

インドネシア共和国
東部ジャワ送配電網整備計画
事前調査報告書

1983年12月

国際協力事業団

鉦計資

JR

84 - 79

JICA LIBRARY



1055257[8]

インドネシア共和国
東部ジャワ送配電網整備計画
事前調査報告書

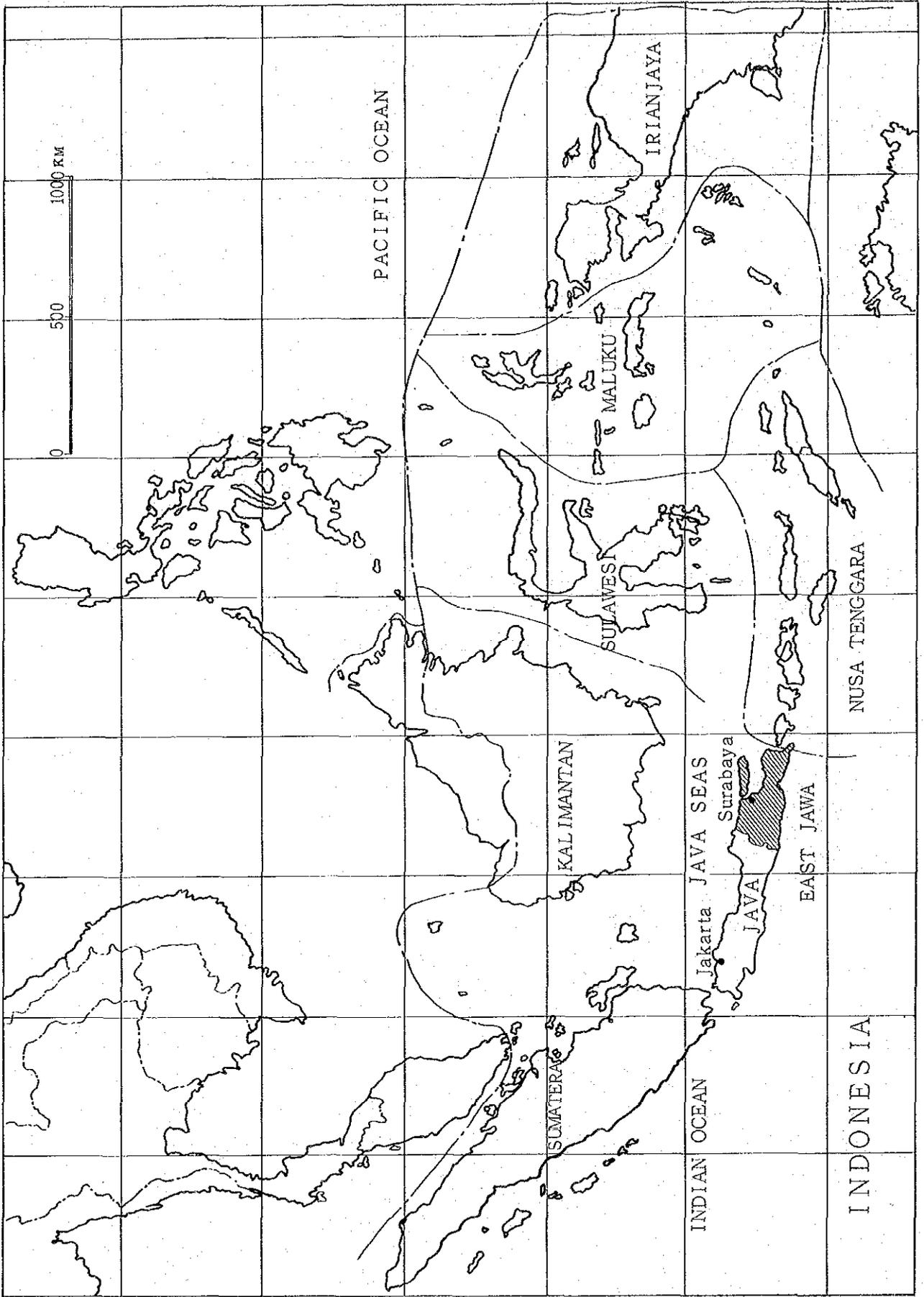
1983年12月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 15	108
登録No. 10595	64.4
	MPN

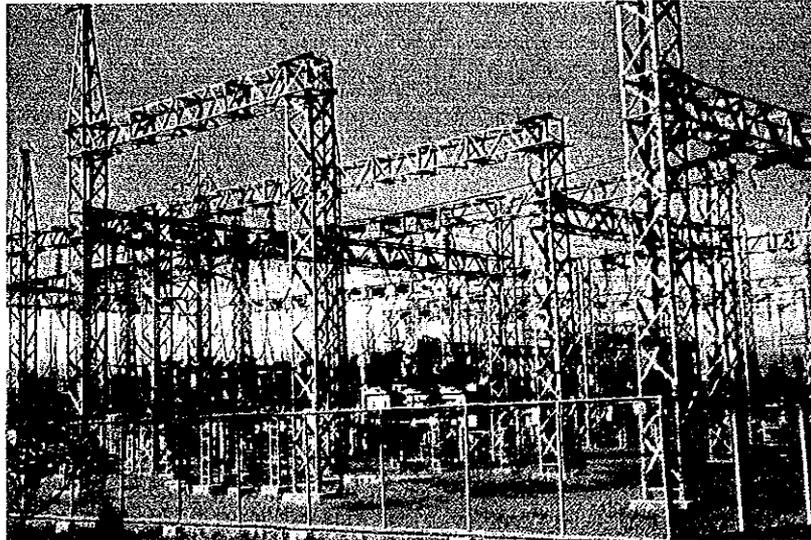
目 次

インドネシア共和国地図	
I. 調査の目的	1
II. 調査団の構成	2
III. 調査日程	3
IV. 調査結果	4
1. インドネシア共和国の概要	4
2. インドネシア共和国の電力供給の現状	5
(1) 電気事業の組織と運営	5
(2) 電力需要の動向	5
(3) 発電設備	6
(4) 電力流通設備	6
(5) 農村電化	6
(6) 料金制度	7
3. インドネシア共和国の将来の電力需要と電源開発	7
4. 東部ジャワ州の概要	8
5. 東部ジャワ州の電力供給の現状	9
(1) PLN関係機関の機能	9
(2) 電力需要の動向	9
(3) 発電設備	10
(4) 送電設備	10
(5) 変電設備	11
(6) 配電設備	11
(7) 給電および通信設備	11
(8) 送配電損失	12
(9) 供給支障事故	12
(10) 需要家供給電圧	12
(11) 農村電化	12
(12) 西欧諸国の協力	12
(13) その他	12
6. 東部ジャワ州の将来の電力需要と電源開発	17
7. 東部ジャワ送配電網整備計画 F/S についての参考事項	17
8. Scope of Work	19
V. 現地収集資料リスト	32
VI. Questionnaire	33
VII. 現地訪問先リスト	41
VIII. 参考資料	43

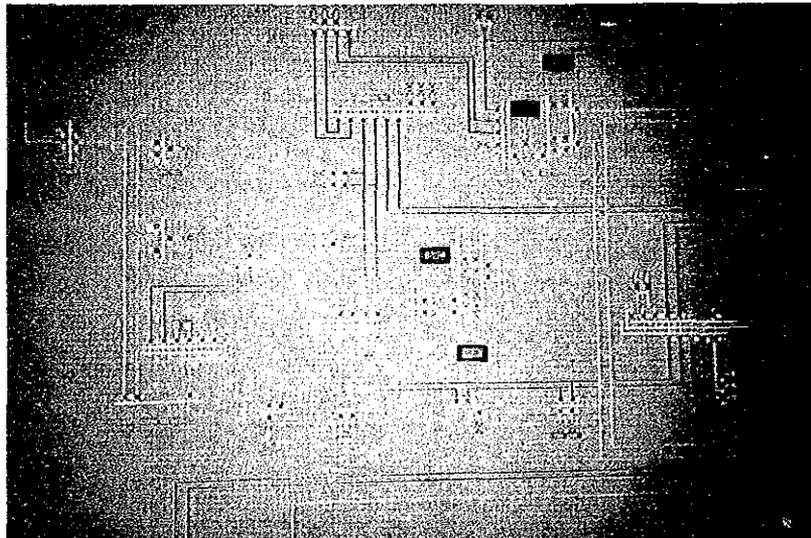




ワル (Waru) 変電所



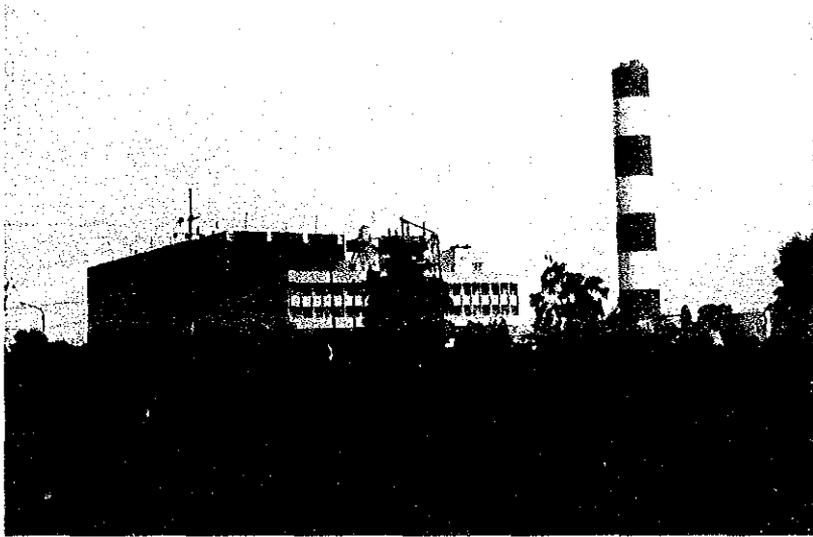
ワル変電所屋外鉄構



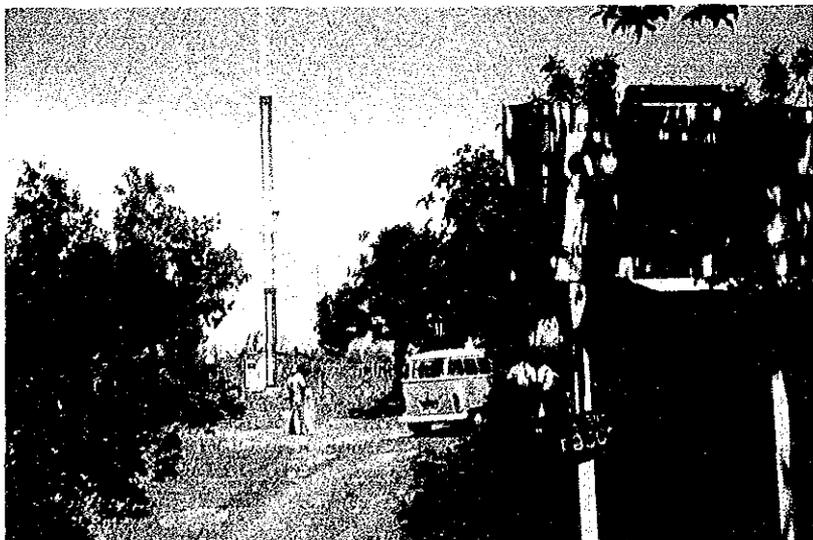
ワル変電所系統表示盤



カラカテス (Karangkates) 水力発電所



グレンック (Gresik) 火力発電所



パイトン (Paiton) 石炭火力発電所建設予定地点

I. 調査の目的

この調査は、日本国政府がインドネシア共和国政府の要請に応え、東部ジャワ送配電網整備計画について技術協力を行なうことを決定し、そのための事前調査を行なったものである。

東部ジャワの電力開発計画については、1972年に日本国政府の技術協力により調査が行なわれ、その後、調査結果にもとづいて PLN は3次にわたる開発プロジェクトを実施し、その結果、送電幹線はほぼ構成され、電力システムは大巾に改善されている。

しかしながら、東部ジャワにおける電化率 (Electrification ratio) は、まだ9%程度にすぎず、今後予想される大巾な需要増加に対応するため、送配電網は更に大型化し、質、量両面で従来にまして拡充、強化が必要となろう。

このような背景のなかで、今回、従来の実績を踏まえ、今後の長期的な展望を策定することは、極めて有意義であると判断し、技術協力の実施を決定したものである。

II. 調査団の構成

団 長	鈴木 治 夫	国際協力事業団 鉱工業計画調査部 資源調査課長
団 員	三 上 裕 久	通商産業省資源エネルギー庁 公益事業部技術課
"	永 田 邦 昭	国際協力事業団 鉱工業計画調査部 資源調査課
"	佐 藤 文 紀	西日本技術開発株式会社 電気部付部長
"	中 島 善 吾	西日本技術開発株式会社 電気部部長代理

Ⅲ. 調査日程

日順	月 日	曜日	行 程	調 査 内 容
1	11月29日	火	成田→ジャカルタ	移動
2	11月30日	水	ジャカルタ	日本大使館、JICA事務所表敬訪問、PLN本社訪問、スケジュール、Scope of WorkおよびQuestionnaire説明、討議
3	12月1日	木	ジャカルタ→スラバヤ スラバヤ	移動 日本領事館表敬訪問、PLN東部ジャワ建設所訪問、S/WおよびQuestionnaire説明、討議 現地調査行程打合せ
4	12月2日	金	スラバヤ マラン	ワル、South Malang変電所、Karangkates発電所、送電線視察
5	12月3日	土	モジョクルト クディリ パツ	Mojokerto, New Kediri変電所、送電線視察
6	12月4日	日	パイトン プロボリングゴ バンギル	パイトン発電所地点、Probolinggo, Bangil 変電所視察
7	12月5日	月	スラバヤ スラバヤ→ジャカルタ	グレンシック、Perak 発電所視察、資料収集、質疑 移動
8	12月6日	火	ジャカルタ	S/W内容について討議、資料収集、質疑、
9	12月7日	水	ジャカルタ	S/W最終案確定、調印、資料収集、質疑、日本大使館、JICA事務所報告および挨拶
10	12月8日	木	ジャカルタ→成田 ジャカルタ→ クアラルンプール	団員帰国 鈴木団長クアラルンプールへ移動

IV. 調査結果

1 インドネシア共和国の概要

インドネシア共和国は北緯 5° ～南緯 10° 、東経 95° ～ 140° の間に位置し、南北 $1,800\text{Km}^2$ 、東西 $5,000\text{Km}^2$ におよぶ広大な領域のなかに13,000と云われる大小さまざまな島島が散在している。国土面積は190万 Km^2 で日本の約5倍に相当し、その内訳はカリマンタン(54万 Km^2)、スマトラ(47万 Km^2)、イリアンジャヤ(41万 Km^2)、スラウェシ(18万 Km^2)、ジャワ(13万 Km^2)、ヌサトゥンガラ諸島、マルク諸島となっている。

総人口は1982年で153百万人、人口増加率は1977年から1982年にかけて平均年率1.7%と非常に高い実績となっているが、1970年から1977年の2.0%と比較すると減少傾向を示している。

人口密度は、80人/ Km^2 と非常に低いが、ジャワ島に総人口の60%強が集中しており、人口密度は700人/ Km^2 程度で日本の約2倍となっている。

インドネシア共和国は1969年度から第1次開発5カ年計画をスタートさせ、現在は第3次開発5カ年計画を実施中である。この間の経済の進展をみると、原油価格の高騰やゴム、錫など一次産品価格の高騰など交易条件がインドネシアに有利に展開したことや内外政治経済情勢が比較的安定的に推移した等数多くの恵まれた面もあったが、経済政策面でも種種の改革が行なわれ、経済・国民生活両面で急速な発展がみられた。しかしながら、1982年度においては先進工業諸国の不況の長期化による輸出の不振により経済は減速傾向を示しており、この傾向は当分続くものと考えられる。

すなわち、1969年から1980年にかけて実質GDPは平均年率7.8%の高成長をとげ、これは世界銀行調査による低所得国平均成長率4.7%(1970～1979)と比べるときわめて高い成長率である。また1人当りGNPをみても1969年には63ドルにすぎなかったが、1980年には437ドルと6.9倍になっている。しかしながら、1981年度には7.6%の成長率を示したものの、1982年度については4%前後に減込むという予想が報告されている。

インドネシア経済は農業に大きく依存しており、1981年度で農・林・漁業29.5%、鉱業8.9%、製造業15.9%、商業・金融33.7%となっており、工業化という観点からすればまだ遅れをとっているが、1976年から1981年にかけての平均成長率では、農・林・漁業3.8%、製造業15.5%と工業化が急速に進んでいることがうかがえる。

インドネシアでは、11月から4月頃まで大陸からのモンスーンの影響で雨期を迎えるが、地域によって降雨量は一様でなく、一般的には山岳地帯に多く、また東にゆくほど少ない。年間降雨量はスマトラ北西部、西部ジャワ、カリマンタンなどでは3,000mmを越えるが、中部・東部ジャワでは2,000～2,500mmである。降雨は雨期に集中し、乾期にはほとんど雨はみないが、雨期においても一日中降りつづくことは珍しく、日照率はかなり高い。

気温は月平均で25～27℃、月毎の温度差も小さくせいぜい3～4℃程度である。湿度は比較的高く60～90%にわたっている。

2 インドネシア共和国の電力供給の現状

(1) 電気事業の組織と運営 (参考資料1)

インドネシアの電力事業は国営であり、エネルギー省(The Ministry of Mines and Energy)に属する電力会社(Perusahaan Umum Listrik Negara: PLN)により発電から配電まで一貫して運営されている。

PLNの本社はジャカルタにあり、役員会(Board of Directors)の下に計画部(Planning)、建設部(Construction)、運営部(Operation)、総務部(Administration)、経理部(Finance)の各部門があり、このほかに研究所(Research Center)養成所(Education and Training Center)、サービスセンター(Management Service Center)がある。

地方の組織は支店(Wilayah)と建設所(Project)に大別される。支店は地域(Region)毎に設置されているが、ジャワ島の場合はさらに発電部門と配電部門に分かれ、合計17の支店がある。支店は主として設備の運転・保守および営業関係の業務を担当している。なお、支店の下部組織に営業所(Cabang)がある。

建設所も地域毎に設置されているが、ジャワ島の場合は発電部門と送変電部門に分かれ、合計14の建設所がある。

このほかにジャワ給電指令所(Java load dispatch center)が独立組織として設置されている。

従業員数は正社員24,440人、臨時員16,911人、合計41,351人で、このうち本社が正社員1,292人、臨時員581人、合計1,873人となっている。

(2) 電力需要(Power demand)の動向 (参考資料2)

インドネシアにおける1982年度の発電々力量(Electric energy generated)は、119.7億KWHで、1974年度の33.5億KWHに対し3.6倍、平均年増加率17.3%の実績を示している。また、最大電力(Peak demand)は2,282MWで、1974年度に対し4倍、平均年増加率18.8%となっている。

これは、経済の成長、民政の安定、向上をねらいとして積極的に電化を推進した成果と考えられるが、1982年度末における電化率はまだ9%に満たない状態である。

発電々力量を1人当たりで見ると、78.2KWHとなり、1970年度の16KWHと比較すると4.9倍、年平均増加率14.1%となっている。

なお、ジャワ島が電力需要の約79%を占めている。

(3) 発電設備 (参考資料2)

1982年度末の発電設備容量は3,406 MW、その内訳は、石油火力1,356 MW (39.8%)、ガスタービン897 MW (26.3%)、ディーゼル686 MW (20.1%)、水力437 MW (12.8%)、地熱30 MW (1.0%)となっている。これは1974年度の922 MWに対し3.7倍、平均年増加率17.7%の実績を示し、1974年度からの開発量は、石油火力1,106 MW、ガスタービン771 MW、ディーゼル419 MW、水力158 MW、地熱30 MW、合計2,484 MWである。

なお、ジャワ島が全設備の約74%を占め、ジャワ島以外ではディーゼルが主体となっている。

(4) 電力流通設備 (Power transmission and distribution facilities) (参考資料2)

1982年度末の送電設備は回線亘長(Circuit length)で9,340 Km、その内訳は150KV3,575 Km (38.3%)、70 KV 3,185 Km (34.1%)、30 KV以下2,580 Km (27.6%)となっている。これは1974年度の1,101 Kmに対し8.5倍、平均年増加率30.6%の実績を示し、1974年度からの増分は150 KV 3,470 Km、70 KV 2,834 Km、30KV以下1,935 Km、合計8,239 Kmである。30KV以下については最近は減少傾向にあり、P L Nとしては将来整理する意向をもっている。

なお、150 KVはそのほとんどがジャワ島に設置され、すでにジャワ島西部、中部、東部間の150 KV連係が完成している。

変電設備については、1982年度末で6,640MVA、1974年度の424MVAに対し15.7倍、平均年増加率41.0%の実績を示し、1974年度からの増分は6,216MVAである。

高圧配電設備については、1982年度末で回線亘長22,258 Km、その内訳は20KV 11,791 Km (53.0%)、10 KV 2,262 Km (10.2%)、6 KV以下8,205 Km (36.8%)となっている。これは1974年度の6,348 Kmに対し3.5倍、平均年増加率17.0%の実績を示し、1974年度からの増分は20 KV 11,158 Km、10 KV 1,502 Km、6 KV以下3,250 Km、合計15,910 Kmである。6 KV以下については最近減少傾向にあり、P L Nとしては将来20KVに昇圧する意向をもっている。

低圧配電設備については、1982年度末で回線亘長41,461 Km、1974年度の17,265 Kmに対し2.4倍、平均年増加率11.6%の実績を示し、1974年度からの増分は24,196 Kmである。

低圧線の電圧は、127/220 Vと220/380 Vがあり、将来は220/380 Vに統一する意向をもっている。

(5) 農村電化 (Rural electrification)

インドネシア共和国における行政機構は、州 (Province, Propinsi)、県 (District, Kabupaten)、郡 (Sub-District, Kecamatan)、村 (Village, Desa) から構成され、現在27州、240県、3,260郡、63,000村がある。

インドネシア政府は、経済の成長、民政の安定と向上をはかるため、経済開発5カ年

計画のなかで農村電化を強力に推進しているが、1982年3月現在で4,169村に電気が導入されているに過ぎない。

農村電化は外国ローン、国家予算、州予算により実施され、配電線の建設、ディーゼル発電所の建設などが行なわれている。また接続費用、屋内配線についてローン制度も設けられている。

PLNは、各州の農村電化について調査を行ない、また、現在、大学および関係機関と協同して農村電化計画を検討中で、近く最終報告書がとりまとめられることになっている。1980年には、TEBODIN社（オランダ）が農村電化計画の検討を行なった実績があり、1981年7月に農村電化マニュアルの概要（Outline of rural electrification manual）がまとめられている。

(6) 料金制度（Tariff system） （参考資料4）

用途別区分は、家庭用（Residential）、商業用（Commercial）、工業用（Industrial）、公共用（Public）および街灯に大別され、さらに契約電力によって家庭用5区分、商業用3区分、工業用4区分、公共用3区分に分れている。また、供給電圧（Supply voltage）は、契約電力が200KVAまでは低圧（100Vまたは200V）、200KVA超過5,000KVAまでは高圧（6KVまたは20KV）、5,000KVA超過は特別高圧（30KV以上）となっている。

電気料金は、基本料金（Demand charge）と電力量料金（Energy charge）とからなっているが、小規模家庭用需要家（200VA以下）は定額制である。一般に料金は、契約電力が大きい程高く、供給電圧が高い程安い。なお、工業用および高圧・特別高圧供給については時間帯別料金が適用されている。

料金単価は、工業用が最も安く、ついで家庭用、商業用が最も高くなっている。また、契約電力による料金格差およびピーク時、オフピーク時の格差が非常に大きく、電力抑制型の料金構造となっている。

3 インドネシア共和国の将来の電力需要と電源開発 （参考資料3）

PLNの1993年度までの電源開発計画によると、1993年度において発電々力量753.2億kWh、1982年度に対し6.3倍、平均年増加率18.2%を見込み、最大電力については12,965MW、1982年度に対し5.7倍、平均年増加率17.1%を見込んでいる。

これに対応する電源として、14,000MWの出力増加が計画されているが、今後の電源開発については電源の多様化が基本方針として強調されている。すなわち、同計画によると、石炭火力8,100MW、水力3,400MW、ディーゼル1,200MW、地熱960MW、石油火力860MW、ガスタービン520MWと、大型石炭火力と水力を中心とした開発パターンとなっている。

石炭火力については、現在西部ジャワのSuralayaに400MW2基を建設中で（1985年

年度運開予定)、次の地点として東部ジャワのPaitonに400MW 2基(1988・89年度運開予定)、ひきつづいて中部ジャワに計画され、1990年度以降はユニット容量を600MWとし各地点の最終容量は3,000~4,000MWを考えている。なお、ジャワ島以外においても中規模の石炭火力が計画されている。

水力については、西部ジャワのSaguling #1~#4:700MW、Cirata#1~#3:750MWをはじめとして全島にわたって開発が計画されている。

ディーゼルはジャワ島以外で計画され、地熱はジャワ島を中心として1990年以降に、また石油火力については、東部ジャワのGresik 200MW 2基(1986・87年度運開予定)以後は、ジャワ島においては計画はなく、ジャワ島以外で一部計画されているにすぎない。

送電系統計画としては、系統規模の増大、電源の大型化に備えて、ジャワ島を連係する500KV送電線を建設中で、1985年度に西部ジャワのSuralaya発電所から東部ジャワのKrian変電所まで、1988年度にPaiton発電所まで延長する計画となっている。この連係により、大型電源の導入による経済的効果はもとより供給信頼度(Reliability)の大幅な向上が期待されている。

農村電化については、2,000年に全村落に配電線を導入することを目標としている。

4 東部ジャワ州の概要 (参考資料5.6)

東部ジャワ州は、ジャワ島の東部およびMadura島を含んで面積48,000Km²、人口は1982年で31百万人を数え、全土と比較すると、面積では2.5%、人口では20%を占めている。人口増加率は1971年から1982年にかけて平均年率1.9%と非常に高く、とくにSurabaya地区3.8%、Pasuruan地区4.9%が高い。人口密度は636人/Km² ジャワ島とほぼ同じで、とくにSurabaya地区1,611人/Km²、Pasuruan地区1,053人/Km²が高く、最小でBanyuwangi地区の269人/Km²となっている。

主要な都市には、Surabaya、Mojokerto、Kediri、Madiun、Blitar、Malang、Pasuruan、Probolinggoがあげられるが、これ等の都市は全州にわたって散在している。

スラバヤ市はジャカルタ市につぐ第2の都市でBrantas河の支流であるMas河の河口に位置し、海軍基地と近代的な商業港を持ち15,000トン級の船舶が接岸可能である。郊外には化学・鉄鋼・セメントなどの大工場、中・小規模の工場団地等があり、人口は周辺部を含め約五百万人である。

東部ジャワ州の西南部はBrantas河が回流し、肥沃な土壌と多雨による自然灌漑を利用して農業が中心となっているが、Mojokerto、Kediri、Madiun、Blitar、Malangを中心として小規模な工場が散在し、商業も盛んで人口密度も659人/Km²と比較的高い。

東部については、PasuruanおよびProbolinggo一帯は人口密度も高く、工場も散在しているが、Situbondo、Banyuwangiの一帯は人口密度が最も小さい。

都市を結ぶ幹線道路は全部舗装されているが、幹線はずれると道路の現状は良好とはいえず、変電所等の建設の際道路改修を要するカ所も散見された。

気象条件は、「1. インドネシア共和国の概要」で述べたとおりであるが、雷が比較的多く、年間発雷日数が60日となっている。

東部ジャワにおける経済関係の資料は一部 P L N から入手したが、経済情勢を把握するには不十分であるため経済分析は割愛する。

5 東部ジャワ州の電力供給の現状

(1) P L N 関係機関の機能 (参考資料 1)

P L N の組織については、「2.(1) 電気事業の組織と運営」で述べたが、東部ジャワには支店(発電)、支店(配電)、建設所(発電)、建設所(送変電)の4つの組織があり、支店では運転、保守を、建設所では建設工事をそれぞれ担当している。なお、支店(配電)の下に12の営業所がある。従業員数は支店(発電) 1,986人、支店(配電) 3,260人、建設所(発電) 283人、建設所(送変電) 566人となっている。

(2) 電力需要の動向 (参考資料 7)

東部ジャワにおける1982年度の発電々力量は24.0億KWhで、全土の20%を占め、1974年度の6.1億KWhに対し3.9倍、平均年増加率18.6%の実績を示している。また、最大電力は400MWで、全土の17.5%を占め、1974年度の101MWに対し4.0倍、平均年増加率18.8%となっている。

電化率は全州で9.3%、1人当り発電々力量は78.1KWh/人で、ほぼ全土なみの水準で電化が進められているといえる。

東部ジャワをスラバヤ地区、西南部(Mojokerto, Kediri, Madiun, Malang)、東部(Pasuruan, Jember, Banyuwangi, Situbondo)、その他地区(Madura島, Bojonegoro)に分けて比較してみると、販売電力量ではスラバヤ地区69%、西南部19%、東部10%、その他地区2%、電化率ではスラバヤ地区26%、西南部6.9%、東部5.4%、その他地区3%、1人当り販売電力量ではスラバヤ地区255KWh、西南部26KWh、東部21KWh、その他地区9KWhで、スラバヤ地区を除くと電化率は非常に低い。

販売電力量を用途別にみると、家庭用37%、工業用49.1%、商業用その他13.9%となっているが、これをさらに地区別にみると、スラバヤ地区では家庭用27%、工業用60.9%、商業用その他12.1%で、工業用が大半を占め、スラバヤ地区以外では家庭用60.1%、工業用21.7%、商業用その他18.2%で、家庭用が大半を占めている。

1契約当りの年間販売電力量は家庭用1,058KWh、工業用324,076KWh、商業用その他6,920KWhとなっている。家庭用については日本の定額電灯に相当する契約容量200VA以下が40.8%、従量電灯甲に相当する500VA以下が46.3%を占め平均契約容量が530VA程

度の実態から考えると使用量が多い。因みに、日本の場合は、定額電灯0.3%、従量電灯甲0.6%、平均契約容量2,120 VAで年間使用量が2,100kWhである。工業用については契約口数は2,709口と非常にすくないが、1契約当りの年間使用量は日本の実績の約8倍に相当している。これは比較的規模の大きい需要家しか電化の対象になっていないことを示すものと思われる。

(3) 発電設備 (参考資料8)

1982年度末の発電設備容量は633MW(11カ所、30台)で全土の18.6%を占め、その内訳は、石油火力350MW(55.3%)、水力210MW(33.2%)、ガスタービン68MW(10.7%)、ディーゼル5MW(0.8%)となっている。これは1974年度の191MWに対し3.3倍、平均年増加率16.2%の実績を示し、1974年度からの開発量は、石油火力300MW(Perak 100MW, Gresik 200MW)、水力89MW(Wlingi 54MW, Karangates 35MW)、ガスタービン68MW、合計457MWである。

1982年度における予備率は十分あるが、水力発電所のダムは灌漑優先の多目的ダムであるため、出力はかなり抑えられている模様である。

石油火力はスラバヤ市の北部にあたるPerakとGresikに集中し、水力は東部ジャワ州の西南部にKarangates, Wlingi、小水力が散在している。

なお、現在、石油火力Gresik #3.#4:400MW(1986.87年度運開予定)、水力Sen-gguruh 29MW(1987年度運開予定)、ガスタービンGresik #3.#4:40MW(1984年度運開予定)を建設中である。

(4) 送電設備 (参考資料9)

1982年度末の送電設備は回線延長2,238Kmで全土の24.0%を占め、その内訳は150KV 983Km(43.9%)、70KV 901Km(40.3%)、30KV以下354Km(15.8%)、となっている。これは1974年度の693Kmに対し3.2倍、平均年増加率15.8%の実績を示し、1974年度からの増分は150KV 878Km、70KV 559Km、30KV以下108Km、合計1,545Kmである。さらに現在150KV 566Km、70KV 136Kmを建設中で、そのなかにはMadura島およびBali島連係用の海底ケーブルも含まれており、これが完成すると東部ジャワにおける送電幹線はほぼ構成されたことになり、当分の間は送電幹線について抜本的な見直しは必要ないものと考えられる。なお、150KV系統はNew Madiun変電所で中部ジャワと連係されている。

150KVは3相3線式直接接地方式で電線はACSR(Aluminium conductor steel reinforced)330mm²が単導体または複導体で使用されている。70KVは3相3線式高抵抗またはベテルゼンコイル接地方式で、電線はACSR 150mm²、85mm²、銅線50mm²が使用されている。接地方式については高抵抗に統一する意向をもっている。30KV以下は高抵抗接地方式で、電線は銅線35mm²、25mm²が使用されているが、将来は整理する計画である。

支持物はほとんど鉄塔が使用されている。

(5) 変電設備 (参考資料 10)

変電設備については、1982年度末で1,514MVA、全土の22.8%を占め、その内訳は系統用変圧器561MVA(15台)、配電用変圧器953MVA(102台)で、配電用変圧器は2次側電圧別にみると、20KV794MVA(83.3%)、6KV159MVA(16.7%)となっている。これは1974年度の337MVAに対し4.5倍、平均年増加率20.7%の実績を示し、1974年からの増分は系統用変圧器394MVA、配電用変圧器783MVA、合計1,177MVAである。さらに、現在、系統用変圧器100MVA(2台)、配電用変圧器379MVA(19台)を建設中で、配電用の2次側電圧はすべて20KVである。

ユニット容量としては、系統用が35MVA、配電用が10,20,30,50MVAで、50MVAはスラバヤ地区で使用されている。

(6) 配電設備 (参考資料 11)

高圧配電線については、1982年度末で回線亘長5,137Kmで、全土の23.1%を占め、その内訳は20KV3,459Km(67.3%)、6KV1,678Km(32.7%)となっている。

これは1974年度の923Kmに対し5.6倍、平均年増加率23.9%の実績を示し、1974年度からの増分は20KV3,362Km、6KV852Km、合計4,214Kmである。電気方式は3相3線式高抵抗接地方式で、電線サイズについてはACSR120mm²、55mm²程度が使用されている。

桂上変圧器については、1982年度末で1,098MVA、その内訳は20KV820MVA(11,490台)6KV278MVA(2,634台)となっている。これは1974年度の161MVAに対し、6.8倍、平均年増加率27.1%の実績を示し、1974年度からの増分は20KV820MVA、6KV117MVA合計937MVAである。

低圧配電線については、資料が得られなかったが、127/220Vと220/380Vとがあり、実態は127/220Vが大半を占めている。なお、新設分については220/380Vを適用している。

支持物については、1982年度末で114,000本で、ほとんどが鋼管柱であるが、最近コンクリート柱を使用しはじめている。

(7) 給電および通信設備

東部ジャワの給電指令所は、Waru変電所内にあり、150KV系統の発・変電所の電圧、周波数、電力、無効電力(Reactive power)遮断器の開閉状態などが集中表示され、需給調整、電圧調整、系統操作などを行なっている。

通信設備としては、電力線搬送(Power line carrier)3チャンネルが使用され、給電用電話、一般電話、テレメーターにそれぞれ使われている。情報伝送にはCDT方式(Cyclic digital transmitter system)が採用されているので将来の拡張性は十分あると思われる。

70KV系統の給電指令は Waru, Bangil, South Malang 変電所および Mendalan 発電所でそれぞれ行われているが、情報表示装置はない。

配電線の給電指令については、今回は調査できなかった。

(8) 送配電損失 (Power loss) (参考資料 12)

1982年度の送配電損失率は、送電 6.0%、配電 11.4%、合計 17.4%、総合損失率は 23.4% で非常に高い実績を示している。総合損失率は全土で 23.9%、ジャワ島で 23.3% とほぼ同程度の実績となっている。

(9) 供給支障事故 (Power fault) (参考資料 13)

発・送・変電関係では、1982年9月から1983年8月までの1年間に発電所97回、送電線217回、変電所167回となっており、また配電関係では、1982年12月から1983年8月までの9カ月間に1,556回、停電時間6,281時間となっている。

これを単位当りで見ると、発電所 8.8回/カ所、送電線 0.1回/Km、変電所 2.7回/カ所、配電線 0.4回/Kmとなり、極めて高い実績である。また、配電線の1回当り停電時間は約4時間となっている。

(10) 需要家供給電圧 (参考資料 14)

東部ジャワにおける需要家の供給電圧は、1983年9月現在で特別高圧需要家6戸、高圧需要家222戸、低圧需要家691,382戸、合計691,610戸で低圧需要家が99.97%を占めている。これを用途別にみると、家庭用93.4%、商業用4.3%、工業用0.4%、公共用1.9%で、小規模家庭用需要家(200VA以下)が38.1%を占めている。

低圧需要家の100V、200V別の内訳は今回つかめなかったが、現時点では大半が100V供給である。

(11) 農村電化

東部ジャワ州には29県、8,339村があるが、1982年3月末で電気が導入されているのは861村である。なお、22県にはすでに送電線が導入されているが、Madura島の4県(Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep)、北部のTuban県、東部の2県(Bondowoso, Situbondo)にはまだ送電線が導入されていない。

(12) 西欧諸国の協力

東部ジャワ州における送・変電設備は、OECDローンが中心となって建設されてきたが、一部フランス・ベルギー・ユーゴスラビアのローンで実施され(別表、別図参照)、現在、スラバヤ市内の拡充工事がADBローンで実施されている。また、Madura島の海底ケーブルは英国のローンで実施中である。

(13) その他

コンピューターはIBM機を導入し、料金計算、設備統計を主体に実施しており、一部需要想定(Load forecast)、汐流計算などを実施した経験があるが、コンピューター

DETAILS OF FACILITIES FINANCED BY OTHER THAN OECF
(European loan)

* Estimate by NEWJEC

	Transmission or Substation	Facilities	Voltage	Length (km) or MVA	Source of finance	Project cost		Date of Commissioning	
						Foreign 10 ³ US\$	Local 10 ⁶ Rp.		
Surabaya outskirts	Segoromadu	TRF	150/70	50	France	235	65	Aug. '80	
	Lamongan	TRF	150/20	20	France	791	118*	Dec. '81	
	Babat	TRF	150/20	20	France	755	118*	Apr. '82	
	Bojonegoro	TRF	150/20	20	Belgium	755*	118*	Apr. '83	
	Gresik-Babat	T/L	150	59.1	France	2,469	104*	Apr. '82	
	Babat-Bojonegoro	T/L	150	35.3	Belgium	1,642	69	Apr. '83	
Madura	Gresik-Lebang	Submarine cable	150	5	U.K.	10,735*	1,199*	June '84	
		T/L	150	9.5	U.K.				
Pesuruan	Probolinggo	TRF	150/70	30	Belgium	1,090	129*	Dec. '81	
		TRF	150/70/6	20	Belgium	1,450	187*	Mar. '84	
Kediri	Blitar	TRF	70/20	10	Belgium	525	29	Mar. '84	
Mojokerto	Ploso/Jombang	Unit Sub.	70/20	6	Belgium	254	29*	Mar. '84	
Madiun	New Madiun Dolopo Ponorogo Pacitan Pacitan T'galek-Ponorogo Pacitan Wlingi-Blitar-Tulungagung Madiun-Dolopo-Ponorogo	TRF	150/70	30	Belgium	1,585	362	Feb. '81	
		TRF	70/25	10	Yugo	339	68	Oct. '81	
		TRF	70/20	10	Yugo	938	196	Aug. '81	
		TRF	70/20	9	Belgium	175	436	Mar. '84	
		TRF	70/20	10	Yugo	547		Aug. '81	
				96.3					Aug. '81
				70	42.9	Yugo	9,523	1,482	Mar. '83
Jember	Lumajang	TRF	150/20	20	Belgium	1,162	118*	Mar. '84	
		T/L	150	7.2		319*	214*		
T o t a l						35,289	5,041		

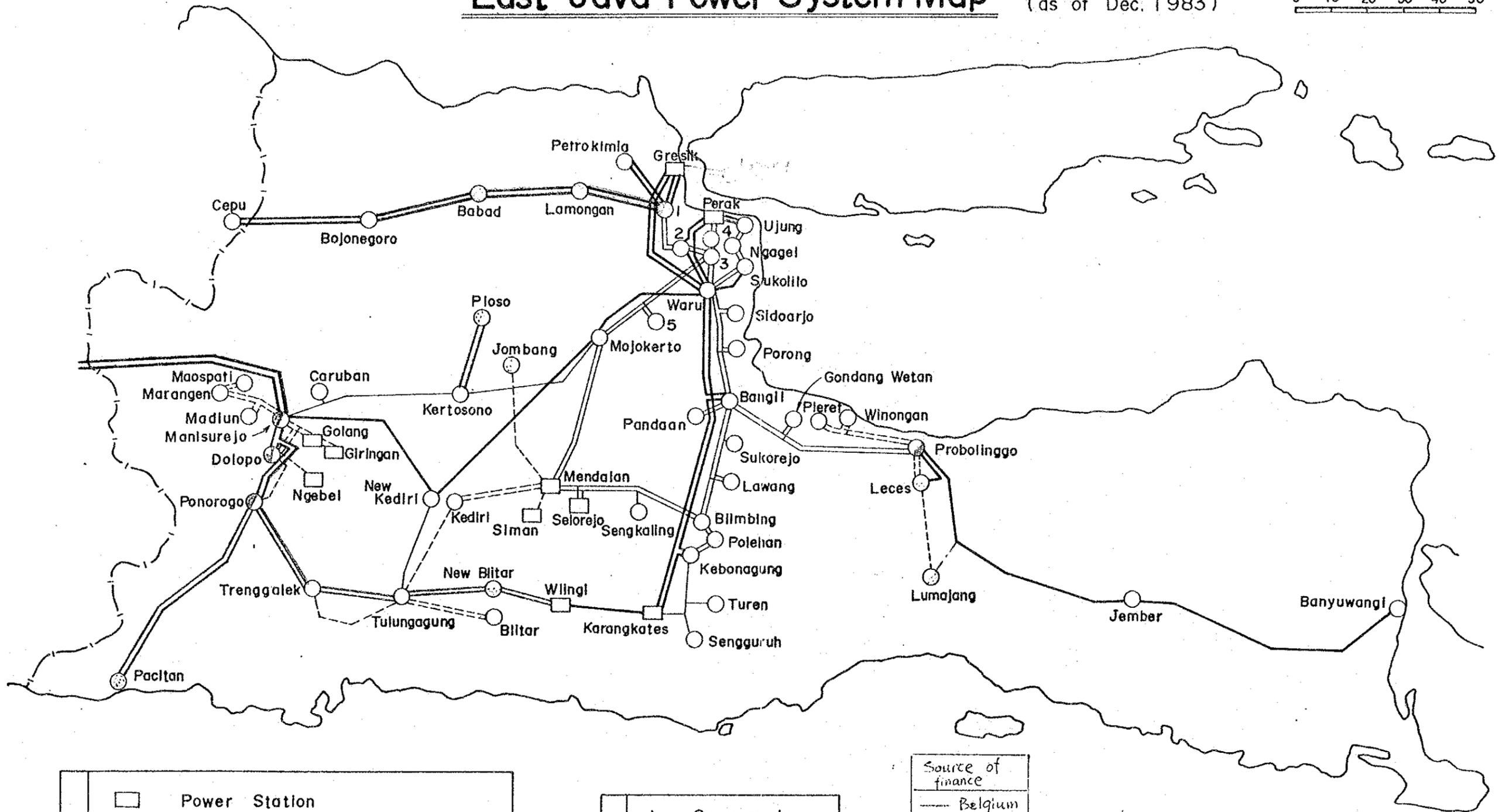
East Java Power System Map

(as of Dec. 1983)

Scale

1 : 1,100,000

0 10 20 30 40 50 km



LEGEND		Power Station
		Substation
		150 KV
		70 KV
		30 (25) KV
		Transmission Line

Substation	1	Segoromadu
	2	Tandes
	3	Sawahan
	4	Krembangan
	5	Drlorejo

Source of finance	
	Belgium
	Yugo
	France
	U. K.
	設備部
	計画

- 技術習得について強い要望がある。

6 東部ジャワ州の将来の電力需要と電源開発 (参考資料 3, 7, 8, 15)

東部ジャワにおける1990年度までの長期計画によると、1990年度において発電々力量109.1億KWh、1982年度に対し4.5倍、平均年増加率20.8%を見込み、最大電力については1,829MW、1982年度に対し4.6倍、平均年増加率20.9%を見込んでいる。

これに対応する電源として1,302MWの出力増加が計画されているが、その内訳はGresik石油火力#3.#4 400MW (1986・87年度)、Gresikガスタービン#3.#4 40MW (1984年度)、Paiton石炭火力#1.#2 800MW (1988・89年度)、Sengguruh水力29MW (1987年度)、Kesamben水力33MW (1988年度)となっている。この内GresikとSengguruhは建設中である。なお、1991年度以降はPaitonを増強し、最終容量は4,000MWを考えている。Paitonは、東部ジャワの中東部に位置し、送電系統構成の面から考えて適当な地点と考えられる。現在発電所サイトに調査所が設置され基本設計が行なわれている段階である。

送電線については、Paiton関連の送電線、Madura島の送電線など150KV 513Km、70KV 365Kmが計画され、変電所については、系統用変圧器250MVA (5台)、配電用変圧器1,385MVA (53台)が計画されている。

また、500KV送電線は、1985年度にKrian変電所に導入され、1988年度にPaitonに導入される計画になっている。

なお、将来の需要想定に際しては、待機需要家526MW (Waiting consumer) 自家発電需要家 (Private owned power plant) 76MWを考慮する必要がある。

7 東部ジャワ送配電網整備計画F/Sについての参考事項

本件名の目的は、東部ジャワ送配電網に関する1988年度までの短期実行計画と2004年までの長期マスタープランを作成することであり、その内容はScope of Workに記載されているとおりであるが、予備調査の結果にもとづいて参考事項を述べるとつぎのとおりである。

(1) 需要想定について

- インドネシア経済は、さきにふれたように先進工業諸国の不況の長期化の影響で低迷傾向がみられるので、需要想定にあたっては十分な経済分析が必要である。
- 農村電化計画、待機需要家および自家発電需要家の調査が必要である。

(2) 短期計画について

- 送電幹線はすでに構成されており、短期計画にあたって、系統構成の基本にかかわるような大きな問題はない。新設線路としては、Paiton関連の送電線、Madura島の

送電幹線が比較的大きいが、あとは分岐線の新設、2回線化などである。

- 短期計画については、すでに P L N において詳細な検討がなされており関連資料は整備されている。

(3) コンピュータ技術のトレーニングについて

- 今回の F/S で使用するプログラムは需要想定、設備長期計画、系統技術計算に大別される。

需要想定は、地区毎の電力量と最大電力の想定を行なう。手法としては、経済指標等との相関による方法、用途別に細分化して求める方法がある。

設備長期計画は、各年度毎の送・変・配電設備の工事数量と工事費の積算ならびに経済計算を行なう。数案について検討し最経済的な案を選定する方法がとられる。

系統技術計算は、送電系統の汐流 (Power flow)、電圧、短絡電流 (Short circuit current) などの計算を行なう。

- 需要想定については、プログラムが比較的簡単で細部にわたってトレーニングが可能と考えられるので、現地でトレーニングを行なう。
- 設備長期計画および系統技術計算については、細部にわたるトレーニングは時間的に不可能と考えられるので、アウトラインについて日本でトレーニングを行なう。

(4) 標準化について

- 電圧、周波数、電気方式、絶縁レベル (Insulation level) 等基本的な仕様については、標準化は進んでおり配電線の電気方式を除いては、特に運用面で問題となっている事項はない。

設計基準的な面での標準化、例えば送配電線の電線サイズ、変電所変圧器容量の選定基準などについては今後検討すべき問題が多々あるものと思われる。

- 20KV 高圧配電線については、現在、東部ジャワでは 3 相 3 線式高抵抗接地方式が、中部ジャワでは 3 相 4 線式多重接地方式がそれぞれ採用されているが、今回の F/S でこの関係について勧告を求められている。
- 送・変電については、現時点で特に具体的な要望はない。F/S のなかで標準化の検討を行なうことになるが、将来の運用面を含めて検討することが望ましい。

(5) 需要家供給電圧の昇圧について

Scope of Work に含まれている需要家供給電圧の昇圧とは低圧需要家の 100 V から 200 V への昇圧を意味するものである。

(6) 工事能力について

東部ジャワにおいては、送・変・配電線の建設工事はすべて地元業者で施工しており土建関係 21 社、送電関係 13 社、変電関係 17 社、配電関係 39 社の業者がある。

8. SCOPE OF WORK

SCOPE OF WORK
FOR
THE FEASIBILITY STUDY
ON
EAST JAVA POWER SYSTEM
EXPANSION PROJECT
AGREED UPON BETWEEN
PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA
THE REPUBLIC OF INDONESIA
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

JAKARTA INDONESIA

DECEMBER 7 , 1983



Ir. KETUT KONTRA, MSc.

Director of Planning

Perusahaan Umum Listrik Negara
Ministry of Mines and Energy



Mr. HARUO SUZUKI

Leader of The Japanese
Survey Team

Japan International
Cooperation Agency

I. INTRODUCTION

In response to the request of the Government of the Republic of Indonesia (hereinafter referred to as "Indonesia"), the Government of Japan has decided to implement a feasibility study on the East Java Power System Expansion Project (hereinafter referred to as "the Study"), in accordance with the relevant laws and regulation in force in Japan.

The Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of technical cooperation programs of the Government of Japan, will undertake the Study, in close cooperation with the authorities of Indonesia.

Perusahaan Umum Listrik Negara (hereinafter referred to as "PLN") shall act as counterpart agency to the Japanese study team and also as coordinating body in relation with other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.

The present document sets forth the Scope of Work for the Study between JICA and PLN.

II. OBJECTIVE OF THE STUDY

The main objective of the Study is to determine the Short-term implementation program for transmission, substation and distribution system in East Java up to 1988/89, and furthermore to establish the optimum Long-term Master plan for the same system up to 2004.

III. SCOPE OF WORK.

The works required for the feasibility study shall include the following :

1. Load Forecast.

1.1. Analysis on the past data of electric energy consumption and economic growth.

1.2. Forecast of total and regional energy consumption taking into consideration the following :

- National economic development program
- Rural electrification program
- Population increase
- Private owned power plants and consumption
- Waiting consumer
- Power tariff

1.3. Study of daily, seasonal and yearly load curve.

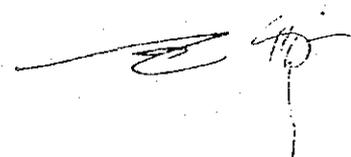
1.4. Forecast of total and regional peak demand.

1.5. Establishment of the load forecast methodology by means of PLN computer and its training for PLN personnel.

2. Review of the present, on-going and formulated systems and programs for power generation, transmission, substation, distribution, load dispatching and communication systems.
3. Review of 500 kV transmission line interconnecting East Java with Central and West Java.
4. Study of the Short-term implementation program and the Long-term Master Plan.

4.1. Transmission Line

- (1) Survey and selection of transmission line route
- (2) System analysis
 - Reliability of transmission system
 - Optimum transmission voltage level and configuration
 - Load flow and voltage fluctuation
 - Frequency
 - Stability
 - Short circuit current
- (3) Study of design criteria and recommendation for standardization of facilities.
- (4) Study of insulation level



- (5) Determination of conductor characteristics
- (6) Determination of structural design for steel towers
- (7) Design of foundation
- (8) Study of protective relaying and communication system
- (9) Study of control and operation system
- (10) Study of load dispatching system
- (11) Study of power loss reduction

4.2. Substation

- (1) Survey and selection of optimum substation site
- (2) Study of design criteria and recommendation for standardization of facilities
- (3) Study of insulation coordination
- (4) Determination of substation capacity
- (5) Study of protective relaying system
- (6) Civil and building requirement
- (7) Study of power loss reduction

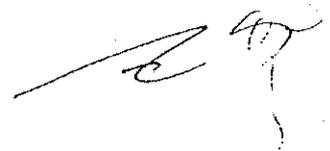
4.3. Distribution line

- (1) Study of design criteria.
- (2) Design of distribution line for poles, conductors, switches, drop wire, WH meter, etc.

- (3) Study on up grading of consumer supply voltage
- (4) Study of power loss reduction
- (5) Recommendation for the standardization taking into consideration the need to inter-connect the common boundaries of East Java and Central Java.

4.4. Establishment of the system planning methodology by means of computer and its training for PLN personnel.

5. Identification of the Short-term implementation program and the Long-term Master Plan.
6. Preparation of schedule of quantities and detailed cost estimates for the Short-term implementation program.
7. Assessment of economic and financial feasibility for the Short-term implementation program.
8. Preparation of construction schedule, implementation schedule and overall reports for the Short-term implementation program.



IV. WORK SCHEDULE

The tentative time schedule of the Study is as shown in Appendix I.

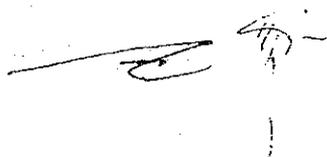
V. REPORT

JICA will prepare and submit the following reports in English to PLN.

- (1) Inception Report within one (1) month after the commencement of the Study. 10 copies
- (2) Draft Report of Short-term Implementation program within five (5) months after the commencement of the Study. 10 copies
- (3) Draft Report of Long-term Master Plan within ten and a half (10.5) months after the commencement of the Study. 10 copies
- (4) Final Report within twelve (12) months after the commencement of the Study. 20 copies

VI. UNDERTAKINGS OF THE GOVERNMENT OF INDONESIA.

The Government of Indonesia shall accord privileges, immunities and other benefits to the Japanese study team and, through the authorities concerned, take necessary measures to facilitate the smooth implementation of the Study.



1. PLN shall make necessary arrangements with the cooperation of other governmental and non-governmental organizations concerned for the following :

- (1) To secure the safety of the Study team
- (2) To permit the members of the Japanese study team to enter, leave and sojourn in Indonesia for the duration of their assignment therein, and exempt them from alien registration requirements.
- (3) To exempt the members of the Japanese study team from taxes, duties, and other charges on requirement, machinery and other materials brought into Indonesia for the implementation of the Study.
- (4) To exempt the members of the Japanese study team from income tax and other charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Japanese study team for their services in connection with the implementation of the Study.
- (5) To provide the necessary facilities to the Japanese study team for the remittance as well as utilities of fund introduced in Indonesia from Japan in connection with the implementation of the Study.
- (6) To provide medical services as needed and its expenses will be chargeable on the members of the Japanese study team.



- (7) To secure permission to take all data and document related to the Study (including Photographs) out of Indonesia to Japan by the Study team.
2. PLN shall, at its own expense, provide the Japanese study team with the following, in cooperation with other agencies concerned, if necessary.
 - (1) Available data and information related to the Study including National economic development program, Rural electrification program, Private owned power plant, 500 kV transmission line, Power generation development program, etc.
 - (2) Counterpart personnel
 - (3) Suitable office space with necessary equipment including telephone in Jakarta and in Surabaya.
 - (4) Credentials or identification cards
 - (5) Necessary vehicles with drivers, fuel and spare parts in the project area.
 - (6) Necessary laborers for the Study
 3. The Government of Indonesia shall bear claims, if any arises against the members of the Japanese study team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with the discharge of their duties

in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or wilful misconduct on the part of members of the Japanese study team.

VII. UNDERTAKINGS OF THE GOVERNMENT OF JAPAN

For the implementation of the Study, the Government of Japan will, in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan, through JICA, take the following measures :

1. To dispatch, at its own expense, study team to Indonesia.
2. To pursue technology transfer to the Indonesia counterpart personnel in the course of the Study.

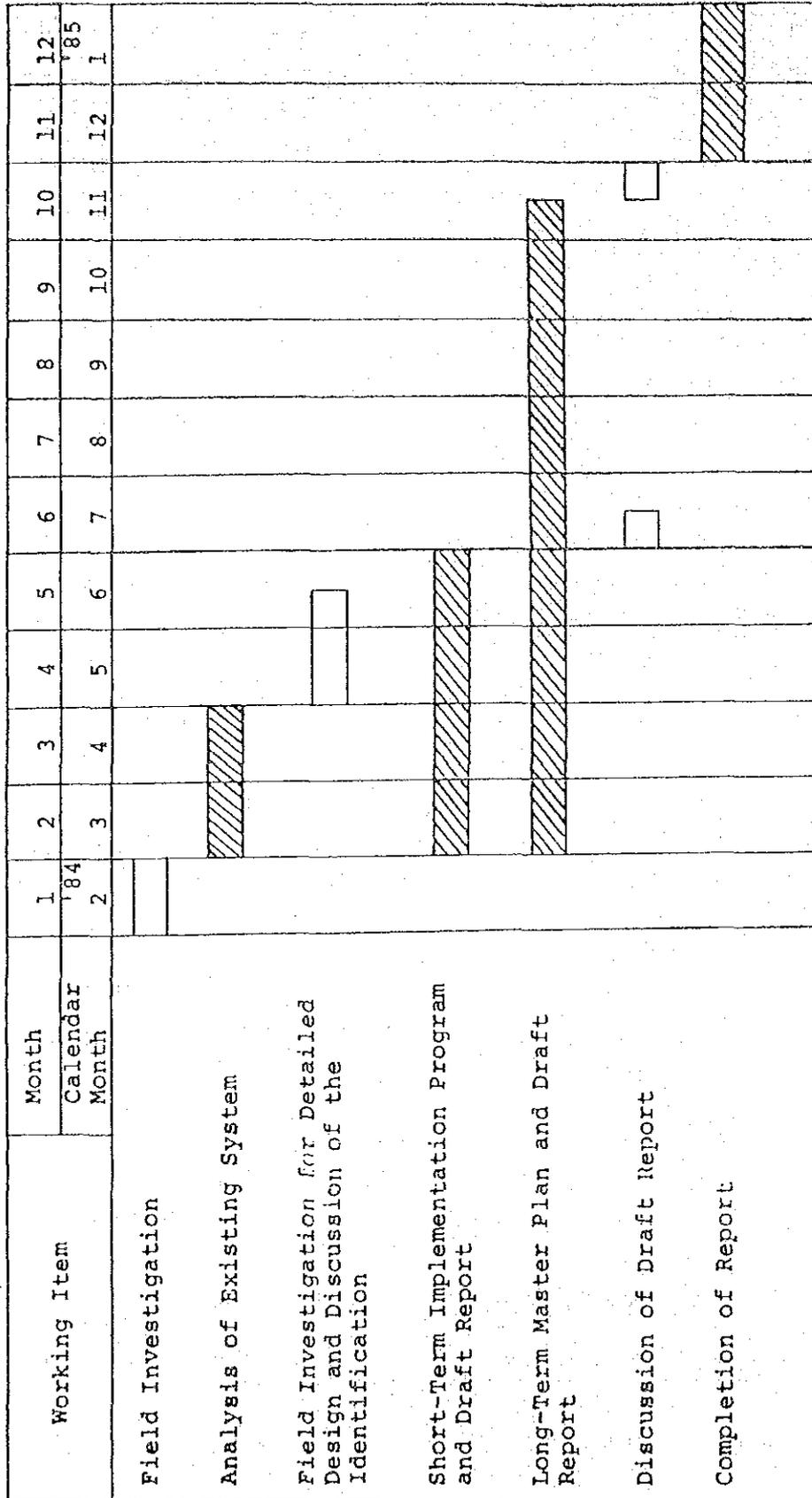
VIII. JICA and PLN will consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.



TENTATIVE TIME SCHEDULE OF THE STUDY

Appendix I

Indonesia
Japan



V. 現地収集資料リスト

地域	東南アジア	調査団	東部ジャワ送配電網整備	現地調査	昭和58年11月29日
国名	インドネシア	等名称	計画事前調査団	期間	年 昭和58年12月8日

№	資料名称	形態	ページ数	部数	収集先	収集法
1	Orgaviization chart of PLN	コピー	5	1	PLN Pusat	寄贈
2	Past Record on Electric Power System in Whole Indonesia	"	5	1	"	"
3	Electric Power Plant Development Program in Whole Indonesia	"	13	1	"	"
4	Electricity Basic Tariff of 1983	"	4	1	"	"
5	Economic Indices in East Java	"	5	1	PLN East Java Transmission Project	"
6	Climatic Condition in East Java	"	1	1	"	"
7	Electric Power Demand in East Java	"	10	1	"	"
8	Power Plant in East Java	"		1	"	"
9	Transmission Line in East Java	"	4	1	"	"
10	Substation Transformer in East Java	"	4	1	"	"
11	Distribution Line in East Java	"	3	1	"	"
12	Power Loss in East Java	"	1	1	"	"
13	Fault Record in East Java	"	2	1	"	"
14	Supply Voltage for Consumer in East Java	"	1	1	"	"
15	Power System Expansion Program in East Java	"	9	1	"	"
16	Transmission System Diagram in East Java	"	3	1	"	"
17	Bulletin of Indoneqia Economic Study	本	90	1	Australian National Univ Canberra	購入
18	The Indonesian Quarterly	"	107	1	Center for Strategic & International Studies	"
19	Pisma The Indanesion Indicator	"	96	1	Institute for Economic, Social Research Eclucation and Inforination	"
20	Indonesia (含 Rural Elecfrification by PLN)	雑誌	67	1	Ineonesia Magazine	"
21	World Development Report 1983	本	214	1	World Bank	"

№1～№16については、Ⅷ参考資料としてとりまとめた。

VI. QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE
ON
EAST JAVA POWER SYSTEM
EXPANSION PROJECT

DECEMBER, 1983

PRELIMINARY SURVEY TEAM
OF
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

I T E M	D E S C R I P T I O N	T A B L E N O .	
1. Economic indices	(1) GDP (2) Population (3) Mining, Manufacturing and Agricultural Product (4) Area	Table 1-1 Table 1-2	
2. Climatic condition	(1) Rain fall (2) Temperature (3) Relative humidity (4) Wind velocity (5) IKL (6) Earthquake	Table 2	
3. Organization of PLN	(1) Pusat & Local office		
4. Electric power demand	(1) Annual energy sold (2) Annual energy generated (3) Peak demand (4) Electrification ratio (5) BIS consumers (6) Waiting consumers (7) Numbers of consumers	Table 4-1-1 Table 4-1-2 Table 4-2 Table 4-3 Table 4-4-1 Table 4-4-2 Table 4-5 Table 4-6 Table 4-7-1 Table 4-7-2	

I T E M	D E S C R I P T I O N	T A B L E N O.	
5. Power Plant	(1) Type (2) Capacity (3) No. of unit	Table 5-1--2	
6. Transmission line	(1) Circuit length (2) Transmission system diagram in East Java (3) Load flow diagram in East Java	Table 6-1--2	
7. Substation	(1) Transformer - Capacity - No. of unit (2) Condenser - Capacity - No. of unit	Table 7-1--2 Table 7-3	
8. Distribution line	(1) Circuit length (2) Transformer - Capacity - No. of unit (3) No. of Poles (4) Condenser - Capacity - No. of unit	Table 8-1 Table 8-2 Table 8-3 Table 8-4	

I T E M	D E S C R I P T I O N	T A B L E N O.
9. Load dispatching and communication system	(1) East Java (2) Between Jakarta and East Java	
10. Power loss		Table 10
11. Fault records		Table 11
12. Supply voltage for consumers		Table 12
13. Operation records of substation and Power Plant		
14. Outline of 500 KV transmission line	(1) Transmission system diagram (2) Load flow diagram (3) Year of commissioning	
15. Specification of facilities	(1) Conductor (2) Cable (3) Transformer (4) Circuit breaker (5) Relaying system (6) Insulation coordination (7) Neutral grounding system	

I T E M	D E S C R I P T I O N	T A B L E N O.	
16. Miscellaneous	(1) Tariff system of PLN (2) No. of employees of PLN (3) Existing condition of Roads in East Java (4) Existing condition of labor force for construction and maintenance works in East Java (5) Annual report of PLN (6) Private owned power plants in East Java	Table 16-6	
17. Relevant information and data relating to the East Java power system expansion Project			

Ⅶ. 現地訪問先リスト

No	機 関 名	氏 名	職 位	所 属
1	在ジャカルタ日本大使館	菅原 彰	二等書記官	
2	JICA ジャカルタ事務所	山村 寛 杉原 敏雄	所 長	
3	在スラバヤ日本総領事館	横川 寿明	総 領 事	
4	PLN Pusat (電力公社本部)	Ketut Kontra K, Samadikuu	Director of Planning Deputy Director of General Planning	Planning Dept "
		Satya P.Setiadh Adhi Satriya	Chief of General Planning Div. System Planning Enginaer	" "
5	PLN East Java Transmission Praject (電力公社東部ジャワ送電線) 建設プロジェクト)	Ria Simatupang Gumirang A.Sjafile	Project Manager Chief of Planning Chief of S/S.T/L Planning/ Design	Planning Dept "
		Hardjoko Bambang Heran Yanto	Power System Engineer	" Operation Dept
6	PLN Distribution East Java (電力公社東部ジャワ配電網事 務所)	Djoko Soemarno Hartoyo	Manager Chief of System Planning	
7	Gresik 火力発電所	MUKhtar Azis	Superintendent	
8	Perak 火力発電所	Syamsui Bahri	Superintendent	

