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

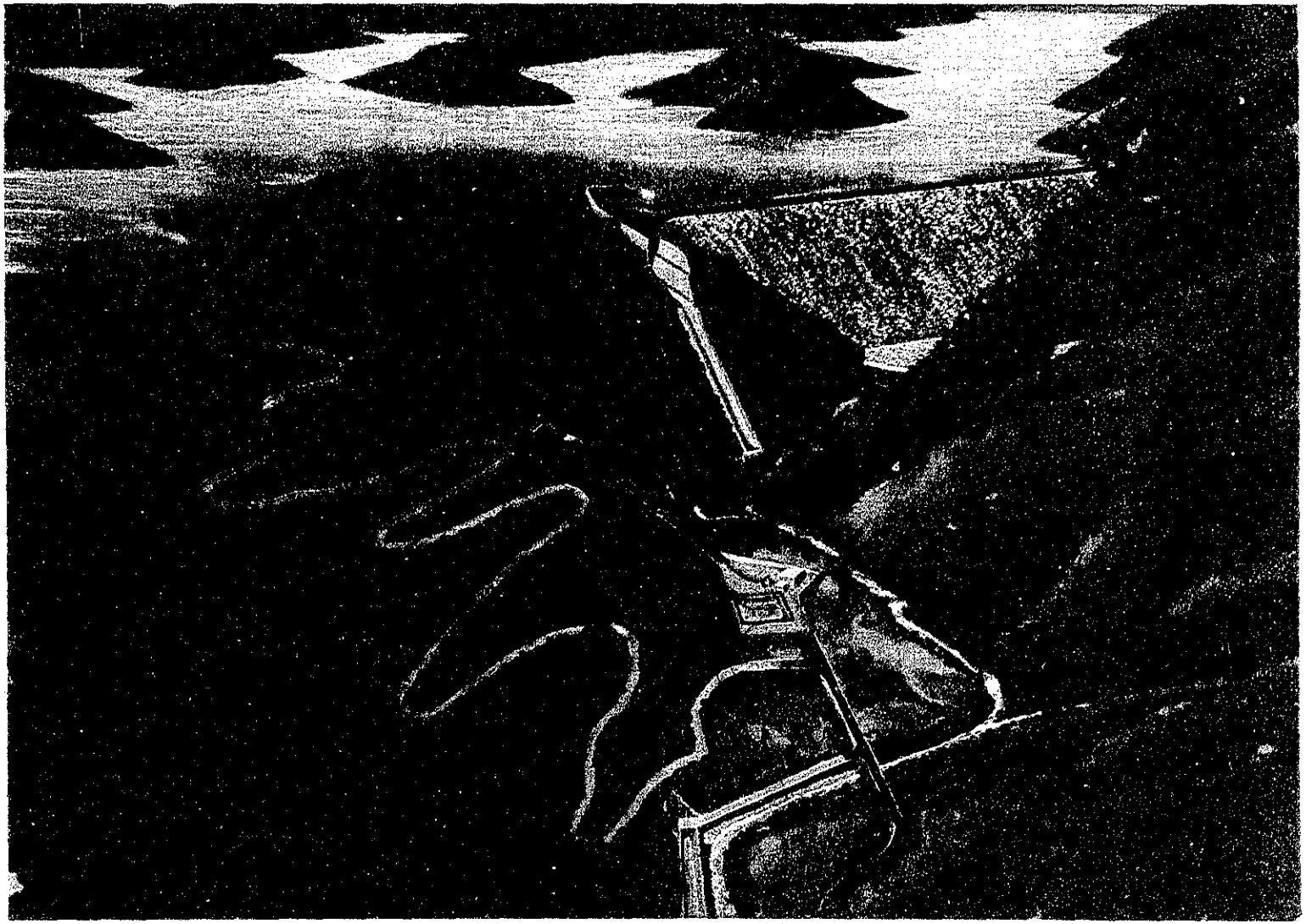
要　約　版

JICA LIBRARY
1089178[6]
22196

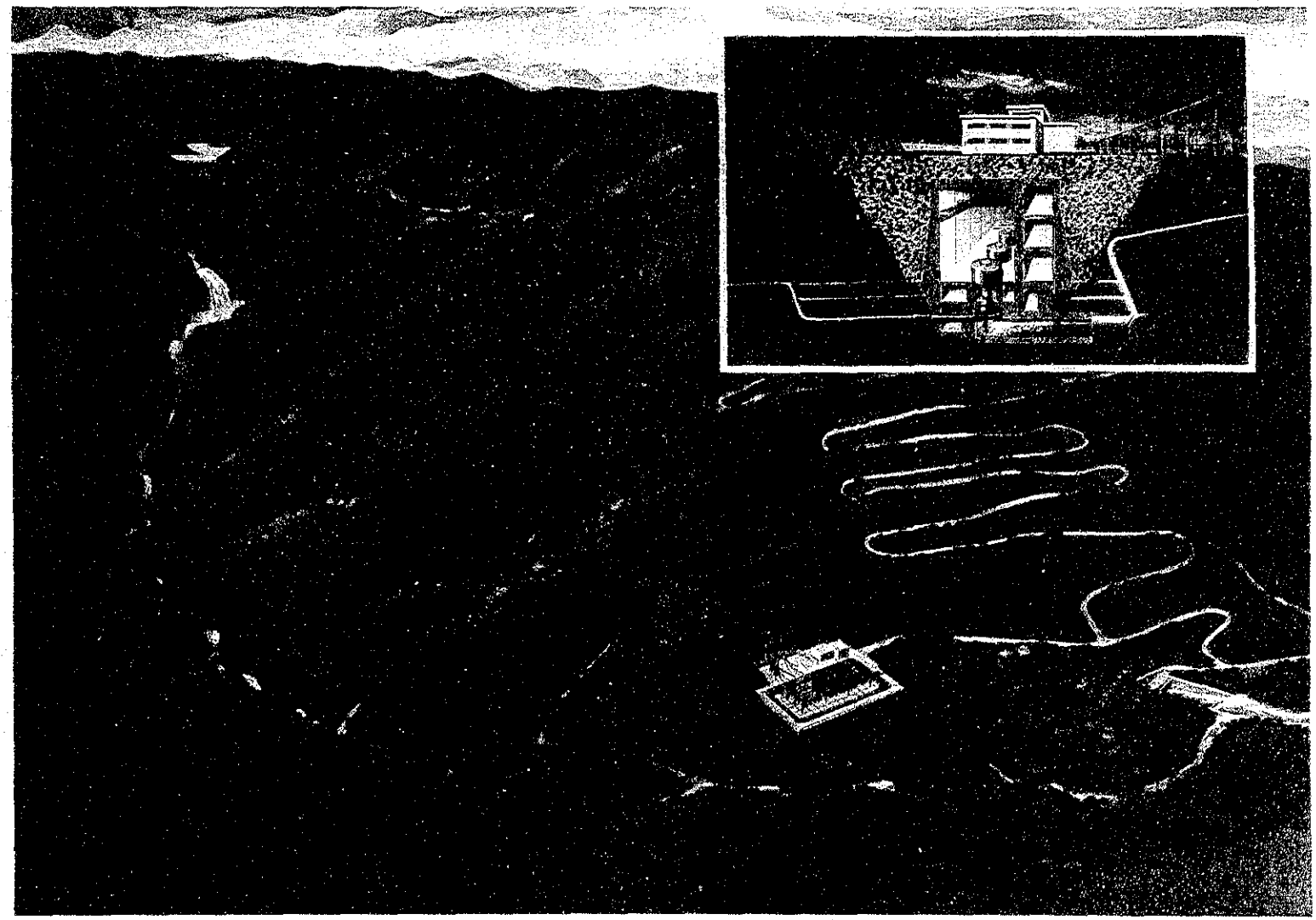
1990年10月

国際協力事業団

国際協力事業団
22196



Upper Kihansi Project

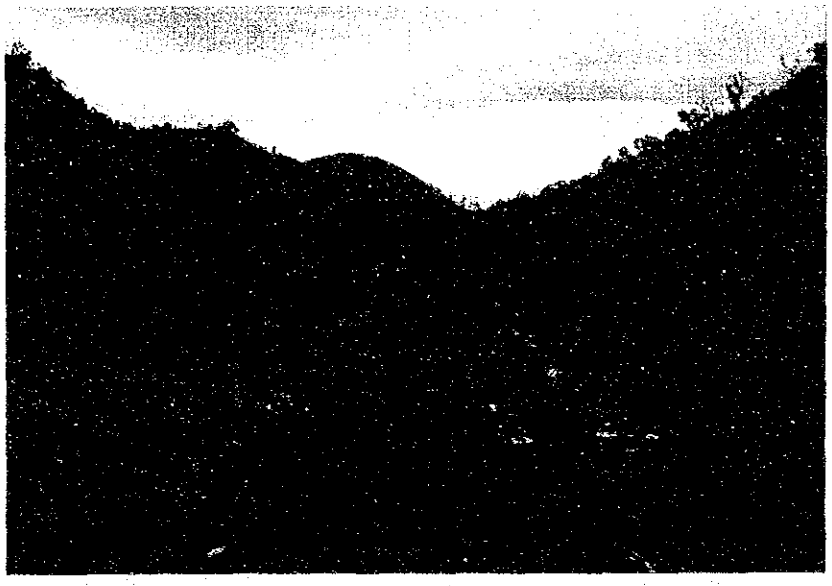


Lower Kihansi Project

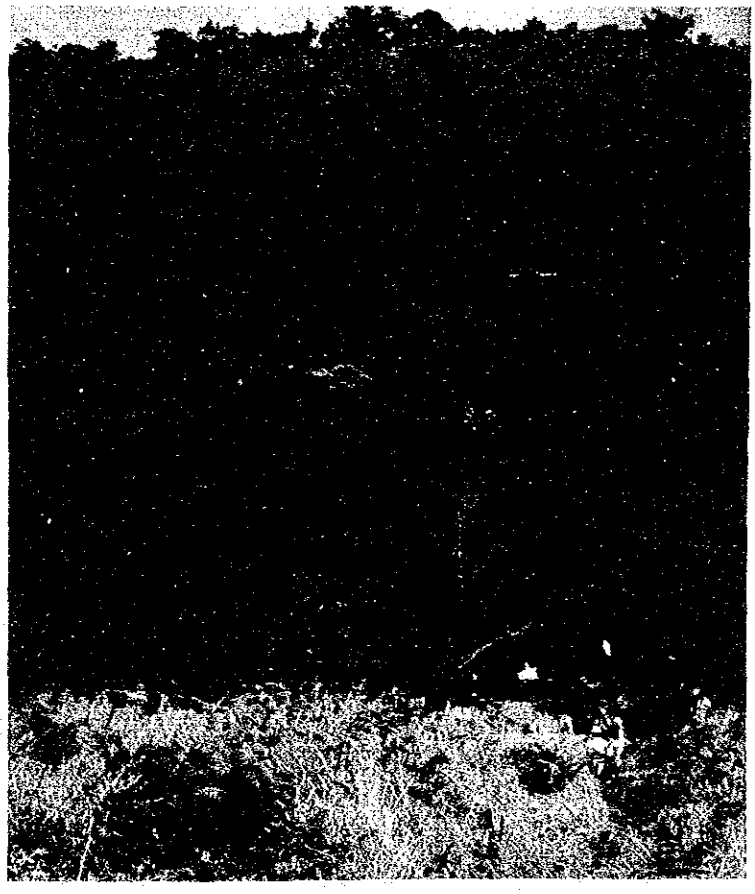
Upper Dam Site
View from the upstream left bank

Cascade of Kihansi River Between Upper Dam and Powerhouse

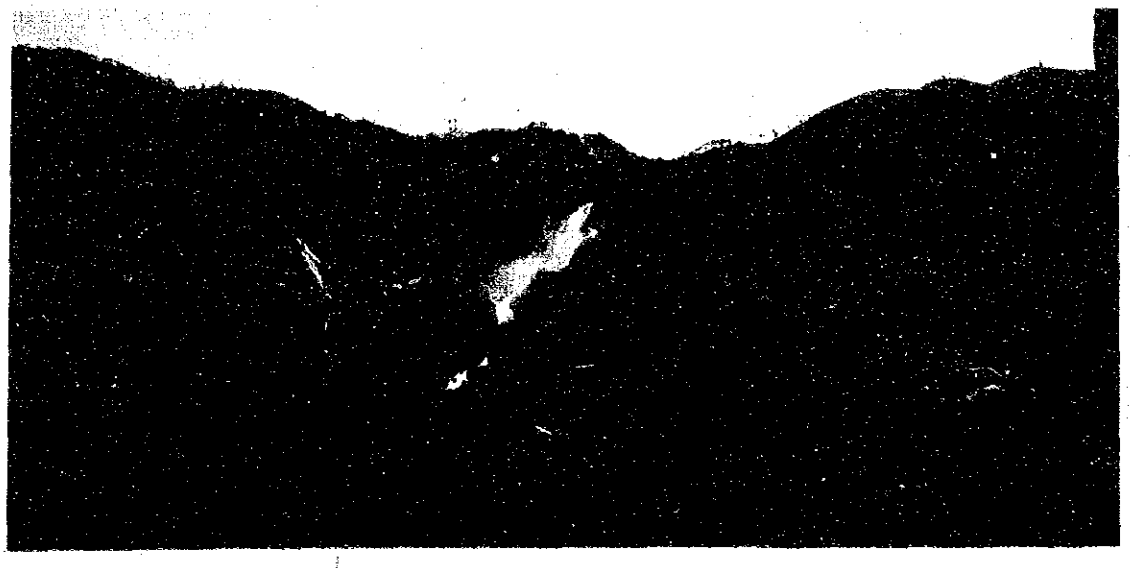
Upper Powerhouse and Tailrace Sites
View from the site of the upper part of penstock



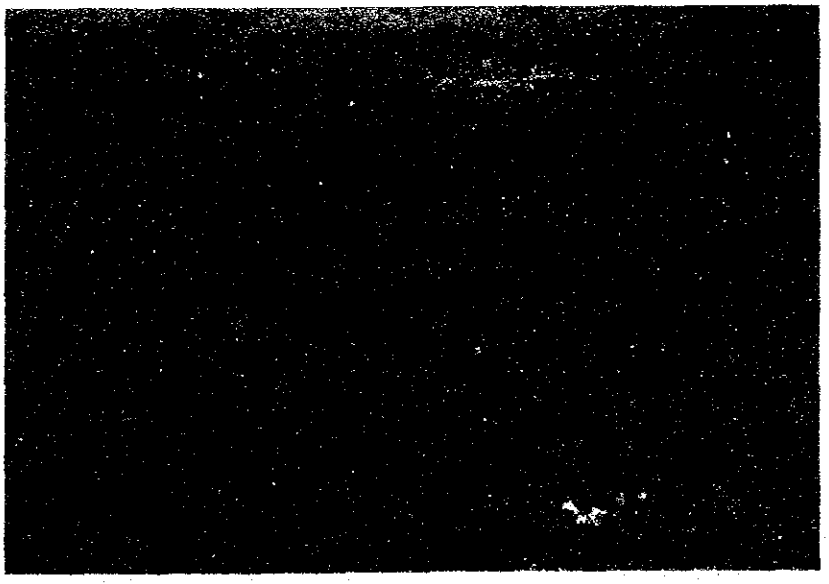
Lower Dam Site
View from the upstream left bank



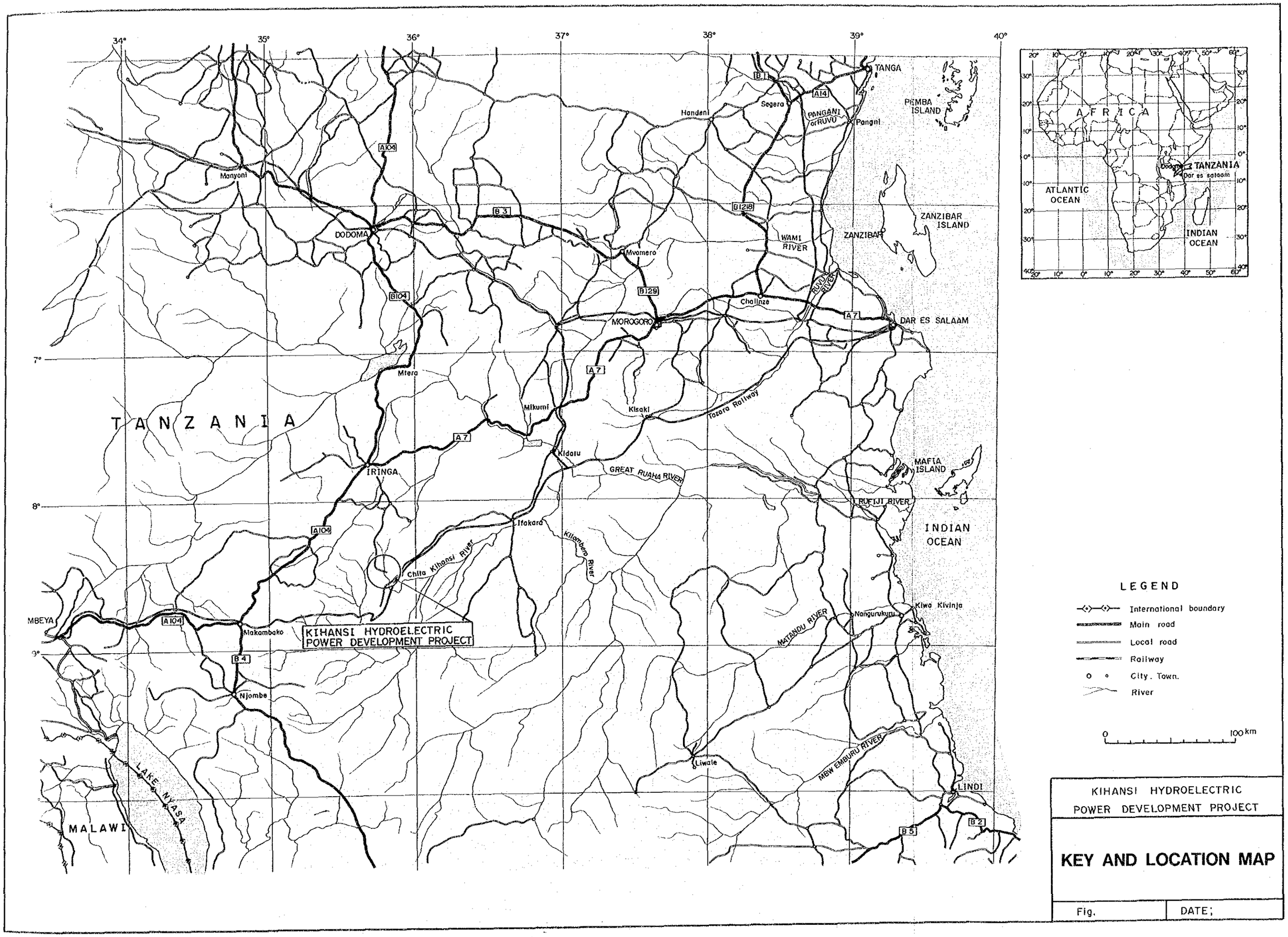
Lower Dam Axis
View from the high water level of left bank



Kihansi Fall
View from the downstream left bank



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

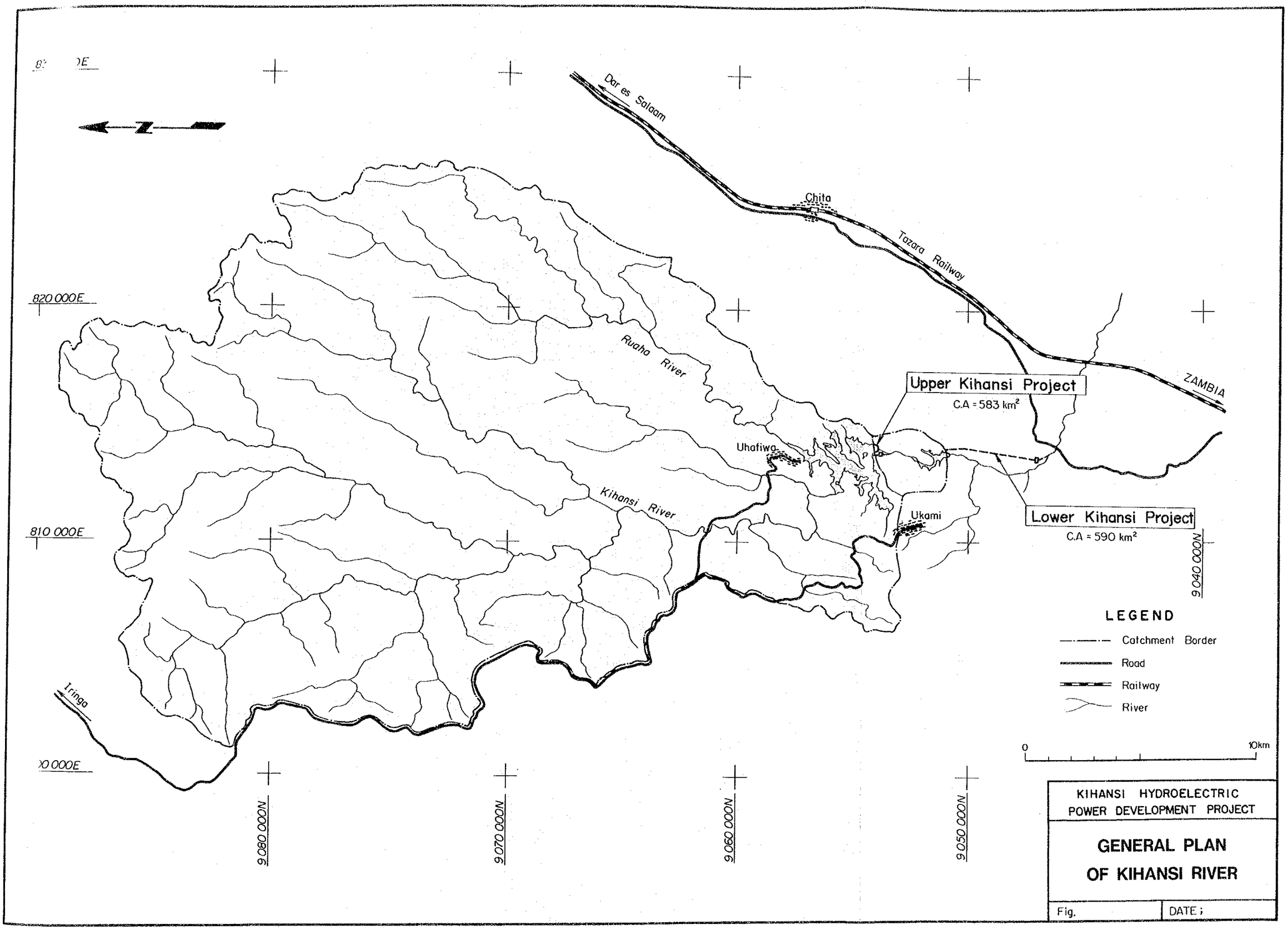


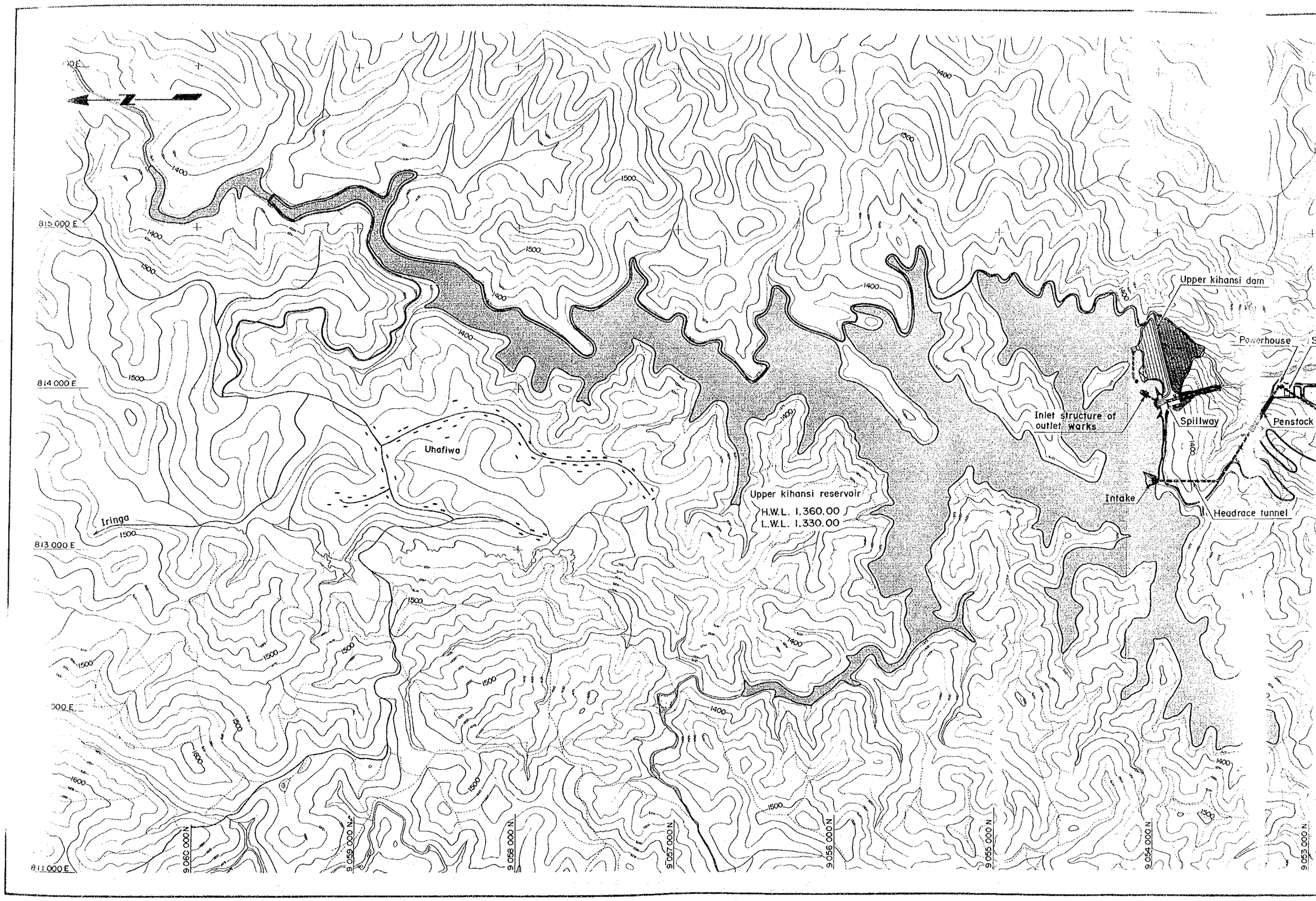
KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

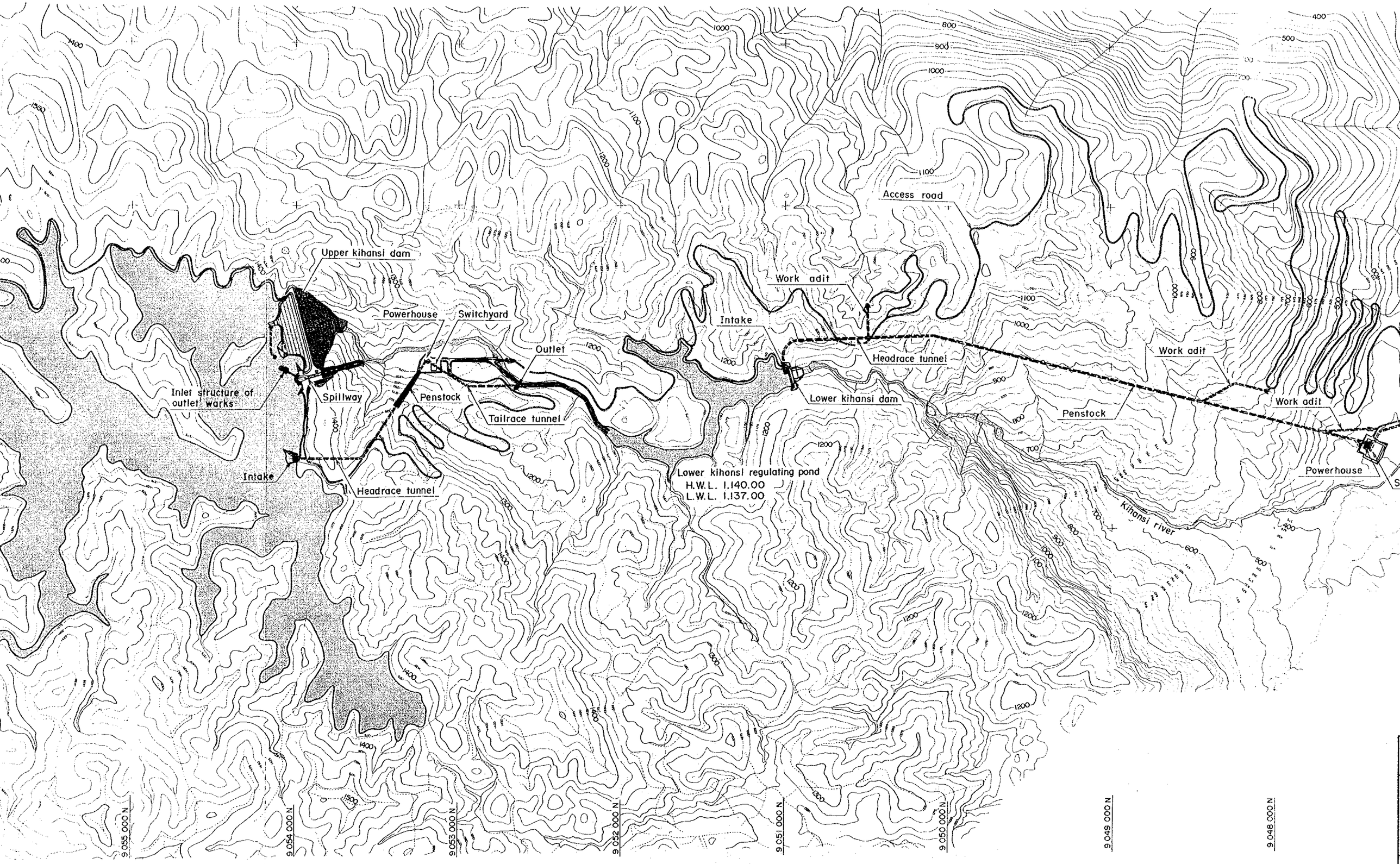
KEY AND LOCATION MAP

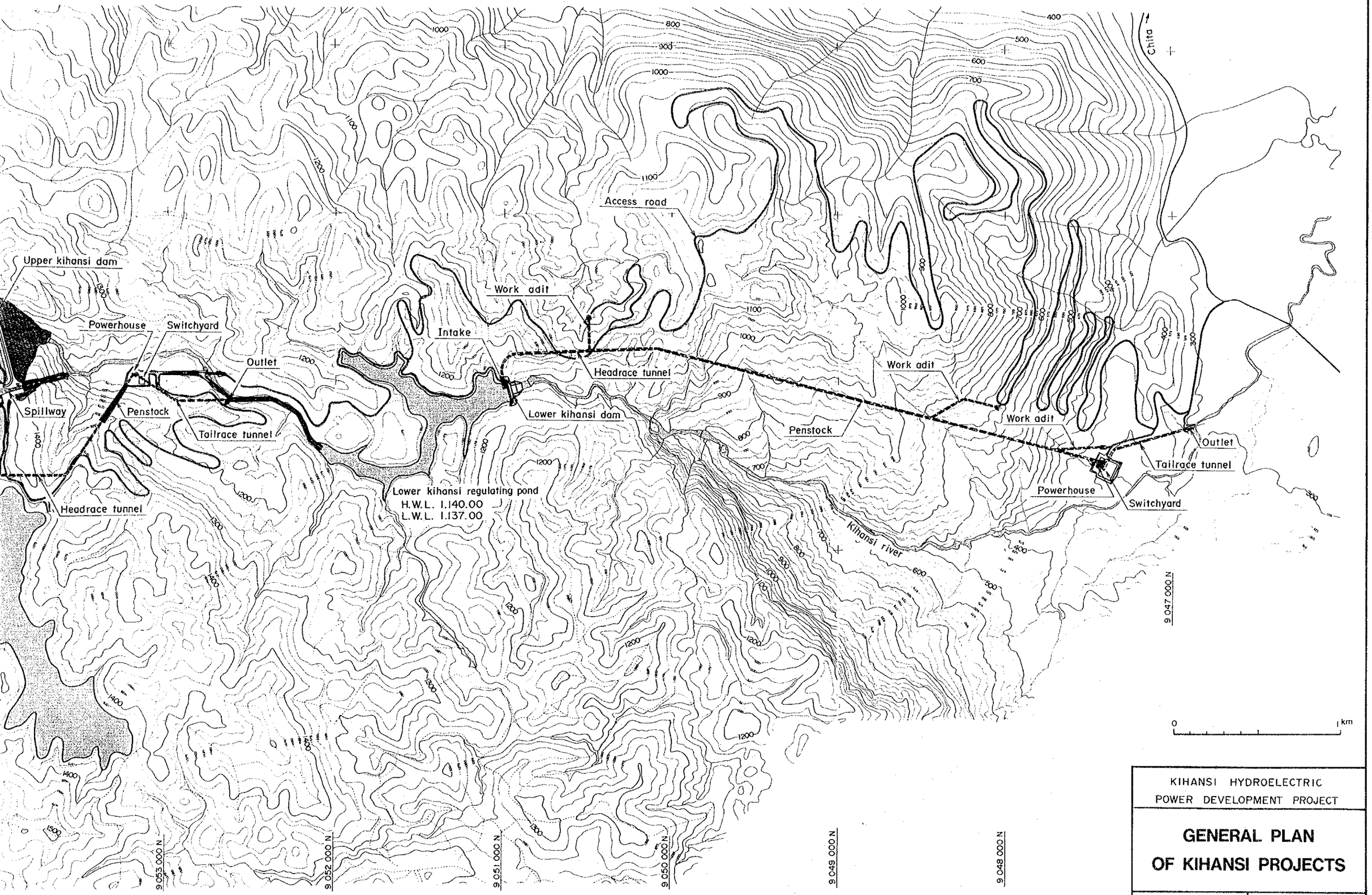
Fig.

DATE;


Dar es Salaam
Chita
Tazara Railway
ZAMBIA
Ruaha River
Kihansi River
Uhafiwa
Ukami
Upper Kihansi Project
C.A = 583 km²
Lower Kihansi Project
C.A = 590 km²
Iringa
820 000E
810 000E
9 040 000N
9 080 000N
9 070 000N
9 060 000N
9 050 000N
LEGEND
Catchment Border
Road
Railway
River
0
10km
KIHANSI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT
GENERAL PLAN
OF KIHANSI RIVER
Fig.
DATE ;


Upper kihansi dam
Powerhouse
Spillway
Penstock
Inlet structure of outlet works
Intake
Headrace tunnel
Upper kihansi reservoir
H.W.L. 1.360.00
L.W.L. 1.330.00
Uhafiwa
Iringa
815 000 E
814 000 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
9 053 000 N
1400
1500
1600


Upper kihansi dam
Powerhouse
Switchyard
Outlet
Spillway
Penstock
Tailrace tunnel
Inlet structure of outlet works
Intake
Headrace tunnel
Lower kihansi regulating pond
H.W.L. 1,140.00
L.W.L. 1,137.00
Intake
Work adit
Headrace tunnel
Lower kihansi dam
Access road
Work adit
Penstock
Work adit
Powerhouse
Kihansi river
9 055 000 N
9 054 000 N
9 053 000 N
9 052 000 N
9 051 000 N
9 050 000 N
9 049 000 N
9 048 000 N



KIHANSI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GENERAL PLAN
OF KIHANSI PROJECTS

Fig.	DATE;

目　　次

頁

1．序　論 …… 1

1.1　経　緯 …… 1

1.2　調査目的と業務内容 …… 1

1.3　本計画の特性 …… 3

2．基礎資料の検討結果 …… 5

2.1　水文と気象 …… 5

2.2　地質、材料および地震 …… 9

2.3　電力需要と供給 …… 14

2.4　電力系統解析 …… 15

2.5　環境および補償 …… 16

3．最適開発計画の概要 …… 18

4．工事工程および工事費 …… 41

4.1　工事工程 …… 41

4.2　工　事　費 …… 41

5．経済評価および財務分析 …… 46

6．結　論 …… 49

7．勧　告 …… 51

1. 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、ノルウェー及びカナダ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ガ変電所までの送電計画よりなり、その合計出力は200MWに達する。

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ー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　調査目的と業務内容

本地点は、ノルウェーおよびカナダの実施したマスタープランおよび発電開発計画において早期に実施すべき案件として位置づけられており、それら既存資料並び

に現地調査に基づいて検討を行い、本計画が技術的、経済的および環境的見地からフィージブルか否かを検討、評価し、調査報告書を作成するとともに本調査を通じ、タンザニア共和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。

1989年2月、JICAは前記 Scope of Work に基づいてその業務を開始した。

続いてJICAは本プロジェクトの現地調査のため調査団を派遣し、下記の報告書を提出した。

1989年 2月15日～ 3月31日	:	第一次現地調査
1989年 3月	:	インセプションレポート
1989年 6月 1 日～ 6月30日	:	第二次現地調査
1989年 6月	:	第一回進捗報告書
1989年 8月 1 日～11月30日	:	第三次現地調査（地質）
～ 9月29日	:	〃　（環境）
1989年10月	:	第二回進捗報告書
1989年12月 1日～12月15日	:	調査結果とりまとめ、報告
1989年12月	:	第三回進捗報告書
1990年 2 月19日～ 3月 5日	:	中間報告書に関する打合せ
1990年 2月	:	中間報告書
1990年 9 月 2 日～ 9月16日	:	最終ドラフトレポートに関する打合せ
1990年 9月		最終報告書（案）

この間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^2
仝　上	1 : 7,000	22	km^2
航 測 図 化	1 : 5,000	16.5	km^2
仝　上	1 : 1,000	1.5	km^2

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	〃

1.3 本計画の特性

キハンシ水力発電開発計画とは、ルフィジ川水系キハンシ川の中流部に位置し、流域面積583km²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、それにイリンガ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ガ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15.9m³/sであるのに対し、保証流量（95%）は11.8m³/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75×10^6m³ 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．基礎資料の検討結果

2.1 水文と気象

(1) 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583km²および590km²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618km²）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 1 および Table 2 に示す。

(2) 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充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と上部ダムが高さ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400m³/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90m³/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80m³/secを採用した。

(3) 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 × 10^3 m^3　堆砂位標高　1,300.00 m

下部ダム

堆砂量　125 × 10^3 m^3　堆砂位標高　1,125.00 m

Table 1 Monthly Discharge at Upper Dam

(Unit: m^3/s)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	average
1927	16.14	10.01	12.36	15.47	11.83	10.69	9.77	9.08	8.60	8.16	7.75	10.85	10.91
1928	8.76	9.26	18.57	18.57	14.47	11.34	10.31	9.39	9.06	8.90	9.04	11.73	11.62
1929	9.12	8.23	12.52	26.73	11.64	10.25	9.22	8.45	7.92	7.44	7.09	7.53	10.50
1930	11.51	8.91	24.37	27.48	14.36	12.47	10.91	9.70	8.88	8.26	7.68	7.10	12.65
1931	9.87	14.28	29.32	38.93	22.53	16.35	14.08	12.27	10.88	9.74	8.88	9.74	16.40
1932	14.76	20.78	27.10	41.42	19.01	15.74	13.70	12.12	10.79	9.74	9.32	9.22	16.93
1933	16.94	18.68	22.01	26.43	16.59	13.97	12.26	10.99	9.94	9.08	8.42	7.85	14.40
1934	18.38	12.65	13.09	19.51	17.07	16.19	13.34	12.00	10.90	9.86	8.92	11.74	13.64
1935	14.14	15.05	22.40	14.06	12.84	11.45	10.38	9.44	8.78	9.08	9.05	23.99	13.41
1936	21.57	15.97	13.53	51.74	30.34	18.24	16.02	13.87	12.23	10.91	9.79	10.66	18.71
1937	13.13	10.83	27.54	25.07	21.29	15.01	13.15	11.66	10.86	10.08	9.26	8.56	14.74
1938	7.90	8.33	8.01	15.85	10.24	9.26	8.50	7.99	7.59	8.31	8.08	7.68	8.97
1939	13.01	8.61	12.54	42.20	18.40	13.85	12.10	10.74	9.83	8.95	8.44	8.20	13.90
1940	19.75	14.58	14.07	28.75	15.24	12.68	11.15	10.08	9.20	9.22	8.33	10.24	13.59
1941	10.35	19.64	19.36	14.74	19.16	12.43	11.01	9.84	8.95	8.41	11.40	10.96	12.98
1942	18.63	11.28	25.23	34.27	20.88	15.73	13.62	11.93	10.60	9.52	8.78	12.09	16.07
1943	8.75	11.42	13.36	15.25	22.79	11.58	10.22	9.14	8.45	7.91	7.37	6.92	11.10
1944	8.86	7.28	9.70	31.27	17.13	12.41	10.91	9.71	8.75	8.06	9.27	14.06	12.27
1945	16.48	13.05	14.40	25.80	23.99	14.12	12.43	10.94	9.76	8.80	8.09	10.40	14.03
1946	8.17	7.34	9.37	35.41	14.57	11.84	10.40	9.26	8.40	7.84	7.85	7.52	11.48
1947	16.06	14.23	19.55	22.17	19.16	14.84	12.65	11.12	9.91	9.01	8.20	22.05	14.93
1948	20.44	15.13	23.41	16.37	15.51	12.61	11.14	10.05	9.09	8.40	11.03	8.06	13.44
1949	9.98	20.44	12.00	19.96	12.91	11.00	9.79	8.83	8.12	7.59	7.08	6.67	11.12
1950	6.60	8.65	22.70	19.41	19.85	12.82	11.24	9.98	9.43	8.56	7.94	7.44	12.08
1951	7.79	11.07	10.72	21.99	13.96	10.67	9.78	8.70	8.02	7.45	15.73	10.50	11.34
1952	15.68	18.56	19.48	29.01	35.73	16.48	14.11	12.21	10.74	9.58	12.72	9.02	16.92
1953	8.22	7.36	11.66	12.85	16.08	10.30	9.24	8.36	7.75	7.30	6.85	9.16	9.61
1954	12.71	9.27	9.74	12.44	11.41	9.00	8.08	7.47	7.03	6.75	6.41	6.31	8.89
1955	7.25	16.74	14.68	39.33	22.35	16.59	13.97	12.13	10.64	9.42	9.28	8.27	15.00
1956	19.28	17.14	15.45	38.87	18.65	14.85	12.88	11.27	10.01	9.00	8.19	8.35	15.29
1957	18.99	18.40	16.62	35.81	28.36	15.03	13.29	12.47	11.58	10.82	10.26	11.61	16.91
1958	13.29	14.84	26.00	38.24	23.63	14.13	12.66	12.05	11.42	10.87	10.12	15.14	16.87
1959	13.74	15.08	20.84	21.30	15.04	12.21	11.62	11.13	10.48	10.20	10.08	11.67	13.60
1960	10.50	15.00	29.31	51.44	23.52	15.07	11.22	9.70	8.61	8.69	9.52	9.83	16.83
1961	11.74	14.65	15.39	19.57	20.78	9.80	10.30	11.08	8.85	8.66	11.14	15.87	13.15
1962	35.70	33.59	38.65	40.17	27.88	18.74	16.67	14.92	11.80	12.50	11.14	12.95	22.83
1963	25.92	29.47	38.88	51.25	27.13	17.54	17.32	14.99	13.52	12.32	18.00	10.37	22.98
1964	17.66	22.44	36.50	49.89	28.85	22.15	19.10	17.42	15.13	13.39	12.44	13.99	22.39
1965	16.57	19.05	26.53	40.75	20.33	14.75	13.59	12.91	11.85	11.41	10.96	12.92	17.60
1966	16.20	17.04	30.23	43.55	22.34	16.41	13.61	13.24	12.16	7.91	7.75	8.39	17.38
1967	15.07	16.92	19.94	27.36	27.57	17.85	14.50	13.36	11.98	11.22	13.02	30.77	18.31
1968	25.68	28.91	50.08	57.83	36.72	29.10	23.42	19.71	17.33	14.89	14.91	18.74	28.08
1969	20.40	19.00	22.90	32.52	23.92	15.04	13.49	13.41	11.74	10.58	10.93	11.65	17.11
1970	20.16	30.90	29.23	26.14	16.52	13.36	12.77	11.84	10.98	9.86	8.97	17.11	17.24
1971	14.63	19.22	20.63	37.27	20.04	13.55	14.08	12.36	11.61	14.14	10.91	12.00	16.66
1972	16.88	16.35	32.64	44.81	30.04	18.43	15.77	13.37	14.09	12.65	12.25	21.90	20.77
1973	30.79	22.30	29.02	42.75	32.16	18.49	16.22	14.16	13.39	12.49	12.26	14.26	21.52
1974	19.13	26.83	17.36	43.39	39.41	20.21	16.43	13.56	13.41	12.28	11.73	9.18	20.17
1975	14.91	12.04	13.70	27.40	25.26	17.34	13.95	12.64	12.27	10.54	9.47	10.98	15.05
1976	13.72	15.11	19.90	28.36	25.53	20.58	15.75	13.80	12.12	11.00	9.66	9.27	16.23
1977	12.95	10.13	13.81	24.78	21.39	14.74	12.64	11.32	10.11	9.40	10.54	14.77	13.90
1978	14.79	13.50	17.99	27.36	23.31	15.94	12.94	11.28	10.16	9.13	11.05	13.96	15.12
1979	19.61	18.74	27.25	39.29	39.83	30.50	22.38	17.28	14.61	12.50	12.45	15.27	22.49
1980	16.12	16.24	15.43	20.41	22.59	14.70	12.96	11.66	10.47	9.65	9.36	11.08	14.22
1981	11.49	12.29	15.21	20.22	17.88	12.75	11.08	10.29	9.21	9.33	8.08	10.16	12.33
1982	8.79	10.55	11.92	19.29	23.91	13.73	11.86	10.41	9.55	10.13	10.97	15.50	13.07
1983	23.88	15.80	19.25	31.77	31.43	22.87	17.79	14.05	12.23	10.91	10.00	10.41	18.38
1984	12.03	12.46	18.89	28.51	28.42	20.44	16.18	13.36	12.08	11.18	10.61	17.58	16.82
1985	23.46	17.74	22.47	38.96	29.84	21.30	17.66	14.46	12.86	11.33	13.25	19.95	20.28
1986	23.97	25.86	25.44	41.57	37.92	28.40	21.97	18.31	14.60	12.71	15.20	21.96	23.97
1987	23.19	21.11	23.19	22.62	23.37	17.91	15.18	13.14	11.40	10.91	11.06	13.88	17.23
Ave.	15.61	15.84	20.55	30.43	22.21	15.54	13.36	11.84	10.70	9.92	10.07	12.23	15.68

Table 2 Monthly Discharge at Lower Dam

(Unit: m^3/s)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	average
1927	16.33	10.13	12.51	15.66	11.97	10.82	9.89	9.18	8.71	8.26	7.84	10.98	11.04
1928	8.87	9.38	18.80	18.80	14.64	11.48	10.43	9.50	9.17	9.00	9.15	11.87	11.76
1929	9.23	8.32	12.67	27.05	11.78	10.38	9.33	8.55	8.02	7.53	7.18	7.62	10.63
1930	11.65	9.02	24.66	27.81	14.53	12.62	11.04	9.81	8.98	8.36	7.77	7.19	12.80
1931	9.99	14.45	29.67	39.40	22.80	16.54	14.25	12.42	11.01	9.86	8.98	9.86	16.59
1932	14.94	21.03	27.43	41.92	19.24	15.92	13.86	12.27	10.92	9.85	9.43	9.33	17.14
1933	17.15	18.90	22.27	26.75	16.79	14.14	12.41	11.12	10.06	9.19	8.53	7.94	14.57
1934	18.60	12.80	13.25	19.74	17.27	16.38	13.50	12.14	11.03	9.98	9.03	11.88	13.80
1935	14.31	15.23	22.66	14.22	12.99	11.59	10.50	9.56	8.89	9.18	9.16	24.28	13.57
1936	21.83	16.16	13.69	52.36	30.70	18.46	16.21	14.03	12.37	11.04	9.91	10.79	18.93
1937	13.29	10.96	27.87	25.38	21.55	15.19	13.31	11.80	10.99	10.21	9.38	8.66	14.91
1938	7.99	8.43	8.11	16.04	10.37	9.38	8.60	8.09	7.69	8.41	8.17	7.77	9.08
1939	13.17	8.72	12.69	42.70	18.62	14.01	12.25	10.87	9.95	9.06	8.54	8.30	14.06
1940	19.99	14.76	14.23	29.10	15.42	12.83	11.28	10.21	9.31	9.33	8.43	10.37	13.76
1941	10.47	19.88	19.59	14.92	19.39	12.58	11.14	9.96	9.06	8.52	11.53	11.09	13.14
1942	18.86	11.42	25.53	34.68	21.13	15.91	13.79	12.08	10.73	9.63	8.89	12.24	16.27
1943	8.85	11.56	13.52	15.44	23.07	11.71	10.34	9.25	8.55	8.00	7.46	7.01	11.24
1944	8.96	7.37	9.81	31.65	17.34	12.56	11.05	9.82	8.86	8.15	9.38	14.22	12.42
1945	16.68	13.20	14.57	26.11	24.28	14.29	12.58	11.07	9.88	8.91	8.19	10.52	14.20
1946	8.27	7.43	9.48	35.84	14.74	11.98	10.52	9.38	8.50	7.93	7.94	7.61	11.62
1947	16.25	14.40	19.78	22.44	19.39	15.02	12.80	11.26	10.02	9.12	8.30	22.31	15.11
1948	20.69	15.31	23.70	16.56	15.70	12.76	11.27	10.17	9.20	8.50	11.16	8.15	13.60
1949	10.10	20.69	12.14	20.20	13.06	11.13	9.91	8.94	8.22	7.69	7.17	6.75	11.26
1950	6.68	8.75	22.97	19.64	20.09	12.97	11.37	10.10	9.55	8.66	8.04	7.53	12.22
1951	7.89	11.20	10.85	22.25	14.13	10.80	9.90	8.80	8.11	7.54	15.91	10.63	11.48
1952	15.87	18.78	19.71	29.36	36.15	16.68	14.28	12.35	10.86	9.69	12.87	9.13	17.13
1953	8.32	7.45	11.80	13.00	16.28	10.43	9.35	8.46	7.84	7.39	6.93	9.27	9.73
1954	12.86	9.38	9.85	12.59	11.55	9.11	8.18	7.56	7.11	6.83	6.48	6.39	8.99
1955	7.33	16.94	14.86	39.80	22.62	16.79	14.14	12.28	10.77	9.54	9.39	8.37	15.18
1956	19.51	17.35	15.64	39.33	18.87	15.03	13.03	11.41	10.13	9.11	8.29	8.45	15.48
1957	19.22	18.62	16.82	36.24	28.70	15.21	13.45	12.62	11.71	10.95	10.39	11.75	17.12
1958	13.45	15.02	26.31	38.70	23.92	14.30	12.81	12.19	11.56	11.00	10.24	15.32	17.07
1959	13.91	15.27	21.09	21.56	15.22	12.35	11.76	11.27	10.61	10.32	10.21	11.81	13.77
1960	10.63	15.18	29.66	52.06	23.80	15.25	11.35	9.81	8.72	8.79	9.63	9.95	17.03
1961	11.88	14.83	15.57	19.80	21.03	9.92	10.43	11.22	8.96	8.76	11.27	16.06	13.31
1962	36.13	34.00	39.11	40.65	28.21	18.96	16.87	15.10	11.94	12.65	11.27	13.11	23.10
1963	26.23	29.82	39.34	51.87	27.46	17.75	17.53	15.17	13.68	12.47	18.22	10.49	23.26
1964	17.87	22.71	36.94	50.48	29.19	22.42	19.33	17.63	15.31	13.55	12.59	14.16	22.65
1965	16.77	19.28	26.85	41.24	20.57	14.93	13.76	13.06	11.99	11.55	11.09	13.08	17.81
1966	16.39	17.24	30.60	44.07	22.61	16.61	13.78	13.39	12.31	8.00	7.84	8.49	17.59
1967	15.26	17.13	20.18	27.69	27.90	18.06	14.67	13.52	12.12	11.35	13.17	31.14	18.53
1968	25.99	29.26	50.68	58.52	37.16	29.45	23.71	19.94	17.54	15.07	15.09	18.97	28.42
1969	20.64	19.23	23.18	32.91	24.21	15.22	13.65	13.58	11.88	10.70	11.06	11.79	17.32
1970	20.40	31.28	29.59	26.45	16.72	13.52	12.93	11.98	11.11	9.98	9.08	17.32	17.44
1971	14.81	19.45	20.88	37.72	20.28	13.71	14.24	12.51	11.75	14.31	11.05	12.14	16.86
1972	17.08	16.54	33.03	45.35	30.40	18.65	15.96	13.53	14.26	12.80	12.40	22.16	21.02
1973	31.16	22.57	29.37	43.27	32.55	18.71	16.41	14.33	13.55	12.64	12.41	14.43	21.78
1974	19.36	27.15	17.57	43.91	39.89	20.45	16.63	13.72	13.57	12.43	11.87	9.29	20.41
1975	15.09	12.18	13.86	27.72	25.57	17.55	14.12	12.79	12.42	10.66	9.59	11.11	15.23
1976	13.88	15.29	20.13	28.70	25.83	20.83	15.94	13.97	12.27	11.13	9.78	9.38	16.42
1977	13.11	10.25	13.98	25.08	21.64	14.92	12.79	11.46	10.23	9.51	10.66	14.95	14.06
1978	14.97	13.66	18.21	27.69	23.59	16.13	13.10	11.42	10.28	9.24	11.18	14.13	15.30
1979	19.85	18.97	27.58	39.76	40.31	30.87	22.65	17.49	14.79	12.65	12.60	15.46	22.76
1980	16.32	16.44	15.62	20.66	22.86	14.87	13.12	11.80	10.60	9.77	9.47	11.21	14.39
1981	11.63	12.44	15.39	20.46	18.09	12.91	11.21	10.42	9.32	9.44	8.17	10.28	12.48
1982	8.90	10.67	12.07	19.52	24.20	13.89	12.00	10.53	9.66	10.25	11.10	15.69	13.22
1983	24.16	15.99	19.49	32.15	31.81	23.14	18.01	14.22	12.37	11.05	10.12	10.53	18.60
1984	12.17	12.61	19.11	28.85	28.76	20.69	16.37	13.52	12.22	11.31	10.74	17.80	17.02
1985	23.74	17.96	22.74	39.43	30.20	21.56	17.87	14.64	13.01	11.47	13.41	20.19	20.53
1986	24.26	26.17	25.75	42.07	38.38	28.74	22.23	18.53	14.78	12.86	15.38	22.23	24.26
1987	23.47	21.37	23.47	22.89	23.65	18.12	15.36	13.30	11.53	11.05	11.19	14.04	17.43
Ave.	15.80	16.03	20.79	30.79	22.48	15.72	13.52	11.99	10.83	10.04	10.19	12.38	15.87

2.2 地質、材料および地震

(1) 地　質

上部および下部計画地点とも、Fig.1 および Fig.2 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プでも地表で断層が確認された地点はない。

Fig.1 および Fig.2 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、両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、などから両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、5m～7m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.2 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.2 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。

(2) 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、砕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。

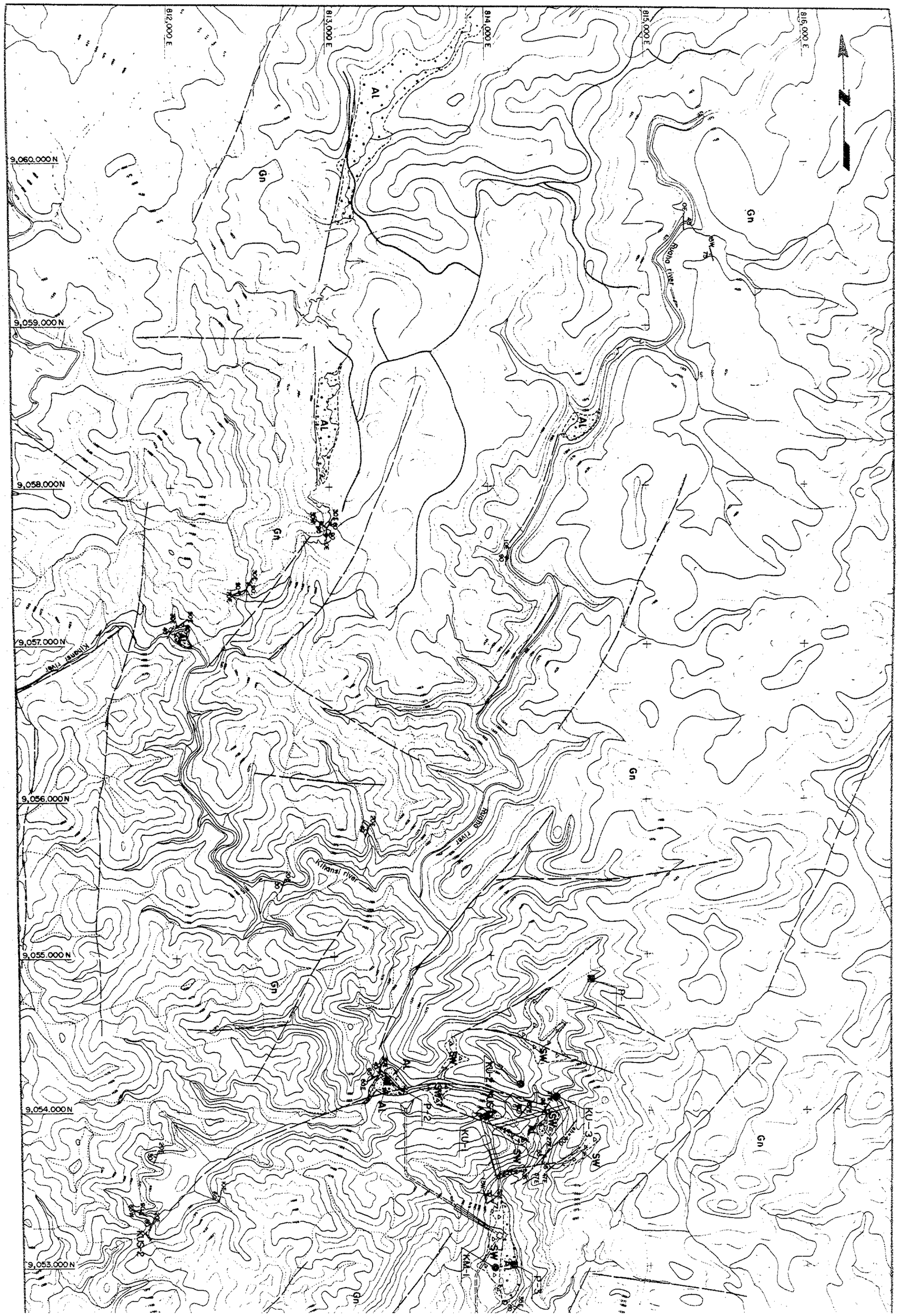
なお今後は選定された原石山地点において、土質材料として供給し得る風化層の量と性状の確認、また土質材料への混合およびコンクリート骨材として使用が考えられる新鮮岩盤の分布を調査する必要があろう。特に新鮮岩盤については、黒雲母を多量に含む片麻岩の場合「すりへり」が大きく、粗骨材の量的確保が難しいことも考えられるので、岩種の確認も重要なポイントとなろう。

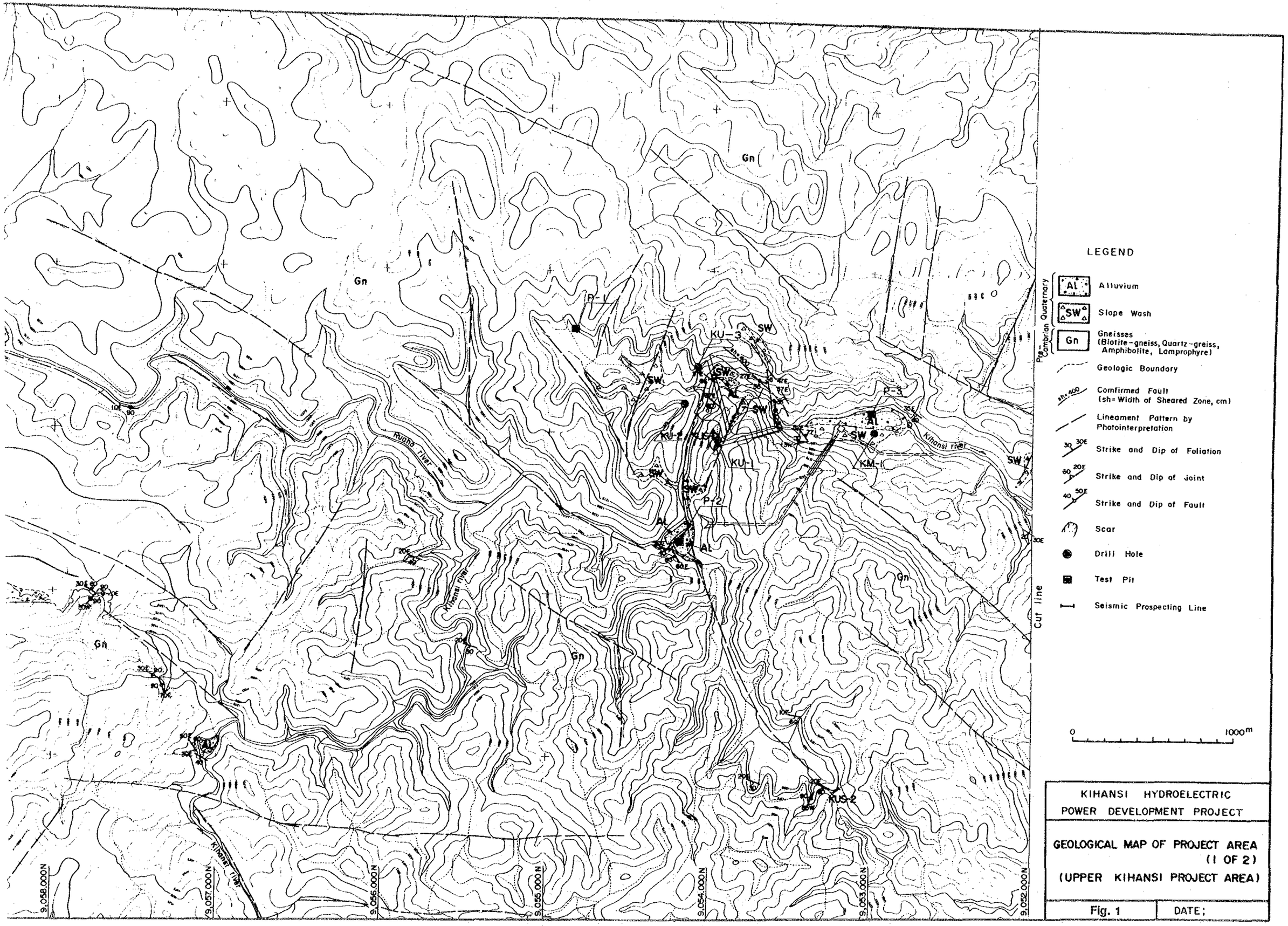
(3) 地　震

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<7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。


812,000 E
813,000 E
814,000 E
815,000 E
816,000 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
9,053,000 N
Gn
AL
Kifansi river
Ruvuo river
KU-1
KU-2
KU-3
KM-1
P-1
P-2
SW

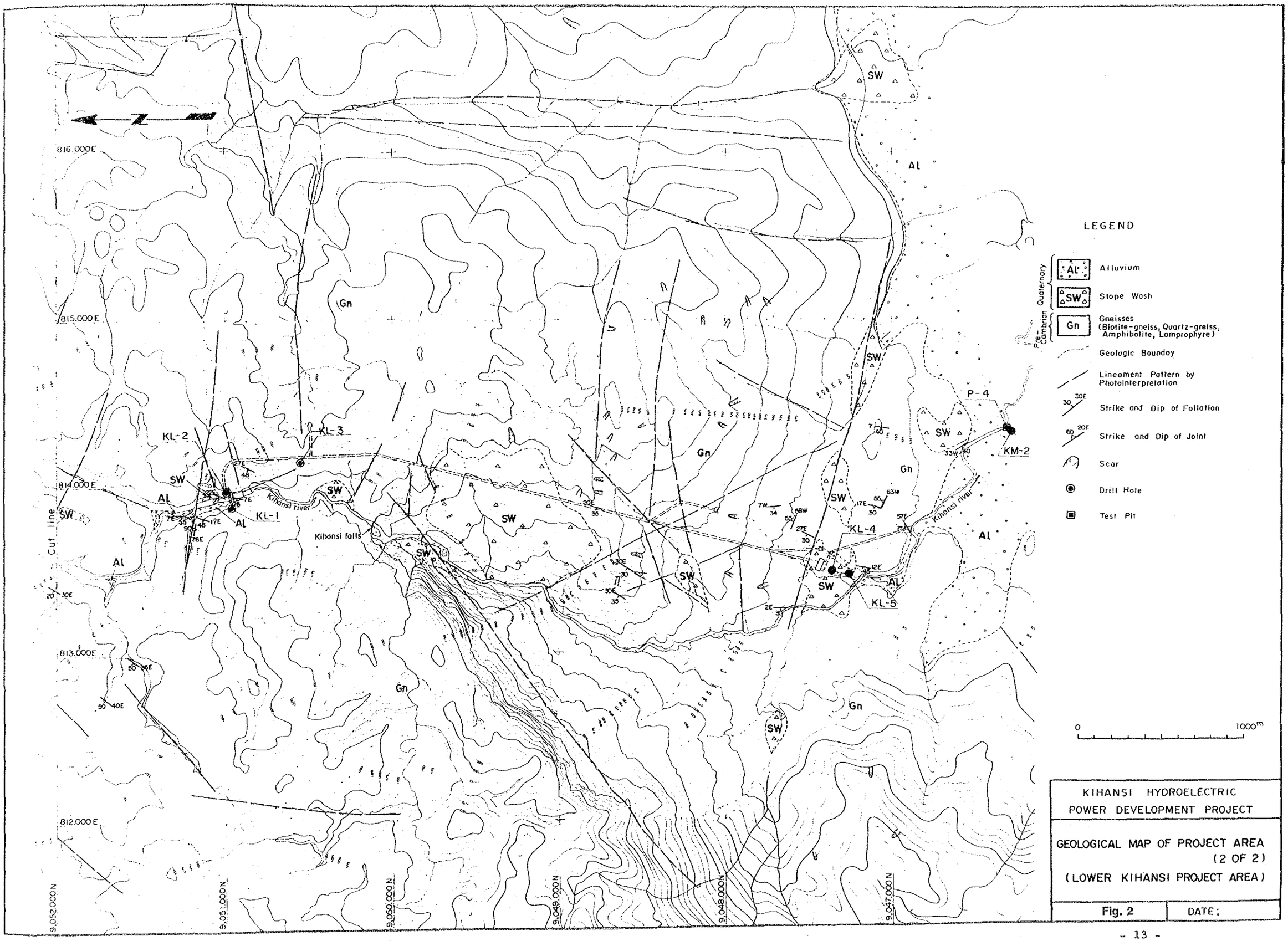


KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL MAP OF PROJECT AREA (1 OF 2)

(UPPER KIHANSI PROJECT AREA)

Fig. 1 | DATE;


LEGEND
Quaternary
Al
Alluvium
SW
Slope Wash
Pre-Cambrian
Gn
Gneisses (Biotite-gneiss, Quartz-greiss, Amphibolite, Lamprophyre)
Geologic Bounday
Lineament Pattern by Photointerpretation
Strike and Dip of Foliation
Strike and Dip of Joint
Scar
Drill Hole
Test Pit
0
1000m
KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT
GEOLOGICAL MAP OF PROJECT AREA (2 OF 2)
(LOWER KIHANSI PROJECT AREA)
Fig. 2
DATE:
816,000E
815,000E
814,000E
813,000E
812,000E
9,052,000N
9,051,000N
9,050,000N
9,049,000N
9,048,000N
9,047,000N
Kihansi river
Kihansi falls
KL-1
KL-2
KL-3
KL-4
KL-5
KM-2
P-4
Cut line

2.3 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系統の拡大もあり、連系系統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年間の連系系統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てる。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。

2.4　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～イリンガ変電所～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ガ変電所へ直接接続することとした。送電線距離は約113km（上部キハンシ発電所からは約105km）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。

2.5　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 ㎢を水没させるが、これは保存森林全体（約300㎢）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。