

国際協力事業団 (JICA)

シリア・アラブ共和国、電力省

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

(本格調査)

最終報告書

要約

1995年7月

八千代エンジニアリング株式会社

鉦 調 資

JR

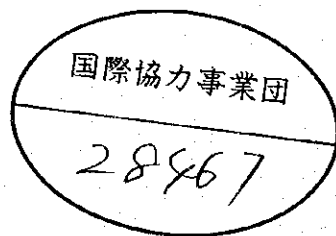
95-153

LIBRARY

JICA LIBRARY



1122503(4)



国際協力事業団

28467

国際協力事業団（JICA）

シリア・アラブ共和国、電力省

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

（本格調査）

最終報告書

要約

1995年7月

八千代エンジニアリング株式会社

シリア・アラブ共和国
発電設備リハビリ・人材育成計画調査最終報告書要約
目 次

	Page
第1章 調査の目的・背景等	
1.1 調査の背景-----	1.1
1.2 調査の目的-----	1.3
1.3 調査の対象地域-----	1.3
1.4 調査の範囲-----	1.3
1.5 調査実施工程-----	1.3
第2章 調査結果の概要	
2.1 発電所修復計画-----	2.1
2.1.1 修復対象発電設備の選定-----	2.1
2.1.2 発電所修復代替案の検討-----	2.1
2.1.3 修復計画案-----	2.3
2.2 電力訓練センター建設計画-----	2.4
2.2.1 人材育成の必要性-----	2.4
2.2.2 新訓練センターのカリキュラム、運営・組織等-----	2.4
第3章 調査の背景の確認	
3.1 電力需要予測-----	3.1
3.1.1 国家開発計画-----	3.1
3.1.2 工業開発計画-----	3.2
3.1.3 GDPの傾向-----	3.2
3.1.4 電力需要予測-----	3.3
3.2 電力供給改善計画-----	3.5
3.2.1 既設電力供給システム-----	3.5
3.2.2 改善計画-----	3.7
3.2.3 電力供給システムに関する人材育成計画-----	3.8
3.3 発電所修復計画と電力供給バランス-----	3.9
3.4 初期環境調査（IEE）-----	3.13
3.4.1 環境保全政策-----	3.13
3.4.2 環境保全法の現状-----	3.13
3.4.3 発電所の環境対策の現状-----	3.14

3.5	制度的フレームワーク	3.15
3.5.1	MOEの業務と組織	3.15
3.5.2	PEEGTの業務と組織	3.17
3.5.3	提言	3.18

第4章 発電設備の修復計画

4.1	修復対象発電設備の選定	4.1
4.1.1	修復対象発電設備の選定基準	4.1
4.1.2	選定された修復対象発電設備	4.1
4.2	発電所修復計画案の策定	4.2
4.2.1	共通事項	4.2
4.2.2	パニアス発電所12号機 メハルテ発電所12号機 及び カテネ発電所6号機	4.6
4.2.3	カテネ発電所3, 4, 5号機	4.14
4.3	実施工程と概算事業費	4.18
4.3.1	実施工程	4.18
4.3.2	概算事業費の算出	4.21
4.4	リハビリテーションの経済分析	4.23
4.4.1	方法	4.23
4.4.2	経済性についての検討	4.23
4.5	提言	4.25

第5章 電力訓練センター建設計画

5.1	電力訓練センター建設計画の前提条件	5.1
5.1.1	発電所の運転・保守管理の現況	5.1
5.1.2	既設技術訓練校の現況(1994年11月現在)	5.5
5.1.3	新訓練センターの必要性と緊急性	5.7
5.1.4	既設技術訓練校と新訓練センターとの関連	5.7
5.2	電力訓練センターの概念設計	5.9
5.2.1	管理・運営計画	5.9
5.2.2	訓練計画	5.9
5.2.3	訓練用機材の概念設計	5.11
5.2.4	施設概念設計	5.15
5.2.5	概算事業費(訓練用機材及び施設)	5.17
5.3	当該訓練センターの運営管理費	5.18

5.4 電力訓練センター建設にかかる経済・財務分析	5.19
5.5 提言	5.20
5.5.1 新訓練センターの位置付け	5.20
5.5.2 インストラクターの確保	5.20
5.5.3 既設技術訓練校及び発電所との連携	5.20
5.5.4 訓練修了生の待遇	5.20

第1章 調査の目的・背景等

1.1 調査の背景

- (1) 近年、シリア・アラブ共和国（以下「シ」国という）では、順調な経済開発（8.2%）が進行しているが、電源開発の遅れにより電力供給が需要を満たさず、電力不足が大きな問題となっている。この電力不足は、市場経済への移行に伴う経済開発、特に産業部門の開発の制約要因となっている。「シ」国電力省（Ministry of Electricity, 以下MOEという）は、上記のような深刻な電力供給状況を改善するために、「シ」国政府の社会経済開発の基本方針に基づき、新規電源の開発促進に積極的に取り組んできた。その結果、ティシュリン(Tishreen)発電所では、1993年2月及び1994年4月に200MWスチームタービン2台が、1994年10月及び11月に100MWガスタービン2台が運転を開始し、また建設中のジャンダール(Jandar)コンバインドサイクル発電所の内、100MWガスタービン4台が昨年11月から今年にかけて運転を開始し、更に水力発電所の水位が増加したことによる出力増加もあり、本年(1995年)末には最大需要電力量（Peak Demand；約2,700 MW）の約105%迄保証出力（Guarantee Capacity;約2,880MW）が増加しする見通しであり、ダマスカス首都圏を含む「シ」国の主要都市への電力供給事情は大幅に改善されつつある。

一方、発電・送電・変電を含む既存の電力設備は、上記の様な逼迫した電力供給事情により、1994年までは長期間のフル稼働を余儀なくされていた。そのため設備の維持管理に十分な時間を取れないことから設備の出力・効率の低下をきたし、電力供給事情に悪影響をおよぼしてきた。この電力供給設備・システムの信頼性を向上させるためには、新規発電所の運転開始に合わせ、緊急に既存電力設備のリハビリを行う必要があり、同時にシステム効率を改善するためリノベーションの検討が求められている。前述の通り、現在建設中及び建設予定の発電所が計画通り完成して行けば、2001年までは保証出力（Guarantee Capacity）が最大需要電力(Peak Demand)を上まわる状態が続くので、この間に既存発電設備の修復計画を速やかに立案し、その実施を図る必要がある。

- (2) 同時に、MOEは、電力供給システムにおける運転・保守管理要員の技術訓練を行うことを、同省の最優先課題の1つと考えている。これは現在電力供給システムの運転・保守管理に携わっている技術者の技術レベルが低く、設備・システムの効率的・効果的運用が不十分で、電力供給事情の悪化の一つの原因となっている為である。

上記運転・保守管理要員の技術訓練の実施を実現させる為、シリア政府は、当初、平成4年度の開発調査の要請案件として『電力訓練センター設立計画（F/S）』の要請を

我が国に行ってきたが、平成6年2月にJICAより派遣された『鉱工業プロジェクト選定確認調査団』と「シ」国政府との間の協議の結果、既存発電設備のリハビリテーション調査(M/P)において訓練計画についても取り上げる事で合意した。その結果を受けて、「シ」国政府は、既存の電力設備のリハビリ及び運転・保守管理の効率改善のための開発調査の正式要請を我が国にしてきた。これを受けて日本政府は平成6年7月にJICAより予備調査団を派遣し要請の背景及び内容を確認し、「シ」国側実施機関であるMOEとの協議の結果、合意に達し7月7日付でS/Wの調印を行った。

- (3) 一方ECは、「シ」国政府に対して電力セクターの経済協力(有償資金協力)及び技術協力(無償資金協力)を計画している。経済協力では送変電設備の増設を対象にしており、技術協力では総額11百万ECUの金額で、送変配電分野における開発調査及び訓練センター設立の実施を計画しており、1994年12月上旬に協定書の締結、引き続いて現地調査を開始している。

ECの技術協力の内容は以下の通りである。

1. Consulting Services and Equipment

<u>Component</u>	<u>Consulting Services</u>	<u>Equipment</u>	<u>Total</u>
(1) Project Implementation Unit(PIU)	1,300	400	1,700
(2) Training Support	1,750	1,000	2,750
(3) Sector Master Plan	850	500	1,350
(4) Transmission & Distribution	600	50	650
(5) Operation and Control	2,125	200	2,325
(6) Management Information System(MIS)	600	0	600
(7) Construction Project Supervision Asst.	800	100	900
Sub-Total	8,025	2,250	10,275

2. Training Abroad 326

3. Contingencies(3.7%) 400

Grand Total 11,000

(Note: Unit Thousand ECU)

1.2 調査の目的

本調査の目的は以下の通りである。

- (1) 社会経済及び電力事情を含む、本調査の背景の確認。
- (2) 既存火力発電所の内、リハビリの緊急性の高い3～4発電所の選出、及びリハビリ／リノベ計画の策定。
- (3) 火力発電所を効果的・効率的に利用するために必要な運転・保守管理要員の訓練計画の策定。

1.3 調査の対象地域

メハルデ (Mehardeh)、バニアス (Banias)、カテネ (Kattench)、ティシュリン (Tishreen) 等を初めとする既存火力発電所を含む「シ」国全土を調査の対象地域とする。

1.4 調査の範囲

本調査は、予備調査団と「シ」国政府との間で1994年7月7日付け合意されたS/W (Scope of Works)及びM/M(Minutes of Meeting)に基づき実施されたもので、調査の範囲は以下の通りである。

- [Part-1] ; マスタープラン調査の為のマクロ・フレーム調査 (社会経済及び電力事情調査を含む)
- [Part-2] ; 既存火力発電所のリハビリテーション及びリノベーションのためのマスタープラン調査
- [Part-3] ; 運転・保守管理に関する人材訓練計画調査

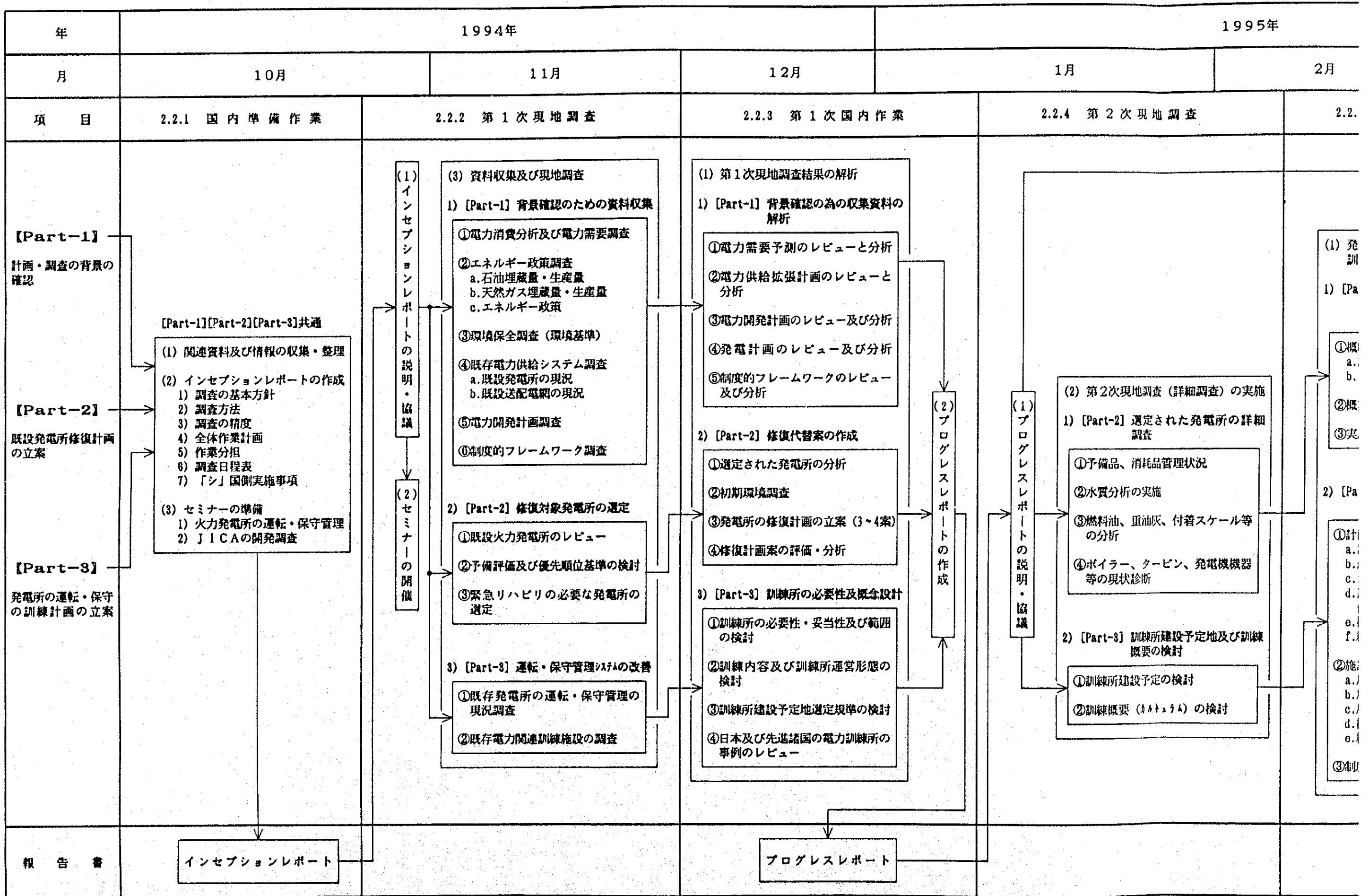
1.5 調査実施工程(作業フロー)

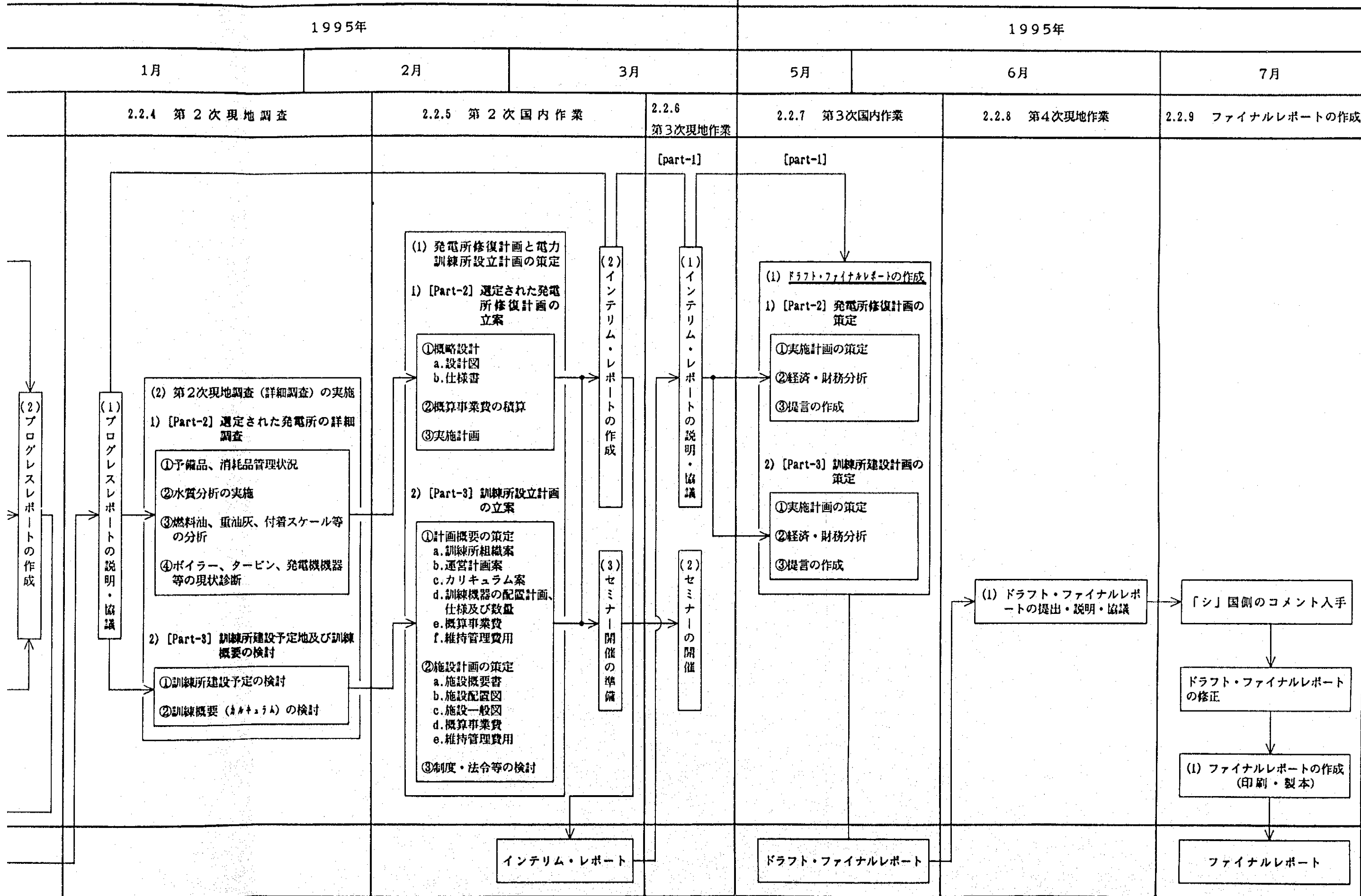
調査の全体実施工程は次頁の調査の作業フロー(図1.5-1)に示す通りである。

又、各現地調査は次の期間実施された。

- (1) 第1次現地調査；平成6年10月28日から平成6年12月2日まで
- (2) 第2次現地調査；平成7年1月12日から平成7年2月7日まで
- (3) 第3次現地調査；平成7年3月10日から平成7年3月24日まで
- (4) 第4次現地調査；平成7年6月6日から平成7年6月20日まで

図1.5-1 調査の作業フロー





第2章 調査結果の概要

2.1 発電所修復計画

2.1.1 修復対象発電設備の選定

第1次現地調査結果及び国内事前準備作業時作成された修復対象発電所選定基準を基に「シ」国側と協議の結果、以下の発電設備が修復案作成対象発電設備として選定された。

- ① Katteneh発電所 Unit No.3,4,5 and 6.
- ② Mehardeh発電所 Unit No.1 and 2.
- ③ Banias 発電所 Unit No.1 and 2.

尚、調査した各発電所の現状と問題点(定格出力、現状出力、運転開始年月、運転及び停止時間、使用燃料、熱効率、機器納入メーカー等を含む)については第4章に示されている。

2.1.2 発電所修復計画代替案の検討

第1次現地調査に基づき選定された修復対象発電所について検討した第一次修復代替案は下記の通り。

(1) カテネ発電所

1) Unit 3,4,5に対する修復代替案

- ① 燃料をHFOからNGへ変更。
- ② 燃料をHFOのままとしてスートブロワーを設置し、エコノマイザーのチューブ配列を変更し、エアヒーターを水平直列チューブ方式に変更。
- ③ エアヒーターを回転再生式に変更。
- ④ 老朽化した電気計装設備・計器の更新
- ⑤ 修復を断念し、200MW級発電設備の新設。

2) Unit 6 に対する修復代替案

- ① ガスO₂計の更新。
- ② 回転再生式エアヒーターの定期的洗浄。
- ③ 回転再生式エアヒーターのエレメント交換。
- ④ 回転再生式エアヒーターの分解点検。

- ⑤ ダクトの空気もれ、ガスもれの修理及び保温材及びカバープレートの補修。
- ⑥ 老朽化した電気計装設備・計器の更新。
- ⑦ Unit各部の詳細点検の実施。

(2) メハルデ発電所 Unit 1&2

- ① 運転管理計器運転制御装置の更新又は補修。
- ② 回転式エアヒーターの分解点検。
- ③ ダクトの空気もれ、ガスもれの修理及び保温材及びカバープレートの補修。
- ④ Unit 2 のコンデンサーの修復。
- ⑤ Unit各部の詳細点検。

(3) バニアス発電所 Unit 1&2

- ① 運転管理計器、計装システムの更新又は補修。
 - － 計装システムを空気式から電気式に変更。
 - － 計器類の更新。
- ② 計器類の校正実施。
- ③ エアヒーターの出入口にガスO₂計の設置。
- ④ Unit 2のエアヒーター出入口のガス温度計の修理。
- ⑤ 回転式エアヒーターの分解点検及びエレメントの洗浄及び点検又は交換。
- ⑥ Unit各部の詳細点検の実施。。

2.1.3 修復計画案(Rehabilitation Proposals)

第1次現地調査で収集した資料・情報を分析し、第1次国内作業で作成した修復代替案(Rehabilitation Alternatives)を基に、第2次現地調査時、各発電所で詳細調査を実施した。「シ」国側関係者と協議の結果合意した各修復対象発電所の修復内容の概要は以下の通りである。詳細は第4章に示す。

Plant Name and Units	Boiler	Turbine & Generator	Control & Instruments
<u>Banias</u> Unit-1&2	1. Detailed inspection, Cleaning and Repair. 2. Renewal of Reheater and Superheater	1. Detailed inspection and Repair	1. Renewal of Control System(From Pneumatic to Electric) 2. Renewal of Instruments and Electrical equipment
<u>Mehardch</u> Unit-1&2	1. Detailed inspection, Cleaning and Repair. 2. Renewal of Reheater and Superheater	1. Detailed inspection and Repair	1. Renewal of Control System(From Pneumatic to Electric) 2. Renewal of Instruments and Electrical equipment
<u>Katteneh</u> Unit-6	1. Detailed inspection, and Cleaning	1. Detailed inspection and Repair	1. Renewal of Control System(From Pneumatic to Electric) 2. Renewal of Instruments and Electrical equipment
<u>Katteneh</u> Unit-3,4&5	These units are too defective to restore performance. Therefore, no rehabilitation alternatives are proposed. Instead, a new installation of NG and/or HFO fired 150~200 MW unit is proposed.		

2.2 電力訓練センター建設計画

2.2.1 人材育成の必要性

現地調査及び「シ」国関係者との協議を通して、「シ」国の火力発電所での運転・保守管理に携わる要因の技術レベル及び人数の不足、併せて既存電力関連訓練校の施設・機材・教育レベルの不足が確認され、人材育成の必要性と、その実施機関としての新しい訓練センターの設立の必要性及び緊急性が認識された。併せて、建設予定地はJANDAR C/C発電所建設地内とすることとした。

2.2.2 新訓練センターのカリキュラム、運営・組織等

調査団は、国内作業において作成したカリキュラム(案)、運営・組織(案)を「シ」国側に説明し、併せて具体的な必要インストラクター数、能力、及び教育用機材等の内容についても協議を行い、以下の計画案を策定した。

(1) 訓練コースと訓練スケジュール

新訓練センター(New Training Center)に設置される訓練コースと訓練スケジュールは第5章に示す通り、保守訓練コース7コース、運転訓練コース6コース、計13コース、各コースの訓練期間は2～5ヶ月となっている。

(2) 必要なシリア人インストラクターとスタッフ(Necessary Syrian Instructors and Staff)

新訓練センターの運営に必要なインストラクターとスタッフは第5章に示す。「シ」国側はこの要員を訓練所開設までに準備することに合意した。

(3) 教育用機材(Training Equipment and Materials)

本調査団は第2次現地調査時、「シ」国側と訓練スケジュール(Training Schedule)、組織及び人員(organization and sutaffing)の基本的事項が合意されたので、主要な教育用機材のリストを作成し、説明協議を行った。合意された教育用機材の内容は第5章に示されている。

第3章 調査の背景の確認

3.1 電力需要予測(Power Demand Forecast)

3.1.1 国家開発計画(National Development Plan)

(1) 国家経済社会開発計画（5カ年）(Five-year National Economic and Social Development Plan 1960-1990)

国家レベルの開発計画には、国家経済社会開発計画（5カ年）があり、1960年に第1次5カ年計画が実施され、現在は第7次5カ年計画に至っている。第1次5カ年計画から第6次5カ年計画はエジプトとの連合期から第3次中東戦争をへて政治的には大きく揺れた30年であった。経済開発ではこの政治的な動きに左右される結果となった。

現在第7次5カ年計画（1991-1995）が計画されているがその内容は未公表となっている。第6次5カ年計画においては、“食糧自給の向上のための農業開発及び食品加工業の振興”、“工業生産の振興、石油・天然ガスの開発”及び“発電設備の拡充”が重点施策として挙げられており、第7次計画においてもこれらの政策が継承されているものと考えられる。第6次5カ年計画期における目標GDP成長率は8.26%である。

(2) 開発重点課題の概況

国家経済社会開発計画の執行に際し、表3.1.1-3「開発の重点課題」に示すように農業振興、エネルギー開発、輸出振興及び環境配慮4つの重点施策が策定されている。

表3.1.1-3 開発の重点課題

重点分野	主要政策	実施施策内容
1)農業振興	<ul style="list-style-type: none"> 食糧自給に向けての生産量の増大 農産物の加工 	<ul style="list-style-type: none"> 灌漑施設整備 加工技術の普及
2)エネルギー開発	<ul style="list-style-type: none"> 石油（軽質油）、ガス開発 電力開発 水 	<ul style="list-style-type: none"> 油田、ガス田の確保 発電所の管理・建設 飲料水の確保
3)輸出振興	<ul style="list-style-type: none"> 石油の輸出 	<ul style="list-style-type: none"> 加工技術、品質管理
4)環境配慮	<ul style="list-style-type: none"> 水質汚染、大気汚染対策 	

出典：平成3年度JICA国別協力情報シリア、国際協力事業団

3.1.2 工業開発計画(Industrial Development Plan)

国家開発5カ年計画にもとづいて各セクター別に国家レベルの開発計画が進められている。概要を次に示す。

(1) 農業振興

カブールーハリッカ間の灌漑

ジューリンヌ水利計画

(2) エネルギー関連

油田におけるガスの再利用

アル・カデール油田の商業生産

天然ガスの利用とその商業化（欧州共同体との共同）

(3) 輸出振興

キプロス向け燃料の輸出（ベンロス精製所）

綿花製糸工場

3.1.3 GDPの傾向(Trend of GDP)

シリアのGDPの成長率は1970年代からの現実的経済政策により、平均10%に近い成長率を示したが、1980年代には経済環境が悪化し2%台に低下した時期があった。1980年代後半から1990年にかけて新油田開発の成果等も加わり、成長率は8%前後に回復してきた。

1992年のGDPの総額は、3,709億9千万シリアンポンドに達し、一人当たりのGDPは28,630シリアンポンド、米国ドルで2,551ドルであった。

これをGDPの構成比で見ると、第1次産業が30%、第2次産業が21%そして第3次産業が49%となっており、比較的各産業間のバランスがとれている。

3.1.4 電力需要予測(Power Demand Forecast)

現在実施中の第7次国家開発計画等について断片的な情報しか入手できなかった。しかしながら、PEEGTが作成した“2020年までの需要予測”（表3.1.4-1参照）を入手したのでその妥当性の検討を行い、比較的強気な予測であるが妥当であると判断して需要予測として使用することとした。PEEGTは“過去30年間の電力需要”（表3.1.4-2参照）を基に下記を考慮して需要予測を作成した。

- ① 過去30年間の電力需要の伸び率
- ② 国家開発計画
- ③ 関連する新規大型プロジェクトの電力需要
 - － 肥料工場（2箇所：Palmyra, Hasake）：20-30 MW/Plant
 - － 繊維／織物工場（3-4箇所：Idleb, Lattakia, Etc.）：15-20 MW/Plant
 - － 製鉄工場（Al-Zara/Homs）：120-150 MW
 - － セメント工場（3-4箇所：Damas, Hama, Hasake, Etc.）：30MW/Plant
 - － 灌漑
 - － その他
- ④ 将来の地方開発計画
- ⑤ 中央及び地方の経済・政治状況
- ⑥ 各地方の人口伸び率予測

表3.1.4-1 2020年迄の電力需要予測

Expected Power Demand

As End of Jan.1995

YEARS	1995	1996	1997	1998	1999
Peak load demand	2,725	2,970	3,238	3,529	3,847
Energy demand(GWH)	16,285	17,750	19,348	21,089	22,987

YEARS	2000	2001	2002	2003	2004
Peak load demand	4,193	4,486	4,800	5,136	5,496
Energy demand(GWH)	25,056	26,810	28,686	30,695	32,843

YEARS	2005	2006	2007	2008	2009
Peak load demand	5,881	6,233	6,607	7,004	7,424
Energy demand(GWH)	35,142	37,251	39,486	41,855	44,366

YEARS	2010	2011	2012	2013	2014
Peak load demand	7,870	8,342	8,842	9,373	9,935
Energy demand(GWH)	47,028	49,850	52,841	56,011	59,372

YEARS	2015	2016	2017	2018	2019
Peak load demand	10,531	11,163	11,833	12,543	13,295
Energy demand(GWH)	62,934	66,710	70,713	74,956	79,453

YEARS	2020
Peak load demand	14,093
Energy demand(GWH)	84,220

出典：MOE

3.2 電力供給改善計画 (Power Supply System Improvement Plan)

3.2.1 既設電力供給システム (Existing Power Supply System)

(1) 発電設備 (Power Generation Plant)

シリア国の1993年現在の既設発電設備容量並びに発電容量を表3.2.1-1に示す。設備容量Total 3,577MWのうち898MW分(約25%)が水力発電であり、残りは火力発電所(汽力、ガスタービン)である。ディーゼル発電設備もあることはあるが、発電出力がNegligible Smallであり、MOEとしてもできるだけ早く廃止したい意向である。

表3.2.1-1 Existing Generation Plants as of 1994

Name of the Power Plant(P.S.)	Type of P.S.	Type of Fuel	Nominal Capacity (MW)	Available Capacity in 1994 (MW)	Gross in 1994 (GWH)
Baath+Small Hydro	3 WT	Hydro	98	50	337
Banias	4ST+GT	HFO+DO	710	640	3,761
Hameh	3ST	HFO	35	5	27
Katteneh	4ST	NG+HFO	154	70	233
Mehardeh	4ST+GT	NG+HFO+DO	660	580	3,403
Frame 5 Gas Turbine	14GT	DO	280	20	112
3 in Aleppo					
5 in Damascus					
2 in Hama					
2 in Homs					
2 in Latakia					
Swedieh	5GT	NG+DO	150	150	1,074
Tayem	3GT	NG+DO	90	90	632
Thawra	8WT	HYDRO	800	500	2,121
Tishreen	2ST	NG+HFO	400	360	2,102
	2GT	NG+HFO	200	200	149
Refi+S.P.C					279
Total			3,577	2665	14,230

HFO : Heavy Fuel Oil

NG : Natural Gas

DO : Distillate Oil

(2) 送電設備(Power Transmission Lines)

シリア国の送電システムはそれぞれ400KV系統、230KV系統から成り、400KV系統は将来ジョルダン(Jordan)及びトルコ(Turkey)と接続され、電力を融通し合えるシステムとなっている。

3.2.2 改善計画(Improvement Plan)

(1) 発電設備建設計画計画

PEEGTの発電所の増設計画を表3.2.2-1示す。この計画は1997年までに現有の発電設備容量を以下のように倍増しようとするものである。

- ・現有設備容量(1994年11月現在) : 3,570MW
- ・増設設備容量 : 3,430MW
- 1997年における設備容量合計 : 7,000MW

表 3.2.2-1 POWER PLANT EXPANSION PROGRAM

PLANT NAME	TYPE	FUEL	NOMINAL CAPACITY (MW)
NASRIEH	GAS TURBINE	HFO+NG	300
ZEZON	GAS TURBINE	HFO+NG	300
JANDAR	COMBINED CYCLE	NG	600
ALEPPO	STEAM TURBINE	HFO+NG	1,000
AL-ZARA	STEAM TURBINE	NG+HFO	600
TISHREEN (YOSE F)	WATER TURBINE	HYD.	630
総設備容量			3,430

このうち、ジャンダール発電所(JANDAR COMBINED CICLE POWER PLANT/600MW)は日本の三菱重工業(株)が工事を受注しており、既にガスタービン設備(単機出力100MW)4台が運転を開始しており、スチームタービン設備を含む全ての設備の1995年末完成をめざして、現在据え付け工事の最盛期である。

またティシュリンダム(TISHREEN DAM)水力発電所(630MW)の工事も中国の施工会社との契約がなされ、アレppo(ALEPPO)火力発電所(200MW X 5台)の工事についても昨年(1994年)末に三菱重工業(株)と工事契約が締結され、既に着工に至っている。

(2) 送配電設備整備計画

送配電システムの改善・整備計画(IMPROVEMENT PLAN)の作成について、シリア国政府はECに対して援助を要請していたが、このプロジェクトがECのGRANTで本

格的に開始される段階になってきている。

本プロジェクトは ①シリア国の送配電システムのマスタープランの作成を行うと共に、② COMMUNICATION SYSTEM を含めた配電指令設備の REVIEW と REHABILITATION PLAN の作成を行い、さらに ③送配電関係の人材育成のための訓練計画の作成、訓練用資機材の供与並びに専門家の派遣を行うものである。GRANT 総額は1千百万 ECU s で、1994年11月に政府間で調印された。

3.2.3 電力供給システムに関する人材育成計画

(Manpower Training Plan related to Power Supply System)

シリア国の電力事業に係わるエンジニアの多くは、施設の運転要員や保守点検要員の訓練の不足を痛感しているようであるが、外貨不足や訓練システムの問題等によって、有効な対策はとられていないのが現状である。

こうした状況を踏まえ、シリア国政府は送配電関係の人材育成についてはECに、発電に関しては訓練プログラムの作成と訓練センターの建設を日本政府に要請してきたものである。

従って、EC、日本双方で協調を取り、PHASE を合わせるようにしながらシリア国電力供給に係わる人材育成に協力して行くべきであろう。

3.3 発電所修復計画と電力需給バランス

発電設備修復計画の基本的な考えかたは、低下している現有出力(Available Capacity)を、当初設計に基づき性能試験で確認された最大連続定格出力(Maximum Continuous Rating)まで回復させることであり、また熱効率(Net Thermal efficiency)を向上させることである。

「シ」国側が作成した新規発電所を含めた 2020 年迄の長期発電計画及び需要予測は表 3.4.2-1, 3.4.2-2 及び図 3.4.2-1, 3.4.2-2 に示されている通りである。

この計画に従い「シ」国側の計画通り新規発電所の建設が進めば、1994 年夏まで続いたような逼迫した電力供給事情は改善される。即ちジャンダール(Jandar)発電所 (1995 年末, 600MW), ナシリア(Nasreyah)発電所 (1996 年, 300MW), ゼノン(Zezoon)発電所 (1996 年, 300MW)が全面的に運転開始し、保証出力が最大需要電力を大幅に上回る 1997 年以降、予備(Reserve)の発電設備を活用しつつ、既存の発電設備の詳細点検・修復工事の実施には好都合な時期を迎えていると判断される。

「シ」国側はターボペニン発電設備は 25 年、ガスタービン発電設備は 20 年の寿命と考えて電力供給計画が立案されており、本計画の修復対象発電設備として選定されたナシリア発電所及びメハルディ発電所の 1 号及び 2 号機は 2005 年に、パニアス発電所の 1 号及び 2 号機は 2007 年に老朽化の為、運転を中止する計画になっている。このことは、保証出力が最大需要電力を上回っている 1995 年から 2001 年の間に(実際の修復工事は保証出力が最大需要電力を大きく上回ると予想される 1997 年から開始が可能)、精密点検、Overhaul を含めた修復計画を実施する事によって本計画の修復対象発電設備の延命を図り、今後の新設発電設備建設計画を援護補充しなければ、急激な電力需要増加に発電出力が追いつかず、再び電力供給事情が悪化する事が予想される。

このため、本調査で提案されている修復計画案を今から早急に、又計画的に実施に移すことは極めて重要であり、この計画の実現は「シ」国の 2020 年までの電力供給計画において、供給事情の改善、供給の信頼性の向上に大いに寄与するものと判断される。

表 3.4.2.-1 Available Installed Capacity of Power Plants

As End of Jan. 1995

PLANT NAME	Y E A R S																									
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Thawra	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Baeth & small hydro	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Katteneh	70	50	50	45	45	50	48	45	45	45	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mehardeh (1,2)	270	260	250	240	280	290	280	280	270	240	260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mehardeh(3,4)	310	310	300	300	300	280	300	290	260	270	270	260	260	260	260	260	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Banias (1,2)	300	310	300	315	305	295	300	315	305	295	295	295	148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Banias (3,4)	320	310	310	300	320	320	310	310	300	300	320	310	310	310	310	310	310	155	0	0	0	0	0	0	0	0
Tishreen thermal	360	360	360	340	320	380	380	380	380	380	380	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	180	0	0
Tishreen extention (GT)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	0	0
Swedie	145	150	145	140	150	145	140	150	145	140	150	140	140	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tayem	90	87	85	90	87	85	85	90	87	85	85	90	90	90	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas turbine	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Swedie (SPC)	85	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
RIF(H)	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
RIF(B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tishreen hydro	0	0	150	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Jandar	500	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	300	0	0	0	0
Basel (nasreyh)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	0	0	0	0	0	0
Zezoon	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	0	0	0	0	0
Aleppo	0	0	200	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
EL-Zara	0	0	0	300	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
TOTAL	3,556	3,803	4,116	5,436	5,773	5,811	5,809	5,826	5,758	5,721	5,776	5,421	5,274	5,070	4,956	4,896	4,896	4,766	4,481	4,326	3,526	2,926	2,926	2,746	2,566	2,566

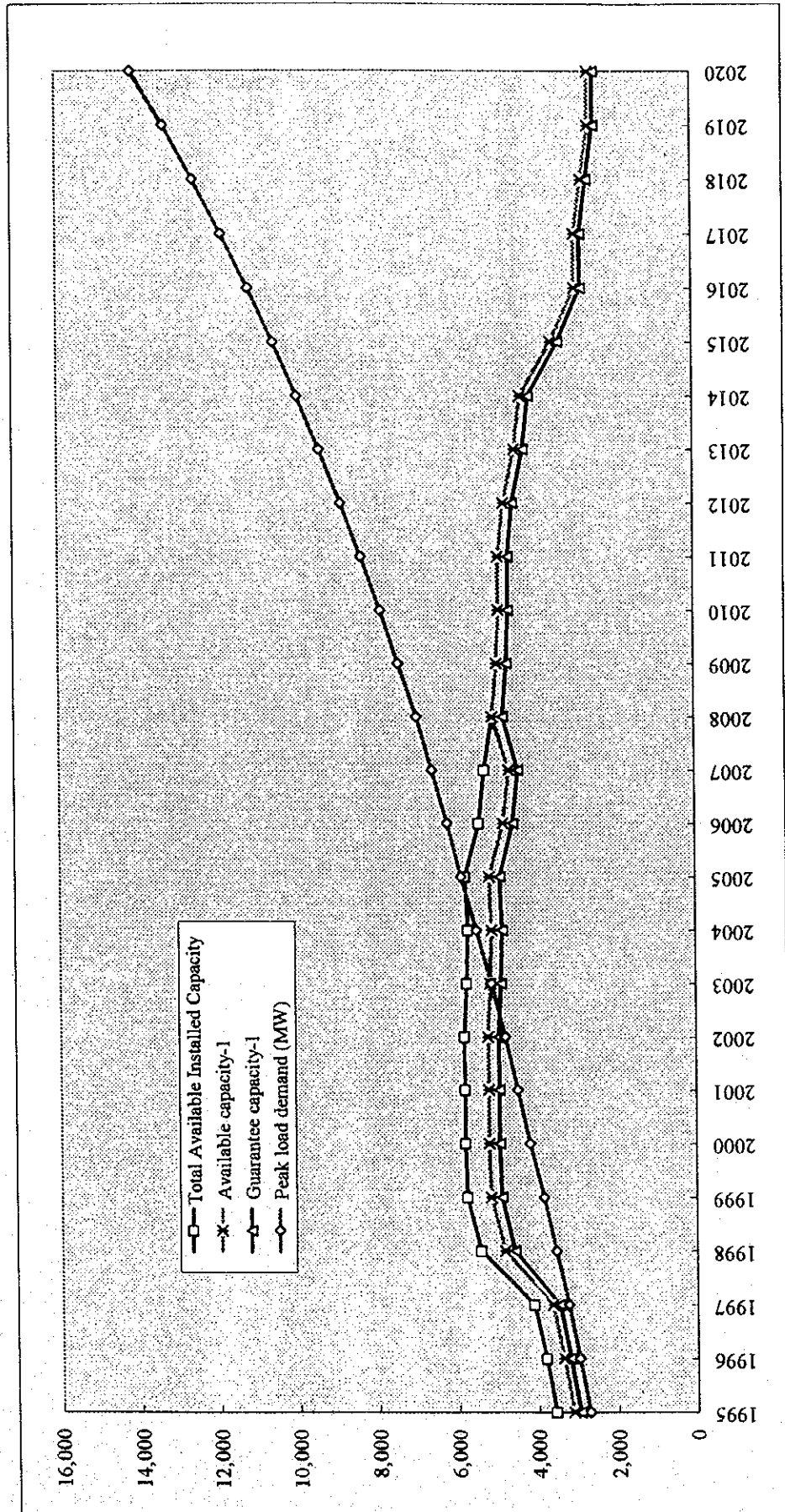
Source : MOE

表 3.4.2.-2 Expected Power Balance

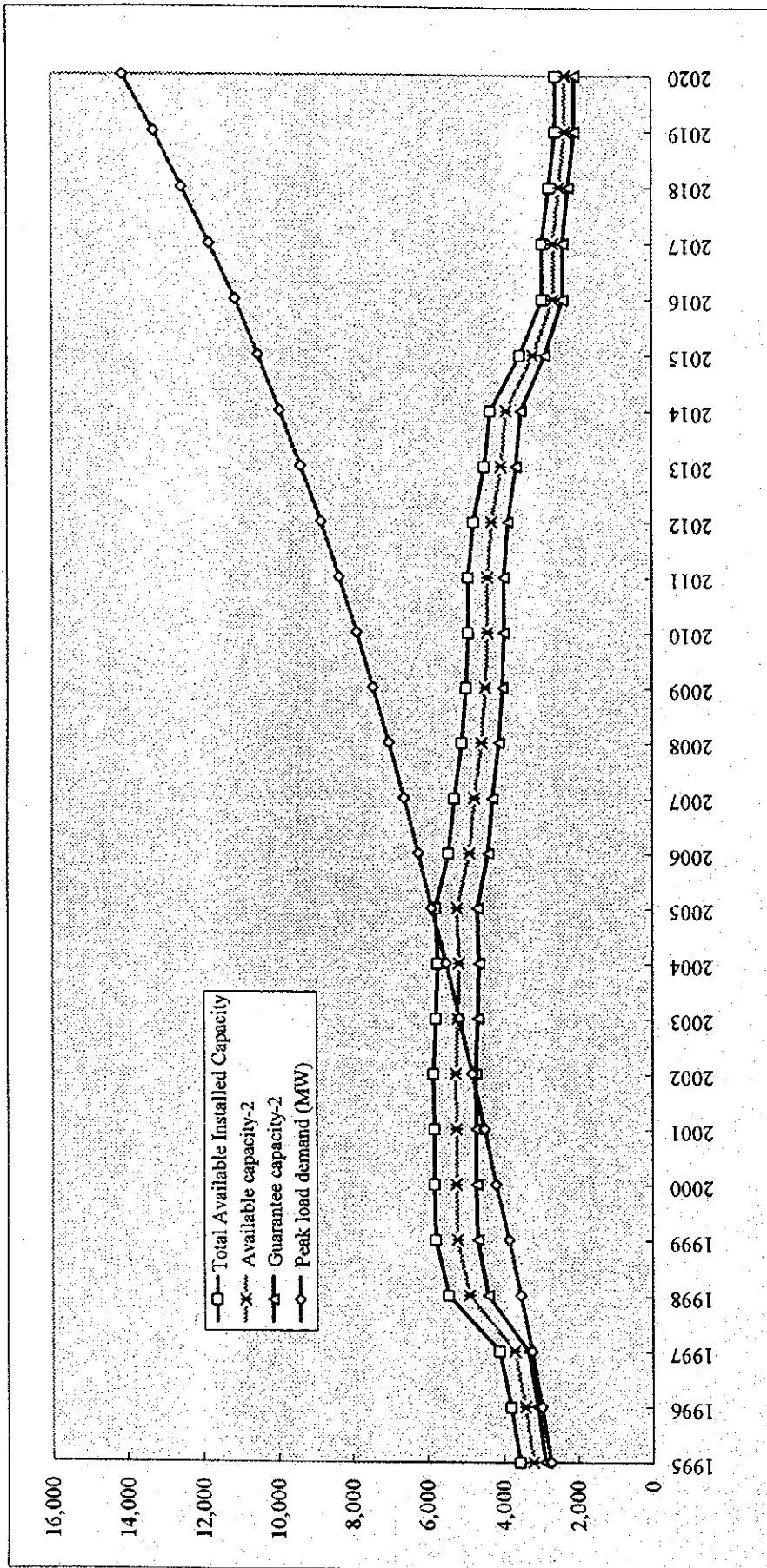
As End of Jan. 1995

	Y E A R S																									
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1 Total Available Installed Capacity	3,556	3,803	4,116	5,436	5,773	5,811	5,809	5,826	5,758	5,721	5,776	5,421	5,274	5,070	4,956	4,896	4,896	4,766	4,481	4,326	3,526	2,926	2,926	2,746	2,566	2,566
2 Largest unit (MW)	180	180	180	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Second Largest unit (MW)	155	155	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Largest GTG unit	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Total (2+3+4)	435	435	480	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Available capacity-1 (1 - 5)	3,121	3,368	3,636	4,836	5,173	5,211	5,209	5,226	5,158	5,121	5,176	4,821	4,674	5,070	4,956	4,896	4,896	4,766	4,481	4,326	3,526	2,926	2,926	2,746	2,566	
7 Guarantee capacity-1 (6 x 0.95)	2,965	3,200	3,454	4,594	4,914	4,950	4,949	4,965	4,900	4,865	4,917	4,580	4,440	4,817	4,708	4,651	4,651	4,528	4,257	4,110	3,350	2,780	2,780	2,609	2,438	
8 Available capacity-2 (1 x 0.9)	3,200	3,423	3,704	4,892	5,196	5,230	5,228	5,243	5,182	5,149	5,198	4,879	4,747	4,563	4,460	4,406	4,406	4,289	4,033	3,893	3,173	2,633	2,633	2,471	2,309	
9 Guarantee capacity-2 (8 x 0.9 = 1 x 0.9 x 0.9)	2,880	3,080	3,334	4,403	4,676	4,707	4,705	4,719	4,664	4,634	4,679	4,391	4,272	4,107	4,014	3,966	3,966	3,860	3,630	3,504	2,856	2,370	2,370	2,224	2,078	
10 Peak load demand (MW)	2,725	2,970	3,238	3,529	3,847	4,193	4,486	4,800	5,136	5,496	5,881	6,233	6,607	7,004	7,424	7,870	8,342	8,842	9,373	9,935	10,531	11,163	11,833	12,543	13,295	
11 Energy demand (GWH)	16,285	17,750	19,348	21,089	22,987	25,056	26,810	28,686	30,695	32,843	35,142	37,251	39,486	41,855	44,366	47,028	49,850	52,841	56,011	59,372	62,934	66,710	70,713	74,956	79,453	
12 Population Number	14,269	14,741	15,229	15,734	16,254	16,792	17,348	17,922	18,516	19,128	19,762	20,416	21,091	21,790	22,511	23,256	24,026	24,821	25,643	26,491	27,368	28,274	29,210	30,177	31,176	
13 Kwh per one person	1.141	1.204	1.270	1.340	1.414	1.492	1.545	1.601	1.658	1.717	1.778	1.825	1.872	1.921	1.971	2.022	2.075	2.129	2.184	2.241	2.300	2.359	2.421	2.484	2.549	
14 Deficit - 1 (7-10)	240	229	217	1,065	1,068	758	462	164	-236	-631	-963	-1,653	-2,167	-2,187	-2,716	-3,218	-3,690	-4,314	-5,116	-5,825	-7,181	-8,383	-9,053	-9,934	-10,858	
15 Deficit - 2 (9 - 10)	155	110	96	874	830	514	219	-81	-472	-862	-1,202	-1,842	-2,335	-2,897	-3,410	-3,904	-4,376	-4,982	-5,743	-6,431	-7,675	-8,793	-9,463	-10,319	-11,217	
16 Reserve capacity												0	0	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	
17 Spining capacity												0	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	

Source : MOE



3.4.2-1 Power Balance (1)



3.4.2-2 Power Balance (2)

3.4 初期環境調査 (IEE)

3.4.1 環境保全政策

「シ」国では、産業の発展と共に大都市周辺では各種工場からの排ガス、排水、騒音等の公害も増加しており、特にダマスカス、アレppo等の大都市では車両の排ガス、騒音、又「シ」国第3の都市ホムス近郊では石油製錬所、肥料工場、発電所等からの排ガス、排水が国民の日常生活へ悪影響をおよぼすことが危惧され始めている。

このような状況下でありながら、近年まで「シ」国政府は環境保全対策を具体的に実施していなかったが、国連の勧告もあり、1992年に環境省を設立すると同時に、環境省内に委員会を設置し、大気汚染と水質を中心とした環境基準を取りまとめ、現在「シ」国国会に法案として上程されている。この環境基準は騒音振動の環境基準も含まれており、行政府に対する施策義務と事業者に対する遵守義務及び違反行為に対する罰則等を規定したものである。

このように現在「シ」国政府は具体的に環境保全対策の実施に努め始めている。

その一貫として、「シ」国環境庁は本年8月に「科学・環境研究センター (National Research Center for Science and Environment) を設立した。このセンターは国の環境行政に対する補完機関として、環境科学の立場から環境に係わる調査・研究・監視技術の向上と、専門家の育成を目的として設立された機関である。また、環境問題対策に係わる国際的監視体制の確立のためアラブ諸国・諸機関との協調窓口とも成っている。

3.4.2 環境保全法の現状

現在「シ」国政府は行政府及び事業者に対する環境基準を取りまとめ、国会に上程中であるが、民間企業に対する環境基準については確立されていない。しかし、「シ」国環境省は、本年6月にエジプトのカイロで開催された「アラブ諸国における各種企業（工業）活動に伴う環境影響に対する提言のための第2回円卓会議」の報告書及び勧告書の検討を開始し、これらを基に環境基準の策定にとりかかっている。この会議は国連の環境プログラムに関連して開催されたもので、報告書及び勧告書はアラブ大学が取りまとめている。

この報告書及び勧告書では約50種類の企業・産業に対する、WHOを初め米、英、独、オランダ等の環境調査報告を基とした、排ガス、排水についての規制値が提案されている。特に火力発電所に対しては石炭、石油及び天然ガスについての規制項目と排出規制値が提案されている。

3.4.3 発電所の環境対策の現状

「シ」国の全ての火力発電所は排水対策、廃油対策はある程度行われているが煤煙対策（SO_x、NO_x集塵）のための環境保全設備を有している既設火力発電所はない。。これは、前項の通り現在まで環境保全に対する法規制が施行されていないことによるものと推定される。

更に、各発電所の排ガス濃度・成分等についても、測定機器の殆どが故障しており、排出されているガスが有害であるかどうかの測定すら出来ないのが現状である。

但し、PEEGTの技師からの聞き取り調査によると、1994年11月に契約したアレポの新発電所には煤煙対策が施せるように、電気集塵機の設置スペースが計画されており、これから建設が計画されている発電所には公害対策設備の設置を考慮して行きたいとしている。

3.5 制度的フレームワーク (Institutional Framework)

3.5.1 MOE の業務と組織 (Organization and Task of MOE)

「シ」国の電気事業は総て国有化されており、電力省 (Ministry of Electricity/MOE) によって運営管理されている。

MOE は「シ」国電力需要予測策定から電源開発、発電、送電、配電に関する企画立案、設計、工事及び料金徴収まで総ての業務を監督しているが、その実際の業務は発送電公社 (Public Establishment of Electricity for Generation and Transmission / PEEGT) と配電公社 (Public Establishment for Distribution and Exploitation of Electric Energy / PEDEEE) に委ねており、その実施業務を監督している。

現在 MOE は次の 3 つの改善策の実施を計画している。

- 第 1 段階；既設発電所の現有出力の向上の為の、適切な維持管理
- 第 2 段階；配電損失の低減
- 第 3 段階；新規発電所の建設

第 1 段階の既設発電設備の出力向上の為の維持管理要員の育成と既存技術者の再教育のために、MOE はアドラ (Adra)、ラタキア (Lattakia) 及びアレppo (Aleppo) の 3ヶ所に機械・電気訓練校 (Technical Institute) を保有・運営・管理し、維持監理技術の向上と定着を進めている。しかし「シ」国の逼迫する財政状況の中で、十分な予算が配分されず、教育用機材・施設が不足しており、効果が上がっているとは言えないのが現状である。

第 2 段階の配電損失については、EU の援助 (無償資金協力) で 1994 年末より「シ」国全体の送配電網のマスタープランの作成が開始されている。同時に EU は送配電技術者の育成と再教育のため、前述のアレppo 機械・電気訓練校を送配電技術訓練センターとして改編し、機材を供与すると同時に専門家を派遣することとなっている。しかし EU の有償資金協力で実施が予定される送配電網の改善・補強・増設工事は、現在のところ具体化していない。

第 3 段階の新規発電所の建設については現在順調に進んでいる。

昨年末から本年月上旬にかけてロシアの援助で建設されたティシュリン発電所 (ST 200MW x 2 Units + GT 100MW x 2 Units) が運転を開始し、建設中のジャンダール発電所 (C/C300MW x 2 Units) も既に GT の 1 及び 2 号機が運転を開始し、1995 年末には全 Units が完成の運びとなっている。

更にアレppo 火力発電所 (ST 200MW x 5 Units) が日本企業と、ティシュリンダム水力発電所 (HT 100MW x 6 Units) が中国のコントラクターと契約が済み、工事の

着工に移り、アルザラ火力発電所についても日本の有償資金協力の目処が付いてきている。

図 3.6.1-1 にMOEの組織図を示す。

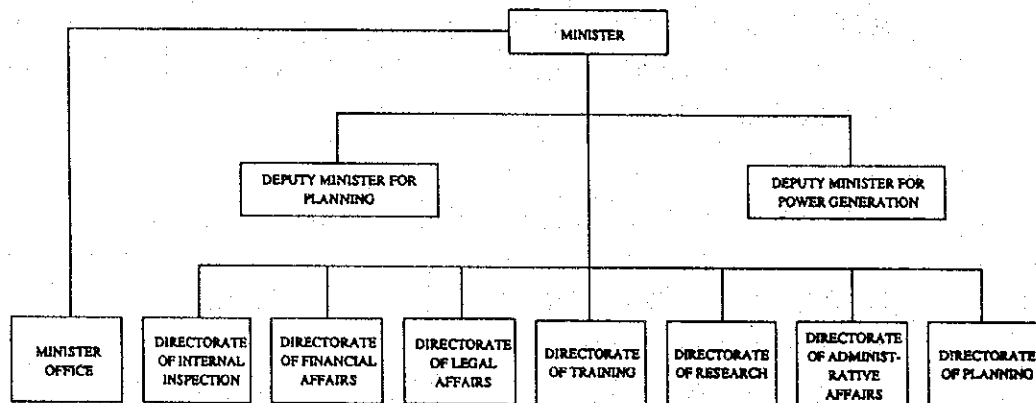


図 3.6.1-1 MOE組織図

3.5.2 PEEGT の業務と組織(Organization and Task of PEEGT)

PEEGTは電力事業の内、電源開発、発電、送電（66KV以上）を担当し、その計画から建設までを担当しており、ダマスカスの本部に合計約250名と各発電所に約5,000名に及ぶ職員を要して運営管理されている。

PEEGTの組織的は会社の総裁を長とし、技術担当と、総務・法務・経理等を総括する事務担当の2人の副総裁及び各発電所の組織となっている。各発電所は直接総裁と繋がっており、技術的問題が発生した場合に本部の技術部が発電所にアドバイスを行っている。

技術担当副総裁の下には9部門があり、又事務担当副総裁の下には7部門が描かれている。

PEEGTの組織を図3.6.2-1に示す。

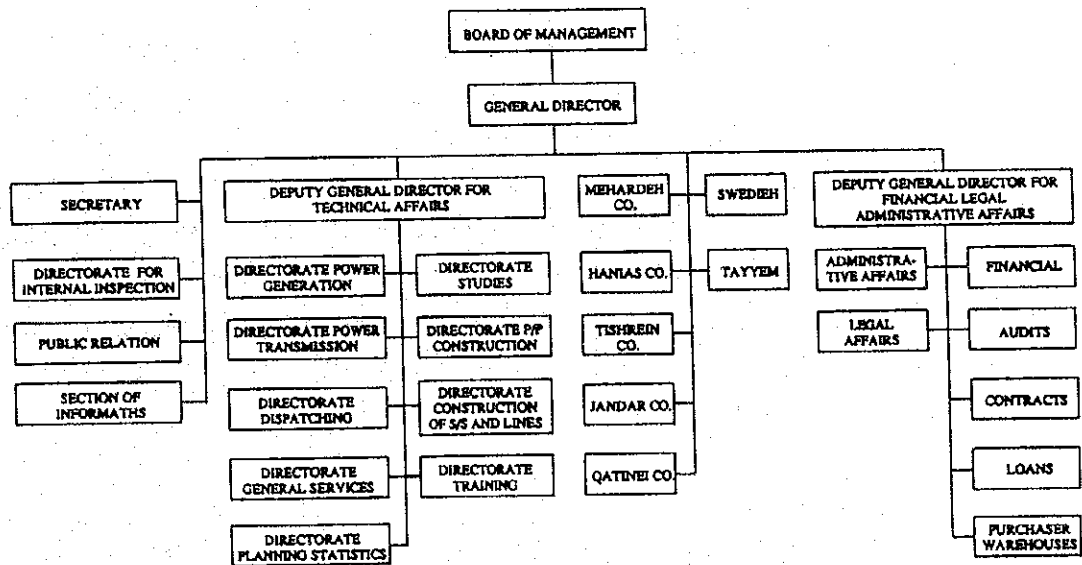


図 3.6.2-1 PEEGT 組織図

3.5.3 提言(Recommendation)

(1) 運転維持管理予算

「シ」国の電力事業は総て国営化されているため、徴収された電気料金は総て国庫に入り、電力省は大蔵省から、外貨を含めて、配分を受けた予算で運営されている。その為、発電所の運転・保守に必要な予算も制約を受けているように見受けられ、必要なスペアパーツの購入に苦慮しているケースも見受けられた。

「シ」国の現状から電力セクターを直ちに民営化することは不可能と思えるが、少なくとも電力事業に自主性を持たせ、電力設備の運転・維持管理に必要な予算は、国の承認の下、徴収した電気料金から自由に予算化できるよう改善すべきである。

(2) 電気料金

「シ」国の電気料金は1993年12月現在で平均約1 SP/KWHで1-3年毎に改訂されている。しかしその単価はかなり低いもので、電力事業への投資を回収するにはとても不可能な値と思える。

確かに電気は国民生活に不可欠なもので、低所得者の生活保護の為に高額には出来ないが、電力設備の維持管理費と新しい設備への投資に必要な積み立てに見合う料金が回収出来なければ、電力事業の発展はあり得ない。

従って、現在の料金体系も大口需要家からは低所得者より高額な料金を徴収しているが、更に国営企業を含めた大口需要家の電気料金改訂（高額化）を検討する必要がある。

(3) PEEGT本部と各発電所の連携

各発電所共、運転記録、事故記録の収集・集積は充分行われていない。各発電所は日常の定期巡回・点検を強化し、運転・維持管理の記録を取るものの必要性は言うまでもないが、その記録を公社本部に正しく定期的に報告する必要がある。

この記録を基に公社本部は各発電所の発電実績、事故実績等を初め現状を正しく理解し、人員配置計画、補修計画、増設計画、予算配分計画行うべきである。又、これは将来の需要予測を基とした新設発電所の建設計画とも繋がる。

(4) 発電所の人員計画

各発電所に配属されている要員の人数は、かなり多いと思える。日本の類似の発電所と比較すると3-4倍になっている(日本の発電所は自動化されてい

るので単純に比較は出来ないが)。(この原因は「シ」国の電力事業が国営であるという、「シ」国の社会・経済制度から多くなっているものと判断できる。)

しかし、発電所に勤務している要員の技術レベルは決して満足の行くものではない。逆に若く技術力のある要員は民間企業へ移って行ったり、海外に出稼ぎに行く傾向があるとのことである。

技術訓練を充実させ、若い要員の育成と既要員の再教育で全体の技術レベルの向上を図ると同様に、教育訓練を受けた若い技術者が発電所に定着するように、有能な技術者の処遇、待遇の改善を図るべきである。仮に給与を高くしても技術力を持った要員が増えれば、全体の職員の数が減ってくると考えられる。

第4章 発電設備の修復計画

4.1 修復対象発電設備の選定

4.1.1 修復対象発電設備の選定基準

本調査で修復計画の検討対象とする発電設備の選定に当たっては、以下の基準を適用した。

機器による選択基準

1. 性能低下（出力、効率）
2. 事故歴（事故記録）
3. 運転開始年
4. 累積運転時間
5. 累積起動停止回数
6. 最近の主機運転状況（振動、騒音、温度上昇等）
7. 補機制御装置の状況
8. 予備品の補完状況及び調達の難易
9. 既設主要機器製作者の有無
10. 図面の保管状況（補修歴）

社会環境条件による選択基準

1. 発電所の重要度（重要負担地域、電力系統上の重要性）
2. 発電所の容量（供給地域受益者の数）
3. 公害発生（煙、油、水）の程度
4. 使用燃料
5. 保守管理体制及び管理の実態（要員の質、機材）

4.1.2 選定された修復対象発電設備

前項(1)の選択基準に従い、第一次現地調査結果を基として「シ」国側との協議の結果、下記の発電所の各機が選定された。

- 1) カテネ発電所 3号機、4号機、5号機、及び6号機
- 2) メハルデ発電所 1号機、2号機
- 3) パニ阿斯発電所 1号機、2号機

4.2 発電所修復計画案の策定

4.2.1 共通事項

(1) 各発電所に対する共通一般事項

「シ」国の既設発電所について、共通している事項は下記の通りである。

- ①各発電所、各ユニットとも、従来、出力優先で運転していたため、小さな事故、例えばガス漏れなどは、修理を先に延ばす事で運転を余儀なくされ続けていた。その様な運転の結果、小さな事故は大きくなり、ガス漏れなどの影響により、現場計器、発信器、配線、保温材の外装板等が腐食し、小さな事故が大きな被害につながったと推定される。
- ②選定された各ユニットは、必要に応じ材料も事前到手配され、オーバーホールを行っている。例えば、メハルデ発電所の様にバナジウムによる高温腐食で被害を受けた再熱器は、1号機、2号機ともに約7週間運転停止して修復工事が実施されている。すなわち、必要に応じ、必要な修復工事は行われている。しかしながら、部分的な修復工事が行われても、それ以外の部分は十分な整備が行われないままに運転に入るため、全体としての性能維持、向上にはなっていない。運転中に発生した多くの欠陥を一度の運転停止期間内に全てを同期化して実施しない限り、一度低下した出力と熱効率は回復できない。
- ③ボイラの燃料HFOは、いわゆる低質油で、硫黄が4%以上も含み、煤をチューブに付着させたまま放置する事はチューブ腐食の原因になる。
- ④表4.2.1-1に近年、各発電所が行った長期間停止のオーバーホールを示すが、これらのオーバーホールは本報告書で提案しようとしている全般的なオーバーホールとは異なり、事故による損傷部分の補修の為の運転停止の性格が強いように見える。

表4.2.1-1 近年各発電所が行った長期間停止のオーバーホールの例

No.	発電所	ユニット	オーバーホールの種類	実施期間
①	メハルデ発電所	2号機	Boilerのreheater Replacement	1986年4月3日～ 1986年5月23日
②	メハルデ発電所	1号機	Boilerのreheater Replacement	1989年9月2日～ 1989年10月19日
③	メハルデ発電所	2号機	Turbine, Generatorの General Overhaul	1992年11月8日～ 1993年1月22日
④	カテネ発電所	6号機	Boiler, Turbineの General Overhaul	1993年3月1日～ 1993年5月31日
⑤	バニアス発電所	2号機	Turbine, Generatorの General Overhaul	1993年3月14日～ 1993年8月30日
⑥	カテネ発電所	6号機	Generator, Exciterの General Overhaul	1994年4月26日～ 1994年7月23日

注1) 上記表中のメハルデ発電所の1号機、2号機の高温部の再熱器更新は、HFO灰中に含まれるバナジウムによる高温腐食による再熱器管事故が連続して発生した典型的な例として記録されている。この時、管の管厚(NOMINAL 6mm)が2mmまで減肉し、事故に至ったものと言われている。

注2) バニアス発電所の1号機においては、火炉管800m分とファーストフローのバーナーが1993年に更新されている。又、2号機においては、1994年にファーストフローのバーナーの更新、1993年には約1,650mの火炉後壁及び側壁管の更新が行われた。

⑤ 発電所の管理状況

バニアス発電所では1994年より、WORK REQUEST CARDを使って欠陥をピックアップし、関係先が会議で確認し、材料の手配、作業の手配を行い、又、それらのデータをコンピュータに集計して、次の作業の予算化及び管理に役立てるシステムがスタートしている。この事から判断すると、予防保全の基盤がつけられつつあると期待できる。

一方、メハルデでもWORK ORDER FORMATを使用し、上記バニアス発電所に準じた管理の方向に進みつつあるが、コンピュータによる集計は行われていない。

(2) 各発電所のリハビリ提案についての共通事項

① 事故のポテンシャルに対する対策

図4.2.1-1では、事故のポテンシャル及びそれに対する対策を示したが、それらの対策の多くは、各種のクリーニングと老朽化部品/部分の更新である。これらは全てユ

ニットの全般的オーバーホールの期間内に、ていねいにクリーニングし、製造元の指導員や専門技術者の指導と技術的な確認を得ながら着実に継続的に行う事によって効果が期待出来るものである。

又、リハビリテーション提案では、ユニットの運転に致命的な損傷となってしまうボイラの耐圧部の詳細検査を提案している。これは、材料調達、加工に長時間を要するため、事故発生以前に更新の手配が必要であるからである。

②電気・計装関係に対する提案についての共通事項

1) 検討の基本的な考え方

電気品、計装品については、基本的にリハビリ（機能回復）と言う考え方はマッチしない。

従って、電気・計装については、操作の容易さ、操作の安全性、操作の信頼性の観点から、老朽化している機器・システムの更新案、改造案の検討を行うこととする。

2) 共通の更新案

各発電所に共通していることは、故障して修理・交換等の処置がなされないまま放置されている計器が非常に多く見受けられ、操作の容易性、安全性が犠牲にされていることである。

このことを考慮に入れ、いずれの発電所の更新案にも計器類（検出器、切替器、表示器等）の更新を加えることとした。

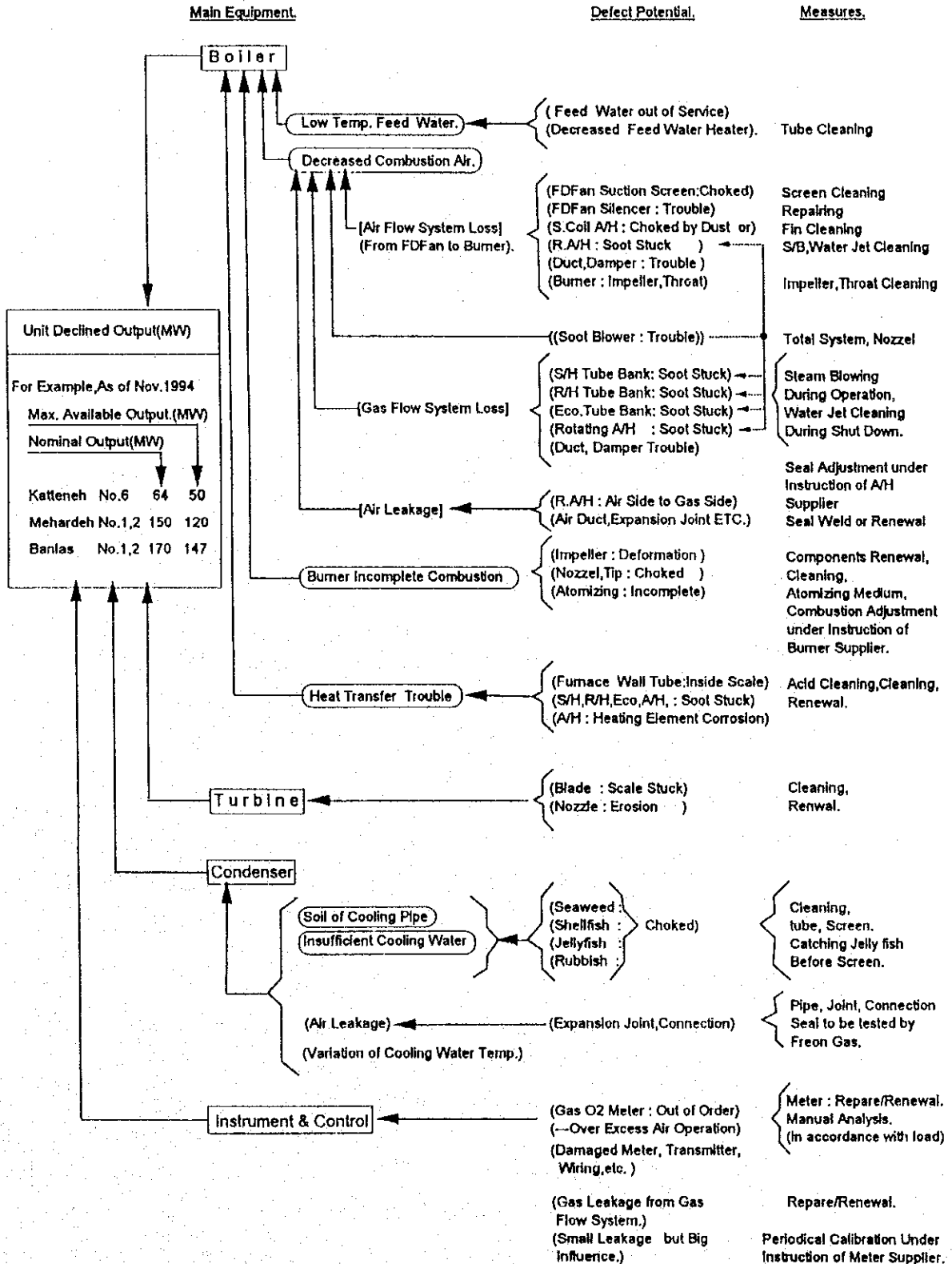
③提案のBASIC CONCEPT

今回のリハビリテーションの提案としては、下記の項目を基本的な軸として提案する。

- a) クリーニング
- b) 詳細点検
- c) 全ての修復対策を同期化して、同一の運転停止期間内で実施すること。

FIG. 4.2.1-1

Causes of Unit Declined Output, Declined Efficiency and Measures in HFO fired Unit.



4.2.2 バニアス発電所1,2号機、メハルデ発電所1,2号機及びカテナ発電所6号機

(1)各ユニットの修復提案項目の検討（機械）

1) 各ユニットの出力低下、効率低下を修復させる為、以下の対策を講ずることを提案する。

- 回転再生式空気予熱器の空気漏れの確認の為、又、ボイラの効率を確認するため、空気予熱器入口、出口のガス O_2 %を測定する。
- 回転再生式空気予熱器の空気漏れを最小限にするために、空気予熱器の全てのシール構造部分の補修及び部品交換を実施する。
- 回転再生式空気予熱器の伝熱面を有効に活用するため、ユニットを停止してヒーティングエレメントの水洗、腐食減量の確認記録を取り、必要の時はエレメントを交換する。

2) 各ユニットの各部分に対する詳細点検について

この提案ではまた、比較的欠陥の発見しにくい、主としてボイラの耐圧部について、スタデーチームメンバーの経験から、詳細点検に含めるべき項目と内容について各ユニットにつき詳細点検項目を提案する。

(2) 各ユニットの修復提案項目の検討（電気・計装）

1) 既設計装システムの改造

既設計装システムは、基本的に空気式（Pneumatic System）で構築されているが、システムの老朽化のため、空気漏れ、Silica Powderの詰まり等の問題が発生している。これらの問題の抜本的解決のためには、部分的な修理で対応するのではなく、システム全体の更新を考える方が現実的である。

しかし、今日では計装システムは上述の問題の他、使い勝手の良さ、保守・点検の容易さ等の理由から電気式（Electric System）を採用するのが主流となっている。

そこで、今後の保守点検時の修理やスペアパーツの入手時の有利さを考慮し、既設計装システム（空気式）を電気式システムに改造することを提案する。

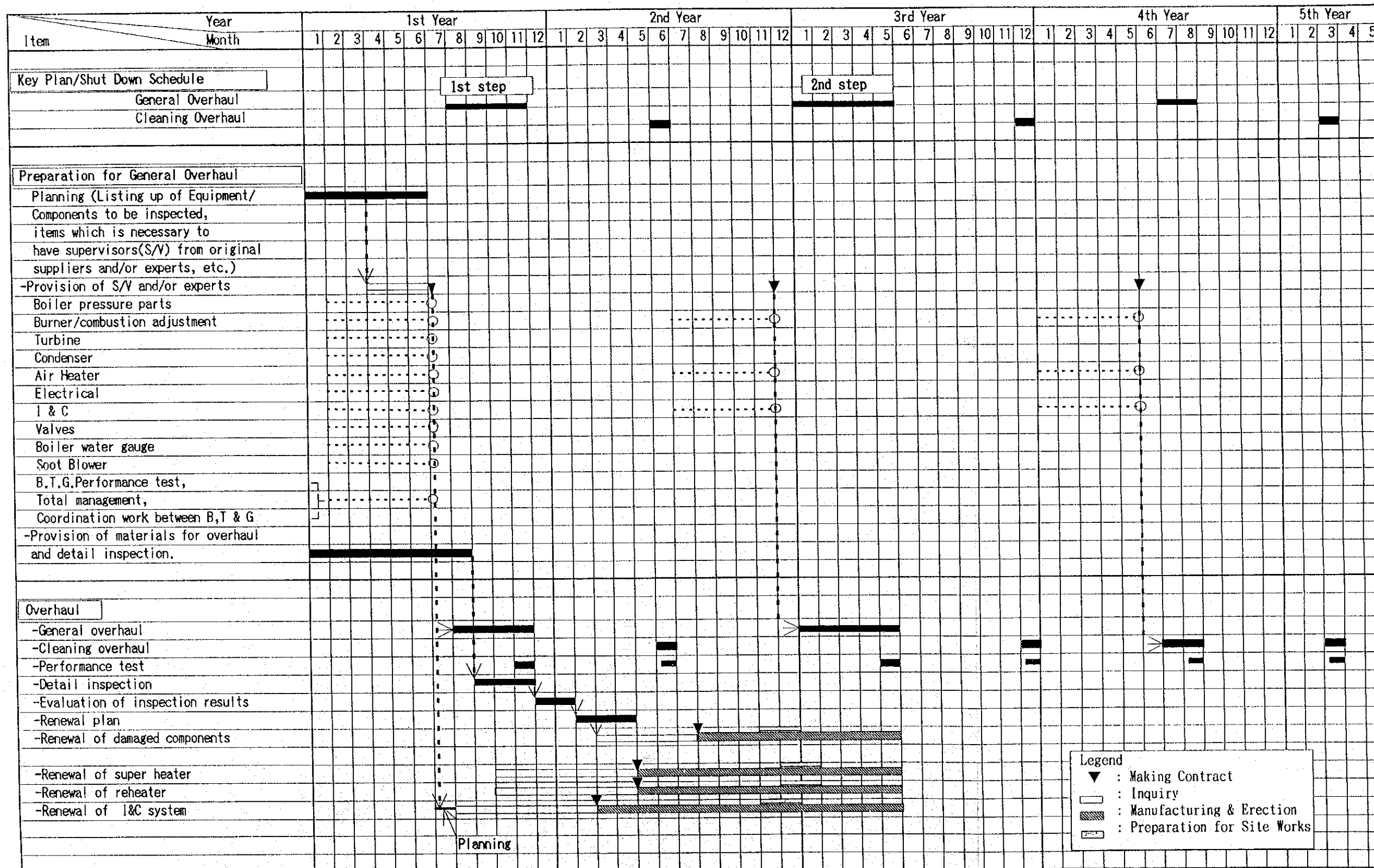
2) 計器類の更新

上記の電気式システムへの改造に基づいて、計器類を更新すると共に、老朽化している計器及び旧式であるため、製造中止になっているスペアパーツの入手、又、調整等に支障をきたしている計器類の更新も併せて行う。

(3) 各ユニットの修復計画の提案（機械）

図4.2.2-1に1例としてバニアス発電所1,2号機のリハビリテーション マスター

Fig.4.2.2-1 Rehabilitation Master Time Schedule for Unit Nos. 1&2 in Banias P.S.



スケジュールを示す。リハビリテーションに係るプラントを停止してのオーバーホールとしては、第一段階全般的オーバーホール、第二段階全般的オーバーホール、及びそれ以降の継続的な定期オーバーホールを提案する。

1) 第一段階オーバーホール

ここに提案する第一段階全般的オーバーホールは、その後13ヶ月後に実施する大規模な第二段階全般的オーバーホールにおいて、全てのリハビリテーション項目を同期化して実施するための中規模の全般的オーバーホールである。

この第一段階全般的オーバーホールには下記項目の作業を含む事とする。

- ①詳細点検の計画（実施計画）
- ②詳細点検の実施（Fig 4.2.2-2, Fig 4.2.3-2, Fig 4.2.4-2 参照）
- ③下記の項目に対するリハビリテーションの指導と結果の確認を委託するための製造元からの指導員又は専門技術者の招聘

NO.	ITEM	指導員又は専門技術者
a.	Boiler Parts Detail Inspection	S/V.from Original Supplier
b.	Pressure Parts Inspection	Specialist
c.	Burner/Combustion Adjustment	S/V.from Original Supplier
d.	Rotating Type Airheater (Seal Adjustment, Air Leakage % Confirmation)	S/V.from Original Supplier
e.	Instrument & Control (Meter Calibration, Control Adjustment)	S/V.from Original Supplier
f.	Turbine	S/V.from Original Supplier
g.	Condenser(Cleaning, Air Leakage)	S/V.from Original Supplier
h.	Boiler Turbine, Generatorの Performance Test, Total Management, Coordination Work Between B,T & G	S/V.from Original Supplier

上記の指導員又は専門技術者の基本的な役割は、各分野の詳細点検項目の確認と実施、詳細点検結果報告書のまとめ、損傷部位に対する更新計画の立案である。

④全般的オーバーホールの結果の性能試験による確認

2) 第二段階全般的オーバーホール

前述の第一段階全般的オーバーホールに含まれる詳細点検の結果をもとに、その後6ヶ月後に実施するクリーニングオーバーホールをはさんで、13ヶ月後に実施する大規模な第二段階全般的オーバーホールでは、計装/制御の変更工事、損傷が予想される再熱器、過熱器の改修工事、その他の更新工事をこの期間に集中して全て

を実施する。

尚、前述のリハビリテーションマスタースケジュールに明記されていない回転機器類、例えばボイラ給水ポンプ、燃焼空気用ファン、HFOポンプ、弁類、及びケーシング、ダクト等の修復は、第一段階の全般的オーバーホールに実施し、更に、その後の大規模なオーバーホールの時に全ての欠陥を完全に修理する事が必要である。

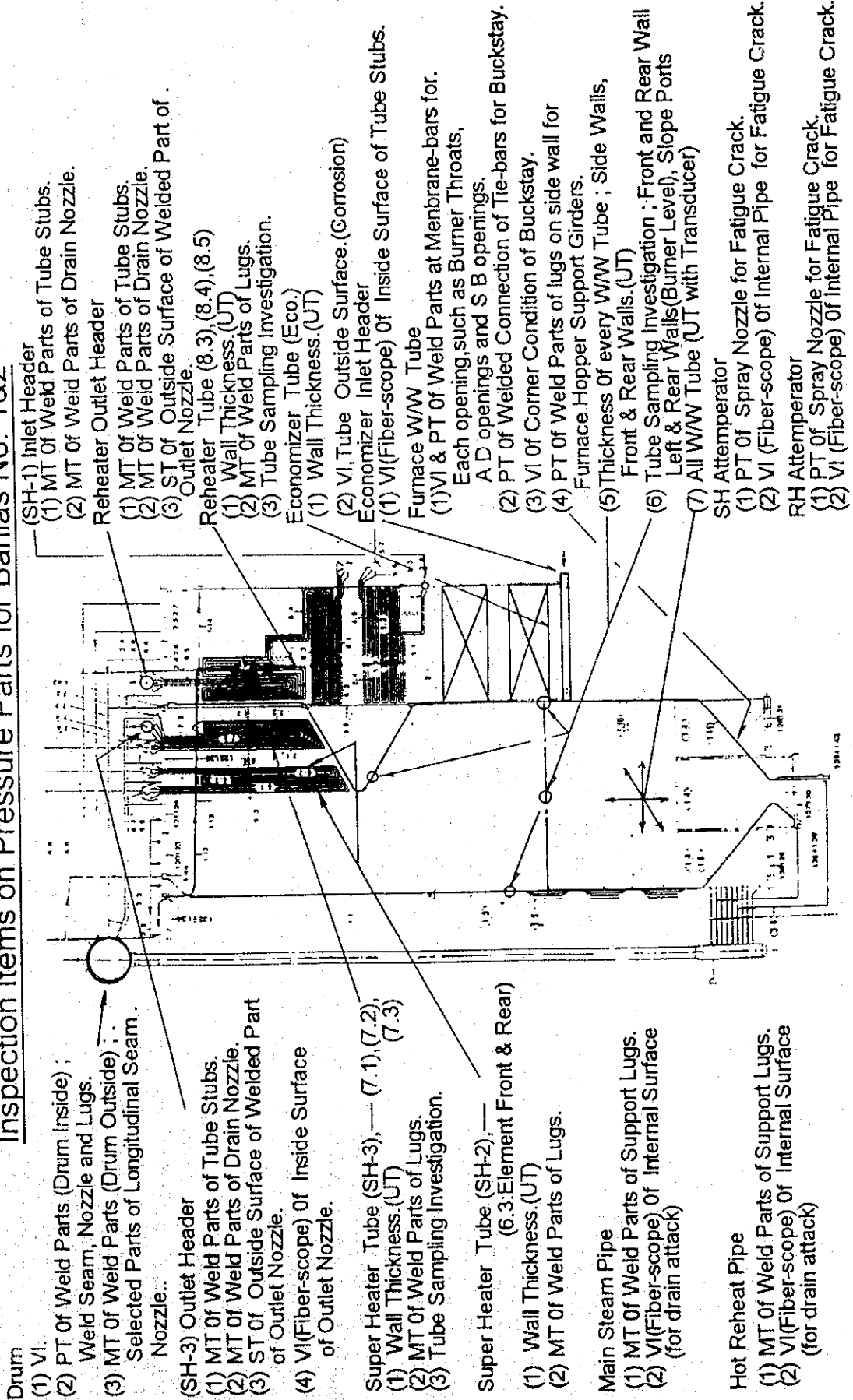
3) それ以降の定期オーバーホール

クリーニングのためのオーバーホールは、6ヶ月毎に実施する事を提案する。

(HFOは低質燃料故、クリーニング回数を増す必要がある。) 又、定期オーバーホール2回に1度は、管厚の記録を取り、詳細点検で記録した管厚のデータと比較した上で、次回のリハビリテーションの実施範囲決定の参考にする。

FIG. 4.2.2-2

Inspection Items on Pressure Parts for Banias No. 1&2



Drum

- (1) VI.
- (2) PT Of Weld Parts (Drum Inside) ; Weld Seam, Nozzle and Lugs.
- (3) MT Of Weld Parts (Drum Outside) ; Selected Parts of Longitudinal Seam. Nozzle..

(SH-3) Outlet Header

- (1) MT Of Weld Parts of Tube Stubs.
- (2) MT Of Weld Parts of Drain Nozzle.
- (3) ST Of Outside Surface of Welded Part of Outlet Nozzle.

(4) VI(Fiber-scope) Of Inside Surface of Outlet Nozzle.

Super Heater Tube (SH-3), — (7.1),(7.2), (7.3)

- (1) Wall Thickness.(UT)
- (2) MT Of Weld Parts of Lugs.
- (3) Tube Sampling Investigation.

Super Heater Tube (SH-2), — (6.3:Element Front & Rear)

- (1) Wall Thickness.(UT)
- (2) MT Of Weld Parts of Lugs.

Main Steam Pipe

- (1) MT Of Weld Parts of Support Lugs.
- (2) VI(Fiber-scope) Of Internal Surface (for drain attack)

Hot Reheat Pipe

- (1) MT Of Weld Parts of Support Lugs.
- (2) VI(Fiber-scope) Of Internal Surface (for drain attack)

(SH-1) Inlet Header

- (1) MT Of Weld Parts of Tube Stubs.
- (2) MT Of Weld Parts of Drain Nozzle.

Reheater Outlet Header

- (1) MT Of Weld Parts of Tube Stubs.
- (2) MT Of Weld Parts of Drain Nozzle.
- (3) ST Of Outside Surface of Welded Part of Outlet Nozzle.

Reheater Tube (8.3),(8.4),(8.5)

- (1) Wall Thickness.(UT)
- (2) MT Of Weld Parts of Lugs.
- (3) Tube Sampling Investigation.

Economizer Tube (Eco.)

- (1) Wall Thickness.(UT)

(2) VI,Tube Outside Surface.(Corrosion)

Economizer Inlet Header

- (1) VI(Fiber-scope) Of Inside Surface of Tube Stubs.

Furnace W/W Tube

- (1)VI & PT Of Weld Parts at Membrane-bars for. Each opening, such as Burner Throats, A D openings and S openings.

(2) PT Of Welded Connection of Buckstay.

(3) VI Of Corner Connection of Buckstay.

(4) PT Of Weld Parts of lugs on side wall for Furnace Hopper Support Girders.

(5) Thickness Of every W/W Tube ; Side Walls, Front & Rear Walls.(UT)

(6) Tube Sampling Investigation ; Front and Rear Wall Left & Rear Walls(Burner Level), Slope Ports

(7) All W/W Tube (UT with Transducer)

SH Attenuator

- (1) PT Of Spray Nozzle for Fatigue Crack.

(2) VI (Fiber-scope) Of Internal Pipe for Fatigue Crack.

RH Attenuator

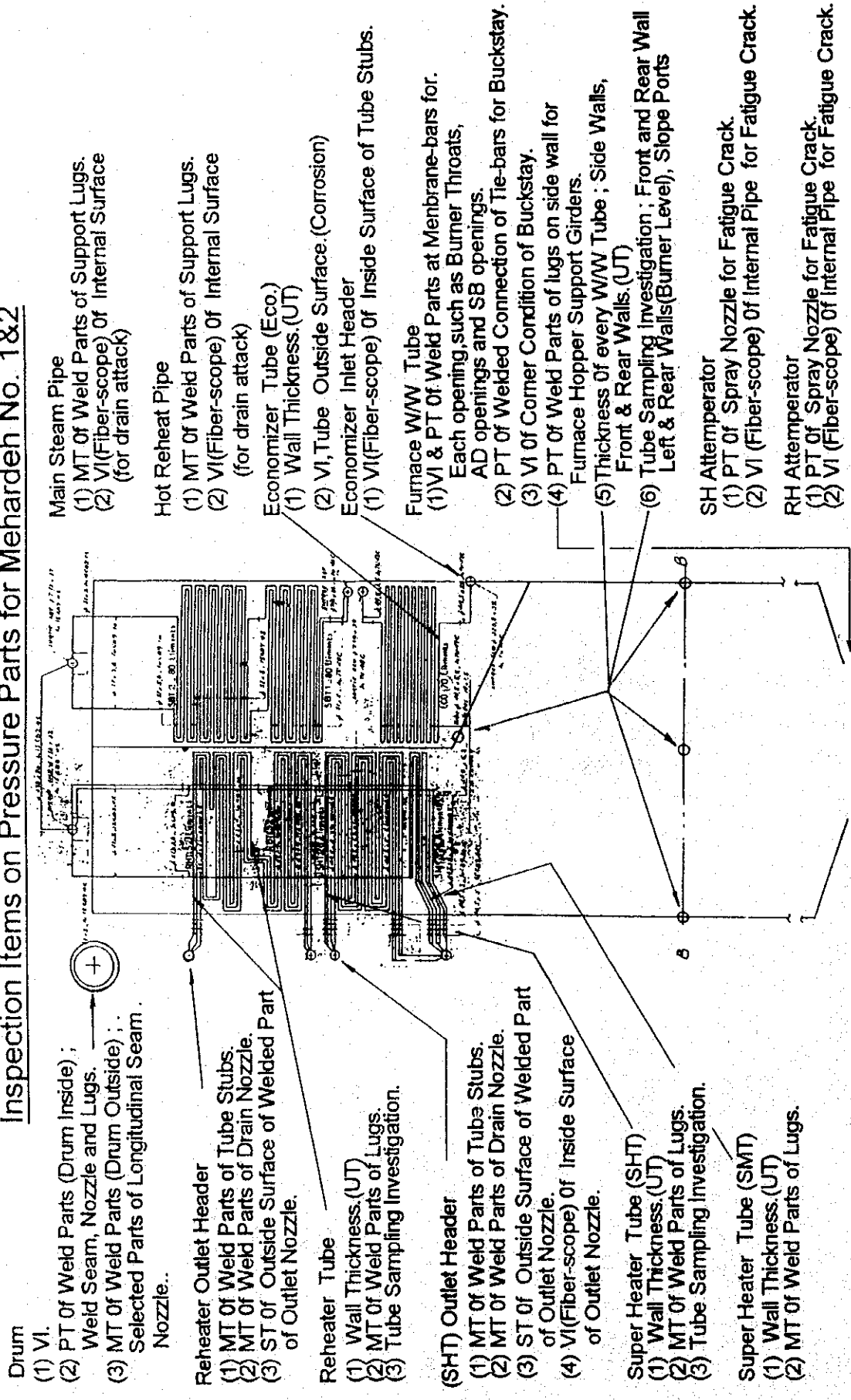
- (1) PT Of Spray Nozzle for Fatigue Crack.

(2) VI (Fiber-scope) Of Internal Pipe for Fatigue Crack.

Note ; MT:Magnetic particle test. PT:Penetration test. VI:Visual inspection. ST:Sump. test (replica) UT:Ultra sonic test. SB: Soot Blower. AD:Access Door.

FIG. 4.2.3-2
Mehardeh P. S

Inspection Items on Pressure Parts for Mehardeh No. 1&2

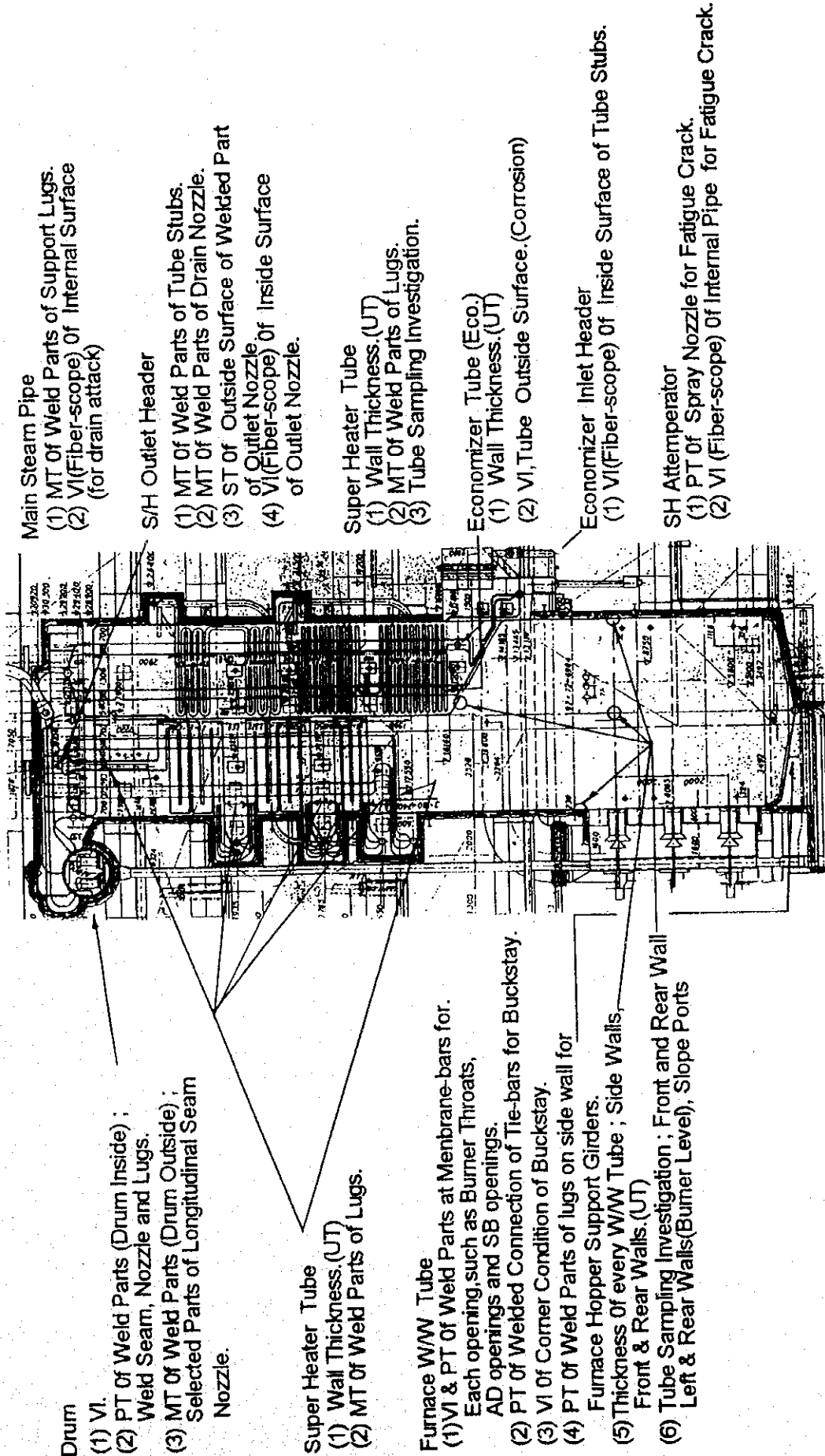


Note ; MT:Magnetic particle test. PT:Penetration test. VI:Visual inspection. ST:Sumpp. test (replica) UT:Ultra sonic test.

SB: Soot Blower. AD:Access Door.

FIG. 4.2.4-2
Katteneh P. S

Inspection Items on Pressure Parts for Katteneh No.6



Main Steam Pipe
 (1) MT Of Weld Parts of Support Lugs.
 (2) VI(Fiber-scope) Of Internal Surface (for drain attack)

S/H Outlet Header
 (1) MT Of Weld Parts of Tube Stub.
 (2) MT Of Weld Parts of Drain Nozzle.
 (3) ST Of Outside Surface of Welded Part of Outlet Nozzle
 (4) VI(Fiber-scope) Of Inside Surface of Outlet Nozzle.

Super Heater Tube
 (1) Wall Thickness.(UT)
 (2) MT Of Weld Parts of Lugs.
 (3) Tube Sampling Investigation.

Economizer Tube (Eco.)
 (1) Wall Thickness.(UT)
 (2) VI, Tube Outside Surface.(Corrosion)

Economizer Inlet Header
 (1) VI(Fiber-scope) Of Inside Surface of Tube Stub.

SH Attenuator
 (1) PT Of Spray Nozzle for Fatigue Crack.
 (2) VI (Fiber-scope) Of Internal Pipe for Fatigue Crack.

Drum
 (1) VI.
 (2) PT Of Weld Parts (Drum Inside) ; Weld Seam, Nozzle and Lugs.
 (3) MT Of Weld Parts (Drum Outside) ; Selected Parts of Longitudinal Seam Nozzle.

Super Heater Tube
 (1) Wall Thickness.(UT)
 (2) MT Of Weld Parts of Lugs.

Furnace W/W Tube
 (1) VI & PT Of Weld Parts at Membrane-bars for. Each opening, such as Burner Throats, AD openings and SB openings.
 (2) PT Of Welded Connection of Tie-bars for Buckstay.
 (3) VI Of Corner Condition of Buckstay.
 (4) PT Of Weld Parts of lugs on side wall for Furnace Hopper Support Girders.
 (5) Thickness Of every W/W Tube ; Side Walls, Front & Rear Walls.(UT)
 (6) Tube Sampling Investigation ; Front and Rear Wall Left & Rear Walls(Burner Level), Slope Ports

Note ; MT:Magnetic particle test. PT:Penetration test. VI:Visual inspection. ST:Sump. test (replica) UT:Ultra sonic test. SB: Soot Blower. AD:Access Door.

(4) 各ユニットの修復計画の提案（電気・計装）

①既設計装システムの改造

4.2.2(2)項に述べた主旨に基づき、既設計装システム（空気式）を電気式に改造する。

②計器類の更新

- 老朽化している以下の計器類の更新を行う。
- 第一段階の点検用OVERHAULの結果によって更新又は修理を行う。

③計器類の校正

更新、又は修理の有無に係わらず、全ての計器の校正（CALIBRATION）を行う。

④老朽化した設備の更新

カテネ発電所においては老朽化した下記設備を更新する。

- DCシステム
- 380V低圧遮断設備

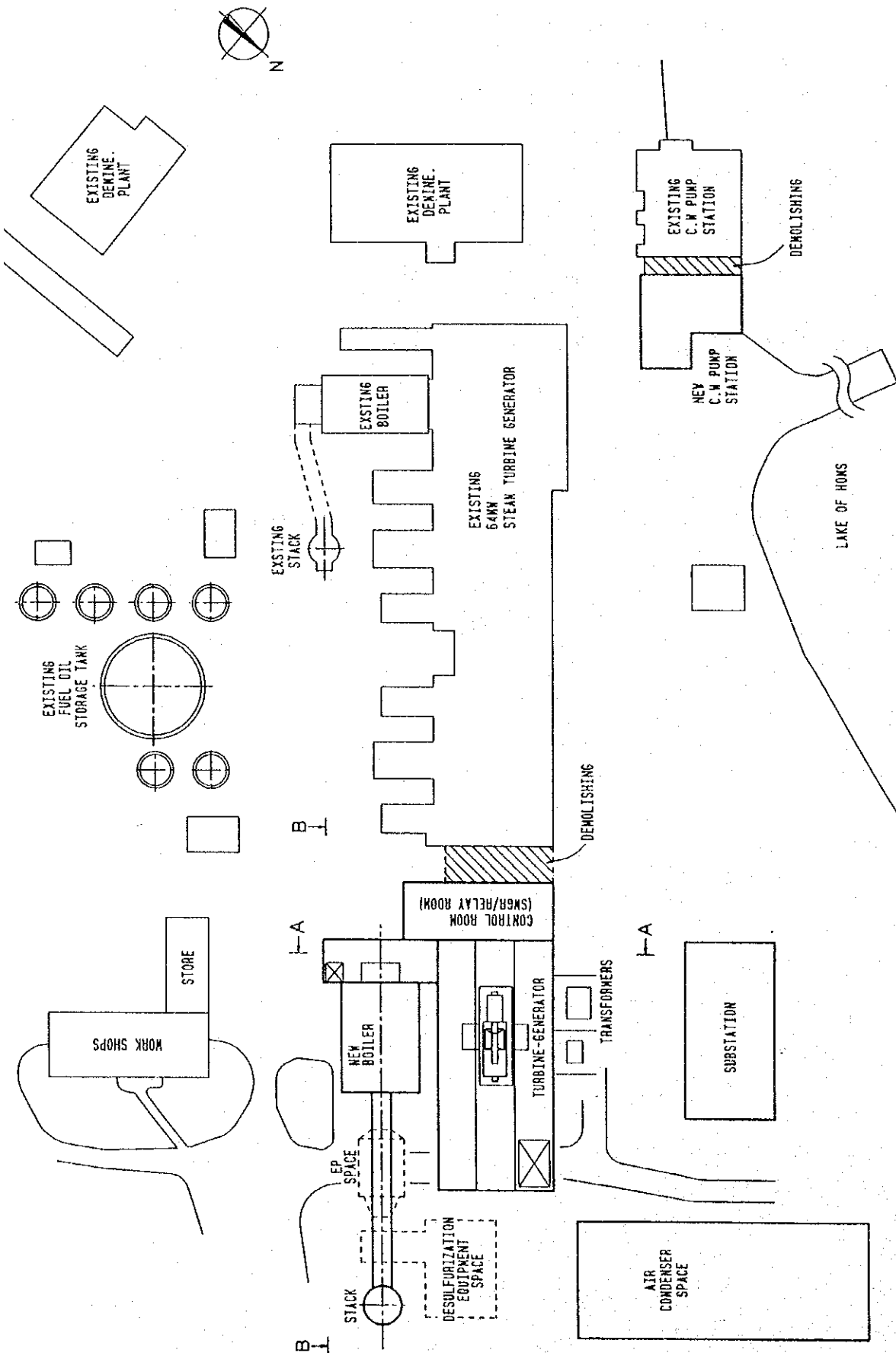
4.2.3 カテネ発電所3,4,5号機

カテネ発電所の3号機、4号機、5号機は、1960年代半ばに営業運転開始されたチェコスロバキア製のユニットで、老朽化が激しく、低下している出力、効率の回復は望み薄と思われ、又、現段階で修復工事を行う事は、プラントの余寿命を考えると得策とは言えない。そこで、これらのユニットについてはリハビリ案の提案は行わずNG又はHFO燃焼の200MW蒸気タービン又はガスタービン発電設備1基の新設を提案する。既設3号機、4号機、5号機は、今後この様な部分補修や1～1.5ヶ月毎のクリーニング、オーバーホールを可能な限り行い、出来るだけ延命して有効利用して行くものとし、短期運転用のリザーブユニットとして使用する。

新設発電設備の基本仕様は下記の通りとしその概略図を図4.2.4-4,5,6に示す。

出力容量	200MW級
燃料	HFO, NG
バーナ	低NOXバーナ

尚、運転開始は2,000年とし、将来の環境対策のため排煙脱硫装置用配置も考慮する必要がある。



PLAN
200MW S.T.G UNIT EXTENSION
IN KATTENEH P/S

FIG. 4.2.4-4

SECTIONS
200MW S.T.G UNIT EXTENSION
IN KATTENEH P/S

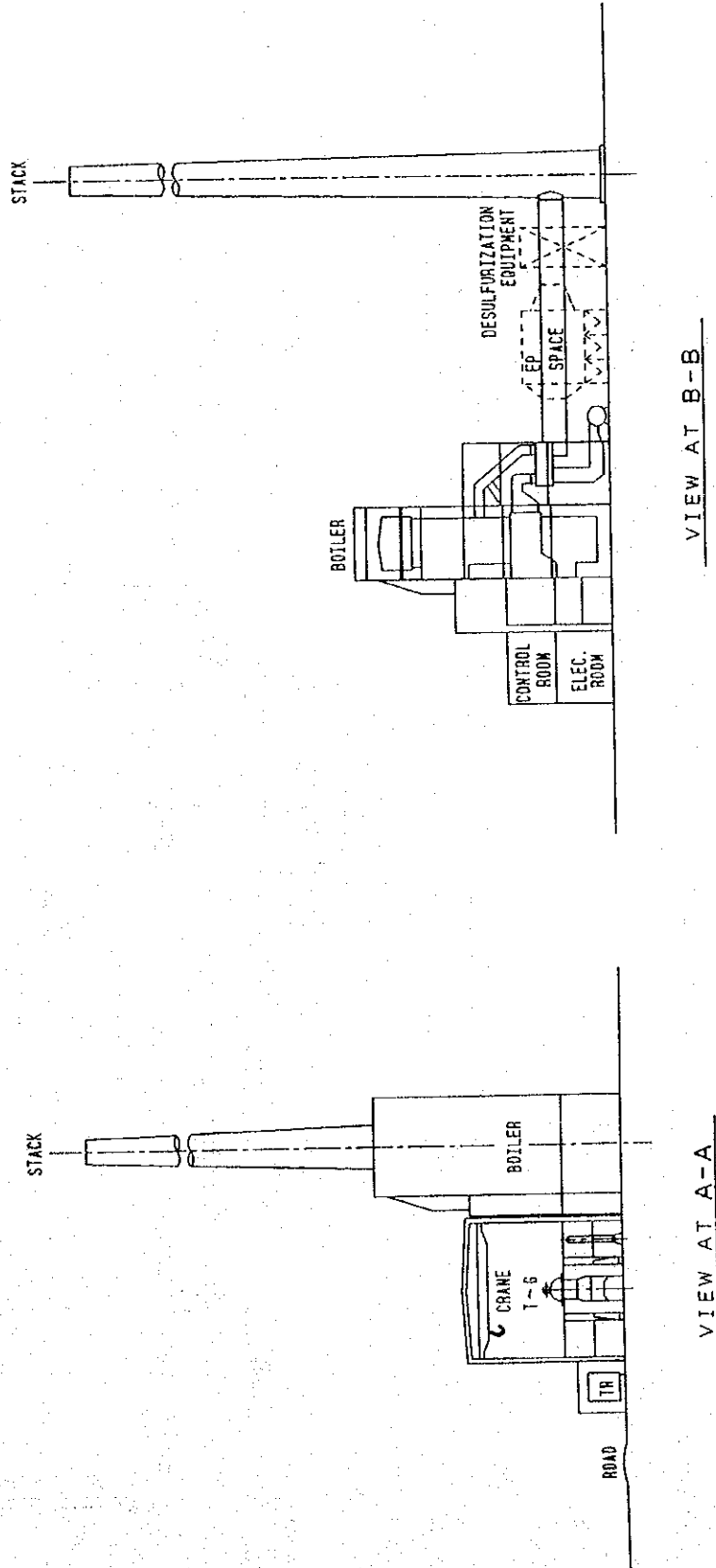


FIG. 4.2.4-5

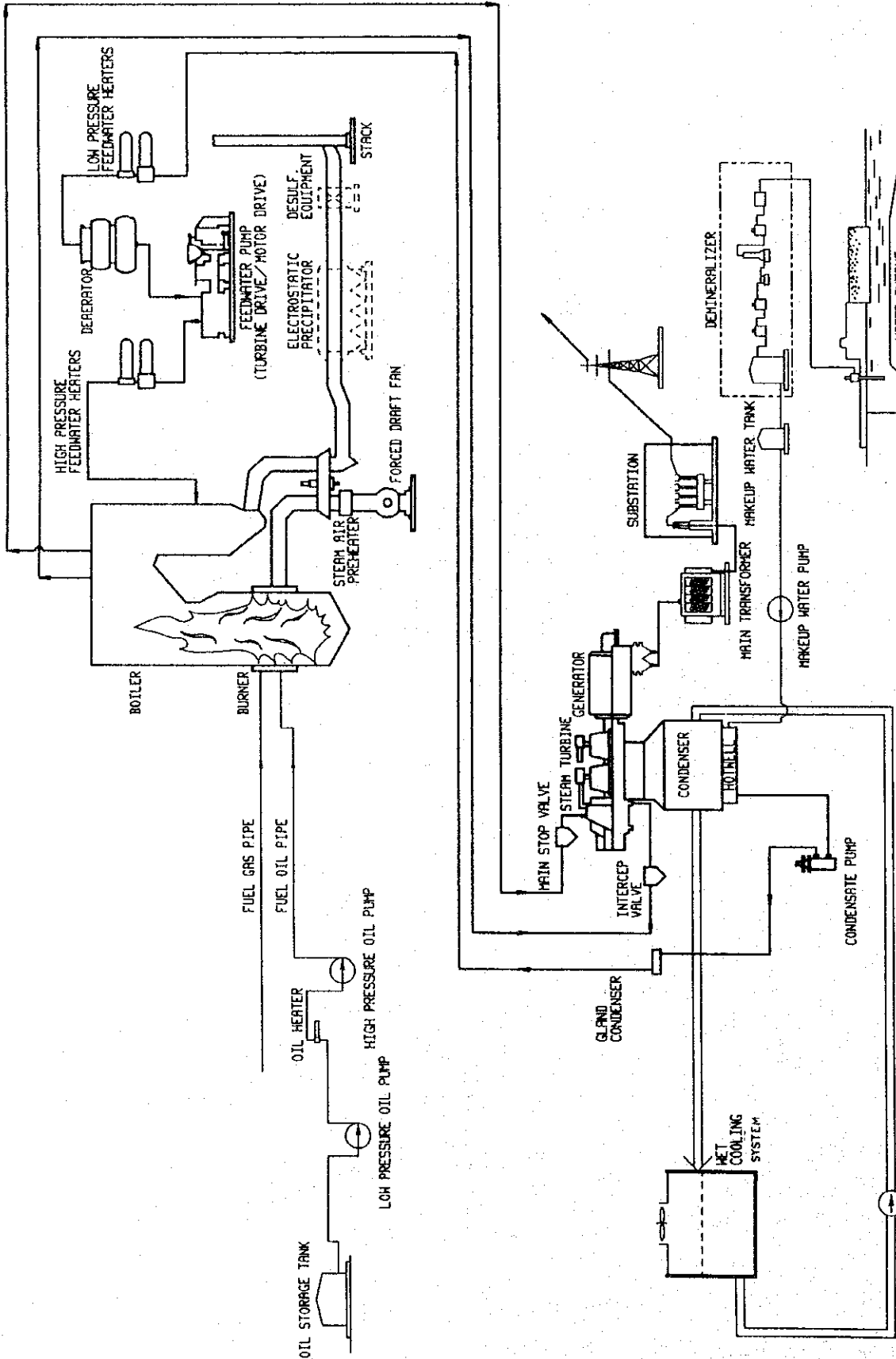


FIG. 4.2.4-6 SYSTEM FLOW DIAGRAM
200MW S. T. G UNIT EXTENSION
IN KATTENEH P/S

4.3 実施工程と概算事業費

4.3.1 実施工程

GUARANTEE CAPACITYがPEAK DEMANDを上回っている1998年から2000年の間に修復工事を実施すべきであることは前述したとおりである。

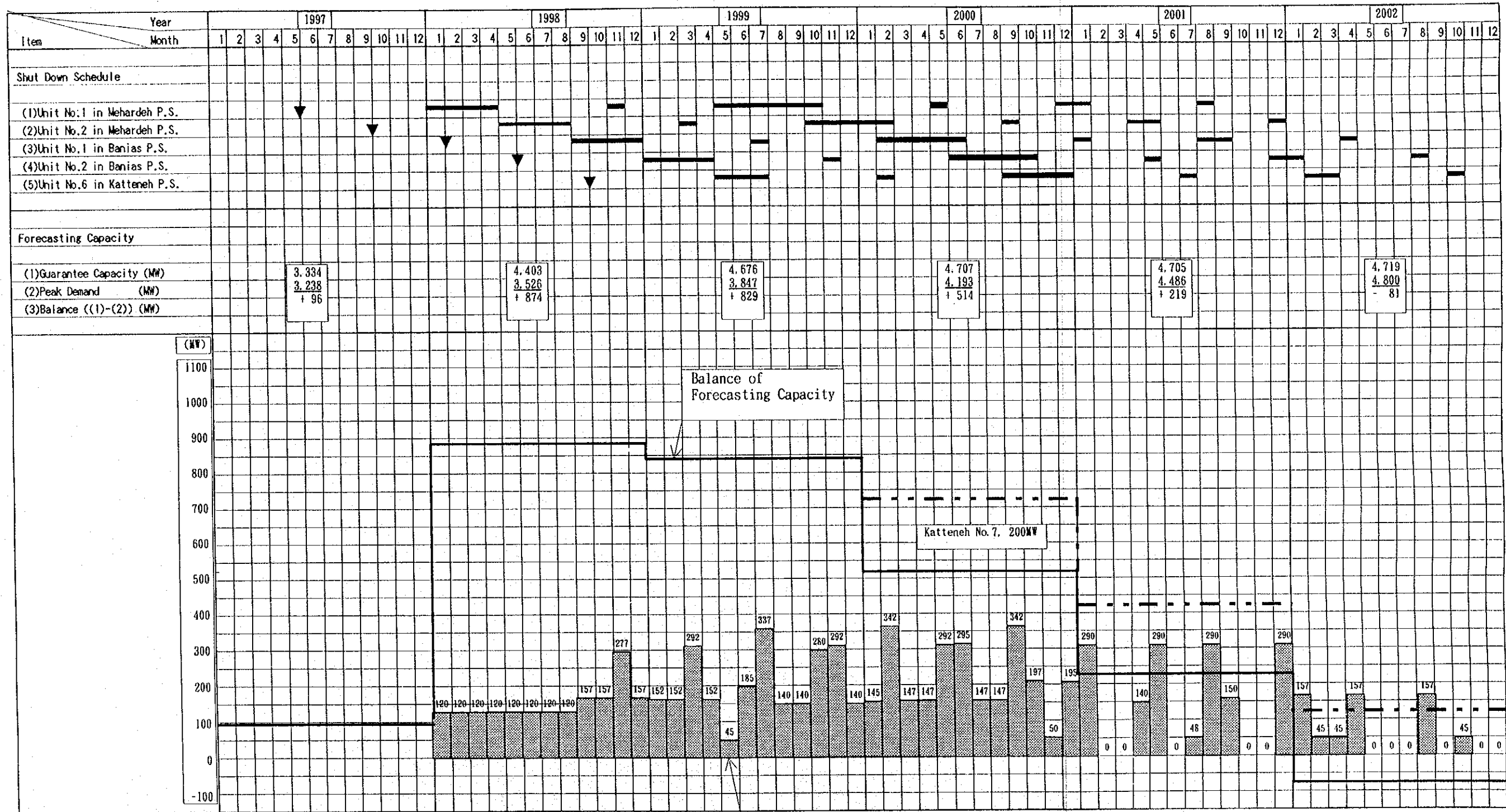
図4.3.1-1に示す工程は、それぞれの発電所の工事工程を調整し、1998年から2000年の間に全ての修復工事を完了させるMASTER TIME SCHEDULEである。

又図4.3.1-2に下記の条件に基づいて計画されたMASTER TIME SCHEDULEの代案を示す。

- 同一発電所内で2台同時にOVERHAULのために停止させない。
- 修復対象ユニットは3台同時にOVERHAULのために停止させない。

この工程で修復工事を実施するためには、早急に全体計画に着手し、1997～1998年からの工事が確実に実施できるようにしなければならない。

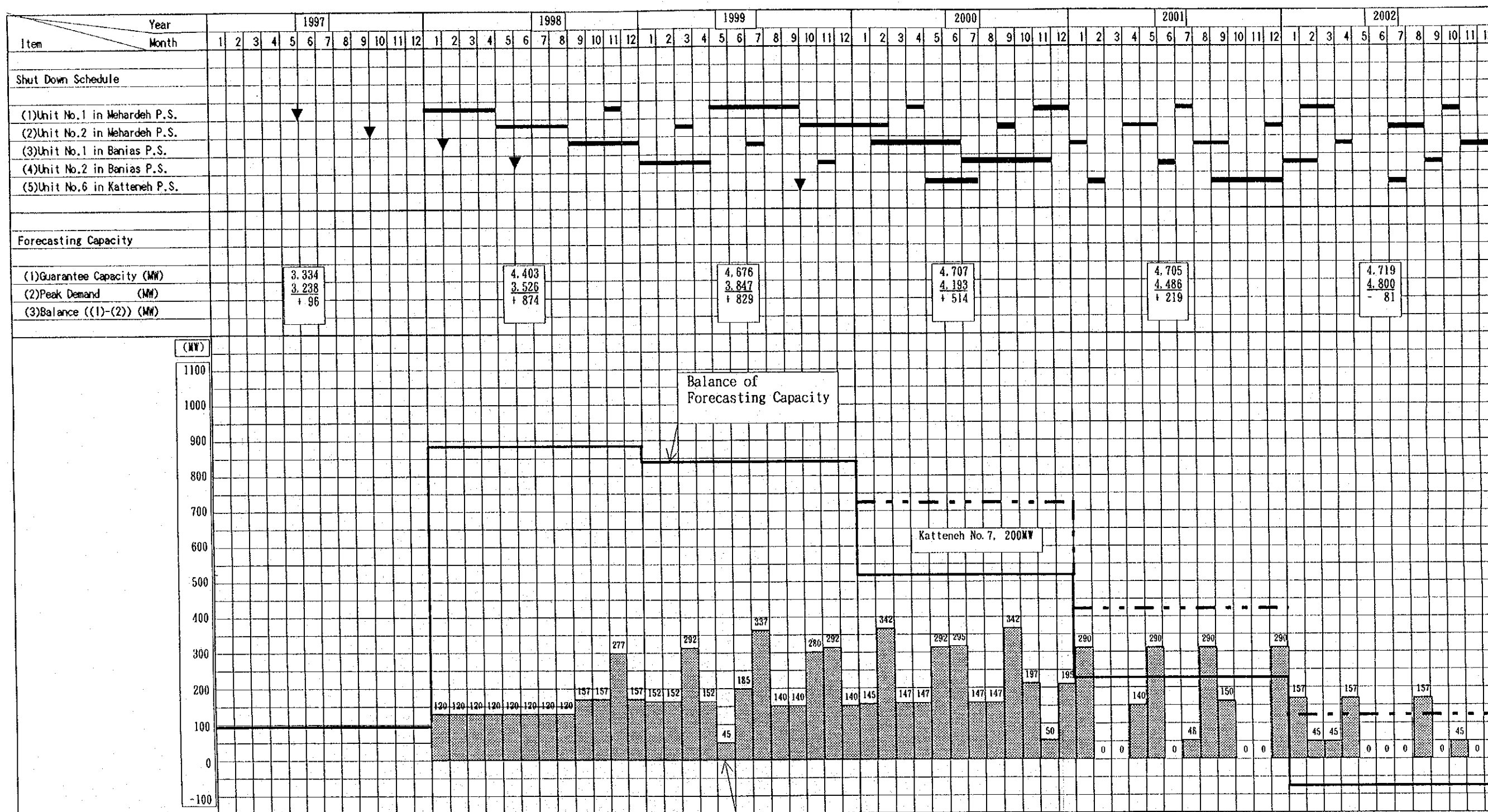
Fig.4.3.1-1 Rehabilitation Master Schedule



Total Capacity of Shut Down Units

Legend
 ▼ : Commencement of the Rehabilitation

Fig.4.3.1-2 An Alternative Rehabilitation Master Schedule



- (1) Two(2) units in the same power plant will not be stopped simultaneously for overhaul.
- (2) Three(3) units will not be stopped at the same time in the selected thermal power plants for overhaul

Total Capacity of Shut Down Units

Legend
 ▼ : Commencement of the Rehabilitation

4.3.2 概算事業費の算出

本項では前項までで提案した修復工事の概算コストの算出を行う。

(1) コスト算出の条件

コスト算出の主要前提条件は、以下のとおり。

1) 価格の基準

価格は1995年2月現在の価格を基準とし、インフレーションによる人件費、工事費の値上がりは見込まない。

2) コスト算出の通貨

コストはUS\$で算出するが、現地通貨（シリア・ポンド）又は日本円で値段を入手した物については、以下の換算率でUS\$に換算する。

$$\begin{aligned} 1 \text{ US\$} &= 42.0 \text{ シリアポンド} \\ &= 100.0 \text{ 円} \end{aligned}$$

3) 税金

輸入税などの税金は全て免除されるものとした。

4) 人件費単価は以下の値を採用した。

各発電所の技術員、作業員：400US\$ / 人・月
メーカー指導員、専門家：30,000US\$ / 人・月

5) 工事費などは、スタディチームの所有する過去の工事の事例のデータを基に推定した。

(2) コスト集計

コストの集計を表4.3.2.1に示す。総事業費は約2億6千3百万US\$となる。

表4.3.2-1 コスト集計

NO.	項 目	金額 (US\$)
1.	パニアス発電所 1号機、2号機 修復工事	
1.1	第1段階OVERHAUL	2,500,000-
1.2	第2段階OVERHAUL	44,500,000-
	(1.合計)	47,000,000-
2.	メハルデ発電所 1号機、2号機修復工事	
2.1	第1段階OVERHAUL	2,500,000-
2.2	第2段階 OVERHAUL	38,500,000-
	(2.合計)	41,000,000-
3.	カテネ発電所 6号機 修復工事	
3.1	第1段階OVERHAUL	1,000,000-
3.2	第2段階 OVERHAUL	14,000,000-
	(3.合計)	15,000,000-
4.	カテネ発電所200 MW S.T.G X 1基 新設工事	
	(4.合計)	160,000,000-
	総事業費	263,000,000-

4.4 リハビリテーションの経済分析

4.4.1 方法

本計画の経済分析においては、電力セクターの経済分析で一般的に用いられている最小費用法を用いて、提案されているリハビリテーションと同等の発電容量が可能となる他の代替案と1KW当たりの発電容量コストを比較してリハビリテーションの経済的妥当性を検証することとする。

「シ」国におけるプロジェクト評価には資本の機会費用として通常9～10%が用いられているため、本分析においては10%を適用する。

4.4.2 経済性についての検討

(1) 代替案の選定

1) 代替プラントの発電タイプ

リハビリテーションの代替案としては、各種の発電タイプの選定が可能であるが、本調査の代替案としては、原子力および水力発電は選定の対象から外しリハビリテーションの対象となる発電所と同じ容量を持つ火力発電所の建設を検討する。

2) 新設代替案のサイト

リハビリテーションの対象となる発電所は、いずれも工業地域及び現在・将来共に電力需要の大きな地域の近くにある。付帯設備・送電のためのコストを最小にするためにも、代替となる新設発電所の建設はリハビリテーションの対象となる各発電所の近隣にそれぞれ同容量を想定する。

(2) 経済的検討の前提条件

1) リハビリテーションおよび建設コスト

国際価格を適用する。近年の発電プラントの市場動向から価格上昇は考慮しない。

2) プロジェクトライフと検討期間

リハビリテーションのプロジェクトライフは修復工事完了後15年とし、代替新設プラントについては、供用開始後はリハビリテーションと同様のメンテナンス体制を採るため35年を想定する。

(3) 発電容量単価の比較

上述の前提、想定条件に基づき、発電容量当たりの単価を計算すると表4.4-1の通りとなる。

表4.4-1両ケースにおける発電容量単価

	Katteneh	Mehardeh	Banias
Installed Capacity	64MW	300MW	340MW
Discount Rate (Opportunity Cost of Capital)	10%		
(1) Rehabilitation Case			
- Investment Cost (US\$ million)	15.0	41.0	44.5
- per KW (US\$)	234	137	138
- Project Life	15 years		
- Annual Cost (US\$/KW)	31	18	17
(2) Alternative Construction Case			
- Investment Cost (US\$ million)	51.2	240.0	272.0
- per KW (US\$)	800		
- Project Life	35 years		
- Annual Cost (US\$/KW)	83		

リハビリテーションで提案されている維持体制を新設代替ケースにおいても採用し、新設代替ケースのプロジェクトライフを35年に想定しても新設代替ケースに比べるとリハビリテーションの実施により1KW当たりの年間コストは大幅に節減され、20～37%となる。

4.5 提 言

- (1) UNITの出力低下、効率低下の主な原因は、長期間清掃、点検修理を行わず、多くの煤が付着させる硫黄分、灰分の多い燃料（HFO）を使用しているため、多くの煤が伝熱面に付着しているからである。
対策としては、運転中はスチーム スートブロワによる清掃を行い、更にオーバーホールの時は必ずクリーニングを実施し、バーナーの燃焼調節を実施する。特に、HFOを使用している発電所では、年に最低2回のクリーニングを実施することを提案する。
又、計装制御装置の故障により、運転状態の改善、特に燃焼の過剰空気率の管理、改善が出来なかったことも出力低下、効率低下の原因の一つである。
これらについては、計装制御装置の更新を提案する。
- (2) ボイラ効率低下及び低温腐食を防止するために、高過剰空気率運転は避ける。
過剰空気率管理計器、すなわちガスO₂計は、(1)で提案している計装制御装置の更新に含まれている。
- (3) 運転中に発生した損傷は、早めに小さな段階で対策修理を実施する。
(対策が遅れると、修理時間が長時間を要するようになり、修理費も増大する。)
- (4) 第一段階のオーバーホールにおいて、運転時間が100,000時間を越えるユニットについて、比較的欠陥の発見しにくいボイラの耐圧部について、詳細点検項目を提案している。また、点検と対策案の立案は、製造元の技術者か、専門の技術者に依頼し、第二段階のオーバーホールの際に全ての損傷の対策工事を実施する。
この際重要なことは、対策を実施する際に必要な対策を全項目を残さず、全てその第二段階停止期間中に行う事である。1部項目でも残すと、そのために対策の効果が明確にならず、次々と後追い対策を行う必要が生じ、それ以後に一定間隔の定期点検修理のスケジュールがとれなくなり、オーバーホールの効果が失われてしまうことになる。
- (5) オーバーホール後に性能試験を実施し、オーバーホールの結果を確認する。
- (6) 今回のリハビリテーション検討対象外のユニットについても、年に一度1.5～2ヶ月の全般的オーバーホールを実施する事を提案する。
FIG.4.3.1-1及び4.3.1-2 REHABILITATION MASTER SCHEDULEに示すごとく、全般的オーバーホールは「シ」国全体の電力需要バランス上、余裕のある1998年から2000年(遅くとも2001年)の間に今回提案のリハビリテーションの作業を実施する必要がある。

しかしながら、今回のリハビリテーション検討対象外の各ユニットについても、年に一度1.5～2ヶ月全般的オーバーホールを実施することを考慮すると、2000年には電力需要ピークに対し、保証供給量が少ないと言う結果が出ている。

この問題を解決するために、本報告による提案のごとく、カテネ発電所に200MWユニットを新設し、2000年より運転開始させる必要がある。

第5章 電力訓練センター建設計画

5.1 電力訓練センター建設計画の前提条件

5.1.1 発電所の運転・保守管理の現況

(1) 各発電所の管理形態

a) 組織

各発電所の組織は、図5.1.1-1に示す通りで、同じ組織であり、発電所長が直接 PEEGT の総裁に繋がっている。各発電所は、組織上は訓練課を運転部門に持っているが、訓練課が機能している発電所は無い。

b) 構成員

各発電所共、運転部門、補修部門及びそれらを補助する事務関連部門から成っているが、その職員総数はかなり多い（表5.1.1-1参照）。日本の平均的火力発電所と比較すると単純比較で3倍以上の職員総数である。各発電所共、技術力を持ち、発電所に長く勤務しているエンジニアはその年齢が高い。最新の発電所の運転・保守管理技術を持った若い技術者の増員が各発電所共、急務である。

c) 運転・保守管理の現状

各運転要員は、与えられた持ち場の計器の監視・記録を行っているのみで、運転状況全般を把握出来る運転要員の数は十分とは言えない。異常発生時の対応については、致命的な故障と判断されない限り、修理の為の運転停止は行わず、運転継続を強いられ、「シ」国の電力事情の厳しさを浮き彫りにしている。

保守管理業務として、日常点検は、カテナ発電所を除いて実施されているが、点検頻度、所要時間、対象機器等が発電所毎に異なる。特に、点検記録（チェックシート）については、各発電所毎に設備納入者が作成したフォームを使用しており、統一されていない。

また、点検は運転部門に於いても、保守部門とは別に実施しており（持場、持場の業務に分割されている。）事故の責任を明確にする意味に於いても、一本化した日常点検体制をとる事が望ましい。

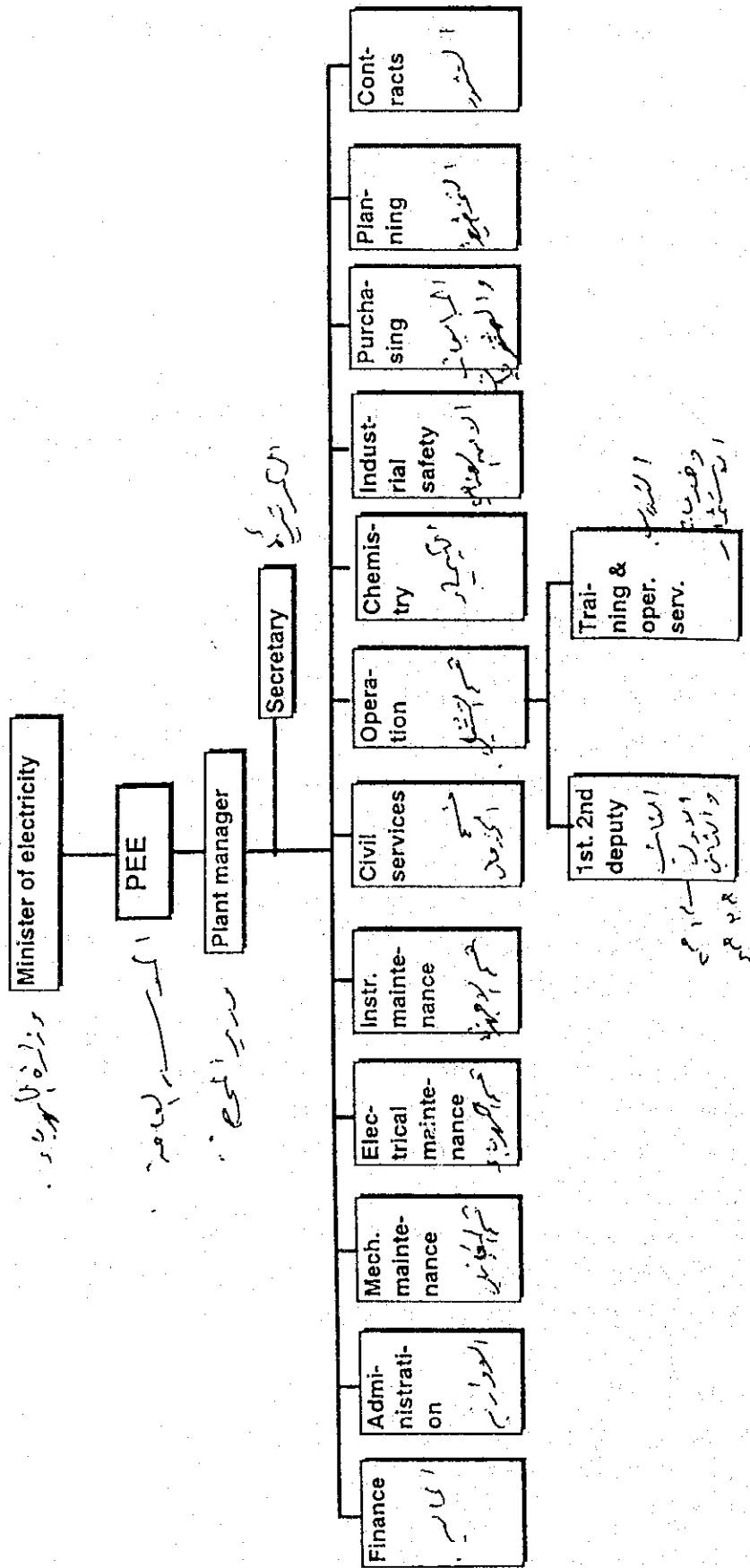


Fig. 5.1.1-1 Organization of the Each Plant

Table 5.1.1-1 Number of Staff of Each Power Plant

As of January 1995

Department	Name of Power Plant			Typical Power Plant in Japan (4 × 175 MW)
	Banias P/P	Mehardeh P/P	Katteneh P/P	
1) Maintenance Department	257	273	155	49 (200)
2) Operation Department	205	140	142	105
3) Chemistry Department	60	56	65	11
4) Civil Department	35	18	12	4 (15)
5) Administration Department	51	56	27	41
6) Other Departments (Finance, Contracts, Planning, Purchasing, Industrial safety)	140	170	125	
Total	748	713	526	210 (215)

Average age of Employees	30	41	55	35
--------------------------	----	----	----	----

Note: Number of Staff shown in () are additional number of workers employed by Subcontractors at the time of field work.

(2) 運転・保守管理の技術レベル

パニアス発電所を除き、運転・保守業務に携わる要員の主力の平均年齢は高く、毎日の運転・保守管理はそれら高年齢技術者によって支えられている。しかし、高年齢技術者の保有している技術は、経験年数と比較して最新の発電所の必要としている技術レベルに達しておらず、メハルデ発電所のように小さな事故の繰り返しが発電所の停止に繋がっている。また、比較的平均年齢の低いパニアス発電所に於いても、経験と教育不足が原因で同じ様な問題が発生しているのが実状である。

意識的にも、技術的にもレベルの高い技術者の育成が必要である。

修理技術については各発電所共、修理工場を保有しており、持場毎の簡単な単純な機械・電気品の修理は可能であるが、溶接技術者が不足しているのは勿論、熟練した技術者が不足しているため、同じ故障・事故が多く発生しているのが現状である。

(3) スペアパーツの現状

1) 保管状態

各発電所共、保管しているスペアパーツは小物部品が大半を占める。手持ちのスペアパーツの保管状態は比較的良い。

2) 充足状況

発電所毎のスペアパーツの充足状況は異なっている。これはおそらく、メンテナンスの一環である補修作業を定期的に行っているか否かの違いであると推測される。スペアパーツの入手に当たっては、その調達に発注から納入に至るまではかなりの期間を要するとのことである。

今後、よりスムーズな海外製スペアパーツの調達を図るべく、制度的な改善も必要になると予想される。

5.1.2 既設技術訓練校の現況 (1994年11月現在)

(1) アドラ技術訓練校

1) 概要

- ①所在地：ダマスカスの東約20Km
- ②設立：1975年
- ③運営母体：シリア電力省(MOE)
- ④生徒数：342人

2) 設置学科

- 電力科(Electric Power Course)
- 電子科(Electronic Course)
- 自動制御科(Control Course)
- 機械科(Mechanical Course)

3) 職員数 32名

4) 年間運営予算

2千万 Syrian pond (過去数年の平均)

5) 評価

後述するラタキア及びアレppo技術訓練校と比較すると、本訓練校の教育内容、設備された教育機材は充実している。しかし、本校の卒業生がそのまま発電所等の第1線の現場に就いたとしても、すぐに「シ」国が抱える運転・保守管理要員の不足を補うレベルにはほど遠いと思われた(現場に就いてから最低3～4年はOJTが必要)。

(2) アレppo技術訓練校

1) 概要

- ①所在地：アレppo中心部より北へ約15Km
- ②設立：1987年
- ③運営母体：シリア電力省(MOE)
- ④生徒数：69人

2) 設置学科

- 配電科(Distribution Course)
- 電子科(Electronic Course)

自動制御科(Control Course)

3) 職員数 35名

4) 年間運営予算
14.5百万 Syrian pond

5) 評価

在籍中の生徒の数は、僅か69名と非常に少なく、将来的に学生総数1,000人を計画に入れて建設された学校としては余りにも利用率が低い。

現在は教材も貧弱であるが、近い内にEUの技術協力（無償援助）の一環として当訓練校を送電及び配電関係の訓練施設に再編成し、スタートするとのことで、我が国の援助で火力発電設備の訓練所が実現すれば、電力関連訓練施設の2本の柱が完成するものと期待される。

(3) ラタキア技術訓練校

1) 概要

- ① 所在地：ラタキア市の北方約15Km
- ② 設立：1991年
- ③ 運営母体：シリア電力省(MOE)
- ④ 生徒数：171人

2) 設置学科

- 送電科(Transmission Course)
- 配電科(Distribution Course)
- 火力発電科(Steam Generation Course)

3) 職員数 62名

4) 年間運営予算
15百万 Syrian pond

5) 評価

管理棟を初め、建設中のものを含めその施設は教育施設として高級なものである。然し、教育用機材は殆ど無いに等しく、設備されている機材でも、実際に教材として役に立つものか疑問なものが多く、一般的な職訓校の機材のレベルの観点からは可成り低いものであった。カリキュラム上の実習比率60%に疑問を持つ。

5.1.3 新訓練センターの必要性と緊急性

(1) 運転・保守管理員訓練の必要性

現地調査の結果では既設発電所の運転・保守管理に携わる要員の技術レベルは低く、一定レベル以上の技術を持った要員の数(約10%程度のみ)は極めて少なく、日常の運転・保守管理にも支障を来しているのが現状である。更に上述の通り今後の火力発電所の増加を考慮すると、要員の不足は更に厳しいものとなり、場合によっては運転・保守管理要員の不足から発電所の運転を継続できなくなる可能性すら考えられる。

この現状の改善を図るためには、既存発電所に勤務し、一定レベル以上の技術を有さない運転・保守管理要員の再教育と、建設中及び将来の火力発電所の増加に備えた火力発電所の運転・保守管理要員の育成は不可欠であり、急務である。

発電所単位での自主的トレーニング(OJT)が若干しか行われていない実情を考えると、技術者の育成と、既存の技術者の技術レベルのアップを図る為には集中的訓練機関として火力発電訓練センターの設置が不可欠であり、その緊急性は極めて高い。

(2) 訓練及び育成を必要とする発電所員数の算出

表5.1.3-1に各発電所毎に訓練及び再訓練が必要な要員数を示す。同表に示される通り訓練及び再訓練が必要な要員数は以下の通りである。

－ 保守・修理部門の訓練者数	合計	2,295名
－ 運転・操作部門の訓練者数	合計	1,587名

上記訓練者数は既設発電所、建設中の発電所及び建設計画中の発電所に必要な要員数から算出した、最小限の人数である。従って、将来の電力需要の増加に合わせて、新しく計画される発電所に必要とされる要員数は、含まれていない。

5.1.4 既設技術訓練校と新訓練センターとの関連

既存の技術訓練校を卒業した生徒がそのまま各発電所へ配属となった場合、特に運転・保守管理の実践的な面において適切な業務の遂行は、技術レベルの点で難しいと判断する。

既存技術訓練校については、発電所の運転・保守管理に携わる技術者の基礎的知識を身につける場との明確な位置づけを行うべきで、より高度で実践的な技術・技能習得は新訓練センターで行うことにする。

Table 5.1.3-1 Number of engineers, technicians and operation staff that require training and education

Field	Maintenance Section				Operation Section		
	Name of power plant (capacity)	Total number of engineers and technicians (See note 1.) at present	Number of engineers and technicians that do not need training (See note 2.)	Number of engineers and technicians that need training (See note 3.)	Total number of engineers and technicians (See note 1.) at present	Number of engineers and technicians that do not need training (See note 2.)	Number of engineers and technicians that need training (See note 3.)
Existing power plants	Banias Power Plant (680 MW)	257	50	207	205	30	175
	Mehardheh Power Plant (630 MW)	273	30	243	140	20	120
	Katteneh Power Plant (154 MW)	155	30	125	142	20	122
	Tishreen Power Plant (400 MW + 200 MW)	200	30	170	150	20	130
	Swedieh Power Plant (150 MW)	130	20	110	70	10	60
	Tayem Power Plant (90 MW)	130	20	110	70	10	60
	Gas Turbine Power Plant (20 MW x 14 P/S)	140	30	110	210	30	180
	Jandar C/C Power Plant (600 MW)	200	—	200	100	—	100
	Aleppo Power plant (1000 MW)	300	—	300	200	—	200
	Al-zara Power Plant (600 MW)	250	—	250	150	—	150
Plants that are under construction or planned	Gas Turbine Power Plant (300MW x 2 P/S)	300	—	300	200	—	200
	Combined Cycle Power Plant (150 MW x 2 P/S)	200	30	170	100	10	90
	Total	2,535	240	2,295	1,737	150	1,587

Note 1: Based on data collected at each power plant and PEEGT during the First and Second Field Survey.

Note 2: Based on survey team evaluation made during the First and Second Field Survey.

Note 3: Note 1 - Note 2

5.2 電力訓練センターの概念設計

5.2.1 管理・運営計画

(1) 組織

新訓練センターの組織を図 5.2.1-1に示す。

又、新訓練センターの教官 (Instructors) の必要数を表5.2.1-1に示す。

(2) 管理・運営形態

所長は訓練センターの運営・管理が支障なく実施される様に、上部管理機関である PEEGT と、常時連携を図ると共に、各火力発電所現場の運転・維持管理の問題点を把握し、当該訓練所の教育用機材を含めた訓練計画の立案に役立てるものとする。

各部門の部長 (Directors) は訓練所全体の運営・管理については所長を補佐し、また自部門の運営・管理については、その責任者として位置付けられる。

5.2.2 訓練計画

(1) 訓練の基本概念

1) 訓練カリキュラム策定の基本概念

当該訓練所の設立の目的は「シ」国の火力発電所における運転・保守管理要員の育成・再教育である。その為に実施される訓練は、発電所現場ですぐに役立つ技能訓練とし以下の2つの主要訓練をそれぞれ専門コース毎に実施する。

- － 保守訓練コース
- － 運転操作訓練コース

(a) 保守訓練コース

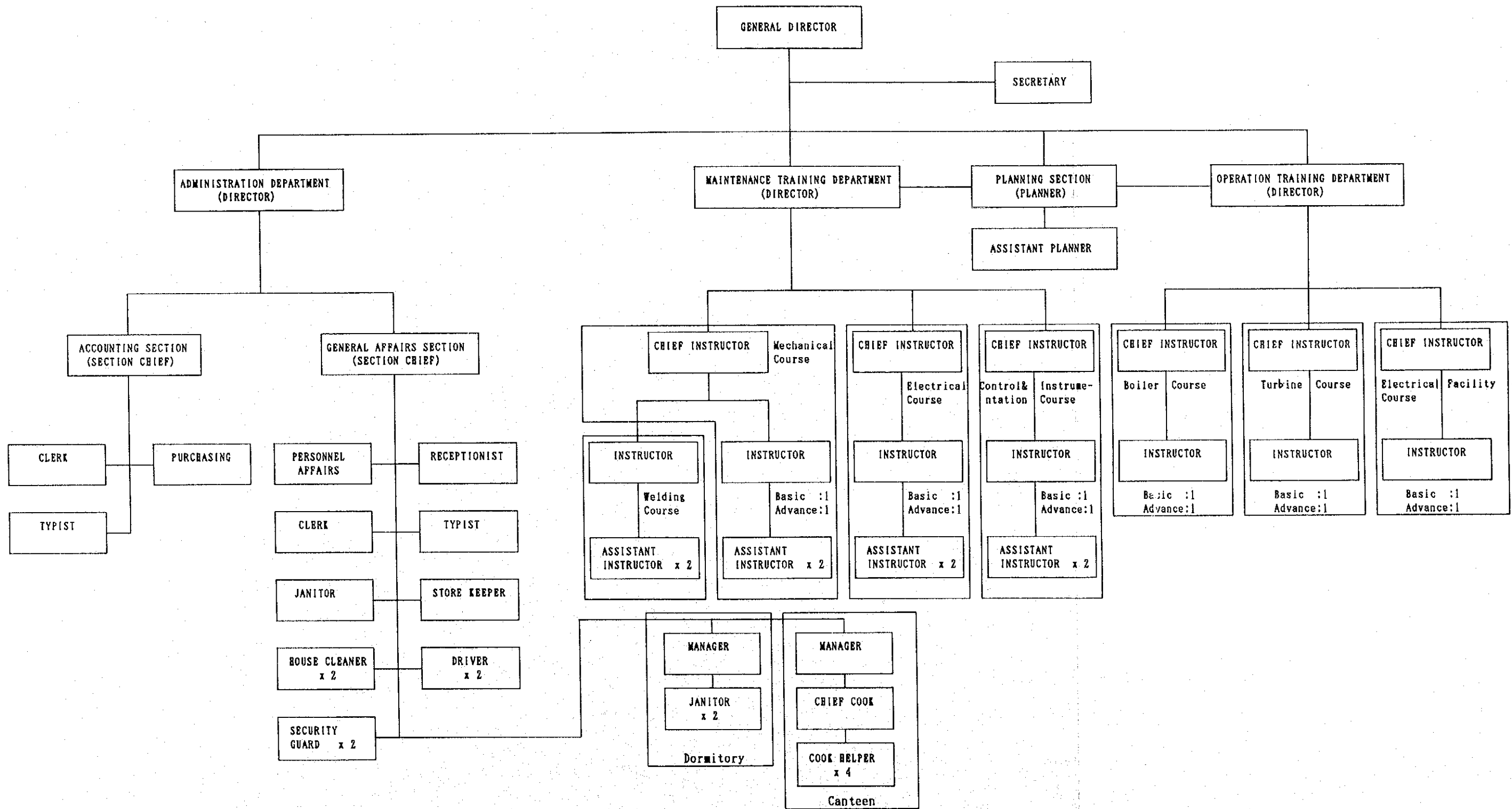
コースは基礎&一般コース、上級コース及び溶接コースで構成されている。溶接コースを除いて各コースは機械コース、電気コース及び制御&計装コースの各専門コースに分かれている。各コース別の生徒数は訓練効果等を考慮して基礎&一般コースで15名、上級コースで10名とする。年間計画卒業生総数は170名とする。

(b) 運転操作訓練コース

当コースは基礎コースと上級コースから構成されており、基礎コースを終了した生徒がそのまま上級コースに進む。

基礎コースに於いては、主に、当訓練センターに設置される簡易型シミュレ

Fig. 5.2.1-1 Proposed Organization Chart of New Training Center



ーターを使つての運転訓練を行い、上級コースに於いては、ジャンダール発電所に設置される2台のシミュレーターを利用して、より実践的な運転トレーニングを行うものとする。

各コースの生徒数は訓練効果等を考慮して10名とする。年間計画卒業生総数は60名とする。

2) 入学資格

訓練受講者の資格は発電所の保守・管理および運転に従事した経験年数、並びに、既存3ヶ所の技術訓練校の卒業生及び、同等以上の学力を有すると認められた者を対象とする。

(2) 訓練カリキュラム

上記訓練概念及び訓練目標を基とし、各コースのカリキュラムを策定した。(添付省略)

(3) 訓練スケジュール

上記訓練概念及び訓練カリキュラムを基とし、各コースの訓練スケジュールをTable 5.2.2-2のごとく策定した。

5.2.3 訓練用機材の概念設計

(1) 主要機材リスト

5.2.2項に示されている訓練カリキュラム及び訓練スケジュールに基づき選定された訓練用機材の主要リストを作成した。(添付省略)

(2) 主要機材配置計画

前項に示す、当該訓練センターに設置される機材の配置計画図を添付図5.2.4-4及び5.2.4-6に示す。

Table 5.2.2-2
Training Schedule for New Training Center

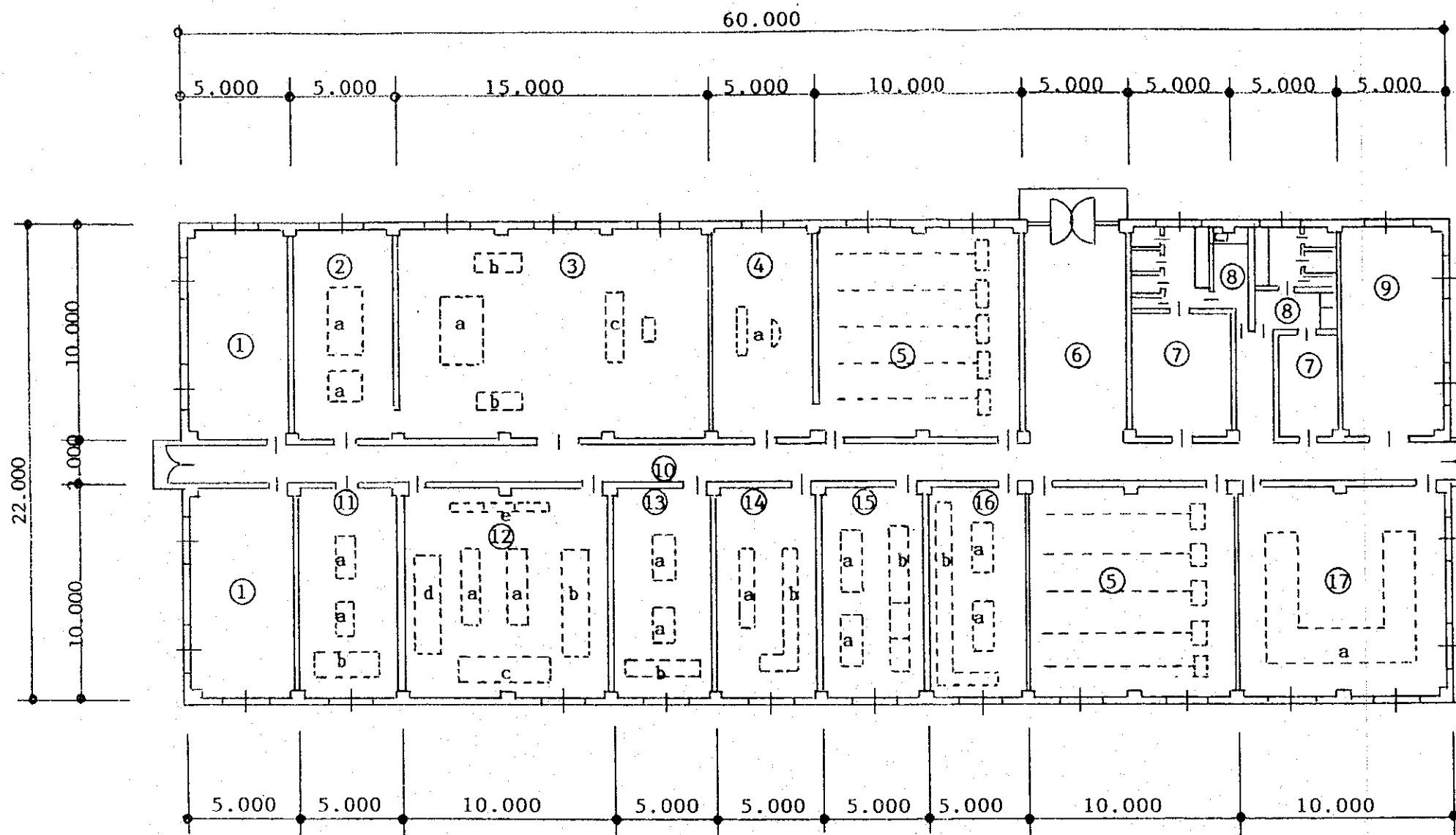
Training Courses	No. of Students per class	Training Schedule	Total No. of Students to be Graduated
(1) Maintenance Training Courses			
<u>1) Basic & General Course</u>			
① Mechanical Course	15		15Sx2T= 30
② Electrical Course	15		15Sx2T= 30
③ Control & Instrumentation Course	15		15Sx2T= 30 (90)
<u>2) Advanced Course</u>			
① Mechanical Course	10		10Sx2T= 20
② Electrical Course	10		10Sx2T= 20
③ Control & Instrumentation Course	10		10Sx2T= 20
<u>3) Welding Course</u>	10		10Sx2T= 20 (80)
			170
(2) Operation Training Course			
<u>1) Basic Course</u>			
① Boiler Course	10		
② Turbine Course	10		
③ Electrical Facility Course	10		
<u>2) Advanced Course</u>			
① Boiler Course	10		10Sx2T= 20
② Turbine Course	10		10Sx2T= 20
③ Electrical Facility Course	10		10Sx2T= 20 (60)
Total			230

Note:

M- Months

S - Students

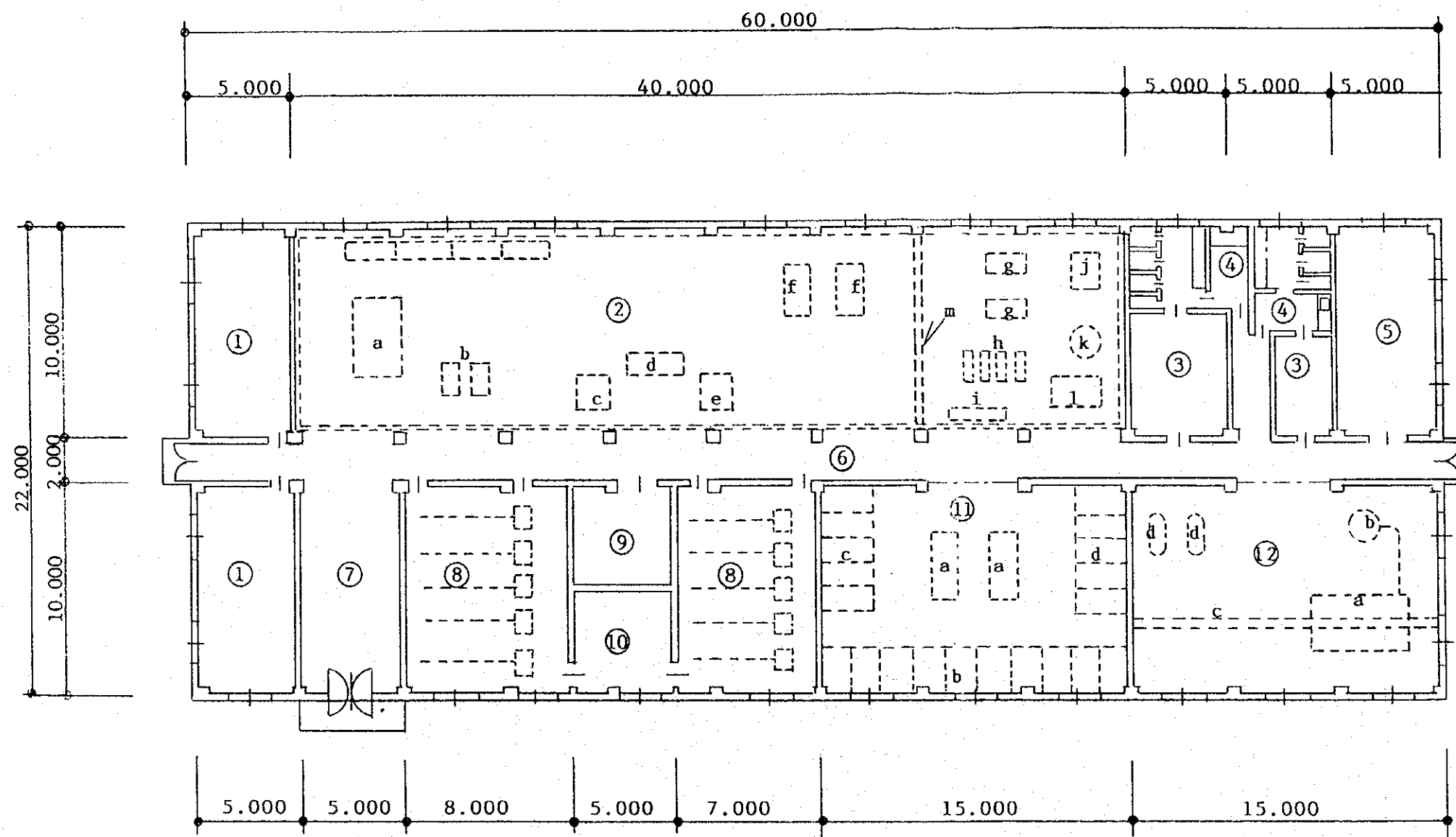
T - Number of annual session



LABORATORY BUILDING PLAN 1: 250

No.	Room	Main Training Equipment to be Installed	No.	Room	Main Training Equipment to be Installed
①	Instructor's Room	-	⑫	Advanced Electrical Laboratory	a: Work Bench b: GCB·VCB·ACB Panels c: AVR·Frequency·Relay Panels d: Relay Panel e: Measuring Instruments, Tool Rack, etc
②	Computer Room	a: Computer for Simulator	⑬	Advanced Mechanical Laboratory	a: Work Bench b: Valves
③	Simulator Room	a: Boiler·Turbine·Generator Panel b: Auxiliary Panel c: Shift-chief's Desk			
④	Instruction Room	a: Instructor's Bench	⑭	General Control Laboratory	a: Work Bench b: Pressure Switches, Recorders Chemical Instruments
⑤	Class Room	-	⑮	General Electrical Laboratory	a: Work Bench b: Sequence Practice Panel, Protection Panel Plastic Model (Rotor etc)
⑥	Entrance Hall	-			
⑦	Locker Room	-	⑯	General Mechanical Laboratory	a: Work Bench b: Valves, Plastic Model(Boiler etc)
⑧	Toilet, Washroom, Pantry	-			
⑨	Electrical Room	-	⑰	NDT Testing Room	a: Work Bench, Various Testing Devices
⑩	Corridor	-			
⑪	Advanced Control Laboratory	a: Work Benche b: Sensor & Valves, etc			

DWG-NO 5244
Main Equipment Layout Plan
(Laboratory)



WORKSHOP BUILDING PLAN 1 : 250

No.	Room	Main Training Equipment to be Installed	No.	Room	Main Training Equipment to be Installed	No.	Room	Main Training Equipment to be Installed
①	Instructor's Room		③	Locker Room	-	⑫	Compressor Room	a: Air Compressor
②	Workshop	a: Ventilator	④	Toilet, Washroom, Pantry	-			b: Receiver
		b: Control Drive	⑤	Electrical Room	-			c: Geared Trolley Hoist (3 ton)
		c: Governor	⑥	Corridor	-			d: Air Compressor (Small)
		d: Control Valve	⑦	Entrance Hall	-			
		e: Main Stop Valve	⑧	Class Room	-			
		f: Large Motor	⑨	Tool Room	-			
		g: Horizontal Pump(Large)	⑩	Preparation Room	-			
		h: Horizontal Pump(Small)	⑪	Welding Laboratory	a: Work Bench			
		i: Control Panel			b: Electric Welding machine			
		j: Head-tank			c: TIG Welding Machine			
		k: Vertical Tank			d: Gus Cutting Apparatus			
l: Water Tank(Underground)								
Vertical Pump								
m: Over Head Crane(5 ton)								

DWG-NO 524-6
Main Equipment Layout Plan
(Workshop)

5.2.4 施設の概念設計

(1) 建設予定地

新訓練センターの建設予定地は、第2次現地調査時、調査団と「シ」国側との協議及び現地調査の結果、ジャンダール複合火力発電所建設地が選定された。

(2) 施設配置計画

当該訓練センターに必要な施設の概要は以下の通りである。

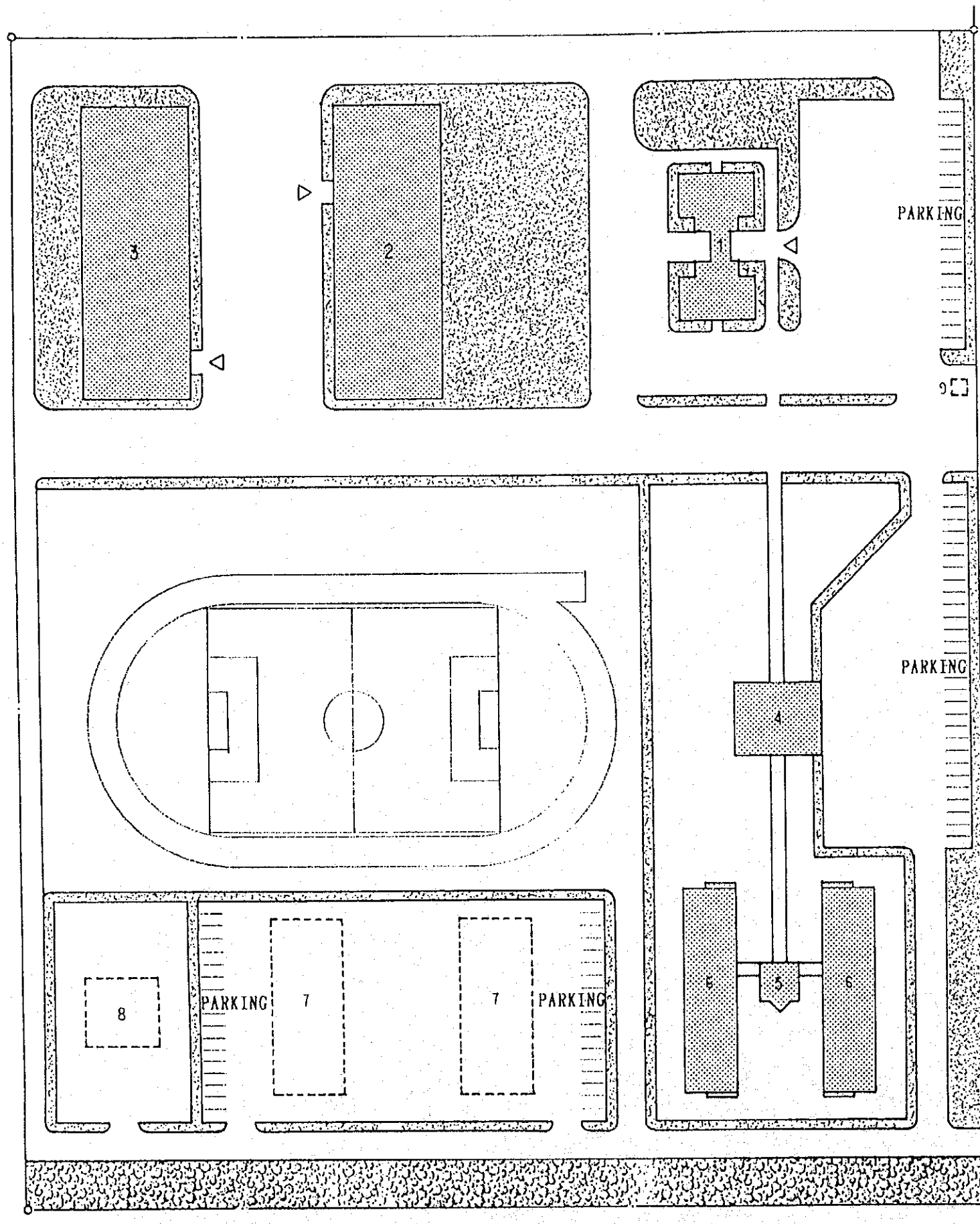
1) 建物

- － 管理事務所棟 (Administration Building)
- － 実習室棟 (Laboratory Building)
- － 工場棟 (Workshop Building)
- － 食堂 (Canteen)
- － 生徒寄宿舍 (Dormitories for Students)
- － 職員アパート (Apartments for Staff)
- － 所長宿舎 (Director's House)
- － 守衛室 (Gate House)

2) 付帯施設

- － 高架水槽 (Elevated Water Tank)
- － 浄化槽&浸透槽 (Septic Tank(s) and Soakage Pit(s))
- － 駐車場 (Parking Area)
- － フェンス&ゲート (Fence and Gate(s))
- － 屋外照明 (Outdoor Lighting)

各主要施設の配置計画を添付図 5.2.4-2に示す。



- 1 ADMINISTRATION BUILDING
- 2 LABORATORY BUILDING
- 3 WORKSHOP BUILDING
- 4 CANTEEN
- 5 DORMITORY OFFICE
- 6 DORMITORY
- 7 APARTMENTS FOR STAFFS
- 8 DIRECTOR'S RESIDENCE
- 9 GATEHOUSE

1. Administration Building	706.80 m ²
2. Laboratory Building	1,320.00 m ²
3. Workshop Building	1,320.00 m ²
4. Canteen	270.00 m ²
5. Dormitory office	66.25 m ²
6. Dormitories for Students	1,296.00 m ²
Total Floor Area	4,979.05 m²

SITE PLAN 1 : 1000

DWG-NO.5.2.4-2 Facility Layout Plan

5.2.5 概算事業費(訓練用機材及び施設)

(1) 訓練用機材

訓練用機材の概算調達費用は以下の通りである。

1) 機材費	K¥	930,000
2) 輸送費 (海上、内陸)	K¥	90,000
3) 据付費	K¥	80,000
		<hr/>
	合 計	K¥ 1,100,000

(2) 施設

1) 建物・付帯施設	K¥	1,607,000-
2) 据付費	K¥	73,000-
		<hr/>
	合 計	K¥ 1,680,000-

(3) 総合計	(1) + (2)	K¥ 2,780,000-
---------	-----------	---------------

備考：上記金額には「シ」国での諸税を含んでいない。

5.3 当該訓練センターの運営・管理費

当該訓練所の建設が完了し、訓練所が開講された後の必要な訓練所の年間運営管理費を以下算出する。PEEGTは訓練所の建設計画の立案と同時にこの運営管理費の予算措置を速やかに講じる必要がある。

(1) 人件費	US\$248,400-/年
(2) 水道光熱費	
a) 電気代	US\$60,000/年
b) 燃料費	US\$25,200-/年
(3) 通信費	US\$ 3,600-/年
(4) 建物・施設補修費	US\$ 12,000-/年
(5) 教材・備品購入費	US\$ 48,000-/年
(6) 食材費	(US\$223,200-/年)
(7) 合計(上記(1)+(2)----(6))	
1) 人件費	=US\$248,400-
2) 水道光熱費	=US\$ 85,200-
3) 通信費	=US\$ 3,600-
4) 建物・施設補修費	=US\$ 12,000-
5) 教材・備品購入費	=US\$ 48,000-
6) 食材費	(=US\$223,200-)
合 計 (食費不含)	US\$397,200-/年
合 計 (食費含)	(US\$620,400-/年)

以上により約40万US\$/年の運営・管理費をPEEGTは用意する必要がある。

5.4 電力訓練センター建設に係る経済・財務分析

現在、MOEは3つのTechnical Institutes を運営しており、1994年予算で総額49.5百万シリアン・ポンドが計上されている。

本訓練センター建設に要する事業費は、総額で27.8百万米ドルで年間の経常経費は、(1US\$42SP換算で) 総額で16.7百万シリアン・ポンド(食事補助を除く)であるがMOEおよびPEEGTが今後の発電設備の増加にともなう全体の運営・維持費に占める訓練予算の比率を保持し続ける場合においては、新訓練センターについても、経常経費は(1ドル42SP換算で) 総額で16.7百万シリアン・ポンド(食事補助を除く)MOE及びPEEGTの予算により負担可能であると判断される。

しかしながら、初期投資費用については、PEEGTおよびMOEによる負担は困難であり、日本など、外国からの無償資金協力が望ましい。

5.5 提言

5.5.1 新訓練センターの位置付け

当該訓練センターは、MOEが運営・管理する既設の技術訓練校の卒業生の訓練と既設火力発電所の要員の再教育を目指している。その為既設の技術訓練校と比較して、訓練内容がより実践的で、各発電所の保守・運転業務に直ぐに役立つ要員の育成を目的にしており、技術的にレベルが高く、MOE及びPEEGTの訓練機関の中心的役割を担うものと位置付けられる。

5.5.2 インストラクターの確保

当該訓練センターの機能が充分に発揮され、訓練生の育成の成否は優秀なインストラクターの確保にある。PEEGTは第5.2.1項に示されているインストラクターを建設完了の最低6ヶ月前迄に訓練所に配置し、具体的な訓練カリキュラム、時間割、教科書等の作成を開始しなければならない。

インストラクターの確保には、PEEGTのトレーニング部門が中心になり、既設の訓練センターのインストラクターや各火力発電所に勤務するエンジニア及びテクニシャンの内、当該訓練センターのインストラクターとして適任な人材を集める必要がある。既設各発電所の現状は、保守・運転に携わっているエンジニア及びテクニシャンに余裕は無く、インストラクターとして優秀なエンジニア及びテクニシャンを訓練所に派遣することに抵抗もあると思えるが、将来の発電所の保守・運転技術のレベルアップを図り、各発電所の出力及び熱効率の向上を図るためには、各発電所に強く協力を依頼する必要がある。

5.5.3 既設技術訓練校及び発電所との連携

既存の技術訓練校と密接な連携を保ち、訓練カリキュラムの一貫性及び訓練生受け入れ計画の立案を図ると共に、インストラクターのレベルアップ及び育成も必要なため、インストラクターの交流も図る必要がある。

又、既存の各発電所とも連絡・協議を密にして、訓練生の受け入れ計画を確立すると共に、インストラクターの派遣依頼、発電所現場での実地訓練及び訓練センター卒業後の進路の確保等に協力体制を整える必要がある。

5.5.4 訓練修了生の待遇

(1) 給与面での処遇

既設発電所からの訓練生に対しては、訓練期間中も発電所職員としての給与を支給し、生活面の安定を図り、又既存の技術訓練校と同様に訓練生全員の授業料は免除により、訓練生の学習意欲向上を図る必要がある。

(2) 資格の授与と昇給・昇格

訓練生が規定のコースを修了し、修了試験に合格した時は、国家又はMOEの

認定する(Authorize)技術資格又は称号を訓練生に与へることで、学習目標を明確にする。又、資格又は称号を得た訓練生が、発電所現場に復帰した時は、彼らの給与、資格を昇給、昇格させることにより訓練期間中の学習意欲の向上を図ることとする。

JICA