

又 何 一 能 合 世 用 耶

水 力 發 電 開 發 計 劃 查 查

長 沙 協 和 書 局

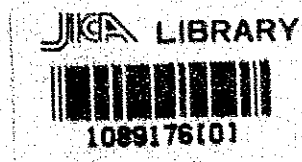
國 際 協 力 事 業 社



タンザニア連合共和国

キハンシ水力発電開発計画調査

最終報告書



20194

1990年10月

国際協力事業団

国際協力事業団

22194

マイクロ  
フィルム作成

## 序 文

日本国政府は、タンザニア連合共和国政府の要請に基づき、同国キハンシ水力発電開発計画調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、1989年1月から1990年9月までの間、6回にわたり、電源開発(株)の海老康正氏を団長とする調査団を現地に派遣した。調査団はタンザニア国政府関係者と協議を行うとともに当該地域での現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が当該計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善をより一層深めることに貢献できれば幸いである。

終りに、本調査に際し、多大なご協力を頂いた同国の関係各位に対し、深く感謝の意を表するものである。

1990年10月

国際協力事業団  
総裁 柳谷謙介

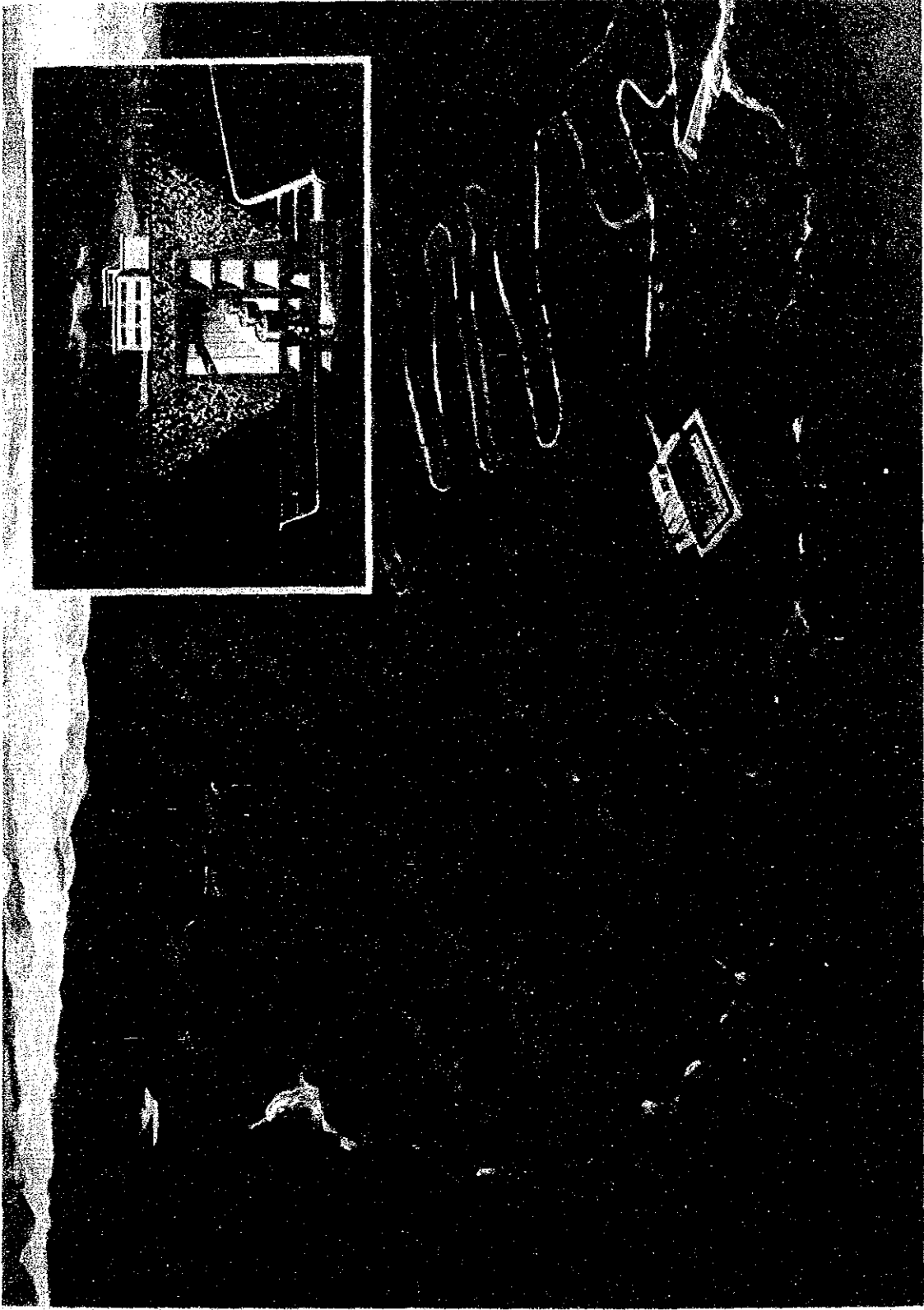




Upper Kihansi Project







Lower Kihansi Project





Upper Dam Site  
View from the upstream left bank





Cascade of Kihansi River Between Upper Dam and  
Powerhouse

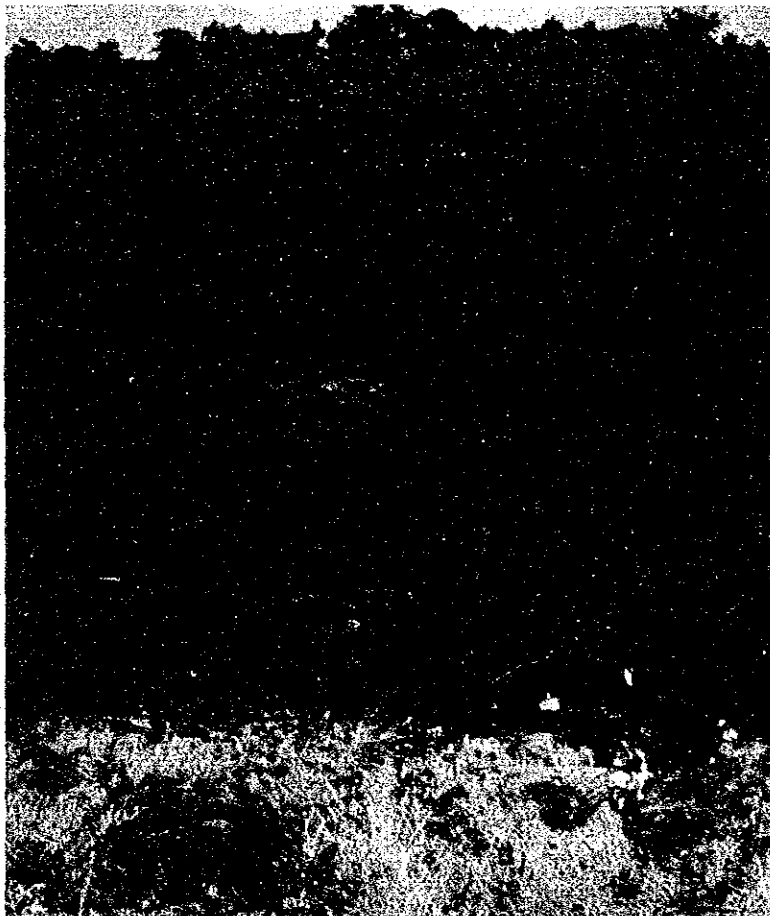


Upper Powerhouse and Tailrace Sites  
View from the site of the upper part of penstock





Lower Dam Site  
View from the upstream left bank



Lower Dam Axis  
View from the high water level of left bank





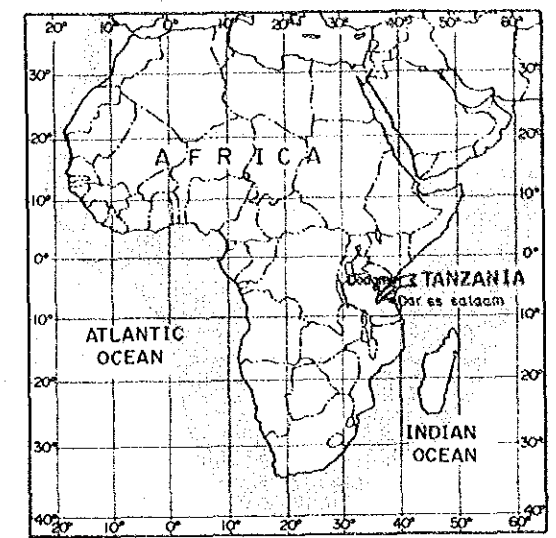
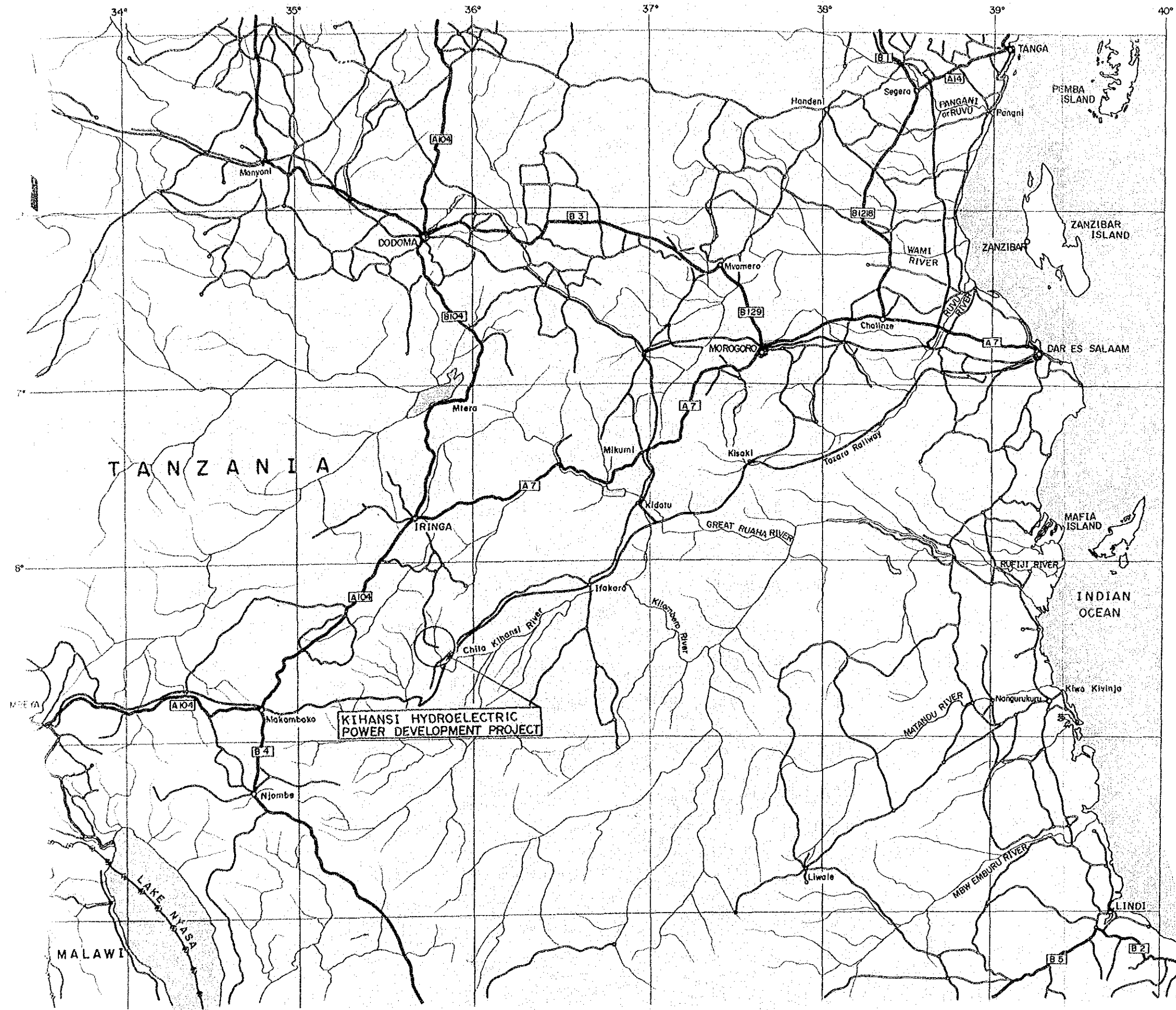


Kihansi Fall  
View from the downstream left bank

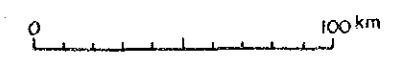


Lower Powerhouse and Tailrace Sites  
View from the site of the upper part of penstock





- LEGEND**
- International boundary
  - Main road
  - Local road
  - Railway
  - City, Town.
  - River



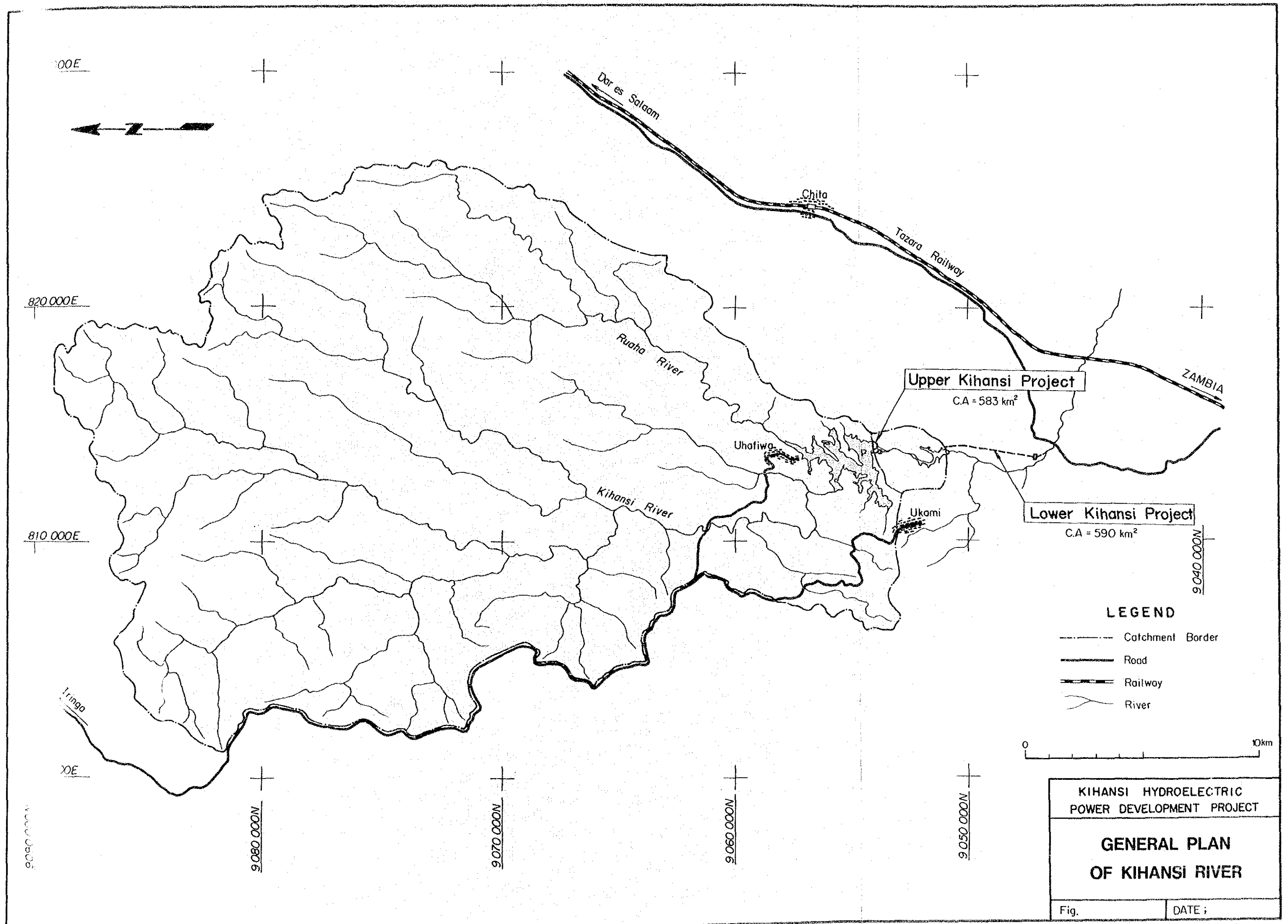
**KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT**

---

**KEY AND LOCATION MAP**

---

Fig.	DATE;
------	-------



000E

820 000E

810 000E

00E

9 080 000N

9 070 000N

9 060 000N

9 050 000N

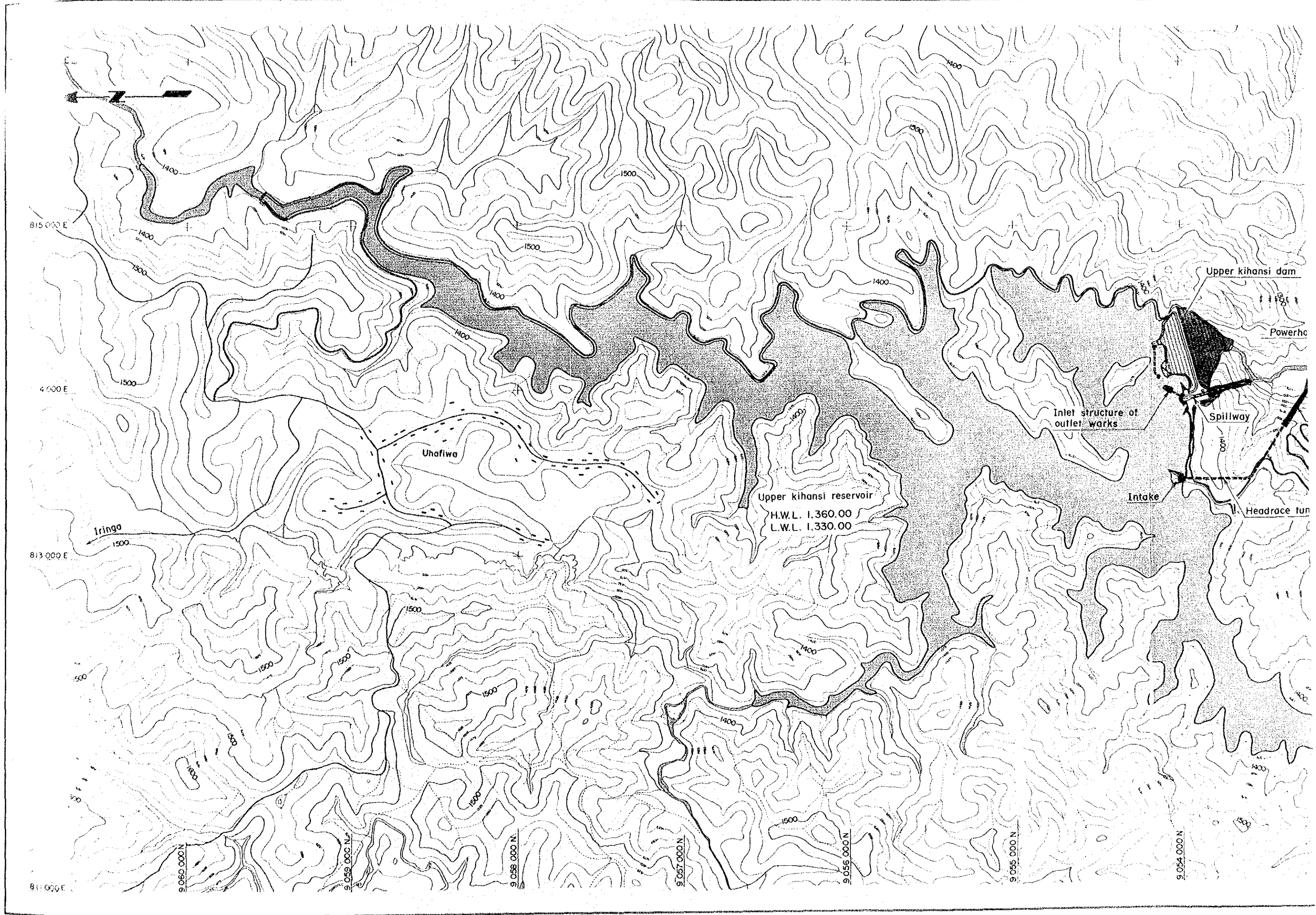
9 040 000N

**LEGEND**

- Catchment Border
- Road
- Railway
- ~ River



KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
<b>GENERAL PLAN OF KIHANSI RIVER</b>	
Fig.	DATE :



815 000 E

4 000 E

813 000 E

811 000 E

9 060 000 N

9 059 000 N

9 058 000 N

9 057 000 N

9 056 000 N

9 055 000 N

9 054 000 N

Uhafiwa

Upper kihansi reservoir  
H.W.L. 1.360.00  
L.W.L. 1.330.00

Intake

Inlet structure of outlet works

Spillway

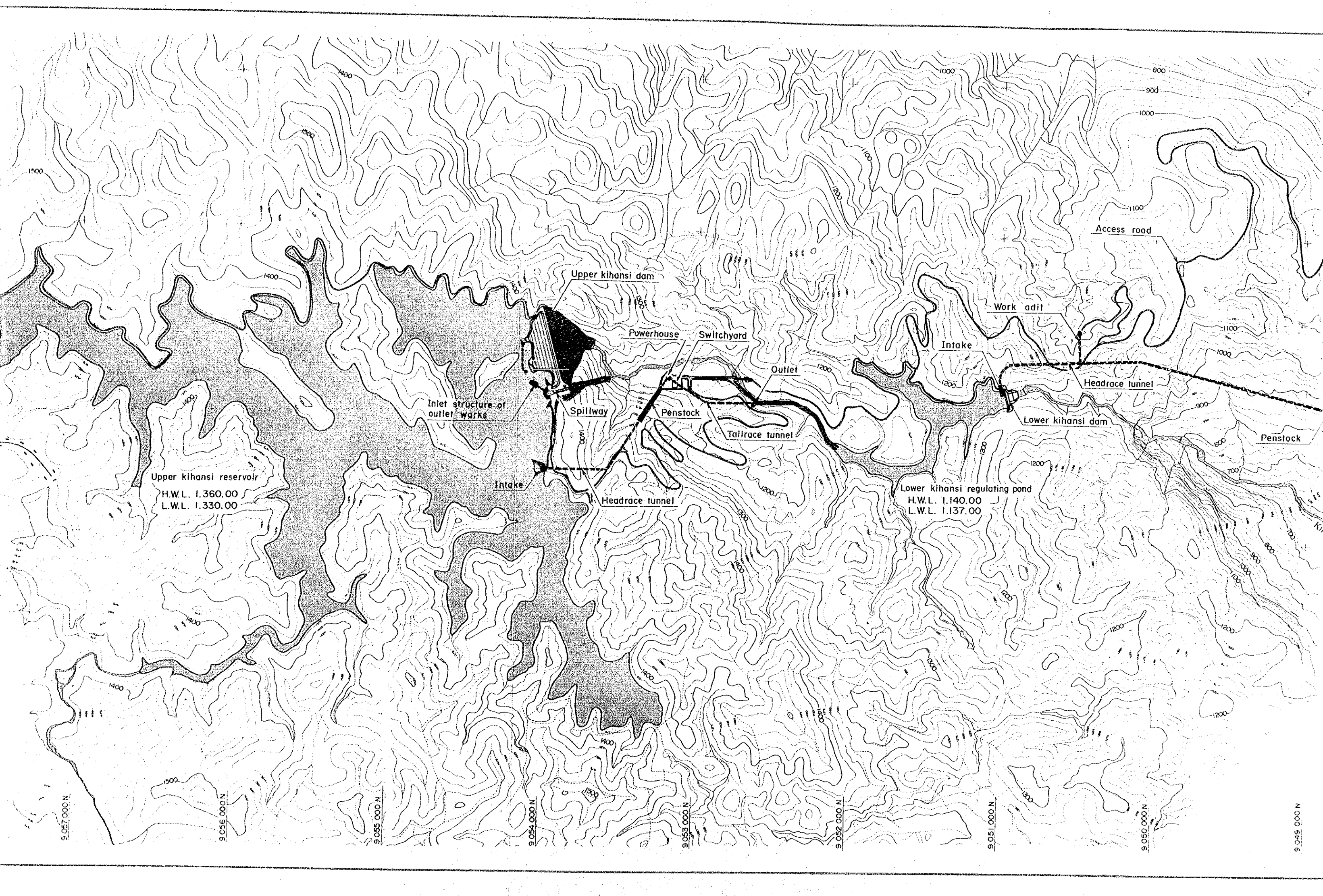
Headrace tunnel

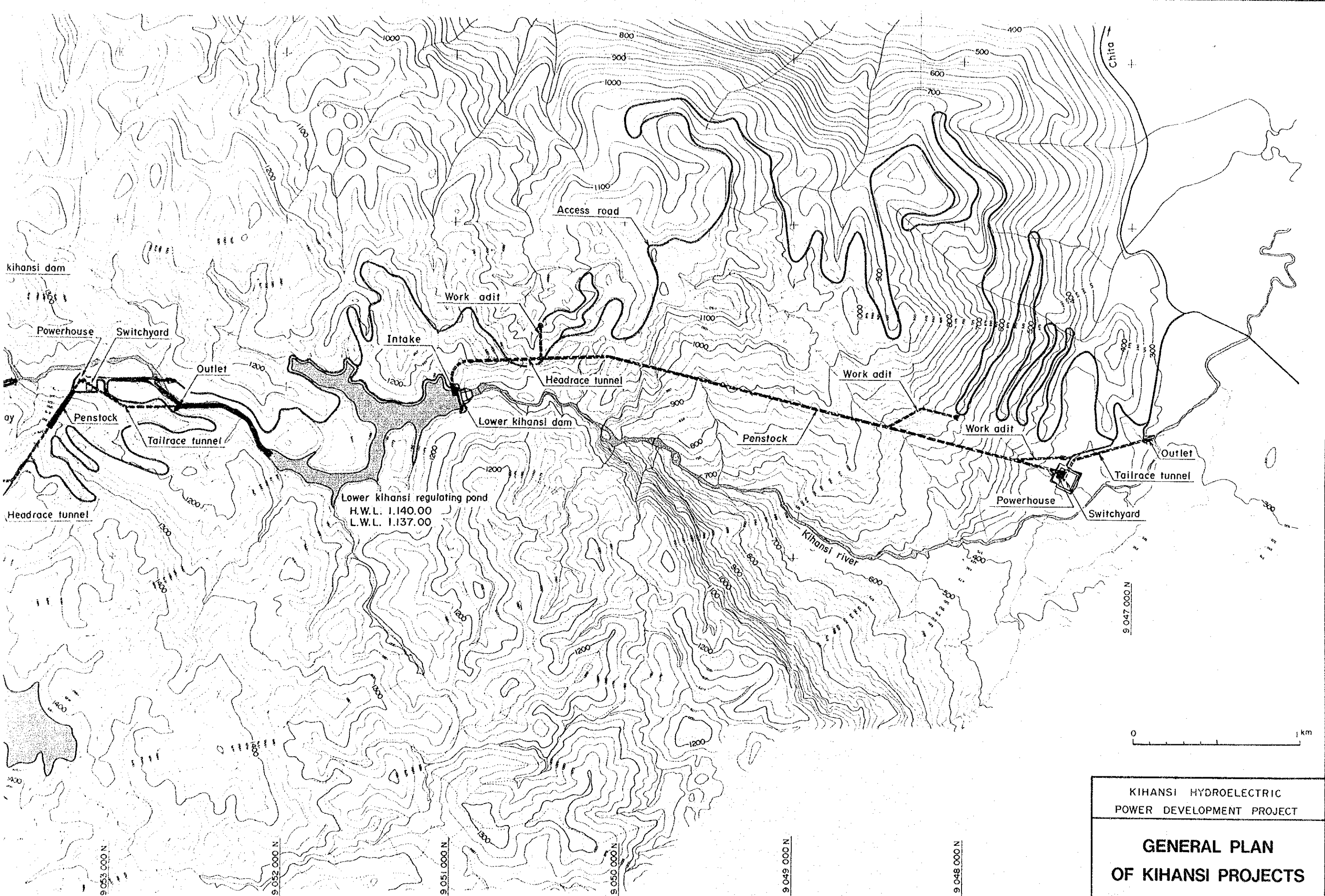
Upper kihansi dam

Powerhouse

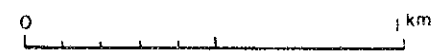
Iringa







9 047 000 N



KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

**GENERAL PLAN  
OF KIHANSI PROJECTS**

Fig. \_\_\_\_\_ DATE: \_\_\_\_\_

9 053 000 N

9 052 000 N

9 051 000 N

9 050 000 N

9 049 000 N

9 048 000 N





# 目 次

頁

## 要 約

## 結 論 と 勧 告

### 第1章 序 論

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 調査対象地域および範囲	1-2
1.2.3 業務内容	1-2
1.3 既存報告書	1-2
1.4 現地調査業務および参加者リスト	1-2
1.4.1 現地調査業務	1-2
1.4.2 現地調査工事	1-4
1.4.3 参加者リスト	1-5

### 第2章 タンザニア共和国の一般概況

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
2.5 エネルギー資源	2-1
2.5.1 石 炭	2-1
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3章	計画地域および周辺的一般概況	
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4章	タンザニアの電力事業の現況	
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
第5章	需要想定および電源開発計画	
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

## 16章 水文および気象

6.1 概 要 .....	6-1
6.1.1 地 形 .....	6-1
6.1.2 気 候 .....	6-6
6.1.3 降 雨 .....	6-11
6.1.4 蒸発および蒸発散 .....	6-11
6.1.5 流 量 .....	6-18
6.1.6 水文周期 .....	6-20
6.2 気象および水位観測所 .....	6-23
6.2.1 気象観測所 .....	6-23
6.2.2 水位観測所 .....	6-23
6.3 流出解析 .....	6-34
6.3.1 方 法 .....	6-34
6.3.2 1KB28地点における流量 .....	6-34
6.3.3 ダム地点流量 .....	6-41
6.4 設計洪水量 .....	6-48
6.4.1 既存調査のレビュー .....	6-48
6.4.2 方 法 .....	6-48
6.4.3 キハンシ流域におけるPMP .....	6-49
6.4.4 PMF(可能最大洪水量) .....	6-54
6.4.5 確率洪水量 .....	6-55
6.4.6 設計洪水量 .....	6-55
6.5 堆 砂 .....	6-55
6.5.1 方 法 .....	6-55
6.5.2 データ .....	6-55
6.5.3 計算結果 .....	6-57

## 第7章 地質、材料および地震

7.1 調査概要 .....	7-1
7.1.1 現地調査 .....	7-1

7.1.2	地質調査工事	7-1
7.1.3	既存資料	7-2
7.2	広域地質	7-7
7.2.1	地 形	7-7
7.2.2	地 質	7-7
7.3	調査域の地質概要	7-13
7.3.1	地 形	7-13
7.3.2	上部および下部キハンシ地点の地質	7-13
7.4	上部キハンシ地点の地質	7-23
7.4.1	貯 水 池	7-23
7.4.2	ダ ム	7-24
7.4.3	水路経過地および発電所	7-27
7.5	下部キハンシ地点の地質	7-37
7.5.1	調整地	7-37
7.5.2	ダ ム	7-37
7.5.3	導水路および水圧管路トンネル	7-40
7.5.4	発 電 所	7-42
7.6	建設材料	7-55
7.6.1	試験数量および試験項目	7-55
7.6.2	試験結果および考察	7-55
7.7	地 震	7-68
7.7.1	タンザニアの地震概要	7-68
7.7.2	設 計 震 度	7-72

## 第8章 開 発 計 画

8.1	開発計画の比較検討	8-1
8.1.1	既存計画の再検討	8-1
8.1.2	最適開発計画の選定	8-11
8.2	開発規模の検討	8-17
8.2.1	検討基本条件	8-17

8.2.2	貯水池規模の検討	8-22
8.2.3	上部計画	8-33
8.2.4	下部計画	8-50
第9章 送電線計画および系統解析		
9.1	電力系統拡張計画	9-1
9.2	送電線計画	9-1
9.2.1	概要	9-1
9.2.2	受電変電所引込み方法	9-1
9.2.3	送電線ルート	9-3
9.2.4	送電電圧と回線数	9-5
9.2.5	工専用送電線	9-7
9.3	系統解析	9-7
9.3.1	解析の条件および主な解析結果	9-7
9.3.2	潮流計算	9-10
9.3.3	短絡容量	9-11
9.3.4	安定度	9-11
第10章 フィージビリティ設計		
10.1	概要	10-1
10.2	上部計画プレフィージビリティ設計	10-1
10.2.1	ダムおよび付属構造物	10-1
10.2.2	水路および発電所	10-22
10.2.3	電気機器	10-42
10.2.4	送電線	10-65
10.3	下部計画	10-66
10.3.1	ダムおよび付属構造物	10-66
10.3.2	水路および発電所	10-83
10.3.3	電気機器	10-115
10.3.4	送電線	10-149

## 第11章 工事計画および工事費

11.1 工事計画および工事工程	11-1
11.1.1 基本的条件	11-1
11.1.2 工事計画および工事工程	11-8
11.2 工事費	11-28
11.2.1 基本事項	11-28
11.2.2 工事費	11-31

## 第12章 環境に対する影響および補償

12.1 発電所の計画概要	12-1
12.1.1 発電所の所在地	12-1
12.1.2 発電所の計画概要	12-1
12.1.3 送電線	12-1
12.2 環境の現況	12-5
12.2.1 自然保護	12-5
12.2.2 自然景観	12-10
12.2.3 気象	12-19
12.2.4 地形、地質	12-22
12.2.5 植生	12-27
12.2.6 動物	12-39
12.2.7 水生生物	12-40
12.2.8 水質	12-41
12.2.9 騒音	12-50
12.2.10 振動	12-50
12.2.11 地域社会	12-50
12.2.12 交通、公共施設	12-54
12.2.13 土地利用	12-56
12.2.14 水系利用	12-56
12.2.15 公衆衛生	12-56
12.2.16 文化財、レクリエーション	12-57

12.3	環境保全のために講じようとする対策並びに環境に与える影響の評価	12-59
12.3.1	運転開始後に関する事項	12-59
12.3.2	工事中に関する事項	12-66
12.4	モニタリング	12-70
12.4.1	運転開始後に関する事項	12-70
12.4.2	工事中に関する事項	12-70
12.5	補償	12-71
12.5.1	タンザニアにおける補償制度	12-71
12.5.2	キハンス計画における補償の概要	12-74
12.6	総合評価	12-76
	資料-1	12-77
	資料-2	12-80

### 第13章 経済・財務評価

13.1	経済評価	13-1
13.1.1	経済評価の手法および基本条件	13-1
13.2	財務評価	13-14
13.2.1	財務評価の手法及び基本条件	13-14
13.2.2	財務評価	13-15

### 第14章 今後の調査

14.1	地形測量	14-1
14.2	地質調査	14-1
14.3	材料調査	14-2
14.4	水位、流量調査	14-2
14.5	環境調査	14-2





## UNITS

m	- meter, unit of length
mm	- millimeter (1/1,000 m)
cm	- centimeter (1/100 m)
km	- kilometer (1,000 m)
m <sup>2</sup>	- square meter
mm <sup>2</sup>	- square millimeter
km <sup>2</sup>	- square kilometer
cm <sup>2</sup>	- square centimeter
m <sup>3</sup>	- cubic meter
m/sec	- meter per second
m/sec <sup>2</sup>	- meter per square second
m <sup>3</sup> /s	- cubic meter per second
V	- volt, unit of voltage
kV	- 1,000 volts
A	- ampere
AH	- ampere hour
Ω	- ohm
Nos	- numbers
W	- watt, unit of active power
kW	- 1,000 W
MW	- million watts (1,000 kW)
VA	- volt ampere
kVA	- kilovolt ampere
MVA	- million VA (1,000 kVA)
kWh	- 1,000 Wh
MWh	- million Wh (1,000 kWh)
GWh	- million kWh
rpm	- revolving per minute
Hz	- hertz, unit of frequency
s, (sec)	- second
hr, (hrs)	- hour
g	- gram, unit of weight
mg	- milligram (1/1,000 g)
kg	- 1,000 g
kfg	- kilogram force

t	- ton (1,000 kg)
tons.	- tonnes
MT	- metric ton
ℓ	- liter
BTU	- British Thermal Unit
MBtu	- million BTU
MVAR	- million VAR
P	- effective power
JQ	- reactive power
cal	- calorie, thermal unit
Kcal	- kilocalorie (1,000 cal)
G	- gal, unit of acceleration
°C	- celsius degree, unit of temperature
%	- percent
deg	- degree

#### CURRENCY

US\$	- U.S. Dollar
Tsh	- Tanzanian Shilling
MTshs	- million of Tanzanian Shillings

Foreign Exchange Rate

1 US\$ = 140 Tsh

## ABBREVIATIONS

A.C	-	Aluminum Clad Steel
A.E.G.	-	Annual Energy Generation
AAC	-	Aluminum Alloy Cable
AC	-	Alternating Current
ACSR	-	Aluminum Conductor Steel Reinforced
AV	-	Average
AVR	-	Automatic Voltage Regulator
B/C	-	Benefit Cost Ratio
B	-	Annual Benefit
B-C	-	Annual Surplus Benefit
BOD	-	Biochemical Oxygen Demand
C	-	Annual Cost
C&F	-	Cost and Freight
CB	-	Circuit Breaker
CIF	-	Cost, Insurance and Freight
CL	-	Caliraya Lake
COD	-	Chemical Oxygen Demand
Comm	-	Commissioning
DC	-	Direct Current
Dep Enr	-	Dependable Energy
Dia	-	Diameter
DO	-	Dissolved Oxygen
DS	-	Disconnecting Switch
EDCOP	-	Engineering & Development Corporation
EIA	-	Environmental Impact Assessment
EIRR	-	Economic Internal Rate of Return
EL.	-	Elevation
ELC	-	Electroconsult
EPA	-	Environmental Protection Agency
ERP	-	Economic Recover Program
Ex Rate	-	Exchange Rate
FAO	-	The United Nations Food and Agriculture Organization
FC	-	Foreign Currency
FWS	-	Free Water System
G.S	-	Galvanized Steel
GCB	-	Gas Circuit Breaker

GDP	-	Gross Domestic Product
GNP	-	Gross National Product
GOV	-	Speed Governor for Water Turbine
H.W.L.	-	High Water Level
IDC	-	Interest During Construction
IKL	-	Isokeraunic Level
Ins Cap	-	Installed Capacity
ITCZ	-	Intertropical Convergence Zone
JICA	-	Japan International Cooperation Agency
L.S.	-	Lump Sum
L.W.L.	-	Low Water Level
LA	-	Lightning Arrester
LC	-	Local Currency
LEI	-	Lake Evaluation Index
Lf	-	Load Factor
LOLP	-	Loss Of Load Probability
LT	-	Line Trap
M/P	-	Master Plan
MA	-	Mega Annum
MAF	-	Mean Annual Flood
Max	-	Maximum
MHz	-	Meg.a.Hertz
Min	-	Minimum
NE-SW	-	North.east-South.west
NESP	-	National Economic Saving Program
NGR	-	Neutral Grounding Resistor
NOAA	-	National Oceanic Atmospheric Administration
OECD	-	Organization for Economic Cooperation and Development
P.S	-	Power Station
PD	-	Potential Device
Pf	-	Power Factor
PH	-	The simbol for hydrogen ion concentration
PLC	-	Power Line Carrier
PMF	-	Probable Maximum Flood
PMP	-	Probable Maximum Precipitation
Pow	-	Power
PSDP	-	Power Sector Development Plan
r	-	Discount Rate
RUBADA	-	Rufiji Basin Development Authority

S.S - Substation  
SCADA - System Control and Data Acquisition  
SCR - Standard Conversion Factor  
SER - Shadow Exchange Rate  
SP - Station Post Insulator  
TANESCO - Tanzania Electric Supply Company Limited  
TSI - Trophic State Index  
U.K. - United Kingdom  
U.S. - United States  
VAT - Value Added Tax  
VHF - Very High Frequency  
yr - Year

