

国際協力事業団
ケニア共和国
エネルギ

ムトンガノグラントフォールズ水力発電計画調査

最終報告書

環境評価要約

平成10年3月

LIBRARY



J 1142337 [3]

日本工営株式会社
株式会社 バスコインターナショナル

資源調査
I R
98-036

ムトンガノグラントフォールズ水力発電計画調査

環境評価要約

平成10年3月

日本工営株式会社

株式会社

バスコインターナショナル

0713

国際協力事業団
ケニア共和国
エネルギー省

ムトンガ/グランドフォールズ水力発電計画調査

最終報告書

環境評価要約

平成10年3月

日本工営株式会社
株式会社 パスコインターナショナル

1 2 3 4



本 文

環境評価要約

1. 序

本報告書は、環境評価結果の要約であり、その詳細は Supporting Report (2) に記述してある。

(1) タナ河

タナ河はケニアの最大で最重要な河川である。その流域はケニア高地からインド洋にまたがり国土の約 17% (95,950km²) を占め、河川延長は水源からインド洋迄 1,000km を超える。河はコラ・ラピッド迄山間部を流下するが、その下流は広がり雨季には氾濫原となる。流域の気候と植生は多様であり、氷雪山地、高山原野・森林地から亜乾燥・乾燥平野、湿潤な河口扇状地に及ぶ。流域は三つの自然地理領域に分けられる：

- ・ カンブルより上流で標高 1,000m 以上の上流域 (9,420km²) 。
- ・ カンブルからコラ・ラピッドの間で標高 200m-1,000m の中流域 (21,370km²) 。
- ・ コラ・ラピッドより下流で標高 200m 以下の下流域 (65,160km²) ；氾濫原はこの流域にある。

図 SE.1 にタナ河の一般図を示す。

(2) 環境評価の背景

日本国際協力事業団 (JICA) とタナ・アチ河開発公社 (TARDA) は 1993 年 8 月にタナ河の次期水力開発のフィージビリティ・スタディを行なうことに合意した。スタディの結論と勧告を導くために調査団が任命された。

スタディではタナ河の中流域の三地点の水力開発可能性を検討した、即ちムトンガ河の合流点から 2km 下流のムトンガダム地点と、カジタ河の合流点から夫々 5km、7km 下流のグランド・フォールズダムの二箇所候補地点である。

初期環境評価結果が 1994 年 9 月にエンブ市で開かれたワークショップで報告され、そこでの結論は調査団と TARDA が取り纏めて参加者に配付された。代替案の中から最適開発案を選定するために更に検討すべき点が確認された。引き続き第二

次環境評価が1994年9月から1995年3月に行なわれ、その結果は公開ワークショップで報告された。

第二次調査では、エンジニアリングと環境の両側面からの評価の結果最適開発案が示された。環境評価では、タナ河の下流域で発生する'通常'洪水を人口洪水放流によって再現出来ることが主要な関心事であった。

環境の見地からエンジニアリングの鍵となる点は、選定開発案が上述の洪水を放流する容量を持つと同時に、特に建設終了直後の貯水池湛水期間の環境への負の影響が最小であることであった。計画貯水池は、タナ河への流入水を有効に調整しうる最後の地点となると考えられる、そこで、ダムは洪水放流を適切に調整しうる貯水容量を持つ一方、湛水時と運用時に下流域に著しい損傷や回復不可能な損傷を与える程大きくないことが必要であると考えられた。

評価作業の一環として、ダム建設の影響を直接受ける貯水池とその周辺の農民、タナ河の上流の既設ダムで過去に影響を受けた人々、更には下流域の放牧民・洪水冠水農業農民・大小規模灌漑農民へのインタビューをもとに、ビデオが作成された。

ビデオを含む評価結果は1995年3月ナイロビ市で開催したワークショップで報告された。ワークショップには、前ワークショップでの諸機関からの出席者の他、East African Wildlife Society、Green Belt Movement、NGO評議会、CARE、その他非政府組織の環境・社会団体が参加した。調査団はムトンガと低ランド・フォールズの両貯水池を繋げて開発するのが最適であると結論づけた。この案は洪水放流を可能にする容量を持ちつつ、環境への損傷を最小とすると共に、水力開発を最適化するものである。

第二次調査において、ダムの最適設計と運営方針を決定するために、タナ河環境系について第三次調査で更に評価すべき下記の主要点が明らかにされた：

- ・ 移転；貯水池地域からの移転と貯水池周辺緩衝帯のマネジメントの輪郭を示し、緩和策と補償費用を見積ること。
- ・ 水文；'通常'洪水の性状を更に明らかにする同時に、下流河床洗掘に関わる貯水池への堆砂効果と砂放流の可能性の検討をすること。
- ・ 下流河川回廊；発電損失を最小にしつつ下流への洪水放流を行なう計画を建てること、更には浮遊砂と栄養分の貯水池内での運行と下流への放出について検討すること。
- ・ 協議；評価の手順として、貯水池地域と下流回廊にあり開発の影響を受ける自治体・協会との協議を踏まえること。

(3) 既存貯水池からの教訓

タナ河には既設の五つのダムがあるが、そこで起こった環境と社会経済への影響について文献調査を行なった。調査は、環境影響評価、緩和処置、建設後のモニタリングを、どのように行なったかを知ることにも主眼を置いた。過去の環境評価における欠点を知り、それを現行プロジェクトへ教訓として活かすことにも重点を置いた。

移転者への影響

- 1) 建設されたダム地点での人口は希薄であったが、移転者はかなりの数にのぼった。マシंगाダムの場合には、約1,000家族、人口では4,000人乃至6,000人が移転し、キアンベレダムでは、737家族、6,500人が移転した。しかし、ダム建設に当たって、組織的移転計画はなかった。
- 2) これらダムの貯水池の影響を受ける移転人口は、アフリカの他の大規模ダムの例に較べて少ないとはいえ、建設前の検討において移転計画の必要性が強調されているべきであった。
- 3) 移転の手続きは、対象となるコミュニティが移転計画に全面的に参画し、新しい環境に自ら順応出来るようすべきである。
- 4) 移転は、移転対象地域内住民の永く培われた繋がりを断ち、生産手段を壊し、環境に対する負の影響によって価値ある資源を失わせ、さらに、緊張感・疾病率・死亡率を高めることに繋がる結果になりうるとの認識が持たれて来なかった。
- 5) 金銭補償を受けたが不法住居者となって帰って来ている人々があり、このことは移転者の土地に対する補償は代替地をもってすべきとの教訓を与えている。
- 6) 農業を主体とするコミュニティに対する金銭補償は多くの家族を結局貧困に追いやる結果となっている。
- 7) 臨機応変の処置を施すべく、移転のモニタリングと評価を継続的に行なうことが急務である。

農業と食糧自給への影響

- 1) タナ河貯水池の開発による灌漑用水の補給と食糧自給への効果は殆ど認められない。
- 2) 貯水池の魚資源に対して規制・管理がなされず、土地の漁師による漁業は放任されてきた。そのため、マシंगाの魚資源の回復に困難を来し、漁業の全面禁止のような非常措置を取らざるを得なくなった。
- 3) 漁業開発は当初からプロジェクトの計画に組み込まれておくべきである。

上下水への影響

- 1) 貯水池は地域の上水供給の改善に寄与していない。
- 2) ダム建設前の水質に対する記録がないので、建設後の水質が悪化したかどうかは解からない。マシंगाの化学分析の結果は、貯水池水の溶存化学成分は増加してきたが許容範囲にあることを示しているけれども、マシंगा、カンブル、キンダルマの水はどれも、尿尿汚染による多量の藻の発生によって、処置なしでは、家庭用水として不適であることが解かった。
- 3) 家庭用水としての危険性は不適切な下水処置によって増加している。

水性疾病への影響

- 1) 水資源開発プロジェクトは保健問題を取り立てて考慮してこなかった。エジプトでの例のように、保健機関が詳細な保健計画を建てても、水資源開発機関はその実現に資金手当てをして来なかった。援助機関から追加資金を得ることは非常に困難で、建設を進めようとする政治的圧力は大きく抵抗出来なかった。さらに過去においては、水性疾病患者の健康管理への出費は水資源開発管理の費用とはされて来なかった。
- 2) 保健に対する悪影響の軽減はプロジェクトに伴って公衆衛生計画を建てるかどうかによっている。廃棄物に対する教育の実行と施設の建設が水性疾病発生の仕組みを断ちきることが出来る。保健検査員が作業場の状態をチェック出来ること並びに清潔な水が人を疾病への感染から守ることが出来る。

植生と堆積への影響

- 1) タナ河貯水池の堆積はダムの容量と寿命を脅かして来た。
- 2) タナ河貯水池の開発ではその流域保全を含む総合水資源開発の手法を取って来なかった。
- 3) 土地侵食防止のための植林計画や河川沿いで農業活動を制限する努力はされて来なかった。

2. 貯水池人口と移転地

貯水池の影響を受ける人口と家族数の推定のために、現地調査・1989年度国勢調査の結果と共に、中央統計局の持つ村落人口統計と地図を使用した。プロジェクト地域の人口数と密度の算出にはGISを利用した。

(1) 貯水池影響を受ける家屋と人口

貯水池の直接的な影響を受ける地域は、その湛水地と貯水池を取り巻く緩衝帯である。湛水域は満水位（FSL）を基に算出し、緩衝帯は満水位の外側 100m の帯とし、これらの地域の住民は全て排除されるとした。緩衝帯は‘重点管理地域’とされる。加えて、ダム構造物に隣接した地域が貯水池の運用管理のための家屋、事務所等として使用されるものとし、これを‘運用地域’として、ダムの右岸でダムから 1km の範囲内とした。現住の住民は移転せねばならぬが、‘運用地域’は、ダム運用のための特別居住区である。

影響を受ける地域としての検討対象地域の面積は 1,656km² で、1989 年度の国勢調査時の人口は 59,799 人である。両貯水池の直接影響圏の面積は 106km² であり、そこでの人口密度は、1989 年度調査時には 34.5 人/km² であったが、1996 年度には 43.2 人/km² と推定され、当スタディで移転完了年次と仮定した 2005 年度には 57.7 人/km²、人口 6,125 人になるであろう。貯水池と緩衝帯を併せた地域での、2010 年度迄の人口予測結果は下表の通りである。

人口

年度	低グランド・フォールズ	ムトンガ	両ダム
1989	2,961	722	3,666
1997	3,902	856	4,739
2005	5,143	1,015	6,125
2010	6,111	1,129	7,191

家屋数

年度	低グランド・フォールズ	ムトンガ	両ダム
1989	490	127	613
1997	653	142	790
2005	870	159	1,017
2010	1,041	170	1,191

一方、比較的巨大な貯水池を持つ高グランド・フォールズの場合には、1989 年度の人口は、1,220 家屋で 7,226 人であり、2005 年度には 2,024 家屋で 12,073 人となると推定される。

(2) 特別管理地域 (SMZ)

貯水池とその周辺 100m 帯（緩衝帯）の外側に‘特別管理地域 (SMZ)’を置き、この地域内の土地を貯水池に対して悪影響を及ぼさぬよう管理すると共に、移転の大半をこの地域

内で行なうよう提案する。 Supporting Report (2) の第 6 章に低グランド・フォールズとムトンガの SMZ の夫々について詳細に記述してある。 グランド・フォールズとムトンガ貯水池の連結開発案は、図 SE.2 見るように、SMZ を連結する。 SMZ 内の人口は下表の通り算出される。

SMZ 人口

年度	低グランド・フォールズ	ムトンガ	両ダム
1989	16,219	4,845	19,602
1997	21,375	5,744	25,337
2000	23,707	6,123	27,897
2005	28,171	6,811	32,750
2010	33,476	7,576	38,448

SMZ 家屋数

年度	低グランド・フォールズ	ムトンガ	両ダム
1989	2,821	898	3,477
1997	3,760	1,004	4,479
2000	4,187	1,047	4,979
2005	5,010	1,122	5,769
2010	5,996	1,203	6,758

一方、高グランド・フォールズでの SMZ では、1989 年度で 5,264 家屋 29,714 人であり、2005 年度には 8,734 家屋 49,645 人になると見込まれる。

(3) 移転可能地域

緩衝帯を含む貯水池地域の住民は移転の必要がある。 移転計画は、移転費用、移転者が現状以上の生活が維持出来るための方策、移転先住民への悪影響を避けるための方策等を考慮せねばならない。 さらに、効果ある移転計画を建てるためには時間と人が必要である。 これらの詳細な議論が Supporting Report (2) の第 11 章に、既存のタナ河の貯水池やアフリカ他の貯水池での移転経験の紹介と共に、記述してある。

移転のための必要事項

自ら希望しない移転は、移転者のみならず移転先住民の困難を招く結果となる。 移転を成功させるためには以下の考慮が必要である：

- ・ 移転家族を、以前の生活と同等以上の生活を再取得出来るまで援助すべきである。
- ・ 移転先の住民を、移転者を受け入れることによる困難がないように、援助すべ

きである。移転先のコミュニティの社会・経済基盤は、移転前と同等以上の機能を維持出来るようにすべきである。

- ・ 移転者、受け入れ者共に、移転計画の立案・調整・施行に参加すべきである。
- ・ 地域住民の意向を尊重すべきである。

移転に対する地域の意向

インタビューに対する応答者の殆どが、現住地近郊への移転を望んでいる。88%の人が、貯水池近くか近隣の村落への移転がよいとしている。殆どの人が同村で親戚の者又は同村者と共に移転したいとしている（夫々75%、22%）。86%の人が農耕と家畜の兼業を、残りが農耕のみを望んでいる。

移転については総じて賛意を示しているが、同時に、失う土地に見合った適切な補償とダムが地域に対して与える恩恵への危惧を抱いている。この危惧は、本計画地域に住む15%の住民がマシंगाやキアンベレ等からの移転者であり、そこでの経験によっている。

補償に対する地域の意向

公式な質問への回答と非公式な野外調査・会見の結果によると、十分な土地と生活再建迄の資金援助を併せた補償が望まれている。金銭補償のみでは、しばしば適当な土地を購入するには不十分であるとか、家長の身勝手によって土地が購入出来ないとかの危惧が寄せられた。

補償費用の推定

Supporting Report (2) の第11章に、土地収容に係る現行法規と補償費用算出根拠を示す抜き取り調査の結果が記述してある。その中に、土地、建物・公共施設、作物、樹木、養蜂とその生産損失に必要な補償の詳細が示してある。一家屋当たりの推定補償額は以下の通り：

項目	平均価格 (KShs.)	US\$換算価格
土地 (2ha)	40,000	741
建物	52,000	963
改善	12,000	222
その他 (15%)	16,000	296
小計	120,000	2,222
生産損失補填	24,000	444
小計	144,000	2,667
予備費 (10%)	14,000	259
合計	158,000	2,926

補償費用は、土地の価値、家屋改良、移転と生活再建の費用と生産損失補填を含む。両貯水池の移転家屋数は、1,017 家屋であるので、移転総費用は 160,686,000Ksh となる。この算定では、一家屋あたり平均 2ha、合計 2,034ha の土地と仮定している。

貯水池、緩衝帯と運用域の合計面積は 10,617ha である。土地価格を 20,000Ksh/ha とすると、家屋関連土地面積を差し引いた残りの面積は 8,538ha であり、その補償価格は 171,660,000Ksh であり、補償費用の合計は 332,346,000Ksh となる。これらの値は土地の現在評価額によっているので、土地価格が将来上がれば、それに応じて増加する。移転に伴う報償費用は結局以下の通り推定される：

項目	ムトンガ	低ランド・フォールズ	両ダム
家屋 (KShs.)	25,122,000	137,460,000	160,686,000
非家屋 (KShs.)	37,280,000	134,760,000	171,660,000
合計 (KShs.)	62,402,000	272,220,000	332,346,000
US\$換算	1,156,000	5,041,000	6,155,000

一方、高いランド・フォールズの補償費用は、Ksh422,432,000 (US\$7,823,000) と見込まれる。

(4) 移転

移転を行なう SMZ 内の人口密度の変化は以下のものである、即ち、2005 年度の推定人口を基として、移転先の人口密度は 29.9 人/km² から 34.4 人/km² に増加する。

移転対象域の大きいランド・フォールズでは、その SMZ 内の人口密度の増加が相対的に大きく、2005 年度規準で、81.9 人/km² から増加して 96.8 人/km² となる。そこで、グラ

ンド・フォールズでは、比較的人口密度の低い東側地域を SMZ に追加するか、計画されている地方給水計画に追加して、適当な土地に小規模灌漑を導入して土地の生産性を上げる処置を取る必要があるかも知れない。 移転前後の SMZ 内の人口密度の変化は下表に示す通り：

項目	低グランド・ フォールズ	ムトンガ	両ダム	高グランド・ フォールズ
移転人口 (2005)	5,143	1,015	6,125	12,073
移転家屋 (2005)	870	159	1,017	2,024
SMZ の面積 (km ²)	344.0	227.6	511.0	759.8
SMZ 人口 (2005)	28,171	6,811	32,750	49,645
SMZ 家屋 (2005)	5,010	1,112	5,769	8,734
人口密度 (人/km ²)	81.89	29.93	64.09	65.34
合計人口	33,314	7,826	38,875	61,718
合計家屋	5,880	1,271	6,786	10,758
移転後人口密度 (人/km ²)	96.84	34.38	76.08	81.23
家屋用土地 (km ²)	117.6	25.4	135.7	215.2

(5) 移転に係る勧告

移転計画実施に当たって推奨される方法

移転実施の失敗の多くは、計画の欠如、計画の現実性の見過ごしと優先度を置かなかったことにある。 このことを念頭において、以下の方法が推奨される：

- ・ 移転計画の企画と実施を独立したプロジェクトとして行なうこと。 ケニア他での過去のプロジェクトでよく聞かれる不満は、移転手続きに十分な注意が払われず、他の業務が優先され、移転問題に対する長期的関心が払われないということである。
- ・ 移転ための、他業務に使用出来ない、独立した会計を持つこと。
- ・ 移転計画の進展とその実施を監視するにあたって、開発担当の専門家に加えて、地域のリーダーと適切な政府担当者からなる調整委員会を設けること。 移転のために独立プロジェクトを実行する場合には、この委員会がプロジェクト進捗の監視と調整を行なうことになる。

勧告

上述の議論を踏まえて、以下を勧告する：

- ・ 移転手続きの全体を監視し、移転する側と移転を受け入れる側両者を必要に応じて援助し、政府に代わって連絡業務を行なう組織を設立すること。 この組

織には、出来るかぎり、それに限らぬが、地方のリーダーを参加させること。

- ・ 詳細計画作成に当たって地域住民を参加させること。グループ毎の多様な要望を知るために、出来るかぎり、個人が自分の考えを述べる機会を与えること。
- ・ 地域住民の要望に答える計画を作成すること。
- ・ 土地登録の正式手続きが完了していない場合にも、そこに居住している人はその土地に対する権利を持つことを認めること。そうしなければ、移転計画は不調に終わり社会不安や経済問題を生む結果となろう。
- ・ 土地と金銭の組み合わせで補償を行い、個人とそのコミュニティの資産の枠の中で選択が出来るようにすること。土地取得に当たっては、コミュニティが適地選定の手助けをすること。
- ・ 移転先は原則として村落に隣接した場所とすること。然し、移転先での人口は増加するであろうから、放牧活動はこの場所の外に広がることとなるかもしれない。
- ・ 担当政府機関は移転に係る手続きを始める少なくとも3-4年前には計画策定と移転の影響を受ける人々との協議を始めること。
- ・ 別の仕事を希望する人には、訓練の必要性を検討し妥当なら、訓練計画を作製・実施する。
- ・ 移転と補償に係る法制度と必要ならその改定を検討すること。

(6) 緩和措置

移転先の住民への負担を軽減し移転者との融和を促進するために、次のような緩和措置が考えられる。

- 1) 社会基盤とサービスの長期的改善計画の進展について地方の首長を援助すること。
- 2) 人口増加に応じて土地の生産性を増加させるために小規模灌漑計画を検討すること。
- 3) 地域住民への具体的な便宜供与として学校・病院・診療所等の公共施設に対して電気を送ること。
- 4) キアンベレ・ムトンガ・グランドフォールズの適当な貯水池から、移転地への管路給水を行うこと。
- 5) タナ河カタマの橋の代替が必要である。
- 6) 水と性感染の病気、特にマラリアと住血吸虫が増えるであろう。建設労働者と地域住民に対して、移動式診療所・保健教育を含む医療施設を供給すること。貯水池近傍の住民に対して、管路給水を施すと共に、マラリア蚊と住血吸虫への予防管理策の重要性を知らせること。

3. 貯水池の環境

(1) 自然資源

スタディ地域の自然資源として、そこでの動植物とその有用性について基礎資料を作成した。河川沿い生息地のかなりの面積が既存の上流ダム群によって水没してしまっているのので、河川沿いの調査が取り分け重要であると考えられた。

漁業は、タナ流域の重要な資源の一つであり、又ダム建設の経済的寄与の一つとなりうるものでもある。タナ河下流と既存ダムでの魚類についてはある程度記録があったが、ケニア山とニャンベレ高地からの支流であるムトンガとカジタ川についての記録はなかったので、この河川域で予備的調査を行った。

計画貯水池は、タナ河全体の漁業を変えるかも知れない。タナ河沿いでは随所で漁業が営まれており、下流域とデルタでは主要な収入源となっている。貯水池は、(I) 氾濫原での洪水頻度が減少すること、(II) 魚類移動を阻害すること、(III) 氾濫湖に依存している河川生物が失われること、等によって魚類生態系に負の影響を与える可能性がある。タナ河下流とその上流・支流の繋がりは全て断たれることになる。魚類によっては、成魚や稚魚の状態、河川移住によってその生育や再生を行っている。ムトンガとカジタ河への移住経路を断つことは、魚類の幾種かを激減・消滅させる結果を生む可能性がある。

植生図を作成するに当たって、最近の衛星写真を用い、航空写真で補足して、最後に現場踏査で確認した。

植物種の記録は、採集と観察によって行った、野外観察で確認出来ない種はナイロビに送って、東アフリカ植物標本室で確認した。標本区分で植物構造を決定した、樹木の場合には、樹高と樹冠の高さと広がり帯状に観測して植生相を描いた。記録した植物種のリストの中から、IUCNの危機植物資料集によって保護対象となる種を確認した。

野外調査に当たって、現地植生に詳しいタラカの専門家にインタビューした。地域にとって、食料・飼料・医療・織物材・建設材・民芸材等として重要な植物種を調査し記録した。

上記調査の詳細と他の自然資源については Supporting Report (2) の第 12 章に記述してある。

自然資源の経済・社会・文化的利用

スタディ地域の植物は様々な形で地域住民に有効利用されている。樹木・灌木・薬草・草・ツタ類・蔓類の約 20% が住民の生活に幅広く寄与している。

植物は地域の重要資源であり、その地の原材料特性を支えている、即ち Supporting

Report(2)の 12.6 節に詳述するように、食料・飼料・燃料。建設材・医薬品・織物材・道具・衣料材・材木等に利用されている。

影響可能性

貯水池によって起こる環境影響の可能性として以下の要因が挙げられる：

- ・ ダムの建設。
- ・ 貯水池による湛水と水没。
- ・ 貯水池の操作。

物理的影響は直接的には建設活動によるけれども、最も大きい影響は、湛水・水没・水位低下・下流状況の変化によって引き起こされる。詳細は、緩和策の案と共に、Supporting Report (2)の 12.7 節と 12.8 節に記述してある。

緩和策

- ・ 工事中乱した土地を修復すること。
- ・ 生命多様性の欠損を補うために固有樹木を植林すること。
- ・ 建設と湛水の前に、既存の自然植生の内重要なものを種苗園に移住すれば、湛水後、再移住、乱した土地の修復、樹木再生に貢献しうる。
- ・ 路頭斜面等を階段化と植生等の土壌侵食防止策を講ずること。
- ・ 水生植物の発生を防ぐこと、特に、以前ナイバシャ湖やビクトリア湖で使われたボート類の使用はしないこと。
- ・ 水生植物の観察を行うこと。
- ・ 水性疾病の観察を行い、住血吸虫・マラリアの管理を行うこと。
- ・ 貯水池内の樹木・藪を湛水前に伐採排除すること。この作業は、貯水池の影響を受ける地域住民の建材・家具材・燃料・木炭材等としての便益供与と共に、将来の植林計画に組み入れること。
- ・ 燃料資源の損失補填のために、移転地での植林計画を建てること。
- ・ 貯水池周りでの人的活動を出来る限り排除するために緩衝帯を設けて、適当な個所に貯水池への通路を設けること。
- ・ 環境・社会・保健モニタリング計画を建てること。

(2) 堆砂

タナ河の堆砂に係る最大の関心事は、砂の貯水池内沈殿によって、貯水池容量と有功寿命が減少することである。

粗粒・中粒の砂のみならず、水溶塩分の影響によって、粘土も集塊しその一部は貯水池に

沈殿する。キアンベレの記録では、泥土の 15%が貯水池に沈殿しているが、グランド・フォールズの貯水池は大きいので、沈殿比率がさらに大きくなると予想される。

貯水池下流での堆砂の影響は、直下流での洗掘の増加、加えて、砂の組成が変化し河相と特に氾濫原での生態系に影響を及ぼすことである。

雨季の終わりと洪水最頻期に試料を採取して、分析した結果、その年の堆砂量がおおよそ 5.5 百万トンと推定された。然し、この試料採取では上流域で多く生産される細粒粘土やシルトを捕捉していないと思われる。これはある程度、河川の季節的堆積と洗掘の仕組みによる結果であろう、即ち、粗い砂はカジタとムトンガがタナ河と合流する手前の比較的流れが速い地点で堆積するが、洪水最頻期に洗掘されるであろう。

従って、実際に貯水池に堆積する砂の量は上記の量より多いであろう。堆砂量を正しく推定するためには、年間を通して、細粒分も含めた観測が必要である。

(3) 水質と汚染

貯水池の水質、従って下流の水質は流入水の質とその貯水池内での変化による。水質管理の効果的手段は、上流域の都市と地方の土地利用に関連して流出水を管理することである。グランド・フォールズダムの水質はキアンベレ他の上流貯水池の水質より悪くなる恐れがある。ダム地点の標高は低いので気温は高く、貯水池内での水の滞留時間は長いので、生物活動は活発となる。

水質は季節によって変動する、即ち、農作業が限られ沈殿物が少なく汚染源となる物質を運ぶ洪水がない乾季には良質であるが、雨季には物理的又化学的汚染、特にムトンガ・カジタ両支流とキアンベレからの流出による生物・細菌による高度の汚染が起こる。

貯水池への流入水は磷と窒素分を含む。貯水池は徐々に富栄養化していき、それが魚の生産性を高めることに寄与する。しかし、藻類については、その発生に必要な磷分が粘土粒子に捉えられ沈殿するので、問題を引き起こすことはないであろう。

川や貯水池から取水し人が使用するには水質の問題が残る。上流域での水処理と管理の改善をすべきであり、貯水池水に依存するところではそこでの改善処置が必要である。

(4) 栄養分と土粒子の排出

1995 年乾季の 9 月と雨季の 11 月に、キアンベレ貯水池、ムトンガ・カジタ両支流とタナ本流の水質調査を行なった。三次元モデル解析によって、ムトンガとグランド・フォールズ貯水池から流出する水の水質と土粒子についての解析を行なった。モデルでは、ムトンガ

の流出水が引き続きグランド・フォールズ流入するとして、確率 20%と 80%の河川流量を雨季と乾季の代表流量とした。

キアンベレ貯水池の観測記録の分析によると、粘土粒子の浮遊分の 15-20%が、溶解自然塩分(75ppm)によって緩く集塊化し、 $5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ 程度の速度で貯水池に沈殿する。

解析の結果、粘土粒子の浮遊分の約 60%が磷分と有機物の約 85%を伴って、主に低グランド・フォールズ貯水池に、雨季・乾季を問わず沈殿すると予想された。沈殿中の細粒分からの有機窒素の再発生の状況の下で、溶解窒素の 40%が雨季に 50%が乾季に貯水池内に沈殿する。もし湖底に沈殿した藻類からの有機窒素のリサイクルが加われば、沈殿率は 25% と 40%に低下する。

ムトンガとカジタ川に洪水が起こるときには、洪水は低温の密度流となって湖底の軟土を侵食しつつ流下して、定量的算定は未だだが、グランド・フォールズ貯水池内を多くの量の浮遊シルト・粘土が移動し、死水域に沈殿するかタービンを通して下流に排出されると予想される。

モデルでは、風による強い対流がなければ、溶解非有機窒素のリサイクルが貯水池の下層で起こっても、表層での藻類生育に与える影響は少ないと予想された。

湖底の沈殿物に捉えられた磷分のリサイクルは容易ではなく、光合成帯での直物性プランクトンの発生には寄与しない。モデルでは、流入する比較的少ない量の磷分の内 95%が貯水池の捕捉され、窒素分不足によって表層での藻類の発生は押さえられると予想された。

モデルでは、2-4m 深度の光合成帯が発生し、そこでの葉緑素-a 濃度が光の浸透度と栄養分の水平浸透度によって $5-15 \text{mg/m}^3$ に変化すると予想された。モデルでは又両貯水池の底部で中程度の溶存酸素不足が起こり、それは湖底の酸素要求量を上げる沈殿有機物の集積によって時間と共に強まると予想された。

モデルによる予想は、タナ河貯水池特有の藻の種類別の生育条件の違いの影響を受けるので、さらに調査し、モデルの係数を既存キアンベレ貯水池でのシミュレーションによって決定すべきである。

ムトンガ・カジタ川での浮遊土、有機物、単体・溶存栄養分と流量の相関を求める必要がある。又、モデルによって、太陽熱と風の影響を加味しつつ、長期解析をおこなうためには、日水文資料とそれに関連した沈殿・汚染負荷の記録が必要である。

細分化した計算格子での三次元モデルを用いて、ムトンガとカジタ川からグランド・フォールズ貯水池を通る沈殿物を含んだ洪水の挙動の詳細解析が必要である。

(5) 湛水所要時間

貯水池の湛水に必要な時間はその時の雨量による。湛水所要時間をグランド・フォールズでの日流量と貯水池運用の以下の組み合わせの放流ルールで推定した。

- | | | |
|----|-------------|---------------------|
| 1. | 最小下流環境維持放流量 | 30m ³ /s |
| | 貯水池からの追加放流量 | なし |
| 2. | 最小下流環境維持放流量 | 50m ³ /s |
| | 貯水池からの追加放流量 | なし |
| 3. | 最小下流環境維持放流量 | 30m ³ /s |
| | 貯水池からの追加放流量 | 流入量の 25% |
| 4. | 最小下流環境維持放流量 | 50m ³ /s |
| | 貯水池からの追加放流量 | 流入量の 25% |

上の放流ルールで貯水池からの蒸発量を加味して湛水開始時をランダムに選んで 1,000 回の試算をして湛水時間を求めると以下の通りである。

A: 低グランド・フォールズ (日)

ルール	70%確率	平均時間	最小時間	最大時間
1	153 (5.1 箇月)	121	22	300
2	205 (6.8 箇月)	161	31	379
3	184 (6.1 箇月)	143	22	443
4	248 (8.2 箇月)	191	31	577

B: ムトンガ (日)

ルール	平均時間	最小時間	最大時間
1	15	1	46
2	18	1	97
3	20	1	61
4	25	2	126

C: 高グランド・フォールズ (日)

ルール	70%確率	平均時間	最小時間	最大時間
1	632 (21 箇月)	516	221	996
2	743 (25 箇月)	615	236	1,286
3	811 (27 箇月)	698	332	1,240
4	895 (33 箇月)	823	380	1,625

ムトンガの湛水時間は平均 15-25 日と比較的短い。

低グランド・フォールズの湛水時間は平均 121-191 日、最大では 577 日とかなり長い。平均ではなく 70%の確率とすると、153 日 (5.1 箇月)-248 日 (8.2 箇月)となる。

一方、高グランド・フォールズの場合には、最小でも 220 日であり、70%確率では 632 日 (21 箇月)から 895 日 (33 箇月)、最大では 1,635 日 (54 箇月又は 4 年半)かかる。このように長い時間がかかれば、上流や雨の状況に関わらず、2-3 年の長い渇水が下流で起こったと同じ状況になる。

下流の水利用への影響

ムトンガでは下流系への有意な影響はない。

それに較べて、低グランド・フォールズでは下流の水利用への影響は大きい。30-50m³/s の放流はグランド・フォールズ地点での月平均流量よりかなり低い。放流を最大とするルール、即ち 50m³/s に流入量の 25%を加算する場合には、70%確率で 8.2 箇月であるが、下流である年に厳しい乾季渇水が起こった状況、即ち下流の水利用者が湛水時間中渇水状態に置かれるに等しい。

緩和策

渇水救済・食糧援助以外に緩和策はない。下流域は今、自然渇水と上流既設ダムの湛水によって引き起こされた疑似渇水による過去の低水期の影響から回復しようとしているところであると思われる。

この渇水期間は乾季の放牧を氾濫源の洪水に頼っている放牧民に与える影響が大きい。これがなければ、放牧民とその家畜は放牧適地を求めて長距離の移動を強いられる。渇水避難場所は現在タナデルタであり、既に安全問題が厳しい地域での放牧圧力と社会的緊張を大きく高める結果になると思われる。

4. 下流人口と環境

(1) 人口数と予測

グランド・フォールズの直下流でタナ河はタラカ〜ニチ地区を流れる、そこではメル・タラカ部族が牧畜と小規模灌漑を行なっている。そこからタナ河は南に向かってムインギ地区の境界を走る。そしてタナ下流流域に入るまで、ボランとソマリ部族が河沿いに混在するイシオロ地区に接する。イシオロ地区では、タナ河はガルバトゥラ地区の近くを流れ

るが、そこにタナ河から離れて生活条件が整い安全であるキナ市を中心として1996年推定で約15,000人が住んでいる。面積比で見てもイシオロ地区の住民は9,600人であるが、広い地域で住民の生活は多かれ少なかれ乾季にはタナ河に依存している。

タナ河下流流域の殆どはタナ河・ガリッサの二つの地区に属する。ガリッサ地区はタナ流域を越えて広がるけれども、この地区の住民は、特に乾季には、全て河と河川沿いの氾濫原に依存している。二つの地区の1996年推定人口は、キリヒとラムーのタナ流域部を加えると、350,535人であり、プロジェクトの完成時(2005年)には452,152人増加しよう。ガリッサの主要部族は、国勢調査にはオガデンとあるソマリ系であり、タナ河の主要部族はオーマとポコモである。この地域の人口予測と部族は下表の通りである。

(人)

地区	1989 国勢調査	1996 予測	2005 予測
ガリッサ	134,597	138,759	144,300
タナ河	137,987	182,705	262,118
ラムー	7,020	11,140	20,169
キリヒ	13,608	17,931	25,565
合計	293,212	350,535	452,152

(%)

部族	タナ河地区	ガリッサ地区
ソマリ	1	84
ポコモ	37	<1
オーマ	33	<1
デゴディア	<1	3

国勢調査での部族分類は例えばオーマとワーディを区別せず経済的活動区分によっており、上表は実情を単純化して示すものである。しかし、計画貯水池下流でタナ河に多少とも依存している人口のおおよその分類を下表のように示すことが出来る。

(人)

地区	主部族	1989 国勢調査	人口予測			タナ河 依存度(%)	2005 タナ河 依存人口
			1996	2000	2005		
タラカーニ ティ・タラカ	メルー・ タラカ	74,929	91,500	102,600	118,400	50	59,200
ムインギ・ キュソ	カンバ	103,325	126,800	142,600	165,100	20	33,000
イシオロ・ガ ルバテュラ	ボラン	11,188	15,400	18,400	23,100	50	11,600
ガリッサ	ソマリ	134,579	138,700	141,200	144,300	100	144,300
タナ河	ポコモ・ オーマ	137,696	182,300	214,000	261,600	100	261,600
ラム	ラム	7,020	11,100	14,500	20,200	100	20,200
キリヒ	オーマ	13,608	17,900	21,000	25,600	100	25,600
合計		386,680	483,100	551,800	653,600		555,500

プロジェクトの完成まじかの 2005 年には、タナ河に依存する下流域の人口は 555,000 人になると予測される。Supporting Report (2) の第 15 章に社会経済圏による分類が詳細記述してある。

(2) 下流環境

氾濫原草地

タナ氾濫原とデルタでは氾濫原草地が最も大きい面積を占め、上流でのダム建設による最も大きい負の影響を受けると思われる。そこはタナ河とガリッサ地区の広い地域の乾季の放牧に取っての生命線であり、その土地への負の影響は非常に大きいと思われる。草地に関する既存情報は殆どないが、調査の結果幾つかの重要な側面が明らかとなった。

アフリカ全土に渡って、氾濫原草地は多くの家畜と野生草食動物を支えている。その貢献の主たる要因は草地の質が良いことである。しかし、草地の最も印象的な側面はそのシステムが持つ物理的部分と生物的部分が緊密に結び付いていることである。この結び付きが氾濫原の生態系と相俟って高い保持力となる。氾濫原の生態系を形成する人と物理・化学的活動の伝統的統合は、微生物、植物、動物がそこでのみ発生する環境条件に順応することによって始めて成り立っている。タナ河氾濫原で重要なそれは、年 2 回発生する洪水である。

もし洪水の発生頻度がある限度を超えて減少すれば、氾濫原草地群特有の草の集合は近くの非氾濫原草地のそれに似通ってくる。氾濫原草地の植物種は蛋白質分が比較的多い良質な飼料であり、乾燥しても味がよいが、非氾濫原の草は乾燥すると味が落ちる。従って、草の生産性が同程度であっても、氾濫原種は草食動物にとってより魅力的でありより高い生産性を持つことになる。

従って、洪水の減少は草地の種を変化させることになり、その結果家畜と野生動物の保持力を低下させる。家畜はタナ河下流系での重要な経済・文化要素を占めているので、その影響は計りしれない。

河川沿いの森林

ガリッサとデルタとの間で、タナ河は、その土壌と排水・地下水条件によって河川兩岸の上昇地盤や旧タナ河沿いの河岸に限定して河川沿いに点在する森林を支えている。潜在蒸発量は雨量を遥に超えており、これらの森林は、それが無ければ乾燥地であるが、タナ河からの地下水供給と定期的洪水の享受を受ける土地によって存在している。

これらの森林は、地域固有種のみならず二種の特有で危機に類した霊長類の棲息地である

ことから特にその保存が重要であると見做される。しかし、人口の急速な増加による土地需要の増加によってこれらの森林は既に減少してきている。ブラとホラ灌漑計画の適切な建設が行なわれなかったために、森林のかなりの部分が失われた。種の多様性保持のために、コラ下流の幾つかの地点は現在国立公園や保存地域として保護されている。1976年に国立タナ河壺長類保存地区(TRPNR)が河川沿いに残されたパッチ状森林の保護地として指定された。

タナ河下流沿い森林はその保存の重要性ゆえ詳細研究の対象となっており、中でも TRPNR に関するスタディに最も強い関心が寄せられている。スタディは全て、河の流れが森林の存続に取って重要であることを示している。森林の再生は河川を溢流する洪水によっており、その成長は河川水位の上昇と下降に緊密に関連している。自然林の再生は、ガリッサ地点で 500m³/s を越える時に発生する溢流洪水に全面的に依存している。

Supporting Report (2)の第 19 章にこの重要な森林とタナデルタのマングローブに関する情報が、その重要性和タナ河洪水への依存度と共に記述してある。

下流保護区

ケニアの主要な開発プロジェクトにおいては保護区の環境評価に特別の配慮が必要である。これらの地域は、それが所属してきたより大きい地域から分離されてきて、その結果地域の生態系のバランスを変えてきているので、生態系の健全性と機能を維持するためには、積極的関与と管理が求められている。開発プロジェクトによって加わる直接・間接の外的影響がこの管理にかかるコストを増加させている。

既存・計画合わせて 8 箇所の保護区がグランド・フォールズの影響圏にある。これら保護区の夫々について、ダムから受ける影響度が異なるように、生態に係る情報の詳細度は異なるが、Supporting Report (2)の第 19 章に記述してある。

(3) 下流生産系

下流域の生産系は多様である。最も一般的なものは、雨耕農業・洪水冠水農業・牧畜・漁業、そして最近では灌漑農業である。これらの内、雨耕農業だけが洪水との関連がないが、他は全て洪水の特性とその発生時期に密接に関連しており、洪水は雨量と河川流量の変化に応じて変化する。

海岸に沿った地域では雨量が比較的多く、雨耕農業が盛んであるが、他の地域では雨が少ないので洪水冠水農業と灌漑農業又はその混合に頼っている。雨も洪水も限られている所では、住民は賃金労働を求めて外部に移動している。そこでは、灌漑農業の労働者が減り、結果として耕作地を減らし、時には食糧危機を招いている。

タナ河下流域での牧畜の大半はタナ河、特にその洪水に多かれ少なかれ依存している。牧畜民は渇水の期間に応じて一時的か継続的か定着する。タナ河の中・下流沿いでは、牧畜民の一部は農業に変わりつつある。渇水・紛争や盗賊による脅威によって困窮している者は、農家や富裕な牧畜家や協力的な牧場に職を求めている。漁業で生計をたてる者が、牛角湖やデルタへの水を供給する洪水の頻度の減少にも関わらず、増加している。

部族は上述の生産システムの中の様々な部分を自からの生産系の中に取り入れている。又、夫々の職業特性を活かして部族が協力している、そこでは、部族は経済・社会・政治の繋がりを通して複雑に関わり合っている。生産系の内、食糧に関連する部分についての詳細は Supporting Report (2) 第 17 章に、以下の項目に分けて記述してある：

- ・ 下流の沈殿物
- ・ 下流の水と沈殿物の質
- ・ 下流の河川・デルタ・海洋漁業
- ・ 畑と樹木作物
- ・ 牧畜システム
- ・ 小規模・大規模灌漑

そして、これらのシステムに対する制約についてである。

(4) 下流システムの経済価値

下流域の経済価値への影響度に応ずる 4 つのシナリオを現状をベースとして評価した⁽⁴¹⁾：

記(#1) このベースとは、第 2 次調査において行なった 25 年間の流量解析の結果として平均水文状況に応ずるものである。

洪水放流：

- ・ シナリオ **MR** 洪水と砂を極力放流する⁽⁴²⁾
- ・ シナリオ **R** 洪水と砂を放流する

洪水制御：

- ・ シナリオ **C** 洪水を制御する
- ・ シナリオ **MC** 洪水と砂を極力制御する

記(#2) 計画されたダムは下流状況を改善出来ると考えられる、即ち、河川の最小流量は増加し、一方雨季において人工的に洪水を放流する事によって下流現況を改善できる。

このシナリオで評価されたシステムは以下の通り：

農業	漁業	野生生物・種	都市・地方社会基盤
牧畜	河川漁業	野生生物	水供給
洪水冠水農業	海洋漁業	保護区	道路・橋
灌漑農業	鮑養殖	森林・湖沼・湿原 ・マングローブ	

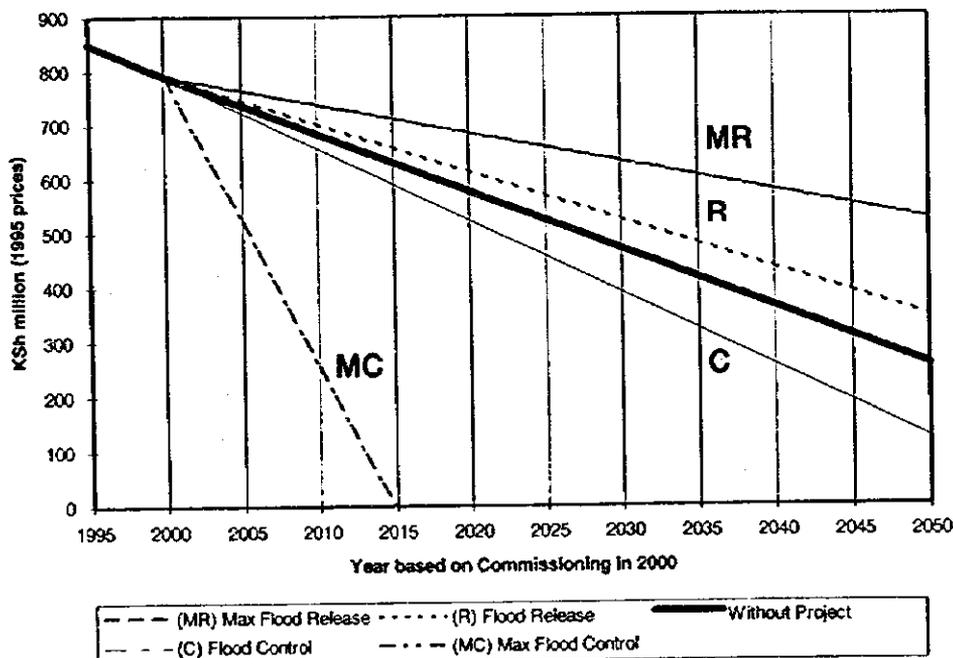
上のシナリオは下流システムを、下記のように最善から最悪に変化させる：

最善のシナリオ： 建設されたダムから洪水放流を極力行なう（これによって、タナ河の洪水流況は回復し、下流システムが改善される）

最悪のシナリオ： 建設されたダムで洪水制御を極力行なう（これによって、タナ河の洪水流況はさらに悪化し、下流システムは劣化する）

上のシナリオを現状の「計画プロジェクトが無く」既存ダム群のみの状況と比較した。タナ河の洪水流況は既存ダムによって既に影響を受けており下流の価値は低下してきていることを認識しておくべきである。

現状のままであれば、この劣化は進行し、洪水放流を伴わないで追加のダムを建設すれば、事態はさらに悪化するであろう（シナリオ C と MC の場合）。しかし、下図に模式的にみるように、洪水放流を伴うダムの追加は、現状の悪化傾向を逆転させるか（シナリオ R）、大きく改善させるか（シナリオ MR）に貢献出来るよう。



洪水放流を伴うプロジェクトの建設は下流システムとその価値に好影響を与えて経済的効果をもたらすと考えられる一方、洪水制御は既に劣化しつつあり傷つき易い下流システムに大きい経済的コストをかすことになろう。

緩和策

総合的にみて、タナ河の既存のダム建設は下流システムに対してコストを負わせてきており、ダム建設の追加はこの状況をさらに悪化させよう。新規のダムの建設に当たって緩和策がなく、建設後の適切な管理がなされなければ、下流の経済源は回復不可能となるまで破壊され、下流システムと住民の計り知れない社会・経済コストを強いる危険性がある。

(5) 協会・団体・地域の意見

スタディにおいて、洪水冠水農業・牧畜・漁業に従事している代表的な場所（ガリッサ、ホラ、ガルセン、キピニ等）の団体と住民とのインタビューを行なった。スタディでは又、政府機関・国際機関・非政府組織に対して、生産システムに係る彼らの経験と氾濫原草地・森林・デルタ草地とマングローブに関わる生態系多様性についての、専門家としての意見を求めた。

大規模洪水が過去にしばしば河道を変えてきた。この変化が耕作地と居住地を変化させ、広い範囲に渡って河川沿いの砂岬・湿地・湖沼・旧河床にワポコモ(Wapokomo)を広げてきた。河川の動的変化は破壊的でもある一方有用でもある。前世紀からの洪水季と渇水季の繰り返しによって、ワポコモの生活の維持は困難に直面してきた。記録は、河は救済と破壊の両面を持ち、過去の洪水の欠如が牧畜民、農家と野生生物との間の摩擦を引き起こしてきたことを告げている。

地域団体は、渇水・洪水・飢饉の脅威に対して貢献するならプロジェクトを受け入れたく、相談に対して協力し、プロジェクトの管理・モニター・評価にも参加したいとしている。Supporting Report (2)の第19章に下流団体との協議の詳細が記述してある。

年2回の洪水はシルトの堆積によってデルタの生産性を高める。ダムの追加建設はシルトを減らし、生命多様性・家畜・農業の生産性を減少させる結果、この地域に慢性的飢饉と疾病の発生を招くことが予想される。下流団体の望みはプロジェクトがこのような問題を排除しかれらの福祉改善に貢献することである。

上流の既存のダム群が下流環境の洪水に及ぼす影響について様々な意見がある。地域住民は計画プロジェクトが洪水・シルト・タナ河流域の資源に対してどのような影響を与えるのか、期待される便益は何かを知りたがっている。地区の中央事務所や他の開発センター

にさえ電気が来ていない。このような困難な状況であるので、地域団体は、彼らにしてみれば困難をさらに助長するかに見えるプロジェクトが果たして便益を与えてくれるかどうか疑問に思っている。地域住民の一部にとっては、問題を起こしてきたのは河道が変わってきたことであり既存のダムではない、例えば河道の変化はホラ・ブラ・タナデルタ灌漑プロジェクトに影響を与えてきており、このような変化が資源利用を困難に陥れてきた。

プロジェクトが洪水制御をするといった不必要な流言が地域住民を不安にさせていることを強調しておきたい。このことは、地域住民が初期の段階からプロジェクトに参加し、プロジェクトがどのように地域住民の生活の改善や関わりを持つかを知ることが必要であることを示している。適切な交流を行なうことが必須である、即ち、プロジェクトが洪水制御を行なうという誤った意見を排除し、プロジェクトは適切な管理の下に河川流を調整して作物生育の最も大事な時期に下流環境に必要な洪水を放流するということを人々に知らせることである。問題は劣化しつつある下流環境の改善にとってプロジェクトは効果を持つことが適切に説明されていないことにある。地域住民がプロジェクトに参加するなら、かれらはその便益を理解し、プロジェクトを支持する意志を持つであろう。

計画されたムトンガノグラウンド・フォールズ発電水力ダムに対する下流団体の教育が必要である。地域住民は洪水と下流資源の利用を非常に大切にしていることを確認すべきである、農業・放牧・漁業従事者のいずれもが洪水制御によって被害を受ける。地域住民の環境と上流ダムに対する理解を無視すべきでない。

5. 洪水と砂の放流

(1) 文献のレビュー

世界の何処でも、氾濫原は高い生産性を持つと同時に潜在的に壊れやすい環境要素である、そこでは、幾つかの種の棲息適地が提供され、農耕システムは自然洪水のパターンに適合してきた。

洪水による損害を考え、河を調整する試みが為されてきた。しかし逆説的に、その試みが成功するほど損害は大きくなった、なぜなら、洪水の発生頻度の減少は耕作システムと居住パターンが危険を回避する仕組みを失わせ、一方では小規模灌漑の便益を失わせてきたからである。熱帯・亜熱帯特有の高い人工増加率が、もう洪水の危険はないものとして、氾濫原への永住を勧めてきたが、その結果百年単位の洪水が一旦起こると壊滅的損害を受けることとなった。

既存・計画貯水池管理の文献によると、洪水放流の考えを入れたケースは一、二件である。実際にそれを行なっているケースはアメリカ合衆国で一件あった。1996年3月、アメリカ

合衆国コロラド州のグレンキャニオンダムで人工洪水放流が試験洪水として実施された。

洪水放流を計画し、実施した	例えばアメリカ合衆国、コロラド州、グレンキャニオンダム。1,270m ³ /秒の人工洪水放流を1996年3月に劣化した下流環境の改善のため試験洪水として実施した。 この人工洪水の目的は、浸食された砂州(Sand bar)を再生し、在来種の魚のハビタットでもある州の裏を穏やかに流れる水路(Backwater channel)を作り直し、グランド・キャニオンの生態系のダイナミズムを形作っている、自然のプロセスを再現することであった。
洪水放流が計画されたが、実施していない	例えばナイジェリアのソコト河。下流の洪水依存システムの便益は認識されたが、最終設計では、発電等の効果を最大にするために、洪水放流は取り入れられなかった。
洪水放流が組み入れて建設したが、機能していない	例えばジンバブエのカフューフラット。最終設計に洪水放流が取り入れられたが、計画された放流量が充分でなく、システムは殆ど機能しなかった。
建設後洪水放流を取り入れて管理指標を変えた	例えば南アフリカのボンゴロ河。灌漑開発の失敗によって、下流への洪水放流を取り入れて管理することになった。
貯水池管理のために砂放流を取り入れた	ダムの機能維持のためには取り入れられてきたが下流の便益のための例はない。 例えば中国の三溪ダムでは、水車の保護のために、建設直後には流入砂の70%を貯水池に堆積させた後、ダム前面100m区間のみの砂を排除する。

環境に対して洪水放流を規則付けた場合の便益を評価した例はない。自然の洪水サイクルを阻害したことによる負の影響の例はあり、それらは、氾濫原の環境と自然洪水サイクルに依存するシステムにある地域を壊してきたことを示している。上流の開発の便益はしばしば下流のシステムと地域に高い社会・環境コストを負わせてきたが、この損失に対する緩和策や補填策は殆ど取られてこなかった。殆どの場合、取りうる唯一の緩和策は自然環境をある程度は再現させる洪水と砂の放流管理である。

近年、大型の開発プロジェクトが損害を起こしうることが広く認識され、主要援助機関と多くの国は、環境と社会開発への考慮がプロジェクトの明確な一部として含まれることを確実にすることを規準化するようになった。そして、援助機関とプロジェクト実施機関が環境配慮が十分に為されていることを示す直接責任を持つようになった。

環境が二律背反性を持つとの考えは開発効果には両面があることを環境専門家と技術者が認めていることに寄っている。大型水資源プロジェクトの持つ環境への厳しい負の影響が示される一方、それが環境と社会便益の両方に寄与しうることも事実である。エネルギーの需要の増加は発電設備の増加によって満たされる、水需要の増加は貯水容量の増加によって満たされる、そして、貯水池開発による水力発電は再生可能で汚染度の比較的低いエネルギーを供給する。

計画の初期に環境や社会に対する負の影響の可能性が認められたなら、それに対する緩和策を水力開発の全体計画の中で代案に求めるか追加策に求めるかを検討することが可能である。二律背反性に対する検討を早めに行なうことが、プロジェクト実現の遅れを回避させ、長い目で見れば、プロジェクトの全体費用を少なくする結果になる。環境の二律背反性はプロジェクト自身又はプロジェクトと並立して緩和策を講じることで解決出来る。

タナ河下流域の環境は、洪水と雨に寄っている生態系と生産系から成り立っている。この地域では雨が少ないので、どちらの系も年2回の洪水に大きく依存している。理屈の上では、下流環境はタナ河に計画された大規模ダムによるリスクを持つが、流域全体の適切な統合管理によって望ましくない影響を回避出来る。下流域の種々の部族は、氾濫原資源の集中的だが季節的利用によって、全体としては低い利用度に押さえつつ、種々の生産手段の組み合わせを実行している。もしダムが必要期の適切な水放流管理なしに建設されれば、それは下流生産系に負の影響を与える。

最近のスタディでは水力開発目的で設計された大型ダムは下流の生産系・収入・雇用に負の影響を与えることが示されている。これらスタディはそのようなダムは自然洪水を制限し、下記の結果を生ずることを示している：

- ・ 洪水冠水農業が激減すること
- ・ コスト高の灌漑生産に大きく依存すること

- ・ 河川沿いの牧草地と長期渇水時の牧草予備地が減ること
- ・ 漁獲量が減ること
- ・ 自然氾濫原を変化させ、移住性の鳥や野生動物の支持力を減少させ、結果として生物多様性を減少させること
- ・ 河川流況の変化によって河川漁業が変動すること、ダムが魚の組上を妨げること、ダムに栄養分が捕捉され水質が変化すること
- ・ 流況・水質の変化と栄養分の損失によって、海岸・海洋の漁業と危機種を含む生物を減少させること

上の教訓はタナ河流域の開発には新しい手法が必要であることを示唆している、即ち、下流の住民と生態系の便益のために、洪水放流と同調させて発電を行うダムを計画することである。

毎年定期的に発生する洪水は、環境を劣化させることなく、下流地域とそこでの生産系の維持してきた。さらに、生産系は定期洪水に依存するのみならず、その生産性は水管理を改善しつつ資源開発を極力押さえることで効果を高めることが出来る。

Supporting Report (2)の第21章に更に詳細な議論が記述してあり、加えて、その付録には下流洪水に関する文献が注釈付きで紹介してある。

(2) 洪水パターンと‘通常’洪水

タナ河下流の洪水パターンを洪水時の河川流量と雨量の記録から分析した。ガリッサ地点で一日以上堤防を越流する流量の最確値である $500\text{m}^3/\text{s}$ を越える洪水を分析した。‘通常’洪水は、その期間・最高流量・全流量の中央値で代表するのが良く、それはガリッサ地点で6.5日間・ $785\text{m}^3/\text{s}$ ・ 393MCM である。この規模の洪水は、ガリッサ上下流で現状の環境と経済活動を維持するに十分な期間、氾濫を起こさせると見られる。

タナ河下流の洪水は4/5月と11/12月の年二回発生する。しかし、堤防を越流する洪水は過去いつも発生してきたわけではなく、特に1970年代には両シーズン共洪水不足に悩まされた。洪水の人工放流によってガリッサでの洪水越流と上下流での氾濫を保障することは現状の改善に大きく貢献するであろう。

グランド・フォールズ地点での洪水とガリッサ地点での洪水の起こり方は一様でなく、二地点での洪水波形を34回の洪水について比較した結果、図SE.3と下表に示す、四つのパターンがあることが解った。

タイプ	性状	発生回数
A	洪水は下流に向かって減少し、ガリッサの洪水はグランド・フォールズより小さくなる。	11
B	Aタイプより大きく減水し、ガリッサではほぼ消滅する。	5
C	洪水は下流に向かって殆ど変わらず、ガリッサの洪水はグランド・フォールズとほぼ同じである。	11
D	洪水は下流に向かって増加し、ガリッサの洪水はグランド・フォールズより大きくなる。	6

タイプAの洪水は流下と共にそのピークと量が減少し、タイプCでは殆ど変化なく、タイプDでは逆に増加する。タイプBは著しい減少を示すが、これは現流況とは異なり、記録の信頼性にも疑問があるので、以後の検討からは除外した。

雨を分析してみると、雨のパターンの違いがグランド・フォールズとガリッサ地点の洪水タイプの違いに対応していることが解った。タイプAでは、雨はニャンベネ高地に集中しており、降雨域である高地からタナ本流迄の距離が長く、支流を流下する間に流量損失が大きいので、グランド・フォールズ下流での流量増としての貢献が殆どなく、洪水はタナ本流の貯留効果によって減少する。タイプC・Dでの雨はタナ下流流域の上流域内全般で降っており、降雨域と本流との距離が短いので、洪水の維持、場合によっては増加に貢献する。ガリッサから下流で洪水は、徐々に減少してニャニギからガルセンではそのピークと量は著しく小さくなる。この傾向は洪水パターンに関係ない。タナ下流流域の上流域内の雨が洪水性状に大きく影響を与えていることを示している。

従って、ガリッサでの‘通常’洪水を維持するために必要なグランド・フォールズでの放流と貯水量は洪水タイプによって変ってくる。残流域の効果が小さいタイプAの洪水では、グランド・フォールズの必要洪水放流量は490MCMであり、この規模の洪水放流は、下流域の水文状況によっては下流洪水規模が大きすぎる危険はあるが、少なくともグランド・フォールズへの流量のいかにかわからず、ガリッサ地点での‘通常’洪水を保障しうる。タイプC・Dにおけるように、残流域の追加流量の影響が大きい場合には、グランド・フォールズからの放流量は残流域雨量の規模に応じて15%-17%少なくすることが出来よう。

(3) グランド・フォールズ貯水池からの洪水放流

ガリッサ地点での‘通常’洪水は、流量500m³/sの洪水記録の分析の結果、394MCMの量を持ち、これに応ずるグランド・フォールズ貯水池からの洪水放流量は、タイプAの状況即ち残留域効果のない場合には、490MCMであり、さらに、タイプCでは406MCM、タイプDでは364MCMである。図SE.4に各タイプの洪水パターンを示す。これらの値がガリッサでの‘通常’洪水に必要な流量と貯水池規模を示す。以上の検討の結果、グランド・フォールズ

からの洪水放流には、その詳細は Supporting Report (2) の第 22 章に記述してあるが、以下に述べる二つの方法が考えられる。

定型放流

直裁的な方法であり、全てのケースをタイプ A として、ガリッサでの‘通常’洪水確保に応ずる放流を行う。然し、この方法を適用する場合には、グランド・フォールズ下流域で大きい流入があると、ガリッサで必要とする以上の洪水、被害を及ぼす異常洪水を発生させる恐れがある。

補足放流

下流の支流からの流入に合わせて放流する方法である。この方法は、グランド・フォールズからの必要放流量を少なくすることに貢献するが、それを確実にを行うためには、タナ下流域の上流、特にニャンベネ高地からの追加流量を予測する必要がある。今回詳細検討は行っていないが、この地域の雨の発生とそれがガリッサ地点の流量に影響するには 3-4 日の時間差がある。一方、グランド・フォールズとガリッサ間の流下時間は 1-2 日であるので、洪水放流を、ニャンベネ高地とその下流斜面の雨を考慮しつつ操作することは可能であろう。この方法を適用するには、関連流域の雨の観測とその雨に応ずる放流操作のルールを決めるシステムが必要である。このように放流を行えば、ガリッサで異常洪水を発生させることはない。

この補足放流法は、下流への洪水放流の無効部分を最小化し、貯水池水の発電利用を最大化する、即ち、無効放流をざっと 12% 縮小出来、その分発電量を増やせる。もし、既存ダムと共に、上流域の雨の情報を取り入れて、洪水放流・発電の系統的貯水池運用を行えば、システム全体の発電量が増加しよう。

ガリッサでの‘通常’洪水について付言すれば、 $500\text{m}^3/\text{s}$ 以上の洪水は近年 10 年間で年二回の雨季の内少なくとも一回発生しているが、年一回しか発生しない確率は 0.5 である。どのような方法に依ろうとも、毎雨季にガリッサで越流を起こすよう洪水放流を行うことは、季節洪水の現状を大きく改善することになる。

(4) 最適貯水池運用

貯水池運用を最適化することは、洪水放流に必要な貯水池容量を確保しつつ発電を最大化することである。貯水池は、年間を通して整合性ある発電を行うために、雨季の余剰水を貯留し乾季に放流出来るよう設計するが、それは年間並びに長期の変動に応じた貯水容量を確保するのに必要なコストとバランスすべきである。

‘通常’洪水を一回発生させるためにグランド・フォールズからの必要放流量は、下流の

雨の貢献度によるが、年間総流量の6-8%であり、年二回では12-16%となる。

然し、この放流が全て発電損失となるのではなく、一部は水車を通して発電に貢献し、残りは放流専用設備又は、大規模洪水では、余水吐を通して放流される。実際には、補足放流が必要ない場合もあるので、発電の損失は少ないと見込まれ、既存ダムとの協調運用を行えば更に減少しよう。

従って、最適貯水池運用のためには、上流域と下流域の雨のパターンを観測して、下流便益に繋がる放流をする必要がある。長期の気象予測によって、期待される雨のパターンに合わせて雨季前の貯水池水位低下管理を改善出来よう。流量観測と合わせて雨量予測を用いれば、上流ダム群の管理を大きく改善出来、更には将来、発電系全体管理の法制度化に貢献しよう。

(5) 管理・運用に当たっての必要事項

システム管理の最適化は、流域内の雨を観測・予測し、それによって貯水池運用を将来に備えつつ発電便益の最大化と下流放流を両立させることである。

ムトンガ/グランド・フォールズシステムの管理を改善するには、ケニアの既存開発では考慮されて来なかったけれども、下記の二つの側面がある；

- ・ 貯水池運用の決定は、電力技術者が、流域全体のリアルタイムの観測システムの設定と運用に精通した専門家の協力を得て行うべきである。システムは、支流と本流の流量と沈殿物・上流域と下流洪水域での雨の観測と予測を含む。
- ・ 下流への洪水放流の管理・決定の手続きは、その計画と管理に下流のコミュニティの代表者が参加して行うべきである。

観測システムを有効管理するのに必要な専門技術は、毎日の放流、発電の管理に責任を持つ組織の中に作ることが出来る。代案としては、他政府組織や・大学・私企業の持つ技術を利用して独立した組織とすることも出来る。どの方法に依るにしても、必要な機器と技術は現在無いので、まずそれを具体化する必要がある。

組織を作るに当たって、多分最も大きな問題点は、自らが専門家であると思っている組織が現在持っている決定権を他の組織に移管することに合意するかどうかである。然し、通例であった発電最大化より洪水放流が強く求められている状況を考えれば、管理組織の構成は、プロジェクトの多目的性を反映させたもので、伝統的牧畜民・農耕民・漁師そして系統的灌漑組織からの代表者を含むべきである。‘保存’団体についても、KWS、MMK や国内外のNGO等が決定手続きに参画すべきである。

この様に組織構成を広げることは、その都度相談するより、洪水放流の時期と量について要望の違いの可能性のある利用者との間を上手く纏める効果を持つことになろう。地域住民は、彼らの意見が考慮されていると考える場合には摩擦を起こすことはなく、そのためには彼ら自身の代表者が決定に至る手続きに参加しているべきである。

上流貯水池群を含む管理によってプロジェクトの便益が最大化できるが、そのためには既存の水力開発の時期に与えられた以上の決定権が必要であろう。更に、上流での利水需要が増加すれば、上流の水利用者が組織に参加すべきである。そうなれば、流域全部の関係者の意見を反映しつつ流域管理と発電と水の広域の管理が出来ることになる。

6. 下流河川地形

計画された低グランド・フォールズとムトンガダムが下流河川地形に及ぼす影響を解析・検討した。検討では、両ダムとコラ・ラピッドの間は、その自然条件からして有為な地形変貌は起こらぬと仮定した。解析結果によると、コラ・ラピッドの下流で大きい河床低下が起こる。

建設後 34 年の間に、コラ・ラピッドの直下流で 11m の河床低下が起こり、低下はさらに下流では減少するが 40km 程度に及び、以後も継続するであろう。

計画された人工洪水放流の河床低下への影響は殆ど無い。

もし、カジタ川流域の砂を貯水池を迂回して下流に放流出来れば、河床低下量は 11m から 9m に減少すると見込まれるが、この案の実現可能性は低い。

河床低下は兩岸を不安定にし、河川断面を変えて、兩岸の土を河に落とし込むことになろうが、解析のモデルはこの効果を考慮していない。このことは、河床低下を遅くすることになろうが、最終的には河床形状はモデルの予測と一致するであろう。

河床低下は水位低下に繋がり、河の近傍での地下水位を下げ、付近の環境に影響を与えることになろう。

河の平衡条件の変化は、その平面形にも影響を与えよう、即ち、現在の網目状の河川形状は蛇行形状に変わり、現在蛇行形状の所は曲がりが減るであろう。河岸沿いの構造物に影響を及ぼすことになろう。

結局、グランド・フォールズダムの建設は、以下の結果を生むことになろう：

- ・ コラ・ラピッドの直下流で 11m の河床低下が起こり、低下はさらに下流では減少するが 40km 程度に及ぶ。

- ・ 結果として、水位低下が起こる。
- ・ 地下水位が低下する。
- ・ 河川平面形状が変化し、河岸の構造物に何らかの影響を与えよう。

7. 送電システム

送電システムには送電線、用地、スイッチヤード、変電所及び取付道路あるいは管理道路が含まれる。送電線の主要構造物としては、電線自体と避雷針、鉄塔及び支柱がある。送電線建設に必要な用地は、電線のサイズ及び用地内の送電線の本数によるが、幅50mかそれ以上となる。

送電システムは、調査地域内の自然及び社会経済資源に影響を与える帯状施設である。一般に、自然あるいは社会文化的資源に関係する環境影響は、送電線延長の増加とともに増大し、帯状施設であるので主として用地の内側あるいはその近辺に発生する。送電線の負の影響は、主にその建設及び運転期間に生じる。こうした期間の潜在的影響については、緩和対策と共にSupporting Report(2)の第23章で述べている。キアムベレからの送電線の環境影響評価は、先のKPC送電計画の調査において検討されており、追加施設についても同様の影響があろう。

8. 管理

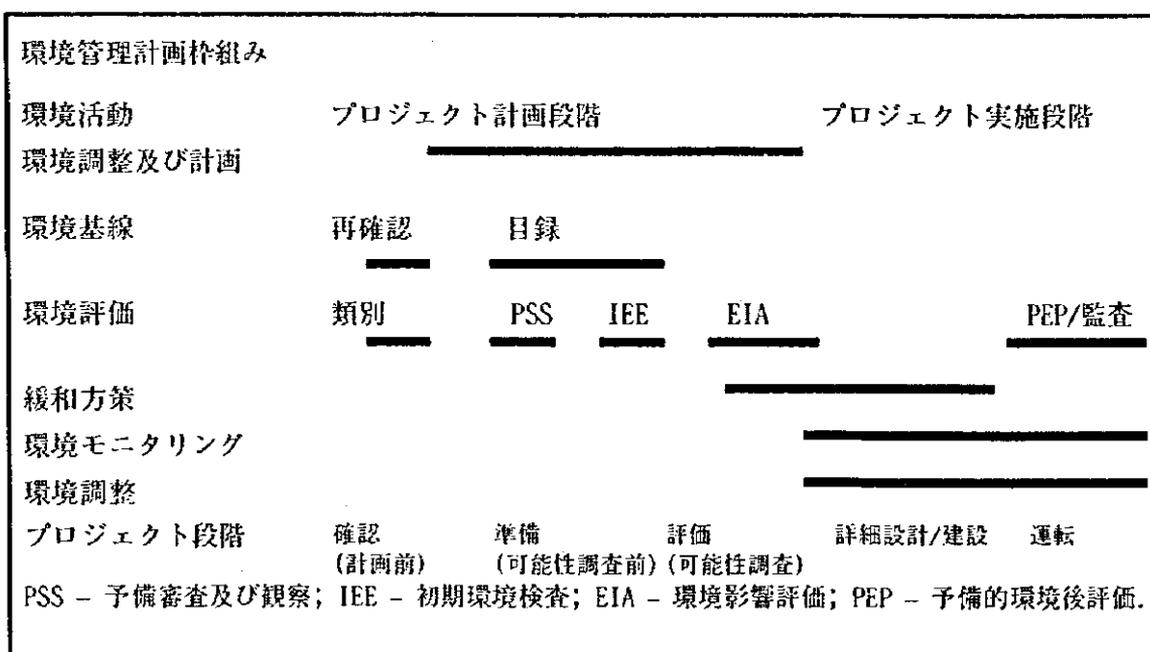
(1) 環境モニタリング及び評価システム

環境モニタリング及び評価システム (EMES) の確立とは、貯水池運用と発電管理をしている機関やその他関連機関にモニタリング結果を報告することである。これらのデータは、プロジェクトの環境及び社会経済的影響に関する情報を与えてくれると共に、プロジェクトの耐用期間中の適切かつタイムリーな緩和対策の基礎を提供する。下図に示すように、環境モニタリングはプロジェクト実施段階の活動の重要な部分である。

モニタリングにおいては、下流のタナ峡谷及び上流の貯水池や再定住地域において発生する生物物理学的、社会経済的变化につき評価することが必要となろう。独立した生物物理学及び社会経済のモニタリング班が、地方・地域の適切な機関から任命されると思われる。

このモニタリングを有効に行なうためには、流域の現状を完全に掴むために十分な基線調査が不可欠である、即ち、本スタディでの第1-3段階での環境調査結果に加えて必要な現地調査を行ない、モニタリング要素の基線状態を決定することである。基線調査は、上・下流の数年間の記録を得るために、建設が始まる前に行われるべきである。

上・下流域における状況の社会経済的、生物物理学的モニタリングを含む種々のモニタリングプログラムについては、Supporting Report (2)の第24章に詳述している。



(2) 制度上の要請

ムトンガ・グランドフォールズ水力発電プロジェクトの成功は、その経済的、社会的便益の見地からの堅実な評価と効率的な管理にかかっている。管理の重要な要素の一つは、環境モニタリングであり、以下の活動を伴う：

- ・ 水力発電が環境に与える影響を測定すること。
- ・ こうした環境影響を、定期的及び要求があった場合に、適切な機関へ報告すること。
- ・ こうした報告を確立された手順で行ない、適切な対応を容易にすること。
- ・ 適切な機関が定期的観察を行ない、計画で認められた条件が維持されているかどうかの確認を行なうこと。
- ・ 上記が満たされているかどうかを確認すること。

モニタリングは、適切な制度を整備せねば機能しない。整備は、組織から法律やその他の規範、そして運転管理の実施や方針決定にまで至る。

制度整備においては、様々な役割を果たす機関、機関を規制する法律や行政制度、機関の機能と権限、環境モニタリングと報告手順、そして環境保護実施認可の役割、等についての十分な認識が必要である。

制度上の要請については、Supporting Report (2)の第25章で議論されている、上述の点の他、現行制度の評価、現時点で考える制度上の要請、並びに水力発電プロジェクトの環境モニタリングの手続きに関する勧告が含まれている。

環境評価報告書は、理論的には、環境モニタリングを効果的に行なう基礎を提供するけれども、その実施においては、環境評価に携わった者とモニタリングを行なう者とが協力して作業することが望ましい。

(3) 提言

法的、行政的見地

- 1) 現在提案されている環境基本法が早期に承認された場合には、環境モニタリングの役割は新法の下で詳細に規定されるだろう。新法の最も注目すべき点は、国の環境機関の設立であり、この機関は、品質基準の制定や、関連する上位機関の調整の下で、環境影響評価により提案された安全対策にプロジェクトが合致しているかどうかをモニタリングする責任を持つ。
- 2) 上の環境基本法が制定されない場合、ムトンガ・グランドフォールズ水力発電計画

は現行法のもとで運営されることになる。現行法には顕著な欠点があり、環境モニタリングの実施を容易にする行政上の整備が望まれる。

- 3) 行政上の整備において、環境モニタリングの主たる責任は、タナ川流域における開発計画の調整と管理を任された法的機関であるタナ・アチ河開発公社 (TARDA) にあるとされよう。TARDAは環境モニタリングに対して主たる責任を持っているとはいえ、国家環境事務局 (NES) や、タナ川流域の開発に利害関係のある様々な省庁、及び援助機関と緊密に協力しながら作業すべきである。
- 4) 効果的な環境モニタリングは、環境影響評価に含まれる提言に基づいて実施されねばならない。それゆえモニタリングに責任のある国家機関は、できるだけ早い時期に、計画に関する詳細な説明を受けるべきである。
- 5) 環境評価やモニタリングの実践について、法的な根拠を持たない現行法は極めて不十分である。そのため、規定された安全対策の実施において、モニタリング機関が彼らの決定を支える認可権を持たないという状況が生じる。政府は、環境安全対策の実施に関心を持つすべての関係者とともに、環境評価の手続きと環境モニタリングに法的効力を与える法令の制定にむけ、どのような方策を採ることが出来るかを検討すべきである。
- 6) 環境モニタリングの手続きを正当化する特定法がないとすれば、ムトンガ・グランドフォールズ水力発電計画への環境及び社会経済的な安全要求に従わない場合に対して、それを抑制するためにTARDAの現行の法的枠組みを意図的に活用することになる。

技術的要請

制度の整備だけでは効果的な環境モニタリングを実現できない。モニタリングの手続きを実行するには、その専門知識と適切な技術的援助が必要である。これをTARDAか、KPCか、NSEか、関係各省庁か、または他の有能な組織との契約を通すのか、どこに求めるを決定せねばならない。しかし、重要なのは、それが何処にあるかということより、それが中央機関や委員会の指揮の下で確実に利用出来ることである。この担当機関は、一定の評価の下で技術的必要性を維持出来、一定の有効性を保証出来ねばならない。こうした技術的能力の評価は、極力関係者間の相談の上なされるべきである。

能力開発

環境モニタリングの任務を有効に秩序だてて遂行するために、担当機関は技術職員に対する専門訓練を行はねばならない。こうした訓練は、国内あるいは国外において実施されよう。モニタリングの手続きが、知識や経験の不足により妨げられぬようしっかりした訓練

方針を確立する必要がある。

要求される専門知識には2つの段階がある。まず第一に、灌漑技術者、水文技術者、植物学者、動物学者、生態学者、環境監査役、環境経済学者、土質学者、社会学者等から有能な科学者を確保することが重要である。これらのスタッフは、水力発電計画が人間生活や動物相及び植物相に与える様々な影響を監視するために必要な科学的知識を与えてくれる。第二に、実際に水や土壌等のサンプル試験を行う資格を持った技術屋が必要である。彼らは科学機器を使用したり、資料や重要な情報を引き出す能力を持っていない。

従って、モニタリングを行いその結果を管理・評価するために必要な技術と能力の開発に、援助機関が強い関心を持つことは必然的である。

水力発電計画の持続可能な管理

水力発電計画の運営に当たっての注意深いモニタリングは、人や動植物の継続的なニーズに合った啓発的計画を促進しよう。モニタリングの成功は、管理制度の現実性と、生態系の安定をできる限り保証する適切な技術の開発にかかっている。こうした管理への取り組みが、水力発電計画の持続可能な利用を促進するであろう。

9. 追加調査

(1) 背景

既存ダムによる下流域の環境への悪影響、計画される貯水池の潜在的影響、及び人口圧力や開発活動の利害紛糾に伴う影響を考慮し、社会経済学的見地も含め、クナ河氾濫原の環境の統合的かつ全般的な評価を遅滞なく実施することが重要と思われる。

第2次環境評価において下流域における生産の概略の価値が示された。現時点ですべての便益を評価することは困難であるが、クナ河がもたらす生産品や利便（あるいは環境上の便益）のおおよその価値を定量化するという試みがなされた。その結果を1995年価格で以下に記す：

項目	年間価値 (百万Ksh/年)	摘要
農業	580	牧畜、洪水冠水農業、灌漑農業
社会資本	140	公共給水
漁業	40	淡水/塩水漁業及びエビ養殖
野生動物	260	狩猟及び森林/マングローブ利用
合計	1,020	

下流域における環境からの定量可能な便益として、年間10億ケニアシリング（約2,000万米ドル）の便益が見込まれる。しかし、生物の多様性、独特の生態系、将来の選択、内在する実態といった価値は、目に見えないもので定量化できないため、この数値は最低限のものと考えられる。

自然状態（タナ河のダム建設以前）と現在の状態（5つの既存ダムの建設後）の洪水管理（ガリッサにて測定）を比べるため、25年間の日流出量記録を比較した。下表に示すとおり、ダムや貯水池の建設を含む上流域での社会経済開発により、年2回の自然洪水が影響を受け減少したことが、この結果から明らかである。

洪水状況	自然状態	現 状
流量 > 500 m ³ /秒の回数	87	70
流量 > 500 m ³ /秒の洪水期の回数	29	28

注：下流河川回廊の自然洪水は、ガリッサでの流量が500 m³/秒を超えると発生する

第3次環境評価は、自然発生の'通常'洪水の特性を示すとともに、これらの洪水を計画の低ランド・フォールズ貯水池により人工的に発生させることが出来ることを明らかにした。この管理された洪水が、下流域の環境や生産システムに大変有益な影響を与えることが示された。さらに、こうした管理洪水がない場合、社会的、政治的及び経済的混乱により、下流域の生産価値は大きく低下することも示された。しかし、洪水低下や人工洪水の環境影響を十分に評価・定量化するのに必要な、下流域の河川回廊・氾濫原・三角州の情報は未だ充分ではない。

1995年3月の公開ワークショップにおいて参加者は、下流河川回廊と三角州沿いの氾濫原を含む下流域環境の統合的で全般的な評価を強く求めた。

(2) 目的

追加環境評価は、タナ川氾濫原における長期的、全般的環境管理計画の実施を目的とする。そしてそれは以下の手順を通して実現されよう。

- a) 環境評価の実施
- b) 評価結果に基づく管理計画の作成、そして
- c) 管理計画の実施

評価の目的は、上の手順の最初の段階a)を含み、自然資源や人間活動及び河川流水管理といった関係に注意を払いつつ、タナ河氾濫原及び三角州の環境評価を実施するものであり、以下の項目を含む：

1. 資料と情報の再確認及び編集
2. 自然及び環境状況の測量、調査
3. 価値、機能、過敏性、及び制約条件の確認
4. 自然資源の利用と依存の確認
5. 社会経済活動の影響の調査
6. 開発機会と制約条件の確認
7. 管理問題の確認
8. 管理方針の確立

調査地域は以下の範囲である：

- ・ 水深15mまでの三角州沖の海洋資源のみならず、すべての恒久的、季節的湿地帯及び海岸資源を含むガリッサ下流のタナ河氾濫原およびタナ三角州、そして
- ・ 流水管理（堆積物を含む）の関係から、タナ河のガリッサ上流

(3) 作業範囲

資料と情報の再確認及び編集

調査に関わるすべての有効な資料と情報を収集、再確認し、以下のものを編集する：

- ・ すべての資料と情報の全般的なリスト
- ・ この作業範囲であげられた項目に沿った資料及び情報の分類リスト
- ・ 分類された資料や情報の要約

自然及び状況の測量、調査

以下の項目を通して、調査地域の自然状況を調査する：

- ・ タナ河の主河道及び氾濫原を含む横断部分の地形測量の実施。測点間隔はグラウンドフォールズの計画ダム地点と海岸間800km区間を、河道沿いに5kmとする。
- ・ 自動観測所の設置、水位の観測及び水位-流量累加曲線の作成による、ガリッサ下流西岸の4つの主要涸れ川の流出量測定
- ・ タナ河と流域及び涸れ川における浮遊土砂の観測
- ・ タナ河及び氾濫原の水理学、形態学及び堆積のモデル
- ・ 既存の井戸や新たに掘られるボーリング孔における地下水位や水源の測定
- ・ デルタや沿岸地域における塩分濃度の検査
- ・ 遠隔画像を用いた植生及び土地利用図（縮尺 1:50,000）

生態系の価値、機能、鋭敏性及び制約条件の確認

以下の項目を通して、調査地域内の生態系の価値、機能、鋭敏性及び制約条件を確認する：

- ・ 国内外の情報に関する十分な文献調査及び解析
- ・ 動植物相の密度、多様性及び現在の利用の見地からの、淡水湿地帯資源及び海洋、間潮資源の評価
- ・ 氾濫原及びタナデルタにおける資源と流水管理との相互関係の評価

自然資源の利用と依存の確認

以下の項目を通して、人々が利用し依存する調査地域内の自然資源を確認する：

- ・ 人口統計学及び資源利用に関する十分な文献調査及び解析
- ・ 土地保有権調査
- ・ アンケート調査、関係地方の評価及び特定資源利用測量による資源利用調査
- ・ 環境及び洪水管理の観点から、洪水減少農業、灌漑、漁業及び畜産システムを含む氾濫原生産システムへの依存の評価
- ・ 氾濫原及びタナ三角州における資源利用と洪水管理の関係の評価
- ・ 氾濫原及びタナ三角州における洪水管理に関わる資源利用と生産システムに関しての、環境と実在価値を含む費用と便益の評価

社会経済活動の影響に関する調査

以下の項目を通して、調査地域における既存及び計画の人間活動と開発活動の影響を調査する：

- ・ 灌漑、エビ養殖場及び塩分抽出のための小規模開発計画や、タナデルタやブラ、ホラといった大規模灌漑計画、及びタナ河主要指定地区における影響の調査
- ・ 氾濫原及びタナデルタにおける洪水管理に対し、こうした影響がどのように関連するかについての評価
- ・ 氾濫原及びタナデルタにおける洪水管理に関わる費用と便益の評価

開発機会と制約条件の確認

以下の項目を通して、地域の開発機会と制約条件を確認する：

- ・ 観光、農業、漁業、野生動物、林業、畜産業及び工業における開発機会の調査
- ・ 氾濫原及びタナデルタにおける流水管理の開発機会の関係に関する評価

管理問題の確認

以下の項目を通して、地域での既存及び計画の開発における主要な管理問題と資源利用紛争を確認し、それらの紛争に対する解決策を提案する：

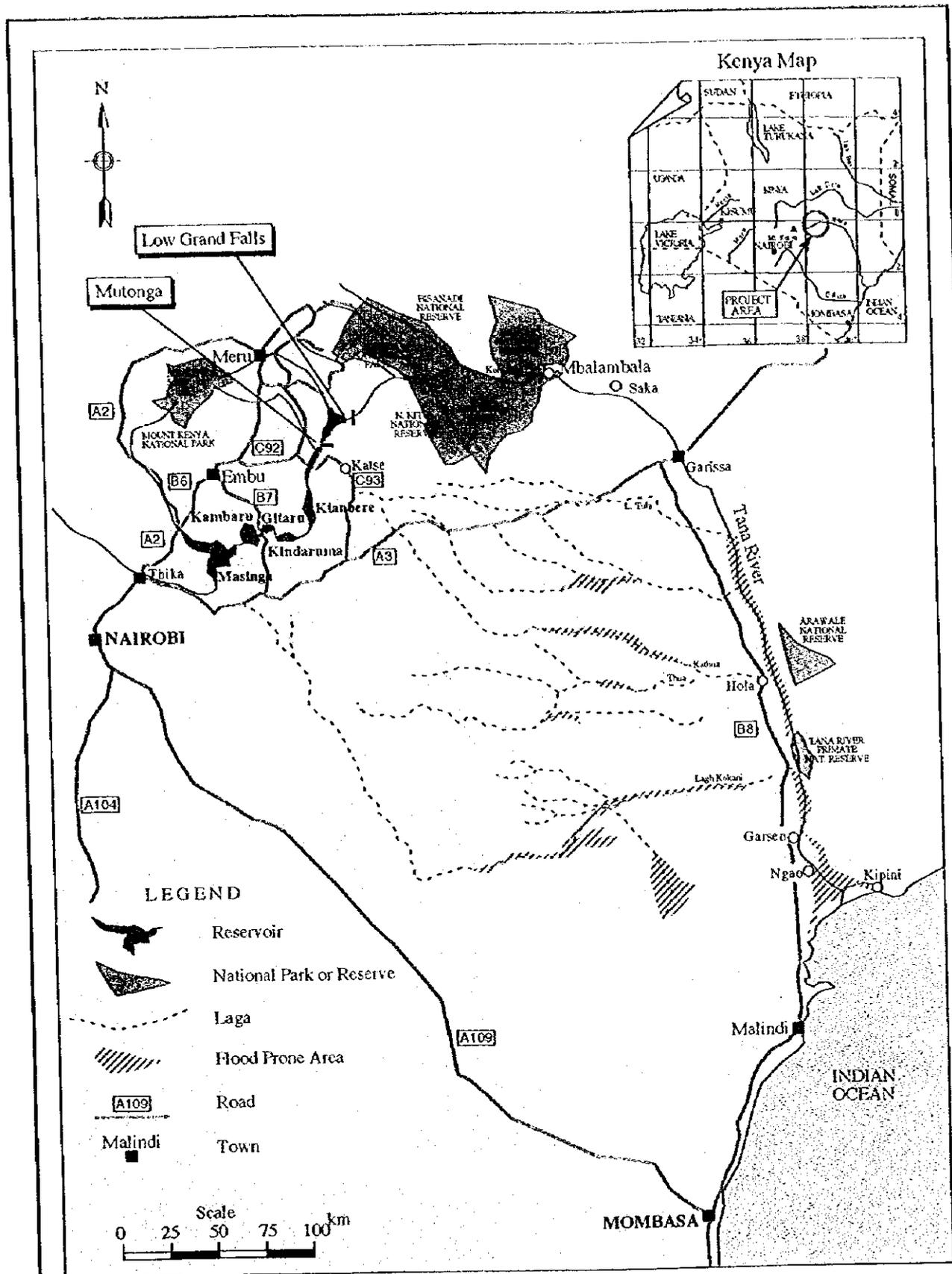
- ・ 水資源利用と保護地区の管理に関する、行政の調整手段の調査
- ・ 既存水資源利用施設の運転方法及び既存監視施設の運転と能力の調査

管理方針の確立

以下の項目を通して、氾濫原やタナデルタ及び自然資源の、生態系機能や多様性の価値及び持続可能な利用を保護するための管理方針を確立し、環境に関する脅威を緩和する：

- ・ 環境の維持・強化そして持続可能な利用に寄与する水資源利用施設（ダム及び取水施設）の運転に関する解析
- ・ 流出予報の方法論の開発、及びリアルタイム監視体制の開発
- ・ 監視と運営の予備計画の開発、及び統合管理体制を実施するための制度上の、及び訓練上の建物の要求に関する調査

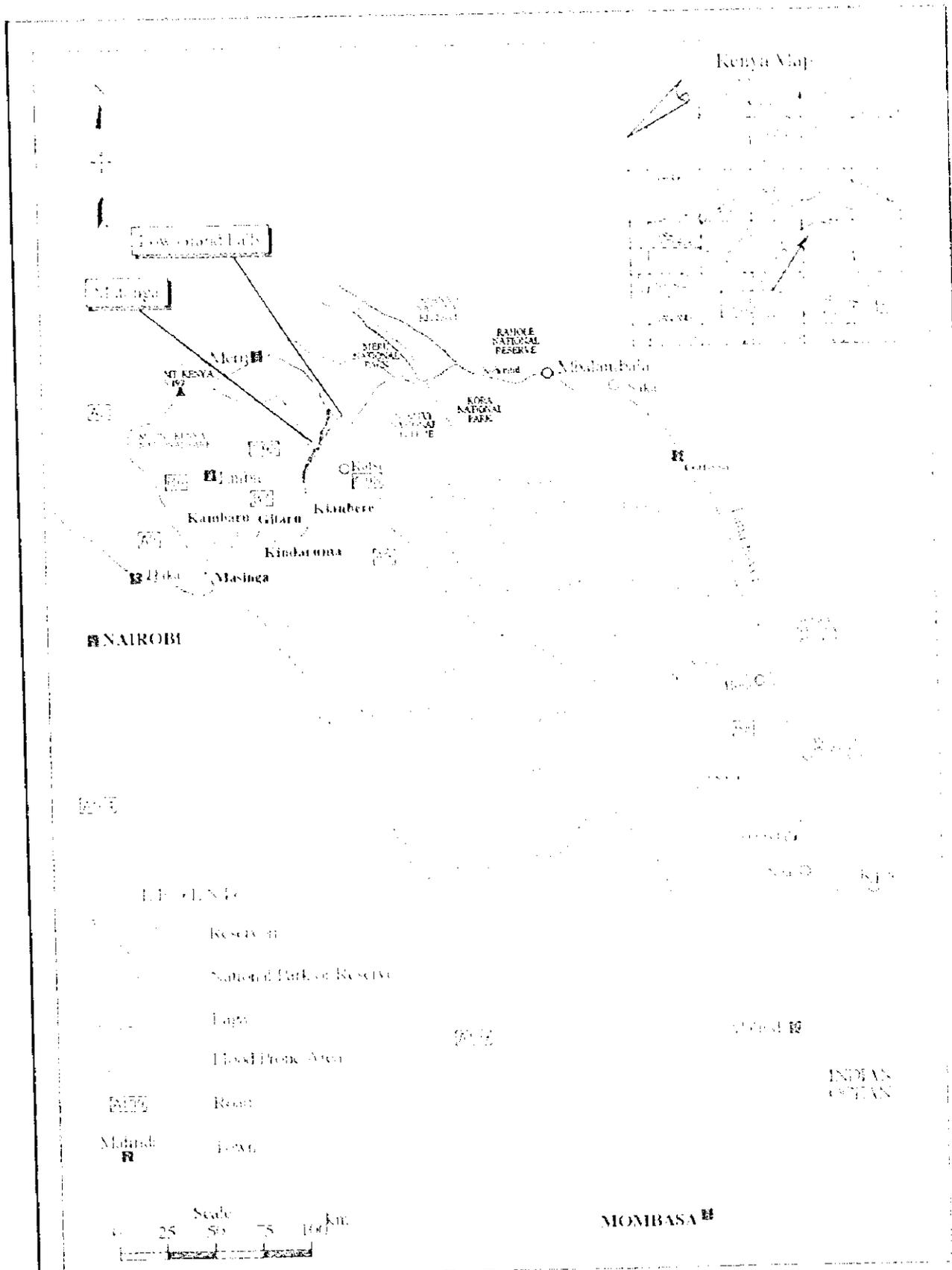
付 図



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
 REPUBLIC OF KENYA
 MUTONGA/GRAND FALLS HYDROPOWER PROJECT

計画位置図

Fig. No.
 SE-1

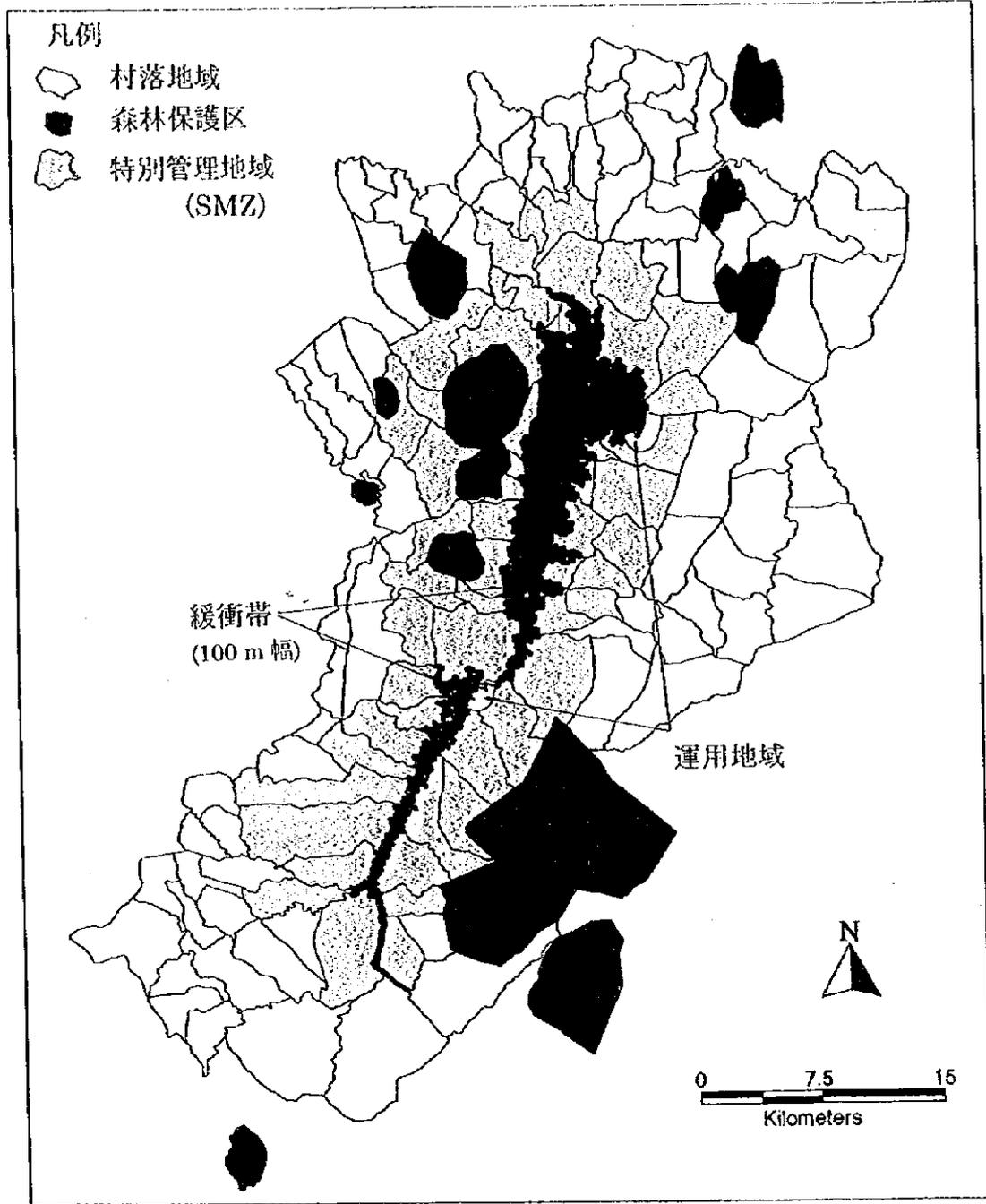


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
 REPUBLIC OF KENYA
 MUTONGA/GRAND FALLS HYDROPOWER PROJECT

計画位置図

Fig. No.

図 SE-1

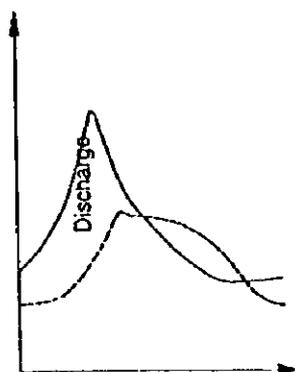


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
 REPUBLIC OF KENYA
 MUTONGA/GRAND FALLS HYDROPOWER PROJECT

ムトンガとグランドフォールズ貯水池
 の特別管理地域 (SMZ)

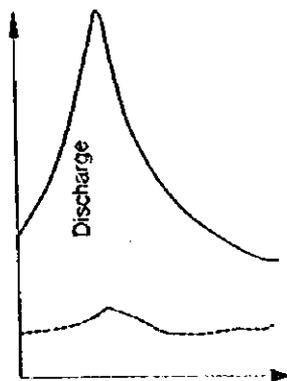
Fig. No.
 図 SE-2

Type A



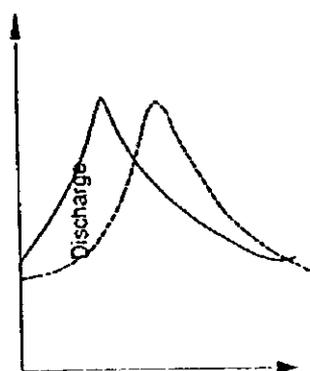
Time

Type B



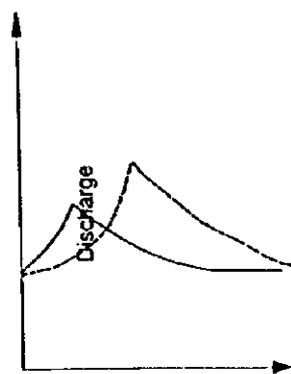
Time

Type C

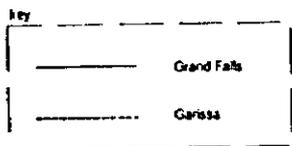


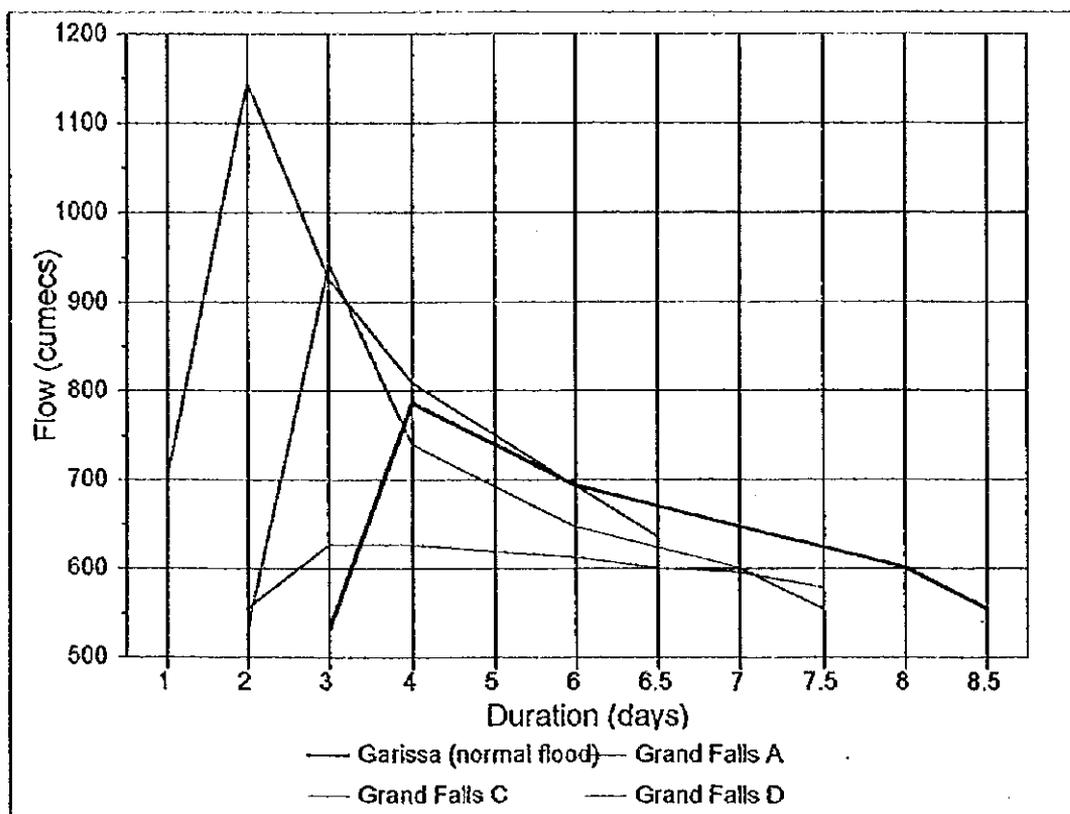
Time

Type D



Time





Flood Type	Peak ($m^3 s^{-1}$)	Duration (days)	Volume (MCM)
A	1145.8	6.5	490.3
C	943.4	6.5	406.8
D	627.7	6.5	364.0

JICA