



ケニア共和国

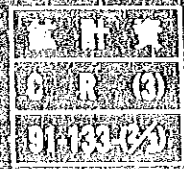
マゲワグワ水力発電開発計画調査

最終報告書

附属報告書(1)

平成8年10月

国際協力事業団



ケニア共和国

マグワグワ水力発電開発計画調査

最終報告書

附属報告書(1)

JICA LIBRARY



1094432(0)

23065

平成3年10月

国際協力事業団

国際協力事業団

23065

附 属 報 告 書

目 次

- 補遺 I 地 形
- II 地 質 調 査
- III 材 料 調 査
- IV 気 象 ・ 水 文
- V 自 然 環 境 調 査
- VI 社 会 環 境 調 査
- VII 経 済 評 価 の 為 の 評 価 係 数

補遺 | 地形

補遺 | 地形

目次

	頁
第1章 序 論	I - 1
第2章 資 料 収 集	I - 2
第3章 地 形 図 作 成	I - 3
3.1 航空写真撮影	I - 3
3.2 標定点測量及び現地調査	I - 3
3.3 図化・編集	I - 4

付 表 一 覧

	頁
表 2.1 地形に関する収集資料	I - 5

付 図 一 覧

	頁
図 3.1 航空写真撮影フライトコース	I - 6
図 3.2 水準測量ルート図	I - 7
図 3.3 1/1,000 縮尺地形図番号索引	I - 8
図 3.4 1/5,000 縮尺地形図番号索引	I - 9

第 1 章 序 論

本調査の地形測量は1990年1月～3月に実施された航空写真撮影及びデータ収集より開始され、引き続き1990年6月～8月の期間には標定点測量及び現地調査が実施された。

今回新しく撮影された航空写真及び標定点測量等により得られたデータをもとに1/1,000及び1/5,000の地形図が次期基本設計作業及び社会環境調査に使用することを目的として、1990年10月までに東京で航空写真図化の技術を応用して作成された。

1/1,000の地形図は主要構造物地点に対して作成された。一方、1/5,000の地形図は主要構造物のみならず貯水池全域に対して作成された。さらに、1/5,000の地形図は地・物の名称のみならず、貯水池内に水没する家屋や本プロジェクトの影響範囲内の家屋の位置をも示している。

貯水池内及び貯水池周辺の家屋の位置確認は移転問題の大きさを把握することを可能にするのみならず移転問題の解決の一助となろう。

第2章 資料収集

資料収集の作業はケニア測量調査所で作成されたソンドゥ川流域内の1/50,000及び1/250,000の地形図の収集より開始された。各地図の索引番号は表2.1に示される。さらに、前フィージビリティ調査において本計画の発電所の下流域一体で作成された1/10,000の地形図も今回作成される1/5,000地形図と一体化させることを目的として収集された。

郡行政図はマグワグワ貯水池が位置するキシイ及びケリッチョ郡において収集された。新たにキシイ郡より分割されたニャミラ郡の郡行政図はまだ作成準備中である。一方トランスゾイア郡行政図も移転可能地を捜すことを目的として収集された。

最小行政単位である小地区(sub-location)ごとの土地台帳図も土地収用の基本情報となる土地所有を確認するために表2.1に示すごとくケリッチョ及びキシイ郡において収集された。

第3章 地形図作成

3.1 航空写真撮影

航空写真図化法により地形図を作成する為に、作業はまず下記に述べるごとく対空標識設置、航空写真撮影から成る作業より開始された。

(1) 対空標識設置

対空標識は空中三角測量及び図化作業に必要な標定点を航空写真上に表示するために写真撮影作業に先立ち図化範囲内に設置された。設置された標識数は9つである。

(2) 航空写真撮影

白黒垂直写真が航空機に取り付けられた焦点距離 150cmの広角レンズ航空カメラを用いて撮影された。航空写真撮影のフライトコースは図3.1に示されている。1/20,000縮尺の航空写真のフライトコースは航路1～5であり、総航長は87kmであった。撮影された写真は50%±5%のオーバーラップ、30%±5%のサイドラップの仕様をもつ。この1/20,000縮尺の航空写真は1/5,000地形図作成に使用された。

一方、1/4,000縮尺の航空写真のフライトコースは航路6～9であり、総航長は7kmである。撮影仕様は1/20,000写真同様50%±5%のオーバーラップ、30%±5%のサイドラップをもつ。この1/4,000縮尺の航空写真は1/1,000地形図作成に使用された。

航空写真の陰画を図化作業に使用するために日本に持ち帰った。将来の使用を考慮して、陰画の原版はJICA東京にて保管されている。一方、ケニア測量調査所にもケニア内での使用を考慮して陽画一組が保存されている。

3.2 標定点測量及び現地調査

(1) 標定点測量

標定点測量は、測地衛星を利用するGPS (Global Positioning System)衛星測量により調査域内に新設された標定点の絶対座標を決定する為に実施された。GPSにより観測された標定点数は図3.2に示される様に1/5,000地形図に対し7点、1/1,000地形図に対して9点である。

(2) 水準測量

水準測量は新規に設定された16の標定点の標高を確定するために実施された。水準測量を円滑に行うために、仮BM (Bench Mark) が約5~10kmの間隔で設置された。さらに、標高点が約500m毎に明瞭な地点に設けられた。

水準測量は直接水準測量法を用いて実施したが、標高点間の高低差が大きかった3ヶ所については三角水準測量により行われた。図3.2に水準測量のルートが示されているが、水準測量は16の標定点及び仮BMの標高を決定する為に107kmの距離に対して実施された。

(3) 現地調査

航空写真から判読出来ない地名、行政区界、植生分類等の確認作業を行う現地調査は関連資料の参照及び現地踏査により実施された。貯水池内に点在する家屋の位置確認作業は各戸への訪問インタビューにより実施され、地名、行政区界等と共に確認された各家屋は移転問題をより適格に処置する為に1/5,000 地図上に表記された。

3.3 図化・編集

(1) 空中三角測量

標定点測量及び水準測量調査の結果を用いて航空写真間の縮尺調整計算を行う空中三角測量は“PAT-M43”空中三角測量ブロック調整プログラムを使用して、図化作業の初期作業として実施された。空中三角測量は1/5,000 地形図作成のために47モデル、1/1,000 地形図用に19モデルが計算された。

(2) 図化・編集

1/5,000 及び1/1,000 縮尺の地形図は空中三角測量及び現地調査の結果をもとに図化機を用いて作成された。主曲線は1/5,000 地形図に対し5m、1/1,000 地形図に対して1m間隔で描かれている。

清図作業を実施して、最終図面が作成された。作業数量は1/5,000 に対して117km²、1/1,000 に対して3.2km²であった。図3.3及び3.4は作成された地形図の索引を示す。作成された地形図はデータブックに収められている。

付 表

表 2. 1 地形に関する収集資料

Sort of maps	Index number.	Source
1 to 50,000 scale topographic maps	116/4 (Nyakach), 117/3 (Belgut), 117/4 (Kericho), 118/3 (Keringet), 130/2 (Kisii), 130/4 (Keroka), 131/1 (Chemagel), 131/2 (Tenwek), 131/3 (Chepalungu), 131/4 (Bomet), 132/1 (Olenguruone)	Survey of Kenya
1 to 250,000 scale topographic map	SA-36-4 (Kisumu)	Survey of Kenya
District maps	Kisii, 1/ Kericho, Trans Nzoia	
Cadastral maps	<u>Kericho District</u> Roret 2/, Nyamanga, Kipsonoi, Tebesonik, Kapkatet, Kipsonoi, Chemoiben, Litein, Boito, Kabianga, Kapsuser, Kebenet, Kapkatet, Kiptere, Kebenet, Getarwet, Chemagel, Mogogosiek <u>Kisii District</u> Magwagwa 2/, Boisanga, West Bosamaro West Mugirango, Botabori I and III, Bonyamondo I, Ikonge, Bomanono, Bogichora, Mwabosire, Monyerero, Mwogeto, Siamani.	Survey of Kenya

Notes: 1/ Kisii District covers the area of Nyamira, which is now an independent district.

2/ The names given show the registration section (sub-location).

付 図

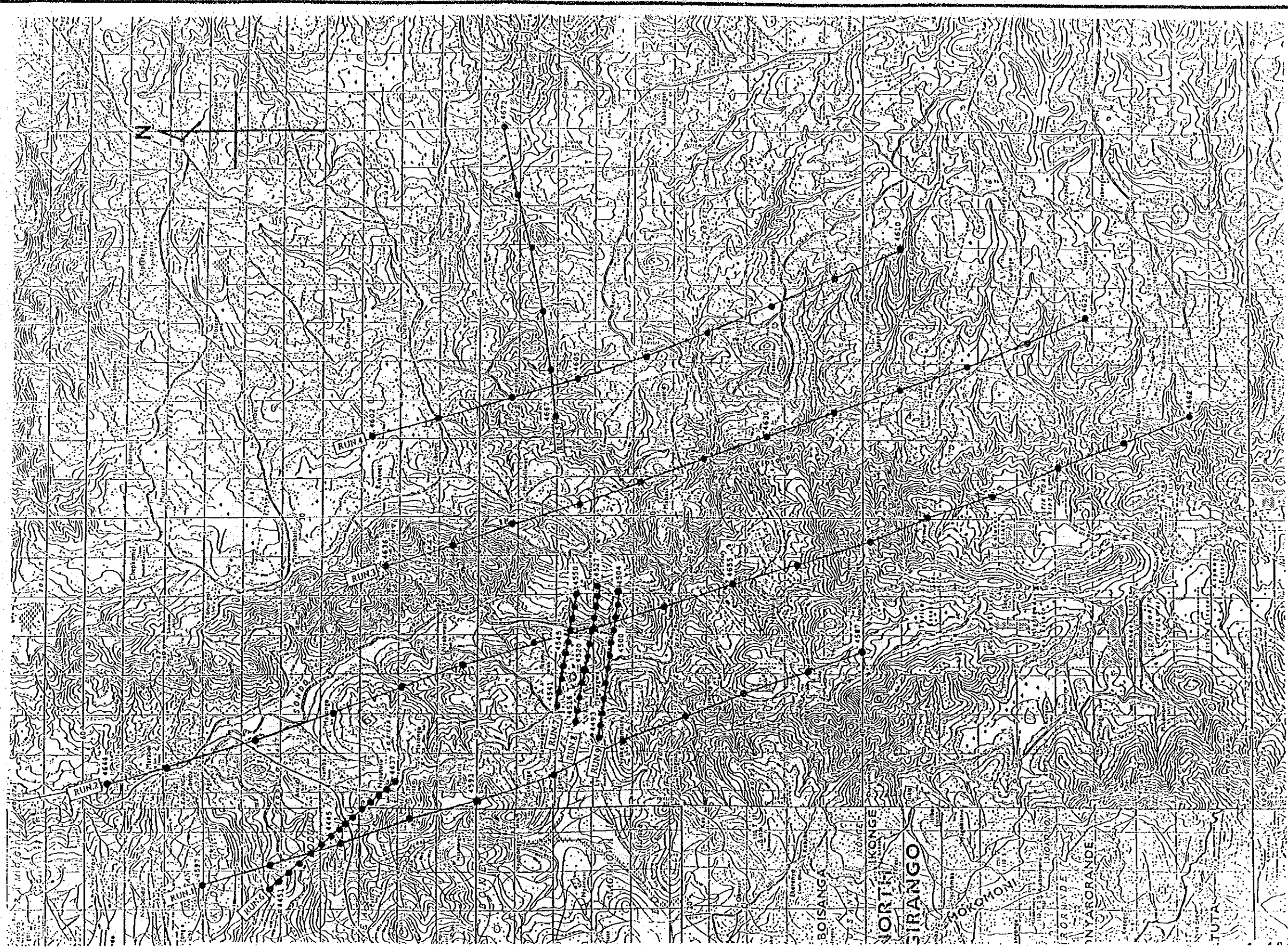
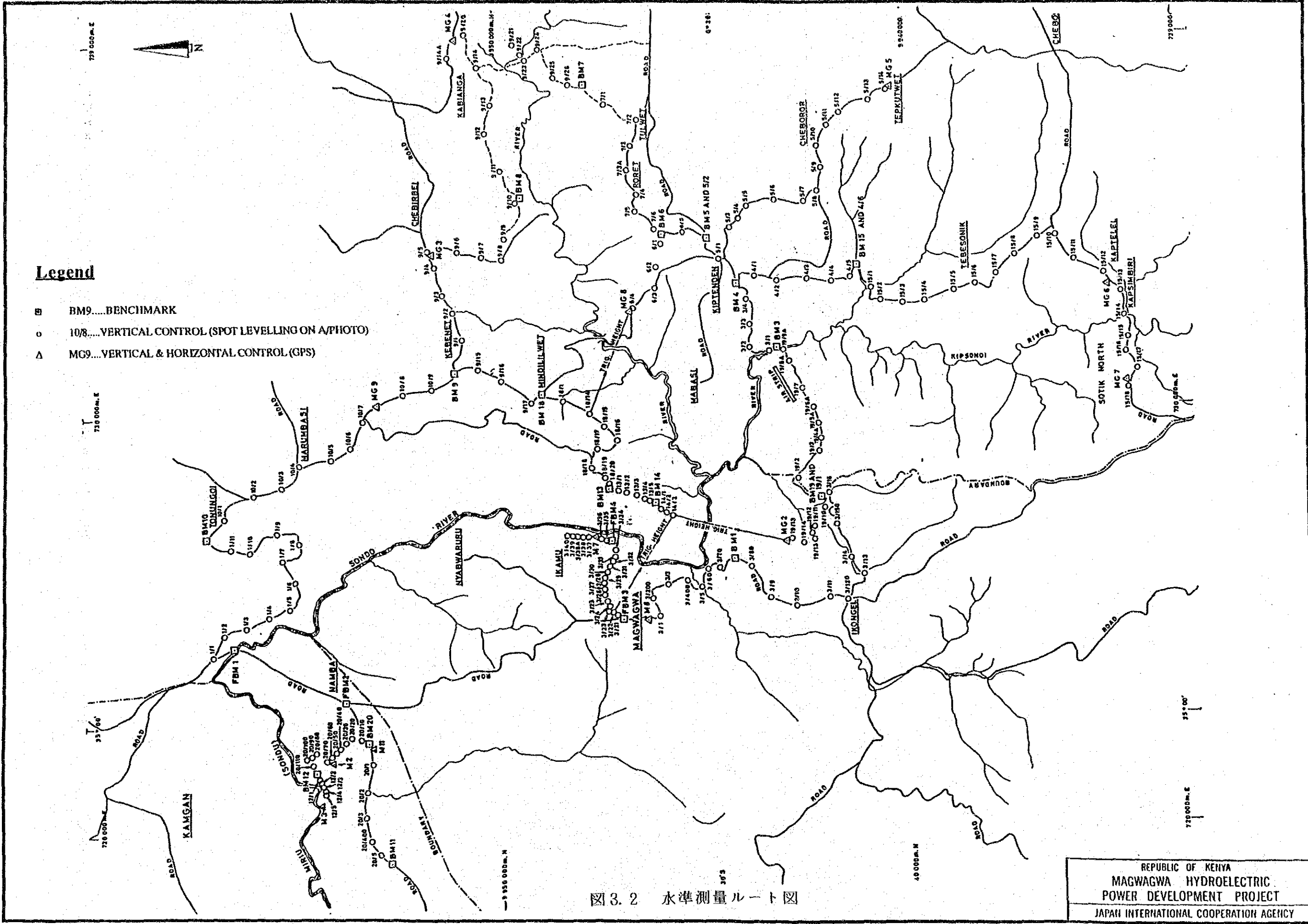


図 3.1 航空写真撮影フライトコース

REPUBLIC OF KENYA
 MAGWAGWA HYDROELECTRIC
 POWER DEVELOPMENT PROJECT
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



Legend

- BM9.....BENCHMARK
- 10/8.....VERTICAL CONTROL (SPOT LEVELING ON A PHOTO)
- △ MC9.....VERTICAL & HORIZONTAL CONTROL (GPS)

図 3. 2 水準測量ルート図

REPUBLIC OF KENYA
 MAGWAGWA HYDROELECTRIC
 POWER DEVELOPMENT PROJECT
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

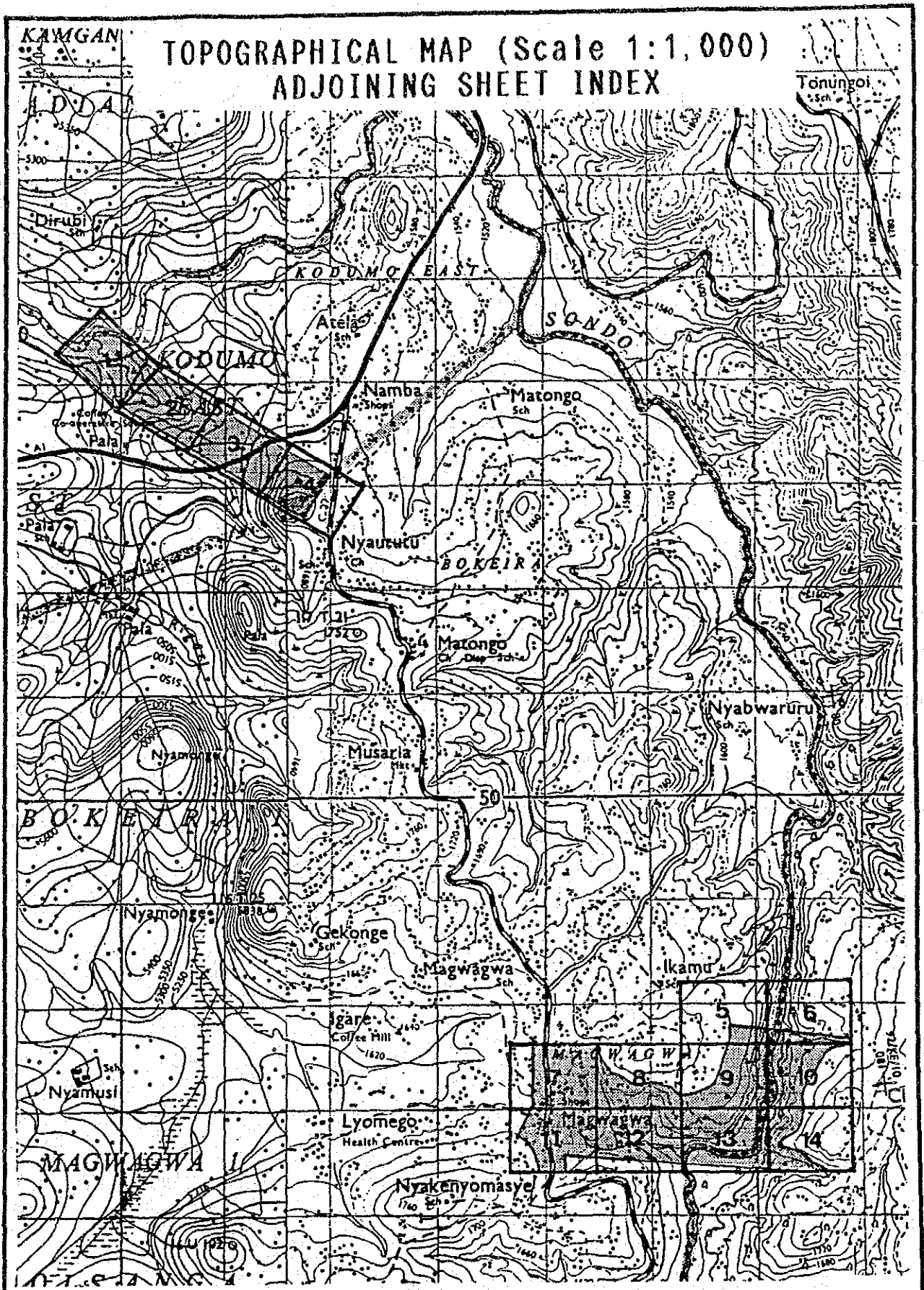


图 3.3 1/1,000 縮尺地形図番号索引

REPUBLIC OF KENYA
 MAGWAGWA HYDROELECTRIC
 POWER DEVELOPMENT PROJECT
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

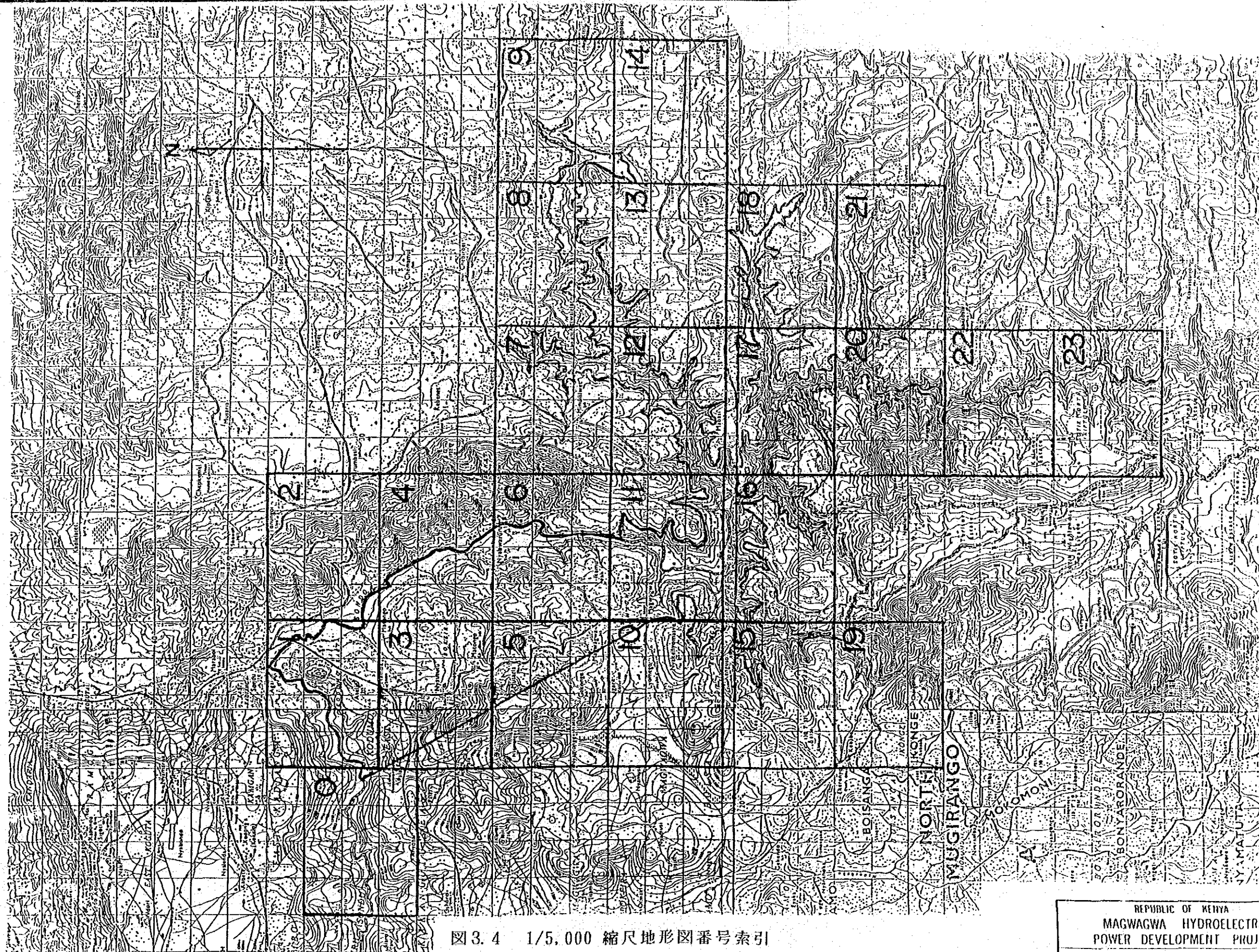


图 3.4 1/5,000 縮尺地形図番号索引

REPUBLIC OF KENYA
 MAGWAGWA HYDROELECTRIC
 POWER DEVELOPMENT PROJECT
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

補遺 II 地質調査

補 遺 Ⅱ 地 質 調 査

目 次

	頁
第1章 序 論	Ⅱ - 1
第2章 プロジェクトサイト及び周辺部の地質	Ⅱ - 2
2.1 地 形	Ⅱ - 2
2.2 地 質	Ⅱ - 2
2.3 地 質 構 造	Ⅱ - 3
第3章 地 震 活 動 度	Ⅱ - 4
3.1 収 集 資 料	Ⅱ - 4
3.2 地震係数の解析	Ⅱ - 4
3.3 誘発地震 (R I S) の検討	Ⅱ - 6
第4章 プロジェクトサイトの地質	Ⅱ - 7
4.1 調 査 の 概 要	Ⅱ - 7
4.2 マグワグワダムの地質	Ⅱ - 7
4.3 サドルダムの地質	Ⅱ - 10
4.4 導水路ルート (No.3案) の地質	Ⅱ - 12

付 表 一 覧

	頁
表 2.1 プロジェクト地域及び周辺部の地質層序	II-13
表 3.1 プロジェクト地域に発生した地震のリスト (1/3)	II-14
表 3.1 プロジェクト地域に発生した地震のリスト (2/3)	II-15
表 3.1 プロジェクト地域に発生した地震のリスト (3/3)	II-16
表 3.2 修正メルカリ震度階と日本国気象庁震度階の比較	II-17
表 3.3 マグワグワダムサイトにおける地盤加速度値の推定	II-18
表 3.4 震度と発生頻度の相関	II-19
表 4.1 岩 盤 分 類	II-20
表 4.2 弾性波速度値と地質との対比	II-21

付 図 一 覧

	頁
図 2.1 ソンドウ川流域の地質図	II - 22
図 3.1 1904年～1990年間に発生した地震の震央分布図	II - 23
図 3.2 震度と発生頻度の相関図	II - 24
図 3.3 湛水規模と誘発地震発生との関係図	II - 25
図 4.1 地質調査位置図	II - 26
図 4.2 マグワグワダムサイトの地質図	II - 27
図 4.3 地質断面図(ダム軸-A)	II - 28
図 4.4 ルジオンマップ(ダム軸-A)	II - 29
図 4.5 地質断面図(ダム軸-B)	II - 30
図 4.6 ルジオンマップ(ダム軸-B)	II - 31
図 4.7 ダムサイト地質縦断面図 (物探側線SD-5)	II - 32
図 4.8 サドルダムサイト地質断面図(物探側線SS)	II - 33
図 4.9 ルジオンマップ(サドルダムサイト)	II - 34
図 4.10 導水路(No.3案)地質縦断面図	II - 35
図 4.11 放水路地質平面・縦断面図	II - 36

第1章 序 論

地質調査の内容は初期段階（1990年1月～1990年3月）における資料収集と予備的現地調査、及び調査段階（1990年6月～1990年11月）におけるコアボーリングと弾性波探査の実施から成っている。

調査の主目的は、1) プロジェクトサイトの地質を明らかにして工事上の問題点を予測をすることと、2) 各種地質調査を実施し、予測された地質の問題点を明らかにし、設計業務に必要な詳細な地質上のデータを供することにある。以下に調査結果と調査で判明した事項を記述する。

第2章 プロジェクトサイト及び周辺部の地質

2.1 地 形

ビクトリア湖に流入し、河口で集水面積 3,470km²を有するソンドウ川は、その中流部で北流するユーリス川やキプソノイ川等の支川を集めた後、流路を東から西に変え、ビクトリア湖に注いでいる。

ソンドウ川上流部は下流部の地形に比べると構成する地質の相違を反映して緩い高原を呈している。その地質は、新第三紀のフォノライトと称されている安山岩溶岩によって覆われている。一方、下流部では先カンブリア紀の変成堆積岩類や火成岩類、カンブリア紀以後に貫入した花崗岩類より成る。

プロジェクトサイトはソンドウ川の中～下流にあって、前述の各支川が合流した下流に位置している。予定したダムサイト地点は北流するソンドウ川が深い溪谷を形成している。ソンドウ川はサイトの下流約9 kmのソンドウ集落付近で流路を西に変えて流下している。

2.2 地 質

図2.1に示す通り、流域に分布する地質は先カンブリア紀の変成堆積岩類、火成岩類、カンブリア紀以後に貫入した花崗岩類、新第三紀火山岩類及び洪積世から現世までの被覆堆積物などから成る（表2.1参照）。

一 貫入岩類（花崗岩類）

カンブリア紀以後の貫入岩類である花崗セン緑岩、花崗岩は主としてソンドウ川祖子とキプソノイ川の最上流部に各々分布している。

一 変成堆積岩類

先カンブリア紀に属する硅岩、片岩（チャートを含む）から成っている変成堆積岩類はソンドウ川の中・下流とキプソノイ川一帯に広く分布している。当岩類はArchen系（M）及びBukoban系（Bg）と称されている。

Archen系（M）はソンドウ川流域の南東端部に部分的に分布しており、Bukoban系（Bg）は、プロジェクトサイトの周辺部に分布している。これら堆積岩類は花崗岩類の貫入時に変成作用を被っている。

— 火成岩類

当岩類はキブソノイ川一帯とソンドウ川流域の西縁部に分布している。岩質は流紋岩、同質凝灰岩、集塊岩及び玄武岩であり、大部分は先カンブリア紀に属するNyanzian系 (NR) と称されている。Bukoban 系に属する火成岩類としては安山岩 (Ba)、斑状硅長岩 (Bb) などがあり、ソンドウ川中流域であるキブソノイ川左岸やマグワグワダムサイト付近に各々分布している。

— 新第三紀火山岩類

Kericho 又は Nyabondo フォノライトと呼称される溶岩がソンドウ川流域の東半分とソンドウ/ニャカッチ集落一帯で前述の基盤岩類を覆って分布している。

— 河床堆積物

現河川堆積物 (砂、シルト、粘土、礫) は河床部に小規模にあり、段丘堆積物はソンドウ川の中～下流において両岸部に分布している。

— 崖錐堆積物

シルト、粘土、岩屑よりなる崖錐堆積物は山地緩斜面や山麓部に点々と分布している。

2.3 地質構造

— 基盤である古期岩類としてはカンブリア紀以後に貫入した花崗岩類、先カンブリア紀の変成堆積岩及び火成岩類である。

— 新第三紀の火山岩類は流域の東半分を占めており、基盤である古期岩類を覆っている。

— 顕著な断層はケンドウ崖に沿って走っており、プロジェクトサイト側の高山帯とカノー平野の低地帯とを境している。ランドサット写真判読によると、プロジェクトサイトの付近ではダムサイトより 1 km 及び 3 km 上流地点で東西方向に走っている 2 本の断層があり、サドルダムサイトではこのうちの 1 本が通っていると考えられる。

— 南北方向に走る数本の断層がプロジェクト地域内に考えられ、これらはソンドウ川中流の流路方向とほぼ平行して分布している。

第3章 地震活動度

3.1 収集資料

過去にダムサイト近傍で発生した地震について国際地震センターより収集した。それらは表3.1に示した通り、1904年から1990年の間で87個知られている。図3.1にそれらの震央分布をプロットしてある。データの収集範囲は南緯3°21'36" - 北緯2°13'06"と東経32°21'36" - 東経37°42'33"でダムサイトから半径300kmを全てカバーしている。

87個のデータのうち最大の地震はマグニチュード7.0、発生年月日は1928年6月6日で北緯0°30'00"、東経36°30'00"で発生し、サイトから195km離れていた。最もサイトの近くで発生した地震はマグニチュード4.6、発生年月日は1972年9月10日で南緯0°29'54"東経35°01'95"で発生し、22km離れていた。

既存資料であるケニヤ国地震活動度図によるとプロジェクトサイトは修正メルカリ震度“VI”（21.0～44.0ガル相当）の低地震帯に位置している（表3.2参照）。

3.2 地震係数の解析

ダムサイトで予想される加速度値の推定は表3.1の地震データを用い、次式によって計算を行った。

1) 国際地震センターによる式

$$i = 8.0 + 1.5 m - 2.5 \ell n(r) \quad (1)$$

i : 修正メルカリ震度

m : マグニチュード

r : サイトと震源までの距離 (km)

ℓn : 自然対数

$$\log a_h = 0.014 + 0.30i \quad (2)$$

a_h : 最大水平方向加速度 (cm/sec²)

2) Estivaの式

$$a = (5,000 \times \ell \times P(0.8 \times M)) / (HD + 40)^2 \quad (3)$$

$$HD = (D^2 + Z^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$D = 7 \times 3.14 \times R (d/360) \quad (5)$$

$$d = \cos^{-1}(\sin(y_0) \times \sin(y) + \cos(y_0) \times \cos(y) \times \cos(x - x_0)) \quad (6)$$

$$R = Ry^2 / (1 - e^2 \times \cos^2 y)^{1/2} \quad (7)$$

$$e = C / R x \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$C = (Q x^2 - R y^2)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

- a : 最大加速度値 (cm/sec²)
- M : マグニチュード
- D : サイトと震央間の距離
- Z : 震源の深さ (km)
- R : 地球半径 (R_x = 6,378, R_y = 6,356)
- e, exp : 自然関数
- d, c : 常 数

3) 河角の式

$$S = 2 M - 4.6052 \times \log R - 0.00183 R - 0.307 \quad (R \geq 100 \text{ km})$$

$$S = 2 (M - \log X) - 0.0166 \times 3.9916 \quad (R < 100 \text{ km})$$

- S : 日本国気象庁の震度階 (表 3.2 参照)
- M : リヒタースケールによるマグニチュード
- R : 震央までの距離
- X : 震源までの距離 (km)

$$A = 0.45 \times 10^{S/2} \quad (S \leq 5.5)$$

$$= 20 \times 10^{S/5} \quad (5.5 < S < 7.0) \quad \dots\dots\dots (10)$$

A : 加速度値 (cm/sec²)

表 3.3 に示す様に最大地震と最も近傍で発生した地震について上記の各式を用いて計算した所、ダムサイトで50~60ガルの揺れが予想された。

4) 100年間で予想される最大加速度値の推定

表 3.4 に示す通り、1904年から1990年にわたる86年間の地震発生頻度 (メルカリ震度階) も 100年間に変換した。それら変換値は図 3.2 に示す片対数グラフ (震度 i と変換値 Nc の関係) にプロットし、最小自乗法による直線を求めた。その直線は、 $\log Nc = 1.935 - 0.2411 i$ である。

Nc = 1, 即ち 100年間で1回発生する最大のサイトで感ずる震度は8.0 (メルカリ震度階) と推定される。これは国際地震センターによる式 (2) で 259ガルに相当する。一方、河角による式 (10) では32ガルに相当している。世界で最も地震活動度の高い日本国の例では耐震設計のための地震係数値は最大でも0.15G (150ガル) である。河角によって求められた日本気象庁震度階3.7 (32ガル) は日本では頻繁に経験している揺れである。これらの事実からみて国際地震センターによる式で求めた 259ガルは過大と考えられる。Kiambereプロジェクトの地震係数0.10Gを考慮すると、当プロジェクトにおいても同じ0.10Gを 100年間に予想される地震係数として用いることは妥当である。

3.3 誘発地震 (RIS) の検討

大ダムによって湛水した貯水池内ではRISが何回か発生していると言われている。低地震活動度帯でRISが発生する場合はダムの安全上問題であると考えられる。

カナダ国のThomas Vladut の手法 (1988) を用いて、当マグワグワダム貯水池におけるRISの可能性を検討した。図3.3にT. Vladutによるダイアグラムを示している。同図にはマグワグワの地形パラメーター ($\theta = 62^\circ$: 地形の平均角度, $i = 0.0073$: 貯水池内の平均河川勾配) もプロットしてある。これによると、マグワグワ規模の貯水池ではRISの発生は殆ど起こり得ないものと推察される。

これまでに世界中で発生した最大のRISはマグニチュード5.0と言われている。仮にマグワグワ貯水池内の中央部 (ダム軸より15km上流) でマグニチュード5.0のRISが発生したとしても、既出の河角の式(10)によるとダムサイトにおける揺れは50~55ガル (0.05G) 程度と試算される。これはダムの地震係数0.10Gの範囲内であり、ダムが危険にさらされることはない。

第4章 プロジェクトサイトの地質

4.1 調査の概要

初期段階の調査（1990年1月～1990年3月）でSD2（A案、主報告書 図6.3参照）とSD3（A案の下流）の2つのダム軸案が提案された。図4.1に示す様にこれら2つのダム軸案は各々80m離れており、その河床標高は1,558.0mと1,559.5mとなっている。さらにダム軸B案（BD2-BD8）が新規に作製された地形図を用いた現地調査の実施段階で浮上してきた。ダム軸B案の河床標高は1,557.0mとなっている。弾性波探査測線及びボーリングによる地質調査はこれら3つのダム軸案に対して実施された。

図4.2に見る如く、マグワグワダムサイトの上流右岸には標高1,658mから1,670mの分水嶺鞍部があり、サドルダムの構築が必要である。ここを走っている推定断層と地質状態を調べるために、600mの弾性波測線と3本のボーリング調査を実施した。

初期段階の調査（1990年1月～1990年3月）で7つの導水路ルート案が提案された。そのうち、第3案ルートが経済的にも技術的にも優位であると判断された。従って弾性波探査とボーリングは導水路第3案ルート上の取水口予定地点、トンネル土被りの浅い箇所、サージタンク予定地点、鉄管路経過地点及び発電所サイトで各々実施した。調査数量は弾性波測線5（SW1～SW5）とボーリング5本（BW1～BW5）である。以下に各サイトの調査結果を述べる。

4.2 マグワグワダムの地質

A軸案（SD2）の河床幅は80m、SD3軸案の河床幅は60m、B軸案の河床幅は50mである。ダム堤標高を1,670mに設定した場合、A軸案の堤長は670m、SD3軸案とB軸案の堤長は700mとなる。

1) A軸案の地質

基盤の地質は溪谷の底でBukoban系の堆積岩類、右岸部及び谷底右側でBukoban系の粗粒玄武岩、左岸部でBukoban系の安山岩となっている。幅5mの破碎帯を有する断層が谷部を河川の流路方向に沿って走っている。断層は走向NNE-SW、傾斜45°～50°Eとなっている。谷部のBukoban系堆積岩類は砂岩層、石灰岩層（層厚6m）、頁岩層（層厚10m）及び硅岩層に細分される。

図4.3に示される様に谷部の左側に発達している硅岩層は均一で厚く分布しているが、谷部の右側の既述堆積岩類は砂岩、石灰岩、頁岩など変化に富んでいる。この堆積岩類の境界部には既述の断層が存在しており、所々で粗粒玄武岩の岩脈が貫入している。

物探測線SD2にて得られた弾性波速度分布も同図4.3に示した。最も速い速度値は5.4 km/secの第四速度層であり、岩盤区分CHの新鮮な状態を示している(表4.1及び表4.2参照)。数個の低速度帯(2.4, 2.5, 2.7, 3.1km/sec)がこの第四速度層中に分布している。このうち特に顕著な低速度帯は幅60m、3.1km/secであり、谷底にある。そこには既述断層が走っており、砂岩、石灰岩、頁岩等変化に富んだBukoban系堆積岩類が河床砂礫や崖錐に覆われて分布している。

第三速度層(2.8-3.0 km/sec)は第四速度層の直上にある。その層厚は左岸で10~20m、右岸で35mである。第四速度層に比べ当第三速度層は若干の風化の影響があり、クラックが発達している。当層は岩盤区分CM~CHに相当する。当層はダム基礎となりうる。

第二速度層(1.3-1.5 km/sec)は層厚5~10mである。第三速度層の分布と同様に右岸部でやや厚く分布している。岩盤区分は大部分CL相当で風化が進んでいる。特に当層の最上部は一部D級にまで岩盤が劣化している。当層の上半分はロックフィルゾーンのために掘削除去する必要がある。

第一速度層(0.3-0.8 km/sec)は表土、風化土、崖錐、河床砂礫及び完全に土化したD級岩盤等であり、層厚2~6m(平均5m)である。

ボーリングBD2, BD3, BD4, BD5, BD6,の結果を同図4.3に示した。上流で掘削したBD1も同図に投影記載し地質解析の参考とした。

断層はBD1孔の深度18.0m~23.4m、BD4孔の深度3.0m~8.8m及びBD5孔の深度13.9m~20.4mで確認された。断層破碎帯は細片化した砂質頁岩(BD1とBD5孔)や破碎した粗粒玄武岩(BD4孔)から成っている。断層粘土はない。

BD1、BD4及びBD5孔で遭遇した石灰岩中には空洞の存在を暗示する兆候は認められなかった。しかし、当ダム軸案はB軸案に比し、谷部で断層が走っている点、溶脱し易い石灰岩の分布に加えて広い谷幅などダム軸の選定上不利な点がある。

図4.4はA軸案のルジオンマップを示している。透水性は左岸部で地表から2.5m、右岸部で40mと谷部で5ルジオン値以上を示している。特に谷部の断層と石灰岩に沿って著しくルジオン値が高くなっている。

2) SD-3軸案の地質

当軸に沿った地質は主として、左岸部及び河床部でBukoban系の安山岩、右岸部でBukoban系の粗粒玄武岩から成っている。

A軸案で広く分布しているBukoban系の堆積岩類は当軸においては粗粒玄武岩によって覆われて分布しているものと推定される。断層は右岸山麓部を走っており、そこでは層厚5~6mに達する厚い崖錐堆積物が覆っている。

物探測線SD-3の結果はA軸案に沿う測線SD-2に極めて良く似ている。しかし、幅50mの低速度帯(3.0 km/sec)はA軸案における河床部付近から当軸においては右岸の山麓部へと移って来ている。又、右岸部における第四速度層は測線SD-2で5.4 km/secであるが、当軸では5.2 km/secとなっている。SD-3軸の河床部左岸端で右岸方向に45°傾斜したBD7孔を掘削した。岩質は河床下の全掘削区間にわたり、紫色~青色を呈する安山岩である。岩盤区分CMからCHに相当しており、破碎帯や断層の分布はない。

透水試験の結果は、深度46.75mから61.45mまでがやや高い5ルジオン値を示しているが、その他の区間は1~4ルジオン値であった。SD-3軸案はA軸案よりもやや優位な地質状態となっていると判断される。しかし、右岸の山麓部には断層が存在しているので後述するB軸案よりも劣っていると考えられる。

3) B軸案の地質

当軸案の地質は大部分がBukoban系の安山岩から成っている。右岸の上半分でBukoban系の粗粒玄武岩が分布している。A軸に分布するBukoban系の堆積岩類は当軸においては分布せず影響を受けることがない。これは図4.5及び図4.7に見る如く、断層が右岸上方へ大きく移動して分布するために、A軸で分布している堆積岩類は当軸ではるか下方へと消滅しているためである。

表土や風化土はA軸やSD-3軸案の右岸上方部に比べて当軸では層厚5m~8mとかなり厚く分布している。

物探データは近傍に配置された測線SD-1、SD-2、SD-3(右岸部)及びSD5(左岸部)より投影して図4.5に示した。3.0 km/secの低速度帯は標高1,620m又はそれより高所の右岸上方に走っている断層の存在を示唆している。第四速度層は左岸部及び河床下で5.4 km/sec、右岸部で5.2 km/secである。第三速度層(2.8-3.0 km/sec)は右岸でかなり厚く分布する傾向が認められるが、断層の存在が影響を及ぼしているものと考えられる。

当軸の近傍に沿って掘削したボーリングにはBD2、BD7及びBD8孔がある。BD2とBD7の掘削結果は既述した。BD8孔は当軸の右岸上方を走る断層の位置と性状を確認する目的で断層面に直交する様に45°の傾斜で40m掘削した。表土と風化土の層厚は9.5mでやや高い透水性(1×10^{-4} cm/sec)を有している。それ以深は層厚3.4mの強風化した安山岩(D~CL級)、層厚3.9mの弱風化した安山岩(CL~CM級、9ルジオン値)があり、以深で新鮮な粗粒玄武岩(CM~CH級、5ルジオン)が分布している。断層破砕帯は深度35.7mより出現し、CL級岩盤6ルジオン値を示している。

Bダム軸案は次に列挙した諸点より他のダム軸より適していると判断される。

- 断層は右岸上方に位置しており、湛水による水圧は軽微と判断できる。
- ダム基礎の岩盤には溶脱や高透水性を示す石灰岩の分布がない。
- B軸の河床幅は他のダム軸に比べ最も短くなっている。そして、
- ダム基礎岩盤は均質な安山岩が広く分布しており、クラックはグラウトによる改良が容易である。

4.3 サドルダムの地質

構築すべきサドルダムサイトの付近はマグワグワの集落がある。移転を避けるためにはサドルダムのダム軸はソティクとソンドウ間を結んでいる現存の幹線道路から約100m東側の湛水池側へずらす必要がある。

サドルダムは堤高が最大20m、堤長が700m程度となるであろう。均一なアースフィルダムを計画した場合、約200,000m³の盛土材料とサドルダムと幹線道路間との窪みを埋め立てるために約100,000m³の材料が必要と考えられる。盛土材料の検討はⅢ章に既述してある。

サドルダムサイトの地質調査は物探測線SS(600m長)とボーリング3本(BS1、BS2、BS3)によって行われた。これらの調査はマグワグワ集落の影響を避けるために幹線道路より100m西方の平坦地を利用して行った。

図4.8に物探とボーリング調査の結果を示した。ボーリングBS2とBS3は先行した物探の解析結果から得られた推定断層の直上部で実施した。ダムサイトは表土、風化土の被覆層とBukoban系の安山岩及び砂岩から成っている。物探の結果は表4.2に掲げている。

第四速度層は 4.0km/secが測線SS-0 からSS-390mまでの区間、4.7km/secが測線SS-390からSS-600mにおいて分布している。当層はかなり新鮮なCM級岩盤である。低速度帯はSS-225m、SS-250m、SS-390m、SS-490mの4箇所で検出された。いずれも幅5mである。

第三速度層 (2.0 - 3.0 km/sec) は第四速度層の上であり、CL級岩盤で風化している。第二速度層 (0.9 - 1.1 km/sec) は完全に圧密したラテライトであり、一部にD級岩盤も含められる。第一速度層 (0.3 - 0.4 km/sec) は表土である。

ボーリングBS1孔は測線SS-125mで掘削された。層厚1mの表土、風化土、深度1~8.5mはラテライト土、深度8.5~10.1mは風化安山岩、深度10.1~30mはかなり新鮮な安山岩 (CM級、クラックの間隔10cm~30cm) が分布している。

ボーリングBS2孔は測線SS-225mの低速度帯の上で掘削された。表土(層厚1.5m)、風化土(深度1.5~8.25m)、断層によって破碎された安山岩(深度8.25~29.4m、CL~CM級)、新鮮で安定したCM級の安山岩(深度29.4~35.25m) などからなっている。

ボーリングBS3孔は測線SS-390mの低速度帯の直上で掘削された。深度7.6mまでが表土及び風化土、硬質で新鮮なCM~CH級の安山岩級の安山岩(深度7.6~15.35m)、変性作用を被ったCL~CM級の細粒砂岩(深度15.35~25.0m)、断層によって著しく破碎と変性を被ったD~CL級の細粒砂岩(深度25.0~32.5m)、それ以深(32.5~35.1m)は硬質硅岩(CM級)が分布している。

表土及び風化土で深度1m間隔にて実施した標準貫入試験によるN値は深度3m以深で全て110以上となっている。又透水試験による土の透水係数は 1×10^{-4} cm/sec以下である。図4.9にサドルダムサイトのルジオンマップを示した。断層も安定した岩盤においても1ルジオン値を超える岩盤は分布していないことが判明した。

以上の調査結果からみて、ダム高2.0m程度のアースフィルダムの基礎掘削としては地表より2~3mのルーズな表土を剥ぎ取ることにより容易に構築は可能であると判断される。基盤岩や断層からの漏水は殆どなく、風化土も難透水性である。コンクリート重力式ダムを計画する場合の基礎はCM級の風化岩盤(第三速度層)に置く事が望ましい。

4.4 導水路ルート (No.3案) の地質

物理探査測線 S W 1 (310m)、S W 2 (1,010m)、S W 3 (1,000m)、S W 4 (2,200m)、S W 5 (300m) とボーリング B W 1 (70m)、B W 2 (65m)、B W 3 (90m)、B W 4 (40m)、B W 5 (70m) が導水路 (No.3案) ルート上の取水口予定地点、トンネル土被りの浅い箇所、サージタンク予定地点、鉄管路経過地点及び発電所地点等で実施された (図4.10参照)。

B W 1 (取水口予定地点) と B W 2 (トンネル土被りの浅い箇所) のボーリング結果によると、断層の存在又は深部に達する風化の影響を受けて一部に脆弱な地質の分布が確認されている。しかし殆ど全てのボーリング掘削結果と弾性波速度分布から判断して全体にかなり良好な地質状態であることが判明した。サージタンク予定地点のチャペラ丘で掘削した B W 3 孔のボーリングコアは極めて安定した安山岩の岩塊の存在を示している。この岩塊はコンクリート骨材や砂の供給源として期待される。サージタンクから放水口までの区間の地質状況をより詳細に示す地質平面・縦断図は図4.11に地下式発電所の建設を考慮して与えられている。

付 表

表 2. 1 プロジェクト地域及び周辺部の地質層序

AGE	SYMBOL	DESCRIPTION
RECENT	Al	Superficial alluvium Sand, Graves, Silt, Clay
PLEINSTOCENE	Pl Plt plb	Undifferentiated includes Lake deposits Mau and Londiani Ashes and Tuffs Londiani Matic Basalts and Basanites
TERTIARY	Tv	Tertiary volcanics Kericho phonolite and Nyabondo phonolite
PRE CAMBRIAN	B	(BUKOBAN SYSTEM) Ba Rhyolites and tuffs, porphyritic felsites and Andesites Bq Quartzites with some cherts Bb Basalts and porphyritic basalts
PRE CAMBRIAN	Gn	Nyanzian roof pendant (Hornblende gneiss)
PRE CAMBRIAN	N	(NYANZIAN SYSTEM) NR Rhyolite with intercalated tuffs (NRt and Agglomerates, Basalt, Na Andesites, Dasites and Tuffs
ARCHEAN	M	(BASEMENT SYSTEM) Undifferentiated gneiss, schists and quartzites, includes MN-Nyanzian schists and MK-Kavirondian schists
	GD	INTRUSIVES Granites (G3-Post Kavirondian (G2-Post Nyanzian Miriu Granodiorite (G -Undated

表 3. 1 プロジェクト地域に発生した地震のリスト (1/3)

NO.	DATE		LONGITUDE	LATITUDE	MAGNITUDE	DEPTH (km)	DISTANCE (km)
	YEAR/MONTH/DAY						
01	1928, 01, 06		36.5 E	0.5 N	7.0	0	195
02	1928, 01, 06		36.2 E	0.2 N	0.0	62	149
03	1928, 01, 10		36.0 E	0.5 N	6.0	0	152
04	1928, 01, 10		36.2 E	0.2 N	0.0	62	149
05	1959, 05, 10		34.5 E	3.0 S	4.2	0	285
06	1959, 05, 10		35.91E	3.19S	4.2	0	315
07	1960, 05, 04		32.46E	1.21S	5.7	0	298
08	1960, 05, 04		32.0 E	0.75S	5.7	0	339
09	1964, 01, 03		35.0 E	3.0 S	0.0	0	278
10	1966, 07, 11		35.0 E	1.0 S	3.7	0	58
11	1966, 07, 24		36.0 E	3.0 S	3.4	0	298
12	1966, 09, 24		36.2 E	0.7 N	0.0	0	183
13	1966, 09, 24		35.0 E	0.0	4.2	0	53
14	1966, 09, 26		36.5 E	0.5 N	4.6	0	195
15	1966, 10, 10		32.4 E	0.2 N	3.8	0	303
16	1966, 10, 30		33.0 E	1.6 S	3.8	0	258
17	1967, 04, 09		32.5 E	3.0 S	3.7	0	396
18	1967, 04, 16		36.0 E	3.0 S	3.8	0	298
19	1967, 07, 04		37.0 E	3.0 S	4.3	0	353
20	1967, 07, 08		36.0 E	3.0 S	4.2	0	298
21	1967, 12, 29		32.2 E	0.2 S	4.2	0	317
22	1967, 12, 29		34.0 E	1.3 N	4.2	0	228
23	1967, 12, 29		31.4 E	3.0 N	4.4	0	558
24	1967, 12, 29		34.0 E	1.3 N	4.1	0	228
25	1967, 12, 29		31.2 E	2.8 N	4.4	0	560
26	1967, 12, 29		34.0 E	1.3 N	4.1	0	228
27	1967, 12, 29		34.0 E	1.3 N	4.1	0	228
28	1967, 12, 29		34.0 E	1.3 N	4.0	0	228
29	1968, 03, 14		33.8 E	1.0 S	3.9	0	149
30	1968, 03, 14		33.8 E	1.0 S	4.1	0	49
31	1968, 03, 16		34.4 E	0.61S	0.0	0	73
32	1968, 03, 16		34.1 E	0.3 S	4.7	0	106
33	1968, 03, 18		34.0 E	0.5 S	3.9	0	116
34	1968, 03, 20		34.42E	0.61S	0.0	13	70
35	1968, 03, 20		34.4 E	0.6 S	0.0	33	72
36	1968, 03, 20		34.3 E	0.5 S	4.6	0	82
37	1968, 03, 21		34.38E	0.58S	0.0	41	74
38	1968, 03, 21		34.2 E	0.5 S	4.5	0	93
39	1968, 03, 21		34.3 E	0.6 S	0.0	34	83
40	1968, 03, 21		34.2 E	0.5 S	4.0	0	93

(Source: International Seismological Centre)

表 3.1 プロジェクト地域に発生した地震のリスト (2/3)

NO.	DATE		LONGITUDE	LATITUDE	MAGNITUDE	DEPTH (km)	DISTANCE (km)
	YEAR/MONTH/DAY						
41	1968, 03, 21		34.3 E	0.5 S	4.0	0	82
42	1968, 03, 21		34.37 E	0.6 S	0.0	0	76
43	1968, 03, 21		34.2 E	0.3 S	4.7	0	93
44	1968, 03, 21		34.44 E	0.3 S	0.0	0	70
45	1968, 03, 21		34.1 E	0.6 S	4.1	0	105
46	1968, 04, 01		34.41	0.66S	0.0	0	73
47	1968, 04, 01		33.9 E	0.4 S	4.9	0	127
48	1968, 05, 10		34.4 E	0.69S	0.0	18	75
49	1968, 05, 10		34.3 E	0.4 S	4.9	0	83
50	1968, 06, 13		33.95 E	2.21N	0.0	66	321
51	1968, 06, 13		34.0 E	2.0 N	4.3	0	297
52	1968, 07, 06		33.35 E	1.26S	0.0	30	207
53	1968, 07, 06		33.3 E	1.3 S	3.2	33	214
54	1969, 07, 15		33.6 E	3.0 S	4.0	0	321
55	1969, 08, 26		30.2 E	0.4 N	0.0	0	547
56	1969, 08, 26		33.8 E	0.2 S	4.1	0	141
57	1969, 12, 14		34.02 E	1.25S	0.0	0	142
58	1969, 12, 14		34.8 E	0.7 S	4.5	0	36
59	1969, 12, 26		36.0 E	3.28S	0.0	33	327
60	1969, 12, 26		36.3 E	2.5 S	4.5	0	263
61	1969, 12, 26		35.8 E	3.2 S	4.0	33	312
62	1972, 09, 10		35.117E	0.299S	4.6	0	22
63	1972, 10, 30		36.554E	2.586S	4.46	0	287
64	1973, 07, 07		35.568E	3.046S	4.5	33	289
65	1974, 12, 06		33.0 E	3.0 S	4.5	0	359
66	1975, 08, 02		37.508E	2.805S	5.1	0	376
67	1975, 11, 29		36.152E	2.398S	4.1	0	245
68	1975, 11, 29		37.013E	2.743S	4.7	0	333
69	1976, 01, 16		37.20 E	3.10 S	4.2	0	376
70	1976, 01, 19		37.466E	2.940S	4.9	26	383
71	1976, 01, 21		37.346E	2.813S	4.5	0	363
72	1976, 02, 05		36.973E	2.784S	4.8	41	333
73	1976, 02, 09		37.386E	2.851S	4.5	0	370
74	1976, 11, 29		36.934E	2.664S	4.2	0	320
75	1977, 03, 19		37.0 E	3.0 S	4.1	0	353
76	1977, 03, 25		37.069E	2.804S	4.3	0	342
77	1978, 04, 05		37.152E	1.717S	4.8	25	272
78	1979, 03, 20		36.0 E	3.0 S	4.4	0	298
79	1983, 11, 02		35.810E	3.001S	4.2	0	291
80	1983, 11, 02		35.819E	2.998S	4.0	0	291

(Source: International Seismological Centre)

表 3.1 プロジェクト地域に発生した地震のリスト (3/3)

NO.	DATE		LONGITUDE	LATITUDE	MAGNITUDE	DEPTH (km)	DISTANCE (km)
	YEAR/MONTH/DAY						
81	1984, 07, 01		36.408E	1.056N	0.0	0	228
82	1984, 07, 01		34.0 E	1.0N	4.0	0	200
83	1984, 10, 09		35.874E	4.187S	0.0	0	420
84	1984, 10, 09		34.8 E	2.6S	3.7	0	236
85	1985, 11, 13		33.70 E	0.50N	0.0	0	184
86	1985, 11, 13		31.20 E	0.50N	4.2	0	440
87	1986, 06, 28		34.026E	0.959S	4.2	10	125

(Source : International Seismological Centre)

表 3. 2 修正メルカリ震度階と日本国氣象庁震度階の比較

MODIFIED MERCALLI INTENSITY (DAMAGE) SCALE OF 1931 (ABRIDGED)

- 1 Not felt except by a very few under especially favourable circumstances.
- 2 Felt only by a few persons at rest, especially on upper floors of buildings. Delicately suspended objects may swing.
- 3 Felt quite noticeably indoors, especially on upper floors of buildings, but many people do not recognise it as an earthquake. Standing motorcars may rock slightly. Vibration like passing truck. Duration estimated.
- 4 During the day felt indoors by many, outdoors by few. At night some awakened. Dishes, windows, and doors disturbed; walls make creaking sound. Sensation like heavy truck striking building. Standing motorcars rocked noticeably.
- 5 Felt by nearly everyone; many awakened. Some dishes, windows, etc. broken. A few instances of cracked plaster. Unstable objects overturned. Disturbances of trees, poles, and other tall objects sometimes noticed. Pendulum clocks may stop.
- 6 Felt by all; many frightened and run outdoors. Some heavy furniture moved. A few instances of fallen plaster or damaged chimneys. Damage slight.
- 7 Every body runs outdoors. Damage negligible in buildings of good design and construction; slight to moderate in well-built ordinary structures; considerable in poorly-built or badly-designed structures. Some chimneys broken. Noticed by persons driving motorcars.
- 8 Damage slight in specially-designed structures; considerable in ordinary substantial buildings, with partial collapse; great in poorly-built structures. Panel walls thrown out of frame structures. Fall of chimneys, factory stacks, columns, monuments, walls. Heavy furniture overturned. Sand and mud ejected in small amounts. Changes in well water. Persons driving motorcars disturbed.
- 9 Damage considerable in specially-designed structures; well-designed frame structures thrown out of plumb; great in substantial buildings, with partial collapse. Buildings shifted off foundations. Ground cracked conspicuously. Underground pipes broken.
- 10 Some well-built wooden structures destroyed; most masonry and frame structures destroyed with foundations. Ground badly cracked. Rails bent. Landslides considerable from river banks and steep slopes. Shifted sand and mud. Water splashed (splashed) over banks.
- 11 Few, if any (masonry), structures remain standing. Bridges destroyed. Broad fissures in ground. Underground pipelines completely out of service. Earth slumps and land slips in soft ground. Rails bent greatly.
- 12 Damage total. Waves seen on ground surfaces. Lines of sight and level distorted. Objects thrown upward into the air.

JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY INTENSITY SCALE

- 0 No sensation: registered by seismographs but no perception by the human body.
- I Slight: felt by persons at rest or persons especially sensitive to earthquakes.
- II Weak: felt by most persons. Slight rattling of doors and Japanese latticed paper sliding doors (shōji).
- III Rather strong: shaking of houses and buildings. Heavy rattling of doors and shōji, swinging of chandeliers and other hanging objects. Movement of liquids in vessels.
- IV Strong: strong shaking of houses and buildings. Overturning of unstable objects. Spilling of liquids out of vessels four-fifths full.
- V Very strong: cracking of plaster walls. Overturning of tombstones and stone lanterns. Damage to masonry chimneys and mud-plastered warehouses.
- VI Dangerous: demolition of up to 30 per cent of Japanese wooden houses. Numerous landslides and embankment failures; fissures on flat ground.
- VII Ruthless: demolition of more than 30 per cent of Japanese wooden houses.

表 3.3 マグワグワダムサイトにおける地盤加速度値の推定

		1928.1.6 Magnitude 7.0 Distance 195 km	1972. 9.10 Magnitude 4.6 Distance 22 km
I.S.C 1/	5.3 (MMS)	40 gal	7.2 (MMS) 150 gal
Estiva's formula		24 gal	52 gal
Kawasumi's formula	II - III (2.8) (JMA)	11 gal	II-III(2.2) (JMA) 6 gal
Seismic Zoning Map of Kenya 2/		VI (MMS) Middle third of (JMA)	21.0 - 44.0 gal IV(JMA)25.0 - 80.0 gal 50 gal
World Map of Natural Hazards 3/		VI and VII (MMS) Latter thir of IV (JMA)	VI (MMS)21.0 - 44.0 gal <u>VII (MMS) 44.0 - 94.0 gal</u> IV (JMA) 25.0 - 80.0 gal 50 - 60 gal

1/ International Seismological Centre

2/ Seismic Zoning Map of Kenya
Showing Maximum Observed Intensities (1982-1969)
I.S. LOUPEKINE, JULY 1971

3/ World Map of Natural Hazards
Maximum Intensity (Mercali Scale) once in 50 years,
for average ground conditions.

表 3. 4 震度と発生頻度の相関

A) By I.S.C

Intensity (By MMS)	Frequency in 86 years	Frequency in 100 years	Cumulative number for 100 years (Nc)
<0.1	46	53.49	101.16
0.2 - 0.4	4	4.65	47.67
0.5 - 1.4	13	15.12	43.02
1.5 - 2.4	6	6.97	27.90
2.5 - 3.4	7	8.14	20.93
3.5 - 4.4	6	6.97	12.79
4.5 - 5.4	2	2.33	5.82
5.5 - 6.4	2	2.33	3.49
6.5 - 7.4	1	1.16	1.16
Total	87	101.16	

B) By Kawasumi

(By JMA)	86 years	100 years	(Nc)
0 - 1	4	4.65	9.31
1 - 2	2	2.33	4.66
2 - 3	2	2.33	2.33
Total	8	9.31	

表 4.1 岩 盤 分 類

Classification	Characteristics
A	Rock-forming minerals ⁽¹⁾ are fresh and not weathered or altered. Joints and cracks are very closely adhered with no weathering along their planes. A clear sound is emitted when hammered.
B	Rock-forming minerals are weathered slightly or partially altered, the rock being hard. Joints and cracks are closely adhered. A clear sound is emitted when hammered.
CH	Rock-forming minerals are weathered but the rock is fairly hard. The bond between rock blocks is slightly reduced and each block is apt to be exfoliated along joints and cracks by strong hammering. Joints and cracks sometimes contain clay and other material which may be coloured by limonite. A slightly dull sound is emitted when hammered.
CM	Rock-forming minerals are weathered and the rock is slightly soft. Exfoliation of the rock occurs along joints and cracks by normal hammering. Joints and cracks sometimes contain clay and other material. A somewhat dull sound is emitted when hammered.
CL	Rock-forming minerals are weathered and the rock is soft. Exfoliation of the rock occurs along joints and cracks by light hammering. Joints and cracks contain clay. A dull sound is emitted when hammered.
D	Rock-forming minerals are weathered, and rock is very soft. There is virtually no bond between rock blocks, and collapse occurs at the slightest hammering. Joints and cracks contain clay. A very dull sound is emitted when hammered.

(1): Except quartz

表 4. 2 弾性波速度値と地質との対比

<u>Damsite</u> Velocity Layer	Velocity (km/sec)	Assumed Geology
1ST layer	0.3 to 0.8	Top soil, residual soil, talus and river sand/gravel
2ND layer	1.3 to 1.5	Talus and river sand/gravel, Heavily weathered rock (CL)
3RD layer	2.8 to 3.0	Slightly weathered rock (CM)
4TH layer	5.4 to 5.5	Fresh rock (CH)
<u>Saddle damsite</u>		
1ST layer	0.3 to 0.4	Top soil
2ND layer	0.9 to 1.1	Compacted laterite soil
3RD layer	2.0 to 3.0	Weathered rock of andesite and sandstone (CM - CL)
4TH layer	4.0 to 4.7	Slightly weathered andesite and sandstone (CM)
<u>Waterway</u>		
1ST layer	0.3 to 0.8	Top soil, residual soil, and talus deposits
2ND layer	1.3 to 1.5	Heavily weathered rocks (CL-D) (andesite, sandstone, tuff breccia, granodiorite)
3RD layer	2.8 to 3.2	Weathered rocks (CM)
4TH layer	4.4 to 5.5	Fresh rocks (CH - B)

付



