

国際協力事業団
ヴェトナム社会主義共和国
エネルギー省

ヴェトナム社会主義共和国
ダニム電力システム改修計画調査

ファイナル・レポート

平成 7 年 6 月

日本工営株式会社

館 調 査
J R
95 - 125

国際協力事業団

ヴェトナム社会主義共和国
エネルギー省

ヴェトナム社会主義共和国
ダニム電力システム改修計画調査

ファイナル・レポート



28680

平成 7 年 6 月

日本工営株式会社

国際協力事業団

28680

序 文

日本国政府は、ヴェトナム社会主義共和国政府の要請に基づき、同国のダム電力システム改修計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成6年6月から平成7年3月までの間、3回にわたり日本工営（株）の神田正敏氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ヴェトナム社会主義共和国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成7年6月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

ダニム電力システム改修計画調査

目 次

	頁
序文	
第1章 緒論	
1.1 計画の背景	1-1
1.2 調査の目的および業務内容	1-2
1.2.1 調査の目的	1-2
1.2.2 調査業務の内容	1-3
1.3 調査の概要	1-4
1.3.1 国内事前準備作業	1-4
1.3.2 現地準備作業・現地調査	1-4
1.3.3 第1次国内作業	1-5
1.3.4 インテリム・レポートの現地説明・協議	1-6
1.3.5 第2次国内作業	1-6
1.3.6 ドラフト・ファイナル・レポートの現地説明・協議	1-6
1.3.7 第3次国内作業	1-6
1.4 調査の工程および提出報告書	1-6
図 1.1 調査業務のフローチャート	
図 1.2 現地調査スケジュール	
図 1.3 調査業務工程表	
第2章 調査対象地域の概要	
2.1 国土・人口・気候	2-1
2.2 社会・経済	2-1
2.3 電力セクター	2-3

2.3.1	電力行政	2-3
2.3.2	電力系統	2-9
2.3.3	既設電力設備	2-7
2.3.4	電力需要及び需要予測	2-14
2.3.5	電力開発計画及び需給バランス	2-18
2.3.6	電力料金	2-22
表 2.1	既設発電設備 (1993年末現在)	
表 2.2	既設送変電設備 (1993年末現在)	
表 2.3	発電電力量実績 (1986 - 1993 年)	
表 2.4	消費電力量実績 (1986 - 1993 年)	
表 2.5	電力需要予測	
表 2.6	各電力公社の最大電力需要バランス (高成長・低成長ケース)	
表 2.7	PC-2 最大電力需給バランス (高成長ケース)	
表 2.8	PC-2 電力量需給バランス (高成長ケース)	
図 2.1	PC-2 組織図	
図 2.2	PC-3 組織図	
図 2.3	全国電力系統図	
図 2.4	PC-1 電力系統図	
図 2.5 (1)	PC-2 電力系統図	
図 2.5 (2)	PC-2 電力系統単線結線図	
図 2.6	PC-3 電力系統図	
図 2.7	ヴェトナム電力公社	
図 2.8	PC-2 電力需要バランス (高成長ケース)	

第3章 水車機械設備

3.1	調査方法および調査結果	3-1
3.1.1	現地調査	3-1
3.1.2	現地調査の結果	3-4
3.2	運転・保守管理状況と対策	3-8
3.2.1	運転	3-8
3.2.2	保守管理	3-8
3.2.3	対策	3-9
3.3	緊急改修計画	3-10
3.4	緊急改修計画の基本設計	3-11
3.4.1	水車	3-11
3.4.2	入口弁および側路弁	3-12
3.4.3	ガバナー	3-12

3.4.4	圧油システム	3-13
3.4.5	空気圧縮機	3-13
3.3.6	給水システム	3-13
3.5	緊急改修計画の実施プログラム	3-14
3.6	長期リハビリテーション計画	3-15
3.7	運転保守への提言	3-17
表 3.1	騒音レベルと振動の測定結果 (1)	
表 3.2	騒音レベルと振動の測定結果 (2)	
表 3.3	パイプ肉厚測定結果	
表 3.4	水車保守用スベアパーツ	
表 3.5	実施計画表	
表 3.6	バケット調査結果一覧表	
表 3.7	バケット調査記録	
表 3.8	バケット調査記録	
表 3.9	バケット調査記録	
表 3.10	バケット調査記録	
表 3.11	バケット調査記録	
表 3.12	バケット調査記録	
表 3.12	ランナバケット余寿命解析	
図 3.1	騒音レベルと振動の測定点	
図 3.2	水車	
図 3.3	給水システム	
図 3.4	入口弁	
図 3.5	ランナー	
図 3.6	ランナバケット余寿命解析 (1 / 2)	
図 3.7	ランナバケット余寿命解析 (2 / 2)	

第4章 発電機設備

4.1	調査方法および調査結果	4-1
4.1.1	調査方法	4-1
4.1.2	現地調査期間	4-2
4.1.3	調査および点検結果	4-2
4.2	維持・管理の実態および特別緊急補修案	4-18
4.2.1	維持・管理の実態	4-18
4.2.2	特別緊急補修案	4-19

4.3	緊急改修計画	4-21
4.4	緊急改修計画の基本設計	4-22
4.5	緊急改修計画の施工計画	4-29
4.5.1	改修工事の計画	4-29
4.5.2	準備作業	4-29
4.5.3	工事工程	4-30
4.6	長期的視点にたった改修計画	4-31
4.7	維持管理、運営計画	4-32
4.7.1	維持管理上の改善	4-32
4.7.2	点検、保守	4-33
4.7.3	今後の維持管理・運営に対する提言	4-34
図 4.1	2号機発電機主軸受欠陥状況	
図 4.2	空隙検査結果	
図 4.3	回転子引き出し、吊り出し方法図	
図 4.4	発電機緊急改修工事フローチャート	
図 4.5	発電機断面図	
図 4.6	機器配置図（機械室）	
図 4.7	機器配置図（スイッチギア室）	

第5章 水路機械設備

5.1	調査方法・調査結果および解析	5-1
5.1.1	調査方法	5-1
5.1.2	現地調査	5-1
5.1.3	現地調査結果	5-2
5.1.4	現地調査結果の解析	5-13
5.2	改修計画	5-19
5.2.1	概要	5-19
5.2.2	緊急改修計画の策定	5-19
5.2.3	長期的改修計画の策定	5-19
5.3	緊急改修計画	5-20
5.3.1	概要	5-20

5.3.2	緊急改修計画の基本設計	5-20
5.4	緊急改修計画の実施計画	5-28
5.4.1	実施設計の基本方針	5-28
5.4.2	実施計画	5-28
5.5	長期的改修計画	5-29
5.6	設備の維持管理への提言	5-30
表 5.1	施設設計条件	
表 5.2	現地調査結果	
表 5.3	トラシュラックの応力解析	
表 5.4	可動トラシュラックの振動解析	
表 5.5	リングガーダー No. 54 の応力解析	
表 5.6	水圧鉄管の材料試験	
表 5.7	水圧鉄管の応力解析	
表 5.8	緊急改修計画	
表 5.9	塗装仕様	
表 5.10	リングガーダーの修復	
表 5.11	スペアパーツおよび検査機器	
図 5.1	水路機械設備現地調査作業フロー	
図 5.2	洪水吐きゲート	
図 5.3	灌漑用放流設備	
図 5.4	取水口ゲート設備	
図 5.5	サージタンク、水圧鉄管トンネル放流設備	
図 5.6	水圧鉄管	
図 5.7	冷却水パイプ	
図 5.8	洪水吐きゲート 水密部詳細	
図 5.9	取水口ゲートおよびバタフライバルブ水密部詳細	
図 5.10	マンホールおよび伸縮継ぎ手部水密部詳細	
図 5.11	水密ゴムの仕様	
図 5.12	洪水吐きゲート ワイヤロープ吊り金具改修	
図 5.13	灌漑用放流設備 放流バルブ改修	
図 5.14	灌漑用法流設備 放流管およびマンホール改修	
図 5.15	灌漑用法流設備 送水ポンプ改修	
図 5.16	可動トラシュラック 上流部トラシュラック改修	
図 5.17	水圧鉄管 運搬設備	
図 5.18	実施計画表	
図 5.19	取水口改修計画	

第6章 ダムと土木構造物

6.1	調査方法、結果、分析	6-1
6.1.1	現地調査	6-1
6.1.2	貯水池内の堆砂現況	6-2
6.1.3	ドラングムの観測記録	6-7
6.1.4	土木構造物の主な劣化と問題点	6-9
6.1.5	洪水対策と洪水予警報システム設置の必要性	6-14
6.1.6	流域保全計画の必要性	6-15
6.2	土木構造物の改修計画案	6-15
6.3	緊急改修計画	6-16
6.3.1	概論	6-16
6.3.2	基本設計	6-17
6.4	長期視点にたった改修計画	6-20
6.5	追加調査	6-21
6.6	維持・管理・運用計画	6-23
表 6.1	ダニム水力発電計画の主要諸元	
表 6.2	貯水池横断測量結果に基づく残存貯水容量の算出	
表 6.3	貯水池河床材の粒径加積曲線	
表 6.4	26個の観測井戸からの漏水量	
表 6.5	ダム堤頂沈下に関する測量データ	
表 6.6	土木構造物の状況に関するチェックシート：ダム	
表 6.7	土木構造物の状況に関するチェックシート：洪水吐	
表 6.8	土木構造物の状況に関するチェックシート：取水口	
表 6.9	土木構造物の状況に関するチェックシート：その他導水路	
表 6.10	1993年洪水による Don Duong 州の洪水被害記録	
表 6.11	土木構造物に対する緊急改修工事	
表 6.12	月平均貯水池流入量	
図 6.1	ダニム水力発電計画位置図	
図 6.2	貯水池横断測量位置図	
図 6.3	洪水吐付近の貯水池横断位置図	
図 6.4	貯水池横断測量杭の構造	
図 6.5	プロジェクト設計時の貯水容量曲線	
図 6.6	貯水池内堆砂土砂の採取位置図	
図 6.7	堆砂土砂の粒径加積曲線	
図 6.8	ダム観測・測定施設の位置図	

図 6.9	貯水池と総漏水量の関係
図 6.10	26個の観測井戸からの漏水量
図 6.11	P-63.3 m 地点に於けるダム横断図 (1994年8月5日に測量)
図 6.12	ダム堤体内部の水位
図 6.13	洪水吐とダム堤体の接触箇所の概略位置図
図 6.14	取水口流入路の横断図 (1992年調査)
図 6.15	取水口付近の法面崩壊箇所の位置図
図 6.16	1992年3月実施の圧力トンネルの漏水調査結果
図 6.17	洪水吐の緊急改修工事
図 6.18	取水口可動式トラッシュラック戸当り部の補修工事の為の準備工事
図 6.19	取水口可動式トラッシュラック戸当り部の代替補修工事
図 6.20	圧力鉄管路の緊急改修工事
図 6.21	圧力鉄管バルブハウスの緊急改修工事
図 6.22	長期的な貯水池堆砂対策案

第7章 水文データ収集装置

7.1	調査方法、調査結果及び解析	7-1
7.1.1	調査方法	7-1
7.1.2	調査結果	7-3
7.1.3	調査結果の解析	7-6
7.2	緊急改修計画	7-10
7.2.1	改修計画の概要	7-10
7.2.2	雨量観測所 (RS) の改修計画	7-10
7.2.3	水位観測所 (WL) の改修計画	7-11
7.2.4	中央観測所 (CS) の改修計画	7-11
7.2.5	発電所内無線局 (PS-S)	7-12
7.2.6	CSとPS-S間通信の新設	7-12
7.2.7	放流警報所 (WS)	7-12
7.2.8	システム構成	7-12
7.3	緊急改修計画の基本設計	7-13
7.3.1	システム構成	7-13
7.3.2	施設設計	7-15
7.3.3	基本設計	7-17
7.3.4	周波数配置基本設計	7-24
7.3.5	太陽電池、蓄電池、UPSの設計	7-25
7.4	緊急改修計画の施工計画	7-25
7.4.1	現地踏査	7-26
7.4.2	電波伝搬試験 (プロパゲーションテスト)	7-27

7.4.3	施設設置設計の確認	7-27
7.4.4	システム計画の再検討	7-28
7.4.5	詳細設計	7-28
7.5	長期的改修計画	7-28
7.6	維持・管理・運営計画	7-28
7.7	予備的水文解析	7-30
7.7.1	利用可能な水文資料	7-30
7.7.2	貯水池流入量に対する洪水吐からの放水量の割合	7-31
7.7.3	洪水の特徴	7-31
7.7.4	確率洪水量に対する予備的頻度解析	7-32
表 7.1	流域内及び周辺の年降雨量	
表 7.2	ドラングダムサイトにおける月平均蒸発量	
表 7.3	ドラングダムサイトにおける月平均降水量	
表 7.4	年貯水池流入量に対する年放流量の割合	
表 7.5	近年の主要洪水	
表 7.6	主要洪水に対するダラットにおける時間雨量	
表 7.7	1993年洪水の記録	
表 7.8	1993年の洪水に関する流域内及び周辺の時間雨量記録	
表 7.9	年最大洪水流量記録	
図 7.1	受信データのプリントアウト例	
図 7.2	現状 PLC システム図	
図 7.3	プロファイル図	
図 7.4	プロファイル図	
図 7.5	プロファイル図	
図 7.6	改修計画案	
図 7.7	システム概念図	
図 7.8	システム構成図	
図 7.9	プロファイル図	
図 7.10	プロファイル図	
図 7.11	プロファイル図	
図 7.12	プロファイル図	
図 7.13	プロファイル図	
図 7.14	プロファイル図	
図 7.15	プロファイル図	
図 7.16	プロファイル図	
図 7.17	プロファイル図	
図 7.18	プロファイル図	
図 7.19	PS-S ブロック図	
図 7.20	PS-R、CS-R ブロック図	

図 7.21	CS、WL-1 及びWL-2 ブロック図
図 7.22	RS 及び WL ブロック図
図 7.23	WS ブロック図
図 7.24	過去 11 年間の日照時間
図 7.25	流域内の雨量観測所位置図
図 7.26	年貯水池流入量と年放流量の関係
図 7.27	主要洪水のハイドログラフ
図 7.28	1993年洪水に対する時間雨量記録
図 7.29	中安の総合単位図法
図 7.30	1993年洪水に関する観測及び中安式によるハイドログラフの比較

第8章 変電設備

8.1	調査方法・調査結果および解析	8-1
8.1.1	調査方法	8-1
8.1.2	ダニム発電所の調査結果および解析	8-7
8.1.3	サイゴン変電所の調査結果および解析	8-14
8.1.4	タブ・チャム変電所および ファン・チェット変電所の調査結果および解析	8-27
8.2	特別緊急改修の提言	8-28
8.3	緊急改修計画	8-30
8.3.1	ダニム発電所の緊急改修計画	8-30
8.3.2	サイゴン変電所の緊急改修計画	8-36
8.4	緊急改修計画の基本設計	8-46
8.4.1	ダニム発電所の緊急改修計画の基本設計	8-46
8.4.2	サイゴン変電所の緊急改修計画の基本設計	8-49
8.5	緊急改修計画の施工計画	8-58
8.5.1	ダニム発電所変電設備緊急改修計画の施工計画	8-58
8.5.2	サイゴン変電所変電設備緊急改修計画の施工計画	8-60
8.6	長期的視点にたった改修計画	8-63
8.7	維持・管理・運営計画	8-64
図 8.1	ダニム発電所主要回路 (既設)	
図 8.2	サイゴン変電所主要回路 (既設)	
図 8.3	サイゴン変電所 コントロール・ルーム配置計画図	

第9章 230kV 送電設備

9.1	調査方法および調査結果	9-1
9.1.1	調査方法	9-1
9.1.2	調査結果	9-2
9.2	緊急改修計画	9-6
9.2.1	鉄塔の改修	9-6
9.2.2	架空地線・電力線の改修	9-8
9.2.3	碍子連の改修	9-10
9.3	緊急改修計画の基本設計	9-12
9.3.1	鉄塔基礎周辺施設	9-12
9.3.2	鉄塔構造物改修	9-12
9.3.3	架空地線・電線	9-14
9.3.4	碍子および碍子連装置	9-18
9.3.5	改修工事に用いる保守用工具類	9-19
9.4	緊急改修計画の施工計画	9-19
9.4.1	施工班の構成	9-19
9.4.2	計画実施技術	9-20
9.4.3	施工工程	9-20
9.5	維持・管理・運営計画	9-21
9.6	その他の提言	9-21
表 9.1	230 kV 送電線改修用資材	
表 9.2(1)	主柱材用ボルトゲージ表	
表 9.2(2)	腹柱材用ボルトゲージ表	
図 9.1	鉄塔基礎周辺保守工法	
図 9.2	鉄塔スケルトン図	
図 9.3	架空地線用懸垂および耐張装置図	
図 9.4	230 kV 碍子連装置図	
図 9.5	架空地線・電力線改修工事施工案	

第10章 昇圧対象設備

10.1	調査方法及び調査結果	10-1
10.1.1	調査方法	10-1
10.1.2	電力需要及び需要予測	10-3
10.1.3	昇圧案検討結果	10-7
10.1.4	送電線調査結果	10-9
10.1.5	変電所調査結果	10-14
10.2	送電設備の昇圧計画	10-16
10.2.1	支持物および付属設備	10-16
10.2.2	電力線・架空地線および付属設備	10-17
10.2.3	碍子および碍子連装置	10-17
10.3	変電設備の昇圧計画	10-18
10.4	送電設備昇圧計画の基本設計	10-18
10.4.1	支持物および付属設備	10-18
10.4.2	架空地線・電線および付属品	10-20
10.4.3	碍子および碍子連装置	10-24
10.4.4	保守用工具類	10-25
10.5	変電設備昇圧計画の基本設計	10-26
10.5.1	変電設備の基本設計共通事項	10-26
10.5.2	ダニム発電所昇圧変電設備の基本設計	10-26
10.5.3	110 kV 変電所の基本設計	10-29
10.5.4	電力線搬送電話設備の基本設計	10-35
10.6	昇圧工事の施工計画	10-36
10.6.1	送電線昇圧施工計画	10-37
10.6.2	変電所昇圧施工計画	10-38
10.7	維持・管理・運営計画	10-39
10.7.1	送電線設備の維持・管理・運営計画	10-39
10.7.2	変電設備の維持・管理・運営計画	10-39
表 10.1	PC-2：管内の昇圧計画に必要な送電線用資機材リスト	
表 10.2	PC-3：管内の昇圧計画に必要な送電線用資機材リスト	
表 10.3	PC-2：管内の昇圧計画に必要な送電線用工具リスト	
表 10.4	PC-3：管内の昇圧計画に必要な送電線用工具リスト	
図 10.1	110 kV 送電線クリアランス・ダイアグラム	
図 10.2	110 kV 鋼管柱装置図	

図 10.3	110 kV 碍子連装置図
図 10.4	Da Nhim - Thap Cham 区間施工工程
図 10.5	Thap Cham - Phan Thiet 区間施工工程
図 10.6	Thap Cham - Cam Ranh 区間施工工程
図 10.7	Cam Ranh - Dien Khanh 区間施工工程
図 10.8	ダニム発電所 110 kV 昇圧設備 単線結線図
図 10.9	ダニム発電所 110 kV 昇圧設備 機器配置図 (平面図)
図 10.10	ダニム発電所 110 kV 昇圧設備 機器配置図 (断面図)
図 10.11	110 kV タブ・チャム変電所 主回路単線結線図
図 10.12	110 kV タブ・チャム変電所 機器配置図 (平面図)
図 10.13	110 kV タブ・チャム変電所 機器配置図 (断面図)
図 10.14	110 kV ファン・リ変電所 主回路単線結線図
図 10.15	110 kV ファン・リ変電所 機器配置図 (平面図)
図 10.16	110 kV ファン・リ変電所 機器配置図 (断面図)
図 10.17	110 kV ファン・チェット変電所 主回路単線結線図
図 10.18	110 kV ファン・チェット変電所 機器配置図 (平面図)
図 10.19	110 kV ファン・チェット変電所 機器配置図 (断面図)
図 10.20	110 kV カム・ラン変電所 主回路単線結線図
図 10.21	110 kV カム・ラン変電所 機器配置図 (平面図)
図 10.22	110 kV カム・ラン変電所 機器配置図 (断面図)
図 10.23	110 kV ディエン・カン変電所 主回路単線結線図
図 10.24	110 kV ディエン・カン変電所 機器配置図 (平面図)
図 10.25	110 kV ディエン・カン変電所 機器配置図 (断面図)

第 11 章 計画実施スケジュールおよび概算事業費

11.1	概要	11-1
11.2	計画実施スケジュール	11-1
11.3	事業費総括	11-2
表 11.1	事業費内訳/水車設備	
表 11.2	事業費内訳/発電機設備	
表 11.3	事業費内訳/水路機械設備	
表 11.4	事業費内訳/ダムおよび土木構造物	
表 11.5	事業費内訳/水文データ収集装置	
表 11.6	事業費内訳/ダニム発電所変電設備	
表 11.7	事業費内訳/サイゴン変電所	
表 11.8	事業費内訳/230 kV送電線	
表 11.9	事業費内訳/変電設備昇圧	
表 11.10	事業費内訳/送電設備昇圧	
表 11.11	事業費内訳/追加調査 (ダムおよび土木構造物)	

図 11.1 計画実施スケジュール

第12章 計画の経済・財務評価

12.1	概要	12-1
12.2	ダニム電力システム緊急改修計画	12-1
12.2.1	発生電力量と設備停止率	12-1
12.2.2	各種費用	12-2
12.2.3	便益	12-4
12.2.4	経済評価	12-6
12.2.5	財務評価	12-8
表 12.1	ダニム発電所運転実績	
表 12.2	月別発電機別運転時間および発生電力量	
表 12.3	経済的内部収益率	
表 12.4	財務的内部収益率	
表 12.5	昇圧地域の電力需要予測	
図 12.1	散布図および回帰直線	

第13章 総合評価および提言

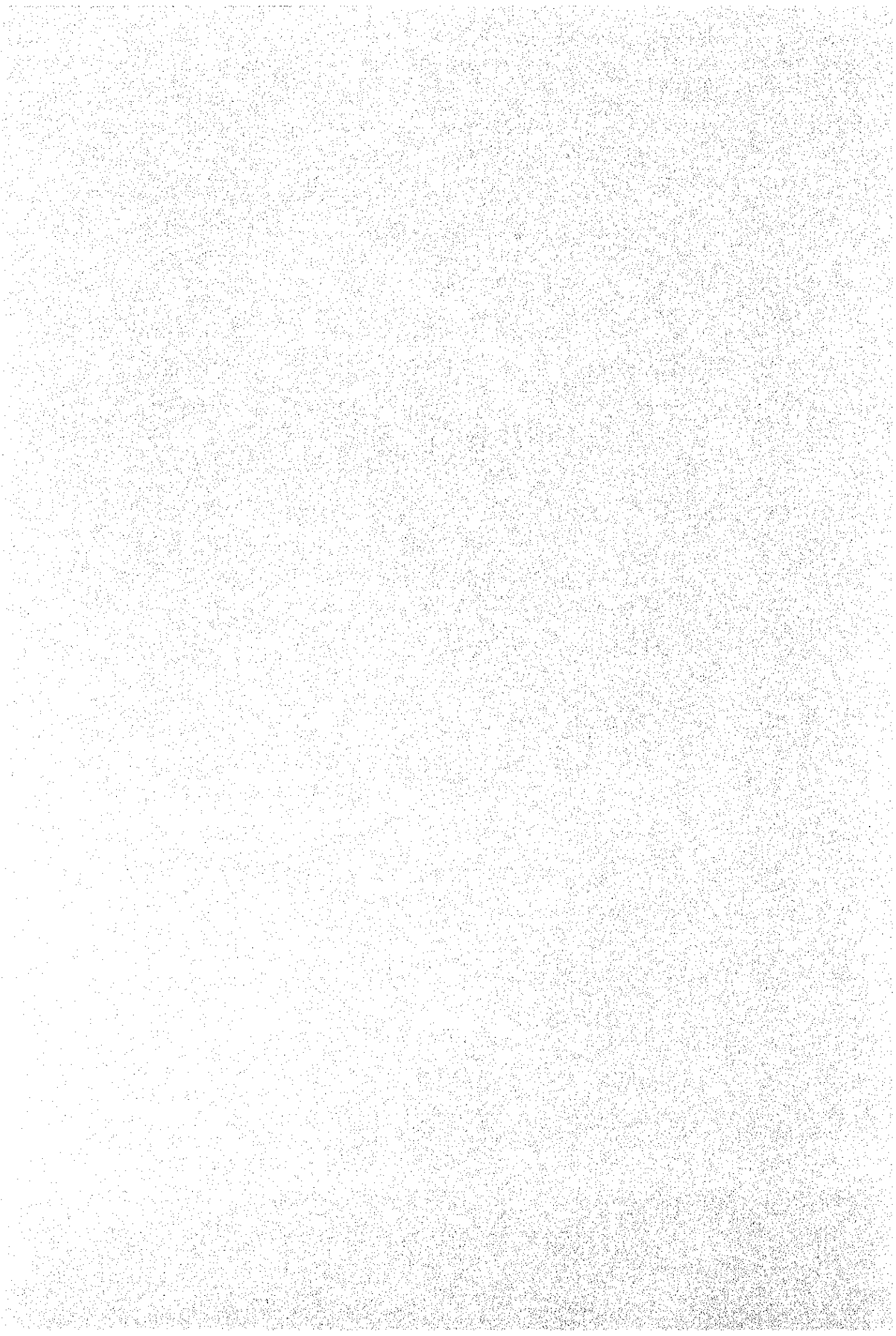
付属資料

Appendix 1	Minutes of Meeting (29th June, 1994)
Appendix 2	Minutes of Meeting (7th September, 1994)
Appendix 3	Minutes of Meeting : No. 1 (17th November, 1994)
Appendix 4	Minutes of Meeting : No. 2 (18th November, 1994)
Appendix 5	Minutes of Meeting : No. 3 (19th November, 1994)
Appendix 6	Minutes of Meeting (25th November, 1994)
Appendix 7	Memorandum of Discussion (17th to 19th November, 1994)
Appendix 8	Memorandum of Discussion (21st November, 1994)

- Appendix 9 Memorandum of Discussion (23rd November, 1994)
- Appendix 10 Memorandum of Discussion (24th November, 1994)
- Appendix 11 Minutes of Meeting : No. F/D-1 (13th March, 1995)
- Appendix 12 Minutes of Meeting : No. F/D-2 (14th March, 1995)
- Appendix 13 Minutes of Meeting : No. F/D-3 (14th and 15th March, 1995)
- Appendix 14 Minutes of Meeting : No. F/D-4 (15th March, 1995)
- Appendix 15 Minutes of Meeting : No. F/D-5 (16th March, 1995)
- Appendix 16 Minutes of Meeting : No. F/D-6 (17th and 18th March, 1995)
- Appendix 17 Minutes of Meeting : No. F/D-7 (20th March, 1995)
- Appendix 18 Minutes of Meeting : No. 8 (20th March, 1995)
- Appendix 19 Minutes of Meeting : No. F/D-9 (23rd March, 1995)
- Appendix 20 Handing Over JICA's Equipment and Materials (Da Nhim P/S)
- Appendix 21 Handing Over JICA's Equipment and Materials (Saigon S/S)

第 1 章

緒 論



第1章 緒論

1.1 計画の背景

ダニム発電所、サイゴン変電所およびこれらを連系する 230 kV 送電線は、日本のヴィエトナム国への戦後賠償資金と一部融資により 1960 年に着工し 1964 年に運転が開始された。電気・機械・土木の全設備は日本のメーカーと建設会社により供給・建設され、計画の設計・工事監理も日本のコンサルタントが担当した。

ダニム発電所は、40 MW 4 台の水車・発電機（合計 180 MVA）、その他の施設を備え、サイゴン変電所には、28 MVA の主変圧器 7 台、19 MVar の同期調相機 2 台、スタテック・コンデンサ合計 40 MVA、その他の施設が設備されている。発電所・変電所間 257 km には 729 基の鉄塔を建設し鋼心アルミニウム電線 1 回線の 230 kV 送電線を完成させた。この電力系統はダニムの電力をホーチミン市に送電することにあつた。その後ヴィエトナムは、この 230 kV 送電線沿いのバオ・ロックとロン・ビン地区に地方電化を目的にした新しい変電所を増設しダニム 230 kV 送電線に接続した。

さらに、ダニム発電所の電力を東海岸地域のファン・ラン市、カム・ラン市および発電所西北部のダラット市に給電すべく日本の融資で 1974 年 66 kV の送変電設備を建設し当該地域への電力供給を開始した。ヴィエトナムは、1975 年にこのカム・ラン変電所からその北部のディエン・カンへ 66 kV 送電線を拡張し、1989 年にはダニム発電所から中部地域の主要変電所の 1 つであるニャ・チャン変電所へ 110 kV 送電線を建設し、同国中部地域の電力系統へ送電を開始した。一方、1989 年にはタブ・チャム変電所（ファン・ラン市）から海岸沿えの都市であるファン・リとファン・チュエトの両市への電力供給用に 110 kV 設計の 66 kV 送変電設備を建設し現在もダニムの電力を供給している。

ダニム電力系統の運転開始直後の 1965 年にヴィエトナムの内戦が激化し 230 kV 送電線の破壊およびダニム発電所に於いては 1967, 1974 年の二度にわたり水圧鉄管が破壊された。その都度修復したが、その後も送電線への妨害が頻発しホーチミン市への送電は中断され、1976 年の発電所・送電線の暫定復旧をまって 230 kV 系統の運転が再開されることになった。

ダニム 230 kV 電力系統は運転開始後 30 年を経過し諸設備の老朽化が著しい上に純正の補修部品・機器の不足により設備本来の機能での運転に支障を来しつつある。同系統は現在においても依然ベトナムの電力の安定供給に重要な位置を占めている。老朽化した施設の修復は緊急を要するものである。

カム・ラン、ファン・ラン、ファン・リ、ファン・チエットの諸都市の電力需要は近年急増しており、ダニム発電所からの 66 kV 電力設備の容量増も緊急課題の 1 つである。

ベトナム国政府は、1993 年 10 月に日本政府に対しダニム 230 kV 電力設備の改修計画調査および 66 kV 電力設備の昇圧計画調査の実施を要請した。日本政府は国際協力事業団を通じて事前調査団を派遣し日本側の調査内容およびベトナム側の支援事項の確認を行った。

本件調査は施設の緊急改修のために両国政府の合意した調査内容に基づき短期間に実施するものである。

ベトナム政府は改修計画の実施に必要な資金を確保するため、円借款を要請する予定であり、本件調査には具体性を有した計画策定と資金手当の確定後直ちに実施に移行可能な資料作成も求められている。

1.2 調査の目的および業務内容

1.2.1 調査の目的

ダニム・ダムおよびその付属施設、発電所、サイゴン変電所、230kV 送電線は運転開始後 30 年を経過し、さらに度重なる事故にも拘わらずその使命を果たしてきた。しかし、近年水車ニードル弁の壊食、水車制御機器の機能低下、主励磁機器の亀裂発生、整流子の減肉、軸受け温度の異常上昇、主変圧器ブッシングおよび変成器の漏油、スペア・パーツの不足、水門・鉄管等の水路構造物およびダム付属構造物の部分的劣化等の支障が確認された。

230kV 送電線の暫定的な修復、サイゴン変電所の変圧器・変成器の漏油、同期調相機の老朽化、機器の容量不足、避雷器の絶縁性能低下、配電盤の劣化等も認められている。

一方、タップ・チャム、カム・ラン、ファン・リ、ファン・チュット等の都市の電力需要の伸びに対し、ダニム発電所からの既設 66kV 送電設備では対応が困難になってきている。ベトナム側は、設備の容量増の目的で、この送電系統の昇圧を計画している。

本件調査の主目的は、ダニム 230kV および 66kV 電力系統の総合的な緊急改修計画と長期的視点に立った改修計画の最適案を策定することにある。調査全期間を通じて発送変電機器、機械・土木構造物の点検・試験および改修計画策定に関する know-how に就いて現地カウンター・パートに技術移転を行うことも目的の一つである。

1.2.2 調査業務の内容

調査はダニム電力システムの下記施設を対象とした。

(1) ダニム発電所

ダム、導水路トンネル、放水路、ゲート、バルブ、水車、発電機、変圧器、開閉装置類、制御盤、水文データ収集装置、等を含む。

(2) サイゴン変電所および 230 kV 送電線設備

変圧器、開閉装置類、同期調相機、操作盤、制御盤、等の変電機器およびダニム発電所・サイゴン変電所間の 230 kV 送電線設備を含む。

(3) 既設 66 kV 送電線設備および新変電所

既設タブ・チャム、ファン・リ、ファン・チュット およびカム・ラン変電所に隣接して建設される予定の新変電所ならびにこれら変電所を連系する 66 kV 送電線設備を含む。

なお、現地調査期間中に既設ダイエン・カン変電所とカム・ランーダイエン・カン間の66kV送電線設備の調査がベトナム側からの希望により追加された。

各設備の現地調査、改修・昇圧計画の策定後、これら策定計画の経済的・財務的評価の実施も含まれている。

1.3 調査の概要

図 1.1 のフローチャートに示す如く調査業務は次の7段階に分けて実施した。

- 1) 国内事前準備作業
- 2) 現地準備作業・現地調査
- 3) 第1次国内作業
- 4) 現地説明・協議（インテリム・レポート）
- 5) 第2次国内作業
- 6) 現地説明・協議（ドラフト・ファイナル・レポート）
- 7) 第3次国内作業

各作業段階の主業務は下記の通りであった。

1.3.1 国内事前準備作業

JICA 貸与の各種資料、調査団手持ちの資料および情報を詳細に検討し、各段階における作業内容、改修案策定手順、調査団の各ワーキング・グループの作業分担・作業方針の確立、作業工程、等を検討した。検討結果を和文・英文のインセプション・レポートにまとめて平成5年度に事業団に提出した。

1.3.2 現地準備作業・現地調査

調査団は数班に分かれて渡越した。第1班は平成6年6月27日に出発しベトナム側ヘイン

セッション・レポートを提出し、その内容を説明すると共に調査団の必要とする資料の収集に協力を求めた。併せて、調査用資機材の荷受けと第2班も含めた調査団の車両・宿泊設備を整えた。

第2班は同年7月12日に現地到着後第1班に合流した。第1班より収集資料の説明、以降のスケジュールについての説明後全体作業工程および各々のワーキング・グループ毎に作業打ち合わせを行い、調査地域に赴任し、業務に着手した。

ワーキング・グループは調査対象に従って下記9分野に分けられた。各グループの調査日程を図1.2に示した。

- (a) 水車機械設備グループ
- (b) 発電機設備グループ
- (c) 水路機械設備グループ
- (d) ダム土木構造物グループ
- (e) 水文データ収集装置グループ
- (f) 変電所・発電所主回路開閉設備グループ
- (g) 230kV送電設備グループ
- (h) 昇圧対象設備グループ（上記(f)と(g)グループが兼任）
- (i) 社会・経済・財務グループ

ベトナム側からのカウンターパートとともに(a),(b),(c)グループは、設備の運転状態および停電・抜水状態での各設備の調査を、他のグループも以降の各章に述べる手順で調査業務を実施した。

1.3.3 第1次国内作業

上記2)の現地調査終了・帰国後、調査団員は直ちに現地調査結果の解析を開始した。解析結果に基づき改修計画の素案を検討し、インテリム・レポートを作成した。

1.3.4 インテリム・レポートの現地説明・協議

1995年11月の2週間にわたり調査団員5名が渡越し関係機関にインテリム・レポートを提出し内容説明を行った。期間中調査団の提案した改修および昇圧計画について詳細に協議した。協議内容および合意事項は本報告書の付属書に編集してある。

1.3.5 第2次国内作業

調査団は引続き各改修設備・昇圧対象設備の具体的な実施案、実施予算の作成を含むドラフト・ファイナル・レポートを作成した。インテリム・レポートの現地説明時に協議した事項はすべてこのレポートに反映されている。

1.3.6 ドラフト・ファイナル・レポートの現地説明・協議

1995年3月に調査団員4名が渡越しヴィエトナム関係機関にドラフト・ファイナル・レポートを提出し内容説明を行った。協議を通じてレポートに策定されたすべての施工計画・実施案を詳細に打ち合わせ PC-2, PC-3 およびエネルギー省の合意を得た。

1.3.7 第3次国内作業

現地説明・協議の後ドラフト・ファイナル・レポートに対するヴィエトナム側からの最終コメントは1995年5月末に提出された。このコメントに基づき調査団はファイナル・レポート、その要約及び計画の実施に早期に移行できるための事業実施計画図書を作成し1995年6月に事業団に提出した。

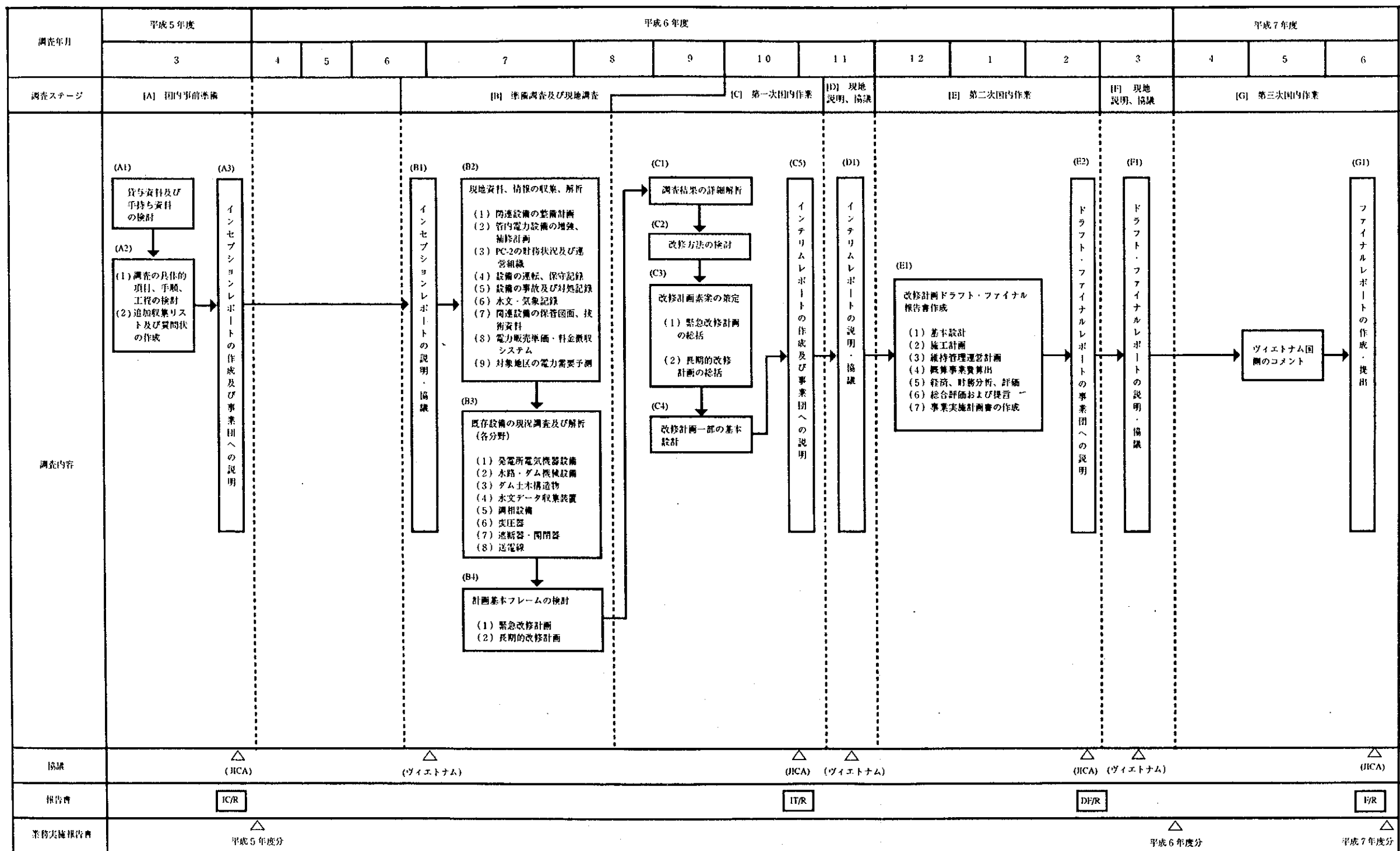
1.4 調査の工程および提出報告書

調査業務は平成5年3月から平成7年6月までの3年度に16ヶ月に亘って実施した。

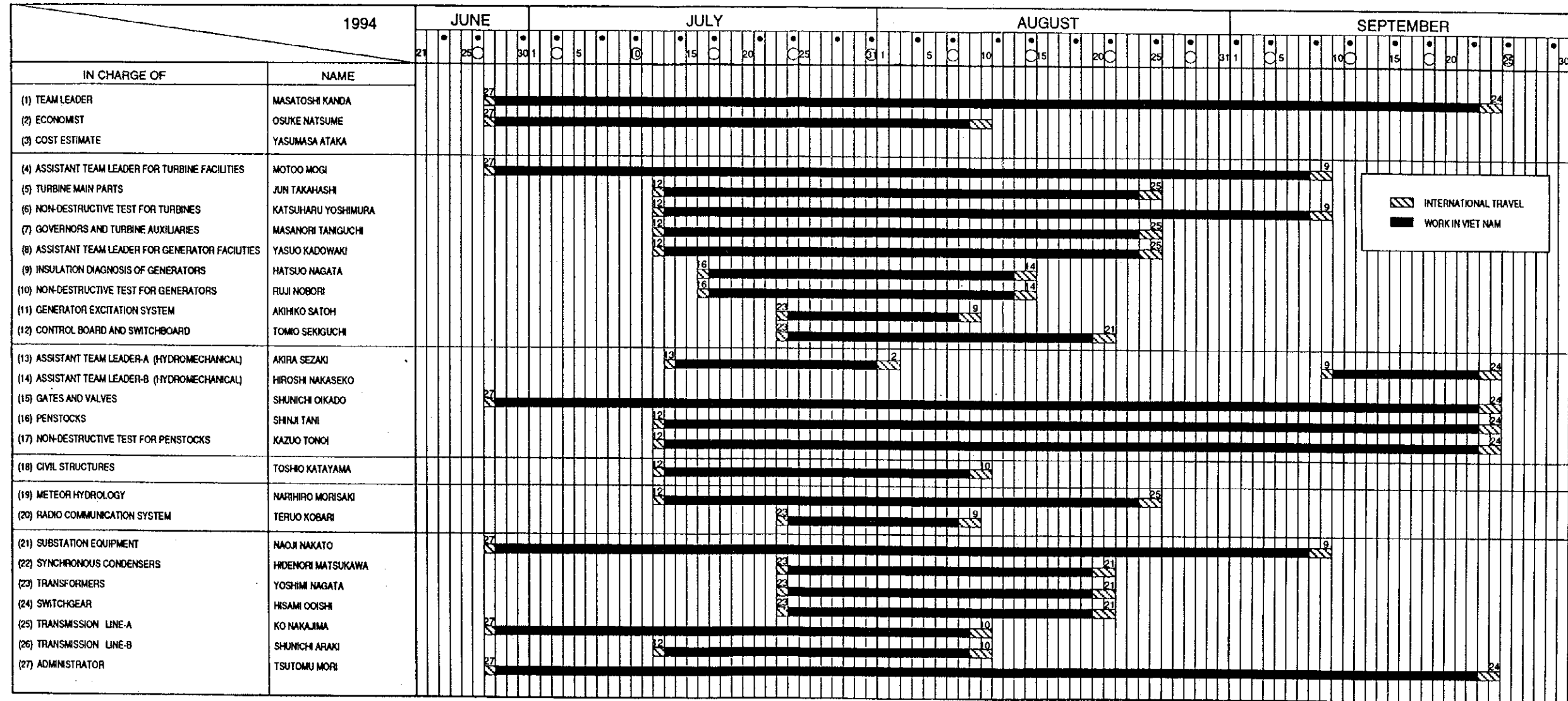
各調査業務の作業工程は図 1.3 に示した。

調査期間中に、調査団の作成提出した報告書は下記の通りであった。

- | | |
|--------------------|-------------|
| 1) インセプション・レポート | 和文3部、英文33部 |
| 2) インテリム・レポート | 和文3部、英文23部 |
| 3) ドラフト・ファイナル・レポート | 和文5部、英文25部 |
| 4) 同上要約 | 和文5部、英文25部 |
| 5) ファイナル・レポート | 和文10部、英文40部 |
| 6) 同上要約 | 和文10部、英文40部 |
| 7) 同上写真集 | 和文10部、英文40部 |
| 8) 事業実施計画図書 | 英文25部 |
| 9) 各年度末の業務実施報告書 | 各2部 |



凡例： IC/R： インセプション・レポート IT/R： インテリム・レポート DF/R： ドラフト・ファイナル・レポート FR： ファイナル・レポート



作業項目	年・月	平成6年度												平成7年度		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
[A] 国内事前準備																
(A1) 貸与資料及び手持ち資料の検討		□														
(A2) (1) 調査の具体的項目、手順、工程の検討		□														
(2) 追加収集リスト及び質問状の作成		□														
(A3) (1) インセプションレポートの作成		□														
(2) インセプションレポートの事業団への説明及び提出		□														
[B] 準備調査及び現地調査																
(B1) インセプションレポートの説明・協議					■											
(B2) 現地資料・情報の収集・解析					■											
(B3) 既存施設の現況調査及び解析					■	■	■	■	■							
(B4) 計画基本フレームの検討						■	■	■								
[C] 第一次国内作業																
(C1) 調査結果の詳細解析							■	■	■							
(C2) 最適改修計画代替案の検討							■	■	■							
(C3) 改修計画暫定案の策定							■	■	■							
(C4) 改修計画一部の基本設計							■	■	■							
(C5) インテリムレポートの作成及び事業団への説明									■	■						
[D] 現地説明及び協議																
(D1) インテリム・レポートのベトナム側への説明・協議											■					
[E] 第二次国内作業																
(E1) 改修計画ドラフト・ファイナル・レポートの作成											■	■				
(E2) ドラフト・ファイナル・レポートの事業団への説明・協議													■			
[F] 現地説明及び協議																
(F1) ドラフト・ファイナル・レポートのベトナム側への説明・協議															■	
[G] 第三次国内作業																
(G1) ファイナル・レポートの作成・提出																□
報告書提出			△ IC/R ▽							△ IT/R ▽				△ DF/R ▽		△ F/R ▽

凡例： ■■■■■ 現地調査期間 □□□□□ 国内調査期間

△ IC/R インセプション・レポート △ IT/R インテリム・レポート
△ DF/R ドラフト・ファイナル・レポート △ F/R ファイナル・レポート
▽ 各年度業務実施報告書

ベトナム社会主義共和国
ダニム電力システム改修計画調査

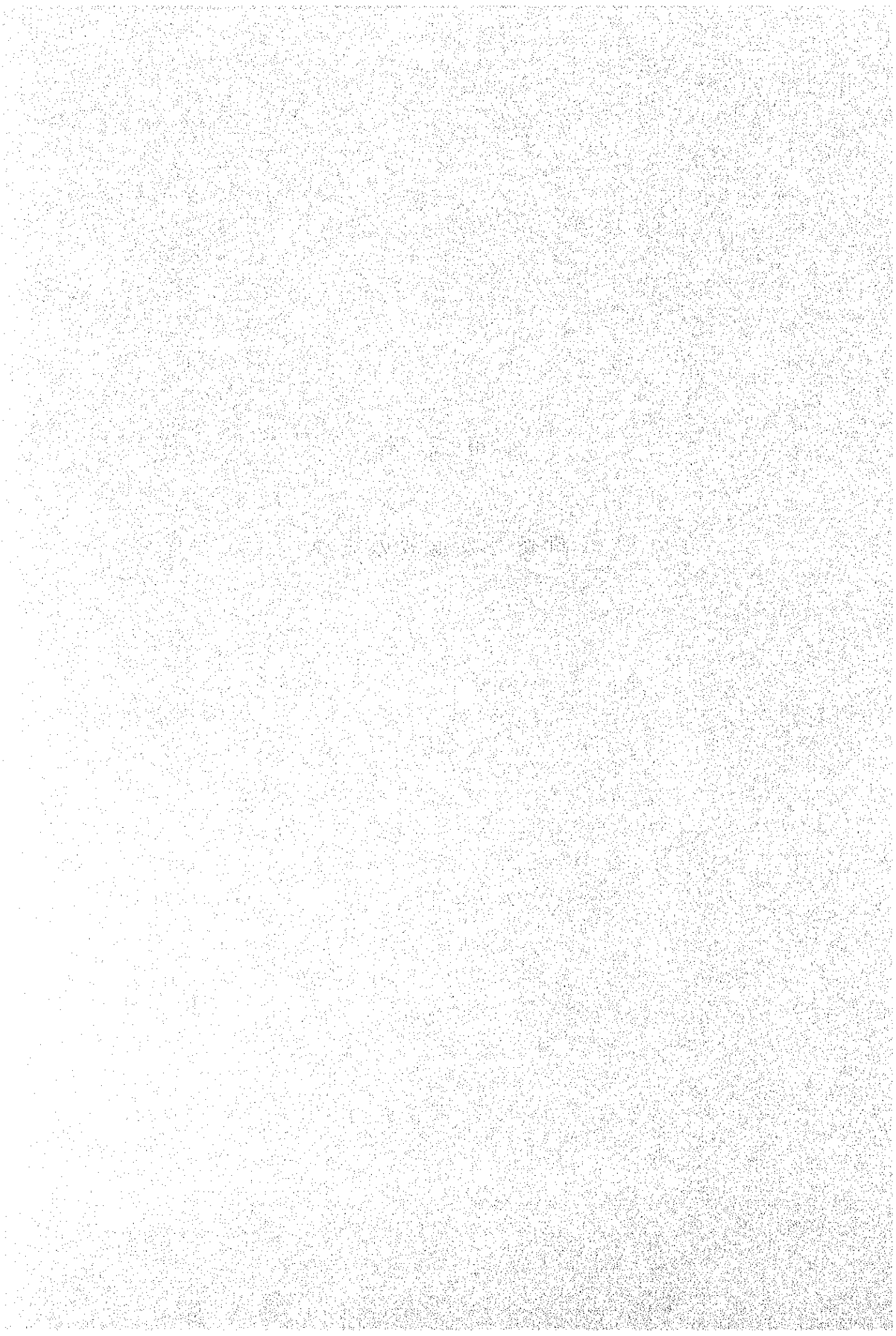
MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 1.3
調査業務工程表

第 2 章

調査対象地域の概要



第2章 調査対象地域の概要

2.1 国土・人口・気候

(国土)

ベトナムはインドシナ半島の東辺に南北に細長く位置し、国土面積は約33万1千平方キロメートルである。隣接国は中国、ラオス及びカンボジアである。又海岸線は南シナ海からシャム湾に至り、その全長は約3,260キロメートルである。ベトナムは北部に紅河デルタ、南部にメコンデルタを持ち人口も二つのデルタに集中している。国境付近は山岳地帯となっており、人口密度も低い。

(人口)

ベトナムの人口は1992年時点で約6,930万人であり、人口増加率は年約2%と推定されている。人口の約22%は都市部に住んでおり、二大都市、ホーチミン市及びハノイ市の人口はそれぞれ410万人、210万人であり、両都市をあわせると都市人口の約44%となっている。ベトナムの社会環境は比較的整っており、UNDPレポートによれば識字率は88%、平均寿命は62.7歳となっており、最貧国平均のそれぞれ45%及び51歳を大幅に上廻っている。

(気候)

ベトナムの気候は亜熱帯モンスーン型に属する。但し国土が南北に細長いため、北部と南部の気温の差は大きい。ハノイ市の平均気温は23.5度であるのに対し、ホーチミン市の平均気温は27.1度である。

降雨量は全国平均で年間1,600 mmであるが、山岳地帯では2,500~3,600 mmの豪雨を記録し、4,000 mmを越えることもある。

2.2 社会・経済

(生産活動)

ベトナムの生産活動を実質国内総生産の内訳で見ると、農業約40%弱、工業・建設業約

25%、商業サービス業40%弱となっておりこの比率は過去数年間ほぼ一定で推移しているが Institute of Energy より提示された資料によれば今後の経済発展により産業構造の変化が予測されており、2000年には農業25%、工業・建設業27%、商業サービス業48%となるとされている。

実質国内総生産の規模は1992年が110兆5,350億ドン、1993年136兆5,710億ドンと推定されている。

また経済成長率は1986年から1990年の平均は3.9%であったが1992年には8.3%となり、1993年の目標値であった7.5%も達成された見込みである。

人口一人当りのGNPはUNDP資料によれば1992年で米ドル換算で220ドルと推定されている。

(貿易)

近年、非コメコン諸国との貿易が拡大しており、輸出に関しては1988年には4億7千万ドルであったが1992年には24億ドルを超え、輸入に関しても、1988年の6億ドルが1992年には24億8千万ドルに達した。

1992年の貿易収支は輸出24億7千万ドル、輸入25億1千万ドルで4千万ドルの輸入超過となっている。主な輸出品は原油、米、海産物、コーヒー、石炭、ゴム、手工芸品、木加工品等である。

主な輸入品は石油製品、肥料、自動車、機械等である。

(経済開発計画)

1991年の第7回党全国代表大会において、社会・経済中期プログラムである「西暦2000年までの経済・社会の安定と発展戦略」が採択され、2000年までにGNPを2倍にすることが目標とされている。マクロ経済面での目標としては、

- 1) 経済面での不安定要素を排除し、適切な経済成長率を維持すること、
- 2) 輸出拡大、
- 3) 民間投資の奨励と資本蓄積の促進、
- 4) インフラ整備及びサービス産業の振興、
- 5) 先進技術導入及び技術力向上等が重要課題とされている。

社会開発面での目標としては、

- 1) 国民の栄養状態の安定化、

- 2) 雇用創出、
- 3) 教育の拡充、
- 4) 予防衛生の推進、
- 5) 人口抑制、
- 6) 所得、公共サービスの分配の公平化等が挙げられている。

また、新たな経済制度に対応するための組織運営改善、法制度の整備も重要課題とされている。

(外国投資)

前述の「西暦2000年までの経済・社会の安定と発展戦略」においても政府ベース、民間ベースでの外国投資を促進することが目標とされている。

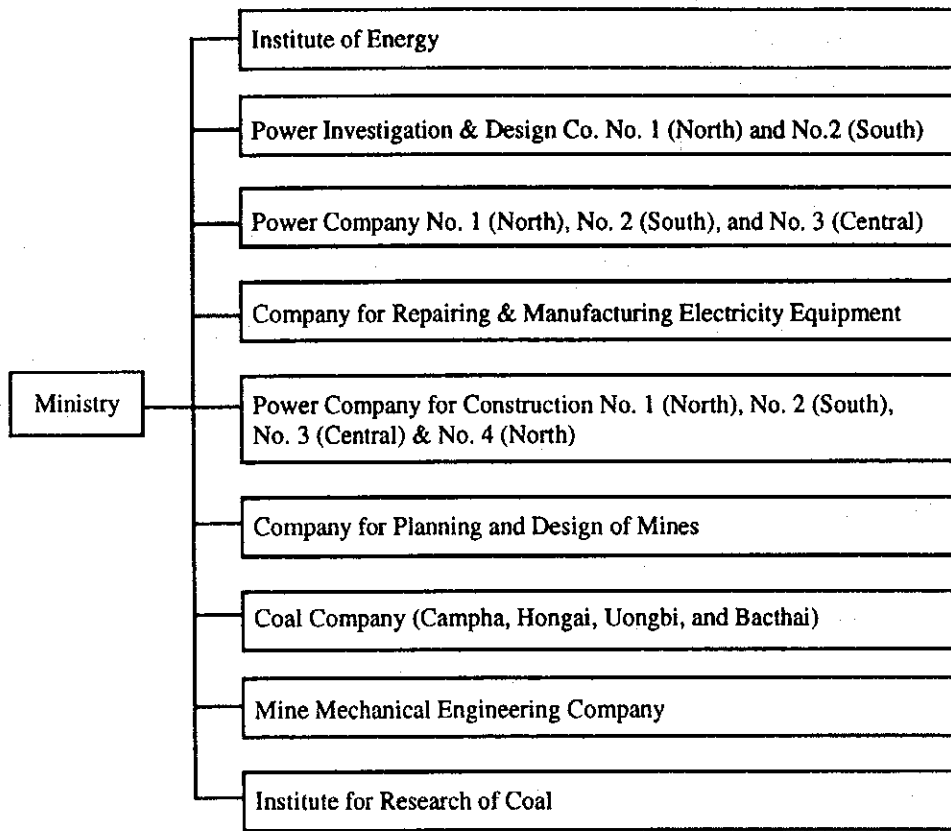
1987年に「ヴィエトナムへの外国人の投資に関する法律（外資導入法）」が制定され、国家投資委員会（SCCI）が設立された。外国投資の状況をSCCIによる投資認可件数・金額の推移で見ると、1988年には37件、3億6,200万ドルであったが1992年には192件、19億ドル、1993年には339件、38億7,000万ドルと年々増加傾向にある。

投資分野としては製造業及び石油、天然ガスへの投資が最も多く全体の約6割を占めている。

2.3 電力セクター

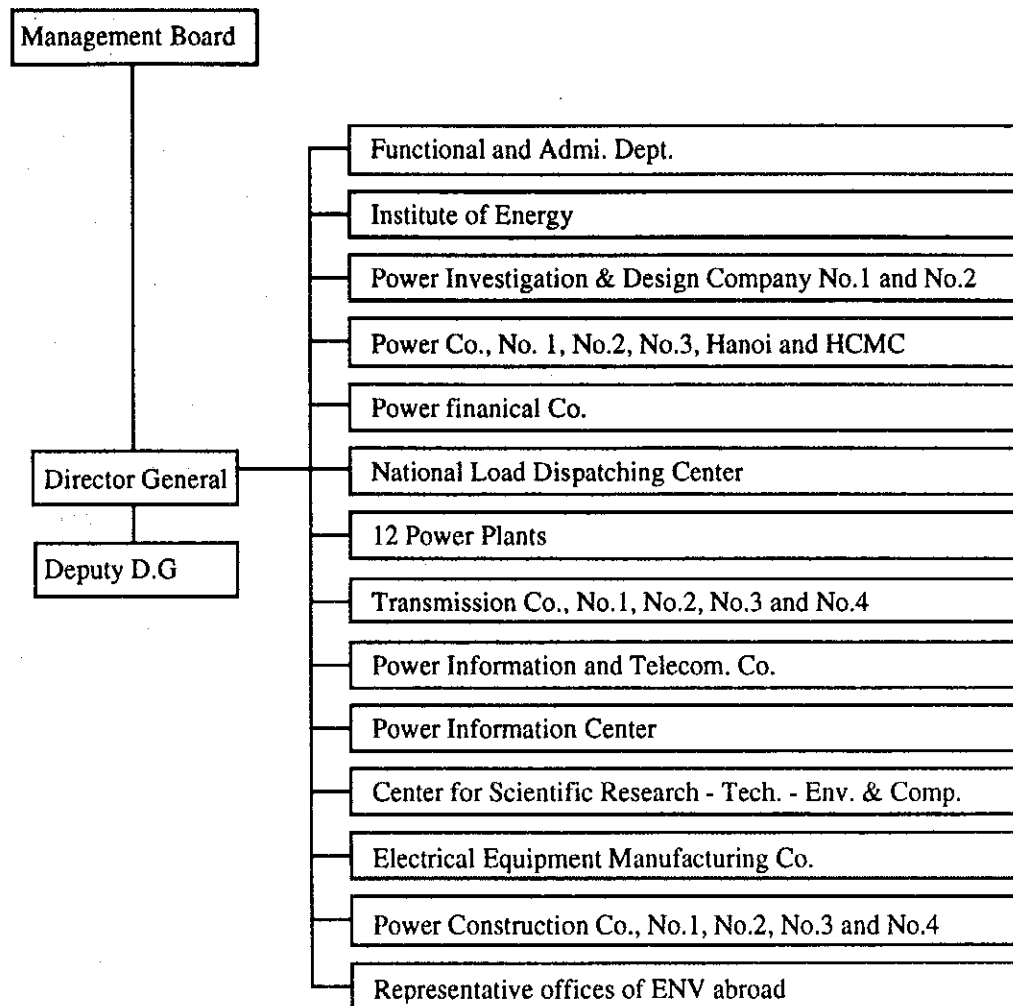
2.3.1 電力行政

ヴィエトナムの電力行政は、エネルギー省 (Ministry of Energy) が所管している。省の下にエネルギー研究所 (Institute of Energy)、電力調査設計公社 (Power Investigation and Design Company, PIDC) 2社 (PIDC-1 & PIDC-2) および電力公社 (Power Company) 3社 (PC-1, PC-2, PC-3) 他が組織されている。

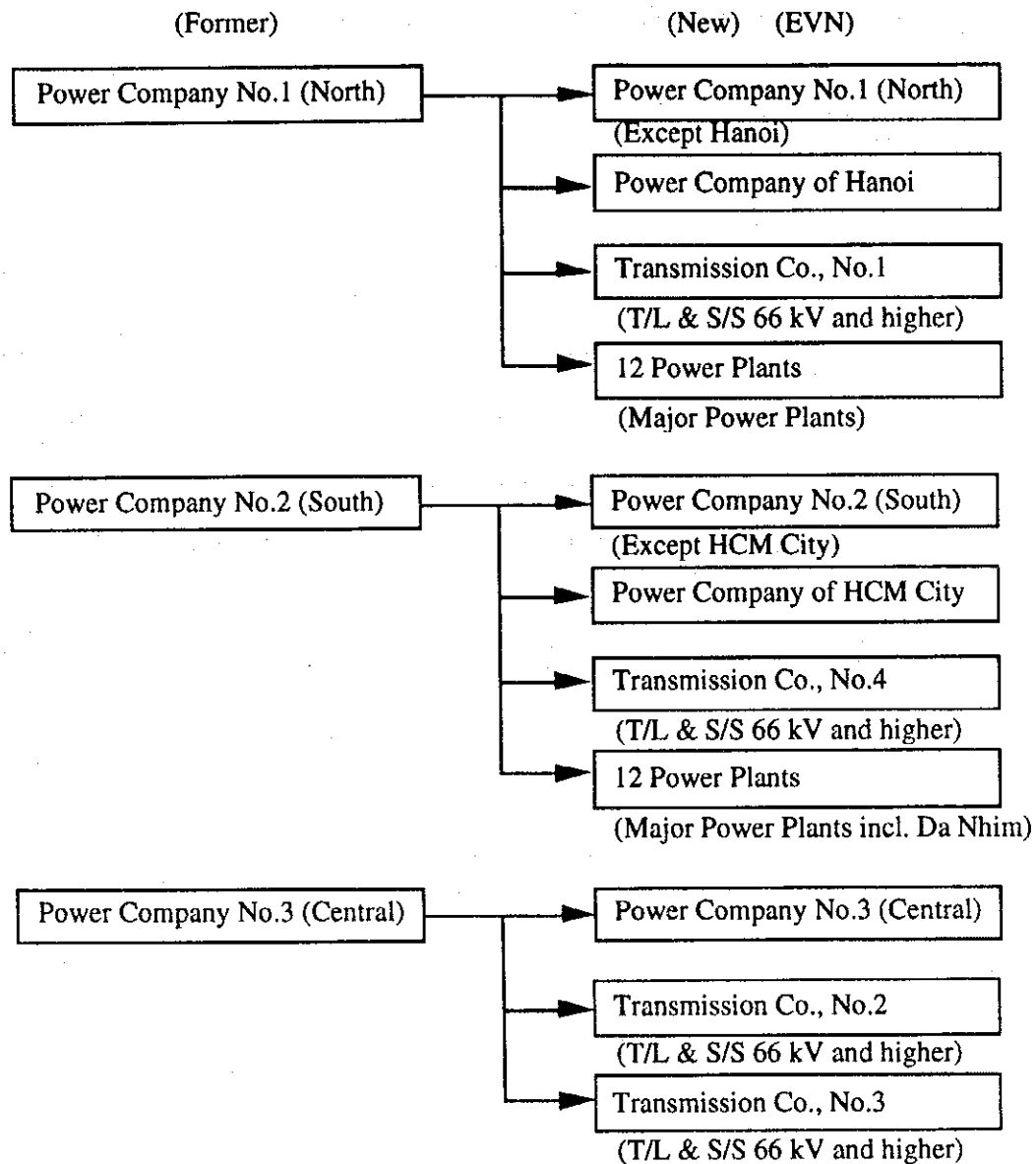


ヴェトナムの電力部門は1995年4月1日に新たにヴェトナム電力公社(General Power Company of Electricity of Vietnam)が設立されエネルギー省の下のエネルギー研究所、電力公社その他関連公社が統合再編成された。

General Company of Electricity of Viet Nam (EVN)



この再編成によって、本調査に関係の深い従来の電力公社は幾つかの公社に分割された。



再編成は現在進行中である。本調査は従来のヴィエトナム電力行政組織に従って実施されて来ており、本調査レポートは1994年末の旧組織を基に作成されている。

1994年末現在の電力に直接関連する組織機構である Institute of Energy, Power Investigation and Design Company, Power Company, および Power Company for Construction の概要は下記の通りである。

- (1) エネルギー研究所 (Institute of Energy)

エネルギー研究所はベトナム国のエネルギー部門における特殊研究機関として次の責務を負っている。

- 1) エネルギー部門における国策機関として全国レベルでのエネルギー開発計画とエネルギー関連プロジェクトの研究
- 2) 全国電力開発マスタープランの策定およびエネルギーの開発・推進に関する研究・調査の実施
- 3) 科学・技術の基礎ならびに応用研究、電力部門における技術移転、新エネルギーおよび再生可能エネルギーに関する研究
- 4) エネルギー経済に関する研究・調査

以上の他エネルギー分野における諸外国の機関, ESCAP (REDP), APENPLAN (APDC), ACCT, UNDP, UNICEF, FAO, SIDA, IEPF, EDF, AFME(France), IEEJ(Japan), USSR 等と情報の交換を行っている。

(2) 電力調査設計公社 (Power Investigation and Design Company)

電力開発の調査および設計を担当する公社であり、第1公社は国の北部を、第2公社は南部の開発を担当することになっている。この公社は主に新しい電源の開発・それに伴う電力設備の調査と設計を実施する機関であり、既設設備の更新・改修・拡張などの計画には原則的に関与しない。

(3) 電力公社 (Power Company)

電力システムの運営のほか既設設備の改修・補修計画の設計及び 66 kV 以下の送変電設備の調査・設計・建設も担当している。

(3.1) 第1電力公社 (PC-1)

ベトナム北部の14万9千km²、3千万の人口を有する下記23の市と省の電力システムの運

営を行っている。

Hanoi	Quang Ninh	Than Hoa	Hai Hung
Lang Son	Nghe An	Hai Phong	Bac Thai
Ha Tinh	Thai Binh	Cao Bang	Nam Ha
Tuyen Quang	Ninh Binh	Ha Giang	Hoa Binh
Yen Bai	Ha Tay	Lao Cai	Vinh Phu
Son La	Ha Bac	Lai Chau	

(3.2) 第2 電力公社 (PC-2)

8万5千km²、人口2千4百万人のヴィエトナム南部の下記19の市と省の電力系統を管轄している。当計画のダニム電力系統はこのPC-2の管理下にある。

Ho Chi Minh	Dong Nai	Ning Thuan	Bing Thuan
Lam Dong	Song Be	Tay Ning	Ba Ria Vun Tau
Long An	Vinh Long	Tra Vinh	Dong Thap
An Giang	Can Tho	Soc Trang	Ben Tre
Tien Giang	Ming Hai	Kien Giang	

ホーチミン市のみならず地方の社会・経済の発展も著しく、PC-2は電力需給のアンバランスに直面している。

1988年のTri An水力発電所(400MW)の完成後も需要増が大きく電力需給ギャップは広がる一方でありエネルギー省は、供給不足に対処するため80MWのガス・タービンを新設した他、第1電力公社のディーゼル発電機セット(8MW)をHiphoneから移設している。また、PC-1管内のHoa Binh水力発電所から500kV送電線を通して電力の補給を受けている。更に、将来の需要増に備え種々の開発計画を策定している。PC-2の組織図を図2.1に示した。

(3.3) 第3電力公社 (PC-3)

ヴェトナム中部の下記 11 省の電力系統を管轄している。同管内は 9 万 7 千 km² で 9 百万人の人口が居住している。

Quang Binh	Quang Tri	Thua Thien-Hue	Quang Nam-Da Nang
Quang Ngai	Binh Dinh	Phu Yen	Khan Hoa
Gia Lai	Kon Tum	Dak Lak	

電源開発は遅れており 1976 年以來新電源開発、系統拡張に努めているが規模は小さい。管内の電源はディーゼル発電設備が主であり設備容量は 178MW であるが有効出力は 51MW を過ぎないと言われている。このほか 3 ケ所の小水力発電設備（設備容量は 19.4MW）を所有しているが PC-2 と同様に PC-1 の Hoa Binh 水力発電所の電力を 500kV 系統を通じて変電し管内の需要補給に充当している。また、同管内の南部の地域は ダニム発電所から電力の供給を受けている。本件計画に含まれている昇圧対象設備である カム・ラン変電所及びタブ・チャンーカム・ラン送電線は PC-3 の管轄下にある。PC-3 の組織図を図 2.2 に示した。

(4) 電力建設公社 (Power Company for Construction)

新設の電力設備の建設を実施する機関で、各種発電所・変電所・送電線の設備一切の建設を担当している。ただし、110 kV 以下の送変電設備及び配電網の建設・改修工事は各電力公社にゆだねられている。最近完成した 500 kV 送電系統もこれら電力建設公社が担当した。第 2 電力建設公社は鉄塔製作工場やコンクリート柱製造工場も運営している。

2.3.2 電力系統

ヴェトナムの基幹送電線は 220kV/230kV で各々の電力社管内で運転されている上に第 1・第 3 電力系統の連系にも使用されている。500kV 送電線が 1994 年 6 月に南北電力連系用に完成し北部の Hoa Binh 水力発電所の電力の一部を第 2 電力公社管内に送電している。この 500 kV 送電線の途中で、第 3 電力公社管内に Da Nang 500 kV 変電所が 1994 年に完成し Hoa Binh の電力が全土

に送電されている。一方、第2と第3電力公社間の連系はダニム発電所－ニャ・チャン変電所間の110kV送電線とカム・ラン変電所からディエン・カン変電所への66kV送電線を通じてダニム発電所の電力を融通している。

ベトナム全国の電力系統及び各電力公社管内の電力系統を図2.3、2.4、2.5、2.6に示す。

2.3.3 既設電力設備

(1) 発電設備

ベトナム全国の1994年末の総発電設備は下記の通りである。

地 域	火 力					合計
	水力	火 力			ガスタービン	
		石油	石炭	ディーゼル		
第1電力公社	2,028	-	645	-	-	2,673
第2電力公社	564	205	-	204	383	1,356
第3電力公社	20	-	-	230	-	250
合計	2,612	205	645	434	383	4,279

Unit : MW

全国的には水力が全設備の61%、火力が20%を占めている。地域的には第1電力公社が全体の62%、第2電力公社が32%の占有率を持っている。

各電力公社管内の人口1人当たりの設備容量は、それぞれ87kW、46kW、25kWであり現在のところ第3電力公社管内の設備が少ない。設備の詳細は表2.1にまとめてある。

1) 第1電力公社

1994年末の管内の発電設備は次表の様に水力2発電所と火力3発電所が運転され設備総容量は2,673MWであった。

火力	Pha Lai	4 x 110 = 440 MW
	Uong Bi	1 x 50 + 1 x 55 = 105 MW
	Ninh Binh	4 x 25 = 100 MW
水力	Hoa Binh	8 x 240 = 1,920 MW
	Thac Ba	3 x 36 = 108 MW
合計		2,673 MW

Hoa Binh 発電所は1979 年以来旧ソ連の援助により設計・施工され 1988 年末 1 号機が運開し 1992 年末までに4 台が完成、1994 年末迄に 8 台 1,920MW の全設備が完成している。

2) 第2 電力公社

1994 年末の管内の発電設備は次表の様に水力3 発電所と石油燃焼火力3 発電所その他が運転され設備総容量は 1,356MW である。1963 年運開のダニム水力発電所は 4 x 40MW の設備で最大需要地であるホーチミン市への電力供給を実施してきた。

火力	Thu Duc	1 x 33 = 33 MW
		2 x 66 = 132 MW
	Can Tho	1 x 33 = 33 MW
水力	Cogido	1 x 7.25 = 7.25 MW
	Da Nhim	4 x 40 = 160 MW
	Tri An	4 x 100 = 400 MW
	Suoi Vang	4 MW
	ガス・タービン	Thu Duc
	Can Tho	24 MW
	Ba Ria	234 MW
ディーゼル		204 MW
合計		1,356 MW

(出典：Institute of Energy)

1966 年に Thu Duc に石油火力発電所を運開し 1972 年には 165 MW に増設された。更に、メコンデルタ地帯への電力供給を目的に 1975 年に Can Tho (Tra Noc) 石油火力

発電所が建設された。

旧ソ連の支援のもとに 1988 年には Tri An 水力発電所が 400 MW の設備で運開した。遠隔地点ではディーゼル発電による供給も行われているが 1993 年末時点での可能出力は設備容量 204 MW に対して 65 MW に過ぎなかった。第 2 電力公社の水力・火力の発電設備はそれぞれ 42%, 15% のシェアを有している。

ダニム発電所の 1977 年以降の発電電力量（1994 年度の PC-2 記録および Institute of Energy より抜粋）は下記の通り。

(単位：GWh)

年	水力発電			火力発電	ガス& ディーゼル 発電	合計	ダニム 発電所 分担率	
	ダニム	トリ・ アン	他					
1977	761	-	15	776	642	1,418	53.7%	
78	867	-	15	882	617	1,499	57.8%	
79	928	-	15	943	509	1,452	63.9%	
80	1,095	-	15	1,110	435	1,545	70.9%	
81	1,021	-	15	1,036	539	1,575	64.8%	
82	1,081	-	15	1,096	599	1,695	63.8%	
83	814	-	15	829	904	1,733	47.0%	
84	1,142	-	15	1,157	743	1,900	60.1%	
85	1,068	-	14	1,081	717	1,858	57.5%	
86	903	-	-	903	971	151	2,026	44.6%
87	998	-	-	998	1,071	170	2,239	44.6%
88	841	633	15	1,489	994	109	2,592	32.4%
89	781	1,437	8	2,226	740	103	3,069	25.4%
90	774	1,697	13	2,484	841	128	3,453	22.4%
91	800	1,738	12	2,550	1,059	184	3,793	21.1%
92	918	1,685	16	2,619	1,036	358	4,013	22.9%
93	958	1,832	17	2,807	1,139	716	4,662	20.5%

この表からダニム発電所の年平均発電量は、約 10 億 kW であると想定できる。

3) 第 3 電力公社

管内の発電設備は他の電力公社に比し極めて少なく 250 MW に過ぎない。電源の主力はディーゼル発電設備であり、これに小水力 3 地点に 19.4 MW を保有するのみである。なお、管内の電力系統は現在のところ連系されていない。1990 年末には第 1

電力会社の 220kV 送電線が延長され管内北部 5 省に電力が供給されている。先にも述べたが第 2 電力会社のダニム発電所の電力が管内南部に送電されている。

水力	Drayling	12 MW
	An Diem	6 MW
	Phu Ninh	2 MW
ディーゼル		230 MW
合計		250 MW

(出典：Institute of Energy)

(2) 送変電設備

ヴェトナム全国の 1993 年末の総送電設備は下記の通りである。基幹送変電設備の位置は図 2.3 に示す。

	全国 (km)	第 1 電力公社	第 2 電力公社	第 3 電力公社
<u>送電線設備</u>				
230-220 kV	1,790	960	630	200
110-66 kV	5,257	2,621	1,587	1,049
35-6 kV	31,777	17,953	9,743	4,081
低圧配電線	16,645	10,000	5,655	990
<u>変電設備 (変圧器)</u>				
230-220 kV	2,796 MVA	1,376 MVA	1,294 MVA	126 MVA
110-66 kV	3,630 MVA	1,885 MVA	1,534 MVA	211 MVA
35-6 kV	2,208 MVA	2,000 MVA	81 MVA	127 MVA
配電網	5,587 MVA	2,907 MVA	2,131 MVA	549 MVA

(出典：Institute of Energy)

2.3.4 電力需要及び需要予測

(1) 電力需要の記録

1986年-1994年の過去9年間の電力データは、表2.3に集計してある。これらの実績値から下記の事実が判明する。

1) 発電電力量

1994年に於ける国全体の発電電力量は、12,200 GWhであり過去9年間の平均伸び率は年10.4%である。これは、非OECD諸国の平均値4%を大幅に上回っており、(ASEAN5ヶ国の平均11.7%に匹敵する値) ヴィエトナムの電力の著しい成長を示している。但し、人口一人当たりの年電力量(154 kWh)はASEAN(508 kWh)に比し、極めて低いレベルにある。したがって、同国の電力需要は将来にわたっても高い成長率を維持するものと想定される。

1994年の全国発電電力量に対する各電力会社のシェアは、第1、第2、第3電力会社の順に各々59%、39%、2%となっており、第3電力会社は自己発電量の305%に相当する電力量を第1及び第2電力会社からの供給に依存している状態である。全国発電電力量の73%は水力発電所によるもので豊富な水資源の有効活用が理解される。開発計画によれば今後もこの傾向が継続する。

2) 消費電力

表2.4に見られるように過去9年間の国全体の消費電力量の年平均伸び率は10.4%であった。中でも農業用需要の伸びは年平均19.0%を、一般需要電力量は13.4%を記録している。

第1電力会社管内の農業用の需要電力量は管内消費量の28%に過ぎないがその伸び率は20%を超している。工業電力の伸びは2.5%と低いが消費量の37%を占めている。最大電力は年平均9.0%で増加し1993年には1,080 MWを記録した。これは国全体の最大電力の約50%に相当するものである。

第2 電力公社管内では、工業、農業、一般需要の伸び率は12% - 17%と同様に高い数値を記録している。特に工業と一般需要電力は全体の86%を占めている。1993年の最大電力は870MWで年率14.4%の増加率を記録し、電源確保の必要に迫られている。

第3 電力公社管内の伸び率は12.9%で平均以上の値を記録している。特に一般需要家の伸びが著しく年平均17.8%である。これはPC-1及びPC-2からの電力供給が増加したことに起因していると考えられる。電源が十分であればこの高い伸びは当分継続すると推定される。

これらの記録から、供給力さえ十分であれば電力の需要は引き続き高い伸び率にて推移することは容易に推定できる。

(2) 電力需要予測

ヴェトナムの電力需要予測はまず各電力公社が独自の予測を作成し、これをエネルギー研究所が総合的に検討する。エネルギー省がこの検討結果を承認して国の需要予測値として発表される。最近の需要予測は1995年1月に発表されたものがある。

経済の成長を仮定し、2010年迄の電力需要予測を行っている。次表は経済状況の高成長・基準成長を基にした予測値の抜粋である。

表に見られるように2010年迄の全国の電力消費量の年平均伸び率は高度成長ベースで12.1%、基準成長ベースで11.7%を想定しているが過去のデータから見て妥当な予測である。需要の伸びは至近年では高くその後徐々に伸びが鈍化して行くパターンをたどっている。1994年の工業需要は43%のシェアを持っていたが国全体の工業化が促進されることから今後のシェア率を52%-55%と見込んでいる。一方、一般需要は年率9%-10%の伸びを想定し過去9年間の平均13.4%のレベルより若干低い数値を想定しているが、全消費電力に占めるシェアは1994年の33%から今後10年程度は22%前後に下降させている。最大電力の伸

びも過去の平均に近い 10%-11.0% を想定している。

第1 電力公社の過去 9 年間の消費電力の年平均伸び率は 6.9% であったが今後もこの伸びを維持すると想定している。ただし、工業需要は 2.5% の伸びに過ぎなかったが今後 2010年までは年平均 15% にて成長するとしている。消費電力全体に占めるシェアも 40% から 60% を越える結果となっている。工業化促進の政策が反映されている。一般需要の成長率は2010年迄に約 5% に下降する予想である。農業需要はある程度電化が普及し、これまでの成長率 20% が下降する予想である。最大電力は過去の伸び率に準じて 9.0% を見込んでいる。

第2 電力公社の工業需要は現状以上に増加し 1994 年のシェア 50% から 2000 年以降も 60%-70% まで拡大するとし伸び率も 15.0% を見込んでいる。一般・公共需要も電化が進んでおり現在の成長率は下降し2000年に 6.5% となり、シェアは全消費電力量の 17% を想定している。管内の最大電力の伸びは過去 9 年間平均の 14.4% よりは低いが 12% 程度を維持するものとしている。1995 年には消費電力量・最大電力とも第1 電力公社の需要を上回ることになる。

第3 電力公社管内の需要は電源不足からこれまで電化の抑制に直面してきたが、500 kV 送電線からの電力供給、管内での水力発電所開発に伴い供給抑制が緩和される。管内の需要の伸びは高く想定し年間消費電力の伸び率を 11.2% とし、特に一般需要は 12.0% を想定している。なお、電力消費の 42% 強は一般需要によるものである。今後の地域開発を考慮すればこの様な高い成長率は妥当な想定である。

	1995年	2000年		2005年		2010年	
	計画	高成長	基準成長	高成長	基準成長	高成長	基準成長
第1 電力公社							
1 消費電力量 (GWh)							
工業用	4,440	8,362	7,948	13,825	12,783	23,763	21,281
農業用	1,595	3,872	3,757	7,661	7,099	15,160	13,413
サービス	1,269	403	388	530	510	697	670
一般用	270	513	513	949	949	1,755	1,755
消費電力量合計	1,306	3,574	3,290	4,685	4,225	6,151	5,443
2 電力損失 (GWh)	1,340	2,025	1,793	2,594	2,399	3,240	2,902
3 必要電力量 (GWh)	5,780	10,387	9,741	16,419	15,182	27,003	24,183
4 最大電力 (MW)	1,100	1,907	1,744	2,840	2,626	4,533	4,060
第2 電力公社							
1 消費電力量 (GWh)							
工業用	5,524	11,056	10,395	20,011	18,615	37,118	34,249
農業用	2,674	6,547	6,137	13,169	12,344	26,485	24,829
サービス	160	139	137	175	175	223	223
一般用	600	1,145	1,100	2,192	2,006	4,197	3,657
消費電力量合計	1,820	3,225	3,021	4,475	4,090	6,213	5,540
2 電力損失 (GWh)	1,478	2,493	2,266	3,670	3,414	5,061	4,669
3 必要電力量 (GWh)	6,732	13,549	12,661	23,681	22,029	42,179	38,918
4 最大電力 (MW)	1,200	2,343	2,190	4,035	3,753	7,081	6,534
第3 電力公社							
1 消費電力量 (GWh)							
工業用	943.7	1,710	1,618	3,011	2,718	5,284	4,624
農業用	319	557	523	1,060	902	2,019	1,554
サービス	104	103	103	138	138	185	185
一般用	117	197	197	417	417	881	881
消費電力量合計	403	853	795	1,396	1,261	2,202	2,004
2 電力損失 (GWh)	295	401	391	601	565	734	642
3 必要電力量 (GWh)	1,238.7	2,111	2,009	3,612	3,283	6,021	5,266
4 最大電力 (MW)	277	455	432	723	658	1,146	1,002
3 電力公社・合計							
1 消費電力量 (GWh)							
工業用	10,637	21,128	19,961	36,847	34,116	66,168	60,154
農業用	4,588	10,976	10,417	21,890	20,345	43,664	39,796
サービス	1,533	645	628	843	823	1,105	1,078
一般用	1,810	2,320	1,855	3,558	3,372	6,833	6,293
消費電力量合計	3,529	7,652	7,106	10,556	9,576	14,566	12,987
2 電力損失 (GWh)	3,113	4,919	4,450	6,865	6,378	9,035	8,213
3 必要電力量 (GWh)	13,750	26,047	24,411	43,712	40,494	75,203	68,367

(出典：Institute of Energy)

2.3.5 電力開発計画及び需給バランス

(1) 電力開発計画

急増する電力需要に対処すべくベトナム政府及び各電力公社は、既設電力施設の拡張・修復及び新電力設備の開発計画を立案している。特に電源については、豊富な水資源を活用した水力発電計画に長期的視野を向けている。第4次電力開発マスター・プランによる2010年までの同国の電源開発計画は下記の通りである。

年	発電型式	発電所名	出力 (MW)	地域
1995	HP	Thac Mo	150	南部
	HP	Vinh Son	66	中部
1996	G.T	Ba Ria (F6)	35	南部
1997	G.T	Ba Ria スチーム、タービン部	2 x 56	南部
	CC	C.C 1, 2号機 ガスタービン部	4 x 100	南部
1998	HP	Song Hinh	70	中部
		C.C 1, 2号機 スチーム部	2 x 100	南部
1999	TP(C)	Pha Lai 2, 1号機	1 x 300	北部
	TP(O)	Phu My, 1号機	1 x 200	南部
	HP	Yaly, 1, 2号機	2 x 180	中部
2000	TP(C)	Pha Lai 2, 2号機	1 x 300	北部
	TP(O)	Phu My, 2, 3号機	2 x 200	南部
	HP	Yaly, 3, 4号機	2 x 180	中部
2001	HP	Ham Thuan	300	南部
2002	HP	Da Mi	172	南部
	HP	Se San	220	中部
	HP	Buon Cuop	85	中部
2003	HP	Dai Ninh	300	南部
	CC	CC 3号機	300	南部
2004	HP	Thuong Kontum	260	中部
	CC	CC 4号機	300	南部
2005	HP	Ban Mai	350	北部
	HP	Pleikrong	120	中部
	CC	CC 5号機	300	南部
2006	TP	Quang Ninh, 2号機	300	南部
	TP	Western TP, 1号機	300	南部
2007	HP	Son La, 1, 2号機	2 x 300	北部
	TP	Western TP, 2号機	1 x 300	南部
	GT	GT 1, 2号機	2 x 100	南部
2008	HP	Son La, 3, 4号機	2 x 300	北部
	TP	Western TP, 3号機	300	南部
	GT	GT 3号機	100	南部
2009	HP	Son La, 5, 6号機	2 x 300	北部
	TP	Southern TP, 1号機	300	南部
	GT	GT. 4号機	100	南部
2010	HP	Son La, 7, 8号機	2 x 300	北部
	TP	Southern TP, 2, 3号機	2 x 300	南部
	GT	GT 5, 6号機	2 x 100	南部

(Source: Institute of Energy)

(註) HP : 水力発電
 GT : ガスタービン
 CC : コンバインドサイクル
 TP(C)(O) : 火力発電(石炭)(油)

(2) 需給バランス

(2.1) 全国規模

第4次電力マスター・プランに最大電力と電力量の2010年までの需給バランス計画が発表されている。至近年に運転開始を予定されている新規大容量電源の開発計画がないことから、PC-1の余剰電力をPC-2及びPC-3へ500kV送電システムにより融通する。即ち、下記条件を前提に需給バランスが検討されている。

- 1) 1995-2010年の需給バランスは需要電力と予備力の合計と既設電源の供給力と上記電力開発計画による増加出力の合計の比較から得ている。
- 2) 予備力の値は電力システムの大きさにより最大需要電力の10%-20%を見込んであり妥当な値と考えられる。
- 3) Hoa Binh水力発電所の定格出力は1920MWで計上されている。
- 4) PC-1はPC-2に2010年までPC-3に1998年まで電力融通を行うものとしている。Yaly水力発電所1,2号機の完成以降はPC-3は2010年までPC-2に対し電力融通を行うものとしている。1998年のみPC-2はPC-3に対し74MWの電力融通を行うものとしている。

下記に高成長のケースの需給バランスの概要を掲載するが詳細は表2.6に示す。

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010
第1電力公社								
需給バランス(MW)	790 (250)	742 (250)	639 (300)	633 (300)	635 (300)	611 (300)	340 (500)	360 (700)
第2電力公社								
需給バランス(MW)	41 (300)	-221 (300)	-189 (350)	-256 (350)	-22 (400)	265 (450)	14 (600)	-116 (800)
第3電力公社								
需給バランス(MW)	35 (0)	40 (0)	40 (0)	50 (0)	50 (0)	166 (0)	613 (0)	302 (0)

(注) 括弧内は系統予備力で需要に含めてある。 +: 余剰、 -: 不足

電力需要が高度成長ベースで推移した場合には 2010年迄の幾年力に PC-2 で不足を生じるが PC-1およびPC-3の余剰分ならびに系統予備力にて賄える。

(2.2) 第2電力公社

第2電力公社の解析による管内の需給バランスは表 2.7、2.8 に詳細をまとめてあるが、下記はその抜粋である。

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010
需要電力量 (GWh)	6770	7865	9138	10616	12333	14328	23681	42179
可能供給量 (GWh)								
(水力)	3305	3305	3305	3305	3305	3305	6073	6073
(火力)	468	615	959	981	120	132	132	80
(ガスタービン)	913	1450	2976	5047	6492	6051	11597	28113
(ディーゼル)	123	134	111	217	40	40	-	-
(500kV 融通)	1961	2361	1787	1066	2376	4800	5879	7913
電力量需給バランス (GWh)	0	0	0	0	0	0	0	0
最大需要電力 (MW)	1220	1400	1607	1844	2116	2428	3954	6939
可能供給力 (MW)	1561	1479	1768	1938	2494	3093	4568	7623
(水力)	710	710	710	710	710	710	1482	1482
(火力)	194	194	194	194	38	38	38	38
(ガスタービン)	190	222	634	934	1354	1724	2624	5324
(ディーゼル)	174	174	174	174	110	50	-	-
(500kV 融通)	293	179	56	-74	282	571	424	779
予備力 (MW)	300	300	350	350	400	400	600	800
電力需給バランス (MW)	+41	-221	-189	-256	-22	+265	+14	-116

(出典：Institute of Energy & Energy Center of PC-2)

(注) 高成長予測値/低成長予測値、+は余剰、-は不足

上記需給バランスは、発電所の供給力の 11%-20% に相当する予備力及び第1電力公社の Hoa Binh 水力発電所ならびに第3電力公社の Yaly 水力発電所からの電力融通を考慮したものである。

電力会社の計画では、乾期に出力低下を来す水力発電所の電力を補うべく火力・ガスタービン・ディーゼル発電所の運転を増加している。ただし、ダニム水力発電所は乾期・雨期を問わず年間を通じて平均した電力を出力することが可能である。

電力量のバランスでは、1995-2010年の全期間を通じて需要を満たす予想である。

2.3.6 電力料金

(1) 電力料金制度

電力料金は毎年各電力会社から提出される資料を検討して財務省、国家計画委員会、物価委員会、労働省、エネルギー省などで協議の上料金案を作成し関係会議にかけて決定する。

電力会社から提出される資料は、需要予測や供給計画に基づく料金原価計算書ではなく前年度の実績原価である。この前年度の実績原価のみを参考にして当該年度の料金を検討するので以上の手続で決定される料金は必ずしも原価を反映したものではなく政策的に決定される傾向がある。

(2) 現行電力料金

電力料金は1987年以降数回改定されているが現行料金は1994年8月1日から適用されている。需要種別ごとに需要電力の電圧と時間帯区分により全国（3電力会社）一律に定めている。

製造業及び	20 kV 以上の受電	通常時間帯	:	450 Dong/kWh
事務用電力:		ピーク時間帯	:	710 Dong/kWh
		オフピーク時間帯	:	280 Dong/kWh
	6 kV-20kV の受電	通常時間帯	:	500 Dong/kWh
		ピーク時間帯	:	800 Dong/kWh

		オフピーク時間帯	:	300 Dong/kWh
	6 kV 以下の受電	通常時間帯	:	550 Dong/kWh
		ピーク時間帯	:	800 Dong/kWh
		オフピーク時間帯	:	320 Dong/kWh
農業用電力:	6 kV 以上受電	オフピーク時間帯	:	180 Dong/kWh
		その他の時間帯	:	450 Dong/kWh
	6 kV 以下の受電	オフピーク時間帯	:	190 Dong/kWh
		その他の時間帯	:	480 Dong/kWh
街路灯			:	450 Dong/kWh
一般家庭用		150 kWh 迄	:	450 Dong/kWh
		151-250 kWh	:	600 Dong/kWh
		250 kW 以上	:	800 Dong/kWh
大口卸売需要	地方変電所メータ	地方の需要	:	360 Dong/kWh
	私設変電所メータ	家庭用	:	400 Dong/kWh
	変電所メータ	家庭用	:	420 Dong/kWh
業務・サービス業用			:	850 Dong/kWh
外国人用	製造業用	20 kV 以上受電	:	US\$ 0.070/kWh
		6 kV-20 kV 受電	:	US\$ 0.075/kWh
		6 kV 以下受電	:	US\$ 0.080/kWh
	業務・サービス用	20 kV 以上受電	:	US\$ 0.090/kWh
		6 kV-20 kV 受電	:	US\$ 0.100/kWh
		6 kV 以下受電	:	US\$ 0.110/kWh
	住宅用	20 kV 以上受電	:	US\$ 0.080/kWh
		6 kV-20kV 受電	:	US\$ 0.085/kWh
		6 kV 以下受電	:	US\$ 0.090/kWh

(注) 通常時間帯 : 4 am - 6 pm
ピーク時間帯 : 6 pm - 10 pm
オフピーク時間帯 : 10 pm - 4 am

表 2.1 既設発電設備 (1994年末現在)

	(MW)					
	水力発電	石油火力	石炭火力	ディーゼル	ガスタービン	合計
第1電力公社	2028	-	645	-	-	2673
第2電力公社	564	205	-	204	383	1356
第3電力公社	20	-	-	230	-	250
合計	2612	205	645	434	383	4279

(出典：Institute of Energy)

第1電力公社	水力発電所	Hoa Binh	8 x 240 = 1920 MW
		Thac Ba	3 x 36 = 108 MW
	石炭火力発電所	Pha Lai	4 x 110 = 440 MW
		Uong Bi	1 x 50 + 1 x 55 = 105 MW
		Ninh Binh	4 x 25 = 100 MW
	合計		2,673 MW
第2電力公社	水力発電所	Da Nhim	4 x 40 = 160 MW
		Tri An	4 x 100 = 400 MW
		Khac (Suoi Vang)	3.7 MW
	石油火力発電所	Thu Duc	2 x 66 + 1 x 33 = 165 MW
		Can Tho	1 x 33 = 33 MW
		Cogido	1 x 7.3 = 7.3 MW
	ガス・タービン発電所	Thu Duc	23.4 + 12.5 + 14.7 + 2 x 37.5 = 125.6 MW
		Ba Ria	2 x 23.4 + 5 x 37.5 = 234.3 MW
		Can Tho	2 x 12 = 24 MW
	ディーゼル発電所	Cho Quan	33.0 MW
		Bien Hoa	33.0 MW
		Hoa An	14.3 MW
		Cho Lon	11.2 MW
		Ba Queo	30.0 MW
Tan Son Nhat		5.0 MW	
合計	その他地方	77.0 MW	
		1,356.4 MW	
第3電力公社	水力発電所	Drayling	12.0 MW
		An Diem	5.4 MW
		Phu Ninh	2.0 MW
	ディーゼル発電所		230 MW
	合計		249.4 MW

(出典：Institute of Energy)

表 2.2 既設発電設備 (1994年末現在)

(1) 送電設備

(単位：circuit-km)

電 圧	全 国	第 1 電力公社	第 2 電力公社	第 3 電力公社
230 kV & 220 kV	1,790	960	630	200
110 kV	4,183	2,621	581	981
66 kV	1,074	-	1,006	68
35 kV - 6 kV	31,777	17,953	9,743	4,081
低圧配電線	16,645	10,000	5,655	990

(出典：Institute of Energy)

(PC-2 送電設備内訳)

送電線区間	Circuit-km	使用電線
230 kV & 220 kV 送電線		
Da Nhim - Long Binh	238.6	ACSR 410 mm ²
Long Binh - Saigon	18.4	ACSR 410 mm ²
Long Binh - Ba Ria	65.0	ACSR 400 mm ²
Tri An - Long Binh	22.9	ACSR 300 mm ²
Tri An Hoc Mon	104.6	ACSR 400 mm ²
Saigon - Hoc Mon	14.6	ACSR 400 mm ²
Hoc Mon - Phu Lam - Tra Noc	166.4	ACSR 400 mm ²
合計	630.5	
110kV 送電線		
Hoc Mon - Hoa Xa	29.4	ACSR 200 mm ²
Long Binh - Vung Tau	81.5	ACSR 185 mm ²
Long Binh - Bien Hoa	13.8	ACSR 240 mm ²
Long Binh - Xuan Loc	44.8	ACSR 185 mm ²
Tri An - Dong Xoai	45.0	ACSR 185 mm ²
Tra Noc - Long Xuyen	63.0	ACSR 160 mm ²
Long Xuyen - Rach Gia	58.9	ACSR 160 mm ²
Rach Gia - Kien Luong	69.0	ACSR 185 mm ²
Long Xuyen - Chau Doc	54.0	ACSR 185 mm ²
合計	516.9	
66 kV 送電線		
Da Nhim - Cam Ranh	30.0	ACSR 336.4 MCM
Thu Duc No.1 P/S - Saigon S/S	0.5	ACSR 795 MCM
Thu Duc No.2 & No.3 - Saigon S/S	1.0	ACSR 795 MCM
Saigon - Cat Lai	11.0	ACSR 795 MCM
Cat Lai - Xa Lo 1	3.2	ACSR 795 MCM
Cat Lai - Chanh Hung	9.3	ACSR 795 MCM
Saigon - Xa Lo 2	13.8	ACSR 795 MCM
Xa Loi - Hung Vuong	6.4	ACSR 795 MCM
Hung Vuong - Cholon	3.1	ACSR 795 MCM
Cholon - Chanh Hung	7.1	ACSR 795 MCM
Saigon - Dong Nai	15.5	ACSR 185 mm ²
Dong Nai - Vicasa	1.3	ACSR 147 mm ²
Saigon - Phu Hoa Dong	34.0	ACSR 336 MCM

送電線区間	Circuit-km	使用電線
Phu Hoa Dong - Trang Bang	23.0	ACSR 336 MCM
Trang Bang - Tay Ninh	46.0	ACSR 336 MCM
Cholon - My Tho	60.0	ACSR 147 mm ²
My Tho - Go Cong	35.0	ACSR 147 mm ²
My Tho - Cai Lay	25.3	ACSR 147 mm ²
My Tho - Ben Tre	18.0	ACSR 185 mm ²
Tra Noc - Can Tho	14.6	ACSR 160 mm ²
Tra Noc - Soc Trang	83.5	ACSR 185 mm ²
Soc Trang - Bac Lieu	55.0	ACSR 185 mm ²
Bac Lieu - Ca Mau	70.0	ACSR 185 mm ²
Tra Noc - Sadeo	31.6	ACSR 160 mm ²
Sadeo - Vinh Long	23.4	ACSR 160 mm ²
Vinh Long - Tra Vinh	64.2	ACSR 185 mm ²
Da Nhim - Thap Cham	41.3	ACSR 336 MCM
Thap Cham - Cam Ranh 1	30.2	ACSR 336 MCM
Thap Cham - Phan Thiet	137.0	ACSR 185 mm ²
Vinh Long - My Thuan	3.4	ACSR 400 mm ²
My Thuan - Cao Lanh	30.5	ACSR 185 mm ²
Cao Lanh - An long		ACSR 185 mm ²
Nha Be - An Nghia	24.9	ACSR 185 mm ²
合計	953.1	

(出典：PC-2, Energy Center)

(2) 変電設備

(単位：MVA)

電 圧	全 国	第 1 電力公社	第 2 電力公社	第 3 電力公社
230 kV & 220 kV	2,796	1,376	1,294	126
110 kV	2,992	1,885	902	205
66 kV	638	-	632	6
35 kV - 6 kV	2,208	2,000	81	127
低圧配電線	5,587	2,907	2,131	549

(出典：Institute of Energy)

(PC-2 変電設備内訳)

変電所	電圧(kV)	変圧器容量(MVA)
230 kV & 220 kV 変電所		
Saigon	230/66/11	2 x 3 x 28
Tra Noc	220/110/66	1 x 100
Hoc Mon	220/110/10	2 x 125
Long Binh	220/110/10	2 x 125
Tri An	220/110/6	1 x 63
Bao Loc	220/35	1 x 25
Da Nhim	220/110/10	1 x 63
合計		919
110kV 変電所		
Ho Xa	110/15/10	2 x 40
Cholon	110/15/10	2 x 40
Ba Queo	110/15/10	2 x 40
Long Binh	110/15/10	1 x 40

変電所	電圧(kV)	変圧器容量(MVA)
Bien Hoa	110/15/10	1 x 40
Binh Trieu	110/15/10	1 x 40
Vung Tau	110/15/10	1 x 40
Phan Lan (L. Thanh)	110/6	1 x 10
Xuan Loc	110/35/10	1 x 16
Dong Xoai	110/35/10	1 x 16
Chau Doc	110/35/10	1 x 16
Long Xuyen	110/15	2 x 11.5
Rach Gia	110/15	1 x 11.5
Kien Luong	110/6	2 x 30
Chung Su	110/35	1 x 20
合計		572.5
66 kV 変電所		
Saigon	66/15	2 x 20
Xa Lo	66/15	20 + 33
Hung Vuong	66/15	1 x 33
Chanh Hung	66/15	2 x 30
Viet Thanh	66/15	1 x 33
Phu Hoa Dong	66/15	1 x 10
Binh Chanh	66/15	1 x 5
An Nghia	66/15	1 x 2
Go Dau	66/15	1 x 20
Trang Bang	66/15	1 x 10
Tay Ninh	66/15	1 x 15
Vicasa	66/15	1 x 12.5
Dong Nai	66/15	1 x 33
Tan Mai	66/15	20 + 25
Dalat	66/6	1 x 12
Thap Cham	66/15	1 x 12
Ninh Son	66/15	1 x 1
Phan Ri	66/15	1 x 1
Phan Thiet	66/15	1 x 10
Ben Luc	66/15	1 x 6.25
Tan An	66/15	1 x 12.5
My tho	66/15	1 x 20
Go Cong	66/15	2 x 2
Cai Lay	66/15	1 x 10
My Thuan	66/15	1 x 2
Cao lanh	66/15	1 x 10
Sadec	66/15	1 x 15
Ben Tre	66/15	1 x 10
Can Tho	66/15	1 x 20
Binh Thuy	66/15	1 x 6
Vinh Long	66/15	1 x 20
Soc Trang	66/15	1 x 10
Tra Vinh	66/15	1 x 10
Bac Lieu	66/15	1 x 6
Ca Mau	66/15	1 x 12.5
Thoi Son	66/15	1 x 0.5
合計		549.25

(出典：PC-2, Energy Center)

表 2.3 発電電力量実績 (1986-1994年)

(単位：GWh)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
国全体									
発電量	5,525	6,050	6,784	7,792	8,678	9,152	9,652	10,661	12,200
増加率(%)	-	9.50	12.13	14.86	11.37	5.46	5.46	10.55	14.44
水力	1,400	1,373	1,785	3,825	5,369	6,317	7,228	7,965	8,872
増加率(%)	-	-1.93	30.00	114.28	40.37	17.66	14.42	10.20	11.39
火力	3,655	4,174	4,433	3,662	2,841	2,425	1,887	1,776	2,248
増加率(%)	-	14.17	6.20	-17.39	-22.42	-14.64	-22.18	-5.88	-26.58
ディーゼル・ガス	469	498	566	505	468	411	537	920	1,080
増加率(%)	-	6.18	13.65	-10.78	-7.33	-12.18	30.66	75.60	17.39
第1電力公社									
発電量	3,237	3,537	3,873	4,359	4,869	5,122	5,415	5,750	7,147
増加率(%)	-	9.27	9.50	12.55	11.70	5.20	5.72	6.20	24.30
水力	487	355	293	1,590	2,859	3,710	4,549	5,090	5,834
増加率(%)	-	-27.10	-17.46	442.66	79.81	29.77	22.61	11.89	14.62
火力	2,684	3,108	3,439	2,723	2,000	1,365	851	637	1,288
増加率(%)	-	15.80	10.65	-20.82	-26.55	-31.75	-37.66	-25.15	102.20
ディーゼル・ガス	75	74	141	46	12	47	15	23	25
増加率(%)	-	0.00	90.54	-67.38	-73.91	291.67	-68.09	53.33	8.70
第2電力公社									
発電量	2,026	2,329	2,592	3,069	3,453	3,793	4,013	4,662	4,800
増加率(%)	-	10.51	15.76	18.40	12.51	9.85	5.80	16.19	2.96
水力	903	998	1,489	2,226	2,484	2,550	2,619	2,807	2,930
増加率(%)	-	10.52	49.20	49.50	11.59	2.66	2.71	7.18	4.38
火力	972	1,071	994	740	841	1,059	1,036	1,139	960
増加率(%)	-	10.19	-7.19	-25.55	13.65	25.92	-2.17	9.94	-15.72
ディーゼル・ガス	151	170	109	103	128	184	358	716	910
増加率(%)	-	12.58	-35.88	-0.55	24.27	43.75	94.57	100.00	27.09
第3電力公社									
発電量	262	274	319	365	357	237	225	249	253
増加率(%)	-	4.58	16.42	14.42	-2.19	-33.61	-5.06	10.67	1.61
第1電力より	-	-	-	-	68	261	350	443	552
増加率(%)	-	-	-	-	-	283.82	34.10	26.57	24.60
第2電力より	81	92	111	120	138	142	145	159	220
増加率(%)	-	13.58	20.65	8.11	15.00	2.90	2.11	9.66	38.36

(出典：Institute of Energy)

表 2.4 消費電力量実績 (1986-1994年)

(単位: GWh)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	平均伸率
国全体										
工業負荷	2,197	2,384	2,590	2,622	2,845	3,080	3,197	3,477	3,904	8.6%
農業負荷*1	332	387	441	463	587	806	975	1,147	1,336	19.0%
一般負荷	1,101	1,244	1,356	1,882	2,035	2,052	2,153	2,518	3,019	13.4%
その他負荷*2	521	585	639	698	718	645	604	697	823	5.9%
合計	4,151	4,600	5,026	5,665	6,185	6,583	6,929	7,839	9,082	10.3%
電力損失	1,374	1,450	1,758	2,127	2,493	2,569	2,723	2,832	3,118	10.8%
全消費量	5,525	6,050	6,784	7,792	8,678	9,152	9,652	10,661	12,200	10.4%
最大電力(MW)								2,162		
第1 電力公社										
工業負荷	1,244	1,344	1,465	1,385	1,468	1,445	1,466	1,514	1,513	2.5%
農業負荷*1	263	308	344	355	467	672	827	979	1,124	19.9%
一般負荷	520	611	646	879	856	885	898	995	1,172	10.7%
その他負荷*2	358	370	370	380	371	288	232	226	251	-4.3%
合計	2,385	2,633	2,825	2,999	3,162	3,290	3,423	3,714	4,060	6.9%
電力損失	852	904	1,048	1,360	1,639	1,571	1,642	1,596	1,625	8.4%
全消費量	3,237	3,537	3,873	4,359	4,801	4,861	5,065	5,310	5,685	7.3%
PC-3への供給	-	-	-	-	68	261	350	443		
最大電力(MW)	591	598	707	827	878	991	1,050	1,080		
第2 電力公社										
工業負荷	820	895	959	1,055	1,198	1,448	1,535	1,740	2,133	12.7%
農業負荷*1	35	42	52	66	71	79	87	95	125	17.2%
一般負荷	493	540	607	869	1,017	992	1,036	1,260	1,520	15.1%
その他負荷*2	129	181	231	278	303	305	316	392	480	17.9%
合計	1,477	1,658	1,849	2,268	2,589	2,824	2,973	3,487	4,258	14.2%
電力損失	468	489	632	681	724	831	895	1,016	1,232	12.9%
全消費量	1,945	2,147	2,481	2,949	3,313	3,655	3,868	4,507	5,490	13.8%
PC-3への供給	81	92	111	120	138	142	145	159	210	12.6%
最大電力(MW)	339	390	481	580	647	711	790	870		
第3 電力公社										
工業負荷	133	145	166	182	179	187	196	224	258	8.6%
農業負荷*1	34	37	45	42	49	55	61	73	87	12.5%
一般負荷	88	93	103	134	162	175	220	263	327	17.8%
その他負荷*2	34	34	38	40	44	52	58	78	92	13.3%
合計	289	309	352	398	434	469	535	638	764	12.9%
電力損失	54	57	78	87	129	171	185	220	261	21.8%
全消費量	343	366	430	485	563	640	720	849	1,025	14.7%
最大電力(MW)								212		

(出典: Institute of Energy)

*1: 農村の一般需要家の負荷を含む

*2: 非工業負荷および運輸・商業負荷を含む

表 2.5 電力需要予測

	1995年 計画	2000年		2005年		2010年	
		高成長	基準成長	高成長	基準成長	高成長	基準成長
第1 電力公社							
1 消費電力量 (GWh)							
工業用	4,440	8,362	7,948	13,825	12,783	23,763	21,281
農業用	1,595	3,872	3,757	7,661	7,099	15,160	13,413
サービス	1,269	403	388	530	510	697	670
一般用	270	513	513	949	949	1,755	1,755
消費電力量合計	1,306	3,574	3,290	4,685	4,225	6,151	5,443
2 電力損失 (GWh)	1,340	2,025	1,793	2,594	2,399	3,240	2,902
3 必要電力量 (GWh)	5,780	10,387	9,741	16,419	15,182	27,003	24,183
4 最大電力 (MW)	1,100	1,907	1,744	2,840	2,626	4,533	4,060
第2 電力公社							
1 消費電力量 (GWh)							
工業用	5,524	11,056	10,395	20,011	18,615	37,118	34,249
農業用	2,674	6,547	6,137	13,169	12,344	26,485	24,829
サービス	160	139	137	175	175	223	223
一般用	600	1,145	1,100	2,192	2,006	4,197	3,657
消費電力量合計	1,820	3,225	3,021	4,475	4,090	6,213	5,540
2 電力損失 (GWh)	1,478	2,493	2,266	3,670	3,414	5,061	4,669
3 必要電力量 (GWh)	6,732	13,549	12,661	23,681	22,029	42,179	38,918
4 最大電力 (MW)	1,200	2,343	2,190	4,035	3,753	7,081	6,534
第3 電力公社							
1 消費電力量 (GWh)							
工業用	943.7	1,710	1,618	3,011	2,718	5,284	4,624
農業用	319	557	523	1,060	902	2,019	1,554
サービス	104	103	103	138	138	185	185
一般用	117	197	197	417	417	881	881
消費電力量合計	403	853	795	1,396	1,261	2,202	2,004
2 電力損失 (GWh)	295	401	391	601	565	734	642
3 必要電力量 (GWh)	1,238.7	2,111	2,009	3,612	3,283	6,021	5,266
4 最大電力 (MW)	277	455	432	723	658	1,146	1,002
3 電力公社・合計							
1 消費電力量 (GWh)							
工業用	10,637	21,128	19,961	36,847	34,116	66,168	60,154
農業用	4,588	10,976	10,417	21,890	20,345	43,664	39,796
サービス	1,533	645	628	843	823	1,105	1,078
一般用	1,810	2,320	1,855	3,558	3,372	6,833	6,293
消費電力量合計	3,529	7,652	7,106	10,556	9,576	14,566	12,987
2 電力損失 (GWh)	3,113	4,919	4,450	6,865	6,378	9,035	8,213
3 必要電力量 (GWh)	13,750	26,047	24,411	43,712	40,494	75,203	68,367

(出典：Institute of Energy)

表 2.6 各電力会社の最大電力需給バランス (高成長ケース)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010
第1電力公社								
最大需要電力 (MW)*1	1081	1210	1353	1514	1693	1894	2820	4501
PC-2 & PC-3 融通 (MW)	507	426	336	181	300	423	218	717
予備力 (MW)	250	250	300	300	300	300	500	700
必要最大電力 (MW)	1838	1886	1989	1995	2293	2617	3538	5918
可能供給量 (MW)	2628	2628	2628	2628	2928	3228	3878	6278
バランス (MW)	790	742	639	633	635	611	340	360
第2電力公社								
最大需要電力 (MW)*1	1220	1400	1607	1844	2116	2428	3954	6939
予備力 (MW)	300	300	350	350	400	400	600	800
必要最大電力 (MW)	1520	1700	1957	2194	2516	2828	4554	7739
PC-1/ PC-3 からの融通 (MW)	293	179	56	-74	282	571	424	779
管内可能供給量 (MW)	1268	1300	1712	2012	2212	2522	4144	6844
最大可能供給量 (MW)	1561	1479	1768	1938	2494	3093	4568	7623
バランス (MW)	41	-221	-189	-256	-22	265	14	-116
第3電力公社								
最大需要電力 (MW)*1	275	313	356	404	460	523	718	1138
PC-1/ PC-2 からの融通 (MW)	175	218	261	249	-5	-186	-229	-120
可能供給量合計 (MW)	135	135	135	205	515	875	1560	1560
バランス (MW)	35	40	40	50	50	166	613	302

(出典：Institute of Energy)

(注) 表の値は "高成長ケース/低成長ケース" の電力を示す

表 2.7 PC-2 最大電力需給バランス (高成長ケース)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010
最大需要電力 (MW)	1,220	1,400	1,607	1,844	2,116	2,428	3,954	6,939
可能供給量 (MW)	1,561	1,479	1,768	1,938	2,494	3,093	4,568	7,623
(水力)-Da Nhim	(160)	(160)	(160)	(160)	(160)	(160)	(160)	(160)
(水力)-Tri An	(400)	(400)	(400)	(400)	(400)	(400)	(400)	(400)
(水力)-Thac Mo	(150)	(150)	(150)	(150)	(150)	(150)	(150)	(150)
(水力)-Ham Thuan, Da Mi	-	-	-	-	-	-	(472)	(472)
(水力)-Dai Ninh	-	-	-	-	-	-	(300)	(300)
(水力)合計	(710)	(710)	(710)	(710)	(710)	(710)	(1,482)	(1,482)
(火力)-Thu Duc	(156)	(156)	(156)	(156)	(156)	(156)	(156)	(156)
(火力)-Can Tho Cogido	(38)	(38)	(38)	(38)	(38)	(38)	(38)	(38)
(火力)-Phu My	-	-	-	-	(200)	(600)	(600)	(600)
(Gas & Comb.)-New Thu Duc	-	-	-	-	(64)	(64)	(64)	(64)
(Gas & Comb.)-Ba Ria - Old	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	-	-	-
(Gas & Comb.) New Ba Ria	(160)	(192)	(304)	(304)	(304)	(304)	(304)	(304)
(Gas & Comb.)-New	-	-	(300)	(600)	(600)	(600)	(1,500)	(3,600)
(Gas)-New	-	-	-	-	-	-	-	(600)
(Diesel)合計	(174)	(174)	(174)	(174)	(110)	(50)	-	-
(火力)合計	(558)	(590)	(1,002)	(1,302)	(1,502)	(1,812)	(2,662)	(5,362)
(500kV 融通)	293	179	56	-74	282	571	424	779
必要予備力 (MW)	300	300	350	350	400	400	600	800
電力バランス (MW) *1	41	-221	-189	-256	-22	265	14	-116

(出典：Institute of Energy)

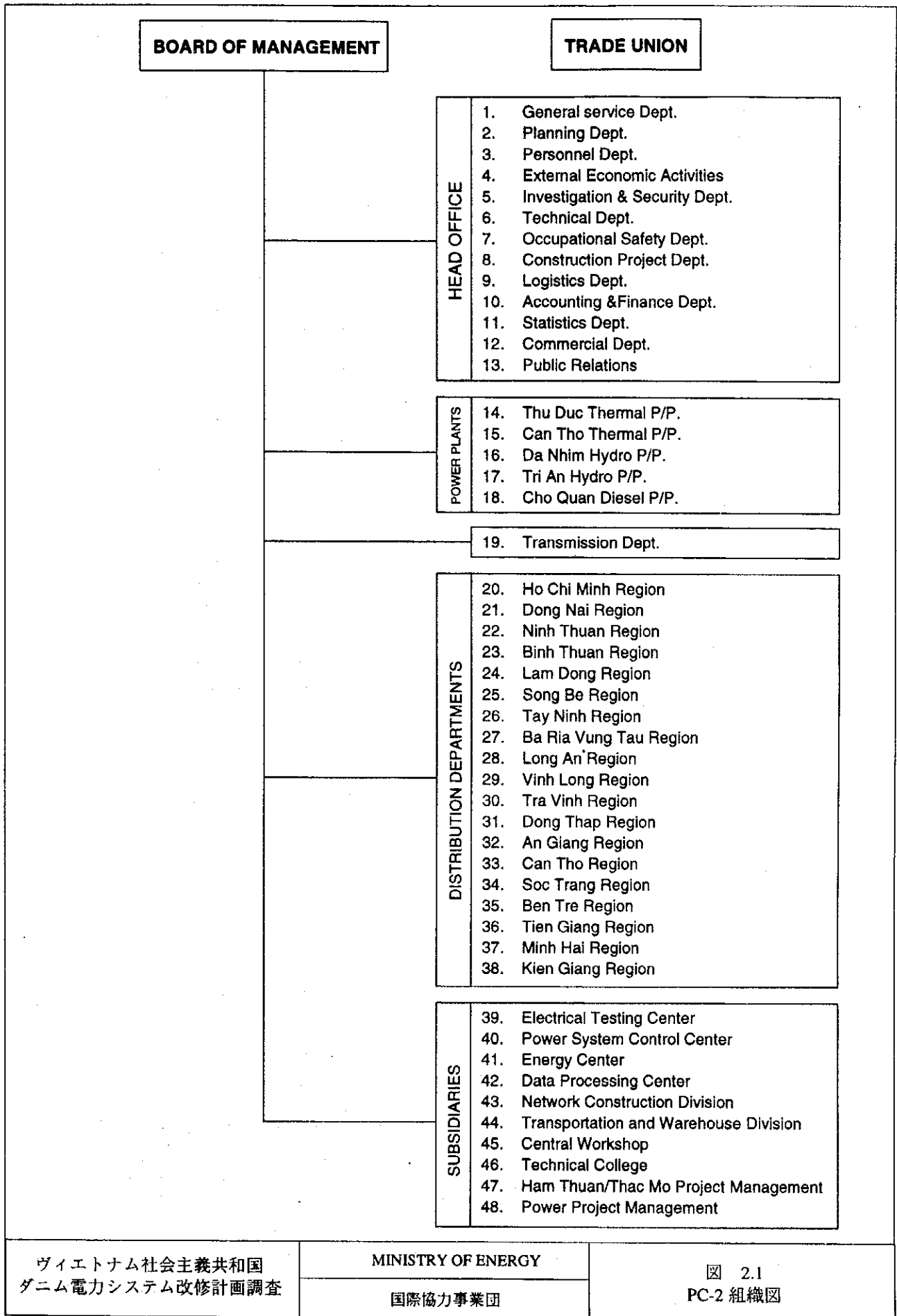
*1： (+)：余剰、(-)：不足

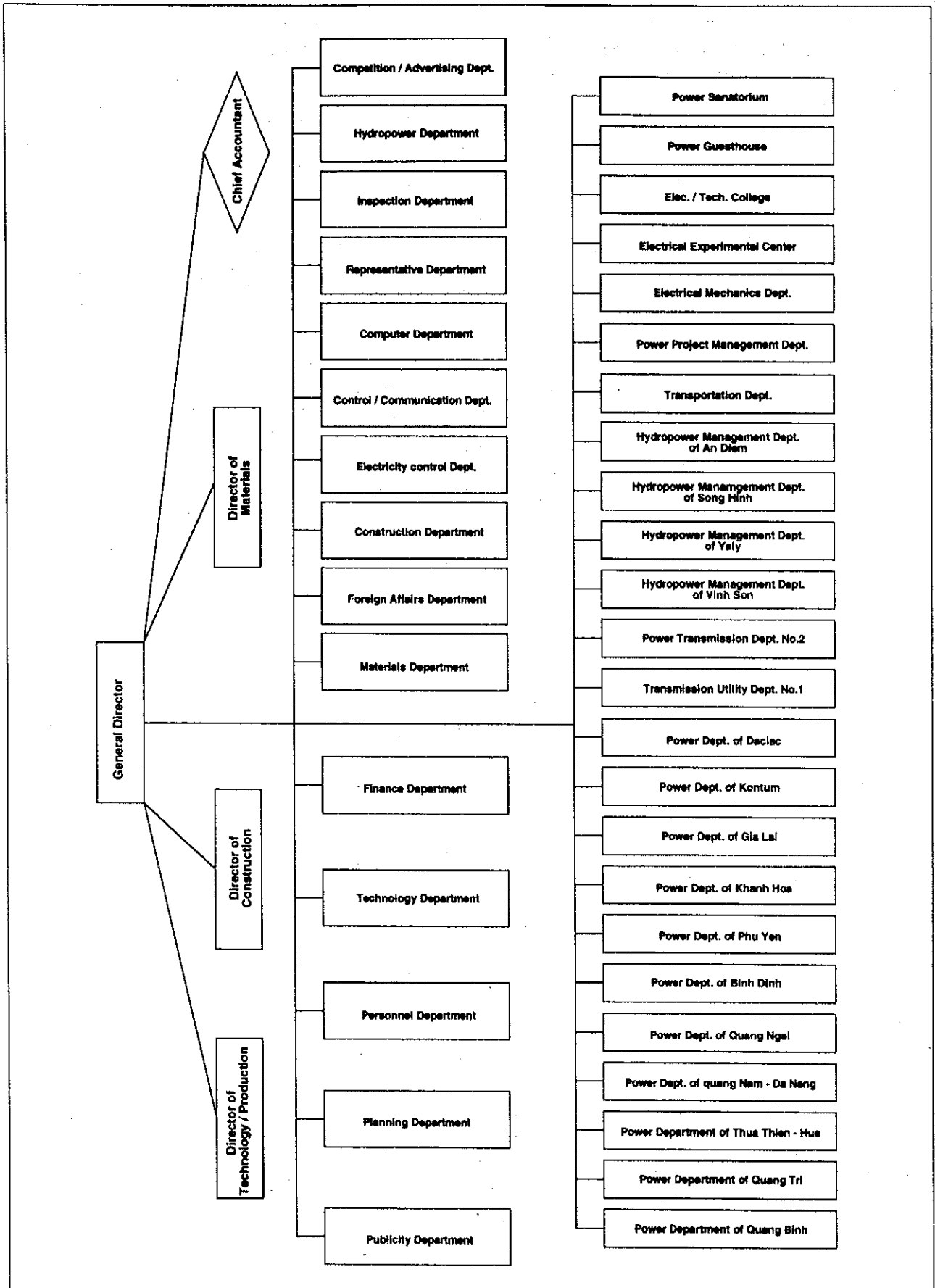
表 2.8 PC-2 電力量需給バランス (高成長ケース)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010
需要電力量 (GWh)	(6,770)	(7,865)	(9,138)	(10,616)	(12,333)	(14,328)	(23,681)	(42,179)
可能供給量 (GWh)								
(水力)-Da Nhim	(1,061)	(1,061)	(1,061)	(1,061)	(1,061)	(1,061)	(1,061)	(1,061)
(水力)-Tri An	(1,640)	(1,640)	(1,640)	(1,640)	(1,640)	(1,640)	(1,640)	(1,640)
(水力)-Thac Mo	(604)	(604)	(604)	(604)	(604)	(604)	(604)	(604)
(水力)-Ham Thuan, Da Mi	-	-	-	-	-	-	(1,550)	(1,550)
(水力)-Dai Ninh	-	-	-	-	-	-	(1,218)	(1,218)
(水力)合計	(3,305)	(3,305)	(3,305)	(3,305)	(3,305)	(3,305)	(6,073)	(6,073)
(火力)-Thu Duc	(364)	(740)	(782)	(792)	(490)	(350)	(350)	(350)
(火力)-Can Tho, Gogido	(104)	(146)	(177)	(189)	(120)	(132)	(132)	(80)
(火力)-Phu My	-	-	-	(133)	(1,428)	(2,205)	(2,593)	(2,399)
(Gas & Comb.) - New Thu Duc.	-	(47)	(125)	(289)	(121)	(103)	(100)	(73)
(Gas & Comb.) - Ba Ria-Old	(73)	(110)	(91)	(88)	(56)	-	-	-
(Gas & Comb.) - New Ba Ria	(840)	(1,022)	(1,988)	(1,997)	(1,200)	(701)	(780)	(755)
(Gas & Comb.) -New	-	-	(772)	(2,540)	(3,197)	(2,692)	(7,774)	(24,192)
(Gas)-New	-	-	-	-	-	-	-	(344)
(Diesel)合計	(123)	(134)	(111)	(217)	(40)	(40)	(0)	(0)
(火力)合計	(1,504)	(2,199)	(4,046)	(6,245)	(6,652)	(6,223)	(11,729)	(28,193)
(500kV 融通)	(1,961)	(2,361)	(1,787)	(1,066)	(2,376)	(4,800)	(5,879)	(7,913)
電力バランス (GWh) *1	0	0	0	0	0	0	0	0

(出典：Institute of Energy)

*1： (+)：余剰、(-)：不足



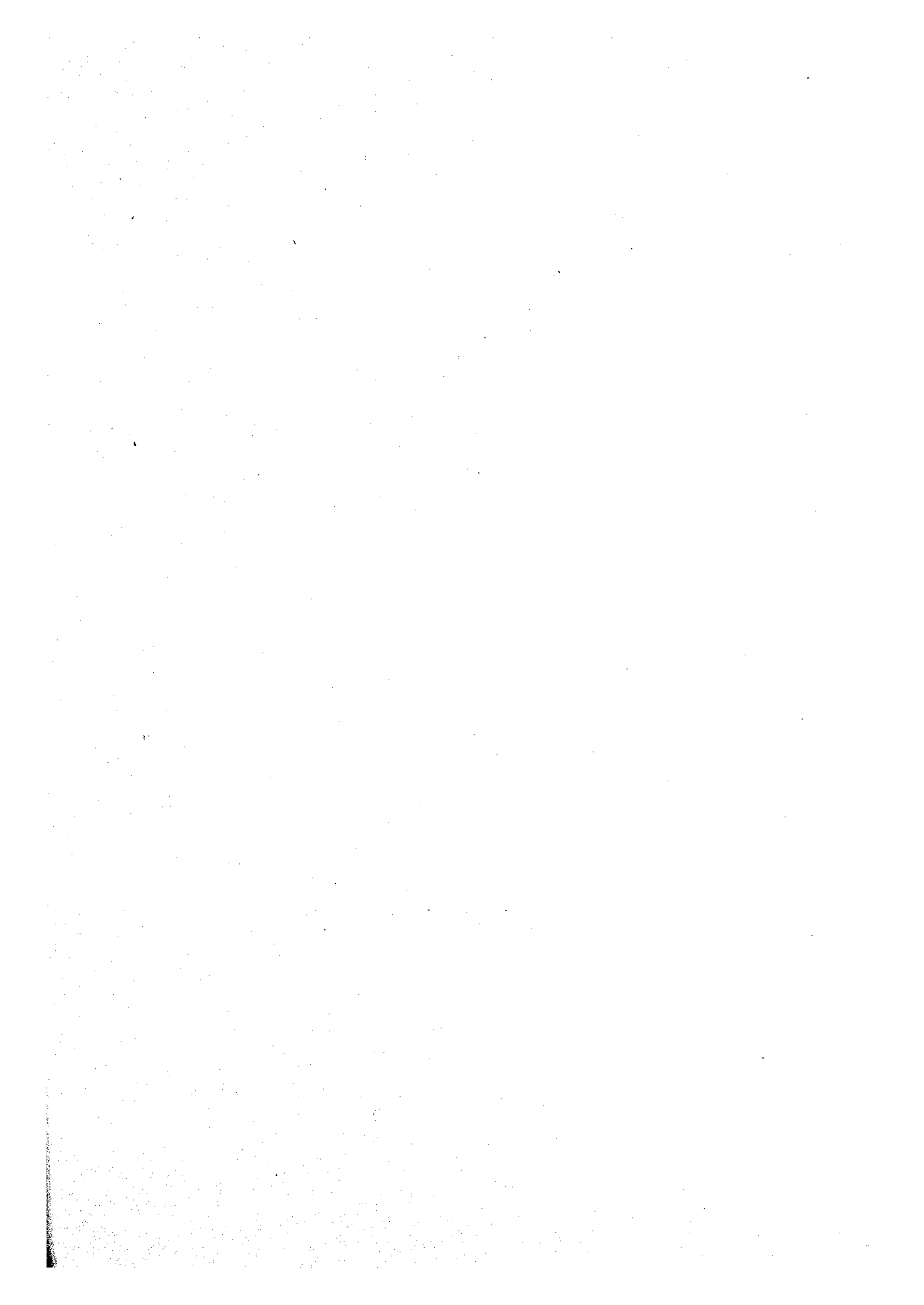


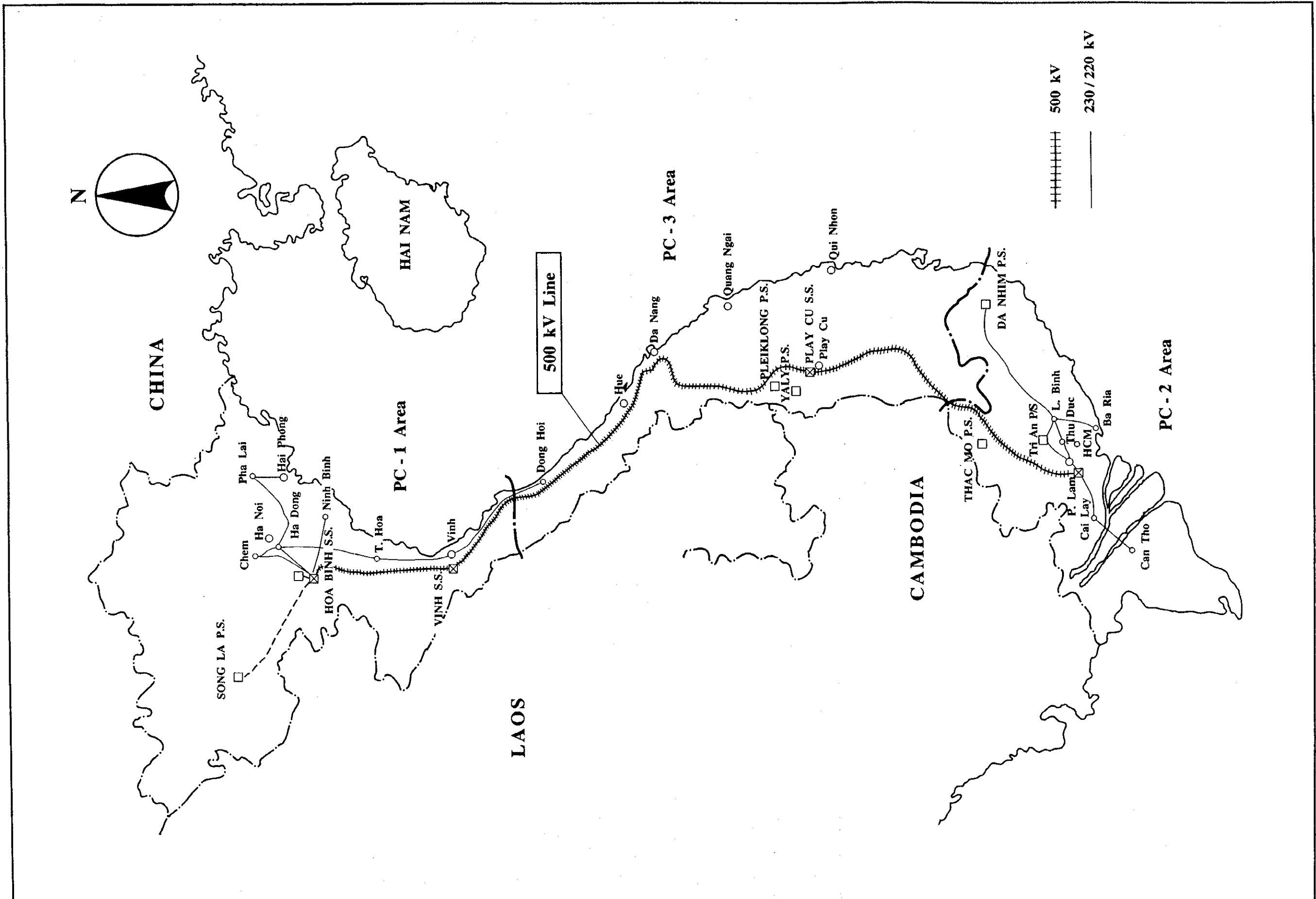
ベトナム社会主義共和国
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 2.2
PC-3 組織図

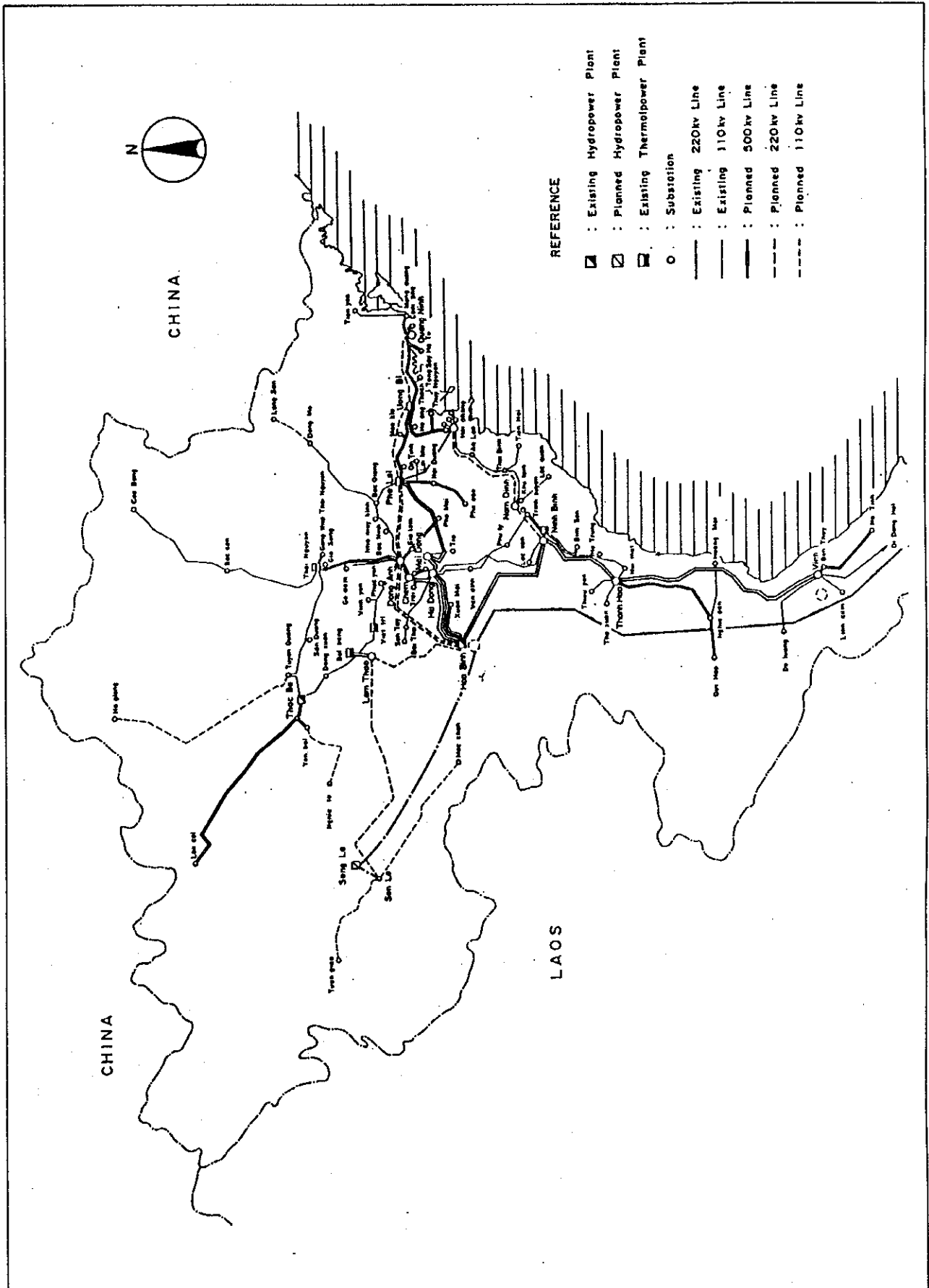




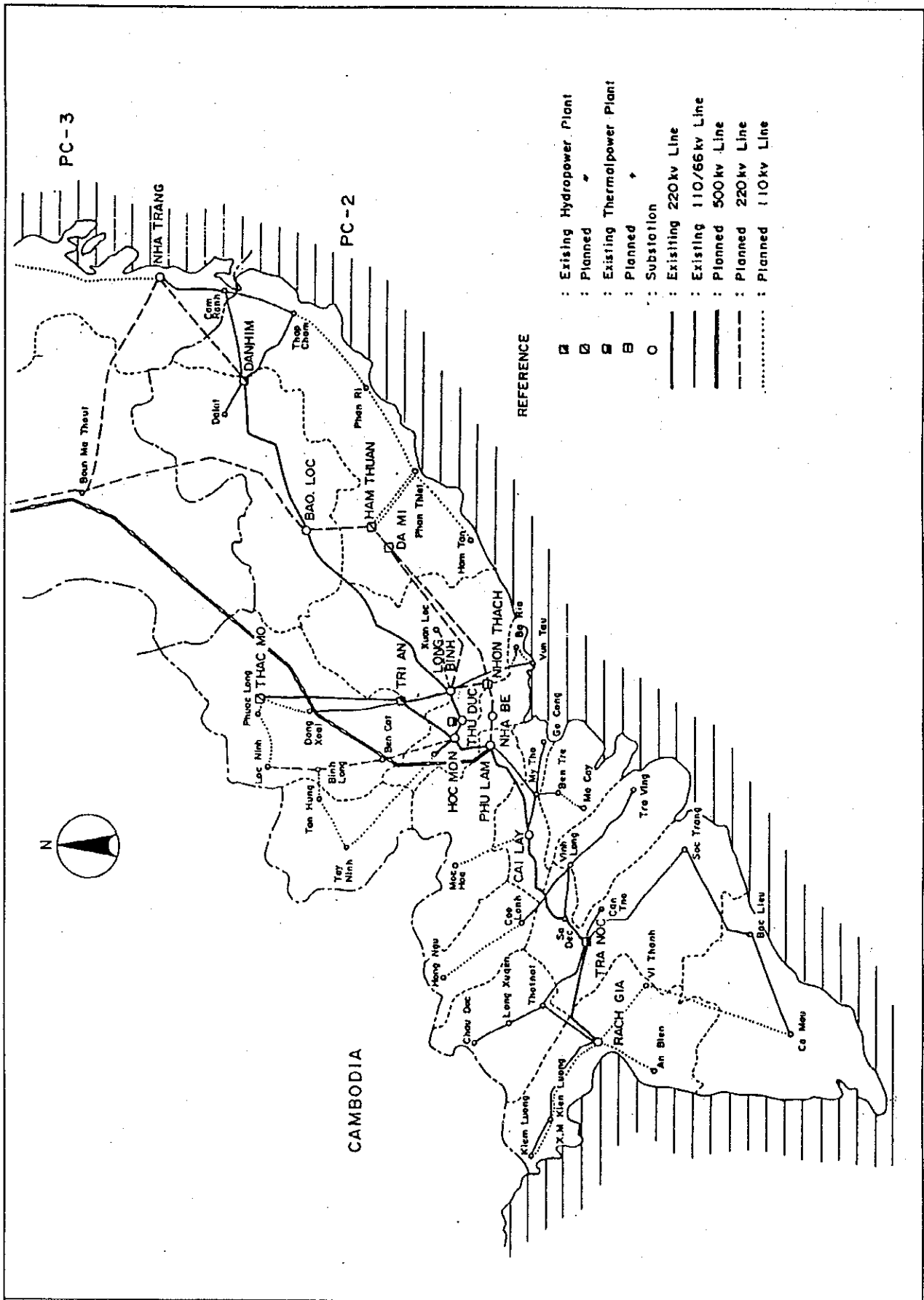
ヴィエトナム社会主義共和国
 ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
 国際協力事業団

図 2.3
 全国電力系統図



ヴィエトナム社会主義共和国 ダニム電力システム改修計画調査	MINISTRY OF ENERGY 国際協力事業団	図 2.4 PC-1 電力系統図
----------------------------------	-------------------------------	---------------------



ヴィエトナム社会主義共和国
ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

図 2.5 (1)
PC-2 電力系統図

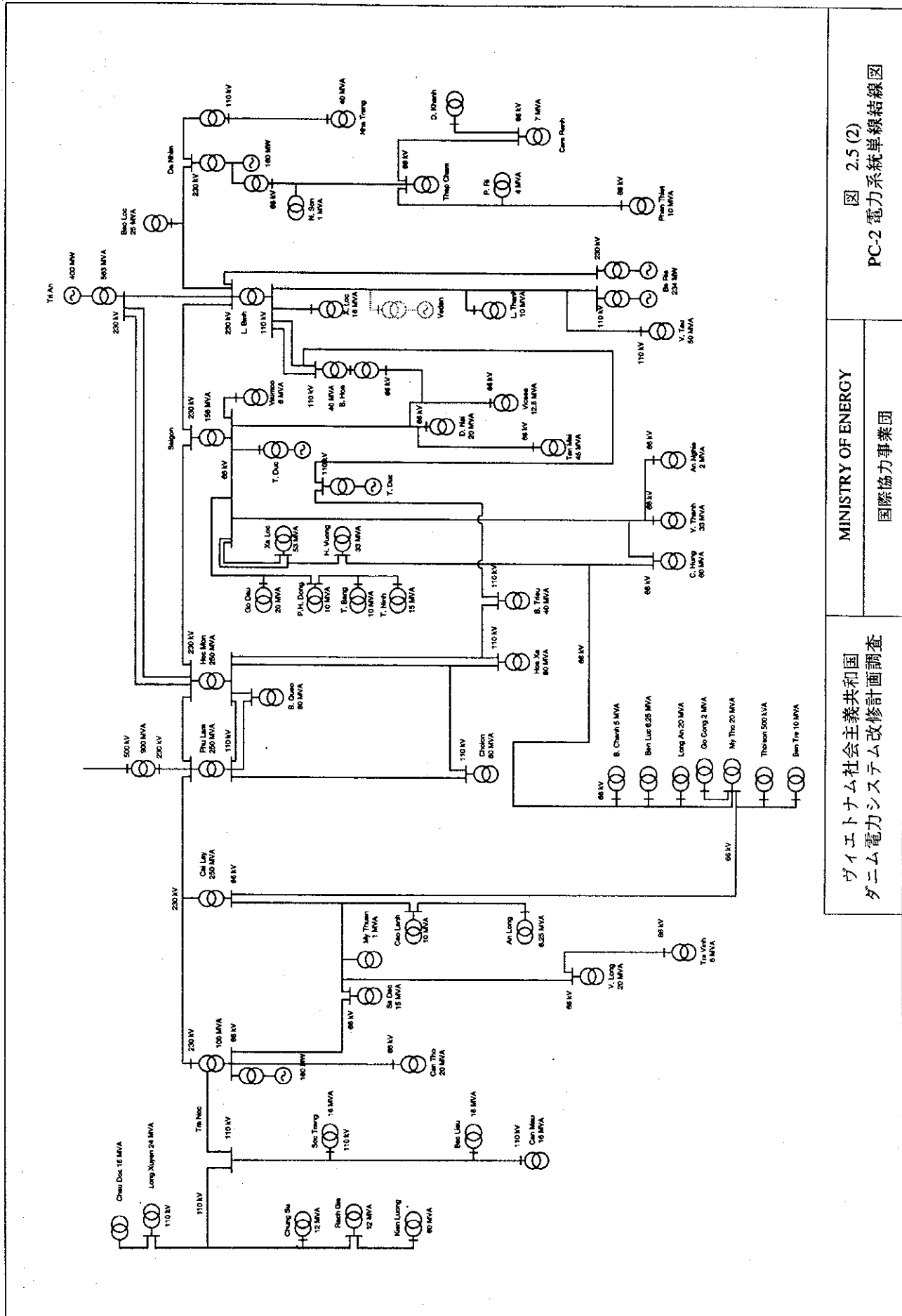
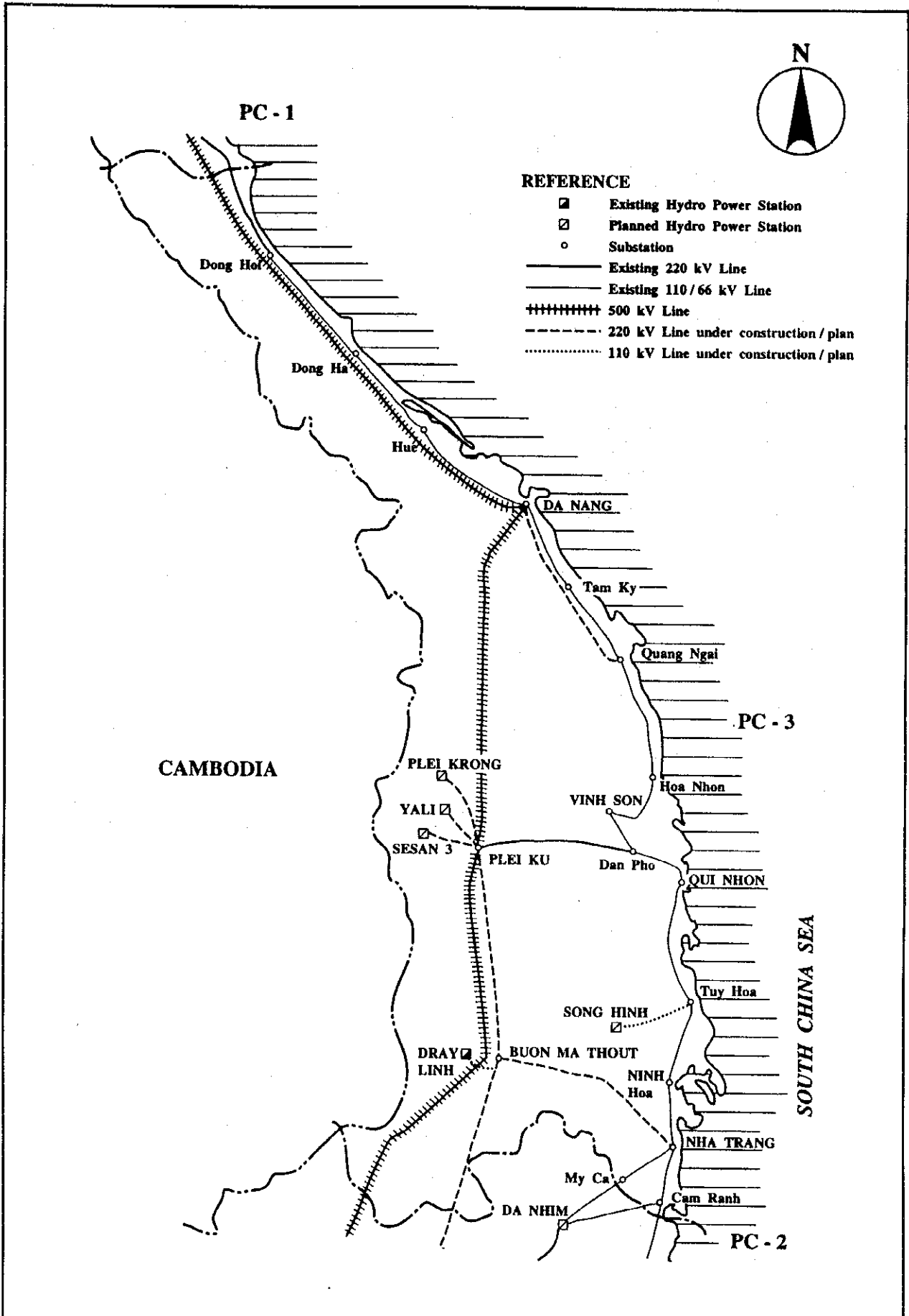


図 2.5 (2)
PC-2 電力系統単線結線図

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

ヴェトナム社会主義共和国
ダニム電力システム改修計画調査



ヴェトナム社会主義共和国
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

図 2.6
PC-3 電力系統図

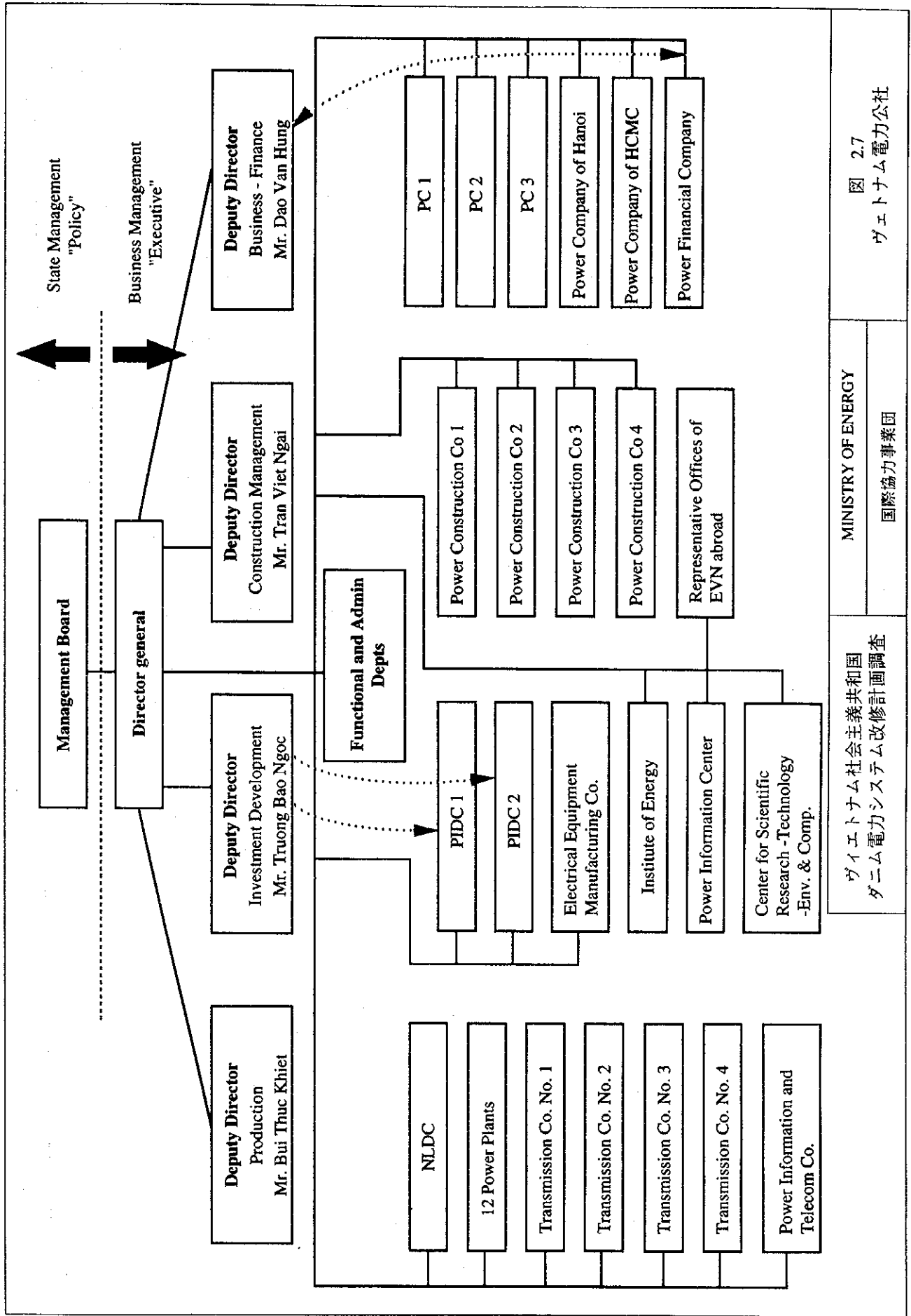
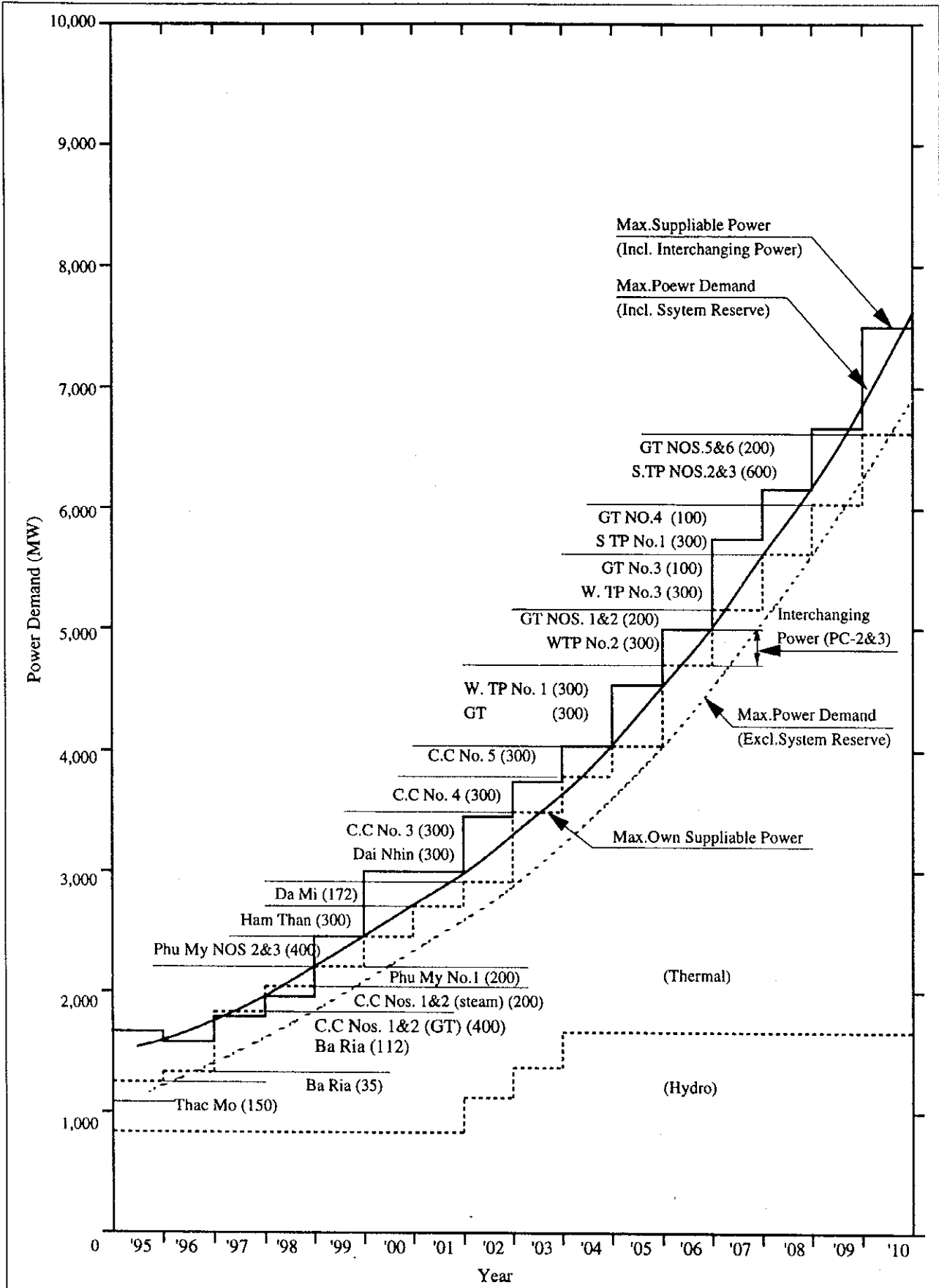


図 2.7
ヴェトナム電力公社

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

ヴェトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査



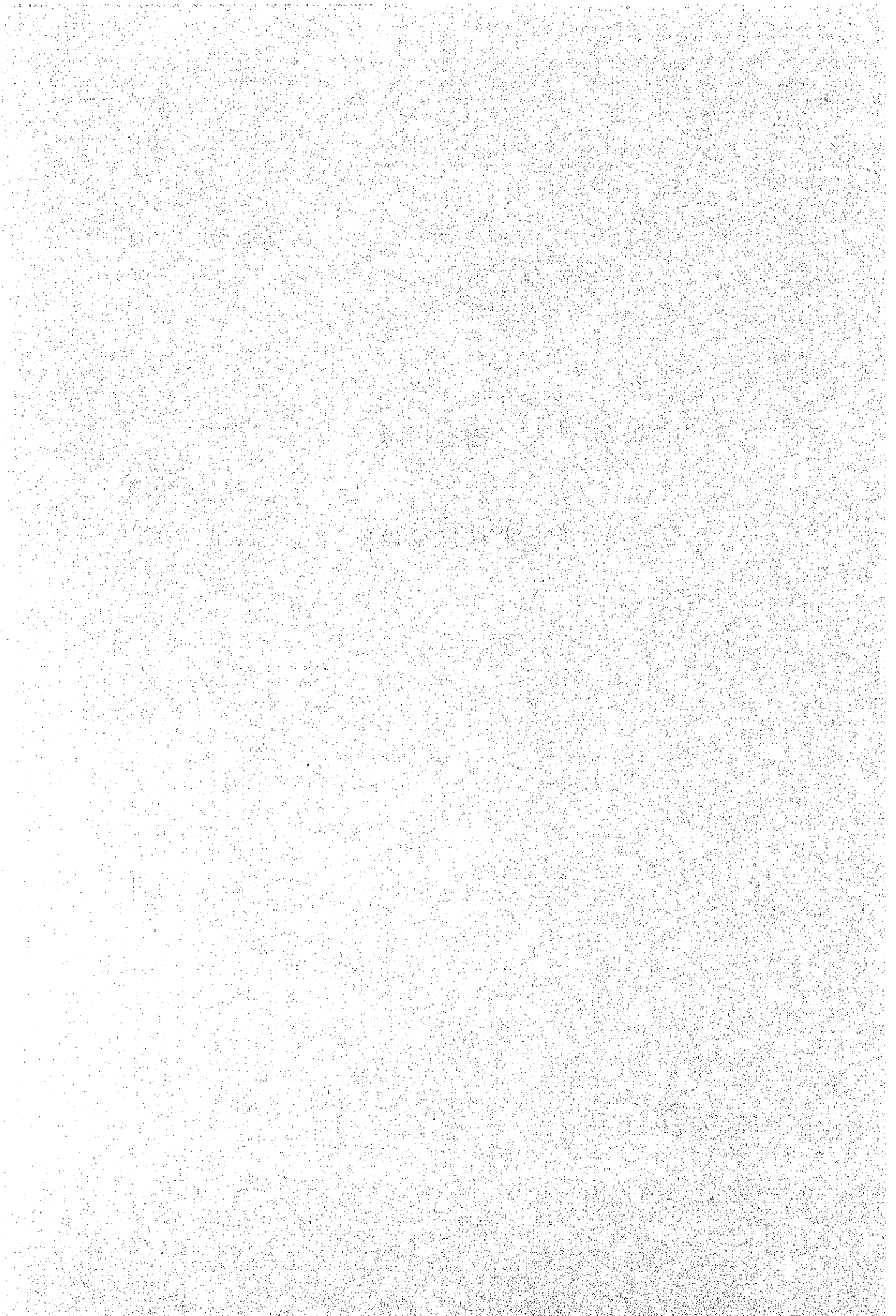
ベトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

図 2.8
PC-2 電力需要バランス
(高成長ケース)

第 3 章

水車機械設備



第3章 水車機械設備

3.1 調査方法および調査結果

本項は調査団による水車機械設備の現地調査の方法およびその結果について述べる。

既設水車の定格などは下記の通りである。

台数	4
型式	HP-1R2N
定格出力	42,000 kW
定格落差 (Net head)	720 m
定格流量	6.65 m ³ /s
回転数	500 rpm
無拘束回転数	920 rpm
標準規格	JEC151 (1960)
製造者	東京芝浦電気 (株)
製造年	1962および1963

3.1.1 現地調査

現地調査に先立ち、調査団はインセプションレポートに基づく調査方法と事前調査結果について説明をした。

現地調査は当調査団およびPC-2 ダニム水力発電所保守・修理セクションのカウンター・パーツにより実施された。

水車関係の主な調査はベンストックの断水期間中に行なわれた。断水期間は同国の現在の逼迫した電力供給状態を勘案し次のように極めて短期間で計画された。

- － 調査予定計画では、圧力トンネル、取水設備、ペンストックは1994年7月18、19、20日の3日間を予定した。しかし、実際は、7月18日と19日（半日）の1.5日間のみであった。
- － 1号ペンストック（right line）と水車発電機1号並びに2号機は7月18日から7月31日までの14日間
- － 2号ペンストック（left line）と水車発電機3号並びに4号機は8月1日から8月14日までの14日間

(1) 調査概要

現地調査実施に先立ち、調査団とPC-2 カウンター・パーツは各設備毎に度々ミーティングをもち調査項目を協議し、下記の主調査項目に関して合意した。断水下の詳細調査の予定期間が短期間であったため、水車分解は最小限にとどめた。

1) 運転時の調査項目

- － 振動および騒音レベル測定
- － 各機の目視点検（以後VTとして記述する）
- － ガバナーを含む補機の目視点検（VT）

2) 水車および入口弁

- － 水車ハウジング内部の目視点検（VT）
- － ニードルおよびノズル・チップの目視点検（VT）
- － ノズルの目視点検（VT）
- － 入口弁の目視点検（VT）
- － 給水・パイプ類の目視点検（VT）

3) 補助機器

- － ガバナーの目視点検（VT）

- デフレクター・サーボモータの目視点検 (VT)
 - コントロール・キャビネットの目視点検 (VT)
 - 圧油ポンプ・セットの目視点検 (VT)
 - 空気コンプレッサの目視点検 (VT)
 - 入口弁操作キャビネットの目視点検 (VT)
 - 給水システムの目視点検 (VT)
 - 計測器その他の目視点検 (VT)
- 4) バケットの非破壊検査
- バケットの目視検査 (VT)
 - バケットの浸透探傷検査 (以後PTとして記述する)
 - バケットの磁粉探傷検査 (以後MTとして記述する)
 - バケットの超音波探傷検査 (以後UTとして記述する)
 - 金属組織検査 (以後SUMPとして記述する)

(2) 調査手順

調査項目、安全対策、カウンター・パーツの要員計画について相互に理解を深め、かつカウンター・パーツに対する技術移転の一環とする為、カウンター・パーツと土木、ダム・水路、機械設備、水車、発電機、コントロールシステム開閉装置および通信の調査団員は毎夕及び毎週末ミーティングを開いた。

運転状態での水車各ユニットの振動と騒音レベル測定 (Scale A) は、水車分解前後に実施し、負荷を40~100% (20%刻み) に変化させ、その測定値の比較検討に供した。
また、運転状態での水車、ガバナーその他のコントロールシステムについても調査を実施した。

調査のための安全施策を下記の通り実施した。

- i) 足場とステップを水車周囲ならびにハウジング内に設置した。

- ii) 浸透液が測定部以外に飛散するのを防止のためのカバーを設備した。
- iii) 調査員はゴーグル、マスクを使用して調査を実施した。
- iv) 入口弁調査は、ベンストック調査計画を考慮して実施した。
- v) 安全のためロープやテープを充電部や試験場所の周囲に設けた。

上記の安全対策のもとに調査団は下記手順にて調査を実施した。

- i) カウンター・パーツから現在までの保守の経緯、修理手法、修理ヶ所、修理材料、現地調達材料などの聴取調査とその確認
- ii) 主機の定常運転状態、起動・停止状況
- iii) 水車設備保守のための予備品、使用工具の保管状況調査
- iv) 欠陥部、不完全修理部の調査、および緊急必需品の確認
- v) ダニム発電所、保守・修理部門より要請された緊急調達材料などについての検討
- vi) 不良計測器継電器類調査
- vii) 既存保守マニュアル、機器点検リスト、作業指示書に対するカウンター・パーツからの聴取とその検討
- viii) 運転・保守記録などの調査

3.1.2 現地調査の結果

本項は調査団による既設設備の調査結果について記述する。全般的に、水車およびその関連設備は、発電所のスタッフにより良好に運転・保守されている。

当調査により、数多くの部品や材料に損傷があることが判明した。なかでも設備の寿命に影響を及ぼすと思われる重大な損傷部は下記の通りである。

- i) 高水圧による侵食および損傷
- ii) 長期間連続運転による磨耗、亀裂
- iii) 同一箇所の繰り返し修理
- iv) 圧油ポンプ、空気コンプレッサー、給水ポンプの磨耗による容量低下

- v) 1号機全負荷運転時の上部バランス・ピストンよりの漏水。なお、ニードル・シャフト上の欠陥は、当調査期間中に修理された。
- vi) 圧油システムの油面コントロールのような機器に不良が発見された。

(1) 騒音レベルと振動

騒音レベルと振動の測定は水車停止前と水車再組立後の2度正常運転時に行なわれた。

1) 騒音レベル

測定値は1、2、3、4号機がそれぞれ109 db、107 db、107 dbそして110 dbで全負荷運転時の各号機の差は少ない。また、事前情報のあった2号機について特に高い値は示していない。

2) 振動

各号機とも上部ハウジングの上部、両側部に高い値が観測された。(図 3.1 ポイント 1、2、5) その最高値は1、2、3、4号機がそれぞれ0.5 mm、1.0 mm、0.9 mmそして0.6 mmであった。

表3.1、3.2および図 3.1にその詳細測定値を示す。

(2) 水車および入口弁

1) ランナーバケット

ランナーバケットは良好に補修されているが、キャビテーションその他多くの損傷が全機に非破壊検査により発見された。

2) 水車ハウジングおよびバッフル

1、3、4号機につきハウジング内部の下部ノズルより見て右側が破損していた。下部ノズルのバッフル部は全号機とも浸食され、1号機については30 mm厚の部分を通する穴があった。

3) ニードル・チップおよびデフレクター・チップ

全号機につき、上部、下部のニードルチップに浸食が観察され、特に1号機は上部で最高で侵食深さ5 mmであった。デフレクター・チップについても全号機に浸食が観察された。

4) 入口弁

入口弁は運転状態で目視点検が実施された。ペンストック内部からの点検は、断水期間中にバルブを半開位置で行なわれた。各号機のバルブ本体シート部に腐食が観察され、2号機についてはディスクに腐食による孔が発見されたが、当調査期間中に、保守要員により溶接補修された。

5) 側路弁、排水弁およびパイプ

全号機の側路弁およびペンストック排水弁より高圧水の漏洩が観察された。

上記弁関連のパイプの肉厚は、超音波計測器で測定され、測定された肉厚は表 3.3に示す如く著しく減少している。これは浸食、腐食に起因するものである。

(3) 補助設備

1) ガバナー

ガバナーについて下記異常状態が観察された。

- a) 全号機のベンジュラムの磨耗
その最大深さは13/1000 mm (1号機)
- b) 全号機のパイロットバルブの錆、傷跡
- c) 配圧弁の動作不良
- d) ニードルコントロール用パイロットバルブの漏油

2) デフレクター・サーボモーター

下記欠陥が観察された。

- a) 全号機のピストン・ロッドの欠陥
 - b) グランド部からの漏油（3号機）
- 3) コントロール・キャビネット
全号機の圧力開閉器（63 W）不使用
- 4) 圧油ポンプセット
下記欠陥が観察された。
- a) ポンプの吐出量（定格 280 l/min）不足。3、4号機はそれぞれ88%、84%であった。
 - b) 全号機の油面調整の不具合
 - c) 全号機的水流継電器（69 WQ）の不動作
- 5) 空気コンプレッサー
吐出量不足。定格（1,000 l/min）の1/3の吐出量である。
- 6) 入口弁・コントロール・キャビネット
全号機のシートバルブ用配圧弁の漏水
- 7) 給水システム
ポンプ用電動機軸受部からの騒音
- 8) その他
不具合や漏油が下記機器部にて観察された。
- a) 水流継電器
 - b) 集油槽油面計
 - c) 補助多接点継電器（77 LX、63Q1X）
 - d) 全号機の銅管、継手部からの漏油

(4) ランナーの非破壊検査

PC-2によるランナーの保守、運転は良好である。しかし、長期間運転上避けがたい、キャビテーションやその他に欠陥がランナー表面に認められた。

各ランナーとも、下記のように据付けられてから図 3.5のように1994年6月まで長期間運転されている。

1号機	1986年3月より	8年4ヶ月
2号機	1988年4月より	6年3ヶ月
3号機	1991年4月より	3年3ヶ月
4号機	1982年7月より	12年

ダニム発電所のスベアランナーを含むすべてのランナーの損傷の調査記録を表 3.6～3.12. に示す。

表3.13にて示す製作者によるダニムと同型のランナーバケットに対する解析結果により、バケット付根部の3 mmを超える損傷についてはその寿命は損傷発生後8年以内と推測されている。

調査団はランナーバケットを現場で信頼性の高い溶接補修を行うことが困難と考えて、すべてのランナーバケットは緊急改修計画にて更新する必要がある。

3.2 運転・保守管理状況と対策

3.2.1 運転

発電所の運転は操作員の4交代制により実施されている。操作員の編成は、シフトエンジニア1名、配電盤室の電気要員2名、機械室の機械要員2名の夫々5人である。

3.2.2 保守管理

全般的に水車の保守グループは、良く訓練され、既設設備に対する技術的知識も修得している。発電所の安全な運転に対するチェック・リスト、ワーク・シート等の必要な書類が準備されている。

しかし、以下事項に付いて配慮する必要がある。

- i) 常時、不具合の計器類を監視しては、それが慣習化し本当の事故や、異常状態を早期に発見することは困難である。
- ii) 保管倉庫のスペースが、不足している。また防錆対策などもほどこされていない。
- iii) 施工マニュアル、図面、書類、運転記録などは関連リストと共に良好に保管されている。しかし、いくつかの補修記録は個人の所有とされ、他のスタッフの参考に供することが困難な状況にある。

発電所の保守、修理グループは約20名で良く訓練されていると報告されている。

3.2.3 対策

当調査による緊急改修に先立ち、下記の材料、部品が既設水車設備維持にすぐにも必要であるとダニム発電所保守修理グループから要求が出されている。そのリストが表3.4である。

- (i) ノズル、ニードルチップ
- (ii) 入口弁用ガスケット
- (iii) ガバナー、ベンジュラム・モーターおよび振動板
- (iv) 配圧弁、制御弁
- (v) 側路弁用バンド、パイプ
- (vi) ブロンズ溶接棒

3.3 緊急改修計画

本項にて水車および補助設備に関する緊急改修計画について述べる。この計画は、調査団の現場調査とダニム水力発電所保守スタッフとディスカッションを基づき作成した。

運転開始から1994年6月末までの各水車の運転時間は下記の通りである。

1号機	156,481 時間
2号機	169,444 時間
3号機	146,554 時間
4号機	158,480 時間

これら設備の主要部分のほとんどが新品との交換なしに継続運転を強いられて来たことを考慮すれば上記運転時間は極端に長いと思われる。長期間の運転により機器に磨耗が発生し、多くの箇所はかなりトラブルはあるが、操作員の運転技術により大きな事故には至っていない。

水車およびその補助設備の改修は損傷部分の補修あるいは更新によって行なわれる。機器の更新は、修理より経済的である場合、既に予備品が入手できない場合、そして運転効率の向上に有効な新規製品を設備可能な場合に実施する。他は、既設損傷部の補修を計画した。

本計画は下記の基本方針により策定した。

- (1) 高水圧部の部品および材料
- (2) システムに大きく影響を及ぼす損傷
- (3) 現在調達が困難であり、かつ不可能な部品および材料
- (4) 将来の近代化への有効なステップであること
- (5) PC-2 全体の改修計画の中に位置すること
- (6) 既設電力システムの複雑かつ拡大化に対応可能であること
- (7) ピーク運転や周波数応答運転に対応でき、経済的運用に寄与すること
- (8) 人道的な見地に立ち必要な設備であること

3.4 緊急改修計画の基本設計

本緊急改修計画の基本設計は、水車、人口弁、ガバナー、圧油システム、水供給システムについて行う。

本設計の基準として、基本的な容量、寸法などは、既設設備、原設計と同様とすることとした。2号機人口弁の危険な損傷発見が現場調査中になされたが、その損傷発見は外観からでは不可能なものであった。それらの事実などから調査団は、高水圧に曝されている部分や材料の取替えを提言する。

ガバナーについても長時間の運転経歴と現在その部品の調達不可能なことから、近代化された型のガバナーや電磁弁に取替えることを提言する。

取替および修理部品は下記のとおりで、参考図を図 3.2から3.4に示す。

3.4.1 水車

(1) 取替

- － ランナー・バケット及びリリーマーボルト
- － 上部ならびに下部ノズル
- － ニードルおよびデフレクター

(2) 修理

- － 水車ハウジング内バッフルプレート
- － デフレクターサーボモーター
- － デフレクター操作機構

3.4.2 入口弁および側路弁

(1) 取替

- － 新規バルブ止水方式を採用した入口弁
- － 入口弁サーボモーターおよび付属部品
- － 側路弁およびそのサーボモーターと関連パイプ
- － 同上用配圧弁
- － 入口弁シート弁用配圧弁

(2) 予備品

- － 排水弁（2組）

3.4.3 ガバナ

下記の装置の取替を推奨する。

- － デジタル・レギュレーターおよびそのキャビネット
- － 圧力継電器
- － 電磁弁（Solenoid Valve）
- － 補助設備用保護継電器
- － 圧力計
- － 計器（電力計、位置指示計、回転計、温度計）
- － 信号表示器
- － 位置指示計用変換器
- － 開閉器類
- － 銅管、関接続続用品
- － 水車回転検出装置（励磁機軸端取付け）

3.4.4 圧油システム

下記装置および部品の取替を推奨する。

- － 電動駆動圧油ポンプセット
- － アンローダー
- － 油面調整装置
- － 集油槽油面計
- － 同上用開閉器箱
- － 配管類

3.4.5 空気圧縮機

下記装置の取替を推奨する。

- － 電動駆動空気圧縮機
- － 同上用開閉器箱

3.4.6 給水システム

下記装置の取替を推奨する。

- － 電動駆動ポンプ
- － 同上用開閉器箱
- － 入口弁シートバルブ及びニードルバランスピストン用ストレーナーおよびサンドセパレーター
- － 給水ポンプ用ストレーナー
- － 同上用弁類

3.5 緊急改修計画の実施プログラム

本緊急改修計画に必要な機器や材料については、本計画契約後、設計、製作、試験現場までの運搬に1年はかかると推測される。

本リハビリテーションは、メーカーからの技術員派遣などコンサルタントエンジニアの技術援助下で、PC-2の作業部隊が主体となり施工される。

水車の現場作業は他の発電機、鉄管、変圧器、開閉機、土木、建築プログラムを考慮した実施工程で行う必要がある。第4章の発電機関係の改修実施プログラムに示す通り、水車改修作業は発電機の改修作業に密接に関係する。よって、水車の改修作業は発電機工程に従い行い、かつ、発電所の連続運転を確保するため水車1台毎に改修を行うことが推奨される。

表3.5は水車1台を単独で改修した時の作業工程である。

全ての水車改修作業は、関係する水圧鉄管路の断水、かつ発電機解体後にスタートする。断水期間中、入口弁を解体、当該ベンストックを盲蓋で閉じ、更にベンストックを充水し、他機の再運転に供する。このように2ユニットを停止する期間は3日間程度と見積もられる。この準備作業に引き続いて主水車改修作業を開始する。水車改修後、3日間で水圧鉄管の抜水を行い盲蓋を外し、入口弁を取付けを行う。水車関係工事は発電機改修期間中に完成させるべきであり、他のプログラムから支障をうけない場合、1台の水車関連の現場作業は約2ヶ月と考える。

他のユニットについても、上記同様に繰返して施工される。

さらに現場作業に先立ち、下記を調査研究しておくことを提言する。

- (1) 改修される部分、部品について再確認
- (2) ボルト、ナット、端子に至るまでの小物類の在庫、購入品のチェック
- (3) 改修に必要な在庫あるいは購入工具の確認
- (4) 改修に必要な在庫あるいは購入計器の確認

- (5) 改修に必要な電力容量の確認
- (6) 改修に必要な水供給容量の確認
- (7) クレーン・ホイストの他作業とのスケジュール調整
- (8) 改修に必要な機材のサイゴン港から現場まで運搬ルートなど詳細調査
- (9) 運搬ルートの橋の重要容量の詳細調査
- (10) 予備品、撤去品等の倉庫整備
- (11) 倉庫の安全確保
- (12) ワイヤロープの長さや強度のチェック
- (13) 改修工事に当たる作業員の事前教育と研修

3.6 長期リハビリテーション計画

本緊急リハビリテーションプログラム完了後、長期リハビリテーション計画の実施検討する必要がある。

水車について下記事項の実施検討を提言する。

- (1) ランナの修理

損傷ランナの修理は必要な熱処理を施すことができる水車製作者工場にて行う。

- (2) グリース給油システムの改造

油汚染防止と保守の簡便化上、オイルレス軸受への改造

- (3) ニードルチップへの新材料

水車は高圧、高速の水により連続的な侵食にさらされる。最近、セラミックスのような侵食に強い鋳鋼より機械的な強度が大きい材料が開発されている。このような新材料によるニ-

ドルチップへの変更が考えられる。

(4) 電動-電動圧油ポンプシステム

現在のシステムは、1つの電動ポンプが常用として連続運転し非常時に小水車駆動ポンプを運転するようになっている。

現在の Motor-Turbine システムから Motor-Motor システムへ変更することを推奨する。当システムは2組の電動ポンプを有し、1組を常用、他を非常用とする。2組の電動ポンプは夫々常用-非常用が切替えられるようになっている。

この方式は、保守を容易にし、ポンプの寿命も長くできる。但し Black-out (発電所内全停時) 起動については勘案しておく必要がある。

(5) タービン・ハウジング

振動、騒音低下の為に、ハウジングの改良を研究する必要がある。将来発電所の全面改良時に建屋内配置変更を考えて行うことができる。

3.7 運転保守への提言

調査団は、水車に関する運転・保守要員は、一般的に良く教育され、既設設備についての技術的知識も充分吸収されていると観察した。又、運転・作業シート、確認リストなど必要な書類も有効に準備・適用され、発電所の安全運転と保守に寄与している。

調査団としては、当発電所の良好な運転を継続するためと、将来拡大するであろう同国電力系統のために、下記項目について継続的な検討を提言する。

(1) 運転保守のマンネリ化防止のために、現作業シートなどの改善と新技術の教育

(2) 現倉庫の改良

- － スペースの拡充
- － 保管整備
- － 保管環境改善
- － 防錆処理

(3) 手順書、必要書類、機器図面類はスタッフの要望にすぐに応えられるようにしておくこと、又保守、運転、補修記録は、スタッフの参考に供するようオープンスペースに展示する。これによって運転員はさらに有効かつ安全な運転、保守を行うことができる。

(4) 調査団による水車および補助機器の現地調査は日本の電力会社によって採用された検査方法に従い行われた。従って、緊急改修計画の完了後、PC-2は改修機器に対して現地調査に適用された同程度の調査方法を採用することが推奨されると共に、下記する定期調査を行うことを推奨する。

1) 初期点検

新設又は、追加された設備については1年以内に行う。ただし、下記2)、3)項の検査とは、別個に行うこと。

2) 普通点検

年1回外部より行う。

3) 細密点検

10年に1回、本体解体後行なう。

4) 特別点検

下記事由ある時に行なう。

- a) 異常状態が認められた時
- b) 何らかの異常があり点検が必要と認められた時

表 3.1 騒音レベルと振動の測定結果 (1)

DATE : 7/17/94
TIME : 13:00 to 16:00

Noise measurement (before disassembly)
Unit : dB A Scale

Unit No.	Output			
	40% (16MW)	60% (24MW)	80% (32MW)	100% (40MW)
#1	101...102	102...103	103...105	107...109
#2	101	102	103...104	105...109
#3	101	101...103	104...105	105...107
#4	103...104	103...104	104...105	108...110

Vibration measurement (before disassembly)
(1/1000mm)

Unit No.	Measurement Point	Output			
		40% (16MW)	60% (24MW)	80% (32MW)	100% (40MW)
#1	1	20...34	40...60	80...400	100...300/max 500
	2	48...60	70...80	130...180	200...300
	3	28...34	40...50	65...80	80...100
	4	4...5	7...9	18...28	28...32
	5	40...60	70...100	120...150	180...220
	6	17...22	28...36	44...60	60
#2	1	30...40	60...80	100...200	500...800/max 1000
	2	50...80	90...120	150...200	300...500
	3	30...40	50...70	90...110	140...200
	4	4...5	7...8	15...25	32...38
	5	60...80	110...150	160...220	400...600/max 1000
	6	24...30	50...60	70...90	90...120
	7	5...6	9...10	30...34	70...80
#3	1	40...56	70...100	120...160	120...160
	2	50...70	110...160	180...250	300...600
	3	40...50	50...80	80...100	100...140
	4	4...5	7...9	20...38	20...40
	5	70...100	110...150	200...360	300...900
	6	20...25	30...38	40...56	60...70
#4	1	26...42	50...80	90...140	150...220
	2	90...150	110...140	150...240	200...450
	3	34...46	52...62	70...90	100...140
	4	90...120	7...10	10...12	17...25
	5	54...80/max90	90...120	140...200	200...450
	6	17...24	32...42	46...60	60...80

表 3.2 騒音レベルと振動の測定結果 (2)

DATE : 8/17/94
TIME : 8:00 to 11:00

Noise measurement (after reassembly)
Unit : dB A Scale

Unit. No.	Output			
	40% (16MW)	60% (24MW)	80% (32MW)	100% (40MW)
#1	101	102	103	104
#2	103	103	105	107
#3	103	103	105	106
#4	105	105	106	109

Vibration measurement (after reassembly)
(1/1000mm)

Unit No.	Measurement Point	Output			
		40% (16MW)	60% (24MW)	80% (32MW)	100% (40MW)
#1	1	20...30	40...50	110...130	110...140
	2	50...60	80...100	130...150	200...300
	3	30	48...56	80...90	90...110
	4	6	8...10	18...24	28...36
	5	50...60	90...120	110...150	160...240
	6	21...25	36...40	54...64	80...90
#2	1	40...50	70...90	120...180	300...400/max 800
	2	50...60	90...110	150...200	500...800/max 1000
	3	30	60...70	100...130	140...160
	4	5	8...10	17...20	36...44
	5	70...80	130...160	160...210	300...500/max 800
	6	25	50...62	80...100	100...300
	7	6	14...18	50...60	90...100
#3	1	40...50	70...80	100...130	120...140/max 400
	2	60...70	100...130	170...220	260...360/max 600
	3	40...50	60...80	90...110	110...150
	4	5	8...9	16...24	16...24
	5	70...85	110...140	150...230	200...300
	6	24...28	34...44	50...60	60...80
#4	1	30...40	50...70	90...120	150...200
	2	70...110	100...160	150...200	200...400
	3	30...40	50...60	70...90	90...130
	4	4...5	7...9	15...20	20...30
	5	60...80	100...130	150...200	260...400/max 600
	6	22...28	40...50	60...70	80...100

表 3.3 パイプ肉厚測定結果

Date	Thickness (mm)				Remarks
	7/22/94	7/29/94	8/5/94	8/10/94	
Unit No.	#1	#2	#3	#4	
Position					
1	5.5		5.5		
2	5.5		5.5		
3	4.5	4.0	4.5	4.5	
4	6.5	5.5	6.5	6.0	
5	4.0	4.0	5.0	4.25	
6	28.0	26.0	28.5	24.0	Discharge-Penstock pipe
7	5.5	5.0	7.0	6.0	By-pass pipe
8	6.5	9.0	9.3	9.5	
9	8.5	8.5	9.0	8.5	
10	5.5	4.0	4.0	3.5	
11	4.0	4.0	5.5	6.0	
12	4.0	3.5	4.0	4.25	
13	8.5	7.0	8.5	8.5	
14	4.5	4.5	4.5	4.5	
15	6.0				

パイプ肉厚測定点

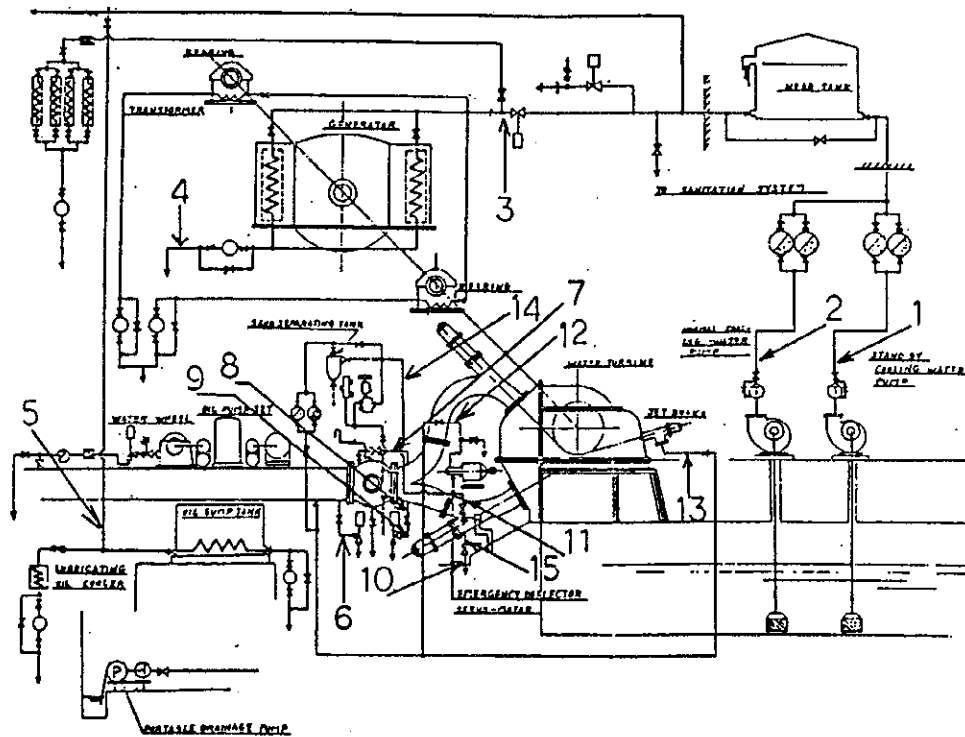


表 3.4 水車保守用スペアパーツ

Turbine

1.	Nozzle tip	8	sets
2.	Needle tip	4	sets
3.	Shaft & piston of needle servo.	1	set
4.	Shaft & piston of deflector servo.	2	sets
5.	Sluice valve for penstock drain	1	set
6.	Sluice valve for branch pipe	2	sets
7.	Non-grease seal for deflector shaft	10	sets

Inlet Valve

8.	Delta gasket for inlet valve	5	sets
9.	Bronze electrode ct-3	100	kgs
10.	Distributing valve for main valve	4	sets
11.	Distributing valve for seat valve	4	sets
12.	Bend pipe of bypass valve	4	sets

Pressure Oil System

13.	Pressure oil pump (motor side)	2	sets
14.	Air supply valve for pressure oil tank	4	sets

Governor

15.	Vibrator disk for governor	10	sets
16.	Pendulum motor	2	sets

Tools

17.	Centrifugal lub.oil filter, 2000 l/hr..	1	set
-----	---	---	-----

表 3.5 実施計画表

Item	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	day
1 Check of Procured Materials	1-5											
2 Measure of Existing System gap. distance, elevation etc.	1-10											
3 DisAss of TB, IV	10-15											
4 DisAss, Ass of Runner	10-15											
5 Rep. of Housing	10-15											
6 Ren. of Needle, Deflector	10-15											
7 Ren. of IV	10-15											
8 Ren. of Bypass V	10-15											
9 Ren. of DistV, Distributor	10-15											
10 Ren. of High-Press Piping	10-15											
11 Ren. of Cooling W. Supply System	10-15											
12 Ren. of Gov. Cont, Cubicle	10-15											
13 Ren. of TB Operating Cubicle	10-15											
14 Ren. of Oil Press Supply System	10-15											
15 Ren. of Aux Panel	10-15											
16 Ass of IV	10-15											
17 Ass of Needle, Deflector	10-15											
18 Check, Adj of Needle, Deflector Mechanism	10-15											
19 Run Out Check of Runner with Gen Coupling	10-15											
20 Piping, Wiring	10-15											
21 Final Ass. painting	10-15											
22 Dry Test	10-15											
23 Wet Test	10-15											
24 Technical Guidance	10-15											
25 S.V of Welding	10-15											
26 SV of Panel Ass	10-15											
27 SV of TB Cont. Adj	10-15											
28 SV of Testing	10-15											
29 SV of TB Ass	10-15											
30 SV of TB Cont	10-15											

Legend

DisAss Disassembly
 Ass Assembly
 TB Turbine
 IV Inlet Valve
 Rep Repair
 Ren Renovation
 Gov Governor
 Cont Control
 SV Supervisor

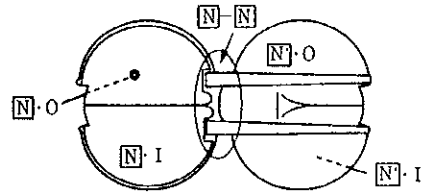
Remarks
 Working days (8hours)

表 3.6 バケット調査結果一覧表

Runner	Manufactured	Operating hour as of June 1994	Weld Repair	Nondestructive Examinations				
				VT	PT	MT	UT	
TH7316 (No.1U)	1985	61.629	exist	Cavi Max. 5 mmd	#1 defective welding blow hole #11 defective welding 3 mml	#15 1.5 mml #18 2 mml	#1 2 mmd #11 4 mmd #15 1 mmd #18 1 mmd	
V70311A (No.2U)	1987	46.622	none	Cavi Max. 3 mmd	#5 1.5 mml #11 1 mml #20 1 mml	#5 4 mml #11 1 mml #20 2 mml	#5 2 mmd #11 1 mmd #20 1 mmd	
TH7397 (No.3U)	1985	42.984	none	Cavi Max. 2.5 mmd	#19 2 mml	#10 3 mml #13 1.5 mml #19 3 mml	#10 1 mmd #13 1 mmd #19 1 mmd	
TH0549 (No.4U)	1980	97.775	none	Cavi Max. 3 mmd	#1 2 mml #2 1 mml #5 1 mml #8 2 mml #9 2 mml #13 4 mml	#1 2.5 mml #2 1 mml #6 5 mml #8 2 mml #13 9 mml	#1 2 mmd #2 1 mmd #5 4 mmd #6 2 mmd #8 1 mmd #9 1 mmd #13 4 mmd	
TM576A (Spare)	1963	75.701	exist	Cavi Max. 2 mmd	defective casting #15 18 mml cracked	#12 2 mml #15 1 mml #17 5 mml #20 2 mml	#12 1 mmd #15 10 mmd 18 mmd #17 2 mmd #20 1 mmd	
TM796A (Spare)	1963	77.328	exist	Cavi Max. 5 mmd	All bucked defective welding cracked Max. 50 mml, crack counted defects 73 points	#1,2,3,4,5,6,8,9 #12,14,15,19 defected Max. 50 mml	#1,2,3,7,8,10,11 #12,13,14,15,17,19 defected Max. 30 mm (throughout)	

表 3.7 バケツ調査記録

No.1 Unit (TH7316)



× ; damage found

Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP	Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP
1・I	×				×	11・I	×	×			×
1・O	×	×		×	×	11・O	×	×		×	×
1-2	×	1U-1P				11-12	×				
2・I	×					12・I	×				
2・O	×	×				12・O	×	×			
2-3	×					12-13	×				
3・I	×					13・I	×				
3・O	×	×				13・O	×	×			
3-4	×	1U-3V				13-14	×				
4・I	×					14・I	×				
4・O	×	×				14・O	×	×	1U-15M		
4-5	×					14-15	-		×		
5・I	×					15・I	×			×	
5・O	×	×				15・O	×	×		×	×
5-6	×	1U-5V				15-16	×				
6・I	×					16・I	×				
6・O	×	×				16・O	×	×			
6-7	×					16-17	-				
7・I	×					17・I	×				
7・O	×	×				17・O	×	×	1U-18M		
7-8	×					17-18	×		×		
8・I	×					18・I	×				
8・O	×	×				18・O	×	×		×	
8-9	×					18-19	×				
9・I	×					19・I	×				
9・O	×	×				19・O	×	×			
9-10	×					19-20	×				
10・I	×					20・I	×				
10・O	×	×				20・O	×	×			
10-11	×					20-1	-				

Visual Inspection Record

No. TH7316

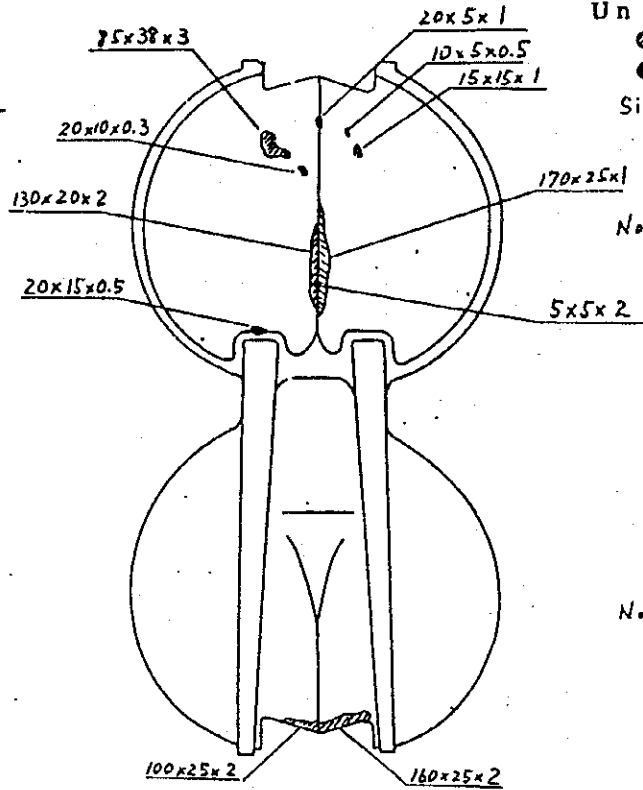
Unit: mm

⊙ : Cavitation

● : Dimple

Size: Length x Width x Depth

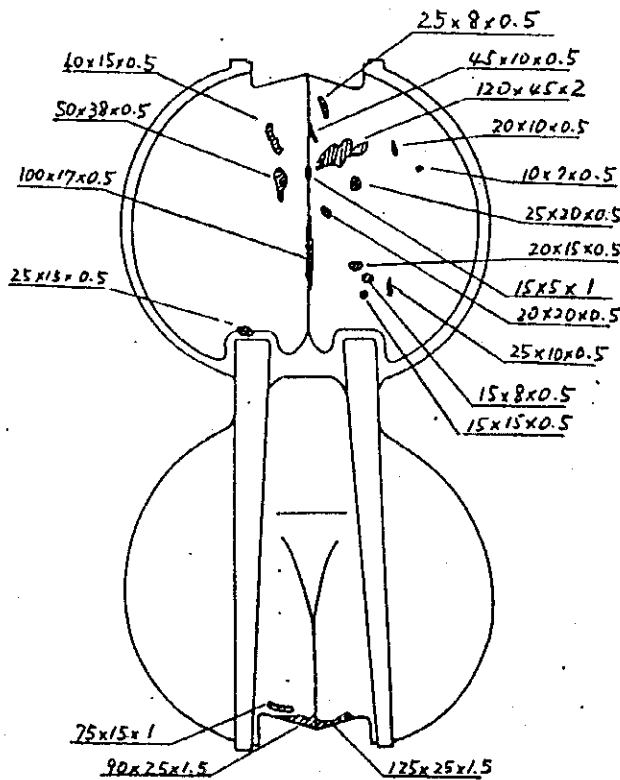
No. 3 & 4



No. 4

No. 3

No. 2 & 3



No. 3

No. 2

Visual Inspection Record

No. TH7316

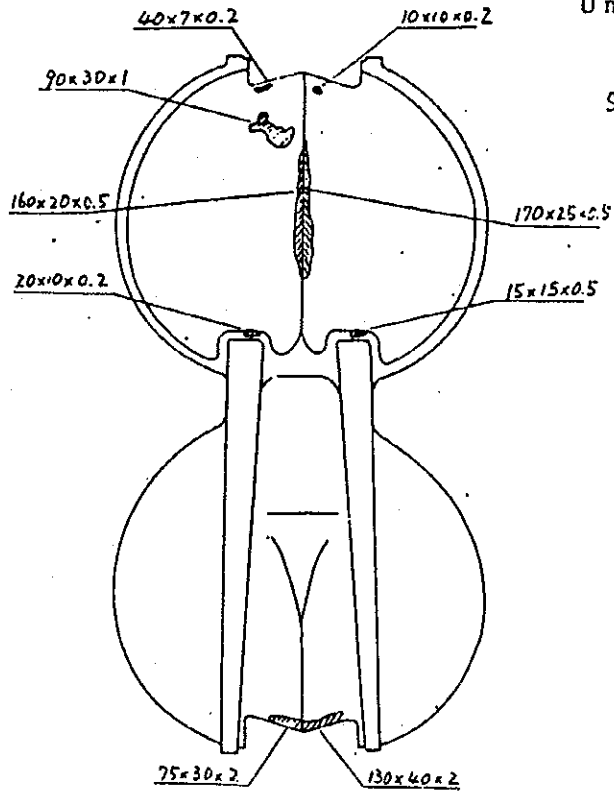
Unit : mm

⊙ : Cavitation

● : Dimple

Size : Length x Width x Depth

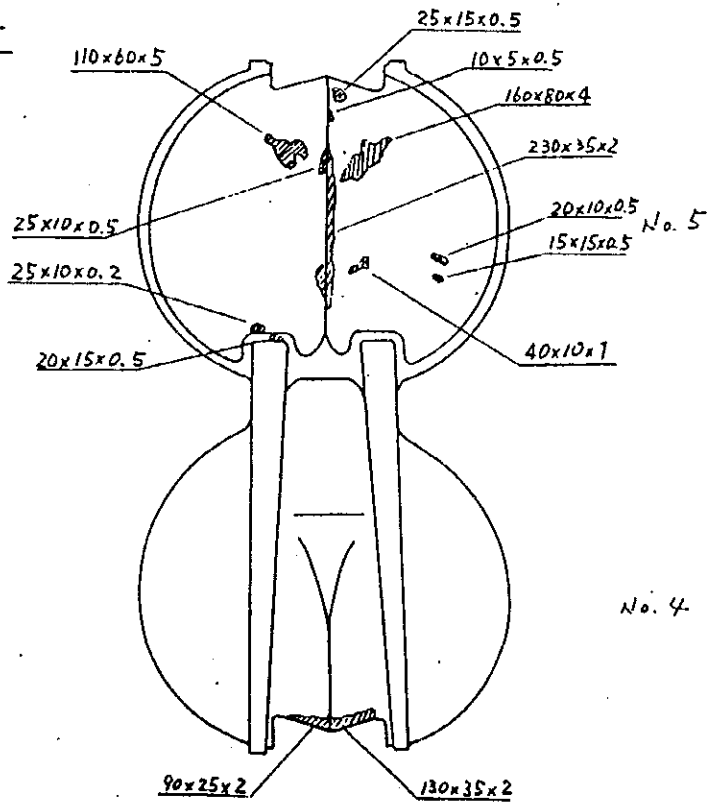
No. 5 & 6



No. 6

No. 5

No. 4 & 5



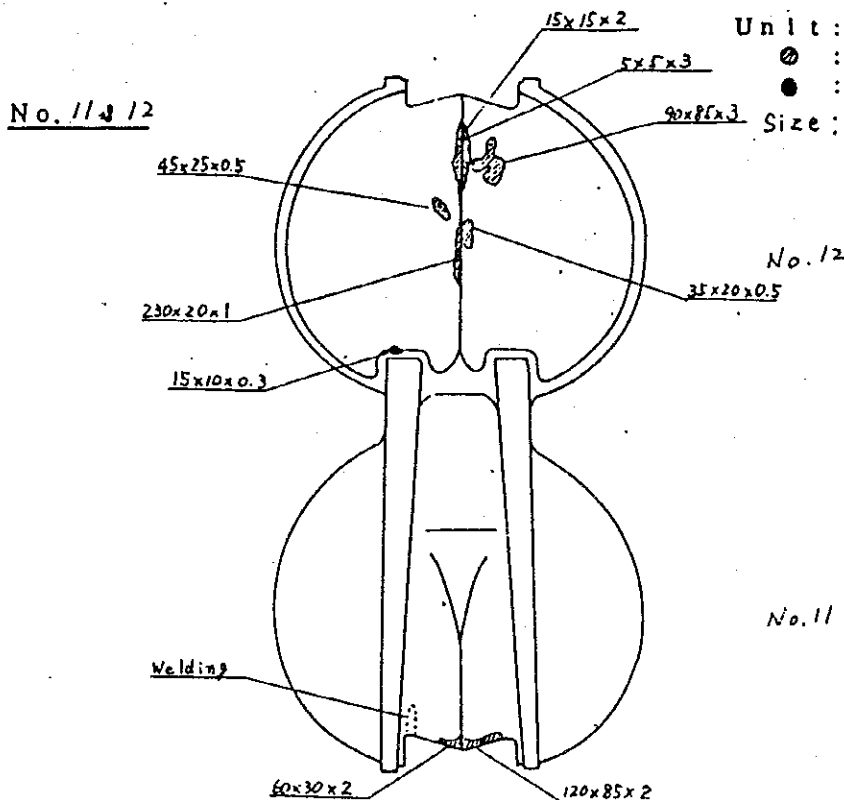
No. 5

No. 4

Visual Inspection Record

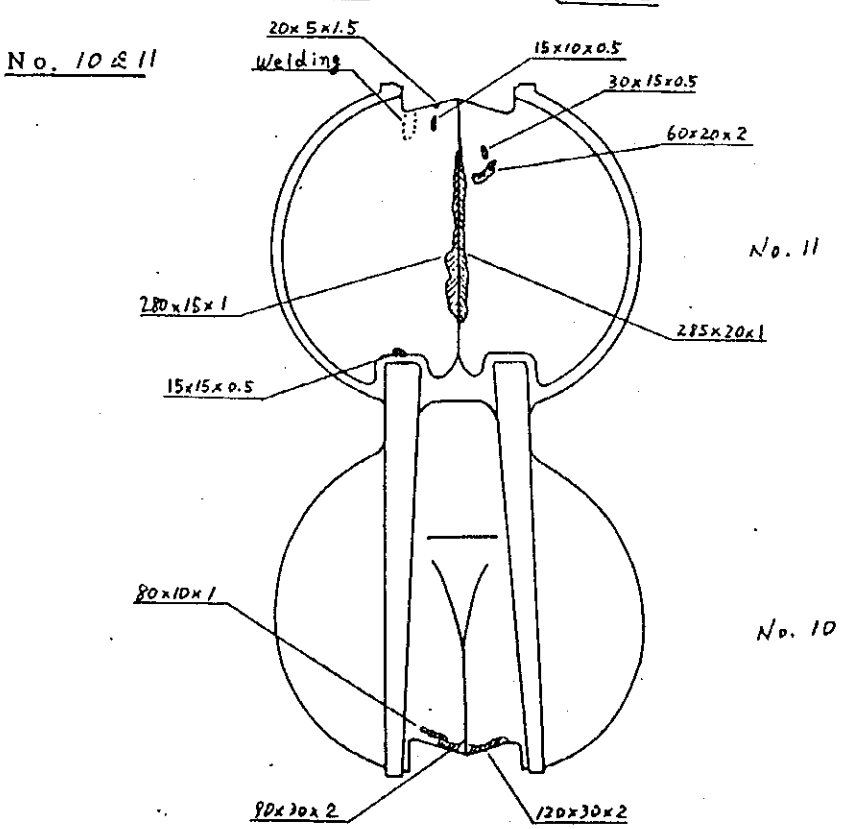
No. TH7316

Unit : mm
 ○ : Cavitation
 ● : Dimple
 Size : Length x Width x Depth



No. 12

No. 11



No. 11

No. 10

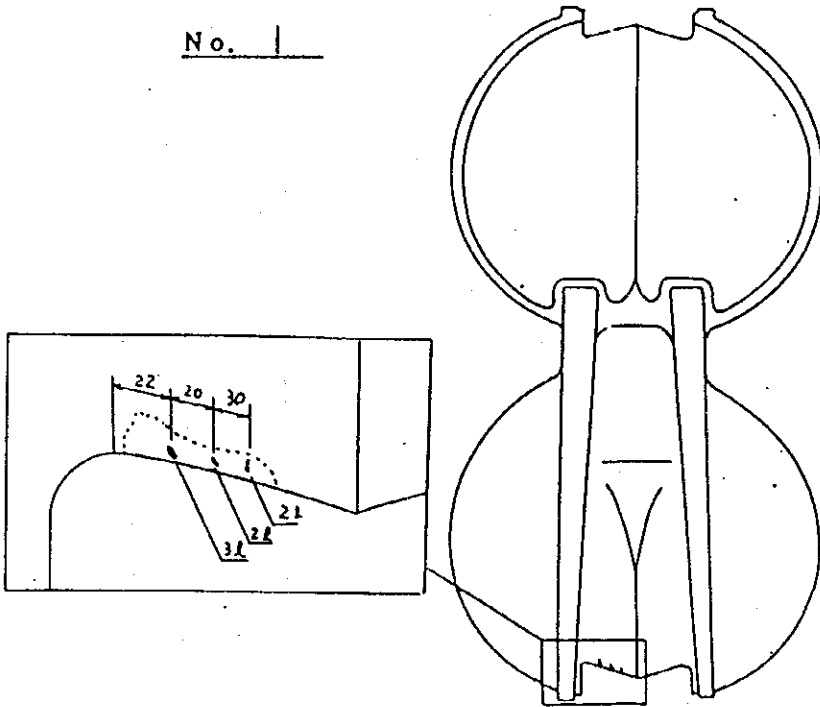
1U-1P
1U-11P

Penetrant Examination Record

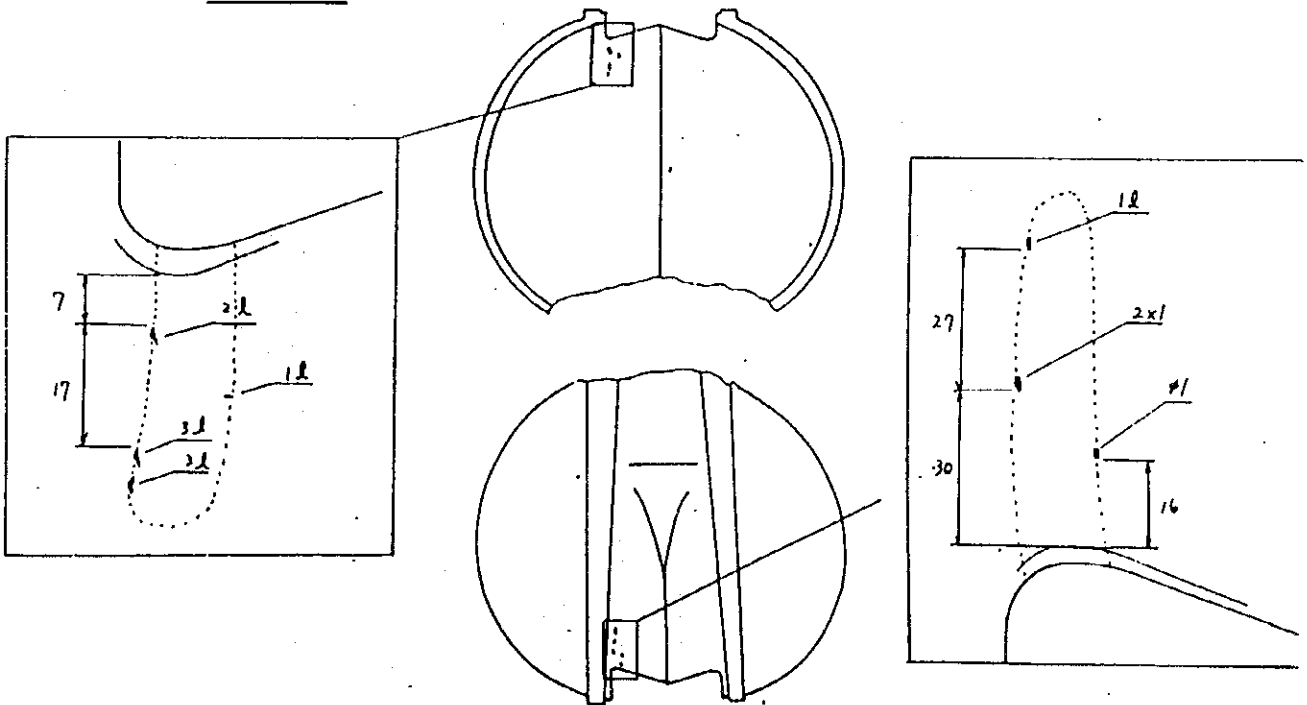
*1 No. TH7316

Unit : mm
ℓ : Linear Indication
φ : Rounded Indication

No. 1



No. 11



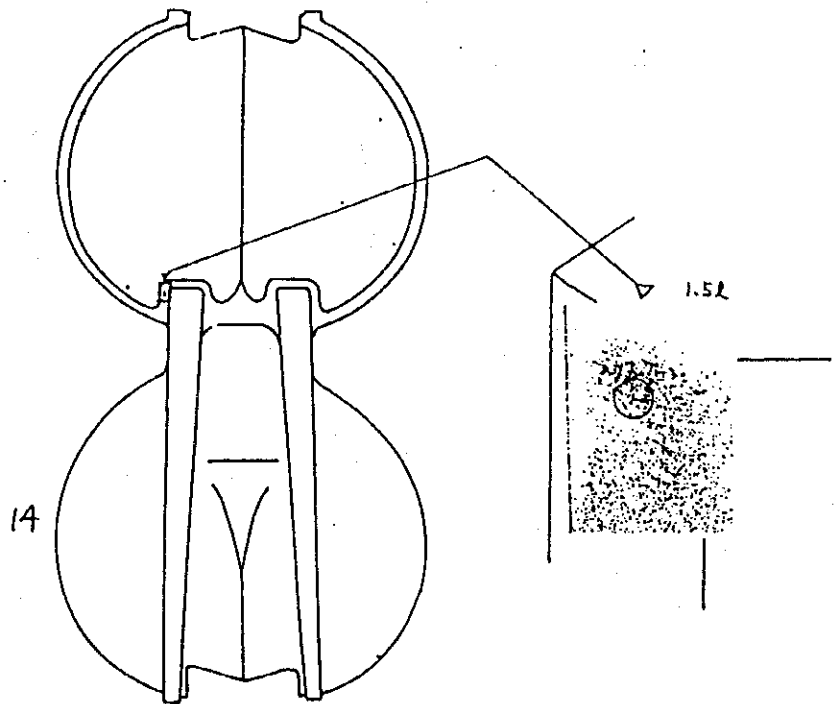
1U-15M
1U-18M

Magnetic Particle Examination Record

HI No. T47316

Unit: mm

No. 15



No. 18

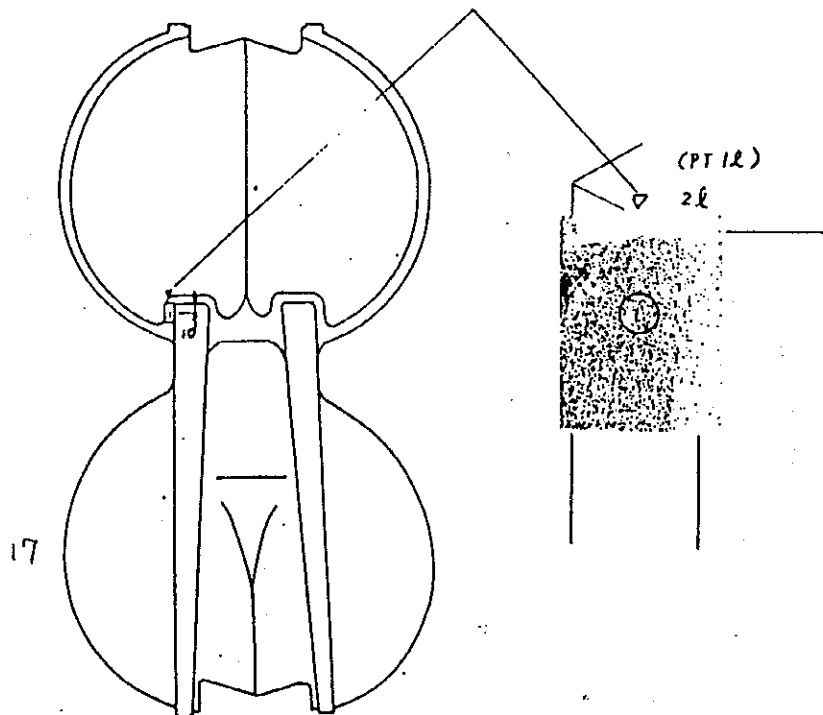
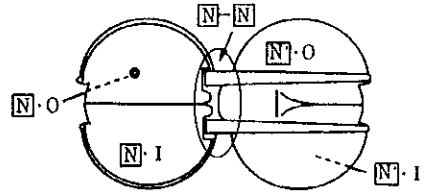


表 3.8 バケット調査記録

No.2 Unit (V70311A)



× ; damage found

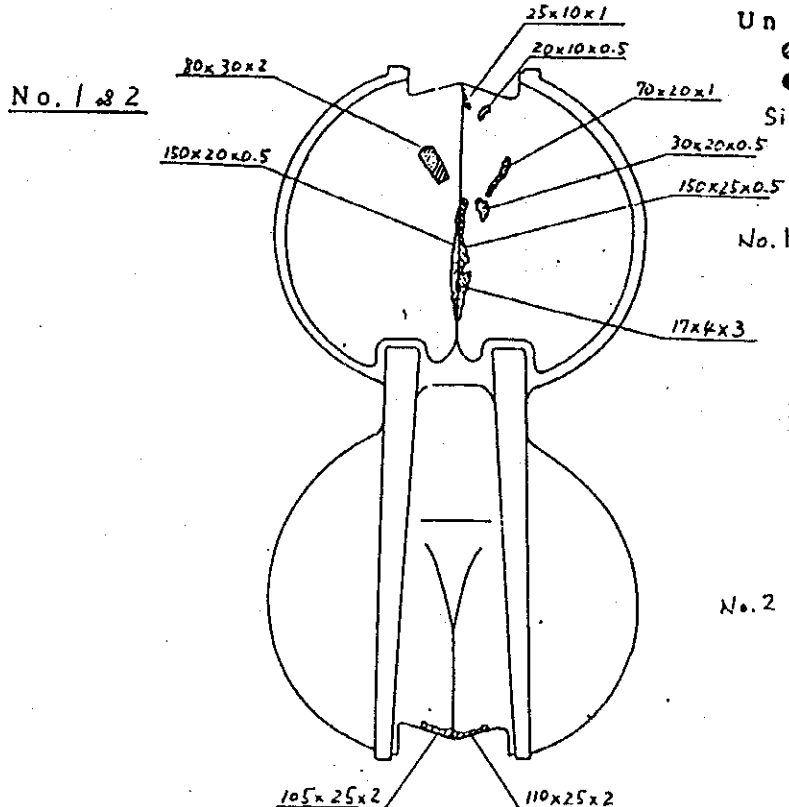
Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP	Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP
1・I	×					11・I	×				
1・O	×	×				11・O	×	×		×	
1-2	-	2U-1V				11-12	-				
2・I	×					12・I	×				
2・O	×	×				12・O	×	×			
2-3	-					12-13	-				
3・I	×					13・I	×				
3・O	×	×				13・O	×	×			
3-4	×					13-14	×				
4・I	×					14・I	×				
4・O	×	×				14・O	×	×			
4-5	×	×	×	×	×	14-15	×				
5・I	×					15・I	×				
5・O	×	×				15・O	×	×			
5-6	×					15-16	×				
6・I	×					16・I	×				
6・O	×	×				16・O	×	×			
6-7	×					16-17	×				
7・I	×					17・I	×				
7・O	×	×				17・O	×	×			
7-8	×					17-18	-				
8・I	×					18・I	×				
8・O	×	×				18・O	×	×			
8-9	×					18-19	×				
9・I	×					19・I	×				
9・O	×	×				19・O	×	×			
9-10	-	2U-9V				19-20	-	2U-19P	2U-19M		×
10・I	×					20・I	×			×	
10・O	×	×				20・O	×	×			
10-11	×	2U-10P	2U-10M			20-1	-				

Visual Inspection Record

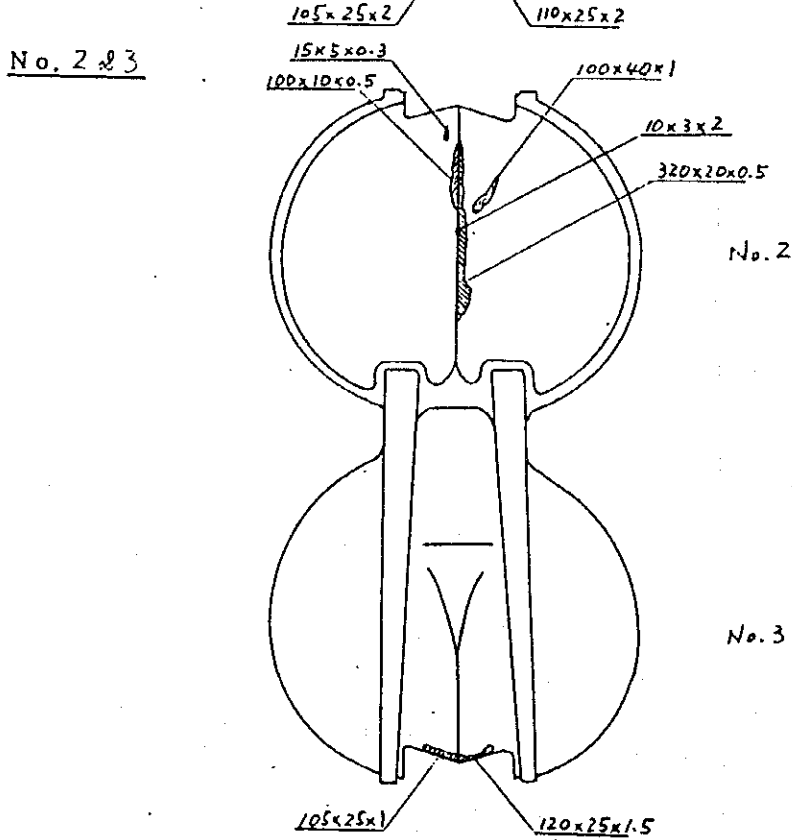
#2 No. 86-36347-0
 Y70311-A

Unit : mm
 ⊙ : Cavitation
 ● : Dimple

Size : Length x Width x Depth



No. 2



No. 3

105x25x1
 120x25x1.5

Visual Inspection Record

12 No. 86-36347-0

V 70311-A

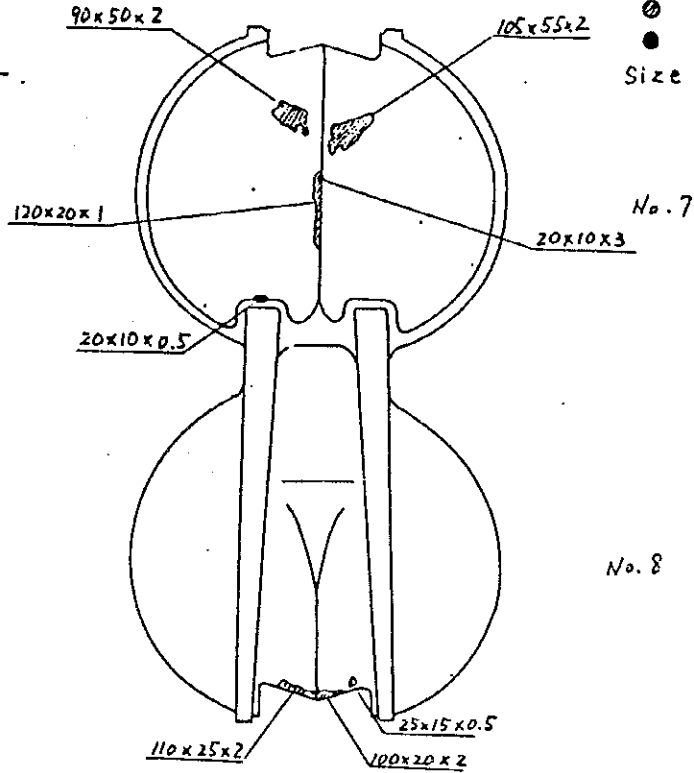
Unit: mm

⊙ : Cavitation

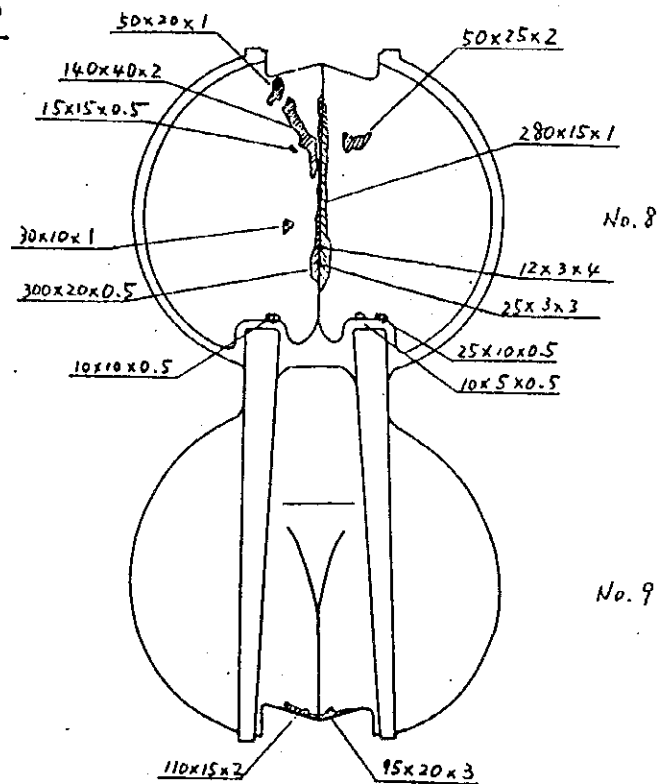
● : Dimple

Size: Length x Width x Depth

No. 7 & 8



No. 8 & 9



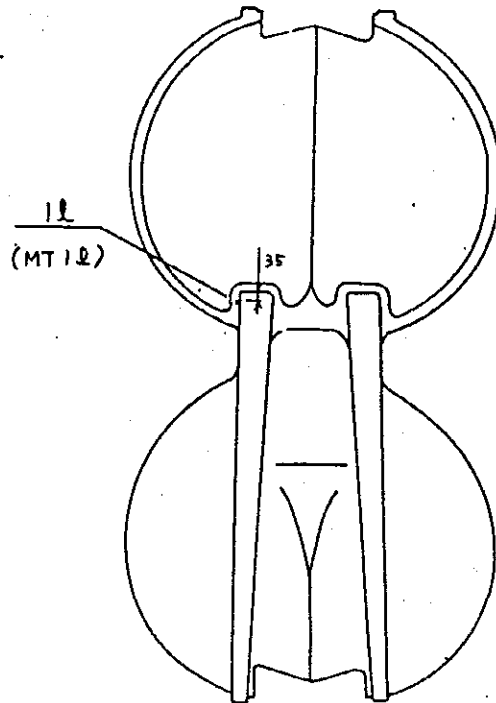
2U-10P
2U-19P

Penetrant Examination Record

#2 No. V70311-A

Unit : mm
ℓ : Linear Indication
φ : Rounded Indication

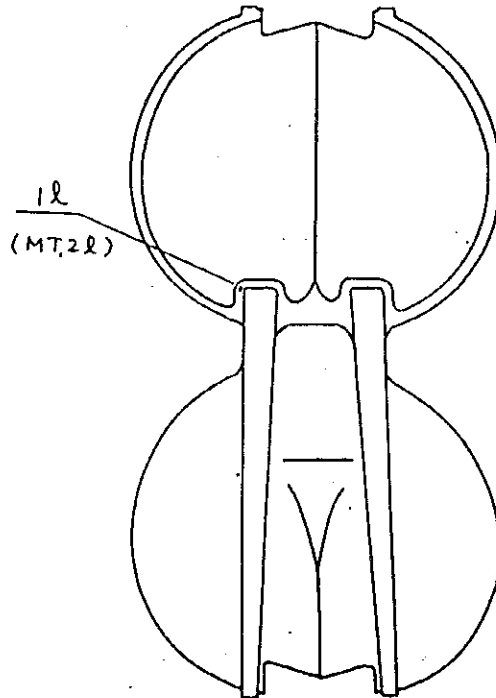
No. 11



No. 10

No. 11

No. 20



No. 19

No. 20

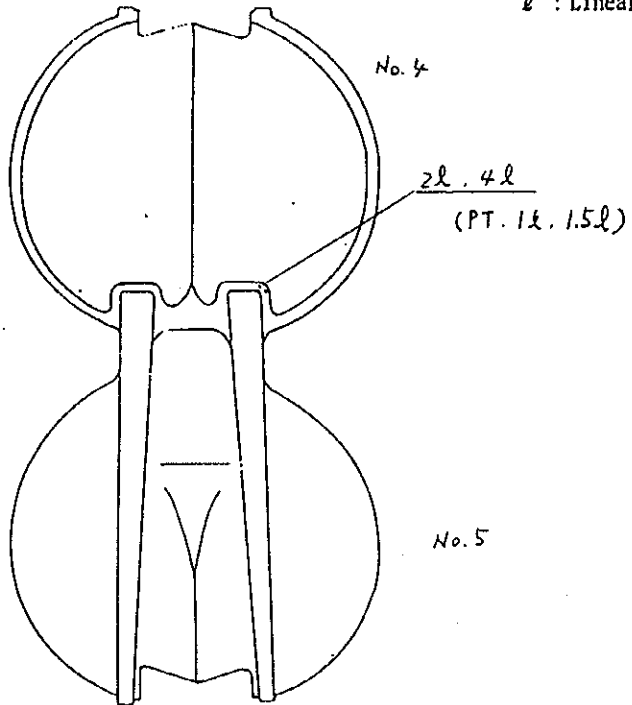
2U-5M
2U-10M

Magnetic Particle Examination Record #2 No. V70311-A

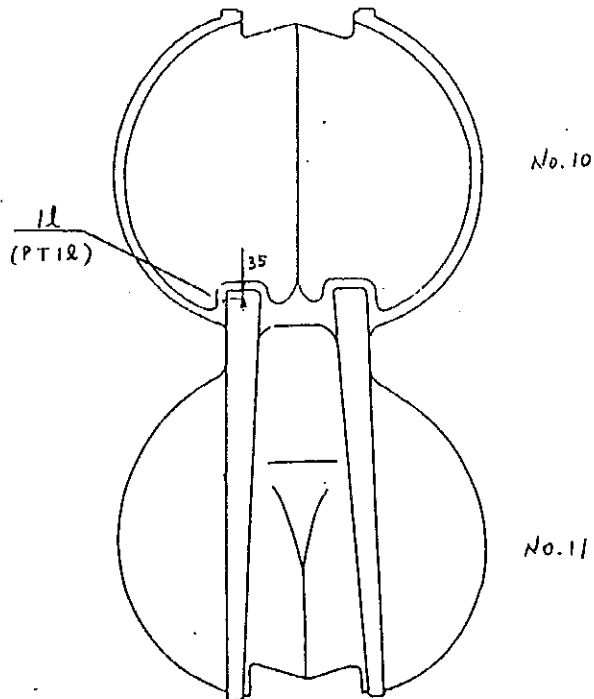
Unit: mm

ℓ : Linear Indication

No. 5



No. 11



2U-19M

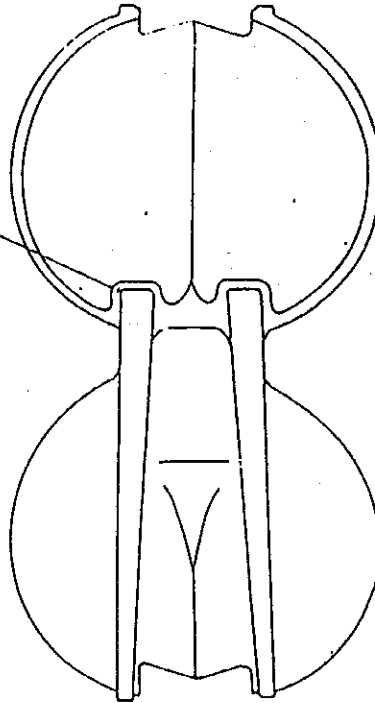
Magnetic Particle Examination Record *2 No. V70311-A

Unit : mm

ℓ : Linear Indication

No. 20

ℓ
(PTIℓ)



No. 19

No. 20

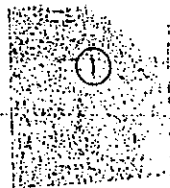
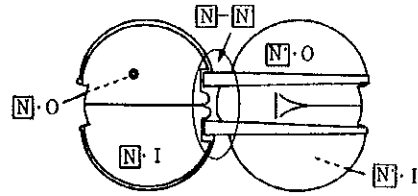


表 3.9 バケット調査記録

No.3 Unit (TH7397)



× ; damage found

Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP	Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP
1・I	×					11・I	×				
1・O	×	×				11・O	×	×			
1-2	×					11-12	×				
2・I	×					12・I	×				
2・O	×	×				12・O	×	×			
2-3	×					12-13	×				
3・I	×					13・I	×				
3・O	×	×				13・O	×	×	3U-13M		
3-4	×					13-14	-		×	×	×
4・I	×					14・I	×				
4・O	×	×				14・O	×	×			
4-5	-					14-15	×				
5・I	×					15・I	×	3U-16V			
5・O	×	×				15・O	×	×			
5-6	×					15-16	×				
6・I	×					16・I	×				
6・O	×	×				16・O	×	×			
6-7	×					16-17	×				
7・I	×					17・I	×				
7・O	×	×				17・O	×	×			
7-8	×					17-18	×				
8・I	×					18・I	×				
8・O	×	×				18・O	×	×			
8-9	×					18-19	×				
9・I	×					19・I	×				
9・O	×	×				19・O	×	×		3U-19M	
9-10	×		×		3U-9M	19-20	-		×		×
10・I	×					20・I	×				
10・O	×	×		×		20・O	×	×			
10-11	-					20-1	-				

Visual Inspection Record

3 No. TH 7397

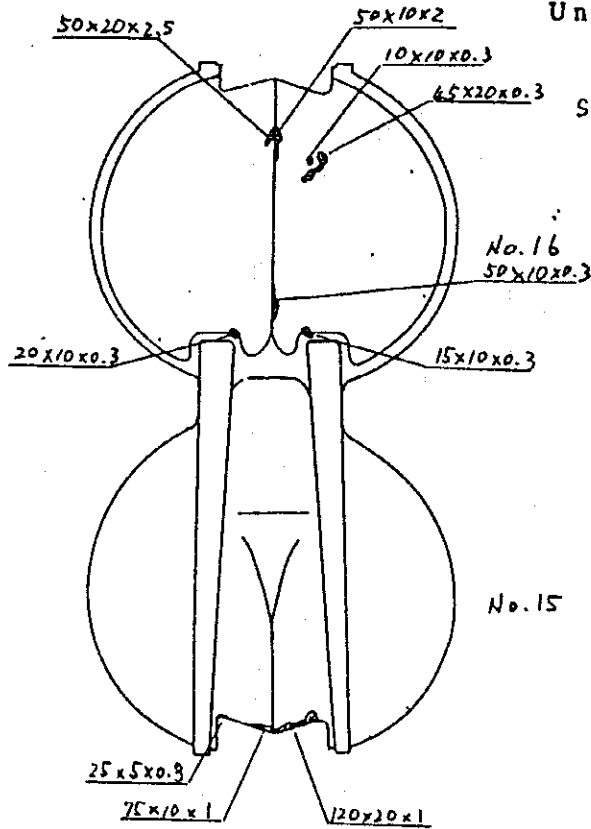
Unit : mm

⊙ : Cavitation

● : Dimple

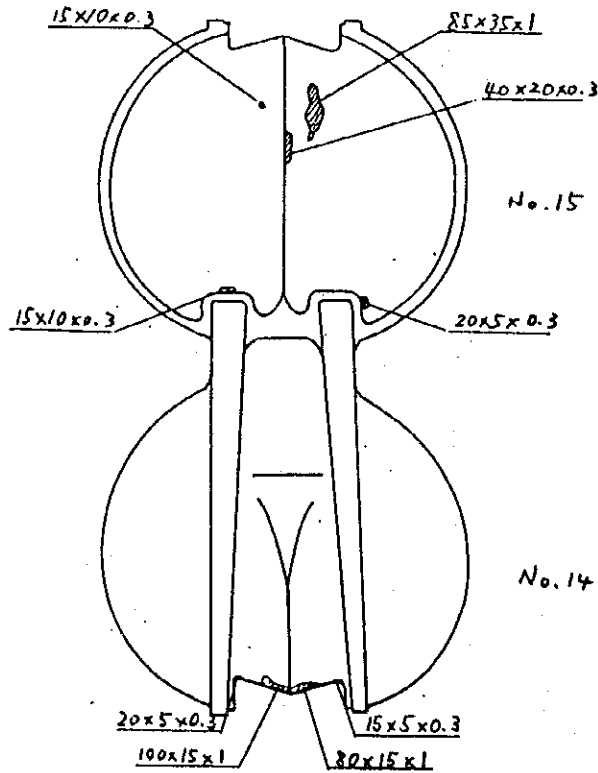
Size : Length x Width x Depth

No. 15 & 16



No. 15

No. 14 & 15



No. 15

No. 14

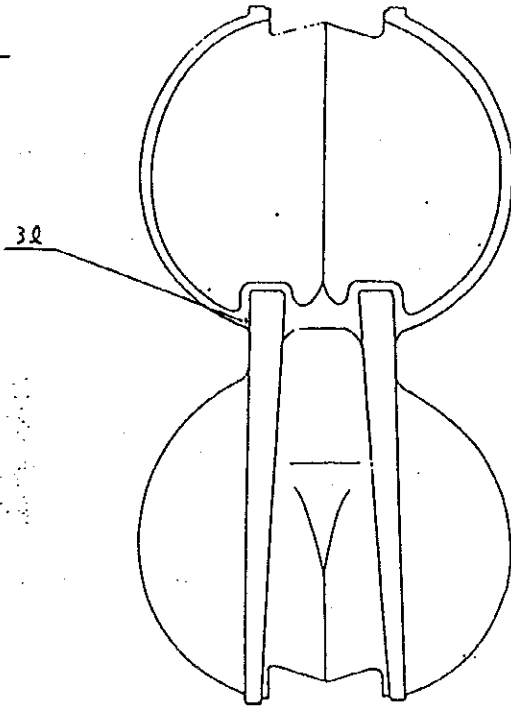
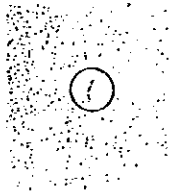
3U-9M
3U-13M

Magnetic Particle Examination Record #3 No. TH7397

Unit : mm

ℓ : Linear Indication

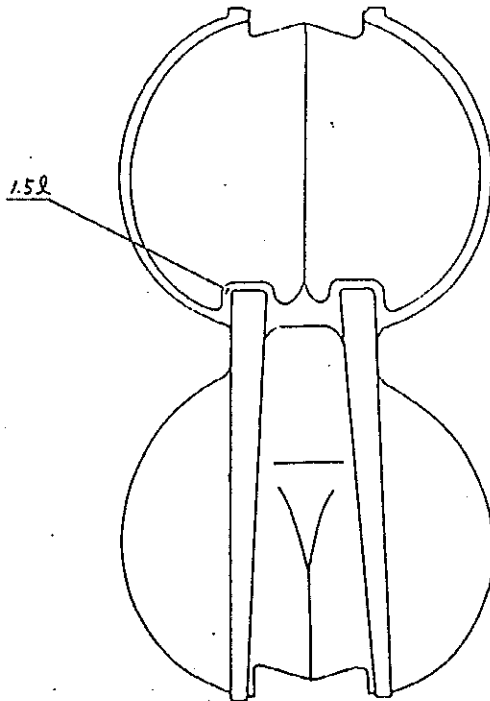
No. 10



No.10

No. 9

No. 13



No.14

No.13

3U-19M

Magnetic Particle Examination Record #3 No. TH7397

Unit : mm

ℓ : Linear Indication

No. 19

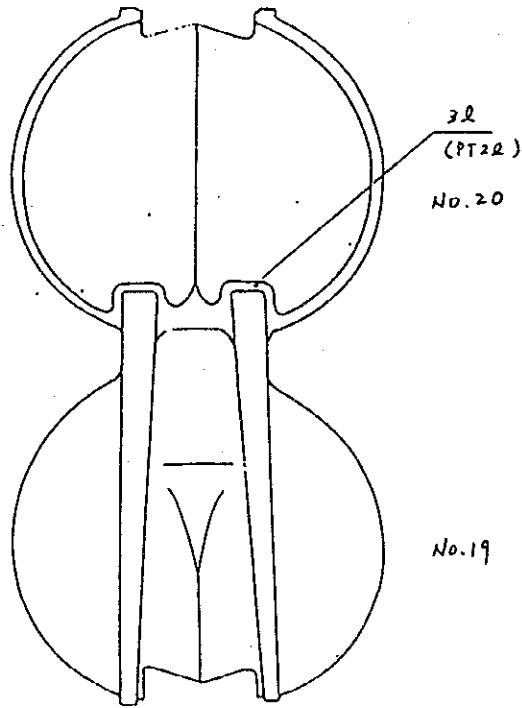
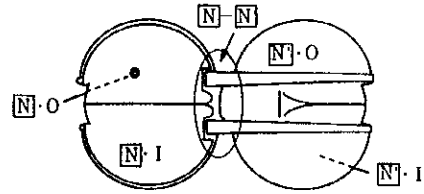


表 3.10 バケツ調査記録

No.4 Unit (TH0594)



× ; damage found

Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP	Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP
1・I	×					11・I	×				
1・O	×	×				11・O	×	×			
1-2	-		×	×		11-12	-				
2・I	×					12・I	×				
2・O	×	×				12・O	×	×			
2-3	-			×		12-13	-				
3・I	×					13・I	×				
3・O	×	×				13・O	×	×			
3-4	-					13-14	-	×	×	×	×
4・I	×					14・I	×				
4・O	×	×				14・O	×	×			
4-5	-		×			14-15	-				
5・I	×					15・I	×				
5・O	×	×				15・O	×	×			
5-6	-	×	×	×		15-16	-				
6・I	×					16・I	×				
6・O	×	×				16・O	×	×			
6-7	-			×		16-17	-				
7・I	×					17・I	×				
7・O	×	×				17・O	×	×			
7-8	-					17-18	-				
8・I	×					18・I	×				
8・O	×	×				18・O	×	×			
8-9	-	×	×	×		18-19	×				
9・I	×					19・I	×				
9・O	×	×				19・O	×	×			
9-10	-	×		×		19-20	-				
10・I	×					20・I	×				
10・O	×	×				20・O	×	×			
10-11	-	4U-10V				20-1	-	×	×		

Visual Inspection Record #4 No. TH0549

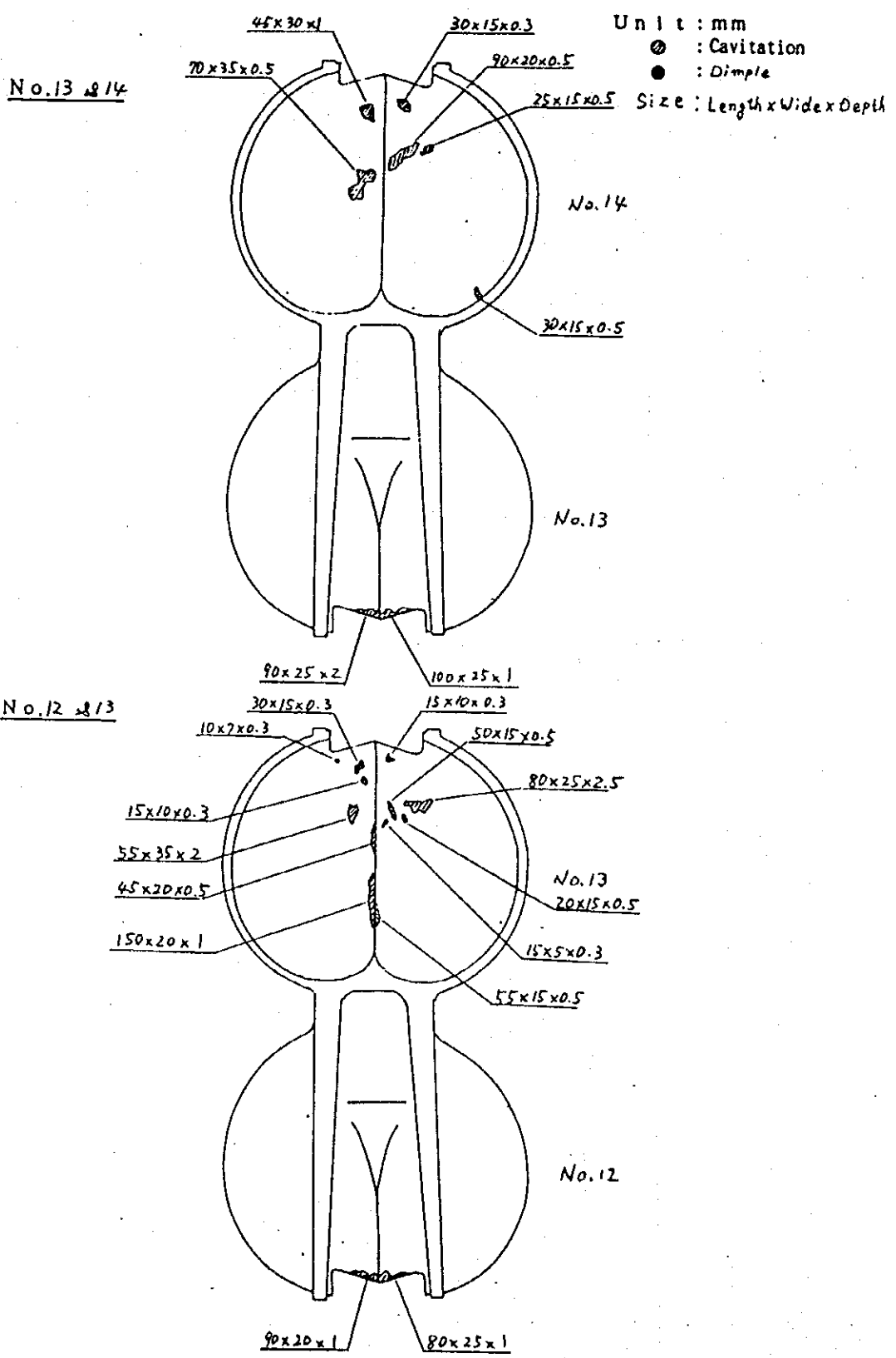
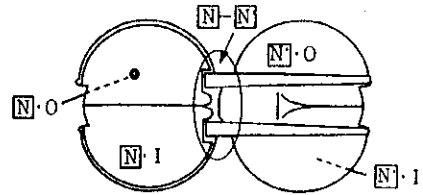


表 3.11 バケット調査記録

Spare 1 (TM576A)

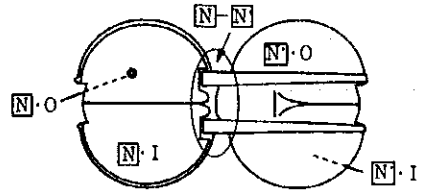


× ; damage found

Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP	Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP
1 · I	×					11 · I	×				
1 · O	×	×				11 · O	×	×			
1 - 2	×					11 - 12	-		×		
2 · I	×					12 · I	×			×	
2 · O	×	×				12 · O	×	×			
2 - 3	×					12 - 13	-				
3 · I	×					13 · I	×				
3 · O	×	×				13 · O	×	×			
3 - 4	×					13 - 14	-				
4 · I	×					14 · I	×				
4 · O	×	×				14 · O	×	×			
4 - 5	×					14 - 15	-		×		
5 · I	×					15 · I	×	×		×	×
5 · O	×	×				15 · O	×	×			
5 - 6	-					15 - 16	×				
6 · I	×					16 · I	×				
6 · O	×	×				16 · O	×	×			
6 - 7	-					16 - 17	-		×		
7 · I	×					17 · I	×			×	
7 · O	×	×				17 · O	×	×			
7 - 8	-					17 - 18	-				
8 · I	×					18 · I	×				
8 · O	×	×				18 · O	×	×			
8 - 9	-					18 - 19	-				
9 · I	×					19 · I	×				
9 · O	×	×				19 · O	×				
9 - 10	×					19 - 20	-		×		
10 · I	×					20 · I	×			×	
10 · O	×	×				20 · O	×	×			
10 - 11	×					20 - 1	-				

表 3.12 バケット調査記録

Spare 2 (TH796A)



× ; damage found

Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP	Bucket No.	VT	PT	MT	UT	SUMP
1・I	×	×	×	×		11・I	×	×		×	
1・O	×	×	×			11・O	×	×			
1-2	×					11-12	-				
2・I	×	×	×	×		12・I	×	×	×	×	×
2・O	×	×	×			12・O	×	×			
2-3	-					12-13	-				
3・I	×	×	×	×		13・I	×	×	×	×	
3・O	×	×				13・O	×	×			
3-4	-					13-14	-				
4・I	×	×	×	×		14・I	×	×	×	×	
4・O	×	×				14・O	×	×			
4-5	-					14-15	-				
5・I	×	×	×	×		15・I	×	×	×	×	×
5・O	×	×				15・O	×	×			
5-6	-					15-16	-				
6・I	×	×	×	×		16・I	×	×		×	
6・O	×	×				16・O	×	×	×		
6-7	-					16-17	×				
7・I	×	×	×	×		17・I	×	×		×	
7・O	×	×	×			17・O	×	×			
7-8	-					17-18	×				
8・I	×	×	×	×		18・I	×	×	×	×	
8・O	×	×	×			18・O	×	×			
8-9	-					18-19	-				
9・I	×	×	×	×		19・I	×	×	×	×	
9・O	×	×				19・O	×	×			
9-10	-					19-20	-				
10・I	×	×		×		20・I	×	×	×	×	
10・O	×	×	×			20・O	×	×			
10-11	-					20-1	×				

表 3 - 13 ランナバケット余寿命解析 (1/3)

1. Allowable length of runner buckets cracks

(1) Max. length and depth of runner buckets cracks

The following data are based on Table 3.6 (Remarkable Defects of Bukets).

<u>Unit No.</u>	<u>Max. length of cracks</u>	<u>Max. depth of cracks</u>
1	3 mm	5 mm
2	4 mm	4 mm
3	3 mm	2.5 mm
4	9 mm	3 mm

(2) Estimation of allowable length of runner bukets cracks

a) Basic design data of runner model

Head : 720 m
 Out put : 42 MW
 Pitch circular diameter of bucket : 2.04 m

b) Stress at root portion of runner bucket : $\sigma_A = 3.3 \text{ kgf/mm}^2$

c) Local stress at root portion of runner bucket : $\sigma_L = 3.3 \text{ kgf/mm}^2 \times 2 = 6.6 \text{ kgf/mm}^2$

Local max. stress amplitude : $\sigma_a = \pm 3.3 \text{ kgf/mm}^2$

Note: The local stress was estimated on the basis of the stress analysis result on similar runner bucket to the Da Nhim power station.

d) Allowable crack length : 2.7 mm

Note: From relation curve between allowable crack length and stress amplitude shown in Figure 3.6, the allowable crack length was estimated.

2. Estimation of remaining life time of runner bucket

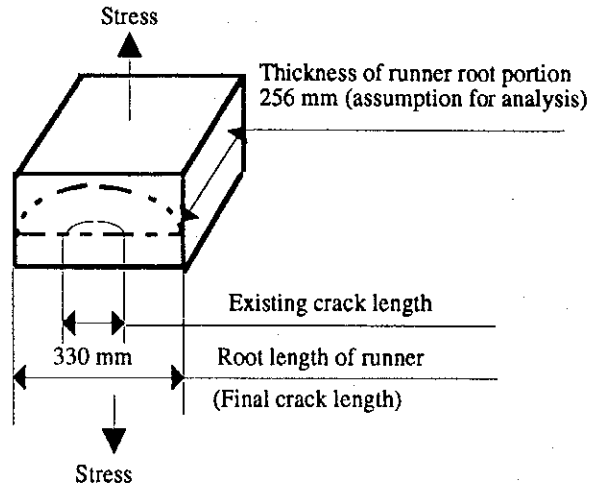
(1) Procedure of analysis

The duration to be expected to extend the existing crack up to overall length of runner are estimated considering the following factors.

- Analysis model formed on the basis of the existing defect condition of runner
- Average stress to be applied to the runner during operation
- Frequency of stress cycle to be applied to the runner during operation

表 3 - 13 ランナバケット余寿命解析 (2/3)

1) Analysis model formed on the basis of the existing defect condition of runner



2) Average stress to be applied to the runner during operation

Average stress includes the following stresses:

- Stress at root portion of runner bucket (ref. to above item 1.(2). b)) : $\sigma_A = 3.3 \text{ kgf/mm}^2$
- Stress due to centrifugal force of runner : $\sigma_r = 0.8 \text{ kgf/mm}^2$
- Residual stress of runner : $\sigma_R = 10 \text{ kgf/mm}^2$

Average stress = $\sigma_A + \sigma_r + \sigma_R = 14.1 \text{ kgf/mm}^2$

3) Frequency of stress cycle to be applied to the runner during annual operation

$N_i = T \times N \times 60 \times j_i = 8,000 \times 500 \times 60 \times 2 = 4.8 \times 10^4 \text{ times}$

where, T : Assumed annual operation hour : 8,000 hrs.
 N : Rated speed : 500 rpm
 j_i : Numbers of nozzle = 2

(2) Estimation of remaining life of runner

The frequency of stress cycle to be extended the existing crack up to overall root length of runner is estimated using the fatigue crack growth curve in Figure 3.6.

表 3 - 13 ランナバケット余寿命解析 (3/3)

The estimated remaining life for each runner is as follows:

Unit Nos.	Existing crack length	Frequency of stress cycle to be extended the crack to overall root length of runner (N)	Estimated remaining life (Ni/N)	Result of crack growth curve
1 & 3	3 mm	3.7628×10^9 times	7.8 years	Figure 3.7
2	4 mm	3.4101×10^9 times	7.1 years	Figure 3.7
4	9 mm	9.7159×10^9 times	2.0 years	Figure 3.7

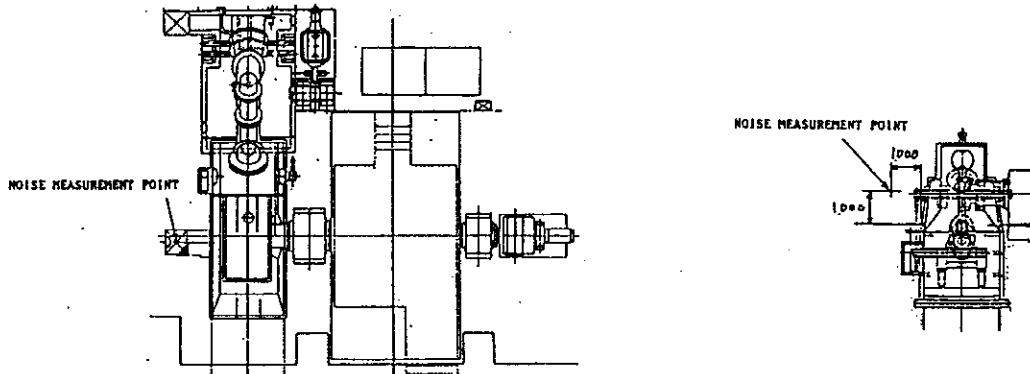
(3) Conclusion

As a result of the above estimation, it is recommended that all the runners will be required to take proper measure within following period.

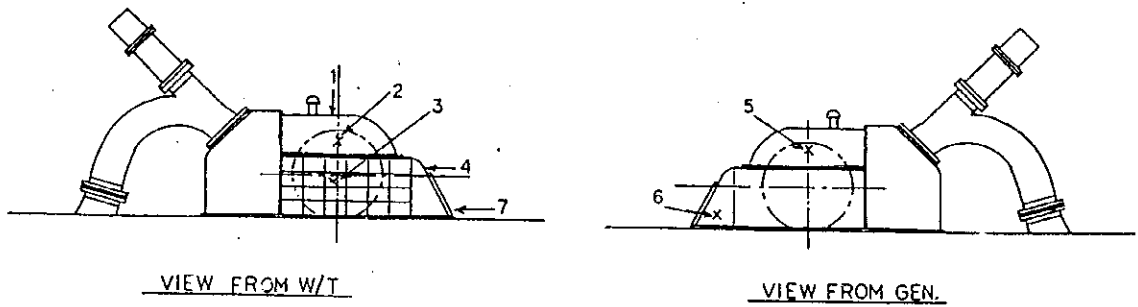
Unit No.4 : Two (2) years

Unit No.1, 2 & 3 : Seven (7) years

Noise Measurement Point



Vibration Measurement Point





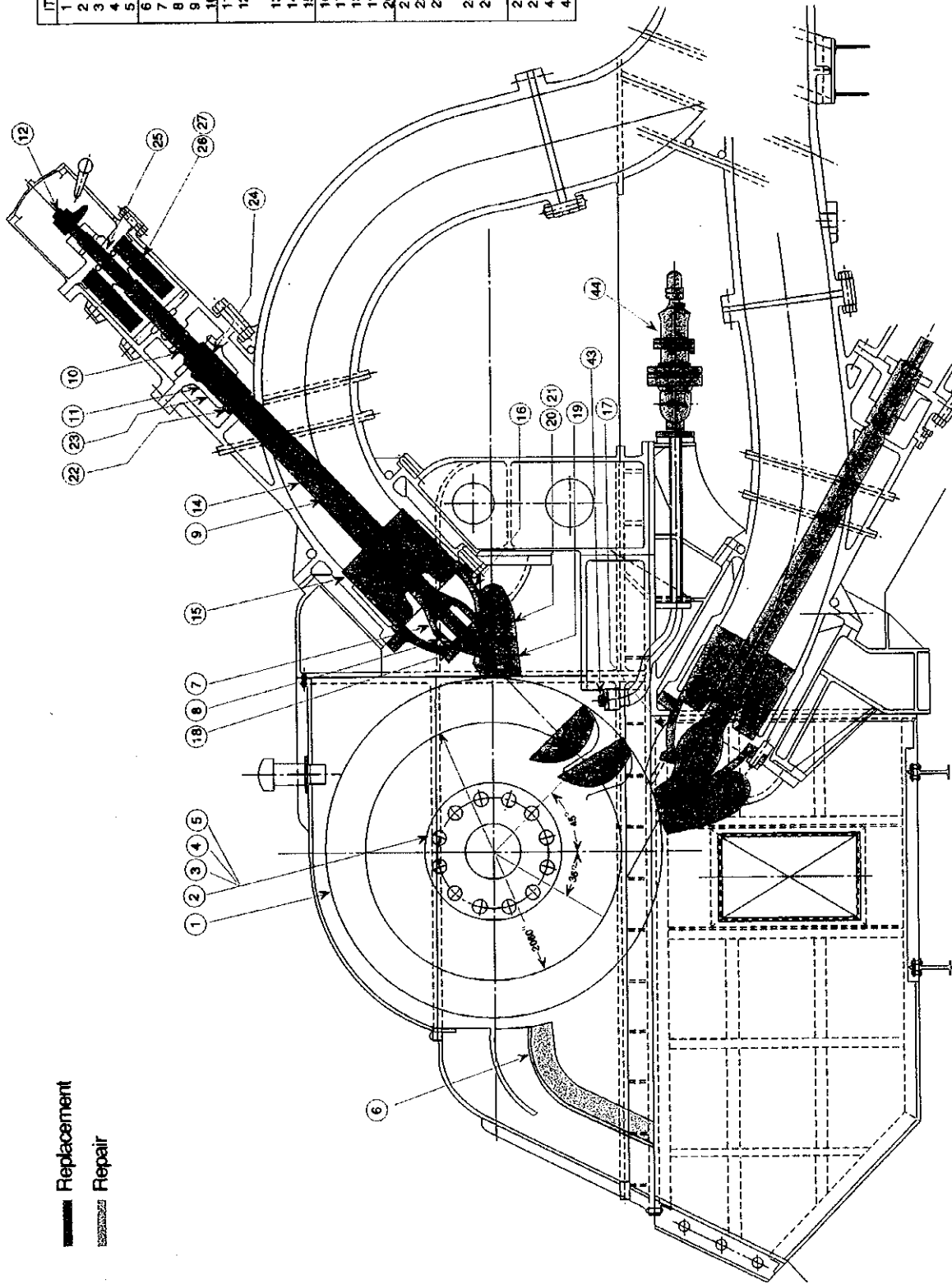
ヴィエトナム社会主義共和国
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 3.1
騒音レベルと振動の測定点

 Replacement
 Repair



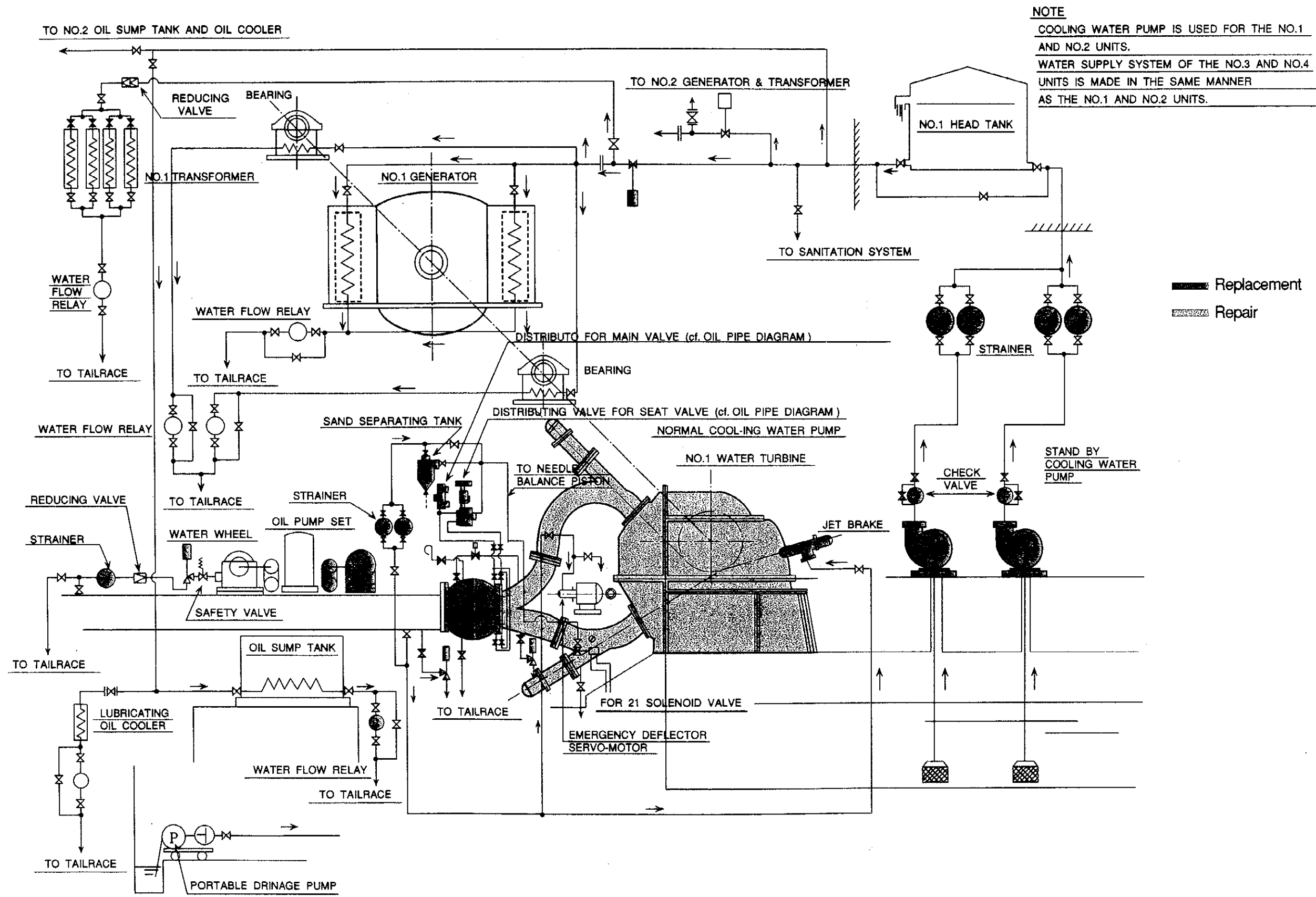
REPLACEMENT	
ITEM	LIST OF PARTS
1	RUNNER
2	REAMER BOLT
3	LOCK PLATE
4	COVER
5	BOLT FOR COVER
6	BAFFLE PLATE
7	NEEDLE HEAD
8	NEEDLE TIP
9	NEEDLE SPINDLE SERVO-M
10	NEEDLE SPINDLE
11	BALANCE PISTON
12	STOPPER FOR NEEDLE & LOCK NUT SERVO SPINDLE
13	NEEDLE SPINDLE LINER
14	PROTECTING PIPE
15	NEEDLE GUIDE
16	UPPER NOZZLE
17	LOWER NOZZLE
18	NOZZLE TIP
19	DEFLECTOR TIP
20	DEFLECTOR HEAD
21	KEY FOR DEFLECTOR HEAD
22	BALANCE PISTON SLEEVE
23	BALANCE GUIDE
24	PISTON BUSHING
25	V SHAPE GASKET
26	COVER BUSHING FOR NEEDLE SERVO
27	SPRING FOR NEEDLE SERVO
43	PISTON RING FOR NEEDLE SERVO
44	NOZZLE FOR JET BRAKE
44	NEEDLE VALVE FOR JET BRAKE

ヴィエトナム社会主義共和国
 ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

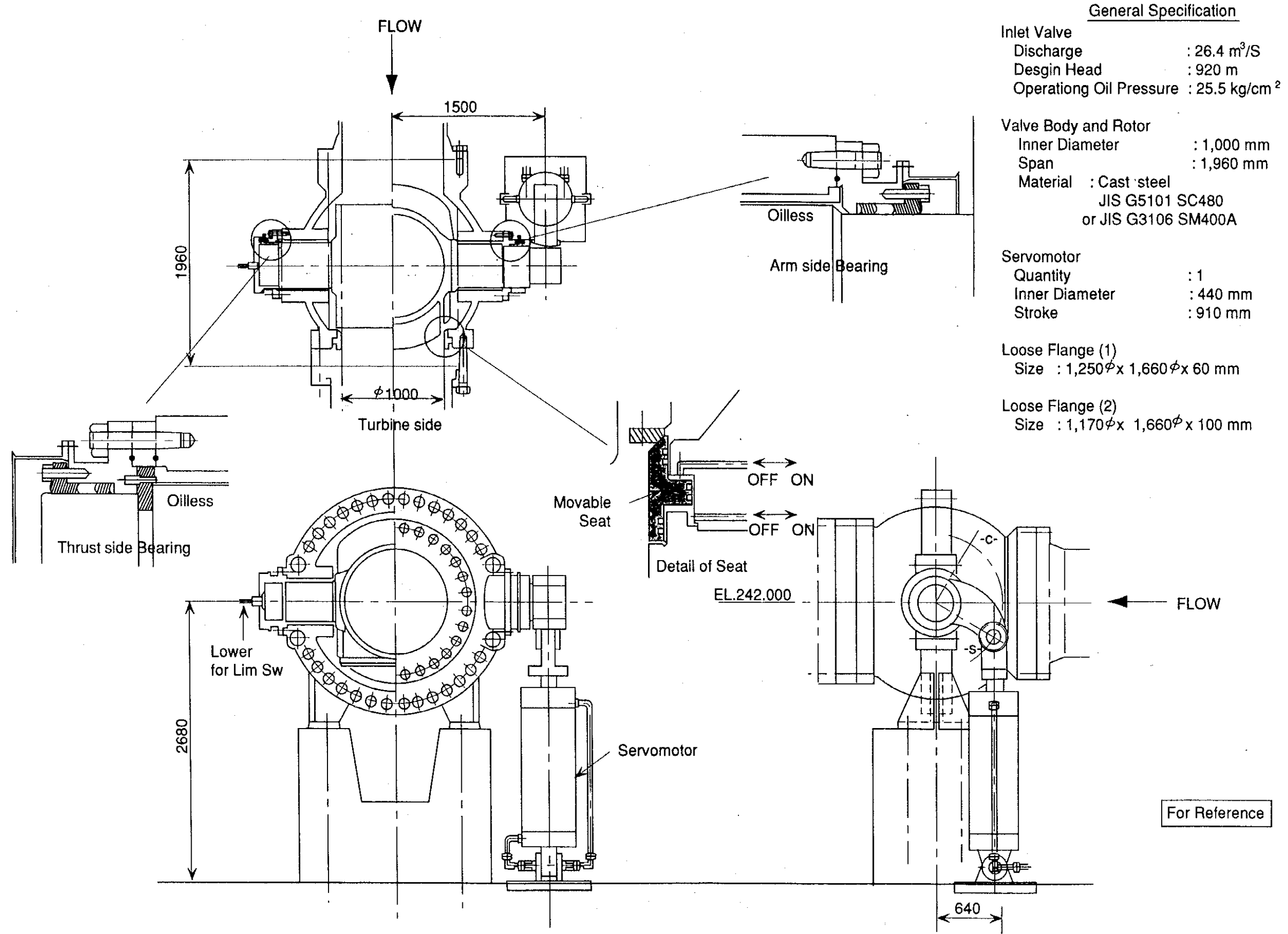
国際協力事業団

図 3.2
 水車



NOTE
 COOLING WATER PUMP IS USED FOR THE NO.1 AND NO.2 UNITS.
 WATER SUPPLY SYSTEM OF THE NO.3 AND NO.4 UNITS IS MADE IN THE SAME MANNER AS THE NO.1 AND NO.2 UNITS.

— Replacement
 ▨ Repair



General Specification

Inlet Valve
 Discharge : 26.4 m³/S
 Design Head : 920 m
 Operating Oil Pressure : 25.5 kg/cm²

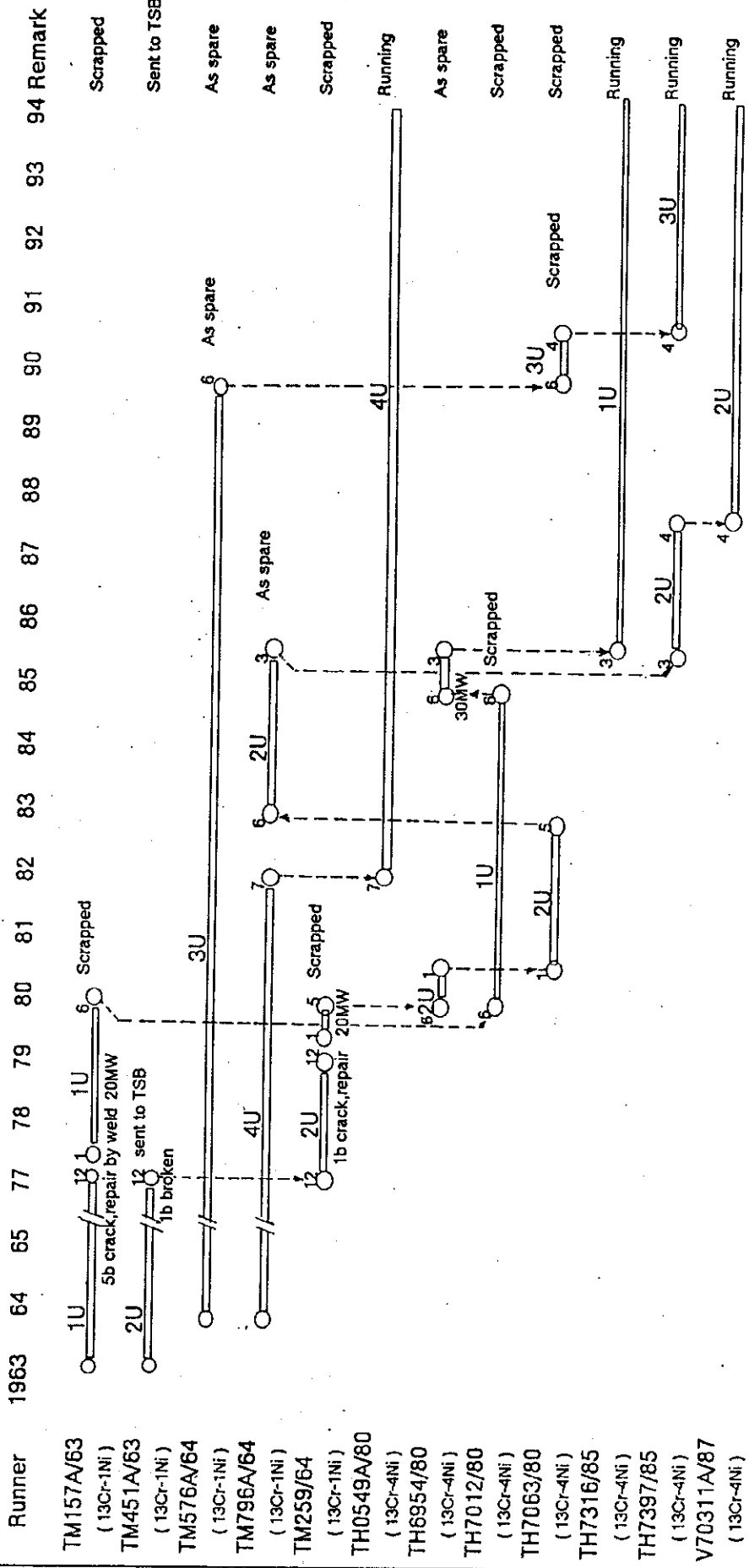
Valve Body and Rotor
 Inner Diameter : 1,000 mm
 Span : 1,960 mm
 Material : Cast steel
 JIS G5101 SC480
 or JIS G3106 SM400A

Servomotor
 Quantity : 1
 Inner Diameter : 440 mm
 Stroke : 910 mm

Loose Flange (1)
 Size : 1,250 ϕ x 1,660 ϕ x 60 mm

Loose Flange (2)
 Size : 1,170 ϕ x 1,660 ϕ x 100 mm

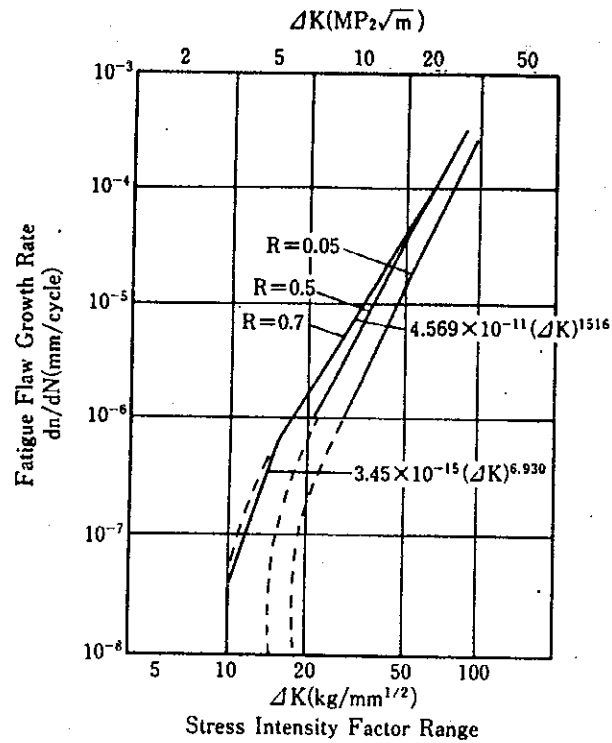
Runner Review



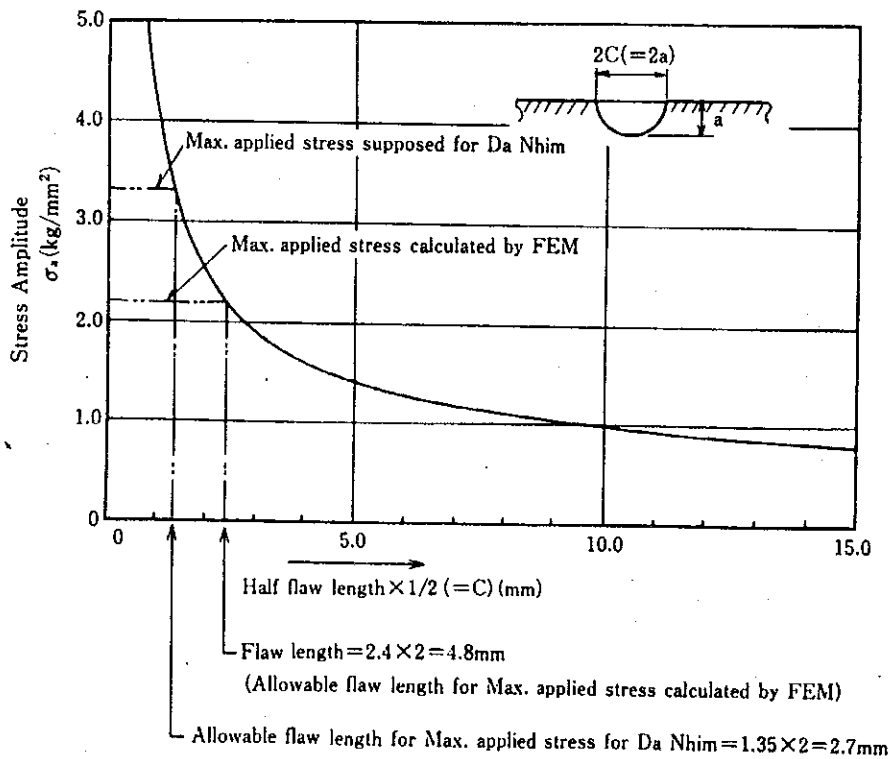
ヴァイエトナム社会主義共和国
ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

図 3.5
ランナー



Fatigue Flaw Growth Curves for 13Cr~4Ni Stainless Steel Casting



Result of Analysis on Applied Strees-Allowable Flaw Length

