

マラウイ共和国  
ンクラBーリロングウェB送電線建設計画  
事前調査報告書

1989年1月

国際協力事業団

鉦計資

J R

89-81



JICA LIBRARY



1073394[7]

19035



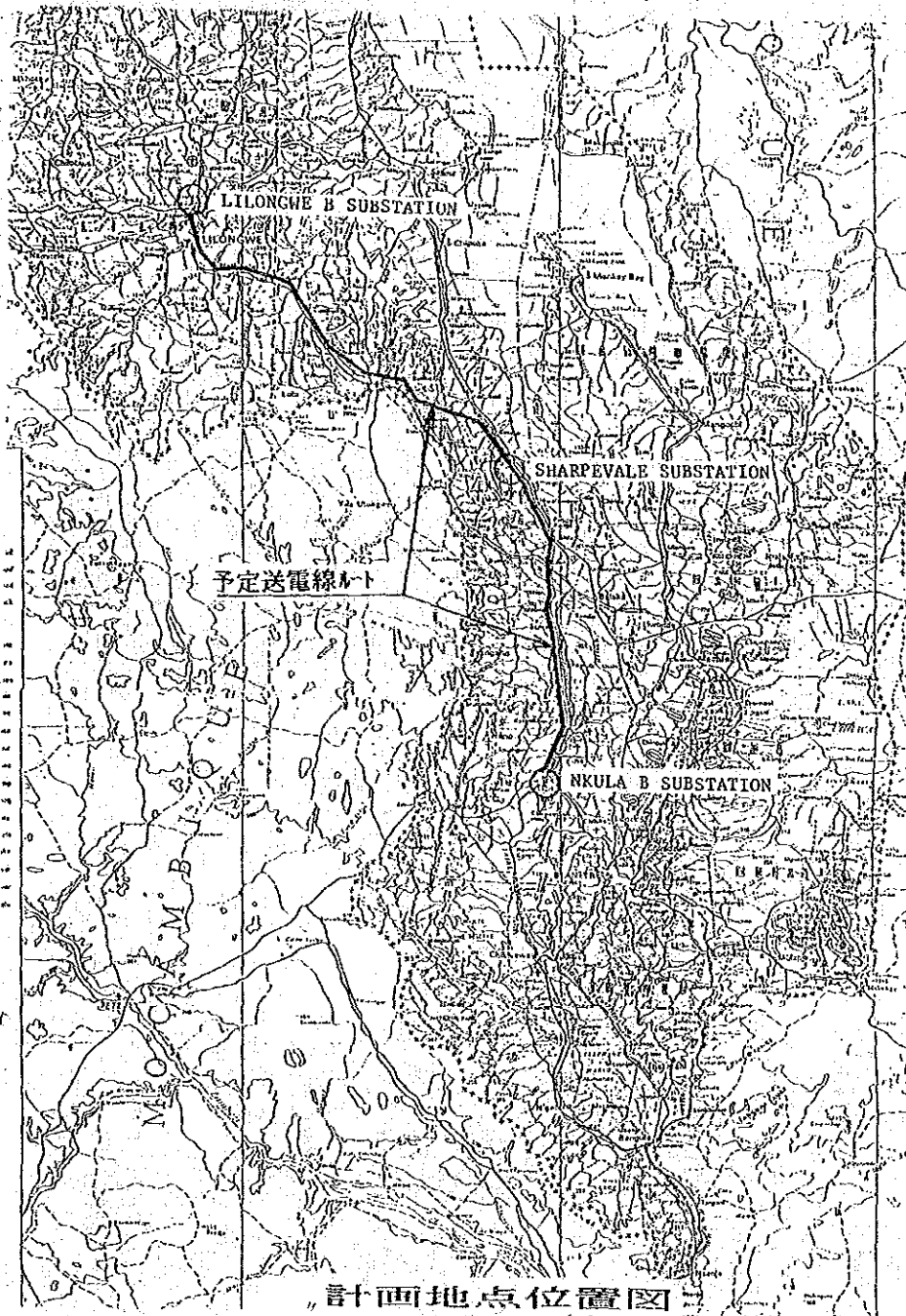
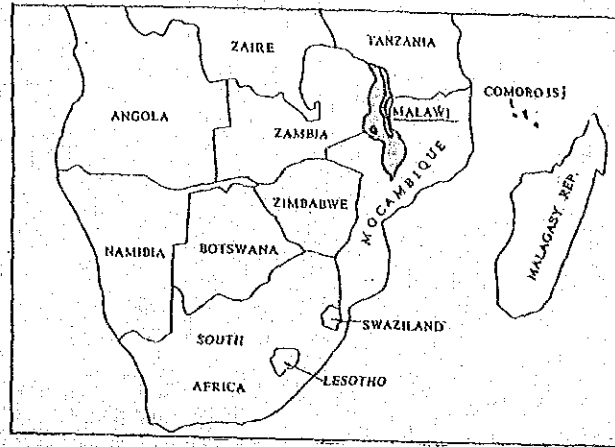
マラウイ共和国  
ンクラBーリロングウェB送電線建設計画  
事前調査報告書

1989年1月

国際協力事業団

国際協力事業団

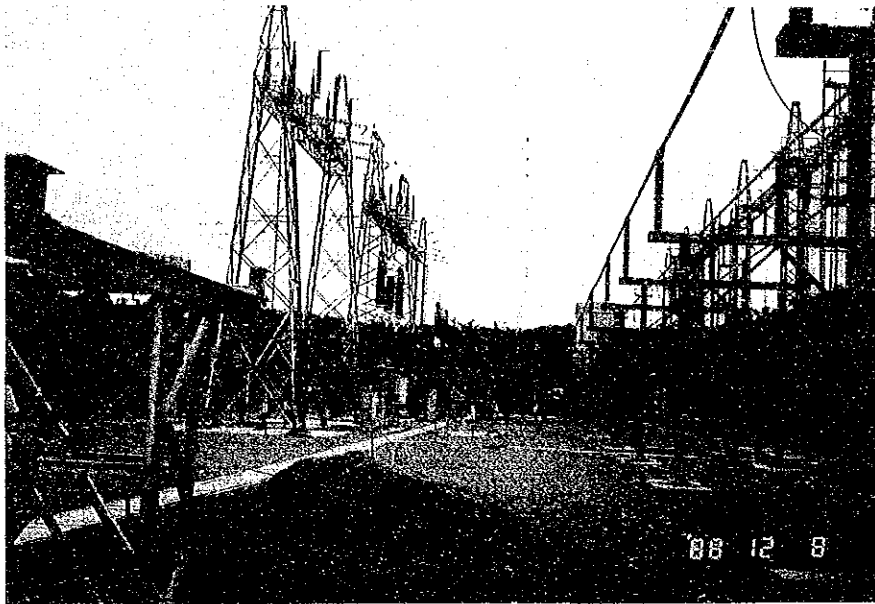
19035



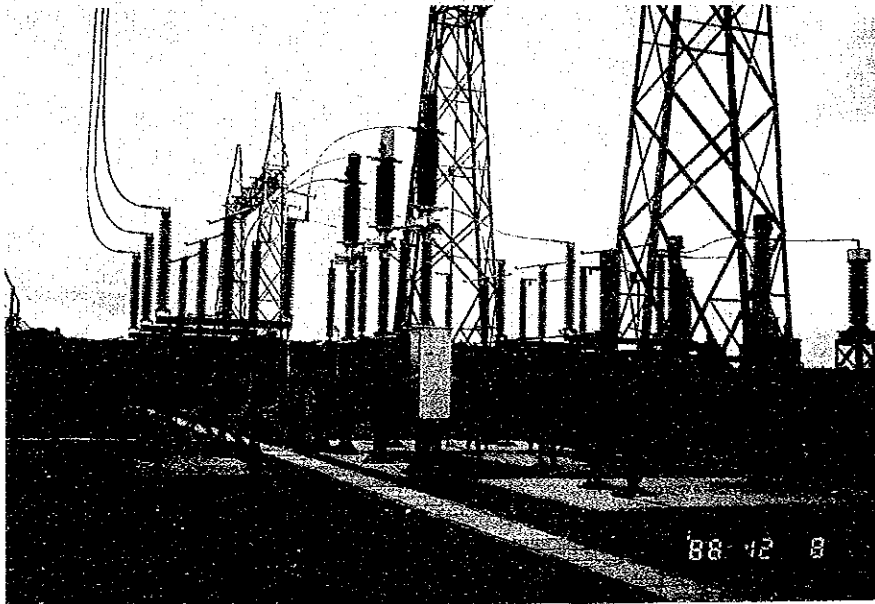
計画地点位置図



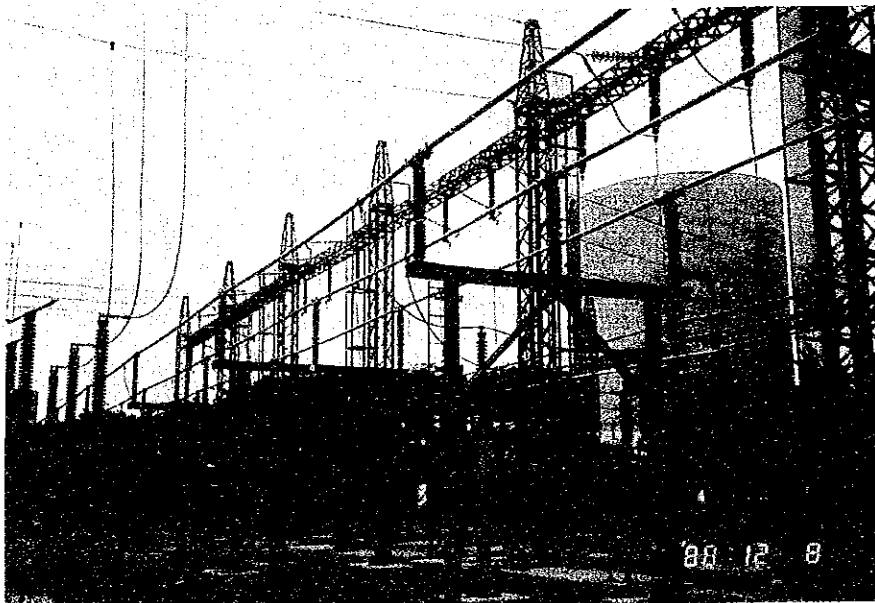




既設ンクラB変電所設備（増設予定個所より眺む）

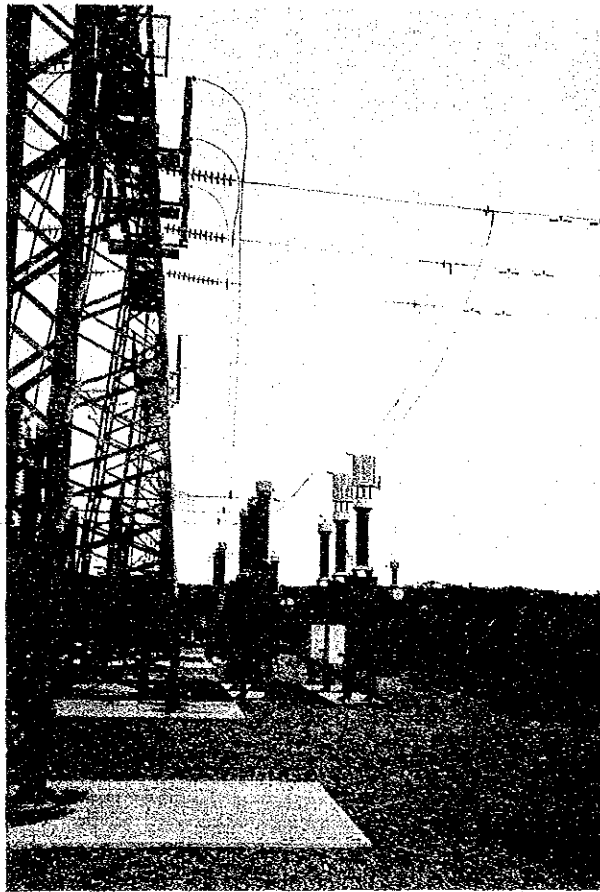


既設ンクラB変電所設備（送電線引込口）

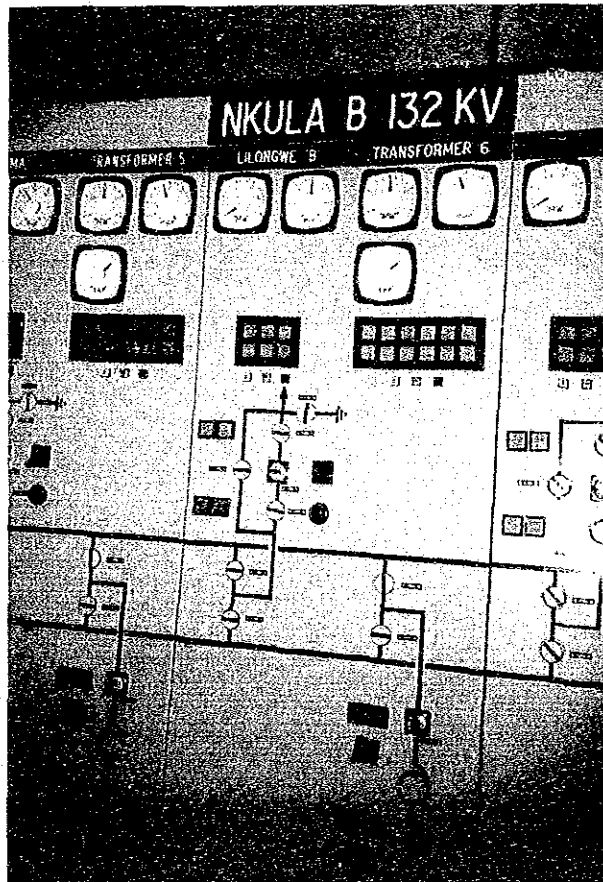


既設ンクラB変電所設備（132kV母線）



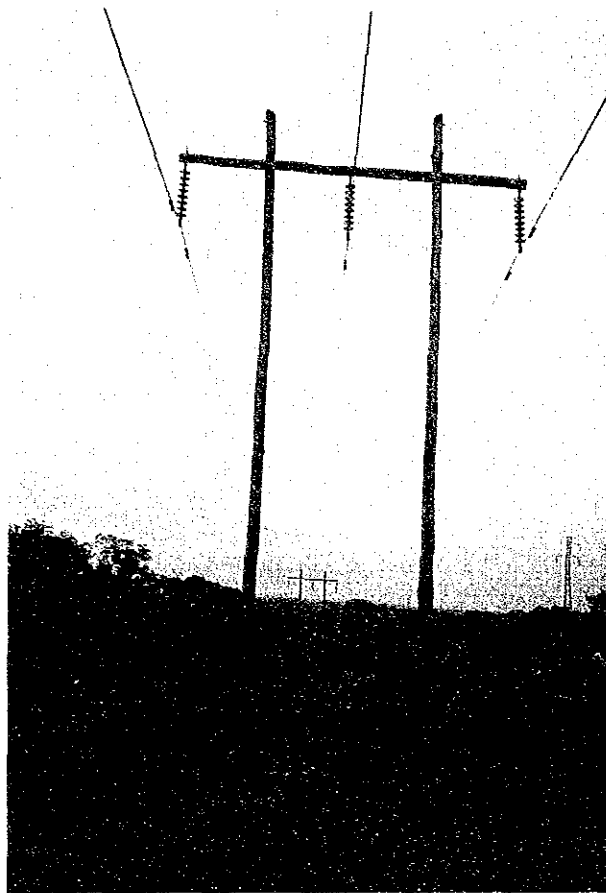


既設ンクラ B 変電所設備 (送電線引込口)



既設ンクラ B 変電所制御盤





既設 132kV 送電線（左側木柱）及び 66kV 送電線（右側鉄塔）



既設 132kV 及び 66kV 送電線（M6 道路より眺む）





シャープペール変電所予定地点付近 (M17 道路より眺む)



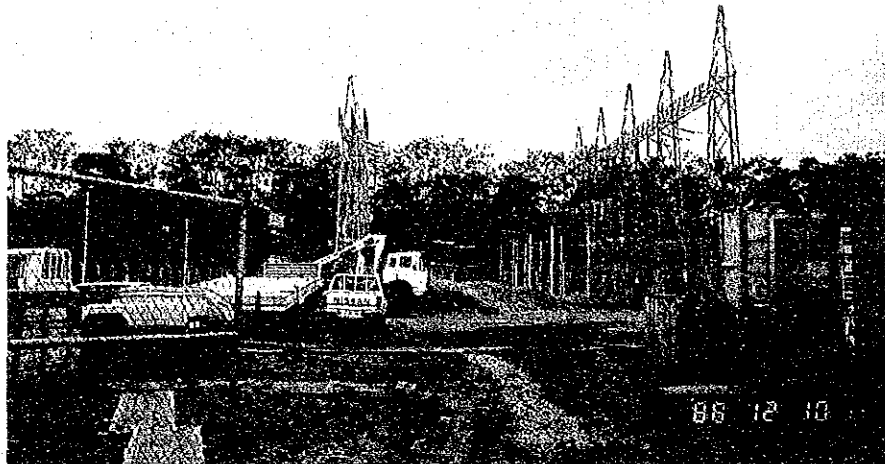
新設 132kV 送電線山岳縦横断個所 (ゴロモティ道路より眺む)



新設 132kV 送電線山岳縦横断個所 (ゴロモティ道路より眺む)



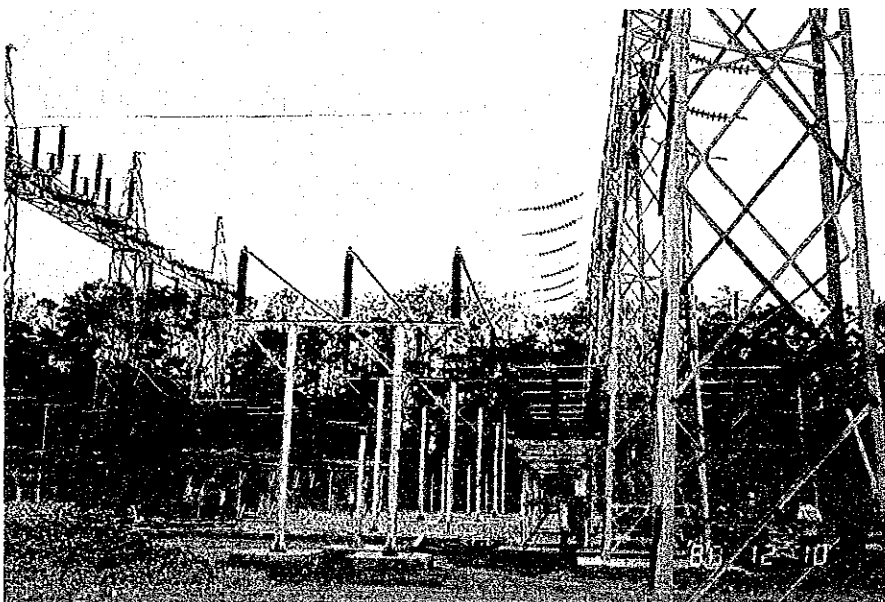




既設リロングウェ B変電所設備 (入口より眺む)

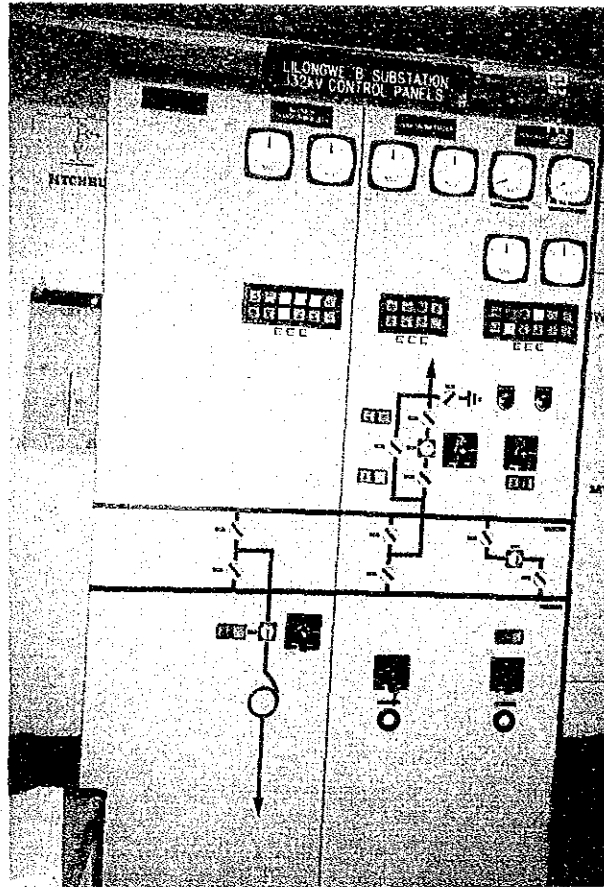


既設リロングウェ B変電所 132kV 送電線引込口

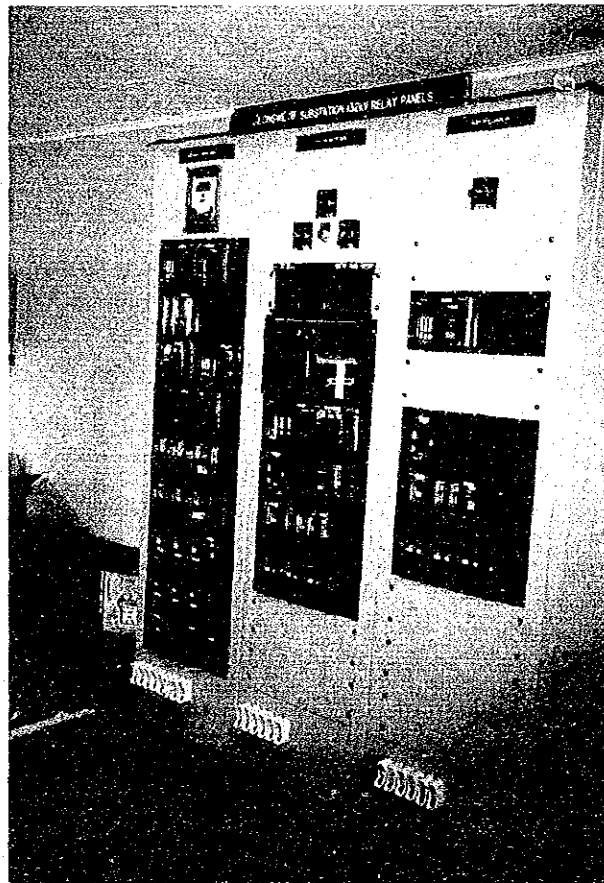


既設リロングウェ B変電所設備 (132kV 母線)





既設リロングウェ B変電所制御盤



既設リロングウェ B変電所保護継電器盤





S/W署名



S/W署名



S/W署名



# 目 次

計画地点位置図

写 真

1. 総 論 .....	1
1.1 調査の目的 .....	1
1.2 要請の背景とマラウイ共和国の概要 .....	1
1.2.1 要請の背景 .....	1
1.2.2 マラウイ共和国の概要 .....	1
1.3 調査団員及び調査日程 .....	3
1.4 調査結果の概要 .....	5
1.4.1 送電線建設計画の背景と必要性 .....	5
2. S/Wの協議及び合意の内容 .....	16
2.1 S/W協議 .....	16
2.2 合意したS/W及びS/W協議議事録の内容 .....	16
3. 現地調査 .....	27
3.1 アクセスの状況 .....	27
3.2 地形及び現地の状況 .....	29
3.2.1 地 形 図 .....	29
3.2.2 現地の状況 .....	29
3.3 現地の気象 .....	29
4. F/S調査実施に当たっての留意事項 .....	31
5. ESCOMの組織 .....	33
6. 収集資料リスト .....	35
7. 質問表及び回答 .....	36
8. 現地訪問先及び訪問者リスト .....	69





# 1. 総 論

## 1.1 調査の目的

マラウイ共和国政府は、同国の中部、北部への電力の安定供給と将来の電力需要増に対応するため、同国南部シレ川流域の水力発電開発地点と中部、北部を結ぶ送電線建設計画のフィージビリティ調査（以下F/S調査という）に関する技術協力を日本政府に要請した。

今回の調査は、この要請に対し、(1)現地踏査、(2)既存関連資料の収集、(3)マラウイ側関連機関との打合せを行い、F/S調査のScope of Work（以下S/Wという）として取りまとめ、調印することを目的とした。

## 1.2 要請の背景とマラウイ共和国の概要

### 1.2.1 要請の背景

マラウイ共和国では、現在総発電設備容量169 MWの内86%に当たる144.6 MWが水力発電で、これらの水力発電所は同国南部のシレ（Shire）川流域に集中しており、ここでの発生電力をマラウイ国全土に供給している。

特に、同国中部（特に首都リロングウェ（Lilongwe））及び北部地域には現在ンクラ（Nkula）A発電所から66 kV送電線1回線（送電容量：5 MW，鉄塔）とンクラB発電所から132 kV送電線1回線（送電容量：20 MW，木柱）のみで電力を供給しているため、132 kV送電線に事故が発生した場合には極端な負荷制限と非経済的な予備ディーゼル発電機の運転を強いられている。

このため、マラウイ政府は同国の中部、北部への電力の安定供給と将来の電力需要増に対応するため、シレ川流域の電源開発をさらに進めるとともに送変電設備の増強計画を国家のエネルギー政策として優先して進めている。

その政策の一環として、マラウイ政府はシレ川流域のンクラB発電所と同国中部の首都リロングウェを結ぶ送電線約260 kmの新設及び変電所の新・増設計画を進めるため我が国に対して昭和63年7月に本件フィージビリティ調査を要請してきたものである。

### 1.2.2 マラウイ共和国の概要

#### 1) 地勢・気候

マラウイ共和国はアフリカ大陸の東側南方に位置し、北部国境をタンザニア連合共和国、東部国境をタンザニア連合共和国及びモザンビーク人民共和国と接し、西部国境をモザンビーク人民共和国及びザンビア共和国に接した内陸国である。首都は中部のリロングウェである。国土は南北約800 km，東西約145 kmにわたり、その国土面積は約118,000 平方キロメートル（北海道の1.4倍）で南北に細長い国である。ま

た、国土の東部沿いに南北に細長いマラウイ湖（淡水湖）が国土の2割を占めている。マラウイ湖（水面標高474 m）に沿った地域は平坦地、マラウイ湖の西および南側は高原台地になっており、両高原台地が1,000 m～2,000 mの高さで続いている。

気候は、熱帯サバンナ気候帯に属する。気温と降雨量は36 mから3,048 mに至る標高によって大きく変化する。

季節はだいたい雨季と乾季に分かれ、雨季は11月～4月、乾季は5月～10月に至る。平均年間降雨量は約1,100 mm、乾季の平均気温は20℃、雨季はずっと暑く約27℃である。

## 2) 人口、経済、政治

人口は、1986年現在で約728万人で、過去10年間の人口増加率は年平均約3%で、サハラ以南のアフリカ諸国の3%と同じとなっている。人口密度は62人/平方キロメートルである。

農業は、マラウイ共和国の基幹産業であり、就業人口の80%以上が農業に従事している農業国である。政府は農業開発重点政策をとり、西欧自由主義諸国の経済・技術援助を積極的に取り入れて食糧の高い自給率を維持してきたが、1987年は干ばつその他の天災による被害と、隣国モザンビークの政情不安に起因するモザンビークからの約50万人の難民のために食糧の自給率は低下した。主要農産物はタバコ、紅茶、綿花、ピーナツ、桐油、コーヒー、砂糖、キビ及びメイズである。

工業は、独立以来順調な発展を遂げてきたが、国内市場規模が小さいこととモザンビーク経由の輸送ルートが中断されて以降、原料や資材のコスト高が製品の競争力を低下させている。主な工業生産物は繊維、石けん、製紙、砂糖、ビール、マッチ及びセメントである。

国民総生産（GNP）は1984年11.4億ドル、1人当たりのGNPは180ドルであったが、1986年にはGNPは11.6億ドル、1人当たりのGNPは160ドルとマイナス成長に逆転した。経済の不振の一因は気象条件の不順による農業生産高の減少にもあったが、大きな原因はモザンビーク経由の輸送ルートが中断されて以降、輸出入の抑制が続けられたことである。

内政、外交面で見ると、非同盟政策をとっているものの、その外交政策は現実的で穏健な善隣友好をかかげ西欧自由主義路線をとり、順調な経済発展を背景に政情は安定している。

1964年7月に英連邦の一員として独立、1966年に共和制に移行した。大統領は独立以来ヘースティング・カムズ・バンダー博士で1971年、終身大統領の地位が与えられている。バンダー大統領の強力なリーダーシップにより、他国に見られるような部族の対立や反目は少ない。また、同大統領の質実な性格を反映し頹廢的

な風俗は禁止され、反西欧的空気もない。治安も比較的良く、平和でおだやかな国である。

### 1.3 調査団員及び調査日程

調査団員は表-1.1のとおりである。また、調査期間は昭和63年12月2日から12月18日までの17日間で、その間の日程は表-1.2のとおりである。プロジェクトサイトの踏査は12月7日から12月11日の5日間にわたって実施した。

表-1.1 調査団員

	氏名	担当	所属
団長	野田 隆司	総括	JICA 鉱工業計画調査部資源調査課課長代理
団員	伊関 晴	送電行政	通産省資源エネルギー庁公益事業部技術課 通商産業技官
"	柴田 信二	業務調整	JICA 鉱工業計画調査部資源調査課職員
"	出水 倬	送電計画及び 系統解析	東電設計株式会社海外電気部次長

表-1.2 調査日程

日順	月/日	曜日	行程	交通手段	宿泊地	調査内容
1	12/2	金	東京→アムステルダム	航空機	アムステルダム	移動
2	3	土	アムステルダム	〃	機中	〃
3	4	日	→リロングウェ	〃	リロングウェ	〃
4	5	月	リロングウェ→ブランタイア	車 航空機	ブランタイア	大統領府経済計画開発局, 大統領府法定企業局及び大蔵省表敬, 移動
5	6	火	ブランタイア	車	ブランタイア	JICA事務所, ESCOM表敬及びS/W説明
6	7	水	ブランタイア→ンクラB発電所 →ブランタイア	〃	ブランタイア	ESCOMとS/W協議, 質問書の確認 ンクラB発電所調査
7	8	木	ブランタイア→シャープベール →リロングウェ	〃	リロングウェ	送電線ルート調査, シャープベール変電所予定地点調査
8	9	金	リロングウェ→サリマ →リロングウェ	〃	リロングウェ	サリマ変電所調査, 資料収集整理
9	10	土	リロングウェ→ゾンバ (Zomba)	〃	ゾンバ	送電線ルート調査
10	11	日	ゾンバ→ブランタイア	〃	ブランタイア	マバンガ (Mapanga) 変電所調査, 資料収集整理
11	12	月	ブランタイア	〃	ブランタイア	ESCOMとS/W協議, 資料収集整理
12	13	火	ブランタイア→リロングウェ	車 航空機	リロングウェ	S/Wの修正, 資料収集, JICA事務所報告, 移動
13	14	水	リロングウェ	車	リロングウェ	大統領府経済計画開発局, 大蔵省及びESCOMとS/W最終協議署名
14	15	木	リロングウェ→ナイロビ	車 航空機	ナイロビ	移動
15	16	金	ナイロビ *ナイロビ→ →フランクフルト ←	車 航空機 *航空機	ナイロビ *機中	大使館及びJICA事務所報告 *移動
16	17	土	ナイロビ ←*東京 →ロンドン	航空機	機中	移動 *移動
17	18	日	←東京	航空機		移動

注: \*印は出水団員の日程

## 1.4 調査結果の概要

### 1.4.1 送電線建設計画の背景と必要性

#### 1) マラウイ共和国の電力事情

マラウイ共和国の電力を供給しているマラウイ電力公社 ESCOM (Electricity Supply Commission of Malawi) 1988年12月現在の総発電設備容量は169 MWである。このうち88%に当たる144.6 MWが水力発電で、残り14%に当たる24.4 MWがガスタービン1台(15 MW)と小規模のディーゼル発電機20台で構成されている。

水力発電所は全て同国南部のシレ(Shire)川流域に集中しており、ここでの発生電力をマラウイ共和国全土に供給している。

石油、ガスを全て輸入にたよっているマラウイ共和国では石油等の輸入を減らし、外貨の消費を制限する意味で、開発可能な国内の水力エネルギーを開発することが国家のエネルギー政策として重要視され、既に各種のスタディーが実施され水力発電開発計画が進められている。

また、水力発電開発計画と平行して、全国の電力供給系統(送変電設備)の拡充計画も将来の電力需要増及び電力の安定供給のために進められている。

表-1.3, 1.4 及び1.5 は1988年12月現在の ESCOM の発電設備, 送配電設備及び変電設備をそれぞれ示している。

表-1.3 発 電 設 備

形 式	位 置	運開年度	出 力 (kW)	台 数	合計出力 (kW)
水 力	Tedzani Falls	1973	10,000	2	40,000
		1976	10,000	1	
		1977	10,000	1	
水 力	Nkula Falls A	1966	8,000	2	24,000
		1967	8,000	1	
水 力	Nkula Falls B	1980	20,000	2	80,000
		1981	20,000	1	
		1986	20,000	1	
水 力	Zomba	1953	300	1	600
		1954	300	1	
水力合計					144,600
ガスタービン	Blantyre	1975	15,000	1	15,000
ディーゼル	Lilongwe	1972	3,000	1	5,400
		1980	1,300	1	
		1978	1,100	1	
ディーゼル	Kasunga	1972	85	2	360
		1974	85	1	
		1979	105	1	
ディーゼル	Mtunthama	1980	240	1	900
		1981	235	1	
		1981	120	1	
		1981	65	1	
		1984	240	1	
ディーゼル	Mzuzu	1974	250	1	2,200
		1975	150	1	
		1980	1,100	1	
		1983	700		
ディーゼル	Karonga	1980	120	2	560
		1982	120	1	
		1984	200	1	
ディーゼル合計					9,420
合計発電設備容量					169,020

出典：ESCOMの回答書による（資料-2 回答参照）。

表-1.4 送配電線設備

	南 部	中 部	北 部	その他	合 計
架空 132kV(km)	52.35	175.57	-	-	227.92
架空 66kV(km)	347.51	502.43	121.30	-	971.24
架空 33kV(km)	856.33	331.79	111.85	-	1,299.97
架空 11kV(km)	783.59	581.43	162.69	85.65	1,613.36
架空 400/230 V (km)	683.14	465.97	140.57	28.85	1,318.53
地中 33kV(km)	2.21	0.02	-	-	2.23
地中 11kV(km)	48.97	19.94	1.92	0.23	71.06
地中 400/230 V (km)	50.22	58.03	7.81	1.43	117.49

出典：ESCOMのAnnual Report, 1986.

表-1.5 変電設備(kVA)

	南 部	中 部	北 部	その他	合 計
昇圧用 (11/132 kV)	50,000	-	-	-	50,000
昇圧用 (11/66 kV)	126,000	-	-	-	126,000
昇圧用 (0.4/3.3/11 kV)	-	3,100	3,000	1,000	7,100
遜圧用 (33/11 kV)	64,500	3,500	5,550	-	73,550
遜圧用 (33/0.4/0.23kV)	25,666	4,685	1,175	-	31,526
遜圧用 (11/0.4/0.23kV)	112,435	61,372	6,050	996	180,853
遜圧用 (66/11 kV)	64,000	43,000	-	-	107,000
遜圧用 (66/33 kV)	90,000	5,000	10,000	-	105,000
遜圧用 (132/66 kV)	50,000	25,000	-	-	75,000
合 計	582,601	145,657	25,775	1,996	(756,029)

出典：ESCOMのAnnual Report, 1986.

a) 電力消費量の推移

ESCOMの電力系統における過去5年間の各カテゴリー別電力消費量は、表-1.6及び図-1.1のとおりである。

表-1.6 電力消費量の推移

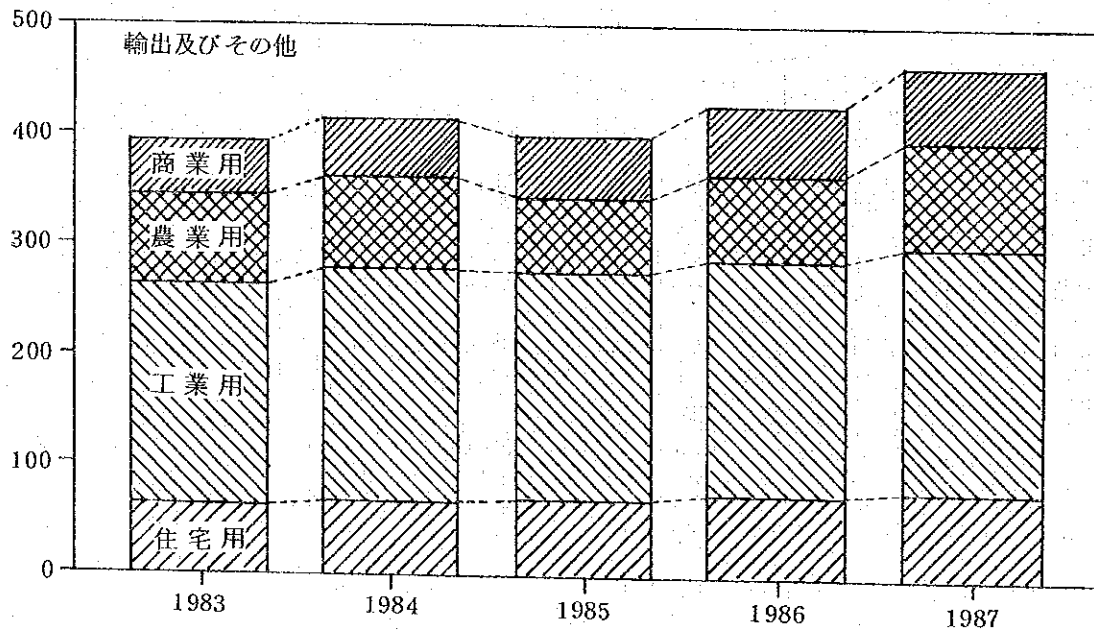
(単位: GWh)

種別 \ 年度	1983	1984	1985	1986	1987
住宅用	62,849	65,865	67,478	74,205	77,248
工業用	200,235	212,293	207,751	214,283	223,610
農業用	81,873	83,798	67,264	77,134	95,716
商業用	47,666	51,405	56,054	62,634	69,083
輸出及びその他	1,252	1,591	1,094	704	0
合計	393,875	414,952	399,641	428,960	465,657

出典: ESCOMの回答書による(資料-2, 回答参照)。

図-1.1 電力消費量の推移

単位: GWh



出典: ESCOMの回答書による(資料-2, 回答参照)。



b) 最大負荷の推移

ESCOMの電力系統における過去5年間の最大負荷（ピーク負荷）は、表-1.7及び図-1.2のとおりである。

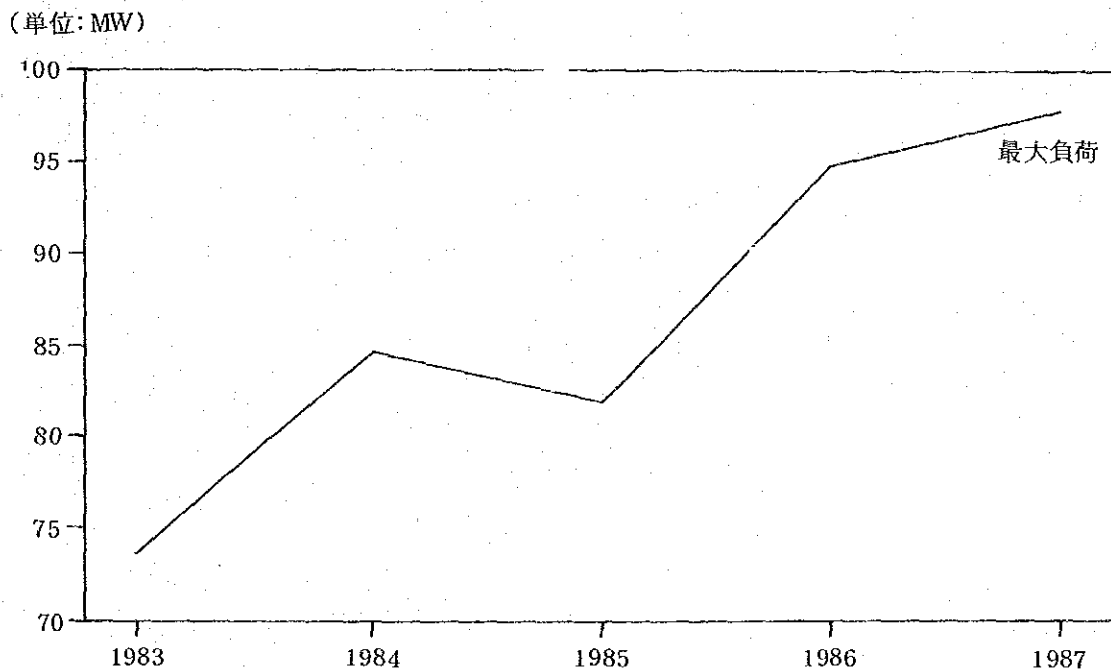
表-1.7 最大負荷の推移

(単位: MW)

項目 \ 年度	1983	1984	1985	1986	1987
最大負荷	73.4	84.6	81.8	94.8	97.8

出典；ESCOMの回答書による（資料-2，回答参照）。

図-1.2 最大負荷の推移



出典；ESCOMの回答書による（資料-2，回答参照）。

c) 電力需要予測

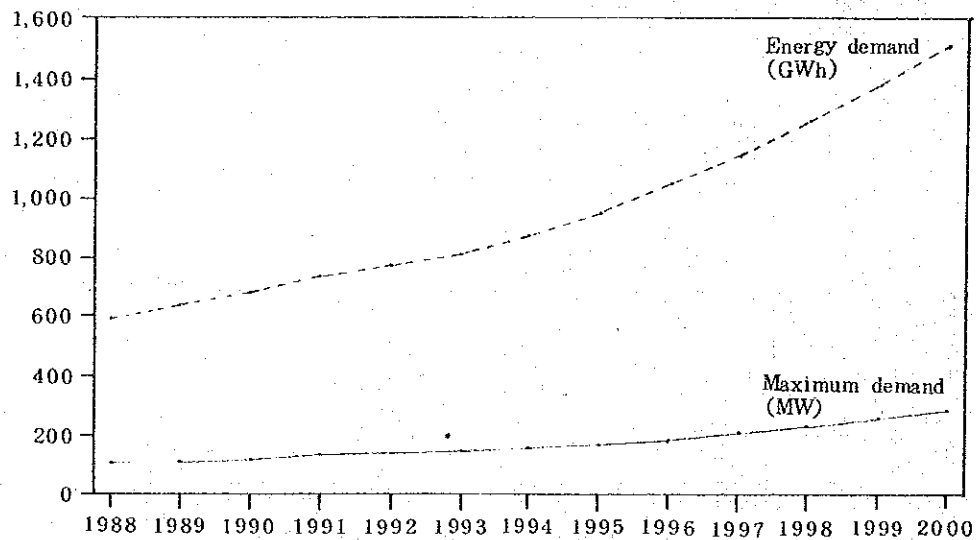
マラウイ共和国の電力需要予測は、1984/85年の“Power Development Study (Ref. 1)”で実施され、その後1986年後半に“Preliminary ESCOM Capacity Utilization Study (Ref. 2)”で更新後、1988年4月に実施された“STUDY TO UPDATE ESCOM'S LEAST COST DEVELOPMENT PROGRAMME”でさらに更新された。これによると2000年までのESCOM電力系統の需要予測は表-1.8及び図-1.3のとおりである。

表-1.8 2000年までのESCOMの需要予測

Year	Maximum demand(MW)	Energy demand(GWh)	Load factor(%)
1988	105.9	592.6	63.9
1989	114.1	636.6	63.7
1990	122.3	678.4	63.3
1991	133.4	736.1	63.0
1992	139.6	771.4	63.1
1993	146.3	808.5	63.1
1994	158.2	873.4	63.0
1995	172.3	949.3	62.9
1996	190.6	1,045.5	62.6
1997	209.6	1,144.5	62.3
1998	230.4	1,254.0	62.1
1999	253.6	1,375.8	61.9
2000	279.5	1,511.7	61.7

図-1.3 2000年までのESCOMの需要予測

単位：GWh, MW



出典：Final Report of the Study to update ESCOM's Least Cost Development Programme, April, 1988.

この需要予測において1990年までは電力需要の年増加率6.6%、1990年代には年増加率8.6%となっている。また、国内総生産(GDP)の年平均成長率を2000年まで4%と推定している。同需要予測はGDPの年成長率を“低く”予想した場合と“高く”予想した場合(表-1.9参照)の感度分析を行っている。

これによると“低く”及び“高く”の場合、電力需要は2000年度において各々194.2 MW及び358.7 MWである。

表-1.9 GDP年成長率予想

Year	Low	Base	High
1987	2.3	2.3	2.3
1988	2.0	3.2	3.2
1989	2.2	3.5	3.9
1990	2.3	3.9	4.1
1991	2.5	4.6	4.3
1992	2.6	4.0	4.5
1993	2.8	4.0	4.7
1994	2.9	4.2	4.9
1995	3.1	4.4	5.1
1996	3.2	4.4	5.4
1997-2005	3.2	4.0	5.4

出典: Final Report of the Study to update ESCO  
 ESCOM's Least Cost Development  
 Programme, April, 1988.

## 2) プロジェクトの必要性

### a) 首都リロングウェの電力事情と本プロジェクトの必要性

首都リロングウェの電力は、現在66 kV送電線1回線(132 kV設計)でサリマ(Salima)変電所を經由してンクラB変電所から供給され、1987年の最大負荷は17 MWを越えている。

ンクラB変電所及びサリマ変電所間の132 kV送電線又はサリマ変電所及びリロングウェB変電所間の66 kV送電線で事故が発生して電力供給ができない場合には、ンクラA変電所及びリロングウェB変電所間(巨長約260 km)の66 kV送電線1回線に切り替えるとともにリロングウェA発電所の非常用ディーゼル発電機(総出力: 5,400 kW)を運転して対処している。この場合の電力供給能力は10 MWにも満たない。

さらに、リロングウェB変電所の増強計画を実施しなかった場合には、1991年

のリロングウェ B 変電所端でピーク負荷時において許容電圧ドロップ値を超過することが懸念されている。ちなみに、1990年のピーク負荷時においてンクラ-サリマ-リロングウェ間の132 kV送電線の電圧ドロップは13.2%となり変圧器最高タップ許容リミットぎりぎりとなることが予想されている。

以上の現状を憂慮してマラウイ政府は、首都リロングウェへの電力の安定供給と電圧の維持のために、本案件のンクラ B 変電所間の送電線1回線の建設計画を最優先して行うことを決定している。

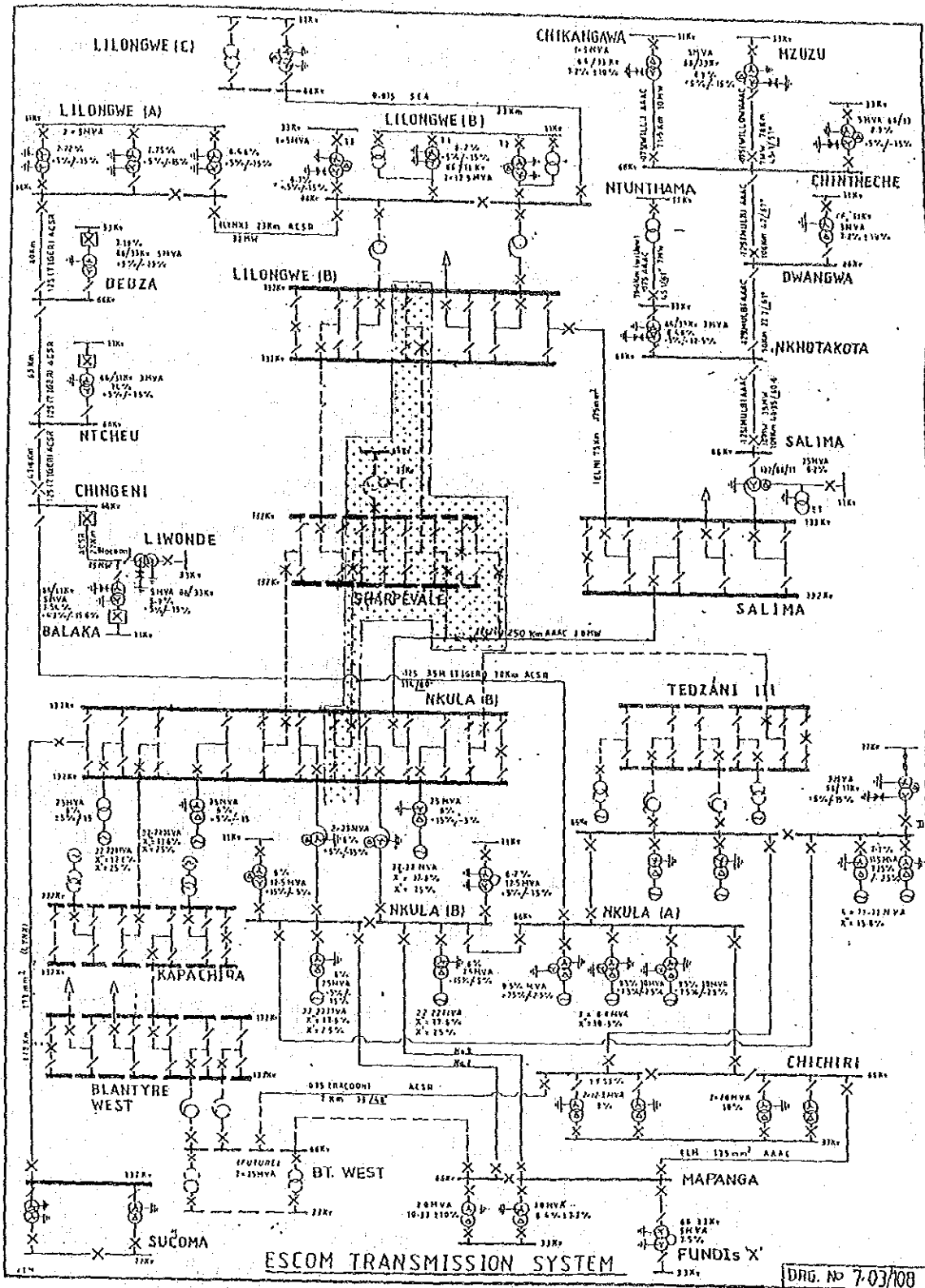
首都リロングウェにおける1987年から2000年までの電力需要予想は、表-1.10のとおりである。

表-1.10 首都リロングウェの電力需要予想

年 度	リロングウェの電力需要 (MW)
1987	17.19
1990	21.74
1993	27.40
1995	39.37
1997	49.82
2000	78.20

出典: Final Report of the Study to update ESCOM's  
Least Cost Development Programme, April, 1988.

また、図-1.4はESCOMの電力系統の現状と将来計画を示している。



- 実線 ..... 現状
- 点線 ..... 将来計画
- ..... 本プロジェクト範囲

図-1.4 ESCOM 電力システムの現状と将来計画

b) 本プロジェクトの計画概要

本プロジェクトは、マラウイ共和国南部のシレ(Shire)川流域の水力発電開発計画で発生した電力を中部地域・首都リロングウェ及び北部地域の電力需要増と電力の安定供給に対処するため計画された送電線建設計画で、現在次のような計画諸元が策定されている(資料-2参照)。

i) 送電線計画

- イ) 送電容量 : 30 MW (リロングウェ B 変電所端において)
- ロ) 電 圧 : 132 kV
- ハ) ル ー ト : シクラ B 変電所 - シャープベール変電所 -  
リロングウェ B 発電所
- ニ) 亘 長 : 約 260 km
- ホ) 回 線 数 : 1 回線(鉄塔は 2 回線鉄塔)
- ヘ) コンダクターサイズ : 力率 0.98 において電圧降下 10% 及び送電ロス 5% を許容できる仕様
- ト) 鉄塔の型 : 格子形鉄塔
- チ) 予定運転開始年度 : 1991 年

ii) 変電所新・増設計画

イ) シクラ B 変電所増設

- 132 kV 送電線 1 回線の引出し口の増設(開閉器類, 制御, 保護システム及び基礎を含む。)
- 132 kV バイブ母線の増設
- 予定運転開始年度: 1991 年

ロ) リロングウェ B 変電所増設

- 132 kV 送電線 1 回線の引出し口の増設(開閉器類, 制御, 保護システム及び基礎を含む。)
- 132 kV バイブ母線の増設
- 予定運転開始年度: 1991 年

ハ) シャープベール変電所新設

- 変電所出力: 25 MVA
- 変圧器容量: 3 φ, 132/66/33 kV, 25 MVA 1 台
- 設備規模

132 kV 側

- 母線方式 : 2 重母線(バイブ母線)
- 送電線引出口 : 4 区画(4 回線)

- 母連設備 : 1 区画
- 主要変圧器 1 次側 : 1 区画

66 kV 側

- 母線方式 : 単母線 ( バイブ母線 )
- 送電線引出口 : 2 区画 ( 2 回線 )
- 主要変圧器 2 次側 : 1 区画

33 kV 側

- 屋内, キュービクルタイプ開閉設備
- キュービクル数 : 5 面

その他

- 制御・保護システム : 1 式
- 所内電源設備 : 1 式
  - \* 1      \* 2
- SCADA 及び PLC 設備 : 1 式
- コントロールビルディング : 1 式
- 基礎工事 : 1 式
- 予定運転開始年度 : 1991 年

備考 : \* 1 : Supervisory Control and Data Acquisition System

\* 2 : Power Line Carrier System

## 2. S/Wの協議及び合意の内容

### 2.1 S/W協議

本調査団は、昭和63年12月5日に日本より持参したS/W原案をマラウイ共和国大統領府経済計画開発局に説明するとともに12月6日にマラウイ側カウンターパート機関 ESCOM側に提示し、内容説明を行った。12月7日にS/W内容についてESCOM側と協議するとともに本格調査(F/S)対象プロジェクト範囲を確認した。

プロジェクト範囲を確認後、調査団は現地踏査を12月7日午後より12月11日まで実施した。現地踏査終了後の12月12日に再びESCOM側とS/W内容について出発前の各省会議での対処方針、現地の実状及び現地踏査結果を踏まえてESCOM側と協議した結果、一部の修正を経て12月14日の大統領府経済計画開発局、大蔵省及びESCOMとの合同会議で合意に達し、署名した。

一部修正の主要点は次のとおりである。

- 1) プロジェクトの名称については、より明確にした案件名にしたいとのESCOM側からの要望を受け、以下の名称に変更することで双方合意した。

“NKULA B-LILONGWE B TRANSMISSION LINE CONSTRUCTION PROJECT”

- 2) 本格調査(F/S)の調査対象範囲は、以下のとおりとすることで双方合意した。
  - a) ンクラ(Nkula)B変電所からリロングウェ(Lilongwe)B変電所に至る132kVの送電線1回線の建設、ただし将来2回線にする計画があるので、鉄塔については、2回線用鉄塔にするか1回線用鉄塔にするか比較検討を含むこと。
  - b) ンクラ(Nkula)B変電所の増設
  - c) リロングウェ(Lilongwe)B変電所の増設
  - d) シャープベール(Sharpevale)変電所の新設
- 3) 本格調査作業工程については、資料等の整備状況、現地踏査結果及びESCOM側からの早期建設工事着工を望んでいることを考慮して国内作業を当初案より1ヶ月短縮できると判断し、全体工程を6ヶ月とすることで双方合意した。

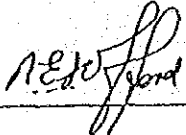
### 2.2 合意したS/W及びS/W協議議事録の内容

今回合意に至ったS/W及びS/W協議議事録(以下M/Mという)については、以下にその全文を掲載する。

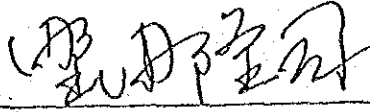


SCOPE OF WORK  
FOR  
THE FEASIBILITY STUDY  
ON  
NKULA B - LILONGWE B: TRANSMISSION LINE  
CONSTRUCTION PROJECT  
IN  
THE REPUBLIC OF MALAWI  
AGREED UPON BETWEEN  
THE ELECTRICITY SUPPLY COMMISSION OF MALAWI  
AND  
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

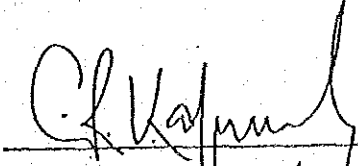
LILONGWE, 14<sup>th</sup> DECEMBER, 1988

  
Mr. ROLAND E. G. OFFORD

*General Manager.*  
THE ELECTRICITY SUPPLY  
COMMISSION OF MALAWI

  
Mr. Takashi NODA  
Leader of the Japanese  
Preliminary survey Team

THE JAPAN INTERNATIONAL  
COOPERATION AGENCY

  
Mr. Charles D. Nthenda  
SENIOR DEPUTY SECRETARY  
DEPARTMENT OF ECONOMIC PLANNING  
AND DEVELOPMENT

FOR THE GOVERNMENT OF MALAWI

I. INTRODUCTION

In response to the request of the Government of the Republic of Malawi (hereinafter referred to as "Malawi"), the Government of Japan decided to implement the Feasibility Study (hereinafter referred to as "the Study") on Nkula B - Lilongwe B Transmission Line Construction Project (hereinafter referred to as "the Project"), in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan.

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

The present document sets forth the Scope of Work with regard to the Study.

II. OBJECTIVE OF THE STUDY

The objective of the Study is to formulate optimum project plan and assess technical, financial and economic feasibility of the Project.

III. SCOPE OF THE STUDY

The works required for the 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
  - Power Development program and power network expansion 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 computer-aided load forecast methodology compatible with variation of forecasting factors
2. Peruse and review the present, on-going and formulated systems programs and previous studies for power generation, transmission, substation, distribution, load dispatching and communication systems.
3. Study of the Implementation Program
- 3.1 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

3.2 Substation/switchyard

- 1) Survey and selection of optimum substation/switchyard sites considering interconnections from existing substation/switchyard and transmission lines
- 2) Survey and expansion plan of existing substation/switchyard
- 3) Study of design criteria and recommendation for standardization of facilities
- 4) Study of insulation coordination
- 5) Determination of substation capacity
- 6) Study of protective relaying system
- 7) Civil and building requirement
- 8) Study of power loss reduction

4. Identification of the Bill of Quantities
5. Preparation of schedule of budgetary expenditure for the implementation program
6. Preparation of construction schedule, implementation schedule, and overall reports for the implementation program

12/30  
CRH

7. Economic and financial analysis of the Project

7.1 Economic Analysis

Computation of the Project cost, operation and maintenance costs, Cost Benefit analysis and calculation of Economic Internal Rate of Return, and sensitivity analysis

7.2 Financial Analysis

Determination of financial Project costs, cash flow, calculation of Financial Internal Rate of Return

IV. STUDY SCHEDULE

The study will be executed in accordance with tentative time schedule attached per Appendix I.

V. REPORTS

JICA shall prepare and submit the following reports in English to the Government of Malawi in accordance with tentative time schedule attached per Appendix I.

1. Inception Report (15 copies)

2. Draft Report (15 copies)

This report will summarize all works performed, the findings availed, conclusions and recommendation arrived at, and will provide necessary maps, plans and diagrams of the Project.

3. Final Report (30 copies)

VI. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF MALAWI

1. To facilitate the smooth conduct of the Study, the Government of Malawi shall take necessary measures:

1.1 to secure the safety of the Study team,

- 1.2 to permit the members of the Japanese study team to enter, leave and sojourn in Malawi for the duration of their assignment therein, and exempt them from alien registration requirements and consular fees,
- 1.3 to exempt the members of the Japanese study team from taxes, duties, and other charges on equipment, machinery and other materials brought into Malawi for the conduct of the Study,
- 1.4 to exempt the member of the Japanese study team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowance paid to the members of the Japanese study team for their services in connection with the implementation of the Study,
- 1.5 to provide necessary facilities to the Japanese study team for remittance as well as utilization of the funds introduced into Malawi from Japan in connection with the implementation of the Study,
- 1.6 to secure permission for entry into private properties or restricted areas for the conduct of the Study, if necessary,
- 1.7 to secure permission to take all data and documents (including photographs) related to the Study out of Malawi to Japan by the Study team,
- 1.8 to provide medical services as needed. Its expenses will be chargeable on members of the Japanese study team,
- 1.9 to facilitate prompt clearance through customs and inland transportation of equipment, materials and supplies required for the Study and of the personal effects of members of the Japanese study team.

2. The Government of Malawi 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 willful misconduct on the part of the members of the Japanese study team.
3. The Electricity Supply Commission of Malawi (hereinafter referred to as "ESCOM") shall act as counterpart agency to the Japanese study team and also coordinating body in relation with other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.
4. ESCOM shall, at its own expense, provide the Japanese study team with the following, in cooperation with other relevant organizations:
  - 4.1 available data and information related to the Study,
  - 4.2 counterpart personnel,
  - 4.3 suitable office space with necessary equipment both in Blantyre and in the vicinity of the Project site,
  - 4.4 credentials of identification cards,
  - 4.5 any other communication facilities during the execution of the Study, such as telephone, telex, radio communication, etc., if necessary,
  - 4.6 necessary labourers for the Study.
5. ESCOM shall provide necessary vehicles with drivers. The cost of which will be borne by the Japanese study team.

13/2/72

all

VII

UNDERTAKING OF JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures:

1. to dispatch, at its own expense, study teams to Malawi,
2. to pursue technology transfer to the Malawian counterpart personnel in the course of the Study.

VIII

CONSULTATION

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

1980. *LF*  
*CPK*



Appendix I TENTATIVE TIME SCHEDULE OF THE STUDY

~~Malawi~~ Malawi  
 Japan

Working Item	Month							
	1 Mar. '89	2 Apr.	3 May	4 Jun.	5 Jul.	6 Aug.	7 Sep.	8
1. Field Investigation	<del>Malawi</del>							
2. Analysis of Existing System								
3. Analysis and Preparation of Implementation Program								
4. Discussion of Draft Report								
5. Compilation of Final Report								
Reports								
1. Inception Report								
2. Draft Report								
3. Final Report								

180  
 CFB  
 CFB

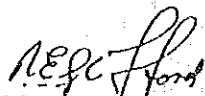
MINUTES OF THE MEETING

The preliminary survey team for the Nkula B - Lilongwe B: Transmission Line Construction Project dispatched by Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "the Team") visited the Republic of Malawi and had a series of discussions with ESCOM and the other authorities concerned with the Project from 06 December to 12 December 1988.

The following are the Minutes of Meetings related to the signed scope of work.

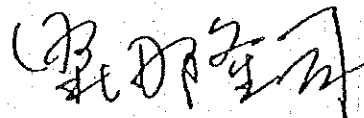
1. Both parties agreed upon the scope of work and Tentative Time Schedule.
2. Both parties agreed upon the scope of the Project for the study as follows:
  - a) Construction of transmission line from the Nkula B Power Station to the Lilongwe B substation.
  - b) Construction of a substation at Sharpevale.
  - c) Expansion of the substation at the Nkula B Power station and the Lilongwe B substation.

Signed 14 December 1988.



MR. ROLAND E. OFFORD

GENERAL MANAGER  
THE ELECTRICITY SUPPLY  
COMMISSION OF MALAWI



Mr. Takashi NODA  
Leader of the Japanese  
Preliminary survey Team  
THE JAPAN INTERNATIONAL  
COOPERATION AGENCY

### 3. 現 地 調 査

今回の現地調査は12月7日より12月11日の5日実施したが、調査の結果は次のとおりである。

なお、マラウイ側の同行者は次のとおりである。

- 大統領府経済計画開発局：Mr. L. S. C. Siwande (Economist)
- ESCOM : Mr. Machewere (Senior Project Engineer)

#### 3.1 アクセスの状況

アクセスの状況については図-3.1に示しているが、その状況を要約すると次のとおりである。

- 1) 首都リロングウェから南部主要都市でESCOMの本社があるブランタイア(Blantyre)までは、航空機で所要時間約1時間である。
- 2) ブランタイアからンクラB発電所構内の既設ンクラB変電所(AよりB)までは、2車線のアスファルト舗装道路(M2道路)を経由して発電所へのアクセス道路(未舗装道路)を通り、車で約1時間の所要時間である。
- 3) ンクラB変電所からバラカ(Balaka)-シャープベール(Sharpevale)-ゴロモティ(Golomoti)(B-C-D-E)に至る今回の予定送電線ルートは、既設の132kV送電線ルート沿いで、ンクラB変電所-バラカ(Balaka)間は現在建設中の2車線アスファルト舗装道路(M6道路)沿いに、バラカ-シャープベール間は既設1車線アスファルト舗装道路沿いでアクセスは非常に良い。

シャープベールからゴロモティ道路を経てデザ(Dedza)(D-E-F)に至る山岳部横断箇所約30kmはゴロモティ道路以外は車の通る道はなくアクセスは悪くなる。しかし、この間にも民家がかかり点在していてフットパスは縦横に存在している。

また、デザ-リロングウェB変電所(F-G)に至る予定送電線ルートは既設66kV送電線沿いで2車線アスファルト舗装道路(M1道路)に沿っていてアクセスは非常に良い。

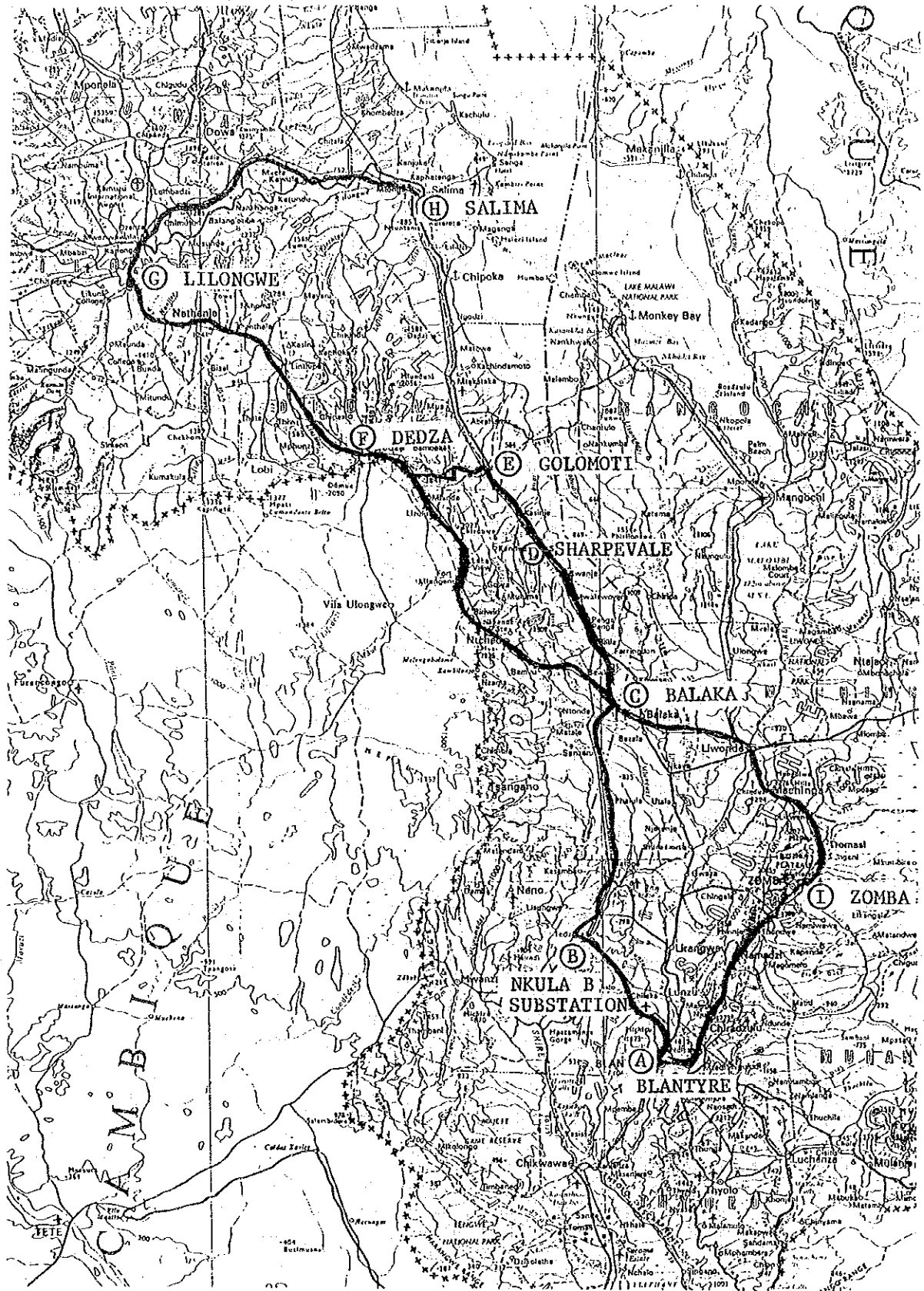


图-3.1 現地調査ルート図

### 3.2 地形及び現地の状況

現地調査及び送電線ルート踏査は縮尺5万分の1の地形図及び100万分の1の地図を頼りに実施した。

ンクラB変電所からシャープベールに至る予定送電線ルートは標高200m～800mの起伏の緩やかな台地で灌木が点在した熱帯サバンナ原野及び山腹と高原を耕作した農地が交互に続く地形で、既設132kV送電線に沿ったルートで、ルート沿いに近接して幹線道路が平行に走っていて非常にアクセスの良いルートである。

シャープベールからデザに至るゴロモティ道路沿いの山岳部横断箇所の予定送電線ルートは、標高800mから2,000m級の山の山腹を縦横断するルートが計画されているが、山腹の勾配は比較的緩やかで民家が点在している。しかし、一部分急峻な山岳部縦横断箇所も予想される。アクセスはかなり悪くなるがフットパスは縦横に存在している。デザからリロングウェB変電所に至るルートは既設66kV送電線に平行したルートが予定され、標高1,500m～1,000mの起伏の緩やかな高原で幹線道路(M1道路)沿いに平行したルートで見通しも良くアクセスも非常に良い。

#### 3.2.1 地形図

##### 1) 既存地形図

送電線ルート沿いの全域、5万分の1の地形図がSurvey Departmentで容易に入手可能である。

#### 3.2.2 現地の状況

##### 1) ンクラB変電所増設地点

既設ンクラB変電所構内で、本プロジェクト送電線1回線の引出口が既に用意され整地も完了している。将来の送電線1回線の引出口増設方法については再検討が必要と思われる。

##### 2) リロングウェB変電所増設地点

既設リロングウェB変電所構内で、本プロジェクト送電線1回線及び将来の送電線1回線の引出口が既に用意され整地も完了している。幹線道路に面したアクセスは非常に良い地点である。

##### 3) シャープベール変電所予定地点

既設132kV送電線及び本プロジェクト送電線予定ルートに近接した農地で幹線道路(M7道路)に面した平坦地が予想されるが、変電所地点の選定には既設及び新設の送電線引き込み方法/方向、将来の増設計画及び周辺地区の電力需要等を十分に考慮した詳細検討が必要である。

### 3.3 現地の気象

気候は熱帯サバンナ気候帯に属し、気温と降雨量は標高によって大きく変化する。プロジェクト地点の気象関連データはESCOMの資料によると次のとおりである。

1) 温度

最高温度 45℃

平均温度 35℃

最低温度 8℃

2) 湿度

最高湿度 95%

平均湿度 80%

最低湿度 35%

3) 風速

最大風速 32 m/sec

4) 地震 記録がない。

5) 雷 120日/年(設計値)

## 4. F/S調査実施に当たっての留意事項

### 1) 電力需要予測

既存の電力需要の現状と将来予測に関する資料及び調査報告書、特に1988年4月に完了した“Study to Update ESCOM's Least Cost Development Programme”の報告書等を詳細にレビューするとともに、国家経済開発計画、電源開発計画、系統拡張計画、地方電化計画、人口増加、潜在消費者、電力料金、経済成長等の予測要素の変化に対応できるコンピューターを利用した需要予測手順をESCOM側と詳細に協議の上作成する必要がある。

また、本プロジェクトに係る当該地区の需給バランス、需要構成負荷変動パターン、需要想定に基づく建設時期の検討及び発送変電設備の将来設備計画との整合等の検討も行う必要がある。

### 2) 送電線ルートの検討

本プロジェクトの送電線は既設ンクラ(Nkula)B変電所から新設のシャープベール(Sharpevale)変電所を経由して既設リロングウェ(Lilongwe)B変電所を結ぶ260kmのルートが予定されている。

既設ンクラB変電所から新設のシャープベール変電所までは既設の132kV送電線(木柱、1回線装柱)に沿ってルートが予定され、標高200mから800m程度の比較的起伏の穏やかな高原でアクセス道路にも恵まれたルートが想定されるが、シャープベールを通過してゴロモティ(Golomoti)道路沿いの標高800mから2,000m級の山岳の山腹縦横断箇所はかなり起伏の激しい地点の通過が予定され詳細なルート選定と踏査が必要である。

### 3) シャープベール変電所の位置の検討

新設のシャープベール変電所の位置については未定であるので、新設送電線、既設送電線とのつなぎ込み方法、引き込み方向及び周辺地区への電力需給計画等を十分に検討し、ESCOM側と協議し決定する必要がある。

### 4) 送電線の鉄塔の型式の検討

鉄塔の型式(2回線鉄塔又は1回線鉄塔)については、供給信頼性、雷害対策、将来の増設計画・施工性及び技術的諸検討を行うとともに経済性を充分考慮して選定する必要がある。

### 5) 鉄塔基礎設計に係る資料の収集

鉄塔基礎設計に係る地質資料及び基礎材料(セメント、骨材、鉄筋等)の資料及びデータ

を十分に収集して鉄塔の基礎を検討する必要がある。

#### 6) 内陸輸送の検討

内陸国であるマラウイ共和国は輸入資機材を隣接国を經由して運搬することになり、隣接国の政情不安、輸送経路（港、鉄道、道路）及び輸送費用に大きく影響することが予想されるため、内陸輸送方法、ルート、費用等を十分調査する必要がある。



## 5. ESCOM の組織

ESCOM本社組織機構は図-5.1及び図-5.2のとおりである。

図-5.1 ESCOMの本社組織機構

### Minister Responsible

His Excellency, the Life President,  
Ngwazi Dr. H. Kamuzu Banda

### Chairman

Mr. Robert B. Mbaya

### Commission Members

Mr. Robert B. Mbaya  
Mrs. J. Banda  
Mr. F. M. Sacranie  
Mr. H. H. Vasby  
Mr. A. G. Khulumula  
Mr. F. Z. Pelekamoyo  
Mr. D. J. Chikhawo  
Mr. T. R. Young

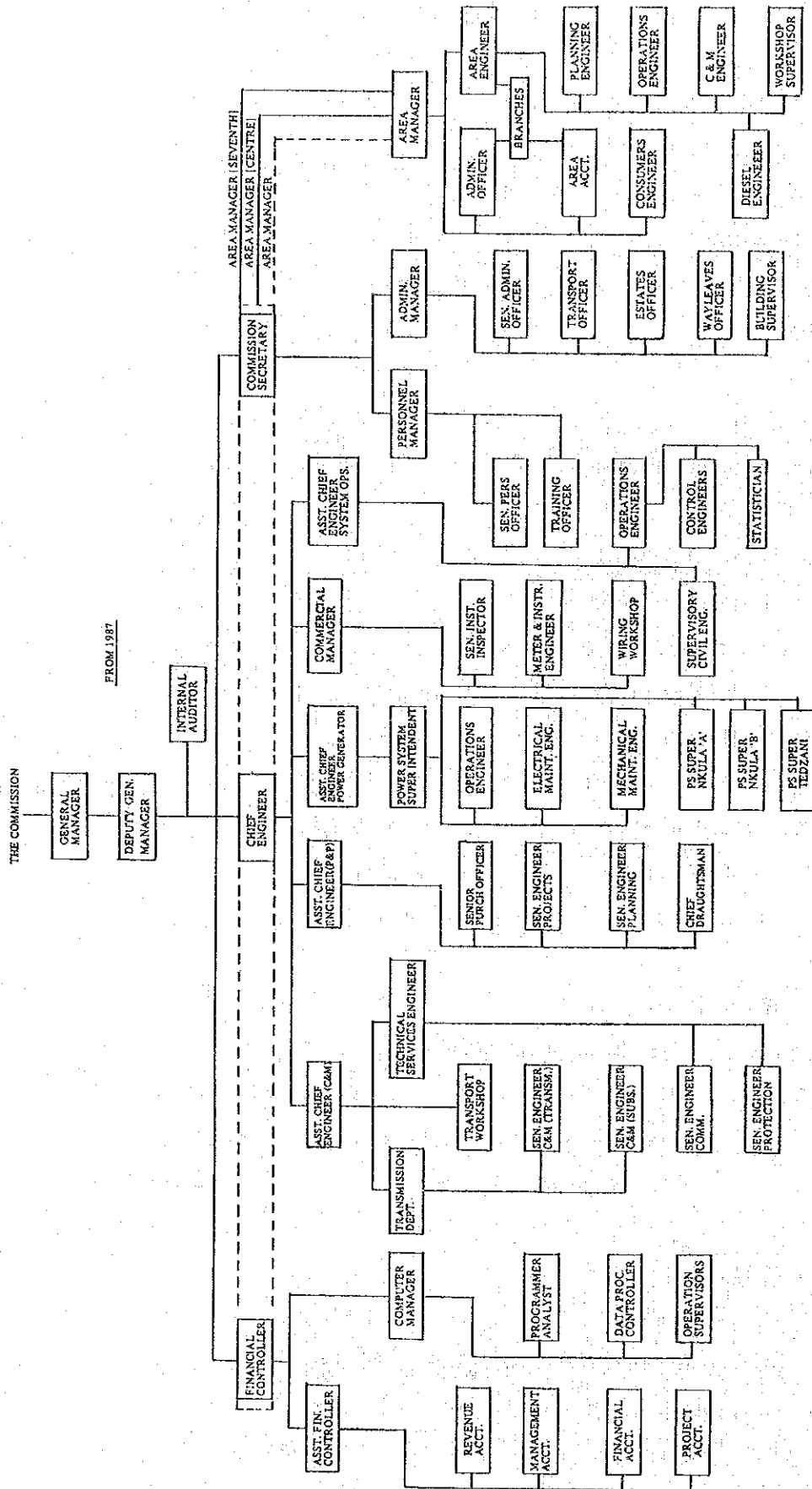
### Major Work Committee

Chairman : Mr. Robert B. Mbaya  
Members : Mr. R. Offord (General Manager)  
Representative (Ministry of Finance)  
Representative (Ministry of Trade, Industry and Tourism)

### Management

General Manager : Mr. R. Offord  
Deputy General Manager : Mr. T. F. Uko  
Financial Controller : Mr. D. Dixon  
Chief Engineer : Mr. W. P. Anami  
Auditors : Mr. Deloitte Haskins

图 5.2 E.S.C.O.M 本社内部机构



6. 収集資料リスト

番号	資料の名称	版型	頁数	原版・ コピーの別	部数
1	地図 S=1/1,000,000	A 1	1	オリジナル	1
	地図 S=1/250,000	A 1	1	"	2
2	経済開発関連資料				
	(1) Mid-Year Economic Review 1988 - 1999	B 5	44	"	1
	(2) Statement of Development Policies 1987 - 1996	A 4	43	"	1
3	電力事情関連資料				
	(1) Annual Report of ESCOM (1986)	A 4	36	"	1
	(2) ESCOM Transmission System (DWG. No. 7.03/108)	A 3	1	コピー	1
	(3) ESCOM Power Network (Ref. No. 400/140)	A 4	1	"	1
	(4) Electricity Charges Rules (1988)	A 4	2	"	1
4	プロジェクト関連資料				
	(1) Final Report, Volume 1 of Study to Update ESCOM's Least Cost Development Programme (April 1988)	A 4	238	オリジナル	1
	(2) Draft Final Report, Volume 2 (Annexes & drawings) of Study to Update ESCOM's Least Cost Development Programme (April 1988)	A 4	274	"	1
	(3) Tender Specification for 132 kV Overhead Transmission Line (October 1988)	A 4	21	コピー	1
	(4) Tender Specification for 132 kV Substation Equipment (October 1988)	A 4	28	"	1
	(5) Single Line Diagram of 132/66 kV Lilongwe B Switchyard	A 4	1	"	1
	(6) Study Report of Malawi Electrical Network Reinforceent (November 1984)	A 4	183	"	1

## 7. 質問表及び回答

現地調査出発前に ESCOM 側に送付していた質問表に対し、ESCOM 側は S/W 協議中に回答を提示し双方で確認を行った。

質問表及び回答は添付資料 1 及び 2 のとおりである。

資料-1 質問表

Questionnaire

On

Preliminary Survey Team of JICA

for

Transmission Line Construction Project

in

The Republic of Malawi

November 1988

Japan International Cooperation Agency

## I. Introduction

It is our great pleasure to submit to you herewith the Questionnaire on the Transmission Line Construction Project in the Republic of Malawi.

The Questionnaire was prepared by JICA (Japan International Cooperation Agency) preliminary survey team in order to collect and check relevant data and information smoothly during the short stay in Malawi.

It is highly appreciated, if you could kindly cooperate in collecting the documents and the data relating to the requested in this questionnaire prior to the meeting which is tentatively planned from December 6 to 13, 1988.

Those data collected by Malawi side will be very important and necessary for the meeting with JICA team on the proposed Project.

Your cooperation and assistance, therefore, will be very much appreciated.

## II. Required Data and Information

1. Background of this Project
2. Outline of the Original Plan of the Project
3. Organization of the Project
4. Present Situation of Power Supply System
5. Meteorologic Data of the Project Area
6. Topographical and Geological Data
7. Planning Data
8. Cost Estimation Data
9. Inland Transportation Data
10. Others

1. Background of this Project

Item	Description
1) How and why was higher priority laid upon this Project among other candidate projects by the Government of the Republic of Malawi ?	



2. Outline of the Original Plan of the Project

Item	Description	Availability	Notes
1) Original plan of transmission line	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Required transmission capacity</li> <li>b) System voltage (kV)</li> <li>c) Route</li> <li>d) Length of route (km)</li> <li>e) Number of circuit</li> <li>f) Size of conductor</li> <li>g) Type of tower</li> <li>h) Others</li> </ul>		
2) Original plan of substation/switchyard	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Location of substation</li> <li>b) Bus configuration</li> <li>c) Single line diagram</li> <li>d) Capacity of transformer</li> <li>e) Others</li> </ul>		
3) Construction schedule of the Project	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Expected commissioning date</li> </ul>		
4) Estimated construction cost of the Project	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Transmission line</li> </ul>		
5) Terminal points	<ul style="list-style-type: none"> <li>b) Substations From other related Projects</li> </ul>		

3. Organization of the Project

Item	Description	Availability	Notes
<p>1) Responsibility of organization and list of Board of Director</p> <p>2) Responsible agencies</p>	<p>a) Ministry of Finance</p> <p>b) Ministry of Trade, Industry and Tourism</p> <p>c) Ministry of Forestry and Natural Resources, Energy Studies Unit</p> <p>d) The Energy Planning Unit of the Department of Economic Planning and Development</p> <p>e) The Electricity Supply Commission of Malawi (ESCOM)</p> <p>d) Others</p> <p>a) For planning of transmission line and substation</p> <p>b) For survey of transmission line and substation</p> <p>c) For study of transmission line and substation</p> <p>d) For installation of transmission line and substation</p> <p>e) For operation/maintenance of transmission line and substation</p>		

4. Present Situation of Power Supply System

Item	Description	Availability	Notes
5) Peak demand (kW)	a) For last five (5) years		
6) Total energy consumption (kWh)	b) For last five (5) years		
7) Power consumption of each category	a) For last five (5) years i) Household ii) Industries iii) Agriculture iv) Commercial v) Others		
8) Power system development plans	a) Power station (hydro, thermal, diesel and others) b) Transmission line c) Distribution line d) Others		
9) Power demand forecast	a) Updated long-term demand forecast i) For whole country ii) For each load center		

4. Present Situation of Power Supply System (Continued)

Item	Description	Availability	Notes
1) List of existing power supply facilities	a) Power stations in whole Malawi i) Hydro ii) Thermal iii) Diesel iv) Others (private owned, etc ) b) Transmission line (each voltage grade) c) Substations/Switchyards d) Distribution line (each voltage grade)		
2) Power supply network diagram/ maps	a) Whole country b) Main load centers		
3) System losses and voltage drops	a) Generation b) Transmission line c) Distribution line d) Whole system		
4) Electricity tariff	a) Present b) In future		

5. Meteorologic Data of the Project Area

Item	Description	Availability	Notes
1) Temperature	a) Maximum temperature b) Average " c) Minimum "		
2) Humidity	a) Maximum humidity b) Average " c) Minimum "		
3) Rainfall	a) Maximum b) Average c) Minimum		
4) Wind velocity	d) Rainy season: from _____ to _____ e) Dry season : from _____ to _____		
5) Earthquake	a) Maximum wind velocity a) Maximum acceleration and magnitude of earthquake in the past b) Designed acceleration and magnitude for power facilities		
6) Thunder	a) Records of the failure for power system by thunders		

6. Topographical and Geological Data

Item	Description	Availability	Notes
1) Detailed topographical maps covered the Project area	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Scale: 1/10,000</li> <li>b) Scale: 1/50,000</li> </ul>		
2) Aerophotograph	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Scale: 1/_____</li> <li>b) Negative films</li> </ul>		
3) Detailed geological maps covered the Project area	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Scale: 1/_____</li> </ul>		
4) Published map on rock and soil classification	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Extensive geological maps with geological structures and their explanation</li> </ul>		
5) Soil test reports and drilling data in the Project area	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Drilling long diagrams</li> <li>b) Soil analysis reports</li> </ul>		
6) Data for survey	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) List and data of triangulation net for the Project area</li> <li>b) List and data of leveling net for the Project area</li> </ul>		

7. Planning Data

Item	Description	Availability	Notes
1) Design data of under-going similar projects  2) Applied design standards, code, criteria and regulation	a) Transmission line projects b) Substation projects  a) Electrical facilities b) Mechanical facilities c) Civil work  d) Architectural work e) Communication facilities		

8. Cost Estimation Data

Item	Description	Availability	Notes
7) Operation and maintenance yearly cost	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Hydro electric power station</li> <li>b) Thermal power station (including fuel)</li> <li>c) Transmission line</li> <li>d) Distribution line</li> <li>e) Substation</li> </ul>		
8) Interest rate			
9) Escalation rate			
10) Import duties	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Equipment and materials</li> </ul>		
11) Unit prices for field survey	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Topographical survey for transmission line                             <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Center line survey including profile survey and drawing per km</li> <li>ii) Plan survey including drawing of plan with scale: 2000 per km</li> <li>iii) Tower site survey including drawing of plan with scale 1:100 (25m x 25m) per tower site</li> </ul> </li> <li>b) Boring survey and soil analysis per m</li> </ul>		



8. Cost Estimation Data (Continued)

Item	Description	Availability	Notes
1) Unit cost of hydro electric power plant constructed in recent years	a) Unit cost per kW b) Unit cost per kWh		
2) Unit cost of diesel generator plant constructed in recent years	a) Unit cost per kW b) Unit cost per kWh		
3) Construction cost of similar projects for recent completed or under-going projects	a) Transmission line projects b) Substation projects		
4) Costs of equipment and materials of similar projects	a) Electrical equipment and materials b) Unit cost of transmission line per km		
5) Construction cost for civil works	a) Labour b) Materials (cement, steel, etc.)		
6) Fuel cost of Diesel generator and thermal power plant	a) Heavy oil, diesel oil, petrol, Coal, etc.		

9. Inland Transportation Data

Item	Description	Availability	Notes
<p>1) Transportation conditions</p>	<p>(Road)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Road map of transportation route</li> <li>b) Limited loading weight (ton)</li> <li>c) Limited loading dimensions               <ul style="list-style-type: none"> <li>i) height (m)</li> <li>ii) width (m)</li> <li>iii) length (m)</li> </ul> </li> </ul> <p>(Railway)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Route of railway</li> <li>b) Limited loading weight (ton)</li> <li>c) Limited loading dimensions               <ul style="list-style-type: none"> <li>i) height (m)</li> <li>ii) width (m)</li> <li>iii) length (m)</li> </ul> </li> </ul>		
<p>2) Cost of inland transportation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Landing and warehouse charge</li> <li>b) Cost of inland transportation MK/ton-km, MK/ton, MK/km or other unit prices by road and railway</li> <li>c) Hire charge of truck, car, barge, etc.</li> </ul>		

10. Others

Item	Description	Availability	Notes
1) Economic growth rate	a) For last five (5) years		
2) Per capita GDP and GNP	a) For last five (5) years		
3) Population growth rate and population	a) For last five (5) years		
4) Published statistics	a) Statistics of economy, industry, trade etc.		
5) Annual report of ESCOM			
6) Labour law	a) Working law or regulations and union regulations b) Daily working hour c) Public or official holidays		

## 資料-2 回答

### ELECTRICITY SUPPLY COMMISSION OF MALAWI

#### (1) BACKGROUND OF THIS PROJECT

The high priority of this project attached is due to the current shortfall in the transmission capacity from Nkula 'B' Hydro Power Station to the load centres in North and Central. At present there is one 132KV transmission circuit (on wood poles) with a maximum transmission capacity of about 25MW within allowable voltage drops and power loss and a transmission line rated at 66KV on tower line with a maximum power transformer capacity of about 5MW.

Hence in case of a line outage of this 132KV line, extensive load shedding is required and standby diesel sets has to put in service which is very uneconomical.

#### (2) OUTLINE OF THE ORIGINAL PLAN OF THE PROJECT

##### 1) Original plan of transmission line.

- (a) Required transmission capacity - 30MW (at Lilongwe)
- (b) System voltage - 132KV
- (c) Route - Nkula - Sharpevale  
Magwere-Lilongwe 'B'
- (c) Approx. length of route - 260kms
- (e) Number of circuit - Double circuit  
tower with 1 circuit  
strung.
- (f) Size of conductor - To be calculated  
with the limitation  
of 10% voltage drop  
and 5% power loss  
with power factor  
of about 0.98

- (g) Type of tower : steel lattice tower.
- (h) Others : Nil

2) Original Plan of Substation/Switchyard

- (a) Location of substation : Provision of slack  
Span at Sharpevale  
and 132KV substation  
extension at  
Lilongwe 'B'
  - (b) Type of bus bars : Double tubular  
bus bars
  - (c) Single line diagram : Enclosed
  - (d) Capacity of transformer : 25MVA, 132/66/11KV  
with OLTC control
  - (e) Others : Nil
- 3) Construction schedule of the project
- (a) Expected commissioning date : 1991
  - (b) Substation from other related  
project : 1991
- 4) Estimated construction cost of the  
project : MK. 58.0 million  
(Feb. 88 prices)
- 5) Terminal points : 132KV Nkula 'B'  
and 132KV Lilongwe  
'B' switchyard and  
the proposed  
Sharpevale (see  
annexure I)

3) Organisation of Project

- 1) Responsibility of organisation  
and list of Board of Director. : ESCOM Annual  
Report
- 2) Responsible Agencies : Answer from item  
(a) to (e)  
: Electricity Supply  
Commission of Malawi

(4) List of Existing Power Supply Facilities

(a) Power Station in whole Malawi

	<u>Location</u>	<u>Rating of units</u>
1) Hydro	Nkula 'A'	3 x 8 MW
	Nkula 'B'	5 x 20 MW
	Tedzani	4 x 10 MW
	Zomba	2 x 300KW
11) Thermal	Blantyre	1 x 15MW(Gas Turbine)
111) Diesel	Lilongwe	1 x 3MW
		1 x 1.3MW
		1 x 1.1MW
	Kasungu	3 x 85KW
		1 x 105KW
	Mtunthama	2 x 240KW
		1 x 235KW
		1 x 120KW
		1 x 65KW
	Mzuzu	1 x 250KW
		1 x 150KW
		1 x 1100KW
		1 x 700KW
	Karonga	3 x 120KW
		1 x 200KW
		3 x 250KW
	Chitipa	2 x 150KW

iv) Others (private owned)

Diesel Generator	SUCOMA	Details
	M.B.C.	not
	Q.E.C.H.	available.
	DWANGWA SUGAR	Not
	TOBACCO ESTATES	connected
	SOME OTHERS	to ESCOM grid.

(b) Transmission line (each voltage grade)	see table 5 of Annual Report
(c) Substations/switch yards	
(d) Distribution line	

2) Power Supply Network

diagram/maps

a) Whole country	:	Enclosed
b) Main load centres	:	Enclosed

3) Systems losses and voltage drops

	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
(a) Generation			
(b) Transmission lines			
(c) Distribution line			
(d) whole system (%)	15.86	16.21	21.58

4) Electricity tariff

(a) Present

(b) In future

} Detailed tariff data  
Enclosed.

5)	<u>Peak demand (KW)</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
	(a) for last (5) years	73400	84600	81810	94800	97800

6)	<u>Total Energy Consumption</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
	(KWH)					
	(a) for last (5) years	393870000	405980000	398820000	427485000	465657000

7)	<u>Power Consumption on each Category</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
	(a) for last 5 years					
(i)	House hold	62849000	65865000	67478000	74205000	77248000
(ii)	Industries	200235000	212293000	207751000	214283000	223610000
(iii)	Agriculture	81873000	83798000	67264000	77134000	95716000
(iv)	Commercial	47666000	51405000	56054000	62634000	69083000
(v)	Others (Export)	1252000	1591000	1094000	704000	-



8) Power System Development Plans

(a) Power Stations (Hydro)

<u>Location</u>	<u>PLAN PERIOD</u>
Nkula 'B' 5th machine (1x20MW)	1989/92
Tedzani III Hydro project (2x25MW)	1990/94
Kapichira 5x25MW - 2 units by	1992/97
Kapichira remaining 3 units by	1999

(b) Transmission

- (i) 260km of 132km line from Nkula 'B'  
to Lilongwe 'B' - 2nd 132KV line 1989/91
- (ii) To construct 100km of 66KV line  
line in Blantyre to Mapanga,  
Lilongwe Ring, Mapanga to Zomba 1993/95
- (iii) 3rd 132KV, 260KM line from  
Nkula 'B' to Lilongwe 'B'  
(i.e. 2nd circuit to be strung  
of the double circuit line of  
item (i) above. 1998

(c) Distribution line

- (i) Construction of 640KM of 33KV  
overhead line 1995

(ii) Construction of 390km of 11KV overhead line 1998

(iii) Construction of 1000km L.V. overhead line 1998

(iv) Installation of 47km of 11KV underground cables in Blantyre and Lilongwe

(d) Others

Installation of 35MVA of 33KV and 40MVA of 11KV distribution transformers.

(a) Power Demand forecast - SEE K&D STUDY COPY AVAILABLE WITH YOU.

(5) METEROLOGIC DATA OF THE PROJECT AREA

1. Temperature	(a) Max. Temperature	45°C
	(b) Avg. Temperature	35°C
	(c) Minimum "	8°C

2. Humidity	(a) Max. humidity	95%
	(b) Avg. "	80%
	(c) Minimum humidity	35%

- |    |          |                  |                   |
|----|----------|------------------|-------------------|
| 3. | Rainfall | (a) Max.         | 188mm             |
|    |          | (b) Avg.         | 90mm              |
|    |          | (c) Minimum      | 6mm               |
|    |          | (d) Rainy season | November to March |
|    |          | (e) Dry season   | May to October    |

- |    |               |                           |                         |
|----|---------------|---------------------------|-------------------------|
| 4. | Wind Velocity | (a) Maximum wind velocity | 32mtr/second<br>(32m/s) |
|----|---------------|---------------------------|-------------------------|

5. Earth quake

6. Thunder:

Thunderstorm day/year 120 (design)

(6) TOPOGRAPHICAL AND GEOLOGICAL DATA

1. Topographical maps of project area:

- |     |       |          |                 |
|-----|-------|----------|-----------------|
| (a) | Scale | 1/10,000 | - Not available |
| (b) | Scale | 1/50,000 | - Enclosed      |

reference sheets 1333 D4

1334 C3, 1434 D2, 1434 A1, 1434 A2, 1434 D4,  
1534 B2, 1534 B4, 1434 A4, 1534 D2 and 1434 B3

(These maps available from Dept. of Surveys)

(2) ACRO PHOTOGRAPH

(3) Detailed Geological maps  
of project area

(4) Published map on rock & soil  
classification

(5) Soil test reports and drilling  
data of the project area

(6) Data for survey

Not  
available

(7) PLANNING DATA

1) Design data of undergoing  
Similar projects

(a) Transmission Line Project

(i)	Design span	330mtr.
(ii)	Final phase conductor sag at 75°c	10.2 mtr.
(iii)	Minimum clearance from phase conductor to earth	6.7 mtr.
(iv)	Minimum height of phase conductor at tower	17.1 mtr.
(v)	Minimum clearance from live metal to Earthed metal.	
	Under still air condition	1.45 mtr.
	Under max. swing condition	1.30 mtr.
(vi)	Design maximum swing angle from vertical of suspension assembly	40°
(vii)	Design maximum swing angle from vertical of jumper at strain tower	20°

(viii)	Minimum horizontal phase to phase clearance in still air	5.5 mtr.	
(vx)	Maximum load on standard insulated assembly		
	suspension	100 N	
	strain	200 N	
(x)	Factor of safety of line	2.5	
(xi)	Maximum load at the attachment point due to mass of insulators and hardware		(phase conductor) (shield wire)
	suspension	500N	180N
	strain	1000N	250N

(b) Substation Project

		<u>132KV</u>	<u>66KV</u>
(i)	Impulse withstand capacity	650KV	350KV
(ii)	Power frequency withstand capacity	275KV	150KV

(iii) Maximum substation clearances

Phase to Earth in mm	1280	700
Phase to Phase in mm	1480	800
Section clearance in mm	3500	3050
System highest voltage	145KV	72.5KV
System Earthing	Solid	Solid

(2) Applied design standard and code  
of practice and regulation : mostly International  
Electro Technical  
and British Standard.

- (3) Construction cost of similar project
- (a) Transmission line K20.0 million for 113km,  
132KV line
- (b) Substation project K18.0 million for 2 x 132  
substation.
- (4) Cost of equipment and material of similar  
projects.  
Unit cost of transmission line /km.  
including civil = K 198,000/km  
April 1988 prices.
- (5) (5) Construction cost of civil works.
- (a) Labour Rates: (per 8 hours working day)
- LOCAL
- |                  |           |
|------------------|-----------|
| Skilled labour   | K3.00/day |
| Unskilled labour | K1.20/day |
| Linesman         | K5.20/day |
| Foreman          | K8.50/day |
| Surveyor         | K4.50/day |
- (b) MATERIALS : Cement K15.65/50kg bag.
- (6) (c) Fuel Diesel oil K 1.61/litre  
Petrol K 1.86/litre  
Heavy oil K 0.93/litre
- (7) Operation and Maintenance yearly cost  
Refer ESCOM Annual Report

- (8) Interest Rate 13%
- (9) Escalation rate  
Government- project =15%
- (10) Import duty  
Various from item to item.  
Details can be obtained  
from dept. of customs and  
excises.  
(For project materials -  
custom duties exempted.)
- (11) Unit prices for  
field survey.  
Not available - can be  
obtained from Department  
of Surveys.

9.0 (1) Transportation Conditions

- a) Road map - available from department  
of survey.
- b) Limited loading - 7.51 ton per axle.  
(Northern corridor )  
max load 30 tons.
- c) Limited loading height 3.4 meter.
- (i) Blantyre - Beira (By rail) 649km  
(By rail)
- (ii) Blantyre - Nacala (By rail) 807km
- (iii) Blantyre - Dar-es-Salam (lake/road/rail) 1784 kms
- (iv) Blantyre - Lusaka - Durban (road/rail) 3762km
- (v) Blantyre - Tete - Durban (road/rail) 2661km



2) Cost of inland transportation

- (a) Landing (ware house charges) To check with
- (b) Cost of inland transportation load freight
- (c) Hire charges agents (AMI or MANICA)

(10) Others

- (1) Economic growth rate
  - (2) per capital G D P and G N P
  - (3) Population growth rate and population
  - (4) Published statistics
  - (5) Annual report of ESCOM - Enclosed
  - (6) Labour law - Available from Labour office.
- ) Latest date available from statistical office, Zomba. GDP % growth set per 1987 is about 3.8%.

Annexure I

1) AT NKULA 'B'

- (a) To extend the existing 132KV bus bars to accommodate the new equipment detailed in (b) below.

- (b) To provide one 132KV line Bay complete with 132KV circuit breaker, isolators, protection and control, (including mounting structure associated civil works etc)

11) AT SHARPEVALE

- (a) To make Provision for the existing 132KV line (Nkula 'B' to Salima) to be looped in & out at the proposed Sharpevale substation.
- (b) To provide double bus 132KV tubular bar system at Sharpevale substation.
- (c) To provide four (4) 132KV line bay complete with 132KV circuit breaker, isolators, protection and control equipment.
- (d) To provide one by pass Bay complete with 132KV circuit breaker and isolators as required.
- (e) To one 132KV transformer control bay complete 132KV circuit breakers, isolator, protection and control equipment.
- (f) One 25MVA, 132/66/33KV transformer complete with on -load Tap charger control with +5 - 15% taps in steps of approx. 1.43%.

- (g) 132KV surge diverters, 132KV current and potential transformers as required for above.
- (h) 400V A.C. auxiliary supply system complete with protection and control.
- (i) Auxiliary supply transformer.
- (j) One 66KV transformer control circuit breakers with associated control and protection equipment.
- (k) One set 66KV, bus bar system.
- (i) Two 66KV feeder bay complete with circuit breaker control and protections equipment.
- (m) 125 volt D.C./50v. DC. power supply system complete with batteries, chargers and D.C. control board.
- (n) Necessary SCADA equipment to incorporate the above equipment.
- (o) Necessary PLC equipment with telephones.
- (p) Control building
- (q) All equipment foundation civil works
- (r) Mounting structures for all equipment
- (s) Security lighting
- (t) Earthing and lighteing protection.
- (u) A 5 panel, 33KV indoor floor mounted switchgear panel housed in control building.

III) AT LILONGWE 'B'

- (a) Extension of existing 132KV bus bar system (Double tubular bus bars).
  
- (b) To provide one 132KV line bay complete with 132KV circuit breakers, isolators necessary protection and control equipment (including provision of mounting structures and all associated civil works).

8. 現地訪問先及び訪問者リスト

機 関 名	氏 名	職 名
在ケニア日本大使館	児 玉 俊 洋	一等書記官
JICAケニア事務所	熊 岸 健 治 海 保 誠 治 十 郎 正 義	所員 所員 所員
JICAマラウイ事務所	奈良輪 陸 美 小 野 修 司 D. L. Mmanga	所長 職員 秘書
大統領府経済計画開発局 Office of the President and Cabinet, Economic Planning and Development Dept.	J. C. K. Mhango C. R. Kafumba L. S. C. Siwande	Principal Economist Senior Economist Economist
大統領府法定企業局 Office of the President and Cabinet, Dept. of Statutory Bodies	P. C. C. Chiawa Morgan A. A. Mwase	Assit. Chief Economist Financial Analyst Assit. Economist
大蔵省 Ministry of Finance	Mawindo Chande Mzoma	Deputy Secretary Under Secretary Desk Officer
ESCOM Electricity Supply Commission of Malawi	R. Offord W. P. Amani D. Dixon Kainja K. M. Nair H. L. Machewere	General Manager Chief Engineer Financial controller Company Secretary Assit. Chief Engineer Senior Project Engineer

執筆分担

1 章	柴田 信二
	伊 関 晴
2 章	野田 隆司
3 章	出水 倬
4 章	野田 隆司
	伊 関 晴
	出水 倬
5 ~ 7 章	出水 倬
8 章	柴田 信二



JICA