

3.3. ベトナム

3.3.1. ベトナム国における国際支援の潮流

(1) JICA による支援

JICA は、2001 年から 2003 年にかけて、「全国水資源開発・管理計画調査」を実施し、国内主要 14 流域における 2020 年を目標年に設定した水資源開発・管理計画マスタープランの策定を支援している。このうち、既に中央政府の承認を受けた流域マスタープランが策定されていたハノイ市を含む Hong-Thai Binh 川流域、ホーチミン市を含む Dong Nai 川流域、及び Cuu Long 流域（Me Kong デルタ）を除く 10 流域を対象として優先流域の選定が行われ、優先度の高い Huong 川及び Kone 川流域の総合流域管理計画を策定するとともに、Kone 川流域で選定された優先実施事業に係る F/S が実施された。調査当時、ベトナムでは、Hong-Thai Binh 川等の主要河川を除き、流域全体を俯瞰した系統的な水資源・管理計画は整備されておらず、各地方省がそれぞれの需要に基づきダム開発といった水資源開発事業を計画していた。当該調査で策定された水資源管理・管理計画マスタープラン（以下、JICA 2003M/P）は、流域単位での水資源開発の方向性や治水基本コンセプトを示すものとしてベトナム側に提示されたものであり、その後、ベトナム政府は、この結果を踏まえつつ、それぞれの流域において水資源管理 M/P や治水 M/P の策定・承認を進めている。

この後、2009 年より実施された「中部地域災害に強い社会づくりプロジェクト」では、洪水被害の多い中部地域（T.T.Hue 省、Quang Nam 省、Quang Ngai 省）を対象とした防災行政能力の向上にかかる支援を行い、この一環として、T.T.Hue 省の統合洪水管理計画（Integrated Flood Management Plan：以下、IFMP）の策定支援が行われた。また、2013 年より実施された「災害に強い社会づくりプロジェクト・フェーズ 2」では、IFMP の水平展開及び実施を目指し、同じく中部地域の Nghe An 省、Ha Tinh 省、Quang Binh 省を対象とした支援を実施してきた。この成果を受けて、ベトナム政府は、2013 年に制定された防災法や、2017 年策定の国家防災計画において、各地方省政府は IFMP の策定及び実施を明記することとなったが、事実上、IFMP は地方省における地方防災計画に近い計画となっており、各流域の治水目標やそれに基づく治水事業の優先付けを行った治水 M/P とはなっていない。

他方、JICA は、中部地域の洪水リスク削減のためには、既存ダムの効果的な運用が欠かせないとの観点から、2017 年より、T.T.Hue 省の Huong 川を対象として、無償資金協力「水に関連する災害管理情報システムを用いた緊急のダムの運用及び効果的な洪水管理計画」を実施中である。

JICA は、ベトナム国の防災責任機関である農業農村開発省（以下、MARD）防災総局（Vietnam Disaster Management Authority：以下、VNDMA）に対して、2017 年より長期専門家を派遣し、VNDMA に対して、防災行政全般にかかる助言と支援を継続している。

(2) 他ドナーによる支援

治水分野における他ドナー支援として、WB は、2005 年より「Natural Disaster Risk Management Project（通称：WB4）」、2013 年より「Managing Natural Hazards Project（通称：WB5）」、

「Dam Rehabilitation and Safety Improvement（通称：WB8）」等の一連の融資事業を行っている。このうち、WB5 のコンポーネントの一部（以下、WB5 C1-C1）では、10 省 8 流域の流域洪水管理計画の策定を支援しているが、前述の JICA による IFMP と同様に、治水 M/P の位置づけはなっていない。ADB は、「Climate Adaptive Integrated Flood Risk Management Project」の融資を準備中であり、この中で、北部デルタ地域の Hong 川及び Ma 川の堤防修復及び洪水予測に関する予警報システム構築の支援を予定している。同事業は 2020 年にコンセプト認可されているが、コロナ感染拡大を受けて遅延し、2022 年 5 月頃に検討会議が実施される予定となっている。そのほか、フランス開発庁（AFD）は、中部地域の海岸浸食対策への融資を計画しており（2019 年の時点で US\$ 5.42 million とされていたがその後の進捗は不明）、オランダや GIZ は、南部メコンデルタ地域において、気候変動の影響への対応として、水資源管理に関する支援を継続している。

3.3.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析

法制度	<u>防災法（Law on Natural Disaster Prevention and Control）</u> 風水害対策法（Ordinance of Prevention and Control of Floods and Storm：1993 年制定）に代わり、自然災害全般を対象とした総合的な防災体制を確立することを目的として、2013 年に防災法が制定されている。同防災法は、2020 年に改訂され、MARD 副大臣が議長を務めていた中央災害対策委員会は、首相ないし副首相が議長を務める「国家災害対策委員会」に改称されている。また、改正防災法の施行に関する細則として、政令 No.66/2021/ND-CP が 2021 年に制定され、中央省庁、地方省、県、コミューンの災害対策への関わりについて定められている。
国家開発計画	<u>社会経済開発計画（Socio Economic Development Plan）</u> 社会経済開発計画は 10 ヶ年計画と 5 ヶ年計画が策定される。中央省庁や地方省政府の提案に基づき計画投資省により策定され、国家計画を踏まえた形で、地方省、県、コミューンのそれぞれが 5 ヶ年計画を策定する。 防災法第 16 条では、各レベルで策定される災害対策計画は、それぞれのレベルの社会経済開発計画に整合させることが定められている。
国家防災計画	<u>国家災害管理計画（National Plan for Natural Disaster Prevention and Control）</u> 国家災害管理計画は、防災法第 15 条において、国家災害管理委員会により 5 年毎に策定することが規定されている。国家防災計画 2021-2025 は VNDMA が起草し、現在、中央省庁及び地方省に対してコメントを求めている段階である。 なお、2020 年の防災法改訂では、各レベルの防災計画について、「河川流域の統合洪水管理計画」「台風対策計画」「土砂災害対策計画」「干ばつ及び塩水遡上対策計画」「河岸浸食・海岸浸食対策計画」の策定を中心的行う旨が示され、事前防災を具体的に示すことが求められている。
地方防災計画	地方省における災害対策計画は、下位レベルの計画（ニーズ）を上位レベルが取りまとめる形で策定されてきたが、2014 年の防災法施行や、JICA 長期専門家の計画策定ガイドラインの支援を受けて、徐々にリスク評価や事前防災を意識した内容に移行しつつある。国家災害管理計画と同様に 5 年毎に策定することとされている。 また、2020 年の防災法改訂では、MARD（即ち VNDMA）が、地方の各レベルの防災計画策定を指導することが明記された。
洪水関連法	<u>水資源法（Law on Water Resources）</u> 1998 年に施行され、当初 MARD が監督省庁となっていたが、多様化する水資源ニーズや天然資源環境省（以下、MONRE）の設立に伴い、2002 年に監督省庁は MONRE に移管されている。流域水資源全般を取り扱い、第 60 条では洪水防止のための統合ダム操作に触れ、統合ダム操作規則を MONRE が策定し、規則に則った個別操作は MARD 及び地方人民委員会が所掌することが定められている。

	<u>堤防法 (Law on Dyke)</u> 2006 年に施行され、築堤河川における洪水対策計画や技術指針の策定、堤防整備のための計画洪水の設定、その他堤防管理に関わる事項を定めている。2020 年に一部改訂され、監督省庁は MARD である。
土地開発、都市計画関連法・計画	ベトナムにおける地域建設計画及び都市計画は、「建設法」に基づいて、各特別市や地方省政府内の計画投資局や建設局により策定されているが、2010 年に「都市計画法」が制定され、都市計画については、同法に基づくこととされている。 地域の長期展望に基づき、開発目標を定めているのが社会経済開発計画であり、同計画に基づいて建設省（地方省政府では建設局）が具体的な実施計画を立案する。したがって、治水事業の実施にあたっては、各レベルの社会経済開発計画に準拠していることが重要である。また、ベトナムにおいては、土地は、天然資源として取り扱われるため、土地の開発行為は MONRE（地方省政府では DONRE）への許認可が必要である。
統合水資源管理に係る法・計画	「水資源法」に基づき、MONRE が監督官庁として、主要流域のマスタープランを 10 年毎に策定することが定められている。
気候変動に関連した利水・治水に係る計画	気候変動に対応した中部沿岸地域の利水計画 首相決定 No.1588/QĐ-TTg/2012 「Approving the Irrigation Planning for the Central Region for the period 2012-2020 and orientations to 2050 in the conditions of climate change and sea level rise」。 北部デルタ及び南部 Dong Nai 川を除く中部沿岸地域について、気候変動と海面上昇の条件を踏まえて各流域の利水・治水の整備目標を定めた公的な文書である。ベトナムにおいて全国を対象として流域の整備目標を具体的に示した文書は少なく、本調査において治水対策の方向性を検討するうえで重要な文書である。

3.3.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析

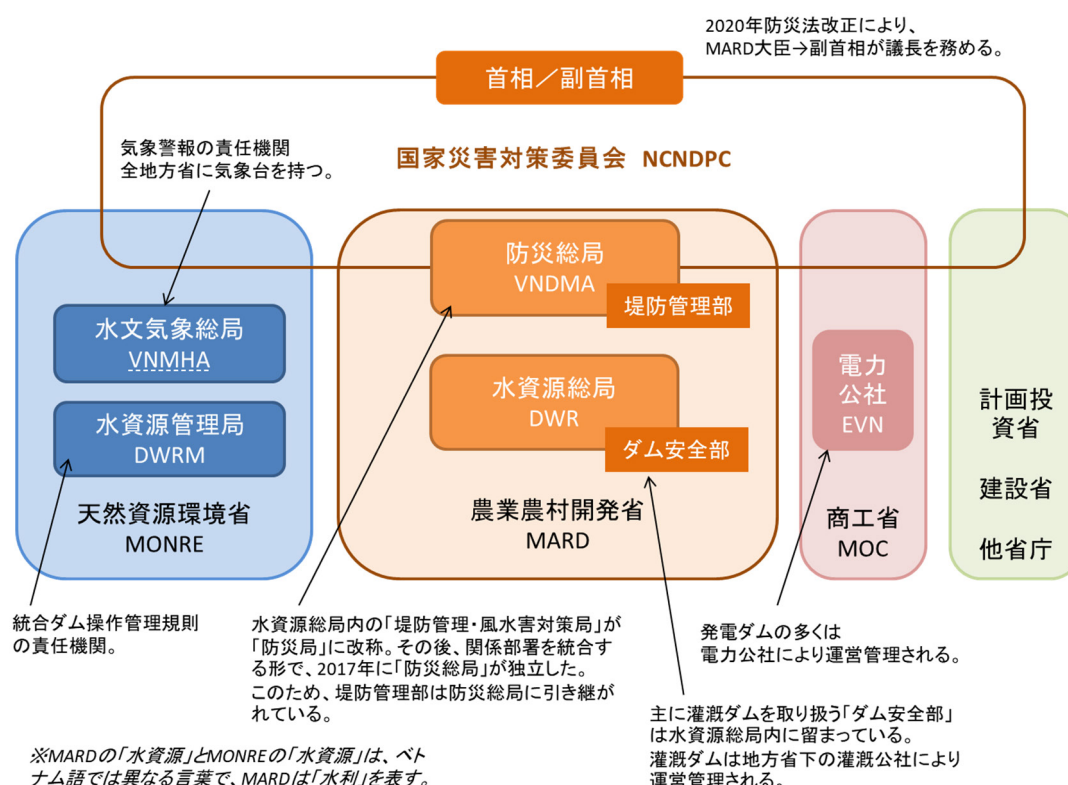
(1) 治水対策に関連する組織体制

ベトナム国における治水対策に関連する行政機関の全体像を図 3.3-1 に示す。ベトナムにおける風水害対策は灌漑事業に密接しているため、古くは水利省や水利電力省にその機能が置かれ、1995 年の行政改革以降は MARD が、堤防管理やダム管理（但し灌漑用ダム）の監督官庁として、築堤や灌漑ダムの建設や維持管理のための技術指針・規則の策定、承認を担ってきた。VNDMA は、もともと MARD 水資源総局内にあった「堤防・風水害対策局」が独立して設立された経緯を持つため、治水に関連する「堤防管理部」もそのまま VNDMA に引き継がれている。他方、灌漑用ダムを取り扱う「ダム管理部」は、水資源総局内に留まった。

河川流域の治水事業の監督官庁は、事実上 MARD であるが、2002 年の省庁再編で MONRE が設立されたことにより、水資源マスタープラン策定（治水への対応も一部含む）の責任機関は MONRE となっている。また、その後、貯水池の統合的開発（No.112/2008 / ND-CP）や統合ダム操作規則（No.1879/2010/QĐ-TTg）についても MONRE が主管省庁となっており、流域治水の視点に立つと監督官庁が複雑化している。VNDMA へのヒアリングによれば、河川流域の「水資源の質と量、及び管理は MONRE が所掌し、その供給と利用は MARD の所掌」である、との回答であった。つまり、流域の水資源の配分の計画は MONRE が所掌し、それに基づく河川施設の管理・運用は MARD が所掌している。ダムの統合操作規則についても、水資源配分の一部と見なされ、操作規則は MONRE が主管官庁として策定するが、施設の操作は、地方省の灌漑会社や商工省下の電力公社等、それぞれのダムオーナーが行い、治水上重要なダムに関しては、別途定めるところにより、洪水時には国家災害対策委員長や地方省

災害対策・捜索救助委員会委員長の指揮命令のもと、それぞれが操作規則に基づいてダム操作を行う。

なお、図 3.3-1 に示した体制は、地方省においてもほぼ同じである。地方省人民委員会のもと地方省災害対策・捜索救助委員会（PCNDPC）が設置されており、災害対策については DARD が同委員会の事務局（中央政府での VNDMA に相当）を務め、地方省内の関係局間の調整を行っている。



出典：JICA 調査団作成

図 3.3-1 治水対策に関連する組織体系図（ベトナム）

(2) 治水対策に関連する予算

ベトナムにおける防災関連予算は、他の国家事業と同様に、中央省庁機関に割り当てられる中央予算と、地方省に割り当てられる地方予算からなる。地方省はこれに加えて、防災法に基づき独自に防災基金を徴収することができ、地方省の裁量により小規模な防災施設建設や修繕事業、防災啓発活動等に活用している。国家災害対策委員会や VNDMA は、原則として中央防災予算のみを担当するが、2020 年防災法改正では、地方省による防災基金に加えて、中央防災基金が設立され、国家災害対策委員会がその運用に関わることとなっている。

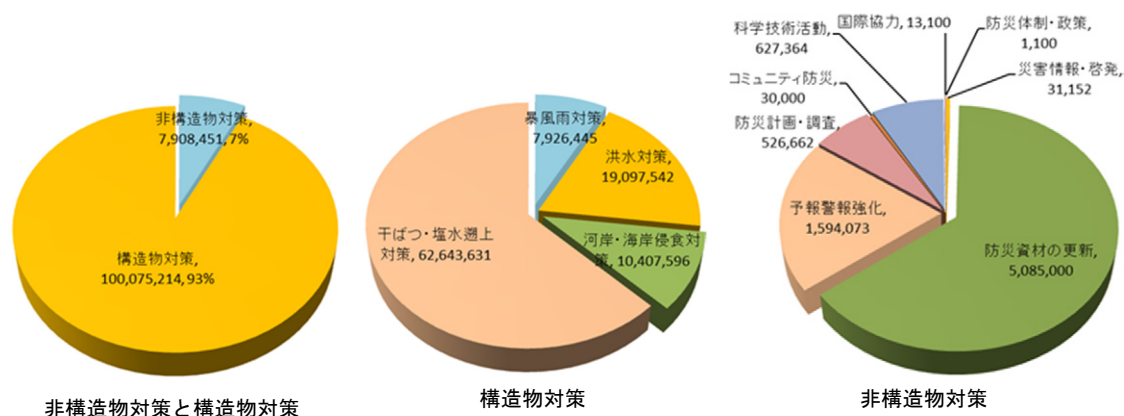
2017 年及び 2018 年の中央防災予算は表 3.3-1 に示す通りである。中央防災予算のほとんどは、VNDMA が直轄事業として実施する堤防修繕費（建設費も含むかどうかは資料からは不明）となっている。なお、ベトナム国における堤防修繕・維持管理は、原則として地方省政府の DARD により実施されるが、その予算は中央予算により地方省に予算付与されて実施されるものと、地方省予算で実施されるもの、あるいはその双方により実施されるものがある。

表 3.3-1 MARD VNDMA 予算

項目	予算配賦	
	2017	2018
NCNDPC 事務局としての行政経費	VND 9 billion (US\$ 387,000)	VND 10 billion (US\$ 430,000)
中央予算により実施される堤防修繕費	VND 407 billion (US\$ 17.5 million)	VND 400 billion (US\$ 17.2 million)
首相決定 1002 に基づく CBDRM 運営費	VND 2 billion (US\$ 86,000)	VND 2 billion (US\$ 86,000)

出典: JICA 防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査 (2018) での VNDMA 提供資料

地方省における防災関連予算は収集出来ていない。参考として、国家防災計画で示されている事業費を図 3.3-2 に示す（但し国家防災計画における金額は計画値であり、予算配賦が決定している訳ではない）。これによると、全体額の約 93% (VND 100,075,000 million/3yr) が、構造物対策（既存施設の維持管理・補修費含む）となっており、そのうち治水関連額は、VND 19,098,000 million/3yr (US\$ 843 million/3yr) である。



出典: JICA 防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査 (2018)

図 3.3-2 国家防災計画 2018-2020 における事業費（計画値）（単位：million VND）

(3) 治水対策における組織制度の課題

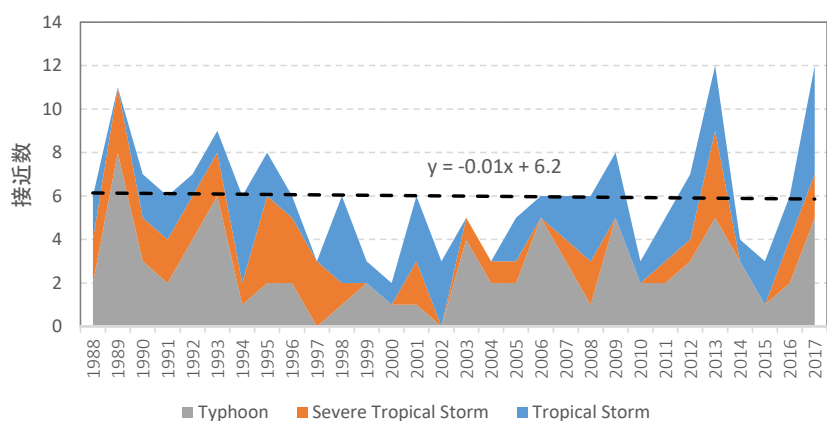
ベトナム国では、災害準備・災害対応を担う防災担当事務と、堤防整備事業や灌漑事業などの河川における治水・利水事務は同一の機関に属しており、中央では MARD が、地方では地方省人民委員会の DARD がこれらの機能を担っている。一方で、水資源法に基づく河川流域の水資源開発計画や貯水池の統合的運用は MONRE が所管するが、これらにも洪水対策や目標とする洪水規模が包含されるなど、流域全体で治水安全度の向上を図り、総合的な治水戦略・計画を策定し対策を実施していくうえで、各機関の役割分担は複雑な関係を形成している。

また、地方省を跨ぐ流域での水資源管理の調整機関として、River Basin Organization (RBO) がそれぞれの地方省の代表により設立され、上下流での水資源の配分やそのための調整が行われることとなっているが、MARD 水資源アカデミーへのヒアリングによると、RBO が機能している流域は限られるとのことである。

3.3.4. 洪水被害状況の整理

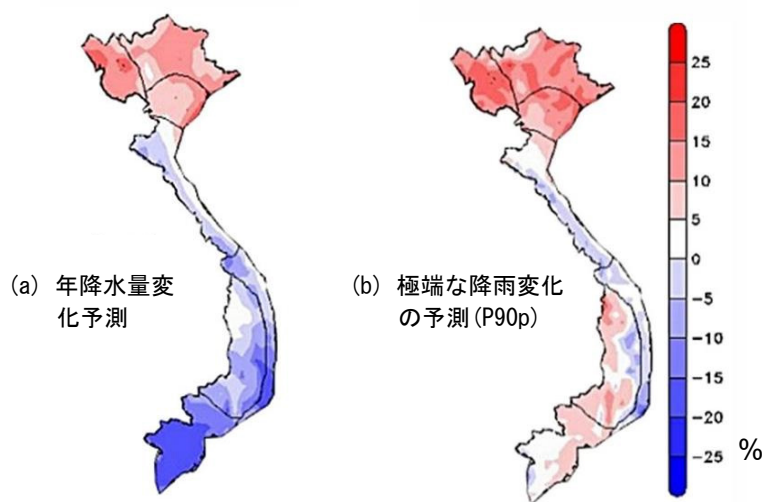
(1) 気象要因の動向

ベトナムにおける主な洪水被害の要因となる台風・熱帯低気圧について、過去 30 年（1988 年～2017 年）に本土に接近した数を図 3.3-3 に示す。これによると、過去 30 年で接近総数は横ばいであり、大きな変化は見られない。他方、降水量の将来予測では、北部山岳地域や中部高原地域から南部にかけて、極端な降雨の強度が増加する可能性が予測されている（図 3.3-4）。また、解析モデルによっては、全国的に降水量が増加する予想結果を示すものもあり、洪水被害の増加の可能性がある。



出典: JICA 防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査（2018）

図 3.3-3 ベトナムへの台風の接近数（1988-2017）



出典:Raghavan et al., 2017: Ensemble climate projections of mean and extreme rainfall over Vietnam

図 3.3-4 ベトナムの降水パターン変化の将来予測（1960-1989 と 2060-2089 の比較）

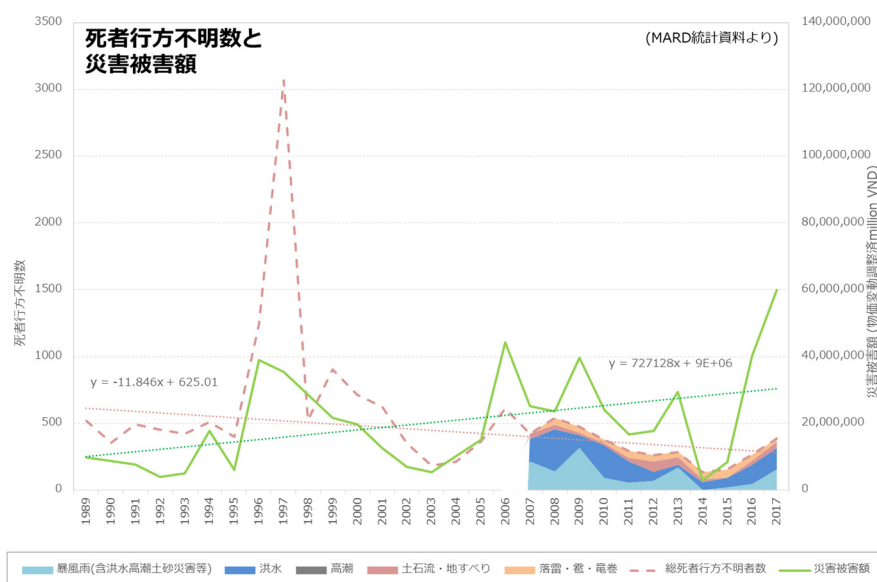
(2) 人的・経済被害の動向

ベトナムにおける災害死者・行方不明者数及び被害額の時系列変化を図 3.3-5 に示す。

VNDMA による集計データに基づくが、2006 年以前のデータは全国の総数のみ、2007 年以降は災害種毎のデータが入手可能である。

1997 年に南部地域を襲った台風「リンダ」による突出した被害（漁船遭難と家屋倒壊が主）を除くと、死者行方不明者数は全体的に減少傾向にあり、特に 2000 年代に入ってから減少傾向が顕著である。国全体の防災体制強化、予警報精度の向上やメディア等からの情報頻度の向上、住民活動の取り組み等の成果と考えられる。他方、経済発展に伴い、災害被害額は増加傾向にあり、事前投資による実質的なリスク削減策の遅れが懸念される。

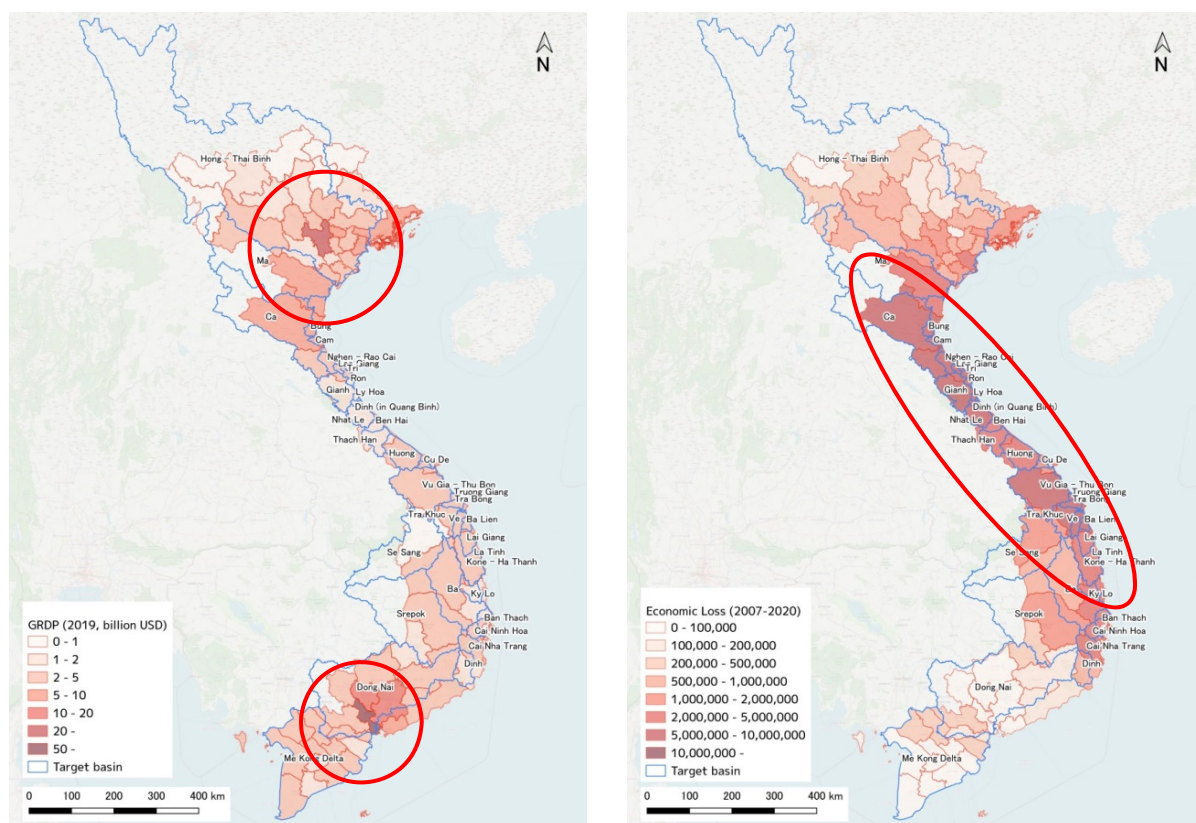
また、各地方省の域内 GDP と洪水による被害額について、図 3.3-6 に示す。ベトナムの経済活動が、ハノイを中心とする北部デルタ地域と、ホーチミン市を中心とする南部メコンデルタ地域に集中するのに対して、洪水被害額は中部地域に集中している。



※死者数の近似線には台風リンダを含まない

出典: JICA 防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査 (2018)

図 3.3-5 ベトナムにおける災害死者行方不明者数の推移 (1989-2017)



出典: VNDMA 災害集計データを基に作成

図 3.3-6 各地方省の域内 GDP (billion USD) と洪水被害額 (billion VND) (2007-2020)

3.3.5. 使用データ

(1) 使用データ

洪水リスクの分析で使用したデータを表 3.3-2 に示す。人口分布については、グローバルデータ (Worldpop : 90m メッシュ) を使用することで統一した。域内 GDP については、ベトナム政府公表地方省域内 GDP 及び人口データから、一人当たり域内 GDP を算定し、Worldpop の人口分布に乗じている。

被害データについては、ベトナム政府 (MARD VNDMA) 集計の公式災害データ (2007 年-2020 年の 14 年分) に基づき、死者+行方不明者数+負傷者数で評価した。なお、被害額は 2020 年物価基準に補正している。

表 3.3-2 使用データ (ベトナム)

データ種	現地機関	グローバルデータ	備考
行政界	MARD 水資源アカデミー		WGS 84 / UTM zone 48N, EPSG: 32648
流域界			SRTM を基に独自作成 WGS 84 / UTM zone 48N, EPSG: 32648
人口		UN (2019) Worldpop(2020)	WGS 84 EPSG: 4326, 3 秒 (≒90m) メッ シュ Unconstrained: 2020
人口増加率		UN (2019) Worldpop(2020)	WGS 84 EPSG: 4326, 3 秒 (≒90m) メッ シュ Unconstrained: 2020

GDP	地方省公式 HP より転記された Wikipedia		地方省毎
GDP 成長率	地方省公式 HP より転記された Wikipedia		
標高		SRTM (90m メッシュ)	斜度の計算に使用 標高・傾斜から暫定で氾濫域を推定
災害データ	MARD VNDMA		2007～2020 災害イベント・省別

(2) 氾濫域データ

ベトナムでは、いくつかの主要河川において氾濫解析が実施されているが、全国の各流域について、統一された基準・手法で整備された氾濫域図はない。このため、以下の氾濫域について比較検討を行った（図 3.3-7）。

解析氾濫域図

JICA 事業により氾濫解析が実施された河川（Gianh 川、Nhat Le 川、Huong 川）の気候変動を考慮した 1/20 年確率洪水の解析氾濫域図を用いた。

一定海拔標高までの低平地

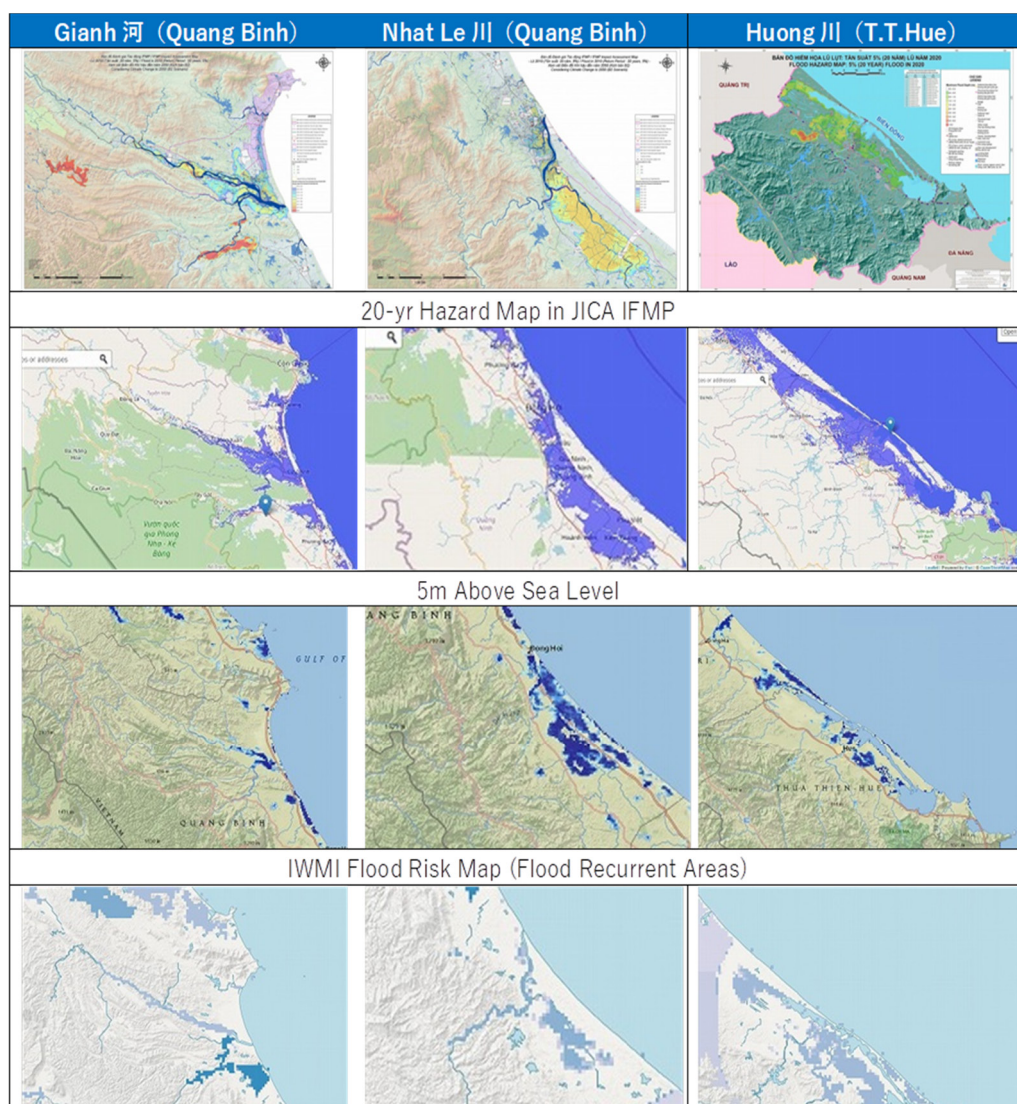
特に洪水被害の多い中部地域では、急峻な山間地と海岸線に挟まれた低平地が広く浸水する特徴がある。このため、数値標高データを基に一定海拔標高を氾濫域と見なした。なお、この際、数値標高データ欠損や不良により、スポット状の氾濫域が生成されてしまうことから、一定傾斜勾配を示す低平地を除外する処理を行っている。

グローバルモデル（GFMs）

世界各機関により、全球を対象とした洪水氾濫モデルが公表されており、表 3.3-3 に示すモデルについて、適用性を確認した。

表 3.3-3 参考とした GFMs

データ種	現地機関	ベトナムでの適用の課題
IWMI Flood Risk Mapping	一定期間の浸水実績を衛星画像解析により抽出した上で処理より抽出し、標高・湿地データ等により補正している。	氾濫実績であるため、該当期間の実績がない場合には氾濫区域として抽出されない。
WRI Aquiduc Model	流出モデルとして、全球水文モデルである PCR-GLOBWB を使用し、統計処理の上、準二次元により氾濫域を計算する。	中部地域のような拡散型洪水には適していない。
EU/JRC Model	全球水文モデル GloFAS の長期データセットを基に二次元氾濫解析を行う。約 1km メッシュで確率年毎の氾濫域を提供。	各流域の解析結果との整合性は良いが、ベトナムでは主要 6 流域のみ入手可。



出典: JICA 既往氾濫解析結果、IWMI Flood Risk Map、WRI Aqueduct Model より引用

図 3.3-7 3 流域（Gianh、Nhat Le、Huong）における氾濫域の比較

検討の結果、全国の河川流域を一定基準で評価する趣旨から、ベトナムでは、既往解析結果との整合性の高い「海抜 5m までの低平地」を氾濫域とみなし以下の検討に適用することとした。なお、この手法では、南シナ海に面さず、中央高地から西側のメコン川に流下する Se Sang 川及び Srepok 川の 2 流域については、氾濫域が抽出出来ない。但し、両河川とも過去の洪水被害実績は少なく水資源開発を主たる課題とする河川と考えられることから今回の検討に大きな影響はないものとする。

3.3.6. 1 次スクリーニング

検討対象流域は、首相決定 No.1588/QD-TTg/2012「Approving the Irrigation Planning for the Central Region for the period 2012-2020 and orientations to 2050 in the conditions of climate change and sea level rise」に示される流域に加え、SRTM 標高データに基づいて分割した流域のうち、流域面積約 200 km² 以上の流域を抽出し、合計 36 流域とした。全国の氾濫域のうち、同 36 流域のカバー率は 96%であり、治水対策を検討するうえで十分と判断した。



図 3.3-8 検討対象流域（合計 36 流域）

表 3.3-4 一次スクリーニングの結果

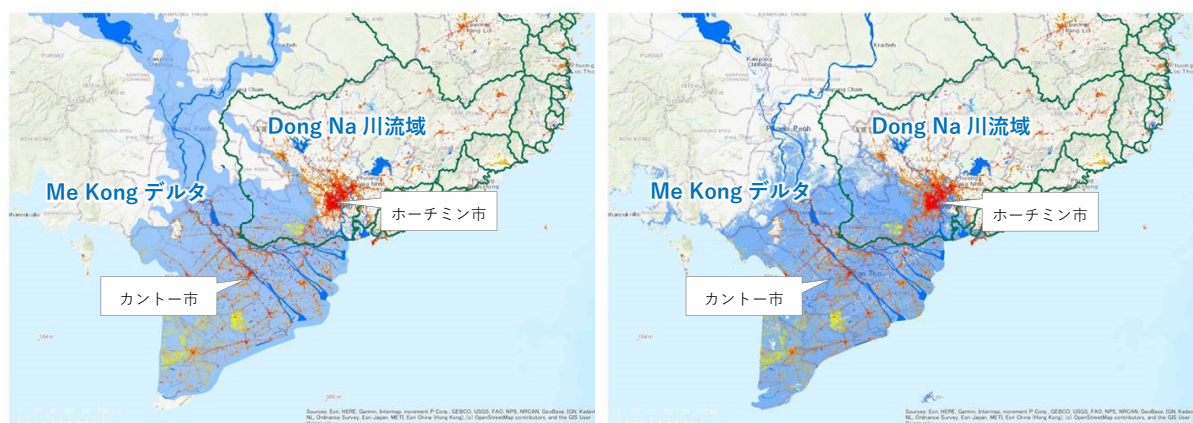
流域名	流域面積 (km ²)
Hong - Thai Binh	88,052.18
Ma	18,369.52
Bung	704.41
Cam	373.69
Ca	17,942.06
Nghen - Rao Cai	1,156.57
Lac Giang	312.67
Tri	432.39
Ron	273.05
Gianh	4,740.10
Ly Hoa	175.39
Dinh (in Quang Binh)	218.94
Nhat Le	2,572.95
Ben Hai	938.37
Thach Han	2,484.27
Huong	4,525.62
Cu De	407.91
Vu Gia - Thu Bon	11,086.82
Truong Giang	227.31
Tra Bong	799.43
Tra Khuc	3,204.07
Ve	1,193.38
Ba Lien	568.72
Lai Giang	1,426.11
La Tinh	687.47
Kone - Ha Thanh	3,703.09
Ky Lo	1,854.01
Ba	13,268.91
Ban Thach	609.78
Cai Ninh Hoa	971.73
Cai Nha Trang	1,819.11
Dinh	2,955.56
Dong Nai	38,352.59
Mekong Delta	33,307.89
Se Sang	11,250.75
Srepok	18,303.02

3.3.7. 2次スクリーニング

本検討では、まず、氾濫域内の資産が多い流域は洪水被害ポテンシャルの高い流域と仮定し、流域ごとの氾濫域内 GDP（2020 年物価基準換算）を算出した。併せて、氾濫域内人口及び人口増加率（2010-2020）、氾濫域内 GDP 成長率（2019）、被害実績（2007 年～2020 年の被災者数及び被害額）を取りまとめ、表 3.3-5 に示す。同表の氾濫域内 GDP の上位 15 流域について、2 次スクリーニング結果として抽出した。

全体として、氾濫域内人口や氾濫域内 GDP が大きいほど、それに比例して実際の被害実績も大きい傾向にあり、氾濫域内 GDP を洪水被害ポテンシャルとする指標はおおむね妥当であると考えられる。ただし、一部流域において被害ポテンシャルと被害実績に順位の大きな相違が見られ、例えば、南部の経済中心地であるホーチミン市を含む Dong Nai 川流域、カントー市を含む Mekong Delta 流域では、氾濫域内 GDP が群を抜いて高いのにも関わらず、近年の被害実績は少ない。2000 年以前には、両河川流域とも大きな被害が報告されており、氾濫域内に資産が集中していることから、ひとたび氾濫すればその被害が大きくなる可能性もあるが、過去の被害状況については、本調査でその詳細は収集出来ていない。

また、両河川流域での近年の被害が少ない理由として、Dong Nai 川については、上流域に多数のダム建設が進んでおり、これが洪水被害軽減に寄与している可能性があること、ホーチミン市内の高潮対策・排水対策によりリスク軽減がなされていることが考えられる。また、Mekong Delta 流域については、集計に用いた期間においては全域が一度に被災するような災害が発生しなかったことなどが考えられる。



出典：メコン委員会 Council Study（1/100 確率洪水の氾濫解析図）より引用

図 3.3-9 Me Kong 川流域の氾濫域図

左：メコン委員会 右：海拔 5m の範囲

表 3.3-5 2 次スクリーニング結果

流域名	流域面積 (ハ国内) km ²	氾濫域面積 (標高5m以下) km ²	被害ポテンシャル										被害実績			
			氾濫域人口 (2020)		氾濫域人口年増加率 (2010-2020)		氾濫域GDP (2020)		氾濫域GDP年成長率 (2019)		被災者数 (死者・行方不明者・負傷者, 2007~2020)		被害額 (2007~2020, 2020年物価調整済)			
			人	順位	%	順位	百万USD	順位	%	順位	人	順位	百万USD	順位		
Dong Nai	38,374	8,075	8,854,287	3	2.5%	1	44,801	1	8.4%	14	52	26	51	27		
Me Kong Delta	33,287	30,970	13,119,684	1	0.6%	16	29,996	2	7.3%	23	100	18	155	14		
Hong - Thai Binh	88,380	8,344	8,893,386	2	0.3%	22	24,687	3	11.3%	6	752	2	1,688	1		
Ma	19,954	833	724,486	4	0.0%	31	1,418	4	15.2%	4	209	10	541	3		
Huong	4,537	767	347,008	5	0.4%	19	698	5	7.1%	29	493	5	308	8		
Vu Gia - Thu Bon	11,208	264	221,144	7	1.4%	6	698	6	8.0%	19	1,145	1	661	2		
Nghen - Rao Cai	1,156	388	228,118	6	-0.3%	33	598	7	20.8%	1	305	7	535	4		
Ca	17,929	280	179,278	8	-0.6%	35	346	8	14.6%	5	171	13	319	7		
Kone - Ha Thanh	3,716	176	130,536	10	0.1%	27	315	9	7.3%	24	280	8	232	11		
Bung	704	164	158,064	9	0.4%	21	245	10	8.8%	12	117	17	232	12		
Cai Nha Trang	1,852	33	75,319	13	1.0%	11	218	11	7.4%	21	155	15	253	9		
Tra Khuc	3,520	68	67,094	16	1.0%	12	197	12	9.6%	8	345	6	212	13		
Gianh	4,773	166	90,835	11	0.6%	17	155	13	7.0%	30	555	3	444	5		
Nhat Le	2,573	242	87,835	12	0.1%	26	150	14	7.0%	30	536	4	429	6		
Ba	13,388	58	71,108	14	1.1%	10	145	15	8.2%	15	153	16	133	15		
Thach Han	2,530	177	68,150	15	0.0%	28	137	16	7.1%	27	221	9	242	10		
Ve	1,123	46	39,500	21	1.3%	8	116	17	9.6%	8	203	11	125	16		
Tri	432	116	41,146	20	1.4%	7	108	18	20.8%	1	55	25	97	20		
Dinh	2,967	27	49,335	17	1.5%	5	101	19	10.3%	7	9	34	31	30		
Ba Lien	571	55	31,832	23	0.9%	13	94	20	9.6%	8	164	14	101	18		
Cai Ninh Hoa	1,009	58	31,888	22	2.1%	3	92	21	7.4%	21	66	23	107	17		
Ban Thach	613	76	44,172	19	0.8%	15	90	22	8.2%	15	95	19	82	22		
Cam	373	87	46,788	18	-0.4%	34	72	23	8.8%	12	35	28	69	23		
Lac Giang	313	59	23,470	25	-0.1%	32	62	24	20.8%	1	31	29	55	25		
Truong Giang	228	60	18,731	26	1.5%	4	53	25	8.1%	18	172	12	100	19		
Ben Hai	898	94	25,959	24	-0.8%	36	52	26	7.1%	27	84	20	92	21		
Cu De	409	15	12,933	28	1.2%	9	45	27	7.9%	20	12	32	6	34		
La Tinh	690	45	18,393	27	2.1%	2	44	28	7.3%	24	39	27	33	29		
Tra Bong	711	24	11,275	30	0.4%	20	33	29	9.6%	8	58	24	36	28		
Ly Hoa	175	33	12,887	29	0.1%	25	22	30	7.0%	30	79	21	63	24		
Lai Giang	1,448	14	8,967	32	0.2%	24	22	31	7.3%	24	19	30	16	31		
Ron	238	17	11,028	31	0.3%	23	19	32	7.0%	30	67	22	54	26		
Ky Lo	1,861	9	4,461	33	0.9%	14	9	33	8.2%	15	10	33	8	33		
Dinh (in Quang Binh)	219	4	2,630	34	0.6%	18	4	34	7.0%	30	16	31	13	32		
Se Sang	11,268	0	0	35	0.0%	29	0	35	0.0%	35	0	35	0	35		
Srepok	18,338	0	0	35	0.0%	29	0	35	0.0%	35	0	35	0	35		

3.3.8. 3 次スクリーニング

3 次スクリーニングでは、2 次スクリーニングで選定した 15 流域において、以下の 3 つの補助指標を追加して優先流域を 5 流域選定する。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
- ② M/P 策定・改訂の必要性
- ③ 日本の支援の必要性・有効性

補助指標を含む 15 流域の評価結果概要について表 3.3-6 に示す。なお、以下の流域については、治水 M/P 策定の優先流域を選定する本調査の趣旨を鑑み、3 次スクリーニングの検討にあたり以下の理由により対象流域から除外することとした。

Dong Nai 川（氾濫域内 GDP 1 位）：氾濫域にホーチミン市を含むため、氾濫域内 GDP が 15 流域中最も大きい、近年の洪水被害実績がほとんどない。3.3.7 に述べた通り、海拔標高を基に設定した氾濫被害ポテンシャルでは上流のダムの効果やホーチミン市内の高潮・排水対策など近年の実態を表現できていない。また、流域を対象とした水資源開発ニーズが高いが、治水ニーズは都市部における排水対策や高潮対策等の都市域の地先防御が主になると想定され、新規事業の必要性、流域全体の M/P 策定・改訂の必要性、日本の支援の必要性はいずれも限られると評価した。

Mekong Delta（氾濫域内 GDP 2 位）：Dong Nai 川と同様に、近年の洪水被害実績が低く本調査からは治水ニーズが明らかではない。1997 年の台風リンダで甚大な被害が出た地域であるが暴風雨被害によるものである。上流域からもたらされる季節性の洪水は毎年発生しているが、洪水を受け入れる社会形成が一定程度進んでいる。また、流域の大部分が他国領土内に属するため、ベトナムのみで流域一体を視野に入れた M/P を策定することは困難であり、これまで治水事業は都市部における地先防御が中心に実施されてきた。そのため、新規事業の必要性、流域全体の M/P 策定・改訂の必要性、日本の支援の必要性はいずれも限られると評価した。

Hong-Thai Binh 川、Ma 川、Ca 川（氾濫域内 GDP 3 位、4 位、8 位）：いずれも国際河川であり、氾濫域は堤防により防御されている。Hong-Thai Binh 川水系では 1/300 確率（ハノイ市周辺では 1/500 確率）、Ma 川及び Ca 川では 1/100 確率の整備方針が首相決定（257/2016/QĐ-TTg）により示されている。堤防区間はいずれも長大であり、堤高及び強度が十分でない区間もあることから、引き続き改修・強化の取り組みが必要であるが、上記の管理水準での防御が公的な文書で定められていることから、新たな事業を検討する必要性は限られると評価した。

Bung 川（氾濫域内 GDP 10 位）：流域面積 704 km² の小流域であり、その殆どが沿岸低地であり山間部は流域の 10%に満たない。洪水時には河川は低地内を氾濫・蛇行して流下するが河道の範囲が不明瞭で、必要な治水事業対象を特定しにくい。日本の円借款事業により隣接する Ca 川から灌漑水路を引き込むなど、これまで灌漑ニーズが主の流域である。氾濫域の評価の妥当性の検証は必要であるが、流域全体の M/P 策定・改訂の必要性、日本の支援の必要性はいずれも限られると評価した。

表 3.3-6 3次スクリーニングの概要

河川名	地域	ベース指標		補助指標		
		氾濫域内 GDP2020 (mil.US\$)	全国GDPに 対する割合 2020	①既往事業の進捗からみた事業必 要性	②M/P策定・改訂の必要性・緊急 性	③日本の支援の必要性・有効性
1. Dong Nai	South	44,801	16.46%	△ 水資源開発対象河川で、高潮被害が主（被害額27位）	△ ・水資源開発としてのMP ・治水MPのニーズ低い	△ ・都市部における排水対策及び高潮対策が主となる
2. Me Kong Delta	South	29,996	11.02%	△ 水資源開発対象河川で、高潮被害が主（被害額14位）	△ ・水資源開発としてのMP ・治水MPのニーズ低い	△ ・洪水被害が少なく、暴風対策が主となる
3. Hong - Thai Binh	North	24,687	9.07%	△ 北部デルタ代表河川で、1/500-200で堤防整備済み	○ ・政府による治水計画あり	○ ・既存堤防の修繕や内水対策が主となる
4. Ma	North	1,418	0.52%	△ 約1/100で堤防整備済み	○ ・JICA2003MP対象流域 ・政府による治水計画あり	○ ・既存堤防の修繕や内水対策が主となる
5. Huong	Middle	698	0.26%	◎ ・無堤河川、ダム操作あり ・被害額：8位	◎ ・JICA2003MP対象流域 ・Tra Trach建設等より要改訂	◎ ・他ドナー治水支援なし ・JICA無償実施中
6. Vu Gia - Thu Bon	Middle	698	0.26%	◎ ・無堤河川、ダム操作あり ・被害額：2位	◎ ・JICA2003MP対象流域 ・流量配分等見直しが必要	◎ ・他ドナー支援が複数があるが、流域治水の支援はなし
7. Nghen - Rao Cai	Middle	598	0.22%	○ ・氾濫低地内の蛇行河川 ・被害額：3位	○ ・MPなし ・ただし雨水排水対象	○ ・ベトナム政府による治水計画 ・F/Sニーズあり
8. Ca	Middle	346	0.13%	△ 約1/100で堤防整備済み 省都Vinh市の内水氾濫	○ ・JICA2003MP対象流域 ・政府による治水計画あり	○ ・既存堤防の修繕や内水対策が主となる
9. Kone - Ha Thanh	Middle	315	0.12%	○ ・無堤河川、ダム操作あり ・近年被害額：10位	○ ・JICA2003MP対象流域 ・ベトナム側で事業実施	○ ・MP提案事業の一部実施済みだが、治水安全度の見直し必要
10. Bung	Middle	245	0.09%	○ ・氾濫低地内の蛇行河川 ・被害額：11位	△ ・治水MPのニーズなし	△ ・JICA灌漑円借款実施中
11. Cai Nha Trang	Middle	218	0.08%	◎ ・無堤河川 ・被害額：12位	○ ・MPなし ・WB ERL 流域計画策定	◎ ・都市開発によるリスク増、治水計画の見直し必要
12. Tra Khuc	Middle	197	0.07%	○ ・無堤河川 ・被害額：23位	○ ・JICA2003MP対象流域 ・政府による治水計画あり	○ ・都市区間のみ堤防があるが、その他の治水事業の実績はない
13. Gianh	Middle	155	0.06%	○ ・無堤河川 ・被害額：5位	◎ ・MPなし	○ ・治水事業の実績なし
14. Nhat Le	Middle	150	0.06%	◎ ・無堤河川 ・被害額：4位	◎ ・MPなし	○ ・治水事業の実績なし
15. Ba	Middle	145	0.05%	◎ ・無堤河川 ・被害額：19位	○ ・JICA2003MP対象流域 ・WB ERL 流域計画策定	△ ・干ばつ被害が深刻な地域で、水資源開発のニーズが主

(1) 9 流域の概要

ここでは、上記 6 流域を除く 9 流域について概要を述べる。

1) Huong 川

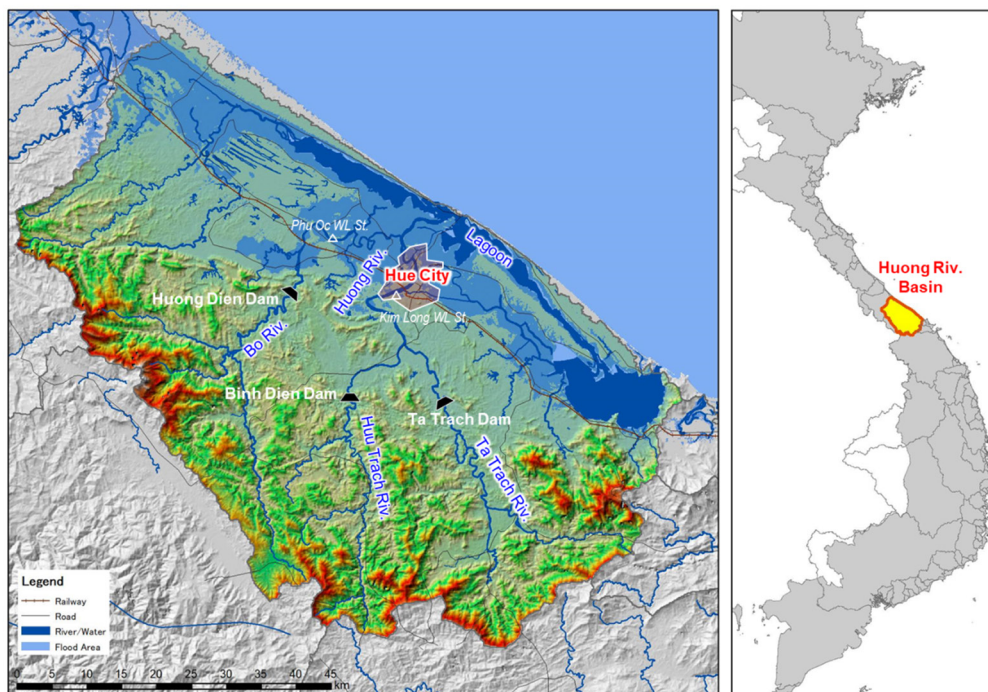


図 3.3-10 Huong 川の流域概要

Huong 川流域の基本情報は以下のようにになっている。

流域面積：4,537km²（氾濫域面積：767 km²）

氾濫域内人口：347,008 人（氾濫域内人口増加率：0.4 %）

氾濫域内 GDP：698M USD（氾濫域内 GDP 成長率：7.1 %）

主要都市は Hue 市であり、既存の治水事業として、主要支川には洪水調節の可能な大規模ダムがある。洪水常襲域であり、特に 1999 年の台風により甚大な被害を出した。Ta Trach 川、Huu Trach 川が合流して Hue 市街地を流下し、Bo 川が Hue 市下流で合流する。Ta Trach 川には 2009 年に治水を目的とした Ta Trach ダムが竣工し当地の洪水被害軽減に大きく寄与しているが、2020 年の洪水では市街地が広範囲にわたって浸水している。

Ta Trach ダムを含む 3 つのダムの運用改善の取り組みが行われており、Huong 川沿いの河岸整備などの計画はあるものの、洪水被害を直接軽減させるような構造物対策に積極的な投資が行われているとは言い難い。また、Huong 川右岸や下流域に拡大する都市域に対して、Huong 川の排水不良や Bo 川からの流入により広い範囲が浸水する状況にある。更なる事業の実施が必要である。以上のことから、新たな事業必要性は高いといえる。

JICA 2003M/P では、1/20 規模洪水を治水目標とした整備方針が提案されたが、その後 Ta Trach

ダムが竣工していること、ダム操作規則が規定されたこと、Hue 市街地が拡大していること等を鑑み、治水目標の再設定と、新たな治水対策にかかる M/P の提案が必要である。

2008 年～2013 年にかけて JICA により技術協力が実施されており、また、2017 年からはダムの効果的運用を目的とする無償資金協力が実施中である。これらの成果を踏まえ、今後はさらに Huong 川の排水能力の向上や Bo 川合流部の浸水防止等が必要になってくると考えられる。JICA では過去より中部ベトナムのモデル流域ともなる地域として支援を行ってきており、引き続き日本の支援の必要性・有効性は高い。

表 3.3-7 Huong 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	◎

2) Vu Gia-Thu Bon 川

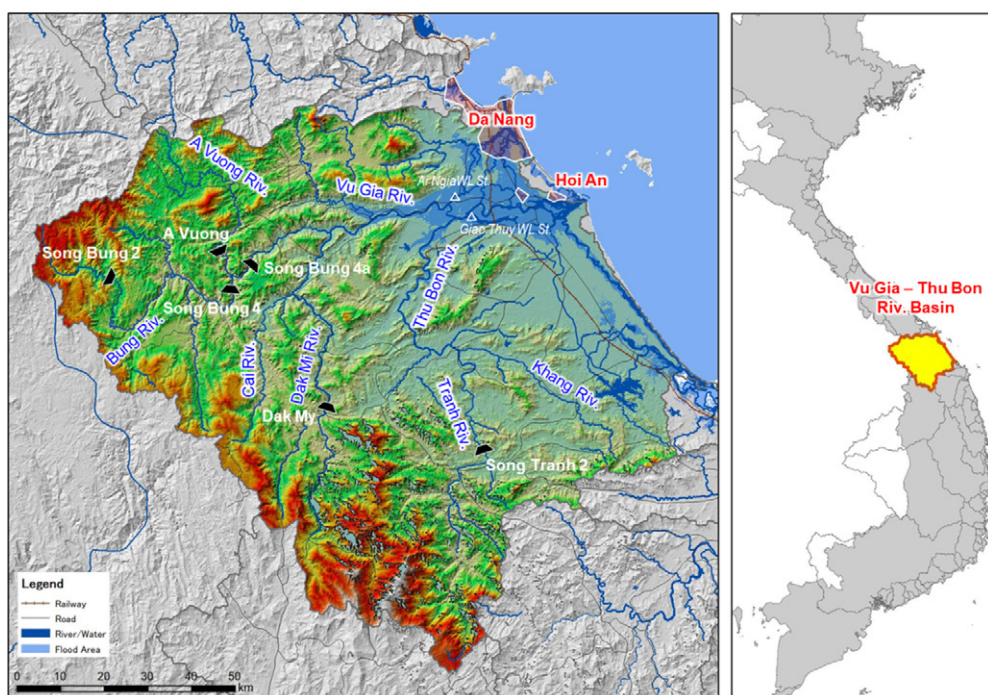


図 3.3-11 Vu Gia-Thu Bon 川の流域概要

Vu Gia-Thu Bon 川の流域の基本情報は以下の通りになっている。

流域面積：11,208 km²（氾濫域面積：264 km²）

氾濫域内人口：221,144 人（氾濫域内人口増加率：1.4 %）

氾濫域内 GDP：698M USD（氾濫域内 GDP 成長率：8.0 %）

洪水時には Vu Gia 川及び Thu Bon 川合流地点より下流一帯が広く浸水する。Vu Gia 川の河口には中部最大の都市 Da Nang 市があり、その市街域は氾濫域に向かって急速に南方に拡大している。Da Nang 市では、氾濫域の新興開発区の土地の嵩上げや一部築堤などにより対策を行っている。Vu Gia 川からの流出の多くは地形的に Thu Bon 川に流れ込む。これにより Thu Bon 川河口の世界遺産都市 Hoi An がたびたび浸水することから、治水事業の必要は高い。

JICA 2003M/P では、1/20 規模洪水を治水目標として、Vu Gia 川上流に治水ダムの建設が提案されたが、承認には至っていない。JICA 2003M/P 後、上流域には洪水調節容量を持つ複数のダムが建設されており、2009 年には Vu Gia 川と Thu Bon 川の合流部付近に Dai Loc 堰が建設されたことにより、当時の流出条件から大きく変化していると予想され、洪水時の氾濫域への影響も変化していると思われる。加えて、近年の Da Nang 市街地の拡大や国道 1 号線沿いの都市開発に伴う保全対象の変化も考慮に入れたうえで、新たな治水対策にかかる M/P の提案が必要である。

当該流域では、近年、Thu Bon 川河口部において海岸浸食が深刻化するなど、流域土砂管理の視点も重要となっている。必要な施策は多岐にわたり、日本の知見が活かされ则认为る。

なお、流域が Dan Nang 市と Quang Nam 省に跨ることから、水資源管理・治水の両面において、両地方政府の合意形成が重要である。

表 3.3-8 Vu Gia-Thu Bon 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	◎

3) Nghen-Rao Cai 川

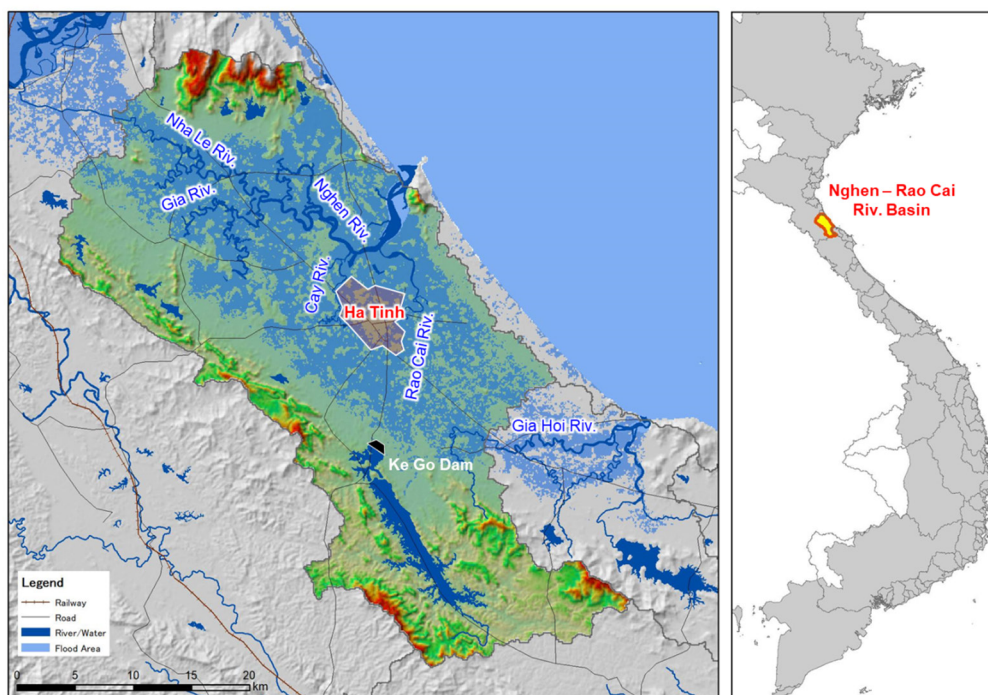


図 3.3-12 Nghen-Rao Cai 川の流域概要

Nghen-Rao Cai 川の流域の基本情報は以下のとおりである。

流域面積：1,156 km²（氾濫域面積：388 km²）

氾濫域内人口：228,118 人（氾濫域内人口増加率：-0.3 %）

氾濫域内 GDP：598M USD（氾濫域内 GDP 成長率：21 %）

流域の 67%が低平地となっており、砂丘後背地に蛇行河川が発達している。河川勾配が極めて緩く排水不良により低平地の広範囲が浸水する。Ha Tinh 市街地の防御のため、Nghen 川支川である Cay 川と Rao Cai 川に挟まれた地域を周囲堤で防御している。引き続き周囲堤内の雨水排水の強化や、防御区域内の排水システム強化、市街地への流入を抑制するためのバイパス道路の嵩上げ、Rao Cai 川の転流等が検討されており、事業必要性は中程度とした。

Ha Tinh 省は、2015 年に省内の基本的な治水対策を示した決議 No.159/2015/NQ-HDND を定め、Nghen-Rao Cai 川流域の中央に位置する Ha Tinh 市街地の治水目標を 1/50 確率に設定したうえで、必要な施策リストを提示している。さらに同施策の実施のために国内研究機関による調査・解析が実施されている。上記状況から、新たな治水対策にかかる M/P 策定の必要性は中程度とした。

決議 No.159/2015/NQ-HDND では、Ha Tinh 市街地の排水事業に加えて、Rao Cai 川上流の Ke Go ダムの改修及び Rao Cai 川の一部転流が提案されている。また、その投資元として、WB、ADB、JICA を具体的に掲げていることを考慮し、日本の支援の必要性は中程度とした。

表 3.3-9 Nghen-Rao Cai 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	○

4) Kone-Ha Thanh 川

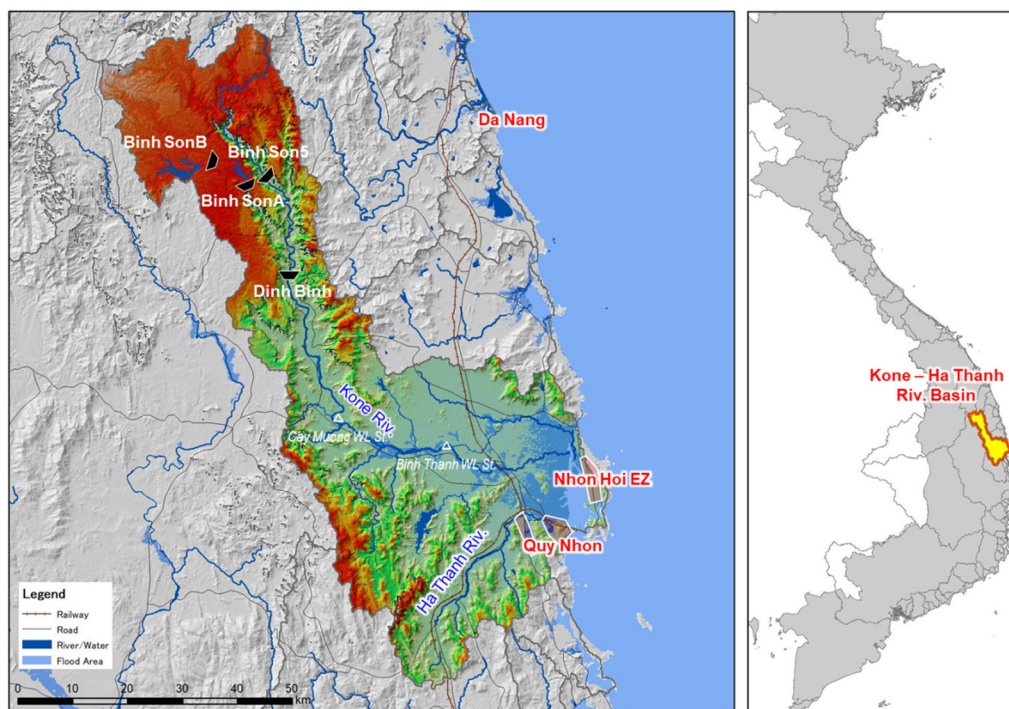


図 3.3-13 Kone-Ha Thanh 川の流域概要

Kone-Ha Thanh 川の流域の基本情報は以下の通りになっている。

流域面積：3,716 km²（氾濫域面積：176 km²）

氾濫域内人口：130,536 人（氾濫域内人口増加率：0.1 %）

氾濫域内 GDP：315M USD（氾濫域内 GDP 成長率：7.3 %）

山間部を流下し基準点の Binh Thanh より下流で沖積錘状の地形と氾濫域が形成されている。氾濫域内で河道は複数に分派し、部分的に築堤・護岸整備が行われている。上流域にダムが建設されているが、主用途は発電及び灌漑目的であり、それぞれ洪水調節容量を備えているものもある。そのうち 2009 年竣工の Dinh Binh ダムは、洪水調節容量 210MCM を有し、JICA 2003M/P での F/S 対象事業に含まれていた。

同ダム竣工後も洪水被害は発生しているが、氾濫域内には大きな都市はなく（Quy Nhon 市は氾濫域の南端に位置する）、Quy Nhon 市の都市開発は氾濫域の方向には拡大していないため、新たな事業の必要性は中程度とした。

JICA2003M/P での F/S 対象河川であるが、治水目標は Major 洪水期ではなく、Late 洪水期（主洪水が終わったあとの洪水期）の 1/20 に設定されている（※各洪水期については 3.3.9(6)e)に詳述する）。当時より、治水目的よりも水資源ニーズが高かったため想定される。少なくとも主洪水期の 1/20 程度に計画を見直す必要があるが、上記の通り、都市開発が氾濫域に進んでいる様子はなく、新たな治水にかかる M/P 改訂の必要性は中程度とした。

現状の氾濫被害ポテンシャルに対する残余リスクの低減に必要な対策としては、特に Binh Thanh 下流で分派する河道の拡幅・統合・築堤などが考えられる。また、この地域は主に農地として利用されているため、ある程度の溢水を許容する土地利用政策も必要と考える。現時点では日本政府や JICA に対し特定の治水事業に対する要請もないことから、日本の支援の必要性は中程度と考える。

表 3.3-10 Kone-Ha Thanh 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	○

5) Cai Nha Trang 川

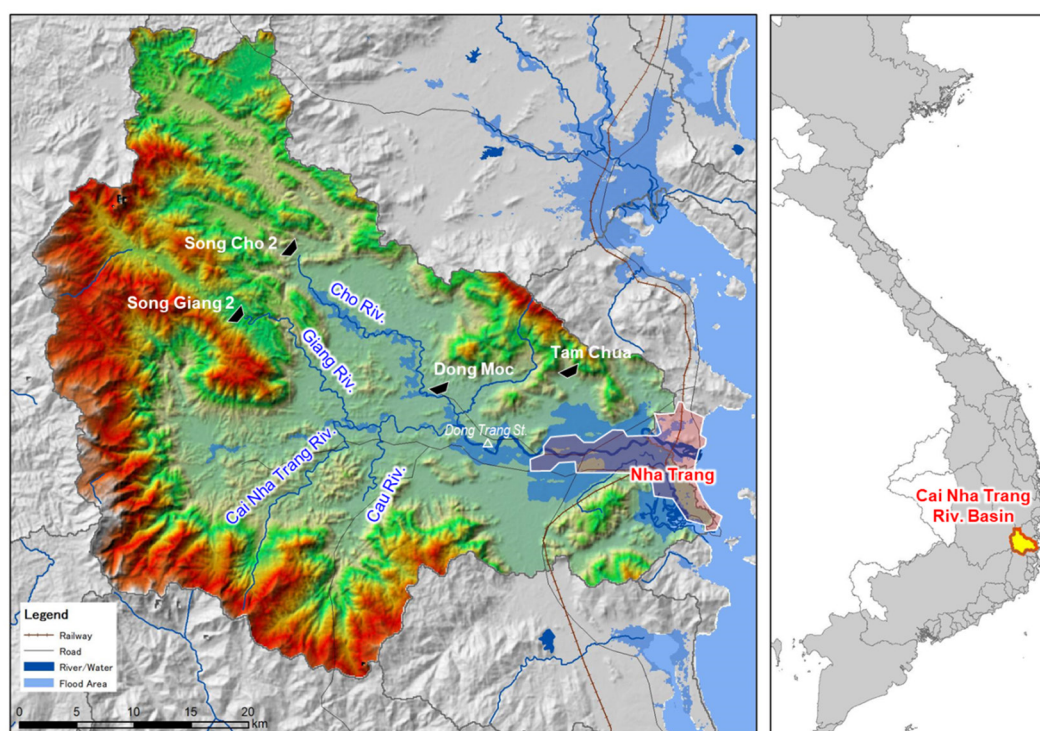


図 3.3-14 Cai Nha Trang 川の流域概要

Cai Nha Trang 川の流域の基本情報は以下の通りになっている。

流域面積：1,852 km²（氾濫域面積：33 km²）

氾濫域内人口：75,319 人（氾濫域内人口増加率：1.0 %）

氾濫域内 GDP：218M USD（氾濫域内 GDP 成長率：7.4 %）

氾濫域面積は小さいながらも、中南部ベトナムの経済・観光中心都市でもある Nha Trang 市街地を氾濫域に含むため、面積当たりの人口及び GDP は 36 流域内で最大である（次いでホーチミン市を含む Dong Nai 川）。Nha Trang 市街地は氾濫域の上流側に拡張しつつあり、今後開発圧力は益々強くなると予想される。

既存治水事業の詳細は不明であるが、Nha Trang 中心部が位置する砂州裏の河川の直線化が行われている。また、下流右岸の一部に堤防建設中（1/100）である。同堤防の防御範囲は市街地のごく一部であるため、市街地防御のための新たな事業実施の必要性は高い。

明確な治水目標は定められていないが、WB GFDRR 資金により IFMP の検討が行われている。同計画では中上流部で洪水を許容し遊水効果を確保するとともに、Nha Trang 市街地での浚渫・拡幅・築堤放水路を用いて 1/20 の治水安全度を確保するとしている。計画内容の詳細は不明であり、現時点での新たな治水にかかる M/P 策定の必要性は中程度と考える。

日本の地方都市河川に類似しており、また、治水事業による投資効果も高いことから日本の支援の必要性・有効性は高いと考えるが、現在、ベトナム政府ないし WB の融資等により実施されている治水計画及び治水事業の詳細について確認の必要がある。

表 3.3-11 Cai Nha Trang 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	○

6) Tra Khuc 川

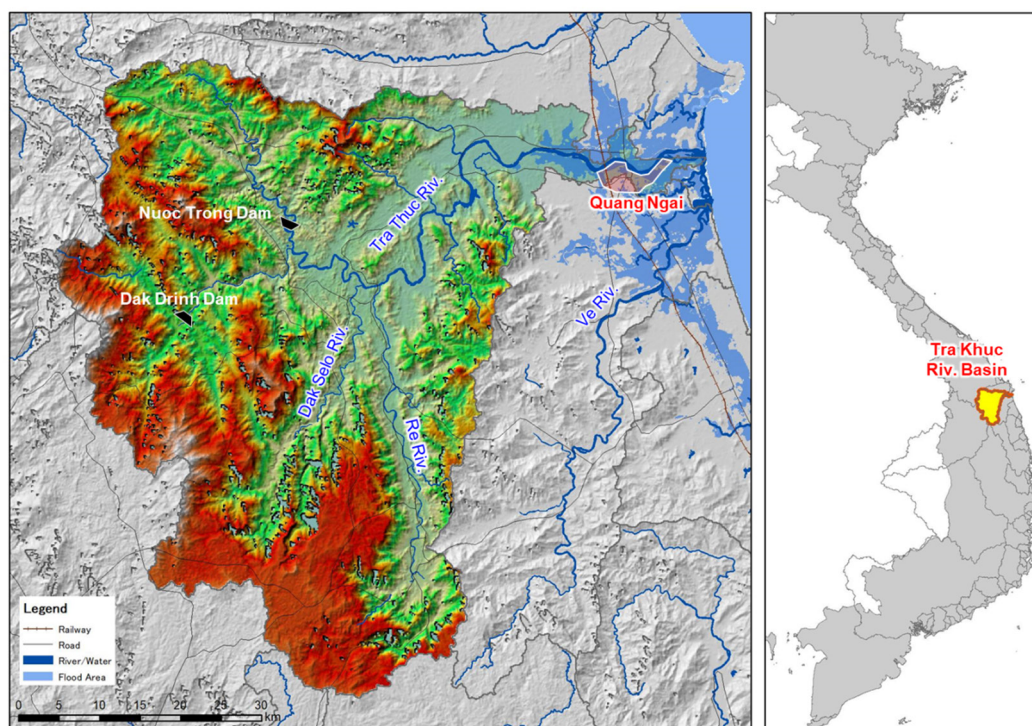


図 3.3-15 Tra Khuc 川の流域概要

Tra Khuc 川の流域の基本情報は以下の通りになっている。

流域面積：3,520 km²（氾濫域面積：68 km²）

氾濫域内人口：67,094 人（氾濫域内人口増加率：1.0 %）

氾濫域内 GDP：197M USD（氾濫域内 GDP 成長率：9.6 %）

河川延長が短く河床勾配が急であるため、下流への洪水到達時間は短い。上流域に統合操作対象となるダムはない。流域の資産は下流右岸の Quang Ngai 市に集中している。Quang Ngai 市から下流（右岸で 14km、左岸で 10km）では道路を兼ねた低い堤防が整備されており、Quang Ngai 市街地及びその下流域を防御する。ただし右岸地域は隣接する無堤河川である Ve 川からの氾濫もあり、浸水常襲地域となっている。最も重要な資産に対する治水事業は行われており、新たな事業必要性は中程度と考える。

Tra Khuc 川は首相決定により、治水目標 1/10 が定められており、Quang Ngai 省による治水計画も策定されている。治水目標の設定値の妥当性に関する疑念はあるものの、上記から、現時点での新たな治水にかかる M/P 策定の必要性は中程度であると考ええる。

Quang Ngai 市周辺の堤防整備が進んでおりその次の展開として、Quang Ngai 省では、Tra Khuc 川の洪水予測と早期警報、隣接する Ve 川からの洪水への対応が必要であり、日本の支援の必要性は中程度とした。

表 3.3-12 Tra Khuc 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	○

7) Gianh 川

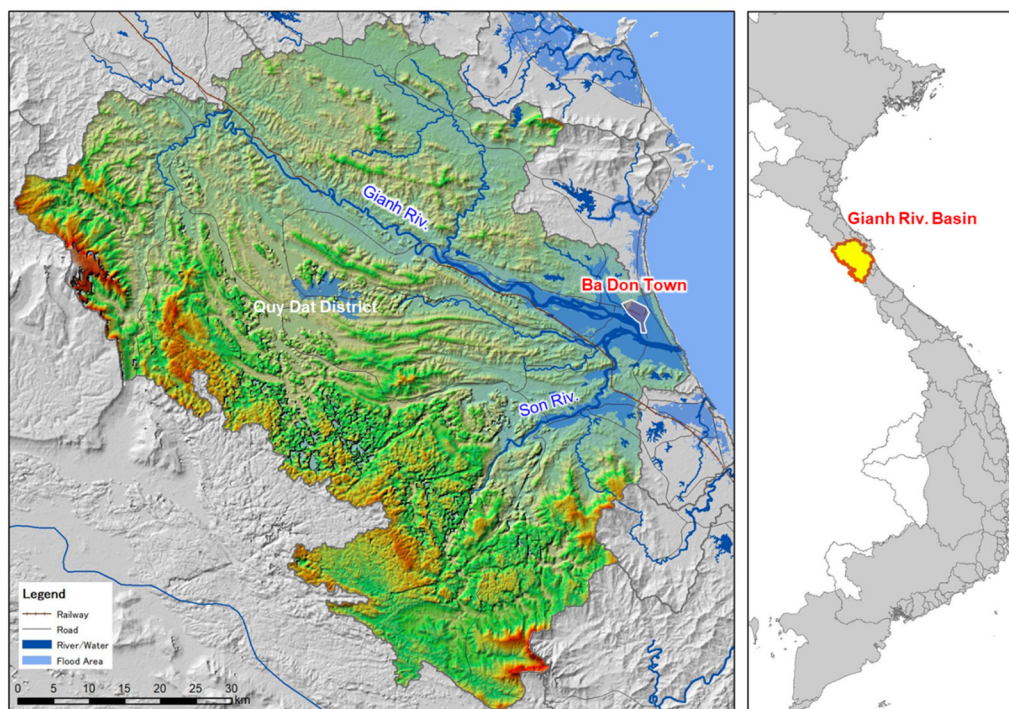


図 3.3-16 Gianh 川の流域概要

Gianh 川の流域の基本情報は以下の通りになっている。

流域面積：4,773 km²（氾濫域面積：166 km²）

氾濫域内人口：90,835 人（氾濫域内人口増加率：0.6 %）

氾濫域内 GDP：155M USD（氾濫域内 GDP 成長率：7.0 %）

主要都市は Ba Don 市となっており、既存の治水事業はない。

地質構造に制約を受け直線状の河道が形成されており、2010 年洪水では大きな被害を出している。本川の中州には居住区も多く洪水被害に加えて土地の侵食が大きな課題となっている。また、上流域は石灰岩地帯であるため流出特性が複雑で至るところで河川が伏流する。また、石灰岩地帯の盆地である Quy Dat 地区は 5m 近く浸水することもある。下流域には農地保全のための前期洪水期対応の低い堤防が整備されている。近年「町」に格上げされた Ba Don 地区を除き、氾濫域に資産の集中はないため、新たな事業必要性は中程度とした。

Gianh 川は、JICA による IFMP 検討の対象河川である。本検討では 1/20 確率洪水を想定して Ba Don 市防御のための堤防とそれによる下流域への影響を評価しているが、事業の具体化にあたっての検討はなされていない。他に治水に係る M/P に類する計画はなく、新たな治水にかかる M/P 策定の必要性は高いとした。

上流域の流出特性が複雑でダム建設の適地がない。河岸浸食対策に対するニーズは高いと思われるものの、Ba Don 市街地の局所的な防御対策の他には、治水事業メニューが想定しにくく、日本の支援の必要性は中程度と判断した。

表 3.3-13 Gianh 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	○

8) Nhat Le 川

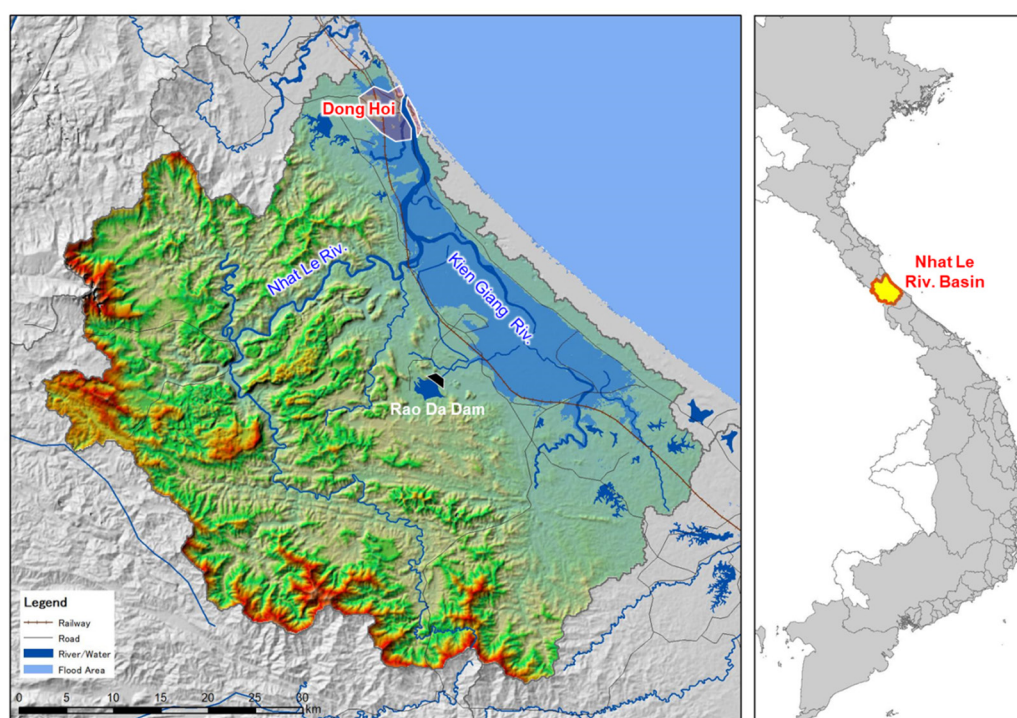


図 3.3-17 Nhat Le 川の流域概要

Nhat Le 川の流域の基本情報は以下の通りになっている。

流域面積：2,574 km²（氾濫域面積：242 km²）

氾濫域内人口：87,835 人（氾濫域内人口増加率：1.0 %）

氾濫域内 GDP：150M USD（氾濫域内 GDP 成長率：7.0 %）

海岸に沿って幅最大 5km 標高最大 20m の砂丘があり、山間より流下する Nhat Le 川及び Kien Giang 川は砂丘北端の開口部で海に流れ出る。砂丘背後の Kieng Giang 川下流域は、広大な低平地で農耕地として利用されており、洪水の一時貯留地として機能している。これにより Nhat Le 川河口に位置する省都 Dong Hoi 市洪水被害は軽減されるが、Kieng Giang 川沿い下流域の中小の町は常に浸水リスクにある。現在は堤防や洪水調節能力を有するダムは存在せず、新たな事業ニーズは高いと考えられる。

過去、Dong Hoi 市付近での砂丘列の開削や、Kieng Giang 川からの放水路の建設等の事業が提案されており調査も実施されているが、具体化されていない。JICA による IFMP 検討では、1/20 を想定して Kieng Giang 川放水路による効果や Dong Hoi 市街地の堤防による防御も検討されたが、流域全体の治水方針は検討されておらず、新たな治水にかかる M/P 策定の必要性は高いとした。

事業ニーズは高いと考えられるものの、省都 Dong Hoi 市には大きな工業用地や商業用地などの産業基盤がなく、将来の都市開発による洪水リスク増を考えた時の優先度は他の流域と比べるとやや低い。現時点においては、日本の支援の必要性・有効性は中程度とした。

表 3.3-14 Nhat Le 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	○

9) Ba 川

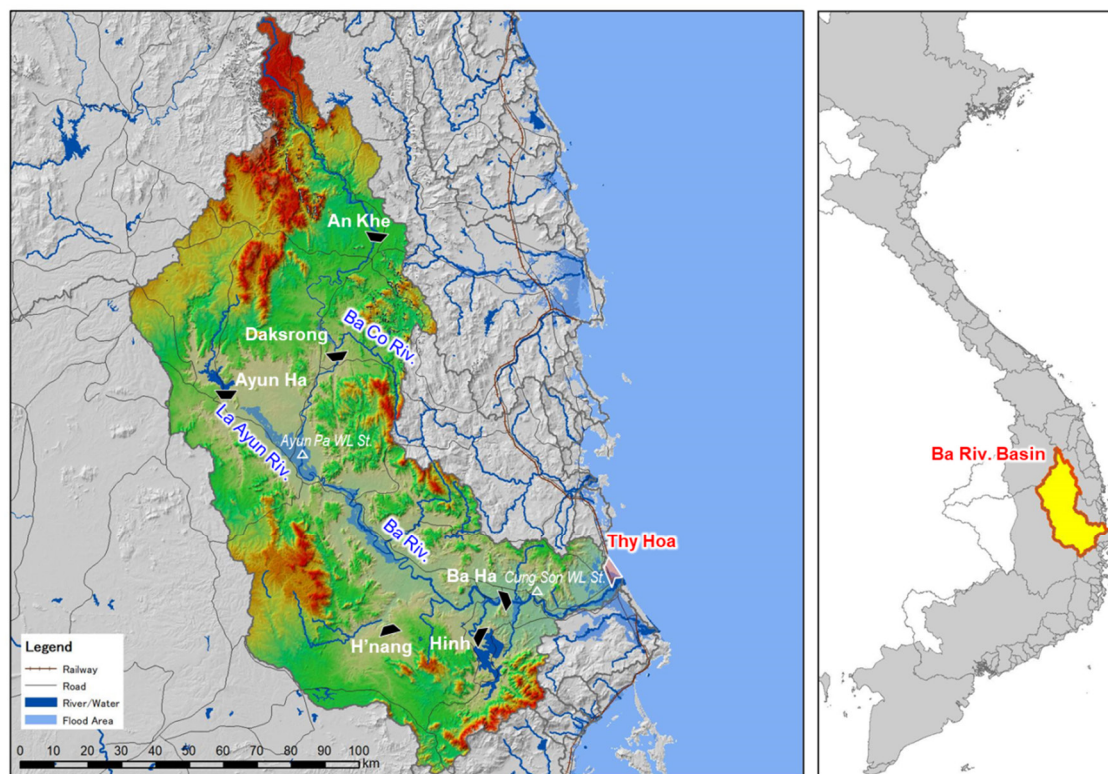


図 3.3-18 Ba 川の流域概要

Ba 川の基本情報は以下の通りになっている。

流域面積：13,388 km²（氾濫域面積：58 km²）

氾濫域内人口：71,108 人（氾濫域内人口増加率：1.1 %）

氾濫域内 GDP：145M USD（氾濫域内 GDP 成長率：8.2 %）

主要都市は Thuy Hoa 市、Ayun Pa、An Khe などがあり、既存治水事業として、Ba Ha ダム、Hinh ダム（発電＋治水）等がある。

国内河川としては中部地域最大の流域面積を有する。Kon Tum 省、Gia Lai 省、Daklak 省の 3 省を水源として Phu Yen 省に下る。上～中流域では地形が多様で支川流域の降雨形態も異なり、本川洪水は少ないが、Phu Yen 省では大雨が短期間に集中することがあり、上流からの洪水と相まって下流域で深刻な洪水となる。洪水期間は 2～3 日と短く堤防は整備されていない。Phu Yen 省の省都の Tuy Hoa 市は、海に面した砂丘上に発展しているため、市街地は洪水の影響を受けることは少なく、洪水時には主に砂丘後背の農村地が浸水する。

上流 6 ダムについて首相決定により統合操作規則が定められている（No.1077/2014/QĐ-TTg 及び No.282/2017/QĐ-TTg）が、いずれも多目的ダムであり個々の治水容量は大きくない。また、6 ダムのうち 5 つは、洪水被害が顕著である Phu Yen 省ではなく上流域の異なる地方省にあり、2021 年 11 月から 12 月の洪水時には洪水時操作に関する情報伝達を含め貯水池運用にお

ける課題も現地報道等で取り上げられている。

流域の最も重要な資産である Tuy Hoa 市は洪水の影響を受けにくい立地にあることから、残リスク対する事業の必要性は中程度と考える。

Ba 川の治水安全度は、首相決定 No.1588/QD-TTg/2012 において目標治水安全度 1/10 に定められている。WB GFDRR 資金により IFMP の検討が行われており、上流ダムについては適地がなく、また既存ダムの洪水調節も限られていることから、原則として下流での洪水防御を検討するとし、いくつかの堤防も提案されている。これらの取り組みを踏まえ、現時点での新たな治水にかかる M/P 提案の必要性は中程度とする。

上流域での干ばつ被害が深刻な地域で、水資源開発のニーズが高いと考えられる。JICA2003M/P においても水資源開発に着眼した計画を立案している。一方で、洪水対策に関しては、Tuy Hoa 市を除き、大きな資産の集中はないことから、日本の支援の必要性は低いと考えられる。

表 3.3-15 Ba 川流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	○

(2) 5 流域の抽出

以上の検討を踏まえ、氾濫域内 GDP の上位より、Huong 川、Vu Gia-Thu Bon 川、Nghen-Rao Cai 川、Kone-Ha Thanh 川、Cai Nha Trang 川を 5 流域に選定した。選定結果を表 3.3-16 及び図 3.3-19 に示す。

表 3.3-16 3 次スクリーニング（5 流域の抽出）の結果

河川名	ベース指標		補助指標		
	氾濫域内 GDP2020 (mil.US\$)	全国GDPに対する割合 2000年	① 既往事業の進捗からみた事業必要性	② M/P策定・改訂の必要性・緊急性	③ 日本の支援の必要性・有効性
Huong	698	0.26%	◎ ■ JICA2003MPで提案されたTa Trachダムが竣工。同ダムを含む洪水調節を効果的に行うため、無償資金協力による管理システムを構築中。 ■ 氾濫域内被害額は全国8位。Ta Trach竣工後も、Hue市下流部を中心に大規模な洪水が続いている。	◎ ■ Hue市の治水レベルは1/20で指定されている。 ■ Ta Trach竣工後のMPの見直しが行われていない。Hue市防御のために1/20で十分か議論が必要。 ■ Hue市の市街地拡大に伴い、それまで洪水を許容してきた下流域の防御も課題。	◎ ■ 2008年よりJICAにより技術協力が実施されており、ダムの効果的運用を目的とする無償資金協力が実施中である。 ■ 中部地域の代表的河川でもあり、排水能力の向上やBo川合流部の浸水防止等、他流域に活かせるモデルとして支援の有効性が高い。
Vu Gia - Thu Bon	698	0.26%	◎ ■ 治水事業は実施されていない。上流に複数の電力ダムが建設されるも、治水容量は極めて低い。 ■ 統合ダム操作に資する観測・管理システムの構築を検討中（ADBほか）。 ■ 氾濫域内被害額は全国2位。Vu Gia川、Thu Bon川に囲まれる氾濫原は、頻繁に洪水する。	◎ ■ 2000年洪水でVu Gia川からThu Bon川への流量配分が変化したことにより、2009年にDai Loc堰を建設。両河川の流量配分方針が必要。 ■ Da Nang市急速な拡大による自然遊水の縮小、高速道路等のインフラ建設による洪水への影響、ダム建設による生産土砂の縮小・海岸浸食等、抜本的な計画の見直しが必要。	◎ ■ 近年、Thu Bon川河口部において海岸浸食が活発化するなど、流域土砂管理の視点も重要となっている。 ■ 必要な施策は多岐にわたり、日本の知見が活かされると考える。 ■ Vu Gia川の河道改修やDai Loc堰の改修による流配のコントロール、将来的には上流域における治水ダム建設が求められる。
Nghen - Rao Cai	598	0.22%	○ ■ ハティン省は、Ha Tinh市を中核とした集約的開発を進めており、Ha Tinh市の治水安全度を1/50に設定して、輪中堤による整備を進めている。 ■ 流域の7割が氾濫低地にあり、想定氾濫域内GDPが大きい（氾濫域内被害額は全国3位。ただし実際の氾濫実績が不明）。	○ ■ Ha Tinh市街防御を1/50、それ以外をEarly/Late Flood対応の1/20で防御することを定めている。 ■ 上記計画に基づき事業を実施中（Ke Goダム改修及びRao Cai川の転流を計画）。	○ ■ Ha Tinh市街地の排水事業を省が実施する一方で、Rao Cai川上流のKe Goダムの改修及びRao Cai川の一部転流に関して、F/S実施のニーズがある。 ■ 基本的な治水方針は策定されているため、日本の支援の必要性は中程度。
Kone - Ha Thanh	315	0.12%	○ ■ JICA2003MPで提案されたDinh Binhダムが2009年に竣工。流域全体の治水容量は、Ta Trach竣工後のHuong川に次いで第2。ただし基本的には農業利用。 ■ 下流デルタで複数支川に分派し氾濫。ただし、この氾濫域の多くは農地利用。 ■ 氾濫域内被害額は全国10位。	○ ■ JICA2002MPより、治水よりも水資源利用に重点を置いたMP策定となっている（首相決定の1/20ではなく、Early/Late Flood対応の1/20を目標としている）。 ■ 1/20を想定したMP見直しが必要。ただし、Quy Nhon市は氾濫域方向に拡大しておらず（他流域の内陸及び砂州上に発展）、優先度はやや低い。	○ ■ 残余リスクへの対応として、Binh Thanh下流で分派する河道の拡幅・統合・築堤などが考えられる。 ■ 氾濫域は主に農地として活用されているため、ある程度の溢水を許容出来る。現時点では治水ニーズは高くなく、日本の支援の必要性は中程度。
Cai Nha Trang	218	0.08%	◎ ■ 治水目標は定められておらず、流域を対象した治水事業も行われていない。下流右岸の洪水防御ため築堤が実施中（1/100規模）。 ■ Nha Trang市の急速な拡大により、狭い氾濫域内への開発圧力が大きい。想定氾濫域内被害額は全国12位だが、今後拡大が予想される。	○ ■ MPはないが、WB ERLによりIFMPが策定され、その中で1/20を目標とした施策が検討されている（中上流域農地への洪水許容・遊水、下流域での浚渫・築堤・放水路の建設）。 ■ Nha Trang市の開発圧力を考慮して、MP策定が望まれる（1/50規模を想定）。	◎ ■ 日本の地方都市河川にも類似しており、また、治水事業による投資効果も高い。 ■ 進行する開発圧力に大して早い段階で治水施策を検討する必要があることから、支援の緊急性も高い。

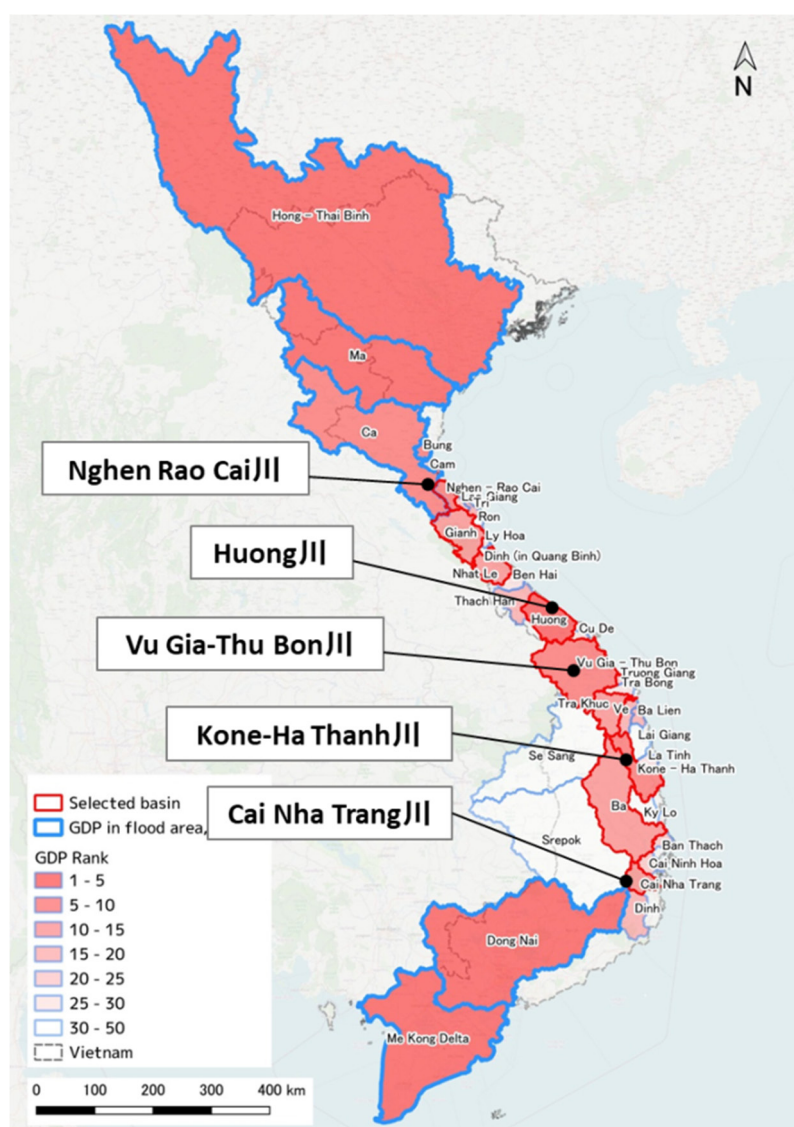


図 3.3-19 優先 5 流域の位置図

3.3.9. 治水対策の方向性

(1) 全国の流域の概要

ベトナム国は南北に延びた細長い国土を有するため、各地域の地形・地質や気候条件によって流出特性が異なり、様々な河川形態を有している。地域ごとの河川流域の特徴や洪水被害の状況は以下の通りである。

北部 Hong 川デルタ地域

国際河川である Hong-Thai Binh 水系による広大なデルタ地帯であり、6 月～9 月にかけて他の地域よりも早く洪水期となる。下流域では、大小平均 3～5 回の洪水が発生し、長い場合には 8 日～15 日間浸水が続く。Hong 川の河川水位は、ハノイ市付近において 10m 以上、Thai Binh 川は、Pha Lai 市付近で 6m 以上の振幅で季節的に変動し、これら蛇行する大河川は、治水安全度 1/300 で堤防整備が進んでいる（ハノイ市近郊では 1/500）。Hong-Thai Binh 水系は、首相決定 No.257/QD-TTg/2015「Approving Master Plan on Flood Control and Planning for the Management of Hong-Thai Binh River System」に従って、中央政府機関が主導して洪水管理を行う体制が構築されている。近年、上流ダムの開発の影響を受けて土砂供給量が急減したことや、河砂利の採取等により、ハノイ市近郊での河床低下が深刻な問題となっている。



図 3.3-20 北部 Hong 川デルタ地域の堤防

中部沿岸地域

中部沿岸地域のうち、北中部の Ma 川、Ca 川は、ラオス国内に水源を有する国際河川である。6 月から 10 月にかけて洪水期となる。Hong-Thai Binh 水系と同様に堤防整備が治水安全度 1/100 を目標に進んでおり、Thanh Hoa 省、Nghe An 省、Ha Tinh 省は、各河川の管理区に堤防管理事務所を設置して管理を行っている。本川洪水防御が進む一方で、都市部の内水氾濫も深刻であり、2019 年の豪雨では Nghe An 省省都の Vinh 市が長期間にわたって浸水した。

Ca 川より南、中南部の Binh Thuan 省までの中部沿岸地域の河川は、アンナン山脈を脊梁山脈として、南シナ海に向かって流下する。いずれも河川長が短く勾配の急な河川であり、沿岸砂丘の背後の低平地が広大な氾濫域となり、砂丘列の背後には広大なラグーンが形成されていることも多い。洪水は台風や熱帯低気圧の上陸により発生するため、上記の国際河川と比

較して短期間に水位が上昇・下降する。このため、基本的に無堤河川で、古来、短期間の洪水を許容する社会・文化が形成されてきた。しかしながら、近年の都市発展に伴い、地先防御としての堤防整備や、発電ダムの効果的な運用による洪水制御にも取り組んでいる。



図 3.3-21 中部地域の無堤河川（Huong 川の 2020 年洪水）

中央高地、南東部（Dong Nai 川）

ほとんどが Dong Nai 川水系に属し、7つの地方省を水源として、ホーチミン市に流下する（それ以外の中央高地は、ラオス領土に流下するメコン川の支川）。上流域の降雨強度は大きくなく、干ばつ被害の多い地域である。Dong Nai 川の氾濫は通常大きくはないが、1952 年、1978 年には大きな洪水が発生しており、ホーチミン市周辺の低地では、隣接するメコンデルタの氾濫の影響を受けて浸水することがある。また、高潮の影響を受けることから、高潮堤防の整備を進めており、都市部についてはホーチミン市の雨水排水事業が進められている。

メコンデルタ地域

メコンデルタの氾濫は、メコン河上流から発生し、カンボジア領内のトンサレップ湖の自然遊水や潮汐の影響を受ける。通常洪水期は7月中旬から始まり11月頃まで続く。長期間をかけて水位上昇・下降し（一日あたり数 cm の速度）洪水予測が可能であるため、人命への直接被害は少ない。ただし農地への影響は大きいと、洪水期に応じて作付け・収穫時期をずらすなどの取り組みが行われてきた。また、既存高潮堤防の改良や、居住区を集約させ土地の嵩上げと輪中堤による地先防御（クラスター化）、それぞれのクラスター連結道路の嵩上げ等が行われている。

以上から、ベトナムにおける地域毎の河川流域特性とベトナム政府の方針は以下の通りである。

表 3.3-17 地域毎の浸水の状況とベトナム政府の対応方針

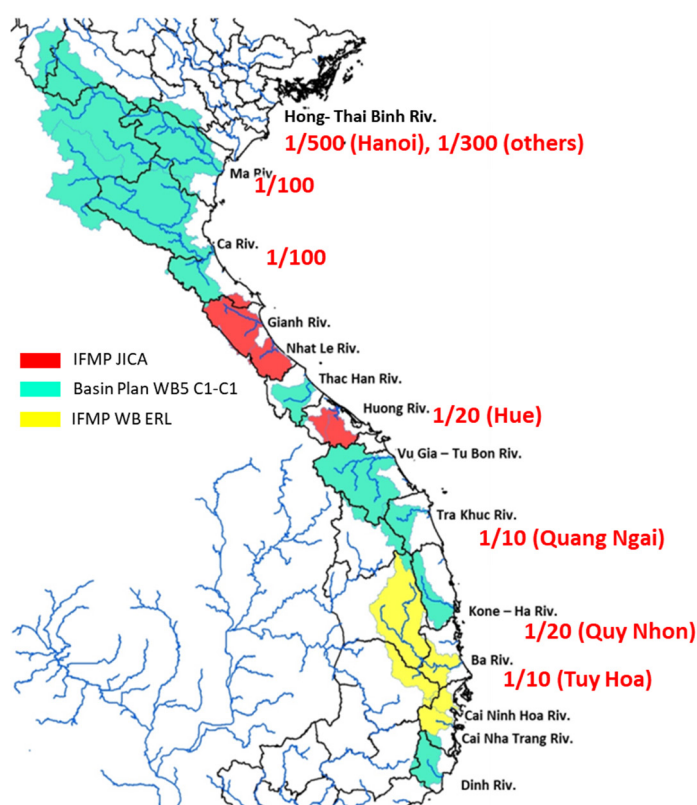
地域	浸水の状況	ベトナム政府の対応方針
北部～北中部	国際河川であり長期浸水	堤防による防御
中部沿岸地域	急流河川で短期の浸水	統合洪水管理（上流ダムの運用、土地利用、築堤等）
南東部（Dong Nai）	メコンや高潮の影響で浸水	高潮堤防と都市部の雨水排水対策
メコンデルタ	季節的な長期水位変動	河岸浸食対策、住宅地区のクラスター化

出典：国家災害管理戦略 2021-2030 を基に治水関連方針を整理

(2) 優先流域の考え方

ベトナム政府は、国内主要河川の目標治水安全度については、3.3.2 に述べた首相決定 No.1588/QD-TTg/2012 「Approval of the water resources plan for the Central Region in the period of 2012-2020 and orientation to 2050 in the context of climate change and sea level rise」に定めている。その概要を図 3.3-22 に示す。

各河川の治水安全度は、築堤河川である北部 Hong-Thai Binh 川（1/300：ハノイ市周辺部のみ 1/500）、Ma 川（1/100）、Ca 川（1/100）を除くと、1/10 ないし 1/20 に設定されている。しかしながら、中部沿岸地域の多くの河川では治水安全度は定められておらず、また、定められていても、必ずしも治水安全度を目標とした M/P の策定や治水事業が行われている訳ではなく、堤防の嵩上げや修繕事業は、その時点でのローカルニーズに基づいて実施されているのが実情である。



出典：首相決定 No.1588/QD-TTg/2012 より作成

図 3.3-22 ベトナム主要河川の目標治水安全度

上記の通り、ベトナムにおいては、地域ごとの洪水特性を鑑み、1) 北部～北中部は堤防管理による治水、2) 中部沿岸地域はダム治水を主体とした統合洪水管理、3) 南部は水資源開発と高潮対策を中心とした流域管理、が治水方針として定められてきた背景がある。洪水被害の多い中部沿岸地域において堤防による治水事業が進まなかった理由として、長期浸水する北部～北中部の大河川に対して、中部沿岸地域の洪水は台風や熱帯低気圧の上陸に伴って発

生する短期洪水であり、主洪水期の農作物被害を防止さえすれば、ある程度の洪水を許容できる社会が形成されてきたためと推察される。

しかしながら、昨今の中部地域の経済開発と、Da Nang 市等の中核都市の発展を鑑みれば、短期洪水であっても経済被害は甚大となり、これまでの治水の在り方を見直す必要がある。今回選定された 5 流域は、いずれも、中部地域を代表する中核都市を含む流域であり、ダム治水のみに依存するのではなく、将来の都市開発を見据え、下流域での流量配分や洪水防御の全体バランスを考慮した治水事業への転換を図らなければならない。

(3) Huong 川

1) 流域の概要および課題

Huong 川の流域面積は約 2,800 km² その多くが T.T.Hue 省の領域にある。アンナン山脈のうちバクマ山系に源を発した Ta Trach 川が、北方に流れた後 Huu Trach 川と合流してその名前が Huong 川と変わる。Huong 川はその後、Hue 市の市街部を流下したのち、下流で Bo 川を合流し、東アジア最大級とされる Tham Giang ラグーンに一度流入したのち、その開口部から太平洋に注いでいる。Huong 川の幹川流路延長は 104km で、平均流出量はおおよそ 209.9m³/s である。

流域の東端にはラグーンを擁する幅 20km 程度の低平地が長さ約 100km にわたり広がっている。流域全体の地形は、この低平地から南西方面にかけて、丘陵地を経て標高 1,500m 程度の山地に連なっている。この地域の気候は熱帯モンスーン地域に分類され、9 月から 12 月の雨季に年間降水量の約 75% が集中し、しばしばフィリピン付近の太平洋で発生した台風の直撃を受ける。年間降水量は、平均約 3,500mm と日本の倍近いが、乾季には月降水量が 100mm 以下になり干ばつのリスクも抱えている。



出典：JICA 調査団作成

図 3.3-23 Huong 流域の概要図

T.T.Hue 省を含むベトナム国中部地域は、熱帯低気圧（台風を含む）及び季節風の影響とラオスとの国境に沿って続く脊梁山脈の影響が相まって豪雨が多発する地域である。加えて、ラオスとの国境沿いの山脈と海岸が近接しており、降雨が河川に流出するまでの時間が短いこ

とから、下流域では急激な増水による洪水被害が多発し、また、地形の急峻な中上流域では地すべり、斜面崩壊、土石流、フラッシュ・フラッドなどが発生する。

このような気候・地形条件によって、ベトナム国中部地域は毎年のように風水害、土砂災害の被害に見舞われ続けてきた。さらに、ベトナム国では台風等の熱帯低気圧による被害が大幅に増加しているとされ、豪雨の多発とそれに伴う洪水被害の増加の傾向が見られる。中部地域においても今後ますます水関連災害による被害が深刻化、多発化する恐れがある。

治水施設

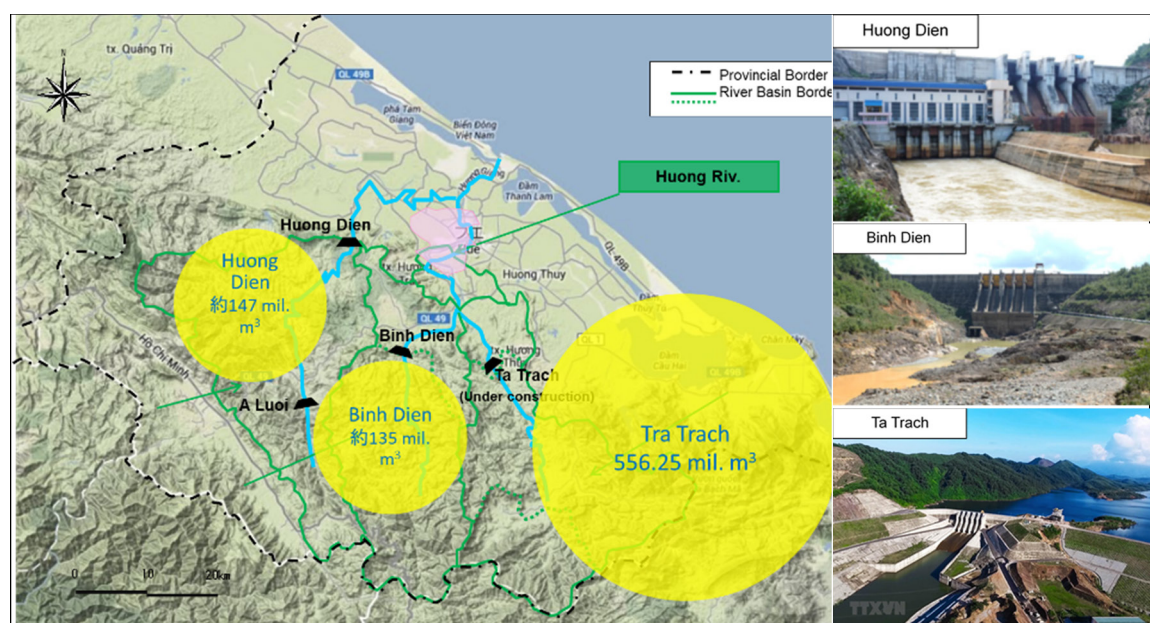
治水施設に関して、Huong 川の沿川は自然堤防が形成されて周囲より標高が高くなっている地域もあるが基本的には無堤である。一方で、Tham Giang ラグーン周辺には海拔 1～2m の高さの防潮堤が建設されている。このように河川での治水施設は十分ではなく、流下能力も不足するため、Huong 川の下流域は特に洪水被害を受けやすく浸水範囲が広大な領域に及ぶ。とくに Huong 川下流部の Hue 市街地は、世界文化遺産でもあるグエン王朝の宮殿なども含めて、河川氾濫による浸水被害を受けやすい地域に位置している。また、洪水時にはラグーン内の水位が上昇し、ときにはラグーンの周囲堤（防潮堤）を越水し、さらに越水に起因する破堤により、ラグーンの周囲に浸水被害が広がることもある。

一方で、水系の上流域には、洪水調節機能をもつ主要なダムが 3 基建設されている。このうち Binh Dien ダムと Huong Dien ダムは発電目的で建設されたが、その後、洪水調節容量や統合操作の規則が定められ、治水を主目的に建設された Ta Trach ダムと併せて流域での主要な治水施設となっている。以下にそれらの概要を示した。

表 3.3-18 Huong 川水系で洪水調節機能をもつ主要なダム

ダム名	Binh Dien ダム	Huong Dien ダム	Ta Trach ダム
建設目的	発電・治水	発電(・治水)	治水・補給・発電
管理者	民間電力会社	民間電力会社	農業農村開発省 (MARD)
供用開始年	2010 年	2011 年	2019 年頃
流域面積 (km ²)	515	707	717
貯水池 容量(MCM)	最大	423.68	820.67
	利水・発電等	344.39	350.8
	洪水調節	最大 約 153.6	最大 約 144.7
			435(P=0.5%) 556(P=0.1%)

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.3-24 Huong 川水系の主要なダムの洪水調節容量と外観

社会・産業

T.T.Hue 省の人口は 128 万人（2019 年）で、そのうち省都の Hue 市には約 45.5 万人（2018 年）が、それ以外を農村部とした場合には約 82.5 万人が農村部で生活していることとなる。農村部の人口は T.T.Hue 省の東側の低平地にある水田地域や沿岸の漁村など分散している一方で、この地域の中心に位置する Hue 市街には人口が集中している。

近年にこの地域の経済発展を牽引している工業団地は、国道 1 号線沿いの比較的標高が高い箇所に多く立地している。しかし、これらの工業団地では周辺を低平地に囲まれている場所も多くあり、仮に工業団地が浸水被害を免れた場合にも、職員の往来や部品などの搬入等に関して BCP の観点から影響が出ることも想定される。

表 3.3-19 Huong 川流域内のおもな工業団地

工業団地名	概略規模(ha)	投資促進業界・場所
サイゴンチャンメイ工業団地	658	電機・電子製品製造、精密機械加工など Loc Tien Commune - Loc Vinh Commune, Phu Loc District
トゥーハー工業団地	250	飼料加工、水産物加工、機械製造など Tu Ha Town, Huong Ha District,
フォンディエン工業団地	700	裾野産業、水産物・食品加工など Phong Dien District,
フーダ工業団地	250	インフラ建設プロジェクト、飼料加工など Phu Da Commune, Phu Vang District
フーバイ工業団地	743	自動車・バイク製造、セラミックなど Phu Bai Ward, Huong Thuy Town, Thu
ラーソン工業団地	300	飼料加工、水産物加工、機械製造など Loc Son Commune, Phu Loc District

出典：JETRO,2015

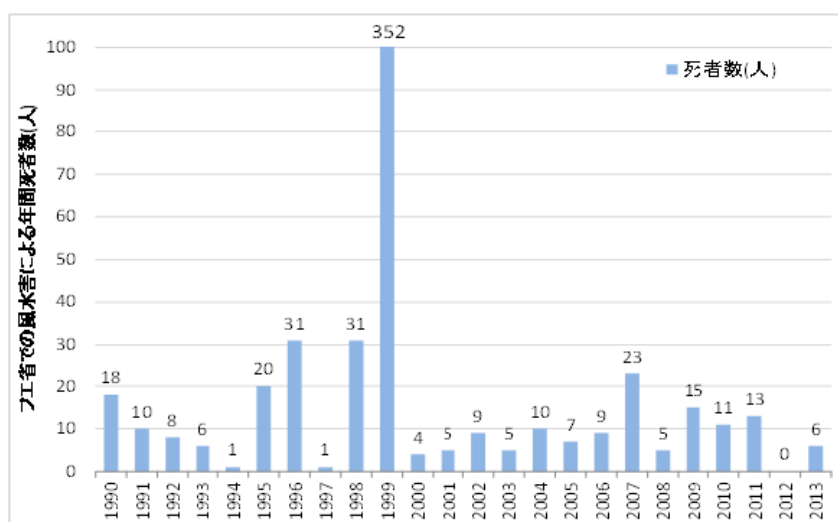
a) 氾濫域内 GDP

氾濫域内 GDP は、氾濫域内の人口（Worldpop）に T.T.Hue 省の GRDP を乗じ、US\$ 698 million（2020 年物価換算）と算定した。全 36 流域中第 5 位となっている。資産の多くは、Hue 市の旧市街地（左岸）及び新市街地（右岸）と、国道 1 号線に沿って分布している。

b) 過去の洪水被害

1990 年～2010 年代の洪水

近年における特に大きな被害は、1999 年が特異的で、Huong 水系では 352 人の被害者が発生し、その他の年でも毎年のように被害が発生している。風水害による年別の死者数は図 3.3-25 に示すとおりで、1999 年を除いても毎年 5～20 人程度の人命が失われている。



出典：JICA 日本の総合防災情報管理システムを活用した統合ダム管理、および統合洪水管理計画の展開にかかる情報収集・確認調査

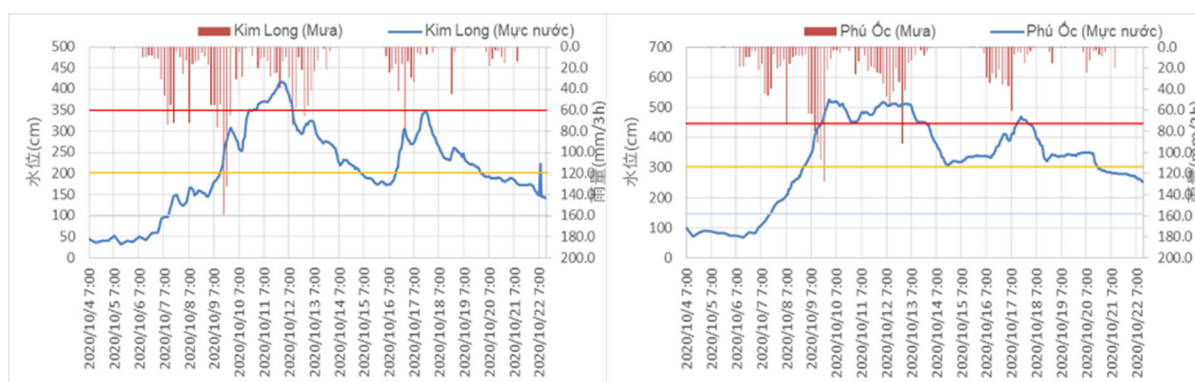
図 3.3-25 Huong 流域において過去の洪水で発生した死者数

2020 年の洪水

近年では、2020 年に Huong 川流域で大規模な洪水被害が発生した。2020 年洪水における基準観測地点（Kim Long 観測所および Phu Oc 観測所）の水位変化を図 3.3-26 に示す。各地点の水位は、氾濫開始水位と同等とされる Level 3（図中赤線）を超過したことがわかる。当該水位を、ダムなどの洪水調節施設を見込まない場合の発生確率 1/10 及び 1/20 規模の洪水の解析事例と比較し、2020 年の洪水規模は、1/20 洪水にほぼ相当すると推定した。ただし、2020 年洪水では上流のダムで洪水調節を行っていることに留意する必要がある。

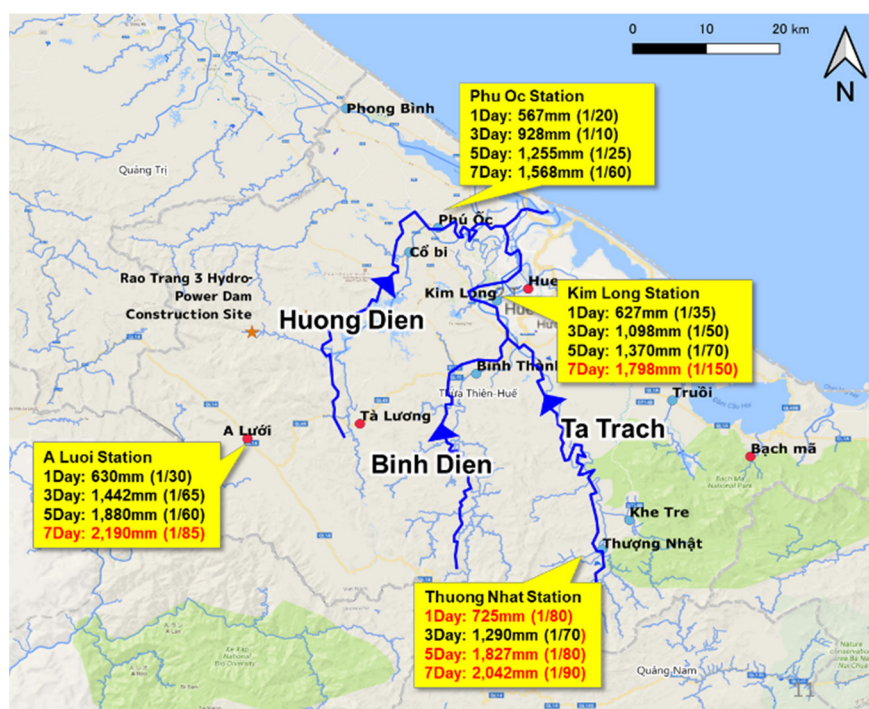
他方、当時の降水量は、図 3.3-27 に示す通り、上流域での 3 日間雨量は A Luoi で 1/65 相当の 1,442mm、Thuong Nhat で 1/70 年相当の 1,290 mm が、また 7 日間雨量ではそれぞれ 1/85 相当、1/90 相当と評価された。このことから、上流域では 1/20 年規模を上回る雨量が観測され

たが、近年に本格的に治水運用を開始した上流の 3 ダムが、洪水ピークの低減に一定の効果を発揮し、洪水被害を軽減したと考えられる。



出典：T.T.Hue 省人民委員会発表データより作成

図 3.3-26 2020 年洪水における水位（左：Huong 川 Kim Long 観測所、右：Bo 川 Phu Oc 観測所）



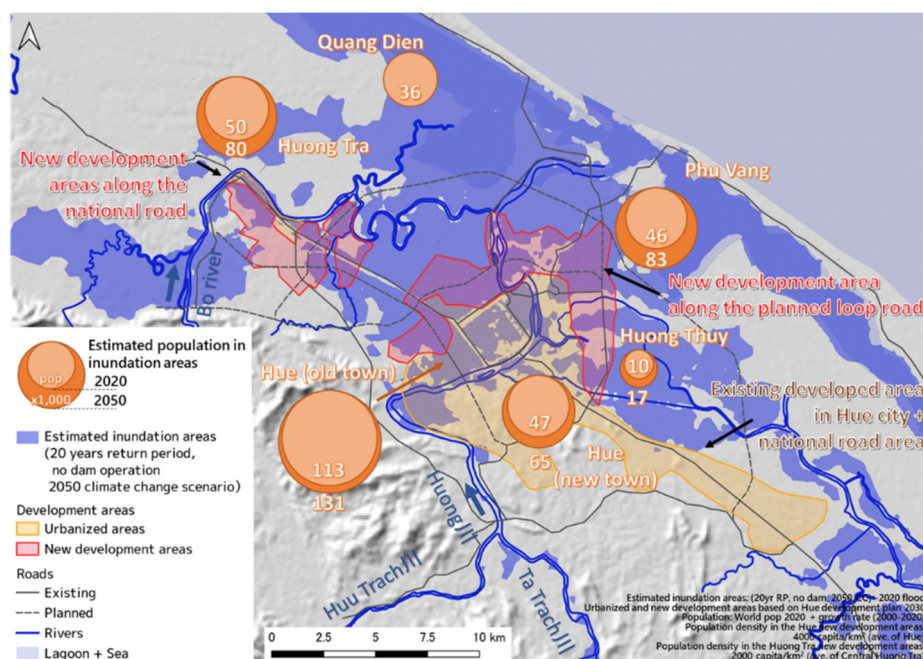
出典：JICA 調査団作成

図 3.3-27 2020 年の洪水時における Huong 川流域での降雨強度の評価

c) 都市計画および市街地の拡大状況

Huong 川流域の人口はこの河川の下流部の Hue 市に集中しているが、その市街地は氾濫域におおむね一致している。人口密集地とその周辺は将来にかけても人口増加が見通されているほか、都市計画によって都市の拡大が想定されている。従来は産業の中心が稲作であり、洪水期の作付けを制限することで農地の浸水を許容し浸水とともに生活する都市・集落を形成してきたが、近年は地域産業の主体が製造業やサービス業に移行しているほか、個人資産が

増加しているため、新たな治水対策が講じられなければ、浸水による経済被害は将来確実に増加することとなる。



出典：JICA 調査団作成

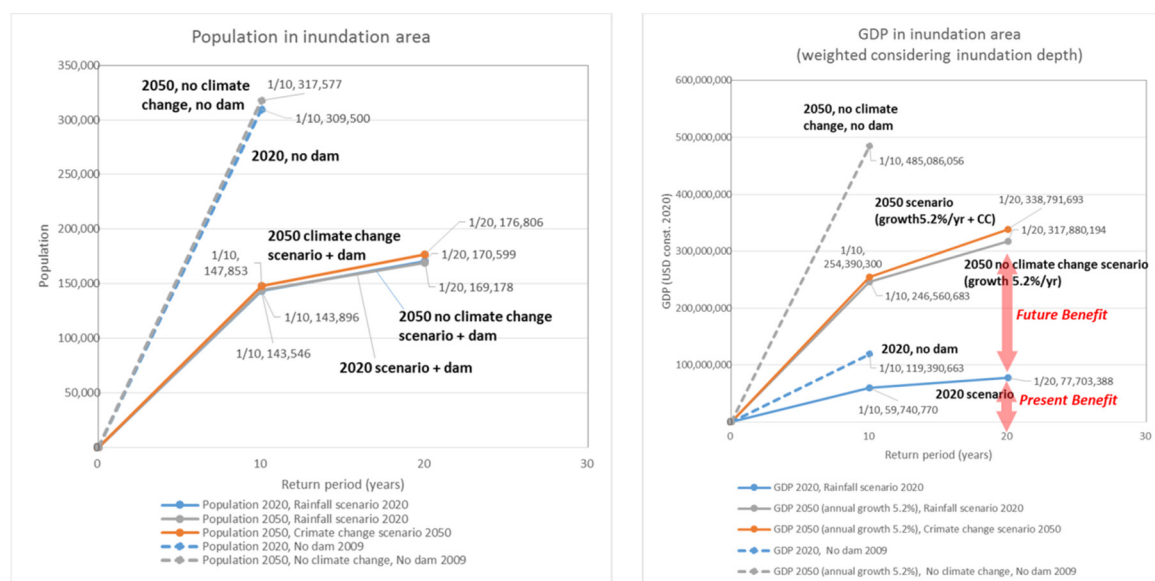
図 3.3-28 Huong 川下流部での浸水想定区域と 2000 年～2050 年までの人口分布の変化

d) 実施中の事業を踏まえた残余リスク

Hue 市とその周辺での、人口及び経済発展によって、現状の河道条件では洪水によるリスクが将来にかけて各段に増加することが予測されている。図 3.3-29 は、異なる生起確率年の洪水規模において、Ta Trach ダムの竣工前・竣工後、また、降雨条件について現状及び 2050 年の気候変動シナリオにおいて、氾濫域内の人口（左）と GDP（右）の変化を示している。

氾濫域内人口（左）で見ると、Ta Trach ダムの竣工により、当地の洪水リスクは大きく縮小したと言える。この流域においては気候変動による氾濫域の拡大は、降雨条件の変化を見る限りは大きくはない。また、都市人口増による氾濫域内人口についても、新市街地の人口増が見られる一方で、旧市街地の人口は減っていることから、全体として氾濫域内人口は増えていない。

他方氾濫域内 GDP では、2020 年から 2050 年の間の経済成長の影響を受けて、2020 年と 2050 年の氾濫域内 GDP の差（図中の Future Benefit）は歴然となっている。洪水調節ダムの運用により残余リスクは小さくなるものの、それを放置することで膨大な経済損失が発生すること、換言すれば、適切な治水対策を施すことで、大幅な被害軽減を実現できる可能性を示している。



出典：JICA 災害に強い社会づくりプロジェクトでの 1/10、1/20 洪水解析結果から算出

図 3.3-29 洪水規模別の現在（2020）と将来（2050）での氾濫域内人口と GDP 比較

e) M/P の概要

JICA 2003M/P において、Huong 川流域における治水対策 M/P が検討・提案されている。これによれば、次のような計画目標と対策が提示されている。

Huong 川本川、Hue 市街地近郊

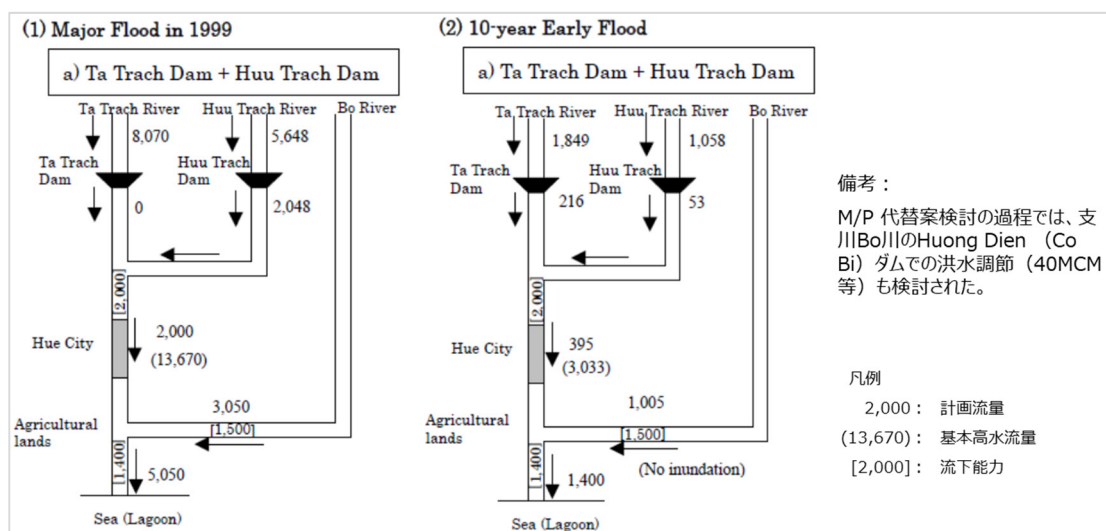
Ta Trach ダム、Binh Dien (Huu Trach) ダムによる洪水調節により、Hue 市の市街地に対し、1999 年洪水を安全に流下させる治水安全度を確保する。

Hue 市近郊 Kim Long 基準地点：洪水時流量 13,670m³/s（調節施設なし）⇒ 河道流量 2,000m³/s（洪水調節あり、現況流下能力程度）

差分 11,670m³/s を上流 2 ダムで調節する（Ta Trach ダム：390MCM、Binh Dien ダム：105MCM を見込む）

Bo 川および下流農地

Ta Trach ダム、Binh Dien (Huu Trach) ダムによる洪水調節により、支川 Bo 川および下流農地に対し、1/10 (Early 洪水期) 治水安全度を確保する。



出典: JICA 全国水資源開発・管理計画事前調査報告 (2003)

図 3.3-30 Huong 川の河道流量配分図 (JICA 2003M/P)

f) 想定される治水対策から見た課題および評価

守るべき資産と洪水特性

Hue 市は中部ベトナムの中核都市、また世界遺産都市として発展しており、特に Huong 川右岸及び下流の郊外が開発区域に位置付けられている。このなかで中心的に守るべき区域は、Hue 市街地 (人口 35 万人)、Hue 郊外の都市開発区域 (土地利用計画 2030 の市街化範囲) と想定する。

治水上の課題 1: ダム運用の効率化・高度化

2020 年 10 月 7 日～17 日頃にかけて発生した大規模な洪水では、流域内の 24 時間雨量は発生確率で 1/80 年前後の降水量が観測された。この洪水に対して、洪水調節容量をもつ 3 ダムがそれぞれの機能を発揮したが、図 3.3-31 に示す Ta Trach ダムでの詳細な運用記録を見ると、洪水の初期段階からダム流入量の全量に近い洪水を貯留したことで、洪水調節容量がひっ迫し、その後のダム流入量に対して貯留の余裕がない状態が発生している。このため、その後にさらに増加したダム流入量の多くを放流せざるを得なくなり、Huong 川下流の基準地点 Kim Long では氾濫に相当する警戒水位 Level 3 を超える状況が発生した。

また、同期間に Huong Dien ダムでは、洪水前に貯水位を最低限まで低下させているが、常用洪水吐の無い発電ダムとして建設されているため、洪水の初期段階から洪水調節容量満杯までダム流入のほぼ全量の洪水調節を実施し、その後は急激な流入量の増加に対応した有効な洪水調節は行えていない (図 3.3-32)。この結果、流入量のピークを十分に調節できずに、Bo 川下流の基準地点 Phu Oc 地点でも氾濫に相当する警戒水位 Level 3 を超えることとなった。

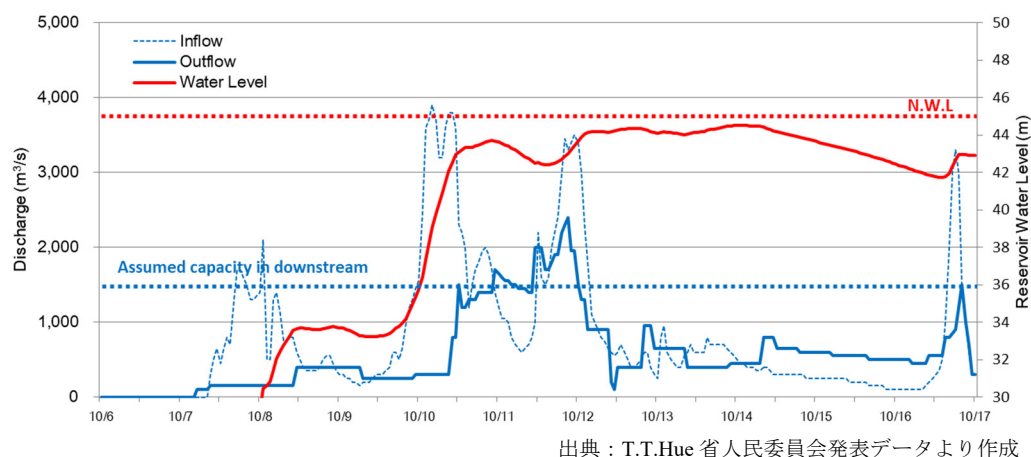


図 3.3-31 2020 年 10 月洪水での Ta Trach ダムでの操作

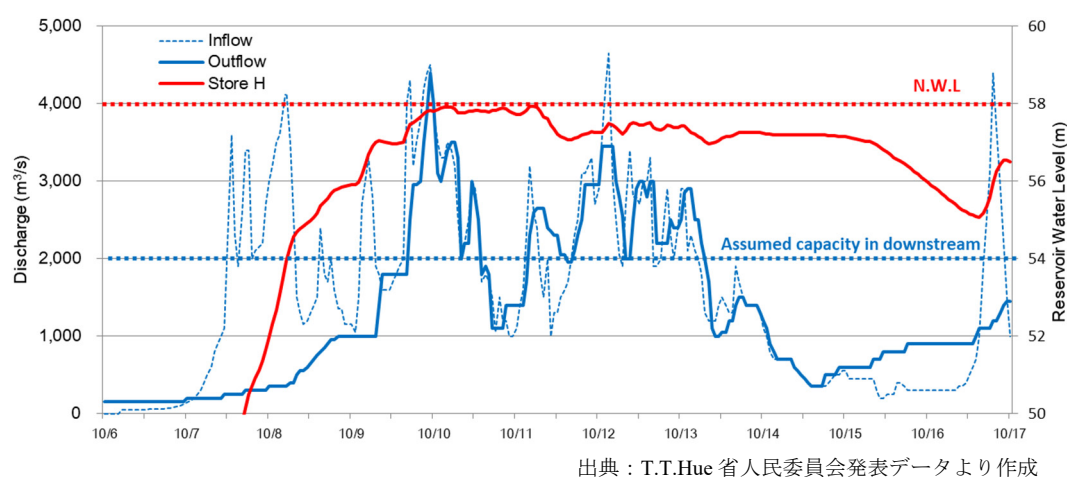


図 3.3-32 2020 年 10 月洪水での Huong Dien ダムでの操作

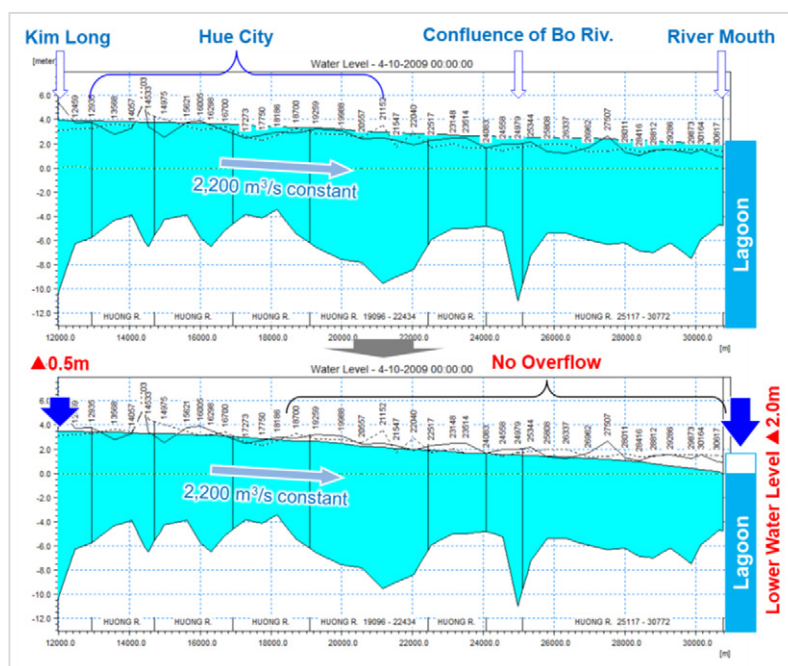
治水上の課題 2：ラグーン水位の上昇の影響

ベトナム国中部の T.T.Hue 省の沿岸には、汽水湖（ラグーン）を形成する長大な砂州が形成されているが、このラグーンが Huong 川からの流水を阻害し、Hue 市内の浸水被害を増大させている可能性がある。ラグーンと海域の間にある砂州の規模は大きく、長さは約 65km、その幅は数百 m～数 km に及び、砂州上部には集落が連続して位置している。

また、Huong 川で大規模な洪水が発生した場合のラグーンが Hue 市内での浸水被害を悪化させている可能性として、例えば、過去の 1999 年洪水（1/100～1/50 年相当）では、Tam Giang-Cau Hai ラグーン内の水位が 3～4 日間にわたり上昇し、その水位上昇は最大で約 2.6m に及んだと記録されている。

このようなラグーン水位の上昇が上流側の Huong 川の水位上昇にも影響すると同時にラグーン周辺でも浸水被害を発生させている可能性がある。

図 3.3-33 に示す通り、仮に洪水時のラグーン水位が 2m 下がった場合には、その影響は、Hue 市街地を超えて上流の基準地点 Kim Long にも及び、当地の浸水リスクの削減に大きく寄与するものと推定される。

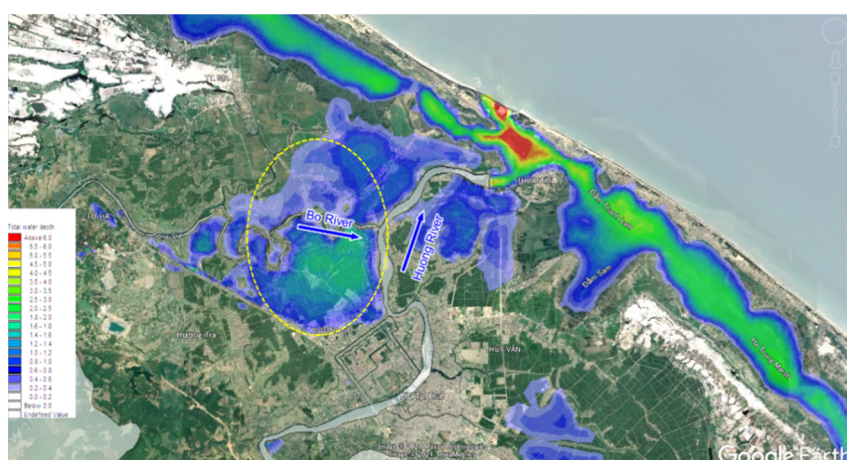


出典：調査団作成（1次元河道モデルにおいて、Huong 川本流の現況河道流下能力 2,200 m³/s を想定した場合の計算結果）

図 3.3-33 洪水時における Tam Gian ラグーンの水位と Huong 川の水位関係

治水上の課題 3：Bo 川の流下能力不足と Huong 川への影響

Bo 川流末の流下能力は 1,500 m³/s 程度と推定され、上流の Huong Dien ダムは常用洪水吐を有していないことから、規則に基づく適正な洪水調節を行ったとしても、現状では 1/50 年の洪水流量に対する氾濫を完全に防ぐことはできない。さらに、Bo 川の流末は Huong 川の下流部に左岸側より合流して、この付近での洪水氾濫を引き起こす大きな要因となっている。一方で、Bo 川下流域は低平地に水田が広がっており、洪水時に氾濫することで Huong 流域下流に対する遊水地的な役割を有しているともいえるが、Bo 川で氾濫した水は地形に沿って流れながらある程度が Huong 川に流入する。そのため、Huong 本川下流部の洪水とも重複する。



出典：1/20 洪水氾濫解析モデルでの Bo 川合流点の氾濫開始の様子

図 3.3-34 Bo 川の氾濫と Huong 川流域下流部での広範囲な浸水の状況

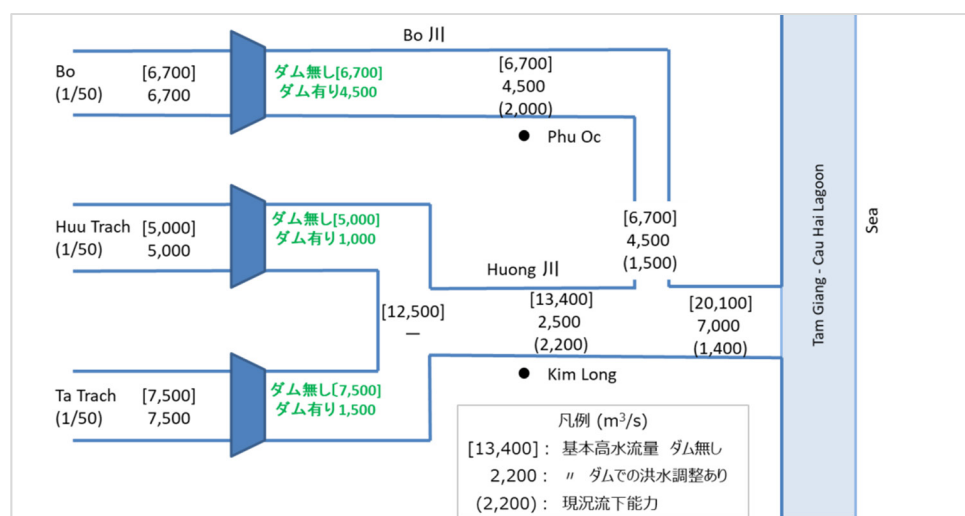
2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

首相決定 No.1588/QD-TTg/2012 によると、Hue 市の洪水防御レベルとして 1/20 確率規模が示されている。しかしながら、Hue 市の中核都市としての機能や将来の経済発展を考慮し、1/100 確率規模に相当するもしくはこれに近い規模の洪水が 1999 年や 2020 年と近年に発生していることに鑑み、Hue 市街地及び近郊市街区について少なくとも 1/50 確率規模を想定した洪水防御が必要と考える。

b) 現況河道流下能力および目標とする洪水流量

Huong 水系の治水安全度を 1/50 年規模の洪水に対するものし、上流ダム群による洪水調節が無い場合（ダム無し条件）と現行の操作規則に基づく洪水調節を行った場合の洪水時流量と、現況河道の流下能力との比較結果を図 3.3-35 に示した。Bo 川及び Huong 川ともに、ダム無し条件での洪水時流量に対して、現況河道の流下能力は圧倒的に不足している。上流ダム群での適切な洪水調節を行った場合にも、Huong 川において現況流下能力 2,200 m³/s に対して洪水時流量 2,500 m³/s、Bo 川にて現況流下能力 1,500 m³/s のところ、洪水時流量 4,500 m³/s といずれも不足している。さらには、Huong 川と Bo 川の合流点下流の現況流下能力は 1,400 m³/s となっており、洪水時流量 7,000 m³/s に対して流下能力向上や追加による洪水調節が不可欠である。



出典：JICA 全国水資源開発・管理計画事前調査報告（2003）に JICA 中部地域災害に強い社会づくりプロジェクト（2011）による解析結果を反映

図 3.3-35 Huong 水系での洪水流量と現況の流下能力（単位；m³/s）

c) 流量配分

Huong 川のデルタ地域のうち最下流部が、今後の Hue 市の新たな経済区域として発展する計画とされている。安全な治水目標として 1/50 確率規模を設定し、この地域に都市拡大が進展する以前に治水目標の達成に向けた段階的整備を進める方針とした。これに従って以下の治水計画の方針を掲げ、洪水流量の配分を検討した。

3) 治水事業のメニュー

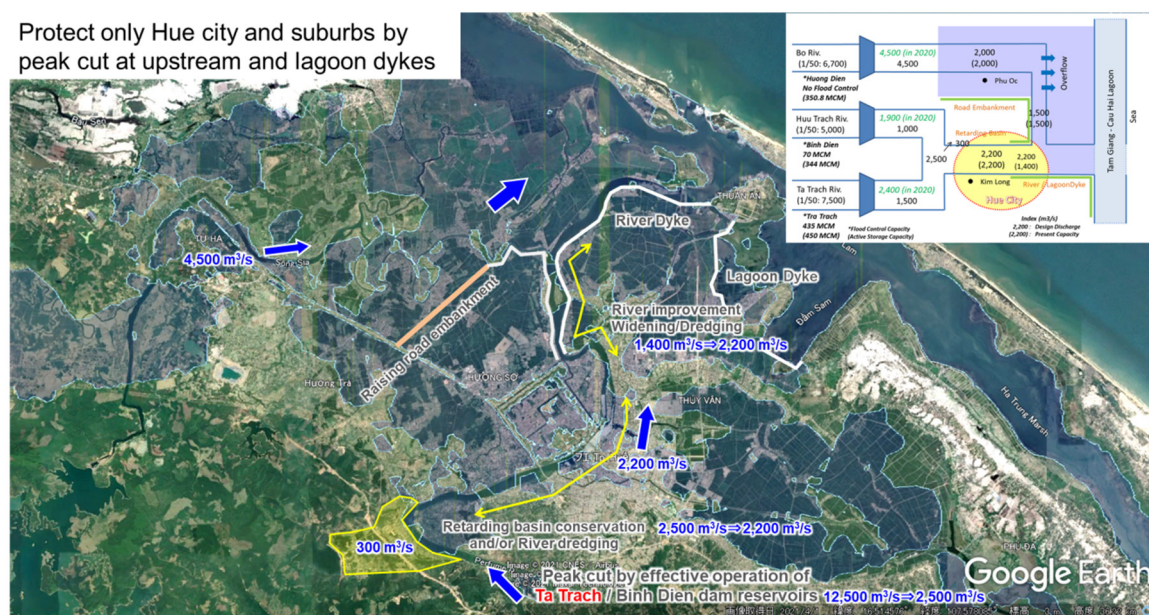
a) 治水事業のメニュー

想定する計画規模を考慮の上、以下の観点から治水事業メニューの検討を行った。

■事業メニュー案 1：堤防による Hue 市街地の防御

上流ダム（Ta Tach ダム、Binh Dien ダム）の効果的な操作運用を行うことにより、Hue 市街地への流量を $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ まで軽減する。現況での Hue 市街地付近の Huong 川流下能力は、 $2,200 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度と $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ を下回ることから、不足する分に対しては、Hue 市街地上流の農地等を活用した遊水地による調節を行う。ただし、現在想定する農地は、国道 1 号線環状道路の建設等により、遊水地としての活用が困難なことも予想されるため、遊水地整備による十分な洪水調節が困難な場合には、Huong 川本川の河道改修（拡幅・浚渫）により必要な流下能力を確保する。

Hue 市街地下流の現況流下能力は $1,400 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度と大きく不足するため、大幅な河道改修の必要がある。また、Huong 川右岸の開発区域については、ラグーンの水位上昇を考慮した堤防による防御を行う必要がある。併せて、Bo 川より溢水した洪水の Hue 市街地への伝播を防止するため、現在建設が計画されている環状道路の一部嵩上げを行うことを提案する。各事業の概要を図 3.3-36 に示す。



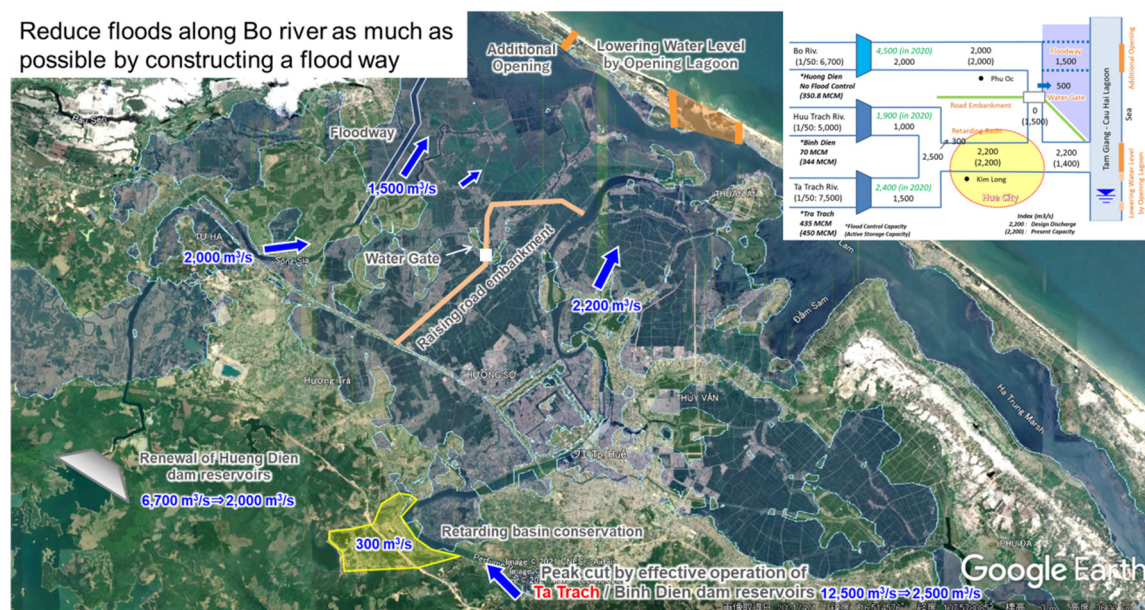
出典：JICA 調査団作成

図 3.3-36 事業メニュー案 1：堤防による Hue 市街地の防御

■事業メニュー案 2：ラグーンの水位低下による排水促進

Huong 川下流の流下能力を低下させる一因として、洪水時にラグーンの水位が上昇し、バックウォーターが生じることが考えられる。従って、ラグーン水位が洪水時にも一定水位以上に上昇しないよう、既存ラグーン開口部の拡大ないし、新たなラグーン開口部の開削を行う。必要となる開削幅・開削深については今後の検討事項である。但し、ラグーン開口にあたっては、湖内の生態系への影響や、地域住民の生計手段への影響を十分に考慮する必要がある。

さらに、Phu Oc～Huong 川合流までの Bo 川の現況流下能力は、 $1,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度と流琉舞よりさらに低く、Huong 川への合流を仕切った場合には、この地域が広く浸水することとなる。これを軽減するため、Bo 川から直接ラグーンに抜ける放水路を建設する。放水路の規模の設定にあたっては、放水によるラグーン水位の上昇を避けるため、Huong 川河口でのラグーン開口部とは別に、Bo 川放水路出口付近でラグーン開口部を新規に開削する（当該放水路出口のラグーンと Huong 川河口のラグーンは連結しているものの、その間に狭窄部があり、お互いのラグーン水位は連動しない可能性があることを前提に Huong 川河口とは別に開削することを提案）。以上の治水事業メニューを取りまとめ、概要を図 3.3-38 に示す。



出典：JICA 調査団作成

図 3.3-38 事業メニュー案 3：Bo 川下流域の浸水リスク軽減

b) 課題

以上の事業メニュー案について下図に取りまとめた。各メニュー案の実現にあたっては、その前提に現在実施中の「水に関連する災害管理情報システムを用いた緊急のダムの運用及び効果的な洪水管理計画」により既存ダム運用の適正化の進展が必要である。また、ラグーン開削は、これまでもベトナム政府による検討が行われてきたことはあったが、湖内生態系や地域住民の生計手段への影響から実現には至っていない。ベトナム側との十分な調整が不可欠である。

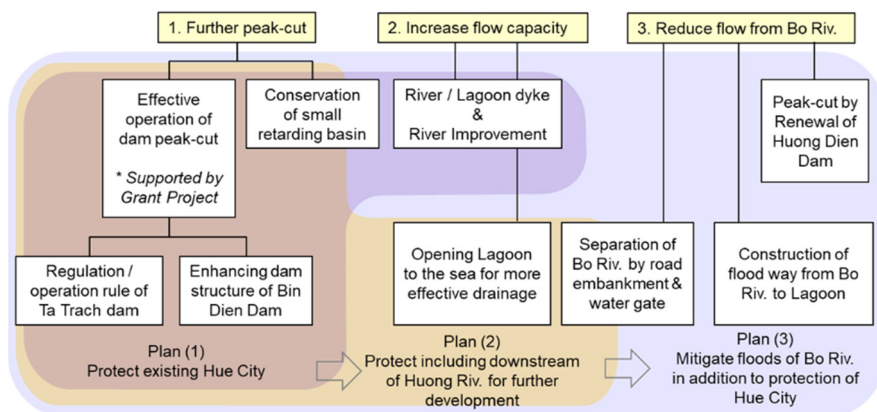


図 3.3-39 Huong 水系での治水事業の構成

(4) Vu Gia-Thu Bon 川

1) 流域の概要および課題

Vu Gia-Thu Bon 水系は、Vu Gia 川と Thu Bon 川という 2 つの主要な河川で形成されており、その流域の大部分が Quang Nam 省及び直轄市である Da Nang 市の領域に関係する。

Vu Gia 川は流路延長 204km、流域面積は 5,180 km² で、Quang Nam 省のアンナン山脈の東部に源を発し、山間部では流域内を北上しながら流下する。その後、Dai Loc 付近で山間部から平野部に移行し、この付近で一部が Thu Bon 川に分派するが、本流は北東方向に流路を変えて Da Nang 市方向に流下する。Dai Loc 付近より下流の平地部では、Vu Gia 川は分合流を繰り返して複雑な河川網を形成している。

Thu Bon 川は流路延長が 187km、流域面積は 3,087 km² で、同じく Quang Nam 省のアンナン山脈の東部に源を発し、多くの支川を合流させながら山地部を北上しながら流下する。その後は、Dai Loc 付近で山間部から平野部に移行しつつ、Vu Gia 川から一部の流量が合流し、その後東方向に流路を変えて Hoi An 市方向に流下し、Qua Dai 地区で太平洋に注いでいる。Thu Bon 川も河川改修が進んでおらず、下流部では分合流によって複雑な多数の河道を形成している。

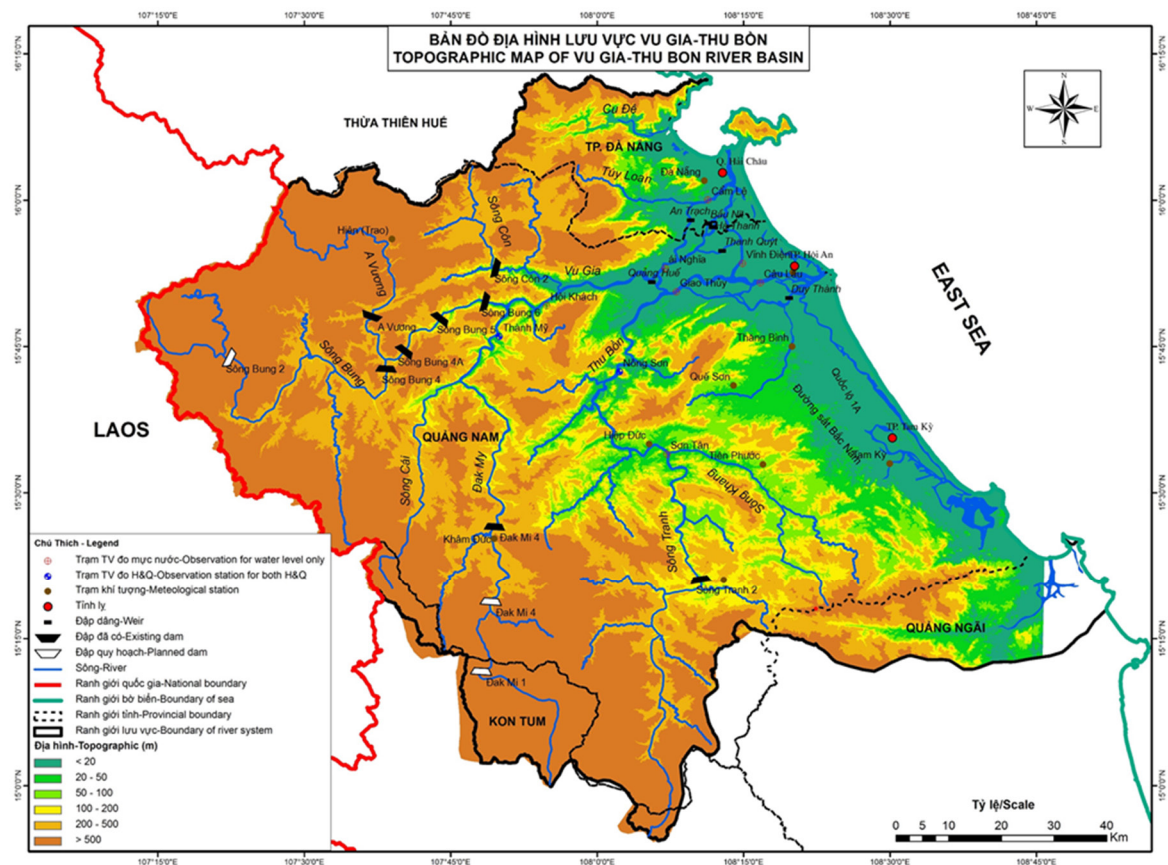


図 3.3-40 Vu Gia-Thu Bon 川流域の地形図

Vu Gia 川及び Thu Bon 川は、下流域でお互いに分合流を行い一体的に河川網とデルタ地域を形成することから、下流域における治水対策を個別に検討することは合理的ではない。この

ため、治水対策の検討においては Vu Gia-Thu Bon 水系として一体的に取り扱う。

Vu Gia-Thu Bon 水系の流域面積は、海域に直接流出する小河川や沿岸低地等、一連の氾濫域を含むと 11,000 km² あるが、Vu Gia 川及び Thu Bon 川の両河川水系としては 9,900 km² とされる。関係する主な都市としては、中央直轄市である Da Nang 市（人口 1,200 千人、GDP 1,200 USD/人）と、一級都市である Quang Nam 省の Hoi An 市（人口 120 千人、河川沿いに世界遺産登録地区をもつ）がある。

流域内の降水量分布は非常に不均衡であり、Bung 川溪谷で年間 2,000mm 以下、山岳地域では年間 4,000mm 以上で、そのうち、Thu Bon 川の上流にある Tra My はベトナムで最も降水量の多い地域のひとつとされる。年間の月平均降水量は、5 月～6 月と、10 月～11 月の 2 つのピークがあるが後者の降水量の方が多い。他のベトナム中部の沿岸域と同じく、南シナ海より上陸する台風の直撃を受けやすい地域でもあり、ひとたび台風が近づくと流域内に多量の降水がもたらされることとなる。また、流域が広範囲にわたることから、複数ピークを持つ洪水が多く発生する傾向がある。



図 3.3-41 Vu Gia-Thu Bon 水系の流域と主要なダムの位置図

ダム

Vu Gia-Thu Bon 流域のダム貯水池については、首相決定 No.1865/QD-TTg/2019 「Vu Gia-Thu Bon 川流域におけるダム統合運用に関する決定」において、大小 24 のダムの操作規則を定めている。このうち Vu Gia 川水系の A Vuong、Dak Mi 4、Song Bung 2、Song Bung 4、Thu Bon 川水系の Song Tranh ダムの合計 5 つのダムについては、洪水期の統合操作が指定され、それ以外のダムについては、上下流のダム操作との調整のうえ、適宜洪水調節を行うことが示されている。5 つの統合操作の対象となるダムの洪水節容量は合計 470 MCM である。



出典：JICA 日本の総合防災情報管理システムを活用した統合ダム管理および
統合洪水管理計画の展開にかかる情報収集・確認調査（2016）に追記

図 3.3-42 Vu Gia-Thu Bon 水系における主なダムの位置図

表 3.3-20 Vu Gia-Thu Bon 水系の主要ダムの諸元

諸元	単位	A Vuong	Sông Tranh 2	Đắk Mi 4	Sông Bung 4	Sông Bung 4A	Sông Bung 5	Sông Bung 2
基本諸元								
流域面積	km ²	682	1,100	1,125	1,448	2,276	2,369	334
年間平均流量(Q0)	m ³ /s	39.8	114	67.8	73.7	91.8	118.0	18.7
貯水池								
常時満水位	m	380	175	258	223	97	60	605
最低水位	m	340	140	240	205	95	59	565
最高水位(P=0.02%)	m				228			
最高水位(P=0.1%)	m	382	179	260		100		608
最高水位(P=0.2%)	m					99		
最高水位(P=0.5%)	m		176	258			64	
最高水位(P=1.0%)	m					97	67	
最高水位(P=1.5%)	m							
洪水期準備水位	m	376	172	255	218			600
洪水前準備水位	m	370	165	252	216			595
(2020準備水位)	m	340	140	245	205			575?
総貯水容量(W _{tb})	10 ⁶ m ³	343.55	729.2	312.38	510.8	10.6	20.27	94.3
有効貯水容量(W _{hi})	10 ⁶ m ³	266.48	521.1	158.26	233.99	1.58	2.45	73.9
堆砂容量(W _c)	10 ⁶ m ³	77.07	208.1	154.12	276.81	9.02	17.82	20.4
洪水調節容量	10 ⁶ m ³	84.83	194.33	70.26	120.59			26.06
(2020調節容量)	10 ⁶ m ³	266	521	141	273			62?

出典：首相決定 No.1865/QĐ-TTg/2019「Vu Gia-Thu Bon 川流域におけるダム統合運用に関する決定」より
2020 年洪水時の準備水位及び調節容量は Quang Nam 省人民委員会資料に基づき推定
ハイライトは統合操作対象のダム

河川堤防

Da Nang 市には、2 か所の海岸堤防と 2 か所の河川堤防があり、海岸堤防のうち Da Nang 湾の堤防の延長は 11.6 km、Son Tra-Dien Ngoc 間の堤防は 5.78 km、河川堤防は Han 川東側の Tuyen Son-Hoa Hai 間の堤防で延長 8.9km と、Han 川西側の Tuyen Son-Cau Do 間の堤防で延長 13.2 km が整備されている。それぞれ、河川堤防の規格は 5 級レベルであり、前期もしくは後期洪水期対応で、主洪水期を防御する機能は有していない。

社会・産業

Da Nang 市はベトナムの 5 つの中央直轄市の 1 つであり、ベトナム中部における経済・産業の中心的都市である。近年は高い経済成長率を維持している。インドシナ半島の東西回廊の重要な物流ルートの交差する所に位置し、とくにソフトウェア開発や情報通信機器、IC や半導体、精密機械、農業・食品加工・製菓等などの産業への投資が進んでいる。一方で近年はビーチリゾートとしての観光開発も進み多くの観光客が訪れるとともに、海外からの航空機の直行便も多く、中部地域で重要な観光産業の拠点ともなっている。

Da Nang 市から約 30 km 南方の Quang Nam 省 Hoi An 市はベトナム中部の古い港町で、Da Nang 市とその周辺での産業発展の影響も受け、近年人口増加が顕著である。1999 年に「Hoi An 市の古い町並み」として世界文化遺産に指定され年間 140 万人が訪れる観光都市である。

Vu Gia-Thu Bon 流域の下流部には、Da Nang 市を中心に多くの工業団地が立地している。これらのほとんどが、河川洪水や高潮の影響をさけるため、標高がやや高い砂丘地形の上や山麓部に立地している。



図 3.3-43 Vu Gia-Thu Bon 川下流部のおもな工業団地と主要道路

表 3.3-21 Vu Gia-Thu Bon 流域内のおもな工業団地

工業団地名	概略規模(ha)	投資促進業界
Dien Nam-Dien Ngoc 工業団地	390	・各種工業
リエンチュウ (Lien Chieu)	289	・各重工業 2005 年稼働/標高約 5m
ダナンハイテクパーク (Danang Hi-Tech Park)	1,128	・ハイテク産業、ほか 全国で 3 番目のハイテクパーク 2010 年稼働/標高約 3m
ホアカイン (Hoa Khanh)	396	1993 年稼働/標高 6m
新ホアカイン (Expanded Hoa Khanh)	1,326	2004 年稼働/標高 4m
水産工業団地	50.6	水産業
ホアカム (Hoa Com)	149	2003 年稼働/標高 11m

a) 氾濫域内 GDP

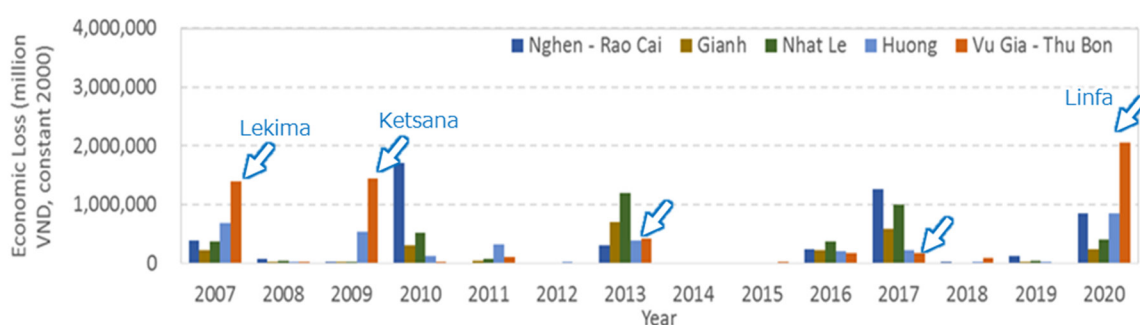
氾濫域内 GDP は、他の流域と同様に、海拔 5m 未満を氾濫域と見なし、氾濫域内の人口分布（Worldpop）に Da Nang 市及び Quan Ban 省の GRDP を乗じ、US\$ 698 million（2020 年物価換算）と算定した。全 36 流域中第 6 位となっている。ただし、過去の氾濫解析結果等によれば、Vu Gia-Thu Bon 川の氾濫域は、さらに上流の Dai Loc 地区付近に広がっており、この地域に顕著な資産の集積は見られないものの、氾濫域内 GDP はさらに大きいと考えられる。

資産の多くは、南に拡大する Da Nang 市街地、国道 1 号線に発展する Dian Ban 地区、Thu Bon 川河口の Hoi An 市等である。特に Da Nang 市街地の南方への拡大は近年急速に進んでおり、経済成長と相まって、氾濫域内 GDP は増加していく傾向にある。

b) 過去の洪水被害

Vu Gia-Thu Bon 川流域における近年の大きな洪水被害としては、1999 年洪水が大きく、Da Nang 市では死者 37 人、Quang Nam 省では死者 73 人と甚大な被害を受けている。また、過去、2007 年の台風 Lekima、2009 年の台風 Ketsana、2020 年の台風 Linfa の襲来に伴う洪水により甚大な被害を受けており、数年に 1 度の頻度で、大規模な洪水被害に見舞われる（図 3.3-44）。2020 年洪水による Vu Gia-Thu Bon 川流域での経済損失は US\$ 80 million を超過した。また、ベトナムの大動脈である国道 1 号線や南北鉄道も氾濫域内にあり、浸水によりこれらが不通になることにより、当該地域だけでなく国家的な損害ももたらしている。

土地利用の観点からは、前述の通り、工業団地の多くは、砂丘上や山麓部に立地しているため洪水による直接の被害は受けにくい。周縁道路や住宅地の多くは標高の低い氾濫域に分布している。



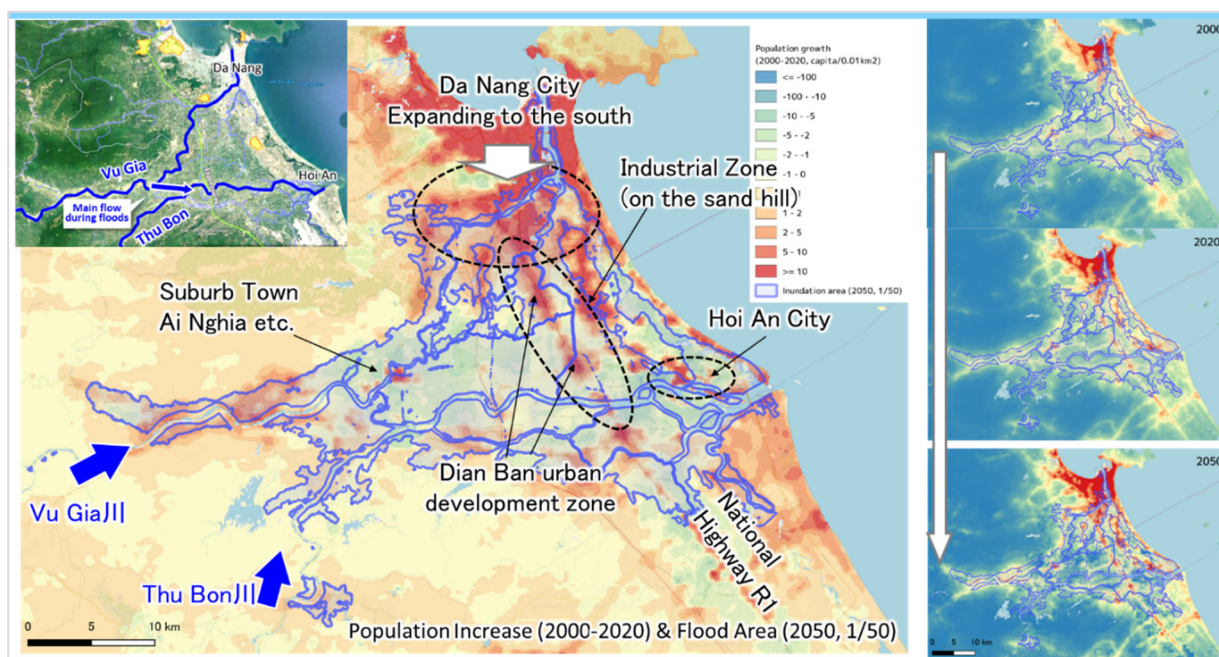
出典：VNDMA 災害集計データを基に作成

図 3.3-44 ベトナム中部の河川での洪水による経済被害額の推移

c) 都市計画および市街地の拡大状況

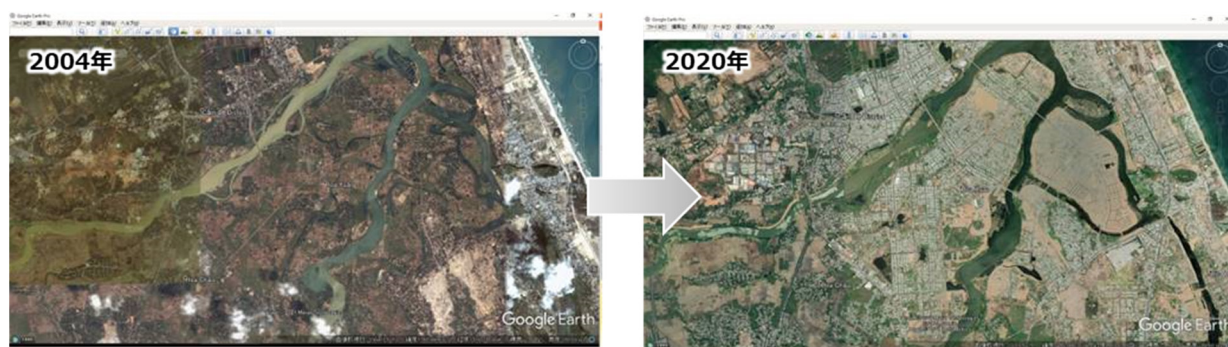
中部地域最大の都市 Da Nang 市街地は、近年急速に拡大を続けているが、北部・東部は南シナ海に、西部は山間地に接しているため、都市化は南側の氾濫域に広がっている（図 3.3-45）。

特に、Vu Gia 川が分派した Cam Le 川と Vinh Dien 川に挟まれた Hoa Xuan 地区は、2000 年頃には一帯が農地で洪水常襲地域であったが、現在は全て住宅地として開発されている（図 3.3-46）。宅地開発にあたって、1m 程度の土地の嵩上げを行っているため、当該地区の浸水リスクは軽減されているとみられるが、Da Nang 市の浸水を防ぐにあたって有効な遊水地域として機能していたとすると、この地区が開発されたことにより、Da Nang 市や上流地域一体の浸水リスクは高まったと言える。



出典：Worldpop より作成（2050 年は引き延ばしによる推定）

図 3.3-45 2000 年～2020 年までの人口密度分布の変化（左）と将来 20250 年での予測結果



出典：Google Map

図 3.3-46 Da Nang 市南部 Hoa Xuan 地区の市街化の様子

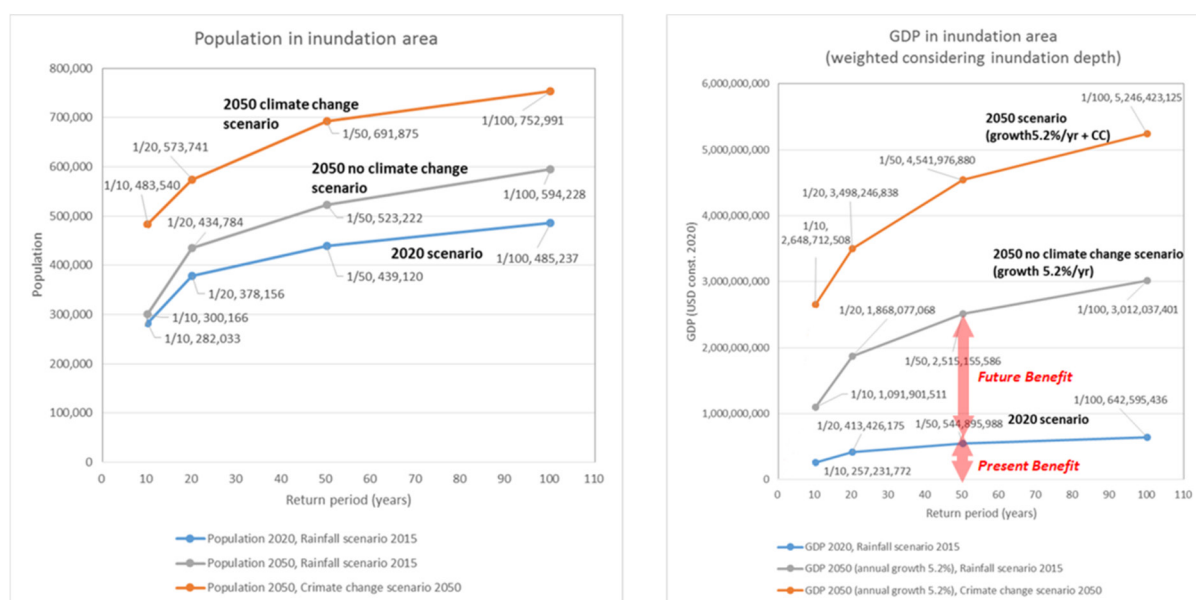
d) 実施中の事業を踏まえた残余リスク

現在、Vu Gia-Thu Bon 川流域においては、既存ダムによる洪水制御を除き水系全体を対象とした治水事業は実施されていない。ここでは、生起確率年毎の氾濫域内人口と氾濫域内 GDP を流域の残余リスクと見なして、「現況氾濫域＋現況人口」「現況氾濫域＋2050 年人口」「2050

年気候変動シナリオを考慮した氾濫域+2050年人口」の各条件における被害曲線を図 3.3-47 に示した。

生起確率年毎の氾濫域内人口（左）で見ると、2050年には氾濫域内の人口は約2割程度の増加することが見込まれる。さらに気候変動により氾濫域自体が拡大することを想定すると、現状の氾濫域域内人口は6割程度増加することが推計された。

また、生起確率年毎のGDP（右）では、人口増加に加えて経済成長によるGDP増大も加わるため、2050年人口での氾濫域内GDPは、2020年現在人口の氾濫域内GDPに加えて遥かに大きい（現在と同等の経済成長が続くと仮定）。つまり、仮に現時点において、1/50 確率洪水を想定し、US\$ 500 million の氾濫域内資産を守るための投資を行っておけば、その便益は、2050年物価基準で考えた場合、2,500 million の便益を見込むことが出来る。

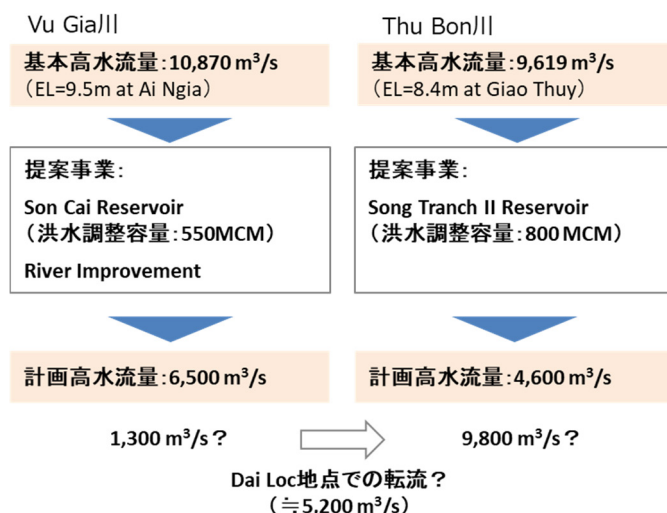


出典：WB Vietnam Maangeing Natural Disaster Project (VN-Haz/WB5) の解析結果から算出

図 3.3-47 洪水規模別の現在（2020）と将来（2050）での浸水区域内の人口と GDP の比較

e) M/P の概要

Vu Gia-Thu Bon 川流域では、首相決定 No.1588/QD-TTg/2012 「Approval of the water resources plan for the Central Region in the period of 2012-2020 and orientation to 2050 in the context of climate change and sea level rise」では明確な治水目標は定められていないが、JICA 2003M/P では、各河川からの要請に基づいて、1/10 確率洪水に設定し、計画を立案している。その内容は図 3.3-48 に示す通りで、基本的には、それぞれの河川の上流部でのダム建設、及び、Vu Gia 川下流の河道改修とされている。



出典：JICA 全国水資源開発・管理計画事前調査報告（2003）に基づき整理

図 3.3-48 JICA2003M/P での提案事業

JICA2003M/P では、1/10 確率洪水に対して、ダム貯留により、Vu Gia 川及び Thu Bon 川の洪水流量をそれぞれ、6,500 m³/s 及び 4,600 m³/s に設定しているが、Vu Gia 川下流の現況流下能力はこれよりも遥かに低い（1,500～2,000 m³/s）。同報告書には Dai Loc 地区において、Vu Gia 川から Thu Bon 川に 80%程度が自然分流されることが記載されていることから、Vu Gia 川下流への流入を 6,500 m³/s の 80%となる 5,200 m³/s 程度と見込んだことが伺われる。

なお、JICA2003M/P で提案された事業のうち、Thu Bon 川の Son Tranh 2 ダムはベトナム政府により建設されたが、治水容量は、同 M/P で提案された 800MCM を遥かに下回る 194MCM となっている。その他の事業については実施されていない。

f) 想定される治水対策から見た課題および評価

前記の通り、Vu Gia-Thu Bon 川では、首相決定 No.1588/QD-TTg/2012 において、明確な治水目標は定められておらず、上流ダム群により可能な限りの貯留を行い、浸水に対しては排水機能の強化のみを方針として打ち出している。周辺斜面の Huong 川（1/20 確率）、Kone 川（Quy Nhon 市を 1/20 年確率）と比較すると、氾濫地内に直接的に被害を受ける大都市が存在しなかったためと考えられる。

しかしながら、近年、Da Nang 市の市街化・都市域の氾濫域内への拡大が著しく、また、これに伴う国道 1 号線沿いの開発や Thu Bon 川河口の Hoi An 市の発展など、守るべき資産が急速に増加している。このことから当該流域の治水の在り方について、改めて検討し直すことが急務であると考えられる。

Vu Gia-Thu Bon 川の治水を考えるにあたり、以下の課題が上げられる。

治水上の課題 1：ダム運用の効率化・高度化

Vu Gia 川は、Dai Loc 地区で Thu Bon 川と近接する（洪水時には分派する）が、その後は、北東方向に進み、Da Nang 市に流下する。その間、複数の支川に分派・統合を繰り返すが、いず

れの支川も細く複雑に蛇行し、河川勾配も 1/2,000 程度と非常に緩い。現況流下能力は川幅の大きい区間でも 1,500~2,000 m³/s 程度と見込まれ、洪水時には溢水して周辺地域が浸水する。さらに、Da Nang 市街地の南方への拡大による農耕地の埋め立ては、当地の遊水効果の低減につながり、ひいては Da Nang 市の浸水リスクの増加、あるいは、Dai Loc 地区から Da Nang 市に書けての浸水リスクの増加につながっていると考えられる。

Da Nang 市の都市開発に併せて、遊水地として保存すべき地域を特定したうえで、計画的な開発を行うとともに、Vu Gia 川本川の河道改修を検討する必要がある。

治水上の課題 2 : Dai Loc における流量配分の適正化

Vu Gia 川と Thu Bon 川が近接する Dai Loc 地区では、過去、洪水のたびにその自然分配が変化して来たと考えられる。2000 年頃の洪水では、Vu Gia 川から Thu Bon 川への洪水流により両河川の間土地が洗掘され、乾期になっても Vu Gia 川の流水が Thu Bon 川に流出することとなり、Vu Gia 川の流量が減り、Da Nang 市一帯が深刻な塩害被害を受けた。これを受けて、2009 年頃に、Vu Gia 川に仕切堤を建設し（Dai Loc 堰）、Vu Gia 川に一定程度の流量が保持されるようにしている。

この Dai Loc 堰の建設が洪水期にどのような影響を及ぼすかについては検証が必要であるが、いずれにしても、この地点での流量配分のコントロールが、Vu Gia-Thu Bon 川流域の洪水被害軽減策を検討するうえで非常に重要であると言える。

治水上の課題 3 : 上流域における新たな洪水調節機能の追加

現在、Vu Gia 川、Thu Bon 川上流のダム群については、統合操作規則が定められているが、これらのダムはいずれも発電ダムであり、想定される洪水量に対して洪水調節容量は非常に小さい。JICA2003M/P で提案された治水ダムについても、Son Tranh 2 ダムは建設されたものの、提案した洪水調節容量を遥かに下回る。本流域での洪水流量を考えた場合、中～下流の施策のみで補うことは不可能であり、上流域における新たな洪水調節機能は不可欠である。

治水上の課題 4 : Thu Bon 川下流の保全対象が散在

Thu Bon 川下流域は広大な低平地となっており、河口部が砂丘列を横断するため、河床勾配が緩く、河道は蛇行と分合流が著しい原始河川となっている。本川河道の改修を行ったとしても、河口部の開口を広げることが地形的に困難であり、これにより現況流下能力が著しく改善されることは期待できない。

他方、特に資産が集中する Hoi An 市については、堤防による地先防御も要検討であるが、Hoi An 市や、国道 1 号線の一部の都市部を除き、居住地域は氾濫域内に散在しており、特定の箇所を地先防御することも難しい状況にある。この地域で許容出来る洪水規模を考慮のうえ、土地利用規制を含むソフト対策を検討すべきである。

以上の課題をまとめて、その概要を図 3.3-49 に示す。

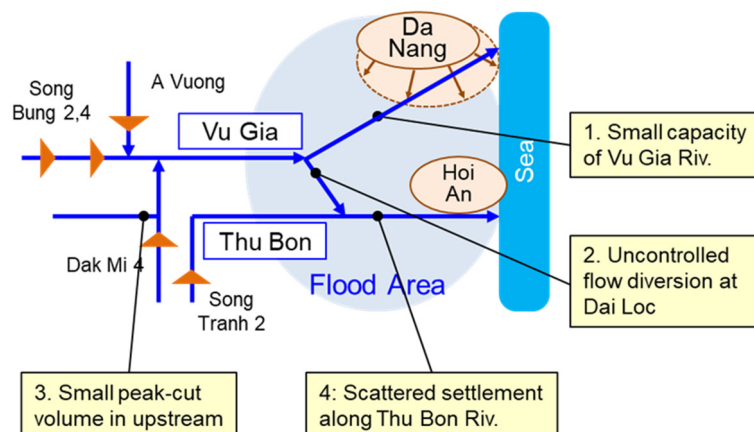


図 3.3-49 Vu Gia-Thu Bon 川流域における治水上の課題の模式図

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

今後、この地域が Da Nang 市を中心とした経済重点区域として発展することは明らかであり、氾濫域への入植が著しく増大していない現段階において、明確な治水目標を定め、それに向けた治水事業の推進、また、遊水地となる土地の保全を行っていくことが重要である。中部地域における Da Nang 市の重要性、また、Da Nang-Hoi An 間の観光資源の保全を踏まえて、この地域の治水安全度を 1/50 に設置し、そのための段階整備を提案する。

b) 現況河道流下能力および目標とする洪水流量

Vu Gia 川、Thu Bon 川の両河川の 1/20 確率流量及び 1/50 確率流流量、Dai Loc 地区下流におけるそれぞれの流下能力を図 3.3-50 に示す。流下能力については、過去の氾濫解析に基づき、氾濫開始水位を流量に変換した。

Vu Gia 川の 1/50 確率流量は、同河川が氾濫を開始する Dai Loc 地区付近において $21,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と見込まれ、既存のダム操作規則に定められた洪水調節容量を最大に活用してピークカットが行われたと仮定すると、洪水流量は $13,500 \text{ m}^3/\text{s}$ と算定される（2020 年洪水時における実際の運用では、さらに大きな洪水調節が行われた模様）。洪水調節一方、Thu Bon 川の 1/50 確率流量は Dai Loc 地区付近で $13,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と見込まれ、既存のダム操作規則に定められた洪水調節容量を最大に活用してピークカットが行われたと仮定すると、洪水流量は $8,500 \text{ m}^3/\text{s}$ と算定される。したがって、それぞれ上流ダムによる洪水制御を行った場合の Dai Loc 地区における Vu Gia 川と Thu Bon 川の合計は単純に計算すると $22,000 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

これに対して、Dai Loc 地区下流における Vu Gia 川の現況流下能力は、 $1,500 \sim 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、河道改修を行ったとしても、現況河道幅や両岸の市街化の状況から、最大でも $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度と推計される。すなわち、残流量の $19,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ($8,500 \text{ m}^3/\text{s}$ に Vu Gia 川の残流量 $10,500 \text{ m}^3/\text{s}$ を加えた流量) については、Thu Bon 川で受け入れる必要がある。

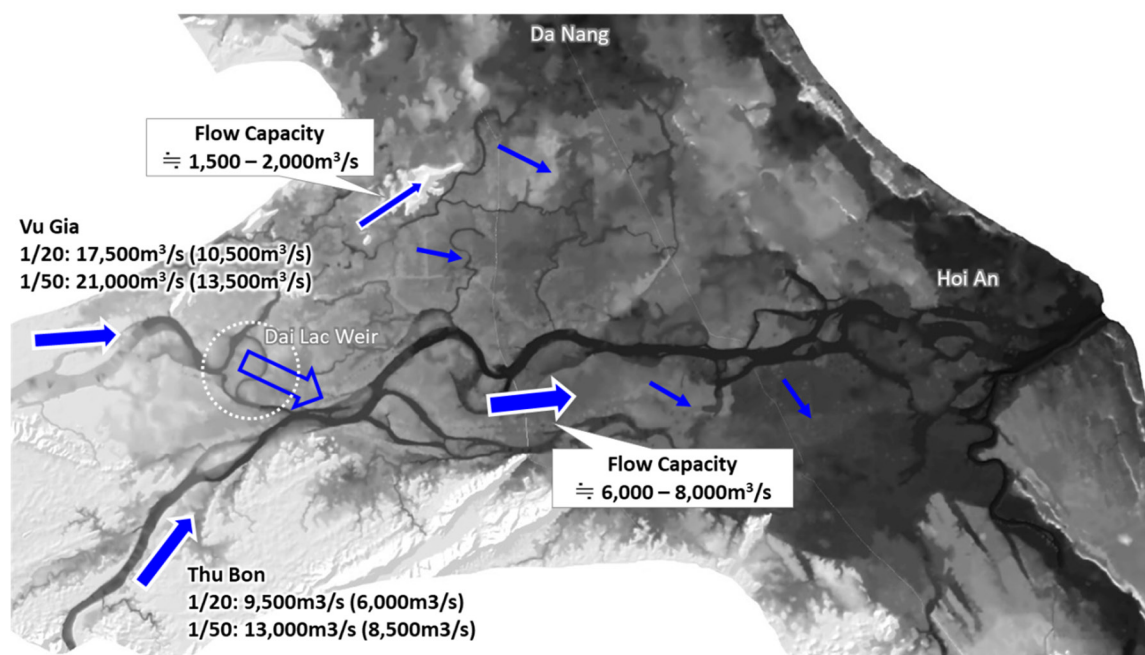


図 3.3-50 Vu Gia-Thu Bon での洪水流量に対する現況の河道流下能力

c) 流量配分

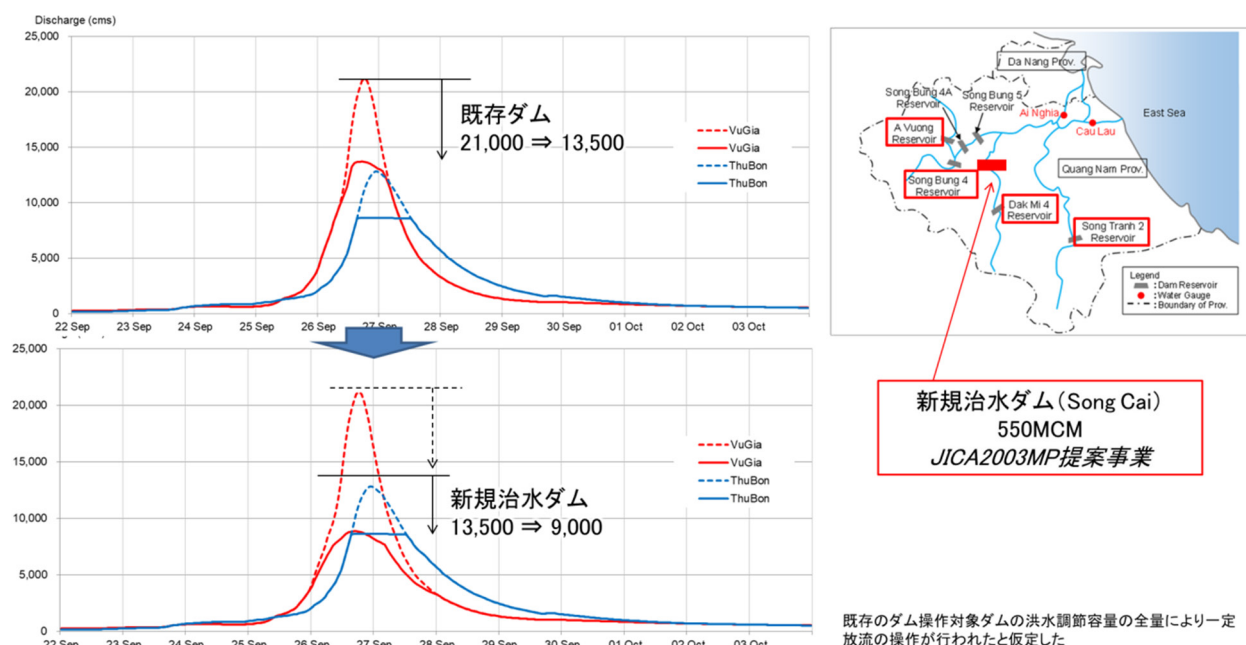
上記の通り、現流下能力は想定される洪水流量に対して圧倒的に足りない状況にある。このことを踏まえて、以下の方針のもと当該流域における流量配分を検討した。

基本方針 1：流域の最も重要な資産である Da Nang 市及び今後市街化が想定される地域について、1/50 確率洪水規模を想定した対策を行う。

基本方針 2：上記達成のため Vu Gia 川への流入を一定流量に制限したうえで、残流量を上流域貯留と Thu Bon 川周辺の自然遊水及び開発規制により将来リスクを軽減する。

検討にあたって、上流貯留の効果を検証するため、Vu Gia 川上流において、JICA2003M/P で提案された Song Cai ダム（洪水調節容量 550MCM）が建設されたと仮定した場合の効果について、図 3.3-51 の通り検討した。

1/50 確率洪水を想定し、既存ダムにより流入の全量を貯留すると仮定すると、前述の通り、Vu Gia 川の最大流量 $21,000 \text{ m}^3/\text{s}$ は、 $13,500 \text{ m}^3/\text{s}$ まで低減し、さらに、Vu Gia 川上流の Cai 川において、JICA2003M/P 提案の Song Cai ダムを建設して全量貯留を行ったと仮定すると、 $9,000 \text{ m}^3/\text{s}$ まで低減することが可能と推計される。



上：Huong 川 Ai Nghia、下：Tu Bon 川 Cau Lau

出典：中部水文気象センターからの非公式データより

図 3.3-51 Vu Gia-Thu Bon 川下流域での 2020 年洪水の水位変化

以上の結果から、Song Cai ダムを建設した場合の Vu Gia-Thu Bon 川流域の流量配分について、図 3.3-52 に示す。

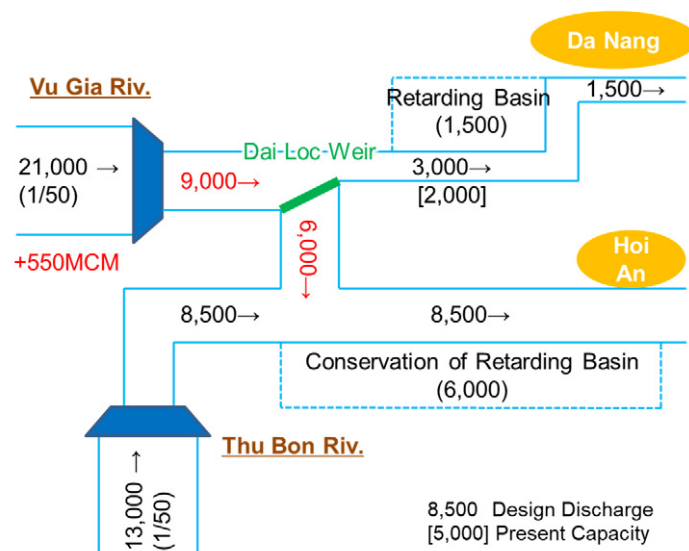


図 3.3-52 Vu Gia-Thu Bon 川流域で想定する流量配分図

Vu Gia 川からの流量 $9,000 \text{ m}^3/\text{s}$ のうち、Dai Loc 堰建設・改修により、 $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ を Vu Gia 川に、 $6,000 \text{ m}^3/\text{s}$ を Thu Bon 川に流す。Vu Gia 川の現況流下能力は $2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ に満たないため、河道改修を行うとともに、河道周辺で遊水地として活用できる地区を保全し、Da Nang 市への洪水流の調節を行う。

他方、Thu Bon 川下流域への流入は、Vu Gia 川からの流量 $6,000 \text{ m}^3/\text{s}$ に、Thu Bon 川から流出する $8,500 \text{ m}^3/\text{s}$ を合わせた $14,500 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

Thu Bon 川の現況流下能力 $6,000 \sim 8,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定されることから、上記 $14,500 \text{ m}^3/\text{s}$ を流下させるためには、放水路や堤防の建設による河積の確保が必要となるが、Thu Bon 川河口部は砂丘列に挟まれた地形狭窄部であり、既に砂丘上の開発が進められていることから、これを開削しての放水路の建設は現実的ではなく、また、激しく分合流する Thu Bon 川河道を連続堤で防御することも困難である。したがって、Vu Gia 川から流入した超過分については、Thu Bon 川沿いの広大な氾濫低地において浸水を許容することを想定する。ただし、この許容の範囲は、当該地域の生活様式や将来の開発ニーズを踏まえたうえで、上流に建設する新規ダムの洪水調節容量とのバランスを考慮のうえ検討すべき事項である。

3) 治水事業のメニュー

a) 治水事業メニュー

以上の検討結果をもとに、以下の治水事業メニューを提案する。

■Vu Gia 川下流の河道改修

現状流下能力 $1,500 \sim 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ について、河道拡幅・浚渫等により、 $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度の流下能力を確保する。ただし、Vu Gia 川は下流に行くにつれて複数の支川に分派しており、それぞれの支川の流下能力を確認のうえ、本川ないし支川沿いの開発が進んでいない水田ないし湿地帯を自然遊水地として保全する。

なお、Da Nang 市では一部で土地の嵩上げや堤防による市街地防御のための対策を実施している様子である。これら事業が想定している洪水規模の設定値が適当であるかを検証したうえで、Vu Gia 川で受け入れるべき流量を決定する必要がある。

■Dai Loc 堰の建設・改修

Dai Loc 地区では、2009 年頃に Vu Gia 川・Thu Bon 川間の仕切り堤防を建設している。堤防の越流条件等の詳細は不明であるが、この地点で、Vu Gia 川と Thu Bon 川の洪水時の流量配分を制御することが、Vu Gia 川の洪水を防止するうえで非常に重要である。両河川の間は、古い河道地形となっており、過去、両河川が繋がったり分断されたりしていたことが確認できる。

既存の仕切り堤防の設計基準を精査したうえで、Vu Gia 川への流入を $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度に制御するため、越流堤の建設と、旧河道と見られる接合部の改修を行う。

■Vu Gia 川上流の Song Cai ダムの建設

Vu Gia 川の上流で更なる洪水調節を行うため、JICA2003M/P で提案された Song Cai ダムを建設する。洪水調節容量は少なくとも M/P 提案の 550MCM 以上とすることが望ましいが、提案

サイトの土地利用や交通インフラ整備、洪水調節機能を有する複数の電力ダムの新規建設等、M/P 策定当時とは条件が変わってきていることから、これらを考慮のうえ、ダムの規模・配置については検証が必要である。

また、Vu Gia-Thu Bon 川流域では、ダム建設による流出土砂量の減少によるとみられる河口部の海岸浸食が顕著であり、特に Hoi An 市近くの Qua Dai 海岸の海岸浸食は、当地の観光業に壊滅的な打撃を与えている。こうした状況を踏まえて、Song Cai ダムを含む新規の治水ダムの建設にあたっては、水系全体での土砂収支とダム建設がこれらに与える影響を十分に検証のうえ、計画することが重要である。

■Thu Bon 川下流の土地利用規制

前述の上流に建設する新規ダムの洪水調節では、Thu Bon 川下流の広大な氾濫低地を完全に防御することは困難である。したがって、この地域の土地利用の在り方について十分に検討を行ったうえで、新たなリスクを生み出すことのないよう、氾濫域内への産業施設や大型公共施設等の重要インフラ開発の防止等、開発計画の中で将来の土地利用を規制していくことが望ましい。

■Hoi An 等の資産の集積地における地先防御

Thu Bon 川下流域のうち、Hoi An 市のように資産が集積する地域については、個別の地先対策検討する。図 3.3-53 に示す通り、Hoi An 市の旧市街地（世界遺産登録）の対岸には中州があるが、これは最近になって水路を開削したことによって中州化したのであり、もともとは旧市街地と一体の陸地であった。この中州を取り囲むように堤防を築き、水路の両端に水門を設けるなどの対策が想定される。

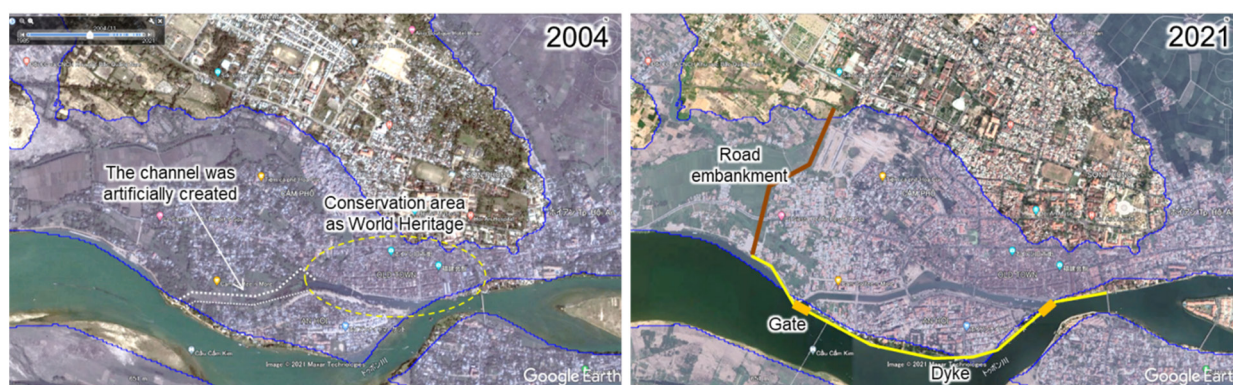


図 3.3-53 Hoi An 市旧市街地の防御のための提案

以上に述べた各事業の配置について図 3.3-54 に示す。

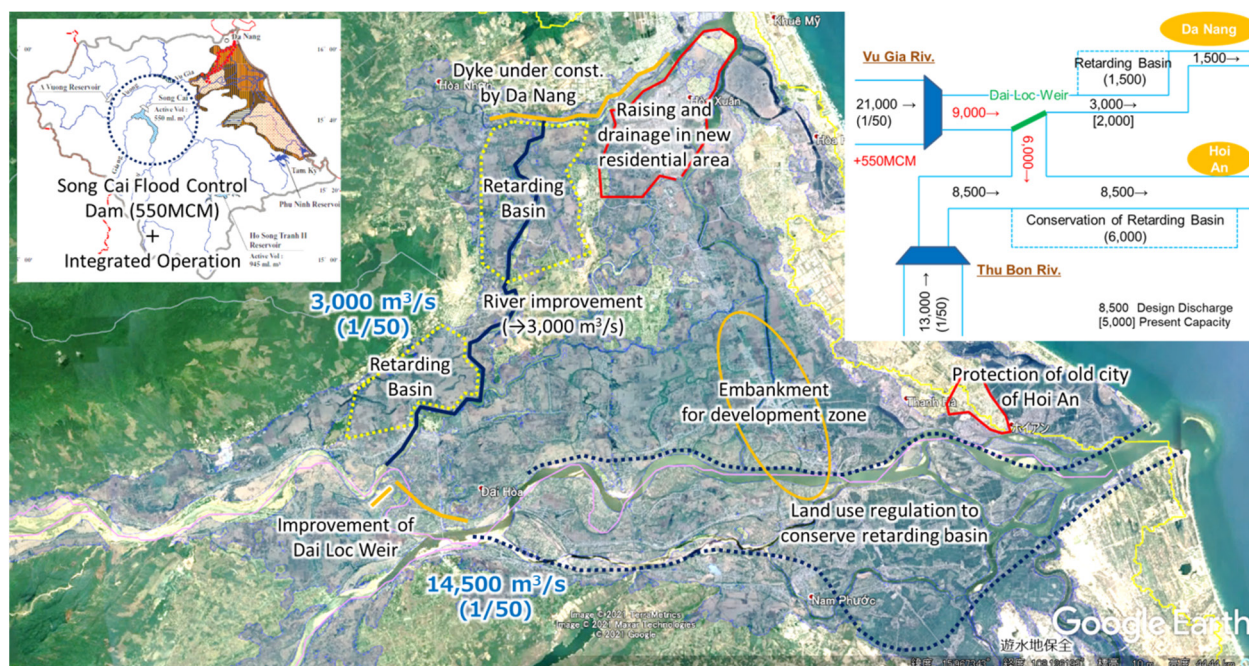


図 3.3-54 Vu Gia-Thu Bon 下流域での治水事業の内容と計画箇所

b) 課題

Vu Gia-Thu Bon 川流域は、中部地域を代表する洪水常襲地帯であるにも関わらず、これまで流域全体の治水方針が示されていない。この理由の一つとして、水資源をめぐる Da Nang 市と Quang Nam 省間の調整上の課題があると考えられる。

Vu Gia-Thu Bon 川の水源はいずれも Quan Nam 省内にあり、Da Nang 市の水資源や洪水リスクは Quang Nam 省の方針に大きく依存している。水資源開発においては、近年、Vu Gia 川上流の Dak Mi4 ダムから、Thu Bon 支川に導水する Dak Mi 4c ダムが完成した。これにより乾期の Vu Gia 川の維持流量が不足し、Vu Gia 川河口の Da Nang 市において塩水遡上による塩害を引き起こすことの懸念が指摘されている²¹。また、治水面においては、ここで提案したように、Vu Gia 川への洪水を抑制して、Thu Bon 川で受け入れるといった施策を実現するためには、便益を受ける Da Nang 市と、Thu Bon 流域を抱える Quang Nam 省との間の調整が必要不可欠である。

ベトナムでは、複数の地方省にまたがる流域の流域管理の調整については、River Basin Organization (RBO) を設立して調整を図ることとされているが、これまで、Da Nang 市と Quang Nam 省による RBO は開催されていなかった。近年の電力開発を受けて、RBO の重要性が問われ、2017 年より RBO が再開されたとのことである²²。RBO は、その法的根拠は水資源法にあることから、流域内の水資源の分配に係る調整が主要タスクとなっているが、例えば、Nghe An 省と Ha Tinh 省の間を流下する Ca 川では、RBO において堤防管理等の議論も行われている。当地の治水事業を検討するうえでは、RBO での議論と合意形成は欠かすことが出来ない。

²¹ <https://tuoitre.vn/quang-nam-da-nang-doi-thuy-dien-dak-mi-4-tra-nuoc-540674.htm>

²² <https://www.preventionweb.net/publication/da-nang-and-quang-nam-vietnam-trans-boundary-river-basin-management-central-vietnam>

(5) Nghen-Rao Cai 川

1) 流域の概要および課題

Ha Tinh 省の中央、山間地と海岸線に挟まれた幅約 20km の低平地を流下する河川である。流域面積は 1,156km² で、Ha Tinh 省全域の約 20%を占める。北西より流下する Nghen 川と南方より北上する Rao Cai 川が合流し、この合流点付近に省都 Ha Tinh 市が位置する。砂丘列の背後に広がる低平地内を流れる河川は、勾配が非常に緩く激しく蛇行し、網状河川を呈している。「Ha Tinh」は漢字で「河静」と表し、文字通り流速の早い河川の氾濫はほとんどなく、低平地内の雨水が、砂丘列により海へ排水されず、これにより低平地一体が長期間浸水するという特性をもつ。

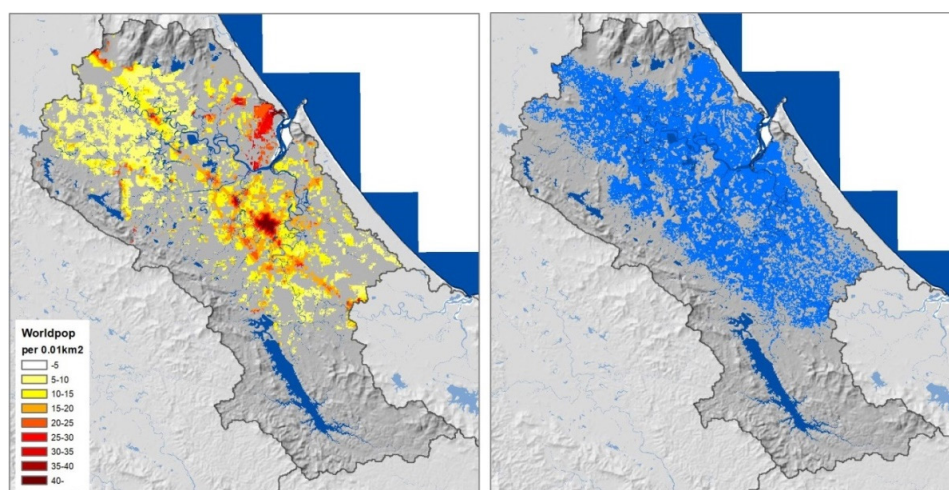
Nghen-Rao Cai 川流域内には山地はほとんどなく、約 67%が低平地となっている。Rao Cai 川上流の僅かな山地に、省内最大のダムである Ke Go ダムあり、Rao Cai 川下流一帯の耕作地に農業用水を供給している。Nghen 川にも複数のため池があるが、いずれも小規模である。流域の中央を国道 1 号線が通り、これに沿って都市化が進んでいる。



図 3.3-55 Nghen-Rao Cai 川流域概要

a) 氾濫域内 GDP

流域の人口は国道 1 号線及び Ha Tinh 市街地に集中しており、GDP の分布も同様である（図 3.3-56）。氾濫域内 GDP は、2020 年物価換算で US\$ 315million と推計され、3.3.7 の 2 次スクリーニングの結果は、全 36 流域中第 7 位となっている。氾濫域が広大であることと（ただし雨水排水不良による浸水が主）、省都である Ha Tinh 市が氾濫域中央に位置しているためと考えられる。



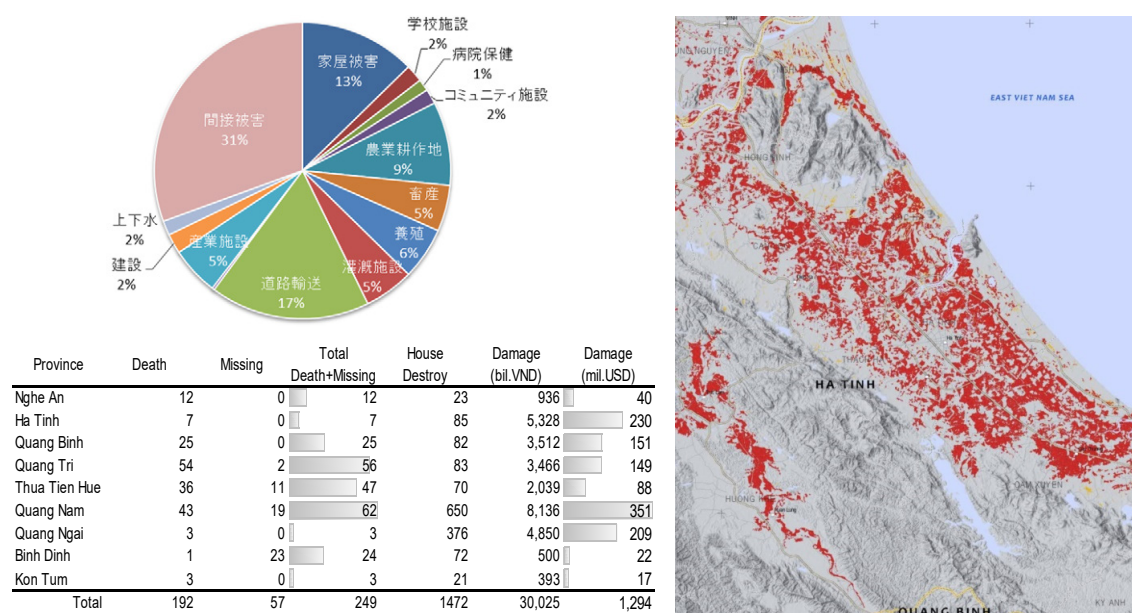
出典：左：Worldpop、右：SRTM を基に標高 5m 未満を氾濫域と見なした

図 3.3-56 Nhen-Rao Cai 河流域の人口分布（左）及び氾濫域（右）

b) 過去の洪水被害

近年の洪水被害としては、2020 年 10 月 15～21 日の豪雨（累積雨量 1400mm）がある。死傷者数はわずかであったものの、この豪雨により Ha Tinh 省内の約半数のコミューン（42,456 世帯）が浸水し、浸水被害は 5,328 billion VND（約 256 億円）に達した。浸水域の多くは農耕地であるが、被害種別を見ると、道路輸送セクターへの被害やこれによる間接被害額が最も大きくなっている（図 3.3-57）。

なお、過去には、2010 年に死者 51 名、被害額 6,374 billion VND の被害があり、同洪水は 50 年確率規模とされている²³。今回の洪水は雨量指標では 100 年確率規模に相当する。



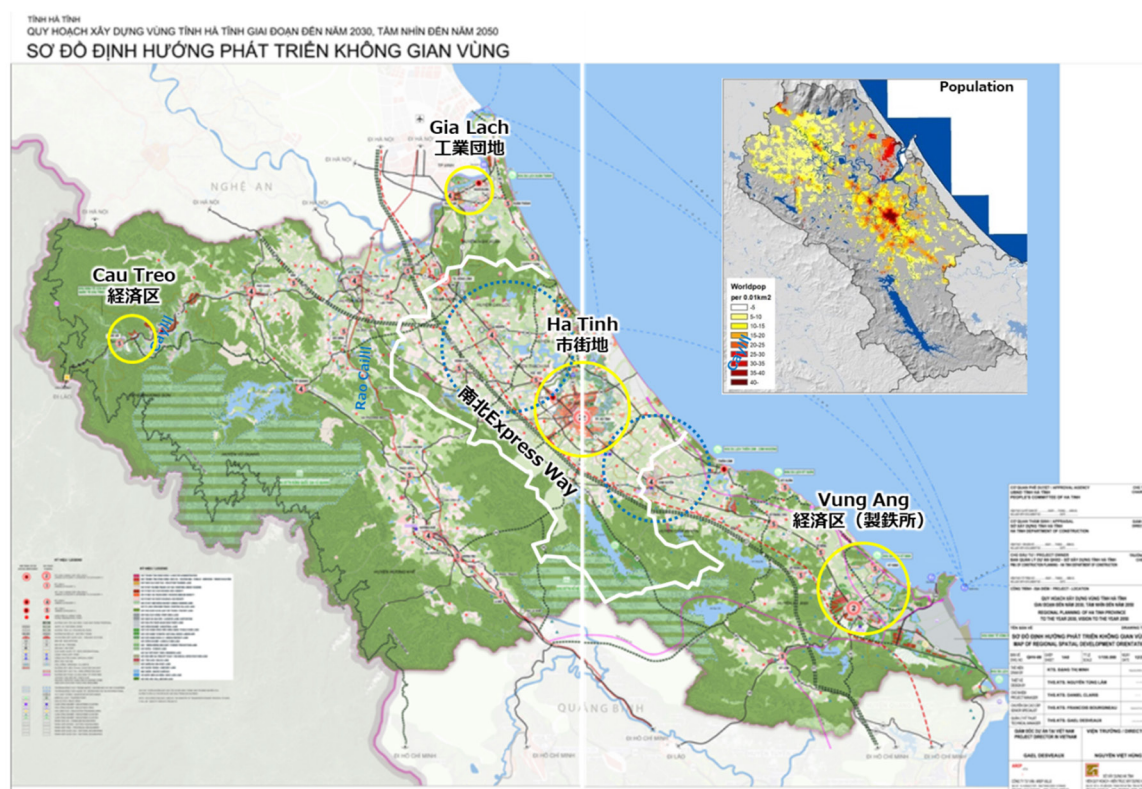
出典：左：ベトナム政府公式被害記録、右：International Disaster Charter 2010.10.18 撮影

図 3.3-57 2020 年洪水の被害額及び被害種別（左）と浸水範囲（右）

²³ Technical consultancy for hydraulic/hydrographic models in Rao Cai river catchment and drainage models in Ha Tinh city, Ha Tinh province. Final Report 2016

c) 都市計画及び市街地の拡大状況

Ha Tinh 省は、社会経済開発計画 2030 を示し（図 3.3-58）、これによれば、省都である Ha Tinh 市を中央集約都市として経済活動圏を拡張する方針である。その一方で、北部 Ca 川右岸に Gia Lach 工業団地を、また、南部海浜地域に Vuong Ang 経済区など、工業地域を省内に分散し、これらを、南北高速道路を軸に連結させる構想を持つ。当該 Ngenh-Rao Cai 川流域は、Ha Tinh 市を含む流域であることから、当地の防御は省の開発政策において重要である。

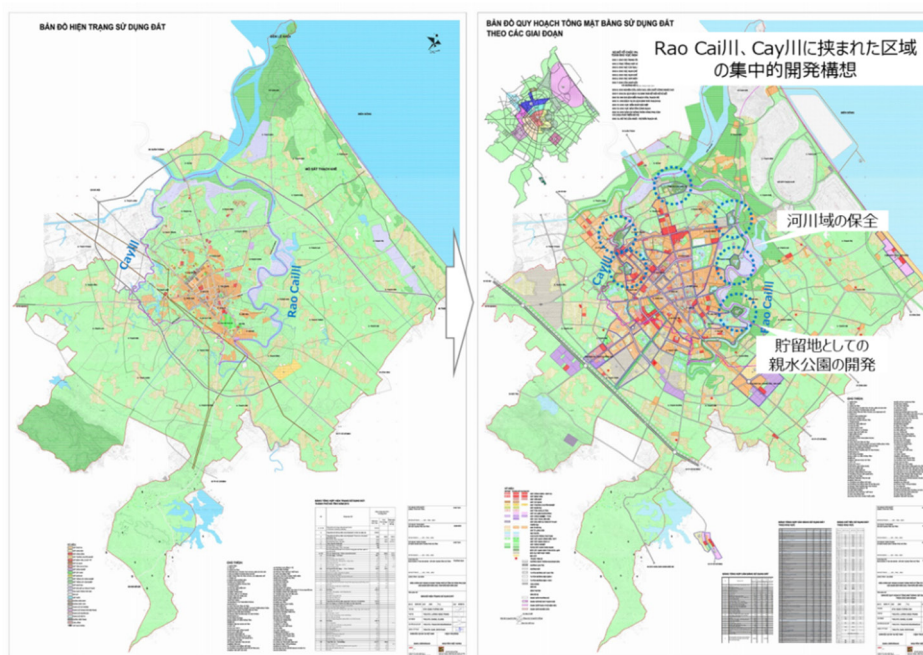


出典：Socio-economic Development Plan of Ha Tinh City for 2030, with a vision to 2050

図 3.3-58 Ha Tinh 省の開発計画

Ha Tinh 市街開発計画 2030 における空間開発計画を図 3.3-59 に示す。現在、国道 1 号線周辺のみ发展到市街地について、Rao Cai 川と、Ngenh 川支流の Cay 川に挟まれた区域全域を開発対象としている。

この開発区域の防御のため、Ha Tinh 省は、Rao Cai 川～Cay 川に沿って低い周囲堤を建設しており、Rao Cai 川及び Ngenh 川からの流入を防いでいる。さらに、周囲堤の内側には、複数箇所に貯留池としての親水公園が開発中であり、水門・排水機場の建設も計画されている。低平地全域の浸水リスクがある中で、市街区域を集約させ防御するという明確な思想が伺える。

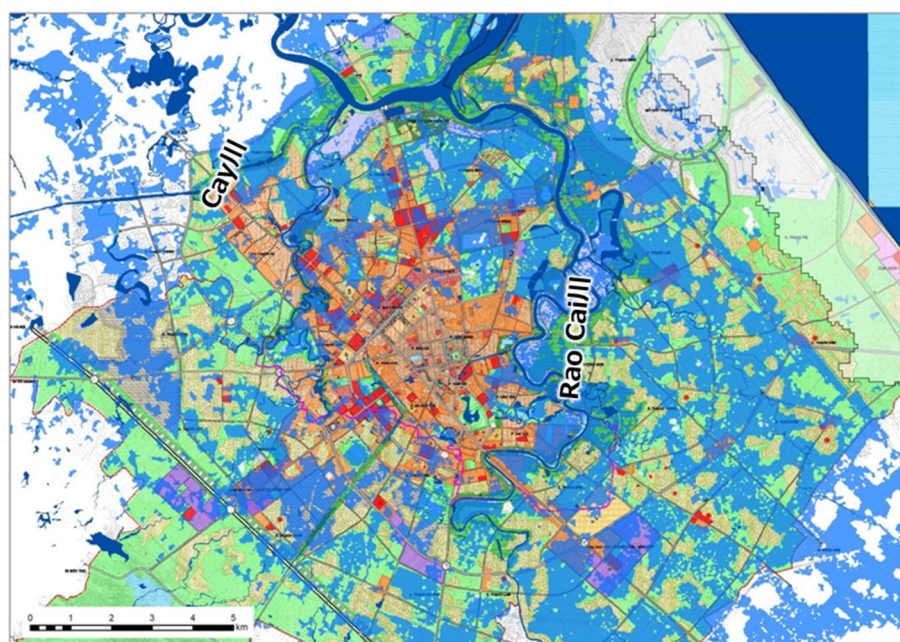


出典：Orientation for Spatial Development of Ha Tinh City 2030

図 3.3-59 Ha Tinh 市の現状土地利用（左）と土地開発計画

d) 実施中の事業を踏まえた残余リスク

前述の通り、Ha Tinh 省は、Nghen-Rao Cai 川からの洪水防御及び内水対策として、Ha Tinh 市街地を取り囲む周囲堤の建設を進めているが、内水排除のための水門・排水機場の整備は未だ行われていない模様である。また、周囲堤が築かれていない上流（市街区南西方面）からの表流水の流入による市街地の浸水も課題である。Ha Tinh 市街区以外の地域は主に農耕地であり、散在する居住区への対策は殆ど講じられていない。



出典：Ha Tinh 市土地開発計画に 2020 年浸水実績を重ね合わせ

図 3.3-60 Ha Tinh 市街化区域と浸水実績の比較

e) M/P の概要

Ha Tinh 省人民委員会は、Resolution No.159/2015/NQ-HDND 「Approval of details of flood prevention and resistance of rivers with dykes in Ha Tinh Province, period of 2015-2020 and orientation to 2030」において、省内の基本的な洪水対策方針を示し、その中で、Nghen-Rao Cai 川流域について以下の計画を示している。

- Ha Tinh 市：主洪水期の 1/50 確率規模を治水目標とする。
- 上記以外の地区（Can Loc 県、Loc Ha 県、Thach Ha 県、Cam Xuen 県）：夏期・秋期洪水期（Summer-Autumn Flood）の 1/10 確率規模を治水目標とする。

夏期・秋期洪水期は、9 月から 10 月にかけての期間の主洪水期前の前期洪水期であり、ベトナムでは農作地に対する治水目標としてしばしば使用される。主洪水期は農作を行わずに洪水を受け入れ、収穫時期となる前期洪水期については、農作への被害を防止するために防御するという考え方である。市街化が計画されていない土地への現実的な対策方針と言える。

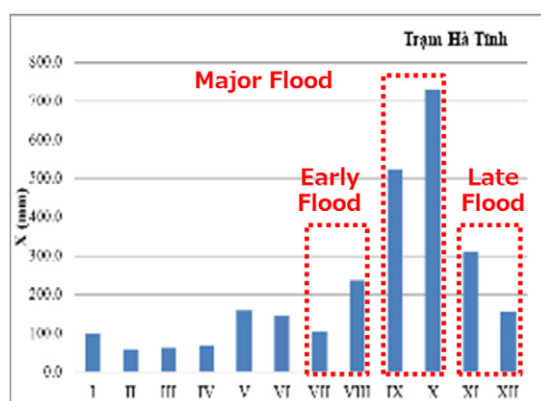


図 3.3-61 Ha Tinh 市の月間平均降水量

f) 想定される治水対策から見た課題および評価

ベトナム中部地域において、築堤河川である北中部の Ma 川、Ca 川を除き、地方省の治水整備目標として 1/50 確率規模の洪水を設定する事例は珍しいが、Ha Tinh 市に資産を集約させ、選択的に地先防御する方針は、当該流域の特性や浸水リスク、将来の社会経済発展を踏まえると妥当であると考えられる。

他方、Ha Tinh 市街地の防御は、周辺地域、特に Rao Cai 川周辺での浸水リスクの増加につながることも懸念され、Ha Tinh 市の防御に合わせて、流域対策や Rao Cai 川の流量を制御するための Ke Go ダムの運用改善等の施策についても検討の必要がある。

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

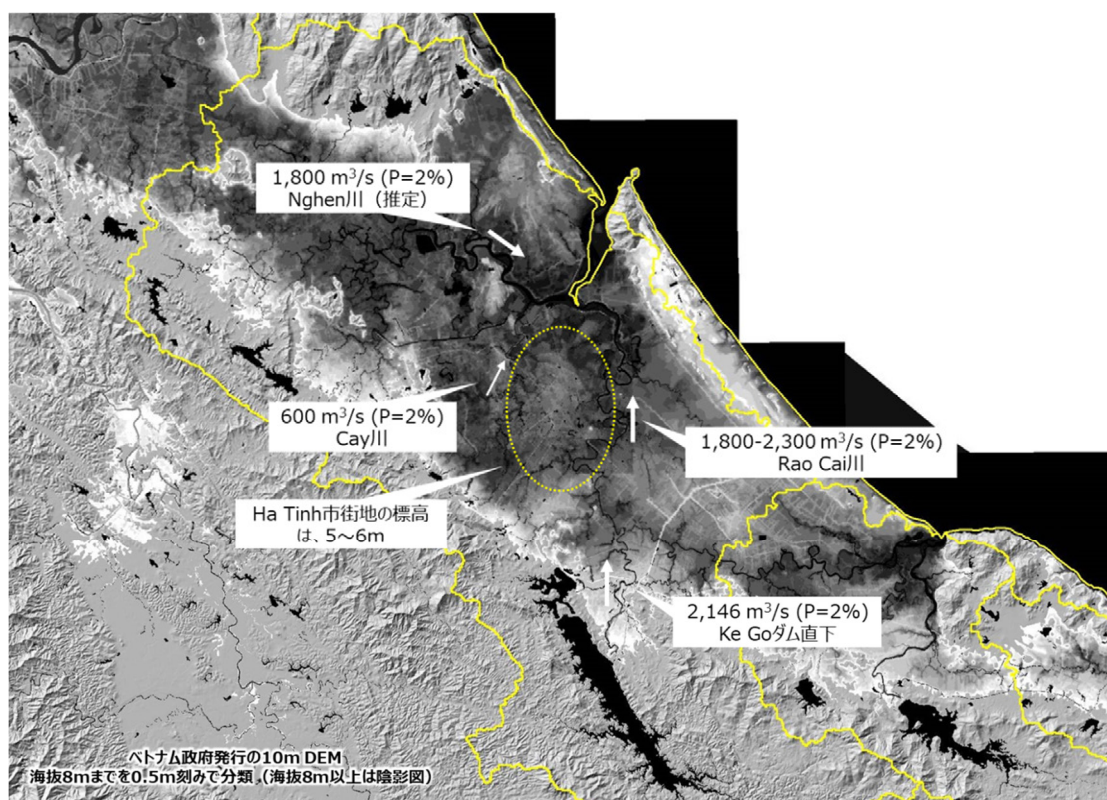
治水基本コンセプトとして、Ha Tinh 市街地を 1/50 確率で防御する点については、その実現が望まれる。また、上記の通り、Ha Tinh 市街地防御による周辺地域への影響に留意したうえ

で、Ha Tinh 市街地以外の地区についても、居住区の多い国道 1 号線に沿い等については、1/20 確率程度を想定した事業が望ましいと考える。

b) 現況河道流下能力及び目標とする洪水流量

Ha Tinh 省は、先の述べた決議 No.159/2015/NQ-HDND において、図 3.3-62 に示す通り、Ha Tinh 省周辺河川における 1/50 確率の洪水流量を示している。Ha Tinh 市街地に接する地区での 1/50 確率洪水水位は 5.75～6.6m とされており、Ha Tinh 市中心部の地盤標高とほぼ同じであるが、河川に近い土地では、洪水水位に対して 2～3m 地盤高が低い。

各河川の現況河道流下能力に関する情報は得られていないが、Ha Tinh 市街地に隣接する Rao Cai 川において、最大川幅 200m 水深 6m と仮定して等流式で現況流下能力を算定すると約 1,200m³/s 程度と評価され、1/50 確率の洪水流量に対して現況流下能力は大きく不足している。



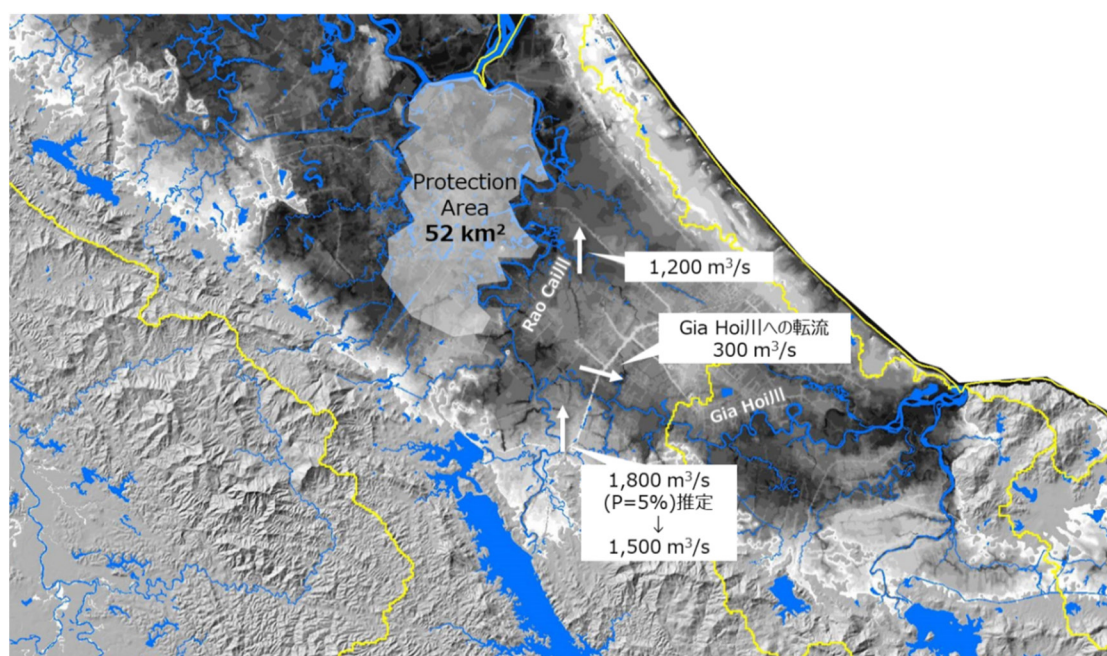
出典：Resolution No.159/2015/NQ-HDND 「Approval of details of flood prevention and resistance of rivers with dykes in Ha Tinh Province, period of 2015-2020 and orientation to 2030」より抜粋

図 3.3-62 Ha Tinh 市街地周辺の洪水流量

c) 流量配分

上記の通り、Ha Tinh 市街地の 1/50 確率規模での防御を優先することとするが、市街地の防御により、これまで貯留していた洪水の一部は周囲の河川が負担することとなる。この負担量については、詳細な検討が必要であるが、ここでは、24 時間にわたって Ha Tinh 市街地防御エリア 52 km²における水深 0.5m の浸水を、Rao Cai 川で負担すると仮定する。この場合、Rao Cai 川で負担する流量は約 300m³/s と見込まれる。

一方、Rao Cai 川上流の Ke Go ダム直下における 1/20 確率流量は、決議 No.159/2015/ NQ-HDND において、 $1,800 \text{ m}^3/\text{s}$ と示されており、Rao Cai 川の現況流下能力を $1,200 \text{ m}^3/\text{s}$ と評価すると、 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ 不足する。これに対して、同決議では、Rao Cai 川から Gia Ho 川への転流 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ を計画しているが、1/20 確率規模に対応するためには、さらに河道改修や、上流の Ke Go ダム改修による洪水調節が必要である。



出典：調査団作成

図 3.3-63 Ha Tinh 省市街地防御による Rao Cai 川の想定流量配分

3) 治水事業のメニュー

以上に述べた通り、Nghen-Rao Cai 川流域の治水事業メニューとして、大きく、以下の 2 点に分けられる。

- Ha Tinh 市街地の防御（目標治水安全度 1/50）のための堤防強化・雨水排水事業
- Rao Cai 川水系の氾濫防止（目標治水安全度 1/20 に向けた整備）

a) 治水事業メニュー

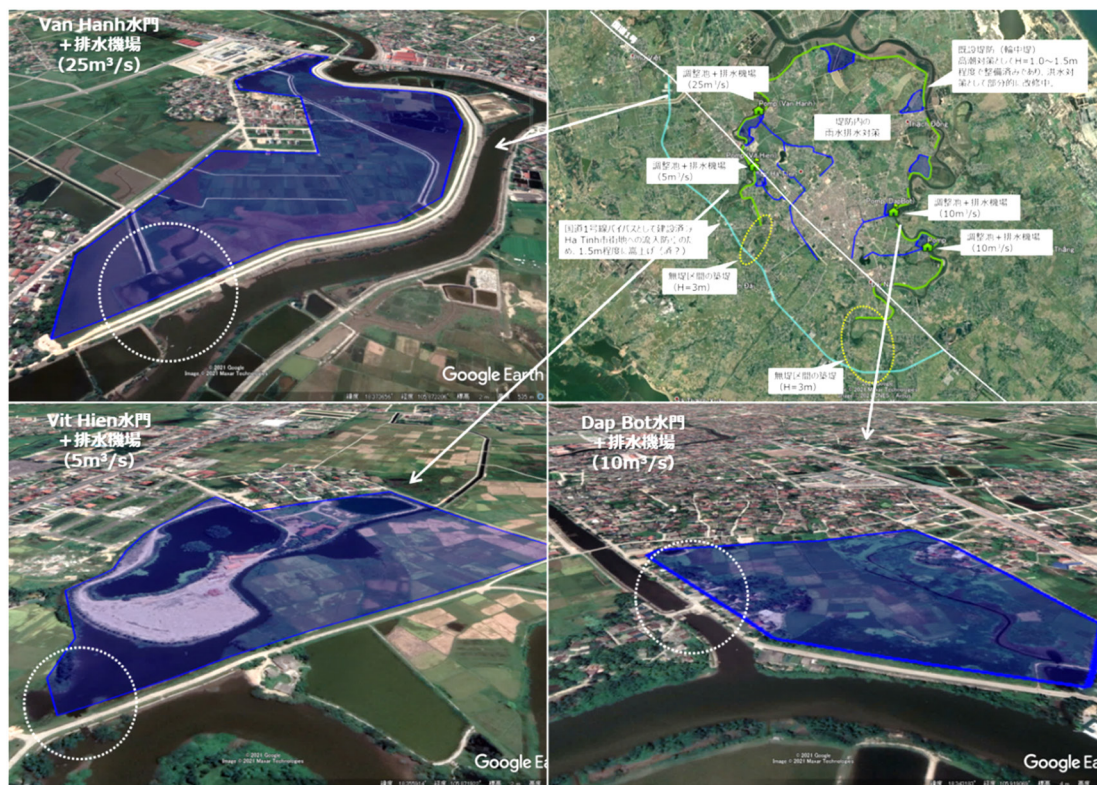
Ha Tinh 市街地防御

MARD 傘下の水資源アカデミーは、「Technical consultancy for hydraulic/hydrographic models in Rao Cai river catchment and drainage models in Ha Tinh city, Ha Tinh province」を実施しており、その中で、図 3.3-64 に示す通り、Ha Tinh 市街地を囲む堤防の嵩上げ・改修、調整池と排水機場の新設、市街地の雨水排水対策、堤防未整備区間の堤防整備、国道 1 号線バイパスの嵩上げを提案している。これに対して、堤防強化や調整池については、Google Earth の衛星画像を確認する限りでは事業が進められている様子であるが（図 3.3-65）、排水機場建設の進捗については不明である。また、Ha Tinh 市街上流のバイパス道路の嵩上げについても明確な資料を入手することが出来なかった。



出典：Technical consultancy on hydrological/hydraulic model of Rao Cai river basin and drainage model in Ha Tinh city, Ha Tinh (2020)

図 3.3-64 Ha Tinh 省市街地防御のための治水事業メニュー



出典：Google Earth より

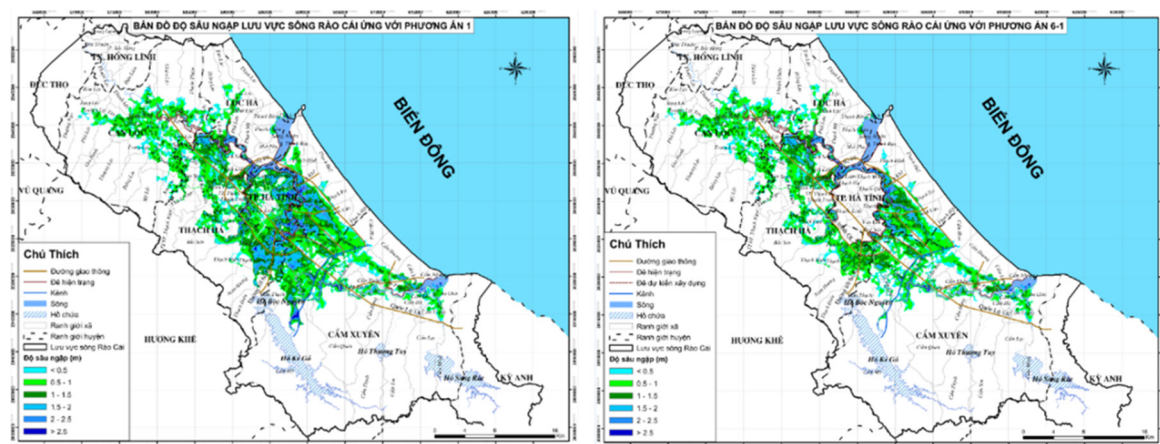
図 3.3-65 Ha Tinh 省市街地防御のための治水事業の実施状況

Rao Cai 川の浸水被害の軽減

Ha Tinh 市街地防御に伴う周辺河川への洪水の負担や前述の決議 No.159/2015/NQ-HDND に示される施策の効果については、前述の水資源アカデミーによる「Technical consultancy for hydrological/hydraulic models in Rao Cai river catchment and drainage models in Ha Tinh city, Ha Tinh province (2016)」にて数値モデルを用いて詳細な検討が行われている。

具体的には、同決議では Ha Tinh 市街地の堤防による防御に加え、Ke Go ダム改修による洪水調節及び Gia Ho 川への転流が計画されており、これらの施策による浸水軽減効果について検討が行われ、図 3.3-66 に示す通り、1/50 年確率洪水に対して、Ha Tinh 市街地の浸水域 82% 減、それ以外の浸水域 23% 減との結果を示している。

Flood depth (m)	City flooded area (km ²)				Flooded area in the basin (km ²)			
	Design flood	Scenario PA 6-1	Area Reduction		Design flood	Scenario PA 6-1	Area Reduction	
			(km ²)	(%)			(km ²)	(%)
< 0.5	4.0	1.0	-3.0	-75.4	66.9	60.8	-6.0	-9.0
0.5-1	12.8	1.6	-11.2	-87.2	131.0	114.8	-16.2	-12.4
1-1.5	12.5	1.3	-11.1	-89.2	80.0	57.6	-22.4	-28.0
1.5-2	9.5	1.5	-8.0	-83.8	46.0	21.2	-24.8	-54.0
2-2.5	4.3	1.5	-2.8	-65.0	17.5	10.2	-7.3	-41.8
>2.5	1.7	0.9	-0.8	-44.3	10.0	7.2	-2.8	-27.9
Total	44.9	8.0	-36.9	-82.2	351.4	271.8	-79.6	-22.6



出典：Technical consultancy on hydrological/hydraulic model of Rao Cai river basin and drainage model in Ha Tinh city, Ha Tinh (2020)

図 3.3-66 各施策による浸水軽減効果

b) 課題

Nghen-Rao Cai 河流域の治水事業については、上記の通り、ハティン省人民委員会による決議 No.159/2015/NQ-HDND により具体的な整備方針が掲げられており、また、ベトナム国内研究機関等による同決議の整備方針に対する詳細な検討が行われている。本調査において、同整備方針や検討内容に対する課題は見出せなかった。

ただし、今後、Ha Tinh 市街地の拡大や、国道 1 号線沿いの開発は進むものと考えられ、例え

ば、フランス開発庁（AFD）は、Ha Tinh 市街地の北西に隣接する Thach Ha 地区の都市インフラ整備に EUR 32.5 million を投資する予定である²⁴。この地域は、Ha Tinh 市街地の堤防による防護範囲の外に位置しており、決議 No.159/2015/NQ-HDND が示す治水整備方針との整合性について議論の余地がある。

なお、決議 No.159/2015/NQ-HDND では、提案する施策の投資元として、WB、ADB、JICA を具体的に掲げており、日本政府の支援に期待を持っている。

²⁴ <https://thachha.hatinh.gov.vn/portal/pages/2019/tieu-du-an-do-thi-thach-ha-duoc-thu-tuong-chinh-phu-phe-duyet.aspx>

(6) Kone-Ha Thanh

1) 流域の概要および課題

Kone 川は Binh Dinh 省で最大の河川であり、幹線流路の延長は 178km で流域面積は 3,703km² である。源流は Dong Truong Son 山脈に端を発し、この山間部を南方向に流下し平野部に至った後、Van Phong 堰下流で東方向に流路を変えて沖積平野を形成しながら、省都 Quy Nhon 市付近で Thi Nai 湖（内湾）に注いでいる。この下流部では、複数の河川に分派する一方で南西方向から An Tuong 川や Ha Thanh 川が合流することにより流路が複雑化している。ここでは最下流部で合流す Ha Thanh 川を含めて、Kone-Ha Thanh 水系と表記する。

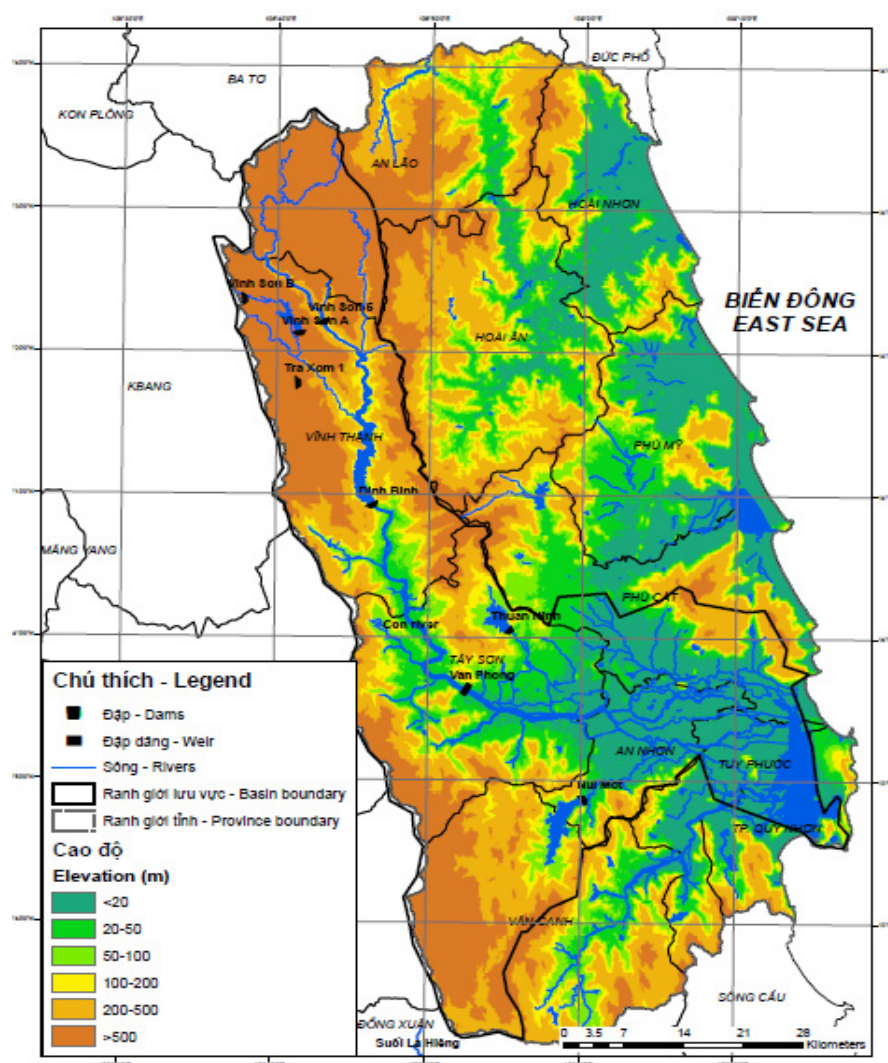


図 3.3-67 Kone 水系の流域地形図

流域の平均年降水量は 1,300~1,900 mm であり、ハノイ市や、ホーチミン市と比較して若干降水量が少ない流域といえるが、ベトナム中部の他の沿岸域と同じく、南シナ海で発生し西進する台風の直撃を受けやすい地域でもあり、台風が上陸または接近することで流域内に多量の降水がもたらされることとなる。

治水施設

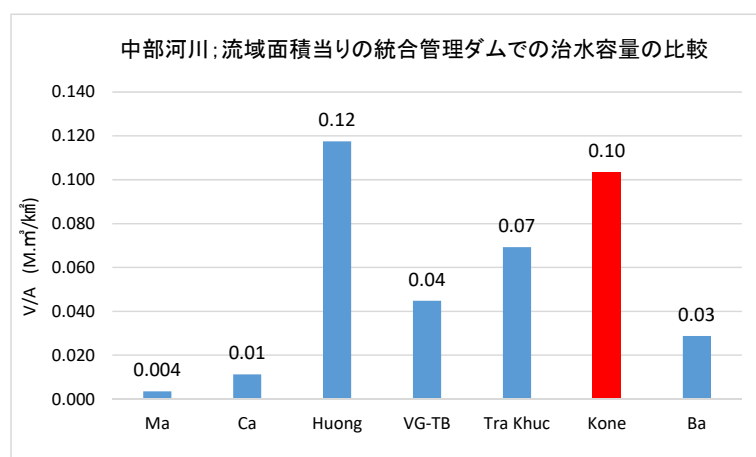
Kone 水系における主な河川施設としては、JICA 2003M/P で計画が示されて 2009 年に竣工した Dinh Binh ダムと、灌漑用取水を主目的として 2015 年に竣工した Van Phong 堰がある。このほかにも、水系には治水機能を併せ持つ複数のダムや堰があるが、なかでも Dinh Binh ダムの洪水調節容量は 209.9 MCM は、他の河川施設の洪水調節容量の合計をも上回っており、水系内において治水上最も重要な施設といえる。Dinh Binh ダムを含む 6 ダムと 1 堰が、統合操作管理の対象施設とされている。

表 3.3-22 Kone 水系で洪水調節機能をもつダム及び堰の一覧

大項目	ダム名 小項目	Vinh Son A	Vinh Son B	Tra Xom 1	Dinh Binh	Nui Mot	Thuan Ninh	Van Phong
基本項目	建設目的	PAF	PAF	AF	AF	AF	AF	AF
	管理機関	Vinh Son-Song Hinh水力発電(株)	Vinh Son-Song Hinh水力発電(株)	Tra Xom水力発電 (株)	Binh Dinh水利施 設開拓有限会社	Binh Dinh水利施 設開拓有限会社	Binh Dinh水利施 設開拓有限会社	Binh Dinh水利施 設開拓有限会社
	竣工年	1994	完成(年未詳)	2014	2009	1980	1994	2015
	ダムの高さ (m)	35	37		50	32.5	—	25.0
面積(km ²)	流域面積	97	117	87	1,040	110	79	—
	湛水面積	2.7	9.9	2.8	13.2	10.6	5	—
洪水流量 (m ³ /s)	P = 0.1%(検査)	1,910	2,150	920	9,690	—	—	—
	P = 0.5%(設計)	1,530	1,730	760	8,130	1,125	550 (P=1%)	—
貯水池容量 (Mill m ³)	総貯水容量	34	97	39.5	226.2	111	35.4	253
	有効貯水容量	22	80	31.2	209.9	109.6	32.3	—
	利水発電容量			13.74	0	53.26	12.56	—
	洪水調節容量	非常時運用	非常時運用	149.54	236.42	54.96	19.67	6.00
	利用不可能容量	12.00	17.00	8.28	16.28	1.45	3.10	—
発電出力(MW)	最大発電出力	66	28	20	9.9	—	—	6.0
運用	洪水期	9/1~12/15						
期間	非洪水期	12/16~8/31						

出典：JICA 日本の総合防災情報管理システムを活用した統合ダム管理および統合洪水管理計画の展開にかかる情報収集・確認調査（2016）

ベトナム中部地の水系において、統合管理対象とされているダム群での全流域面積あたりの洪水調節容量の合計を比較した図 3.3-68 の結果からは、Kone-Ha Thanh 水系は Huong 水系に次いで多く洪水調節容量をもつことがわかる。



出典：JICA 日本の総合防災情報管理システムを活用した統合ダム管理および統合洪水管理計画の展開にかかる情報収集・確認調査（2016）

図 3.3-68 中部地域における水系別のダム群での治水能力の比較

「日本の総合防災情報管理システムを活用した統合ダム管理および統合洪水管理計画の展開にかかる情報収集・確認調査（JICA, 2016）」での調査では、ベトナムでは、洪水調節容量を持つ発電ダムでは発電効率を優先して治水面で操作規則に則らない運用が行われる場面が確認されており、これらを管理する電力会社等が適切な運用を行うよう指導、確認することも重要である。

河川堤防

JICA による M/P 策定調査では、Binh Thanh 地点下流で築堤を主体とした河川改修計画が提案された。しかしながら、現在まで、An Nhon 市社など市街地や集落を守るための部分的な護岸など、Kone 川の本川及びその支川で施工されているだけである。

社会・産業

Kone-Ha Thanh 流域では、Binh Dinh 省の省都である Quy Nhon 市（人口約 290 千人：ベトナム統計局 2019）は、流域の最下流部に位置し、この都市の中心部は沿岸の砂州上に形成されているため、Kone 川からの氾濫影響を受けにくい。一方で、Quy Nhon 市の周辺部や近隣の市社は低平地に位置することから氾濫の影響を受けやすい。

流域下流部の Ha Thanh 川沿いには、電気・電子設備生産などをおもな推奨投資分野とする 314.37ha の Nhon Hoa 工業団地が稼働しているほか、その近傍上流には計画面積 1,425ha のベカメックス VSIP 工業団地の造成が進められている。また、Quy Nhon 市の中心市街地から Thi Nai 湖（内湾）を挟んだ Phuong Mai 半島には、計画総面積 12,000ha となる Nhon Hoi 経済区の開発が進められている。これらの主要な工業団地及び経済区は、Kone 川の洪水氾濫の影響を受けない地域に立地している。



図 3.3-69 Kone 川流域内のおもな河川施設と工業団地などの位置図

a) 氾濫域内 GDP

Khon-Ha Thanh 流域での主な氾濫域は Binh Thanh 観測所付近より下流で河川が分派する範囲で、Tuy Phuoc 郡、An Nhon 市社、Quy Nhon 市、Tay Son 郡、Phu Cat 郡の一部又は全部に係り、氾濫域の面積は本調査の算定で 176km² となっている。氾濫域内の GDP は US\$ 315 million であり、全国の氾濫域内 GDP のなかでの比率は 0.12%に相当する。

b) 過去の洪水被害

洪水被害は毎年のように発生しており、多くの被害は主洪水期と呼ばれる 10 月と 11 月に集中する傾向がある。この地域では、主洪水期のほか、8-9 月の前期洪水期、12 月の後期洪水期がある。主洪水期は台風の襲来とモンスーンにより一年間で降水量がもっとも増加する時期であり、稲の作付けもこの時期を避けるとされている。表 3.3-23 に示した主洪水期の主要洪水の被害状況を見ると、死者数は毎年平均 25 名であり多い年には 40 人以上に上る。家屋の崩壊・流失数も、毎年のように 100 戸以上が被害を受け、多い年には 800 戸を超える。

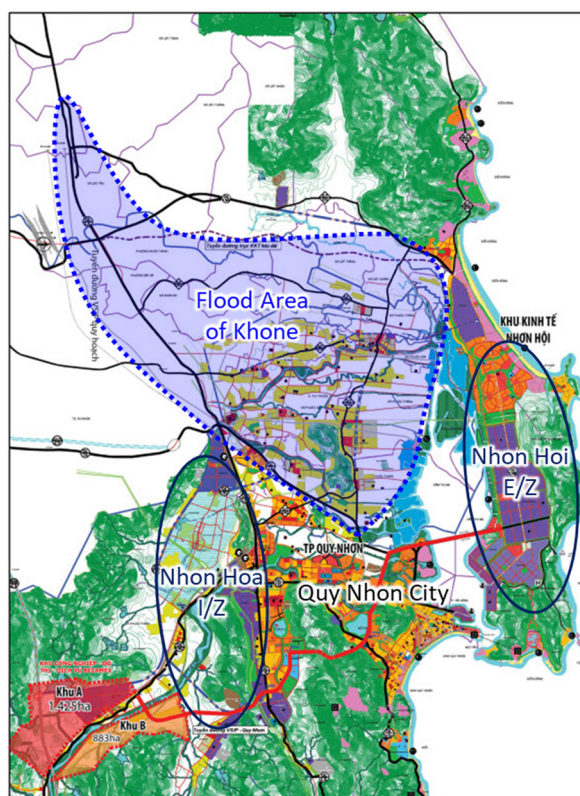
表 3.3-23 Kone-Ha Thanh 流域での各年の主要洪水被害

項目	被害項目	単位	既往 最大	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
				15-17 10月	13-16 11月	11-13 10月	23-25 10月	2-3 11月	20-22 10月	8-10 11月	5-7 10月	14-18 11月	23-29 10月
人	死者数	人	-	39	10	41	20	33	12	9	45	31	10
	負傷者数	人	-	8	4	10	6	76	6	3	2	14	-
	行方不明者数	人	-	2	-	-	1	-	2	-	-	1	-
	避難世帯	人	-	1,189	7,525	-	-	-	-	-	-	-	-
家屋	崩壊・流失家屋	軒	-	602	-	263	298	878	158	6	40	292	124
	浸水・損壊した家屋	軒	-	30	4	35	19	758	8	2	8	166	-
	損壊した学級	室	-	30	4	35	19	758	8	2	8	166	-
	損壊した病院	室	-	60	-	-	-	35	10	-	-	14	-
農業	浸水した水田	ha	-	31,723	-	6,887	361	16,076	4,014	3,347	7,546	1,116	-
	浸水した畑地	ha	-	3,073	-	2,667	882	84	5,532	648	1,300	7,598	-
	被害農産量	トン	-	2,382	-	37	-	173	3,293	588	-	300	-
	損害苗種	トン	-	6	-	3,500	850	800	1,231	1,100	-	3,700	-
	死亡した牛	頭	-	-	-	53	-	-	-	-	-	-	-
	死亡した豚	頭	-	-	-	2,391	-	-	-	125	-	2,169	-
	死亡した家禽	羽	-	-	-	41,900	-	-	9,700	4,290	-	124,815	-
交通 施設	流失の土量	M3	-	186,575	-	350,101	118,839	-	284,242	252,317	-	479,366	-
	橋・水門（全損）	件	-	45	-	5	1	-	-	11	-	-	-
	橋・水門数（一部）	件	-	118	-	85	72	-	29	36	-	160	-
水産業	損壊水産養殖施設	Ha	-	2	-	2	1	154	1	920	-	152	-
	沈没した船	隻	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-
電柱(損害)		本	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	-
被害総額		百万 (VND)	-	206,400 (10億円)	-	226,220 (11億円)	120,000 (6億円)	19,000 (0.9億円)	691,220 (34億円)	379,550 (19億円)	69,500 (3.5億円)	2,286,000 (114億円)	(不明)

出典：JICA 日本の総合防災情報管理システムを活用した統合ダム管理および統合洪水管理計画の展開にかかる情報収集・確認調査（2016）

c) 都市計画および市街地の拡大状況

先に述べた通り、Binh Dinh 省の省都 Quy Nhon 市や、近年開発された Nhon Hoa 工業団地は、Kone-Ha Thanh 流域の氾濫域の外に位置しており、洪水による影響は少ない。他方で、Kone 川氾濫域デルタの中央を南北に横断する国道 1 号線沿いの地域では人口が増加するとともに、小規模な商工業施設が集積しつつある。



出典：Nhon Hoi Economic Zone Construction Master Plan 2040

図 3.3-70 Kone 川下流域の経済区（E/Z）及び工業団地（I/Z）

d) 実施中の事業を踏まえた残余リスク

Kone 川上流域において Dinh Binh ダム（洪水調節容量 209.9MCM）が完成したことは、下流での洪水リスクの軽減に寄与したといえるが、なおも下流域での洪水氾濫が発生し、被害者や経済被害が継続している。さらに、氾濫域を南北に横断する国道 1 号線沿いの住宅や施設が増加していることから、これらの残余リスクへの対策が必要である。

e) M/P の概要

JICA 2003M/P では、Kone-Ha Thanh 川流域を対象とした調査が行われ、総合水資源管理計画（M/P）の提案と関連施設の F/S が実施された。その概要は以下に示す通りである。

基本方針

JICA 2003M/P 調査時の基本方針は以下の通り示されている（原文まま）。

「Kone 川流域における治水対象地域は、Kone 川デルタである。治水クライテリアは、対象地域を後期洪水期の 1/20 確率洪水と前期洪水期の 1/100 確率洪水から守ることである。構造物対策は上流での貯水池建設、中流域での遊水池建設、下流域での河川改修で構成する。非構造物対策は、上流域での植林、洪水の予警報システム、洪水避難対策システム、水防対策システム、土地利用規制等からなる。流量配分計画では、目標とする洪水流量を Dap Da 川、Go Cham 川、Tan An 川（他複数の派川）に配分する。」

目標とする洪水流量の設定

上記の基本方針に示される通り、Kone 川では「後期洪水期の 5% 流量」に対する防御が目標とされた。後期洪水期の洪水流量は主洪水期の流量規模に次ぐものである。報告書には目標とする洪水流量の対象時期を主洪水期ではなく、後期洪水期とした明確な理由の記載はないが、主洪水期には作付け・収穫を行わないという地域の慣習を考慮したものと考えられる。

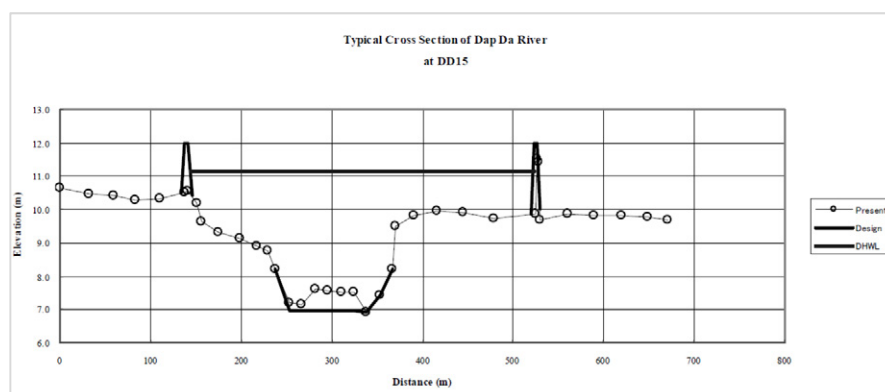
表 3.3-24 主要地点での洪水期ピーク流量

洪水期の区分	流観地点	流域面積 (km ²)	洪水時ピーク流量(m ³ /s)		
			10%	5%	1%
主洪水期 (10～11 月)	Cay Muong	1,677	4,970	5,820	7,590
	Binh Thanh	2,250	5,842	6,841	8,922
後期洪水期 (12 月)	Cay Muong	1,677	1,730	2,550	5,300
	Binh Thanh	2,250	2,034	2,997	6,230

出典：JICA 全国水資源開発・管理計画事前調査報告（2003）

河川改修の方針

河川改修は、主要な氾濫域である Binh Thanh 地点より下流で Kone 川が分派したそれぞれの派川への築堤及び河床掘削が提案されている。



出典：JICA 全国水資源開発・管理計画事前調査報告（2003）

図 3.3-71 JICA 2003 M/P による Kone 下流 Dap Da 川の改修断面の例

ダム・堰

ダム・堰では、洪水調節を主目的とした Dinh Binh ダムと、農業用取水を主目的とし堤高の低い Van Phong 堰の建設が提案された。

f) 想定される治水対策から見た課題および評価

JICA 2003M/P では、下流域での分派後の河道の流下能力は低いことため Binh Thanh 地点の対象とする洪水流量の約 30%分は、上中流部のダム群や遊水池で調節することとし、治水目的ももつ電力ダムの効果的な運用や気象情報等に基づく効果的な事前放流などの運用で、ダム群全体での治水効果を高めることで対応するとした。中流の Van Phong 堰から下流ではとくに流下能力が小さいことから氾濫しやすいため、河道拡幅をはじめとする河川改修を計画している。なお、この地域の水田では 10~12 月の主洪水期には湛水を想定して作付けを行わないことから、とくに流下能力が小さく水田が多い 3 川分派地点より下流では、前期・後期洪水の超過洪水及び主洪水期に対応するため、横越流堤の建設も対策の一部として提案されている。

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

JICA 2003M/P から約 20 年が経過しているなかで、2012 年の首相決定 No.1588/QĐ-TTg/ 2012 では、Quy Nhon 市の治水目標が主洪水の 5% (1/20) とされたことから、本調査ではこの首相決定の計画規模が現在での Kone-Ha Thanh 水系で治水目標として現実的な目標であるとし、以下の方針を設定した。

「対象地域を 1/20 主洪水から防御する。そのうえで長期的には 1/50 主洪水への対応も考慮する。」

b) 現況河道流下能力および目標とする洪水流量

現況河道流下能力

Kone-Ha Thanh 水系の治水安全度の目標を「1/20 主洪水」と想定して、現況河道の流下能力を推定し、目標とする洪水流量を検討した。この洪水流量の算出にあたっては、Dinh Binh ダムなど既設ダムの流量調節効果は考慮していない。

検討の結果、中流部にあたる Dinh Binh ダム下流の区間では、3,400~4,300 m³/s 程度の能力不足と推定された。また、下流の 3 川分派後の河道では狭小となることから、5,600 m³/s 程度の能力不足と推定された。

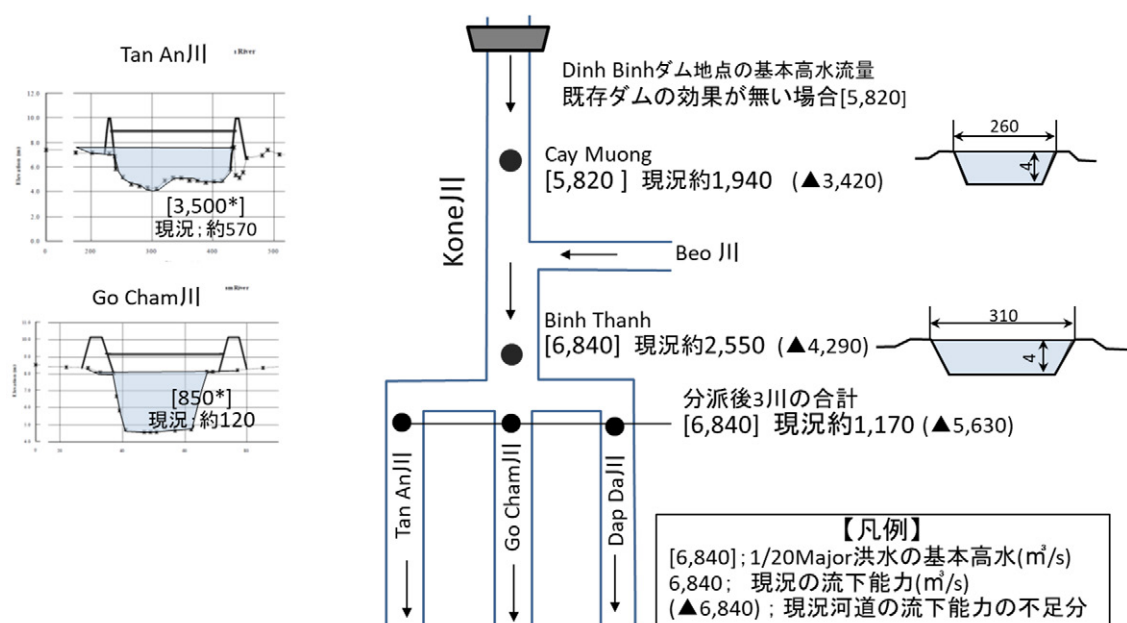


図 3.3-72 目標として設定した洪水流量に対する現況の河道流下能力

目標とする洪水流量

目標とする洪水規模を後期洪水期の 1/20 確率流量から主洪水期の 1/20 確率流量としたことで、Cay Muong 地点での洪水流量を 5,820 m³/s と設定した。

表 3.3-25 Kone 川での洪水流量

確率年別の 洪水流量 洪水期	地点	ピーク流量(m³/s)		
		10% (1/10 年)	5% (1/20 年)	(2%) (1/50 年)
主洪水期 (10～11 月)	Cay Muong	4,970	5,820(今回)	(6,800*)
	Binh Thanh	5,842	6,841(今回)	(7,900*)
後期洪水期 (12 月)	Cay Muong	1,730	2,550(旧)	—
	Binh Thanh	2,034	2,997(旧)	—

c) 流量配分

Kone 川の Binh Thanh 地点下流で複数の河川に分派する Kone 川デルタの現況を考慮しつつ、この検討では、Binh Thanh 地点下流で流下能力を向上させた 2 本の河川で洪水流量を配分することとした。

上流部については、既設ダムを含めて、一連のダム群の統合操作により 30%程度の洪水調節を行う（ダム適地は残り少なく、最大でも 1 カ所程度と考えられる）。中流部では遊水池などによる洪水調節のほか、3 川分派より下流では河道拡幅や新川開削によって残る流量を配分させることとする。

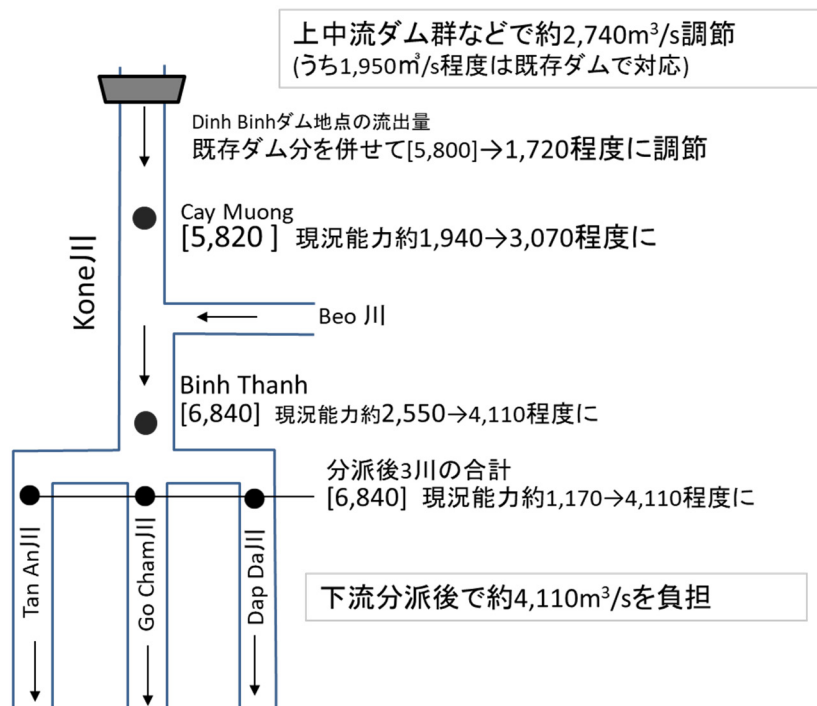


図 3.3-72 流量配分の考え方

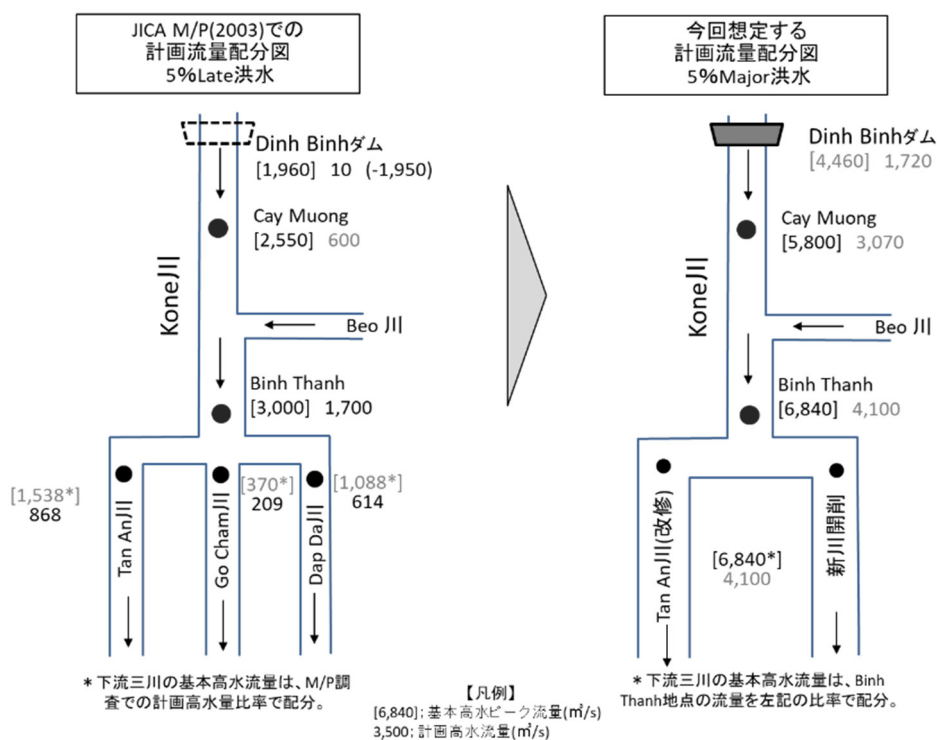


図 3.3-73 JICAM/P と今回提案の流量配分図の比較

3) 治水事業のメニュー

a) 治水事業メニュー

以上の流量配分を念頭におき、Kone-Ha Thanh 川流域の治水事業メニューは以下の通りであり、各配置について図 3.3-74 に示す。

治水目的ももつ電力ダムの効果的な運用や気象情報等に基づく効果的な事前放流などの運用で、ダム群全体での治水効果を高める。

中流の Van Phong 堰から下流ではとくに流下能力が小さいことから氾濫しやすいため、河道拡幅を基本とした河川改修を提案する。

なお、この地域の水田では 10~12 月の Major 洪水期には湛水を想定して作付けを行わないことから、とくに流下能力が小さく農地が多い 3 川分派地点より下流では、堤防からの越流による農地での滞留も対策の一部として位置付ける。

b) 課題

Kone-Ha Thanh 川流域では、Quy Nhon 市街地や開発中の工業団地や経済区が氾濫域を避けて立地しており、氾濫デルタは主に農地として活用されている。このことから、当該流域については、治水ニーズよりも水資源（農業）へのニーズが高く、JICA2003M/P においても同様の取り扱いとなっている。当該流域の支援検討にあたっては、Binh Dinh 省へのヒアリングを通じて、現地のニーズと治水被害の実態を見極めることが重要である。



図 3.3-74 治水事業メニューとその計画箇所

(7) Cai Nha Trang 川

1) 流域の概要および課題

Cai Nha Trang 水系はベトナム中南部の沿岸に位置し、流域の気候は亜熱帯に属する。Cai Nha Trang 川の流域は、Khanh Hoa 省と Dak Lak 省に跨っており、水源である流域西部の標高 1500～2000m の山地から、Khe 川・Giang 川・Cau 川・Cho 川・Dau 川・Am Chua 川などの支川を合流させながら東方向に流下し、Nha Trang 市付近にて太平洋に注いでいる（出典：調査団作成

図 3.3-75）。Nha Trang 市中心部南方には、かつて Cai Nha Trang 川の派川であったと思われる Quan Truong 川、Tac 川が流れているが、現在は主要な水路を介した本川との接続はない。

水系全体での流域面積は約 1,900 km²、流域内の中核的な都市として Khanh Hoa 省の省都である Nha Trang 市（人口 36.1 万人（2011 年：Khanh Hoa 省 HP）、GDP2,700 USD/人（2019 年）：政府資料より推定）のほか、これに隣接する Dien Khanh 町（人口 14.3 万人（2011 年）：Khanh Hoa 省 HP）などがある。

流域西部の山系を流下し、河口から約 30km にある Cho 川の合流点より下流で、氾濫平野が発達している。本川や Cho 川中流部にも狭い氾濫部がある。Nha Trang 市の中心部は海岸沿いの砂丘台地上に形成されている。

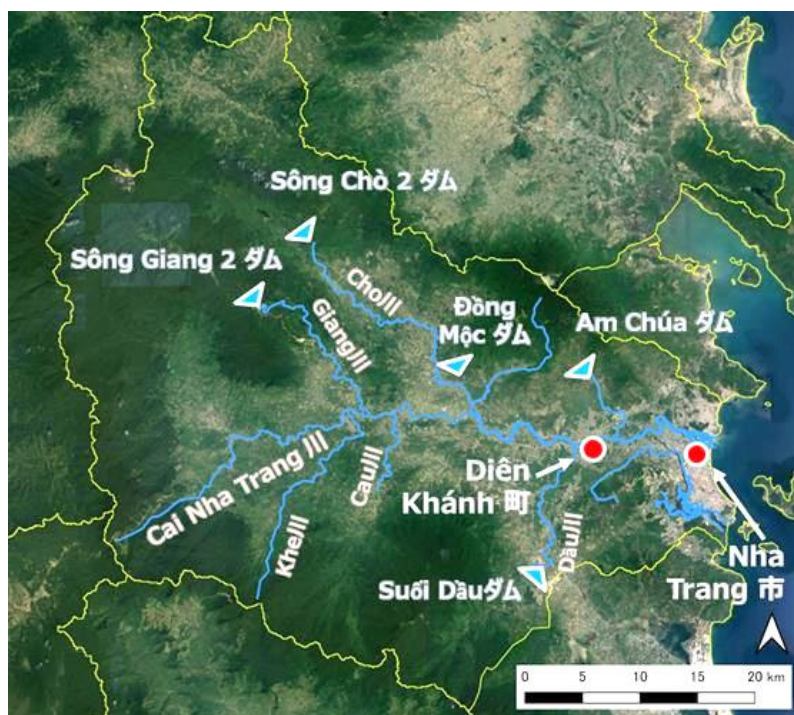


図 3.3-75 Cai Nha Trang 水系の流域地形図

洪水氾濫域

Cai Nha Trang 下流域の平野部がおもな氾濫域となっている。Nha Trang 市中心部は海岸沿いの台地上にあるため本川氾濫の影響を受けることは無いが、同市の近郊から上流側の Dien

Khanh 町にかけての区域が洪水氾濫区域となっている。Nha Trang 市と Dien Khanh 町の間にやや狭窄となる区間があることから、WB による「Develop provincial plans for natural disaster prevention associated with integrated flood management in a number of river basins in the South Central region and the Central Highlands 2020（以下、WB IFMP）」によって推定された Cai Nha Trang 流域の浸水深は Dien Khanh 町付近が最も大きい。同流域では毎年のように洪水被害が発生しており、近年では 2017 年の台風 Damrey によって大きな被害があり、WB 台風被害ニーズ調査及び緊急支援が行われた。

治水施設

Cai Nha Trang 流域には大小複数のダムが存在する。主要なダムを表 3.3-26 に示す。既存ダムは基本的に洪水調節機能の無い利水ダムであるが、その治水への活用が WB IFMP（2020）で検討されている。WB IFMP（2020）によれば、湛水量の少ない雨期の初期・中期の空容量については洪水調節に活用可能な容量があるとされているものの、その量はわずかである。統合操作の対象流域にはなっていない。

表 3.3-26 Nha Trang 水系の主要ダム一覧

主要ダム	Suoi Dau	Am Chua	Song Cho 2	Song Giang 2	Dong Moc	Song Cho 1	Song Cau	Song Khe
貯水容量 (MCM)	62.5	4.73	3.09	1.3	0.92	110 (省最大)	不明	不明
洪水調節容量 (MCM)	3.26	0.11	-	-	-	-	-	-
状況	既存、基本的に洪水調節機能無し/雨季初中期僅かに洪水調節可能					建設中	計画中	

社会・産業

Nha Trang 市は Khanh Hoa 省及び周辺地域の観光の中心で、開発が盛んである。Khanh Hoa 省のホテル数は 2011 年から 2015 年までの間に約 2 割増となるなど、Khanh Hoa 省は開発投資を奨励しており、Nha Trang 市郊外から Dien Khanh 町にかけての後背地も、国道 1 号線沿いを中心に人口が増加傾向にある（図 3.3-1）。このほかに、農水産物加工場や工業団地も流域下流部に多い。

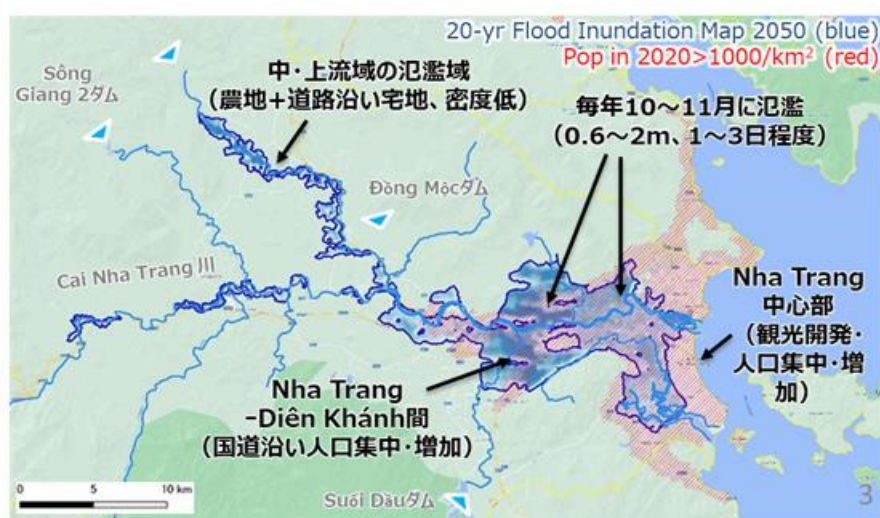
a) 氾濫域内 GDP

本流域の推定氾濫域内 GDP は 218 百万 USD（2020 年：政府 GDP 資料・Worldpop 人口データより推定）で、同国 11 位である。Nha Trang 市郊外の生産高が大きく、次いで Nha Trang 市と Dien Khanh 町を結ぶ国道 1 号線旧道及び国道 1 号線のバイパス沿いに生産高の高い区域が集中する。バイパス沿いには工業団地が造成されるなど、今後も域内 GDP の伸びが期待される。

b) 過去の洪水被害

本流域の洪水は、ベトナム中部の他の水系と同じく、台風などの関係から毎年 10～11 月に氾濫が集中する傾向がある。中下流域の洪水の浸水深は 0.6～2m 程度で（図 3.3-76）、浸水の継続日数は 1～3 日程度である。近年では 2009 年、2010 年、2017 年、2018 年に大きな洪水被害が発生している。

WB 台風被害ニーズ調査によれば、2017 年の台風 Damrey による、Cai Nha Trang 川流域の被害は約 90mil.USD に及び、うち洪水被害は 27mil.USD 程度と推定される。同洪水の規模は、数年に一度程度のものであった。ただし、同洪水被害想定に観光業等の間接被害は含まれていない。家屋の浸水をはじめ家畜や社会インフラの被害などによって、本流域の洪水被害はとくに Cai Nha Trang 流域下流部の住民生活と地域社会に対して大きな影響を及ぼしている。



出典: WB IFMP、Worldpop を元にし調査団作成

図 3.3-76 Cai Nha Trang 流域の下流部での浸水区域と市街地の関係(2020 年の状況)

c) 都市計画および市街地の拡大状況

Cai Nha Trang 川下流部の都市拡大の様子を図 3.3-77 の衛星写真によって示す。ドイモイ政策の開始とほぼ同時期である 1985 年の段階では、Nha Trang 市で住宅が密集した市街地は、海岸に面した幅約 2km 程度の地域であった。しかし、時間経過とともに Cai Nha Trang 川を中心に、市街地が上流側に拡大していることがわかる。北部の発展区域は工業団地を含む国道 1 号線バイパス沿いの市街地である。2021 年現在では、Nha Trang の市街地は Dien Khanh 町と完全に一体化するまでに拡大している。



図 3.3-77 Cai Nha Trang 川下流部の都市拡大の状況

Khanh Hoa 省の作成による 2015 年と 2020 年での流域内の土地利用計画図の比較(図 3.3-78)においても、Nha Trang 市を中心とした都市部 (Urban) の領域について、海岸付近から河川に沿って上流側に拡大が図られていることが明らかである。また都市部の拡大のために稲作を減少させており、これまで保水・遊水機能を有していた水田の減少は下流域の洪水被害を増加させることとなる。このことは、図中に示された Quan Trường 川、Tac 川河口部の養殖池の都市化についても同様である。

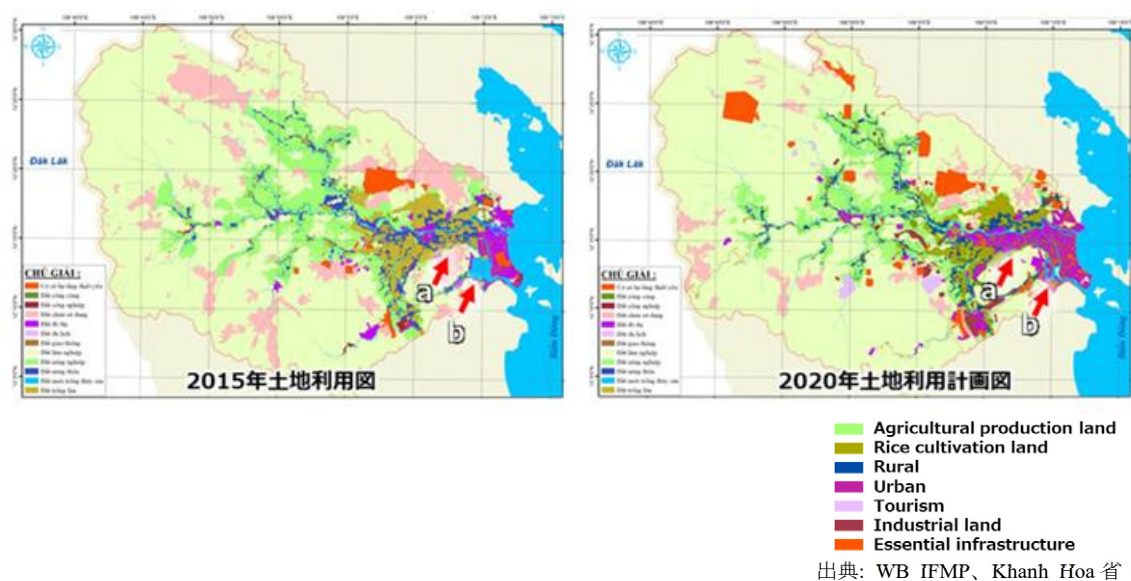


図 3.3-78 土地利用計画図の比較 (2015～2020)

20 年確率浸水深 (WB IFMP) と人口増加区域 (Worldpop) を図 3.3-79 に示す。想定氾濫域内を通る国道沿いを中心に、下流域で人口が増加すると予測される。一方、上流域での人口増は顕著には見込まれない。ただし、Nha Trang 中心部の人口増加域は、河川による想定氾濫の区域外には含まれない。



出典: WB IFMP、Worldpop を元に調査団作成

図 3.3-79 2050 年までの人口増加区域と氾濫区域の関係

d) 実施中の事業を踏まえた残余リスク

本流域では、WB IFMP2020 を通じて IFMP が作成され、省等の計画への組み込みに係るワークショップも開催された。ただし、同事業で提案された治水事業の実施については未定である。河口付近の一部区間（本川右岸 2.3km 区間）については、道路整備と同時に 1/100 規模の洪水に対応した堤防の整備事業が進行中であるが、それによって防御される区域は、20km を超える同流域の氾濫域のごく一部に留まる。

かつての派川である Quan Truong 川、Tac 川については、Nha Trang 市街地区間の直線化及び堤防整備が実施済みであるが、現状では本川とは主要水路で接続されていないため、本川洪水の緩和には直接的に寄与していない状況である。

上記の通り、現状では Cai Nha Trang 本川洪水に係る治水事業はほぼ手つかずとなっていることから、Nha Trang 市から Dien Khanh 町にかけて存在する洪水リスクは、ほぼそのまま残存する状況となっている。

e) M/P の概要

WB IFMP2020 では、Cai Nha Trang 流域において気候変動による降水量変化等を考慮した流出氾濫解析が実施され、その解析結果及び将来の地域開発による流域内の資産増大を踏まえた洪水リスク分析が実施された。最後に、1/20 確率の洪水に対応するための治水事業メニューが統合洪水管理計画として取りまとめられた。WB IFMP では、本流域の直面する洪水リスク及びその対策について以下の指摘・提言がなされている

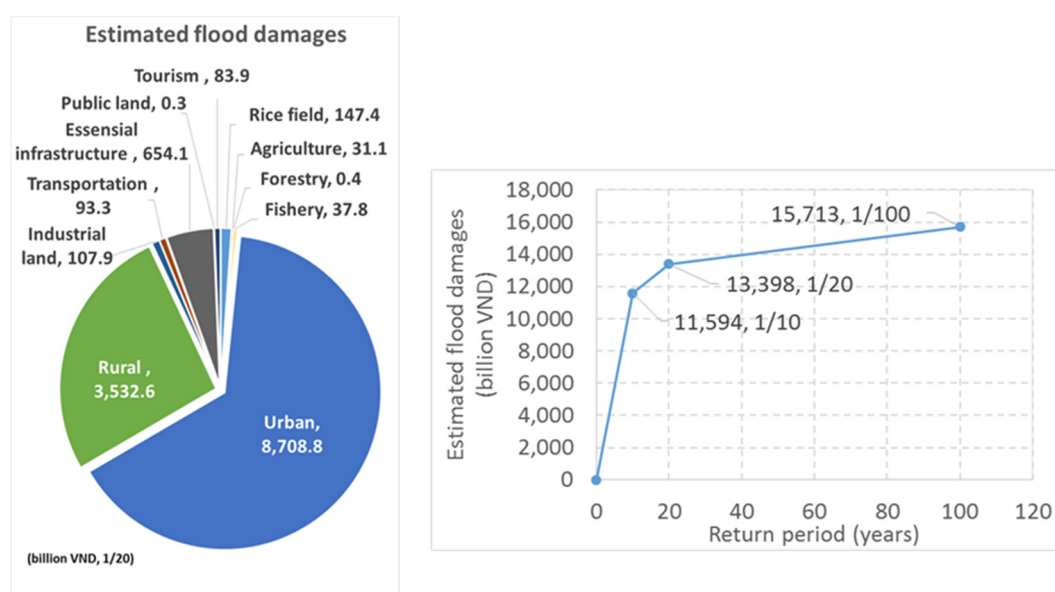
洪水流量と比較して河道流下能力が著しく不足、貯水池の治水容量も僅かである。

仮に中上流部の洪水を堤防で抑制した場合、下流の Nha Trang 都市部の洪水が深刻化するた

め、Dien Khanh 町より上流は農地の洪水を許容し、遊水効果を確保すべきである。

下流の Nha Trang 市～ Dien Khanh 町市街地は浚渫・拡幅・築堤・放水路を用いて保護（20 年確率対応）すべきである。

想定洪水被害については、都市域の被害が大きく次いで農村部の被害が大きいと WB IFMP で分析されている（図 3.3-80）。そのほか、発電所や灌漑施設などの基本インフラの被害も大きいことが推定されている。このため、都市部を集中的に防御することが効果的であることを指摘している。また、想定洪水被害額の増加は、20 年確率の洪水規模を越えると増加が小さくなることも示されている。



出典: WB IFMP より調査団作成

図 3.3-80 WB IFMP2020 での洪水被害推定

f) 想定される治水対策から見た課題および評価

本流域は、Nha Trang 市を中心とした観光産業と、その後背地に新規発展する市街地・工業団地、中上流部に残存する農村地域で構成されている。氾濫区域は発展著しい Nha Trang 市郊外から Dien Khanh 町にかけて広がっており、特に国道 1 号線沿いの浸水は洪水の直接被害のみならず、物流の阻害等の間接被害も引き起こす。頻発する洪水は、地域の発展を阻害する大きな要因となっているものと思われる。

こうした状況から、まずは資産の集積と開発圧力の強い Đồng Trăng（本川と Cho 川合流点）より下流の治水を最重要課題とし、地域の発展阻害要因を排除することが肝要である。上流域は氾濫域の農地保全を行うことで遊水池効果を担保し、中下流域の整備が一定水準に達した後、必要に応じて貯水池等の追加施策によって対応することが最善と思われる。現況で、中下流域の河道流下能力は著しく不足している状況であり、計画されている対策も限定的であることから、大規模な河道改修・貯水池整備・遊水池保全等による対策が必要とされる。

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

Cai Nha Trang 流域は、2012 年の首相決定 No.1588/QD-TTg の対象流域ではなく明確な治水目標は定められていないが、同じ中部地域では Huong 川 Hue 市、Kone-Ha Thanh 川 Qui Nhon 市ともに 1/20 が治水目標とされている。WB IFMP の治水目標も 1/20 とされており、中部地域の中核都市は 1/20 程度を治水目標とするベトナム政府の意向があるものと思料する。また、WB IFMP における被害想定は、1/20 を越えると洪水被害の増加率が小さくなることを示している。こうした状況から、1/20 を治水目標とすることには一定の妥当性があるものの、本流域下流部の都市化の進展のスピードはそれと密接に関係した経済被害の増大も考慮すれば、それ以上の規模の洪水対応も視野に入れるべきである。そこで、本提案は中期的には 1/20 年の洪水防御を目標としつつ、長期的には 1/50 年規模の洪水にも対処できる計画とすることとする（表 3.3-27）。

表 3.3-27 計画規模とそれに対応する治水対策の概要

2012 首相決定 No.1588/QD-TTg	WB IFMP 2020	計画規模（提案）
明確な治水目標設定なし （積極的な洪水防止措置を講 じる旨の規定のみ）	20 年	20 年（フェーズ 1） 50 年（フェーズ 2）
中部地域他流域との比較 Vu Ga - Thu Bon : 明確な治水目標規模の設定な し Huong : Hue 市 20 年、他 10 年 Kone-Ha Thanh : Qui Nhon 市 20 年	Nha Trang 市 ~ Dien Khanh 町市街地（下流 部）は浚渫・拡幅・築堤・ 放水路を用いて保護 洪水を一定程度受け入 れる	想定洪水被害額の増加率が 1/20 を越えると小さく なることや他流域とのバランスを考慮し、フェー ズ 1 の目標（中期目標）を 1/20 とする 同地域の高い開発圧力やポテンシャルを考慮し て、1/50 をフェーズ 2 の目標（長期目標）とする フェーズ 1（1/20 対応） 貯水池によるピークカット、本川 河道拡幅掘込、 下流部支川沿いの遊水地（農地）保全等などで実現 フェーズ 2（1/50 対応） 貯水池によるピークカットにより実現

b) 現況河道流下能力および目標とする洪水流量

目標とする洪水流量

過去の実測流量より洪水流量を算定すると、本川と Cho 川が合流する Dong Trang 地点（本川と Cho 川合流点）の 1/20 確率流量は $2420\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。Dien Khanh 町付近の Dau 川合流点では $2870\text{m}^3/\text{s}$ 程度と想定される。

現況河道流下能力

一方で、雨期の流量に対して現況の流下能力は不足しており、特に河口から約 20km 区間の流下能力不足が顕著である。地形データ等からおおよそ推定した河床勾配及び、河道断面を用いて概算した Dong Trang 付近の中流部の流下能力は $1,750\sim 2,000\text{m}^3/\text{s}$ （ $\cong 1/5\sim 1/10$ 確率規模流量）程度であり、下流の狭窄部の河道の概算流下能力は $1,000\text{m}^3/\text{s}$ （ $\cong 1/2$ 確率規模流量）であった。これは、下流域で毎年のように浸水被害が生じている実態と整合する。

c) 流量配分

1/20 確率流量に対する流量配分案を図 3.3-81 に示す。下流部は流路沿いに人家が連続し、築堤や拡幅のためのコスト増大が予想されること、上流部は既に複数のダムが存在し、新規洪水調節ダムの建設に適した場所は限定されると思われることを考慮し、流量配分案を作成した。本川では、最小限の河道拡幅と浚渫等で対応可能と思われる $500\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流下能力を想定する。それに加えて、既に河川改修済みの Quan Truong 川、Tac 川と本川を新規水路で接続し、両河川を放水路としての活用することで、3 川総計 $2550\text{m}^3/\text{s}$ の流下能力を河口部で確保する。依然として流下能力が不足する $400\text{m}^3/\text{s}$ 分については、新規貯水池によるピークカットで対応する計画とする。

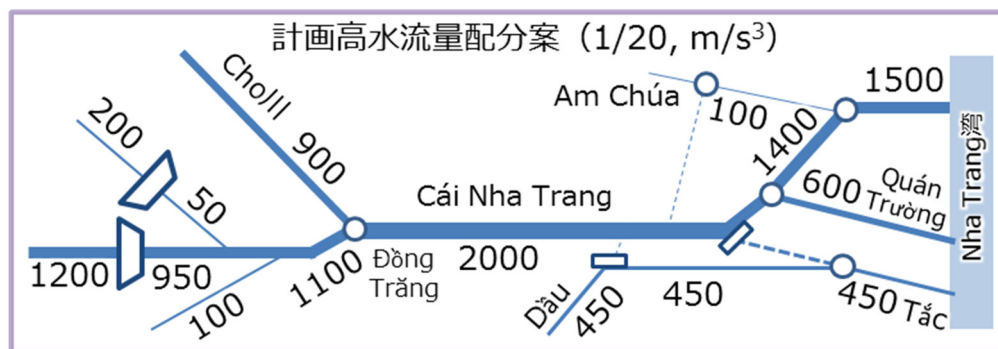


図 3.3-81 Cai Nha Trang 水系の流量配分の考え方 (1/20 確率規模)

3) 治水事業のメニュー

a) 治水事業メニュー

治水事業のコンセプトと治水事業メニュー案を図 3.3-82 と表 3.3-28 に示す。フェーズ 1 (1/20 確率規模対応) とフェーズ 2 (1/50 確率規模対応) の 2 段階とし、フェーズ 1 では Dong Trang 地点より下流の人口密集地・開発区域・国道 1 号線等の重要インフラの防御を目的とする。

フェーズ 1 では、本川河道のうち、Dong Trang 地点から Quan Truong 川、Tac 川の分派点付近までは比較的河道が安定しており、深さもあることから、同区間は本川堤防・浚渫と一部拡幅を通じて $2000\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流下能力を確保することを目標とする (図 3.3-83)。本川河道には分派点直下に狭窄・蛇行部があることから、本川から Quan Truong 川への放水路を建設し、本川から $650\text{m}^3/\text{s}$ を直接 Tac 川に接続する水路を整備し、本川を経由せずに、Tac 川に放流することで、本川に受け持ち分を軽減する。ただし、両河川の本川への接続前に、両河川の現河道の浚渫と、河口部で流下を阻害している養殖池群の整理による流路確保が必要である。特に養殖池群は今後の市街地化が計画されており、計画流量を放流するに十分な流路幅の確保を省の開発計画に盛り込む必要がある。これらに加えて、本川・支川沿いの下流部の農地を遊水池として保全することにより、ピーク流量の軽減を図る。

上記本川改修及び既存の派川を活用した放水路整備を行ったうえで、さらに流下能力が不足する $400\text{m}^3/\text{s}$ 分については、新規ダム整備によるピークカットによる対応を提案する。ただし、ダム建設に適した場所の確保が難しい場合や、逆に下流部の河道改修に多大な整備費用

が掛かることが判明した場合は、それぞれの費用対効果を精査して河道とダムの施策バランスを見直す必要がある。中上流部の氾濫域については、遊水効果を見込んだ農地保全と堤防による局地的な集落の防御を行うと同時に、浸水に対する早期警報体制の整備で対応することとする。

フェーズ2では、新規貯水池の整備により50年確率の洪水に対応する計画とする。

表 3.3-28 Cai Nha Trang 水系での治水事業メニュー

フェーズ	治水事業のコンセプト
フェーズ1 1/20年洪水対策	1) 下流部の人口密集地・国道1号線等の重要インフラを保全対象とした築堤・浚渫+排水 2) Quan Truong、Tac への放流（本川と接続+拡幅掘込築堤） ※ 両河川共に現況流下能力不足のため、放水路としての活用の前に河川改修整備が必要 3) 新規貯水池の整備+下流部本川・支川の遊水池 4) 中・上流部の遊水池保全（農地の住宅用地・工業用地等への転用規制と早期警報）
フェーズ2 1/50年洪水対策	新規貯水池の整備 （新規貯水池の適地不在等、貯水池整備が難しい場合の代替案：Cam Ranh 流域への放流）

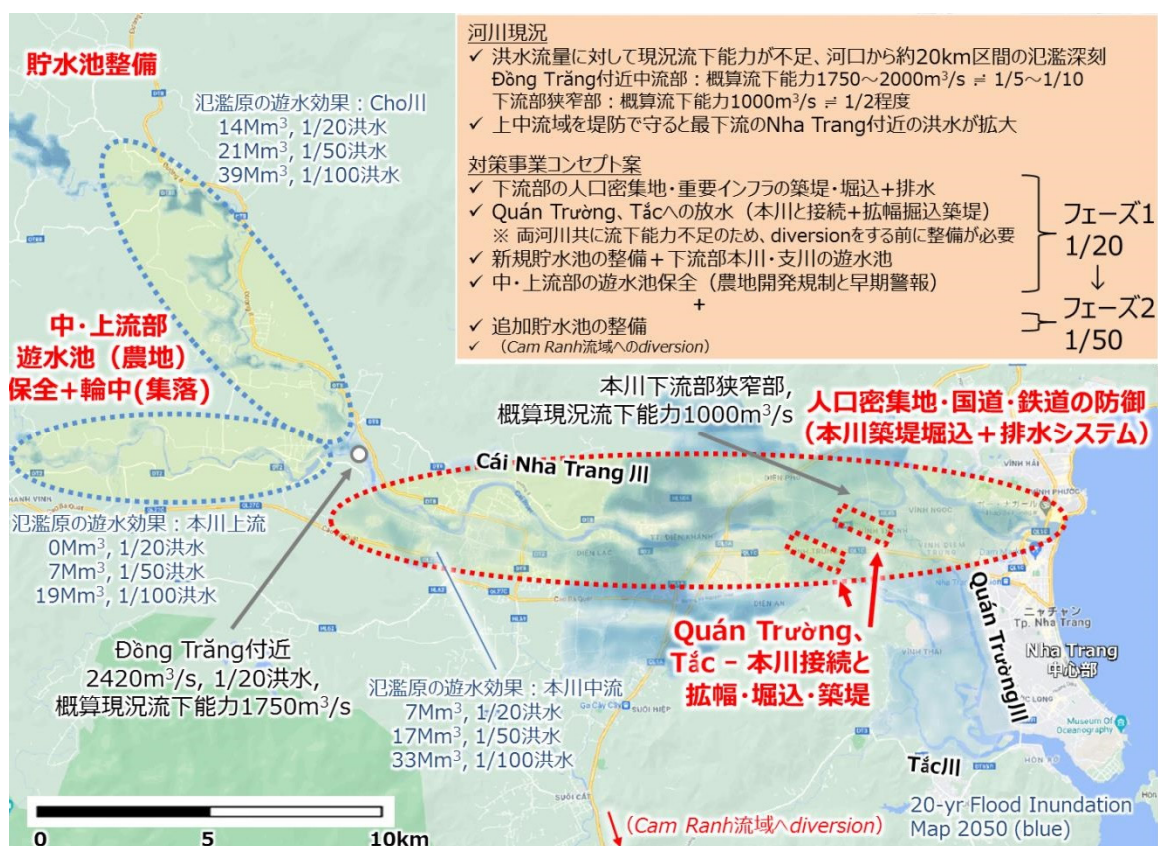


図 3.3-82 治水事業のコンセプト

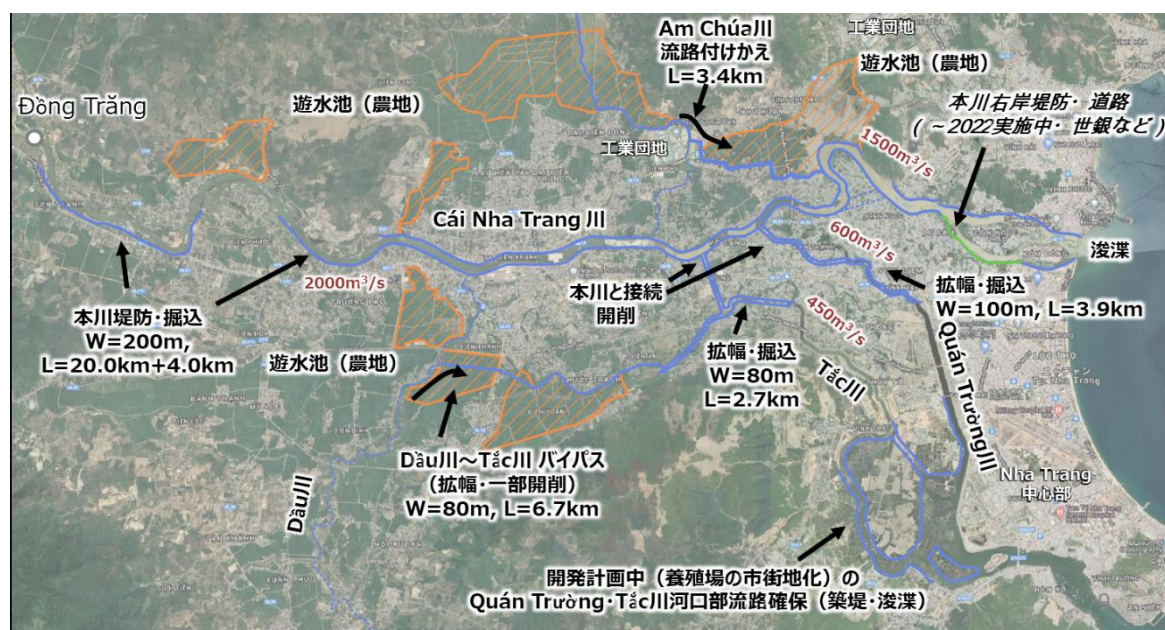


図 3.3-83 治水事業メニューとその計画箇所

b) 治水事業メニューの代替案

新規貯水池の適地不在等により提案治水事業の実現が難しい場合の代替案としては、Dau 川
の Dau 貯水池から南方に放水路を整備し、Cam Ranh 流域への排水することが考えられる。た
だし、転流可能な流量が $200\text{m}^3/\text{s}$ 程度と推定されることに対して、Cam Ranh 流域の既存水路
まで約 8km の水路と水門新設が必要なこと、さらに Cam Ranh 流域の既存水路約 5km の改修
が必要なことから、転流で得られる本川流量低減効果に対して整備費用が高くなり、本川改
修等の別の手段を用いた方が B/C が高くなることが予想される。

別の代替案としては、複数ある既存ダムへの治水容量の設定が考えられる。水利権者との調
整やダムへの洪水調節機能の付加といった課題がクリアできれば、有力な選択肢となり得る。
既存施設を活用するため施設整備費用は比較的少ないものと思われるが、水利権者の同意を
得ることが難しいこと、水利権者への補償が必要になることが課題である。特に水利権者との
合意には政治的困難があると思われることから、既存ダムへの治水容量の設定は、他治水
事業の実施が難しい場合の代替案に留めることとした。

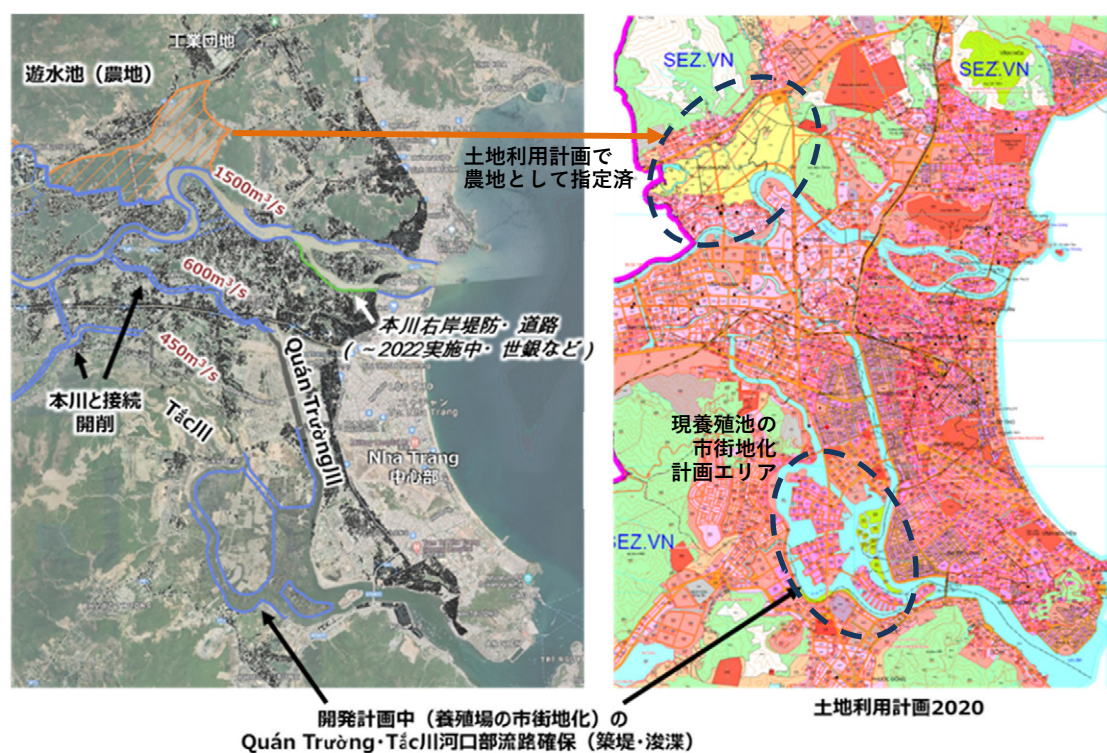
c) 課題

最も河川改修が必要とされる下流部は人口密度が高く、河岸に人家が迫っているところが多
いことから、立ち退きの難航による事業の長期化と事業費増大が懸念される。また、将来の
人口密度の増加や資産の集積によって、より事業実施が困難になることが予測されるため、
迅速な洪水対策事業の実施が望まれる。

Quan Truong 川・Tac 川河口に位置し、市街地化が計画されている養殖池群については、省の
土地利用計画では流路確保に一定の配慮がなされているように見えるが、最近の衛星写真に
よれば河川幅が十分確保されないまま埋め立てによる市街地化が進んでいるように見受けら

れる。両河川を放水路として活用する場合、現況の流量を上回る流下能力を確保するため、埋め立てが進行する前に流路を確保する必要がある。

本川・支川沿いの氾濫域に残る農地についても、同地域のこれまでの開発状況を鑑みれば急速な宅地化の進行が予想されるところであるため、遊水池効果を担保すると同時に氾濫原内の資産増加を防ぐことを目的とした早急な農地の用途転用規制が求められる。



出典: 調査団作成 (左)、Khanh Hoa 省土地利用計画 (右)

図 3.3-84 治水事業案 (左) と省土地利用計画 2020 (右)

(8) 課題と提案

以上の通り、氾濫域内 GDP を被害ポテンシャルと見なして選定した優先 5 流域について、各流域の課題の分析、治水計画の基本コンセプト、治水事業メニューについて検討を行った。その検討結果の概要と今後この施策を実施していくうえでの課題を下表に整理した。

表 3.3-29 優先 5 流域の事業概要と課題

流域名	治水計画コンセプトと治水事業メニュー	課題
Huong 川	2020 年洪水を受けて、現況の上流ダム群の運用を最適化するとともに、Huong 川下流部の流下能力向上のため、ラグーン出口の開削を視野に入れた検討を行う。 - 併せて、Bo 川を Huong 川から切り離し、Hue 中心市街地を守るとともに、Bo 川上流ダムの再開発及び放水路を検討する。	- 上流ダム運用に関してベトナム側の理解はあるが、電力ダムの再開発に際しては他セクターとの調整が重要。 - ラグーン出口の開削は湖内環境や住民の生計手段への影響も大きく、詳細な調査が必要。
Vu Gia -Thu Bon 川	- 拡大する Da Nang 市の洪水リスクを増大させないことを優先し、Vu Gia 川の流下能力の向上と Dai Loc 堰で流量配分を最適化する。 - 上流域での治水ダムにより可能な限りピークカットを行い下流域への流量負担を軽減する。 - Thu Bon 川については、ある程度の洪水を許容できる土地利用規制を行うと共に、Hoi An 市等の資産が集中する地域については地先防御で対応する。	- Da Nang 市と Quang Nam 省に跨る流域であり、水資源と治水の双方における調整が必要。 - 下流氾濫域における現況河道の流下能力が圧倒的に不足している一方で、Thu Bon 川河口部の開削が困難であるため、洪水を許容する土地利用が求められる。
Nghen -Rao Cai 川	- 省都 Ha Tinh 市街地を 1/50 で防御することとし、周囲堤の強化と市街地の雨水排水対策を進める。 - 市街地防御区で貯留していた洪水を Rao Cai 川で負担するため、Rao Cai 川の河川改修、Ke Go ダムの再開発、及び隣接流域への転流を実施する。	Ha Tinh 市街地防御区域以外にも都市インフラ整備の計画があり、左記の治水事業メニューとの整合性の確認のうえ、各メニュー実施に向けた F/S を行う。
Kone -Ha Thanh 川	流域の治水目標を定めた首相決定（2012）に基づき 1/20 規模を想定した M/P を策定したうえで、特に下流氾濫デルタ内の河川の拡幅・統合・築堤を進める。	Quy Nhon 市街地や工業団地は氾濫域を避けて立地しており、現在のところ氾濫域内には大きな市街地はないが、国道 1 号線沿いの宅地開発の進展や開発計画を精査し、必要に応じて 1/50 規模での整備を視野に入れる。
Cai Nha Trang 川	- 市街地は地形に制約されて氾濫域に沿って上流に拡大しており、氾濫域への開発圧力が高い。下流部の河川改修（浚渫・拡幅・築堤）を行うとともに、早い段階で遊水効果が期待できる土地を保全する。 - 市街地背後を流下する Quan Trung 川と本川に接続し、本川洪水を分流する。	下流部は市街化が進んでおり、拡幅や築堤にあたっては相当数の移転が必要となる。上下流の流量配分については、移転を含めた B/C に基づき決定する。

上記に基づき、本調査では、今後、優先流域の治水事業支援を進めるにあたっての優先度として、1) Huong 川、2) Vu Gia-Thu Bon 川、3) Cai Nha Trang 川を提案する。Huong 川はこれまでも JICA による支援実績もあり、現在も無償資金協力による事業が実施中である。中部地域の経済発展に伴う治水事業の抜本的見直しという観点からも、中部地域治水モデルケースとして支援ニーズは高い。