

## 1. 事業の概要と円借款による協力



サイト地図：ジャンダール地区



サイト写真：コンバインド・サイクル発電所

## (1) 背景

シリアの電力需要は1980年代の10年間平均で、最大負荷で12.5%と非常に大きな伸びを示した。この電力需要の伸びに対し、発電設備の拡張が追いつかず80年代後半には1日最大4～5時間に及ぶ計画停電が実施され深刻な電力不足に見舞われた。しかし88年のメハルデ火力発電所増設（330MW）、89年のパニアス火力発電所増設（340MW、円借款供与事業）の完了、運転開始により電力不足は相当緩和された。

しかし、電力需要の伸びと大口電力消費先を抱える鉱工業分野の拡大傾向より、引き続き電力消費増加が予測され、1993年には約490MW、95年には約660MWの電力不足が見込まれていた。さらにシリアの電力供給の約80%を占める火力発電の主要燃料である石油はシリアの主要輸出品であることから、油田から産出される随伴ガス（天然ガス）の発電への有効利用が検討されていた。

## (2) 目的

首都ダマスカスの北北東約140kmに位置するホムス市の南約30kmのジャンダール地区に300MW×2系列のコンバインド・サイクル発電所を建設し、シリア国内の電力不足を緩和し、国産天然ガスの有効利用を図る。

## (3) 事業範囲

本事業の主な事業内容は以下の通りである。

300MW×2系列の火力発電設備の設置

- (a) ガスタービン：出力100MW×4基
- (b) ガスタービン発電機：4基
- (c) 排熱回収ボイラー：4基
- (d) スチームタービン：100MW×2基
- (e) スチームタービン発電機：2基

関連施設（変電設備、冷却水・水処理設備、天然ガス供給施設等）の設置

職員宿舎 約200戸の建設

コンサルティング・サービス

円借款は総事業費のうち外貨部分全額が対象であり、具体的には上記 ～ に係る土木工事、据付工事に必要な資機材および役務の調達資金、また のコンサルティング・サービスのための資金調達に充てられることになっていた。

(4) 借入人/実施機関

シリア・アラブ共和国政府 / シリア発電送電公社 ( PEEGT: Public Establishment of Electricity for Generation and Transmission ) ( 旧シリア電力公社 )

(5) 借款契約概要

円借款承諾額 / 実行額	51,598 百万円 / 51,326 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1991 年 6 月 / 1991 年 6 月
借款契約条件	金利 2.9%、返済 25 年 (うち据置 7 年) 一般アンタイト
貸付完了	1998 年 6 月

2 . 評価結果

(1) 計画の妥当性

本事業の目的は電力不足の緩和と、天然ガスの有効利用であった。策定中のシリア電力セクター5 ヶ年計画 ( 2001 ~ 2005 ) でも将来電力需要の増加に対応した新規発電施設の建設および既存発電施設のリハビリによる発電能力の向上と、石油系燃料から天然ガスへの転換が謳われている。PEEGT でもジャンダール火力発電所完成後も、ティシレーンダム ( Tishreen ) 水力発電所 ( 630MW )、アレppo ( Aleppo ) 火力発電所 ( 1,065MW )、アル・ザラ ( Al-Zara ) 火力発電所 ( 660MW、円借款供与事業 )、ゼゾウン ( Zezoun ) 火力発電所 ( 300MW ) 等の発電所が建設されるなど、シリアでは引き続き発電能力の増強が図られている。

また既存発電所を石油焼きからガス焼きへ転換する計画も現在進められており、バニアス ( Banias ) 火力発電所、アル・ナシュリン ( Al-Nasrieh ) 火力発電所、ティシレーン ( Tishreen ) 火力発電所 ( 200MW ) をはじめとする既存火力発電所の改良事業が計画・進行中である。PEEGT では 2010 年を目標に、既存発電所の発電能力の拡張とともに、全ての石油焼き火力発電所をガス焼きへ変換し、天然ガスの有効活用を図ることを計画している。

上記に加えて、コンバインド・サイクル発電は熱効率にも優れ、また天然ガスを利用することにより排出ガスも石油燃料に比べて低く環境保全上も望ましいことから、本事業の計画は引き続き妥当であるといえる。

(2) 実施の効率性

1) 事業内容

当初計画と比べて事業内容に変更があったのは、総発電容量が 600MW ( ガスタービン発電 100MW × 4 基、スチームタービン発電 100MW × 2 基 ) から 700MW ( ガスタービン発電 118MW × 4 基、スチームタービン発電 114MW × 2 基 ) へ増加したこと、職員宿舍の建設が計 210 戸から計 154 戸に縮小されたことであった。その他の事業内容については、大きな変更はなく、当初計画の通りであった。

## 2) 工期

当初計画では事業工期 1991 年 3 月～1995 年 7 月(53 ヶ月)(コンサルタント選定開始からコンサルタントによる事業監理業務終了まで)であったが、実際は 1991 年 3 月～1997 年 2 月(72 ヶ月)であり、計画より 19 ヶ月遅れで完成した。この遅延の主な原因は、コンサルタントの選定およびコントラクターの入札手続きに時間を要し、本体工事の開始が 17 ヶ月ほど遅れたため、結果的に工期全体の遅れを招いたことであった。本件のような発電プラント案件は、一般的に厳格な意味での事業完成は発注者側による Final Acceptance Certificate の発行をもって終了ということになる。本件の場合、1996 年 5 月に Provisional Acceptance Certificate が発行された後、Final Acceptance Certificate の発行に必要な会議開催が延び延びになり、PEEGT とコントラクター側との長年の懸案となっていたが、2002 年 5 月に至ってようやく発行された。

## 3) 事業費

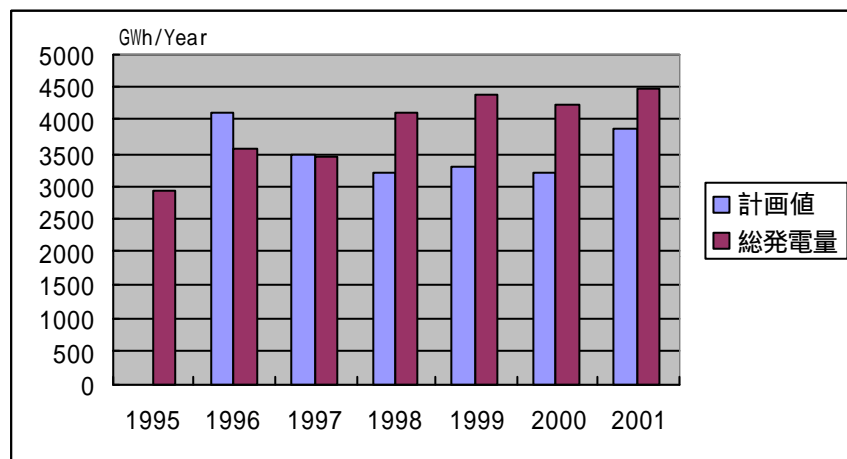
当初計画では総事業費が 64,935 百万円であり、うち 51,598 百万円が円借款にて賄われる予定であったところ、実績値は総事業費 56,697 百万円、円借款供与額は 51,326 百万円であり、計画予算内に収まっている。

## (3) 効果

### 1) 発電量

ジャンダール火力発電所は、1996 年より試運転を始めている。その後順調に稼働しており、1998 年以降は毎年計画値を上回る発電を行っており、事業目標は十分に達成されている。現在では PEEGT 全体の発電量の約 20%が当発電所で生産されており、シリアにおける重要なベース対応発電施設として機能している。

図 1：ジャンダール火力発電所の発電実績



(出所) PEEGT

### 2) その他の運用効果指標(利用率、稼働率等)

完成後の利用率および稼働率を見てみると、順調に推移しており、過去 3 年間の平均実績(1999～2001)では、それぞれ利用率 83%、稼働率 95%を示すなど、非常に好調な業績である。また総合熱効率率は 49%(ネットで 47%)であり、良好である。2000～2001 年にかけて稼働率が若干下がっているのは、この年に 4 基のガスタービンのオーバーホールを行ったためである。

表 1：その他の運用効果指標

	完成年 (1995)	2年目 (1996)	3年目 (1997)	4年目 (1998)	5年目 (1999)	6年目 (2000)	7年目 (2001)
1. 利用率 (%)	56	68	66	77	84	80	85
2. 稼働率 (%)	89	93	86	97	98	94	95
3. 電力販売 (百万 SP)	1,736	2,076	2,015	2,363	4,504	4,286	n.a.
4. 収益 (百万 SP)	0	0	0	0	0	0	0

(出所) PEEGT

ところで利用率および稼働率の上昇につれて、電力販売額も伸びている一方、電力販売からの利益はゼロである。これはシリアの電力料金体系の特殊性と PEEGT およびジャンダール火力発電所の公共サービスを提供する国営企業としての役割から来るものである。すなわちシリアの電力料金は統制価格であり政策的に低く押さえられおり、またシリア発電送電公社 (PEEGT) からシリア配電公社 (PEDEEE) への売電価格は、基本的に発電コストと同額の価格設定で、構造的に利益は出ない仕組みになっている。そのため PEEGT の経営資金は政府からの予算を前提としており、売電による収益は発生しない構造になっている。

### 3) 財務的内部収益率 (FIRR) の再計算

アプレイザル時には、本事業の財務的内部収益率 (FIRR) を 23.4% と予測していた。その前提条件は下記の通りであったが、今次評価では上記のような売電価格の構造に加え、アプレイザル時の FIRR の計算と同じ条件のデータが入手できなかったため再計算を見送った。なお、財務面から見た本事業の持続性に関する課題については、下記 2. (5) 3) の通りである。

(前提条件)

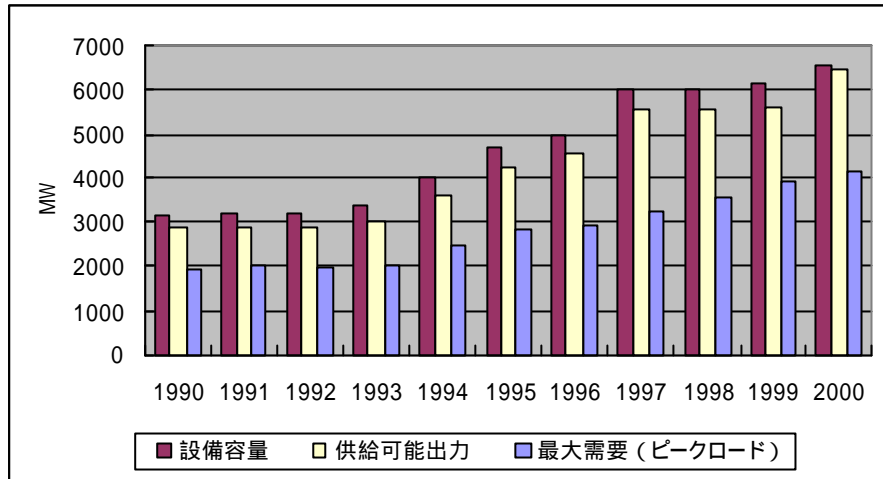
- ・ プロジェクトライフ：操業開始後 25 年
- ・ 便益：電力販売収入
- ・ 費用：総事業費、燃料費、運転・維持費

### (4) インパクト

#### 1) シリア国内の電力不足の縮小に対するインパクト

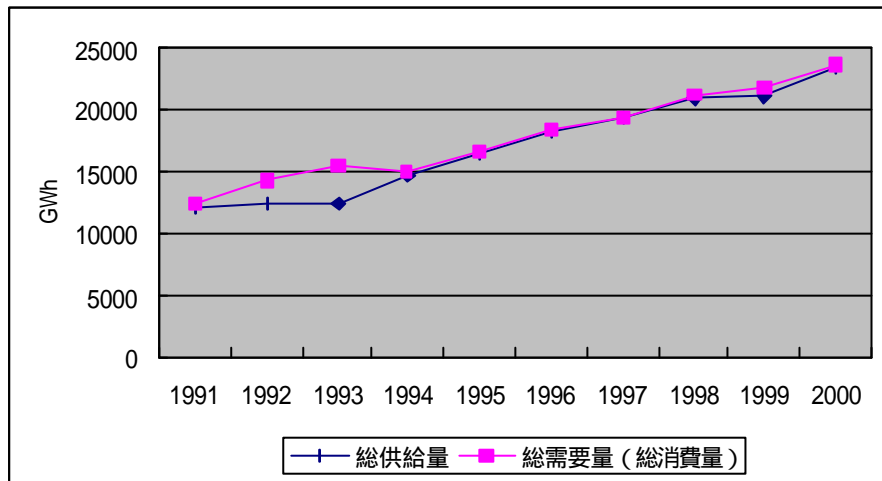
1995 年の本事業完成後の国内電力需要は年平均 8% (1995 ~ 2001) で著しく増加しており、それに対応する形で供給面での能力拡張も図られ、図 3 に示す通り 1995 年以降は需要と供給のバランスが保たれている。また、PEEGT の予想では 2002 年以降も電力需要の拡大が見込まれている (図 4) が、このような中で当発電所は国内最大の発電シェア約 20% を持つ発電所として電力の安定供給を通じて、今後とも引き続きシリア経済の発展に貢献することとなる。

図 2：1990～2000 年における実績（設備容量、供給可能出力、最大需要）



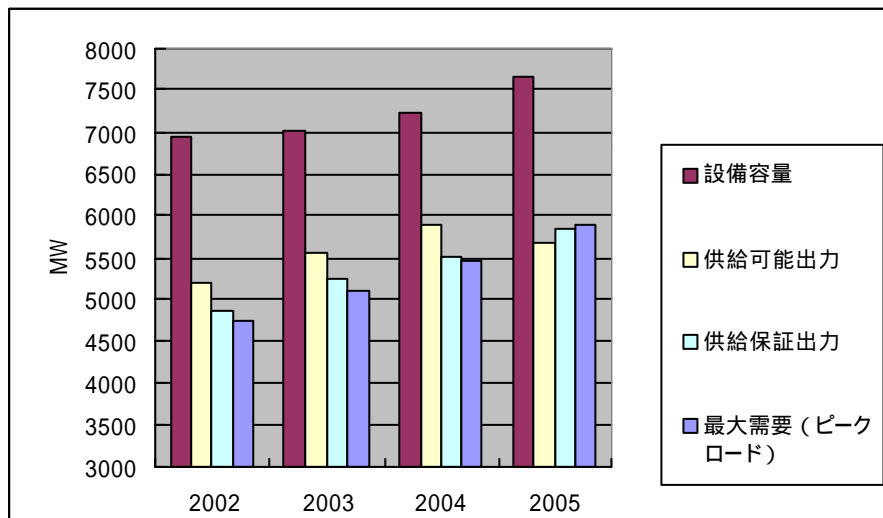
(出所) PEEGT

図 3：1990～2000 年における実績（総供給量、総需要量）



(出所) PEEGT

図 4：2002～2005 年における電力予測



(出所) PEEGT

表 2 : シリアの電力状況の推移 ( 1990 ~ 2001 )

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 最大電力需要 (MW)	1,928	2,028	1,982	2,032	2,474	2,847	2,944	3,271	3,580	3,891	4,128	4,565
1-1. 国内需要	1,928	2,028	2,042	2,082	2,474	2,745	2,855	3,179	3,480	3,771	3,878	4,335
1-2. 輸出			-60	-50	0	102	89	92	100	120	250	230
2. 設備容量 (MW)	3,168	3,198	3,198	3,398	3,998	4,698	4,998	6,028	6,028	6,133	7,003	7,108
3. 供給可能容量 (MW)	2,856	2,886	2,886	3,024	3,624	4,234	4,534	5,564	5,534	5,569	6,430	6,330
4. 発電端電力量 (GWh/年)	11,324	12,080	12,392	12,510	14,700	16,446	18,341	19,512	21,159	22,819	25,217	26,713
4-1. 火力	9,987	10,490	10,823	10,927	12,241	13,646	14,792	15,977	17,678	20,716	22,714	24,595
4-2. 水力	1,337	1,590	1,502	1,538	2,459	2,800	3,549	3,535	3,481	2,103	2,503	2,118
4-3. 輸入			67	45	0	0	0	0	0	0	0	0
5. 発電所内電力消費量 (GWh/年)	1,050	1,092	1,020	1,099	1,224	1,195	1,457	1,456	1,558	1,721	1,737	1,950
6. 送電端電力量 (GWh/年)	10,274	10,988	11,372	11,411	13,476	15,251	16,884	18,056	19,601	21,098	23,480	24,763
7. 電力消費量 (GWh/年)	10,274	10,988	11,372	11,411	13,476	14,602	16,208	17,463	19,003	20,572	22,725	24,053
7-1. 国内消費量	10,274	10,988	11,372	11,411	13,476	14,310	15,525	16,855	18,349	19,724	21,307	22,681
7-2. 輸出	0	0	0	0	0	292	683	608	654	848	1,418	1,372
8. 需給ギャップ (GWh/年)	0	0	0	0	0	+649	+676	+593	+598	+526	+755	+710

( 出所 ) PEEGT

## 2) 天然ガス有効利用

本事業では随伴天然ガスの有効利用に対するインパクトが期待されていた。本事業では、シリア東部のオマール地区から産出される天然ガスを利用する計画で、オマール ( Omar ) ~ ティシュリン ( Tichrine ) 間のガスパイプラインの敷設が並行して進められ、1992 年には完成し、その支線がジャンダール火力発電所と繋がり、天然ガスの供給体制が整った。下記の表 3 に示す通り、シリア全体の天然ガス消費のうち 36% ( 1995 ~ 2000 平均 ) が本事業で利用されており、天然ガスの有効利用に本事業は大きく貢献している。さらにこの随伴天然ガスがジャンダール火力発電所で有効利用されることにより、この天然ガスの供給がなければ当発電所で消費したであろう石油の節約と、それによって生み出される余剰石油の輸出により得られる外貨獲得に対するプラスのインパクトがある。

表 3 : 天然ガス消費量

( 単位 : Nm<sup>3</sup>/day )

	アレイザル時 (1991)	(1992)	(1993)	(1994)	完成年 (1995)	2 年目 (1996)	3 年目 (1997)	4 年目 (1998)	5 年目 (1999)	6 年目 (2000)
ジャンダール 火力発電所	-	-	-	47 (5%)	702 (40%)	755 (36%)	737 (32%)	846 (35%)	899 (39%)	857 (35%)
シリア全国	425	495	704	952	1,768	2,088	2,297	2,429	2,312	2,479

( 出所 ) PEEGT

## 3) 環境へのインパクト

ジャンダール火力発電所では組織内に環境班を設けて定期的な環境影響調査を行っている。また NO<sub>x</sub> 排出値についてはホムス市の環境部局が別途モニタリングを行っているほか、発電所から排出される廃水および下水の水質サンプルは 3 ヶ月毎に環境省に提出し、検査を受けることになっている。実施機関によると、いずれのモニタリング項目についても特段の問題はないとのことである。SO<sub>2</sub> 排出量は、天然ガスを燃料としたことにより、殆ど無視できるレベルの微量となった。さらに本発電所はホムス市の南約 30km の砂漠地帯に建設されており、付近に集落はないことから騒音等についても特段の問題は発生していな

い。

#### 4) 社会面におけるインパクト

ジャンダール火力発電所はホムス市の南約 30km の砂漠地帯にあり、集落や住宅地からは隔離された場所に建設されている。実施機関によると、用地取得、住民移転等の問題は報告されていない。

#### (5) 持続性・自立発展性

##### 1) 実施機関の運営・維持管理能力

本事業の実施機関であるシリア発電送電公社（PEEGT）は、1994年に旧シリア電力公社が発電送電部門を担当する発電送電公社（PEEGT：Public Establishment of Electricity for Generation and Transmission）と配電部門を担当する配電公社（PEDEEE：Public Establishment for Distribution and Exploitation of Electrical Energy）に分割されて設立された。その後、PEEGT 所有の 11 の発電所が PEEGT 本部とは切り離され、分社化されて、各発電所は経営管理、予算、人事等において大幅な権限委譲を受けた公社として運営されている。現在、PEEGT は送電部門の現業と、発電全体の計画、供給管理、R&D、研修、PEEGT と傘下発電所の予算配分と調整を行っており、発電所の運営・管理は、各発電所が担当している。従って、基本的には本事業の運営・維持管理はジャンダール火力発電所（ジャンダール発電会社）が担当機関である。因みに 2000 年現在の PEEGT および PEDEEE の総職員数は、それぞれ 7,391 人、24,400 人である。

##### 2) 維持管理に係る技術力

現在ジャンダール火力発電所の全職員数は約 500 名、うち 158 名（エンジニア 38 名、アシスタント・エンジニア 65 名、作業員 55 名）が発電所の運営・操業を、113 名（エンジニア 49 名、アシスタント・エンジニア 45 名、作業員 19 名）がメンテナンスを担当している。ジャンダール火力発電所では事業実施期間中にコンサルタントやサプライヤーからの技術研修を受けたスタッフが、ほぼ全員そのまま残っており、現在ではガスタービンのオーバーホールもローカルスタッフのみで実施している。また所定の定期メンテナンス等も適切に行われており、サプライヤー側でもジャンダール火力発電所の施設の運営・維持管理能力に関しては、一定の評価を与えている。ジャンダール火力発電所では特に予防メンテナンスに力を入れており、1995 年の完成以来、大きな故障や事故は起きていない。ジャンダール火力発電所はシリアでは初めての、また唯一のコンバインドサイクル発電所であるが、サイト調査での印象では、現場スタッフの技術吸収能力および運営・維持管理の技術レベルに関しては、特段の問題はなかった。

##### 3) 財務状況

財政面については、既述の通りジャンダールをはじめ 11 の発電所は経営、財政面で独立した発電会社（公社）として運営されている。各発電所（発電会社）では各社の年次計画に基づき、PEEGT 本部を通してシリア政府に対し予算の申請と配分を受けることになっているが、各発電所の業績パフォーマンスが毎年の予算に反映されるシステムとなっており、業績の良い発電所には優先的に予算枠の拡大やトレーニングやスペアパーツ調達のための特別予算の上積みなどが特典として与えられている。一方で、各発電所は経営の効率化と業績の向上に向けての課題に真剣に取り組まなければならない。

表 5 : ジャンダール火力発電所の予算

(単位 : SP)

	1998		1999		2000	
	ジャンダール	全体*	ジャンダール	全体*	ジャンダール	全体*
人件費	39,815	419,006	41,957	421,081	41,957	466,879
原材料費	965,620	4,744,059	1,143,315	6,042,803	1,143,315	6,042,377
サービス	20,248	294,024	20,548	126,356	20,548	123,641
関税、税金等	3,056,851	6,482,235	3,404,099	6,654,956	3,404,099	6,547,148
合計	4,082,534	11,939,324	4,609,919	13,245,196	4,609,919	13,180,045

(出所) PEEGT

(注) 全体の数字はジャンダールを含む 7 つの発電会社 (Jandar, Alswedeah, Alteem, Tishreen, Kotteineh, Banias, Mhardeh) の予算の合計額。

ジャンダール火力発電所では業績の向上と事業を維持するための必要な予算の確保に努める一方、スペアパーツの調達に対する予算措置とサプライヤーとの契約手続きを、計画的かつ時間的余裕をもって進める努力をしており、スペアパーツの在庫管理にも注意を払っている。さらにスタッフに対して、給与面以外でのインセンティブ(住宅・医療の提供、海外研修の機会)を与え、優秀なスタッフの定着とモラルの向上を進めながら、パフォーマンスの改善に努めている。結果として、これらの努力がジャンダール火力発電所の業績改善にプラスのインパクトをもたらしており、またジャンダール火力発電所の経営方針は他の PEEGT 傘下の発電会社と比べて、信頼性、効率性等の面において優位性をもたらしている要因と考えられる。

既述のようにシリアの電力料金は政策的に発電コスト以下に抑えられており、PEEET からの PEDEEE への卸売価格は発電コストを越えない上、PEDEEE から消費者への売電価格はさらに卸売価格より低めに設定されているため、本来であれば最終価格に転嫁されるべき発電・送電・配電の製造コスト、取引コスト、および利潤と最終需要家が支払う買電価格との差は、結果的に政府からの補助金にて補填される電力料金構造になっている。また、シリア電力システム全体のシステムロス、約 28% (PEEET が 3%、PEDEEE が 25%) である。PEDEEE の 25%のうち、15%がテクニカルロス、13%がノンテクニカルロスとされている。

電気事業は公共サービスの一つであり、商業性と需要家のコスト負担能力の観点から、シリアでは現行の電力料金制度をとっているが、中長期的には、発電会社の独立採算の観点より商業ベースに近い料金体系の改定が望まれよう。またシステムロスの削減も、今後の課題である。

現在シリア政府は、シリア電力セクターの 5 年計画(2001-2005)の策定過程にあるが、その主要課題は(1)2003 年までに既存の発電施設のリハビリおよび拡充を行い、発電能力の向上と石油系燃料から天然ガスへ転換を進めるとともに、新規発電所の建設を行うこと、(2)送配電網の拡充を行い、電力サービスの量および質の向上を目指すこととなっている。上記課題達成のために以下の目標を設定している。

- ・ 将来電力需要の増加に対応した電力供給の拡充
- ・ リハビリや施設拡充により既存発電所の有効利用と、新規コンバインドサイクル発電所の建設
- ・ 発電所の効率的稼働による発電所内消費電力の削減



- ・ 全ての発電所に対する定期メンテナンスのモニタリングと支援
- ・ 電力システムの効率化と 230kV および 400kV 送電線のシステムロスの削減
- ・ 発電所のロードファクターの向上
- ・ 最終需要家向けの電力料金の改定
- ・ ヨルダンおよびトルコ間の送電システムの維持と、イラクおよびレバノン間の送電システムの拡充
- ・ 環境配慮型の事業の推進
- ・ PEEGT および各発電所職員への研修と能力強化
- ・ 経営情報システム（MIS）の構築

### 3 . 教訓

特になし。

### 4 . 提言

特になし。

主要計画 / 実績比較

項 目	計 画	実 績
<b>事業範囲</b> (1)火力発電設備の設置 ( 300MW×2系列 ) - ガスタービン - ガスタービン発電機 - スチムタービン - スチムタービン発電機 - 排熱回収ボイラー (2)関連施設の設置 (3)職員宿舎の建設 (4)コンサルタント・サービス - 入札評価・契約準備の補助 - 事業監理・操業訓練の監督	総発電容量：600MW 形式：単純開放サイクル一軸式 出力：100MW 回転数：3,000rpm 基数：4基 基数：4基 出力：100MW 回転数：3,000rpm 基数：2基 基数：2基 形式：非助燃、複圧式 缶数：4缶 主変圧器 所内変圧器 220kV開放装置 非常用電源設備 天然ガス供給設備 冷却水・水処理施設 集合住宅：200戸（70m <sup>2</sup> /戸） 集合住宅：10戸（120m <sup>2</sup> /戸） 全体：200M/M	総発電容量：700MW 同左 出力：118MW 同左 同左 同左 出力：114MW 同左 同左 同左 同左 同左 同左 同左 集合住宅：100戸（70m <sup>2</sup> /戸） 集合住宅：50戸（100m <sup>2</sup> /戸） 戸建宿舎：4戸（120m <sup>2</sup> /戸） 全体：209M/M
<b>工期</b> (1)コンサルタント選定 (2)土木工事 (3)ガスタービン据付 (4)スチムタービン据付 (5)コンサルタント業務 (6)工期全体	1991年3月～1991年8月(6ヶ月) 1991年12月～1994年7月(31ヶ月) 1993年11月完了 1994年10月完了 1991年9月～1995年7月(47ヶ月) 1991年3月～1995年7月(53ヶ月)	1991年3月～1992年2月(12ヶ月) 1993年4月～1995年6月(27ヶ月) 1994年11月完了 1995年8月完了 1993年12月～1997年2月(39ヶ月) 1991年3月～1997年2月(72ヶ月)
<b>事業費</b> 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	51,598百万円 13,337百万円 (1,150百万 SP) 64,935百万円 51,598百万円 SP1 = 11.6円 ( 1990年12月 )	51,326百万円 5,371百万円 (329百万 SP) 56,697百万円 51,326百万円 SP1 = 16.3円 ( 1996年平均 )

