



写真1 電力省大臣表敬



写真2 S/W協議 (企画庁、電力省)



写真3 電力会社の会議室



写真4 中央給電指令所 視察

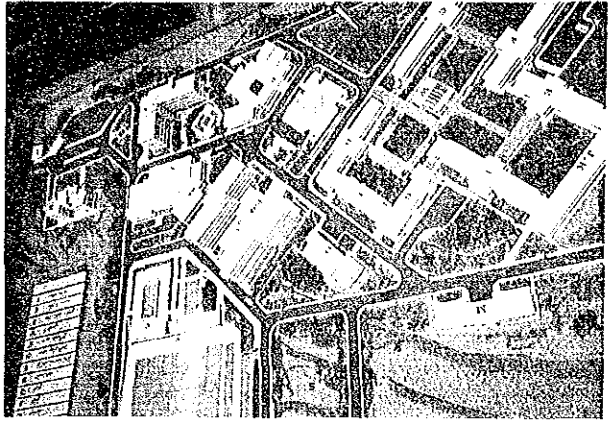


写真5 アレッポ短期工科大学 (視察1)

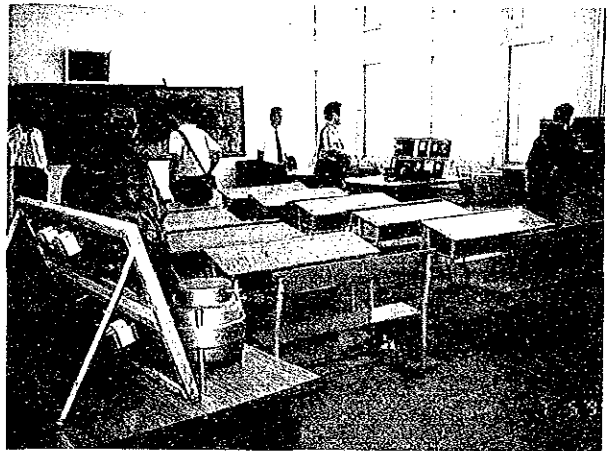


写真6 アレッポ短期工科大学 (視察2)

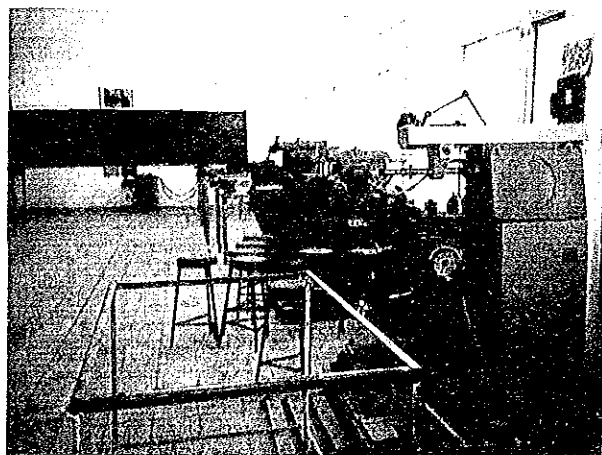


写真7 アレッポ短期工科大学 (視察3)



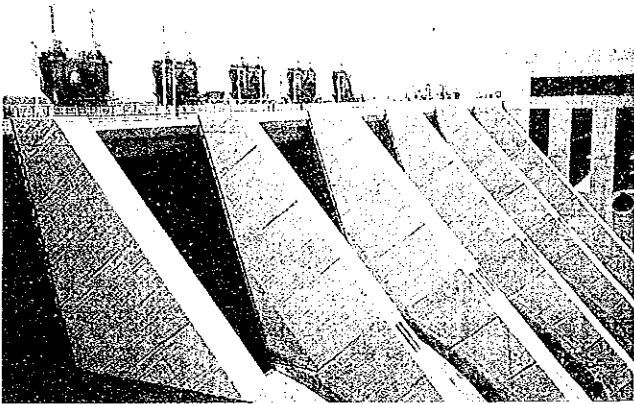


写真8 サウラ水力発電所視察

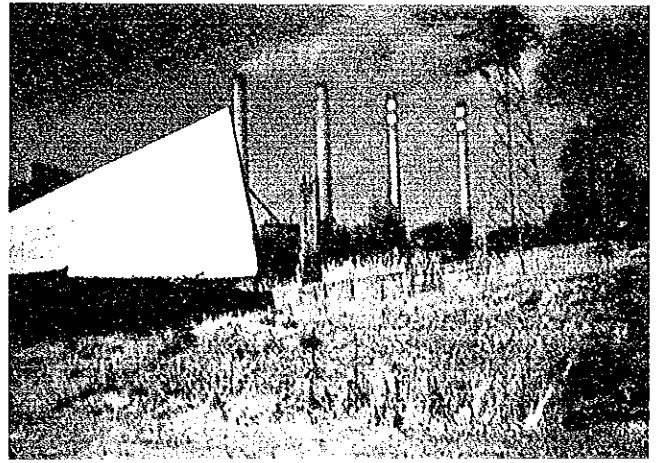


写真9 マハルディ火力発電所（視察1）

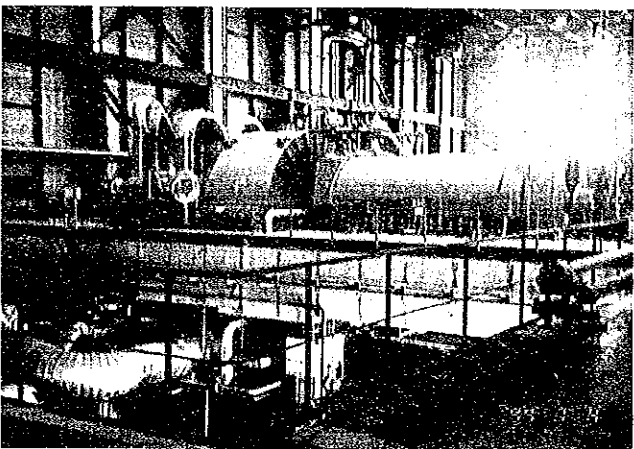


写真10 マハルディ火力発電所（視察2）



写真11 バニアス火力発電所



写真12 ジャンダール火力発電所（視察1）

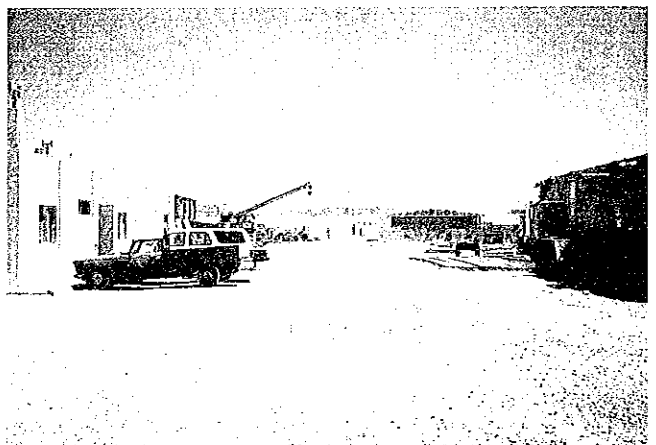


写真13 ジャンダール火力発電所（視察2）



# 目 次

プロジェクトの位置図（シリア・アラブ共和国全図／ダマスカス市街図（関連機関位置図））

写 真

目 次

図及び表一覧

第1章 予備調査の概要 .....	1
1-1 予備調査の背景・経緯 .....	3
1-2 予備調査の目的 .....	3
1-3 予備調査団の構成 .....	4
1-4 予備調査の日程 .....	4
1-5 現地訪問先及び主要面談者 .....	6
第2章 シリアの社会・経済フレーム .....	9
2-1 社会・経済状況 .....	11
2-2 国家開発計画の概要 .....	15
第3章 シリアの電力事情 .....	17
3-1 電力危機の実態 .....	19
3-2 電力不足と発電所事情 .....	19
3-3 シリアのエネルギー資源と火力発電 .....	19
3-4 電力需給のバランス .....	21
3-5 系統運用 .....	21
3-6 天然ガス複合サイクル発電の重視 .....	22
3-7 電気料金 .....	23
第4章 火力発電設備のリハビリ計画及び運転・保守管理 .....	31
4-1 既存火力発電設備の概要 .....	33
4-2 リハビリ計画の基本的考え方 .....	33
4-3 運転保守管理の基本的考え方 .....	38
第5章 火力発電所の組織・運営体制及び人材訓練 .....	51
5-1 既存火力発電所の組織運営 .....	53
5-2 人材訓練計画基本的考え方 .....	53

第6章 本調査のシリア側実施体制 .....	75
6-1 電力省の概要 .....	77
6-2 電力会社の概要 .....	77
6-3 関連機関の概要 .....	78
第7章 関連施設の現地視察結果 .....	83
7-1 中央給電指令所(NCC) .....	85
7-2 ジャンダール火力発電所 .....	85
7-3 マハルディ火力発電所 .....	91
7-4 バニアス火力発電所 .....	93
7-5 サウラ水力発電所 .....	95
7-6 アレッポ短期工科大学 .....	96
第8章 S/W協議の概要 .....	97
8-1 要請内容(T/R)の概要 .....	99
8-2 合意したS/Wの概要 .....	99
8-3 協議(M/M)の概要 .....	100
第9章 本格調査の留意事項 .....	137
9-1 開発調査について .....	139
9-2 ECとの関係について .....	139
9-3 既存火力発電所のリハビリM/Pについて .....	139
9-4 訓練センターにおける調査について .....	139
9-5 調査の重点項目について .....	139
9-6 調査団資機材について .....	140
9-7 カウンターパート日本研修について .....	140
第10章 関連情報の整備状況 .....	141
10-1 予備調査団の収集資料リスト .....	143
10-2 質問表及び回答 .....	143
資料収集リスト .....	145
質問表及び回答 .....	151

## 図及び表一覧

図-3.1	シリア送電系統 .....	25
図-3.2	Main Gas Pipelines in S. A. R. ....	29
図-4.1	タービン復水器冷却方式 .....	37
図-4.2	ヨークタウン発電所の保守体制 .....	44
図-4.3	TVAにおける石炭火力発電所の年齢 .....	46
図-5.1	ニュートン火力発電所の組織図 .....	62
図-5.2	モヘブ火力発電所研修所の組織図 .....	63
図-6.1	シリア政府電力省組織図 .....	79
図-6.2	送電公社組織図 .....	80
図-6.3	配電公社組織図 .....	81
図-7.1	LAYOUT OF THE POWER STATION .....	89
表-1.1	シリア・アラブ共和国発電設備リハビリ・人材育成計画調査行程 .....	5
表-3.1	シリア・機関別発電電力量の内訳 .....	20
表-3.2	シリア全発電設備と電力公社 (PEE) 発電設備 .....	21
表-3.3	Existing Power Station (at the end of 1993) .....	27
表-3.4	CONSTRUCTION SCHEDULE OF GENERATING FACILITIES .....	28
表-4.1	既存の主要火力発電設備概要 .....	35
表-5.1	火力発電所の人員数 .....	64
表-5.2	運転および保守訓練センターの現状 .....	67
表-10.1	資料リスト (収集資料) .....	147





## 第1章 予備調査の概要



## 第1章 予備調査の概要

### 1-1 予備調査の背景・経緯

シリア・アラブ共和国は、人口1,296万人(1992年)で、人口増加率が3.6%と非常に高い上に、人口の都市集中化(51%)が進んでいる。また、この10年間は、市場経済体制への移行期にあたり急激な経済成長(8.2%)を達成している。また、このような背景により、電力供給が需要を満たしきれず停電が日常的となっている状況であり、工場や都市ビル施設は自家発電の設置を余儀なくされており、電力不足が経済発展の妨げとなっている。

一方、火力発電用燃料を含むエネルギー資源の大部分を占めている石油は、シリア北東部で低硫黄の軽質油を産出する新油田が発見されて以降生産量が増加している。また、石油の随伴ガスとしての天然ガス生産も歴史は浅いが、100~112bnm<sup>3</sup>の埋蔵量(内天然ガス44bnm<sup>3</sup>)があり、パイプラインにより工業地帯のホムス市等へ供給され、アンモニア肥料用原料や火力発電所用燃料として積極的に使用されはじめている。

シリア政府電力省(以下MOEと記す)は、発電能力拡張計画を策定し、その実施に努めている。同時に、既存電力設備のリハビリテーション、右運営・維持管理での効率向上が急務と考え、最優先課題としている。

このような背景から、MOEは、日本政府に対し平成4年度の開発調査案件として「電力訓練センター設立計画(F/S)」の要請を行った。これを受け、平成6年2月に鉱工業プロジェクト選定確認調査団を派遣し、MOEとの協議の結果、訓練センターについては「リハビリテーション調査(M/P)」の中で取り上げることで合意がなされ、本件調査の正式要請が外務公信第171号(平成6年4月13日付)で提出された。

なお、我が国は、シリアに対し有償資金協力でバニアス火力発電所増設計画(340MW スティーム火力発電設備)及びジャングル火力発電所建設計画(600MWガスタービン複合火力発電設備)の2カ所の発電所を増設・建設してきた経緯がある。これらの発電所を将来にわたり効果的に運転・保守管理せしめるためにもリハビリ及び訓練面での協力の重要性は極めて高い。

### 1-2 予備調査の目的

本調査団は、シリア側の要請内容及び実施体制を確認し、先方との協議結果を踏まえS/W(実施細目)を締結することを目的とする。

また、シリアの発電設備リハビリ・人材育成計画調査に関連する資料を収集し本格調査の調査範囲を明確化するための基礎情報を整理することとする。

なお、調査の重点事項は、次の項目である。

- (1) リハビリの緊急性が高い既存火力発電所の選定
- (2) 既存火力発電所の運転・保守管理の改善案の検討
- (3) 人材育成計画の基本コンセプトの検討

### 1-3 予備調査団の構成

予備調査団は次の6名で構成された。

担当分野	氏名	所属先
① 団長／総括	下村 則夫	国際協力事業団 鉱工業開発調査部 資源開発調査課長
② 団員／調査企画	鈴木 薫	国際協力事業団 鉱工業開発調査部 資源開発調査課
③ 団員／発電行政	黒田 毅	通商産業省 資源エネルギー庁 公益事業部 発電課
④ 団員／技術協力計画	森村 敏彦	国際協力事業団 鉱工業開発調査部 資源開発調査課
⑤ 団員／電力開発計画	玉貫 滋	プロアクト・インターナショナル(株) 技術主幹
⑥ 団員／発電計画 (運転・保守管理)	野村 貢	(財)日本エネルギー経済研究所 国際協力プロジェクト外部

### 1-4 予備調査の日程

1994年6月30日(木)～1994年7月10日(日) 11日間

なお、詳細行程は別添表の通り。

表-1.1.1 シリア・アラブ共和国発電設備リハビリ・人材育成計画調査行程

通算日	暦日 (曜日)	行程(宿泊)	交通手段	発着		調査内容	調査メンバー
1	6/30 (木)	東京→ フランクフルト	JL 407	13:00	18:00	移動	全員
2	7/1 (金)	フランクフルト→ ダマスカス	LH 668	13:45	19:05	移動	全員
3	7/2 (土)	ダマスカス	車両3台			8:00 JICA事務所打合せ 9:00 企画庁 表敬訪問 10:30 電力省 表敬(大臣)及び協議(1回目)	全員 全員 全員
4	7/3 (日)	ダマスカス	車両3台			10:00 シリア大使館 表敬訪問 11:00 電力省 協議(2回目) 11:50 中央給電指令所 視察 13:00 PEGT事務所 見学	全員 全員 全員 全員
5	7/4 (月)	ダマスカス	車両3台			9:00 在ダマスカスE.C代表 表敬訪問 10:40 ジャンダー火力発電所 視察 14:05 マハルディ火力発電所 視察	下村、鈴木、森村 全員 全員
6	7/5 (火)	アレppo	車両3台			9:00 アレppo短期工科大学 視察 13:45 バニアス火力発電所 視察 サウラ水力発電所 視察	鈴木、黒田、玉貫、野村 下村、森村
7	7/6 (水)	ダマスカス	車両3台			9:00 電力省 協議(3回目) 11:00 環境省 訪問	全員 鈴木、森村
8	7/7 (木)	ダマスカス	車両3台			9:00 電力省協議、S/W及びM/M署名・交換、大臣挨拶 10:00 企画庁 報告 10:20 JICA事務所 報告 12:30 シリア大使館 報告 13:30 石油天然資源省 訪問	全員 下村、鈴木、森村 全員 鈴木
9	7/8 (金)	ダマスカス→ ベイルート/サイ ン経由ロンドン	OS 704 OS 459	12:20	20:15	移動	全員
10	7/9 (土)	ロンドン ↓ 東京	NH 202	18:00	↓ 13:45	移動	全員
11	7/10 (日)						

1-5 現地訪問先及び主要面談者

現地訪問先及びその略称を次に示す。

(面談者氏名)

(職 位)

(1) 在シリア日本国大使館 (Embassy of JAPAN)

長谷川 恵一

参事官

山 本 英昭

専門調査員

(2) J I C A シリア事務所 (JICA SYRIA Office)

田 中 泉

事務所員

Mr. Anwar A. Brayez

Public Relations Manager

(3) 在ダマスカス E C 代表 (Commission of the European Communities)

Mr. Alan Waddams

Head of Delegation, Damascus

(4) 企画庁 (S P C) (State Planning Commission)

Mr. Bassam As-sibaee

Director, Scientific and

Technical Cooperation

Mr. Ilham Murad

Staff, in charge of Japan

(5) 電力省 (M O E) (Ministry of Electricity)

Eng. Munib Saem Addaher

Minister, MOE

Eng. Sufian Al-Allaw

Deputy Minister, MOE

Eng. Nazih Yanes

Technical Advisor, MOE

(6) 発電電公社 (PEGT) (Public Establishment for Generation and Transmission)

Mr. Ali Chabaani

Director, Power Generation Dept.

Mr. Moutaz Sharani

Director, Studies Dept.

Mr. Soleiman Geriass

Director, Training Dept.

Eng. Salman Asid

Engineer, Training Dept.

(7) 環境省 (M O E V) (Ministry of State for the Environment)

H. E. Abdul Hamid Al Mounajjed

Minister, MOEV

Ms. Laud Abdul Salam

Translator, MOEV

- (8) 石油天然資源省 (MOP) (Ministry of Petroleum and Mineral Resources)  
Mr. F. Rama Director/Advisor, Technical Dept.
- (9) 中央給電指令所 (NCC) (National Control Center)  
Mr. Naja Maalouf Engineer, Dispatching Dept.
- (10) アレッポ短期工科大学 (Intermediate Institute for Mechanic and  
Electricity in Aleppo )  
Mr. Fysalshikh Ahmed Director, Intermeditate Institute
- (11) ジャンダール火力発電所 (Jandar Power Plant)  
野村 喜代次 建設主務 三菱重工 (株)  
高橋 直樹 事務長 三菱重工 (株)
- (12) マハルディ火力発電所 (Mehardeh Power Plant)  
Mr. Ali Haifa Manager, Operation Dept.  
Mr. Kareem Douna Engineer, Operation Dept.
- (13) バニヤス火力発電所 (Banias Power Plant)  
Mr. Youssef Abdulrjjak General Director, Banias Power Plant  
Mr. Jandudi-Maan Mechanical Engineer, Operation Dept.  
Mr. Chanem Med Chief, Mechanical Dept.  
Mr. Atieh Ali Mechanical Engineer, Mechanical Dept.
- (14) サウラ水力発電所 (Thwara Hydropower Plant)  
Mr. Samir Yousef Staff, General relation  
Mr. Adel Aded Staff, General relation





## 第2章 シリアの社会・経済フレーム



## 第2章 シリアの社会・経済フレーム

### 2-1 社会・経済状況

#### 2-1-1 社会状況

##### (1) 国土の概要

シリアは地中海東岸、北緯32度～37度、東経35度～42度に位置している。面積は日本の約半分の185千平方キロメートル、北はトルコ、東はイラク、南はヨルダン、南西はパレスチナとレバノンに国境を接している。

シリアの地形は変化に富んでおり、地中海岸とそれに迫る山地、その南方のオロンテス川流域は、雨量が多く肥沃であるが、東部の細長い平野は徐々に広大な半砂漠（バディヤ）に連なり、半砂漠はさらに東はイラクへ、南はヨルダンを越えてアラビア半島へ伸びるスア砂漠につながっている。森林は海岸線に沿ったラクキアの山岳地帯にしか見られない。

##### (2) 気候

地中海沿岸部は地中海性気候で夏は暑く冬は温暖であるが、内陸部は草原や半砂漠地帯となり雨量が少なく、夏は極度に暑い乾燥した天気が続き、冬は氷点下になるほど寒い。ダマスカスは寒暖の差が大きく、夏期には日陰でも40度以上になるが冬期は氷点下になるほか、高原部では積雪もある。また、日中と夜間の温度差も大きい。

ダマスカスは11月から4月までの雨期はときどき雨が降るが、年間降雨量は150～250ミリメートル程度で乾燥している。海岸地方の平均雨量は1,200ミリ、海岸近くの山地では1,500ミリに達するところもある。アレppoからダマスカスに至る地帯は600ミリ、内陸部では300ミリ、砂漠は150ミリ以下と山岳地帯や東部の平野へ入るにしたがって少雨となる。

##### (3) 人口

1992年の総人口は1,296万人である。人口増加率は1980年代平均で約3.6%である。

人口は都市部に集中しており、ダマスカス 282万4千人、アレppo 267万7千人、ホムス 120万9千人、ハマ 104万6千人、ハッサカ 96万6千人となっている。

人口密度は63.3人/平方キロメートルである。

出生時平均余命は1991年で男65歳女69歳でこの20年間で大幅に高くなっている。

全人口に対する都市人口の比率は1970年には44%であったが91年には51%に増大し

ている。これは、周辺諸国とほぼ同じレベルである。都市人口は農村人口を越える勢いで増大しており、都市における低い死亡率のほか、難民の流入と農村から都市への人口移動などが原因であるとみられる。シリアの農村流出口は、主に働き盛りの15～39歳才の男性グループが多く、流出口の半分以上を占めている。同時にこの層は周辺の湾岸諸国やジョルダン等へも流出しており、熟練労働者の国外流出は国内の労働市場に逼迫をきたし、シリアの経済発展に影響を与えている。

#### (4) 雇用

1989～1991年の総人口に占める就業人口の割合は26.2%、就業人口中女性の占める割合は15%である。産業別就業人口の割合は農業22.0%、工業36.0%、サービス業42.0%となっており近隣諸国同様、農業従事者が大幅に減少している。

シリアの労働力の質は高いが、これまでは学歴が高くなるに従い良質な労働力はアラブ産油国への出稼ぎに流出する傾向があった。しかし、1990年の湾岸危機発生及びこれに伴う湾岸地域の経済停滞のため、これら出稼ぎ労働者はシリアへのUターンを強いられることになった。

#### (5) 教育

シリアの義務教育は初等教育の6年間である。1988～1990年の就学率は初等教育で98%（女児93%）、中等教育54%（同43%）、高等教育20%（同17%）であった。

小学校は全国に9,524校、中学校と高等学校は2,123校、大学はすべて国立でダマスカス大学、アレppo大学等5校ある。そのほかに技術、商業、農獣医学等の専門校が258校ある。

一部の地方では学校施設と教員数が不足しており、小学校と中学校において二部制を実施している。

1990年の成人の非識字率は35%であり、特に女性は49%とやや高くなっている。

教育部門には例年10%前後の国家予算が割り当てられている。

### 2-1-2 経済状況

#### (1) 経済情勢の推移

シリアの経済をGDP構成比で見ると1991年で農業が30%、工業が23%、サービス業が47%となっており開発途上国に多いモノカルチャー経済ではなく比較的各産業間のバランスがとれている。シリアでは1960年代には社会主義経済体制に移行していたが1970年代にいたり現政権により現実的経済政策（基本的には社会主義計画経済を堅持しつつ市場経済的諸政策を実施）がとられて平均10%に近い経済成長を実現

した。

しかし、1980年代には経済環境が一転悪化してGDP成長率は年平均2%台に低下し、人口増加率が3%台であったことから国民生活は実質的には低下したといえる。90年代にはいと新油田開発の成果等も加わりGDP成長は8%前後に回復してきた。

この間の消費者物価上昇率は1987年には59.5%と高率であったが1991年には7%台に低下してインフレの鎮静化傾向にある。

## (2) 国家財政及び金融

1980年代の財政は慢性的な赤字構造であった。その要因は歳入の伸び悩み、国防費等の歳出増加、アラブ諸国からの援助の激減、対外債務の返済増などである。この為財政赤字を中央銀行の借り入れで賄った結果、前述の高いインフレを引き起こしたのである。最近ではインフレの鎮静化、経済環境の好転、民間セクタ活動などにより、貿易収支の黒字化傾向がみられ、国家予算は91年以来の拡大財政政策の傾向を示している。

## (3) 対外債務

1991年の対外債務は16,815百万ドルとなっている。この中の大部分を占める長期債務は全額公的債務であり民間債務はない。債務のほとんどはアラブ諸国からの借入である。

## (4) 主要産業

シリアは基本的には農業国である。しかし、降雨依存の割合が高く生産高が一定しないがGDPに高い比率を占めている。生産物は国内消費、輸出及び国内産業原材料として使用されるが、国内生産だけでは食料自給は賄えず、輸入にも依存している。従って、限られた水資源を有効に活用し生産供給を安定させることがシリアにとっては大きな課題である。

鉱工業も農業と並んでシリアの基幹産業であり、1991年にはGDPの20%台を占めている。中でも石油はシリアの最も重要な天然資源の1つであり、シリア北東部の低硫黄軽質油田の開発もあり石油と石油製品は1974年以来常に輸出の第1位で全輸出額の約50%を占めている。

重化学工業は60年代の国有化政策により国営企業として運営されており、天然ガスや燐鉍石の鉍物資源の活用、繊維、食品に重点が置かれている。民間企業は近年生産が低下しており、市場経済体制移行の効果はまだ見られていないといえる。

過去5年間の産業別GDP構成比を次に示す。

単位：%

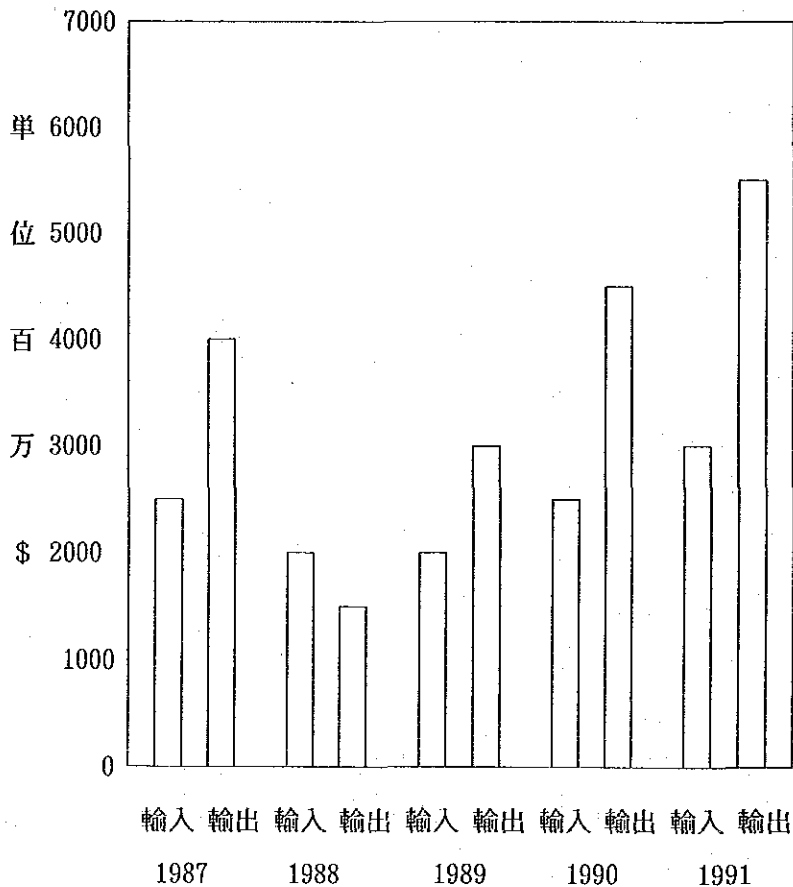
年	1987	1988	1989	1990	1991
農業	27	38	22	28	30
工業	19	16	23	22	23
サービス業	54	46	55	50	47

(5) 貿易

シリアの輸出品は1991年で石油と石油製品が全輸出額の53%、次いで繊維が22%を占めている。農産品の中では綿花が伝統的に重要な輸出品であったが、今日ではそのシェアは低く4%前後にとどまっている。

主要な輸入品は、1991年で金属、金属製品、機械等の資本財が約30%を占めるほか、食料品が近年増加しており、1987年には15%であったのが、91年には約20%に拡大している。

輸入品の変化を下図に示す。



注記) 輸出入品には農産物、原油等、工業製品を含む。

主要輸出相手国は1989年までは旧社会主義国が全体の約42%を占め、次いでE C諸国が31%であったが、91年にはE C諸国 (47.9%)、イタリア (22.4%)、旧ソ連 (18.9%) となっている。

また、主要輸入相手国は近年原油輸入が減少したためアラブ諸国の比重が下がり、1991年ではE C諸国 (36.8%)、ドイツ (10.1%)、米国 (9.4%) となっている。

日本との貿易ではシリアは鋼管 (継ぎ目無し)、自動車及びタイヤ、工業用ミシン、加工原紙等を輸入 (1990年約2000万ドル) し、骨董品、天然製着色料、再輸入品等を輸出 (1990年約78万ドル) している。

## 2-2 国家開発計画の概要

### 2-2-1 既往の開発計画

既往の開発計画をつぎに示す。

計画名	期 間	概 要
第一次 5カ年計画	1960～1965年	総投資予定額は 27.2億 S P、目標成長率は 8.0%。 プロジェクトの中心は経済インフラの整備で、灌漑、土地開拓、運輸、通信、鉱工業に重点が置かれた。だが西洋諸国からの借款が進まず、投資計画は大幅未達。
第二次 5カ年計画	1966～1970年	総投資予定額は 56.5億 S P、目標成長率は 7.7%。 経済インフラ整備と石油開発が重点項目であったが、第3次中東戦争の影響で投資、成長とも大幅目標未達。しかし、ダム建設開始、石油開発進展等一定の効果あり
第三次 5カ年計画	1971～1975年	総投資予定額は 80.0億 S P、目標成長率は 8.2%。 工業開発に重点を移行し、鉱工業、電力、公共事業、住宅建設等を課題に掲げた。中東戦争の影響で一時的に中断したが、以降は順調で目標達成す。
第四次 5カ年計画	1976～1980年	総投資予定額は 541.7億 S P、目標成長率は 12.0% 工業開発が一層重視されたが過大投資計画等の原因で新規計画が全面中止となり、目標大幅未達となった。
第五次 5カ年計画	1981～1985年	総投資予定額は 1,015億 S P、目標成長率は 7.7% 農業部門強化による都市と農村の地域格差の縮小を目標とするも国際収支悪化等で2.2%の成長率に終わる。
第六次 5カ年計画	1986～1990年	総投資予定額は 1,252億 S P、目標成長率は 7.2% 農業部門強化、停電解消への電力部門拡充、外貨獲得をめざした石油開発の加速。外貨不足で十分な実績未達

## 2-2-2 現行の開発計画

第七次5カ年計画（1991～95年）では投資総額で第六次計画実施における支出の倍以上にのぼる2,950億S P達成をめざしている。91年11月の発表によればすでに多数の投資プロジェクトが認可されている。また、第六次計画の金融セクターの政策は第七次においても継続される。各分野の割当額等に関する政府担当官のコメントによれば、第七次5カ年計画でも第六次計画と同様に穀物の自給自足の達成をめざしており、農業分野及び灌漑の整備・拡充が最重点課題となっている。

## 2-2-3 開発の重点課題

### (1) 民営化

1963年以来シリアは社会主義計画経済を目指して運輸、金融部門の全面国有化を実施し、その他の重要産業もほとんど国家の直接の管理下においている。しかし、施設の老朽化などにより生産効率が低下してきており、民間活力の段階的な導入による経済活性化を計る情勢となっている。商業活動に関する規制緩和などの民間活力導入政策を採り、91年5月には海外直接投資の誘致のために投資法が新たに制定され、内外から歓迎されている。最近では特に石油関係を中心にシリア国営企業と欧米私企業との合併会社が多数設立されている。

### (2) 地域格差の解消

第五次5カ年計画以降、地域格差の解消は国家開発計画の全体目標の一つに挙げられている。灌漑設備の拡充を中心に農業セクターには常に高いプライオリティが置かれてきたが、その他にも政府は農民の所得拡大と生産意欲の維持のため市場価格を上回る価格で農産物を買っている。農村の生活水準向上のために電化や上下水道の設置、地方の病院やヘルスセンターの拡充も国際機関の援助を受けながら積極的に進められている。また、都市で高等教育を受けた地方出身者には卒業後農村に戻ることを義務づけている。



### 第3章 シリアの電力事情



## 第3章 シリアの電力事情

### 3-1 電力危機の実態

シリアでは1980年代当初から電力不足に悩まされている。過大な軍事費によって電力など公共投資が圧迫されてきた。一方、年率3.4%を越える人口増加、地方の電化促進、市場経済化による民間企業の台頭などによる電力需要増に対し、発電設備の補修不足により、故障が続発し、火力発電所の稼働率は極めて低い。

首都ダマスカスにおいても、1992年は1日当たり2～3時間であった計画停電が、1993年には5～6時間と長くなり、地方都市では10時間を越える計画停電が実施された。かかる状況の中、1993年9月、アサド大統領は、電力問題緊急会議を開いた。

これに応え、実質出力の低下していた火力発電所は応急の補修により、ある程度出力は回復した。筆者等が訪問した1994年7月には、首都における電力事情はある程度改善されており、停電しても、間もなく点灯するし、電圧降下で蛍光灯が時々消えたり、ついたりという具合であった。ビル、ホテルなどはディーゼル予備電源を備えるなど民間の対応も進んでいる。

### 3-2 電力不足と発電事情

電力不足を招いた原因の第1は、ユーフラテス川の上流にトルコのアタチュルク・ダム発電所が1990年に運開するに際して、大量の堰水を始め、かつ、トルコ・アナトリア平原への農業用水の取水などで、シリアのユーフラテスダム湖への水量が減少した。

原因の第2は、新規発電所建設の遅れである。1983年からの10年間の増加分はマハルデ火力の増設（3号 16.5万kW 1987年運開、4号 16.5万kW 1988年運開）、バニアス火力の増設（3号 17万kW 1988年運開、4号 17万kW 1989年運開）のみであった。1994年にはティシュリン火力（汽力）1号 20万kWの運開予定、ジャンダール複合サイクル発電所のGT1台分10万kWの運開予定がある。

原因の第3は、既設火力発電設備の故障多発による稼働時間の減少である。火力発電設備利用率を時間換算で見ると、シリアは2703時間（1991年）と少ない。電力不足なら当然、高稼働が要求されることになるが、中国（5115時間）、トルコ（3840時間）、マレーシア（5363時間）などの実績に、遙かに及ばない。

### 3-3 シリアのエネルギー資源と火力発電

シリアの石油生産量は、2770万t（1991年）で、全一次エネルギー生産量2850万t（石油換算）の97%を占める。国内エネルギー消費は合計986万t（石油換算）で、エネルギー自給率290%である。石油生産量の67%は輸出されており、石油輸出は輸出収入の50%に当たる。

従来、同国の火力発電は専ら石油発電であったが、石油危機を契機に石油生産の随伴ガスの利用も始まった。当初は油井サイトにおける自家発電（ガスタービン）利用であったが、国内の長距離天然ガス・パイプラインが整備され、1980年代後半から電力公社も本格的にガスタービン発電を開始した。

現在、運転中の汽力発電所も、徐々に天然ガスへの燃料転換が予定されている。石油輸出量増加のために、天然ガスを有効に国内活用しようとの戦略である。その第一着手が現在、日本のODA円借款で建設中のジャンダール・天然ガス複合サイクル発電所（30万kW系列・2基）であろう。1994年11月にはガスタービン発電部の運転が始まる見込み。なお、シリアの機関別発電電力量の内訳を表-1に示す。

これによると、P E E（1994年7月からはP E G T）が事業用火力発電（小水力も含む）を、ユーフラテス・ダム公団（Furat, 灌漑省所属）がユーフラテス川系・大水力を、石油・天然ガスの国営機関が、自家発電をそれぞれ所有し、運転している。表-2に全発電設備出力と、このうちのP E Eの設備出力を示す。

表-3. 1 シリア・機関別発電電力量の内訳

（単位：100kWh）

		1990	1991	年伸び率（%）
1	電力公社（P E E）			
	水力	9	16	
	汽力（重油）	7665	7810	
	G T（軽油）	383	408	
	G T（天然ガス）	1160	1438	
	Diesel	2	3	
	（計）	(9219)	(9675)	4.94
2	ユーフラテス・ダム公団 水力	(1328)	(1574)	
3	国営機関の自家発			
	ホムス製油所	388	416	
	バニアス製油所	250	250	
	油田現場	390	415	
	他	35	50	
	（計）	(1064)	(1131)	
	全 計	11610	12380	6.63
	プラント所内消費	586	665	
	正味送出	11024	11715	6.27
	供給不足電力量	549	912	
	潜在的電力需要量	11573	12627	9.10
	不足率（%）	4.74	7.2	

（出典）P E E年報

表-3. 2 シリア全発電設備と電力公社 (P E E) 発電設備

単位 MW

	1985	1990	1991
水 力	825( 15)	898( 3)	898( 4)
汽 力	902( 777)	1678(1363)	1678(1353)
G T (DO)	284( 211)	344( 174)	344( 146)
G T (NG)	0( 0)	240( 240)	240( 240)
Diesel	( 36)	( 0)	( 0)
計	2009(1039)	3060(1770)	3060(1743)

(注) Dieselは予備用 (出典) P E E年報

### 3-4 電力需給のバランス

シリア電力公社の、需給バランス計画の考え方は、次の通りである。1991年度について見ると、設置発電設備は3249MWである。しかし、水不足や各火力発電所の実質発電能力（出力低下の実態値）を加味した、実質発電能力は、2222MWとされた。

火力発電所は保守管理（定検など）のため、総合出力はさらに低目に見なければならない。この係数が85%とされている。従って、有効発電出力=水力実質出力（サウラ水力400MW）+  $(2222 - 400) \times 0.85 = 1949$  MWとなる。さらに、火力ユニットの故障トリップ（最大ユニット170MW）を考慮すると、保障発電力=1949MW-170MW=1779MWとなる。これは最悪時を想定した保障発電力である。

ところで、実際に供給したピーク電力（実績値）は2190MWであり、その時の潜在的需要電力は2283MW（推定）であったので、供給カット（計画停電）は93MW相当で、電力不足率は4%であった。果たして今後の電力需給バランスはどうなるのか、既設火力の適切な出力回復補修などによって、1994年は計画停電が大部、緩和されている。特に、アサド大統領の先手対応策が利いているようである。さらに、1994年末までに、新設中の火力発電所の運開で見込まれるのは、上記ジャンダール複合サイクル発電所・30万kW系列・2群のGT部、ダマスカス近郊のティシュリン火力（汽力）の20万kW機である。建設中のティシュリン水力（10万kW・6台）の運開は、1997年が見込まれる。さらに、わが国からのODA援助に期待をかけているアル・ザラ火力（40万kW~60万kW）の検討も待ったなしである。

### 3-5 系統運用

電力系統は全国的に連係されており、ダマスカスの中央給電制御所と、南、中、北、の3地区給電所で総合運用されている。筆者等は中央給電制御所を訪問したが、周波数は50ヘルツをほぼ正確に維持していた。

しかし、全国的な電圧調整設備の配分が適切でないように思う。例えば、同国最大のバニ

アス火力の4号機の運転状況を見ると、有効電力に比し、無効電力出力が極めて過大であった。主機は定格出力170MW・定格力率0.8であるが、実際に(120MW+j150MVAR)で運転されており、このため実出力が制限(出力低下)される、と運転当直は話してくれた。

この面からも電力の質を回復する必要がある。送電システムのプラン作成は、EC委員会(ダマスカス事務所、主としてフランスEDFが担当)が支援しており、さらに、将来のトルコとの400kV送電連系など立案中である。

### 3-6 天然ガス複合サイクル発電の重視

我々JICA調査団は、建設中のジャンダール複合サイクル発電(天然ガス)・30万kW系列2群(1系列は、ガスタービン10万kW・2台と蒸気タービン10万kW・1台で構成)も見学した。我が国の円借款によるプロジェクトで、三菱重工が短期建設に応えて、順調に進捗中である。

従来型の汽力発電の建設工程は35か月であるのに比べ、複合サイクル方式は、19か月目にガスタービン部の発電を開始できる。最初のガスタービン1台は、1994年11月に運開予定で、蒸気タービン発電は、ほぼ6か月遅れで運転に加わる。

途上国での急速な電源拡充には、ディーゼル発電、ガスタービン発電、複合サイクル発電が有効であり、中でも複合サイクル発電は高効率で、しかも汽力発電と較べるとモジュール構成であり、故障時には、その一部分の停止のみで済み、大きな電源ダウンとはならない。シリアは電力需要ピークが、現在約220万kWであり、単機最大は20万kW以下を標準としており、複合サイクル30万kW系列はモジュール構成であるため、この基準以内となっていて、供給信頼度上からも好適との印象を受けた。

また、シリアは政策的に石油を輸出にまわし、天然ガスは国内で発電等に使用したいとの考えを持っており、天然ガスの生産拡大を待って、上記のマハルディ発電所(重油)では4号機を天然ガスに切り替える方針という。

それにジャンダール火力は、天然ガス源(国の北東部)に近く、国の中央部・内陸立地であり、付近に川もないので、所要冷却水量の少ない複合サイクル発電ならば、地下水汲み上げでも大丈夫である。ジャンダール発電所は将来さらに30万kW・系列・2郡の増設余地を持っている。

### 3-7 電気料金

石油生産国であり、電気料金は概して安い。特に家庭用は安く、しかも使用に応じた逡増制である。これは社会主義の主旨と思われる。

#### 家庭用 (250V)

0 ~ 50 kWh/月	0.25 シリアポンド
51 ~ 100 "	0.35 "
101 ~ 200 "	0.50 "
201 ~ 300 "	0.75 "
300 以上 "	1.50 "

商業用、工業用 (20kV/400v) は、時間帯別料金制である。

	(商業)	(工業)	(農業)
平均	1.25	1.2	0.8
ピーク時	1.75	1.6	1.0
昼間	1.25	1.2	0.8
夜間	1.0	1.0	0.7

単位：シリアポンド (注) 1シリアポンド=2.5円







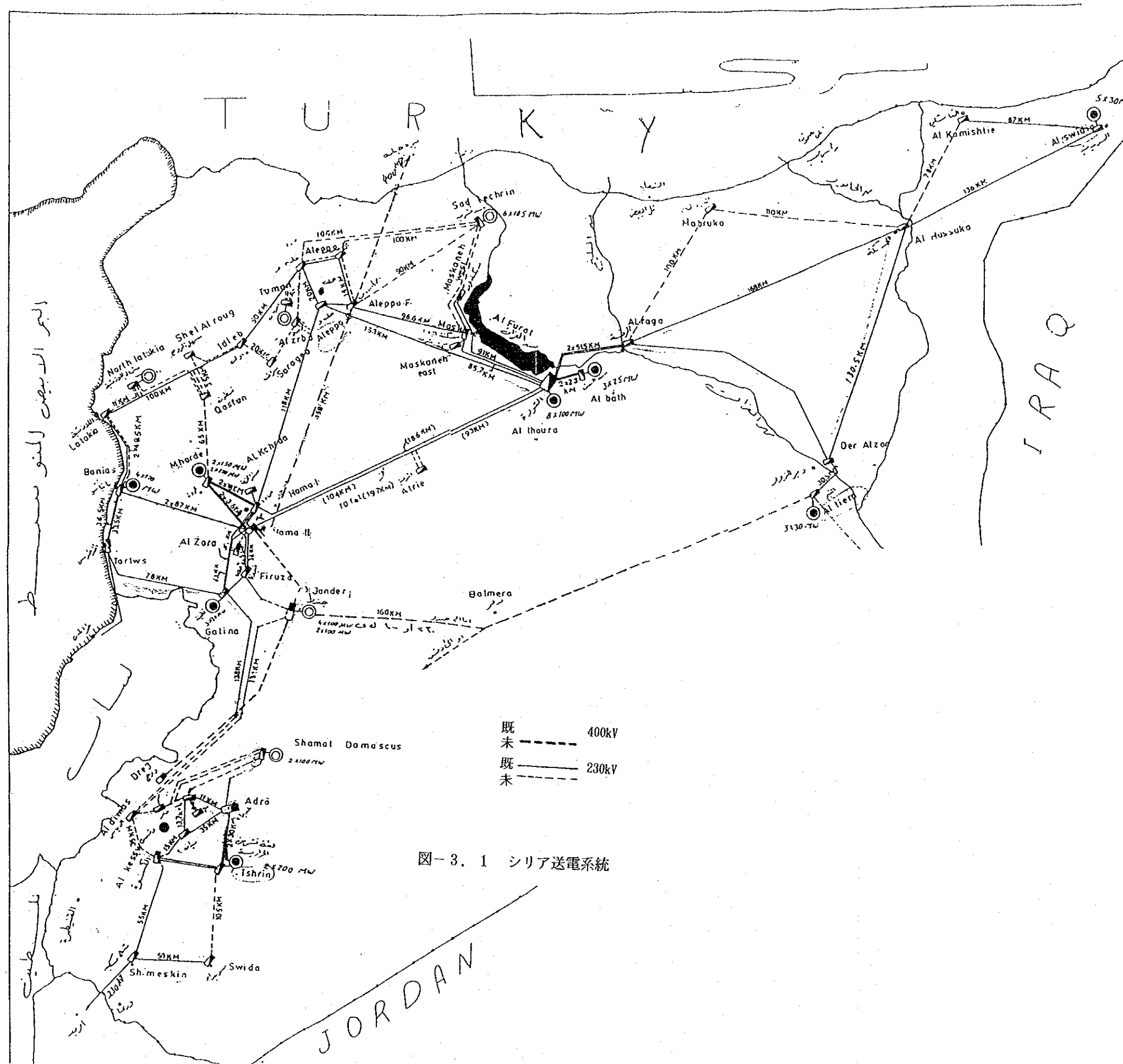


図-3.1 シリア送電系統





表-3.3 Existing Power Station (at the end of 1993)

	Name of Power Station	Type of Unit	Type of Fuel	Year of Commissioning	Installed Capacity (MW)	Capability (MW)
1	Thawra #1-8	HT	—	1974/76/77	800	450
2	Hydro	HT	—	—	21	—
3	Baeth #1-3	HT	—	1988	75	19
4	Meharde	#1 ST #2 ST #3 ST #4 ST #1 GT	HFO/NG HFO/NG HFO/NG HFO/NG DO	1980 1980 1987 1988 1988	150 150 165 165 30	135 134 156 157 30
5	Banias	#1 ST #2 ST #3 ST #4 ST #1 GT	HFO HFO HFO HFO DO	1982 1983 1988 1989 1989	170 170 170 170 30	150 150 160 160 30
6	Katine	#1 ST #2 ST #3 ST #4 ST	HFO HFO HFO HFO	1969 1969 1969 1980	30 30 30 64	24 24 17 55
7	Tishren #1	ST	HFO	1993	200	200
8	Swedieh #1-5	GT	NG	1988/89	175	150
9	Thayen #1-3	GT	NG	1988/90	105	90
10	Ref. Homs #1-2	ST	HFO/NG		64	57
11	Ref. Banias #1-4	ST	HFO		48	42
12	Swedieh(SPC) #1-5	GT	NG		120	—
13	Gas Turbine #1-14	GT	DO	1975/76	280	—
Total(Capability) ... (A)					3412	(A) 2390
Generating unit to be deducted from the capability ... (B = a + b + c)						
a. Biggest unit						200
b. Second biggest unit						160
c. One gas turbine unit						30
Firm capacity ... (C = A - B)						2000

Source ... MOE/PEE Note: Type of Unit

HT ... Hydro Turb. ST ... Steam Turb. GT ... Gas Turb.

Type of Fuel

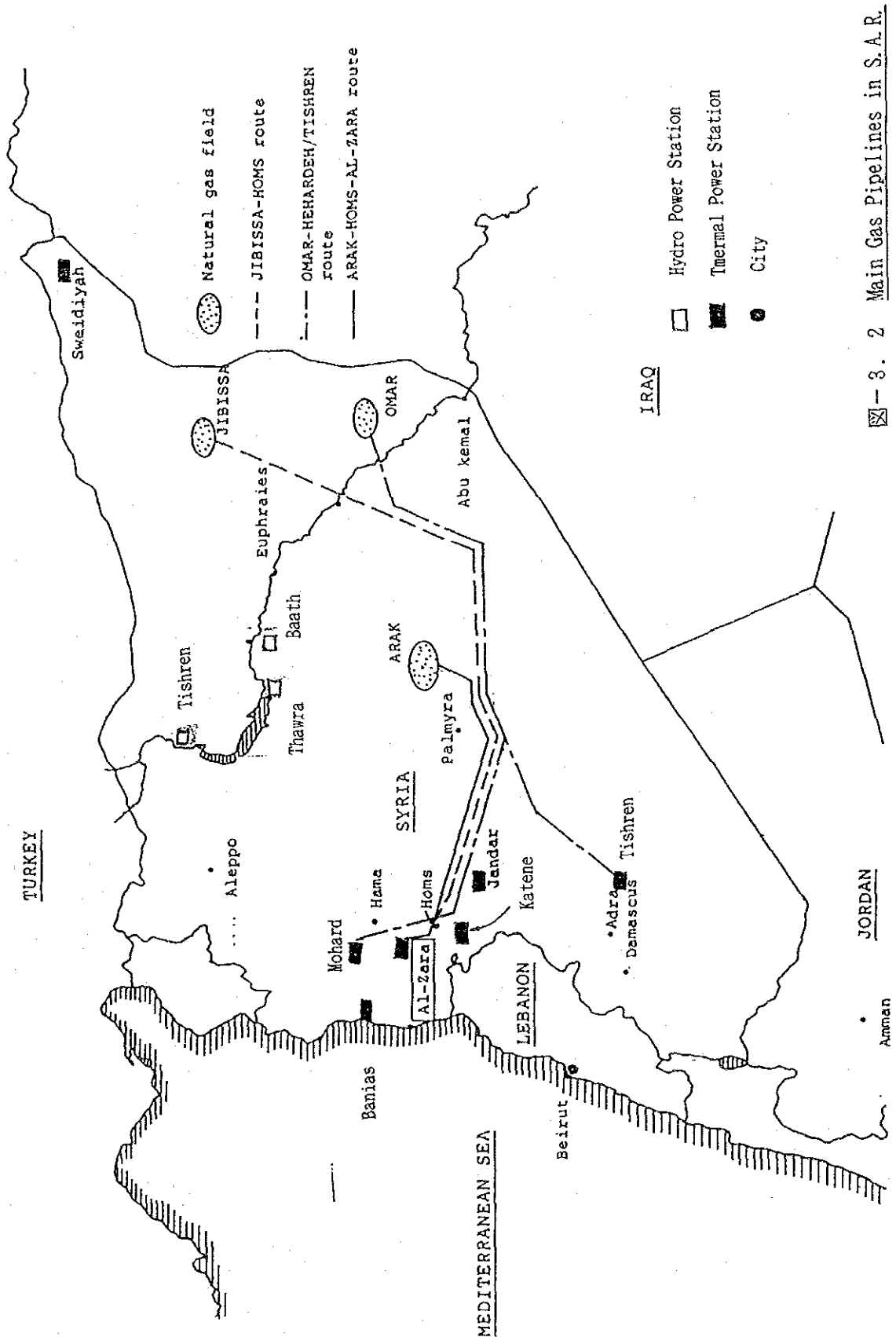
HFO ... Heavy Fuel Oil DO ... Distillate Oil NG ... Natural Gas

表-3.4 CONSTRUCTION SCHEDULE OF GENERATING FACILITIES

	Name of Power Station	Type of Unit	Type of Fuel	Year of Commissioning	Installed Capacity (MW)	Capability (MW)	
1	Tishren	#2	ST	HFO/NG	1994	200	200
		#3	GT	DO/NG	1994	100	100
		#4	GT	DO/NG	1994	100	100
3	AL Nasreya	#1	GT	HFO/NG	1994	100	100
		#2	GT	HFO/NG	1994	100	100
		#3	GT	HFO/NG	1994	100	100
2	Jandar C/C	#1	GT	NG/(DO)	1994	100	100
		#2	GT	NG/(DO)	1994	100	100
		#3	GT	NG/(DO)	1995	100	100
		#4	GT	NG/(DO)	1995	100	100
		#5	ST	—	1995	100	100
		#6	ST	—	1995	100	100
4	Tishren Dam	#1	HT	—	1997	105	100
		#2	HT	—	1997	105	100
		#3	HT	—	1997	105	100
		#4	HT	—	1997	105	100
		#5	HT	—	1998	105	100
		#6	HT	—	1998	105	100
5	New C/C plant	#1	GT	NG/(DO)	1998	100	100
		#2	GT	NG/(DO)	1998	100	100
		#3	GT	NG/(DO)	1998	100	100
		#4	GT	NG/(DO)	1998	100	100
		#5	ST	—	1998	100	100
		#6	ST	—	1998	100	100
Total(Capability)					2,330	2,330	

Source ... MOE/PEE

Note:C/C ... Combined Cycle



3. 2 Main Gas Pipelines in S.A.R.





## 第4章 火力発電設備のリハビリ計画及び運転・保守管理



## 第4章 火力発電設備のリハビリ計画及び運転、保守管理

### 4-1 既存火力発電設備の概要

従来、石油生産国として重油火力発電が主体であった。しかし石油危機を契機に油井随伴ガスの重油火力発電所での混焼利用を手始めに、さらに天然ガス井の開発も始まった。天然ガス専焼のジャンダール・ガス複合サイクル発電所の建設はその第一着手である。

表4-1に既存の火力発電所設備概要を示す。しかし火力発電所の運転性能は思うにまかせずトラブルが多く、リハビリが必要である。

### 4-2 リハビリ計画の基本的考え方

#### 4-2-1 日本および世界の事例

通常、火力発電所は故障の予防保全のため毎年、定期的に停止し、劣化部分を補修して正常な運転を行っている。それでも、15年あるいは運転10万時間経過したら、本格的に改修し、蘇生させて、さらに、10年間の運転継続が可能にようにする。

#### 4-2-2 シリアの事例および改善点

シリアの場合、資金不足と、電力不足による継続運転の要請から、故障がおきたら、停止して修理するという後手後手の対応でやってきている。主力火力であるマハルディ火力(発)、バニアス(発)ともに15年に近くなり、当然、本格的な補修が必要になっている。

第2の問題は、シリアの各火力発電所の問題点は、出力低下が甚だしいことである。

第3の問題は、スペア・パーツの不足による、運転信頼度の低下である。これらへの対応がリハビリの基本であろう。

電力公社の年報によると、全火力発電所の年平均熱効率は33.5%程度と発表されており、個々の発電所ユニット別の性能は、甚だしい出力低下や効率低下がみられる。工業未発達国であり、概してスペアパーツ不足による運転制約に悩まされている。

事例をあげれば、ボイラータービン自動制御装置(空気圧式)が故障で使えず、全自動運転を行っている発電所、給水ポンプ故障のため、残る1台で運転している発電所、低圧給水加熱器故障のため、これを除外して運転している発電所(効率低下につながる)、また建設時の資金不足のため、効率維持に必要な復水器冷却水管の清浄化装置が不備のため、復水器真空度が所定値(通常0.05気圧、復水温度32.5℃)を保てず、真空度0.3気圧・復水温度68.5℃程度の悪条件下で運転しているユニットがあった。当然出力は低下する。

資金に余裕があれば、通常、復水器細管への生虫・貝付着防止に塩素ガス注入をすとか、細管内へのスケール付着防止にタプロゲ装置を設置して随時、クリーニングするとかの方策がある。

シリアの火力発電所では、必要な冷却効果が不十分なため、真空度0.3気圧程度に悪化するまで運用されている火力ユニットが見られる。このため、タービン・ランキン・サイクル効率は正常値の約85%に低下し、発電所総合効率も正常値39%に対し、33%程度に低下してしまう。

もちろん、各発電所は、定検停止時に復水器細管の内部清浄化を行うが、電力不足のため、それまでの発電所連続運転が長くなり、真空度低下、効率低下へとなり易い。なお、計商定検停止サイクルの目標は、第1年30日間、2、3、4年はそれぞれ6日間、第5年目30日間とのことであるが、これが中々達成できないのである。



表-4. 1 既存の主要火力発電設備概要

The Name of The Plant	Power Generation General										Power Plant Manufactures			Type of Generator unit		Operation	Boiler								Condenser		Electric generator				
	Date to put into Commercial Operation	Max. Continuous Capacity	Rating Capacity	Electric Power Generation for 1993	Power Generation Load		Load Variation		Periodical maintenance work				Boiler	Tur-bine Conden- cer	Electric generat- or		Boiler	Turbine (revolu- tion per minute = 3000)	Electric genera- tion	number of operators per shift (national- ity)	Fuel kind of fuel	Performance								cool- ing system	con- denser vacuum %
	MW	MW	MW/y	MW	MW	Max. Load in a year	Min. Load in a year	Max. Load time in a year	Min. Load time in a year	carry out or not	year of mainte- nance pitch work	necessa- ry days for mainte- nance work				stop per year						at S/H outlet	at R/H outlet	at S/H outlet	at R/H outlet	leav- ing Econo- mizer	leav- ing heater	Fuel fired	over- all boiler effi- ciency		
	t/h	t/h	°C	°C	°C	°C	—	%	mmHg																						
M E A R D E H	1 April 1979	150	140	462430	140	50	30	25	yes	Periodical inspection for 15 days every 6 months	Stein industrie (イ)	K. K. U (イ)	Ghiron Shneider (イ)	N/C	3	sincro nous	25 (Syrian)	Gas	465	390	543	543	350	160	Gas or Fuel	93	wet	92	H <sub>2</sub> cooling		
	2 Dec. 1979	150	140	713740	140	50	30	28	yes		SGP (イ)	A88 (イ)	A83 (イ)		3	sincro nous	25 (Syrian)	Fuel	465	390	543	543	350	160	Gas or Fuel	93	cool- ing tower	92	H <sub>2</sub> cooling		
	3 Dec. 1987	165	160	918600	165	60	29	28	yes		SGP (イ)	A88 (イ)	A83 (イ)		2	sincro nous	25 (Syrian)	oil	522	425	542	542	350	160	Gas or Fuel	93	cool- ing tower	92	H <sub>2</sub> cooling		
	4 March 1989	165	160	646965	165	60	31	28	yes		SGP (イ)	A88 (イ)	A83 (イ)		2	sincro nous	25 (Syrian)	Fuel	522	425	542	542	350	160	residu alfuel	93	cool- ing tower	92	H <sub>2</sub> cooling		
B A N I A S	1 Oct. 1982	170	170	555911	148	50	31	22	yes	General maintenance every 40000~50000 working hours	Bredo (イ)	Ansaldo GIE (イ)	Ansaldo GIE (イ)	with R/H	2	sincro nous	25 (Syrian)	Fuel	505	265	542	542	370	160	residu alfuel	94	sea	94	H <sub>2</sub> cooling		
	2 March 1983	170	170	454039	158	50	32	24	yes		Bredo (イ)	Ansaldo GIE (イ)	Ansaldo GIE (イ)		2	sincro nous	25 (Syrian)		Fuel	505	265	542	542	370	160	residu alfuel	94	water cool- ing	94	H <sub>2</sub> cooling	
	3 April 1989	170	170	1244963	170	50	32	22	yes		MHI (日本)	MHI (日本)	MHI (日本)		2	sincro nous	25 (Syrian)		Fuel	560	440	538	538	340	160	residu alfuel	94	cool- ing	94	H <sub>2</sub> cooling	
	4 Oct. 1989	170	170	1299355	170	50	34	30	yes		MHI (日本)	MHI (日本)	MHI (日本)		2	sincro nous	25 (Syrian)		Fuel	560	440	538	538	340	150	residu alfuel	94	cool- ing	94	H <sub>2</sub> cooling	
K A T E N H	1 1968	30	25	general over-haul during 1993						yes	Skoda (イ)	Skoda (イ)	Skoda (イ)	N/C	one	sincro nous	20 (Syrian)	oil	135	-	540	-	320	175	residu alfuel	80	open	94	air cooling		
	2 1968	30	25	69924	25	10	30	28	yes		Skoda (イ)	Skoda (イ)	Skoda (イ)		one	sincro nous	20 (Syrian)		Fuel	135	-	540	-	320	175	residu alfuel	80	circu- it	92	air cooling	
	3 1970	30	25	127801	25	10	30	27	yes		Skoda (イ)	Skoda (イ)	Skoda (イ)		one	sincro nous	20 (Syrian)		Fuel	135	-	540	-	320	175	residu alfuel	80	lake water	92	air cooling	
	4 April 1981	64	60	2190765	60	15	29	28	yes		Skoda (イ)	Skoda Lomos (イ)	Skoda (イ)		2	sincro nous	20 (Syrian)		Fuel	265	-	540	-	320	175	residu alfuel	80	cool- ing	92	air cooling	
T E S H R E E N	1 Feb. 1993	200	200	-	200	100	The most of Time	5	yes	yes	Tagan rog (イ)	LWZ Lomos (イ)	Garkof (イ)	N/C	3	sincro nous	25 (Syrian)	Gas or Fuel	670	560	545	545	220	160	residu alfuel	92	dry cool- ing	93	H <sub>2</sub> & water cooling		
	2 April 1994	200	200	-	200	100	The Time	3	yes		Tagan rog (イ)	LWZ Lomos (イ)	Garkof (イ)		3	sincro nous	25 (Syrian)		oil	670	560	545	545	220	160	Gas or Fuel	92	cool- ing tower	93	H <sub>2</sub> & water cooling	

Higher heating value of fuel : 10500kcal/kg , Lower heating value of fuel : 9700kcal/kg , Gas temperature at Leaving furnace not measured but it varies between 1000~1200°C

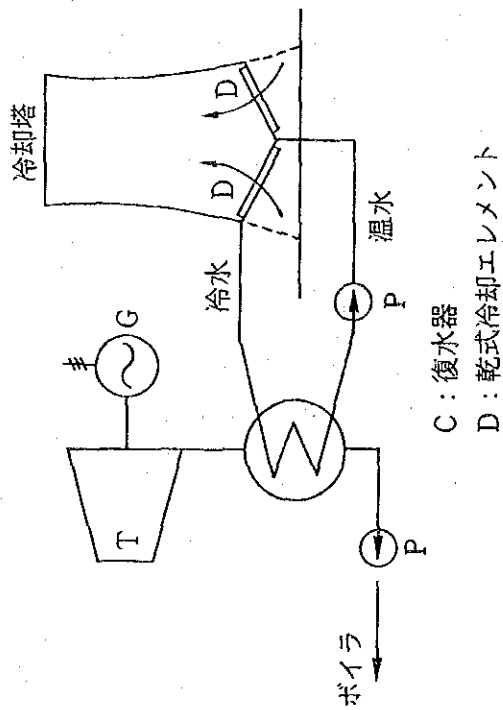




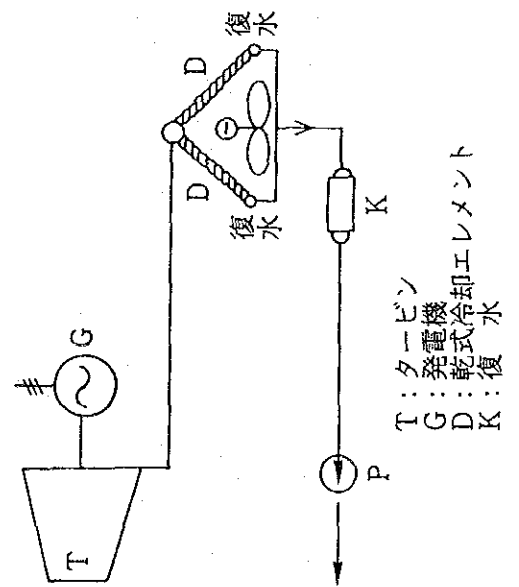


図4-1 タービン復水器 冷却方式

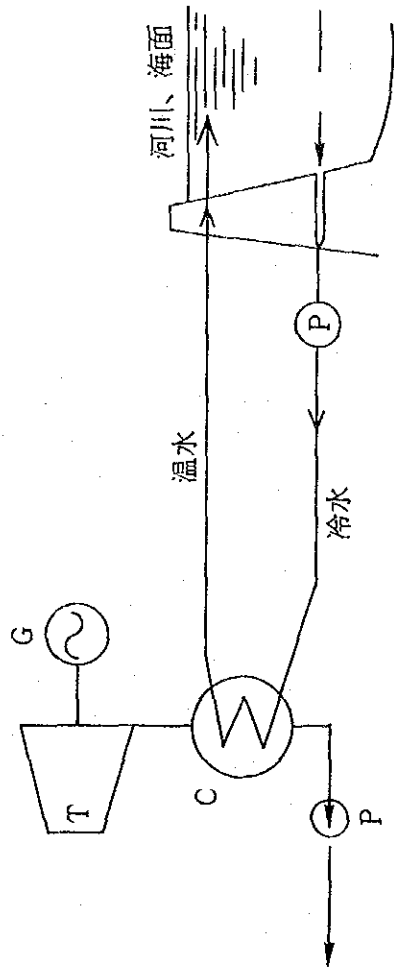
1. 間接乾式冷却塔 ティッシュリン (高い)



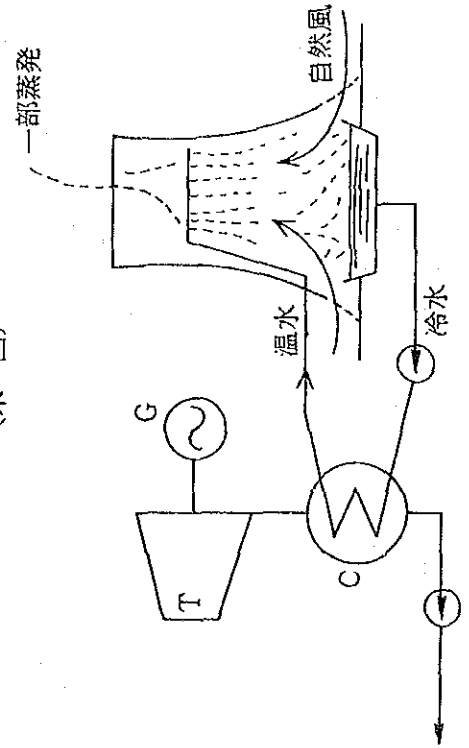
2. 直接乾式冷却システム



3. 開放式自然冷却 (日本) バニアス (安い)



4. 湿式冷却塔 (シリア) マハルディ (高い)  
(米 国)



#### 4-3 運転保守管理の基本的考え方

##### 4-3-1 日本の火力発電所保守管理

日本では、火力発電の技術進歩に応じて、保守管理体制が推移している。次に東京電力を例に、年代順に示す。

#### 火力発電所管理体制の変遷

1950年代	装置別縦割り・運転保守一体運営から 機能別管理（技術・運転・保守）へ
1960年代 ～1970年代	総合運営化／機能別管理の充実
1980年代	運転員の技術の中の広がり
1990年代	柔軟性・機動性をもった業務運営

1950年代	装置別縦割り・運転保守一体運営から 機能別管理（技術・運転・保守）へ
<ul style="list-style-type: none"> <li>・水力発電が主体、火力発電は全供給力の20%程度 年間を通しての運転はなし（渇水時等における補給用電源）</li> <li>・ボイラ、タービン、電気など各装置別にそれぞれ分散配置された社員が直営で 運転も保守も行う体制（装置別縦割り、運転保守一体運営）</li> <li>・1957年、125MW機を米国より輸入、千葉火力運開 火力発電の運用は補給用からベース用へ変化</li> <li>・これに伴い管理体制の見直し 装置別縦割り→技術・運転・保守の機能別管理体制</li> <li>・日々の電力供給に直接関わる運転部門は直営 保守部門は計画・管理を直営、工事の施工を専門の工業者に依頼する請負方式の採用</li> </ul>	

1960年代	総合運営化／機能別管理
<ul style="list-style-type: none"> <li>・1960年代は需要が急増（毎年の伸び率10%以上）</li> <li>・火力設備の増強、大容量化が急ピッチで進められる</li> <li>・業務運営面においては運転人員の適正化、技術・保守の近代化</li> <li>・運転体制面ではボイラ、タービン、電気の職種別操作監視体制から専門のパートをもちつつ他のパートの運転操作にも携わるB T G総合運営方式とし、運転人員の見直し（350MW 2台：18→13名／直）</li> <li>・保守部門は定検・改良グループと日常保守グループに分けるなど機能別管理体制の充実</li> <li>・請負工事の依頼先をそれまでの機器メーカー主体から逐次関連会社へ移行</li> </ul>	

1970年代	機能別管理の充実／運転保守体制の強化
<ul style="list-style-type: none"> <li>・既設火力の軽質油焚きあるいはL N G焚き等の燃料転換工事 オイルショック以降熱効率の一層の向上のため、タービン、空気予熱器の高効率化改造など相次いで大型工事が行われる</li> <li>・原子力発電の比率の高まり、需要の昼夜間格差などに伴い、負荷調整機能の担い手としての役割拡大（35万kW級の毎深夜停止、60万kW級の週末停止）</li> <li>・発電部・技術部の2部体制化 保守部門の機能別管理の充実（計画設計と設備診断・現場管理との分離） 保安防災強化のため保安部門の設置</li> </ul>	

1980年代	運転員の技術の巾の広がり
<ul style="list-style-type: none"> <li>・経年設備の増加、調整運用の広まり等に伴う運用の苛酷化</li> <li>・労働環境面やライフサイクル面への配慮</li> <li>・バルブ類、バーナ等の中操から遠方操作化、タービンの自動起動化等、既設設備の操作性改善、監視機能の充実による運転信頼度の向上</li> <li>・運転員の技術の巾を広げることをねらいとして、運転員全員が一定のサイクルで日勤勤務となり保守業務、研修等に携わる仕組みにする</li> <li>・これに伴い運転人員の見直し（350MW 2台：13→10→8名／直）</li> </ul>	

1990年代	柔軟性・機動性をもった業務運営
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一層の柔軟性・機動性をもった業務運営並びに一貫した責任をもって運営できる体制への改編</li> <li>• 発電所の業務運営実態・課題等に即して発電所長が各グループを弾力的に編成して運用できる仕組み</li> <li>• 保守業務の効率向上、専門技術者育成強化のため、保修課工事課を一元化してボイラ・タービン・電気など設備別に工事の計画から設計、工事監理まで一貫して実施するグループ編成</li> <li>• 総合一貫性重視の観点から、効率監理・環境・保安・調査等の業務を発電部門に組み入れ一元化</li> </ul>	

組 織 の 変 遷

1950年代	<p>所長</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 事務課 (庶務、労務、経理、資材)</li> <li>— 電気課 (運転、保修)</li> <li>— 汽機課 (運転、保修)</li> <li>— 汽缶課 (運転、保修)</li> <li>— 調査係</li> </ul>
1957年	<p>所長</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 事務課 (庶務、労務係)</li> <li>— 経理課 (経理、資材、運炭係)</li> <li>— 技術課 (調査、計測係)</li> <li>— 運転課</li> <li>— 保修課 (電気、機械係)</li> </ul>
1977年	<p>所長</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 総務部             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 総務課 (総務・人事、管財)</li> <li>— 労務課 (労務・生活)</li> <li>— 経理課 (会計、資材、工事契約)</li> <li>— 燃料課</li> </ul> </li> <li>— 技術部             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 技術課 (計画、調査、環境、化学)</li> <li>— 保安課</li> <li>— 保修課 (運営、設計)</li> <li>— 工事課 (ボイラ、タービン、電気、制御)</li> </ul> </li> <li>— 発電部             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 発電課</li> <li>— (当直長)</li> </ul> </li> </ul>
1991年	<p>所長</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 総務部             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 総務G (総務・人事、管財)</li> <li>— 労務G (労務・生活)</li> <li>— 経理G (会計、資材、工事契約)</li> <li>— 燃料G</li> </ul> </li> <li>— 発電部             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 発電G (発電運営、性能管理)</li> <li>— 環境保安G (環境、化学、保安)</li> <li>— 総括当直長</li> <li>— 当直長</li> </ul> </li> <li>— 保修部             <ul style="list-style-type: none"> <li>— 電気・制御G (運営、電気、制御)</li> <li>— 機械G (ボイラ、タービン、燃料、土木、建築)</li> </ul> </li> <li>— 所長付きスタッフ</li> </ul>

1 中操あたり運転人員数の推移

エント 出力 年度	175MW	350MW	600MW	1,000MW	備 考
1967年度 以前	16人 (18人)	18人 (22人)			( ) は石炭混焼
1967年度	12人 (13人)	13人 (16人)	13人		・運転人員の適 正化
1973年度		10人	10人	10人	・主要操作の自 動化導入
1980年度	10人	10人	6人		・完全自動化プ ラント ・操作性改善自 動化改造
1981年度 以降	8人	8人	8人 5人	8人	・業務運営の新 展開

#### 4-3-2 米国の火力発電所保守管理

代表的な事例として、バージニア電力とTVAの火力発電所保守管理の実態を紹介する。

北米の電力会社では新規発電所の建設が、建設コストが高いこと、将来の需要想定が不明確であること、立地・認可が困難でリードタイムが長いこと、地球温暖化等の環境問題によるエネルギー消費量の削減に対する圧力などのためあまり進んでいない。そのため既存の経年火力発電所を廃止することができず、できるだけ運転を継続することが要求されている。

設備の経年化に伴い事故による停止が増加し信頼度が低下するが、これを改善するための補修費も経年化に伴い増加する。最小限の費用でできるだけ長期間、信頼度を維持しながら経年火力発電所を運転することが各電力会社の課題となっている。

##### (1) バージニア電力 (VEPCO)

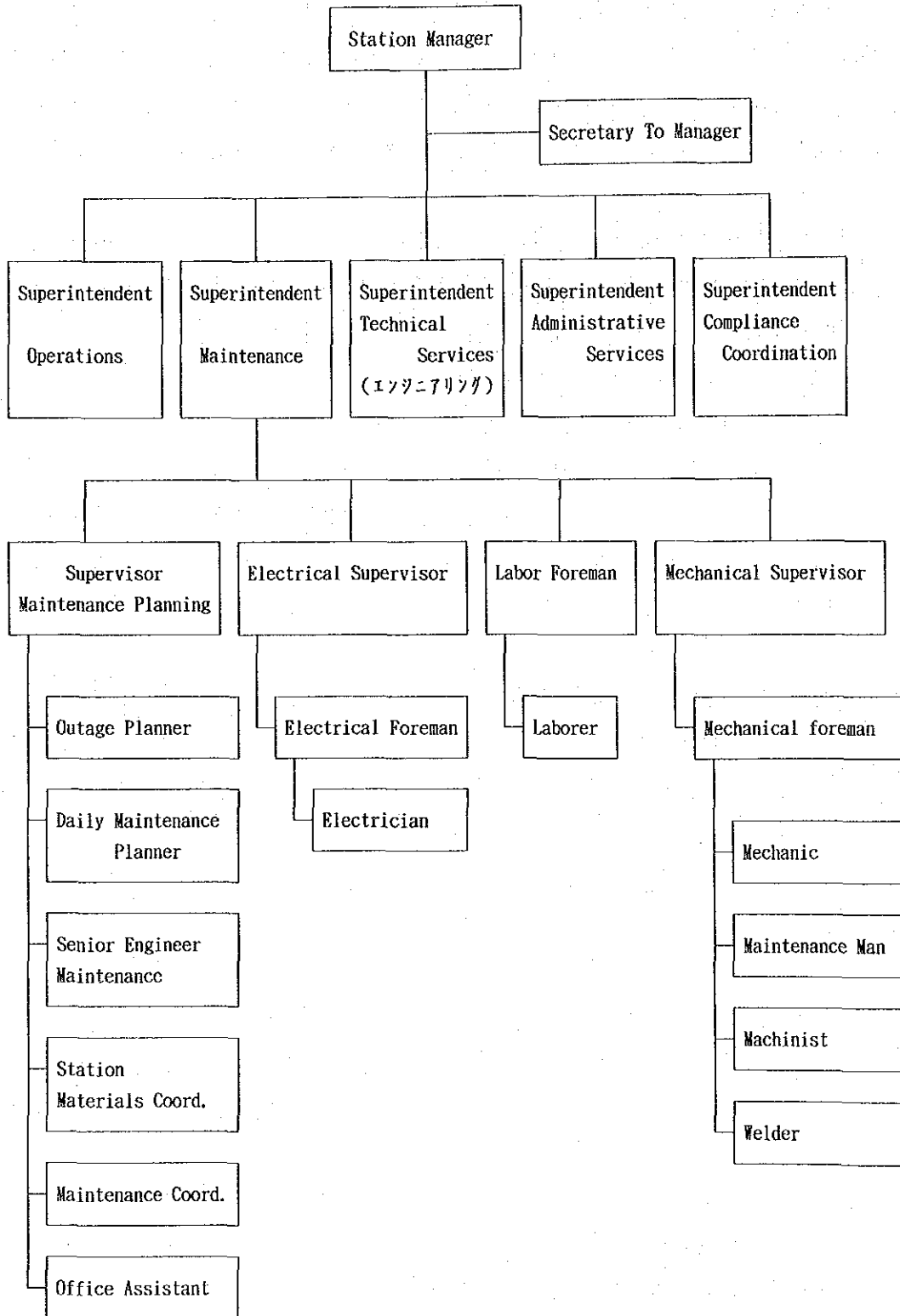
###### ① 既設火力発電所の保守に関する基本方針

この電力会社の特徴は、長寿命化のための特別なプロジェクトを持たないということである。しかし、1990年から15年間の長期計画には設備を廃止する予定がなく、実質上は設備の運転を維持していく（つまり長寿命化する）方針である。その間、運転継続とその代替案（リパワリング、新規発電所の建設、他社からの買電等）のコスト比較を定期的に行い、最も経済的な方策を取ることにしている。発電所の保守に関しては、目視点検や非破壊検査により設備の状態を把握し、劣化している部位については通常の補修サイクルにおいて取替実施することとしている。またコンピュータ化された保守履歴情報を用い最適な取替、点検周期を設定して予防保全を実施することにより設備の信頼度を維持し長寿命化を図っている。

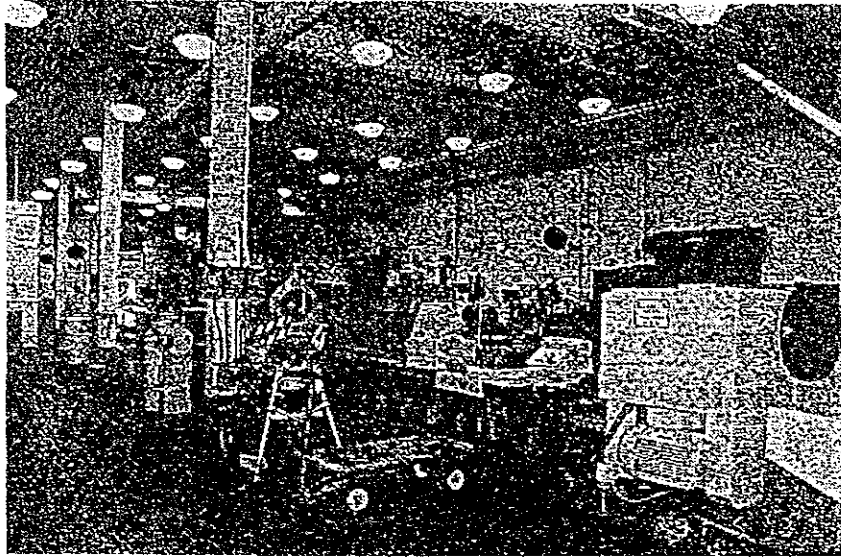
###### ② ヨークタウン発電所の保守運用

ヨークタウン発電所には全部で3ユニットがあり、1、2号機が石炭火力で出力が150MW、3号機が石油／ガス火力で出力が850MWである。1、2号機の運開はそれぞれ1957年、1958年で30年以上経過している。従業員は約240名でその内110名が保守業務に従事している。発電所の保守体制は図4-2のようになっている、保守部門と技術部門（エンジニアリング）が分かれている。日常補修業務及び簡易な補修・点検は直営で行っており、大型補機の電動機コイル巻替えなどは外部委託している。ヨークタウン発電所では、既にCWPなどの大型補機の電動機コイルの巻替えやタービン翼の取替など機器の耐力向上に取り組んでおり、適切な保守を続けることで設計寿命である40年を越えて60年運転することも可能と考えている。

図-4. 2 ヨークタウン発電所の保守体制







ヨークタウン発電所の工作室

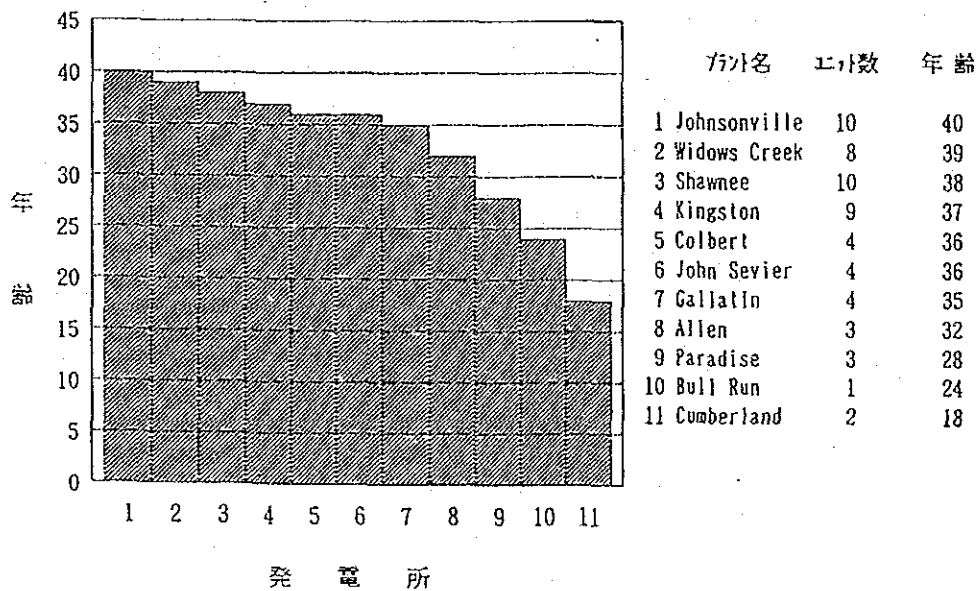
(2) TVA

① 石炭火力発電所の経年化

TVAの石炭火力発電所は1950年代に運開となったものが多く、大半のユニットがその設計寿命と考えられている40年を迎えようとしている。もし石炭火力を経年40年で廃止するとしたら、2000年までに49ユニット(8,250MW)の設備が廃止されることになる。これにより1990年代半ばに需要が供給を上まわることが予想されている。(図4-3参照)

TVAでは長寿命化のコストを200~400\$/KWと見ており、新規発電所の建設費1,500\$/KWに比べ経済的と判断している。従って全ての石炭火力を長寿命化して当面の電力需要を賄うことにしている。しかし全ての石炭火力の運転を継続しても2000年頃は需要が供給を上まわることが予想され原子力開発の再開など新規電源の開発が必要となっている。

図-4.3 TVAにおける石炭火力発電所の年齢



② FHUEMプログラム

TVAの火力発電所・水力発電所の長寿命化対策プロジェクトはFHUEM(Fossil and Hydro Unit Evaluation and Modernization)プログラムと呼ばれており、その目的は

- a. 20年以上の寿命延長
- b. アベイラビリティ/信頼度の維持
- c. プラント効率の維持向上 など

としている。FHUEMプログラムは以下の3フェーズから成り、TVAとしては2000年までに全てのプログラムを終了させる予定である。なお現在はフェーズ1を実

施中である。

フェーズ1 状態把握 (Condition Assessment)

設備が長寿命化に適合するかどうか評価する。

\*キングストン (Kingston) 発電所で開発した評価手法にて行う。

フェーズ2 設計・計画および評価 (Engineering and Evaluation)

フェーズ1でなされた推奨事項の評価

詳細設計および代替案との比較検討

優先順位の決定と最適オーバーホールスケジュールの策定。

フェーズ3 対策工事の実施 (Implementation)

\* キングストン (Kingston) 発電所

フェーズ1の評価確立のため1984年に機器の評価を実施したパイロットプラントで保守管理システムやオンラインモニタリングシステムなどの新技術の導入もこの発電所が最初となっている。長寿命化対策はE P R Iのガイドラインに従って進めており、他の電力会社 (デュークパワーなど) の動向も参照している。

③ 定期点検計画の策定と保守の運用

59ユニットの火力設備、113 ユニットの水力設備、48ユニットのガスタービン設備の定期点検計画が、T V A本店の火力・水力部 (Division of Fossil and Hydro Power)において策定されている。火力発電所の定期点検は、基本的には運転時間10,500時間 (14~18ヵ月) 毎に実施されている。定期点検計画の策定には計算機を利用しており、費用、プラント効率、信頼度などを考慮した最適な計画となるようにしている。定期点検作業には通常の予防保全工事の他にF H U E Mプログラムによる長寿命化対策工事も盛り込まれている。工事の設計、材料の手配などの都合で定期点検の実施時期、期間の変更が必要となった時、発電所長間での交渉が行われ、それにより計画が変更される。

発電所の保守部門には、機械、電気、計装の保守員がいて、日常の補修工事は直営で行っているが、定期点検時など作業量が多い時は、短期労働者を雇って工事を実施する。短期労働者は発電所長あるいは本店の定期点検担当マネージャーによって管理されている。例えばタービン点検については、本店のタービングループが工事管理を行っている。

定期点検は夏期などのピーク時は避けて実施されるため一時期に重なることが多く、熟練労働者を集めるのに苦労しているとのことで、将来的には発電所保守のための下請け会社を設けて労働力の確保を図ることも考えているようであった。

T V Aでは、現在8~9%である定期点検による停止率 (Planned Outage Rate) を7~7.5%に削減したいと考えている。

#### 4-3-3 シリアの火力発電保守管理と改善点

電力不足と資金不足のため補修が不十分であり、出力低下、トラブルの他、発電効率の低下が甚だしい。その実態を次に記す。

##### (1) バニアス発電所

最大の火力発電所は地中海に沿ったバニアス発電所（重油）、出力計71万KW（汽力ユニット17万KW・4基とガスタービン3万kw・1基）である。筆者等の訪問時に聞いたところ、各号機の年間効率、現在の実質最大出力（出力低下による）は次の通りと説明された。

	定格出力	実質最大出力	年間熱効率
1号	17万KW	14.8万KW	33%
2号	17万KW	15.5万KW	35%
3号	17万KW	16.0万KW	38%
4号	17万KW	16.0万KW	39%

出力低下の原因は前項に記した通りであり、我々JICA調査団に対し、スペアパーツ整備のための支援を期待していた。

特に、1号は故障が頻発し、ボイラータービン自動制御装置が故障中のため、全手動運転をしており、新規装置に取替えたいとのことであった。運転主任は、3号、4号が三菱重工製のため、日本で2か月も技術研修しており、熱心に改善に取り組んでいた。

##### (2) マハルディ発電所

我々JICA調査団は、2番目に大きいマハルディ発電所（重油）・出力計66万KW（汽力ユニット15万KW・2基、16.5万KW・2基、ガスタービン3万KW・1基）も訪問した。復水器冷却水の問題で、出力低下が甚だしい。内陸の工業地帯にあり、復水冷却は河川水利用の空冷コンデンサである。酷暑（7月）であり、冷却水入口温度は35℃（出口42℃）と高く、復水器細管内のスラッジ付着が多く、訪問時の各ユニットの実質最大可能出力は、次の通りとの説明を受けた。発電所責任者も、冷却用河川水の水処理装置設備を早急に行いたいと表明していた。

	定格出力	実質最大出力
1号	15.0万KW	9.5万KW
2号	15.0万KW	9.0万KW
3号	16.5万KW	15.5万KW
4号	16.5万KW	12.5万KW

(3) 改善点

タービン冷却水の水処理と、冷却管のクリーニングを主機運転中にも可能な、タプロゲ装置の整備が必要と思われる。



## 第5章 火力発電所の組織・運営体制及び人材訓練





## 第5章 火力発電所の組織・運営体制及び人材訓練

### 5-1 既存火力発電所の組織運営

火力発電所の組織は、運転部門、補修部門、および事務部門（燃料、経理、事務）から成る。日本では、補修工事に関して、別会社として工事会社が付属している。米国では、これら日常の補修工事は、直営で行う例が多い。ただし、大掛かりな年1回の定検工事には、別途に外注するようである。

シリアの場合は、米国の方式と同様である。

### 5-2 人材訓練計画の基本的考え方

#### 5-2-1 日本の事例

火力発電所の運転・保守管理には、基本的知識と実技を含む応用面の訓練が重要である。以下に東京電力の事例を紹介する。

## 研 修

- (1) 日常業務を行いながら、技術、技能、および関連知識を修得する。(OJT)
- ・特に、入社10年程度までに習得すべき現業技術・技能については、段階ごとに到達すべき水準を定め、習得した技術・技能の水準を会社が認定している。(現業技術・技能認定制度)
  - ・OJTの補完として運転訓練シミュレータ、実機分解組立訓練を実施している。
- (2) さらに火力の運転保守技術の一層のレベルアップを図るため、集合研修を実施している。
- ・入社3年目に工業高校・東電学園高等部を卒業した初級社員を対象に電力基礎技術力育成のための研修を実施している。(技術専門科)
  - ・現業技術技能水準が上級に達している社員を対象に、より専門的な技術・技能の育成ならびに、現場リーダーとしての資質、能力を高めるための研修を実施している。(専修科)
  - ・担当する業務の内容に応じて、特定のテーマをもった集合研修を実施している。
- (3) 入社後8ヶ月間は、新入社員研修を実施している。

### 研修体系

入社 月数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
研 修	新入社員研修		技術専門科									専修科	
		初級			中級			上級					
技 能 認 定		△				△				△			
		C級技能認定			B級技能認定			A級技能認定					
職 種		一般職										管理職	

新入社員研修

- (1) 企業人としての意識づけ
- (2) 火力発電業務の基礎研修
- 会社内における火力部門の位置づけ
  - 火力部門の業務運営
  - 基礎的な業務処理
  - 業務遂行時の安全の基礎知識、安全基本動作
  - 火力発電設備の基礎技術・技能（発電に関する）
- など
- (3) 研修期間
- 新入社員全員を運転業務に配置し、入社後8か月間研修を行う。

1年間の研修スケジュール

月		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
		業 合	前期業合研修			中期業合研修						後期業合研修		
部 門 研 修	日 勤 研 修	日勤導入研修			総合研修						シミュレータ研修（4日間） 火力部門業合研修（4日間） 机上業合研修（5日間）			
	当 直 研 修	当直導入研修			当直指導付研修						要 員  OJT			

現業技術技能水準と現業技術技能認定区分

○発電業務および保守業務について、その到達すべき目標を初級、中級、上級に区分し 各ステップ毎に技能認定を実施

到達すべき目標レベル

区分	発 電 業 務	保 修 業 務	技能認定
上級	<p>ユニットならびに系統異常時の判断と処置が可能。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボイラ、タービン、電気事故等</li> <li>・同波数変動、電圧変動</li> <li>・単独運転</li> <li>・台風、地震、発雷時</li> </ul>	<p>専門知識、技術、技能を習得して専門分野の設備全般について、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高度な技術判断</li> <li>・異常時における適切な処置</li> <li>・大型、複雑な工事の設計積算</li> <li>・工事計画、予算運用</li> </ul> <p>が、可能。</p>	技能認定 ○ A 級
中級	<p>ユニットの起動停止操作及び、高度な警報対応動作に対する判断判断と処置が可能。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ユニット起動停止操作</li> <li>・重要な警報対応動作</li> <li>・重要な定例テスト</li> </ul>	<p>具体的な知識、技術技能を習得して専門分野の主要機器について、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定型的な分解点検、調整運転及び結果の良否判断</li> <li>・軽易な事故、トラブル発生時の応急復旧作業</li> <li>・標準的な工事の整理、設計積算</li> <li>・予算運営、請負工事付託整理</li> </ul> <p>が、可能。</p>	○ B 級
初級	<p>通常の運転、監視操作及び、警報動作に対する判断と処置が可能。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・監視及び自動制御の補完調整</li> <li>・補機の起動停止操作</li> <li>・通常の警報対応動作</li> <li>・通常な定例テスト</li> </ul>	<p>基礎的な知識、技術技能を習得して専門分野の補機について、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定型的な分解点検、調整運転及び結果の良否判断</li> <li>・軽易な事故、トラブル発生時の応急復旧作業</li> <li>・標準的な工事の整理、設計積算</li> </ul> <p>が、可能。</p>	○ C 級
観望	設備の点検ポイントがわかり、簡易な定例テストが可能。		

運転・保修技能訓練

○運転シミュレータを使った運転操作訓練

- ・ 起動停止操作
- ・ 事故時対応操作
- ・ チームプレーを重点においた訓練
- ・ 当直長を対象とした、危機管理訓練

○保修技能訓練

- ・ 保守実務、法律等の知識習得
- ・ 実際の機器を使った、分解、組み立て、調整等の訓練  
(ポンプ、発電機、調節弁)

主な訓練コースと受講人数

1992年

訓練コース	標準日数	受講人数
運転関係		
操作員研修	3日～5日	165人
新入社員訓練	4日	176人
競場研修	1日～2日	738人
危機管理研修	1日	39人
その他の研修		47人
小計		1165人
保修関係		
実務関連知識研修	2日～3日	42人
保修技能訓練	5日～10日	100人
設備診断技術訓練	3日	20人
業務機械化訓練	2日～3日	293人
その他の研修		84人
小計		539人
合計		1704人

運 転 訓 練 シ ミ ュ レ ー タ

稼働中の運転訓練シミュレータ

シミュレータ型式	出 力	型 式	備 考
中容量ドラム型	350MW	フルスコープ	
大容量定圧貫流型	1000MW	フルスコープ	
大容量変圧貫流型	1000MW	コンパクト	広野火力に設置
	1000MW	コンパクト	東扇島火力に設置
LNG蒸地		フルスコープ	

建設中の運転訓練シミュレータ

シミュレータ型式	出 力	型 式	備 考
小容量ドラム型	175MW	フルスコープ	
中容量ドラム型	350MW	フルスコープ	2ユニット1中操形式として、送電盤、環境防災盤も併せて設置
	350MW	フルスコープ	
大容量定圧貫流型	600MW	フルスコープ	BTG盤回転切替式
	1000MW	フルスコープ	
大容量変圧貫流型	1000MW	フルスコープ	BTG盤回転切替式
大容量コンバインドサイクル	1400MW (350MW ×4)	フルスコープ	

新設運転訓練シミュレータは、1996年度完成予定

特定のテーマを持った集合研修

	種 類	内 容	対 象 者	期 間
火力総合技能訓練センター	ボイラ技術研修	ボイラの予防保全と保守技術の習得	保修副主任以上	4日
	タービン技術研修	タービンの制御技術、振動診断の基礎知識、経年劣化対策と予防保全技術の習得	副主任以上	発電3日 保修5日
	発電機技術研修	発電機の予防保全と保守技術の習得	保修副主任以上	5日
	制御システム技術研修	各社のデジタル制御システムの概要ならびに、制御系の構成理解と取扱い方法の習得	副主任以上	5日
	計算機制御研修	情報処理、自動化演算の基礎および、運転技術、保守技術の習得	副主任以上	5日
	LNG設備技術研修	LNG設備の基本設計と構造、保守技術の習得	副主任以上	2日
	防災実技訓練	初期消防活動における判断力と、指導力の養成	全員	昼間3日 夜間5日
東電学園	保護制御システム研修(CES)	電力系統保護制御装置の運用、保守に必要な専門知識、技能の習得	保護制御装置の運用、保守に携わる者	4か月
	業務システム化研修(SEC)	業務システム化の調査分析、要求仕様を明らかにできる能力の育成および、推進リーダーとしての知識技術の習得	副長、主任	3週間

## 能力開発

実務能力の育成、専門能力の伸長をねらいとして、次の研修・検定制度を設けている。

## 大学部

高校卒等の優秀者に対して、大学程度の専門知識・技術を付与し、使命感、責任感、応用力の涵養に重点を置いた研修を行なう

- ・選考 学科試験、論文、面接等
- ・期間 3年

## 検定制度

業務に関する学問的基礎知識について、その成果を検定する。

- ・1類検定：大学卒業程度の学力を基礎とする実務能力
- ・2類検定：短期大学または高等専門学校の学力を基礎とする実務能力

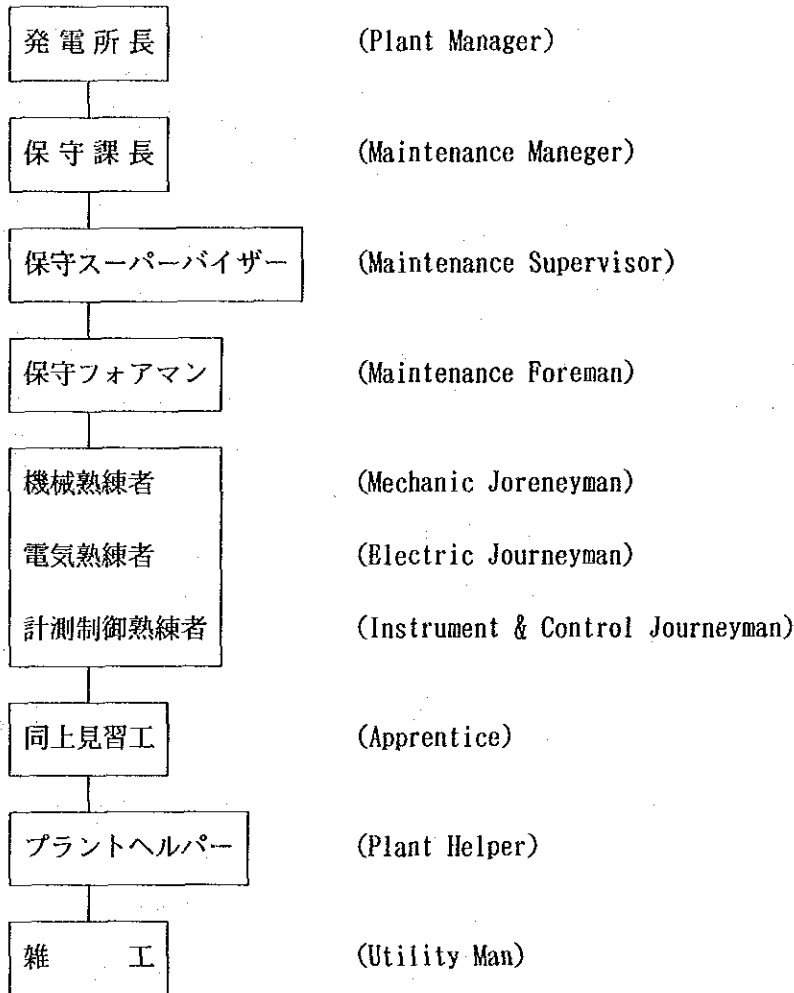


5-2-2 米国の火力発電所保守技術員の人材育成

火力発電所の運転員養成とともに、保守員養成も重要である。以下に米国の事例を紹介する。

(1) 保守部門の組織と人員

火力発電所保守関係の組織図は概略以下のとおりである。



1名の保守課長と2～3名の保守スーパーバイザーだけが、事務所に個室を持ち、あとの保守要員は全員、発電所の1階にあるショップ（修理工場）にいるのが一般的である。

ニュートン火力発電所の組織図を図5-1に示す。この図からも、保守計画や定期点検計画等は日常の保守員ではなく、専門のスタッフが計画を作成していることがわかる。

また、モヘブ火力発電所研修所の組織図を図5-2に示す。

図-5.1 ニュートン火力発電所の組織図 (計 230名)

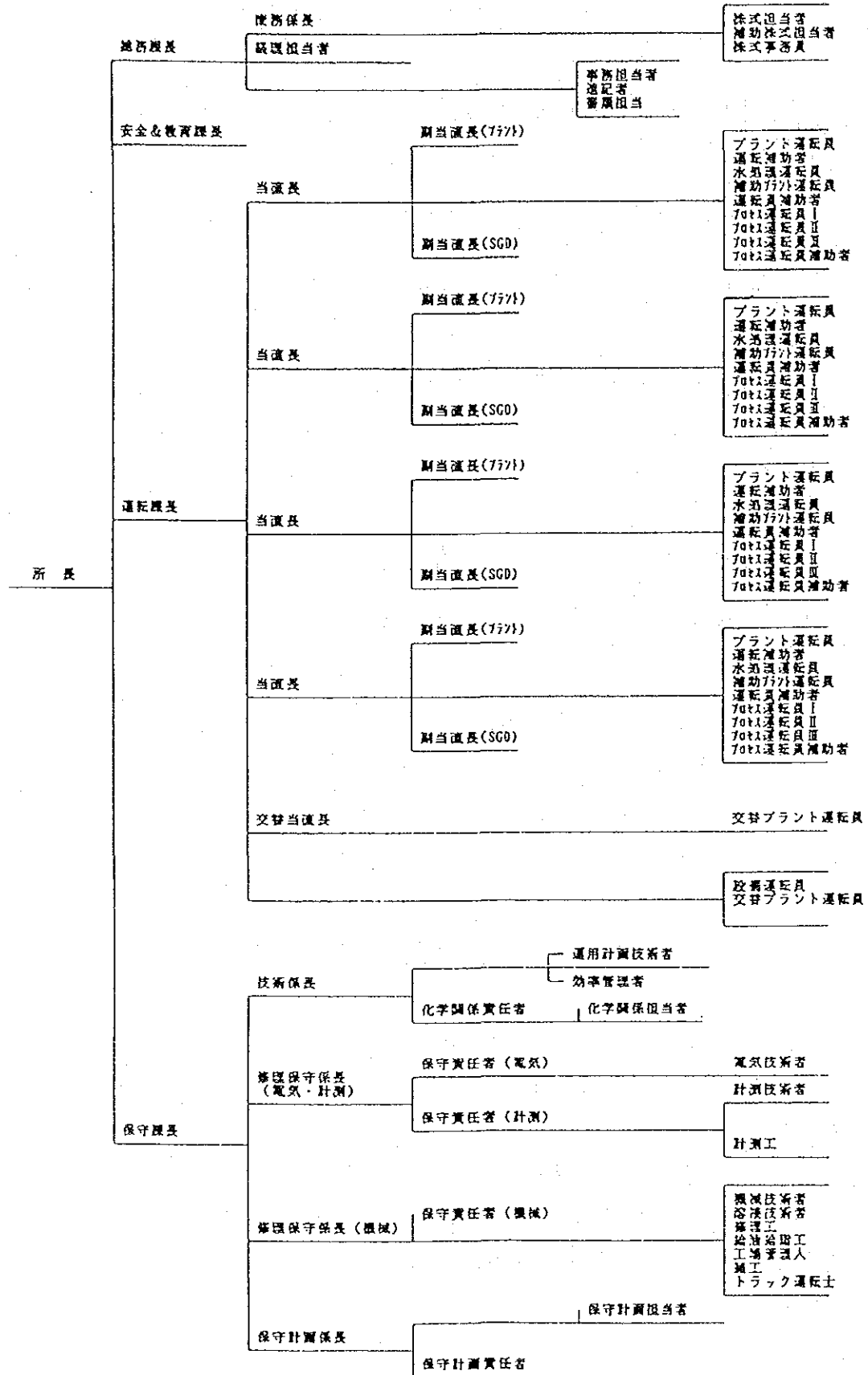


図-5.2 モヘブ火力発電所研修所の組織図

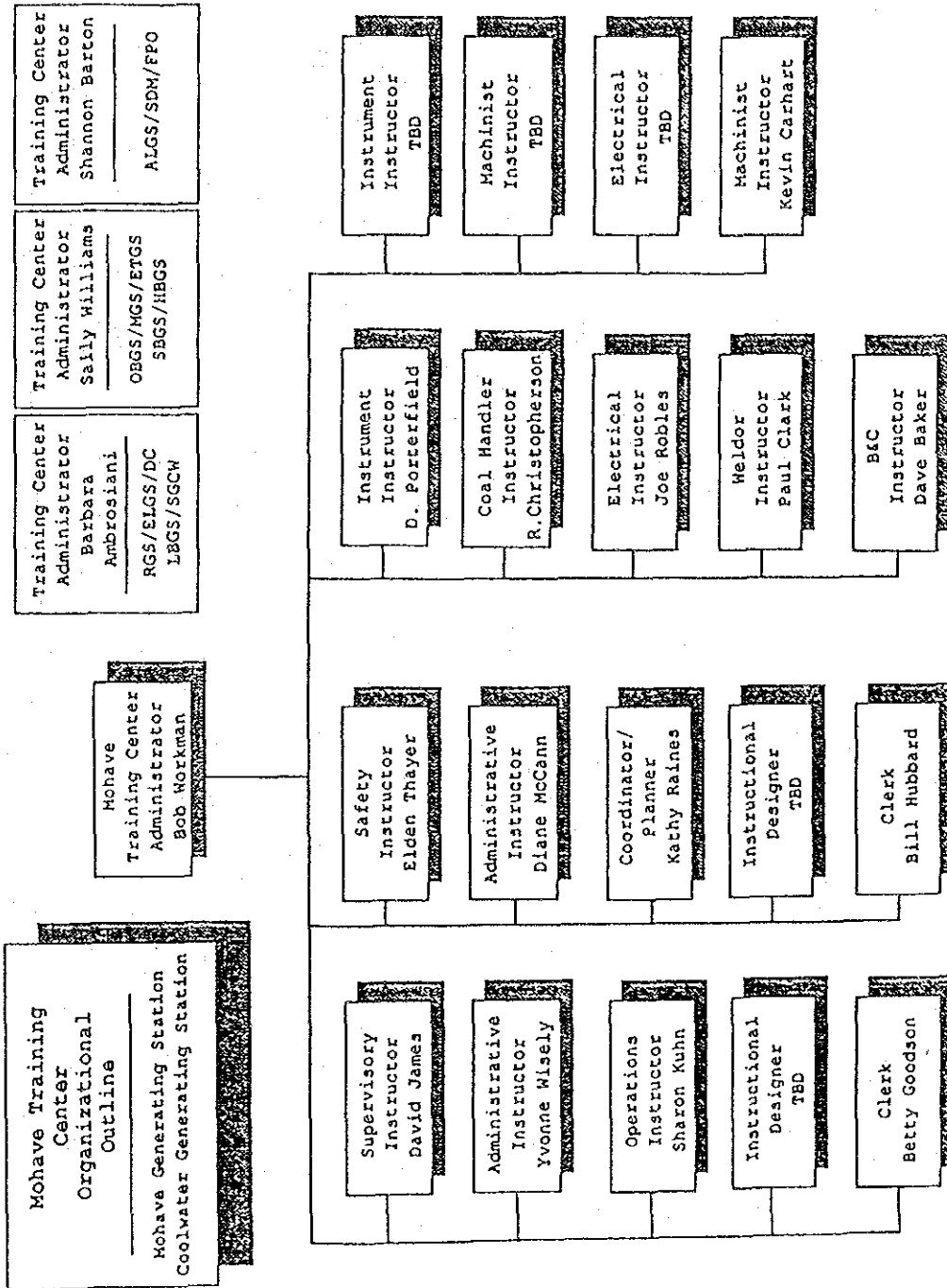


表-5. 1 火力発電所の人員数

火力発電所	ニュートン	クワイ	コールストリップ	マンスフィールド	FAF	ライムストーン	シェーネ
ユニット数	2	3	4	4	2	2	4
合計出力 (MW)	1120	1284	2060	2340	1580	1440	2484
ボイラー型式	ドラム	ドラム	ドラム	貫流	貫流	ドラム	ドラム
総従業員数	230	360	620	900	500	500	571
保守人員数	104	137	184	233	201	178	136
計測制御保守員数	19	22	34	45	28	28	34
熟練者到達年齢	25	26	28	27	29	26	26

この表から、アメリカ合衆国の石炭火力発電所の保守要員数が日本の同規模の石炭火力発電所に比較して保守要員数が多いことに気が付く。日本の場合は保守作業を委託化しているため、単純に比較することはできないが、関連会社の保守用人員を合計したとしてもアメリカ側が約2倍近くの保守要員を抱えていると推定される。さらに熟練者レベルの保守担当者数、つまり緊急突発事故時における修理作業時の指揮、命令、判断、決断を行え得る保守人員数においては、機械、電気、計測制御の各分野につき1ユニット当たり4名以上が在籍している。

米国の火力発電所では、とにかく可能な限り直営作業で処理するのが原則である。保守課長から雑工にいたるまで、直営作業を優先して業務を遂行している。やはり、米国は航空機による交通網が発達しているとはいえ、広い国であるため、少々のことでもいちいち遠方からメーカーの作業員を呼ぶことをしない。各火力発電所には、修理工場があり、専門の保守要員が揃っているため、直営作業が可能であり、また出来るだけ保守要員の活用を計るため、極力直営で処理しようとしている。

## (2) 保守技術員教育の概要

アメリカ合衆国の石炭火力発電所における保守技術員教育は、日本の保守技術員教育と比較して、以下に述べる2点の大きな特徴がある。

### ① 本格的保守技術員養成教育開始時期が遅い

入社しても、2年から3年、長い例では7年間もの間、雑工あるいはプラントヘルパーとして火力発電所の清掃作業や熟練者の保守作業の助手を勤め、その後、保安部門に欠員が生じてから初めて見習工となり、研修所での保守技術員教育を受講する。その期間が、3年から5年の長期にわたるので、保守技術員のなかの最高ランクである熟練者（Journeyman）になるのは、順調に昇進していったとしても、早いところで25才、7年間の雑作業を行う火力発電所では29才になってはじめて熟練者の仲間入りができる。

### ② 教育期間が長く、専任の指導員を設置している。

見習工（Apprentice）になって初めて研修所での教育を受講するわけであるが、その教育総時間数は3年から5年間の研修期間中に延べ2000時間に近い机上および実技研修を実施する。年間の労働時間数が約1800時間であるので、およそ勤務時間の1/5から1/3を保守技術研修に充てていることになる。さらに見習工の前段のプラントヘルパーは熟練者の作業補助を行うときに、それなりの情報を吸収したり、熟練者から直接教わったりするわけであり、ある程度の保守技能は習得している。そのような見習工に対して専門の講師が長期間にわたって、当該火力発電所の設備に応じた研修を実施するので、かなり中身の濃い研修を実施しているように見え、米国の保守技術員の技能レベルは相当高いものであると考えられる。

### 5-2-3 シリアの場合

シリアの火力発電所は、特別の大補修工事を除き、直営工事で保守を行っている。このため、人員は 800名程度と多い。これらの人が、それぞれ技術的訓練を受けることは合理的運営に大いに効果があろう。ただし、日本と異なり、発電所間の転勤はないため、視野を広めることには不便である。

補修工事訓練センターおよび、シミュレーター訓練は、視野能力アップに有効と思われる。付表として、日本の火力発電シミュレーター・センターの概要を紹介する。



表-5.2 運転および保守訓練センターの現状

会社名		北海道		東北	東京				
運 転 訓 練 セ ン タ ー	名称	社員研修所札幌研修センター		総合技術訓練センター	火力総合技能訓練センター				
	所在地	札幌市		原町市	品川火力(発)構内				
	完成年月	昭和57年6月	昭和57年10月	平成3年2月	昭和58年9月	昭和55年3月	昭和61年3月		
	モデルプラント	35万kW 亜臨界圧強制循環ドラム型ボイラ(伊達1号機)	35万kW 超臨界圧変圧貫流型ボイラ(知内1号機)	60万kW 超臨界圧定圧貫流型ボイラ(東新潟火力2号機)	35万kW 強制循環型ボイラ(大井火力1号機)	100万kW 超臨界圧貫流型ボイラ(鹿島火力5号機)	LNG設備(富津火力LNG設備)		
	設 置 機 器	訓練生用機器	BTG盤:1面 補助盤:1面	BTG盤:1面 補助盤:1面 CRT:1面	BTG盤:1面 補助盤:1面 APC装置:6面 現場操作用CRT:1台	BTG盤:1面 ボイラ補助盤:1面 タービン電気補助盤:1面 APC装置:3面 オペレータコンソール CRT:1式 タイプライタ	BTG盤:1面 副盤:1面 APC装置:8面 現場操作用CRT:1台 オペレータコンソール CRT:1式 タイプライタ	LNG操作盤:1面 監視補助盤:1面 防災盤:1面 現場操作盤:1面 主制御装置:9面	
			電気盤:1面(共通) オペレータコンソール:1式(＃) タイプライタ:1台(＃)		オペレータコンソール CRT:1式 タイプライタ	オペレータコンソール CRT:1式 タイプライタ	オペレータコンソール CRT:1式 タイプライタ	オペレータコンソール CRT:1式 タイプライタ	
			インストラクタコンソール:1式 CRT:1台 タイプライタ:1台 VTR装置:1式 ハードコピー:1台 音声モニタ装置:1式	インストラクタコンソール:1式 CRT:2台 タイプライタ:1台 ハードコピー:1台 VTR装置:1式	指導員盤:1面 CRT:1台 タイプライタ:1台 VTR装置:1式	指導員盤:1面 CRT:1台 タイプライタ:1台 VTR装置:1式	指導員盤:1面 CRT:1台 タイプライタ:1台 VTR装置:1式	指導員盤:1面 CRT:2台 タイプライタ:1台 VTR装置:1式	指導員盤:1面 CRT:2台 タイプライタ:1台 VTR装置:1式
	模擬用機器	電子計算機:1式 音響模擬装置:1式 照明模擬装置:1式	電子計算機:1式 音響模擬装置:1式 照明模擬装置:1式 ITV模擬装置:1式 情報通信模擬装置:1式	電子計算機:2台 音響模擬装置:1式 照明模擬装置:1式	電子計算機:3台 音響模擬装置:1式 照明模擬装置:1式	電子計算機:2台			
	保 修 技 能 訓 練 セ ン タ ー	名称	社員研修所 滝川テクニカルセンター		火力保守技術訓練センター	火力総合技能訓練センター			
		所在地	滝川市		新仙台火力(発)構内	品川火力(発)構内			
開始時期		平成2年10月		平成3年4月	昭和55年6月				
対象設備		滝川発電所3号(廃止)設備(75MW)		・中小形ポンプ,ファン類 ・しゃ断器,モータ類 ・分析計発信器類 ・測定機器等	—				





会社名	中 部			関 西	北 陸			
名称	能力開発センター			能力開発センター(火力運転訓練用シミュレータ)		研修センター		
所在地	愛知県日進町			大阪府茨木市		富山市		
完成年月	昭和52年11月	昭和52年11月 (昭和63年3月改造)	昭和62年3月	昭和51年3月		昭和55年6月		
モデルプラント	37.5万kW 強制循環型ボイラ (武豊火力2号機)	50万kW 超臨界圧貫流型ボイラ (西名古屋火力5号機)	70万kW 変圧貫流型ボイラ (渥美火力3,4号機) (知多第二火力1号機)	250MW 強制循環 ボイラ (堺港7号機)	450MW 貫流ボイラ (高砂2号機)	25万kW 自然循環型 ボイラ (富山火力3号機)	50万kW 超臨界圧変 圧貫流型ボイラ (富山新港火力1号機)	
装 置 機 器	訓練生用 機 器	BTG 盤 : 1面 副盤 : 1面 オペレータコンソール : 1式 タイプライタ : 1式 CRT : 1台 排煙監視テレビ : 1台 炉内監視テレビ : 1台	BTG 盤 : 1面 ドラム型と共用 オペレータコンソール : 1式 タイプライタ : 1式 CRT : 2台 ドラム型と共用 炉内監視テレビ : 1台	BTG 盤 : 1面 副盤 : 1面 APC 装置 : 12面 CRT : 2台 オペレータコンソール : 1式 タイプライタ : 1式 排煙監視テレビ : 1台 炉内監視テレビ : 1台	ボイラ・ タービン盤 : 1面 電気盤 : 1面 機械現地盤 : 1面	ボイラ・ タービン盤 : 1面 電気盤 : 1面 機械現地盤 : 1面	BTG 盤 : 1面 補助盤 : 1面	主盤(BTG 盤) : 1面 副盤(補助盤) : 1面
	指導員用 機 器	指導員盤 : 1面 タイプライタ : 1式 VTR 装置 : 1式 CRT : 2台 カラーハードコピー : 1台	ドラム と共用	指導員盤 : 1面 CRT : 2台 タイプライタ : 1台 VTR 装置 : 1式 カラーハードコピー : 1台	電気系統盤 : 1面 オペレータコンソール : 1台 タイプライタ : 1台	電気盤 : 1面 オペレータコンソール : 1式 タイプライタ : 1台	指導員盤 : 1面 タイプライタ : 2台 VTR 装置 : 1式 音声モニタ装置 : 1式	
	模 擬 用 機 器	電子計算機デジタル型 : 2台 音響模擬装置 : 1式 照明模擬装置 : 1式 燃焼模擬装置 : 1式 排煙模擬装置 : 1式	ドラム と共用	電子計算機デジタル型 : 1台 音響模擬装置 : 1式 照明模擬装置 : 1式 燃焼模擬装置 : 1式 排煙模擬装置 : 1式	電子計算機 デジタル型 : 2台 音響模擬装置 : 1式	電子計算機 デジタル型 : 2台 音響模擬装置 : 1式 照明模擬装置 : 1式		
名称	火力 保 修 訓 練 所			多奈川保修訓練センター				
所在地	新名古屋火力(発)構内			大阪府泉南郡岬町				
開始時期	昭和59年7月(平成元年6月三重火力から移転)			昭和57年6月				
対象設備	新名古屋火力1~6号機(15.6~22万kW)			多奈川1・2号機(各75MW)				



会社名		中 国			四 国			
運 転 訓 練 セ ン タ ー 設 置 機 器	名 称	人事室研修センター大野研修所			火力運転訓練所			
	所 在 地	広島県佐伯郡大野町			坂出市 坂出發電所内			
	完 成 年 月	昭和53年4月		昭和63年3月	昭和56年3月		昭和60年3月	
	モデルプラント	40万kW強制循環型ボイラ (下関2号機)	50万kW超臨界圧貫流型ボイラ (玉島3号機)	50万kW超臨界圧貫流型ボイラ (新小野田1号機)	25万kW強制循環型ボイラ (西条火力2号機(石炭転換前))	45万kW超臨界圧貫流型ボイラ (坂出火力3号機)	25万kW自然循環型ボイラ (西条火力2号機(石灰転換後))	
	設 置 機 器	訓練生用機器	BTG盤：1面 補助盤：1面	BTG盤：1面 補助盤：1面	BTG盤：1面 補助盤：1面 電気盤：1面 現場模擬盤：1面 オペレータコンソール：1面 CRT：3台 タイプライタ：4台 ハードコピー：2台 XYプロッター：1台	BTG盤：1面	BTG盤：1面	BTG盤：1面(タービン、発電機は簡略化)
			電気盤：1面 オペレータコンソール：1面 タイプライタ：1台			補助盤：1面 環境監視盤：1面 電気盤：1面 オペレータコンソール：1面 現場操作用CRT：2台 タイプライタ：1台 ハードコピー：1台		タイプライタ：1台
		指導員用機器	指導員コンソール：1面 タイプライタ：1台 音声モニター装置：1式		指導員コンソール：1面 CRT：4台 ハードコピー：2台 音声モニター装置：1式	指導員コンソール：1面 CRT：2台 タイプライタ：2台 VTR装置：1式		指導員コンソール：1面 CRT：1台
模擬用機器	電子計算機デジタル型：2台 照明模擬装置：1式		電子計算機デジタル型：4台 照明模擬装置：1式	電子計算機デジタル型：1台 音響模擬装置：1式 照明模擬装置：1式 炉内テレビ模擬装置：1式		電子計算機デジタル型：1台		
保 修 訓 練 セ ン タ ー	名 称	火力発電技術センター			保 修 訓 練 セ ン タ ー			
	所 在 地	山口県宇部市			愛媛県松山市			
	開 始 時 期	平成2年4月			昭和61年4月			
	対 象 設 備	新宇部2号機(7万5,000kW)			1. ポンプ、モータ、制御弁類等の分解・組立・調整用実習機器(運転も可能)：1式 2. 各種試験(引張試験・非破壊検査)用設備：1式			



会社名		九州		電 発		沖 縄		
運 転 訓 練 セ ン タ ー	名 称	社員研修所		若松火力技術研修所		———		
	所在地	福岡市		北九州市		牧港火力発電所サービスビル内		
	完成年月	昭和56年4月	平成2年9月	昭和63年11月	平成元年5月	平成元年3月		
	モデルプラント	50万kW超臨界圧貫流型ボイラ (相浦2号機)	70万kW超臨界変圧貫流型ボイラ (松浦1号機)	ドラム型(磯子, 高砂, 竹原 火力1号機)	貫流型(石川, 松島, 竹原火 力3号機)	8.5万kW自然 循環ドラム型ボイ ラ(牧港8号機)	12.5万kW超臨 界圧変圧貫流型 ボイラ(牧港9号 機)	
	設 置 機 器	訓練生用 機 器	BTG盤 : 1面	BTG補助盤 : 1面	B盤 1面(3モデル合体構造回転方式)	B盤 松島・石川ボイラデスク盤 : 1面	BTG盤 : 1面	BTG盤 : 1面
			BTG補助盤 : 1面	集中監視盤 : 1面	T盤 1面(3モデル共用)	(操作パネル面切替方式)	BT直立盤 : 1面	BTG補助盤 : 1面
			電気盤(両シミュレータ共用) : 1面	オペレータコンソール : 1式	E盤 3面(ALR盤, 発電機盤, 所内 盤3モデル共用)	竹原ボイラデスク盤 : 1面		
	オペレータコンソール : 1式	自動化コンソール : 1式	補助盤 5面(3モデル及び共用盤2面)	自動化操作デスク盤 : 1面(3モデル共用)				
	自動化コンソール : 1式	CRT : 2台	オペレータコンソール : 1式	現場操作コンソール : 1式	送電・所内・環境盤 : 1面(3モデル共用)			
	タイプライタ : 1台	ハードコピー : 1台	通常運転コンソール : 1式	CRT : 2台	BTG補助盤 : 1面(3モデル共用)			
指導員用 機 器	指導員盤 : 1面	CRT : 3台	現場操作コンソール : 1式	現場操作コンソール : 1式	オペレータコンソール : 1式	プリンター : 1式		
VTR装置 : 1式	訓練状況録音装置 : 1式	タイプライタ : 1台	CRT : 2台	CRT : 7台	現場操作コンソール : 1式	CRT : 1台		
模擬用 機 器	電子計算機 デジタル型 : 2台	カラーハードコピー装置 : 1台	電子計算機 デジタル型 : 1式	電子計算機 デジタル型 : 1式	インストラクタコンソール : 1式	CRT : 2台		
音響模擬装置 : 1式	照明模擬装置 : 1式	電子計算機 デジタル型 : 1式	ベージング装置 : 1式	ベージング装置 : 1式	CRT : 2台	プリンター : 1台		
炉内TV模擬装置 : 1式	電話・ベージング装置 : 1式	模擬電話装置 : 1式	模擬電話装置 : 1式	模擬電話装置 : 1式	プリンター : 1台	ハードコピー : 1台		
照明模擬装置 : 1式		照明模擬装置 : 1式	照明模擬装置 : 1式	照明模擬装置 : 1式	ハードコピー : 1台	モニタTV : 1式		
音響模擬装置 : 1式		音響模擬装置 : 1式	音響模擬装置 : 1式	音響模擬装置 : 1式				
炉内監視TV模擬装置 : 1式		炉内監視TV模擬装置 : 1式	炉内監視TV模擬装置 : 1式	炉内監視TV模擬装置 : 1式				
排煙監視TV模擬装置 : 1式		排煙監視TV模擬装置 : 1式	排煙監視TV模擬装置 : 1式	排煙監視TV模擬装置 : 1式				
ドラム水面計模擬装置 : 1式		ドラム水面計模擬装置 : 1式	ドラム水面計模擬装置 : 1式	ドラム水面計模擬装置 : 1式				
保 修 訓 練 セ ン タ ー	名 称	社員研修所		若松火力技術研修所		———		
	所在地	福岡市		北九州市		———		
	開始時期	昭和55年10月		昭和57年6月		———		
	対象設備	火力実習棟設備 (1) 各種ポンプ : 3台 (2) 各種弁類(安全弁, 制御弁, 一般弁) : 1式 (3) 空気圧縮機 : 1台 (4) 送風機 : 1台 (5) 溶接機器(電気, ガス) : 1式 (6) ディーゼル機関および発電機 : 1台 (7) 非破壊検査機器 : 1式 (8) 各種計測機器(振動計, 騒音計) : 1式 (9) 工作機械 : 1式 (10) その他展示用品 : 1式		火力実習設備 (1) 弁類(一般弁, 電動弁, 安全弁) : 1式 (2) 高圧電動機 : 1式 (3) 磁気遮断器 : 1式 (4) 給水ポンプ : 1式 (5) 制御技術研修用ハードウェア APC : 1式		———		







## 第6章 本調査のシリア側実施体制



## 第6章 本調査のシリア側実施体制

### 6-1 電力省の概要

シリアの電気事業は、発電・送配電ともに国有化されており、電力省のもとに電力公社（PEE）が火力発電所の運営に当たっていた。しかし、今回の予備調査期間中の1994年7月1日付で電力公社は、発送電公社（PEGT）と配電公社（PEDE）の2つの組織に分割されて、今後の運営がなされることになった。

近年、シリアの経済開発の進展にともない電力の需要が強まる一方、PEE下での電源開発は遅れがちとなり電力需給は逼迫して経済・社会開発における大きな課題となってきた。今回の組織変更は、電源開発と発電部門に対してPEGTが集中し易くようにすることが最大の目的であり、その効果として今後の電力需給バランスの達成に結びつくことが期待されることである。

MOE及びPEGTは、本調査におけるJICAのカウンターパート機関であり、技術移転を効果的に行うために、早期にその内部にタスクフォースを設立する予定である。

ここに、電力省の組織の概要を把握するための資料として、電力省組織図を別添図6-1に示す。

### 6-2 電力公社の概要

電力公社（PEE）は、電力省の下部機関として発電・送電・給電等電力に関する全ての部門を運営していた、従業員約2,200名の組織である。しかし、本予備調査団が現地に着した1994年7月1日に、電力公社は、発送電公社（PEGT）と配電公社（PEDE）の2つの組織に分割されて、PEGTは発電及び送電部門、PEDEは給配電部門を担当することになった。PEGTの本社は5階建てであり本社従業員は225人である。

PEGTは、前項で記したように本プロジェクトのカウンターパートをMOEと一体となって努める機関であり、その役割は前項で示した通りである。

PEGTの組織図を別添に示す。また、参考としてPEDEの組織図も別添図6-2及び図6-3に示す。

### 6-3 関連機関の概要

今回の調査の直接のカウンターパートではないが、電力セクターに関係のある次の機関に今後本格調査を進めるに際して、関係情報の収集等の協力を頂くこともあるので表敬訪問した。

#### (1) 在ダマスカスEC代表

電力セクターにおいては、送変電設備増設の経済協力及び送変電・配電分野の技術協力（開発調査及び訓練センター設立）を実施予定である。

#### (2) 企画庁（SPC）

シリア政府の海外援助窓口機関である。本案件の正式要請書も同庁を通じて在シリア日本国大使館に提出された。

#### (3) 環境省（MOEV）

2年ほど前に設立された新しい省で、約50人の職員を擁している。現在、環境ガイドラインの検討をしているところである。環境基準については、WHO基準等の国際基準を参考にしてスタディ中である。

#### (4) 石油・天然資源省（MOP）

石油・天然ガス田開発及び石油精製を監督している省である。以前は、電力省と同じ省であったため現在でも関係が深く定期連絡会議を開催し燃料油や天然ガスの安定供給及びコストについての調整を行っている。

MINISTRY OF ELECTRICITY

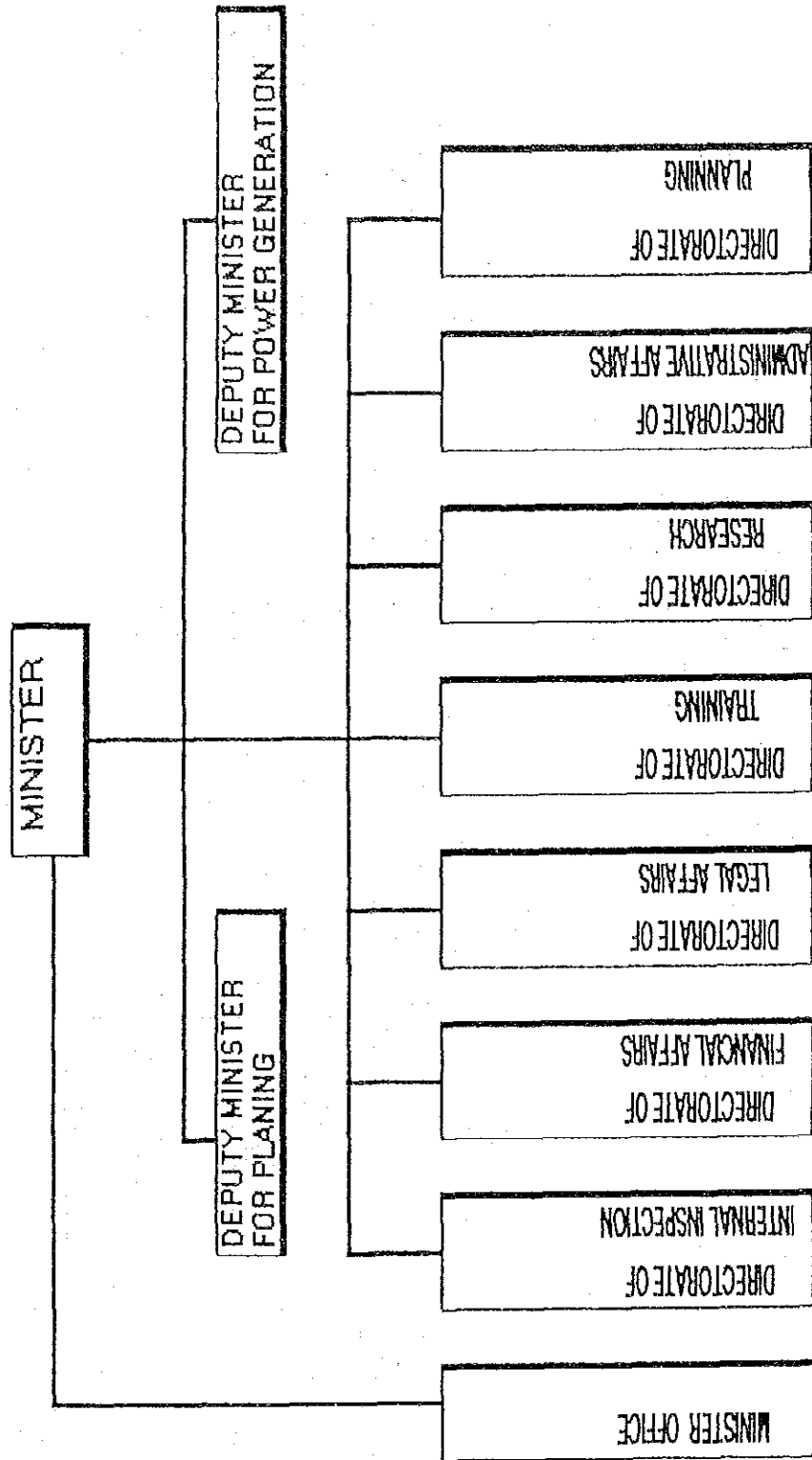


図-6.1 シリヤ政府電力省組織図

PUBLIC ESTABLISHMENT FOR GENERATION AND TRANSMISSION OF ELECTRIC ENERGY

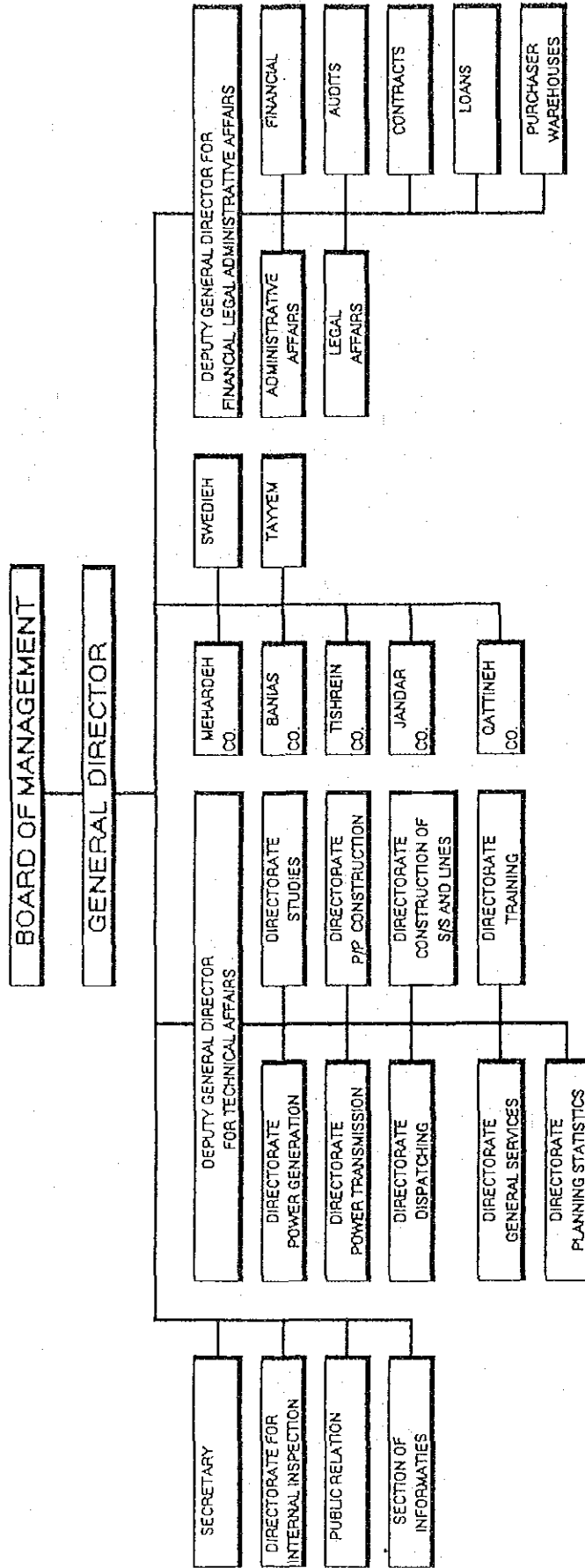


图-6.2 発送電公社組織图

PUBLIC ESTABLISHMENT FOR DISTRIBUTION AND EXPLOITATION OF ELECTRIC ENERGY

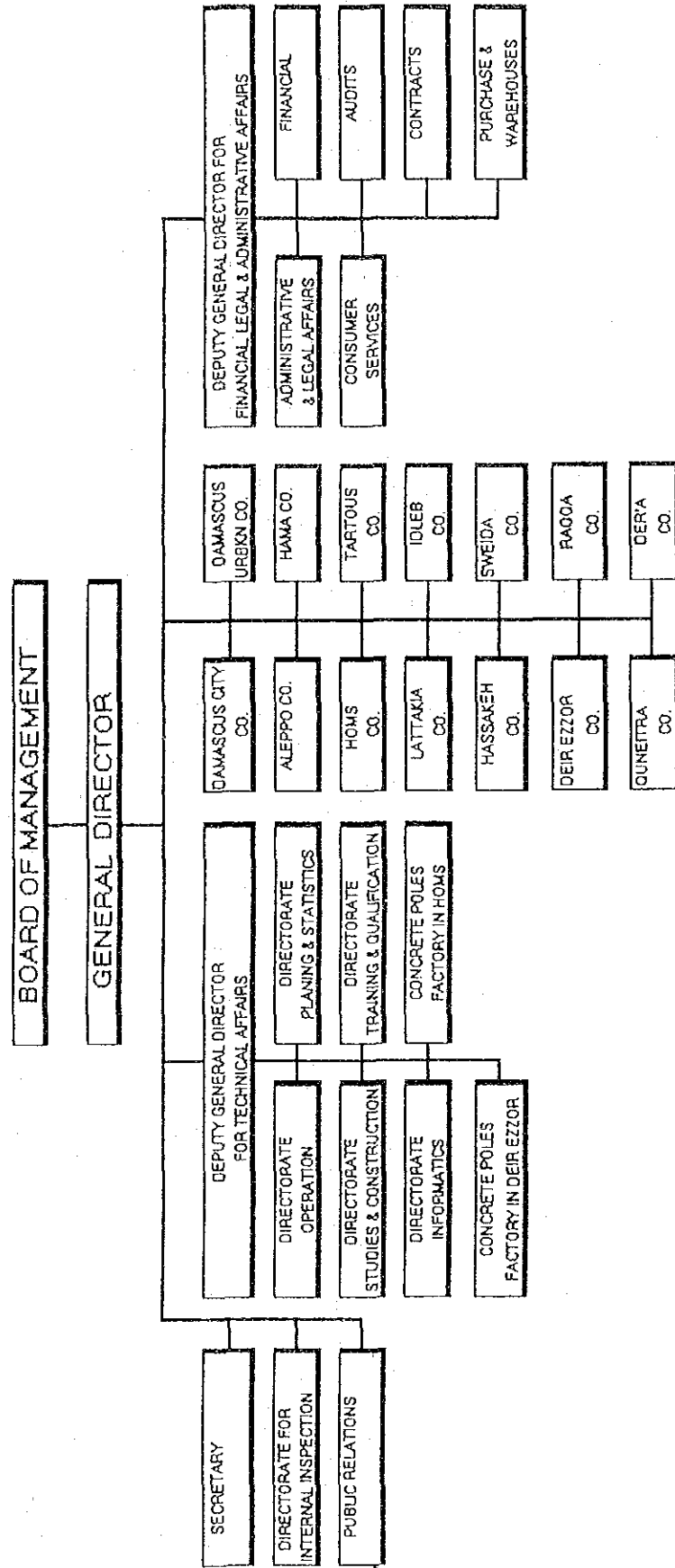


図-6.3 配電公社組織図





## 第7章 関連施設の現地調査結果



## 第7章 関連施設の現地視察結果

今回の予備調査に際して視察した関連施設について報告する。

### 7-1 中央給電指令所 (NCC)

1981年に仏国の協力で設立された施設である。指令室は地下2階にあり、約6m幅×3m高のパネルに発電所、変電所及び送配電ラインが表示され、シリア全国の発電所及び送変電設備の情報が集まってくる。送変電系統は40万vと23万vである。また、地域配電指令所はAdra、Hama及びAleppoの3カ所、そこに6.6万v以下の送変電設備の情報が集まる。

従業員は約45名である。

### 7-2 ジャンダール火力発電所

#### (1) 視察結果

ジャンダール火力発電所は、目下建設工事の最盛期で活気に満ちあふれていた。以下に建設所長の説明を中心として視察結果を報告する。

- ・視察時間 1994年7月4日 10時40分～11時40分
- ・面会者 野村建設所長 高橋事務長 外2名
- ・現地状況 建物、基礎、埋設工事、機器据付を並行して進めておりプラント建設の最盛期であった。  
尚、プラント周辺は人家は無く、半砂漠地帯である。
- ・プラント配置 プラントは70m×80mの敷地に設置される。  
火力発電所の配置図を別添に示す  
(図-4.1 LAYOUT OF THE POWER STATION)
- ・発電容量 

ガスタービン	100MW×4基
蒸気タービン	100MW×2基
合計	600MW
- ・機器メーカー 

ボイラ及び周辺機器	三菱重工業(株) 神戸造船所
ガスタービン	三菱重工業(株) 高砂製作所
蒸気タービン及びコンデンサ	三菱重工業(株) 高砂製作所
発電機	三菱電機(株)
変電設備	富士電機(株)

- ・建設工程
  - 1993年2月 建設工事契約調印
  - 3月 現地着任
  - 4月 土工事、整地工事、仮設工事、事務所建設等開始
  - 8月 機器基礎工事開始
  - 12月 機器据付開始
  - 1994年6月 ガスタービン1号機現地着
  - 7月 試運転用電力引込工事開始  
(3km離れた所にある既設変電所から引込)
  - (以下は予定)
  - 9月 1号機ガスタービンメーカー単独試験運転開始
  - 11月 公式試運転開始
  - 1995年3月 全プラント試運転完了
  - 5月中旬～12月初旬 1号機から順に顧客引渡

・機器関係

機器冷却水 水源は井戸水

コンデンサ 空冷式コンデンサ 復水温度 32℃

ガスタービン 1250℃タイプ

HRSG 入口ガス温度 580℃

燃料 天然ガス(パイプラインでサイト内引込、施工は石油省管轄)  
(2種類) ガスオイル(軽油)

技術基準 JIS  
ボイラはASME  
ただし材料はJIS基準

送電(変電) 40万ボルト 2系統 送電  
23万ボルト 4系統 送電  
6万6千ボルト 1系統 送電/受電  
送電線は顧客施工

- ・運転員教育 シリア人9名 日本で教育中 教育期間は1.5月  
(シリア人の経歴は初心者経験者いろいろ)  
三菱の現地指導者6名 1995年12月まで教育する

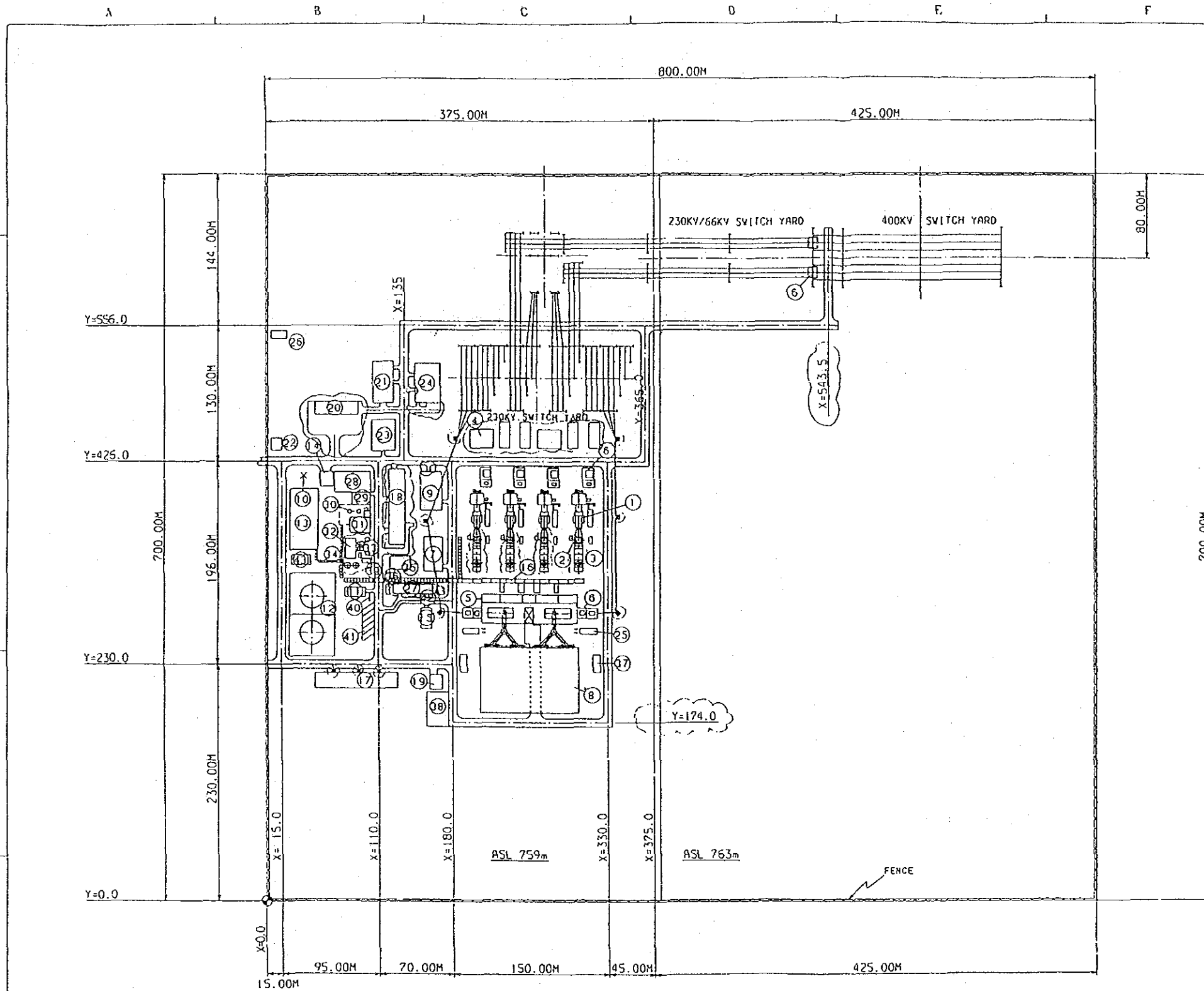
- ・シミュレータ ジャンダール発電所に設置されるガスタービン用シミュレータは、既に高砂製作所で完成しておりシリア人の教育用として使用中である。1994年11月現地搬入、1995年3月顧客納入予定  
尚、バニアス火力発電所にも三菱から1995年3月納入予定
- ・保守管理 日本でシリア人を教育することから始まり現地での実地教育指導を行う。全工程は80人・月である。
- ・定期点検工事 シリアには法的規定はない。  
三菱としては日本の電力会社で行う定期点検工事と同様な「定期点検要領書」をシリアに提出するつもりである。  
尚、本プロジェクト契約書には「三菱はメンテナンス要員を置く」と規定されている。
- ・予備品 予備品は契約書に品目と納入数量の規定がある。

## (2) 所感

市場経済体制に移行中と言われるシリア国にとって本プロジェクトは資金、発電方式選定、建設管理等技術能力を研修・確立する絶好の試金石ではないかと考えられる。本プロジェクトを通じて養成された運転技術者が既設の火力発電所のリハビリテーションに活躍されんことを願うものである。







PLAN RECORD  
Rev. 2  
Updated the location and size of each building and plant road

FOR APPROVAL

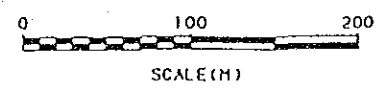
LEGEND	
1	GAS TURBINE
2	BY-PASS STACK
3	HEAT RECOVERY BOILER
4	GAS TURBINE LOCAL CONTROL BUILDING
5	STEAM TURBINE BUILDING
6	TRANSFORMER AREA
7	CENTRAL CONTROL BUILDING
8	AIR COOLED CONDENSER
9	COMMON ELECTRICAL BUILDING
10	GAS RECEIVING POINT (X-37, Y-412)
11	GAS OIL UNLOADING PUMP HOUSE
12	GAS OIL STORAGE TANK
13	GAS TREATMENT & FLARE STACK
14	FIRE SERVICE BUILDING
15	LABORATORY
16	PIPE RACK
17	CHEMICAL STORE
18	WORK SHOP & STORES
19	CAR SERVICE SHOP
20	ADMINISTRATIVE BUILDING
21	CANTEEN
22	GATE HOUSE
23	SIMULATOR BUILDING
24	SUBSTATION CONTROL BUILDING
25	AUX. DRY COOLING TOWER
26	SEWAGE TREATMENT PLANT
27	D/G & AIR COMPRESSOR HOUSE
28	RAW WATER RESERVOIR
29	WATER PUMP HOUSE
30	PRETREATMENT PLANT AREA
31	FILTERED WATER RESERVOIR
32	DEMIPLANT HOUSE
33	DEMIPLANT CHEMICAL TANK AREA
34	RESERVE FEED WATER TANK
35	WASTE WATER STORAGE POND
36	BLACK START-UP GAS TURBINE
37	AIR COOLED CONDENSER ELECTRICAL HOUSE
38	PARKING AREA
39	DEMI WASTE WATER BASIN
40	TANK YARD OIL SEPARATOR
41	TRUCK UNLOADING STATION
42	UNIT NEUTRALIZING PIT
43	WASTE WATER SLUDGE PIT

PI-04401

地

5.10.77  
大塚

7.1 LAYOUT OF THE POWER STATION



GENERAL POWER PLANT DEPARTMENT ENGINEERING SECTION	PLANT PLANNING LAYOUT DIVISION	STRIAN ARAB REPUBLIC PUBLIC ESTABLISHMENT OF ELECTRICITY
APPROVED: S. FUJII	Y. YOSHIZUMI	JANDAR COMBINED CYCLE POWER STATION
CHECKED: S. NAGASUGI	S. E.	LAYOUT OF THE POWER STATION AND THE SUBSTATION
DATE: 1/2000		
CONFERRED: 90089L	H20-007	
7429449	PI-04401	
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.		







### 7-3 マハルディ火力発電所

#### (1) 視察結果

マハルディ火力発電所は、1979年4月に1号機が運転開始して以来、1989年3月4号機運転開始まで約10年間で4ユニットに増設された発電所である。従って1号機は15年、4号機は5年運転されているシリア国の主要発電所の一角を担うものである。以下に発電所長の説明を中心として視察結果を報告する。

- ・視察時間 1994年7月4日 14時05分～15時15分
- ・面会者 Mr. Ali Haifa 外運転員数名
- ・現地状況 発電所構内は事務所、ボイラ室、庭園とも整然とはしておらず、どちらかと言うと運転年数の割には荒れ気味であった。

・発電容量	(最大)	(定格)
1号機	150MW	140MW
2号機	150MW	140MW
3号機	165MW	160MW
4号機	165MW	160MW
合計	630MW	600MW

- ・機器メーカー 添付資料リスト参照
- ・運転開始年月  
1号機 1979年 4月  
2号機 1979年 12月  
3号機 1987年 12月  
4号機 1989年 3月

#### ・機器関係

機器冷却水 水源は河川水  
コンデンサ 水冷式コンデンサ 水源は河川水(32℃)

#### 燃料

1～3号機 天然ガス(パイプラインでサイト内引込)

(2種類) オイル

4号機 オイル専焼

公害防止装置 集塵、脱硫、脱硝、防音とも不付き

技術基準 メーカー国基準(詳細不明)

#### ・メーカー運転指導員

現在は不在(運転開始当初は駐在)

- ・ 運転管理 運転員は決められた運転範囲の運転技術は結構身に付けている。
  
- ・ 定期点検工事 シリアには法的規定はない。  
発電所の話では定期点検工事を実施しているとのことであったが、電力需要が逼迫している情勢で満足な工事が出来ていない。  
ボイラ室周辺は相当荒れておりボイラ保温材の剝離や配管弁から蒸気漏れ等がみられた。  
又、補修予備品の確保に苦心している様子がみられた。  
発電所の実際運転出力は最大限高めても定格出力の60～70%前後であり電力需要のタイトさに応えていない。その最大原因はコンデンサ冷却性能低下であると考えられる。コンデンサ真空度は150 mmHgで相当高い。発電所では河川水不足と考えているとの見解もあるが真の原因はコンデンサ冷却細管内汚れ付着と推定できる。

## (2) 所感

運転開始後平均10年しか経っていない発電所の出力が定格の60%程度しか出せないような事例は日本では全く考えられないことであり、如何に運転保守管理が大事かと言うことを痛感した。今回の予備調査では運転中のサイト視察は当所が始めてであるので他の発電所でも当所と同様な運転状況であるようであればリハビリテーションと人材育成計画の重要性が改めて痛感される場所である。

#### 7-4 バニアス火力発電所

##### (1) 視察結果

バニアス火力発電所は1982年10月に1号機が運転開始して以来1989年10月4号機運転開始まで約7年間で4ユニットに増設された発電所である。従って1号機は12年、4号機は5年運転されているシリア国の主要発電所の一つである。以下に発電所長の説明を中心として視察結果を報告する。

- ・視察時間 1994年7月5日 13時45分～15時20分
- ・面会者 Mr. Youssef Abdulrijak 外数名
- ・現地状況 発電所構内は事務所、ボイラ室、構内ともかなり整然としており、  
運転管理者も熱心に対応していただいた。
- ・発電容量
 

	(最大)	(定格)
1号機～4号機とも	170 MW	170 MW
合計	680 MW	680 MW
- ・機器メーカー 添付資料リスト参照
- ・運転開始年月
 

1号機	1982年	10月
2号機	1983年	3月
3号機	1989年	4月
4号機	1989年	10月
- ・機器関係
 

機器冷却水	水源は市水
コンデンサ	海水冷却式コンデンサ
煙突	各缶とも高さ125m (ノズル不付き)
燃料	1～4号機 オイル専焼 (隣接石油精製所から供給)
公害防止装置	集塵、脱硫、脱硝、防音とも不付き
技術基準	メーカー国基準 (詳細不明)
- ・運転データ
 

コンデンサ真空度	-703.6 mmHg	(正常)
(特記以外は 海水温度 (コンデンサ))		
3号機	入口	27.2℃
	出口	32.7℃
主蒸気温度 (S/H出口)	539.5℃	(正常)
主蒸気圧力 (S/H出口)	138.9	(正常)

総合熱効率及び運転出力	効率	視察時出力	定検直後出力
1号機	33.2%	148MW	165MW
2号機	36.0	155	165
3号機	38.5	160	170
4号機	38.5	160	170

・運転上の問題点

低圧給水加熱器ヒータチューブコロージョン（1、2号機）

伝熱管の材質を現在のアルミプラス→90/10キヤロニウムに変更予定

高圧給水加熱器ヒータチューブコロージョン（1、2号機）

伝熱管の材質を現在のアルミプラス→90/10キヤロニウムに変更予定

コンデンサチューブコロージョン（3、4号機）

現在はプラグ運転中

空気予熱器空気漏洩（3、4号缶）

煙突排煙濃度（全缶とも薄い黒色～青灰色）

ボイラ側壁より噴煙（2号缶）

ボイラ給水ポンプ故障（3号缶）（予備機で運転中）

制御用空気不調（1、2号機）

・メーカー派遣技術者は1、2号メーカー（イタリア）より1名 日本人は常駐せず

・運転管理 運転員は決められた運転範囲の運転技術は結構身に付けている。

・定期点検工事 1年目1カ月/年停止、2年目6日/年停止して定期補修実施

上記のように定期点検工事を実施しているが、2年目はごく簡単に実施して電力需要に対応している。

又、補修予備品の確保に苦心しているおり、構内に予備品製作場が設けてあり、フランジやチューブの加工を行っていた。

#### 7-5 サウラ水力発電所

サウラ水力発電所は、シリア国北部を流れるユーフラテス川の水資源を利用した、同国最大のダム式の水力発電所である。発電機室は、大理石を敷き詰めてあり、8基の発電機が並んでいる状態は壮大なものである。このダムは、灌漑省の所管であり、農業用水を優先して水量調整しているため、発電量は必ずしも火力と水力のベストミックスしたものではない。近年、トルコでこの川の上流に、灌漑用のダムを建設しているため、水量が減少しつつある。

ダ ム：堤長…4.5 km

：堤高…60 m

：体積…41億 $m^3$

発電所：発電方式…ダム式

：建設…ソ連(1973年)

：水車形式…カプラン水車

：出力…110MW×8基

：落差…60 m

アサド湖：幅 …8 km

：長さ…80 km

：堰水面積…640 $km^2$

：体 積…141億 $m^3$

職 員：25,000人

予備調査団が現地を視察した時の運転状況は、7基運転中であり、1基はリハビリ中であった。100MW×2基、40MW×5基の運転であり、水量調整を行っている様子であった。この発電所の情報は、ダマスカスにある中央給電指令所(NCC)に集まる。

## 7-6 アレッポ短期工科大学

1987年に開校したMOE設立の電力関係技術者養成の為の短期大学である。真新しい校舎はアレッポ郊外の広々とした丘の上に建っており、視察時点では校舎の一部を拡充中で、教育機関として益々発展しているところであると考えられる。

学科は電気、機械、制御、他2学科の5学科で、学生数は約150人である。入学は、18才（日本の高校卒業生相当）で、本校卒業後はMOE/PEGT/PEDE等の電力関係に就職するのが主流であるが、民間企業にも就職する学生がいるようである。

学校の職員は約40名でこのうち講師は18人である。

以下に視察結果を報告する。

校名	Intermediate Institute for Mechanic and Electricity in Aleppo (アレッポ短期工科大学)
入学資格	Secondary 卒業生 (high school卒, 18歳相当)
修業年数	2年
学 科	電気、機械、制御、送電、配電の5コース
学生数	約150人
職 員	42人 (内講師18人)
教育綱領	電力関係の専門教育を理論と実習併用で行う
卒業生の就職先	主にMOE、PEDT、PEDE等電力関連機関に就職するが民間企業に就職する学生もいる。

### 教室視察

電気教室	教育用教材として配電盤（形式は開放形盤、電流計、電圧計、押ボタンスイッチ、ビニール絶縁被服の裏面配線材等）は従来形の配電盤であり、電子化はなされていない。
機械教室	旋盤、プレーナ、フライス盤等が設置されていたが、いずれも従来形で、NC化はなされていない。
学 生	サイト視察時は入学試験休暇中であり、学生の抱負を聞いたり授業風景は参観できなかった。
教育レベル	教室内の視察結果やDirectorの説明内容から推測すると教育レベルは電気科は交流理論、電圧/抵抗/電流の関係等であり日本の工業高校と高専の中間程度と考えられる。
視察所感	本校はMOEの教育デモンストレーション校であり、開校間もない割には基礎及び応用教育機関としては充実していると感じられた。ただ、定員についてはシリア国の人口（約1,296万人）に対して電力関係への定着率（就職率）を考慮するとやや少ない感じがした。



## 第8章 S/W協議の概要



## 第8章 S/W協議の概要

### 8-1 要請内容 (T/R) の概要

本調査の正式要請は、在シリア日本国大使館を通じ外務公信171号(平成6年4月13日付)で提出されている。その概要は以下の通りである。

- (1) 電力需給バランスに係わる調査
- (2) 電力需要予測に係わる調査
- (3) 電力開発及び電力供給体制に係わる調査並びに費用算出
- (4) 主要発電所のリハビリテーションに係わる調査並びに費用算出
- (5) 発電所運用・維持のための訓練計画策定に係わる調査並びに費用算出

詳細については、別添の『開発調査要請案件調書』及び『TERMS OF REFERENCE (T/R)』を参照のこと。

### 8-2 合意したS/Wの概要

本案件は、シリア政府の要請によりシリア政府と日本政府の間で合意されている技術協力協定(1985年7月18日付)に基づき実施を行うこととなった。

S/Wは、JICAで事前に作成し、シリア側に提出してあった原案をもとにシリア側と協議のうえ合意に達したため署名・交換を行った。

#### 1) 案件名

和文：発電設備リハビリ・人材育成計画調査

英文：Master Plan Study on Rehabilitation & Man Power Training  
or Power Plants

#### 2) 実施機関及び署名者

シリア側：Mr. Eng. Sufian Al-Allaw 電力省(MOE)次官

日本側：Mr. Norio Shimomura JICA資源開発調査課長

なお、シリア側の全体責任者は次官であるが、技術面での実務責任者は電力省技術顧問である Mr. Eng. Nazih Yanesが当たる。

#### 3) カウンターパート

JICAで行う本格調査のカウンターパート機関はMOE及びPEGTである。

合意・署名交換したS/Wは別添に示す通りである。