

水灌漑省
水資源管理庁

独立行政法人
国際協力機構

ケニア共和国

ニヤンド川流域統合洪水管理計画調査



最終報告書

要約

2009年3月

日 本 工 営 株 式 会 社
い で あ 株 式 会 社

外貨交換レート（2007年6月現在）

1 US\$ = 66.77 Kenyan Shilling (TTB) = 121.59 Japanese Yen (TTB)

ケニア国の会計年度

July 1 to June 30

序 文

日本国政府は、ケニア国政府の要請に基づき、同国西部に位置するニヤンド川流域における統合洪水管理マスタープラン策定調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成18年7月から平成20年12月まで、ケニア国ニヤンド川流域統合洪水管理計画調査共同企業体代表日本工営株式会社の井上美公氏を団長とし、同社および株式会社の子会社により構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、現地調査を実施し、ケニア国政府関係者と協議を行うと共に共同作業を行い、一連の国内作業を経て、ここに本調査報告書の完成の運びとなりました。

この報告書が、ニヤンド川流域の統合洪水管理に寄与するとともに、両国の友好および親善の一層の発展に役立つことを祈念いたします。

終わりに、調査にご協力とご支援を頂いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成21年3月

独立行政法人 国際協力機構
理事 松本 有幸

理事 松本 有幸 殿

伝 達 状

ケニア共和国ニヤンド川流域統合洪水管理計画調査が終了しましたので、ここに最終報告書を提出します。

本調査は、ケニア西部に位置するニヤンド川流域を対象に、(1) ニヤンド川流域の洪水被害、水文状況等を把握し、洪水被害の予防、対応、軽減策を含む総合洪水管理計画の策定、(2) 計画策定のプロセスを通じた実施機関職員の OJT および現地研修、(3) コミュニティベースのパイロット事業の実施などを通じて、省庁/地方事務所/県レベルでの行政およびコミュニティに対する組織強化・人材育成を目的に実施されました。本調査報告書は、平成 18 年 7 月から平成 20 年 12 月にわたって実施しました調査活動を取りまとめたものです。

公助、共助、自助による洪水対策を想定しつつ、2020 年を目標とした構造物および非構造物対策を含むマスタープランを策定しました。マスタープランの中から緊急性の高い対策を優先計画として選定し、概略設計を実施しました。また、調査中に実施したパイロット事業を通じてマスタープランの妥当性を検証しました。

将来にわたって、本マスタープランが、ニヤンド川流域における洪水管理体制の改善と生活水準の向上に貢献していくことを願うものです。

最後に、本調査の実施に当たり、多大なご支援を賜りました、貴機構、外務省、国土交通省の関係各位に心よりお礼申し上げます。また、現地調査を通じて、貴機構ケニア事務所および在ケニア日本国大使館から多くの助言を頂きました。カウンターパート機関となる、水資源管理庁 (WRMA)、水灌漑省 (MWI) とともに密接に連携し、全体として円滑かつ効率的な開発調査が遂行できましたこと、お礼申し上げます。

ケニア共和国ニヤンド川流域統合洪水管理計画調査
総括 井上 美公



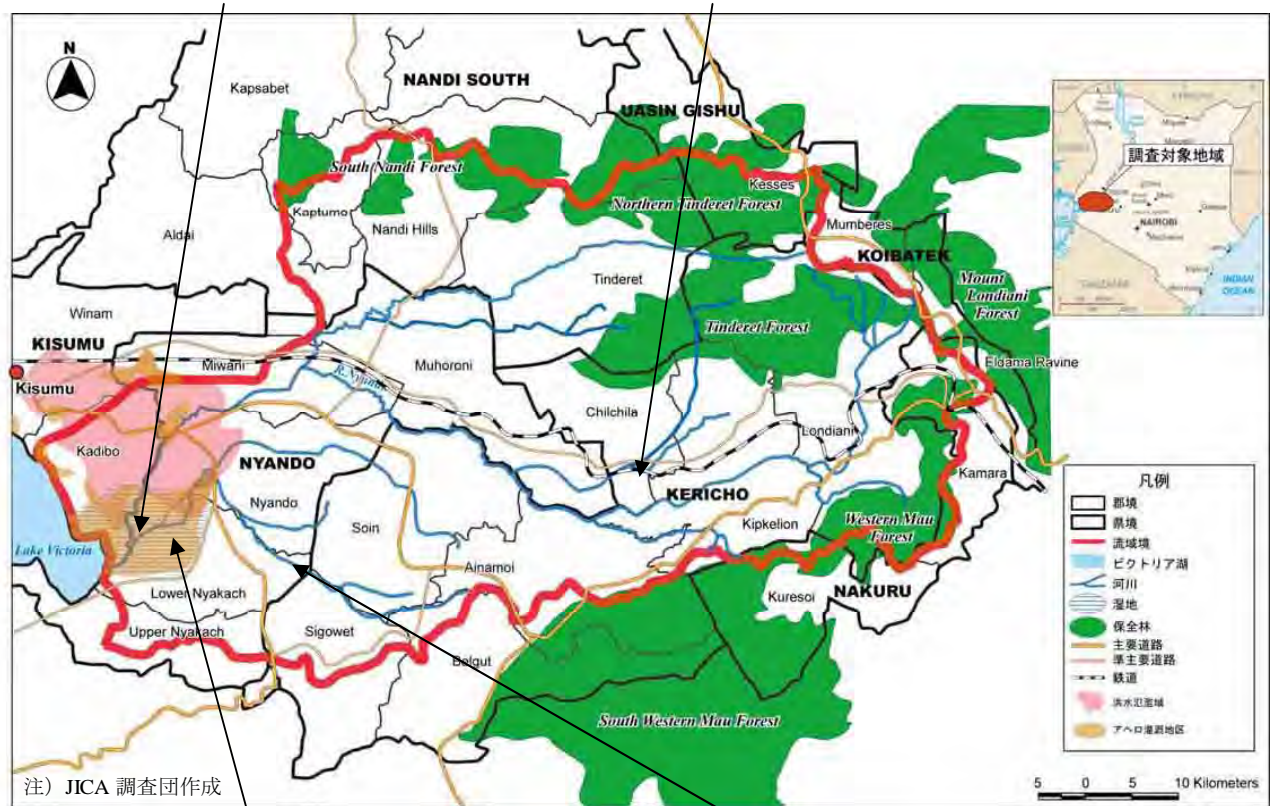
撮影：JICA 調査団

下流域の河道：流下能力は低く河岸段丘が未発達



撮影：UNEP

上流域に広がる紅茶プランテーション



注) JICA 調査団作成



撮影：UNEP

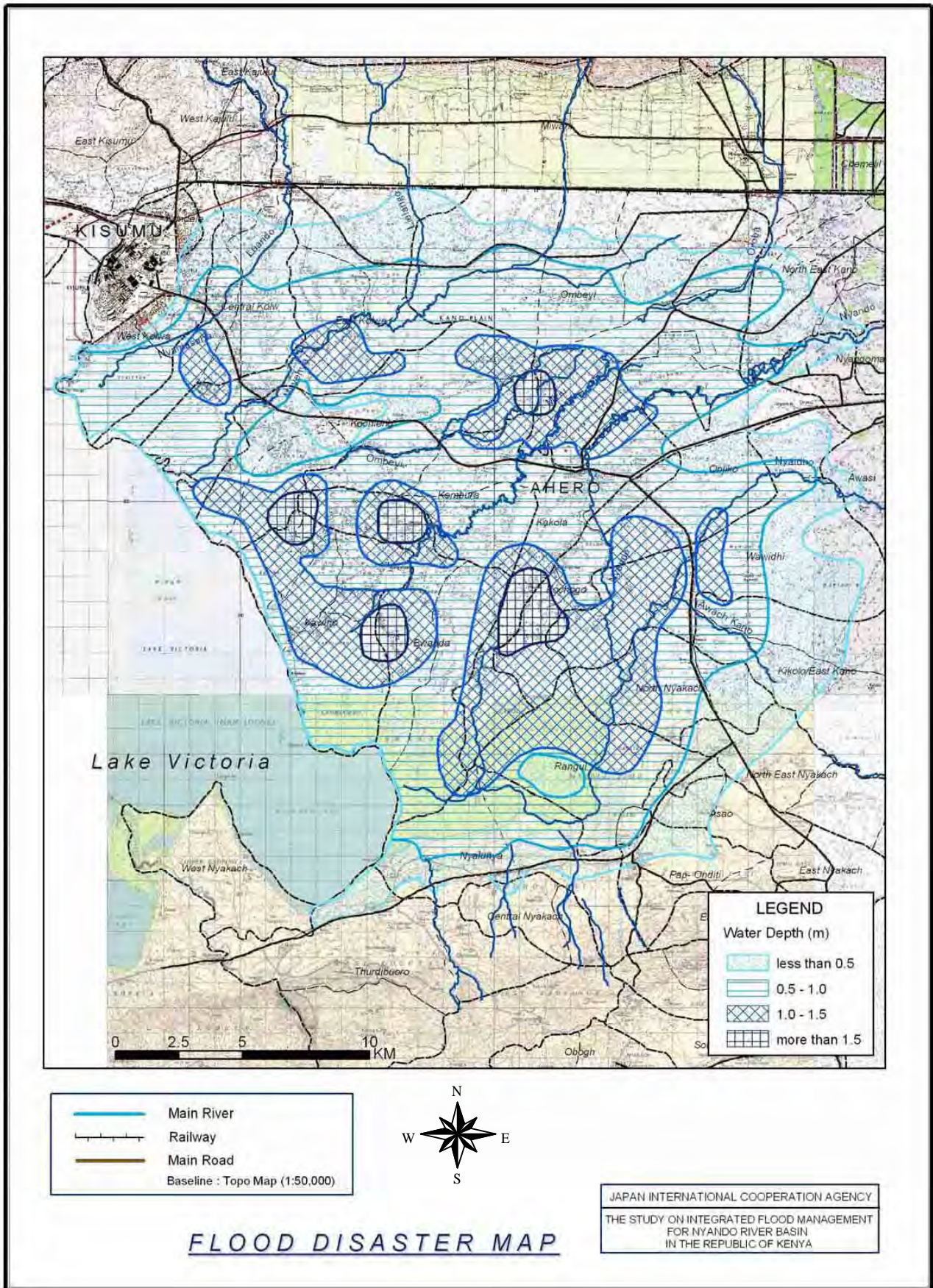
下流域の氾濫域：住民は小学校へ一時避難



撮影：JICA 調査団

中流域のガリー侵食

調査対象地域



注) JICA 調査団作成

洪水氾濫実績図 (既往最大洪水における浸水深を表している)

要 旨

1. ニヤンド川流域

- 1.1 ニヤンド川流域はケニア国西部に位置し、流域面積は 3,625km² である。ニヤンド川の源流はティンダレット森林地帯にあり、西に流下した後、ヴィクトリア湖に流入する。流域の特徴はケニア国の他流域に比べて豊富な年平均雨量 1,298mm と潜在的な農業生産高である。しかし、下流域平野部では毎年の洪水が発生している。
- 1.2 ニヤマサリア川流域はニヤンド川の北西部に隣接し、流域面積は 859km² である。複数の小河川がナンディ森林地帯を源流として下流域平野部を流下し、ヴィクトリア湖に流入する。ナンディ森林地帯で発生した集中豪雨のため鉄砲水が頻繁に河川沿いに流下する。
- 1.3 ニヤンド川およびニヤマサリア川流域の行政区分は、ほとんどがニヤンド県、キスム県、ケリチョ県、およびナンディ南県に属する。流域内人口は 75 万人(1999 センサス)で人口伸び率は年 3% である。主な産業は農産加工であるが、近年の砂糖価格の下落によりサトウキビを原料とした砂糖工場の閉鎖が続いており、失業者が増加している。また、土砂堆積や頻発する洪水により、灌漑システムの機能が劣化しており米収穫高が減少している。このため、ナンディ南県およびニヤンド県の絶対貧困指数はケニア国平均より 13% ほど高く、流域北部に居住する住民の生活レベルがケニア国平均より低いことを示している。

2. 洪水被害軽減計画

- 2.1 ニヤンド川流域における洪水軽減計画は「ニヤンド川流域事前投資調査 (ItalConsult, 1983)」に基づいているが、資金不足のため同プランに示された施設計画のほとんどは実施されていない。その後、「ケニア国全国水資源調査(JICA, 1992)」が実施され、ニヤンド川流域における洪水軽減事業の必要性を唱えるとともにケニア国における洪水防御セクターの最優先事業となっている。
- 2.2 ケニア国政府の定めた水法(Water Act 2002)に従って「ヴィクトリア湖沿岸流域における統合洪水管理のための指針(WMO, 2004)」が策定された。同指針は、洪水管理、統合洪水管理、洪水軽減と洪水予知の統合、洪水予警報、住民参加、および組織強化を提唱している。

3. 国際協力機構による技術協力

- 3.1 ケニア国政府は「ニヤンド川流域統合洪水管理計画調査」の実施を日本政府へ要請した。その後、国際協力機構(JICA)は 2005 年 10 月に事前調査団を派遣し、調査内容につきケニア国政府と合意するとともに、本調査を 2006 年 7 月に開始した。

3.2 調査の目的は以下の3点である。

- ニヤンド川流域の洪水被害、水文状況等を把握し、洪水被害の予防、対応、軽減策を含む総合洪水管理計画の策定。
- 計画策定のプロセスを通じた実施機関職員の OJT および現地研修。
- コミュニティベースのパイロット事業の実施などを通じて、省庁/地方事務所/県レベルでの行政およびコミュニティに対する組織強化・人材育成。

4. 調査概要

4.1 本調査は以下の2つのフェーズで2006年7月から2009年3月までの32ヶ月にわたって実施された。

- フェーズ I : 統合洪水管理マスタープランの策定とコミュニティにおける優先事業の準備
- フェーズ II : コミュニティにおけるパイロット事業の実施

4.2 ケニア国政府は、2006年8月に開催された調査のための「省庁運営協議会」において、パイロット事業の早期実施を要請した。このため、フェーズ II の開始は2007年8月開始を前倒して2007年4月とした。

5. ケニア国政府における実施機関

5.1 本調査のケニア側実施機関は水灌漑省(Ministry of Water and Irrigation : MWI)およびその下部機関である水資源管理庁(Water Resources Management Authority: WRMA)である。水灌漑省は、水に関わる政策と法制度改革を管掌し、水資源管理庁は Water Act 2002 に基づいて水資源管理を目的として設立された政府機関である。

5.2 本調査の開始に当たって、「省庁運営協議会(Inter-Ministerial Steering Committee) 」とともに水灌漑省と水資源管理庁の幹部職員からなる「プロジェクト・ワーキング・グループ(Project Working Group: PWG)」が設立され、本調査の進捗に応じて調査内容に対する協議が行われた。また、水資源管理庁には洪水管理指針(WMO,2004)にしたがって「洪水管理室」が設立された。

5.3 水資源管理庁では、ニヤンド川流域を含めたヴィクトリア湖南部流域を管轄するヴィクトリア湖南部流域事務所(本部：キスム市)において本調査の専属カウンターパートとして、洪水管理官および関係者調整官の2名を任命し、洪水管理の計画、モニタリング、プロジェクト調整にあたらせた。

5.4 ヴィクトリア流域湖南部事務所は、本調査開始時にニヤンド川流域全体に様々な関係者からなる「ニヤンド川流域水管理フォーラム」を組織し、本調査で提案し

たコミュニティが運営維持するパイロットプロジェクトの選定とモニタリングのための調整組織とした。同フォーラムは本調査期間中に 11 回開催された。

6. 災害管理組織の現状

- 6.1 ケニア国では災害管理委員会(Disaster Management Committee: DMC)が国家レベルから郡(Location)レベルまで形成され、あらゆる災害管理と調整にあたることになっている。災害の形態に応じて救援にあたるためには多方面の領域に亘るアプローチが必要となるため、多くの政府機関と NGO から構成されている。
- 6.2 本調査開始時点において水資源管理庁は災害管理委員会の構成員ではなかった。また、近年の地方分権の流れにより、州政府の役割は徐々に低下しており、洪水管理については県(District)・郡(Division)が大きく寄与している。
- 6.3 コミュニティレベルの災害管理事業として「Food-for-Work」が NGO により実施されている。これは住民参加で排水路の排土作業や道路嵩上げなどコミュニティベースの洪水管理事業を行い、住民の労働対価として食料品を受け取るシステムである。この Food-for-Work は小規模ではあるがコミュニティにとっては有益なものとなっている。

7. 組織強化

- 7.1 本調査開始時(2006年8月)に水灌漑省、世界気象機構(WMO)および国際協力機構の共催で「ニヤンド川流域に統合洪水管理の中央ワークショップ」がナイロビで開催された。ワークショップの目的はニヤンド川流域を対象とした統合洪水管理に向けた各政府機関が協調したアプローチを模索することであり、産官学から多くの参加があった。同ワークショップでの議論は流域の開発と洪水リスクにコミュニティ住民が参加してどう対処していくかに焦点があてられた。
- 7.2 制度開発と組織強化(ID/OS)ワークショップは2006年8月にキスムで開催された。水関連政府機関から37名が参加し3日間に亘って熱心な議論が展開された。特に、水資源管理庁において統合洪水管理を進める上で組織フレームワークおよび能力強化のために、コミュニティレベルでの能力強化、コミュニティとの調整不足、水利用組合(Water Resources Users Associations: WRUAs)の認識不足、およびコミュニティが洪水を便益として認識できるまでになるかが課題として挙げられた。
- 7.3 本調査ではセミナーや実施中のプロジェクト見学などの種々のトレーニングが実施された。主な目的は、水資源管理庁職員的能力強化および他国における洪水管理のケーススタディであった。

8. 洪水氾濫実績図(洪水ディザスターマップ)の作成

- 8.1 ニヤンド川下流域の洪水は3つに大別できる。①ニヤンド川本川からの氾濫、②

アワチカノー支川およびニヤマサリア川からの鉄砲水、および③集中豪雨による雨水湛水である。しかし、定量的な洪水氾濫情報は極めて限られているので、氾濫域での住民へのインタビューを2006年8月から9月にかけて350箇所を実施し洪水ディザスターマップを作成した。

- 8.2 洪水ディザスターマップは平水年と既往最大洪水の2種を作成した。同マップの精度向上のためコミュニティ住民(約350名)が参加した住民公聴会を実施し、住民の洪水に関する知識と経験を集約したものとなった。同マップはコミュニティにおける洪水ハザードマップを作成する際の基本図として利用されるとともに、避難路の選定にも利用された。

9. 地球温暖化による気候変動

- 9.1 IPCC報告書によれば2010年までに世界の平均気温は1.4-5.8°C、海面水位は14-88 cm上昇し、低平地の洪水により数億人が家屋を失うと報告されている。同報告書によれば、東アフリカ一帯は深刻な干ばつの発生と、湿潤さを増した気候による頻繁な洪水の発生が危惧されている。とりわけ、ニヤンド川流域では干ばつおよび洪水が繰り返し生じ、災害による死者が発生する危険地域と分析されている。
- 9.2 ニヤンド川中流域に位置するケリチョ気象観測所の月平均気温データにより温度長期変化を見ると、1970年代に記録された反曲点から1980から1990年代には+0.5°Cおよび2000年代にはほぼ1.0°C上昇している。他方、東アフリカ諸国を対象とした気象モデルによれば、100年確率雨量は2100年までに20%増加すると分析されており、集中豪雨の頻度の増加および洪水発生の危険度の増加が懸念される。ケリチョ気象観測所においても年平均気温と日雨量50mm以上を記録した年間豪雨発生日数の多項式近似曲線は年平均気温変化とよく連動している。
- 10.3 他方、年間降雨量に大きな変化は見られないので、豪雨発生頻度の増加は洪水と干ばつの頻度増加が予想される。本調査におけるマスタープランで構造物対策として10年確率洪水を基本高水として仮定した場合、2100年までに確率降雨の20%増加を考慮するとマスタープランで示した治水安全度は5年確率程度に低下すると推定される。
- 10.4 IPCC報告書によると、「適応策と緩和策のどちらも、その一方だけでは全ての気候変化の影響を防ぐことができないが、両者は互いに補完しあい、気候変化のリスクを大きく低減することが可能である。」としており、緩和策のみならず適応策の重要性は明らかである。そのため、適応策と緩和策を並行して進めていくことが重要となる。
- 10.5 気候変化により頻発する洪水からすべてを完全に防御することは難しいので、気候変化への適応策としては「犠牲者ゼロ」に向けた検討を進める必要がある。増

大する洪水氾濫に対処するため、遊水地、二線堤、輪中堤などで下流氾濫域を分割して洪水氾濫の拡散を抑制し、浸水しても重大な被害の少ない地域づくりが求められる。

10. マスタープランの策定

10.1 ニヤンド川流域における洪水軽減計画である「ニヤンド川流域事前投資調査(1983, ItalConsult)」では 50 年確率洪水を基本高水と設定していたが、その後の水灌漑省の報告書では①資金不足および②洪水氾濫地区の土地利用が主に農地であることから 25 年確率洪水を中期的な基本高水とした。

10.2 「ヴィクトリア湖沿岸流域における統合洪水管理のための指針(WMO, 2004)」によれば、上流域の流域荒廃および地球温暖化による洪水ピーク流量の増加が非常に顕著であると報告されている。しかしながら、この流量増加は水位観測手法の変化によるものであることが判明した。1988 年以前は 1 日 2 回の目視観測のため洪水ピーク流量が把握されていなかったが、2001 年以降は自動観測装置が設置され洪水ピーク流量を正確に記録していることが背景にある。確率洪水ピーク流量を再計算し以下のように推定した。

確率洪水ピーク流量 (単位: m³/s)

再現期間(年)	5	10	25	50	100
事前投資調査(1983)	450	550	650	750	850
本調査(2006)	610	730	890	1,000	1,130

注) JICA 調査団(2006)作成

上記結果に従えば、1983 年調査に基づき水灌漑省が基本高水として設定している 25 年確率洪水は 2006 年では 10 年確率洪水よりやや小さいことが判明した。

10.3 洪水被害額と洪水軽減のための堤防建設費の関係を比較すると、基本高水を 10 年確率に設定した場合、費用便益計算で最も高いことが判明した。したがって、2020 年に向けた構造物に対する治水安全度を 10 年確率規模と設定した。

10.4 本調査で提案した構造物(ハード)対策は 5 種に分類できる。①避難路の嵩上げ、②堤防およびダム建設、③河道拡幅、④河道内堆積物の除去、および⑤支川の流域保全である。また、構造物対策は異常洪水に対しての安全には限界があるので、洪水氾濫に対する非構造物(ソフト)対策を提案した。

10.5 マスタープランで示した各種対策について段階的实施を提案した。①短期計画(2007-2012)、②中期計画(2013-2020)、および③長期計画(2021 以降)である。それぞれの計画に対して、①公助: 政府実施機関が主体となって実施する対策、②共助: 政府実施期間とコミュニティ住民が協働して取り組む対策、③自助: コミュニティ住民が主体となって実施する対策に分類した。

10.6 短期計画は、既存堤防の補強、洪水氾濫地区の避難路整備、河道閉塞を起こした河川の排土、統合洪水管理の中心となる洪水管理センターの設立、および洪水氾濫域に位置する最優先コミュニティにおけるコミュニティ事業である。中期計画の主要施設は、構造物対策による洪水ピーク流量の低減を目的としたダム建設、洪水予警報システムの設置、および洪水氾濫域に位置する優先コミュニティにおけるコミュニティ事業である。である。長期計画は、洪水氾濫域の全てのコミュニティを包括するコミュニティ事業展開である。事業費は 118 億ケニアシリング(約 215 億円)である。項目別集計を下表に示し、内訳を表 S.1 に示した。

概略事業費 (単位: 百万ケニアシリング)

項目	実施期間			合計
	短期 (2007-2012)	中期 (2013-2020)	長期 (2021 以降)	
A. 構造物対策	2,353	4,945	234	7,532
B. 政府が支援するコミュニティ参加型事業	385	341	864	1,590
C. コミュニティ主体による事業	480	2,129	79	2,688
合計	3,218	7,415	1,177	11,810
合計(円換算: 百万円)	5,860	13,503	2,143	21,506

注) JICA 調査団作成

10.7 上流域の流域保全是洪水管理において非常に重要である。流域の雨水涵養能力を保持するためには、①傾斜地への土地利用の拡大の制限、②洪水ピーク流量の低減効果が期待できる河川沿いの遊水地の確保について土地利用規制の見直しが必要である。さらに、溜め池の建設、植生管理、住居建設の規制などのプログラムが土壌浸食を軽減する。

10.8 水資源管理に関連する政府機関の役割分担や責任範囲の調整が継続している。洪水はニヤンド川流域において最も重大な問題であり、災害管理に対する包括的アプローチが求められるが、災害管理センターの設立は流域内の災害管理の実行においてコアとなるものである。特に、水資源管理庁が災害管理委員会における主要政府機関として機能することが重要であり、水セクター管理および災害管理について何らかの権限をもつことが重要である。

10.9 ニヤンド川氾濫域にはコミュニティレベルでの洪水管理あるいは災害管理に対する多くの組織形態が存在する。これらの組織は NGO の協力のもとに小規模構造物の設置や洪水管理トレーニングを実施しているが、小規模構造物には洪水防御の限界があり、コミュニティにおける良好な洪水管理組織として機能していない場合も多い。経済的および社会的にある程度自立しているコミュニティ住民には水防活動の必要性が容易に認識されると報告されている。他方、水防活動により副産物が期待できる手法を創り出す必要がある。この手法は住民の参加意欲を向上することになる。コミュニティ主体の災害管理とコミュニティ開発を兼ね備え

た手法の創造が優先コミュニティの事業実施において焦点となる。

- 11.10 マスタープランで提案した様々な対策のうち、「ニヤンド川流域水管理フォーラム」、「プロジェクト・ワーキング・グループ」および「省庁運営協議会」の協議を経て、優先計画として①既存堤防の強化、②氾濫域における避難路ネットワークの整備、③コミュニティ主体の洪水管理、および④水文観測ネットワーク整備が選択され概略設計を実施した。

11. パイロット事業

- 11.1 マスタープランの短期計画で提案した洪水氾濫域に位置する最優先コミュニティにおけるコミュニティ事業についてはパイロット事業を実施した。パイロット事業実施の目的は、①マスタープランの共助・自助として提案したコミュニティ主体の洪水管理の有効性の検証、②実施を通じたコミュニティ住民の能力強化、および③マスタープランの優先計画へのフィードバックである。
- 11.2 パイロット事業を実施する最優先コミュニティは、「ニヤンド川流域水管理フォーラム」、「プロジェクト・ワーキング・グループ」および「省庁運営協議会」の協議を経て、優先コミュニティ5箇所が選定された。各コミュニティにおいてコミュニティ調査を実施し、住民はコミュニティ洪水管理組織を設立するとともにコミュニティ活動計画を立案し、各コミュニティにおける優先事業が決定された。
- 11.3 パイロット事業は2007年6月に開始し、2007年12月の大統領選挙とそれに続く治安悪化のため遅延したものの、2008年11月にすべて終了した。実施期間中には「ニヤンド川流域水管理フォーラム」および「プロジェクト・ワーキング・グループ」が開始時、中間時、終了時に実施されパイロット事業内容に対するコメントとともに、実施機関の能力強化にも資するものとなった。
- 11.4 各コミュニティで非構造物対策の一環として洪水管理訓練が実施された。これらの訓練は、①洪水管理組織の強化、②施設の運営・維持管理、③洪水管理資金獲得のためのプロポーザル作成、および④避難訓練である。コミュニティのうち、4箇所のコミュニティにおいては洪水管理組織が良好に運営され、訓練結果が意欲的に取り込まれたが、一箇所のコミュニティでは組織運営のための帳簿が管理されず会合もまったく開催されないなど問題が山積した。なお、避難訓練の様子は地元ラジオ局および全国テレビニュースで放映され、ケニア国における初めての避難訓練として全国的な話題となった。
- 11.5 パイロット事業の一環として氾濫地域内に位置するブワンダ小学校で防災教育を実施した。洪水氾濫域の小学校に勤務する先生方と郡の教育担当者により防災教育のためのテキストを作成し、そのテキストを利用して小学生の皆さんへ授業を行い、コメントを受けてテキストを改良していった。防災教育は先生方や生徒達

に好評であった。防災教育の普及による災害知識の啓蒙が「犠牲者ゼロ」に向けた洪水管理の基礎となる。

12. パイロット事業実施からのフィードバック

- 12.1 パイロット事業の実施にあたっては、過去に大きな洪水被害を受けたコミュニティが選定され、コミュニティ行動計画においても洪水対策に関する事業実施の要望が非常に高かった。その結果、洪水に対する構造物および非構造物対策実施に対する住民の満足度も高かった。コミュニティ洪水管理事業では、今後も、洪水氾濫実績図や洪水被害に関する地元住民の経験を反映させた上で、コミュニティの選定が行われることが重要である。
- 12.2 パイロット事業において、コミュニティ洪水管理組織は、実際の活動を通じて組織運営について学習していった。また、構造物対策建設に係る労賃の一部を防災組織の積立基金にすることで財務管理を、避難訓練を通じて洪水管理の実務を、工事に参加することで構造物対策の維持管理を学んでいった。さらに、構造物対策は組織の設立・運営の動機付けとなり、結果として防災組織の強化につながった。このような「体験学習」のコンセプトは今後のコミュニティ洪水管理事業でも重視されるべきである。
- 12.3 パイロット事業に参画した防災組織は将来の発展のため以下の4つのツールを有したことになる。つまり、①コミュニティ行動計画、②基金獲得のためのプロポーザル作成技術、③労賃の一部を積立てた基金、④水資源管理庁や水資源管理組合との連携、である。これらは将来の防災組織の組織および財務面の持続性に寄与すると考えられる。コミュニティ洪水管理事業では将来の活動に必要なものを注意深く検討し、事業コンポーネントとして取り入れることが事業持続性の面で重要である。

13. 追加24コミュニティにおけるコミュニティ洪水管理事業

- 13.1 ケニア国政府は、①本調査で実施したコミュニティ住民を主体としたパイロット事業の有効性、②気候変動による洪水流量の増加、および③コミュニティ主体の洪水管理の必要性を認識したケニア国政府は、2008年6月、日本政府へ追加コミュニティにおける洪水管理事業の実施を要請した。これを受けて、国際協力機構は本調査の業務内容へ24コミュニティにおける洪水管理事業を追加した。
- 13.2 本調査のパイロット事業の実施プロセスを踏襲して、追加24コミュニティで同様の調査を実施し、実施計画書を作成した。

14. 結論

- 14.1 ニヤンド川流域統合洪水管理マスタープランは専門家からの見地に加えて、①洪

水被害調査や洪水氾濫実績図作成による洪水状況の実態把握、②ニヤンド川流域水管理フォーラムによるステークホルダー意見の反映、などを通じて策定したものである。このようにボトムアップの過程を経て形成されたマスタープランの早期実現を提言する。本マスタープランの実現は、気候変動による洪水流量の増加に対処して洪水氾濫による人命や財産の損失を防ぐだけではなく、地域の社会・経済面での発展をもたらすものとする。

14.2 コミュニティ洪水管理事業の有効性は5つのコミュニティで実施されたパイロット事業によって検証された。この結果を受けて、マスタープランの中で提案されたコミュニティ洪水管理事業を地元住民の参加の下で実施することを提言する。コミュニティ洪水管理事業の実施はマスタープランの効果および持続性を向上させるものとする。

14.2 ケニア政府に対してのその他の提言を以下に示す。

提言	必要なアクション
1. 流域管理戦略との整合性	マスタープランで提案された事業は、上位計画である水資源管理庁(ナイロビ)で作成中の流域管理戦略、水資源管理庁ビクトリア湖南部流域事務所(キスム)で作成中の流域戦略との整合性を保つこと。
2. 水資源管理庁の事業管理能力	マスタープランには水資源管理庁だけでは実施できない分野があるため、水灌漑省、道路省、国家水供給公社および水資源管理庁からなる運営委員会を結成すること。
3. 事前準備	マスタープラン実現のために必要な事前作業として、①実施計画の作成とドナーへの提出、②マスタープランで提案された事業に対する環境影響評価の実施、を行うこと。
4. 制度構築	関連ステークホルダーとの連携を保つために水資源管理庁はニヤンド川流域水管理フォーラムの事務局としてフォーラムの運営を支援すること。また、災害管理委員会に委員として参画し、地方政府との連携を保つこと。
5. 他地域への洪水管理に関する技術移転	洪水管理に関する基礎技術を水資源管理庁の各地方局に移転すること。すなわち、①洪水氾濫実績図作成、②コミュニティ洪水ハザードマップ作成、③コミュニティ洪水管理事業の形成・実施・評価のサイクル、④洪水に関する防災教育プログラム、⑤避難訓練、などである。
6. マスタープランの更新	マスタープランの実施スケジュールに関しては、実際の実施状況などを勘案の上、適宜見直すこと。

表 S.1 マスタープランの概略事業費

(百万シリング)

項目	短期 (2007-2012)	中期 (2013-2020)	長期 (2021～)	合計
A. 構造物対策				
1 ニヤンド川下流・中流域における築堤	1,362.94			1,362.94
2 ニヤンド川最下流域湿地帯の浚渫		192.00		192.00
3 アワチ・カノー川の浚渫	33.06	140.08		173.14
4 アワチ・カノー支川の浚渫	24.40	152.03		176.43
5 ニヤイド川の浚渫		50.04		50.04
6 排水路改修 (A1国道沿い)		33.54		33.54
7 A1国道嵩上げ (アヘローカティト区間)	660.00			660.00
8 ニヤマサリア川の浚渫		70.35		70.35
9 ルアンド川の浚渫		276.68		276.68
10 オンペイ川の浚渫		186.91		186.91
11 ミリウ川の浚渫		224.18		224.18
12 オロバ川の築堤		173.21		173.21
13 排水路改修 (A1国道沿い・キスム-アヘロ)		52.38		52.38
14 避難路としての2次幹線道路嵩上げ	273.00			273.00
15 ダム開発 (ニヤンド、キボス)		3,300.00		3,300.00
16 土砂堆積/フラッシュフラッド対策		93.56	233.93	327.49
A. 小計	2,353.40	4,944.96	233.93	7,532.29
B. 政府支援によるコミュニティ参加型事業				
1 災害管理センター	60.00	35.00		95.00
2 緊急洪水管理	122.12	120.56	407.00	649.68
3 洪水予警報システム	180.94	167.95	435.01	783.90
4 上流域の管理	21.36	18.00	22.50	61.86
B. 小計	384.42	341.51	864.51	1,590.44
C. コミュニティ主体による事業				
1 コミュニティ調査	54.00	166.00		220.00
2 コミュニティ洪水管理訓練	98.00	437.00		535.00
3 コミュニティ主体構造物対策 (含むため池)	294.00	1,311.00		1,605.00
4 コミュニティ組織による構造物維持・管理体制の構築	7.00	42.00	55.00	104.00
5 モニタリング評価	27.00	173.00	24.00	224.00
C. 小計	480.00	2,129.00	79.00	2,688.00
合計	3,217.82	7,415.47	1,177.44	11,810.73

注) JICA 調査団作成

備考: 構造物対策は土地収用費用60万シリングを含む

A15.ダムの建設コストはMWRMDの最終報告書を参照(2004)

ケニア共和国
ニヤンド川流域統合洪水管理計画調査

最終報告書

要約

序文
伝達状
調査対象地域／洪水氾濫実績図
要旨

目次

	頁
1. はじめに.....	1
2. 統合洪水管理に向けての課題.....	2
3. 統合洪水管理の手法確立のための戦略.....	4
4. 気候変動対策としての統合洪水管理.....	5
5. 洪水管理関連組織の現状.....	12
6. ステークホルダーとの協働.....	15
7. 調査対象地域.....	16
8. 洪水氾濫状況.....	18
9. 水文観測の現状.....	22
10. マスタープランの策定.....	24
11. マスタープランにおける制度的枠組.....	34
12. マスタープランにおける環境配慮.....	36
13. マスタープラン実施計画.....	37
14. マスタープラン概略事業費.....	38
15. 優先計画の概要.....	39
16. パイロット事業の概要：コミュニティの選定.....	43
17. パイロット事業の概要：実施内容.....	46
18. パイロット事業の概要：評価.....	51
19. パイロット事業の概要：実施からのフィードバック.....	52
20. 組織強化に関する取り組み.....	53
21. 追加 24 コミュニティ洪水管理事業.....	59
22. 結論および提言.....	61

付表

表 4.1	洪水ピーク流量と洪水氾濫量	7
表 4.2	優先地区における構造物と非構造物の適応策	11
表 6.1	マスタープラン策定に関与した主要なステークホルダー	15
表 10.1	流量観測所(1GD3) における確率ピーク流量の比較	25
表 10.2	最適開発規模の算定	26
表 10.3	ステークホルダーと協議した構造物配置における留意事項	28
表 11.1	キャパシティディベロップメント計画	35
表 13.1	実施計画	37
表 14.1	マスタープランの概略事業費	38
表 15.1	優先計画の事業評価(経済評価)	42
表 17.1	オデソ村の概要およびパイロット事業の内容	46
表 17.2	コクワロ村の概要およびパイロット事業の内容	47
表 17.3	カシル村の概要およびパイロット事業の内容	48
表 17.4	コチエオ村の概要およびパイロット事業の内容	49
表 17.5	カミワ村およびスイワット村の概要およびパイロット事業の内容	50
表 18.1	パイロット事業の評価結果	51
表 20.1	各種ワークショップの概要	53
表 20.2	ID/OS ワークショップ結果:キャパシティ・ディベロップメント計画	54
表 20.3	技術セミナー一覧	55
表 20.4	本邦カウンターパート研修の概要	55
表 20.5	ニヤンド川流域水管理フォーラムの実施概要	57
表 20.6	統合洪水管理マニュアルの概要	58
表 21.1	構造物対策概要	59
表 21.2	非構造物対策概要	60
表 22.1	その他の提言	61

付図

図 3.1	統合水資源管理における統合洪水管理	4
図 4.1	気候変動による自然災害死亡危険度	5
図 4.2	年平均気温と年間豪雨発生日数の長期変化(ケリチョ気象観測所)	6
図 4.3	ビクトリア湖への土砂流入	6
図 4.4	洪水ピーク流量と洪水氾濫量	7
図 4.5	確率洪水氾濫量	7
図 4.6	10年確率洪水ハイドログラフ	7
図 4.7	気候変動に対する適応策の概念図	8
図 4.8	ニヤンド川流域における植生指数の経年変化	9
図 4.9	コミュニティによる護岸施設	9

図 4.10	ニヤンド川下流域における洪水対策の優先地区	10
図 5.1	WRMA 組織図	13
図 5.2	災害管理委員会組織図	14
図 7.2	ビクトリア湖の長期水位変動	17
図 8.1	ニヤンド川流域における洪水状況(2006 年 12 月)	18
図 8.2	避難所の位置図	19
図 8.3	避難所の附帯設備の現状	20
図 8.4	避難所における飲料水の水源確保状況と疾病の種類	20
図 8.5	住民公聴会の様子(2006 年 11 月)	21
図 8.6	洪水氾濫実績図(平水年および既往最大)	21
図 9.1	水位観測所ネットワーク	22
図 9.2	1GD3 観測所における水位観測方式の比較図	23
図 9.3	上流域における衛星画像による植生被覆分析	23
図 10.1	マスタープランの策定プロセス	24
図 10.2	構造物対策と非構造物対策の関係図	25
図 10.3	費用便益指標	26
図 10.4	マスタープランの構造物対策の配置図	29
図 10.5	治水安全度と構造物対策の実施シナリオ	30
図 10.6	洪水管理サイクル	31
図 10.7	洪水到達時間	31
図 10.8	水文観測ネットワークの構築(短期計画)	32
図 10.9	洪水予警報システムの構築(中・長期計画)	32
図 10.10	ニヤンド川流域における洪水緊急対策図	33
図 11.1	統合洪水管理に関わる組織フレームワーク概念図	34
図 15.1	既存堤防強化の優先計画	39
図 15.2	避難路網整備の優先計画	40
図 15.3	コミュニティのキャパシティ強化の優先計画	41
図 15.4	水文観測網構築の優先計画	41
図 15.5	各優先計画の相互関係概念図	42
図 16.1	調査団による優先地区選定結果	43
図 16.2	パイロット事業実施候補地区	44
図 16.3	コミュニティハザードマップ作成の様子	44
図 16.4	パイロット事業位置図	45
図 19.1	コミュニティ選定のイメージ	52
図 19.2	体験学習のイメージ	52
図 19.3	事業持続性のイメージ	52
図 20.1	ID/OS ワークショップの様子	53
図 20.2	調査団による定例技術セミナー	55
図 20.3	第 1 回フォーラムの開催	56
図 20.4	DMC 代表および WRMA の協議会	58

略語集

1: 組織

CAAC	Catchment Area Advisory Committee (流域支援委員会)
CBO	Community Based Organisation (住民組織)
CFMO	Community-Based Flood Management Organisation (コミュニティ洪水管理組織)
DANIDA	Danish International Development Agency (デンマーク国際開発庁)
DERC	Disaster Emergency Response and Coordination (災害緊急対応・調整局)
DMC	Disaster Management Committee (災害管理委員会)
DOC	National Disaster Operation Centre (国家災害運営センター)
EU	European Union (欧州連合)
GOK	Government of Kenya (ケニア政府)
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (ドイツ連邦政府技術協力機構)
IMF	International Monetary Fund (国際通貨基金)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (ドイツ復興金融公庫)
LVSC	Lake Victoria South Catchment (ビクトリア湖南部流域事務所)
MWI	Ministry of Water and Irrigation (水灌漑省)
NEMA	National Environmental Management Authority (国家環境管理庁)
NGO	Non-Governmental Organization (非政府組織)
NIB	National Irrigation Board (国家灌漑局)
OP	Office of President (大統領府)
R&R	Relief and Rehabilitation Section (救助・復興課)
SIDA	Swedish International Development Agency (スウェーデン国際開発庁)
USAID	United States Agency for International Development (米国国際開発庁)
WAB	Water Appeal Board (水争議委員会)
WB	World Bank (世界銀行)
WMO	World Meteorological Organisation (世界気象機関)
WRMA	Water Resources Management Authority (水資源管理庁)
WRUA	Water Resources Users Association (水利用組合)
WSB	Water Services Board (水サービス委員会)
WSP	Water Services Provider (水サービス供給者)
WSRB	Water Services Regulatory Board (水サービス調整委員会)
WSTF	Water Services Trust Fund (水サービス信用基金)

2: その他

CAP	Community Action Plan (コミュニティ・アクション・プラン)
CMS	Catchment Management Strategy (流域管理戦略)
DDP	District Development Plan (県開発計画)
EIA	Environmental Impact Assessment (環境影響評価)
EPR	Environmental Project Report (環境事業報告書)
NDMP	National Disaster Management Policy (国家災害管理政策)
NDP	National Development Plan (国家開発計画)
NPEP	National Poverty Eradication Plan (国家貧困撲滅計画)
NWRMS	National Water Resources Management Strategy (国家水資源管理戦略)
PRA	Participatory Rural Appraisal (参加型農村調査法)
PRSP	Poverty Reduction Strategy Paper (貧困削減戦略)

1. はじめに

調査の背景	国際協力機構(JICA)およびケニア国水灌漑省(MWI)/水資源管理庁(WRMA)は、「ニヤンド川流域統合洪水管理計画調査」について、2005年10月に結ばれた二国間の合意に基づき技術協力を実施した。日本工営(株)いであ(株)共同企業体を実施コンサルタント(調査団)として選定され、2006年7月より調査を開始し、2009年3月に終了した。
調査の目的	本件調査の目的は次の3点である。 <ul style="list-style-type: none">● ニヤンド川流域の洪水被害、水文状況等を把握し、洪水被害の予防、対応、軽減策を含む総合洪水管理計画の策定。● 計画策定のプロセスを通じた実施機関職員のOJTおよび現地研修。● コミュニティベースのパイロット事業の実施などを通じて、省庁/地方事務所/県レベルでの行政およびコミュニティに対する組織強化・人材育成。
調査の内容	調査の内容は以下の3項目に大別される。 <ul style="list-style-type: none">(1) ニヤンド川流域の統合洪水管理計画の策定<ul style="list-style-type: none">● 既存の洪水防御計画のレビュー● マスタープラン(構造物/非構造物対策)の策定● 優先計画の概略設計(2) 実施機関及び関連機関職員の能力向上<ul style="list-style-type: none">● WMO/JICA 共催の「統合洪水管理ワークショップ」開催● 組織強化(ID/OS)ワークショップによる問題点抽出● 職員に対する技術移転(3) コミュニティによる洪水マネジメント方法の確立<ul style="list-style-type: none">● ニヤンド川流域水管理フォーラムの設立● 優先地区におけるパイロット事業の実施● パイロット事業実施による洪水マネジメント方法の確立
調査に対する 情報公開	WRMA はニヤンド川流域の主要関係者 35 名(政府機関、水資源利用組合、コミュニティ組織、NGO)をメンバーとしたニヤンド川流域水管理フォーラムを組織し、多くの調査情報を公開した。また、洪水氾濫実績図の最終化においても、WRMA 主催で住民公聴会が開催され情報公開が推進された。
調査の監理と 協力体制	本調査開始時に、MWI 次官を議長とした水関連省庁のメンバーによる「省庁運営委員会(Inter-Ministerial Steering Committee)」、また、WRMA の最高責任者を議長とした「プロジェクト・ワーキング・グループ」が組織された。他方、WRMA ビクトリア湖南部流域事務所(所在地：キスム)は、職員 2 名を調査団の常駐カウンターパートとして任命し調査に従事した。

2. 統合洪水管理に向けての課題

全般的課題

ケニア国では、「Water Act 2002」に国家水資源管理戦略（NWRMS）と流域管理戦略（CMS）が示された。その後、「Strategy for Flood Management for Lake Victoria Basin, Kenya (WMO, 2004)」において統合洪水管理の必要性が提唱されたが、ニヤンド川流域においては統合洪水管理手法がまだ確立されておらず、実施体制/実施機関も曖昧な状況である。

このため、統合洪水管理のキーコンセプトである①流域内の水循環および土砂管理を考慮した洪水管理、②行政とコミュニティ/NGOの体制作り、③実施機関の能力向上を図る必要がある。

これらの問題に対して、単一的な施設対策で対応できるものではなく、より包括的なソフト対策を含むアプローチが必要である。ここで、ニヤンド川流域の現実の問題を直視し、その実現性を見定めた持続可能な解決策を提案することが課題となる。

マスタープランに盛り込まれた統合洪水管理戦略は、洪水制御の施設対策（公助）、政府機関の支援によるコミュニティ参加型対策（共助）、コミュニティ主体の対策（自助）といった基本的な課題に加え、ニヤンド流域の貧困削減および農業生産活動の効率化に資するとともに、洪水の脅威に曝された他流域にも適用できる統合洪水管理手法を実現するものである。

ビジョン

本計画により、以下の3点を達成することで、三者が一体となった統合洪水管理ビジョンを達成することを目指した。

1：公助

統合洪水管理計画に示された洪水施設対策（ハードおよびソフト計画）を段階的に実施することで、ニヤンド川流域における持続的な社会および経済の成長を達成すること。

2：共助

行政機関の得た水災情報の公開により、地域コミュニティの全ての人々に公平に情報が共有され、水災時の避難・救助活動がうまく機能できるような環境作りを行政が支えること。

3：自助

地域コミュニティ住民の水災知識の向上、水防活動、避難・救助活動の実施により、地域防災力の向上が達成される。

目標

本計画は、上記の地域防災ビジョンを達成するために重要な役割を担っている。これらのビジョンにしたがって、以下3点の目標を達成するために統合洪水管理を構築していく必要がある。

目標1：ニヤンド川流域の総合的洪水管理計画の策定

コミュニティ防災の立案および既存の洪水マスタープラン見直しを中心とする統合洪水管理計画が策定される。

目標2：実施機関及び関連機関職員の能力向上

計画策定プロセスを通じた OJT、パイロットプロジェクトの実施を通じて、実施機関である水資源管理庁(Water Resources Management Authority : WRMA)の統合洪水管理に関する職員の能力が向上する。

目標3：コミュニティによる洪水マネジメント方法の確立

コミュニティベース洪水対策マネジメントの実施などを通じて、コミュニティによる洪水マネジメントの能力が向上するとともに、効果的なコミュニティベース洪水マネジメントの方法が確立する。

技術戦略

これら3点の目標に対応し、持続的な統合洪水管理を推進するため、コミュニティの脆弱性(Vulnerability)を緩和するための努力が必要となる。目標年次を2020年としたニヤンド川流域の地域防災力を向上させるため中核となる下記5点の戦略を提案した。

戦略1：統合洪水マネジメント手法の確立と技術移転

実施機関を通じて公助として、洪水被害を減災する統合洪水マネジメント手法の確立と共に、コミュニティ/NGOとの互助体制を構築する。

戦略2：コミュニティ防災への転換

コミュニティ住民の自助努力にて維持管理可能な低コストの非構造物対策を中心のコミュニティ防災に変換する

戦略3：日本の伝統的/低コスト治水技術の検証と普及

日本で生み出された低コストの治水技術を紹介し、コミュニティレベルでの普及を図る。

戦略4：コミュニティ開発アプローチと融合した貧困削減の促進

住民のニーズを汲み取ったコミュニティ防災と開発の融合を図る。

戦略5：途上国での教訓を活かした洪水ハザードマップ作成・普及

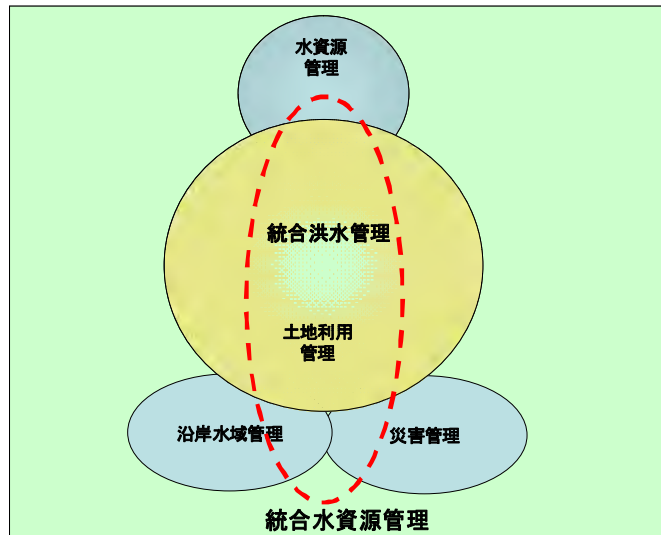
これまで各途上国で実施されてきた JICA プロジェクトの教訓を生かし、コミュニティ防災の有効なツールとして、洪水ハザードマップの作成・普及を図る。

3. 統合洪水管理の手法確立のための戦略

図 3.1 に示す統合洪水管理の概念に基づき、ニヤンド川流域においては統合洪水管理の手法を確立するため、以下の戦略に沿って調査を実施した。

3.1 洪水制御から洪水管理への転換

洪水を完全に制御することには限界があることを認識し、ある程度の洪水氾濫を許容するという統合洪水管理アプローチをニヤンド川流域においても適応する必要がある。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)報告書では気候変動のリスクが明らかにされ、緩和策のみならず適応策の重要性は明らかである。そのため、適応策と緩和策を並行して進めていくことが重要となる。適応策として「犠牲者ゼロ」に向けた手法を検討した。



出典：Concept Paper, Integrated Flood Management (WMO, 2006)

図 3.1 統合水資源管理における統合洪水管理

3.2 洪水被害を増大する要因

ニヤンド川流域において洪水被害が増大する

原因は、洪水氾濫地域の人口増加、および洪水施設対策の実施が遅々として進まないことにある。WMO (2004) は、①人口圧力、②洪水対策構造物の劣化、③上流域の荒廃、の3要素が複雑に絡みあっていると指摘している。洪水管理計画の策定においてはこれらの面を考慮した。

3.3 ステークホルダーの参加

本調査開始時に発足した「ニヤンド川流域水管理フォーラム」は、ニヤンド川流域の上流域から下流域にわたる水管理に関係する多くのステークホルダーから組織されている。メンバーは政府組織、準公的機関、NGO、民間企業、住民組織などであり、全てニヤンド川の水管理に関連する地元の組織である。フォーラムがニヤンド川における流域管理の新しい潮流として機能するための能力強化を行った。

3.4 洪水に対するコミュニティの脆弱性

コミュニティの洪水に対する脆弱性は、サービスや物流に必要なインフラが十分に整備されていない状況や貧困とも関連している。防災管理に係る包括的な政策がない状況で、ケニア政府の洪水に対する対応は一時的で縦割りのものに終始している。洪水氾濫域の住民の間では、洪水を許容した生活に対応するための構造物対策に加えた非構造物対策の必要性について認識が低い。これらが洪水に対するコミュニティの脆弱性に繋がっており、住民の洪水管理手法に対する啓蒙を実施した。

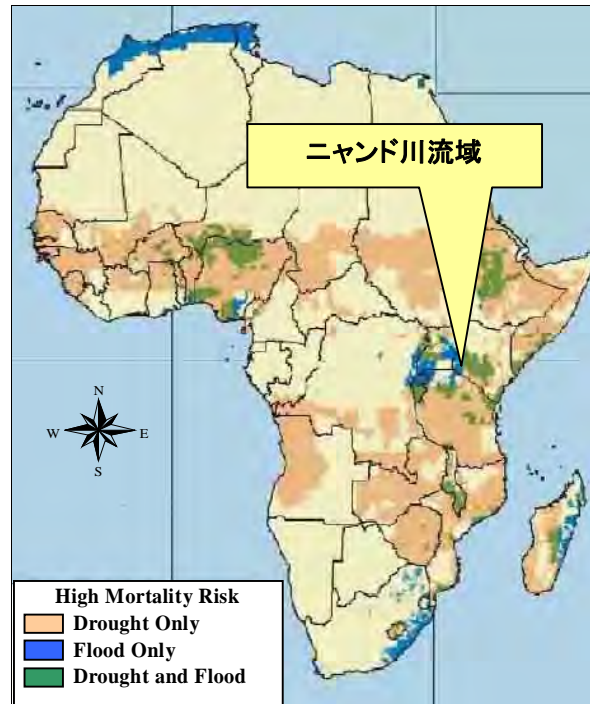
4. 気候変動対策としての統合洪水管理

4.1 気候変動に関する政府間パネル (IPCC)報告書

IPCC報告書¹によれば2010年までに世界の平均気温は1.4-5.8°C、海面水位は14-88 cm上昇し、低平地の洪水により数億人が家屋を失うと報告されている。

また、エルニーニョ現象により降雨特性が変化し、頻繁で強度を増した降雨が発生する。このため、熱帯地域の山地部、例えばキリマンジャロ山やケニア山、の氷河は消滅する可能性がある。これら一連の現象に世界が協調して対処する必要がある。

同報告書によればアフリカの農業生産高は30%減少することになる。特に、東アフリカ一帯は深刻な干ばつの発生と、湿潤さを増した気候による頻繁な洪水の発生が危惧されている。とりわけ、ニヤンド川流域では干ばつおよび洪水が繰り返し生起し、災害による死者が発生する危険地域と分析されている(図4.1)。



出典：Natural Disaster Hotspots : A Global Risk Analysis Synthesis Report, Columbia University and World Bank, March 2005

図 4.1 気候変動による自然災害死亡危険度

4.2 気候変動の兆候

(1) 長期温度変化と豪雨発生頻度

温度変化の長期変動傾向を知るために、ケニア気象局(Kenya Meteorological Department : KMD)のデータベースに保管されたニヤンド川中流域に位置するケリチョ気象観測所の月平均気温データを参照した。同データによれば非線形の温度長期変化を示しており、1970年代に記録された反曲点から1980から1990年代には+0.5°Cおよび2000年代にはほぼ1.0°C上昇している²。

気候変動に起因した災害は干ばつ、洪水および集中豪雨など自然現象によって引き起こされるものであるが、東アフリカ諸国を対象とした世界自然基金(World Wide Fund for Nature : WWF)の気象モデル³によれば、100年確率雨量は2100年までに20%増加すると分析されている。これは集中豪雨の頻度の増加および洪水発生の危険度の増加を意味する。

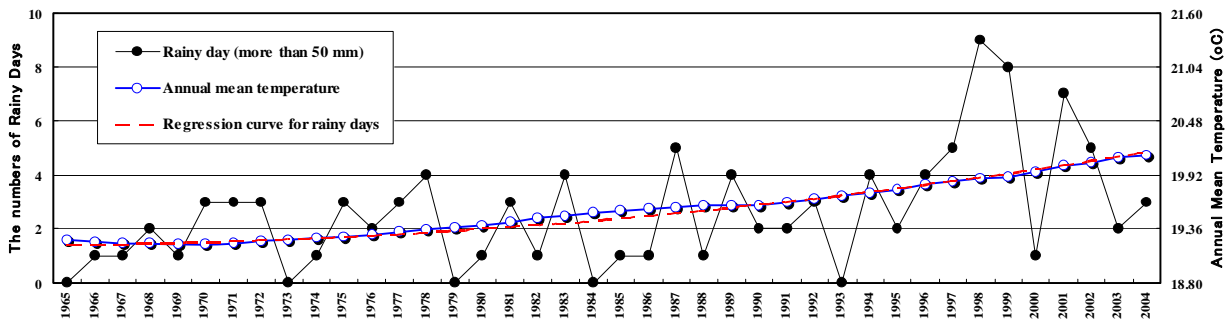
図4.2はケリチョ気象観測所における年平均気温と日雨量50mm以上を記録した年間豪雨発生

¹ “Technical Paper on Climate Change and Water”, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), April 2008

² “Malaria resurgence in the East African highland: Temperature trends revisited”, M.Pascual, J.A.Ahumade, L.F.Chaves, X.Rodo, and M.Bouma, April 2006

³ “Climate Change Impacts on East Africa A Review of the Scientific Literature”, World Wide Fund For Nature (WWF), November 2006

日数の長期変化を示したものである。年間豪雨発生日数の多項式近似曲線は年平均気温変化とよく連動していることが分かる。



出典：ケニア気象局およびビクトリア湖南部水供給公社の水文データベース

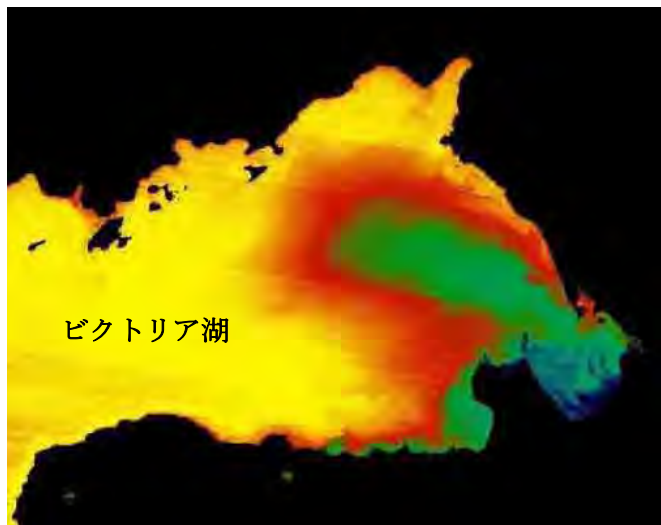
図 4.2 年平均気温と年間豪雨発生日数の長期変化(ケリチヨ気象観測所)

他方、年間降雨量に大きな変化は見られないので、豪雨発生頻度の増加は洪水と干ばつの頻度増加が予想される。本調査におけるマスタープランでは構造物対策の最適開発規模の検討において、10年確率洪水を基本高水として採用しても、将来の洪水発生の頻度増加から治水安全度は10年確率以下になると推定される。

(2) 土砂流出

ニヤンド川流域において住民への聴き取り調査を行うと、1960年代より土砂流出が激しくなってきたことが判る。20世紀前半の土地利用変化、森林伐採、インフラ開発、放牧による牧草地の減少が原因と考えられる。

気候変動による集中豪雨の増加により土砂流出は益々増加すると推定される。図 4.3 はニヤンド川流域からビクトリア湖へ流入する土砂濃度を衛星観測したものである。大量の土砂がビクトリア湖へ流入していることがわかる。



出典：ICRAF's 1999 Annual Report and in Science Online. 2000

図 4.3 ビクトリア湖への土砂流入

(3) 洪水氾濫

ニヤンド川下流域ではほぼ毎年洪水氾濫が起こっている。本調査で実施した下流域住民への聴き取り調査結果によれば、洪水氾濫量は既往最大で441百万 m^3 および毎年洪水氾濫量は287百万 m^3 と推定される。

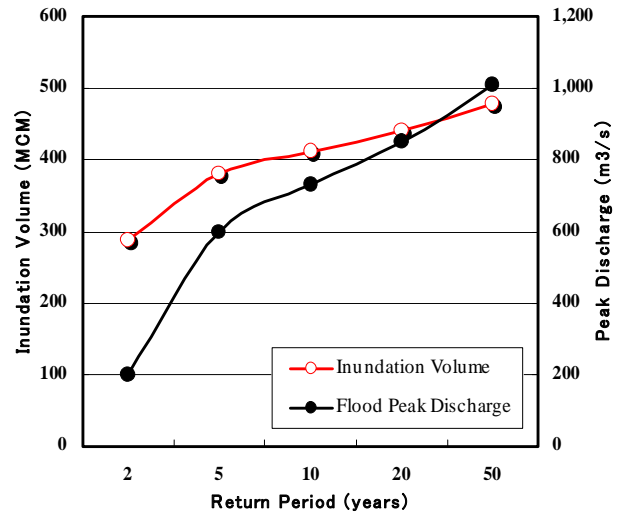
既往最大の洪水氾濫は2002年に発生しており20年確率規模であった。各確率洪水ピーク流量と確率洪水氾濫量の関係を示したのが表4.1および図4.4である。

表 4.1 洪水ピーク流量と洪水氾濫量

再現 期間 (年)	確率 ピーク 流量 (m^3/s)	洪水 氾濫量 (百万 m^3)
2	200	286.9*
5	600	381.7
10	730	412.6
20	850	441.0*
50	1,010	478.9

注): “*” は調査結果を示す

JICA調査団(2006)作成

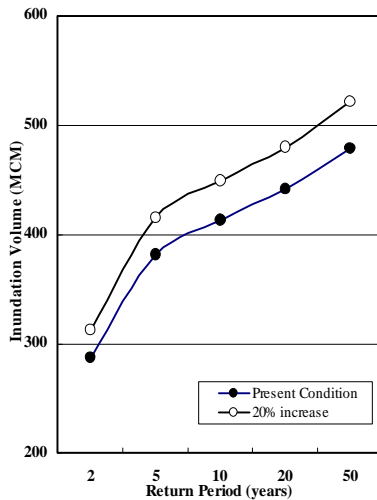


注) JICA 調査団(2008)

図 4.4 洪水ピーク流量と洪水氾濫量

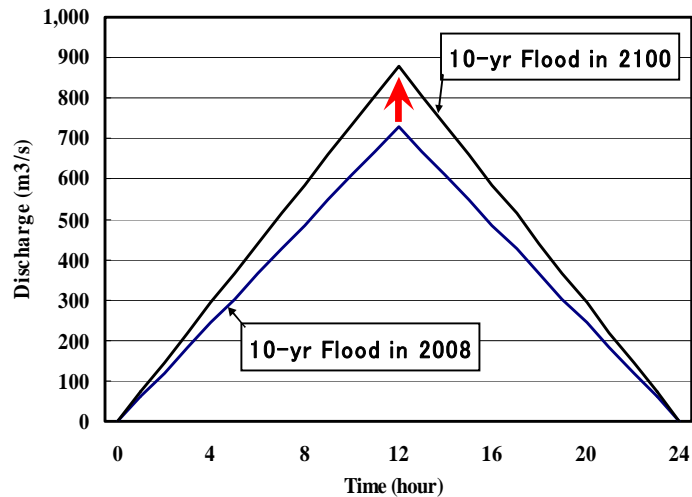
2002年に発生した20年確率洪水氾濫量に相当する441百万 m^3 は同時期の流域平均降雨量997百万 m^3 の44%にあたる。ここで2010年に確率雨量が20%程度増加すると仮定すると、各確率年に応じた洪水氾濫量は図4.5に示すとおりである。

なお、本調査のマスタープランで示された構造物対策の最適開発規模である10年確率洪水ピーク流量は、図4.6に示すように総流出量が20%増加すると仮定すれば、10年確率洪水ピーク流量は730 m^3/s から2100年には880 m^3/s となり、現在の20年確率洪水ピーク流量に匹敵する。他方、マスタープランで示した計画高水流量730 m^3/s は5年確率洪水ピーク流量となる。



注) JICA 調査団(2008)作成

図 4.5 確率洪水氾濫量



注) JICA 調査団(2008)作成

図 4.6 10年確率洪水ハイドログラフ

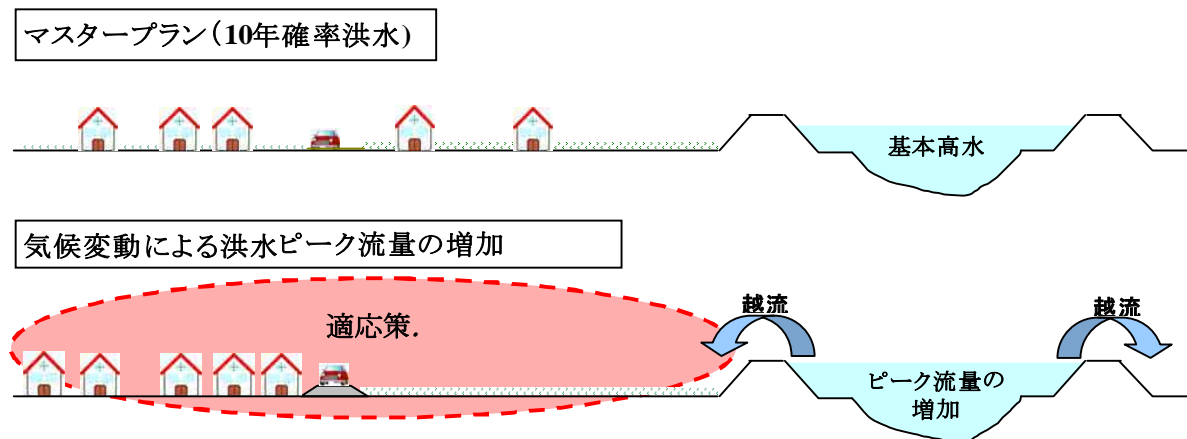
4.3 気候変動に対する緩和策

気候変動による洪水被害を低減するためには、温室効果ガスの排出削減や吸収により気候そのものの変化を軽減する緩和策と、気候変動に対応するシステムを構築することにより発生する可能性のある被害を回避・低減する適応策が必要となる。

IPCC報告書によると、「適応策と緩和策のどちらも、その一方だけでは全ての気候変化の影響を防ぐことができないが、両者は互いに補完しあい、気候変化のリスクを大きく低減することが可能である。」としており、緩和策のみならず適応策の重要性は明らかである。そのため、適応策と緩和策を並行して進めていくことが重要となる⁴。

気候変化により頻発する洪水からすべてを完全に防御することは難しい。このため、気候変化への適応策としては「犠牲者ゼロ」に向けた検討を進める必要がある。増大する洪水氾濫に対処するため、遊水地、二線堤、輪中堤などで下流氾濫域を分割して洪水氾濫の拡散を抑制し、浸水しても重大な被害の少ない地域づくりが求められる。

また、氾濫域の土地利用規制により洪水氾濫の拡散防止も可能となる(図4.7)。さらに、道路盛土の活用も洪水氾濫の拡散防止の観点から重要である。



注) JICA調査団(2008)作成

図 4.7 気候変動に対する適応策の概念図

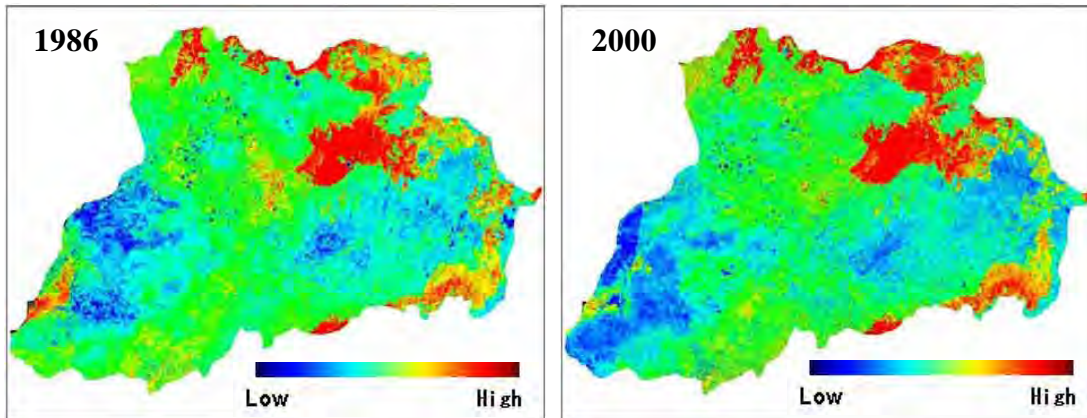
他方、構造物対策の効果は限られているので、構造物(ハード)対策と併行して情報伝達、水防、避難、救助、復旧・復興などの非構造物(ソフト)施策を併せて推進する必要がある。

この中で重要なことは、地方政府や地域組織の支援のもと、住民自身が洪水に適切に対応できるような施策を進めることが挙げられる。このためには、あらかじめ住民が洪水により生じる危険性の内容を十分に把握しておくとともに、洪水により生じ得る危険性を踏まえた上で、その危険性をいかに管理していくのかという視点で洪水に対処する必要がある。

⁴ 「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)」、平成20年6月、社会資本整備審議会、国土交通省

4.4 上中流域における適応策の検討

上流域における森林面積の減少要因は①農業用地の森林地区への拡大、②森林内の樹木密度の減少、および③国家管理化にある森林地域(gazetted forests)外での森林域減少である。ここでニヤンド川流域において衛星写真による植生指数を分析して経年変化を分析したのが図4.8である。ニヤンド川流域全体での植生指数はほぼ安定しており、急激な森林の面積の減少は認められない。これまでに政府、地方自治体、NGOで進められてきた植林活動が上流域保全に極めて大きな効果を得ていることがわかる。



注) JICA調査団作成

図 4.8 ニヤンド川流域における植生指数の経年変化

上記の分析から、ニヤンド川流域における洪水管理上の大きな課題となっている土砂流出の原因は上流域荒廃による土壌浸食ではなく、上中流域における河岸侵食がより大きな原因であると推定される。この問題を解決するには河岸侵食防止の構造物対策が有効であるが、上中流域の全てに対策を施すのは資金に限界がある。河川沿いに位置するコミュニティ住民の河岸侵食に対する意識向上、コミュニティ住民への危機意識の啓蒙が必要となる。

この観点から、本調査では中流域におけるコミュニティ住民による護岸工事をパイロット事業として実施した(図4.9)。護岸とともに住民の親水活動および家畜への給水を意図したスロープの設置はコミュニティ住民の意識向上に繋がっている。この住民参加活動が今後も普及していくことが流域保全の大きな礎となる。



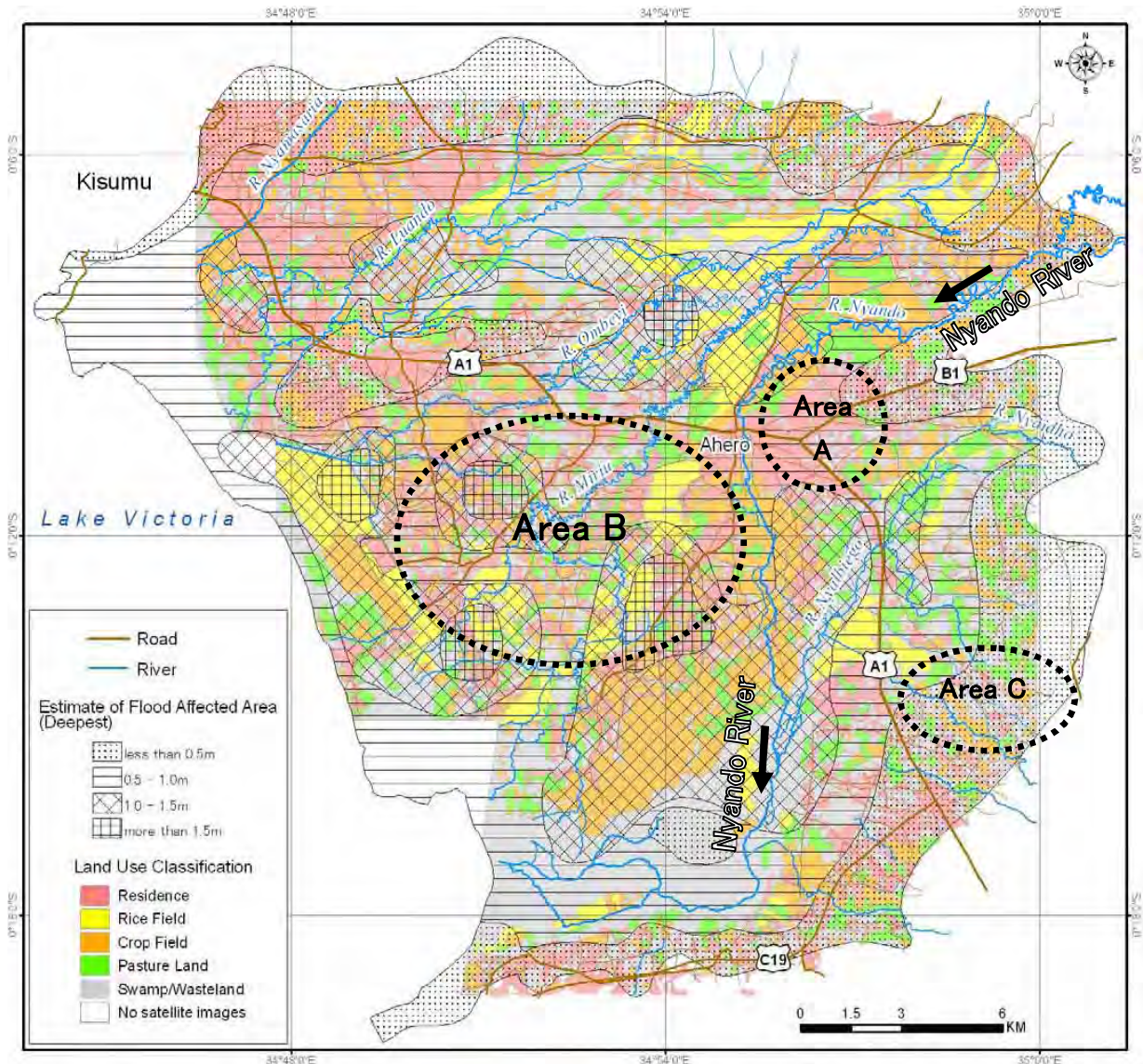
注) JICA調査団撮影

図 4.9 コミュニティによる護岸施設

4.5 下流域における適応策の検討

ニヤンド川下流域において、気候変動に起因した集中豪雨の発生や計画を超える洪水の多発に対して、洪水に対する安全度を効果的に高めていく必要がある。堤防によるハード対策は洪水防御に極めて有効な手段であるが、計画を超える洪水ピーク流量に対して限界がある。

また、中小河川を計画レベルまで整備するには、まだ相当な時間を要する。このため、現況の施設能力を超える洪水が発生した場合に壊滅的な被害とならないよう、ソフト対策も拡充することが重要である。そのためには、地域住民との合意形成を図りながら、多様な整備手法の導入についても検討する必要があると考える。ここでニヤンド川下流域の土地利用状況と既往最大洪水氾濫状況に元好き、洪水対策の優先地区を示したのが図5.10である。



注) JICA調査団作成

図 4.10 ニヤンド川下流域における洪水対策の優先地区

表4.2にニヤンド川下流域優先地区における構造物と非構造物の適応策をまとめた。

表 4.2 優先地区における構造物と非構造物の適応策

構造物(ハード)対策

1.	遊水地 (Area A)	<ul style="list-style-type: none"> マスタープランで基本高水を 10 年確率規模と仮定すると、気候変動により将来は 5 年確率規模の治水安全度しか確保できない状況となる。 適応策として河道沿いに堤防を築堤するのではなく、農業用道路の嵩上げにより、農業用地を利用した高水敷を拡幅してピーク流量の増加に対応する。
2.	道路嵩上げ (Area B)	<ul style="list-style-type: none"> ニヤンド川下流域では洪水氾濫域が洪水規模によって拡大するのではなく、氾濫域に変化は無いものの湛水深が洪水規模によって変化している。 優先度の高い施設対策はニヤンド川本川沿いの堤防と平行に位置する二級道路の嵩上げである。道路嵩上げは洪水氾濫時の二線堤あるいは三線堤として氾濫防止に効果を発揮するのみでなく、氾濫時の避難・救援活動にも有効利用できる。
3.	土砂流出防止 (Area C)	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動による集中豪雨の頻度の増加にともない土砂流出量は増加する。下流域では河床上昇あるいは河道閉塞の危険性が増大する。土砂捕捉を目的とした施設の設置が急務である。

非構造物(ソフト)対策

1	コミュニティ間の連携強化	<ul style="list-style-type: none"> ニヤンド川下流域の洪水常襲地帯には 550 個のコミュニティが存在する。気候変動による洪水氾濫の増加によりコミュニティ住民の避難所滞在期間は長期化していく。 頻発する洪水氾濫における救援活動は災害対策委員会 (Disaster Management Committee : DMC) および NGO の資金不足を招くことになる。 洪水氾濫時のコミュニティ間の連携、例えば、比較的大規模な避難所を複数のコミュニティで共有することにより DMC および NGO も被害実態把握および救援活動も集中して実施することが容易になる。
2	メディアによる啓蒙	<ul style="list-style-type: none"> メディアを利用してコミュニティ住民へ、気候変動による洪水発生頻度の増加とともに構造物対策の限界を啓蒙していくことは災害に対する「被害者ゼロ」の意識高揚となる。
3	土地利用規制	<ul style="list-style-type: none"> 河岸に広がる農業用地を増大する洪水ピーク流量を軽減する遊水地として利用することが可能であるが、近年、家屋、公共施設の建設が始まっている。 遊水地の機能を保持するためには土地利用規制を進める必要がある。
4	収入源の多様化	<ul style="list-style-type: none"> 洪水氾濫の常襲地帯のコミュニティ住民のほとんどは農民である。彼らは限られた作物、米、さとうきび、とうもろこしの生産を収入源としている。洪水の頻度増加により農作物への影響は甚大となる。 農作物の生産一辺倒から、家畜、漁業、手工芸など収入源を多様化することで洪水被害による大規模損害を軽減することができる。コミュニティ住民へのノウハウの教育が重要となる。

注) JICA調査団作成

5. 洪水管理関連組織の現状

本調査のケニア側実施機関は水灌漑省(Ministry of Water and Irrigation: MWI)およびその下部機関である水資源管理庁(Water Resources Management Authority: WRMA)である。水灌漑省は、水に関わる政策と法制度改革を管掌している。ケニア国ではドナー援助全体を一元的に調整・管理する仕組みはないが、水セクターについては各ドナーによる援助が活発なため、MWIではドナー調整担当官(Head of Donor Coordination)を置き、同セクターにおける援助調整・援助協調を図っている。WRMAは水法(2002)(Water Act 2002)に基づいて水資源管理を目的として設立された政府機関で、以下にWRMA組織の現状を述べる。

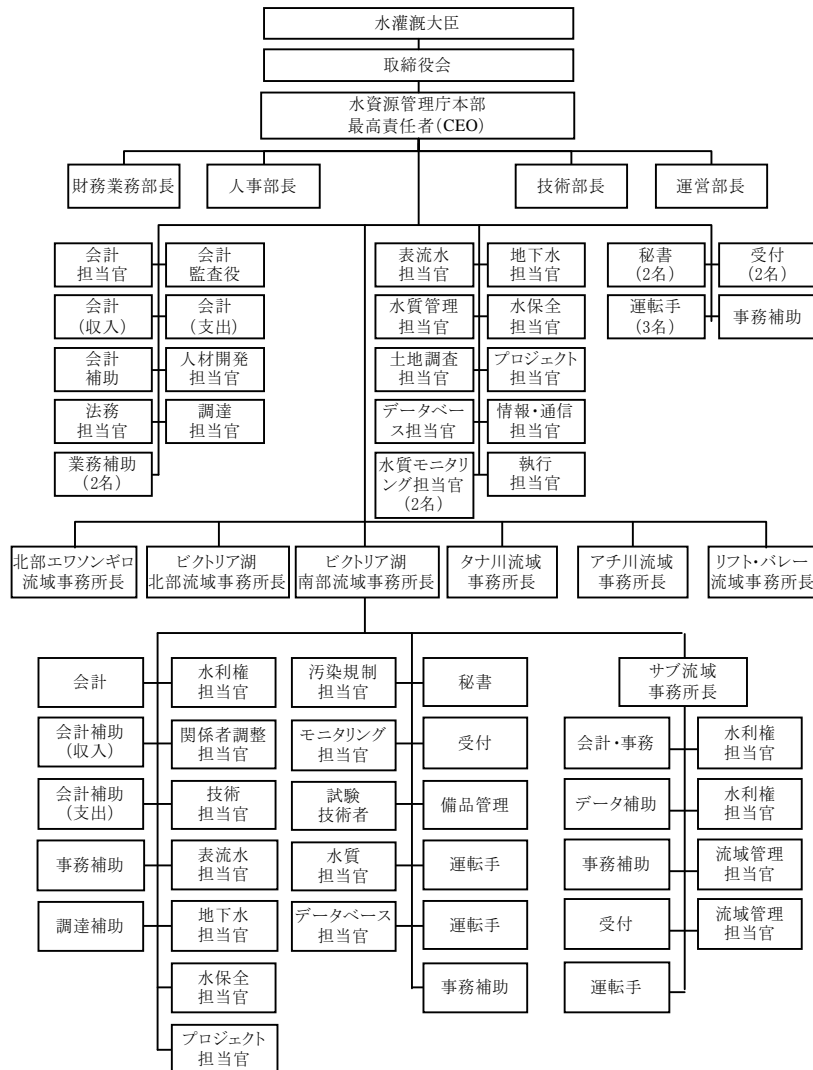
5.1 水資源管理庁の現状

(1) 水資源管理庁の組織

水法による水セクター改革プログラムに従い、WRMAが新設された。WRMAは国内の水資源の管理、使用及び開発の執行を主な役割としている。WRMAの業務分掌を以下に示す。

- a) 水資源の配給に関する基本方針、ガイドライン及び手続きの整備
- b) 水資源管理に関する戦略のモニタリング及び評価
- c) 水利権の許可に関する受付及び決定
- d) 水利権の状況に関するモニタリング及び指導
- e) 水資源の水質の保護及び汚染に対する規制
- f) 流域の管理及び保護
- g) 水利権に関する料金の決定
- h) 水資源に関する情報の収集及び管理
- i) 水資源の管理及び規制に関する他の機関との連絡

WRMA本部には長官のもと34名の職員が配置されている。国内を6つの流域に分割し、各流域に流域事務所が配置されている(図5.1を参照)。本調査対象地域はビクトリア湖南部流域事務所(LVSC)の管轄となる。各流域事務所には事務所長を含めて24名の職員が配属されている。各流域事務所の管轄下には、さらにサブ流域事務所が設立されており、全国に25ヶ所のサブ流域事務所が存在する。各サブ流域事務所の職員数は10名である。LVSCの管轄下には、キスム、ケリチョ及びキシイの3つのサブ流域事務所が設置されている。



出典: Report on Operationalisation of the Water Act 2002 in Water Resources Management, Oct 2005, SIDA, Annual Report LVSC Regional Office Oct 2006,およびWRMA本部でのヒアリング

図 5.1 WRMA 組織図

(2) 洪水管理における水資源管理庁の役割

SIDA 及び DANIDA により立案された「水資源管理における水法の組織化報告書」(Report on Operationalisation of the Water Act 2002 in Water Resources Management) において、洪水管理に関する明確な権限は WRMA に対して定められていなかった。他方、MWI により策定された国家水資源管理戦略 (NWRMS) に従い、WRMA は流域管理戦略 (CMS) の作成を担っており、流域管理の観点から洪水管理の責務を担当している。本調査を通じて WRMA における洪水管理課の設置を提言しており、本調査のカウンターパートとして、洪水管理官および関係者調整官の 2 名が任命され、洪水管理の計画、モニタリング、プロジェクト調整を実施した。また、ダム・洪水対策のインフラ整備に関わる関連組織 (MWI, WRMA, LBDA, NWCPC, WRUAs) の役割分担・資金の流れについて MWI と共同で検討しており、洪水対策インフラ事業における WRMA の役割が具体化されようとしている。

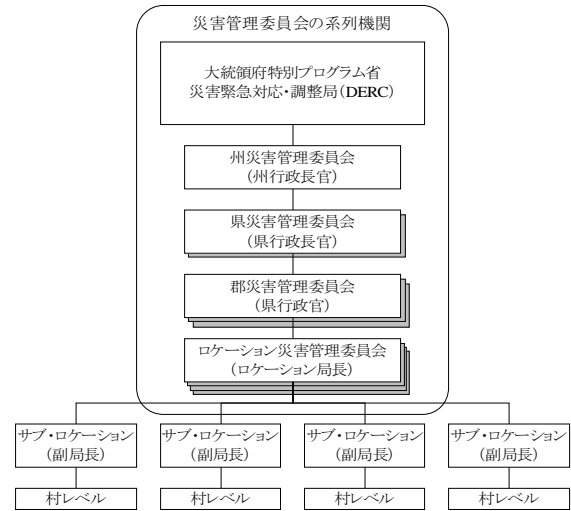
5.2 災害管理委員会 (Disaster Management Committee: DMC)

(1) DMC の概要

災害管理委員会 (DMC) が国家レベルからローケーションレベルまで構成され、原則四半期ごとに委員会が開催される(図 5.2)。

災害管理は多分野にわたる支援・関与が必要であることから、ニヤンド県 DMC の委員は、各中央省庁の県出先事務所および NGO で構成されている。

DMC は災害対策の意志決定および支援調整機関として一定の機能を果たしているが、災害時の食糧・補給物資の備蓄・供給および非災害時の洪水対策訓練、Food for work 等は NGO が実働部隊として大きな役割を果たしている。



括弧内は各委員会の委員長を示す。

注) JICA 調査団作成

(2) DMC 活動の課題

DMC 活動において以下の課題が挙げられている。

- 洪水管理に明るい行政職員が不足
- 関連機関との調整不足
- Division および Location レベルでの備蓄庫が不足
- 排水路掘削のための適切な機材が不足
- 洪水予警報システムの不在
- 洪水の灌漑用水転用のための施設が不足
- 政治的介入が災害対策調整に混乱を起こす

これまで WRMA の DMC への関与はなかったが、上記課題のうち、洪水管理担当職員による人的資源の供給、水セクター関連機関 (縦) および DMC メンバー (横) と連携した洪水管理・洪水対策調整、洪水予警報システムの構築、等の分野で WRMA が積極的に関与していくことが重要である。後述のとおり、本調査期間中の 2008 年 10 月に WRMA-LVSC および DMC 関係者の協議の結果、WRMA の DMC への参画が正式に承認された。

図 5.2 災害管理委員会組織図

6. ステークホルダーとの協働

マスタープラン策定にあたり、国際機関レベル、国家レベル、地方自治体レベル、およびコミュニティレベルにおいて、ステークホルダーの関与を図った。調査期間中に協働したステークホルダーを表 6.1 にまとめた。

表 6.1 マスタープラン策定に関与した主要なステークホルダー

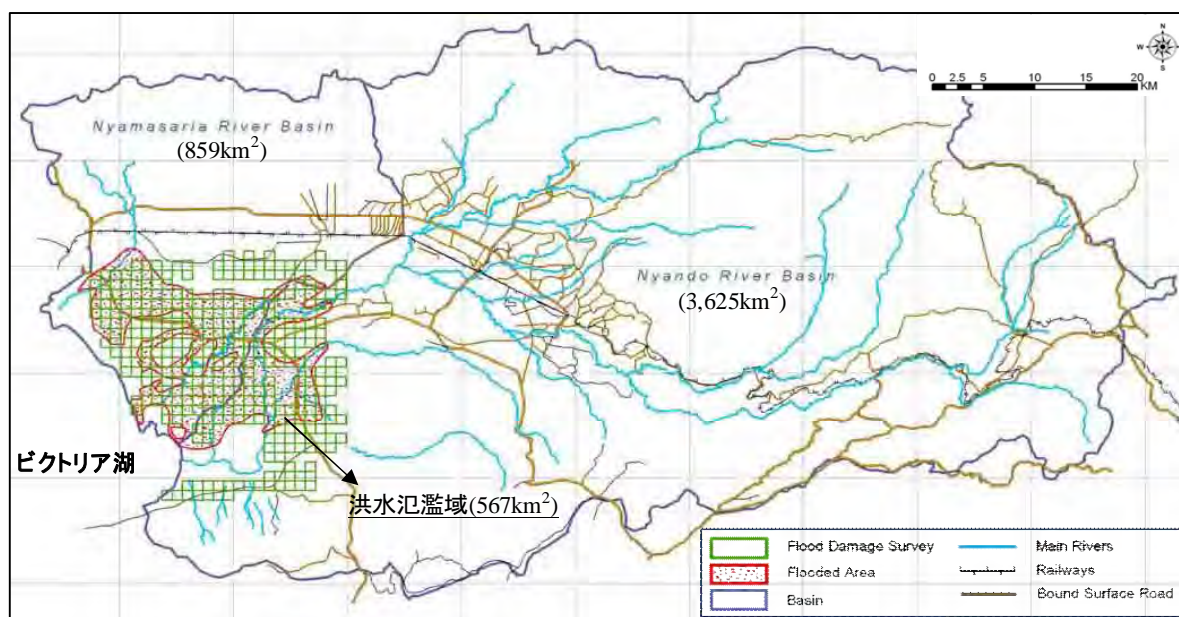
ステークホルダー	洪水管理に関する役割	マスタープランへのインプット
国際機関レベル		
世界気象機関(WMO)	2004年にビクトリア湖流域のための洪水管理戦略を策定した。	WMO から受領したコメントをマスタープランに反映。
世界銀行	ケニア西部の Nzoia 流域において、WKCCD/FM プロジェクト（コミュニティ主体の洪水管理）について支援。	世界銀行と調査団との間で意見交換を実施
SIDA	WRMA の組織立ち上げ、制度改革を支援。WRMA 本部に駐在コンサルタントを派遣	WRMA における制度改革について度々意見聴取・議論した。
全国レベル		
水灌漑省(MWI)	水セクターにおける政策立案者兼セクターコーディネータ。	PS は本調査ステアリングコミッティの議長を務め、ステアリングコミッティを通して様々な提案と議論がなされた。
大統領府(OP)	災害管理の政策立案者であり、災害管理に関わるセクターコーディネータ。	PS はステアリングコミッティのメンバーであり、調査団とは様々な協議を行った。
水資源管理庁 (WRMA)	水資源管理の調整機関。	CEO はステアリングコミッティの秘書官であり、PWG の議長を務め、その活動を通じて調査団との議論を行った。
NWCPC	堤防を含む河川構造物管理および河川浚渫を担当。	堤防を含む構造物対策に関して、中央・地方レベルでの議論を行った。
地方レベル		
WRMA LVSC	カウンターパートの配置。	日常業務を協働で実施することで常に本調査における協議を行った。また、WRMA-LVSC はフォーラムの主催者でもある。
地方自治体	様々な行政レベルで DMC (災害管理委員会) を立ち上げた。	県関連部局はフォーラムのメンバーであり、フォーラムを通じて意見交換が行われた。
NGO	地方、またはローカル NGO により、洪水緩和対策ならびにコミュニティ活動が実施されている。	フォーラムメンバーとなり、フォーラムを通じて意見交換を行った NGO もある。
水資源利用組合 (WRUA)	水資源の共有、管理、保全を目的として設立された。	4 つの WRUA 代表がフォーラムのメンバーであり、フォーラムを通じて意見交換が行われた。
コミュニティレベル		
コミュニティ	調査対象地におけるコミュニティにとり、洪水は経済的そして社会的な問題である。	非公式のインタビュー、洪水被害調査、および洪水実績氾濫図作成のための公聴会の実施。
CBO	コミュニティレベルでの経済および社会環境向上のための様々な活動の実施。	非公式のインタビューと公聴会の実施。

注) JICA 調査団作成

7. 調査対象地域

7.1 調査対象地域

調査対象地域（図 7.1）はニヤンド川流域(3,625 km²)およびニヤマサリア川流域(859 km²)にまたがっており、洪水氾濫域は 567 km²（琵琶湖の約 8 割）である。



注) JICA 調査団作成

図 7.1 調査対象地域および洪水氾濫地域

ニヤンド川流域は、年平均気温摂氏 23 度、年間降水量は河口のビクトリア湖岸及び下流の平野部で約 1,000mm、上流の山岳地帯で 1,800mm 以上の準湿潤地帯である。明確な乾期はないが、洪水氾濫域であるカノー平野(Kano Plain)では月平均雨量には 3 つのピークがあり、3～5 月の大雨期、ついで 10～12 月の小雨期および 8 月である。過去の洪水は、4～5 月に多く発生している。

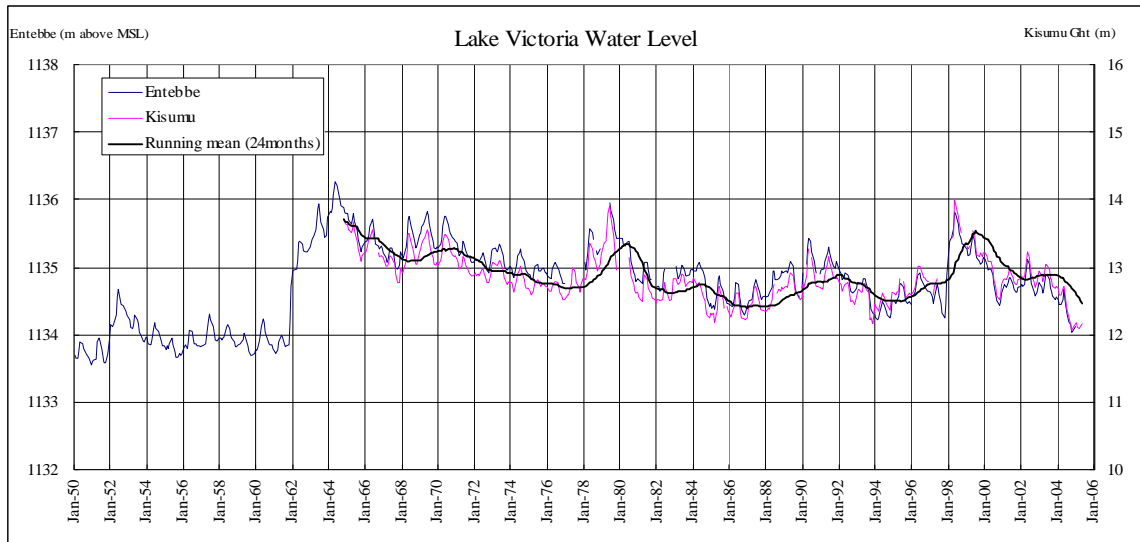
1999 年の人口センサスによればニヤンド川流域の人口は約 75 万人。平均人口密度は 212 人/km²、平均人口増加率は 3%/年である。うち、洪水氾濫域(567km²)に居住する住民は 24.9 万人(5.9 万戸)である。なお、ニヤンド県は HIV/AIDS 感染による平均余命の低下が社会問題となっている。

ニヤンド川流域は、ケニアの中では降水量が多く農業ポテンシャルが高い地域であり、主要産業である農業、牧畜、漁業のうち、最も重要な産業は農業である。近年はサトウキビが価格の暴落で低迷し、精糖工場の倒産による失業者問題が発生している。また、ニヤンド川の灌漑施設の機能低下や洪水氾濫のため稲作の生産も低下している。

洪水防御マスタープラン(1983)は、ダム開発、堤防、排水路を含むカノー平野の治水および灌漑開発を進める提案である。しかし、これらの計画は大規模な資金を必要とし、ケニア政府は事業の推進を望んでいるものの資金制約からほとんど実施されていない。

7.2 ビクトリア湖の長期水位変動

- (1) 調査対象地域はビクトリア湖に面しており、氾濫期間が湖水位に大きく影響される時期が続いていた。湖水位が上昇した場合には排水不良となり洪水氾濫期間が長期化することになる。過去 50 年間のビクトリア湖水位変動を図 7.2 に示す。



出典: Pilot Study on Sedimentation and Sediment Characteristics on Nyando and Nzoia River Mouths and Winam Gulf of Lake Victoria, December 2005, LVEMP

図 7.2 ビクトリア湖の長期水位変動

- (2) 1950 年代までは 1,134m 程度で推移していた水位が、1961 から 1962 年における観測史上記録的な豪雨(ケニア国では Uhuru Rain と呼ばれている)により湖水位は 1,136m まで急激に上昇した。その後、湖水位は徐々に低下し、2005 年末にはほぼ 1950 年代の湖水位まで低下している。なお、記録に残るビクトリア湖の最低水位は 1,133.19m(1923 年)である。
- (3) 上述の傾向より、調査対象地域では、1960 年～1980 年代にビクトリア湖水位の上昇による背水の影響で河口部において土砂堆積が進行し排水不良が発生した。しかし、2000 年以降、湖水位は 1950 年代と同様のレベルまで低下しており、湖水位の背水が大きく影響して洪水氾濫が長期化することはないと推定される。
- (4) ビクトリア湖水位が低下傾向を示す大きな要因として挙げられるのは、①沿岸流域での取水量の大幅な増加、および②ビクトリア湖からナイル川への流出点に位置するウガンダ国ジンジャ発電所(旧オーウェンフォールズ発電所)増築に伴う取水量増加である。
- (5) 他方、ケニア国の取水許可量(表流水・地下水を含める)は 1950 年代に比べ 2000 年時点で 7 倍に増加したという報告もあり、これが流入量減少に伴うビクトリア湖における水位低下の一因となっている。

8. 洪水氾濫状況

8.1 洪水氾濫に関する住民へのインタビュー調査

ニヤンド川下流域の洪水常襲地域に位置する 350 箇所のコミュニティでヒアリングし、洪水被災状況を把握した。回答者は男性 4 割、女性 6 割、既婚者が 94% を占め、平均年齢 46.7 歳。ほとんどが洪水常襲地帯に家族で暮らす農民である。

(1) 洪水発生から避難まで(図 8.1)

洪水被災頻度は年 2 回(55%)が最も多く、年 3 回以上の洪水に遭う住民(5%)もいる。浸水水位は平均 0.6m、浸水期間は平均 16 日。住民の多く(73%)は豪雨の発生とともに洪水氾濫を予感しているが、洪水警戒情報を行政機関から得たことはない(89%)。このため、住民はテレビかラジオで洪水情報を得ようとしている(60%)。

一旦洪水が発生しても家にとどまる住民(46%)が最も多く、避難所へ逃げる(33%)、微高地へ避難する(21%)住民が続く。家にとどまる住民は、家財道具が盗まれるのも心配だが、避難路の状態が悪く、水面下のガラス片/金属片による怪我や、蛇、ワニやカバとの遭遇が危険と考えている。

避難する住民のほとんど(79%)が徒歩で避難し所要時間は平均 89 分である。平均浸水深が 0.6m なので歩行速度は極端に遅い。避難所として最も利用するのが学校(36%)、ついで微高地(29%)、教会(15%)の順である。

(2) 避難所

避難所に着いたものの食糧支給が受けられない住民(64%)が多い。支給を受けた住民(25%)へは NGO(45%)や地方政府/赤十字(45%)から医薬品/食糧が支給されている。避難所での生活は 1 ヶ月以上に及ぶ住民(49%)が多い。



注) JICA 調査団撮影

図 8.1 ニヤンド川流域における洪水状況(2006 年 12 月)

8.2 コミュニティにおける防災活動の現状

コミュニティ対象の防災活動として調査地域で最大なもの USAID の支援の下、Care Kenya と VIRED International が実施している Flood Mitigation Food for Work 事業である。2004 年 9 月から 2008 年 9 月までの 5 年間でキスム県およびニヤンド県の洪水被害地区を対象に道路改修、河川・排水路の掘削およびため池の造成を行っている。

対象構造物は各ロケーションに設けられた Flood Control Committee の協議で決定する。工事は住民が行うが、労働に対してプロジェクトより食料が配給されることとなっている。本プロジェクトの食料配給方式に対しては住民へのインセンティブが過剰過ぎるとの批判も一部 NGO の間である。

Red Cross Society や World Vision は洪水被災時に避難所への物資の供給や避難状況の確認を行っており、特に、Red Cross Society は被災後の支援活動の最大の担い手となっている。また、Red Cross Society は各 Location を対象に災害管理のための訓練を他の NGO との連携で行っている。ただし、予算が十分でないため本訓練は限定されたものに留まっている。

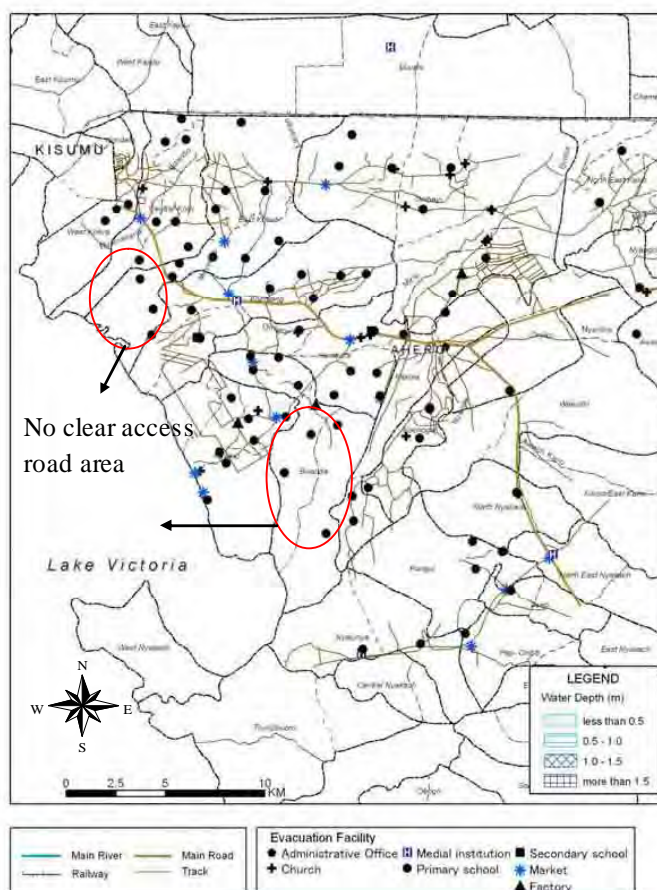
8.3 避難路の現状

現地踏査により 67 の避難所を特定した。内訳は、キスム県が 33 箇所、ニヤンド県が 34 である。このうち、39 箇所が州政府により避難所として指定されている。避難所の位置図を図 8.2 に示す。

第 8.1 節でも述べたように、洪水が発生しても家にとどまる住民が多く、避難所へ逃げる住民は全体の 33% である。避難する住民のほとんどは徒歩で避難し所要時間は平均 89 分である。平均浸水深が 0.6m なので歩行速度は極端に遅い。

避難所へ女性や子供が避難した後、家に留まる住民は主に男性で家屋内部のテーブルや椅子の上で過ごし、家財道具の盗難に警戒する生活が続く。

このことから、コミュニティ住民に対する避難路の整備（洪水時にも浸水しない標高までの嵩上げ）および避難誘導掲示板などの早急な整備が望まれている。



注) JICA 調査団作成

図 8.2 避難所の位置図

8.4 避難所施設の現状

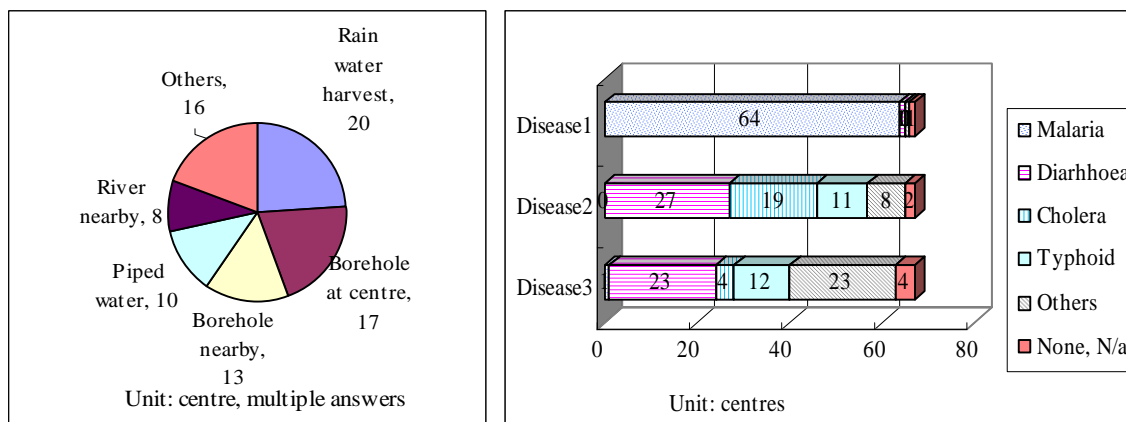
避難所施設の現状を見ると、避難所そのものが洪水で浸水するのが 67 箇所中 48 箇所になっている。また、修復しなければ利用できない附帯設備が多い(図 8.3)。

施設	修復が必要な施設	使用可能な施設
<p>トイレ 一般に、避難所となる学校には男女別のトイレがある。施工不良のためすぐに修復が必要となる施設が多く見られる。</p>		
<p>飲料水 井戸が設置されている学校が多い。しかし、地中の掘削壁面の崩壊により利用できないものが多い。また、洪水氾濫時の水質汚濁が大きな問題となる。</p>	 <p>(利用できない井戸)</p>	

注) JICA 調査団撮影(2006)

図 8.3 避難所の附帯設備の現状

また、避難所では飲料水の確保が最重要課題である。特に、洪水氾濫時は表流水あるいは浅井戸の水質汚濁が顕著である。図 8.4 に示すように、避難所では、雨水貯留(Rainwater Catchment)、深井戸(Borehole)、水道水(Piped Water)を利用しているのが一般的である。他方、避難所へ一時避難した住民が罹患する疾病はマラリアが最も多く、ついで下痢、コレラが続く、避難所の衛生状態の改善も課題となっている。



注) JICA 調査団作成

図 8.4 避難所における飲料水の水源確保状況と疾病の種類

8.5 洪水氾濫実績図

ニヤンド川下流域の洪水は概ね次の3通りに分類される。すなわち、①ニヤンド川本川からの氾濫、②アワチカノー川およびニヤマサリア川における鉄砲水、③局地的な豪雨に起因する局所的な洪水である。

過去の洪水に関する量的データの不足を補うため、洪水が頻発する240 km²の350箇所で聞き取りを中心とした洪水被害調査を2006年8月から9月にかけて実施した。

なお、調査団が作成した洪水氾濫実績図の精度を上げるため、実施機関(WRMA)の呼びかけにより住民公聴会を地区別に3回開催した。

参加者は洪水氾濫地区に暮らすコミュニティ住民350名に上り、熱心な質疑応答が行われた(図8.5)。女性参加者からの発言が多かったのも印象に残った。

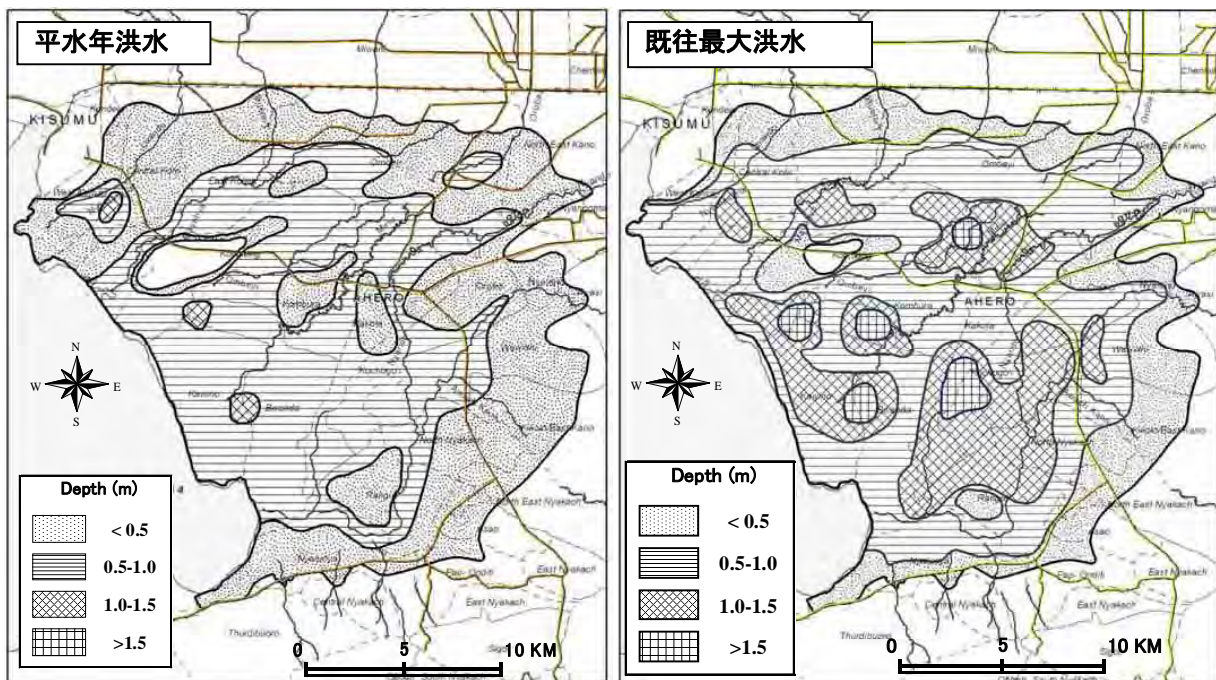
参加者は全くのボランティアである。このことは、洪水被災がコミュニティにとっていかに切実な問題であるかを如実に物語っている。



注) JICA 調査団撮影

図 8.5 住民公聴会の様子(2006年11月)

住民公聴会でのコメントを取入れて最終化した洪水氾濫実績図(Flood Disaster Map)を図8.6に示す。



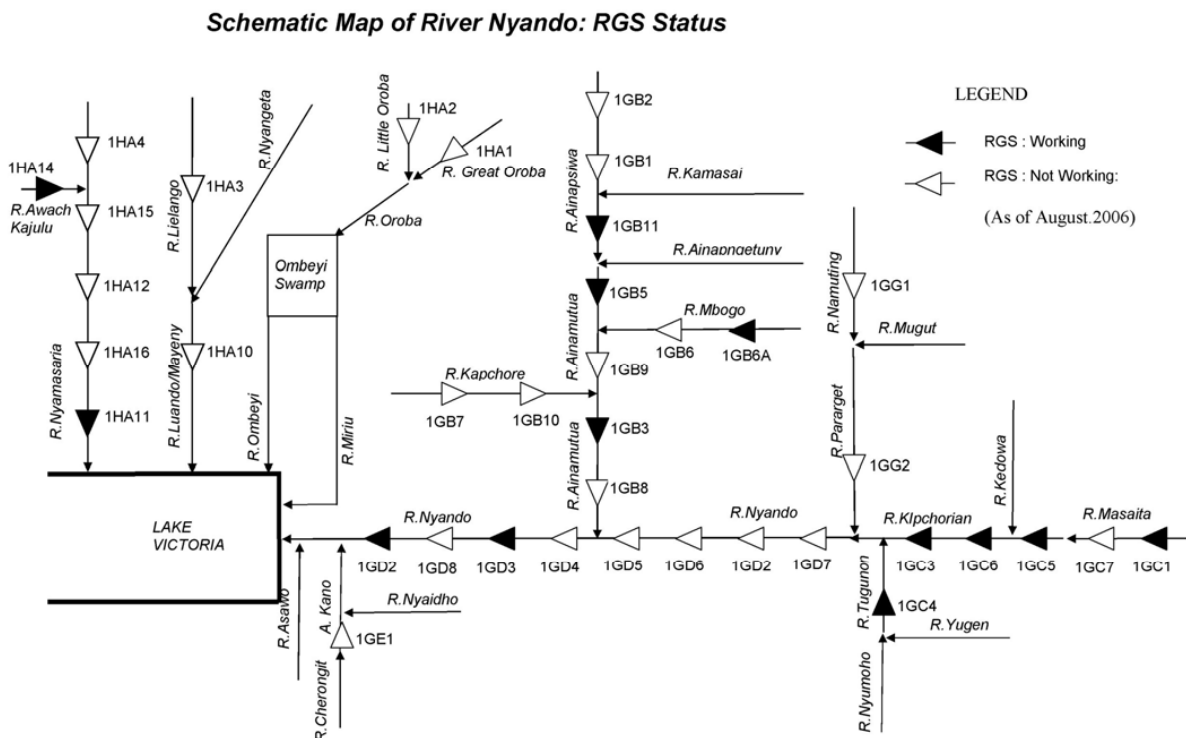
注) JICA 調査団作成

図 8.6 洪水氾濫実績図(平水年および既往最大)

9. 水文観測の現状

9.1 水文観測状況

- (1) 雨量観測は、上流域を中心として流域内および流域周辺の40雨量観測所で実施されている。主に、ケニア気象局(Kenya Meteorological Department : KMD)の管理下にある。
- (2) 水位・流量観測は、ビクトリア湖南部水供給公社(LVSWB)が図9.1に示す地点において観測を行っている。WRMAもデータベース構築中であるが、WRMAが発足して間もないこと、データベースの不備により、過去のデータとして収集している資料は、21観測所(うち、現在も観測実施中は12観測所)である。これらのデータは、主に全国水資源マスタープラン(JICA, 1992)時に構築した水文データベースによっている。
- (3) 本調査対象流域内において、National levelの観測所として位置づけられているのは1GD3観測所のみであり、自記水位記録計による連続的な水位観測が行われている。他の観測所においては1日2回午前と午後の水位観測のみである。
- (4) 本調査では、WMO報告書(2004)の確率流量解析結果を検証するため、主に1GD3における自記記録(2001~2005)の収集を行った。



注) JICA 調査団作成

図 9.1 水位観測所ネットワーク

9.2 水位観測データの信頼性

- (1) 既存調査では 1GD3 観測所データに基づいて流量確率の評価がされてきた。今回、水文資料を再確認したところ、1GD3 において、2000 年以降に初めて自記水位計（15 分毎の観測記録から最高水位を日最高水位として記録）が導入されていることが判明した。導入以前は 1 日 2 回の水位計測しかなく、このまま流量確率評価を行うには、母集団の設定に大きな違いがあることが判明した（図 9.2）。

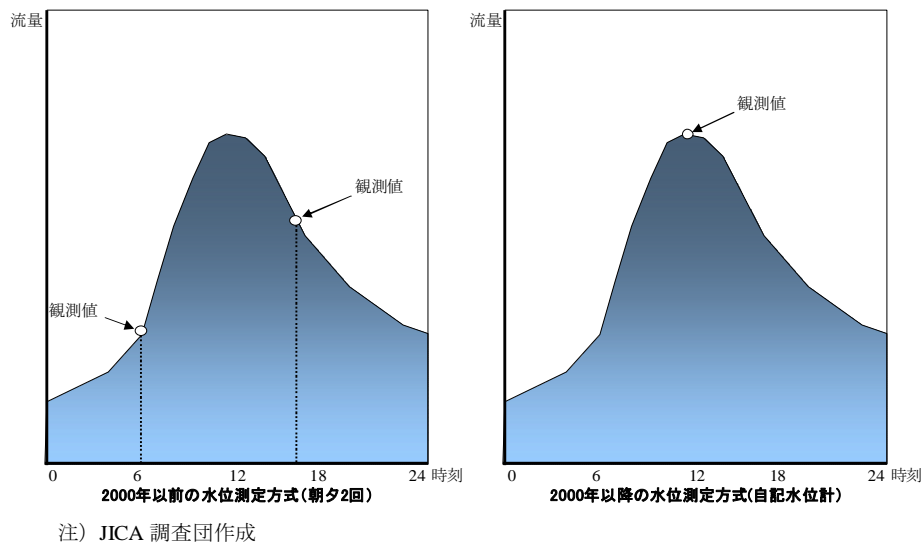


図 9.2 1GD3 観測所における水位観測方式の比較図

- (2) WMO(2004)報告書では、上述の流量データが全て同じ条件で扱われている。このため、2000 年以降の洪水ピーク流量が過去の流量確率評価値よりも 70%程度増加しており、これは上流域の荒廃によるものと結論づけられている。しかし、実際には、2000 年以降の洪水ピーク流量の増加は観測方式の違いに起因していると推察される。
- (3) 他方、上流域の現地踏査あるいは簡便な衛星画像分析結果（図 9.3）においても、上流域の荒廃、大規模な土壌浸食、あるいは森林域の減少などの顕著な現象は見られず、ピーク流量が大幅に増加する原因は見出せなかった。

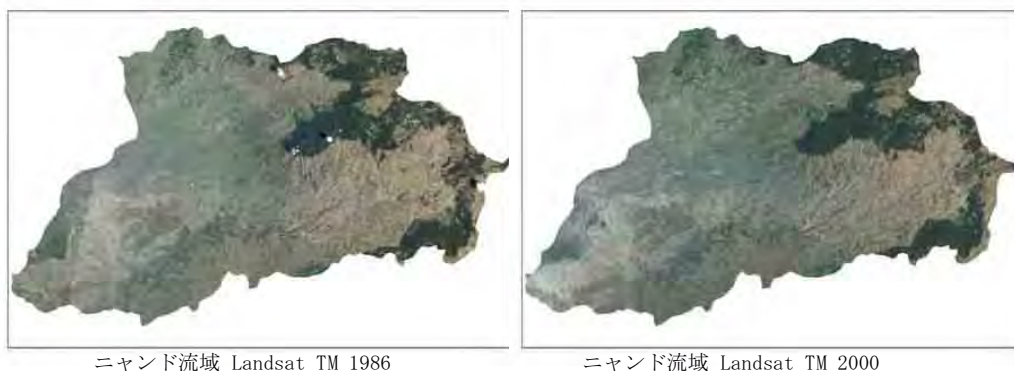


図 9.3 上流域における衛星画像による植生被覆分析