


シリア・アラブ共和国


バニマス火力発電所改修計画  
基本設計調査報告書

平成17年4月

JICA LIBRARY  
  
J1150863 (7)

国際協力事業団

中東電力調査事務所

巻一  
  
799-079

33)







シリア・アラブ共和国

バニアス火力発電所改修計画  
基本設計調査報告書

平成11年3月

国際協力事業団

(株)EPDCインターナショナル



1150863 [7]

## 序 文

日本国政府は、シリア・アラブ共和国政府の要請に基づき、同国のバニアス火力発電所改修計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成10年10月23日から11月20日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、シリア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成11年2月21日から3月3日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成11年3月

国際協力事業団  
総 裁 藤 田 公 郎

## 伝達状

今般、シリア・アラブ共和国におけるバニアス火力発電所改修計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が、平成10年10月9日より平成11年3月31日までの5.5ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、シリア国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

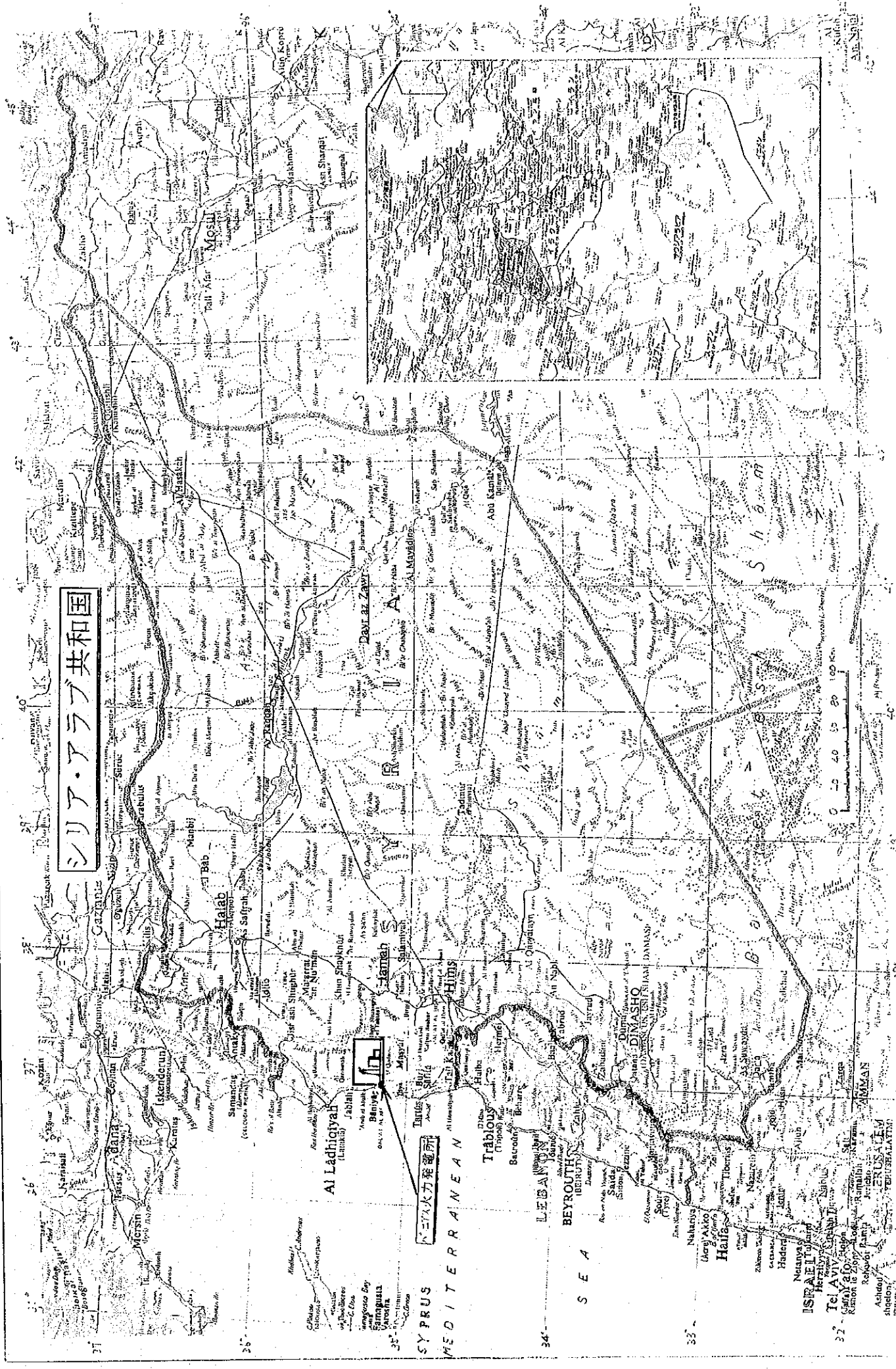
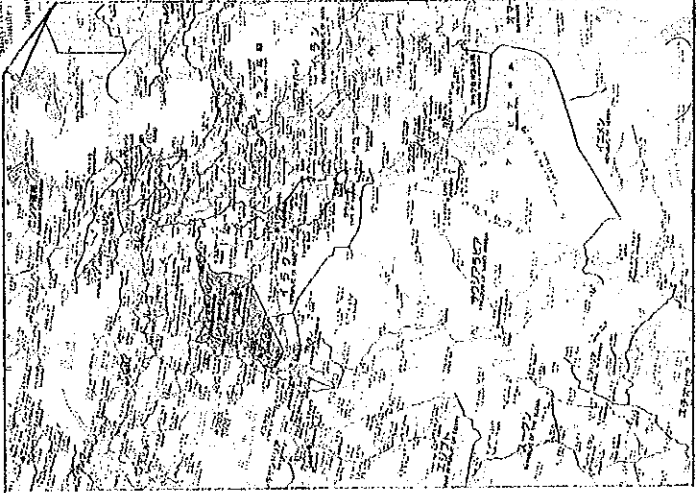
つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成11年3月

(株)EPDCインターナショナル  
シリア・アラブ共和国  
バニアス火力発電所改修計画  
基本設計調査団  
業務主任 伊坂 弘



シリア・アラブ共和国



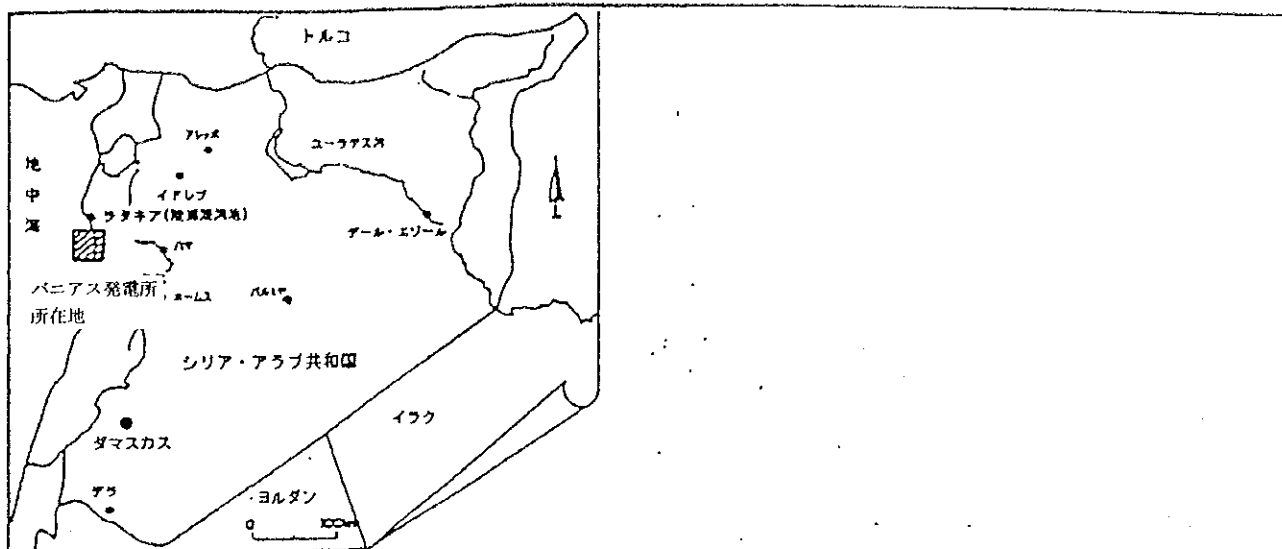
シリア・アラブ共和国

シリア・アラブ共和国

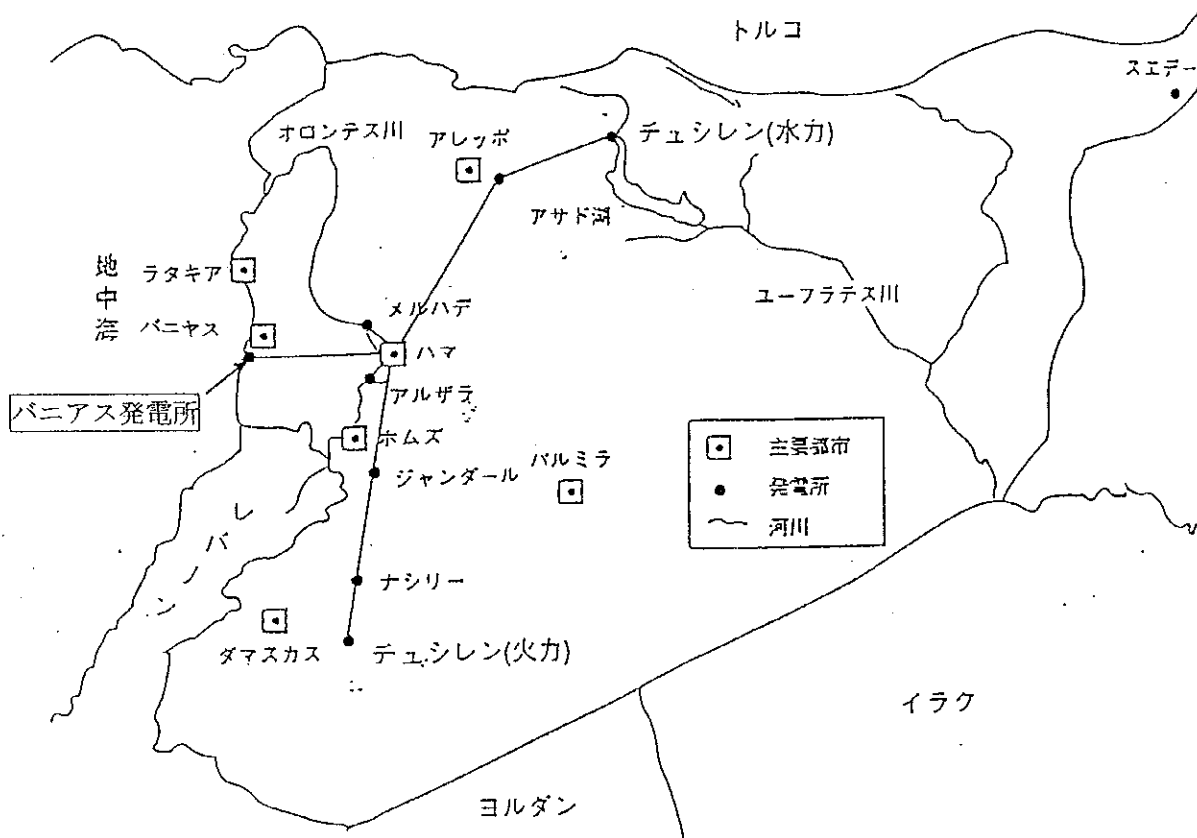
ISRAEL  
Tel Aviv  
Jerusalem  
Haifa  
Beirut  
Damascus  
Aleppo  
Latakia  
Hama  
Hims  
Tadmor  
Deir ez-Zor  
Raqqa  
Idlib  
Latakia  
Hama  
Hims  
Tadmor  
Deir ez-Zor  
Raqqa  
Idlib

シリア・アラブ共和国

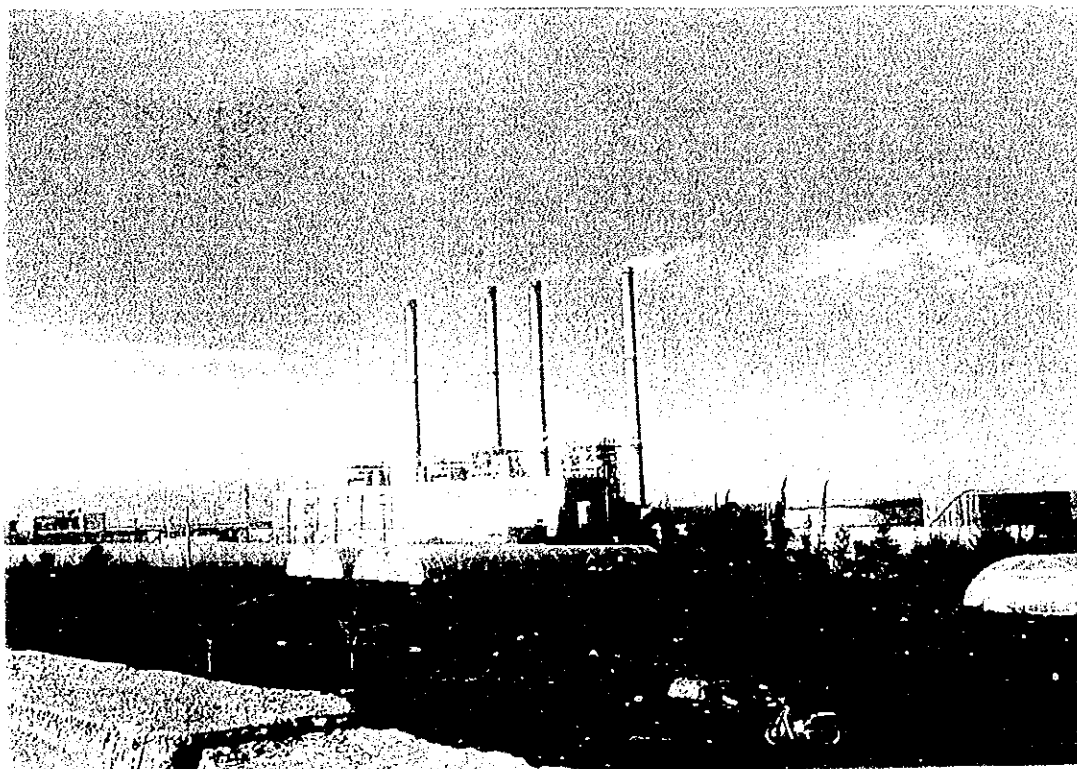
# 被援助国全体図およびサイト位置図



シリア国位置図



シリア国発電所配置及び電力系統図

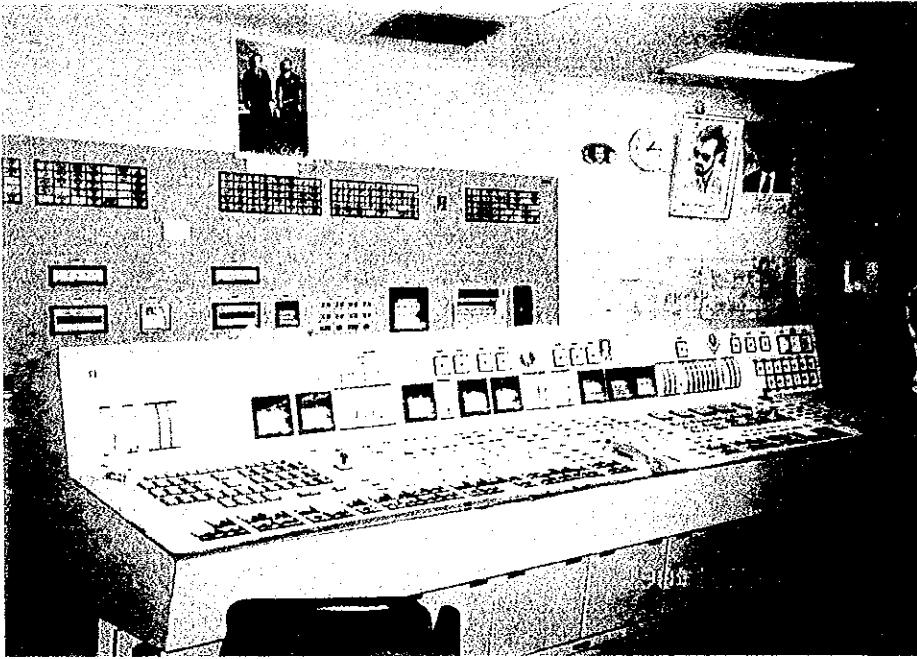


バナアス火力発電所遠景

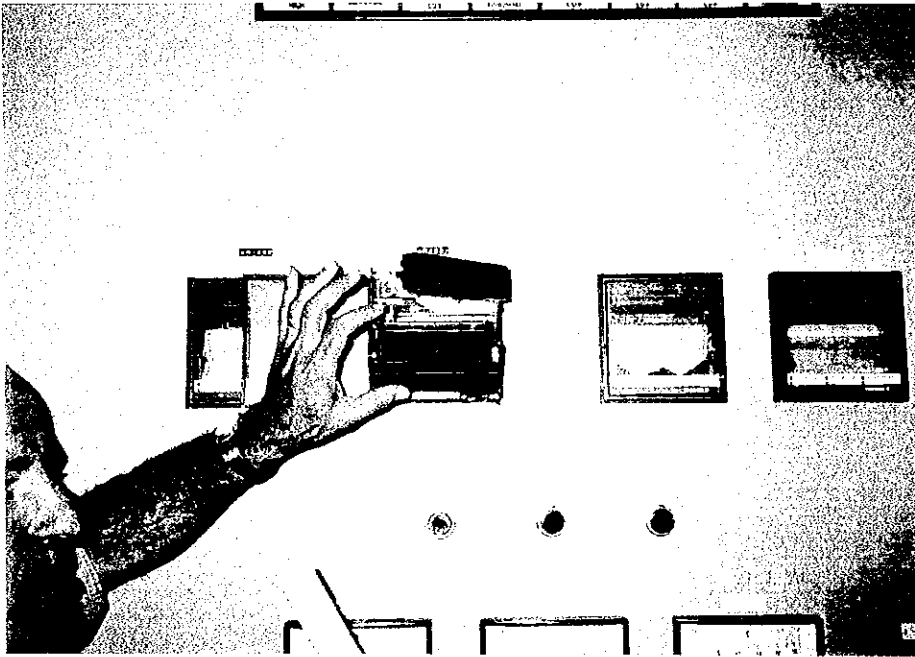
(左より 1,2,3,4 号機)



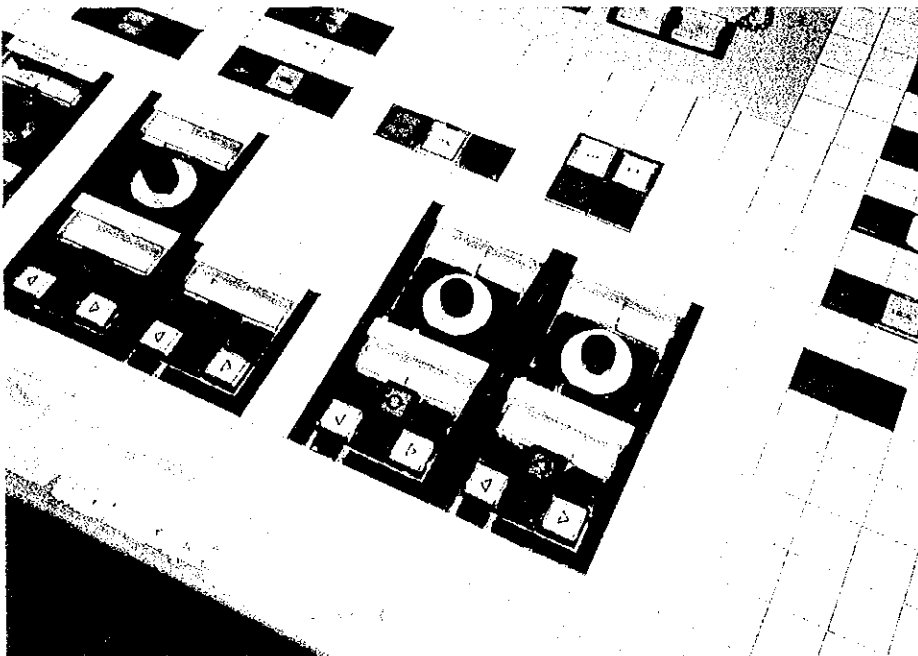
バナアス火力発電所 3, 4 号機 中央制御室



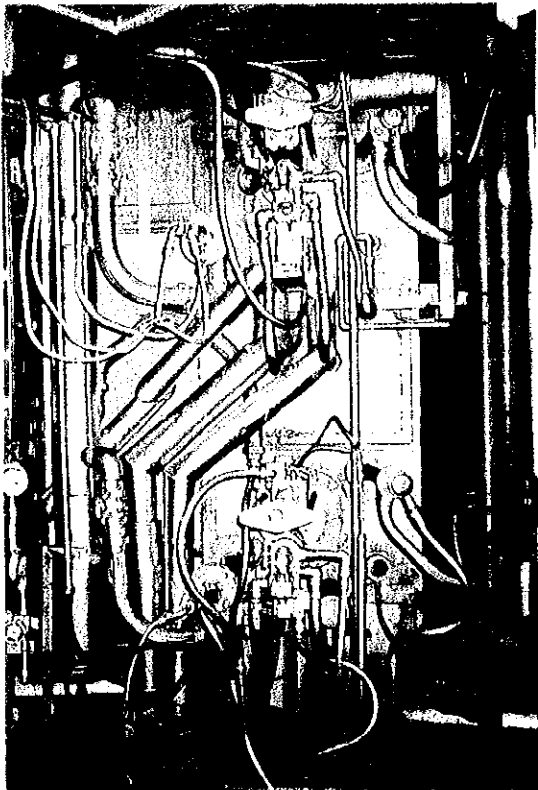
中央制御盤  
監視盤



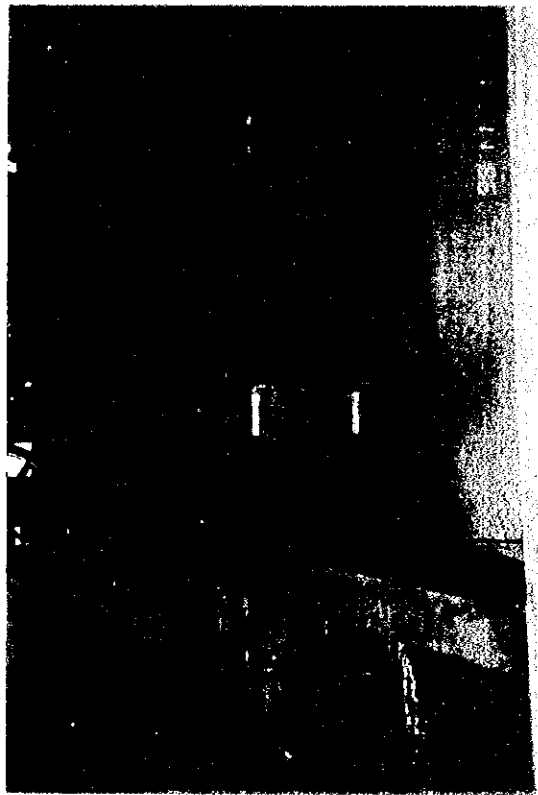
監視計器  
記録計故障中



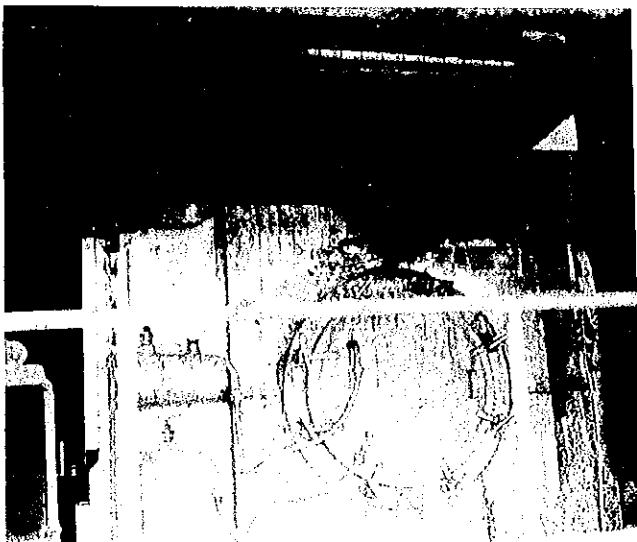
ABC 装置  
操作器に経年変化が見  
られる



3号機ボイラ NO.1 コーナー  
下段バーナ焼損により新替



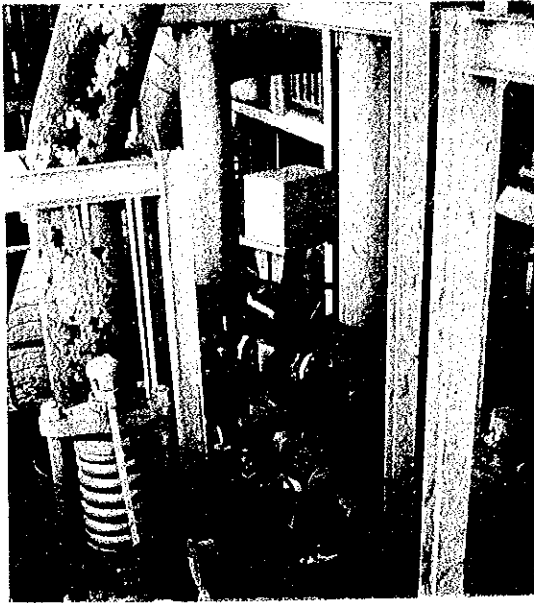
3号機ボイラウインドボックス過熱状況



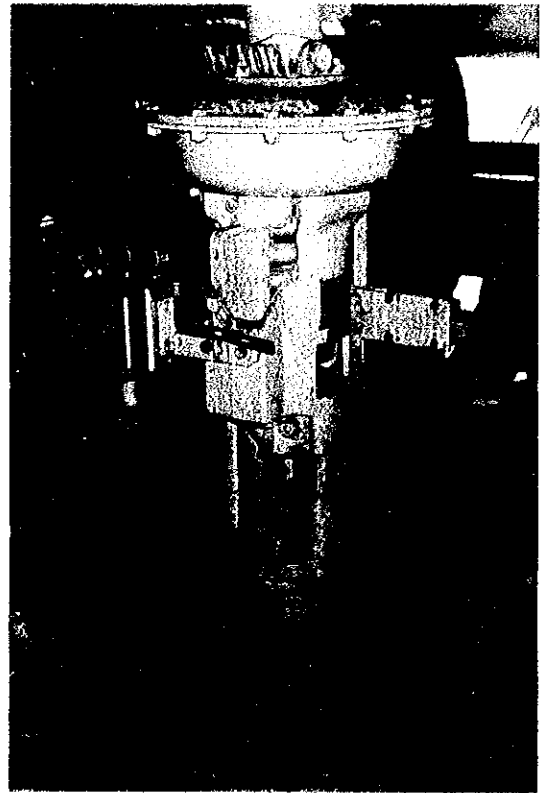
4号機ボイラマンホール焼損により補修



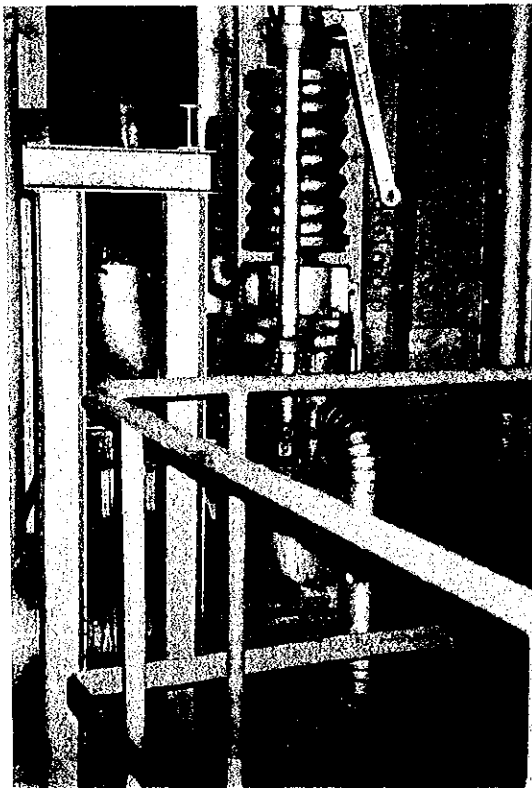
3号機ボイラ節炭器出口エキスパンション  
損傷状況



4号機ボイラ圧力逃し弁  
シート部クラックのため作動不能



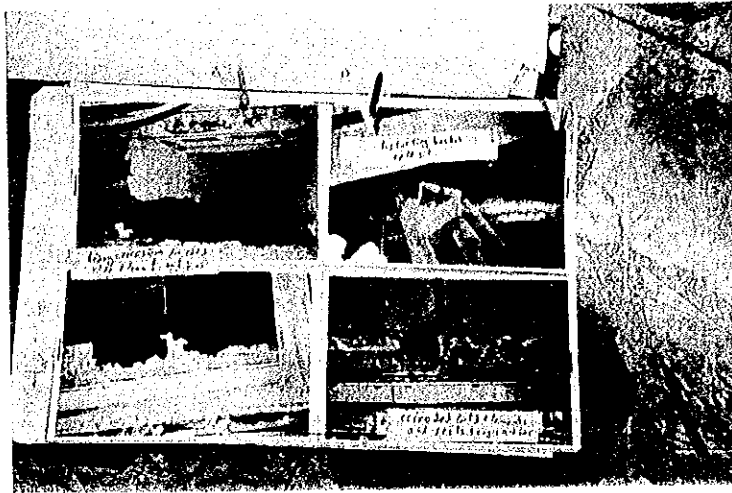
3号機ボイラ HP バイパスプレー弁  
シート部クラックのため作動不能



3号機ボイラ補助蒸気安全弁  
シート部より蒸気漏洩



3号機ボイラ重油ポンプ  
スチームトレス不調



4号機ボイラガスエアヒータ  
内部損傷状況  
(1998年2月～4月点検補修)



4号機ボイラガスエアヒータ  
ケーシング損傷状況  
(1998年2月～4月点検補修)

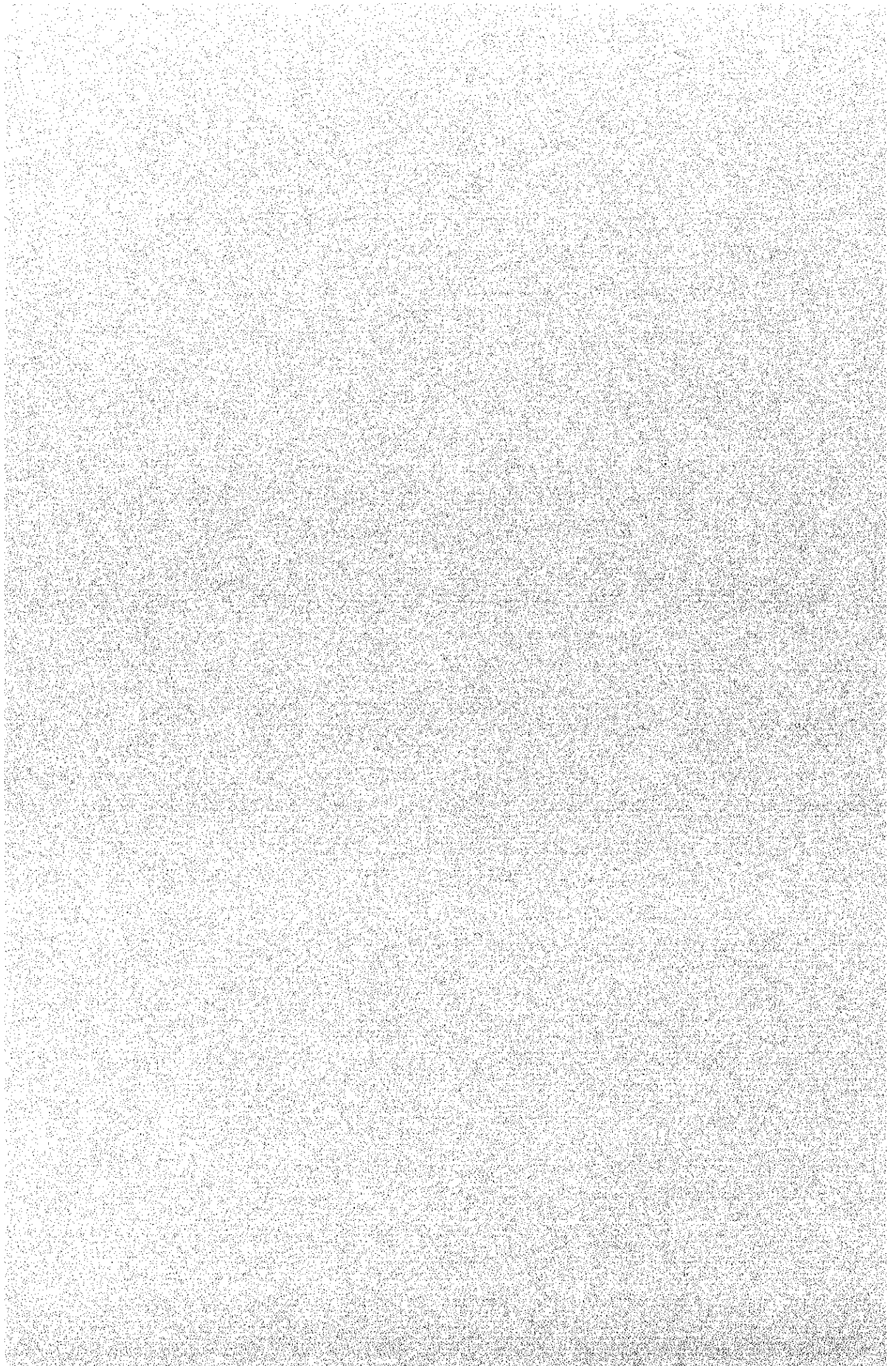


4号機ボイラガスエアヒータ  
内部補修状況  
(1998年2月～4月点検補修)





## 要約



## 要 約

シリア・アラブ共和国（以降「シ」国とする）では、1970年代から電力需要量が供給量を上回る状況が続き、1981年開始の第5次5ヶ年開発計画からは一貫して供給量増加に努めてきた。1986年には「シ」国初の円借款案件として「バニアス火力発電所増設事業」（約267億円）が実施され、1989年の運用開始直後は「シ」国にしめる電力供給量の30%を補っていた。その割合は他発電所の完成により低下したが、重要な供給源の一つである。

現在のところ、同発電所において日常運転に大きな問題は生じていないが、高稼働率および資金不足、技術・経験不足のためにメジャーオーバーホールを一度も行っておらず、タービンや発電機以外の比較的単純な設備に対して部分的にマイナーオーバーホールを行っているにすぎない。また、資金不足からスペアパーツが不足しているためにいくつかの計器が正常に作動しておらず、効率劣化・不慮の故障・環境・保安上の問題が生じる可能性をはらんでいる。

以上のような状況の中、「シ」国ではバニアス火力発電所以降も電力開発計画を実施してきたため現在のところ需給状況には余裕があるが、今後新たな電力開発は計画されておらず、2004年には再び電力が不足することが予想される。このことから、発電量に余裕のある現在に3,4号機に対してメジャーオーバーホールを実施する意義・必要性は非常に高い。しかし、メジャーオーバーホールを「シ」国独自で行うには資金的制約・技術的な経験不足があるため、日本の無償資金協力を要請してきたものである。

この要請に基づき、日本政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団は1998年10月23日から11月20日まで基本設計調査団を「シ」国に派遣した。調査団は「シ」国政府に対し要請内容の確認、「シ」国の概況、電力関連計画および現況調査、対象発電設備の実態調査、実施機関の実施体制調査等を行った。帰国後、国内解析および基本

設計を行い、その結果を基本設計概要書としてとりまとめ、1999年2月21日から3月3日までの「シ」国における基本設計概要説明調査を経て本報告書を作成した。

現地調査の結果、「シ」国電力省および発送電公社では総発電容量6,190MWのうち、1997および1998年完成のティシレン水力発電所（容量600MW）および1994および1995年完成のジャンダールコンバインド発電所（容量600MW）等の発電所をベース負荷発電所とし、バニアス火力発電所を中間負荷対応発電所として位置付けており、今後ともバニアス火力発電所をシリア西海岸地区の重要発電設備として重要視していることが再確認された。しかし、一方でバニアス火力発電所3,4号機は次のような状態で運転されていることが明らかになった。

- (1) 各ユニットが月一回の割合で停止事故を起こしている。
- (2) 作動不能の機器が放置されている。
- (3) 設備や機械の損耗、疲労、劣化状況が不明である。
- (4) プラント性能が低下傾向にある。

本計画ではバニアス火力発電所3,4号機に対してメジャーオーバーホールを実施することにより構成部品の健全性を検証し、破損・劣化部品を更新することにより前述の状態を改善し、設備や機器の信頼性とプラント性能の回復を計ることを目標とする。また、その実施の際には日本から技術者を派遣し、「シ」国側と共同作業を行う。

前述目標をもとに「シ」国政府要請内容の妥当性を検証するとともに、以下の基本構想をもとに基本設計を行った。

#### (1) メジャーオーバーホールの実施計画

メジャーオーバーホールの実施規模、実施時期、実施期間および技術者派遣計画はバニアス火力発電所の実状を詳細に調査し、「シ」国側の意向も勘案して策定する。

(2) メジャーオーバーホール用部品調達計画

機器・部品の適切な選定と更新が重要であり、次の基準で機器・部品の選定を行うものとする。

- ① ユニット停止事故の再発が予測される機器・部品
- ② 経年劣化が進行しユニット停止事故の発生が予測される機器・部品
- ③ プラントの機能維持に支障をきたしている損傷部品
- ④ プラントの安全維持に支障をきたしている損傷部品

(3) ばい煙対策計画

当初要請では環境対策として排ガス連続測定装置の調達が含まれており、現地調査中にも煙突より薄黒い煙の排出が観察されることが多く、主風向が市街地でありばい煙による汚染が懸念された。ばい煙対策は前述目標には含まれていないものの、環境対策の観点からばい煙監視テレビを調達するとした。これにより排煙状況を監視し、燃焼状態を改善することで公害物質の抑制が期待できる。

以上の基本構想のもと策定した基本設計の概要を表-1から3に示す。

表-1 基本設計の内容（メジャーオーバーホール実施計画）

分類		内容	
① 実施規模		標準期定期点検のうち A 点検（精密定期点検）*	
② 実施時期		順次（3、4号機の順）	
③ 実施期間		各号機 100 日ずつ	
④ 技術者派遣	3号機	のべ 23 名	計 27.94 人・月
	4号機	のべ 10 名	計 17.24 人・月

\*事業用火力発電所の定期点検指針：社団法人火力原子力発電技術協会

表-2 基本設計の内容 (メジャーオーバーホール用部品調達計画)

分類	内容
① ボイラ及び付属設備	ボイラ管合計 140 本
	通風ファン用軸受け、パッキン類
	バーナ部品類
	空気予熱器エレメント、付属品
	煤吹器部品類
	煙道部材
	安全弁部品
	ドラム水面形部品
	高圧弁パッキン類
	燃料設備部品
	薬注、試料採取部品
	共通設備部品
② タービン及び付属設備	高、低圧タービン用部品
	HP ペダスタル、ベアリングなど
	メインバルブ部品
	油圧制御保護装置
	潤滑油装置タンク、クーラー
	高圧ヒーター部品
	給水ポンプ部品
③ 電気・制御装置	中央制御盤記録計
	検出部部品
	制御弁およびドライブ
	制御盤スイッチ類
	空気圧縮機用圧力スイッチ
	入力信号処理器保護装置

表-3 基本設計の内容 (ばい煙対策計画)

分類	内容
排煙監視テレビ調達	カラーCCD カメラ
	カラーテレビモニター

本計画を日本の無償資金協力制度により実施する場合に必要な全体工期は、実施設計を含め 15 ヶ月である。また、概算事業費は約 12.36 億円 (日本側負担分約 9.70 億円、「シ」国側負担分約 2.66 億円) である。

本計画の実施によって表-4の効果が期待できる。

表-4 本計画の実施によって期待できる効果

計画事項	効果
メジャーオーバーホールの共同実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>主要機器、部品の健全性の検証</li> <li>次期定期点検項目の策定</li> <li>プラント効率の改善</li> <li>電力の安定供給</li> <li>事故停止率の低減</li> </ul>
メジャーオーバーホール用部品調達	<ul style="list-style-type: none"> <li>稼働率の向上</li> <li>プラント効率の回復</li> <li>運転・維持管理費の低減</li> <li>大気汚染物質の排出の低減</li> </ul>
	技術者派遣による効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>施工・管理に関する適切な助言</li> <li>対象機器の精密点検・修復指導</li> <li>「シ」独力のオーバーホール実施</li> <li>他発電所への技術波及</li> </ul>
排煙監視テレビ調達	<ul style="list-style-type: none"> <li>黒煙発生量の低減</li> <li>大気汚染物質の排出低減</li> </ul>

また、本計画実施以降も「シ」国側がパニアス火力発電所を適切に運営・維持管理することによって表-5の改善目標をあげることができる。

表-5 発電設備の改善目標

項目	指標	号機	計画実施前	目標値
発電設備 信頼性向上	事故停止率	3号機	4.4%	1.5%
		4号機	4.6%	
	稼働率	3号機	86%	90%
		4号機	70%	
プラント効率 改善	発電端効率	3号機	33%	36%
		4号機		
環境改善	大気汚染物質 排出値	3号機	(データなし)	計画前から約 8%減
		4号機		

表-5の改善目標が達成され、持続された場合には次の効果が期待できる。

(1) 発電設備信頼性向上による効果

事故停止率（FOR）が改善されることと、発電設備の定格出力が回復されることによって、新たな電力確保のための新規発電所建設への投資を抑制することができる。

(2) プラント効率改善による効果

発電端効率を定格値に近い状態まで改善することによって、年間の燃料費が節減される。

(3) 環境改善効果

環境改善および事故停止率改善に伴う燃料費の低減、およびオーバーホール実施にともなう各部の適正設定、排煙監視テレビによる適正空気量の調整により、結果として燃料量が低減され環境にも寄与する。

(4) 技術移転の効果

技術移転により、以上の効果が「シ」国に波及され、「シ」国内の火力発電所が安定かつ計画的に運転される。

なお、本計画の効果をより円滑に発現するためには次項に留意すべきである。

(1) 発電設備を構成する機械、部品類にはそれぞれ固有の寿命があり、特に腐食や摩耗する部品は定期的に交換していく必要がある。継続してほぼ毎年定期補修を正しく行うことで発電所は 20～30 年の長期にわたり、経済的に運用することが可能となるがバニアス火力発電所においては、定期補修のガイドラインはあるもののこれまで実施されていない。本計画のメジャーオーバーホール完了後も定期補修を実施する必要がある。

(2) 発電設備の増強により、電力の需給バランスが改善されバニアス火力発電所においても稼働を停止しての定期補修が可能となった。しかし、バニアス火力発電所はメンテナンス費用も少なく定期補修費を計上する状況にない。バニアス火力発電所の維持管理が適切に行われるよう PEEGT が財政補助を実施する必要がある。



# シリア国バニマス火力発電所改修計画

## 目 次

序文

伝達状

調査対象地域図

要 約

目 次

略語集

付図一覧表

付表一覧表

第1章	要請の背景 .....	1-1
第2章	プロジェクトの周辺状況	
2.1	当該セクターの開発計画 .....	2-1
2.1.1	上位計画 .....	2-1
2.1.2	電力事情 .....	2-4
2.1.3	財政事情 .....	2-10
2.2	他の援助国、国際機関等の計画 .....	2-12
2.2.1	資金援助 .....	2-12
2.2.2	技術援助 .....	2-12
2.3	我が国の援助実施状況 .....	2-13
2.3.1	日本の ODA の実績 .....	2-13
2.3.2	有償資金協力 .....	2-13
2.3.3	無償資金協力 .....	2-14
2.4	プロジェクトサイトの状況 .....	2-15
2.4.1	自然条件 .....	2-15
2.4.2	社会基盤整備状況 .....	2-16
2.4.3	バニマス発電所の現状 .....	2-16
2.4.4	バニマス発電所発電設備の現状 .....	2-22
2.4.5	発電設備の維持・管理状況 .....	2-29

2.5	環境への影響 .....	2-31
第3章 プロジェクトの内容		
3.1	プロジェクトの目的 .....	3-1
3.2	プラントの信頼性と性能の改善目標 .....	3-1
3.3	プロジェクトの基本構想 .....	3-2
3.3.1	要請内容の検証 .....	3-2
3.3.2	プロジェクト実施の基本構想 .....	3-5
3.4	プロジェクトの最適案に係る基本設計 .....	3-9
3.4.1	設計方針 .....	3-9
3.4.2	基本計画 .....	3-10
3.5	プロジェクトの実施体制 .....	3-20
3.5.1	組織 .....	3-20
3.5.2	予算 .....	3-22
3.5.3	要員、技術レベル .....	3-22
第4章 事業計画		
4.1	施工計画 .....	4-1
4.1.1	施工方針 .....	4-1
4.1.2	施工上の留意事項 .....	4-2
4.1.3	施工区分 .....	4-4
4.1.4	施工管理計画 .....	4-5
4.1.5	資機材調達計画 .....	4-8
4.1.6	実施工程 .....	4-9
4.1.7	相手国負担事項 .....	4-10
4.2	概算事業費 .....	4-10
4.2.1	概算事業費 .....	4-10
4.2.2	運営維持管理計画 .....	4-12

## 第5章 プロジェクトの評価と提言

5.1 妥当性にかかる実証・検証および裨益効果 .....	5-1
5.1.1 期待される効果 .....	5-1
5.1.2 経済評価 .....	5-2
5.2 技術協力、他ドナーとの連携 .....	5-2
5.2.1 技術協力 .....	5-4
5.2.2 他ドナーとの連携 .....	5-4
5.3 課題 .....	5-4
5.3.1 定期補修の実施 .....	5-4
5.3.2 定期補修費用の確保 .....	5-5

## 資 料

1. 調査団員氏名、所属
2. 調査日程
3. 相手国関係者リスト
4. 当該国の社会、経済事情
5. その他のデータ
6. 参考資料リスト



## 略語集

MOE	:	Ministry of Electricity	電力省
PEE	:	Public Establishment of Electricity	電力公社
PEEGT	:	Public Establishment for Electricity Generation and Transmission	発送電公社
PEDEEE	:	Public Establishment for Distribution and Exploitation of Electric Energy	配電公社
SPC	:	State Planning Commission	国家企画庁
UNDP	:	United Nation Development Plan	国連開発計画
EIA	:	Environment Impact Assessment	環境影響評価
FOR	:	Forced Outage Ratio	事故停止率

## 付 図 一 覧 表

	頁
図 2-1 電力設備の拡充状況.....	2-4
図 2-2 歴年ごとの電力供給力と需要予測.....	2-7
図 2-3 3,4号発電機月ベース運用パターン.....	2-19
図 2-4 3,4号発電機時刻ベース運用パターン.....	2-19
図 3-1 バニアス火力発電所組織図.....	3-22
図 4-1 事業実施体制.....	4-7

## 付 表 一 覧 表

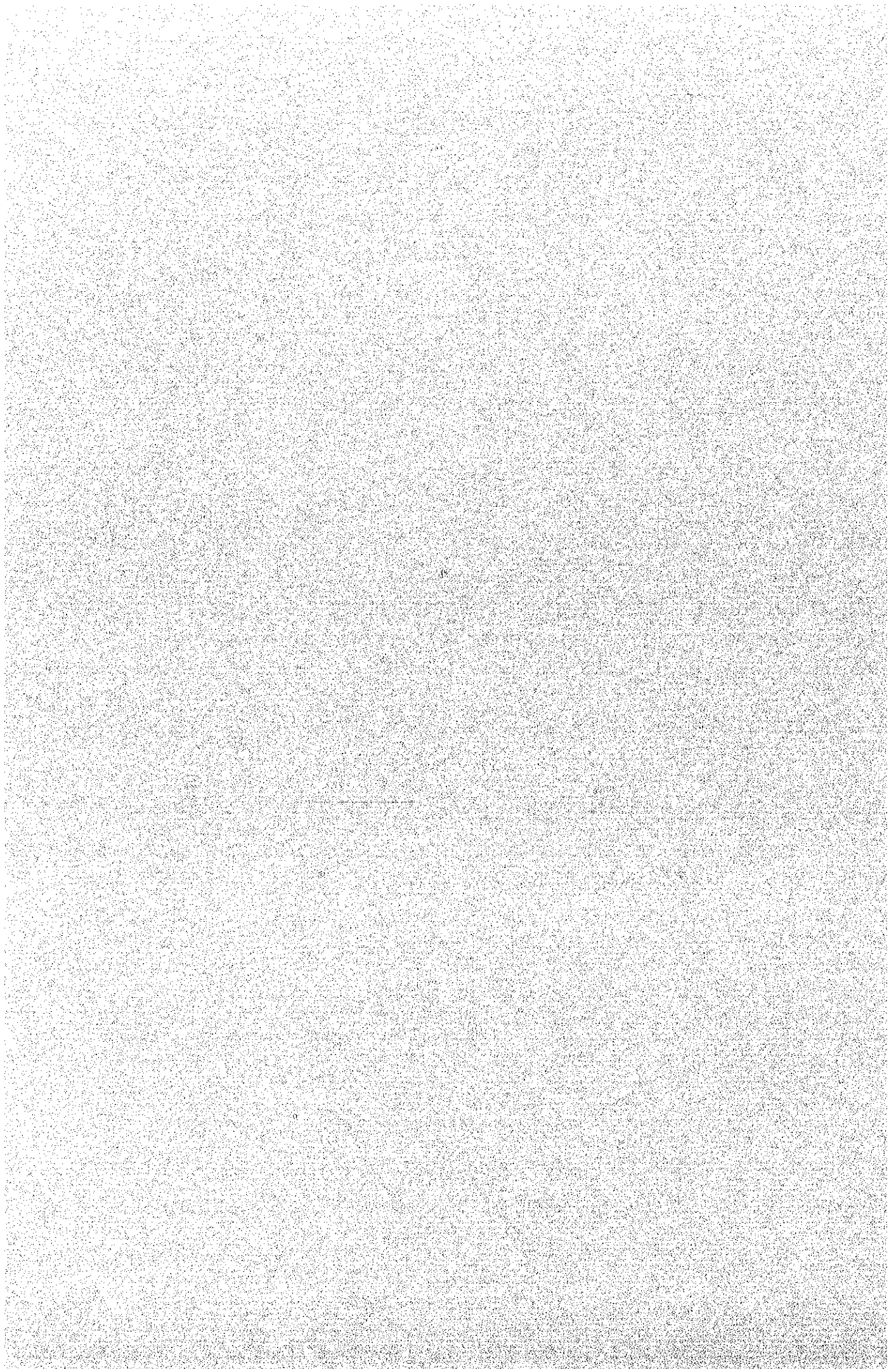
		頁
表 2-1	「シ」国の主要経済データ .....	2-3
表 2-2	1990年-1995年需要状況 .....	2-5
表 2-3	1998年-2010年需要予測 .....	2-6
表 2-4	発電所運転開始計画 .....	2-11
表 2-5	電力料金 .....	2-11
表 2-6	日本の有償資金協力 .....	2-14
表 2-7	バナアス市気象観測記録 .....	2-16
表 2-8	バナアス発電所設備概要 .....	2-17
表 2-9	3,4号発電設備要目 .....	2-18
表 2-10	3,4号発電設備ユニット停止事故記録 .....	2-20
表 2-11	事故停止率 .....	2-21
表 2-12	稼働率の推移 .....	2-21
表 2-13	主要機器・部品の状況 .....	2-29
表 2-14	3,4号発電設備の修理・補修記録 .....	2-30
表 3-1	ガス化改造工事と本計画との関連 .....	3-4
表 3-2	基本設計の内容（メジャーオーバーホール実施計画） .....	3-8
表 3-3	基本設計の内容（メジャーオーバーホール用部品調達計画） .....	3-8
表 3-4	基本設計の内容（ばい煙対策計画） .....	3-9
表 3-5	定期点検の種類と実施サイクル .....	3-11
表 3-6	要請内容との比較（ボイラおよび付属設備） .....	3-18
表 3-7	要請内容との比較（タービンおよび付属設備） .....	3-19
表 3-8	要請内容との比較（計装設備） .....	3-19
表 3-9	調達部品選定表 .....	3-20
表 3-10	バナアス発電所費用 .....	3-23

表 4-1	コンサルタントの業務内容.....	4-5
表 4-2	監理者の業務内容.....	4-6
表 4-3	資機材の調達表.....	4-8
表 4-4	業務実施工程表.....	4-9
表 4-5	日本側概算事業費.....	4-10
表 4-6	運転管理項目.....	4-12
表 4-5	日常点検項目.....	4-13
表 5-1	計画実施による期待効果.....	5-1
表 5-2	発電設備の改善目標.....	5-2



## 第1章

### 要請の背景



## 第1章 要請の背景

シリア・アラブ共和国（以降「シ」国とする）は人口1千4百万人であり、教育・技術水準が比較的高い。主要産業は石油の輸出であるが、比較的バランスのとれた経済構造をもっており、農業・鉱工業・商業・観光業の潜在力は高いものと考えられる。我が国の援助の重点分野に農業開発の次に石油・天然ガスを有効利用した工業開発があげられており、また中東和平プロセス支援の一環として、国民生活のレベル向上もあげられている。

電力事情に関しては、「シ」国では1970年代から電力需要量が供給量を上回る状況が続き、1981年開始の第5次5ヶ年開発計画からは一貫して供給量増加に努めてきた。1986年には「シ」国初の円借款案件として「バニラス火力発電所増設事業」（約267億円）が実施され、1989年の運用開始直後は「シ」国にしめる電力供給量の30%を補っていた。現在、「シ」国の総発電容量6,190MWのうち、1997および1998年完成のティシレン水力発電所（容量600MW）およびジャンダールコンバインド発電所（容量600MW）等の発電所をベース負荷火力発電所とし、バニラス火力発電所を中間負荷対応発電所として位置付けており、今後ともバニラス火力発電所をシリア西海岸地区の重要発電設備として重要視していることが確認された。また、高稼働率および資金不足、技術・経験不足のために本来なら4年に一度発電所を停止して実施するメジャーオーバーホールを一度も行っておらず、タービンや発電機以外の比較的単純な設備に対して事故発生時に部分的に補修を行っているにすぎない。そのため、バニラス火力発電所3,4号機は次のような状態で運転されており、メジャーオーバーホール実施が必要とされている。

- (a) 各ユニットが月一回の割合で停止事故を起こしている。
- (b) 作動不能の機器が放置されている。
- (c) 設備や機械の損耗、疲労、劣化状況が不明である。
- (d) プラント性能が低下傾向にある。
- (e) 燃焼不良により薄黒い排煙を発生することがある。

以上のような状況の中、新たな電力開発は計画されているものの資金調達の目途はたっており、2004年以降には再び電力が不足することが予想される。このことから、「シ」国における総電力需容量に対する電力予備率が20%を越えており、同発電所の負担が比較的軽い現在に3,4号機に対してメジャーオーバーホールを実施する意義・必要性は非常に高い。しかし、「シ」国独自で行うには資金的・技術的制約があるため、メジャーオーバーホールの実施とスペアパーツの調達のほか、環境対策として排ガス測定および監視装置の調達を日本の無償資金協力を要請してきたものである。

この要請に基づき、日本政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団は1998年10月23日から11月20日まで基本設計調査団を「シ」国に派遣した。調査団は「シ」国政府に対し要請内容の確認、「シ」国の概況、電力関連計画および現況調査、対象発電設備の実態調査、実施機関の実施体制調査等を行った。帰国後、国内解析および基本設計を行い、その結果を基本設計概要書としてとりまとめ、1999年2月21日から3月3日までの「シ」国における基本設計概要説明調査を経て、本報告書を作成した。