

国名	： シリア・アラブ共和国
事業名	： バニアス火力発電所増設事業
借入人	： シリア・アラブ共和国政府
事業実施機関	： シリア電力公社（ P E E ）。後にシリア発送電公社（ P E E G T ）とシリア配電公社（ P E D E E E ）に分割。
借款契約調印	： 1987年2月6日
貸付承諾額	： 27,544百万円
通貨単位	： シリア・ポンド（ S £ ）
報告日	： 1998年3月



遠 景

**【略語】**

- S P C : State Planning Commission(シリア企画庁)  
M O E : Ministry of Electricity (シリア電力省)  
P E E : Public Establishment for Electricity(電力公社 - 現在は無い)  
P E E G T : Public Establishment of Electricity Generation and Transmission  
(シリア発送電公社)  
P E D E E E : Public Establishment for Distribution and Exploitation of Electric  
Energy (シリア配電公社)

**【用語】**

- Peak Demand (Load) : 最大需要 ( 負荷 )  
Energy Consumption : 電力消費量 ( 燃料など )  
D O : Diesel Oil  
N G : Natural Gas  
H F O : Heavy Fuel Oil  
S T : Steam Turbine  
G T : Gas Turbine  
C C : Combined Cycle  
H T : Hydro Turbine

# 1.事業概要と主要計画 / 実績比較

## 1.1事業地

本事業は、シリア・アラブ共和国・バニアス市の南方、地中海沿岸に位置する（添付地図参照）  
この場所は、発電電力の消費地となる地中海沿岸の大都市であるラタキヤとタルトゥースの中間に位置すること、燃料（石油）を隣接するバニアス精油所から得ることができること、冷却水は海水から求めることができること、蒸気製造用の軟水を地下水と近くの川から得ることができること、などの理由から選定された

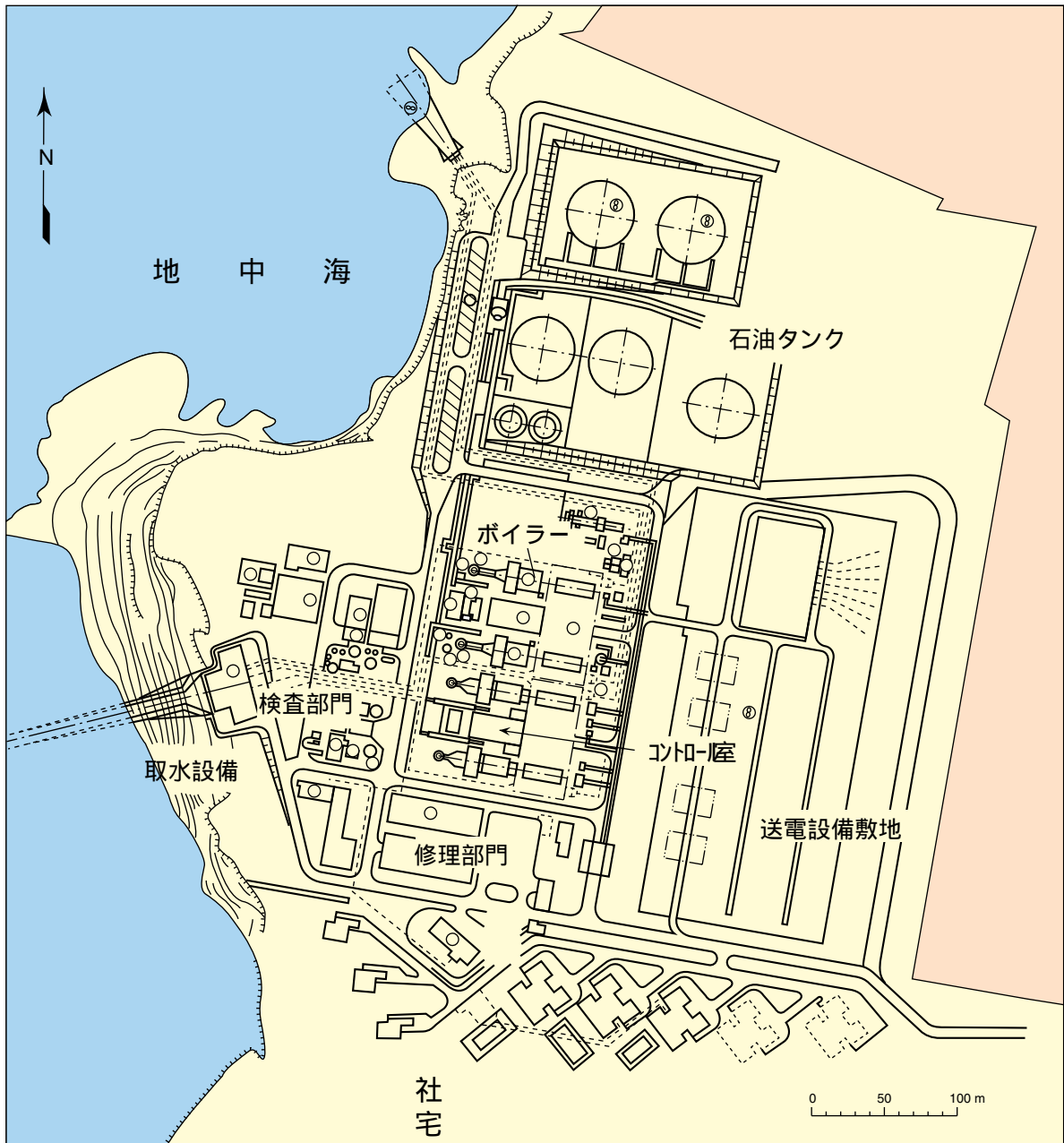


プロジェクト位置図



## バニアス火力発電所のレイアウト

発電所は地中海に面している。敷地中央部に4基の発電機を収めた建屋があり、その西（海）側にボイラーと煙突が各々4セット並ぶ。1号機と2号機の間、3号機と4号機の間にはコントロール用の建屋が2棟あり、これは発電機の建物に接続している。境界はガラスで仕切られているので、コントロール室から発電機の様子を目視できる。発電機建屋と海の間には修理、水素製造、純水装置、分析などの設備があり、海岸には冷却水の取水設備がある。北側には石油タンクが並んでいる。東側には、送電設備、送電鉄塔がある。発電所のすぐ南側に、従業員の社宅が隣接しているが、発電所と社宅敷地はコンクリートの塀で分けられている。



## 1.2 事業概要

本事業(シリア・バニヤス火力発電所増設事業)は、クエート、サウジアラビアなどアラブ諸国からの融資(一部は世銀融資)を受け、1984年に完成した既存のバニヤス火力発電所(第1号、第2号発電機計340MW)の能力を倍増させるために、第3号、第4号計340MWの発電設備を追加するものである。本事業はまた、シリアに対する初のOECF借款案件であり、本事業に続いて、ジャンダール火力発電所、アル・ザラ火力発電所という2つの大型発電所案件にもOECF借款が供与されている。

## 1.3 本事業の背景

### 1.3.1 シリア経済の近況

#### (1) アサド政権の基本政策

シリアは、1970年の軍部無血クーデタで政権を握ったバース党(アラブ社会主義党)のアサド国防相(71年から大統領)の指導下、社会主義を標榜し数次にわたる5ヶ年計画を実行してきた。しかし、その後のソ連の崩壊など世界情勢の激変もあって、1989年のエジプトとの国交回復、対米協調路線への転換など、欧米との関係を改善してきた。この結果、シリアはイラン、イラクとも友好関係を維持しつつ、欧米とも協調するなど、複雑な地政学的な状況を反映した全方位外交を展開していると言える。わが国も、シリアが中東地域の安定化に中心的な役割を果たしていることから、同国を重要な国として認識しており、日本-シリアの関係の発展・強化を目指している。

#### (2) 経済政策

経済政策ではソ連型の計画経済を修正して民間活力の活用・外資の導入に力を入れているが、これはまだ小規模な産業に限られている。依然として銀行、保険、電力などを含む大規模な産業は国営であり、観光や石油開発などは国家と外資の合資となっている。また、経済を活発化するために施行された投資法では、外資が農業、産業、交通部門へ投資すること、収益に対する税額の控除、外国に居住するシリア人の自動車や農業、産業設備の輸入を認めるなど、経済の自由化に向っての政策が採用されている。

[表 1 - 1] シリアの 5 ヶ年計画の概要

5 年計画	投資予定額 (億 S£)	目標成長 率(実績) %	開発のポイント	備 考
第1次 (60 - 65)	27.2	8.0 (8.4)	灌漑、土地開拓、運輸、通信 など経済インフラ中心	西欧からの借款が進まなかつた
第2次 (66 - 70)	56.5	7.7 (3.8)	農業、灌漑、鉱工業、運輸、通 信など経済インフラ中心	第3次中東戦争で目標未達。イン フラ整備で一定の成果あり。
第3次 (71 - 75)	80.0	8.2 (13.2)	鉱工業、電力、ユーフラテス 川、公共事業、住宅など工業 開発重点に。	第4次中東戦争で一時中断した 成長率が高い。 長率が高い。
第4次 (76 - 80)	541.7	12.0 (4.3)	鉱工業、電力、公共事業、住 宅など重化学工業重点へ。	過大な投資計画で目標は大幅 未達。
第5次 (81 - 85)	1,014.5	7.7 (2.9)	農業開発、サービス、住宅な どの重視	既存プロジェクトの完成に重 点。新規は慎重に対処し、目標 は未達。
第6次 (86 - 90)	1,252.0	7.2 (2.1)	農業、電力部門の強化 石油開発の促進	農業、鉱工業が好調であつた が、後半に干ばつで不振へ。
第7次 (91 - 95)	2,950.0	7%程度 (1.5)	灌漑普及率向上、石油・ガス 開発の推進	

(出所)APIC「シリア経済社会の現状」

国際開発センター「発展途上国直接借款推進基礎調査-シリア」など

[表 1 - 2] シリアの主要経済データ

	1985	1994	1995	1996
GDP(名目) S£(10億)	83.2	496.5	552.4	695.2
GDP(実質)成長率(%)	3.0	7.6	3.6	5.0
消費者物価上昇率(%)	17.2	20.0	22.0	20.0
人口(百万人)	10.3	13.9	14.4	14.9
商品輸出fob(百万ドル)	1,640.0	3,329.0	3,858.0	4,298.0
商品輸入fob(百万ドル)	3,591.0	4,604.0	4,001.0	4,516.0
国際収支(百万ドル)	146.0	-791.0	367.0	285.0
対外債務総額(十億ドル)	24.5	20.6	21.3	22.5
支払済債務サービス総額(百万ドル)	330.0	398.0	293.0	501.0

(出所)Central Bureau of Statistics, The Economist Intelligence Unit

### (3) セクター別の動き

シリアの第7次5ヶ年計画における、セクター別の開発戦略は次のとおり。

農業：灌漑を進めて食糧の自給をめざす。

石油、天然ガス：石油の探鉱を更に推進すべく、外資を積極的に導入する（国営の石油会社 Al Furat は 25 以上の外国企業と探鉱契約を結び、意欲的に石油の開発を進めている）。順調な生産を達成している石油、天然ガスでは石油をできるだけ輸出し、外貨を得る。

教育：就学率の向上に努める。

観光：豊かな観光資源の開発によって多くの観光客を誘致する。

[表 1 - 3] セクター別の構成比

GDP産業別	構成比 (%)		GDP支出別	構成比 (%)	
	1985	1996		1985	1996
農業	21.8	20.7	個人消費	61.5	68.1
鉱業・製造業	13.9	28.5	公的消費	24.9	14.3
建設・土木	6.8	2.8	固定資本形成	24.4	15.6
商業 (卸売り・小売)	21.7	18.5	商品、サービスの輸出	11.0	23.1
交通、通信	10.0	11.6	商品、サービスの輸入	-21.8	-21.1
金融、財政	5.9	4.7	合計	100.0	100.0
政府サービス	17.1	11.7			
社会、個人的サービス	2.7	1.5			
合計	100.0	100.0			

(出所) Central Bureau of Statistics, The Economist Intelligence Unit

#### (4) 貿易

シリアは基本的に農業（穀物、木綿など）を中心に、手工芸品を生産する自給自足的な経済であったために、輸出は工芸品と食料、動物が中心であった。最近では積極的な石油の探査の成果もあって石油・同製品の輸出が増えている。また、工業への投資も活発になってきたことを受けて、輸入の中心は機械・設備、TVなどの電化製品といった工業製品が多い。

[表 1 - 4] 主要な輸出入品

主要輸出品	構成比 (%)		主要輸入品	構成比 (%)	
	1985	1996		1985	1996
石油、石油製品	48.5	62.5	製造業品	53.1	31.8
製造業品	43.0	16.8	機械、設備	20.3	31.6
食料、動物	8.5	11.6	食料、動物	17.1	13.7
			化学品	9.5	10.2
			その他	0.0	12.7
合計	100.0	100.0	合計	100.0	100.0

(出所) Central Bureau of Statistics, The Economist Intelligence Unit

### 1.3.2 シリアの電力セクター

#### (1) 国営の電力産業

シリアの80年代の発電量は、80年の3,720GWhから89年の9,431GWhへとほぼ3倍になった。発電量はその後も増加を続け、1996年には18,328GWhに達した（ただし、この中にはホテル、商店などでの自家発電のものを除く）。電力供給は全て国有化されており、国有分のうち電力省（MOE: Ministry of Electricity）の発電量が13,733GWh（74.9%）、灌漑省分が3,531GWh（19.3%）、その他の公的部門（精油所などの自家発電分）が1,064GWh（5.8%）である。

電力省ではその監督下に電力公社（PEE: Public Establishment of Electricity）を置いてシリア全土の発電所の建設、運転、送配電を行ってきた。ただ、この電力公社は1994年の大統領令で、発送電公社（PEEGT: Public Establishment of Electricity Generation and Transmission）と配電公社（PEDEE: Public Establishment for Distribution and Exploitation of Electric Energy）に2分割されて現在に至っている。

#### (2) 種類別の発電量

シリアには小規模なものを除いて、1996年現在、3箇所の水力発電所、8箇所の火力発電所など20程度の大型発電所がある。



1996 別の発電量は、表 1 - 5 に示したように、水力 19.4%、火力 80.6%、（うちガス・タービン 23.0%）である。1991 年以降のトレンドをみると、スチーム・タービンが減少しており、天然ガスを利用するものが急増している。水力発電所については取水量に制限があるため大きな発電余力がなく、96 年では 3,550GWh と総発電量 18,328GWh の 19.4% を占めているに過ぎない。すなわち、もともとシリアでの降雨量は少なく、国際河川であるユーフラテス川は上流のトルコで 3 つの大規模ダムが建設されたためである。この結果、シリアでは国内に資源のある石油と天然ガスを燃料とする火力発電所に依存せざるを得ない。特に、90 年代に入ってから、国内で天然ガスが発見・開発されたために、外貨を稼ぐことのできる石油は輸出に回して、発電所の燃料としては、できるだけ天然ガスまたは重油 / 天然ガスを利用する方向にある。

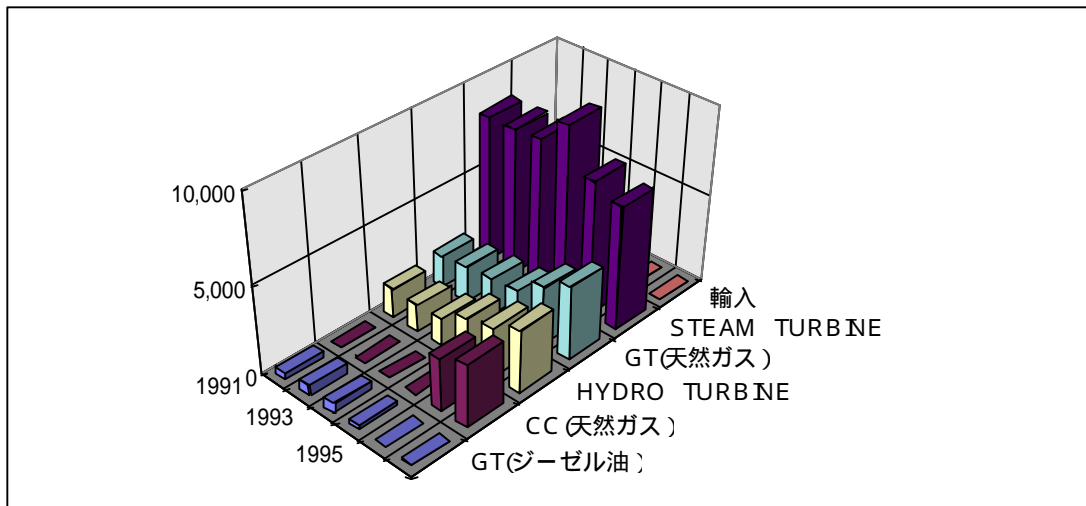
なお、水力発電は、1997 年になってチュシレン・ダム（600MW）が完成したことで、そのウエイトを増加させた。また、規模が小さく不経済であるディーゼル・ガス・タービンは、全国的電力グリッドの完成にともない、ほぼ姿を消した。また、輸入されることのある電力であるが、1995 年からは少量ではあるが輸出をするに至っていることも特筆できよう。

[表 1 - 5] 種類別の発電量（MOE 以外を含む）

	1991 構成比		1992 構成比		1993 構成比		1994 構成比		1995 構成比		1996 構成比	
	発電量 (GWh)	(%)	発電量 (GWh)	(%)	発電量 (GWh)	(%)	発電量 (GWh)	(%)	発電量 (GWh)	(%)	発電量 (GWh)	(%)
GT(ジーゼル油)	410	3.4	585	4.7	503	4.0	212	1.4	19	0.1	9	0.0
CC(天然ガス)	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2,919	17.6	3,555	19.4
HYDRO TURBINE	1,590	13.0	1,502	12.0	1,538	12.1	2,459	16.5	2,800	16.8	3,550	19.4
GT(天然ガス)	1,854	15.2	2,051	16.3	2,123	16.7	2,272	15.3	3,304	19.9	4,222	23.0
STEAM TURBINE	8,372	68.5	8,350	66.5	8,469	66.8	9,937	66.8	7,578	45.6	6,992	38.1
輸入	0	0.0	67	0.5	45	0.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
合計	12,226	100.0	12,555	100.0	12,678	100.0	14,880	100.0	16,620	100.0	18,328	100.0

(出所)電力省「Technical Statistics Report 1996」

[図 1 - 1] 種類別の発電量



### (3) シリアの主な発電所

シリアの主な発電所は表 1 - 6 に示したとおりで、その全てが完成する 1999 年には 7,248MW の発電能力を持つことになる（これ以外に精油所の所有する大規模な発電所がある）。これらの発電所で作られた電力は、全国的な送電グリッドによってシリア全土に流れるようになっている。また、ジャンダール火力発電所にみるようにコンバインド・サイクル発電（ガス発電した排気ガスで蒸気を作り、蒸気発電を行うもので、エネルギー効率が飛躍的に高まる）など、より高度な発電設備を導入して効率化が図られている。

[表 1 - 6] シリアの主な発電所

	発電所の名称	形式	燃料の種類	操業年	定格出力 (MW)	実出力 (MW)	備 考
1	ガスタービン(小規模)	GT	DO	1975/76	280		
2	水力	HT	-		21		
3	サウラ	HT	-	1974/77	800	450	
4	カチネ	ST	HFO	1969	30	24	
		ST	HFO	1969	30	24	
		ST	HFO	1969	30	17	
		ST	HFO	1980	64	55	
5	メハルデ	ST	HFO / NG	1980	150	135	主力の火力発電所であるが、保守管理に問題があり出力が低下している。
		ST	HFO / NG	1980	150	134	
		ST	HFO / NG	1987	165	156	
		ST	HFO / NG	1988	165	157	
		GT	DO	1988	30	30	
6	バニアス	ST	HFO	1982	170	150	1、2号はサウジ、クエート資金による。 3、4号は円借款による。
		ST	HFO	1983	170	150	
		ST	HFO	1988	170	160	
		ST	HFO	1989	170	160	
		GT	DO	1989	30	30	
7	バエス	HT	-	1988	75	19	
8	スエディエ(SPC)	GT	NG	1988/89	175	150	
9	サヤン	GT	NG	1989/90	105	90	
10	レフホムス	ST	HFO / NG		64	57	
11	レフバニアス	ST	HFO		48	42	
12	スエディエ	GT	NG		120		
13	チュシレン(火力)	ST	HFO	1993	200	200	
		ST	HFO	1994	200	200	
		GT	NG	1994	100	100	
		GT	NG	1994	100	100	
14	アル・ナスレエ	GT	NG	1995	100	100	
		GT	NG	1995	100	100	
		GT	NG	1995	100	100	
15	ジャンダール	GT	NG	1994	100	100	円借款による。
		GT	NG	1994	100	100	
		GT	NG	1995	100	100	
		GT	NG	1995	100	100	
		ST	HFO	1995	100	100	
		ST	HFO	1995	100	100	
16	ゼゾン	GT	NG	1996	100	100	
		GT	NG	1996	100	100	
		GT	NG	1996	100	100	
17	アレッポ	ST	HFO	1997	200	200	サウジ資金による。
		ST	HFO	1997	200	200	
		ST	HFO	1997	200	200	
		ST	HFO	1998	200	200	
		ST	HFO	1998	200	200	
18	チュシレン・ダム (水力)	HT	-	1997	106	100	
		HT	-	1997	106	100	
		HT	-	1997	106	100	
		HT	-	1997	106	100	
		HT	-	1998	106	100	
		HT	-	1998	106	100	
19	アル・ザラ	ST	HFO	1999	300	300	円借款による。
		ST	HFO	1999	300	300	
					7,248	6,190	

(出所) MOE / PEE

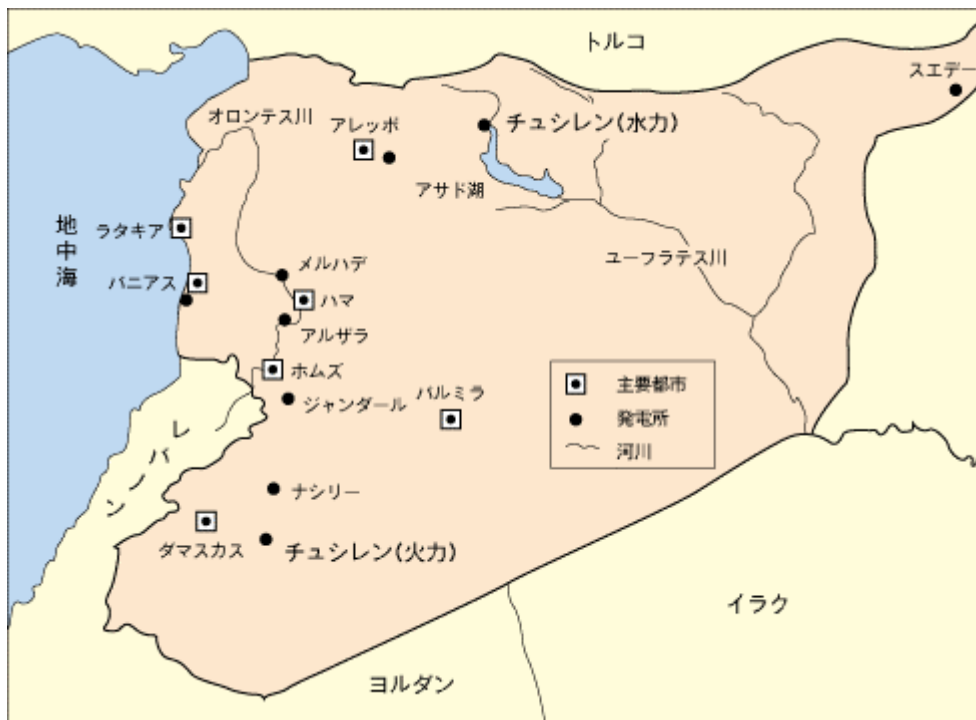
(注1) HT = 水力タービン、ST = 蒸気タービン、GT = ガス・タービン

(注2) HFO = 重油、DO = 精製油、NG = 天然ガス

(注3) 円借款による発電能力は1,570MWで、全能力の21.7%になる。

シリアの大型発電所は、地中海沿岸に位置するバニアス火力発電所、首都ダマスカス近郊にあるナシリー、チュシレン火力発電所、中央部のハマ、ホムズに近いジャンダール、メハルデ火力発電所、アレッポ市近郊のアレッポ火力発電所など大都市の周辺に立地している。また、発電所の多くがオロンテス川とユーフラテス川に沿って立地しているのは、水力発電所は当然として、火力発電所でも大量の冷却水などが必要になるためである。ただ、ジャンダール火力発電所のように取水が難しい立地の発電所は、コンバインド・サイクル発電と空冷式の冷却方式を採用している。

[図 1 - 2] シリアの発電所の配置図 (1996 年)



(4) 主要発電所（PEEGT所管）の発電量の推移

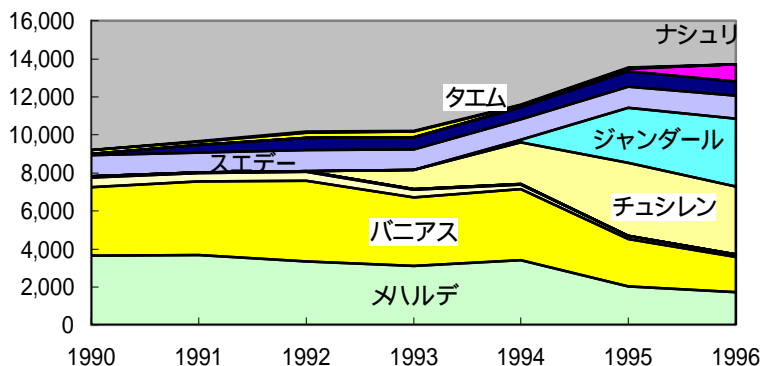
PEEGTが所管する発電所の1990年以降の発電量の推移をみると、92-93年はメハルデとバニアスが中核的な発電所であった。その後、チュシレン、ジャンダールの完成・稼働により、この4発電所が中核となっている。なお、メハルデ、バニアスは老朽化によって発電量が減少しているが、今後、アレppo、アル・ザラの両発電所の稼働開始により（後述）、シリアの電力事情は大きく改善されることになる。

[表1-7] PEEGT傘下の主要発電所別の発電量

発電所名		(GWh)						
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
メハルデ	火力	3,568	3,579	3,188	2,942	3,306	2,022	1,739
	G/T	92	115	155	179	97	2	0
	小計	3,660	3,694	3,343	3,121	3,403	2,024	1,739
バニアス	火力	3,525	3,765	4,080	3,554	3,761	2,485	1,849
	G/T	81	111	154	37	0	0	0
	小計	3,606	3,876	4,234	3,591	3,761	2,485	1,849
カチネ		484	407	489	417	233	182	109
ハマ		52	36	20	30	27	12	4
アイン・アルタル		36	23	0	0	0	0	0
チュシレン	火力	0	0	0	1,013	2,134	3,051	2,737
	G/T	0	0	0	0	34	762	858
	小計	0	0	0	1,013	2,168	3,813	3,595
ジャンダール	火力	0	0	0	0	153	2,508	3,555
	G/T	0	0	0	0	0	411	0
	小計	0	0	0	0	153	2,919	3,555
スエデイエ		1,091	1,023	1,102	1,076	1,074	1,106	1,201
タエム		69	415	660	637	632	823	751
ナシュリ		0	0	0	0	0	133	902
地方のG/T		210	181	273	284	112	14	9
季節的な水力発電		9	16	62	54	38	34	19
合計		9,217	9,671	10,183	10,223	11,601	13,545	13,733

(出所) PEEGT

[図1-3] PEEGT傘下の主要発電所別の発電量



### 1.3.3 シリアの電力需要

#### (1) 電力需要

シリア・アラブ共和国の人口は、1980年の8,704千人から1996年には14,759千人と1.70倍になった。このように、人口増加率が年率3.5%前後と非常に高い上、急速な経済成長に伴う電力需要の急増により、慢性的な電力不足状態にある。幸い、燃料となる石油と天然ガスについては自給が可能であるために、シリア電力省(MOE)では発電能力の拡大を積極的に押し進めてきた。

#### (2) 電力需要の伸びと1人当りの電力消費量

シリアの電力需要の推移は、表1-8示したとおり、1980-85年の需要量は3,637GWhから8,132GWhへ2.24倍、85-90年には11,475GWhへと1.41倍、90-95年には16,500GWhへと1.45倍、そして95-2000年には24,500GWhへと1.51倍になることが予測されている。

シリア政府が、外国からの資金援助による発電所建設に積極的なのはこのためであり、OECF借款でバニアス(340MW増設。本事業)、ジャンダール(600MW。1995年11月に設備は完成し、その後3年間の職員トレーニング中)、アル・ザラ(600MW。現在基礎工事中。1998~99年完成予定)と3つの発電所が、さらにサウジアラビアの資金でアレppo(1,000MW、建設中。1997~1998年完成予定)の発電所と、計4つの大型発電所が建設されている。

#### (3) シリアの電力需要予測

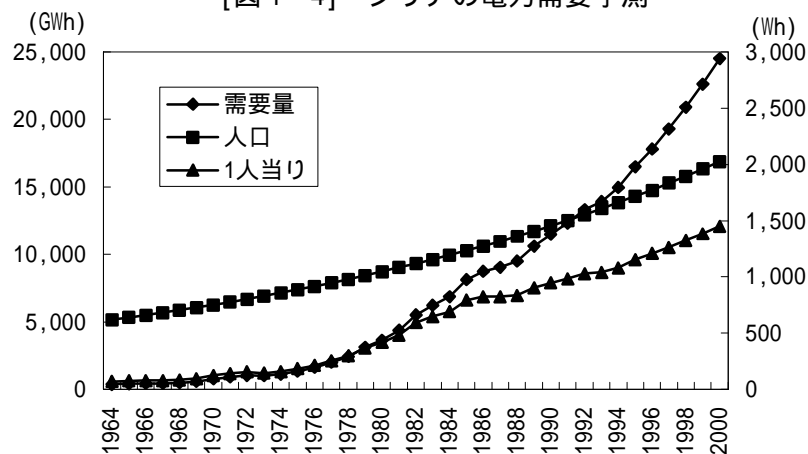
電力の需要予測にあたっては、短期(1~5年)、中期(5~10年)、長期(10年以上)に分けて考える必要がある。シリアでは、MOEとPEEで需給の予測作業を行っており、この結果を表1-8、図1-4に示す。慢性的な電力不足は政府の積極的な発電所建設によって1998年から解消され、今後しばらくは需給が均衡するものと考えられている。しかし、需要は高い伸びを続けることが予想されるので、今後とも積極的な発電所建設の必要がある。

[表 1 - 8] シリアの電力需要の推移

	設備能力 (MW)	発電量 (PeakMW)	需要量 (GWh)	人口 (1000人)	1人当り (KWh/Cap)
1964	0	0	370	5,154	72
1965	171	0	415	5,325	78
1966	180	0	443	5,500	81
1967	175	0	450	5,680	79
1968	173	0	498	5,866	85
1969	264	0	593	6,059	98
1970	267	174	777	6,257	124
1971	164	175	914	6,467	141
1972	285	190	1,051	6,684	157
1973	274	192	1,010	6,908	146
1974	675	255	1,132	7,140	159
1975	755	292	1,353	7,380	183
1976	984	302	1,628	7,627	213
1977	1,134	390	2,009	7,883	255
1978	1,502	511	2,440	8,148	299
1979	1,673	635	3,114	8,421	370
1980	1,715	770	3,637	8,704	418
1981	1,710	876	4,378	9,046	484
1982	1,875	1,090	5,515	9,298	593
1983	2,040	1,132	6,219	9,611	647
1984	2,047	1,318	6,855	9,934	690
1985	2,047	1,355	8,132	10,267	792
1986	2,047	1,294	8,747	10,612	824
1987	2,556	1,430	9,034	10,969	824
1988	3,074	1,648	9,485	11,338	837
1989	3,194	1,870	10,597	11,719	904
1990	3,268	1,928	11,475	12,116	947
1991	3,268	2,028	12,331	12,529	984
1992	3,243	1,982	13,339	12,958	1,029
1993	3,443	2,032	13,917	13,393	1,039
1994	3,843	2,470	14,953	13,844	1,080
1995	4,325	2,847	16,500	14,315	1,153
1996	4,625	2,994	17,800	14,759	1,206
1997	5,325	3,220	19,300	15,290	1,262
1998	5,925	3,460	20,900	15,802	1,323
1999	6,735	3,720	22,600	16,332	1,384
2000	7,155	4,000	24,500	16,879	1,452
(倍率)					
80-85	1.19	1.76	2.24	1.18	1.90
85-90	1.60	1.42	1.41	1.18	1.20
90-95	1.32	1.48	1.44	1.18	1.22
95-2000	1.65	1.40	1.48	1.18	1.26

(出所) PEEGT

[図 1 - 4] シリアの電力需要予測



#### (4) 部門別電力需要

1995 の部門別の電力需要量は表 1 - 9 に示したとおり、15,256GWh である。家庭用がほぼ半分を占めており、工業、商業部門での消費は合計で約 20%程度と、まだ少ない。

[表 1 - 9] シリアの部門別電力消費量

		(GWh %)	
		電力消費量	
		(%)	
工業	肥料	74	0.5
	セメント	734	4.8
	食料	338	2.2
	製造業	1,456	9.5
商業		642	4.2
家庭用		7,259	47.6
鉱業		716	4.7
街灯、州建物		218	1.4
政府、公社建物		340	2.2
農業		752	4.9
ロス		2,418	15.8
輸出		292	1.9
その他		17	0.1
合計		15,256	100.0

(出所) PEEGT

#### (5) 1日の電力需要の変化

シリアにおける1日の電力需要は、早朝に一番低く、徐々に増大し、昼食時にやや高くなり、午後は少し下がる。夕方に向けて再び増えはじめ、夕方の17:00から23:00時ごろがピークとなる。これは、照明用とヒーターの需要が多いためである。1週間で見ると、曜日による変動はそれほどない。

また、年間の需要の変化をみると、10月から3月の暖房用の需要が多い。

#### (6) 地域別電力需要

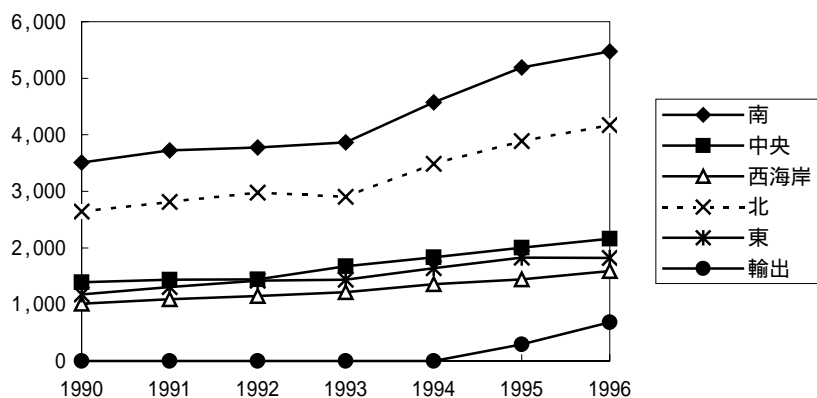
シリアの地域別の電力需要をみると、首都ダマスカスの属する南地区が一番多く、次いでホムズ、ハマの工業都市を持つ北地区が多い。また、1995年から輸出が増えていることが注目される。

[表 1 - 10] 域別電力供給量

		(GWh)						
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
南	ダマスカス	1,641	1,764	1,796	1,845	2,179	2,452	2,380
	その他	1,867	1,963	1,978	2,023	2,393	2,741	3,092
	小計	3,508	3,727	3,774	3,868	4,572	5,193	5,472
中央	ホムス	695	728	731	928	1,039	1,133	1,214
	ハマ	699	712	715	746	796	869	948
	小計	1,394	1,440	1,446	1,674	1,835	2,002	2,162
西海岸	タルトス	467	473	490	531	584	623	643
	ラタキヤ	548	619	659	684	772	821	950
	小計	1,015	1,092	1,149	1,215	1,356	1,444	1,592
北	アレppo	2,252	2,401	2,545	2,474	2,964	3,306	3,526
	その他	392	411	430	428	520	581	646
	小計	2,644	2,812	2,975	2,902	3,484	3,887	4,172
東	小計	1,177	1,306	1,419	1,439	1,639	1,830	1,825
合計		9,738	10,377	10,763	11,098	12,886	14,356	15,223
輸出		0	0	0	0	0	292	683

(出所) PEEGT Annual Statistics Report 1995

[図 1 - 5] シリアの地域別電力供給量



### (7) 発電所増設計画

シリアでは、上に述べたように積極的な発電所の増設を推進してきた。この結果、慢性的な電力不足はかなり解消され、一部施設の運転を休止することが可能となった。これにより、電力不足が著しかった 1990 - 94 年に、やむを得ず延期されていた既存設備の定期修理を行う余裕がでてきている。また、高価な石油を使い、熱効率が低いガス・タービン発電機を止める方向にある。さらに、石油を使う発電から、石油をできるだけ輸出に回し、石油フィールドで無駄に焼却されているガスを有効利用する方針である。なお、石油からガスへの転換は、環境の面でも大きなメリットがある。

ちなみに、1.3.3 (2) で述べた外国資金による発電所以外に、シリア政府自己資金により現在建設中の発電所には次のようなものがある。

ゼゾン (シリア北部) ガス・タービン 3 基。計 300MW。1996 年に操業開始。

チュシレン・ダム (ユーフラテス川) 水力発電 6 基。計 630MW。1997 (1 基) - 1998 年操業開始。

これらの完成をにらんで、シリアでは電力網を周辺諸国にも順次、連結している。また、周辺諸国間で余剰電力の相互利用を考える E I J S T 協定 (エジプト、イラク、ヨルダン、シリア、トルコの頭文字を取ったもの) が、1992 年に結ばれている。



[表 1 - 11] シリアの発電所の増設計画

発電所の名称	形式	燃料の種類	操業年	能力 (MW)	実出力 (MW)	1993 実出力	1994 "	1995 "	1996 "	1997 "	1998 "	1999 "	2000 "	2001 "	2002 "	2003 "
1 ガスタービン(小規模)	GT	DO	1975/76	280		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2 水力	HT	-		21		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3 サウラ	HT	-	1974/77	800	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
4 カチネ	ST	HFO	1969	30	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	ST	HFO	1969	30	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	ST	HFO	1969	30	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	ST	HFO	1980	64	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
5 マハルデ	ST	HFO/ NG	1980	150	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	ST	HFO/ NG	1980	150	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134
	ST	HFO/ NG	1987	165	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
	ST	HFO/ NG	1988	165	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157
	GT	DO	1988	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
6 バニアス	ST	HFO	1982	170	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	ST	HFO	1983	170	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	ST	HFO	1988	170	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
	ST	HFO	1989	170	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
	GT	DO	1989	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	GT	DO	1988	75	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
8 スエディエ	GT	NG	1988/89	175	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
9 サヤン	GT	NG	1989/90	105	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
10 レフホムス	ST	HFO/ NG		64	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
11 レフバニアス	ST	HFO		48	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
12 スエディエ(SPC)	GT	NG		120		150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
13 チュシレン	ST	HFO	1993	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	ST	HFO	1994	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	GT	NG	1994	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	GT	NG	1994	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14 アル・ナスレエ	GT	NG	1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	GT	NG	1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	GT	NG	1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15 ジャンダール	GT	NG	1994	100	100		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	GT	NG	1994	100	100		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	GT	NG	1995	100	100			100	100	100	100	100	100	100	100	100
	GT	NG	1995	100	100			100	100	100	100	100	100	100	100	100
	ST	HFO	1995	100	100			100	100	100	100	100	100	100	100	100
	ST	HFO	1995	100	100			100	100	100	100	100	100	100	100	100
18 ゼソソ	GT	NG	1996	100	100				100	100	100	100	100	100	100	100
	GT	NG	1996	100	100				100	100	100	100	100	100	100	100
	GT	NG	1996	100	100				100	100	100	100	100	100	100	100
19 アレッポ	ST	HFO	1997	200	200					200	200	200	200	200	200	200
	ST	HFO	1997	200	200					200	200	200	200	200	200	200
	ST	HFO	1997	200	200					200	200	200	200	200	200	200
	ST	HFO	1998	200	200						200	200	200	200	200	200
	ST	HFO	1998	200	200						200	200	200	200	200	200
16 チュシレン・ダム	HT	-	1997	106	100					100	100	100	100	100	100	100
	HT	-	1997	106	100					100	100	100	100	100	100	100
	HT	-	1997	106	100					100	100	100	100	100	100	100
	HT	-	1997	106	100					100	100	100	100	100	100	100
	HT	-	1998	106	100						100	100	100	100	100	100
	HT	-	1998	106	100						100	100	100	100	100	100
17 アル・サラ	ST	HFO	1999	200	200						200	200	200	200	200	200
	ST	HFO	1999	200	200						200	200	200	200	200	200
	ST	HFO	1999	200	200						200	200	200	200	200	200
				7,248	6,190	2,575	3,475	3,875	4,175	5,175	5,975	6,375	6,375	6,375	6,375	6,375

(出所)MOE / PEE

(8) 効率性と燃料別の発電量

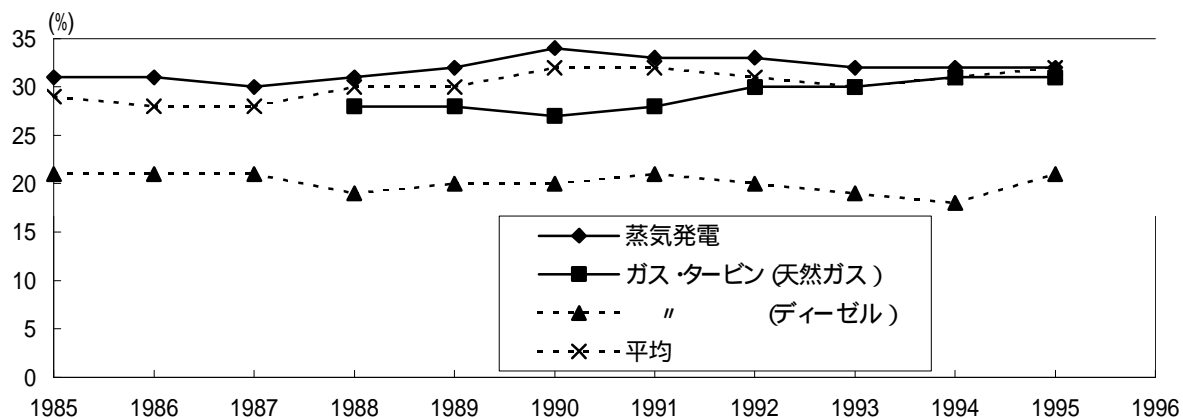
PEEGT傘下の火力発電所の熱効率は、蒸気発電では1985年～1990年までは31%から34%へと改善をみせていたが、その後は設備の老朽化によってむしろ悪化し、1995年には32%へと落ちている。ディーゼル油を燃料とするガス・タービンは、小型のもので効率は20%前後と低い、熱効率は安定している。これに対して天然ガスを燃料とするガス・タービンは、熱効率も30%前後と比較的に高く、効率性は改善の方向にある。

[表 1 - 12] P E E G Tの発電所の熱効率

	(%)										
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
蒸気発電	31	31	30	31	32	34	33	33	32	32	32
ガス・タービン (天然ガス)				28	28	27	28	30	30	31	31
" (ディーゼル)	21	21	21	19	20	20	21	20	19	18	21
平均	29	28	28	30	30	32	32	31	30	31	32

(出所)PEEGT

[図 1 - 6] P E E G Tの発電所の熱効率



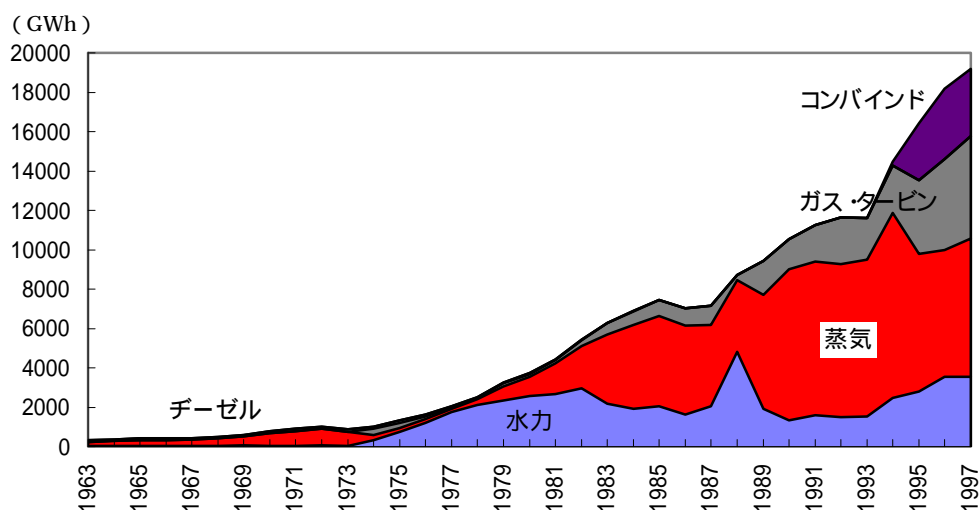
発電の種類による発電量の推移をみると、60年代は蒸気発電とディーゼルが中心であったものが、70年代半からは水力発電が中心となり、80年代からは石油を燃料とする蒸気発電が急速に増大した。85年ころからは、ガス発電の重要性が認識され、ガス・タービンの採用が増加した。その後、95年頃からはエネルギー効率の高いコンバインド発電(ガス発電を行い、その廃熱を利用して蒸気発電も行う方式)が普及してきた。このように、シリアの発電は水力、蒸気、ガス・タービン、コンバインドとバランスの取れたものになりつつある。

[表 1 - 13] 発電方式別の発電量の推移 (MOE 以外を含む)

	水力		蒸気		ガス・タービン		ディーゼル		コンバインド		合計	
	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)
1963	41.5	12.7	193.1	59.1	0.0	0.0	92.4	28.3	0.0	0.0	327.0	100.0
1964	55.9	15.3	228.1	62.3	0.0	0.0	81.9	22.4	0.0	0.0	365.9	100.0
1965	42.4	10.2	287.2	69.2	0.0	0.0	85.3	20.6	0.0	0.0	414.9	100.0
1966	31.1	7.0	316.0	71.3	0.0	0.0	95.9	21.6	0.0	0.0	443.0	100.0
1967	30.1	6.7	331.2	73.5	0.0	0.0	89.2	19.8	0.0	0.0	450.5	100.0
1968	47.8	9.6	368.0	73.9	0.0	0.0	82.4	16.5	0.0	0.0	498.2	100.0
1969	63.5	10.7	447.0	75.3	0.0	0.0	83.4	14.0	0.0	0.0	593.9	100.0
1970	52.9	6.8	631.3	81.2	0.0	0.0	93.0	12.0	0.0	0.0	777.2	100.0
1971	50.9	5.6	738.5	81.8	0.0	0.0	113.0	12.5	0.0	0.0	902.4	100.0
1972	62.4	6.1	850.4	82.7	0.0	0.0	114.9	11.2	0.0	0.0	1,027.7	100.0
1973	17.2	1.9	732.2	82.8	2.3	0.3	133.1	15.0	0.0	0.0	884.8	100.0
1974	329.5	32.3	266.8	26.1	301.6	29.6	122.5	12.0	0.0	0.0	1,020.4	100.0
1975	749.5	55.7	199.5	14.8	255.8	19.0	141.5	10.5	0.0	0.0	1,346.3	100.0
1976	1,230.0	75.6	186.0	11.4	111.5	6.9	98.8	6.1	0.0	0.0	1,626.3	100.0
1977	1,768.0	86.1	164.0	8.0	48.5	2.4	72.0	3.5	0.0	0.0	2,052.5	100.0
1978	2,133.9	85.2	272.0	10.9	50.3	2.0	47.0	1.9	0.0	0.0	2,503.2	100.0
1979	2,351.9	72.1	688.0	21.1	186.0	5.7	35.0	1.1	0.0	0.0	3,260.9	100.0
1980	2,561.1	68.8	982.0	26.4	149.0	4.0	28.0	0.8	0.0	0.0	3,720.1	100.0
1981	2,659.5	60.4	1,596.4	36.2	140.1	3.2	10.3	0.2	0.0	0.0	4,406.3	100.0
1982	2,958.7	54.5	2,149.3	39.6	313.2	5.8	10.4	0.2	0.0	0.0	5,431.6	100.0
1983	2,165.8	34.4	3,542.6	56.3	563.4	9.0	16.5	0.3	0.0	0.0	6,288.3	100.0
1984	1,929.5	28.0	4,247.6	61.6	705.8	10.2	14.9	0.2	0.0	0.0	6,897.8	100.0
1985	2,053.8	27.6	4,575.7	61.4	813.7	10.9	10.9	0.1	0.0	0.0	7,454.1	100.0
1986	1,632.7	23.2	4,523.1	64.3	860.9	12.2	15.0	0.2	0.0	0.0	7,031.7	100.0
1987	2,044.6	28.6	4,153.6	58.0	953.2	13.3	8.7	0.1	0.0	0.0	7,160.1	100.0
1988	4,806.3	55.2	3,646.5	41.9	252.4	2.9	2.0	0.0	0.0	0.0	8,707.2	100.0
1989	1,934.3	20.5	5,779.7	61.3	1,714.8	18.2	2.3	0.0	0.0	0.0	9,431.1	100.0
1990	1,337.0	12.7	7,665.0	72.7	1,543.0	14.6	2.0	0.0	0.0	0.0	10,547.0	100.0
1991	1,590.0	14.1	7,810.0	69.4	1,846.0	16.4	3.0	0.0	0.0	0.0	11,249.0	100.0
1992	1,502.0	12.9	7,778.0	66.9	2,342.0	20.1	3.0	0.0	0.0	0.0	11,625.0	100.0
1993	1,537.0	13.2	7,956.0	68.5	2,113.0	18.2	3.0	0.0	0.0	0.0	11,609.0	100.0
1994	2,458.0	17.0	9,428.0	65.2	2,413.9	16.7	3.0	0.0	152.5	1.1	14,455.4	100.0
1995	2,799.5	17.0	6,989.2	42.5	3,736.1	22.7	3.0	0.0	2,919.1	17.7	16,446.9	100.0
1996	3,549.7	19.5	6,427.6	35.4	4,624.1	25.5	3.2	0.0	3,555.0	19.6	18,159.6	100.0
1997	3,554.0	18.5	7,005.0	36.5	5,214.0	27.2	0.0	0.0	3,425.0	17.8	19,198.0	100.0

(出所) PEEGT

[図 1 - 7] 発電方式別の発電量の推移



### 1.3.4 シリアの電力料金

シリアは、発電の燃料となる石油の生産国であるだけに、電気料金は概して安い。更に政策的に料金の値上げを抑えている。ただ、1992年には、家庭用の少量の消費者への値上げは低く抑えたものの、電力料金を一挙に2~3倍以上に上げて発電所建設のための資金の確保に努めた。その詳細は表1-14のとおりである。

ただ、この値上げによっても発電所の収益が独立採算を達成するにはほど遠い水準である。バニラス火力発電所では、操業開始以来、一度も黒字になったことがなく、利益率はマイナス10~20%で推移してきた。さらに1995年には大規模な修理を行ったこともあってマイナス40%以上となっている(詳細は、「2.3.2 定量的効果」を参照)。また、最新鋭の設備で稼働を開始したばかりのジャンダール火力発電所ですら、収支がゼロであるとのことである。つまりは、販売価格を現在の30~50%程度高く設定しなければ独立採算は不可能であると考えられる。

[表1-14] シリアの電力料金体系

(シリア セアスタ=1/100ポンド)

	1988-1991	1992-	倍率
230KV(産業・農業向け)	34	75	2.2
230KV(産業・農業向け)	36	80	2.2
230KV(産業・農業向け)	42	90	2.1
20/04KV(産業向け)	43	120	2.8
20/04KV(農業向け)	25	80	3.2
20/04KV(商業向け)	43	125	2.9
04KV(商業向け)	75	150	2.0
04KV(工芸など)	75	140	1.9
04KV(街灯)	15	75	5.0
04KV(公的機関) 1-50KWh/Month	19	75	3.9
" 50-100KWh/Month	24	75	3.1
" <100KWh/Month	35	75	2.1
04KV(家庭用) 1-50KWh/Month	19	25	1.3
" 51-100	24	35	1.5
" 101-200	35	50	1.4
" 201-300	35	50	1.4
" 301-400	55	150	2.7
" <400	75	150	2.0

(出所) PEEGT

### 1.4 事業目的

本事業は、慢性的な電力不足に悩んでいるシリアにおいて、1984年に完成した既存のバニラス火力発電所(第1号、第2号発電機計340MW設置済み)の能力を倍増(第3号、第4号計340MWの発電設備を追加)することにより、電力供給量の絶対量を増大させ、需給ギャップを縮小させることを目的とするものである。

## 1.5 本事業の経緯

本事業の経緯は、次に示すとおりである。

1973年	フランスのコンサルタント会社がバニラス火力発電所1～4号機についてのフェージビリティ報告書（F/R）と入札書類を作成。
1978年9月	バニラス火力発電所で1、2号機に係る建設工事を開始。 契約受注者は 機器 イタリアの機械輸出組合 土木工事 シリアの国内業者 コンサルタント 西独、スイス 運転開始は1号機が1983年3月、2号機が1983年6月
1985年3月	シリア電力公社バニラス発電所増設（3、4号機）に係る入札を実施し、本邦企業が1位となる。
6月	シリア企画庁、バニラス火力発電所増設工事に対する300億円の円借款供与を正式要請。
9月	シリア側要請に基き、バニラス火力発電所増設工事に係るF/R見直しのため、日本プラント協会調査団派遣。
10月	同上F/R完成
1986年1月	日本政府、バニラス火力発電所増設工事に対して円借款供与をプレッジ。
2月	シリア政府、上記意図表明を受諾。
5月	シリア電力公社、本邦企業にLetter of Intent（仮契約通知）を発出。
10月	交換公文調印
10～12月	OECF審査ミッション派遣。
1987年2月	L/A調印。

## 2. 分析と評価

### 2.1 事業実施に係わる評価

#### 2.1.1 事業範囲

本事業は、第 3、4 号機用の蒸気発生装置、蒸気タービン、発電機を中心に、ガス・タービン 1 基、230kV 送電鉄塔 2 基、従業員住宅を建設するもので、緊急用のディーゼル発電機が追加になった以外は、予定どおり実施された。

#### (1) 既存設備との違い

本事業は既存の第 1 号、第 2 号の発電設備に、新たに第 3 号、第 4 号の 2 つの発電設備を増設するもので、基本的に既存の工事と類似したものである。特に、建屋は既存のものの構造、設計をそのまま延長したものである。

第 1、2 号機との主な差異は次のとおりである。

地震への対策が考慮された。

ボイラーからの接続パイプは、第 1、2 号機では地下埋没式であったが、今回は地上式になった。

第 1、2 号機でのボイラーは前焚き方式であるのに対して、今回は直列焚き方式である。

第 3、4 号機では補助スチームがスチーム交換機から作られる（第 1、2 号機ではスチーム交換機がない）。

第 3、4 号機では循環水用の海水の上層のゴミを除去するためのスクリーンに、自動ゴミ除去装置が付いている（第 1、2 号機にはない）。

#### (2) 主要な設備

以下 ~ に、本事業の設備の内容を示した。機器・装置は、いずれも当時としては一般的なもので、特に先進的な技術は採用されていない。

#### 蒸気発生装置

基数		2 缶
形式		放射再熱自然循環
最大連続蒸気発生量		560 t/h
蒸気の種類	スーパーヒーターからの出口	145 kg/cm <sup>2</sup> g
	リヒーターからの出口	54 度 C
燃料		残滓油および原油
通風方式		強制通風方式
設置場所		戸外

### 蒸気タービンと発電機

基数 形式 最大連続蒸気発生量 定格出力 (標準) 主蒸気圧力 蒸気温度 排気圧力 給水加熱器 脱気器 回転数 発電機電圧 周波数 励磁方式 設置場所	主蒸気 再熱蒸気	2基 再熱再生復水 (システム・コンバウンド) 170,000 kw (発電機の端末で) 212,500kVA (力率80%) 139kg/cm <sup>2</sup> g(137bar abs) 538度 C 538度 C 722mmHg VAC 1個 1個 3,000 rpm 15.5kV 50Hz ブラシレス直結励磁機 戸外
--	-------------	---

### ガス・タービン

ガス・タービンはピーク時負荷対応用である。

基数 形式 燃料の種類 燃焼器 コンプレッサ段数 コンプレッサ圧力比 タービン段数 スタート方式 正味の熱比率(20度 C/1013.6mbar ) 排出温度 (度 C) 最大排出温度限度 (度 C)	1基 PG6461 ガスオイル、軽油 マルチプル 17 2.0度で約11.4 3 デーゼル・エンジン 3051kcal/kwh(LHV) 精製油 / 原油 539/563 精製油 / 原油 571/571
--	--

### 緊急用ディーゼル発電機

緊急用のディーゼル発電機は、停電時に4ユニットの起動用電力を送り、蒸気発生装置の安全を守るためのものである。本件は、当初計画になかったが、必要性が認められ、事業範囲に追加されたものである。

台数 形式 発電機 力率 回転数	2台 380KA12V45 (HE 750/38 ) 2 × 750 KVA/600KW 0.8 1,500 rpm
------------------------------	--

### その他の設備

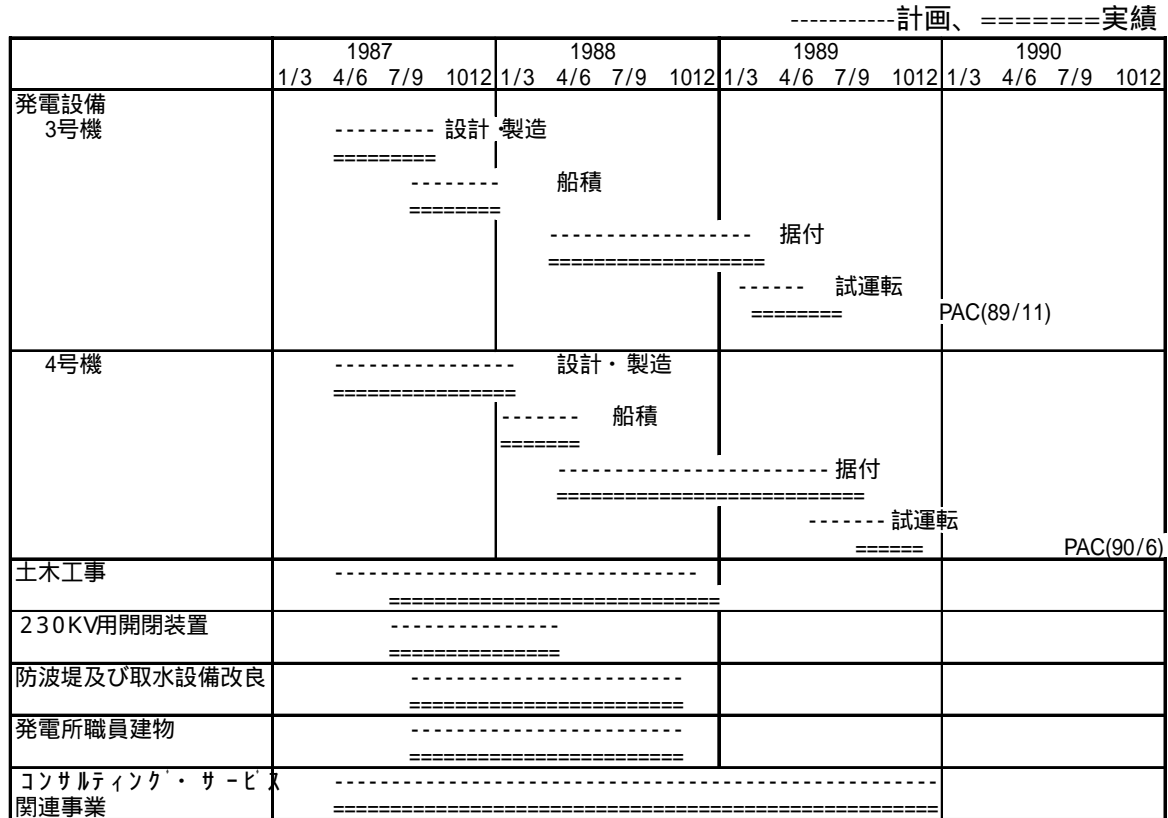
給水設備 (2 系列)	海水冷却設備 (2 系列)	復水設備 (2 系列)
燃料燃焼設備 (2 系列)	主変圧器	非常用電源設備 (3 基)
230kV 送電鉄塔	従業員住宅	

2.1.2 工期

(1) 予定の工期との差異

信用状(L/C)の開設が4ヶ月遅れたことに伴い、工程の一部に若干の遅れが生じたが、全体としてはほぼスケジュールどおりに進捗し、最終的には対計画比2ヶ月遅れで試運転を完了した。

[図2-1] 審査時の工程計画と実績



(出所)PCR 開始基準(87/7) 終了予定(89/9)

(2) 工期の進捗月数

上述のように、工事開始基準日(87年7月)からわずか26ヶ月で電力の供給が開始できた。また、PAC(Provisional Acceptance Certificate)を取得するまでの期間も、第3号機とガス・タービンで6ヶ月、第4号機で10ヶ月であった。

[表2-1] 工期の進捗月数

ユニット別	工事開始基準日から Load 100%までの期間(ヶ月)	Load 100%から PAC までの期間(ヶ月)
U3、GT	23	6
U4	26	10



建設がこのように順調に行われたのは、次の理由による。

事前調査...既存の火力発電所に対する増設工事であり、地質条件などが調査済みであった。

労働者...労働者は量、質ともに問題がなかった。土木工事にはシリアの労働者の参加もあったが、建設に限れば本邦企業の労働者の大半は、熟練した日本とフィリピンの労働者であった。

デリバリ...到着した物資の保管場所の不足問題がしばしば生じたが、実施機関である P E E の協力により解決された。

検査・試験...建設期間に、コントラクターは必要な場合には個々の機器の検査・試験を適正に行った。このチェックと試験にはコンサルタントが立会い、この結果は 3,000 枚以上の検査報告書として記録されている。

### 2.1.3 事業費

総事業費は、計画 34,958 百万円に対し、実績は 33,008 百万円であった。借款対象（承認額）は外貨費用 27,927 百万円からコンサルティング費用を除いた 27,544 百万円であったが、貸付実行実績は 26,686 百万円であった。このように、事業費はほぼ計画どおりとなっている。

なお、コンサルティング費用を借款の対象外としたのは、シリア政府がコンサルタントは機器供給国以外から雇用するとの基本方針を有しており、本事業の場合、本邦企業が発電所本体の機器供給元となることから、応札コンサルタントに日本企業が含まれないことが明らかになったため、日本政府がブレッジ段階で当該費用を借款対象外としたためである。

[表 2 - 2] 事業費総括表

項 目		外貨（百万円）		内貨（百万 S £）		合計（百万円）	
		計画	実績	計画	実績	計画	実績
発電所増設	発電設備機器	15,750	15,777	0	0	15,750	15,777
	運賃・保険料（FOB）	3,430	3,624	0	0	3,430	3,624
	内陸輸送費	480	620	0	0	480	620
	据付費	5,230	5,608	17	17	5,247	5,625
	土木工事費	1,610	909	62	61	1,672	970
小 計			26,538	79		26,579	26,616
用開閉装置		160		1	1		1
取水口および防波堤			0	7		182	14
予備費		363	148		34	385	
小 計			26,686	113		27,657	26,813
・フィー		383		5	3		304
関税					23	60	
合 計		27,927	26,987	178	152	28,105	27,139

（出所）P C R

（注 1）ベースコスト：86 年 10 月

（注 2）交換レート：1 U S ドル = 155 円 = 3.925 S P

[表 2 - 3] 年別の事業費支出

(単位：百万円)

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	合計
	1,976	5,927		3,951	0		263	20,021
	628	628		1,887	0		0	6,287
土木工事費	330		497	661		0	0	
230kV 用開閉装置		19	28		0	0		47
取水口および防波堤		164	376		0	0		540
発電所職員住宅		285	663		52	462		1478
予備費		0	0		0	0		0
小 計		8,844	12,611		52	462		31,681
コンサルティング / 関税	133		464	332		0	0	
合 計	3,067		13,075	6,831		462	279	

(出所) P C R

## 2.1.4

## (1) 実施機関

( P E E : )

は、 年 1 月に設立された全額政府出資の公社であり、電力省 ( M O E ) の管轄下において、

P E E は、本事業実施以前にも、パニアス火力発電所 1 号機、メハルデ火力発電所 2 号機、2 号機、2 (一部、世銀) からの融資で建設した経験があった。さらに、カティーネ火力発電所 ( 180MW ) を自力で建

実施においても、適正な施工管理を行っている。

なお、P E E は、 年 4 月 19 日 ( 14 号 7 月 日発効 ) によって、発送電公社 E G T ( Public Establishment of Electricity Generation and Transmission )

( P E D E E E : Electric Energy ) の つに分割された ( これに伴い P E E は解散された ) 。

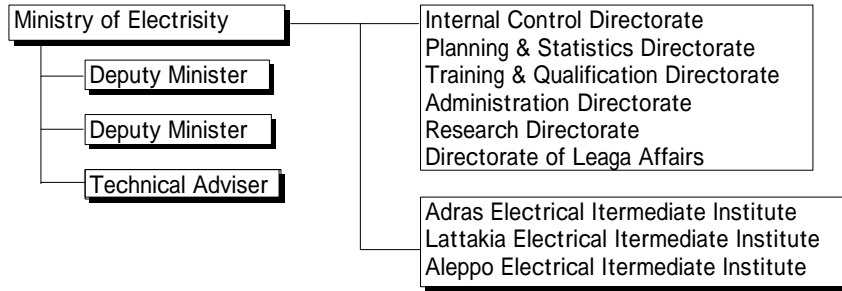
17,500 百万シリア  
送電を管轄する。具体的には、

発電所および送電網の需要の決定、需要を満たすための計画の策定 ( 230 400KV ) の建設 ( 230KV 400KV )、主要調整センターの運転、管理、維持 ( 230 66 / および 400KV ) アラブ諸国およびトルコとの電力網連結問題のフォローなどを行うこととなっている。

8,300 百万シリア  
と電力の有効利用を管轄する。具体的には、

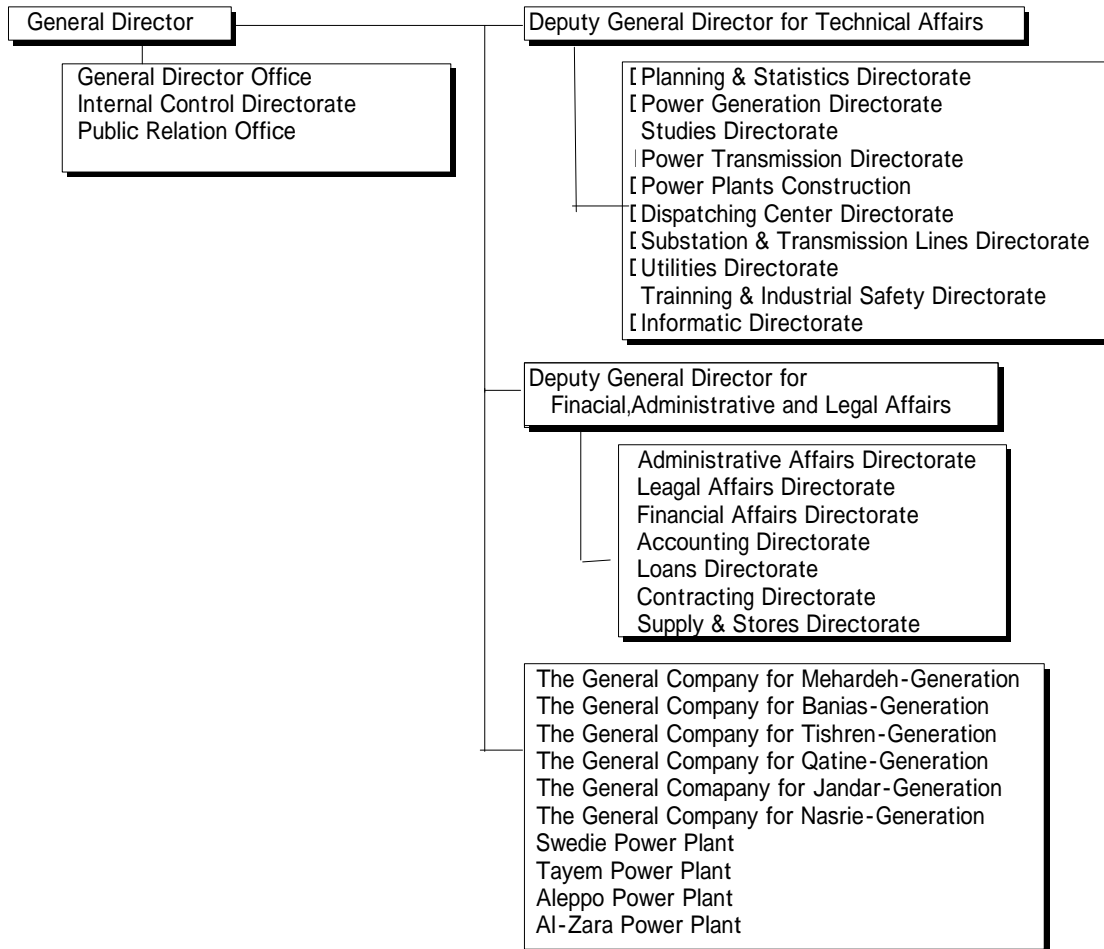
配電計画の策定 ( 66 20 / ) の建設  
配電所および配電網 66 / / 0.4KV  
コンクリート工場、電力修理部門、水力タイプも含めた予備用小型発電機の管理、運営、維持 ( 230 66 / ) の 22KV

[図 2 - 1] 電力省の組織 (1995 年)



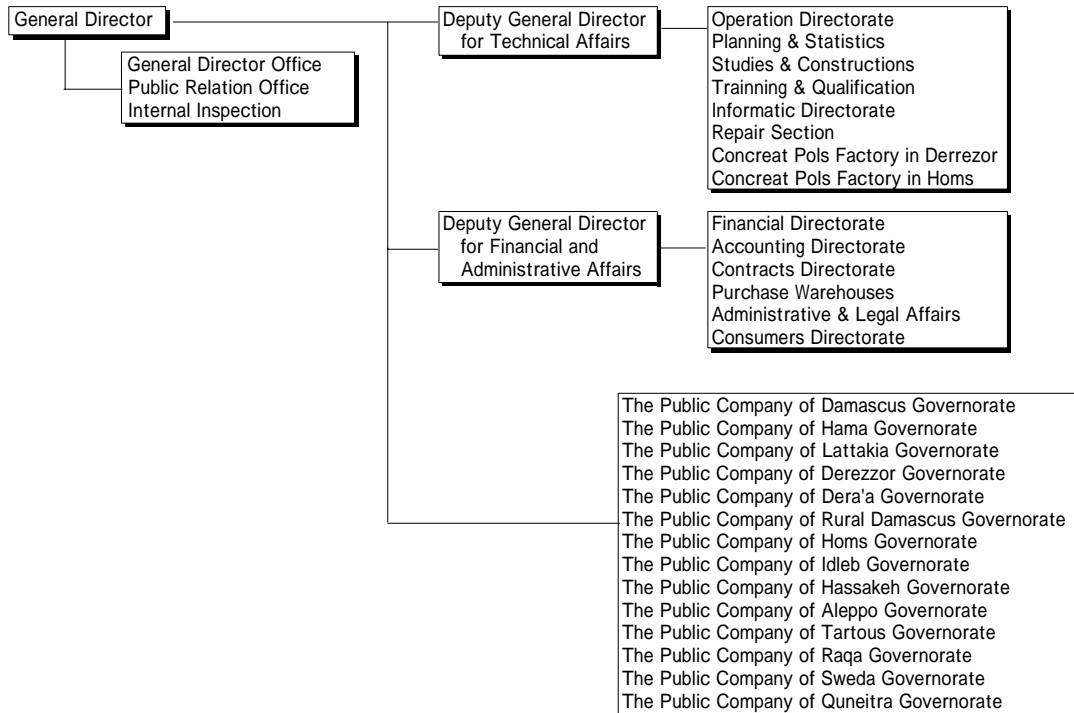
( )MOE Annual Statistical Report Year 1996」

図 2 3] (1995 年)



(出所)MOE「Annual Statistical Report Year 1996」

[図 - 4] P E D E E E の組織 (1995 )



(出所 MOE 「

(2)

本事業においては、以下をTORとするコンサルタントが雇用された。

コントラクター提出の設計図面のチェックおよび承認

現場での機器の据付け、土木工事、試験運転に対する指導監督

コントラクター作成のトレーニング

保証期間中の技術指導

プロジェクト全体の管理

6 社間の競争となった。その結

1 号機、 号機の建設時に土木部門のコンサルティングを行ったフランスの会社が選定され、 M / Mの作業を 42

実施機関 P E E のレポートによると、そのパフォーマンスは「普通」であり、本評価におい

なお、前述のとおり、コンサルタントは本体事業のコントラクター以外の国から雇用する、というシリア政府の方針があり、日本のコンサルタントは入札には参加できていない。このた

(3) コントラクター

なお、コンソーシアムは、さらにサブ・コントラクターとして本邦企業、本邦+フィリピンの

合併企業、シリア企業の3社を雇用している。

PEEのレポートによれば、これらのパフォーマンスは「良好」である。

## 2.2 運営・維持管理に係わる評価

### 2.2.1 運営体制・状況

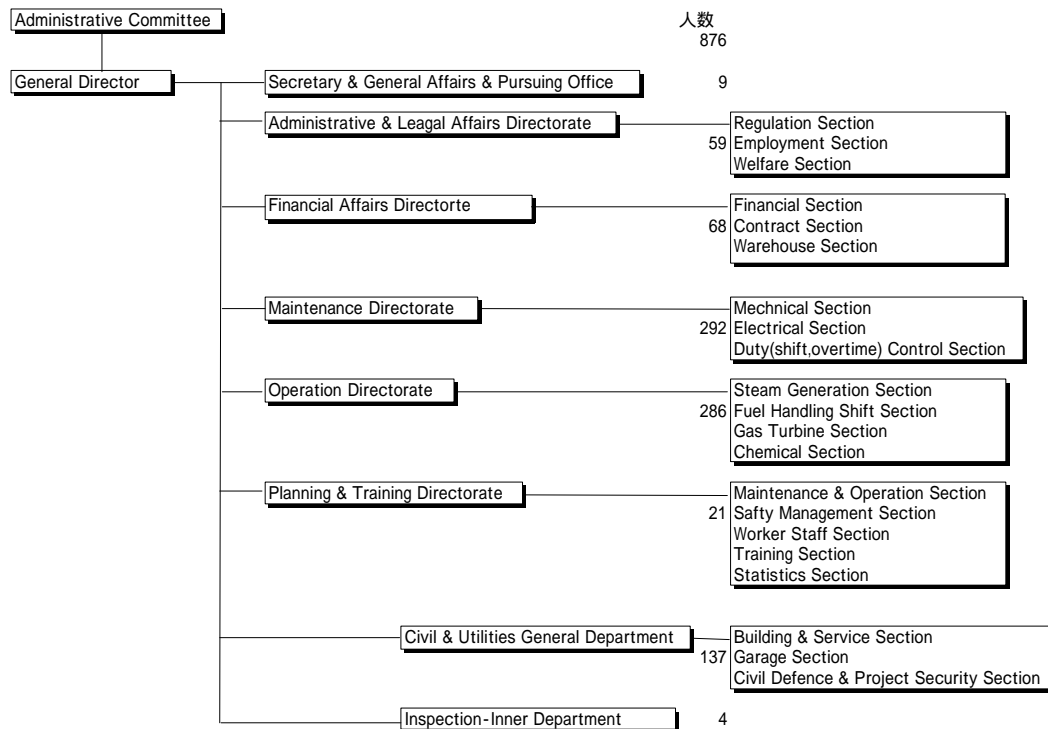
#### (1) 発電所の組織

前述のとおり、本事業完成後、PEEがPEEGTとPEDEEEに分割されたので、現在、バニラス火力発電所はPEEGTの組織の一部になっている。

バニラス火力発電所では876人の従業員が、図2-5に示した組織に配置されている。作業は4チームの8時間シフト制（朝、昼、夜、スタンバイの4組）で行われている。管理部門の就業時間は朝の8時から午後2時までの6時間（昼の休憩はない）である。管理部門での労働時間が短い、国営企業の場合、給与水準が民間の半分程度（エンジニア・クラスでも月給150ドル）といわれ、火力発電所の給与だけでは生計をまかなえないので、他の仕事も行えるようにこうした体制になっているとのことである。

かつて発電機が2基体制の時には1,000人を超える従業員がいたことに比較すると、現在の876人は合理化が進められた結果とみなせるが、日本では同規模の発電所が約400人で運営されていることを考えると、依然として余剰人員があると思われる。これは政府の方針で、雇用の確保を最優先していることとも関係している。さらに、火力発電所が大学生や工業学校生など、国民への技術移転の場となっていることもあるので、日本の基準で効率を論じることは、やや無理があるのではないかと思われる。

[図2-5] バニラス火力発電所の組織図（1996）



(出所) バニラス火力発電所

## (2) トレーニング

トレーニングは、火力発電所内部で行われるものと、電力省や P E E G T が行うものがある。  
バニアス火力発電所での研修制度

バニアス火力発電所には計 16 人の専任担当者がおり、所員の研修を担当している。研修のコースとしては次のようなものがある。

新入社員教育	運転員基礎教育
英語教育	O J T (運転および補修員)教育

運転研修では専任担当者が 2 人おり、この 2 人による基礎教育が終了すると、O J T 方式で教育を行う。教育形態は、日本の方法と似ているが、主体は O J T での実務教育に頼っているのが現実である。O J T の教育は、運転直長 (Shift Chief : 第 1、2 号機で 4 人、第 3、4 号機で 4 人の計 8 人) が、当直の時間を利用して訓練するものである。なお、事務研修としては 4 人が業務を、2 人が英語を教えている。

### 電力省や P E E G T での研修

電力省や P E E G T では直属の電気・機械技術学校を設立して、ここで集中的に教育を行い、各発電所に配属している。この学校はアドラ、アレッポ、ラタキヤにあり、2 年間の教育を行い、短期大学程度の教育を行う。卒業生はアシスタント・エンジニアとなることができ、1990 - 1995 年の 6 年間で 1,443 人が卒業している。

さらにアドラ、アレッポ、ジャンダールの 3 火力発電所では、より高度の教育を行っている。アドラとアレッポでは配送電に関する教育を行い、ジャンダールでは 1999 年に開校予定の学校で火力発電所の操業についての教育を行う予定であり、3 校で 1,000 人の教育が可能である。

また、ジャンダール火力発電所では、構内に設置されたバニアス火力発電所の第 3、4 号機をベースにしたシミュレーターを使って、運転員を教育している。ここでは 50 人を 5 グループに分けて、2 年間の研修を行っている。研修内容は通常の起動・停止操作をはじめ、100 余りの故障に対応したシミュレーションによって、燃焼の増減などの操作訓練、事故時に対応したスイッチ操作の訓練、ボイラ制御システムの操作ミスの回復訓練など、実際の状態と同じに計器類・警報・制御装置が動き、運転員が実感を持って訓練を受けられるものである。現在は単に運転訓練のみに使っているが、実際に起こり得る、重大事故に対応した訓練も可能である。

## (3) バニアス火力発電所の有資格者数

バニアス火力発電所における有資格者数は消防士 25 人、自動車運転者 25 人、危険物取扱士 4 人、タービン主任技術者 16 人、ボイラー主任技術者 16 人、発電機主任技術者 16 人、クレーン運転手 2 人である。これらは、英国とほぼ同じ資格制度<sup>1</sup>である。

### 2.2.2 維持管理体制・状況

今回のバニアス火力発電所訪問で確認した、維持管理上の問題点は次のようなものである。

#### (1) 地下パイプラインのリーク

バニアス火力発電所で使用される重油は、8km 離れたバニアス精油所から地下パイプライン

<sup>1</sup> ただし、主任技術者の制度は英国流とは違っている。すなわち、第 1、2 号機で各直 2 名の 8 人、第 3、4 号機で各直 2 名の 8 人、計 16 人が主任技術者となっているが、責任者の位置付であり、資格制度とは別なものと思われる

経由で送られている（このパイプラインはO E C F 借款対象ではない）。このパイプラインは、軍事上の要請から地下に埋没敷設されているが、地下水によって配管に穴が開き、そこから重油が漏れる事故が頻発している。配管が地下水で覆われると、部分的に電気分解が発生し局部的に侵食が進み、配管に裂け目が発生するためである。

このパイプラインは既に使用開始後 15 年を経えており、年に数回の漏洩事故が発生している。O E C F が 1995 年に実施した O E C F 調査報告によれば、1995 年までのパイプラインの事故は次のとおりである。

[表 2 - 4] 1995 年までのパイプラインの事故

発生年	特記事項	発生年	特記事項
1980	建設工事完了	1988-1990	年1回程度
1981	使用開始	1991-1994	年7回程度 (冬に発生)
1981-1985	損傷事故なし	1995/2	6回発生
1986	坐屈事故	1995/4	5回発生
1987	漏油事故多発		

最近では、その事故の頻度もさることながら、住宅地内での漏洩なども起っており、大きな問題となっている。修理を行っても、その修理箇所から再び漏れるなどの事故も発生している。

また、同じく O E C F 調査のモニタリング報告（1998 年）によると、その後の漏油発生の日月は次のとおりである。

[表 2 - 5] 1996 年以降の漏油発生

1996/4/6	1996/11/6	1997/4/18
1996/9/12	1996/12/22	1997/4/29
1996/9/21	1997/4/10	1997/5/29
1996/10/9	1997/4/16	1997/6/24

腐食、熱膨張問題の回避、保全・検査の容易さなどを考えると、地上パイプラインが望ましいが、上記のシリアの特殊事情から実現は難しい。このため、このパイプラインは使用を止めて、ガス用のパイプラインを敷設する（当然、燃料も石油からガスに転換する）ことも検討しているとのことである。

## (2) コンデンサ・チューブ（復水器細管）からの海水リーク

バニアス発電所のコンデンサ・チューブは、1995 年までに予備のチューブが在庫切れになるほど、海水リークに悩まされてきた。最も問題の大きかった 3 号機については、1997 年 11 月から 98 年 1 月にかけて 50 日間運転を休止し、その間に全数 11,780 本を 10% キュプロ・ニッケル管（アルミにニッケルを加えて、より硬く、かつ熱伝導率の高い、材質とした管）にシリア側の自己資金で交換した。

## 復水器



(左) 交換されたチューブ 11,780 本が構内に積まれている。(右) 冷却管の端末処理



4号機のコンデンサ・チューブは比較的海水リークが少なかったが、89年11月以来8年経過した97年9月末には、プラグ（盲栓）した本数が急増し、累計で1,260本（全数11,780本の11%）に達した。このため98年3月から運転停止50日の予定で、全数を10%キュプロ・ニッケル管に取り換えるとのことである。

今後キュプロ・ニッケル管に取り換わることで、復水器の海水リーク事故は減少するものと考えられる。95年央からの冷却管のプラグの実施状況は、表2-6のとおりである。

[表2-6] 復水器冷却管盲栓実施状況

	(本)			
	第3号機		第4号機	
	交換本数	累計	交換本数	累計
95年7月まで(SAPS調査時点)		892		493
95年8月～96年8月	284	1,176	3	496
96年9月～97年1月	58	1,234	0	496
97年2月～97年4月	242	1,476	264	760
97年5月～98年1月	270	1,746	1,740	2,500

### (3) ガス・タービンの故障

ピーク負荷対応用ガス・タービン発電機（34.5MW、夏季最大28MW）は、1993年4月以来、故障により稼働していなかったが、今般修理が完了し、1997年12月12日から使用できる状態になった。メーカー側のスタートアップ・エンジニアが1名現地を訪れ、電子部品（シーケンス・カード）の不良、ガス・オイル・バルブ、チェック・バルブの不具合、動作不良を発見、部品を手配・交換したので使用できるようになったものである。現在は、必要があればいつでも使用できる状態である。

この修理が成功するまで、メーカー側では何度か修理を試みたものの成功していない。この



ことより、ガス・タービン修理も単なる機械の専門家では困難で、シーケンス・カード（機械操作の手順をICカード化したもの）の不具合なども発見できる（デジタル・コンピュータ制御の手順が判る）広い知見を有する専門家でなければ務まらないことを意味している。



ガス・タービン

#### (4) 予備品の不足

これまで3、4号機では、エアヒーター部のガス漏れ、運転中の煤発生、ガスダクトの火災、エアヒーター部支持箇所腐食、ガスダクト部エキスパンション・ジョイントの不具合などが生じた。最近では、コントラクターから第3、4号機ボイラー用に各5本のバーナ・ガン、計10本を購入した。中間点検で取り替えたり、バーナ・チップ清掃の交換用として使うもので、燃焼改善が進むことが期待されている。またコンデンサ・チューブの取換えも行われた。

修理費用の必要性は徐々にではあるが、MOE、シリア大蔵省の理解を得つつあるものとみられるが、依然として十分ではなく、予備品の手配は困難であることは変わりがない。基本的には、電力料金が安く設定されているという問題があるが、予備品の購入費用を捻出し、かつ有効に使う努力が必要である。

#### (5) ユニット・トリップ

ユニット・トリップとは、運転中に何らかの不具合が生じた際、それ以上の機械的被害を回避するために、発電機などのユニットを遮断器を開くことで系統から切り離すことを言う。言い換えると、不具合が生じたために給電の需要があるにもかかわらずユニットを止めざるを得ない事態があることを意味する。幸い、パニアス火力発電所ではここ2年間、人身事故/死亡事故につながったユニット・トリップは全くなく、蒸気による火傷など、発電所の診療所で治療を受け、翌日から働ける程度のもので1件あっただけである。詳細は表2-7に示した。

[表 2 - 7] バニアス火力発電所での 96、97 年のユニット・トリップ一覧

発電機	トリップの原因	発生日	事故時間	対策
第 3号機	出口管過熱	95/01	2日間	修理
	海水リーク	95/08	2時間	盲栓
	コンデンサ真空度低下	95/09	2時間	取替え
	General Black Out	95/09	1.5時間	系統復旧
	周波数低下	96/02	2時間	
	ボイラ燃焼室点検窓附近の蒸気リーク	96/02	23時間	修理
	主蒸気温度高	96/02	11.5時間	修理
	ドラム水面計ドレン管破損	96/04	17時間	修理
	復水電導度高	97/10	5日間	盲栓
	冷却水ポンプ軸受異常	97/12	2日間	修理
	雷害	97/01	3日間	修理
	コンデンサー海水漏れ	97/03	6日間	盲栓
	コンデンサー海水漏れ	97/08	4日間	盲栓
復水器冷却間取替え	97/11	51日間	管の交換	
第 4号機	General Black Out	95/09	3時間	系統復旧
	バーナー火焰の喪失	96/03	1時間	
	雷雨によるケーブル焼損	97/01	10日間	修理
	制御盤異常	97/01	1.5日間	修理
	周波数低下	97/02	30時間	
	ドラム・レベル高	97/02	3時間	修理

( 出所 ) バニアス火力発電所

### 2.2.3 管理体制・状況

バニアス火力発電所では、前述のようなマイナーな問題はいくつかあるものの、基本的に操業状態は良好であり、機器類も安定して運転されてきた。しかし、最近、第 1 号発電機で、タービンの中に水が逆流してしまいシャフトが曲る事故が生じた。常識的に考えて、この事故に至るまでに何らかの異常が発生していたはずであり、その時点で適切な処置（最も容易なのは、異常を感知した段階で運転を止めるなど）をとらなかったことから生じた、操業上のミスと考えられる。

今後、このような事故が再度発生しないようにするためには、次のような点に留意する必要がある。

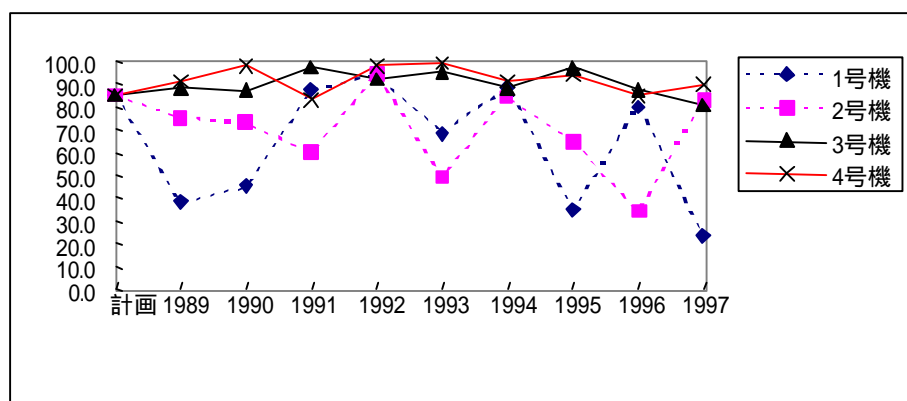
#### (1) 稼働率の健全化

第 3、4 号機の稼働実績は、しばしば計画を上回る 90% 以上となっており、発電設備の将来の健全性が懸念される。従って、適正なレベルの稼働率を保つための方策が必要である。

[表 2 - 8] 発電機毎の稼働率の推移

発電機 #	計画	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
発電量 (GWh)	1	1,139	931	395	795	848	556	943	299	576	175
	2	1,139	816	804	644	660	454	839	585	233	582
	3	1,139	747	1,095	1,260	1,251	1,245	1,002	821	544	509
	4	1,139	361	1,231	1,065	1,321	1,299	976	777	493	546
Sub-total		4,556	2,855	3,525	3,764	4,080	3,554	3,760	2,482	1,846	1,812
電力販売量 (GWh)	1	1,139	874	370	738	786	518	886	279	534	162
	2	1,139	767	768	602	611	427	790	545	213	537
	3	1,139	697	1,048	1,197	1,191	1,187	950	722	504	470
	4	1,139	346	1,179	1,011	1,156	1,235	922	728	455	504
Sub-total		4,556	2,684	3,355	3,548	3,744	3,367	3,548	2,274	1,706	1,673
ピーク負荷 (MW)	1	170	145	152	153	149	148	168	150	154	150
	2	170	160	160	160	94	158	165	152	145	136
	3	170	170	170	170	170	170	170	170	170	156
	4	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
操業時間	1	6,701	7,725	3,973	7,657	8,315	5,969	7,753	3,056	6,981	2,029
	2	6,701	6,590	6,373	5,280	8,167	4,314	7,384	5,616	2,983	7,244
	3	6,701	5,201	7,618	8,530	8,088	8,349	7,769	3,488	7,664	7,049
	4	6,701	2,818	8,558	7,313	8,643	8,709	8,006	8,211	7,421	7,847
稼働率	1	85.0	38.0	45.0	87.0	94.0	68.0	88.0	34.9	79.7	23.2
	2	85.0	75.0	73.0	60.0	94.0	49.0	84.0	64.1	34.1	82.7
	3	85.0	88.0	87.0	97.0	92.0	95.0	88.0	96.8	87.5	80.5
	4	85.0	91.0	98.0	83.0	98.0	99.0	91.0	93.7	84.7	89.6
Plant Factor	1	76.5	62.0	26.0	53.0	57.0	37.0	63.0	20.0	39.0	12.0
	2	76.5	55.0	54.0	43.0	44.0	30.0	56.0	39.0	16.0	39.0
	3	76.5	50.0	73.0	85.0	84.0	84.0	67.0	55.0	36.0	34.0
	4	76.5	24.0	83.0	71.0	89.0	87.0	65.0	52.0	33.0	37.0

[図 2 - 6] 発電機毎の稼働率の推移



(注) 稼働率は「利用可能時間 / 8,760 時間 (24 時間 × 365 日)」で計算した。

(出所) P E E G T

## (2) ジェネラル・メンテナンスをめぐる問題

発電所の機械にはそれぞれの固有寿命があり、特に摩耗する部品は定期的に変換していく必要がある。この定期補修を正しく行うことで、発電所トータルとして 20～30 年の経済的な運転寿命を持つことが可能となる。火力発電所では故障の予防保全のために毎年定期的に停止し、劣化部分の補修を行う。さらに 15 年あるいは運転 10 万時間で本格的な改修を行い、寿命を長く保つことを考える。

一般的に補修の行い方としては、

6 ヶ月毎に 2 週間停止し点検補修をする...パニアス火力発電所でも一応実施されている。

1 年毎に 1 ヶ月間停止し点検補修をする...同上

ジェネラル・メンテナンス (3～4 万時間毎に 4 ヶ月間停止し、全分解しての点検補修をすること) ...実施されていない。

これまで、バニアス火力発電所では資金不足と電力不足、予備費の不足から、上の、の点検補修については一応行われているが、どちらかと言えば、故障が起きてから修理すると言った後手回しの対策になっている傾向がある。さらに十分なスペアパーツが入手できないために運転信頼度が低下し、出力の低下が生じている。ただ、ジャンダール火力発電所などの稼働で供給側に余裕ができてきたので、バニアス火力発電所も、今までの base load 発電所から peak load 発電所へと役割が変わりつつある。つまり、一時的に運転を停めて、基本的な供給力を確保するためのメンテナンスも実施できるようになりつつある。

ジェネラル・メンテナンスについては、第 1、2 号機は既に実施中であり、99 年に第 3、4 号機の 1 台を、翌年に残りの 1 台を実施するものと考えられる。いずれにせよ、機器の状況を知らないままに時間が経つことの危険は、大きいものがある。発電機などの機器は予防的メンテナンスが重要であり、十分なメンテナンスをすることなく、長期間酷使すれば、摩耗などから重大なトラブルが発生する危険性が大きいからである。バニアス火力発電所の第 3、4 号機については規定のジェネラル・メンテナンスを行うべき時期（4 年経った時期で行う）を、既に大きく過ぎており、早急に実施すべきである。

### (3) データ類の整備状況

現在、バニアス火力発電所においては、最新鋭のパソコン（32 ビットで、OS として Windows3.1 または Windows95 を搭載しているもの）が 9 台導入されており、ハード面では設備が整っている。しかし、その反面、操業データ、経理上のデータなど、運転、経営の効率化のために必要となるデータは必ずしも十分に整理されておらず、またその内容も不正確な面がある。つまり、ハード面の問題ではなく、パソコンを使いこなすソフト面の整備が遅れているものと考えられる。

### (4) その他の対策と留意点

バニアス火力発電所の改善についての発電所側の希望を聴取したところ、次のようなことがあげられた。発電所の維持・管理の問題点を考えると妥当な意見と判断されるので、ここに要約する。

燃料転換...全ユニット、燃料を重油からガスに転換したい。

効率の向上...第 1、2 号機のユニット効率 = 28%、第 3、4 号機のユニット効率 = 33 - 34% を、通常の高効率のタービン並みの 36 - 37% まで上げたい

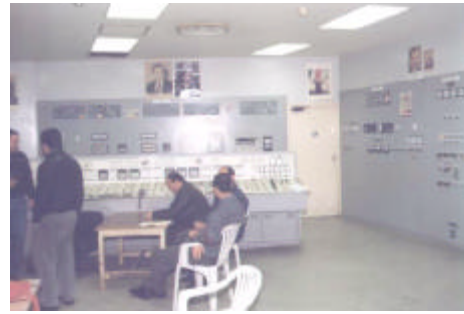
補修費用の効率的な使用方法の検討...修理では、製油所からの重油送油管の漏れ対策を優先して行いたい。修理に当たっては、費用と効果を考え、できるだけ効率的な対策をして行きたい。

ガス燃焼に換えることによる環境対策...NOx, SOx, ダストを現行の重油のレベルより引き下げたい。

制御装置のリハビリテーション...第 1、2 号機は正確な値を指示しないなど、制御系の経年劣化が目立っているので交換したい。第 3、4 号機は制御系と測定系の計器が分離されており、問題はない。いずれについても、経年劣化時にはコンピュータ化を進めたい。

所内負荷の減少...第 1、2 号機の給水ポンプは運転特性が悪く、かつ損失が多い。新式のボイラ給水ポンプに置き換えたい。

Computerized unit control の採用...バニアス火力発電所に、コンピュータ制御装置を導入し intelligent なバニアス火力発電所にしたい。



コントロール・ルーム内部

#### 2.2.4 環境をめぐる問題

最近、シリア国内でも環境問題の重要性が認識されている。これは地中海の海水汚染と、発電所、精油所など大工場周辺で、大気汚染に対する苦情が出ているためである。

##### (1) 大気汚染

###### 1) 大気汚染の現状

本事業の建設当時には、シリアあるいはP E Eに環境に関する規制がなかったため、環境対策設備は設置されなかった。しかし、WHOガイドラインに基づいて、シリアでも1994年から大気汚染規制法が施行されたので、P E E G Tでは次のような対策を採用しようとしている。

静電気集塵装置を設置し、必要であればSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の除去装置も付ける。

燃料を重油から天然ガスへ転換する。

1989年にシリア政府は、バニアス火力発電所からの排出ガスの調査を行った。この結果は表2-9のとおりである。なお、バニアス火力発電所側では、住民から苦情が出ている公害は精油工場からのものであり、火力発電所に責任はないと主張している。

[表2-9] 発電機毎の排出ガスの測定結果

	1号機	2号機	3号機	4号機	合計
排出ガスO <sub>2</sub> (% トライ)	6	7.3	4.9	4.5	
排出ガス温度 (度C)	167.9	131.5	155	155	
SO <sub>2</sub> 排出(t)	11.3	8.6	21.5	21.4	62.8
CO <sub>2</sub> 排出(t)	481	366.4	916.1	911.9	2675.4

(出所)OECE調査最終報告書

##### 2) 測定結果

1995年のOECE調査(前述)において、バニアス火力発電所周辺の4地点で大気の状態が測定された。その結果は、表2-10に示したとおりである。

A地点...・南南西9km。この方向への風向は少なく、自動車走行台数も少ないのでクリーンと考えられる。

B地点...・東南東5.5km。時折、こちらの方向に風が吹く。

C地点...・東北東 9km の丘で、最も汚染が進んでいると考えられる地点。アシッド・スマッドと呼ぶ黒い降下煤塵が降下する。

D地点...・北東 2.5km。パニマス市街地の賑やかな場所であり、自動車の往来も多い。

[表 2 - 10] 4 地点毎の大気汚染状況

	NOx(ppm)		SOx(ppm)		Dust(mg/m <sup>3</sup> )		測定時間 (Hr)
	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
A	0.002	0.010	0.001	0.005	0.024	0.062	42
B	0.002	0.012	0.001	0.001	0.030	0.049	24
C	0.010	0.025	0.011	0.078	0.020	0.055	117
D	0.008	0.020	0.009	0.049	0.025	0.071	24
シリア基準	0.130		0.210		0.254		
日本基準	0.100		0.040		0.100		

(注)発電所の負荷が60%の時の1時間値

表 2 - 10 の結果をみると、最大値で SOx が 0.078 ppm/h、NOx が 0.025 ppm/h、Dust が 0.055 mg/h であるが、これは発電所の出力が 60% の時なので、出力 100% に換算すると(単純に 1/0.6 = 1.67 倍とする) SOx が 0.13 ppm/h と 1 時間値が出る。平均値は 0.02ppm/h で、問題がないと考えられるが、1 時間値は制限値一杯というレベルである。

パニマス火力発電所の 1 日平均硫黄(S)分排出量は、次のとおり最大 110 トンと計算される。

(前提)

最大発電量は 1992 年の 4080 GWh (ただし、1997 年はこの半分以下)。

消費重油量：4,080/3.57 (千 ton/GWh) = 1,150 (千 ton)

硫黄分 : 3.5%

(計算値)

1 日平均硫黄分排出量：(1,150,000 (ton) ÷ 365 (day)) × (3.5/100) = 110 (ton/day)

これを 1 日分 SO<sub>2</sub> 排出量に換算すると 2 倍の 220 (ton/day) と計算される。これは、世銀の旧基準「500 (ton/day) 以下」を満足しているが、新基準の「680 MW × 0.2 = 136 (ton/day)」、および排出濃度「2000 (mg/Nm<sup>3</sup>) (=約 700 ppm)」は超えている。既設発電所は新基準の適用を受けないものの、注意する必要がある。

これに対して、acid smut (酸性の煤) によると思われる、ぶどうが若葉時代に受けたとみられる白い斑点(1 枚に 1 2 ヶ見られる)には問題がある。この被害を与えた煙源は、発電所なのか精油所なのか、同一の風下地域だったので判定はできないが、注意が必要である。集塵機の設置、灰の焼却炉設備(灰の量を約 1/10 に減らし、運搬を容易にする)などの対策が考えられる。また、灰からの重金属の回収も考えられるが、その設備はシリア一国というより、ある地域で一つの設備を共有するといった広域的な対応が望まれる。

NOx は、特に問題はなく、通常レベルの排出である。

### 3) 大気汚染への対策

#### 煙突排煙監視用工業テレビの設置

パニマス火力発電所の燃焼管理の現状は良好とは言えない。即ち、黒煙が出ても空気流量を増していない、フレーム監視窓の所に、火焰を見るための色ガラスがない、の 2 つの事実からみて、中央制御室の O<sub>2</sub> 計が不具合か、ボイラ・ガスの流れに偏流があり(多くの場合、流

れが均一でない) O<sub>2</sub>計の指示が不正確(測定点が代表点でない)のような不具合があると考えられる。また色ガラスなしでフレームを見るのは太陽を色ガラスなしで見ているに等しく、余程の燃焼不良でない限り判定はできない。バニアス火力発電所では今のところ、色ガラスでバーナ火焰を見る習慣はないようである。

以上の現状から、工業テレビによる黒煙監視が、最も判定のしやすい燃焼管理の手法と考えられる。

#### 煙突内筒の水洗

95年まではボイラを連続運転しており、水洗の必要性は比較的少ない状況であった。しかし、今後、peak load 運転が多くなっていくとユニット停止の機会が増え、ユニット停止時にはどうしてもボイラ伝熱部の温度が下がる。

一方、煙突内筒に附着した灰分は、厚みが 0.1 mm のオーダーでは剥離することはないが、0.2 mm のオーダーになると煙突および灰分の温度による膨張係数が違うため、停止時に剥離し、ユニット起動時に飛散する現象が起り得る。この飛散を防止するには、煙突の水洗で、厚い灰を洗い流すのが効果的である。停止期間の長い中間点検、あるいはジェネラル・メンテナンスの時に水洗することになる。

## (2) 水質汚濁

井戸から供給されている原水、発電所での飲料水には問題がなかったが、生活排水と一般排水はそのまま未処理で地中海に放出されているため、BOD (Bio Chemical Oxygen Demand 生化学的酸素要求量)、COD (Chemical Oxygen Demand 化学的酸素要求量)、SS (Suspended Solids 浮遊物質) 値の全てが高く問題として指摘できる。

#### 生活排水

OECF 調査で、疑問点のあった生活排水の処理後のBOD値について、測定することを提言し、第4回目のモニタリング報告になってBOD測定値が記載されるようになった。測定値の大小はともかく、OECFのフォロー・アップによってバニアス火力発電所自身で公式に測定できるようになり、かつこれを公表したことに第一の意義がある。現在のBOD値が100 ppmを超えていることは、悪いという水準とは言い切れないが、できれば地域社会の手本として、30 ppm 台への改善を望みたいところである。

[表 2 - 11] 生活排水のBODモニタリング結果

	BOD		COD		SS		pH	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
97/10	-	-	4	3.5	-	-	7.6	7.5
97/11	-	-	3	5	-	-	7.4	7.6
97/12	120	-	4	3	-	-	7.3	7.4
98/01	110	100	3.5	3	-	-	7.5	7.6

(出所) 98年3月末提出予定のOECF調査モニタリング報告



生活排水の処理槽

### 一般排水

一般排水といいながらBODが高いこと、およびpHが高いことから、生活排水と発電所純水装置の中和槽の排水が混合している可能性がある。

[表 2 - 12] 一般排水のモニタリング結果

	BOD		COD		SS		pH	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
97/10	-	-	3.5	3	-	-	9.4	9.3
97/11	-	-	4	3.5	-	-	9.2	9.1
97/12	100	80	3.3	4	-	-	9.0	9.1
98/01	40	50	3.8	2.5	-	-	9.1	8.1

(出所) 98年3月末提出予定のOECF調査モニタリング報告

### (3) 騒音公害

発電所敷地の周囲は空地であり、一般民家は発電所から離れているので騒音問題はない。

また、従業員用のアパートや幹部の社宅は発電所の隣（敷地はつながっており、コンクリート壁で区分されている）にあるが、発電所敷地境界線上の通常運転時の騒音レベルは47～59dBであり、これも問題はない。



## 2.3 事業効果

### 2.3.1 定性的効果

#### (1) 慢性的な電力不足の解消と産業開発効果

シリアでは 1980 年代当初から電力が慢性的な不足状態にあった。首都ダマスカスにおいても 1992 年には 1 日 2~3 時間の停電があったが、1993 年には 5~6 時間とさらに長くなるなど悪化していた。このような不定期に起る停電は、国民の生活上の不便は言うまでもなく、工場の操業への不安材料となる上、慢性的な電力不足は製造業の発展への大きな阻害要因であった。

このためシリア政府は 1993 年から発電能力を増強する計画を実行に移し、現在ではこの問題はほぼ解決されるに至っている。この結果、多数の工場が設立されており、工業省の調査によると、1997 年にはダマスカス周辺だけで 3,816 の事業所があり、この 5 分の 1 は工業関連(他は個人商店がほとんど)であると言われる。

バニース火力発電所の発電能力は、表 27 に示したように、第 3、第 4 号機が発電を開始した 1989 年にはシリア全体の 30%以上を占めた。その後、ジャンダール火力発電所、アレppo火力発電所、アル・ザラ火力発電所と発電所が次々と建設されているので、バニース火力発電所は、年々その発電能力比率を低下させ、2000 年には全体の 10%以下になるとみられる。しかし、他の発電所の建設を先導したリーダーとして、その重要性は依然大きい。

[表 2 - 13] バニース火力発電所の発電能力比率

	a:シリア合計 (MW)	b:バニース (MW)	b/a (%)
1983	1,200	300	25.0
1989	1,980	600	30.3
1993	2,575	600	23.3
1995	3,875	600	15.5
1997	5,175	600	11.6
2000	6,375	600	9.4

(出所) PEEGT

#### (2) 雇用効果

バニース火力発電所ではその 850 人を超える従業員のうち、約 50%がバニースおよびその近郊から、10%がラタキヤ(バニースの北方約 40km)、40%がタルトス(バニースの南方約 20km)となっており、ほとんどが、バニースを中心とする地中海沿岸地域の出身者である(ただし、幹部のうち 10 人程度は大学卒業者で国からの指定に従って、各地からバニースに配属されている)。このように、バニース火力発電所のこの地域における雇用効果は極めて大きいものがある。

従業員のうち約 200 人が火力発電所に隣接する社宅に住み、200 人がバニース市内、残り 400 人が 15 台の会社のバスを使って近隣の村から通勤している。

バニース市には、他にバニース精油所(2,500 人)、原油ターミナル(850 人)の大きな工場があり、火力発電所と並んでこの地域の一大産業となっている。この集積によって、かつては少数の漁民が住むだけの寒村であったバニースは 20 万人近い人口を抱えるシリアを代表する工業都市となっている(工業都市としてはこの他にモムズ、アレppo、メハルデがある)。

### (3) 技術の移転

バニアス火力発電所では、毎年夏休みに1ヶ月程度、大学（日本とほぼ同じで4年制である。ただし、工学部は5年制でダマスカス、アレppo、ラタキヤ、ホムスの4校がある）や技術学校（日本の短大に相当し、2年制で10校ある）、PEEGTの電気部門から毎年50人前後の訓練生を受入れて教育を行っている。1997年の夏休みにはアレppo大学やラタキヤ大学の学生5人、技術学校から25人、PEEGTから5人を受入れて1ヶ月無料で訓練した。

このように、バニアス火力発電所は技術移転の重要な場に位置づけられている。また、大学に対しては材料試験や実験などの依頼、共同実験なども行っているなど、バニアス火力発電所がこの地域の技術移転に与えた効果は大きいものがある。

なお、シリアの学校制度は日本のものと良く似ており、初級学校6年（義務教育）、中学（ブレパトリー）3年（ここまでは国民の80%が進学）、高校（セカンダリ）3年（国民の75%程度が進学）であり、この上は2年の技術学校と原則4年制（医学6年、工学5年）の大学で、高校の卒業生の25 - 30%が進学する。教育費は全て無料である。ただ大学卒業生の勤務先は国家の指示によることが多く、勤務地などは必ずしも本人の希望どおりにはならない。

[表2 - 14] バニアス火力発電所従業員の教育水準

博士号	1
エンジニア（大学卒業）	118
アシスタント・エンジニア（工業学校 = 短大卒業）	416
テクニシャン（高等学校卒業）	122
中等学校卒業	42
小学校卒業	131
熟練工	46
合計	867

（出所）バニアス火力発電所

### (4) 広報効果

本事業は初の対シリア円借款案件であるが、それ以上にシリア経済のために非常に有益なプロジェクトであり、シリアの電力需給の改善に大きく貢献した事業である。このプロジェクトの成功によって、ジャンダール火力発電所、アル・ザラ火力発電所と、第2、第3の大型円借款案件が実施に移された。さらに、サウジアラビアの資金ではあるが日本の会社がアレppo火力発電所の建設を行っているなど、シリアの電力の7~8割は本邦企業が建設した発電所から供給されるに至っている。この結果、日本に対するシリア国民の好意的な感情が育てられており、日本への関心も高まってきている。こうした点は積極的に日本向けに広報すべきであろう。

#### 2.3.2 定量的効果

今回の調査でバニアス火力発電所の売上高と費用を聴取したところ、発電所単独では操業開始以来一度も利益を計上していないことが判明した。

もともとシリアではPEEが発電から売電まで一貫して執り行っていたが、政策により末端

売電価格（エンドユーザーにとっての電気料金）が低く抑えられている関係で、P E Eとしては常に赤字状態にあり、これを国からの補助金にて補填してきた経緯がある。売電価格については、数年に一度は改訂されてはいるが、いずれもエンドユーザーにとって負担にならない範囲での値上げであり、P E Eの財務を黒字体質に改善するものではなかった。

その後94年に、電力セクターの効率化を目的として、前述のとおりP E Eは発電部門のP E E G Tと配電部門のP E D E E Eに分割された。しかしながら、低売電価格政策は維持されており、分割による経営効率改善のアプローチだけでは、P E E G T及びP E D E E Eの経営改善は極めて困難な模様である。したがって、P E E G T傘下のバニアス火力発電所を含む個々の発電所が、次第に経営努力を求められるようになってきているとはいえ、低売電価格政策が撤廃されない限り、発電所単体での利益計上は、ほとんど不可能と思われる。（現状では、熱効率に優れるコンバインド・サイクル型の発電設備を有するジャンダール火力発電所で、やっと「ブレイク・イーブン」となる。）したがって発電所の維持管理が適切に行われるよう、P E E G Tに対する維持管理のための財政補助を継続するか、あるいは、発電側にとっての適正水準までの電力料金の引き上げが必要と思料される。

このように、バニアス火力発電所は毎年赤字の状態なので、今回はF I R R計算は見送ることとした。また基本的な問題として、会計・経理関連データの入手が難しいという点を指摘したい。例えば、バニアス発電所単独での営業状態について、下表のような実績を入手することはできたが、これらは発電所の年次報告書などから得たものでなく、今回の現地調査ミッションの要求により、別途作成してもらったものである。また表にある費用の「その他」の項目の内訳が判然とせず、今回の現地調査ミッションからの質問に対しても明確な回答が得られないことからして、一般的な会計基準に則った会計処理が普段より行われていないのではないかと思われた。発電所毎の経営努力以前の問題として、まず、正確な現状把握が必要であり、そのためには、発電所毎の経理制度の導入・確立と、適正な会計処理の実施が強く望まれる。

[表2 - 15] バニアス火力発電所の経営状態

	(単位 :1,000 S £)							利益 g=a-f	利益率 h=g/a*100
	資本費	売上げ a	維持管理 b	操業費用 c	給料 d	その他 e	費用合計 f=b+c+d+e		
1987	80,152						0	-80,152	
1988	227,418						0	-227,418	
1989	336,886	276,125	1,187	321,897	7,574	15,763	346,114	-69,988	-9.8
1990	176,380	594,899	1,117	704,565	14,847	100,954	821,483	-226,584	-25.1
1991	1,696	903,686	2,221	855,386	19,372	149,422	1,026,402	-122,716	-8.4
1992	5,215	1,007,677	2,286	1,045,836	24,931	300,340	1,373,393	-365,715	-22.9
1993	7,899	970,338	1,440	964,012	28,526	368,124	1,362,102	-391,764	-28.9
1994		889,311	5,323	871,601	31,703	160,606	1,069,234	-179,922	-10.6
1995		839,895	9,114	695,359	41,175	666,501	1,412,148	-572,253	-43.9
1996									
1997									

(注)費用は総経費を第3、4号機の発電量比率で按分したものであるので大目に出ていると考えられる。



ガスタービン



ボイラー