

全世界
治水分野防災投資事業に係る
情報収集・確認調査
ファイナルレポート

2022年3月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
パシフィックコンサルタンツ株式会社
株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 地球システム科学

環境

JR

22-025

全世界

治水分野防災投資事業に係る

情報収集・確認調査

ファイナルレポート

2022年3月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
パシフィックコンサルタンツ株式会社
株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 地球システム科学

米国ドル\$ 1.00 = 日本円 ¥115.56

(2022年3月)

目 次

ページ

1. はじめに	
1.1. 背景	1-1
1.2. 調査の目的	1-1
1.3. 調査の概要	1-1
2. 調査手法	
2.1. 調査の方針	2-1
2.2. 使用データ	2-1
2.2.1. 人口、人口増加率.....	2-1
2.2.2. GDP・GRP、GDP 増加率.....	2-3
2.2.3. 流域界の設定.....	2-5
2.2.4. 氾濫域の設定.....	2-6
2.3. 優先流域の選定	2-8
2.3.1. 1次スクリーニング（検討対象流域の特定）	2-8
2.3.2. 2次スクリーニング（10～15流域の抽出）	2-8
2.3.3. 3次スクリーニング（優先流域の選定）	2-9
2.4. 治水対策の方向性の検討.....	2-10
3. 調査結果	
3.1. 調査結果の構成	3-1
3.2. インドネシア	3-2
3.2.1. インドネシア国における国際支援の潮流.....	3-2
3.2.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析.....	3-4
3.2.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析.....	3-5
3.2.4. 洪水被害状況の整理.....	3-9
3.2.5. 使用データ.....	3-10
3.2.6. 1次スクリーニング.....	3-23
3.2.7. 2次スクリーニング.....	3-26
3.2.8. 3次スクリーニング.....	3-27
3.2.9. 治水対策の方向性.....	3-37
3.3. ベトナム	3-99
3.3.1. ベトナム国における国際支援の潮流.....	3-99
3.3.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析.....	3-100
3.3.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析.....	3-101
3.3.4. 洪水被害状況の整理.....	3-104
3.3.5. 使用データ.....	3-106
3.3.6. 1次スクリーニング.....	3-108
3.3.7. 2次スクリーニング.....	3-111

3.3.8.	3次スクリーニング	3-113
3.3.9.	治水対策の方向性	3-130
3.4.	フィリピン	3-196
3.4.1.	フィリピン国における国際支援の潮流	3-196
3.4.2.	治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-197
3.4.3.	治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-198
3.4.4.	洪水被害状況の整理	3-201
3.4.5.	使用データ	3-203
3.4.6.	1次スクリーニング	3-206
3.4.7.	2次スクリーニング	3-209
3.4.8.	3次スクリーニング	3-209
3.4.9.	治水対策の方向性	3-220
3.5.	インド	3-288
3.5.1.	インド国における国際支援の潮流	3-288
3.5.2.	治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-288
3.5.3.	治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-290
3.5.4.	洪水被害状況の整理	3-291
3.5.5.	使用データ	3-293
3.5.6.	1次スクリーニング	3-297
3.5.7.	2次スクリーニング	3-299
3.5.8.	3次スクリーニング	3-299
3.5.9.	治水対策の方向性	3-307
3.6.	パキスタン	3-310
3.6.1.	パキスタン国における国際支援の潮流	3-310
3.6.2.	治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-315
3.6.3.	治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-317
3.6.4.	洪水被害状況の整理	3-321
3.6.5.	使用データ	3-324
3.6.6.	1次スクリーニング	3-329
3.6.7.	2次スクリーニング	3-330
3.6.8.	3次スクリーニング	3-332
3.6.9.	治水対策の方向性	3-349
3.7.	バングラデシュ	3-359
3.7.1.	バングラデシュ国における国際支援の潮流	3-359
3.7.2.	治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-360
3.7.3.	治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-361
3.7.4.	洪水被害状況の整理	3-363
3.7.5.	使用データ	3-365
3.7.6.	1次スクリーニング	3-370
3.7.7.	2次スクリーニング	3-372

3.7.8.	3次スクリーニング	3-373
3.7.9.	治水対策の方向性	3-380
3.8.	スリランカ	3-384
3.8.1.	スリランカ国における国際支援の潮流	3-384
3.8.2.	治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-385
3.8.3.	治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-386
3.8.4.	洪水被害状況の整理	3-388
3.8.5.	使用データ	3-390
3.8.6.	1次スクリーニング	3-393
3.8.7.	2次スクリーニング	3-395
3.8.8.	3次スクリーニング	3-398
3.8.9.	治水対策の方向性	3-411
3.9.	カンボジア	3-420
3.9.1.	カンボジア国における国際支援の潮流	3-420
3.9.2.	治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-421
3.9.3.	治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-423
3.9.4.	洪水被害状況の整理	3-426
3.9.5.	使用データ	3-428
3.9.6.	1次スクリーニング	3-431
3.9.7.	2次スクリーニング	3-433
3.9.8.	3次スクリーニング	3-435
3.9.9.	治水対策の方向性	3-446
3.10.	ネパール	3-449
3.10.1.	ネパール国における国際支援の潮流	3-449
3.10.2.	治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-449
3.10.3.	治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-451
3.10.4.	洪水被害状況の整理	3-452
3.10.5.	使用データ	3-454
3.10.6.	1次スクリーニング	3-461
3.10.7.	2次スクリーニング	3-462
3.10.8.	3次スクリーニング	3-463
3.10.9.	治水対策の方向性	3-470
3.11.	ラオス	3-512
3.11.1.	ラオス国における国際支援の潮流	3-512
3.11.2.	治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-515
3.11.3.	治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-517
3.11.4.	洪水被害状況の整理	3-519
3.11.5.	使用データ	3-523
3.11.6.	1次スクリーニング	3-526
3.11.7.	2次スクリーニング	3-528

3.11.8. 3次スクリーニング	3-530
3.11.9. 治水対策の方向性	3-541
3.12. ブータン	3-543
3.12.1. ブータン国における国際支援の潮流	3-543
3.12.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-544
3.12.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-545
3.12.4. 洪水被害状況の整理	3-547
3.12.5. 使用データ	3-548
3.12.6. 1次スクリーニング	3-550
3.12.7. 2次スクリーニング	3-551
3.12.8. 3次スクリーニング	3-552
3.12.9. 治水対策の方向性	3-559
3.13. ミャンマー	3-562
3.13.1. ミャンマー国における国際支援の潮流	3-562
3.13.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析	3-564
3.13.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析	3-566
3.13.4. 洪水被害状況の整理	3-569
3.13.5. 使用データ	3-573
3.13.6. 1次スクリーニング	3-577
3.13.7. 2次スクリーニング	3-580
3.13.8. 3次スクリーニング	3-581
3.13.9. 治水対策の方向性	3-590
4. 結論	
4.1. 支援優先国の検討	4-1
4.2. 12カ国調査のまとめ	4-5
4.3. 検討方法の課題と提案	4-8
4.4. 今後の治水投資事業支援の方向性	4-14
4.4.1. 治水事業をとりまく背景	4-14
4.4.2. 治水事業支援の基本的な考え方	4-18
4.4.3. 治水事業支援実施上の課題	4-20

図リスト

ページ

図 2.2-1	WorldPop と LandScan の人口分布図（コロンボ県周辺）	2-2
図 2.2-2	ETH と UNEP の資産分布図と WorldPop の人口分布図の比較（マニラ首都圏 周辺）	2-4
図 2.2-3	GDP 分布図の作成イメージ	2-5
図 2.3-1	優先流域の選定のフロー	2-8
図 2.3-2	データの重ね合わせのイメージ	2-9
図 2.4-1	洪水時の河川水位を下げる対策のイメージ	2-12
図 3.2-1	BNPB と PUPR の連携による災害時の情報連絡ルート	3-8
図 3.2-2	流域ごとの人口・経済データ	3-12
図 3.2-3	GFM の解析手順フロー	3-13
図 3.2-4	カリマンタン島の浸水実績図と GFM の比較（2021 年 1 月洪水）	3-14
図 3.2-5	GFM に LFM を追加した大都市圏	3-14
図 3.2-6	対象 26 流域の氾濫リスク域図	3-16
図 3.2-7	2012 年時の 7,983 流域	3-23
図 3.2-8	2015 年大臣令における 128 河川流域とクラス分類	3-24
図 3.2-9	PUPR の優先河川流域位置図（インドネシア）	3-24
図 3.2-10	JICA がこれまで支援してきた河川流域位置図	3-25
図 3.2-11	1 次スクリーニング選定結果	3-26
図 3.2-12	国家中期開発計画および国家戦略プロジェクトにおける優先プロジェクト	3-28
図 3.2-13	優先 5 流域位置図	3-36
図 3.2-14	Bengawan Solo 流域図	3-38
図 3.2-15	Bengawan Solo 流域における氾濫域内 GDP 分布	3-38
図 3.2-16	Bengawan Solo 流域内の主要な都市	3-40
図 3.2-17	スラカルタ市と周辺の土地利用計画	3-40
図 3.2-18	スラカルタ市の市街地の拡大	3-41
図 3.2-19	ボジョネゴロ市と周辺の土地利用計画	3-41
図 3.2-20	ボジョネゴロ市の市街地の拡大	3-41
図 3.2-21	マディウン市と周辺の土地利用計画	3-42
図 3.2-22	マディウン市の市街地の拡大	3-42
図 3.2-23	インドネシア政府により定められている目標計画規模	3-45
図 3.2-24	現況流下能力および基本高水流量	3-46
図 3.2-25	Bojonegoro における築堤後の断面の想定	3-47
図 3.2-26	Bengawan Solo の想定流量配分	3-47
図 3.2-27	Surakarta における新規遊水地の想定	3-48
図 3.2-28	Bojonegoro における新規遊水地の想定	3-49
図 3.2-29	Madiun における新規遊水地の想定	3-50
図 3.2-30	Barito 流域図	3-51

図 3.2-31	Barito 流域における氾濫域内 GDP 分布.....	3-52
図 3.2-32	本検討で設定した氾濫域と 2020 年洪水浸水域.....	3-53
図 3.2-33	バンジャルマシン市と周辺の土地利用計画.....	3-54
図 3.2-34	バンジャルマシン市の市街地の拡大.....	3-54
図 3.2-35	バリト川流域灌漑開発	3-55
図 3.2-36	Musi 流域及び Barito 流域の位置図	3-56
図 3.2-37	Musi 川 100 年確率流量	3-57
図 3.2-38	Musi 川における確率年別集水域面積ー比流量関係図	3-58
図 3.2-39	Barito 川流量配分図	3-59
図 3.2-40	Barito 川治水事業メニュー	3-60
図 3.2-41	Barito 川上流における水門設置のイメージ.....	3-61
図 3.2-42	Riam Kiwa ダム設置計画図	3-61
図 3.2-43	Citarum 流域図	3-62
図 3.2-44	1986 年洪水浸水図	3-63
図 3.2-45	Citarum 流域内の主要な都市	3-63
図 3.2-46	バンドン市と周辺の土地利用計画.....	3-64
図 3.2-47	バンドン市における市街地と浸水想定範囲.....	3-64
図 3.2-48	1998 年 M/P 流量配分図.....	3-65
図 3.2-49	浸水区域図（緊急対策事業実施後）	3-66
図 3.2-50	2010 年流量配分図	3-67
図 3.2-51	Dayeuhkolot 地域の地盤沈下（1996 年から 2006 年）	3-67
図 3.2-52	チタルム川の縦断図	3-68
図 3.2-53	選定された 4 支川の位置図	3-69
図 3.2-54	2017 年流量配分図	3-70
図 3.2-55	本川最下流部のトンネル放水路	3-71
図 3.2-56	Cisangkuy Diversion の建設.....	3-72
図 3.2-57	Citarum 流量配分図	3-74
図 3.2-58	遊水地調節容量	3-75
図 3.2-59	Jeneberang 流域図	3-76
図 3.2-60	2019 年 1 月洪水による Manggala 村の浸水.....	3-77
図 3.2-61	2013 年 1 月洪水の浸水域	3-77
図 3.2-62	Jeneberang 流域内の主要な都市	3-78
図 3.2-63	Makassar 市と周辺の土地利用計画	3-79
図 3.2-64	Makassar 市における市街地と浸水想定範囲	3-79
図 3.2-65	ビリビリ多目的ダム建設事業	3-80
図 3.2-66	マカッサル市の排水システム	3-80
図 3.2-67	Makassar 市の排水路ネットワーク（左）および水路ダメージ状況（右）	3-81
図 3.2-68	ニパニパ貯水池の設置予定箇所（黄色囲み箇所）	3-82
図 3.2-69	ジェネベラン川緊急治水事業	3-83
図 3.2-70	Tallo 川 Tallo 橋架橋地点横断図.....	3-84

図 3.2-71	Tallo 橋地点横断図	3-85
図 3.2-72	Tallo 橋地点ハイドログラフと必要貯留量の算定	3-86
図 3.2-73	基本高水流量と流量配分図	3-86
図 3.2-74	Tallo 川流域の低平地の抽出	3-87
図 3.2-75	治水事業メニュー	3-88
図 3.2-76	Jratunseluna 流域図	3-89
図 3.2-77	2021 年 2 月洪水による Semarang の洪水被害	3-90
図 3.2-78	Jeneberang 流域内の主要な都市	3-91
図 3.2-79	スマラン市と周辺の土地利用計画	3-91
図 3.2-80	スマラン市における市街地と浸水想定範囲	3-92
図 3.2-81	2016 F/S で提案された治水事業メニュー	3-92
図 3.2-82	東放水路およびバホン川流下能力図	3-94
図 3.2-83	流量配分図	3-94
図 3.2-84	治水事業メニュー案	3-95
図 3.2-85	東放水路 (BKT) の上流部、Babon 川全区間、Dolok 川上流部の河道改修	3-96
図 3.2-86	遊水地機能強化	3-96
図 3.2-87	Dorok 川バイパス放水路建設	3-97
図 3.3-1	治水対策に関連する組織体系図 (ベトナム)	3-102
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)	3-103
図 3.3-3	ベトナムへの台風の接近数 (1988-2017)	3-104
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)	3-104
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)	3-105
図 3.3-6	各地方省の域内 GDP (billion USD) と洪水被害額 (billion VND) (2007-2020)	3-106
図 3.3-7	3 流域 (Gianh、Nhat Le、Huong) における氾濫域の比較	3-108
図 3.3-8	検討対象流域 (合計 36 流域)	3-109
図 3.3-9	Me Kong 川流域の氾濫域図	3-111
図 3.3-10	Huong 川の流域概要	3-115
図 3.3-11	Vu Gia-Thu Bon 川の流域概要	3-116
図 3.3-12	Nghen-Rao Cai 川の流域概要	3-118
図 3.3-13	Kone-Ha Thanh 川の流域概要	3-119
図 3.3-14	Cai Nha Trang 川の流域概要	3-120
図 3.3-15	Tra Khuc 川の流域概要	3-122
図 3.3-16	Gianh 川の流域概要	3-123
図 3.3-17	Nhat Le 川の流域概要	3-124
図 3.3-18	Ba 川の流域概要	3-126
図 3.3-19	優先 5 流域の位置図	3-129
図 3.3-20	北部 Hong 川デルタ地域の堤防	3-130
図 3.3-21	中部地域の無堤河川 (Huong 川の 2020 年洪水)	3-131
図 3.3-22	ベトナム主要河川の目標治水安全度	3-132
図 3.3-23	Huong 流域の概要図	3-134

図 3.3-24	Huong 川水系の主要なダムの洪水調節容量と外観.....	3-136
図 3.3-25	Huong 流域において過去の洪水で発生した死者数.....	3-137
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）.....	3-138
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.....	3-138
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.....	3-139
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.....	3-140
図 3.3-30	Huong 川の河道流量配分図（JICA 2003M/P）.....	3-141
図 3.3-31	2020 年 10 月洪水での Ta Trach ダムでの操作.....	3-142
図 3.3-32	2020 年 10 月洪水での Huong Dien ダムでの操作.....	3-142
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.....	3-143
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.....	3-143
図 3.3-35	Huong 水系での洪水流量と現況の流下能力（単位；m ³ /s）.....	3-144
図 3.3-36	事業メニュー案 1：堤防による Hue 市街地の防御.....	3-145
図 3.3-37	事業メニュー案 2：ラグーンの水位低下による排水促進.....	3-146
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.....	3-147
図 3.3-39	Huong 水系での治水事業の構成.....	3-148
図 3.3-40	Vu Gia-Thu Bon 川流域の地形図.....	3-149
図 3.3-41	Vu Gia-Thu Bon 水系の流域と主要なダムの位置図.....	3-150
図 3.3-42	Vu Gia-Thu Bon 水系における主なダムの位置図.....	3-151
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.....	3-152
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.....	3-153
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.....	3-154
図 3.3-46	Da Nang 市南部 Hoa Xuan 地区の市街化の様子.....	3-154
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.....	3-155
図 3.3-48	JICA2003M/P での提案事業.....	3-156
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.....	3-158
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.....	3-159
図 3.3-51	Vu Gia-Thu Bon 川下流域での 2020 年洪水の水位変化.....	3-160
図 3.3-52	Vu Gia-Thu Bon 川流域で想定する流量配分図.....	3-160
図 3.3-53	Hoi An 市旧市街地の防御のための提案.....	3-162
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.....	3-163
図 3.3-55	Nhgen-Rao Cai 川流域概要.....	3-164
図 3.3-56	Nhgen-Rao Cai 川流域の人口分布（左）及び氾濫域（右）.....	3-165
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）.....	3-165
図 3.3-58	Ha Tinh 省の開発計画.....	3-166
図 3.3-59	Ha Tinh 市の現状土地利用（左）と土地開発計画.....	3-167
図 3.3-60	Ha Tinh 市街化区域と浸水実績の比較.....	3-167

図 3.3-61	Ha Tinh 市の月間平均降水量	3-168
図 3.3-62	Ha Tinh 市街地周辺の洪水流量	3-169
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	3-170
図 3.3-64	Ha Tinh 省市街地防御のための治水事業メニュー	3-171
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	3-171
図 3.3-66	各施策による浸水軽減効果	3-172
図 3.3-67	Kone 水系の流域地形図	3-174
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	3-175
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	3-176
図 3.3-70	Kone 川下流域の経済区 (E/Z) 及び工業団地 (I/Z)	3-178
図 3.3-71	JICA 2003 M/P による Kone 下流 Dap Da 川の改修断面の例	3-179
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	3-181
図 3.3-73	流量配分の考え方	3-182
図 3.3-74	JICAM/P と今回提案の流量配分図の比較	3-182
図 3.3-75	治水事業メニューとその計画箇所	3-183
図 3.3-76	Cái Nha Trang 水系の流域地形図	3-184
図 3.3-77	Cái 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)	3-186
図 3.3-78	Cái Nha Trang 川下流部の都市拡大の状況	3-187
図 3.3-79	土地利用計画図の比較 (2015~2020)	3-187
図 3.3-80	2050 年までの人口増加区域と氾濫区域の関係	3-188
図 3.3-81	WB IFMP2020 での洪水被害推定	3-189
図 3.3-82	Cái Nha Trang 水系の流量配分の考え方 (1/20 確率規模)	3-191
図 3.3-83	治水事業のコンセプト	3-192
図 3.3-84	治水事業メニューとその計画箇所	3-193
図 3.3-85	治水事業案 (左) と省土地利用計画 2020 (右)	3-194
図 3.4-1	治水に関連する組織体系図 (フィリピン)	3-199
図 3.4-2	主要 18 流域 (左) 及び優先 26 流域 (右)	3-207
図 3.4-3	検討対象流域の位置図	3-208
図 3.4-4	優先 5 流域の位置図	3-220
図 3.4-5	フィリピン国の位置図	3-221
図 3.4-6	Pasig Laguna における GRP 分布	3-222
図 3.4-7	Pasig Laguna における氾濫区域図	3-223
図 3.4-8	Pasig Laguna 流域の概要	3-225
図 3.4-9	Pasig Laguna 流域の治水事業の概要	3-225
図 3.4-10	パッシング・マリキナ河川改修事業の事業効果	3-227
図 3.4-11	河川施設の計画規模 (DPWH-DGCS)	3-228
図 3.4-12	計画高水流量配分図 (案)	3-229
図 3.4-13	治水事業メニュー (Pasig-Marikina 川)	3-230
図 3.4-14	治水事業メニュー (Laguna 湖)	3-231
図 3.4-15	Pampanga における GRP 分布	3-232

図 3.4-16	Pampanga における氾濫区域図.....	3-233
図 3.4-17	左：土地利用区分 右：人口集中域.....	3-234
図 3.4-18	流域概要	3-234
図 3.4-19	フィリピンにおける経済状況	3-235
図 3.4-20	Pampanga 流域における治水事業の状況.....	3-236
図 3.4-21	計画高水流量配分図	3-238
図 3.4-22	PPDP-1 区間の標準断面図.....	3-238
図 3.4-23	計画高水流量配分図	3-239
図 3.4-24	PHUMP の標準断面図.....	3-239
図 3.4-25	降雨特性の比較	3-240
図 3.4-26	人口集中地域	3-241
図 3.4-27	人口集中地域の変遷	3-242
図 3.4-28	計画高水流量配分図 (1/100)	3-243
図 3.4-29	治水事業メニュー (Pampanga 流域)	3-245
図 3.4-30	ポテンシャルダムの治水効果	3-246
図 3.4-31	下流部コンター図	3-247
図 3.4-32	下流部の標高	3-248
図 3.4-33	地先防御エリア内の諸元	3-248
図 3.4-34	Myecauayan における GRP 分布	3-249
図 3.4-35	Myecauayan における氾濫区域図.....	3-250
図 3.4-36	流域概要	3-251
図 3.4-37	NAMRIA(2000)による土地利用区分図.....	3-251
図 3.4-38	Myecauayan 流域内および近傍での今後の事業予定	3-252
図 3.4-39	都市化の状況	3-252
図 3.4-40	河道改修のイメージ図	3-253
図 3.4-41	現況流下能力	3-253
図 3.4-42	既往計画高水流量 (JICA 1/30 及び WB 1/50)	3-254
図 3.4-43	河道改修計画 (2012 年、WB)	3-254
図 3.4-44	計画高水流量配分図	3-255
図 3.4-45	治水事業メニュー (Myecauayan 流域)	3-256
図 3.4-46	河道改修規模の縮小例	3-257
図 3.4-47	Mindanao における GRP 分布	3-258
図 3.4-48	Mindanao における氾濫区域図	3-259
図 3.4-49	流域概要	3-260
図 3.4-50	標高コンター図	3-260
図 3.4-51	土地利用図	3-261
図 3.4-52	開発計画	3-261
図 3.4-53	資源開発の位置図	3-262
図 3.4-54	湿地群	3-262
図 3.4-55	Mindanao 流域の統合管理開発計画 M/P (2012 年) で提案されている優先事業	3-263

図 3.4-56	現況流下能力	3-264
図 3.4-57	既往計画高水流量 (1/100)	3-264
図 3.4-58	中国ローンによる河川改修工事	3-264
図 3.4-59	Marsh 内の工事	3-265
図 3.4-60	降雨特性の比較	3-265
図 3.4-61	計画高水流量配分図	3-266
図 3.4-62	治水事業メニュー (Mindanao 流域)	3-267
図 3.4-63	Cotabato 市近郊における治水対策と市街地拡大の様子	3-268
図 3.4-64	提案遊水地位置図	3-269
図 3.4-65	土地利用の変遷	3-270
図 3.4-66	流出計算モデル図	3-270
図 3.4-67	Cagayan における GRP 分布	3-271
図 3.4-68	Cagayan における氾濫区域図	3-272
図 3.4-69	既往洪水氾濫エリア	3-272
図 3.4-70	流域概要	3-273
図 3.4-71	土地利用図	3-274
図 3.4-72	開発計画	3-274
図 3.4-73	現況流下能力図	3-275
図 3.4-74	整備内容 (基本計画、1/100)	3-276
図 3.4-75	整備内容 (M/P、1/25)	3-277
図 3.4-76	整備内容 (F/S、1/25)	3-278
図 3.4-77	Cagayan 流域の整備状況	3-279
図 3.4-78	BBB タスクフォース Bamboo Plantation	3-280
図 3.4-79	降雨特性の比較	3-281
図 3.4-80	計画高水流量配分図 (1/100)	3-282
図 3.4-81	治水対策メニュー案	3-284
図 3.4-82	既往計画断面 (左) と提案断面 (右)	3-284
図 3.4-83	人口密集地帯	3-285
図 3.5-1	インドの人口分布図 (左図: 2010 年、右図: 2020 年)	3-294
図 3.5-2	インドの GRDP 分布	3-294
図 3.5-3	1989 年~2010 年の既往洪水に基づいた洪水ハザードマップ	3-295
図 3.5-4	検討で使用した GFM s	3-295
図 3.5-5	本検討で採用した浸水リスクエリア (EU-JRC+FHM)	3-296
図 3.5-6	人口分布と浸水リスクエリアの重ね合わせ	3-296
図 3.5-7	GRDP と浸水リスクエリアの重ね合わせ	3-297
図 3.5-8	行政区域分割および河川流域分割	3-298
図 3.5-9	ガンジス川・インダス川流域とインド及び周辺国の位置	3-307
図 3.5-10	インド国の土地利用図と標高図	3-308
図 3.6-1	検討対象流域の位置図	3-329
図 3.6-2	検討対象流域の人口分布	3-331

図 3.6-3	検討対象流域の氾濫域図	3-331
図 3.6-4	Indus 流域概要	3-333
図 3.6-5	Sutlej 流域概要	3-334
図 3.6-6	Mula 流域概要	3-336
図 3.6-7	Ravi 流域概要	3-337
図 3.6-8	Chenab 流域概要	3-339
図 3.6-9	ライ・ヌラー川流域総合治水計画における短期計画流量（25年確率）	3-344
図 3.6-10	ライ・ヌラー川流域総合治水計画における長期計画流量（100年確率）	3-344
図 3.6-11	優先5流域の位置図	3-346
図 3.6-12	NFFP-IV で提案されている事業実施箇所	3-347
図 3.6-13	パキスタン国の位置図	3-350
図 3.6-14	橋梁、Barrage 周辺図	3-352
図 3.6-15	破堤箇所位置図（1）	3-352
図 3.6-16	破堤箇所位置図（2）	3-353
図 3.6-17	堤防浸透破壊の対策工	3-355
図 3.7-1	治水に関連する組織体系図（バングラデシュ）	3-362
図 3.7-2	バングラデシュの人口分布図	3-366
図 3.7-3	バングラデシュにおける洪水時浸水区域	3-366
図 3.7-4	洪水リスクマップ・浸水図	3-367
図 3.7-5	バングラデシュの年次洪水報告書の洪水予測結果	3-367
図 3.7-6	既往洪水時の衛星画像による浸水実績図	3-368
図 3.7-7	バングラデシュの GFM s	3-369
図 3.7-8	本検討で採用した浸水リスクエリア	3-369
図 3.7-9	人口分布と浸水リスクエリアの重ね合わせ	3-370
図 3.7-10	バングラデシュの区域分割図	3-371
図 3.7-11	バングラデシュの氾濫域内 GDP の上位 10 区域図	3-372
図 3.7-12	ガンジス川流域におけるバングラデシュの位置	3-380
図 3.7-13	バングラデシュの地形図と水文 5 流域図	3-381
図 3.7-14	バングラデシュの各種洪水影響範囲	3-381
図 3.8-1	重要河川流域	3-385
図 3.8-2	被災者数の地域的分布	3-389
図 3.8-3	過去の代表的な豪雨時の洪水災害発生状況	3-390
図 3.8-4	スリランカの GDP ・人口分布	3-391
図 3.8-5	氾濫域データの比較	3-392
図 3.8-6	103 河川流域の位置図	3-393
図 3.8-7	Kelani Ganga の概要	3-398
図 3.8-8	Attanagalla Oya の概要	3-399
図 3.8-9	Bolgoda の概要	3-400
図 3.8-10	Kalu Ganga の概要	3-401
図 3.8-11	Mahaweli Ganga の概要	3-402

図 3.8-12	Nilwala Ganga の概要	3-403
図 3.8-13	Maha Oya の概要.....	3-404
図 3.8-14	Gin Ganga の概要.....	3-405
図 3.8-15	Deduru Oya の概要.....	3-406
図 3.8-16	Bentota Ganga の概要.....	3-407
図 3.8-17	優先 5 流域の位置図	3-411
図 3.8-18	スリランカの年降水量分布	3-412
図 3.8-19	Kelani Ganga 流域の概要	3-414
図 3.8-20	WB CRIP による支援の概要 (Kelani Ganga 流域)	3-414
図 3.8-21	WB CRIP による支援の概要 (Attanagalla Oya 流域)	3-415
図 3.8-22	JICA による支援の概要 (Bolgoda 流域)	3-416
図 3.8-23	JICA による支援の概要 (Kalu Ganga 流域)	3-417
図 3.8-24	JICA および WB CRIP による支援の概要 (Nilwala Ganga 流域)	3-418
図 3.9-1	カンボジア国の階層別地方行政区分.....	3-424
図 3.9-2	近年の洪水による浸水範囲	3-427
図 3.9-3	検討対象流域の位置図	3-432
図 3.9-4	検討対象流域の人口分布	3-432
図 3.9-5	検討対象流域の氾濫域図	3-433
図 3.9-6	Flood Damage Emergency Reconstruction Project (Kampong Cham) 概要	3-436
図 3.9-7	The Krang Ponley Water Resources Development Project on Cambodia 概要	3-438
図 3.9-8	Flood Damage Emergency Reconstruction Project (Kampong Thom) 概要	3-441
図 3.9-9	Multipurpose Dam Development Project in Battambang Province の多目的ダム	3-442
図 3.9-10	カンボジア国の位置図	3-446
図 3.9-11	優先 5 流域位置図	3-447
図 3.10-1	ネパール国の人口分布と市街化区域.....	3-455
図 3.10-2	浸水実績図の事例 (2017 年 8 月洪水実績図)	3-456
図 3.10-3	Fathom モデルの概要フロー図	3-456
図 3.10-4	複数の降雨確率規模ごとの浸水想定図 (Fathom モデル)	3-457
図 3.10-5	ネパールの浸水想定図 (Fathom モデル、100 年降雨確率規模)	3-457
図 3.10-6	Fathom モデルの精度検証	3-458
図 3.10-7	水資源省レポート (2009) の HEC-RAS モデルとの精度検証.....	3-459
図 3.10-8	氾濫域内 GRDP に与える流域面積の影響検証	3-459
図 3.10-9	氾濫域内 GRDP に与える中小河川の流域分割の影響検証.....	3-460
図 3.10-10	氾濫域内 GRDP に与える中小河川の流域分割の影響検証.....	3-460
図 3.10-11	ネパールの検討対象流域の特性	3-461
図 3.10-12	対象流域の分割	3-461
図 3.10-13	氾濫域内 GDP 上位 10 流域図	3-463
図 3.10-14	ガンジス川流域におけるネパールの位置.....	3-470
図 3.10-15	ネパールの検討対象流域の特性	3-470
図 3.10-16	河川分類を踏まえた治水対策事業の基本方針.....	3-472

図 3.10-17	ネパールの主要発電ダム	3-472
図 3.10-18	ネパールの土砂流出の抑制策	3-473
図 3.10-19	Bagmati 流域図.....	3-473
図 3.10-20	2018 年洪水での Hanumante 流域浸水範囲	3-474
図 3.10-21	2018 年洪水での Bagumati 川浸水範囲と浸水状況	3-474
図 3.10-22	左図 Fathom モデル浸水想定図（100 年確率）、右図 DWIDP による浸水想定図 （50 年確率）	3-475
図 3.10-23	Urban System of NEPAL and its Reagional Setting	3-476
図 3.10-24	市街地拡大の状況	3-477
図 3.10-25	バグマティ川上流の河川流域図と河川管理者・管理区間一覧.....	3-478
図 3.10-26	河川改修事業および 50 年確率洪水推定図.....	3-478
図 3.10-27	カトマンズの下水システム	3-479
図 3.10-28	Manohara 川で実施された複数の治水事業	3-479
図 3.10-29	Manohara 川の河川横断図	3-480
図 3.10-30	カトマンズの河川の現況流下能力.....	3-482
図 3.10-31	現況河道流下能力と基本高水流量の流量配分図.....	3-483
図 3.10-32	カトマンズの治水事業メニュー	3-484
図 3.10-33	Terai7 流域の概要	3-485
図 3.10-34	Urban System of NEPAL and its Reagional Setting	3-486
図 3.10-35	市街地拡大の状況	3-487
図 3.10-36	Terai7 流域の既往 M/P	3-488
図 3.10-37	Google Earth による稼働断面、短形断面、現況河川流加能力の推定	3-489
図 3.10-38	Terai1 と Terai7 の年間降雨量の比較	3-489
図 3.10-39	Terai1 と Terai7 の確率降雨量	3-490
図 3.10-40	Terai7 における治水事業メニュー	3-491
図 3.10-41	ナラヤニ流域の概要	3-492
図 3.10-42	Urban System of NEPAL and its Reagional Setting	3-493
図 3.10-43	市街地拡大の状況	3-494
図 3.10-44	治水計画平面図（Narayani 川）	3-495
図 3.10-45	東ラプティ川の 20 年確立時の流量.....	3-497
図 3.10-46	東ラプティ川の治水事業メニュー.....	3-497
図 3.10-47	Koshi 流域の概要.....	3-498
図 3.10-48	Urban System of NEPAL and its Reagional Setting	3-499
図 3.10-49	市街地拡大の状況	3-500
図 3.10-50	Koshi 川の治水事業メニュー	3-500
図 3.10-51	Koshi 川の M/P	3-501
図 3.10-52	Koshi 川の年最大流量と流量統計計算結果	3-502
図 3.10-53	Koshi 川の現況流加能力及び高水流量.....	3-502
図 3.10-54	Koshi 川の治水事業.....	3-504
図 3.10-55	Terai1 流域の概要	3-505

図 3.10-56	Urban System of NEPAL and its Reagional Setting	3-506
図 3.10-57	市街地拡大の状況	3-507
図 3.10-58	Mohana 川の M/P 概要	3-508
図 3.10-59	衛星画像による河道断面、短形断面の推定.....	3-509
図 3.10-60	Mohana 川の治水事業メニュー	3-510
図 3.11-1	2018 年ダム決壊	3-521
図 3.11-2	2019 年 9 月洪水浸水図	3-522
図 3.11-3	検討対象流域の位置図	3-527
図 3.11-4	検討対象流域の人口分布	3-527
図 3.11-5	検討対象流域の氾濫域図	3-528
図 3.11-6	KOICA 統合水資源管理 M/P の概要	3-530
図 3.11-7	メコン河河岸浸食対策パイロット事業の概要.....	3-531
図 3.11-8	JICA 河岸侵食 M/P の事業位置図	3-532
図 3.11-9	Integrated Flood Risk Management Plan での提案事業.....	3-533
図 3.11-10	Southeast Asia Disaster Risk Management Project 概要	3-537
図 3.11-11	優先 5 流域位置図	3-540
図 3.11-12	ラオス国の位置図	3-541
図 3.12-1	NHMS の水文・水資源部局の組織体系図	3-546
図 3.12-2	ブータンの人口分布	3-549
図 3.12-3	氾濫想定区域と人口分布の重ね合わせ（ブータン）	3-550
図 3.12-4	本プロジェクトで用いた主要 10 流域図（背景：標高）と流域面積.....	3-551
図 3.12-5	選定された優先 5 流域	3-552
図 3.12-6	ガンジス川流域におけるブータンの位置.....	3-559
図 3.12-7	ブータン国の土地利用図（左図）と地形図（右図）	3-560
図 3.13-1	2015 年、2016 年洪水による浸水範囲と被害状況.....	3-571
図 3.13-2	2017 年、2018 年洪水による浸水範囲と被害状況.....	3-572
図 3.13-3	2019 年、2021 年洪水による浸水範囲と被害状況.....	3-573
図 3.13-4	MUDRA 高潮ハザードマップ	3-577
図 3.13-5	ミャンマー国地方政府	3-578
図 3.13-6	検討対象流域の位置図	3-579
図 3.13-7	検討対象流域の人口分布、氾濫域図.....	3-579
図 3.13-8	AIRBM Project の概要	3-581
図 3.13-9	IFRS で提案された洪水対策事業	3-583
図 3.13-10	Pan Hlaing River Rehabilitation Project.....	3-587
図 3.13-11	ミャンマー国の位置図	3-590
図 3.13-12	優先 5 流域位置図	3-591
図 4.1-1	12 カ国の氾濫域内 GDP、氾濫域内人口、流域面積の比較.....	4-2
図 4.3-1	氾濫域面積（横軸）と氾濫域内 GDP（縦軸）の累積割合の関係.....	4-9
図 4.3-2	フィリピンにおける氾濫域内 GDP と氾濫域内 GDP/氾濫域面積の比較.....	4-10
図 4.3-3	12 カ国の氾濫域内 GDP と氾濫域内 GDP/氾濫域面積の比較.....	4-11

図 4.4-1	途上国における洪水による被害額の割合（1970-2019）	4-14
図 4.4-2	途上国における洪水による被害額の割合（1970-2019）	4-14
図 4.4-3	途上国における洪水による被害額の割合.....	4-15
図 4.4-4	対象 11 カ国と日本の洪水被害額とその GDP 比.....	4-16
図 4.4-5	対象 12 か国全体の都市人口と村落人口の変化と将来予測.....	4-16
図 4.4-6	仙台防災枠組み 2015-2030 の優先行動とグローバルターゲット	4-17
図 4.4-7	各国の治水投資額と GDP 比（2015 年）	4-18

表リスト

ページ

表 2.2-1	高度化モデルの人口分布データの比較.....	2-1
表 2.2-2	資産データの比較.....	2-3
表 2.2-3	国ごとの GRP データ.....	2-4
表 2.2-4	国ごとの流域界の設定手法.....	2-6
表 2.2-5	推定氾濫域の分類と特性.....	2-6
表 2.2-6	国ごとの氾濫域推定手法.....	2-7
表 2.3-1	10～15 流域抽出のイメージ.....	2-9
表 2.3-2	5 流域抽出のイメージ.....	2-10
表 3.2-1	治水・防災関連分野の JICA 支援実績.....	3-2
表 3.2-2	主要機関の基礎情報.....	3-6
表 3.2-3	インドネシア国の洪水被害状況.....	3-9
表 3.2-4	過去の洪水被害（インドネシア）.....	3-10
表 3.2-5	使用データ（インドネシア）.....	3-11
表 3.2-6	GFM の概要.....	3-13
表 3.2-7	LFM の概要.....	3-15
表 3.2-8	氾濫域の設定（GFM+LFM）.....	3-15
表 3.2-9	実績浸水図と設定氾濫域の比較.....	3-18
表 3.2-10	河川流域区分.....	3-23
表 3.2-11	1 次スクリーニング結果.....	3-25
表 3.2-12	検討対象流域の選定結果（2 次スクリーニング）.....	3-27
表 3.2-13	新たな大都市圏や国家優先戦略地域開発計画と氾濫域との関連性.....	3-28
表 3.2-14	Ciliwung-Cisadane 流域における補助指標の評価.....	3-29
表 3.2-15	Brantas 流域における補助指標の評価.....	3-30
表 3.2-16	Musi-Sugihan-Banyuasin-Lemau 流域における補助指標の評価.....	3-30
表 3.2-17	Bengawan Solo 流域における補助指標の評価.....	3-31
表 3.2-18	Barito 流域における補助指標の評価.....	3-31
表 3.2-19	Citarum 流域における補助指標の評価.....	3-32
表 3.2-20	Kapuas 流域における補助指標の評価.....	3-32
表 3.2-21	Indragiri-Akuaman 流域における補助指標の評価.....	3-33
表 3.2-22	Siak 流域における補助指標の評価.....	3-33
表 3.2-23	Jeneberang 流域における補助指標の評価.....	3-34
表 3.2-24	Jratunseluna 流域における補助指標の評価.....	3-34
表 3.2-25	優先 5 流域の選定（3 次スクリーニング）.....	3-35
表 3.2-26	優先 5 流域の事業ニーズ、MP 策定ニーズ、支援ニーズ.....	3-36
表 3.2-27	過去の洪水被害一覧（Bengawan Solo）.....	3-39
表 3.2-28	Bengawan Solo における実施中の事業と現状.....	3-43
表 3.2-29	Bengawan Solo の M/P の概要.....	3-43

表 3.2-30	治水事業メニューの検討	3-47
表 3.2-31	Musi 川及び Barito 川の流域面積及び年間降水量	3-56
表 3.2-32	Musi の確率年流量	3-57
表 3.2-33	確率年別流量	3-58
表 3.2-34	Barito 川治水事業メニュー	3-60
表 3.2-35	Barito 川治水事業代替案	3-60
表 3.2-36	F/S で提案された対策および工程表	3-71
表 3.2-37	治水事業メニューの検討	3-74
表 3.2-38	Barito 川治水事業代替案	3-75
表 3.2-39	Tallo 川等水理解析結果	3-84
表 3.2-40	Tallo 橋地点における各確率年の流量	3-85
表 3.2-41	治水事業メニューの検討	3-87
表 3.2-42	現況流下能力 (2016 年 M/P・F/S)	3-93
表 3.2-43	治水事業メニューの検討	3-95
表 3.3-1	MARD VNDMA 予算	3-103
表 3.3-2	使用データ (ベトナム)	3-106
表 3.3-3	参考とした GFMs	3-107
表 3.3-4	一次スクリーニングの結果	3-110
表 3.3-5	2 次スクリーニング結果	3-112
表 3.3-6	3 次スクリーニングの概要	3-114
表 3.3-7	Huong 川流域における補助指標の評価	3-116
表 3.3-8	Vu Gia-Thu Bon 川流域における補助指標の評価	3-117
表 3.3-9	Nghen-Rao Cai 川流域における補助指標の評価	3-119
表 3.3-10	Kone-Ha Thanh 川流域における補助指標の評価	3-120
表 3.3-11	Cai Nha Trang 川流域における補助指標の評価	3-121
表 3.3-12	Tra Khuc 川流域における補助指標の評価	3-123
表 3.3-13	Gianh 川流域における補助指標の評価	3-124
表 3.3-14	Nhat Le 川流域における補助指標の評価	3-125
表 3.3-15	Ba 川流域における補助指標の評価	3-127
表 3.3-16	3 次スクリーニング (5 流域の抽出) の結果	3-128
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	3-131
表 3.3-18	Huong 川水系で洪水調節機能をもつ主要なダム	3-135
表 3.3-19	Huong 川流域内のおもな工業団地	3-136
表 3.3-20	Vu Gia-Thu Bon 水系の主要ダムの諸元	3-151
表 3.3-21	Vu Gia-Thu Bon 流域内のおもな工業団地	3-152
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	3-175
表 3.3-23	Kone-Ha Thanh 流域での各年の主要洪水被害	3-177
表 3.3-24	主要地点での洪水期ピーク流量	3-179
表 3.3-25	Kone 川での洪水流量	3-181
表 3.3-26	Nha Trang 水系の主要ダム一覧	3-185

表 3.3-27	計画規模とそれに対応する治水対策の概要.....	3-190
表 3.3-28	Cai Nha Trang 水系での治水事業メニュー.....	3-192
表 3.3-29	優先 5 流域の事業概要と課題	3-195
表 3.4-1	治水対策に関連する機関の近年の予算（フィリピン）（百万ペソ）	3-199
表 3.4-2	主要機関の基礎情報	3-200
表 3.4-3	過去の洪水被害（フィリピン）	3-201
表 3.4-4	フィリピン全土における 1991 年～2018 年の台風による総影響者数と総被害額.....	3-203
表 3.4-5	使用データ（フィリピン）	3-203
表 3.4-6	DENR-MGB 氾濫図の概要	3-204
表 3.4-7	氾濫域図の比較（フィリピン）	3-205
表 3.4-8	主要流域および優先流域の概要	3-206
表 3.4-9	1 次スクリーニング（検討対象流域の特定）結果.....	3-207
表 3.4-10	2 次スクリーニング（10 流域の抽出）結果.....	3-209
表 3.4-11	Pasig Laguna 流域における補助指標の評価.....	3-210
表 3.4-12	Pampanga 流域における補助指標の評価.....	3-211
表 3.4-13	Meycauayan 流域における補助指標の評価	3-212
表 3.4-14	Mindanao 流域における補助指標の評価	3-213
表 3.4-15	Cagayan 流域における補助指標の評価.....	3-214
表 3.4-16	Agusan 流域における補助指標の評価	3-215
表 3.4-17	Cebu 流域における補助指標の評価	3-215
表 3.4-18	Imus 流域における補助指標の評価.....	3-216
表 3.4-19	Agno 流域における補助指標の評価.....	3-217
表 3.4-20	Tagum-Libuganon 流域における補助指標の評価.....	3-218
表 3.4-21	3 次スクリーニング（5 流域の抽出）の結果.....	3-218
表 3.4-22	台風 Ondoy と台風 Ulysses の規模の比較	3-223
表 3.4-23	Pasig-Marikina 川の計画規模.....	3-226
表 3.4-24	Laguna 湖の計画規模	3-226
表 3.4-25	計画規模（案）	3-228
表 3.4-26	Pasig-Marikina 川の流量配分に係る検討	3-229
表 3.4-27	Laguna 湖の状況と計画案	3-231
表 3.4-28	既往治水計画の方針	3-235
表 3.4-29	Pampanga 流域の計画規模.....	3-237
表 3.4-30	Pampanga 流域における湿地帯の概要.....	3-237
表 3.4-31	Pampanga 流域の計画規模.....	3-253
表 3.4-32	Mindanao 流域の計画規模	3-263
表 3.4-33	Mindanao 流域（Region XII）の人口 上位 10 都市	3-268
表 3.4-34	貧困率の推移	3-275
表 3.4-35	Cagayan 流域の計画規模	3-275
表 3.4-36	整備内容（基本計画、1/100）	3-276
表 3.4-37	整備内容（M/P、1/25）	3-277

表 3.4-38	整備内容 (F/S、1/25)	3-278
表 3.4-39	整備実施計画 (F/S、1/25)	3-278
表 3.4-40	BBB タスクフォース 活動内容	3-280
表 3.4-41	人口 上位 10 都市	3-285
表 3.5-1	中央レベルでの防災関係機関	3-290
表 3.5-2	インド国 3 州の洪水被害状況	3-292
表 3.5-3	過去の洪水被害 (インド)	3-292
表 3.5-4	使用データ	3-293
表 3.5-5	1 次スクリーニング結果	3-298
表 3.5-6	インド国の行政区域ごとの氾濫域内 GDP 一覧.....	3-299
表 3.5-7	West Bengal 区域における補助指標の評価	3-300
表 3.5-8	Uttar Pradesh 区域における補助指標の評価.....	3-301
表 3.5-9	Punjab 区域における補助指標の評価	3-301
表 3.5-10	Bihar 区域における補助指標の評価.....	3-302
表 3.5-11	Bihar 区域における補助指標の評価.....	3-302
表 3.5-12	Delhi 区域における補助指標の評価.....	3-303
表 3.5-13	Andhra Pradesh 区域における補助指標の評価	3-303
表 3.5-14	Haryana 区域における補助指標の評価.....	3-304
表 3.5-15	Assam 区域における補助指標の評価.....	3-305
表 3.5-16	Uttar Pradesh 区域における補助指標の評価.....	3-305
表 3.5-17	補助指標の整理結果	3-306
表 3.6-1	パキスタンの治水に係る JICA の支援プロジェクト一覧	3-311
表 3.6-2	パキスタンの治水に係る JICA 以外の国際支援機関の支援実績	3-312
表 3.6-3	既往の治水投資計画および治水事業.....	3-314
表 3.6-4	国家洪水防御計画 (NFPP) の当初予定の事業規模と完工した事業規模との 比較	3-317
表 3.6-5	パキスタンの治水を担当する主要組織.....	3-319
表 3.6-6	過去の洪水被害	3-321
表 3.6-7	2010 年洪水の被害概要	3-321
表 3.6-8	2010 年洪水時のセクター毎の被害額.....	3-322
表 3.6-9	パキスタン北部における 2010 年洪水時雨量と平均雨量の比較.....	3-323
表 3.6-10	ダム・堰地点における 2010 年洪水および既往最大ピーク流量.....	3-323
表 3.6-11	使用データ	3-324
表 3.6-12	FFC と PMD の流域界の比較.....	3-325
表 3.6-13	GFMs の概要	3-326
表 3.6-14	氾濫域図の比較 (パキスタン全国)	3-327
表 3.6-15	氾濫域図の比較 (Lai Nullah 川)	3-328
表 3.6-16	1 次スクリーニング (検討対象流域の特定)	3-329
表 3.6-17	2 次スクリーニング (10 流域の抽出) 結果.....	3-330
表 3.6-18	Indus 流域その他構造物.....	3-333

表 3.6-19	Indus 流域における補助指標の評価.....	3-334
表 3.6-20	Sutlej 流域その他構造物	3-335
表 3.6-21	Sutlej 流域における補助指標の評価	3-335
表 3.6-22	Mula 流域の河川構造物.....	3-336
表 3.6-23	Mula River 流域における補助指標の評価	3-337
表 3.6-24	Ravi 流域その他構造物.....	3-338
表 3.6-25	Ravi 流域における補助指標の評価	3-338
表 3.6-26	Chenab 流域その他構造物	3-339
表 3.6-27	Chenab 流域における補助指標の評価	3-340
表 3.6-28	Kabul 流域その他構造物.....	3-340
表 3.6-29	Kabul 流域における補助指標の評価.....	3-341
表 3.6-30	Jhelum 流域その他構造物.....	3-341
表 3.6-31	Jhelum 流域における補助指標の評価.....	3-342
表 3.6-32	Kurram 流域その他構造物.....	3-342
表 3.6-33	Kurram 流域における補助指標の評価	3-342
表 3.6-34	Skardu 流域における補助指標の評価	3-343
表 3.6-35	ライ・ヌラー川流域総合治水計画における段階的実施計画.....	3-344
表 3.6-36	Soan 流域における補助指標の評価.....	3-345
表 3.6-37	3次スクリーニング（5流域の抽出）の結果.....	3-345
表 3.6-38	NFFP-IV の事業計画	3-347
表 3.6-39	既往の堤防設計基準	3-354
表 3.6-40	堤体材料や施工管理基準	3-356
表 3.6-41	堤防建設に係る各項目の課題	3-357
表 3.6-42	堤防強化・維持管理に関する技術移転の対象者および内容.....	3-358
表 3.7-1	治水対策に関連する機関の近年の予算（バングラデシュ：単位 thousand Taka） ..	3-362
表 3.7-2	治水に関する組織の基礎情報	3-363
表 3.7-3	バングラデシュの近年の洪水	3-364
表 3.7-4	過去の洪水被害（バングラデシュ）	3-365
表 3.7-5	使用データ	3-365
表 3.7-6	一次スクリーニング結果（63 区域）	3-371
表 3.7-7	バングラデシュの区域ごとの氾濫域内 GDP 一覧.....	3-372
表 3.7-8	Dhaka 区域における補助指標の評価.....	3-373
表 3.7-9	Karnafuli 区域における補助指標の評価	3-374
表 3.7-10	Sirajganj 区域 Sirajganj 区域における補助指標の評価.....	3-375
表 3.7-11	Narayanganj 区域における補助指標の評価	3-375
表 3.7-12	Tangail 区域における補助指標の評価.....	3-376
表 3.7-13	Bogra 区域における補助指標の評価.....	3-376
表 3.7-14	Pobna 区域における補助指標の評価.....	3-377
表 3.7-15	Bahamanbaria 区域における補助指標の評価.....	3-377
表 3.7-16	Sylhet 区域における補助指標の評価	3-378

表 3.7-17	Rajshahi 区域 Rajshahi 区域における補助指標の評価.....	3-378
表 3.7-18	補助指標の整理結果	3-379
表 3.8-1	新洪水管理法における洪水現象の分類と定義（案）	3-387
表 3.8-2	洪水対策、水資源管理に関連する主要機関.....	3-387
表 3.8-3	過去の代表的な洪水被害	3-389
表 3.8-4	使用データ（スリランカ）	3-390
表 3.8-5	1次スクリーニング（検討対象 103 流域）結果.....	3-394
表 3.8-6	2次スクリーニング（10 流域の抽出）結果.....	3-396
表 3.8-7	Kelani Ganga における補助指標の評価	3-399
表 3.8-8	Attanagalla Oya における補助指標の評価	3-400
表 3.8-9	Bolgoda における補助指標の評価.....	3-401
表 3.8-10	Kalu Ganga における補助指標の評価	3-402
表 3.8-11	Mahaweli Ganga における補助指標の評価.....	3-403
表 3.8-12	Nilwala Ganga における補助指標の評価	3-404
表 3.8-13	Maha Oya における補助指標の評価.....	3-405
表 3.8-14	Gin Ganga における補助指標の評価	3-406
表 3.8-15	Deduru Oya における補助指標の評価.....	3-407
表 3.8-16	Bentota Ganga における補助指標の評価.....	3-408
表 3.8-17	3次スクリーニング（5 流域の選定）の結果.....	3-409
表 3.9-1	国家災害管理委員会（NCDM）の組織構成.....	3-425
表 3.9-2	過去の洪水被害（カンボジア）	3-426
表 3.9-3	近年の洪水による被害状況	3-427
表 3.9-4	使用データ（カンボジア）	3-428
表 3.9-5	GFM の概要	3-429
表 3.9-6	氾濫域図の比較（カンボジア全国）	3-430
表 3.9-7	1次スクリーニング（検討対象流域の特定）結果.....	3-431
表 3.9-8	2次スクリーニング（10 流域の抽出）結果.....	3-434
表 3.9-9	Mekong Delta Cambodia 流域における補助指標の評価	3-436
表 3.9-10	Stung Prek Thnot 流域における補助指標の評価	3-437
表 3.9-11	Tonle Vaico 流域における補助指標の評価	3-438
表 3.9-12	Stung Krang Ponley 流域における補助指標の評価	3-439
表 3.9-13	Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas)流域における補助指標の評価.....	3-439
表 3.9-14	Mekong Riverine (Upstream)流域における補助指標の評価	3-440
表 3.9-15	Stung Chinit 流域における補助指標の評価	3-440
表 3.9-16	Stung Sen 流域における補助指標の評価	3-441
表 3.9-17	Stung Siakou 流域における補助指標の評価	3-442
表 3.9-18	Stung Mongkol Borey 流域における補助指標の評価.....	3-443
表 3.9-19	補助指標の整理結果	3-444
表 3.10-1	ネパールの治水に関する法制度・計画.....	3-449
表 3.10-2	中央レベルでの防災関係機関	3-452

表 3.10-3	UNISDR の災害情報一覧.....	3-453
表 3.10-4	過去の洪水被害（ネパール）	3-453
表 3.10-5	検討で使用したデータ一覧	3-454
表 3.10-6	一次スクリーニング結果	3-462
表 3.10-7	ネパール国の流域ごとの氾濫域内 GDP 一覧.....	3-462
表 3.10-8	Bagmati 流域における補助指標の評価.....	3-464
表 3.10-9	Terai7 流域における補助指標の評価	3-464
表 3.10-10	Narayani 流域における補助指標の評価.....	3-465
表 3.10-11	Koshi 流域における補助指標の評価	3-465
表 3.10-12	Terai1 流域における補助指標の評価	3-466
表 3.10-13	Terai3 流域における補助指標の評価	3-466
表 3.10-14	Mahakali 流域における補助指標の評価	3-467
表 3.10-15	Karnali 流域における補助指標の評価.....	3-467
表 3.10-16	Terai4 流域における補助指標の評価	3-468
表 3.10-17	Terai5 流域における補助指標の評価	3-468
表 3.10-18	補助指標の整理結果	3-469
表 3.10-19	ネパール国の技術基準における目標治水安全度の設定一覧.....	3-471
表 3.10-20	Terai1（Kailali）と Terai7（Morang）の降雨確率規模.....	3-490
表 3.10-21	ナラヤニ流域の概要	3-492
表 3.10-22	ナラヤニ側の降雨確立規模ごとの基本高水流量.....	3-496
表 3.10-23	東ラプティ川のナラヤニ川合流部での流量.....	3-496
表 3.10-24	Mohana 川流域の流域面積と確率洪水規模ごとのピーク流量の関係表.....	3-509
表 3.11-1	ラオスの治水に係る JICA の支援プロジェクト一覧	3-512
表 3.11-2	ラオス治水に係る JICA 以外の国際支援機関の支援実績	3-514
表 3.11-3	過去の洪水被害（ラオス）	3-519
表 3.11-4	2016 年 洪水被害の概要	3-520
表 3.11-5	2018 年 洪水被害の概要	3-520
表 3.11-6	2018 年 洪水による河川構造物被災の概要.....	3-520
表 3.11-7	2019 年洪水被害の概要	3-521
表 3.11-8	2020 年洪水被害の概要	3-522
表 3.11-9	使用データ（ラオス）	3-523
表 3.11-10	GFM の概要	3-524
表 3.11-11	氾濫域図の比較	3-525
表 3.11-12	1 次スクリーニング（検討対象流域の特定）結果.....	3-526
表 3.11-13	2 次スクリーニング（10 流域の抽出）結果.....	3-529
表 3.11-14	Nam Ngum 流域における補助指標の評価.....	3-531
表 3.11-15	H.Ma Hiao 流域における補助指標の評価.....	3-532
表 3.11-16	Se Bang Fai 流域における補助指標の評価	3-533
表 3.11-17	Se Done 流域における補助指標の評価.....	3-534
表 3.11-18	Se Bang Hieng 流域における補助指標の評価	3-535

表 3.11-19	Huai Tomo 流域における補助指標の評価.....	3-535
表 3.11-20	Huai Khamouan 流域における補助指標の評価	3-536
表 3.11-21	Se Kong 流域における補助指標の評価.....	3-536
表 3.11-22	Nam Ou 流域における補助指標の評価.....	3-538
表 3.11-23	Huai Som Pak 流域における補助指標の評価	3-538
表 3.11-24	補助指標の整理結果	3-539
表 3.12-1	水資源・防災および関連分野の JICA 支援実績	3-543
表 3.12-2	中央レベルでの防災関係機関	3-545
表 3.12-3	DHMS の治水関連予算（ブータン）	3-546
表 3.12-4	ブータン国の洪水被害状況	3-547
表 3.12-5	過去の洪水被害（ブータン）	3-548
表 3.12-6	使用データ（ブータン）	3-548
表 3.12-7	National Accounts Statistics（2021）による GDP 一覧.....	3-549
表 3.12-8	ブータン国の流域ごとの氾濫域内 GDP 一覧.....	3-551
表 3.12-9	Wangchhu 流域における補助指標の評価.....	3-553
表 3.12-10	Drangmechhu 流域における補助指標の評価.....	3-553
表 3.12-11	Punatsangchhuu 流域における補助指標の評価	3-554
表 3.12-12	Amochh 流域における補助指標の評価.....	3-555
表 3.12-13	Mangdechhu 流域における補助指標の評価.....	3-555
表 3.12-14	Aiechhu 流域における補助指標の評価.....	3-556
表 3.12-15	Nyera Amari 流域における補助指標の評価.....	3-556
表 3.12-16	Jaldakha 流域における補助指標の評価.....	3-557
表 3.12-17	Jomori 流域における補助指標の評価	3-557
表 3.12-18	Merak Saktengchhu 流域における補助指標の評価.....	3-558
表 3.12-19	補助指標の整理結果	3-558
表 3.13-1	ミャンマーの治水に係る JICA の支援プロジェクト一覧	3-562
表 3.13-2	ミャンマーの治水に係る JICA 以外の国際支援機関の支援実績	3-563
表 3.13-3	IWUMD の水資源管理施設の開発及び管理運用に使われる年間予算執行状況	3-568
表 3.13-4	過去の洪水被害（ミャンマー）	3-570
表 3.13-5	使用データ（ミャンマー）	3-573
表 3.13-6	GFMs の概要	3-575
表 3.13-7	氾濫域図の比較（ミャンマー全国）	3-576
表 3.13-8	1 次スクリーニング（検討対象流域の特定）結果.....	3-578
表 3.13-9	2 次スクリーニング（10 流域の抽出）結果.....	3-580
表 3.13-10	Ayeyarwady 川流域における補助指標の評価.....	3-582
表 3.13-11	Hlaing 川流域における補助指標の評価.....	3-583
表 3.13-12	Sittang 川流域における補助指標の評価	3-584
表 3.13-13	Chindwin 川流域における補助指標の評価.....	3-584
表 3.13-14	Pyanmalot 川流域における補助指標の評価	3-585
表 3.13-15	Thandi 川流域における補助指標の評価	3-585

表 3.13-16	Patheingyi 川流域における補助指標の評価	3-586
表 3.13-17	Salween 川流域における補助指標の評価	3-586
表 3.13-18	Pan Hlaing 川流域における補助指標の評価	3-587
表 3.13-19	Bago 川流域における補助指標の評価	3-588
表 3.13-20	補助指標の整理結果	3-589
表 4.1-1	12 カ国の氾濫域内 GDP の比較	4-1
表 4.1-2	日本の流域の面積（上位 5 流域）	4-3
表 4.1-3	12 カ国の支援優先度の評価結果	4-3
表 4.1-4	12 カ国の氾濫域内 GDP と上位流域の占める割合	4-4
表 4.3-1	9 か国において適用した検討単位と提案した対策の方向性	4-12
表 4.4-1	途上国の洪水による被害額ランキング（1970-2019）	4-15

略 語 表

ADB	アジア開発銀行	Asian Development Bank
ADRC	アジア防災センター	Asian Disaster Reduction Center
AFD	フランス開発庁	French Development Agency
AHS	自動水文観測所	Automatic Hydrolic System
ASEAN	東南アジア諸国連合	Association of Southeast Asian Nation
AWS	自動気象観測所	Automatic Weather Stations
BAPPENAS	国家開発企画庁（インドネシア）	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional
BBB	ビルド・バック・ベター	Build Back Better
BBS	バングラデシュ統計局	Bangladesh Bureau of Statistics
BCCSAP2009	バングラデシュ気候変動戦略と行動計画 2009	Bangladesh Climate Change Strategy and Action Plan 2009
BCP	事業継続計画	Business Continuity Plan
BFAR	農業省漁業水産資源局（ベトナム）	Bureau of Fisheries and Aquatic Resources
BIG	地理情報庁（インドネシア）	Badan Informasi Geospasial
BMKG	気象・気候・地球物理庁（インドネシア）	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
BMTPC	都市開発省（インド）	Building Materials and Technology Promotion Council
BNBP	国家防災庁（インドネシア）	Badan Nasional Penanggulangan Bencana
BOC	DPWH 建設局（フィリピン）	Bureau of Customs
BOD	DPWH 設計局（フィリピン）	Beureau of Design
BPPT	科学技術評価応用庁（インドネシア）	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
BPS	中央統計局（インドネシア）	Badan Pusat Statistik
BWDB	バングラデシュ水資源開発庁	Bangladesh Water Development Board under Ministry of Water Resources
CBFFWS	洪水予報・警報システム（フィリピン）	Community-based Flood Forecasting & Warning Systems
CCC	気候変動対策委員会（フィリピン）	Climate Change Commission
CCCA	カンボジア強靱で持続可能な気候変動適応システムの構築と気候変動対応能力の強化を目的としたプログラム	Cambodia Climate Change Alliance
CCCSP	カンボジア気候変動戦略計画	Cambodia Climate Change Strategic Plan
CCI	共通利害評議会（パキスタン）	Council of Common Interests
CCS	内閣安全保障委員会（インド）	Cabinet Committee on Security
CLUP	土地利用計画（フィリピン）	Comprehensive Land Use Plan
CMRC	カンボジア国メコン河委員会	Cambodia Mekong River Commission

CResMPA	気候強靱性多段階プログラムアプローチ (スリランカ)	Climate Resilience Multi -phased Programmatic Approach
CRIP	気候強靱性改革プログラム (スリランカ)	Climate Resilience Improvement Project
CWC	中央水委員会 (インド)	Central Water Commission
D/D	詳細設計	Detailed Design
DCC	災害対策調整委員会 (フィリピン)	Regional and Local Disaster Coordinating Councils
DDM	(経済省) 防災局 (ブータン)	Department of Disaster Management
DDMA	県災害管理委員会 (インド) 県災害管理庁 (パキスタン)	District Disaster Management Authority
DDMCC	災害管理・気候変動局 (ラオス)	Department of Disaster Management and Climate Change
DEM	数値標高モデル	Digital Elevation Model
DENR	環境天然資源省 (フィリピン)	Department of Environment and Natural Resources
DFL	計画高水位	Design Flood Level
DGCS	道路・橋・洪水対策施設等の技術設計基準 (フィリピン)	Design Guidelines, Criteria and Standards
DGM	(経済省) 地質鉱山局 (ブータン)	Department of Geology and Mines
DHM	水文気象局 (ネパール)	Department of Hydrology and Meteorology
DHMS	気象水文サービス局 (ブータン)	Department of Hydrology and Meteorology Services
DILG	内務地方政府省 (フィリピン)	Department of the Interior and Local Government
DMC	災害管理委員会 (バングラデシュ)	Disaster Management Committees
DMC	災害管理センター (スリランカ)	Disaster Management Centre
DoES	公共事業住宅省技術局 (ブータン)	Department of Engineering Service
DONRE	天然資源・環境局 (ベトナム)	Department. of Natural Resources and Environment
DOST	科学技術省 (フィリピン)	Department of Science and Technology
DPWH	公共事業道路省 (フィリピン)	Department of Public Works and Highways
DRRM	災害リスク軽減管理	Disaster Risk Reduction and Management
DSW	労働社会福祉省・福祉局 (ラオス)	Department of Social Welfare
DWIDM	治水砂防局 (ネパール)	Department of Water Induced Disaster Management
DWIR	運輸通信省・水資源河川システム改善局 (ミャンマー)	Directorate of Water Resources and Improvement of River Systems
DWR	水資源局 (ラオス)	Department of Water Resources

DWRI	水資源灌漑局（ネパール）	Department of Water Resources and Irrigation
EM-DAT	国際災害データベース	The international disasters database
ESDM	エネルギー・鉱物資源省（インドネシア）	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
ESSD	環境社会保護部（フィリピン）	Education Support Services Division
F/S	フィジビリティスタディ	Feasibility study
FDRP	洪水復旧・復興事業（パキスタン）	Flood Damages Restoration Project -1988
FEWS	洪水予報警報システム（パキスタン）	Flood Early Warning System
FFC	連邦洪水委員会（パキスタン）	Federal Flood Commission
FFD	洪水予報部（パキスタン）	Flood Forecasting Division
FHM	洪水ハザードマップ	Flood Hazard Map
FMC	洪水管理委員会（フィリピン）	Flood Management Committee
GAD	連邦政府省・総合行政局（ミャンマー）	General Administration Department
GCF	気候変動による影響への対処実施を支援する国際基金	Green Climate Fund
GDP	国内総生産	Gross Domestic Product
GED	計画省総合経済局（バングラデシュ）	General Economics Division
GFCC	ガンジス川洪水調節委員会（インド）	Ganga Flood Control Commission
GFDRR	世銀防災グローバル・ファシリティ	The Global Facility for Disaster Reduction and Recovery
GFM _s	全世界洪水モデル	Global Flood Models
GLOF	氷河湖決壊洪水	Glacial Lake Outburst Flood
GNHC	GNH 委員会（ブータン）	Gross National Happiness Commission
HLURB	住宅と土地利用の許認可委員会（フィリピン）	Housing and Land Use Regulatory Board
HWL	計画高水位	High Water Level
IBA	鳥類保護エリア（フィリピン）	Important Bird Area
ICAP	気候変動適応プログラム（インドネシア）	International Carbon Action Partnership
ICC-CC	投資調整内閣委員会（インドネシア）	Investment Coordination Committee Cabinet Committee
ICC-TB	投資調整技術委員会（インドネシア）	Investment Coordination Committee-Technical Board
ICHARM	水災害・リスクマネジメント国際センター	International Centre for Water Hazard and Risk Management
ID	灌漑局（スリランカ）	Irrigation Department
IFMP	統合洪水管理計画（ベトナム）	Integrated Flood Management Plan
IFPs	インフラストラクチャー主流プロジェクト（フィリピン）	Infrastructure Flagship Projects

INDC	各国が自主的に決定する約束草案	Intended Nationally Determined Contribution
IPIF	インフラストラクチャー準備と、イノベーション施設	Infrastructure Preparation and Innovation Facility
IRSA	水資源省 Indus 川水系公社 (インド)	Indus River System Authority, Ministry of Water Resource
IWUMD	農業灌漑畜産省・灌漑水利用局 (ミャンマー)	Irrigation and Water Utilization Management Department
JBIC	国際協力銀行	Japan Bank for International Cooperation
JICA	国際協力機構	Japan International Cooperation Agency
KBA	生物多様性地区	Key Biodiversity Area
Kemen ATR	農業・空間計画省 (インドネシア)	Kementerian Agraria dan Tata Ruang
KEMEN/ESDEM	鉱物資源省地質庁 (インドネシア)	Kementerian Agraria dan
KEMENDIKBUD	教育文科省 (インドネシア)	Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
KEMENKEU	財務省 (インドネシア)	Kementerian Keuangan
KEMENSOS	社会問題省 (インドネシア)	Kementerian Sosial
KKP	海洋水産省 (インドネシア)	Kementerian Kelautan dan Perikanan
KLHK	環境林業省 (インドネシア)	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
KMENTAN	農業省 (インドネシア)	Kementerian Pertanian
KOMINFO	情報通信省 (インドネシア)	Kementerian Komunikasi dan Informatik
KPPIP	優先国家戦略プロジェクト (インドネシア)	Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas
LAPAN	インドネシア国立航空宇宙研究所	Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
LARRIP	土地収用、再移住、リハビリテーションと先住民による原則 (フィリピン)	Land Acquisition, Resettlement, Rehabilitation and Indigenous Peoples. Policy
LDRRMC	地方災害リスク軽減・管理委員会	Local Disaster Risk Reduction and Management Council
LFMs	ローカルフラッドモデル	Local Flood Models
M/P	マスタープラン	Master Plan
MAF	農林省 (ラオス)	Ministry of Agriculture and Forestry
MAPDRR 2017	ミャンマー 防災行動計画 2017	The Myanmar Action Plan on Disaster Risk Reduction 2017
MARD	農業農村開発省 (ベトナム)	Ministry of Agriculture and Rural Development
MDM	防災省 (スリランカ)	Ministry of Disaster Management
MEWRI	エネルギー・水資源・灌漑省 (ネパール)	Ministry of Energy, Water Resources and Irrigation
MGB	環境天然資源省鉱山地球科学局 (フィリピン)	Mines and Geosciences Bureau
MHA	内務省 (インド)	Ministry of Home Affairs
MLSW	労働社会福祉省 (ラオス)	Ministry of Labour and Social Welfare

MoALI	農業灌漑畜産省（ミャンマー）	Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation
MoBA	国境省（ミャンマー）	Ministry of Progress of Border Areas
MoC	建設省（ミャンマー）	Ministry of Commerce
MOCC	気候変動省（パキスタン）	Ministry of Climate Change
MOE	環境省（カンボジア）	Ministry of Environment
MoEA	経済統計省（パキスタン）	Ministry of Economic Affairs
MoFAGA	連邦・地方開発省（ネパール）	Ministry of Federal Affairs and General Administration
MOHUA	住宅都市省（インド）	Ministry of Housing and Urban Affairs
MoKANA	Kashmir・北部地域担当省（インド）	Ministry of Kashmir Affairs and Northern Areas, States, and Frontier Regions
MONRE	天然資源環境省（ベトナム、ラオス）	Ministry of Natural Resources and Environment
MoNREC	天然資源環境保全省（ミャンマー）	Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation
MoPF	計画財務省（ミャンマー）	Ministry of Planning and Finance
MoSWRR	社会福祉省・防災局（ミャンマー）	Ministry of Social Welfare Relief and Resettlement
MoTC	運輸通信省・気象局（ミャンマー）	Ministry of Transport and Communications
MOWR	水資源省（バングラデシュ）	Ministry of Water Resources
MOWRAM	水資源気象省（カンボジア）	Ministry of Water Resources and Meteorology
MPI	計画投資省（ラオス）	Ministry of Planning and Investment
MPWT	公共事業運輸省（カンボジア、ラオス）	Ministry of Public Works and Transport
MRBIMDMP	ミンダナオ川流域総合管理開発マスタープラン	Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan
MSDP	ミャンマー特性先続的開発計画	Myanmar Sustainable Development Plan (2018 – 2030)
MWSS	マニラ首都圏上下水道供給公社（フィリピン）	Metropolitan Waterworks and Sewerage System
NADRA	国家災害管理庁（パキスタン）	National Database and Registration Authority
NAMRIA	国家地理資源情報庁（フィリピン）	National Mapping and Resource Information Authority
NAP	国家活動計画（スリランカ）	National Action Plan
NAPA	気候変動適応行動計画（ブータン、ミャンマー）	National Adaptation Program of Action
NAPCC2008	気候変動に対する行動計画（インド）	National Action Plan on Climate Change 2008
NAP-DRR	災害リスク削減国家行動計画（カンボジア）	National Action Plan for Disaster Risk Reduction
NCCAP	気候変動国家行動計画（フィリピン）	National Climate Change Action Plan (NCCAP) 2011-2028

NCDM	国家災害管理評議会（スリランカ、カンボジア）	National Council for Disaster Management
NCMC	国家危機管理委員会（インド）	National Crisis Management Centre
NCSD	国家持続的開発評議会（カンボジア）	National Council for Sustainable Development
NDC	自国が決定する貢献	National Determined Contribution
NDCC	フィリピン国家災害対策調整委員会	The Philippine National Disaster Coordinating Council
NDMA	国家防災庁（インド、パキスタン、ブータン）	National Disaster Management Authority
NDMC	国家防災委員会（パキスタン）	National Disaster Management Commission
NDMCC	国家災害管理調整委員会（スリランカ）	National Disaster Management Coordination Committee
NDMO	国家防災管理令（パキスタン）	National Disaster Management Ordinance
NDMP	国家防災計画（インドネシア、パキスタン、スリランカ）	National Disaster Management Plan
NDPA	国家災害管理庁（パキスタン）	National Federation of Pakistani Associations
NDPCC	国家防災・減災委員会（ラオス）	National Natural Disaster Preparedness Central Committee
NDPP	国家災害準備計画（フィリピン）	National Disaster Preparedness Plan
NDRMF	国家災害リスク基金（パキスタン）	National Disaster & Risk Management Fund
NDRRMA	国家減災庁（ネパール）	National Disaster Reduction and Management Authority
NDRRMC	国家災害リスク削減管理委員会（フィリピン）	National Disaster Risk Reduction and Management Council
NDRRMF	国家災害リスク削減・管理基金（フィリピン）	National Disaster Risk Reduction and Management Fund
NDRRMP	国家防災計画（フィリピン）	National Disaster Risk Reduction and Management Plan
NEC	国家実施委員会（インド）	National Executive Committee
NEC	国家環境委員会（ブータン）	National Environment Commission
NEDA	国家経済開発庁（フィリピン）	The National Economic and Development Authority
NEOP	国家緊急対応計画（スリランカ）	National Emergency Operational Plan
NERC	イスラマバード内閣府国家緊急救援セル（パキスタン）	National Emergency Relief Cell
NFPP	10カ年国家年治水計画（パキスタン）	Development of National Flood Protection Plan
NFSCC	国家気候変動枠組戦略（フィリピン）	National Framework Strategy on Climate Change 2010-2022
NGO	非政府組織	Non-governmental organizations
NHA	国道庁（パキスタン）	National Highway Authority

NHRC	国家水利調査センター（フィリピン）	National Hydraulic Research Center
NIA	国家灌漑公社（フィリピン）	National Irrigation Administration
NIDM	国家防災研究所（パキスタン）	National Institute of Disaster Management
NIVA	ノルウェー水調査所	Norwegian Institute for Water Research
NRBMC	国家河川流域管理委員会（カンボジア）	National River Basin Management Committee
NSCCC	国家気候変動運営委員会（ラオス）	National Steering Committee on Climate Change
NSDP	国家戦略開発計画（カンボジア）	National Strategic Development Plan
NSEDP	国家社会経済開発5ヵ年計画（ラオス）	National Strategy on Climate Change
NWIC	国立水情報センター（インド）	National Water Information Centre
NWMP	国家水管理計画（バングラデシュ）	National Water Management Plan
NWP	国家水政策（バングラデシュ）	National Water Policy
NWRB	国家水資源評議会（フィリピン）	National Water Resources Board
NWRP	国家水資源政策（カンボジア）	National Water Resources Policy
OCD	市民防衛局（フィリピン）	Office of Civil Defense
OECF	海外経済協力基金	Overseas Economic Cooperation Fund
PAGASA	フィリピン大気地球物理天文局	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration
Pak-EPA	パキスタン環境保護庁	Pakistan Environmental Protection Agency
PCDM	州災害管理委員会（カンボジア）	Provincial Committee for Disaster Management
PCNDPC	地方省災害対策委員会（ベトナム）	Provincial Committee for Natural Disaster Prevention and Control
PDDP	パンパンガデルタ洪水制御事業（フィリピン）	Pampanga Delta Development Project, Flood Control
PDMA	州防災庁（パキスタン）	Provincial Disaster Management Authority
PDTT	村落省（インドネシア）	Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi
PHIVOLCS	フィリピン火山地震研究所	Philippine Institute of Volcanology and Seismology
PHUMP	ピナツボ火山災害緊急復旧事業（フィリピン）	Pinatubo Hazard Urgent Mitigation Project
PID	州政府灌漑局（パキスタン）	Provincial Irrigation Departments
PMD	気象庁（パキスタン）	Pakistan Meteorological Department
PPC	ファーライ・サーマル・パワー	Pha Lai Thermal Power JSC
PPP	官民連携	Public Private Partnership
PSF	国民生存基金（フィリピン）	People's Survival Fund
PUPR	公共事業国民住宅省（インドネシア）	Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

RAJUK	首都整備庁 (バングラデシュ)	Rajdhani Unnayan Kartripakkha
RBCO	環境天然資源省流域管理局 (フィリピン)	River Basin Control Office (DENR-RBCO)
RDA	道路開発庁 (スリランカ)	Road Development Authority
RPJMN	中期開発計画 (インドネシア)	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019
SDGs	持続可能な開発目標	Sustainable Development Goals
SDMA	州災害管理委員会 (インド)	State Disaster Management Authority
SEC	州執行委員会 (インド)	State Executive Committee
SEDP	5か年の経済開発計画 (カンボジア)	Socio-Economic Development Plan
SFDRR	仙台防災枠組	Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030
SLCDMP	スリランカ国家総合災害管理プログラム	Sri Lanka Comprehensive Disaster Management Program
SLLD	スリランカ土地開発公社	Sri Lanka Land Development Corporation
SMRFC	中期気象予報センター (パキスタン)	Specialized Medium Range Weather Forecasting Centre
SNAP-DRR	戦略的国家行動計画 (カンボジア)	Strategic national action plan (SNAP) for disaster risk reduction
SOD	災害業務規定 (バングラデシュ)	Standing Orders on Disasters
TKPSDA	流域調整委員会 (インドネシア)	Tim Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air
TNI	インドネシア国家軍	Tentara Nasional Indonesia
UDA	都市計画庁 (スリランカ)	Urban Development Authority
UNDP	国連開発計画	United Nations Development Programme
UNESCO	国際連合教育科学文化機関	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNISDR	国連防災機関	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
UPMO	統合事業管理事務所 (フィリピン)	Unified Project Management Office
VNDMA	ベトナム防災総局	Vietnam Disaster Management Authority
WAPDA	水力発電開発庁 (パキスタン)	Water and Power Development Authority
WARPO	水資源計画局 (バングラデシュ)	Water Resources Planning Organization
WB	世界銀行	World Bank
WCAP	Indus 川流域の水資源管理能力強化を目的としたプロジェクト (インド)	Water Sector Capacity Building & Advisory Services Project
WECS	水資源・エネルギー委員会 (ネパール)	Water and Energy Commission
WMO	世界気象機関	World Meteorological Organization
WRIS	インド水資源情報システム	India Water Resources Information System
YCDC	ヤンゴン市開発委員会 (ミャンマー)	Yangon City Development Committee

1. はじめに

1.1. 背景

2015年、第三回国連防災世界会議において「仙台防災枠組 2015-2030」が採択された。仙台防災枠組では、新たな災害リスクを防止し既存の災害リスクを削減するため、災害による死者数・被災者数の減少、経済被害軽減など、7つの地球規模の目標（グローバルターゲット）が設定され、地方、国、グローバルのすべてのレベルで実施すべき4つの優先行動が定められた。2030年に向けてはリスク削減事業の実施フェーズに位置づけられ、各国政府だけでなく、ドナーも、開発途上国におけるリスク削減事業に貢献することが求められている。

多くの途上国において、経済インフラや Basic Human Needs 充足のためのセクターに優先的に予算措置がなされているが、事前防災投資はあまり進んでおらず、優先行動3「災害リスク削減への投資」の着実な実施が課題となっている。

特に洪水に関しては、人口増加や経済発展に伴い、事前防災投資の進んでいない途上国を中心にリスクが増大しており、被害額も大きく増加傾向となっている。今後、気候変動や無秩序な都市化によりさらにリスクが増大することが考えられ、国家の持続的な発展のために、治水事業による洪水リスク削減が急務となっている。

これまでに多くの洪水災害を経験する中で、事前防災投資により大きく洪水被害を軽減させ発展を遂げてきた日本が途上国に貢献できる点は多く、果たすべき役割も大きい。途上国の洪水リスク削減の観点からも、日本の国際社会への貢献の観点からも、途上国における持続的な発展を阻害する洪水リスクを把握し、各国の発展基盤を構築する具体の治水投資事業を提案し、その実施を支援していくことが求められている。

1.2. 調査の目的

本調査は、対象国における治水に係る行政、法制度、戦略及び計画等をレビューし、必要な情報を収集・分析し、洪水被害ポテンシャルの高い流域における治水投資事業を洗い出すことを目的に実施する。

1.3. 調査の概要

本調査では、インドネシア、ベトナム、フィリピン、インド、パキスタン、バングラデシュ、スリランカ、カンボジア、ネパール、ラオス、ブータン、ミャンマーの12カ国を対象に、洪水の被害状況、過去のM/Pの実施状況、将来の洪水被害ポテンシャル等の調査を実施した。洪水被害ポテンシャルを示す指標として流域ごとの氾濫域内GDPを算出し、治水事業の必要性やマスタープラン策定・改訂の必要性、日本の支援の必要性・有効性などの観点から、支援優先度の高い5流域を選定し、各国の治水対策の方向性や課題・提案の検討を行った（3章を参照）。

また、国ごとに比較して支援優先国を検討し、12カ国の支援優先度を3段階で評価した（4.1を参照）。12カ国の使用データ、選定プロセス・結果、治水対策の方向性および支援優先度のまとめを4.2に示した。

検討結果に基づき、課題や提案を示すとともに、今後の治水投資事業支援の方向性を検討した（4.3および4.4を参照）。

なお、新型コロナウイルスによる影響のため、現地調査は行わず、国内で遠隔対応により調査を実施した。各国における情報収集が困難であったため、現地政府および他ドナーのレポート・公開画像等を活用して可能な限り検討を行い、具体の分析・検討が困難な場合は、検討上の課題や留意事項を整理して、とりまとめた。

2. 調査手法

2.1. 調査の方針

本調査では、仙台防災枠組で掲げられた目標の達成に向け、各国における洪水リスク削減事業を推進するため、治水対策の方向性や想定される治水対策の検討を行う。検討する治水対策の方向性・対策メニュー案は、外水による氾濫対策を優先的に対象とし、日本の支援を前提とするものではなく、先方政府、他ドナー等による事業化による洪水リスク削減効果（コレクティブ・インパクト）も想定して、洪水被害ポテンシャルの高い流域において治水事業の検討を行う。

流域ごとの洪水被害ポテンシャルは、流域界および氾濫域を設定の上、人口や GDP の分布図と重ね合わせることで検討し、優先流域の選定プロセスである 2 次スクリーニングでは、算出した氾濫域内 GDP でランク付けする（使用したデータ、選定のプロセスは、それぞれ 2.2、2.3 を参照）。マスタープランの策定状況も調査し、策定・改訂が必要な場合には、本調査の検討対象とする。2.4 には、治水対策の方向性を検討する上での基本的な方針を示す。

2.2. 使用データ

2.2.1. 人口、人口増加率

人口分布データは、洪水被害ポテンシャルとしての氾濫域内の人口や GDP（2.2.2 に詳述）を評価する際に用いられる。人口分布のグローバルデータは多くの機関によって公開されているが、人口の定義（昼間人口、夜間人口等）の違いやモデルの活用の有無、算出に用いる変数の違いなど、多岐にわたる。

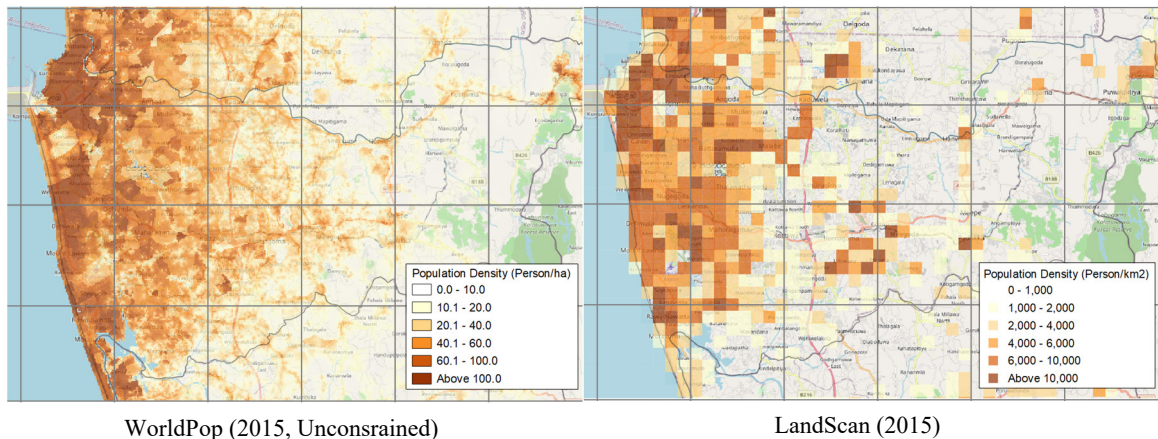
本業務では、リモートセンシングで取得された地理空間データ（土地被覆、植生、地形、道路等のインフラ、建物、居住エリアの位置・範囲等）を組み合わせて用いる統計・地理モデルなどの高度化モデルにより推定された人口分布データの中から、データの入手・加工の容易性や空間分解能、データ取得可能な期間等を考慮して、WorldPop、LandScan の人口分布データを選定し、比較を行った。表 2.2-1 がその比較表である。

表 2.2-1 高度化モデルの人口分布データの比較

データセット	データ提供	空間分解能	データ期間	概要
WorldPop	WorldPop	3 arc-seconds (約 100m)	2000-2020 *Constrained データは 2020 年のみ	Random Forest dasymetric model を用いており、常住人口を示す。Unconstrained データと Constrained データがあり、Unconstrained データは、非居住エリアに人口が配分されたり、都市の人口が過少評価される可能性がある。無償。
LandScan	Oak Ridge National Laboratory (ORNL)	30 arc-seconds (約 1km)	2000- (最新)	Multivariate dasymetric model を用いており、24 時間平均の人口を示す。モデルを逐次改良しており、経年での変化が単純な人口の増減とは言えず、データ年ごとの比較には適さない。有償。

出典：JICA 調査団作成

また、「コロンボ都市交通調査プロジェクト」で、統計データから算出された、コロンボ県周辺の人口分布図との比較を行った。結果として、WorldPopの人口分布は、統計データから算出された人口分布を、GNDレベル（行政の最小単位）で再現できることが確認された。この結果と、本調査に適した空間分解能・データ年ごとの比較の必要性を考慮して、WorldPopの人口分布データを用いることとした。



出典：JICA 調査団作成

図 2.2-1 WorldPop と LandScan の人口分布図（コロンボ県周辺）

大原ら¹は、フィリピンのカルンピット市の総人口を WorldPop（Unconstrained）から算出し、統計データと比較しており、約 1 割の誤差があると指摘している。小規模な地域では誤差の影響が大きいとしているが、本事業では全国規模で、均一の条件で、氾濫域データと重ね合わせて用いる必要があることから、ある程度の誤差を許容して WorldPop のデータを用いることとした。

WorldPop の人口分布データは、Unconstrained データと Constrained データがあるが、その違いは、無人のエリア（グリッド）の特定の有無である。Unconstrained データは、無人のグリッドを特定しないため、居住エリア外に人口が配分され、都市部の人口が過少評価される。しかし、経年での比較が可能であり、図 2.2-1 のように既往の調査や入手データを用いて精度を検証することができた。

Constrained データは、居住建物や建築物を含むグリッドのみに人口を配分して、モデリングされている（これまでは、衛星画像の精度や入手可能性の問題で、小さな集落や孤立した建物は見落とされてしまい、無人グリッドの特定は難しかったが、近年の画像精度やマッピングの改良で、地物の特定が可能となった）。Constrained データは Unconstrained データの課題を解決するものと考えられるが、集落や建物が正しく認識されないと、そのエリアの人口が過少に配分されてしまう可能性があり、2020 年のデータしかなく、経年での比較ができないという課題がある。

¹ 地域データの乏しいアジアの洪水常襲地帯における簡便な洪水リスク評価手法に関する研究—フィリピン共和国パンパンガ川流域を対象として—、大原美保、南雲直子、Badri Bhakta SHRESTHA、澤野久弥、2015

また、それぞれのデータに、UN 調整値を用いた人口分布データも公開されている。これは、一部の国の公式の統計値に、エラーが含まれている場合や、適時性の欠如や対象範囲の課題があるような場合に、国連（UN）により調整された人口データを用いたものである。

本業務では、経年での比較が必要で、氾濫域内 GDP の検討（2.2.2 を参照）において、人口データを他の統計値と組み合わせて使用するため、現地政府の公式の統計データを重視して、Unconstrained データを用いることとした。

人口増加率は、上記データを用いて、2010 年から 2020 年までの増加率を算出して検討することとした。いくつかの国では、将来人口が推計されているが、それらのデータを用いて、氾濫域内の人口を算出することは難しい。

2.2.2. GDP・GRP、GDP 増加率

洪水被害ポテンシャルを評価するには、氾濫域内の資産を算出することが必要である。本事業では、ETH と UNEP の資産データの利用を検討した。各データの概要を表 2.2-2 に示す。

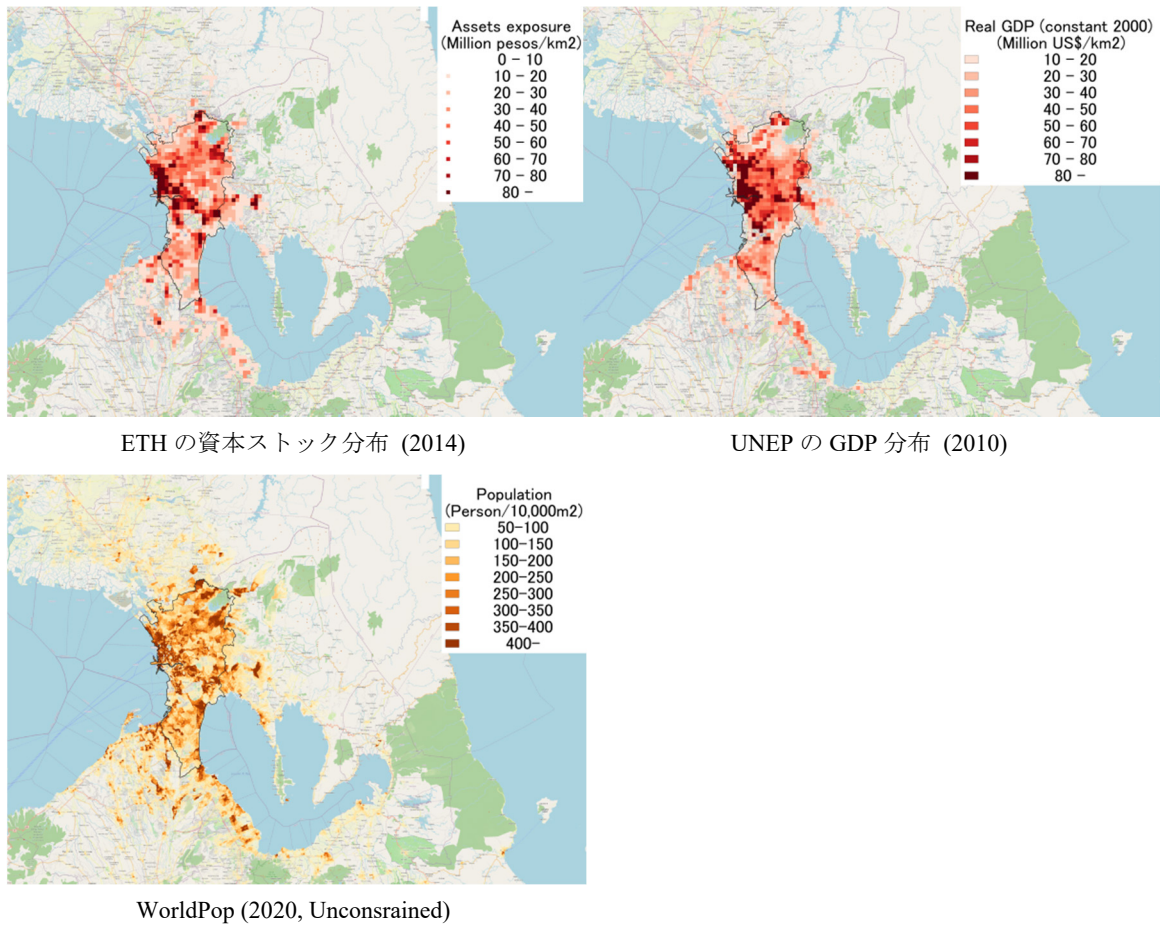
ETH の資本ストックは、流域における氾濫域内の資産額を推定する上では有用だが、分布は夜間人口分布によるものと考えられる。GDP の分布データは、氾濫域内の資産額を直接的に示すものにはならないが、流域ごとの洪水被害ポテンシャルの比較において、資産の集積や地域の経済性を考慮することができる。一方、UNEP の GDP 分布も Landscan の人口分布に基づくものであり、ETH のデータと同様、WorldPop の人口分布との差異は、資産集積や経済性を意味するものではない。図 2.2-2 で示すように、両者の分布は、WorldPop の人口分布と似た傾向を示しており、差異は人口分布の違いによるものと考えられる。さらに、これらは、単年のデータを示しており、資産の増加率を考慮することができない。以上のことから、本業務での利用は見送った。

表 2.2-2 資産データの比較

データセット	データ種	空間分解能	データ期間	概要
ETH	資本ストック	30 arc-seconds (約 1km)	2014*	世界銀行の算出した機械、設備、建物・構築物から構成される国ごとの総資本ストックを、人口分布および夜間照明データでグリッドごとに配分して、資産の分布を推定。ブータンなど、データが無い国では、非金融資産データを代用している
UNEP	GDP	30 arc-seconds (約 1km)	2010	GDP もしくは GRP（域内総生産）を、人口分布（2005 年の Landscan のデータを基に、2009 年の分布を予測したもの）でグリッドごとに配分したもの。単位は 1,000USD（2000 年換算）。

*資本ストックは 2014 年のデータだが、人口データは 2015 年、夜間照明は 2016 年のデータを利用している。

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 2.2-2 ETHとUNEPの資産分布図とWorldPopの人口分布図の比較
 (マニラ首都圏周辺)

本業務では、Worldpopの人口分布と一人当たりGRPを掛け合わせることで、氾濫域内の資産の評価を行った。これにより、純粋な資産集積や経済性を評価することができ、人口やGDPの増加率も検討することができる。一方で、GRPは州や地方など、比較的広域な行政レベルのデータであり、流域内の資産集積の差異などを考慮することはできず、また、統計データとしてGRPが公開されていない一部の国では、代わりとしてGDPを用いて計算した(国ごとのGRPデータの概要を表2.2-3に示す)。工業地帯や重要インフラの立地等は、別途考慮する必要がある。

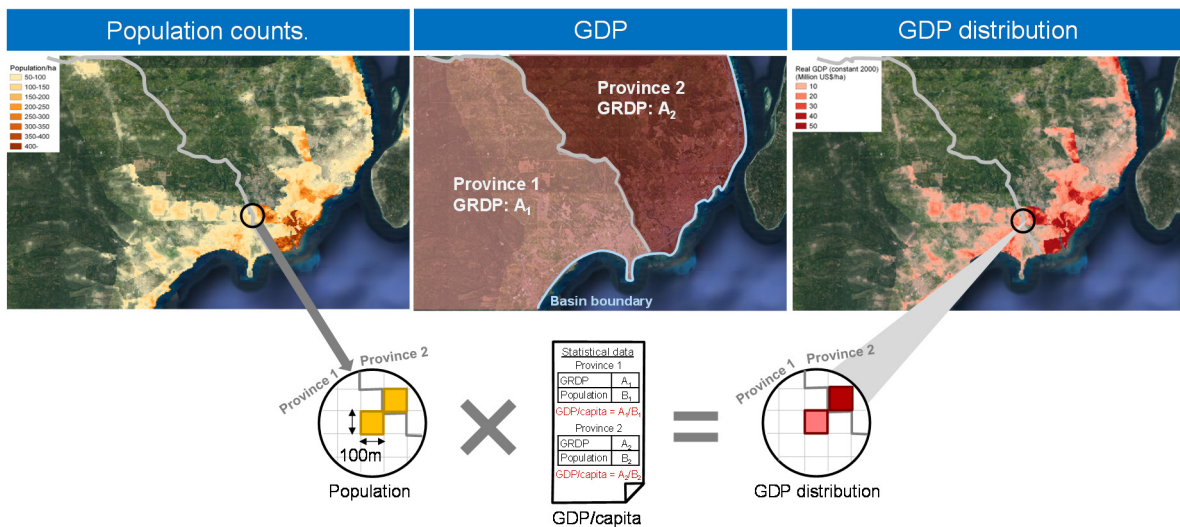
表 2.2-3 国ごとのGRPデータ

国	レベル	年	成長率
インドネシア	Province	2020年	2010年～2020年の成長率
ベトナム	Province	2019年	2018年～2019年の成長率
フィリピン	Region	2019年	2009年～2019年の成長率
インド	Region	2020年	2010年～2020年の成長率
パキスタン	Country	2020年	2010年～2020年の成長率
バングラデシュ	Country	2020年	2010年～2020年の成長率

国	レベル	年	成長率
スリランカ	Province	2019年	2012年～2019年の成長率
カンボジア	Country	2016年	(データ無し)
ネパール	Country	2020年	(データ無し)
ラオス	Country	2020年	2016年～2020年の成長率
ブータン	Country	2020年	2010年～2020年の成長率
ミャンマー	Country	2015年	2005年～2015年の成長率

出典：JICA 調査団作成

図 2.2-3 に、GDP 分布図の作成イメージを示す。



出典：JICA 調査団作成

図 2.2-3 GDP 分布図の作成イメージ

2.2.3. 流域界の設定

流域界の設定では、まず現地政府により設定された流域界の確認を行った。ラオスでは、国により設定された公式の流域界は確認できなかったが、MRC（メコン委員会）により設定された流域界を用いた。

現地政府の流域界を利用できない国においては、World Wildlife Fund (WWF) のプログラムで開発された HydroSHEDS による流域界を用いるか、地形データを基に流域を分割した。

インド、バングラデシュでは、大河川流域が国土の大半を占めており、流域ごとの検討が、流域の優先度の比較や対策案の検討に適さなかったことから、行政区画で分割して検討した。（バングラデシュのチッタゴン管区東部では、大河川流域外であり、流域面積が行政区画（県）の面積と類似していることから、流域分割を採用した）

表 2.2-4 国ごとの流域界の設定手法

国	流域界の設定手法
インドネシア	2015 年大臣例によって区分された 128 の流域界を採用
ベトナム	首相決定で示される流域と地形データを基に分割した流域により設定
フィリピン	NWRB（国家水資源評議会）による流域分割を採用
インド	州・連邦直轄領単位の行政区画を採用 （WRIS による流域分割も検討の上、非採用）
パキスタン	PMD（パキスタン気象局）公開資料の流域（支川ごとの流域を含む）分割を採用
バングラデシュ	大河流域；県単位の行政区画を採用 チッタゴン管区東部；地形を基に分割した流域を設定
スリランカ	灌漑局より指定された河川流域を採用
カンボジア	MOWRAM（水資源気象省）公表資料記載の流域界を採用
ネパール	WECS（水資源省水資源委員会）による流域分割を採用
ラオス	メコン川流域；MRC（メコン委員会）の設定する流域界を採用 その他；HydroSHED の流域界を採用
ブータン	地形データを基に分割した流域を設定
ミャンマー	HydroSHED の流域界データ（200km ² 以上）を採用。

出典：JICA 調査団作成

2.2.4. 氾濫域の設定

(1) 基本方針

本業務では、一定の精度を保ちつつ、全国の流域の比較を行うため、以下の基本方針で氾濫域の推定を行った。

- ・ 国ごとに、選定した流域間の比較を行うために、可能な限り、流域間で一律の手法を適用する。
- ・ いずれの手法においても、個別流域の詳細調査に基づく氾濫域との比較等により、検証もしくは用いるパラメータ等の設定を行う。

(2) 推定氾濫域

推定氾濫域は、各国政府や援助機関により作成されたもの、地域特性を勘案して推定したもの、グローバルフラッドモデル（GFMs）の 3 種に分類される。それぞれの概要を表 2.2-5 に示す。

表 2.2-5 推定氾濫域の分類と特性

国	レベル
各国政府、援助機関等が準備した推定氾濫域図	① 全国主要流域をカバーするもの。 ② 個別流域の詳細調査に基づくもの。
地形特性を勘案した推定氾濫域	③ 標高値を基準とするもの。（低平地等の拡散型氾濫が卓越する場所に適している。） ④ 河川からの比高をもとに氾濫域を推定するもの。（河川勾配がある程度大きい中流部での収束型氾濫の卓越する場所に適している。）
⑤GFMs による推定氾濫域	

出典：JICA 調査団作成

各国政府や援助機関により、実績図や解析で得られた推定氾濫域図が整備されているが、ほとんどの調査対象国では全国の流域が網羅されておらず、国や流域により作成手法や精度が異なるため、流域の比較が難しい。地形特性から推定する手法は、全国の流域特性が比較的均質な場合に限定され、どの程度の標高値、比高を用いるかは、個別流域の詳細調査に基づく氾濫域との比較等により、個別に設定する必要がある。GFMは、流出解析に基づくものと観測水位等に基づくものがある。どちらもグローバルスケールでの解析となり、網羅性は高いが、中小河川流域が十分にモデル化されていないことや、メッシュサイズや地形データの粗さ等から、氾濫域が十分に再現できない場合がある。

(3) 氾濫域推定手法の選定手順

国ごとの特性と(2)の留意点を踏まえ、以下のような手順で氾濫域推定手法の選定を行った。番号は表 2.2-5 と対応している。

- ・ 全国の流域を網羅する①があるか。ある場合は、個別流域の詳細調査に基づく氾濫域(②)との比較等により妥当性の検証を行った上で、①を用いる。
- ・ 全国の流域特性は比較的均質か。地形特性からの推定が妥当であると判断できる場合は、標高、比高等により設定された氾濫域(③、④)と、個別流域の詳細調査に基づく氾濫域(②)との比較等により妥当性の検証を行った上で、地域特性により③か④、あるいはその組み合わせの推定結果を用いる。
- ・ 流域特性が比較的多様な場合は、複数の GFM の適用を検討し、必要に応じてこれらを重ね合わせる。
- ・ 上記の手法で氾濫域が適切に表現できない流域においては、既存の氾濫域図(②)もしくは独自の氾濫モデルによる推定氾濫域の適用を検討する。それがない場合には、GFM の適用を検討する(⑥)。GFM では、比較的小規模な河川の氾濫を表現できないというモデル上の特性を有するため、浸水実績等と比較し、重要な都市域周辺の氾濫をもたらす河川の規模が小さいと判断される場合には、当該都市圏を含む個別流域の詳細調査に基づく推定氾濫域データ(②)を追加する。

国ごとの氾濫域推定手法を表 2.2-6 に示す。ミャンマーのみ、気候変動の影響(RCP8.5 シナリオ/2040年と2050年)を考慮した氾濫域図を使用する。

表 2.2-6 国ごとの氾濫域推定手法

国	氾濫域推定手法
インドネシア	⑤+②
ベトナム	③ (+②)
フィリピン	① (+②)
インド	④+②
パキスタン	⑤+②
バングラデシュ	⑤
スリランカ	③ (+②)
カンボジア	⑤ (+②)
ネパール	⑤
ラオス	⑤ (+②)

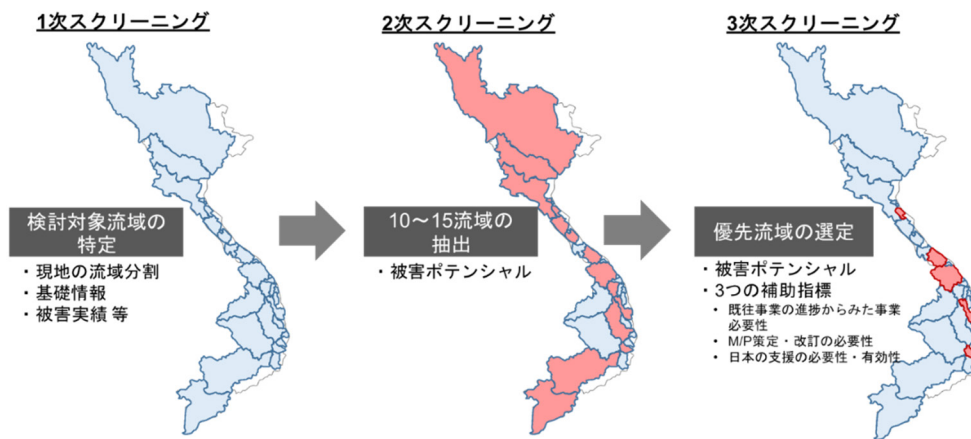
国	氾濫域推定手法
ブータン	⑤
ミャンマー	① (+②)

*括弧内のものは、精度の検証で利用した。

出典：JICA 調査団作成

2.3. 優先流域の選定

図 2.3-1 で示すように、1 次スクリーニングで、検討対象流域を特定し、2 次スクリーニングにおいて、各流域の氾濫域内 GDP を算出して 10~15 流域を抽出し、3 次スクリーニングで、既往事業の進捗からみた事業必要性、マスタープラン (M/P) 策定・改訂の必要性、日本の支援の必要性・有効性という観点から 5~6 の優先流域を選定する。各スクリーニングの概要を以下に示す。



出典：JICA 調査団作成

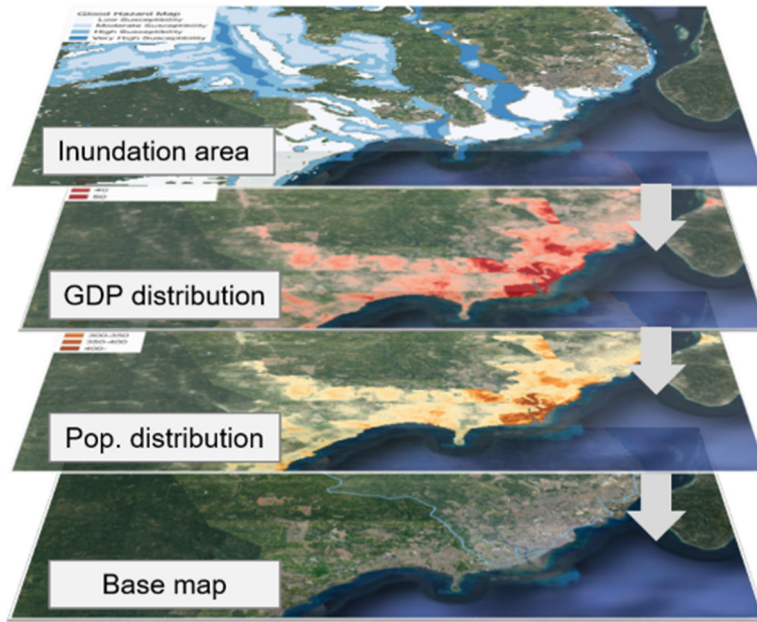
図 2.3-1 優先流域の選定のフロー

2.3.1. 1 次スクリーニング (検討対象流域の特定)

検討対象流域は、現地政府により主要流域として位置付けられているか、既往の調査（過去の JICA 事業など）で優先流域として設定されているか、実際に JICA による治水事業が実施されているかという観点を含めて、検討対象流域の選定を行う。選定前に、治水に関連する法制度・計画・組織、流域や洪水被害に関する基礎的情報を整理し、洪水被害ポテンシャルの高い流域がリストから漏れないよう留意する。

2.3.2. 2 次スクリーニング (10~15 流域の抽出)

本業務では、洪水被害ポテンシャルの大きさを氾濫域内 GDP から評価した。設定した氾濫域と GDP (GRP) 分布を重ね合わせ、氾濫域内 GDP を算出し、上位 10~15 流域を 2 次選定において抽出した。抽出された流域では、氾濫域内人口やそれらの成長率、洪水被害実績等も調査を行った。



出典：JICA 調査団作成

図 2.3-2 データの重ね合わせのイメージ

表 2.3-1 10～15 流域抽出のイメージ

River basin	Inundated area (km2)	Flood risk potential							
		Population		Population growth rate		GDP		GDP growth rate	
		Value	Rank	Value	Rank	Value	Rank	Value	Rank
							1		
							2		
							3		
							4		
							...		
							15		
							16		
							17		
							18		

出典：JICA 調査団作成

2.3.3. 3次スクリーニング（優先流域の選定）

2次選定で抽出された流域を対象に、以下の項目をそれぞれ補助指標として評価し、国ごと・流域ごとの治水対策の方向性および想定する治水事業メニューの検討を行う流域（5流域程度）を抽出した。

- ・ 既往事業の進捗からみた事業必要性
- ・ マスタープラン（M/P）策定・改訂の必要性
- ・ 日本の支援の必要性・有効性

「既往事業の進捗からみた事業必要性」では、河川の整備状況や近年の災害実績を踏まえ、外水氾濫の残余リスクが依然として高く、地域開発促進という観点から、資産集積の拡大や

人口増加が見込まれ、洪水被害による周辺地域への影響が大きい流域では、新たな治水対策による経済被害削減効果が高いと評価した。

「M/P 策定・改訂の必要性」という観点では、洪水被害ポテンシャルが高いのに M/P が未策定で、策定する必要があったり、策定されていても古かったり、状況の変化や新たな開発計画を考慮したものに改訂する必要性を検討した。また、中長期の視点で、治水対策の方向性を考えた時に、既往の M/P から治水安全度を更に上げる必要があるかどうかも検討した。

「日本の支援の必要性・有効性」では、将来の開発を見越して、洪水リスク削減に資する有効な新規の日本の支援が可能かどうかを検討した。既に日本の支援予定があり、同支援の実施によって洪水リスク削減が見込まれている流域は低い評価としている。一方、他ドナーの介入が進んでいても、リスク削減効果が限定的な協力内容である場合には、その旨を留意事項として示した上で、選定から除外しない。

それぞれの項目を3段階（◎；高い、○；中程度、△；低い）で評価し、氾濫域内 GDP を含めて、総合評価の結果、5 流域を抽出した。

表 2.3-2 5 流域抽出のイメージ

River basin	Flood risk potential		Additional factors			Target river basins
	GDP		1	2	3	
	Value	Rank	Description			
		1				
		2				●
		3				●
		4				●
		5				
		6				●
		...				
		12				
		13				●
		14				
		15				

出典：JICA 調査団作成

2.4. 治水対策の方向性の検討

3 次スクリーニングの結果を整理し、流域ごとの現状や課題、ボトルネック等の分析結果を踏まえ、国全体あるいは流域ごとに、治水対策の方向性を検討した。本調査において治水対策の方向性を検討する上での基本的な方針を以下に示す。得られた情報が限られ、具体的分析・検討が困難な場合は、検討上の課題や留意事項を整理して、とりまとめる。

(1) 目指すべき治水安全度

国の方針および流域の洪水リスクポテンシャル、開発の現況、将来計画に応じて治水対策の方向性を考え、目指すべき治水安全度を設定する。既に洪水マスタープランが整備されてい

ても、妥当性を検証し、治水安全度を上げる必要性が高いと判断された場合は、より高い治水安全度を設定の上、必要な対策を検討する。

(2) 気候変動の考慮

気候変動によって将来の洪水リスクポテンシャルが変化する可能性がある。気候変動による将来予測を、予測モデルの精粗に係わらず、その時点で最も妥当な方法で考慮する。

(3) 経済被害の削減

氾濫域内 GDP の分布を把握し、効果的に経済被害を削減するため、「どこを守るべきか」を検討する。全川を同じ治水安全度で守ることが難しければ、経済被害を最小化するため、資産の限られるエリアで氾濫を許容して、資産の集積するエリアを防御することも考えられる。例えば、農家への補償の制度を整備した上で、洪水時には農地で氾濫を発生させて、都市部を守ることなどが考えられる。

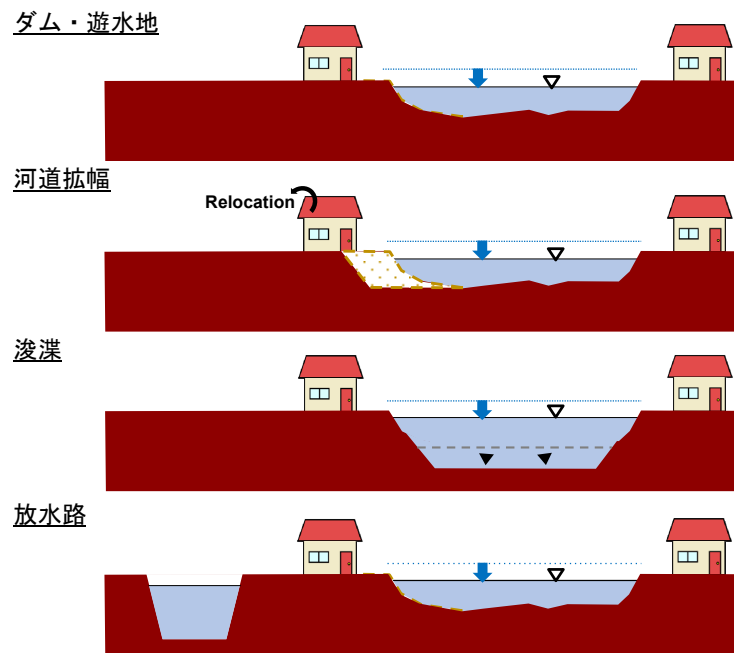
(4) 洪水位を下げる施策

日本の治水政策では、やむを得ず自然堤防の上に堤防を築いてきた歴史から近代治水の時代になってもそれを踏襲せざるを得ず、結果的に河口から山間狭窄部まで連続堤防を構築し、高い洪水位を設定せねばならない状況である。その結果、内水などにも対処せざるを得ない次善の策となっている。

途上国でも既に人口集中や都市化の進行で同様の状況にあるものの、安易に堤防を高くすることを選択せずに、極力洪水位を低くする努力をほらう、という治水の大原則を優先して検討する。そのためには、上下流バランス、本支川バランスおよび左右岸バランスを考慮して、中上流部、支川流域および資産集積の小さい岸側で洪水調節施設を整備することや、河道拡幅および放水路等が有効である。図 2.4-1 に対策案のイメージを示す。

超過洪水を考慮した施策を検討することも重要である。水系全体の防護のために連続堤を整備することは、河道・氾濫原の特性や資産集積箇所を考慮のうえで重要な選択肢となる。ただし、堤防による防護は計画洪水位を地盤高よりも高く設定せざるを得ない場合のやむをえない対策であり、計画洪水時さらには超過洪水時に破堤の危険性が高まり、万一破堤した場合には甚大な被害を及ぼすことを肝に銘じる必要がある。

このため、対象河川の既往氾濫水位や当該国での堤防築造経験などを参考としながら、堤防高が地盤高に対して高くなりすぎないように十分に配慮する必要がある。



出典：JICA 調査団作成

図 2.4-1 洪水時の河川水位を下げる対策のイメージ

(5) 都市計画・開発計画との整合

治水投資事業と都市開発計画は整合がとられている必要がある。治水投資事業は可住地を創出する都市計画・開発計画の基盤となる事業であるとともに、都市開発計画で決められた開発エリアを守ることが求められる。言い換えれば、洪水リスクポテンシャルが増大しないように、将来の開発を見込んで守るべきエリアを設定する必要がある。特に輪中堤など地先防御の対策を検討する上では、対策の範囲外に開発が進むことを避けなければならない。また、都市開発計画においては、自然湿地エリア等が保全されるようにして、既存の貯留効果を維持することや、開発規制、立地誘導、移転促進といった土地利用方策を合わせて実施することが、洪水リスクポテンシャルの増大を防ぐ上で有効である。本来、治水事業と都市計画・開発計画は密接にリンクしているものであり、その整合性は十分注視しなければならない。

3. 調査結果

3.1. 調査結果の構成

国ごとに治水に関連する法制度・計画・組織、流域や洪水被害に関する基礎的情報およびスクリーニング結果、治水対策の方向性をまとめ、3.2以降に示した。

- 3.2 インドネシア
- 3.3 ベトナム
- 3.4 フィリピン
- 3.5 インド
- 3.6 パキスタン
- 3.7 バングラデシュ
- 3.8 スリランカ
- 3.9 カンボジア
- 3.10 ネパール
- 3.11 ラオス
- 3.12 ブータン
- 3.13 ミャンマー

4章に示す通り、本調査ではベトナム、フィリピン、インドネシアを優先3か国として選定した。当初は優先3か国については現地調査を実施する予定だったが、コロナ禍により現地調査は行わないことになった。これらの国の優先5流域については、国内調査により、より詳細な分析を行い、治水対策の方向性において、具体的な治水事業メニューを提示した。その他の9か国については、入手できた情報が限られ、具体の分析・検討が困難な場合は、検討上の課題や留意事項を整理して、とりまとめた。

3.2. インドネシア

3.2.1. インドネシア国における国際支援の潮流

(1) JICA による支援

JICA がこれまで実施しインドネシア国の水資源・防災および関連分野の支援実績は表 3.2-1 に示す通りである。インドネシア国の洪水対策分野への日本からの支援は 1960 年代後半以降、多くの流域を対象に数多くの事業が実施されてきた。洪水対策は JICA による対インドネシア共和国への協力方針でも重要な位置づけとされており、2020 年 8 月時点の事業展開計画においても、チタルム川上流支川流域洪水対策セクターローン（有償：2019 年～2020 年）、洪水制御セクターローン（フェーズ 2）（有償：2020 年～2024 年）等、複数の案件が示されている。これらの案件に対応する開発課題としては「安全で公正な社会に向けた防災対策・行政機能向上」が掲げられており、より具体的には「安全で公正な社会を実現するため、災害発生頻度の高い地域や人口・産業の密集地域等、災害リスクの高い地域の防災能力向上を図る」ものとされている。

表 3.2-1 治水・防災関連分野の JICA 支援実績

プロジェクト名	事業形態	期間／締結年月
ジャカルタ地盤沈下対策プロジェクト	技協	協力期間：2018 年 5 月～2022 年 6 月
河川流域機関総合水資源管理能力向上プロジェクトフェーズ 2	技協	協力期間：2014 年 12 月～2018 年 12 月
火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究プロジェクト	技協	協力期間：2014 年 3 月～2019 年 3 月
西スマトラ州パダン沖地震被災地復興支援（学校再建）プロジェクト	技協	協力期間：2009 年 12 月～2011 年 7 月
インドネシアにおける地震火山の総合防災策	技協	協力期間：2009 年 5 月～2012 年 5 月
ジャカルタ首都圏流域水害軽減組織強化プロジェクト	技協	協力期間：2007 年 3 月～2010 年 3 月
中部スラウェシ州復興計画策定及び実施支援プロジェクト	技協	協力期間：2018 年 12 月～2021 年 11 月
短期気候変動励起源地域における海陸観測網最適化と高精度降雨予測プロジェクト	技協	協力期間：2010 年 4 月～2014 年 3 月
洪水制御セクター・ローン（フェーズ 2）	有償	借款契約（L/A）調印：2020 年 3 月
中部スラウェシインフラ復興セクター・ローン	有償	借款契約（L/A）調印：2020 年 1 月
ウォノギリ多目的ダム・貯水池堆砂対策事業（2）	有償	借款契約（L/A）調印：2014 年 2 月
メラピ山緊急防災事業（2）	有償	借款契約（L/A）調印：2014 年 2 月
チタルム川上流支川流域洪水対策セクターローン	有償	借款契約（L/A）調印：2013 年 3 月
スマラン総合水資源・洪水対策事業	有償	借款契約（L/A）調印：2006 年 3 月

プロジェクト名	事業形態	期間／締結年月
メラピ山プロゴ川流域及びバワカラエン山緊急防災事業	有償	借款契約 (L/A) 調印：2005年3月
リハビリ・維持管理改善事業（水資源セクター）	有償	借款契約 (L/A) 調印：2002年10月
チタルム川上流域治水事業（2）	有償	借款契約 (L/A) 調印：1998年1月
メダン洪水防御事業	有償	借款契約 (L/A) 調印：1998年1月
ウォノレジョ多目的ダム建設事業（2）	有償	借款契約 (L/A) 調印：1996年12月
ソロ川下流域河川改修事業（1）	有償	借款契約 (L/A) 調印：1995年12月
パダン洪水防御事業（2）	有償	借款契約 (L/A) 調印：1995年12月
メラピ火山及びスメル火山防災事業（2）	有償	借款契約 (L/A) 調印：1995年12月
ウォノレジョ多目的ダム建設事業（1）	有償	借款契約 (L/A) 調印：1993年11月
チタルム川上流域治水事業（1）	有償	借款契約 (L/A) 調印：1993年11月
アチェ復興事業	有償	借款契約 (L/A) 調印：2007年3月
防災情報システム強化計画	無償	贈与契約 (G/A)：2019年6月
広域防災システム整備計画	無償	贈与契約 (G/A)：2013年11月
ブルイット排水機場緊急改修計画	無償	贈与契約 (G/A)：2011年9月
ジャカルタ市内貧困地区排水改善計画	無償	交換公文 (E/N)：2004年3月
ウオノギリ多目的ダム貯水池堆砂緊急対策計画	無償	交換公文 (E/N)：2002年7月

出典：JICA ODA 見える化サイト

(2) 他ドナーによる支援

WB や ADB 等の他ドナーによる洪水分野の支援も実施されており、WB はダムの運営管理能力の向上を目的とした Dam Operational Improvement and Safety Project Phase 2¹（2017年～）を実施中のほか、ジャカルタ都市圏の洪水マネジメントシステムの向上（Jakarta Urgent Flood Mitigation Project²（2012年～2019年））を実施している。ADB の支援としては、Banten 州および Maluku 州を対象とした Flood Management in Selected River Basins Sector Project³において、選定流域での構造物対策やコミュニティの能力強化等を実施中である。

その他、MFAT（ニュージーランド）や AUSAID（オーストラリア）等、他ドナーによる BNPB への防災セクター（能力強化等）の支援も実施されている⁴。

¹ WB Dam Operational Improvement and Safety Project Phase 2
<https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P161514>

² WB Jakarta Urgent Flood Mitigation Project <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P111034>

³ ADB Management in Selected River Basins Sector Project <https://www.adb.org/projects/35182-043/main#project-pds>

⁴ JICA 防災分野における情報収集・確認調査報告書 p.4-64 2019年8月

3.2.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析

<p>法制度</p>	<p>(旧) 水資源法 (The Law No.7 in 2004, Water Resources) 2004年に制定され水管理に関するすべての具体的な法令となっている。各流域内の利害関係者の参加による統合的な水資源管理を促進するため、中央と地方の政府の役割分担、水資源管理の組織改革、水資源管理の計画、実行における強化、統合、情報ネットワークの開発、持続的管理のための財政強化システム等の水資源管理のあり方等を規定。ただし本水資源法は2015年の違憲判決を受けて、2019年に改正された。</p> <p>(新) 水資源法 (The Law No.17 in 2019, Water Resources) 新法では、水資源は国家により管理され、国民の利益のために利用されるものであることを明記した。これにより水資源の保有および管理は地方・中央政府によるものとされ、個人や企業が行うことは出来ない。また水資源の使用に関する許認可等に関する規定も明記された。災害管理法 (Law No.24/2007, Disaster Management) 2004年12月のスマトラ島沖大地震及びインド洋大津波、2006年5月のジャワ島中部地震等の大規模災害を経験し、未曾有の被害を出したことを受け、2007年4月に減災を目的としたインドネシアにおける災害対策の基本となる防災法。</p>						
<p>国家開発計画</p>	<p>中期開発計画 (RPJMN 2015-2019, 2015) 大統領のマニフェストに基づく5年間の国家開発計画(年次計画の目標を示す計画としても機能する)として、2015年にBAPPENASによって策定された。このRPJMNでは、「災害リスクが高く、経済成長の中心地域におけるRisk Index(以下、RI)を削減する」という防災の目標を掲げている。さらに、BNPBの災害管理政策2015-201929では、2019年までにRIを2015年比で30%削減する目標掲げている。これを達成するため、次の戦略が策定されている：1)国及び地方レベルにおける開発のプロセスにおける防災の主流化、2)脆弱性の低減、3)災害管理に関する能力向上⁵。</p> <p>中期開発計画 (RPJMN 2020-2024, 2020) 2020年に策定された最新の計画においては、2024年までの持続可能な開発を目標とするなかで、防災管理政策として「災害データ、情報、リテラシーの強化」「災害時の体制・規制・ガバナンスの強化」「防災インフラ改善」「災害リスクに基づく政策と空間計画の統合的連携」「災害時の緊急対応力強化」「被災地での復旧・復興の実施」「マルチスレッド統合型減災システムの強化」が掲げられている。⁶</p>						
<p>国家防災計画</p>	<p>NDMP 2015-2019 関係37省庁の防災における役割を明記し、BNPBを中心に関係機関と連携した防災の主流化に取り組むことを計画している⁵。</p> <p>「国家防災計画(2010-2014)」の次期計画に位置付けられるもので、中期的な国家防災の政策方針、到達目標及び優先行動を定めたものである。インドネシアでは、大統領の任期に合わせて国家中期開発計画が策定されるが、「国家中期開発計画(2015-2019)」には防災分野の政策方針が盛り込まれており、「国家防災計画(2015-2019)」は、「国家中期開発計画(2015-2019)」を元に策定された位置づけとなっていることから、BNPBの中期政策の最上位に位置するものであると認識される。「国家防災計画(2015-2019)」に示された政策と戦略のうち、予警報防災分野にかかる事項は、以下のとおりである⁵。</p> <p style="text-align: center;">表 4-18 国家防災計画における予警報分野に関する政策と戦略</p> <table border="1" data-bbox="456 1585 1382 1787"> <thead> <tr> <th>政策</th> <th>戦略</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>災害脆弱性の軽減</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 防災啓発を通じた防災文化の教育と改善及び災害に対する知識の向上を行う。 新聞・雑誌、ラジオ、TVを通じて、社会への災害リスクの軽減の普及と促進を行う。 公衆への災害早期情報提供と普及を行う。 </td> </tr> <tr> <td>災害管理能力の向上</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 災害リスクの高い地域において、災害早期警報システムの提供と早期警報システムの適切な機能の確保を行う。 防災と防災のための備えとして、科学技術及び教育の発展と利用促進を行う。 災害の多い地域において定期的かつ継続的にシミュレーションと防災訓練を実施する。 </td> </tr> </tbody> </table> <p>防災マスタープラン (RIPB 2015-2045) (策定中) インドネシアにおける災害管理活動の長期的な計画となる防災マスタープランが大統領規則として策定される予定(2019年現在)⁵</p>	政策	戦略	災害脆弱性の軽減	<ul style="list-style-type: none"> 防災啓発を通じた防災文化の教育と改善及び災害に対する知識の向上を行う。 新聞・雑誌、ラジオ、TVを通じて、社会への災害リスクの軽減の普及と促進を行う。 公衆への災害早期情報提供と普及を行う。 	災害管理能力の向上	<ul style="list-style-type: none"> 災害リスクの高い地域において、災害早期警報システムの提供と早期警報システムの適切な機能の確保を行う。 防災と防災のための備えとして、科学技術及び教育の発展と利用促進を行う。 災害の多い地域において定期的かつ継続的にシミュレーションと防災訓練を実施する。
政策	戦略						
災害脆弱性の軽減	<ul style="list-style-type: none"> 防災啓発を通じた防災文化の教育と改善及び災害に対する知識の向上を行う。 新聞・雑誌、ラジオ、TVを通じて、社会への災害リスクの軽減の普及と促進を行う。 公衆への災害早期情報提供と普及を行う。 						
災害管理能力の向上	<ul style="list-style-type: none"> 災害リスクの高い地域において、災害早期警報システムの提供と早期警報システムの適切な機能の確保を行う。 防災と防災のための備えとして、科学技術及び教育の発展と利用促進を行う。 災害の多い地域において定期的かつ継続的にシミュレーションと防災訓練を実施する。 						

⁵ 防災分野における情報収集・確認調査報告書、JICA、2019年8月

⁶ TRACTION ENERGY ASIA HP <https://tractionenergy.asia/seminar-konsepsi-dan-indikasi-pelaksanaan-pembangunan-daerah-yang-berkelanjutan/>

地方防災計画	<p>内務省省令 No. 46/2008 地方の防災組織としての組織概要と業務管理を定めている。 <u>BNPB 長官令 No. 3/2008</u> 地方防災組織の設立のためのガイドラインを定めている⁵。</p>
洪水関連法	<p>水資源管理に関する政令(No.42, 2008)、河川に関する政令(No.38,2011) 水関連法案については、2004 年に制定された水資源法 (The Law No.7 Water Resources, 2007)が水管理に関するすべての基本的な法令となっており、同法を受けた政令により、以下が規定されている。 a. 国が管理する河川流域は、国境をまたぐ河川流域、複数の州にまたがる河川流域、国家戦略的に重要な河川流域のいずれかである。 b. 水資源管理は、河川流域単位(river basin unit)で行う。 c. 国は、河川流域管理事務所を設置して水資源管理を行う。 d. 水資源管理は、「水資源の保全」、「水資源の利用」、「水の破壊力(water induced damage)の管理」の3つを基本にして行う e. 流域の基本計画策定にあたっては、TKPSDA(流域調整委員会)を通じて利害関係者(Stakeholders)の意見を聞き、調整を行う⁵。</p>
土地開発、都市計画関連法・計画	<p>空間計画法 (Law No.26/2007, Spatial Planning) 本法では地域レベルおよび都市レベルのそれぞれにおいて、一般空間計画と詳細空間計画の策定が定義され、一般空間計画は行政区域の全体空間構造や土地利用計画が含まれ、また詳細計画は一般計画の絵姿を詳細に示したもので、ゾーニング規制、開発許可、インセンティブとディスインセンティブ、といった開発規制を行う基準として用いられる⁷。</p>
統合水資源管理に係る法・計画	<p>2004 年水資源に関する法律第 7 号 水資源管理の責任の明確化、組織間調整、水資源計画および その遂行の強化・統一化について定めている。 <u>2004 年水資源に関する法律第 7 号に関する政府規則</u> 2004 年水資源に関する法律第 7 号の基本的な考え方は、7 つの規則(水資源管理、灌漑、水供給システムの開発、地下水、ダム、河川、および湿地)に展開された⁸。</p>
気候変動に係る法・計画	<p>気候変動国家行動計画： 2007 年に政府機関により策定されている。計画の実行促進と、気候変動問題の国家的開発計画への主流化のため、インドネシア気候変動セクターロードマップ(2007)が発行された。インドネシア気候変動適応プログラム (ICCAP) 草案を除いては、明確な気候変動適応政策はない⁹。</p>

出典：JICA 調査団作成

3.2.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析

防災に関しては、国家レベルの BNPB、州レベルの地方防災局 Province、さらに県/市レベルでの地方防災局 District/Municipality があり、災害対応活動を実施している。どのレベルが対応するかは災害規模によって決まる。BNPB と地方防災局を中心に、インドネシアの災害管理に関連する他の多くの政府省庁が存在する。BNPB によれば、災害リスク指標の削減に関与する 23 の機関があり、下表にこれらの機関名称と防災におけるそれぞれの一般的な役割リストとしてまとめる。

⁷ インドネシア国ジャカルタ首都圏総合治水能力強化プロジェクト報告書 (Annex-2)、JICA、2009 年 3 月

⁸ 国土交通省 HP <https://www.mlit.go.jp/common/001131525.pdf>

⁹ 国別防災台帳アセアン地域防災協力に関する基礎情報収集・確認調査報告書、JICA、2012 年 12 月

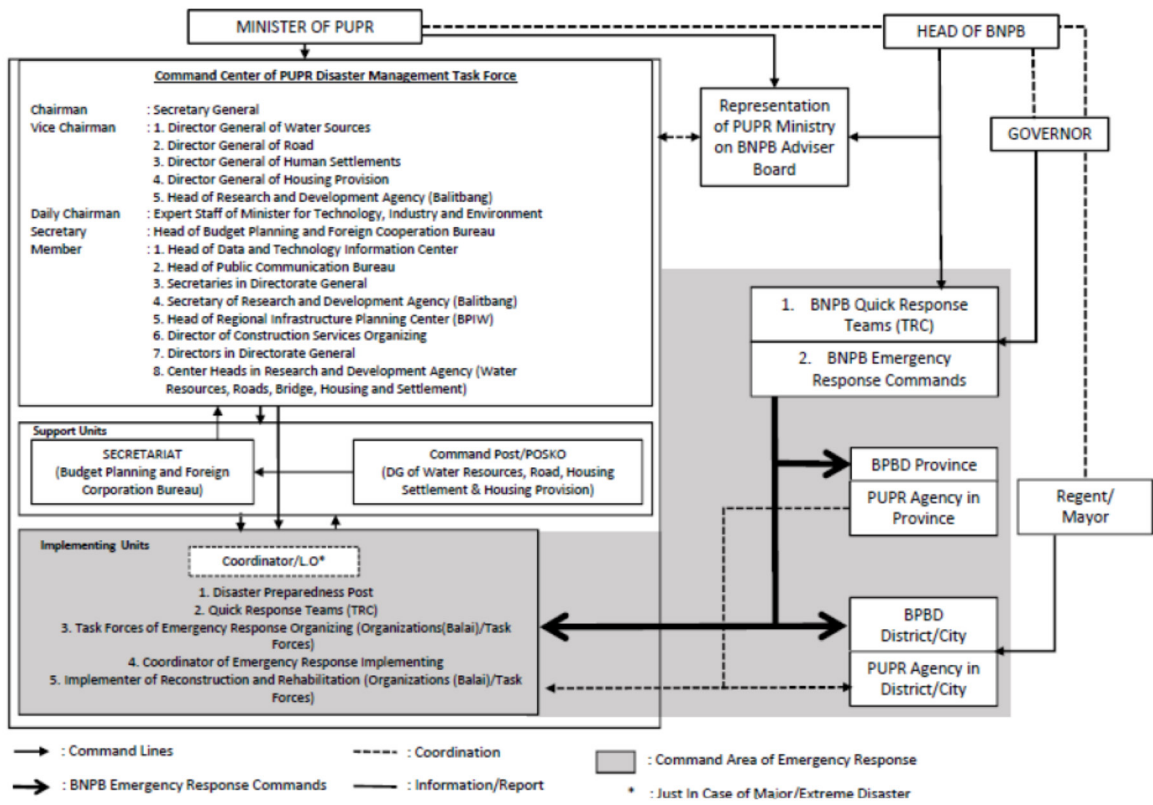
表 3.2-2 主要機関の基礎情報

国家防災庁 (BNPB)	
概要および法規と権限 ¹⁰	<p>災害規模あるいは社会・経済的影響が大きな災害の場合は、BNPB が対応している。例えば、マナドの2014年1月の洪水の場合は、中央レベルのBNPBが対応し、災害データの収集、救難活動、災害復旧活動等を実施している。</p> <p>洪水、フラッシュフラッド、地すべりに関する構造物対策（災害予防、災害復旧対応）は、公共事業国民住宅省（PUPR）と州政府の所掌である。予警報システム、ハザードマップ作成、流域保全等の非構造物対策に関しては、災害種により、公共事業・住宅省（PUPR）、環境林業省（KLHK）、農業省（KMENTAN）、気象・気候・地球物理庁（BMKG）、鉱物資源省地質庁（KEMEN/ESDEM）などが所掌している。</p> <p>緊急対応（Emergency Response）においては、BNPB と PUPR は連携して活動する。</p>
実施体制・人員 ¹⁰	<p>BNPB は、大臣レベルの役職の人物が長官となる。BNPB には、計画、財務、支援および一般的な問題を含む管理タスクを担当する1名の秘書官、および内部監査を担当する1人の主任審査官が存在する。技術的な技術部署としてBNPBは、災害フェーズ（予防と準備、緊急対応、復旧と復興）に基づく3つの部署と、ロジスティクスと設備の1つの部署を備えている。BNPB には、トレーニングセンターとデータ&インフォメーションセンター（広報を含む）の2つのセンターがある。2008年の設立以来BNPBはスタッフ数を拡大しており、2008年の設立当初には100名だった人員を、2011年には約225名、2017年9月には525名としている。本部はジャカルタの Pramuka 通りにあり、トレーニングおよびロジスティックセンターとしてボゴールのストゥールに支部がある。</p>
予算	<p>治水対策関連予算</p> <p>治水事業費の傾向分析</p> <p>2013年以降は構造物対策・非構造物対策の割合が分からないものの、上図から、治水事業費は増加傾向にある。また、前述の通り、防災関連予算は国家予算の1%に達しようとしている。防災関連予算を構造物対策と非構造物対策に大別した場合、2012年時点ではほぼ同等の予算額となっている。</p>
他の主要機関（英語表記）	
Ministry of Public Works and Public Housing	<p>公共事業・国民住宅省（Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), インドネシア語）。リスク感度の高い空間計画、場所と避難経路、公共施設とインフラの復旧、被災者の住宅の計画。</p>
Ministry of Home Affairs	<p>内務省（Kementerian Dalam Negeri (Kemendagri), インドネシア語）。地方政府が実施する災害管理に関する開発活動を統括。</p>
Ministry of Energy & Mineral Resources (Badan Geologi & PVMBG)	<p>エネルギー・鉱物資源省（Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), インドネシア語）。地質分野における災害、および人間活動に起因する災害の防災計画と管理を担当。</p>
Ministry of Agriculture	<p>農業省（Kementerian Pertanian (Kementan), インドネシア語）。干ばつに関わる災害および農業全般にかかる災害の防災計画と管理を担当。</p>

¹⁰ 防災分野における情報収集・確認調査報告書、JICA、2019年8月。

Ministry of Environment and Forestry	環境・森林省 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Kemen LHK),インドネシア語)。環境関連の災害や森林などの火災を防止するための予防的取り組み、支援、早期警戒の計画と管理を担当。
Ministry of Marine and Fishery	海洋水産庁 (Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP),インドネシア語)。津波と海岸浸食の分野における緩和活動の計画と管理。
Ministry of Health	健康省 (Kementerian Kesehatan (Kemenkes),インドネシア語)。緊急時対応や災害復旧時の医療、医療従事者、ボランティアなどの保健医療サービスの計画。
Ministry of Culture and Elementary and Secondary Education	教育・文化省 (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan(Kemendikbud),インドネシア語)。災害被災地の緊急教育の企画・運営、教育施設・インフラの復旧、防災教育の調整。
Ministry of Social Affairs	社会問題省 (Kementerian Sosial(Kemensos),インドネシア語)。災害によって被災した人々の食糧、衣服、その他基本的ニーズの調整。
Ministry of Communication and Informatics	情報通信省 (Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo),インドネシア語)。災害緊急時対応や災害復旧後の復旧を支援するための緊急連絡用の設備やインフラの提供の計画と管理。
Ministry of Research, Technology and Higher Education	研究技術・高等教育省 (Kementerian Riset dan Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Ristek & Dikti),インドネシア語)。災害前後の災害管理計画や復興・復興段階の援助として調査研究の実施。
Ministry of Villages, Disadvantaged Regions, and Transmigration	村落省 (Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi(Kemendes PDTT),インドネシア語)。災害リスク分析に基づいて村と恵まれない地域の開発計画を計画し、管理する。
National Development Planning Minister / National Development Planning Agency	国家開発企画庁 (Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional / Badan Perencanaan Pembangunan Nasional(Kemen PPN /BAPPENAS),インドネシア語)。リスク感度の高い開発プログラムの計画の支援。
Indonesian National Armed Forces	インドネシア国家軍 (Tentara Nasional Indonesia (TNI),インドネシア語)。捜索救助 (SAR) の実施を支援し、災害緊急時対応の調整の支援。
Indonesian National Police	インドネシア警察 (Kepolisian Republik Indonesia (POLRI),インドネシア語)。SARをサポートし、緊急時には避難した市民の残した場所を守るなど、緊急時のセキュリティの提供。
Meteorological, Climatological and Geophysical Agency	気象・気候・地球物理庁 (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG),インドネシア語)。気象学、気候、地球物理学に関連する災害のモニタリング。
Geospatial Information Agency	地理情報庁 (Badan Informasi Geospasial (BIG),インドネシア語)。技術省庁と連携して災害リスクのマッピングの制作・管理。
Agency for the Assessment and Application of Technology	科学技術評価応用庁 (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi(BPPT),インドネシア語)。災害管理に関連する技術の評価と実施の支援。
Ministry of Agricultural and Spatial Planning	農業・空間計画省 (Kementerian Agraria dan Tata Ruang (Kemen ATR),インドネシア語)。空間計画 (土地) 関連情報を提供することによる組織の支援。
National Institute of Aeronautics and Space	国立航空宇宙研究所 (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional(LAPAN),インドネシア語)。衛星画像を提供する組織への支援。
Ministry of Religion	(Kementerian Agama (Kemenag),インドネシア語)。イスラム教徒のために、災害地域の緊急教育と教育施設とインフラの回復を計画・管理し、災害意識教育の調整。
Ministry of Finance	財務省 (Kementerian Keuangan(KEMENKEU),インドネシア語)。災害活動のための予算の準備 (災害前、災害中、災害後)。

出典：防災分野における情報収集・確認調査報告書、pp.3-12～3-13、2019年8月。



出典：防災分野における情報収集・確認調査報告書、pp.4-59、2019年8月

図 3.2-1 BNPB と PUPR の連携による災害時の情報連絡ルート

3.2.4. 洪水被害状況の整理

インドネシア国に洪水被害状況の概要を把握するために、UNISDR の災害情報データベース DesInventar をもとに年別の災害被害状況（死者・被災者数、被害額等）を整理するとともに、近年発生した個別の洪水被害については被害流域を含む情報を別表に整理した。

インドにおける近年の顕著な洪水災害としては、熱帯低気圧に伴う大雨による Nusa Tenggara Timur 州の洪水被害（2021年3月）ジャカルタおよび西ジャワ州における洪水被害（2019年12月）等があり、前者は200名の死者・行方不明者数を数えたほか、後者はジャカルタ市内で避難者が30,000人に達し、住宅や商業施設も多く被災した。またインドネシアにおいては、地滑りや鉄砲水（flash flood）による被害も毎年発生しており、2020年7月の南スラウェシの鉄砲水では38名の死者を出した。このようにインドネシア国においては、山岳部で地滑りや鉄砲水による被害が顕著な一方、平野部・都市部においては、市街域の拡大とも相俟り、一度に多くの避難者・影響家屋をもたらす洪水の発生が恒常化している。

表 3.2-3 インドネシア国の洪水被害状況

年	死者数	被災者数	避難者数	家屋被害数	被災額 (\$ USD)	被災額 (\$ local)	重要インフラ (Edu center)	重要インフラ (hospital)
2001	7			6,820			15	
2002	276		919,555	26,159			179	73
2003	469		415,024	66,148			412	1,181
2004	133		247,899	5,258			577	15
2005	116		170,157	1,548			179	8
2006	543		413,707	24,586			1,201	210
2007	449		1,294,819	11,877			1,167	208
2008	155		410,664	6,452			764	171
2009	216		149,067	6,948			532	14
2010	500		353,523	7,854			971	273
2011	151		208,326	9,465			296	44
2012	109		126,467	6,459			304	54
2013	209		383,152	8,624			380	21
2014	135		719,226	2,656			408	39
2015	38		147,484	1,107			224	16
2016	193		328,562	6,731			1,137	92
2017	146		227,789	7,146			1,049	87
2018	126		99,453	1,605			443	49
2019	263		121,349	6,190			440	77

出典：UNISDR DesInventar (<https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp>) に基づき JICA 調査団作成

表 3.2-4 過去の洪水被害（インドネシア）

SN	Year	Date of Event Occurred	Province	Disaster Events	Dead	Missing	Injured	Affected people	People evacuated	Affected Houses
1	2017	2 June 2017	Gorontalo	Flood				2,747	2,000	484
2		11 May 2017	South Sulawesi	Landslide	7		Several			14
3		15 May 2017	East Kalimantan	Flood					35,000	
4		11 April 2017	Aceh	Flash Flood	2	1				298
5		12 April 2017	Aceh	Flash Flood				1,784		
6		1 April 2017	East Java	Landslide	3	25	20	130		30
7		20-21 February 2017	West Java	Floods	2			1,314	400	
8		February 2017	Bali	Landslide	7		4			
9		6-11 February 2017	WNT	Floods				40,291		
10		26-29 January 2017	North Sulawesi	Floods & Landslide				5,000	1,000	
11	2016	21-24 December 2016	SE Tenggara	Floods					104,378	
12		12 November 2016	West Java	Flood				19,669	6,373	5,776
13		25-27 October 2016	Gorontalo	Floods					4,000	
14		21 September 2016	West Java	Flash flood Landslide	33	20	35		6,361	283 destroyed /685 damaged
15		30 June 2016	East Java	Flood				50,000		14,000
16		17-22 June 2016	North Sulawesi	Floods & Landslide	4	1				
17		17-22 June 2016	Central Java	Landslide	47	15				
18		8-13 March 2016	West Java	Floods	2	3		24,000	10,000	
19		26 February 2016	East Java	Flood	1			34,225		
20		5 February 2016	Central Java	Landslide	5	2				
21		5 February 2016	West Sumatra	Flood & Landslide	4	2				
22		19-23 January 2016	Jambi	Floods & Landslide	3					
23		17 January 2016	Aceh	Flood					1,505	
24	2015	11 December 2015	Aceh	Flood	1			51,000		
25		2 December 2015	Bengkulu	Flood & Landslide	4	15				
26		1 December 2015	North Sumatra	Flood & Landslide	2		9			235
27		14 July 2015	Aceh	Floods	0			25,765	2,000	7,904
28		30 March 2015	West Java	Landslide	12			30	300	
29		17 March 2015	West Java	Flood				15,000	4,000	100
30		8-9 February 2015	West Java	Floods				15,517	5,986	
31		31 January 2015	Bali	Landslide	2	2				
32	2014	12-16 December 2014	Central Java	Landslides	93	23			400	100
33		10-11 August 2014	Central Sulawesi	Floods			1	15,000		
34		25 February 2014	West Java	Flood			1		2,300	240
35		5 February 2014	West Java	Flood					18,500	
36		31 January 2014	East Java	Flood			1	1,100		
37		28-29 January 2014	West Java	Flood				43,452	9,985	
38		Jan-14	Banten	Flood				1,270		
39		17 January 2014	Central Java	Flood & Flash flood	12				10,000	7
40		23-24 January 2014	Bali	Flood	5		Several		60	
41		8-18 January 2014	West Java	Flood	5				63,958	
42		14 January 2014	North Sulawesi	Flood & Landslide	13	2			40,000	
43	2013	14 December 2013	West Java	Landslide	2					
44		18 December 2013	East Java	Flood	4				20,000	
45		30 November 2013	North Sumatra	Landslide	9					
46		29 July 2013	Maluku	Landslide	8	10				30
47		24-26 July 2013	North Sulawesi, Gorontalo	Floods	4	3			28,000	
48		15-23 January 2013	West Java, Banten	Floods	47				20,000	

出典：防災分野における情報収集・確認調査報告書、表 4-22、p.4-58、2019.8

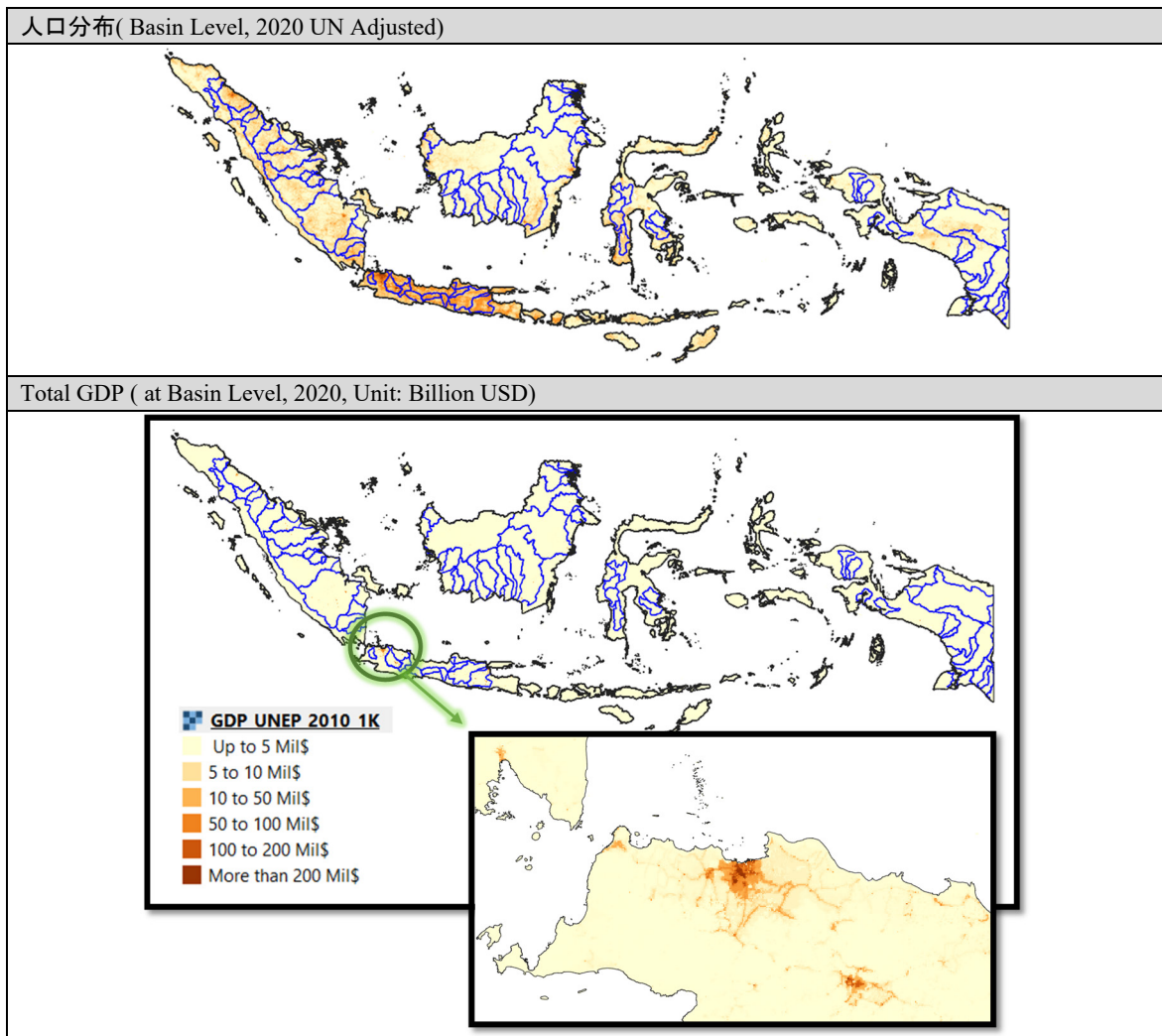
3.2.5. 使用データ

洪水リスクの分析で使用したデータを表 3.2-5 に示す。また、人口・GDP データを図化し、図 3.2-2 に示す。

表 3.2-5 使用データ（インドネシア）

データ種	現地機関	グローバルデータ	備考
行政界		UN-OCHA Common Operational Database (COD-AB)	
流域界	PUPR	WWF HydroSHEDS	
人口	BPS Census(2010)	UN (2019) WorldPop(2020)	UN は都市とそれ以外、WorldPop は 1km 格子
GDP	BPS, GRDP (2010~2020)	UNEP(2010) OECD (2020)	UNEP は 1km 格子 BPS data is at province and Kota level OECD data is national level
既往洪水履歴	BNPB, PUPR	UN-OCHA DFO/Colorado University EM-DAT IWMI	複数の出典から 1990-2020 の洪水履 歴を抽出
ドナー、現地政 府等の MP 策定 や事業既実施	PUPR (Pola and Rencana)	JICA World Bank ADB	National Urban Flood Resilience Program
洪水リスクイン デックス (IRBI)	BNPB		2018 全国の都市や町を RI (Risk Index) で 順位付けしたもの
浸水想定区域		CIMA-UNEP (GFM)(2015) GLOFRIS (Aqueduct)(2019) JRC by European Union (GFM)(2018)	解像度は、それぞれ 90m (CIMA- UNEP)、1km (GLOFRIS)、1km (JRC) 格子 ※この他 LFM を使用
SEZ、工業団地	RPJMN 2015- 2019 RPJMN 2020- 2024 BIG(Badan Informasi Geospasial)	JETRO、日本アセアンセ ンター等 World Bank	
高速道路・病院 等	RPJMN 2015- 2019 RPJMN 2020- 2024 BIG(Badan Informasi Geospasial)	World Bank	BNPB など複数政府機関によるプ ラットフォーム

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-2 流域ごとの人口・経済データ

(1) 検討対象流域の氾濫リスク域の設定

後述する 1 次スクリーニングで選定した 26 流域を対象に、氾濫リスク域を設定する。この設定にあたっては、以下の 4 手法を比較検討した。

- A) 標高 5m 以下のエリア
- B) DEM から形成した河川の周辺を氾濫域とする手法
- C) GFM 3 モデル
- D) 大都市圏における中小河川の想定氾濫域

A について、インドネシアでは都市部の地盤沈下エリアや高潮被害域が主に対象となり、外水起因の氾濫リスク域が選定されないため、本検討では用いなかった。B について、設定した氾濫域の形状が連続的ではなく、実氾濫域と形状が大きく異なるため、本検討では用いなかった。C および D について詳細を以下に記す。

(2) GFMs

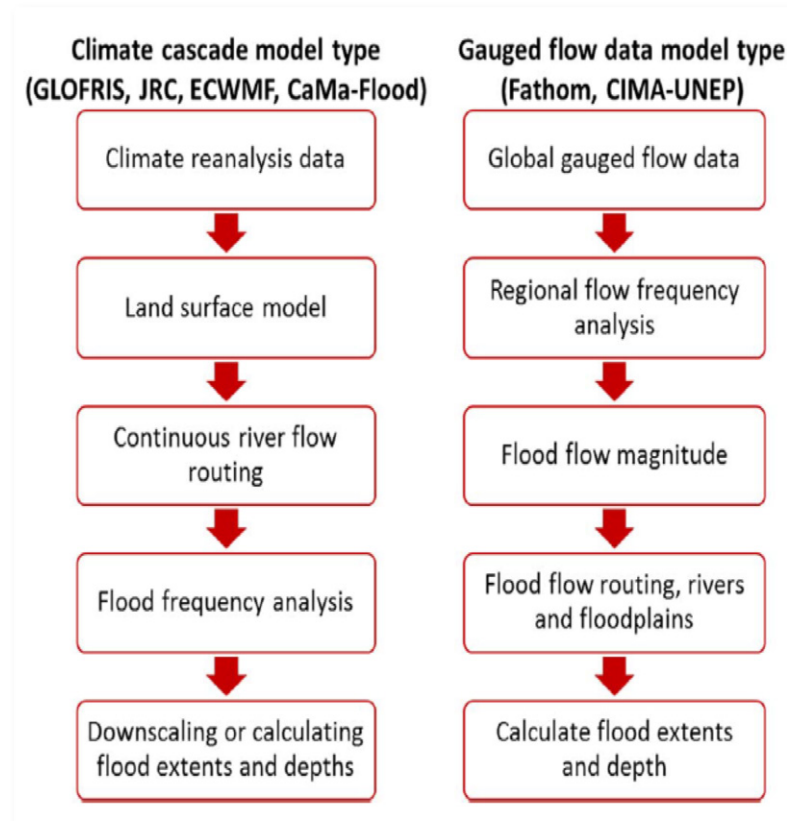
利用した3つのGFMsの概要を表3.2-6示す。また、図3.2-4の通り、カリマンタン島の浸水実績図（2021年1月洪水）とGFMsの比較を行った。大都市で、かつ都市域を流れる中小河川の氾濫がGFMで考慮されない場合がある。

表 3.2-6 GFMs の概要

データ種	現地機関
WRI (Aqueduct) Model	デルタ地域や沿岸地域に適した GLOFRI モデルを使用し、Qasui2D モデルを使用して地盤沈下を考慮している。
EU/JRC Model	本モデル結果は、浸水実績図と比較しても概ねよい結果。気候のアンサンブルデータを入力条件として使用しており、主要河川の計算精度はよい。
CIMA/UNEP Model	8,000 観測所以上の水位観測所結果に基づいて確率規模を算出し、平面2次元モデルによる浸水解析を実施。これにより氾濫源地域での計算精度が向上。

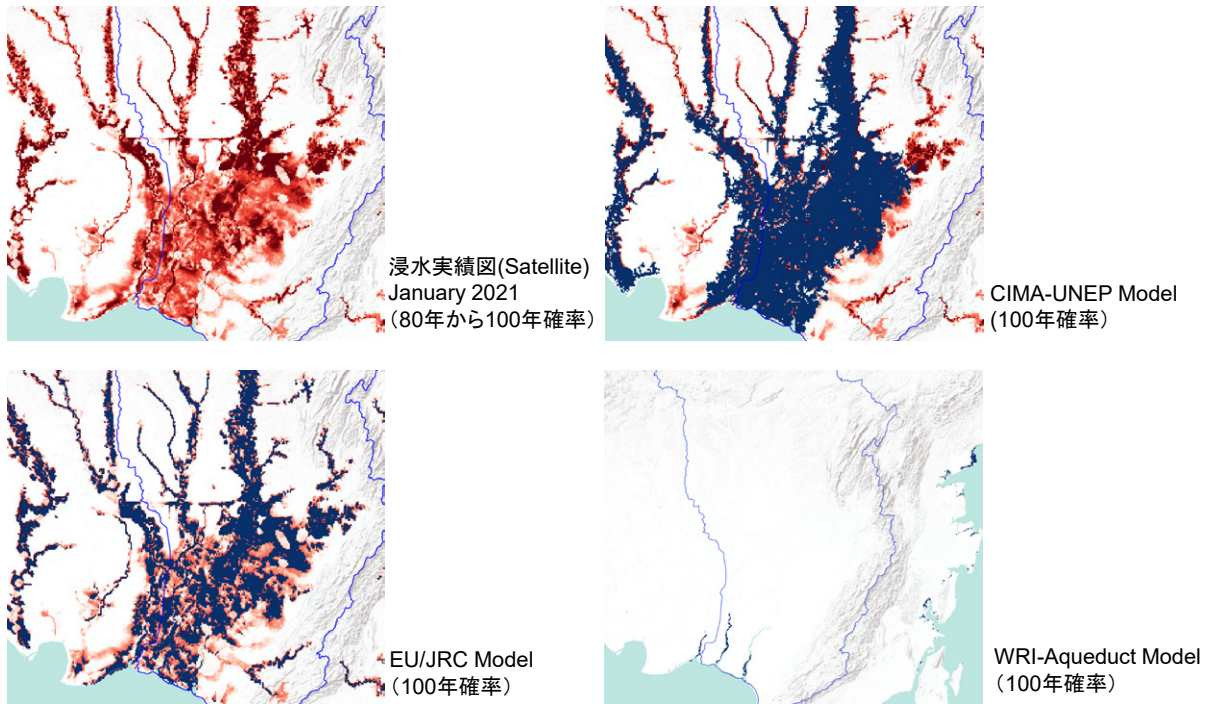
出典：Munich Re と Swiss Re (Insurance Industries)

下図左側の「Climate cascade model type」は気候データから降雨確率を算出し、降雨流出と地盤高データから洪水による浸水想定区域図を作成している（例えば、RRI モデル）。一方、右の「Gauged flow data model type」は流況データから流況確率規模を算出し、流況モデルを用いて浸水想定区域図を作成している（例えば、HEC-RAS モデル）。



出典：Munich Re と Swiss Re

図 3.2-3 GFMs の解析手順フロー

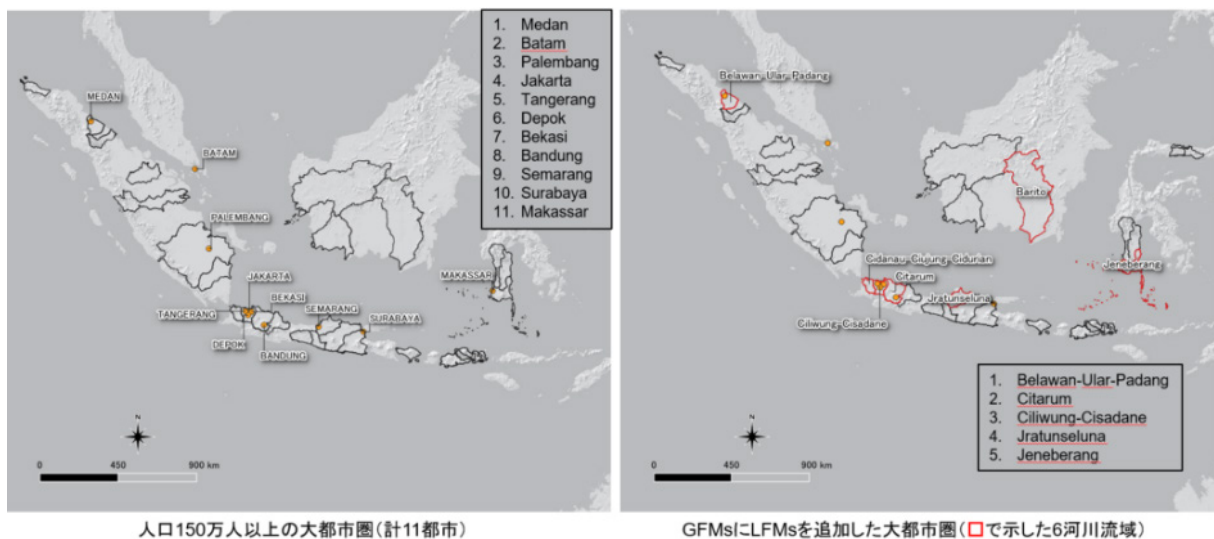


左上図出典：LAPAN (<https://spbn.pusfatja.lapan.go.id/>) を用いて JICA 調査団作成
 左下・右上・右下図出典：GFMをそれぞれ用いて JICA 調査団作成

図 3.2-4 カリマンタン島の浸水実績図と GFM の比較 (2021 年 1 月洪水)

(3) 大都市圏における中小河川の想定氾濫域

インドネシアには人口 150 万人以上の大都市圏が 11 都市あるが、そのうち都市域を流れる中小河川の氾濫が GFM で考慮されていない場合に、他ソースの浸水域マップを追加した。図 3.2-5 に中小河川の想定氾濫域 (Local Flood Models ; LFM) を追加した大都市圏を、表 3.2-7 に LFM の概要を示す。



人口150万人以上の大都市圏(計11都市)

GFMにLFMを追加した大都市圏(□で示した6河川流域)

出典：JICA 調査団作成

図 3.2-5 GFM に LFM を追加した大都市圏

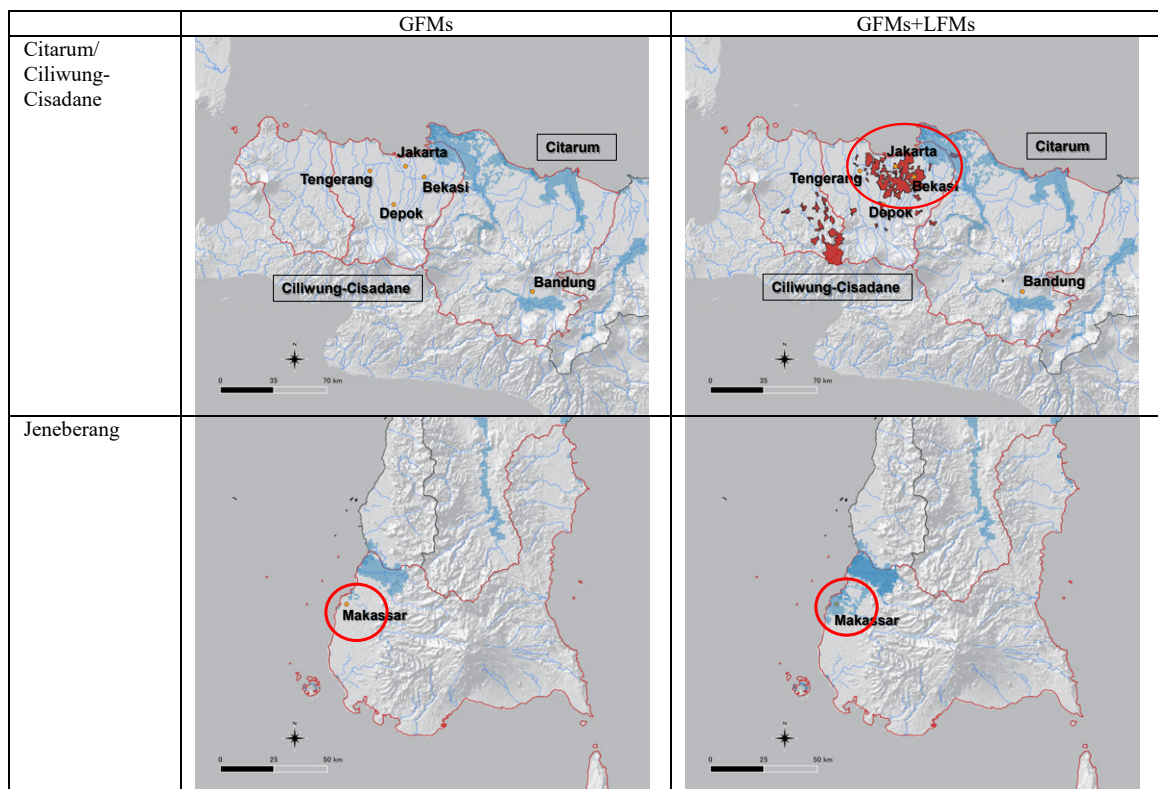
表 3.2-7 LFMの概要

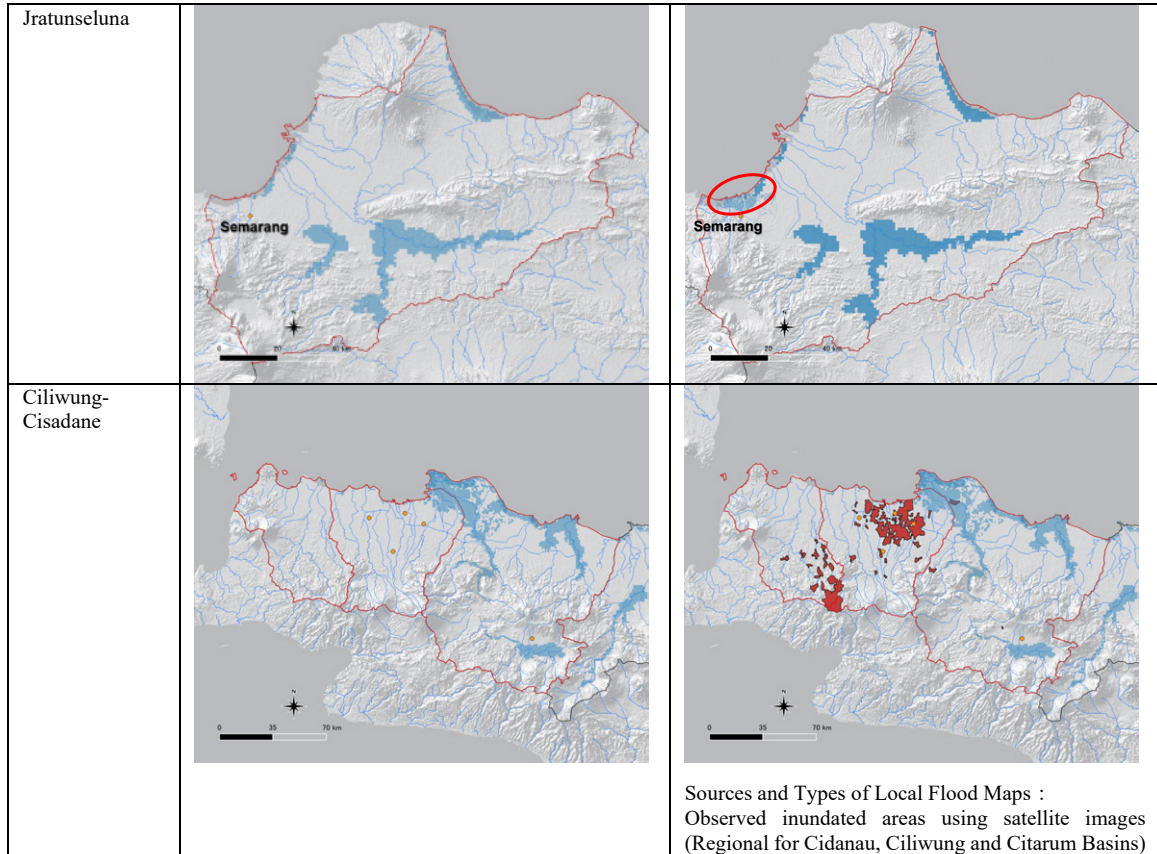
流域	人口 150 万人以上の都市	ソース (data source)	算出方法	降雨確率規模
Belawan-Ular-Padang	Medan	UMSU 大学	HEC モデル	25 年降雨確率
Cidanau-Ciujung-Cidurian	Jakarta 首都圏	UNFPA	衛星画像による浸水実績図(2020)	1/30～1/50 年降雨確率
Citarum	Bandung	UNFPA	衛星画像による浸水実績図(2020)	不明
Ciliwung-Cisadane	Jakarta 首都圏	UNFPA	衛星画像による浸水実績図(2020)	1/5～1/10 年降雨確率
Jratunseluna	Semarang	WB	浸水実績など	洪水リスクマップのため想定降雨確率規模は不明
Jeneberang	Makassar	政府ポータルサイト	浸水実績など	

出典： JICA 調査団作成

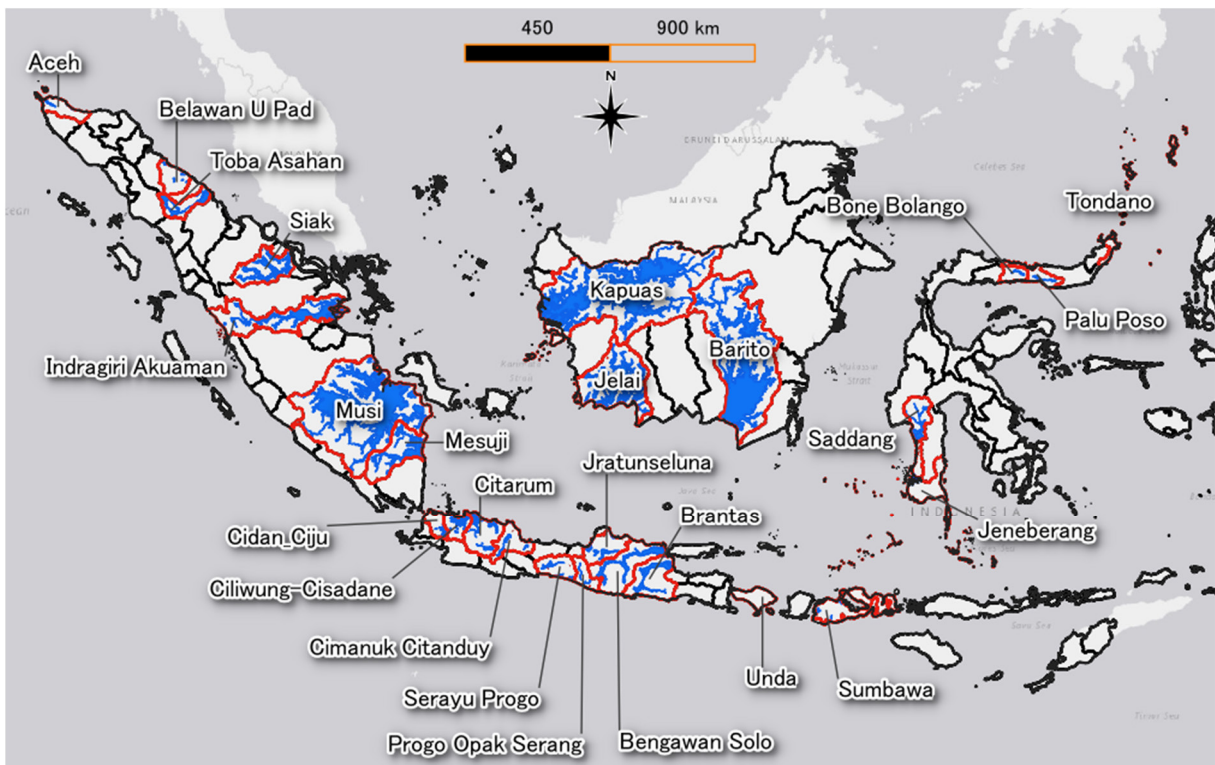
GFM と LFM とを重ね合わせた氾濫域を表 3.2-8 および図 3.2-6 に示す。

表 3.2-8 氾濫域の設定 (GFM+LFM)





出典：GFMとLFMsを用いてJICA調査団作成



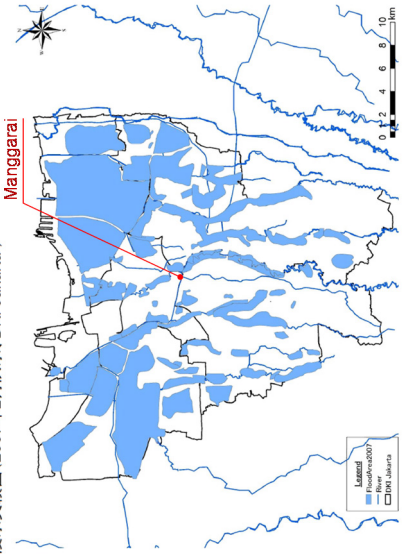
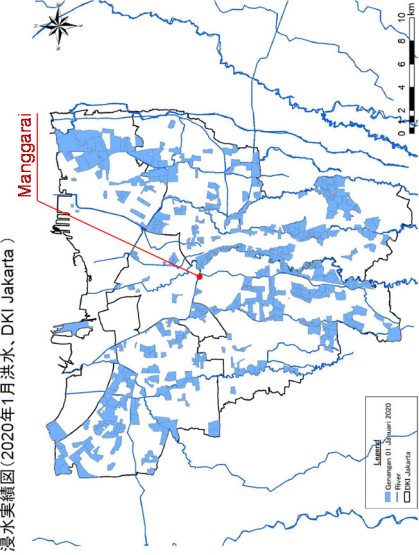

出典：JICA調査団作成

図 3.2-6 対象 26 流域の氾濫リスク域図

(4) 設定氾濫域の妥当性の検証

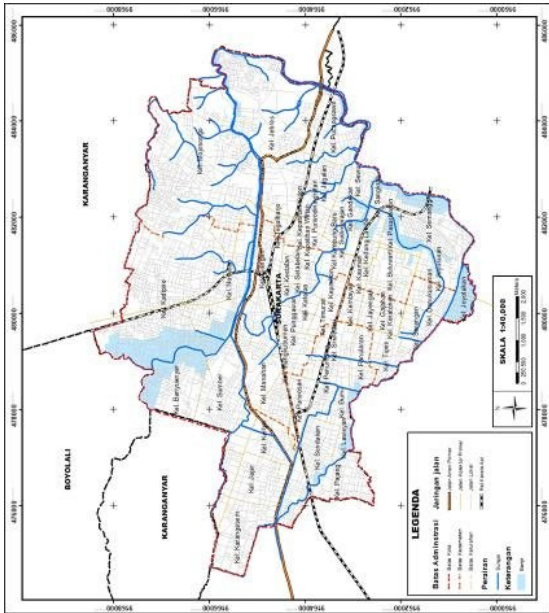
洪水ハザードマップおよび実績浸水図と設定した氾濫域を比較して、設定した氾濫域の妥当性を検証した（表 3.2-9）。結果として、設定した氾濫域は、氾濫実績の再現性が高いと考えた。

表 3.2-9 実績浸水図と設定氾濫域の比較

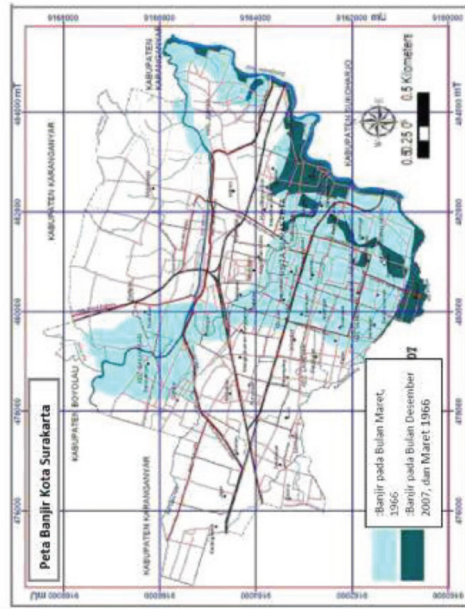
流域	実績浸水図	設定氾濫域
Ciliwung- Cisadane	<p data-bbox="272 1697 300 1850">DKI Jakarta</p>  <p data-bbox="316 1384 343 1697">浸水実績図 (2007年2月洪水、DKI Jakarta)</p> <p data-bbox="735 1420 762 1850">Ciliwung (全流域) 確率年：1/10～1/20</p> <p data-bbox="762 1335 790 1850">Ciliwung (Manggarai 上流) 確率年：1/10～1/20</p>  <p data-bbox="810 1384 837 1697">浸水実績図 (2020年1月洪水、DKI Jakarta)</p> <p data-bbox="1235 1420 1262 1850">Ciliwung (全流域) 確率年：1/10～1/20</p> <p data-bbox="1262 1344 1289 1850">Ciliwung (Manggarai 上流) 確率年：1/5～1/10</p> <p data-bbox="1331 1057 1385 1800">出典：ジャカルタ地盤沈下対策＜洪水対策＞追加業務＞JICA PROJECT TEAM (2020.12.17)</p>	

Bengawan
Solo

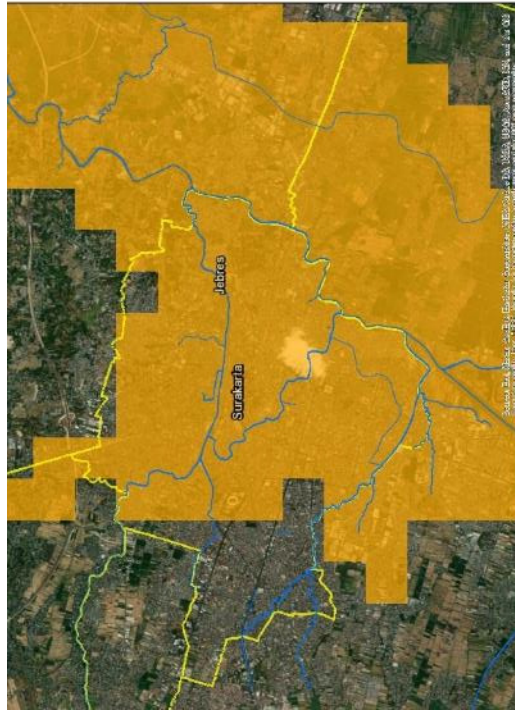
Surakarta City
 浸水実績図 (2016)



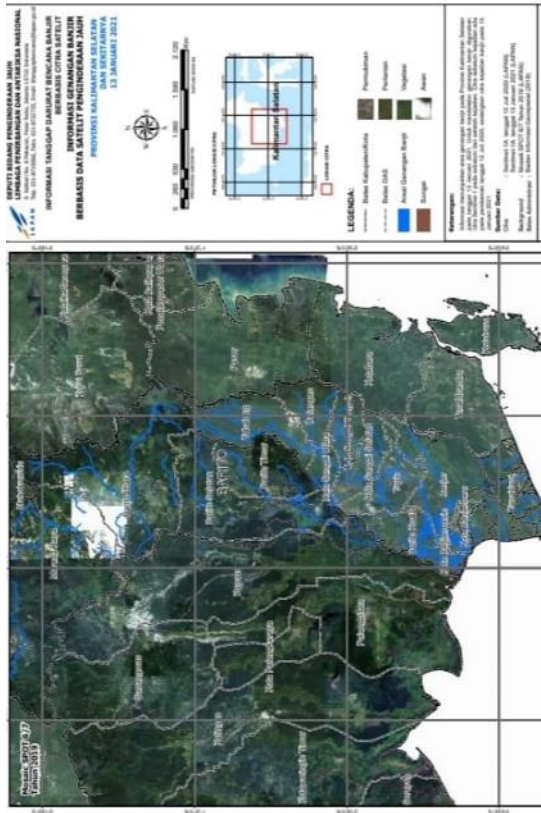
浸水実績図 (1966&2007.12)



出典 : A A S Pramitha et al., REGION: Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif, Vol. 15(1) 2020, 1-15,
 Pembelajaran penanggulangan bencana banjir di tiga daerah



Barito



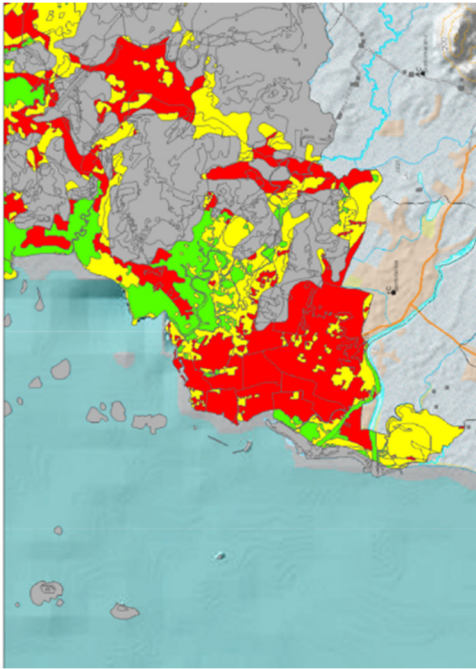
*LAPAN(インドネシア国立航空宇宙研究所)により推定した浸水域
 出典：Banjir di Kalsel, LAPAN Temukan Terjadi Perubahan Penutup Lahan yang
 Signifikan



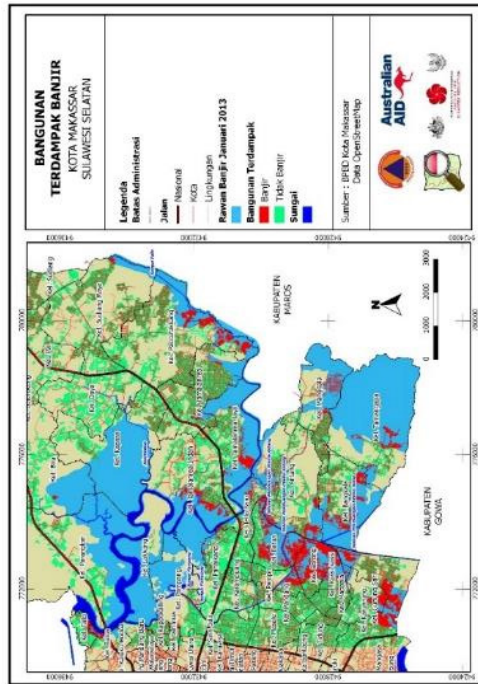
Jeneberang

Macassar City
 Hazard Map

Peta Rawan Banjir Kota Makassar <http://makassar.indonesia.go.id>



浸水実績 (2013.1)

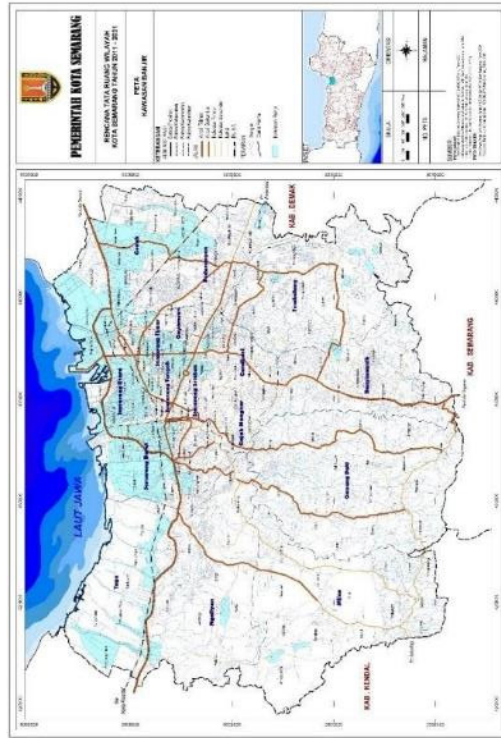
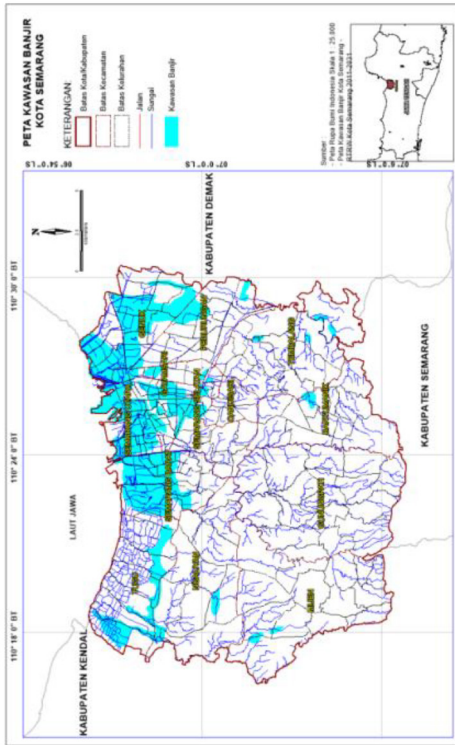


出典 : <https://portal.ina-sdi.or.id/portal/apps/webappviewer/index.html?id=7bfa237ff6d54c5ebc2691cabd884137>
<https://openstreetmap.id/wp-content/uploads/2013/10/Bangunan-terdampak-banjir-filks.jpg>



Jratunseluna

Semarang City
 浸水実績図 (1966&2007.12)



出典 : https://www.researchgate.net/publication/321337131_RELOKASI_PENDUDUK_TERDAMPAK_BANJIRROB_DI_KOTA_SEMARANG
https://www.researchgate.net/figure/Map-of-Semarang-City-Flood-Area-Source-BAPPEDA-Kota-Semarang-2011_fig1_337705890



3.2.6. 1次スクリーニング

被害ポテンシャルの高い流域を選定するため、以下の3項目について、B)またはC)かつA)とし26流域を選定した。

- A) インドネシア国政府が考える重要な流域：
- B) PUPR が、優先順位が高いと考える 15 河川流域：
- C) JICA がこれまでに支援を実施した流域（MP 策定、事業実施等）：

(1) インドネシア国政府が考える重要な流域

2012 年の大統領令 (第 12 号) では、合計 7,983 の河川流域 (図 3.2-7) が 131 の河川流域 (WS) に分類され、その後、2015 年公共事業・住宅大臣令によって 128 河川流域に再編成された (図 3.2-8)。この 128 河川流域は、下表の 5 クラスに分類されている。このうち、A1 の 5 流域は国際河川であるため除外し、重要度の高い A2 および A3 流域を選定する。

表 3.2-10 河川流域区分

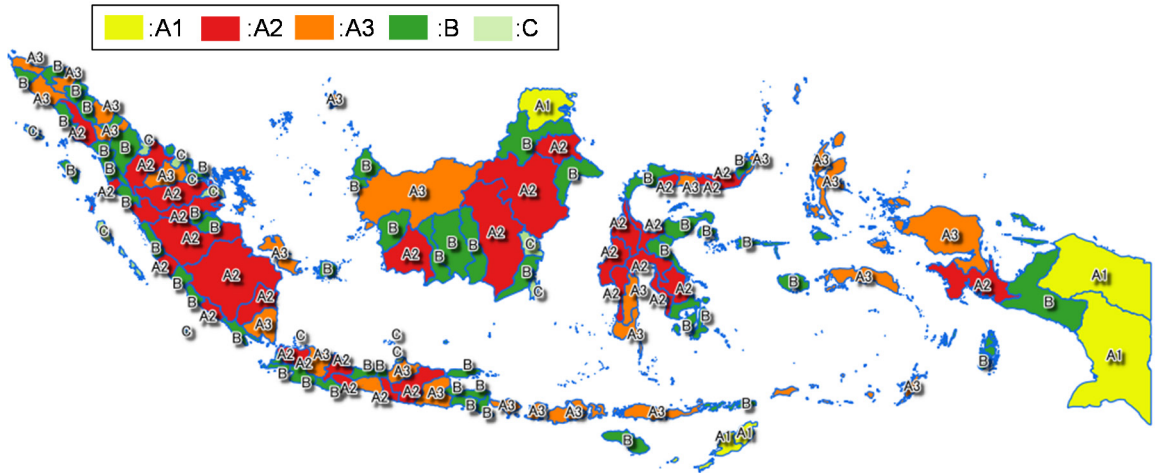
クラス	定義	流域数
A1	国際河川 (Transboundary)	5 河川流域
A2	複数州に跨る河川 (Multi-Province)	31 河川流域
A3	国家戦略河川 (National Strategic)	28 河川流域
B	州が管轄 (Province)	52 河川流域
C	都市管轄 (City)	12 河川流域

出典：128 River Basin Organizations (RBO)



出典：128 River Basin Organizations (RBO)を用いて JICA 調査団作成

図 3.2-7 2012 年時の 7,983 流域

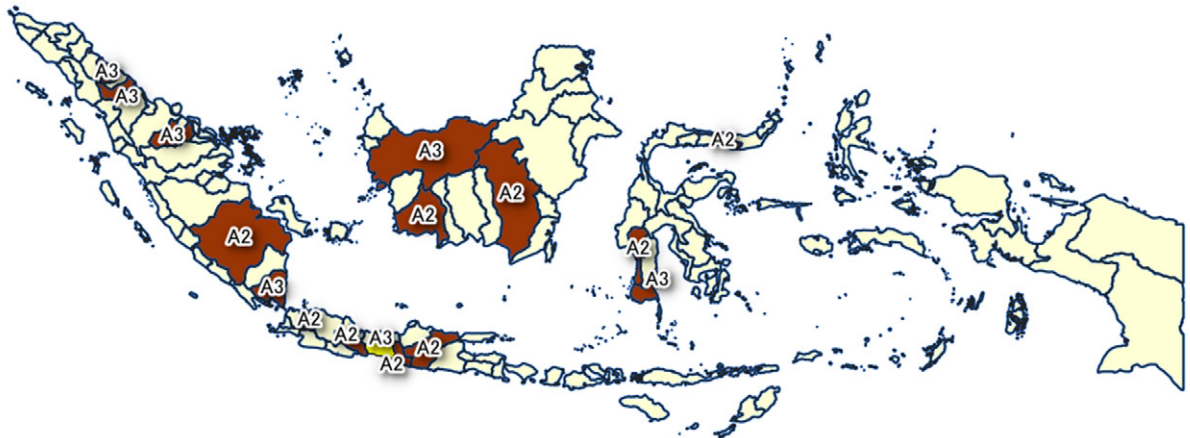


出典：128 River Basin Organizations (RBO)を用いて JICA 調査団作成

図 3.2-8 2015 年大臣令における 128 河川流域とクラス分類

(2) PUPR の優先 15 流域

国家中長期計画（Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019）（大統領令 No.2/2015）において、水資源管理及び治水（災害）の目的で、PUPR の 15 優先流域が選定されている。環境林業省は、「優先流域は、土地の状態、水文学、社会的側面、投資、および地域開発政策に基づく流域であり、その取り扱いにおいて優先する必要がある」流域として、PUPR と同じ 15 流域を選定している。これら 15 流域は、いずれも A2 及び A3 流域である。

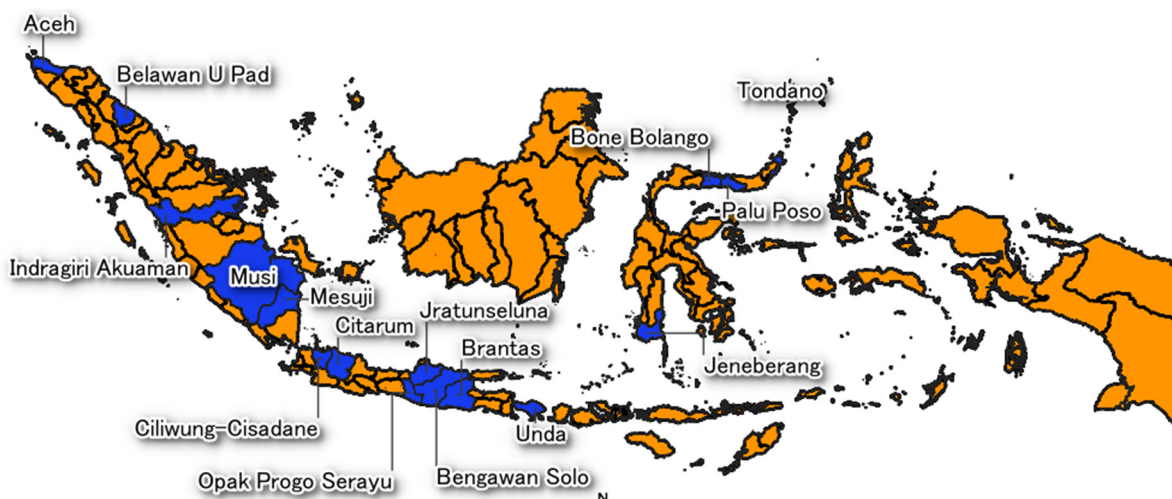


出典：大統領令 No.2/2015 に基づき JICA 調査団作成

図 3.2-9 PUPR の優先河川流域位置図（インドネシア）

(3) JICA がこれまで支援した流域：

JICA がこれまで支援を実施した流域は、図 3.2-10 に示す 21 流域である。これらの流域は被害ポテンシャルが高く、支援ニーズも高いと考えた。このうち、16 流域はクラス A2 と A3 であり、5 流域はクラス B である。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-10 JICA がこれまで支援してきた河川流域位置図（■が対象河川流域）

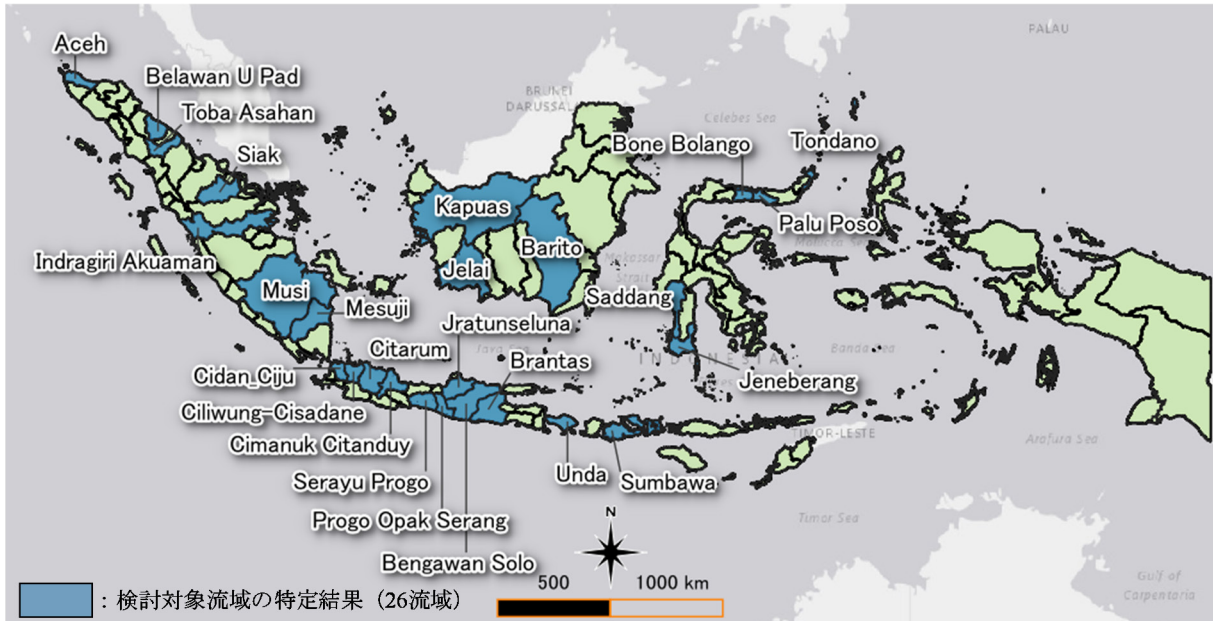
(4) 検討対象流域の選定結果

前項 (1) ～ (3) の検討結果を踏まえ、表 3.2-11 および図 3.2-11 の 26 流域を選定した。

表 3.2-11 1次スクリーニング結果

流域名	流域面積
	km ²
Ciliwung-Cisadane	5,294
Brantas	15,700
Musi-Sughan-Banyuasin-Lemau	91,845
Bengawan Solo	18,781
Barito	80,490
Citarum	11,439
Kapuas	103,158
Indragiri-Akuaman	26,320
Siak	13,987
Jeneberang	5,859
Jratunseluna	9,137
Cimanuk-Cisanggarung	7,641
Toba - Asahan	4,128
Serayu-Bogowonto	7,182
Saddang	11,591
Mesuji-Tulang Bawang	17,035
Belawan-Ular-Padang	7,026
Jelai-Kendawangan	33,153
Progo-Opak -Serang	4,884
Limboto - Bolango - Bone	22,310
Cidanau-Ciujung-Cidurian	4,128
Acch-Meureudu	5,859
Paguyaman	11,855
Sumbawa	13,142
Bali - Penida	4,719
Tondano-Sangihe-Talaud-Miangas	3,926

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-11 1次スクリーニング選定結果

3.2.7. 2次スクリーニング

1次スクリーニングで選定された26流域を対象に、流域ごとの氾濫域内GDP(2020年)を算出し、洪水リスクポテンシャルを評価した(表3.2-12)。氾濫域内人口およびそれらの増加率も算出した。氾濫域内GRDPがGDP20億ドル以上の流域を対象に優先度を評価し、結果として、11流域を抽出した。11流域で算出した氾濫域内GDPは、26流域の氾濫域内GDPの合計の94%を占める。

表 3.2-12 検討対象流域の選定結果（2次スクリーニング）

River Basin	Basin area km2	Flood area (EL<5m) km2	Damage Potential							
			Pop in flood area (2020)		Pop growth in area (2010-2020)		GDP in flood area (2020)		GDP growth in flood area (2010-2020)	
			People	rank	%	rank	mil.USD	rank	%	rank
Ciliwung-Cisadane	5,294	1041	9,960,578	1	22.5%	5	124,069	1	76.8%	5
Brantas	15,700	2651.67	4,890,042	2	16.5%	11	19,733	2	78.4%	4
Musi-Sugihan-Banyuasin-Lemau	91,845	31608.18	4,081,832	3	7.0%	20	14,946	3	51.9%	14
Bengawan Solo	18,781	3374.32	3,802,374	4	4.7%	21	13,173	4	51.8%	15
Barito	80,490	29302.69	2,641,157	6	10.9%	16	8,280	5	46.1%	18
Citarum	11,439	1881.79	2,805,413	5	18.5%	8	8,173	6	64.6%	8
Kapuas	103,158	39970.64	2,051,593	7	12.0%	14	5,374	7	50.5%	16
Indragiri-Akuaman	26,320	7271.06	857,376	10	26.0%	4	4,989	8	32.9%	25
Siak	13,987	3829.97	673,301	11	46.2%	1	4,627	9	44.1%	19
Jeneberang	5,859	238.22	1,176,096	8	20.5%	6	4,316	10	108.1%	2
Jratunseluna	9,137	811	1,057,112	9	8.9%	17	2,551	11	37.1%	24
Cimanuk-Cisanggarung	7,641	1881.79	632,321	12	2.1%	24	1,828	12	41.4%	20
Toba - Asahan	4,128	1327.74	473,745	14	18.3%	9	1,712	13	68.9%	7
Serayu-Bogowonto	7,182	473.29	605,584	13	11.9%	15	1,465	14	41.0%	21
Saddang	11,591	1412.11	376,163	16	1.3%	25	1,374	15	74.2%	6
Mesuji-Tulang_Bawang	17,035	4714.04	431,245	15	8.0%	19	1,263	16	53.8%	13
Belawan-Ular-Padang	7,026	413.33	274,821	17	8.3%	18	981	17	54.6%	11
Jelai-Kendawangan	33,153	9957.85	240,075	19	44.3%	3	819	18	101.3%	3
Progo-Opak -Serang	4,884	168.78	245,101	18	16.6%	10	615	19	54.2%	12
Limboto - Bolango - Bone	22,310	208.91	211,642	20	46.0%	2	490	20	129.9%	1
Cidanau-Ciujung-Cidurian	4,128	258.48	141,936	22	3.3%	22	433	21	39.8%	23
Aceh-Meureudu	5,859	188.62	162,546	21	13.5%	12	389	22	22.3%	26
Paguyaman	11,855	234.83	39,938	23	-6.2%	26	93	23	47.2%	17
Sumbawa	13,142	154.83	21,626	24	19.3%	7	39	24	39.9%	22
Bali - Penida	4,719	4.72	11,281	25	12.7%	13	36	25	58.6%	9
Tondano-Sangihe-Talaud-Miagas	3,926	22.73	9,424	26	2.3%	23	33	26	56.8%	10

出典：JICA 調査団作成

3.2.8. 3次スクリーニング

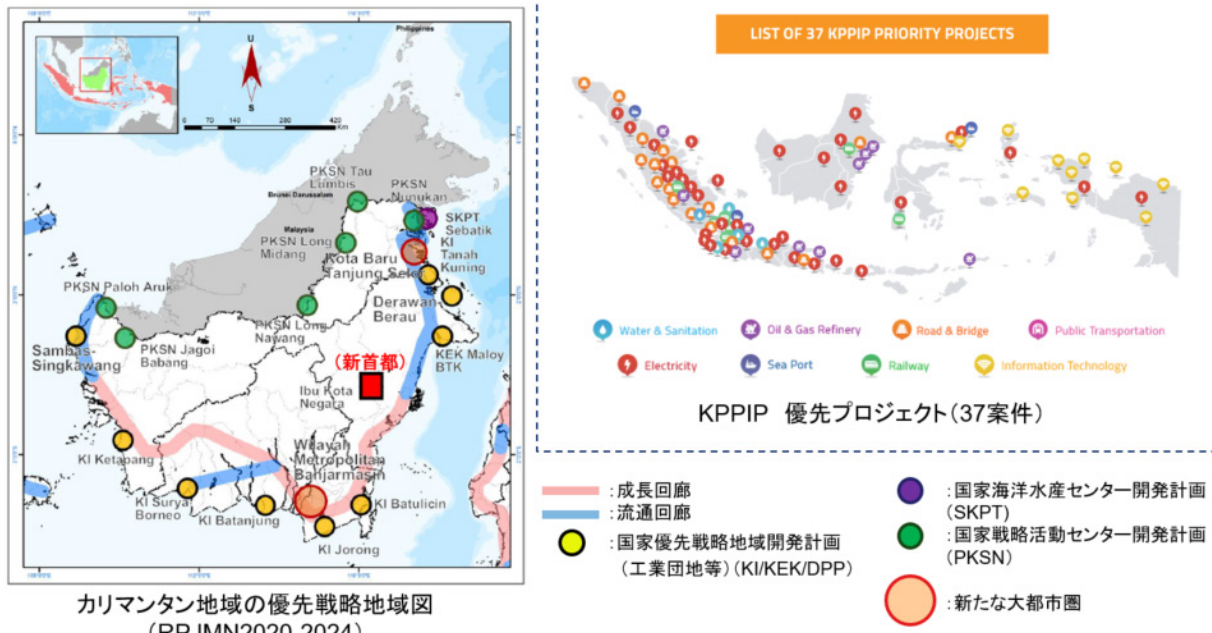
(1) 優先流域の選定方針

投資効果が期待できる流域を選定するため、2次スクリーニングで選定された11流域から対策を優先すべき流域を選定する。選定の基準は氾濫域内GDPを基本とするが、事業の必要性を考慮するため、以下の補助指標を整理した。

- 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

また、将来の洪水リスク増を踏まえ、開発計画等も選定材料として整理を行った（3次スクリーニングにあたって、参考までに国家レベルの都市開発計画を確認した）。都市開発計画については、以下の2種類の計画を基に、対象流域内における都市開発計画の状況を整理した。国家中期開発計画における地域における中核的位置づけや回廊軸としての位置づけの有無、また、国家戦略プロジェクトにおける優先プロジェクトの有無等の確認を行った。検討例を図3.2-12に示す。

- ・ Kementerian PPN/Bappenas：Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024（国家中期開発計画（以下 RPJMN2020-2024））
- ・ KPPIP（Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas）：国家戦略プロジェクトにおける優先プロジェクト



カリマンタン地域の優先戦略地域図 (RPJMN2020-2024)

出典：RPJMN2020-2024 及び KPIP を用いて JICA 調査団作成

図 3.2-12 国家中期開発計画および国家戦略プロジェクトにおける優先プロジェクト

また、RPJMN2020-2024 (国家中期開発計画) における「新たな大都市圏」として図示されるエリアに該当する既成市街地と氾濫原との重なり合いと、「新たな大都市圏」として図示されるエリアに該当する都市を確認した。そして、国家優先戦略地域開発計画 (KI/KEK/DPP) の詳細な計画地と、氾濫原の重なり合いを確認した。検討結果を表 3.2-13 に示す。

表 3.2-13 新たな大都市圏や国家優先戦略地域開発計画と氾濫域との関連性

流域	新たな大都市圏での浸水	都市名 (既存都市)	国家優先戦略地域開発計画 (KI/KEK/DPP) での浸水
2.Brantas	● (一部)	スラバヤ : 州都 Surabaya	KEK Singhasari : ○ (非浸水) Kawasan Selingkar wilis : ● (一部)
3.Musi Sug Ban Lem	● (全域)	パレンバン : 州都 Palembang	KI Tanjung Enim : ● (全域) KEK Tanjung Api-Api : ● (全域)
4.Bengawan Solo	● (全域)	グレンシック : 地区の首都 Gresik	(該当なし)
5.Barito	● (全域)	バンジャルマシン : 州都 Banjarmasin	(該当なし)
6.Citarum	● (半分程度)	バンドン : 州都 Bandung	Bandung-Halimun-Ciletuh : ● (一部) ※DPP(優先観光)を構成する一部の地域が浸水想定
12.Iratunseluna	● (半分程度)	スマラン : 州都 Semarang	(該当なし)
20.Jeneberang	● (全域)	マカッサル : 州都 Makassar	KI Takalar : ○ (非浸水) Selayar-Makassar-Toraja : ● (一部) ※DPP(優先観光)を構成する一部の地域が浸水想定

出典：JICA 調査団作成

(2) 11 流域の概要

11 流域の調査結果の概要および補助指標の検討結果を以下に示す。

1) Ciliwung-Cisadane

Ciliwung-Cisadane 流域は、流域面積：5,294 km² 氾濫域面積：1,041 km² 氾濫域内人口：996 万人 氾濫域内 GDP：124,069 Million USD。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
日本支援等により支援実施済。地盤沈下・気候変動影響を考慮した事業が必要。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
MP あり/見直しが必要。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
JICA 協力準備調査予定（円借款、ブカシ川、チサダネ川、ジャカルタ内水対策）。

表 3.2-14 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-14 Ciliwung-Cisadane 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	—

2) Brantas

Brantas 流域は、流域面積：15,700 km² 氾濫域面積：2,652 km² 氾濫域内人口：489 万人 氾濫域内 GDP：19,733 Million USD。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
日本支援により部分的な整備を実施済、気候変動を考慮した支川築堤等が必要。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
MP あり、見直しが必要。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
「ブランタス川流域におけるスタミダム再生事業準備調査」を実施中。

表 3.2-15 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-15 Brantas 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	—

3) Musi-Sugihan-Banyuasin-Lemau

Musi-Sugihan-Banyuasin-Lemau 流域は、流域面積：91,845 km² 氾濫域面積：31,608 km² 氾濫域内人口：408 万人 氾濫域内 GDP：14,946 Million USD。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
日本支援により部分的な整備を実施中、内水対策、道路嵩上、河川浚渫等対策が必要。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
治水 M/P 策定に関する情報は得られていないが、MP 未策定と考えられる。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
WB、ADB 等の支援が予定されている。

表 3.2-16 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-16 Musi-Sugihan-Banyuasin-Lemau 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	—

4) Bengawan Solo

Bengawan Solo 流域は、流域面積：18,781 km² 氾濫域面積：3,374 km² 氾濫域内人口：380 万人 氾濫域内 GDP：13,173 Million USD。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
日本支援と地元独自で複数の事業を実施完了。残事業あり。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
治水 M/P はあるが、見直しが必要。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
地元政府による整備予定があるものの、他ドナーによる支援予定はなく、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.2-17 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-17 Bengawan Solo 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	他ドナー支援予定なし、流域内 GDP が高く優先流域に選定

5) Barito

Barito 流域は、流域面積：80,490 km² 氾濫域面積：29,302 km² 氾濫域内人口：264 万人 氾濫域内 GDP：8,280 Million USD。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
治水事業に関する情報は得られていないが、事業は未実施と考えられる。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
治水 M/P 策定に関する情報は得られていないが、MP 未策定と考えられる。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
他ドナーによる支援予定はなく、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.2-18 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-18 Barito 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	他ドナー支援予定なし、流域内 GDP が高く優先流域に選定

6) Citarum

Citarum 流域は、流域面積：11,439 km² 氾濫域面積：1,881 km² 氾濫域内人口：281 万人 氾濫域内 GDP：8,173 Million USD。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
日本支援と地元独自で事業を実施しているが、残事業あり。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
MP はあるが見直しが必要と考えられる。

③ 日本の支援の必要性・有効性

セクターローン終了後、新規の日本支援による治水事業の余地がある。地元による整備は行われている。

表 3.2-19 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-19 Citarum 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

7) Kapuas

Kapuas 流域は、流域面積：103,158 km² 氾濫域面積：39,970 km² 氾濫域内人口：205 万人
氾濫域内 GDP：5,374 Million USD。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

治水事業に関する情報は得られていないが、事業は未実施と考えられる。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

治水 M/P 策定に関する情報は得られていないが、MP 未策定と考えられる。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB 支援予定。

表 3.2-20 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-20 Kapuas 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	—

8) Indragiri-Akuaman

Indragiri-Akuaman 流域は、流域面積：26,320 km² 氾濫域面積：7,271 km² 氾濫域内人口：86 万人
氾濫域内 GDP：4,989 Million USD。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援により部分的な整備を実施完了。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

POLA で策定されており、海岸保全、砂防ダム等整備が予定されている。

③ 日本の支援の必要性・有効性

JICA 支援予定（セクターローン）。

表 3.2-21 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-21 Indragiri-Akuaman 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	△
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	—

9) Siak

Siak 流域は、流域面積：13,987 km² 氾濫域面積：3,830 km² 氾濫域内人口：67 万人 氾濫域内 GDP：4,627 Million USD。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

治水事業に関する情報なし。州都 Pekanbaru は河川氾濫を受ける。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

治水 M/P 策定に関する情報なし。

③ 日本の支援の必要性・有効性

ADB 等支援あり、JICA 支援予定（セクターローン）。

表 3.2-22 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-22 Siak 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	—

10) Jeneberang

Jeneberang 流域は、流域面積：5,859 km² 氾濫域面積：238 km² 氾濫域内人口：118 万人 氾濫域内 GDP：4,316 Million USD。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
Taro 川等は事業実施なし。日本支援により Jeneberang 本川下流部等の事業を実施完了。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
Taro 川は MP なし、本川は MP 策定済/見直し中。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
Taro 川は他ドナー支援予定無、地元整備予定無し。本川は JICA 円借款案件形成中（ビリビリダム再生）。

表 3.2-23 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-23 Jeneberang 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定。

11) Jratunseluna

Jratunseluna 流域は、流域面積：9,137 km² 氾濫域面積：811 km² 氾濫域内人口：105 万人 氾濫域内 GDP：2,551 Million USD。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
日本支援および地元により部分的な整備を実施完了、残事業あり。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
F/S 策定済、一部見直しが必要。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
JICA 円借款案件形成中（クドゥオンボダム再生）であるが利水を対象としたものであり、治水を対象とした他ドナーの支援予定はなく、日本支援の余地がある。

表 3.2-24 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.2-24 Jratunseluna 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 MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

(3) 5 流域の抽出

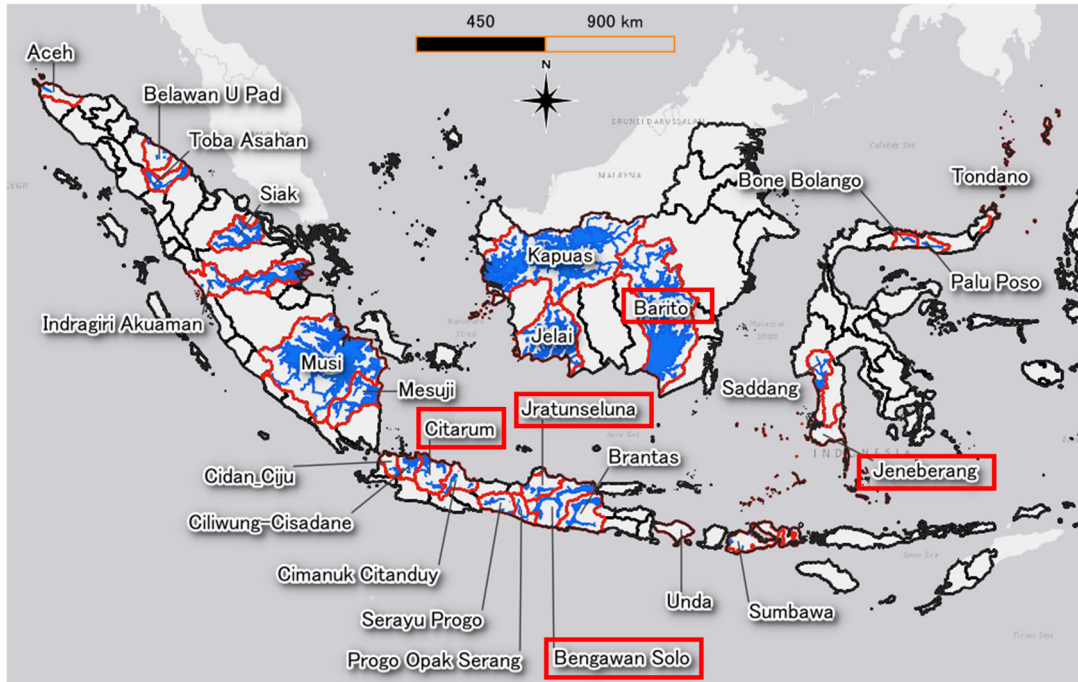
以上の検討を踏まえ、2次スクリーニングで選定した上位11流域について、事業ニーズ、MP策定ニーズ、支援ニーズから優先して治水事業を実施すべき5流域を選定した(表3.2-25および図3.2-13)。また、選定5流域の事業ニーズ等の詳細を表3.2-26に整理した。なお、優先流域を検討した際の課題事項・留意点を以下の通り整理する。

- GFMの氾濫域は整備水準が未考慮という点などで課題がある。氾濫リスク域内の人口・GDPは「これまで実施してきた事業の効果」という面も含んでいると考えられる。
- 氾濫リスク域内の人口・GDPが被害ポテンシャルを含んだ評価である点は前提としつつも、JICAや他ドナーのレポート、POLA/Rencana等の確認により、事業実施可能性やニーズ(整備状況等)を検討した。
- インドネシアの既往MPでの対象計画規模は5年～20年確率規模と非常に小さい河川・流域が多い。このため、気候変動の影響なども考慮すると、MPの見直しやMPに則った治水事業の更なる推進が必要である可能性もある。

表 3.2-25 優先5流域の選定(3次スクリーニング)

地域	氾濫域内GDP		都市	選定	① 既往事業の進捗からみた事業必要性	② MP策定の必要性・緊急性	③ 日本の支援の必要性・有効性
	GDP2020 (mil.US\$)	GDP %					
Ciliwung-Cisadane	124,069	11.4	Jakarta	○	日本支援等により整備を実施済、地盤沈下・気候変動影響を考慮した事業が必要 2007.2洪水(1/10～1/20)、2020.1洪水(1/10～1/20)有	○ MPあり/見直しが必要	△ JICA協力準備調査予定(円借款、プカシ川、チサタネ川、ジャカルタ内水対策)
Brantas	19,733	1.8	Surabaya	○	日本支援により部分的な整備を実施済、気候変動を考慮した支川築堤等が必要 2020.12洪水	○ MPあり/見直しが必要	△ 「ブラントス川流域におけるスタミダム再生事業準備調査」を実施中
Musi-Sugihan-Banyuas-Lemau	14,946	1.4	Palembang	○	日本支援により部分的な整備を実施済、内水対策、道路高上、河川浚渫等対策が必要。	○ MPなしと考えられる	△ ADB、WB等支援あり
Bengawan Solo	13,173	1.2	Gresik	○	日本支援+地元独自で複数の事業を実施完了 残事業あり 2021.2洪水、2016.6洪水、2007.12洪水有	○ MPあり/見直しが必要	◎ ドナー支援予定無 △ 地元整備予定あり
Barito	8,280	0.8	Banjar	○	◎ 治水事業実施なしと考えられる。 2021.1.15洪水有大統領が現地視察	MPなし ◎ 新規でM/Pの策定が必要	◎ 他ドナー支援予定無 ○ 地元整備予定なし
Citarum	8,173	0.8	Bandung	○	日本支援により多くの事業を実施完了 残事業あり 2021.2.23洪水有	○ MPあり/見直しが必要	○ セクターローン終了後支援予定無 △ 地元整備予定あり
Kapuas	5,374	0.5	Pontianak	○	治水事業実施なしと考えられる。	○ MPなしと考えられる	△ WB支援予定
Indragiri-Akuaman	4,989	0.5	Padang	○	日本支援により部分的な整備を実施完了	△ MPあり	△ JICA支援予定(セクターローン)
Siak	4,627	0.4	Pekanbaru	○	治水事業実施なしと考えられる。	○ MPなしと考えられる	△ ADB等支援有 △ JICA支援予定(セクターローン)
Jeneberang	4,316	0.4	Makassar	○	◎ Taro川は事業実施なし ※日本支援により本川下流部整備は完了、さらなる支援予定あり 2019.1洪水有	◎ MPなし(Taro川) ※本川は策定済/見直し中	◎ 他ドナー支援予定無 ○ 地元整備予定なし無(Taro川) ※本川はJICA円借款案件形成中(ピリピリダム再生)
Jratunseluna	2,551	0.2	Semarang	○	日本支援+地元独自で部分的に整備を実施完了 残事業あり 2021.2.23洪水、2021.1.17洪水有	△ M/P・F/S策定済(2016年) ○ 一部見直しが必要	◎ 他ドナー支援予定無 △ 地元整備予定あり ※JICA円借款案件形成中(クドゥンボダム再生(利水))

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-13 優先 5 流域位置図

表 3.2-26 優先 5 流域の事業ニーズ、MP 策定ニーズ、支援ニーズ

地域	氾濫域内GDP		主要都市	評価	① 既往事業の進捗からみた事業必要性	② MP策定の必要性・緊急性	③ 日本の支援の必要性・有効性
	GDP2020 (mil.US\$)	GDP %					
Bengawan Solo	13,173	1.2	Gresik	△	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日本支援 + 地元独自で複数の事業を実施完了 残事業あり 2021.2洪水、2016.6洪水、2007.12洪水有 	<ul style="list-style-type: none"> ○ MPあり / 見直しが必要 ・既往検討の数値・根拠が不明確なため、既往検討の整理・再評価が必要。 ・地元政府の事業計画の状況を把握した上で、費用対効果や効果発現時期等も勘案し、事業の優先順位を含めた検討が必要。 ・超過洪水時の対応や、非構造物対策についても検討が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 他ドナー支援予定無 △ 地元整備予定あり ※ICHARMが「統合的気候モデル高度化研究プログラム」で検討中
Barito	8,280	0.8	Banjarmasin	◎	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 治水事業実施なし 2021.1.15洪水有 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ MPなし 新規でM/Pの策定が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 他ドナー支援予定無 ○ 地元整備予定なし ※地元政府がダム検討着手との報道あり
Citarum	8,173	0.8	Bandung	△	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日本支援により多くの事業を実施完了 残事業あり（ロングリスト事業含む） 2021.2.23洪水有 	<ul style="list-style-type: none"> ○ MPあり / 見直しが必要 ・将来の都市計画を考慮（B/Cが高くなる）。 既にチサンクイ川放水路分がDayeuh Kolotに流入しており、これに伴う流量配分の見直し。 ・氾濫許容エリアを現行の土地利用を踏まえ見直し。 ・Dayeuh Kolotより上流は氾濫許容・遊水地貯留により50年確率を実現。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ セクターローン終了後予定無 △ 地元整備予定あり
Jeneberang	4,316	0.4	Makassar	◎	<ul style="list-style-type: none"> ◎ Taro川は事業実施なし ※日本支援により本川下流部等の整備は完了 2019.1洪水有 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ MPなし（Taro川） ・マカッサル市街および周辺地域の洪水を抑制し、市街の東側発展の基盤を創出。 ・Tallo川の基本高水流量のうち、約半分を河道で、残り半分を上流の貯留で分担。 ・Tallo川下流の低平地は適切に開発規制し保全。 マカッサル市街の排水対策を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 他ドナー支援予定 ○ 地元整備予定なし無（Taro川） ※Jeneberang本川はJICA円借款案件形成中（ビリビリダム再生）
Jratunseluna	2,551	0.2	Semarang	○	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日本支援 + 地元独自で部分的に整備を実施完了 残事業あり 2021.2.23洪水、2021.1.17洪水有 	<ul style="list-style-type: none"> △ M/P・F/S策定済（2016年） ○ 一部見直しが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 他ドナー支援予定無 △ 地元整備予定あり ※JICA円借款案件形成中（クドゥオンボダム再生）

注：評価欄は 5 流域の中での治水事業実施優先度を評価したものである。

出典：JICA 調査団作成

3.2.9. 治水対策の方向性

(1) 全国の流域の概要

インドネシア国では明確な雨期と乾期が見られ、12月から3月までが雨期となる。大きな洪水は、この時期に集中して発生しているが、近年では、気候変動等の影響によりこの時期以外の洪水も発生している。

インドネシア国で流域面積が大きい河川はカリマンタン、スマトラ、パプアの3島のいずれかに存在する。しかし実際に洪水が問題となるのは、人口・資産が集中するジャワ島などの都市部を流れる河川である。これらは河川としての規模は相対的に小さいが、それらがもたらす洪水は首都ジャカルタ、あるいは州都や地方中核都市に大きな被害を与え、地域の社会経済に深刻な影響を与えている。洪水が問題となっている都市としては、ジャワ島のジャカルタ、バンドン、スマラン、スラバヤ、スラウェシ島のマナド、ゴロンタロ、マカッサル、スマトラ島のメダンなどが挙げられる。これらの都市では必ずしも大河川の外水洪水だけが洪水要因とはならず、中小河川による洪水や排水不良による内水氾濫も洪水の要因となっている。

気候変動影響も深刻であり、これまで大きな洪水被害が生じていなかった河川流域や都市において被害が発生したり、治水事業が進捗した流域でも計画規模を超える洪水が発生しており、例えば Jeneberang 川では計画規模の見直しに向けた検討が行われている。

過剰な地下水揚水による地盤沈下の問題を抱える都市も多く、このことが浸水被害をさらに深刻化している。地盤沈下の解決のためには地下水の代替水源を開発・確保する必要がある。沿岸部の都市では、高潮と河川洪水の同時生起による被害の深刻化も問題となっている。

さらに、インドネシア国における治水対策を困難としている要因として、土砂流出・堆積の問題が挙げられる。インドネシア国では地質特性から土砂生産量が大きい河川・流域が多く、故に河川改修、河道掘削を行っても河床が上昇して流下能力が低下する。この問題の解決のためには、上流部における土砂流出対策を講じる必要があるが、土砂発生域が広大で対策のための費用・労力が大きいこと、治水を管轄する部署と所管が異なること、対象が民地であることが多いことなどが要因となり、対策は遅々として進んでいない。

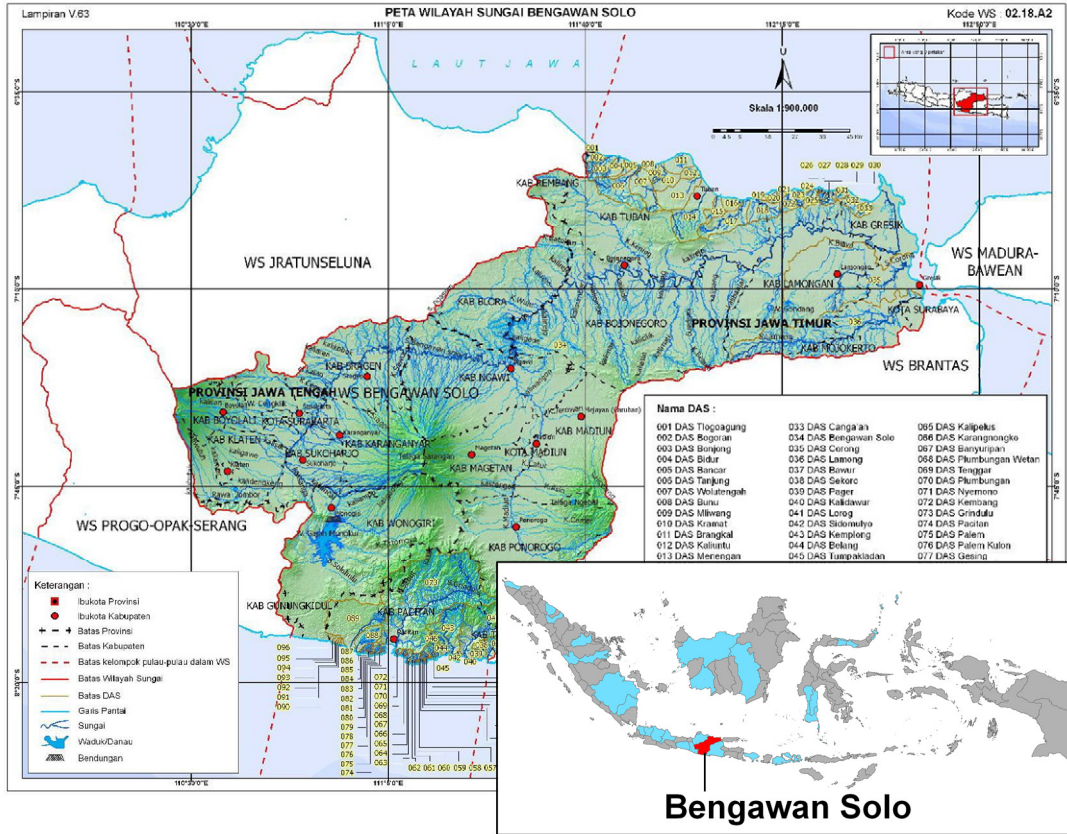
(2) 優先流域の考え方

前節で選定した優先5流域は、氾濫域内 GDP の上位流域であり、事業ニーズ、MP 策定ニーズ、支援ニーズがある流域を選定した。いずれの流域も事業ニーズはあったが、支援ニーズが低い流域、すなわち既に JICA が支援を決めていたり、ADB、WB 等他ドナーの支援予定がある流域は優先流域から除外した。

(3) Bengawan Solo

1) 流域の概要および課題

Bengawan Solo 流域の流域図を図 3.2-14 に示す。

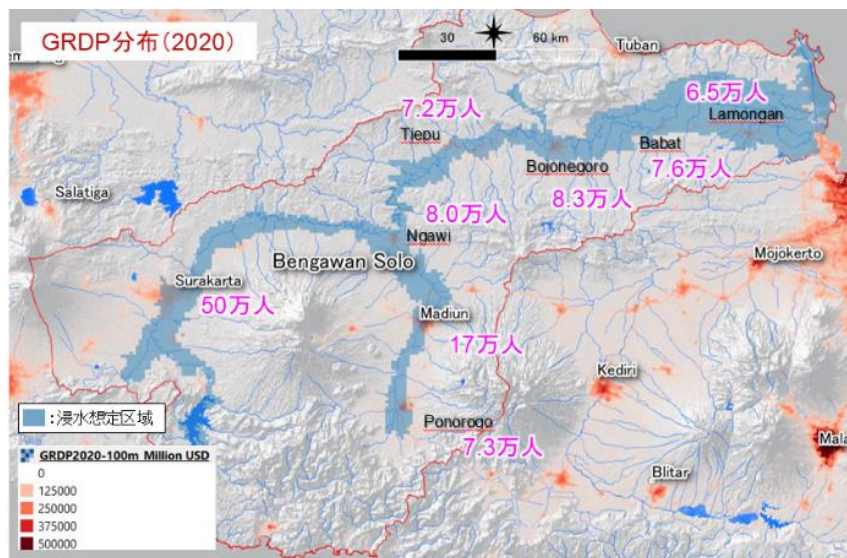


出典：PUPR 流域図より JICA 調査団作成

図 3.2-14 Bengawan Solo 流域図

a) 氾濫域内 GDP

Bengawan Solo 流域の氾濫域内 GDP は 13,173 million USD (2020 年) と算出された。これは同国の GDP の 1.2%にあたる。Surakarta や Madiun、Ponorogo、Ngawi、Tjepu、Bojonegoro、Babat、Lamongan といった都市が浸水想定区域内に位置している。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-15 Bengawan Solo 流域における氾濫域内 GDP 分布

b) 過去の洪水被害

Bengawan Solo 流域における主な洪水被害は、下表に示す通り。

表 3.2-27 過去の洪水被害一覧 (Bengawan Solo)

ソロ川上流	<ul style="list-style-type: none"> 2008年12月の大雨によって、スラカルタの洪水の深刻な影響を受けた家屋は511戸、1,637人¹¹ スラカルタでは2013～2015年にかけて毎年洪水被害 2016.6.7大雨によりスラカルタ市内で50cm～1m程度の浸水が複数箇所発生し、計2000人程度の住民が避難した¹²。 2020.2.3大雨により Bengawan Solo 川が氾濫しスラカルタ市に被害が発生¹³
ソロ川下流	<ul style="list-style-type: none"> 2008年12月の大雨によって、ボジョネゴロ地区は洪水の影響を最も受けた地域であり、その半分以上が洪水の影響を受けた。ボジョネゴロだけでも、24,573戸の家屋が洪水の影響を受けた。洪水から逃れた建物はほとんどなく、地区の90%が水没した¹¹。 2013年の洪水では、ボジョネゴロでは、洪水が170億Rp以上の重大な損失を引き起こした。少なくとも4,447ヘクタールの田んぼやその他の作物を浸水させた¹⁴。 2016年の洪水では、ボジョネゴロ地区では、ソロ川があふれ、田んぼの地域だけでなく、住宅地でも水深0.5～1メートルの浸水があった¹²。
マディウン川	<ul style="list-style-type: none"> 2008年12月の大雨によって、東ジャワ州では、いくつかの地区（ボジョネゴロ、アラン、グレンシク、マディウン、ポノロゴ、ガウイ、ジョンバン、スレアゲン、ウカハルジョ）が浸水した。特にガウイとジョンバンでは、約20,000戸の家屋が水没した¹¹。 2019年の洪水で、マディウン地区では、インフラ、集落、田んぼ、家畜に至るまで、様々な分野で被害を引き起こし、損失総額は540億Rpに達した。また、5,707世帯が洪水の影響を受けた¹⁵。

c) 都市計画および市街地の拡大状況

先述の国家中期開発計画 (RPJMN2020-2024) において、戦略的なエリア開発の位置づけの有無や、既成市街地での人口規模等を踏まえ、以下の都市を対象に都市計画の状況と市街地拡大の状況の把握を行う。

【対象都市】

- Surakarta (スラカルタ市)
- Bojonegoro (ボジョネゴロ市)
- Madiun (マディウン市)

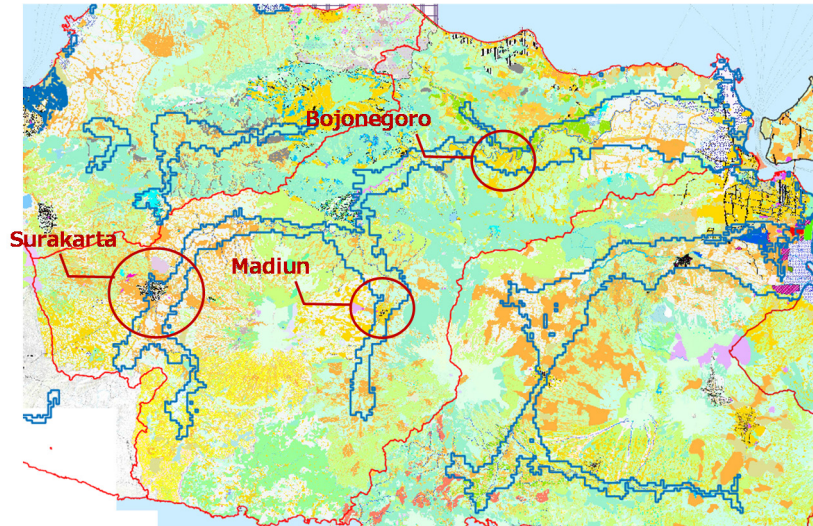
¹¹ Survey activity report health, economic & social impacts study of post flood disaster of bengawan solo river in Bojonegoro district, east java november 2008

¹² <https://en.tempo.co/read/823500/floods-hit-96-villages-in-bojonegoro>

¹³ <https://reliefweb.int/report/indonesia/indonesia-flooding-surakarta-city-central-java-province-1927-feb-3-2021>

¹⁴ <https://en.antaranews.com/news/86684/bengawan-solo-flood-in-bojonegoro-receding>

¹⁵ <https://m.solopos.com/kerugian-akibat-banjir-madiun-capai-rp54-miliar-976911>



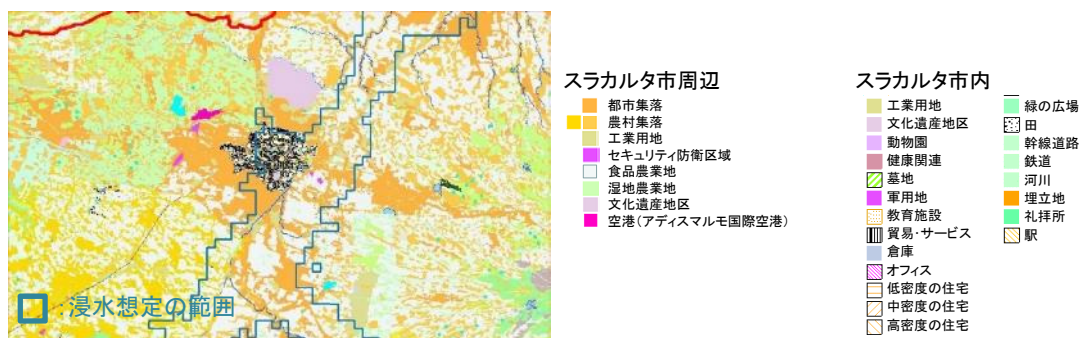
出典：農地・空間計画省のデータを用いて JICA 調査団作成

図 3.2-16 Bengawan Solo 流域内の主要な都市

【Surakarta (スラカルタ市)】

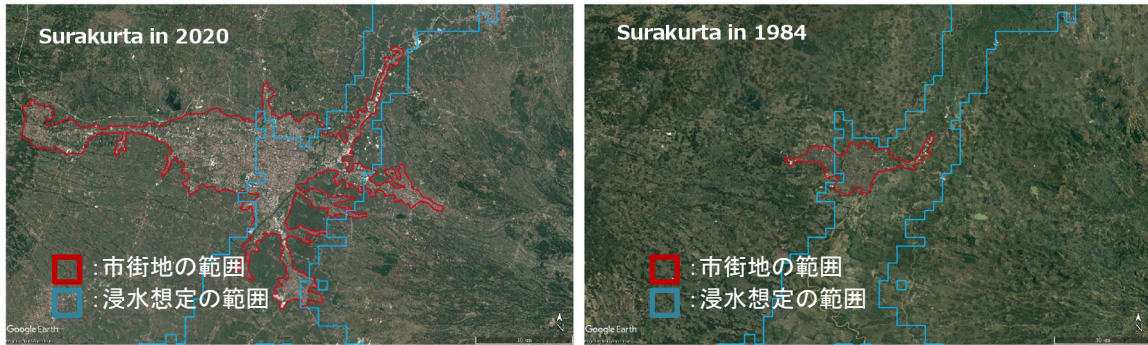
スラカルタ市やその周辺の土地利用計画は以下のように示されており、工業用地や住宅地用地をはじめとする都市的な土地利用が計画されている。また、その周辺部においても農地等が介在する都市集落や農村集落が連続的に広がっている。

市街地の拡大状況について、Google Earth による航空写真を基に目視による確認を行った。1984 年においてはスラカルタ市の中心部において市街地が形成されていることが確認できる程度であるが、2020 年においてはスラカルタ市の中心部から主として東西方向に市街地が拡大している状況が分かる。1984 年当時の市街地においても浸水想定範囲であり、市街地の拡大によりその範囲も広がっていることが確認できる。



出典：農地・空間計画省のデータを用いて JICA 調査団作成

図 3.2-17 スラカルタ市と周辺の土地利用計画



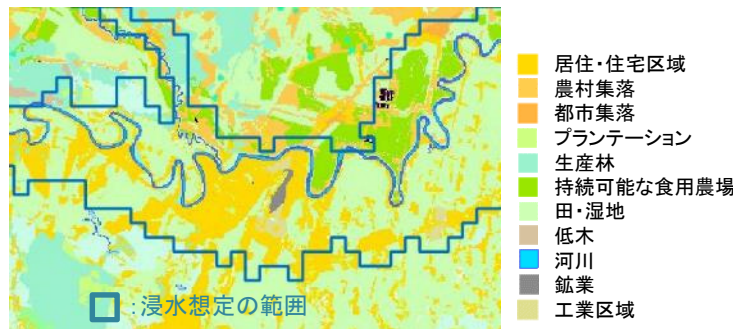
出典：JICA 調査団作成

図 3.2-18 スラカルタ市の市街地の拡大

【Bojonegoro (ボジョネゴロ市)】

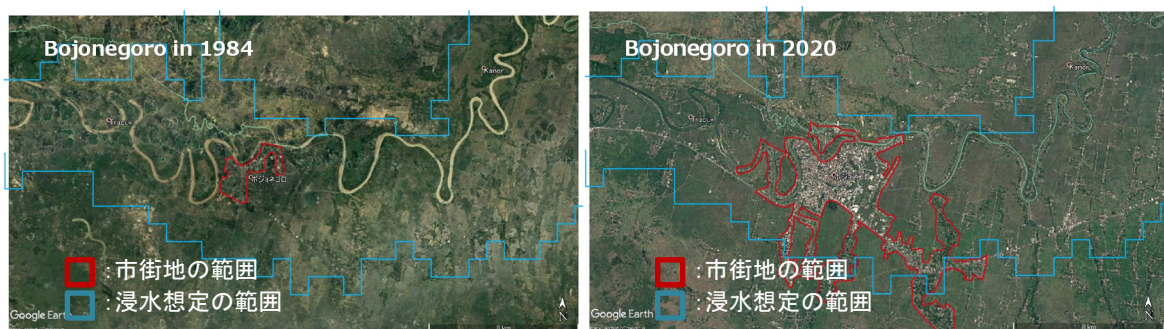
ボジョネゴロ市やその周辺の土地利用計画は以下のように示されており、主として住居・住宅区域の都市的な土地利用が計画されている。また、その周辺部においても農地等が介在する都市集落や農村集落が連続的に広がっている。

市街地の拡大状況について、Google Earth による航空写真を基に目視による確認を行った。1984 年においては既成市街地の全体が浸水想定区域内にあり、2020 年においてはボジョネゴロ市の中心部から市街地が拡大しており、ほとんどが浸水想定範囲内となっていることが確認できる。



出典：農地・空間計画省のデータを用いて JICA 調査団作成

図 3.2-19 ボジョネゴロ市と周辺の土地利用計画



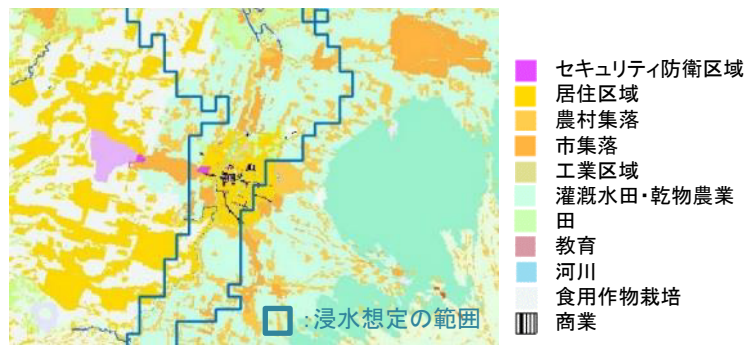
出典：JICA 調査団作成

図 3.2-20 ボジョネゴロ市の市街地の拡大

【Madiun（マディウン市）】

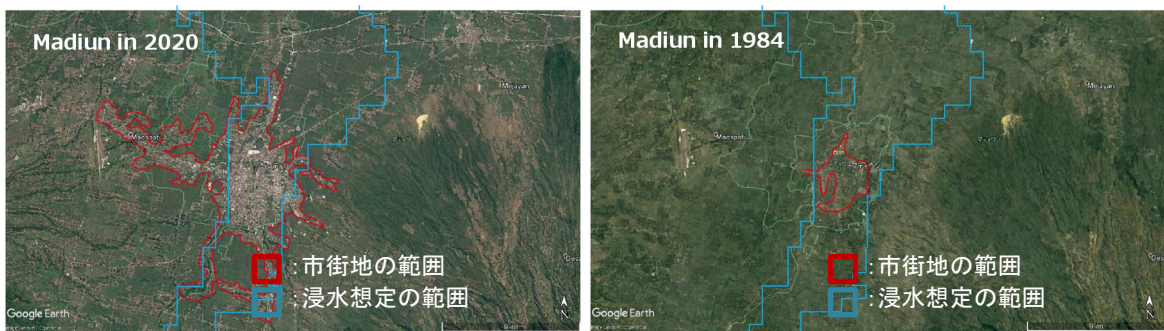
マディウン市やその周辺の土地利用計画は以下のように示されており、居住区域や工業区域、商業などの都市的な土地利用が計画されている。また、その周辺部においても農地等が介在する都市集落や農村集落が連続的に広がっている。

市街地の拡大状況について、Google Earth による航空写真を基に目視による確認を行った。1984 年においては既成市街地の全体が浸水想定区域内にあり、2020 年においてはマディウン市の中心部から市街地が拡大しており、ほとんどが浸水想定範囲内となっていることが確認できる。



出典：農地・空間計画省のデータを用いて JICA 調査団作成

図 3.2-21 マディウン市と周辺の土地利用計画



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-22 マディウン市の市街地の拡大

d) 実施中の事業を踏まえた残余リスク

他ドナーによる支援を含む、実施中の事業を表 3.2-28 示す。事業未実施区間が存在する、既実施事業の治水安全度が十分ではない、事業実施後の土砂体積、河積減少等が生じたなどの理由から、事業の実施にも関わらず残余リスクが存在している。

表 3.2-28 Bengawan Solo における実施中の事業と現状

エリア	事業の概要
Solo 川上流	<p><u>Jurug (Surakarta) 上流 (～Ngutar)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1/10 (Solo 川上流治水事業) Jurug : 1,550m³/s ⇒計画流量 <p>⇒Solo 川上流治水事業により 1/10 の整備完了 ⇒事業完成 (1994) から約 25 年が経過 ⇒流域の土地利用変化に伴う土砂流出、河道内樹木の繁茂等により、流下能力が低下している可能性</p> <p><u>Ngawi (Madiun 川合流点) ～Jurug</u> ⇒未改修</p>
Solo 川下流	<p><u>Babat 下流</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1/20 (Solo 川下流域河川改修事業I, II) <p>⇒Solo 川下流改修事業により 1/20 の整備が概ね完了 (一部用地未買収区間残)</p> <p><u>Babat～Bojonegoro 堰</u> ⇒現地政府により、一部堤防整備</p> <p>① Bojonegoro 堰～Karangnongko 堰 ⇒未改修</p>
Madiun 川	<p><u>Kuwadungan 下流 (～本川合流点)</u> ⇒未改修</p> <p><u>Kuwadungan～Catur 川合流点</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1/5 (Madiun 川緊急治水事業) Madiun : 1,200m³/s ⇒計画流量 <p>⇒Madiun 川緊急治水事業により 1/5 の整備完了 ⇒事業完成 (1995) から約 25 年が経過 ⇒流域の土地利用変化に伴う土砂流出、河道内樹木の繁茂等により、流下能力が低下している可能性</p> <p><u>Catur 川合流点～Ponorogo</u> ⇒未改修</p>

e) M/P の概要

Bengawan Solo では M/P が整備されている。M/P の概要を表 3.2-29 に示す。

表 3.2-29 Bengawan Solo の M/P の概要

計画	事業の概要
短期計画 (2011～2016)	<ul style="list-style-type: none"> 放水路 ジャブン貯水池の建設 堤防の修理
中期計画 (2016～2021)	<ul style="list-style-type: none"> ベンド貯水池、ゴンダン貯水池、ゴンセン貯水池の建設、 Solo Vallei Werken の開発 Bojonegoro の堤防強化 Bojonegoro の洪水地域管理。
長期計画 (2021～2031)	<ul style="list-style-type: none"> トゥグ貯水池とセマー貯水池の建設 ポノロゴのセカユ遊水池 堤防の修理
2019 時点事業進捗 状況・予定	<p><u>整備済</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ダム : Gondang 堤防[計 113km] 堰 : Senbayat、Bojonegoro <p><u>整備中</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ダム : Pidekso[～2021]、Gonseng [～2022]、Bendo [～2020] 放水路 (800m³/s 完成⇒1,000m³/s) ジャブン貯水池 (用地取得による堤防残)

	<p>整備予定【FORMULASI RENSTRA (2020-2024)】</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solo Vallei Werken [2022～]、河川改修：Karangnongko～Babat、氾濫エリアマネジメント[2023]、Kerangnongko 堰 [2024] <p>未定</p> <ul style="list-style-type: none"> • ダム：Tugu、Cemer • Sekayu 遊水地
--	--

出典：菊田専門家への聞き取りに基づき JICA 調査団作成

f) 課題および評価

Bengawan solo の浸水想定区域には、流域最大の Surakarta（人口 50 万人）を始め、数万～10 数万規模の都市が散在する。それぞれの市街地以外においても、沿川に家屋が張り付いている区間が多い。そのため、現況流下能力が不足する区間が殆どであるが、河道の拡幅には家屋の移転等が必要となる。また、河床勾配が緩いため、河道改修する場合は、資産集中区間だけでなく、全川での連続的な改修が必要となる。

Solo 川流域では、流域の土地利用変化等に起因して、河川への土砂の流入が課題となっている。JICA による整備区間のうち、整備から時間の経過している Solo 川上流、Madiun 川においては、土砂の堆積や、それに加えて樹木の繁茂等により、計画時の流下能力が維持されていないとみられる（地元政府による維持管理は期待できない可能性）。そのため、河道改修を主軸とした場合、時間の経過とともに治水安全度の低下が懸念される。

主要治水計画等として、1974 年 MP（JICA）、その後の JICA 事業時（Solo 川上流、Solo 川下流、Madiun 川緊急）、CDMP 調査（2001）、現地政府計画等があり、それぞれで用いられている流量等の数値・根拠またそれらの関係が明確となっていないため、改めて計画流量等の再評価を行うとともに、MP を見直す必要がある。見直しにあたっては、地元政府の事業実施予定等を把握した上で、費用対効果や効果発現時期等も勘案し、事業の優先順位を含めた検討が必要である。また、計画規模に対する治水計画の立案に加え、超過洪水時の対応や、非構造物対策（土地利用規制、避難対策等）についても検討を行うことが望ましい。

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

流域最大の都市である Surakarta の人口は約 50 万人であり、目標計画規模は 10 年～20 年となる。下流部で進行中の事業が完成した場合の治水安全度が 20 年となっているが、Surakarta（目標 10 年～20 年）は上流、第 2 の都市である Madiun（目標 10 年～20 年）は Madiun 川に位置している。以上より、計画規模は 1/20 とする。

Kenyataan yang ada saat ini, belum semua tanggul di Indonesia mengikuti ketentuan desain debit rencana yang disyaratkan. Namun secara bertahap, desain tanggul banjir disyaratkan mengikuti ketentuan bahwa dimensi bantaran dan tanggul kawasan:

- 1) Ibukota Kabupaten/Kota untuk mengalirkan debit rencana ($Q_{10} - Q_{20}$);
- 2) Ibukota Provinsi untuk mengalirkan debit rencana ($Q_{20} - Q_{50}$); dan
- 3) Ibukota Negara/Metropolitan untuk mengalirkan debit rencana ($Q_{50} - Q_{100}$).

- | | |
|------------|--------------------|
| 1) 市/県庁所在地 | : $Q_{10}-Q_{20}$ |
| 2) 州都 | : $Q_{20}-Q_{50}$ |
| 3) 首都/大都市 | : $Q_{50}-Q_{100}$ |

出典：河川区域指定に関する大臣令 2015 年第 28 号 に加筆

図 3.2-23 インドネシア政府により定められている目標計画規模

b) 現況河道流下能力および基本高水流量

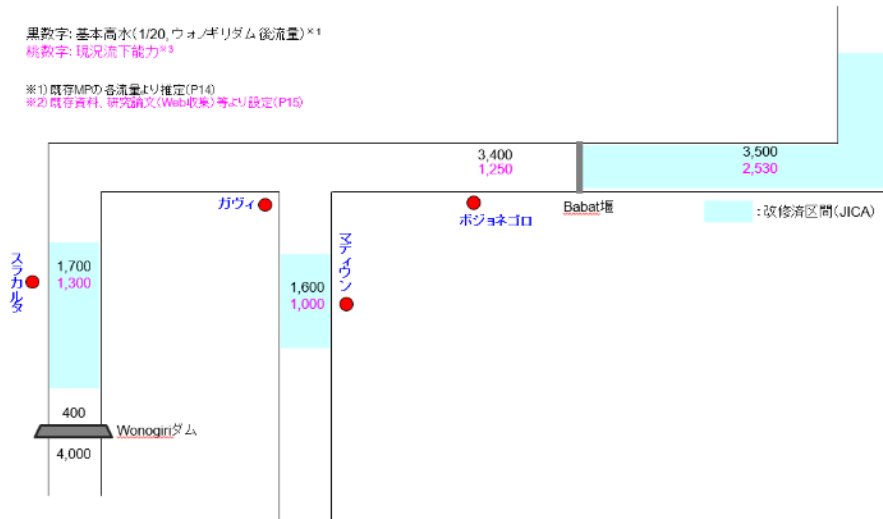
Solo 川の治水事業は 1974 年 MP (JICA) がベースとなっている。この際の計画流量は当時の実績最大洪水である 1966 洪水 (1/40 相当と評価) が対象となっており、この計画に沿って、ウォノギリダムが整備された。MP 時に基本高水は設定されているが、以後は検討されていない。

Solo 川上流 (Surakarta) では、Solo 川上流治水事業により 1/10 での整備が完了している。Surakarta の計画流量は $1,550\text{m}^3/\text{s}$ であるが、事業完成 (1994) から約 25 年が経過しており、流下能力が低下している可能性がある。既往論文では、現在は $600\sim 1100\text{m}^3/\text{s}$ の能力との記載があるが、写真 (google map、google earth) を確認すると断面・堤防は維持されている。計画流量から 20% 程度流下能力が目減りしていると想定し、現況流下能力は $1,300\text{m}^3/\text{s}$ と設定した。基本高水流量は、実施済事業の計画流量 (1/10) をベースに、現地政府が算定している確率流量を参考に、1/10 ($1,550\text{m}^3/\text{s}$) から 1/20 ($1,700\text{m}^3/\text{s}$) に引き伸ばして設定した。

Solo 川下流の Bojonegoro では、現地政府により、一部堤防整備は行われているが、ほぼ未改修の状況である。既往論文では、 $1,250\text{m}^3/\text{s}$ と評価されており、写真 (google map、google earth) から想定される断面、河床勾配から、上記の数字にある程度妥当性があると判断した。ババッド下流では、Solo 川下流治水事業により 1/20 での整備が完了している。下流区間の計画流量は、 $2,530\text{m}^3/\text{s}$ である。Solo 川下流事業事後評価は 2017 年に実施されており、一部用地未買収があるものの、ほぼ流下能力は維持されていると評価されており、計画の流下能力が維持されていると想定した。基本高水流量は、事後評価報告書や既往資料に 1/20 流量 ($3,480\text{m}^3/\text{s}$) の記載があり、それを踏襲する。

Madiun 川 (Madiun) では、Madiun 川緊急治水事業で 1/5 での整備が完了している。Madiun の計画流量は $1,200\text{m}^3/\text{s}$ であるが、事業完成 (1994) から約 25 年が経過しており、流下能力が低下している可能性がある。既往論文では、現在は $500\sim 700\text{m}^3/\text{s}$ の能力との記載があるが、写真 (google map、google earth) を確認すると断面・堤防は維持されている。計画流量から 20% 程度流下能力が目減りしていると仮定し、 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ と設定した。基本高水流量は、実施済事業の計画流量 (1/5) をベースに、Madiun 川緊急治水事業 FS において算定されている確率流量を参考に、1/5 ($1,250\text{m}^3/\text{s}$) から 1/20 ($1,600\text{m}^3/\text{s}$) に引き伸ばして設定した。

Bengawan Solo の現況の河道流下能力および基本高水流量を図 3.2-24 に示す。



出典：JICA 調査団作成

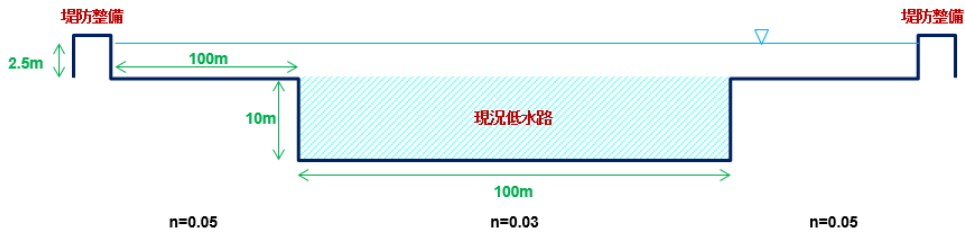
図 3.2-24 現況流下能力および基本高水流量

c) 流量配分

以下の基本方針に基づき、流量配分を検討した。

- ・ 事業中・計画中ダム等は全て見込む
 - ・ 沿川資産等の状況から、全川 1/20 整備は実施しない
 - ・ 資産集中都市部（Surakarta、Madiun、Bojonegoro）を重点的に整備
 - ・ 各都市上流部に遊水地整備（一定規模以上のみ洪水を受け入れ通常は農地利用）により流量低減を図る
 - ・ その上で、資産集中箇所でも 1/20 で浸水する場合は部分的に堤防整備
 - ・ 改修済区間において流下能力が低下している可能性があるため、現況流下能力を確認した上でリハビリを行い、計画流量見合いの流下能力を確保
- * MP 見直し時に改めて事業を精査する必要がある。

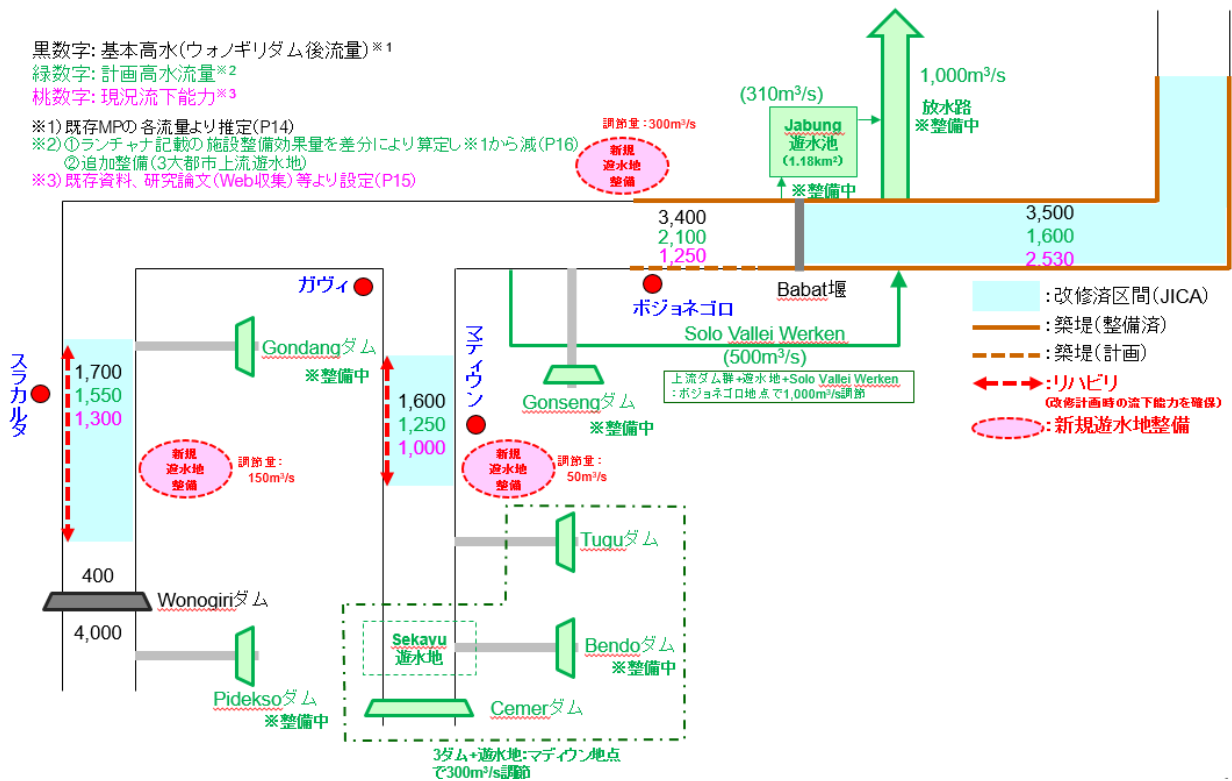
Bojonegoro における現況流下能力を確認し、築堤による計画高水流量を検討した。Google Map、Google earth での概略確認で、低水路幅を 100m 程度とし、既往資料における縦断図より、水深は 10m 程度あると想定（堤防高評価では 10m 以上）した。縦断勾配は少なく見積もって 1/10,000 程度、粗度係数 $n=0.03$ とすると、等流計算による流下能力は $1,370\text{m}^3/\text{s}$ となり、既往資料の流下能力 $1,250\text{m}^3/\text{s}$ に一定の妥当性を見ることができた。堤外地側にも多くの家屋があるが、現地政府によって一部整備されている堤防は、低水路から一定距離堤内地側に入った箇所に整備されていることより、図 3.2-25 のような模式的な整備を実施した場合の流下能力を算定すると、 $Q \approx 2,100\text{m}^3/\text{s}$ となった。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-25 Bojonegoro における築堤後の断面の想定

上記の検討に基づき、図 3.2-26 のように流量配分を設定した。治水事業のメニューの具体は次の項で示す。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-26 Bengawan Solo の想定流量配分

d) 治水事業のメニュー

Bengawan Solo における治水事業メニューを下表に整理する。

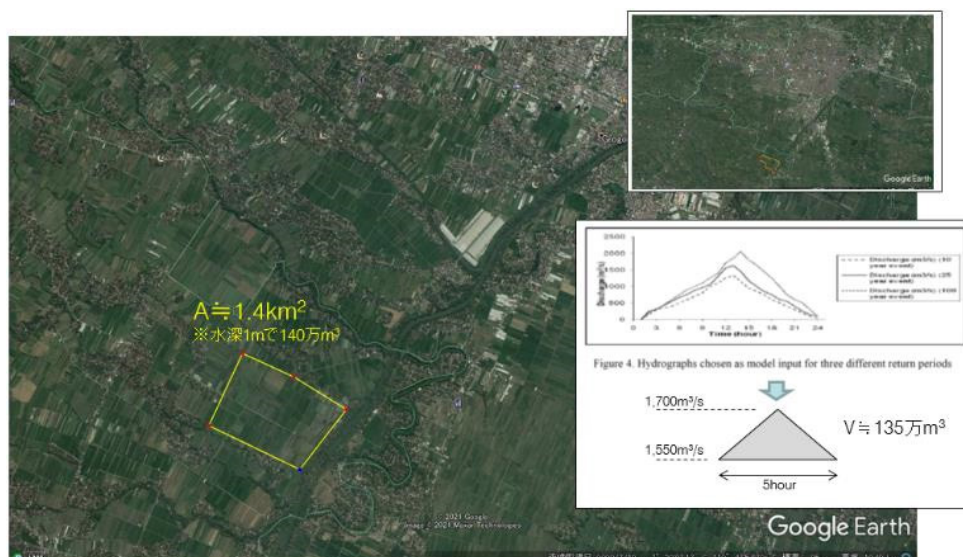
表 3.2-30 治水事業メニューの検討

メニュー	概要
遊水地	・沿川の主要都市である Surakarta、Bojonegoro および Madiun の上流部に遊水地を設置する。

河道改修 (拡幅・掘削)	<ul style="list-style-type: none"> 沿川には、流域最大の Surakarta (人口 50 万人) を始め、数万～10 数万規模の都市が散在する。また、人口・資産が集中する市街地以外の区間においても、沿川に家屋が連続的に張り付いている区間が多い。 そのため、流下能力が不足する区間が殆どであるものの、河道の拡幅には家屋の移転等が必要となる。 また、河床勾配が緩いため、河道改修する場合は、資産集中区間だけでなく、連続的な改修が必要となる。 <p>⇒ さらに、Solo 川流域では、流域の土地利用変化等に起因して、河川への土砂の流入が課題となっているため、河道改修を主軸の対策とした場合、時間経過に伴う治水安全度低下が懸念される。</p>
築堤	<ul style="list-style-type: none"> 上流ダムや遊水地の代替案として築堤を考える場合、超過洪水時の被害ポテンシャルをより大きくしてしまうこととなり、問題である。
輪中堤	<ul style="list-style-type: none"> 上記の通り、流域最大の Surakarta (人口 50 万人) を始め、数万～10 数万規模の都市が散在する。また、それぞれの市街地以外においても、沿川に家屋が張り付いている区間が多い。 輪中堤での対策を行った場合、対象都市以外は守られないこととなる。(調節施設との組合せはあり得る)
捷水路(ショートカット)	<ul style="list-style-type: none"> 上記の通り、沿川に連続的に家屋が張り付いている区間が多く、捷水路の整備は困難である。また、対策を行う場合は、蛇行箇所が非常に多く、多くの箇所では捷水路の整備が必要となる。
バイパス	<ul style="list-style-type: none"> Solo 川上流、Madiun 川は、谷地形の最も低い所が川道であり、バイパスでの対策は地形的に困難である。 Solo 川下流については、地元政府により Solo Vallei Werken (バイパス流量: $500\text{m}^3/\text{s}$) が計画されている。このバイパス流量を再検討することは考えられるため、MP 見直し時に検討を行う必要がある。

出典：JICA 調査団作成

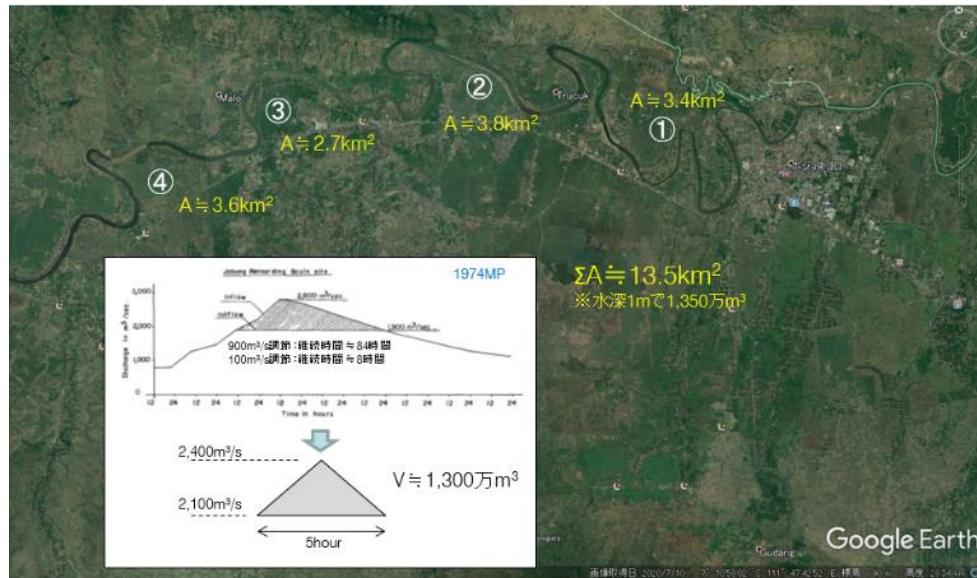
以下、遊水地について詳述する。Surakarta では、既往論文に示されている Surakarta 地点のハイドログラフを参考に、調節量を想定した。ウォノギリダム整備後の流量は $1,700\text{m}^3/\text{s}$ であるが、 $300\text{m}^3/\text{s}$ 程度の調節量を見込み、計画高水流量を $1,550\text{m}^3/\text{s}$ とした。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-27 Surakarta における新規遊水地の想定

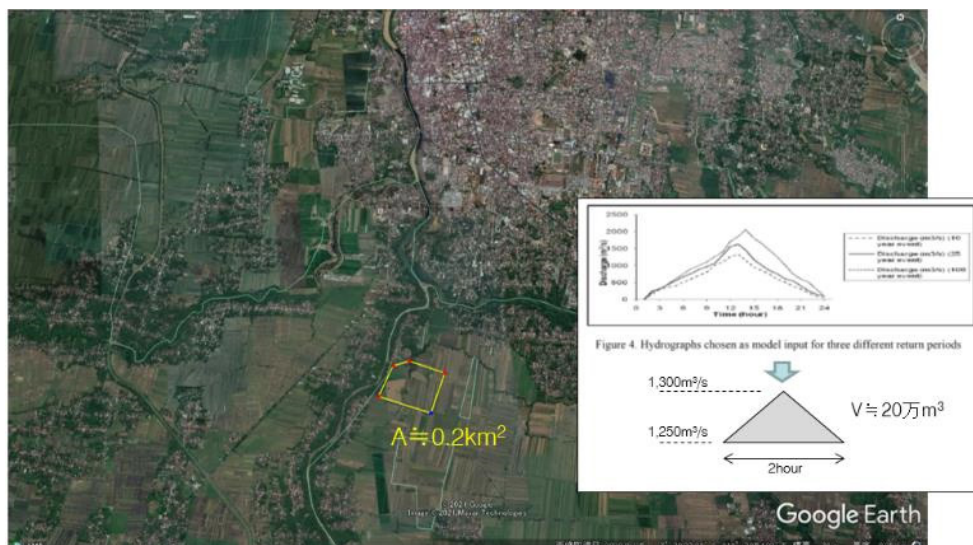
Bojonegoro では、ジャブン貯水池における既存 MP のハイドログラフを参考に調節量を想定した。ウォノギリダムおよびランチャナ事業整備後の流量を $2,400\text{m}^3/\text{s}$ とし、 $300\text{m}^3/\text{s}$ 程度の調節量を見込み、計画高水流量を $2,100\text{m}^3/\text{s}$ とした。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-28 Bojonegoro における新規遊水地の想定

Madiun では、既往論文に示されている Surakarta 地点のハイドログラフを参考に、調節量を想定 (Surakarta : $CA=3,220\text{km}^2$ 、Madiun : $CA=2,294\text{km}^2$) した。ランチャナ事業整備後の流量を $1,300\text{m}^3/\text{s}$ とし、 $50\text{m}^3/\text{s}$ 程度の調節量を見込み、計画高水流量を $1,250\text{m}^3/\text{s}$ とした。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-29 Madiun における新規遊水地の想定

e) 治水事業メニューの代替案

本流域では代替案は検討していない。

f) 課題

公表されている計画および収集資料に基づき本検討を行ったが、地元政府による最新の計画および事業計画を踏まえて、必要に応じて再度検討を行う必要がある。また、現況流下能力等は推定に基づいているため、最新の測量結果等に基づき再度検討を行うことが望ましい。

(3) Barito

1) 流域の概要および課題

Barito 流域の流域図を図 3.2-30 に示す。

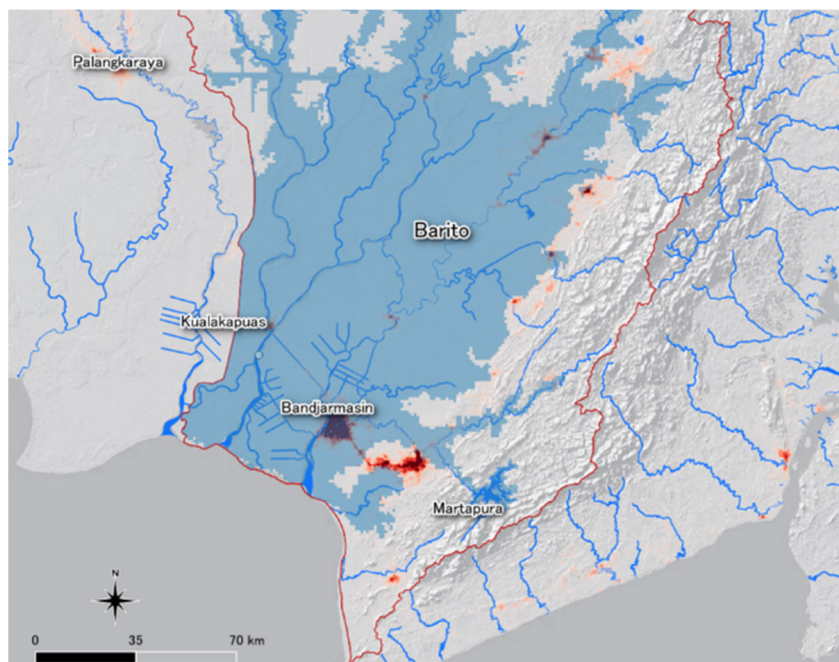


出典：PUPR 流域図より JICA 調査団作成

図 3.2-30 Barito 流域図

a) 氾濫域内 GDP

Barito 流域の氾濫域内 GDP は 8,280 million USD (2020 年) と算出された。これは同国の GDP の 0.8%にあたる。南部カリマンタン島の中心都市である Banjarmasin が浸水想定区域内に位置している。

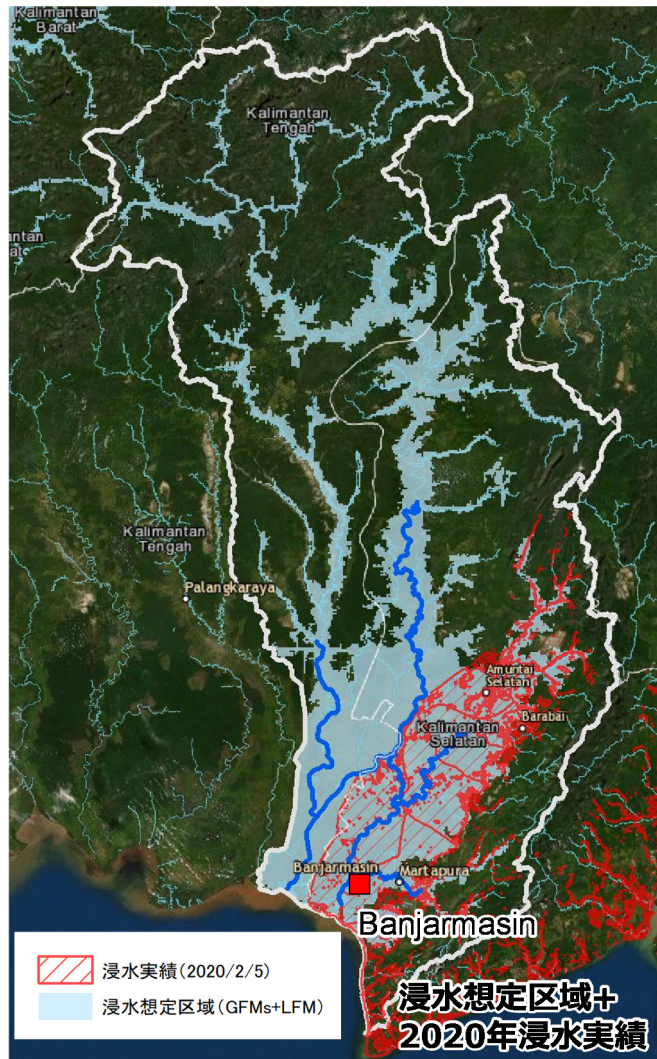


出典:JICA 調査団作成

図 3.2-31 Barito 流域における氾濫域内 GDP 分布

b) 過去の洪水被害

バンジャルマシン市に人口が集中、経済発展より人口は増加している。また、2020年2月、2021年1月に洪水が発生し、バンジャルマシン市は大きな浸水被害を受けた。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-32 本検討で設定した氾濫域と 2020 年洪水浸水域

c) 都市計画および市街地の拡大状況

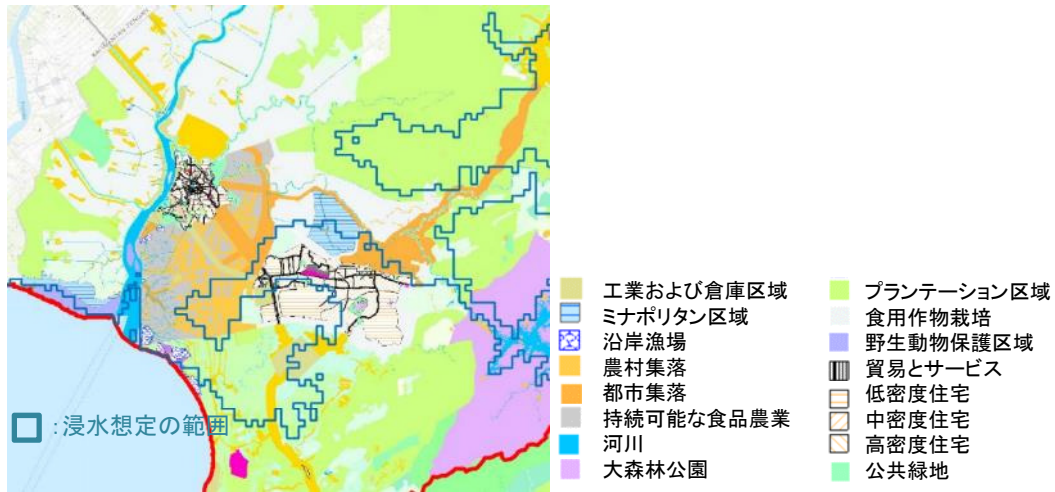
インドネシア政府が策定した国家中期開発計画 RPJMN2020-2024 において、戦略的なエリア開発の位置づけの有無や、既成市街地での人口規模等を踏まえ、以下の都市を対象に都市計画の状況と市街地拡大の状況の把握を行う。

【Banjarmasin（バンジャルマシン市）】

バンジャルマシン市やその周辺の土地利用計画は以下のように示されており、住宅地用地や工業用地をはじめとする都市的な土地利用が計画されている。また、その周辺部においても農地等が介在する都市集落や農村集落が連続的に広がっている。

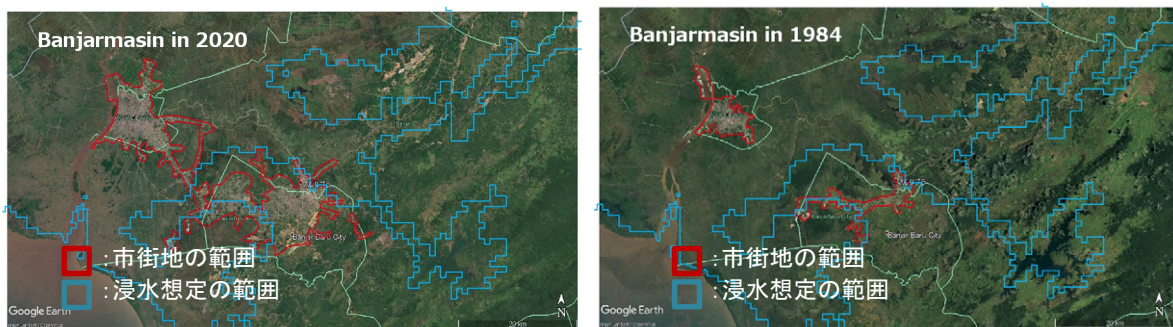
市街地の拡大状況について、Google Earth による航空写真を基に目視による確認を行った。1984 年においてはバンジャルマシン市（航空写真左側赤線周辺）と、その近隣にバンジャバル市（航空写真右側赤線周辺）に市街地が形成されていることが確認できる。2020 年には双方の市街地が拡大し、両市を繋ぐ道路沿道にも都市的土地利用が広がっていることが確認できる。バンジャルマシン市は市街地の全域が浸水想定範囲内で拡大をし、

1984年当時のバンジャバル市は浸水想定範囲外であったが、市街地の拡大により、市街地の一部が浸水想定範囲内となっている。



出典：農地・空間計画省データを使用して JICA 調査団作成

図 3.2-33 バンジャルマシン市と周辺の土地利用計画

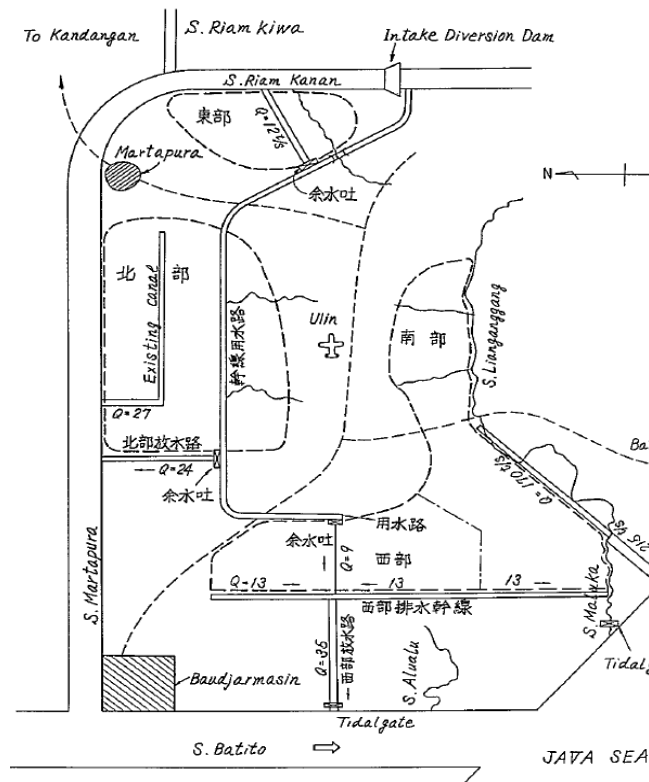


出典：JICA 調査団作成

図 3.2-34 バンジャルマシン市の市街地の拡大

d) M/P の概要

Barito 流域において、1971年に JICA より「バリト川流域灌漑開発」が策定された。なお、過去に治水 M/P は策定されていない。



出典：バリト河流域開発計画調査報告書、資料収集および調査プログラム、JICA、1971.

図 3.2-35 バリト川流域灌漑開発

e) 課題および評価

Barito 川では 2021 年 1 月に大規模洪水が発生した一方、これまでほとんど治水事業が実施されていないと考えられるため、治水事業のニーズは非常に高いと考えられる。Barito の浸水想定区域には、地域の中心都市である流域最大の Bandjarmasin（人口 70 万人）がある他は、小規模な集落が点在している。したがって、Bandjarmasin の防御を中心に治水事業を考える必要がある。

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

氾濫域内最大の都市 Bandjarmasin 市は人口 70 万人、南カリマンタン州の州都である。河川区域指定に関する大臣令 2015 年第 28 号では、州都の目標計画規模は 20~50 年とすることが定められており、人口も比較的多いこと、カリマンタン島の中核都市の一つであることを考慮し、計画規模は 1/50 に設定する。

b) 現況河道流下能力および基本高水流量

本検討では、Barito 川の流量等を収集できなかったため、流域面積、降雨特性が類似する Musi 川を参照して比流量推定を行った。Barito 川および Musi 川の位置図を図 3.2-36 に、また両河

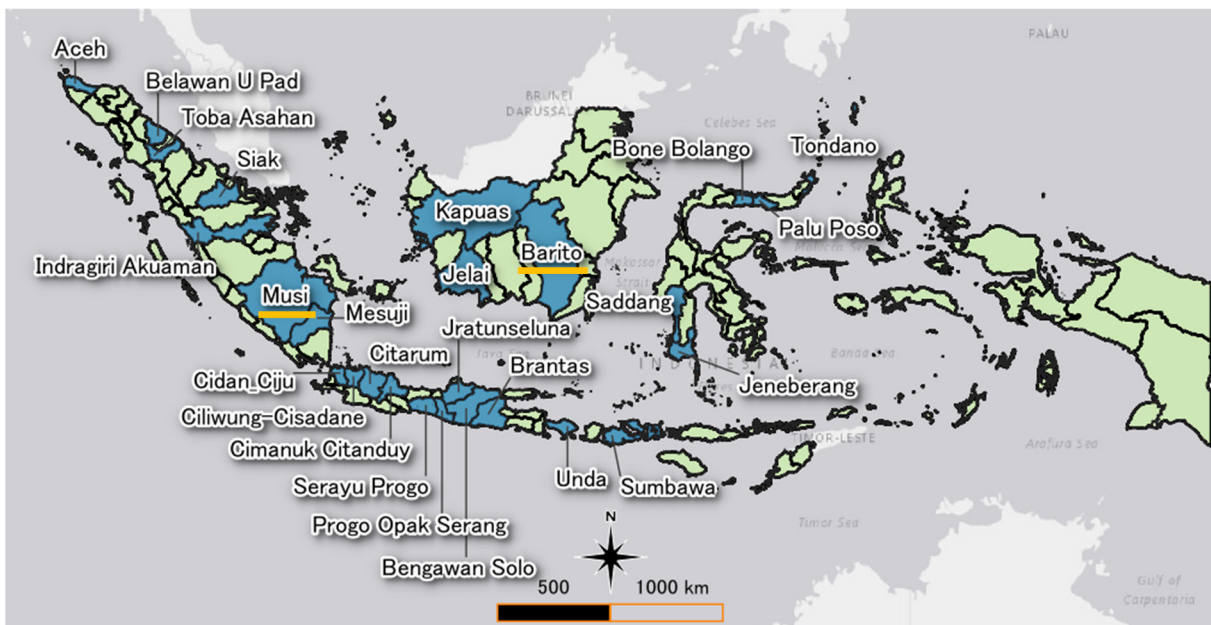
川の流域面積および年間降水量を表 3.2-31 に示す。Musi 川で実施された既存検討では、各地点各確率年流量が推定されている（図 3.2-37 および表 3.2-32）。本検討では、このうちデータのばらつきが大きい集水域面積 500km²以下の地点を除き、それ以外の流量の集水域面積と比流量の関係を確率年別にプロットした（図 3.2-38）。次に、比流量の推定によく用いられるクリーガー・タイプの推定式

$$q = CA^{n-1}$$

ここで、 q は比流量（m³/s/km²）、 A は集水域面積（km²）、 C および n は定数

を用い、プロットに最もフィットするように定数 C および n を推定した。本推定式を用いて、流域面積別、確率年別の流量を表 3.2-33 の通り整理した。本表と、Barito 川の流域面積約 80,000km² とから、Musi 川の 50 年確率流量を 11,800m³/s 程度と推定した。また、本支川の流域面積から、各本支川の 50 年確率流量を算定した。

また、現況河道流下能力は、衛星画像から計測した河道幅、推定水深、標高差から推定した河床勾配等を用いて等流計算により推定した。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-36 Musi 流域及び Barito 流域の位置図

表 3.2-31 Musi 川及び Barito 川の流域面積及び年間降水量

項目	Musi 川	Barito 川
流域面積	92,000km ² ¹⁶	80,000km ²
年間降水量 ¹⁷	2,500mm	2,400mm

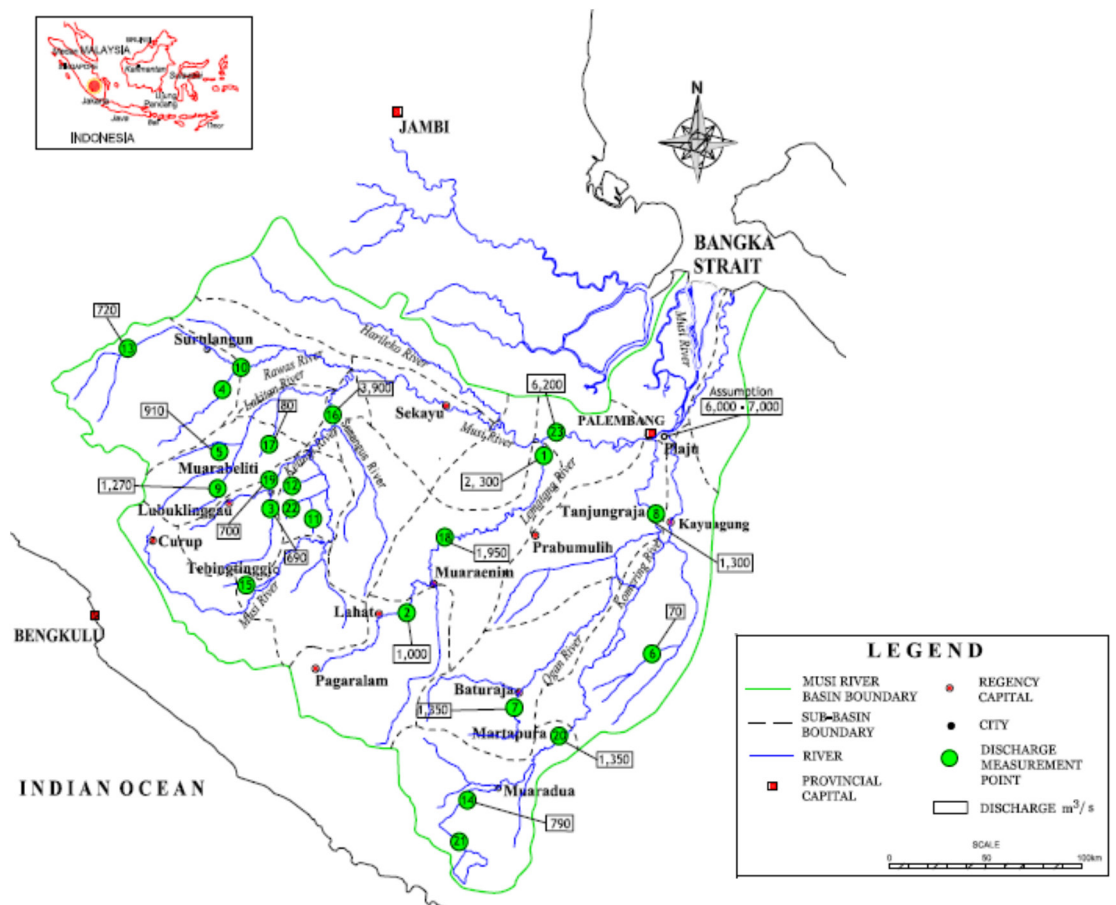
¹⁶ The study on comprehensive water management of Musi River basin in the Republic of Indonesia : final report

¹⁷ <https://en.climate-data.org/>

表 3.2-32 Musi の確率年流量

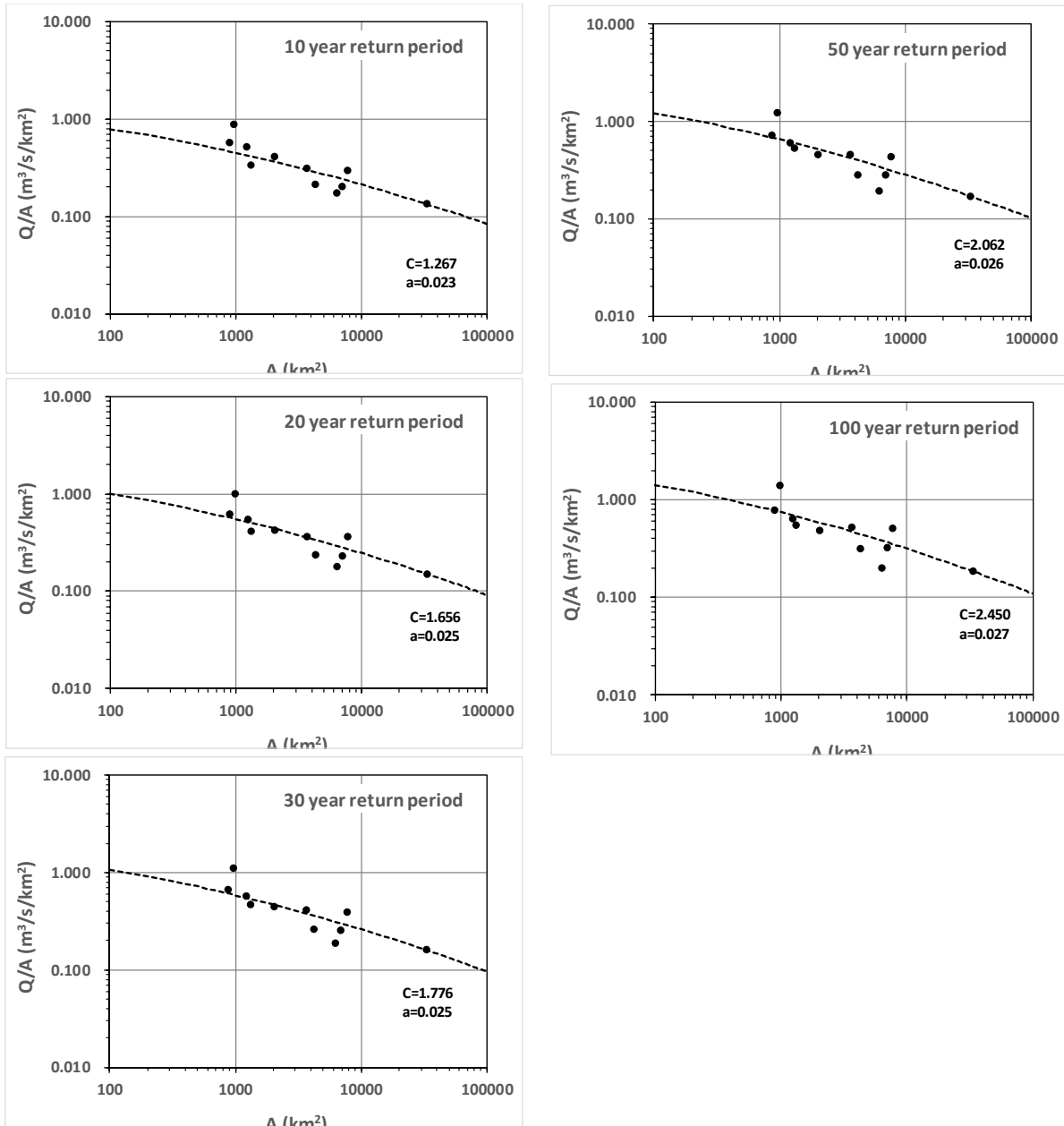
Basin	Station Name	Catchment Area (km ²)	1/10	1/20	1/30	1/50	1/100
Komeriing	Martapura	4,267	906	1,028	1,103	1,199	1,335
	Kota Agung	1228	630	677	703	738	788
	Tirtonadi	117	52	57	60	64	69
Ogan	Tanjung Raja	6,314	1,102	1,152	1,179	1,215	1,265
	Batu Puti	970	855	996	1,080	1,191	1,350
Lematang	Lubak Budi	2,040	1,134	1,358	1,496	1,676	1,927
	Pinang Belarik	3,676	1,417	1,651	1,796	1,987	2,260
	Sg. Rotan	6,990	841	884	909	940	983
Kelingi	Ulak Surung	374	381	471	525	598	700
	Rantau Bingin	887	508	563	595	634	689
Lakitan	Megang Sakti	292	61	65	68	71	76
	Terawas	332	550	650	712	796	914
	Tanjung Raya	75	145	175	193	219	255
Rawas	Pulo Kidak	1325	445	551	614	701	723
Musi	Ulak Bandung	409	246	291	319	356	412
	Darma Bakti	73.8	27	32	36	41	48
	Ciptodadi	86.3	42	49	52	57	64
	Mambang	7,745	2,276	2,875	3,006	3,375	3,909
	Tebing Abang	33,275	4,490	5,006	5,307	5,683	6,190

出典：The study on comprehensive water management of Musi River basin in the Republic of Indonesia : final report



出典：ムシ川流域総合水管理計画調査、JICA、2003年。

図 3.2-37 Musi 川 100 年確率流量



出典：表 3.2-32 のデータを使用して JICA 調査団作成

図 3.2-38 Musi 川における確率年別集水域面積—比流量関係図

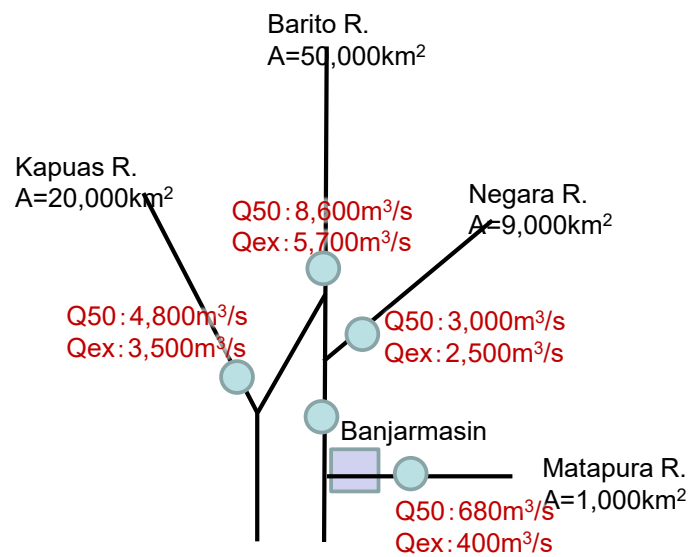
表 3.2-33 確率年別流量

		流域面積 km^2					
		1,000	3,000	5,000	10,000	80,000	100,000
確率年	10	477	993	1,395	2,216	8,869	10,292
	20	564	1,168	1,638	2,591	10,265	11,900
	30	616	1,265	1,767	2,783	10,865	12,575
	50	682	1,393	1,942	3,047	11,773	13,610
	100	741	1,533	2,150	3,402	13,477	15,623

出典：JICA 調査団作成

c) 流量配分

以上の検討を踏まえ、流量配分図を作成した（図 3.2-39）。Barito 川は治水事業未整備であると考えられ、現況河道は 2~5 年確率程度規模であると想定され、現況流下能力を超過する洪水は随所で氾濫していると考えられる。Banjarmasin では近年まで顕著な洪水被害はなかったと報告されているが、これは Banjarmasin 上流で氾濫し、下流まで影響は及ばなかったためであると推定される。2021 年 1 月洪水はその浸水域から 100 年確率程度と推定され、Banjarmasi を含む流域全体に被害が出たと考えられる。



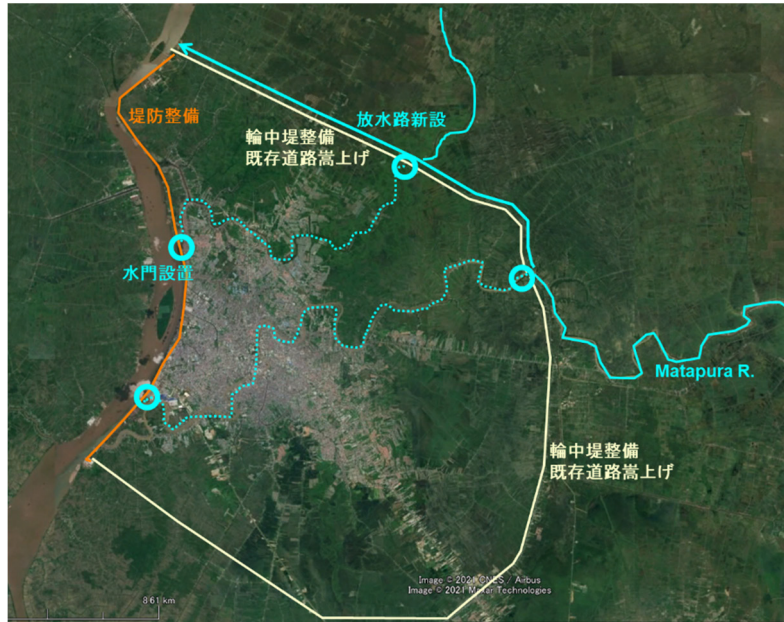
出典：JICA 調査団作成

図 3.2-39 Barito 川流量配分図

3) 治水事業のメニュー

a) 治水事業メニュー

先述の通り、Barito 川では Banjarmasin の都市部を防御することを優先して考える必要がある。このため、Banjarmasin の周辺を輪中堤で防御し、Barito 川支川 Matapura 川は輪中堤外側に新設する放水路で Barito 川に排水する計画とする。輪中堤は可能な限り現状の環状道路を高上げすることで造成し、道路兼用とすることを提案する。治水事業メニューを図 3.2-40 および表 3.2-34 に整理する。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-40 Barito 川治水事業メニュー

表 3.2-34 Barito 川治水事業メニュー

メニュー	概要
築堤	・ Barito 川左岸築堤 L=15km
輪中堤	・ 既存環状道路を嵩上げする。環状道路が存在しない区間は新規築堤する。L=40km
放水路整備	・ 支川 Matapura 川およびもう 1 河川の洪水を Barito 川に排水するための放水路を、輪中堤外部に新設する。 L=15km
水門	・ Banjarmasin は水運・舟運が発達した都市であり、平常時の水面利用を継続できるように、河川堤防および輪中堤に水門 4 基を新設する。

b) 治水事業メニューの代替案

上記で提案した治水事業メニューの代替案を下表に整理する。

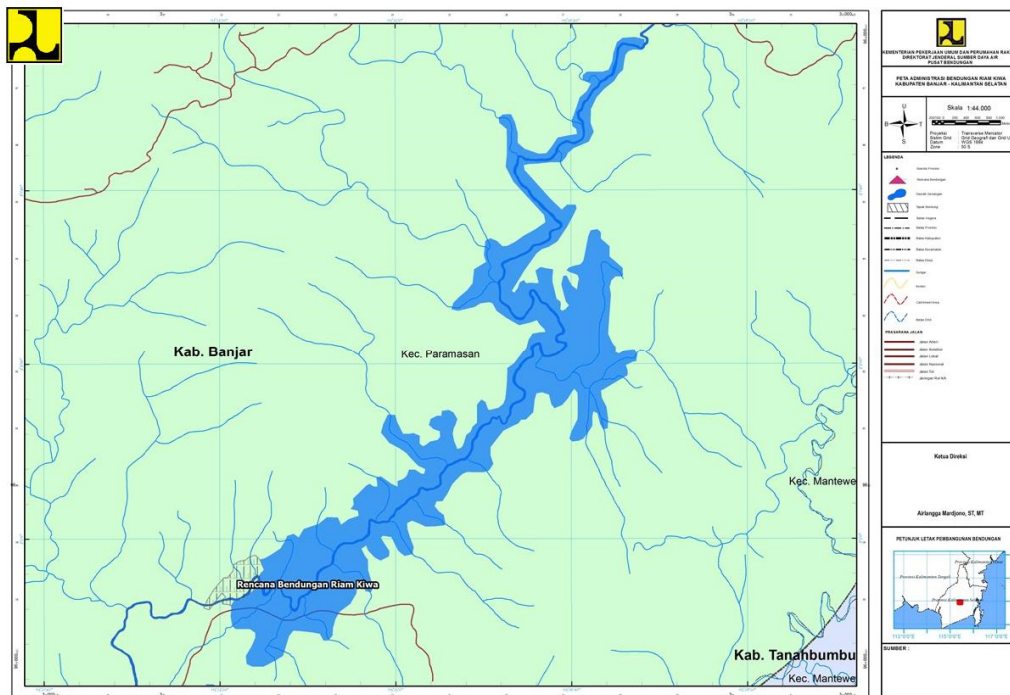
表 3.2-35 Barito 川治水事業代替案

メニュー	概要
Kapuas 川放水路化	<ul style="list-style-type: none"> ・ Barito 川上流に水門を設置し、洪水時の主流路を Kapuas 川に付け替える（図 3.2-41）。 ・ 水門設置および Kapuas 川改修が必要となる。（課題） ・ Banjarmasin のみに人口・資産が集積するため、事業の費用対効果が低くなることが考えられる。 ・ 支川 Matapura 川が主たる洪水要因の場合、被害軽減ができない。
支川 Matapura 川ダム設置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 支川 Matapura 川上流にダムを設置する。 ・ 地元政府による Raim Kiwa の建設が進められているが、同様のダムを設置することが考えられる。（課題） ・ 本川 Barito 川が主たる洪水要因の場合、被害軽減ができない。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-41 Barito 川上流における水門設置のイメージ

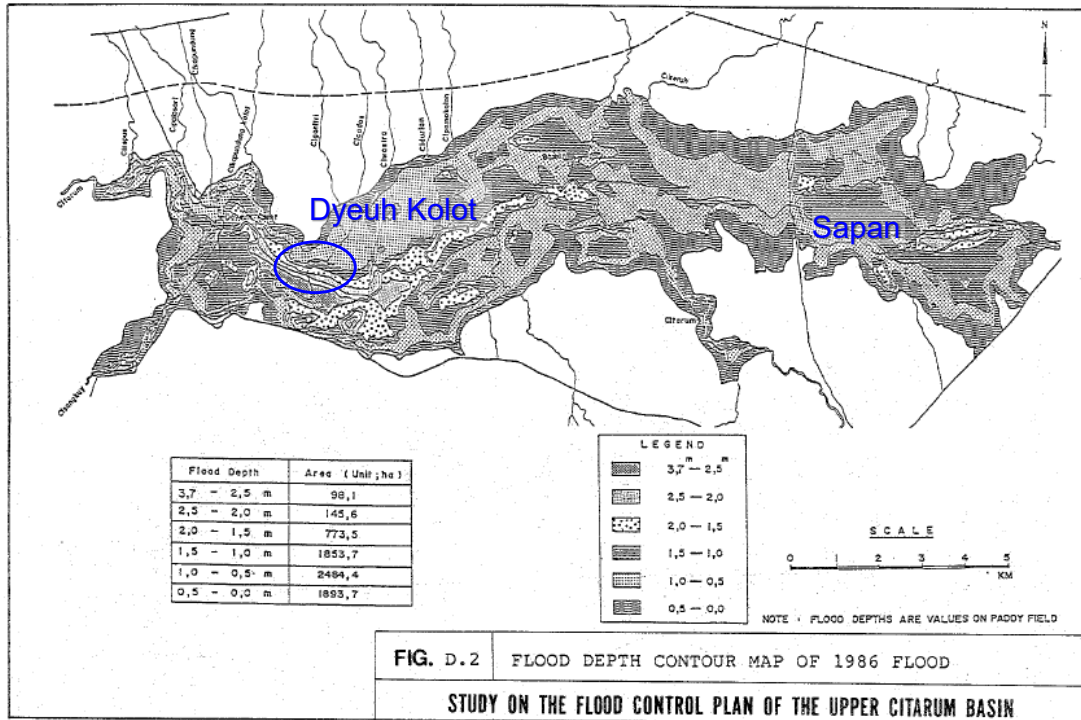


出典：Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016,
http://222.124.202.167/pusben/bendungan_detail.php?layer=bendungan&column=Kode&id=B52&zoom=7

図 3.2-42 Riam Kiwa ダム設置計画図

c) 課題

2021 年 1 月の大規模洪水の発生要因は、収集資料・情報からは明確にはなっていないが、広大な浸水範囲から本川 Barito 川の外水氾濫、Matapura 川等支川の外水氾濫等の複合要因によるものであると考えられる（高潮も影響した可能性がある）。今後さらなる情報収集を行い、確認する必要がある。

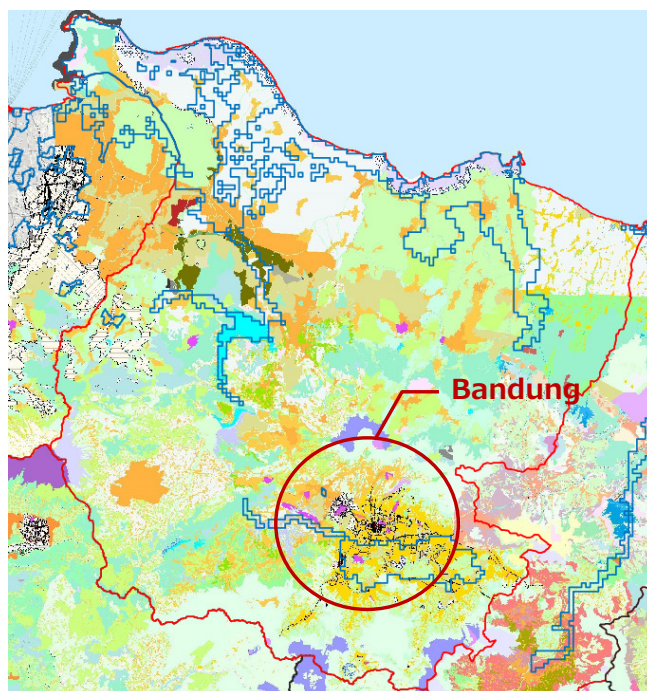


出典：JICA, The Study on the Flood Control Plan of the Upper Citarum Basin, Supporting Reaport, 1988.を修正

図 3.2-44 1986 年洪水浸水図

c) 都市計画および市街地の拡大状況

国家中期開発計画（RPJMN2020-2024）において、戦略的なエリア開発の位置づけの有無や、既成市街地での人口規模等を踏まえ、以下の都市を対象に都市計画の状況と市街地拡大の状況の把握を行う。



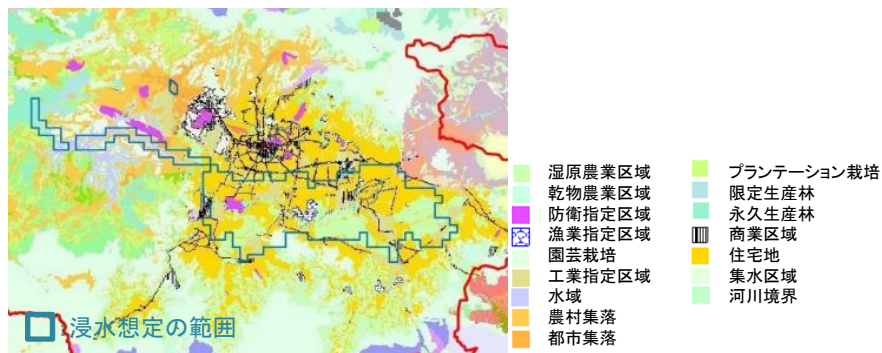
出典：農地・空間計画省データを用いて JICA 調査団作成

図 3.2-45 Citarum 流域内の主要な都市

【Bandung (バンドン市)】

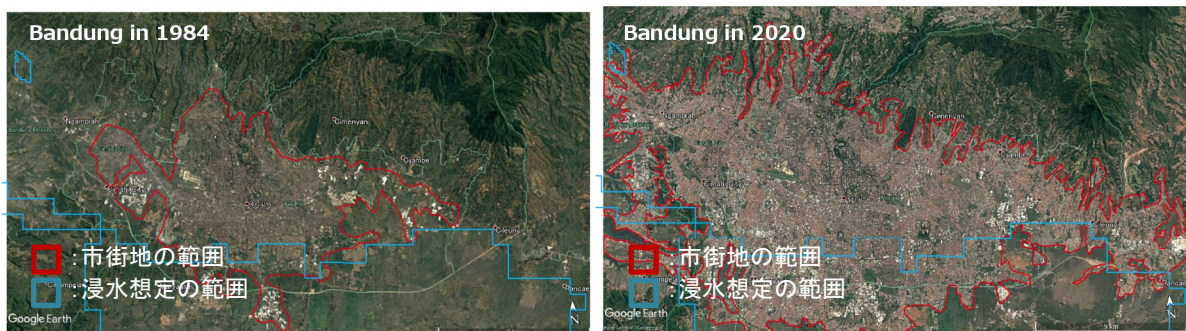
バンドン市やその周辺の土地利用計画は以下のように示されており、広範囲に渡って住宅地用地の土地利用が計画されているほか、商業用地や防衛用地などの都市的な土地利用が計画されている。また、その周辺部においても農地等が介在する都市集落や農村集落が連続的に広がっている。

市街地の拡大状況について、Google Earth による航空写真を基に目視による確認を行った。バンドン市は 1984 年においても広範囲に渡って市街地が形成されていることが確認できるが、2020 年においてはその範囲をさらに拡大させている。バンドン市は北側にタンクバンプラフ山があり、丘陵地においても市街地の拡大が見られつつも、南側についても顕著な市街地拡大が確認できる。そのため、1984 年当時は浸水想定範囲内の市街地は比較的限定的であったものの、2020 年においては浸水想定範囲内における市街地の拡大が確認できる。



出典：農地・空間計画省データを用いて JICA 調査団作成

図 3.2-46 バンドン市と周辺の土地利用計画



出典：JICA 調査団作成

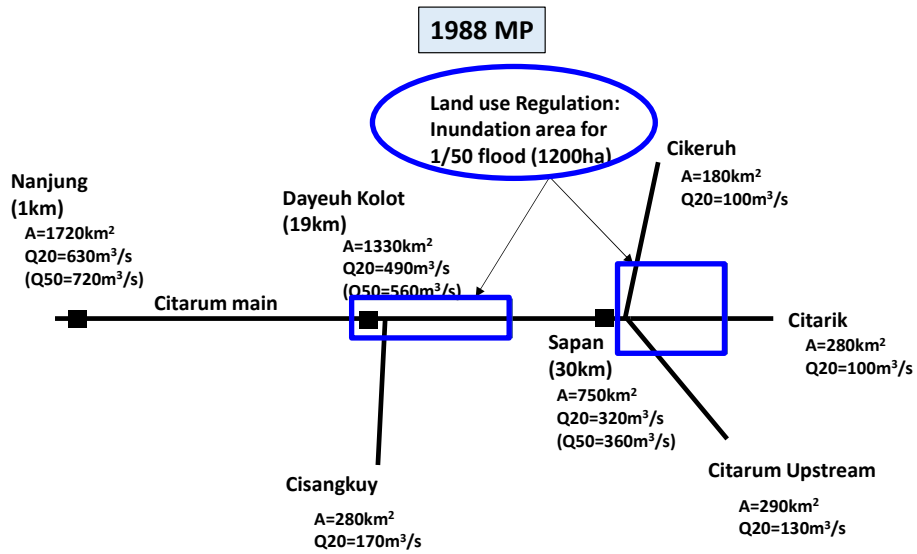
図 3.2-47 バンドン市における市街地と浸水想定範囲

d) M/P の概要および実施中の事業を踏まえた残余リスク

■ 1988M/P の概要

1998 年 M/P は計画目標年を 2005 年とし、目標とする治水安全度を本川 20 年確率、支川 20 年確率と設定している。掘込み河道を原則とし、また浸水を許容する地域を設け、その地域については、土地利用規制を行うとしている。これら構造物対策と非構造物対策の組合せで、

50年確率の安全度達成を見込んでいる。1998年M/Pの流量配分図を図3.2-48に示す。Dayueh Kolot～Sapan区間とSapan上流部は氾濫原が設置される計画となっている。



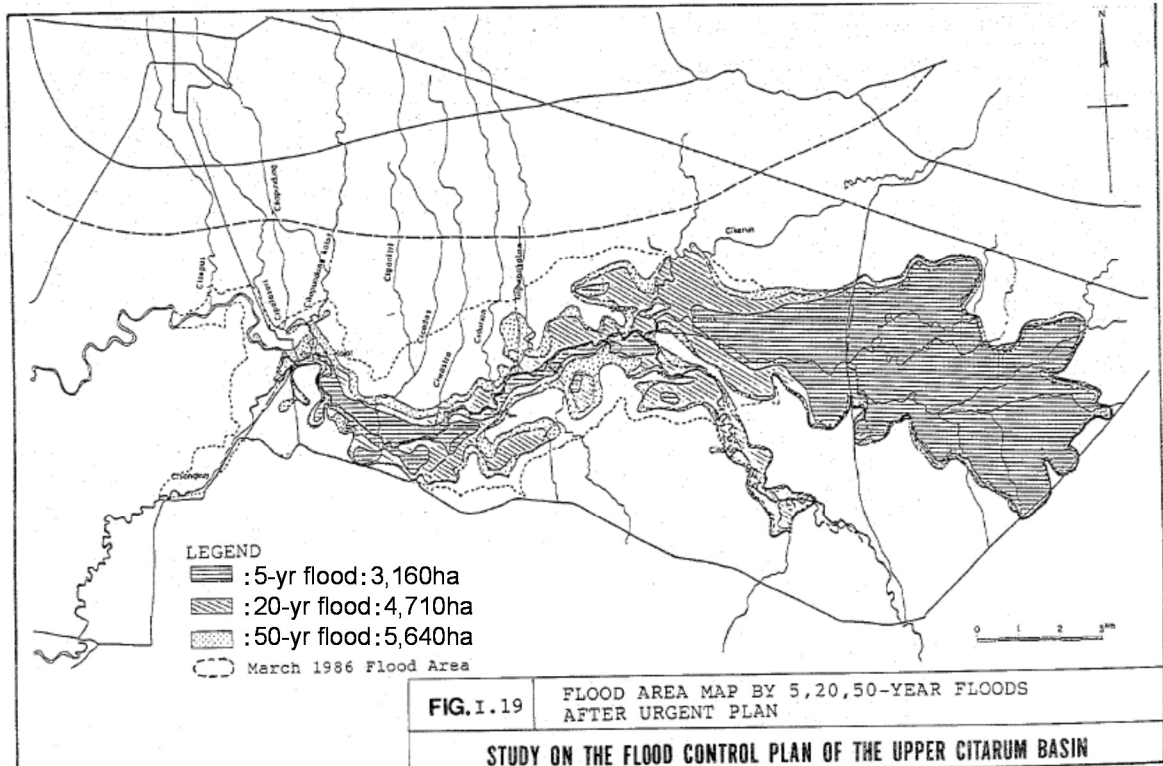
出典：BBWS, OCG, Upper Citarum Basin Flood Mangement Sector Loan Project, Feasibility Study
 Dayuehkolot Final Report, 2017. を修正

図 3.2-48 1998年M/P流量配分図

■ 1988M/Pの実施経緯

① 緊急対策事業：

1988M/Pでは、緊急対策として、本川、支川ともに5年確率の整備を緊急対策とし、円借款事業として1990～2000年代にかけて実施された。緊急対策事業の実施によって残る浸水域は下図に示す通りであり、50年確率洪水時には5,640haの浸水が残る想定であった。

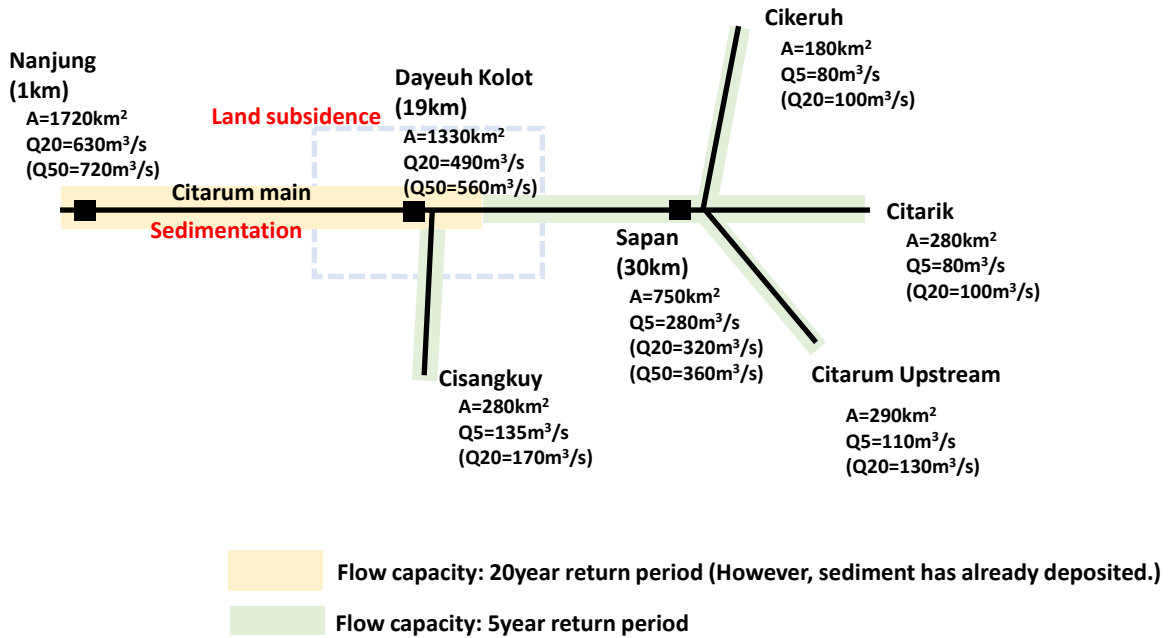


出典：JICA, The Study on the Flood Control Plan of the Upper Citarum Basin, Supporting Report, 1988. を修正

図 3.2-49 浸水区域図（緊急対策事業実施後）

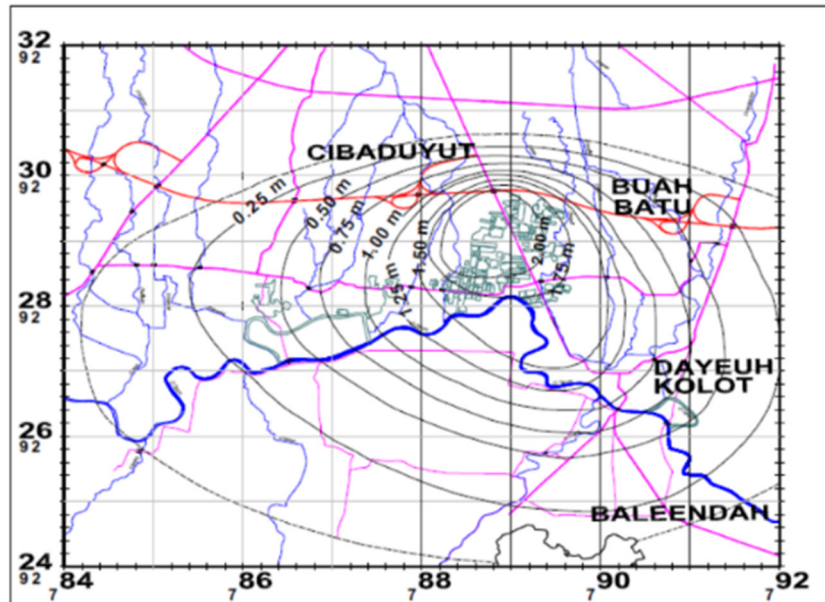
2010年時点における、円借款事業（Phase I & II）完了後の整備状況を下図に示す。5年確率の整備に加え、本川の下流区間は一旦20年確率の整備がなされたものの、土砂堆積により、実際には5年確率程度の疎通能力となっている。特に Dyeuh Kolot 周辺では、地下水の過剰揚水による地盤沈下が発生し（図 3.2-51 および図 3.2-52）、浸水被害を悪化させる要因となっている。

Condition in 2010 (Preparatory Study)
(After Completion of Upper Citarum Basin Urgent Flood Control Project Phase I&II)



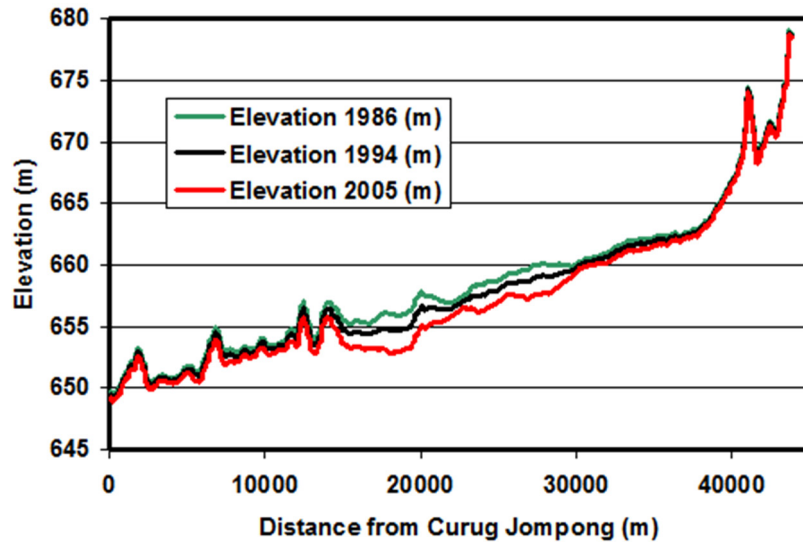
出典：BBWS, OCG, Upper Citarum Basin Flood Mangement Sector Loan Project, Feasibility Study Dayeuhkolot Final Report, 2017.

図 3.2-50 2010 年流量配分図



出典：JICA, OCG, インドネシア国チタルム上流支川流域洪水対策セクターローン準備調査、ファイナルレポート、要約、2010.

図 3.2-51 Dayeuhkolot 地域の地盤沈下 (1996 年から 2006 年)



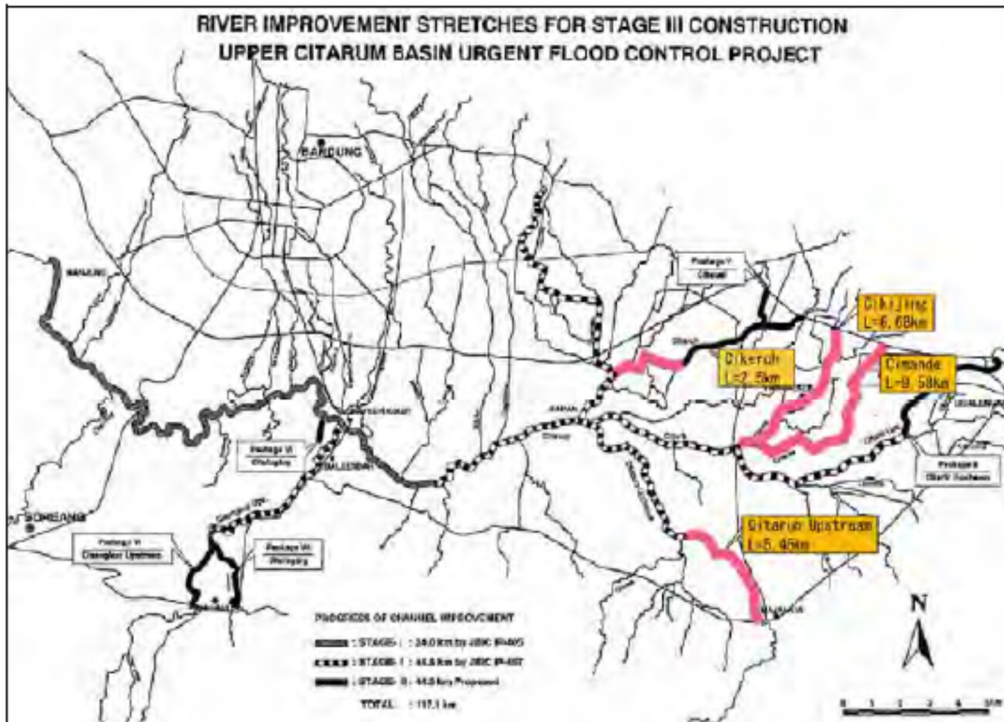
出典：JICA, OCG, インドネシア国チタルム上流支川流域洪水対策セクターローン準備調査、ファイナルレポート、要約、2010.

図 3.2-52 チタルム川の縦断面図

② セクターローン事業：

2010年には、JICA 協力準備調査が実施され、Phase I & II に引き続く、セクターローンとしての円借款事業の内容が検討された。その結果は以下の通りである。

- ・ 構造物対策事業のロングリスト
 - 1) 上流支川の改修（5年確率洪水対応）
 - 2) 本川対策①遊水地
 - 3) 本川対策②洪水防御壁（地盤沈下地区周辺のみ）
 - 4) 本川対策③放水路（Cisangkuy Diversion）
- ・ 選定された構造物対策ショートリスト事業
 - 1) 上流支川の一部改修（4支川）
- ・ 事業コンポーネント
 - 1) 構造物対策：上流支川の一部改修（4支川）
 - 2) 非構造物対策：河川事務所の組織化、コミュニティ防災
 - 3) 土砂流出抑止対策：住民参加型チェックダム設置



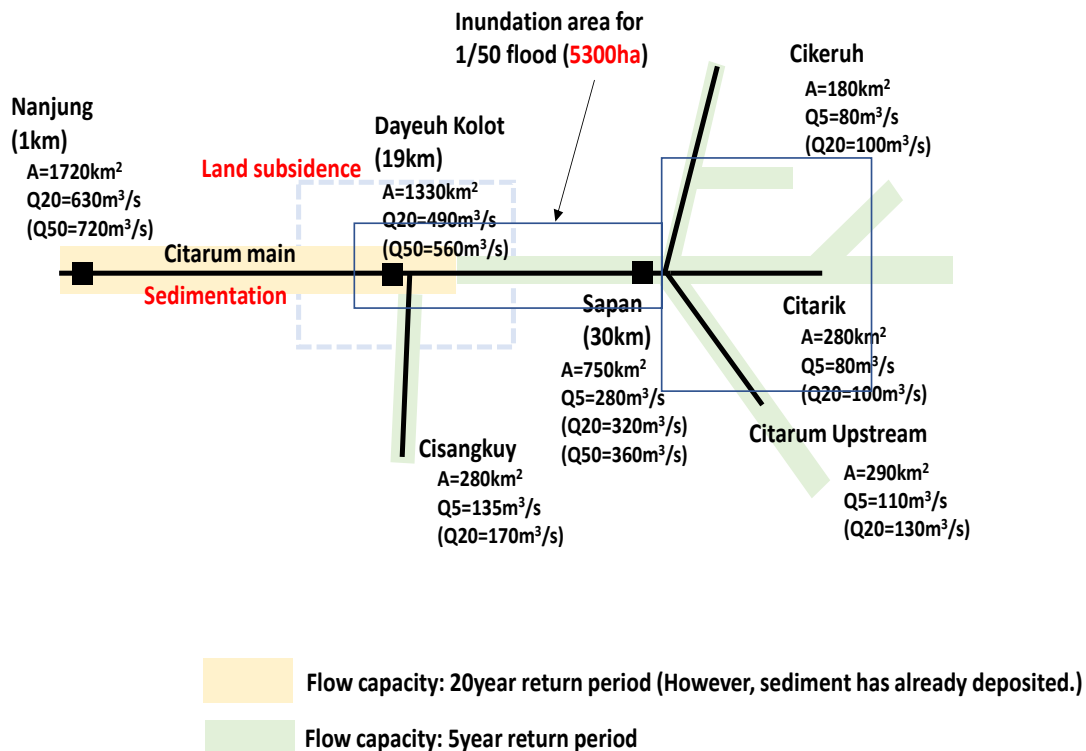
出典：JICA, OCG, インドネシア国チタルム上流支川流域洪水対策セクターローン準備調査、ファイナルレポート、要約、2010.

図 3.2-53 選定された4支川の位置図

③ セクターローン事業内での本川対策の F/S :

2017 年には、セクターローン事業内での本川対策の F/S が実施された。この時点での河川整備状況は下図の通りである。主要支川は、1988MP では 1/20 整備目標としたが、1/5 整備にとどまっており、この周辺での浸水が発生している。本川は、1/20 整備済みだが、土砂堆積と地盤沈下の影響で、浸水が残っている。50 年確率洪水時の浸水域は 5,300ha であり、このとき、平均年被害額は 22 million US\$ と推定されている。

Condition in 2017 (Feasibility Study in Sector Loan)



出典：BBWS, OCG, Upper Citarum Basin Flood Mangement Sector Loan Project, Feasibility Study Dayeuhkolot Final Report, 2017.

図 3.2-54 2017 年流量配分図

F/S 事業の内容は以下のとおりである。

- ・計画対象：チタルム本川に沿った地盤沈下の進行が激しいダイアコロット地区周辺
- ・計画条件：

計画目標年：2035 年ごろ

目標安全度：20 年確率

地盤沈下：地盤沈下が停止し地盤高は現状が維持されることを仮定（地盤沈下が現状のペースで進むと仮定した場合の影響も別途評価）

- ・総事業費：560 billion Rp. (40million US\$)

- ・実施スキーム：ローカルファンドにて実施

- ・その他：地盤沈下対策の実施を推奨

- ・推奨対策：

1.Nanjung Diversion Tunnel Structures 本川最下流のトンネル放水路

(事業費：280 billion Rp. (20million US\$))

2.River improvement of 3 km soft rock section 河川改修

3.Dayeuhkolot Dike/revetment heightening 洪水防御壁

- 4. River improvement of 27 km of Main River 河川改修（河床掘削）
- 5. Internal Drainage for Dayeuh Kolot Area 排水改善

表 3.2-36 F/S で提案された対策および工程表

Implementation Schedule of the Proposed Facility Pplan

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
AMDAL for the Project	—								
1. Nanjung Diversion Tunnel Structures		—	—	—	—				
2. River improvent of 3 km soft rock section			—	—	—				
3. Dayeuhkolot Dike/revetment heightening :				—	—	—			
4. River improvent of 27 km of Main River :					—	—	—	—	—
5. Internal Drainage for Dayeuh Kolot Area							—	—	—

出典：BBWS, OCG, Upper Citarum Basin Flood Mangement Sector Loan Project, Feasibility Study Dayeuhkolot Final Report, 2017.

④ F/S 推奨事業の実施状況

本川最下流部のトンネル放水路および排水改善事業の一部については、地元政府により事業実施済みとの報告がある。残る事業の事業費は 20million US\$以下で、河川改修が主体となる。さらに、On-going 事業とされた Cisangkuy Diversion の建設は、Google Earth の画像を見ると、2020 年に実施されていると考えられる。



出典：Kementrian Keuangan Republik Indonesia (Ministry of Finance), <https://www.kemenkeu.go.id/publikasi/berita/terowongan-nanjung-salah-satu-solusi-atasi-banjir-di-bandung/>

図 3.2-55 本川最下流部のトンネル放水路



出典：https://eppid.pu.go.id/page/kilas_berita/2093/Siap-Diresmikan-Floodway-Cisangkuy-Akan-Tambah-Kapasitas-Penanganan-Banjir-di-Bandung

図 3.2-56 Cisangkuy Diversion の建設

e) 課題および評価

■ 目標治水安全度

20年確率を目標とするF/S事業の実施で50年確率洪水時の浸水域が5,300haから4,400haに減少することが期待される。なお、この浸水域の減少は本川に沿った地域になり、支川に沿った浸水域は残るものと考えられる。このときの平均年被害軽減額は5.2 million US\$と推定されている。仮に、50年確率洪水の安全度を達成した場合の追加の平均年被害軽減額は0.25 million US\$であり、その増分は極めて小さい。

これらを踏まえると、1988MP時点での状況と大きく異なっている、現在の地盤沈下状況を踏まえたとしても、本川の安全度レベルを20年確率から50年確率に引き上げる追加便益は、平均年被害軽減額0.25million US\$しかない。平均年被害軽減額0.25million US\$の場合に、 $B/C > 1$ となるような投資限度額は割引率10%の場合に2.5million US\$程度となる。この程度の投資では有効な構造物対策を実施するのはほぼ不可能であることから、経済面からは、構造物対策によって50年確率のレベルに引き上げるのは妥当ではないと考えられる。

50年確率レベルの安全度とするためには、構造物対策と非構造物対策の組み合わせによる目標安全度達成という方向が考えられる。

■ 頻発するDayeuh Kolot地区の浸水改善：

周辺の地盤沈下と土砂堆積による河道疎通能力の減少が主要因となって、比較的資産の集積しているDayeuh Kolot地区では浸水が頻発しており、その改善が求められている。017F/Sでこれに対する対策が提案されており、その一部は実施済みであるが、下記に示す残りの事業の早期実施が必要である。なお、地盤沈下が生じた区間の対策は、築堤と排水改善となる。

- River improvement of 3 km soft rock section 河川改修
- River improvement of 27 km of Main River 河川改修（河床掘削）
- Dayeuh Kolot Dike/revetment heightening 洪水防御壁
- Internal Drainage for Dayeuh Kolot Area 排水改善

■ 都市開発の動向を踏まえた本川上流部と支川の安全度アップグレード：

本川上流部と支川の安全度5年確率整備が完了しているものの、1988M/Pの構造物対策による目標安全度である20年確率対応にはなっていない。

この地域はバンドン市の外側に位置し、河川沿いの宅地を除けば農地が大部分を占めている。特別な工業地帯等の開発構想がない限りは、直ちに安全度をアップグレードする緊急性は小さいものと考えられる。今後都市開発の動向を踏まえつつ、長期的な視点から必要に応じたアップグレードを検討することが考えられる。

20年確率対応にするための方策としては、すでに河川改修が完了していることから、新たな河川拡幅等を実施することは困難が予想され、1998M/Pでは想定しなかった貯留施設の設置を主体とした方策を新たに検討する必要がある。

■ 浸水リスクエリアの再評価と土地利用規制の徹底：

1988M/Pで提案された許容浸水地域の浸水状況や超過洪水発生時の浸水リスクエリアは地盤沈下の影響もあり1988M/P時点の想定から変化している可能性がある。地盤沈下の現状や今後の動向に関するシナリオを設定したうえで、浸水リスクエリアの再評価を行う。

また、許容浸水地域の現状を踏まえて、その取扱いを再検討し、50年確率規模の洪水が生じても被害が軽減されるような土地利用規制の促進を図る必要がある。

■ 流域の水循環の適正管理：

今後も地盤沈下が継続すると、2017F/Sで想定した事業を実施したとしても、再び浸水が発生するリスクがある。このため、地盤沈下を抑制するための施策を実施する必要がある。そのためには、地下水規制の強化が考えられるが、そのためには、地下水に変わる代替水源の検討を行う必要があり、これは流域の水管理と大きく関連する課題となる。

一方、雨水浸透や貯留などの雨水流出抑制の促進により、流出量の削減を目指し、可能な限りピーク流量の削減を行うことで浸水リスクを軽減できるほか、雨水浸透による地下水涵養量の増加、雨水利用による水需要量の削減等の効果も期待できる。

■ 流出土砂抑制：

現状では、河道への土砂堆積が多く、河道の流下能力確保のための維持管理の負担が大きい。2017F/Sにおける提案事業の実施により、本川中下流部において、ボトルネックとなっている軟岩河床の掘削等により河床勾配を増加させて土砂の堆積が従前よりも生じにくくなることが想定される。これに加えて、流域からの流出土砂量自体の軽減が重要である。流出土砂抑制を促進し、河床への土砂堆積を軽減することが課題である。

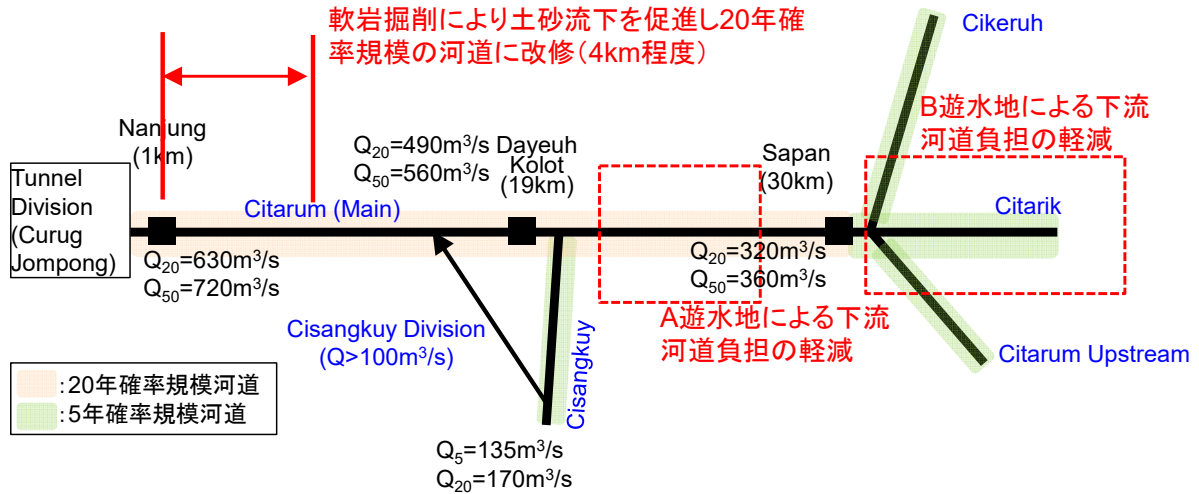
2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

Citarum川上流域最大の都市Bangdungの人口約250万人でインドネシア第三の都市であり、また州都でもある。河川区域指定に関する大臣令2015年第28号では、首都/大都市は50~100年、州都は20~50年の目標計画規模とすることが定められており、計画規模は1/50に設定する。

b) 現況河道流下能力、基本高水流量および流量配分

Citarum 川上流域の現況河道流下能力、基本高水流量および流量配分図は下図通りである。



出典: BBWS, OCG, Upper Citarum Basin Flood Management Sector Loan Project, Feasibility Study Dayeuhkolot Final Report, 2017.に基づき JICA 調査団作成

図 3.2-57 Citarum 流量配分図

3) 治水事業のメニュー

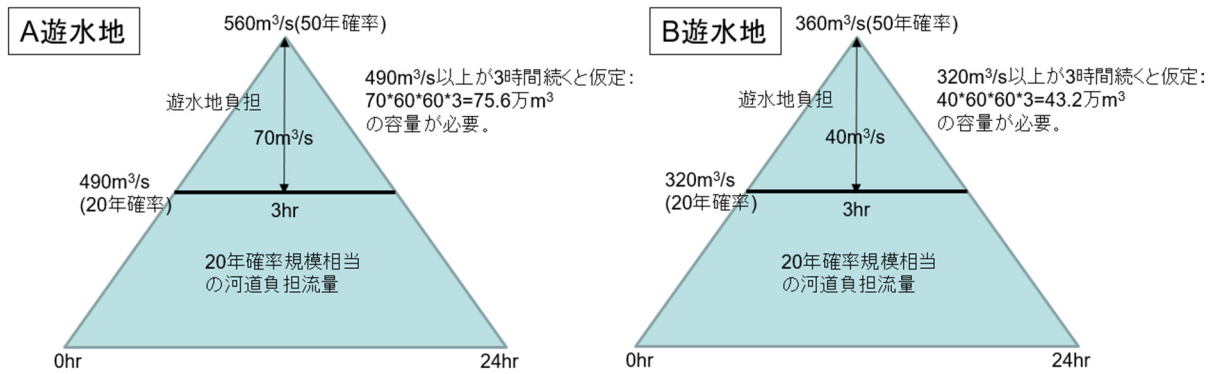
a) 治水事業メニュー

Citarum 川における治水事業メニューを下表に整理する。

表 3.2-37 治水事業メニューの検討

メニュー	概要
下流部河道改修	・本川は土砂堆積により所定の流下能力が不足している。このため、Curug Jompong 地点のトンネル前 3km 範囲の軟岩区間を掘削し、河床勾配を現況よりも急勾配にして土砂流下を促す。
遊水地設置	・河道負担を軽減するため、Dayeuh Kolot 上流および Sapan 上流に遊水地を設置する（後述）。
氾濫原土地利用規制等、非構造物対策	・構造物対策により 20 年確率降雨までは氾濫を抑制するが、20 年確率を超える降雨に対しては氾濫が発生する。 ・このため、氾濫域の土地利用規制等の非構造物対策を講じる。

以下、遊水地について詳述する。Dayeuh Kolot 上流の遊水地 A、Sapan 上流の遊水地 B のそれぞれについて、20 年確率流量以上を洪水が 3 時間継続すると仮定して、それぞれ 75.6 万 m³、73.2 万 m³ が貯留できる規模の遊水地が必要となる（図 3.2-58）。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-58 遊水地調節容量

b) 治水事業メニューの代替案

先述の通り、Citarum 流域では、上記で提案した治水事業メニューとあわせて、土砂流出、地盤沈下、水資源管理も含めた包括的な問題解決を長期的に実施していく必要がある。

表 3.2-38 Barito 川治水事業代替案

メニュー	概要
Dayeuh Kolot 周辺の地盤沈下対策	<ul style="list-style-type: none"> Dayeuh Kolot 周辺の地盤沈下を抑制するため、地下水の揚水を規制する。 工場の操業等に支障を及ぼさないよう、下記水資源管理を並行して実施し、代替水資源を確保した上で実施する必要がある。
水資源管理	<ul style="list-style-type: none"> 地下水揚水に替わる代替水源を開発する。 Citarum 川上流域にはダム等の適地が少ないため、中流部ダムの運用改善や再開発による水資源開発を行い、その用水を活用するなどの方策を検討する必要がある。
土砂流出対策	<ul style="list-style-type: none"> 源流部における土砂流出対策を行い、河道への土砂流出および河床への体積を抑制する。

c) 課題

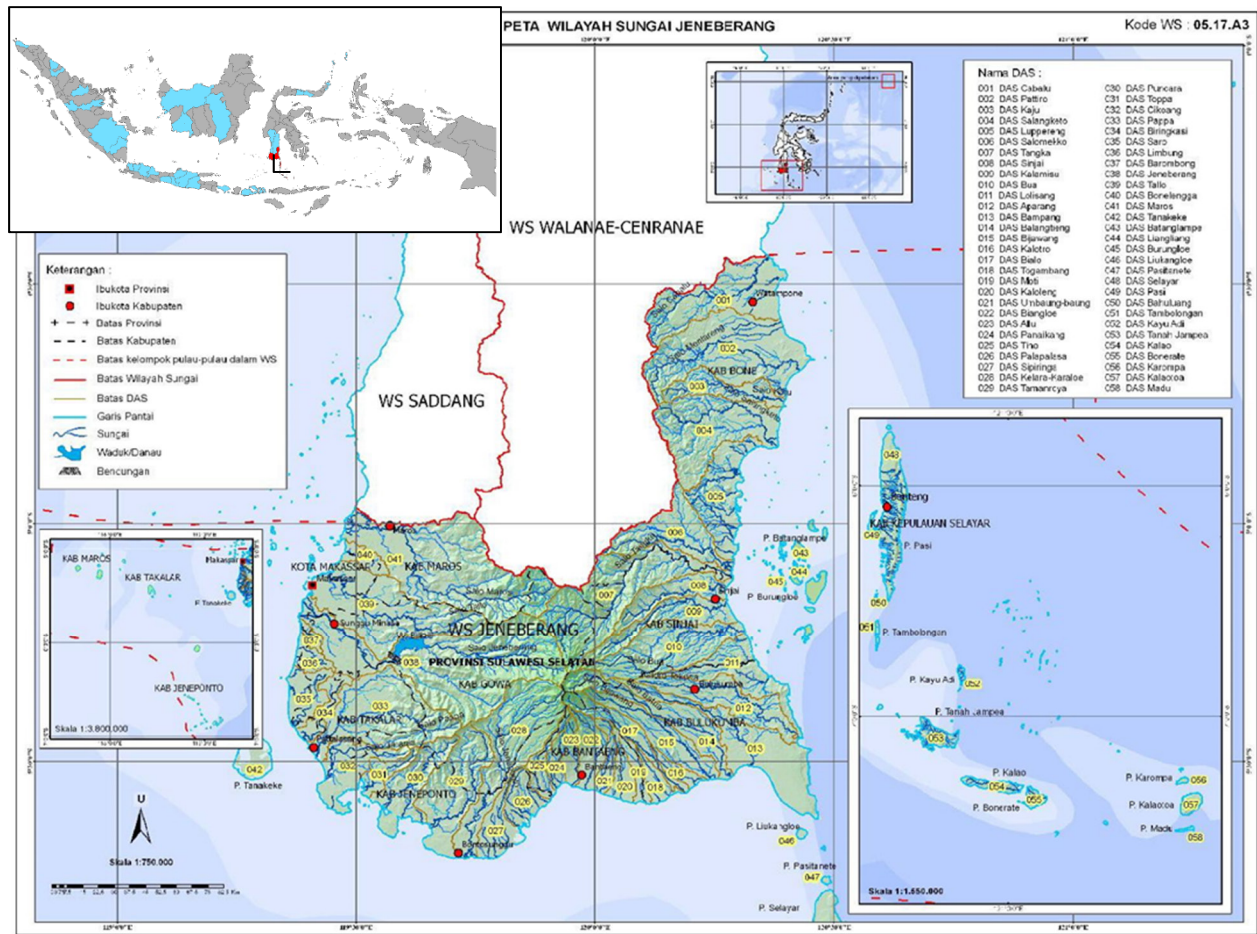
現行の M/P は以下の点が課題であり、この点を考慮した M/P の見直しが必要である。

- 将来の都市計画、特に **Bangdung** 市街周辺部の将来的な開発が考慮されていない。市街地の拡大を踏まえた治水計画の見直し、または治水計画と調和した都市計画の立案等を検討する必要がある。
- 既にチサンクイ川放水路が完成して **Dayeuh Kolot** より下流の本川に洪水が硫化しているため、これに伴う流量配分を見直す必要がある。
- 氾濫を許容するエリアを、現行の土地利用を踏まえ見直す必要がある。
- Dayeuh Kolot** より上流は氾濫許容・遊水地貯留により 50 年確率を実現する。

また、本流域では地元政府による事業が実施中であると考えられる。地元政府との協議を踏まえて、地元政府の治水計画や実施予定事業およびその治水効果を把握する必要がある。

(5) Jeneberang

Jeneberang 流域の流域図を図 3.2-59 に示す。



出典：PUPR 流域図より JICA 調査団作成

図 3.2-59 Jeneberang 流域図

1) 流域の概要および課題

a) 氾濫域内 GDP

Jeneberang 流域の氾濫域内 GDP は 4,316 million USD (2020 年) と算出された。これは同国の GDP の 0.4%にあたる。都市としては Makassar が浸水想定区域内に位置している。

b) 過去の洪水被害

2019 年 1 月に発生した洪水は、日降雨量が最大で 197mm に達し、広い範囲で浸水被害が発生し、死者は 16 人、被災者数は 2,942 人に達した¹⁸。Jeneberang 本川でもスングミナサ橋直上流左岸および無堤区間で外水氾濫が発生した¹⁹。Makassar 市でも多くの浸水被害が発生し、

¹⁸ https://news.detik.com/berita/d-4396761/relawan-evakuasi-ibu-hamil-di-makassar-yang-terkepung-banjir?_ga=2.198023084.205842334.1624512582-1669682939.1624512582

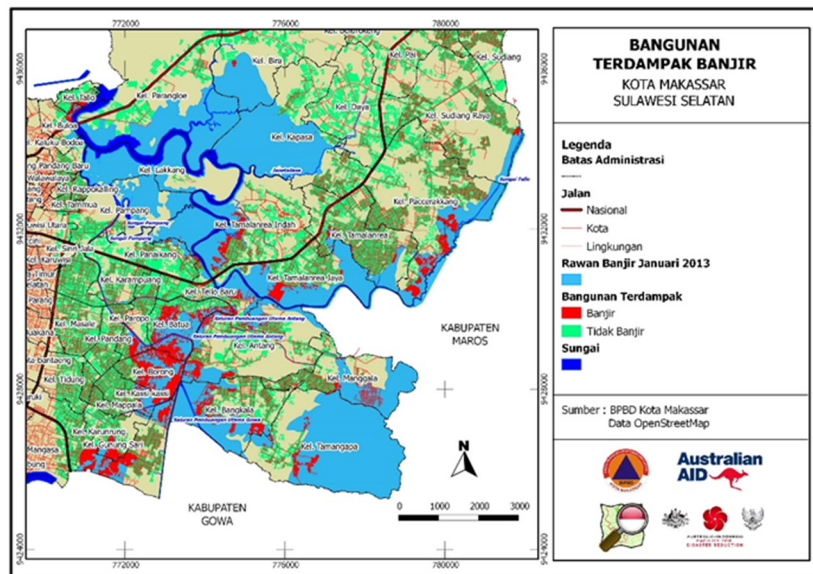
¹⁹ N. Tada and H. Shimizu(2019)Proposal of Improvement in Early Warning, Dam and River Through the Flood Case of BiliBili Dam and the Jeneberang River <https://zdocs.tips/doc/early-warning-by-tada-icdm-2019-paper-final-m6yoyewjrpv>

Manggala 地区 Manggala 村では水が 3m に達し、数百軒の家屋が浸水した被害が報告されている（図 3.2-60）¹⁸。この他、近年では 2013 年 1 月、2021 年 12 月に Makassar で浸水被害が発生し、被災者数はそれぞれ 8,120 人、6,412 人に達している¹⁸。



出典： https://news.detik.com/berita/d-4396761/relawan-evakuasi-ibu-hamil-di-makassar-yang-terkepung-banjir?_ga=2.198023084.205842334.1624512582-1669682939.1624512582

図 3.2-60 2019 年 1 月洪水による Manggala 村の浸水

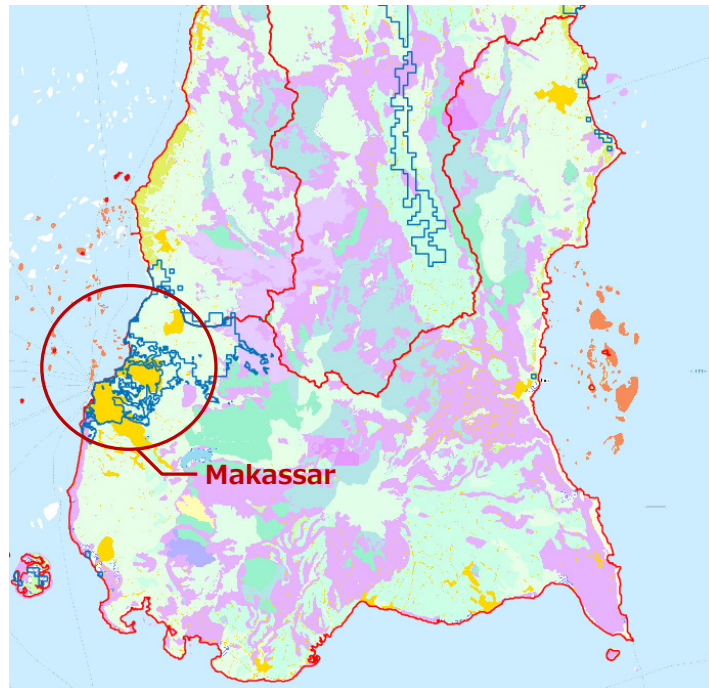


出典： <https://openstreetmap.id/wp-content/uploads/2013/10/Bangunan-terdampak-banjir-fiks.jpg>

図 3.2-61 2013 年 1 月洪水の浸水域

c) 都市計画および市街地の拡大状況

国家中期開発計画（RPJMN2020-2024）において、戦略的なエリア開発の位置づけの有無や、既成市街地での人口規模等を踏まえ、Makassar 市を対象に都市計画の状況と市街地拡大の状況の把握を行う。



出典：農地・空間計画省のデータに基づき JICA 調査団作成

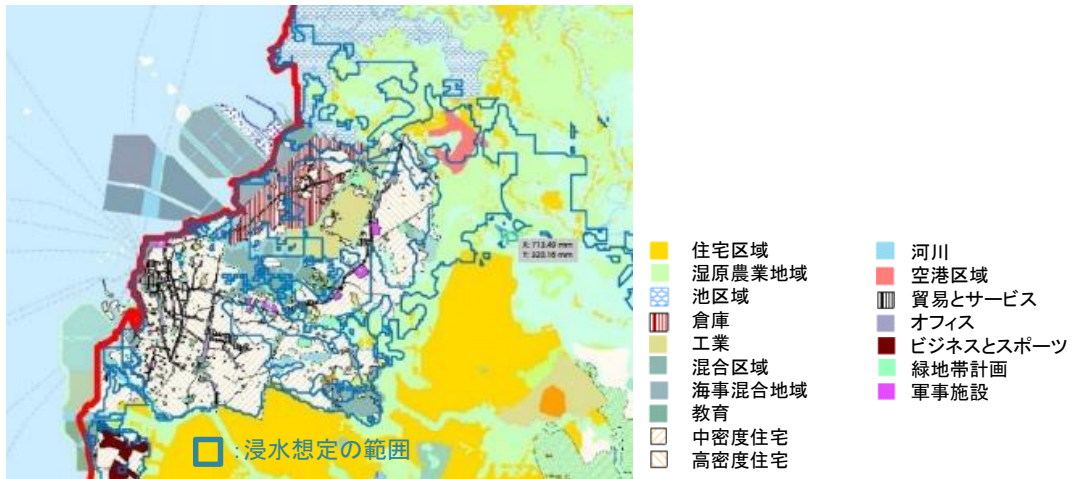
図 3.2-62 Jeneberang 流域内の主要な都市

■ 都市計画・市街地の拡大状況

【Makassar（マカッサル市）】

Makassar 市やその周辺の土地利用計画は以下のように示されており、広範囲に渡って中密度・高密度の住宅地用地や工業用地の土地利用が計画されている。また、その周辺部においても農地等が介在する都市集落や農村集落が連続的に広がっている。

市街地の拡大状況について、Google Earth による航空写真を基に目視による確認を行った。マカッサル市は 1984 年においても広範囲に渡って市街地が形成されており、その大部分が浸水想定範囲内となっている。2020 年においては土地利用計画にも示されているように、浸水想定内外含めて、市街地の範囲をさらに拡大させていることが確認できる。



出典：農地・空間計画省のデータに基づき JICA 調査団作成

図 3.2-63 Makassar 市と周辺の土地利用計画



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-64 Makassar 市における市街地と浸水想定範囲

d) 実施中の事業を踏まえた残余リスクおよび M/P の概要

Jeneberang 川本川では、50 年確率規模の洪水を防御するためビリビリダム建設、約 21km の河道改修等が提案されたが、このうちスングミナサ橋より上流は、当時は沿川が開発されていなかったため、事業は実施されなかった。2019 年 1 月洪水では Jeneberang 本川の未改修区間で外水氾濫が発生したため、JICA はビリビリダムの再生を含めた支援を開始しており、本事業が概成すれば Jeneberang 川による洪水リスクは削減されると考えられる。

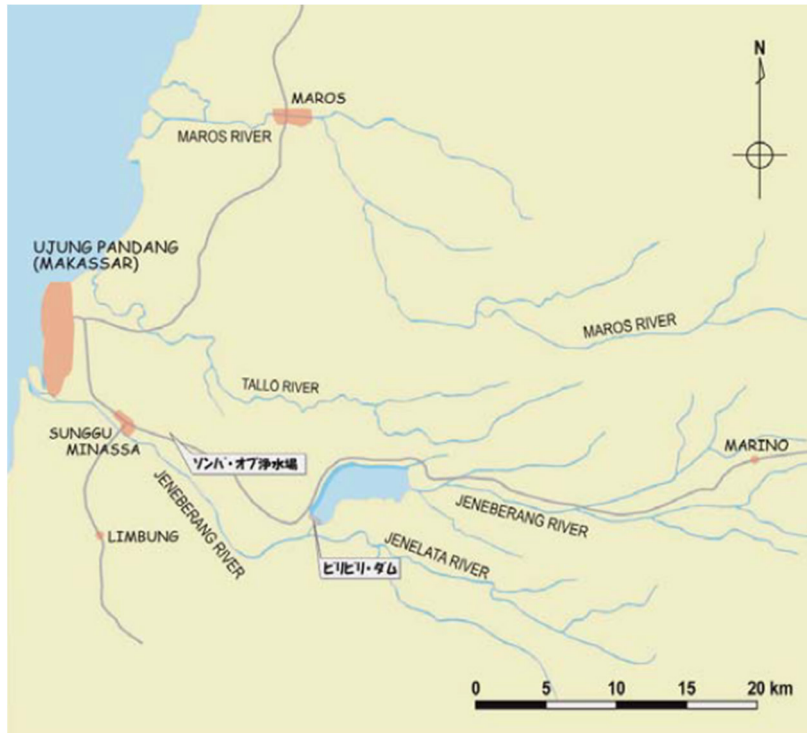
なお、ビリビリダムの概要は下記のとおりである。

洪水防御：50 年確率の洪水防御

上水および工業用水の供給：2005 年の需要見込み 4,200 リットル/秒のうち、2,800 リットル/秒を供給

灌漑面積の拡大：乾期における灌漑面積を 2,605 ha から 19,538 ha に拡大する

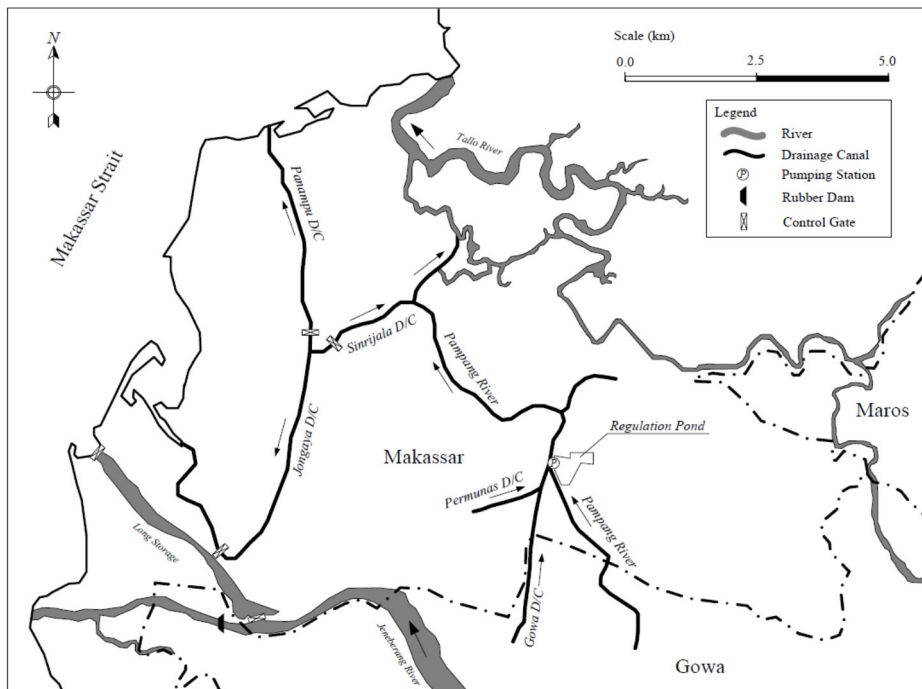
電力供給：17.2 MW の発電設備容量



出典：ビリビリ多目的ダム建設事業 事後評価 報告書

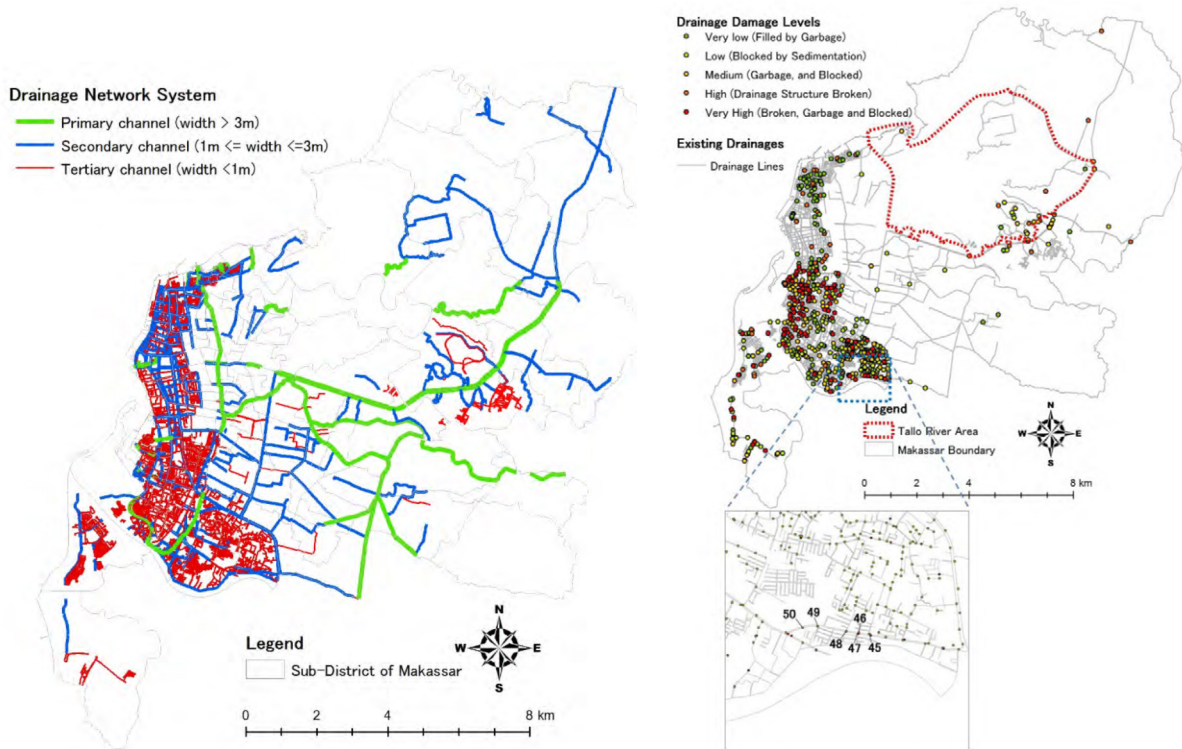
図 3.2-65 ビリビリ多目的ダム建設事業

一方、Jeneberang 川外水氾濫以外の要因、すなわち Makassar 市を貫流する Tallo 川の外水氾濫、および市内を流れる排水路の排水不良を原因とする浸水被害は多く発生している。市内の排水路ネットワークを図 3.2-66 および図 3.2-67 左に、排水路のダメージ状況を図 3.2-67 右に示す。



出典：スラウェシ地域開発支援道路計画調査 フィージビリティ調査、JICA、2008 年

図 3.2-66 マカッサル市の排水システム



出典：インドネシア国 プレキャスト雨水浸透側溝及び貯留施設の導入にかかる案件化調査 業務完了報告書、東南アジア地域における JICA 中小企業海外展開支援事業の活用事例紹介 Pc 製品でインドネシアの浸水問題を解決する案件化調査について、株式会社ヤマウ

図 3.2-67 Makassar 市の排水路ネットワーク (左) および水路ダメージ状況 (右)

Tallo 川に関する治水事業としては、唯一、ニパニパ貯水池の建設があげられる。貯水池の諸元は下記に示す通りである。本貯水池の建設後も Tallo 川の沿川では浸水被害が発生しており、さらなる治水事業が必要であると考えられる。

■ニパニパ貯水池

面積：84ha

容量：270 万 m³

目的：洪水調節 (482m³/s ⇒ 329m³/s (153m³/s 調節))、都市用水 (Makassar 市に 200 リットル / 秒の用水供給) 等



出典：インドネシア国 プレキャスト雨水浸透側溝及び貯留施設の導入にかかる案件化調査 業務完了報告書、東南アジア地域における JICA 中小企業海外展開支援事業の活用事例紹介 Pc 製品でインドネシアの浸水問題を解決する案件化調査について、株式会社ヤマウ

図 3.2-68 ニパニパ貯水池の設置予定箇所（黄色囲み箇所）

市内排水路ネットワークの排水不良を改善するため、64.3km²の排水地区を対象として、JBIC の融資によるジェネベラン川緊急治水事業が実施された。本事業の詳細を以下に示す。本事業では、設計確率年を 20 年とし、30.7 km の幹線排水路の改良工事が実施済である。しかしながら、先述の通り Makassar 市の浸水被害は継続しており、さらなる排水改良が必要である。

■ジェネベラン川緊急治水事業

- 1) 河川改修工事
ジェネベラン川河口～スングミナサ橋
(9.6km 区間) の浚渫、掘削、築堤、護岸工事
マリノ道路嵩上げ (2.5km 区間)
- 2) 市内排水系統の改良
 - ① パナンプー排水路 (4.9km) の改修
 - ② ジョンガヤ排水路 (7.8km) の新規掘削
 - ③ シンリジャラ排水路 (2.4km) の改修
- 3) 洪水予警報機器
 - ① 水位監視所 3 か所
 - ② 中央監視所 1 か所
 - ③ 移動警報車 3 台
- 4) コンサルティング・サービス
調達手続補助、工事監理にかかる 356.5M/M

- 4. River improvement of 27 km of Main River 河川改修（河床掘削）
- 5. Internal Drainage for Dayeuh Kolot Area 排水改善

表 3.2-36 F/S で提案された対策および工程表

Implementation Schedule of the Proposed Facility Pplan

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
AMDAL for the Project	—								
1. Nanjung Diversion Tunnel Structures		—	—	—	—				
2. River improvent of 3 km soft rock section			—	—	—				
3. Dayeuhkolot Dike/revetment heightening :				—	—	—			
4. River improvent of 27 km of Main River :					—	—	—	—	—
5. Internal Drainage for Dayeuh Kolot Area							—	—	—

出典：BBWS, OCG, Upper Citarum Basin Flood Mangement Sector Loan Project, Feasibility Study Dayeuhkolot Final Report, 2017.

④ F/S 推奨事業の実施状況

本川最下流部のトンネル放水路および排水改善事業の一部については、地元政府により事業実施済みとの報告がある。残る事業の事業費は 20million US\$以下で、河川改修が主体となる。さらに、On-going 事業とされた Cisangkuy Diversion の建設は、Google Earth の画像を見ると、2020 年に実施されていると考えられる。



出典：Kementrian Keuangan Republik Indonesia (Ministry of Finance), <https://www.kemenkeu.go.id/publikasi/berita/terowongan-nanjung-salah-satu-solusi-atasi-banjir-di-bandung/>

図 3.2-55 本川最下流部のトンネル放水路

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

Jeneberang 流域の最大都市 Makassar 市の人口は約 114 万人（インドネシアで 7 番目の人口）であり、南スラウェシ州の州都でもあり、また東インドネシア地域の中心的な都市でもある。河川区域指定に関する大臣令 2015 年第 28 号では、首都/大都市は 50~100 年、州都は 20~50 年の目標計画規模とすることが定められており、Jeneberang 川本川の計画規模が 1/50 に設定されていることも考慮し、Tallo 川等の治水事業の計画規模も 1/50 に設定する。

b) 現況河道流下能力および基本高水流量

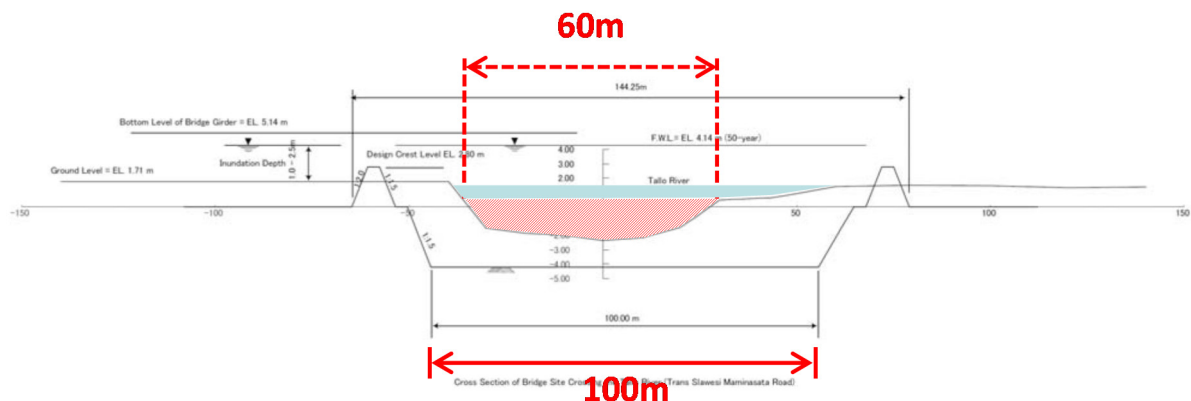
既往検討によると、Tallo 川 Tallo 橋地点の流速は 0.7m/s 程度であり（表 3.2-39）、また現況河道横断面積は約 200m²程度であると考えられる（図 3.2-70 より読図）。これにより、現況河道の流下能力は、200m²×0.7m/s= 140m³/s 程度であると考えられる。既往検討では Tallo 橋地点の各確率年別流量を水理解析により求めている（表 3.2-40）が、これによると現況河道流下能力は 2 年確率流量（220m³/s）に満たないため、ほぼ毎年のように氾濫していると考えられる。一方、基本高水流量は、表 3.2-40 の解析結果を参照し、50 年確率で 830m³/s と設定する。

表 3.2-39 Tallo 川等水理解析結果

Bridge Site	Riverbed Slope	Design Discharge (m ³ /sec)	Max. Flow Velocity (m/sec)	Design Flood Water Level (EL. m)	Design Crest Level of Dyke *1 (EL. m)	Proposed Bridge Level *2 (EL. m)
a) Maros River	1/4,500	1,260 (25-year)	1.11	5.67	7.66	7.66
b) Tallo River	1/10,000	830 (50-year)	0.72	4.14	2.80	5.14
c) Jeneberang River (upstream)	1/1,120	2,500 (50-year)	3.31	8.86	10.96	10.96
d) Jeneberang River (downstream)	1/1,120	2,500 (50-year)	2.42	3.91	7.55	7.55

注: *1: Proposed Design Crest Level of Dyke in existing flood control plan, Comprehensive Water Management Plan Study for Maros Jeneberang River Basin, Nov. 2001
 *2: Bottom Level of Bridge Girder

出典：スラウェシ地域開発支援道路計画調査 フィージビリティ調査、JICA、2008 年 を修正



出典：スラウェシ地域開発支援道路計画調査 フィージビリティ調査、JICA、2008 年 を修正

図 3.2-70 Tallo 川 Tallo 橋架橋地点横断図

表 3.2-40 Tallo 橋地点における各確率年の流量

(Unit: m³/sec)

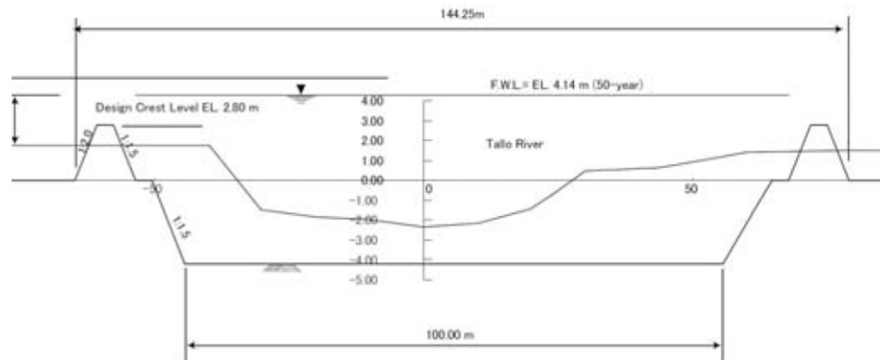
River Basin	Location	Catchment Area (km ²)	Return Period (Year)						
			2	5	10	25	50	100	200
Maros	Alliritengae Bridge	558	480	750	960	1,260	1,500	1,750	2,040
Tallo	Tallo Bridge	314	220	370	490	680	830	970	1,120
Jeneberang	Sungguminasa Bridge	684	815	1,491	2,002	3,021	3,428	3,650	3,920
Gamanti	Alluka Bridge	91	70	100	120	160	180	190	220
Pappa	Estuary	389	180	360	520	770	930	1,120	1,500

出典：スラウェシ地域開発支援道路計画調査 フィージビリティ調査、JICA、2008年 を修正

c) 流量配分

基本高水流量 830m³/s (Tallo 橋地点) のうち、河道改修により処理できる流量は、下式より 400m³/s 程度であると考えられる。

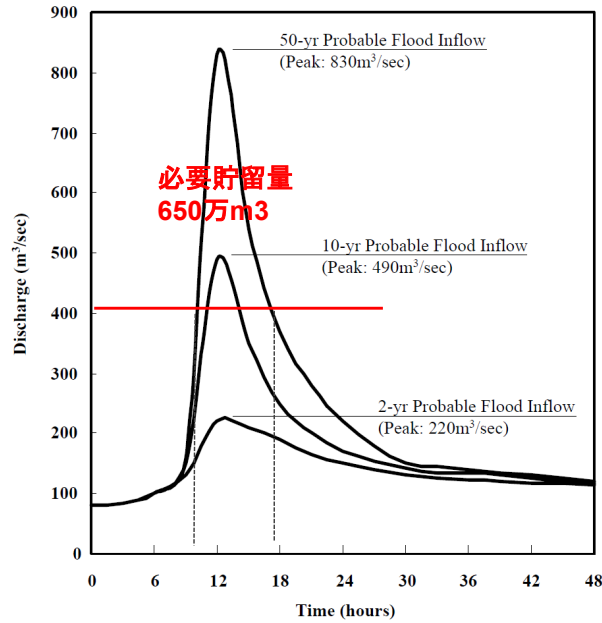
$$B \ 90\text{m} \times H \ 7\text{m} \ (\text{余裕高 } 1\text{m}) \times v \ 0.7\text{m/s} \ \doteq \ 400\text{m}^3/\text{s}$$



出典：スラウェシ地域開発支援道路計画調査 フィージビリティ調査、JICA、2008年

図 3.2-71 Tallo 橋地点横断面図

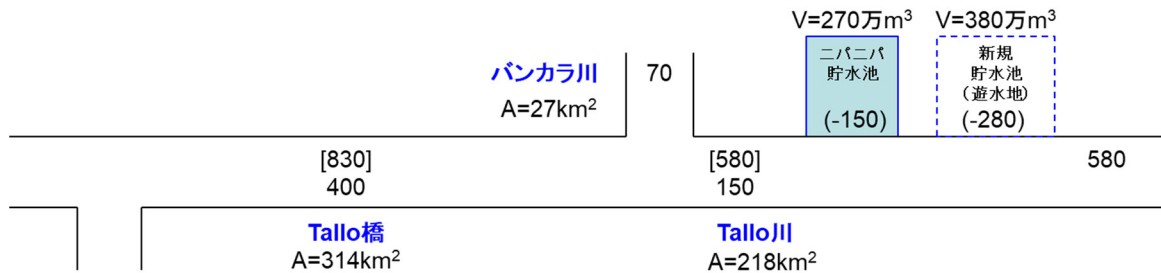
残り 430m³/s を上流に新たに整備する貯留施設で調節するが、その必要規模を算定する。Tallo 橋地点のハイドログラフ (図 3.2-72) から、400m³/s を超える洪水の必要貯留量は 650 万 m³ であると算定された。このうち、既設のニパニパ貯水池では 270 万 m³ を貯留するため、残り 380 万 m³ を貯留する施設を設置する必要がある。



出典：スラウェシ地域開発支援道路計画調査 フィージビリティ調査、
 JICA、2008年 を修正

図 3.2-72 Tallo 橋地点ハイドログラフと必要貯留量の算定

以上の検討結果を、流量配分図として整理する。



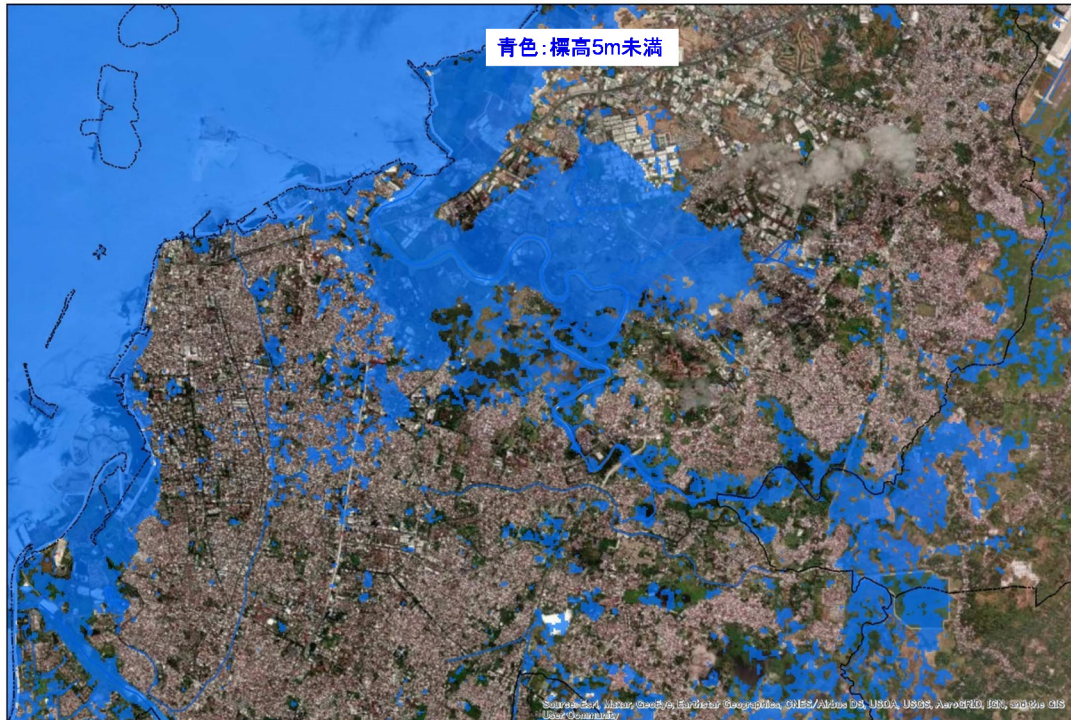
出典：JICA 調査団作成

図 3.2-73 基本高水流量と流量配分図

3) 治水事業のメニュー

a) 治水事業メニュー

治水事業のメニューを検討するにあたり、Tallo 川と周辺の低平地を抽出した。Tallo 川下流の湿地帯は標高が 5m 未満であり、洪水および高潮で頻繁に浸水しており、遊水地的な機能を有していると想定される。また、塩性湿地環境に依存する生態系が存在することが想定されるため、湿地帯は保全する方針とする。同様に Tallo 川に沿って低地が存在するが、このエリアは氾濫原として保全する。ところどころ住宅地でも標高 5m 未満のエリアが存在するが、これらの地域を防御するため、部分的な築堤が必要であると考えられる。



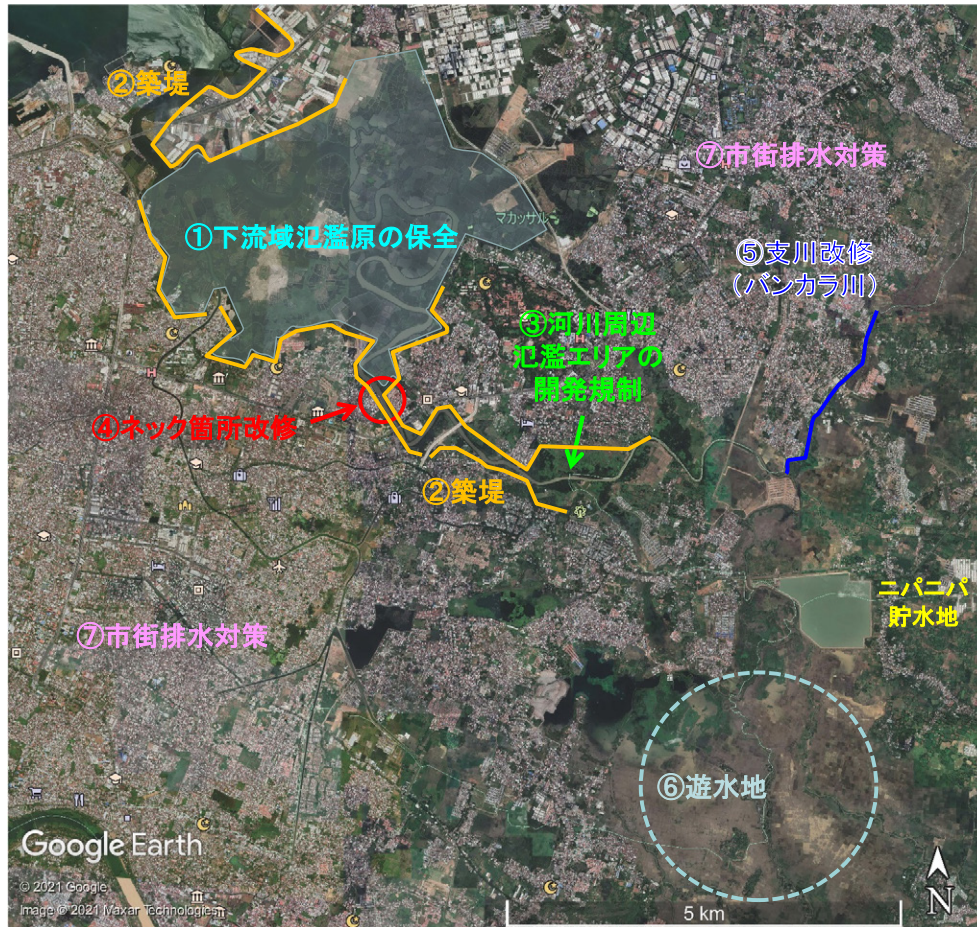
出典：ALOS 全球数値地表モデル ALOS World 3D - 30m (AW3D30)を使用し JICA 調査団作成

図 3.2-74 Tallo 川流域の低平地の抽出

以上の状況を踏まえ、Tallo 川および周辺における治水事業メニューを下表および図 3.2-75 に整理する。

表 3.2-41 治水事業メニューの検討

メニュー	概要
下流部氾濫原の保全	・下流部の湿地帯を開発規制し、遊水地帯として保全する。
Tallo 川築堤	・ Tallo 川沿川の住宅地浸水対策として、河川沿川の氾濫エリアの外側（堤外地側）にバラベット堤等で築堤を行う。 ・ L = 11.5km（対象区間の 1/2 程度の延長での整備を想定）
河川周辺の氾濫原の保全	・ Tallo 川沿川の氾濫原緑地を開発規制し、遊水地帯として保全する。
Tallo 川ネック部河道改修	・ Tallo 川のネック部において河道改修を行い、400m ³ /s の洪水を流下させる。 ・ L = 0.5km（ネック箇所近傍のみ）
支川バンカラ川改修	・ 支川バンカラ川沿川でも浸水被害が発生しているため、河道改修を行う。 ・ L = 2.8km 程度を想定
遊水地整備	・ Tallo 川上流部に 380 万 m ³ を貯留する遊水地等を整備する。
市街地排水対策	・ 市街地の排水不良を改修するため、排水路のリハビリや流下能力の向上、ポンプ場のリハビリ・新設等を行う。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-75 治水事業メニュー

b) 治水事業メニューの代替案

上流部の貯留対策は、遊水地ではなく山地部にダムを設置する代替案が考えられる。ただし、残流域の洪水を貯留することができないため、本検討では遊水地案を優先とした。現地状況を確認の上、比較検討することが望ましい。

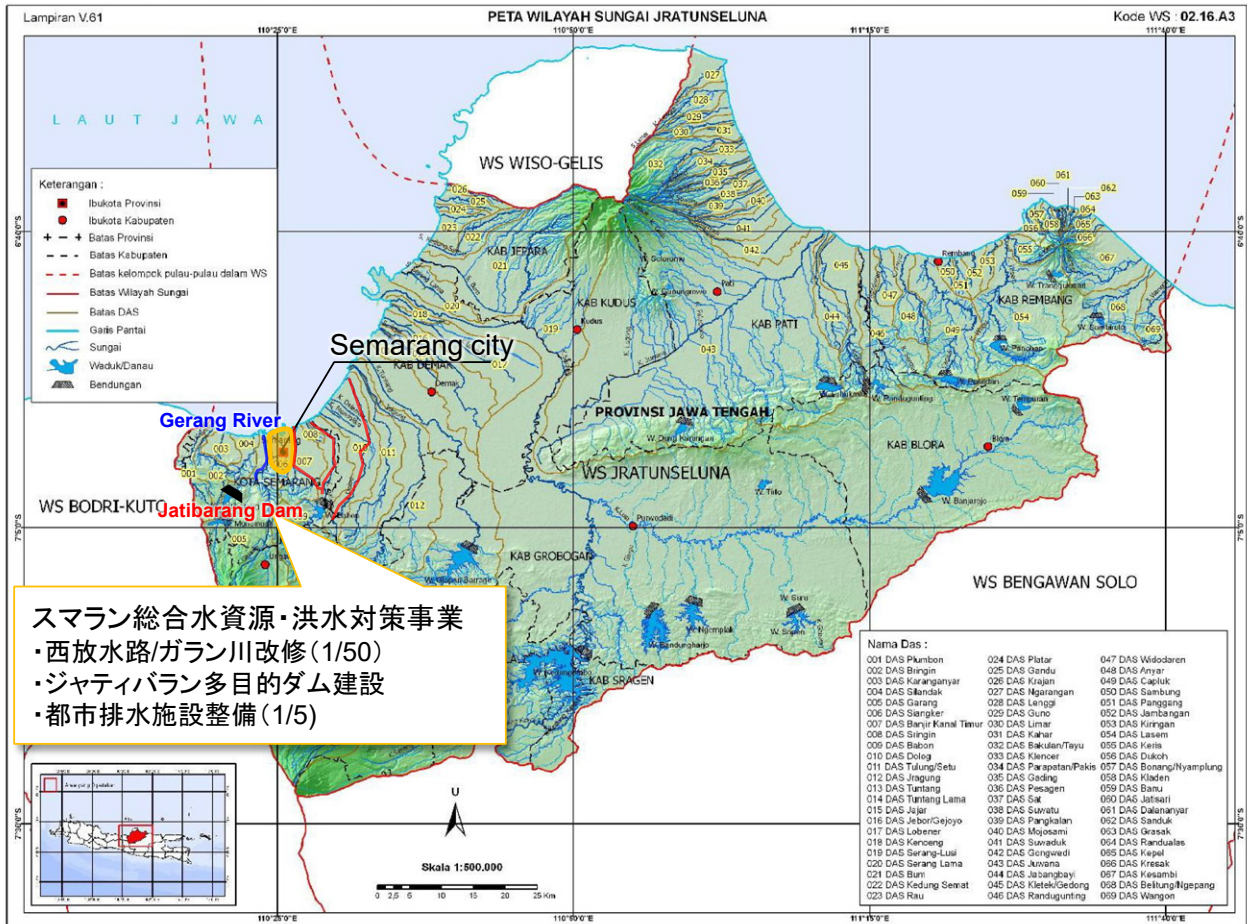
c) 課題

Jeneberang 川本川に対する新たな JICA 支援では、確率雨量・確率流量等の見直し、ビリビリダム再生を含めた治水事業メニューの検討などが行われている。Talio 川等の治水計画の基本コンセプトや治水事業は、当該検討の結果を踏まえて、整合を確保するための調整を行う必要がある。また、地元政府との協議により、地元政府の治水計画や実施予定事業がないか確認する必要がある。

(6) Jratunseluna

1) 流域の概要および課題

Jratunseluna 流域の流域図を図 3.2-76 に示す。



出典：PUPR 流域図より JICA 調査団作成

図 3.2-76 Jratunseluna 流域図

a) 氾濫域内 GDP

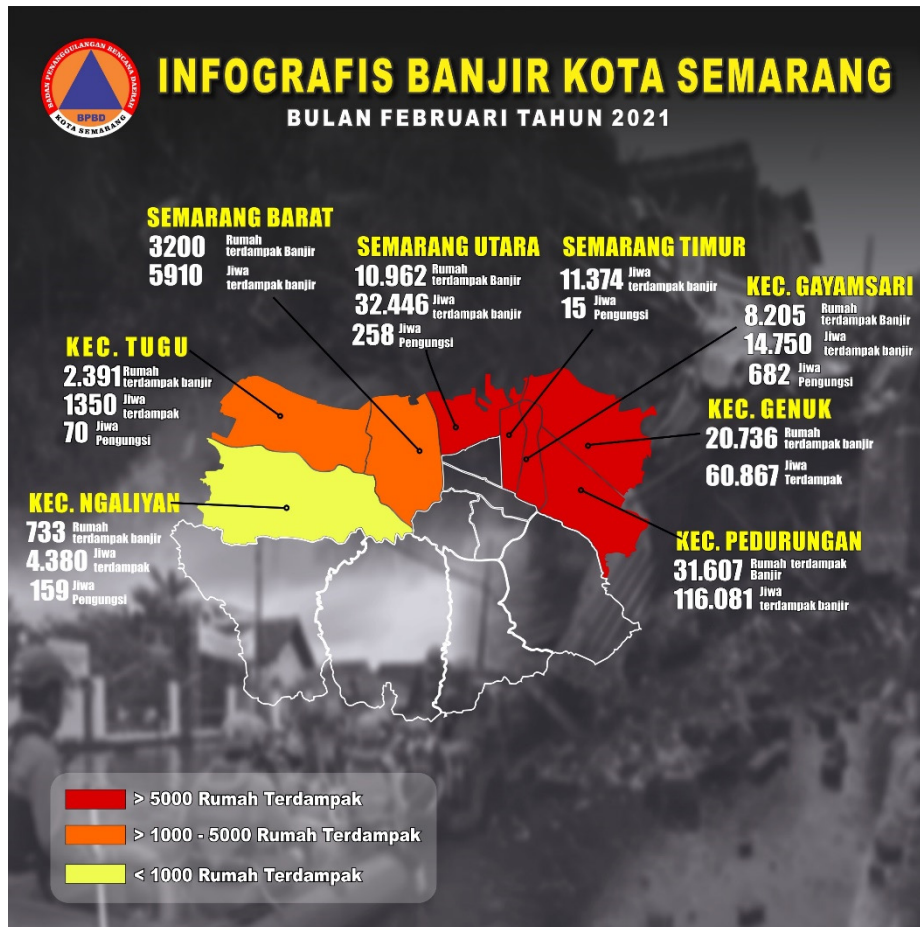
Jratunseluna 流域の氾濫域内 GDP は 2,551 million USD (2020 年) と算出された。これは同国の GDP の 0.2%にあたる。主要都市としては Semarang が浸水想定区域内に位置している。

b) 過去の洪水被害²⁰

Semarang 市街では洪水が頻発している。主要因は上流部や局所的な豪雨によることが多く、高潮が同時生起すると被害が拡大する傾向がある。地下水揚水による地盤沈下も、洪水被害を深刻にしている要因の一つである。2021 年 2 月に発生した洪水は、近 10 年間でも最も深刻な被害をもたらした。8 地区で浸水が発生し、特に市東部での被害が大きかった(図 3.2-77)。この洪水による被災者数は、西部 Semarang で 5,910 人、北部 Semarang で 32,446 人、東部

²⁰ <https://bnpb.go.id/berita/update-recap-on-disaster-data-in-indonesia-as-of-january-21-2020>

Semarang で 11,374 人と報告されている。この他、2021 年 5 月、2020 年 12 月、2014 年 1 月などで浸水被害が発生している。



出典： https://mobile.twitter.com/BPBD_Semarang/status/1366972380921270273

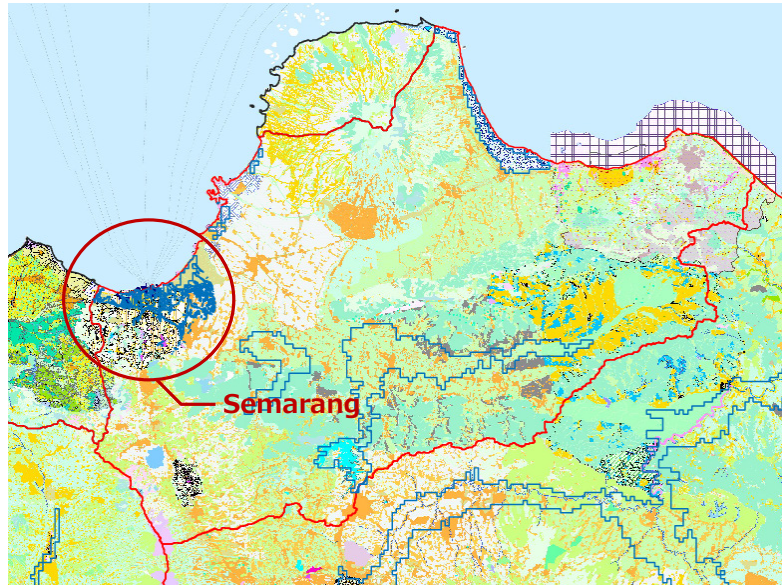
図 3.2-77 2021 年 2 月洪水による Semarang の洪水被害

c) 都市計画および市街地の拡大状況

国家中期開発計画（RPJMN2020-2024）において、戦略的なエリア開発の位置づけの有無や、既成市街地での人口規模等を踏まえ、以下の都市を対象に都市計画の状況と市街地拡大の状況の把握を行う。

【対象都市】

Semarang（スマラン市）



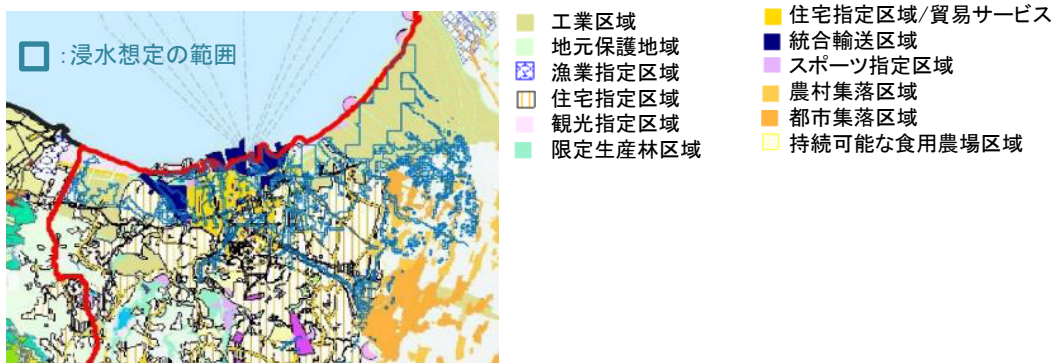
出典：農地・空間計画省のデータを用いて JICA 調査団作成

図 3.2-78 Jeneberang 流域内の主要な都市

【Semarang (スマラン市)】

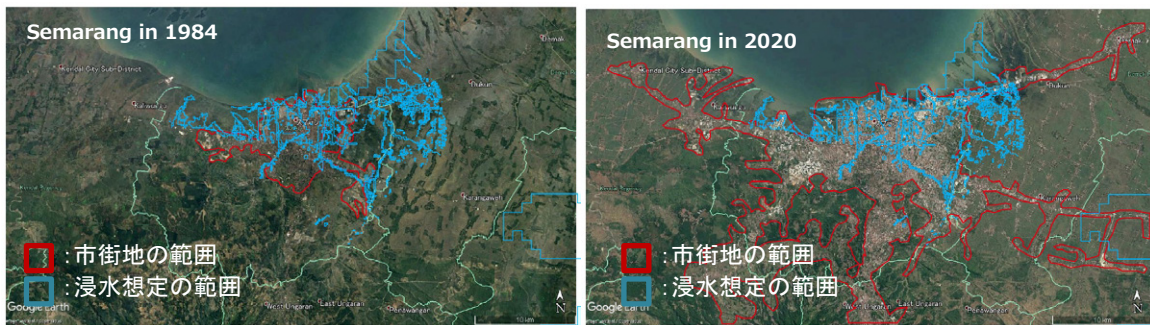
スマラン市やその周辺の土地利用計画は以下のように示されており、広範囲に渡って中密度・高密度の住宅地用地や工業用地の土地利用が計画されている。また、その周辺部においても農地等が介在する都市集落や農村集落が連続的に広がっている。

市街地の拡大状況について、Google Earth による航空写真を基に目視による確認を行った。スマラン市は 1984 年において広範囲に渡って市街地が形成されているが、沿岸部等の中心部と考えられるエリアを除き南側においては比較的low密度な市街地となっている。2020 年においては市街地が広範囲に渡って拡張している様子が確認でき、1984 年当時は比較的low密度であったエリアにおいても建築物の高密度が進んでおり、スマラン市付近における浸水想定範囲のほとんどが市街化しているエリアとなっている。



出典：農地・空間計画省のデータを用いて JICA 調査団作成

図 3.2-79 スマラン市と周辺の土地利用計画

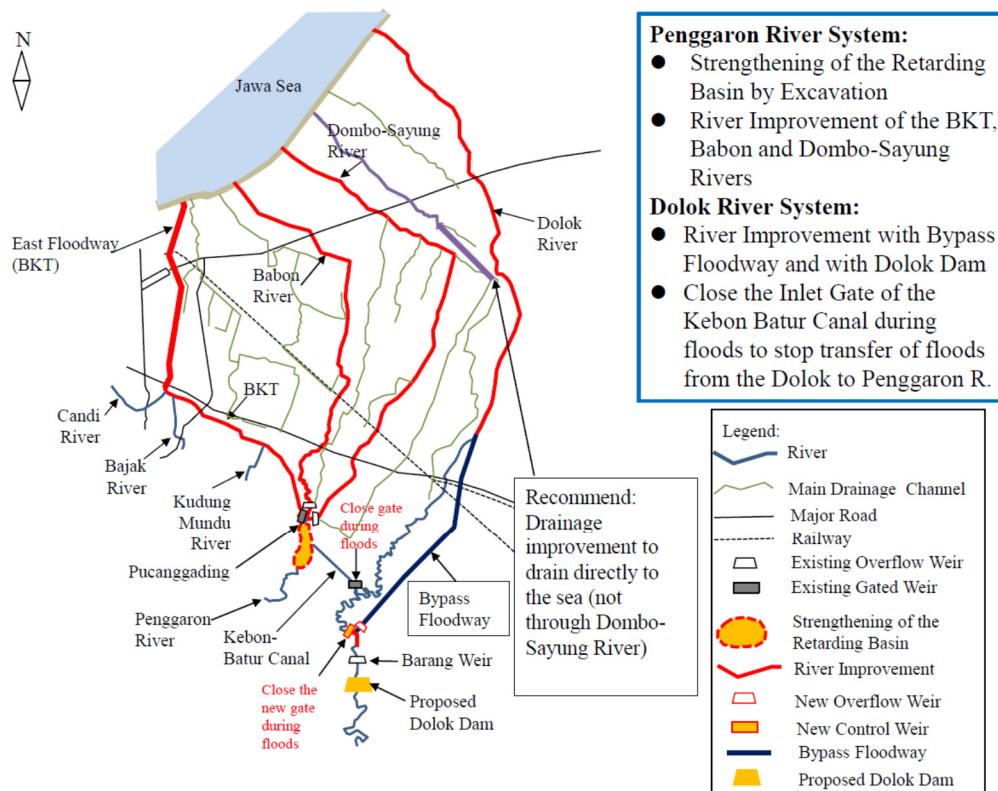


出典：JICA 調査団作成

図 3.2-80 スマラン市における市街地と浸水想定範囲

d) 実施中の事業を踏まえた残余リスクおよび M/P の概要

Semarang 市の洪水被害を軽減するため、2016 年に円借款事業の一環として実施された調査 (Study and Design of East Floodway and Dolok-Penggaron River System under Integrated Water Resource and Flood Management Project for Demarang) において、F/S が実施された (図 3.2-81、以下「2016 F/S」と記す)。その後、東放水路の下流部等、一部の事業は地元政府により実施されたが、大部分の事業は実施されておらず、このため浸水被害も継続・拡大していると考えられる。



出典：Study and Design of East Floodway and Dolok-Penggaron River System under Integrated Water Resource and Flood Management Project for Demarang, 2016

図 3.2-81 2016 F/S で提案された治水事業メニュー

e) 課題および評価

2016 F/S の治水事業の基本的な考え方は下記の通りである。

- ・ 基本的には河道で負担。
- ・ 河道改修などによって洪水流を全て負担できない分は、上流部に遊水地（Penggaron 川）やダム（Dolok 川）を設置。
- ・ 河川沿いに市街地が形成されている河川区間については、住居移転の伴う河川改修ではなく、農地にバイパス放水路を設置（Dolok 川）。

本検討でも 2016 F/S の治水事業の基本的な考え方や提案された事業メニューは有効であると考へた。一方で、ほとんど事業が未実施であることから、本検討でも 2016 F/S で提案された事業を基本的に踏襲することとする。

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

Semarang の人口は約 160 万人でインドネシア 5 大都市の一つとされ、中部ジャワ州の州都である。河川区域指定に関する大臣令 2015 年第 28 号では、首都/大都市は 50~100 年、州都は 20~50 年の目標計画規模とすることが定められており、計画規模は 1/50 に設定する。

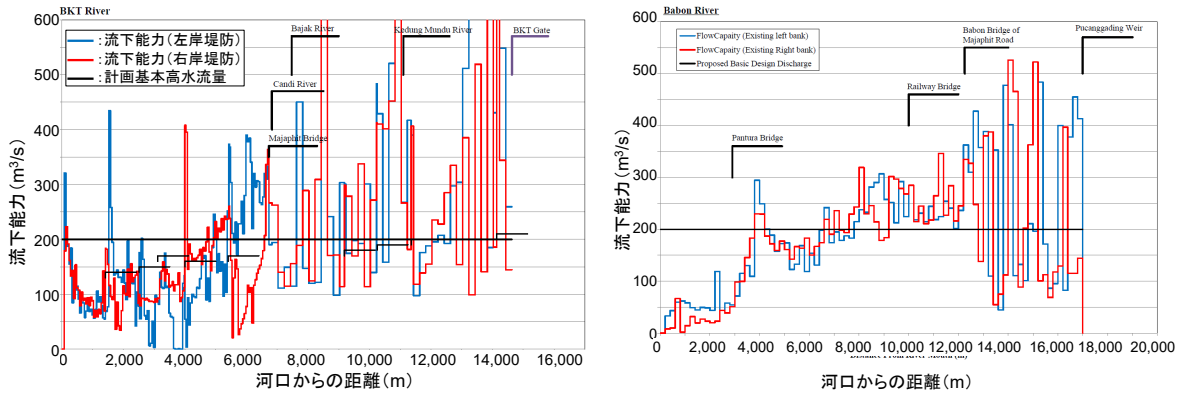
b) 現況河道流下能力および基本高水流量

既往検討では各支川の現況流下能力が整理されている（図 3.2-82）。

表 3.2-42 現況流下能力（2016 年 M/P・F/S）

	現況/計画流量	上流部	中流部	下流部
①東放水路（BTK）	現況流下能力	50~100m ³ /s 程度		100m ³ /s 未満
	計画流量	140m ³ /s	220m ³ /s	260m ³ /s
②バボン川	現況流下能力	50~100m ³ /s	約 150m ³ /s	50m ³ /s~150m ³ /s
	計画流量	180m ³ /s	180m ³ /s	180m ³ /s
③ドンポーサユン川	現況流下能力	150m ³ /s 以上	約 100m ³ /s	
	計画流量	70m ³ /s	75m ³ /s	85m ³ /s
④ドロク川	現況流下能力	30~60m ³ /s	20~60m ³ /s	10m ³ /s 程度
	計画流量	200m ³ /s	200m ³ /s	200m ³ /s

出典：Study and Design of East Floodway and Dolok-Penggaron River System under Integrated Water Resource and Flood Management Project for Demarang, 2016 をもとに JICA 調査団作成

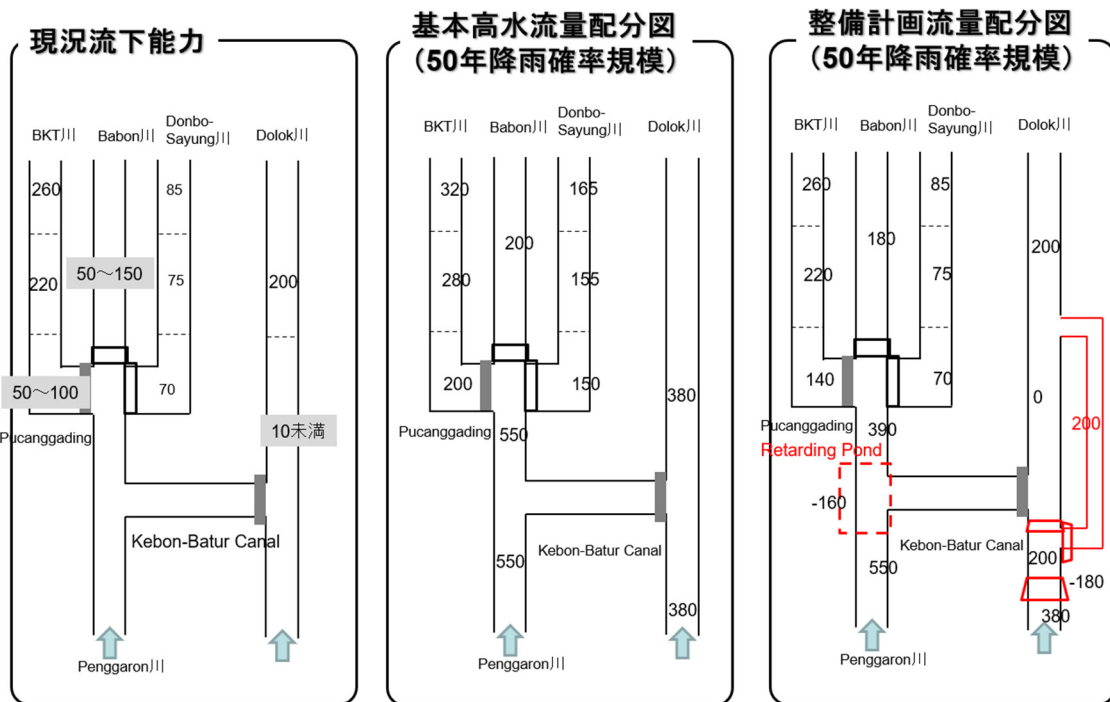


出典：Study and Design of East Floodway and Dolok-Penggaron River System under Integrated Water Resource and Flood Management Project for Demarang, 2016 をもとに JICA 調査団作成

図 3.2-82 東放水路およびバホン川流下能力図

c) 流量配分

現況流下能力、基本高水流量、整備計画流量の流量配分図を下図に記す。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-83 流量配分図

3) 治水事業のメニュー

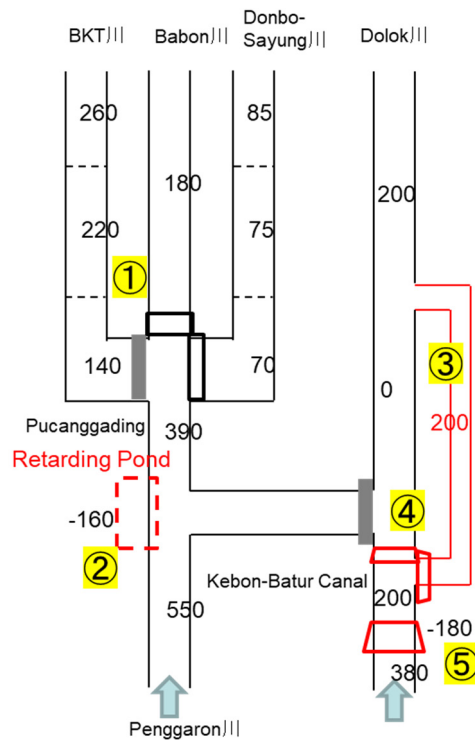
a) 治水事業メニュー

Semarang における治水事業メニューを下表に整理する。

表 3.2-43 治水事業メニューの検討

メニュー	概要
河道改修①	<ul style="list-style-type: none"> 東放水路（BKT）の上流部、Babon 川全区間、Dolok 川上流部の河道改修。 可能な限り低水路幅を広く確保し、堤防高を抑えた断面形状を目指す。
遊水地機能強化②	<ul style="list-style-type: none"> Pucanggading への流入量低減のため、Penggaron 川の遊水地機能の強化。
バイパス放水路建設③	<ul style="list-style-type: none"> 洪水流を市街地を流れる Dolok 川から郊外部に流すための Dolok 川のバイパス放水路の建設。
水門設置④	<ul style="list-style-type: none"> Dolok 川から Kebon-Batur Canal への洪水流流入を $0\text{m}^3/\text{s}$ とするための水門設置。
Dolok ダム建設⑤	<ul style="list-style-type: none"> Dolok 川への Dolok ダムの建設が予定されている。 本ダムは灌漑用ではあるが、2016 F/S では一定の調節効果（ピーク流量を $180\text{m}^3/\text{s}$ カット）が見込まれている。※制限水位を設定するなどの洪水調節容量は見込んでいない。

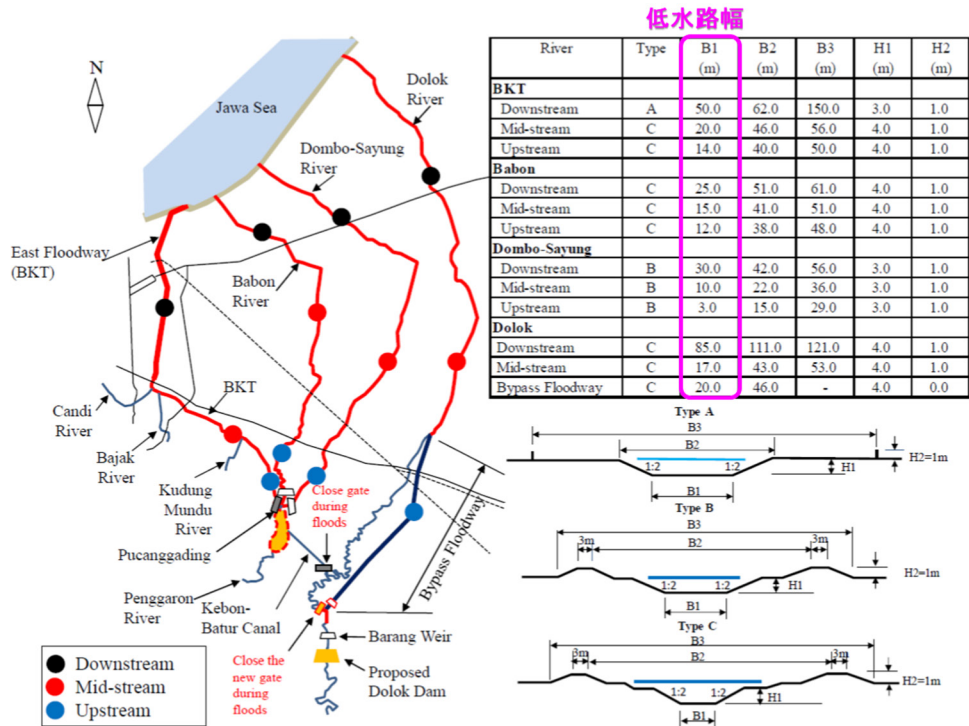
※①～⑤は図 3.2-84 の番号に対応している。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-84 治水事業メニュー案

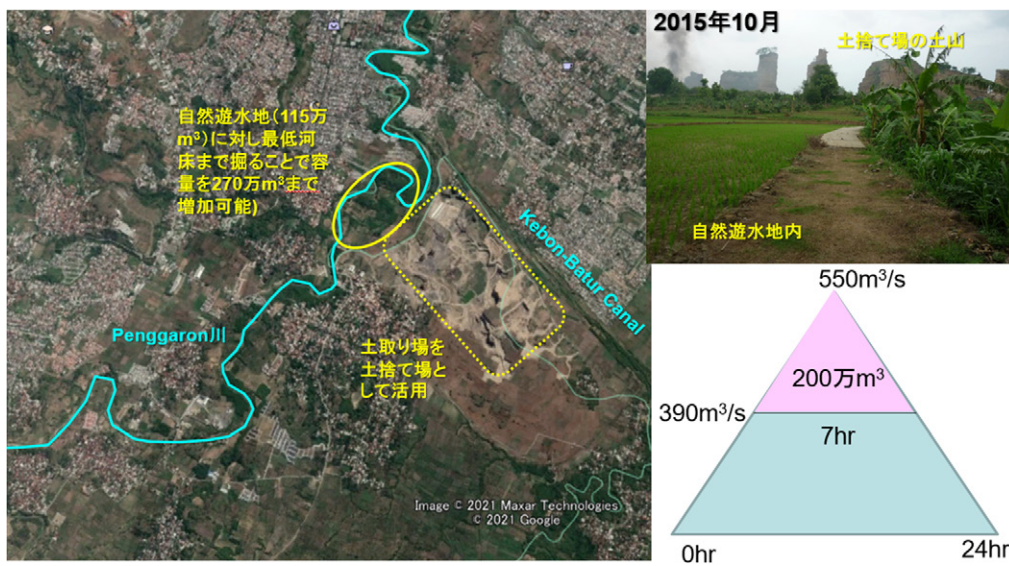
- ① 河道改修については、2016 F/S で提案された支川改修案のうち未改修の区間の河道改修を行う。2016 F/S の河道断面を基本としつつ、低水路幅を広くすることで流下能力を確保し、できるだけ堤防に頼らない断面形状を目指す。



出典：Study and Design of East Floodway and Dolok-Penggaron River System under Integrated Water Resource and Flood Management Project for Demarang, 2016 を修正

図 3.2-85 東放水路（BKT）の上流部、Babon 川全区間、Dolok 川上流部の河道改修

② 遊水地機能強化については、Penggaron 川沿川の自然遊水地（容量 115 万 m^3 程度と推定される）を最低河床まで掘り下げることで、容量 270 万 m^3 まで貯留機能を強化することが可能と考えられる。本地点の基本高水流量 $550m^3/s$ を $390m^3/s$ まで $160m^3/s$ ピークカットするためには、約 200 万 m^3 の容量があれば足りると考えられるため、本地点での遊水地機能強化は可能であると考えている。なお、掘削発生土は隣接する土取り場を土捨て場として活用すれば、残土処分も可能となると考えられる。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-86 遊水地機能強化

- ③ Dorok 川バイパス放水路建設については、Dorok 川上流部の現況流下能力が極めて小さい上に、沿川に住宅が張り付いており、現状位置での河道改修が困難であるため、郊外部をバイパスする放水路の新設を提案するものである。



出典：JICA 調査団作成

図 3.2-87 Dorok 川バイパス放水路建設

b) 治水事業メニューの代替案

本検討での提案の支川河道改修やバイパス放水路の設置が、用地取得が困難である等の理由により実施できない場合は、Penggaron 川の遊水地容量の更なる拡大や、Dolok ダムの洪水調節容量の拡大等の代替案を検討する必要がある。

c) 課題

本検討では、既往検討である 2016 F/S の検討成果や最新の衛星画像等に基づき、治水事業メニュー等を検討したが、現地において現況流下能力や河道改修実施状況を確認する必要がある（例えば、BKT 上流部の改修実施状況、Dolok 川下流部の改修状況等）。地元政府が事業実施を予定している場合は、地元政府と日本支援との適切な役割分担を競技する必要がある。また、本検討では、Dolok ダムについて常時満水位以上の容量を洪水調節に使用できる前提で貯留効果を見込んだが、この点についても現地で確認する必要がある。

(7) 課題と提言

治水対策の方向性に関する課題と提案は、以下の通りである。

1) 最新の現地情報に基づく検討の見直しの必要性

本検討では、公表されている計画および収集資料に基づき本検討を行ったが、地元政府による最新の計画および事業計画を踏まえて、必要に応じて再度検討を行う必要がある。また、現況流下能力等は推定に基づいているため、最新の測量結果等に基づき再度検討を行うことが望ましい。

2) 全国主要河川における M/P の策定とこれに基づく事業の実施

インドネシア国では、流域毎に水資源管理のための戦略（POLA）と計画（RENCANA）が策定されているものの、経済成長や農業生産の拡大のため水資源開発に主眼がおかれており、治水はメインテーマとなっておらず、治水 M/P が含まれていないことも多い。一方、過去に日本支援を受けたことがある流域では、治水 M/P を策定していることが多いが、Bengawan Solo のように治水 M/P 自体は 1974 年に策定されたものの、そのまま 50 年近く更新されていない流域もある。

今後は、洪水が問題となる主要な流域では治水 M/P を定め、また定期的にこれを更新していくことが重要である。

3) 河川外水以外の洪水要因の解決

先述の通り、インドネシア国では洪水の要因は大河川の外水洪水だけではない。主要な都市で発生する洪水は、都市内を流れる中小河川による洪水や、市中の排水路の排水不良、内水氾濫も洪水の要因となっている。洪水被害を軽減するため、これらの対策もあわせて実施していくことが必要である。

また、過剰な地下水揚水による地盤沈下が洪水被害を深刻化している都市も多くあるため、地下水揚水の抑制、地下水の代替水源の開発・確保を行う必要がある。さらに、土砂流出・河床堆積・上昇が顕著な河川では、上流部における土砂流出対策を講じる必要がある。