

ケニア共和国

ソンドゥ川水力発電開発計画

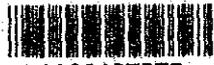
調査報告書

要約書

1985年 12月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1029495173

12437

ケニア共和国

ソンドゥ川水力発電開発計画
調査報告書

要約書

1985年 12月

国際協力事業団

和文報告書一覧表

要約書

主報告書

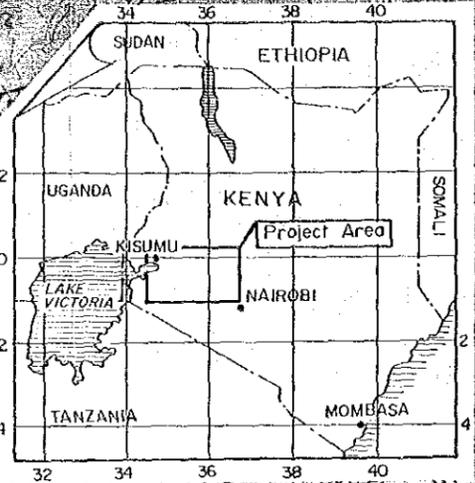
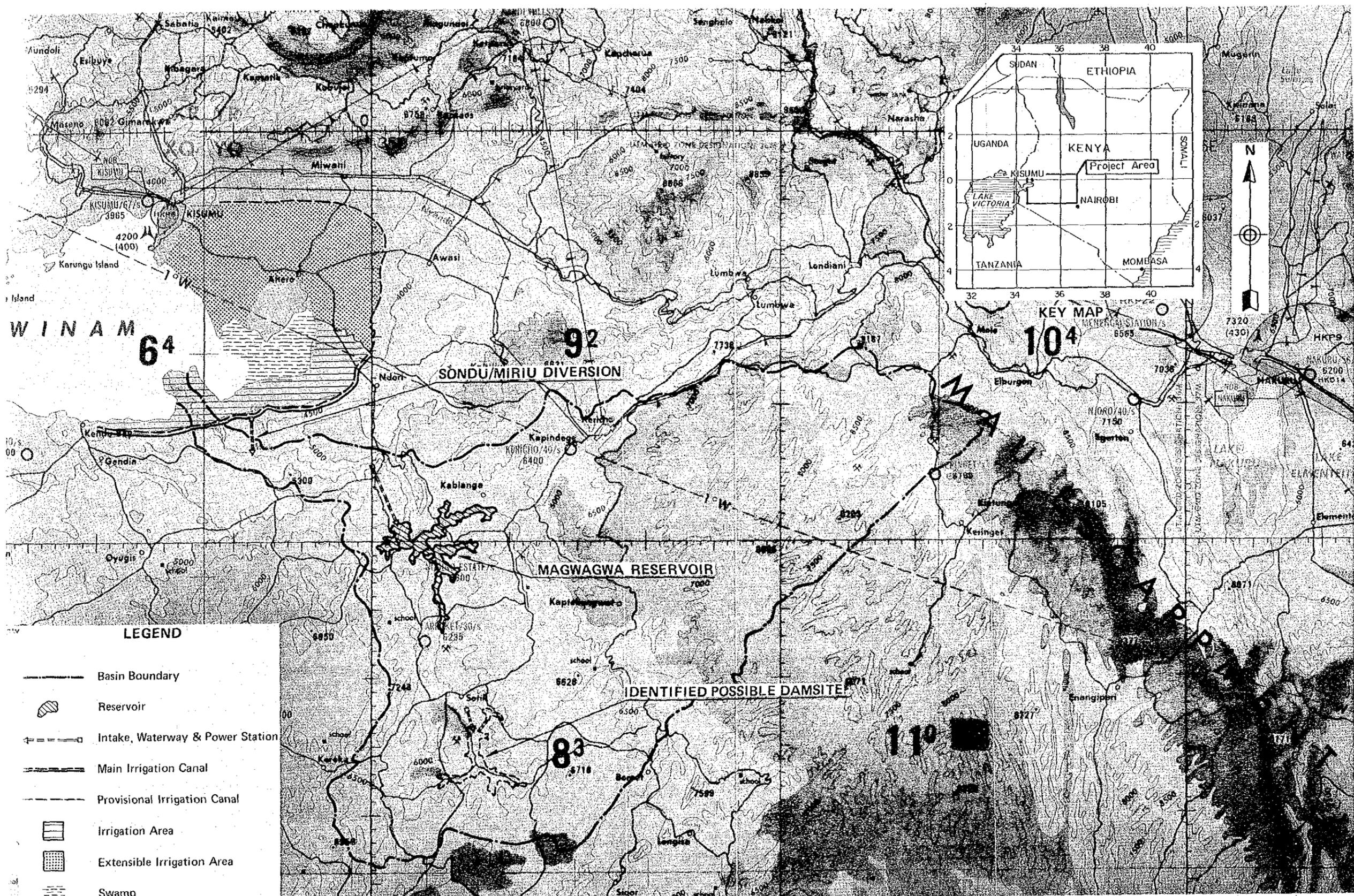
- ソンドゥ川水力開発計画フィージビリティ調査報告書
- カノー平野灌漑計画プレ・フィージビリティ調査報告書

英文報告書一覧表

- Volume I. EXECUTIVE SUMMARY REPORT
- Volume II. FEASIBILITY REPORT ON SONDU HYDROPOWER DEVELOPMENT
- Volume III. PRE-FEASIBILITY REPORT ON KANO PLAIN IRRIGATION PROJECT
- Volume IV. SUPPORTING STUDY REPORT FOR HYDROPOWER PLAN
- Volume V. SUPPORTING STUDY REPORT FOR IRRIGATION PLAN
- Volume VI. SUPPORTING STUDY REPORT FOR SOCIO-ECONOMY

- DATA BOOK-1 GROUND SURVEY
- DATA BOOK-2 GEOTECHNICAL SURVEY
- DATA BOOK-3 HYDROLOGICAL DATA

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 2. 21	407
登録No. 12437	64.3
	MPN



WINAM 64

92 SONDU/MIRIU DIVERSION

104

MAGWAGWA RESERVOIR

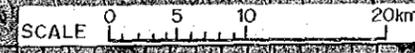
IDENTIFIED POSSIBLE DAMSITE

83

110

LEGEND

- Basin Boundary
- Reservoir
- Intake, Waterway & Power Station
- Main Irrigation Canal
- Provisional Irrigation Canal
- Irrigation Area
- Extensible Irrigation Area
- Swamp



計画位置図

REPUBLIC OF KENYA
SONDU RIVER
MULTIPURPOSE DEVELOPMENT PROJECT
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

目 次

	頁
はじめに	
第 I 章 ソンドゥ水力発電開発計画のフィージビリティ調査	1
I. 1 背 景	1
I. 2 ビクトリア湖流域	2
I. 3 計画地点の状況	2
I. 4 電力供給及び需要	3
I. 5 計画の立案	5
I. 6 設 計	8
I. 7 建設計画及び建設費積算	8
I. 8 プロジェクト評価	9
第 II 章 カノー平野灌漑計画のプレ・フィージビリティ調査	13
II. 1 背 景	13
II. 2 計画対象地域	13
II. 3 農業開発	15
II. 4 灌漑計画	17
第 III 章 実施計画	19
III. 1 選定された開発計画	19
III. 2 第2段階計画に対するフィージビリティ調査	19
III. 3 段階的実施計画	20

添 付 表 一 覧 表

1. 1970, 1979, 及び1983年時価格での部門別GDP
2. 電力系統内の既設発電施設
3. ケニアにおける電力需要予測
4. ケニア西部における電力需要予測
5. 計画の最適化
6. KP & L系統における最適設備拡大計画
7. 建設費
8. 年次資金計画
9. 財務収支
10. 灌漑施設概要
11. 灌漑計画事業費

添 付 図 一 覧 表

1. 行政区分及び河川流域区分図
2. 各計画地点配置図
3. KP & L 電力供給系統需要に対するピーク出力及び電力量収支
4. ソンドゥ／ミリウ開発の実施計画案
5. 水路平面及び縦断図
6. 取水堰平面及び縦横断図
7. 水圧鉄管路平面及び縦断図
8. サージタンク及び水圧鉄管路詳細図
9. 発電所平面図
10. 発電所建屋
11. 建設工程表
12. 灌漑計画位置図
13. 灌漑事業現況図
14. 灌漑排水路計画図
15. 灌漑調査実施工程表
16. 灌漑計画実施工程表

参 考 文 献

- 1) Sir Alexander Gibb & Partners (Africa), Kenya Nile Basin Water Resources Survey, 1954-6
- 2) Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton (TAMS) Consulting Engineers, U.S.A., National Master Water Plan, 1980
- 3) International Development Centre of Japan (IDCJ) and Nippon Koei (NK), Sondu River Multipurpose Development Project in Lake Victoria Basin, Reconnaissance Report, 1981

はじめに

ケニア共和国政府の要請に答え日本政府は、ケニア西部で最も有望なプロジェクトの1つであるソンドゥ川多目的開発計画のフィージビリティ調査の技術協力を実施することを決定した。この多目的計画のフィージビリティ調査は、ケニア政府の代表であるLake Basin Development Authority (LBDA) と、日本政府の技術協力計画実施を担当する公的機関である国際協力事業団 (JICA) との間で取り決められたスコープ・オブ・ワーク (S/W) に従って行われた。

S/W に規定された本調査の目的は以下より成る。

- (1) ソンドゥ川の水力発電計画のフィージビリティ調査を行うこと、及び
- (2) ソンドゥ川の水を利用することにより、S/W で規定された地域内における灌漑開発のプレ・フィージビリティ調査を行うこと。

ソンドゥ川多目的開発計画のフィージビリティ調査は、1984年1月のインセプション作業チームの派遣をもって始まり、ケニアカウンターパートチームのJICA調査チームへの協力のもとで1985年12月本最終報告書の提出をもって完了した。

本調査以前に、ソンドゥ川およびカノー平野の多目的開発について2,3の計画が公やけになっている。従って、今回の調査ではそれらの計画を再検討し計画に加味した。

第 I 章 ソンドゥ水力発電開発計画の フィージビリティ調査

I. 1 背景

プロジェクトの経緯

この10年間、ソンドゥ川は水力発電開発の可能性と、その流域及び隣接する流域での灌漑農業の水資源として注目されてきた。Sir Alexander Gibb and Partners (アフリカ) による1954年から56年の調査が、ソンドゥ川の流域間転流による発電開発とカノー平野の灌漑開発の最初の計画である¹。

続いて、TAMSが実施した調査は、ソンドゥ川における2つの水力発電計画案を確認している²。すなわち、中流域のマグワグワと下流域のソンドゥ/ミリウ貯水池計画である。

LBDA設立(1979)後、日本のコンサルタントチームが1980年12月、ソンドゥ川流域とその周辺の調査を実施した³。1981年2月にLBDAに提出された調査報告書では、ソンドゥ川の開発をこの地域における最優先のプロジェクトとして位置づけている。

この調査結果に従って、ケニア政府はソンドゥ水力発電計画のフィージビリティ調査についての技術援助を日本政府に要請した。調査実施の為のS/Wは1983年10月にLBDAとJICAの間で取り決められた。

国家経済

ケニア経済は1963年の独立以来、最初の5年間は平均年成長率5.8パーセントで安定成長した。経済成長は1970年代前半には速度を早めたが、その後はコーヒー・ブームの時期(1977-1978)を除き、特に一連の原油価格の著しい上昇の影響を受けて速度が落ち込んだ。

ケニア経済は世界的な不況を反映して、1980年代の初めは、全般に成長率が伸び悩んだ。1982年にはGDPの伸び率が人口の伸び率を下回り、国民1人当りのGDPが減少するという結果になった。今後の見通しは過去数年の状況よりも全般に上向き、年4パーセントの成長目標は1985年には達成される見込みである。

他の多くの発展途上国と同様、農業はケニア経済の最も重要な部門であり、GDPの約3分の1を占める(表-1)。総人口の80パーセント以上が農村地域に住み、農業活動で主に収入を得ていることから、農業部門への依存度は、実際にはGDPに占める割合よりもかなり大きい。

1. 2 ビクトリア湖流域

ビクトリア湖の集水域はケニア西部の約47,709km²であり、ケニアの総陸地面積569,137km²の約8.4パーセントを占める。LBDAの管轄地域はこの全域をカバーし、ニャンザとウェスタン州の全部及びリフト・バレー州の一部を含む。この地域には6つの主要河川がある(図-1)。

LBDA地域は人口約700万でケニア総人口の40パーセント以上を占め、人口密度の高い地域として特徴づけられる。実際に1979年のキシイ地域における人口密度は395人/km²である。

地域内総生産(GRDP)についての信頼出来るデータは僅かであるが、最近のニャンザ州とウェスタン州の公式報告書では、この地方の一人当たり年平均収入は1983年におけるケニア全体の約3,500ケニアシリングに対し、1,200-1,500ケニアシリングの範囲にあると推定されている。

1. 3 計画地点の状況

地 形

ソンドゥ川は総流域面積3,470km²で上流は2つの主要な支流から成る。南側支流のキブソノイ川は約1,510km²の流域をもち、東側支流のユリス川は約1,580km²の流域をもつ。この両川はマウ断層崖(標高2,500-2,800m)の西側斜面に源を発する。ユリス川とキブソノイ川の合流後ソンドゥ川となり、ニャカチ断層崖峡谷部を流れ、オディノ滝を含む急流部を流下し、崖麓のニャクウェレの氾濫原に達する。両川の合流点から約12km下流に位置するソンドゥ村(標高1,500m)から崖麓ニャクウェレ間約25kmの流路延長に対して標高差は300mに達する。ソンドゥ川は最後はヴィクトリア湖のウィナム湾に流入する。

ソンドゥ/ミリウ水力発電計画予定地点は、ソンドゥ村の下流約18kmに位置する。この地点の地形はソンドゥ川の水をニャカチ平野のスウリデプロ村に約4kmの水路で流域変更可能な好地形である。

この転流案により、145mの落差(ダムサイトの河床高さ1,350m-放水位1,250)が利用できるだけでなく、発電所の放水路からの水をニャカチ及びカノー平野の灌漑に利用することが可能となる。

地 質

計画地域の基岩は、主に後カンブリア紀の貫入岩である閃緑花崗岩からなり、部分的に閃緑岩、角閃石、片麻岩、及び白雲岩を含む。この地域には、ほぼ東西に高名なケンドウ断層が走っている。

ソンドゥ川の下流域沿いの計画対象地区について行なわれた地質調査の結果、計画予定地点の地質は、ダム、導水路、発電所等のソンドゥ／ミリウ計画の主要構造物の建設に適することが判明した。

水文・気象

標高 1,300m から 2,800m の高地にあるソンドゥ川流域の気候は一般に温暖で、一年を通じて平均気温は 19℃～25℃と変動が小さい。一方、日気温は 15℃～30℃とかなり大きく変動する。

ソンドゥ川流域の平均雨量は年間 1,500～1,600mm と多く、高地部で 2,000mm、低地部で 1,200mm である。雨量は 3月～5月の間で月平均 200mm 以上と大きいが、目立って雨量の少ない月もない。しかし、年間雨量の経年変化はかなり大きい。

ソンドゥ村近くの流量観測所「1JG-1」での平均流量が $41.6\text{m}^3/\text{sec}$ であることから解るように、ソンドゥ川は流域内の雨に恵まれた流量の豊富な川であると云える。

1. 4 電力供給及び需要

既設発電設備と電力供給拡大計画

ケニアにおける総発電設備容量は、ウガンダから輸入される電力を除いて 526.7MW (表-2) である。その内訳は水力 66.2パーセント、火力 28.1パーセント、地熱 5.7パーセントである。

1955年に始ったウガンダからの電力供給(30MW)は、すくなくとも2005年まで続くと予想される。しかしKP&Lはその供給拡大計画の中で、1988年以降のウガンダからの供給を常時電力とは考えないことにしている。

オルカリアの地熱発電所の第3号機は1985年に運転を開始した。さらに1988年には建設中のキアムベレ水力発電所が運転開始になる。タークウェル水力発電計画は1993年初頭に運転開始となる予定である。一方、1箇所のディーゼル発電所(20MW)と2基の石油火力発電所(2x5MW)が1988年に廃止される予定である。

電力消費量

ケニアの電力利用は一般に、主要道路に並行してモンバサからナイロビを通過してキスムまで国の南部を横切る人口密度の高い狭く細長い地域に限られる。他の地域ではほとんど電力を利用できない。総人口のわずか6%だけが電力を利用し、民間企業による電力供給を含めても1人当りの電力消費量は1981年で約134kwhでしかない。

1970年代、ケニアの平均負荷の伸びは年間約8パーセントだったが、その後全般な経済活動の不振を反映して大きく落ち込んだ。1980年代の最初の3年間における平均負荷の伸びは5パーセントがやっとで、その後は一層鈍化している。

現在の5ヵ年開発計画によれば、電力消費量は1984年から1988年の間に年率約6パーセントで伸びると予想している。ケニア経済自体は1984年の3.9パーセントに始まり、1988年の5.6パーセントまで、5年間の平均年成長率4.9パーセントを達成するように計画された。政府の開発計画が目指している様に、10年後には年6パーセントの成長が達成されると見込まれる。

電力需要

最近実施されたタークウェル水力発電開発計画の調査で、最新の電力需要予測の詳細な見直しが行なわれている。そしてKP&Lは基本的にタークウェルのこの予測を受け入れている。

本ソンドゥ計画においては従って、タークウェルの予測の妥当性を検討するにとどめた。2通りの検討により予測は全く妥当であると判断され、その結果タークウェルの予測を本調査では将来の全国の電力需要(表-3)として用いることにした。

一方、本調査では西部ケニア地方の電力需要を2000年まで予測した(表-4)。総電力需要は年間の電力量で1993年に479GWh、2000年に790GWhとなるであろう。70パーセントの負荷率を適用すると、尖頭負荷は1993年に約78MW、2000年に約129MWと算出された。

予測した電力需用と供給のバランスをKP&Lの送電システムについて考察した。キアムベレとタークウェル水力発電所が予定通り1988年と1993年にそれぞれシステムに加わるとしても、1993年末までにはシステム内に次の計画が必要となる。タークウェルの後に可能性のある計画はソンドゥ/ミリウ水力発電、オルカリアIV、エブール及びレイク・ボゴリアの各地熱発電である。

1. 5. 計画の立案

ソンドゥ開発計画

本調査の主たる目的は、ソンドゥ川の転流水とニヤンド川の水を組み合わせ、水力発電及びカノー平野の灌漑農業開発への有効利用を調べることである。この目的に従って、ソンドゥ川流域に6つの開発案を策定した(図-2)。

(i) D-1 案：ソンドゥ／ミリウ転流案

この転流案では約150mの落差を利用でき、かつカノー平野のニヤンド川左岸側地域(15,610ha)の灌漑開発が可能である。

(ii) D-2 案：ニヤマリンバ転流案

D-1の代替案で、約230mの落差が利用できる。

(iii) D-3 案：ソンドゥ・マラボイ転流案

D-1の代替案で、約240mの落差が利用できる。

(iv) S-1 案：マグワグワ貯水池案

これはソンドゥ川の流量を上流の貯水池で調節することにより、ダム式発電とカノー平野全体(25,610ha)の灌漑開発を可能とする計画である。

(v) S-2 案：マグワグワ貯水池の導水路延長案

マグワグワ貯水池からの8kmの導水路により、ダムによる落差に加え約100mの落差が発電に利用できる。

(vi) S-3 案：ソンドゥ／ミリウ貯水池と転流案

これはソンドゥ／ミリウの転流地点に貯水池を造るもので、転流による落差に加えダムによる80m近くの落差を利用できる。

ソンドゥ川計画の最適開発案を選定するために、転流、貯水池、灌漑案を組み合わせた5つの複合案を計画した。その複合案は、

(i) 複合案-A: D-1 案(ソンドゥ／ミリウ転流)からD-3 案(ソンドゥ・マラボイ転流)のうち、最も有効な流れ込み式発電案と15,610haの灌漑開発

- (ii) 複合案-B: ソンドゥ／ミリウ貯水池(S-3案)による発電とカノー平野全体25,610haの灌漑開発
- (iii) 複合案-C: マグワグワ貯水池発電(S-2案)と、ソンドゥ／ミリウ(D-1案)またはニャマリンバ(D-2案)のどちらかと25,610haの灌漑開発
- (iv) 複合案-D: マグワグワ(S-2案)とソンドゥ／ミリウ貯水池の(S-3案)の順次建設と25,610haの灌漑開発
- (v) 複合案-E: マグワグワ貯水池と(S-1案)ソンドゥ・マラボイ転流(D-3案)と25,610haの灌漑開発。

上記5つの複合案のうち複合案-C、すなわちマグワグワ貯水池の導水路延長案とソンドゥ／ミリウ流れ込み式案を組み合わせた案が純便益を最大とすることから、最適案として選定された(表-5)。なお、ソンドゥ／ミリウ及びニャマリンバ転流案のうちソンドゥ／ミリウが経済比較の結果、転流案として選ばれている。その最適開発案の概要は、

マグワグワ貯水池の導水路延長案

常時流量	:	24.1m ³ /sec
最大使用水量	:	72.3m ³ /sec
(8時間ピーク稼働)		
満水位	:	EL.1,662.9m
最低水位	:	EL.1,606.3m
ダム天端標高	:	EL.1,667.9m
ダム高	:	100.9m
有効貯水量	:	590.7百万m ³
設備容量	:	94.6MW
常時電力量	:	276.2GWh/yr
2次電力量	:	57.9GWh/yr

ソンドゥ／ミリウ流れ込み式案

常時流量	:	24.1m ³ /sec (3.3m ³ /sec)
最大使用水量	:	39.9m ³ /sec (29.6 m ³ /sec)
設備容量	:	48.6MW (32.8MW)
常時電力量	:	237.5GWh/yr (32.0GWh/yr)
2次電力量	:	14.9GWh/yr (155.6GWh/yr)

注) 括弧内の数字は、ソンドゥ／ミリウ転流案(D-1案)のみの規模である。本フィージビリティ調査でのソンドゥ／ミリウ流れ込み式案の基本設計は、マグワグワ貯水池が建設されるという前提のもとに行なわれる。

両発電所からの出力

設備容量	:	143.2MW
常時電力量	:	513.7GWh/yr
2次電力量	:	72.7GWh/yr

灌漑面積

ニャンド川左岸	:	15,610ha
ニャンド川右岸	:	10,000ha

ソンドゥ発電計画の投入時期

ソンドゥ水力発電計画の最適投入時期は、最小費用法により2005年までの電力供給拡充計画のために必要な数多くの組み合わせの中から選ばれた組み合わせ案に、ソンドゥ流れ込み式計画とマグワグワ貯水池の導水路延長案が現われる夫々の時期を定めることにより決定した。この組み合わせに利用した供給力候補としては上の2つの水力の他に、石炭火力、石油火力、ディーゼル、ガス・タービン、地熱及び他の水力計画を考慮に入れた。水力計画においては化石燃料節約の見地から常時発生電力に加えて二次電力も考慮された。

最小費用法により求められたソンドゥ水力発電計画の最適投入時期は、第一段階としてソンドゥ／ミリウ流れ込み式発電計画(48.6MW)は1992年末(1993年の始めより運転開始)、第二段階としてマグワグワ貯水池・水路式発電計画(94.6MW)は1996年である(表-6及び図-8)。ソンドゥ／ミリウ流れ込み式発電計画がマグワグワ貯水池・水路式発電計画に3年先立って系統に投入されるとされたのはソンドゥ／ミリウ流れ込み式発電所より発電され

る多大な二次電力の化石燃料節約の効果によるものである。

本ソンドゥ水力発電計画のフィージビリティ調査以後の作業すなわち資金調達、詳細設計、建設等の実施作業を最適投入時期決定に用いた条件に基づいて検討してみると、第一段階として開発されるソンドゥ／ミリウ流れ込み式発電計画の資金調達は1992年末の完成に間に合わせるために本フィージビリティ調査完了後1986年の始めより直ちに始められなければならない(図-4)。

1. 6 設 計

ソンドゥ川開発の第1段階であるソンドゥ／ミリウ流れ込み式水力発電計画における主構造物の予備設計は、マグワグワ発電計画がその第2段階として建設される事を前提としたフィージビリティレベルで行なわれた。

以下にその概要を示す。

- ・ 調整池満水位 : 標高 1,368.0m
- ・ 調整池最低水位 : 標高 1,355.5m
- ・ 有効調整容量 : 1.1百万 m^3
- ・ 放水位(最大使用水量時) : 標高 1,205.4m
- ・ 最大使用水量 : 39.9 m^3 /sec
- ・ 総 落 差 : 162.6 m
- ・ 設 備 容 量 : 48.6MW(2x24.3MW)
- ・ 年間発生電力量 : 32 GWh(常時発電量)
及び 155.6GWh(2次発電量)

計画では、ソンドゥ川に高さ20mのゲート付き取水堰、導水路に39.9 m^3 /secの流量を導くための取水口及び沈砂池、4.314mの導水路トンネル、制水口タイプのサージタンク、1.092mの水圧鉄管、及び48.6MWの設備容量の発電所を建設する。また40km離れたムホロニ変電所へ送電するための132kvの1回線送電線も建設する。(図5~10)

1. 7 建設計画及び建設費積算

ソンドゥ／ミリウ流れ込み式水力発電計画の建設計画の検討及び建設費の積算は主構造物の予備設計に基づいて行った。本計画の建設期間を1986年初頭から7年間と予定した。(図-11)。はじめの3年間を建設費用の調達、コンサルタント契約、詳細設計、及び

業者選定のための入札にあて、1989年以降4年間を建設工事に当てる。以下に具体的な予定を示す。

- a) 費用調達 : 1986年1月から同年9月まで9ヵ月間
- b) コンサルタント契約 : 1986年10月から同年12月まで3ヵ月間
- c) 詳細設計 : 1987年1月から1988年2月まで14ヵ月間
- d) 入札及び請負契約 : 1988年12月までに完了
- e) 建設工事 : 1989年1月開始、1992年までに完了
(48ヵ月間以内)
- f) 発電所の営業運転開始 : 1993年1月初め

予備設計及び建設計画、建設工程に基づき、本計画実施のための建設費を外貨分については3パーセント、内貨分については9パーセントの物価上昇を見込んで概算した。建設費の総額は1,320.9百万ケニアシリングと見積られ、うち外貨分は1,004.0百万ケニアシリング(66.9百万米ドル相当)又内貨分は316.9百万ケニアシリングである(表-7)。

建設費の外貨分、内貨分の年度別投資額を建設工程(表-8)に基づいて概算したものを以下に示す。

年次	外 貨		内 貨		計
	10 ⁶ US\$	10 ⁶ KShs	10 ⁶ KShs	10 ⁶ KShs	
1987	(3.00)	45.00	-	45.00	
1989	(18.66)	249.94	82.04	331.98	
1990	(15.93)	238.98	110.98	349.96	
1991	(23.30)	349.54	82.58	432.12	
1992	(8.04)	120.58	41.27	161.85	
計	(66.93)	1,004.04	316.87	1,320.91	

I. 8 プロジェクト評価

経済評価

プロジェクトの実施による全ての費用と便益に基づき、まずソンドゥ多目的計画(ソンドゥ/ミリウ流れ込み式水力発電計画+ニャカチ平野における15,610haの灌漑計画)の経済的実行可能性の評価を行なう。次に発電計画のみの経済的実行可能性を、電力のみによ

る便益とプロジェクト全体の費用から灌漑部門の専用費用を削除した費用とに基づいて評価する。

この経済評価の算定根拠となる経済的費用及び経済的便益は次の条件のもとで算出されている。

- (i) 輸入機器・資材のC・I・F価格を経済的費用とした。
- (ii) 外国人が実施する役務については競争価格を経済費用とした。
- (iii) 国内で調達されるものについてはシャドウプライスに基づいて経済的費用を算出した。特に、輸出可能な財についてはF・O・B価格をシャドウプライスとした。
- (iv) 振替え可能な費用は経済費用から除外された。
- (v) 外貨交換率を1984年11月時点の率を用い1米ドル=15ケニアシリングとした。
- (vi) 電力供給の長期限界費用(1Kwh 当り 0.86 ケニアシリング)を経済的便益とした。

ソンドゥ川多目的開発計画の経済的内部収益率(ERR)は13.6パーセントとなった。ケニアにおける資本の機会費用が10パーセントということから、この多目的開発計画は十分実行可能であると言える。一方灌漑面積をソンドゥ川からの転流で灌漑可能となる15,610 haの代りにS/W に述べられている8,540ha に制限した場合、ERR は12.2パーセントとなる。

発電もしくは灌漑による便益と投資費用に含まれる不確定な主要素に対し、ソンドゥ多目的計画の経済的実行可能性を検討した。この感度分析の結果を以下に示す。

ケース1	標準	13.6%
ケース2	発電便益の10%減	13.2%
ケース3	灌漑便益の10%減	13.0%
ケース4	投資額の10%増	12.7%
ケース5	ケース2,3,4. の組み合わせ	11.8%

ソンドゥ計画は多目的計画であり、実際にはこれを発電と灌漑部門に分けて評価できない。しかし発電計画のみのERR を求めることは単独計画の経済性を評価するのに役立つ。そのERR は10.4パーセントであり、資本の機会費用に相当する比率より高いものとなっている。又、ケニアにおいて実施されている経済評価方法、すなわち電気料気に電力需要を掛けて便益を算出する方法によるとERRは8.6パーセントとなった。この場合二次電力の価値を常時発生電力の価値の100パーセントとしている。二次電力の価値を60パーセン

トとするとERRは5.3パーセントとなった。同手法によりタークウェル水力発電計画のERRを算定する8パーセントとなっている。したがって、二次電力を有効に使うことにより本ソンドゥ水力発電開発計画は経済的にフィージブルであると判断される。

財務評価

財務的内部収益率(FRR)及び財務収支により、ソンドゥノミリウ流れ込み式水力発電計画の財務的実行可能性を評価する。プロジェクトの財務費用を1984年12月時点の価格で概算した。物価上昇については外貨費用に3パーセント、内貨費用に9パーセントの年間物価上昇率を適用して計算した。

ソンドゥノミリウ流れ込み式水力発電計画の財務キャッシュフローを、投資費用、維持管理費用、及び1985年時の平均電気料金すなわち1Kwh 当り 0.78 ケニアシリングを用いた売電収入に基づき作成した。このフローを用いてFRR を求めると4.2パーセントとなった。年間6パーセントで電気料金が上昇したとすると、1993年には1Kwh 当り 1.25 ケニアシリングになる。この電気料金によりFRRを求めると10.1パーセントになった。

もちろん取水堰や転流施設は水力発電のためだけでなくニャカチ及びカノー平野での灌漑のためにも使用される。これら施設のための費用の一部は灌漑部門により負担されるべきものである。それ故発電部門の財務分析をコストアロケーションのもとで評価する。その結果、共通費用を灌漑部門が各々20,30,40パーセント分担するとFRRは1Kwh 当り 0.78 ケニアシリングの平均現行(1985年)電気料金に対応する4.2パーセントから4.8,5.1,5.4パーセントまで増加する。

費用調達及び借款返済能力

ソンドゥ計画はプロジェクト費用の一部を補うために外部の借款を導入することで実施される見込みである。借款返済能力は以下の借入れ条件を仮定し検討する。

- (i) 投資費用の全ての外貨分は、国際金融機関の借款により融資される。
- (ii) 外部借款の内訳は以下のとおり。

利子率	:	年率4パーセント
据置期間	:	建設期間(4年間)
返済期間	:	据置期間を含めた30年間
- (iii) 元利合計した返済額は、返済期間を通じ一定金額とする。
- (iv) 投資費用及び年間支出の内貨分は全て政府負担とする。

平均電気料金を1 KWh 当り 1.25KShs として総収入を計算する。これは平均電気料金を本計画が実施される1993年まで年平均6パーセントで値上げした場合のものである。

上記の条件のもとに、簡単な財務収支を作成する(表-9)。表で明らかな様に、1993年に操業を開始すると年間収支は黒字となり、また累加残高は8年後に黒字となる。返済期間の最後に累加残高は10億ケニアシリングをこえ、これは初期投資額の約80パーセントに相当するものである。

ソンドゥ多目的開発計画は、発電及び灌漑による直接便益のみを考慮してもERR が13.6パーセントとなり、ソンドゥ川多目的開発計画の第一次開発は経済的に実行可能である。本プロジェクトの財務的実行可能性はプロジェクトの実施のために導入される外部借款の条件と将来の電気料金改定の如何で変わる。8パーセントの財務は内部収益率を前提条件とすれば、平均電気料金を1993年までに年6パーセントずつ引き上げなければならない。

第II章 カノー平野灌漑計画の プレ・フィージビリティ調査

II. 1 背景

西部ケニア地方は天然資源に恵まれているにも拘らず、比較的開発が遅れている。1979年にLBDAがこの地域の経済発展とケニア経済にも寄与すべく地域開発を目的として設立された。LBDAは1983年に5ヵ年開発計画を策定している。この計画では地域住民の収入と生活水準を全国レベルまで高めるために農業開発が重点施策とされている。

1984年にはケニア政府は第5次5ヵ年計画を発足させ、国内資源の活用と公平な開発に焦点を当てた。この計画にはLBDAの5ヵ年計画もとり入れられており、ソンドゥ水力開発のみならず灌漑を導入した農業開発が高い優先度を与えられている。

II. 2 計画対象地域

計画対象地域はケニア西部のニャンザ州の中央部に位置する。対象地域は南ニャンザ県ケンドゥ郡とキスム県ニャカチ郡とにまたがっている。そして北はビクトリア湖、南はニャボン断層崖、西はケンドゥ湾村に、東はアワチカノ川に囲まれた平坦な地形となっている。計画対象地域は2本の主要河川により以下に示す3つの地区に分割できる(図-12)。

地区	位 置	面積 (ha)
I	ケンドゥ湾～ソンドゥ川	1,790
II	ソンドゥ川～アサオ川	7,190
III	アサオ川～アワチカノ川	5,000
	計	13,980

ビクトリア湖方面へ傾斜している一帯の地形は、南部山ろく平野では緩かな丘陵地帯をなし、北東部湖成平野(カノー平野)は平坦である。

対象地域の気候の特色は年2回雨季があることである。年平均降雨量は982mmである。気温の季節変動は年間を通じてさ程大きくない。月平均気温は29℃から31℃の間にある。

対象地域の灌漑用水は、ソンドゥ川からの豊富な転流水で発電所の放水庭から引水する。

対象地域の人口は約36,300、世帯数は7,120人と推定され、人口増加率は年平均3.3%で、そのほとんどが農業に従事している。対象地域は14,000haあるが、耕作されているのはわずか1,400haである。一世帯当りの土地保有面積は平均して2haである。対象地域における主作物は、トウモロコシ、モロコシ、ついで綿花、豆類である。低地の一部では米も行われている。灌漑施設、耕作技術、及び方式が適切でないためにこれら作物の平均収量は下に示す様にさ程高くない。

作物	作付面積 (ha)	単位収量 (ton/ha)	収量 (ton)
トウモロコシ	370	1.3	480
モロコシ	250	1.2	300
綿花	370	0.2	70
落花生	125	0.5	60
キャッサバ	125	3.0	380
米	130	2.4	310

対象地区内の家畜頭数は下の表のごとく推定され、主に役畜として、又作物不作の場合にそなえて飼育されている。

家畜	頭数
牛	16,980
山羊	5,660
羊	11,320
家禽	16,980

農作物の流通は主に公的流通機関によってなされており、国家穀物生産公社、ケニヤ農民組合、綿花・綿実販売公社等がある。

農作物の価格は政府によって統制されており、米、トウモロコシ等の主要作物の買取り、販売価格を決めている。

現在カノー平野では国家灌漑局、又は農業省によって灌漑事業が実施されておりその灌漑面積は約2,700haである。図-13に現況の灌漑事業の位置を示した。

II. 3 農業開発

灌漑開発計画の目的は、灌漑施設の建設を通じて、農作物の生産を増大し、地域農民の生活水準を向上させることにある。水と土地の最大限有効利用、および、最新灌漑技術の導入が、灌漑計画立案にあたっての大きなポイントとなる。

以上の観点より、本開発計画の基本構想を以下のように立案した。

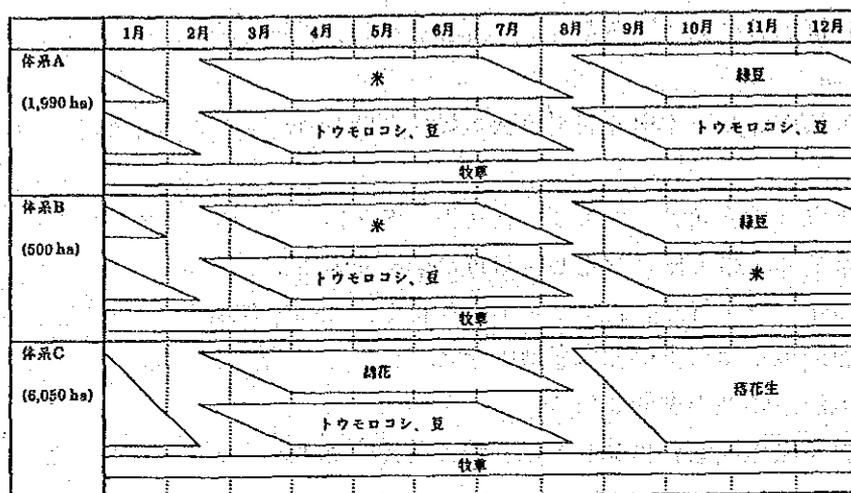
- (1) 灌漑施設の建設、および、新技術の導入により、農作物収量の増大を図る。
- (2) 水資源を最大限に利用し、灌漑面積を最大に拡張する。
- (3) 周年灌漑を行うことによって、作付面積、作付率の増加を図る。
- (4) 農産加工業の為の作物を導入する。
- (5) 現況道路網の整備を行う。
- (6) 農業組織の強化に関しては、特に農業普及活動、及び水管理組織に重点を置く。

計画対象地区約14,000haの中から、地形、土壌、排水等の諸条件を勘案して、以下の表の様に 8,540haの純灌漑面積を選んだ。

項目	地区 I	地区 II	地区 III	合計
計画対象地区	1,790	7,190	5,000	13,980
灌漑不適地	600	2,090	610	3,300
粗灌漑面積	1,190	5,100	4,390	10,680
道路、水路、川	240	1,020	880	2,140
集落等（粗灌漑面積の20%とした）				
純灌漑面積	950	4,080	3,510	8,540

本開発に導入する作物の決定には、灌漑地区の自然条件、及び社会条件を十分に考慮し、導入する作物としてはトウモロコシ、豆類、米、綿花、落花生、緑豆、及び牧草類を選定した。

以上選定した作物をもとにして、土壌条件等を考慮し、以下に示す三種類の作付体系を作成した。



新しい耕作法、および適切な水管理システムの導入により、作物生産量は飛躍的に向上することが期待され、予測される収量、および、生産量は次のとおりである。

作物	単位収量 (ton/ha)	栽培面積 (ha)	生産量 (ton)
米	5.0	1,196	5,980
緑豆	1.2	996	1,195
トウモロコシ	5.0	4,212	21,060
豆類	0.9	4,212	3,791
綿花	2.0	2,420	4,840
落花生	2.0	4,840	9,680
ネピアグラス	120.0	854	102,480
アルファルファ	80.0	854	68,320

II. 4 灌漑計画

計画は500haの水田(体系B)、1,990haの水稲・畑作共用田(体系A)、及び6,050haの畑作地(体系C)を合わせた8,540haの純灌漑面積を持つことになる。

灌漑地区の用水量は修正ペンマン法を用い、有効雨量を差し引き、灌漑効率40%を適用して求めた。月別用水量を示すと以下の様になり、ピーク時の用水量は $7.4\text{m}^3/\text{sec}$ となる。

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
4.8	2.0	3.0	3.6	4.6	6.2	3.3	0.9	3.6	7.4	6.8	6.1

計画の主要施設としては2本の幹線水路、2次水路、及びそれらの付帯設備と3次水路並びに耕地内用排水路がある(図-14、表-10)。

本灌漑計画は未だPre-F/Sの段階であるため工事実施前にF/S調査が必要である。この事と詳細設計の実施、工事期間を考えると工事完了まで約10年の歳月を要すものと思われる(図-15及び図-16参照)。

当事業実施に必要な建設費は1984年の価格を基準にして概算すると9億7千万ケニアシリング(6千5百万ドル)と見積られる。この内、外貨分は6億2千万ケニアシリング、内貨分は3億5千万ケニアシリングである。(表-11参照)

当事業の経済評価はEIRRにより評価する。評価の際に用いた直接便益は次の様にして求めた。

	作付面積 (ha)	純生産価値 (kshs/ha)	金額 (Kshs × 10 ³)
1. 計画実施後			
トウモロコシ			
と 豆類	4.212	17,081	71,945
綿花	2.420	10,322	24,979
米	1.196	11,641	24,979
緑豆	996	5,619	5,597
落花生	4.840	12,886	62,368
牧草類*	1.708	—	—
小 計			<u>178,812</u>
2. 計画実施前			
トウモロコシ	370	1,266	468
モロコシ	250	2,516	629
綿花	370	-1,034	-383
落花生	125	2,457	307
キャッサバ	125	6,765	846
米	130	5,601	728
小 計			<u>2,595</u>
3. 直接便益 (1) - (2)			<u>176,217</u>

* 牧草類の純生産価値は、労働力としての家畜の飼育費用と相殺する。

経済評価に用いた工事費は総工事費から土地取得費や物価上昇分を差し引いた経済費用6億2千万ケニアシリングを用いた。

上で求めた便益と費用並びに50年の耐用年数、図-16の工事計画、取水に係わる費用は含まないといった諸条件のもとにEIRRを計算すると16.3%となる。

工事完了後、各作付体系毎の農家一戸当りの年収入はAタイプは48,300、Bタイプは38,800及びCタイプは42,600ケニアシリングと見込まれる。

第三章. 実施計画

Ⅲ. 1 選定された開発計画

ソンドゥ川多目的開発計画は前2章に述べた通り最終的には次の3つの個別計画から構成されることになる。即ち、

- (1) ソンドゥ／ミリウ流れ込み式水力発電計画
- (2) ソンドゥ川を水源とするカノー平野の灌漑計画
- (3) マグワグワダム水力発電計画

これらの各計画の現在の事業進捗状況は次表の通り夫々異なる。

	完了した事業	次段階の事業
ソンドゥ／ミリウ水力	フィージビリティ	詳細設計に続き建設工事
カノー平野灌漑		
(i) 8,540ha	プレ・フィージビリティ	フィージビリティ
(ii) 7,560ha*	マスター・プラン	(フィージビリティ)
(iii) 10,000ha*	マスター・プラン	(フィージビリティ)
マグワグワダム水力	マスタープラン	フィージビリティ

* 印はUNDP/LOTTIによる調査で提案された面積区分によった。

Ⅲ. 2 第2段階計画に対するフィージビリティ調査の必要性

前章で述べた通り、ソンドゥ多目的計画の第一段階はソンドゥ／ミリウ流れ込み式水力発電計画とニャカチ平野の8,540haの灌漑計画とである。

灌漑計画そのものはプレ・フィージビリティレベルでも充分経済性が高いことが立証されているので、出来るだけ早い時期にフィージビリティ調査を実施すべきである。ソンドゥ川の転流による水力発電は約16,000haを灌漑するのに十分な水を平野部に供給することにもなることから、灌漑計画のフィージビリティ調査は8,540haに加えて、できれば7,560haを含めて実施することが望ましい。

将来の第2段階計画はマグワグワダム水力計画となる。この計画が実現すると、平野部に更に10,000haの灌漑面積を拡張するに足りる水がソンドゥ／ミリウ発電所を経由