

シリア国ダマスカス首都圏配電網改良計画予備調査報告書

# シリア国ダマスカス首都圏 配電網改良計画 予備調査報告書

1998年9月

JICA LIBRARY



J 1145174 (7)

国際協力事業団  
鉱工業開発調査部

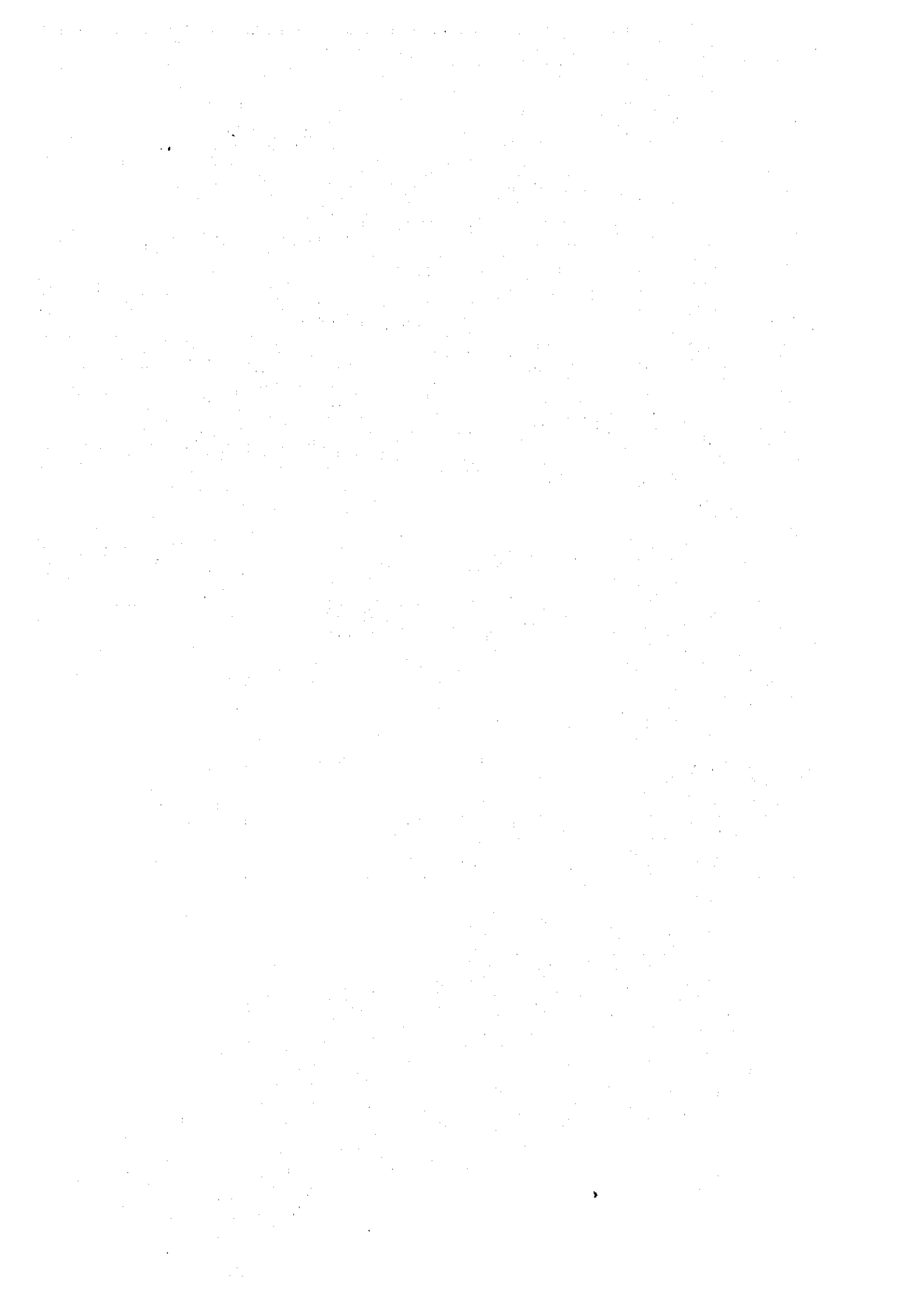
国際協力事業団 鉱工業

313  
644  
MPN  
BRARY

鉱調資

JR

98-149



シリア国ダマスカス首都圏  
配電網改良計画  
予備調査報告書

1998年9月

国際協力事業団  
鉦工業開発調査部



1145174 [7]

# 目 次

写真、地図等

第1章 総論	1
1.1 調査の背景・経緯	1
1.2 予備調査の目的	1
1.3 対処方針	3
1.4 調査団構成	3
1.5 調査日程	3
1.6 主要面会者	3
第2章 調査結果の要約	5
2.1 シリアの電力事情と政府・配電公社の考え	5
2.2 S/W協議	7
2.3 調査結果の要約	9
2.4 本格調査実施方針	9
2.5 本格調査における調査項目	10
2.6 協議議事録	10
第3章 シリアの社会・経済	17
3.1 社会・経済事情	17
3.2 エネルギー事情	17
第4章 シリアの電力事情	19
4.1 電力供給体制	23
4.2 電力需要	27
4.3 電力設備の現状	35
4.4 電力設備の計画	36
4.5 電力需給状況	37
4.6 電力損失	45
4.7 事故停電	51
4.8 電気料金	51
第5章 調査対象地域の電力事情	53
5.1 電力供給体制	54
5.2 電力需要	58
5.3 電力設備の現状	72
5.4 電力設備の計画	74
5.5 電力損失	85
5.6 事故停電	95
5.7 配電網の運転保守	96
5.8 修理体制の現状	96
第6章 本格調査に当たっての留意事項	99
6.1 調査内容	102
6.2 技術および設備面の留意事項	106
6.3 関連調査の状況	109
6.4 現地的一般状況	109
6.5 便宜供与	109
付録1. 署名したS/W	111
付録2. 署名したM/M	118
付録3. 質問書及び回答	121
付録4. 収集資料リスト	127
付録5. シリアにおける電力需要と地方電化(資料)	130

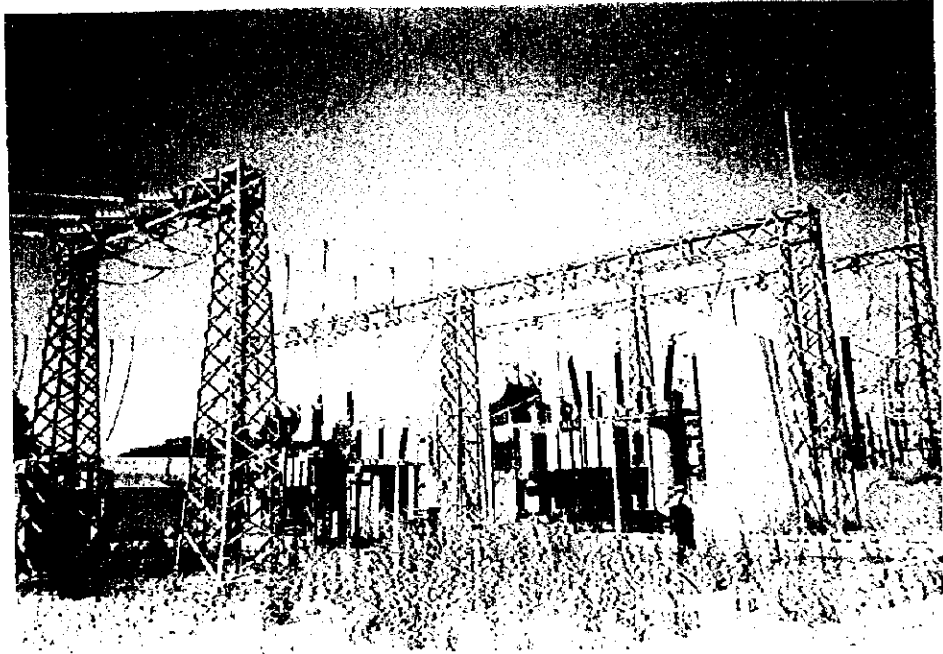
写真、地図等



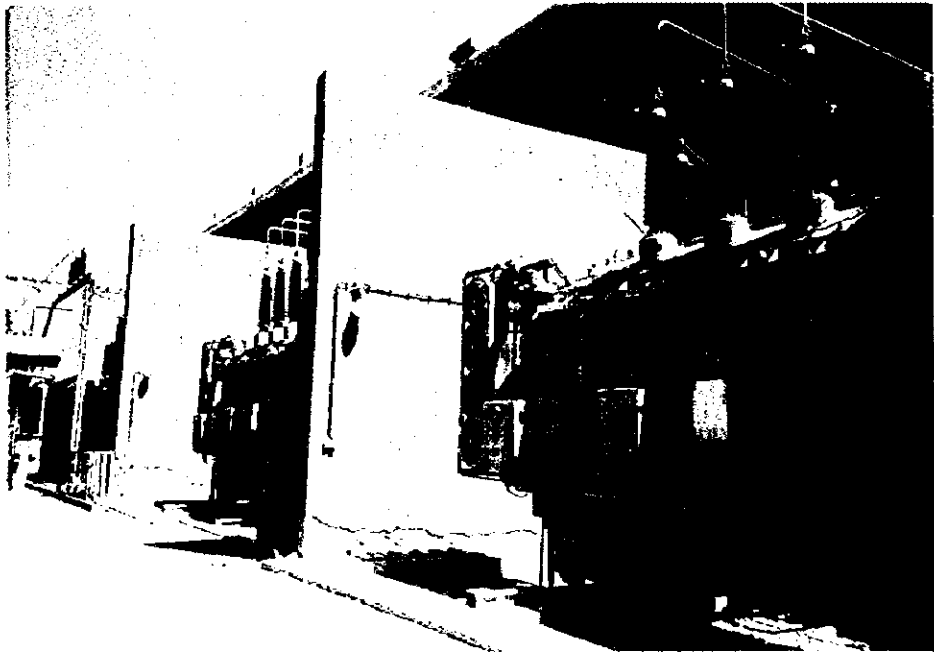
配電公社計画部事務所（左側の一部）



ダマスカス市支所

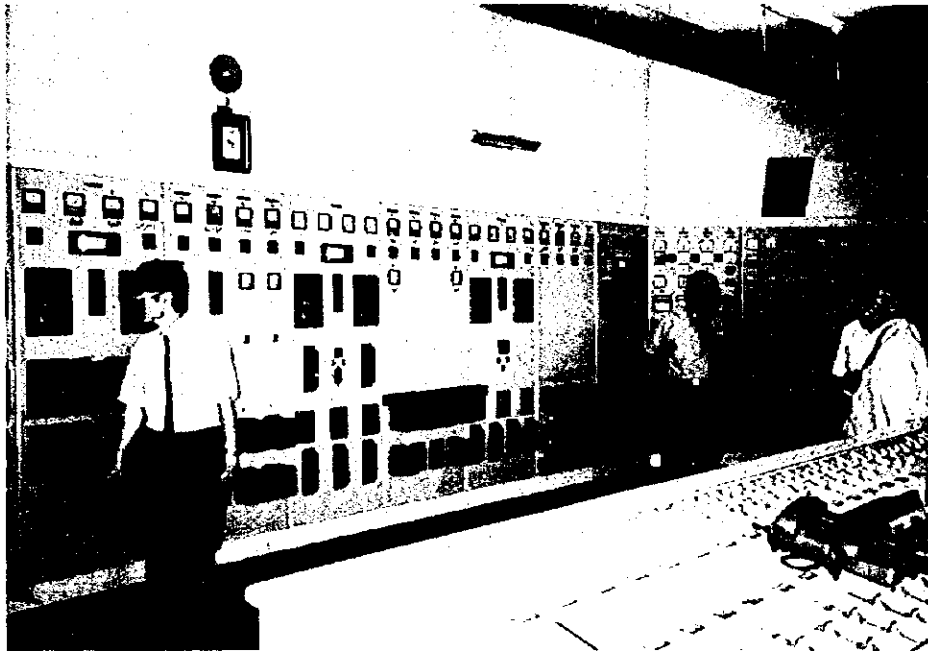


220/66/20kV Fursan 變電所變压器

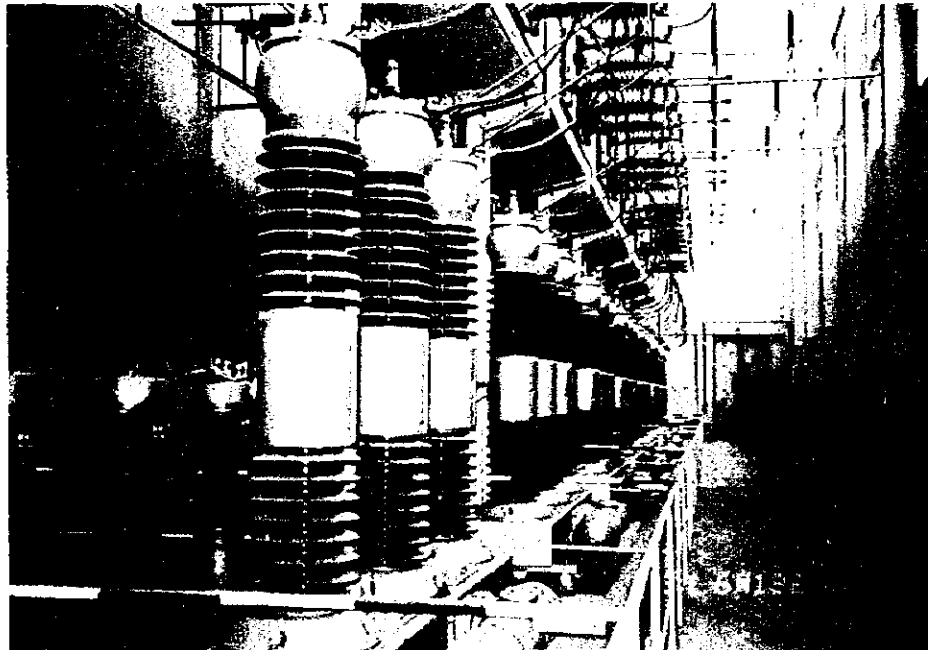


66/20kV Amaween 變電所變压器

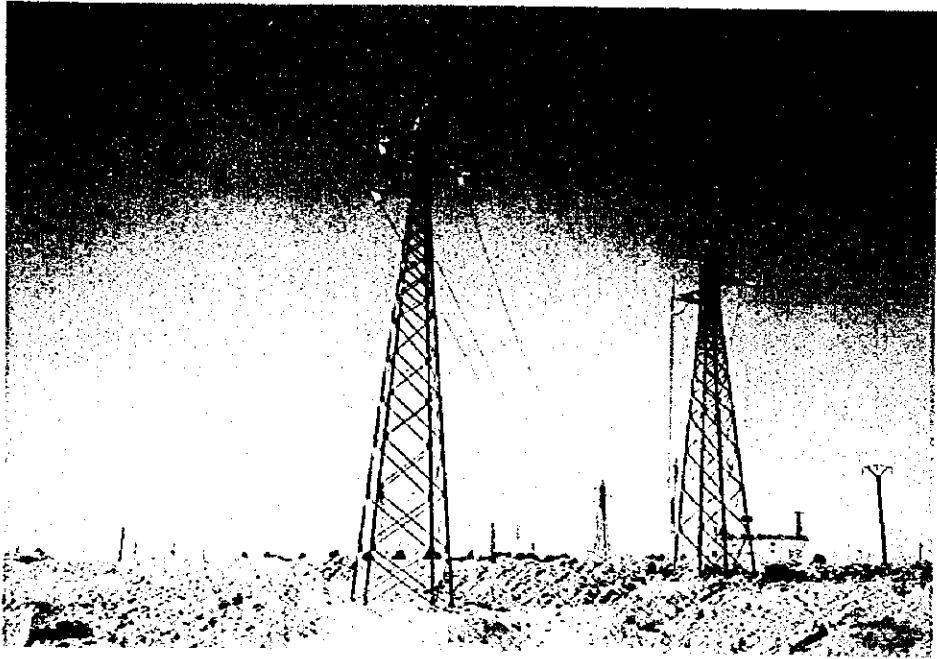




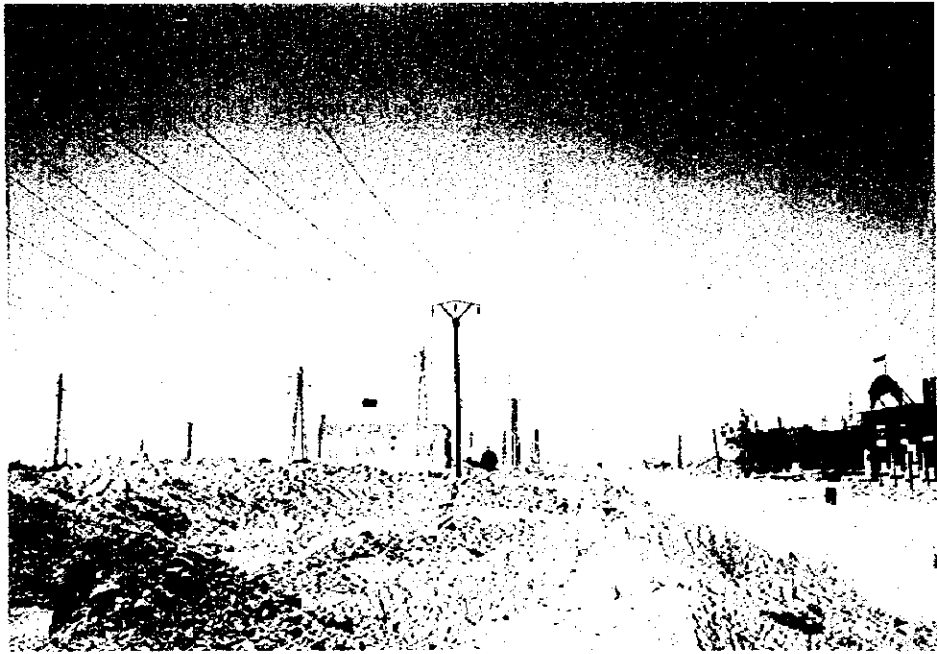
66/20kV Ersal 變電所制御室



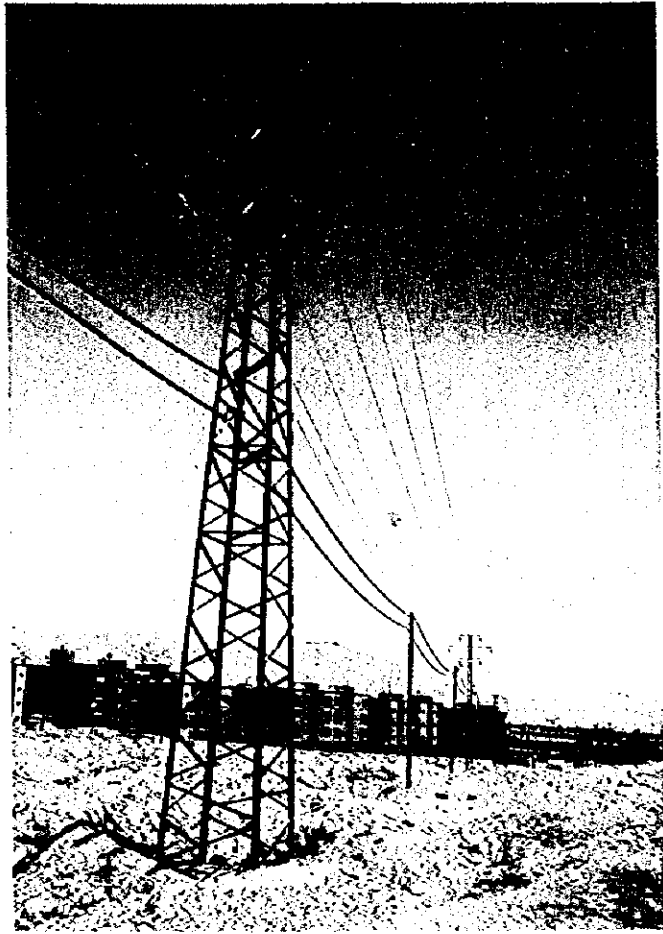
66/20kV Ersal 變電所遮断器



66 k V 送 電 線



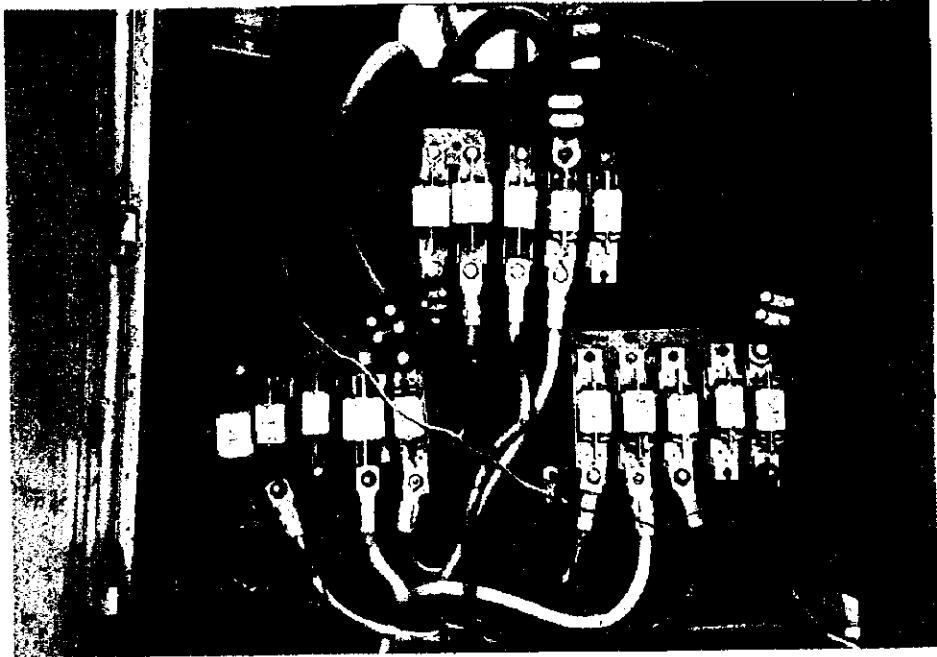
20 k V 配 電 線



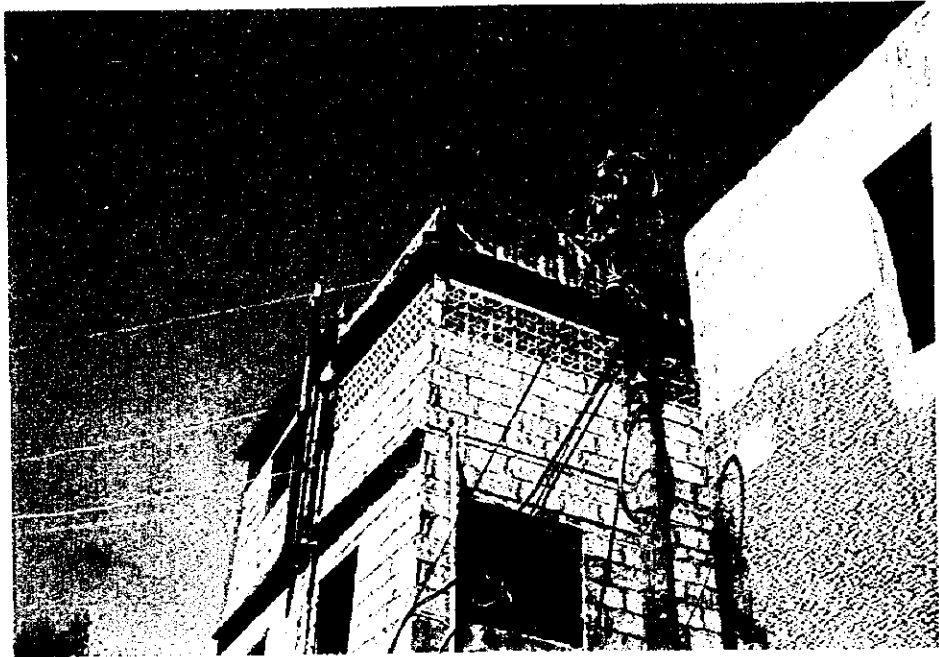
20kV 配電線



20/0.4kV 変圧器



20/0.4kV 変圧器 2次側分岐ボックス



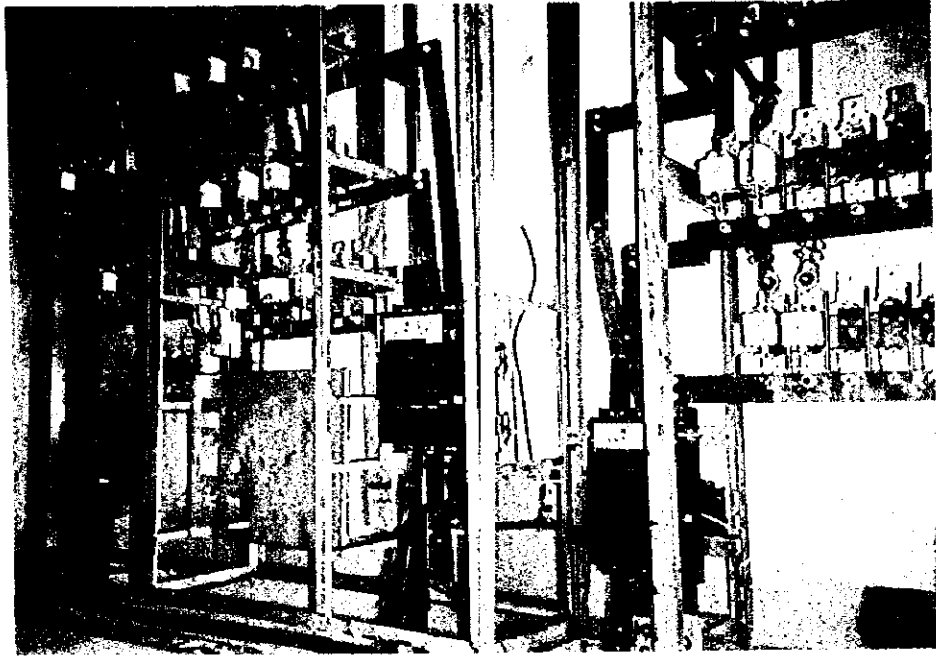
0.4kV 架空配電線



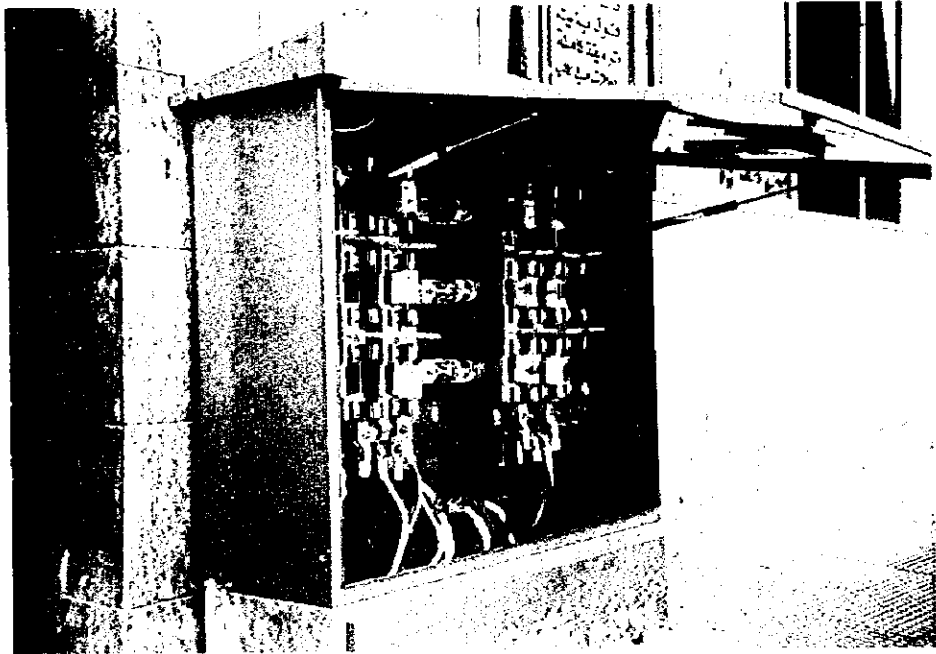
0.4kV 屋側配線



20/0.4kV 変圧器室



20/0.4kV 変圧器室内の配電盤



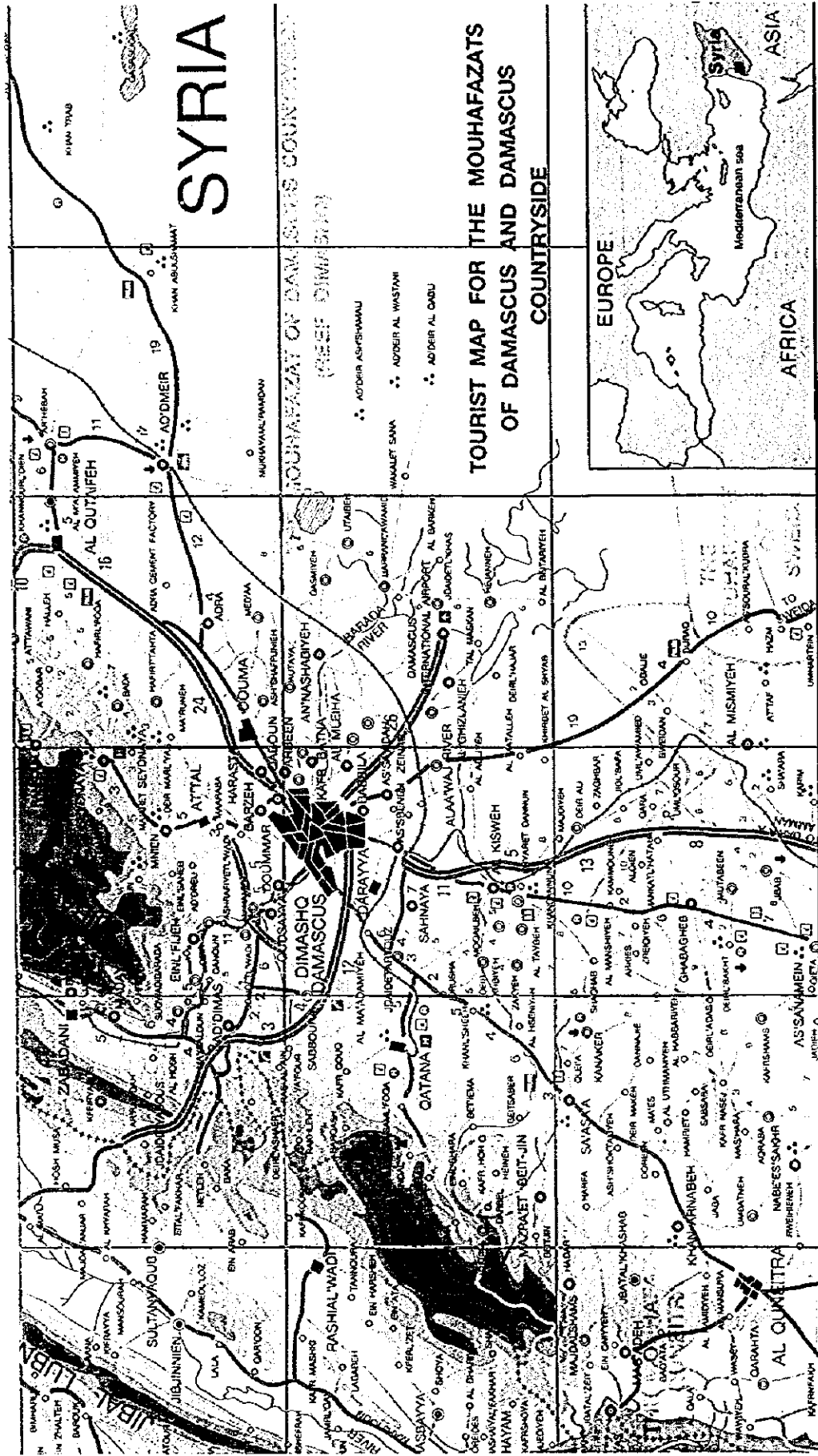
0.4kV 地中配電線の分岐ボックス



S/W 及び M/M 調印式



S/W 及び M/M 調印式



# SYRIA

## TOURIST MAP FOR THE MOUHAFAZATS OF DAMASCUS AND DAMASCUS COUNTRYSIDE

	MAINTENANCE CENTRE		STAIRS
	STATION		MUSEUM
	ARCHAEOLOGICAL SITE		TOURIST INFORMATION
	HANDICRAFTS		TRAFFIC POLICE
	AIRPORT		RAILWAY STATION
	TRAVELLING PULLMAN TERMINAL		INTERNATIONAL BORDERS
	DIPLOMATIC CONSULATES		HIGHWAY
	NATIONAL ROAD		LOCAL ROAD
	LOCAL PAVED ROAD		RAIL WAY
	ROAD		KILOMETERIC DISTANCE

	2800 - 3000
	2600 - 2800
	2400 - 2600
	2200 - 2400
	2000 - 2200
	1800 - 2000
	600 - 1000
	400 - 600
	200 - 400
	0 - 200
	-200 - 0

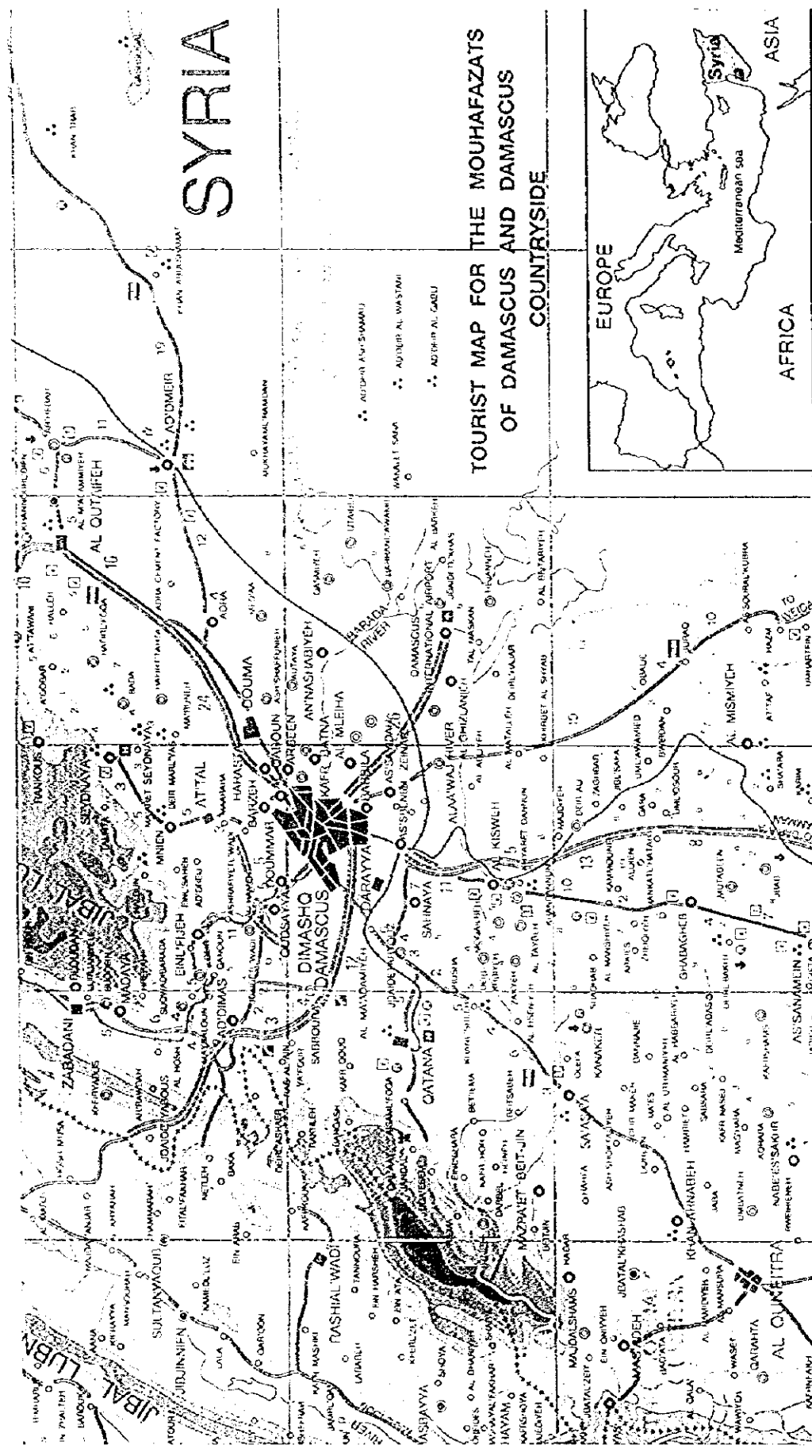
  

CENTRE OF MOUHAFAZAH GOVERNMENT NECESSARILY INCLUDES: HOTEL, RESTAURANT, POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, PHARMACY, DOCTOR, HOSPITAL, PULLMAN STATION, GAS STATION, CAR MAINTENANCE.  
 CENTRE OF MUNICIPALITY NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, PHARMACY, DOCTOR, CLINIC, GAS STATION, CAR MAINTENANCE.  
 POLICE STATION NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, MEDICAL POINT.  
 HOSPITAL NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, MEDICAL POINT.  
 PUBLIC PHONE NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, MEDICAL POINT.  
 PHARMACY NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, MEDICAL POINT.  
 DOCTOR NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, MEDICAL POINT.  
 CLINIC NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, MEDICAL POINT.  
 GAS STATION NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, MEDICAL POINT.  
 CAR MAINTENANCE NECESSARILY INCLUDES: POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC PHONE, MEDICAL POINT.

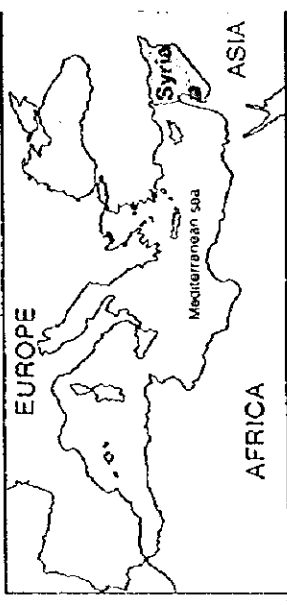
TRAVELLING PULLMAN TERMINAL  
 KILOMETERIC DISTANCE

SCALE 1/600,000





## TOURIST MAP FOR THE MOUHAFZATS OF DAMASCUS AND DAMASCUS COUNTRYSIDE



**LEGEND OF MOUHAFZAT (GOVERNORATE) NECESSARILY INCLUDES:**  
 HOTEL, RESTAURANT, PUBLIC STATION, POST OFFICE, PUBLIC ENGINE, THEATRE,  
 CATHEDRAL, MOSQUE, PALACE, STATION, GAS STATION, LAMP, ORNAMENT, etc.

**LEGEND OF DAMASCUS (GOVERNORATE) NECESSARILY INCLUDES:** POLICE STATION, POST OFFICE,  
 PUBLIC ENGINE, THEATRE, MOSQUE, PALACE, STATION, GAS STATION, LAMP, ORNAMENT, etc.

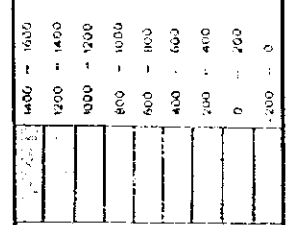
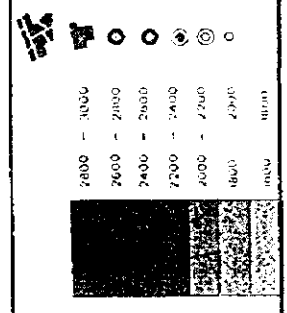
**LEGEND OF DAMASCUS COUNTRYSIDE NECESSARILY INCLUDES:** POLICE STATION, POST OFFICE,  
 PUBLIC ENGINE, THEATRE, MOSQUE, PALACE, STATION, GAS STATION, LAMP, ORNAMENT, etc.

**LEGEND OF DAMASCUS COUNTRYSIDE NECESSARILY INCLUDES:** POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC ENGINE,  
 THEATRE, MOSQUE, PALACE, STATION, GAS STATION, LAMP, ORNAMENT, etc.

**LEGEND OF DAMASCUS COUNTRYSIDE NECESSARILY INCLUDES:** POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC ENGINE,  
 THEATRE, MOSQUE, PALACE, STATION, GAS STATION, LAMP, ORNAMENT, etc.

**LEGEND OF DAMASCUS COUNTRYSIDE NECESSARILY INCLUDES:** POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC ENGINE,  
 THEATRE, MOSQUE, PALACE, STATION, GAS STATION, LAMP, ORNAMENT, etc.

**LEGEND OF DAMASCUS COUNTRYSIDE NECESSARILY INCLUDES:** POLICE STATION, POST OFFICE, PUBLIC ENGINE,  
 THEATRE, MOSQUE, PALACE, STATION, GAS STATION, LAMP, ORNAMENT, etc.



SYMBOL	DESCRIPTION
	INTERNATIONAL AIRPORT
	INTERNATIONAL HOTEL
	INTERNATIONAL RESTAURANT
	HOTEL
	RESTAURANT
	NATIONAL ROAD
	LOCAL ROAD
	BUS STOP
	PUBLIC STATION
	POST OFFICE
	POLICE STATION
	PUBLIC ENGINE
	THEATRE
	MOSQUE
	PALACE
	STATION
	LAMP
	ORNAMENT

**SCALE:** 1:50,000  
 1 CM = 500 M

BASIC NETWORK FOR SYRIAN POWER SYSTEM 230 / 400 KV FOR 1985

Syria

TURKEY

CYPRUS

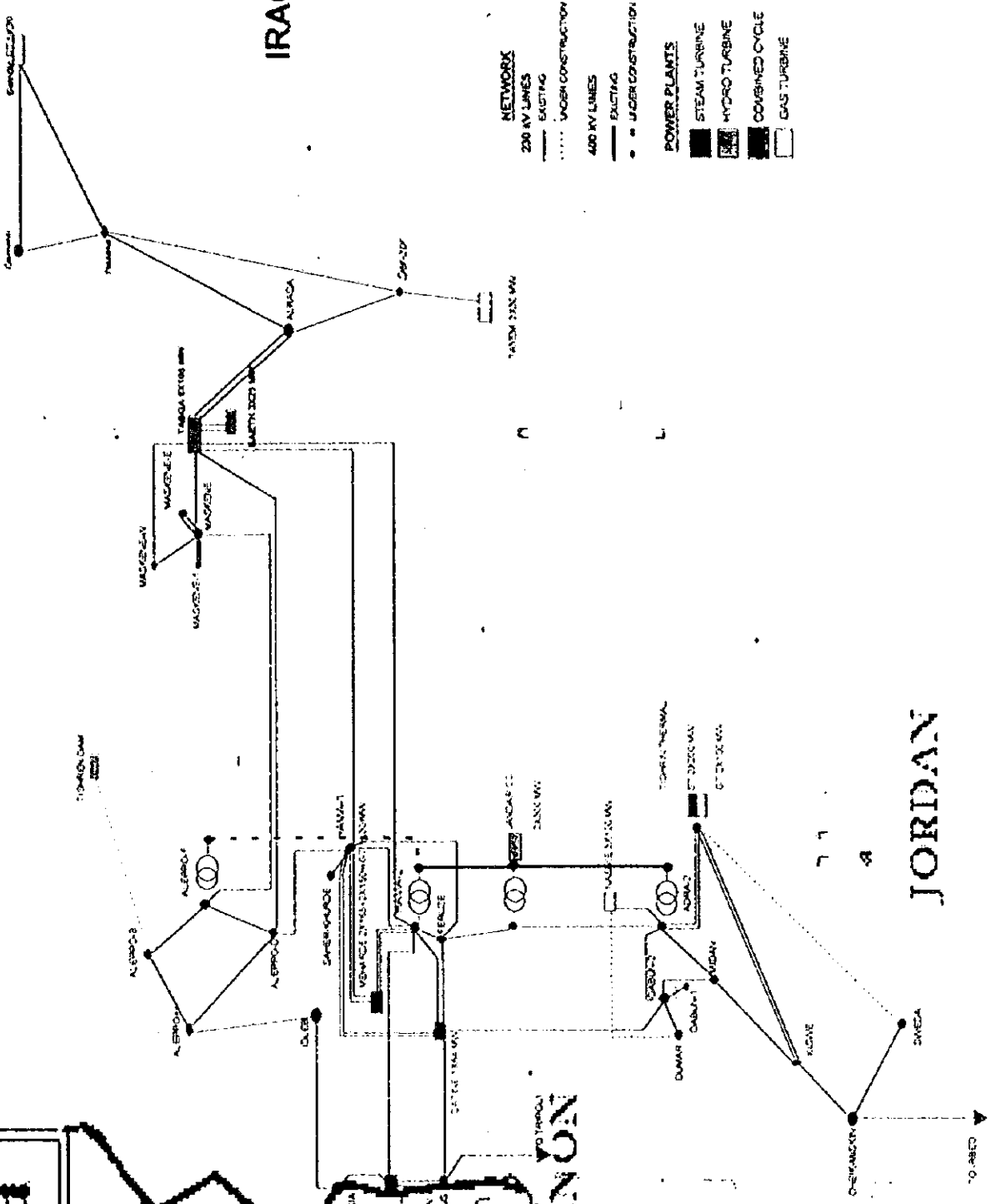
Mediterranean Sea

LEBANON

PALESTINE

JORDAN

IRAQ



**NETWORK**

- 230 KV LINES
  - EXISTING
  - ..... UNDER CONSTRUCTION
- 400 KV LINES
  - EXISTING
  - - - UNDER CONSTRUCTION

**POWER PLANTS**

- STEAM TURBINE
- HYDRO TURBINE
- COMBINED CYCLE
- GAS TURBINE

TO SAUDI

TO TURKEY

BASIC NETWORK FOR SYRIAN POWER SYSTEM 230 / 400 KV FOR 1995

Syria

TURKEY

CYPRUS

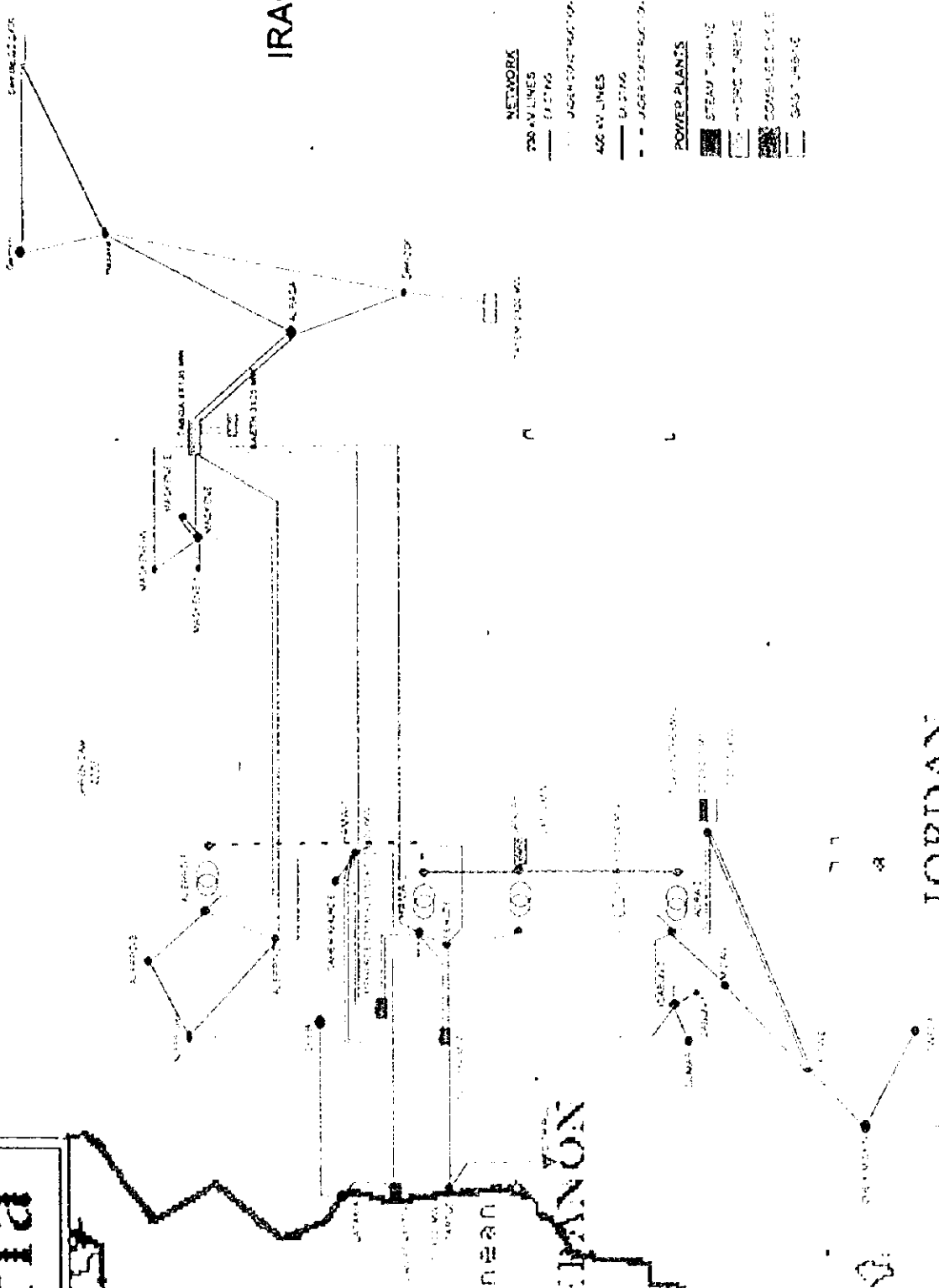
Mediterranean Sea

LEBANON

PALESTINE

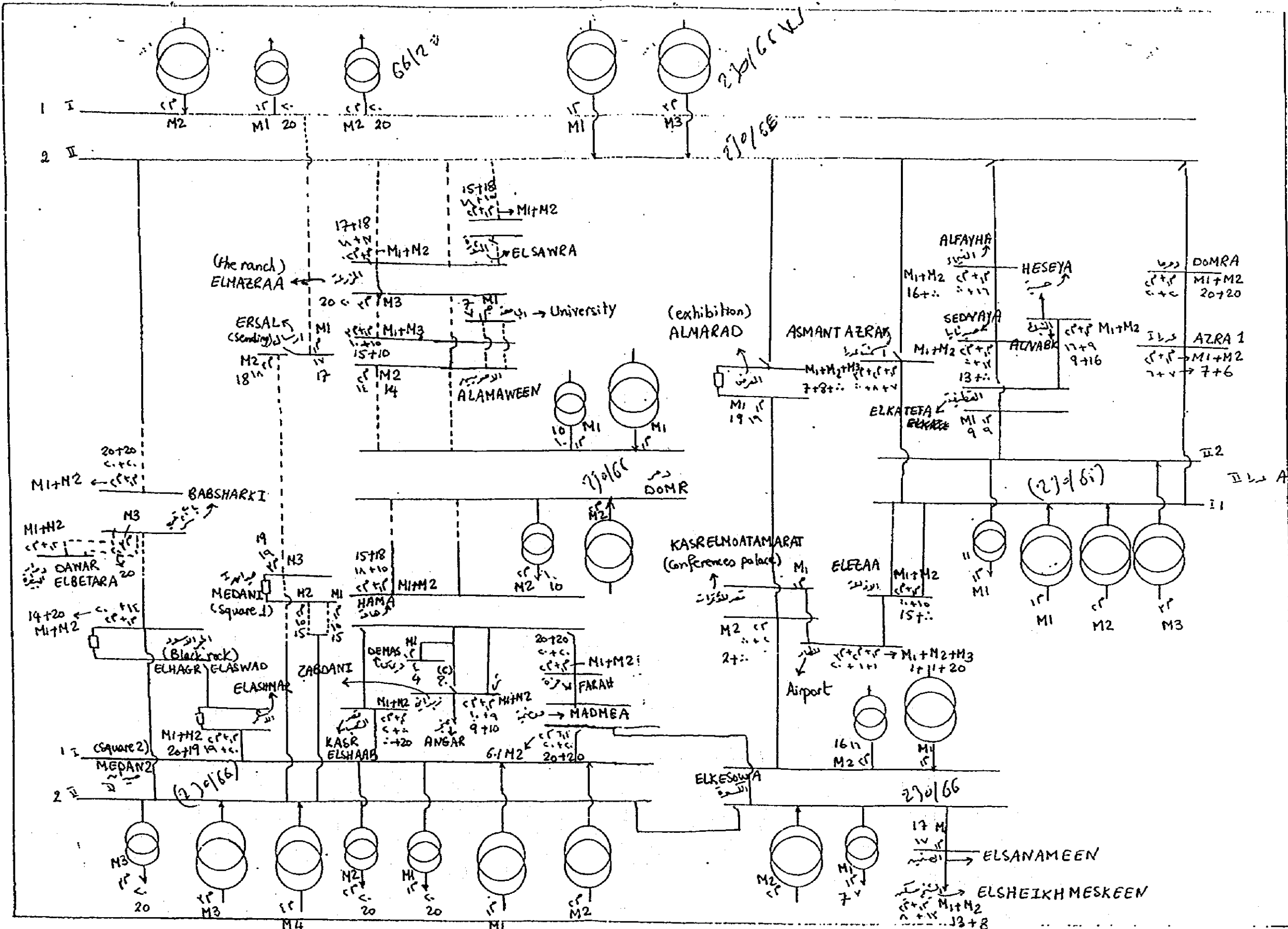
JORDAN

IRAQ

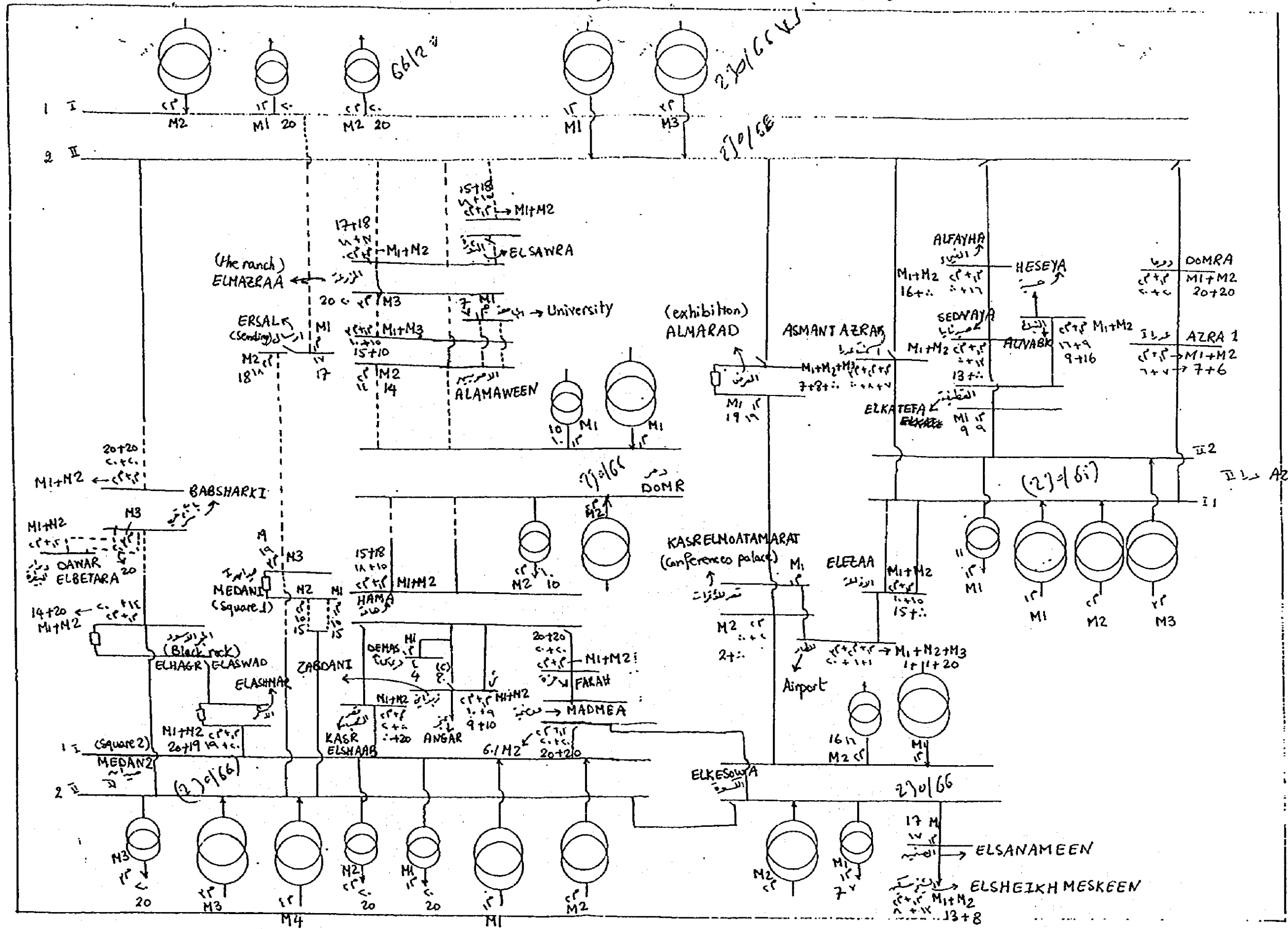


- NETWORK**
- 230 KV LINES
  - 400 KV LINES
- POWER PLANTS**
- STEAM PLANT
  - HYDRO PLANT
  - GAS PLANT
- COVERED AREA**
- 230 KV
  - 400 KV

The Phasor Diagram for the network 66kV. in the city of Demasus and it's Countryside  
 الخطة الفازية لشبكة 66KV في مدينة دمشق وريفها



The Phasor Diagram for the network 66KV. in the city of Demasus and it's Countryside  
 الخطة الفازية لشبكة 66KV في مدينة دمشق وريفها



## 第1章 総論

## 第1章 総論

### 1.1 要請の背景・経緯

#### (1) 要請の背景・経緯

シリア国の電力需要は、年率3%を越える人口増加、地方電化の進展、市場経済化に伴う産業振興によって、増大傾向が続いている。しかし、発送配電にかかる供給設備は老朽化しており、この結果80年代から電力不足が恒常化し、負荷制限が実施されるに至っている。この中で配電事業は配電公社によって運営されているが、高い電力損失率(30%)やそれに伴う電圧低下などの問題を抱えている。この原因として、配電設備の老朽化、不適切な配電系統などが大きく関与しているとみられる。こうした状況を改善するために、政府はEUとの協力で全国送配電マスタープラン調査を実施したが、この調査の対象は66kVライン以上に限られていたため、20kVレベルの配電網を対象とした調査実施が急務となっている。

このような背景の下で、1996年8月にシリア政府から、ダマスカス首都圏配電網改良計画に対する正式要請がなされた。

#### (2) 開発調査の目的

本案件は、ダマスカス首都圏の20kV配電網に関連するデータ収集・解析を行い問題点を明らかにし、改良するための諸方策を検討し、経済財務的に実施可能な改良実施計画を作成する。最終的には、配電線に係る電力損失を5%程度まで低減することを目標とする。調査の過程では、先方CPに対して配電網の問題分析手法、改良計画作成手法を技術移転し、CPのF/S調査実施能力を養成する。

### 1.2 予備調査の目的

今回の予備調査は、先方の要請内容の確認、必要な情報の収集及びプロジェクトの目的・内容についての協議を行い、本格調査内容に関して先方との間で合意が得られれば、本格調査内容に関するS/Wを署名・交換をすることを目的として実施するものである。

まずカウンターパート機関である電力省及び配電公社との間で要請内容の確認を行うとともに電力供給・需要に関わる基本状況を把握し、次に、EUが予定している新規配電網マスタープランの調査内容を把握し、調査内容の重複がないことを確認する。最終的に配電網の規模、状態及び単線結線図などのデータの所蔵状況を把握し、調査内容を最適化した上で、S/Wを調印する。

### 1.3 対象方針

#### (1) 本格調査開始時期、調査期間、調査規模の確認

・平成10年10月初旬開始を予定しているが、シリア政府側の受け入れ体制を確認しつつ最適な調査開始時期を決める。

・18ヶ月を予定（先方は1年程度の調査期間を要望している）。

#### (2) 調査対象地域の確認

要請書の調査対象地域は、「South Region (Damascus - Deraa - Sweida)」となっているが、この地域の位置、面積、配電線恒長、需要家概数等を確認し、本件開発調査で規模的に対応可能であることを確認する。

#### (3) 調査範囲の確認

要請書では、Damascus & Damascus Districtの20kV配電網が調査対象と記載されているが、その範囲（66/20kV変電所、20kV変圧器、400V配電線を含むのか）の確認を行う。現時点では、調査を効果的なものにするため20kV線と66/20kV変電所を調査対象としている。

#### (4) EUプロジェクトの内容確認

EUに対し要請している「配電網マスタープラン」の進捗状況を把握するとともに、調査内容に重複がないこと、またそれぞれの調査で補完できる部分を確認する。

#### (5) ワーキンググループの設置

本格調査を効果的かつ効率的に進め、カウンターパート側に技術移転を図るため、PEDEEEにワーキンググループを設置することを確認する。これは、PEDEEE及び電力省のスタッフによって構成される。

#### (6) 機材調達

本格調査で電流・電圧等のデータを計測するためには、クランプメーター等の計測機材が必要となる。PEDEEEがこのような計測機材を保有しているかどうか、保有機材のスペックが調査に適したものであるかを確認する。その他機材についても、先方の要請があれば、MMに記載する。

#### (7) ワークショップの開催

PEDEEEのスタッフを対象として本件調査に関わる技術の移転を目的としたワークショップを開催する。

#### (8) カウンターパート研修

カウンターパート研修の要請があるならば、研修内容、研修対象者、研修時期に関して先方と協議する。

(9) 先方とのS/W協議の結果によっては、S/Wの変更の可能性なしとしない。本質的な変更がある場合には、本部に請訓の上その回答を待って対処するものとするが、それ以外の軽微な変更等については調査団の判断で対処し得るものとする。

#### (10) 地球環境問題に対する考慮

二酸化炭素排出量削減などの地球環境問題に対して、再生エネルギー利用による効果の量的把握等も調査に含まれることを先方に表明する。



#### 1.4 調査団構成

- (1) 総括／団長 鈴木 靖男 (JICA 国際協力専門員)
- (2) 電力行政 後藤 正信 (通産省資源エネルギー庁公益事業部電力技術課)
- (3) 配電系統計画 佐藤 文紀 (西日本技術開発株式会社)
- (4) 配電設備 池田 義明 (プロアクトインターナショナル株式会社)
- (5) 調査企画 星野 明彦 (JICA 鉱工業開発調査部資源調査課)

#### 1.5 調査日程

- (1) 派遣期間：平成10年6月8日(月)～6月19日(日) (計12日間)
- (2) 調査行程
  - 6月8日(月)成田 11:00(CX501)→香港 14:40。香港 16:30(CX731)→ドバイ 20:30。ドバイ泊。
  - 6月9日(火)ドバイ 14:30(EK911)→ダマスカス 16:40。ダマスカス泊。
  - 6月10日(水)JICA 事務所 9:00。大使館 10:00。企画庁(State Planning Commission)11:00。配電公社(PEDEEE)11:30。電力省次官 12:30。ダマスカス泊。
  - 6月11日(木)EU 事務所 10:00。PEDEEE 計画課質問票調査 11:30。ダマスカス泊。
  - 6月12日(金)現地踏査(地方配電線)。ダマスカス泊。
  - 6月13日(土)現地踏査(Erasal 変電所、Amaween 変電所、Fursan 変電所、Bytara 変電所、Douna 変電所、20/0.4kV 変圧器、需要家電力量計)。ダマスカス泊。
  - 6月14日(日)現地踏査(PEDEEE ダマスカス市外支所、PEDEEE 修理工場、ダマスカス市配電指令所)。ダマスカス泊。
  - 6月15日(月)S/W 協議 9:45。現地踏査(PEDEEE ダマスカス市支所)。大使館主催昼食会。ダマスカス泊。
  - 6月16日(火)S/W 協議 9:00。現地踏査(ダマスカス市支所 0.4kV 配電網、20/0.4kV 変圧器)。S/W 協議 19:30。PEDEEE 総裁主催夕食会 21:00(電力省次官出席)。ダマスカス泊。
  - 6月17日(水)S/W 調印 11:00。団長主催昼食会 14:30。ダマスカス泊。
  - 6月18日(木)JICA 調査報告 9:00。PEDEEE 11:00。日本大使表敬 13:00。ダマスカス 17:40(EK912)→ドバイ 21:40。ドバイ 23:40(CX750)→。機内泊。
  - 6月19日(金)→香港 15:15。香港 16:20(CX508)→成田 21:15。

#### 1.6 主要面会者

##### (1) 電力省

Eng. Sufian Al-alao, Deputy Minister

##### (2) 企画庁 (State Planning Commission)

Mr. Bassam Al-Sibai, Director of Scientific and Technical Cooperation

Mr. Esham Mourad

(3) 配電公社 (PEDEEE)

[本部]

Eng. Najati Jawdat, General Director

Eng. Emile Kandalaft, Assistant General Director

Dr. Eng. Issam Bahssas, Director of Planning and Statistics

Eng. Mustafa Shekhani, Deputy Director of Planning Department

[ダマスカス市支所 (General Company of Electricity of Damascus Governorate)]

Mr. Amin Alkhawam, General Director

Mr. Gamal Abotouk, Planning Director

Mr. Emad Whamis, Operation Director

Eng. Akram Soliman, Maintenance Section

Eng. Mhd. Imad Ajaja, Maintenance Section

Mr. Sanior Mousli, Maintenance Section

[ダマスカス市外支所 (General Company of Electricity of Damascus Rural Governorate)]

Mr. Jamal Alahmar, General Director

Mousa Al khoury, Deputy General Director

Eng. Zouher Shahin, Director of Study and Execution of Rural Damascus Company

Mr. Mohamed Abedala Mainsoor

[修理工場 (Repairing Section)]

Eng. Abdul Rahman Uarkazanly, Director of Laboratory for repairing transformer

[給電司令所 (Dispatching Center)]

Eng. Akram Al-khatieb, Head of Dispatching Center

Eng. Bassain-el-Saleh

(4) EU 電力プロジェクト (Project Implementation Unit)

Mr. Marwan Al-obeid, Co-director in the E.S.S.P, PEDEEE

Mr. Peter Brady, European Training Director (consultant)

(5) 在シリア日本大使館

鏡大使

坂一等書記官

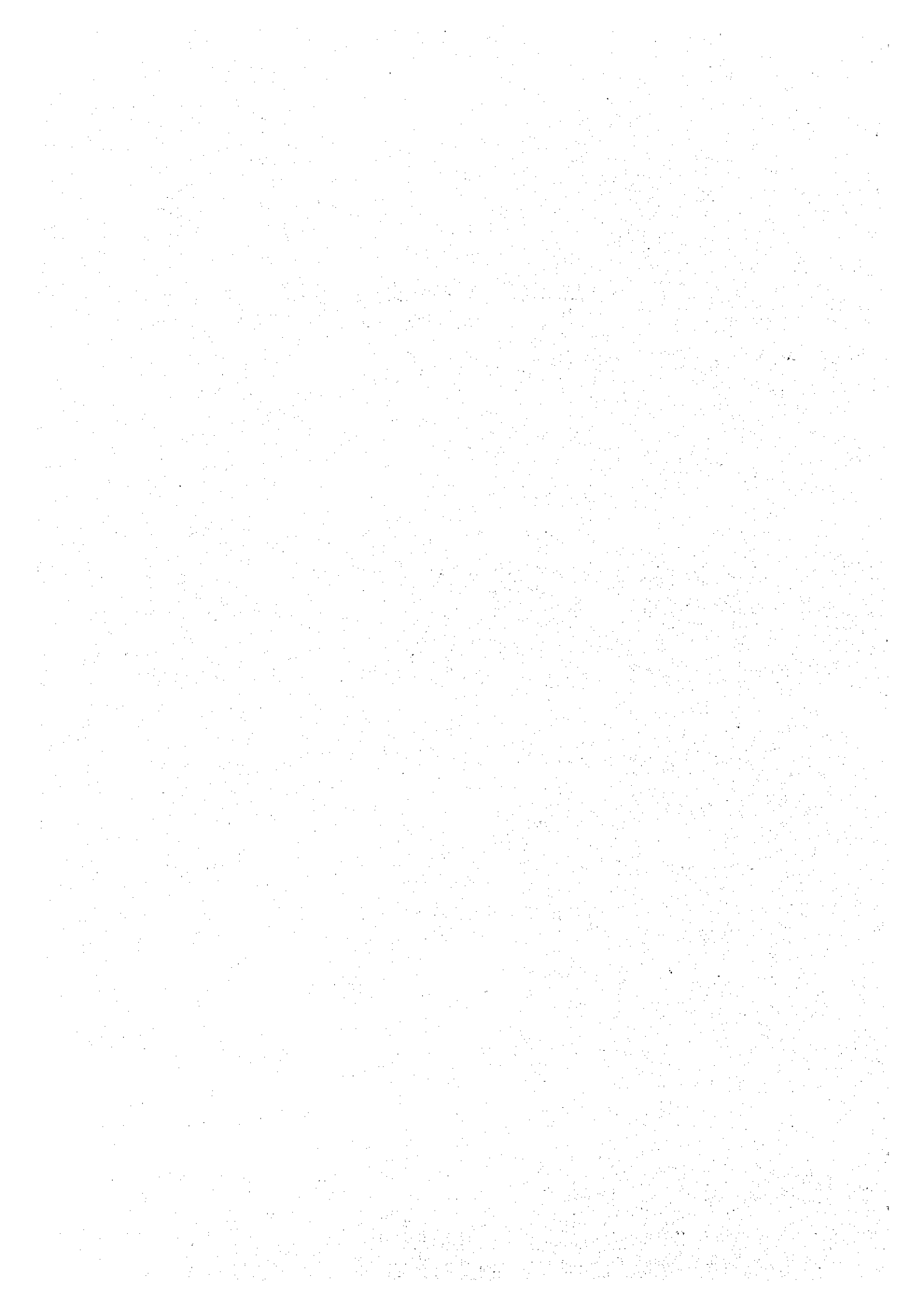
小池二等書記官

(6) JICA シリア事務所

海老名事務所長

武藤職員

## 第2章 調査結果の要約



## 第2章 調査結果の要約

### 2.1 シリアの電力事情と政府・配電会社の考え

政府電力省は従来から年々伸びゆく電力需要に応えるべく発電、送電両設備の増強に努めてきた。電力省の資料によると現在のシリア全土の発電容量(NOMINAL CAPACITY)は4189メガワット、これに対して今年のピークロード時の電力需要は3392メガワットと推定されている。配電会社の資料によると1996年から1998年までの配電実績ならびに2010年までの電力需要予測データによると年平均343メガワットの需要増となっており、2010年時点の電力需要はピークロード時の値で7626メガワットの電力需要を計画している。更にここ数年以内に1544メガワット相当の発電設備増がなされることが確実であり、総合的に考えて、現時点では、送電設備の問題は多少あるものの、発電サイドは(配電側に比べれば)、少なくとも量的には満足できる状況である、といえる。

要家のもとに届けるかという配電の問題が、重要になってきた。電力省・配電会社によると、総発電電力の30%近くは、一般家庭・需要家の手元に届かず熱損となって無駄になるか、または不法に使われている状況である。電力省・配電会社はこの点をきわめて深刻且つ重大に考えており、緊急に有効な対策に着手したい意向を当調査団に表明していた。

電力省としては、全国電力系統設備の運用モニタリングシステムの導入、更に電力事業運営・事業管理にわたる情報管理システムの導入等を計画中であり、それによって、既に作成された発送電に関するマスタープランの実行状況ならびに企画中の配電に関するマスタープランの実行状況、そして、既にほぼ終えたEUによる延べ約160人にわたる広範囲な(管理者から現場技術者までの)電力関係人材育成の研修結果評価等等を客観的に行い総合的な電力事情の改善・拡充に努める考えである。斯様な総合的な展望に立ったとき、今回日本政府/JICAに支援要請をした配電効率/配電信頼度の改善向上対策は、以上の総合的電力供給改善政策の重要な位置を占めるものである。(6月10日調査団が電力省訪問時の副大臣Mr.Sufian 発言)

### 2.2 SW協議について

ダマスカス首都圏の配電設備の現況調査と平行して、本格調査に関するSWの協議をシリア配電会社と行った。SW協議の結果と、それに伴う協議議事録は巻末に添付する。ここでは、今回締結、合意に至ったSWについて、キイとなる点について述べる。

(1) 本格調査の対象地域としてシリア側の要請書では、ダマスカス首都圏のほか

シリア南部地域の一部をも含むようなかたちになっていたが、確認の結果、ダマスカス首都圏とすることで合意した。地理的には、首都圏市街地及びその周辺をさすが、配電公社では、全国を14のブロックに分けて、それぞれに配電支局をおいて配電サービスに関するルーチンの設備の修理・保全、配電運用業務、顧客サービス業務をはじめとする各種配電管理業務を実施している。ダマスカス首都圏を管轄する配電支局は、ダマスカス市街地支局 (The Public Company of Damascus Governorate) 及びダマスカス周辺地支局 (The Public Company of Rural Damascus Governorate) の2支局がそれぞれ市街地領域とその周辺部領域とを分担している。今回の本格調査では、上記に挙げた2支局の管内を調査対象とする、という合意である。

(2) シリア配電公社より、以下のような強い要望があった。即ち、各配電支局が実施担当している業務は、日常的に電力需要家に直結している業務であるだけに、きわめて多くの問題をかかえている。今回、JICAに支援要請する配電網での電力損失改善に関しても、実際の対策となると、単なる技術的なアクションだけをとるだけではおそらく不十分であろうと思われ、根本的改善計画の策定のためには、ダマスカス首都圏の両支局が抱える配電事業の根幹に関する対策に言及する必要に至るであろう。そこで、支局配電事業の保守、運用、事業管理に関する領域まで踏み込んだ調査を期待したい。

(3) JICAに期待する重要な点として、本格調査の実施において、是非とも人材の育成にもその力点をおいてほしい、というやはりこれも強い要望があった。カウンターパートの日本での研修機会、シリアでの技術移転の機会、等を今回の日本提案より更に多く、且つ充実してほしいとの要望であった。これは調査団としての要望であるが、本要請は大変インパクトの大きな内容であるので、人材育成の要請については、JICAとして格別な配慮をしていただくよう希望する。特に、JICA集団研修コースで配電に関する研修機会があるが、カリキュラムから判断すると、この研修コースはまさにこの要請案件適合するものであるもので、何らかの方法でこのコースを活用して、人数的に研修機会を増やすよう努力していただけないかと思う。

(4) 現在、E.U.で支援している、全国配電網マスタープランとの関連について。電力省・E.U.の共同運営管理下にある Project Implementation Unit (P.I.U) 事務所での意見では、T.O.R.について現在検討中であり、それが決まり次第JICA側へ連絡するとのことであった。(連絡はJICAシリア事務所へある見込み)  
仕事の分野的にはE.U.支援のスコープとJICAのそれとは重複するものであるが、E.U.支援のSWはマスタープランのレベルであり、一方、JICA側はF Sレ

ベルである、というレベル上の相違がある。おそらく、将来電力需要のみ込み方、採用する技術標準、事業運営上の問題、等は基本的な点について、E.U.のマスタープランの中で触れられると思うので、その時は、その部分に関して、E.U.のマスタープランに従うことになろう。しかし、時間的にJICAの作業の方が先行するときは、JICAの方から、ダマスカス首都圏で採ろうとする考えを積極的に、E.U.側ないしP.I.U.に対して、採用するよう働きかけ又は調整が絶対に必要であろう。

### 2.3 調査結果の要約

シリアにおける電力事情は、発電サイドはほぼ需要を満たす状況にあるが、一方、発電した電力を効率よく、且つ適正に、満足ゆく信頼度で需要家に送り届けるという点で、かなり深刻、重大な局面にある。

シリア側のデータによると、1998年現在、発電容量（運転中のものに限ると）として、水力によるもの875メガワット、熱源によるもの2974メガワット、ガス源によるもの340メガワット、合計4189メガワットを有する。更に、近々中に5箇所の発電設備が竣工する予定で合計1544メガワットの容量が、これに加わる。

電力需要としては、1998年度のピーク負荷時需要電力は、3392メガワットと推定されており、発電容量的には満足のゆく状況である。近々中に竣工する5箇所の発電容量を加えた総量は、5733メガワットとなり、この量は、配電公社の需要予測によると2005年時点まで需要電力量をカバーするものである。

ダマスカス首都圏における電力需要の状況は、1998年現在、915メガワットのピーク負荷時電力需要であり、2010年時点での需要予測は、2037メガワット（ピーク負荷時電力）を予測している。この間1998年から2010年までの年率平均需要増加率は、6.69%となる。

電力需要家数は全国で、1998年現在、303万加入であるが、2003年の需要家数を370万加入と配電公社では見ている。この間の年平均増加率は14%である。ダマスカス首都圏の電力需要家数については、1997年のデータで73万加入となっている。また、大ダマスカス首都圏での電力需要/供給については、需要に対して100%の供給状況にあるとのことであった。

以上、シリア全土の発電能力状況、ないしは全国、及びダマスカス首都圏での電力需要の見とをしを概略述べたのであるが、これに対して、発電サイドでから電力需要者へ送り届ける状況であるが、1997年のデータによると、年間1881万メガワットアワー(MWH)の発電量に対し、輸出、高圧売電等をのぞく1662万MWHが配電公社にわたされた。これに対して、配電公社の実際に電力需要家へ正規に配電した量は、1208万MWHで、結局この間、27.3%の配電損失を発生している。配電公社の努力

によって、この数値はこの3年間改善しつつあるが、その改善量はわずかである（1995年は30.1%、1996年は27.5%）。この数値は、途上国一般から見てもかなり悲劇的最悪の状態、たとえば、昨年JICAが実施したヨルダン国の配電損失調査の結果でも、8%から14%までの間に全国分布している状況である。ダマスカス首都圏でも概略この数値と似た状況ではないだろうか（本格調査時での正確な損失把握が是非必要となる。）。配電公社からのヒヤリングによると、ダマスカス市内でおそらく、66KV系の配電設備で約6%、20KV系の配電設備で同じく約6%、400V系最低圧設備、及び電力需要家・一般家庭に直結するサービスワイヤー等の系統で約15%程度の損失配分ではないか、とのことである。

又、今回訪れたいくつかの変電所（66KV/20KVの）において、送出フィーダー側の力率が極めて悪い数値を表示していた（メーター上で80%から85%程度）おそらく、力率改善の措置が適切に行われていないためであろう。“改善の余地大いにあり”の点である。

斯様な損失状況の原因箇所の究明は、今後の合理的な本格調査で明らかにされることになるだろうが、今回の現場視察程度の調査という条件下でも、推定される対策として下記のことが言えると思う。

・66KV系統の配電線ならびにその関連設備、及び20KV系統の配電線ならびにその関連設備、については

力率改善措置の改善（端的には進相コンデンサーの設置の適切化と強化）、変電系統の変更改善（端的には、変電所における出側フィーダーが多すぎる、又は、変電所増設の必要性大、ないしは系統の変更改善など）等の対策をうつこと。

・20KV/400V変圧器を含む0.4KV系統設備の問題点としては、

- a) 20KV/0.4KV変圧器の容量が不適切ではないか、
- b) 0.4KV配電線の恒長が長すぎるのではないか、
- c) 各相の負荷のアンバランスが著しいのではないか、
- d) 0.4KV配電線の建設工法、設計規準、使用材料の統一、に関して改善すべき点が多いのではないか、
- e) 需要家に対する（個別）管理の充実及び需要家への広報の一層の充実、
- f) 20KV/400V変圧器及び0.4KV系統設備の設備管理、ないしは設備運転状況の状況把握が不十分ではないか、等が考えられる。

一方、配電事業を営むシリア配電公社は、本社、修理工場、を含む14の配電支所の全従業員数は、約21000名、このうち、テクニカルスタッフは約17000名、上級職ワーカー（Professionally Experienced）は、約5900名、となっている。今回対象となる大ダマスカス首都圏を管轄するところの、ダマスカス市街地配電支局、及び



ダマスカス周辺部配電支局、両支局の従業員は4236名、同じくテクニカルスタッフ、ならびに上級職ワーカーは、それぞれ3057名、600名である。

## 2.4 本格調査実施方針

### (1) 設備の量的な把握

調査対象域内における、66 K V、20 K V、400 V各系統の配電線について、その恒長についての把握が必要である。400 V系統については設備が量的に多いので、把握の手段に関し、なんらかの工夫が必要であることは論を待たない。

(2) 各種測定（周波数、電力、電圧、電流、絶縁抵抗など）にあたり、シリア側の既設メーターを利用するのではなく、日本側から、あらかじめ信頼度のわかっている計測器を用意し、それを用いることが必要と思われる。

(3) 20 K V/400 V変圧器を含む400 V系統設備の調査では、範囲が極めて広いので、第一段階の調査でその調査範囲を特定することが必要である。調査範囲の広さは、損失発生の原因になるであろう典型的な事象が十分に含まれるだけの広がりを取ることが必要である。従って、ここでいう“損失発生の原因になるであろう典型的な事象”とは、ダマスカス全域ではどのような事象であるか、という”事象のリストアップ”がまず必要ではないだろうか。その後、これらの事象を全部含む典型的なエリア、即ちモデルエリアなるものを確定することになるだろうか。

(4) 400 V系統設備の改善策については、多様な改善策があると思われる。そして、その改善効果について、各改善策相互間で影響を及ぼし合うことが予想される。つまり改善策の組み合わせで、その効果が大きく異なることになるだろう。400 V系統設備の改善策提言においては、斯様な改善策相互間の相乗効果についても解析、提言を期待する。

大変多くの要因が原因で電力損失が発生している場合、その対策提言となると、どの程度の効果が期待できるのか、シリア側で理解が困難になる恐れがある。シリア側で個々の対策の実施を決定する際、期待される効果の把握が適切で且つ明確でないと、円滑な実施決定に支障が出るであろう、このための配慮である。

## 2.5 本格調査における調査項目 (Scope of the Study)

### (1) 基礎調査段階

- 1) 関連データ収集・分析と既存資料の見直し
- 2) 既存配電設備の確認
- 3) 配電網の電力損失調査
- 4) 配電網の電圧降下の測定
- 5) 事故・停電記録の確認
- 6) 保護リレーシステム現状調査

- 7) 配電網運用システム状況調査
- 8) 配電網の運用、維持管理に係る問題点の把握

## (2) 詳細調査

- 1) 調査対象地域における電力需要予測の見直し
- 2) 既存の配電網拡張計画の見直し
- 3) 設計基準、信頼性基準の見直し
- 4) 保護リレーシステムの見直し
- 5) 将来需要に応じた配電網整備基本計画の作成
- 6) 配電網改良計画の作成
- 7) 改良計画に対するシステム解析
- 8) 配電網改良計画の効果確認
- 9) 配電設備マネジメントシステムの見直し

## (3) 実施計画作成段階

- 1) 配電網の F/S 設計
- 2) 工事コスト見積もり
- 3) 工事計画の作成
- 4) 経済・財務評価
- 5) 資金手当の検討

## 2.6 協議議事録

### (1) JICA 事務所表敬

- 1) 日時・場所：6月10日（水）9:00～10:00、JICA シリア事務所
- 2) 出席者：海老名 JICA シリア事務所長、武藤 JICA 職員、調査団員全員
- 3) 協議内容

調査団が本件開発調査内容につき説明の後、事務所長から以下のコメントを受けた。

- ・現在のところ配電分野の専門家要請は来ていないが、配電のマネジメント分野に関わる技協の必要性があるのでは。
- ・円借で発電設備を増強したことにより電力事情は以前に比べ格段に良くなった。
- ・発送電訓練センターには、機械分野の専門家が既に活動を開始しているが、今後
- ・パニアス 3・4号機に対するリハビリ無償も開始する。
- ・電気料金体系に関してはアンタッチャブルな状況である。
- ・電力セクターの民営化は考えられない。
- ・発送電に関しては開調が円借に結びついているので、配電に関しても先方はそれ

を期待しているのでは。

## (2) 日本大使館表敬

1) 日時・場所：6月10日(水) 10:00～11:00、日本大使館

2) 出席者：坂一等書記官、武藤 JICA 職員、調査団員全員

### 3) 協議内容

調査団が本件開発調査内容につき説明の後、以下のコメントを受けた。

・シリアの電力事情は、1カ月に2回程度停電がある状況であるが、2年前よりも格段に良くなっている。

・EU が地中海沿岸諸国を組み入れて経済圏を作ろうとしていることもありシリアに対する活動が活発になっている。しかしシリア側は、経済圏に入るどうか決めていない。

・EU のシリアの電力セクターに対する援助の無償部分は約1,100万 ECU (約15億円)

で、94年から幾つかのプロジェクトを実施してきている。

・配電マスタープランに対する EU の予算は90万 ECU (約1億円)。

・日本と EU との間で、案件等の住み分けについては議論に出てきていない。

・EU は電力セクターだけでなく灌漑、金融セクター改革にも力を入れている。

・世銀も良い案件があれば実施したい意向であるが、シリアでの経験が少ないため開始までには到っていない。

・環境円借について、シリア側からの要請は来ていない。

## (3) 企画庁 (State Planning Commission) 表敬

1) 日時・場所：6月10日(水) 11:00～11:20、企画庁

2) 出席者：Mr. Bassam Al-Sibai, Director of Scientific and Technical Cooperation

Mr. Esham Mourad

Dr. Eng. Issam Bahssas, Director of Planning and Statistics

Eng. Mustafa Shekhani, Deputy Director of Planning Department

Eng. Zouher Shahin, Director of Study and Execution of Rural Damascus  
Company

Mr. Mohamed Abedala Mainsoor

調査団全員

武藤 JICA 職員

### 3) 協議内容

調査団長より本件調査について説明の後、先方から以下のコメントがなされた。

・要請してから約2年経ったが、問題はより深刻になっており、調査を歓迎する。

・2000年までの第8次5ヶ年計画を作成したので、参考にして欲しい。

#### (4) 電力省表敬

1) 日時・場所：6月10日(水) 11:30～12:20、電力省

2) 出席者：Eng. Sufian Al-alao, Deputy Minister

Dr. Eng. Issam Bahssas, Director of Planning and Statistics

Eng. Mustafa Shekhani, Deputy Director of Planning Department

調査団員全員

武藤 JICA 職員

#### 3) 協議内容

調査団長から調査概要について説明の後、先方から以下のコメントを受けた。

・日本のお陰で発電に関しては問題が無くなったが、配電に関しては依然問題がきわめて大きい。

・現在のダマスカスの配電系統なきわめて効率が悪く、電力損失は約30%にも達する。これにより、大需要家に対する電力が低電圧で供給されたりしている。また、住居地区では不法接続もある。

・配電に関してDSMを進める一貫で、各地域にESC (Energy Service Company) を設立する予定である。現在プロジェクトドキュメントを作成している。これが実施されれば、2005年には電力損失がかなり改善されるだろう。これに関してJICAの支援を歓迎する。

・2010年までにエネルギー需要は年率4.7%の伸びが予測されている。シリアの石油産出量にも限りがあるため、省エネルギーを進めないと、エネルギー輸出国から輸入国になってしまう。こうした観点からDSM (Demand Side Management)の促進が求められる。これには、各産業のエネルギー消費原単位を世界水準にまで下げる必要がある。

・2010年のエネルギー消費を10%下げることが現在の目標である。

・風力や太陽光も活用してゆきたい。

#### (5) 配電公社(PEDEEE)表敬

1) 日時・場所：6月10日(水) 12:30～13:30、配電公社本部

2) 出席者：Eng. Najati Jawdat, General Director

Eng. Emile Kandalaft, Assistant General Director

Dr. Eng. Issam Bahssas, Director of Planning and Statistics

Eng. Mustafa Shekhani, Deputy Director of Planning Department

Eng. Zouher Shahin, Director of Study and Execution of Rural Damascus Company

Mr. Mohamed Abedela Moinsoor

Mr. Marwan Al-obeid, Co-director in the E.S.S.P, PEDEEE

調査団員全員

武藤 JICA 職員

### 3) 協議内容

調査団長より本件調査概要について説明後、先方より以下のコメントを受けた。

- ・火力発電所建設等の日本の援助に感謝する。おかげで発電容量は十分整ったが、配電部分の問題が解決されていない。
- ・調査では、既存の66kVSS、20kV線、400V線を対象として欲しい。リハビリ実施のためのハード、ソフト及び設備の維持管理手法 (Management System of Maintenance) について重点的に調査して欲しい。設備の維持管理手法には、定期検査実施手法、設備管理手法及び設備のデータベースが含まれる。
- ・配電設備では、接続方法 (Connection)、防護手法 (Protection of Lines)、配電線の長さ、リフローザに関してが大きな問題なので調査対象として欲しい。また、地中線の防護方法についても現在は架空線と同一基準であるため調査して欲しい。
- ・電気料金に関する調査は重要性が高いのは承知しているが、今回の開発調査では扱う必要な無い。

### (6) Project Implementation Unit (EU)表敬

1) 日時・場所：6月11日(木) 10:00～11:00、PIU事務所

2) 出席者：Mr. Marwan Al-obeid, Co-director in the E.S.S.P, PEDEEE

Mr. Peter Brady, European Training Director (consultant)

Eng. Mustafa Shekhani, Deputy Director of Planning Department, PEDEEE

調査団員全員

### 3) 協議内容

調査団長より本件調査概要について説明後、先方より以下のコメントを受けた。

- ・配電マスタープラン調査のTORについては現在再検討中で、来週にもEUに提出する予定。EUからの正式回答(調査を開始するかどうか)は、9月～10月になるであろう。TORの修正が完了したらJICA事務所に届ける。
- ・調査規模は60人月程度で、調査期間は12カ月を予定。
- ・上記TORに記載している設備に係る技術基準(EUの基準を指定)については、今回見直しを行った結果、特定の基準を記載しないことになるであろう。
- ・マスタープラン調査では、Management Systemについて対象とはしない。
- ・アドラで230kV送電線に関する訓練プログラムを実施している。これは、Skill upとFundamental knowledgeを主体とした基本的な技能向上を目標としている。現在は1週間の短期コースを開設している。また、アレppoでは配電に関する訓練プログラ

ムをやっている。

・ JICA の調査内容を教えて欲しい。(→期間は 15 カ月程度で、作業人月は未定と回答)

・ これからは是非、JICA の開発調査とコーディネーションを取りつつプロジェクトを進めていきたい。

#### (7) S/W協議

1) 日時・場所：6月15日(月)～16日(火)

2) 出席者：Eng. Najati Jawdat, General Director

Dr. Eng. Issam Bahssas, Director of Planning and Statistics

Eng. Mustafa Shekhani, Deputy Director of Planning Department

調査団全員

武藤 JICA 職員

3) 協議内容：調査団より S/W 案の概要を説明した後、先方は本件調査に対する謝意及び提出した S/W 案に対して基本的に了承する旨を表明した。先方のコメントは以下の通り。

・ 本格調査の際には、調査団が現場に腰を据えて、担当者と十分なコミュニケーションを取り、諸状況を把握しつつ調査を進めていって欲しい。このため、practical なコンサルタントを選定して欲しい。

・ 本格調査では、技術移転のためのセミナーを出来る限り数多く実施して欲しい。

(→当初合計2回の予定であったセミナーを合計3回に増やす)

・ 本格調査の実施に当たっては、Operation と Maintenance に最大限力を入れて欲しい。

・ ダマスカス配電網は問題が複雑に絡み合っているので、様々な問題点を一つ一つ解決していくことが大切だ。

・ 電気料金の改定は政治的マターなので現在のところ難しいが、将来的には少しずつ変えていくことが出来るだろう。

#### (8) 日本大使表敬及び調査報告

1) 日時・場所：6月18日(木)

2) 出席者：鏡大使、坂一等書記官、武藤 JICA 職員、調査団全員

3) 協議内容：調査団より調査概要及び今回の現地調査結果概要について説明の後、大使及び一等書記官から以下のコメントを受けた。

[大使]

・ 発電能力は十分なレベルまで達している状況で、配電部分を日本の協力で改善できれば援助として効果的だ。

・調査完了後にどう実現化するのか。

(→10~20億円程度の無償を2期に分けて入れて、その後円借款につなげることができれば効果的である)

・来年度あたりに無償の要請があがるのか。

・EUの配電部門に関する調査とのデマケはあるのか。

(→EUの調査はダマスカス以外の地域も対象としたマスタープランであり、調査の深さが異なる。)

・ダマスカスだけでなくアレッポなどの地区でも同様の調査が必要かもしれない。

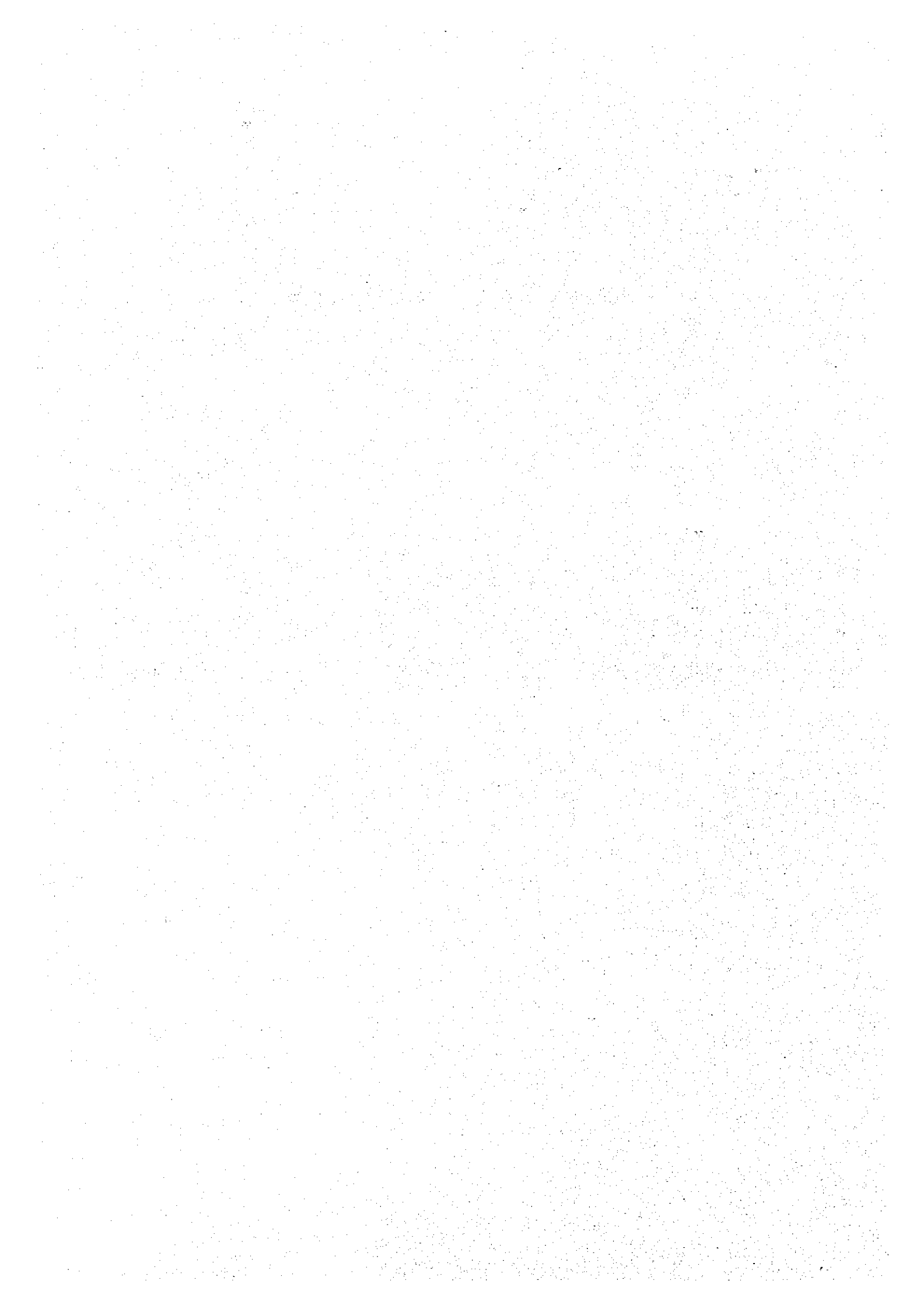
[坂一等書記官]

・他のドナーとの連携も視野に入れつつ効果的に調査を進めてほしい。





### 第3章 シリアの社会・経済



### 第3章 シリアの社会・経済

#### 3.1 シリアの社会・経済事情

##### (1) 概況

国名	シリア・アラブ共和国 (Syrian Arab Republic)	
首都	ダマスカス	
人口	1331万人 ('93年)	
民族	アラブ人 85%、アルメニア人 5%、クルド人 3%	
面積	18万5千平方キロメートル (日本の約半分)	
言語	アラビア語	
宗教	イスラム教 85%、キリスト教 13%	
体制	共和制	
通貨	シリア・ポンド (S£)	1米ドル=45 S£
GNP	151億米ドル ('92年)	
一人当たりGDP	1020米ドル ('90年)	

1946年にフランスの委任統治から独立。憲法で社会主義・人民民主主義を掲げた大統領制が採用された。議会は多党制によるが、議席の大部分はアサド大統領が指導するアラブ復興社会党 (バース党) が占めている。

外交面では新ソ連政策を採ってきたが、ソ連の崩壊後、湾岸戦争では反イラクの立場を採るなど、最近では米国よりの姿勢を強めている。

シリアの人口の大部分がイスラム教スンニ派だが、サウジアラビアのような厳しい戒律ではない。実際、レストランでは酒も比較的自由に飲める。首都ダマスカスでは人々の服装なども割合と自由である。治安に関しては日本で想像するより遥かに良い。

##### (2) 経済情勢

イスラエルとの緊張下にあることもあり、国家予算の30%とも50%とも言われる金額が防衛費に費やされており、大きな経済負担となっている。

シリアは社会主義国であるが、経済的には自由経済体制への志向を強めつつあり、石油、ガスの開発を始め、農業生産にも力を入れている。

新油田発見による石油の増産に伴い、国際収支は80年代末から改善、貿易収支は88年から黒字に転じている。

ダマスカスの市場では食料品や衣料品などを売る店が多数並び、各商店とも品揃えも豊富である。人の往来もかなりある。欧米や日本ほどではないのであろうが、少なくとも貧困という感じはしない。

賃金は、物価の上昇を抑えるということからか、かなり抑制されているようである。しかし、生活必需品等の物価もかなり安くなっている。電気料金も例外ではなくかなり安く設定されており、発電所、変電所、送配電網等の設置、運営などを料金収入だけで賄うには至っていない。

#### 3.2 エネルギー事情

1959年に油田が発見されて以来産油国となったが、石油埋蔵量は他の中東諸国に比べれば比較的少ない。確認埋蔵量は原油25億パーレル (1997年1月時点)、天然ガスは約2千億 $m^3$  (1996年1月時点) と推定されている。水力資源はユーフラテ

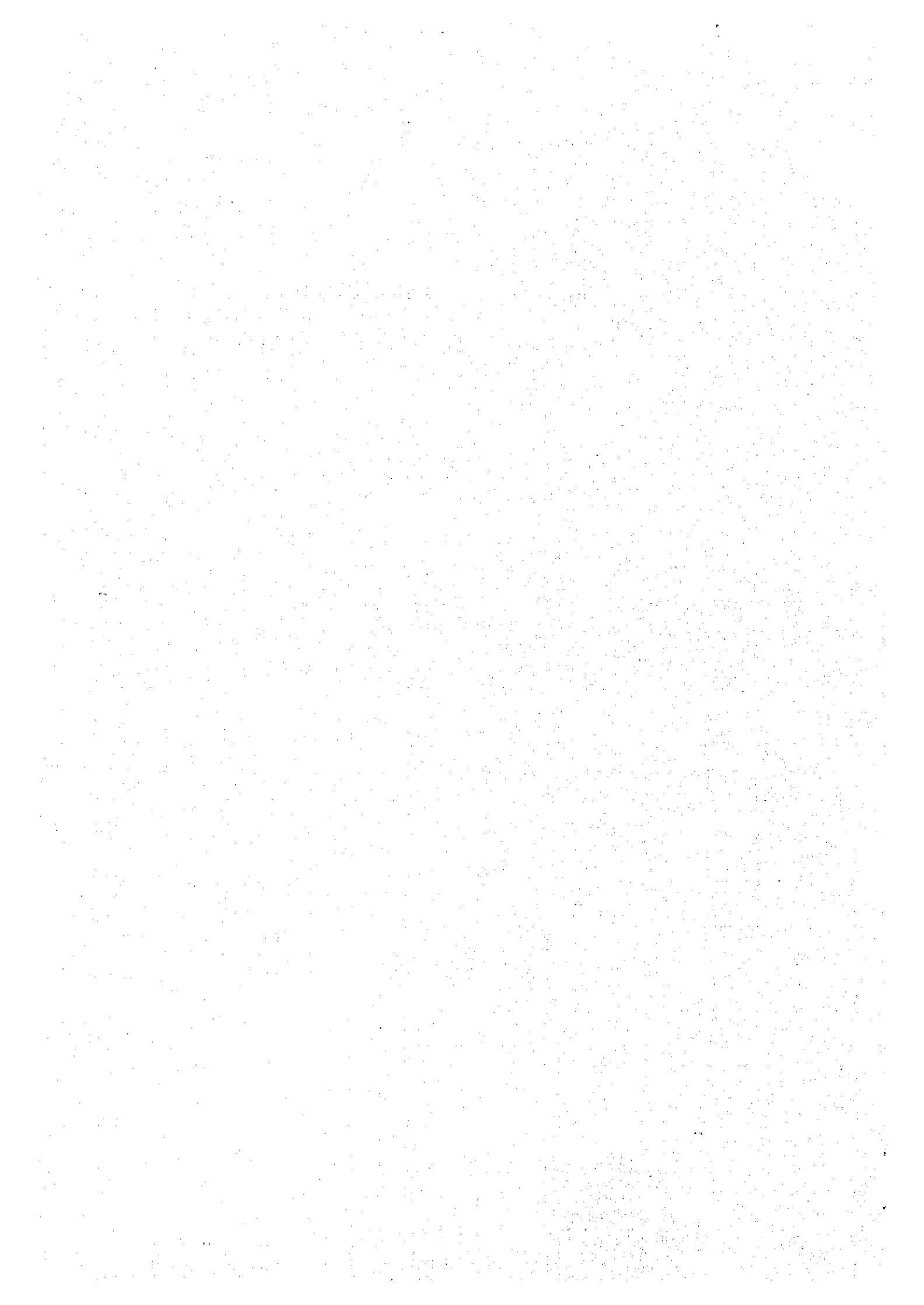
ス川を中心に年間100億kWhを有し、約半分が開発されている。

1991年における石油生産量は2770万トンで、全一次エネルギー生産量2850万トン（石油換算）の97%を占めた。残りは水力による一次電力と天然ガスである。

国内エネルギー消費量は986万トン（石油換算）であり、エネルギー自給率は290%に達する。石油生産量の67%は輸出されており、輸出収入の50%を占める。従来、シリアの火力発電は専ら石油焚きであったが、石油危機を契機に石油随伴ガスの利用も始まった。

1993/94年頃までは電源不足により、全国的に計画停電が実施されていたが、バニアス火力発電所増設、ジャンダール火力発電所新設の完成により、現在電源の不足は解消されているという。しかし、ダマスカス在住者によると、2年ぐらい前に比べて電力事情は改善されてきている。

## 第4章 シリアの電力事情



## 第4章 シリアの電力事情

### 4.1 電力供給体制

表 4-1 にシリア国のエネルギーセクターの組織図を示す。エネルギーセクターは、経済担当副首相が統括し、その管轄下に、電力省 (Ministry of Electricity)、石油鉱物資源省 (Ministry of Petroleum & Mining Resources)、灌漑省 (Ministry of Irrigation)、再生エネルギー庁 (Bureau of Renewable Energy) 及び原子力委員会 (Atomic Energy Commission) がある。

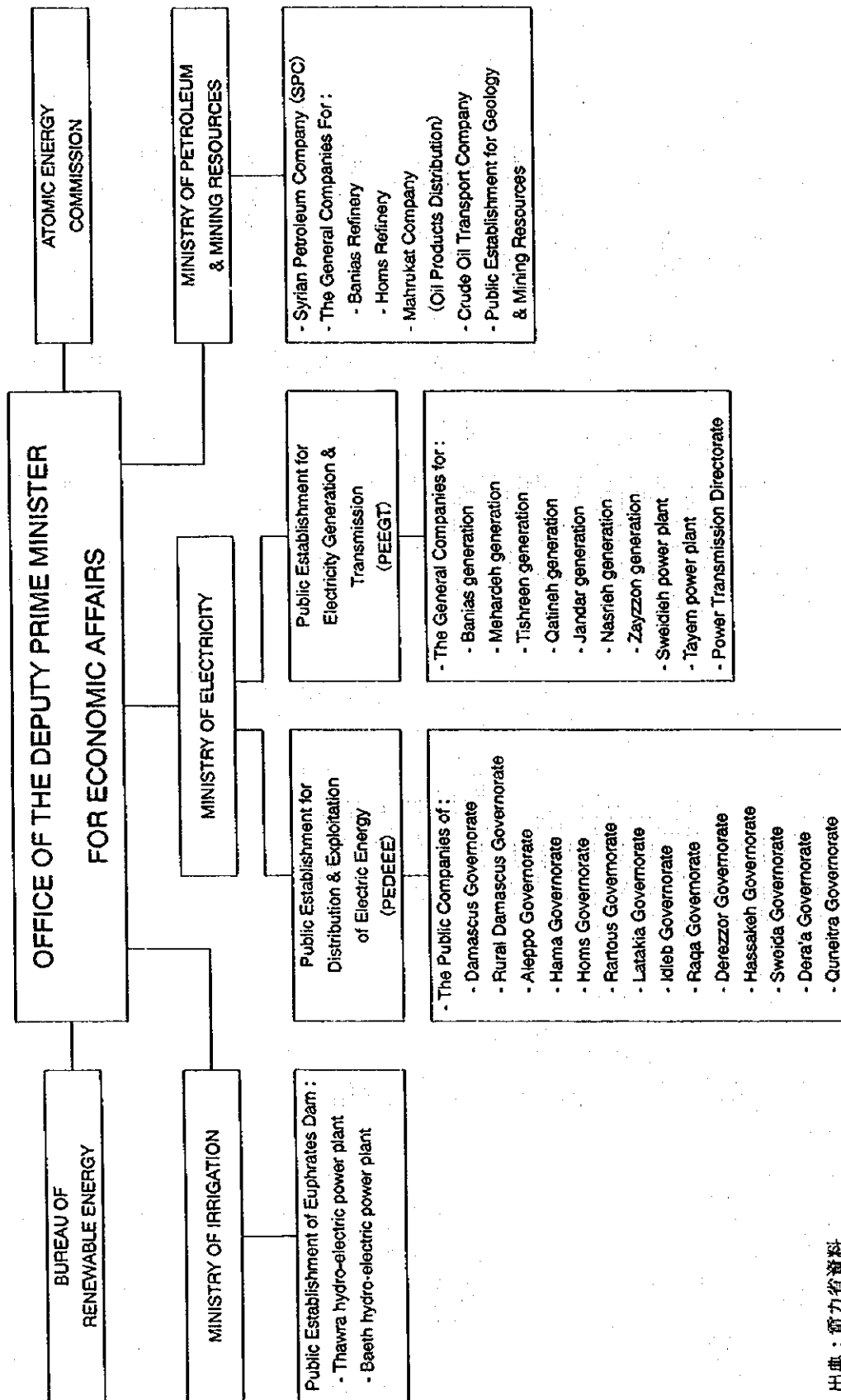
電力事業は、電力省管轄の発送電公社 (Public Establishment for Electricity Generation and Transmission, PEEGT) 及び配電公社 (Public Establishment for Distribution and Exploitation of Electric Energy, PEDEEE)、灌漑省管轄のユーフラテスダム公社 (Public Establishment of Euphrates Dam, PEED)、石油鉱物資源省管轄の火力発電所とによって運営されている。発送電公社は発電と 230kV 以上の送電を、配電公社は 66kV 以下の送配電を、ユーフラテスダム公社と石油鉱物資源省は発電を、それぞれ担当している。技術・経済協力関係の窓口は企画庁 (State Planning Commission) である。

表 4-2 に配電公社の組織図を示す。配電公社の組織は、ダマスカスにある本部と各地域に設置されている 14 の支所 (Public Company) から構成されている。本部は技術部門と事務部門に大きく分かれ、技術部門は更に計画、運転、調査・建設、教育・訓練、情報、修理、コンクリート工場 (2 工場) に、また、事務部門は財務、経理、契約、購買、総務、営業に分かれている。本プロジェクトの担当部署は、本部の計画 (Planning and Statistics)、ダマスカス市支所 (Public Company of Damascus Governorate) とダマスカス市外支所 (Public Company of Rural Damascus Governorate) である。また、欧州連合 (EU) のプロジェクトは Project Implementation Unit (PIU) が担当している。

配電公社本部と支所の業務分担は、本部が 66kV 系統の計画、設計、運転保守と 20kV 系統の計画を担当し、支所が 20kV 系統の運転保守と 0.4kV 系統の計画、設計、運転保守を担当している。

表 4-3 に配電公社の機関毎及び職能毎の従業員数を示す。配電公社の従業員数は、本部が 1,210 人、コンクリート工場が 258 人、支所が 19,356 人、合計 20,824 人で、1997 年における一人当たりの販売電力量は約 58 万 kWh である。本部は事務職 478 人、技術職 732 人で、技術職のうち、技術者 (Engineer) が 163 人、専門技能者 (Professional Experience) が 166 人である。また、支所は事務職 3,695 人、技術職 15,661 人で、技術職のうち、技術者が 1,157 人、専門技能者が 5,635 人である。

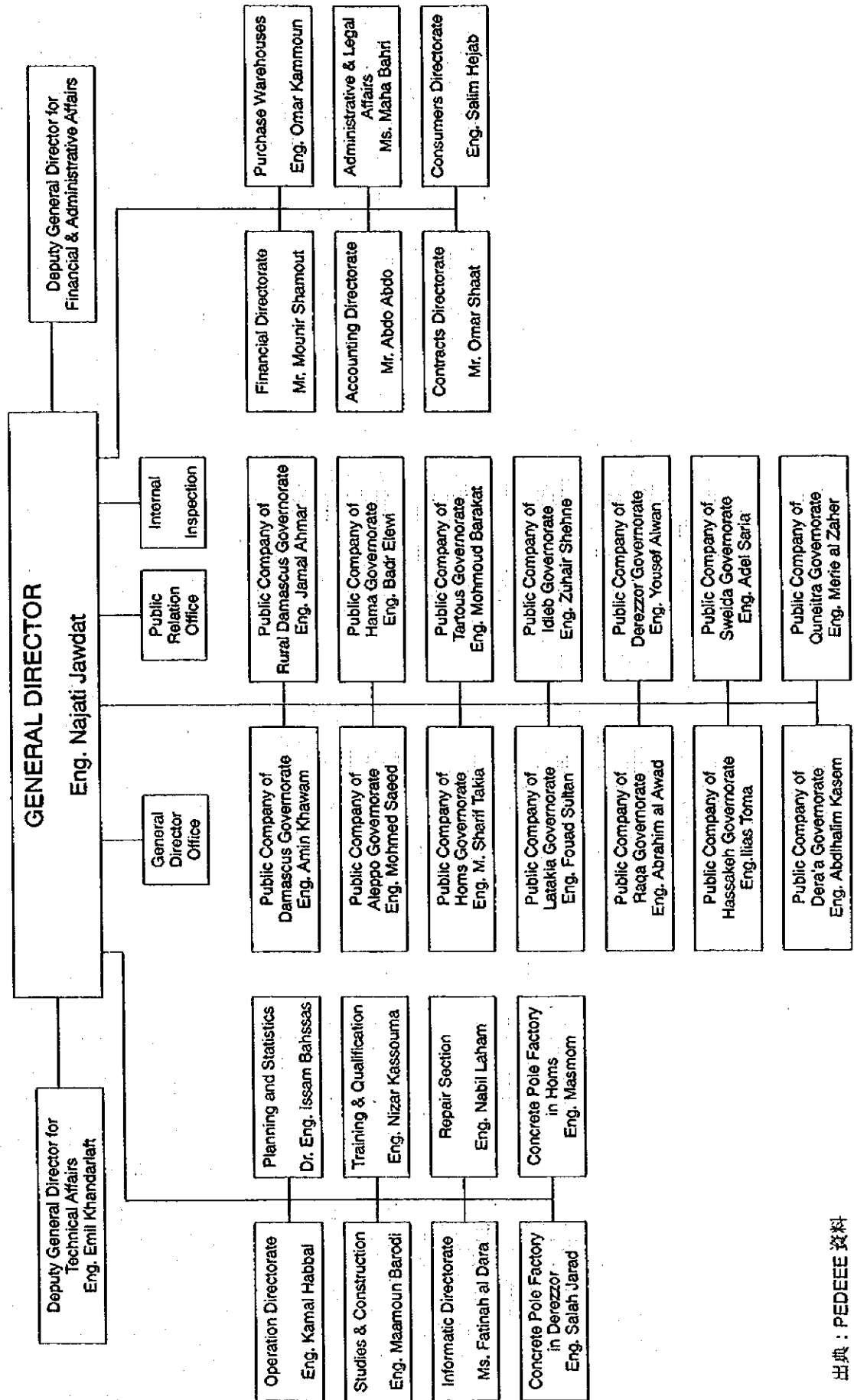
表 4-1 シリア国エネルギーセクターの組織図



出典：電力省資料



表 4-2 PEDEEE の組織図



出典：PEDEEE 資料

表 4-3 配電会社の従業員数

Organization	Doctor	Engineer	Medician	Medician Assistant	Scientific License	Literary License	Median Institutes	Secondary Learning	Preparatory Learning	Driver	Professional Experience	Non-Prof. Worker	Total		Grand Total
													Non-Tech.	Technical	
Establishment	3	163			6	36	257	189	94	130	166	166	476	732	1,210
Sweida Co.		22			1	2	80	77	40	47	160	58	73	414	487
Dera'a Co.		77			2	3	130	180	106	63	141	96	75	723	798
Quneitra Co.		13			1	3	19	12	22	21	31	29	35	116	151
Damascus Co.		84	4		18	13	351	550	334	218	493	292	668	1,689	2,357
Damascus Rural Co.		90		2	18	14	294	388	266	168	513	116	501	1,368	1,869
Moms Co.	1	60		1	2	7	288	314	347	100	826	114	358	1,701	2,059
Hama Co.	3	101		2	4	6	443	296	222	133	459	362	266	1,755	2,021
Tartous Co.	1	110			13	3	399	131	137	91	155	398	259	11,79	1,438
Latakia Co.	2	175			6	9	264	232	291	132	504	254	383	1,486	1,869
Idleb Co.		74		1	5	4	132	187	129	79	391	79	253	828	1,081
Aleppo Co.	3	221	5	2	3	23	280	494	305	167	1,155	165	434	2,419	2,853
Raqa Co.	2	31			2	1	64	94	87	72	253	67	149	524	673
Derezzor Co.		36			6	4	61	134	107	48	190	120	95	611	706
Hassakeh Co.		63			1	3	102	94	148	82	365	136	146	848	994
Homs Concrete Pole Factory		4			3		9	21	4	13	15	38	26	81	107
Derezzor Concrete Pole Factory		2					11	25	2	13	53	45	32	119	151
Total	15	1,326	9	8	91	131	3,194	3,418	2,641	1,577	5,869	2,545	4,231	16,593	20,824

出典：PEDEEE 資料

## 4.2 電力需要

### (1) 電力需要の実績

1995~1997年間に於けるシリア国の販売電力量の推移は表4-4のとおりである。

- ・ 販売電力量は、1995年の109.9億kWhから年平均伸び率11.4%で増加し、1997年には136.5億kWhに達している。
- ・ 発送電公社は230kV及び一部の66kV需要家に、配電公社は66kV以下の需要家に、それぞれ販売している。また、発送電公社は、僅かではあるが、レバノンへ電力を輸出している。
- ・ 1997年における販売電力量の内訳は、発送電公社の国内分9.6億kWh(7.0%)、レバノンへの輸出分6.1億kWh(4.5%)、配電公社が120.8億kWh(88.5%)である。

1995~1997年間に於ける配電公社の販売電力量の推移は表4-4のとおりである。

- ・ 販売電力量は、1995年の98.8億kWhから年平均伸び率10.6%で増加し、1997年には120.8億kWhに達している。
- ・ 需要の伸びが特に高いのは商業用、公共照明、官庁等である。
- ・ 1997年における需要家タイプ毎の構成比は、家庭用46.6%、動力39.9%、商業用7.6%、その他5.9%となっている。需要構成の特徴として、家庭用の割合が大きく、商業用の割合が小さいことがあげられる。
- ・ 配電公社の販売電力量を供給電圧別にみると、0.4kVが62.1%、20kVが27.2%、66kVが10.7%を占めており、0.4kV供給が圧倒的に多い。

### (2) 電力需要の想定

欧州連合の支援で実施された発送電マスタープランの電力需要想定は表4-5のとおりで、次のように要約される。

年	単位	南部	中部	沿岸部	北部	東部	合計
1996	MW	898	477	362	705	414	2,856
2005	MW	1,713	936	715	1,359	836	5,559
2010	MW	2,352	1,283	981	1,863	1,147	7,626
96-05 伸び率	%	7.4	7.8	7.9	7.6	8.1	7.7
05-10 伸び率	%	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5

- ・ シリア国のピークロードは、1996年の2,856MWから2005年には5,559MWに、2010年には7,626MWに増加すると想定されている。1996~2005年間及び2005~2010年間の年平均伸び率は、それぞれ、7.7%及び6.5%である。
- ・ 2010年における地域別の需要分布は、ダマスカスを含む南部が30.9%、北部が24.4%、中部が16.8%、東部が15.0%、沿岸部が12.9%となる。

表 4-4 シリアの電力エネルギー需給状況 (1995-1997)

(単位 1,000kWh)

	Description	1995	1996	1997	年平均伸び率 (%)	
1	Total Generation	15,966,822	17,644,512	18,806,695	8.5	
2	Auxiliary Consumption	712,000	771,000	839,000	8.6	
3	Net Energy ready to Sales	15,254,822	16,873,512	17,967,695	8.5	
4	Sales at 230kV level	381,597	466,483	439,634	7.3	
5	Sales at 66kV level	434,379	433,399	522,235	9.6	
6	Export to Lebanon	294,855	673,264	607,646	43.6	
7	Net Energy ready to PEDEEE	14,144,000	15,300,366	16,616,000	8.4	
	Motive Energy Sales	66 kV	1,160,552	1,226,806	1,291,686	5.5
		20 kV	1,004,643	1,002,285	1,043,115	1.9
		20/0.4 kV	1,708,500	1,773,292	2,237,939	14.5
		0.4 kV	178,591	244,896	244,419	17.0
8	Total Motive Energy Sales	4,052,286	4,247,279	4,817,159	9.0	
	Lighting Energy Sales	Domestic	4,701,183	5,450,021	5,633,380	9.5
		Commercial	621,304	803,893	915,988	21.4
		Public Office	226,386	216,839	231,548	11.3
		Public Lighting	169,936	217,271	245,202	20.1
		PEDEEE Office	23,179	32,478	48,525	44.7
		Religion Places	86,202	125,318	184,613	46.3
9	Total Lighting Energy Sales	5,828,190	6,845,820	7,259,256	11.6	
10	System Sales (4+5+6+8+9)	10,991,307	12,666,245	13,645,930	11.4	
11	PEDEEE Sales (8+9)	9,880,476	11,093,099	12,076,415	10.6	
12	System Losses (1-10)	4,975,515	4,978,267	5,160,765	1.8	
13	Percentage System Losses (12÷1)×100	31.16	28.21	27.44		
14	PEDEEE Losses (7-11)	4,263,524	4,207,267	4,539,585	3.2	
15	Percentage PEDEEE Losses (14÷7)×100	30.14	27.50	27.32		

出典：PEDEEE 資料

表 4-5 電力需要想定 (Generation and Transmission Master Plan)

年	南 部			中 部	沿岸部	北 部	東 部	合 計
	Damascus	その他	計					
1996	777	121	898	477	362	705	414	2,856
1997	847	127	974	524	399	762	450	3,109
1998	915	142	1,057	567	435	831	502	3,392
1999	1,027	147	1,174	629	486	936	522	3,747
2000	1,092	168	1,260	688	526	999	615	4,088
2001	1,137	175	1,312	717	548	1,040	641	4,258
2002	1,200	185	1,385	756	578	1,098	676	4,493
2003	1,300	200	1,500	819	626	1,189	732	4,866
2004	1,405	217	1,622	885	677	1,285	791	5,261
2005	1,485	228	1,713	936	715	1,359	836	5,559
2006	1,568	242	1,810	988	755	1,435	883	5,871
2007	1,660	255	1,915	1,046	800	1,518	935	6,214
2008	1,760	271	2,031	1,109	848	1,610	991	6,590
2009	1,879	289	2,168	1,184	905	1,720	1,058	7,035
2010	2,039	313	2,352	1,283	981	1,863	1,147	7,626
1996-2005 伸び率(%)	7.5	7.3	7.4	7.8	7.9	7.6	8.1	7.7
2005-2010 伸び率(%)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
1996-2010 伸び率(%)	7.1	7.0	7.1	7.3	7.4	7.2	7.6	7.3

出典：PEDEEE 資料

### 4.3 電力設備の現状

#### (1) 電気事業の形態

電気事業は電力省の管轄下であり、1965年に設立された国有電力会社(Public Establishment for Electricity Generation and Transmission; PEEGT)と配電公社(Public Establishment for Distribution & Exploitation of Electrical Energy; PEDEEE)に分割し、またその現業機能をこれらの公社の支所として設立し、所属させている。

発送電公社(PEEGT)は、事業用発電設備の内、全火力設備と小水力設備を所有している。シリアの火力発電所の稼動状況を表4.3-1に示す。

また、電力部門は南部(South; Damascus)、中央(Central; Homs および Hama)、北部(North; Aleppo)、沿岸(Coastal; Lattakia) および東部 East(Der es Zor) の地域に分かれている。

#### (2) 送変電設備

##### ・ 送電線

電圧レベル	目的	導体サイズ
230kV 線路	国内中距離送電	1 導体 1 回線 400 または 550mm <sup>2</sup>
400kV 線路	主要幹線 国際連系用	2 導体 1 回線 550mm <sup>2</sup>

##### ・ 変圧器

三相	230/60kV 分離巻線変圧器	50、80、125 および 200MVA
三相	400/230kV 単巻変圧器	300MVA

##### ・ 系統短絡容量

230kV 線路	34kA	2010 年
	230kV 遮断器の遮断容量 としては 40kA を採用する	
66kV 線路	31.5kA	

## POWER PLANT IN SYRIA

(シリアの発電所)

Type of generation (発電所の形式)	Name of power station (発電所名)	No. of unit (台数)	Nominal capacity (公称容量)	Actual capacity (実際容量)	Year of start operation (運転開始)	Year of stop operation (運転停止)
HYDRO (水力)	ALTHWRHA	1-3	300	210	1974	2024
	ALTHWRHA	4-5	200	140	1976	2026
	ALTHWRHA	6-7	200	140	1977	2027
	ALTHWRHA	8	100	70	1978	2028
	ALBAATH	1	25	16	1987	2037
	ALBAATH	2-3	50	32	1988	2038
HYDRO TOTAL (水力計)			875	608		
THERMAL (火力計)	QATENA	3-5	90	60	1969	1994
	QATENA	6	64	50	1981	2006
	BANIAS	1	170	125	1982	2008
	BANIAS	2	170	125	1983	2014
	BANIAS	3-4	340	340	1987	2014
	MHARDHA	1-2	300	240	1977	2013
	MHARDHA	3-4	330	330	1988	
	HOMS REF	1-2	64	50		
	HOMS REF	1-4	48	36		
	TISHRIN	1	200	180	1993	
	TISHRIN	2	200	180	1994	
	JANDAR	5-6	200	200	1995	
	ALEPPO	1-5	1000	1000	1997	
THERMAL TOTAL (火力計)			3176	2916		
GAS (ガス)	SWADIA	1-2	105	90		2008
	SWADIA	4-5	70	60		2009
	ALTAIM	1-3	105	90		2011
	MHARDHA	1	30	20		2003
	BANIAS	1	30	20		2004
	DAMASCUS	1-5	100	34		1990
	HOMS	1-2	40	7		1990
	HAMA	1-2	40	7		1990
	ALEPPO	1-2	60	13		1990
	LATAKIA	1-2	40	7		1990
	SWADIA	1-2	120	80		
	JANDAR	1-4	400	400		
	TISHRIN	3-4	256	200		
	NSDRYA	1-3	384	300		
ZIEZON	1-3	384	300			
GAS TOTAL (ガス計)			2164	1628		
General TOTAL (総計)			6215	5152		

表 4-6 火力発電所稼働状況



シリアの送配電系統の線路長、変電所数、需要家数およびPEEGTとPEDEEEの従業員数の1989年から1995年までの年次増加を図4-1、図4-2、図4-3および図4-4に示す。

さらに、Terms of Reference for Distribution Master Plan for PEDEEEによれば、電力販売量および電力損失、部門別電力供給量は表4-7、表4-8のとおりである。

表 4-7 電力販売量

1995年電力販売量	GWh
66kVレベル	1727
20kVレベル	2466
0.4kVレベル	6052
電力損失	5013
(計)	15258

表 4-8 部門別電力供給量

部門	GWh
産業部門	3853
居住地区	7259
商業部門	642
灌漑および農業	752
他	3258

66kV配電系統は230/66kV変電所間に接続され、放射状の系統として運転されている。少数の66kV変電所は1本のフィーダから給電されている。

20kV配電系統は、ダマスカス市および他の都市の中央部では、ケーブルで開放環状回路として運転されている。ダマスカス市の旧中心過密部では架空ケーブルである。20kV変電所は建屋形で、少数は金属収納盤式である。

都市の周囲部および郊外では、20kV配電系統は、架空線で、放射状の系統として運転されている。配電用変圧器は、都市部では三相400~1000kVA、市外地方部では25~200kVAの建屋内や電柱上に設置されている。

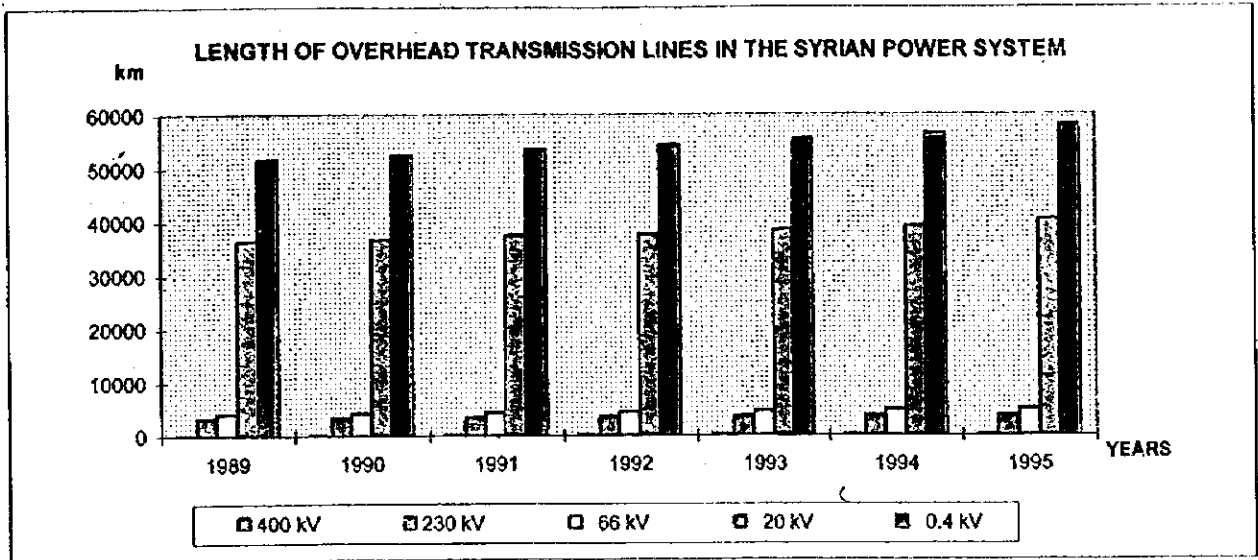
0.4kV配電系統は、都市部では裸の架空線で、過密部ではケーブルで、一部では4コアの架空ケーブルも使われている。

(3) 66/20kV 配電系統の問題点

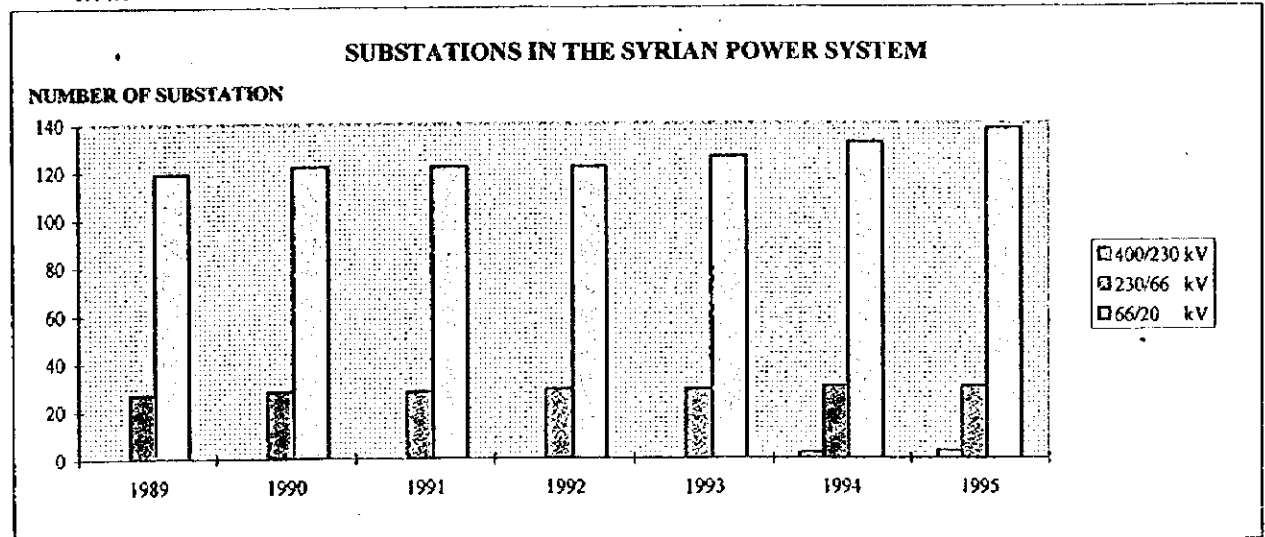
最近の 66/20kV 配電系統の問題点は、線路および機器の予備がないことと、変圧器の容量不足によって事故の場合の停電、および供給周波数と電圧を下げて運転しなければならないことである。無負荷時にも機器劣化、定格の不適正、一般的な信頼性の低さの問題がある。

図 4-1 架空線恒長

Characteristics of the network



	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
400 kV	167	167	167	167	167	167	170
230 kV	3332	3425	3454	3602	3654	3776	3781
66 kV	4151	4227	4307	4413	4603	4795	4883
20 kV	36317	36699	37379	37715	38335	39128	40294
0.4 kV	51677	52522	53561	54365	55411	56528	58097



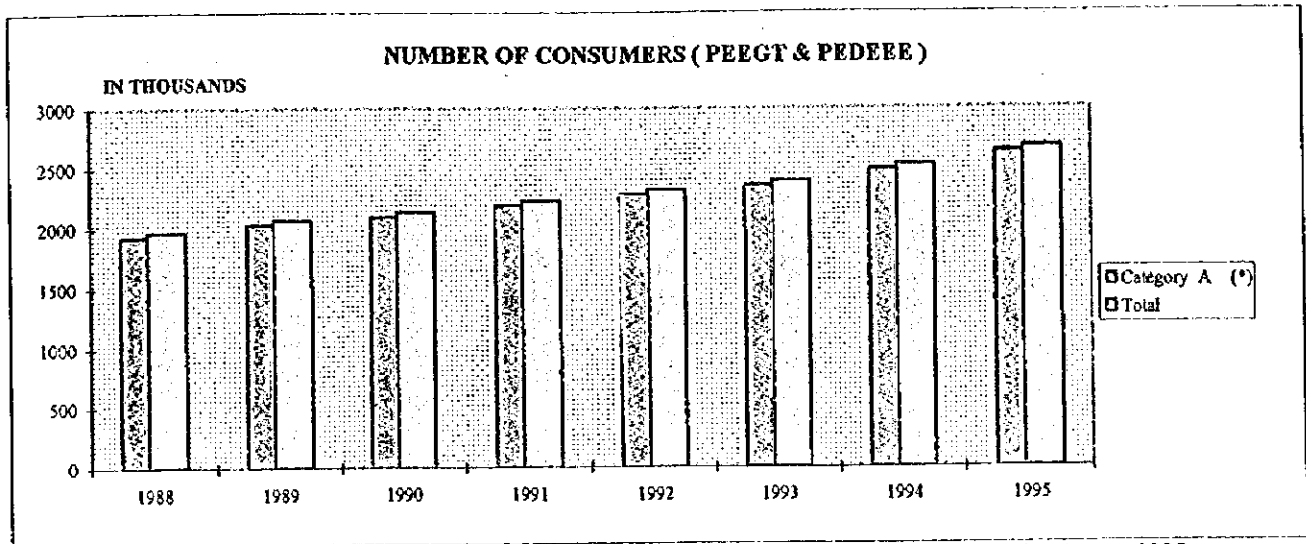
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
400/230 kV	0	0	0	0	0	2	3
230/66 kV	27	28	28	29	29	30	30
66/20 kV	119	122	122	122	126	132	138
20/0.4 kV	20750	22275	23129	23861	24638	25466	26613

図 4-2 変電所数



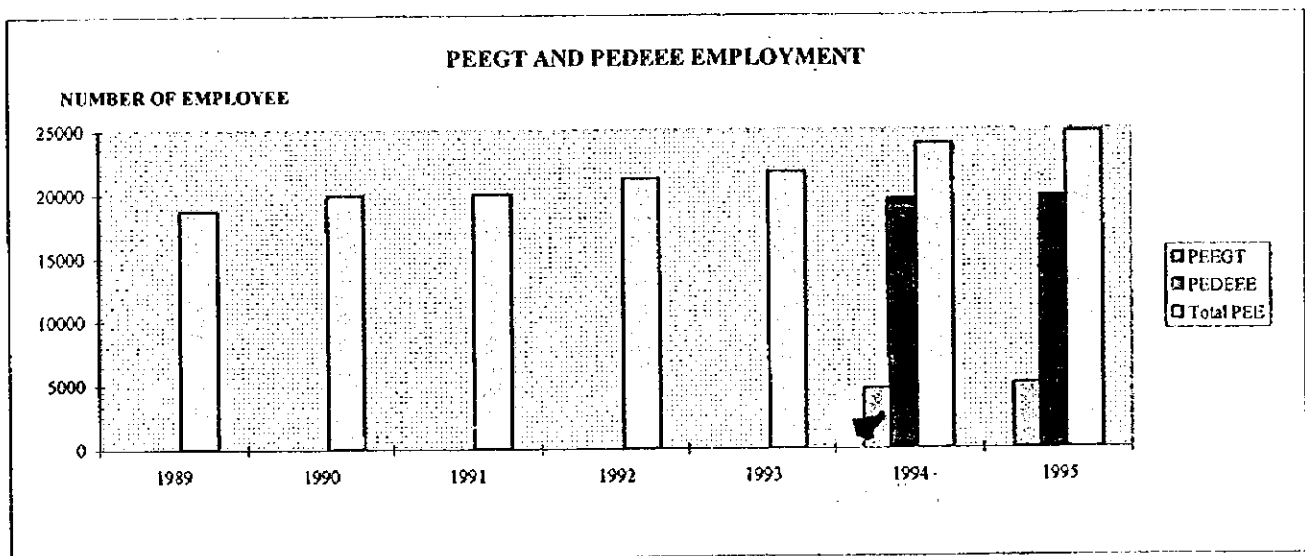
図 4-3 需要家数

Number of customer and employees



	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Category A (*)	1928	2032	2096	2192	2278	2355	2487	2636
Total	1964	2068	2132	2228	2314	2391	2523	2672

(\*) INCLUDES HOUSEHOLD, COMMERCIAL, GOVERNMENT OFFICES, STREET LIGHTING, RELIGION BUILDINGS, AND SMALL SCALE ACTIVITIES.



	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
PEEGT						4684	5064
PEDEEE						19190	19643
Total PEE	18663	19901	19997	21216	21691	23874	24767

図 4-4 PEEGT と PEDEEE の職員数



#### 4.4 電力設備の計画

##### (1) 発電設備

現在、2000年を目途に、Alzara ガス火力 600MW、Zeizoon ガスタービン 300MW、Tishreen 水力 630MW、合計 1,530MW を建設中であり、更に、2010年のピークロード 7,600MW をカバーするため、2004年から 2010年にかけて 3,000MW の開発が必要とされている。

##### (2) 配電会社の電力設備

配電会社の 1998年から 2003年迄の電力設備拡充計画は下表のとおりである。

設 備	単 位	1997 設備	計 画						
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	合計
66kV 送電線	Km	5,154	271	285	290	255	295	300	1,696
66/20kV 変電所	No.	154	11	10	10	10	10	10	61
	MVA	5,644	721	720	600	600	600	600	3,841
20kV 配電線	Km	43,038	1,852	1,590	1,420	1,500	1,300	9,300	16,962
20/0.4kV 変圧器	No.	29,060	1,300	1,350	1,290	1,700	1,300	1,400	8,340
0.4kV 配電線	Km	61,714	1,501	1,400	1,535	1,400	1,450	1,550	8,836

出典：PEDEEE 資料

- ・ 66kV 送電線は、1997年の回線亘長 5,154km に対し、1,696km の新增設が計画されている。
- ・ 66/20kV 変電所は、1997年の 154ヶ所、5,644MVA に対し、61ヶ所、3,841MVA の新增設が計画されている。
- ・ 20kV 配電線は、1997年の回線亘長 43,038km に対し、16,962km の新增設が計画されている。
- ・ 20/0.4kV 変圧器は、1997年の台数 29,060 台に対し、8,340 台の新增設が計画されている。
- ・ 0.4kV 配電線は、1997年の回線亘長 61,714km に対し、8,836km の新增設が計画されている。

##### (3) 配電会社の通信設備

電力線搬送(PLC)が通話用として使用されているが、2年後に監視制御データ収集システム(SCADA)を導入する際マイクロ無線通信と光通信を導入する計画がある。

#### 4.5 電力需給状況

シリア国では 1994 年頃迄、電源不足のため電力制限が行われていたが、その後ジャンダー  
ル発電所の新設、アレppo発電所の新設等により、1997 年には十分な発電能力を持つにい  
たっている。1997 年における電力需給状況は下表のとおりである。

発電設備容量 (MW)	6,215
発電設備可能出力 (MW)	5,152
ピークロード (MW)	3,109
可能出力/ピークロード	1.66
発電電力量 (10 <sup>6</sup> kWh)	18,807
発電所利用率 (%)	41.7
総販売電力量 (10 <sup>6</sup> kWh)	13,646
総合ロス率 (%)	27.44
配電公社受電電力量 (10 <sup>6</sup> kWh)	16,616
配電公社販売電力量 (10 <sup>6</sup> kWh)	12,076
配電公社ロス率 (%)	27.32

出典：PEDEEE 資料

- ・ 十分な供給力を保有して、電力需給はバランスしている。即ち、発電設備容量は 6,215MW、可能出力は 5,152MW、ピークロードは 3,109MW、発電電力量は 188.1 億 kWh で、ピークロードの 1.66 倍の可能出力を有し、発電所利用率は 41.7%である。
- ・ 発送電公社の電源と主幹送電系統に関するマスタープラン調査が終了し、電源開発と送電系統の拡充は今後計画的に実施される予定である。
- ・ 一方配電系統においては、設備の老朽化、配電容量の不足、極めて高い配電ロス率等の問題が山積しており、系統電圧を下げて運転したり、部分的に電力制限を行って対処している現状である。
- ・ 配電公社の受電電力量は 166.2 億 kWh、販売電力量は 120.8 億 kWh で、電力ロスは 45.4 億 kWh、ロス率は 27.32%となっている。この電力ロスは、740MW の発電所が利用率 70% で運転した場合の年間発電電力量に相当する。



## 4.6 電力損失

### (1) 電力損失の状況

シリアの電力損失レベルの現状について、G&T マスタプランはつぎのよう指摘している。現在の電力損失レベルは電力販売量と実質電力供給量（実質発電量から輸出分を差し引く）を比較すると 30%を超えている。（この比率は、通常の施設では 15%以下である。）この中には非契約または、非計量の最終需要家による非技術的損失も含まれているが、現在 17%と評価される。この損失を 2010 年には 3%未満に改善すべきことを強く勧告している。現在の電力部門の最重要課題として、電力損失レベルが 30%を超えることに対して、5 年未満の間に 20%未満になるような削減計画を立てることを求めている。

発電量予測 (年)	1995	2000	2010
販売量 (GWh)	9,953	16,240	44,307
成長率年平均	10.3%	8.6%	
実質供給量 (GWh)	14,966	23,752	44,307
成長率年平均	9.6%	6.4%	
電力損失比率	33.5%	31.6%	16.6%
技術損失 (見積値)	16.2%	16.3%	13.2%
非技術損失 (見積値)	17.3%	15.3%	3.4%
需要量予測(年)	1995	2000	2010
負荷率	64%	65%	65%

(G & T マスタプランシナリオ 1 による)

- 1997 年における発電電力量は 188 億 kWh、PEDEEE の受電電力量は 166 億 kWh、PEDEEE の販売電力量は 121 億 kWh で、PEDEEE 系統の電力損失率は 27.3%である
- PEDEEE 系統の最高負荷は、1996 年の 2,856MW から 2005 年には 5,559MW に、2010 年には 7,626MW に増加すると想定されている。1996-2005 年間及び 2005-2010 年間の伸び率は、それぞれ 7.7%、6.5%である。
- 1997 年における 66KV 系統以下の損失率は 27.9%、その内訳は、技術的損失 17.5%、不法接続 8.9%、電力量計による損失 1.5%である。技術的損失 17.5%の内訳は、0.4kV 系統 8%、20kV 系統 5.5%、66 kV4%となっている。

電力損失低減プログラムを加速することにより、2000 年ですでに、かなりの投資節減をもたらす。すなわちシナリオ 1 によると 31.2%の損失率であるが、シナリオ 3 では 17.7%となり、最大負荷 689MW に低減でき将来の投資を 2 年間先送りできるとしている。

G & T マスタプランは、まず電力消費状況の最高負荷と電力損失の把握を着実に継続することを強く勧告している。電力販売量が判明次第、各電圧レベルごと、各地域ごとおよび全体の損失を2ヶ月に評価すべきとしている。PEDEEE もこの重要性を認識して、1995年から1997年にかけて、電力損失の評価に具体的に着手している。

## (2) 電力損失に関する一般事項

### ① 電力損失

電力系統に発生する損失を低減するための対策を立案するには、損失を定性、定量的に高い精度で把握する必要がある。すなわち発電、送電、変電、配電の各分野で発生する損失を技術的損失、非技術的損失に区分し、それぞれの損失を量的に確定しなければ、適切な損失低減対策を立てることができない。

まず、電力損失量の算出のためには、既設機器の計測によって測定、蓄積されているデータおよび既設機器から算出できるデータをできるだけ利用するのは当然である。しかし、このような既存のデータのみでは算出できない電力損失、すなわち各電圧レベルの送配電線のそれぞれのフィーダの損失、フィーダ長に沿っての損失分布などを算出するには、運用中の電気設備の電流・電圧などを現場で測定することが不可欠となる。また、既存のデータを利用する場合でも、データの精度を検証するため、現場で測定しチェックをする必要がある。

### ② 配電損失

配電の技術的損失は、66kV 高压配電線、20kV 中圧配電線 400-230V 低圧配電線、および配電用変圧器に発生している。したがって、本格調査時には、高压、中圧、低圧の配電線線路の抵抗損失の分布を算出し、さらに各電圧レベルの配電用変圧器に発生する損失をそれぞれ確定する必要がある。以下に配電線の損失の算出、測定法を概説する。

配電線は、通常その両端の変電所に積算電力計が設置されているので、送り出し量、受け取り量の差から損失量を算出できる。

また、インピーダンスマップ、潮流図、電線導体仕様、線路電流の実測値等のデータに基づいて、電力損失(kW loss)を計算し、kW loss を kWh loss に変換して、線路の損失電力量を算出することもできる。

シリアの 66kV および 20kV 配電線では、積算電力計は降圧用変圧器 230/66kV、66/20kV の低圧側出口にそれぞれ設置されている。これらによって計測される配電線損失はそれぞれ下流の変圧器の損失を含む。したがって、変圧器の試験記録を参照し、変圧器の損失を算出する必要がある。有効電力、無効電力、力率についても同様に、変圧器の短絡インピーダンスからリアクタンス分を算出する必要がある。

### ③ 配電損失の算出手法

#### ・ 電力計法

一般的に、配電線の電力損失は、変電所からの送り出し電力量と販売電力量との差から算出する。販売電力量は、関係需要家の当該期間中における消費電力量の和である。しかし、つぎの理由により、誤差が大きくなることがある。

需要家の電力量の計測日すなわち検針日は、変電所での検針日と一致しない。各需要家の検針日が対象期間(電気料金請求のための電力積算期間で、シリアでは一般需要家で2ヶ月、大口需要家で1ヶ月)内で分散している。すなわち計量時期の差が損失の誤差に影響すると考えられる。

これに電力計の誤差、計器用変成器(VT、CT)の誤差が相乗され、算定結果の精度に影響を与える。シリアの場合、計測器の較正・検定が全く行われていない、一部の計器が不動作または脱落状態で、運転が行われている。

#### ・ 電流計法

電力損失は配置線を通る電流と線路の抵抗から容易に計算できる。すなわち損失電力 $PL$ は、分岐のない線路区間長を $\Delta L$ 、全線路長を $L$ 、電流を $i$ 、電線1条の単位長当たりの抵抗を $r$ とすると、

$$PL = \sum_0^L i^2 r \Delta L$$

で表される。したがって、必要な区間内で電流を測定し、損失を計算することができる。

#### ・ 電圧降下法

一定の条件の下では、路線の平均電圧降下率が電力損失率にほぼ等しいことを利用したもので、判定が簡単であるが、精度は低い。適当な場所で電圧を測定し、電圧降下率から電力損失率を推定し、電力損失量を計算する。

#### ・ 配電用変圧器

6/20kV変圧器、20/0.4kV配電用変圧器(柱上変圧器など)の無負荷損(鉄損)、負荷損(銅損)、短絡インピーダンス(リアクタンス)は変圧器の試験成績書から算出する。

### (3) 電力損失軽減対策

電力損失を軽減するには、設備と運用の両面からの対策が必要である。とりわけ、設備の改善が電力損失低減にもっとも有効である。送配電損失の大部分は、送配電線の抵抗損および変圧器の無負荷損および負荷損(大部分が抵抗損)からなる。

#### ① 送配電線

三相三線式線路で、線間電圧を  $V$ 、線路電流を  $I$ 、力率を  $\cos\varphi$ 、送電電力を  $P$ 、送電損失率を  $L$ 、送電距離を  $l$ 、電線1条の抵抗を  $R$  とすると、

$$P = \sqrt{3}VI\cos\varphi$$

$$L = \frac{3I^2R}{P} = \frac{\sqrt{3}IR}{V\cos\varphi}$$

$$R = \frac{LV\cos\varphi}{\sqrt{3}I} = \frac{LV^2\cos^2\varphi}{P}$$

いま、電線の断面積を  $A$ 、体積抵抗率を  $\rho$  とすれば

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

であるから上式より

$$\rho \frac{l}{A} = \frac{PV^2\cos^2\varphi}{P}$$

$$A = \frac{\rho l P}{LV^2\cos^2\varphi}$$

となる。電線の密度を  $\sigma$  とすれば、所要電線重量  $G$  は上式から

$$G = 3lA\sigma = \frac{3\rho\sigma l^2 P}{LV\cos^2\varphi}$$

となる。すなわち、 $l$ 、 $P$ 、 $L$  および電線材質 ( $\rho$ ,  $\sigma$ ) を一定とすると、所要電

線重量は、送電電圧と力率の 2 乗に反比例することがわかる。

また上式から

$$P = \frac{GIV^2 \cos^2 \varphi}{3\rho\sigma l^2} = 3IA\sigma \frac{LV^2 \cos^2 \varphi}{3\rho\sigma l^2}$$

となり、一定の送配電距離、送配電損失率、力率に対し、同一の電線を使用するとすれば、送配電電力は線間電圧の 2 乗に正比例して増加することも明らかである。一般に送電電力が増大し、送電距離が長大な系統では、高い送電電圧を採用しているのは、上記の経済的理由に基づくものである。すなわち、損失は線路抵抗に比例し、電圧の 2 乗に反比例することがわかる。

また、送配電電力を一定とする場合、送電損失率  $L$  が、電線の断面積  $A$ 、送電距離  $l$ 、力率  $\cos \varphi$  の自乗に反比例することも明らかである。

したがって、送配電線の電力損失を軽減させるには線路抵抗を減少させれば良く、そのためには、

- ・ 高圧 (66/20kV) 変電所増設による線路巨長の短縮
- ・ 電線の大サイズ化、多導体化 (張替または増架)
- ・ 新規送配電線の建設、回線増加
- ・ 配電線における配電用変圧器の増設による配電線の分割

等の対応がある。前に述べたように、送配電電圧の 2 乗に反比例して電力損失が小さくなるので、系統電圧の昇圧または高い系統電圧の導入は有効な損失減少手段である。さらに、系統の力率改善が極めて重要であることも分かる。

## ② 変電所

変圧器の無負荷損、負荷損の低減には変圧器の更新が最も有効である。

- ・ 特性の向上した新しい変圧器 による置換
- ・ 定格容量の増加
- ・ 過負荷限度の遵守(変圧器運転指針を基準として導入)
- ・ 適切な並列運転

## ③ 将来計画

技術的に実現可能な送・配・変電損失の限界レベルは 5%から 6%であると考えられる。現在のシリアにおける社会経済の状況を考えた場合、このような技術的限界レベルまで電力損失を早急に低減させることは非現実的であり、実際的には電力損失の低減対策案は現在のシリアにおける電力損失のレベルから、5%から 6%までの技術的限界レ

ベルまで、幾つかの技術的選択肢に沿った段階が存在し、現在のシリアにおける社会経済状況から求められる電力供給信頼度を考慮した上で、現実的な損失レベルを順次選択して行く必要がある。

従って最適な損失レベルの電力損失対策案を策定するためのプロセスを明らかにし、さらにモデル化することにより、そのプロセスをシリア側に技術移転することで、シリア側が自立的に低減対策を実施して行くための条件を整えるための技術移転は必要不可欠な要件となる。このための最適化モデルの作成と技術移転は本開発調査における最も重要な課題である。

#### (4) 変圧器の過負荷運転とその限度

現在シリアでは、多くの配電用変圧器が過大な過負荷運転を強いられて、正規の寿命を保ち得ない状況にある。

##### ① 油入変圧器の寿命の考え方

変圧器は、周囲温度が 25℃、定格負荷で使用、巻線最高点温度が 95℃の場合に 30 年程度の正規寿命が期待できるが、現実には連続定格負荷で運用されることは少ないため、現在、通常運転にある変圧器については、余寿命があるとして、過負荷運転が可能なものとします。

##### ② 過負荷運転

変圧器の過負荷運転は、電気学会「油入変圧器運転指針」に準拠して、つぎの前提条件によって行われるものとする。ただし、油中ガス分析の結果が要注意の変圧器および 30 年以上経過した変圧器は、個別検討するものとしている。通常は過負荷運転は 1 日 1 回とし、変圧器の正規寿命を犠牲にしない範囲とする。ただし、シリアでは、連続的に過負荷が行われることもあるために、寿命が犠牲にされていると考えられる。そして、過負荷（重負荷）率は、定格電流の 150%を限度とし、巻線最高点温度は 150℃以下に、最高油温は 100℃以下に制限するものとする。

##### ③ 他の付属品や機器などの過負荷能力の検討

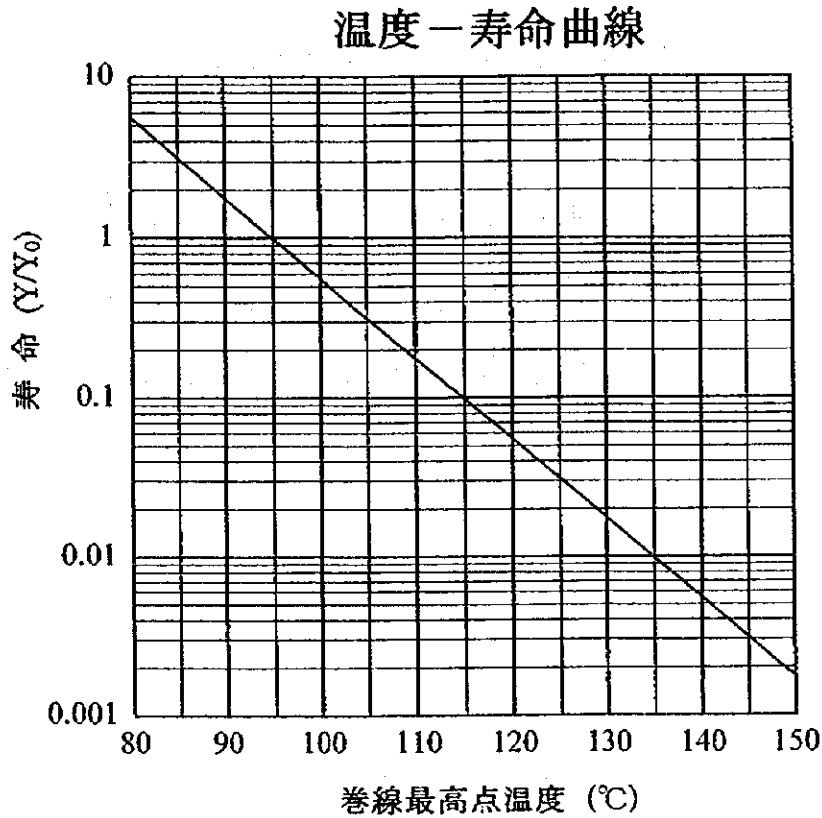
変圧器の過負荷を制限するものとして、ブッシング、タップ切換器の電流容量およびタップ切換器の切換能力、コンサベータの容量も併せて検討する必要がある。

##### ④ 巻線最高点温度と寿命の関係

変圧器の寿命を支配する指標として、使用絶縁物の温度上昇による熱劣化に着目すると、巻線最高点温度が 6 K 上昇巻線最高点温度するごとに、寿命が半減するとされている。巻線最高点温度 95℃で連続運転した場合の寿命、すなわち正規寿命を  $Y_0$  とし、巻線最高点温度  $\theta$  で連続運転した場合の寿命を  $Y$  とすれば、巻線最高点温度と寿命の関係は、次式となる。

$$\frac{Y}{Y_0} = e^{-0.1155(\theta - 95)} = 2^{-\frac{\theta - 95}{6}}$$

$Y/Y_0$  と  $\theta$  の関係を下図に示す。



⑤ 過負荷運転実施上の注意事項

過負荷検討は、変圧器を絶縁物の劣化の観点からみた巻線および油の許容温度だけを考慮にいたったものであり、巻線および油の温度以外に変圧器の過負荷を制限するものとして、端子、ブッシングやケーブルなどから過負荷を制限しなければならない場合がある。

⑥ 温度上昇と寿命損失

設計条件を標準設計とすると、定格容量時の変圧器の冷却設計は下式となる。

$$\theta_a(^{\circ}\text{C}) + \theta_{oN}(\text{K}) + \theta_{gN}(\text{K}) = \theta_H(^{\circ}\text{C})$$

ここで、 $\theta_H$  ; 巻線最高点温度(°C)

$\theta_a$  ; 周囲温度(°C)

$\theta_{oN}$  ; 定格容量時の最高油温上昇(K)

$\theta_{gN}$  ; 定格容量時の巻線最高点温度と最高油温の差(K)

定格容量および過負荷時の発生損失および巻線最高点温度

- 発生損失

無負荷損失（鉄損）は変化なく、過負荷時には負荷率の二乗に比例して増加する。

- 巻線最高点温度

$$\theta_a(^{\circ}\text{C}) + \theta_o(\text{K}) + \theta_g(\text{K}) = \theta_H(^{\circ}\text{C})$$

ここで、 $\theta_H$  ; 巻線最高点温度( $^{\circ}\text{C}$ )

$\theta_w$  ; 周囲温度( $^{\circ}\text{C}$ )

$\theta_a$  ; 運転時の最高油温上昇(K)

$$\theta_o = \theta_{oN} \times (\text{負荷時発生損失} / \text{定格容量時発生損失})$$

$\theta_g$  ; 運転時の巻線最高点温度と最高油温の差(K)

$$\theta_g = \theta_{gN} \times (\text{負荷時容量} / \text{定格容量})^2$$

年間寿命損失について変圧器の寿命損失は、巻線最高点温度  $\theta_H$  より計算され、巻線最高点温度が時間と共に変動する場合の1年間の寿命損失(V)は、次の積分で求められる。

$$V = k \int_0^1 e^{(0.1155 \times \theta_H t)} dt = k \sum_{T=1}^{8760} e^{(0.1155 \times \theta_H t)} \times T$$

ここで、 $k$  ; 定数

$T$  ; 時間

また、年間の寿命損失が正規寿命損失を大幅に超過する場合には、変圧器の定格容量を、現状より大きくする必要があると考えられる。現在シリアでは、配電用変圧器の定格容量としては、現状の1.5倍とするものも導入されつつある。



## 4.7 事故停電

### (1) 給電司令

現在シリアには、PEDEEE として 3 個所の給電司令所(Damascus、 Hama および Aleppo)がある。ダマスカス給電司令所はダマスカスを含む南部地域(South Region)の給電司令を行うとともに、他の 2 個所の給電司令、発送電関係の全国給電司令所(National Dispatch Center)とも連系司令している。電力線搬送による専用電話方式で、シリア各地域から 1 時間ごとに情報を得て、(リレーの動作状況を確認して)電話で司令している。実際には昼と夜、夏と冬(冬の夜が最高負荷)のパターンを決めて司令する。

図 4-5 にシリアにおける昼と夜、夏と冬の負荷パターンの代表例(1995 年)を示す。

### (2) 計画および事故停電

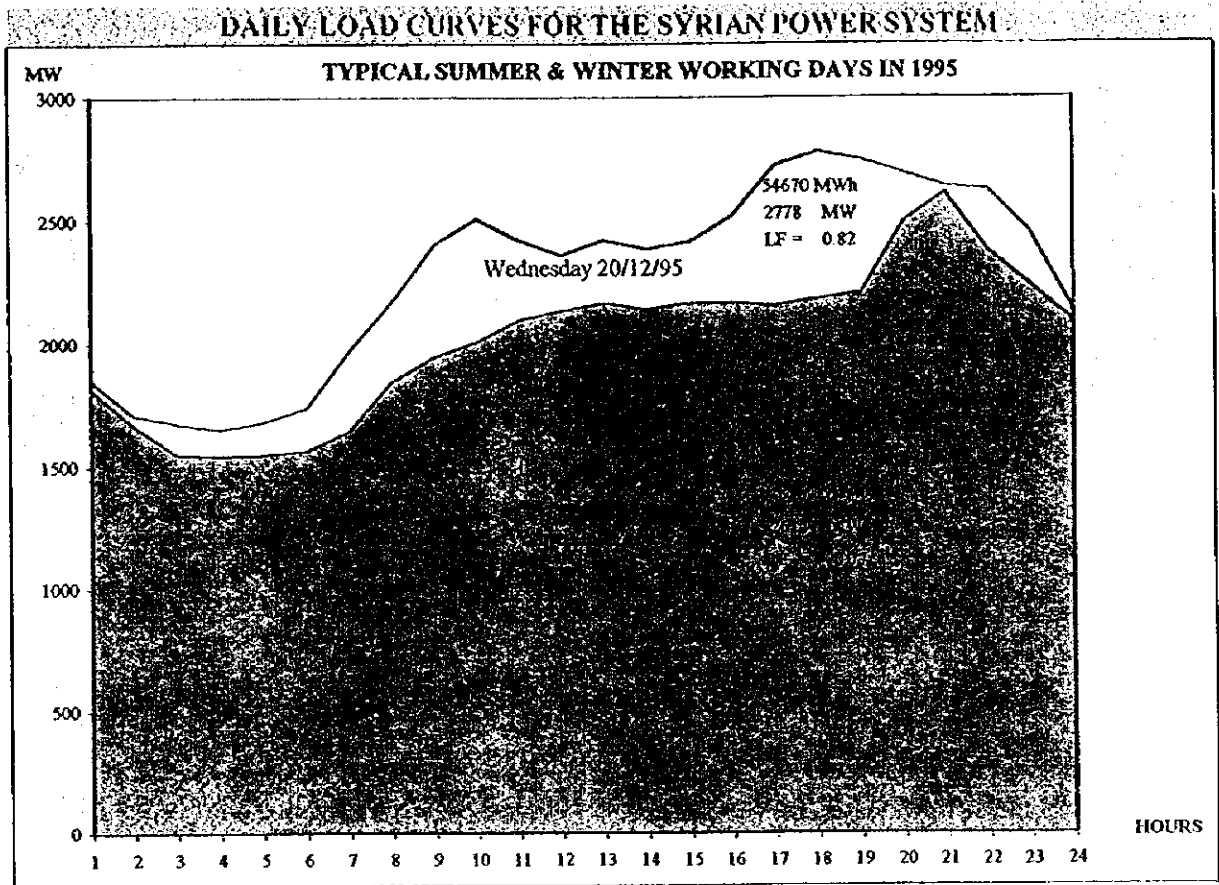
火力発電所の増設と稼働が進み、また整備も行われている。1997 年における発電設備容量は 6,215MW、可能出力は 5,152MW、同年の最高負荷は、3,155 MW(推定値)で、約 63%の供給予備力を有している。発電容量設備に余裕がでて来たので 1990 年代半ば年頃までの計画停電は行わなくてすむようになった。

現在、PEDEEE では、変電・配電機器に予備力がないのが大きな問題であり、したがって、すべての機器が稼働の状態にある。例えば、配電系統の短絡事故が起きると、事故停電に到る。PEDEEE としては、機器の定格容量は守りたいが、事故が起きると変圧器が大きな過負荷になるのはやむを得ないと考えている。さらには電圧を落として負荷を減らしたり、場合によっては停電せざるを得ない状況にある。

また、事故未然防止対策が不十分で、事故発生時の保護システムの不具合で拡大事故に到ったり、復旧対策も技術的に稚拙なために、停電時間が増えることもあると考えられる。一般需要家(商店など)で、未だに小容量のディーゼル発電機を備えている例がある。

図 4-6 にシリアで計画停電が行われていた時と、行われなくなった時の日毎最大負荷パターンの例を示す。

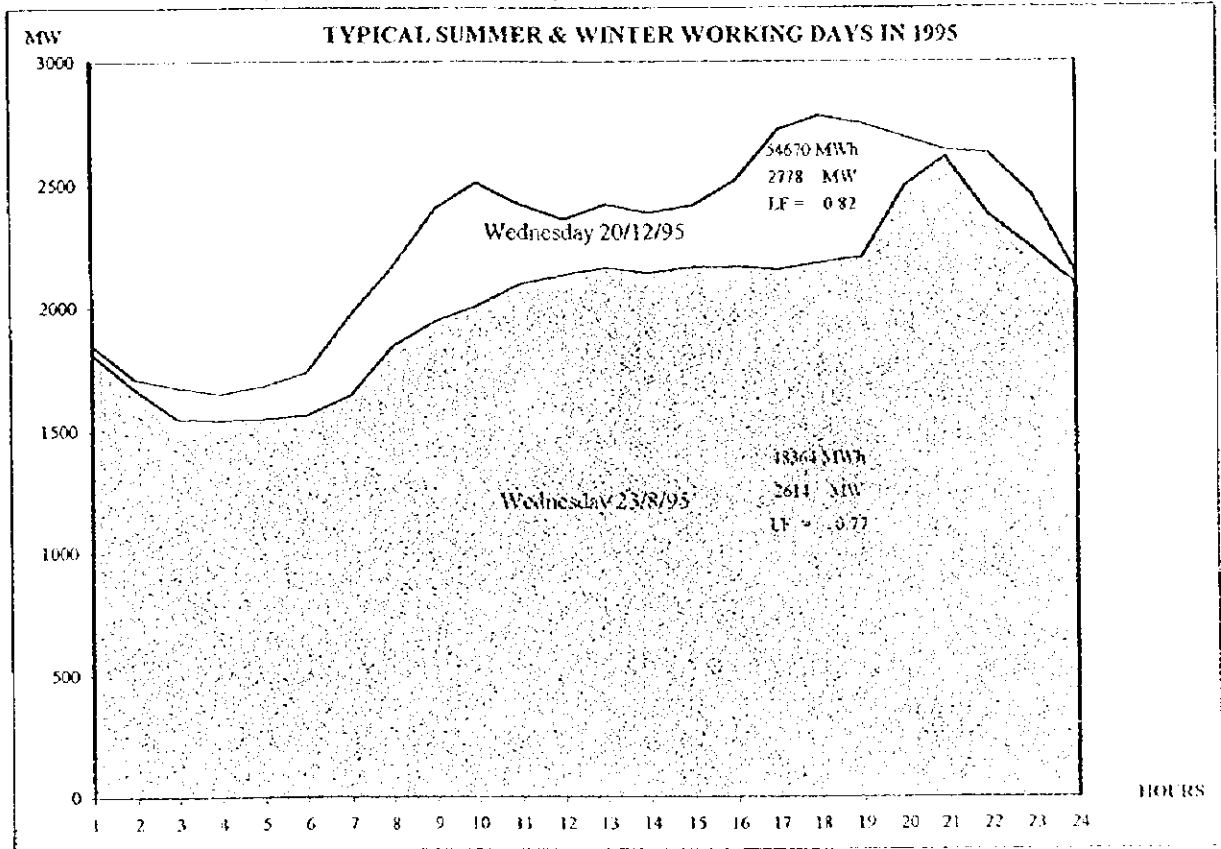




The comparison of the winter peak (on 18th of Dec. 1995) with the summer peak (on 23rd of August 1995) shows a slipping of three hours in the summer peak. It is also in summer time that the power factor is at the lowest (73 % on 23 August 1995). This is due to the type of consumption: water pumping, fans and air conditioning, while lighting is less commonly used than in the winter. It is to be noted that the peak load in Syria occurs at sunset.

図 4-5 シリアにおける昼と夜、夏と冬の負荷パターンの代表例(1995年)

### DAILY LOAD CURVES FOR THE SYRIAN POWER SYSTEM

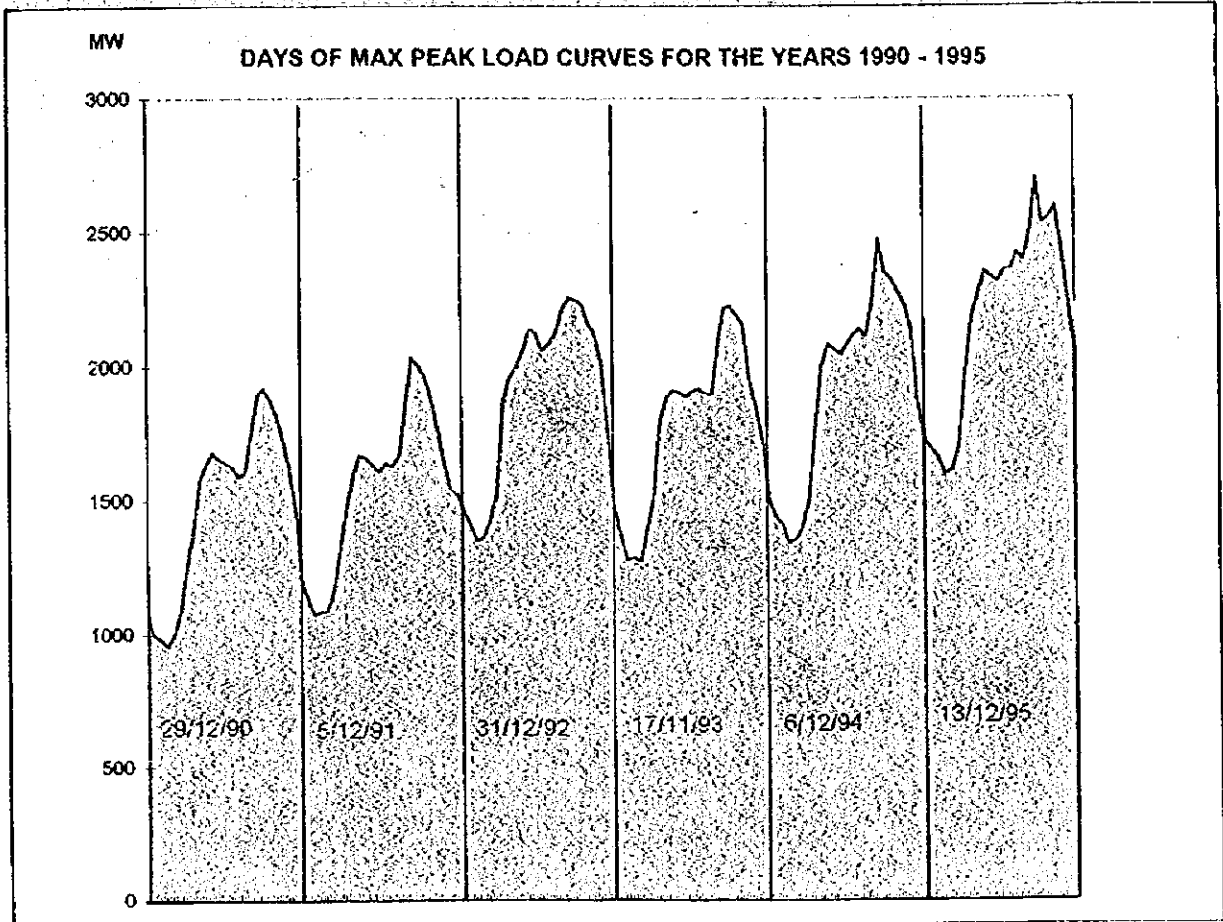


The comparison of the winter peak (on 18th of Dec. 1995) with the summer peak (on 23rd of August 1995) shows a slipping of three hours in the summer peak. It is also in summer time that the power factor is at the lowest (73 % on 23 August 1995). This is due to the type of consumption: water pumping, fans and air conditioning, while lighting is less commonly used than in the winter. It is to be noted that the peak load in Syria occurs at sunset.

図 4-5 シリアにおける昼と夜、夏と冬の負荷パターンの代表例(1995年)



## DAILY LOAD CURVES FOR THE SYRIAN POWER SYSTEM



The impact of load shedding is noticeable on the daily peak loads of the years 1991, 1992 and 1993. There was almost no load increase throughout these years.

Many consumers relied on small diesel generation sets to cover the power shortage. This difficult situation changed dramatically at the beginning of 1994. The 1994 and 1995 peak loads clearly show this growth consumption.

図 4-6 計画停電ありおよびなしの場合の日毎最大負荷パターンの例  
(計画停電なしの場合、尖頭負荷がみられる)



## 4.8 電気料金

1991年に制定された現行料金を表4-6に示す。円貨への換算には、1US\$=45シリアポンド、1US\$=135円を使用した。

- ・ 配電会社の電気料金は、供給電圧毎、需要家タイプ毎に設定されている。料金体系は電力量料金のみで、デマンド料金と時間帯料金は適用されていない。
- ・ 料金単価は、最高1.5シリアポンド/kWh (4.50円/kWh)、最低0.25シリアポンド/kWh (0.75円/kWh)と非常に安く、特に小規模家庭用が安くなっている。
- ・ 国から補助金が支出されているが、その実績は公表できないとのことである。



表 4-9 配電会社の電気料金単価表

電圧、需要家タイプ、月間消費量		料金単価	
		CP/kWh	Yen/kWh
230kV		0.75	2.25
66kV		0.80	2.40
20kV		0.90	2.70
20/0.4kV	Agricultural	0.80	2.40
	Industrial	1.20	3.60
	Commercial	1.25	3.75
0.4kV	Small Shops	1.40	4.40
	Commercial	1.50	4.50
Public Lighting		0.75	2.25
Religion Places		Free	Free
Domestic	0-50kWh	0.25	0.75
	51-100kWh	0.35	1.05
	101-200kWh	0.50	1.50
	201-300kWh	0.75	2.25
	301kWh 超過	1.50	4.50

出典：PEDEEE 資料