

パキスタン・イスラム共和国

パキスタン国
電力セクターインフラ整備にかかる
情報収集・確認調査

ファイナルレポート（要約）

平成 26 年 2 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社

南ア
JR
14-021

パキスタン・イスラム共和国

パキスタン国
電力セクターインフラ整備にかかる
情報収集・確認調査

ファイナルレポート（要約）

平成 26 年 2 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社

調査対象位置図



出典 「白地図専門店」

の地図をもとに調査団作成

目次

調査対象位置図.....	i
表目次	iv
図目次	v
第1章 序論.....	1
1.1 調査の背景.....	1
1.2 調査の目的と範囲	1
1.3 調査団員.....	2
1.4 調査日程.....	2
第2章 電力供給の現状.....	3
2.1 電力供給・発電のための一次エネルギーに関連する機関	3
2.2 送電系統.....	4
2.2.1 送電系統の概要.....	4
2.2.2 発電所と変電所.....	6
2.2.3 系統運用.....	6
2.2.4 電力輸入.....	6
2.2.5 送電系統における課題	6
2.3 パンジャブ州・シンド州・イスラマバード首都圏での配電.....	7
2.3.1 概要.....	7
2.3.2 パンジャブ州内の配電.....	8
2.3.3 シンド州内の配電.....	8
2.3.4 イスラマバード首都圏の配電	9
2.3.5 配電系統における課題	9
2.4 計画停電の状況.....	9
2.4.1 計画停電の手順.....	9
2.4.2 計画停電の実施方法と実施条件	9
2.4.3 産業セクターへの計画停電の影響.....	10
2.4.4 計画停電の方法・条件のレビュー	10
第3章 一次エネルギー.....	11
3.1 概要.....	11
3.2 石油.....	12
3.2.1 石油の国内生産・精製.....	12
3.2.2 石油の輸入.....	12
3.2.3 石油の消費.....	13
3.3 天然ガス.....	14
3.3.1 天然ガスの国内生産	14
3.3.2 天然ガスの輸入.....	14

3.3.3	天然ガスの供給システム	15
3.4	石油・天然ガスの価格決定メカニズム	15
3.5	石炭	16
3.5.1	石炭の国内生産	16
3.5.2	石炭の輸入	17
3.6	原子力	17
3.7	水力 (小水力を除く)	17
3.8	再生可能エネルギー	17
3.8.1	風力	17
3.8.2	太陽光	18
3.8.3	バイオマス	19
3.8.4	小水力	19
第4章	電源開発・供給計画	20
4.1	需要予測のレビュー	20
4.2	実施中の開発プロジェクト	20
4.2.1	送電線・配電線・変電所	21
4.2.2	水力	21
4.2.3	火力	21
4.2.4	再生可能エネルギー	21
4.2.5	電力輸入	21
4.3	政府による開発計画	21
4.3.1	送電線・配電線・変電所	21
4.3.2	水力	21
4.3.3	火力	21
4.3.4	再生可能エネルギー	22
4.3.5	電力輸入	22
4.4	民間セクターによる開発計画	22
4.5	他のドナーの活動	22
第5章	日本による協力候補プロジェクト	23
5.1	候補プロジェクト	23
5.2	推薦プロジェクトの選択条件	23
5.3	候補プロジェクトの分析と評価	23
5.4	推薦プロジェクトの内容	24
第6章	提言	27

表目次

表 2.2.3-2	各 DISCO への電力量の割り当て	6
表 3.1-1	一次エネルギーごとの消費量・割合	12
表 3.7-1	水力発電の容量	17
表 5.3-1	候補プロジェクトとその評価点	24

図目次

図 2.1-1	電力供給関係組織	3
図 2.1-2	発電燃料供給関連組織	4
図 2.2.1-1	パキスタン国の送電系統	5
図 2.3.1-1	発電・送電・配電までの電力の流れ	7
図 2.3.1-2	DISCOs のサービスエリア	8
図 2.4.1-2	計画停電の手順	9
図 3.1-1	エネルギーフローチャート(2011/12 年)	11
図 3.2.1-1	パキスタン国内への石油の供給量	12
図 3.2-2-1	石油及び石油製品の輸入額	13
図 3.2.3-1	石油・石油商品のセクター別の消費割合	13
図 3.3.1-2	セクター別の天然ガス消費量の割合	14
図 3.3.2-1	ガスパイプライン計画のルート	15
図 3.4-1	各セクター向けの天然ガス価格	16
図 3.5.1-1	石炭の輸入量・国内生産量の推移	16
図 3.8.1-1	風力発電ポテンシャルマップ	18
図 3.8.2-1	太陽光発電ポテンシャルマップ(年平均水平面日射量)	19
図 4.1-1	電力量の需要予測	20
図 4.1-2	ピーク需要の予測	20
図 5.4-1	推薦プロジェクトによる完成施設のイメージ(鋼材上への太陽電池モジュールの据付)	25
図 5.4-2	推薦プロジェクトによる完成施設のイメージ(ワイヤーへの太陽電池モジュールの据付)	25

第 1 章 序論

1.1 調査の背景

パキスタン国(以下、パキスタン)の実際の電力供給能力は約 16,000 MW、ピーク電力需要は約 21,000 MW 以上とされており、ピーク需要に対し 5,000 MW 以上が不足している状態である。電力不足による計画停電のために工場の操業停止を余儀なくされる等、経済活動にも大きな影響を与えており、電力不足が原因で GDP を 3~4%押し下げているとも言われるほど深刻な状態にある。

電力事業体は赤字経営が常態化しており政府補助金に依存する状態にある。加えて配電会社は送電会社に、送電会社は発電会社に、発電会社は燃料供給会社に各々支払債務を抱え、セクター全体として 8,720 億ルピー(2013 年)という多額の循環債務を抱える状況となっている。かかる循環債務を解消することは、電力セクターにおける最重要課題の 1 つである。

現状ではパキスタンの総発電量の 4 割弱を石油火力発電が、水力発電とガス火力発電が約 3 割弱を占める。石油火力発電では輸入石油を使用しているため、近年の石油価格上昇により一層発電コストが増大し、上記の債務額が増加するという問題も発生している。さらに、外貨の流出などマクロ経済にも影響が大きい。石油火力発電に偏る電源構成を是正し、国内に豊富に賦存する水力・石炭・再生可能エネルギーの活用を図ることは、循環債務の軽減を促進し、電力の安定供給、さらにはパキスタン経済を安定・発展させるために不可欠であると言える。

1.2 調査の目的と範囲

(1) 調査の目的

パキスタンの電力セクターの課題を踏まえた上で、一次エネルギーとその発電利用の現状や電力開発政策・計画を確認しつつ、日本の支援可能性を検討することが本調査の目的である。

(1) 調査対象地域

パキスタンのイスラマバード首都圏、パンジャブ州、シンド州を調査対象地域とする。

(3) 相手国関係機関

以下の機関を対象にインタビュー等による調査を行った。なお、特定の機関をカウンターパートとはしていない。

- ✓ 水利電力省 (MoWP: Ministry of Water and Power)
- ✓ 石油天然資源省 (MPNR: Ministry of Petroleum and Natural Resources)
- ✓ 水利電力開発公社 (WAPDA: Water and Power Development Agency)
- ✓ パキスタン電力会社 (PEPCO: Pakistan Electric Power Company)
- ✓ 国営送電会社 (NTDC: National Transmission and Dispatch Company)
- ✓ 中央電力購買局 (CPPA: Central Power Purchasing Agency)
- ✓ 電力規制委員会 (NEPRA: National Electric Power Regulatory Authority)

- ✓ 代替エネルギー開発庁 (AEDB: Alternative Energy Development Board)
- ✓ 発電会社の持株会社(GENCO Holding Company)
- ✓ 各配電会社 (DISCOs: Distribution Companies)
- ✓ 国際援助機関 (世界銀行(WB)、アジア開発銀行(ADB)等)
- ✓ 他国援助機関 (米国 USAID、英国 DFID 等)
- ✓ 本邦関連企業 (イスラマバードに拠点を有する商社)












1.3 調査団員

以下の4名の調査団員と、現地専門家・スタッフ計3名の合計7名により行った。

- ◆ 総括／電力政策・電源開発計画 福地 智恭
- ◆ 一次エネルギー／再生可能エネルギー 小川 良輔
- ◆ 需要予測／系統計画 シヤーム シュレスタ
- ◆ 環境社会配慮 田中 真治

1.4 調査日程

2013年10月に調査を開始し、2014年2月に調査を終了した。

年・月	2013年10月	2013年11月	2013年12月	2014年1月	2014年2月
現地調査	 (10/21-11/24)		 (12/2-12/26)	 (1/15-1/25)	
国内作業					
報告書	 インセプションレポート		 インタリムレポート	ドラフトファイナルレポート 	ファイナルレポート 

第 2 章 電力供給の現状

2.1 電力供給・発電のための一次エネルギーに関連する機関

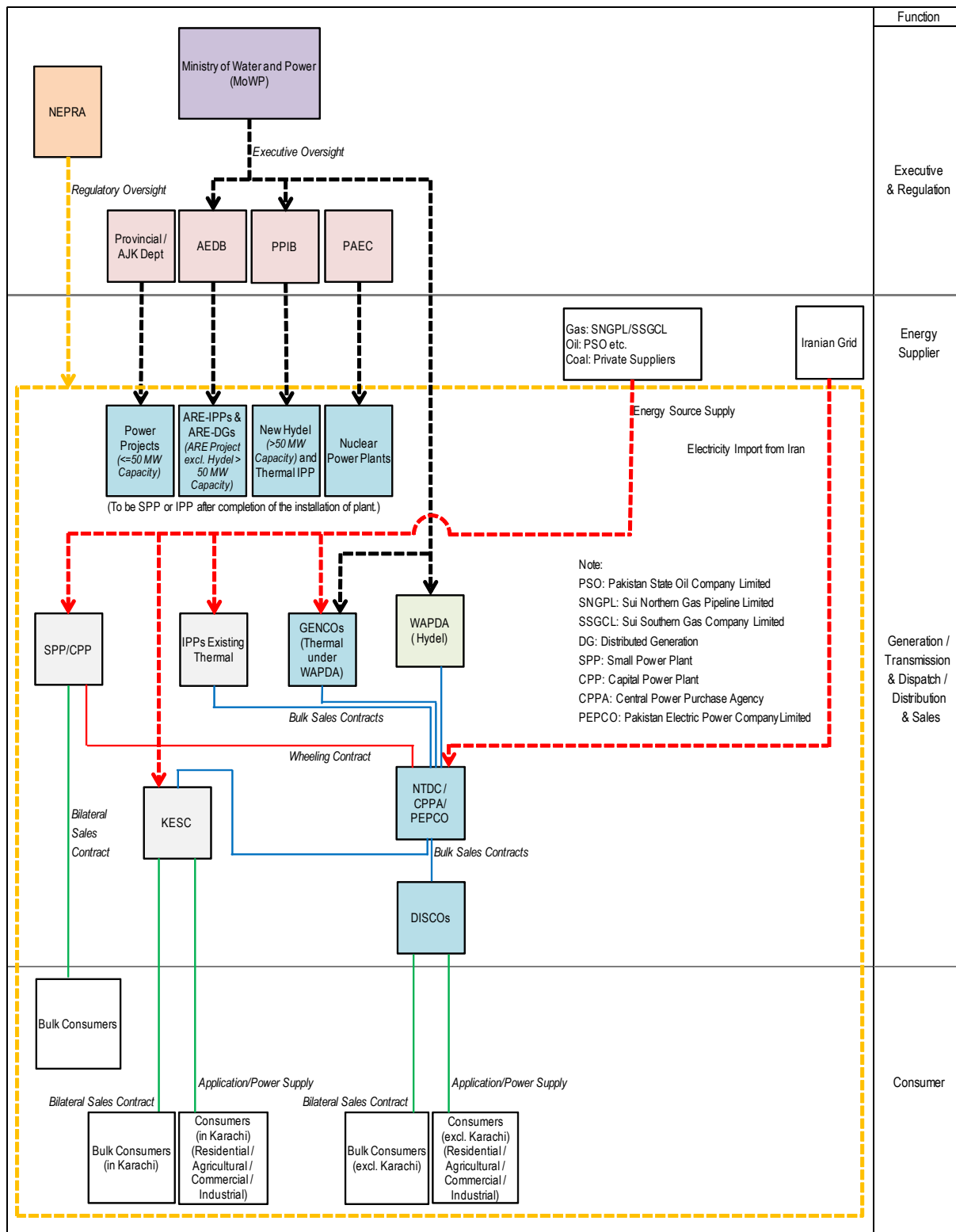


図 2.1-1 電力供給関係組織

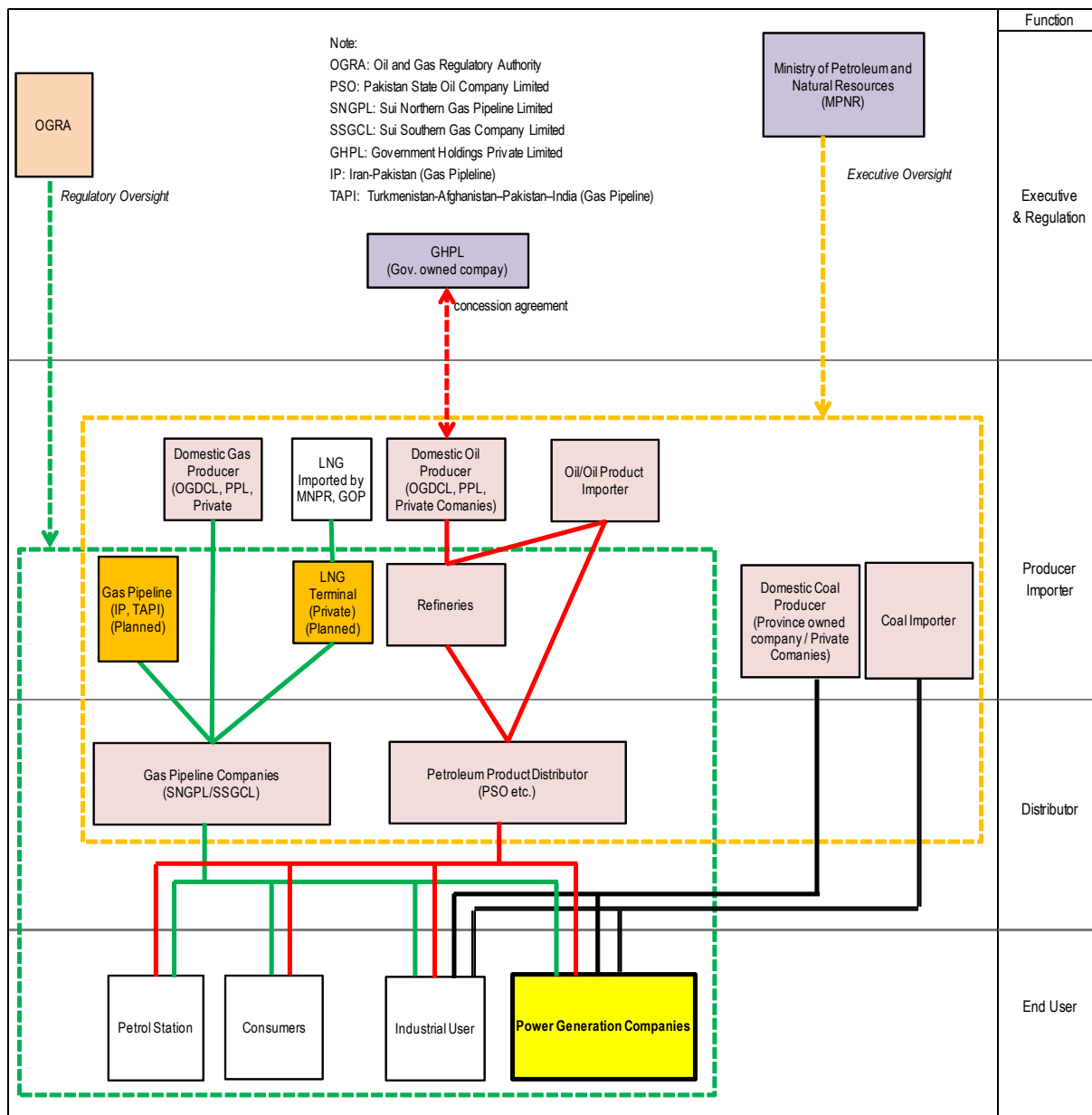
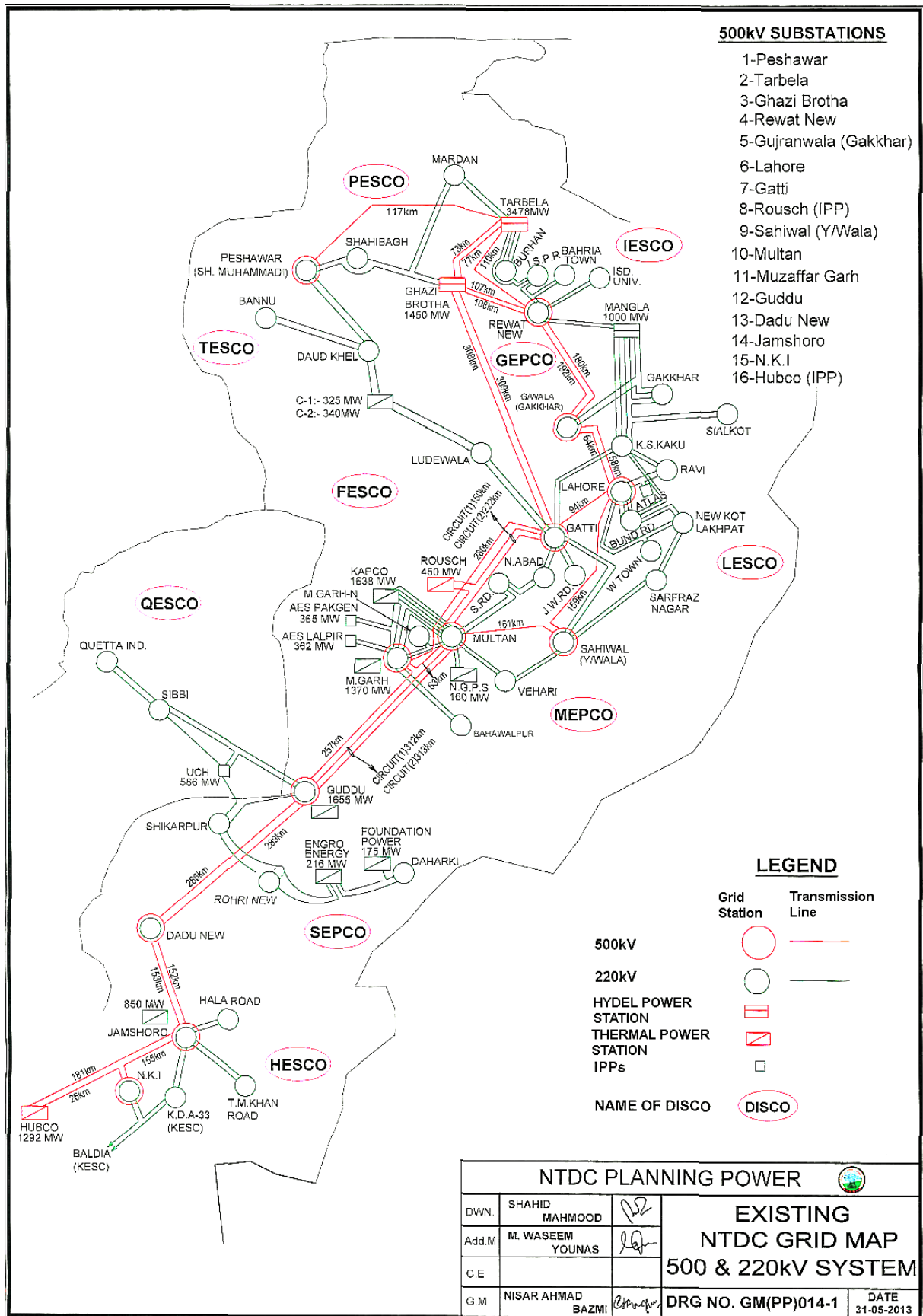


図 2.1-2 発電燃料供給関連組織

2.2 送電系統

2.2.1 送電系統の概要

パキスタン国の送電系統は 500 kV と 220 kV 送電線と変電所により構成され、主要な発電所や、10 の配電会社(DISCOs)やカラチ電力供給会社(KESC)に接続されている。国営送電会社(NTDC)が送電線・変電所を管理している。



Source: Planning Power Department, NTDC (Reproduced by JICA Survey Team)

図 2.2.1-1 パキスタン国の送電系統

2.2.2 発電所と変電所

(1) 発電所

2013年10月現在の発電能力は KESC を除いて合計で 20,839 MW である。KESC の発電能力は 2,381 MW である。KESC を除いた 20,839 MW の内訳は 6 割強が火力発電、3 割強が水力であり、残りが原子力や風力である。

(2) 変電所

500 kV 変電所は 12 か所、220 kV 変電所は 29 か所ある。なお、パキスタン国においては 132 kV 以下の送電線・変電所は DISCOs による管理である。

2.2.3 系統運用

送電系統は NTDC の一組織である全国電力制御センター(NPCC)によって運用されており、NPCC の中に負荷配分センター(LDC)がある。各 DISCO への電力量の割り当てもここで行われている。

表 2.2.3-2 各 DISCO への電力量の割り当て

DISCO	Percentage Sharing of Net Generation
LESCO	21.0
FESCO	12.0
GEPCO	8.0
MEPCO	15.0
IESCO	10.0
PESCO & TESCO	16.0
HESCO	6.5
SEPCO	5.5
QESCO	6.0
Total	100

Source: PEPCO

2.2.4 電力輸入

パキスタン国の送電系統とは接続されていないバロチスタン州の一部は、イランから電力の供給を受けている。その購入単価は原油価格の変動により上下するが、7~10 US セント/kWh である。

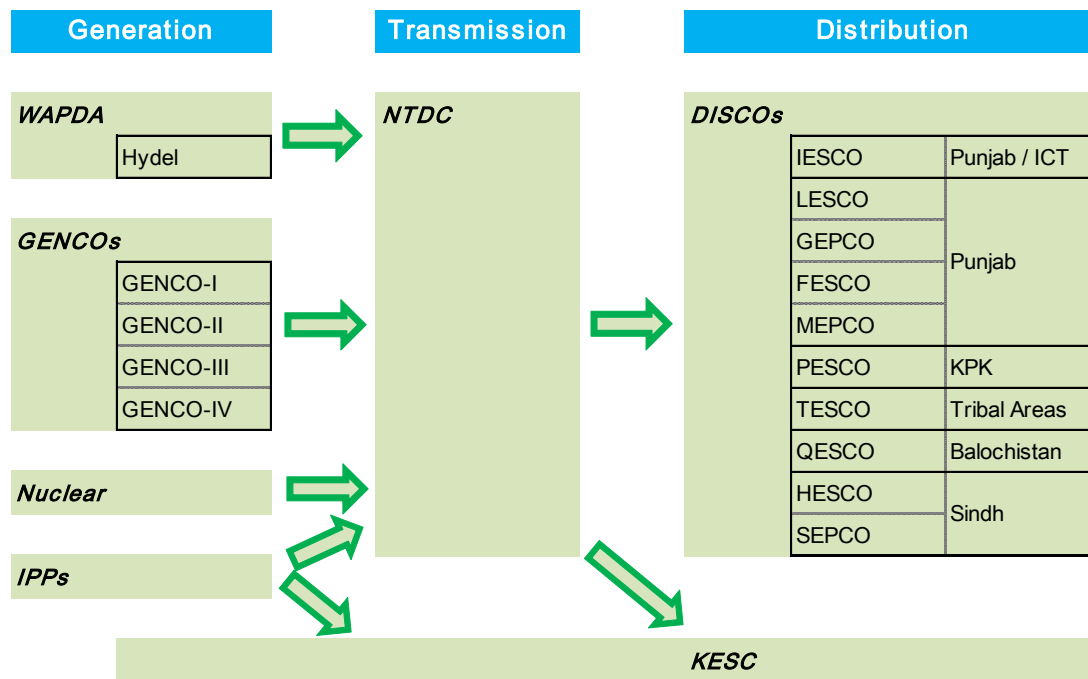
2.2.5 送電系統における課題

需要に対して供給が不足していること、設備の老朽化していること、設備に対する過負荷、独立発電事業者(IPP)が発電所を設置する意向があるにも関わらず送電インフラの整備が追い付いていないことが課題として挙げられる。

2.3 パンジャブ州・シンド州・イスラマバード首都圏での配電

2.3.1 概要

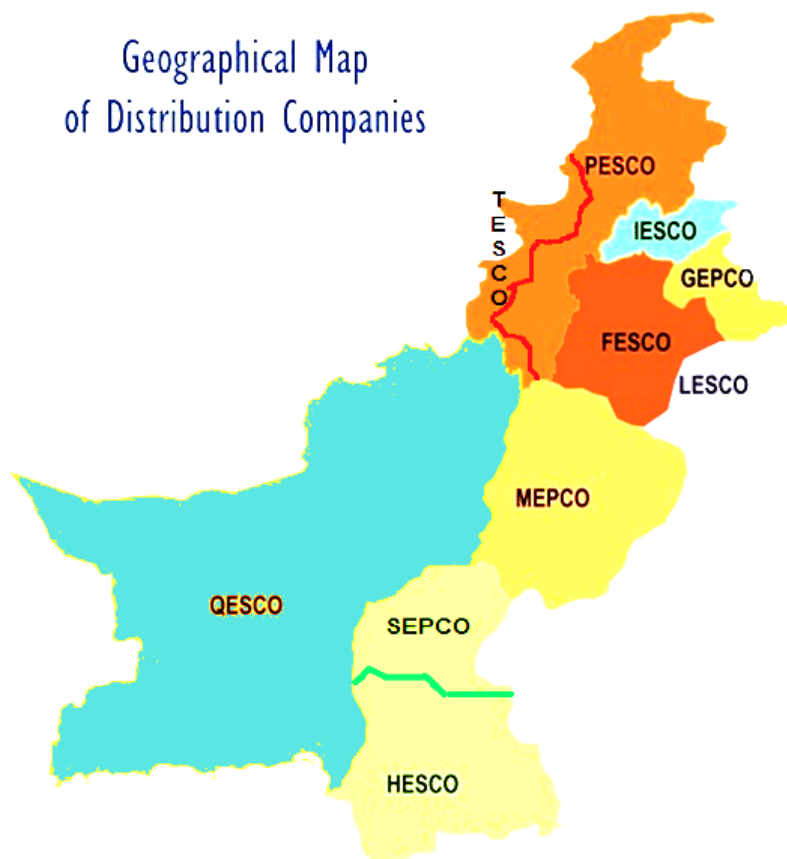
DISCOs は NTDC から電力を購入し、それを需要家に供給しているが、自身での発電、220 kV 以上の送電は行っていない。これに対して、カラチをサービスエリアとする KESC は発電、送電、配電の全てを行っている。



Source: Prepared by JICA Survey Team

図 2.3.1-1 発電・送電・配電までの電力の流れ

Geographical Map of Distribution Companies



Source: Website of USAID Power Distribution Program (Reproduced by JICA Survey Team)

図 2.3.1-2 DISCOs のサービスエリア

2.3.2 パンジャブ州内の配電

パンジャブ州内の DISCOs は、ラホール配電会社(LESCO)、グジュランワラ配電会社(GEPCO)、ファイザラバード配電会社(FESCO)、ムルタン配電会社(MEPCO)の 4 社である。(イスラマバード配電会社(IESCO)も、そのサービスエリアの一部にパンジャブ州を含んでいる。)

この章では、各 DISCO のサービスエリア、需要家数の変化、需要家種別(家庭用・商業用・産業用・井戸・街灯)の割合、配電系統図、電力供給実績量と推定需要(計画停電がない場合)の変化、販売電力量と送配電損失(ロス)の割合について述べている。

2.3.3 シンド州内の配電

シンド州内の DISCOs は、ハイデラバード配電会社(HESCO)と、サッカール配電会社(SEPCO)の 2 社である。

この章では、各 DISCO のサービスエリア、需要家数の変化、需要家種別(家庭用・商業用・産業用・灌漑井戸・街灯)の割合、配電系統図、電力供給実績量と推定需要(計画停電がない場合)の変化、販売電力量と送配電損失(ロス)の割合について述べている。

2.3.4 イスラマバード首都圏の配電

イスラマバード首都圏の DISCO は、イスラマバード配電会社(IESCO)のみである。IESCO はイスラマバード首都圏に隣接するパンジャブ州の一部地域もサービスエリアとしている。

この章では、サービスエリア、需要家数の変化、需要家種別(家庭用・商業用・産業用・灌漑井戸・街灯)の割合、配電系統図、電力供給実績量と推定需要(計画停電がない場合)の変化、販売電力量と送配電損失(ロス)の割合について述べている。

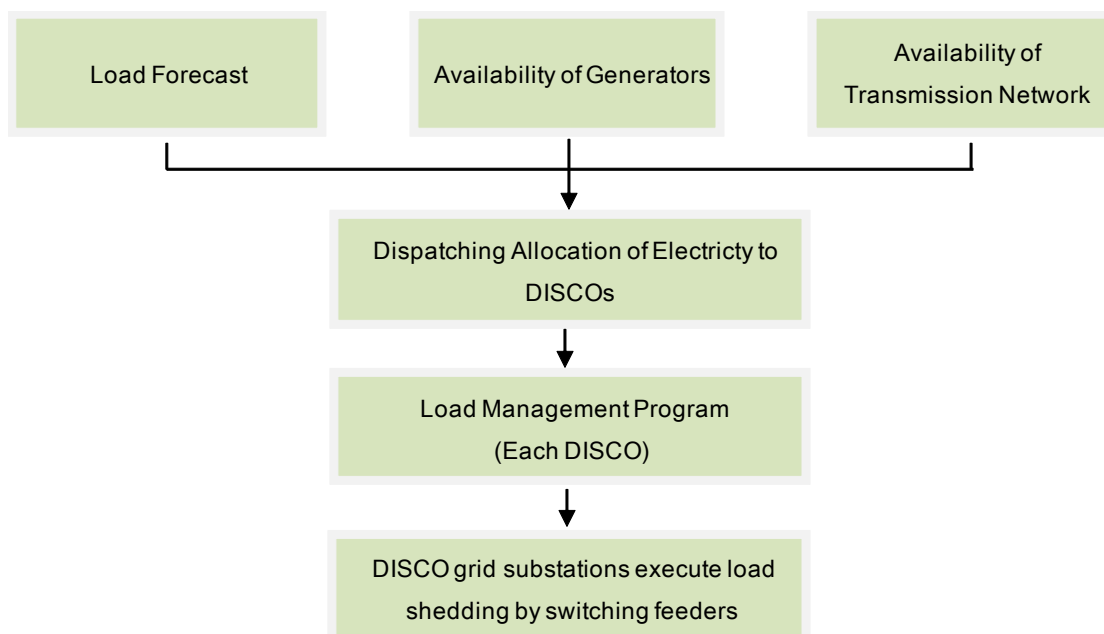
2.3.5 配電系統における課題

配電損失(ロス)が大きいこと、変圧器は配電線に対する過負荷、一部の DISCO においては村落電化率が 6 割程度にとどまっていること、配電線が一般的に想定される長さを超えて延伸が繰り返されており末端での電圧低下が著しいこと、井戸での電力効率(省エネルギー)に需要家サイドでは注意が払われていないことが課題として挙げられる。

2.4 計画停電の状況

2.4.1 計画停電の手順

需要予測、発電可能量、利用可能な送電系統を考慮した上で、DISCOs には供給可能な電力量が割り当てられる。これに基づいて DISCOs は、各 11 kV フィーダーに対して、いつ電力供給を遮断するかを含む負荷管理計画を立てている。フィーダーの遮断は 11 kV 変電所において行われる。



Source: Prepared by JICA Survey Team based on Interview at Related Organizations

図 2.4.1-2 計画停電の手順

2.4.2 計画停電の実施方法と実施条件

計画停電の具体的な実施方法や実施条件について述べている。各フィーダーの負荷パターン(量・

時間帯)、産業用需要家(工場の操業)への影響も考慮がなされる。

2.4.3 産業セクターへの計画停電の影響

電力供給の不安定さ、計画停電ゆえに、経済的に大きな損失が生じている。2011/12年の1年間の小規模産業のみで、830億パキスタンルピー(885百万USドル相当)もの停電によるコストが生じているとの推計もある。

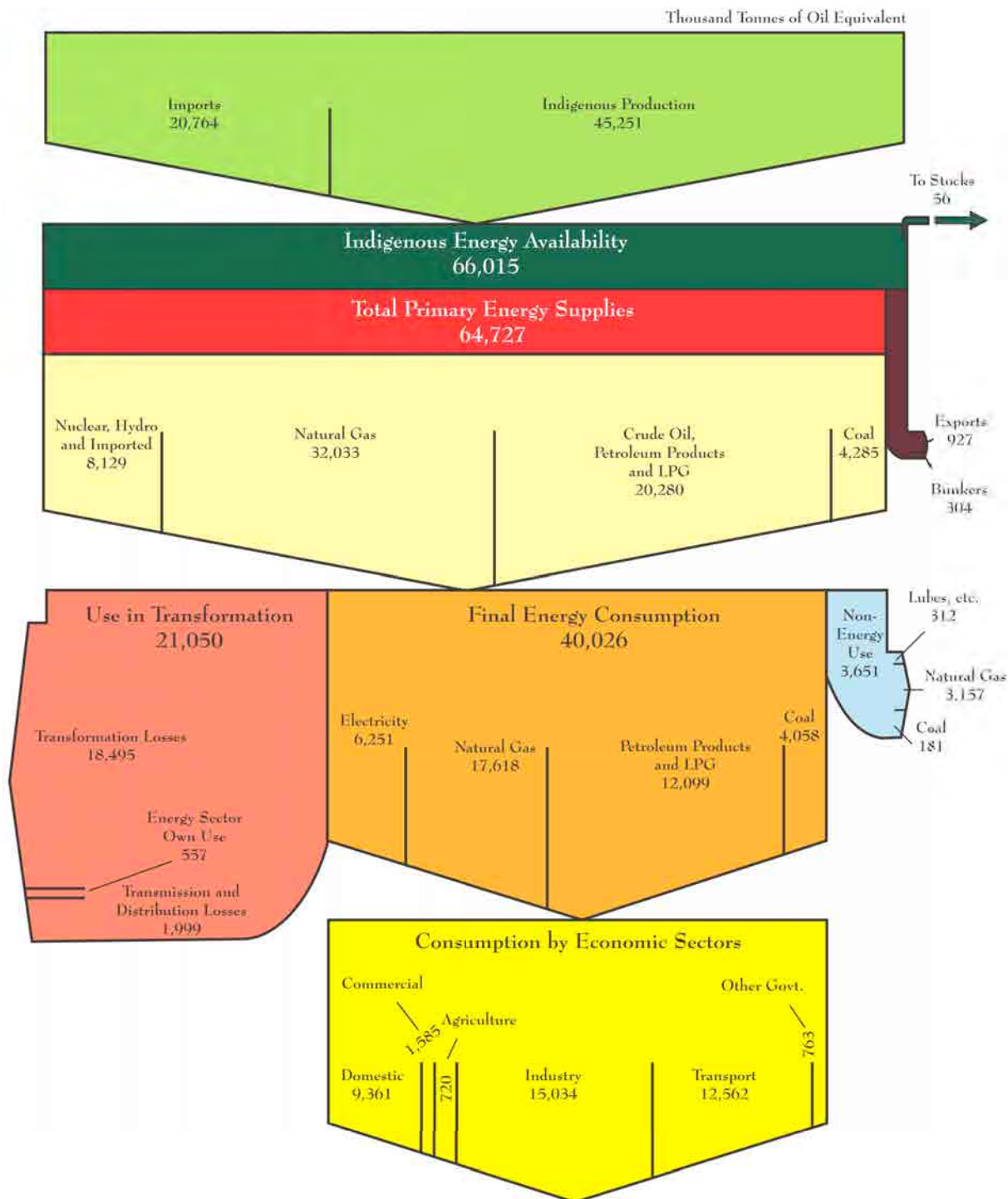
2.4.4 計画停電の方法・条件のレビュー

各 DISCO による負荷管理計画では、各需要家の停電時間が原則として平等になるように考慮がされている。しかし、実際には都市部よりも地方部が、より長い停電時間であることが DISCO でのインタビュー調査により判明している。

第3章 一次エネルギー

3.1 概要

パキスタン国で消費される一次エネルギー(電力以外のものも含む)は、5割が天然ガス、3割が石油、水力が1割である。



Source: “ ”

図 3.1-1 エネルギーフローチャート(2011/12 年)

表 3.1-1 一次エネルギーごとの消費量・割合

(Unit: Thousand TOE)

Year	Oil		Natural Gas		LPG		Coal		Nuclear		Hydro		Imported	
	Qty.	Share	Qty.	Share	Qty.	Share	Qty.	Share	Qty.	Share	Qty.	Share	Qty.	Share
2006/07	18,188	30.0%	29,324	48.4%	471	0.8%	4,427	7.3%	546	0.9%	7,627	12.6%	41	0.1%
2007/08	19,206	30.5%	29,875	47.5%	419	0.7%	5,784	9.2%	735	1.2%	6,852	10.9%	48	0.1%
2008/09	20,103	32.1%	30,256	48.4%	402	0.6%	4,733	7.6%	386	0.6%	6,632	10.6%	54	0.1%
2009/10	19,806	31.4%	30,809	48.8%	396	0.6%	4,622	7.3%	691	1.1%	6,706	10.6%	60	0.1%
2010/11	20,675	32.0%	30,683	47.6%	340	0.5%	4,351	6.7%	816	1.3%	7,593	11.8%	64	0.1%
2011/12	19,958	30.8%	32,033	49.5%	321	0.5%	4,285	6.6%	1,257	1.9%	6,807	10.5%	66	0.1%

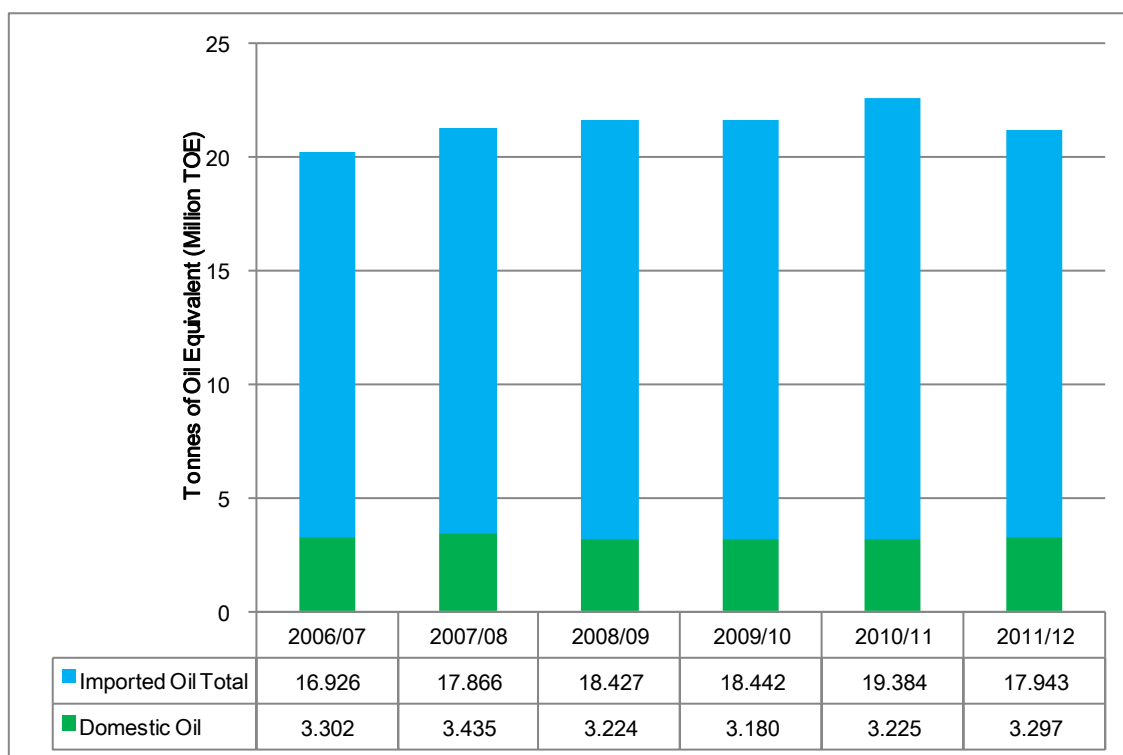
Source: Prepared by the JICA Survey Team based on "Pakistan Energy Year Book 2012" (HDIP)

3.2 石油

3.2.1 石油の国内生産・精製

パキスタン国には 27 百万バレルの石油の資源量がある。パキスタン国内の石油の生産量は 66,032 バレルであるが、パキスタン国内の石油消費量の 8 割以上は輸入に依存している。

パキスタン国内には 7 つの石油精製施設がある。

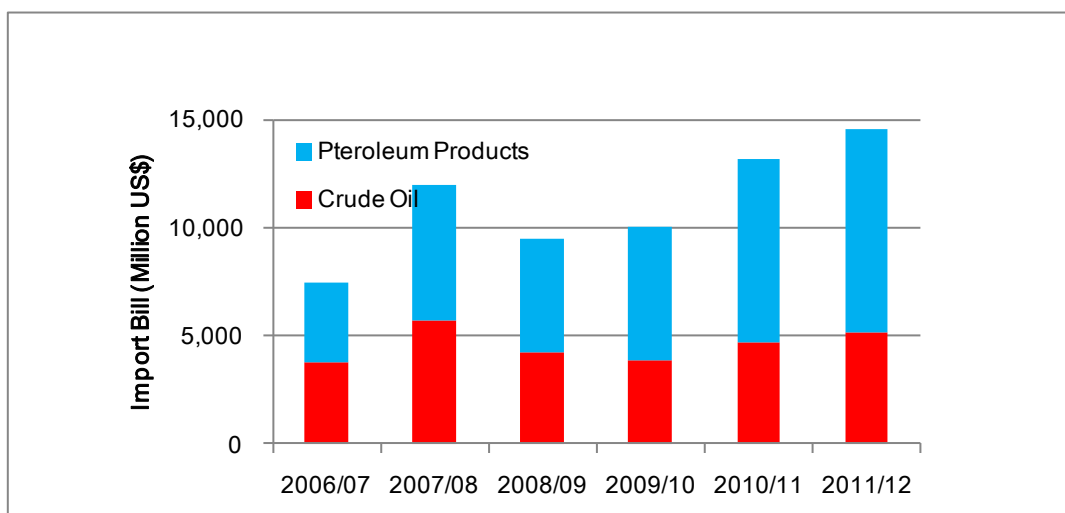


Source: Prepared by the JICA Survey Team based on "Pakistan Energy Year Book 2012", HDIP

図 3.2.1-1 パキスタン国内への石油の供給量

3.2.2 石油の輸入

上述のとおり、パキスタン国内の石油消費量の 8 割以上は輸入に依存している。



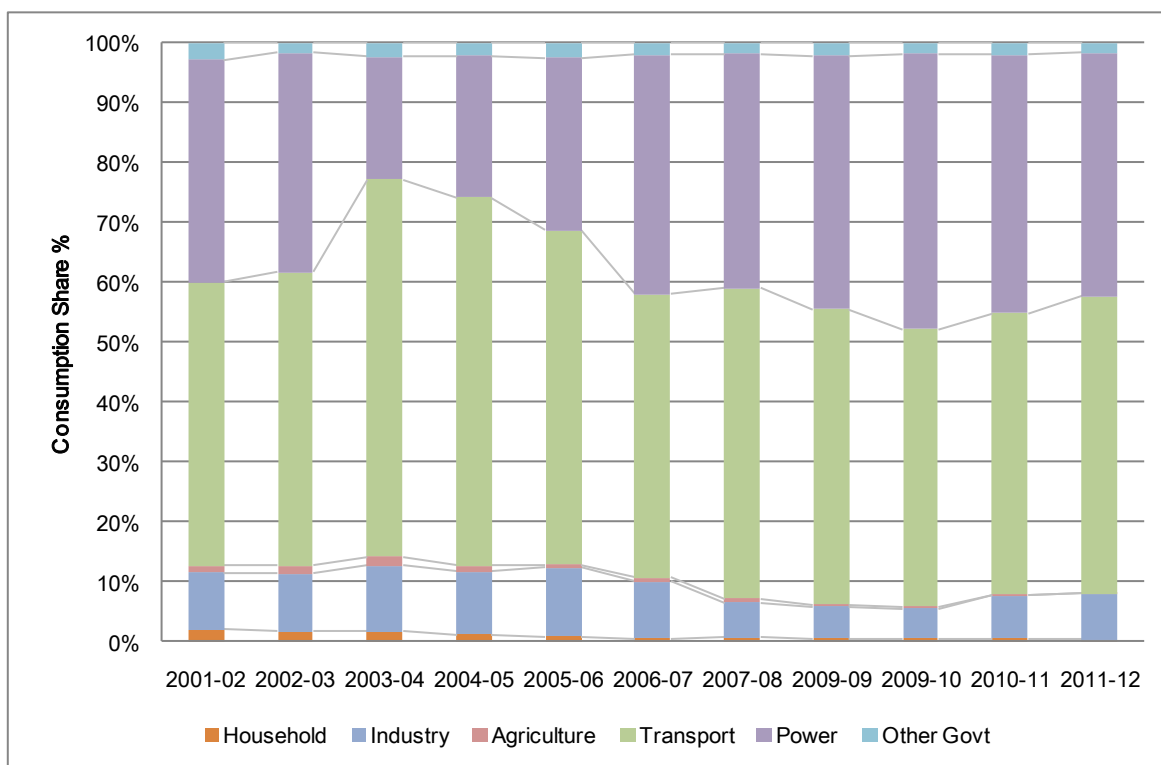
Source: Prepared by the JICA Survey Team based on "Pakistan Energy Year Book 2012", HDIP

図 3.2-2-1 石油及び石油製品の輸入額

3.2.3 石油の消費

運輸セクターと電力セクターでの石油製品の消費が、全体の 90%を占めている。

過度な石油火力への依存は、輸入額の増加、すなわち外貨の流出や電力料金の値上げも引き起こしている。



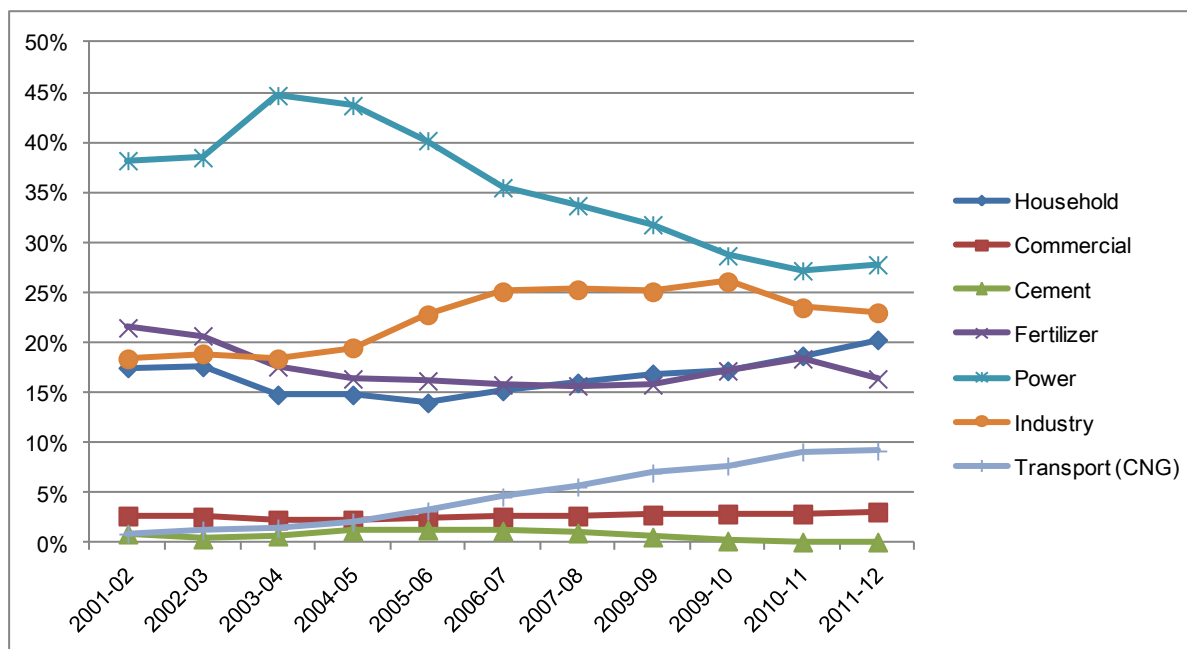
Source: Prepared by the JICA Survey Team based on "Economic Survey of Pakistan Report 2011/12", MoF and "Pakistan Energy Year Book 2012", HDIP

図 3.2.3-1 石油・石油商品のセクター別の消費割合

3.3 天然ガス

3.3.1 天然ガスの国内生産

2012年の天然ガス生産量は1.559兆BCFであった。電力セクター、産業セクター、肥料産業、家庭用での消費が大きな割合を占めている。



Source: Prepared by the JICA Survey Team based on "Economic Survey of Pakistan Report 2011/12", MoF and "Pakistan Energy Year Book 2012", HDIP

図 3.3.1-2 セクター別の天然ガス消費量の割合

3.3.2 天然ガスの輸入

パキスタン国は、増加する天然ガス需要に対応するため、天然ガスの輸入を計画している。Inter State Gas Systems (ISGS) Pvt. Ltd.が1996年に設立された。天然ガス輸入計画の開発を行うとともに、海外の機関とパキスタン国政府との間の対応窓口として機能している。

現在、計画されているプロジェクトとしては、イラン～パキスタンガスパイプライン(IP)、トルクメニスタン～アフガニスタン～パキスタン～インドガスパイプライン(TAPI)、LNGターミナルの建設計画、LNGの輸入計画である。

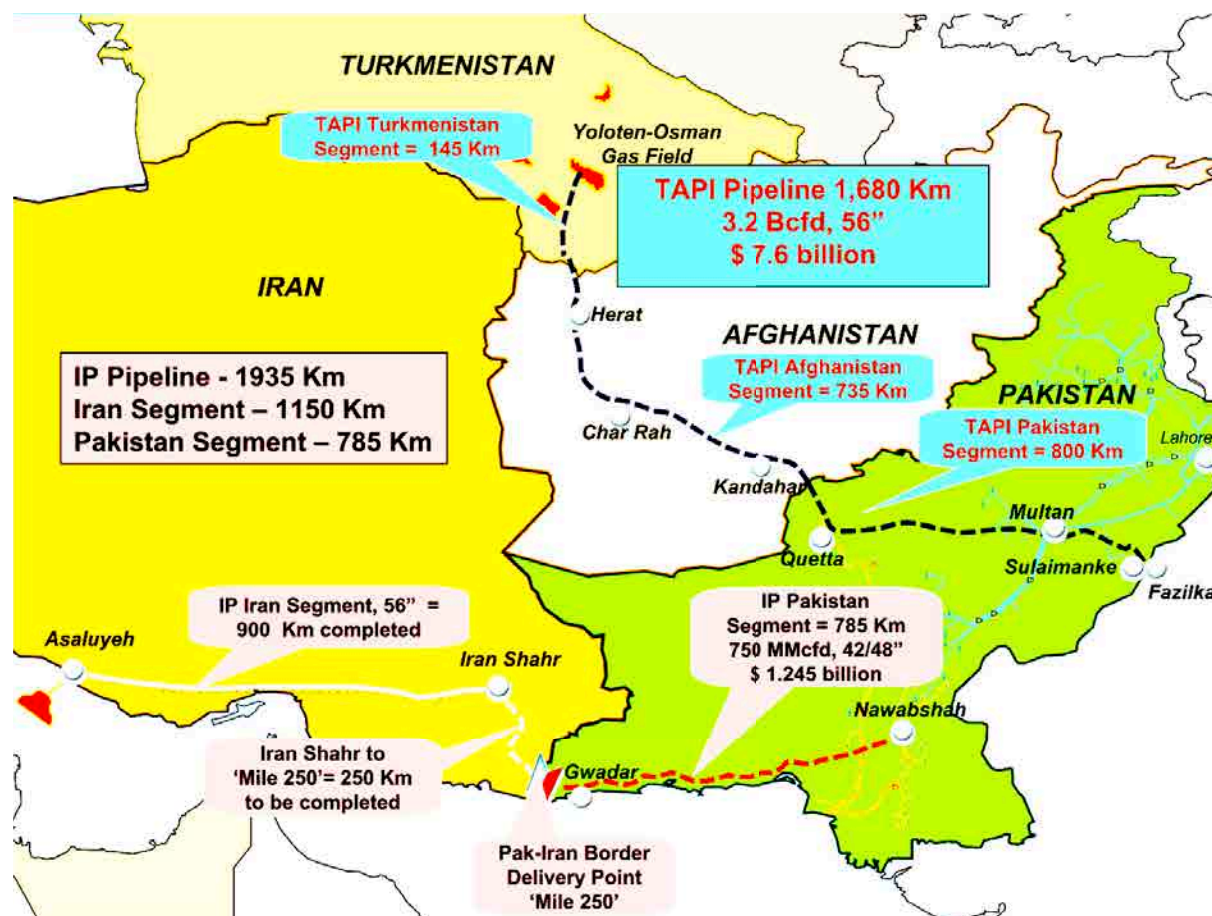


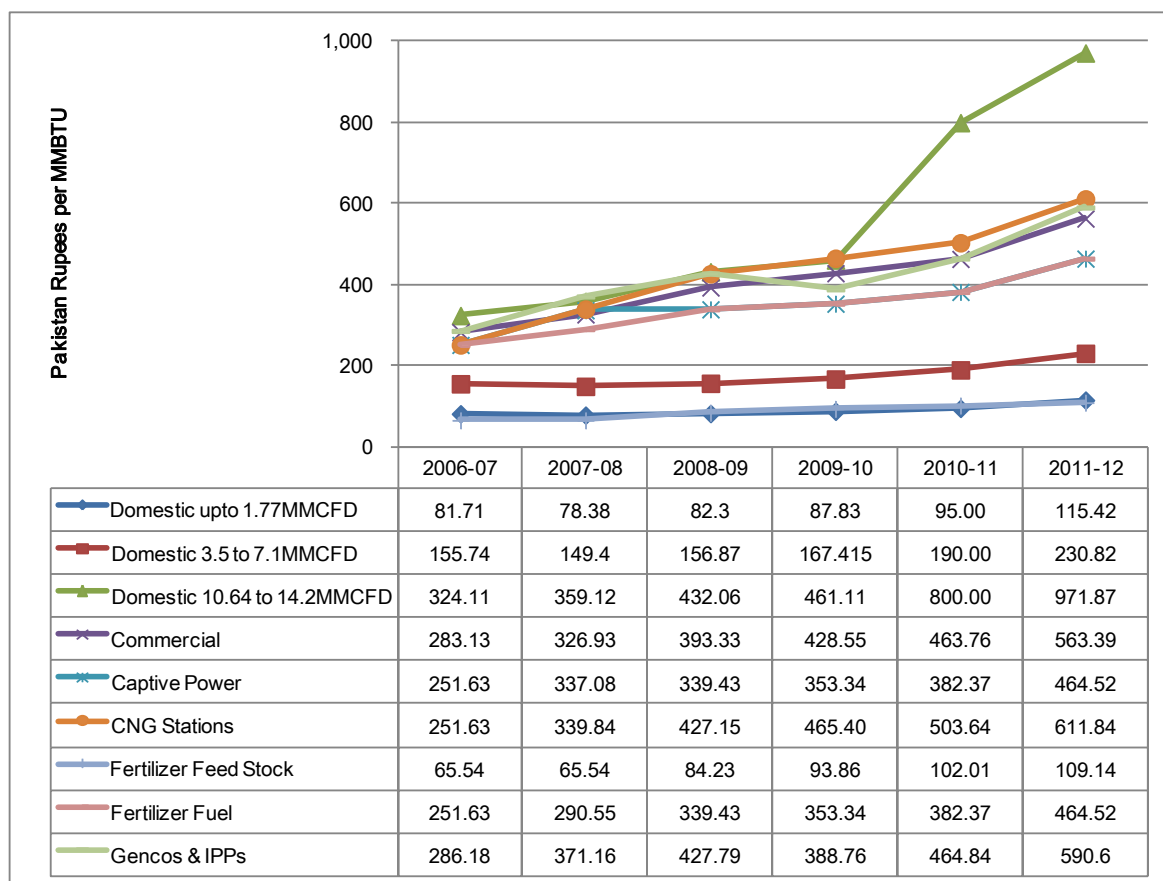
図 3.3.2-1 ガスパイプライン計画のルート

3.3.3 天然ガスの供給システム

Sui Southern Gas Company Limited(SSGCL)と Sui Northern Gas Pipelines Limited (SNGPL)の 2 社がパキスタン国内での天然ガス供給を行っている。SSGCL はシンド州、バロチスタン州を、SNGPL はパンジャブ州や KPK 州などをサービスエリアとしている。

3.4 石油・天然ガスの価格決定メカニズム

石油や天然ガスの小売価格は、石油・ガス規制庁(OGRA)が算出した価格をもとに、石油・天然資源省(MPNR)が、各セクター向けの小売価格を決定している。OGRA では、ガスそのものの価格、操業のための経費、IRR の 3 つの要素により価格を算出している。



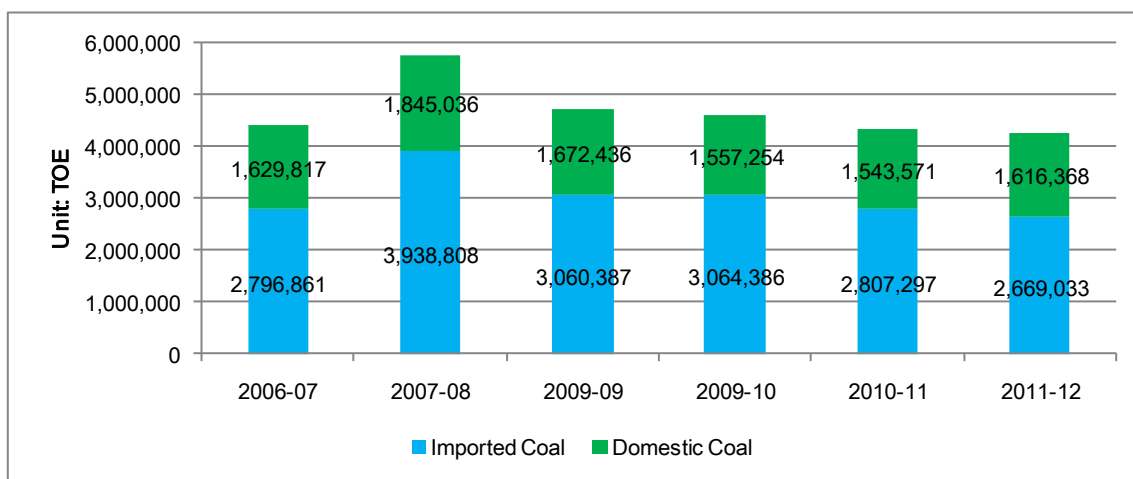
*The values in the chart/table are computed by taking average of prices during the year. For calculating prices for fertilizer feed stock and IPPs average price for all users is taken into consideration.
 Prepared by the JICA Survey Team based on "Economic Survey of Pakistan Report 2011/12"

図 3.4-1 各セクター向けの天然ガス価格

3.5 石炭

3.5.1 石炭の国内生産

パキスタン国には 1,860 億トン以上の石炭の資源量があるとされているが、一般に褐炭あるいは亜瀝青炭に分類される。高品位炭を年間 400 万トンの石炭を輸入している。



Source: Prepared by the JICA Survey Team based on "Pakistan Energy Year Book 2012", HDIP

図 3.5.1-1 石炭の輸入量・国内生産量の推移

3.5.2 石炭の輸入

パキスタン国が輸入している石炭は、主にマレーシア、南アフリカ、オーストラリアからである。

3.6. 原子力

パキスタン原子力委員会(PAEC)が原子力発電にかかる計画、運用の責任機関である。カラチ原子力発電所とチャシュマ原子力発電所(1号機・2号機)が運転中であり、チャシュマ原子力発電所3号機・4号機が建設工事中である。

2030年までに原子力発電による発電能力を8,800 MWに引き上げるよう、パキスタン政府はPEACに指示をしている。

3.7. 水力 (小水力を除く)

パキスタン国北部は、地形、降水量に恵まれており、水力発電のポテンシャルが豊富である。60,000 MWのポテンシャルがあると見積もられている。発電容量は以下のとおりである。

表 3.7-1 水力発電の容量

(Unit: MW)

Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Oct. 2013
WAPDA Hydel	6,444	6,444	6,444	6,444	6,444	6,444	6,750
IPPs Hydel	30	111	111	111	111	111	195
Total	6,474	6,555	6,555	6,555	6,555	6,555	6,945

Source: "Pakistan Energy Yearbook 2012", HDIP and Interview at NTDC

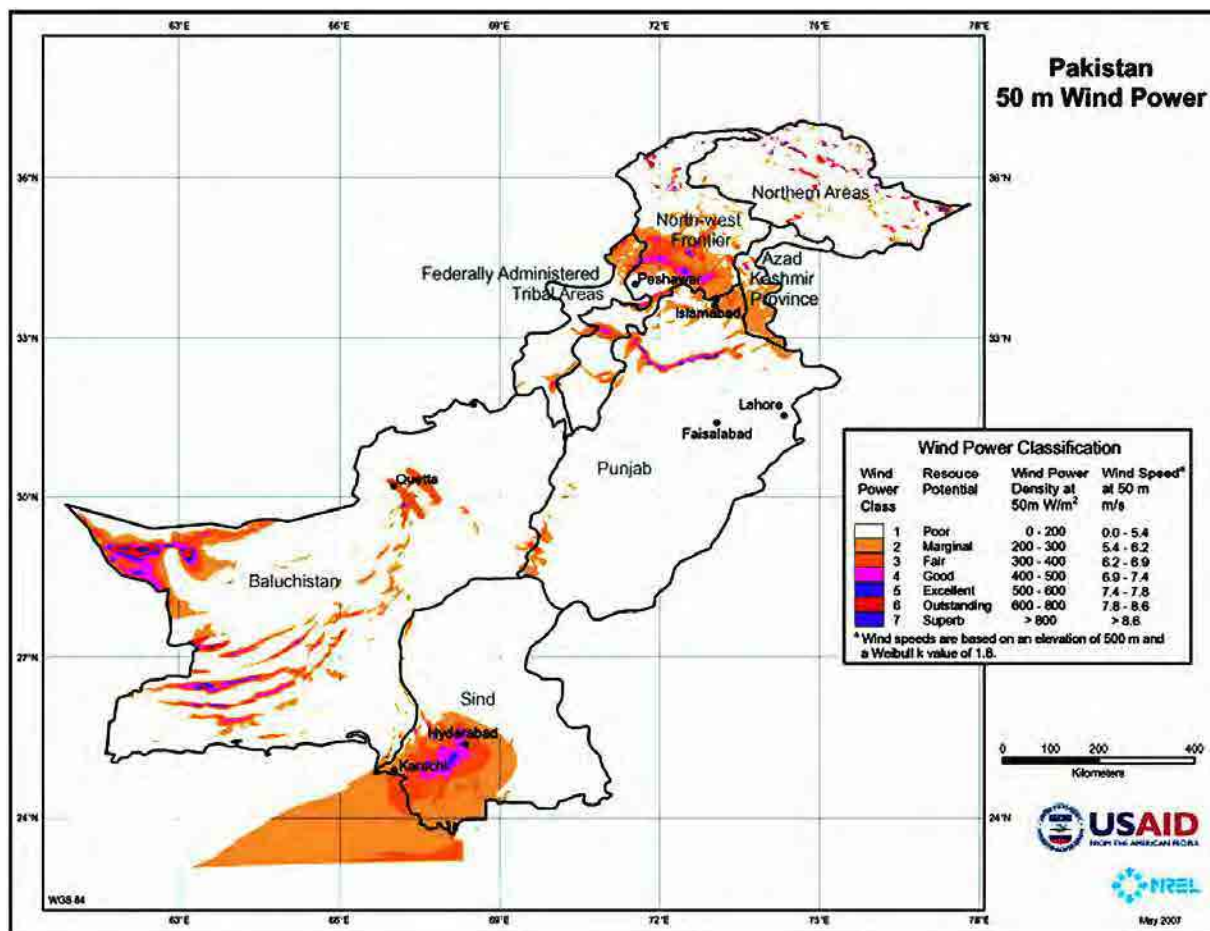
3.8 再生可能エネルギー

パキスタン国は風力、太陽光、バイオマス、廃棄物(農業残渣)、地熱及び小水力の各発電ポテンシャルに恵まれている。

3.8.1 風力

風力発電のポテンシャルは340,000 MWと見積もられている。図に示すとおり、シンド州南部には大きなポテンシャルがあり、民間投資も活発である。ただし、送電線の容量が十分ではないため、早急な整備が望まれる。

パキスタン国政府は2020年までに、3,150 MWの風力発電開発を行うことを目標としている。



Source: Website of AEDB (<http://www.aedb.org/downloads.htm>)

図 3.8.1-1 風力発電ポテンシャルマップ

3.8.2 太陽光

パキスタン国全土で太陽光発電のポテンシャルは高いが、特にバロチスタン州、シンド州、パンジャブ州南部で高いといえる。これらの地域の年間平均の水平面日射量は $5.48 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ である。日本で日射量の高い地域の1つである沖縄県那覇市は $4.5 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ である。

パンジャブ州政府は 100 MW の太陽光発電計画を開始しており、入札手続きの段階にある。

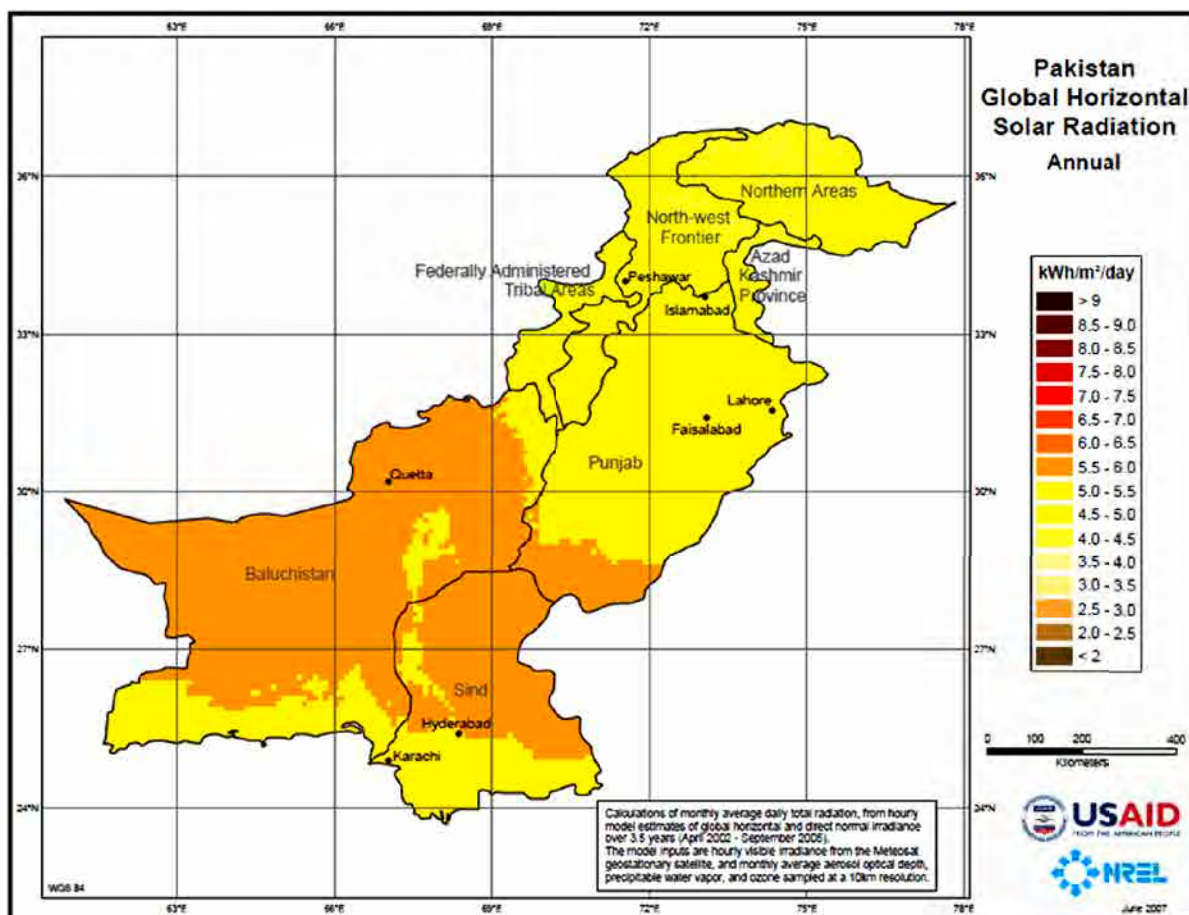


図 3.8.2-1 太陽光発電ポテンシャルマップ(年平均水平面日射量)

3.8.3 バイオマス

サトウキビ、綿花、米、とうもろこし、小麦などから多量の農業残渣が発生する。NEPRA による推計では、これらの農業残渣を発電に利用できれば 3,000 MW の発電能力に相当するとされている。IPP が参入する計画が進んでいる。

3.8.4 小水力

灌漑用運河や北部の山岳地帯の河川がポテンシャルサイトである。パンジャブ州だけで 330 箇所、7,291 MW のポテンシャルサイトがあるとされている。これらのうち、8 プロジェクト、1,699 MW がすでに運転開始されている。パンジャブ州政府が 5 つのサイトについて民間セクターに対して開発権をオークションするとの情報がある。

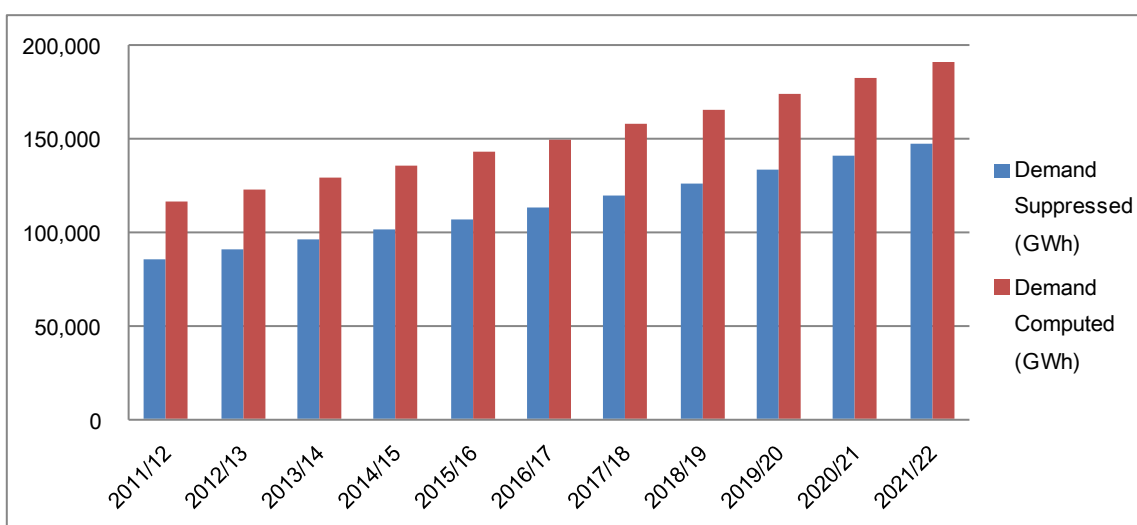
シンド州ではポテンシャルは限られているが、シンド州においても灌漑用運河で 5 MW の小水力発電を PPP で実施する計画が進んでいる。

第 4 章 電源開発・供給計画

4.1 需要予測のレビュー

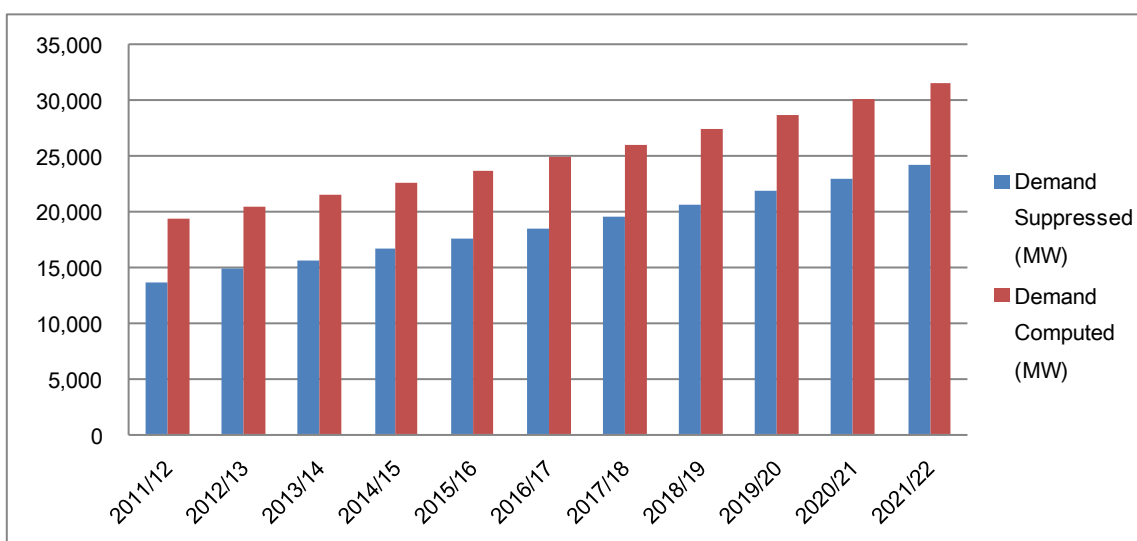
パキスタン国においては、NTDC が需要予測の責任機関である。最新の需要予測は “Electricity Demand Forecast Reports based on Power Market Survey 22nd Issue December 2012”であり、2022 年までの需要予測が行われている。

KESC の需要を除く、DISCOs の需要予測を以下に示す。



Source: Demand Forecast Report Dec. 2012

図 4.1-1 電力量の需要予測



Source: Demand Forecast Report Dec. 2012

図 4.1-2 ピーク需要の予測

4.2 実施中の開発プロジェクト

この報告書では、公共セクターに関しては入札図書が完成したものを、民間セクターに関しては工

事契約がなされたものを、それぞれ「実施中」とみなしている。

4.2.1 送電線・配電線・変電所

NTDC 及び DISCOs による計画の一覧を示した。

4.2.2 水力

水力開発は主に WAPDA によってなされている。WAPDA による計画の一覧(9 件・うち新設は 7 件)を示した。また、民間セクターによる開発も計画されていることから、その計画(2 件・いずれも 2 件)も示した。

4.2.3 火力

石油火力については原油価格の上昇、ガス火力についてはパキスタン国内の資源量の減少という問題があることから、パキスタン政府は石炭火力に力を入れている。GENCO Holding Company による計画(5 件)と、シンド州政府による計画(1 件)を示した。

4.2.4 再生可能エネルギー

風力、太陽光、小水力について。パキスタン政府、シンド州政府、パンジャブ州政府のそれぞれの現在進行中の取り組みを示した。

4.2.5 電力輸入

220 kV 送電線によるイラン国からの電力輸入計画について示した。

4.3 政府による開発計画

4.3.1 送電線・配電線・変電所

NTDC による送電線開発計画及び、DISCO による 132 kV 送電線開発計画の一例として FESCO による計画の一覧を示した。

4.3.2 水力

WAPDA による将来の水力開発計画(10 件・いずれも新規)の一覧を示した。商用運転開始予定は 2026 年、2029 年のものが各 1 件、残りは不明となっている。

4.3.3 火力

政府の開発計画からは、火力発電所新設の具体的な将来計画は読み取れないが、パキスタン政府は Pakistan Power park Company を設立して、2018 年中頃までに 660 MW×2 基の火力発電所をバロチスタン州に設置する計画がある。

4.3.4 再生可能エネルギー

連邦政府や州政府は、再生可能エネルギーによる発電事業への直接の投資をしておらず、今後もその方向は変わらないものと考えられる。周辺インフラの整備などの間接的な投資により、民間企業の参入を促す考えである。

4.3.5 電力輸入

合計 2,300 MW の電力輸入のための準備調査が行われている。イランからの送電線と、キルギスタンやタジキスタンとつながる CASA 1000 計画による送電線である。

4.4 民間セクターによる開発計画

民間セクターによる、風力、バガス・バイオマス、小水力、コージェネレーション発電の計画についてプロジェクト名、進捗状況等を示した。

4.5 他のドナーの活動

ADB、JICA、USAID、世界銀行の、それぞれの電力セクターに関する活動について、ウェブサイトによる情報収集と質問票の送付を行い、結果をとりまとめた。

第 5 章 日本による協力候補プロジェクト

5.1 候補プロジェクト

現地調査の結果、9 件を候補プロジェクトとし、これらの想定される実施機関、内容、連邦政府や州政府での手続きや調査の進捗状況、環境クリアランスの要否、想定される工期、本邦技術の優位性等をとりまとめて示した。

上記の 9 件の他に、ガス火力発電、電気やガスのメーター(プリペイドメーターも含む)についての検討も行ったが前者はガスの将来の供給量が十分でないこと、後者はパキスタン製デジタルメーターがすでにあること、プリペイドメーターについてもパキスタン製ができた場合には日本製の価格競争力が充分でないと考えられることから、候補プロジェクトとはしなかった。

5.2 推薦プロジェクトの選択条件

9 件の候補プロジェクトから絞り込みを行うための、プロジェクトの選択条件を示した。具体的には、本邦技術の優位性、案件実現までに要する期間、パキスタン国内のエネルギー資源の活用可否、日本単独での支援が可能か、環境クリアランスの要否、プロジェクト完結に至らないリスクの評価の 6 項目である。

5.3 候補プロジェクトの分析と評価

9 件の候補プロジェクトを、6 項目の評価項目で評価した。6 項目の評価点と結果は以下のとおりであった。結果、「ムルタン地区における配電ロス低減のための太陽光発電プロジェクト」を最も適切なプロジェクトとして提案する。

表 5.3-1 候補プロジェクトとその評価点

No.	Project Title	Score on Evaluation Item*						Total
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
1	Project for Improvement of Water Pump Efficiency in Lahore	4	4	2	3	3	1	17
2	Punjab Solar Park Project	1	6	3	3	1	2	16
3	Project of Solar Power Generation Effective for Loss Reduction in Multan Area	6	6	3	3	2	3	23
4	Project of New LNG Terminal at Port Qasim in Karachi	6	4	1	1	1	2	15
5	Oil Pipeline Extension Project	1	4	2	1	1	1	10
6	Coal Mining Development Project in Punjab Province	1	4	3	1	1	2	12
7	Project of New Coal Thermal Power Plant Construction at Jamshoro	6	6	3	1	1	3	20
8	Taunsa 120 MW Hydro Power Project	1	4	3	1	1	2	12
9	Loss Reduction Project in Distribution Network	1	4	2	1	2	3	13

Note

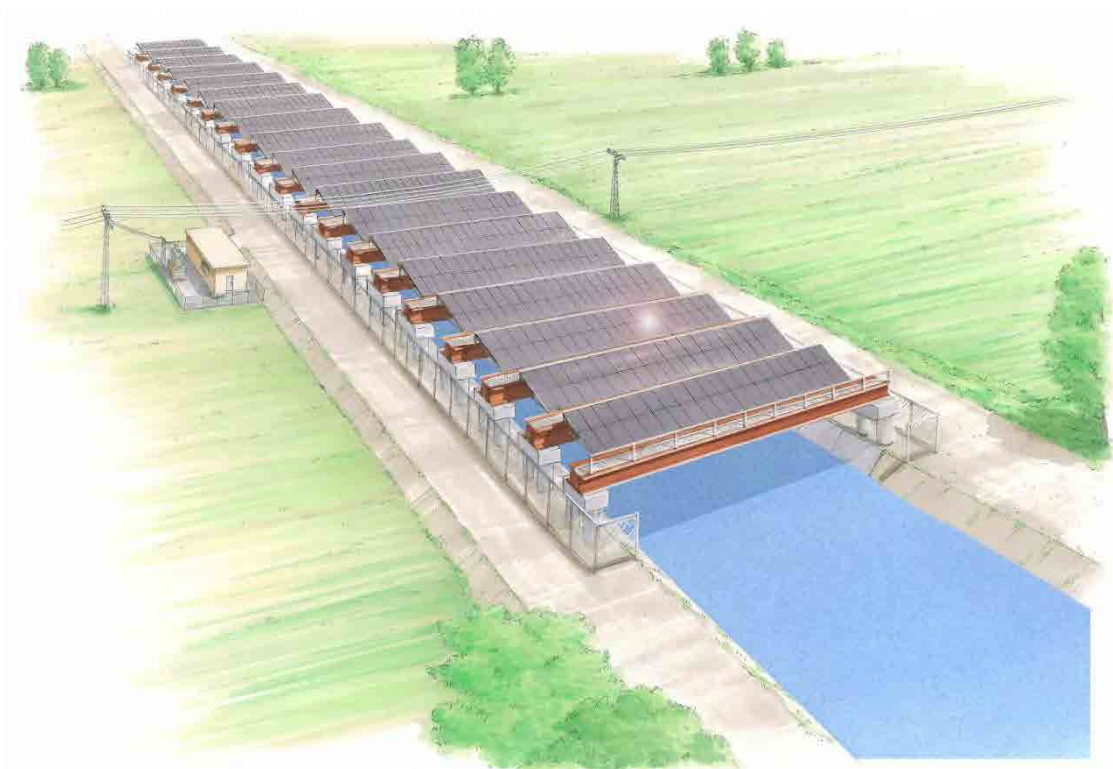
* : Numte in the blankets corresponds to the item number in the talble below.

Item No.	Evaluation Item	Point in Rank		
		A	B	C
(1)	Advantage of Japanese Technology	6	4	1
(2)	Expected Start Time of Operation	6	4	1
(3)	Utilization of Domestic Energy Resources	3	2	1
(4)	Possibility of Japan's Alone Assistance	3	2	1
(5)	Necessity of Environmental Clearance	3	2	1
(6)	Risk of Failure to Project Completion	3	2	1

Source: Prepared by JICA Survey Team

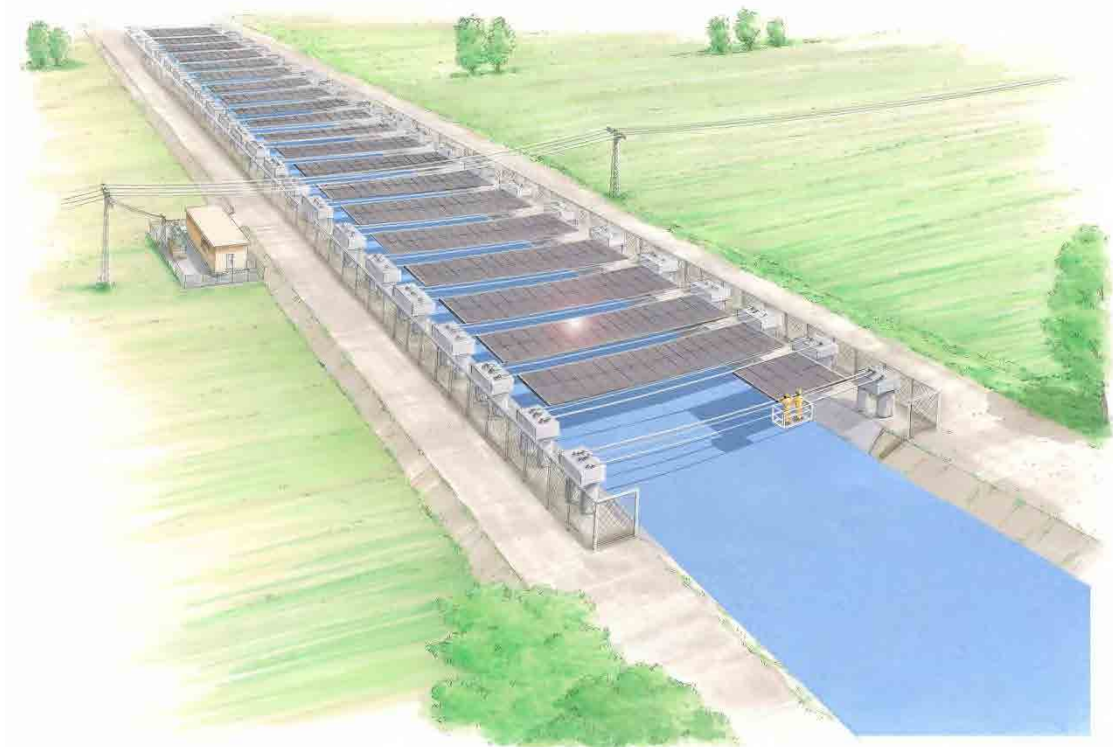
5.4 推薦プロジェクトの内容

分散型の太陽光発電プロジェクトであり、1 か所あたり最大 1 MW 程度の太陽光発電施設を 100 か所程度に据え付けるものである。灌漑用運河の上に太陽電池モジュールを据え付け、発電施設は MEPCO の 11 kV 配電線に接続する。



Source: Prepared by JICA Survey Team

図 5.4-1 推薦プロジェクトによる完成施設のイメージ(鋼材上への太陽電池モジュールの据付)



Source: Prepared by JICA Survey Team

図 5.4-2 推薦プロジェクトによる完成施設のイメージ(ワイヤーへの太陽電池モジュールの据付)

期待できる効果としては、11 kV 配電線のロスの低減や配電線末端部での電圧低下の改善、電力不足の改善、過負荷となっている既存施設置き換え等投資を先送りできることである。

これらの効果に加えて、この推薦プロジェクトには、電力供給量の増加とロス低減を同時に実現できること、灌漑用運河は州政府(灌漑局)の用地であることから用地取得に係る問題がないこと、温室効果ガスを排出しないクリーンエネルギーの供給を増加させることができるといった利点がある。

他の配電会社のサービスエリアと比較して、サービスエリアが広く配電線が長いため配電ロスが大きいこと、灌漑用運河が多いこと、MEPCO 自身もロス低減に強い意志を持っていることから、MEPCO サービスエリア内でのプロジェクト実施を推薦するものである。

第6章 提言

調査の結果、「ムルタン地区における配電ロス低減のための太陽光発電プロジェクト」を、パキスタン国の電力セクターインフラ改善のための日本の円借款プロジェクトとして、最も適切なプロジェクトであると提案した。プロジェクトを実現するために、以下のとおり提言をする。

1. 継続的な案件促進

このプロジェクトを提案案件として選定した後、調査団は、このプロジェクトの促進のために精力的に案件促進を行った。プロジェクト実施機関となることが想定されるパンジャブ州政府、このプロジェクトによる電力を購入することが想定される MEPCO とも、このプロジェクトのコンセプトをよく理解し、このプロジェクトを前進させることに同意している。その一方で、パンジャブ州政府や水利電力省は日本製の技術や製品がこのプロジェクトで適用されることを認識している。

この状況を維持するためには、今後とも継続的に案件促進を行うことが推奨される。関係機関の理解が一度途切れると、再び理解を得るためには多大な労力を要することになる。

2. デジタル地図の準備

この提案プロジェクトの特徴として、11 kV 配電線が灌漑用運河と交差または近接している地点を正確に把握する必要がある。調査団は、今般の調査では灌漑用運河と 11 kV 配電線の正確な位置を示す地形図の入手ができなかった。正確な位置を示す地形図が存在しないであろうと調査団は判断している。

そのため、準備調査において、衛星画像や GPS を使用して、灌漑用運河や 11 kV 配電線の場所を正確に示すデジタル地図の作成を行うことを提案する。

3. 無償資金協力プログラムとの協調

この提案プロジェクトを成功させるために、日本の無償資金協力プログラムと協調することを推奨する。

運河上への太陽電池モジュールの設置は、世界中においても未だ一般的ではなく、パキスタン国では最初のケースとなる。その一方で、この配電ロス太陽光発電により低減するというコンセプトもパキスタン国では新しいものである。そのため、設計や入札書類は慎重に作らなければならない。その理由から、日本の無償資金協力によって無償で詳細設計を行うことが推奨される。

仮に円借款によるプロジェクトの実施が一時休止となった場合、無償資金協力による案件実施が推奨される。その場合、太陽電池モジュールの容量は 3~4 MW 程度、すなわち、1 MW の容量の発電施設であれば 3~4 か所となる。