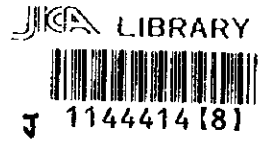


インド鉦工業プロジェクト形成基礎調査（アンドラ・プラデシュ州配電網改良計画）

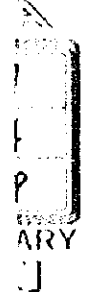
インド鉦工業プロジェクト形成基礎調査 (アンドラ・プラデシュ州配電網改良計画) 報告書

1998年6月



国際協力事業団
鉦工業開発調査部

鉦調計
J R
98-124





1144414【8】

インド鋳工業プロジェクト形成基礎調査
(アンドラ・プラデシュ州配電網改良計画)
報 告 書

1998年6月

国際協力事業団
鋳工業開発調査部

インド鋳工業プロジェクト形成基礎調査
(アンドラ・プラデシュ (AP) 州配電網改良計画)
報告書目次

I. 調査概要	
1. 調査目的	1
2. 団員構成	1
3. 調査日程	1
4. 調査対象案件	2
5. 対処方針	2
6. 主要面談者	3
7. 調査結果	4
8. 調査団所見	5
II. AP州配電事業の概要	11
III. 資料集	
1. TOR	49
2. Location Map of Andhra Pradesh State	51
3. 事前質問事項に対するAPSEBの回答	52
4. AP州電力セクターに対する各援助機関の協力の現状	56
5. AP州電力事情 (APSEB発行)	64

I. 調查概要

1. 調査目的

鉱工業分野の開発調査を効率的に実施するため、既に我が国に正式要請の提出がなされているインド「アンドラプラデシュ（以下AP）州配電網改善計画」案件について、その背景・目的、国家開発計画における位置づけ、調査項目等について調査し、今後の我が国の協力の可能性等を協議する。

2. 調査団員構成（7名）

- ①団長・総括 : 宇佐美 毅
 国際協力事業団専門技術嘱託
- ②技術協力政策 : 花立 大民
 外務省経済協力局開発協力課
- ③技術協力行政 : 長谷川 和久
 通産省通商政策局経済協力部資金協力室企画官
- ④電力行政 : 伊藤 隆庸
 通産省資源エネルギー庁公益事業部電力技術課電気工作物検査官
- ⑤電力関連(配電計画) : 佐尾 玄
 東北電力（株）配電部副部長
- ⑥電力関連(配電保守) : 本間 洋
 東北電力（株）配電部
- ⑦調査・企画 : 込山 誠一郎
 国際協力事業団鉱工業開発調査部計画課

3. 調査日程

	月	日	曜	行 事	宿 所
1	3月	15日	日	成田発 (JL471便) →ニューデリー着	ニューデリー
2		16日	月	JICAインド事務所、日本大使館、WB訪問	ニューデリー
3		17日	火	大蔵省、電力省訪問 ニューデリー発 (IC839便) →ハイデラバード着	ハイデラバード
4		18日	水	APSEB打ち合わせ	ハイデラバード
5		19日	木	現地サイト (TOOPRAN変電所及び配電先) 視察	ハイデラバード
6		20日	金	APSEB、AP州政府打ち合わせ	ハイデラバード
7		21日	土	ハイデラバード発 (IC840便) →ニューデリー着	ニューデリー
8		22日	日	書類整理	ニューデリー
9		23日	月	大蔵省、電力省、OECD打ち合わせ	ニューデリー
10		24日	火	JICAインド事務所、日本大使館結果報告 ニューデリー発 (AI302便) → (バンコク経由) →	
11		25日	水	成田着	

4. 調査対象案件

- ・ A P 州配電網改善計画

①要請の背景

インドの電力不足はイ国発展の最大のボトルネックとなっており、電力省は、州電力公社 (SEB) のリストラクチャリングを緊急の課題と認識しているところ。かかる状況下で、A P 州電力セクター改革について、現在、世界銀行 (以下世銀) が全体コーディネートを実施し、カナダ、イギリス及びノルウェー各国が支援に乗り出しつつあり、日本に対しても配電網改良計画について要請書が提出された。

②調査の目的

A P 州の電力事情が改善することを目的に、配電網の改良計画を策定する。

5. 対処方針

①調査実施の内容確認

- (1)世銀が全体をコーディネートしている上で本件要請がされた経緯があり、インド中央政府及びA P 州政府が、国家開発計画の中で本件をどの様に位置づけているのか確認する。
- (2)提出されたTORには、A P 州電力部門の現状及び具体的な問題点についての詳細が記載されていないことから、先方からこの点を良く確認、聴取する。
- (3)調査の対象は配電網の改善計画とし、送電網改善計画については、その規模の大ききから実施しないことを先方 (A P 州及び世銀) に伝えることとし、具体的な (希望する) 地域があるのか確認する。

②電力事情等に係る情報収集

(1)既に送付した質問票から、A P州の配電部門に係る技術力等について情報を収集すると同時に、日本の現状についてビデオ等を放映して紹介し、意見交換を行う。

③他ドナーとの調整

(1)A P州電力改善計画については世銀が全体をコーディネートし、C I D A及びD f I D等が支援に乗り出しつつあるとの情報があり、J I C Aが調査内容を確定していく上で、インド側関係機関のみならず、世銀を含めた関係機関等との調整は重要となってくる。

今回の調査においては、これら関係機関が予定している調査内容を良く確認し、特に世銀に対しては、具体的なイメージ、予算規模、機材供与の可能性等の確認及び情報収集を行う。

J I C Aとしては、収集した情報等から、配電網改善計画に関する協力可能な範囲について、開発調査の実施を検討する。

6. 主要面談者

Ministry of Finance

V.BHASKAR (Director)

Ministry of Power

P.J.SUVRATHAN (Joint Secretary)

Andhra Pradesh State Electricity Board (APSEB)

J.PARTHASARATHY (Chairman)

ANIL KUMAR KUTTY (Member Secretary)

Dr.M.V.KRISHNA RAO (Member Distribution)

K.Y.VENUGOPALA RAO (Member Transmission)

Energy Department

V.S.SAMPATH (Secretary to Government)

THE WORLD BANK

MOHINDER GULATI (Senior Financial Analyst Energy Sector)

在インド日本大使館

駒野 欽一 (参事官)

川上 良 (参事官)

高木 誠司 (一等書記官)

(株) 電源開発

西脇 かおる (インド事務所長)

国際協力事業団インド事務所

熊野 秀一 (所長)
田中 俊昭 (次長)
中林 ちえこ (Overseas Development Specialist)

海外経済協力基金

大橋 裕 (業務第2部業務第2課長)
越知 直哉 (業務第2部業務第2課長代理)
不破 よしたろう (ニューデリー駐在員事務所首席駐在員)

7. 調査結果

- ①事前に送付した調査票の回答について、内容の不明確な部分(技術面)を確認した。
- ②配電線の現状確認として、当方が当初予定したハイデラバード市内及びMedak District (ハイデラバード北側隣接)について視察した。特に、Medak Districtにおいては、変電所(Toopran)から各配電先である(インスタントコーヒー)工場及び農事用ポンプの現状を視察し、APSEBに対し以下の改善点について報告した。
 - (1)配電系統運用管理全体としては比較的しっかりとした基本管理が行われている。
 - (2)設備的に見ると次の点を改善する必要があると思われる。
 - ・高圧線の幹線に開閉器がないので、供給信頼度の効果的な場所に設置が必要。
 - ・高圧線は全て裸線であり、主要幹線は供給信頼度向上面などからも絶縁電線を使用する必要がある。また、低圧線が絶縁化されてなく、低圧線事故が相当数発生する可能性がある。
 - ・電圧管理においては、線路の中間や末端電圧が管理されていない。また低圧線の電圧管理がなされていないなど課題は多い。
 - ・三相の大容量変圧器で広範囲に非常に長い低圧線で送電されており、低圧以下のロスが相当数あると想定される。
 - ・農事用ポンプをコントロールするため、三相線路を単相運転し9時間以上ポンプを使用できないような負荷制限を行っているが、タイムスイッチ等の使用が望ましい。
- ③調査団及びAPSEB(アンドラプラデシュ州電力公社)との協議のなかで、先方から主に以下のコメントがされた。
 - (1)JICAの開発調査モデル地区としては、「Hyderabad」、「Medak」、「Karimnagar」、「Visakhapatnah」(工業地区)から選んでみてはどうか。
 - (2)調査期間は長くても1年以内として欲しい。
 - (3)日本側は、配電網(11kV以下)の改善計画を対象にしているが、33kVも対象(他のプロジェクトにおいて実施しているので)にして欲しい。
 - (4)各ドナーとの調整はAPSEBが実施しており、各機関と本調査が重なることがない

よう調整する。

④調査団からは、以下についてコメントした。

- (1) 今回の調査結果から、案件が採択されれば次の調査団を5、6月に派遣したい。
- (2) 本格調査は9月頃から始めるとして、APSEBからの希望である調査期間を1年にすることについては、日本に持ち帰り（なるべくその方向で）検討したい。

⑤APSEBは質問票を調査団出発前に回答し、協議や視察先においても積極的に対応するなど熱意が感じられた。開発調査のスキームについては、当初理解が得られていなかった様子であったが、協議中に良く説明した結果、協議後半における先方の発言から判断すると理解を得られたものと思料された。

⑥APSEBの技術力は、当初日本で考えられていた以上に高いものであり、必要なデータ等についても記録・管理が良くされていた。因みに、空港に配電している変電所の視察時に、DFID資金によるイギリスのコンサルタントに会ったが、同様の意見であった。

⑦世銀の資金協力については、今年8、9月に契約予定であり、99年3月にはデイスバース可能と説明があった。なお、モデル配電線の改善に係る投資に対する資金協力は可能であると発言があった。

8. 調査団所見

本プロジェクト形成調査団は、3月15日から25日まで現地（インド）に派遣され、APSEB等との協議及び関連施設の視察並びに世銀等との情報交換を通し、AP州における配電網システムの技術レベル、設備・管理状況の現状並びに問題点を把握すると共に、本調査の位置づけ等を確認することができた。

以下に全体の所見を述べる。

①AP州における送配電網システムの総電力損失は32%を越え、その内、技術的問題に起因する損失は20%近くと予想されている。2020年までに総電力損失を12%まで削減する目標（ビジョン2020）を掲げる同州にとって、送配電網の改善は喫緊の課題の1つである。このため海外の援助機関も世銀を中心にCIDA（カナダ）、DFID（英国）、ノルウェー等が積極的な技術協力、資金協力を進めている。我が国においてもOECDが円借款（含むツーステップローン）を供与しているところ。

②因みに、AP州における総消費電力（1996年度）は、約5,000MWであるか

ら、配電系統の電力損失を仮に1%削減できれば、その削減エネルギーは50MW級の発電所1基分に相当することになる。地球環境問題の解決に向けて国際的な協調が叫ばれている今日、他ドナーとの連携のもとに本調査を実施することは、正に時宜を得たものであり、CO2削減等温暖化問題の一層の貢献も期待される。その意味においても本調査の意義は大きい。

③ハイデラバード市内及びその周辺の配電系統の設備・運用状況を視察した結果、配電線の運用管理等の基本的な部分は比較的しっかりしているが、設備面においては、老朽化し、弱体化していて、改善すべき点が多く見られることが分かった。なお、APSEBの技術的ポテンシャルは予想以上に高いものと思われる。

④協力内容に関する協議に当たって、APSEBとJICA双方の基本的考え方を明確にするため、日本側が事前に作成した「調査に当たっての基本的な考え方 (Present Idea of JICA Study Team) 別添資料参照) に基づいて討議を行った。その結果、今後具体的検討を進める上で、不可欠な点をいくつか確認できたと思われる。これを列記すると、

(1)日本側の調査分野は、送配電網全体の改善計画を対象とするのではなく、配電網とくに技術面からの改善計画であること。

(2)日本側の設備改善の指摘については、APSEB側も全く同様な認識を持っているので、日本の協力を大いに期待しているとのことであった。しかし、具体的な技術項目に関しては、更に詳細な検討が必要である。

(3)日本側の主な調査目標は、「抽出したモデル配電線による改善策の立案」、「標準化によるマニュアル類の作成」、「モデル配電線の改善実施後の効果確認」、さらに「検討結果の水平展開による費用と効果の検討」の流れであること。

(4)日本側が現段階で関心の持っているモデル地区は「ハイデラバード市とその周辺地区」であること。なお、日本側が「ハイデラバード市とその周辺地区」を挙げた主な理由は、他のドナーの協力がほとんど入っていないこと、電力損失が一番大きい地区であること、セクターのバランスがとれていることの三点であったが、今後、APSEB側から要望のあった三地区を含め、これまでの調査報告結果を分析し総合的に判断する必要がある。

今回の協議の中でAPSEB側から特に強い要請があったのは、調査期間の短縮(で

できれば一年以内) とできるだけ早く配電設備の増強を行い供給力を強化したいとのことであった。前者については、帰国後検討する旨回答したが、AP州現地の取り組み状況から判断すると、APSEB側の要望にできるだけ沿った柔軟な対応が必要であると思われる。

⑤以上述べた状況を踏まえ、今後、以下の様な対応が望ましいと思われる。

(1)AP州の改善計画に関する基本構想のもとに各ドナーが協力を進めている状況から判断して、JICAはJICAとしての協力のユニーク面を堅持しつつ、国際的な協力のフレームワークの中に入っていくことが不可欠である。

(2)そのためには、APSEBが主張するように、調査期間の短縮は重要であり、JICAが行うコンパクトな調査結果に基づいて、できるだけ早期にリハビリテーション若しくはモダナイゼーションのためのローンに繋げていくことが肝要である。

(3)それには、まずAPSEBが現在持っているデータを活用し、技術レベルの比較的高いインド側コンサルタントを活用するなどして、基本調査期間を圧縮することが必要である。また、調査ステップに関しては、日本側が提案した目標の中にある「モデル配電線の改善実施後の効果確認」については、APSEBの技術レベルが高いことなどから、あえて実証確認の方法で示すことまでは必要ないと思われる。また、リフォームのためのローン確保と実施期間の問題もあるので、本調査ではこれを省き、「モデル配電線をベースとしたシュミレーションによる改善策の立案」から直接「水平展開」さらには「費用と効果の確認」に繋げるアプローチをとることで所期の目的は十分果たせられると思われ、これにより調査期間も大幅に短縮することが可能である。

(4)本案件が採択されれば、次の調査団は早期（できれば本年5月末から遅くとも6月中旬頃まで）に派遣されることが望ましい。

Present Idea of JICA Study Team

-- The Study on Improvement of Power Distribution System
in Andhra Pradesh State, India --

1. Scope of the Study

Technical improvement of power distribution system. (Transmission system not included)

2. Basic Ground and Approach Flow of the Study

2. 1 Basic Ground

- (1) To consider more efficient structure and operation / management system in accordance with the living and cultural standard of the country or the area, for the distribution system.
- (2) To grasp and analyze how the customers feel about the services provided by the power company and its reliability in the community, and what kinds of requests they have about power qualities, from the above points of view.
- (3) To sample model distribution lines from target area, in order to get a clearer picture of current problems and to make more concrete measures.

2. 2 Approach Flow

— Attached paper (Fig 1) —

3. Targets of the Study

- (1) Plan of the improvement measure on model distribution lines.
- (2) Revision of manuals by the standardization.
- (3) Horizontal development of the study results of the model distribution lines to all the areas and the confirmation of cost versus effect.

4. Contents of the Study

— Attached paper (Fig 2) —

5. An Interested Study Area for JICA

Hyderabad and its surrounding areas.

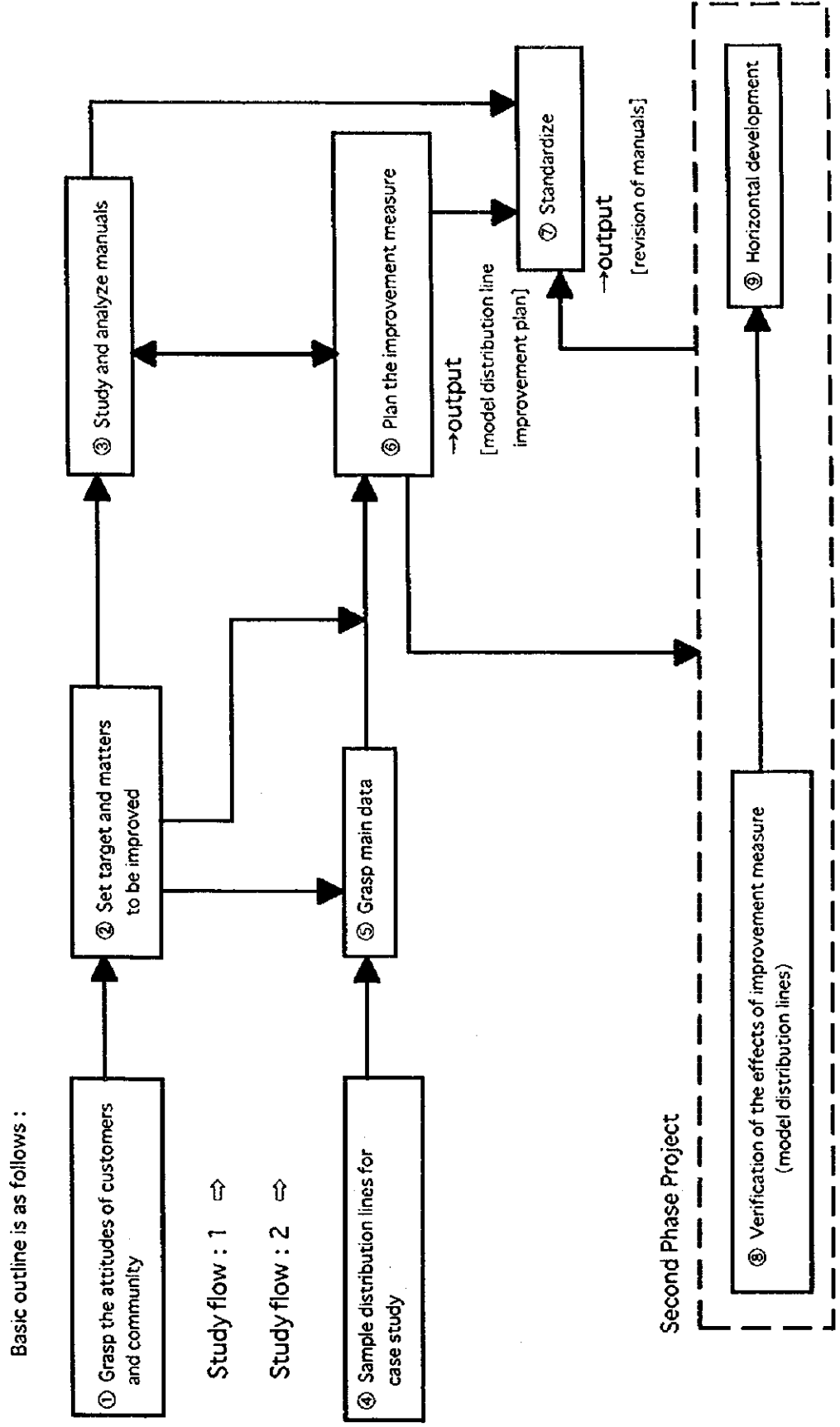
6. Others

- (1) A feature of this study is international cooperative works with other doners such as the World Bank, CIDA and DFID etc.
- (2) This study of JICA is an important step for the modernization of power distribution system in the future.

(March 20, 1998)

(Figure 1)

Approach to measure planning (Improvement distribution lines)



(Tentative)

The Study on Electric Power Loss Reduction
in
Distribution System in The Hyderabad

1 . Preliminary investigation stage

- (1) Collection and review of data, study reports and relevant information for the Study
 - Existing distribution networks
 - Power demand forecast
 - Expansion plan for distribution system
 - Power supply reliability
 - System loss and countermeasures for loss reduction
- (2) Data collection related to costs
 - Unit price of construction and rehabilitation works
 - Operation and maintenance cost
- (3) Review and confirmation of existing data and metering system to identify the sources and degrees of losses
- (4) Development of an efficient method to identify the sources and degree of losses on distribution lines
 - Operation and maintenance system
 - Load management system
 - System peaks at substations
 - Configuration of distribution lines

2 . Detailed Investigation Stage

- (1) Preparation work for measuring relevant data
- (2) Measuring relevant data
 - Relevant data such as kilowatt, current and volt will be measured by the measuring groups according to the method development during the first stage.
- (3) Identification and estimation of sources and degrees of losses.
 - Measured data will be analyzed in order to identify and estimate the sources and degrees of losses throughout the distribution networks.

3 . Development of Net Supply Costs Model

- (1) Preparation of countermeasures for loss reduction
- (2) Review of the countermeasures according to power system analysis
- (3) Cost estimation of countermeasures
- (4) Cost estimation of operation and maintenance
- (5) Evaluation of loss reduction of respective countermeasures
- (6) Analysis of value of losses
- (7) Analysis of interactions between supply costs and losses
- (8) Development of Net Costs Supply Model

4 . Formulation of an optimum program for loss reduction

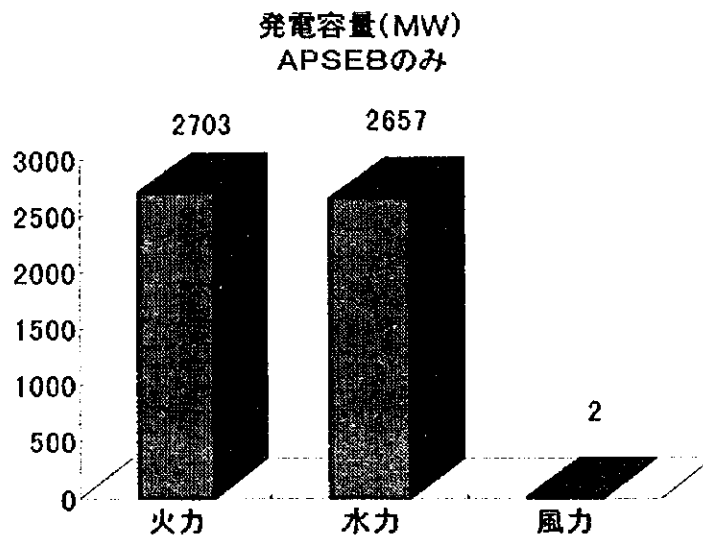
- (1) Review of the optimum level of the power system losses
- (2) Formulation of an optimum program for loss reduction
- (3) Financial and economic analysis of the optimum program

II. AP州配電事業の概要

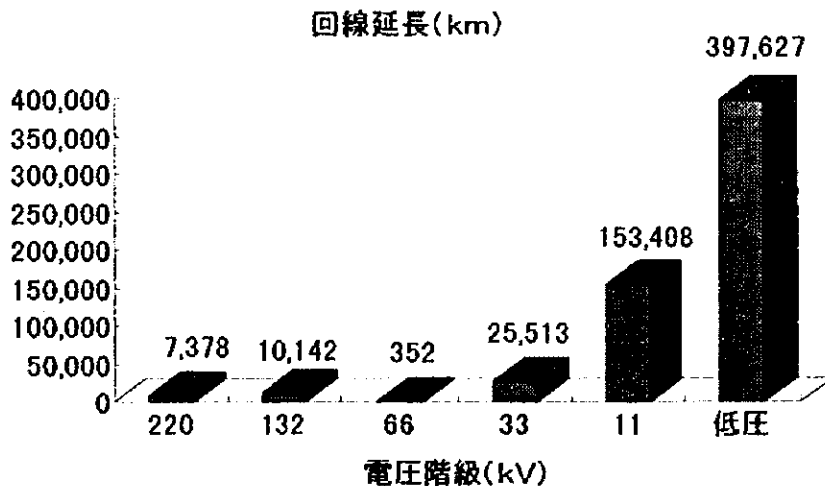
1. APSEB(アンドラプラデシュ州電力公社)の概要

以下に、アンドラプラデシュ州(AP州)並びに、APSEBの基礎的なデータを示す。

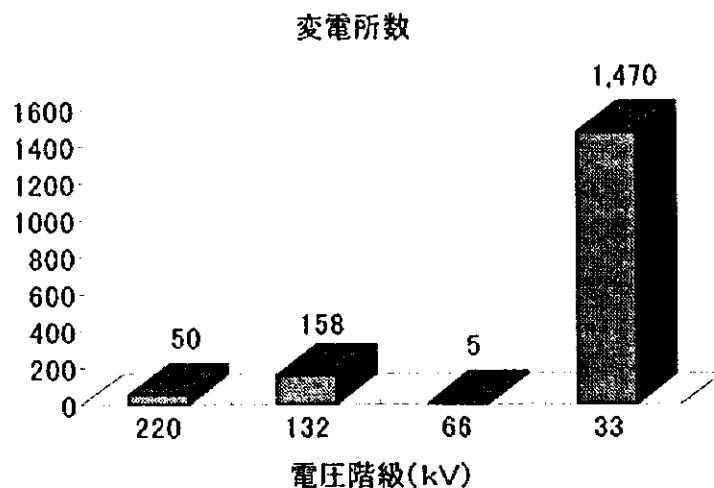
- ・人口 6,650万8千人(1991年)
- ・面積 275,068km²
- ・販売電力量 2,092,287万kWh(1996年度) ※年度は日本と同じで4月に始まり3月に終わる
- ・最大電力 5,022MW(1996年度)
- ・契約口数 9,835,097(1996年度末)
- ・電源設備 5,362MW(1996年度末, APSEB分のみ 民間と連邦分を含めた全体の電源設備は6,764MW)



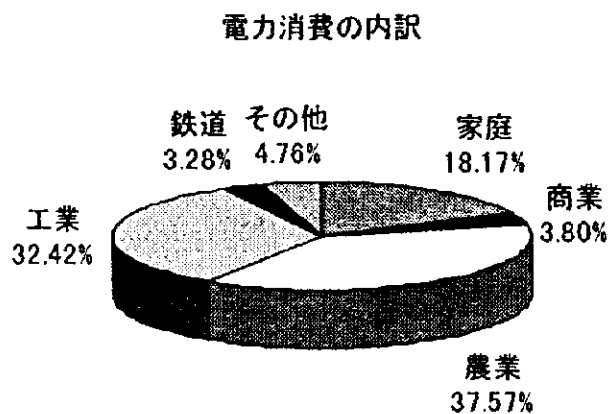
- ・送配電設備(1996年度末, APSEB分のみ) 回線延長計594,420km



・変電設備(1996年度末) 変電所数計1,683



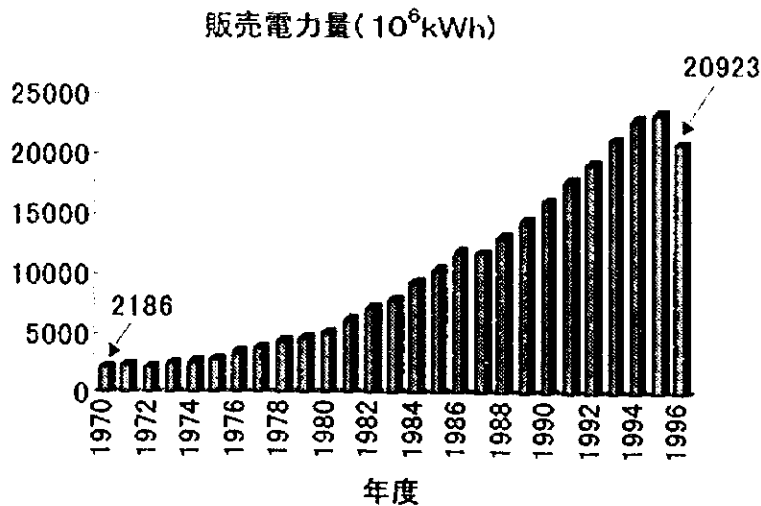
・電力消費の内訳(1996年度)



・一人当りの消費電力量:410kWh

・需要の伸び:9.2%/年(1980~1996年度平均)

10%/年(2001年度までの予想)



注. 1996年度の販売電力量が見かけ上減少している。これは定額制である農業需要家の消費電力量の算出方法を変更したためであり、実際に消費量が減少したのではない。

・APSEB組織

- ヘッドオフィス(発電・送電・配電)
- ディストリクト(AP州を23の地域に分割)
- 職員数 72,810人(1996年度末)

2. 調査結果

(1) 事前の質問表への回答とハイデラバード市内および近郊(Medak District:ハイデラバード北側隣接)における現地設備調査で判明した配電設備に関する主な調査結果を示す。(詳細は資料1, 3を参照)

主な調査結果

調査項目	AP州の現状
電気方式, 電圧基準と管理方法	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧: 三相3線式中性点接地方式 低圧: 三相4線式が基本(街路灯専用線が加わる場合がある。) ・240V, 415V, 11kVが定格である。電圧変動の基準は 低圧: ±6%, 11kV: +6%~ -9% しかし、農業用ポンプが集中的に使用される時期には、末端需要家で定格電圧415Vが124Vまで低下する事例もある。 ・配電変圧器(11kV/415V)にはタップはない。変電所(33/11k

	<p>V)変圧器のタップ変更は変電所の運転員が手動で行っている。ただし、SCADAシステムが導入された変電所では自動タップ変更が行われている。 ※SCADA:変電所の遠方制御</p>
系統構成	<p>・ほとんど架空系統である。HyderabadやVisakhapatnamのような都市の需要密度が高い地域には地中系統が用いられる。信頼度を確保するために連系線も用いられている。</p> <p>・郡部の系統内には開閉器はほとんどない。都市部の系統には開閉器も一部取り付けしているようである。</p>
供給電圧・電気方式と契約	<p>240V(单相2, 3線式)——3kWまで</p> <p>415V(三相4, 5線式)——75HP(56kW)まで</p> <p>11kV(三相3線式)中性点接地——75HP(56kW)から1500kVAまで</p>
配電用変電所・配電線の容量	<p>33/11kV変電所では負荷状況に応じて以下の変圧器容量が用いられている。</p> <p>1. 6MVA</p> <p>3. 15MVA</p> <p>5MVA</p> <p>8MVAまたは上記の組み合わせ</p> <p>配電線互長と配電線に使用される導体はその配電線内の負荷により決定される。電圧は基準に定められる適切な電圧レベルに調整される。一般に以下の電線が配電線に使用されている。</p> <p>33kV—100mm² アルミ電線 300A(45℃)</p> <p>11kV—幹線 50mm² アルミ電線 189A(45℃)</p> <p>支線 30mm² アルミ電線 138A(45℃)</p> <p>低圧 —相線 30mm² アルミ電線 138A(45℃)</p> <p>中性線 20mm² アルミ電線 108A(45℃)</p>
契約状況	<p>業種・電圧別(例えば、家庭用・商業・工業(高圧, 低圧)・農業(高圧, 低圧)・鉄道・街路灯等)</p>
需要想定	<p>過去の傾向と想定される新規供給(特に大きなもの)により需要想定が行われる。</p>
系統及び区間の負荷管理	<p>系統及び区間の負荷は供給されている需要家の種類と設置されている変圧器数により推定される。</p>
信頼度の考え方と現状	<p>・都市部においては事故は迅速に対応される。郡部においては、事故に対応する時間と電力の再送電にかかる時間は、情報を得る時間と事故個所への到達の容易さにより異なる。</p> <p>・11kV配電線1フィーダーあたりの停電状況(1998年1月, AP州)</p>

	計) 停電数:約20回/月, 停電時間:約50分/月
電力損失の現状と対策	送配電損失32.04%(1996年度) 内訳 技術的要因によるもの約20%, それ以外によるもの(盗電等)約10%
電力量計の施設状況と封印	計器は需要家建物の近づきやすい場所に設置され, 数字が入ったシールで適切に封印されている。
機材の標準化	定められた仕様に基づき購入され, 受入前に電力公社の技術者により検査される。
機器の管理	電線, 変電所変圧器, 配電変圧器, 計器, 引込線数等の全ての配電設備に関する情報のコンピュータ入力が始まっている。
配電線保護	高圧配電線:過電流継電器, 地絡継電器 配電変圧器:高圧ヒューズ 低圧配電線:低圧ヒューズ 引込線:電線ヒューズ 内線:低圧ヒューズ, 配線用遮断器
配電線事故対応方法	33kV, 11kV系統事故に備え必要な保護継電器と遮断器が33kV変電所に設置されている。事故区間が分離された後, 事故点が突き止められ, 事故の種類に応じて適切に改修される。低圧事故の場合には, 需要家からの停電の連絡を受けて事故点が発見され改修される。

(2) 調査結果に対する分析

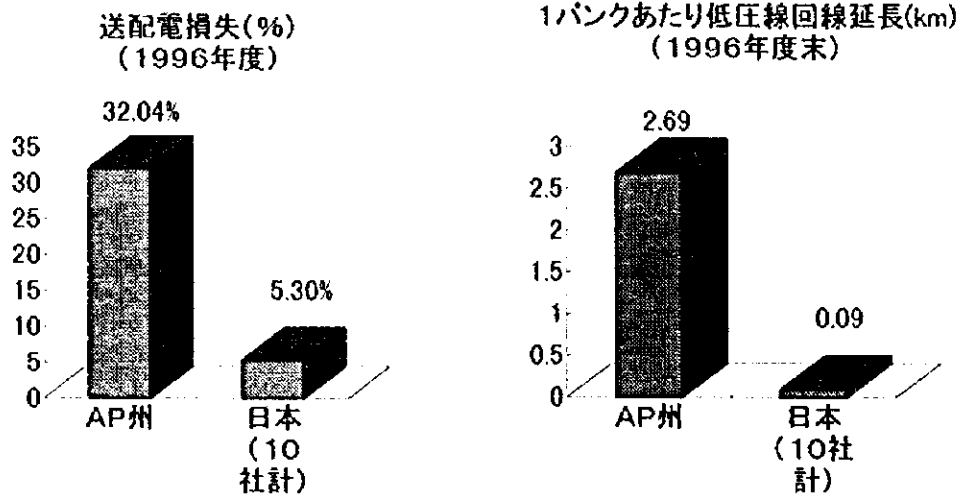
- a. 配電系統運用管理全体としては比較的しっかりと基本管理が行われている。特に
- ・11kVの系統図やフィーダー単位の変圧器容量が良く管理されている。
 - ・変電所においては3交替で常時監視され, 1時間毎に電流・電圧等を確認して記録されている。
 - ・高圧メーターの点検確認を1年1回, 現地で行っている。また, 高圧計器の封印は確実にされている。

- b. 設備的に見ると次の点を改善する必要があると思われる。

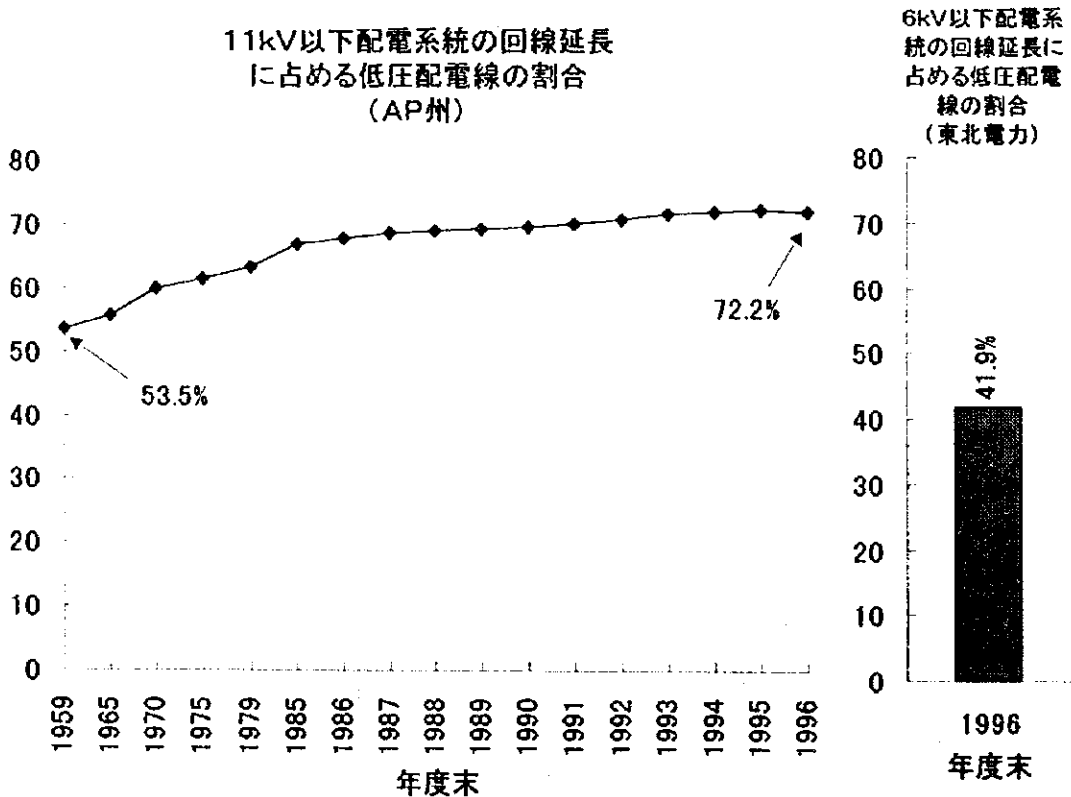
損失改善

- ・AP州の送配電損失は32.04%(1996年度)と日本10社計の送配電損失5.3%(1996年度)と比較してかなり高い値となっている。AP州の送配電損失のうち技術的要因によるものは約20%であり, 盗電などの技術的要因以外によるものは約10%である。低圧系統は三相の大容量変圧器で広範囲に非常に長い低圧線で送電されているため, 送配電損失の中には低圧以下の損失が相当数あると推定される。一説によると全ロスの約4割を占めるとい

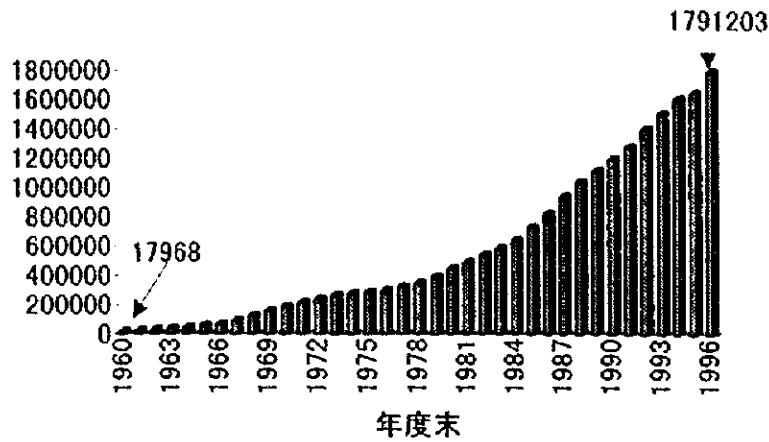
われている。



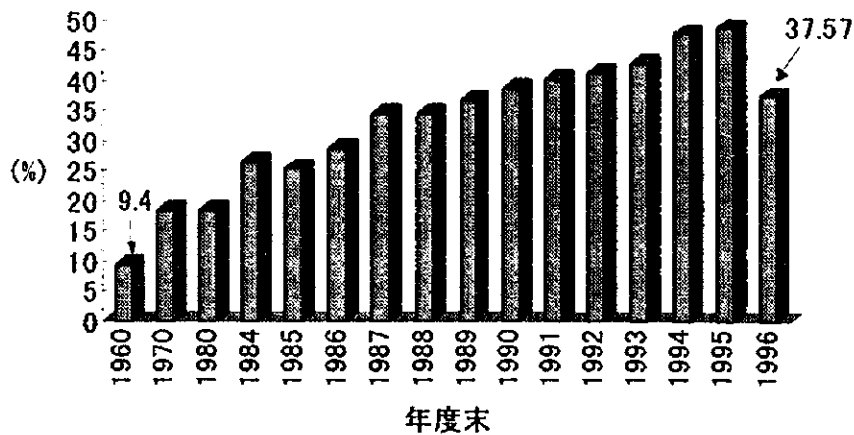
また、農村部の農業ポンプの普及等に伴い、11kV以下の配電系統の回線延長に占める低圧配電線の割合が増加している(1960年度末 53.5%, 1996年度末 72.2%)。よって、損失対策として、高圧線を延長し、需要地の近い場所に変圧器を設置する必要がある。また、単相の高圧、単相変圧器、単相モータ(農業用ポンプ)の採用も検討する必要がある。



農業ポンプ数(台)



全消費電力量に占める農業需要の割合(%)



注. 1996年度の値が減少したのは定額制である農業需要家の消費電力量の算出方法を変更したためである。

また、農業用の電気料金は他のものより一桁安い価格となっており、APSEBの経営に悪影響を及ぼす一つの要因となっている。

電圧管理

・農業負荷が多い地区(Medak, Nalgonda, Mahaboobnagar District等)では、Rabi seasonには全ての農業ポンプが同時に使用されることにより、送電線定格電圧220kVが130kVへ低下し、末端の需要家では低圧定格電圧415Vが124Vまで低下する事例があった。今までは、需要に対応するため、変電所の変圧器容量を増加させてきたが、送配電線

の容量を十分に増加させてこなかった。従って、今後は既設変電所の変圧器容量を増加させるのではなく、負荷中心の近くに変電所を新設する必要がある。なお、AP州はインドの中で2番目に農業ポンプの数が多い州である。

- ・電圧管理においては線路の中間や末端電圧が管理されていない。また、低圧線の電圧管理がなされていないなど課題が多い。対策としては変電所の送り出し電圧は手動操作で実施されているのでLDC自動制御をすることや、高圧電圧降下分布表を作成し、SVRの導入やタップ付の変圧器の採用などをする必要がある。

供給信頼度

- ・11kV配電線1フィーダーあたりの停電状況(1998年1月、AP州計)は停電数:約20回/月、停電時間:約50分/月と極めて大きな値となっている。そこで次のような対策が必要である。
- ・高圧線の幹線に開閉器がないので供給信頼度上の効果的な場所に開閉器を設置することが必要である。
- ・高圧線は全て裸線であり、主要幹線は供給信頼度向上面などからも絶縁電線を使用する必要がある。また、低圧線も絶縁化されていないため低圧線事故が相当数発生する恐れがある。

負荷制御・設備利用率向上

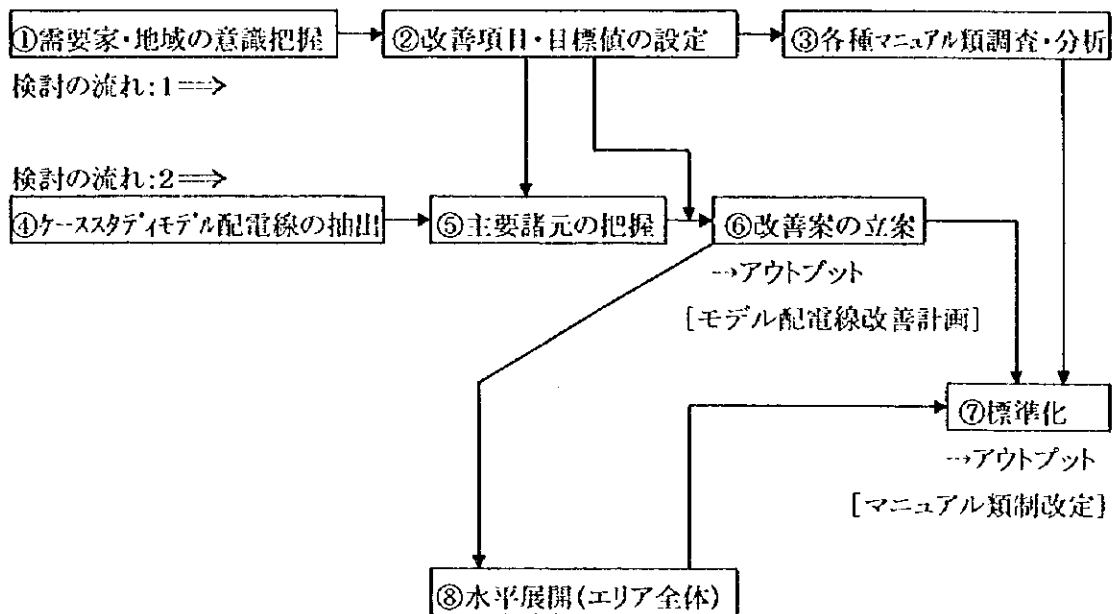
- ・農業ポンプのコントロールのため、1日に9時間以上ポンプを使用できないように、三相線路を単相運転して負荷制限を行っている。つまり、線路としては三相分の設備があるが、三相分全てを使用しているのが24時間中9時間のみであり、残りの15時間は二相分しか使用していない。よって、設備の使用形態としては効率の悪いものとなっている。このような三相線路の単相運転をやめ高圧配電線の利用率を向上させるために、タイムスイッチなどを使用したコントロール方法を検討する必要がある。

3. 今後の協力の方向性

- ・AP州の配電設備が抱える問題としては
 - ①需要増→資金不足のため設備増強が思うように進まない→設備弱体化→電力損失、電圧降下、停電の問題が重要化
 - ②農事用ポンプの普及→ピークの急峻化→電圧降下増→効率的な負荷制御の必要性大
 - ③LVDS方式(低圧線互長が長い方式)による農村、農業ポンプへの電力供給の拡大→低圧損失の問題が顕著化
- がある。このように電力損失、電圧降下、停電、負荷制御の問題がある。電力損失改善を

中心としたこれらの問題を解決することを目的とし、次のように協力していくことが考えられる。

- ・一つのモデル地区の中で2～3の11kVフィーダーをモデル配電線として選択する。
- ・そのモデル配電線において、必要なデータ収集およびシミュレーションを行ないながら上記の問題点を解決できる改善策を立案する。具体的には2(2)で示した内容が考えられる。
- ・モデル配電線以外へも適用できる改善策を立案し水平展開をはかる。
- ・同時にマニュアル類の改善を行なう。



以上

添付資料

- 資料1 インド・アンドラプラデシュ州における調査結果(詳細)
- 資料2 事前質問事項に対するAPSEBの回答
- 資料3 現地設備調査結果

参考文献

- ・APSEB: POWER DEVELOPMENT IN ANDHRA PRADESH (STATISTICS) 1996-97
- ・APSEB: POWER SECTOR REFORMS, RESTRUCTURING OF THE APSEB, 1997
- ・APSEB: マニュアル類

- COUNCIL OF POWER UTILITIES: PROFILE OF POWER UTILITIES & NON-UTILITIES IN INDIA-1997
- REPORT OF THE HIGH LEVEL COMMITTEE, GUIDELINES ON RESTRUCTURING AND PRIVATISATION OF POWER SECTOR AND POWER TARIFF, HYDERABAD, APRIL 1995
- インド政府ホームページ <http://www.meadev.gov.in/>

インド・アンドラプラデシュ州における調査結果(詳細)

事前質問事項に対するAPSEBの回答およびその他の調査結果より以下の調査結果が得られた。

調査項目		AP州の考え方・実態
設備形成	系統構成と容量	<p>供給電圧(電気方式)と契約kW</p> <p>240V(单相2, 3線式)-----3kWまで 415V(三相4, 5線式)-----75HP(56kW)まで 11kV(三相3線式)中性点接地-----75HPから1500kVAまで 33kV(三相3線式)中性点接地-----1500kVAから5000kVAまで</p>
	系統構成	<p>・ほとんど架空系統である。HyderabadやVisakhapatnamのような都市の需要密度が高い地域には地中系統が用いられる。信頼度を確保するために連系線も用いられている。</p> <p>・郡部の系統内には開閉器はほとんどない。都市部の系統には開閉器も一部取り付けしているようである。</p>
	設備形成の前提となる事故発生状況	<p>33kVと11kV系統では、健全区間の停電を最小にするように事故区間を分離する。</p> <p>低圧線では、事故時に低圧線を開放するブレーカーを備えたCSP(Completely Self Protected)配電変圧器が使用されている。</p>
	変圧器の容量と供給範囲	<p>変圧器の容量と供給範囲はその地域の負荷により決定される。</p>
	低圧系統は標準化されているか	<p>低圧系統は架空線であり、基本的には三相4線式である。街路灯には専用線を使用する場合等があるので、方式としては单相2, 3線式, 三相4, 5線式が用いられており標準化されている。郡部系統にはREC(農村電化公社)基準が採用されている。</p>

	負荷の把握	系統及び区間の負荷管理	系統及び区間の負荷は供給されている需要家の種類と設置されている変圧器数により推定される。職務階級の中で最も下位の職員(Section Officer)により管理される範囲が基準により定義されている。
		系統・区間の電流値の把握	個々の区間電流値はその区間の様々な需要家の合計負荷による。配電自動化は管内で実効段階にある。Hyderabadでは既にSCADAが実施されている。
設備形成・設計方針		変圧器の電流把握	配電変圧器の過負荷の疑いがある場合は必ず電流値が測定され、必要な対策がなされる。33kV変電所の場合には、現在の需要と将来の負荷の伸びに対応するため、変圧器容量を適切に増加させる。
		ピーク値の換算	ピーク値は33kVレベルで測定される。負荷がフィーダーや変圧器の容量を超過している時は必ず容量の増加や系統変更、電線張替が行われる。
		配電用変電所・配電線の容量	33/11kV変電所では負荷状況に応じて以下の変圧器容量が用いられている。 1. 6MVA 3. 15MVA 5MVA 8MVAまたは上記の組み合わせ 配電線互長と配電線に使用される導体はその配電線内の負荷により決定される。電圧は基準に定められる適切な電圧レベルに調整される。一般に以下の電線が配電線に使用されている。 33kV-100mm ² AAA電線 300A(45℃) 11kV-幹線 50mm ² AAA電線 189A(45℃) 支線 30mm ² AAA電線 138A(45℃) 低圧 一相線 30mm ² AAA電線 138A(45℃) 中性線 20mm ² AAA電線 108A(45℃) ※AAA:All Aluminum線

		電圧管理の実施状況	電圧調整は33kV変電所の電圧調整変圧器タップで行われる(最大+25%)。必要な時はいつでも変電所と系統の両方の適切な個所にブースターとラインコンデンサーが設置され、電圧降下を改善する。スイッチ付と固定型の両方のコンデンサーが使用されている。農業負荷の密度が高い地域では配電変圧器の二次側で低圧コンデンサー容量は50kVA, 45kVA, 30kVAである。
		機材は標準化されているか(サイズ)	すべての機材はインドの標準仕様に基づき購入される。すべての必要なテストは原形モデルに対し行われ、受入前に電力公社の技術者により検査される。この目的のために独立した品質管理機関がある。
		スペックは設定されているか	
		購入機材の品質管理方法	
	主要設備	種類	<p>電柱</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コン柱(Pre Stressed Concrete) 8m (11kV), 9.1m(33kV) 四角のものが普通であるが、日本のような丸型も一部存在する。 ・鉄柱(Rolled Steel Joist) 鉄道レールのような形状のもの、新設線路には使用しない。 <p>電線</p> <ul style="list-style-type: none"> ・33kV-100mm² AAA電線 ・11kV-幹線 50mm² AAA電線 支線 30mm² AAA電線 ・低圧-相線 30mm² AAA電線 中性線 20mm² AAA電線
		設備数	<p>1996年度末値</p> <p>回線延長</p> <p>11kV 153, 408. 01km (ケーブル再掲244km)</p> <p>低圧 397, 626. 81km</p> <p>配電変圧器 148, 024台</p>

設備管理	設備管理の考え方	機器の製造・施設年・製作メーカーの管理	電線、変電所変圧器、配電変圧器、計器、引込線数等の全ての配電設備に関する情報のコンピュータ入力が始まった。配電変圧器のコード化、需要家マスターはすでに完了した。必要があればいつでも配電システムのコンピュータシステム化の研究も行われている。システム改善プロジェクトは電力公社で開発されたDISBUTソフトウェアを用いてまとめられている。
		設置場所の管理	
		需要家と設備の関連の管理	
	マップの管理手法	管理手法	配電システムのコンピュータデジタルマッピングが行われている。
保守・管理	巡視・点検	基本的考え方	全ての配電設備に対し、器具または目視による定期点検を含む標準保守計画がある。その周期・頻度は各機器により異なる。
		周期	
	保安規定		離隔距離、機器の点検サイクル等は規定されている。
投資管理	設備予算	工事目的別予算を実施しているか	実施している。
		投資目標(単価)管理をしているか	管理している。
	損益予算	修繕工事・改良工事等の投資管理をしているか	必要な予算は修繕工事と改良工事に別々に配分される。
	工事負担金	新設需要家への工事負担金請求の例はあるか	ある。全ての新規需要家は、定められる規程に基づき、必要な引込線と改良工事に対して支払わなければならない。
供給信頼度・サービス	電圧	電圧の維持基準について	低圧: ±6% 11kV, 33kV: +6% ~ -9%
		電圧維持の確認手法について	電圧レベルは定期的に確認される。しかし、農業用ポンプが集中的に使用される時期には、末端需要家で定格電圧415Vが124Vまで低下する事例があった。

	信頼度	考え方と現状	都市部においては事故は迅速に対応される。郡部においては、事故に対応する時間と電力の再送電にかかる時間は、情報を得る時間と事故個所への到達の容易さにより異なる。
		電力損失の現状	1982年の導入された定額料金制により、農業負荷の計器を撤去した結果、送配電損失の評価は次のように行われた。農業負荷以外の全ての需要家に関しては請求電力量、農業負荷に関しては接続されている負荷と供給時間数をもとに推定された消費電力量による。しかし、この推定方法は農業用電力量に係る技術的以外の要因による損失(コマーシャルロス)を含む。1996年度における総送配電損失は33.66%と見積もられる。ここでは、農業負荷の消費がサンプル計測により推定された。その結果、技術的損失(テクニカルロス)は22%、技術的以外の損失は約11%と見積もられる。技術的以外の損失には盗電、不正計量、農業需要家やスラムや貧困層の盗電がある。技術的要因による損失とそれ以外の要因による損失が多い原因を特定するため、あらゆる検討が行われている。そして、技術的要因による損失を最適レベルに減少させることと、技術的以外の要因による損失を最小にするための対策が行われている。それは供給施設の定期的・徹底的な点検、故障したり焼損した計器の交換、計器の封印、不正需要家への厳しいペナルティなどである。現在の法的条項修正の準備をしている最中である。
		電力損失への対策	
	事故統計	事故は統計的に処理しているか	停電時間、停電件数は記録している。
収入確保	設備区分	引込線と内線の区分	需要家計器までの全ての電線(計器を含む)は電力公社の所有である。

		電力量計の設置場所と封印	計器は需要家建物の近づきやすい場所に設置され、数字が入ったシールで適切に封印される。電力公社は規程と供給条件を最近変更し、需要家に対し計器を家の最初の部屋に取り付けすることを義務づけた。
		電力量計は全ての需要家に付いているか	農業需要家・鉄道等には電力量計が取り付けされていない。なお、農業需要家は電力消費の37.57%(1996年度)を占めており、定額制の需要家割合が多い。
	計量器	精度	<p>低圧 家庭用、業務用、単相または三相</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全ての機械式計器——CL-2精度(誤差限度±2%) ・電子式計器——CL-1精度(誤差限度±1%) <p>低圧工業負荷</p> <ul style="list-style-type: none"> ・40A以下——三相10~40A計器 機械式 CL-2精度(誤差限度±2%)、電子式 CL-1精度(誤差限度±1%) ・40A超過——50/5A, 125/5ACT付5A計器 CL-1精度(誤差限度±1%) <p>高圧</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電子計器CL-0.5精度(±0.5%)
工事	工事体制	工事は外注or直営	直営と外注がある。
	装備	安全面	安全規則により厳しく実施されている。
		工事効率面	改良された機材を配備することなどより作業効率を向上させるための不断の努力がなされている。
工事実施班の編成		標準的には監視者1名、作業員1~2名、補助作業員3~4名	
要員教育	研修設備	研修の対象職種	技術職員、経理職員、人事職員、作業員が教育を受けている。
		研修期間	広範囲な教育では現場訪問を含めて1~6週間である。

		研修設備	Hyderabadに統合研修機関が1箇所ある。作業員の訓練施設はHyderabad, Warangal, Vijayawada, Cuddapah, Visakhapatnamにある。																						
	技能認定制度	対象職種	全ての配電作業員(作業員, 補助作業員, 下級作業員)は職務にあった訓練を受ける。																						
		認定方法	技能と関連知識は試験と面接により確かめられ, 習得された技能が認定される。																						
その他	契約形態	分類	様々な種類の需要家に対し必要な契約形態がある。																						
	販売電力量, 契約口数		販売電力 2, 092, 287万kWh(1996年度) 契約口数(1996年度末) 低圧 <table style="margin-left: 20px;"> <tr><td>家庭</td><td>7, 040, 284</td></tr> <tr><td>商業</td><td>730, 434</td></tr> <tr><td>工業</td><td>124, 165</td></tr> <tr><td>家内工業</td><td>13, 416</td></tr> <tr><td>農業</td><td>1, 791, 203</td></tr> <tr><td>街路灯</td><td>56, 416</td></tr> <tr><td>一般(学校, 寺院等)</td><td>74, 718</td></tr> <tr><td>臨時</td><td>644</td></tr> <tr><td>低圧計</td><td>9, 831, 280</td></tr> <tr><td>高圧計</td><td>3, 817</td></tr> <tr><td>合計</td><td>9, 835, 097</td></tr> </table>	家庭	7, 040, 284	商業	730, 434	工業	124, 165	家内工業	13, 416	農業	1, 791, 203	街路灯	56, 416	一般(学校, 寺院等)	74, 718	臨時	644	低圧計	9, 831, 280	高圧計	3, 817	合計	9, 835, 097
	家庭	7, 040, 284																							
	商業	730, 434																							
	工業	124, 165																							
家内工業	13, 416																								
農業	1, 791, 203																								
街路灯	56, 416																								
一般(学校, 寺院等)	74, 718																								
臨時	644																								
低圧計	9, 831, 280																								
高圧計	3, 817																								
合計	9, 835, 097																								
需要想定	方法	過去の傾向と想定される新規供給(特に大きなもの)により需要想定が行われる。想定は全体的および部分的に行われる。																							
	想定値	2001年度まで年平均10%の伸びを予想している。																							
配電線の保護方式		高圧配電線:過電流継電器, 地絡継電器 配電変圧器:高圧ヒューズ 低圧配電線:低圧ヒューズ 引込線:電線ヒューズ 内線:低圧ヒューズ, 配線用遮断器																							

	配電線事故 対応方法	33kV, 11kV系統事故に備え必要な保護継電器と遮断器が33kV変電所に設置されている。事故区間が分離された後、事故点が突き止められ、事故の種類に応じて適切に改修される。低圧事故の場合には、需要家からの停電の連絡を受けて事故点が発見され改修される。
	組織体系, 人員	ヘッドオフィス(発電・送電・配電の3部門に分割) ディストリクト(AP州を23の地域に分割) 職員数 72, 810人(1996年度末)
	農業ポンプ の増加	<p>農業ポンプ台数</p> <p>1960年度末 17, 968</p> <p>1996年度末 1, 791, 203</p> <p>全消費電力量に占める農業需要の割合</p> <p>1960年度 9. 40%</p> <p>1996年度 37. 57%</p> <p>11kVと低圧配電線の中で低圧配電線の占める割合(回線延長)</p> <p>1960年度末 53. 5%</p> <p>1996年度末 72. 2%</p>

現地設備調査結果

1. 日時 平成10年3月19日(木)

2. 場所

- ・メダック地区トゥープラン変電所(Medak District, Toopran SS)およびこの変電所から供給される配電線および農事用ポンプ
- ・ハイデラバード市内空港変電所(Airport SS), ジェームズストリート変電所(James Street SS)

3. 結果

(1)トゥープラン変電所

- ・単線結線図は資料3-1に示す。
- ・33/11kV変圧器8.0MVA×2バンク
- ・引き出し回線数 11kV:5フィーダー (33kV:1フィーダー)
- ・トゥープラン変電所から供給される需要家数および配電変圧器数は資料3-2に示す。これよりわかるようにここは農業需要家の割合が多い郡部の変電所である。
- ・技術職員が3名で3交替勤務している。
- ・電圧, 電流等を1時間ごとに確認し記入している。
- ・点検項目および点検サイクルは基準に定められている。

(2)配電線

- ・トゥープラン変電所から引き出されている高圧配電線系統図を資料3-5~9に示す。
- ・配電変圧器は資料3-10に示すように台の上に設置されている。台の高さが低い個所には資料3-11のように柵が設置してあったが, 中には柵がないものもあり公衆感電防止の観点から見ると若干不安を感じる個所もあった。
- ・変圧器ヒューズは資料3-12のように単純なものである。
- ・電柱は資料3-13のような鉄柱(ハイデラバード市内に多い), 資料3-11のような四角いコンクリート柱がほとんどであるが, 中には資料3-17のような丸いコンクリート柱もあった。
- ・市街地では資料3-16のように幅そうしている個所もあった。
- ・高圧需要家計器には資料3-18のように封印がされている。
- ・1日に9時間は11kVフィーダーを単相運転をして農業ポンプの動作制御している。よって, 農業ポンプには資料3-19のように欠相防止装置が一般に取り付けられておりモーターの焼損防止をしている。

(3)空港変電所

- ・ハイデラバード市内で空港近くにある33/11kV変電所である。トゥーブラン変電所よりは近代的である。
- ・33/11kV変圧器8. 0MVA×2バンク
- ・11kVフィーダー6回線引き出し
- ・接地抵抗値を維持するため資料3-20のように水道から水分を補給している。

(4) ジェームズストリート変電所

- ・ハイデラバード市内にある33/11kV変電所である。トゥーブラン変電所よりは近代的である。
- ・GISタイプである。

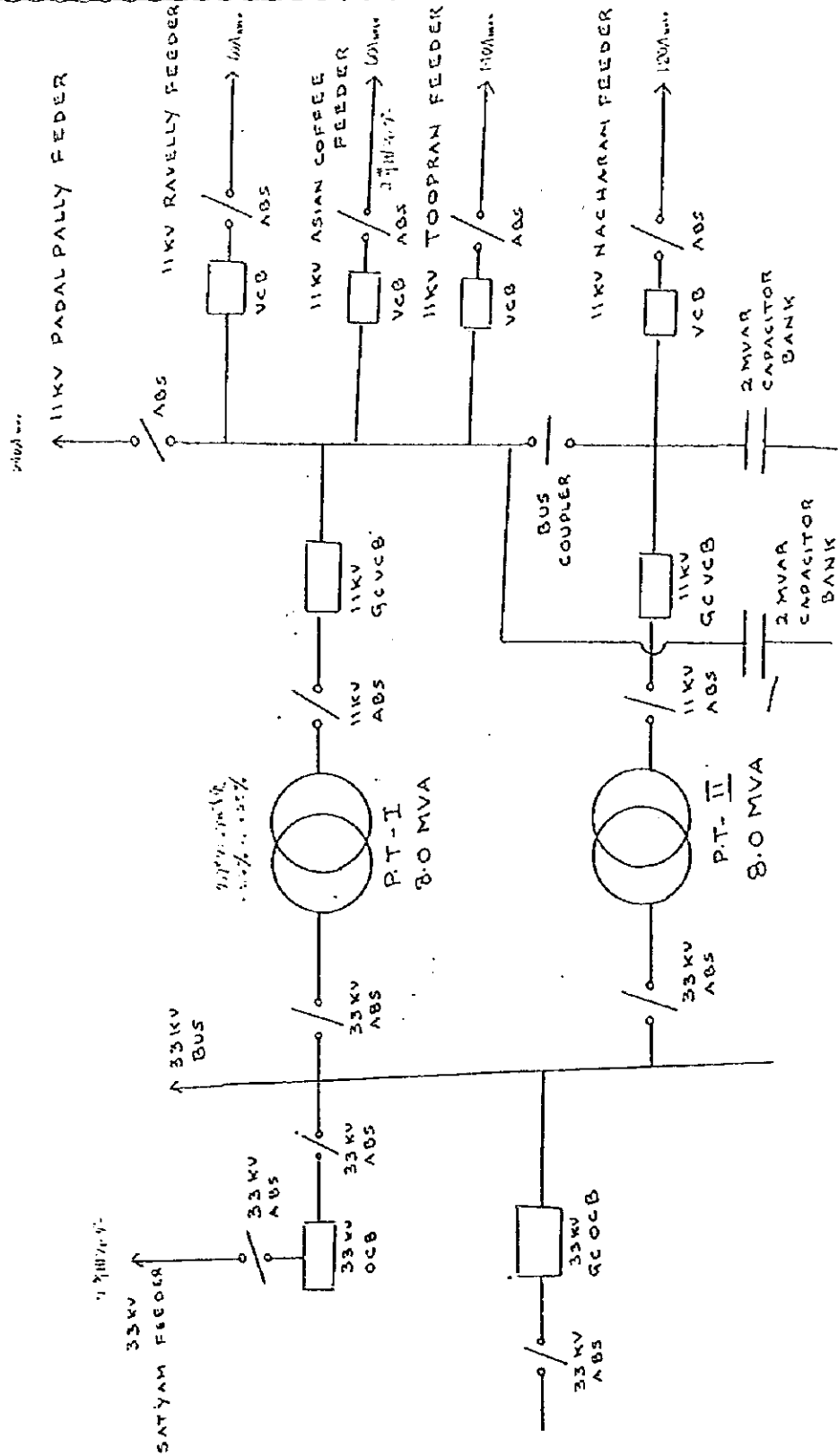
添付資料

- 資料3-1 トゥーブラン変電所単線結線図
- 資料3-2 トゥーブラン変電所から供給される需要家数および配電変圧器数
- 資料3-3 トゥーブラン変電所
- 資料3-4 トゥーブラン変電所屋内
- 資料3-5 TOOPRAN フィーダー系統図
- 資料3-6 PADAL PALLY フィーダー系統図
- 資料3-7 ASIAN COFFEE フィーダー系統図
- 資料3-8 NACHARAM フィーダー系統図
- 資料3-9 RAVELLY フィーダー系統図
- 資料3-10 配電変圧器
- 資料3-11 配電変圧器(柵あり)
- 資料3-12 配電変圧器ヒューズ
- 資料3-13 高圧配電線(鉄柱)
- 資料3-14 低圧配電線
- 資料3-15 高低圧配電線
- 資料3-16 低圧配電線(輻湊個所)
- 資料3-17 高圧配電線(丸型コンクリート柱)
- 資料3-18 高圧計器
- 資料3-19 農業ポンプ配電盤
- 資料3-20 空港変電所(接地個所)
- 資料3-21 ジェームズストリート変電所

※電流値等は調査者が記入

SINGLE LINE DIAGRAM OF 33/11KV SS TOOPRAN

V.A.M.V.E. ELECTRICAL ENGINEERS

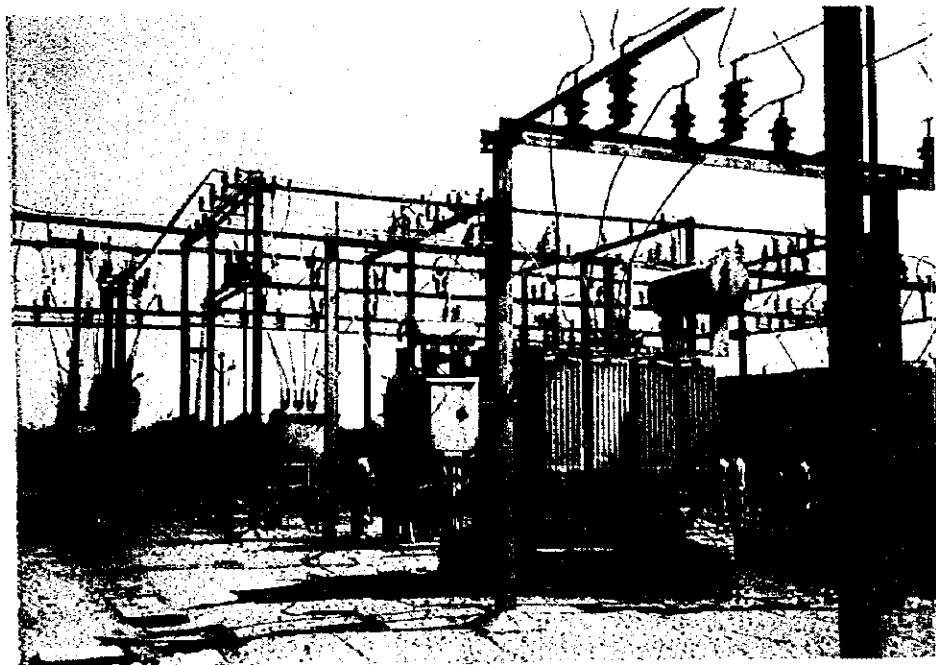


資料3-2 トウープラン変電所から供給される需要家数および配電変圧器数

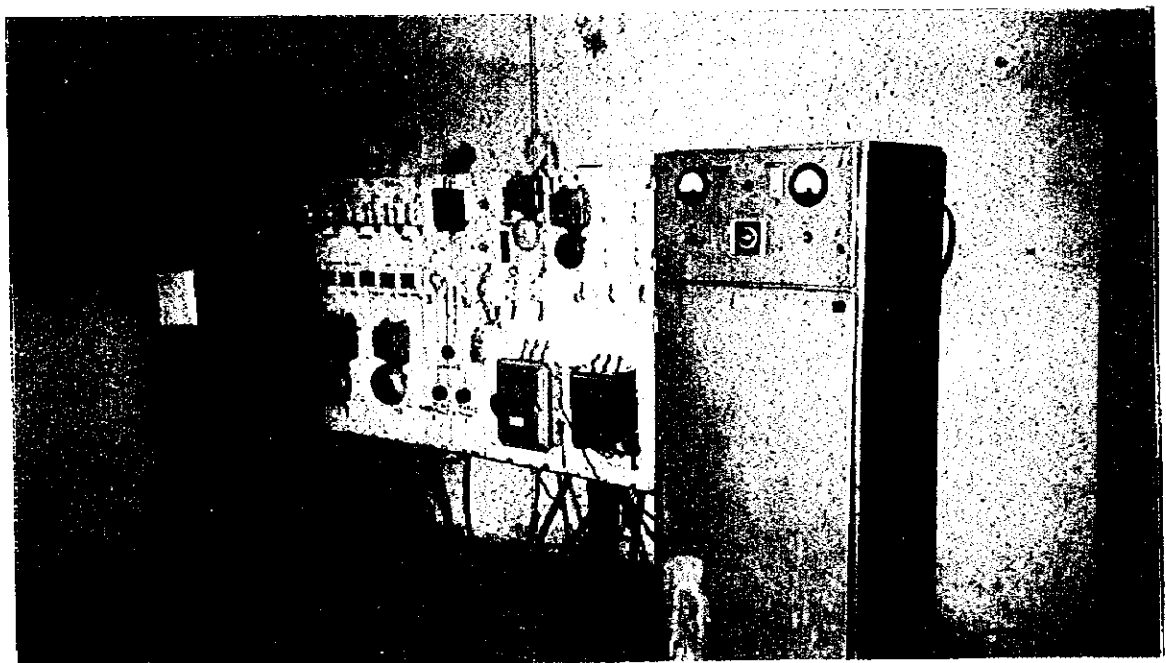
No.	フイダー名	カテゴリ別需要家数							容量別変圧器台数							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	高圧	計	160kVA/100kVA	75kVA	63kVA	50kVA	計	
1	TOOPRAN	1,616	422	52	4	931	7	10	1	3,043	2	36	1	14	2	55
2	PADAL PALLY	425	2	4		578	6	3		1,018		27		11		38
3	ASIAN COFFEE			4					6	10		3		1		4
4	NACHARAM	589	9	3	2	682	6	3		1,294		27		22	2	51
5	RAVITILY	445	30	13		452	5			945		14		18		32
	計	3,075	463	76	6	2,643	24	16	7	6,310	2	107	1	66	4	180

カテゴリ内訳

- I 家庭
- II 商業
- III 工業
- IV 家内工業
- V 農業
- VI 街路灯
- VII 一般(学校, 寺院等)

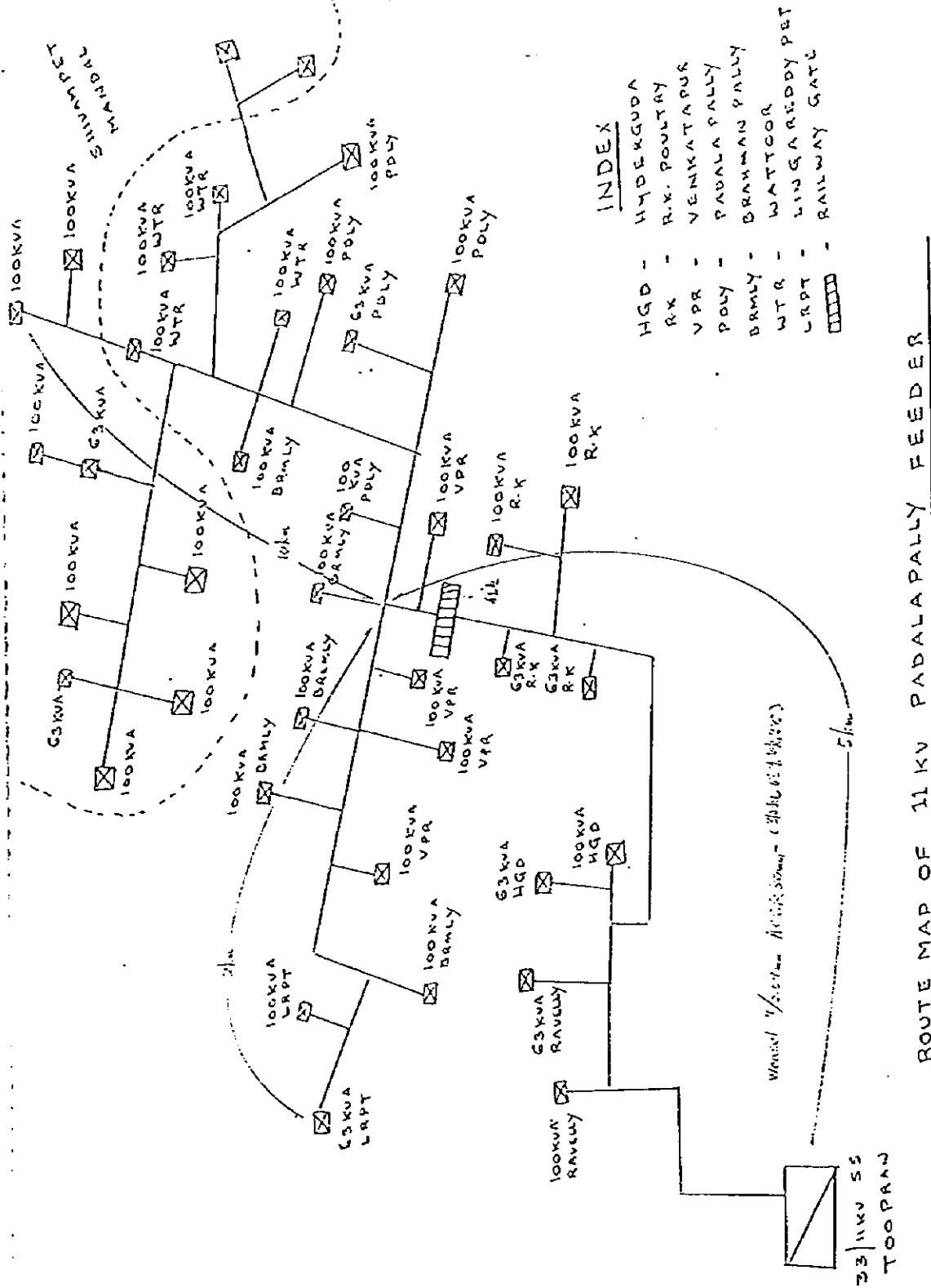


資料3-3 トウープラン変電所

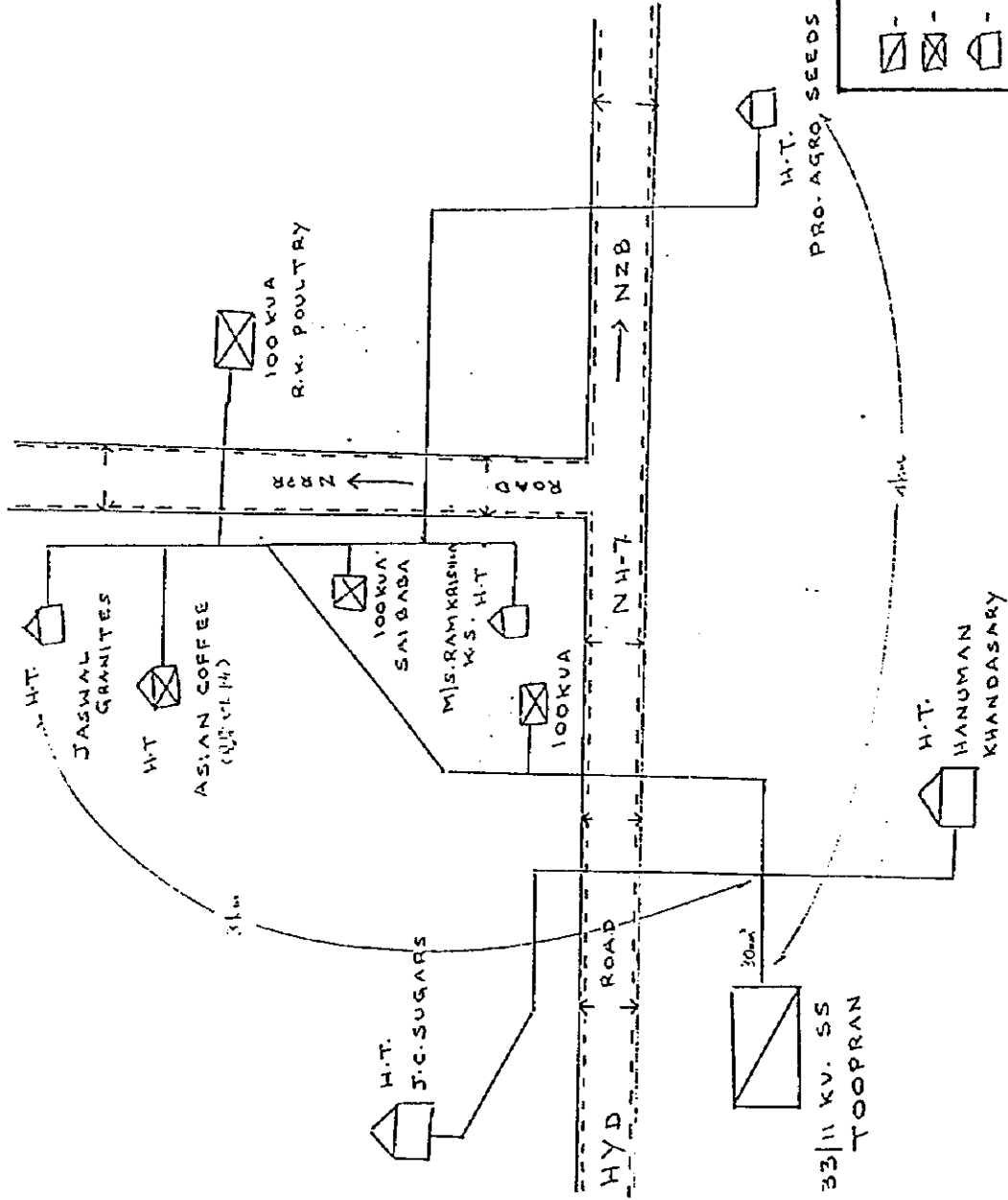


資料3-4 トウープラン変電所屋内

資料3-6 PADAL PALLY ファイダーシステム図



ROUTE MAP OF 11 KV ASIAN COFFEE FEEDER

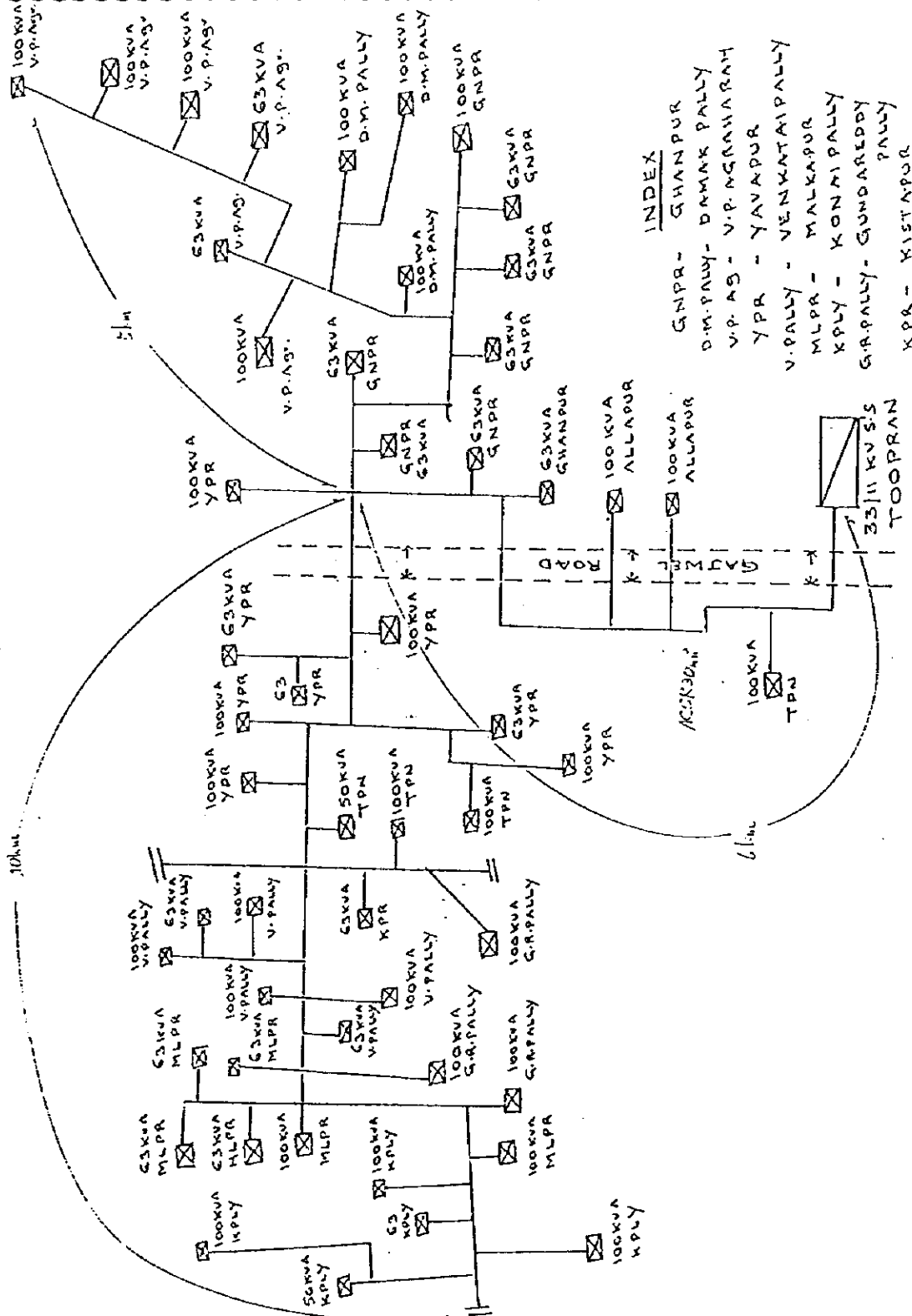


INDEX

	33/11 KV SS
	DISTN. T/F'S
	HT SERVICES
	11KV LINE

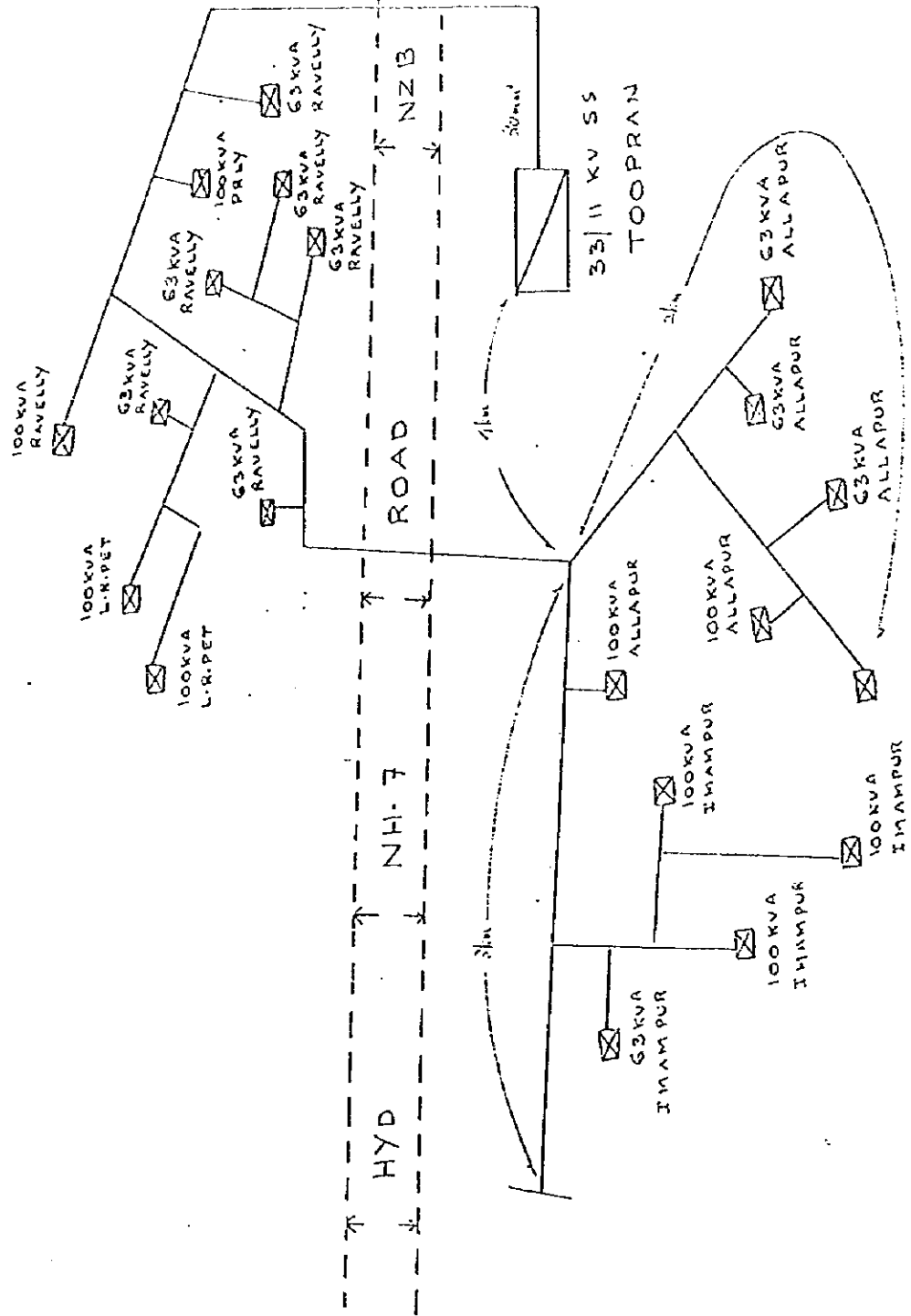
ROUTE MAP OF 11 KV NACHARAM FEEDER

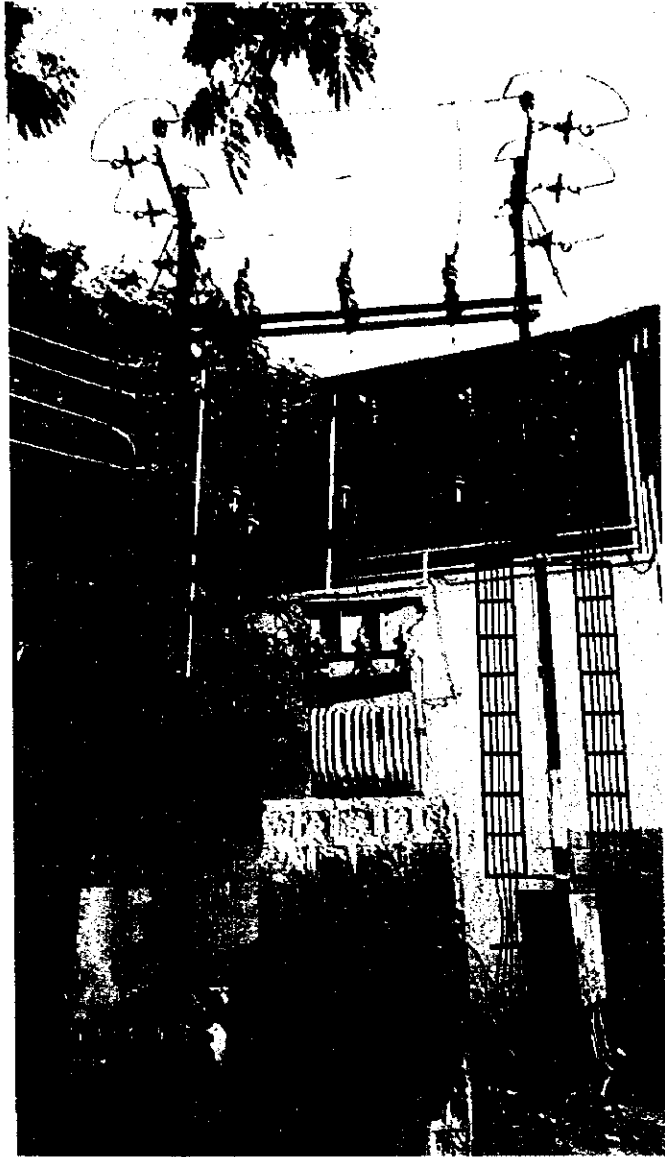
Total 15k



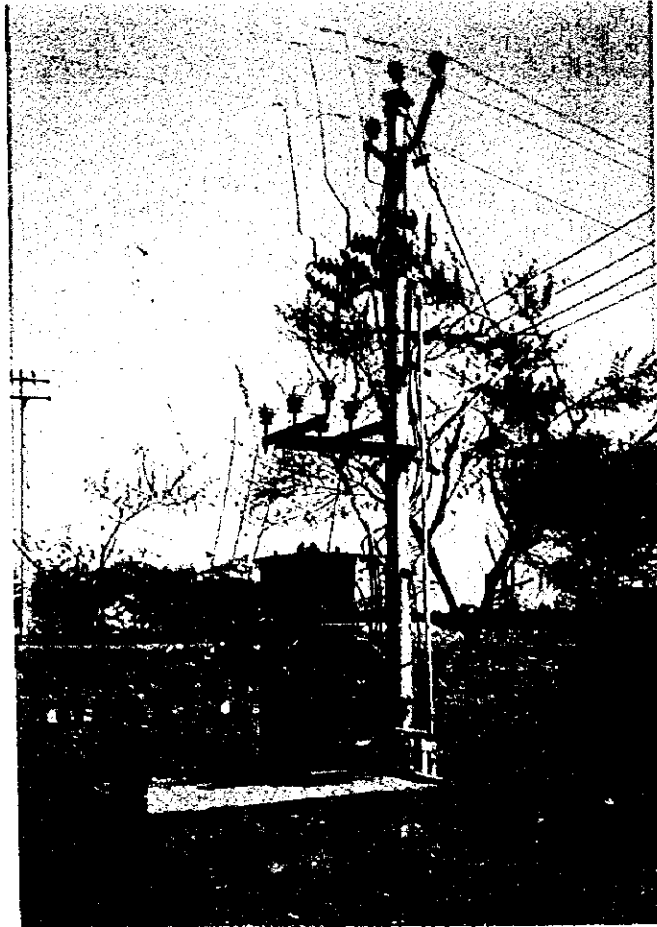
- INDEX
- G.N.P.R - GHANPUR
 - D.M.PALLY - DAMAK PALLY
 - V.P.A.S - V.P. NGRANARAH
 - Y.P.R - YAVAPUR
 - V.PALLY - VENKATAPALLY
 - M.L.P.R - MALKAPUR
 - K.P.L.Y - KONNIPALLY
 - G.R.PALLY - GUNDAREDDY PALLY
 - X.P.R - KISTAPUR

ROUTE MAP OF 11 KV RAVELLY FEEDER





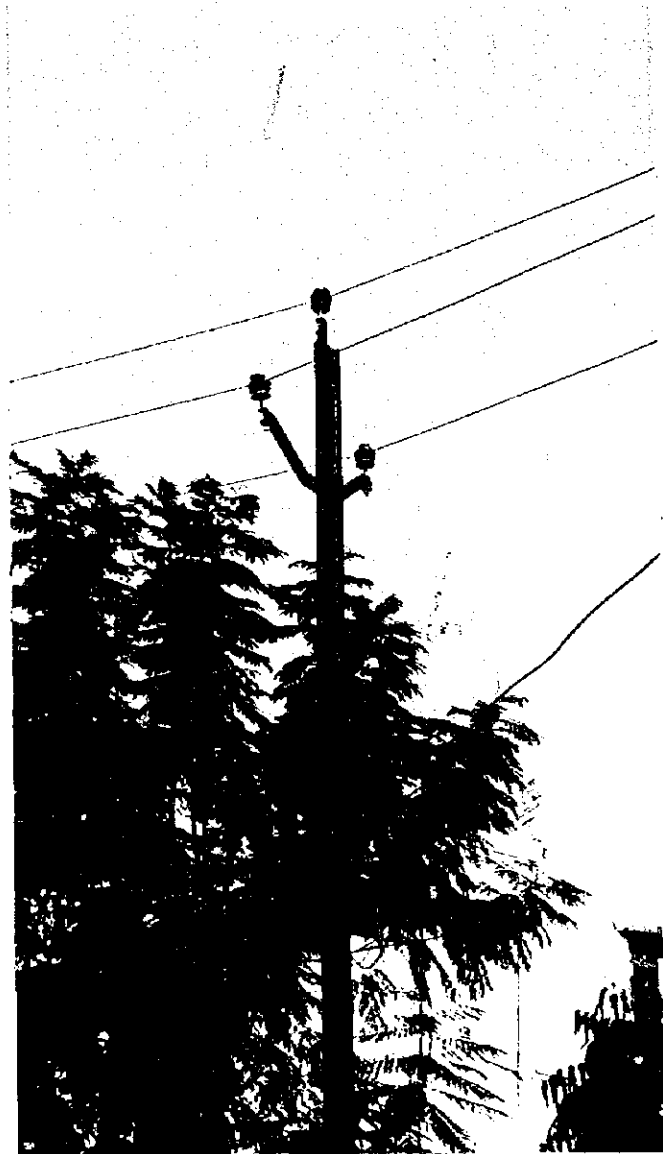
資料3-10 配電変圧器



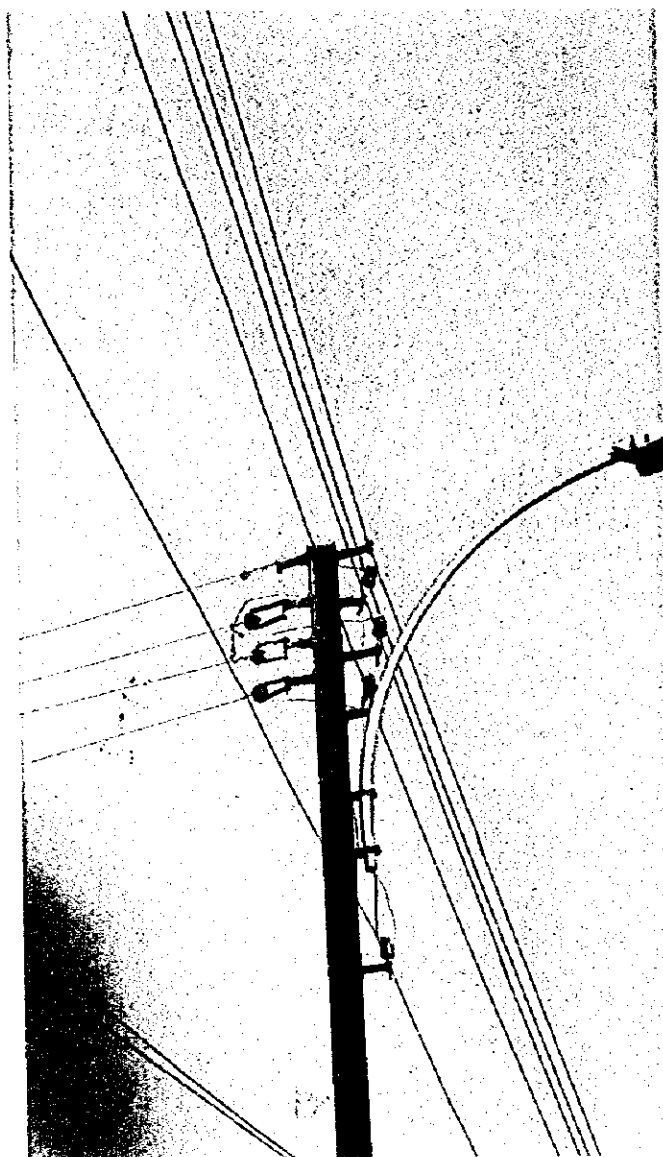
資料3-11 配電変圧器(柵あり)



資料3-12 配電変圧器ヒューズ



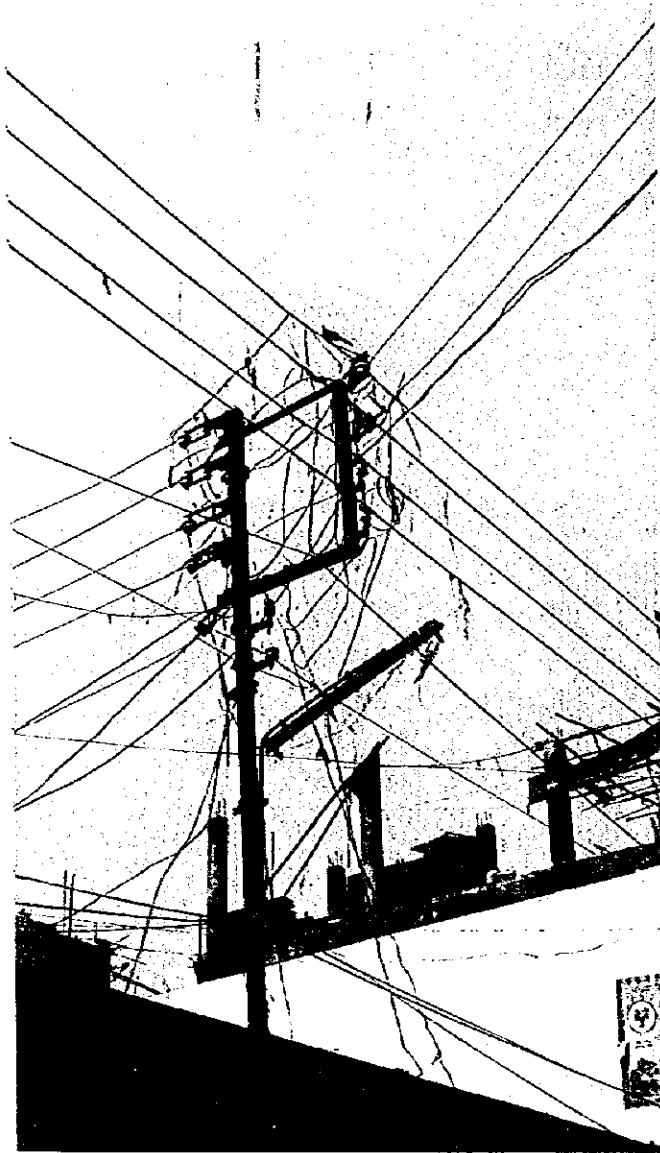
資料3-13 高圧配電線(鉄柱)



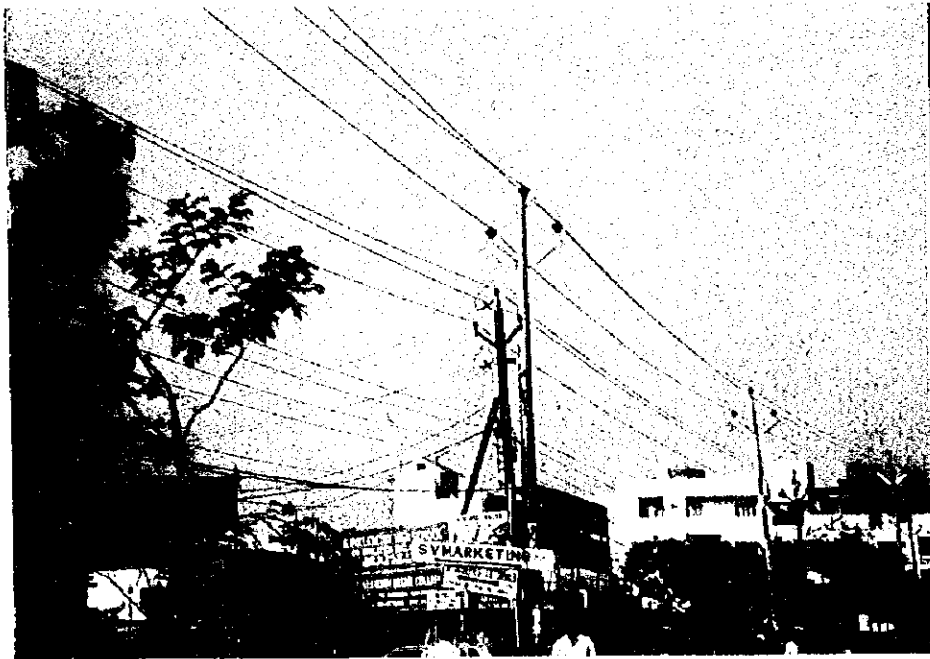
資料3-14 低圧配電線



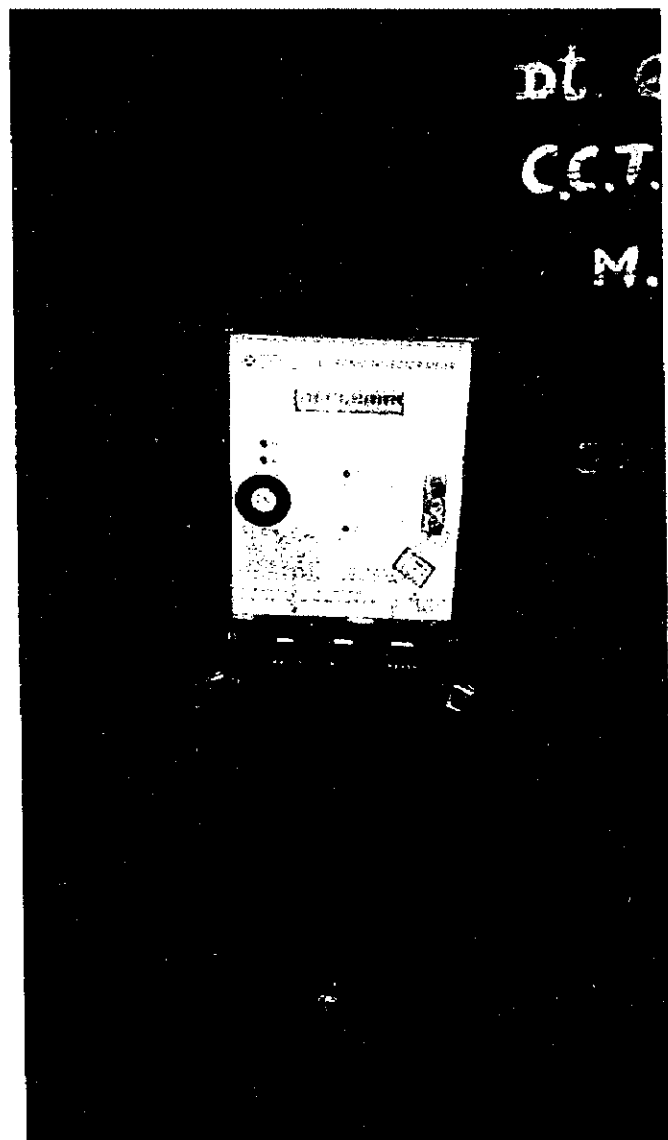
資料3-15 高低圧配電線



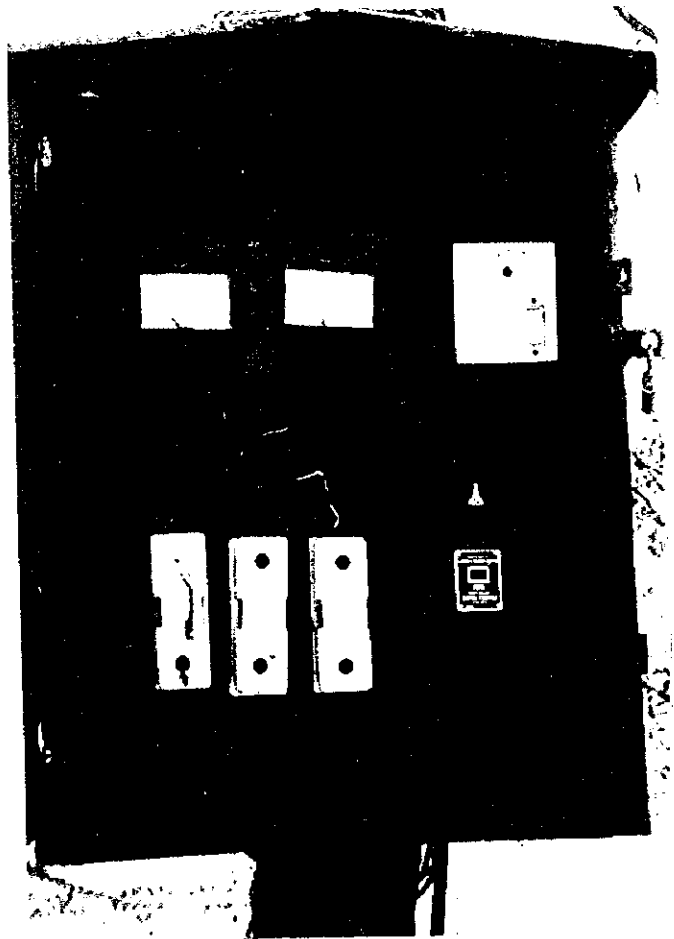
資料3-16 低圧配電線(輻湊個所)



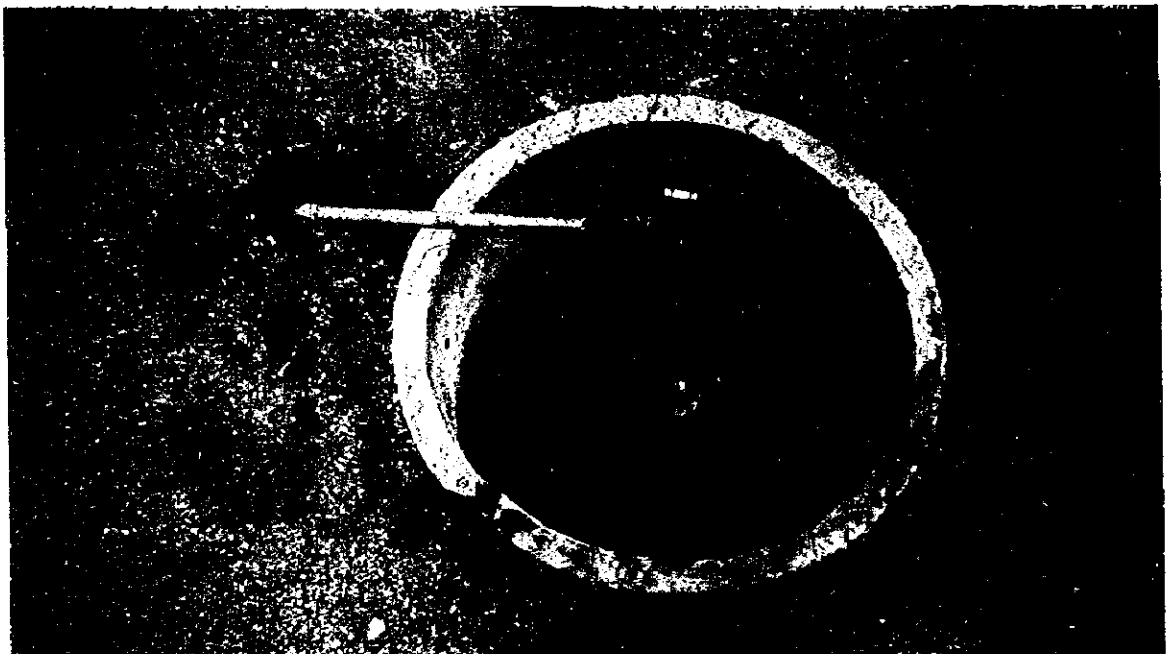
資料3-17 高压配電線(丸型コンクリート柱)



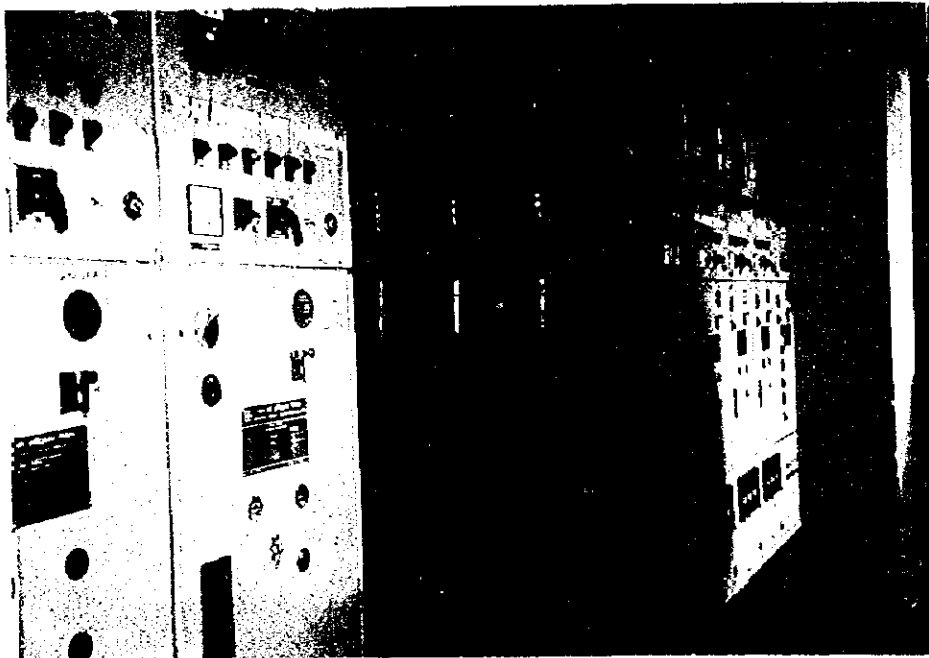
資料3-18 高压計器



資料3-19 農業ポンプ配電盤



資料3-20 空港変電所(接地個所)



資料3-21 ジェームズストリート変電所

