

- 航空写真判読から得られたリニアメントパターンは、断層の可能性もある。トンネル延長全体からみるとそれらに遭遇する頻度は高くないが、トンネルは劣化岩盤部を通過せざるを得ない場合もあると予想される。今後地表部からの調査精度を向上させる必要がある。
- キハンシ滝下流の左岸斜面に広く分布する崖錐堆積物の厚さはさほど厚くなく、計画されるトンネル深度であれば、十分な岩盤被り厚さが期待できる。

#### 7.5.4 発電所

##### (1) 地形

発電所地点は、キハンシ滝の下流約3kmのキハンシ川左岸側に位置する。ここにはキハンシ川に沿って約0.2kmの緩傾斜地があり、ここに発電所、さらに下流に向けて放水路トンネルが計画されている。

発電所地点は平均して約5°の緩傾斜地で、小さな沢が多数あるために小さな起伏に富んでいる。植生は非常に密で、巨木や草で覆われる。一方計画される発電所の後背斜面は約35°と比較的急傾斜をなし、植生は発電所地点と比較するとまばらである。

##### (2) 地質

###### i) 構成地質

発電所地点は、Fig. 7-13およびFig. 7-14に示す通り、基盤としての黒雲母片麻岩と表層の崖錐堆積物および河床堆積物から構成される。黒雲母片麻岩は、比較的新鮮なものがキハンシ川沿いや計画される発電所の後背斜面に、地表露頭として認められる。表層の崖錐堆積物は、発電所地点の緩斜面全体に広く薄く分布し、さらにそのうち沢沿いには河床堆積物が認められる。

###### ii) 地質構造および断層

黒雲母片麻岩の縞状構造は、局所的にはぶれも見られるものの、計画される水路方向にはほぼ平行なN 2° ~ 27° E, 30° ~ 45° NWを示す。節理はこの縞状構造に、平行、直交、斜交と様々な方向に認められる。

航空写真判読によれば、急斜面と緩斜面の境に沿うN 76° Wの方向に、かなり明瞭で長く連続するリニアメントパターンが認められる。このリニアメントパターンは、発電所地点の東方で断層鞍部らしい地点も通ることから、断層の可能性が強い。

### iii) 風 化

ボーリング調査によれば、発電所地点には厚さ4m~20mの風化層が分布している。風化層は前述のリニアメントパターン付近で最も厚く、キハンシ川側へ向けて徐々に薄くなると予想される。また後背斜面は比較的急斜面であることから風化層の厚さは薄いと考えられる。

### iv) 岩 盤 強 度

発電所地点の風化層より下の比較的新鮮な岩盤強度に関しては、一軸圧縮強度108kgf/cm<sup>2</sup>~559kgf/cm<sup>2</sup>、および圧裂引っ張り強度22kgf/cm<sup>2</sup>~32kgf/cm<sup>2</sup>が得られている。

### v) 地 下 水 位

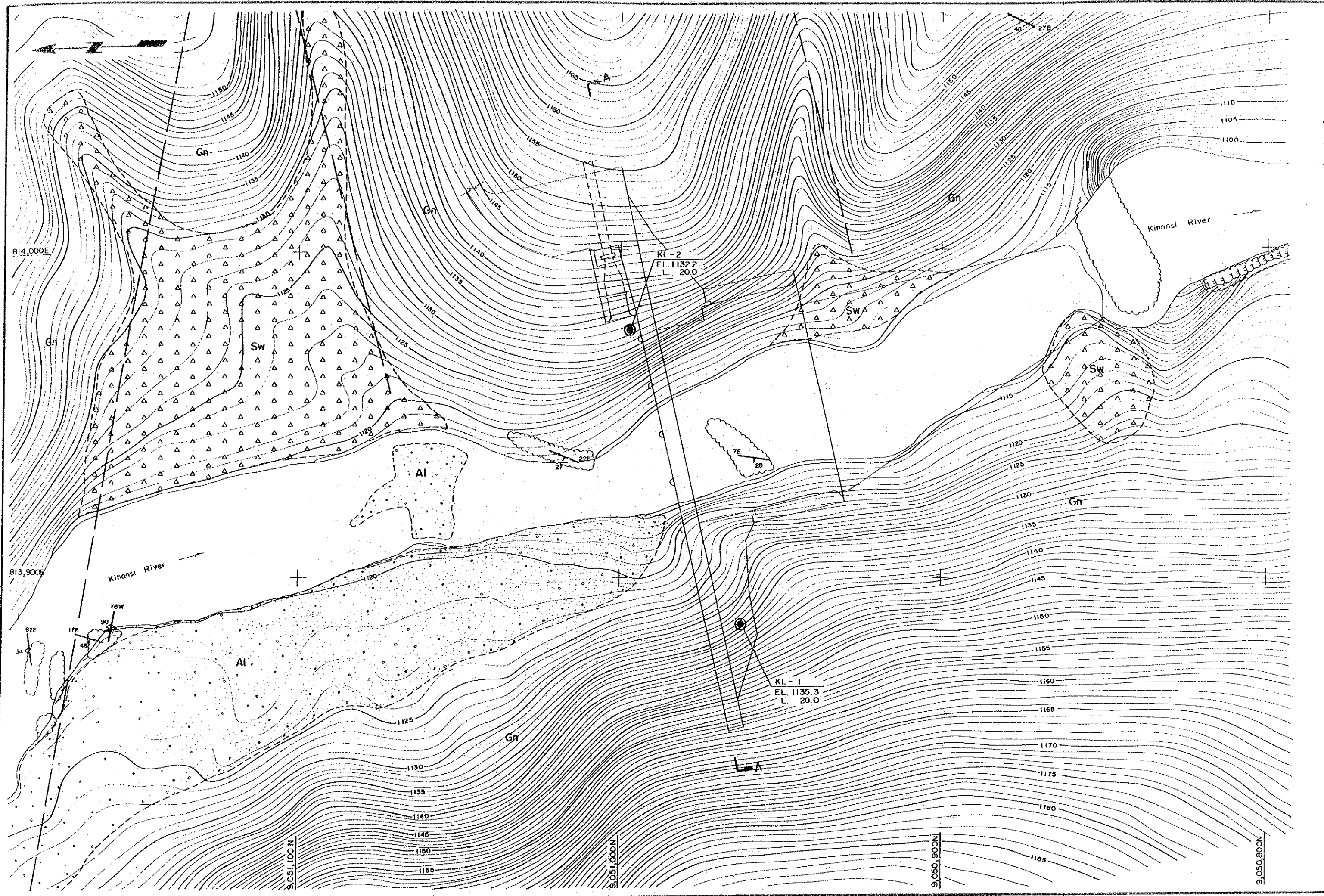
ボーリング調査によれば、発電所地点の地下水位は高く、キハンシ川の水面とほぼ同じ標高で地表下約1.5m付近に存在していると推定される。

## (3) 土木地質的評価

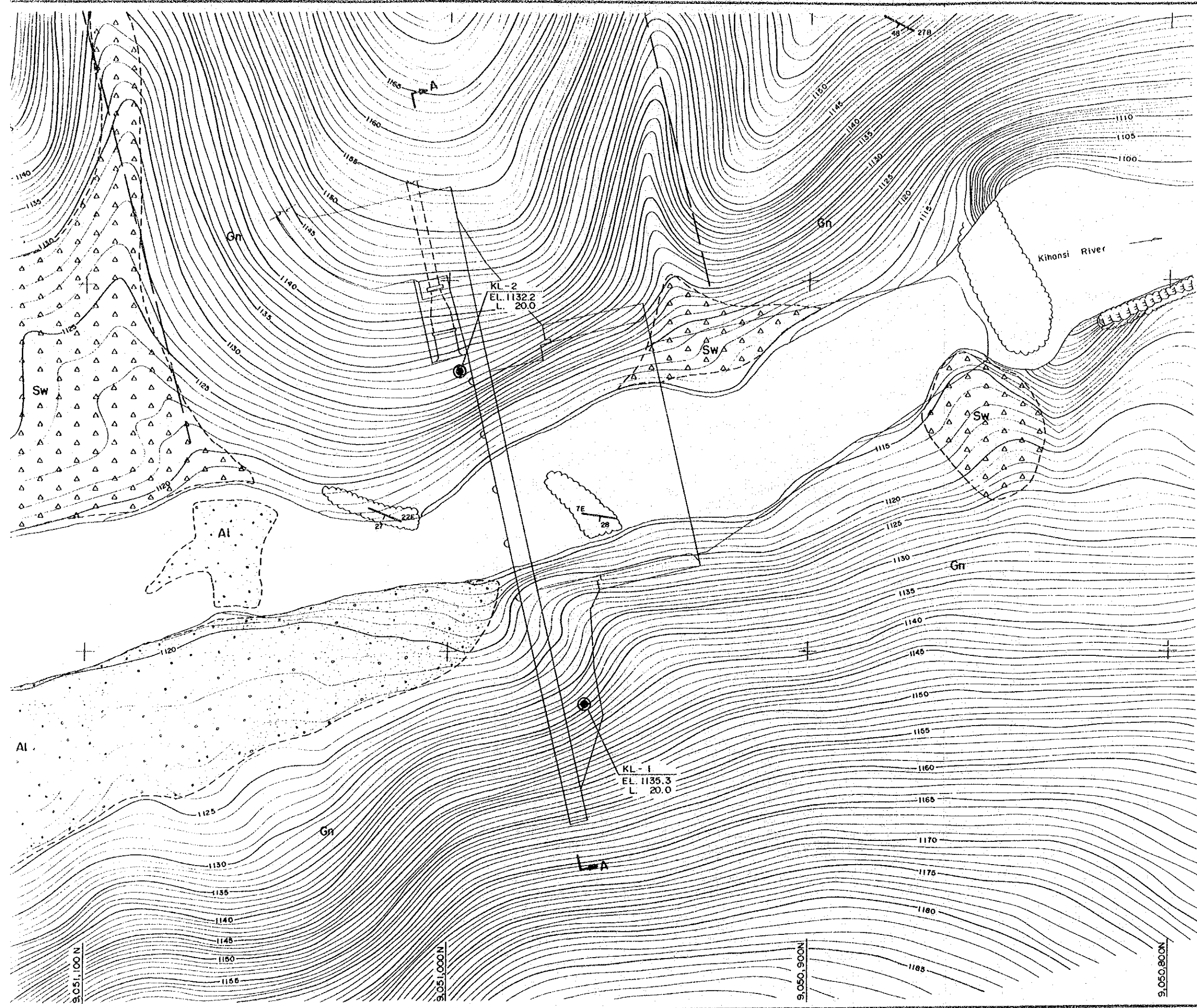
発電所地点の土木地質的評価は、以下のようにまとめられる。

- 発電所の位置は、地形的に周囲に適地がなくこの緩斜面内で選定されるべきであろう。ただしN 76° W方向のリニアメントパターンは断層の可能性があるため、これは避けることが望ましいと考えられる。
- 計画される発電所地点には崖錐堆積物が分布するが、その厚さは薄く、発電所基礎部には岩盤の露出が予想される。
- 発電所基礎部に露出が予想される岩盤は、比較的新鮮で、構造物の基礎として強度的に十分な能力を有していると判断される。
- 計画される発電所の後背斜面には所々に崩壊地が認められるが、それらはいずれも小規模で、大規模な斜面崩壊や地すべりの懸念はないと判断される。
- 今後は計画される発電所位置でのボーリング等による基礎部の調査とともに、N 76° W方向のリニアメントパターンの実体の確認のために斜めボーリングやトレンチ調査を実施する必要がある。





Pre-Cambrian Quaternary



- LEGEND**
- Quaternary
    - [Al] Alluvium
    - [Sw] Slope Wash
  - Pre-Cambrian
    - [Gn] Gneisses (Biotite-gneiss, Amphibolite, Lamprophyre)
  - Geologic Boundary
  - Lineament Pattern by Photointerpretation
  - Strike and Dip of Foliation (30° 30E)
  - Strike and Dip of Joint (80° 20E)
  - Outcrop
  - Drill Hole

KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

**GEOLOGICAL PLAN  
OF  
LOWER DAM SITE**

Fig. 7 - 10      DATE



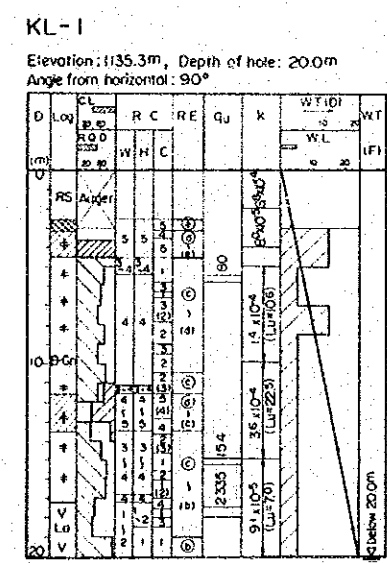
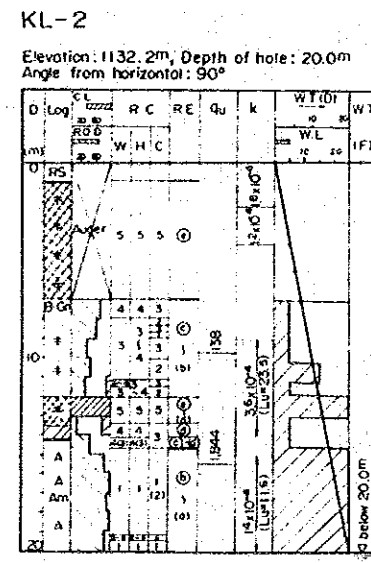
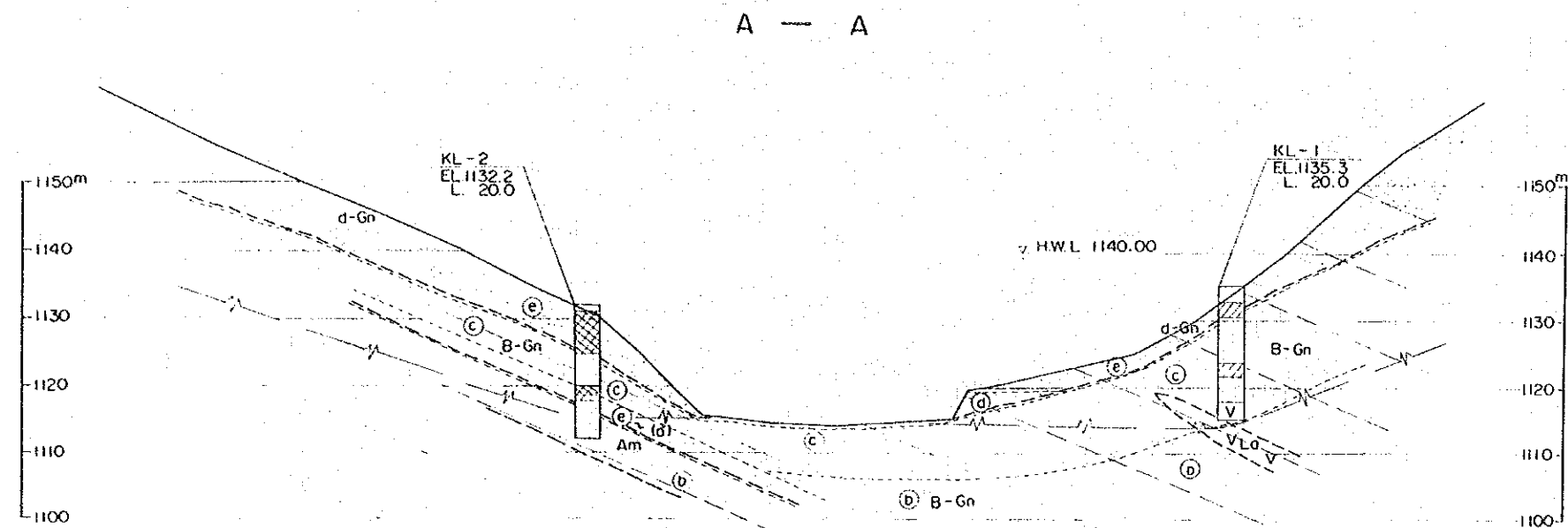
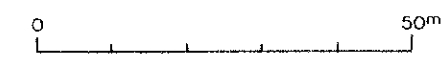
LEGEND

- d-Gn Decomposed Gneiss (Weathered)
- B-Gn Biotite Gneiss
- Am Amphibolite
- La Lamprophyre
- Geologic Boundary
- Trend of Foliation
- Ground Water Level
- ⓐ Boundary of Rock Evaluation
- Drill Hole

DRILLING LOGS

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
D Log	CL	RC	RE	Qu	k	WT(D)	WT		
(m)	W.H.C					W.L	(F)		

- ① Depth of Drillhole (m)
- ② Geological Log
- ③ R.Q.D=Rock Quality Designation (%)  
C.L. = Core Loss (%)
- ④ R.C = Rock Classification  
W: Weathering | (Very Fresh)  
                  5 (Strongly Weathered)  
H: Hardness | (Very Hard)  
                  5 (Soft)  
C: Interval of Cracks  
                  | (Over 30cm)  
                  5 (Under 1cm)
- ⑤ RE = Rock Evaluation  
ⓐ Very Good  
ⓑ Very Bad
- ⑥ Qu = Unconfined Compression Strength of Core (kgf/cm<sup>2</sup>)  
⑦ k = Permeability Coefficient (cm/s)  
      ( ) : Lugeon Value (ℓ/m/min/10kgf/cm<sup>2</sup>)
- ⑧ WT(D) = Water Table in Drillhole during Drilling  
W.L. = Water Leakage during Drilling (ℓ/min)
- ⑨ W.T.(F) = Final Water Table (m)



KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

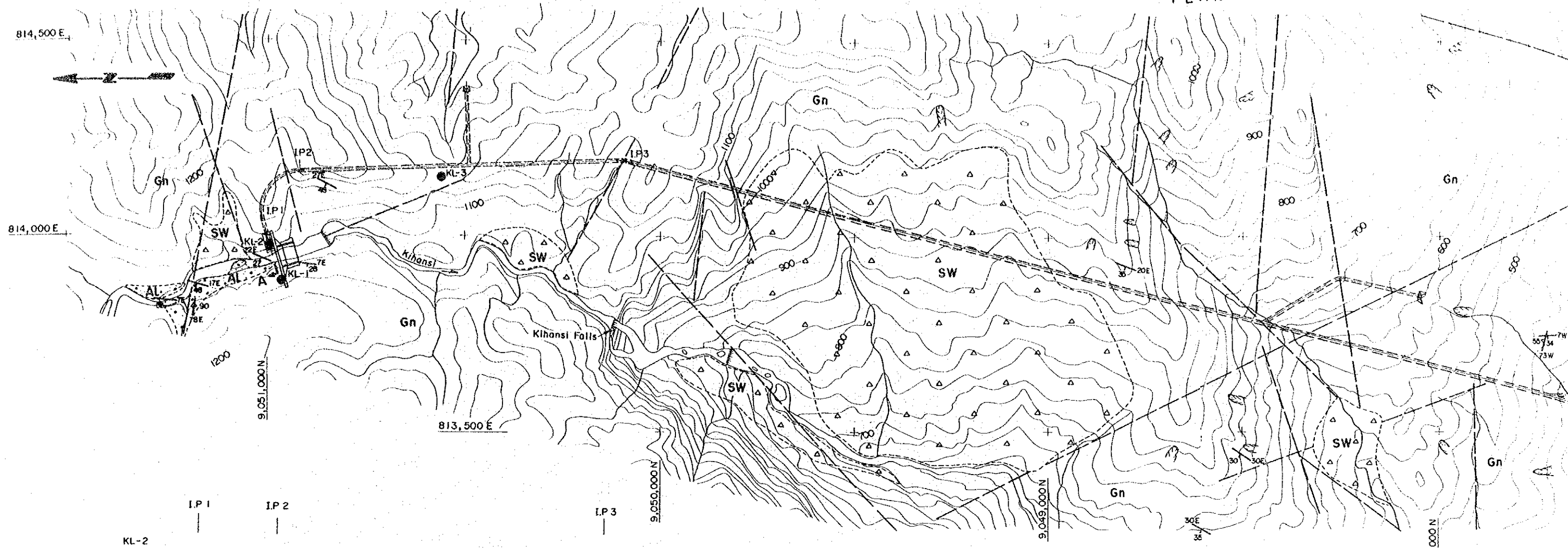
GEOLOGICAL SECTION  
OF  
LOWER DAM SITE

Fig. 7-11      DATE

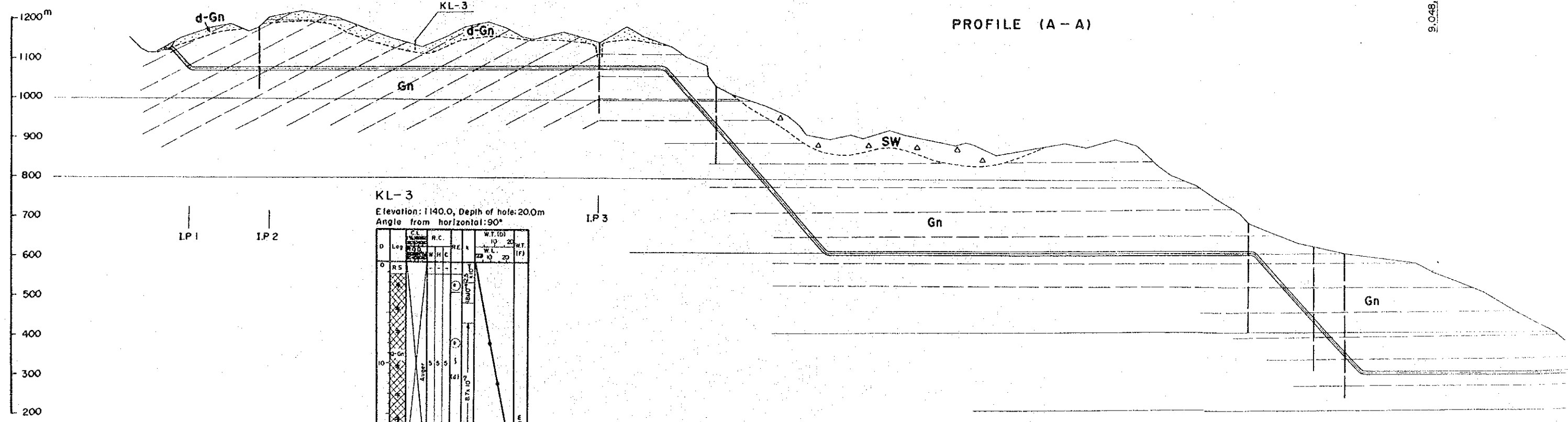




PLAN

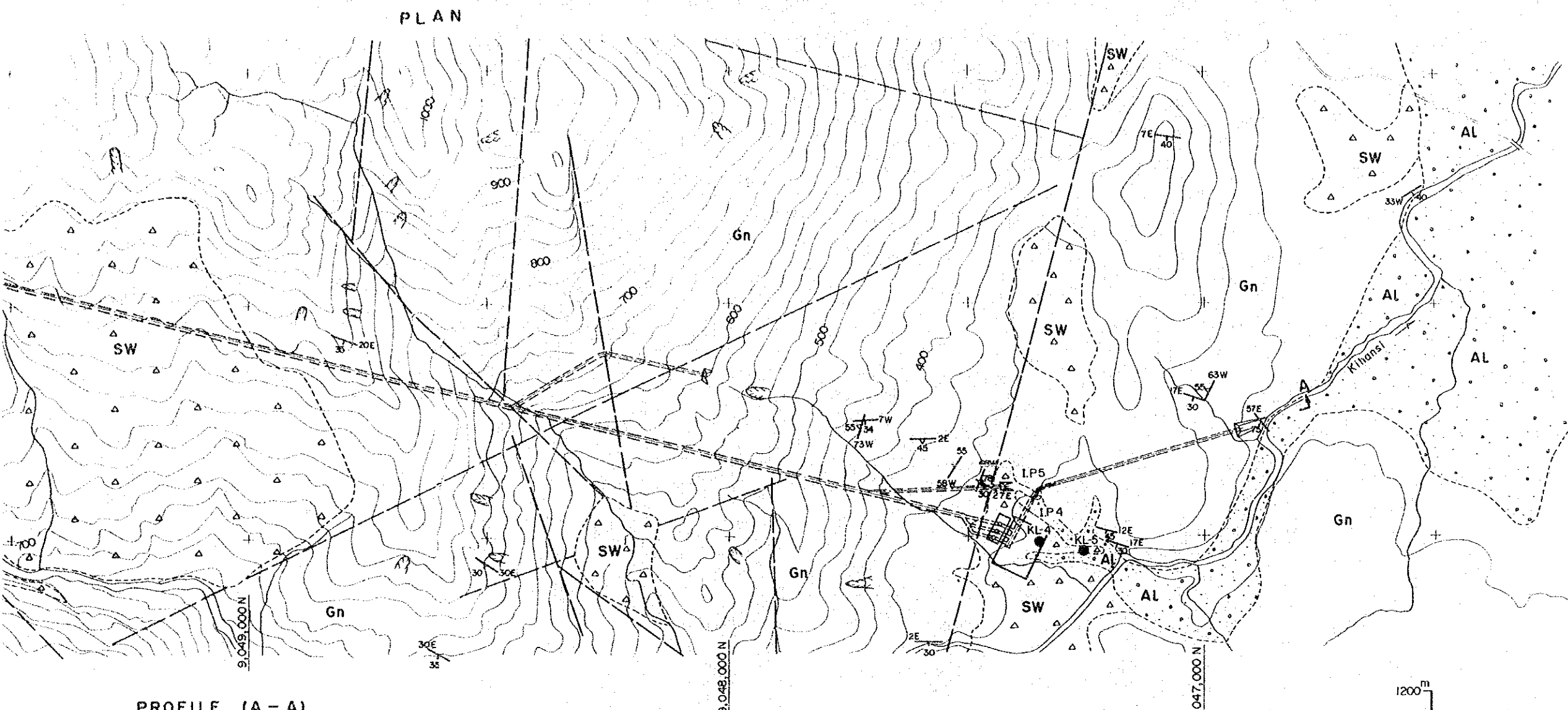


PROFILE (A-A)



KL-3  
Elevation: 1140.0, Depth of hole: 20.0m  
Angle from horizontal: 90°

D	Log	R.C.	W.T. (D)	W.T. (F)
0	RS	-	10	20
0	RS	-	22	20
10	Gn	141	10	10
20	Gn	141	10	10



**LEGEND**

Quaternary

- AL: Alluvium
- SW: Slope Wash

Pre-Cambrian

- d-Gn: Decomposed Gneiss (Weathered) (Profile)
- Gn: Gneiss

Geologic Boundary

Lineament Pattern by Photointerpretation

40 30E Strike and Dip of Foliation

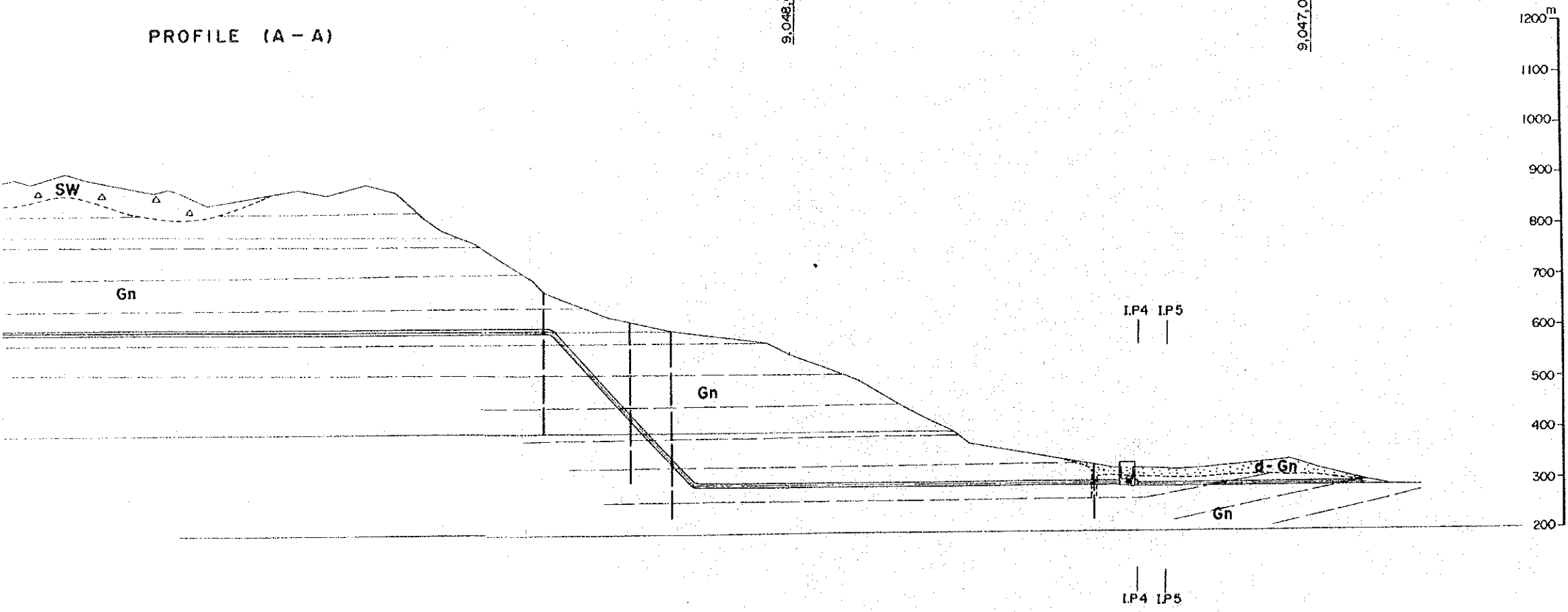
80 20E Strike and Dip of Joint

Trend of Foliation (Profile)

Scor

Drill Hole

**PROFILE (A - A)**



**DRILLING LOGS**

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
D (m)	Log	C.L. (%)	R.C.	R.E.	k	W.T.(D)	W.T.(F)
		WH/C				W.L.	(F)
0							

① Depth of Drillhole (m)

② Geological Log

③ R.Q.D - Rock Quality Designation (%)  
C.L. - Core Loss (%)

④ R.C. - Rock Classification  
W: Weathering 1 (Very Fresh) to 5 (Strongly Weathered)  
H: Hardness 1 (Very Hard) to 5 (Soft)  
C: Interval of Cracks 1 (Over 30cm) to 5 (Under 1cm)

⑤ R.E. - Rock Evaluation  
⊙ Very Good  
⊙ Very Bad

⑥ k - Permeability Coefficient (cm/s)

⑦ W.T.(D) - Water Table in Drillhole during Drilling  
W.L. - Water Leakage during Drilling (l/min)

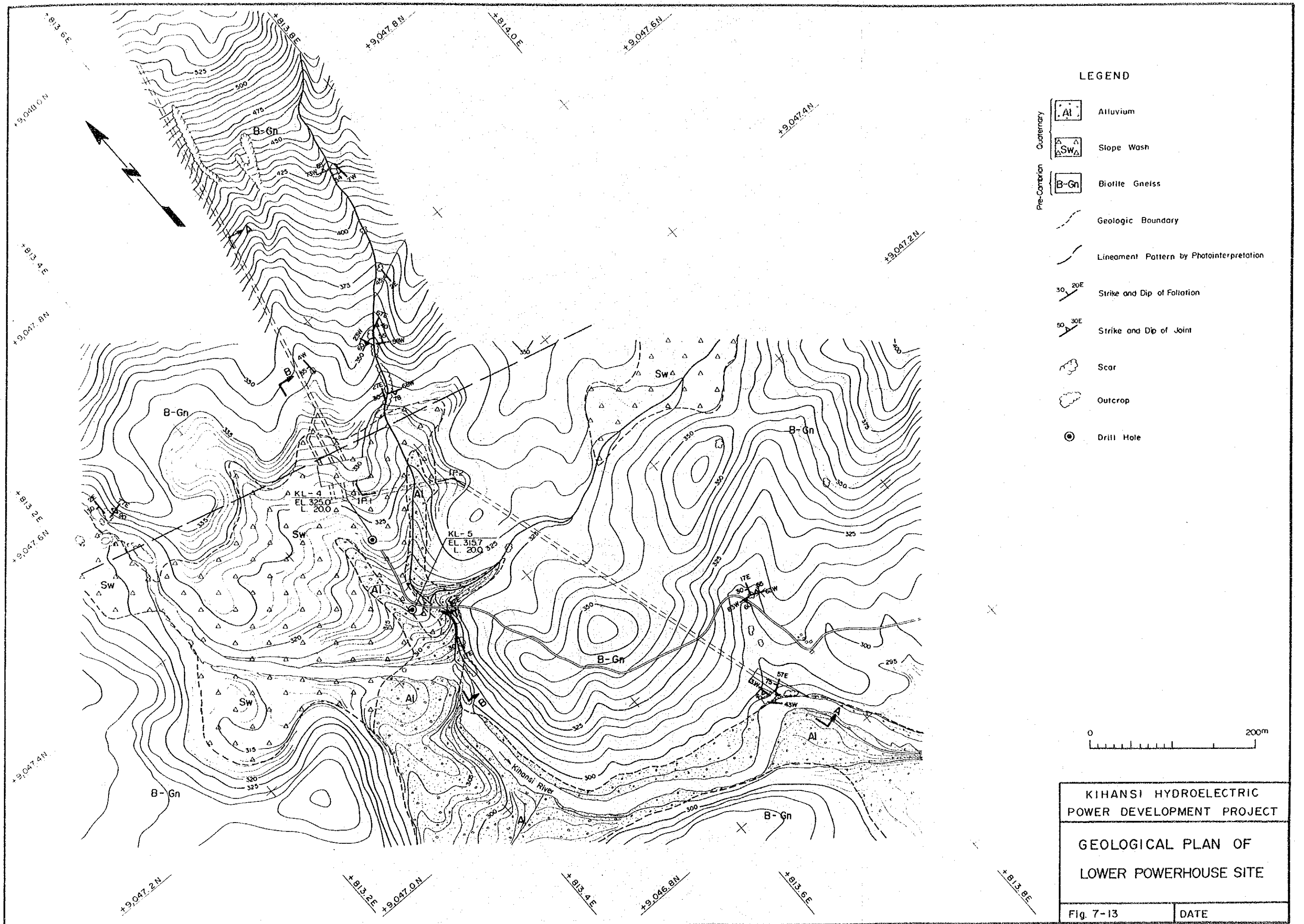
⑧ W.T.(F) - Final Water Table (m)

KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

**GEOLOGICAL PLAN AND PROFILE  
OF LOWER HEADRACE AND  
PENSTOCK TUNNEL ROUTE**

Fig. 7-12      DATE;





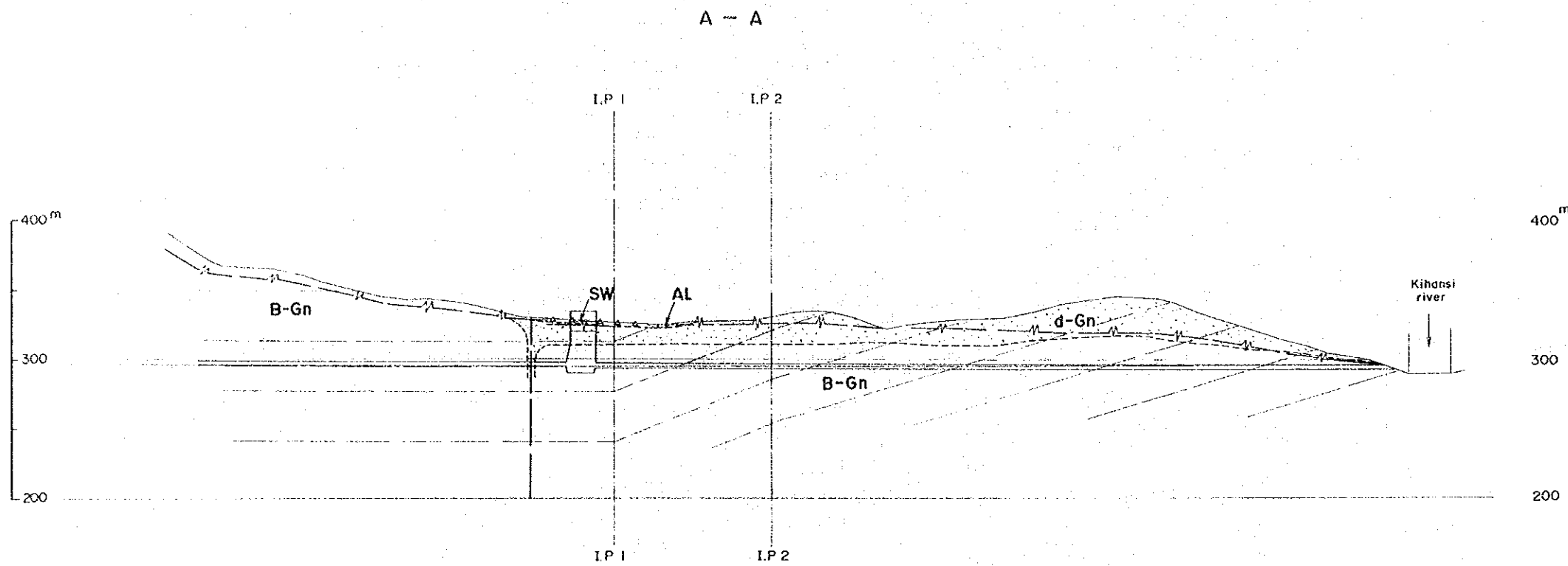
- LEGEND**
- Quaternary
    - AI Alluvium
    - △ SW Slope Wash
  - Pre-Cambrian
    - B-Gn Biotite Gneiss
  - Geologic Boundary
  - Lineament Pattern by Photointerpretation
  - 30° 20°E Strike and Dip of Foliation
  - 50° 30°E Strike and Dip of Joint
  - Scar
  - Outcrop
  - ⊙ Drill Hole

KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL PLAN OF  
LOWER POWERHOUSE SITE

Fig. 7-13      DATE





### LEGEND

Quaternary

- AL: Alluvium
- SW: Slope Wash

Pre-Cambrian

- d-Gn: Decomposed Gneiss (Weathered)
- B-Gn: Biotite Gneiss

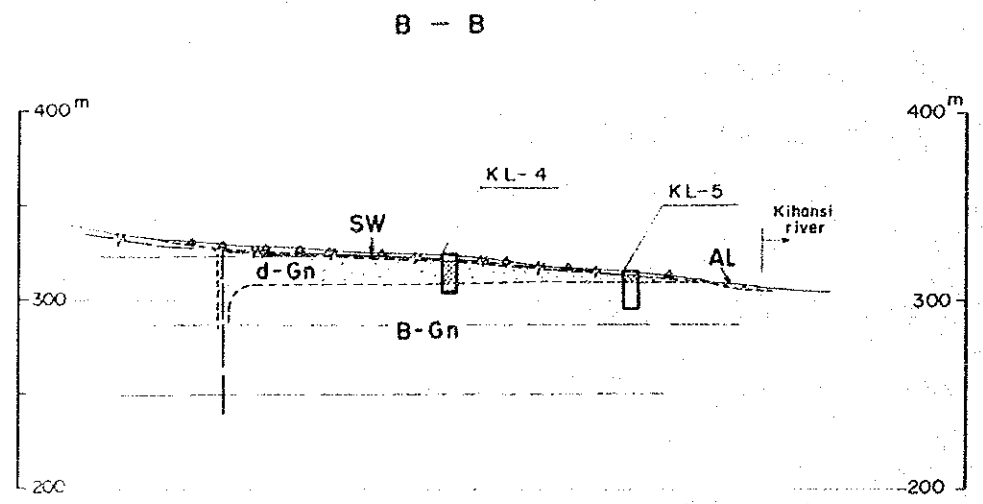
Geologic Boundary

Lineament Pattern by Photointerpretation

Trend of Foliation

Ground Water Level

Drill Hole



**KL-4**  
Elevation: 325.0, Depth of hole: 20.0m  
Angle from horizontal: 90°

D	Log	CL	R.C	R.E	qu	k	W.T.(D)	W.L.	W.T.(F)
(m)		(%)	(%)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm/s)		(l/min)	(m)
0	AL								
0.5	SW								
1.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
1.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
2.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
2.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
3.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
3.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
4.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
4.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
5.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
5.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
6.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
6.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
7.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
7.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
8.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
8.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
9.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
9.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
10.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
10.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
11.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
11.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
12.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
12.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
13.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
13.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
14.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
14.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
15.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
15.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
16.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
16.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
17.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
17.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
18.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
18.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
19.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
19.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
20.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5

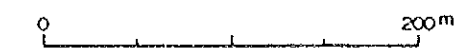
**KL-5**  
Elevation: 315.7, Depth of hole: 20.0m  
Angle from horizontal: 90°

D	Log	CL	R.C	R.E	qu	k	W.T.(D)	W.L.	W.T.(F)
(m)		(%)	(%)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm/s)		(l/min)	(m)
0	AL								
0.5	SW								
1.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
1.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
2.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
2.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
3.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
3.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
4.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
4.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
5.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
5.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
6.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
6.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
7.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
7.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
8.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
8.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
9.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
9.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
10.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
10.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
11.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
11.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
12.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
12.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
13.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
13.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
14.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
14.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
15.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
15.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
16.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
16.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
17.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
17.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
18.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
18.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
19.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
19.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5
20.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5	5

### DRILLING LOGS

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
D	Log	CL	R.C	R.E	qu	k	W.T.(D)	W.T.(F)
(m)		(%)	(%)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm/s)		(m)
0	AL							
0.5	SW							
1.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
1.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
2.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
2.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
3.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
3.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
4.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
4.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
5.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
5.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
6.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
6.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
7.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
7.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
8.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
8.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
9.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
9.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
10.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
10.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
11.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
11.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
12.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
12.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
13.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
13.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
14.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
14.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
15.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
15.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
16.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
16.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
17.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
17.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
18.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
18.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
19.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
19.5	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5
20.0	d-Gn	5	5	5	5	5	5	5

① Depth of Drillhole (m)  
 ② Geological Log  
 ③ R.Q.D - Rock Quality Designation (%)  
 C.L. - Core Loss (%)  
 ④ R.C. - Rock Classification  
 W: Weathering 1 (Very Fresh)  
 5 (Strongly Weathered)  
 H: Hardness 1 (Very Hard)  
 5 (Soft)  
 C: Interval of Cracks  
 1 (Over 30cm)  
 5 (Under 1cm)  
 ⑤ R.E. - Rock Evaluation  
 ⊕ Very Good  
 ⊙ Very Bad  
 ⑥ qu - Unconfined Compression Strength of Core (kg/cm<sup>2</sup>)  
 ⑦ k - Permeability Coefficient (cm/s)  
 (Lu): Lugeon Value (l/m/min/10 kgf/cm<sup>2</sup>)  
 ⑧ W.T.(D) - Water Table in Drillhole during Drilling  
 W.L. - Water Leakage during Drilling (l/min)  
 ⑨ W.T.(F) - Final Water Table (m)



**KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT**

**GEOLOGICAL PROFILE OF  
LOWER POWERHOUSE SITE**

Fig. 7-14      DATE: \_\_\_\_\_



## 7.6 建設材料

### 7.6.1 試験数量および試験項目

上部計画および下部計画に必要な土質材料ならびにコンクリート骨材の室内試験試料の採取位置を、Fig. 7-15に示す。また採取された試料の試験数量および試験項目を、Table 7-6 に示す。

Fig. 7-15に示す通り、土質材料については上部ダム地点近傍のテストピットP-1および上部、下部計画地点の3ヵ所の地表から、またコンクリート骨材についてはテストピットP-2～P-4 および他の工事のために既に採取されているQ-1～Q-2 から室内試験試料が採取されている。

なおここで述べる室内試験は、地表で採取した3試料（日本で試験実施）を除いて、すべてダルエスサラーム大学にて実施されたものである。

### 7.6.2 試験結果および考察

#### (1) 土質材料

Table 7-7 (1) およびFig. 7-16 (1)(2)、Fig. 7-17に示す通り、土質材料試験を実施した試料は全体に粘土とシルトの含有量が多い。日本および世界各地の高さ100m程度のロックフィルダムに使用された土質材料と比較してみると、これらの試料は粘土、シルトといった細粒分が多すぎ、また密度も小さい。

試験結果から判断すると、これらの試料は高いダムに使用する場合強度が不足することが予想される。ただし粗粒な材料を混合すれば、使用可能であろう。

なおキハンシ河に少量分布する河床堆積物（サンプルNo. L-1およびL-2）は、細砂が主体で粒径が揃い、主要鉱物は石英と長石類からなる。この堆積物はフィルダムの材料とするには分布量が少ない。これらの試験結果は貯水池ができた場合の堆砂ならびに水車の磨耗に関する基礎データとして扱われるべきである。

#### (2) コンクリート骨材

試験結果をTable 7-7 (2) およびFig. 7-18 (1)、(2) に示す。

テストピットP-2、P-3 およびP-4 から採取された試料は、「粒度分析」「粘土塊試験」「アルカリ骨材反応試験」などの結果、ならびに採取可能量が少ないという点から、コンクリート骨材への適用は不適當と判断される。一方既存の骨材採取地点お



よびボーリングコア試料の試験結果によれば、本地域に分布する新鮮な岩盤は、概ねコンクリート骨材として使用可能と判断される。

### (3) 考 察

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」「アルカリ骨材反応の程度」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。

地質状態と上部および下部計画の主要構造物の位置を考慮して選定した原石山地点の位置を、Fig. 7-15に示す。

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調査ポイントとなろう。

Table 7-6 Quantity and Items of Laboratory Test for Construction Materials

[CORE MATERIAL 1]

Sample No.	Pit No. in Depth(m)	Specific Gravity	Grain-size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Compaction	Permeability
KB-1a	P-1, 0.5	-	1	1	1	-	-
KB-1b	" , 1.0	-	1	1	1	-	-
KB-1c	" , 1.5	-	1	1	1	-	-
KB-1d	" , 2.0	-	1	1	1	-	-
KB-1e	" , Mixed	1	1	1	1	1	1
Total		1	5	5	5	1	1

[CORE MATERIAL 2]

Sample No.	Sampling Location	Specific Gravity	Water Content	Grain-size Analysis	X-ray Analysis	Mineral Composition Analysis
L-1	Lower Dam Site(River Deposit)	1	1	1	1	1
L-2	Lower P/S Site( " )	1	1	1	1	1
U-1	Upper Dam Site(Residual Soil)	1	1	1	1	-
Total		3	3	3	3	2

[CONCRETE AGGREGATE (Fine Aggregate)]

Sample No.	Pit No. in Depth(m)	Specific Gravity	Absorption	Unit Weight	Grain-size Analysis	Organic Impurities	Clay Lumps	Soundness	Alkali-aggregate Reaction
KQ-2	P-2, 1.6	1	1	1	1	1	1	1	1
KQ-3	P-3, 1.1	1	1	1	1	1	1	1	1
KQ-4	P-4, 1.2	1	1	1	1	-	1	1	1
KQ-5	(Q-1 Site)	1	1	1	1	-	1	1	1
Total		4	4	4	4	2	4	4	4

[CONCRETE AGGREGATE (Crashed Coarse Aggregate)]

Sample No.	Location	Specific Gravity	Absorption	Unit Weight	Clay Lumps	Soundness	Abrasion Loss	Alkali-aggregate Reaction
KQ-6b	Q-2 Site	1	1	1	1	1	1	1
Total		1	1	1	1	1	1	1

[CRASHED AGGREGATE (Drilled Core Test)]

Sample No.	Hole No. in Depth (m)	Specific Gravity	Absorption	Unconfined Compression	Tensile Splitting	Alkali-aggregate Reaction
KQ-7	KU-1 33.2-33.5	1	1	1	1	1
KQ-8	" 35.4-35.6	1	1	1	-	1
"	" 35.7-35.9	1	1	1	-	1
KQ-9	KU-3 30.5-30.8	1	1	1	1	1
KQ-10	" 36.7-37.0	1	1	1	1	1
KQ-11	KL-1 5.5- 5.8	1	1	1	-	1
KQ-12	" 15.0-15.3	1	1	1	1	1
KQ-13	" 17.5-18.0	1	1	1	1	1
KQ-14	KL-2 9.7-10.0	1	1	1	1	1
KQ-15	" 15.5-16.0	1	1	1	1	1
KQ-16	KL-5 6.8- 7.0	1	1	1	1	1
"	" 7.5- 7.8	1	1	1	1	1
KQ-17	" 11.5-11.8	1	1	1	1	1
KQ-18	" 18.5-19.0	1	1	1	-	1
KQ-19	KM-1 18.3-18.7	1	1	1	1	1
KQ-20	KM-2 17.2-17.4	1	1	1	-	1
KQ-6a	(Site Q-2)	1	1	1	1	1
Total		17	17	17	12	17

Table 7-7 (1) Results of Laboratory Test for Construction Materials

[CORE MATERIAL 1]

Sample No.	Pit No. in Depth(m)	Specific Gravity	Grain-size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Compaction	Permeability
KB-1a	F-1, 0.5	-	} Shown in Fig. 7-16	Slightly plastic		-	-
KB-1b	" , 1.0	-		"	-	-	
KB-1c	" , 1.5	-		"	-	-	
KB-1d	" , 2.0	-		"	-	-	
KB-1e	" , Mixed	2.65		"	Shown in Fig. 7-17		

BS or ASTM

[CORE MATERIAL 2]

Sample No.		L-1	L-2	U-1
Sampling Location		Lower Dam Site (River Deposit)	Lower P/S Site (River Deposit)	Upper Dam Site (Residual Soil)
Specific Gravity <sup>1)</sup>		2.65	2.67	2.77
Water Content(%) <sup>2)</sup>		32.6	5.5	24.2
Grain-size Analysis <sup>3)</sup>		Shown in Fig. 7-16		
X-ray Analysis	Quartz Plagioclase Orthoclase Muscovite Biotite Magnetite Chlorite Chamosite Kaolinite	B D E E E D E - -	A D E E E E E - -	B - - - E E E E D
Mineral Composition Analysis	Quartz (%) Feldspar (%) Mica (%) Amphibole (%) Garnet (%) Iron Mineral (%) Clay Mineral (%)	62.0 16.0 13.0 4.0 3.0 2.0 0.0	55.3 12.7 13.6 7.7 3.9 2.9 3.9	

X-ray Analysis ; A:Strong B:Medium C:Weak  
D:Very Weak E:Trace

1) JIS A 1202  
2) JIS A 1203  
3) JIS A 1204

**Table 7-7 (2) Results of Laboratory Test for Construction Materials**

[CONCRETE AGGREGATE(Fine Aggregate)]

Sample No.	Pit No. in Depth(m)	Specific Gravity	Absorption (%)	Unit Weight (g/ cm <sup>3</sup> )	Grain-size Analysis	Organic Impurities	Clay Lumps (%)	Soundness (% Wt loss)	Alkali-aggregate Reaction
KQ-2	P-2, 1.6	2.55	0.32	1.51	} Shown in Fig. 7-18	Not-Present	6.4	4.8	Limited Acceptable
KQ-3	P-3, 1.1	2.61	0.52	1.54		"	5.6	5.2	Harmful
KQ-4	P-4, 1.2	2.51	0.29	1.34		-	3.6	8.2	"
KQ-5	(Q-1 Site)	2.66	2.4	1.51		-	1.6	3.9	Limited Acceptable
Maximum Allowance	ASTM							less than 3.0	less than 10.0
	JIS						less than 1.0	"	

[CONCRETE AGGREGATE(Crashed Coarse Aggregate)]

Sample No.	Location	Specific Gravity	Absorption (%)	Unit Weight (g/ cm <sup>3</sup> )	Clay Lumps (%)	Soundness (% Wt less)	Abrasion Loss (%)	Alkali-aggregate Reaction
KQ-6b	Q-2 Site	2.42	0.68	1.59	0.1	2.4	58	Innocuous
Maximum Allowance	ASTM				less than 2.0	less than 18.0	less than 50.0	
	JIS	more than 2.5	less than 3.0		less than 0.25	less than 12.0	less than 40.0	

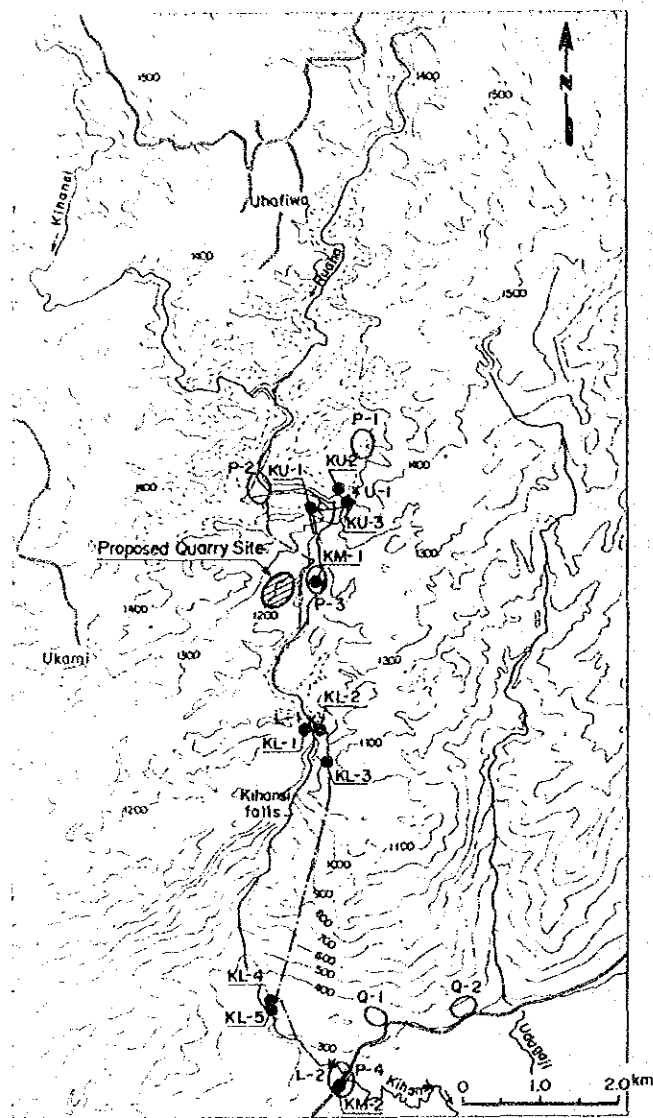
[CRASHED AGGREGATE (Drilled Core Test)]

Sample No.	Hole No. in Depth (m)	Specific Gravity	Absorption (%)	Unconfined Compression (kgf/ cm <sup>2</sup> )	Tensile Splitting (kgf/ cm <sup>2</sup> )	Alkali-aggregate Reaction
KQ-7	KU-1 33.2-33.5	2.1	2.8	110	10	Innocuous
KQ-8	" 35.4-35.6	2.3	0.4	701	-	"
"	" 35.7-35.9	2.2	0.6	799	-	Limited Acceptable
KQ-9	KU-3 30.5-30.8	2.4	0.6	571	25	Innocuous
KQ-10	" 36.7-37.0	2.1	0.6	784	40	"
KQ-11	KL-1 5.5-5.8	2.2	3.9	80	-	"
KQ-12	" 15.0-15.3	2.3	1.2	154	17	"
KQ-13	" 17.5-18.0	2.9	0.03	2335	105	"
KQ-14	KL-2 9.7-10.0	2.1	2.6	138	15	Limited Acceptable
KQ-15	" 15.5-16.0	2.9	0.03	1844	152	Innocuous
KQ-16	KL-5 6.8-7.0	2.3	0.6	424	32	"
"	" 7.5-7.8	2.3	0.5	543	23	"
KQ-17	" 11.5-11.8	3.0	1.3	108	22	"
KQ-18	" 18.5-19.0	2.3	0.5	559	-	"
KQ-19	KM-1 18.3-18.7	2.3	0.3	1109	68	"
KQ-20	KM-2 17.2-17.4	2.5	0.3	252	-	"
KQ-6a	(Site Q-2)	2.4	0.3	807	31	"

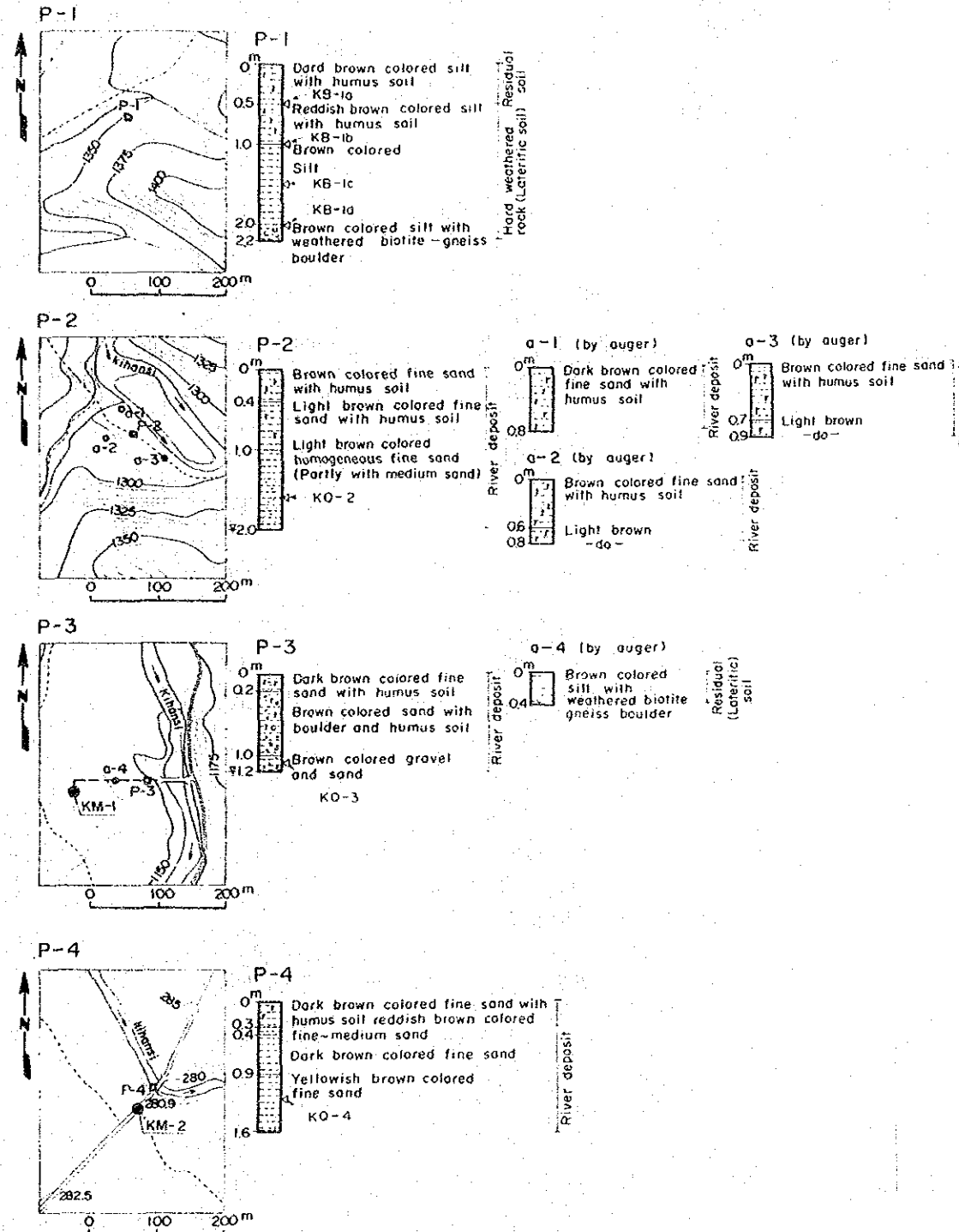
(Note) Alkali-aggregate Reaction : TZS (Tanzanian Standard) 58  
Other Test Items : BS or ASTM



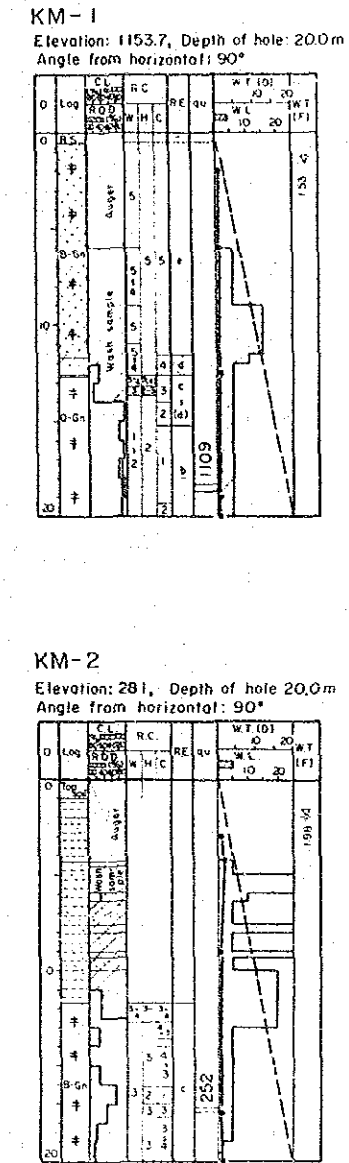
LOCATION MAP OF QUARRY SITES



LOCATION MAP OF TEST PITS AND GEOLOGICAL LOGS



GEOLOGICAL LOGS OF DRILLHOLE



LEGEND

- Location of Test Pit
  - Location of Auger Boring
  - ⊙ Location of Drill Hole
- Geological Log of Test Pit and Auger Boring
- [Pattern] Silt-Fine Sand with Humus Soil
  - [Pattern] Silt-Fine Sand
  - [Pattern] Medium Sand
  - [Pattern] Gravel
  - ◁ Sampling Depth for Laboratory Test (Sample No.: KB- and KO-)
  - X Sampling Point for Laboratory Test (Sample No.: L-1, L-2, U-1)

DRILLING LOGS

	1	2	3	4	5	6	7	8
D (m)								
Log	CL	R.C	RE	qu	WT (D)	WT (F)		
	W H C							

- 1 Depth of Drillhole (m)
- 2 Geological Log
- 3 R.O. D - Rock Quality Designation (%)  
C.L. - Core Loss (%)
- 4 R.C. - Rock Classification  
W: Weathering 1 (Very Fresh)  
5 (Strongly Weathered)  
H: Hardness 1 (Very Hard)  
5 (Soft)  
C: Interval of Cracks  
1 (Over 30cm)  
5 (Under 1cm)
- 5 R.E. - Rock Evaluation  
o Very Good  
e Very Bad
- 6 qu - Unconfined Compression Strength of Core (kgf/cm<sup>2</sup>)
- 7 WT.(D) - Water Table in Drillhole during Drilling  
W.L. - Water Leakage during Drilling (L/min)
- 8 WT.(F) - Final Water Table (m)

KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

LOCATION AND GEOLOGICAL LOG OF  
CONSTRUCTION MATERIAL SITE

Fig. 7-15      DATE: \_\_\_\_\_







Fig. 7-16 (2) Grain-size Analysis of Core Material (KB-1e, L-1, L-2, U-1)

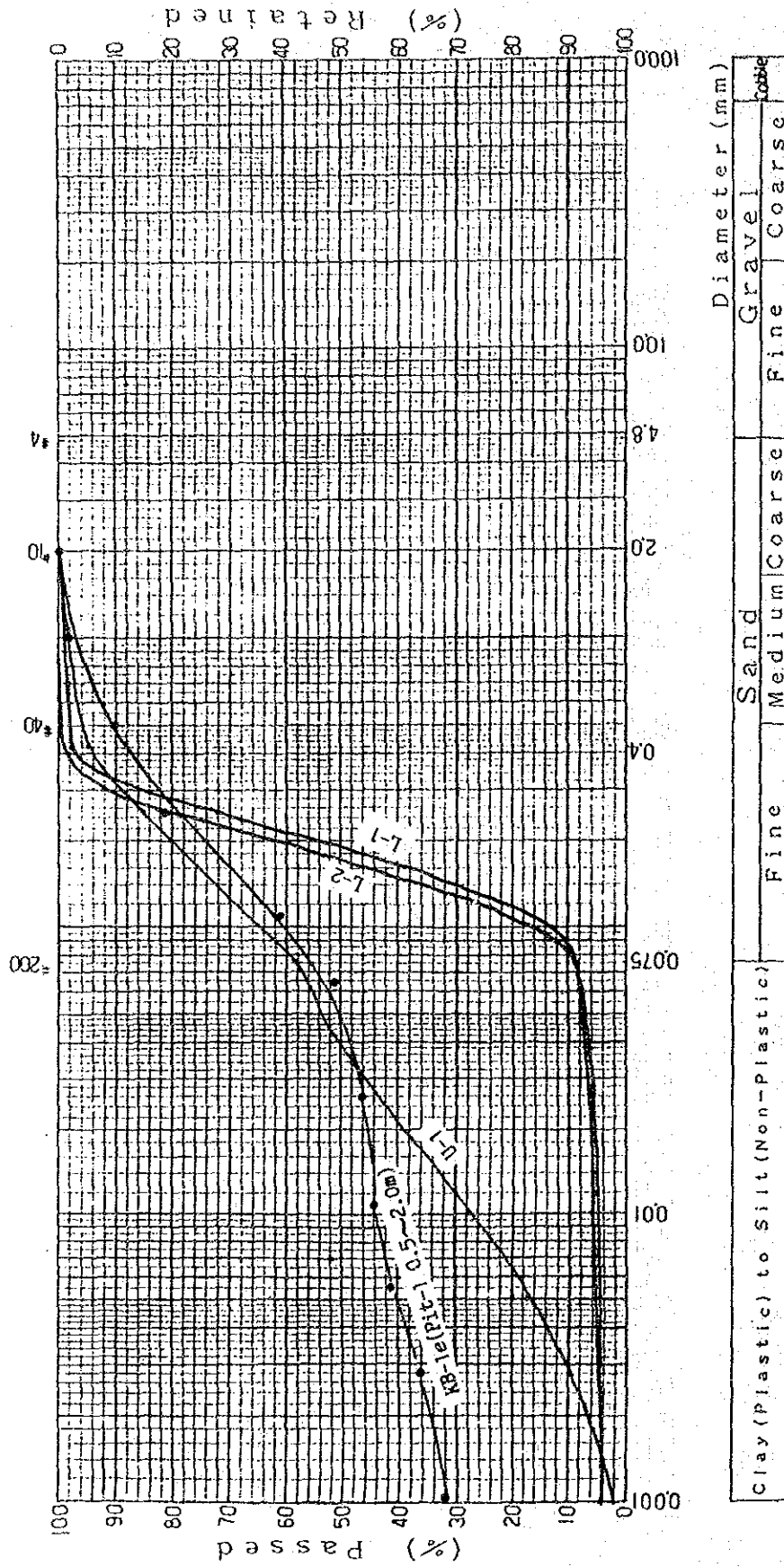


Fig. 7-17 Procter Test of Core Material (KB-1e)

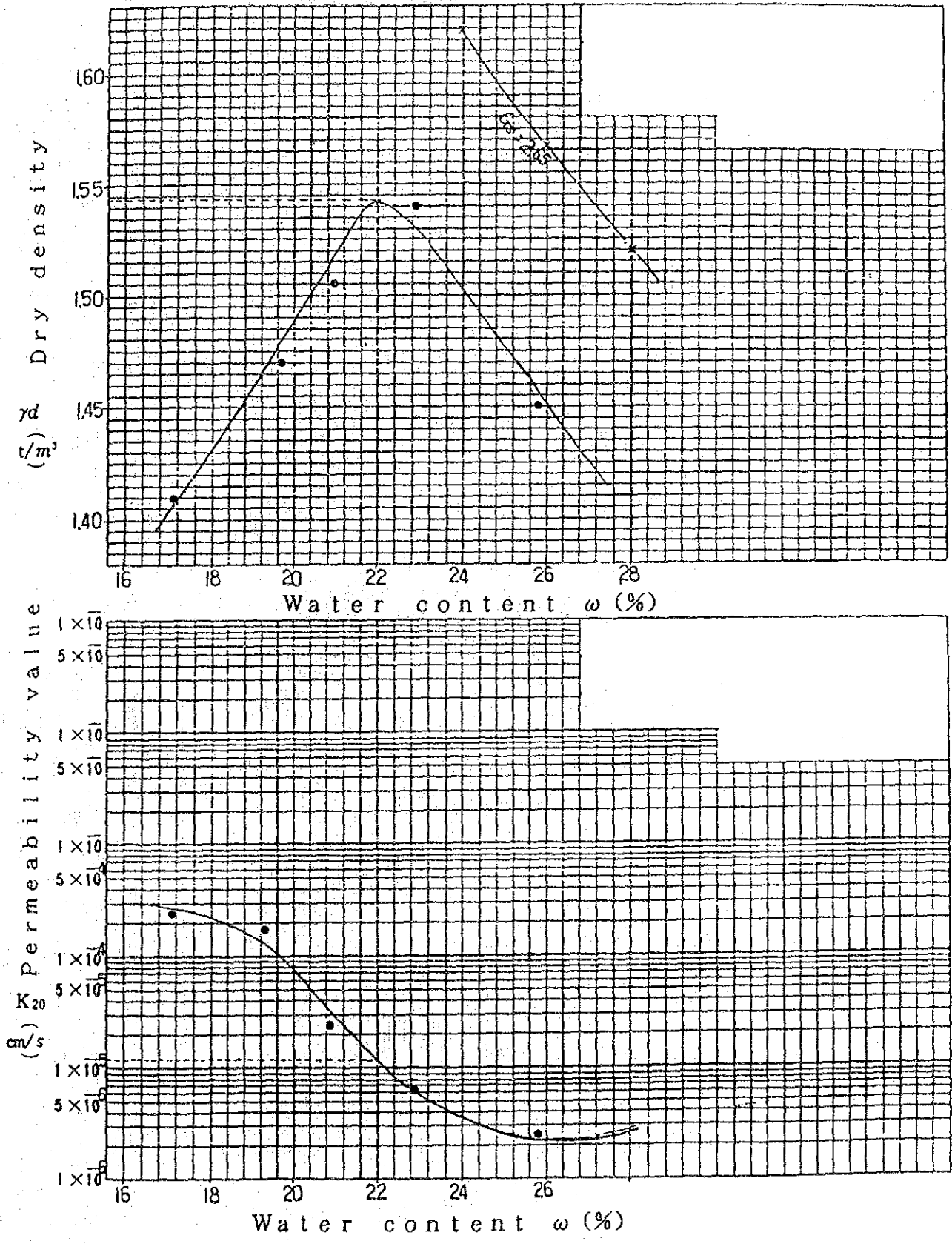


Fig. 7-18 (1) Grain-size Analysis of Concrete Aggregate (KQ-2, -3)

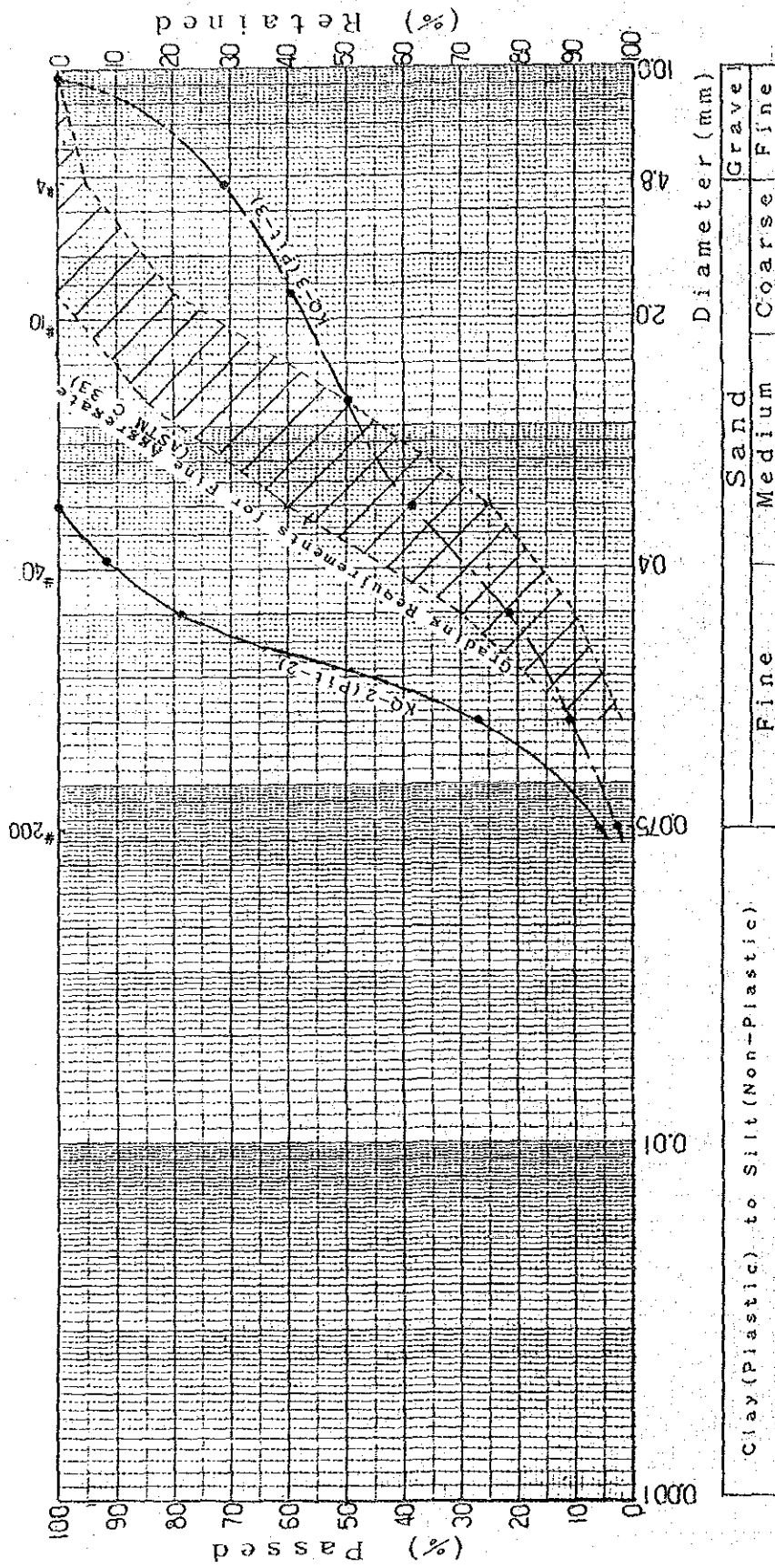
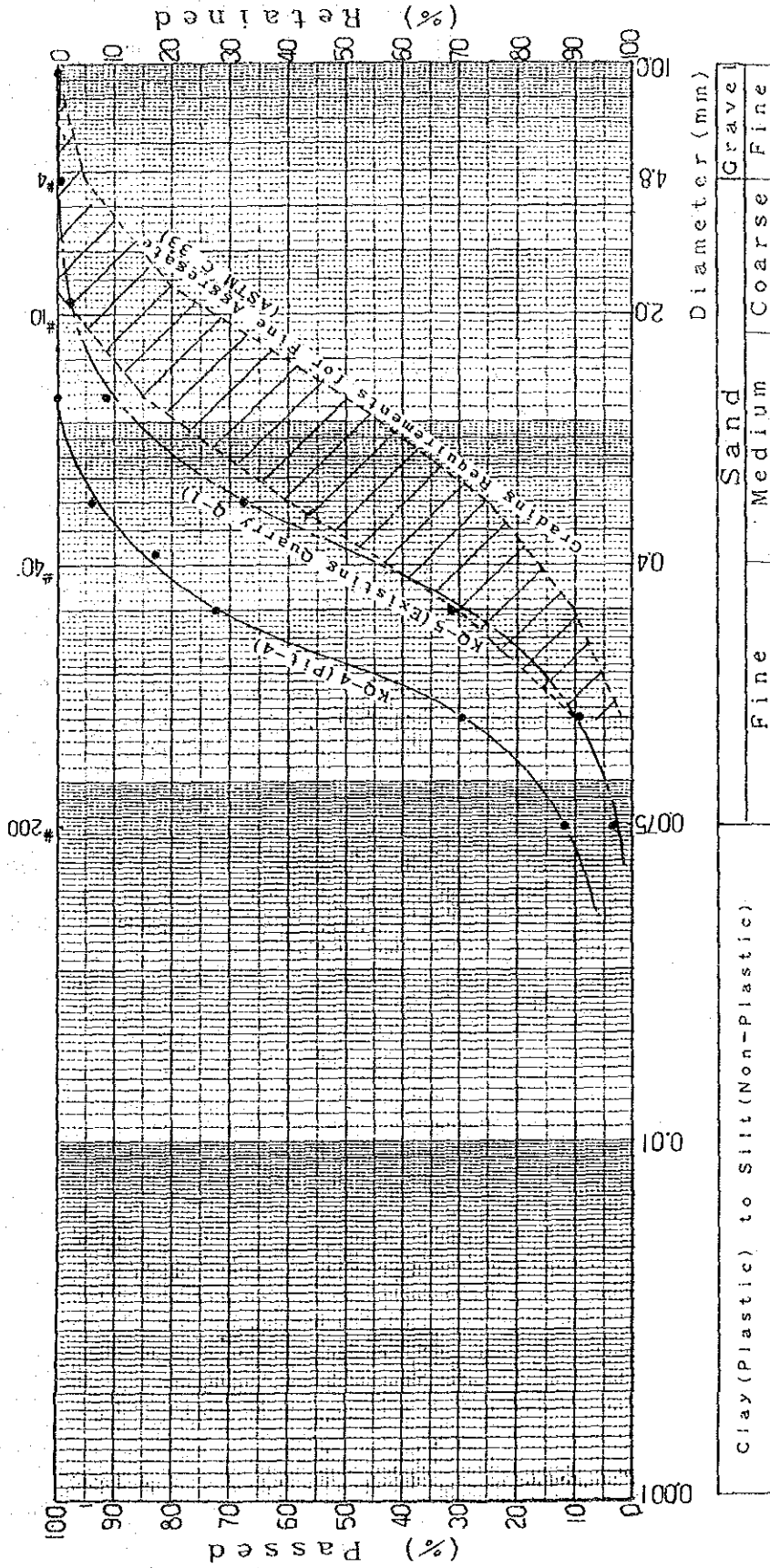


Fig. 7-18 (2) Grain-size Analysis of Concrete Aggregate (KQ-4, -5)



## 7.7 地震

### 7.7.1 タンザニアの地震概要

#### (1) 地震発生の背景

東アフリカ地溝帯はアフリカ東部のエジプトからスーダン、ケニアを経てタンザニアに至る、南北4000kmにわたる顕著な地形的凹地帯である。

この地溝帯はヌビアプレートとソマリアプレートの分離によって生じるプレートの境界であることが判明している。

タンザニアにおいては上記の東アフリカ地溝帯の一部が通過している。

詳細はFig. 7-3に示すように、アリュージャからドドマの西側を通る東部地溝とタンガニカ湖からマラウィ湖へと続く西部地溝とに分類出来る。

タンザニアにおける地震発生に関しては上記の東部地溝と西部地溝におけるプレートの分類が極めて重要な存在であると考えられる。

#### (2) 地震活動表

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349回の地震の震央をFig. 7-19に示す。また、この期間に発生したマグニチュード(M)別に分類した震央をFig. 7-20に示す。

上記の図から判明するように地震活動度が高いのはムベヤ付近を通過する西部地溝沿いであり、東部地溝沿いはこれに比して半分以下であると考えられる。

また計画地点付近においては顕著な活動を示す震央は極端に少ないと思われる。

Fig. 7-19 Seismicity Around the Project Site

during 1910 - 1987, and  $\Delta < 1,000$  km

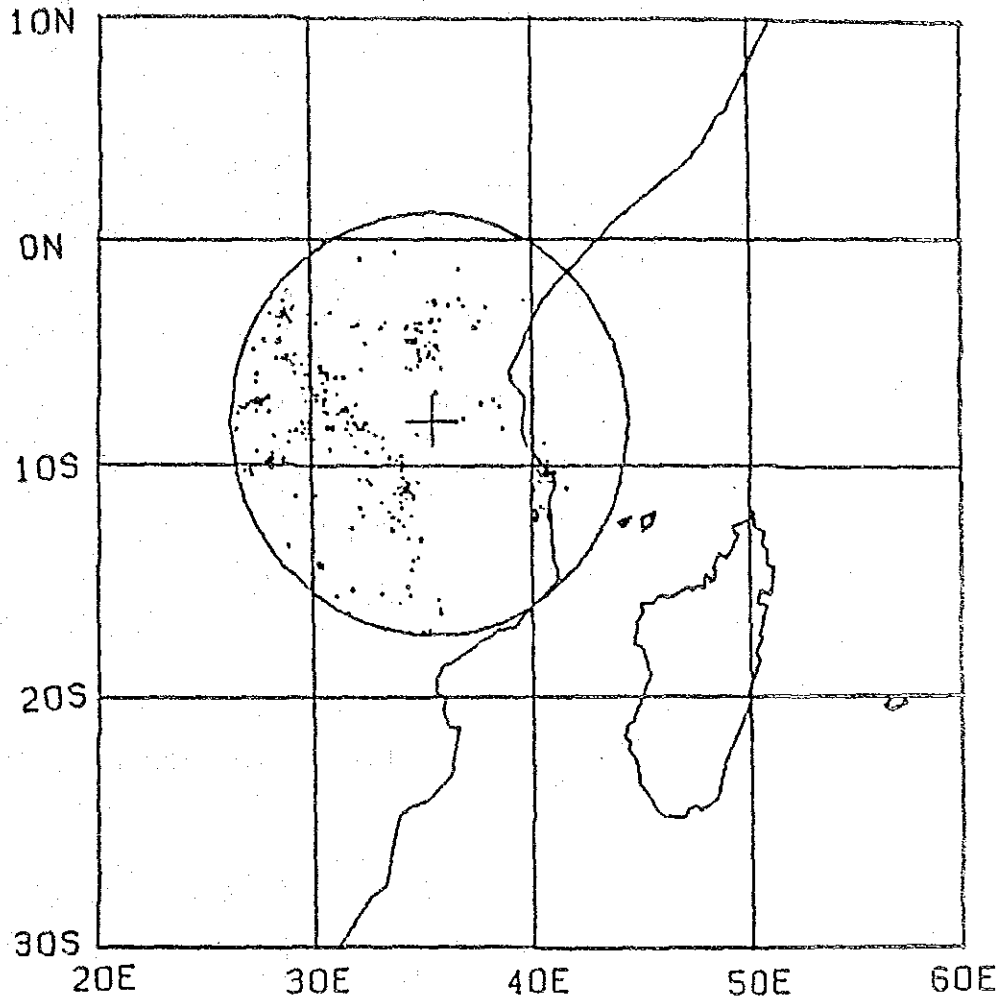


Fig. 7-20 (1) Locations of Magnitudes ( $3 \leq M < 4$  during 1910 - 1987)

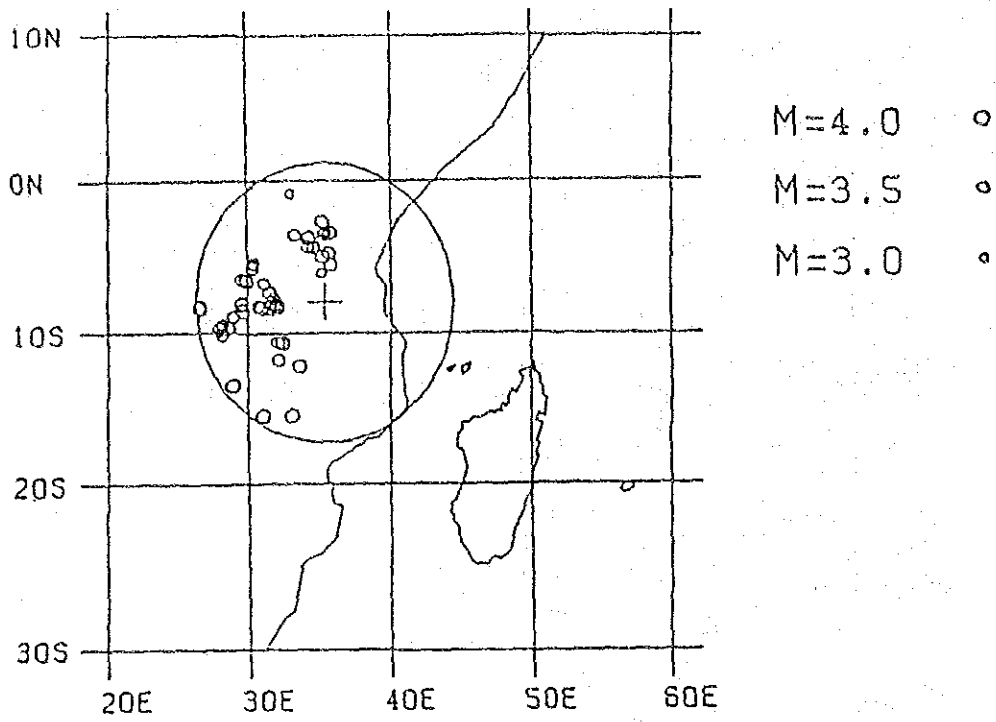


Fig. 7-20 (2) Locations of Magnitudes ( $4 \leq M < 5$  during 1910 - 1987)

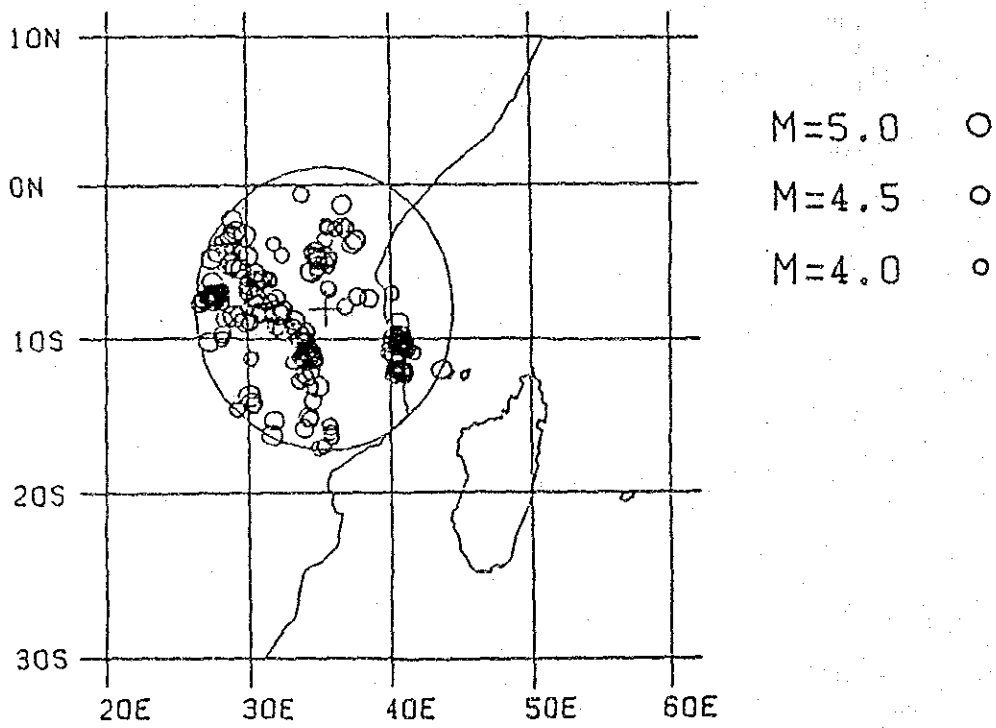


Fig. 7-20 (3) Locations of Magnitudes ( $5 \leq M < 6$  during 1910 - 1987)

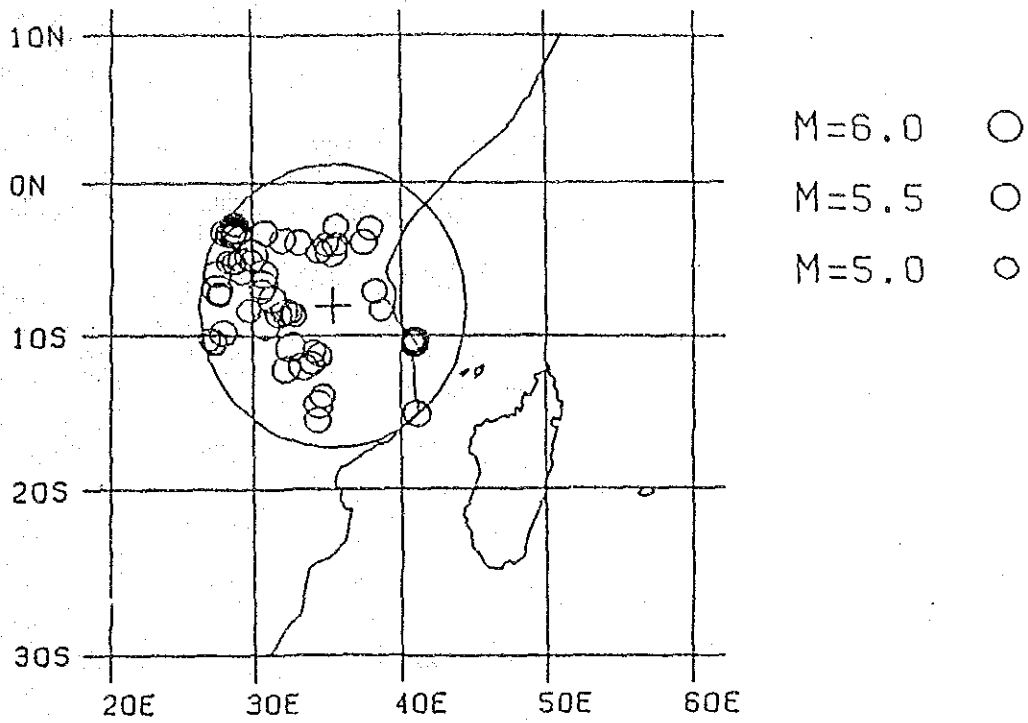
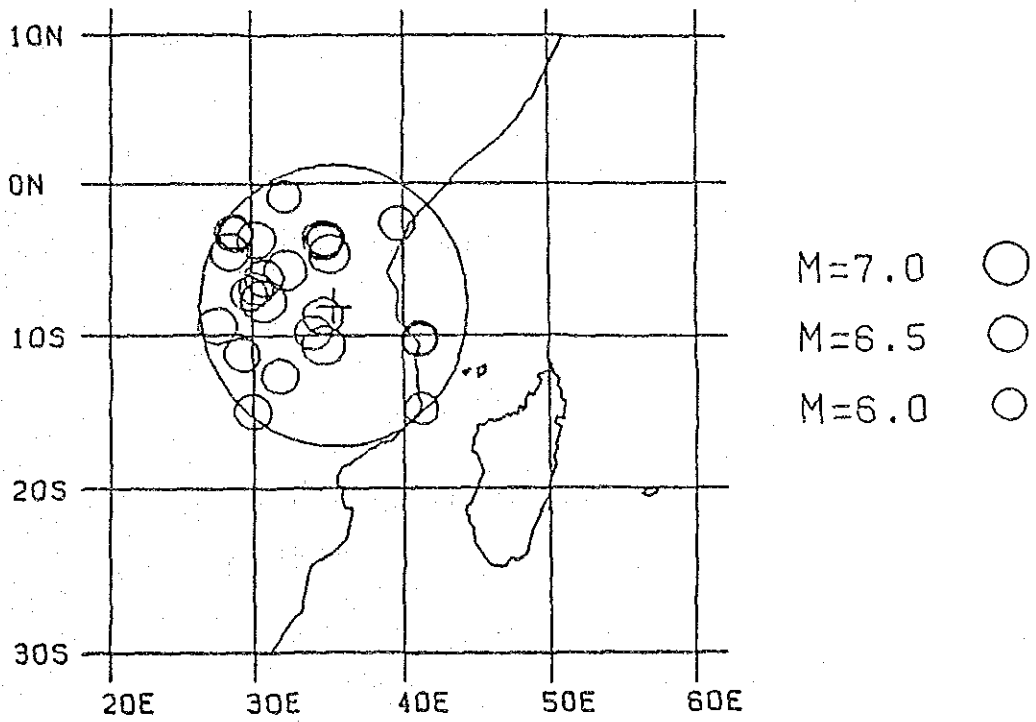


Fig. 7-20 (4) Locations of Magnitudes ( $6 \leq M < 7$  during 1910 - 1987)





## 7.7.2 設計震度

### (1) 計画地点における最大加速度の推定

設計震度を決定するために、統計解析により計画地点における地表面の最大加速度の予測評価を実施した。この予測評価に使用した地震データは米国のNOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)によって収集されたものである。地震データ数は1910年から1987年までの78年間に349を数えている最大加速度の予測評価に適用した距離減衰式はすでに提案されているものの中から、下記の5つの式を用いた。なお式中“A”は最大加速度 (gal)、“M”は地震のマグニチュード、“R”は電源距離 (km)、“D”は震央距離 (km)を示す。

$$\log A = 3.090 + 0.347M - 2 \log (R+25) \quad (1)$$

proposed by C. Oliveira

$$\log A = 2.674 + 0.278M - 1.301 \log (R+25) \quad (2)$$

proposed by R. K. McGuire

$$\log A = 2.041 + 0.347M - 1.6 \log D \quad (3)$$

proposed by L. Esteva and E. Rosenblueth

$$\log A = 2.308 + 0.411M - 1.637 \log (R+30) \quad (4)$$

proposed by T. Katayama

$$\log(A/640) = (D+40)(-7.6+1.72M-0.1036M^2)/100 \quad (5)$$

proposed by S. Okamoto

(1)～(5)式はそれぞれ対応する地盤および算定方法が異なる。以下に式の特徴を記述する。

(1)：堅硬な地盤 (Firm Ground)

(2)：堅硬な地盤 (Firm Ground)

(3)：硬質地盤上のものを岩盤表面上に修正した式

(4)：地盤特性を考慮せず、地表面での最大加速度を与える。

(1)式と(2)式の平均値となる。

(5)：鬼怒川発電所の堅坑を利用した観測データに基づく。

任意の再来周期に対する最大加速度は、極値統計理論に基づき、ガンベル (Gumbel, 1958) の第3漸近分布を適用して算出した。地震危険度解析に使用した地震データの分布は前出のFig. 7-19に示した通りである。また、最大加速度の算出結果は Table 7-8、Table 7-9 および Table 7-10 に示す。

Table 7-8 Distribution of Magnitude and Epicentral Distance  
of the Seismic Data during 1910 - 1987

	$0 \leq \Delta < 50$	$< 100$	$< 200$	$< 300$	$< 400$	$< 500$	$< 600$	$< 700$	$< 800$	$< 900$	$\leq 1000$	Total
$3.0 \leq M < 3.5$	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
$< 4.0$	0	0	0	1	3	10	11	8	2	5	3	43
$< 4.5$	0	0	3	5	16	9	20	16	7	12	6	94
$< 5.0$	0	0	0	3	21	4	12	29	9	18	18	114
$< 5.5$	0	0	0	0	7	6	4	14	4	9	10	54
$< 6.0$	0	0	0	0	0	4	4	0	2	1	5	16
$< 6.5$	0	0	0	1	0	1	3	5	3	2	3	18
$< 7.0$	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	7
$7.0 \leq$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	4	12	48	35	56	72	27	49	46	349

$\Delta$  : Epicentral Distance (km)  
M : Magnitude

Table 7-9 Annual Maximum Accelerations during 1963 - 1987

Year	Oliveira, C.	McGuire, R.K.	Esteva, L. & Rosenblueth, E.	Katayama, T.	Okamoto, S.
	Eq. (1)	Eq. (2)	Eq. (3)	Eq. (4)	Eq. (5)
1963	0.19	3.02	0.25	0.75	0.00
1964	0.71	7.92	0.84	2.88	0.02
1965	0.30	3.61	0.32	0.84	0.00
1966	0.26	3.29	0.28	0.73	0.00
1967	0.71	6.90	0.73	2.02	0.01
1968	0.40	4.27	0.40	1.05	0.00
1969	0.31	3.57	0.32	0.77	0.00
1970	0.52	5.34	0.53	1.38	0.00
1971	0.30	3.60	0.32	0.80	0.00
1972	0.60	5.81	0.60	1.51	0.00
1973	1.24	8.91	1.12	2.40	0.07
1974	0.38	4.42	0.41	1.11	0.00
1975	0.40	4.95	0.47	1.40	0.00
1976	0.57	6.31	0.64	1.95	0.00
1977	0.66	6.57	0.68	1.90	0.00
1978	0.35	4.32	0.40	1.11	0.00
1979	0.49	5.28	0.52	1.41	0.00
1980	0.69	6.22	0.66	1.60	0.00
1981	0.78	6.32	0.71	1.50	0.01
1982	0.29	3.41	0.30	0.71	0.00
1983	0.30	3.88	0.35	0.99	0.00
1984	0.58	6.19	0.63	1.82	0.00
1985	1.12	8.31	1.01	2.21	0.04
1986	0.50	5.36	0.53	1.43	0.00
1987	0.61	5.93	0.61	1.58	0.00

Table 7-10 Maximum Accelerations for Six Return Periods (gal)

Model (Eq. No.)	Return Period (Year)					
	50	100	200	500	1000	10000
(1) by C. Oliveira	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
(2) by R.K. McGuire	9.3	9.9	10.4	11.0	11.4	12.2
(3) by Est. & Rosen.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5
(4) by T. Katayama	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.2
(5) by S. Okamoto	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

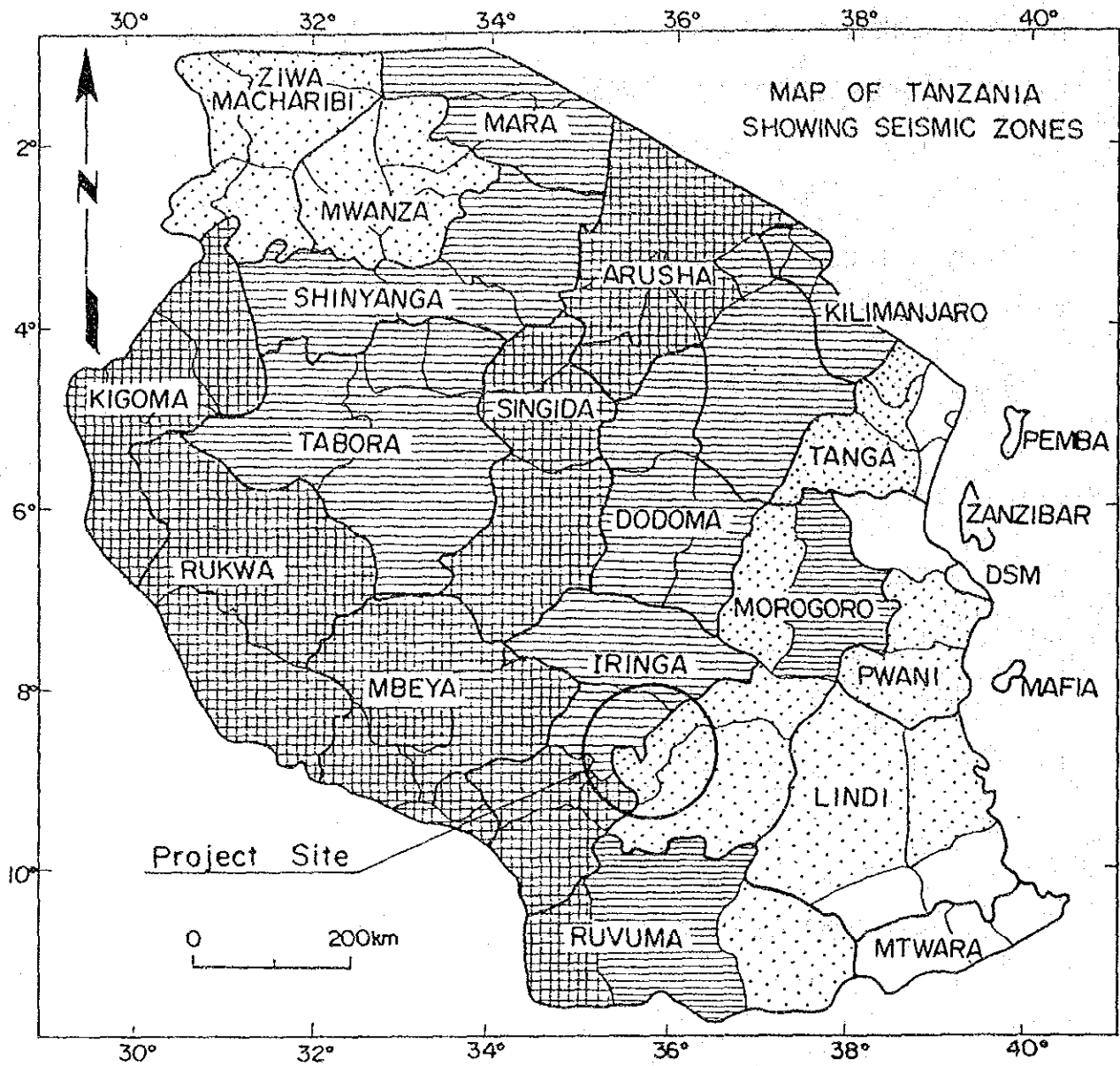
## (2) 採用設計震度

計画地点の設計震度は、前述の最大加速度の推定項において統計解析を実施した結果から10,000年確率において約13galである。この値からの設計水平地盤震度としては最大0.05程度を採用すれば十分である。

一方、Fig. 7-21に示すタンザニアにおいて収集した資料によると、プロジェクト地点はゾーン1とゾーン2の境界に位置し、かつまたゾーン3から至近距離にある。

この様な位置においての計画地点の設計水平地盤震度ら、統計確率解析と上記資料の両者を考慮して0.10と設定した。

Fig. 7-21 Seismic Map of Tanzania



- | HAZARD LEVEL OF EARTHQUAKES | Richter scale   |
|-----------------------------|---|
|                             | ZONE 0, rare or unknown, magnitude M = 0 - 4                  |
|                             | ZONE 1, fairly weak, less frequent, magnitude M = 3 - 5       |
|                             | ZONE 2, moderately frequent, not violent, magnitude M = 5 - 6 |
|                             | ZONE 3, frequent, strong, magnitude M = 6 - 7                 |

( BY MINISTRY OF WORKS TANZANIA, BUILDING DIVISION, 1978 )

## 第8章 開発計画



## 第8章 開発計画

	頁
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
(1) ルフィージ川流域の水力発電計画の概要 .....	8-1
(2) 既存開発計画の再検討 .....	8-5
8.1.2 最適開発計画の選定 .....	8-11
(1) 基本方針 .....	8-11
(2) 比較検討条件 .....	8-11
(3) ACRES により提案されている代替案の修正 .....	8-12
(4) マスタープランとの比較 .....	8-14
8.2 開発規模の検討 .....	8-17
8.2.1 検討基本条件 .....	8-17
(1) 基本的な考え方 .....	8-17
(2) 年経費 .....	8-17
(3) 便益の考え方 .....	8-18
8.2.2 貯水池規模の検討 .....	8-22
(1) 貯水池運用計画 .....	8-22
(2) 貯水池規模の検討 .....	8-29
8.2.3 上部計画 .....	8-33
(1) ダム規模の検討 .....	8-33
(2) 最大使用水量および設備出力の検討 .....	8-36
(3) 主機台数の検討 .....	8-36
(4) 最適開発計画 .....	8-36
8.2.4 下部計画 .....	8-50
(1) 調整池規模の検討 .....	8-50
(2) 最大使用水量および設備出力の検討 .....	8-52
(3) 主機台数の検討 .....	8-55
(4) 上部計画運開前の下部計画設備容量 .....	8-55
(5) 最適開発計画 .....	8-57





## List of Tables

Table 8-1	Potential Hydropower Project in Rufiji Basin
Table 8-2	Development Phasing of Kihansi Project
Table 8-3	Development Scheme of Kihansi River
Table 8-4	Generating Facilities in 1996
Table 8-5	Comparison Study on Development Scheme
Table 8-6	Alternative Thermal Plant for Optimization Study
Table 8-7	Study on Optimum Storage Capacity of Upper Kihansi Reservoir
Table 8-8	Study on Optimum Dam Height of Upper Kihansi Reservoir
Table 8-9	Outline of Optimum Development Plan of Upper Kihansi Project
Table 8-10	Summary of Operation Study on Upper Kihansi Reservoir
Table 8-11	Total Energy Generation of Upper Kihansi Project
Table 8-12	Firm Energy Generation of Upper Kihansi Project
Table 8-13	Monthly Peak Power of Upper Kihansi Project
Table 8-14	Peak Power Duration of Upper Kihansi Project
Table 8-15	Preliminary Estimation of Construction Cost of Upper Kihansi Project
Table 8-16	Study on Optimum Dam Height of Lower Kihansi Reservoir
Table 8-17	Study on Optimum Discharge of Lower Kihansi Project
Table 8-18	Actual Reserved Margin in 1997 and 1998
Table 8-19	Outline of Optimum Development Plan of Lower Kihansi Project
Table 8-20	Total Energy Generation of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project
Table 8-21	Firm Energy Generation of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project
Table 8-22	Monthly Peak Power of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project
Table 8-23	Peak Power Duration of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project
Table 8-24	Total Energy Production of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project
Table 8-25	Firm Energy Production of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project
Table 8-26	Monthly Peak Power of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project
Table 8-27	Peak Power Duration of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project
Table 8-28	Preliminary Estimation of Construction Cost of Lower Kihansi Project

## List of Figures

- Fig. 8-1 Outline of Rufiji Basin Hydropower Master Plan
- Fig. 8-2 Development Scheme of Kihansi River
- Fig. 8-3 Comparison Study on Development Scheme
- Fig. 8-4 Mass Curve at Upper Kihansi Dam Site
- Fig. 8-5 Effective Storage Capacity and Firm Discharge at Kihansi Dam Site
- Fig. 8-6 Flow Chart of Calculation of Power and Energy
- Fig. 8-7 Area Capacity Curve at Upper Kihansi Dam Site
- Fig. 8-8 Area Capacity Curve at Lower Kihansi Dam Site
- Fig. 8-9 Study on Optimum Storage Capacity of Upper Kihansi Reservoir
- Fig. 8-10 Study on Optimum Dam Height of Upper Kihansi Reservoir
- Fig. 8-11 Upper Kihansi Reservoir Operation
- Fig. 8-12 Energy Generation of Upper Kihansi Project
- Fig. 8-13 Study on Optimum Discharge of Lower Kihansi Project
- Fig. 8-14 Energy Generation of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project
- Fig. 8-15 Energy Generation of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project

## 第8章 開発計画

### 8.1 開発計画の比較検討

#### 8.1.1 既存計画の再検討

##### (1) ルフィージ川流域の水力発電計画の概要

タンザニア国中南部に位置するルフィージ川は、流域面積が177,000km<sup>2</sup>と全タンザニア国土面積の5分の1にも達する同国最大の河川である。流域は多数の支流より構成されているが、大別すれば、グレートルウハ川系、キロンベロ川系、ルウウェグ・ルホングレ川系の3系統の支水系に分けられる。

ルフィージ川流域に対しては、1956年～1961年間に、国連食料機構（FAO）により灌漑農業開発の可能性調査が実施され、その際に確認された、洪水調節や灌漑用水の貯留に適当なダム地点のうち、ルウウェグ川水系のスティグラーズ・ゴージ、キンゲンネス、ナハンガン地点等は、低落差の水力発電開発が可能な地点として、計画されていた。しかし、このFAOの調査では、他の高落差の水力発電開発の可能性については、全く調査が実施されなかった。

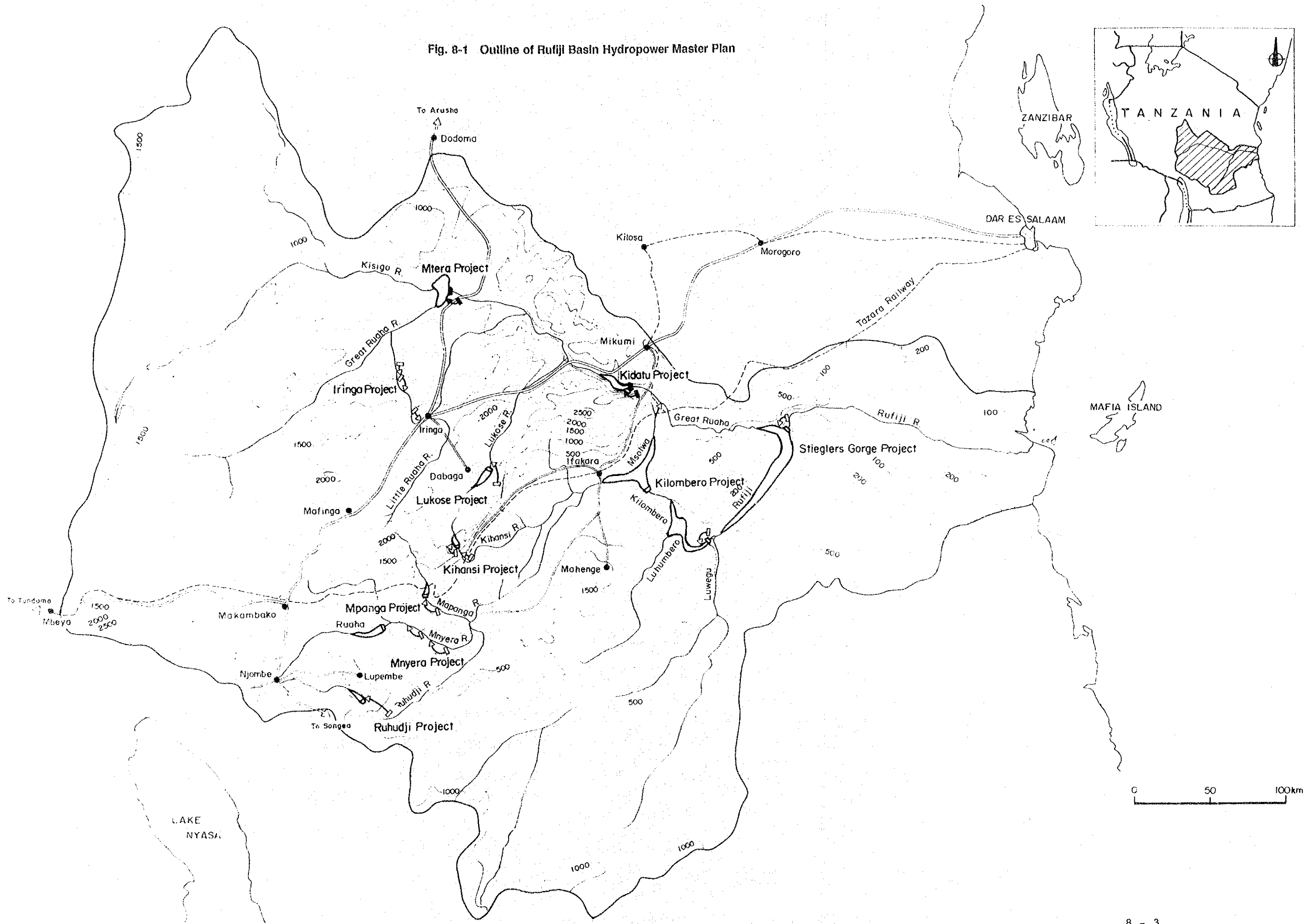
その後1982年に到り、ルフィージ流域開発公社（RUBADA）は、前記FAOの調査結果およびこの調査後に公刊された、1:50,000地形図を基に、ルフィージ川流域の包蔵水力に関する机上調査を実施し、ルフィージ川上流域に、多数の高落差水力発電計画地点の存在を確認している。

これらの机上調査の結果を更に詳細に検討するため、RUBADAはNorconsultに委託して、1984年ルフィージ川流域水力発電開発マスタープランを策定した。Table 8-1 および Fig. 8-1 にマスタープランの概要を示す。

Table 8-1 Potential Hydropower Project in Rufiji Basin  
(Optimum Sequence - Standard Demand Forecast)

Project	Date Required	Installed Capacity (MW)	Firm Energy (GWh/year)	Capital Cost (10 <sup>6</sup> \$)
Kihansi River	1992	285	1,344	310.5
Mpanga River	2001	160	617	173.5
Ruhudji River	2005	685	2,173	492.0
Mnyera River	2015	485	2,506	639.0
Iringa	2023	87	412	133.0
Lukose River	2024	130	566	177.0
Stiegler's Gorge	2025	1,400	5,880	1,181.0
Kilokmbero River	After 2034	464	2,171	954.0

Fig. 8-1 Outline of Rufiji Basin Hydropower Master Plan





このマスタープランによれば、ルフィージ川流域では、14ヶ地点 合計出力 3,696MWの水力発電開発が可能であり、その開発優先順位は、キハンシ川2ヶ地点合計出力285MW、マパンガ川1ヶ地点160MW、ルフィンデ川3ヶ地点 合計出力685MW、メンエラ川2ヶ地点 合計出力485MW、リトルルウハ川3ヶ地点 合計出力87MW、ルコソ川1ヶ地点 出力 130MW、ルフィージ川本流1ヶ地点1,400MW、キロンベロ川1ヶ地点 464MWとなっている。

キハンシ川上流部は標高約1,400m付近までは、河床勾配1/50~1/130と緩やかであるが、この付近より下流は一転して、河床勾配1/30の急流となる。標高1,100mより下流は、高低差約800mのウズングワ・スカープを、落差200mのキハンシ滝を含む大小の滝の連続となって、河川延長約5kmで流下し、標高約300mのキロンベロ平原に至る激流となっている。キハンシ川の流量は、年間流出量0.027m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>と多く、また、年間を通して流況が安定している。マスタープランでは、キハンシ川のこの急流部を上部発電計画、下部発電計画の2段階に分けて開発することとしている。

更に1985年、TANESCO は、ACRES に委託して、タンザニア国1985~2010電源開発計画調査を実施したが、この調査においても、キハンシ川水系の2ヶ地点は、合計出力を207MWと修正したうえで、ルフィージ川流域においては、最も早期に開発すべきであるとしている。

## (2) 既存開発計画の再検討

マスタープランによって提案されたキハンシ計画は、支流インゴモ川との合流点より500m下流のキハンシ川本流河床標高1,500m地点に満水位1,560m、高さ65m、有効貯水量 $140 \times 10^6 \text{ m}^3$ のロックフィルダムを建設し、これより最大使用水量24.0m<sup>3</sup>/sを取水し、延長2.95kmの導水路トンネルで地下発電所に導水し、45MWの発電を行い、延長4.67kmの放水路トンネルにより、ウハフィワ村南方5kmのキハンシ川に放水位標高1,320mで放流する上部計画と、上部計画放水口下流約1.5kmのキハンシ川本流、河床標高1,300m地点に、満水位標高1,320mのコンクリート重力式ダムを建設し、これより最大使用水量28.0m<sup>3</sup>/sを取水し、延長2.6kmの導水路および1.4kmの水圧鉄管路により地下発電所に導水し、最大240MWの発電を行い、延長4.85kmの放水路トンネルにより、キハンシ橋上流約0.5kmのキハンシ川に、放水位標高295mで放流する下部計画により構成される。



マスタープランではキハンシ計画をTable8-2に示す様に、6期に分けて開発する事としている。

Table 8-2 Development Phasing of Kihansi Project

Phase	Installed Capacity (MW)				
	Upper		Lower		Total
	Expansion	Cumulative	Expansion	Cumulative	Cumulative
1			60	60	60
2			60	120	120
3	Dam only		-	120	120
4			60	180	180
5			60	240	240
6	45	45	-	240	285

一方ACRES によるマスタープランの再検討では、計画の経済性を高めるため、下部計画に大巾な修正を行なっている。この結果提案された下部計画は、ウカミ村、南東約4 kmのキハンシ川本流、河床標高1,120mの地点に満水位標高1,130m、高さ15mのアースフィルダムを建設し、これより最大使用水量22.8m<sup>3</sup>/sを取水し、延長2.05kmの導水路および3.0kmの水圧鉄管路により、キハンシ橋上流約1 kmのキハンシ川左岸地表に建設する発電所に導水し、162MWの発電を行なうものである。

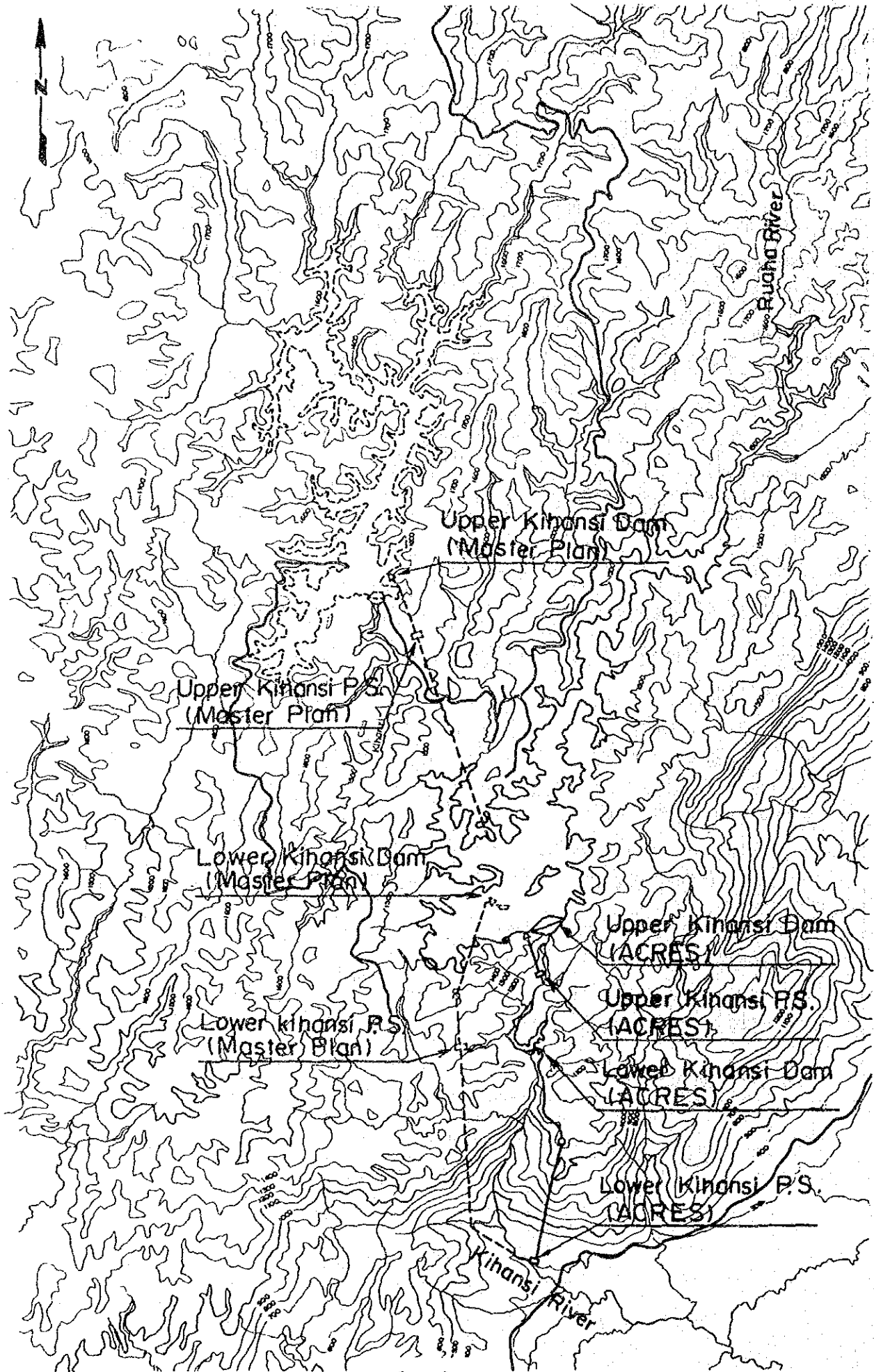
上部計画については、ACRES は詳細な検討を実施していないが、ダム地点をキハンシ川と支流グレートルアハ川合流点下流約3 kmのキハンシ川本流、河床標高1,290m地点に選定している。

Table 8-3 および Fig. 8-2に、マスタープランに提案されている開発計画およびACRES 再検討結果により提案されている開発計画の概要を示す。

Table 8-3 Development Scheme of Kihansi River

Description	Unit	Master Plan Scheme		Acres Report Scheme	
		Upper Kihansi	Lower Kihansi	Upper kihansi	Lower Kihansi
Catchmetn area	km2	377	581	583	590
River runoff	m <sup>3</sup> /s	6.8	16.6	16.6	16.9
Reservoir					
High Water Level	m	1,560.00	1,320.00	1,400.00	1,132.00
Low Water Level	m	1,530.00	1,315.00	1,330.00	1,130.00
Surface Area	km <sup>2</sup>	8.2	----	11.2	----
Effective Storage Capacity	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	140.00	----	409.00	----
Dam					
Type		Rockfill	Concrete Gravity	Rockfill	Rockfill
Crest Elevation	m	1,565.00	1,324.50	1,403.00	1,135.00
Height	m	65	33	115	15
Crest Length	m	370	200	850	100
Volume	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	2,150	50	11,000	300
Development Scheme					
Standard Intake Water Level	m	1,550.00	1,320.00	1,377.00	1,130.00
Tail Water Level	m	1,320.00	295.00	1,140.00	290.00
Effective Head	m	220.00	1,010.00	230.00	798.00
Maximum Discharge	10 <sup>3</sup> /s	24.0	28.0	23.0	22.8
Installed Capacity	MW	45	240	45	162
Annual Firm Energy	10 <sup>6</sup> kWh	106.0	1,245	222	945
Investment Cost	10 <sup>6</sup> S	136	174.5	169.5	151.7

Fig. 8-2 Development Scheme of Kihansi River



ACRES による再検討の狙いは、マスタープランに提案されている開発計画が、下部発電計画では、地山深く地下発電所を配置しているため、導水路、水圧鉄管路、放水路、アクセス各トンネルとも延長が長く、多額の建設工事費を必要とする事から、ダム地点を下流に変更して、導水路の大部分の区間を開水路とし、水圧鉄管路、発電所を地表に配置し建設工事費の軽減を図るものであった。再検討の結果提案された下部発電計画では、下表に示す通り、マスタープランの下部発電計画に対して、有効落差の減少が21%に止まるのに、建設工事費の減少は30%に達し、大巾に経済性が改善されている。またこの工事費は建中利子を含んでいないが、マスタープランに提案されている開発計画は、延長1,200mの水圧鉄管路斜坑を含んでいるため、ACRES の修正開発計画に対して、建設工期が1年長く必要となり、この間の建中利子を考慮すれば、ACRES の修正計画の建設工事費の減少は32%に達する事となる。

	(A) マスタープラン	(B) ACRES プラン	(B) / (A)
有効落差	1,010 m	798 m	79 %
建設工事費 (建中利子含まず)	216.1 × 10 <sup>6</sup> \$	151.7 × 10 <sup>6</sup> \$	70 %
建設工事費 (建中利子含む)	267.8 × 10 <sup>6</sup> \$	182.0 × 10 <sup>6</sup> \$	68 %

更にACRESの再検討では下部発電計画は1997年には、運転開始となる様期待されていたため、建設工期の短縮は、重要な条件であった。

上部発電計画の再検討の狙いは、マスタープランに提案された開発計画は、ダム地点の位置が、ルアハ川との合流点より上流に選点されているため、貯水池の流入量が下部発電計画の40%に止まり、貯水池による調整効果が小さく、また、合計水路延長7.8kmによって得られる落差が、240mに止まるため、ダム地点をルアハ川合流点下流に移動し、貯水池による調節効果を大きくし、また合計水路延長1.2kmで230mの落差を得、開発計画の経済性を大きく改善する事であった。

またマスタープランに提案されている開発規模は、保証流量に対する年間設備利用率が上部計画で25%、下部計画で38%に止まる。タンザニアにおける現在の年間負荷率が64%程度であり、また電源構成が水力中心で、この傾向が今後も継続すると考えられる事から、マスタープランに提案されている開発規模は過大であると判断される。

一方、ACRESにより提案されている開発規模は、保証流量に対する年間設備利用率が上流計画で50%、下流計画で67%となり、設備利用率的にはやや過小規模であると判断される。しかし、貯水池規模としては、有効貯水容量が年間流入量の78%にも相当し、キハンシ川の流況が安定している事を考慮すれば過大であると判断される。

このマスタープランに提案されている開発計画およびACRESにより提案されている開発計画につき、現地調査を行なった。その結果ACRESにより提案されている開発計画は、基本的には妥当であるが、次の点で更に修正を加える必要があるとの結論に達した。

#### 一 上部計画

- 地形的には、ダム地点右岸鞍部の標高から貯水池満水位は、標高 1,390m以下とすべきである。
- 河川流況が安定している事から、最適貯水容量は、ACRES案より小さいと思われる。
- 地下式発電所となっているが、明り案についても検討する必要がある。

#### 一 下部計画

- 調整池を持たぬ流れ込み式計画となっているが、上部ダム完成までの期間の運用、および上部計画運用後の上・下部計画の運用の制約緩和、残流域流量の有効活用を考慮すれば、調整池を持つ事が妥当と考えられる。またダム地点は地形狭隘なため、沈砂池の建設が困難であり、この点からも調整池を持つ事は妥当である。
- ダム地点を支流との合流点直下流に選定しているため、谷幅が広く、ダム頂長が長く、ダム体積が大きくなるが、合流点下流500mの地点は谷幅が狭く、ダム地点に適していると考えられる。
- 導水路は一部を除き開水路となっているが、水路予定地域の地形が急峻かつ複雑で、開水路は適当ではない。水圧鉄管路は地表式となっているが、水圧鉄管路予定地の地形が複雑で、かつ、所々に斜面崩壊が見られる事から、地表式は適当ではない。

## 一 開発順序

- マスタープランではキハンシ計画を6期に分割して開発する事としており、ACRESの再検討でも、一部この方式を採用しているが、キハンシ川の保証流量が大きく、当初の下部発電所単独の運転開始時でも上部ダム完成後の全出力の80%程度の出力の運開が可能である。また需給が逼迫しており、上部ダム完成と同時に上部発電所も運転開始が必要である。従って、キハンシ計画は第1期下部計画運開、第2期上部計画運開の2期開発が適当であると考えられる。

### 8.1.2 最適開発計画の選定

#### (1) 基本方針

全体開発計画の検討に当たっては、貯水池用のダム地点が、マスタープランに提案されている地点と、ACRESにより提案されている地点以外には存在しない事から、基本的な開発計画代替案はこの2つに集約されると考えられる。しかし、ACRESにより提案されている開発計画は、現地調査による再検討の結果、修正すべき点が明らかとなったので、修正を行ったうえで、マスタープランに提案されている開発計画案との比較検討を行い、最適開発計画の選定を行う事とした。

上記によって選定された最適開発計画に対して、詳細調査工事を実施し、その結果により、貯水池規模の検討および上下流発電計画のダム高、最大使用水量等の最適開発計画の最終的決定を行う事とした。

#### (2) 比較検討条件

最適開発計画は、以下の条件により比較検討を行う事とした。

- 一 保証電力量が大きく、発電単価の安い開発計画案を選定する。
- 一 保証電力量は、貯水池式開発計画では100%確率流量を基に計算し、調整地式および流れ込み式開発計画では95%確率流量を基に計算する。
- 一 電力量計算に使用する流量はマスタープラン報告書に記載されている流量とする。
- 一 工事費はマスタープラン報告書に記載されている方法により積算する。
- 一 運転開始予定年(1997年)までに建設可能な開発計画案を選定する。

### (3) ACRES により提案されている代替案の修正

#### i) 貯水池ダム

貯水池による調節効果を、下部計画に対しても最大限に及ぼすためには、ダム地点をキハンシ川とグレートルアハ川の合流点より下流に選定する必要がある。

この場合ダム地点として可能性のある地点は、ACRES により上部ダム地点として提案されている地点と、同じく下部ダム地点として提案されている地点だけである。地形的条件より判断すれば、貯水池規模としては、前者は満水位標高1,390m、総貯水量 $330 \times 10^6 \text{ m}^3$ まで可能であり、貯水池として十分な容量を持つものに対し、後者は満水位標高1,180m、総貯水量 $34 \times 10^6 \text{ m}^3$ が限度であり、死水容量および取水口押し込み水頭を考慮すると、有効貯水量は $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ が最大で、貯水池としては容量不足であり、従って貯水池用ダム地点としては、ACRES により提案された、上部ダム地点以外には存在しない。

#### ii) 1段開発計画

上部ダム地点より下部発電所地点までの落差を、1段開発計画とする事は、地形上、発電所を地山深く配置した地下式発電所とならざるを得ず、この場合、建設コストを他の開発計画案と比較可能な程度に押さえるには、建設工期を8年程度考える必要があり、現実的では無いと判断される。

#### iii) 調整池

マスタープランおよび、ACRES により提案されている開発計画案には、下部計画に調整池が設けられていない。

下部計画は、当初上部計画より3年程度先行して開発されるが、この場合でも、年間保証電力量は490GWh程度となり、系統全体の発電量の20%にも相当するため、流れ込み発電所として、ベース負荷にのみ対応するだけで、負荷変動に対応したピーク運転が不可能である事は、系統にとって不適當であると判断される。

また上部計画運転開始後は、上部、下部発電所の完全な同一運転が必要になり、更に上部貯水池低水位時には、上下部発電所ともに最大出力運転が不可能となり、同様に系統にとって不適當である。従って、下部計画には、調整池を設ける事とした。

iv) 水路ルート

上部計画では、右岸ルートは左岸ルートに比較して水路長が短く、また水圧管路および発電所を地表に配置する事が可能である。従って右岸ルートが最適であると判断される。下部計画では、左岸ルートは右岸ルートに比較して水路長が短く、左岸ルートが最適であり、また地形上、導水路、水圧鉄管路をトンネル式とする事が適当と判断される。

v) 設備出力

開発計画の設備出力は、系統の需要の条件に従って決定する事が必要である。キハンシ計画の運転開始時である1996年末の系統の発電能力は、Table 8-4 に示す通りである。

Table 8-4 Generating Facilities in 1996  
(from ACRES Report, 1989)

Name of P/S	Installed Capacity (MW)	Annual Energy (GWh)	Firm Energy (GWh)
Pangani System			
Great Ruaha River	330		1,480
Other Rivers			
Panagani Redevelop	43		195
Thermal	110		548
<b>Ground Total</b>	<b>483</b>		<b>2,223</b>

1989年のACRESの検討によれば、同時期の電力需要は、2,306GWh/年、最大負荷は、411MW（年間負荷率64%）となっている。系統の電源の77%までが水力によって構成され、その全てが、流量の年間調整が可能な貯水池を持っており、年間設備利用率も51%~57%程度となっている。系統の余備力を最大負荷の15%程度と考えれば、需給はkWh およびkWともほぼバランスしている。このため、以後の新規需要に相当する需要は、新規に開発される電源が対応する事になる。従ってキハンシ計画は1996年以降、2002年までの新規需要に相当する需要に対応する事となる。

以上により、キハンシ計画の設備出力は、等価ピーク運転継続時間を、現在および将来の需要形態の変化を考慮して、13時間として決定した。



#### (4) マスタープランとの比較

(3)により修正した開発計画と、マスタープランに提案されている開発計画の比較を Table 8-5、Fig. 8-3 に示す。

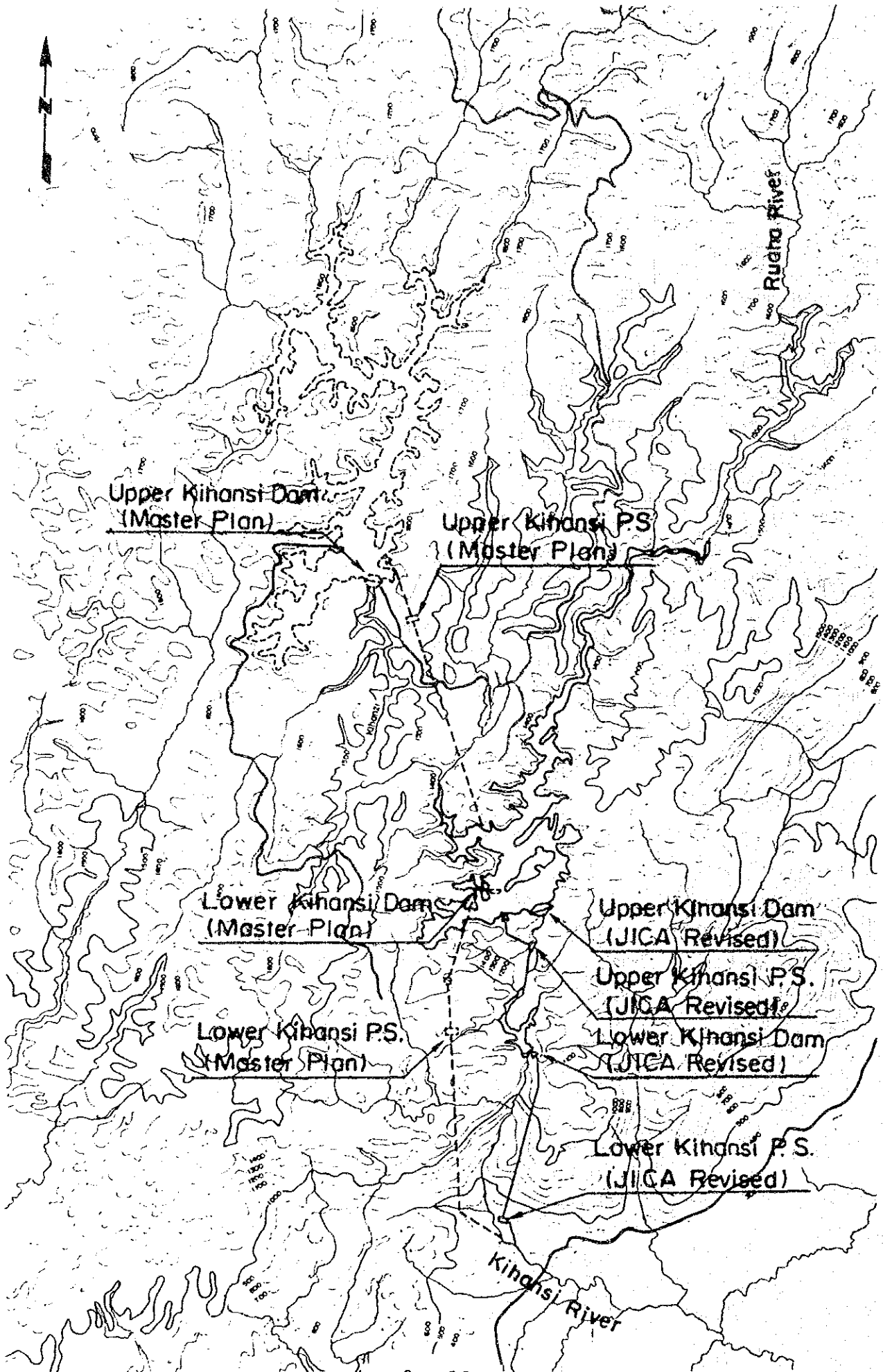
マスタープランに提案されている開発計画の保証流量は、上部計画で6.56m<sup>3</sup>/S、下部計画で10.62m<sup>3</sup>/sとなり、この流量による保証電力量は、上部計画96GWh、下部計画791GWh（上部計画による下流増含む）である。(3)により修正した開発計画は、貯水池規模をマスタープランと同程度とするため、貯水池満水位標高を1,370mとした。

修正開発計画は、保証電力量および、単位電力量当り建設費、建設工期の点でマスタープランに提案されている開発計画案より優れており、詳細調査は修正開発計画に対して実施する事とした。

Table 8-5 Comparison Study on Development Scheme

Item	Unit	Master Plan Scheme			Revised Acres Scheme		
		Upper Kihansi	Lower Kihansi	Total	Upper Kihansi	Lower Kihansi	Total
Catchment Area	km <sup>2</sup>	374	577		583	590	
Reservoir							
High Water Level	m	1,560.00	1,320.00		1,370.00	1,135.00	
Low Water Level	m	1,530.00	1,315.00		1,330.00	1,127.00	
Gross Storage Capacity	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	170.00	7.00		175.00	0.73	
Effective Storage Capacity	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	140.00	----		144.00	0.55	
Available Drawdown	m	30.0	----		40.0	7.0	
Dam							
Type		Rockfill	Concrete Gravity		Rockfill	Concrete Gravity	
Height x Length	m	65 x 370	33 x 200		85 x 630	25 x 110	
Volume	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	2,150	50		4,820	25	
Development Scheme							
Maximum Discharge	m <sup>3</sup> /s	24.0	28.0		26.4	26.5	
Standard Intake Water Level	m	1,550.00	1,320.00		1,356.70	1,131.00	
Tail Water Level	m	1,320.00	295.00		1,140.00	290.00	
Gross Head	m	240.00	1,025.00		216.70	841.00	
Effective Head	m	220.00	1,010.00		208.70	809.50	
Installed Capacity	MW	45	240		47.3	180.8	
Annual Firm Energy	10 <sup>6</sup> kWh	96	791	887	185	869	1,054
Investment Cost	10 <sup>6</sup> \$	136.0	174.5	310.5	176.6	172.2	348.8
Unit Cost for Firm Energy	\$/kWh	1.41	0.22	0.35	0.95	0.20	0.33

Fig. 8-3 Comparison Study on Development Scheme



## 8.2 開発規模の検討

### 8.2.1 検討基本条件

#### (1) 基本的な考え方

“8.1 開発計画の比較検討”により選定された最適開発計画の開発規模の検討を、水文、地形、地質を始めとする詳細調査の結果に基づいて行った。

本計画の比較案の検討に際しては、タンザニアに於いて、水力発電計画が無い場合に建設されるであろう現実的な火力発電所を代替施設に考え、その費用をもって便益とみなす手法を用いる。

代替施設としては、国内炭による山元火力、国内炭によるダルエスサラーム火力、輸入炭によるダルエスサラーム火力および輸入石油によるダルエスサラーム火力が考えられる。輸入石油による火力は、今後の世界のエネルギー事情から、全く対象外と考えるべきである。ダルエスサラームでの輸入石炭火力は、燃料費は国内炭火力より安い、港灣施設および揚炭施設の新設のため多額の費用が必要である。

ダルエスサラームでの国内炭火力は、燃料輸送に多額(42US\$/ton)の費用がかかり、また輸送手段の確保にも問題がある。この様な状況から、タンザニアにおける最も現実的な火力発電所として、国内炭による山元火力を代替施設とする事とした。

検討にあたっては1989年6月時点の輸入関税を含む市場価格を用い、水力設備の耐用年数の均等化年経費(C)と、代替火力の耐用年数の均等化経費(B)から求まる年間超過便益(B-C)と、便益・費用比率(B/C)を指標とした。なお、キハンシ水力および代替発電所から基幹送電線までのそれぞれの送電線費用も、評価に加える事とした。

Table 8-6 に、採用された代替火力発電所の諸元を示す。

#### (2) 年 経 費

水力設備の均等化年経費は減価償却、金利および運転維持費からなり、建設費に年経費率を乗ずることによって得られる。

$$\begin{aligned}
 \text{年 経 費} &= \text{年経費率} \times \text{建設費} \\
 &= \text{減価償却費} + \text{金利} + \text{運転維持費} \\
 \text{減価償却費} + \text{金利} &= \text{建設費} \times \text{資本回収係数} \\
 \text{資本回収係数} &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}
 \end{aligned}$$

n : 耐用年数	土木構造物	50年
	水力機器設備	35年
	電気機械設備	35年
i : 割引率	10.00 %	
土木設備	10.09 %	
水力機器設備	10.37 %	
電気機械設備	10.37 %	

運転維持（建設費に対する比率）

土木設備	0.50 %
水力機器設備	1.50 %
電気機械設備	1.50 %

従って各々の設備の年経費率は以下ようになる。

土木設備	10.59 %
水力機器設備	11.87 %
電気機械設備	11.87 %

### (3) 便益の考え方

計画の便益は代替火力発電所の総工事費、維持管理費および燃料費の合計とする。

便益計算に用いる本計画の出力および電力量は以下に示す条件で求め、各々有効出力、有効電力と定義した。

- i) 有効出力は、保証尖頭出力から所内率0.3%、事故率0.3%、補修率2.0%および送電ロス率1.8%を差し引いたものとした。なお、保証尖頭出力は、95%確率の出力とした。

$$\text{有効出力} = (1 - 0.003) \times (1 - 0.003) \times (1 - 0.02) \times (1 - 0.018)$$

×保証尖頭出力

ii) 有効電力量は、年間保証電力量から所内率0.3%および送電ロス率1.8%を差し引いたものとする。これはタンザニアの電源構成が大規模貯水池を持つ水力中心となっており、火力発電の割合が低く、豊水期の水力発電所発電増による火力発電所燃料費節減の可能性が低く、電力量の評価は保証電力量のみとするのが適切だからである。

保証電力量は、系統内で消費し得る電力量と定義し、計算に当たっては等価ピーク継続時間内に発電された年間電力量の平均値を年間保証電力量とした。

$$\text{有効電力量} = (1 - 0.003) \times (1 - 0.018) \times \text{年間保証電力量}$$

Table 8-6 Alternative thermal Power Plant  
for Optimization Study

Interest Rate = 10%

Item	Unit	Description	
Type		Coal Thermal Power Plant	
Installed Capacity	MW	100	
Annual Plant Factor	%	75	
Thermal Efficiency	%	25.6	
Annual Energy Production	10 <sup>6</sup> kWh	657	
Investment Cost			
Thermal Power Plant	10 <sup>6</sup> \$	148.0	
Transmission Line	10 <sup>6</sup> \$	6.7	
Service Life			
Thermal Power Plant	Years	25	
Transmission Line	Years	35	
Capital Recovery Factor			
Thermal Power Plant	%	11.02	
Transmission Line	%	10.37	
Heat Rate	Btu/kWh	13,270	
Operation & Maintenance Cost			
Thermal Power Plant	%	3	
Transmission Line	%	1.5	
Fuel Price	\$/MBtu	2.28	
Annual Cost			
Capital Receiving		Fixed Cost	Variable Cost
Thermal Power Plant	10 <sup>3</sup> \$	16,309.6	
Transmission Line	10 <sup>3</sup> \$	694.8	
O & M Cost, Administration Cost			
Thermal Power Plant	10 <sup>3</sup> \$	3,996.0	444.0
Transmission Line	10 <sup>3</sup> \$	90.5	10.1
Fuel Cost	10 <sup>3</sup> \$		19,907.9
Total		20,396.1	20,362.0
Annual Cost at Receiving End			
kW Cost	\$/kW	274 <sup>1)</sup>	
kWh Cost	\$/kWh	0.0351 <sup>2)</sup>	

$$1) \frac{20,396.1 \times 10^3 \$}{100,000 \text{ kW}} \times 1.343^{3)} = 274 \text{ \$/kW}$$

$$2) \frac{20,362.0 \times 10^3 \$}{657 \times 10^6 \text{ kWh}} \times 1.134^{3)} = 0.0351 \text{ \$/kW}$$

3) Adjustment Factor for kW & kWh

Item		kW	kWh
Transmission Loss (%)		6.2	6.2
Station Service Rate (%)		6.0	6.0
Forced Outage Rate (%)		4.0	-
Scheduled Outage Rate (%)		12.0	-

$$\text{kW Adjustment Factor} = \frac{1}{(1-0.062) \times (1-0.06) \times (1-0.04) \times (1-0.12)} = 1.343$$

$$\text{kWh Adjustment Factor} = \frac{1}{(1 - 0.062) \times (1 - 0.06)} = 1.134$$