

第8章 総合土砂管理

8.1 検討目的及び検討フロー

本章ではナンディ川の土砂動態について、主に現況把握の観点から調査、検討を実施した。

ナンディ川において特に重要な土砂動態は、海浜を形成する砂分、シルト分など浮遊砂の流出土砂量の把握である。これら浮遊砂は主に本川及び支川の上流・中流域で生産される表面侵食土砂と推定される。

そこで、浮遊砂の流出量の現状を把握するために必要な現地再委託調査を実施し、本プロジェクトで別途実施された河川地形測量、流出解析モデルを用いて河床変動解析を実施した。そして、解析結果を基にナンディ川流域における現況及び将来の土砂移動量や河口流出土砂量を算出するとともに洪水対策の影響検討を行った。

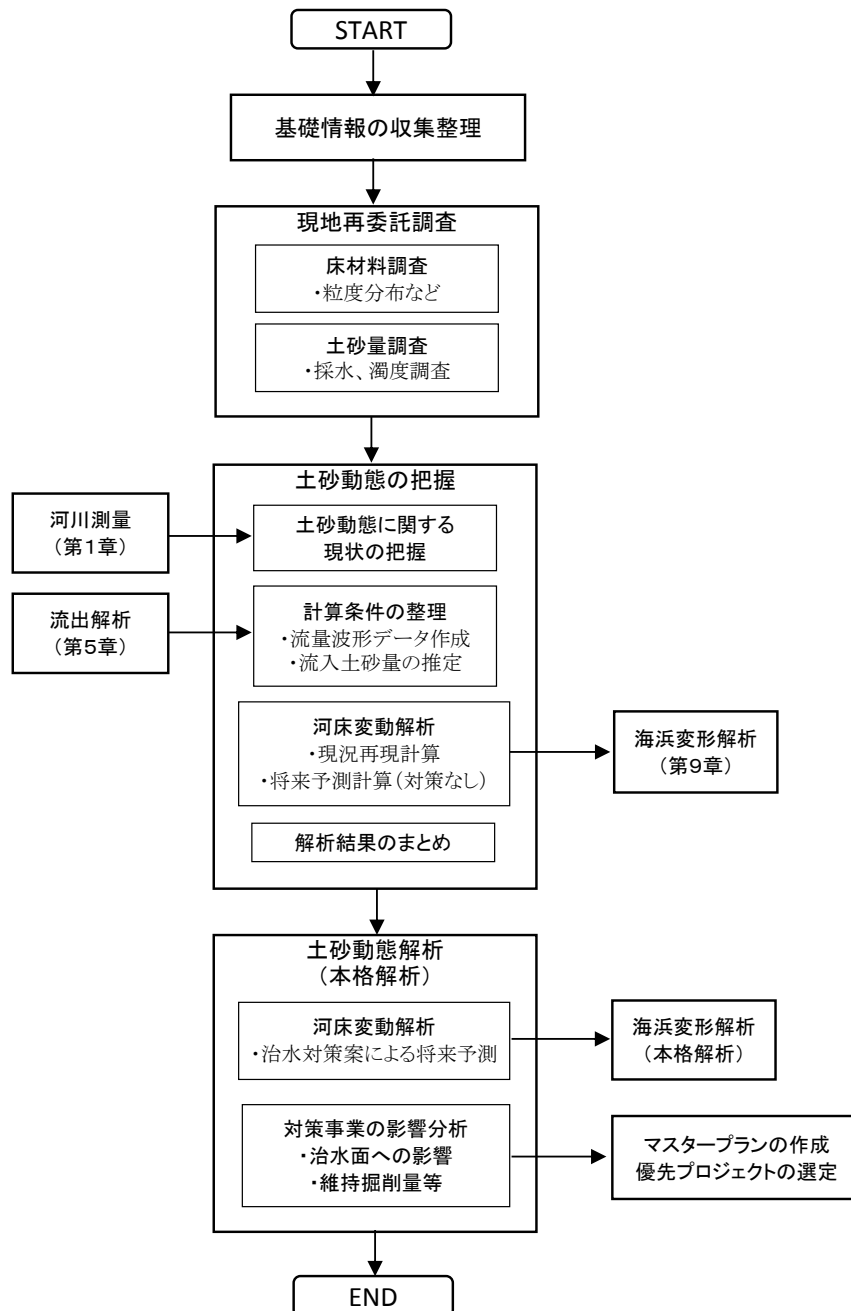


図 8-1 検討フロー

8.2 土砂動態解析

8.2.1 将来予測計算

再現計算で検証された河床変動解析モデルを用いて将来予測計算を実施した結果を図 8-2 に示す。これより以下のことがわかる。

<下流区間の河床変動について>

- 0～4km では 1m 程度の河床低下が認められるが、これは再現計算の節でも述べたように本モデルでは河口部特有の土砂堆積機構を考慮するのが困難であることが起因しているためと考えられ、実際には波浪や塩水の化学的作用によって粘土・シルト成分の堆積が促進されると推測される。
- 上記以外は年の経過とともに部分的な河床の上昇や低下は認められるものの 1m 前後の変動に留まっており、比較的安定している。

<中流区間の河床変動について>

- ナモシ川合流点の下流部でやや堆積傾向が認められるが、中流区間も 1m 前後の変動に留まっており、比較的安定していると考えられる。

<流下土砂量について>

- 将来予測の結果、本川筋と支川筋の粘土・シルト・細砂の合計値は 11 万 m^3 /年:2.6 万 m^3 /年となり4:1となった。今後も流域の土地利用状況や気象状況に大きな変化がなければ、これまでと同程度の流下土砂量が発生すると考えられる。

8.2.2 まとめ

- 現況においては中流部でやや河床低下が認められるが変動は 1m 前後であり、比較的安定している河床と考えられる。また、下流部では 2008～2012 に実施された河道浚渫(合計 1,651 千 m^3)によって 4km～8km 区間で 1～2m の河床低下が認められた。なお、0km～4km 区間は 1998 年の河床高と同程度であり、浚渫後に粘土・シルト分が再堆積したものと推察される。
- 河床変動計算による 1998 年～2014 年の 17 年間の現況再現計算の結果、河口流出土砂量は年間 160 千 m^3 であり、ほぼ 10 割が粒径 0.2mm 以下の粘土、シルト、細砂である。これらのうちのシルト、細砂分が現状のナンディ川河口沿岸の海浜形成に寄与していると考えられる。
- 洪水対策事業を実施しない場合の将来 50 年間の予測計算を実施した結果、ナンディ川の河床地形に特に大きな変化は生じなかった。現況の河道地形は土砂の流入と流出がバランスした安定的な河道と考えられる。また、河口流出土砂量は年間 139 千 m^3 となり、現況よりもやや少ない土砂量となった。

8.3 洪水対策による影響検討及び緩和策検討

構築した河床変動モデルを用い、選定された洪水対策案による将来予測を実施した。予測期間は計画規模と同等年数(50 年間)とし、「対策事業なし」の予測結果と比較することで対策事業による影響を抽出するとともに、緩和策の検討を実施した。対策予測では、マスタープランのうち本川・支川の河道拡幅、遊水地の設置による河道の変化状況を予測する。

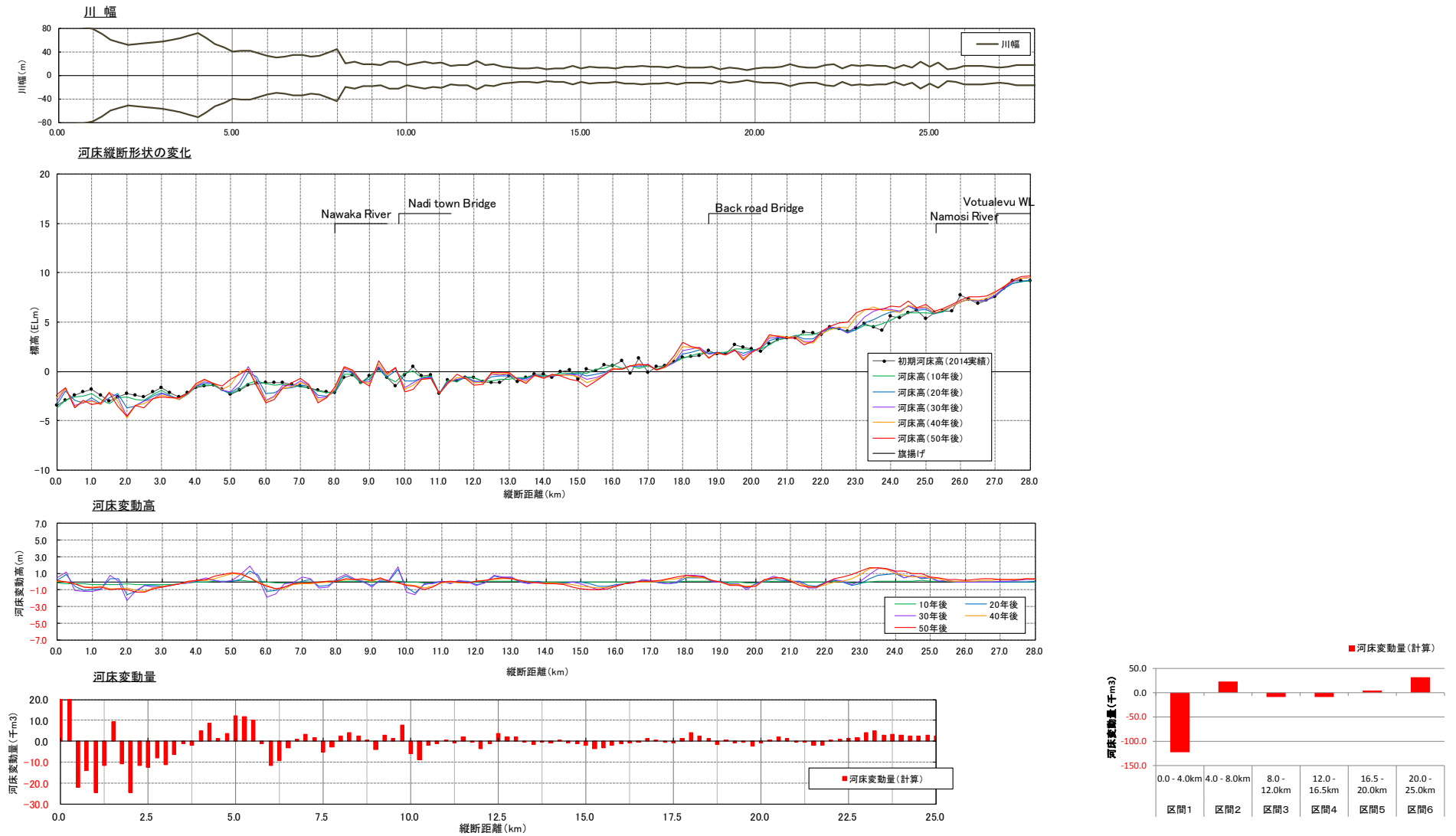


図 8-2 将来予測結果(無対策:ナンディ本川区間)

8.3.1 対策事業による将来予測

将来計算の結果を図 8-3 に示す。これより以下のことがわかる。

< 下流区間の河床変動について >

- 0～5km の河道区間は 5km 上流部に比べて掘削規模が小さく、改修前と同様に 1m 程度の河床低下が認められる。しかし、この点は再現計算の所でも述べたように河床変動モデルの限界であり、実現象としては、波浪や塩水の化学的作用による粘土・シルト成分の堆積が促進されると推測される。
- 5～10km 区間は拡幅区間であるが改修後の河床地形に大きな変化は認められず、比較的安定していると考えられる。

< 中流区間の河床変動について >

- 中流区間では河道掘削区間(拡幅部)より上流の河道において河床低下が生じた。これは河道拡幅によって洪水時の水位が低下するようになった結果、上流の未改修区間の水位も低下して出水時の流速が増加し、河床低下が進んだものと推察される。河床低下区間は 19k～21k であり、河床低下量は最大で 2m 程度であった。

< 流下土砂量について >

- 対策予測の結果、本川筋と支川筋(ナワカ川・マラクア川)の粘土・シルト・細砂の合計値は 11 万 m^3 /年:1 万 m^3 /年となった。今後も流域の土地利用状況や気象状況に大きな変化がなければ、これまでと同程度の流下土砂量が発生すると考えられる。
- また、対策予測計算では遊水地を考慮しているが、解析の結果、1 千 m^3 /年程度の粘土～中砂の土砂が遊水地に捕捉されると推定される。

8.3.2 対策事業による影響分析

前述の対策なしの将来予測結果と対策事業等を考慮した将来予測結果(対策予測結果)を比較し、対策事業による治水面への影響を定量的に分析した。

(1) 治水面への影響

「対策事業あり」と「対策事業なし」の将来 50 年後の予測結果について比較を行った。平均河床高、河床変動高の観点で比較した結果を図 8-4 に示す。

治水面への影響として一般的なものは、河床上昇に伴う流下能力の低下、河床低下による護岸崩壊等の治水施設への影響が考えられる。図を見ると、19k～23k 付近の河床低下、0k～5k 付近の細粒土砂の堆積(河床上昇)が比較的顕著な現象であることから、これらの現象について治水面での影響について考察する。

1) 河床低下

19～23k では比較的広範囲にわたって河床低下が生じている。50 年間で平均河床高が最大 2m 程度低下すると予想された。平均河床で 2m の低下なので最深河床高は更に深くなることから、将来的には治水施設に影響を及ぼす可能性がある。しかし、すべての地点で一様に河床低下するわけではない。また、河床低下は比較的侵食されやすい箇所から徐々に進行していくことから、早急な対策を講ずる必要性は小さいと考えられる。

2) 河床上昇

河床上昇は 0～5k の区間で発生する可能性がある。予測結果では対策事業の有無で河床高の変化に違いは認められなかったが、過去の実績において当該区間では河道浚渫を実施している。なお、河口部の通過土砂量を確認すると、対策事業なしの場合:13.9 万 m^3 /年、対策事業あり:13.8 万 m^3 /年となっており、対策事業によって堆積土砂量が増加するわけではない。よって、事業の影響という意味では河口部の浚渫は対象外と判断する。

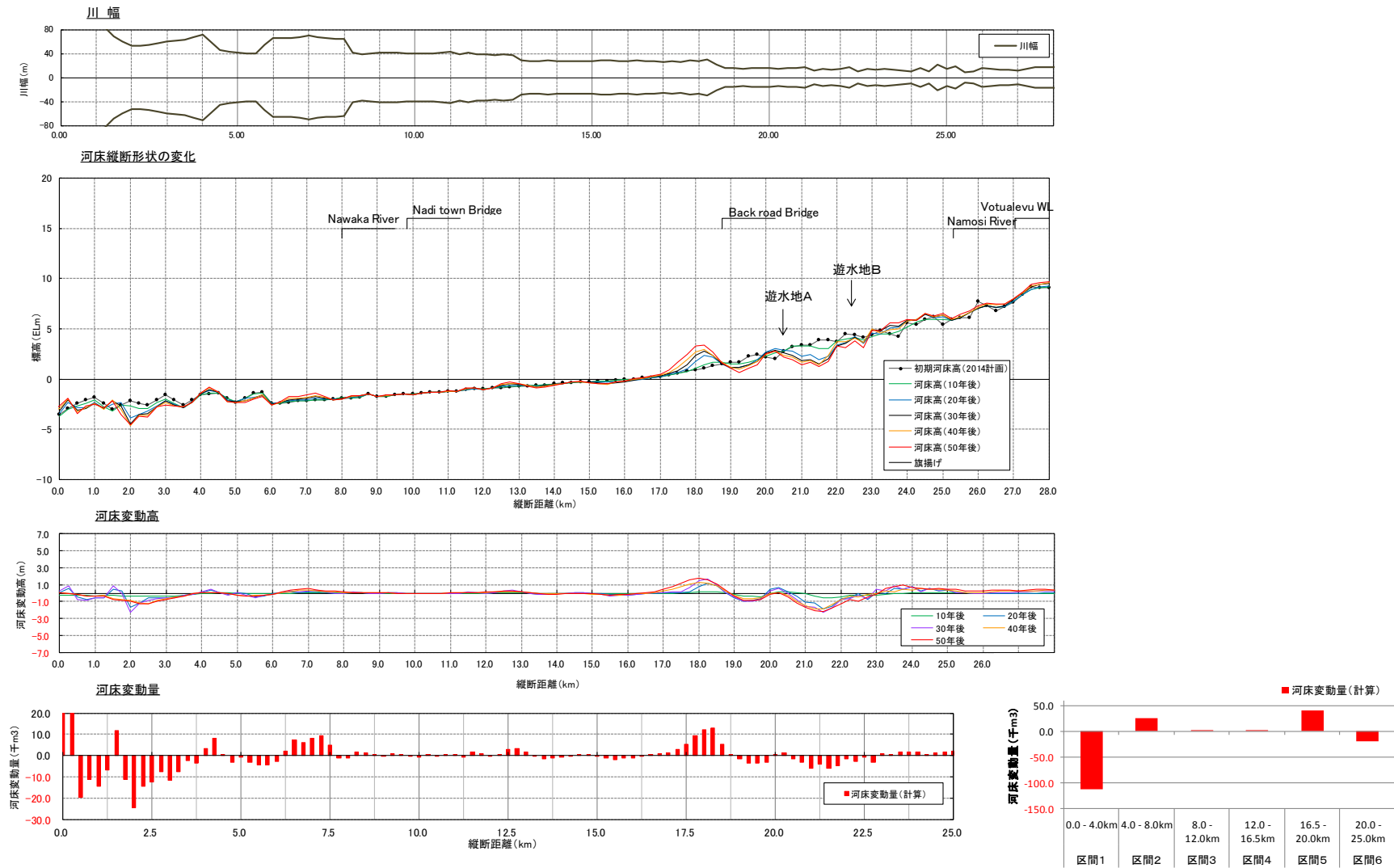


図 8-3 対策予測結果(対策あり:ナンディ本川区間)

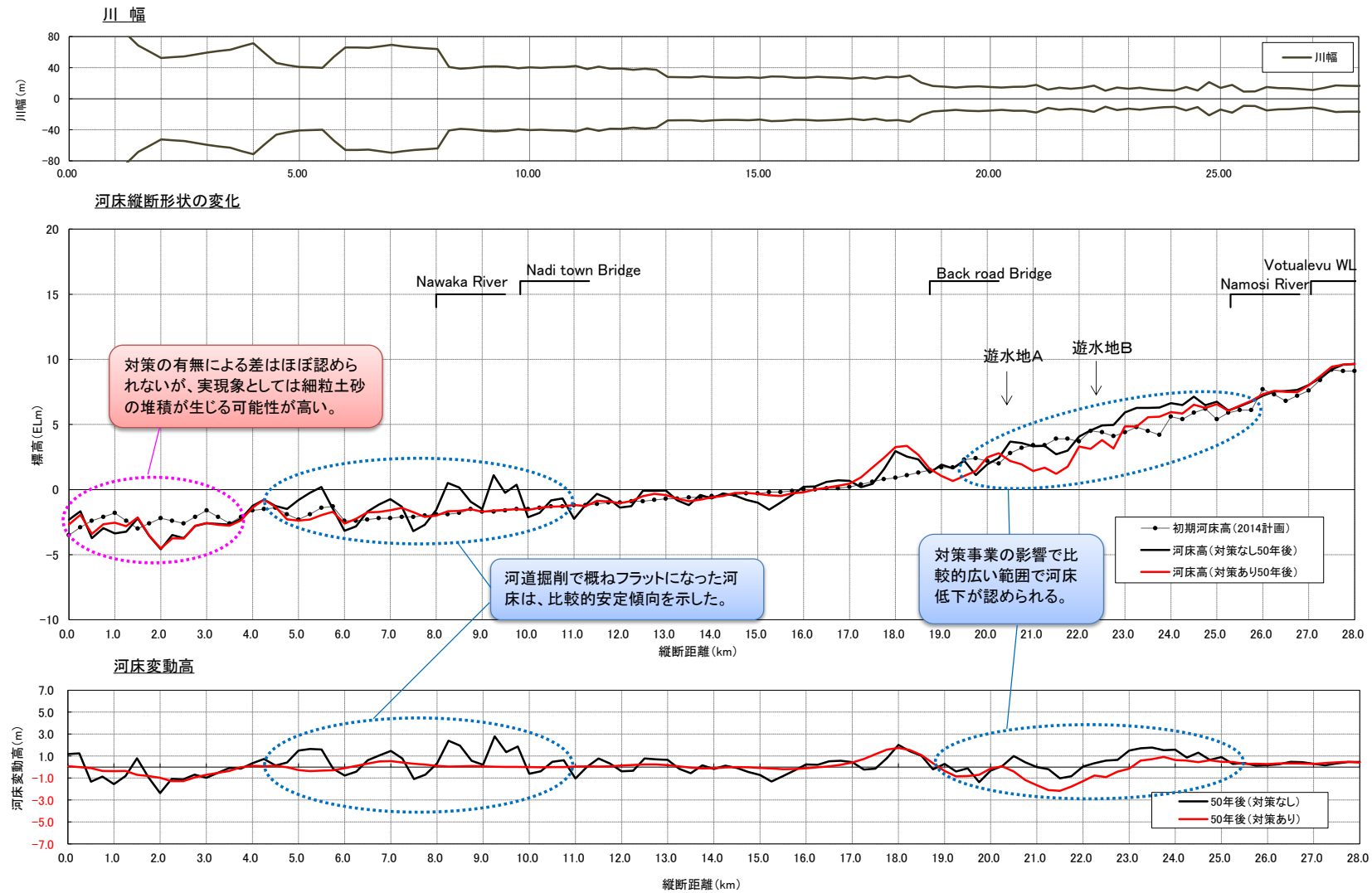


図 8-4 事業対策の有無での地形変化の比較

8.3.3 緩和策の検討

対策事業の影響分析結果を踏まえ、課題箇所の整理、緩和策の必要性の整理を行い、今後の対応策について検討した。

(1) 課題箇所の整理

対策事業の影響分析の結果、影響が比較的顕著に現れていたのが 19k～26k の河床低下区間である。原因は河道拡幅に伴う洪水時の流況変化であり、発生メカニズムとしても定性的に生じ得る現象である。

(2) 緩和策の必要性の整理

河床変動解析結果を参考に課題箇所の河床低下の状況を再度確認すると以下ようになる。

- ✓ 事業実施 10 年後に 22k 付近で河床が約 1m 低下する。
- ✓ 事業実施 20 年後になると低下区間が 22k 付近から下流方向に拡大。深掘れは 2m 近くなる。
- ✓ 事業実施 30 年以降、低下区間の規模は概ね安定する。

これより、本事業対策で生じる河床低下は短期間で発生するタイプではなく、徐々に発生・発達するものと考えられる。

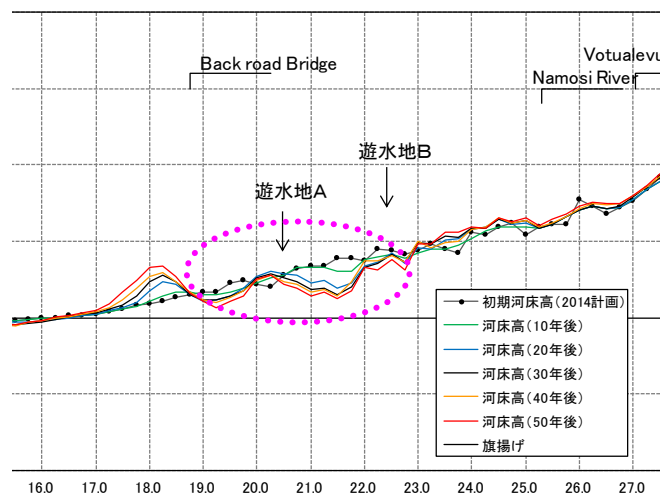


図 8-5 課題箇所の地形変化状況

また、一般的な河床低下対策として床止め工が考えられるが、「床止めの構造設計手引き(国土開発技術センター編)H10.11」の中で、「河床が安定せず長期的な低下傾向が続く場合には対策が必要とされる」との記述もあり、河床低下対策は実際に生じてみないと不確定なことが多く含まれる。また、上述のように当該河床低下は徐々に発達する現象であることから、基本的には発生後対応が妥当と考えられる。

以上から、当該課題箇所に関しては対策事業に合わせて緩和策をすぐに講じることはせず、対象区間の地形変化状況に合わせた対応をとることとする。

(3) 課題箇所への対応方針

総合土砂管理の分野で抽出した課題箇所(河床低下区間)については、前述のとおり、すぐに緩和策を講じることはせず、当面は地形変化状況をモニタリングするとともに、砂利採取のような直接的な河床低下を制限するなどの対応をとることが適切と考えられる。

表 8-1 課題箇所への対応

課題箇所	課題点	対策事業との関連性	緩和策の必要性	対応方針
19k～23k	河床低下	河道拡幅に伴う洪水時の流況変化	当面の必要性は低い	<ul style="list-style-type: none"> ・地形の定期的な監視 ・当該区間の砂利採取の制限

第9章 海岸

9.1 検討目的及び検討フロー

総合土砂管理は、河川流域から河口・沿岸域までの連続した個々の領域における土砂動態に関する課題を、総合的に捕え管理するものであり、ナンディ川流域の治水計画マスタープランを策定しようとする際の重要な視点の一つである。

本章では、そのうちの河口・沿岸域等の海岸領域を対象に、洪水対策によって生ずる浸食・堆積など、土砂移動によっておこる海岸の影響を予測し、もっとも適した対策案の選定と、その影響を評価するものである。

海岸の検討フロー（図 9-1）に示すように、「海岸の現地調査」、「現況解析」、「対策後の将来予測計算」の3つのステップに分けられる。

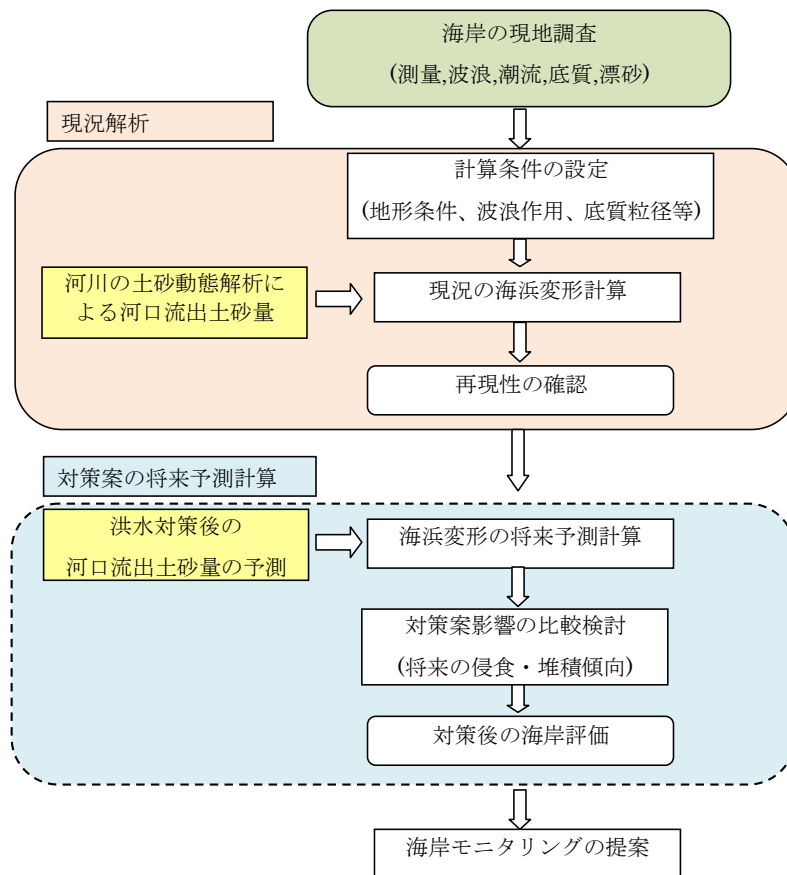


図 9-1 海岸の検討フロー

「海岸の現地調査」では、乾季・雨季の2回の現地調査により、測量、波浪・潮流などの流れの観測、底質、漂砂等の調査を行った。

「現況解析」では、まず、現地調査の結果をもとに海浜変形計算の計算条件を設定する。次に、河川の土砂動態解析で得られた過去から現在に至るナンディ川の河口流出土砂量を、海浜変形の計算モデルに与えて現況再現解析を行い、現況の再現性を確認する。

「対策案の将来予測計算」では、それぞれの洪水対策案における対策後の河口流出土砂量の予測に基づき海浜変形の将来予測計算を行い、各対策案の侵食・堆積傾向を相互に比較検討することによって海岸影響の面から見た対策案の評価を行う。

対策後の海岸評価の結果より、侵食傾向のある海浜区間のモニタリング観測など、必要に応じて、将来にわたり持続的な海岸管理のために有効な管理方法を提言する。

9.2 海浜変形解析

9.2.1 将来予測計算

再現計算で検証された海浜変形解析モデルを用いて将来予測計算を実施した結果を以下に整理する。

(1) 等深線の変化

図 9-2 は、現況施設のままで気象海象条件は変わらないとした場合の 50 年後の将来予測計算結果を示したものである。これによると、現況再現で見られた漂砂の卓越方向は、将来計算においても同方向に継続する。河口からの流出土砂は、洪水時に大量に流出してくるのが実際であるが、この計算では年間の流出土砂を平均的に流出させているため等深線変化は僅かづつの一様な進行である。そこで変化の分かりやすい 50 年後の予測結果、図 9-2 で等深線の変化を見てみる。

(ナンディ川河口)

図 9-2 によると、ナンディ川からの流出土砂は継続的に堆積し、河口テラスは徐々に沖側に張り出していく傾向にある。Denarau 岬の南側については南行の漂砂が卓越しているため、南行きの沿岸漂砂によって生ずる岬の南側海岸の汀線後退の傾向は、将来も継続すると見られる。

(Denarau 岬周辺の汀線後退)

Denarau 岬の周辺は観光開発が進んでおり、観光資源としての砂浜は重要である。現況の将来予測計算によると、岬を挟んで南側、北側ともに、汀線 (Depth 0m) はゆっくりとした浸食傾向にあると予測されている。なお、将来予測計算では人工的な養浜はなしとした。なお、Denarau 岬の北側海岸については、さほど明瞭ではないものの漂砂は北方向を向いており、海岸の砂が北方向に移動する傾向が見られる。海岸の北側端に突堤があるため、移動した漂砂がこの付近に堆積していると見られる。

(ナンディ湾)

ナンディ湾は、ナンディ川河口側に比べて変化量が少ない。漂砂の移動に伴う局所的な汀線後退は見られるが、全体的には汀線位置があまり変わらない。ただし、汀線よりも深い-2m以下の水深においては、徐々に底質が堆積する傾向が見られる。なお、今回の予測計算では、ナンディ川による海浜変形への影響を調べるため、ナンディ湾にそそいでいる他の河川の河口流出土砂の流入を無視している。このため、ナンディ湾内の土砂堆積の総量については過小評価されている可能性がある。

(2) 沖合流出土砂量

表 9-1 は、ナンディ川河口からの年間平均流出土砂量の将来予測値と沖合流失土砂量等をまとめたものである。これによると、ナンディ川からの河口流出土砂量は、139.4 千 m³/年で、そのうち等深線変化に寄与する土量は 27%程度であり、残りの約 73%が沖合に流出すると予測される。

表 9-1 将来予測計算による各等深線の堆積土量と寄与率

等深線 (m)	河口流出量 (m ³ /year)	寄与率	等深線堆積量 (m ³ /year)	沖合流失土量 (m ³ /year)
1.0	1,449	1.00	1,449	0
0.0	1,449	1.00	1,449	0
-1.0	10,034	0.90	9,031	1,003
-2.0	7,339	0.70	5,137	2,202
-3.0	10,017	0.50	5,009	5,009
-4.0	12,695	0.40	5,078	7,617
-5.0	15,374	0.30	4,612	10,762
-6.0	18,051	0.20	3,610	14,441
-7.0	20,729	0.10	2,073	18,656
系外流出量	42,200	0.00	0	42,200
河口流出量	139,337	0.27	37,448	101,889

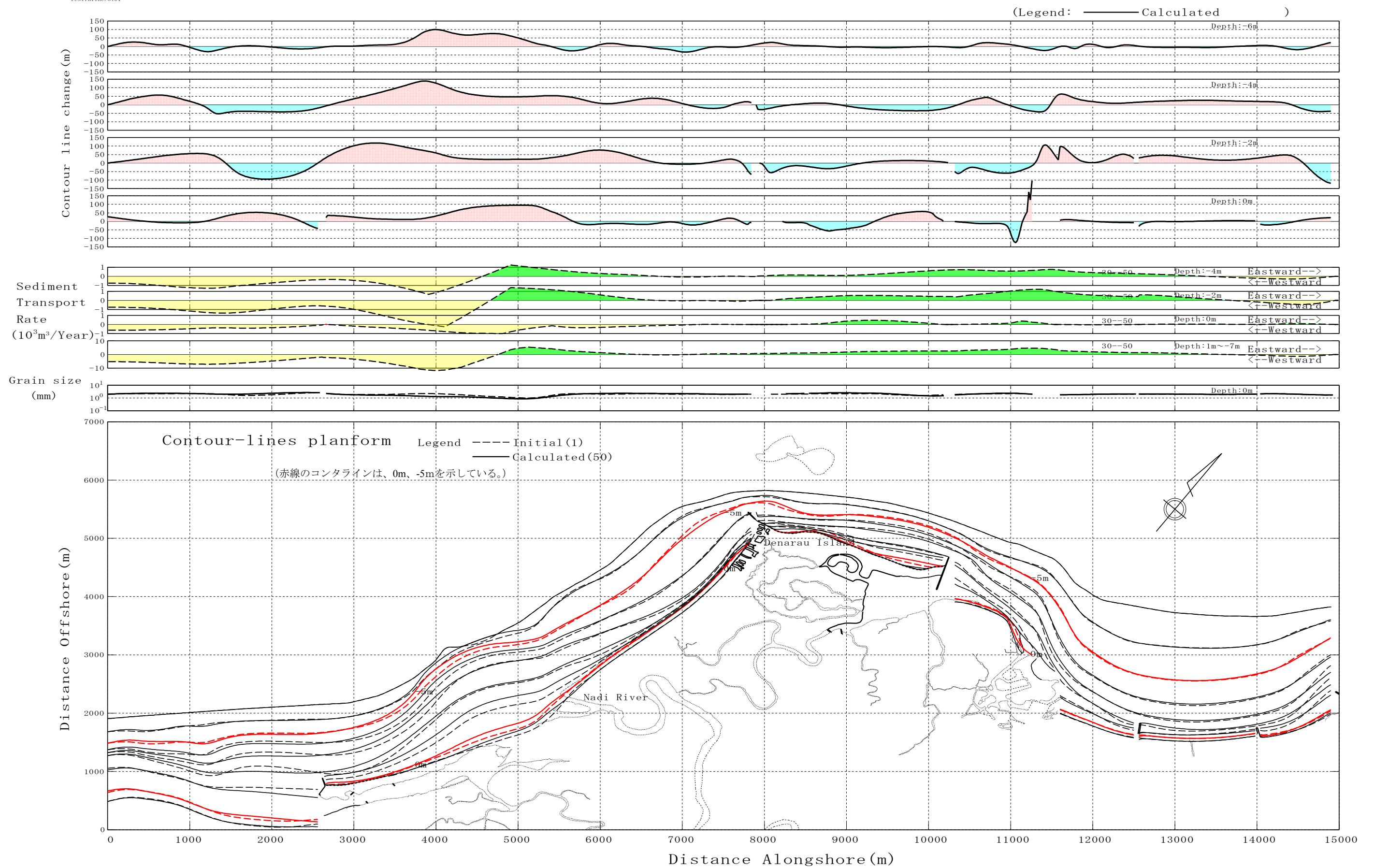


図 9-2 等深線変化の予測計算結果 (50年後)

9.3 洪水対策による影響検討及び緩和策検討

9.3.1 対策事業による将来予測

最終案として選定された洪水対策案を実施した場合の等深線変化の予測計算を実施した結果を以下に示す。次ページの図 10-73 に、対策実施後 50 年の等深線と現況を重ね合わせた図を示す。また、対策工実施の有無の違いがよくわかるよう対策後 50 年で等深線を比較したものが図 10-74 である。無対策ケースと対策実施後の予測計算を比較しても、対策後 50 年の等深線の差異はごくわずかであり、河道改修+遊水地案の対策工の実施が海浜に与える影響は現況とほとんど変わらないといえる。これは、対策後の河川流出土砂量は平均 96.14 千 m³/年であり、現況平均の 97.14 千 m³/年と 1%の差しかないことによると考えられる。

9.3.2 対策事業による影響分析

対策事業（河道改修+遊水地案）による計算結果及び想定される影響を以下に整理する。

- ① 漂砂移動については、現況の漂砂方向が将来においても継続する。
- ② 「河道改修+遊水地案」による河川流出土砂量は、現況将来(無対策ケース)のそれとあまり変わらない。よって、海岸に対する影響も現況とほとんど変わらない
- ③ Deranau 岬両側海岸の汀線後退傾向(depth 0m の浸食)は無対策ケースの場合と比較すると差がなく、放水路建設による侵食量の違いは見られない。
- ④ したがって、対策実施の影響は、無対策の場合とほとんど変わらないと考えることができる。

9.3.3 緩和策の検討

前章において、洪水対策による影響について、現況から将来 50 年後にかけての海浜変形計算を実施した。その結果、現況からの年数が経過するにしたがって Nadi 川の河口テラスは沖側に向かい張り出していくが、現況将来(無対策ケース)と比較して等深線の変化量は殆ど同じであり差がなかった。これは、対策実施後の Nadi 川からの河口流出土砂量は年平均で 1%減少程度であり、現況将来(無対策ケース)と土砂量がほとんど変わらないためである。このように、洪水対策の海浜変形への影響は、現況将来（無対策ケース）の場合とほとんど同じであるため、対策工に伴う緩和策をとるべき対象が特になく、したがって緩和策は必要ないと考えられる。

(1) 対策後の課題

対策工に伴う緩和策は必要ないものの、現況で課題となっていたものについては対策後もそのまま課題となって残ると考えられる。

1) 河口の維持浚渫

2008 年から 2012 年、河口 0km から 7km 地点にかけて河道浚渫工事 165.1 千 m³ が行われた。今後についても、平常流量時に堆積する河口近くの感潮区間の河道においては維持浚渫などのメンテナンス作業の発生が考えられる。

2) 河口砂州

河口砂州については、堆積している土砂の粒径が細かいこと及び作用する波浪が 1.0m 以下と小さいことにより、将来の河口テラス（海面以下の堆積）の拡大が主であって、海面から頭を出して河口を閉塞するような砂州の発達はないものと推察される。このことは、現況過去においても河口を閉塞するような砂州形成が観測されていないことから裏付けられる。

河口の出口付近の海底高さは、現地での目測によると高いところは EL+0.8m、深いところで EL-1.0 m程度と考えられる。河道の浚渫を考えると、L.A.T.(天文低潮位)-1.05m より低い部分は河口テラスのテラス面より低く、かつこれ以上は海水面の下がらない最低潮位より下の部分であり、河道流下断面の有効面積に含まれない死水域となる。浚渫の工事計画においては、EL-1.05m より深く掘っても流下断面増加の効果が無いことに留意しておく必要がある。

(2) モニタリング計画

将来の海浜変形計算により、河口流出土砂によって今後さらに Nadi 川の河口テラスが拡大していくことが予測されている。

河口テラスの発達拡大に伴って、河口全域の水深はさらに浅く一様化していく。このため、大きな洪水などの大量の流出土砂が生じた際には、河口デルタ拡大などの形状変化や、場合によって河口の流路変更が起きる可能性がないとも言えない。これらの河口変形は洪水時の流況に影響を与えることもあると考えられるが、河口部の変形はその時の流れの状況や局所的な洗掘・堆積などの局所的な現象にその後の変形過程が左右されるため、事前の変形予測計算が困難である。

したがって、河口形状及び水深の変化等を定期的にモニタリングし、極端な河口部の変形が生ずる予兆を監視することが有効と考えられる。そのためのモニタリングの計画案を表 10-41 に示しておく。モニタリング計画に基づき、河道の維持浚渫など適切な処置をその都度実施していく。

表 9-2 河口モニタリング計画案

モニタリング項目	調査方法	調査時期	調査頻度
1)河口の地形変化	・航空写真測量（定期） ・航空写真測量（臨時）	・雨期明け ・大洪水直後	・5年間隔 ・随時
2)河口断面の変化	・縦横断測量（定期） ・縦横断測量（臨時）	・雨期明け ・大洪水直後	・5年間隔 ・随時

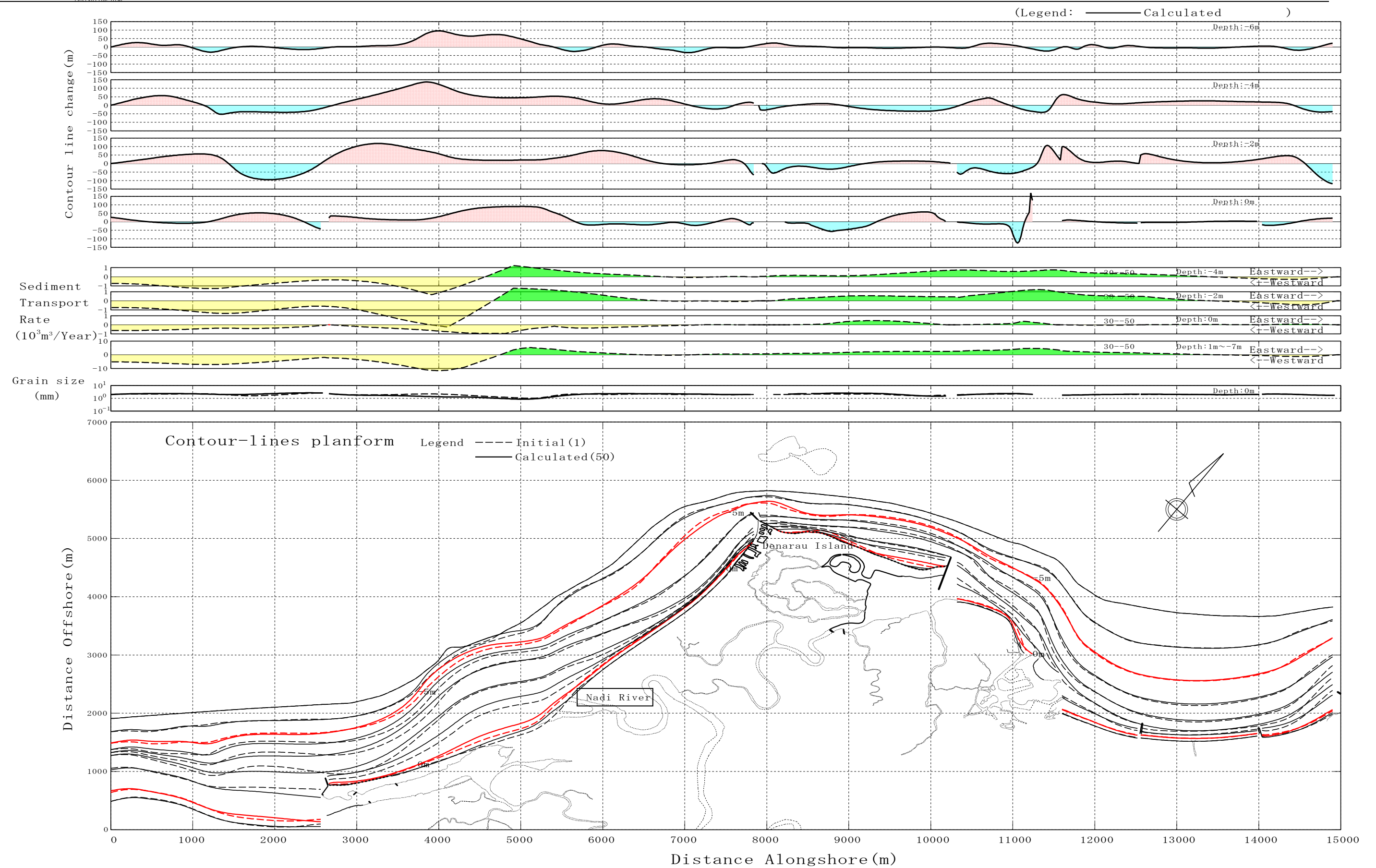


図 9-3 現況との比較 (現況から河道改修案 (Case MP) 50年後の等深線変化)

(Legend: — Calculated)

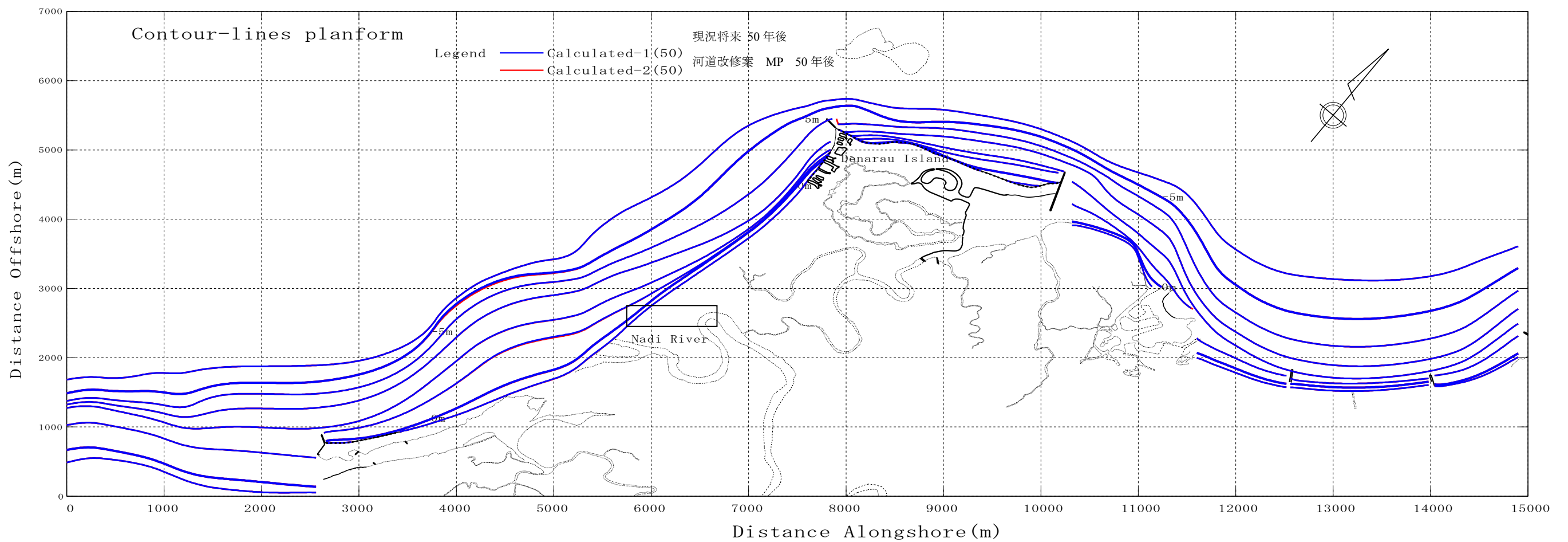
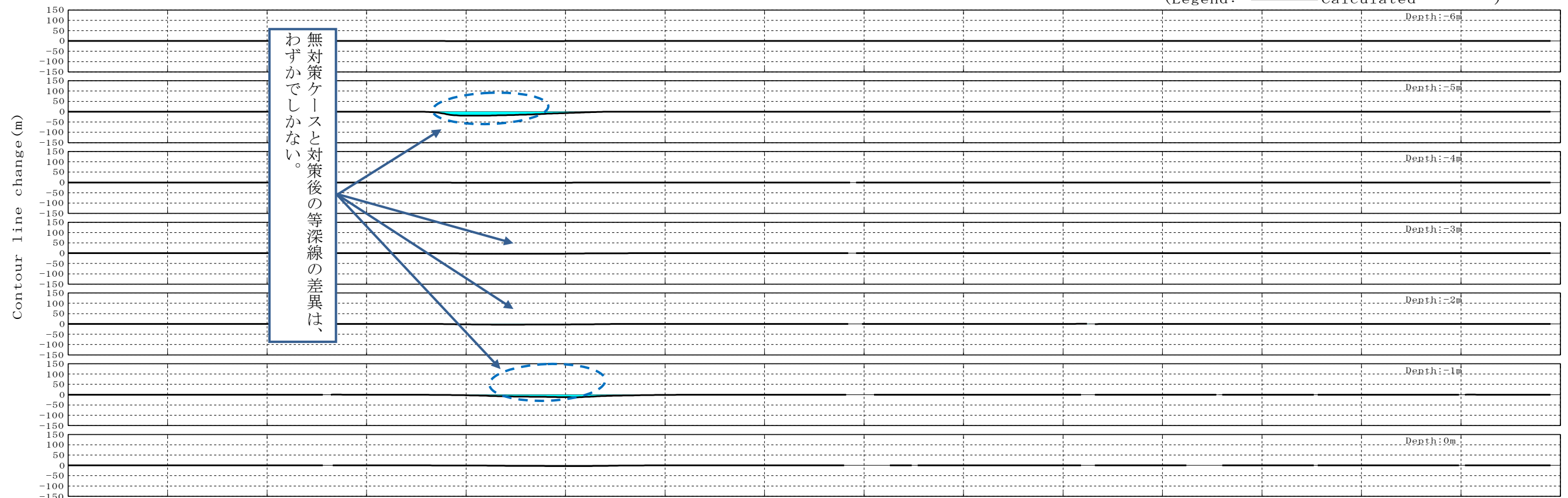


図 9-4 予測結果の比較 (現況将来 50 年後と河道改修案(Case MP)50 年後の等深線比較)

第10章 非構造物対策

10.1 非構造物対策の分類

災害管理は、災害のフェーズに応じ、災害前フェーズ、災害対応フェーズ、災害後の3つのフェーズに分けられ、各フェーズにおいて、減災に資するための構造物対策と非構造物対策を実施していくことが重要である。

非構造物対策に関しては、フィジー国では1995年に国家災害管理計画（National Disaster Management Plan）が策定されて国家災害管理評議会（NDMC）や国家災害管理局（NDMO）が設置され、災害管理や被害軽減について計画内で言及されている。計画の主な内容としては、災害対応に関わる組織体制と災害対応、災害後の復旧であり、災害前対応としては住民啓発と災害管理トレーニングが挙げられている。実態として、防災の事前投資より災害後の緊急対策の準備等に重点が置かれ、災害対応時は系統的且つ組織的に対応されている。災害前対応は各ドナーの関与により個別にプロジェクト等が実施されている。

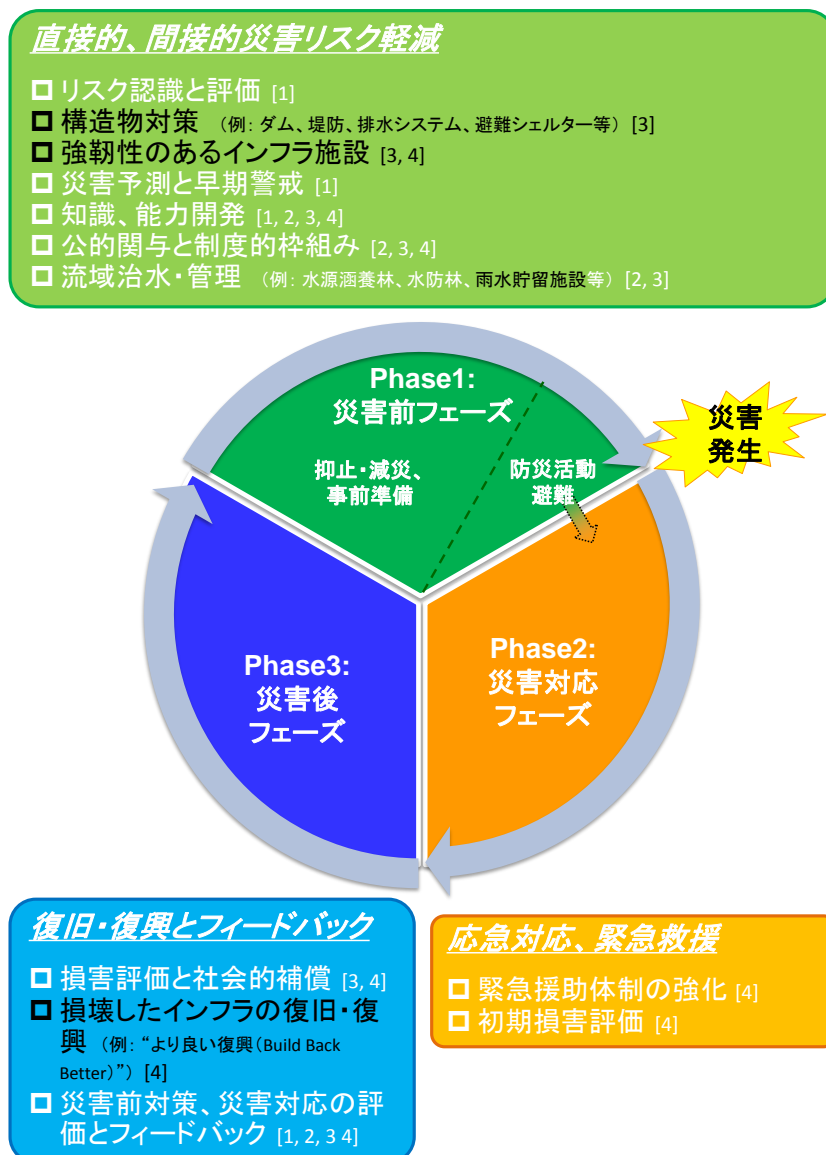


図 10-1 災害管理サイクルと各フェーズにおける非構造物対策の活動分野

※図中の[1]等の番号は、関連する“仙台防災枠組の優先行動”の番号である。

また図中の黒字は構造物対策、白字は非構造物対策を表す。

[Reference: 仙台防災枠組 2015-2030、2015、左記資料を基に JICA 調査団で作成]

10.2 非構造物対策の現状と課題及び必要な対策

ナンディ川流域において、特に改善が必要とされる非構造物対策の現状と課題及び必要とされる対策について、フェーズ及び主対策別に以下に整理する。

10.2.1 災害前フェーズ

① ハザードマップ等による洪水リスクの認識強化

	分野	現況	課題	早期実施が見込まれる対策
災害前フェーズ	リスク認識と評価	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 正確な洪水リスク(外水)が認識されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 優先プロジェクト後は浸水被害が起こらない、という誤解が生じる可能性がある。 ▶ 想定外の洪水に対する対応が遅れる危険性がある。 ▶ 構造物対策の事業実施により被災頻度が改善された場合、既往の防災関連知識、経験が忘失され、想定外の災害発生時の被害拡大が懸念される。 	ハザードマップの作成とワークショップの開催
	災害予測と早期警戒	<ul style="list-style-type: none"> ▶ マラクア川、ナワカ川の水位が観測されておらず、流域南西部の雨量観測所が無い。 ▶ 観光客・旅行者への情報伝達手段が限られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ マラクア川、ナワカ川からのはん濫の危険性が予見できず、洪水被害が拡大する恐れがある。 ▶ ナンディタウンやリゾート地での、観光客・旅行者の洪水対応が遅れる危険性がある。 	雨量計、水位計及びCCTV等の導入 災害情報掲示板の設置とハザードマップの配布

② 洪水予測技術強化

	分野	現況	課題	対策
災害前フェーズ	洪水予測技術の質的改善	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 洪水に関わる基準水位は、過去の知見・経験に基づいて設定されている。 ▶ 2013年より水公社から気象局へ水文課が編入したばかりであり、職員数も少なく、洪水予測に関わる実務が定着していない。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 長期間の洪水時の水位、流量等の蓄積データが無く、データに基づく適切な洪水予測や警報基準の設定が困難である。 ▶ 洪水予測に関わる実務や技術レベルが定着していないため、必要な観測機器やデータ等の運用、維持管理、ひいては洪水予測が困難である。 	洪水予測に関わる組織(水文課)と個人の能力強化
	観測システム・ネットワークの質的拡充	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 洪水予測システムや高精度の雨量観測は導入されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ システムが導入されていないため、新規システムの導入と活用、定着に向けた支援が必要である。 	洪水予測システムやMPレーダの導入と運用管理の強化

③ 災害管理体制強化

	分野	現況	課題	対策
災害前フェーズ	知識、能力開発	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 国レベルは EOC の SOP が、地域レベル (CWD) は SOP が、NTC は防災計画 (DMP) が、一部コミュニティでは DMP が整備されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 頻繁な人事異動に伴う資料の定着や継続活用が困難である。 	防災計画や SOP の整備、更新とフィードバック体制の構築
	公的関与と制度的枠組み	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 防災プラットフォームや EDF10、11 等の各ドナーによる支援が進められている。 ▶ フィジー国では、これまでは災害対応、復旧に重点を置いた対策を実施している。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ フィジー国主体による防災への事前投資の背景が明確でないため、効果と重要性の理解 (特に行政機関) に長期間要する。 	防災投資の経済評価
災害対応フェーズ	緊急援助	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 災害時は EOC の SOP に則り、各レベルで EOC が設置され、災害対応を実施している。 ▶ EOC とは別途、食糧、水等は、各 NGO 等が直接コミュニティへ緊急援助する。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ EOC を立ち上げて災害前からの警報発信や事前準備体制は整うが、予算不足のため、防災資源の整備が足りておらず、緊急援助に時間を要する。 ▶ NGO が EOC を通さず独自に各コミュニティに提供することが多く、公正な支援が実施できない場合がある。 	緊急援助体制の強化

④ 土地利用規制に対する技術支援

	分野	現況	課題	対策
災害前フェーズ	リスク認識と評価	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 正確な洪水リスク (外水) が認識されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 優先プロジェクト後は浸水被害が起こらない、という誤解が生じる可能性がある。 ▶ 想定外の洪水に対する対応が遅れる危険性がある。 ▶ 構造物対策の事業実施により被災頻度が改善された場合、既往の防災関連知識、経験が忘失され、想定外の災害発生時の被害拡大が懸念される。 	ハザードマップの作成とワークショップの開催 “①洪水リスクの認識強化”の実施と成果の共有
	公的関与と制度的枠組み	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 洪水に関わる土地利用規制は無い。 ▶ 他ドナーとフィジー国の関係機関で、災害リスクを考慮した都市計画のプロジェクトを実施中である。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 土地利用規制が無い場合、洪水常襲地での都市開発と災害リスクが拡大の危険性がある。 	法整備 (土地利用法の改正、都市計画法の整備等)、排水基準等の整備
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 開発行為について、現状非悪化 (開発に伴う周囲への排水のインパクトが現状と変わらない) とする認識が無い。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 開発行為に伴う雨水排水への影響が、“現状非悪化”を原則とされていないため、開発によって周辺地域の排水不良等の悪影響が生じる。 	

⑤ 流域治水・管理強化

	分野	現況	課題	対策
災害前フェーズ	リスク認識と評価 公的関与と制度的枠組み	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 詳細は、①洪水リスクの認識強化、④土地利用規制に対する技術支援を参照とする。 		ハザードマップの作成
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 正確な洪水リスク(外水)が認識されていない。【①】 ▶ 洪水に関わる土地利用規制は無い。【④】 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 想定外の洪水に対する対応が遅れる危険性がある。【①】 ▶ 土地利用規制が無いため、洪水常襲地での都市開発と災害リスクが拡大の危険性がある。【④】 	都市計画、開発計画の整理、法整備等の整備
	流域治水・管理	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 他ドナーのプロジェクトでナンディ川流域委員会を設立し、活動を実施したが、プロジェクト終了後は継続されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 流域治水の継続な活動が困難であり、流域一帯での洪水被害軽減が図れない。 	流域委員会の再活性化と条例化及び他プロジェクトとの連携

⑥ 広域 BCP による経済的災害リスク管理強化

	分野	現況	課題	対策
災害前フェーズ	公的関与と制度的枠組み	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 行政機関(第 1 セクター)の防災主流化は進みつつあるが、私企業やナンディタウンに多い個人事業者(第 2 セクター)の防災主流化(事業継続計画の策定)は限定的である。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 災害時の事業継続計画が無く、被災後の復旧に時間を要し、個人事業者ひいてはナンディタウン全体の復旧が遅れる。 	事業継続計画(BCP)の策定とワークショップの開催

10.2.2 災害対応フェーズ

③ 災害管理体制強化

	分野	現況	課題	対策
災害対応フェーズ	緊急援助	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 災害時は EOC の SOP に則り、各レベルで EOC が設置され、災害対応を実施している。 ▶ EOC とは別途、食糧、水等は、各 NGO 等が直接コミュニティへ緊急援助する。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ EOC を立ち上げて災害前からの警報発信や事前準備体制は整うが、予算不足のため、防災資源の整備が足りておらず、緊急援助に時間を要する。 ▶ NGO が EOC を通さず独自に各コミュニティに提供することが多く、公正な支援が実施できない場合がある。 	緊急援助体制の強化

10.2.3 災害後フェーズ

⑦ 実施した対策の評価とフィードバック体制構築

	分野	現況	課題	対策
災害後フェーズ	災害対策の評価とフィードバック	<ul style="list-style-type: none"> 災害時に損害を受けた構造物対策のアセスメントは実施されているが、非構造物対策の効果や課題点の評価が実施されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 非構造物対策の効果が評価されず、改善すべき点の評価とフィードバックが遅れ、非効果的、非効率的な対策となる可能性がある。 	実施した対策の評価とフィードバック体制の構築

なお、災害フェーズ、必要とされる対策を系統図で整理すると図 10-2 のとおり整理される。



図 10-2 各フェーズにおける主な非構造物対策の活動分野と主な対策

10.3 マスタープランにおける非構造物対策

前項までの非構造物対策の現状と課題及び必要な対策から、マスタープランにおける非構造物対策を次のとおり整理する。

①ハザードマップ等による洪水リスクの認識強化

目的	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 優先プロジェクト後や超過洪水等による想定浸水範囲を基に洪水ハザードマップを作成し、災害情報掲示板等の情報伝達手段を活用して、観光客を含む公衆に洪水リスクを認識させる。 ➤ 雨量計、水位計や CCTV 等を導入して、洪水時の監視能力を強化して洪水発生前に適切な避難が実施できる体制を構築する。
主なプログラム	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水文観測機器、CCTV、災害情報掲示板の導入、設置 2. 被災事例や防災資源等の整理とハザードマップの作成（別途、④土地利用規制に対する技術支援との成果共有） 3. ハザードマップの配布とマップ活用セミナー／ワークショップの開催 4. 1で導入した機器やハザードマップを用いたシミュレーション訓練の実施
想定される実施機関	NDMO、気象局、DO、Nadi Town Council、ナンディ川中流・下流のコミュニティ
想定される実施のタイムスパン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ リスク認識と評価 ⇒ 【短期的】 本プロジェクトで一部解析を実施中であり、短期からの活動実施が可能である。 ➤ 災害予測と早期警戒 ⇒ 【短期的】 他ドナーの支援により水文観測機器の導入等が実施されており、短期からの活動実施は可能である。
想定される概略事業費	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ハザードマップの作成とワークショップの開催： 技術協力プロジェクト 60 百万円以上（more than 1.0 million FJD）／1 年 ➤ 雨量計、水位計及び CCTV 等の導入： 雨量計、水位計の導入 3 百万円以上（more than 50,000 FJD）／1 基 CCTV の導入 4 百万円以上（more than 60,000 million FJD）／1 基 ➤ 災害情報掲示板の設置とハザードマップの配布： 災害情報掲示板の設置 45 百万円以上（more than 0.8 million FJD）／1 基

② 洪水予測技術強化

適切な災害予測により災害リスクを理解し、迅速な避難へ繋げてリスク回避するための災害予測技術を強化する。また、将来的に、洪水予測の精度を向上させて迅速な避難を強化するため、水文観測設備を強化する。

目的	洪水予測技術の強化や高精度の観測システムを導入、活用することによって、災害時の適切な避難行動に資する洪水予測や警報発信を実施する。
主なプログラム	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水文観測システムの一元化 2. 危険水位の設定、更新に係る技術、体制強化（高水流量観測、定期河川測量） 3. 洪水予測システムの構築 4. システム操作マニュアルの作成 5. システムの運用管理計画の作成 6. MP レーダの整備 7. MP レーダのデータ収集、保管、活用体制の強化
想定される実施機関	FMS 水文課
想定される実施のタイムスパン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 洪水予測技術の質的改善 ⇒ 【短期的～長期的】 洪水予測に必要なデータの蓄積、組織や個人の技術、運用能力強化には時間を要する。 ➤ 観測システム・ネットワークの質的拡充 ⇒ 【中期的～長期的】 観測システム・ネットワーク導入と共に、システムやデータを運用、活用するための組織や職員的能力強化が求められる。
想定される事業費	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 洪水予測に関わる組織と個人の能力強化： 技術協力プロジェクト 60 百万円以上（more than 1.0 million FJD）／1 年 ➤ 洪水予測システムや MP レーダの導入と運用管理の強化： MP レーダの導入 100 百万円以上（more than 1.7 million FJD） （技術協力は上記に含まれる）

③ 災害管理体制強化

災害発生前からの効果的な災害管理、対応により、適切な避難を促して災害リスクを回避する。また、災害発生時の効果的な災害対応を可能とするため、災害リスク・ガバナンスを強化する。

目的	迅速な災害対応を促進するため、防災計画や SOP の整備、更新と災害対応時の課題を計画にフィードバックする体制を構築すると共に、防災投資の重要性を理解し、防災資源（人的、物的、金銭的リソース）を拡充することで、災害管理体制を強化する。
主なプログラム	1. 各レベルの DMP や SOP の整備、改訂（国レベルの EOC の SOP の更新に基づく） 2. 民間セクターやコミュニティを巻き込んで広域的な DMP や SOP に基づく定期シミュレーション訓練 3. 災害対応時の Situation report のデータベース化 4. シミュレーション訓練や実際の災害対応から抽出した教訓を DMP や SOP にフィードバックする体制の構築 5. 防災投資の経済評価モデルの開発と経済評価の実施
想定される実施機関	NDMO、地域、地区事務所（CWD、Nadi DO 等）、民間セクター、コミュニティ
想定される実施のタイムスパン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 知識、能力開発 ⇒ 【中期的】 防災計画書や SOP 等の資料は一部整理されているが、資料の活用、継続活用には時間が必要である。 ➤ 公的関与と制度的枠組み ⇒ 【短期的～長期的】 防災への事前投資の効果と重要性の理解や防災資源（人的、物的、金銭的リソース）の拡充するには時間を要する。 ➤ 緊急援助体制の強化 ⇒ 【中期的～長期的】 緊急援助に必要な防災資源（人的、物的、金銭的リソース）の拡充には時間を要し、各 NGO との連携構築も必要である。
想定される事業費	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 防災計画や SOP の整備、更新とフィードバック体制： 技術協力プロジェクト 20 百万円以上（more than 0.3 million FJD）／1 年 ➤ 防災投資の経済評価： 技術協力プロジェクト 60 百万円以上（more than 1.0 million FJD）／1 年 ➤ 緊急援助体制の強化： 技術協力プロジェクト 20 百万円以上（more than 0.3 million FJD）／1 年

④ 土地利用規制に対する技術支援

ハザードマップを活用して災害リスクを理解した上で、災害リスクを管理、回避するための土地利用規制を実施する。また、開発行為に伴う雨水排水への悪影響を緩和し、新たな災害リスクを管理、回避する。

目的	洪水常襲地区や想定浸水区域、遊水地内での土地利用・開発に伴う災害リスクを回避するため、土地利用規制や排水基準を整備し、GIS を活用してリスク、規制エリアを一般に分かりやすく周知する。
主なプログラム	1. 被災事例や防災資源等の整理とハザードマップの作成（別途①洪水リスクの認識強化対策で整理したものを共有） 2. GIS を用いた都市計画、開発計画情報の整理 3. 浸水リスクレベル毎のゾーニングと利用規制の設定 4. 土地利用規制に関するガイドラインの作成 5. 開発に関する排水基準の設定 6. 規制や基準に関するセミナー開催
想定される実施機関	洪水リスクの認識強化：NDMO、FMS、Nadi Town Council、ナンディ川流域のコミュニティ 土地利用規制等：Ministry of Town and Country Planning (MTCP)、Nadi Town Council、（現在実施中のプロジェクトのドナー）
想定される実施のタイムスパン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ リスク認識と評価 ⇒ 【短期的】 本プロジェクトで一部解析を実施中であり、短期からの活動実施は可能。 ➤ 公的関与と制度的枠組み ⇒ 【短期的～長期的】 他ドナーの支援により一部活動実施中だが、法整備には時間を要する。
想定される事業費	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 土地利用規制に対する技術支援： 技術協力プロジェクト 60 百万円以上（more than 1.0 million FJD）／1 年

⑤ 流域治水・管理強化

植林による上流域の流域保全、土砂流出抑制事業を今現在 MOA が実施中であり、今後も中長期に実施していくとともに、土砂災害等も含めた流域全体の統合的な災害リスク管理により、洪水被害を軽減、回避する。

目的	流域一帯での統合的な治水管理を可能とするため、流域委員会の再活性化と流域治水推進の条例化、構造物対策やその他のプロジェクトとの連携による洪水被害軽減を実施する。
主なプログラム	1. 流域委員会の再活性化と継続実施のための活動（条例化等） 2. 他プロジェクトの成果共有、連携（特に構造物対策や早期警報発信、ハザードマップ、土地利用規制等） 3. 雨水貯留浸透に関する対策の実施（水源涵養林の検討・計画、農地・運動場等の雨水貯留浸透機能（構造物対策）強化の検討） 4. 水防林整備等の土砂流出抑制対策の実施 5. 流域治水・管理に関するセミナー開催
想定される実施機関	地域、地区事務所（CWD、Nadi DO 等）、NTC、流域委員会
想定される実施のタイムスパン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ リスク認識と評価 ⇒ 【短期的】 本プロジェクトで一部解析を実施中であり、短期からの活動実施は可能。 ➤ 公的関与と制度的枠組み ⇒ 【短期的～長期的】 他ドナーの支援により一部活動実施中だが、法整備には時間を要する。 ➤ 流域治水・管理 ⇒ 【短期的～長期的】 他ドナーの支援により IWRM を実施し、ナンディ川流域委員会が発足されたが、フィジー国主体の活動には時間を要する。
想定される事業費	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 流域治水・管理強化： 技術協力プロジェクト 60 百万円以上（more than 1.0 million FJD）／1 年

⑥ 広域 BCP による経済的災害リスク管理強化

BCP を用いた災害リスク管理により、地域内の自治体や企業等が防災対策や復旧計画を共有して地域における経済活動の停滞を最小限に抑え、早期復旧を促し、経済的な損害を軽減する。

目的	超過洪水等による被災する場合、BCP の整備によりナンディタウン全体の早期の事業復旧を図り、経済的損失の最小化を図る。
主なプログラム	1. BCP 作成ワークショップの開催（行政、第 2 セクター） （既存の BCP のレビュー及び BCP を導入しているセクターによる講義等を含む） 2. BCP に基づくシミュレーション訓練の実施
想定される実施機関	NDMO、CWD、DO、Nadi Town Council、ナンディタウン第 2 セクター
想定される実施のタイムスパン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 公的関与と制度的枠組み ⇒ 【短期的～長期的】 一部民間セクターや他流域で実施中であり、短期からの活動実施は可能である。 行政を巻き込んだ広域的な取り組みには時間を要する。
想定される事業費	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事業継続計画（BCP）の策定とワークショップの開催： 技術協力プロジェクト 60 百万円以上（more than 1.0 million FJD）／1 年

⑦ 実施した対策の評価とフィードバック体制構築

実施した対策の評価とフィードバックをすることで、よりよい復興と防災（災害リスク理解、管理）に繋げ、次の災害リスクを軽減、回避する。

目的	既に実施されたもしくは実施中の対策の効果を評価し、適切な改善策を検討してより良いリスク認識へと向上させられる体制を構築する。
主なプログラム	1. 既往対策、実施中の対策のリストアップ 2. 対策の効果の評価とフィードバック体制の構築 3. 改善点の検討 4. 3 で抽出される改善点のフィードバック
想定される実施機関	NDMO、CWD、DO、Nadi Town Council、気象局
想定される実施のタイムスパン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 災害対策の評価とフィードバック ⇒ 【短期的】 類似の活動は他ドナーで実施中であり、短期からの活動実施は可能である。
想定される事業費	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 実施した対策の評価とフィードバック体制の構築： 技術協力プロジェクト 20 百万円以上（more than 0.3 million FJD）／1 年

10.4 非構造物対策の優先プロジェクトの検討

非構造物対策の優先プロジェクトとしては、構造物対策が整備初期段階にある中、人命を守ることを最優先とし、人々の認識や避難行動に直結するものとして、災害リスクを理解しリスクを回避、被害を軽減する対策を優先する。

災害リスクの理解は、災害リスクを回避、軽減する上での第一歩となる項目ではあるものの、上述のフィジー国における非構造物の現況と課題を考慮すると改善する余地があると考えられる。

そのため、ハザードマップや水文観測機器の拡充による洪水リスクの認識強化を優先プロジェクトとして実施するものとする。このコンポーネントは、本プロジェクトの成果が一部活用可能であるため、早期からの実施が可能と考えられる。

併せて、既往或いは優先プロジェクトで実施する非構造物対策の効果を評価し、よりよい防災（実施した非構造物対策の改善）へ繋げるため、実施した対策の評価とフィードバック体制構築を優先プロジェクトとして実施する。

中期的な非構造物対策としては、短期対策同様、人々の認識や避難行動に直結するものとして、災害リスクを理解しリスクを回避、被害を軽減する対策を実施する。具体的には、洪水予測技術の強化を実施し、併せて、既往プロジェクトが活用である土地利用規制に対する技術支援や流域治水・管理強化を実施する。また、効果的な応急対応による災害時の迅速な支援、救援、被害軽減を図ることを目的として、災害管理体制の強化を実施する。さらに、経済的損害の軽減に資する対策として、広域 BCP による経済的災害リスク管理を実施し、被災後の経済活動の早期復旧、災害に経済的損害の縮減を図る。

非構造物対策を整備段階ごとに整理すると表 10-1 のとおりとなる。

表 10-1 非構造物対策の段階整備

治水対策	段階整備	対策メニュー
非構造物対策	i) 優先プロジェクト (短期対策)	<ul style="list-style-type: none"> ・災害リスク理解とリスク回避 ・評価とフィードバック
	ii) 中期対策	<ul style="list-style-type: none"> ・災害リスク理解とリスク回避 ・効果的な応急対応に向けた準備 ・災害リスク管理、回避 ・経済的災害リスク管理

第11章 環境社会配慮

11.1 フィジー国における環境政策・法制度の枠組

現在のフィジー国の自然環境に関する政策は、効果的な環境管理による天然資源の持続可能な利用と開発の考え方に基づき策定されている。また、貴重な自然を特定し、将来世代のニーズを満たす能力を損なうことなく、現在世代のニーズを満たす持続可能な開発を促進することが目的とされている。フィジー国政府においては、地方政府・住宅・環境省環境局 (Department of Environment (DOE), Ministry of Local Government, Housing and Environment) が環境に関する各種規制の策定及び制度の実施官庁であり、環境局が環境及び天然資源管理の第一義的な責任を有している。また、環境管理法 (Environmental Management Act 2005) の第3編第4条において、同法に基づく活動を行う者は資源の伝統的な所有者に対する正しい配慮が求められており、そのため、環境管理法による各種規定は原住民及びそのコミュニティの自治、権利の行使に配慮したものとなっている。

本計画に直接/間接的に関係する環境関連の法制度として、環境管理法(2005)の概要を示す。

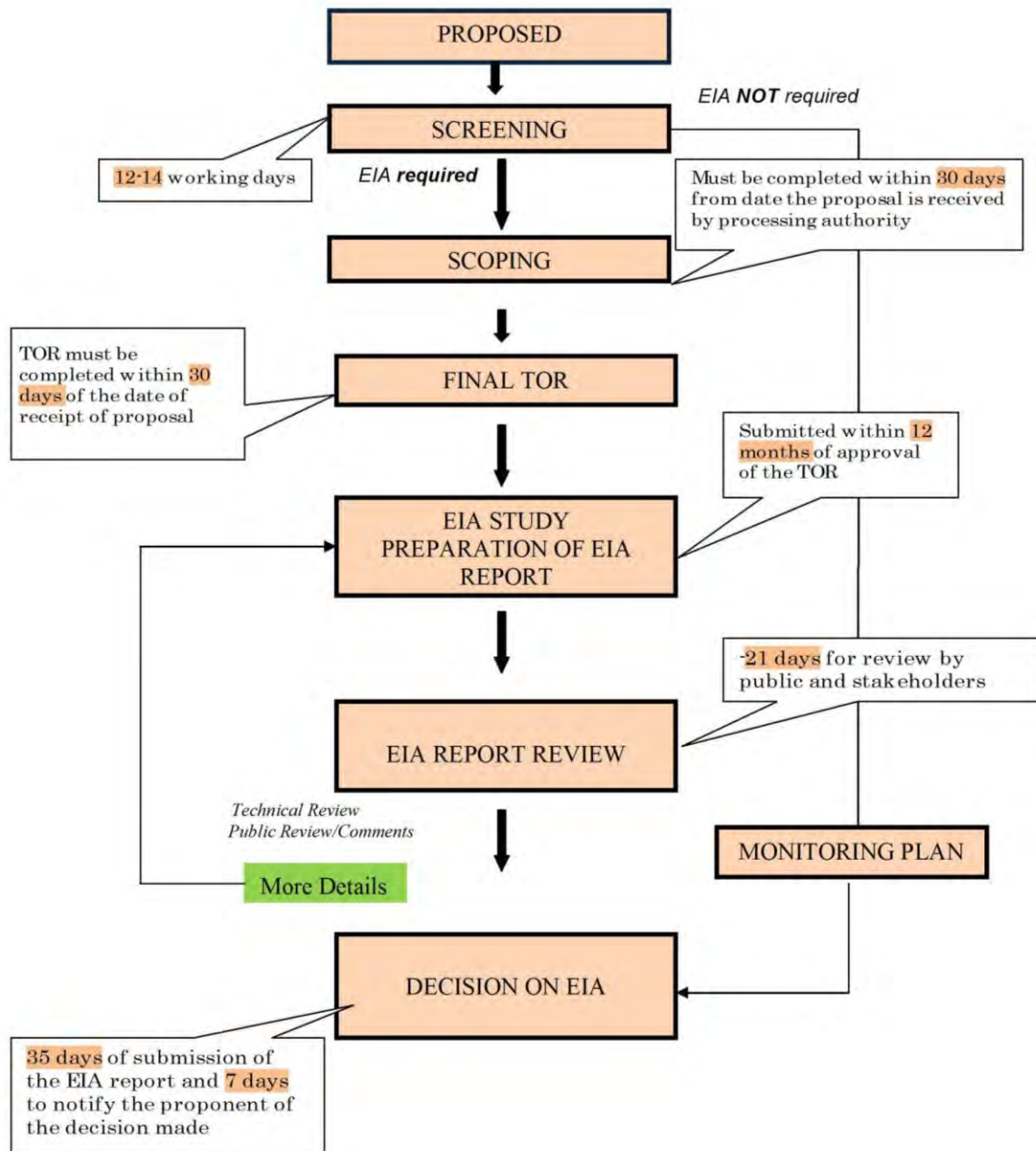
(1) 環境管理法 2005

1) EIA プロセス

フィジー国政府における環境影響評価のプロセスは 2005 年に制定された環境管理法 (Environmental Management Act 2005(EMA)) に定義されている。環境管理法の主な目的は天然資源の持続可能な利用と開発である。EMA の第4編において、環境影響評価に関して以下の①～⑤に示される基本プロセスが明記されている。

- ① スクリーニングプロセス 同法別紙2において、開発提案(Development Proposal)が環境影響評価 (Environmental Impact Assessment, EIA) の手続き及び/又は環境管理計画の策定が必要であるかどうかを判断する事項として定義される。
- ② スコーピングプロセス 開発提案の EIA が必要と判断された場合、環境影響評価の Terms of Reference (TOR)を策定するため、DOE によってスコーピング及び現地調査が求められる。
- ③ 環境影響評価 以下の項目を含む調査及び報告書作成を実施する。
 - a) 自然及びコミュニティのベースライン調査
 - b) 潜在的な環境影響の特定及び評価
 - c) 緩和及び管理のための対策の提案
 - d) モニタリングの実施
- ④ EIA 報告書のレビュー EIA の最終報告書と共に EIA 実施様式及び諸費用が DOE に提出された後、DOE は関係期間及び/又は特別に設置される環境ユニットの支援の下、EIA 報告書レビューを行う。また、同様に EIA の評価者は EIA レビュー委員会の一部として専門家もしくは技術者を召集する。なお、環境影響評価にかかる諸費用については、基本的に開発提案の評価額によって決定される。
- ⑤ EIA 評価結果の公表 承認の条件や非承認時の課題、今後の検討の必要性等が合わせて公表される。

EIA のプロセスについては後述する Environment Management (EIA Process) Regulations 2007 及び Environmental Impact Assessment (EIA) Guidelines 2012 にも詳述されている。EIA のプロセスのフロー図を図 11-1 に示す。



Source: Environmental Impact Assessment Guidelines (Ed 2), Department of Environment, 2012

図 11-1 フィジー国における EIA のプロセス

11.2 本調査の検討に必要な環境配慮項目とその評価方法

ナンディ川における河川改修計画の検討に際し、特に考慮すべき環境社会配慮項目は表 11-1 に示すとおり、保護地域、生態系、住民移転（土地所有区分、対象区域内の移転対象戸数）、政府及び民間の開発計画である。

表 11-1 河川改修計画の検討に必要な環境配慮項目

大項目	項目	初期検討における配慮			初期検討における影響の評価方法
		本格検討では検討する必要があるが、構造や工法、その他の技術的な配慮によって影響が回避・軽減可能な項目	初期検討の意思決定において影響評価が必要な項目		
			必要性	根拠	
汚染にかか る項目	大気質	●			
	水質	●			
	廃棄物	●			
	土壌汚染	●			
	騒音・振動	●			
	地盤沈下	●			
	臭気	●			
	堆積物	●			
自然環境	保護地域		●	保護地域における事業は回避する事が望ましいため。	保護地域の位置図と事業計画の比較により保護地域への影響を確認する。
	生態系		●	事業内容によって大きく影響の範囲が変化するため。	植生図等の環境区分により概略の影響を把握する。
	水文	●			
	地形地質	●			
	放棄地管理	●			
社会環境	住民移転		●	事業内容によって大きく影響の範囲が変化するため。	土地所有区分を確認するとともに、空中写真より事業対象範囲における移転対象戸数を確認する。
	貧困	●			
	生活及び生計	●			
	文化遺産	●			
	景観	●			
	観光	●			
	野外活動の場	●			
	政府及び民間の開発計画		●	各種開発との整合を図り、現実的な提案を行うため。	各種開発計画と事業対象範囲の比較をおこなう。
	農業（サトウキビ含む）	●			
	少数、先住民	●			
	水利用	●			
	既存の社会インフラ	●			
	地域組織、意思決定機関	●			
	被害と利益の不均衡	●			
	利害関係	●			
	ジェンダー	●			
	子どもの権利	●			
HIV/AIDS	●				
年間予算	●				
就労環境	●				

11.3 戦略的環境アセスメント（SEA）及び IEE 評価結果

本事業の方針決定に係る SEA においては、マスタープラン策定時点について比較検討した代替案 2 案について、以下に示す指標について評価を行い、その環境社会影響を把握し、JCC における意思決定に際しての根拠資料として提示した。

- 1) 既存の社会インフラ
- 2) 浸水解消面積（重点防御地域及び流域全体）

- 3) 必要な用地取得の規模（面積）
- 4) 住民移転の規模
- 5) 海岸の地形変化
- 6) その他主要な環境社会項目

以下にそれぞれの環境社会影響の評価結果(IEE)をゼロオプションとともに示す。

表 11-2 本事業の対策方針における環境社会影響及び評価の概要

項目		ゼロオプション	第1案 河道改修	第2案 放水路	
既存の社会インフラ	影響	現状から変化しないため、影響はない。	既設橋梁の架替え：2橋 (Nadi Town Bridge 及び Old Queens Road Bridge)	既設橋梁の架替え：1橋 (Old Queens Road Bridge) 放水路横断に伴う橋梁新設：2橋 (Queens Road 及び 建設中のバイパス道路を横断する橋梁)	
	評価	—	Nadi Town Bridge はナンディ中心市街地に隣接し、橋梁掛替えに必要な用地・工所用ヤードの確保、工事による騒音震動等に課題があるが、架替えによりナンディ川の流下能力が確保され、さらに老朽化の進む橋梁が更新される事で安全性が向上する。	既設橋梁の架け替えは1橋であるが、放水路を整備する事により既存の幹線道路が分断されるため、最低でも2橋の橋梁の新設が必要となる。	
浸水解消面積 (注1)	重点防衛地域	影響	浸水は解消されない	対策前 330ha → 対策後 0ha	対策前 330ha → 対策後 0ha
		評価	浸水は解消されず、リスクが残置される。	重点防衛地域に対しては両案共に浸水は解消される計画である。	
	流域全体	影響	浸水は解消されない	対策前 5,129ha→対策後 3,158ha(38%減)	対策前 5,129ha→対策後 3,006ha(41%減)
		評価	浸水は解消されず、リスクが残置される。	流域全体についても解消される浸水面積は概ね等しく、治水効果（浸水面積の解消）の観点からは両案に大きな違いは無い。	
必要な用地取得の規模（面積） (注2)	影響	なし	Native Land: 79ha Free Hold Land: 39ha 合計：118ha	Native Land: 60ha Free Hold Land: 62ha 合計：122ha	
	評価	—	総取得面積はほぼ同様であるが、Native Land と Free Hold Land の構成割合が異なることから、用地取得交渉における合意形成プロセスが異なる。		
住民移転の規模 (注3)	影響	なし	28戸	40戸	
	評価	—	ナンディ地域の世帯平均家族数が4.65名であることから、住民数で200名を超える可能性は低い。	ナンディ地域の世帯平均家族数が4.65名であることから、住民数で200名を超える可能性が高い。	
海岸の地形変化 (注4)	影響	標高-1.0m の等深線の変化： (ナンディ川河口) 50年後：200m 前進	標高-1.0m の等深線の変化： (ナンディ川河口) 洪水対策無しの50年	標高-1.0m の等深線の変化： (ナンディ川河口) 洪水対策無しの50年	

		(放水路出口) 50年後：20m 前進	後：200m 前進 洪水対策有りの 50 年 後：200m 前進	後：200m 前進 洪水対策有りの 50 年 後：50m 前進 (放水路出口) 洪水対策無しの 50 年 後：20m 前進 洪水対策有りの 50 年 後：140m 前進
	評価	何も対策しない場合においても等深線は沖方向に前進する。	洪水対策無しの場合と比較して、等深線の位置に大きな変化はない。	放水路出口に土砂が堆積し、ナンディ川河口においては河口テラスの張り出し量が減少する
大気質	影響 / 評価	変化しない	両案共に大気質に大きな変化が生じる事業（コンポーネント）は想定されないため、大気質の変化の観点からは両案に大きな違いは無い。	
騒音・振動	影響 / 評価	変化しない	両案共に騒音・振動に大きな変化が生じる事業（コンポーネント）は想定されないため、騒音・振動の変化の観点からは両案に大きな違いは無い。	
河川水質	影響	変化しない	河川流量に変化は生じないが、河道の拡幅、河道整正により水深・流速・感潮域が変化する。	放水路の掘削により、放水路分派点下流の流量が減少する。さらに放水路では新たに汽水環境が創出される。
	評価	—	河川の横断形状の決定において、影響を軽減させる工夫の余地がある。	本川流量の減少による水質悪化や水温上昇等の影響、新たに創出される汽水域の存在による影響など、現状からの変化が大きい。
水利用	影響	変化しない	事業実施位置は水道用水源から離れている。地下水については河川形状を大きく変更しないことから大きな変化はないものと想定される。	事業実施位置は水道用水源から離れている。地下水については、放水路の掘削による汽水域の創出による塩水の影響が想定される。
	評価	—	現状からの変化が少ないことから影響は小さいと考えられる。	放水路の掘削による汽水域の創出による塩水の影響が想定される。
生物生育・生息環境	影響	変化しない	河道の形状が変化するため、施工中・供用化直後は植生の変化が想定される。流量は大きく変化しないことから、現況等の物理環境は大きく変化しない。ナンディ川河口におけるマングローブ林についても現状からの変化は限定的である。	放水路の建設によって、既存の畑地・草地を主体とする陸域生態系の消失と新たな水域の形成が生じる。また海浜は放水路によって分断されることにより沿岸流の変化および地形変化が生じる。一方で、放水路を新たに掘削するため、全く新しい環境も創出される。現況と比較して放水路下流のナンディ川本川では流量が減少するため、冠水頻度等の物理環境が変化する。ナンディ川河口におけるマングローブ林についても洪水時の流量減少による攪乱頻度の低

				下が想定される。
	評価	—	掘削形状の工夫によって多様な環境が創出可能である。	汽水域の河岸植生の創出において工夫の余地がある。
保護区/文化遺産	影響	変化しない	事業対象範囲における保護区の指定は無い。	事業対象範囲における保護区の指定は無い。
	評価	—	影響は想定されない。	影響は想定されない。
先住民族/土地所有形態	影響	変化しない	先住民族の土地所有形態に変化が生じる (Native Land)	先住民族の土地所有形態に変化が生じる (Native Land)
	評価	—	河岸沿いの土地の取得が必要となる。	河岸沿いの土地の取得が必要となるとともに、放水路用地が必要になる。
産業・経済	影響	浸水リスクは現状から変化しない。	治水事業の結果として地域の治水安全度が向上し、産業・経済に対してプラスの影響が想定される。負の影響は河川改修範囲における移転等の一部に限られる。	治水事業の結果として地域の治水安全度が向上し、産業・経済に対してプラスの影響が想定される。一方で、放水路の建設による地価等の経済価値の減少、放水路からの土砂の流出による沿岸環境の変化が想定される。
	評価	浸水が解消されず、経済活動に負の影響が及ぶ。	流域全体では正の影響が大きく、負の影響は限定的である。	流域全体として社会環境・自然環境の変化が大きく、影響の評価が難しい。

(注1) : 2012年1月洪水相当 (1/50確率) の降雨による氾濫解析結果より算出

(注2) : iTaukei Land Trust Board (TLTB)より提供された土地所有区分データより算出。面積には追加的に必要となる上下流区間における対策のための用地も含まれる。

(注3) : 2012年にSPC/SOPACによって撮影された空中写真から判読

(注4) : 等深線変化解析による50年間の等深線の変化量 (移動量) より算出。標高-1.0mは概ね大潮の干潮時の潮位。

第12章 治水計画マスタープラン

12.1 マスタープランのアプローチ

(1) 概説

ナンディ川は、フィジー国第3の都市であるナンディ町を貫流しているが、同町がフィジー国の重要な位置を占めているにもかかわらず、局所的に護岸工や小規模なリテンションダムが設置されていることを除いては、系統立った治水計画策定や洪水対策は講じられていなかった。

かかる中、JICA は、1996～1998 年には開発調査「河川流域管理及び洪水制御計画調査」（以下、「1998 年開発調査」）を実施し、同調査の結果、計画規模超過確率年 50 年、完成目標年を 2015 年としたマスタープランが策定され、優先プロジェクトとして、計画規模超過確率年を 20 年、完成計画目標年を 2005 年とした放水路の建設が提案された。

しかしながら、提案された放水路が建設されないまま 16 年が経過し、流域の経済発展、土地利用変化、資産状況の変化、外力の変化（降雨の時空間分布の変化）等が確認され、近年においては、2009 年 1 月、2012 年 1 月及び 3 月などに甚大な洪水被害が生じ、M/P の見直しが急務となった。なお、2012 年 1 月及び 3 月洪水は、本調査により既往最大規模と評価され、概ね 1/50 規模であることが確認された。

(2) 統合水資源管理のコンセプトに基づく総合的な洪水防御によるアプローチ

統合洪水管理（Integrated Flood Management：以下「IFM」、世界気象機関）は、河川流域全体を見据え洪水による人命と財産の損失を最小限にすることを旨としたもので、戦略や対策（構造物対策または非構造物対策、短期的対策または長期的対策）を適切に組合せることが重要である。

本マスタープラン（以下「マスタープラン」）においては、ナンディ川流域の上流、中流、下流の洪水特性や流域特性・資産状況等を踏まえ、ダム、河道改修、遊水地、輪中堤、支川対策等の最適組合せによる流域全体を見据えた総合的な治水対策を提案した。また、洪水対策選定の過程においては、土砂移動（河床変動及び海岸への土砂流出）や沿岸の海浜環境への影響についても検討を行い、緩和策の必要性検討を行った。さらに、非構造物対策との連携、短期・長期的対策の組合せを考慮することにより、強靱で持続可能性のある治水計画を策定した。

(3) 構造物対策・非構造物対策両面からの洪水被害軽減

構造物対策の完遂には多大な年数と予算を要し、超過洪水等のリスクも考慮すると、洪水氾濫の完全な防御は、実現不可能である。そのため、治水対策は洪水被害の軽減を目的とすべきであり、そのためには、整備中を含め、構造物対策と非構造物対策を適切に組み合わせ、互いに連携・補完を行うことが重要である。

以上の考えに基づき、マスタープランでは、河道改修、遊水地などの構造物対策を提案するとともに、ハザードマップ等による洪水リスク認識強化等の非構造物対策を提案した。非構造物対策は、構造物対策の洪水防御機能を補完・促進する役割を担うとともに、超過洪水等による洪水被害軽減の役割を担っている。

(4) 優先的に守るべき資産（重要防御地域）の設定

マスタープランの策定に際し優先的に守るべき資産を明確にすることは、治水計画の内容を明確にするとともに短～中長期的な治水安全度向上のロードマップを示す上でも重要な観点である。

そのため、治水計画上、優先的に守るべき資産として、資産が集中する「Nadi Town」、空の玄関口及び国際観光の発着地である「Nadi Airport」、及びこれらを含む周辺市街地エリアを重要防御地域として設定した。

(5) 治水対策に対する環境社会配慮、社会的受容への留意

環境社会配慮は事業を実施していく上での重要な観点となっており、マスタープラン策定に際しても重要な観点である。今現在、フィジー国においても EIA (Environmental Impact Assessment) 制

度が存在し、フィジー国の法制度に則った EIA の実施が必要であるが、一方で、JICA ガイドラインとの相違もみられる。また、フィジー国は固有の土地所有制度を有しており、土地の売買は基本的に禁止されており、自由に売買できる Free Fold Land 及び政府が所有する State Land、それら以外の Native Land の確保については土地所有者からの合意を得る必要がある。マスタープラン策定に際しては、かかる状況を踏まえ、環境社会について十分に配慮を行い、IEE レベルの検討を実施することで環境社会影響を把握し、戦略的環境アセスメントの考えに基づき、その評価結果を代替案検討にフィードバックした。

また、治水対策は、洪水リスクや被害を受けやすい洪水氾濫区域の住民・ステークホルダーからの意見との調和を図る必要がある。そのためマスタープラン策定に際しては、政府内ステークホルダー会議として TWG (Technical Working Group) 及び JCC (Joint Coordination Committee) を複数回開催するとともに、地元住民及びステークホルダー(政府外)の意見を聴取するための PC (Public Consultation) をナンディ町において開催し、社会的ニーズ、意見を聴取し、これらの情報をマスタープラン策定のための意思決定に活用した。

12.2 マスタープランの計画条件

(1) 基本方針

マスタープランは上述のアプローチに基づき、下流から上流に亘り、流域全体を見据えた総合的な計画として策定する。

ナンディ川流域は、上流域は 1,200m 程のナンドラウ高地より続く低丘陵地帯(標高 300m~600m) が広く分布し、草や灌木に覆われている。最上流部には利水専用ダムのバツルダムが位置するが、V 字谷や U 字谷など洪水調節ダムの適地に恵まれている状況にはない。また、低丘陵地帯を抜けた中下流域には、幅の狭く低平な沖積平野及び海岸平野が広がっており、且つ、下流の資産集中地域においてナワカ川などの支川が合流しており、ナンディ川本川への負担は大きく、ダムや遊水池などの洪水施設単独での洪水調節は難しい状況にある。

そのため、構造物対策による洪水調節の基本的な方針として、上流域ではダム及び遊水地により可能な限り洪水調節を図り、資産が集中し、遊水池等の土地取得が困難、且つ、低平な中流域においては河道改修により流下能力を確保する。現況で自然遊水地が広がる下流域については、その洪水特性を活かした計画遊水池を整備し洪水調節を図る。また、ダム適地に乏しい支川流域においては、ナンディ川本川への負担をなるべく小さくするため、支川流域において遊水地群を整備し、同時に支川の河道改修により支川自体の流下能力を確保する。このうち、資産が集中する中流域の河道改修について、緊急的に実施すべき対策をとって、後述する優先プロジェクトとして位置付けている。

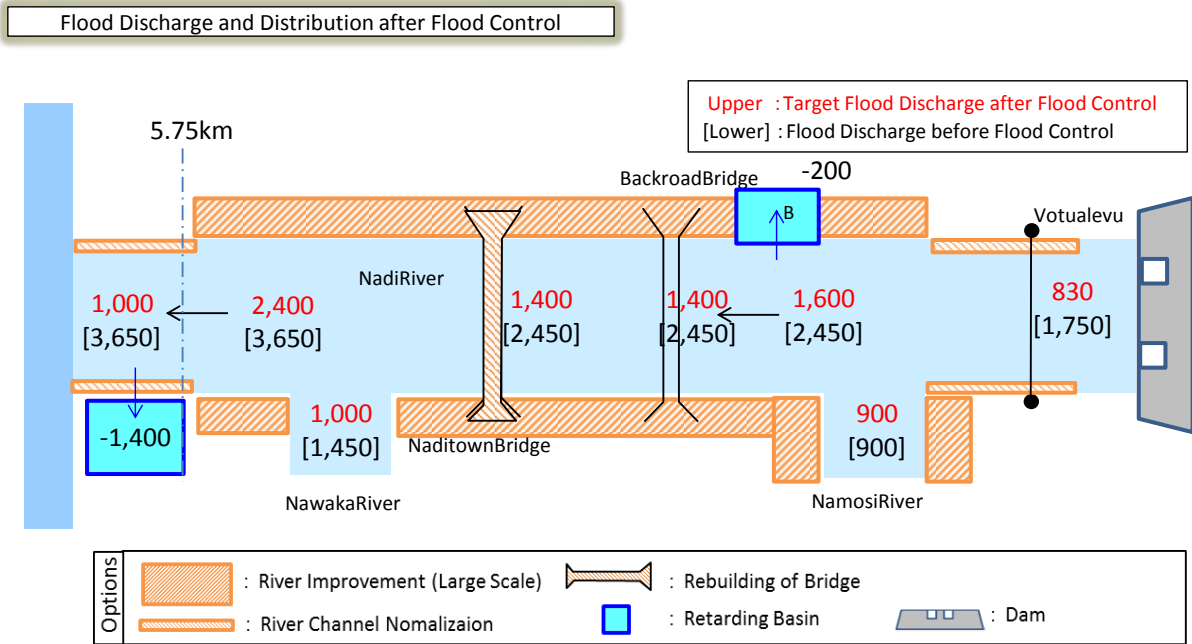
非構造物対策については、ナンディ川流域の非構造物対策の現状と課題および構造物対策との連携・補完の観点から、ハザードマップや洪水予測技術強化による災害リスクの理解とリスク回避に係る対策、災害管理体制や緊急援助体制強化による効果的な災害準備・応急対応に係る対策、土地利用規制や流域保全等による中長期的な災害リスク管理・回避に係る対策、広域 BCP 等による長期的災害リスク管理、災害フィードバック体制構築に係る対策をコンポーネントとして策定し、災害フェーズの事前準備による抑止・減災から、防災活動・避難、緊急対応、復旧・復興のすべてのフェーズに対し強化を図るものとして策定した。このうち、人命を守ることを最優先とし、人々の認識や避難行動に直結するものとして、災害リスクを理解しリスクを回避、被害を軽減する対策を、優先的に実施すべき対策として、後述する優先プロジェクトとして位置付けている。

(2) 計画対象地域

マスタープランの対象地域は、流域面積 516km² のナンディ川流域である。

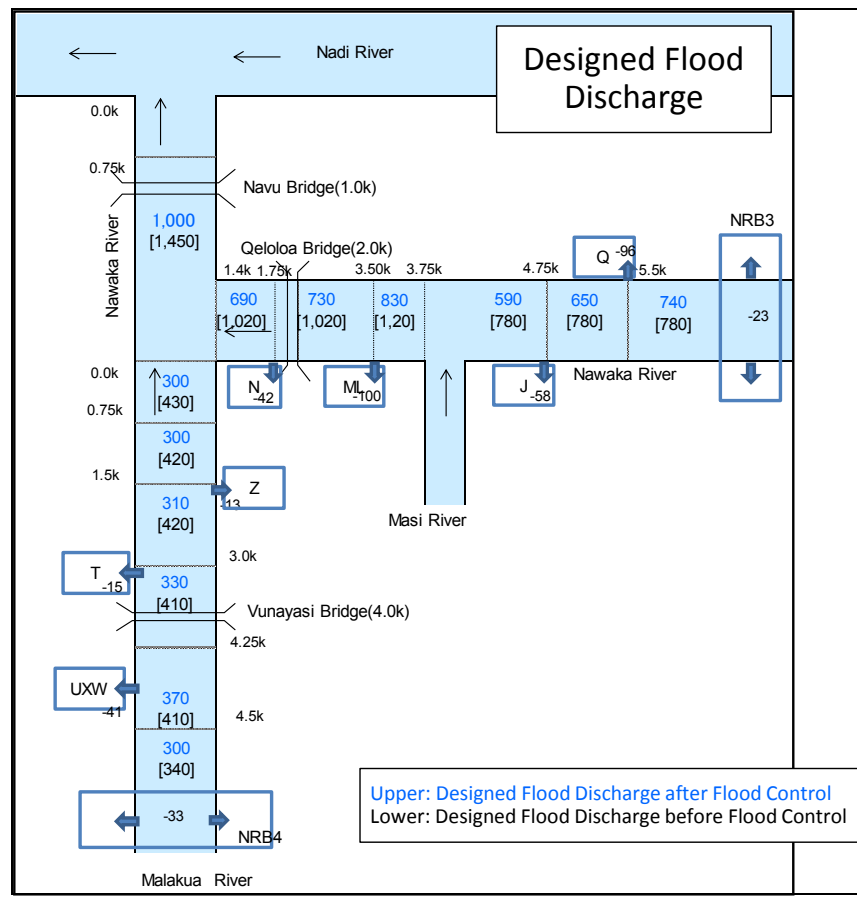
(3) 計画規模 (治水安全度)

マスタープランの計画規模(治水安全度)は、既往最大洪水規模(2012 年 3 月洪水実績、概ね 1/50) とする。



※Dam and retarding basins in upstream might be substitute by future situation.
Source: JICA 調査団

図 12-1 計画流量配分図 (ナンディ川)



Source: JICA 調査団

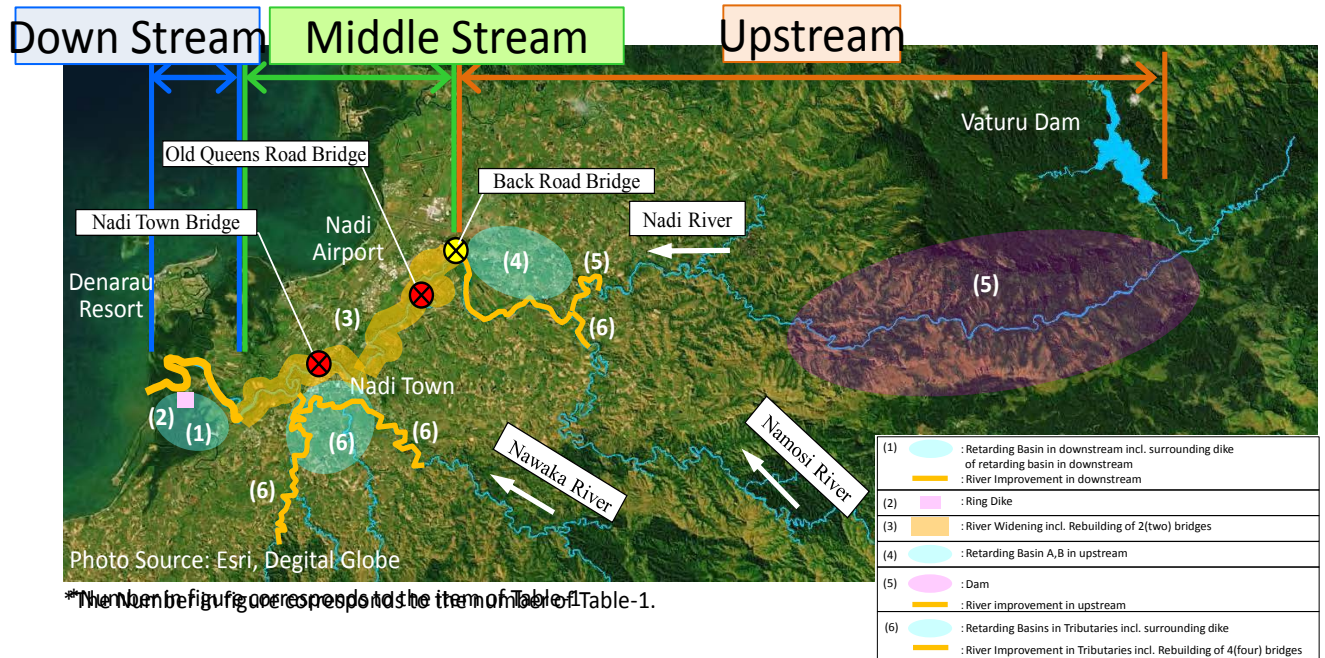
図 12-2 計画流量配分図 (マラクワ川、ナワカ川)

12.3 マスタープランの事業内容

12.3.1 主要コンポーネントの概要

(1) 構造物対策

ナンディ川流域の洪水被害を軽減するため、表 12-1、図 12-3 に示す洪水対策施設を整備する。



*The number in figure corresponds to the item of Table-1.

Source: JICA Study Team
 River Widening (incl. Dike if necessary)
 Retarding Basin (s)
 Rebuilding of Bridge
 River Channel Normalization (incl. Dike if necessary)
 Diversion Channel
 Dam
 ナンディ川の主要コンポーネント (構造物対策)

表 12-1 マスタープランの主要コンポーネント (構造物対策)

河川、区間	主要コンポーネント	実施数量	備考	
1. ナンディ川	下流区間	(1) 下流遊水地整備	A=725 ha V=9,715 千m3	—
		(2) 輪中堤整備	L=1.8 km	—
	中流区間	(3) 河道拡幅	L=13 km	橋梁2橋の架け替えを含む
		(4) 上流遊水地A整備	A=35 ha V=795 千m3	
		上流遊水地B整備	A=178 ha V=6,920 千m3	—
	上流区間	(5) 河道改修及びダム整備	1	—
2. 支川	ナワカ川 マラクワ川 ナモシ川	(6) 河道改修 遊水地整備(13箇所)	L=21 km A=340 ha V=11,600 千m3	支川における橋梁4橋の架け替えを含む

Source: JICA Study Team

(2) 非構造物対策

非構造物対策の主要コンポーネントを表 12-2 に整理する。

表 12-2 マスタープランの主要コンポーネント（非構造物対策）

治水対策	分類	主要コンポーネント
非構造物対策	(1)災害リスク理解と リスク回避	1-1) ハザードマップ等による洪水リスクの認識強化 1-2) 洪水予測技術強化
	(2)効果的な応急対応に向けた準備	2-1) 災害管理体制強化
	(3)災害リスク管理、回避	3-1) 土地利用規制に対する技術支援 3-2) 流域治水・管理強化
	(4)経済的災害リスク管理	4-1) 広域 BCP による経済的災害リスク管理強化
	(5) 実施した対策の評価と フィードバック	5-1) 実施した対策の評価とフィードバック体制構築

12.3.2 段階整備

ナンディ川流域の治水安全度を向上させ流域全体の洪水被害軽減を図るためには、ロードマップを明確にし、必要性が高く、実施可能な対策から段階的に整備し完遂を目指す必要がある。このため、マスタープランにおける構造物対策と非構造物対策のコンポーネントについて、以下のとおりの段階整備を考える。

(1) 優先プロジェクト(短期対策)

短期的、優先的に実施する構造物対策の主要コンポーネントとして、重要防御地域を洪水氾濫から守るため、中流区間の河道拡幅と上流遊水地整備、輪中堤及び周囲堤防の建設を早期に実施する。その際、下流区間の左岸側は自然遊水地として活用する。

非構造物対策の主要コンポーネントとしては、構造物対策が整備初期段階にある中、人命を守ることを最優先とし、人々の認識や避難行動に直結するものとして、災害リスクを理解しリスクを回避、被害を軽減する対策を優先する。そのため、ハザードマップや水文観測機器の拡充による洪水リスクの認識強化を実施する。このコンポーネントは、本プロジェクトの成果が一部活用可能であるため、早期からの実施が可能と考えられる。併せて、既往或いは優先プロジェクトで実施する非構造物対策の効果を評価し、よりよい防災へ繋げるため、実施した対策の評価とフィードバック体制構築を実施する。

(2) 中期対策

中期的な構造物対策の主要コンポーネントとしては、下流区間及び支川流域の洪水被害を軽減するため、下流区間左岸側の自然遊水地を計画遊水地として整備し、支川対策(ナワカ川、マラクア川)を実施する。

非構造物対策の主要コンポーネントとしては、短期対策同様、人々の認識や避難行動に直結するものとして、災害リスクを理解しリスクを回避、被害を軽減する対策を実施する。具体的には、洪水予測技術の強化を実施し、併せて、既往プロジェクトが活用である土地利用規制に対する技術支援や流域治水・管理強化を実施する。また、効果的な応急対応による災害時の迅速な支援、救援、被害軽減を図ることを目的として、災害管理体制の強化と緊急援助体制の強化を実施する。さらに、経済的損害の軽減に資する対策として、広域BCPによる経済的災害リスク管理を実施し、被災後の経済活動の早期復旧、災害に経済的損害の縮減を図る。

(3) 長期対策

長期的な構造物対策の主要コンポーネントとしては、上流のダム建設を実施する。ダム建設には

建設完了までに長期の時間を要するため、短・中期としての事業効果発現を期待することは難しく、長期対策として位置付ける。

以上より、マスタープランの構成を整備段階に応じて整理すると表 12-3 のとおりとなる。

表 12-3 マスタープランの構成（段階整備）

治水対策	段階整備	対策メニュー
構造物対策	i) 優先プロジェクト (短期対策)	(1) 本川中流区間河道拡幅 (2) 本川上流遊水地 A,B 整備 (3) ナンディタウン周囲堤防等建設 (4) 下流輪中堤建設 (5) 支川ショートカット整備
	ii) 中期対策	(6) 本川下流遊水地整備 (7) 支川河道改修 (8) 支川遊水地整備 (9) 本川上流ダム整備
非構造物対策 <small>※対策メニューの番号は表 12-2 と整合を図っている</small>	i) 優先プロジェクト (短期対策)	(1) 災害リスク理解とリスク回避 (5) 評価とフィードバック
	ii) 中期対策	(1) 災害リスク理解とリスク回避 (2) 効果的な応急対応に向けた準備 (3) 災害リスク管理、回避 (4) 経済的災害リスク管理

12.4 マスタープランの事業実施工程

マスタープランの全体実施スケジュール(推奨案)を表 12-4 に示す。なお、マスタープランの計画目標年は、事業開始から 30 年とする。

12.5 マスタープランの総合評価

12.5.1 洪水被害軽減（社会的脆弱性の改善）及び事業効果の計測

(1) 洪水対策整備箇所数・延長

マスタープランにおける構造物対策の整備箇所・延長は表 12-1 にて前述したとおりである。このうち、中流区間の河道拡幅は優先プロジェクト(短期対策)として実施される。

これまで、ナンディ川流域においては、総合的な治水対策は実施されておらず、マスタープランにおいて提案された洪水対策が所定の区間、整備されることにより深刻な洪水被害の軽減が期待される。

(2) 浸水被害解消面積

マスタープランにおける計画規模超過確率年は 50 年であり、マスタープラン及び優先プロジェクトにおける浸水被害解消面積(氾濫解析予測値)は、次のとおりである。事業の実施効果として、同面積における浸水被害が解消される。

表 12-5 浸水被害解消面積

整備段階	浸水被害面積(ha) (整備前)	浸水被害面積(ha) (整備後) ¹⁾	浸水被害解消面積(ha)
優先プロジェクト ²⁾	5,129 [330]	3,158 [0]	1,971 (-38%) [330 (-100%)]
マスタープラン	5,129	0	5,129 (-100%)

1) 遊水地における浸水面積を除く

2) 上段はナンディ川流域全体における浸水面積、下段は重要防御区域内における浸水被害面積

12.5.2 自然・社会環境評価

(1) 自然環境への影響

マスタープランにより提案された構造物対策は、現在の河道線形を大きく変化させたり、河道を移動させる計画とはせず、現在の水環境が基本的には維持される計画である。

上流のダムについては、流水型ダムを提案しており、平常時は通常の河川として機能し、洪水時のみに流水を貯留するが、貯留型ダムのようにダム湖内に土砂は堆積しない。

中流域の河川改修は河道拡幅が基本であり、河床部などは現河床を残す計画としている。したがって、基本的には現在の水環境が維持される。

下流域は下流部左岸側のマングローブ林や農地を自然地域として維持しつつ、遊水地として活用する計画としており、基本的には現在の水環境が維持される。

(2) 初期環境調査(IEE)

マスタープランによる構造物対策の実施により発生すると考えられる影響を初期環境調査(IEE)で評価した(第 12 章参照)。評価の結果、モニタリングを適切に行うことにより、影響を防止することができるので事業の実施が推奨される。

(3) 住民移転

優先プロジェクトにおける住民移転数は、(32 戸)の見込みであり、住民との合意形成を図った上で事業の実施が推奨される。

(4) 非構造物対策

非構造物対策として流域保全対策を提案し、流域の自然環境保全を図っている。

12.5.3 気候変動への適応性

気候変動における影響については、2013年から2014年にかけて第5次評価報告書(AR5)が公表されているところであるが、治水計画策定時点においてはフィジー国周辺地域における具体的な評価結果が無かったため、第4次評価報告書(AR4)に基づき、降雨が21%増加した場合、及び16%減少した場合の計画規模がどの程度の確率規模になるかについて検討を行っている。その結果、現在の計画規模概ね1/50年確率は、降雨が21%増加した場合には1/15年確率程度、降雨が16%減少した場合には1/200年確率程度となる(第5章5.5.4参照)。

かかる中、マスタープランにおける河道計画においては、計画高水位をできるだけ低く堤内地盤以下となるようにし(堤防区間を少なくし)、洪水を安全に流下させることとしている。これにより、堤外地水位が高くなる危険及び破堤氾濫のリスクが避けられ、気候変動等により超過洪水が発生した場合の災害リスクが軽減されている。

なお、流域全体においては、ハザードマップの整備等、非構造物対策の充実を提案し、洪水被害を最小限に抑えることを提案している。

12.5.4 統合水資源管理の観点からの評価

洪水を含む水資源分野の世界的な動きとして、洪水対策は統合水資源管理計画(Integrated Water Resources Management、以下IWRM)の一部として内包される傾向がある。この観点から、マスタープランにおいては、水資源管理の効率化に向けた提案を行い、水資源管理体制の構築や新たな水資源のポテンシャル調査(地下水調査等)、植林や森林保全による水源保全を長期対策のメニューとして提案した。

12.5.5 技術的観点からの実施可能性

マスタープランを構成する洪水対策は、通常の治水事業、洪水対策事業で採用されている従来の技術的な知見や手法を原則に策定している。そのため、事業実施時や運用・維持管理時において対処できないような技術的課題は存在しないと考えられる。

12.5.6 組織・制度

マスタープラン事業の実施主体は、運用・維持管理時を含め、今後、フィジー国政府内で明確にされる必要がある。治水事業の実施は広範囲に影響が及ぶため、関係省庁からの出身者・出向者からなるPMU(Project Management Unit)などの組織・制度の構築が必要であるとともに、河川管理・流域管理を恒久的に行っていく組織・制度の構築が必要である。

12.6 結論と提言

12.6.1 マスタープランの結論

本調査において、ナンディ川流域の洪水被害軽減を目的とした治水計画マスタープランが策定された。本マスタープランは、構造物対策、非構造物対策で構成される。提案のマスタープランは、技術的観点、経済性から実行可能と評価される。また、社会環境面の課題については、IEE/EIA調査の初期段階にて評価を行った。

表 12-6 マスタープランの構成

治水対策	段階整備	対策メニュー
構造物対策	i) 優先プロジェクト (短期対策)	(1) 本川中流区間河道拡幅 (2) 本川上流遊水地 A,B 整備 (3) ナンディタウン周囲堤防等建設 (4) 下流輪中堤建設 (5) 支川ショートカット整備
	ii) 中期対策	(6) 本川下流遊水地整備 (7) 支川河道改修 (8) 支川遊水地整備

		(9) 本川上流ダム整備
非構造物対策 ※対策メニューの番号は表 12-2 と整合を図っている	i) 優先プロジェクト (短期対策)	(1) 災害リスク理解とリスク回避 (5) 評価とフィードバック
	ii) 中長期対策	(1) 災害リスク理解とリスク回避 (2) 効果的な応急対応に向けた準備 (3) 災害リスク管理、回避 (4) 経済的災害リスク管理

12.6.2 マスタープランに係る提言

(1) マスタープランの着実な実施

主としてナンディ川本線の流下能力不足に起因する深刻な洪水氾濫が懸念されるナンディ川流域の現状を踏まえると、マスタープランの着実な実施が必要である。また、優先プロジェクトについて、フィジー国政府内による実施の早期承認、政府内及び住民との合意形成、資金調達手続き開始、用地取得・補償交渉の開始、環境モニタリングの実施等、次段階の諸手続きが早期に実施される必要がある。

(2) マスタープランの見直し

時間の経過と地域の発展、洪水被害の発生等の社会経済条件、自然条件の変化に伴い、レビューが必要である。

(3) 上流ダム建設、遊水地等に係る調査、計画策定の早期実施

マスタープランの中期対策として上流ダム建設、下流及び支川流域での遊水地建設が提言された。これらダム及び遊水地事業の実施に向け、次段階の調査が早期に実施される必要がある。

(4) 土地利用規制の実施や土地利用計画への考慮、非構造物対策の実施

本事業により、優先プロジェクトを皮切りに各種構造物対策が実施されるが、マスタープランが完遂するまでは一部地域では浸水が発生する。また、優先プロジェクトは、ナンディタウンを中心とした重要防御地域の浸水を防ぐことを目的としているが、ナワカ川やマラクア川などの支川沿川においては、優先プロジェクト整備後も現況と同等の規模で浸水が発生する可能性がある。さらにマスタープランが完遂したとしても超過洪水等の発生により洪水氾濫が発生するリスクもある。したがって、優先プロジェクト整備後にも浸水が発生するエリアやマスタープランにおいて遊水地が計画されているエリアについては、土地利用規制の実施や土地利用計画への考慮、ハザードマップ整備や早期警報システムの充実等の非構造物対策を合わせて実施していく必要がある。

(5) 水文観測と解析能力の強化

今後の河川管理、水理解析能力の強化、洪水予測モデルの構築・精度向上、洪水予警報活動、洪水データを含む観測記録の蓄積による事業評価・モニタリングなどに活用するためにも、雨量・水位・流量・流砂量等の水理・水文観測の強化、整備が必要である。

(6) 洪水被害データの体系的な収集整理と蓄積

今現在、ナンディ川流域においては、洪水発生後、フィジー国災害管理局(NDMO)が中心となって、インフラ、家屋等の洪水被害データを収集しているが、統一フォーマットや電子ファイル等による体系的な形では収集されていない。洪水被害データは治水対策のみでなく、都市計画等においても重要な基礎資料となるため、洪水被害データの体系的な収集整理と蓄積が必要である。

(7) 内水排水・下水道整備

ナンディ川流域の中下流部に位置するナンディ町は内水氾濫被害も発生しており、低地部は強い雨が降ると比較的容易に浸水する。マスタープランを実施したとしても降雨による浸水被害は抑

制できないため、内水排水整備が必要である。下水道施設とあわせて、内水排水・下水道施設の整備・改良事業の調査、全体計画策定等の実施が必要である。

(8) 水資源に係る提言

1) IWRM の責任機関及び関係機関整備

ナンディ川流域は今後、洪水対策事業の実施に伴い、開発の進行、人口増加等が見込まれる。

国の農業生産増加推進に伴う水需要の増加、取水に関する係争の増加等の可能性もあり、水資源（表流水・地下水）の量・質の管理の必要性は増していくことが予想され、統合的な水資源管理体制の確立が急がれる。

今後、“National Water Resources Management and Sanitation Policy”（国家水資源管理及び衛生方針（調査団仮訳））の公布により、統合水資源管理を担う National Water Council（国家水機構）及び National Water Committee（国家水委員会）等の Advisory groups（諮問委員会）が設立される予定である。これに伴い、両組織の機能の有効活用を図る、情報収集・データベースの整備及び事務局整備等を行うことにより、IWRM に係る政策決定に係る審議を有効に進められる可能性がある。そのためには、以下の整備に係る支援が望まれる。

1. National Water Council 及び National Water Committee の事務局の機能を持つ Office の設置と機能強化の推進
2. 水資源管理及び公衆衛生に係る国の意思決定に必要となる基本情報・データ収集整備を図る Office の設置と機能強化の推進

なお、IWRM は、公共事業の計画・実施・維持管理の全般に明るい機関、Ministry of Infrastructure and Transportation (MoIT) の傘下にあることが望ましい。また、National Water Council, National Water Committee の事務局は水資源管理及び公衆衛生分野に明るい Department of Water and Sewerage (DWS, MoIT 傘下) を中心に進めることが望ましい。

IWRM の単位は、現在に行政単位から判断して、東西の 2 管理体制とし、ナンディ流域 はパイロットとして進めることが考えられる。

2) 流域水資源の有効活用

水需要の把握を基に水資源の有効活用が求められる。

流域の水資源の有効活用を図るには、水利用セクターの統合的な水資源管理が必要であり、水資源の有効活用と農業の生産性向上を図るには、パイロット的な節水型の農業の技術支援が望まれている。

3) 地下水資源の調査と管理の導入

現在、ナンディは WAF の給水システムに依存しているが、以前は地下水を利用していた。

ナンディ 流域には、多数の Fissure タイプ帯水層、Artesian（被圧地下水）並びに地下水源として有望な Meigunyah Aquifa (610 km²) がある。しかし、詳細な調査はまだ実施されていないので、地下水賦存量はまだ把握されていない。当流域では、地下水開発（農業用水、都市用水、ミネラルウォーター）の増加が予想されており、適正な地下水開発を進めるには、地下水資源の把握と地下水管理（モニターと規制）の導入が望まれる。

4) 水質管理の導入

河川の水質汚濁負荷の削減、地下水汚染軽減を図るには、早期に工場等の排水基準の整備、下水の 2 次処理の導入が望まれる。

現地の下水処理は一次処理の段階にあり、WAF は二次処理を進める方針であり、工場排水の水質基準及び排水規制並びに下水整備の M/P を進めようとしており、水質管理、下水計画推進について実務経験が不足しているため、技術支援が望まれている。

5) 流域保全

森林地域の保全対策として、疎林・草地の植林の推進が必要であるが、対象地域は全て民有林なので、持続的生産性の高い森林回復が求められており、技術支援が望まれている。

(9) 流域管理

洪水管理においては、上流域での流出抑制が非常に重要である。ナンディ川上流域では、焼畑や降雨による表面浸食、土砂流出等による裸地化が進んでおり(LWRM 見解)、流出抑制だけでなく、上述した水資源の観点や土砂流出抑制のから植林や森林保全、土地利用規制等による持続的な水源保全が必要である。

ナンディ川中下流域においては、マスタープランにより遊水地が設定されており、遊水地内においては、遊水地の機能確保のため、新たな宅地開発等に対する土地利用規制が行われる必要がある。

また、マスタープランが完成するまでの段階整備時においては、洪水氾濫を完全に抑制することはできないため、早期予警報などの非構造物対策の実施とともに土地利用規制や宅地の高床式化・嵩上げ、都市計画による道路の二線堤化など、流域全体で洪水被害軽減を図っていくことも考えられる。

(10) 河川管理・流域管理に係る恒久的組織・制度の構築

今現在、河川管理は、農村や農地の防御を目的とした農業省により局部的に実施されているが、マスタープランや治水計画の対象となる洪水規模は甚大であり、洪水による影響は、河川の上流から河口まで、農村や農地だけでなく、上流の森林地域、中下流の都市部や道路・橋梁、インフラ、家屋等の広範囲に影響を与える。また、マスタープラン実施後においては、整備した洪水対策施設が所定の機能を果たせるよう、流域全体に亘って、河川管理を行う必要がある。

したがって、長期的に上流から下流まで、流域全体に亘って河川管理・流域管理を行う恒久的組織・制度を構築することが重要である。

(11) 河川用地の管理、法制度の整備

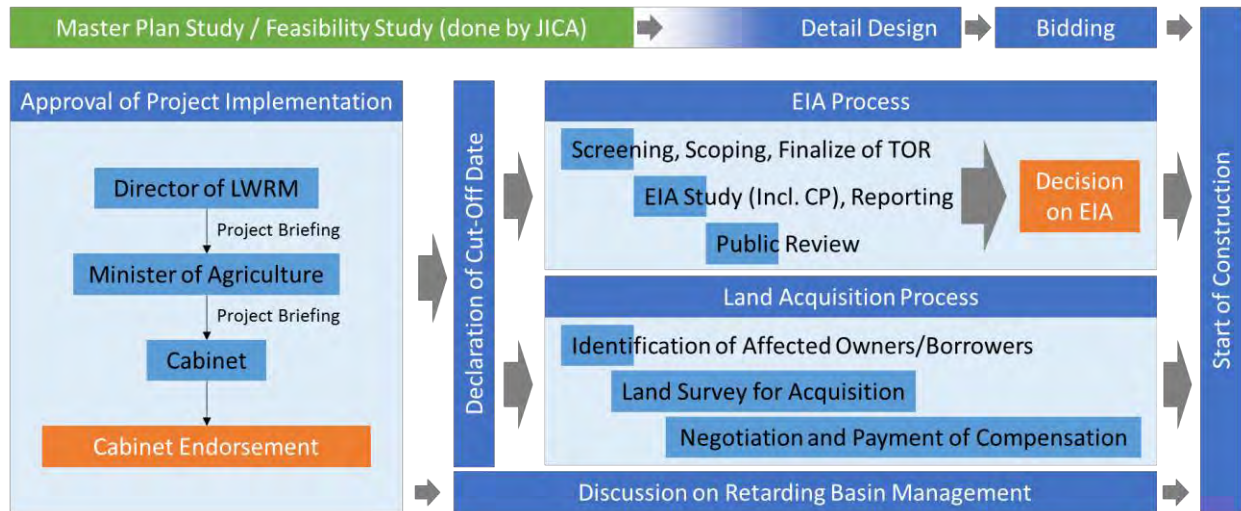
マスタープランの優先プロジェクト地域においては、ある程度具体的な河川境界が設定された。河川境界内は、河川用地として管理するべきである。河川用地内における建築・土地利用規制、危険地域の住居制限、遊休地の有効活用等は、関係機関、自治体、地元住民等との協議、意見交換を通じて検討されるものであり、ナンディ町や周辺地域の土地利用計画にも河川境界を適切に反映させる必要がある。

同時に現行の河川用地は、雨季における通常の水位線もしくは最大水位をベースとしたものであり、優先プロジェクトにおいて設定された河川境界とは考え方が異なる。したがって、遊水地等を含め、河川用地に係る法制度の見直し・整備も必要である。

(12) 事業実施に向けた諸手続き・調査(フィジー国側)

1) 事業全体の実施プロセス

事業実施(優先プロジェクトの実施)に際しては、本業務における M/P 調査、F/S の終了後、もしくはそれに並行した図 12-4 に示す諸手続きが進められる必要がある。特に、EIA 及び用地取得に関する手続きについてはフィジー国における事業実施の承認が得られた後に開始される



Source: フィジー国へのヒアリングに基づき JICA 調査団が作成

図 12-4 優先プロジェクトの実施に向けた作業フロー

2) EIA に係る手続き

EIA に係る事務は Ministry of Local Government, Housing and Environment の Department of Environment (DOE)が所掌しており、全てのフィジー国における開発案件の EIA を DOE の 3 名の EIA Officer が取り扱っている。

EIA の手続きに関しては 12 章 環境社会配慮で述べたとおりであるが、EIA にかかる調査及び報告書の作成に際してフィジー国の認証を受けたコンサルタント (Registered EIA Consultant) の関与が義務付けられており、事業者は Registered EIA Consultant を雇用する必要がある。なお、EIA においてスクリーニング (EIA が必要か否かの判断)、スコーピング (想定される影響の分析と必要な調査項目の設定)、EIA TOR (スコーピング結果を整理したもの) の承認を受けるまでは Registered EIA Consultant の関与は不要であり、事業者が実施する事が可能である。

フィジー国において EIA の手続きに係る全ての費用は事業者負担であり、政府が実施する公共事業においても、各事業者 (MOA 等) が負担するものとなっている。

3) 用地取得のための測量及び用地取得に係る手続き

事業用地の取得に関する事務は Ministry of Lands and Mineral Resources の Department of Lands (DOL)が所掌している。事業用地の取得のための測量については登記簿等の土地所有権等を示す書類を DOL が提供し、それらに基づいて事業者 (MOA の LWRM) が測量を行う。事業者が測量を実施する場合には民間の測量会社等に委託するが、公共事業については、DOL の測量ユニットのリソースに余裕があり、作業が実施可能な場合には DOL が用地測量を実施する。

補償額の算定は、事業者が実施した測量結果に基づき、DOL の Valuation Division が土地及び建物の評価を、MOA が作物についての評価を行い、補償額が決定される。その後、DOL が土地所有者/借地権者等との交渉を行う。公共事業の場合は用地取得に関する交渉・手続きは DOL の責任の下で実施され、DOL が関連する各機関 (TLTB や Ministry of Town and Country Planning 等) との協議・交渉等を行う。

補償の支払い、手続きは DOL によって実施されるが、資金の準備及び実際の支払いについては事業者が行う。

MOA の Valuation Division へのヒアリングによれば、優先プロジェクトの事業用地の確保に必要な時間は概ね半年～1 年程度とのことである。

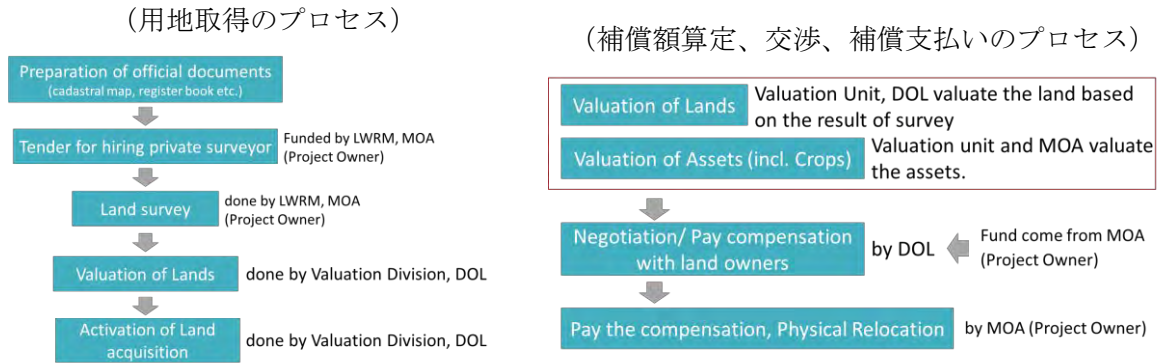


図 12-5 用地測量、評価、取得の流れと責任機関

4) 遊水地の管理に係る議論

優先プロジェクトとして整備を計画している遊水地について、フィジー国において初めて整備される施設であり、その管理方法を新たに制定する必要がある。DOL へのヒアリングによれば、遊水地の管理は LWRM の所管（本事業の事業者としての LWRM ではなく、行政事務を担当する者として）となる。遊水地の管理に際しては、既存の法制度の中でガイドライン等を策定して行うものと想定されるが、ガイドラインの策定は LWRM 及び DOL による協議を経て、Director of LWRM によって承認される。遊水地の管理に係る議論については、事業実施が承認された後、関係機関により開始される。

第13章 優先プロジェクトの選定

13.1 構造物対策

優先プロジェクトは、概要版「7.8 洪水対策初期検討」にて設定した重要防御地域（図 13-1）での氾濫を防ぐことを目的とし、優先プロジェクトの主コンポーネントとして中流区間の河道拡幅を実施する。上述した重要防御地域を優先的に洪水から守ることは、JCC を通じて、フィジー国側と協議の上決定した事項である。

ただし、中流区間の河道拡幅が優先プロジェクトとして実施される一方で、マスタープランにおいて提案されている上流ダムは整備されておらず、ダムにより調節されるべき洪水流が未調節のまま中流区間に流入し、中流区間において氾濫を引き起こす（優先プロジェクト時点において、河道拡幅のみで重要防御地域の氾濫をゼロとすることはできない）。そのため、マスタープランに含まれる上流遊水地 A、B も優先プロジェクトとして先行的に整備し、所定の洪水流を調節する。

また、中流区間の河道拡幅及び上流遊水地 A、B の整備後、大部分のエリアにおいて氾濫が防止されるものの、支川からの洪水流の影響により重要防御地域であるナンディタウンの一部において氾濫が残ることや、中流区間の河道拡幅によるネガティブ・インパクトの発生を抑制する必要があることから、その対策として、マスタープランに含まれるナンディタウン周囲堤防、下流輪中堤の整備、支川ショートカット整備も合わせて実施する。

以上より、優先プロジェクトの構造物対策コンポーネントは、図 13-2、表 13-1 のとおりとなる。

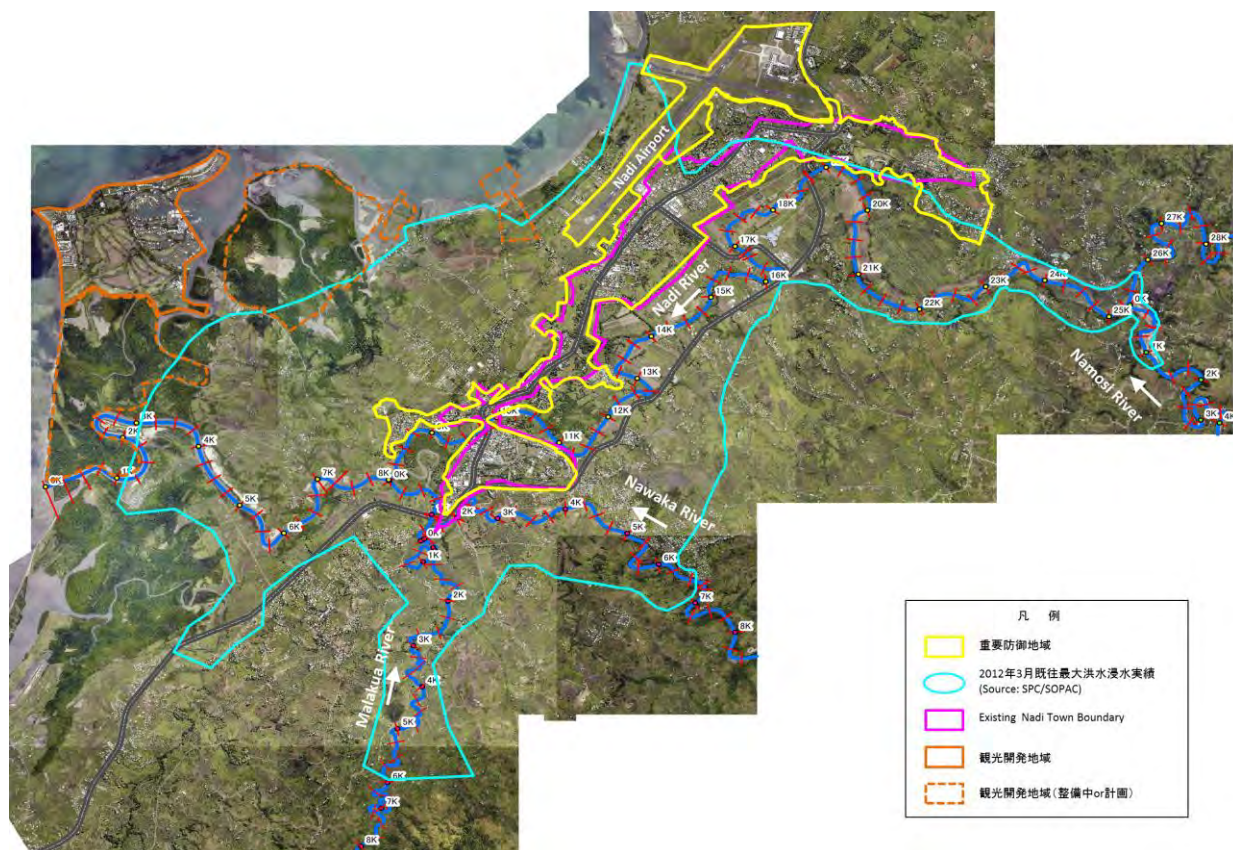


図 13-1 重要防御地域

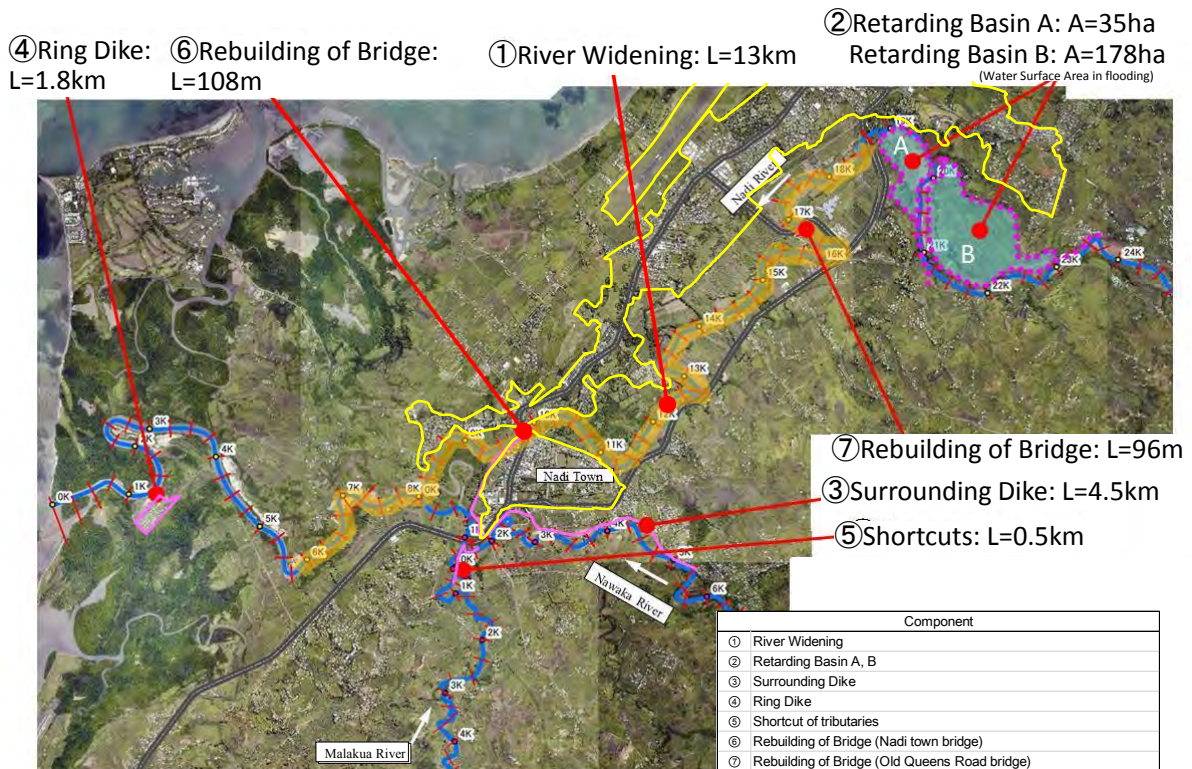


図 13-2 優先プロジェクトコンポーネント (構造物対策)

表 13-1 優先プロジェクトコンポーネント (構造物対策)

	河川、区間	マスタープラン コンポーネント	優先プロジェクト		備考	
			主要コンポーネント	実施数量		
構造物対策	1. ナンディ川	下流区間	(1) 下流遊水地整備	—	—	
			(2) 輪中堤整備	④ 輪中堤整備	L=1.8 km	
		中流区間	(3) 河道拡幅	① 河道拡幅 橋梁架け替え(ナンディタウン橋) 橋梁架け替え(オールドクイーンズロード橋)	L=13 km L=108 m L= 96 m	—
			(4) 上流遊水地A整備	② 上流遊水地A整備	A=35 ha V=795 千m ³	
		上流遊水地B整備	② 上流遊水地B整備	A=178 ha V=6,920 千m ³		
	上流区間	(5) 河道改修及びダム整備	—	—		
	2. 支川	ナワカ川 マラクワ川 ナモシ川	(6) 河道改修	⑤ 支川ショートカット ③-2 ナンディタウン周囲堤防	L=0.5 km L=4.5 km	マスタープランの一部 を先行的に実施する
遊水地整備(13箇所)			—	—		

13.2 非構造物対策

非構造物対策の優先プロジェクトとしては、構造物対策が整備初期段階にある中、人命を守ることを最優先とし、人々の認識や避難行動に直結するものとして、災害リスクを理解しリスクを回避、被害を軽減する対策を優先的に選定する。

ここで、災害リスクの理解は、災害リスクを回避、軽減する上での第一歩となる項目ではあるものの、上述のフィジー国における非構造物の現況と課題を考慮すると改善する余地があると考えられる。そのため、ハザードマップや水文観測機器の拡充による洪水リスクの認識強化を優先プロジェクトとして実施するものとする。このコンポーネントは、本プロジェクトの成果が一部活用可能であるため、早期からの実施が可能と考えられる。併せて、既往或いは優先プロジェクトで実施する非構造物対策の効果を評価し、よりよい防災（実施した非構造物対策の改善）へ繋げるため、実施した対策の評価とフィードバック体制構築を優先プロジェクトとして実施する。

非構造物対策の優先プロジェクトは表 13-2 のとおりとなる。

表 13-2 優先プロジェクトコンポーネント (非構造物対策)

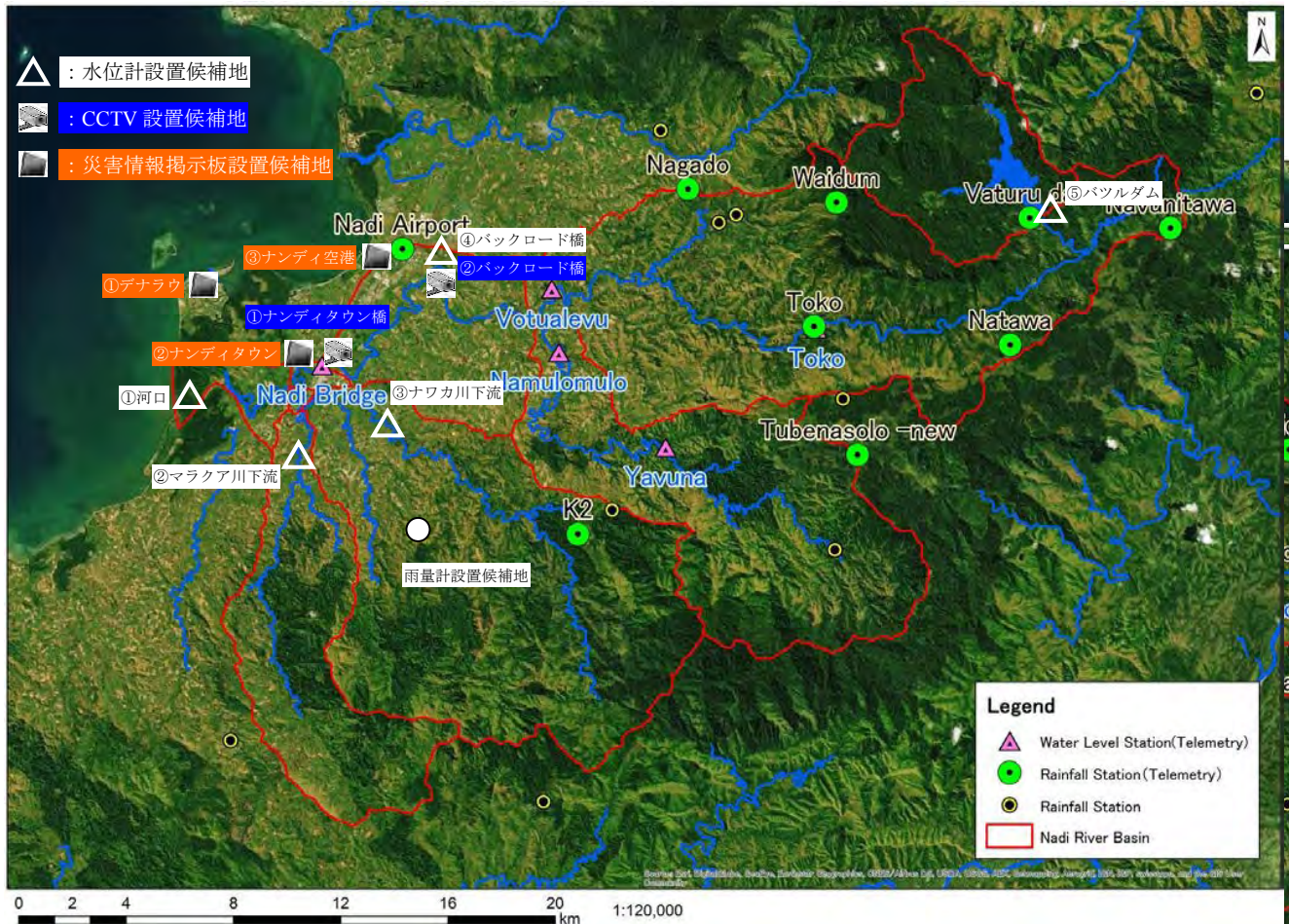
治水対策	分類	主要コンポーネント
非構造物対策	災害リスク理解と リスク回避	1-1) ハザードマップ等による洪水リスクの認識強化 1-2) 洪水予測技術強化 (水文観測機器・体制の拡充)
	実施した対策の評価と フィードバック体制構築	5-1) 実施した対策の評価とフィードバック体制構築

また、上述した非構造物対策における優先プロジェクトのうち、水文観測機器の拡充に係る候補地については、現在の設置状況及び将来の優先事業における改修を考慮し、表 13-3、図 13-3 に示す設置個所(数)とした。

表 13-3 水文観測機器網設置個所(数)

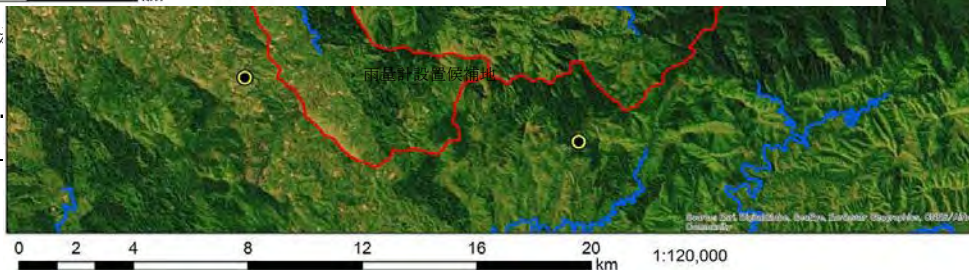
雨量・水位等観測施設予定候補数				
観測機器	自記雨量計	Nos	1	ナワカ流域1,
	自記水位計	Nos	7	河道4, 遊水地2, ダム1
	CCTV(監視カメラ)	Nos	5	河道2, 遊水地2, ダム1
通信設備等 (本部)	親機(雨量水位計)	Nos	0	既存システムを活用
	親機(CCTV)	Nos	1	FMS
災害情報掲示板	—	Nos	3	ナンディタウン、デナラウ地区、空港

※災害情報掲示板は長期的に必要な性が確認された場合に設置。優先事業には含まない



※災害情報掲示板は長期的に必要な性が確認され
Source: JICA Study Team

図 13.



Part II: Feasibility Study

第14章 FS 対象コンポーネント

ナンディ川流域においては、これまで流域全体を見据えた統合的な洪水対策は実施されておらず、洪水対策施設の整備は喫緊の課題である。そのため、事業化に向けて FS 調査の対象は選定された優先プロジェクトのうち、図 14-1、表 14-1 に示す構造物対策を対象とする。

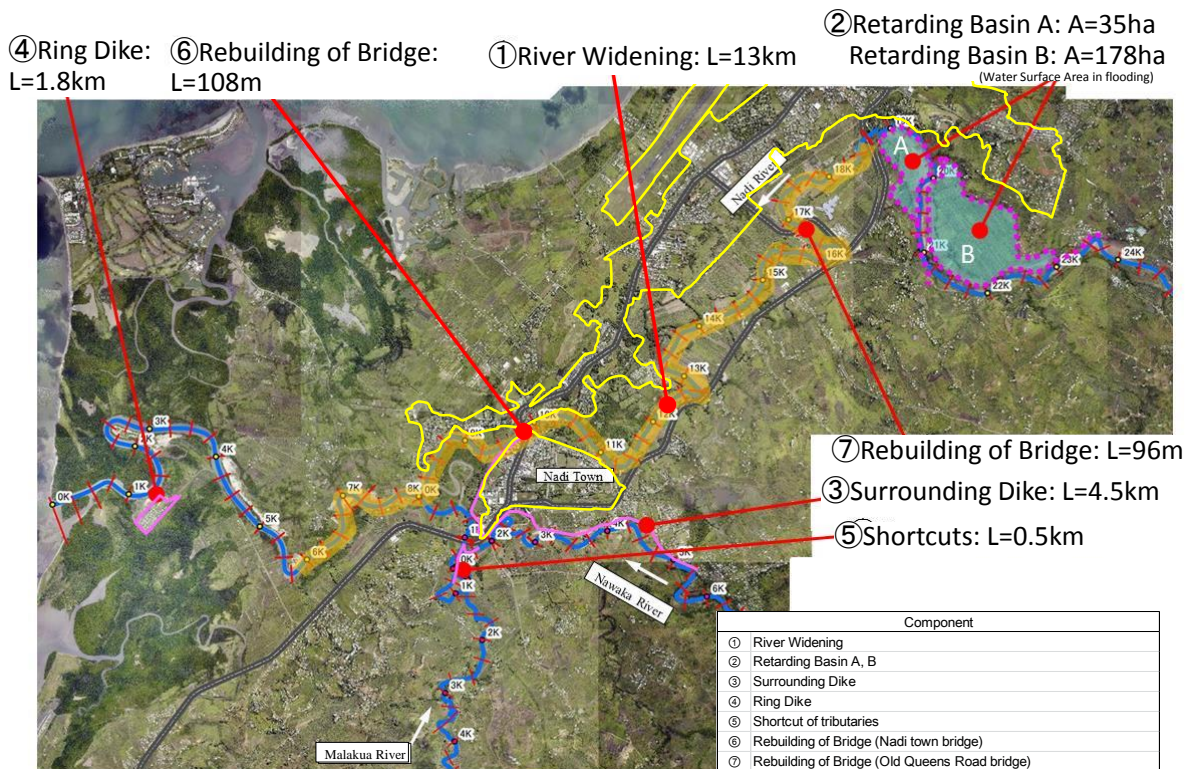


図 14-1 FS 対象コンポーネント (構造物対策)

表 14-1 FS 対象コンポーネント (構造物対策)

	河川、区間	マスタープラン コンポーネント	優先プロジェクト		備考	
			主要コンポーネント	実施数量		
構造物対策	1. ナンディ川	下流区間	(1) 下流遊水地整備	—	—	
			(2) 輪中堤整備	④ 輪中堤整備	L=1.8 km	
		中流区間	(3) 河道拡幅	① 河道拡幅 橋梁架け替え(ナンディタウン橋) 橋梁架け替え(オールドクイーンズロード橋)	L=13 km L=108 m L= 96 m	—
			(4) 上流遊水地A整備	② 上流遊水地A整備	A=35 ha V=795 千m ³	—
		上流遊水地B整備	② 上流遊水地B整備	A=178 ha V=6,920 千m ³		
上流区間	(5) 河道改修及びダム整備	—	—			
2. 支川	ナワカ川 マラクワ川 ナモシ川	(6) 河道改修	⑤ 支川ショートカット ③-2 ナンディタウン周囲堤防	L=0.5 km L=4.5 km	マスタープランの一部 を先行的に実施する	
		遊水地整備(13箇所)	—	—		