

# 要 約



## 要 約

本報告書は1989年から1990年に亘り、日本政府の技術協力により国際協力事業団（JICA）が実施したタンザニア共和国のキハンシ川水力発電開発計画のフィージビリティ調査の結果をとりまとめたものである。

この報告書はJICAより日本国外務省を通してタンザニア政府、タンザニア電力供給公社（TANESCO）に提出されるものである。

フィージビリティ調査の検討結果を要約すると以下に述べる通りである。

### (1) 本計画の特性

キハンシ水力発電開発計画とは、ルフィージ川水系キハンシ川の中流部に位置し、流域面積583km<sup>2</sup>の地点に年間流入量を完全に調整し得る貯水池を持つダム式発電の上部計画と、その下流に調整池を設け水路式発電による下部計画、それにイリング変電所までの送電線計画よりなる。このキハンシ川はイリング南部の丘陵地に源を発し、上部計画地点までの河道は緩やかで蛇行するが、上部ダムより下流の河川勾配は一転して急流となり、下部計画発電所の放水地点まで水平距離5kmであるにも係わらず、落差が1,000mにも及ぶ急峻な河道となっている。

この地域の年間降雨量は1,000mmから1,800mmと場所により幅があるものの、雨季と乾季のはっきりした多雨地帯である。しかしながら本計画地点の流況は非常に平滑な形状を示し、乾季の影響が顕著ではない。すなわち年平均流量が15.9m<sup>3</sup>/sであるのに対し、保証流量（95%）は11.8m<sup>3</sup>/secとなっている。

従って上部計画によって行われる流量調節は75×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>の小さな貯水池容量で完全に調整され全て有効化することができる。

一方、計画地点近傍には、焼き畑耕作により自給自足の農耕生活を送っている人々が丘陵地帯の尾根沿いに約3,400人住んでいる。

本計画による水没予定湛水池内には居住者は無く、わずかな焼き畑耕地は有るものの、その他道路や公共建造物等の補償物件は全く無い。

この流域の地質を構成する基盤岩類は先カンブリア紀の片麻岩類であり、これがひろく分布している。この地質構造は岩脈の配列が北東-南西方向に卓越しているものの、顕著な断層は見当たらない。しかし高標高部では雨林土壌およびラテライト質土壌が基盤岩類を覆っており、場所によっては30mの深さにも及んでいる。これら諸条

件に基づいた開発計画は物理的な開発スケジュールから考えて、下部計画の運開を1996年に、また上部計画は1999年頃と考えられる。

この時期は電力需要想定から考えても遅すぎるぐらいで、なるべく早い時期にキハンシ水力発電の運転開始が望まれる。またキハンシ水力発電の開発は当該地域の経済開発にも大きく寄与することが期待されている。

## (2) 水文と気象

### ・ダムサイト流量

上部ダムおよび下部ダム地点の流域面積はそれぞれ583km<sup>2</sup>および590km<sup>2</sup>である。

キハンシ流域内には1KB28, NC3, NC1 の3測水所があり、この内1KB28（流域面積618km<sup>2</sup>）が1975年から継続して水位観測が実施されており1975年以降については主に1KB28の実測データから流域換算法によりダム地点流量を算定した。1974年以前については次の方法によりデータを作成した。

#### ① 1957年 ～ 1974年

キハンシ川の西に隣接するムパンガ川では、1KB8測水所において1957年より水位観測が実施されており、1KB28との相関も高いため1KB28地点の流量を1KB8測水所の流量から回帰式により算定した。

#### ② 1927年 ～ 1956年

東アフリカ一帯は1955年以前はそれ以後に比べ渇水傾向にあったことが様々な気象データおよび文献により確認されている。そのため、適切な貯水池規模および貯水池運用を決定するには1955年以前のデータが不可欠なためイファカラにおいて1927年から観測されている雨量データをタンクモデル法により流量に換算した。

上部ダムおよび下部ダム地点の月別流量データを Table 6-4(2) および Table 6-4(3) に示す。

### ・設計洪水量

キハンシ流域および周辺流域には確率統計値を算定するのに十分な流量データがなく、しかも、キハンシ計画がタンザニア経済および社会に及ぼす重要性和上部ダムが高さ100m程度の規模を有する大ダムであることを考慮して設計洪水量の算定に

はPMF手法を採用し、上部ダムおよび下部ダム共に400m<sup>3</sup>/secとした。なお、工事中における河流処理に必要な洪水量は確率手法により算出し、上部ダムはロックフィルダムであることから20年確率値90m<sup>3</sup>/secとし、下部ダムはコンクリート重力式ダムのため5年確率値80m<sup>3</sup>/secを採用した。

#### ・堆 砂

堆砂量の推定はキハンシ川実測浮遊砂データおよび近傍河川のデータを用いてそれに掃流砂、貯水池の捕捉効果を勘案したダム築造後50年時点での値を採用した。

結果は以下の通りである。

##### 上 部 ダ ム

堆砂量 750 × 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>      堆砂位標高 1,300.00 m

##### 下 部 ダ ム

堆砂量 125 × 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>      堆砂位標高 1,125.00 m

### (3) 地質、材料および地震

#### ・地 質

上部および下部計画地点とも、Fig. 7-4 および Fig. 7-5 に示す通り、先カンブリア紀の片麻岩類と、それを部分的に覆う第四紀の崖錐堆積物および河床堆積物から構成される。ここで呼称する片麻岩類とは、黒雲母片麻岩、石英片麻岩、角閃岩、ランプロファイアーなどを総称しており、これらのなかで計画地点には黒雲母片麻岩が最も広く分布している。また崖錐堆積物と河床堆積物は、主として下部ダム地点より下流に分布しており、急崖の裾やキハンシ川沿いに認められる。地質構造としては、ほぼ南北に流れるキハンシ川にやや斜交した NNE-SSW方向そして西へ20°～70° 傾斜した片麻岩類の縞状構造がある。また航空写真判読によれば、N-S、NE-SW そしてWNW-ESE 方向に卓越したリニアメントパターンが認められる。

地表露頭で確認された断層は少なく、断層崖と考えられるウズングワスカーブでも地表で断層が確認された地点はない。

Fig. 7-4および Fig. 7-5に示されていないが、下部ダム地点付近より上流側では比較的厚い風化層が表面を覆っている。上部ダム地点でのボーリング調査によれば、30m以上の厚さの風化層が確認されたところもある。計画地域全体に河床部には

比較的頻繁に新鮮な岩盤露頭が認められることから、風化層はなだらかな尾根で厚く、河床付近で薄い傾向となっている。

計画される主要な土木構造物地点の土木地質的評価を要約すると、以下の通りである。

#### ① 上部計画地点

- ダム地点には、主として尾根部に厚さ20m 前後の軟質な風化層が分布している。
- 一方、深部および河床部に分布する岩盤は、部分的に劣化部が観察されるものの概ね堅硬で、高さ約100mのダムの基礎岩盤として、充分適性を有していると考えられる。
- ダム軸は、兩岸斜面で実施されたボーリング地点（KU-1とKU-3）を結ぶ線上よりも、約80m下流の方が、風化が薄く地質的条件は良くなると考えられる。従って、ダム軸はここに選定されるべきであろう。
- 水路経過地の内、計画される取水口から導水路トンネル区間の地表には、やや厚い風化層が分布していることが予想される。ただし、計画されるトンネル標高であれば、トンネルは比較的新鮮な岩盤部を通過することになるであろう。また計画される発電所の基礎には、堅硬な岩盤の露出が期待できる。

#### ② 下部計画地点

- 下部ダム軸は、滝を避けていること、左岸の尾根の張出しにより川幅が狭くなっていること、表層堆積物がないこと、などから兩岸に実施されたボーリングを結ぶ線上が、最も適当と考えられる。ここでの風化層の厚さは、5 m～7 mと推定される。
- 下部導水路および水圧管路は、地形の急峻なところが多く崩壊地が多数見られることなどから、地上案よりもトンネル案が有利と考えられる。
- 下部発電所の位置は、地形地質的に見て、Fig. 7-4に示される緩斜面内で選定されるべきであろう。ただしFig. 7-5に示される N76° W 方向のリニアメントパターンは断層の可能性もあるので、これは避けることが望ましい。

## ・建設材料

土質材料については、上部ダム地点近傍の地表部に広く分布する風化残留土ならびに風化岩盤に、粗粒な材料を混合して使用することが最も適当と考えられる。

コンクリート骨材については、本地域内で大量に使用可能な堆積骨材は見当たらない。本地域に基盤岩として広く分布する片麻岩類は、試験の結果、「比重」「吸水率」「アルカリ骨材反応」、さらには強度などの点から、コンクリート骨材として使用可能である。従って本計画では最も適当な位置に原石山を選定し、碎石によりコンクリート骨材を得ることが最良の方法と考えられる。

なお今後は選定された原石山地点において、土質材料として供給し得る風化層の量と性状の確認、また土質材料への混合およびコンクリート骨材として使用が考えられる新鮮岩盤の分布を調査する必要がある。特に新鮮岩盤については、黒雲母を多量に含む片麻岩の場合「すりへり」が大きく、粗骨材の量的確保が難しいことも考えられるので、岩種の確認も重要なポイントとなる。

## ・地震

計画地点を中心とする直径1000kmにおいて1910年から1987年までの78年間に発生した地震は、調査の結果、349回であった。マグニチュードはいずれもM<sub>7</sub>で、震央はムベヤ付近を通過する西部地溝沿いに集中している。

これらの地震データをもとに統計解析を実施した結果、計画地点の設計震度は、10,000年確率において約13galが得られた。

こうした統計確率解析結果と既存の地震に関する資料から総合的に判断して計画地点の設計水平震度は、0.10と設定した。

### (4) 電力需要と供給

タンザニア共和国の電力系統は、全国の主要都市を結ぶ連系系統と連系系統から離れた小規模需要地に電力を供給する単独系統からなる。連系系統は序々に拡大されて来たが、1988年に北西部のビクトリア湖岸まで連系されたことにより全国の主要都市をほとんど連系することとなった。

1989年1月時点において、連系系統に接続される発電設備は418MWであり、その内の約79% (329MW) を水力発電設備が占めている。

火力発電設備は全て小規模のジーゼルまたはガスタービンであり、燃料の石油が全て輸入であることから、TANESCO はできるだけ水力発電設備により電力を供給し、火力発電設備は予備力とする方針を取っている。

送電線新設による連系システムの拡大もあり、連系システム電力需要は着実に増加しており、1988年の消費電力量は1,123GWh、最大発電電力は219MWである。

タンザニア国の電力需要は、1985年まで経済の停滞を反映し、年5.9%の伸びであったが、1986年～1988年は世銀の援助を受けた経済計画により経済が好調に推移した結果、10.3%と急に伸びが大きくなった。今後1990年から2005年の電力需要の伸び率は年率6.2%と予想される。1991～2005年間の連系システムの発電電力量と最大発電電力の想定値は以下の通りである。

	発電電力量 (GWh)	最大発電電力 (MW)
1991	1707	304
1992	1813	323
1993	1925	343
1994	2045	365
1995	2171	387
1996	2306	411
1997	2449	437
1998	2601	464
1999	2762	493
2000	2933	523
2001	3115	556
2002	3309	590
2003	3514	627
2004	3731	666
2005	3963	707

TANESCO ではこの需要に対し、1992年につなぎの火力発電設備 (20MW) を新設する他は全て水力発電設備で供給することを計画している。TANESCO の計画および今回のスタディに基づく水力発電設備の開発計画は以下の通りである。



運 開 年	計 画	設備容量 (MW)
1995	Pangani Falls Redevelopment	60.0
1996	Lower Kihansi	153.0
1999	Upper Kihansi	47.0
2002	Masigira	80.0
2005	Rumakali	204.0
2009	Ruhudji stage 1	250.0
2012	Mpanga	160.0

需要想定と開発計画から電力需給バランスを調べると、電源の開発は遅れぎみと言える。即ち、1996年には渇水となると発電電力量が不足し、2000年以降ルマカリ計画の運開する2005年までは渇水年となると発電電力が不足する他、供給予備力も不足となることが予想される。

#### (5) 電力系統解析

大容量電源であるキダツ、ムテラの両水力発電所がタンザニアの中央部に位置するのに対し、需要地が東部のダルエスサラームおよびダルエスサラームから北へ延びる132kV系統の変電所に集中するため、重潮流がキダツ、ムテラ発電所からダルエスサラーム、さらに北部の系統末端のアルーシャに向かって流れることになる。このためピーク時には連系系統の電圧は東部地域が低めになるのに対し、比較的軽負荷の西部地域では高めになる。この傾向は将来も変わらず、系統容量の増加に合わせて、適切な調相設備を新設していくことが必要である。

TANESCO ではこの電圧のアンバランスに対応するため連系系統西部のシンギダ発電所からアルーシャのンジロ変電所へ220kV送電線1回線を新設することを計画している。また、TANESCO ではダルエスサラームの需要増に対応するため、キダツ発電所とダルエスサラーム郊外のウブンゴ変電所間に220kV送電線1回線を新設するとともに、ダルエスサラームに220kV系の変電所を1ヵ所新設することを計画している。

これらの系統増強により連系系統は将来の需要増に対応できるが、連系系統の送電線はほとんどが1回線送電線であることから雷撃等による送電線遮断の影響が大きい。特に、ムテラ発電所～イリング変電所～キダツ発電所間の220kV送電線は、連系系統の信頼度を向上するためには2回線とすることが望ましい。

上部キハンシ、下部キハンシ発電所からの送電線は連系系統の主要変電所であるイリング変電所へ直接接続することとした。送電線距離は約113km（下部キハンシ発電所からは約113km）となる。送電容量、信頼度を考慮して電圧は220kV、回線数は2回線とした。

#### (6) 環境および補償

発電所近傍のキハンシ川およびルアハ川は全く利水が行われておらず、発電所の建設によって影響を受ける住民、施設は何もない。また、上部貯水池の湛水予定区域は保存森林（Forest Reserve）の一部2.3 km<sup>2</sup>を水没させるが、これは保存森林全体（約300km<sup>2</sup>）の1%に過ぎない。

キハンシ川およびルアハ川の水質は表層土壌、焼き畑耕作等の影響により酸性がかなり強くまた貧栄養であること、河床に岩が露出する急流であることから、魚類等の水生生物はほとんど見られない。また、発電所計画地点は、そのほとんどが焼き畑耕作およびその休耕地であり、伐採が進んでいることから、これらの区域では大型の野性動物の生息は確認されていない。

環境の現況調査によれば、発電所計画地点近傍には2つの村があり、人口は約3,400人、住居数は540戸である。発電所の予定地点は大半がこれらの住民の焼き畑耕作地およびその休耕地となっており、自然は既に大きな改変を受けている。住民は数軒の農作業小屋を除けば、発電所から離れた高台に居住しており、移転の必要はほとんどない。

発電所の設置に必要となる土地は、タンザニアの法令（Land Act）に従い、合法的に取得することが可能である。土地の取得に伴う補償は制度的に確立しており、補償額も僅かであることから、大きな問題とはならない。

発電所の建設・運転にともない、道路等の公共施設が設置されることから、発電所は地域の発展に大きく寄与するものと考えられる。また、上部貯水池は水鳥等に新たな生息地を与えるとともに、住民には外来種の導入による養殖漁業および水上交通の可能性を与えるが、有害植物、動物の発生には注意していく必要がある。

以上のことから、総合的に判断して、発電所が周辺の自然、社会環境に与える影響は小さいものと評価され、本発電所計画は電力の安定供給に資すると同時に、地域社会の発展に大いに寄与するものと考えられる。

なお、発電所の運転保守の一貫として環境のモニタリングを実施し、環境の変化を適宜把握して行くことが必要であろう。

#### (7) 最適開発計画の概要

キハンシ水力発電開発計画の上部計画と下部計画における最大出力の合計は200MWである。この水力発電の年間保証電力量は886.7GWhと算定され、石炭火力発電と比較した場合、年間約680,000トンの石炭消費量に匹敵しうる。

##### 上部計画

本計画はルフィージ川の支流キハンシ川の上流に位置している。

支流ルアハ川との合流点より下流約3kmの地点に、高さ95m、体積5,350,000 $\text{m}^3$ のロックフィルダムを築造し、総貯水容量 $94.9 \times 10^6 \text{m}^3$ 、有効貯水容量 $75.1 \times 10^6 \text{m}^3$ を得る。この貯水池により、平均年間流入量 $494 \times 10^6 \text{m}^3$ を調節する。

ダム右岸上流500mに設ける取水口により、最大使用水量 $25.7 \text{m}^3/\text{sec}$ を取水し、延長1,163mの導水路ネットルおよび露出式水圧管路を経て右岸に設ける発電所に導水し、有効落差214.5mにより最大出力47MWおよび年間発生保証電力量335.7GWhを得る。

発電後は延長641mの放水路トンネルを経て、下部計画調整池へ放流される。上部発電所により発電される電力は、上部開閉所より下部発電所～イリング変電所間の220kV送電線に接続される。

##### 下部計画

本計画はキハンシ川の上部発電所下流約3kmの地点に、高さ35m、体積54,000 $\text{m}^3$ のコンクリート重力式ダムを築造し、総貯水量 $1.4 \times 10^6 \text{m}^3$ 、有効貯水量 $0.48 \times 10^6 \text{m}^3$ の調整池により流入量を日間調整する。

ダム直上流左岸に設ける取水口により、最大使用水量 $22.2 \text{m}^3/\text{sec}$ を取水し、延長4,181mの導水路トンネルおよび埋設式水圧管路を経て左岸に設ける発電所に導水し、有効落差813.0mにより最大出力153MWおよび年間発生保証電力量551.0GWhを得る。発電後は延長615mの放水路トンネルを経て、キハンシ川に放流される。下部発電所により発電される電力は新たに建設される220kV送電線によりイリング変電所まで送電される。

## 送電線

送電線は、電圧220kV、2回線で、下部開閉所を起点として上部開閉所を経て、イ  
リング変電所まで延長113kmが新設される。

### (8) 工事工程および工事費

#### ・工事工程

本計画の運開年を上部計画は1999年、下部計画は1996年とすると概略下記スケジ  
ュールで着工準備を行う必要がある。

#### 上部計画

1989-2 ~ 1990-12	Prefeasibility Study	(1 year and 9 month)
1991-7 ~ 1992-6	Feasibility Study	(1 year)
1992-7 ~ 1993-12	Definite Design	(1.5 year)
1994-1 ~ 1995-6	Finance	(1.5 year)
1995-1 ~ 1995-6	Preparation Works	(0.5 year)
1995-7 ~ 1999-12	Construction	(4.5 year)

#### 下部計画

1989-2 ~ 1990-12	Feasibility Study	(1 year and 9 month)
1991-2 ~ 1992-7	Definite Design	(1.5 year)
1991-1 ~ 1993-6	Finance	(2.5 year)
1992-1 ~ 1993-6	Preparation Works	(1.5 year)
1993-7 ~ 1996-12	Construction	(3.5 year)

本計画の建設工事は気象、地形、工事規模、建設材料、構造物の配置、準備工事等を考慮した結果、上部計画約 4.5年、下部計画約 3.5年の工期が必要と考えられる。上部計画、下部計画の工事工程を Fig. 11-5、Fig. 11-6 に示す。

#### ・工事費

本計画の工事費は、現時点で期待される技術水準による設計・施工方法および材料、製品を適用するものとした。さらに、計画地点の地質条件、地形条件および工事規模等を考慮して積算した。

総工事費は、内外貨に分けて積算し、アクセス道路、キャンプ施設、環境対策費、送電線、開閉所、エンジニアリングフィー、管理費および建中 利子も含んでいるが、インフレーションは含んでいない。積算時点は、1989年6月とした。(交換レート140Tsh/1US\$)

本計画の工事費の内訳をTable 11-7 に示す。

### (9) 経済・財務評価

#### ・経済評価

本計画の経済評価にあたっては、本計画とこれに対する代替火力発電所の経済費用を積算し、評価する代替設備アプローチ法を採用している。上部・下部計画全体の経済費用に基づく便益および費用のフローは、Table 13-1に示すとおりであり、経済的内部収益率 (EIRR)、超過便益 (B-C) および便益・費用比率 (B/C) は以下のとおりである。

	E I R R	B - C	B / C
上 部 計 画	11.26%	$9.221 \times 10^3 \text{US\$}$	1.07
下 部 計 画	45.94%	$129.236 \times 10^3 \text{US\$}$	2.32
全 体 計 画	39.31%	$146.347 \times 10^3 \text{US\$}$	1.76

本計画(上部および下部計画)の経済性をB-CおよびB/Cから判断すると、本計画を建設し運用することは、同等のサービスを提供しうる代替火力発電所を設置するよりも、費用面ではるかに優位であり、また資本の機会費用を反映する社会的割引率が39.31%に達するまでこの優位性が維持されると言える。

## ・財務評価

本計画の財務評価にあたっては、総投下資本から見た財務評価すなわち財務的内部収益率（FIRR）を算定することによって実施している。

上部計画および下部計画のFIRRは、各々6.49%、12.47%であり、全体計画としては Table 13-5 に示すとおり、12.07%となる。

従って上部計画を単独に考えた場合の財務的健全性については、この財務評価のために採用した電気料金水準では問題があるが、全体計画で判断した場合には財務的に健全なプロジェクトであると結論できる。

上部水力発電計画概要

項目	単位	内容
河川名		キハンシ川
流域面積	km <sup>2</sup>	583
年間流入量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	494.48
設計洪水量	m <sup>3</sup> /sec	400
貯水池		
満水位	m	1,360
低水位	m	1,330
利用水深	m	30
堆砂位	m	1,300
総貯水容量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	94.90
有効貯水容量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	75.10
湛水面積	km <sup>2</sup>	3.86
支流仮排水トンネル		
設計洪水流量	m <sup>3</sup> /sec	10
型式		上部半円下部矩形
条数		1条
寸法	m×m	幅 2.00×高さ 2.00
延長	m	300.00

項 目	単 位	内 容
本流仮排水トンネル		
設計洪水流量	m <sup>3</sup> /sec	90
型 式		上部半円下部矩形
条 数		1 条
寸 法	m×m	幅 3.00×高さ 3.00
延 長	m	425.00
ダ ム		
型 式		中央遮水壁型ロックフィルダム
天 端 標 高	m	1,365.00
堤 頂 長	m	583.00
堤 頂 幅	m	10.00
堤 高	m	95.00
堤 体 積	m <sup>3</sup>	5,350,000
洪 水 吐		
設計洪水流量	m <sup>3</sup> /sec	400
洪水吐容量	m <sup>3</sup> /sec	400
型 式		自由越流式
越流頂標高	m	1,360.00
越流幅	m	100
取 水 口		
型 式		鉄筋コンクリート傾斜式
取水口数		1
最大取水量	m <sup>3</sup> /sec	25.7
呑口部標高	m	1,320.00
寸 法	m×m	幅 6.00×高さ 50.00



項 目	単 位	内 容
導水路トンネル		
条 数		1
最 大 流 量	m <sup>3</sup> /sec	25.7
内 径	m	3.30
延 長	m	653.00
水 圧 管 路		
条 数		1
最 大 流 量	m <sup>3</sup> /sec	25.7
内 径	m	3.30 ~ 1.85
延 長	m	510.24
発 電 所		
型 式		鉄筋コンクリート半地下式
寸 法	m×m×m	幅 20.00×長さ 22.50×高さ 35.00
水車中心標高	m	1,135.00
出 力	MW	47
放水路トンネル		
型 式		標準馬蹄型
最 大 流 量	m <sup>3</sup> /sec	25.7
内 径	m	4.00
延 長	m	641.100

項 目	単 位	内 容
放 水 口		
型 式		鉄筋コンクリートボックスカバト 型
最 大 流 量	m <sup>3</sup> /sec	25.7
寸 法	m×m×m	幅4.00×長さ10.00 ×高さ7.50
吐 出 部 標 高	m	1,135.35
水 車		
型 式		立軸フランス水車
台 数		1
有 効 落 差	m	214.50
使 用 水 量	m <sup>3</sup> /sec	25.7
基 準 出 力	MW	48
回 転 速 度	r p m	429
発 電 機		
型 式		三相交流同期発電機
台 数		1
出 力	MVA	53
回 転 速 度	r p m	429
周 波 数	Hz	50
電 圧	k V	11.0
主 要 変 圧 器		
型 式		屋外单相変圧器
台 数		4(予備1台)
容 量	MVA	53
電 圧	k V	11.0

項 目	単 位	内 容
開 閉 所		
母 線 構 成		単母線
母 線		アルミ線
接 続 線 路 数		2回線
電 圧	kV	220
導 体 の 種 類		AAC 400mm <sup>2</sup>
発 生 電 力 量		
平 均 電 力 量	GWh	275.1
保 証 電 力 量	GWh	335.7
建 設 期 間	年	4.5
建 設 費	10 <sup>3</sup> US\$	261,000
発 電 端 建 設 単 価	US\$/kWh	0.78
経 済 評 価		
E I R R	%	11.26
F I R R	%	6.49
純 現 在 価 値 額 (B-C)	10 <sup>3</sup> US\$	9,921.46
便 益 費 用 比 率 (B/C)		1.07

下部水力発電計画概要

項 目	単 位	内 容
河川名		キハンシ川
流域面積	km <sup>2</sup>	590
年間流入量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	500.48
設計洪水量	m <sup>3</sup> /sec	400
貯水池		
満水位	m	1,140
低水位	m	1,137
利用水深	m	3
堆砂位	m	1,125
総貯水容量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1.39
有効貯水容量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0.48
湛水面積	km <sup>2</sup>	0.19
仮排水路		
設計洪水流量	m <sup>3</sup> /sec	80
型式		堤内ボックスカルバート型
条数		1条
寸法	m×m	幅 3.00×高さ 4.00
敷標高	m	1,115.00

項 目	単 位	内 容
ダ ム		
型 式		コンクリート重力式
天 端 標 高	m	1,143.00
堤 頂 長	m	177.00
堤 頂 幅	m	5.00
堤 高	m	35.00
堤 体 積	m <sup>3</sup>	54,000
洪 水 吐		
設 計 洪 水 流 量	m <sup>3</sup> /sec	400
洪 水 吐 容 量	m <sup>3</sup> /sec	160
型 式		自由越流式
越 流 頂 標 高	m	1,140.00
越 流 幅	m	13.00 × 4門=52.00
土 砂 吐		
土 砂 吐 容 量	m <sup>3</sup> /sec	240
型 式		ダム内流量ゲート調節式
寸 法	m × m	幅4.00 × 高さ4.00
敷 標 高	m	1,123.00
取 水 口		
型 式		鉄筋コンクリート鉛直式
取 水 口 数		1
最 大 取 水 量	m <sup>3</sup> /sec	22.2
吞 口 部 標 高	m	1,125.00
寸 法	m × m	幅6.00 × 高さ25.50

項 目	単 位	内 容
導水路トンネル		
条 数		1
最 大 流 量	m <sup>3</sup> /sec	22.2
内 径	m	3.00
延 長	m	1,258.69
水 圧 管 路		
条 数		主管 1                  枝管 3
最 大 流 量	m <sup>3</sup> /sec	主管 22.2                  枝管 7.4
内 径	m	主管 3.00~2.00
		枝管 1.80~0.90
延 長	m	主管 2,858.31
		枝管 1号 80.00
		枝管 2号 82.05
		枝管 3号 64.30
発 電 所		
型 式		鉄筋コンクリート半地下式
寸 法	m×m×m	幅 25.50×長さ 59.00×高さ 34.60
水車中心標高	m	296.50
出 力	MW	153

項 目	単 位	内 容
放水路トンネル		
型 式		主管 標準馬蹄型
		枝管 上部半円下部矩形型
最 大 流 量	m <sup>3</sup> /sec	主管 22.2
		枝管 7.4
内 径	m	主管 3.50 枝管 3.00
延 長	m	主管 580.00
		枝管 35.00 × 3条=105.00
放 水 口		
型 式		鉄筋コンクリート
最 大 流 量	m <sup>3</sup> /sec	22.2
寸 法	m	幅 7.00~15.00
		長さ 24.0 高さ 10.20
吐 出 部 標 高	m	293.00
水 車		
型 式		立軸ペルトン水車 (6ノズル)
台 数		3
有 効 落 差	m	813.00
使 用 水 量	m <sup>3</sup> /sec	7.4
基 準 出 力	MW	52
回 転 速 度	r p m	750

項 目	単 位	内 容
発 電 機		
型 式		三相交流同期発電機
台 数		3
出 力	MVA	57
回 転 速 度	r p m	750
周 波 数	Hz	50
電 圧	k V	11
主要変圧器		
型 式		屋外単相変圧器
台 数		10(予備1含む)
容 量	MVA	19
電 圧	k V	11
開 閉 所		
母 線 構 成		二重母線
母 線		アルミ線
接 続 線 路 数		2回線
電 圧	k V	220
導 体 の 種 類		AAC 400mm <sup>2</sup>
送 電 線		
回 線 数		2回線
電 圧	k V	220
導 体 の 種 類		ACSR 380mm <sup>2</sup>
区 間		下部開閉所～イリング変電所
距 離	k m	113



項 目	单 位	内 容
發生電力量		
平均電力量	GWh	868.9
保證電力量	GWh	551.0
建設期間	年	3.5
建設費	10 <sup>3</sup> US\$	206,000
發電端建設單價	US\$/kWh	0.37
經濟評估		
E I R R	%	45.94
F I R R	%	12.74
純現在價值額(B-C)	10 <sup>3</sup> US\$	129,236.15
便益費用比率(B/C)		2.32



# 結 論 と 勸 告



## 結 論 と 勧 告

本計画はタンザニア共和国中南部に位置し、インド洋に注ぐ同国最大のルフィージ河の支流キハンシ川に建設されるキハンシ水力発電開発計画である。調査団はこの水力発電開発計画のうち、上流部に位置する上部計画に関するプレフィージビリティ調査とその下流に位置する下部計画に関するフィージビリティ調査を実施した。この調査の結果、両計画は技術的、経済的および環境の観点から十分フィージブルであるとの結論を得た。以下に結論の内容について述べる。

### 結 論

- i) タンザニア共和国の電力需要は、1985年まで経済の停滞を反映し、年5.9%の伸びであったが、1986年～1988年は世銀の援助を受けた経済計画により経済が好調に推移した結果、10.3%と急に伸びが大きくなった。今後1990年から2005年の電力需要の伸び率は年率6.2%と予想される。従って、2005年のピーク需要は707MWになり、その間廃止される火力発電所分をも考慮すると、520MW以上の新しい設備が必要となる。
- ii) タンザニア共和国のエネルギー資源として石炭と天然ガスが確認されているが、開発と輸送に多額の費用を要する。一方、この国の包蔵水力は3,800万kWと推定され既開発分は1%にも満たず、水力は重要な将来のエネルギー資源として位置づけられている。
- iii) マスタープランに提案されているキハンシ川の開発計画を再検討し、開発時期、開発規模およびレイアウトの適正な選定を行った。また開発順序は第1期に下部計画、第2期に上部計画とする事が適当であるとの結論を得た。  
両計画の運転開始は電力需要予測の結果、下部計画を1996年に、上部計画は1999年に運転を開始することが妥当である。

iv) 両計画の建設費は1989年6月時点で期待される技術水準による設計、施工方法および材料と製品を適用されるものとし、計画地点の地質条件、地域条件および工事規模等を考慮した工事単価で輸入税、建中利子を含めて積算した。

建設費は内・外貨分を含め、上部計画が261百万US\$, 下部計画が206百万US\$, 合計467百万US\$である。

v) 両計画の経済性は単独でも代替火力設備と比較して経済的に優位であり、特に下部計画のkWh当りの建設単価は0.37US\$とタンザニア共和国で最も安い電源である。両計画の費用と収入を算定し、現在価値に割引いた経済内部収益率(EIRR)は39.3%となる。この値は、国際金融機関の限界収益率をはるかに越えており、本プロジェクトが国民経済の立場からフィージブルなプロジェクトであることを示している。

vi) 上部ダムの型式は地形、地質、建設材料、工事費等を考慮に入れてフィルダムを採用し、下部ダムにはコンクリート重力式ダムを採用した。又両地点とも経済的な半地下式発電所とすることが可能で、特に下部発電所は高落差であることからペルトン型の水車が採用され、水路の設計が単純化されている。両計画とも建設の実現に支障をきたすような問題はなく、技術的にフィージブルである。

vii) 本計画の水没予定湛水池内には居住者は無く、わずかに焼畑があるものの、その他道路や公共建造物等の補償物件はまったく無い。

viii) キハンシ川の水質は表層土壌、焼き畑耕作等の影響により酸性が強く、また貧栄養であること、河床に岩が露出する急流であることから、魚類等の水生生物はほとんど見られない。また湛水池予定地内は焼き畑耕作地および休耕地であり、これらの区域では大型の野性動物の生息は確認されていないが、貯水池又は減水区域に有害植物、昆虫等の発生には注意する必要がある、そのモニタリング設備を含め妥当な額の環境対策費を工事費に計上している。

ix) 本開発計画は、周辺の自然、社会環境に与える影響は小さいものと評価され、電力の安定供給に大いに資すると同時に、地域社会の発展に寄与する事が期待される。

## 勸 告

キハンシ川水力発電開発計画は、技術的および経済的にフィージブルであり、タンザニア国の電源開発計画では下部計画を1996年に電力系統に投入し、上部計画を1999年に電力系統に投入すると位置づけられるので、実施するよう勧告する。

本計画を遂行するためには、以下の事項を実施する必要がある。

- i) 上部計画のフィージビリティ調査を実施する必要がある。
- ii) 下部計画の実施設計および入札書類の作成等、建設に必要な諸準備を実施する必要がある。
- iii) 下部計画の実施設計を行うためには、最終報告書第14章“今後の調査”に示すような項目について追加調査および試験を行い、その結果は実施設計に十分反映されなければならない。





# 第 1 章 序 論



## 第1章 序論

	頁
1.1 経緯 .....	1-1
1.2 業務内容および現地調査 .....	1-2
1.2.1 調査の目的 .....	1-2
1.2.2 調査対象地域及び範囲 .....	1-2
1.2.3 業務内容 .....	1-2
(1) 予備調査 .....	1-2
(2) 詳細調査 .....	1-2
(3) フィージビリティ調査 .....	1-2
1.3 既存報告書 .....	1-3
1.4 現地調査業務および参加者リスト .....	1-3
1.4.1 現地調査業務 .....	1-3
1.4.2 現地調査工事 .....	1-4
1.4.3 参加者リスト .....	1-5



## 第1章 序 論

### 1.1 経 緯

タンザニア共和国の経済開発計画は、1981～1985年に実施する予定であった第4次経済開発5ヶ年計画を棚上げし、1981年以来国家経済救済プログラム(NESP)および構造調整プログラムさらに1986年より経済復興計画(ERP)を策定して経済の立て直しをはかっている。

タンザニア電力供給会社(TANESCO)の長期電力需要想定によれば、1987年より施行されたERPによる経済回復の兆しが現われはじめる1992年からの電力需要は5%内外の伸びで増大するとしている。

これに対して、発電のためのエネルギー資源は、石炭、天然ガス、および水力資源があり、TANESCOは基本的に水力を中心とした発電計画を考えている。この1990年代中頃に逼迫する電力需要に対し、ノルウェーのNorconsult及びカナダのAcresの実施した、マスタープランおよび電源開発計画(1985～2010)において、キハンシ川の水力発電開発計画を早期に実施すべき案件として位置づけられている。

キハンシ川水力発電開発計画はダルエスサラームより南西約450kmのルフィージ川水系キハンシ川の中流部に位置し、年間流入量を完全に調整し得る貯水池を持つ上部計画と、その下流に調整池を持つ下部計画および下部計画を起点として上部計画を経てイリング変電所までの送電線計画よりなり、その合計出力は200MWに及ぶ。

タンザニア共和国政府は電力需要上1995年までに下部計画プロジェクトを、1997年までに上部計画を完成したいとしており、1987年10月本件フィージビリティ調査の早期実施を我が国に要請したものである。また、1987年11月同国へプロジェクト選定確認調査団派遣の際、タンザニア側より重ねて本件の早期実施につき要望があった。

本要請に応え、JICAは昭和63年10月に事前調査団をタンザニアに派遣し、現地調査および調査計画の打合せ等を行い、フィージビリティ調査実施の妥当性を確認した。

同事前調査により同年10月20日タンザニア側カウンターパートTANESCOとの間で、Scope of Workが締結された。

## 1.2 業務内容および現地調査

### 1.2.1 調査の目的

本調査の目的は、キハンシ水力発電開発計画に関し現地調査及び国内作業を実施し、技術的、経済的及び財務的に最適な開発計画を策定して、フィージビリティ調査報告書を作成すること及び本調査を通じタンザニア国側カウンターパートに対し技術移転を図ることにある。

### 1.2.2 調査対象地域及び範囲

調査対象地域はルフィジ河水系キハンシ川流域（集水区域、ダムサイト、取水口、導水路トンネル、調圧水槽、鉄管路、発電所、放水路、開閉所、送電線ルート、資機材運搬ルート及び建設材料採取地ほか）である。

調査の範囲は下部計画をフィージビリティ調査とし、上部計画をプレフィージビリティ調査とする。

### 1.2.3 業務内容

業務は調査精度に応じ、次の3つのステージで実施された。

#### (1) 予備調査

#### (2) 詳細調査

#### (3) フィージビリティ調査

##### i) 予備調査

- 本開発計画関連の既存資料・既調査報告書等の収集およびレビューを行うこと。
- 計画に関連する地域全般の現地踏査および現況調査を行うこと。
- 既往データをもとに開発計画の比較検討及び最適規模を選定すること。
- 詳細調査に係る調査実施計画および技術仕様書を立案すること。

##### ii) 詳細調査

- 予備調査において策定された実施計画に基づいて、航空写真測量による地形図の作成や透水試験を含むボーリングによる地質調査工事を行なうこと。

- 既存データを収集するとともに現地での流量・土砂流出観測等を行ない、水文・気象の調査分析を行なうこと。
- 電力、環境、補償物件等の調査を行ない、その影響を予測し、それらのデータの分析、検討を行なうこと。

### iii) フィージビリティ調査

- 予備調査、詳細調査段階の検討結果および環境データを含む最新の調査結果に基づいて、計画を確定し、その技術的、経済的、環境面からの計画の妥当性を確認すること。

## 1.3 既存報告書

現在まで下記の調査が実施され、報告書が作成されている。

- (1) Rufiji Basin Hydropower Master Plan  
1984年 Norconsult/NORAD
- (2) Power Sector Development Plan 1985 to 2010  
1985年 TANESCO/Acres Int.
- (3) Power Sector in Tanzania, 1986  
1986年 TANESCO
- (4) National Accounts of Tanzania 1976-1986  
1987年 Bureau of Statistics, Ministry of Finance
- (5) TANESCO Statistical Data  
1988年 TANESCO
- (6) TANESCO Power Tariff Effective 1979 to 1988  
1988年 TANESCO

## 1.4 現地調査業務および参加者リスト

### 1.4.1 現地調査業務

1989年2月から現在までの期間に調査団は以下に示すとおり、現地での活動を行った。

- (1) 現地調査 (第1回)  
 期間: 1989年2月15日～3月31日
- (2) 現地調査 (第2回)、進捗報告 (第1回)  
 期間: 1989年6月1日～6月30日  
 ～8月29日 (測量)
- (3) 進捗報告 (第2回)  
 期間: 1989年8月1日～8月15日
- (4) 現地調査 (第3回)  
 期間: 1989年8月1日～11月30日 (地質)  
 ～9月29日 (環境)
- (5) 進捗報告 (第3回)  
 期間: 1989年12月1日～12月15日
- (6) 中間報告  
 期間: 1990年2月15日～3月2日
- (7) 最終ドラフトレポートに関する打合せ  
 期間: 1990年9月2日～9月16日

#### 1.4.2 現地調査工事

JICA調査団およびTANESCO によって実施された主な現地調査、室内試験および調査工事は以下の通りである。

##### ① 測量工事

対空標識および水準点の設置		19	点
水準測量		60	km
航空写真撮影	1 : 30,000	110	km <sup>2</sup>
全 上	1 : 7,000	22	km <sup>2</sup>
航測図化	1 : 5,000	16.5	km <sup>2</sup>
全 上	1 : 1,000	1.5	km <sup>2</sup>



② 地質調査工事

ボーリング (含透水試験)	8 孔	230 m
"    (材料調査)	2 孔	40 m
弾性波探査	2 測線	105 m
テストピット	4 坑	6.8 m
室内試験		27 サンプル

③ その他調査

測水所設備設置	1ヶ所	
測水調査	週 1 回	1 年間
	月 1 回	継続中
水質調査	適 宜	"

1.4.3 参加者リスト

TANESCO

Mr. S.L. Mosha	Managing Director
Mr. S.J. Kimaryo	Dy. Managing Director (Technical Service)
Mr. J.K. Tesha	Director (Projects & Transmission)
Mr. B.E.A.T. Luhanga	Director (Corporate Services)
Mr. K.K. Iranga	Director (Distribution & Costomer Services)
Mr. S.L. Mhaville	Director (Production)
Mr. M.S. Masanja	Company Secretary
Mr. K.R. Abdulla	Manager (Projects)
Mr. F.X. Saidi	Manager (Study & Design)
Mr. D.E.P. Ngula	Senior Hydrologist
Mr. A.F. Abdullah	Chief Design Engineer
Mr. J.M. Lukumai	Chief Project Engineer
Mr. A.P. Mbatila	Chief System Planning Engineer
Mr. G. Nyamko	Chief Generation Engineer
Mr. G.N.M. Nyamboha	Senior Civil Engineer

Dr. H. R. Mursal	Senior Civil Engineer
Mr. G. F. Mosha	Civil Engineer
Mr. Lebbi Changullah	Planning Engineer
Mr. Mmainaka	Senior Surveyor
Mr. Magoti	Civil Technician
Mr. H. E. Kileo	Regional Manager (Iringa)
Mr. H. E. Maruwa	Regional Manager (Morogoro)
Miss. Kiangi	Area Manager (Ifakara)

#### JICA

Mr. Y. Ebi	Team Leader
Mr. S. Ariga	Hydrologist
Mr. K. Iino	Planning Engineer
Mr. M. Seino	Planning Engineer
Mr. T. Ushijima	Chief Design Engineer
Mr. J. Hori	Civil Design Engineer
Mr. M. Shiomi	Civil Design Engineer
Mr. K. Niimi	Geologist
Mr. H. Ishii	Geologist
Mr. M. Shigeta	Geologist
Mr. M. Nakai	Surveyor
Mr. K. Tamari	Surveyor
Mr. K. Hayakawa	Surveyor
Mr. H. Sugiyama	Hydrologist
Mr. H. Fujimaki	Environmental Engineer
Mr. M. Noda	Electrical Engineer (Power)
Mr. T. Hagiwara	Electrical Engineer (System)
Mr. T. Nanba	Economist (deceased)
Mr. M. Tanaka	Economist

## 第2章 タンザニア共和国の一般概況



## 第2章 タンザニア共和国の一般概況

	頁
2.1 地理 .....	2-1
2.2 気候 .....	2-1
2.3 人口 .....	2-2
2.4 経済 .....	2-2
2.4.1 一般経済動向 .....	2-2
2.4.2 産業別動向 .....	2-3
(1) 農業 .....	2-3
(2) 製造業 .....	2-3
(3) 鉱業 .....	2-3
(4) 観光 .....	2-3
(5) 水産業 .....	2-4
2.5 エネルギー資源 .....	2-4
2.5.1 石炭 .....	2-4
2.5.2 天然ガス .....	2-4
2.5.3 水力 .....	2-4
2.6 交通と通信 .....	2-5
2.6.1 交通 .....	2-5
2.6.2 通信 .....	2-5
2.7 環境 .....	2-5
2.7.1 自然環境 .....	2-5
2.7.2 社会環境 .....	2-6



## 第2章 タンザニア共和国の一般概況

### 2.1 地 理

タンザニア連合共和国は、アフリカ大陸の東部、南緯 1° 00' から 11° 44'、東経 29° 40' から 40° 27' の間に位置し、北はケニア共和国、ウガンダ共和国と西はルワンダ共和国、ブルンジ共和国、それにザイール共和国と、南はマラウイ共和国、ザンビア共和国、モザンビーク人民共和国とそれぞれ国境を接し、東はインド洋に面している。

国土の総面積は 945,050km<sup>2</sup>であり、西北部のタンガニーカ湖およびヴィクトリア湖流域地域と、東部のキリマンジェロ地域およびダルエスサラームを中心とするインド洋沿岸地域からなっている。

計画地域はこのインド洋沿岸地域の中心をなすルフィージ川流域にあり、その一大支流のキハンシ川に位置している。このキハンシ川はイリング南部の丘陵地に源を発生し、ウズングワ山地の東南斜面を南行し一気にキロンベロ川扇状地の湿原に注ぐため、上流部での河道は蛇行し緩流であるが、下流部は滝が連続する急流を呈している。

### 2.2 気 候

タンザニアの気候は熱帯サバンナ気候に属しているが、地勢・標高によって大きく左右される。気温は雨季と乾季によっても異なるが、一般的に 34℃ から 15℃ の間にあり、インド洋沿岸地域の気温の季節変動は 10℃ 以下で非常に小さい。一方計画地域は上流部と下流部の標高差が影響し、時期によっては 20℃ 以上の温度差が生ずる場合がある。

タンザニア全土の年間降雨量は 400mm から 2,000mm と場所により大きな違いがあるが、雨季と乾季に分かれており、雨季は 11 月から 5 月まで続いている。降雨特性は熱帯収束帯の動きと地勢によって左右されるため計画地域の年間降雨量も 1,000mm から 1,800mm と場所により巾があり、流域の南東部が多く、北西に向うにつれ減少する特性をもっている。又、雨季にあっても風向、風力、湿度等が異なるため、12 月から 2 月にかけては月降雨量が 150mm から 200mm と小さくなっている。

## 2.3 人口

タンザニアの総人口は1988年現在で 22.65百万人と推定され、近年の人口増加率は 3.4%である。人口密度は一平方km当り23.8人である。

当地域は焼き畑方式の農業を主とした人々が、流域内に点在するがキハンシ川の左岸側は保存森林に指定されていることと、下流部がウズングワ山地の断崖が続く地形のため上流部右岸側に集落を形成している。その人口は1971年以降ほとんど増えておらず、ウハヒワ、ウカミの二つの村落を合せても 3,400人程度である。

## 2.4 経済

### 2.4.1 一般経済動向

1986年におけるGNPは 146,168百万シリング、国民1人当りGNPは 126ドルの水準にある。近年、石油精製、セメント工業、肥料工業等の諸工業が発展しつつあるが、産業は農業が中心であり、1986年のGDPに占める農業の比率は39.4%である。

逆に工業の同年の比率は前年に比べて 6.5%低下しており、この原因は、外貨準備の逼迫のために起こる原材料、部品等の輸入資機材の不足や、頻発する停電、断水事故等が大きく影響しているためである。

タンザニア経済の好不調は、一時産品輸出に依存する他の発展途上国と同様、国際収支に大きく影響される。1981年以降の国際収支の悪化は、農業生産の不振が直接の原因であり、タンザニア政府は農業構造改善政策により、農業の復興を図ると共に、外国援助機関からの援助の増大を図ってきた。この政策の結果、1986年には農産物の減産傾向が打破され、例えば綿花は前年に比べ 108%の増産となった。

1987年 7月に発足した 87-88年度予算（総額77,320百万シリング）の22.3%に相当する開発予算の半分以上は国外からの贈与及び融資で賄うこととし、かつ、開発予算の27.1%を農業部門に充当している。

またその年から開始された経済危機打開のための 3年間にわたる経済再建プログラム（Economy Recovery Program: ERP）も1989年 6月に終了し、1988年のGDPの伸び率は 4.1%と、1980年代前半の最悪期に比べますますの数字を残している。



## 2.4.2 産業別動向

### (1) 農 業

農業は総輸出額の約75%を占め、タンザニアで最も重要な産業である。特にコーヒーが最も重要な外貨獲得商品であり、1986年並びに1987年においては、総輸出額の各々49.2%、31.3%を占めている。

近年の農業部門の成長率は0.6%程度であるが、タンザニア政府は経済の困難打破のために1990年代初めにはこの成長率を5%に高めたい意向を持っており、積極的に農業構造政策を推進している。主要産物としてコーヒーの他、綿花、サイザル、タバコ、茶、カシューナッツがある。

### (2) 製 造 業

タンザニアの製造業は、

- i) 鉄鋼、セメント、ガラス、紙パルプ等の基礎原材料工業
- ii) 輸入代替消費財産業
- iii) 農産物加工業

から成立っている。

1970年代の多くの産業で生産能力の増強が行われ、例えば繊維、セメントの生産能力は1976年～1980年の間に2倍に拡大したが、急速な工業化の結果、1980年代に入り、需要が追いつかないための操業率の低下を引き起こしている状態にある。

工業部門のGDPに占める割合についても、1985年、1986年において各々前年に比較して3.3%及び6.5%低下している。

### (3) 鉱 業

タンザニアは多くの鉱産物を産出するが、産出額が最も大きなものはダイヤモンドであり、輸出品目としてもコーヒー、茶、綿花に続く第4位の位置を占めている。タンザニア政府は1987年7月にダイヤモンド、金等の開発の再組織を発表し、開発業者が売上の70%を保有できることとし、開発意欲を高める政策を取っている。

### (4) 観 光

タンザニアにはキリマンジャロ等の観光資源が大きく、外貨収入でコーヒー、綿花等を上回る可能性も持っている。ホテル経営の拙劣もあって、国外からの観光客は1980年の84,000人から1985年には58,000人に減少し、収入も1,800万ドルから1,000万ドルに落ちていたが、1986年に16のホテルの経営を外国のホテルチェーンに委任し、

ホテルの客室の利用率は1985年の40%から1986年には60%と改善されつつある。

#### (5) 水産業

タンザニアには河川、沿岸海域を含めて58,000km<sup>2</sup>の水産可能水域が、またインド洋には64,000km<sup>2</sup>の水産可能水域がある。

水揚げ量の現状は海洋水産が年に10万トンの可能性を持ちながら約4万トン、タンガニーカ湖は年に30万トンの可能性を持ちながら約6万トンの水揚げにとどまっている。また、ビクトリア湖も年20万トンの水揚げの可能性を持っていると言われている。

この水産業の不振の大きな原因は、外貨制限による魚網、モーター等の不足と考えられる。

### 2.5 エネルギー資源

#### 2.5.1 石炭

埋蔵量は10億トン以上と推定されている。

この石炭の品質は硫黄分の含有量は極めて少ないと言われているが、灰分が非常に多く、長期電源開発計画に計上されているキルワ火力発電計画(100MW)の山元燃料費が高いのもこの灰分に左右されるからだと言われている。現在鉱業開発公社(STAMICO)により年産50万トンの規模の炭田開発が進められている。

#### 2.5.2 天然ガス

インド洋沖合のソングソングガス田が発見されて以来、積極的にその調査が進められている。この大半は肥料工場および工業用に計画され、残る8.4%相当分61betが電力用に使用可能とされている。またダルエスサラーム南方40kmのインド洋沖に大型ガス田が発見され現在調査が開始された。

いずれも1990年代中には使用可能となるであろうが、現時点ではその詳細は未確定の状態である。

#### 2.5.3 水力

タンザニアの包蔵水力は3,800万KW、年間可能発生電力は約1,900億KWhと推定されている。既開発分はパンガニ川で3地点46.5MWおよびグレートルアハ川で2地点284MW、合計330.5MWで年間1,653GWhの発電を行っている。これは包蔵水力の1%

にも満たず、この国において水力は将来における重要なエネルギー資源として位置づけられている。

## 2.6 交通と通信

### 2.6.1 交通

タンザニアの交通網は延長82,000kmの道路、延長3,610kmの鉄道、インド洋に面したダルエスサラーム港、タンガ港とムトワラ港、それにタンガニーカ湖とビクトリア湖における船舶輸送およびダルエスサラームとキリマンジャロの国際空港に加えて60の地方空港を結ぶ航空網で構成されている。

しかしながら、交通網の状況は政府が自給自足を基本にした経済政策をとっていたため発達しておらず、国内の道路のうち4%しか舗装されていない。したがって、一級および二級国道の延長18,000kmが輸送可能な幹線道路として考えられる。

タンザニアの車輛台数は1976年時点で5,000台であったものが、現在では公用車を含め30万台にまで増加した。

### 2.6.2 通信

通信事業もまだ未発達の状況にある。

1988年末での電話台数は13万台である。回線数は81,214でそのうち24%が手動交換であり、91,000台もの新規電話の設置待ちの状況にある。

また、テレックスは1,400台の加入者に対しまだ2,400台もの加入申し込みが満たされていないでいる。

## 2.7 環境

### 2.7.1 自然環境

タンザニアにおいて文化的・経済的に自然保護は重要な問題とされており、国土面積の11%が国立公園に指定され厳しく保護されている。また獣猟保存区域と獣猟制限区域を合わせて16%が指定され、この他にも134,000km<sup>2</sup>の保存森林がある。これ等の制限もしくは指定は自然資源の適切な利用と既存権利の保護を目的として設立されたものであり、農耕、狩猟および森林伐採、土地利用等には各種の制限がある。

## 2.7.2 社会環境

タンザニアの総人口は2,250万人で年平均人口増加率は3.4%となっているが、平均余命は52才にすぎない。乳幼児の死亡率は先進国の約10倍にも登り、平均寿命の短いことから、国民の衛生、医療、栄養状態が良くないことがわかる。

1971年に始まった社会主義に基づく、集村化政策で、集落の形成が進んだが、近年はほとんど増えず、都市に人口が集中する傾向にある。

タンザニアは19の地域に分かれているが、スワヒリ語が共通言語である。

### 第3章 計画地域および周辺的一般概況



### 第3章 計画地域および周辺の一般概況

	頁
3.1 地勢および気象概況 .....	3-1
3.2 自然および社会環境 .....	3-1





### 第3章 計画地域および周辺の一般概況

#### 3.1 地勢および気象概況

本計画地域があるルフィージ川流域は、177,000km<sup>2</sup>の流域面積を持つタンザニア有数の河川である。本計画が位置するキハンシ川はルフィージ川水系キロンベロ川の支流でダム地点の流域面積は590km<sup>2</sup>にすぎないが、年間流入量は約5億トンで流況の安定した河川である。

キハンシ川上流部は丘陵地帯を形成し、標高1,500mまでの河道はゆるやかで蛇行するが、標高1,400m以下の河川勾配は一転して急流となり、標高300mのキロンベロ平原に水平距離5kmで達するにも係わらず、落差が1,000mにも及んでいる。この急峻な河道はウズングワ山地を直行するためであり、またこの山地の影響で年平均比流量が上流部(2.5m<sup>3</sup>/s / 100km<sup>2</sup>)と下流部 (3.5m<sup>3</sup>/s / 100km<sup>2</sup>)とで大きく異なっている。

本計画地域を含むタンザニアのほとんどが熱帯サバンナ気候帯に属し、雨季、乾季とはっきりと分かれている。この地域の年間降雨量は1,000mmから1,800mmと場所により巾があるものの、タンザニアにおいては多雨地帯に属する。

上部ダム・発電所はタンザニア中南部のイリングガ市の南方80kmに位置している。また下部ダムはこれより南に3kmの地点に位置し、下部発電所は更に4km南に位置している。この水路経過地はウズングワ山地を横切るため発電所はウズングワ山地断崖の山裾にあり、標高300mである。これより下流はキバラシ湿原となっており、山裾と湿原の間にタザラ鉄道と地方道が走っている。このタザラ鉄道のチタ駅より約20km西に下部発電所が位置する。

#### 3.2 自然および社会環境

キハンシ川上流左岸側の保存森林を除く山の斜面で、焼き畑方式による農業を営む人々が集落を作り、自給自足の生活を送っている。主な農作物は豆、とうもろこし、さつまいも等主食の栽培で、雨が多く、一年中耕作が可能である。一方下部ダムより下流は地形が急峻なため、ほとんど人が住んでいない。

この地域はタンザニア楯状地の南東部を縁取るウサガル造山帯の中に位置しており、構成する基盤岩類は片麻岩類と花崗岩類に分類される。このうち片麻岩類がひろく分

布し、この流域内では粗粒玄武岩脈が卓越してみられる。キハンシ川沿いには所々河床堆積物が分布するが、下流部にはほとんど見られない。また高標高部には雨林土壌およびラテライト質土壌が基盤を覆っている。

下部ダム地点より上流部では比較的厚い風化層が表面を覆っているが、断層は少なく、上部ダム地点付近で2本確認されたのみである。

地表踏査および航空写真判読による地すべり地形は認められないが、下部発電所の上部側の急斜面地に小規模であるが多数の崩壊地が認められる。

キハンシ川下流部は前に述べた如く、急峻な地形を流下するため滝の連続となっており、なかでもキハンシ滝は200mの落差を持つ雄大な滝であるが、地形が複雑で近づくことが出来ず、景勝の地となり得ない。

また、この川で水質調査を実施しているが、その結果酸性値 (PH 5.0~6.0) であることを確認している。そのため、上流部では生息する魚類はほとんど見当たらず、両棲動物であるカエルや甲殻類のカニが捕獲されたにすぎない。

一方計画地点内において陸棲動物および鳥類について現在までのところ、貴重種の存在は報告されていない。本計画地点及び近傍では考古学的または史学的に重要な文化財は無く、補償の対象となる水利施設、公共施設はない。

## 第4章 タンザニアの電力事業の現況



## 第4章 タンザニアの電力事業の現況

	頁
4.1 電気事業者 .....	4-1
4.2 電力供給設備 .....	4-1
4.2.1 送変電設備 .....	4-1
4.2.2 発電設備 .....	4-7
4.3 既設電力系統の特徴 .....	4-7
4.4 電力需要供給の現状 .....	4-9
4.4.1 電力需要 .....	4-9
4.4.2 用途別消費電力量 .....	4-9
4.4.3 発電電力 .....	4-13
4.4.4 負荷曲線 .....	4-13



### List of Tables

- Table 4-1 Characteristics of Transmission Lines
- Table 4-2 Facilities of Substations of the Grid System
- Table 4-3 Generating Facilities of the grid System
- Table 4-4 Electricity Consumption of the Grid System
- Table 4-5 Sales of Electricity Split into Different Categories of Consumers
- Table 4-6 Energy Generation of the Grid System
- Table 4-7 Energy Generation by Power Stations

### List of Figures

- Fig. 4-1 Organization of TANESCO
- Fig. 4-2 Grid System
- Fig. 4-3 Energy Supply of the Grid System
- Fig. 4-4 Hourly Load Curve
- Fig. 4-5 Monthly Maximum Load of the Grid System





## 第4章 タンザニアの電力事業の現況

### 4.1 電気事業者

タンザニアの電気事業は全額政府出資のTanzania Electric Supply Company Limited(TANESCO)によって運営される。TANESCOは本社をダルエスサラームに置き、タンザニア本土での発電、送電、配電事業およびザンジバルへの電力供給を行っている。

TANESCOの組織図をFig. 4-1に示す。

### 4.2 電力供給設備

#### 4.2.1 送変電設備

タンザニアの電力系統は全国連系系統と単独系統からなる。連系系統は拡張が続けられているが、1988年に北西部への延長が完成されたことにより全国の主要都市をほとんどすべて連系することとなった。連系系統に接続されない地域では各地に散在する単独系統により電力が供給されている。これらの電力系統は連系系統から離れている上、需要も小さいので連系系統に接続することは経済的に難しい。ACRES報告書では次の3つの小さな需要地が経済的に連系し得るとしている。

- i) ムベヤからツクユを連系
- ii) ドドマからチャンウィノを経てムプアアを連系
- iii) マカンバコで既設送電線を分岐してマカンバコ、ンジョンベを連系

1988年末のTANESCOの総発電設備出力は471MWであるが、この内の約91%を占める、430MWが連系系統に接続される。

連系系統はFig. 4-2に示されるように、主として220kVと132kV送電線で構成され、一部に66、33kV送電線が採用されている。主要配電系統は33kVと11kV配電線で構成される。送電線および連系系統の変電所の設備概要をTable 4-1、Table 4-2に示す。

220kV送電線は基幹系統を構成しており、主要電源であるキダツ、ムテラから最大需要地である東部のダルエスサラームおよび南西部のムベヤ、北部ビクトリア湖岸のムワンザを連系している。220kV送電線のこう長は1,598kmであり、すべて1回線送電線である。

132kV送電線はダルエスサラームから東部海岸地方の需要地を通り、北部のアルーシャに達する他、内陸部のシンヤング～タボラ、ムワンザ～ムソマを結んでいる。

132kV送電線のこう長は 1.345kmであり、すべて1回線送電線である。

Fig. 4-1 Organization of TANESCO

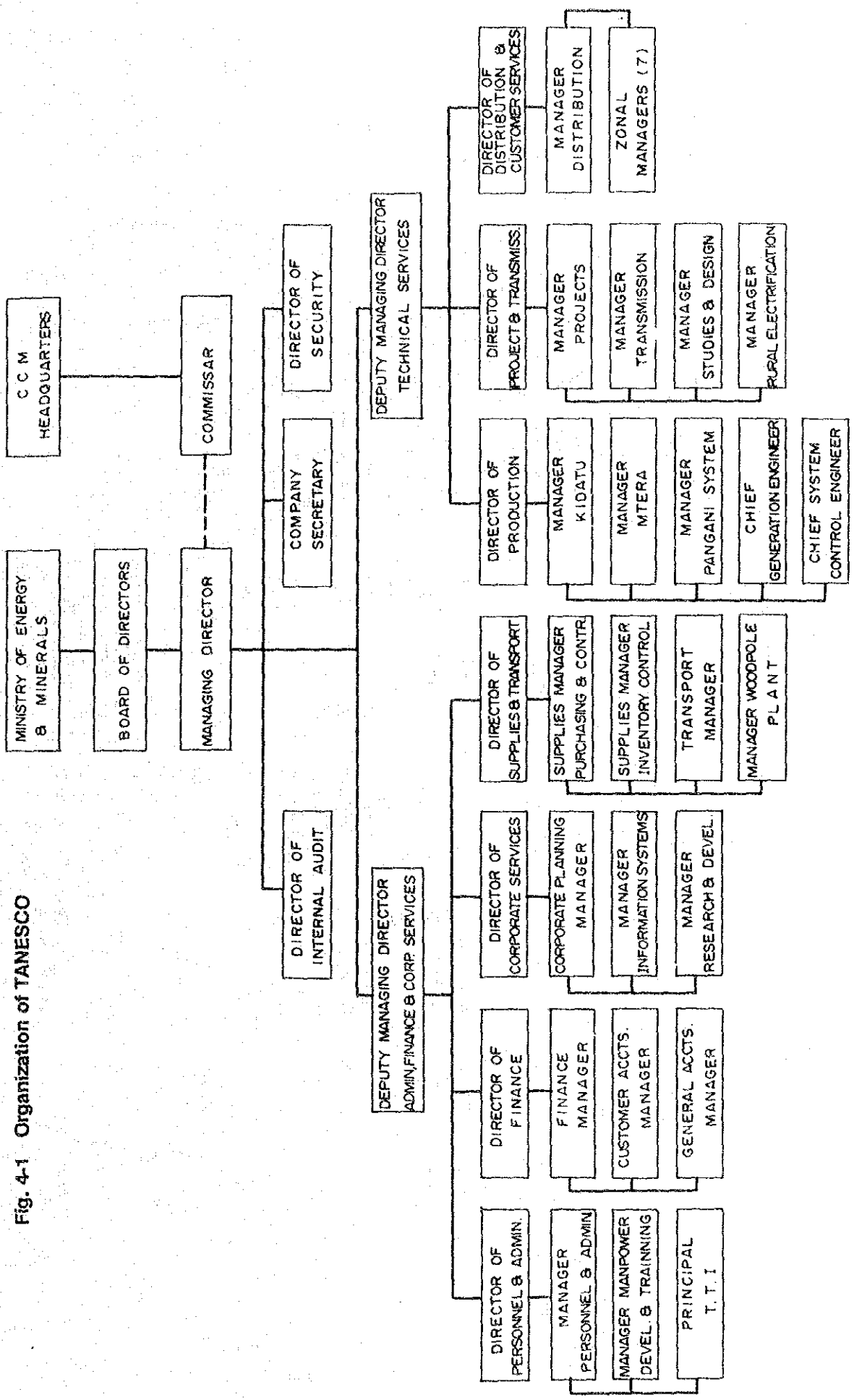


Fig. 4-2 Grid System

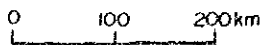
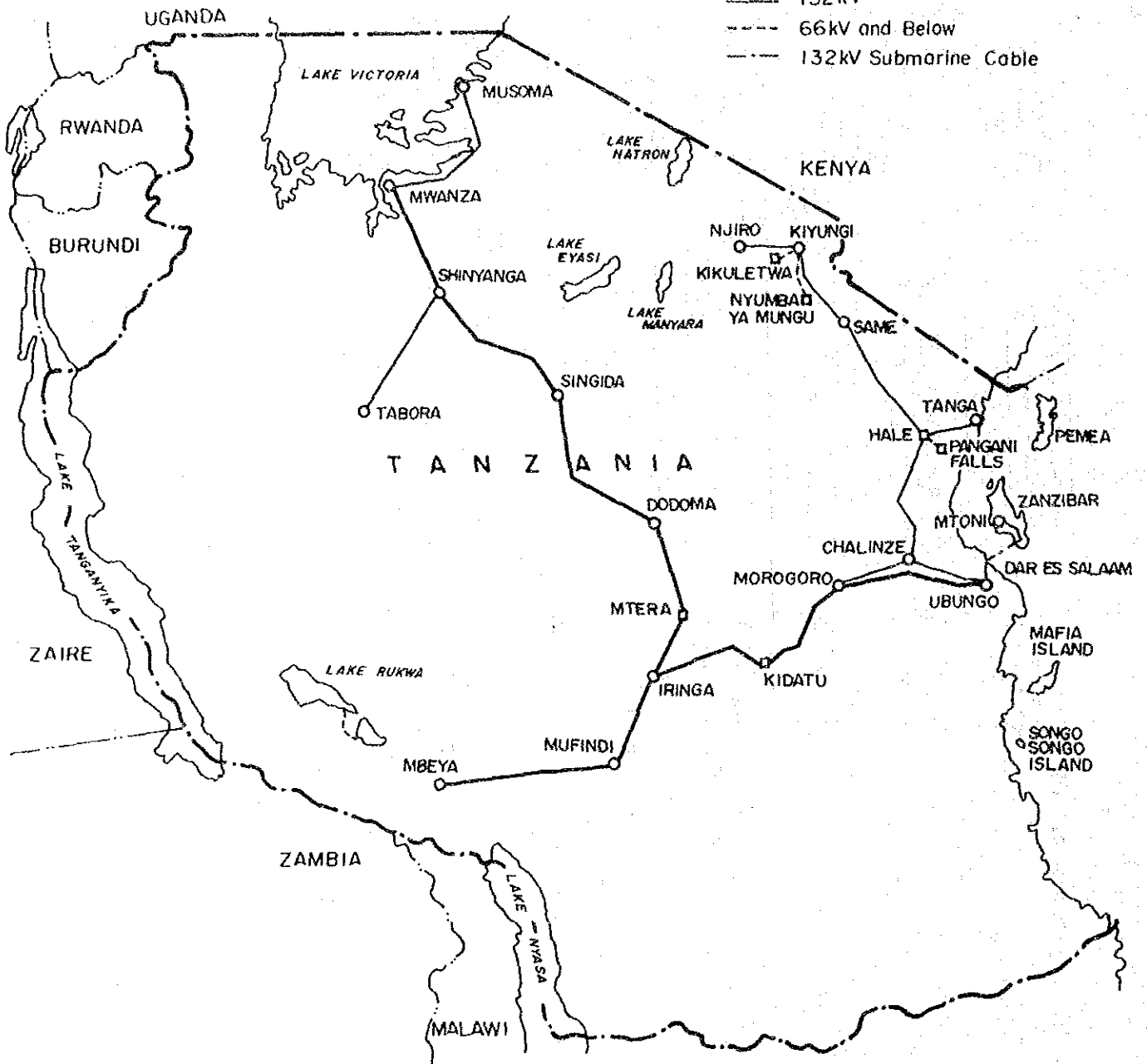
LEGEND

POWER STATIONS

- Power Station
- Substation

TRANSMISSION LINES

- 220kV
- - - 132kV
- - - - 66kV and Below
- · - · 132kV Submarine Cable



Note: Information is as of mid 1989

Table 4-1 Characteristics of Transmission Lines

Transmission line	Voltage (kV)	Circuit (No.)	Distance (km)	Conductor	
				Type	Code name
Kidatu-Morogoro	220	1	128	ACSR	Bluejay
Morogoro-Ubungo	220	1	172	ACSR	Bluejay
Kidatu-Iringa	220	1	160	ACSR	Bison
Iringa-Mufindi	220	1	130	ACSR	Bison
Mufindi-Mbeya	220	1	220	ACSR	Bison
Iringa-Mtera	220	1	100	ACSR	Bison
Mtera-Dodoma	220	1	138	ACSR	Bison
Dodoma-Singida	220	1	211	ACSR	Bison
Singida-Shinyanga	220	1	200	ACSR	Bison
Shinyanga-Mwanza	220	1	139	ACSR	Bison
Ubungo-Ilala	132	1	11	ACSR	Wolf
Ubungo-Chalinze	132	1	97	ACSR	Wolf
Chalinze-Morogoro	132	1	82	ACSR	Wolf
Chalinze-Hale	132	1	175	ACSR	Wolf
Hale-Same	132	1	170	ACSR	Wolf
Same-Kiyungi	132	1	100	ACSR	Wolf
Kiyungi-Arusha	132	1	118	ACSR	Wolf
Hale-Tanga	132	1	60	ACSR	Wolf
Ubungo-Ras Kiromoni	132	1	20	ACSR	Wolf
Ras Kiromoni-Ras Fumba	132	1	38	Submarine Cable	
Ras Fumba-Mtoni	132	1	21	ACSR	Wolf
Mwanza-Musoma	132	1	250	ACSR	Wolf
Shinyanga-Tabora	132	1	203	ACSR	Wolf

Source: ELECTRICAL PARAMETERS FOR 220KV AND 132KV GRID, TANESCO

Table 4-2 Facilities of Substations of the Grid System

Substation	Transformer			Reactor			Capacitor			
	Voltage (kV)	Type	Capacity (MVA)	Unit (No.)	Voltage (kV)	Capacity (MVA)	Unit (No.)	Voltage (kV)	Capacity (MVA)	Unit (No.)
<u>220kV</u>										
Ubungu	220/132/33	Auto	150	2						
	132/33/11	Three winding	50	2	33	10	1			
Morogoro	220/132/33	Auto	90	1						
Kidatu	220/33	Three winding	22.5	2						
Iringa	220/33	Three winding	22.5	2	33	10	2			
Mufindi	220/33/11	Three winding	35	2	11	30	1			
Mbeya	220/33	Three winding	30	2						
Dodoma	220/33	Three winding	20	2	220	20	1			
					33	10	1			
Singida	220/33	Three winding	20	2	220	20	1			
					33	10	1			
Shinyanga	220/132/33	Auto	60	2	33	10	1			
Mwanza	220/132/33	Auto	60	2	33	10	2			
<u>132kV</u>										
Ilala	132/33/11	Three winding	45	2						
Mtoni	132/33	Three winding	20	2						
Chalinze	132/33	Three winding	5	1						
Hale	132/33	Two winding	15	2						
Tanga	132/33	Two winding	10	2						
Same	132/33	Three winding	6.66	1						
Kiyungi	132/66/11	Three winding	20	1						
	66/33	Three winding	5	2						
Njiro (Arusha)	132/33	Three winding	20	2						
Musoma	132/33	Two winding	15	2						
Tabora	132/33	Two winding	15	2						

Source: ELECTRICAL PARAMETERS FOR 220kV AND 132kV GRID, TANESCO

#### 4.2.2 発電設備

連系系統に接続される発電設備をTable 4-3 に示す。連系系統の主要電源は水力であり、水力発電設備の定格出力は全定格出力418MWの約79%を占める329MWである。発電調整能力のあるダムはパンガニ水系とグレートルアハ水系にのみ有り、連系系統の運用は主としてこの2水系の発電所によって行われる。なかでも、グレートルアハ水系のキダツとムテラの2発電所は全水力発電設備の約86%の定格出力を持ち、タンザニアの電力の大半を供給している。パンガニ水系のニェンバヤムング発電所は1989年7月にリハビリテーションが終了したばかりである。

独立系統では主としてディーゼルが使われているが、小規模の水力発電所、石炭火力発電所も運転されている。

#### 4.3 既設電力系統の特徴

電力系統はグルエスサラーム郊外のウブンゴ給電所で運用されている。電力系統への電力供給は主として水力発電所によって行われており、火力発電所は予備力として使われている。

大容量電源であるキダツ、ムテラ発電所がタンザニアの中央部に位置するのに対し、需要地が東部および北部に集中しているため、重潮流がキダツ、ムテラから系統末端のアルーシャに向かって流れることとなり、ウブンゴからアルーシャ間の132kV系統では電圧低下が問題となっている。キダツから南西部、北西部へ向かう220kV系統は軽負荷であり、電圧の問題は起こっていない。

全ての送電線は一回線送電線で、ほとんどループになっていない。

この事は落雷や他の事故で送電線が遮断した場合は広範囲に停電する可能性がある。

Table 4-3 Generating Facilities of the grid System (January 1989)

<u>Power station</u>	<u>Installed Capacity (MW)</u>	<u>Units (No.)</u>	<u>Total Installed Capacity (MW)</u>	<u>Rated Capacity (MW)</u>	<u>Type</u>	<u>Commissioning year</u>
(Hydro)						
Kikuletwa	0.6	1				1950
	0.4	1				1937
	0.16	1	1.16	1.16		1935
Nyumba Ya Mungu	4.0	2	8.00	8.00		1969
Hale	10.5	2	21.00	21.00		1964
Pangani Falls	2.5	3				1934
	5.0	2	17.50	12.50		1934
Kidatu	51.0	4	204.00	204.00		1975/1980
Mtera	40.0	2	80.00	80.00		1988
Tosamaganga (Iringa)			1.22	1.22		1951
Mbalizi (Mbeys)			0.34	0.34		1958
<u>Total hydro</u>			<u>333.22</u>	<u>328.22</u>		
(Thermal)						
Arusha			3.70	2.50	Diesel	1956
Zuzu (Dodoma)			2.58	2.58	Diesel	
Iyunga (Mbeya)			15.38	13.50	Diesel	1982
Musoma			7.35	7.35	Diesel	1979/1985
Nyakato (Mwanza)			13.50	12.00	Diesel	1978
Ubungo (D.S.M)			40.50	30.50	Diesel	1963
Ubungo (D.S.M)			14.77	12.5	Gas turbine	1973
Shinyanga			2.44	2.33	Diesel	1978
Singida (new)			1.28	1.28	Diesel	1965/1983
Tabora			5.08	4.98	Diesel	1983
<u>Total thermal</u>			<u>106.58</u>	<u>89.52</u>		
<u>Total grid system</u>			<u>439.80</u>	<u>417.74</u>		

Source: Review of 1985 Power Sector Development Plan, TANESCO/ACRES, 1989



#### 4.4 電力需要供給の現状

##### 4.4.1 電力需要

1987、1988年の連系系統の地域別電力消費量をTable 4-4 に示す。1988年の連系系統の消費電力量は1123GWhである。1989年に北部の需要地が連系系統に接続されたことから連系系統の消費電力量はさらに大きくなる。

連系系統ではダルエスサラームが約51%と大きなシェアを占め、アルーシャまでの132kV送電線につながる需要を合わせると東部地方で約86%と大半の需要がこの地域に集中している。

1988年の連系系統の最大電力需要においてもダルエスサラームが100MWで連系系統の最大電力需要の約半分を占める。

##### 4.4.2 用途別消費電力量

1980年から1984年の用途別消費電力量をTable 4-5 に示す。1984年の構成比は次の通りであり、工業用が約半分を占める。

家庭	26.2 %
商業	19.8 %
軽工業	4.6 %
工業	47.1 %
公共照明	0.5 %
ザンジバルへの売電	1.8 %

Table 4-4 Electricity Consumption of the Grid System

Energy Consumption

<u>Region</u>	<u>(GWh)</u>	
	<u>1987</u>	<u>1988</u>
Arusha	73.74	77.68
Moshi	78.19	86.11
Tanga	103.98	103.90
Dar es Salaam	559.55	576.57
Zanzibar	45.16	42.95
Morogoro	50.78	78.31
Iringa/Mufindi	66.88	74.11
Dodoma/Singida/Shinyanga	27.73	37.56
Mbeya	-	46.09
Total	1,006.01	1,123.28

Peak Load

<u>Region</u>	<u>(MW)</u>	
	<u>1987</u>	<u>1988</u>
Arusha	16.8	16.6
Moshi	12.9	13.5
Tanga	18.0	23.7
Dar es Salaam	92.8	100.2
Zanzibar	9.7	11.0
Morogoro region	12.6	13.2
Iringa	3.1	3.2
Dodoma	5.0	5.2
Singida	1.8	1.2
Mufindi	19.0	26.4
Mbeya	11.0	12.0

Source: TANESCO

**Table 4-5 Sales of Electricity Split into Different Categories of Consumers (GWh)**

<u>Category</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>
Domestic	156.9	168.4	178.5	174.7	186.7
Commercial	155.7	151.9	139.7	129.8	141.0
Light Industrial	31.2	30.5	32.1	26.8	32.7
Industrial	387.9	395.0	353.7	328.7	336.4
Public Lighting	6.2	5.9	4.5	3.8	3.8
Sales to Zanzibar	-	38.7	28.7	29.4	13.0
<b>Total</b>	<b>737.9</b>	<b>790.4</b>	<b>737.2</b>	<b>692.8</b>	<b>713.6</b>

Source: TANESCO ANNUAL REPORT, 1984

**Table 4-6 Energy Generation of the Grid System**

<u>Year</u>	<u>Units Generated</u> <u>(GWh)</u>	<u>Peak Generation</u> <u>(MW)</u>	<u>Annual Load</u> <u>Factor (%)</u>
1980	686.5	117.6	66.5
1981	715.3	124.0	65.9
1982	720.2	122.8	67.0
1983	740.1	127.8	66.1
1984	773.7	139.2	63.3
1985	914.9	176.4	59.2
1986	1,041.1	183.1	64.9
1987	1,168.6	200.3	66.6
1988	1,265.9	219.0	65.8
1980 - 1985 Growth Rate	5.9		
1986 - 1988 Growth Rate	10.3		
1984 - 1988 Average			64.0

Source: POWER SECTOR IN TANZANIA 1986, TANESCO

#### 4.4.3 発電電力

1980年～1988年の連系系統の発電電力量、最大発電電力をTable 4-6 に示す。1988年の連系系統の発電電力量は全国の発電電力量 1382GWhの約92%を占める1266GWhで、最大発電電力は219MW である。連系系統の発電電力量の伸び率は1980年～1985年は、経済の停滞を反映し、年5.9%という穏やかな伸びであったが、1986年～1988年は、世銀の援助を受けた経済計画により経済が好調に推移した結果、10.3%と急に伸びが大きくなった。また、負荷率は1984年から1988年の平均で64.0%である。

1988年の連系系統の発電設備の所別発電電力量をTable 4-7 およびFig. 4-3に示す。発電電力量に占める水力の割合は約97%である。中でもグレートルアハ水系のキダツとムテラで約87%を占める。

#### 4.4.4 負荷曲線

1989年4月の連系系統の日負荷曲線をFig. 4-4 に示す。Fig. 4-4 から計算した負荷率は平日が約75%、休日が約71%とかなり高い。平日の負荷は午前6時頃から増え始め、工業負荷が最大となる11時頃に一度ピークに達した後緩やかに減少し、17時頃から照明負荷の増により再び上昇し、20時頃に日最大となる。休日の負荷は昼間の負荷の上昇は無いが、17時頃から上昇するのは同じであり、21時頃日最大になる。

1986年から1988年の連系系統の毎月の最大負荷の推移をFig. 4-5に示す。最大負荷の季節変動は小さく、年後半の方が大きく、年と共に次第に増加する傾向にある。

Table 4-7 Energy Generation by Power Stations

	<Thermal>										Thermal Total (MWh)
	Ubungo (D.E.S.)	Shinyanga	Nyakato (Mwanza)	Mwanza South	Zuzu (Dodoma)	Town P.S. (Dodoma)	Iyunga (Mbeya)	Singida	Arusha	Total	
January	242	54			6	1	50	1	554	908	
February	142	8			23	1	90	4	667	936	
March	19	8			12	3	105	2	783	931	
April	1	74			176	45	180	58	397	932	
May		332			57	7	104	332	470	1,302	
June		432			16	3	371	146	728	1,696	
July	210	220			50	6	1,324	41	679	2,529	
August	265	54			176	13	425	88	715	1,736	
September	48	18			43	10	13	27	653	812	
October	79	141			50		28	19	496	813	
November	217	27	17	18	16	3	124	17	552	975	
December	68	56	17	41	7	11	21	5	435	660	
<b>Total</b>	<b>1,290</b>	<b>1,424</b>	<b>17</b>	<b>59</b>	<b>632</b>	<b>104</b>	<b>2,835</b>	<b>739</b>	<b>7,128</b>	<b>14,229</b>	

	<Hydro>					Hydro Total
	Kidatu	Mtera	Hale	Pangani Falls	Nyumba ya Mungu	
January	88,758		5,926	4,921	2,398	102,364
February	85,610		5,038	4,439	2,089	97,481
March	96,172		5,139	4,385	2,188	108,458
April	80,698		8,593	4,630	2,543	97,012
May	78,354	9,483	6,273	4,588	2,460	101,776
June	59,093	24,634	5,617	4,235	2,468	96,439
July	65,705	25,688	5,081	4,277	2,248	103,274
August	71,986	23,389	5,434	4,234	3,066	108,310
September	68,041	23,970	6,622	4,524	3,003	106,273
October	69,710	25,286	5,977	4,443	3,079	108,861
November	72,062	23,450	5,637	4,410	2,926	108,799
December	70,762	29,366	5,096	4,112	2,924	112,669
<b>Total</b>	<b>906,951</b>	<b>185,266</b>	<b>70,432</b>	<b>53,198</b>	<b>31,394</b>	<b>1,251,715</b>

Note: Mtera was commissioned in May 1988

Fig. 4-3 Energy Supply of the Grid System (1988)



Note: Mtera was commissioned in May 1988

Fig. 4-4 Hourly Load Curve

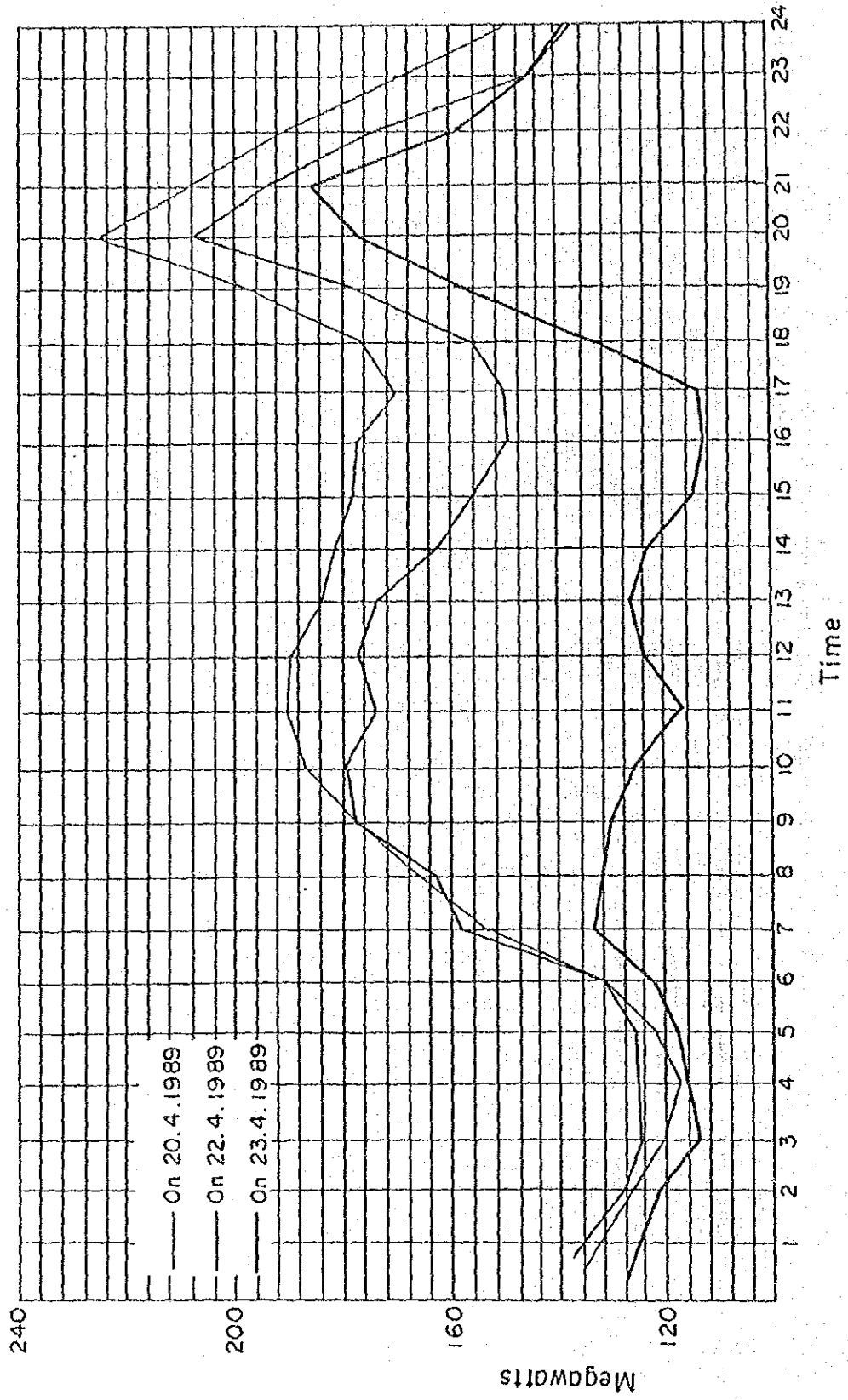
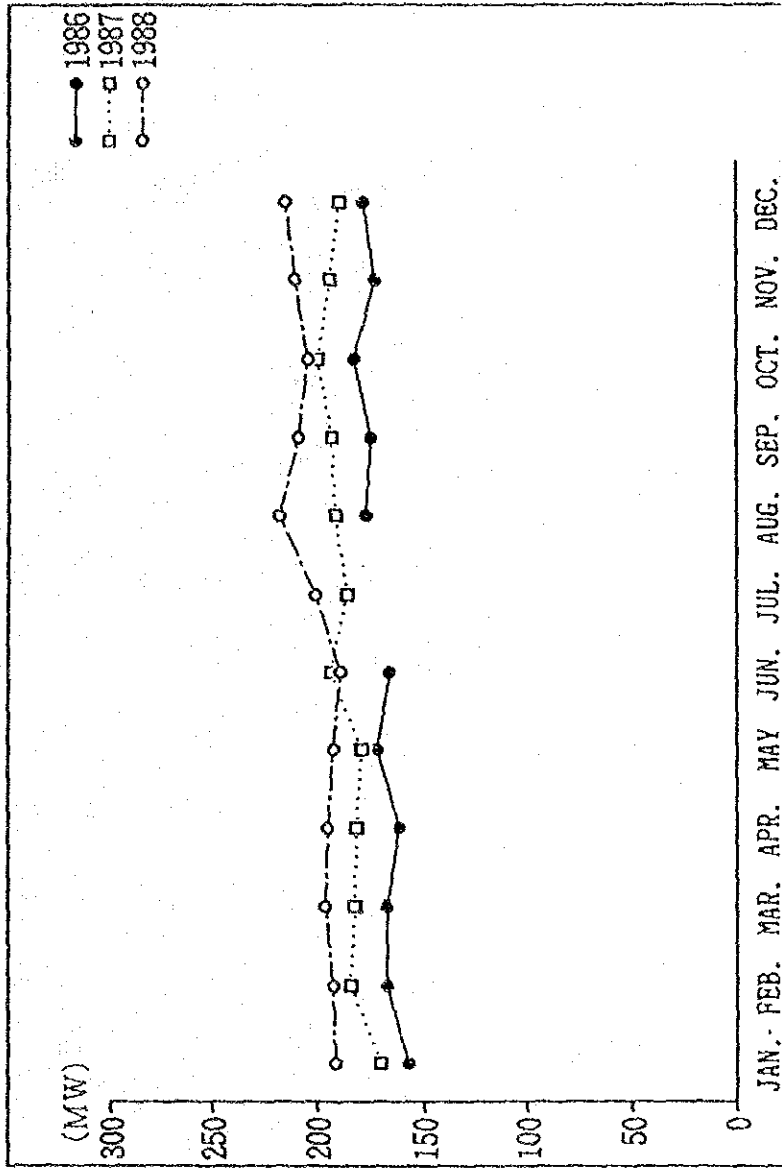




Fig. 4-5 Monthly Maximum Load of the Grid System





## 第5章 需要想定および電源開発計画



## 第5章 需要想定および電源開発計画

	頁
5.1 経済的背景 .....	5 - 1
5.2 電力需要の分析 .....	5 - 5
5.3 電力需要想定 .....	5 - 7
5.4 電源開発計画および電力需給バランス .....	5 - 8



### List of Tables

Table 5-1	Energy Generation and Gross Domestic Product
Table 5-2	Gross Domestic Product by Kind of Economic Activity
Table 5-3	Existing System Hydroelectric Generating capability
Table 5-4	Development Plan of Hydroelectric Projects
Table 5-5	Rehabilitation Plan of Diesel Units of the Grid System
Table 5-6	Power Demand Forecast

### List of Figures

Fig. 5-1	Growth Rate of GDP and Energy Generation
Fig. 5-2	Per Capita Energy Generation and GDP
Fig. 5-3	Installed Capacity
Fig. 5-4	Firm Energy





5.1 経済的背景

タンザニアの実質の国内総生産（GDP）の推移をTable 5-1 に示す。GDPから見るとタンザニアの経済は1979年までは着実に発展してきたが、その後は成長は鈍化し、GDPはほとんど増加していない。これは石油価格の上昇により、世界の多くの国の経済が大きな影響を受けたことと同様である。

タンザニアの経済の状況は世界銀行との合意により1986年より開始され1989年6月に終了したEconomy Recovery Programme（ERP）により好転した。1989年6月に国会に報告された1988/89年の経済評価および1989/90年の経済計画によると鉱業部門を除いて、最近の3年間は生産が増加している。GDPの伸びは1986年の3.6%から1988年には4.1%に上昇した。1986年から1988年の平均伸び率は3.9%/年である。1990年にはERPの目標値である4.5%を達成できると予測されている。

部門別のGDPをTable 5-2に示す。GDPの大半を占める農業部門の生産はERPと好天により好調だが、工業部門は外貨不足により原料、部品の調達が充分でないため、農業ほど好調ではなかった。タンザニアでは1988年の外貨収入の1/4に当たる109百万ドルが石油輸入に使われた。このためタンザニアでは電力部門での石油利用をできるだけ減らしており、連系系統の電源は水力発電を中心に運用されている。

タンザニアの人口の伸び率は1988年の調査によると2.8%である。

Table 5-1 Energy Generation and Gross Domestic Product

Year	Energy generation		GDP at 1980 price		Price of petroleum 2)
	(GWh)	(%) 1)	(MTShs)	(%)	(US\$/Barrel)
1970	393.02	-	26,022	-	1.30
1971	425.50	8.3	27,110	4.2	1.65
1972	471.88	10.9	28,933	6.7	1.90
1973	515.11	9.2	29,817	3.1	2.70
1974	535.96	4.0	30,562	2.5	9.76
1975	557.62	4.0	32,301	5.7	10.72
1976	590.95	6.0	38,994	20.7	11.51
1977	619.02	4.7	40,092	2.8	12.40
1978	682.41	10.2	41,258	2.9	12.70
1979	757.36	11.0	41,768	1.2	17.26
1980	792.10	4.6	42,118	0.8	28.67
1981	823.78	4.0	41,654	-1.1	32.50
1982	829.96	0.8	42,192	1.3	33.47
1983	857.88	3.4	42,008	-0.4	29.31
1984	922.71	7.6	43,049	2.5	28.47
1985	1,017.42	10.3	42,952	-0.2	
1975 -1985					
Average growth rate		6.2		2.9	

Note: 1) Rate of growth (Over preceding year)

2) Saudi Arabia (Ras Tanura)

Source: International Financial Statistics, IMF  
Power Sector Development Plan, ACRES/TANESCO

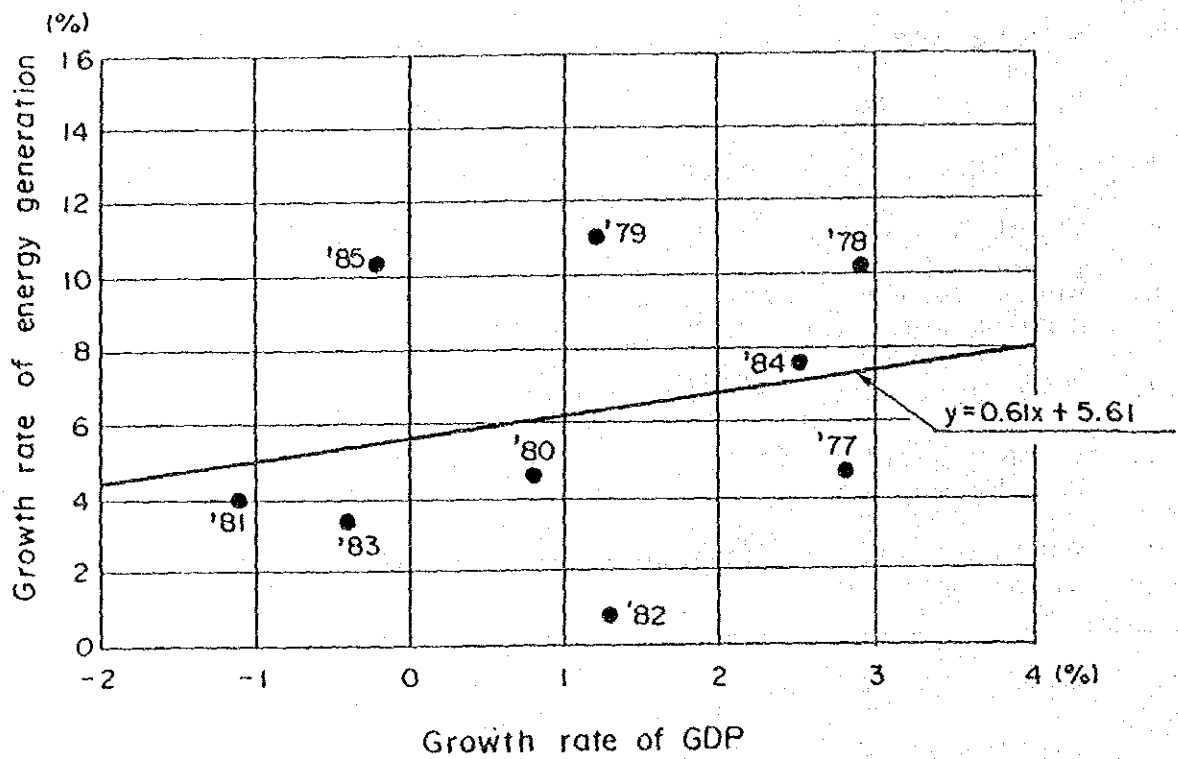
Table 5-2 Gross Domestic Product by Kind of Economic Activity  
at Current Prices (Million Tshs)

	1986	(%)	1987	(%)
1. Agriculture, Forestry, Fishing and Hunting	84,153	57.8	120,941	59.1
2. Mining and Quarrying	474	0.3	563	0.3
3. Manufacturing	7,417	5.1	9,044	4.4
4. Electricity and Water	2,096	1.4	2,259	1.1
5. Construction	3,257	2.2	3,658	1.8
6. Whole sale and retail trade hotels and restaurants	18,851	12.9	27,453	13.4
7. Transport and Communication	9,863	6.8	16,794	8.2
8. Finance, Insurance, Real Estate and Business services	8,127	5.6	11,062	5.4
9. Public Administration and other services	11,340	7.8	12,771	6.2
10. Total Industries	145,578	100.0	204,545	100.0
11. Imputed bank services charge	-2,544		-6,444	
12. GDP at factor cost	143,034		198,101	

Source: TANESCO

Fig. 5-1 Growth Rate of GDP and Energy Generation

year '77-'85



## 5.2 電力需要の分析

Fig. 5-1に実質のGDPと発電電力量の伸び率の関係を示す。発電電力量の1975年から1985年の10年間の平均伸び率は6.2%である。実質のGDPは1979年から1985年にかけてはほとんど伸びていないが、発電電力量は着実に増加をしている。

1976年から1985年のGDPの伸び率と発電電力量の伸び率の関係を求めると次式がえられる。

$$y = 0.61x + 5.61 \quad \text{①}$$

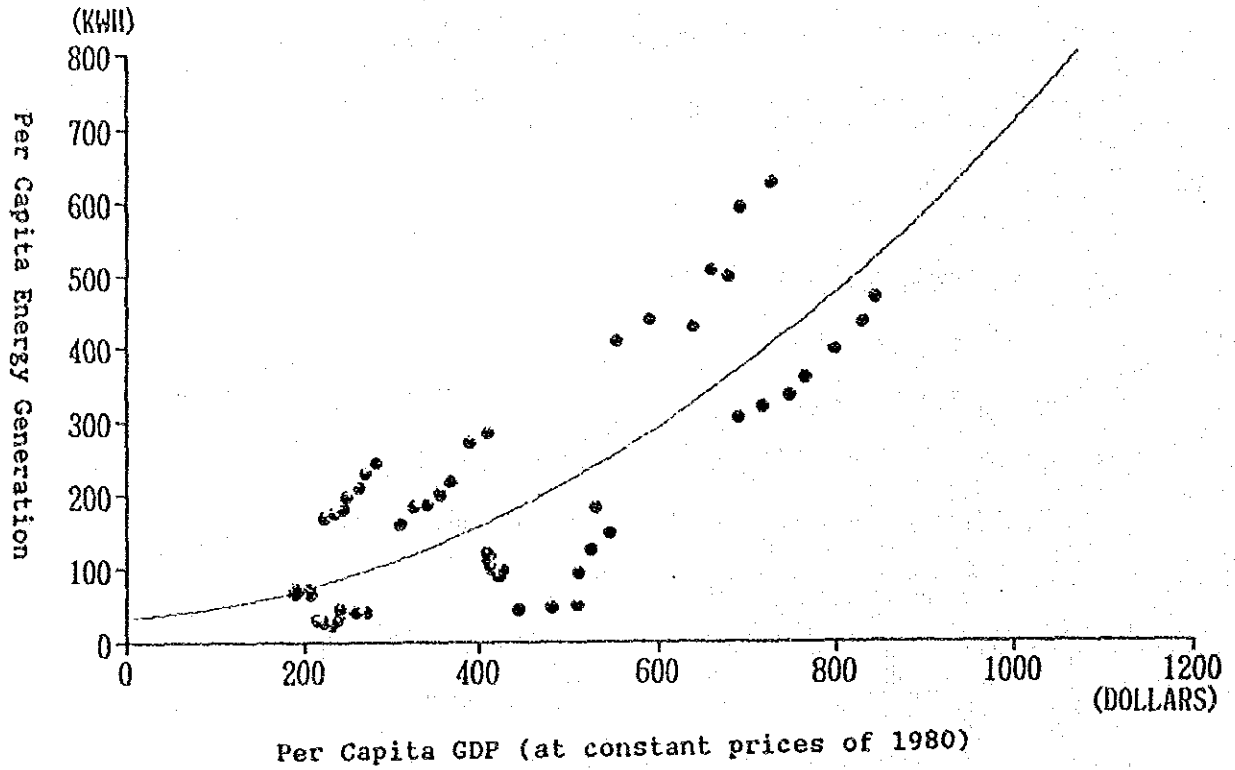
y : 発電電力量の伸び率 (%)

x : GDPの伸び率 (%)

①式から発電電力量はGDPの伸び率の0.6倍で伸びる。GDPでは農業の占める割合が大きいのに対し、発電電力量では工業の占める割合が大きいため、発電電力量のGDP弾性値はあまり大きくない。また、発電電力量はGDPの伸び率が零でも5.6%伸びる。これはタンザニアの電力需要が家庭用、商業用を中心としており、電化率がまだ小さいため、生産の減少があってもある程度の増加を続けることによる。

タンザニアの電化率はまだ小さいため、供給設備さえ整えば需要はしばらくはGDPの伸び以上に成長すると予測される。また、森林資源の枯渇による燃料供給不足の問題に対応するため、タンザニア政府が地方電化を推進していることも電力需要の増加をもたらしている。

Fig. 5-2 Per Capita Energy Generation and GDP



Note : Based on the data of Thailand, Indonesia, India, Pakistan, Tanzania, Rwanda, Kenya, Malawi and Egypt from 1979 to 1985

Source: National Accounts Statistics: Analysis of Main Aggregates 1985, UN  
Energy Statistics Yearbook, UN  
International Financial Statistics 1989, IMF

### 5.3 電力需要想定

前節に述べたように1975年から1985年の発電電力量の伸び率は6.2%である。また、①式にERPの目標値である4.5%をいれると8.4%となる。いつまでもGDPの伸びに対し発電電力量の伸びがこのような大きな値を示すとは推測されず、電化が進むにつれGDPに比例しない部分は小さくなり、工業化が進むにつれ発電電力量のGDP弾性値が大きくなるものと予測される。

最近の連系系統の発電電力量の伸び率は経済の好調を反映してかなり大きく、1986年から1988年の平均伸び率はTable 4-6 に示すように10.3%である。このような大きな伸びは長く続かないが、至近年は6.2%より大きな伸びとなると予測されることから、1990年までの電力需要の伸び率を現在の需要構成から予測される8.4%とする。

アジア、アフリカの赤道近くのいくつかの国の1979年～1985年の人口1人当りのGDP（1980年価格）と発電電力量の関係をFig. 5-2に示す。Fig. 5-2の人口1人当りのGDPと発電電力量を二次式で近似すると次式になる。

$$Y = 5.99 \times 10^{-1} X^2 + 6.73 \times 10^{-1} X + 35.1 \quad \text{②}$$

Y: 人口1人当り発電電力量

X: 人口1人当りGDP

タンザニアの1985年の一人当りGDPは241ドル（1980年価格）である。

GDPの伸び率を4.5%、人口の伸び率を2.8%とすると1人当りGDPの伸び率は約1.7%であり、この割合で2005年まで伸びるとすると2005年の1人当りGDPは約340ドルとなる。②式に241ドルと340ドルを適用すると1人当り発電電力量は72kWhと107kWhとなり、20年間の平均伸び率は2.0%である。これに人口の伸び率を掛け合わせると発電電力量の伸び率は約4.9%となる。現在のタンザニアの1人当り発電電力量は②式で求められる値より小さいので、発電電力量の伸び率も4.9%よりは大きくなると想定される。1975～1985年の発電電力量の平均伸び率は6.2%であり、ACRES 報告書でも用途別の需要を分析し、1990年から2005年の発電電力量の平均伸び率を6.2%と予測していることから、1990年から2005年の電力需要の伸び率を6.2%と想定する。電力需要の伸び率は経済状況や需要の構成によって大きく変化するので、この値は毎年の見直しにより、修正して行くことが必要である。

#### 5.4 電源開発計画および電力需給バランス

既設水力の設備容量をTable 5-3 に、火力設備の補修計画をTable 5-5 に示す。

ACRES報告書によると1990年の水力設備の設備容量は330MW、保証電力量は1480GWh/yrである。また、火力設備の設備容量はTable 5-5 の総容量84MWに、アルーシャ、シンヤンガ、シンギダの6 MWを合わせた90MWであり、発生電力量は設備利用率を0.54として426GWh/yrである。ACRES 報告書による水力の電源開発計画をTable 5-4 に示す。前節の発電電力量予測とACRES 報告書の電源計画に基づく電力需給バランスをTable 5-6、Fig. 5-3、Fig. 5-4に示す。ただし、電力需要と発電電力量の比を0.844とし、連系系統の負荷率は1984年から1988年の平均値である64.0%とした。

発電電力量をみると、連系系統では下部キハンシ発電所が運開する1年前とルマカリ発電所が運開する前の5年間は供給力が不足する。水力は保証電力量以上の電力量を出せる確率が高く、必ずしも供給不足となる訳ではないが、上部キハンシ発電所の運開年に廃止される予定の火力設備の延命または火力設備の新設が必要と推定される。

最大電力については15%の予備力を考慮するとマシギラが運開する1年前とルマカリが運開する2年前は設備容量が不足する。従って、設備容量の面からも火力設備の延命または新設が必要となる。

以上から、電源開発計画は若干遅れぎみと想定される。また、TANESCO は連系系統を水力発電だけで運用することを計画しているが、大規模水力の開発には時間と費用がかかることから、計画的な火力発電所のリプレース、新設が今後とも必要と想定される。



Table 5-3 Existing System Hydroelectric Generating capability  
(April 1989)

<u>Plant</u>	<u>Installed Capacity</u> (MW)	<u>Average Annual Energy</u> (GWh/yr)
<b>(Pangani River)</b>		
Nyumba Ya Mungu	8.0	48
Hale	21.0	143
Pangani Falls	17.5	150
Subtotal	<u>46.5</u>	<u>341</u>
<b>(Great Ruaha River)</b>		
Mtera	80.0	303
Kidatu	204.0	1009
Subtotal	<u>284.0</u>	<u>1312</u>
<b>Total</b>	<u>330.5</u>	<u>1653</u>

Note: The 1:30-yr firm capability of the grid system is about 169 MW continuous (1480 GWh/yr)

Source: Review of 1985 Power Sector Development Plan, TANESCO/ACRES, 1989

Table 5-4 Development Plan of Hydroelectric Projects

<u>Year 1)</u>	<u>Project</u>	<u>Installed Capacity</u> (MW)	<u>Energy</u>	
			Firm (GWh/yr)	Average (GWh/yr)
1995	Pangani Falls Redevelopment	60.0 2)	305	380
1997	Lower Kihansi	153.0 3)	551	
1999	Upper Kihansi	47.0 3)	335	1164 4)
2002	Masigira	80.0	482	505
2005	Rumakali	204.0	1270	1225
2009	Ruhudji Stage 1	250.0	1261	1540
2012	Mpanga	160.0	416	840

Note: 1) First full year of operation

2) Existing Pangani Falls Station is to be retired

3) Based on JICA plan

4) Total of Upper and Lower Kihansi

Source: Review of 1985 Power Sector Development Plan, TANESCO/ACRES, 1989

Table 5-5 Rehabilitation Plan of Diesel Units of the Grid System

<u>Power station</u>	<u>Rated Capacity</u> (MW)	<u>Units</u> (No.)	<u>Rehabilitated Capability</u> (MW)
(Units that have been rehabilitated at April 1989)			
Mwanza Nyakato	4.0	2	8.0
Tabora Kiloleni	1.5	1	
	2.6	1	4.1
Musoma	0.75	4	<u>3.0</u>
Subtotal			15.1
(Units remaining to be erected at April 1989)			
Mbeya Iyunga	2.5	1	2.5
Dodoma Zuzu	2.6	1	
	1.5	1	4.1
Tabora Kiloleni	2.6	2	<u>5.2</u>
Subtotal			11.8
(Units remaining to be rehabilitated at April 1989)			
Mbeya Iyunga	2.5	3	
	3.0	2	13.5
Dodoma Zuzu	2.6	1	2.6
Mwanza Nyakato	4.0	1	4.0
Musoma	0.75	4	3.0
Ubungo	2.5	3	
	7.0	2	21.5
Ubungo G.T.	12.5	1	<u>12.5</u>
Subtotal			57.1
<u>Total</u>			84.0

Source: Review of 1985 Power Sector Development Plan, TANESCO/ACRES, 1989

Table 5-6 Power Demand Forecast (Grid System)

<u>Year</u>	<u>Energy Generation</u> (GWh)	<u>Peak Demand</u> (MW)	<u>System Firm Energy Capacity</u> (GWh)	<u>System Capacity</u> (MW)	<u>Installed Capacity</u> (MW)	<u>Remarks</u>
1990	1599	285	1906	420		
1991	1707	304	1906	420		Interconnect Tukuyu
1992	1813	323	2028	440	20.0	Bridging Thermal (C.F.; 0.7)
1993	1925	343	2028	440		
1994	2045	365	2028	440		
1995	2171	387	2223	483	42.5	Pangani Redevelopment
1996	2306	411	2223	483		
1997	2449	437	2774	636	153.0	Lower Kihansi
1998	2601	464	2774	636		
1999	2762	493	2739	604	47.0	Upper Kihansi
2000	2933	523	2739	604	-78.3	Retire Existing Thermal
2001	3115	556	2739	604		
2002	3309	590	3221	684	80.0	Masigira
2003	3514	627	3221	684		
2004	3731	666	3221	684		
2005	3963	707	4435	877	204.0	Rumakali
					-11.8	Retire Existing Thermal

Note: 1) Growth Rate of Energy Generation is estimated at 8.4 % for 1990 and 6.2 % for 1991 -2005.

2) Grid Sales/Generation ratio is estimated at 0.844

3) Grid Load Factor is estimated at 64.0 %

4) C.F.; Capacity Factor

Fig. 5-3 Installed Capacity

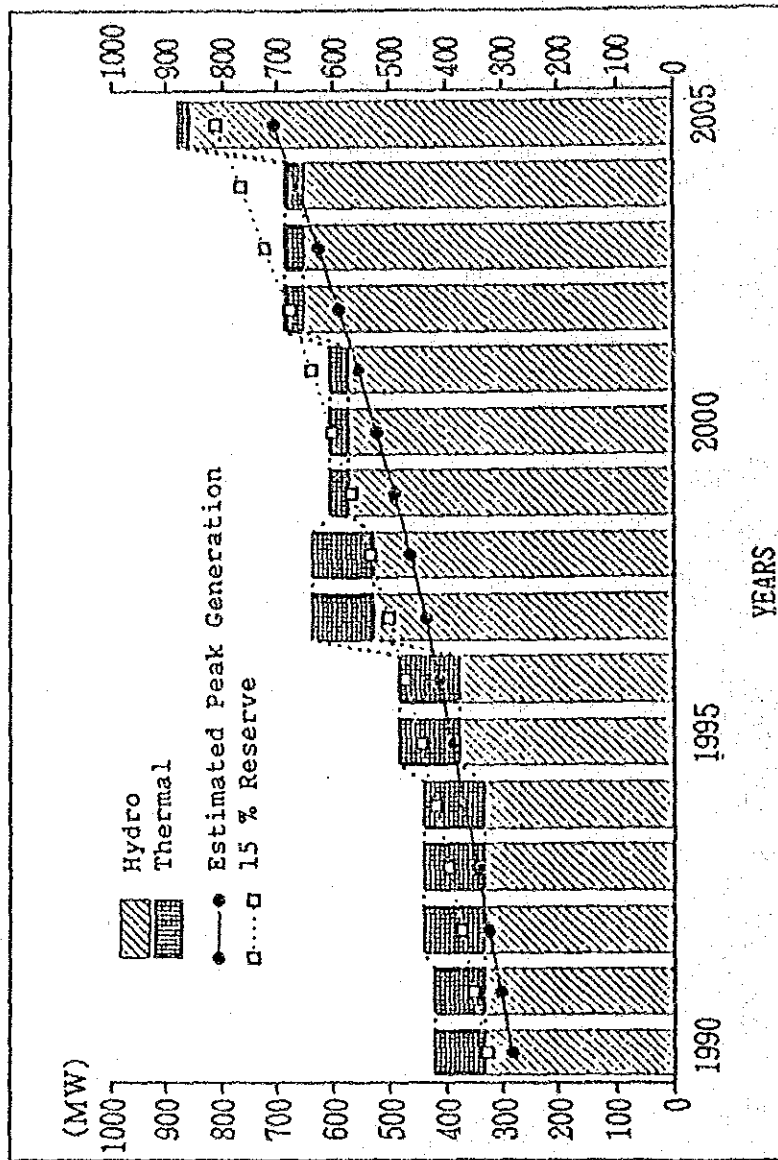


Fig. 5-4 Firm Energy

