインフラが備わっていない(系統が存在しない地域を含む)あるいは電力需要が比較的小さい地域への小型風力発電機(10kW級×数基)の導



入が考えられる。これに相当するのが、ソコトラ島などの島嶼部、もしくは内陸部の小都市・町村である。基本的に、蓄電池との組み合わせによる独立電源システムとなる。電力需要に合わせ、太陽電池やディーゼル機関と組み合わせたハイブリッドシステムの導入も検討されるべきである。このケースでは、少なくとも導入初期については、専門家による運用ならびに技術指導が必要であるものの、技術指導により、将来的にイエメン人技術者の手に運用を託せる可能性がある。

## 第4章 協力量針の検討

### 4 - 1 電力分野への協力の可能性

#### (1) 人材育成

##### 総合的な人材育成戦略の策定

電力公社(PEC)は自社のトレーニングセンターを有し、社内の技術者の教育訓練を実施している。また、今回の調査において見学したHodeidahにあるRas Katneb汽力発電所は、発電所内に所内技術者の教育訓練施設を有している。さらに、JICAの第三国研修を活用して、ヨルダンの研修施設に大量に技術者を派遣している。このように、PECは社内の技術者の教育訓練を重視している。同社は大量の老朽化したディーゼル発電所群を有しており、また、配電ロス低減も緊急課題となっているため、これらの分野における技術者の教育訓練に対するニーズは今後とも極めて高いものと予想される。さらに、今後はMarib発電所第1フェーズ等が大型のガスタービン発電所の運転開始を予定しており、さらに将来的にはガスコンバインドサイクル発電所の導入も予定されている。送電分野においても400kV送電線の運転開始を控えており、また、給電部門ではSCADAの更新を予定している。このようにPECの人材育成に関しては、老朽化した施設群の維持管理技術、新規に導入される設備の運転及び維持管理技術の両面のニーズがあり、社内の人材育成について総合的な戦略を策定して取り組む必要がある。

一方、イエメンの電力セクターにおいては、電力法に基づき電力規制機関が設立されるとともに、PECは発電、送電、配電の各事業部門に分割される。PECの分社化に伴いPECのトレーニングセンターは各事業会社の共通の機能としてPEC本社の直轄施設として存続する計画であるが、今後のPEC分割の具体化においてどのような事業形態で存続するかは明らかでない。また、地方電化庁が設立され、地方電化事業についてはPECから地方電化庁に移管され、地方電化事業主体は電化組合等の非PEC事業者を中心とする体制に移行する。一方、再生可能エネルギー開発においては、モカの風力発電事業はPECとは別途にSPC(特別目的会社)を設立して発電IPP事業を行うことにしており、また、SHSはコミュニティベースの電化組織による電化事業の展開を予定している。このように、イエメンの電力セクターは、地方電化及び再生可能エネルギー分野を中心に、多様な事業者が登場することになる。このような非PEC事業者の人材育成も今後の課題となる。

このようにイエメンの電力セクターの人材育成については、研修ニーズが多様化しており、かつ人材育成の対象となる事業者も分散化しつつある状況を踏まえ、総合的な人材育成計画を検討すべき状況にある。この際、PEC分社化に伴うトレーニングセンターの将来の事業形態についても検討が必要である。

このような人材育成に対するニーズの多様化と状況の変化を踏まえ、イエメンの電力分野の総合的な人材育成戦略を策定し、この戦略に基づいてJICAが有する既存の研修スキームを活用して効果的な協力を推進することが必要である。

##### 個人人材育成協力

今回の調査では、発電所における教育・訓練の実態の把握、及びSana'a近郊のTechnical Training & Manufacturing Center(以下、研修センター)の見学を実施した。

Ras Katneb発電所では、前述のように、発電所内の教育・訓練センターでの研修と、JICAによるヨルダンNAPCO(国営電力公社)のElectrical Training Center(ETC)への派遣研修が実施されていた。しかし、未だ充足されていない教育訓練ニーズとして11項目が提出された。これらは、ヨルダンETCでも訓練できない項目も含み、先進国・メーカー等での実習とあわせて専門家派遣により対応すべきものも含んでいる。

研修センターでは、全研修設備を見学し、教育訓練ができる内容について把握した。施設・設備は、1980年代にフランスの協力により建設されたものであるが、設備の老朽化・貧弱さが目につき、最近の訓練実績も、2~4週間程度の短期の再訓練が多く、利用度も高いとはいえず、電力セクター要員の本格的教育・訓練には十分とはいえない状態である。訓練コースの内容をみると、工業高校程度の電気、機械の基礎的な項目が多いが、学校教育の復習あるいは学習不足を補うためには、必要な項目であると推察される。

また本研修センターでは、小型変圧器の修理及び試験、パネル用板金加工、電柱製作など配電レベルの機材の製作も実施している。

ここでは、新しいProgrammable Logic Controller(PLC)の研修設備の予算が確保できて、施設の建設が開始されているが、それ以外に将来ニーズとして、専門コンサルタントによる研修センターの改修・近代化のスタディ、電力システム訓練シミュレータ、ガス発電プラントの訓練モデルの導入が提出された。

このうち、ガス発電は、Maribに設置されるガスタービン発電所に対応するものであろうが、ガスタービンはメーカー固有のシステムであり、汎用のシミュレータは存在せず、メーカーでの教育訓練及び実地でもメーカー指導員による訓練のほうが有効であり、研修センターに訓練用モデルを設置することは困難を伴う。

電力シミュレータは、400kVグリッド導入もあり、有効・無効電力潮流を制御し、系統安定のためには、潜在的にニーズがある。しかし、それ以前に電力システムをシミュレートできる電気技術者の存在が必要である。給電指令所で会ったチーフエンジニアは、系統運用の方針は、マニュアルでなく、自分の判断でやっているとのことであり、それらの技術伝承の教育には、シミュレータは有効である。

研修センターのもうひとつの悩みは、23名の講師陣が今後1~4年程度で退職する年齢に到達するが、後継者の育成がなされていないことである。講師陣の候補者は、実務経験の乏しい新卒を中心に考えているようであるが、実務経験者やエンジニアの採用を含めての人選が検討されるべきである。本研修センターのJICAへの協力要請は、PEC経営幹部からも会議席上なされたが、研修センターの訪問時も、PEC全体のキャパシティビルディングの戦略や実施方針がみえなかった。専門コンサルタント派遣等の協力の前提としては、経営幹部からの明確な意向を確認して進むべきである。

研修センター訪問時の詳細は、付属資料：訪問記録(4)に示す。

イエメンの電力分野における設備・組織は、分類すると、下記の分野にわたる。

ボイラー

蒸気タービン

ガスタービン

ディーゼル発電

発電所機械補機設備  
 発電用電気設備  
 送変電  
 配電  
 給電指令所  
 信号通信システム

教育・訓練のニーズは、維持管理を中心に技術別に考えると下記に分類できる。

運転技術  
 保全管理  
 修理技術・技能  
 安全・緊急事態管理  
 試験・検査  
 水処理技術  
 環境管理

今回の調査で、発電所、トレーニングセンター等を訪問した結果、イエメンの電力セクターの現状と将来にわたる教育・訓練のニーズ、及びニーズを充足させるための方法を下記の表にまとめた。

分野	教育・訓練項目	レベル			研修場所		
		高度	一般	技能	先進国	ヨルダン ETC	イエメン 国内
ボイラー	運転制御( 燃焼、水位、蒸気圧力)						A
	内部腐食・浸食検査管理						A
	ドラム・管修理・特殊溶接 ( TIG 等 ) 技能 ・ 検査						B
	計測・制御機器保全技術						A
	給水処理・管理						A
タービン	運転制御 ( 蒸気管理、速度 )						A
	軸受・潤滑油管理						A
	ロータ・軸受修理及び検査 ( 芯出し、振動等 )						
	復水器・循環水管理						A
	タービン補機点検・修理						A
ガスタービン	運転制御 ( 燃焼、温度、速度、振動 )						
	燃料管理						
	軸受・潤滑油管理						
	空気清浄機管理						

ディーゼル機関	運転管理(燃料、冷却水、潤滑油)							A
	保全計画管理・修理技術							A
発電所機械補機	ポンプ・ブローア・圧縮機運転・保全							B
	遮断・制御バルブ類保全							B
	潤滑油装置・配管循環水処理保全							A
	空気圧・油圧機器保全							A
	熱交換器・予熱器保全							A
	故障診断・状態診断技術							
発電所電機共通	発電機運転制御							A
	発電機・電動機修理技術							
	励磁機・インバータ保全技術							
	配電盤保安全管理							A
	PLC/継電器設定・保全技術							B
	計測器・測定器・監視機器保全・修理							
安全・緊急事態	系統運用(電力潮流制御、周波数低下、負荷選択遮断、無効電力管理等) 電力シミュレータによる教育							
	発電所火災・事故対応訓練							
	電気設備安全衛生規則							
試験・検査	基準値・規格							B
	計測器取り扱い・精度管理							B
水処理	淡水化处理							A
	ボイラー給水処理							A
	海水処理							A
環境管理	排気ガス							A
	廃水							A
	振動・騒音							A
送電設備	架空線・鉄塔・絶縁体修理							
	送電保護設備・信号伝送・継電器管理							
変電設備	状態診断・管理							
	絶縁油・ガス管理							A
配電設備	架空線・ケーブル布設・接続技術							A
	電力量計設置・計量							A

注記)

A: 発電所等での実地教育により、業務が遂行できているもの。ただし、教育訓練コースとして確立するためには、現有訓練設備・マニュアルを見直す必要がある(トレーニングセンターに移管する場合を含めて)。

B: イエメンで実施することが困難か、あるいは実施するためには、体制整備を必要とするもの(なお、今回調査で不明なものは、記号不記入)。

## (2) 発電所維持管理

イエメンの汽力発電所及びディーゼル発電所は老朽化した設備が大半であり、適切な維持管理の実施が必要不可欠である。PECはMarib発電所第1フェーズをはじめとして天然ガス火力発電所を順次主要な需要地に建設する計画であるが、ガスパイプラインの整備と同時に計画を推進する必要があること、資金調達の遅れ等から計画は全体的に遅延しており、特に現時点でガス火力発電所建設計画が具体化していないHodeidah及びアデンについては老朽発電所の延命化が必要不可欠である。PECは現在、既設発電所のリハビリのニーズと必要なスペアパーツの全国調査を実施中であり、数ヵ月以内に報告書が取りまとめられる予定となっている。

## (3) 配電ロス低減及び供給信頼度向上

PECの発送配電ロスは非常に高く、発電した電力の3割以上はロスとなっている。特に、配電部門は地域分割し優先的に民営化することを計画しているが、これを実現するためには、配電ロスの低減及び供給信頼度の向上が必要不可欠である。現在、世界銀行の協力でサナアを対象に配電ロス低減のパイロット調査を計画中であるが、今後、アデン等他の主要な需要地においても同様な調査を行い、配電網全体の近代化を図ることが必要不可欠である。また、供給信頼度向上の観点からは、配電網の潮流を解析し、供給上のボトルネックとなっている配電線及び変圧器等を特定して重点的な改良事業を行うことも検討課題である。

## (4) DSM及び省エネルギー

PECの電力需要は7割以上が住宅・小規模需要家であり、点灯時がピーク時間帯となっている。住宅・小規模需要家の電気料金を非常に低い水準に据え置いているため、電気を電気温水器等の熱需要に利用する等、電力不足の状況下では不適切な利用が多いとの指摘もある。世界銀行が電気料金構造調査を行うことにしており、これに基づいて電気料金体系の見直しが行われるものと期待されるが、電気料金体系の見直しと併せてピーク需要の抑制と省エネルギーをめざした省エネ電球（CFL）普及事業、電気温水器から太陽熱温水器への切り替え、省エネエアコンの普及等総合的なDSM戦略策定が必要不可欠である。

## (5) 地方電化

地方電化については、電力法の制定に伴い地方電化庁が設立され、世界銀行、AFDの資金協力及びGTZの技術協力の下に新たな地方電化事業が推進される計画である。現在準備中の地方電化計画及び再生可能エネルギー開発計画は、PECの電力グリッドの延伸による地方電化、PECの電力グリッドに接続した大規模風力発電の開発と、SHSによる戸別電化に焦点を当てている。しかしながら、イエメンでは自治体等の非PEC事業者による小規模ディーゼル発電・ミニグリッドによる電化事業が多数存在しており、このような電化地域を配電網延伸やSHSに切り替えることは経済的あるいは利便性の面からみて現実的な対策ではない。このような地域において持続的な電力供給を継続するとともに、電力供給時間を低コストでできるだけ延長してサービス向上を図るためには、PVや風力発電とディーゼル発電によるハイブリッドシステム化することが最も現実的な対策と考えられる。このような再生可能エネルギーハイブリッドシステムによる電化事業は、現在の地方電化計画では欠落しているため、このようなシステム導入の検討が必要と考えられる。

#### (6) 電力セクター改革

イエメンは電力法の制定に伴い、今後3年間で新体制への移行期間としており、電力規制機関の設立、PECの分社化、電気事業規制に必要な技術基準の制定等、多くの事業を短期間で実施する必要がある。世界銀行は、地方電化及び風力発電開発について新規プロジェクト立ち上げ支援準備中であるが、セクター改革の実施に対する追加的な支援プロジェクトの検討は未着手の状況である。セクター改革を成功させるためには電力エネルギー省及びPECのセクター改革実施能力の強化を支援することも緊急の課題である。

#### 4 - 2 再生可能エネルギー開発への協力の可能性

イエメンは国土の大半を砂漠で覆われ、太陽光発電のポテンシャルは非常に高いといえる。中東部の砂漠地帯は移動生活を行う遊牧民（ベドウィン）が主であるが、西部の山岳地帯にも未電化地帯が多く、独立型電源の太陽光の活用可能性は高い。なお、イエメンでは既に世界銀行がGTZとともに戸別型太陽光発電のパイロットプロジェクトを実施しており、中間レビュー段階に入っていることから、村落電化を目的とした太陽光発電に係る協力を検討する際には、これらのプロジェクトとの連携が求められる。

大規模太陽光又は太陽熱発電及び風力については、豊富なポテンシャルを生かすうえでは効果的であるが、資金面での支援とともに、人材不足が顕著なイエメンでは、十分な人材育成を伴った協力が必要である。

#### 4 - 3 協力の留意事項

##### (1) 他ドナーとの協調

対イエメン協力については、我が国の協力を比べて世界銀行等をはじめとした他の援助機関の活動が活発に行われており、電力分野及び再生可能エネルギー分野においても、世界銀行及びGTZのPower Sector Project及びRural Energy Access Project等をはじめとした協力が行われており、既にイエメンでの経験を蓄積していることから、これら他ドナーとの協調が不可欠である。

##### (2) イエメン政府の実施体制とキャパシティ

イエメンの電力セクターの政策は電力エネルギー省、電力事業はPECが担っているが、熟練技術者の不在なども含めてその人員体制は極めて弱い。また、本来であれば人材不足を補っていく役割が期待されるPECの研修センターも、講師不足及び施設の老朽化等により、十分に機能できていない。

このようにイエメン電力セクターでは根本的な課題を抱えているにもかかわらず、PECの分割民営化の方針が既に決定されており、併せて地方電化庁等の設立も進められている。エンジニア等の個人のキャパシティに加え、組織のキャパシティも大幅な強化が必要とされており、協力の際には、十分な配慮が必要である。

## 付 属 資 料

- 1 . 現地収集資料
- 2 . 施設訪問記録



## 1. 現地収集資料

資料番号	資料名	資料作成者
1	Natural Gas Utilization Study, Yemen FS report, Draft September 2005	Ramboll
2	Draft of Yemen Power Sector Policy Statement	MoEE
3	National rural electrification strategy	MoEE
4	Power Sector Project, Progress report 10	PMU/WB
5	Balance Sheet of PEC, December 31, 2007 (会計監査報告書)	Accounting Group
6.1	The expected investment in the five years plan phase 3 (2008–2010) at the level of sorting projects and funding resources	MoPIC
6.2	Workflow of bridging the fund gap at the level of sector and projects	MoPIC
7	Cabinet Decision No.239 of 2008 year regarding the mechanism of adoption the non-adopted projects within the investment programme and the controls and procedures that deal with the received offers for funding and implementing projects	MoPIC
8.1	Preparation for the visit of JICA mission (Proposal on loss reductions study)	PEC
8.2	Loss reduction projects under construction	PEC
8.3	2008 Annual Report- General Office for Controlling and Reducing lost power	PEC
8.4	Data Summary of energy transmitted, sold and lost energy, 2008	PEC
8.5	Indication of development to reduce lost energy from 2001 –2008	PEC
8.6	Evaluation foe areas performance according to the loss reductions achieved	PEC
8.7	Areas evaluation on the bases of work assessment done in the implementation of loss reduction programmes	PEC
9	長期電源開発計画 (Balhaf 発電所・送電線 FS 調査の一部)	MoEE
10	Marib 発電所送電線建設進捗状況報告書	PEC
11.1	Summary of technical Study(サウジアラビア連系送電線計画)	Tractebel Engineering
11.2	Screening study on the possible technical alternatives (サウジアラビア連系送電線計画)	Tractebel Engineering
12	Marib power plant (Phase 1) FS	Kuljian Corporation
13	Marib power plant (Phase 2) FS	Fichtner
14	FS for Balhaf power plant and associated transmission facilities	EDF
15	SCADA system connectional design report	EDF
16	Additional services regarding distribution development plan for Sana'a, Aden, Taiz and Hodeidah( Draft inception report)	Fichtner
17	Electricity power supply to local area (Inception report)	Fichtner
18	地方電化計画 2006–2008	PEC
19	The Technical Training & Manufacturing Center	PEC
20	Guide to Training Courses	PEC
21	Training plan for the first third of 2009	PEC
22.1	Ras Katneeb Power Station	PEC
22.2	Ras Katneeb power station annual generation report 2008	PEC
22.3	Monthly generation report Jan. 2009	PEC
22.4	Ras Katneeb power station 図面(7 枚)	PEC
22.5	Running hours & generation energy	PEC
22.6	Turbine overhaul	PEC
22.7	Unit (5) shut down programme from 12/8/2008–16/8/2008)	PEC

22.8	Fire fighting system general information	PEC
22.9	Organization of technical activities	PEC
22.10	Power station employee	PEC
22.11	Training courses for employees in 2008	PEC
22.12	Training courses at the Electric training center in Kingdom of Jordan in cooperation with JICA	PEC
22.13	Training courses required for R.K. power station	PEC
23	Dhahban power plant	PEC
24	Study for rehabilitation of Dhahban	PEC
25	Al Hali & Kurnish power station annual report of power generation, 2008	PEC
26	Mocha power station	PEC
27	Oil data	Aden refinery Company
28	2007 off grid power station	PEC
29	Environment Protection Law	EPC
30	Environment and Sustainable Development Investment Program 2003-2008	MoEE
31	PEC 電力系統図(1 枚)	PEC
32	PEC 電力系統図(現状及び 2007)	PEC
33	PEC オフグリッド発電システム分布図	PEC

## 2. 施設訪問記録

### 訪問記録(1)

訪問先	Ras Katneb Power Station	訪問日時	2009年2月20日 8:00~12:00
所在地	Hodeidah	訪問者	湯本、森 佐々木所長、松下所長、Hani PECメンバー
目的	発電所運用状況視察	先方面談者	Eng. Abdulhafeed Abdullah Abdo, GMほか

### 内容

**目的:**PECの汽力発電所の運用実態を知ること。

### 発電所概要と運転状況

号機	1	2	3	4	5
メーカー	Ansaldo	Ansaldo	Ansaldo	Ansaldo	Ansaldo
稼働開始年	1982	1982	1982	1982	1982
累積運転時間(hr)	159,836	166,224	161,322	169,729	162,561
運転時間(2008年:hr) (可用率 Availability: %)	8,310 (95.41)	8,445 (96.68)	8,272 (94.74)	8,505 (97.16)	8,269 (94.54)
累積発電端出力量(MWh)	3,355,441	3,648,110	3,536,202	3,657,731	3,543,800
発電端出力量(2008年:MWh)	114,021	210,411	174,324	195,959	184,594
プラント熱効率(L/kWh) (2008年) 発電端、送電端	0.318, 0.344				
蒸気タービン定格出力(MW)	30	30	30	30	30
プラント低減出力(MW)	23	23	23	23	23
訪問時運転状況	主変圧器故障・仮変圧器により出力低減	良好	良好	良好	良好
ボイラー定格出力(t/hr)	5×144t/hr				
ボイラー定格蒸気圧力・温度	67kg/cm <sup>2</sup> , 485°C				
燃料・輸送方法	RFO(Residual Fuel Oil)及びLFO(Diesel Oil)、油輸送船				
燃料貯蔵量(m <sup>3</sup> )	RFO:6×8,000、RFO(daily):5×250、LFO:2,000				
復水器冷却水・温度	海水、入口温度:30°C、出口温度:37°C				
ボイラー給水処理	逆浸透圧法(RO)+Desalination Plant				
大修理(オーバーホール)年・月(開始)ー月(終了)	2003.1-4	1999.3-9	1997.11 -1998.3	(1)1994.11 (2)2004.1-4	2004.4-9

### 視察経路と特記事項:

海水取水口:紅海より300m水路引き込み。塩素注入。海藻、魚介類の付着少ない。

復水器:管材質は、黄銅系。日本メーカーに依存。

タービン・発電機床:よく整理整頓

中央運転室:機械・アナログ式計器。そのため、操作制御盤大きい。一部デジタル機器ある。

電気室:保護継電器は、機械・アナログ式

ボイラー・屋外燃料系:排煙が、黒い。環境問題を考慮していない。

主変圧器・132kV回路機器:No.1の変圧器故障し、定格40MVAに対し、20MVAの仮変圧器使用。132kVスイッチヤードは屋内・開放式

非常用発電設備:890kVA。ブラックアウトスタート用。

工作工場・予備品倉庫:旋盤、ボール盤など

教育訓練センター:基礎的教育設備あり。15名。

#### 発電所運転状況:

上表からわかるように、1982年の運転開始以来、1回(4号機のみ2回)の大修理を経て、おおむね順調な操業を続けている。運転開始以来26年経過しているため、経年劣化としての出力低減、熱効率低下はやむを得ないにせよ、プラント自体は、よく保全され、整理整頓も十分なレベルである。

蒸気の圧力・温度からいって、日本の昭和40年代の技術であるが、良好な運転継続の要因としては、ボイラー(蒸気)水質管理に成功していることであろう。また、ボイラー管の溶接など、自力でやっている保全能力もその要因と考えられる。

#### 要員:

総要員は、399名。構成は、Engineers:26, Administration:74, technician:240, Asst. Employee:59。

部門配置で多いのは、Operation:135, Maintenance:164である。

プラントが、小容量機5機のため、15万kwの発電所としての要員の多さが際立つ。

#### 教育訓練:

- 1) 本発電所要員で、これまでJICAの協力により、Jordan ETCで訓練を受けた実績は、2006年から2008年の間に、3コース、6名である。
- 2) 2008年に内外の教育・訓練の実績(延べ人数)は、運転:41名、計装:12名、機械:28名、電気:10名、消防:7名、Adm:4名、計画:2名である。
- 3) 今回、将来の教育訓練のニーズとしてあげてきた項目は、下記のとおりである。
  1. Alignment of rotating machine(主機の回転軸の芯出し)
  2. High quality welding(高度溶接:ボイラー管のガス溶接など)
  3. Welding under water(水中溶接:燃料受入れが海中でなされているための溶接)
  4. PLC basic and advanced course(PLCの基礎及び上級コース:Dhabhan 研修センターで準備中)
  5. Safety management during disasters(災害時の安全管理)
  6. Safety environment(安全環境)
  7. excitation and invertors sys.(発電機励磁用インバータ技術)
  8. mechanical protection for boiler(ボイラーの機械的保護)
  9. Metal moulding and forming(shaping)(主機すべり軸受けホワイトメタル鑄込み・成形)
  10. Electrical protection for generator(発電機の電氣的保護)
  11. Provide our training centre by facilities of equipment and simulation programs for different sys.(発電所自前の設備による教育訓練)

#### 所感:

本発電所は、運転開始以来20数年経過しているが、維持管理状態は、良好であり、今後10年以上は操業可能と判断され、当面修復への協力の必要はないと思われる。

発電所側よりCapacity Buildingのニーズとしてあげられたもののなかには、高度な技術・技能を修得するもの(例:上記1,2,7,9,10項目など)があり、JICAによる日本国内、Jordan ETCでの協力の可能性がある。本発電所内の教育訓練施設を強化するよりは、Sana'aの教育訓練センターに集中して、高度技術・技能教育訓練を実施することが有効であると思われる。

訪問記録(2)

訪問先	Al-Hali Diesel Power Station	訪問日時	2009年2月19日 16:00～18:00
所在地	Hodeidah	訪問者	湯本、森 佐々木所長、松下所長、Hani PEC メンバー
目的	発電所運用状況視察	先方面談者	Eng. Alim. Almgny, The Mgr

内容

**目的:**PEC の Diesel 発電所の運用実態を知ること。

**発電所概要**

	Al-Hali-1			Al-Hali-2	
	1	2	3	1	2
号機	1	2	3	1	2
メーカー	GMT	GMT	GMT	Wartsila	Wartsila
稼働開始年	1980	1980	1980	2003	2003
現状	供用中	供用中	休止(主軸損傷)	供用中	供用中
定格出力(MW)	5.25	5.25	—	5.0	5.0
低減出力(MW)	4.0	4.0	—	5.0	5.0
累積運転時間(hr) (2008年まで)	58,206	58,920	—	32,909	39,450
運転時間 2008年(hr) (稼働率%)	3,676 (42.0%)	4,188 (47.8%)	—	5,794 (66.1%)	6,192 (70.7%)
エンジン:筒数・配列 (筒径×ストローク:mm)	12V (420×500)	12V (420×500)	—	18V (320×350)	18V (320×350)

**発電所運転状況:**

訪問時、Al-Hali-1 は、2 台とも停止中。夜間の稼働に向けて、Sana'a の給電指令所からの運転開始指示を待っていた。Al-Hali-2 のみ運転中。

**発電所保全状況:**

Al-Hali-1 については、清掃不十分であるが、総じて、保全状態は良好。PEC の標準定期点検・保全スケジュールによって実施(1,000hr、2,000hr、4,000hr、8,000hr、大修理:12,000hr など)

**要員:**

Al-Hali-1 及び 2 での Technician は 51 名、本発電所が所管する Kornish 発電所を含む Technician は総計 81 名、共通の administration を含めると 101 名。

**運用上の問題点:**

所長のいう 3 大問題点は、①予備品の入手、②教育訓練、③特殊工具・計測器の不足。  
①予備品の入手には、1～2 年かかる。予算の獲得など難しい。②教育訓練ができていない。設置当初のメーカーによる教育以外は、OJT のみ。現状の要員能力は、OJT により、それなりに保有。③排ガス、振動の測定器などが無い。

**所感:**

Al-Hali-1 は運転開始以来、20 数年経過しているが、累積運転時間は 6 万時間程度であるため、定期点検・修理を確実にし、磨耗部品の取り替え等を実施していけば、あと 10 年以上の操業継続は可能と判断する。

Diesel 発電所のリハビリといっても、納入メーカー固有の設備であるため、第三者が介入する余地は少ない。保全要員の教育訓練に協力するのが精一杯であろう。

**UK AGRICO 社緊急発電:**

同発電所の屋外に、総計 50MW稼働中。Al-Hali 発電所休止中も連続稼働。

余寿命について、所長の見解では、Al-Hali-1 発電所は、運用いかにして、10 年や 15 年運転継続させることができる(PEC の 2007-2025Plan では、2007 年に休止の計画となっている)。

訪問記録(3)

訪問先	Dhahban Power Plant	訪問日時	2009年2月22日 11:00～12:00
所在地	Sana'a	訪問者	江原、湯本、森、 首藤、Hani PECメンバー
目的	発電所運用状況視察	先方面談者	Plant GM

内容

**目的:**PECのDiesel発電所の運用実態を知ること。

**Dhahban(1)発電所概要**

号機	1	2	3	4
メーカー	GMT Italy	GMT Italy	GMT Italy	GMT Italy
稼働開始年	1979	1979	1979	1979
現状	運転	運転	リハビリ進行中	運転
定格出力(MW)	4.0	4.0	4.0	4.0
低減出力(MW)	3.25	3.25	3.25	3.25
累積運転時間(hr) (2008年まで)	52,422	50,413	51,222	53,212
エンジン型式: (筒径×ストローク:mm)	A420.12V	A420.12V	A420.12V	A420.12V

**Dhahban(2)発電所概要**

号機	1	2	3	4	5
メーカー	GMT	GMT	GMT	GMT	GMT
稼働開始年	1998	1998	1999	1999	1998
現状	運転	運転	運転	リハビリ中	運転
定格出力(MW)	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
低減出力(MW)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
累積運転時間(hr) (2008年まで)	44,634	40,289	48,200	34,898	42,912
エンジン型式 (筒径×ストローク:mm)	16VA32 (230×390)	16VA32 (230×390)	16VA32 (230×390)	16VA32 (230×390)	16VA32 (230×390)

**発電所運転状況:**

Dhahban(1)、(2)でそれぞれ1台の改修中の発電機があったが、全体としては、良好に維持され、運転されている。年間の点検・修理計画も立てて維持管理を実施している。

都市部に立地するため、排煙が目立つが、燃料としては、低硫黄のDiesel Oilを使用しているので問題はないものと思われる(むしろ、隣接地に設置されている民間の発電所からの排煙が気がかりである)。

訪問記録(4)

訪問先	The Technical Training & Manufacturing Center (研修センター)	訪問日時	2009年2月22日 9:00～11:00
住所・TEL	Sana'a	訪問者	江原、湯本、森 首藤、Hani PECメンバー
目的	トレーニングセンター運用状況視察	先方面談者	Eng. Adnan al-Madhagi, GM Eng. Abdul Ghani Mutaher, Dpty GM

内容

**背景:**

2月15日のPECとの会議の席上、GMより、これまでJICAのおかげでJordanとJointで訓練を実施してきたが、Sana'aのTraining Centerが老朽化し、Revampの必要性あり、JICAの協力の可能性の発言があり、それに対応すべく可能性の検討のために訪問した。

**研修センター側説明内容**

1. 本研修センターは、1980年にフランス電力公社の協力により設立。現在は、2週間程度の訓練が行われるにとどまっている。運用は、PECの予算によるが、外部機関(防衛省、通信公社など)からの委託を有償で実施することにより収入を得ている。
2. 本研修センターの問題は、23名の講師陣の多くが1～4年以内に退職する予定であること。現在の講師陣は最近の技術進歩についていけず、新しい講師陣が、今後の研修実施を担っていく必要がある。新技術分野としては、ガス発電、コンピュータ・電子技術、PLC、工業制御、電気・機械保全、太陽光発電等を含む再生エネルギー等である。
3. PLCラボの更新及び汽力発電モデルプラントの改修は、2009年予算を獲得し、進捗中である。
4. 将来のニーズとして、以下のようなものがあげられた。
  - ① 新プロジェクトを計画する専門的コンサルタントによって、研修センターの改修・近代化のスタディをすること。
  - ② 発電、送電、配電、保護及びSCADAシステム等の電力システムのすべての要素を含む電力システムシミュレータ。
  - ③ ガス発電プラントの実際の訓練ができるモデル。

**研修センター施設見学**

- 1) Electrical Lab: 電気回路、機器の基本学習
- 2) Measurement Lab: 計測機器の学習
- 3) Physical lab: 物理量の学習
- 4) Welding Workshop: 電気溶接の訓練
- 5) Filing workshop: 研磨、機械工作
- 6) PLC lab: PLCの訓練(旧式)、新PLC Labは基礎工事中。
- 7) Computer Lab: PCの基本訓練(Microsoft Officeのみ装備)
- 8) Electrical consumer service workshop/Meter Lab: 需要家電力量計の扱い・接続学習
- 9) Steam power station: 火力発電の模擬設備(ボイラー、タービン、運転操作、同期盤など)
- 10) Diesel units workshop: ディーゼル機関の原理学習
- 11) Lathing workshop: 手動旋盤、ボール盤など
- 12) Transformer Repair and manufacturing shop: 変圧器の修理、試験
- 13) Industrial control workshop: 工業計測・油圧制御(使用しない)
- 14) Plate workshop: プリキ板金工場: 盤、電力メーター収納箱などの製作
- 15) Cable and overhead workshop: ケーブル接続訓練、配電資材倉庫
- 16) Wind firm and solar cell: 風力発電、太陽光発電の機器



**所感:**

- 1) 本研修センターで提供される研修内容は、工業高校、ポリテクニク等で学習・習得すべきレベルのものが多く実態。それらも、ニーズは存在することは否定できないが、PEC の研修センターとしては、より高度な施設と訓練内容が必要。電気は理論の理解が重要なので、設備が古くても原理の訓練ができればよい面があるが、1980 年の設立以来、新しい設備が導入されていないのは問題。研修センターは現講師陣が高齢で引退することで危機感を深めているが、その前提として経営幹部による PEC の人材育成の方針が必要で、それに基づく研修センターの役割・機能の決定が必要である。
- 2) 電力セクターに新技術としてのガスタービン発電、400kV 送電等が導入されるなかでは、Capacity Building のニーズが存在することは、厳然たる事実であり、JICA としては過去の好評な Training の実績を踏まえ、どのように、イエメンに見えるようにかかわっていくかは検討の必要があると思われる。

