

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

要約

平成9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
要 約

JICA LIBRARY



1094431 (2)

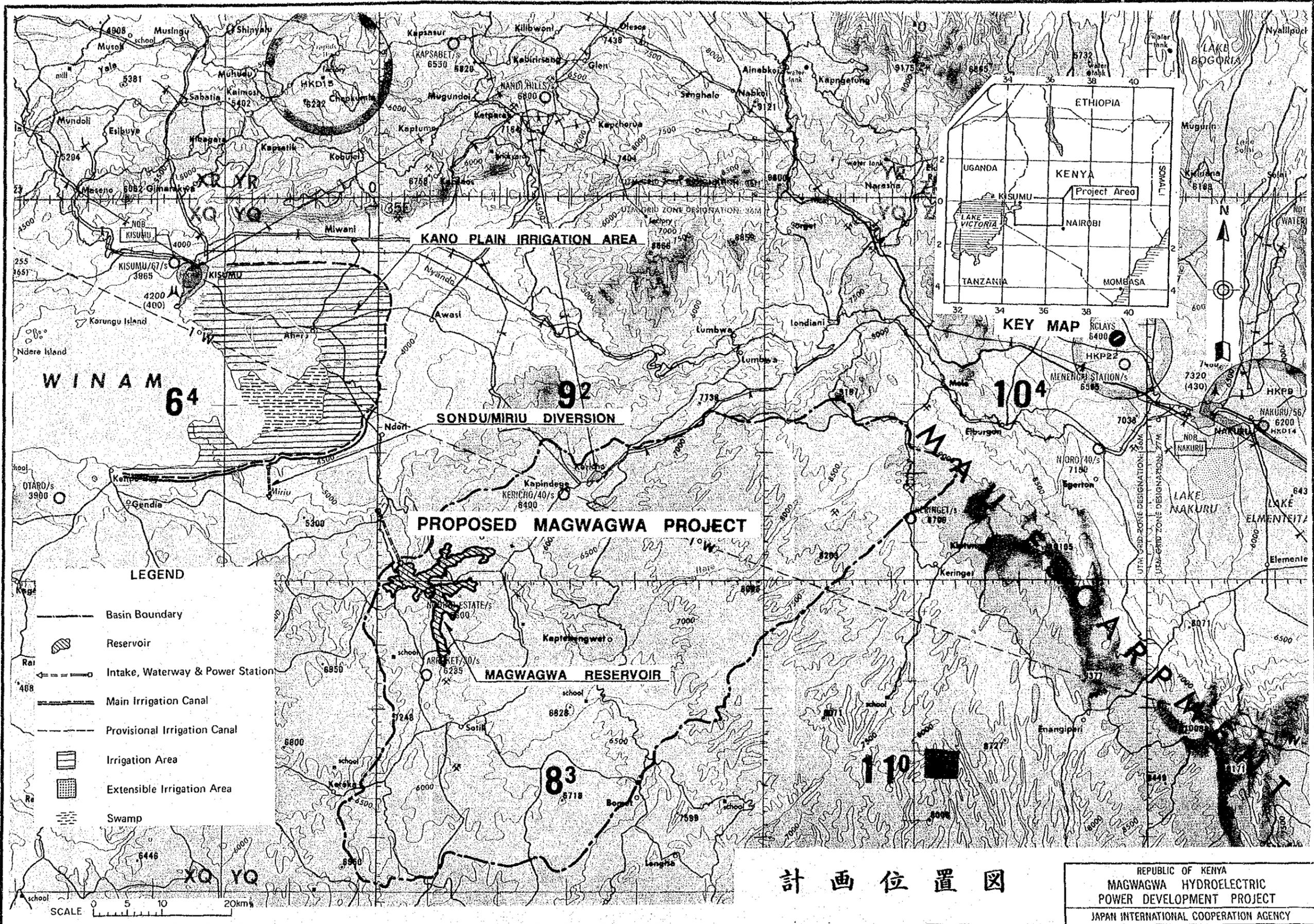
23067

平成 3 年 10 月

国際協力事業団

国際協力事業団

23067



計画位置図

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



マグワグワダムの鳥瞰図

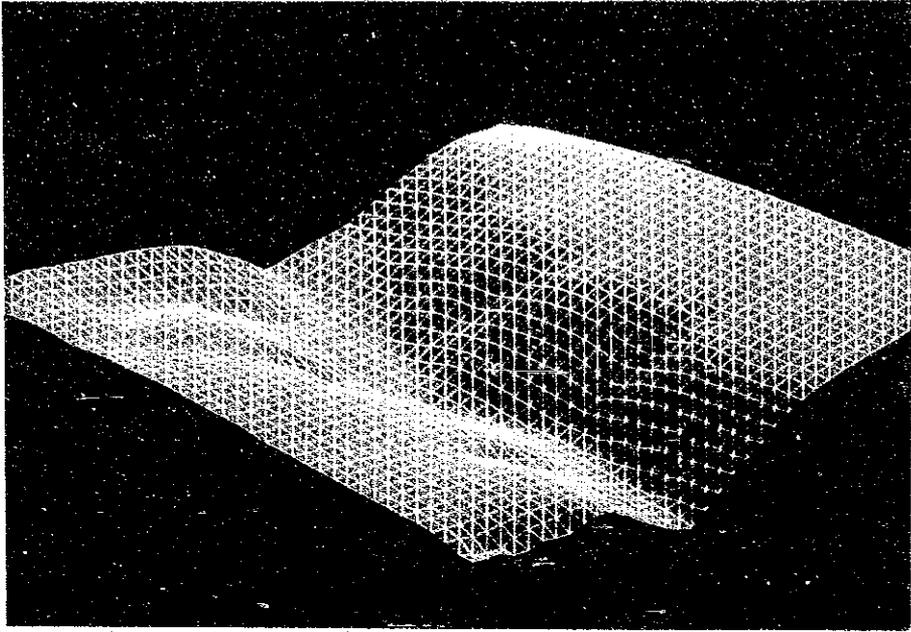


写真1 下流方向からのマグワダムサイト地形概観

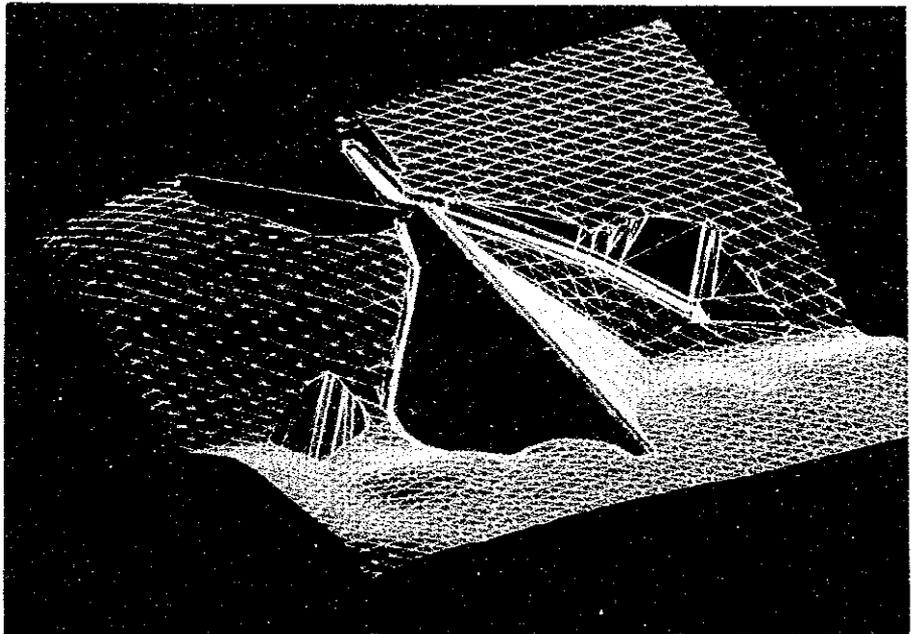


写真2 湛水前のマグワダム概観

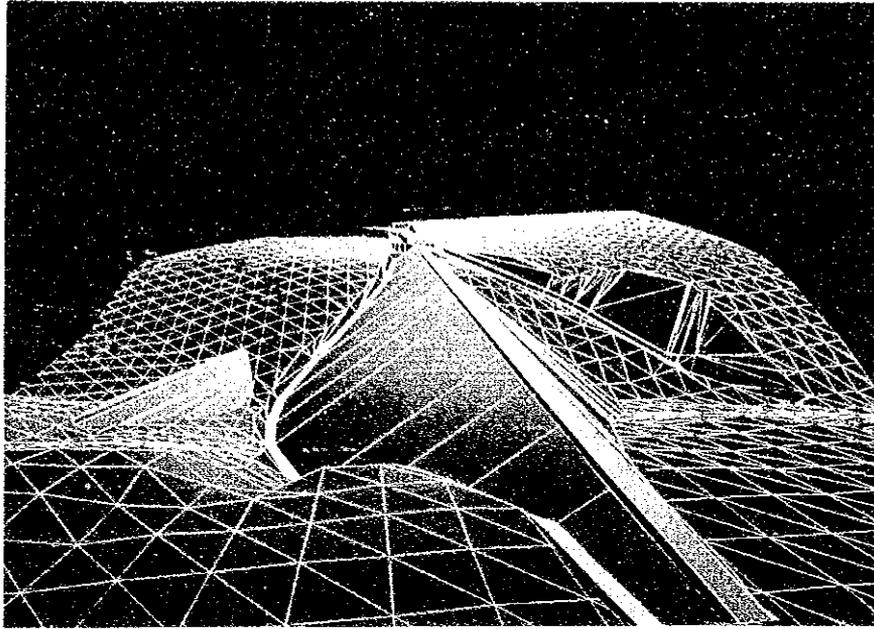


写真3 右岸からのマグワグワダム眺望

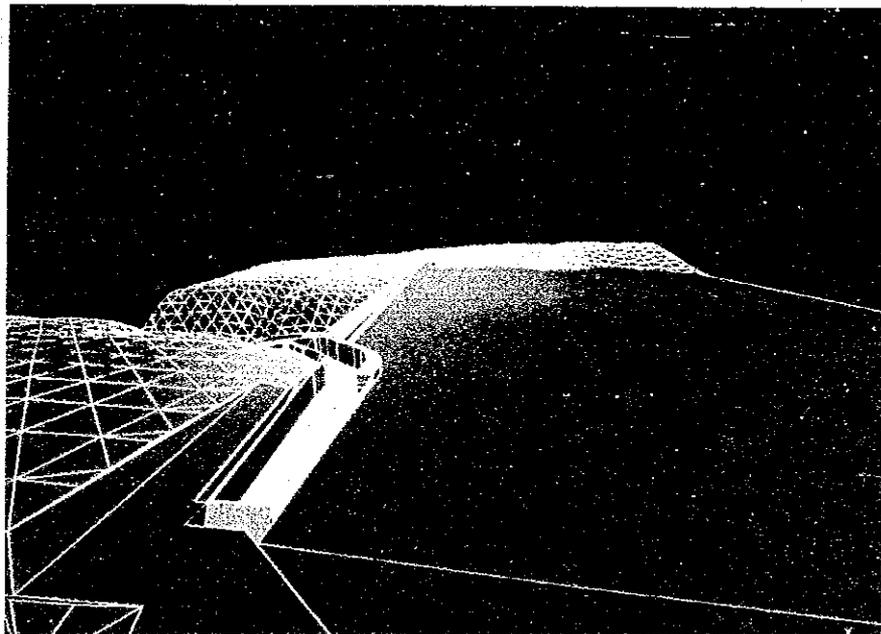


写真4 左岸より湛水後のマグワグワダム眺望

要 約

調査の背景

1. ケニア電力系統内の設備容量は720MW(有効容量509MW)であり、その内訳は水力493MW、地熱45MW、石油火力164MWの水主火従の電力設備構成となっている。自国設備の他、30MW(215Gwh)相当の電力をウガンダより供給を受けて来たが、同国の供給余力の低下により、常時電力として期待できない状況にある。最近完成したキアンベレ水力の144MW及び1991年にタークウェル水力の106MWが系統に加わると、総有効電力は750MWのレベルまで達する見込みである。
2. 1976年から現在迄の15年間におけるケニア国内の電力需要(発生電力量)の年増加率は1.7%(1982-83)から10.8%(1985-86)と変動が大きかったが、同期間内の年平均増加率は6.8%とかなり高い増加率となっている。K P L C(ケニア電力電灯会社)の最近の予測によると、ケニア国の電力需要は1995年に718MW(消費電力量:3,529Gwh/年)、2000年に938MW(同:4,578Gwh/年)になると予想されている。1990年代後半にソンドゥ/ミリウ水力の60MW、地熱115MWが開発されたとしても、伸びゆく需要に見合う様に2000年迄に200MW前後の電力を新規に開発することが必要となる。
3. ケニア国における農業の状況を見ると、農業の大部分が天水栽培に依存しており、ケニアの主要食糧作物であるトウモロコシの栽培も気象変化の影響を受けやすく、その生産量は年々大きく変動し、食糧の不足分は輸入に頼っている状況にある。また、食糧作物の消費動向がトウモロコシから米に移行しつつあり、輸入食糧に占める米の比重が増大している。食糧輸入は国家財政悪化の主な原因となっている。この様な状況のもと、ケニア政府は2000年を目標とした経済開発の長期戦略プログラムを策定した。この中で、米及びトウモロコシの自給及び伝統的換金作物の付加価値増大のための農産加工業の振興の2点を最重点項目に掲げている。

計画の概要

4. ソンドゥ川の水力ポテンシャルの開発及びカノー平野の農業生産を高めることを目的とした総合計画が1985年に実施されたJICA調査により提案された。その計画(図S.1参照)はマグワグワダム計画、ソンドゥ/ミリウ転流計画及びカノーかんがい計画の三要素より構成されている。
5. マグワグワ計画はソンドゥ川の中流域のマグワグワ地点に8億m³規模の貯水池を作り、ソンドゥ川の流量を平滑化させるとともに、ダム及び約8kmの導水路を設けることによって得られる200mの落差を利用して発電しようとするものである。ソンドゥ/ミリ

ウ計画は平滑化された水をカノー平野に向けて転流させ、転流時に生ずる落差を利用して発電すると共に、同平野のかんがい地区にかんがい用水を供給しようとするものである。カノーかんがい計画は26,000haにも及ぶかんがい対象地区にソンドゥ川の水を導水して農業生産を高めようとするものである。

調査の目的

6. ケニア国政府は自国のエネルギー及び農業政策、即ち自国内のエネルギー資源開発及び主要食糧作物の自給達成の観点からマグワグワ水力発電計画（図S.1参照）を開発することを考え、日本政府に実施可能性調査実施の為の技術協力を要請した。

7. ケニア政府の要請に応え、日本政府は1989年8月に国際協力事業団の職員より構成されたミッションをケニアに派遣し、相手方機関であるケニア電力会社（K P C）と、調査の作業範囲（Scope of Work）を討議した。両機関の討議のもと作成された作業範囲指示書によると、本調査の目的はマグワグワ水力発電計画の技術的・経済的に最適な開発計画案を策定し、経済・財務・自然及び社会環境等の面から総合的な評価を加え、フィージビリティ調査報告書を作成することである。又、本調査を通じ、ケニア国側から派遣されるカウンターパートに対して技術移転を図ることも、日本政府の技術協力の観点からして重要な目的である。

作業進捗

8. 本調査は1990年1月から3月までの期間、調査団をケニア国へ派遣することより開始された。この時期における主作業は作業の実施方針を述べたインセプションレポートの討議、現場踏査、電力調査、社会・経済調査及び開発代替案の選定であった。引き続き現地調査が、1990年6月から11月までの期間行われた。この期における主作業は地形図作成、材料調査を含む地質調査、水文調査及び自然・社会環境調査であった。

本調査団は11月末に現地調査段階の業務完了後日本に帰国し、直ちに最適代替案の選定、規模決定、基本設計及び施工計画・建設費算定から成る基本設計段階の作業を開始した。現地調査段階で得られた調査結果、及び基本設計段階の1991年3月までの結果をとりまとめて中間報告書が作成された。基本設計の作業をさらに継続すると共に、経済、財務及び総合評価を加えて最終報告書（案）が1991年8月に作成され、ケニア政府に提出された。

本調査団は8月下旬ケニアに赴き、相手側実施機関であるK P Cと最終報告書（案）を討議した。K P Cからの最終報告書（案）へのコメントを反映させて本最終報告書が1991年10月に作成され、ケニア政府に提出された。

本計画の位置

(1) 開発地点

9. ビクトリア湖流域内の主要六河川の一つであるソンドゥ川は、北にニャンド川、南にクジャ川を持ち、マウ断崖の西斜面に源をもつ。ゆるやかな起伏を持つ高原地帯を流下し、いくつかの支流を集めながら西方向に流れている。二大支流であるユリス及びキプソノイ川が合流した後ソンドゥ川は本計画が位置する急峻な溪谷に入り、オディノ滝などを経てニャクエレの沖積平野まで一気に流下する。河口における流域面積は3,470km²である。

(2) 気象・水文

10. ソンドゥ川流域は、標高が1,600mから2,700mと高いこともあり、月平均気温は19℃から25℃と安定している。日変化については、最低気温15℃、最高気温30℃で、日平均15℃の気温差がある。

11. 流域内の13カ地点の雨量観測記録に基づく1940年から1988年までの49年間に亘る年平均流域雨量は1,505mmと推定された。最少雨量は1984年の1,152mm、また最多雨量は1978年の1,892mmであった。一方、流域内の年降雨等雨量線図は図S.2に示される。流域内における月別降雨パターンによると、流域中央部においては4月～5月に雨期となり、東部においては5月及び7月から8月の年2度の雨期が見られる。一方、流域西部においては乾期、雨期の区別は他の2地域に比べはっきりしていないが、4月に最多雨量があった(図S.3参照)。

12. 1946年から1990年までに観測された月別流量記録によると年平均流量は、42.0m³/sと推定された。また、1JG1地点での日単位水位記録を基に流域面積比で推定したマグワグワダム計画地点における日単位流況曲線(1946年～1990年、シリーズ法)によると95%超過流量(濁水量)は4.3m³/sと推定された(図S.4参照)。

13. マグワグワ貯水池における年平均堆砂量は1JG1地点における流量-流砂量関係式を作成し、この関係式に基づいて推定された。1947年から1990年までの日単位流量記録により算定された年平均堆砂量は531,000m³/年であり、これを流域浸食率に換算すると0.168mm/km²/年になる。

(3) 地質

14. ソンドゥ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おり、新第三紀の安山岩溶岩(フォノライト)により覆われている。ソンドゥ川下流部の構成地質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

入した花崗岩類である。これら古期岩は直接露出している。プロジェクト地域はソンドゥ川の中～下流に位置する。その主要な構成地質は先カンブリア紀の安山岩、珪長岩及び堆積岩類である（図 S.5 参照）。

15. プロジェクトサイトは地震活動度が比較的少ない地域に属している。ケニアの地震頻度図や国際地震センターから集めた地震のデータによれば、修正メルカリ震度階“VI”に相当し、これは21.0–44.0ガル（0.05G）程度である。ダム設計のための100年確率における地震係数は0.10Gと結論された。

16. 国際大ダム会議（1988年）やT. Vladut（1989年8月）の近年の研究成果によると、ダム湛水による誘発地震（R I S）の検討が環境問題の一つとして報告されている。T. Vladutの提案したR I Sの検討手法を用い、当マグワグワダム貯水池におけるR I Sを予測したところ、特筆すべき重大な支障は認め難い。仮に、R I Sが起こったとしても最大で0.05Gであり、ダムの地震係数0.10G以下になった。

(4) 自然環境

17. 自然環境調査の目的は次の通りである。

- i) ダム建設計画が自然環境に及ぼす影響を特定化すること。
- ii) 影響の程度について評価すること。
- iii) 自然環境への影響についての対策を提案すること。
- iv) 自然環境の観点から、本ダム建設計画の妥当性について評価すること。

本調査の基本方針としてスコーピング・スクリーニングアプローチを採用した。スクリーニングとは、本ダム建設計画に係る環境アセスメント（E I A）が検討されるべきかどうかを、ケニア国及び世界銀行におけるガイドラインをもとに判断するものである。本ダム計画は総貯水容量8億 m^3 を超える大規模ダム計画であるため、当然のことながらE I Aを実施すべきプロジェクトと判定された。スコーピングは予備的環境調査（I E E）をE I Aの前に実施することによって、対象項目や範囲を絞り込むことを目的としている。

18. 既存データ及び現地踏査に基づく23の項目に対するI E Eの結果は表 S.1 に示され、下記5項目がE I Aにおいて詳細な検討が必要であると判断された。

- ① ダム湖による下流水温の変化
- ② ダム下流域における河川水質の変化
- ③ ダム湖の富栄養化
- ④ 寄生虫病
- ⑤ ダム建設による病院、診療所等の利用への影響

19. 引き続き実施された上記5項目に対するEIAによって、殆どのインパクトが自然環境に与える影響は軽微であり、寄生虫病の発生だけが大きな影響をもたらすであろうと考えられた。このため、この影響を軽減するための対策が必要であると判断された。しかしながら寄生虫病を含め、想定された影響は全て対策をとることが可能であり、かつ避けることのできない重大な影響が起こる恐れは少ない。従って、自然環境への影響に関する限り、本ダム建設計画は妥当であると結論できる。

(5) 社会環境

20. 社会環境調査は、プロジェクトの健全性を主に地元住民の立場から、社会・文化的並びに経済的側面について評価することを意図している。本調査の目的は、i) 影響を被る地域における社会・経済現況の把握、ii) 本プロジェクトの社会・経済的影響の予測、iii) 補償及び移転計画を含む対策に関する方針の策定、iv) 今後の調査に対する提案である。

21. 本プロジェクトが及ぼす社会・経済的影響のスクリーニング結果を要約すると、最も深刻な影響は、水没地区を中心とする住民の移転(図S.6に示される通り堤頂標高をEL.1.670mとした場合周辺影響地区を含めて約700戸)並びに土地、インフラストラクチャー及び施設の水没(26km²)から派生すると予測される。対象住民のうち約95%が、土地の損失について憂慮を示し、86%が移転の影響を心配している。

22. 一般に、国家プロジェクトのための用地取得に対する補償は、土地かあるいは、金銭で行われる。しかし、近年の世界におけるプロジェクトでは、特に土地に依存する人々を対象とする場合には、代替地を提供する傾向にある。本プロジェクトでも、下記影響が生起する可能性が高いと予測できるので、代替地の提供によって補償するアプローチを採用すべきであろう。即ち、i) 大規模な移転、ii) ほとんど全ての住民が代替地提供を望んでいること、iii) 大半が教育レベルが低い、伝統的な農民であること、iv) 高い人口圧に伴う有効な土地の減少、及びv) 親族体系やその他の社会・文化的要素が重要な役割を果たしていることによる。

23. 他方行政官、及び地元住民の情報に基づき、再定住地に関する予備的検討を行い、i) 定住計画予定地、ii) 沼沢地、iii) ゴイナ及び隣接地域の茶園、iv) トランス・ゾイア県の農業開発公社(ADC)農場、v) シンバウティ農場、及びvi) ケリチョ県の政府所有地が移転の可能性のある土地として確認された。表S.2は上記5再定住候補地点の候補地点としての予備的な検討結果を要約したものであるが、詳細な調査によるものでないので、参考資料として取り扱う必要がある。

24. 本プロジェクトが社会的に受容され健全であるとは現段階では結論づけられない。なぜならば、補償を含む再定住計画、貯水池周辺の再建計画及び地域開発計画を十分に策

定し得なかったためである。社会学的見地から本計画の受容性及び健全性を追求するために、下記事項がさらに検討されることが望まれる。

- 1) 本プロジェクトの実施に伴う、強制移転及び他の社会・経済的影響の適切な理解
本プロジェクトの実施、特に水没による影響、代替地提供の必要性、及び再定住や再建の失敗が及ぼす影響を認識することが不可欠である。これらの計画は、本プロジェクトの要であり、第二義的に取り扱われるべきでない。
- 2) できる限り早急に必要とされる計画や対策措置を策定するための組織・制度を確立すること
組織・制度の確立は、今後の調査を実施する上での前提条件である。K P Cは、調査の円滑な実施を計るために影響を受ける人々に対する広報、及び協力が必要な省庁・機関との調整などの役割を果たす特別の部局あるいは機能を確立することが期待される。
- 3) 影響を受ける人々及び関連機関の参加
必要な計画の策定、あるいは対策措置を講じる上で、これらを実施可能なものとするためには、影響を受ける人々の参加が不可欠である。
- 4) 漏れ及び過少評価のない費用の計上
必要な計画を実施するための費用を過少評価すれば、実施段階で資金難に陥るので、詳細な調査をもとに実施に必要な費用は全て、適切に積算されなければならない。
- 5) 十分な資源・専門家により、今後の調査を可能な限り早急に開始すること
今後の調査の実施には時間がかかるであろう。特に、再定住地の選択は、再定住計画において最重要であり、また最初に行われ、十分な数の専門家を要する。さらに、貯水池並びに再定住地において、広範かつ詳細な調査が行われることになる。したがって、本プロジェクトの他の部分とは異なり、広範な分野の専門家と十分な資源が必要となる。

(6) 電力調査

25. ケニアは国全体を次の5地域に区分して電力供給を実施している。

- (1) Nairobi Region
- (2) Coast Region
- (3) Rift Valley Region
- (4) Western Region
- (5) Mt. Kenya Region

1987/88年のKPLCの総販売電力量は2,434GWhであったが、Nairobi Regionの販売量

は1,303GWh、Coast Regionで544GWh、Western Regionで346GWh、Rift Valley Regionで137GWh、Mt. Kenya Regionで104GWhであった。即ち、総販売量の75%以上がNairobiとCoast Regionで消費されている。

26. 1990年6月現在、全国の電力系統に接続されている総発電設備容量は、702MWであった。この他に系統に接続されていない発電設備容量4MWによる電力およびウガンダからの輸入電力が供給されている。

発電設備の中では、水力発電設備が大きなシェアを占め、総設備容量の70%、有効発電容量の79%、1989/90年における年間発電電力量の85%が水力発電によるものである。ウガンダからの電力輸入は、年平均全発電電力量の約6%の量に相当している。

次表は1989/90年における年平均発電電力量を発電型式別に纏めたものである。

発 電 型 式	設備容量 (MW)	可能発電容量 (MW)	年間発電量 (GWh)
水 力 発 電	492.5	479.0	2,517.0
一 般 火 力 発 電	145.9	69.8	107.0
地 熱 発 電	45.0	43.0	336.0
デ ィ ー ゼ ル 発 電	22.2	11.9	14.0
(系統に接続されてい ない分も含む)			
ウガンダからの輸入	—	(30.0)	(174.0)
合 計	705.6	633.7	3,148.0

27. 国内の電力は、220kV, 132kV, 66kV, 40kV, 33kV等の送電網によって供給されている。1989年6月現在のこれ等の送電線の総延長距離は、220kV送電線が647cct-km、132kVが1,786cct-km、66kVが389cct-km、40kVが121cct-km、33kVが2,955cct-kmとなっている。主変電所及び送電線ルートは図S.7に示されている。

28. 過去のデータに基づく電力需要予測調査がHigh、Median及びLowの三つのシナリオに対して実施された(図S.8参照)。予測結果は下記の通り要約される。

(a) 1979-1988年の伸び率6.63%に比し、Medianシナリオにおいて1987/88-2014/15年の期間の全系統の電力量の伸びは年平均5.3%、最大電力の伸びは5.5%であり安定した成長を持続する。

(b) 必要な発電電力量は1987/88年度の需要に比し、1995/96年には 4,275.0GWh、2000/01年には 5,535.8GWh、2005/06年には 7,170.6GWh、2014/15年には年11,509.1 GWh に達する。

29. 計画地域に建設される送電線は、Sundu/Miriu、Magwagwa両発電所の電力を安定して地域内に供給するように計画されなければならない。そのために既存 Kisumu 変電所—既設Muhoroni開閉所—既設Chemosit変電所—Magwagwa発電所—Sundu/Miriu 発電所—Kisumu 変電所の環状送電網の建設が推奨される (図 S.9 参照)。系統電圧は 220kVあるいは132kV のどちらかになる。

(7) 計画の形式

30. 本計画はソンドゥ川の水力ポテンシャル及びカノー平野の農業ポテンシャルを総合的に開発しようとするものであり、マグワグワダム計画の最適開発規模はマグワグワ、ソンドゥ/ミリウ水力計画及びカノーかんがい計画から得られる純便益を最大ならしめるものとして、次の様に得られた (図 S.10参照)。

常時満水位 (FSL)	: 標高 1,665.00 m
最低運転水位 (MOL)	: 標高 1,609.00 m
放水位	: 標高 1,458.00 m
総貯水量	: 808 百万 m ³
有効貯水量	: 701 百万 m ³

31. さらに、マグワグワ水力計画の最適設備容量及び投入年を求める検討が他の有望水力計画及び火力計画を考慮して実施された。その結果、マグワグワ水力計画を2003年に120MW の開発規模で電力系統に投入するのが最適であるとされた (図 S.11参照)。

最適であるとされたマグワグワ水力発電所の概要は下記の通りである。

設備容量	: 120 MW
最大使用水量	: 82 m ³ /sec
保障電力量	: 243.9 GWh/年
平均電力量	: 510.9 GWh/年
ソンドゥ/ミリウの電力増加量	: 158.4 GWh/年

マグワグワ発電所の年平均発生電力量及びソンドゥ/ミリウのマグワグワダムの建設による電力増加量はケニアの既存発電用貯水池の連携運転により算定されたことを付記しておく。

32. 最適設備容量及び投入年を決定する検討に用いた仮定や将来における建設費の変動等に含まれる不確定要素を考慮して感度分析が実施された。その結果においてもマグワグワ水力計画を2003年に120MWの規模で開発するのが望ましいと判定された。

(3) 基本設計

33. マグワグワダム計画の基本設計は各構造物の最適化を行った上で、基本設計レベルで実施した。主要構造物の諸元は下記の通りである。

a. 仮排水路

- 仮排水路トンネルの直径 : D=6.20m (円形断面)
- 仮排水路トンネル総長 : 1.291 m
(No 1 : 628m、No 2 : 663m)
- 上流仮締切ダムの天端標高 : 標高1.580.00m

b. 主ダム (図 S.13及び S.14参照)

- 型 : コンクリート表面しゃ水
壁型ロックフィルダム
- ダム天端標高 : 標高 1,670.0m
- ダム高 : 110 m
- 仮締切ダムを含むダム盛立て量 : 4,387,900 m³

c. 洪水吐

- 型 : 無ゲート横越流堰
- 減勢工の型式 : スキージャンプ
- 横越流堰長 : 160 m

d. 水路 (図 S.15参照)

- 取水口敷高 : 標高 1,598.0m
- 導水路トンネル内径 : 5.4 m
- 導水路トンネル長 : 7,190 m
- 導水路サージタンク : 制水口型
- 水圧鉄管路内径 : 4.4 m ~ 2.1 m
- 水圧鉄管路長 : 174 m
- 放水路サージタンク : 制水口型
- 放水路トンネル内径 : 5.4 m
- 放水路トンネル長 : 1,850 m

e. 発電所 (図 S.16参照)

- 型 : 地下発型
- 発電所空洞諸元 : 22m幅、38m高、60m長

f. 副ダム (図 S.17参照)

- 型 : 均一型アースフィル
- ダム堤頂長 : 710 m
- ダム高 : 20 m

g. 発電設備

- 最大使用水量 : 82m³/sec
- 定格水頭 : 170.4 m
- 水車型式 : 堅型フランシス
- 発電機型式 : 3相、準傘型堅軸同期、静止励磁型
- 台数 : 2台
- 定格出力 : 61,500kW

h. 送電線

- 電圧 : 132 kV
- 電線サイズ : 外径 14.5 mm

(9) 工事実施計画と工事費の積算

34. 建設工事は下記に示す通り四パッケージに分けて、入札参加資格制限付国際競争入札により選定された請負業者によって実施されるものとして計画した。

- a. 仮設工事を含む土木工事
- b. 水門・鉄管工事
- c. 発電設備工事
- d. 送電線・変電設備工事

35. 工事契約締結後、工事着工を1997年7月として計画した。全工事は2002年12月には完了するものとし、全体工事期間を5.5年間(66カ月)として工事実施計画を作成した(図 S.18参照)。

36. 本プロジェクトの工事費総額は、物価上昇による予備費を除いて、7,555百万ケニアシリング(換算328.48百万米ドル)で、そのうち外貨分は4,963百万ケニアシリング(換算215.78百万米ドル、外貨分比率65.7%)、内貨分は2,592百万ケニアシリング(内貨分比率34.3%)である。また、11年間にわたる物価上昇分を含めた工事費総額は、11,478

百万ケニアシリング（換算499.03百万米ドル）で、そのうち外貨分は5,922百万ケニアシリング（換算257.45百万米ドル、外貨分比率51.6%）、内貨分は5,556百万ケニアシリング（内貨分比率48.4%）である。工事費総括を次表にとりまとめた。

	外貨分 (1,000米ドル)	内貨分 (1,000ケニアシリング)	合計 (1,000ケニアシリング)
直接工事費	176,999.24	1,542,713	5,613,696
土地収用	0	804,000	804,000
実施機関の工事経費	0	28,068	28,068
技術管理費	21,477.00	63,048	557,019
工事に対する予備費	17,307.98	154,135	552,219
計	215,784.22	2,591,964	7,555,001 (US\$ 328.48百万)
物価上昇による予備費	41,662.07	2,964,499	3,922,727
合計	257,446.29	5,556,463	11,477,728 (US\$ 499.03百万)

37. 総工事費の年次別支出を、外貨分、内貨分に対して工事実施工程に基づいて次表通り算定した。

工事年次	外貨分 (1,000米ドル)	内貨分 (1,000ケニアシリング)	合計 (1,000ケニアシリング)
1992	788.72	522	18,663
1993	4,018.99	2,868	95,305
1994	3,279.92	2,524	77,962
1995	0	494,396	494,396
1996	0	815,738	815,738
1997	27,837.86	478,604	1,118,875
1998	24,497.32	485,876	1,049,314
1999	56,095.76	758,533	2,048,736
2000	56,897.22	1,060,239	2,368,875
2001	68,412.71	1,109,614	2,683,106
2002	15,617.79	347,549	706,758
合計	257,446.29	5,556,463	11,477,728

プロジェクト評価

(1) 経済評価

38. マグワグワ、ソンドゥ/ミリウ及びカノーの三要素から或る計画の経済的実施可能性は最適開発規模検討以後に実施された検討結果をふまえて再評価された。その結果、US\$ 135.00百万の純便益（割引率10%）及び13.54%の経済的內部収益率が得られた。

39. マグワグワプロジェクトはソンドゥ川及びカノー平野の総合開発の一構成要素であるが、本計画は水力発電を目的とした単独プロジェクトとして開発することも考えられる。

この意味において、マグワグワプロジェクトは本計画の投入によるソンドゥ／ミリウ発電所からの発電量の増加を考慮せず、マグワグワから発電されるエネルギーのみが便益として考慮され、さらにマグワグワダムの建設費がすべてマグワグワ発電計画によって負担される条件によって評価された。その結果、10%の割引率においてUS\$ 23.56百万の純便益、11.29%の経済的内部収益率(EIRR)が得られた。よって、マグワグワ計画は単独水力計画としても実施可能であると結論づけられる。

40. ソンドゥ／ミリウ計画は現在詳細設計の段階にあることから、ソンドゥ／ミリウ計画がマグワグワ計画に先立って開発されると考えるのはより現実的である。よって、ソンドゥ／ミリウ及びマグワグワ計画が段階的に開発される案について実施可能性の検討を行った結果、10%の割引率においてUS\$ 91.64百万の純便益、13.52%の経済的内部収益率を得た。よって、ソンドゥ／ミリウ及びマグワグワ計画の段階的開発も実施可能であると結論づけられる。

(2) 財務評価

41. 本計画の財務的実施可能性は物価上昇分を除いた建設費、1990年11月における平均電気料金(US\$ 0.060/kWh)及びマグワグワ発電所の投入後ソンドゥ／ミリウ発電所から得られる発生電力量の増分をも便益とする条件で、財務的内部収益率(FIRR)によって評価された。その結果 11.14%のFIRRを得、財務的に実施可能であると判断された。

42. 外国からの借款によって実施されるであろう本計画の借款返済能力の検討は下記条件により検討された。

- 借款額 : 全コストの85%
- 金利 : 2.5%
- 返済期間 : 30年
- 猶予期間 : 10年

表S.3に示される様に、本計画の歳入と支出間の残高は本計画の収入が初めて期待出来る12年目からプラスに転じ、その年から累加された債務を徐々に減らしてゆき、29年目にすべての債務がなくなる。借款返済条件として平均電力料金は1990年11月現在価格であるUS\$ 0.060/kWhに固定され、マグワグワの投入後発生するソンドゥ／ミリウからのエネルギー増加量もマグワグワの便益として算定されている。

(3) 総合評価

43. 本計画は経済的にも財務的にも実施可能であると評価された。一方、本計画は26km²にも及ぶ面積を水没させ、周辺の影響地を含めて約700戸(約4,300人)の家屋を

移転させる問題を起こす。この移転問題は本計画にとって処理すべき最も重要な問題であろう。技術的、経済的及び財務的実施可能性のみならず、社会・自然環境的見地からも本計画の健全性を得るために、強制的に移転させられる 4,300人の住民からも受け入れられる対策が立案される必要があろう。

44. 貯水池に水没する土地の取得はキブシギス及びキシイ部族の血族、社会文化的要素を考慮しつつ、代替地を提供する代替地補償方式により行われることが望まれる。本計画の初期調査において6ヵ所の地点が移転先候補地点として確認されたが、現地住民の聴き取り調査を含め、もっと詳細な検討が必要であろう。

45. 本移転計画を出来るだけ早い時期に処置する為に行政府内に委員会の設立が望まれる。ケニア電力会社（K P C）は基軸行政府として役割を果たすことが望まれ、調査が順調に実施される様に移転住民への広報活動や関連各省との調整業務等が主要業務となろう。

付 表

表 S.1 予備的環境調査 (IEE)の結果

Major Causes	Major Impacts	Number of People Affected	Intensity of Impacts	Difficulty of Prevention/Alleviation
I. Pre-construction Stage				
1. Land Acquisition	<ul style="list-style-type: none"> • Displacement of people • Loss of land 	<p>+</p> <p>?</p>	<p>++</p> <p>++</p>	<p>++</p> <p>++</p>
II. Construction Stage				
1. Influx of Labours	<ul style="list-style-type: none"> • Social frictions • Occurrence of diseases 	? (++)	++	+
(To be assessed in Natural Environmental Study)				
2. Generation of Job Opportunities	<ul style="list-style-type: none"> • Improving living standards • Influence on farming 	<p>? (++)</p> <p>?</p>	<p>+</p> <p>+</p>	<p>-</p> <p>++</p>
3. Increase in Traffic volume	<ul style="list-style-type: none"> • Disturbance of transportation 	? (++)	+	+
III. Impounding of the Reservoir				
1. Displacement of the People	<ul style="list-style-type: none"> • Decrease in living standards • Damages on social aspects 	<p>++</p> <p>++</p>	<p>++</p> <p>++</p>	<p>++</p> <p>++</p>
2. Inundation of Land & Structures				
2.1 Roads	<ul style="list-style-type: none"> • Disturbance to socio-economic activities 	? (++)	++	+
2.2 Trading Centres	<ul style="list-style-type: none"> • - do - 	? (++)	++	++
2.3 Public Facilities	<ul style="list-style-type: none"> • - do - 	? (++)	++	+
2.4 Cultural/Historical Sites	<ul style="list-style-type: none"> • Spiritual damages on people 	?	++	? (++)
2.5 Lands	<ul style="list-style-type: none"> • Rise in land value • Shortage of agricultural products 	<p>?</p> <p>? (+)</p>	<p>++</p> <p>+</p>	<p>++</p> <p>+</p>
IV. Operation Stage				
1. Reduction of Flow Downstream	<ul style="list-style-type: none"> • Influence on water use 			
(To be assessed in Natural Environmental Study)				
2. Fluctration of Flow Downstream	<ul style="list-style-type: none"> • Disturbance to socio-economic activities 	? (+)	+	+
3. Provision of Water Supply	<ul style="list-style-type: none"> • Improving living standards 	? (++)	++	-
4. Provision of Electricity	<ul style="list-style-type: none"> • - do - 	? (++)	?	-
5. Generation of Job Opportunities	<ul style="list-style-type: none"> • - do - 	? (+)	++	-
6. Possibility of Fishery	<ul style="list-style-type: none"> • - do - 	? (+)	?	-

Note: ++ = Significant, + = Not significant, - = No need to consider, ? = Unknown
Signs in parentheses stand for inference.

表 S.2 可能移転地の予備的調査

Criteria Areas investigated	(1) Displaced people's preference	(2) Vicinity of the reservoir areas	(3) Land conditions	(4) Similarity of agro-ecological zone	(5) Availability of non-farm employment opportunities	(6) Social affinity	(7) Availability of water sources and accessibility	(8) Land ownership	(9) Value of lands	(10) Side-effects of the resettlement	(11) Remarks
1. Settlement schemes in Kericho and Nyamira/Kisii districts	-	-	-	-	-	-	-	Government	-	-	No plans both in Kericho and Nyamira/Kisii districts.
2. Swamp/Marsh areas in Kericho and Nyamira/Kisii districts	?	△	X	○	?	○	○	County councils	?	Negative effects on those living around the areas	Soil and topographic conditions are not good.
3. Ngoira and other adjacent tea estates in Kericho and Nyamira districts	○	○	?	○	?	○	○	Private company (Partly Govern- ment land)	?	Negative effects on some workers at estate	1,350 ha (Ngoira estate)
4. Simbauu farm in Nyamira district	○	△	?	○	?	○	?	A Co-operative union	?	?	The land appears earmarked for other use. 300 ha
5. Government land in Kericho district	?	△	?	○	?	○	?	Government	?	?	No investigation was carried out.
6. ADC farms in Trans Nzora district	△	X	?	○	?	△	?	Government	?	Possible negative effects on some workers at farms	Some 35,000 ha

Notes : ○ = Excellent
 ○ = Good
 △ = Fair
 X = Bad
 ? = Unknown
 - = No need to assess

表 S.3 借款の返済計画

(Unit: million US\$)

Year	FOREIGN LOAN						EXPENDITURE BY GOVERNMENT		TOTAL EXPENDITURE	ANNUAL REVENUE	SURPLUS OR DEFICIT	CUMULATIVE SURPLUS (DEFICIT)
	Loan Disbursement		Repayment				Capital Costs	OMR* Costs				
	Capital	IDC*	Cumulative Debt	Interest	Principal	Total						
1	0.81	0.02	0.83				0.01		0.01	0.00	-0.01	-0.01
2	4.09	0.12	5.04				0.04		0.04	0.00	-0.04	-0.05
3	3.35	0.21	8.60				0.04		0.04	0.00	-0.04	-0.09
4	0.00	0.22	8.82				21.50		21.50	0.00	-21.50	-21.59
5	0.00	0.22	9.04				35.50		35.50	0.00	-35.50	-57.09
6	41.65	1.28	51.97				7.00		7.00	0.00	-7.00	-64.09
7	38.51	2.29	92.77				7.11		7.11	0.00	-7.11	-71.20
8	77.97	4.32	175.06				11.09		11.09	0.00	-11.09	-82.29
9	87.49	6.64	269.19				15.51		15.51	0.00	-15.51	-97.80
10	100.43	9.35	378.98				16.23		16.23	0.00	-16.23	-114.03
11	25.65	10.24	414.87	10.37	16.24	26.61	5.98		31.70	0.00	-31.70	-145.73
12			398.63	9.97	16.65	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-137.17
13			381.98	9.55	17.06	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-128.61
14			364.92	9.12	17.49	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-120.05
15			247.43	8.69	17.93	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-111.49
16			329.50	8.24	18.37	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-102.93
17			311.12	7.78	18.83	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-94.37
18			202.20	7.31	19.31	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-85.81
19			272.98	6.82	19.79	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-77.25
20			253.20	6.33	20.28	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-68.69
21			232.91	5.82	20.79	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-60.13
22			212.12	5.30	21.31	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-51.57
23			190.82	4.77	21.84	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-43.01
24			168.97	4.22	22.39	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-34.45
25			146.58	3.66	22.95	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-25.89
26			123.64	3.09	23.52	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-17.33
27			100.12	2.50	24.11	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-8.77
28			76.01	1.90	24.71	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	-0.21
29			51.29	1.28	25.33	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	8.35
30			25.96	0.65	25.96	26.61		4.99	31.60	40.16	8.56	16.91
31			0.00					4.99	31.60	40.16	35.17	52.08
32								4.99	4.99	40.16	35.17	87.25
33								4.99	4.99	40.16	35.17	122.42
34								4.99	4.99	40.16	35.17	157.59
35								4.99	4.99	40.16	35.17	192.76
36								4.99	4.99	40.16	35.17	227.93
37								4.99	4.99	40.16	35.17	263.10
38								4.99	4.99	40.16	35.17	298.27
39								4.99	4.99	40.16	35.17	333.44
40								4.99	4.99	40.16	35.17	368.61
41								4.99	4.99	40.16	35.17	403.78
42								4.99	4.99	40.16	35.17	438.95
43								4.99	4.99	40.16	35.17	474.12
44								4.99	4.99	40.16	35.17	509.29
45								4.99	4.99	40.16	35.17	544.46
46								4.99	4.99	40.16	35.17	579.63
47								4.99	4.99	40.16	35.17	614.80
48								12.59	12.59	40.16	27.57	642.37
49								9.76	9.76	40.16	30.40	672.77
50								31.39	31.39	40.16	8.77	681.54
51								11.94	11.94	40.16	28.22	709.76
52								4.99	4.99	40.16	35.17	744.93
53								4.99	4.99	40.16	35.17	780.10
54								4.99	4.99	40.16	35.17	815.27
55								4.99	4.99	40.16	35.17	850.44
56								4.99	4.99	40.16	35.17	885.61
57								4.99	4.99	40.16	35.17	920.78
58								4.99	4.99	40.16	35.17	955.95
59								4.99	4.99	40.16	35.17	991.12
60								4.99	4.99	40.16	35.17	1,026.29
61								4.99	4.99	40.16	35.17	1,061.46

Notes: * Interest during construction
 ** O & M cost and Replacement cost