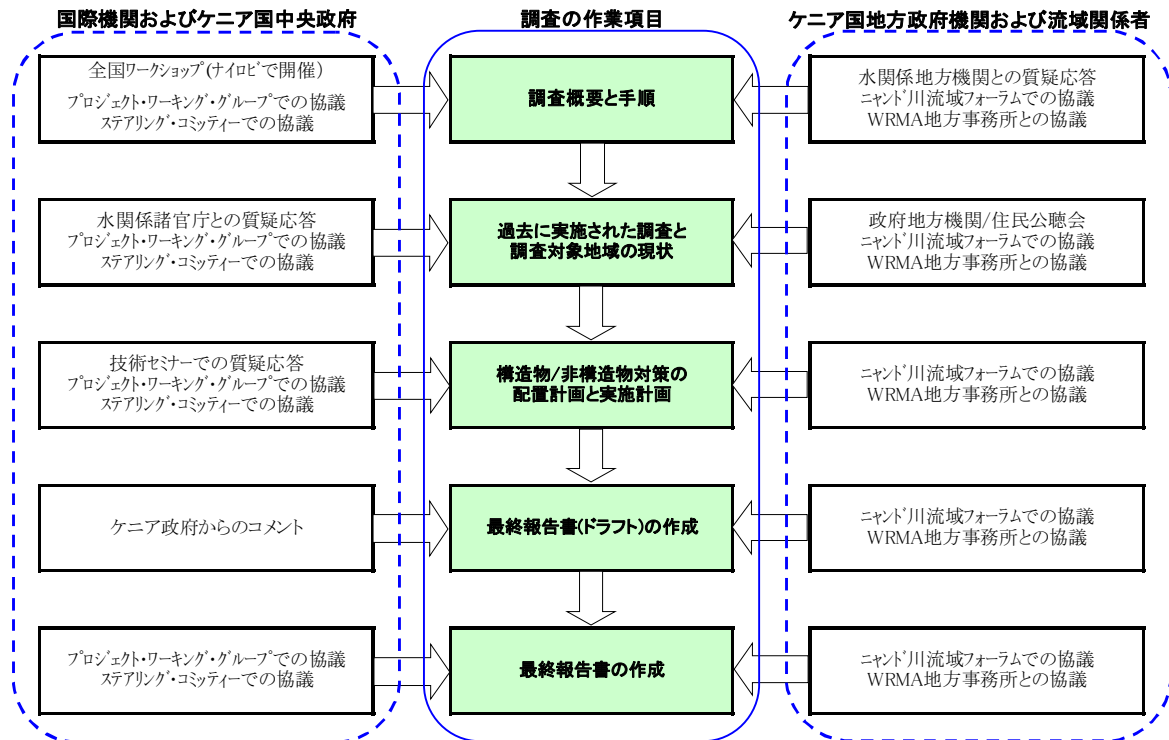


10. マスタープランの策定

10.1 マスタープランの策定プロセス

マスタープラン策定のプロセスは大別して、①調査概要と手順、②過去に実施された調査と調査対象地域の現状、③構造物/非構造物対策の配置計画と実施計画、④最終報告書(ドラフト)の作成、および⑤最終報告書の作成、の5作業項目である。これら5作業項目に対する国際機関、ケニア国中央政府および地方政府機関の参加状況を図10.1に示した。



注) JICA 調査団作成

図 10.1 マスタープランの策定プロセス

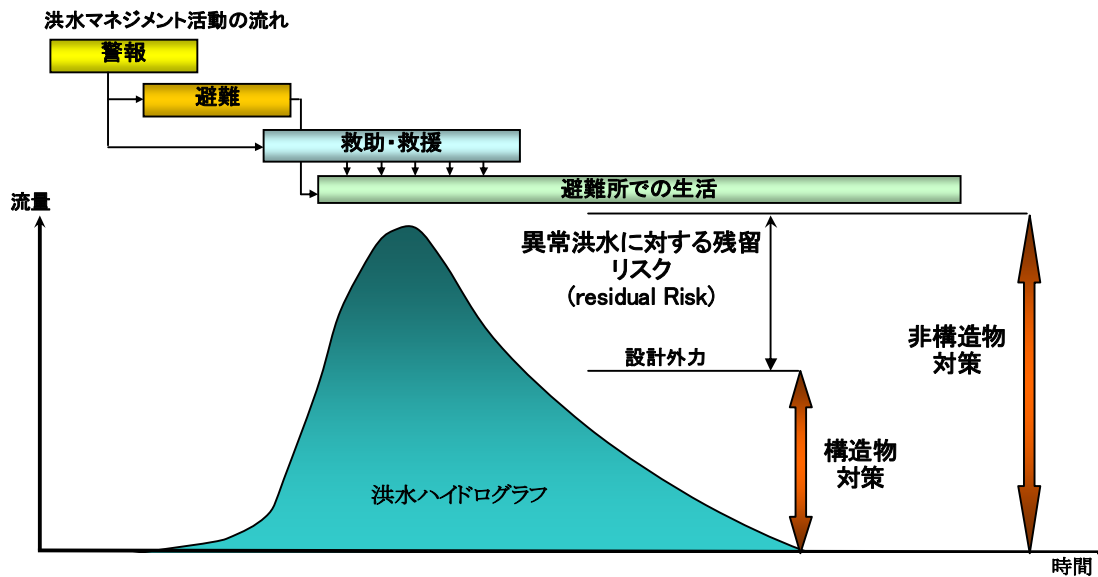
10.2 マスタープランの目標年次

ケニア国政府において、会計年度 2006/2007 における水セクターに係る国家予算は 19.5 億シリング(約 35 億円)であり、このうち 0.45 億シリング(0.9 億円)がニヤンド川流域の洪水制御事業に充てられた。仮に 2020 年をマスタープランの目標年次とし、現在から 2020 年までの洪水制御事業予算を単純に累計すると 6.3 億シリング(11.5 億円)となる。

この事業予算ではマスタープランの全ての実施計画を実行に移すには限度があり、また、コミュニティ住民の自助努力も期待した統合洪水管理の事業達成には長期にわたる実施が必要なので、マスタープランでは事業実施を短期、中期、長期の段階事業として実施計画を策定することが必要となる。したがって、本マスタープランで示した実施計画は短期および、それに続く中期計画の目標年次を 2020 年と設定し、2020 年以降に長期計画の実施を提案した。

10.3 構造物対策と非構造物対策

これまで、ニヤンド川流域では、M/P(1983)に示された構造物計画のうち、ニヤンド川本川（Ahero から下流 8km 区間）における堤防建設が実施されてきた。しかし、政府の資金不足もあり計画規模は小さく減災への寄与には限りがある。また、気候変動のリスクが増大するにつれ、洪水氾濫に対する適応策の重要性は明らかである。このため、非構造物計画（とりわけコミュニティ防災）が重要な役割を果たすことになる(図 10.2)。



注) JICA 調査団作成

図 10.2 構造物対策と非構造物対策の関係図

10.4 洪水ピーク流量

確率ピーク流量の解析結果を表 10.1 に示した。M/P(1983)では基本高水として 50 年確率ピーク流量(750m³/sec)が提案された。その後、MWI(1988)による見直しで、ニヤンド川下流域の土地利用形態が農地主体であるとして、基本高水として 25 年確率ピーク流量 (650m³/sec)が採用され現在に至っている。なお、WMO(2004)は、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しているが、この流量増加は水位観測手法の相違が原因であることが判明した。つまり、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。本調査における確率ピーク流量の再検討では、MWI(1988)が推奨した基本高水 (1/25) は現在では 1/7~1/8 に対応していると判断した。

表 10.1 流量観測所(1GD3)における確率ピーク流量の比較

(単位 : m³/sec)

再現期間 (年)	本調査 (2006)	過去のマスタープラン		
		WMO(2004)	JICA(1992)	M/P(1983)
5	610			450
10	730	863	437	550
25	890	1,044	564	650
50	1,000	1,178	659	750
100	1,130	1,310	752	850

注) JICA 調査団作成

10.5 最適開発規模

マスタープランの最適開発規模は施設建設費(C)と洪水被害軽減額(B)を算定して決定した。表10.2に内訳を示す。また、図10.3に各再現期間におけるB/CおよびB-Cを示した。

表 10.2 最適開発規模の算定

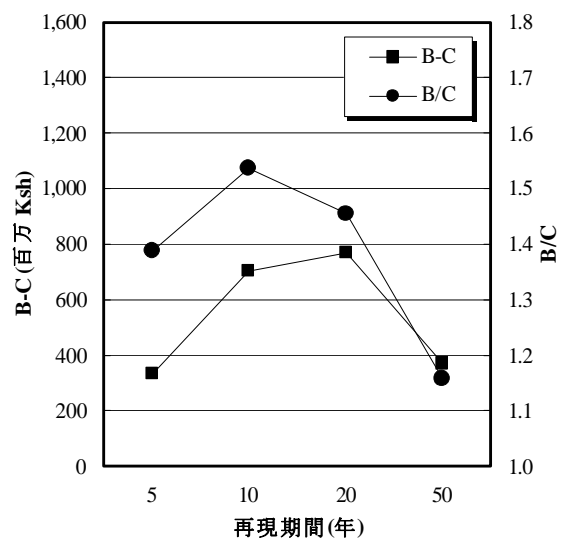
項目	単位	再現期間(年)				
		5	10	20	50	
I. 洪水規模						
1) 洪水ピーク流量	m ³ /s	600	730	850	1,010	
2) 洪水氾濫総量	百万m ³	381.7	412.6	441.0	478.9	
II. 費用:堤防建設費						
1) 堤防断面積	m ²	5.61	8.58	11.52	15.52	
2) 建設費	百万 Ksh	1,355	2,074	2,785	3,752	
III. 便益:洪水被害額						
1) 農業収穫高	百万 Ksh	623.93	674.30	720.80	782.80	
2) 補修費						
2.1) 道路	冠水	km	8.66	9.35	10.00	10.86
	修復費	百万 Ksh	67.52	72.97	78.00	84.71
2.2) 家屋	冠水	戸数	51,412	55,562	59,394	64,503
	修復費	百万 Ksh	682.72	737.84	788.72	856.56
3) 道路迂回による経済損失						
3.1) 迂回	期間	日	18.00	24.00	30.00	37.00
	追加費用	百万 Ksh	14.34	19.01	23.31	29.05
3.2) 経済滞留	費用	百万 Ksh	28.53	37.80	46.36	57.77
4) 救援活動		百万 Ksh	37.00	37.00	37.00	37.00
5) 被害総額		百万 Ksh	1,454.04	1,578.92	1,694.19	1,847.89
IV. 評価指標:費用便益						
1) 純現在価値(社会的割引率を10%と仮定)						
1.1) 建設費	百万 Ksh	854.4	1,307.9	1,681.9	2,365.8	
1.2) 年平均被害軽減期待額	百万 Ksh	1,186.3	2,008.0	2,448.8	2,737.2	
2) 費用便益指標						
2.1) B/C			1.388	1.535	1.456	1.157
2.2) B-C	百万 Ksh		331.9	700.1	766.9	371.3

注) Ksh はケニアシリングを示す。

注) JICA 調査団作成

治水事業における費用対効果分析は、治水事業が全国的にまだ低い治水安全度を全国のバランスをとりつつ効率的に向上させることを視野に進めるものであるため、費用便益比 (B/C) を用いて10年確率洪水を最適開発規模とした。

費用便益比を参照した理由として、指標として分かりやすいことや、指標が事業規模の違いの影響を受けないことが挙げられる。なお、経済的内部収益率(EIRR)は、民間市場と代替可能である事業ではその収益性を判断するのに有効であるが、治水事業は民間市場と代替は考えられないので参照していない。



注) JICA 調査団作成

図 10.3 費用便益指標

10.6 構造物対策

(1) 構造物対策として望まれる施設

構造物対策立案にあたり政府機関(MWI、WRMA、LVSWSB)、地方政府、ニヤンド川流域水管理フォーラムあるいはコミュニティ住民へヒアリングすると優先度の高い施設として挙げられるのは以下の通りである。

- 洪水を貯留し乾期の水利用を可能とする溜め池(Water Pan)あるいはダム、
- 洪水を予測し住民へ通報する洪水予警報の設置、
- 洪水を制御する堤防、河道通水能力を高める浚渫などの河道対策、
- 洪水時の安全な道路網/避難路の整備、および
- 河道通水能力を減少させる土砂流出防止施設

(2) 避難時に考慮すべき点

洪水氾濫域における救援・避難活動を考えた場合、洪水被害調査結果は被災住民の 40%が避難せずに家に留まっていることである。コミュニティへのヒアリングによればその理由は以下の通り。

1) 避難路は水面下であること。

浸水深は平均 0.6m。コミュニティを含め全域が水面下にある。氾濫水は多量の土砂を含んでいるため、水深 10cm 程度でも足元が見えない状況となる。避難路を示すなんの標識(目印)もない中で、道路沿いに記憶を頼りに歩くのは至難の業である。

2) 家財道具の盗難

住民によれば、避難する際に、女性と子供は避難所へ避難させるが、少なくとも一軒に一人の男性は留まる場合が多い。これは避難中の家財道具/家畜の盗難を恐れるからである。全員が避難するケースは稀である。

3) 避難途上の怪我が多い

住民のほとんどは避難する際には裸足である。逆に靴など履いていると足を取られて危険になる。このため、避難途上でガラス片や金属片による怪我が多くなる。水面下の様子がわからないことがこの怪我の可能性を高くしている。

4) 危害を加える野生動物との遭遇

避難途上で、蛇や野生動物(ワニやカバ)と遭遇することを住民は非常に恐れている。2006年 11 月下旬の洪水時の新聞によればワニに襲われて死亡といった記事が掲載された。

(3) 構造物配置での留意点

構造物の配置については、政府機関(MWI、WRMA、LVSWSB)、地方政府、ニヤンド川流域水管理フォーラムあるいはコミュニティ住民と議論を繰り返した。各河川流域における留意事項を表 10.3 に示す。

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

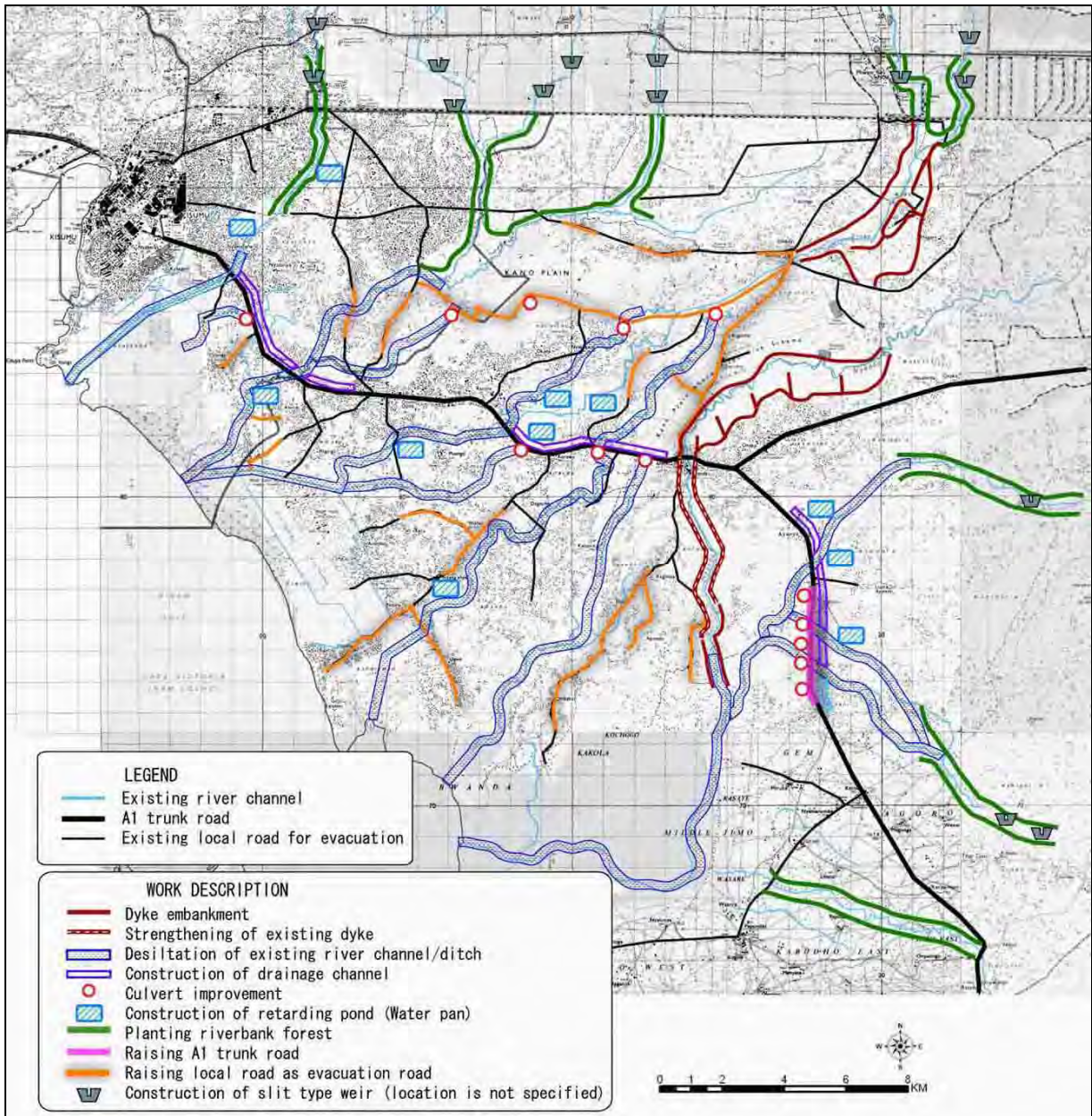
項目		留意事項												
1.	ニヤンド川本川	<ul style="list-style-type: none"> 10年確率の洪水に対応できるよう既存堤防の堤防高を高めるとともに、堤防の追加建設を行う。 堤防の改修・建設に加えて堤防に沿って排水路を設置し周辺部の排水を改善する。 河川に容易にアクセスできるよう堤防にランプを建設する。 												
2.	アワチカノー川およびニヤイド川	<ul style="list-style-type: none"> 5年確率の洪水に対応できるよう堤防の建設や浚渫を行う。 土砂補足のための小規模堰を建設する。 												
3.	ニヤマサリア川およびその他河川	<ul style="list-style-type: none"> ニヤマサリア川、オンベイ川、ルワンド川およびミリウ川について5年確率洪水に対応できる堤防の建設や浚渫を行う。 鉄砲水対策として、小規模堰や河岸への植林(河畔林)を行い、鉄砲水の流速低減、浮遊土砂の堆積を促進する。 												
4.	アワチカノー地域のA1国道における排水改善と道路嵩上げ	<ul style="list-style-type: none"> A1国道沿いに排水路を設置し、支川への背水を防ぐとともに適切に排水できるようにする。 国道に追加のカルバートを設置する。 一部区間(3km)で道路嵩上げを実施する。 												
5.	ニヤマサリア川からニヤンド川までのA1国道における排水改善	<ul style="list-style-type: none"> A1国道について道路沿いに排水路を設置し、支川へ流れ込む水の滞留を防ぐとともに適切に排水できるようにする。 国道に追加のカルバートを設置する。 												
6.	2次幹線道路(コミュニティ間道路)の嵩上げ	<ul style="list-style-type: none"> 洪水時には道路が水没し、地域の経済に深刻な打撃を与えるばかりでなく、避難活動にも支障をきたしている。このため、道路嵩上げを行い、水没を防止する。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>道路</th> <th>工事延長</th> <th>嵩上高(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.アヘローオンベイ道路</td> <td>10 km</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>2.オンベイ湿地帯道路</td> <td>12 km</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>3.下流地帯の道路</td> <td>総延長 15 km</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	道路	工事延長	嵩上高(m)	1.アヘローオンベイ道路	10 km	1.0	2.オンベイ湿地帯道路	12 km	1.0	3.下流地帯の道路	総延長 15 km	1.0
道路	工事延長	嵩上高(m)												
1.アヘローオンベイ道路	10 km	1.0												
2.オンベイ湿地帯道路	12 km	1.0												
3.下流地帯の道路	総延長 15 km	1.0												
7.	地球温暖化に対処した洪水貯留	<ul style="list-style-type: none"> 洪水氾濫域に溜め池を建設し、洪水時に氾濫水を貯留し、乾季に洗濯用・農業用水・家畜飲料水として利用する。 洪水ピークを低減し、洪水貯留により乾季の農業用水の放流をおこなうことを目的としてダムを建設する。 上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などが必要である。 												

注) ステークホルダーとの協議に基づき JICA 調査団が作成。

(4) 構造物の配置

下流域における洪水被害緩和策の強化を通じて、ニヤンド川下流およびニヤマサリア川流域で頻発する洪水・浸水被害を軽減することが重要である。

マスタープランにおける構造物対策は下図に示す 6 項目に及ぶ。すなわち、①避難路の嵩上げ、②築堤、③河川改修、④排水整備、⑤溜め池の造成、⑥支川の土砂流出の軽減である。図 10.4 に概略位置を示した。



注) JICA 調査団作成

図 10.4 マスタープランの構造物対策の配置図

(5) 実施計画

施設計画の実施計画は、以下の3段階で実施することを提案した。

1) 短期計画(2008-2012) : 氾濫域における避難路ネットワークの整備

短期計画としてコミュニティと主要道路を結ぶ避難路ネットワークの整備を緊急課題とした。異常洪水時にも救援・避難活動が安心して実施できることを目的としている。

2) 中期計画(2013-2020) : 洪水流量の低減

中期計画として、洪水ピーク流量の低減を目的とした施設計画を提案した。上流部におけるダム建設、洪水氾濫域よりやや上流部において、輪中堤・二線堤・横堤を配置することで流量低減を提案する。他方、既設堤防の補強・下流部における河道内の排土による通水能力の維持が必要となる。

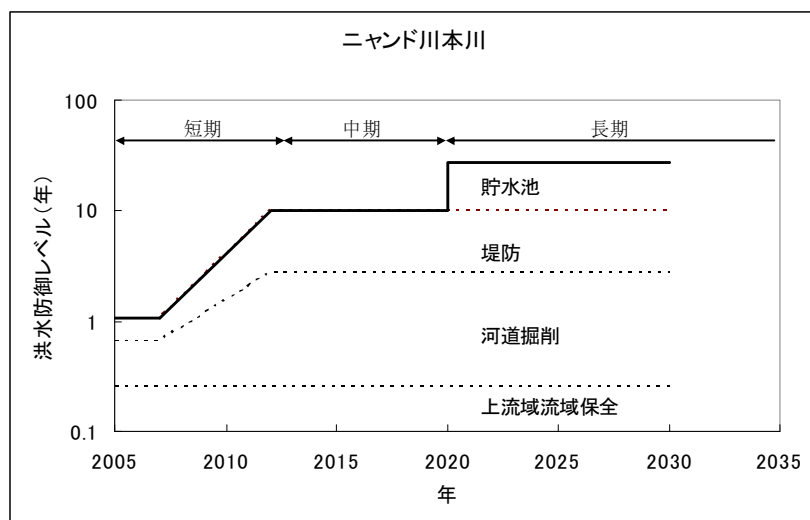
他方、下流域の支川では、鉄砲水の初期流量の低減、河道浸食防止および土砂捕捉を目的として堰の建設を提案している。

3) 長期計画(2021 以降) : 治水安全度の向上

中期計画で示された施設計画を継続することで流域全体の治水安全度の向上に資することを提案した。

ステークホルダーと合意した構造物対策に対する留意事項に基づき、流域の治水安全度と構造物対策の実施シナリオの概念を示したのが図 10.5 である。

上流域の保全を引き続き実施するとともに、堤防強化や河道掘削により治水安全度を最適開発規模まで向上させ、その後のダム建設を行うことで気候変動による洪水流量増加にも対処することになる。



注) JICA 調査団作成

図 10.5 治水安全度と構造物対策の実施シナリオ

10.7 非構造物対策

(1) 洪水管理サイクル

構造物対策だけでは対処しきれない大規模洪水に備えるため、洪水管理サイクルに沿った非構造物対策を提案した(図 10.6)。

(2) 予警報の可能性と限界

ケニア政府は洪水予警報の設置に対して優先度が高いと考えており、洪水予警報システム整備を欠くことはできないが、調査対象地域における洪水到達時間を河川毎に算定すると図 10.7 となる。

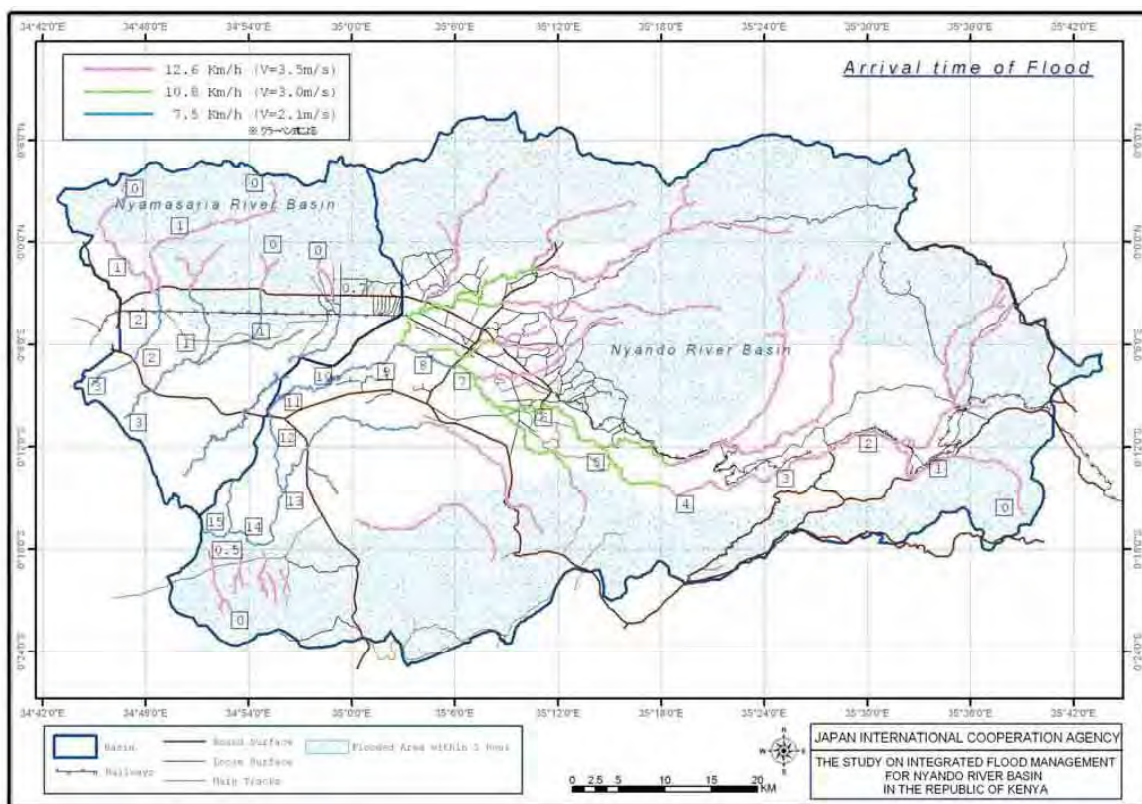
ニヤンド本川における洪水到達時間は氾濫域まで約 10 時間と推定され、予警報システムが機能する可能性が高い。他方、北部山間部から流出する支川流域では、洪水到達時間は 1 時間弱(図中、青色で網掛けした部分)であり、たとえ山間部で豪雨を観測しても警報発令までの時間は短い。

北部あるいは南部支川流域には、洪水予警報システムの構築とともに、洪水初期流量を低減する構造物対策との並行実施を提案した。



出典: Speightstown Community Disaster Management Plan, (JICA, 2006)

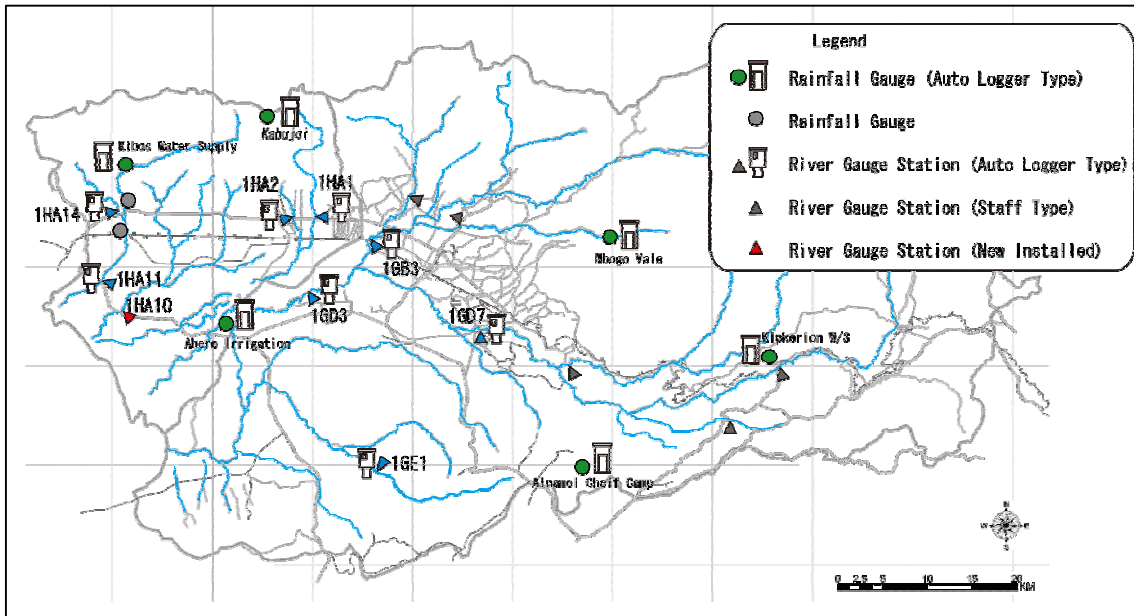
図 10.6 洪水管理サイクル



注) JICA 調査団作成

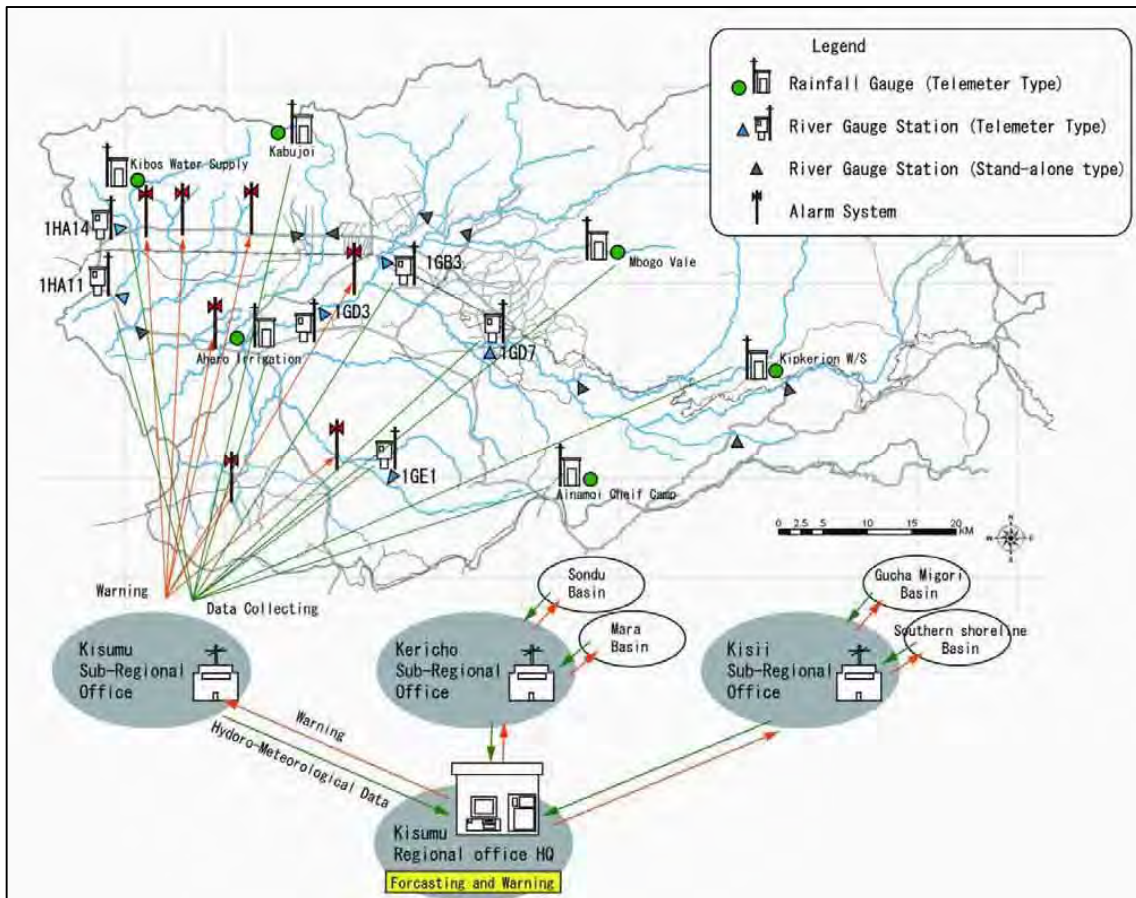
図 10.7 洪水到達時間

マスタープランで提案した、水文観測ネットワーク（短期計画）を図 10.8 に示し、予警報システム(中・長期計画)の配置図を図 10.9 に示した。



注) JICA 調査団作成

図 10.8 水文観測ネットワークの構築(短期計画)



注) JICA 調査団作成

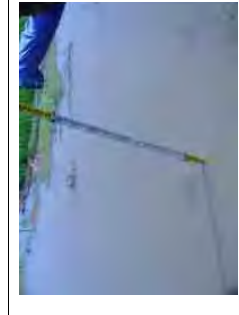
図 10.9 洪水予警報システムの構築(中・長期計画)



洪水氾濫図の更新
(公聴会の様子)



河川構造物の最新情報の収集



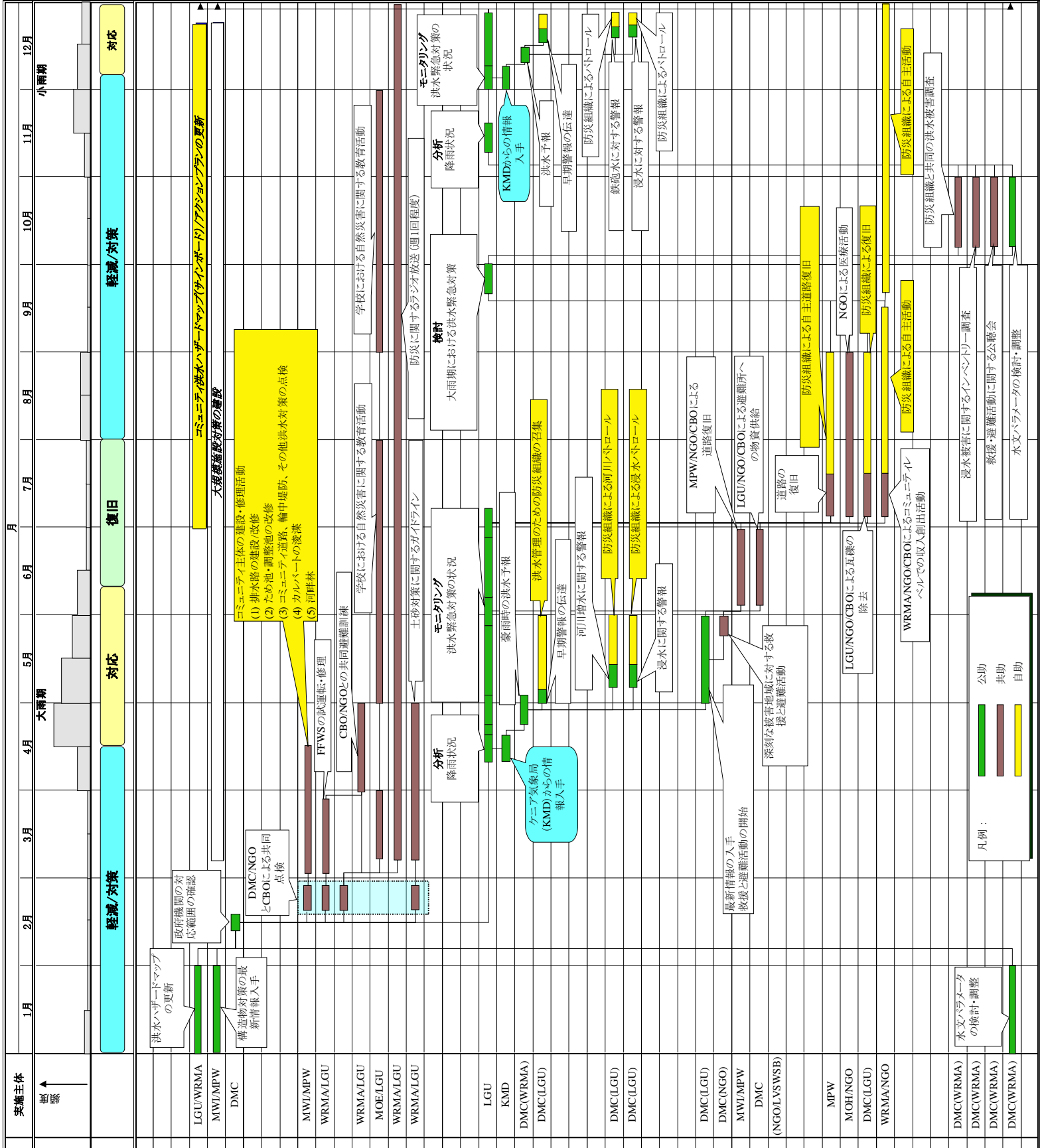
河川流量の把握



上中流域の流域保全



洪水避難時の警報伝達



凡例：

- 公助 (Green bar)
- 共助 (Brown bar)
- 自助 (Yellow bar)

大規模避難対策の建設
コミュニティ洪水ハザードマップ(サイボード)の更新
コミュニティ主体の建設・修理活動
(1) 排水路の建設/改修
(2) ため池・調整池の改修
(3) コミュニティ道路、輪中堤防、その他洪水対策の点検
(4) カルバートの液漏
(5) 河畔林