4.4.2 考 察

(1) 骨材の適用性

骨材試験の結果によれば，Kiteto の安定性試験の結果に若干基準値をはずれる試料もみられるが，他は骨材として利用可能な基準値内にある。しかし，特にT.P.C.及び R.Karangaの試料には Absorption, Unit weight, Voids, Clay lumps の試験結果より多くの細粒分（0.075mm以下）が含まれていることが推察される。このため使用の際には，水洗いによって細粒分を洗い流すことが必要である。

コンクリートの圧縮強度試験結果によれば，Karanga の粗骨材と Karangaの細骨材を使った組み合わせで，強度が目標値の1/2以下と著しく低い結果が得られている。よって実際に R.Karangaの骨材を使用するには，再試験及び配合の再検討などが必要であろう。

(2) 賦存量

テストピットによる材料調査ならびに採取試料の室内試験結果から，各材料の採取候補地点に於ける賦存量は，次のように推定される。なお，テストピットの地質スケッチをFig.4.4.2に示す。

(a) Kiteto

既存の TANESCO発電所の7km南東，Kikuletwa No.2計画の発電所予定地点の南側2km（対岸）に位置する。材料は，Kikuletwa 川に流れ込む支流の河床堆積物を採取するもので，材質は主として Pre-Cambrian の結晶片岩や片麻岩起源の中～粗砂である。採取可能量は，支流沿いに3kmに渡って集めてゆけば10×10^3m³は可能と思われる。

(b) Nyumba ya Mungu

Kikuletwa川の下流に位置し，既存の TANESCO発電所の南東約90kmにあり，輸送距離が 100kmと非常に遠い。材料は Kikuletwa川の河床堆積物（雨期における氾濫原堆積物）であり，材質は，主として Pre-Cambrian の結晶片岩や片麻岩起源の中～粗砂である。採取可能量は莫大で，100×10^3m³以上である。

(c) Hai

既存の破砕プラントであり MoshiとArushaを結ぶ幹線道路沿いにあり，既存の TANESCO発電所の北方15kmに位置する。材質はキリマンジャロ火山の噴出物起源の basaltic rocks 等のちみつな径30cm前後の火山岩礫で，under 1/4″，

1/4 ～ 1/2″，1/2 ～ 3/4″，3/4 ～1″ over 1″のサイズの砕石が生産されている。

なお，砕石されている原岩は，プロジェクト地域周辺から集められたもので，Kikuletwa No.2プロジェクトサイトにも同質の岩盤が分布している。

(d) R.Karanga

既存の TANESCO発電所の北東12kmに位置する。材質はキリマンジャロ火山の噴出物である basaltic rocks を起源とする砂礫～砂である。

シルトが卓越するNo.5地点を除いて，骨材として利用可能と推定される賦存量は以下の通りである。

Location	Fine material (m^3)	Coarse material (m^3)
No.1	2.5×10^3	6.0×10^3
No.2	0.9×10^3	2.1×10^3
No.3	2.8×10^3	4.8×10^3
No.4	1.7×10^3	1.7×10^3

ただし，前述の試験結果からみて，実際に使用する場合さらに選別の必要があると考えられ，利用可能量は減少する。

(e) T.P.C

上記の R.Karangaの南3kmのサトウキビ畑の中に位置し，骨材として利用可能な材料は最高で 5.5mの厚さの細粒の Overburden に覆われている。

賦存量としてかなりの量があると推定されるが，採取のためには，厚い表層の掘削作業を要する。

Table 4.4.1 RESULT OF LABORATORY TESTS (1 of 5)

Location	Classification of Aggregate		Remarks
R. Karanga	Volcanic:	alkali-ne-Basalt	
T.P.C.	Volcanic:	alkali-ne-Basalt	
Hai	Volcanic:	alkali-ne Basalt and grey Basalt	
Kiteto	Sedimentary:	quartz/feldspar cemented by limestone	
Nyumba ya Mungu	Sedimentary:	quartz/magnetite cemented by limestone	

Table 4.4.1 RESULT OF LABORATORY TESTS (2 of 5)

Sieve tests		Percentage passing through sieves (%)											Remarks
Sampling Location	Pit name	Under 0.075mm	0.150	0.300	0.600	1.200	2.360	4.750	9.500	19.00	38.10	76.00	
R. Karanga	No.1-2	0.1	0.7	4.3	10.0	17.0	22.0	27.8	35.0	45.0	57.0	80.0	
	No.1-3(1)	0.2	0.5	4.0	9.6	12.9	22.7	27.6	34.0	43.0	53.0	72.0	
	No.1-3(2)	0.1	0.2	0.8	1.8	6.0	12.0	19.0	28.0	38.0	47.9	57.0	
	No.3-3	0.1	0.4	1.7	3.8	14.9	32.0	49.9	64.0	77.0	87.0	96.0	
	No.5-1	0.1	0.5	3.0	16.7	36.0	43.0	51.0	60.0	71.9	82.0	93.0	
T.P.C.	No.1	0.1	0.8	3.0	6.8	15.4	28.0	41.9	55.0	68.6	77.8	85.0	
Hai													(Plant name)
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	80.0	100.0	Over 1"
		0	0	0	0	0	0	0	0	6.0	100.0		1 - 3/4"
		0	0	0	0	0	0	0	1.0	83.0	100.0		3/4 - 1/2"
		0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	18.0	100.0			1/2 - 1/4"
		2.3	4.5	7.0	12.7	24.9	54.0	94.4	99.7	100.0			Under 1/4"
Kiteto	No.5	0.1	1.0	7.0	21.0	44.0	62.0	79.0	93.6	100.0			
	No.7	0.1	0.5	2.8	15.0	35.0	63.0	87.6	96.0	100.0			
	No.8	0.1	0.7	3.0	11.7	32.4	55.0	77.0	91.0	100.0			
	No.12	0.1	0.6	4.0	8.9	29.0	55.9	81.8	94.0	100.0			
Nyumba ya Mungu	No.1	0.1	0.2	1.0	8.4	28.5	56.7	82.7	93.8	100.0			

Table 4.4.1 RESULT OF LABORATORY TESTS (3 of 5)

Fine Aggregate

Location	Kiteto						Nyumba ya Mungu	Hai	R. Karanga				T.P.C.	Maximum Allowable	
Pit name	No. 3	No. 5	No. 7	No. 8	No.10	No.12	-	1/4"	No.1-3	No.3-3	No.5-1		No.1	ASTMC33	JIS (for dam)
Grading	See Fig. 4.4.1 (1 of 6), (2 of 6) and (3 of 6)														
Specific gravity	2.62	2.60	2.63	2.65	2.73	2.71	2.71	2.57	-	-	-	-	-		
Absorption (%)	12.6	13.1	12.4	12.6	10.7	13.6	14.2	11.8	-	-	-	-	-		
Soundness (%)	6.4	13.7	-	-	-	14.1	5.2	-	5.6	4.8	7.2	4.6	5.8	less than 10.0	less than 10.0
Unit weight (kg/m^3)	1959.4	1942.2	-	1994.7	1992.2	1994.7	1890.6	1698.4	-	-	-	-	-		
Voids (%)	25.1	25.0	-	24.4	26.7	26.1	29.9	33.6	-	-	-	-	-		
Clay lumps*1 (%)	1.8	1.3	-	2.8	2.0	1.6	-	0.7	-	-	-	-	-	less than 3.0	less than 1.0
Clay lumps*2 (%)	-	4.1	-	4.6	-	-	2.5	6.3	-	-	-	-	-		less than (3.0)
Organic impurities	not present	not present	-	not present	not present	not present	not present	-	-	-	-	-	-		
Alkali-Aggregate reaction	0 *3	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	0	0		

*1: ASTM C142 *2: BS 812 *3: 0 is innocuous

Table 4.4.1 RESULT OF LABORATORY TESTS (4 of 5)

Coarse Aggregate

Location	Hai				R. Karanga			Maximum (Minimum) Allowable	
Pit name	1/2"	3/4"	1"	Over size	No.1-3	No.3-3	No.5-1	ASTMC33	JIS (for dam)
Grading	See Fig. 4.4.1 (4 of 6) and (5 of 6)								
Specific gravity	2.54	2.55	2.55	-	-	-	-		more than 2.5
Absorption (%)	1.9	2.9	2.8	-	-	-	-		less than 3.0
Abrasion (%)	22.8	24.8	24.9	22.3	26.7	25.2	27.2	less than 50.0	less than 40.0
Soundness (%)	2.8	3.1	3.2	2.3	2.7	3.0	-	less than 18.0	less than 12.0
Unight weight (kg/m^3)	1542.7	1542.7	-	-	-	-	-		
Voids (%)	39.0	39.2	-	-	-	-	-		
Clay lumps*1 (%)	0.5	0.8	-	-	-	-	-	less than 2.0	less than 0.25
Crushing Value (%)	22.0				15.0				
Alkali-Aggregate reaction	0*2	-	-	-	-	0	-		

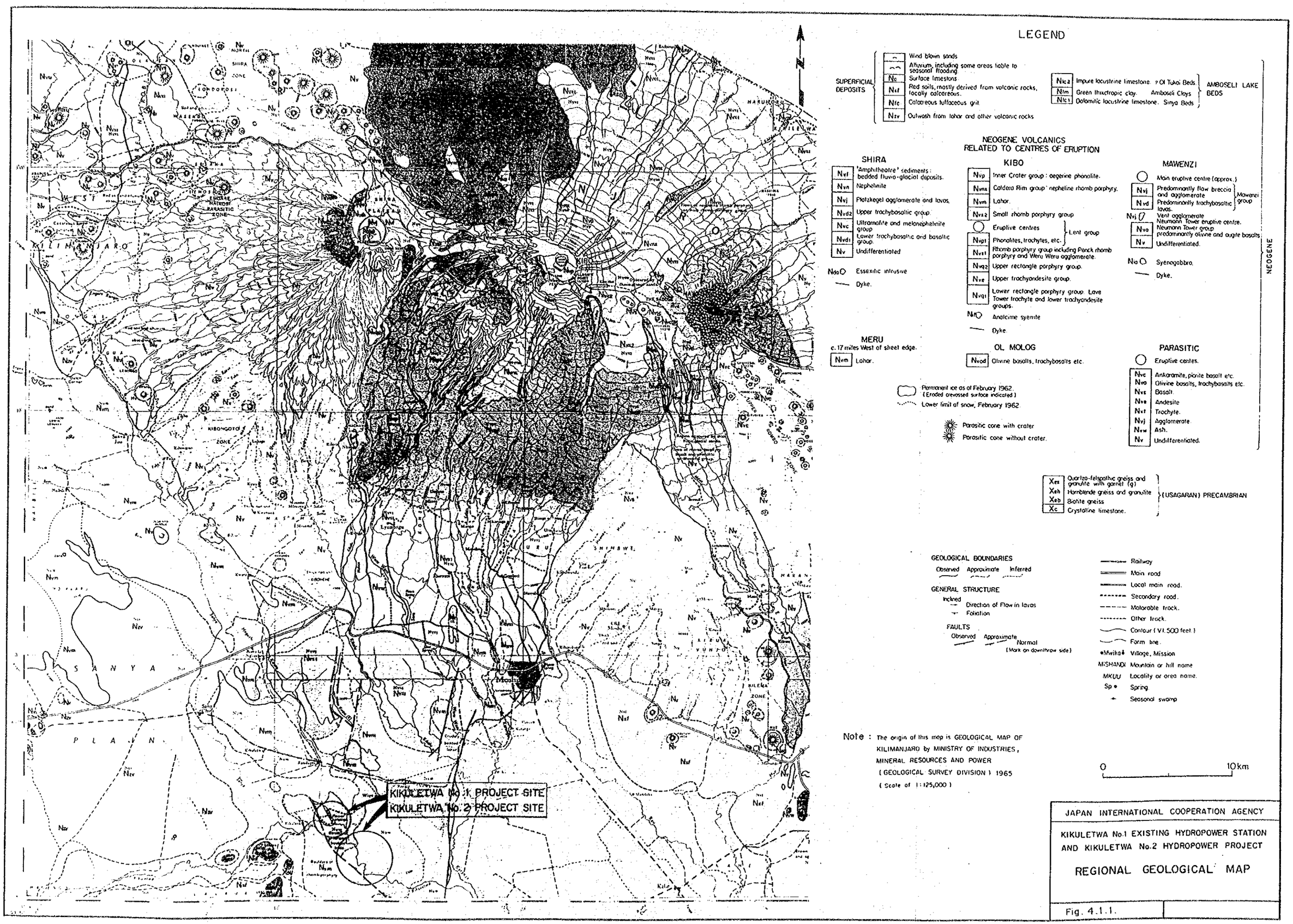
*1: ASTM C142 *2: O is innocuous

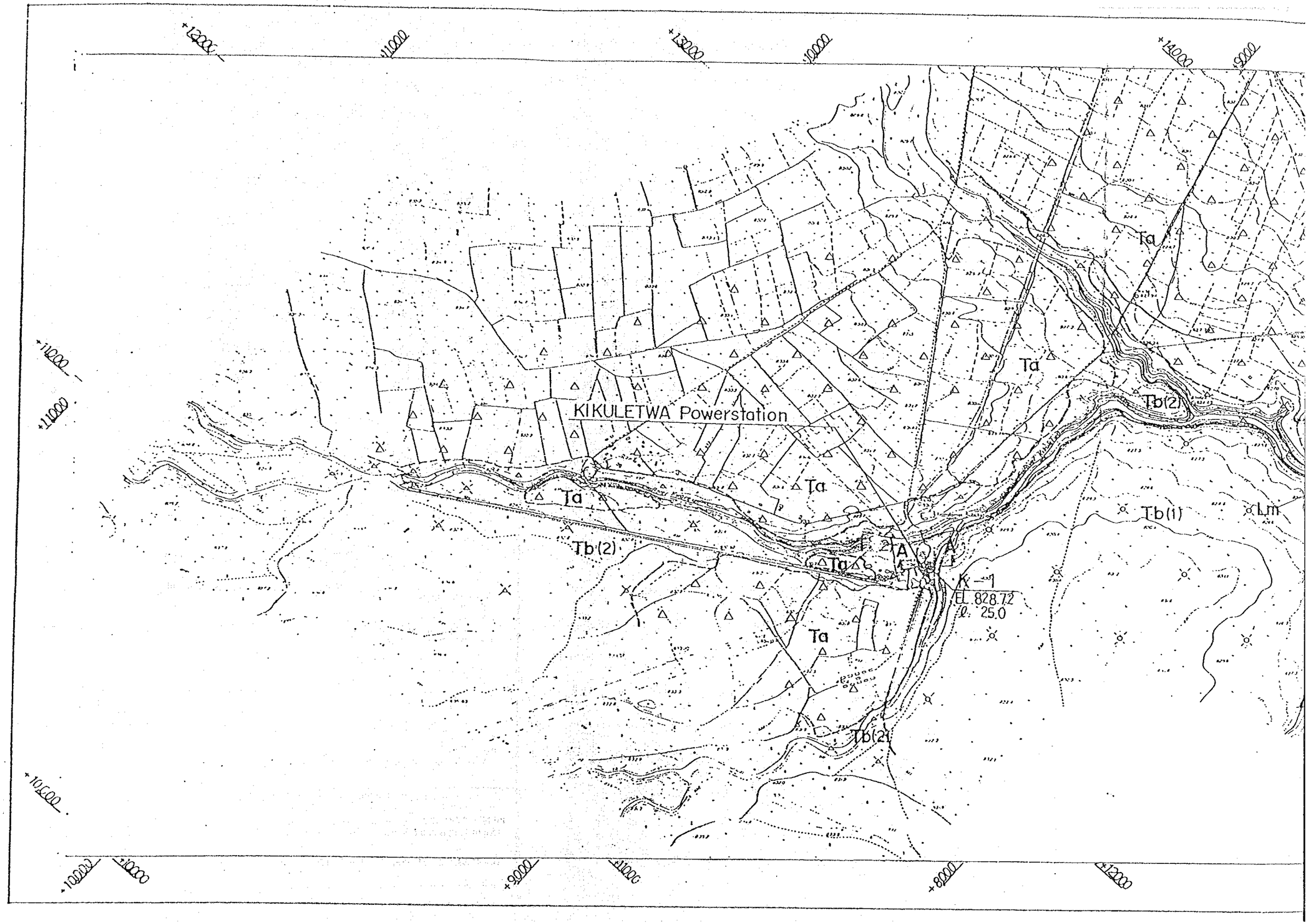
Table 4.4.1 RESULT OF LABORATORY TESTS (5 of 5)

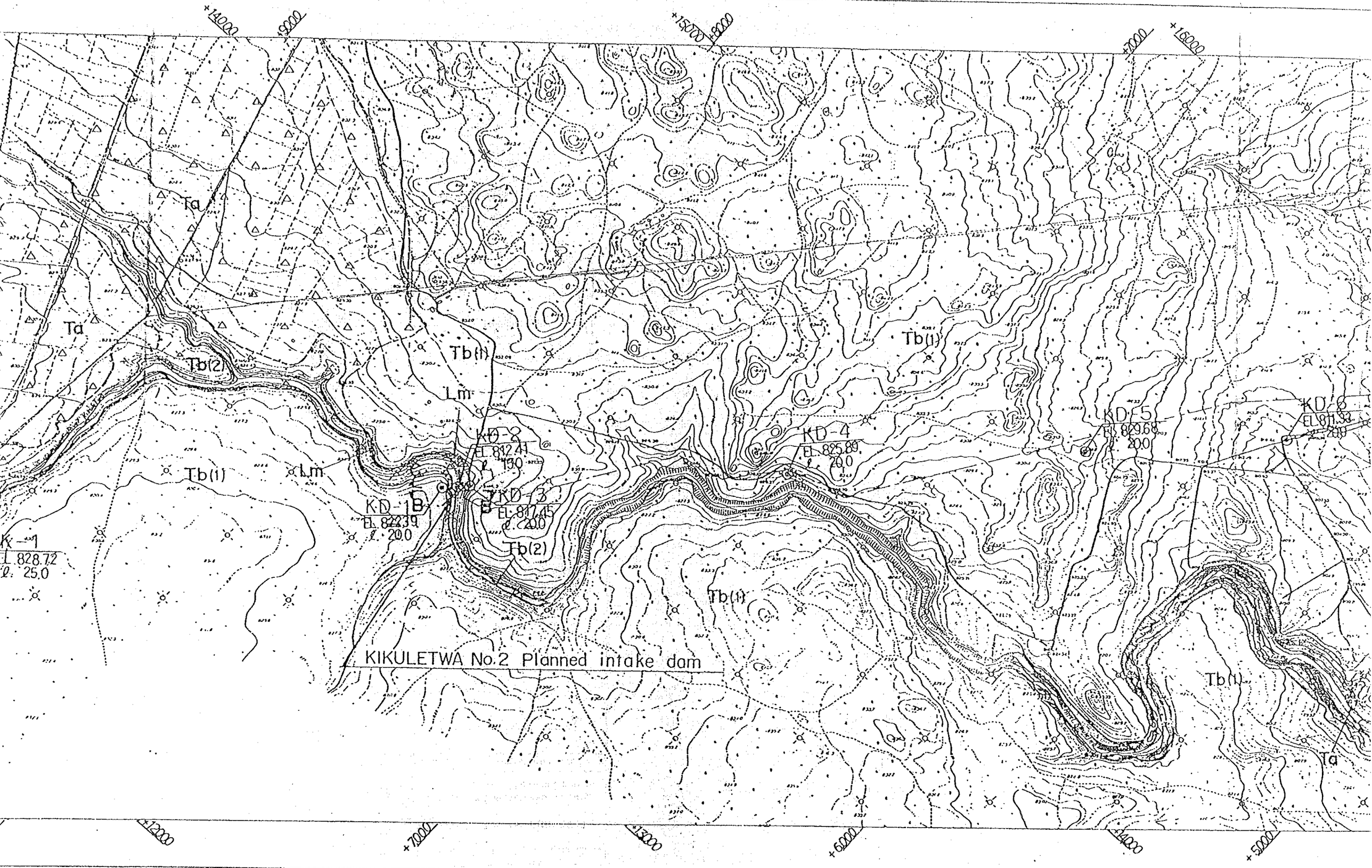
Natural (fine and coarse) Aggregate

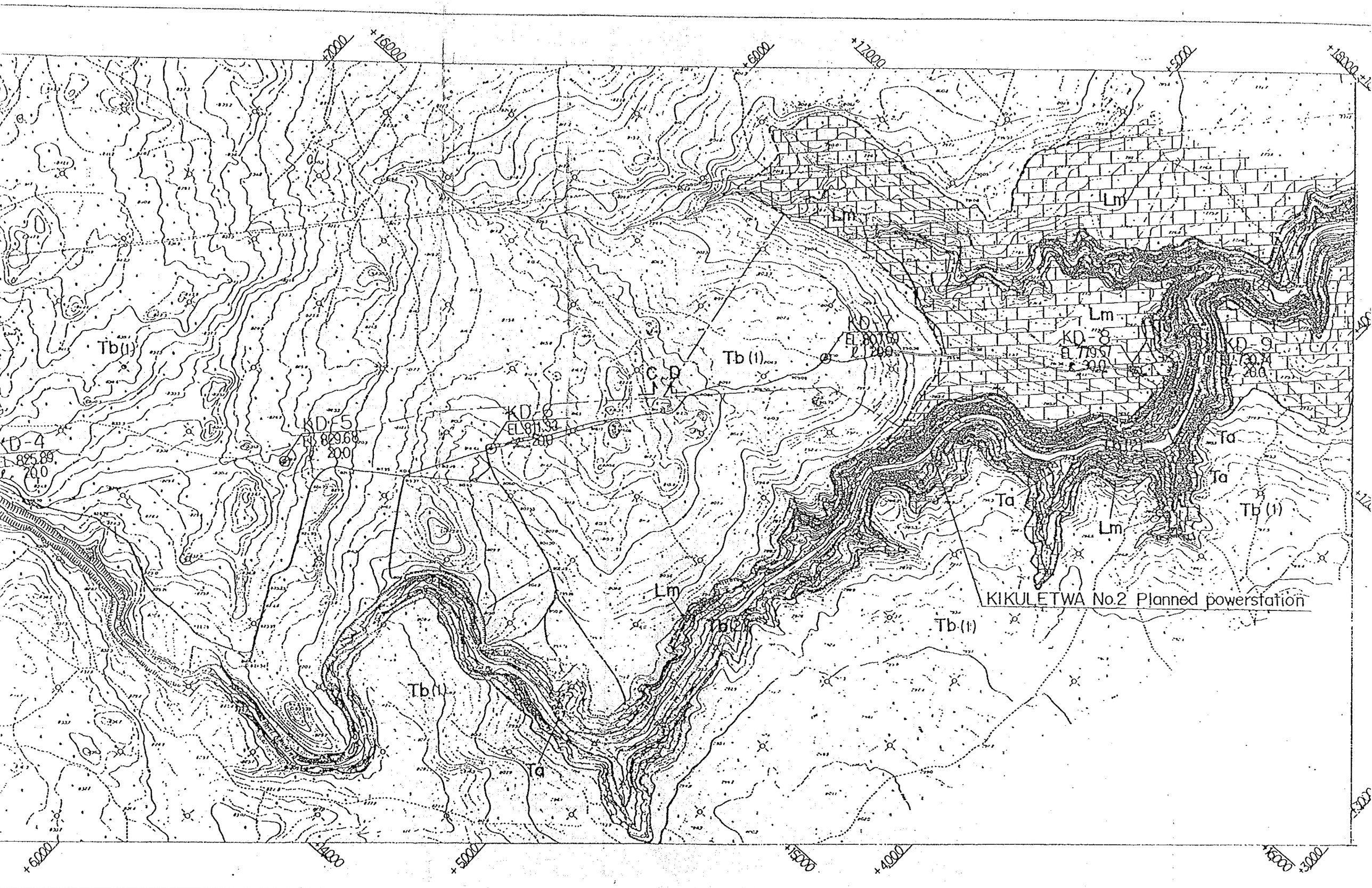
Location	R. Karanga		T.P.C
Pit name	No.3-3	No.5-1	No.1
Grading	See Fig. 4.4.1 (6 of 6)		
Specific gravity	2.46	2.43	2.52
Absorption (%)	24.1	22.1	15.2
Unight weight (kg/m^3)	1939.3	1990.5	2040.6
Voids (%)	20.8	17.7	18.7
Clay lumps*1 (%)	1.5	1.9	1.4
Clay lumps*2 (%)	-	20.6	16.9
Organic impurities	Present	Present	Present

*1: ASTM C142
*2: BS812


LEGEND
SUPERFICIAL DEPOSITS
Wind blown sands
Alluvium, including some areas liable to seasonal flooding
Nc Surface limestone
Nsf Red soils, mostly derived from volcanic rocks, locally calcareous.
Nfc Calcareous tuffaceous grit
Nzv Outwash from lahar and other volcanic rocks
Nlc2 Impure lacustrine limestone. ? Ol Tukai Beds
Nlm Green thixotropic clay. Amboseli Clays
Nlc1 Dolomitic lacustrine limestone. Sinya Beds
AMBOSELI LAKE BEDS
NEOGENE
NEOGENE VOLCANICS RELATED TO CENTRES OF ERUPTION
SHIRA
Nvf 'Amphitheatre' sediments: bedded fluvio-glacial deposits.
Nvn Nephelinite
Nvj Platzkegel agglomerate and lavas.
Nvd2 Upper trachybasaltic group.
Nvc Ultramafite and melanephelinite group
Nvd1 Lower trachybasaltic and basaltic group.
Nv Undifferentiated
Nda Essexitic intrusive
Dyke.
KIBO
Nvp Inner Crater group: aegerine phonolite.
Nvmx Caldera Rim group: nepheline rhomb porphyry.
Nvm Lahar.
Nvs2 Small rhomb porphyry group
Eruptive centres
Lent group
Nvp1 Phonolites, trachytes, etc.
Nvs1 Rhomb porphyry group including Penck rhomb porphyry and Weru Weru agglomerate.
Nvq2 Upper rectangle porphyry group.
Nve Upper trachyandesite group.
Nvq1 Lower rectangle porphyry group. Lava Tower trachyte and lower trachyandesite groups.
Nn Analcime syenite
Dyke.
MAWENZI
Main eruptive centre (approx.)
Nvj Predominantly flow breccia and agglomerate
Nvd Predominantly trachybasaltic lavas.
Mawenzi group
Nvj Vent agglomerate
Neumann Tower eruptive centre.
Nvo Neumann Tower group predominantly olivine and augite basalts
Nv Undifferentiated.
Nia Syenogabbro.
Dyke.
MERU
c. 17 miles West of sheet edge.
Nvm Lahar.
OL MOLOG
Nvod Olivine basalts, trachybasalts etc.
PARASITIC
Eruptive centes.
Nvc Ankaramite, picrite basalt etc.
Nvo Olivine basalts, trachybasalts etc.
Nvs Basalt.
Nve Andesite
Nvt Trachyte.
Nvj Agglomerate
Nvw Ash.
Nv Undifferentiated.
Permanent ice as of February 1962. (Eroded crevassed surface indicated)
Lower limit of snow, February 1962
Parasitic cone with crater
Parasitic cone without crater.
Xes Quartzo-felspathic gneiss and granulite with garnet (g)
Xeh Hornblende gneiss and granulite
Xeb Biotite gneiss
Xc Crystalline limestone.
(USAGARAN) PRECAMBRIAN
GEOLOGICAL BOUNDARIES
Observed Approximate Inferred
GENERAL STRUCTURE
Inclined
Direction of Flow in lavas
Foliation
FAULTS
Observed Approximate Normal
(Mark on downthrow side)
Railway
Main road
Local main road.
Secondary road.
Motorable track.
Other track.
Contour (V.I. 500 feet)
Form line.
Mwika Village, Mission
MISHANDI Mountain or hill name
MKUU Locality or area name.
Sp Spring
Seasonal swamp
Note: The origin of this map is GEOLOGICAL MAP OF KILIMANJARO by MINISTRY OF INDUSTRIES, MINERAL RESOURCES AND POWER (GEOLOGICAL SURVEY DIVISION) 1965 (Scale of 1:125,000)
0 10km
KIKULETWA No.1 PROJECT SITE
KIKULETWA No.2 PROJECT SITE
KILIMANJARO
SANYA
PLAIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
KIKULETWA No.1 EXISTING HYDROPOWER STATION AND KIKULETWA No.2 HYDROPOWER PROJECT
REGIONAL GEOLOGICAL MAP
Fig. 4.1.1.


+12000
+11000
+13000
+10000
+14000
+9000
+11000
+11000
KIKULETWA Powerstation
Ta
Ta
Ta
Ta
Ta
Ta
Tb(2)
Tb(2)
Tb(2)
Tb(1)
Lm
A
A
K-1
EL. 828.72
ℓ. 25.0
+10500
+10000
+10000
+9000
+11000
+8000
+12000


+14000
+9000
+15000
+8000
+7000
+16000
Ta
Ta
Tb(2)
Tb(1)
Lm
Tb(1)
Lm
Tb(1)
KD-2
EL.812.41
ℓ. 15.0
KD-4
EL.825.89
ℓ. 20.0
KD-5
EL.829.68
ℓ. 20.0
KD-6
EL.811.93
ℓ. 20.0
KD-1B
EL.822.39
ℓ. 20.0
KD-3
EL.817.45
ℓ. 20.0
Tb(2)
Tb(1)
Tb(1)
Ta
KIKULETWA No.2 Planned intake dam
+12000
+7000
+13000
+6000
+14000
+5000


KIKULETWA No.2 Planned powerstation
KD-4
KD-5
KD-6
KD-7
KD-8
KD-9
Tb(1)
Tb(2)
Ta
Lm
C
D

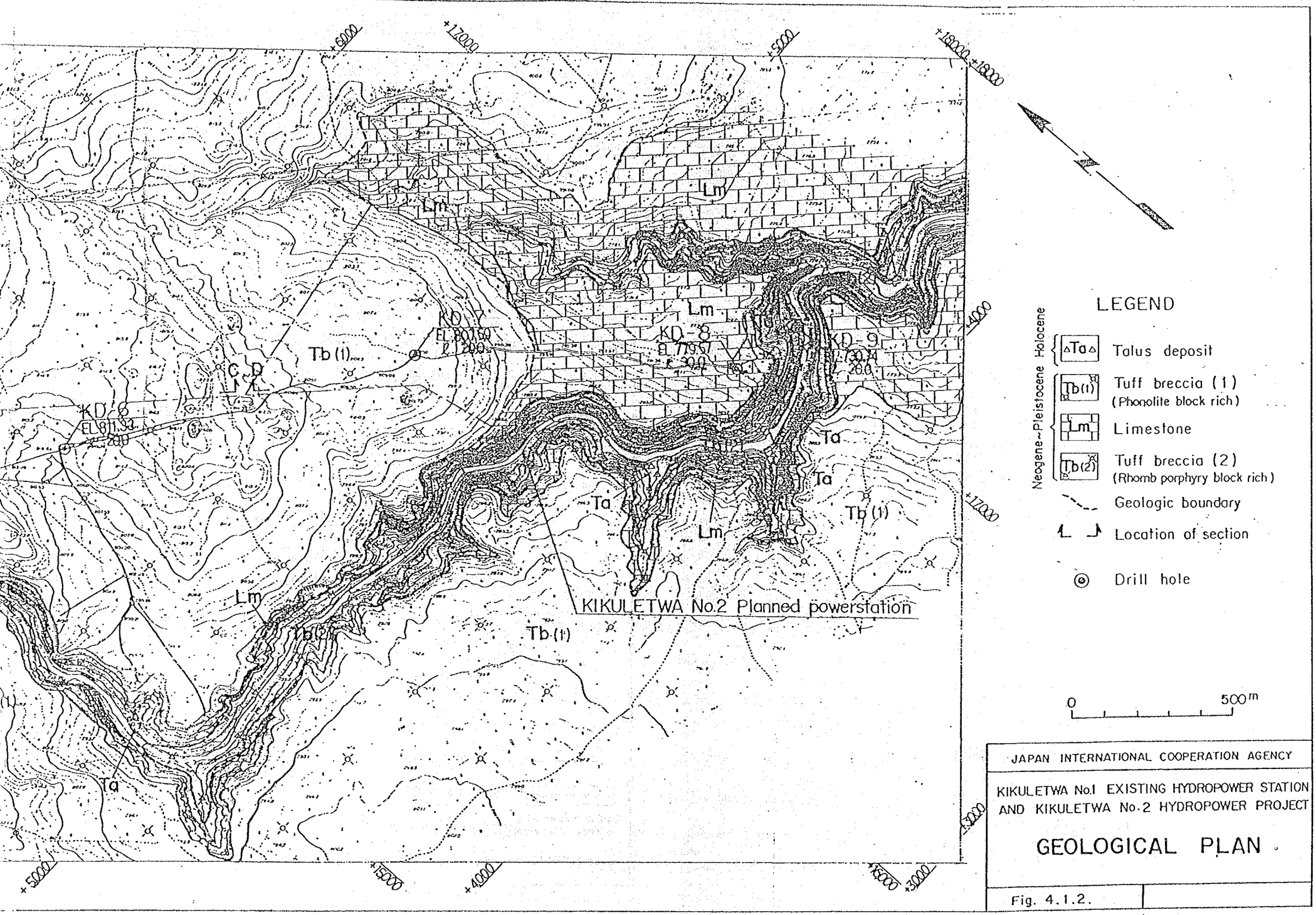
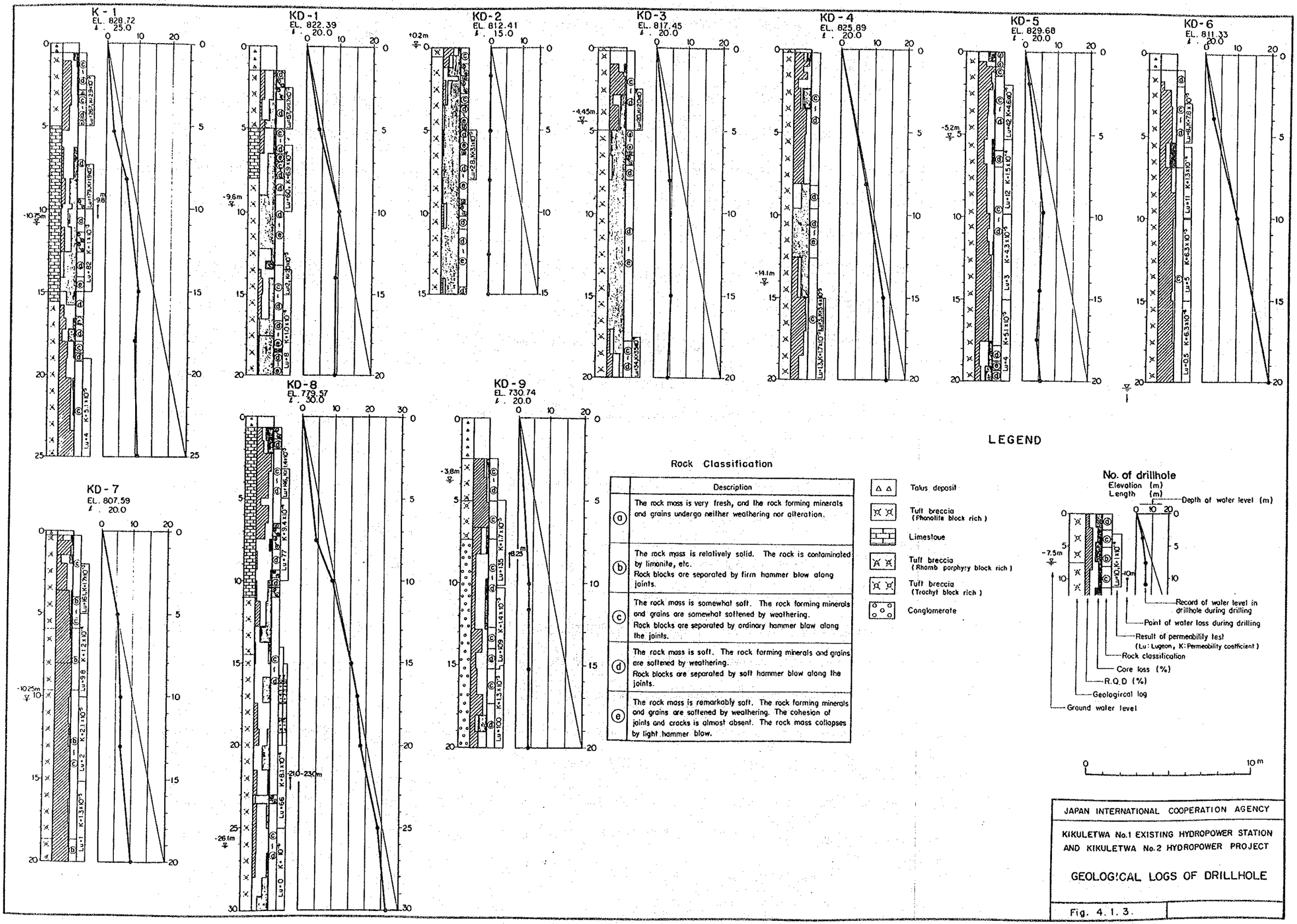

LEGEND
Holocene
Talus deposit
Neogene~Pleistocene
Tuff breccia (1)
(Phonolite block rich)
Limestone
Tuff breccia (2)
(Rhomb porphyry block rich)
Geologic boundary
Location of section
Drill hole
0
500m
KIKULETWA No.2 Planned powerstation
Lm
Ta
Tb (1)
Tb (2)
KD-6
KD-7
KD-8
KD-9
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
KIKULETWA No.1 EXISTING HYDROPOWER STATION
AND KIKULETWA No.2 HYDROPOWER PROJECT
GEOLOGICAL PLAN

Fig. 4.1.2.



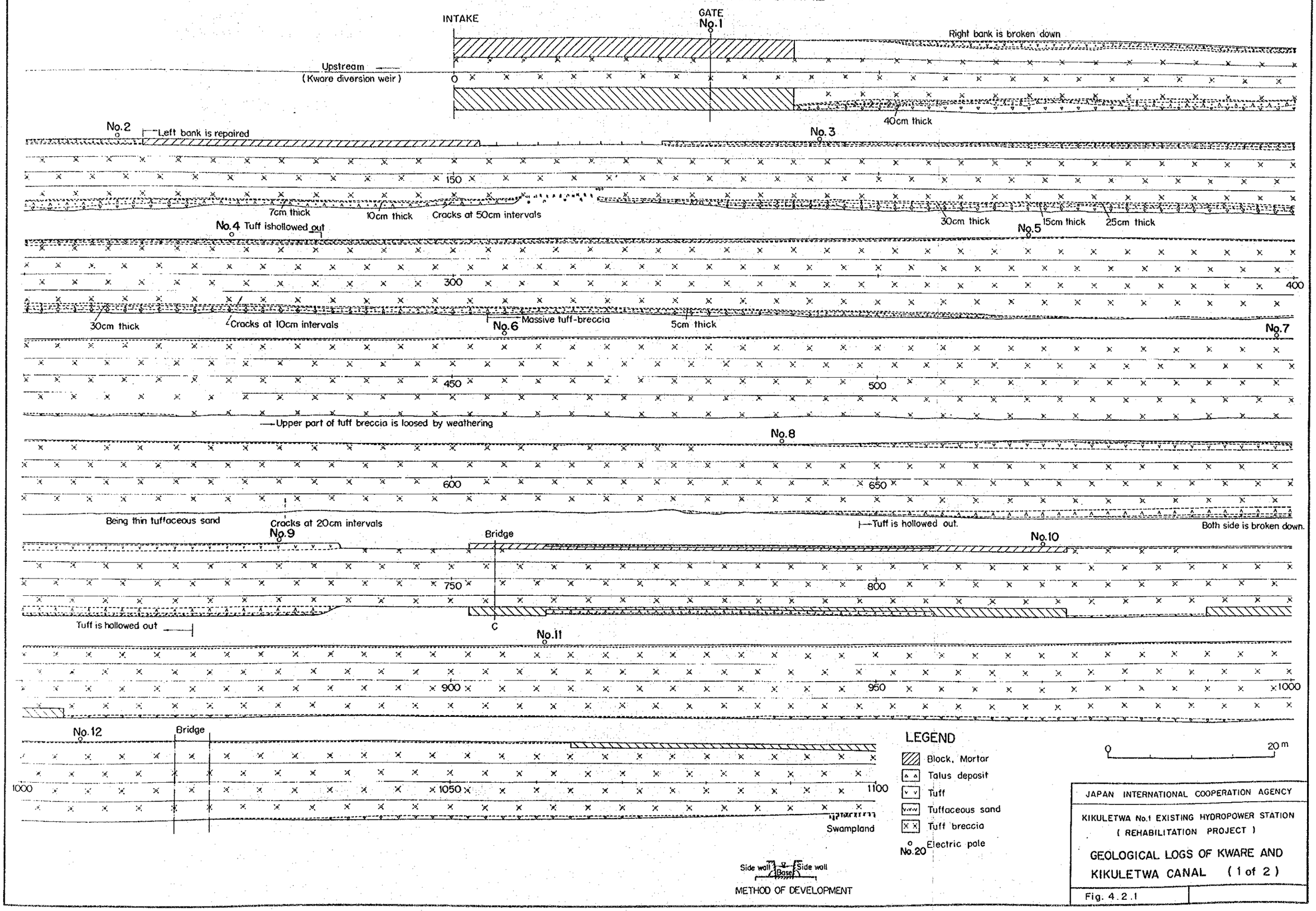
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

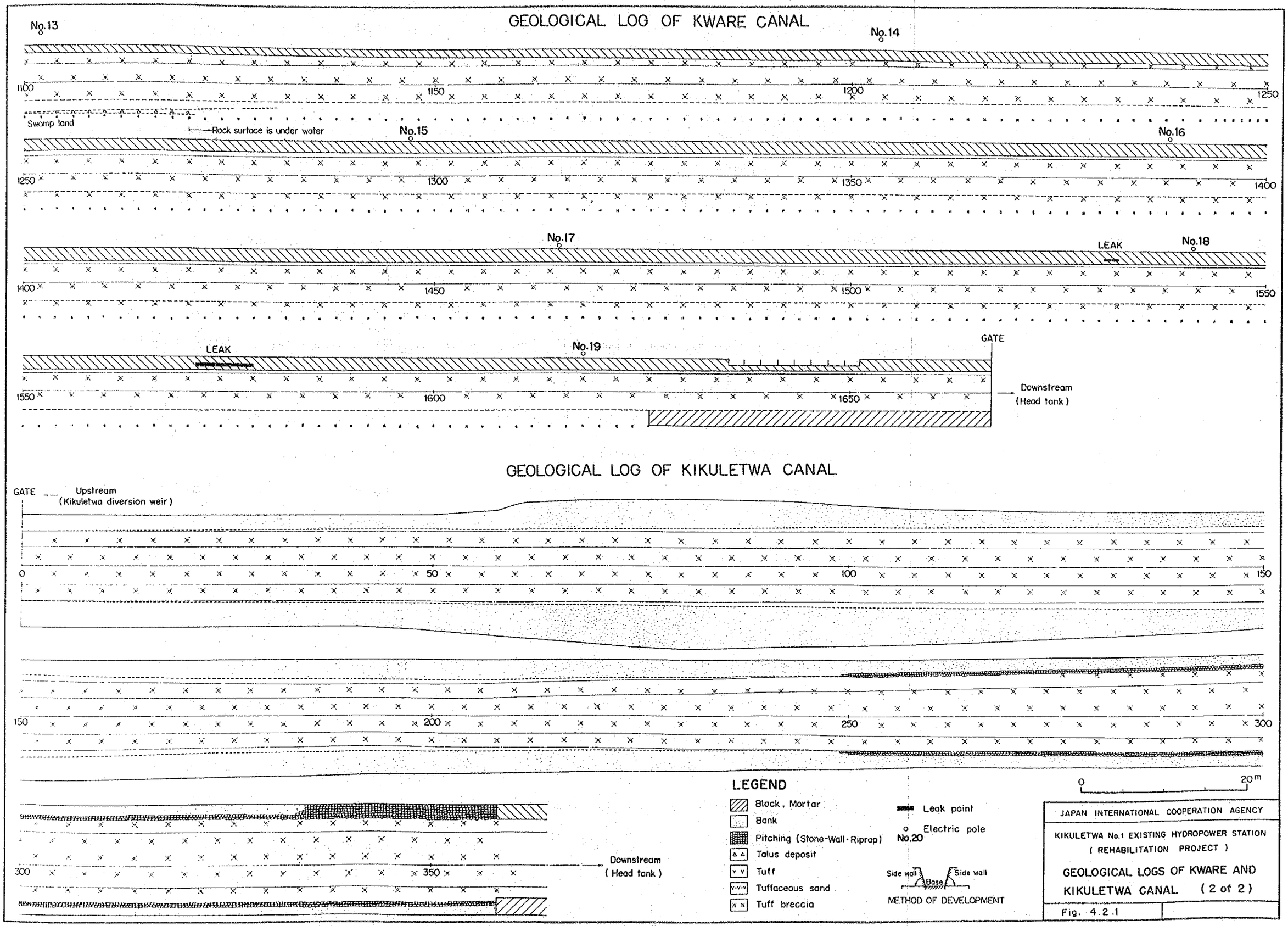
KIKULETWA No.1 EXISTING HYDROPOWER STATION AND KIKULETWA No.2 HYDROPOWER PROJECT

GEOLOGICAL LOGS OF DRILLHOLE

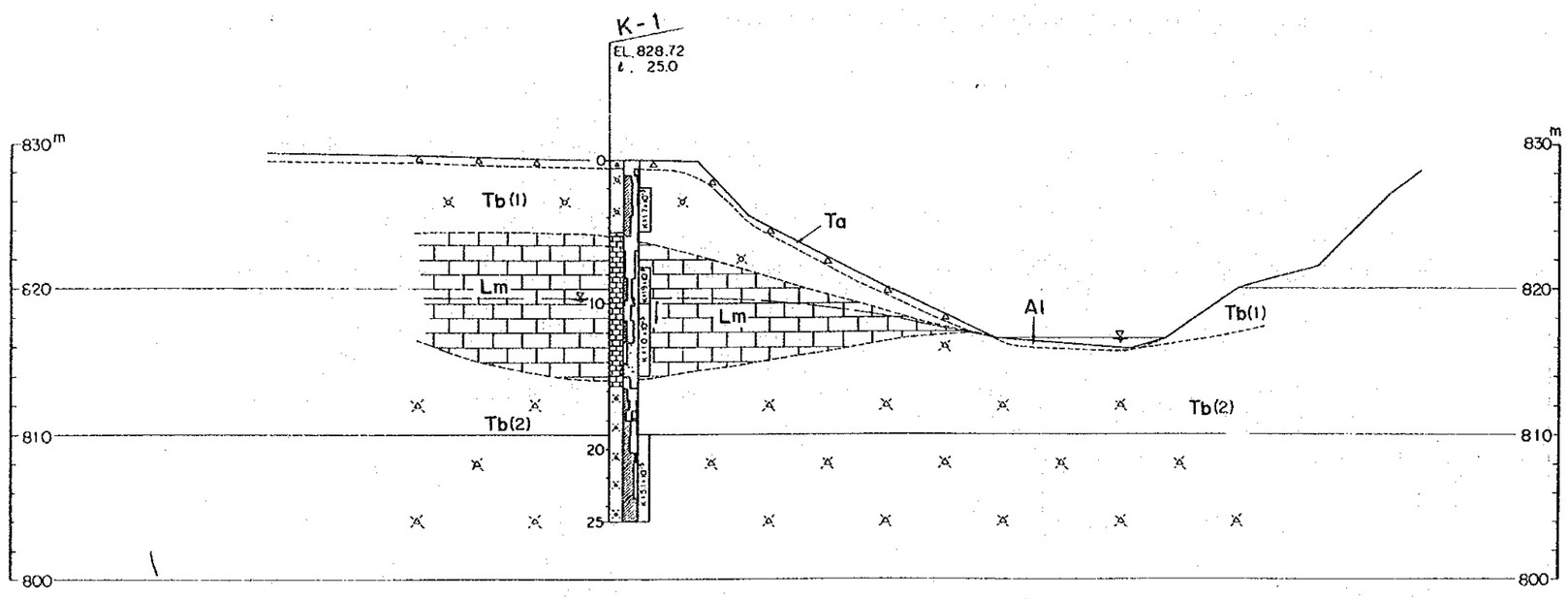
Fig. 4.1.3.

GEOLOGICAL LOG OF KWARE CANAL




GEOLOGICAL LOG OF KWARE CANAL
No.13
No.14
1100
1150
1200
1250
Swamp land
Rock surface is under water
No.15
No.16
1250
1300
1350
1400
No.17
LEAK
No.18
1400
1450
1500
1550
LEAK
No.19
GATE
1550
1600
1650
Downstream
(Head tank)
GEOLOGICAL LOG OF KIKULETWA CANAL
GATE
Upstream
(Kikuletwa diversion weir)
0
50
100
150
150
200
250
300
300
350
Downstream
(Head tank)
LEGEND
Block, Mortar
Bank
Pitching (Stone-Wall·Riprap)
Talus deposit
Tuff
Tuffaceous sand
Tuff breccia
Leak point
Electric pole
No.20
Side wall
Base
Side wall
METHOD OF DEVELOPMENT
0
20m
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
KIKULETWA No.1 EXISTING HYDROPOWER STATION
(REHABILITATION PROJECT)
GEOLOGICAL LOGS OF KWARE AND
KIKULETWA CANAL (2 of 2)
Fig. 4.2.1

GEOLOGICAL SECTION OF POWER STATION SITE (A-A)



LEGEND

Holocene
- Al — Alluvium
- Ta — Talus deposit

Neogene~Pleistocene
- Tb(1) — Tuff breccia (1) (Phonolite block rich)
- Lm — Limestone
- Tb(2) — Tuff breccia (2) (Rhomb porphyry block rich)

Geologic boundary

KD- — Hole No.
EL. — Elevation
L. — Depth of hole

Water loss during drilling

K: Coefficient of Permeability
Core loss (%)
R.Q.D. (%)
Range recovered as cuttings

Log

Underground watertable

0 — 20m

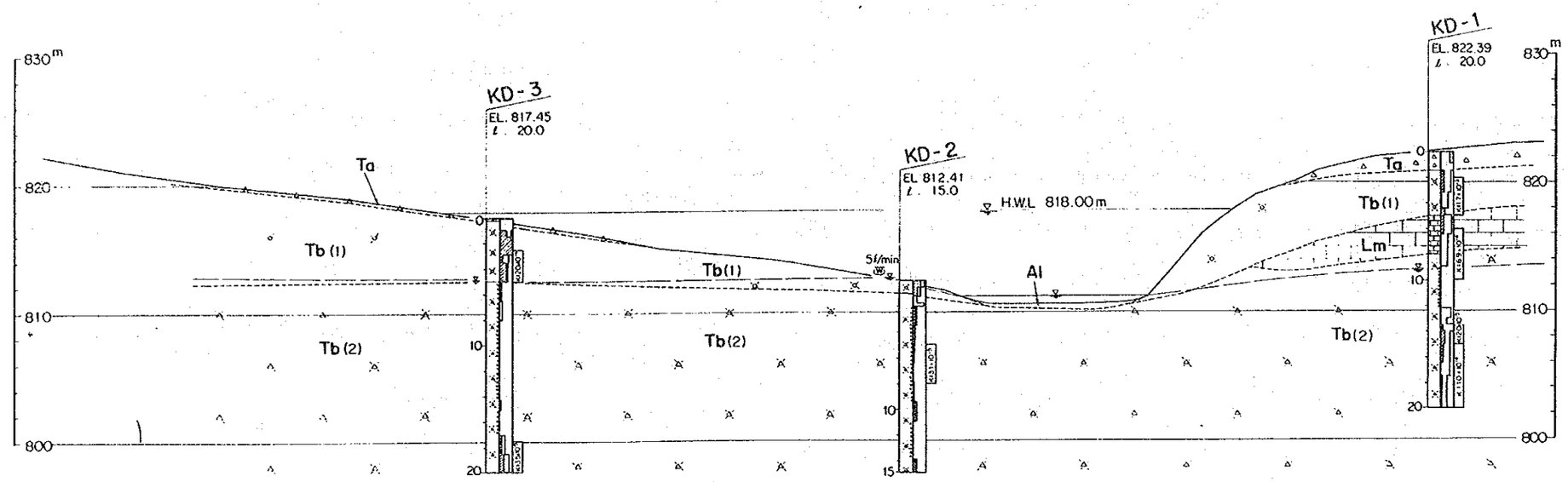
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

KIKULETWA No.1 EXISTING HYDROPOWER STATION
(REHABILITATION PROJECT)

GEOLOGICAL SECTION OF POWER STATION SITE (A-A)

Fig. 4.2.2

GEOLOGICAL SECTION OF INTAKE DAM SITE (B-B)



LEGEND

Holocene
- Al — Alluvium
- Ta — Talus deposit

Neogene ~ Pleistocene
- Tb(1) — Tuff breccia (1) (Phonolite block rich)
- Lm — Limestone
- Tb(2) — Tuff breccia (2) (Rhomb porphyry block rich)

Geologic boundary

KD — Hole No.
EL. — Elevation
L. — Depth of hole

Water loss during drilling

K: Coefficient of Permeability
Core loss (%)
R.Q.D. (%)
Range recovered as cuttings

Log

Underground watertable

0 — 20 m

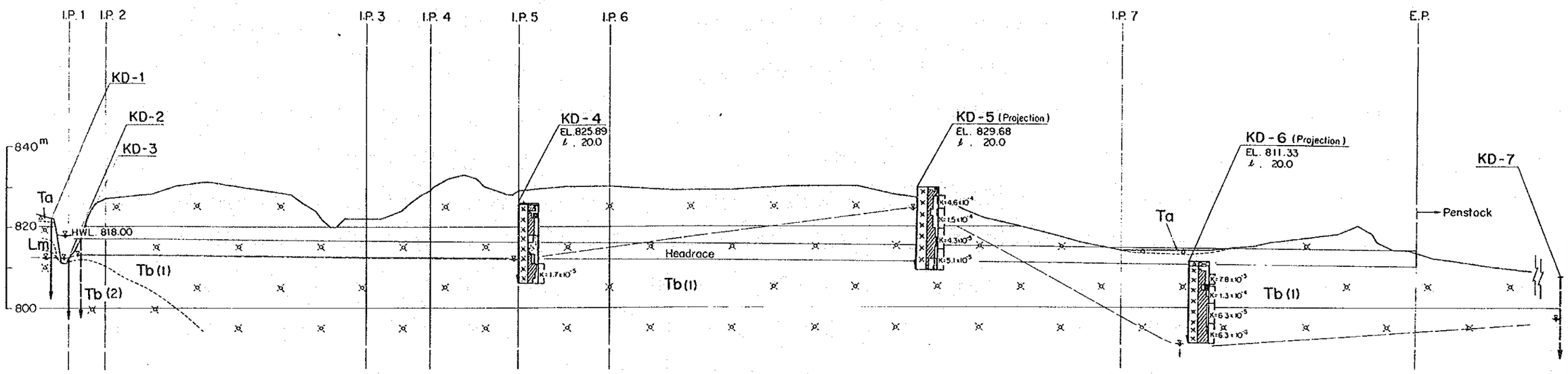
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

KIKULETWA No.2 HYDRO POWER PROJECT

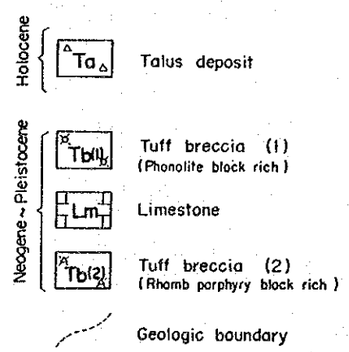
GEOLOGICAL SECTION OF INTAKE DAM SITE (B-B)

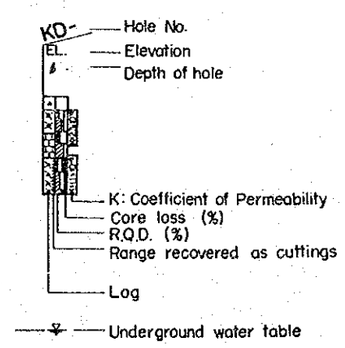
Fig. 4.3.1

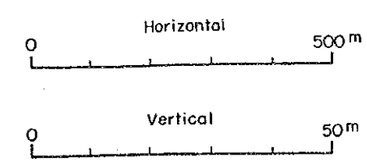
GEOLOGICAL SECTION OF WATERWAY (C-C)



LEGEND

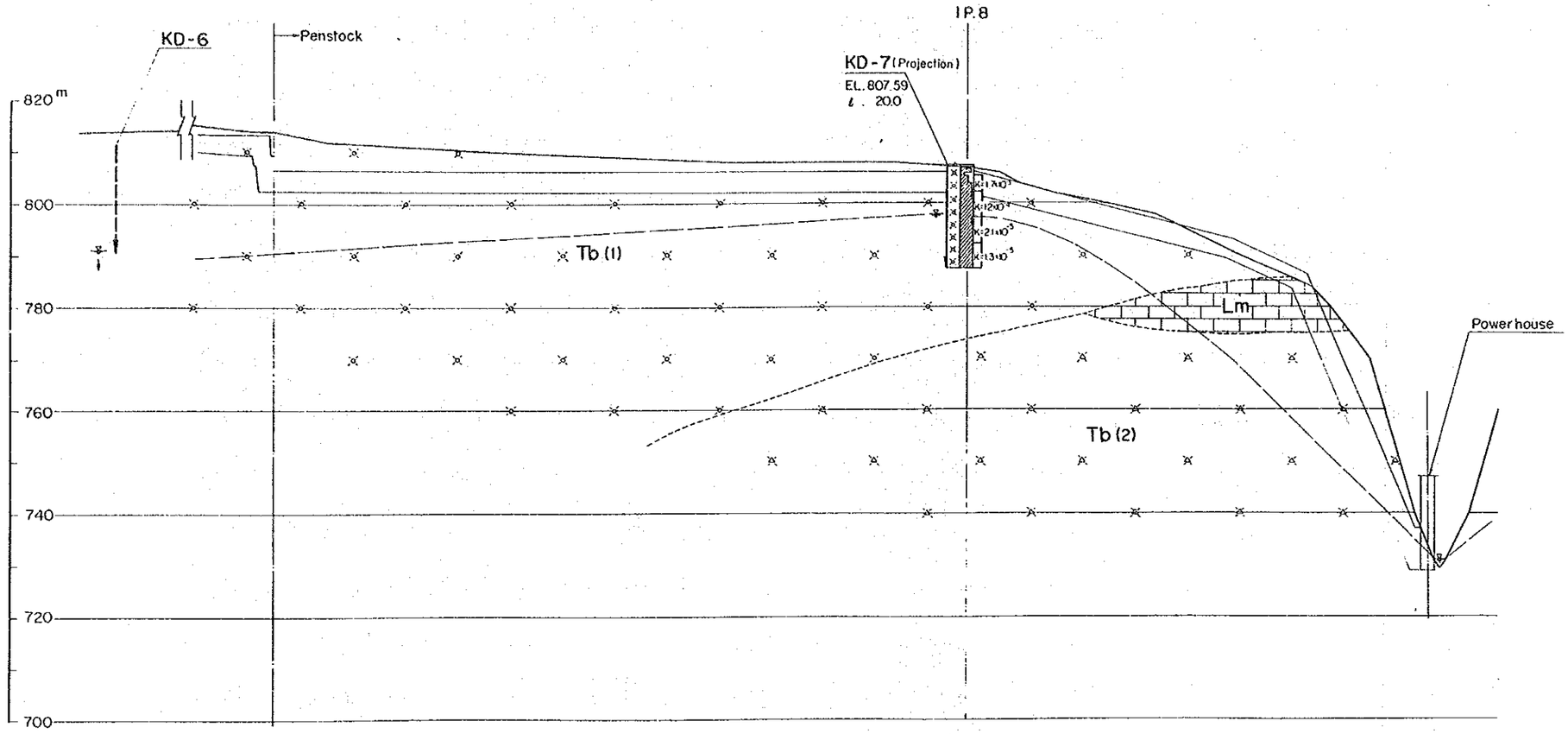






JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
KIKULETWA No. 2 HYDRO POWER PROJECT	
GEOLOGICAL SECTION OF WATERWAY (C-C)	
Fig. 4.3.2.	

GEOLOGICAL SECTION OF PENSTOCK AND POWER STATION (D-D)



LEGEND

Neogene~Pleistocene

- Tb(1) — Tuff breccia (1) (Phonolite block rich)
- Lm — Limestone
- Tb(2) — Tuff breccia (2) (Rhomb porphyry block rich)

Geologic boundary

KD- Hole No.
EL. Elevation
ℓ . Depth of hole

- K: Coefficient of Permeability
- Core loss (%)
- R.Q.D. (%)
- Range recovered as cuttings
- Log

Underground water table

Horizontal 0 — 200 m

Vertical 0 — 50 m

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

KIKULETWA No.2 HYDRO POWER PROJECT

GEOLOGICAL SECTION OF PENSTOCK AND POWER STATION SITE (D-D)

Fig. 4.3.3.

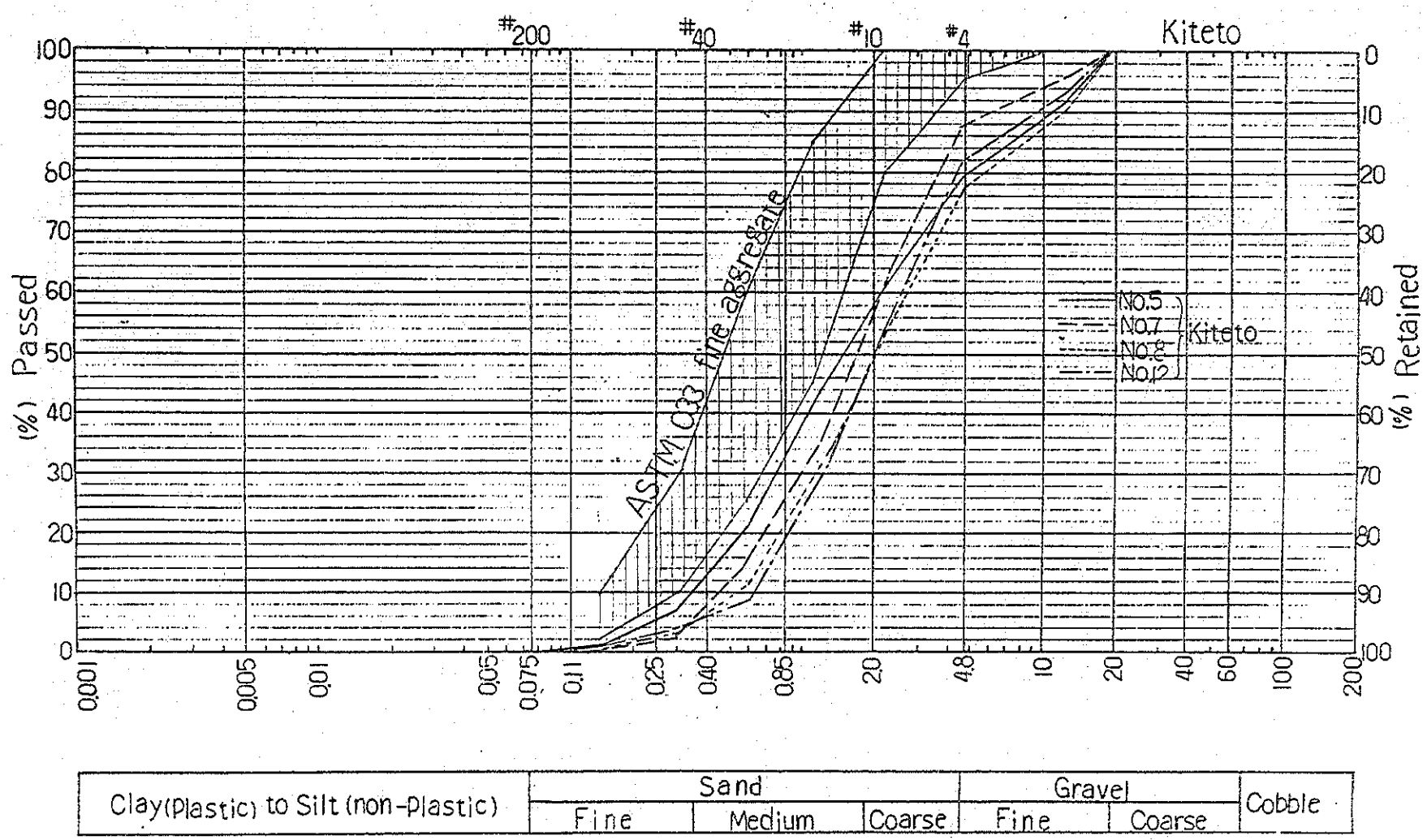


Fig. 4.4.1 DISTRIBUTION CURVE OF AGGREGATE (1 of 6)

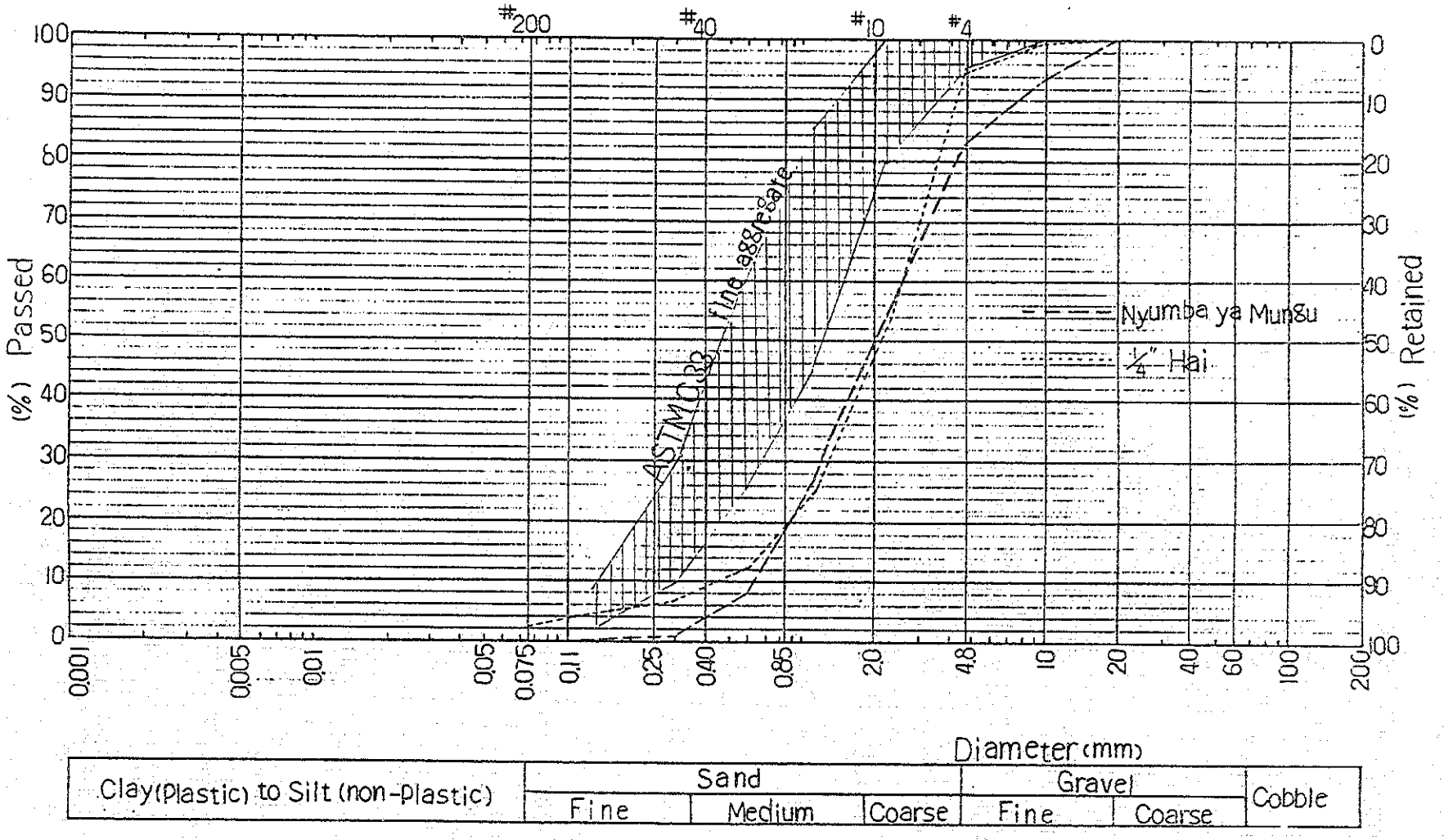


Fig. 4.4.1 DISTRIBUTION CURVE OF AGGREGATE (2 of 6)

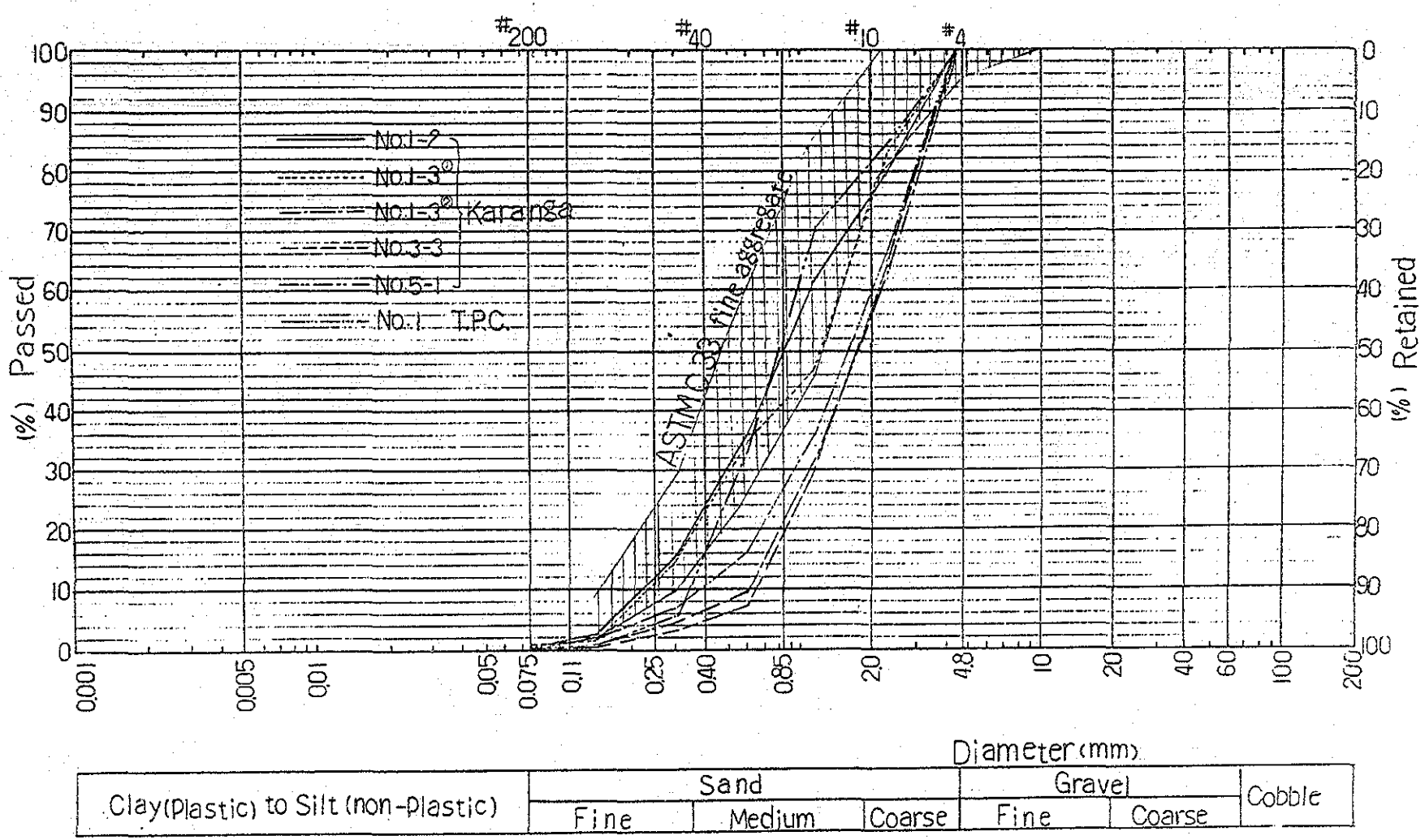


Fig. 4.4.1 DISTRIBUTION CURVE OF AGGREGATE (3 of 6)

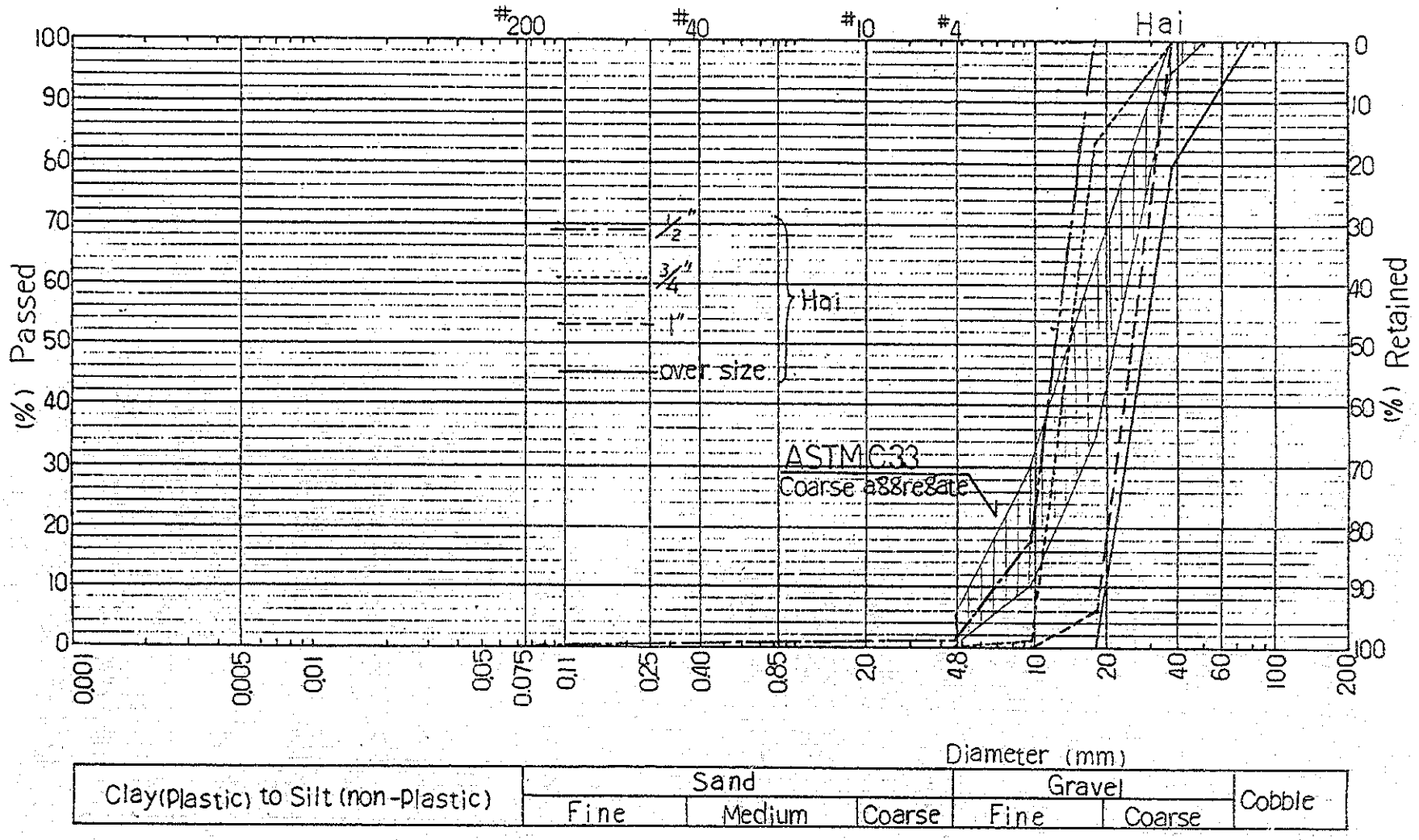


Fig. 4.4.1 DISTRIBUTION CURVE OF AGGREGATE (4 of 6)

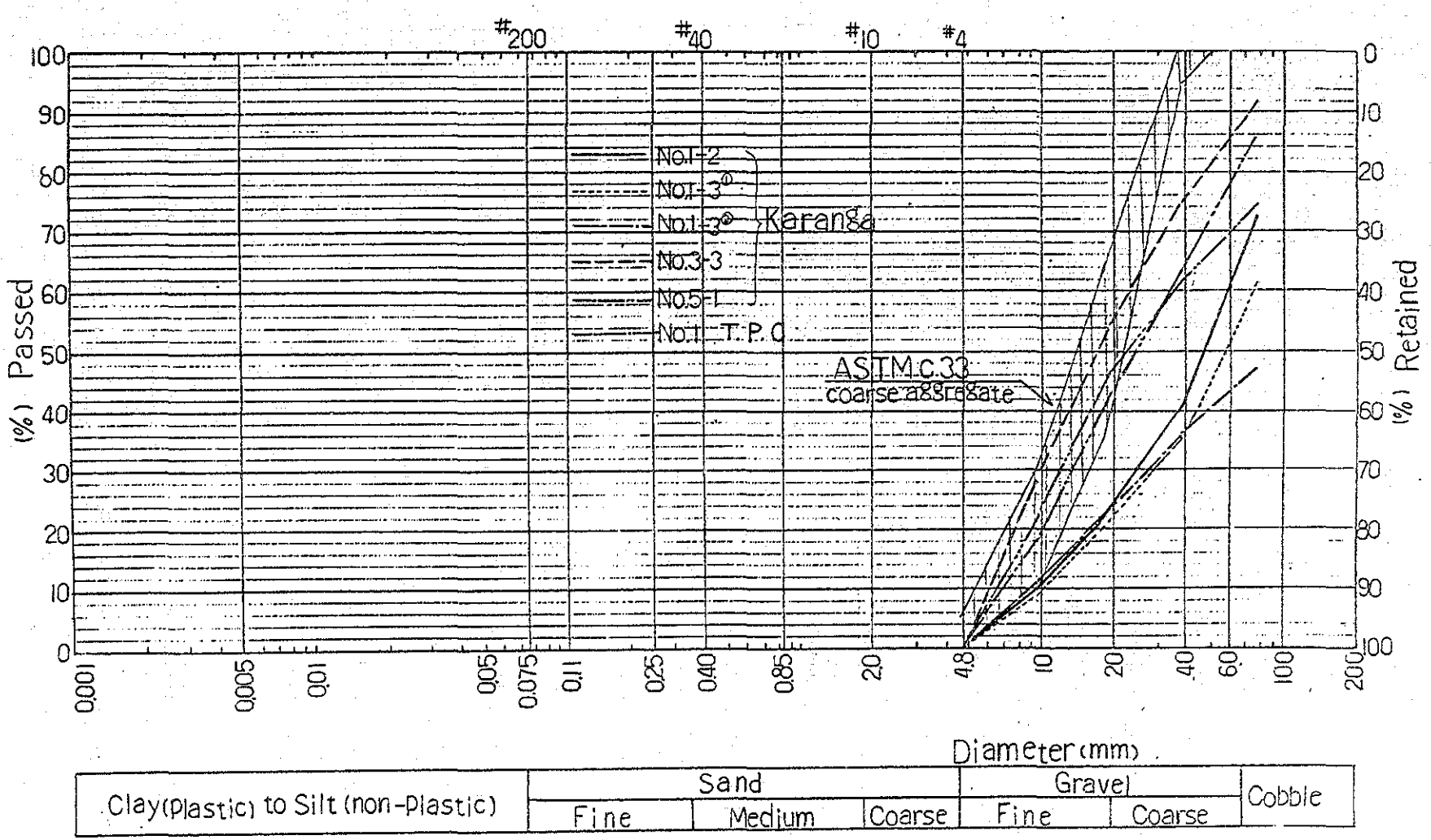


Fig. 4.4.1 DISTRIBUTION CURVE OF AGGREGATE (5 of 6)

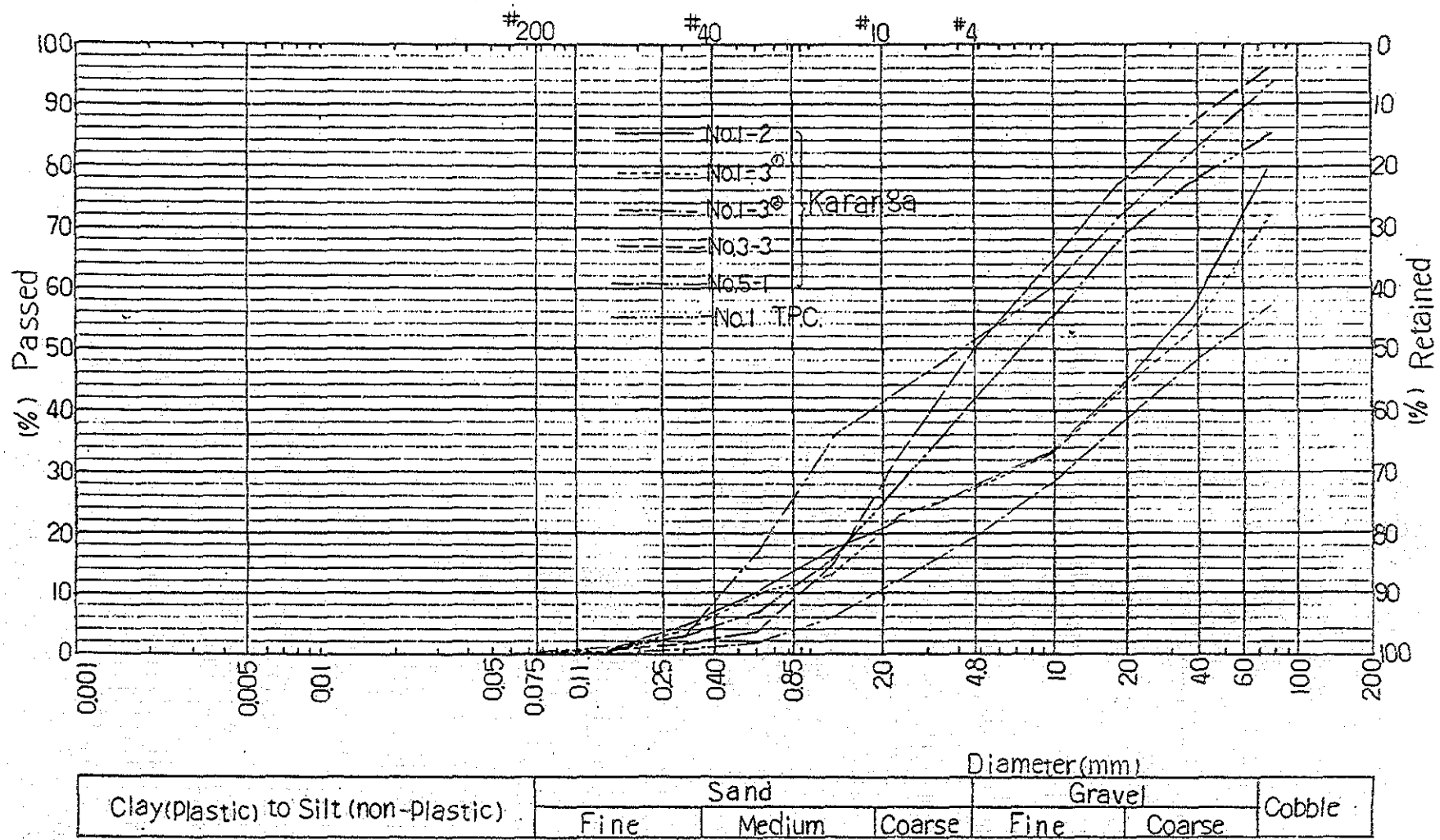
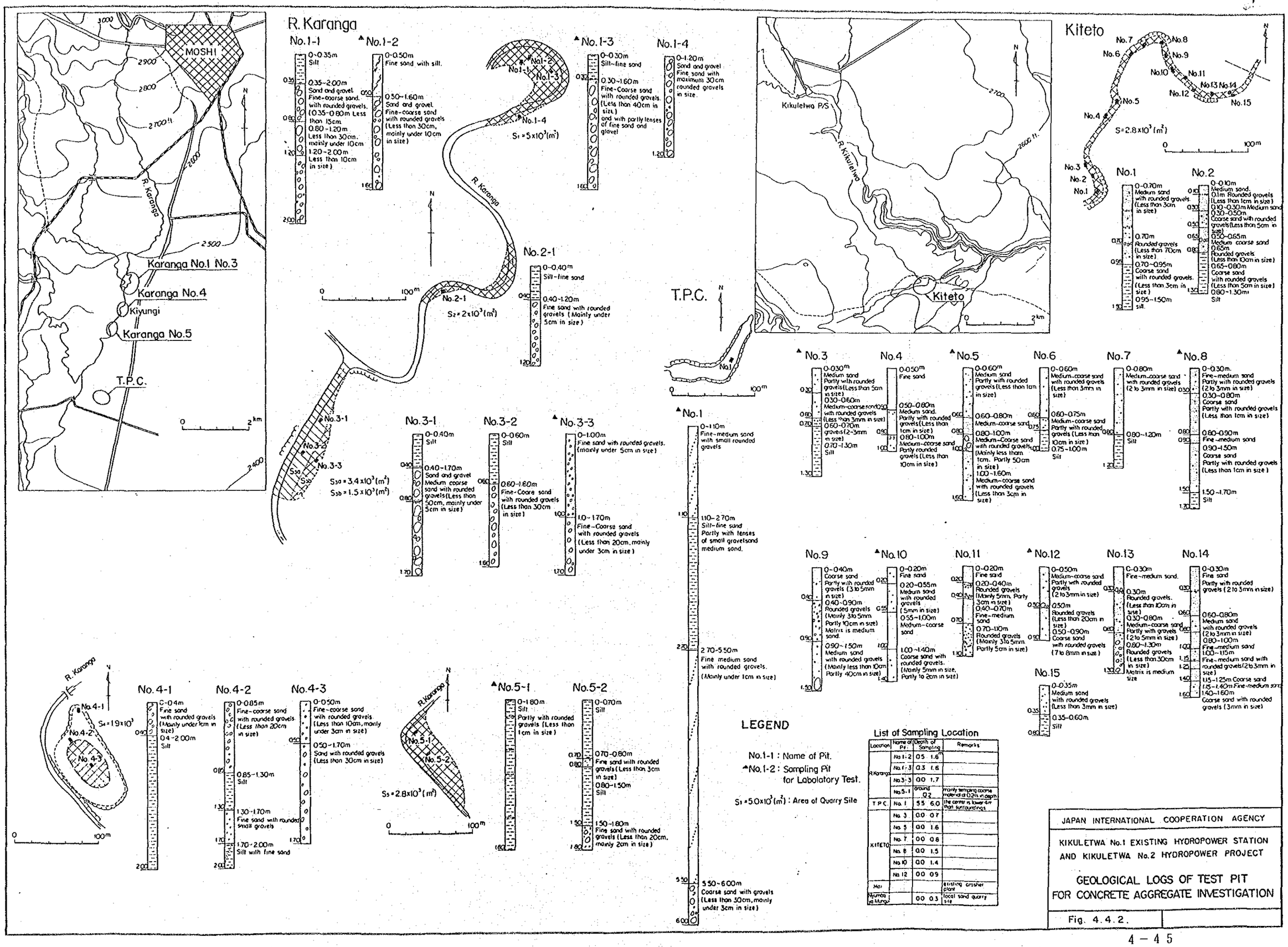


Fig. 4.4.1 DISTRIBUTION CURVE OF AGGREGATE (6 of 6)


MOSHI
R. Karanga
Karanga No.1 No.3
Karanga No.4
Kiyungi
Karanga No.5
T.P.C.
R. Karanga
No.1-1
No.1-2
0-0.35m Silt
0.35-2.00m Sand and gravel Fine-coarse sand with rounded gravels. (0.35-0.80m Less than 15cm 0.80-1.20m Less than 30cm, mainly under 10cm 1.20-2.00m Less than 10cm in size)
0-0.50m Fine sand with silt.
0.50-1.60m Sand and gravel Fine-coarse sand with rounded gravels (Less than 30cm, mainly under 10cm in size)
No.1-3
No.1-4
0-0.30m Silt-fine sand
0.30-1.60m Fine-Coarse sand with rounded gravels. (Less than 40cm in size) and with partly lenses of fine sand and gravel
0-1.20m Sand and gravel Fine sand with maximum 30cm rounded gravels in size.
S1 = 5x10³(m²)
No.2-1
0-0.40m Silt-fine sand
0.40-1.20m Fine sand with rounded gravels (Mainly under 5cm in size)
S2 = 2x10³(m²)
No.3-1
No.3-2
No.3-3
S3a = 3.4x10³(m²)
S3b = 1.5x10³(m²)
No.3-1
0-0.40m Silt
0.40-1.70m Sand and gravel Medium coarse sand with rounded gravels (Less than 50cm, mainly under 5cm in size)
No.3-2
0-0.60m Silt
0.60-1.60m Fine-Coarse sand with rounded gravels (Less than 30cm in size)
No.3-3
0-1.00m Fine sand with rounded gravels. (mainly under 5cm in size)
1.0-1.70m Fine-Coarse sand with rounded gravels (Less than 20cm, mainly under 3cm in size)
T.P.C.
No.1
0-1.10m Fine-medium sand with small rounded gravels
1.10-2.70m Silt-fine sand Partly with lenses of small gravel sand medium sand.
2.70-5.50m Fine medium sand with rounded gravels. (Mainly under 1cm in size)
5.50-6.00m Coarse sand with gravels (Less than 50cm, mainly under 3cm in size)
Kikuletwa P/S
R. Kikuletwa
Kiteto
Kiteto
No.1
0-0.70m Medium sand with rounded gravels. (Less than 3cm in size)
0.70m Rounded gravels (Less than 70cm in size)
0.70-0.95m Coarse sand with rounded gravels. (Less than 3cm in size)
0.95-1.50m Silt.
No.2
0-0.10m Medium sand. 0.1m Rounded gravels (Less than 1cm in size)
0.10-0.30m Medium sand
0.30-0.50m Coarse sand with rounded gravels (Less than 5cm in size)
0.50-0.65m Medium coarse sand
0.65m Rounded gravels (Less than 10cm in size)
0.65-0.80m Coarse sand with rounded gravels (Less than 5cm in size)
0.80-1.30m Silt
No.3
0-0.30m Medium sand Partly with rounded gravels (Less than 5cm in size)
0.30-0.60m Medium-coarse sand with rounded gravels (Less than 3mm in size)
0.60-0.70m gravels (2-3mm in size)
0.70-1.30m Silt
No.4
0-0.50m Fine sand
0.50-0.80m Medium sand. Partly with rounded gravels (Less than 1cm in size)
0.80-1.00m Medium-coarse sand Partly rounded gravels (Less than 10cm in size)
No.5
0-0.60m Medium sand Partly with rounded gravels (Less than 1cm in size)
0.60-0.80m Medium-coarse sand
0.80-1.00m Medium-Coarse sand with rounded gravels (Mainly less than 1cm. Partly 50cm in size)
1.00-1.60m Medium-coarse sand with rounded gravels (Less than 3cm in size)
No.6
0-0.60m Medium-coarse sand with rounded gravels (Less than 3mm in size)
0.60-0.75m Medium-coarse sand Partly with rounded gravels (Less than 10cm in size)
0.75-1.00m Silt
No.7
0-0.80m Medium-coarse sand with rounded gravels (2 to 3mm in size)
0.80-1.20m Silt
No.8
0-0.30m. Fine-medium sand Partly with rounded gravels (2 to 3mm in size)
0.30-0.80m Coarse sand Partly with rounded gravels (Less than 1cm in size)
0.80-0.90m Fine-medium sand
0.90-1.50m Coarse sand Partly with rounded gravels (Less than 1cm in size)
1.50-1.70m Silt
No.9
0-0.40m Coarse sand Partly with rounded gravels (3 to 5mm in size)
0.40-0.90m Rounded gravels (Mainly 3 to 5mm Partly 10cm in size) Matrix is medium sand.
0.90-1.50m Medium sand with rounded gravels (Mainly less than 10cm Partly 40cm in size)
No.10
0-0.20m Fine sand
0.20-0.55m Medium sand with rounded gravels (5mm in size)
0.55-1.00m Medium-coarse sand
1.00-1.40m Coarse sand with rounded gravels. (Mainly 5mm in size, Partly to 2cm in size)
No.11
0-0.20m Fine sand
0.20-0.40m Rounded gravels (Mainly 5mm, Partly 3cm in size)
0.40-0.70m Fine-medium sand
0.70-1.10m Rounded gravels (Mainly 3 to 5mm Partly 5cm in size)
No.12
0-0.50m Medium-coarse sand Partly with rounded gravels (2 to 3mm in size)
0.50m Rounded gravels (Less than 20cm in size)
0.50-0.90m Coarse sand with rounded gravels (7 to 8mm in size)
No.13
0-0.30m Fine-medium sand.
0.30m Rounded gravels. (Less than 10cm in size)
0.30-0.80m Medium-coarse sand Partly with gravels (2 to 5mm in size)
0.80-1.30m Rounded gravels (Less than 30cm in size) Matrix is medium size
No.14
0-0.30m Fine sand Partly with rounded gravels (2 to 3mm in size)
0.60-0.80m Medium sand with rounded gravels (2 to 3mm in size)
0.80-1.00m Fine-medium sand
1.00-1.15m Fine-medium sand with rounded gravels (2 to 3mm in size)
1.15-1.25m Coarse sand
1.25-1.40m Fine-medium sand
1.40-1.60m Coarse sand with rounded gravels (3mm in size)
No.15
0-0.35m Medium sand with rounded gravels (Less than 3mm in size)
0.35-0.60m Silt
R. Karanga
No.4-1
No.4-2
No.4-3
S4 = 1.9x10³
No.4-1
0-0.4m Fine sand with rounded gravels (Mainly under 1cm in size)
0.4-2.00m Silt
No.4-2
0-0.85m Fine-coarse sand with rounded gravels (Less than 20cm in size)
0.85-1.30m Silt
1.30-1.70m Fine sand with rounded small gravels
1.70-2.00m Silt with fine sand
No.4-3
0-0.50m Fine-coarse sand with rounded gravels (Less than 10cm, mainly under 3cm in size)
0.50-1.70m Sand with rounded gravels (Less than 30cm in size)
R. Karanga
No.5-1
No.5-2
S5 = 2.8x10³(m²)
No.5-1
0-1.80m Silt Partly with rounded gravels (Less than 1cm in size)
No.5-2
0-0.70m Silt
0.70-0.80m Fine sand with rounded gravels (Less than 3cm in size)
0.80-1.50m Silt
1.50-1.80m Fine sand with rounded gravels (Less than 20cm, mainly 2cm in size)
LEGEND
No.1-1 : Name of Pit.
▲No.1-2 : Sampling Pit for Labolatory Test.
S1 = 5.0x10³(m²) : Area of Quarry Site
List of Sampling Location
Location | Name of Pit | Depth of Sampling | Remarks
R. Karanga | No.1-2 | 0.5 1.6 m |
R. Karanga | No.1-3 | 0.3 1.6 |
R. Karanga | No.3-3 | 0.0 1.7 |
R. Karanga | No.5-1 | around 0.2 | mainly sampling coarse material at 0.2m in depth
T.P.C. | No.1 | 5.5 6.0 | the center is lower 4m than surroundings
KITETO | No.3 | 0.0 0.7 |
KITETO | No.5 | 0.0 1.6 |
KITETO | No.7 | 0.0 0.8 |
KITETO | No.8 | 0.0 1.5 |
KITETO | No.10 | 0.0 1.4 |
KITETO | No.12 | 0.0 0.9 |
Moi | | | existing crasher plant
Nyumba ya Mungu | | 0.0 0.3 | local sand quarry site
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
KIKULETWA No.1 EXISTING HYDROPOWER STATION AND KIKULETWA No.2 HYDROPOWER PROJECT
GEOLOGICAL LOGS OF TEST PIT FOR CONCRETE AGGREGATE INVESTIGATION
Fig. 4.4.2.

第5章
水文および気象

第5章　水文および気象

5.1　プロジェクト地域の水文・気象概況 …… 5－1

5.2　気象および流量データー …… 5－2

5.2.1.　気象データー …… 5－2

5.2.2.　流量データー …… 5－3

5.3　気象水文データーの解析 …… 5－3

5.3.1　降雨資料の検討 …… 5－3

5.3.2　水文周期 …… 5－4

5.4　ポテンシャルサイトの流況 …… 5－4

5.4.1　流量観測所の流量特性 …… 5－4

5.4.2　Kikuletwa No.1およびNo.2取水地点における流量 …… 5－8

5.5　設計洪水量 …… 5－9

5.5.1　既往最大洪水の記録 …… 5－9

5.5.2　日最大流量と確率流量 …… 5－9

5.6　河川の水質 …… 5－10

5.6.1　河川水の性質 …… 5－10

5.6.2　浮遊物質 …… 5－10

第5章　水文および気象

5.1　プロジェクト地域の水文・気象概況

Dar es Salaam の北西約 450kmに位置し，Kenya と国境を接する Kilimajaro 地域は，タンザニアの半乾燥地帯にくらべて，比較的降雨量に恵まれた地域である。

Mt.Kilimajaro の高位部では，1,800mm 以上，又 Mt.Pare山麓の高位部では，年間約1,000mm以上の降雨量がみられる。

しかし乍ら，標高が低下するにつれ，降雨量は減少し，低位部では，500mm 以下の年降雨をみるにすぎない。App. I に記載した年降雨資料の平均値より作成した等雨量線図は，Fig. 5.3.2 のとおりである。

この地域には，一般に3月から5月の本格的雨期と11月，12月には，小雨期がみられる。

Table 5.1.1には Dar es Salaamの気象庁で収集した Kilimajaro地域の Moshi(BL 854m) およびSame観測所 (BL872m) における気温・湿度・蒸発・日照時間等の記録を示している。

この地域の気候的特徴として気温は穏やかであるが，相対湿度は年間を通じて約40～60%と非常に低く，且つ雨期にも可成り大きい蒸発量 (約 300mm in March)を示している。

Mt.Meru の南斜面を流下する Usa川および Mt.Kilimajaroの南斜面を流下するSanya川，Kware川など数多くの渓流および湧水が合流して，Kikuletwa川を形成している。

Kikuletwa川は，Mt.Kilimajaroの南斜面の裾野を，東に向かって流下して Mt.Kilimajaroの南東斜面を流下する Ruvu川と合流する。両川は合流の直後 Nyumba ya Mungu 貯水池に流入する。* (* 1968年完成・貯水量 $1,140 \times 10^6$ cu,m　堤高43m のロックフィル型ダム)

Nyumba ya Mungu貯水池より流下する河川は，Pangani川と呼ばれ，Mt. Pareの南側の裾野を経由して Tanga Region に向かって流下し，最後にはインド洋に注いでいる。

Same地域に提案されている，小水力ポテンシャル地点は Mt. South Pare の急峻な東斜面を流下する Hingilili川，Yongoma 川および Sesseni川に位置している。

Mt.South Pare の急峻な東側の流域を流下する上記の河川や渓流は，Mt.South Pare の東側に展開している Mkomazi Valley を貫流している Kambaga川および Mkomazi川に流入する。

Kikuletwa 川およびRuvu川の流域は Mt.MeruやMt.Kilimanjaroの透水性の高い火山噴出物から構成されている。降雨の一部は直接表面流出となって，渓流・河川に流入する。残留量は上記の透水性の地層に吸水され，蒸発水分と地下水となる。

地下水の一部は，RundugaiやChemkaなどの湧水群に噴出し，又，そのバランスは更に深層の滞水層に貯溜される。この深層地下水は Kahe Basin などの低平地帯で灌漑用水に利用されている。

Sesseni 川と Kikuletwa川の２地点につき，1970年における年間流出高と年間流域平均雨量の値にもとづいて，マクロ的にみた流出率を推定すれば，次のとおりである。

	R.Kikuletwa (1DD−54)	R.Kikuletwa (1DD−1)	R.Sesseni (1DB−2A)
流域面積 (sq.km)	2,220	3,880	170
平均流量 (cu.m/sec.)	13.02	23.75	2.13
年間流出高(mm/yr)	185	193	395
流域平均雨量(mm/yr)	800	800	800
平均流出率 (%)	23	24	50

5.2 気象および流量データー

5.2.1 気象データー

タンザニア全土で観測された気象データー（降雨量・温度・湿度・蒸発・日照時間など）の観測測定原簿が Dar es Salaamにある気象庁に収録・保管されている。今回の現地調査ではTable 5.2.1に示したようにプロジェクト地域およびその近傍の気象観測所25ヵ地点の降雨量データーを収集した。各々のデーターはApp.Iに記載している。

5.2.2 流量データー

キリマンジャロ地域の主要河川における流量観測は，Moshiにある水資源事務所の管理のもとに長年にわたり実施されている。これらのデーターは，Project Preparation Division, the Ministry of Waterによって原則的には5年毎に発刊されており，最新の Hydrological Year Book (Jan. 1965～Dec. 1970)は1970年の12月に刊行されている。

1971年以後，河川水位の観測（午前8時および午後4時）は継続されているが，流量換算値を記載した公式の Hydrological Year Bookは未だ一般に公刊されていない。今回の現地調査で収集した流量データーのリストをTable 5.2.2に示した。

The Ministry of Water では，1959年から1963年にかけて沢山の流量観測所を閉鎖したり，観測を一時中止している。

現在タンザニア全土に且つて観測網の再整備を実施中である。

今回の小水力発電開発計画における発電利用可能水量および計画洪水量などの検討の為には，上記の Hydrological Year Book記載の水文データーおよび追加補促データを使用している。

5.3 気象水分データーの解析

5.3.1 降雨資料の検討

収集雨量データーにもとづき，各観測所における月別平均雨量をFig. 5.3.1に図示している。

キリマンジャロ地域・サメ地域とも前記の如く，何れの地点においても3月・4月・5月に本格的な雨期および11月・12月には小雨期と年二回の雨期が観測されている。

日最大降雨量およびその当日の最大時間雨量強度はTable 5.3.1に示すとおりであり，Moshi観測所では，日最大 166.4mm／day(Apr. 9，1986年発生)，又当日の最大時間雨量強度は 82mm ／hr. を記録している。

又App. Iに記載した各観測所における年平均雨量をもちいて描いたキリマンジャロ地域・サメ地域の等雨量線図は Fig. 5.3.2のとおりである。

Mt.Kilimanjaroの High-land area では，年間 1,800mm以上の降雨量がみられ，一方 Low-lying areaでは 500mm以下となる。

Mt.Kilimanjaroおよび Mt.Meruに源を発する Kikuletwa川は，No.1ＤＤ－54地点で2,220sq.kmの流域を有しており，その流域・流路は広く多雨領域から寡雨領域にまたがっている。

Kilimanjaro 地域の等雨量線図によれば，既設ＴＡＮＥＳＣＯ発電所の直下流に位置する測水所（No.1ＤＤ－54）における，流域平均雨量は約 800mm／年と推定される。

5.3.2. 水文周期

Fig.5.3.3には比較的データーが整備されているArusha (No.933-633)および Kikuletwa(No.933-769)における年間降雨量の経年変化を示している。このグラフによれば，降雨量がいちじるしく大きい年は，1963，1968および1978で夫々の地点の周期は夫々５年および10年と観測される。

一方河川流出量の経年変化は Fig. 5.3.4のとおりであり，Mt.Meru及びMt. Kilimanjaro に発するKikuletwa川の豊水年は1968および1974でその周期は６年，Mt.South Pareを源とする R.Sesseniでは1970および1978年で８年の周期が観測される。

Kilimanjaro 地域では一般に約10年ごとに大洪水があると言われている。上述の記録からみる限り，中規模な出水の周期は約５年，大規模な出水はほぼ10年近い周期で再現しているとみられる。

5.4 ポテンシャルサイトの流況

5.4.1 流量観測所の流量特性

第5.2節で記述した，各流量観測所の日平均流量データーは，App.Ⅱに収録されている。各観測所の流況特性を記述すれば下記のとおりである。

(1) Kikuletwa川流量観測所（No.1DD－54）

この観測所は既設のTANESCO Kikuletwa 水力発電所の約 300m下流に位置している。

この地点では，Mt.MeruおよびMt.Kilimanjaroの Water shedからの河川流出量に加えて，Chemkaおよび Rundugai など豊富な湧水群からの湧水量もこの観測所で併せて測定されている。

既設のTANESCO発電所の発電用水は，Kikuletwa 川および Kware川の二河川より取水し，発電放流は上記二河川が合流する地点の上流で Kikuletwa川に放流されている。従ってNo.1DD－54の流量観測所では，発電使用後の放流水も含めて，Kikuletwa 川および Kware川の全流出量を測定していることとなる。このNo.1DD－54観測所における1967～1975の9年間の年平均流量は13.02cu.m/sec.である。

(2) Himo川流量観測所（No.1DC－11A）

Himo川の流量観測所（No.1DC－11A）は，Moshi-Tanga道路橋地点にあり，流域面積は 264sq.kmである。同地点における1969～1976の8年間の平均流量は2.06cu.m/sec. である。Himo 川リハビリテーション計画に利用される既設の取水施設は Moshi-Taveta 道路より約6km上流にあり，流域面積は174sq.kmである。

又，Moshi-Taveta 道路の約 2.5km上流に計画されている Himo No.2地点における流域面積は 183sq.kmと推定される。

(3) Sesseni 川流量観測所（No.1DB－2A）

同流量観測所の流域面積は，1／50,000および1／250,000 の地形図より 192 sq.kmと推定される。

1963～1982の20年間の平均流量は 2.13cu.m/sec.である。

本 Sesseni川に計画されているIhindi（上流発電計画）および Gulutu(下流発電計画）の取水地点における夫々の流域面積は 181.3 sq.kmおよび 190.0 sq.km と推定される。

(4) Hingilili 川流量観測所（No.1DB－18）

Hydrological Year Book (1965-70)) による Hingilili川の流域面積はNo.1DB－18（Kiruka部落）において 38sq.kmと記載されている。最近完成した1／20,000地形図* により流域面積を検討した結果，山間部より平野部への移行地点

において 55.8sq.kmと推定される。

従って Hingilili水力発電計画の取水地点では 53.5sq.kmの流域面積をもつものと推定される。1963～1975年の13年間の平均流量は0.63cu.m/sec.である。

＊：The study on development survey for expanded afforestation work in Same District.

(5) Yongoma川流量観測所（No.1ＤＢ－３）

Gonja-Kihurio 道路より約１km上流の Yongoma川に設置されていた流量観測所（No.1ＤＢ－３）は，1963年５月に閉鎖された。1982年自記水位計が設置されて水位観測が再開されたが，それに対応する流量は未だ公表されていない。

Yongoma 川の水力発電計画のためには，植生・地形・降雨状況などから判断して Sesseni川の流出カーブと類似の流出状況を示すものと考えられる。

Mkomazi 潅漑計画では，平野部への展開地点における Yongoma川の流域面積は，70.5sq.kmと推定されている。水力発電計画ではNdungu部落の取水地点における流域面積を 57.0sq.kmと推定した。

(6) 平均月別流量および比流量

Table 5.4.1には，小水力発電プロジェクトが提案されている５河川について，平均月別流量および100sq.km当たりの比流量を示した。

Mt.Kilimanjaroの南斜面では４月・５月・６月および７月には Himo川の比流量は Kikuletwa川の比流量を上廻っており，平均年間流量に対する比流量においても Himo 川が大きいことを示している。

Mt. South Pareを東流する Hingilili川および Sesseni川に就いて，Hingilili川の比流量は，年間を通じて Sesseni川のそれを上廻っている。

Kilimanjaro 地域の小水力発電プロジェクトの検討にとって重要な Kikuletwa川の流量観測所（No.1ＤＤ－54）および Sesseni川流量観測所（No.1ＤＢ－２Ａ）の月別平均流量の推移を示すHydrographをFig.5.4.1に示した。

(7) 流出デュレーション曲線と流出特性

Kikuletwa 川，Himo川，および Sesseni川の流出デュレーション曲線をApp.Ⅱに示した。その内，各河川の平均的流出状況を示す年次のDuration CurveをFig.5.4.3に示した。

河　川	平均的流出年次
Kikuletwa	1970
Himo	1970
Sesseni	1964

各河川の流出曲線より得られる流況特性を表示すれば，次の通りである。

(Unit : cu.m/sec.)

River	Maximum discharge	95-day discharge	185-day discharge	275-day discharge	355-day discharge	Minimum discharge
Kikuletwa	32.28	13.22	11.89	10.95	9.43	7.16
(2,220 sq.km)	(1.45)	(0.60)	(0.54)	(0.49)	(0.42)	(0.32)
Himo	33.35	2.57	0.85	0.34	0.19	0.06
(264 sq.km)	(12.63)	(0.97)	(0.32)	(0.13)	(0.07)	(0.02)
Sesseni	175.24	2.15	1.14	0.34	0.25	0.21
(192 sq.km)	(91.17)	(1.12)	(0.59)	(0.18)	(0.13)	(0.11)

Note : Figures in the parenthesis are specific run-off per 100 sq. km.

今回の水力ポテンシャルサイトのうち，最も開発優先順位の高い Kikuletwa No.1 および No.2 発電所が位置する Kikuletwa川の流量観測所（No.1 DD－54）に於ける流況特性を記述すれば次のとおりである。

－基底流出量が大きい。

－95日－流量と 355日－流量の比率が小さい。

－100sq.km当たりの流出量は5河川のうちで最少である。

－しかし乍ら年間を通じて流量の変動巾が小さい。

－従って，水力発電計画には，非常に有利な流出状況を示している。

又，Mt.South Pare流域の河川流出について，Table 5.4.1に示した Yongoma川の流量データー（1983－1987）および Mkomaziかんがい計画に於いて検討された結果に従えば， Yongoma川の100sq.km当たり比流量は，年平均値で 1.67cu.m/sec.で， Sesseni川の1.11cu.m/sec. よりかなり大きいことが判る。又，Hingilili 川の基底流量も前述の如く Sesseni川のそれを上廻っている。

このような事実から Yongoma川および Hingililli川の流出曲線における基底流量は Sesseni川の基底流量より大きいものと考えられる。

Identification Studyの段階で実施した発電計画の検討においては，Yongoma川および Hingilili川の 355日－流量は Sesseni川における 355日－流量と最少平均月流量と同じ比率が適用しうるものと考えた。即ち，

	Min. Monthly Discharge in Oct. (cu.m/s)	355-day Discharge (cu.m/s)
R. Sesseni (C.A.192 sq.km)	0.43	0.25
R. Yongoma		
Gauging st. (C.A.70.5sq.km)	0.47	0.27
Intake Site (C.A.57.0sq.km)	0.38	0.22
R. Hingilili		
Gauging st. (C.A.38.0sq.km)	0.28	0.13
Intake Site (C.A.53.5sq.km)	0.32	0.19

5.4.2　Kikuletwa No.1およびNo.2取水地点における流量

現在ＴＡＮＥＳＣＯ既設発電所の発電用水は，Kikuletwa 川本流および同支流のKware川に建設されている取水堰から夫々 370m(通水面積約10m²) および 1,670m(通水面積約６m²) の開水路によって発電所まで導水されている。

発電後の放流量は Kikuletwa本川に放流されている。

No.１ＤＤ－54の流量観測所は，Kware川と本川との合流点より下流に位置するので，結局同観測所の流量記録は上記両河川からの全流出量を含んでいることとなる。このことはNo.１ＤＤ－54における流量が，Kikuletwa No.1およびNo.2水力発電計画に於ける利用可能水量を表示していることを意味している。

Kware川の流域面積は約 200 sq.kmでNo.１ＤＤ－54観測所の全流域の僅か10%にすぎない。Kware川の流量資料がないので，定量的に判断は出来ないが同支流の乾期流出量には，Kware川の流域内に点在する湧水が大きく寄与していると考えられる。

1987年９月・10月，および1988年２月・３月における Kware導水路における通水量は，Kikuletwa 川からの取水量とほぼ同量の３～４m³/sec. であった。従って，流域面積に比較して，乾期においても比較的大きい流量が期待することができよう。

Kikuletwa川の流量観測所（No.1 DD－54）における流出曲線は，前節 Fig.5.4.3(2)のとおりであり，1967－75年の平均 355-day流量は，ほぼ10cu.m/sec. ある。 このように基底流量の大きい流況は水力発電計画にとって非常に好ましい条件を提供している。

5.5 設計洪水量

5.5.1 既往最大洪水の記録

前節で記述した如く，降雨・流量データーによれば，Kilimanjaro地域の本格的洪水期は3月・4月および5月に発生している。

既設のTANESCO発電所の職員の記憶によれば同地点における最大洪水は，1978年5月に発生し，その痕跡および河川横断面などから判断して洪水位はEL 820.80m，洪水量は約 200cu.m/sec.と推定される。

5.5.2 日最大流量と確率流量

App.IIに記載した Kikuletwa川の流量観測所No.1 DD－54の流量記録のうちから，各年の日最大流量を列記すれば，Table 5.5.1のとおりである。

1978年から1987年間の括弧内の流量は Moshi水資源事務所が観測した水位にもとづいてJICA調査団が推定した Fig.5.5.1に示した河川横断面およびrating-curve を用いて推定した洪水量である。

このようにして得られた16年間の日最大流量記録をもとに，対数正規分布確率法によって確率洪水量を推定すれば， Fig. 5.5.2のとおりである。Kikuletwa川の20年・50年・ 100年および 200年の各再現年に対応する確率流量は次のとおりである。

再現年（年）	確率洪水量（cu.m/sec.）
20	140
50	180
100	210
200	250