

ジブチ共和国

農業・水・漁業・畜産・水産資源省 (MAEPE-RH)

ジブチ国立水道・衛生局 (ONEAD)

ジブチ国

ジブチ市における洪水防御計画に係る 情報収集・確認調査

ファイナルレポート

2025年2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

アフ
JR
25-001

ジブチ共和国

農業・水・漁業・畜産・水産資源省 (MAEPE-RH)

ジブチ国立水道・衛生局 (ONEAD)

ジブチ国

ジブチ市における洪水防御計画に係る 情報収集・確認調査

ファイナルレポート

2025年2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

為替レート:

US\$ 1 = JPY 157.655

DJF 1 = JPY 0.88715

(2025年1月分 JICA 交換レート)

ジブチ市における洪水防御計画に係る情報収集・確認調査 ファイナルレポート

目 次

目次	i
表目次	v
図目次	vi
略語集	ix
調査対象位置図	xi
第1章 調査の概要	
1.1 調査の背景.....	1-1
1.2 調査の目的.....	1-1
1.3 調査対象地域.....	1-1
1.4 主要関連機関.....	1-2
1.5 調査工程と調査団.....	1-2
1.6 調査結果の概要.....	1-3
1.6.1 外水・内水氾濫の実態と発生メカニズムおよび治水対策上の課題.....	1-3
1.6.2 推奨される外水・内水氾濫対策事業	1-4
1.6.3 JICA による協力案.....	1-6
第2章 調査対象地域の概況	
2.1 自然概況.....	2-1
2.1.1 地形・地質	2-1
2.1.2 気象.....	2-3
2.1.3 土壌、土地被覆	2-5
2.1.4 自然環境.....	2-5
2.2 社会経済概況.....	2-6
2.2.1 人口	2-6
2.2.2 経済	2-6
2.2.3 交通	2-6
2.2.4 社会状況.....	2-7
2.3 都市計画・開発状況.....	2-8

2.3.1	都市開発 MP (2014)	2-8
2.3.2	改訂都市開発 MP	2-9
2.3.3	開発状況	2-10

第3章 外水・内水氾濫対策に係る政策・取り組み

3.1	ジブチ国政府の関連政策の概要	3-1
3.1.1	VISION DJIBOUTI 2035	3-1
3.1.2	国家開発計画 2020-2024	3-2
3.1.3	水法	3-3
3.1.4	水資源開発管理	3-3
3.1.5	災害管理関連政策	3-4
3.1.6	気候変動関連政策	3-4
3.2	外水・内水氾濫対策に関連する主要政府機関	3-7
3.2.1	農業・水・漁業・畜産・水産資源省 (MAEPE-RH)	3-7
3.2.2	ジブチ国立水道・衛生局 (ONEAD)	3-8
3.2.3	その他	3-9
3.3	調査対象地域の外水・内水氾濫対策の経緯とドナー支援状況	3-12
3.4.1	外水氾濫対策	3-12
3.3.2	内水氾濫対策	3-14
3.3.3	他ドナーとの連携可能性	3-17

第4章 外水・内水氾濫に関する予備的調査結果

4.1	地形情報	4-1
4.1.1	ジブチ市中心部周辺の DTM	4-1
4.1.2	アンボリ川右岸に建設された堤防天端高	4-3
4.1.3	アンボリ友好ダムのダム湖床堆積高の簡易計測	4-3
4.1.4	アンボリ川流域全体をカバーする DTM	4-3
4.2	過去の外水・内水氾濫	4-3
4.2.1	過去の主要洪水リスト	4-3
4.2.2	過去の主要洪水発生時の状況	4-3
4.3	洪水実態インタビュー調査	4-7
4.4	外水・内水氾濫の外力	4-12
4.4.1	降雨特性	4-12
4.4.2	潮位	4-21
4.4.3	気候変動	4-22

4.5	外水氾濫.....	4-23
4.5.1	アンボリ川流域の特性.....	4-23
4.5.2	既存及び調査が実施された洪水対策施設と関連する水資源開発施設.....	4-26
4.5.3	洪水氾濫解析.....	4-31
4.5.4	予備的降雨流出解析.....	4-39
4.5.5	アンボリ友好ダム貯水池の堆砂傾向.....	4-42
4.6	内水氾濫.....	4-45
4.6.1	既存雨水排水路の状況.....	4-45
4.6.2	内水氾濫対策に係る既存計画と最近の動き.....	4-51
4.6.3	内水氾濫シミュレーション.....	4-57
4.7	水資源に係る現状と開発可能性.....	4-58
4.7.1	利水の現状.....	4-58
4.7.2	水資源の開発可能性.....	4-60
4.8	洪水予警報.....	4-64
4.9	氾濫発生メカニズム及び洪水リスクの考察.....	4-66
4.9.1	外水氾濫.....	4-66
4.9.2	内水氾濫.....	4-68
4.10	課題と対策方向性.....	4-69
4.10.1	外水氾濫.....	4-69
4.10.2	内水氾濫.....	4-71
第5章 支援ニーズ及び今後の協力案		
5.1	洪水リスク軽減に係る支援ニーズ.....	5-1
5.1.1	外水氾濫対策.....	5-1
5.1.2	内水氾濫対策.....	5-2
5.2	推奨される洪水リスク軽減対策事業.....	5-4
5.2.1	外水氾濫対策.....	5-4
5.2.2	内水氾濫対策.....	5-10
5.3	JICAによる協力案の提案.....	5-13
5.3.1	外水氾濫対策.....	5-13
5.3.2	内水氾濫対策.....	5-15
5.3.3	JICAによる支援シナリオ.....	5-16

付属資料

付属資料 1 洪水実態インタビュー調査

付属資料 2 降雨特性

付属資料 3 トルコ DSI 支援の調査で提案されたダム

付属資料 4 予備的降雨流出解析

付属資料 5 洪水規模ごとの氾濫解析結果

付属資料 6 アンボリ友好ダムの堆砂状況調査

付属資料 7 ステークホルダー会議

表目次

表 1.4.1	主要関連機関	1-2
表 3.1.1	Vision Djibouti 2035 の 5 つの柱と戦略.....	3-1
表 3.1.2	国家開発計画 2020-2024 の 3 つの戦略軸とサポートプログラム	3-2
表 3.1.1	資金調達された緩和策	3-5
表 3.1.2	適応策関連事業	3-6
表 3.2.1	主要関連政府機関	3-7
表 4.2.1	過去の主要洪水リスト	4-4
表 4.3.1	洪水実態インタビュー調査の対象洪水と主なインタビュー項目	4-7
表 4.4.1	月雨量（ジブチ空港観測所、2012 年から 2023 年）	4-13
表 4.4.2	降雨日数（ジブチ空港観測所、2012 年から 2023 年）	4-13
表 4.4.3	年最大時間雨量と日雨量	4-14
表 4.4.4	観測所の相関	4-16
表 4.4.5	地上観測所データに基づく主要洪水時および近年の大規模出水時の流域平均 雨量	4-17
表 4.4.6	アンボリ川流域年最大平均日雨量と確率雨量.....	4-21
表 4.4.7	潮位分析結果	4-21
表 4.4.8	気候変動による将来予測	4-22
表 4.5.1	DSI によって建設を推奨されたダム	4-29
表 4.5.2	浸水深ごとの浸水面積と影響建物数の比較（ケース 1）	4-33
表 4.5.3	浸水深ごとの浸水面積と影響建物数の比較（ケース 2）	4-34
表 4.5.4	浸水深ごとの浸水面積と影響建物数の比較（ケース 3）	4-35
表 4.5.5	浸水深ごとの浸水面積と影響建物数の比較（ケース 4）	4-36
表 4.5.6	確率流量	4-40
表 4.5.7	計画ダムによるナガッド地点での洪水ピーク流量軽減効果.....	4-40
表 4.5.8	計画ダムと遊水地の組み合わせによるナガッド地点での洪水ピーク流量軽減 効果	4-41
表 4.5.9	アンボリ友好ダム貯水池における堆砂状況に関する予備的推定.....	4-43
表 4.8.1	過去のアンボリ川流域観測システム.....	4-64
表 4.8.2	ANM が公開している翌日の気象予報	4-65
表 5.2.1	マスタープランを構成する想定事業の予備的評価.....	5-9

目次

図 1.5.1	調査の概略スケジュール	1-3
図 1.5.2	調査団の構成と現地派遣期間	1-3
図 2.1.1	ジブチの地形	2-1
図 2.1.2	ジブチの地質	2-2
図 2.1.3	ジブチ市周辺の地質	2-3
図 2.1.4	ジブチの気候	2-4
図 2.1.5	ジブチの降雨、気温の年間変動.....	2-4
図 2.1.6	玄武岩大地の表層状況	2-5
図 2.1.7	グランバラの環境	2-5
図 2.2.1	ジブチ市周辺の道路網	2-7
図 2.3.1	SDAU (2014) の土地利用ゾーニング図.....	2-9
図 2.3.2	ジブチ市中心部市街地の拡大	2-10
図 2.3.3	ジブチ市ヘロン地区周辺の埋立開発.....	2-11
図 2.3.4	アンボリ川三角州部分における SEZ 開発状況.....	2-12
図 2.3.5	アンボリ川三角州部分における SEZ 開発の様子.....	2-12
図 3.2.1	MAEPE-RH の組織概要	3-8
図 3.2.1	ONEAD の組織概要	3-9
図 3.2.2	ADR の組織図	3-10
図 3.2.3	ANM の組織図	3-11
図 3.3.1	アンボリ川流域における外水氾濫対策の経緯.....	3-12
図 3.3.2	ジブチ市中心部における内水氾濫対策の経緯.....	3-15
図 4.1.1	ジブチ市中心部周辺の DTM と補正に使用したスポット標高位置	4-2
図 4.1.2	地形図上の標高 0m と MSL の差の推定	4-2
図 4.2.1	2018 年 5 月洪水の被害地域	4-5
図 4.2.2	2019 年 11 月洪水でのジブチ市内の浸水状況.....	4-6
図 4.2.3	2019 年 11 月洪水でのジブチ市内の浸水状況と影響建物分布	4-6
図 4.2.4	2020 年 4 月洪水でのジブチ市内の浸水状況.....	4-7
図 4.3.1	最大浸水深 (2004 年 4 月洪水)	4-9
図 4.3.2	氾濫流の流向 (2004 年 4 月洪水)	4-9
図 4.3.3	家屋被害 (近年最大洪水 (2019 年 11 月洪水))	4-10
図 4.3.4	その他の物理的被害 (近年最大洪水 (2019 年 11 月洪水))	4-10
図 4.3.5	健康被害 (近年最大洪水 (2019 年 11 月洪水))	4-11
図 4.3.6	健康被害 (頻繁に生じる洪水)	4-11
図 4.4.1	本調査の解析に用いた ANM 所管の雨量観測所位置図	4-12
図 4.4.2	月平均雨量 (左) と月平均降雨日数 (右) (ジブチ空港観測所、2012 年から 2023 年)	4-14
図 4.4.3	観測値に基づく確率雨量と降雨強度曲線 (ジブチ空港観測所)	4-15
図 4.4.4	アンボリ川流域分割 (上・中・下流域と小流域)	4-17

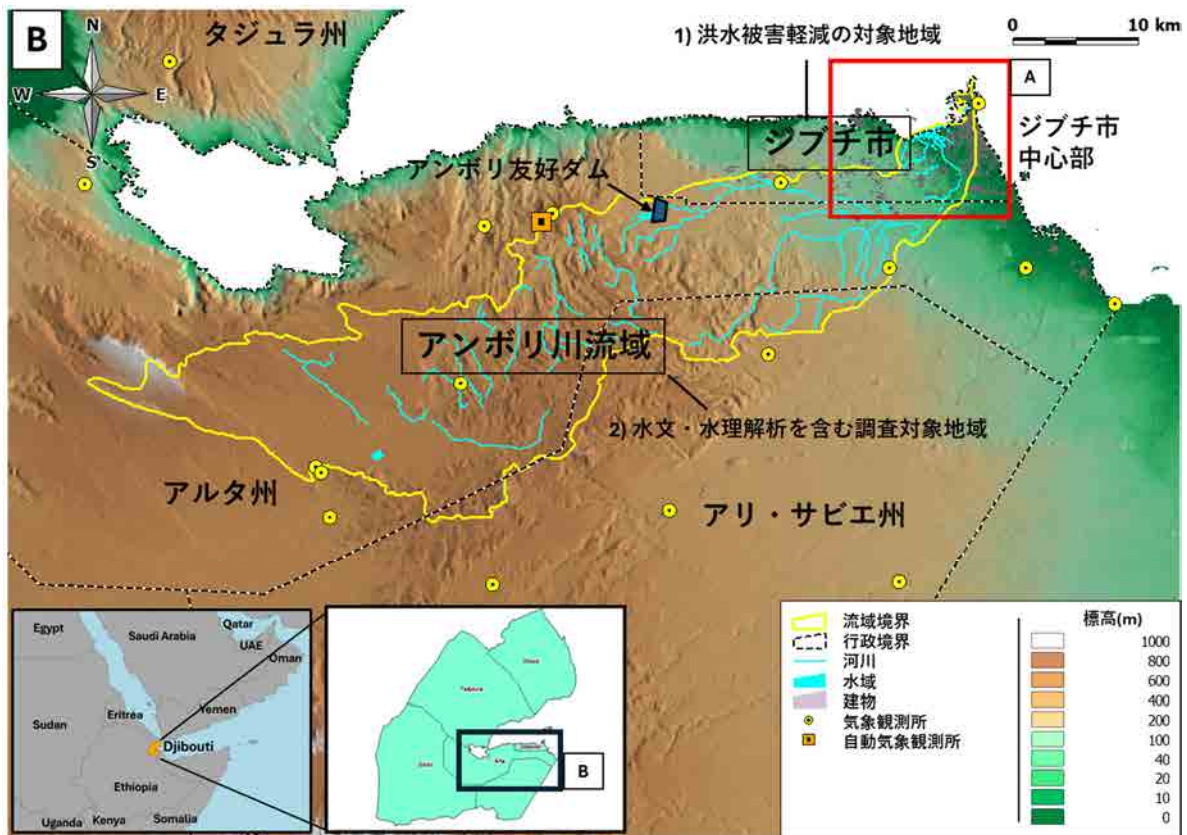
図 4.4.5	2013 年 3 月洪水時の降雨の時空間分布.....	4-18
図 4.4.6	2019 年 11 月洪水時の降雨の時空間分布.....	4-19
図 4.4.7	2023 年 1 月洪水時の降雨の時空間分布.....	4-20
図 4.4.8	月平均潮位の年間変動	4-22
図 4.5.1	アンボリ川流域の標高区分と流域界.....	4-23
図 4.5.2	アンボリ川と支川ブレ川の縦断勾配.....	4-23
図 4.5.3	流域内の土地被覆	4-24
図 4.5.4	流域内の建物分布	4-24
図 4.5.5	アンボリ川流域中下流部の様子.....	4-25
図 4.5.6	アンボリ川流域における既存および調査が実施された洪水対策施設および関連する水資源開発施設の位置	4-26
図 4.5.7	アンボリ川下流域の右岸堤防	4-27
図 4.5.8	アンボリ友好ダム	4-28
図 4.5.9	オマールジャガにおける壊れた堰堤/ダムと周辺地域.....	4-28
図 4.5.10	コンセプトレベルでのアンボリ川下流区間での遊水地ポテンシャル地域と仮の貯水容量	4-30
図 4.5.11	シミュレーションモデルの対象範囲.....	4-31
図 4.5.12	流量ハイドログラフ（ピーク流量 1,800m ³ /s の場合）	4-32
図 4.5.13	氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ（ケース 1）	4-33
図 4.5.14	氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ（ケース 2）	4-34
図 4.5.15	氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ（ケース 3）	4-35
図 4.5.16	氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ（ケース 4）	4-36
図 4.5.17	パルマレ橋とイタリア橋における制約条件模式図.....	4-38
図 4.5.18	最大河道分担流量流下時の氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ.....	4-39
図 4.5.19	アンボリ友好ダム貯水池内での堆砂面（貯水池の底）に関する測量地点.....	4-42
図 4.6.1	ジブチ市中心部の雨水排水路	4-46
図 4.6.2	衛生 MP（2018）の雨水排水路整備計画.....	4-51
図 4.6.3	流出係数	4-52
図 4.6.4	統合スラム改善プロジェクト事業の優先事業実施地区.....	4-53
図 4.6.5	統合スラム改善プロジェクト事業の移転地整備例.....	4-54
図 4.6.6	WB 支援による雨水排水改善調査（2024）で抽出された優先事業	4-55
図 4.6.7	現状のジブチ市における内水氾濫対策のフレームワーク	4-56
図 4.6.8	アンボリ川に接続する排水路からの逆流による浸水シミュレーション結果.....	4-57
図 4.7.1	エチオピア—ジブチ給水事業	4-58
図 4.7.2	深井戸、浅井戸、ため池の事例.....	4-59
図 4.7.3	小規模地下水涵養ダムの事例	4-60
図 4.7.4	アンボリ友好ダムのダム湖の水位、貯留量の変化.....	4-61
図 4.7.5	2024 年 9 月のアンボリ友好ダムのダム湖水位変動.....	4-61
図 4.7.6	オマールジャガの多目的開発概念図.....	4-63
図 4.10.1	アンボリ川下流部の外水氾濫対策の課題.....	4-69

図 5.2.1	想定される構造物対策	5-5
図 5.2.2	50年確率、100年確率対応の場合のそれぞれに仮設定したダム、遊水地による 流量配分及びナガットより下流部での氾濫状況.....	5-6
図 5.2.3	新規テレメータ水位観測所の候補地点.....	5-7
図 5.2.4	浸水常襲スポット改善事業への資金援助の候補地区.....	5-11
図 5.2.5	アンボリ川接続排水路のフラップゲート設置.....	5-11
図 5.3.1	JICAによる支援シナリオ案①.....	5-17
図 5.3.2	JICAによる支援シナリオ案②.....	5-18
図 5.3.3	JICAによる支援シナリオ案③.....	5-19

略語集

略語	日本語	英語、仏語
ADR	ジブチ道路局	Djibouti Road Agency <i>Agence Djiboutienne de Routes</i>
AFD	フランス開発庁	<i>Agence Française de Développement</i>
AfDB (BAD)	アフリカ開発銀行	African Development Bank <i>Banque Africaine de Développement African Development Bank</i>
AMFD (BAAM)	アンボリ友好ダム	Ambouli Friendship Dam <i>Barrage de l'amitié d'Ambouli</i>
ANM	国家気象局	National Meteorological Agency <i>Agence Nationale de la Météorologie</i>
ARULoS	都市再開発・社会住宅局	Urban Rehabilitation and Social Housing Agency <i>Agence de Réhabilitation Urbaine et du Logement Social</i>
CERD	ジブチ研究センター	Center for Studies and Research of Djibouti <i>Centre d' Études et de Recherche de Djibouti</i>
DATUH	国土計画・住宅・都市計画局	Department of Territorial Planning, Housing and Urban Planning <i>Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Habitat</i>
DHWL (NEA)	計画高水位	Design High Water Level <i>Niveau d'eau maximal admissible</i>
DF/R (PR/F)	ドラフト ファイナルレポート	Draft Final Report <i>Projet de rapport final</i>
DNPC	国家市民保護局	Directorate of National Civil Protection <i>Direction Nationale de la Protection Civile</i>
DSI	国家水利事業総局 (トルコ)	General Directorate of State Hydraulic Works
DTM (MNT)	数値標高データ	Digital Terrain Model <i>Modèle numérique de terrain</i>
EU (UE)	欧州連合	European Union <i>L'Union européenne</i>
F/R (PR/F)	ファイナルレポート	Final Report <i>Rapport final</i>
FSL (NSI)	治水安全度	Flood Safety Level <i>Niveau de sécurité contre les inondations</i>
HEC-HMS	水文学技術研究センター 水文モデリングシステム	Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System
HEC-RAS	水文学技術研究センター 河川解析システム	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
HOAI	アフリカの角 イニシアチブ	Horn of Africa Initiative <i>Initiative pour la Corne de l'Afrique</i>
IC/R (R/C)	インセプションレポート	Inception Report <i>Rapport de commencement</i>
IPCC (GIEC)	気候変動に関する 政府間パネル	Intergovernmental Panel on Climate Change <i>Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat</i>
IsDB (BID)	イスラム開発銀行	Islamic Development Bank <i>Banque islamique de développement</i>
JICA	独立行政法人 国際協力機構	Japan International Cooperation Agency <i>Agence japonaise de coopération internationale</i>
MAEPE-RH	農業・水・漁業・畜産・ 水産資源省	Ministry of Agriculture, Water, Fisheries, Livestock and Fisheries Resources <i>Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, de la Pêche, de l'Elevage et des Ressources halieutiques</i>

略語	日本語	英語、仏語
MCM	百万 m ³	Million Cubic Meter <i>millions de mètres cubes</i>
MEDD	環境・持続開発省	Ministry of Environment and Sustainable Development <i>Ministère de l'Environnement et du Développement Durable</i>
MVUH	都市・都市開発・住宅省	Minister of City, Urbanism and Habitat <i>Ministre de la Ville, de l'Urbanisme et de l'Habitat</i>
MIE	インフラ設備省	Ministry of Infrastructures and Equipment <i>Ministère des Infrastructures et de l'Équipement</i>
MP (PD)	マスタープラン	Master Plan <i>Plan directeur</i>
MSL (NMM)	平均海面	Mean Sea Level <i>Niveau moyen de la mer</i>
ODA (APD)	政府開発援助	Official Development Assistance <i>Aide publique au développement</i>
ONARS	国家難民・災害支援 事務所	National Office for Assistance to Refugees and Disasters <i>Office National d'Assistance aux Réfugiés et Sinistres</i>
ONEAD	ジブチ国立水道・衛生局	National Water and Sanitation Authority of Djibouti <i>Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti</i>
O&M (FE)	運用維持管理	Operation & Maintenance <i>fonctionnement et entretien</i>
Pre-FS (EPF)	プレ・フィージビリティ 調査	Pre-Feasibility Study <i>Étude de pré faisabilité</i>
RESTEC	リモート・センシング技 術センター	Remote Sensing Technology Center in Japan
SATREPS	地球規模課題対応国際科 学技術協力プログラム	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development <i>Partenariat de recherche scientifique et technologique pour le développement durable</i>
SDAU	ジブチ市都市開発マスタ ープラン	Djibouti City Urban Development Plan <i>Schéma Directeur d'Aménagement Urbain de Djibouti ville</i>
SEGRC	災害管理事務局	Executive Secretariat for Risk and Disaster Management <i>Secrétariat Exécutif de Gestion des Risques et des Catastrophes</i>
SIGVD	地理情報委員会	Geographic Information System of the city of Djibouti <i>Système d'Informations Géographiques de la ville de Djibouti</i>
SEZ (ZES)	経済特区	Special Economic Zone <i>Zone économique spéciale</i>
TICAD	アフリカ開発会議	Tokyo International Conference on African Development <i>Conférence internationale de Tokyo sur le développement de l'Afrique</i>
UNDP (PDNU)	国際連合開発計画	United Nations Development Programme <i>Programme De Développement Des Nations Unies</i>
UNDRR	国連防災機関	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
USAID	米国国際開発庁	United States Agency for International Development
USACE	米国工兵隊	U.S. Army Corps of Engineers
WB (BM)	世界銀行	World Bank <i>Banque mondiale</i>
WMO (OMM)	世界気象機関	World Meteorological Organization <i>Organisation météorologique mondiale</i>
YRP (PRA)	確率年	Years Return Period <i>Période de retour de l'année</i>



調査対象位置図

第1章 調査の概要

1.1 調査の背景

ジブチ共和国（以下「ジブチ」という）は年間平均降雨量が150mm、年間降雨日数は17日程度と非常に乾燥した気候であるが、近年では、年に1～2回程度サイクロンや大雨が発生している。本調査の対象地域であるジブチ市では雨水排水機能が不十分であることから、市内の各所で内水氾濫が発生する。さらに、市内中心部を流れるアンボリ川（流域面積800km²、河川長90km）は平常時は涸れ川（ワジ）だが、サイクロンや大雨の際には洪水が河岸を越水する（以下「外水氾濫」という）。2004年に発生した洪水では約300名が犠牲となり、約600戸の家屋が破壊され、被災人口は約10万人にのぼった。2019年には1989年以来最大規模となる洪水が発生し、約25万人が被災した。2020年にも洪水によって8名の犠牲者と約11万人が被災した。

内水氾濫やアンボリ川の外水氾濫が発生すると道路が冠水して通行不能となるため、交通機関が機能せず、市民の通勤・通学等が困難になる、政府機関が機能停止に陥るなど、人々の生活に影響を及ぼす。特に、市内東側にあるジブチ市中心部と西側を繋ぐパルマレ道路が浸水した場合には、市民の日常生活だけでなく、物流サービスを主要産業とするジブチの経済にも多大な影響を与える。加えて、ジブチ市は平坦な土地に窪地が点在する地形のため、一度浸水が発生すると2～3日程度継続する。このような背景から、ジブチ市内の雨水排水機能の整備または洪水対策強化のニーズが高まっている。

ジブチ市に隣接するアンボリ川の最下流部は三角州となっている。この三角州は洪水流が氾濫して流下することで遊水効果を発揮して洪水位の上昇を抑制しているほか、上流から流下してきた土砂の一部を海に流出する前に堆積させる遊砂地的な役割を担っているものと考えられる。近年、この三角州全体の埋め立てによる経済特区（SEZ）の開発が進められようとしており、それにより三角州が本来有していた遊水・遊砂機能に影響を与え、洪水時のジブチ市周辺の氾濫状況や近接する海岸及び港湾への土砂堆積状況を悪化させる可能性が懸念されている。

現在、JICAはアンボリ川の増水による冠水頻度を減少させることを目的とした無償資金協力「パルマレ道路橋梁建設計画」を実施中である。また、ジブチ政府は、国家開発計画（Vision Djibouti 2035）の中で、ジブチをアフリカの角地域における物流上のハブとして機能させるための政策を推進しており、経済成長を維持するために不可欠な災害に強いインフラ整備を行っていくことが重要としている。洪水対策または雨水排水機能の強化はこの方針に合致する。

本調査を通じて、サイクロンや大雨の発生に伴う内水・外水氾濫に適応するためにジブチ市の排水機能整備および洪水対策を強化する洪水防御計画の立案に向け、必要な情報を収集する。

1.2 調査の目的

本調査の目的はジブチ市における外水・内水氾濫に対する治水対策メニュー（案）及びJICAによる協力案を提案することである。

このために、必要な情報を収集、分析の上、外水・内水氾濫の発生メカニズム概要を把握し、治水対策メニューの検討において水文・水理の観点を含む考察を加える。

1.3 調査対象地域

本調査における調査対象地域は以下とする（巻頭の調査対象位置図参照）。

- 洪水被害軽減の対象地域：ジブチ市（特にアンボリ川下流域ジブチ市中心部）
- 水文・水理解析を含む調査対象地域：アンボリ川流域全体

1.4 本調査の主要関連機関

本調査の主要関連機関を表 1.4.1 に示す。これらの機関を訪問し、データ・情報収集、議論を行った。

表 1.4.1 主要関連機関

機関	本調査との関連性
農業・水・漁業・畜産・水産資源省 (MAEPE-RH)	ダム計画、農地開発計画、河川管理に関する情報・データ、治水対策の課題と改善方向性の議論
ジブチ国立水道・衛生局 (ONEAD)	雨水排水ネットワーク情報、上下水道の状況と課題、これらの改善方向性に関する議論
国土計画・住宅・都市計画局 (DATUH)	ジブチ市の都市計画、雨水排水改善事業に関する情報収集と議論
都市再開発・社会住宅局 (ARULoS)	ジブチ市の住民移転事業に関する情報収集と議論
ジブチ道路局 (ADR)	道路側溝維持管理の現状、雨水排水路の建設・維持管理事業への関わりに関する議論
国家気象局 (ANM)	気象データ、気象・水文観測網の強化の議論
災害管理事務局 (SEGR)	洪水災害管理に関する情報収集と議論
国家市民保護局 (DNCP)	洪水発生時の緊急対応に関する情報収集と議論
国家難民・災害支援事務所 (ONARS)	洪水危険地帯の避難民支援に係る情報収集と議論
都市・都市開発・住宅省 (MVUH)	ジブチ市の都市計画に関する情報収集と議論
インフラ設備省 (MIE)	雨水排水路の建設・維持管理事業への関わりに関する議論
環境・持続開発省 (MEDD)	気候変動対策に関する情報収集と議論
ジブチ研究センター (CERD)	アンボリ川流域の気象・水文特性に関する情報収集と議論
世界銀行 (WB)	ジブチ市の洪水対策の課題と方向性に関する議論
フランス開発庁 (AFD)	下水・雨水排水 MP とその実施状況、将来の支援計画に関する情報収集と議論
国際連合開発計画 (UNDP)	災害情報等に関する情報収集
国家水利事業総局 (トルコ) (DSI)	アンボリ友好ダムに係る情報収集、今後の支援に関する議論

出典：JICA 調査団

1.5 調査工程と調査団

本調査の概略スケジュールを図 1.5.1 に示す。調査全体は 2024 年 9 月～2025 年 2 月までであり、内、現地調査期間は 2024 年 10 月初旬～2024 年 12 月初旬（約 10 週間）、及び 2025 年 1 月中旬（約 1 週間）である。

アンボリ川下流部の現況の治水安全度は20～25年確率洪水程度と推定される。しかし、流域内の豪雨分布と時間差やアンボリ川とブレ川中流での自然遊水地の影響等による洪水流下の時間差等が不明なため現段階では洪水解析精度に限界がある。

- イタリア橋とパルマレ橋による河道流下能力の制約条件への対処
- アンボリ川下流の低水路の疎通能力向上による氾濫原の冠水頻度低減
- 高洪水リスクエリアの土地利用管理と適切な洪水警報の実施
- アンボリデルタ全体で開発予定の経済特区（SEZ）が洪水氾濫・土砂バランスに及ぼす悪影響の最小化による持続的開発の実現、ならびにジブチ市及び周辺地域での洪水氾濫の防止に向けた対策（SEZ内での対策も含む）の実施
- 堆砂が急速に進んでいるアンボリ友好ダム貯水池の堆砂対策の実施

(2) 内水氾濫

1) 内水氾濫の実態と発生メカニズム

- 道路側溝などの末端排水路の未整備のため、雨水が道路上や地形的にやや窪んでいる場所で水溜まりを作り、それらが市内の多くの場所に発生して、わずかな降雨でも内水氾濫が発生する。
- 排水先の埋め立てにより排水管の出口が塞がれ、内水氾濫が発生する。
- アンボリ川の水位上昇により、同川への排水が滞り川沿いの地域に内水氾濫が発生する。
- 一部の既存幹線雨水排水路が道路下に埋まってマンホールが無いため、道路面を掘削し排水路の掃除を行うなど、維持管理が難しい状態となっている。
- 浸水により住民のマラリア罹患を含む健康被害が非常に多く発生している。

2) 治水対策上の課題

- 浸水常襲スポットの改善計画や改訂都市計画 MP¹に適応した雨水排水計画の見直しをもとに、幹線雨水排水路およびそれに接続する末端排水路の整備
- 維持管理のしやすい排水路への改修
- アンボリ川から排水路への逆流防止
- 浸水による住民の健康被害の軽減

1.6.2 推奨される外水・内水氾濫対策事業

(1) 外水氾濫対策

1) 洪水リスク管理マスタープラン（MP）策定調査

首都・経済拠点としてのジブチ市の重要性和気候変動を踏まえ、アンボリ川の目標治水安全度は気候変動有りて100年確率洪水か少なくとも50年確率洪水（気候変動無しの場合の100年確率洪水相当）とするのが望ましい。その達成を目指すマスタープラン（MP）であり、以下の項目を含む。

¹ DATUH : Terms of References, Etude portant élaboration du nouveau Schéma d'Aménagement et d'Urbanisme de l'Agglomération de Djibouti, 2023.

- 構造物対策：河川改修、堤防（改善）、新規ダム、新規遊水地（貯留施設に対する水資源利用も可能な限り含める）、アンボリ友好ダムへの流入土砂削減のための砂防ダム
- 非構造物対策：テレメータ水文（河川水位）観測システム構築（洪水警報、計画策定活用）、高洪水リスクエリアの土地利用管理、河川管理、アンボリ友好ダム貯水池の浚渫・掘削、土砂管理計画
- 洪水リスク管理に関する組織・制度の改善

2) テレメータ水文観測システム構築とアンボリ友好ダム貯水池の浚渫・掘削

緊急性が高く、MP 策定より先行もしくは並行して実施することが望ましい。

(2) 内水氾濫対策

1) 浸水常襲スポット改善事業の推進

世界銀行（WB）支援による浸水常襲スポット改善調査（2024）²の優先事業の中で、資金援助のめどが立っていない事業の実施推進。

2) アンボリ川接続排水路のフラップゲート設置

アンボリ川の水位が高い時のアンボリ川からの逆流を防止するために、排水路の出口にフラップゲートを設置。

3) 浸水による健康被害軽減対策事業

排水不良地区でのマラリア罹患を含む健康被害の軽減のための、浸水発生時の污水吸引と殺菌消毒を含む処理等を想定。

4) 将来の都市開発を踏まえた都市インフラ整備事業の推進

WB 支援による衛生 MP（2018）³の見直し⁴やアフリカ開発銀行（AfDB）による都市交通インフラ MP 策定支援⁵をもとにした、将来の都市開発を見据えた雨水排水施設整備を含む都市インフラ整備事業の推進。

² WB, ARULoS : Recrutement d'un Bureau d'Etudes pour l'Elaboration d'une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 2 : Plan d'Action, 2024.

³ EU/AFD, ONEAD: Schéma Directeur d'Assainissement de l'Agglomération de Djibouti, 2018. 本調査では、Schéma Directeur をマスタープラン(MP)と訳した。

⁴ WB : ToRs for the recruitment of a Firm specialized in flood management to develop activities under Component 1 - Strengthening flood infrastructure operation for Djibouti City, 2024.

⁵ AfDB : Project Appraisal Report, Integrated Urban Infrastructure and Climate Adaptation Study in Djibouti City, 2022.

1.6.3 JICA による協力案

本調査では、1.6.2 に示した推奨される外水・内水氾濫対策事業をもとに、技術協力プロジェクトによる能力強化、無償資金協力事業（機材供与、建設事業）、専門家派遣、その他支援スキーム等を活用した JICA による協力案を示した。さらに、それらを、JICA や他ドナーの実施中及び実施予定の支援を考慮しつつ、ステップ・バイ・ステップで、今後 10 年程度の時間スケールで実施する支援シナリオ案を示した。

JICA が洪水リスク管理マスタープラン（MP）策定の支援を行う前提として、ジブチ政府関係者による、SEZ 等の開発が洪水氾濫状況や土砂堆積等の周辺環境に及ぼす影響の認識、及び策定された計画を自らの計画として実施していくことへのコミットメント、が重要である。

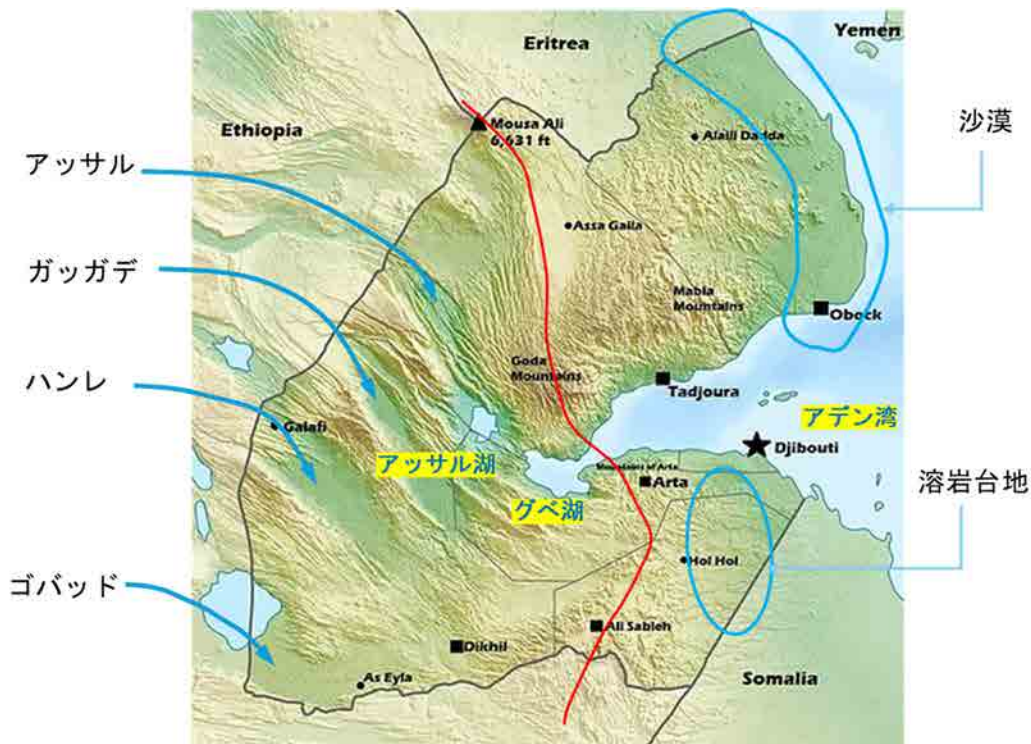
第2章 調査対象地域の概況

本章では、調査対象地域の自然概況（2.1節）、社会経済概況（2.2節）について述べた後、ジブチ市の都市開発マスタープランの概要と開発状況（2.3節）について示す。

2.1 自然概況

2.1.1 地形・地質

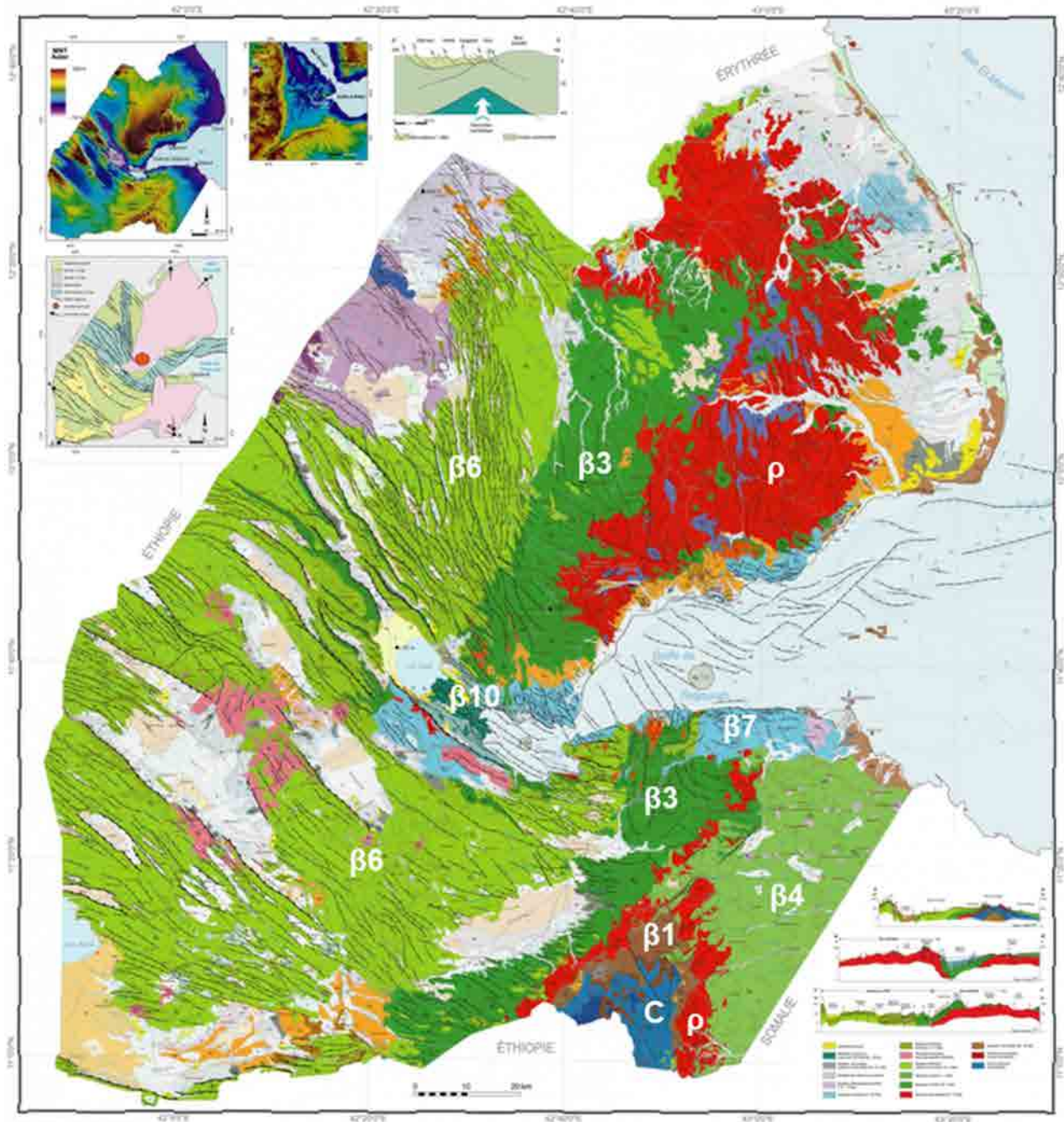
ジブチの地形は北北西から南南東に Moussa Ali (2,020m)、Mt.Day (1,783m)、Arta (740m)、Ali-Sabieh (1,230m) と高標高の山岳地が連なり（図 2.1.1 の赤線）、概ねその東側は海へ向かう流域で、西側は内陸で収束する流域となっている。西側の地域は東西～西北西―東南東方向にのびるゴバッド (250m)、ハンレ (110m)、ガッガデ (90m)、アッサル (-155m) 等の陥没谷が発達している。また東側は北部では広い沙漠が広がり、南部では溶岩台地が広がっている。図 2.1.1 にジブチの地形図を示す。



出典：MARXIST のジブチ地形図に JICA 調査団が加筆

図 2.1.1 ジブチの地形

ジブチ研究センター（CERD）が 2015 年に改定した 1/2,000,000 の地質図を図 2.1.2 に示す。ジブチはアフェール三角地帯とよばれ、アラビア半島が大陸移動で分離してゆく過程及びアフリカ東部を縦に縦断するアフリカ大地溝帯の活動合流地点に位置している。口のように開いたアデン湾からグベ湖―アッサル湖に続く地溝帯は現在活発に活動しており、最も新しい溶岩の流出が見られ、年間数センチの速さで北東 - 南西方向に広がっている。



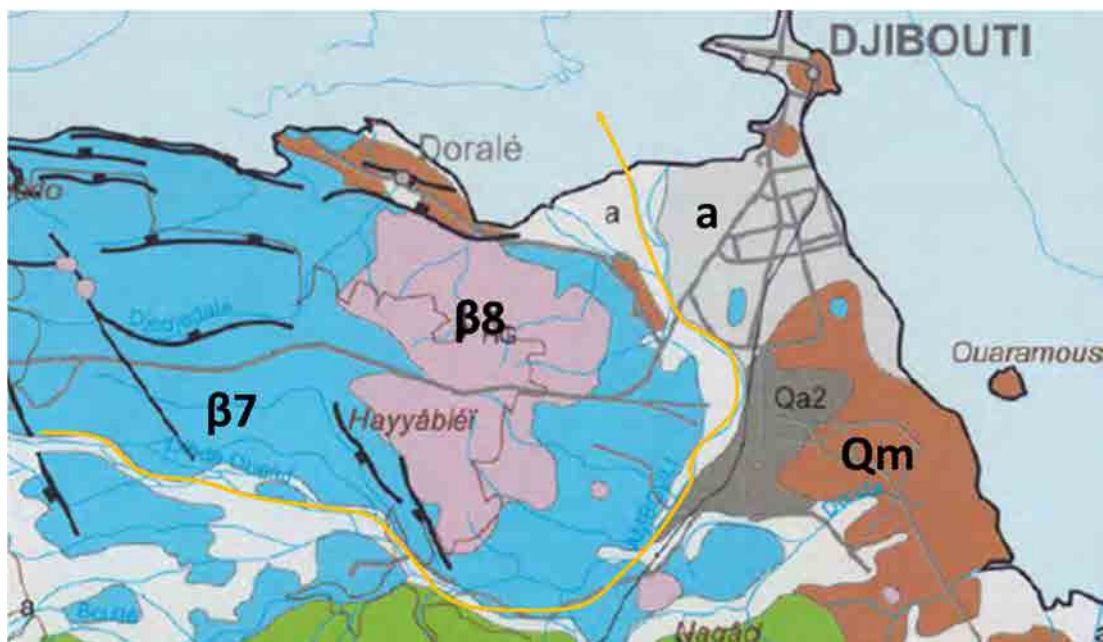
時代	記号	地質
完新世	β10	玄武岩
更新世	β7	ガルフ玄武岩
鮮新世	β6	層状玄武岩
中新世	β4	ソマリ玄武岩
	β3	ダルハ玄武岩
	p	流紋岩
	β1	玄武岩
白亜紀	C	砂岩・石灰岩

出典：CERD

図 2.1.2 ジブチの地質

ジブチで最も古い地層が分布する Ali-Sabieh では白亜系の砂岩や石灰岩 (c : 濃紺色) を取り巻く形で新第三期中新世の玄武岩 ($\beta 1$: 茶色) や流紋岩 (ρ : 赤色) が広がっている。この地層構成はエチオピアの渓谷で見られる大陸地殻と同様であり、大陸移動の時にブロック的に残った大陸地殻と考えられる。タジュラ、オボック地区にも同時期の流紋岩が分布しており、その深部には白亜系の大陸地殻が存在している可能性もある。その後、流紋岩の周囲に玄武岩溶岩 ($\beta 3, 4$) が噴出し、続く地溝帯の活動に伴い、 $\beta 6$ 玄武岩が噴出し、ジブチ西部が形成された。最も新しい活動は地溝帯の開口部であるアデン湾—グベ湖—アッサル湖と続くラインで、第四紀洪積世に $\beta 7$ 玄武岩が噴出し、その後アッサル湖とグベ湖に挟まれた部分での活動が活発となっている。 $\beta 10$ の最も近年の溶岩噴出は 1978 年に発生している。

本調査の対象となるアンボリ川流域は、プティバラに源流を發し、アルタの山を形作る $\beta 3$ の山間を抜け、 $\beta 7$ により形成された溶岩台地に狭く深い谷を刻み、ジブチ市へ至る流域である。上流域は中新世～鮮新世の古い玄武岩溶岩を基盤とし、中流域から下流域は更新統の玄武岩溶岩を基盤としている。ジブチ市近郊の地質状況は図 2.1.3 に示すようにアンボリ川下流域を形成する $\beta 7$ (ガルフ玄武岩) の東端を囲うようにアンボリ川が北に流路を変え海へ注いでいる。ガルフ玄武岩の東端部に新しい玄武岩溶岩が噴出 ($\beta 8$) し、バルバラ地区の高台を形成している。アンボリ川河口部の右岸側は海岸部に発達したサンゴ礁起源の石灰岩 (Qm) が見られ、ジブチ市街の平坦部はアンボリ川河口の河岸段丘あるいは、旧海岸段丘として発達した沖積低地 (a) と考えられる。



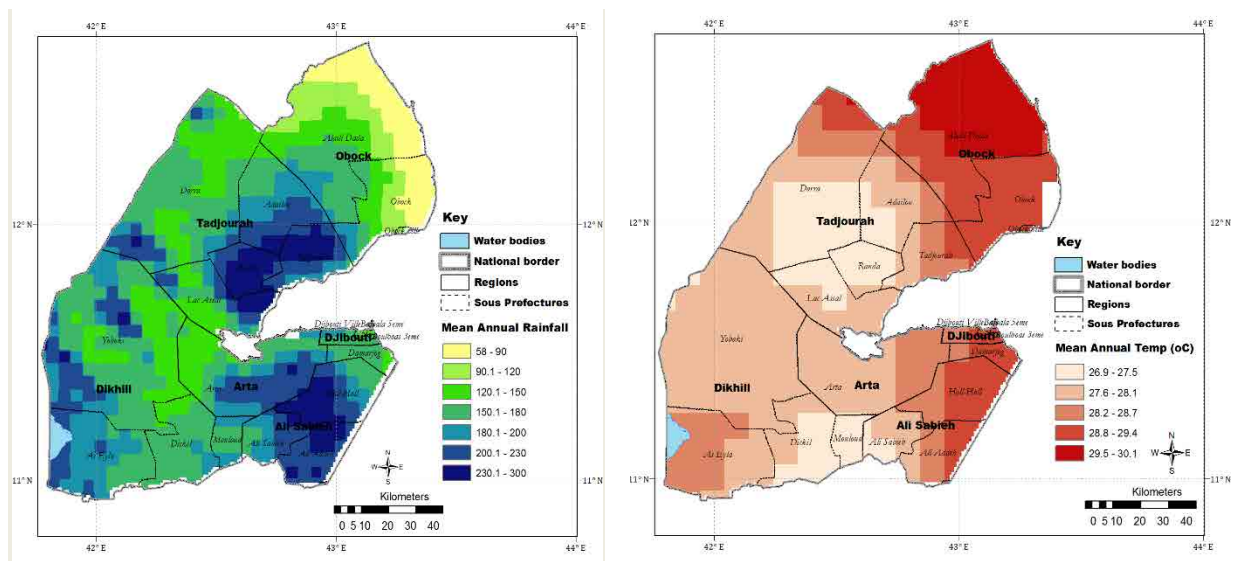
出典：CERD

図 2.1.3 ジブチ市周辺の地質

2.1.2 気象

ジブチは年間の平均降雨量が 163mm (ANM (2023))、平均気温が 28.50 °C (WB, Climate Risk Country Profile (2023)) と言われているが、オボックの紅海に面した砂漠地帯 (50mm/年) や西部に比較し

て、アンボリ川流域はモンスーンの影響も大きく、ダイ山やアリサビエの様な山岳地 (300 mm/年) に次いで雨が多いエリアである。図 2.1.4 に年間平均降雨量及び年平均気温の分布図を示す。



(a) 年間平均降雨量

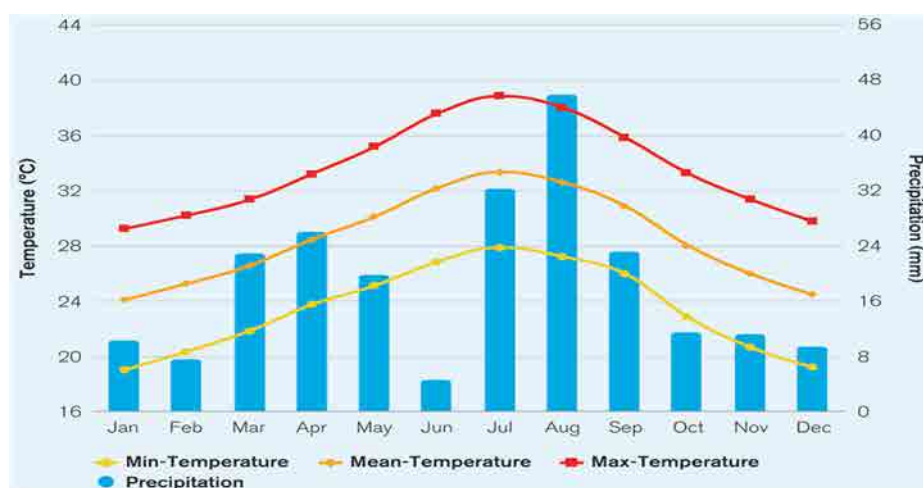
(b) 年平均気温

出典：ANM (2023)

図 2.1.4 ジブチの気候

図 2.1.5 に降雨量、気温の年間変動を示す。図より、3~4月、7~9月に雨が多く、気温は7-8月が最も高く、12~1月が最も低い時期となっている。

しかし、本調査期間中にも10-11月と頻繁に雨が降り、2019年11月の洪水や2023年1月1日にアンボリ友好ダムの余水吐からの放流があったことから、降雨パターンが徐々に変わってきている可能性も考えられる。



出典：WB. Climate Risk Country Profile (2023)

図 2.1.5 ジブチの降雨、気温の年間変動

2.1.3 土壌、土地被覆

ジブチはほとんどのエリアが玄武岩溶岩により形成されており、アンボリ川流域も同様である。溶岩台地は溶岩が風化細粒化した褐色の細粒土が残存溶岩礫の間を埋めた状態となっている（図 2.1.6 参照）。内陸低地は玄武岩大地の風化浸食で発生した土砂が堆積している。特にグランバラ、プティバラのような洪水流が長時間滞留する場所や、ハンレ、ガッガデなど内部収束する場所では細粒分が表面を覆って透水性も低くなっていると考えられるが、山地から収束場所に至るまでの低地は砂、細礫が表層を覆い、地下水涵養域になっていると考えられる。

多くの土砂が火成岩の風化土砂の無機物で構成されているため、過酷な気象状況も相まって植生が付きにくい大地となっている。例えば、雨が降ると大きな湖に変貌するグランバラは細粒土に覆われ、全く植生が育たない環境になっている（図 2.1.7 参照）。



出典：JICA 調査団

図 2.1.6 玄武岩大地の表層状況



出典：JICA 調査団

図 2.1.7 グランバラの環境

2.1.4 自然環境

ジブチは国土の多くは人為的に手が加えられていないままの自然環境が残されている。国立公園としてはジブチ唯一の森が存在するダイ山が森林国立公園として指定されている他、世界で最も塩分濃度の高い湖であるアッサル湖（タジュラ）、美しいビーチとサンゴ礁が広がるコールアンバドビーチ（オボック）、シュノーケリングなどの楽しめるムシャ島（ジブチ）、野生動物保護区のハラモス自然保護区（アルタ）等がある。また、ジブチは2003年3月22日にラムサール条約に締約し、その際、1箇所を以下のように登録湿地として認定している。

- 首都ジブチのすぐ南からソマリア辺境まで広がる潮間帯の砂泥干潟、島、砂浜、サンゴ礁、浅瀬の海域からなる沿岸域のハラムース・ロヤダ（3,000 ha）

これ以外にも、ムシャ島やアンボリ川三角州にはマングローブ林が広がっている。ラムサール条約では、「マングローブ生態系を有する締約国に対して、この生態系に有害な影響を及ぼす可能性のある国の政策と戦略を見直して適宜修正すること、及びその保護のために国際的レベルで協力し、地域的、世界的な戦略に合意するよう要請する。」とされているので、これらのマングローブ林についても保全されることが望まれる。

2.2 社会経済概況

2.2.1 人口

ジブチは 1977 年の独立時は人口 25 万人程度であったが、独立後は順調に人口が増加し、2015 年には 100 万人を越えた。人口増加率は 2004 年頃までは 3%/年を超えていたが、その後はやや鈍化し、現在は 1.4%/年前後となっている（World Bank Open Data）。2024 年の人口は 1,174,824 人とされており、ジブチ市の人口は 623,891 人で全人口の 53%が集中している。

ジブチにはジブチ市以外に 5 つの地域があり、各首都の人口はアリサビエ（40,074 人）、タジュラ（22,193 人）、オボック（17,776 人）、ディキル（12,043 人）、アルタ（6,025 人）、合計 10 万人弱（人口の約 8.4%）で、その他は 1,000 人以下の地方集落を形成している村民および遊牧民である。ジブチは人口の半数が遊牧民とも言われ、地方都市や村落で暮らす人々も多くは遊牧民として生計を立てている。

2.2.2 経済

ジブチは厳しい自然環境のため、農業の開発が進まず、中継貿易国としての運輸業・港湾収入、各国の駐留軍の土地使用量などのサービス産業が GDP の 76%を占め、商工業が 21%となっている。

国内 GDP は 41 億 US\$（2023）で、1 人当たりの GDP はおよそ 3,600 US\$（2023 : Graphochart.com）である。

経済財政省で 2014 年に示された長期戦略「Vision Djibouti 2035」では、ジブチを地域・大陸の経済ハブとして位置づけることを目指しており、2010 年迄の 3~4%だった経済成長率を 10%に引き上げることを目標とし、港湾施設や鉄道などの大規模インフラ事業も戦略に則り建設が進んでいる。ジブチはエチオピアの貿易港の役割を担っており、ジブチーアディスアベバ鉄道の開通とアンボリ川三角州の西側に開港したドラレ港の建設など、その取扱量の増強を行っている。

2.2.3 交通

ジブチ市には主要道路として指定されている 4 国道がある（図 2.2.1 参照）。国道 1 号線はジブチ市の中心を起点とし、イタリア橋によりアンボリ川を渡り、バルバラ地区の南を通りアンボリ川に沿って進み、グランバラ、ディキル、ヨボキを通りガラフィでエチオピアへ抜ける物流のかなめとなる道路であるが、2024 年時点では道路の状態は悪く、特にディキルからガラフィまでの約 100km 区間は最悪で、この区間をトレーラーが通過するには 5 時間近い時間がかかるものと推定される。国道 2 号線はソマリアとの交易ルートとして整備されている。国道 3 号線はこれまでコールアンバドの海水浴場までのルートであったが、中間地点のドラレに貿易港が建設され物流道路として整備された。それと同時にエチオピアからの鉄道がドラレ港へ直結され、エチオピアからの新しい物流のルートとしてそのキャパシティーを大きく向上させることとなった。国道 5 号線はかつてアリサビエからエチオピアに抜ける幹線道路として役割を果たしていたが、山岳道路でもあるため、エチオピアとの物流ルートではなく未舗装路であったため、維持管理ができておらず、現在はアリサビエとの中間にあるホルホルまでのアクセス道路としての利用がメインとなっている。アリサビエからエチオピアへ抜けるためには、グランバラで国道 1 号線からアリサビエに抜ける道

路が開通しており、エチオピアからの送電ラインや送水管ルートはこのルートで建設されている。しかし、距離的には国道5号線がアリサビエに行く最短ルートであり、道路が舗装・整備されれば将来重要な国内輸送ルートとなる可能性がある。



出典：JICA 調査団

図 2.2.1 ジブチ市周辺の道路網

2.2.4 社会状況

ジブチの民族構成はソマリア系のイッサ人が 60%、エチオピア系のアファル人が 35%、フランス人、アラブ人、イタリア人等が 5%という構成となっている。北部はアファル人が主体、南部はアファル人とイッサ人が共存するが、アリサビエについてはイッサ人が主となっている。

94%がイスラム教（日本外務省 HP）を信仰し、公用語としてフランス語・アラビア語、民族語としてソマリ語、アファル語が通用している。

1991年に北部でアファル人の統一民主回復戦線（FRUD）が蜂起し内戦が勃発した。内戦はアファル人とイッサ人の対立が原因であったが、現大統領のイスマイル・オマール・ゲレ氏が1999年に大統領に当選し、和平を成立させ2001年に内戦が終結した。「Vision Djibouti 2035」でも平和・統一・連帯の強化、国民の平等が謳われ、国内外の安定を維持することに重きを置いており、アフリカ諸国の中でも比較的良い治安が保たれている。

ジブチはジブチ市に人口が集中することを制御するため、地方インフラの整備、地方経済の活性化に取り組んでいる。一方で、エチオピアからの難民が多く、国連等の支援でアリサビエのホルホル、アリアデやオボックに設営された難民キャンプで居住のためのテントや食糧などを供給している。ジブチ市内においてもアンボリ川の堤外地などに居住しているケースが多く確認されている。

なお、市街地を離れると遊牧民が活動するエリアであり、遊牧民の所在は明確にはなっていない。遊牧民は家畜のえさを求めて移動することが知られているが、ジブチの遊牧民の多くは山間地に定住地を持ち、そこを起点として遊牧を行っている。トルコ DSI が 2024 年の Pre-FS 調査により提

案しているアンボリ川支川ブレ川のダム計画位置を現地踏査した際に、ダムの建設により水没する区域に定住している家族が確認された。ダム建設計画時には水没予定エリアにおける遊牧民の定住状況の調査が必要であると考えられる。

2.3 都市計画・開発状況

2.3.1 都市開発 MP (2014)

「Vision Djibouti 2035」を踏まえて、2014年にジブチ市の都市開発マスタープラン (Scheme Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme : SDAU) が策定されており、次の3つの目的を掲げている。

- 経済：アフリカの商業・物流のハブとなるジブチ
- 社会：インクルーシブで設備の整った都市におけるより良い生活
- 環境：次世代のための環境保全

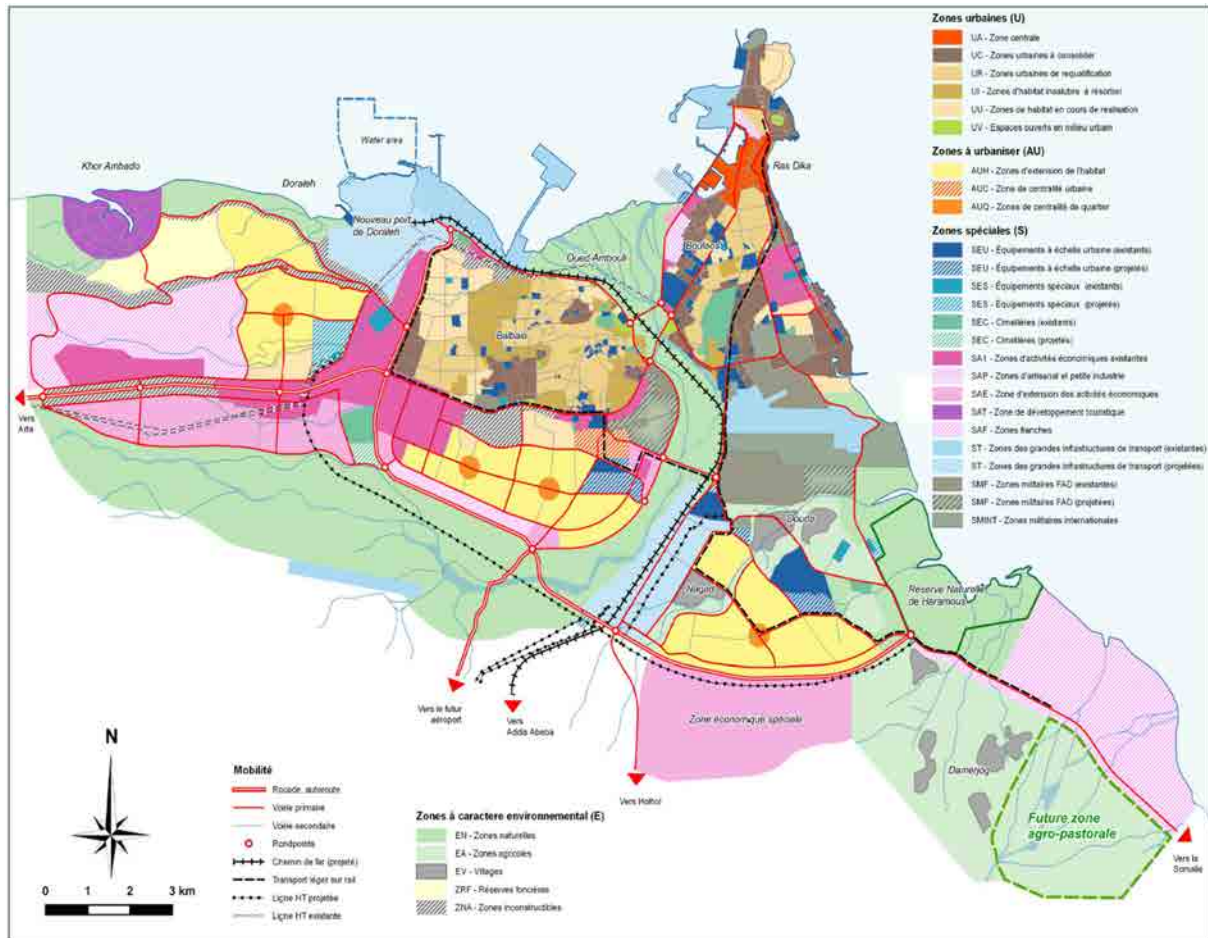
同マスタープランにおいて作成された土地利用ゾーニング図を図 2.3.1 に示す。アンボリ川及び周辺の氾濫原一帯は、東西の市街地をつなぐ自然ゾーンとして、保全対象として推奨されている。同エリアでの開発・建設行為は、特定の条件のもと SDAU のガイドラインに従うこととされている。

水関連インフラとしては、上下水道、雨水排水施設の整備、近郊農業の促進 (2,600ha の農地の確保) について言及されている。

2.3.2 改訂都市開発 MP

2014年に策定された SDAU は 2024年まで有効であり、現在は、2025年完成を目指して、国土計画・住宅・都市計画局 (DATUH) が実施機関となってマスタープランを改訂中である。同改訂にあたってはイスラム開発銀行 (IsDB) の支援が行われている。この改訂マスタープランの TOR⁶によれば、今後の都市域拡大を踏まえ、よりバランスの取れた土地利用・地域計画、より広範な社会経済的衡平性に基づく都市構造を構築する視点を重視している。

⁶ DATUH : Termes de référence, Etude portant élaboration du nouveau Schéma d'Aménagement et d'Urbanisme de l'Agglomération de Djibouti, 2023.



- 都市域 (U)**
- UA-中心部
 - UC-都市統合地区
 - UR-再開発地区
 - UI-不衛生住居地の撤去地区
 - UU-建設中居住区
 - UV-都市内オープンスペース
- 都市化域 (AU)**
- AHU-拡張居住区
 - AUC-都市中心地区
 - AUQ-都市近郊中心地区
- 特別地区 (S)**
- SEU-既存都市施設
 - SEU-新規都市施設
 - SES-既存特別施設
 - SES-新規特別施設
 - SEC-既存墓地
 - SEC-新規墓地
 - SA1-既存経済活動地区
 - SAP-クラフト産業・中小企業地区
 - SAE-拡張経済活動地区
 - SAT-観光開発地区
 - SAF-フリーゾーン
 - ST-既存主要交通インフラ
 - ST-新規主要交通インフラ
 - SMF-既存軍事地区
 - SMF-新規軍事地区
 - SMINT-国際軍事地区

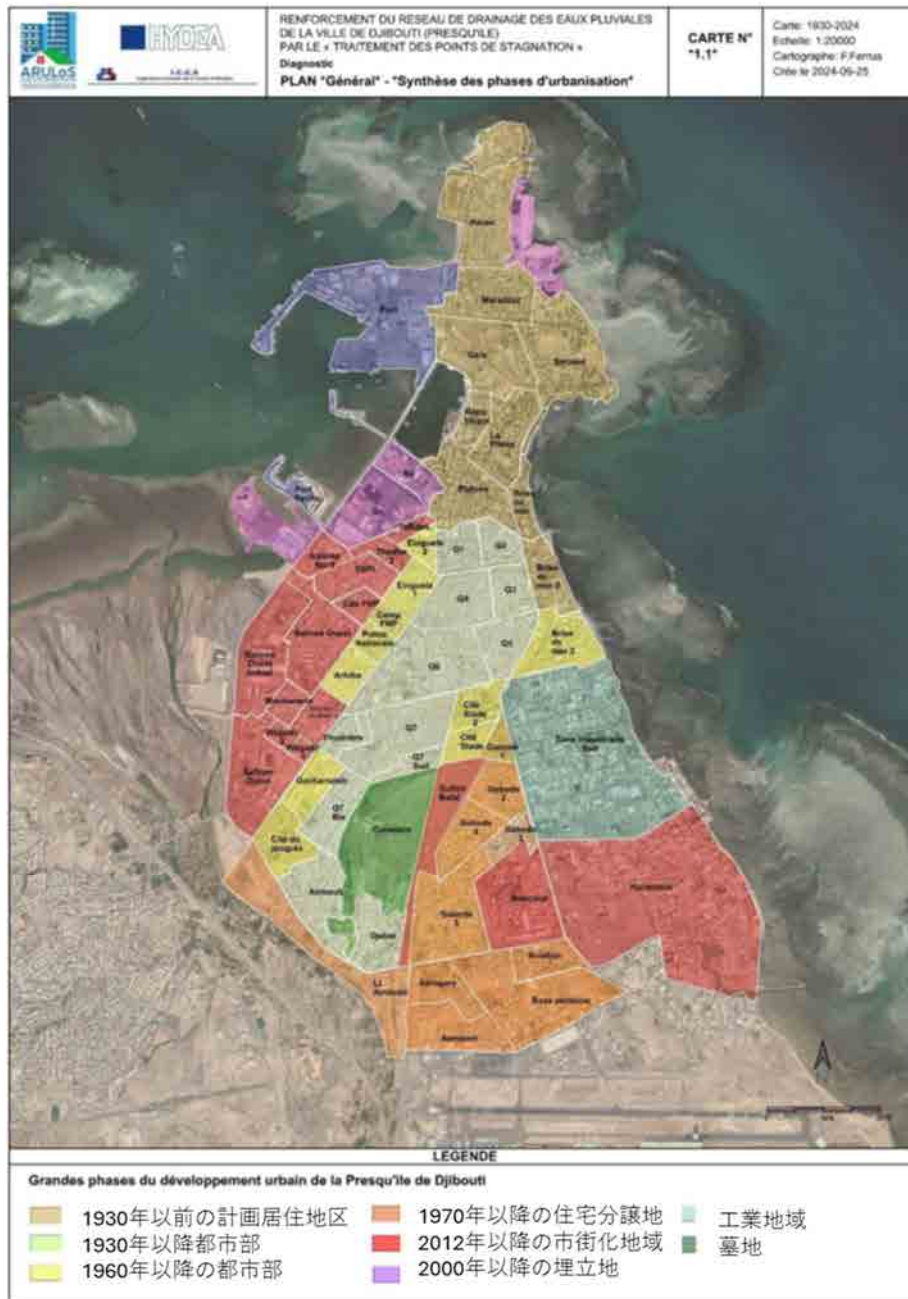
- 自然域 (E)**
- EN-自然地区
 - EA-農業地区
 - EV-村落地区
 - ZRF-土地保護区
 - ZNA-建設不可地区
- モビリティ**
- 環状道路
 - 主要道路
 - 2次道路
 - ランドポイント
 - 鉄道
 - ライトレール
 - 新規高圧線
 - 既存高圧線

出典：SDAU

図 2.3.1 SDAU (2014) の土地利用ゾーニング図

2.3.3 開発状況

図 2.3.2 に示すように、ジブチ市中心部市街地は 1930 年代までは半島周辺に限定されていたが、その後内陸部へと徐々に拡大してきた。2012 年以降は、アンボリ川周辺地域の市街地化が進むとともに、水域の埋立も進んでいる⁷。



出典：WB, MVUH (2024)

図 2.3.2 ジブチ市中心部市街地の拡大

⁷ WB, MVUH : Recrutement d'un Bureau d'Etudes pour l'Elaboration d'une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 1 : Rapport de Diagnostic, 2024.

近年は、図 2.3.3 に示すように、半島先端部の埋立が急速に進んでおり、周辺の雨水排水に影響を与えている。



出典：WB, MVUH (2024)

図 2.3.3 ジブチ市ヘロン地区周辺の埋立開発

図 2.3.4、2.3.5 に示すように、アンボリ川三角州部分では、中国の民間企業タッチロード社による SEZ 開発が進んでいる。今後の開発についての正式な情報は得られていないが、開発地区にある看板に描かれた図のような開発が実現すると、三角州部分のほぼ全域が埋め立てられる恐れがある。このような開発は、もともと洪水時に氾濫流が流れていた場所に立地する SEZ 自体に洪水リスクが生じるだけでなく、三角州部分の洪水時の流れを阻害することにより、隣接するジブチ市中心部への洪水氾濫リスクを大幅に高める恐れがある。

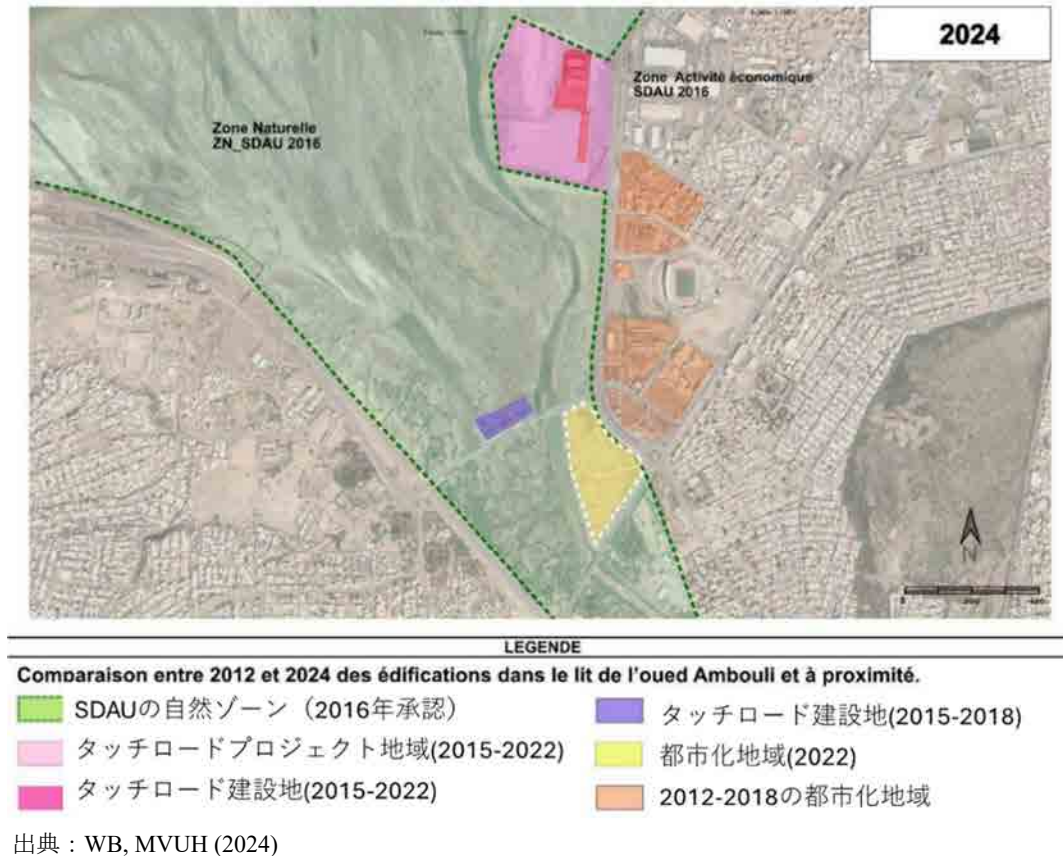


図 2.3.4 アンボリ川三角州部分における SEZ 開発状況



図 2.3.5 アンボリ川三角州部分における SEZ 開発の様子

第3章 外水・内水氾濫対策に係る政策・取り組み

本章では、まず、3.1節で外水・内水氾濫対策に関連する政策の概要について述べる。3.2節では、外水・内水氾濫対策に関連する主要政府機関を示し、各機関の役割、組織、予算等について、収集し得た情報をもとに示す。3.3節では、アンボリ川における外水氾濫対策の経緯、ジブチ市の内水氾濫対策の経緯について、それぞれ取りまとめている。その中で、ドナーの支援についても記載しており、3.3.3節では、ドナーの支援状況を踏まえ、他ドナーとの連携可能性についても検討する。

3.1 ジブチ国政府の関連政策の概要

3.1.1 Vision Djibouti 2035

2014年に作成された Vision Djibouti 2035 は、ジブチの長期的な開発展望を示す文書である。Vision Djibouti 2035 が掲げる目標は、「紅海の灯台、ジブチ」、「アフリカの商業・物流の中心地、ジブチ」である。この目標達成のための5つの柱と戦略が表 3.1.1 に示すように設定されている。

表 3.1.1 Vision Djibouti 2035 の5つの柱と戦略

柱	戦略
1. 国家の平和と統一	<ul style="list-style-type: none"> 平和の文化に加えて、社会正義、公平性、国家の能力を促進する 国民文化と国民意識を促進する 人と物資の安全を保証する包括的な防衛政策を促進する
2. 良いガバナンス	<ul style="list-style-type: none"> 民主主義を強化し、良い統治を社会規範とする 司法制度の近代化に投資する 行政と電子政府の能力を強化する 国民の参加を促進し、市民社会を強化する 良い統治の手段であるメディアを促進する ビジネス環境を強化し、民間主導を強化する 汚職を防止し、汚職と闘うためのメカニズムを考案する
3. 民間部門を主な原動力とする多様化と競争力のある経済	<ul style="list-style-type: none"> 多様な成長と民間部門の重要な役割を促進する：新しい経済成長モデル 有益なマクロ経済政策を促進する 財政均衡を資金調達し維持するための適切な戦略を確立する 金融市場の発展を促進する 国の供給を確保する 国と戦略的パートナーシップの魅力を促進する 賢明に計画された国土を確立する：包括的かつ統合された国土計画 世界的な雇用政策を確立する
4. 人的資本の統合	<ul style="list-style-type: none"> 長期的発展の目標であるジブチの男女の幸福を確保する 貧困を削減する（社会活動、連帯など） 予防、予防、教育意識を中心とした包括的な健康政策を策定する 新しい教育システムを構築する 食糧と栄養の安全保障戦略を推進する 国の社会文化環境に適合し住宅政策を開発する 芸術と文化の創造を促進する 国の人口政策を定義し、実施する
5. 地域統合	<ul style="list-style-type: none"> サブ地域における商業統合およびサービスプラットフォームの開発 IGAD および COMESA の下でのジブチの商業統合の確保 ジブチを地域の海運拠点およびサービスプラットフォームに変革 国際および経済協力の国家戦略の強化
横断的なテーマ	<ul style="list-style-type: none"> 女性の地位向上と男女格差の縮小 青少年政策の強化 天然資源の利用を最適化し、環境を保全する

出典：Vision Djibouti 2035 (2014)

この中で、洪水対策に対する直接的な言及はないものの、戦略「賢明に計画された国土を確立する：包括的かつ統合された国土計画（柱 3）」において、ジブチ市の地域経済拠点としての発展が示されている。ジブチ市の洪水対策の推進は、地域経済拠点としてのジブチ市の持続性を支えるという点から、同戦略に従うものである。

戦略「食糧と栄養の安全保障戦略を推進する（柱 4）」では、食糧生産増進のための水資源開発・管理の重要性が示されており、洪水対策を検討するにあたり水資源開発管理の観点の考慮は同戦略に従うものである。

戦略「天然資源の利用を最適化し、環境を保全する（横断テーマ）」の中で、持続的開発に向けた気候変動への対応とともに、水管理の重要性を示している。洪水対策について水資源開発管理を含めた水管理施策として推進することは、同戦略に従うものである。

3.1.2 国家開発計画 2020-2024

国家開発計画 2020-2024⁸は、Vision Djibouti 2035 で示されたフレームワークのもと、African Union's Agenda 2063 及び UN's Agenda 2030 を考慮して策定された。同計画が掲げる目的は、「ジブチを地域および国際的な経済、商業、金融の中心地にし、平和で安全かつ清潔な環境の中でジブチ国民の幸福を確保する。」ことである。この目標達成のため3つの戦略軸とサポートプログラムが表 3.1.2. に示すように設定されている。

表 3.1.2 国家開発計画 2020-2024 の3つの戦略軸とサポートプログラム

戦略軸	サポートプログラム
1. インクルージョン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済的インクルージョン ・ 財務的インクルージョン ・ 社会的インクルージョン
2. コネクティビティ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域とジブチ市の連携および地域計画 ・ アフリカの商業・物流ハブのための物流・デジタルプラットフォーム ・ 世界とつながるための近代的なインフラ ・ 地域統合と市場の強化
3. 組織制度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済、金融、行政、地方、政治、司法の統治
横断的なテーマ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人的資本の開発 ・ 環境、気候変動とリスク、再生可能エネルギー ・ 健康ショック対応戦略 ・ デジタル経済と技術革新

出典：国家開発計画 2020-2024

サポートプログラム「環境、気候変動とリスク、再生可能エネルギー（横断テーマ）」の中で、気候変動を踏まえた適切な資源管理へ向けて戦略的投資の必要性が述べられている。

⁸ Plan national de développement 2020-2024, Djibouti.

3.1.3 水法

水資源管理のための法律として、水法（1996）⁹及びそれを実践するための4つの実施細則（2000）が存在する。水法の骨子は以下のとおりである¹⁰。

- 水資源、特に地下水の保全と管理を、水質と量の両面で重視している。
- 水資源は公共の水利権に属すると規定している。
- 水利用優先度は、生活用水を優先し、次いで灌漑用水、工業用水の順としている。
- 水法によって水利用者の権利と義務を3つのカテゴリに従って定義している。
- 地下水掘削にあたり特別な監視制度を適用している。
- 廃水に関する特別な監視制度を導入している。
- 集水域のモニタリング強化を規定している。
- 水量、水質保全のために保護区域の設定と保全計画を確立する可能性を規定している。
- 水利用者（飲料水、灌漑、家畜用）が自らの水資源の管理または農村地域の給水地点の管理を確実にするために地方水委員会を設立する可能性を規定する。
- 水利用者が負担する財政規定（管理費、取水・廃水料金、検査費用）と、規則に違反した場合の規定（罰金および懲役）を示している。

洪水管理に特化した記述はないものの、集水域のモニタリング強化、および水量、水質保全のために保護区域の設定と保全計画については、洪水管理とも関連付けられる事項であると考えられる。

3.1.4 水資源開発管理

ジブチでは、2000年に、全国水マスタープランが策定された。同マスタープランは、次の5つの戦略を提示している¹¹。

- 水関連の開発活動の計画、管理、調整における国の役割の維持
- 地下水および表流水資源の評価と開発
- 水資源ポテンシャルの評価とその利用のための技術
- 地下水、表流水の利用、管理、保全
- すべての開発における受益者の参加と説明責任

このマスタープランをもとに、都市及び地方給水、衛生事業が実施されてきた。都市部に対しては、2006年の設立法により現在の形態となったジブチ国立水道・衛生局（ONEAD）が事業を担っている。一方、地方給水・衛生に関しては、農業・水・漁業・畜産・水産資源省（MAEPE-RH）の水局の責任となっている。地方給水・衛生に関しては、2016年に、2035年を目標年とした全国地方給水・衛生プログラムが策定され、2035年に予想される地方人口の給水・衛生施設整備のために、582.5百万US\$の投資が必要とされている¹²。

⁹ Loi n° 93/AN/95/3e L Portant Code de l'Eau.

¹⁰ Sais Kaireh Youssouf : La cartographie, l'évaluation et la gestion des ressources d'eau transfrontières de la sous région IGAD, 2009.

¹¹ MAEPE-RH : Elaboration du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement en Milieu Rural à l'Horizon 2030 (PNAEPA 2030), Rapport Mission n° 2, 2016.

¹² MAEPE-RH : Elaboration du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement en Milieu

MAEPE-RH は、2019 年から 5 年間の予定で、統合水資源管理事業（PGIRE）¹³ を実施している。同事業の目的は、貧しい農村世帯の生活条件を改善し、農村地域の気候変動に対する回復力を長期的に向上させることとされている。特に女性と若者を対象に、農村世帯の水と牧草地資源への持続可能なアクセス、気候変動に対する回復力、食料と栄養の安全性、収入の改善を目指している。同事業では、水源開発とその持続的利用のために統合水資源管理のアプローチを採用しているとされている。

3.1.5 災害管理関連政策

ジブチでは、国連開発計画（UNDP）の支援によって 2004 年に策定された国家災害管理戦略¹⁴に基づき、災害管理が実施されてきている。同戦略は、6 つの戦略軸を掲げている。

- 災害管理に係る制度メカニズムの実施
- 技術能力の開発と強化
- 情報システムの開発と強化
- 持続的なファイナンスシステム、メカニズムの開発
- リスクと脆弱性の低減
- 地域、国際協力

現在、UNDP の支援により、ジブチの災害管理の現状のアセスメントを実施中であり、同アセスメントを踏まえて、国家災害管理戦略のアップデートと 2025-2028 のアクションプランの検討が行われる予定である。

3.1.6 気候変動関連政策

Vision Djibouti 2035 では、持続的開発戦略の基礎として以下の 4 項目が示されている。4 項目すべてが気候変動対策にかかわる事象であり、国家としての気候変動対策の重要性が示されている。

- 再生可能エネルギー
- 100%緑のジブチ
- 持続可能な水管理
- 気候変動への適応とリスク管理

WB は、最近、気候変動と開発の関係についての調査報告書を取りまとめた¹⁵。その中で、ジブチ市はジブチ国内にとどまらず周辺諸国にとっても重要な経済拠点であり、その役割を強化するためにも、ジブチ市の持続的な発展を促進するための気候変動適応策への投資の重要性が指摘されている。本調査で扱うジブチ市の洪水対策の促進はこの指摘に合致している。

ジブチは COP21 に先だって、温室効果ガスの削減を 2030 年までに 40%削減することを公約として示した。これは 2010 年当時の排出量を維持することに等しく、野心的な目標であると言える。この目標を達成するためにジブチ政府は「温室効果ガス削減のための予定拠出金（INDC : Intended

Rural à l'Horizon 2030 (PNAEPA 2030), MISSION 3 : Programme d'Investissement technique et financier, Synthèse, 2016.

¹³ FIDA, MAEPE-RH : Integrated Water Resources Management Project, Rapport de conception, 2020.

¹⁴ Ministry of Interior, UNDP : Strategie Nationale de Gestion des Risques et des Catastrophes de Djibouti, 2004.

¹⁵ WB : Rapport National Sur Le Climat et le Développement, 2024.

Nationally Determined Contribution)」（2015）¹⁶の作成を行っている。INDCには緩和策を何も実施しない場合は2030年のGHG排出量は2010年の2倍以上になると見積もられ、この排出量の55%近くが「エネルギー」部門からのものであるため、ジブチが緩和策を実施する優先部門としている。

開発途上国のジブチにとっては、ジブチの経済・社会に大きな影響を与えることなく排出量を削減することが重要であり、無条件緩和シナリオで実施もしくは進行中の事業および予定されている緩和策を表3.1.3に示す。

2024年の改訂版CDNs¹⁷で示された適応策に関連する事業を表3.1.4に示す。表は、実施中もしくは事業実施のための資金調達が確実な事業と、今後の実施検討中の事業に分けて示している。

表 3.1.3 資金調達された緩和策

エチオピアからの送電線建設 2011年完成	エチオピアからジブチへ電力を輸入するための容量50MWの超高压送電線の建設。エチオピアの電力の90%は再生可能エネルギーで発電。ジブチのジェネレータによる電力を置き換えた。
	資金調達 6,500万米ドル、95%はアフリカ開発銀行、5%はジブチが融資。
	推定排出削減量 150kt-CO ₂ /年
陸上風力発電所 2025年稼働予定	Goubetに60MWの陸上風力タービンを設置。
	資金調達 ジブチとのパートナーシップによる民間投資家による事業
	推定排出削減量 100kt-CO ₂ /年
太陽光発電所 2025年稼働予定	Petit Bara、Ali Sabieh、Goubetに3つの太陽光発電所を設置、250MWの太陽光発電の可能性があると推定されている。
	資金調達 ジブチとのパートナーシップによる民間投資家による事業
	推定排出削減量 320kt-CO ₂ /年
地熱開発 (発電所の稼働は2030年を予定)	アッサル湖、アッベ湖、北グベ周辺地域で1200MWと推定される地熱エネルギーの開発。
	資金調達 アッサル・プロジェクトは、世界銀行が管理するドナー・グループから3,100万USドルの融資を受けた。その他のプロジェクトは、ジブチとのパートナーシップにより、民間投資家が融資
	推定排出削減量 6,000kt-CO ₂ /年
新しい鉄道路線 2015年開通	ジブチ市とアディスアベバを結ぶ752kmの鉄道路線の建設。
	資金調達： 中国の民間投資家によるプロジェクト
建物10棟のエネルギー効率化プロジェクト	この2年間のプロジェクトの主な目的は、ジブチ・エネルギー管理庁（ADME）が10棟の建物のエネルギー消費量を調査できるようにすることである。また、このプロジェクトは、エネルギー管理問題で成果を上げている他国との南南パートナーシップにより、エネルギー管理問題に関係する他の政府部局の能力開発ツールとしても利用される。
	資金援助 UNDPの資金援助によるプロジェクト
公共建築物のエネルギー消費削減	この2年間のプロジェクトは、旧シテ・ミニステリエル（Cité Ministérielle）ビルの屋上に太陽光発電ソーラーパークを設置する前に、そのエネルギー効率を改善することを目的としている。太陽光発電システムはその後、国の送電網に接続される。国のエネルギー料金を大幅に削減するため、ADMEは将来、このプロジェクトをすべての公共建築物に拡大する予定である。
	資金調達 ジブチによるプロジェクト
グローバル気候変動アライアンス+プロジェクト (2014~2020年)	2015年5月から2年間、世界気候変動同盟は以下のことを約束した： 気候変動との闘いに積極的に参加するジブチの能力を構築する； エネルギー部門における気候変動緩和のための有利な制度的枠組みを構築する。
	資金調達 プロジェクトは欧州連合（EU）から300万米ドルの融資を受けた。

出典：INDC Djibouti 2015

¹⁶ MEDD : Contribution Prévue Déterminée au Niveau National de la République de Djibouti, 2015

¹⁷ MEDD : Contributions Déterminées au Niveau National, CDNs-REVISED, 2024.

表 3.1.4 適応策関連事業

No	実施中もしくは事業実施のための資金調達が確実な適応策関連事業	事業費 (Mil.US\$)
1	Program to Strengthen Resilience to Food and Nutrition Insecurity (BREFFON 2), 2023-2028	20.0
2	Rural Value Chain Development Project, 2023-2027	15.0
3	Sustainable management of water resources, rangelands and agro-pastoral areas in the watershed of Cheikhetti in Djibouti, 2022-2026	3.3
4	Water and Soil Management Program (PROGRES): 2017-2024	17.1
5	Program to Strengthen Resilience to Food and Nutrition Insecurity (BREFFON 1), 2021-2026	21.0
6	Project to extend and strengthen the Djibouti sanitation network (PERRAD) (ONEAD), 2023-2025	24.2
7	Integrated Water Resources Management Project (PGIRE), 2019-2024	12.0
8	Strengthening drought resilience of smallholder farmers and pastoralists in the IGAD region DRESS-EA, 2020-2024	13.8
9	Great Green Wall	30.0
10	100% Green Energy Project (yoboki - Khor Angar) 2023-2025	3.2
11	Program "Planning and implementation of ecosystem-based adaptation in the regions of Dikhil and Tadjourah in Djibouti » 2023-2028	10.0
12	Strategic support project for ONEAD and performance contract (PROSPERO)	18.0
13	Support for Decentralization and Local Initiatives, 12 Million Euros, EU, 2023-2025	14.4
14	Project for the Rehabilitation and Extension of the Drinking Water Supply System in the City of Djibouti	64.7
15	"PERRAD" project: project to extend and rehabilitate the Djibouti sewerage network - an extension of the secondary and tertiary networks in districts 7, 7 bis, Stade, Q6 and Q7, (PERRAD 1, 2, 3), 2024-2026	36.0
16	Project for the construction of a Balbala South wastewater collector, 2023-2024	11.5
17	Integrated study project of urban infrastructure and climate adaptation in Djibouti, AfDB, 2023-2025	3.8
18	Wastewater treatment and desalination plant extension, 2024-2026	86.4
19	100% Green Energy Project (Khor Angar)	2.0
20	Adaptation project (GEF, LDCF, adaptation fund)	60.0
21	Small seawater desalination unit in Goubet	2.0
	合計	468.4

No	実施検討中の適応策関連事業	事業費 (Mil.US\$)
1	National program for improving drinking water and sanitation by 2035	349.5
2	National agricultural investment program and food security and nutrition	200.0
3	Multinational programme for the development of food security resilience in the horn of Africa	12.0
4	Hydro-agricultural development of the three Dikhil watersheds (Gobaad, Hanle and Gagadé)	24.2
5	Surface water mobilization program to recharge aquifers and improve rangeland regeneration	20.0
6	Project to improve the productivity and quality of cultivated fodder	6.0
7	Hydro-agricultural development project for the Ambouli watershed	56.5
8	Reforestation and restoration of arid lands project	10.0
9	Mangrove restoration and planting project on potential sites	7.0
10	Solar water pumping system development project for agricultural production	5.0
11	Reuse of treated wastewater for irrigation	3.3
12	Multiplication of agricultural seeds adapted to climate change	8.0
13	Wastewater and stormwater treatment program	100.0
14	Extension of the seawater desalination unit in Goubet	2.0
15	Support for the implementation of NAPA activities	50.0
16	Great green wall Djibouti - Dakar	30.0
17	Regional support programme	50.0
18	Active involvement of children and youth as agents of strengthening current and future community adaptation capacities to climate change	3.0
	合計	936.5

出典：CDNs-Revised 2024

3.2 外水・内水氾濫対策に関連する主要政府機関

外水・内水氾濫対策に関連する主要政府機関は、表 3.2.1 に示すとおりである。

表 3.2.1 主要関連政府機関

機関	外水・内水氾濫対策に関連する役割
農業・水・漁業・畜産・水産資源省 (MAEPE-RH)	アンボリ川をはじめとする河川の管理、ダム建設・管理、洪水対策（外水）事業の実施。洪水予警報。
ジブチ国立水道・衛生局 (ONEAD)	上下水道、雨水排水に係る計画・設計・施工・維持管理。
国土計画・住宅・都市計画局 (DATUH)	都市・地域計画の策定、土地利用管理。
都市再開発・社会住宅局 (ARULoS)	都市再開発・住民移転事業の実施。 WB の支援による Djibouti Integrated Slum Upgrading Project の実施機関。
ジブチ道路局 (ADR)	道路に係る計画・設計・施工・維持管理。 ただし、道路側溝等の道路の雨水排水施設の維持管理は ONEAD の責務となっている。
国家気象局 (ANM)	気象観測、気象予警報。 WMO の気象関連ジブチ代表。
災害管理事務局 (SEGRC)	災害管理に係る調整。
国家市民保護局 (NDCP)	災害対応。
都市・都市開発・住宅省 (MVUH)	都市・地域計画、住宅整備。
インフラ設備省 (MIE)	道路・インフラ整備。
環境・持続開発省 (MEDD)	環境管理、気候変動政策。
ジブチ研究センター (CERD)	アンボリ川流域の気象・水文特性に関する研究。 WMO の水文関連ジブチ代表。

出典：JICA 調査団

3.2.1 農業・水・漁業・畜産・水産資源省 (MAEPE-RH)

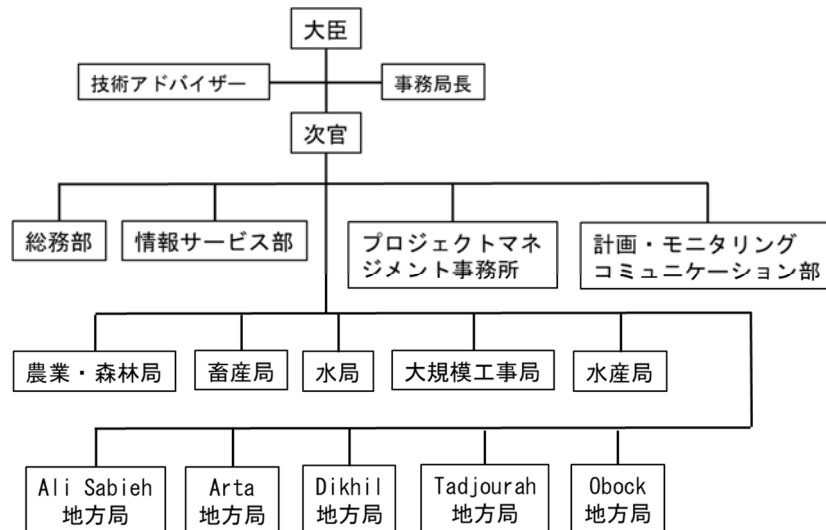
農業・水・漁業・畜産・水産資源省 (MAEPE-RH) は、農業・森林、畜産、水産、水資源に係る責任機関である。MAEPE-RH の組織概要を図 3.2.1 に示す。主要部局の役割は以下の通りである。

- 農業・森林局
農業の改善と砂漠化防止を行う。すべての農家が食用作物（市場向け園芸、樹木栽培など）の生産と新しい栽培技術（マイクロ灌漑、堆肥化など）の導入に取り組むことを支援する。
- 畜産局
畜産に関わる管理を行う。特に、家畜の繁殖・健康管理、放牧ルート改善、食品衛生と感染症対策、繁殖プロジェクトの実施と管理、野生動物の保護を行う。
- 水局
地方給水・衛生事業を実施する。1) エンジニアリングおよび工事部門 (SIT)、2) 水資源サービス (SRE)、3) 衛生サービス (SA)、3) 給水ポイントの分散管理支援サービス (SAGDE) の 4 部門を有している。
- 大規模工事局
表流水開発、農地整備に係る設計、施工監理を行う。1) 設計・モニタリング部門、2) 施設維持管理サービス部門、3) 技術部門の部門を有している。大規模工事局は、2019 年に完成

したアンボリ友好ダムの管理を行っている他、Horn of Africa Initiative (HOAI)¹⁸のジブチのフォーカルポイントとなっている。

- 水産局

漁業、養殖に関する政策を担い、漁業および養殖セクターにおける政府および開発パートナーの介入を導き、一貫性を持たせるためのフレームワークを用意する。



出典：MAEPE-RH

図 3.2.1 MAEPE-RH の組織概要

2020年時点でMAEPE-RHには377名の職員が在籍し、うち152名が正規職員である¹⁹。水に関わる部局である水局と大規模工事局の職員数は100名となっている。大規模工事局へのインタビューによれば、2024年時点で、合計24名（技術者4名、スタッフ20名）が在籍し、経常予算は45百万DJF、内10百万DJFがアンボリ友好ダムの維持管理予算である。

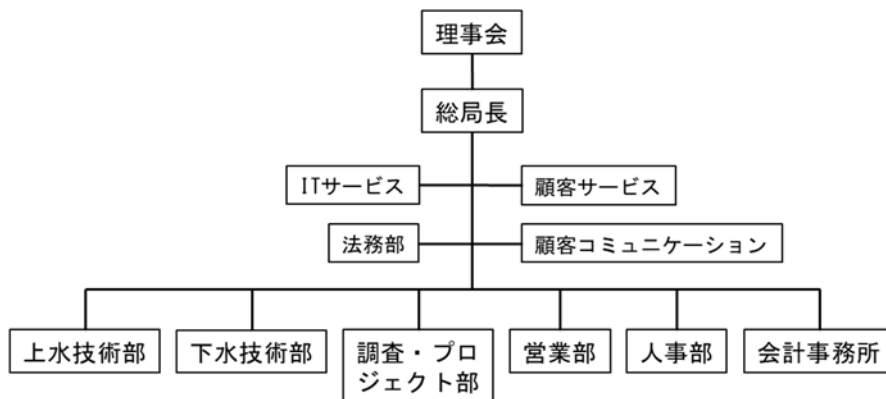
3.2.2 ジブチ国立水道・衛生局（ONEAD）

ジブチ国立水道・衛生局（ONEAD）は、上下水、雨水排水に係る責任機関である。ONEADの組織概要を図3.2.2に示す。主要部局の役割は以下の通りである。

- 上下技術部
ジブチ市および地方主要都市における上水の生産と配水に必要な手段を実施する。
- 下水技術部
ジブチ首都圏と内陸地域の都市中心部で、汚水と雨水の集中もしくは個別処理を行う。
- 調査・プロジェクト部
上下水、雨水排水に関わる調査、計画策定、プロジェクト管理、水資源管理関連活動を行う。

¹⁸ アフリカの角5カ国（ジブチ、ソマリア、ケニア、エチオピア、エリトリア）による、経済成長と貧困撲滅の取り組みを阻む共通の開発課題に立ち向かうための地域協調イニシアチブ。2019年に5ヶ国財務大臣による共同声明がなされた。

¹⁹ MAERE-RH : Rapport d'Activite du Ministre de l'Agriculture, de l'Eau, de la Peche, de l'Elevage et des Ressources Halieutiques, 2020.



備考：ONEAD へのインタビューによれば、来年度から「セキュリティ・品質部」が新設される予定。
 出典：ONEAD Web サイトの情報をもとに JICA 調査団作成

図 3.2.2 ONEAD の組織概要

雨水排水を担当する下水技術部では、以下の業務を行っている。

- ジブチ首都圏と内陸地域の都市中心部で、汚水と雨水の集中もしくは個別処理を行う。
- 汚水・雨水の集中処理インフラを運用し、そのメンテナンスを確実に行う。
- 設備の拡張または更新のいずれであっても、確実に作業プログラムを完了する。
- 集中処理ネットワークに接続されていない各戸処理の状況を確認する。
- 既存のシステムと現在の基準を踏まえ、処理水の品質目標を達成する。
- 汚水処理施設およびその他施設の維持管理プログラムを開発する。

ONEAD へのインタビューによれば、ONEAD の職員数は全国で 1,000 名程度、雨水排水に関わる業務を行っている下水技術部の中でもジブチ市担当は 50 名程度が配置されている。

ONEAD へのインタビューによれば、ONEAD の活動予算に占める政府予算はほとんどなく、上下水道料金徴収により賄われているとのことである。現状では徴収された上下水道料金から雨水排水施設の維持管理費用も支出されている。

フランス開発庁(AFD)の支援により、Programme Stratégique de Performance à l'Onead (PROSPERO) が 2024 年より 5 年間の予定で実施され、ONEAD の上下水道事業運営能力強化が図られることになっており、ONEAD の組織、人材、財務面の強化が期待される。

3.2.3 その他

(1) 国土計画・住宅・都市計画局 (DATUH)

都市・都市開発・住宅省 (MVUH) の国土計画・住宅・都市計画局 (DATUH) は、都市・地域計画の策定、土地利用管理、を行っている。SDAU (2014) および現在実施中の改訂 SDAU に係る調査の実施機関である。

(2) 都市再開発・社会住宅局 (ARULoS)

MVUH の都市再開発・社会住宅局 (ARULoS) は 2019 年に設立された機関であり、以下の役割を有している。

- 社会住宅の建設と開発を促進する。
- 国家ゼロスラム計画を実施する。
- 土地所有権へのアクセスを促進する。
- 貸付条件緩和債権の使用を促進する。

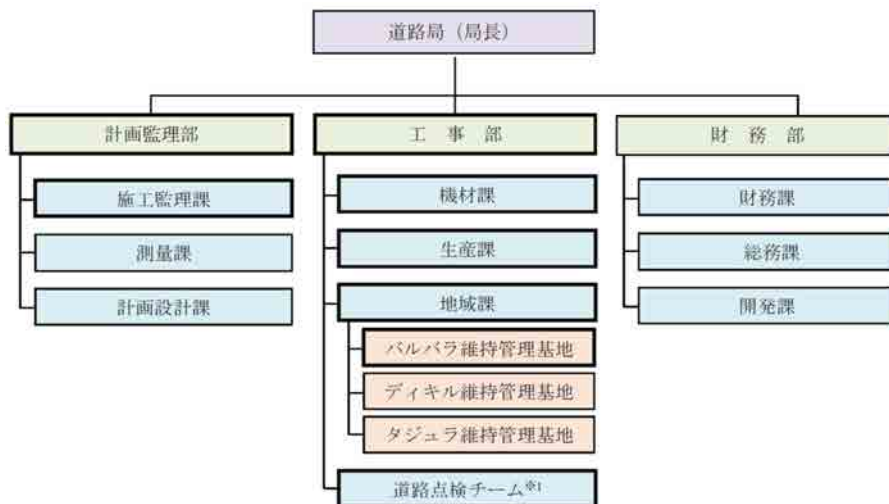
ARULoS の活動目的は以下のとおりである。

- 国内外のパートナーからの資金援助による社会住宅の研究と建設の推進。
- 都市再開発および復興事業の実施。
- 友好的な譲渡手続きの枠組みでの土地管理。
- 社会住宅プログラムにおける住宅協同組合の発展に必要な技術監督と財政支援。

ARULoS は、WB 支援による統合スラム改善プロジェクト (2019～実施中) の実施機関である。

(3) ジブチ道路局 (ADR)

インフラ設備省 (MIE) の道路局 (ADR) はジブチにおける道路の調査、計画、設計、施工、維持管理を行う機関である。図 3.2.3 に ADR の組織図を示す。



出典：JICA、ADR、ジブチ国パルマレ橋梁建設計画準備調査、準備調査報告書（先行公開版）、2023.

図 3.2.3 ADR の組織図

計画監理部は、道路の調査、計画、設計、施工監理を担当しており、施工監理課、測量課、計画設計課に分かれる。ADR へのインタビューによれば、計画設計課は 50 名の人員体制で、うち 30 名がエンジニアである。

ADR によれば、道路側溝など道路排水に係る施設の建設は ADR が行うが、その維持管理は ONEAD の責務になるとのことである。

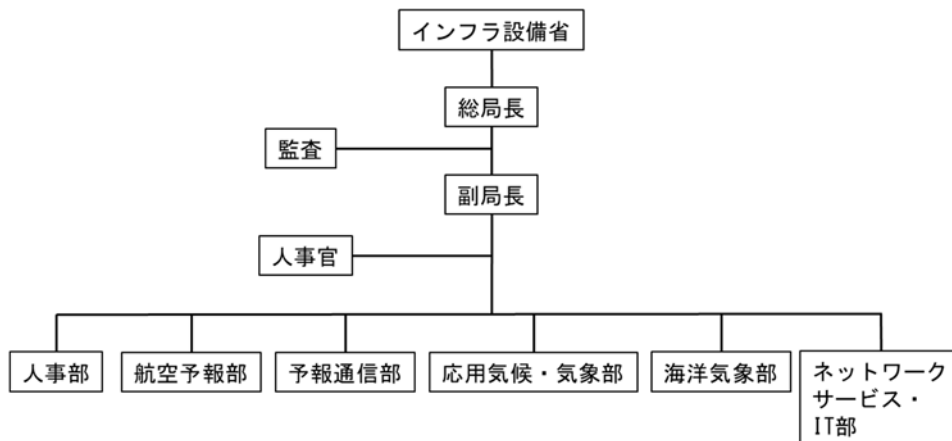
JICA は、現在、ADR を C/P として無償資金協力事業であるパルマレ橋梁建設事業を実施中である。AfDB 支援による都市交通インフラ MP 策定についても、ADR を C/P として実施中である。

(4) 国家気象局 (ANM)

インフラ設備省 (MIE) の国家気象局 (ANM) は、気象観測、気象予報を実施する機関である。図 3.2.4 に ANM の組織図を示す。1977 年のジブチ独立以降、ジブチ国内の本格的な気象観測は、ジブチ空港に限定されていたが、2013 年に現在の ANM 組織が整備され、それ以降、全国の気象観測網が徐々に整備されてきた。

現在の ANM の職員数は、50 名あまりであり、うち技術系職員は 37 名となっている。ANM の活動予算は経常予算及び施設整備のための投資予算を合わせて、2018~2022 年の平均として約 163 百万 DJF である。

JICA は 2025 年 4 月から ANM を C/P に技術協力「気象業務改善プロジェクト」を実施し、ANM の能力強化を支援予定である。



出典：ANM

図 3.2.4 ANM の組織図

(5) 災害管理事務局 (SEGRC)

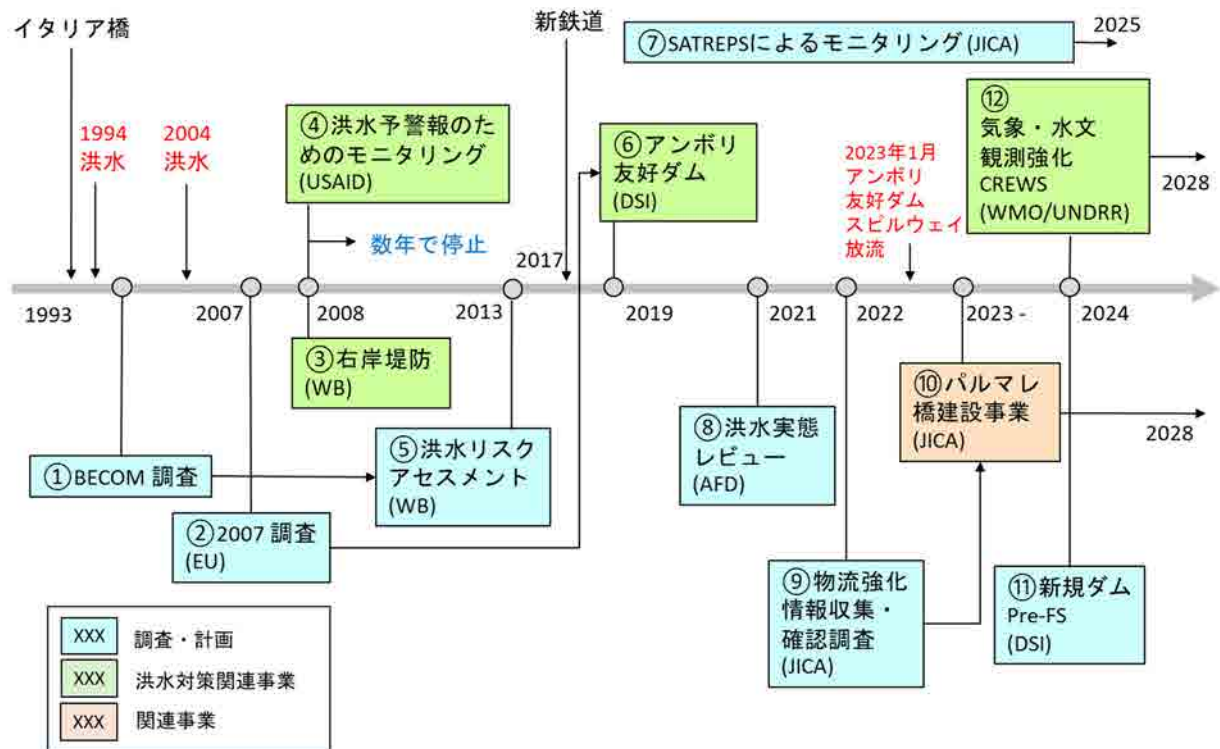
内務省の災害管理事務局 (SEGRC) は、災害管理の調整機関である。19 名の職員で構成され、ジブチ市に 14 名が配置されている他、全国の 5 州それぞれに代表者 1 名が配置されている。全国 5 州それぞれに災害管理に関わる関連省庁の出先代表者がアサインされており、災害発生時には、それら代表者が協調して対応する体制となっている。

近年 5 年間の活動予算は、経常予算 3.7 百万 DJF、予防・緩和策予算 3.0 百万 DJF、緊急対応予算 30 百万 DJF でほぼ毎年一定額となっている。

3.3 調査対象地域の外水・内水氾濫対策の経緯とドナー支援状況

3.3.1 外水氾濫対策

本調査で収集した情報をもとに、アンボリ川流域における外水氾濫対策の経緯を図 3.3.1 に整理した。アンボリ川流域では、1994、2004 年と比較的大きな河川洪水が生じる中で、外水氾濫対策に係る調査・計画が行われ、アンボリ川右岸堤防の建設やアンボリ友好ダム等の建設等が行われてきた。



出典：JICA 調査団

図 3.3.1 アンボリ川流域における外水氾濫対策の経緯

(1) BECOM 調査²⁰

1990 年代に行われたアンボリ川流域の洪水対策調査であり、ジブチ市における確率流量が示されている。この調査で示された確率流量は、WB による 2013 年の洪水リスクアセスメント調査 (⑤) や JICA 支援のパルマレ橋事業 (⑩) でも参照されている。本調査では、BECOM の調査レポート入手に努めたが、残念ながら、入手に至らず、確率流量設定の根拠は不明である。

(2) EU 調査 (2007)

欧州連合 (EU) の支援により 2007 年に実施された調査²¹である。MAEPE-RH が C/P となり、アンボリ川流域の洪水調整用ダムについて包括的に検討している。この調査で推奨されたダムサイト

²⁰ BECOM は調査を実施したコンサルタント会社の名称である。

²¹ EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Oudeu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

がアンボリ友好ダムとして建設(⑥)に至っている。アンボリ川流域の最上流部プティバラが流域に含まれていないなど、水文解析には不明な点がある。

(3) 右岸堤防建設事業(2008)

2004年の大規模な洪水被害を踏まえ、WBの支援により実施された事業である。イタリア橋より上流側のアンボリ川右岸側約2.2km区間に築堤が行われ、2008年に完成した。この築堤の効果もあり、2004年以降はアンボリ川から右岸側への越水による氾濫は生じていない。

(4) 洪水予警報のためのモニタリング

右岸堤防建設と同時期に、米国国際開発庁(USAID)の支援によって、洪水予警報強化のために、アンボリ川の本川に沿って水位計が設置された。水位計測は圧力センサーによるものであった。ジブチ研究センター(CERD)を中心とするグループによる観測が行われていたが、機器の破損の影響もあり、数年で観測は行われなくなった。

(5) 洪水リスクアセスメント(2013)

WBの支援により2013年にアンボリ川の洪水リスクアセスメントが行われた。洪水流量としては、BECOM調査(①)の結果が参照されており、100年、1000年確率洪水時のジブチ市中心部の想定氾濫状況が示されている。本調査では、関連調査レポート入手に努めたが、残念ながら、入手に至っていない。

(6) アンボリ友好ダム建設(2019)

2007年のEU調査(②)の結果を受けて、アンボリ川流域における洪水調整用ダムの建設が要望された。当初、JICAにも支援要請があり、要請内容の確認のための調査団が派遣されたものの、建設費の大きさからJICA支援は実現されなかった。その後、トルコ政府による支援が決定され、トルコ国家水利事業総局(DSI)による技術・資金援助によってダムが2019年に完成した²²。ダム完成後、アンボリ友好ダムの運用・維持管理はMAEPE-RHが担っている。

(7) SATREPSによるモニタリング(2019～実施中)

2019年から5年間の予定で、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)の1つとして、「ジブチにおける広域緑化ポテンシャル評価に基づいた発展的・持続可能水資源管理技術確立に関する研究」²³が実施されている。この研究には、アンボリ友好ダムの管理者であるMAEPE-RHも共同研究者として参加しており、この中で、アンボリ友好ダムのダム湖の水位観測など、流域内での水収支検討のためのモニタリングが行われている。

(8) 洪水実態レビュー(2021)

AFDの支援により2021年に実施されたもので、内水氾濫に重点を置きつつも、外水・内水氾濫を包括的に扱ったジブチ市の洪水の実態に関するレビューを行っている²⁴。2013年の洪水リスクアセ

²² DSI, MAEPE-RH: Ambouli Friendship Dam Project, Final Construction Work Report, 2020.

²³ <https://satrepsdjibouti.jimdo.free.com/>

²⁴ AFD: Diagnostic et Recommandations pour une gestion intégrée du risque inondation sur l'agglomération de Djibouti, 2021.

スメント調査結果（⑤）を引用しつつ、2013年以降にアンボリ川の氾濫原上に建設された鉄道の影響やアンボリ友好ダムの洪水調整効果を踏まえた洪水氾濫解析の実施とリスク評価の必要性を指摘している。

(9) 物流強化に係る情報収集・確認調査（2022）

2022年に交通セクターにおけるJICA支援の方向性を検討するために、ADRをC/Pとして実施されたものである²⁵。この調査において、パルマレ橋建設事業²⁶（⑩）が提案され、2023年からJICA無償資金協力事業として実施中である。

(10) パルマレ橋建設事業（2023～実施中）

物流強化に係る情報収集・確認調査（⑨）の結果を踏まえ、ADRを実施機関として、アンボリ川最下流部においてジブチ市中心部とバルバラ地区を結ぶ幹線道路の橋梁建設が行われることとなった。アンボリ川のちょっとした出水でも通行に影響を及ぼす現状の水没道路を橋梁化することで、アンボリ川の出水による通行遮断の頻度が大幅に減少することが期待されている。

(11) 新規ダムサイト Pre-FS（2024）

DSIの支援により、MAEPE-RHをC/Pとして、新規ダムサイトのPre-FSが行われた²⁷。洪水調整目的のダムとしては、アンボリ川本川1カ所、アンボリ川支川ブレ川2ヶ所の具体的な検討が行われている。

(12) 気象・水文観測強化 CREWS（2024～実施中）

世界気象機関（WMO）及び国連防災機関（UNDRR）の支援により、2024年より4年間の予定で、ジブチの気象・水文観測強化プロジェクト²⁸が行われている。プロジェクトの事業費は、3.6百万US\$であり、ジブチ側の主要C/PはANMとCERDである。アンボリ川流域に限定したものではないが、洪水予警報の強化も活動の1つとなっている。

3.3.2 内水氾濫対策

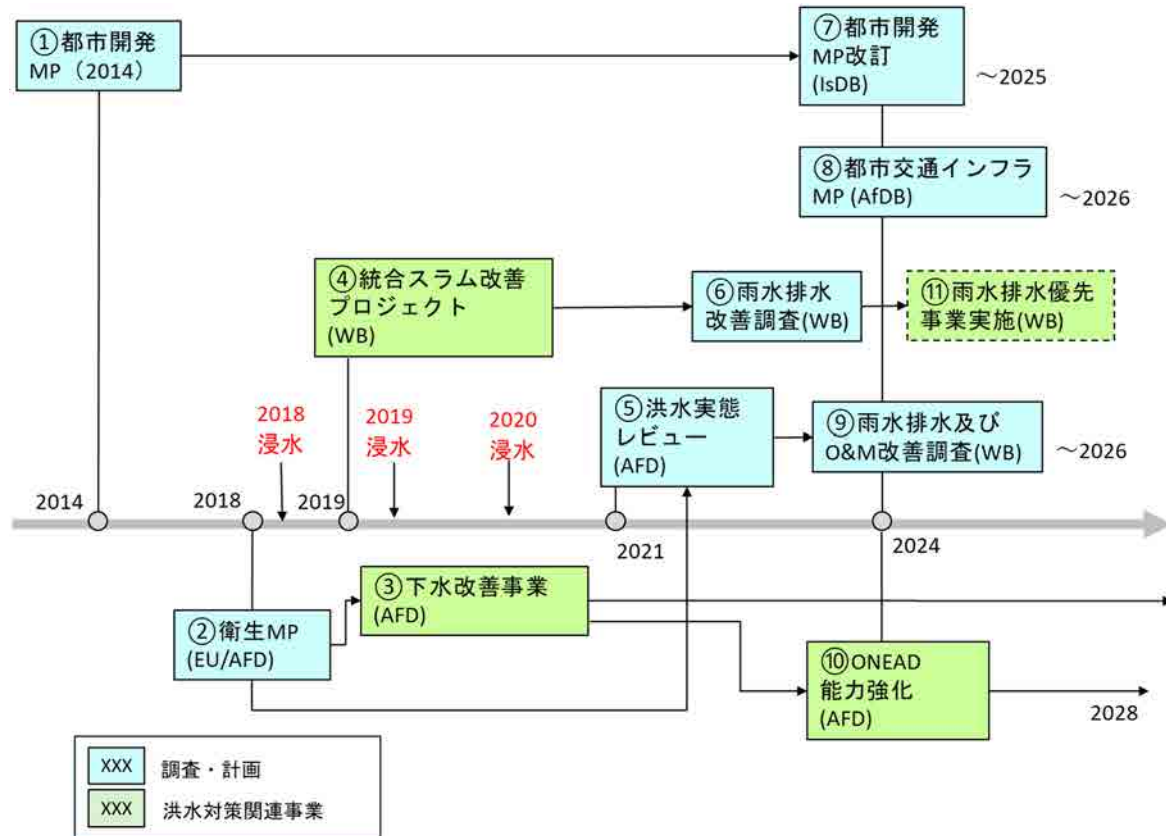
本調査で収集した情報をもとに、ジブチ市中心部における内水氾濫対策の経緯を図3.3.2に整理した。雨水排水計画は、土地利用計画に基づき検討されるべきものであり、2014年のSDAUを踏まえて、2018年には、下水と雨水排水計画を含む衛生MPが策定されている。その後、下水整備は着々と進められてきているものの、雨水排水については、MPに基づいた事業はいまだに実施されていない。近年は、MP策定後の土地利用の変化などを踏まえて、雨水排水の現状確認と計画見直しの動きが多方面のドナー支援により行われている現状である。2024年には、SDAUの改訂も開始されており、今後は、改訂SDAUをベースとした雨水排水の改善が必要である。

²⁵ JICA, ADR : ジブチ国ジブチ市物流強化に係る情報収集・確認調査、最終報告書、2022.

²⁶ JICA, ADR : ジブチ国パルマレ橋梁建設計画準備調査、準備調査報告書（先行公開案）、2023.

²⁷ DSI : Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024.

²⁸ <https://wmo.int/activities/projects/project-portfolio/crews-djibouti>



出典：JICA 調査団

図 3.3.2 ジブチ市中心部における内水氾濫対策の経緯

(1) 都市開発 MP (2014)

「Vision Djibouti 2035」を踏まえて、2014年に策定されたジブチ市の都市開発マスタープラン（Schème Directeur d’Aménagement et d’Urbanisme : SDAU）であり、土地利用ゾーニングが提案されている。

(2) 衛生 MP (2018)

EU 及び AFD の支援により、ONEAD を C/P として策定された下水及び雨水排水に係るマスタープラン²⁹である。2050年までの人口予測に基づいて下水量を予測し、必要となる下水処理を設定している。雨水排水については、SDAU の土地利用ゾーニングを踏まえた雨水排水区の設定と主要排水路、2次排水路の整備計画を示している。

(3) 下水改善事業

衛生 MP (②) に基づいた下水施設整備について、AFD の支援（無償資金協力）が継続されている。この支援により、2025年にはドゥーダ地区の新規下水処理場が運用開始予定となっている。

²⁹ EU/AFD, ONEAD: Schème Directeur d’Assainissement de l’Agglomération de Djibouti, 2018. 本調査では、Schème Directeur をマスタープラン(MP)と訳した。

(4) 統合スラム改善プロジェクト (2019～実施中)

WB の支援により、ARULoS を実施機関として、2019 年より実施されている、都市再開発・住民移転地整備事業である³⁰。ジブチ市中心部の優先地区の都市再開発を行い、併せて住民移転を行っている。バルバラ地区においても、地区内のワジ周辺の洪水危険地帯にある住居を中心に住民移転を行っている。住民移転地整備も、WB による資金支援をベースに、IsDB 等の他ドナーの支援及び自国予算を活用して行っている。

(5) 洪水実態レビュー (2021)

AFD の支援により 2021 年に実施されたもので、内水氾濫に重点を置きつつも、外水・内水氾濫を包括的に扱ったジブチ市の洪水の実態に関するレビューを行っている³¹。衛生 MP (②) のレビューを行い、現状で、道路側溝など末端排水路がほとんど存在しない状況を改善するためには、衛生 MP で提案された幹線、2 次排水路の整備では不十分という指摘を行っており、道路面の平準化による道路窪地への雨水の滞留防止など、道路の改善を含めた都市インフラ全体の改善の重要性を指摘している。

(6) 雨水排水改善調査 (2024)

統合スラム改善プロジェクト (④) の中で、都市開発の観点から緊急的な雨水排水改善を実施するための調査である。事業実施機関は ARULoS となるが、DATUH、ARULoS、ONEAD、ADR からなる合同委員会が形成されて、調査を支援している。洪水実態レビュー (⑤) の指摘を踏まえて、わずかな降雨でも浸水が生じて頻繁に交通障害をもたらすジブチ市内の浸水常襲スポットの改善を行うものである。衛生 MP (②) における仮定が現状でも適用できるかを含めた検討を行い³²、浸水常襲スポットの改善優先度、改善対策及びその概算コストを示している³³。

(7) 都市開発 MP 改訂 (2024～実施中)

2025 年完成を目指して、DATUH が実施機関となって都市開発マスターを改訂中である³⁴。同改訂にあたっては IsDB の支援が行われている。改訂 MP では、新たな土地利用ゾーニングが示されることになり、今後の雨水排水整備は、新しい土地利用ゾーニングを踏まえる必要がある。

(8) 都市交通インフラ MP (2024～実施中)

AfDB の支援により、2026 年完成を目指して、ADR が実施機関となって都市交通インフラ MP を策定中である。同 MP 策定にあたり、交通に関する基礎調査と雨水排水に関する基礎調査が行われ

³⁰ WB : At a Grabce, Implementing ‘Zero Slums Program’ in Djibouti, Djibouti Integrated Slum Upgrading Project, 2018.

³¹ AFD : Diagnostic et Recommandations pour une gestion intégrée du risque inondation sur l’agglomération de Djibouti, 2021.

³² WB, ARULoS: Recrutement d’un Bureau d’Etudes pour l’Elaboration d’une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu’île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d’Intervention et Plan d’Action, Tome 1 : Rapport de Diagnostic, 2024.

³³ WB, ARULoS: Recrutement d’un Bureau d’Etudes pour l’Elaboration d’une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu’île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d’Intervention et Plan d’Action, Tome 2 : Plan d’Action, 2024.

³⁴ DATUH : Termes de référence, Etude portant élaboration du nouveau Schéma d’Aménagement et d’Urbanisme de l’Agglomération de Djibouti, 2023.

ている³⁵。ADR 担当者によれば、これらの基礎調査を踏まえて、道路整備、雨水排水整備に係る整備計画を策定することとなっており、道路事業単体、雨水排水事業単体ではなく、複合事業として計画、実施することを想定している。こちらについても、DATUH、ARULoS、ONEAD、ADR からなる合同委員会が形成されて、調査を支援している。基礎調査はすでに完了しているとのことで、本調査では、基礎調査レポート入手に努めたが、残念ながら、入手に至っていない。

(9) 雨水排水及び O&M 改善調査 (2024～実施中)

WB の支援により、ONEAD を C/P として、衛生 MP のレビューと実施計画の検討、O&M 改善提案を行う調査を実施中 (2026 年完了予定) である³⁶。本調査は、Japan-World Bank Program for Mainstreaming Disaster Risk Management in Developing Countries による日本政府資金が活用されている。WB 担当者によれば、雨水排水に関わる関係者の役割分担の検討と整理、ONEAD の雨水排水に関わる O&M の強化、改訂中の都市開発 MP が雨水排水に与える影響の検討が主たるアウトプットとなる。

(10) ONEAD 能力強化 (2024～実施中)

AFD の支援により、ONEAD の上下水道事業運営能力を強化するもので、2024 年から 5 年間の予定で実施される³⁷。プロジェクトでは、上水供給事業運営補助、下水事業の技術支援、小規模工事への資金提供が行われる。

(11) 雨水排水優先事業実施 (未定)

雨水排水改善調査 (2024) (⑥) で抽出された優先事業の中から、統合スラム改善プロジェクトの枠組みの中で事業実施するもの。WB の支援として、3 百万 US \$ の準備があるが、優先事業の事業規模によっては、他ドナーとの協調融資が求められる可能性がある。

3.3.3 他ドナーとの連携可能性

(1) 外水氾濫対策

アンボリ川流域の外水氾濫対策については、トルコ DSI のよる新規ダムの Pre-FS が行われた以外は、近年、ドナーによる支援の動きがない。また、各ドナーへのインタビューでも、現時点でアンボリ川流域への外水氾濫対策に対する支援を計画しているという情報は得られなかった。

トルコ DSI は、アンボリ友好ダムを建設した実績において、そこで得られた経験は得難いものであると同時に、DSI はすでに MAEPE-RH 関係者との強い信頼関係を築いているものと考えられる。今後の JICA の支援方向性のいかにかわらず、DSI との情報交換を継続していくべきである。

³⁵ AfDB : Project Appraisal Report, Integrated Urban Infrastructure and Climate Adaptation Study in Djibouti City, 2022.

³⁶ WB : ToRs for the recruitment of a Firm specialized in flood management to develop activities under Component 1 - Strengthening flood infrastructure operation for Djibouti City, 2024.

³⁷ AFD, ONEAD : Programme Stratégique de Performance à l'ONEAD (PROSPERO)

トルコ大使館書記官との面談では、トルコにおける大地震後の最近の経済状況を踏まえると、今後、トルコ政府が積極的な支援を行うことは困難な可能性が高いとのことであった。4章で検討する洪水対策の課題への対処として、このようなトルコの状況も踏まえた上で、トルコ DSI のこれまでの支援の継続という面からも JICA としての可能な支援内容を検討すべきである。

洪水予警報という側面では、WMO/UNDRR の支援による CREWS プロジェクトが実施中である。JICA は ANM を C/P とした「気象業務改善プロジェクト」を 2025 年 4 月から 3 年間の予定で実施予定であり、同プロジェクトは、CREWS プロジェクトとの連携を前提として実施されるものと考えられる。CREWS プロジェクトの水文観測面での C/P は CERD であるが、CERD はあくまでも研究機関であり、アンボリ友好ダムのような河川管理施設の運用・管理には直接関与できない上、管理上の責任もない。アンボリ川の洪水予警報にあたっては、アンボリ友好ダムの放流時の周知という重要な命題があり、それを実施する責任は MAEPE-RH にある。MAEPE-RH 自身が、アンボリ友好ダムの状態を含む河川の状況のモニタリングを行い、それを踏まえた適切な予警報の発信を行う必要があり、そのための能力強化が必須となっている。このため、WMO/UNDRR の支援による CREWS プロジェクト、JICA 支援の「気象業務改善プロジェクト」と連携、相乗した効果を発揮できるような、MAEPE-RH の技術面および関係機関との調整に係る能力強化プロジェクトの実施は、ジブチ市の洪水リスク軽減に向けて極めて効果的と考えられる。

(2) 内水氾濫対策

アンボリ川流域の外水氾濫対策とは対照的に、ジブチ市の内水氾濫対策への各ドナーの支援は近年重層的な様相を呈している。2018 年に策定された衛生 MP の雨水排水計画の実施は全く進んでいないものの、雨水排水に責任を有する ONEAD のみならず、都市計画、都市再開発を所掌する DATUH、ARULoS や道路整備を所掌する ADR を C/P とする調査計画においても、ドナーの支援によって雨水排水の改善が検討されている。

このような状況において、JICA が別途、雨水排水に係る本格的な計画策定に係る支援を行うことは、関係者間の混乱を助長するのみであり、得策ではない。雨水排水の全体的な計画としては、現在各ドナーが実施中の支援の成果を待つべきである。

緊急的な雨水排水の改善に係る支援については、WB 支援の雨水排水改善調査（2024）の成果がすでにできており、今からすぐに検討できる連携可能性としては、WB もしくは WB と他ドナーの協調融資による優先事業の実施から漏れる 2, 3 番手の優先事業のうちニーズの高いものを JICA で資金援助して実施支援するということが考えられる。

この他、本調査の取りまとめには間に合わないが、雨水排水及び O&M 改善調査（2024～実施中）や都市交通インフラ MP（2024～実施中）の成果が出てきた後に、ドナー間で実施支援に係る連携を探るという方向も考えられることから、今後もこれらの調査の動向には注意を払い、情報収集に努めることが肝要であると考えられる。

第4章 外水・内水氾濫に関する予備的調査結果

本章では、本調査で実施した外水・内水氾濫に関する予備的調査結果について取りまとめる。まず、4.1節では、本調査で使用した地形情報について示す。次に、4.2節では、過去の洪水に関する情報を取りまとめている。4.3節では、ジブチ市中心部における300地点での洪水実態聞き取り調査結果を示す。洪水時の浸水深、浸水時間の他、近年の浸水については、被害状況についても調査している。4.4節では、洪水の要因となる降雨、潮位、気候変動について示す。4.5、4.6節は、アンボリ川流域の外水氾濫、ジブチ市の内水氾濫のそれぞれについて、文献調査、現地踏査、水理・水文解析の結果を示す。4.7節では、洪水対策の支援方策を水資源面も考慮して検討するベースとして、水資源に係る現状と開発可能性を示す。さらに、4.8節では、洪水予警報に関わる現状を整理する。4.9節では、前節までの結果をもとに、氾濫発生メカニズムと洪水リスクに関する考察を行う。最後に、4.10節では、4.9節の考察を踏まえ、洪水リスクに係る課題と対策方向性を取りまとめる。

4.1 地形情報

4.1.1 ジブチ市中心部周辺のDTM

本調査では、アンボリ川下流部三角州を含むジブチ市中心部周辺124km²のエリアについて、AW3D高精密版地形データ2mDTMを一般財団法人リモート・センシング技術センター（RESTEC）より購入した（図4.1.1参照）。このDTMは基本的に2020年以降の高解像度衛星画像を用いて作成されているため、2020年以降に存在している道路、鉄道等の構造物が反映されている。

AW3Dの標高値にはバイアスが含まれるため、地上データ等によるバイアス補正が必要である。また、水域は標高値が得られない。このため、以下のデータをもとにAW3Dの標高値を補正した。

- 2014年にJICA支援³⁸で作成された1/2,500地形図のスポット標高データ（全般的な標高補正）
- 過去のJICA調査³⁹で得られたアンボリ川の横断測量データ（水域標高の補正）
- 本調査で実施したパルマレ道路より下流における横断測量データ（水域標高の補正）

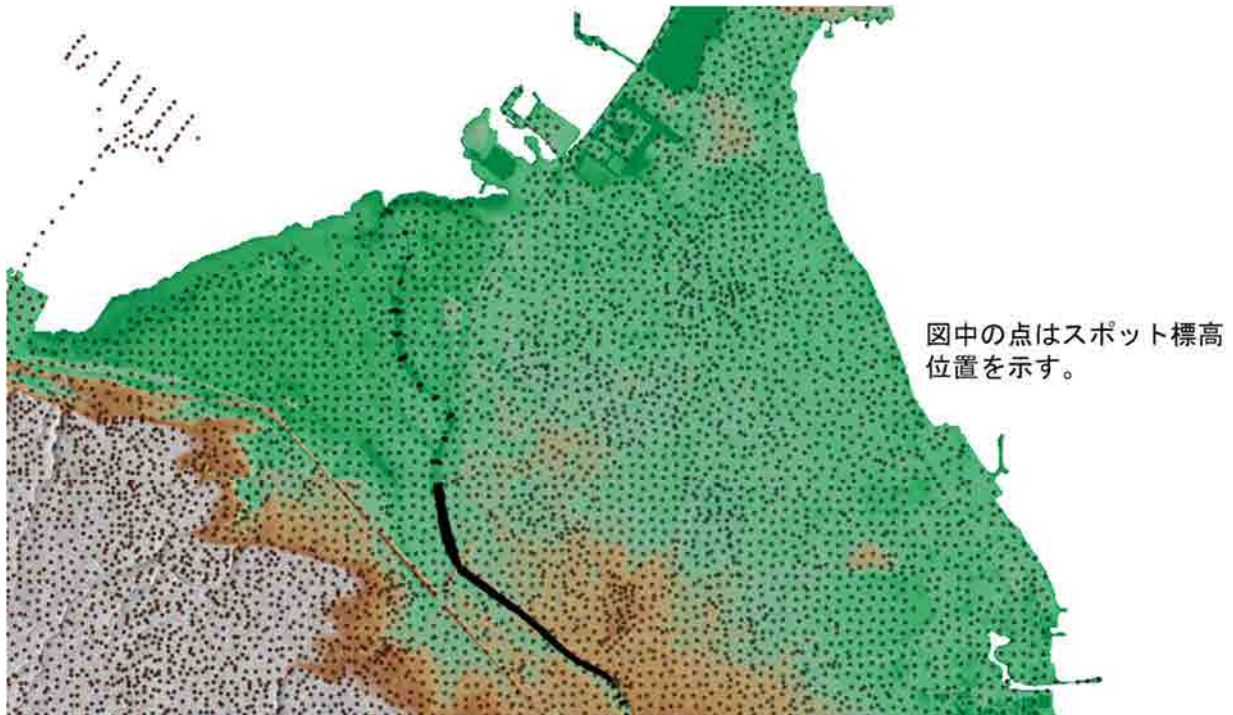
本調査では、2014年のJICA支援で作成された1/2,500地形図で採用した基準点のうち、バルバラ地区にあるNo.8基準点をベンチマークとして使用した。同基準点の標高値は、以下のように、採用するジオイドモデルにより0.36m異なっている。

- egm96: 38.72m
- egm08: 39.08m

JICA支援の1/2,500地形図では、No.8基準点の標高値としてegm96: 38.72mを採用していることから、本調査では標高値をegm96によるもので表現した。

³⁸ JICA, TSDE：ジブチ国デジタル地理データ整備プロジェクト、ファイナル・レポート、要約版、2014。

³⁹ JICA, ADR：ジブチ国ジブチ市物流強化に係る情報収集・確認調査、最終報告書、2022。



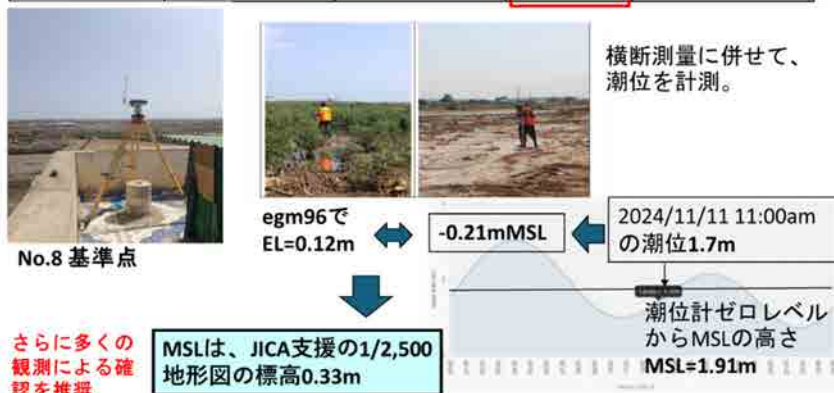
出典：JICA 調査団

図 4.1.1 ジブチ市中心部周辺のDTMと補正に使用したスポット標高位置

本調査では、アンボリ川最下流部の河川横断測量時に、潮位の計測を合わせて行った。測量日時の天文潮位は、平均海面-0.21m に対して、No.8 基準点 egm96 を基に計測された潮位は 0.12m であり、地形図上の標高 0m は平均海面 (MSL) より 0.33m 低いと推定された。すなわち、MSL は JICA 支援の 1/2,500 地形図の標高 0.33m となる (図 4.1.2 参照)。今回は 1 回の計測で、地形図上の標高 0m と MSL の差を推定したが、今後より多くの計測による確認を行うことが推奨される。

2014にJICA支援で作成された1/2,500地形図はこちらを採用

Station	UTM coordinate		Z orthometric (m) (egm96)	Z orthometric (m) (egm08)
	Easting (m)	Northing (m)		
N.08	295299.318	1277815.749	38.72	39.08



出典：JICA 調査団

図 4.1.2 地形図上の標高 0m と MSL の差の推定

4.1.2 アンボリ川右岸に建設された堤防天端高

アンボリ川右岸に建設された堤防については、現地踏査によって天端高が部分的に低くなっている箇所が確認されたため、本調査では、現況天端高の情報を得るために、堤防約 2.2km 区間において、天端高の縦断測量を行った。この縦断測量結果は、4.5.3 における分析に反映されている。

4.1.3 アンボリ友好ダムのダム湖床堆積高の簡易計測

アンボリ友好ダムにおける堆砂傾向を把握するために、アンボリ友好ダムのダム湖の湖底面 10ヶ所の標高を計測した。計測結果をもとにした堆砂傾向については 4.5.5 において議論される。

4.1.4 アンボリ川流域全体をカバーする DTM

アンボリ川流域全体をカバーする DTM については、SATREPS で作成された 5m メッシュの DTM を活用した。本調査では、サブ流域の分割、サブ流域の地形特性分析、ダム候補地の水位-水面面積-貯水容量関係式の推定等に同データを活用した。

4.2 過去の外水・内水氾濫

4.2.1 過去の主要洪水リスト

ジブチ市が被害を受けた過去の主要な洪水の発生日月日（降雨の発生日月日）、影響者数、死者数、降雨量を表 4.2.1 に整理した。1977・1978 年、2018・2019・2020 年など大規模な洪水が連続するケースもあるが、おおむね 5-10 年に 1 度大規模な洪水が発生している。また洪水は 3・4 月に多く発生していることがわかる。

リストに示した洪水のうち、後述するインタビュー調査結果より、1994 年と 2004 年の洪水被害は主に外水氾濫によるものである。インタビュー調査結果及び水理・水文解析結果によると、2013 年以降の洪水はアンボリ川右岸側の越水は生じていないことから、内水氾濫によるものとみられる。

表には、参考として、被害は報告されていないものの最近のアンボリ川の出水についても記載した。2019 年にアンボリ友好ダムが建設された後、洪水時の同ダム流域からの洪水流出は全量がダム貯水池に貯留されていたが、2023 年 1 月の出水では、ダム貯水池が満水となって余水吐からの放流が発生している。しかしながら、この洪水においても、ジブチ市内においてはアンボリ川からの氾濫は発生しなかった。

4.2.2 過去の主要洪水発生時の状況

表 4.2.1 に示した主要洪水の中から、過去の調査結果から確認できた、影響者数と死者数以外の洪水時の被害状況を以下に記す。被害情報は、主に 3.3.2 (5) に記した洪水実態レビュー (2021)⁴⁰ によるものであり、その他の資料からの情報については出典を記した。

⁴⁰ AFD : Diagnostic et Recommandations pour une gestion intégrée du risque inondation sur l'agglomération de Djibouti, 2021.

表 4.2.1 過去の主要洪水リスト

発生日月	影響者数	死者数	降雨日数	アンボリ川流域 流域平均雨量	ジブチ市（空港） 降雨量
Jan. 25-27, 1977	91,000	データなし	3	24.0mm/日 (52.8mm/3日)	23.4mm/日 (23.5mm/3日)
Feb. 25-28 1978	106,000	データなし	4	61.6mm/日 (101.2mm/4日)	87.1mm/日 (129.4mm/4日)
Mar. 18, 1981	102,000	25	2	データなし	157.2mm/日 (215.6mm/2日)
Apr. 7, 1989	150,300	10	4	データなし	171.1mm/日 (282.2mm/4日)
1993	20,000	0	データなし	データなし	データなし
1994	120,000	145	データなし	データなし	データなし
Apr. 13, 2004	115,000	230	1	データなし	104.5mm/日
Mar. 25, 2013	15,000	7	1	65.3mm/日	40.7mm/日
May 20, 2018	150,000	2	1	データなし	102.5mm/日
Nov. 21-24, 2019	200,000	11	4	48.8mm/日 (93.5mm/4日)	20.5mm/日 (45.4mm/4日)
Apr. 21, 2020	110,000	8	1	52.7mm/日	72.1mm/日
Jan. 1, 2023	被害報告なし		1	85.7mm/日	29.1mm/日
Mar 19, 2023	被害報告なし		1	21.5mm/日	39.8mm/日
Mar 28, 2024	被害報告なし		1	19.6mm/日	1.7mm/日

出典：CERD 発表資料、UNDP、および ANM の降雨情報を基にした JICA 調査団による解析結果

(1) 1989年4月洪水

ジブチ市の労働者階級地区の約1万軒が被害を受け、アンボリ川周辺の農園の半分が流出した。

(2) 1994年洪水

約18,500軒が被害を受け、390億ジブチフラン（DJF）の被害が生じた。

(3) 2004年4月洪水

インフラ施設が甚大な被害を受け、ジブチとエチオピアを結ぶ鉄道や主要な飲料水供給管の破壊、電力供給の障害が生じた。被害額は18億DJFに達した。

死者の多くはジブチ市のアンボリ川周辺に居住する野菜栽培を営む人々であり、特に子供や子供を助けようとした女性の犠牲者が多い。インフラ施設の被害では、国道1号線の2橋が深刻な被害を受けた。ジブチ市以外の地域では死者は記録されていないものの、物的被害は大きかった（La Nation (Djib), April 14, 2004）。

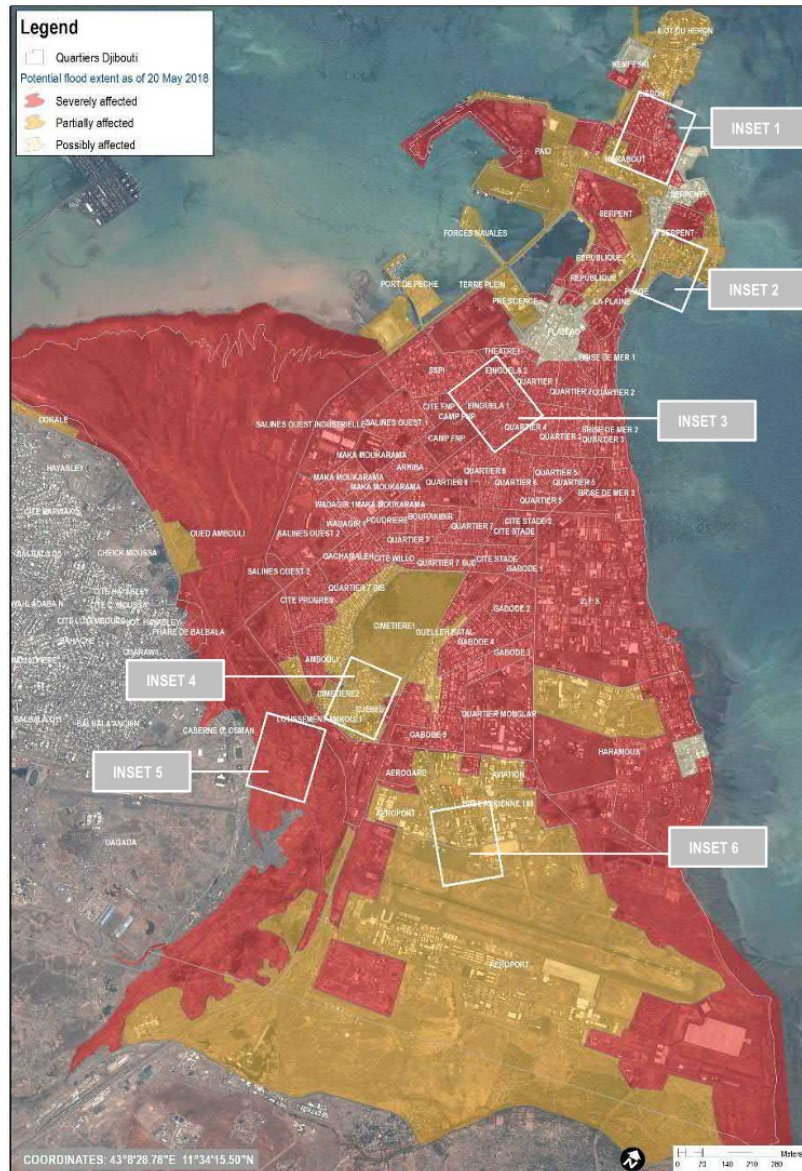
(4) 2013年3月洪水

ジブチ市郊外のアンボリ河岸域の70以上の農園が被害を受けた。

(5) 2018年5月洪水

少なくとも1,865の避難所が被害を受け、630世帯が避難した。食料の損失、浄化槽からの溢水、洪水後の感染症の蔓延、マラリアの最盛、が生じた。

洪水は熱帯低気圧 Sagar によってジブチ市にもたらされた。被害額合計は 50 億 DJF、内訳として、交通分野 22 億 DJF、水衛生分野 14 億 DJF、住宅分野 8 億 DJF、教育分野 2 億 DJF、農業分野 3 億 DJF、政府建造物 2 億 DJF となる（GFDRR, Rapport d'Évaluation Rapide des Dommages et Besoins, Post- Cyclone Sagar, 7 Juin, 2018）。



備考：赤 - 深刻被害、黄 - 部分的被害
出典：unitar (24 May 2018)

図 4.2.1 2018 年 5 月洪水の被害地域

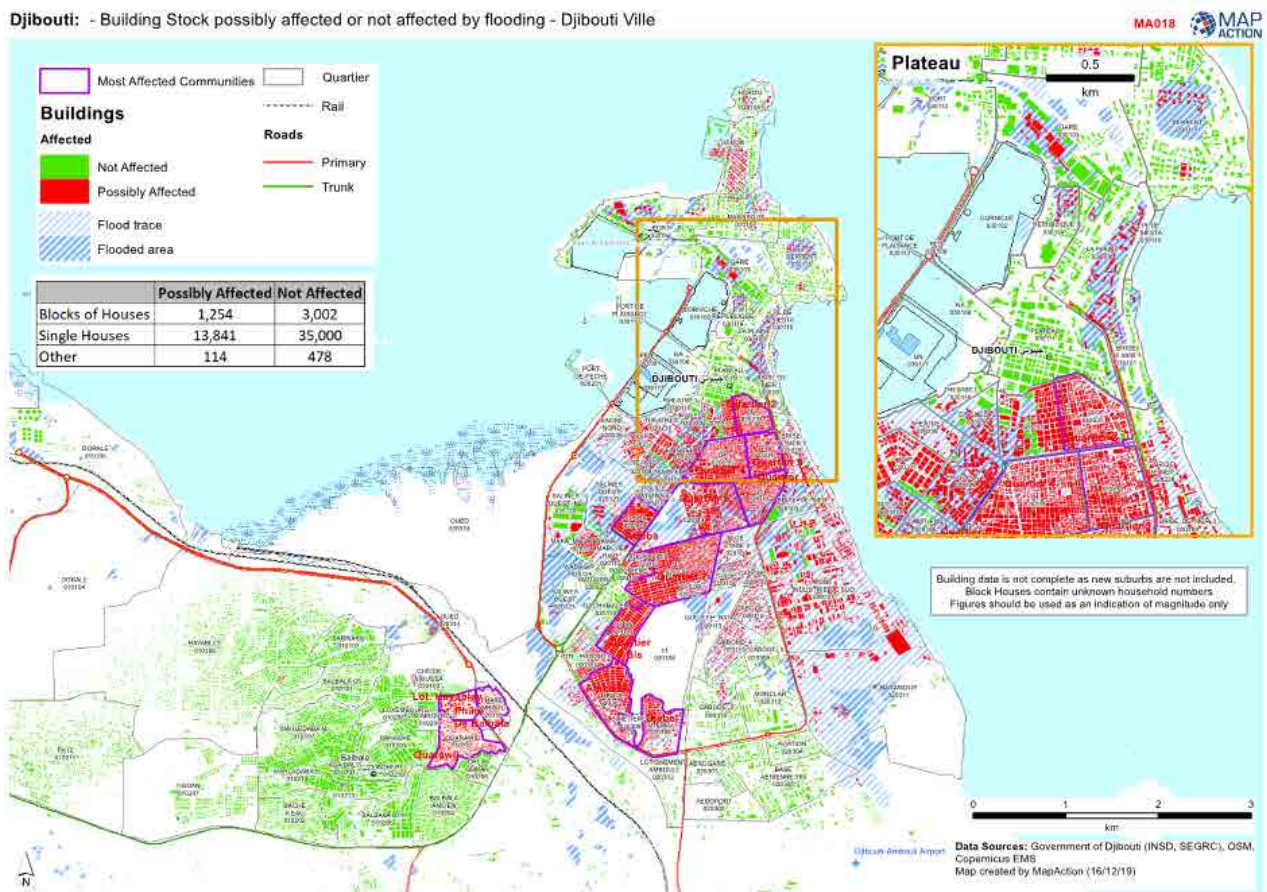
(6) 2019 年 11 月洪水

ジブチ市で 1,000 軒が全壊、約 4,300 軒が半壊した。全国で約 15 の病院と約 30 の学校（半数程度がジブチ市）が被害を受け、公共建物や交通網も被害を受けた。本洪水被害による瓦礫（コンクリート、木材、一般ごみ、波形屋根）の総量は 52,000 トンと推定された。市内の浸水状況写真と影響家屋範囲想定を図 4.2.2、4.2.3 に示す。



出典：Flash Floods 2019 Humanitarian Needs Rapid Assessment, NATIONS UNIES Djibouti, 2019

図 4.2.2 2019 年 11 月洪水でのジブチ市内の浸水状況



備考：赤色-影響建物

出典：MapAction

図 4.2.3 2019 年 11 月洪水でのジブチ市内の浸水状況と影響建物分布

(7) 2020年4月洪水

ジブチ市と近郊のバルバラ地区で約 18,000 軒が被害を受けた。市内の被害が大きかった地区は、Arhiba で 4 千世帯、Quartier 7 と Quartier 7bis でそれぞれ 2 千世帯、Quartier 6 で 1.5 千世帯、Quartier 2, Quartier 4 およびアンボリ川地域でそれぞれ 1 千世帯であった（United Nations, Djibouti, Situation Report #1 FLASH FLOODS, 21 April 2020）。市内の浸水状況写真を図 4.2.4 に示す。



出典： United Nations, Djibouti, Situation Report #1 FLASH FLOODS, 21 April 2020

図 4.2.4 2020年4月洪水でのジブチ市内の浸水状況

4.3 洪水実態インタビュー調査

本調査では、ジブチ市の洪水の実態を把握する目的で、住民に対するインタビュー調査を行った。インタビュー項目は、洪水時の最大水深、浸水継続時間、流向、被害の概要である。調査は、アンボリ川の氾濫原とアンボリ川右岸のジブチ市中心部の 295 地点で実施した。各調査箇所において、できるだけ過去の洪水を記憶している年配者の代表 1 名へのインタビューとした。対象洪水は、1994 年、2004 年、近年の最大洪水、頻繁に生じる洪水とした。表 4.3.1 に、対象洪水とインタビュー項目を示す。近年の最大洪水の発生年はほぼすべての回答で 2019 年であった。

表 4.3.1 洪水実態インタビュー調査の対象洪水と主なインタビュー項目

	対象洪水			
	1994 年洪水	2004 年 4 月洪水	近年の最大洪水	頻繁に生じる洪水
洪水タイプ	主に外水氾濫		内水氾濫	
洪水状況	最大水深、浸水継続時間、流向		最大水深、浸水継続時間	
被害状況	なし		家屋被害、その他の物理的被害（家財、家畜、農作物）、健康被害	

出典：JICA 調査団

以下に、主な調査結果を示す。調査結果を図化した図面集は付属資料 1 に示す。

(1) 洪水状況

最大浸水深、浸水継続時間とともに、全般的な傾向としては、

1994年洪水 > 2004年洪水 > 近年最大洪水（2019年11月洪水）> 頻繁に生じる洪水

の順に大きかった。これより、洪水の規模としては、1994年洪水が最大であったことが示唆される。浸水継続時間は、ジブチ市内の地形的な窪地への浸水発生後の長期湛水が知られているが、インタビュー結果では、いずれも1日未満の回答であり、湛水時間として、ある程度の水深があった時間の長さについて回答されたものと思われる。

図 4.3.1、4.3.2 に 2004 年洪水時の最大水深と氾濫流の流れの向きについてのインタビュー結果を図示する。アンボリ川氾濫原の水深が大きく、市内中心部では、右岸堤防から北東に向かって水深の深い部分が存在し、その地点を北東方向に向かう流れの存在が確認できる。これは、現在の右岸堤防（1994、2004年洪水時には存在しない）の位置から越水した氾濫流の影響と推測される。

(2) 被害状況

1) 家屋被害

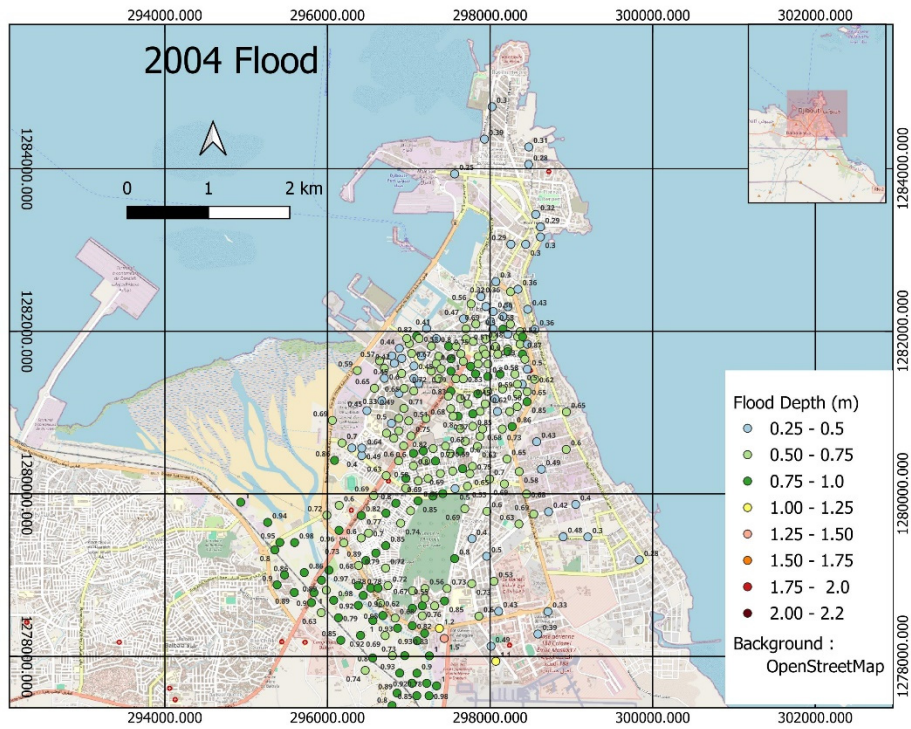
近年最大洪水（2019年11月洪水）では、家屋被害は、部分的破損33%、被害なし67%であり、頻繁に生じる洪水では、家屋被害はほとんどない。図 4.3.3 に近年最大洪水（2019年11月洪水）の家屋被害の分布を示す。

2) その他の物理的被害

その他の物理的被害には、家財の破損、家畜被害、農作物被害が含まれる。近年最大洪水（2019年11月洪水）では、28%の回答者が家財被害を示し、5%の回答者が家財被害、家畜被害、農作物被害の組み合わせを示している。頻繁に生じる洪水では、その他被害もほとんどみられない。図 4.3.4 に近年最大洪水（2019年11月洪水）のその他の物理的被害の分布を示す。

3) 健康被害

健康被害は、近年最大洪水（2019年11月洪水）では82%、頻繁に生じる洪水では80%の回答者が被害ありと回答している。そのほとんどはマラリアによる被害となっている。頻繁に生じる洪水では、物理的な被害がほとんどないにもかかわらず、広範囲で健康被害が生じていることが示唆された。近年最大洪水（2019年11月洪水）と頻繁に生じる洪水の健康被害の分布を図 4.3.5、4.3.6 に、それぞれ示す。



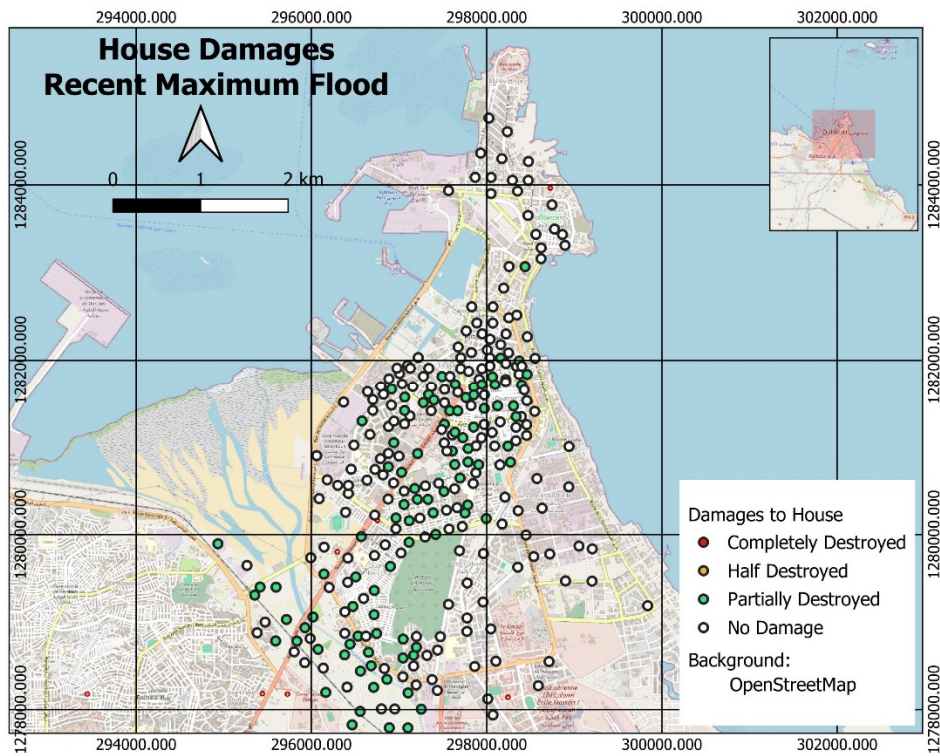
出典：JICA 調査団

図 4.3.1 最大浸水深（2004 年 4 月洪水）



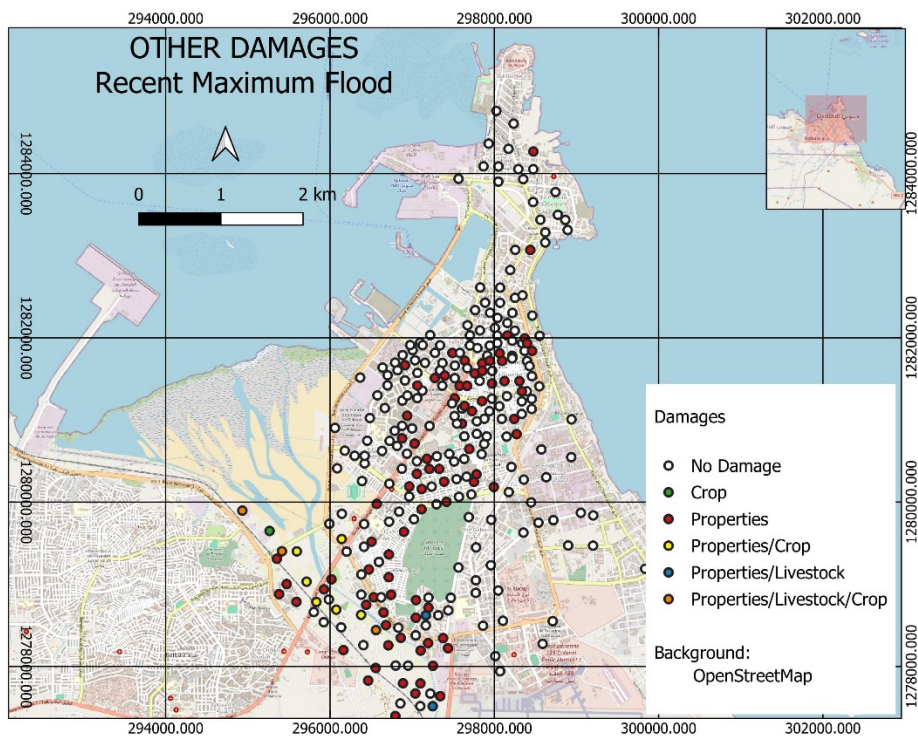
出典：JICA 調査団

図 4.3.2 氾濫流の流向（2004 年 4 月洪水）



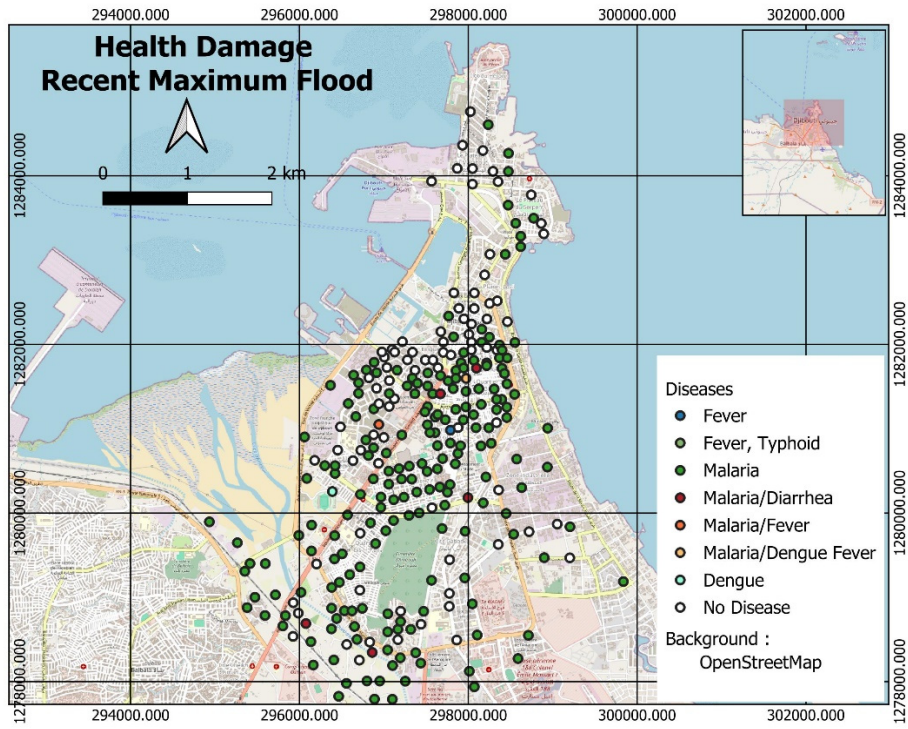
出典：JICA 調査団

図 4.3.3 家屋被害（近年最大洪水（2019 年 11 月洪水））



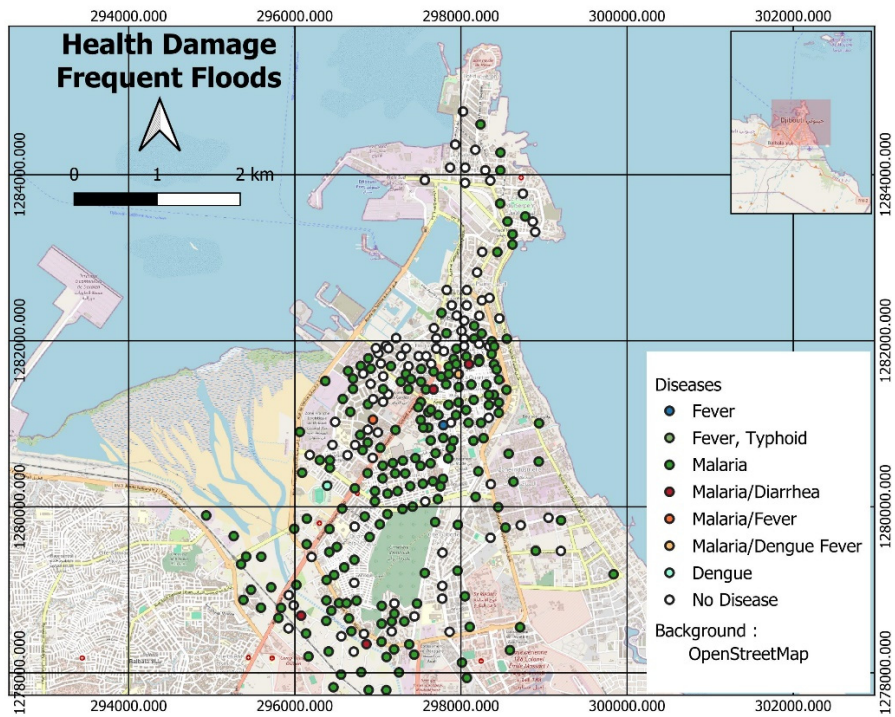
出典：JICA 調査団

図 4.3.4 その他の物理的被害（近年最大洪水（2019 年 11 月洪水））



出典：JICA 調査団

図 4.3.5 健康被害（近年最大洪水（2019 年 11 月洪水））



出典：JICA 調査団

図 4.3.6 健康被害（頻繁に生じる洪水）

4.4 外水・内水氾濫の外力

4.4.1 降雨特性

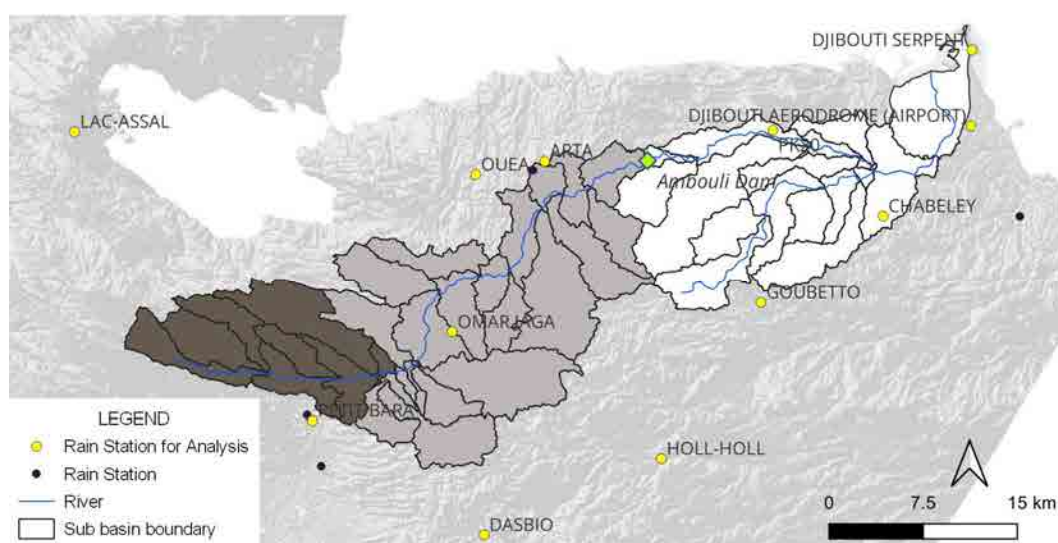
(1) ANM が有する降雨情報

ジブチ国家気象局（ANM）は、2013年に創設され、ジブチ全国に45の手動観測所を設け、降雨量の観測を開始した。現在では、この45の手動観測所のほかに、3か所の自動観測装置（AWS、: Automatic Weather Station）が設置・運用されている。手動観測所では、基本的に降雨イベント（1時間未満から数時間）毎に降雨量が計測され、電話にてANM本部に報告、日雨量データとして整理・記録される。なお、ジブチ空港の観測所では、時間雨量が計測・記録されている。ANMが管理する利用可能なデータは2013年以降のものが主であり、ジブチ空港のデータを除いて2013年以前の利用可能なデータは限定される。また、2013年以降のデータについても、デジタル化されているデータは限られる。

本調査では、ANMが所有する過去データの存在状況を確認し、文献等で確認した洪水発生年月日の降雨データの提供依頼を行うとともに、ANMと協力し、紙ベースの雨量データのデジタル化（記録紙の降雨日を撮影、降雨データをPCにて入力）を行った。ANMより提供あるいはデジタル化作業にて入手した降雨データを以下に列挙する。

- ジブチ空港観測所の時間雨量（2012年から2023年まで連続および2024年の一部）
- 2011年以前の洪水発生月のジブチ空港観測所の時間雨量（1978年2月、1981年3月、1989年4月、2004年4月）
- 洪水発生月のアンボリ川流域内外の観測所の日雨量（1977年1月、1978年2月、2013年3月、2019年11月、2020年4月）

本調査で降雨データを収集したANMが管理する観測所の位置図を図4.4.1に示す。合計12観測所のデータを収集・分析した。



出典：JICA 調査団

図 4.4.1 本調査の解析に用いた ANM 所管の雨量観測所位置図

上記に加えて、本調査では、SATREPS プロジェクトより、全国の観測所の 2012-2023 年の月雨量データを入手し、分析に用いた。

(2) ジブチ市における降雨特性

ジブチ空港観測所の 2012 年から 2023 年までの時間雨量データを用いて、ジブチ市の降雨特性を分析した。表 4.4.1 に 2012 年から 2023 年までの月平均雨量と年間降雨量、表 4.4.2 に月別の降雨日数を示す。年平均降雨量は 105.8mm であり、最大で 171.2mm (2021 年)、最小で 36.0mm (2014 年) であり、年平均降雨日数は 16.9 日で、最大で 26 日 (2020 年)、最小で 8 日 (2018 年) となっている。また、図 4.4.2 の月平均雨量と月平均降雨日数をみると、4-5 月、8 月、11 月に降雨量が大きく、4-5 月の降雨日数は小さく、8 月と 11 月の降雨日数は大きいことがわかる。ジブチ市の洪水は 4-5 月に多く発生しており、データから読み取れる降雨特性、すなわち強い降雨が短期間で降る、が要因の 1 つであると考えられる。

表 4.4.1 月雨量 (ジブチ空港観測所、2012 年から 2023 年)

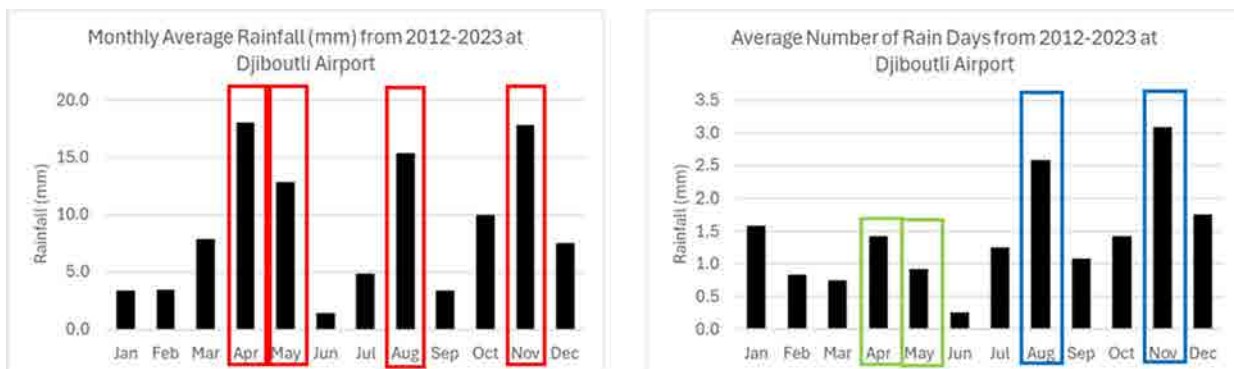
年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
2012	2.2	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	14.6	40.2	1.8	6.3	0.1	0	71.9
2013	0.0	0.0	46.9	0.0	6.3	0.0	0.0	34.9	3.2	0.0	3.2	0.2	94.7
2014	1.0	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.1	6.9	4.2	16.8	36.0
2015	4.7	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	6.7	9.5	0.0	76.0	6	105.2
2016	1.0	7.0	0.0	12.8	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	31.0	10.5	74.9
2017	0.0	11.9	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	2.5	17.2	15.3	6.0	0	61.1
2018	0.0	1.3	0.0	0.0	111.6	0.0	0.0	8.0	0.0	29.8	0.0	0	150.7
2019	0.0	0.2	0.0	0.0	4.9	14.9	1.9	0.0	4.7	19.8	53.4	19.8	119.6
2020	0.3	3.1	1.8	93.2	0.0	0.0	13.3	1.5	1.5	0.2	12.4	22.6	149.9
2021	0.0	16.1	0.0	103.5	18.2	2.0	11.9	0.5	0.8	13.7	0.0	4.5	171.2
2022	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	58.5	1.5	0.0	0.0	0.08	78.3
2023	29.1	0.0	45.3	0.0	2.4	0.0	0.0	13.6	0.0	27.9	27.3	10.1	155.8
平均	3.3	3.4	7.9	18.0	12.8	1.4	4.9	15.3	3.4	10.0	17.8	7.5	105.8
最大	29.1	16.1	46.9	103.5	111.6	14.9	16.5	58.5	17.2	29.8	76.0	22.6	171.2
最小	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36.0

出典：JICA 調査団

表 4.4.2 降雨日数 (ジブチ空港観測所、2012 年から 2023 年)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
2012	2	0	0	2	0	0	2	2	1	2	1	0	12
2013	0	0	4	0	1	0	0	3	2	0	4	2	16
2014	3	2	1	0	0	0	0	4	1	2	2	1	16
2015	6	0	0	0	1	0	0	4	2	0	7	2	22
2016	2	1	0	3	0	0	0	2	0	0	2	3	13
2017	0	1	0	0	1	0	1	1	2	2	4	0	12
2018	0	1	0	0	3	0	0	1	0	3	0	0	8
2019	0	1	0	0	2	2	1	0	2	1	8	4	21
2020	1	2	1	8	0	0	5	1	1	1	2	4	26
2021	0	2	0	4	1	1	4	2	1	1	0	3	19
2022	4	0	0	0	0	0	2	7	1	0	0	1	15
2023	1	0	3	0	2	0	0	4	0	5	7	1	23
平均	1.6	0.8	0.8	1.4	0.9	0.3	1.3	2.6	1.1	1.4	3.1	1.8	16.9
最大	6	2	4	8	3	2	5	7	2	5	8	4	26
最小	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.4.2 月平均雨量（左）と月平均降雨日数（右）（ジブチ空港観測所、2012 年から 2023 年）

表 4.4.3 に、年最大時間雨量と年最大日雨量を整理した。年最大時間雨量の 2012 年から 2023 年までの最大値および平均値を見ると、継続時間 3 時間以上の場合の増加量は小さく、また 2012 年や 2022 年では、2 時間から 72 時間までの最大値が同じ値となっている。ジブチ市の降雨は、短時間で集中的に降る傾向があることが読み取れる。

表 4.4.3 年最大時間雨量と日雨量

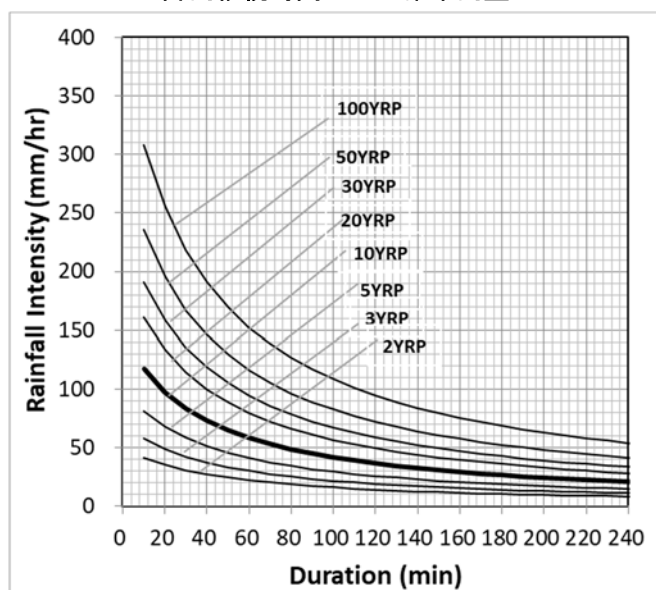
年	年最大時間雨量（時間）								年最大日雨量		
	1	2	3	6	12	24	48	72	1日	2日	3日
2012	38.9	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1
2013	28.7	37.2	39.2	40.7	40.7	40.7	40.7	41.9	40.7	40.7	41.9
2014	11.0	14.5	16.1	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8
2015	15.0	22.0	30.3	51.2	68.8	73.0	73.1	73.1	45.7	73.0	73.1
2016	28.0	28.8	29.4	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
2017	10.0	10.8	15.8	16.2	16.2	16.2	19.0	19.0	16.2	19.0	19.0
2018	76.4	80.0	98.1	102.1	102.5	106.9	111.6	111.6	102.5	111.2	111.6
2019	8.0	12.9	12.9	16.9	16.9	24.0	36.3	45.4	20.5	31.3	40.6
2020	17.1	34.2	51.3	75.2	80.0	80.0	81.5	88.0	72.1	80.0	88.0
2021	36.0	63.0	68.3	70.6	70.6	70.6	72.7	88.8	70.6	70.7	88.8
2022	30.5	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
2023	28.0	28.0	33.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8
最大	76.4	80.0	98.1	102.1	102.5	106.9	111.6	111.6	102.5	111.2	111.6
平均	27.3	33.5	38.8	44.2	46.1	47.4	49.4	52.1	43.8	48.6	51.7

出典：JICA 調査団

本調査では、表 4.4.3 のデータに加え、別途収集した 1980 年から 2011 年の年最大日雨量データを用い、ジブチ空港観測所の確率雨量と降雨強度曲線を検討した。図 4.3.3 に検討結果を示す。

Djibouti	12 years		2012-2023		Unit mm/hr		1980-2023 (44 years)
T	60	120	180	360	720	1440	1
yr	mins	mins	mins	mins	mins	mins	day
2	22.6	14.1	10.5	6.2	3.3	1.7	39.7
3	29.6	18.2	13.6	8.1	4.3	2.2	53.6
5	38.3	23.2	17.4	10.3	5.5	2.8	72.0
10	50.5	30.1	23.0	13.3	7.0	3.6	100.2
20	63.8	37.6	29.5	16.6	8.7	4.4	134.1
30	72.2	42.3	33.7	18.6	9.7	5.0	157.2
50	83.7	48.7	39.5	21.3	11.0	5.7	190.4
100	100.8	58.1	48.6	25.3	12.8	6.7	244.3

降雨継続時間ごとの確率雨量



Note: Talbot type was applied.

降雨強度曲線

出典：JICA 調査団

図 4.4.3 観測値に基づく確率雨量と降雨強度曲線（ジブチ空港観測所）

(3) アンボリ川流域における降雨特性

1) 流域内の地上観測降雨の相関

アンボリ川流域の降雨特性を分析するにあたり、分析に利用可能な観測所を選定した。選定にあたっては、各観測所のデータ利用可能期間と位置を重視した。観測期間（降雨データの有無）については、2013年から2023年までの月雨量データ一覧（SATREPSプロジェクトより提供）より、月雨量データが存在するかしないかを、主要洪水の発生時のデータ有無を考慮しつつ確認した。加えて、観測所の位置を確認し、主要洪水発生時の流域平均雨量の分析（ティーセン分割）を行うにあたっての観測所の分布を確認した。両者より、流域内外の11の観測所（図4.4.1に示した12の観測所のうち、1990年代以降は観測が行われていない Djibouti Serpent 観測所を除く）を選定し、分析を行うこととし、選定した観測所の洪水時の日雨量を収集するとともに、観測所の観測値の相関を確認した。観測所の相関は、2013年から2023年までの各観測所の月平均雨量値から求めた。表4.4.4に相関係数を示す。表中で、太字は相関が高いもの、ハッチがついているものは相関が低

いものを示している。Omar Jagga や Petit-Bara 観測所は他の観測所との相関は低い。両観測所は流域の上流である西側に位置しており、同地域は中下流部とは異なる降雨特性を持つと考えられる。

表 4.4.4 観測所の相関

	ARTA VILLE	CHABELEY	DASBIO	DJIBOUTI AERODROME	GOUBETTO	HOLL-HOLL	LAC-ASSAL	OMAR JAGA	OUEA	PETIT-BARA	PK20
ARTA VILLE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHABELEY	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DASBIO	0.73	0.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DJIBOUTI AERODROME	0.66	0.94	0.53	-	-	-	-	-	-	-	-
GOUBETTO	0.85	0.75	0.84	0.74	-	-	-	-	-	-	-
HOLL-HOLL	0.56	0.50	0.75	0.55	0.72	-	-	-	-	-	-
LAC-ASSAL	0.36	0.62	0.45	0.59	0.47	0.24	-	-	-	-	-
OMAR JAGA	0.07	0.04	0.35	-0.04	0.22	0.14	-0.05	-	-	-	-
OUEA	0.93	0.75	0.76	0.74	0.86	0.60	0.42	0.26	-	-	-
PETIT-BARA	0.41	0.41	0.45	0.35	0.48	0.41	0.17	0.08	0.40	-	-
PK20	0.56	0.72	0.40	0.65	0.56	0.46	0.47	0.16	0.68	0.27	-

出典：JICA 調査団

2) 流域平均雨量と過去の主要洪水時の雨の時空間分布

洪水時の降雨特性の把握を目的として、利用可能な日雨量データが存在する主要洪水時および近年の大規模出水時の流域平均雨量をティーセン分割手法にて算定した。平均雨量は、流域全体に加え、流域を上・中・下流で3分割（図 4.4.4 の西側（黒色）の上流域、上流域下流からアンボリ友好ダムまでの中流域（灰色）、アンボリ友好ダム下流の東側（白色）の下流域）し、分割した流域ごとに求め、表 4.4.5 に、a) から i) の主要洪水・出水ごとに整理した。

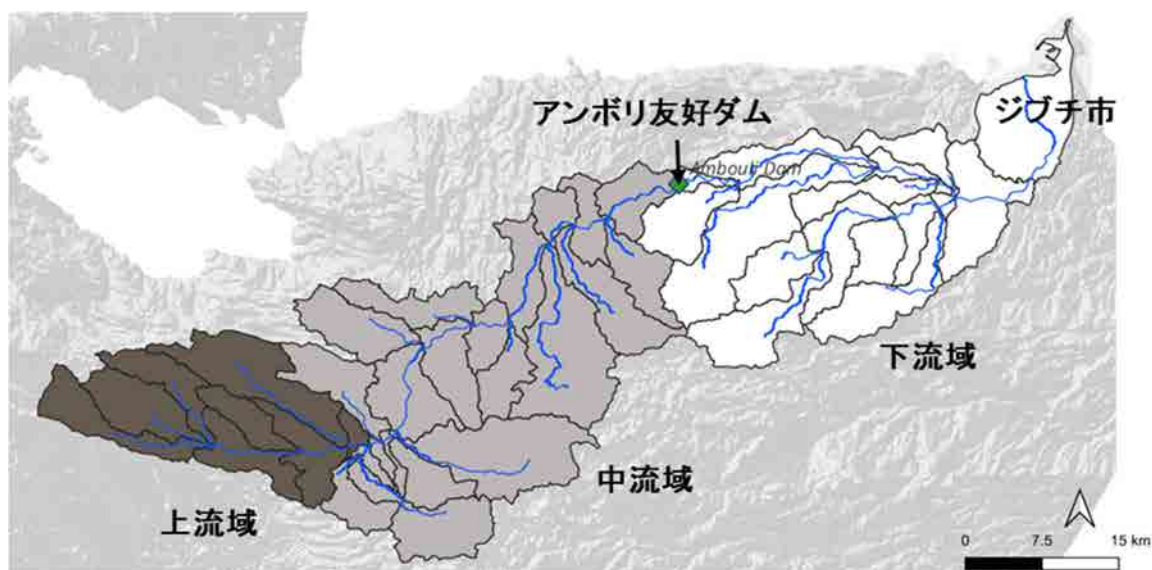
加えて、流域を地形と河川網データを基にさらに細かく分割し（図 4.4.4 参照）、この分割した小流域ごとの降雨量を算定・図化することで、洪水時の降雨量の空間分布を整理した。整理した主要洪水時の降雨分布のうち、代表的な a), b), d) を次ページ以降に、その他のケースを含むすべてのケースの情報を本報告書の付属資料 2 に示す。各洪水で利用可能な観測所（データの有無）が異なるため、降雨分布図には、各図の降雨量算定に用いた観測所を示している。

短時間雨量の変化を把握するために、ジブチ空港観測所のデータが利用可能な洪水については、時間雨量の時間変化の図も合わせて示した。さらに、a), b), c), d) については JAXA が提供している GSMaP⁴¹ を上述した上・中・下流域ごとの流域平均雨量の総降雨量と整合するようにバイアス補正した後、上・中・下流域ごとの流域平均時間雨量を算出して示した。

整理結果より、アンボリ川流域の洪水時および大規模出水時の降雨特性として、以下がいえる。

- ①数時間の集中的な激しい降雨、②降雨が数日間断続的に継続、の2パターンがある。
- 洪水あるいは出水が生じる際は、中・上流域に比べてジブチ市あるいは下流域での降雨量が多い。
- 洪水発生時、特に過去（アンボリ友好ダム建設前）の洪水発生時は、下流部に加え上流部の降雨量も大きい。

⁴¹ <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>



出典：JICA 調査団

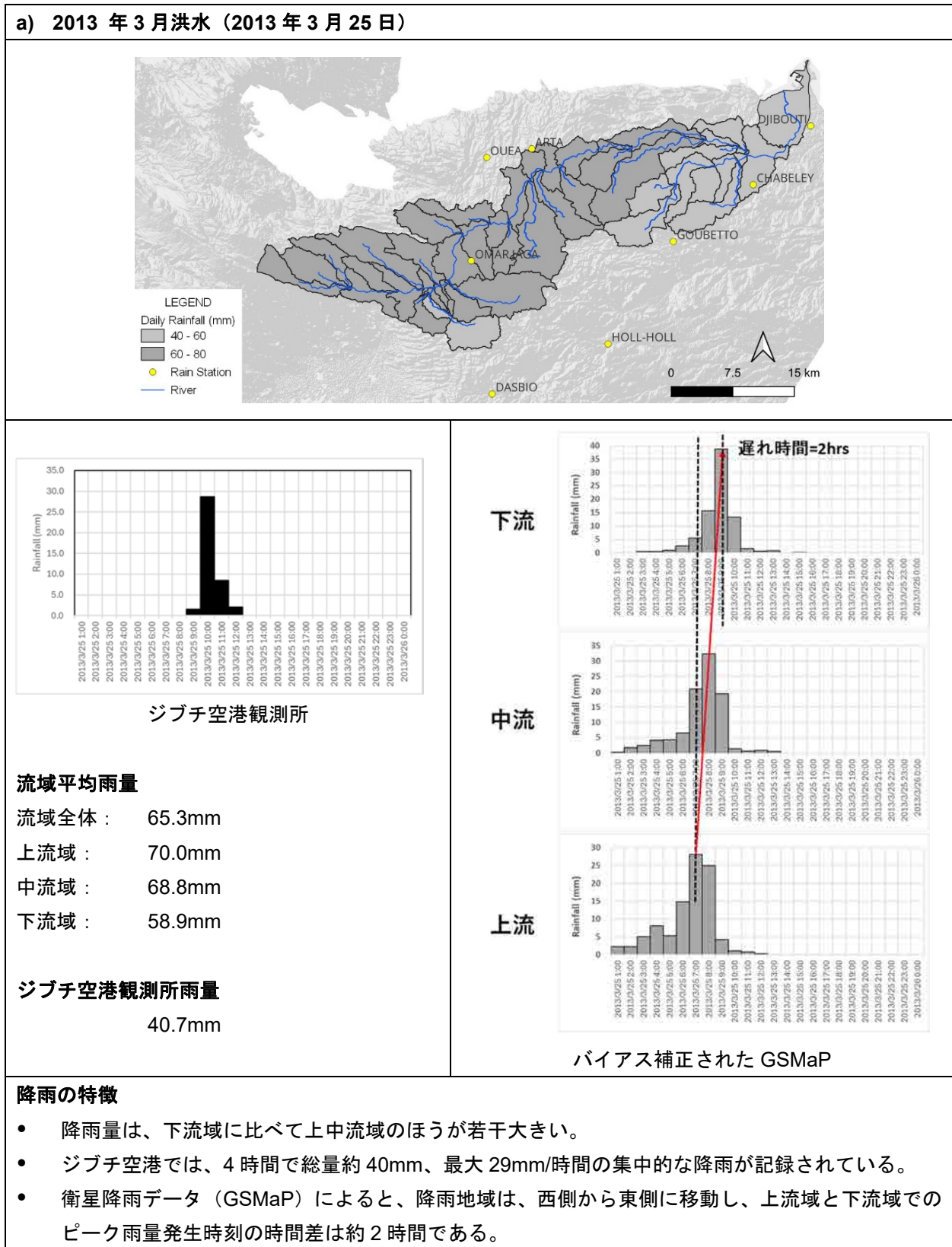
図 4.4.4 アンボリ川流域分割（上・中・下流域と小流域）

表 4.4.5 地上観測所データに基づく主要洪水時および近年の大規模出水時の流域平均雨量

	年月日	流域平均雨量 (mm)					ジブチ空港 観測所 (参考)	洪水規模 (影響者数)
		流域全体	上流域	中流域	下流域			
a)	2013年3月25日	65.3	70.0	68.8	58.9	40.7	15,000	
b)	2019年11月 21-24日	93.5 (4日間 合計)	75.0 (4日間 合計)	85.0 (4日間 合計)	112.1 (4日間 合計)	45.4 (4日間 合計)	200,000	
c)	2020年4月21日	52.7	79.8	29.3	68.2	72.1	110,000	
d)	2023年1月1日	85.7	99.4	100.7	61.5	29.1	ダム余水吐から出水	
e)	2023年3月19日	21.5	0.1	10.9	43.8	39.8	被害は小規模	
f)	2024年3月28日	19.6	0.0	5.4	45.4	1.7	被害は小規模	
以下参考（利用観測所数が少ない、あるいは月雨量を代用したケース）								
g)	1977年1月 25-27日	52.8 (3日間 合計)	53.5 (3日間 合計)	40.3 (3日間 合計)	67.2 (3日間 合計)	23.5 (3日間 合計)	91,000	
h)	1978年2月 25-28日	101.2 (4日間 合計)	97.0 (4日間 合計)	70.3 (4日間 合計)	139.8 (4日間 合計)	129. (4日間 合計)	106,000	
i)	2018年5月20日 (日雨量がなく月 雨量を代用)	20.1 (月雨量)	16.8 (月雨量)	17.9 (月雨量)	24.4 (月雨量)	102.5 (日雨量)	150,000	

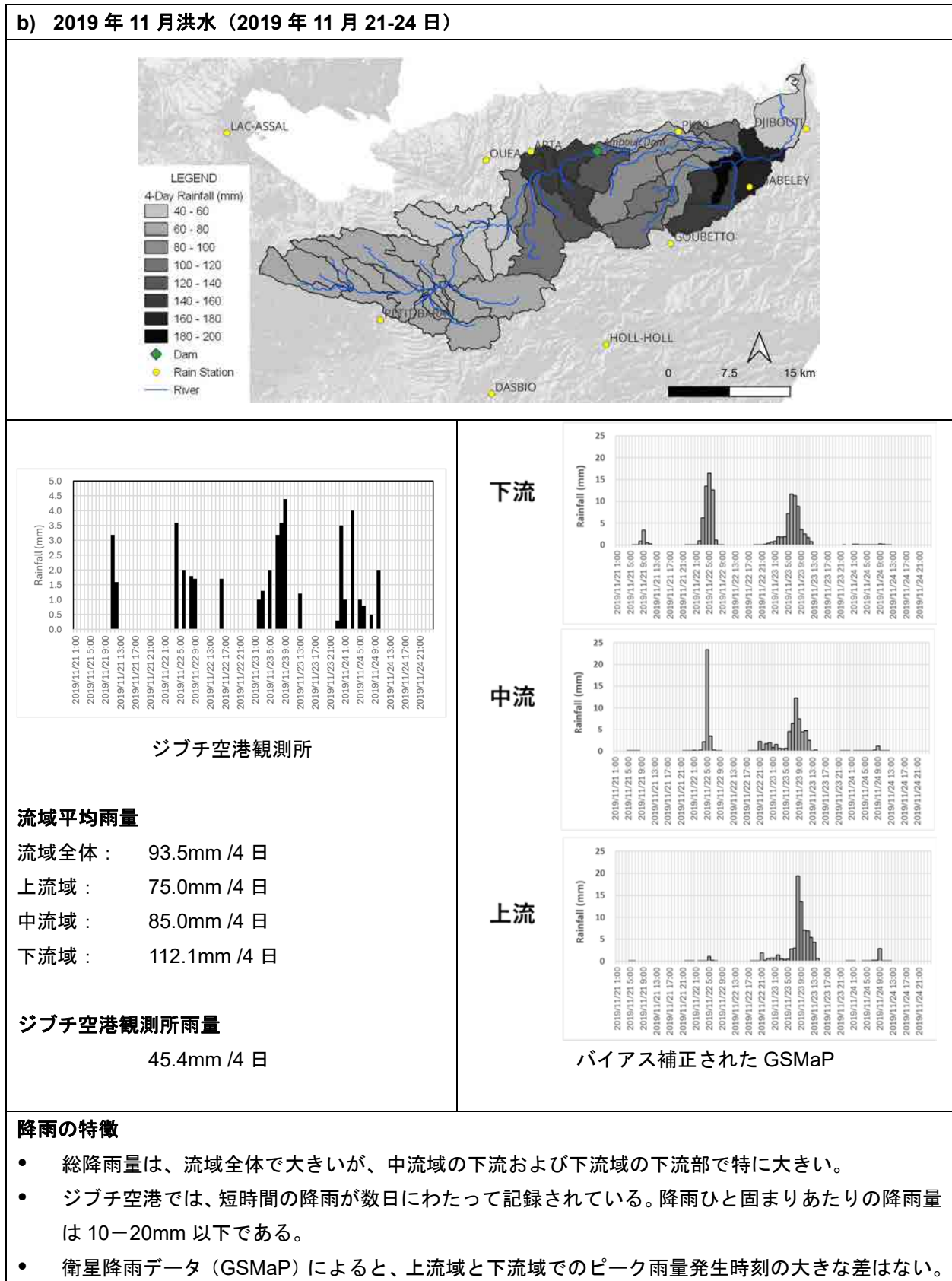
備考：() で降雨日数の記載がないものは、降雨継続時間はほぼ24時間以内。

出典：JICA 調査団



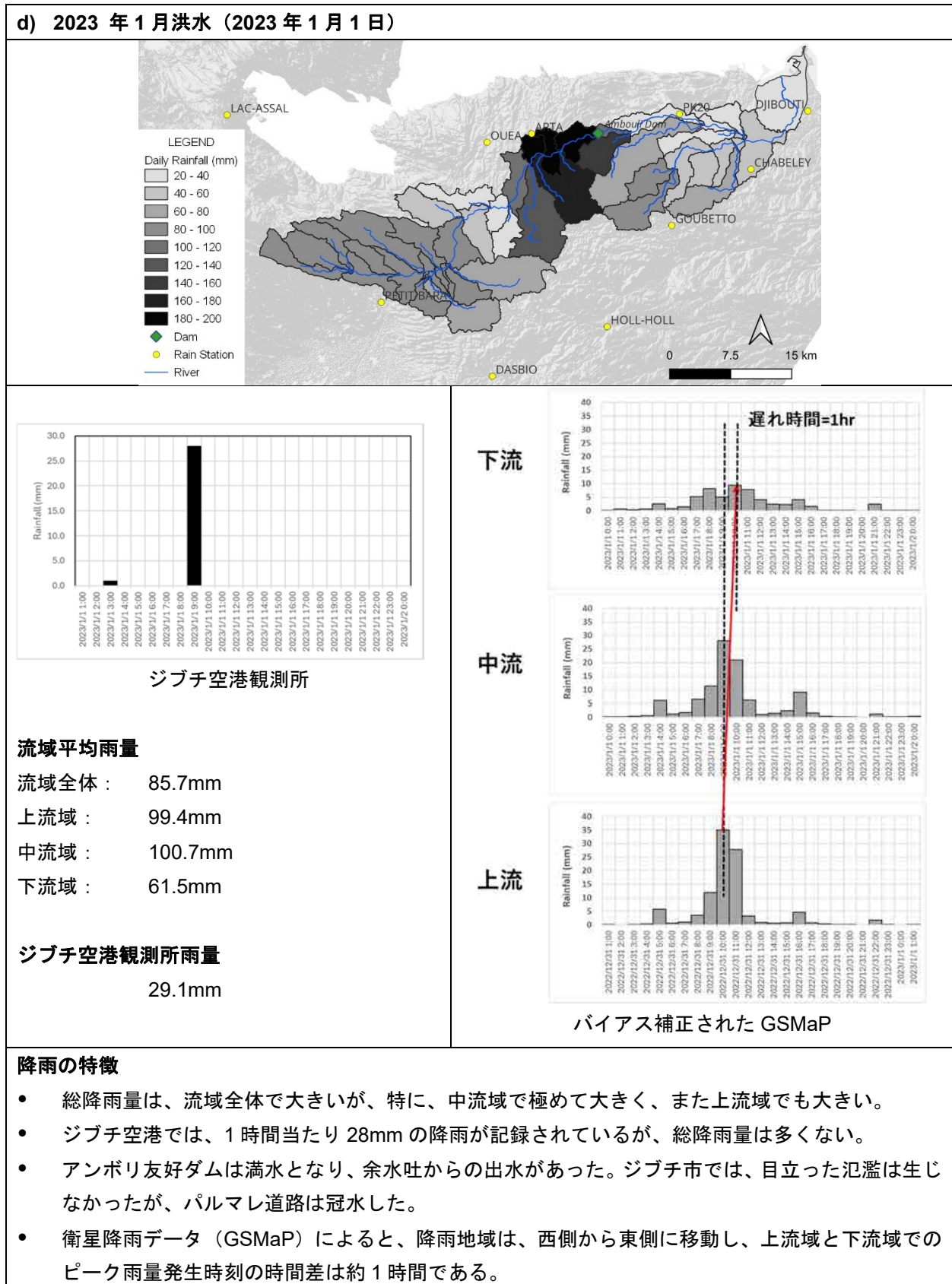
出典：JICA 調査団

図 4.4.5 2013 年 3 月洪水時の降雨の時空間分布



出典：JICA 調査団

図 4.4.6 2019年11月洪水時の降雨の時空間分布



出典：JICA 調査団

図 4.4.7 2023 年 1 月洪水時の降雨の時空間分布

3) 流域平均雨量の確率雨量

利用可能な雨量データを用いてティーセン分割手法によって求めた年最大流域平均日雨量、および当該日雨量より計算した確率雨量を表 4.4.6 に示す。なお、年最大流域平均日雨量の計算にあたり、洪水あるいは大規模出水発生年以外では、収集した利用可能な各観測所の雨量データが月雨量のみとなるため月雨量値を代替に用いた。月当たりの降雨日数が 1 日程度であることから代替値として利用し得るとの判断だが、留意が必要である。

表 4.4.6 アンボリ川流域年最大平均日雨量と確率雨量

年	年最大流域平均日雨量 (mm)	備考 (利用データ)	確率年	確率年	年最大流域平均確率日雨量 (mm)
2013	65.3	日雨量 (3 月 25 日)	8	2	37.3
2014	12.8	月雨量 (3 月)	-	3	47.5
2015	23.3	月雨量 (11 月)	-	5	58.8
2016	26.0	月雨量 (4 月)	-	10	73.0
2017	26.2	月雨量 (5 月)	-	20	86.6
2018	20.3	月雨量 (5 月)	-	30	94.4
2019	48.8	日雨量 (11 月 23 日)	3	50	104.2
2020	52.7	日雨量 (4 月 21 日)	5	80	113.2
2021	36.3	月雨量 (4 月)	-	100	117.4
2022	57.1	月雨量 (8 月)	-		
2023	85.7	日雨量 (1 月 1 日)	20		

出典：JICA 調査団

2007 年の EU 調査⁴²では、アンボリ川流域の年最大流域平均日雨量の 100 年確率雨量として 81.6mm、1000 年確率雨量として 118.4mm を用いており、本調査の推定値（100 年確率雨量 117.4mm）と大きく異なっている。

4.4.2 潮位

潮位分析は、ハワイ大学海面センターのジブチ観測所の潮位データ⁴³（データ期間：2007 年 7 月から 2016 年 4 月）を用いて行った。分析結果を表 4.4.7 に示す。朔望平均満潮位 (MHWS) は、平均海水面 (MSL) から +0.73m であり、平均日最高潮位 (MHHW) は +0.719m、平均満潮位 (MHW) と平均干潮位 (MLW) の差（平均の干満差）は 1.11m である。

図 4.4.8 は月平均潮位の年間変動であり、図より、潮位は 12 月から 6 月にかけて平均より高く、7 月から 10 月で低い。洪水発生頻度の高い 4-5 月では、月平均潮位は平均海水面（平均潮位）に比べておおよそ 0.08m（8cm）高くなっている。

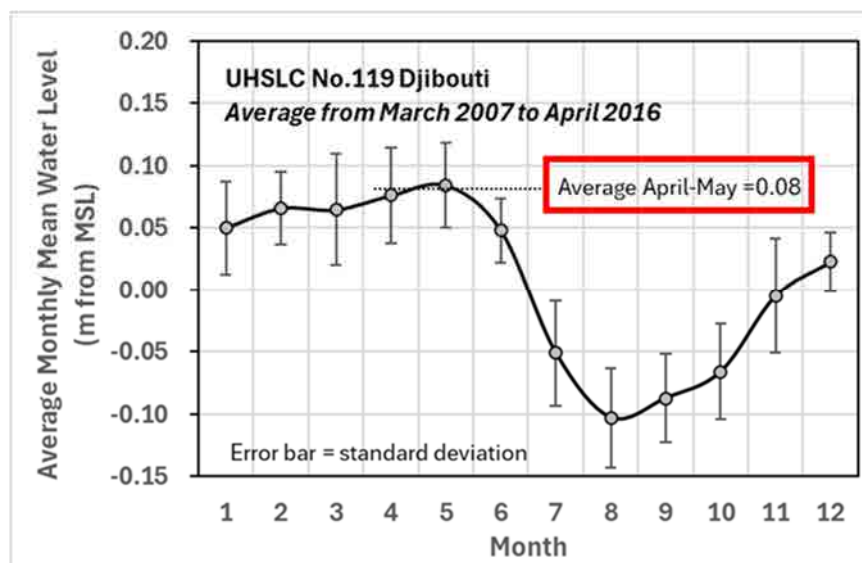
表 4.4.7 潮位分析結果

観測所	朔望平均満潮位 (MHWS)	平均日最高潮位 (MHHW)	平均満潮位 (MHW)	平均海水面 (MSL)	平均干潮位 (MLW)	平均日最低潮位 (MLLW)
Djibouti	0.730	0.719	0.569	0	-0.541	-0.901

出典：Sea Level Center, University of Hawaii のデータを基に JICA 調査団作成

⁴² EU, MAEPE-RH, Projet d'Aménagement Intégré de L'Oudeu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

⁴³ University of Hawaii, Sea Level Center, <https://uhscl.soest.hawaii.edu/stations/?stn=119#levels>



出典：JICA 調査団

図 4.4.8 月平均潮位の年間変動

4.4.3 気候変動

ジブチの気候変動については世界銀行（WB）により Climate Risk Country Profile のジブチ版が 2023 年に以下のようにまとめられている。

表 4.4.8 気候変動による将来予測

項目	期間	予測値	変動量	シナリオ
観測平均気温	1971～2020		0.21°C/10年 上昇	過去の実測値
予測平均気温	2020～2039	28.69°C～29.42°C	0.74°C上昇	SSP3-7.0
	2040～2059	28.69°C～29.42°C	0.77°C上昇	SSP3-7.0
平均年降雨量	1971～2020		22.50mm/10年減少	過去の実測値
	今世紀半ばまでに	降雨量増加と予測	13.59%増加*	SSP3-7.0
平均最大5日間雨量	基準*～今世紀半ばまでに	19.90～46.41mm		SSP3-7.0
最大連続乾燥日数	今世紀半ばまでに	292.78日	13.6日減少	SSP3-7.0
年最大日雨量の確率規模	100年確率規模が64年確率に減少			SSP3-7.0
海面上昇	基準期間～2050		0.22m 上昇	SSP3-7.0
	基準期間～2100		0.69m 上昇	SSP3-7.0

*1995～2014の降雨量を基準期間として比較した値

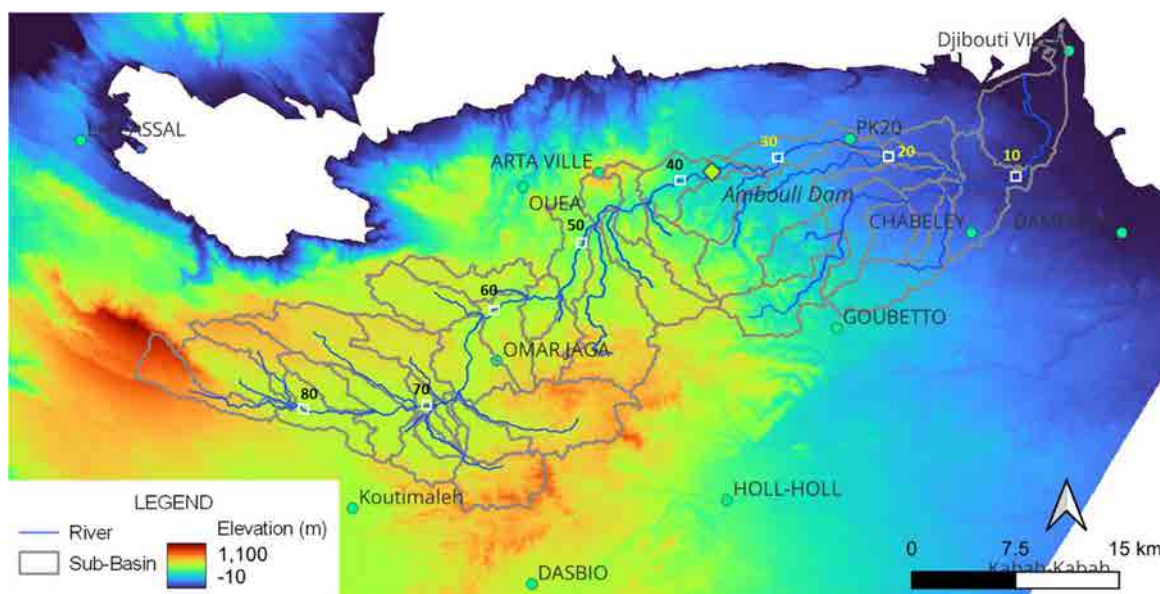
出典：WB, Climate Risk Country Profile (2023)

平均気温の上昇は、人間の健康への懸念を悪化させるだけでなく、水と食糧の安全保障にもリスクをもたらす。また、降水量の増加、海面上昇は洪水に対するリスクがさらに高まることを意味している。

4.5 外水氾濫

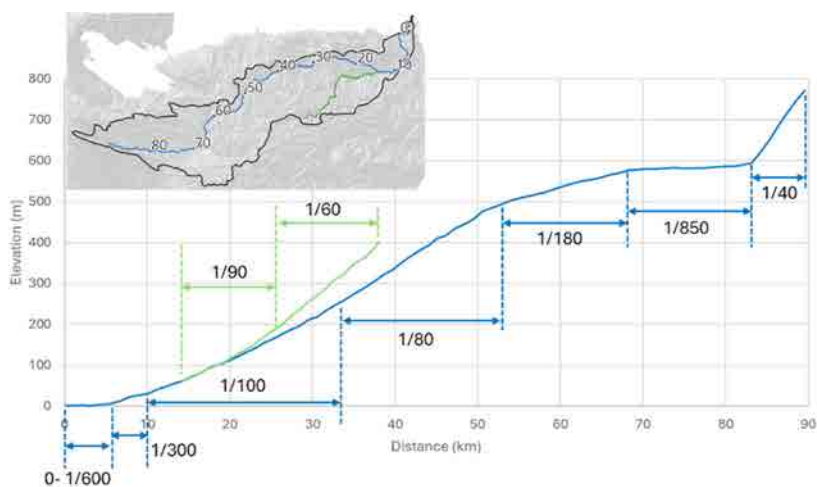
4.5.1 アンボリ川流域の特性

アンボリ川流域は、流域面積約 800km² で東西に長く広がり、図 4.5.1 に示すように流域の上流側である西部と南部に山岳地を有す。西部山岳地の標高は 1,000m を超え、南部の山岳地は標高 800m 程度である。長さ約 90km のアンボリ川は、流域西部山岳地に端を発し、丘陵地形の谷の間を流れた後、広い自然のすり鉢状の地帯を通過し、右岸側の支川と合流する。支川合流部より下流では、ジブチ市に隣接する比較的平坦な河道を流れ、三角州に流入して、アデン湾に流出する。アンボリ川は、降雨時以外は流れのない涸れ川である。河口から約 37km 地点（標高約 310m）には、2019 年に完成したアンボリ友好ダムが位置する。



出典：JICA 調査団

図 4.5.1 アンボリ川流域の標高区分と流域界



備考：青—アンボリ川、緑—ブレ川

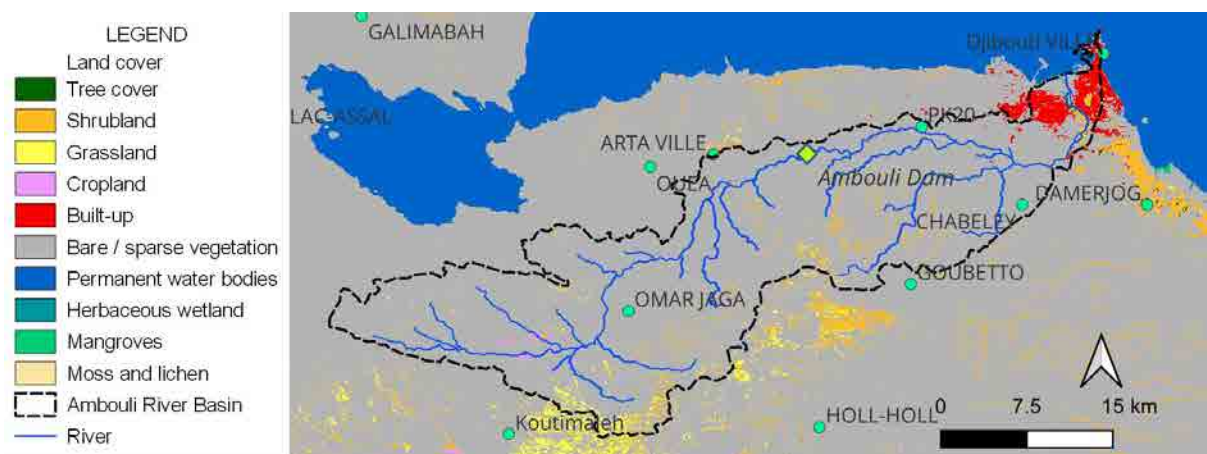
出典：JICA 調査団

図 4.5.2 アンボリ川と支川ブレ川の縦断勾配

アンボリ川およびアンボリ川にアンボリ川河口から約 13km で合流する支川ブレ川の縦断勾配を 図 4.5.2 に示す。アンボリ川の縦断勾配は中流部で 1/100、下流部で 1/300 から 1/600、三角州で平坦である。アンボリ川上流域は急峻な地形であるが、オマールジャガのような砂に覆われた広い平坦な土地もある。

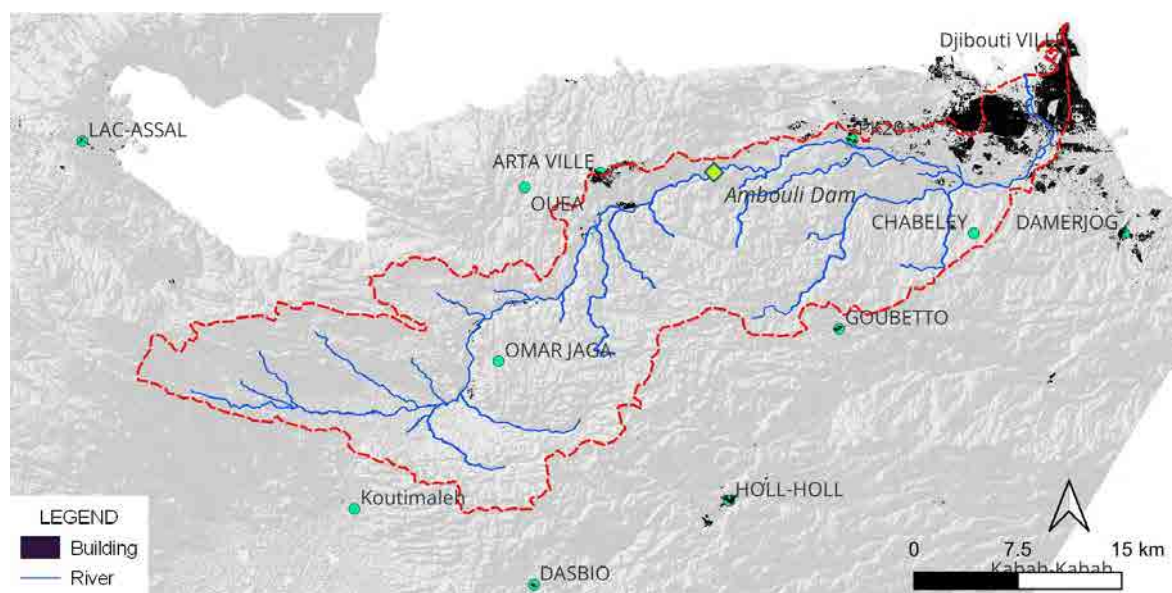
流域の土地被覆を 図 4.5.3 に示す。流域の大部分は岩、礫および砂等に覆われた裸地（図中の灰色の地域）であり、流域南部等にわずかに草地（黄色）や灌木地域（オレンジ色）が見られる。また、市街地（赤色）は流域東側下流の海岸近くに集中していることが分かる。

図 4.5.4 に流域内の建物分布を示す。図の黒色が建物を示している。流域内の建物は、流域東側下流部のジブチ市を含む地域以外では、中央部北側のアルタ市などの流域内外や川沿いに点在する街区に限定されていることが分かる。



出典：ESA WorldCover 10m 2021 データを基に JICA 調査団作成

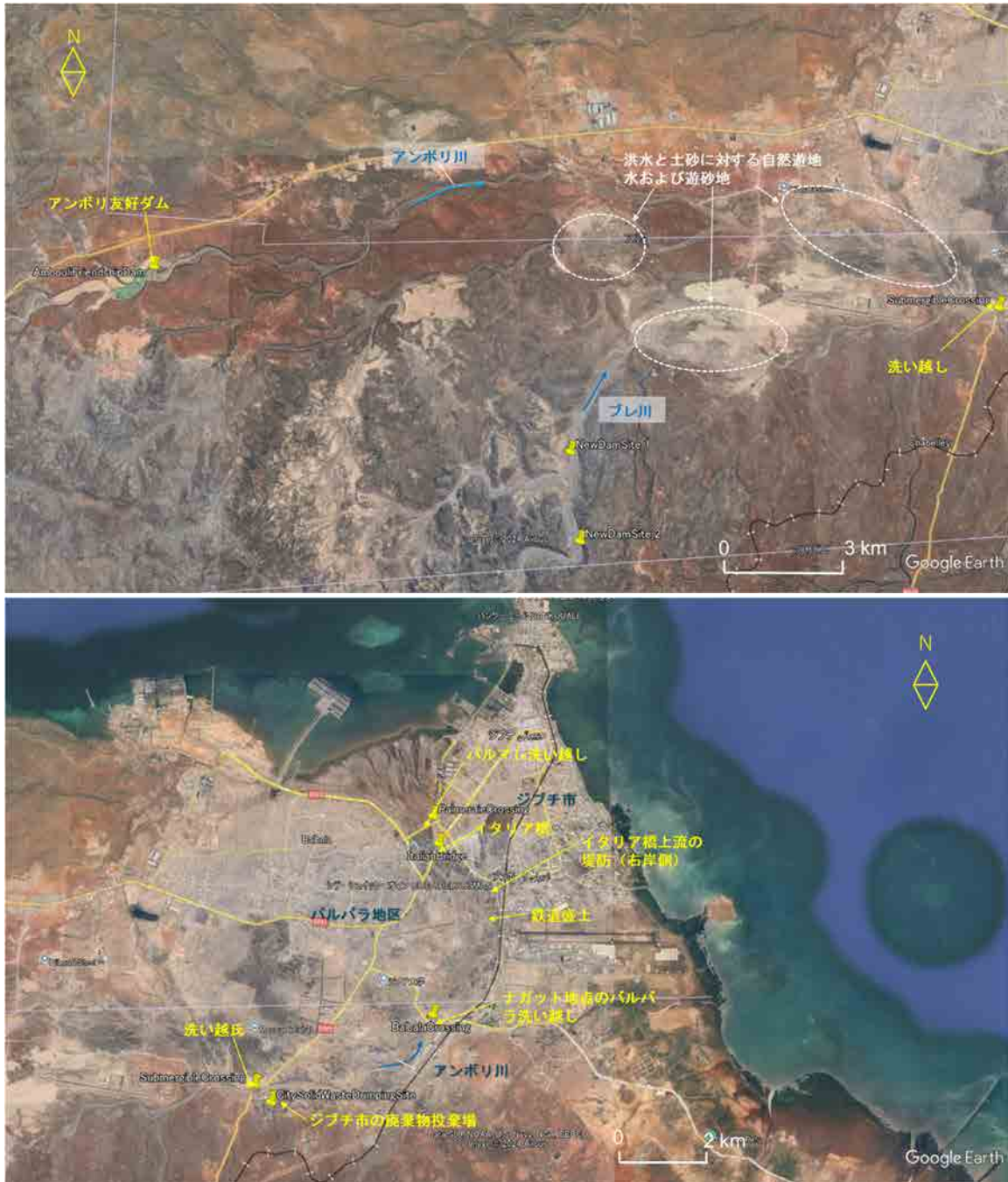
図 4.5.3 流域内の土地被覆



出典：Open Buildings データを基に JICA 調査団作成

図 4.5.4 流域内の建物分布

図 4.5.5 にアンボリ川の中下流域の状況を示す。中流域の広い自然のすり鉢状の地域は洪水の遊水地や土砂の遊砂地の機能を持っている。ブレ川を含む支川にも谷から出た下流側に広い遊水地・砂地が存在する。アンボリ川は下流区間のナガットからパルマレの間で川幅が 500 m から 900 m となる。三角州は洪水流と土砂が海に流出する前の非常に大きな遊水地及び遊砂地である。下流区間にはイタリア橋と、パルマレ、ナガットおよび廃棄物投棄場付近の 3 カ所の洗い越しが存在する。加えて、ナガットからイタリア橋にかけて右岸側に堤防（長さ 2.2 km）が存在する。



出典：JICA 調査団（背景：GoogleEarth）

図 4.5.5 アンボリ川流域中下流部の様子

4.5.2 既存及び調査が実施された洪水対策施設と関連する水資源開発施設

(1) 既存の洪水対策施設及び関連する水資源開発施設

アンボリ川には2つの既存洪水対策施設が存在する。それらはWB資金で2008年に建設された下流区間にある右岸堤防と、トルコ資金を使いDSIが2019年に建設した中流区間にあるアンボリ友好ダムである。アンボリ友好ダムは洪水防御のみを目的に建設されたが、洪水時に貯留された貯水からの地下水涵養にも使われている。

これらに加えて、アンボリ川の上流域でジブチ市から約60kmの所にあるオマールジャガにおいて、かつて数mの高さで720mの長さの土の堰堤が存在し、地下水涵養に使われていた。この堰堤は2004年洪水で壊れ、現在は使われていない。

図4.5.6にこれら3つの施設の位置を示す。なお、同図には(2)で記載する、調査が実施された施設の位置も併示している。



出典：JICA 調査団（背景：GoogleEarth）

図 4.5.6 アンボリ川流域における既存および調査が実施された洪水対策施設および関連する水資源開発施設の位置

1) 右岸堤防

アンボリ川下流区間でイタリア橋の上流から約2.2kmの長さの右岸堤防は、甚大な被害をもたらした2004年洪水の経験を経て、2008年に建設された。右岸堤防の目的はジブチ市、特にアンボリ川の右岸側の地域を、アンボリ友好ダムが建設される以前の洪水位の推定値に基づき、ある余裕高を持って守ることである。同堤防は土で出来ており、主に川側の法面と、ある部分では堤防天端を

岩で防御している。図 4.5.7 は右岸堤防の写真である。2004 年洪水時に非常に厳しい氾濫が発生したアンボリ川の氾濫原から移住してきた人々を含む多くの人々が堤防上に家屋を建てて住んでいる。しかしながら、堤防を洪水が越流したり、越流時に堤防が崩壊したりする場合は、これらの人々にとっては未だに高い洪水リスクが存在するといえる。また、こうした住居は堤防の維持管理の支障となり堤防の安全性を脅かす要因となることにも留意する必要がある。



出典：JICA 調査団

図 4.5.7 アンボリ川下流域の右岸堤防

2) アンボリ友好ダム

アンボリ友好ダムは、様々なダム候補サイトに関する 2007 年の EU 調査⁴⁴において提案された P17 ダムを参照して、2019 年にトルコの DSI によって洪水調節ダムとして建設された。アンボリ友好ダムの流域面積は、本調査で活用した DTM の解析から 490 km² と推定した。ダムのタイプは粘土コア、砂、礫からなるロックフィルダムである⁴⁵。ダム高は 38 m で、貯水池の総貯水容量は 14.37 MCM、有効貯水容量は 12.06 MCM である。洪水吐の設計流量は 3,000 m³/s である。同ダムには 8.25 ~ 12.29 m³/s の排水能力を持つ底部排水管があり、次の洪水に対する洪水調節容量を回復するために、同管のバルブを開けて洪水時に貯留した水を放流している。同底部排水管の呑口は元々の河床から 15 m 上の El. 316.00 にあり、50 年間の設計運用期間後の設計堆砂量 2.31 MCM に相当する高さである。しかしながら、4.5.5 で述べるように、2014 年 11 月までに既に底部排水管の呑口より 5m 下に貯水池の堆砂面が到達しており、残りの堆砂容量はわずか 1.34 MCM となっている。図 4.5.8 にアンボリ友好ダムとその貯水池、底部排水管を示す。

3) オマールジャガにおいて放棄された堰堤/ダム

アンボリ川流域の上流地域のオマールジャガにおいて 1990 年代に洪水を貯留し地下水涵養に使うため、高さ数 m で長さ 720 m の堰堤/ダムが建設された⁴⁶。同堰堤/ダムの流域面積は約 200 km² (本調査の DTM 解析による) である。なお、同堰堤/ダムは 2004 年洪水で壊れたため今は使われていない。図 4.5.9 に壊れた同堰堤/ダムと周辺状況を示す。岩や礫で覆われている他の地域と異なり、

⁴⁴ EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Oudeu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

⁴⁵ DSI, MAEPE-RH: Ambouli Friendship Dam Project, Final Construction Work Report, 2020.

⁴⁶ MAEPE-RH : Hydrotterra engineering, Etude de Faisabilité pour la Creation D'Ouvrages de Retention D'Eaux par Mobilisation des Eaux de Surface, 2018.

オマールジャガは砂で覆われており、地形は非常に広い平坦地であり、この地域は表流水の貯留と利用を通じた農業開発ポテンシャルを有すると考えられる。



アンポリ友好ダムと貯水池 (2024年10月17日)



三角形の形の洪水吐 (Labyrinth)



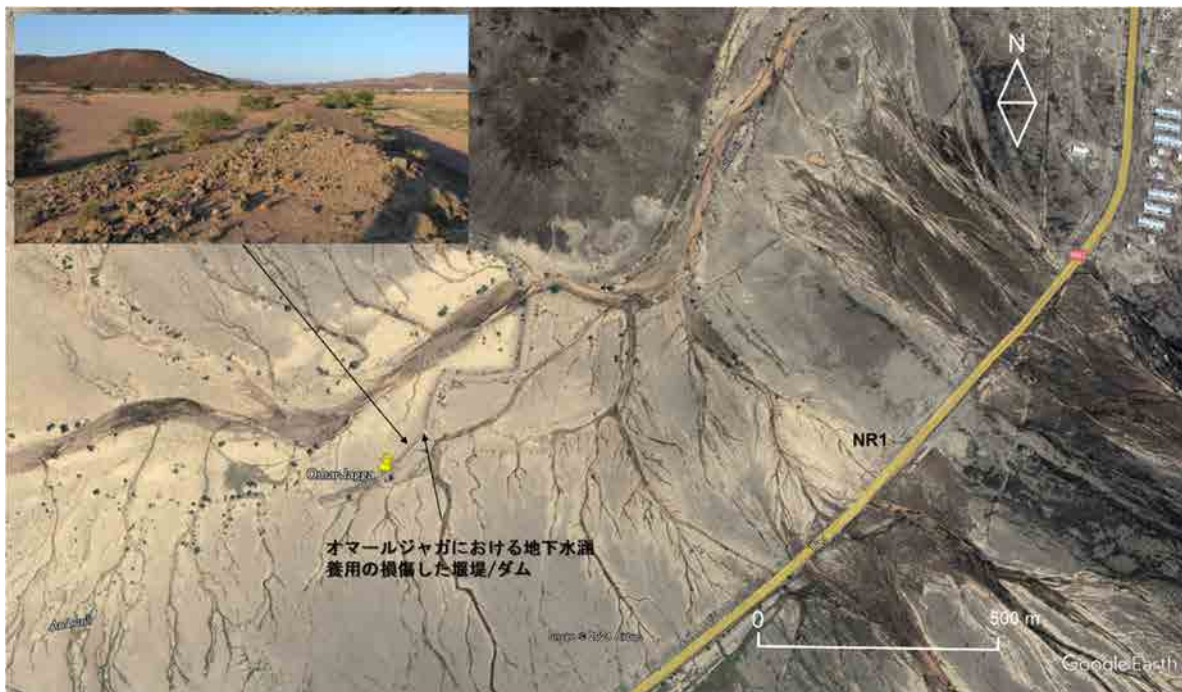
アンポリ友好ダム下流の渓谷



貯水位を下げるための底部排水管
(最大：12 m³/s)

出典：JICA 調査団

図 4.5.8 アンポリ友好ダム



出典：JICA 調査団 (写真：2024年10月に撮影) (背景：GoogleEarth)

図 4.5.9 オマールジャガにおける壊れた堰堤/ダムと周辺地域

(2) 調査が実施された洪水対策施設と関連する水資源開発施設

調査が実施された洪水対策施設と水資源開発施設に関しては、1)トルコ DSI によって 2024 年 7 月に行われた Pre-FS レベルの追加の洪水対策ダムと土砂対策ダム（貯砂ダムあるいは砂防ダム）に関する調査⁴⁷と、2) 本調査による遊水地兼表流水の貯留と利用に関するコンセプトレベルの検討がある。

1) DSI による追加ダムの提案

トルコ DSI はアンボリ川流域において追加の洪水対策ダムとアンボリ友好ダムへの流入土砂の削減のための土砂対策ダム（貯砂ダムあるいは砂防ダム）に関する Pre-FS レベルの調査を行った。表 4.5.1 に DSI が建設に適しているとして推奨した 5 つのダムの概要を示す。位置については、図 4.5.6 に示す。これらのダムの詳細については、本報告書の付属資料 3 に示す。

表 4.5.1 DSI によって建設を推奨されたダム

ダムサイト Axis No.	河川	流域面積 (km ²)	目的	ダム型式	ダム高 (m)	総貯水容量 (MCM)
Axis No.1	アンボリ川 本川	470	アンボリ友好ダム に対する貯砂	コンクリート 重力式	10.00	0.178 (貯砂量)
Axis No.2	アンボリ川 本川	470	アンボリ友好ダム に対する貯砂	コンクリート 重力式	10.00	0.347 (貯砂量)
Axis No.3	アンボリ川 本川	280	洪水貯留	コンクリート	11.00	40.814 (V ₅₀₀ 全量の貯留)
Axis No.4	アンボリ川 支川 ブレ川	27	洪水貯留	Roller compacted concrete (RCC)	27.50	3.987 (V ₅₀₀ 全量の貯留)
Axis No.5	アンボリ川 支川 ブレ川	47	洪水貯留	RCC	26.00	6.250 (V ₅₀₀ 全量の貯留)

備考：V500=500 年確率洪水の水量

出典：DSI

2) アンボリ川下流区間のポテンシャル遊水地に関する本調査によるコンセプトレベル調査

本調査では、アンボリ川下流区間において洪水ピーク流量を低減するために、遊水地ポテンシャルのある場所 2 か所（ポテンシャル遊水地 A およびポテンシャル遊水地 B）を特定した。ポテンシャル遊水地のある地域の位置を図 4.5.6 に示す。ポテンシャル遊水地 A は広くかつ現在使われていない土地である。ポテンシャル遊水地 B もまた広く何も使われていない土地であるが、不法移民を含む何人かの人々が居住している。CERD から提供された 1953 年の古い地図によると、アンボリ川が過去にこれら 2 つの地域の中を流れていたことがわかる。

図 4.5.10 に遊水地ポテンシャル地域の想定地域を示す。これら 2 か所の遊水地ポテンシャル地域の水深を 4 m と仮定すると、遊水地ポテンシャル地域 A と B の貯水容量は概算でそれぞれ 3.0 MCM および 1.6 MCM となり、これらが洪水調節容量となる。これらの貯水容量はあまり大きく

⁴⁷ DSI: Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024.

ないので、これらのポテンシャル遊水地は洪水ピーク流量カット機能を期待する施設として想定される。

洪水調節容量は洪水に備えて常に空にしておく必要があるが、洪水調節容量を確保しつつ追加の貯水容量を持つことができれば、その追加分の貯水容量でアンボリ友好ダムの底部排水管からの放流水のような小さな出水量を貯留することができ、ジブチ市を含む周辺地域での農業、庭作りあるいは、緑化に使うことができる可能性がある。



出典：JICA 調査団（背景：GoogleEarth）

図 4.5.10 コンセプトレベルでのアンボリ川下流区間での遊水地ポテンシャル地域と仮の貯水容量

4.5.3 洪水氾濫解析

(1) 氾濫解析目的

解析は、洪水時の氾濫現象を表すシミュレーションモデルを構築し、洪水氾濫に対する、橋梁や鉄道等の既存構造物の影響、既存洪水対策の効果、将来の開発計画の影響や想定される洪水対策の効果、を確認することを目的とする。解析の主たる対象地域は、ジブチ市周辺のナガット地点下流の氾濫原とジブチ市街地である。

(2) モデル概要

シミュレーションモデルは、米国工兵隊水文工学センター (HEC-USACE) が開発した HEC-RAS を用いて構築し、2次元不定流解析を実施した。モデルはアンボリ友好ダム (河口から約 37 km地点) より下流の河道部と氾濫地域を対象 (図 4.5.11 参照) として構築し、大きく 2 地域に区分 (①アンボリ友好ダムからナガット地点、②ナガット地点から河口) して、解析を行った。①は同地域における洪水流が拡散しながら流下する現象とピーク流量の低減効果の把握を主目的とし、②は下流地域の氾濫現象と市街地に与える影響の把握を目的とした。本項では、②地域の解析内容・結果に焦点を当てて説明を行う。①については、予備的降雨流出解析の一部としてモデル化を行っており、詳細については本報告書の付属資料 4 を参照されたい。

粗度係数は、対象地域の土壌や植生を踏まえた試行錯誤の結果として、②地域では、市街地で 0.15、氾濫原で 0.1、河道部で 0.04 (河床掘削後の河道では 0.035)、を適用した。河口の水位は一定とし、4.4.2 節の潮位分析を踏まえ、年間変動を加味した朔望平均満潮位 (MHWS) として平均海水面 + 0.8m、本調査で採用する標高値基準で 1.13m (0.8m+0.33m)、を適用した。

なお、本解析は、対象地域の洪水特性の理解を目的とした、河道部分を含め全て 2次元モデルで計算を行った予備的な解析であり、今後具体的な事業を検討する際には詳細な解析が必要となることを記しておく。

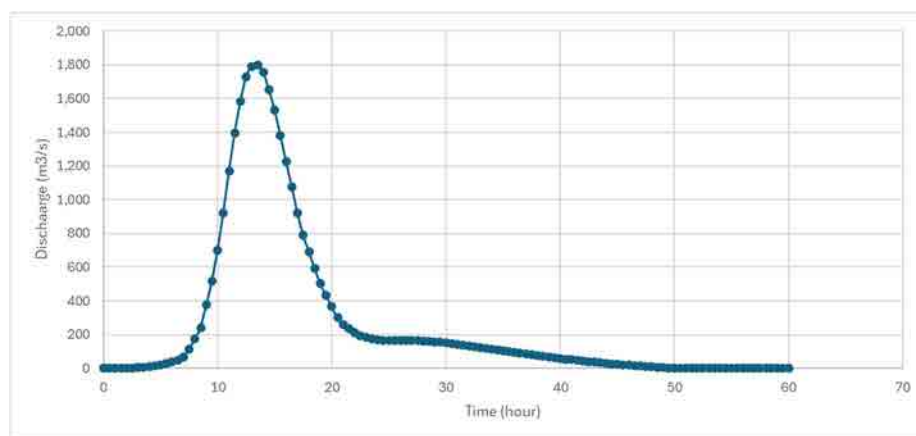


備考：緑色メッシュが計算領域を示す、出典：JICA 調査団

図 4.5.11 シミュレーションモデルの対象範囲

(3) 流量ハイドログラフの与え方

過去の調査結果より、計算条件としての流量ハイドログラフを設定した。すなわち、ハイドログラフの形状（流量の時間的变化）はEU調査（2007）⁴⁸（3.3.1（2）に記載）の結果を用い、ピーク流量値はBECOM調査（3.3.1（1）に記載）の結果⁴⁹を用い、ハイドログラフを適宜調整（引き延ばしあるいは引き縮め）した。氾濫計算では、BECOM調査での50年確率のピーク流量である1,800m³/sを基本とし、適宜条件を変えて行った。解析に用いた流量ハイドログラフを図4.5.12に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.5.12 流量ハイドログラフ（ピーク流量 1,800m³/s の場合）

(4) 氾濫解析ケース 1：既存構造物の影響確認

氾濫解析のケース 1 として、既存構造物の影響確認を目的に、1A) 既存構造物がない場合（イタリア橋建設以前）、1B) イタリア橋建設後、1C) イタリア橋と鉄道建設後（ただし右岸堤防がない条件）、の 3 ケースの氾濫シミュレーションを行った。シミュレーション結果として、浸水深ごとの浸水面積と影響建物数を求め、表 4.5.2 に整理した。なお、表中の影響建物数は、4.5.1 節に示した建物情報を基に算定した。また、図 4.5.13 に 1A と 1C ケースの氾濫範囲を示す。図中では、浸水深別の氾濫範囲に加え、洪水時の流量がどの方向にどの程度流れるかを矢印と数字（数字は流量（m³/s））を示す）にて模式的に示している。表 4.5.2 および図 4.5.13 より、イタリア橋の建設、鉄道の建設により、氾濫範囲がそれぞれ数%広がり、鉄道の建設後は、イタリア橋からパルマレ道路付近の鉄道西側で、新たに氾濫が生じていることが分かる。

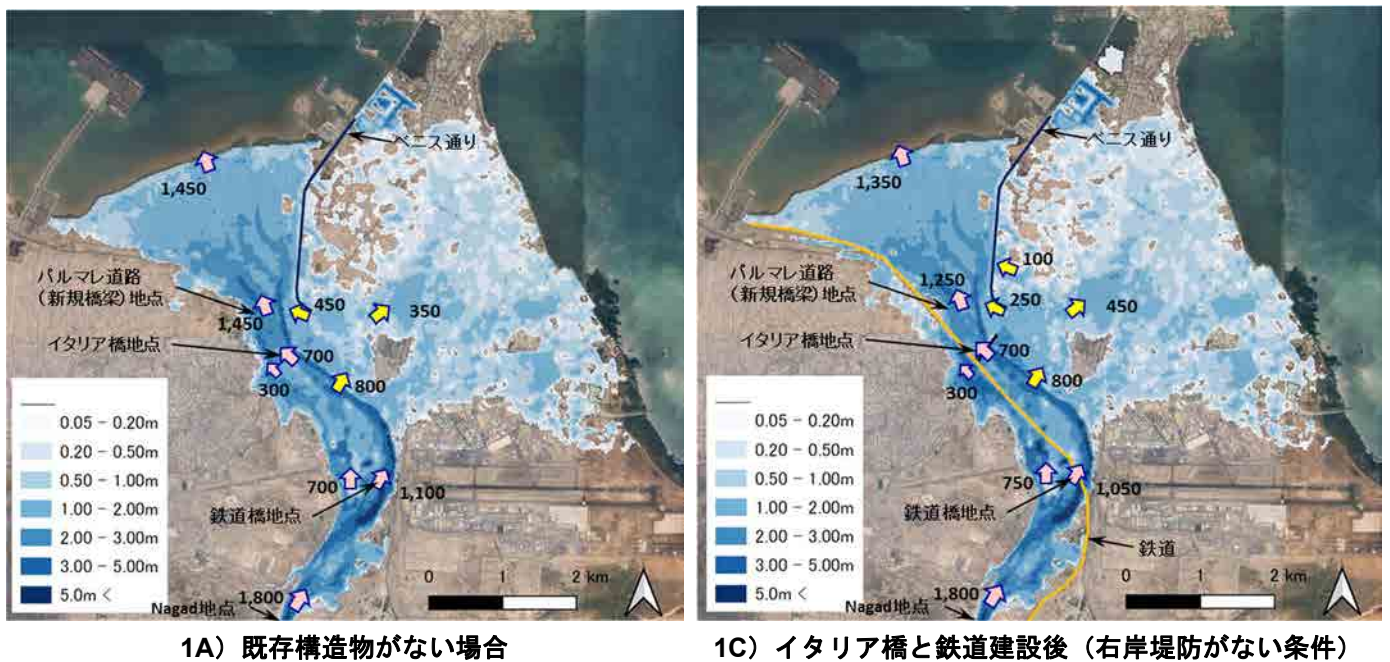
⁴⁸ EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

⁴⁹ JICA, ADR : ジブチ国ジブチ市物流強化に係る情報収集・確認調査、最終報告書、2022.

表 4.5.2 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数の比較（ケース 1）

水深 (m)	1A) 既存構造物がない場合		B) イタリア橋建設後		1C) イタリア橋と鉄道建設後 (右岸堤防がない条件)	
	浸水面積 (km ²)	影響建物数	浸水面積 (km ²)	影響建物数	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	1.52	4,144	1.46	3,940	1.50	3,634
0.20-0.50	3.57	9,129	3.62	9,545	3.75	10,047
0.50-1.00	5.59	10,960	5.80	11,530	5.84	11,463
1.00-2.00	6.15	4,392	6.45	5,227	6.37	6,121
2.00-3.00	2.15	504	2.13	588	2.17	936
3.00-5.00	0.78	68	0.79	83	0.97	268
5.00 <	0.12	1	0.12	1	0.13	2
合計	19.88	29,198	20.37	30,914	20.72	32,471

出典：JICA 調査団



1A) 既存構造物がない場合

1C) イタリア橋と鉄道建設後（右岸堤防がない条件）

出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 4.5.13 氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ（ケース 1）

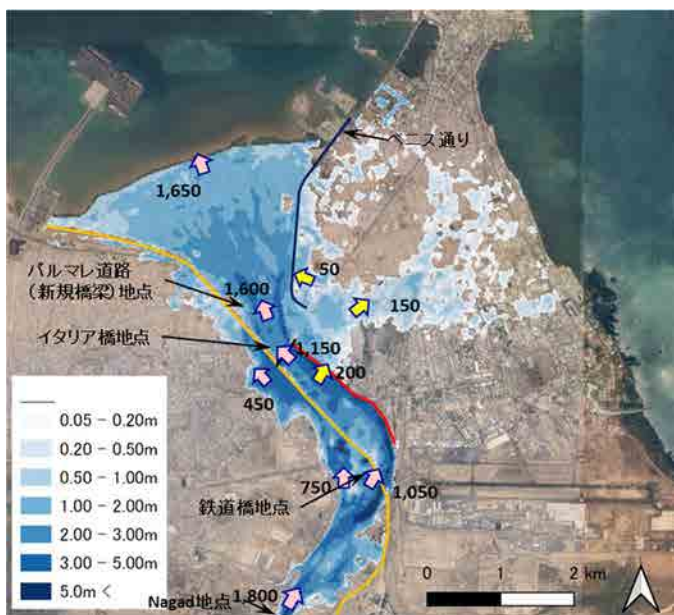
(5) 氾濫解析ケース 2：既存洪水対策の効果確認

氾濫解析のケース 2 として、既存洪水対策の効果確認を目的に、2A) 右岸堤防建設後、2B) 右岸堤防およびアンボリ友好ダム建設後、の 2 ケースの氾濫状況を分析した。2B のケースは、ダムの効果が最大限に発揮されピーク流量が 1,800m³/s から 1,250m³/s に低下するとした条件（ダムの低減効果の分析は 4.5.4 に記す）での計算となる。表 4.5.3 に各ケースの浸水深ごとの浸水面積と影響建物数を示す。比較のため、ケース 1C の結果を表の右列に示した。また、図 4.5.14 に 2A と 2B ケースの氾濫範囲を示す。表 4.5.3 および図 4.5.14 より、右岸堤防によって、1C ケースに比べ、浸水面積は 6 割程度、影響建物数は 4 割程度まで減じ、さらにアンボリ友好ダムの効果で、浸水面積は 1C ケースの 4 割程度、影響建物数は 1 割程度まで減じることが分かる。既存の洪水対策の効果は非常に高いといえる。

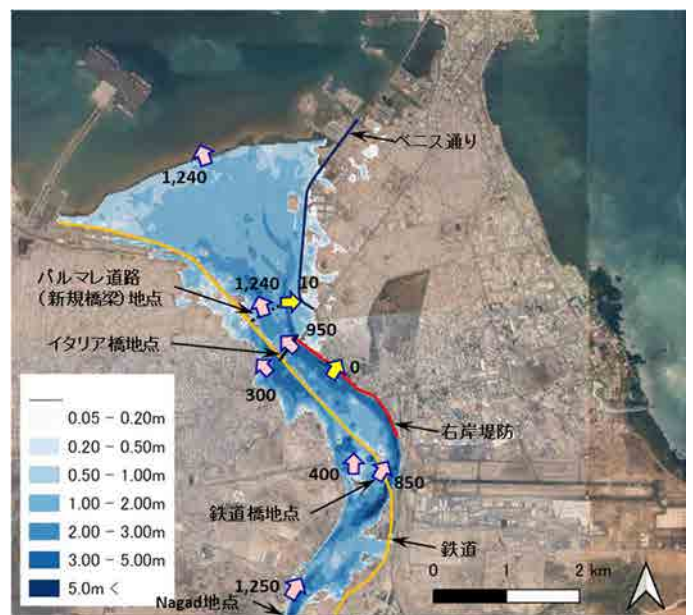
表 4.5.3 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数の比較（ケース 2）

水深 (m)	2A) 右岸堤防建設後		2B) 右岸堤防およびアンボリ友好ダム建設後		1C) イタリア橋と鉄道建設後 (右岸堤防がない条件)	
	浸水面積 (km ²)	影響建物数	浸水面積 (km ²)	影響建物数	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	1.40	3,555	0.30	429	1.50	3,634
0.20-0.50	1.77	4,325	0.57	612	3.75	10,047
0.50-1.00	2.02	2,898	1.53	611	5.84	11,463
1.00-2.00	3.85	1,663	3.92	982	6.37	6,121
2.00-3.00	2.46	936	1.61	730	2.17	936
3.00-5.00	1.23	580	0.75	289	0.97	268
5.00 <	0.17	7	0.08	1	0.13	2
合計	12.89	13,964	8.76	3,654	20.72	32,471

出典：JICA 調査団



2A) 右岸堤防建設後



2B) 右岸堤防およびアンボリ友好ダム建設後

出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 4.5.14 氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ（ケース 2）

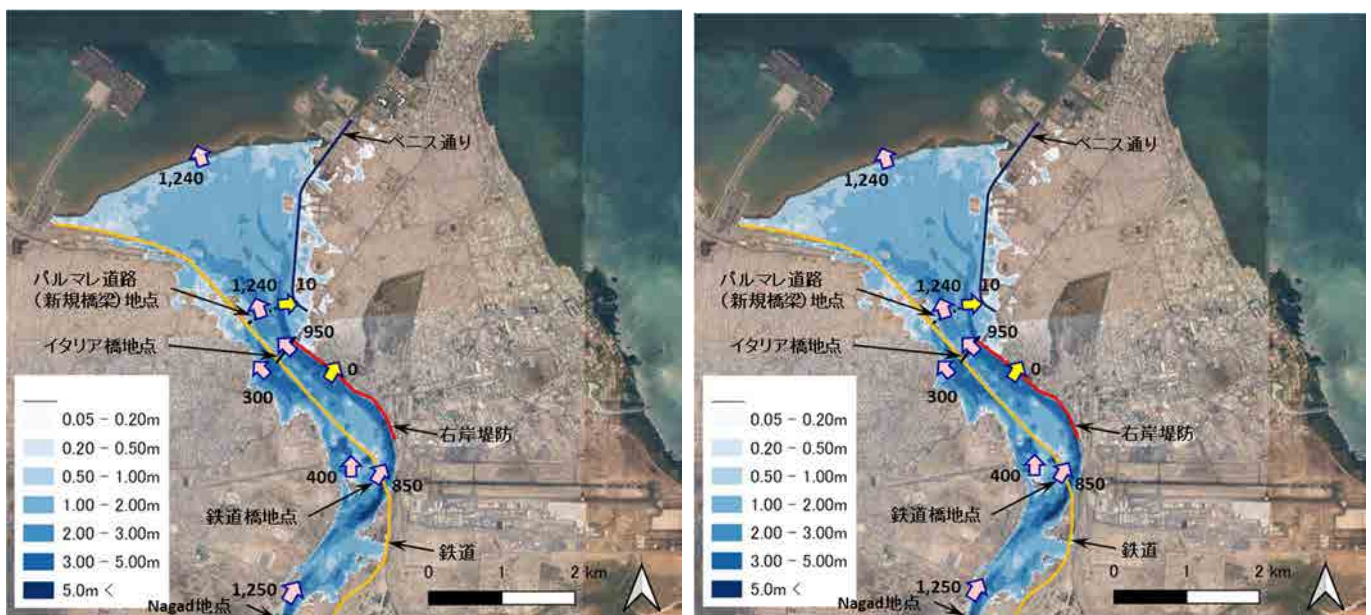
(6) 氾濫解析ケース 3：近未来のインフラ整備（バルマレ橋梁建設）の影響

氾濫解析のケース 3 として、整備予定のバルマレ橋梁建設の影響予測を目的に、3) パルマレ橋梁が建設された場合、の氾濫状況を分析した。分析では、橋梁建設に合わせて行われる部分的な河道整備（橋梁部で河道部を河床高 0m で掘削、橋梁上流部からイタリア橋までの左岸側を勾配 1/600 程度で標高 1m から 2m で掘削）も考慮し、流量条件は、アンボリ友好ダムが最大限機能した場合の流量条件（ピーク流量 1,250m³/s）を適用した。表 4.5.4 に、浸水深ごとの浸水面積と影響建物数を、バルマレ橋梁以外は同条件となる 2B ケースの結果と合わせて示す。また、図 4.5.15 に本ケース（ケース 3）の氾濫範囲を 2B ケースの結果と合わせて示す。表 4.5.4 および図 4.5.15 に示す通り、バルマレ橋梁建設後に浸水範囲がわずかに増加するものの、影響はほとんど見られない。氾濫解析ケース 3 について、参考情報として、流量規模ごとの氾濫状況を付属資料 5 に示す。

表 4.5.4 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数の比較（ケース 3）

水深 (m)	3) パルマレ橋梁建設後		2B) 右岸堤防およびアンボリ友好ダム建設後	
	浸水面積 (km ²)	影響建物数	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	0.32	465	0.30	429
0.20-0.50	0.60	655	0.57	612
0.50-1.00	1.54	628	1.53	611
1.00-2.00	3.91	1,005	3.92	982
2.00-3.00	1.59	709	1.61	730
3.00-5.00	0.78	288	0.75	289
5.00 <	0.08	1	0.08	1
合計	8.83	3,751	8.76	3,654

出典：JICA 調査団



3) パルマレ橋梁建設後

2B) 右岸堤防およびアンボリ友好ダム建設後

出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 4.5.15 氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ（ケース 3）

(7) 氾濫解析ケース 4：将来計画としての SEZ 開発の影響

氾濫解析のケース 4 として、将来計画としての SEZ 開発の影響予測を目的に、アンボリ川下流の三角州に SEZ が建設された場合の氾濫状況を分析した。分析における SEZ 内の水路設置条件としては、4A) SEZ 内に 20m 幅と 80m 幅の水路が建設された場合、4B) SEZ 内に 20m 幅の水路が 2 本建設された場合、を想定した。

水路幅の設定において、20m 幅の水路については、現在、三角州の東側で部分的に実施中の開発で、ベニス通り沿いに建設中の水路幅が 20m 程度であることによる。また、80m 幅の水路は、開発地区に掲げられた看板の開発予定図での SEZ の中央部を流れる水路幅が 80m 程度であることによる。また、各水路の河床高は標高 0m で勾配無し、としたが、河床高 0m の設定は、既存の 20m 水路の河床高が 0m 程度とみられたことによる。なお、4B ケースでの 20m 幅 2 本の設定は、中央部

の水路が建設中の水路幅と同程度であった場合、を想定したものとなる。また、計算では、SEZ 開発地区の造成は、水路部分を除いて全体的に標高 4m で盛土される想定とした。盛土高の設定は、現在 SEZ 内の一部で実施中の開発での造成地の標高が 4m 程度であることから、これを適用した。

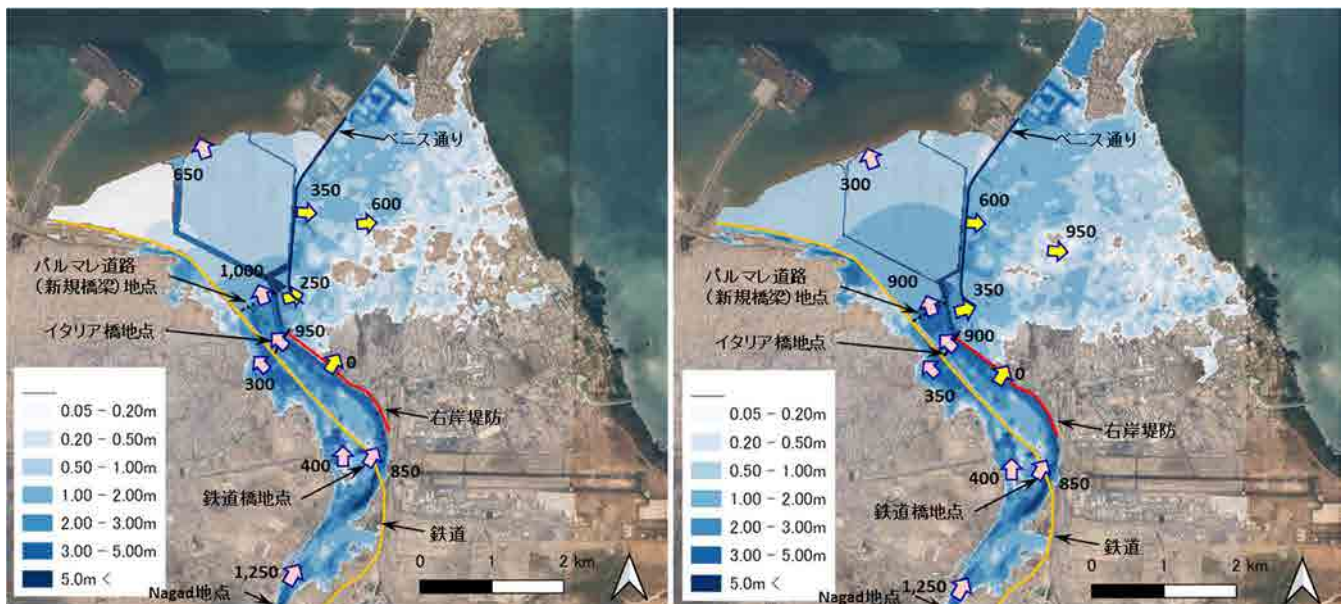
その他の計算条件として、パルマレ橋梁ありとし、アンボリ友好ダムが最大限機能した場合の流量条件（ピーク流量 1,250m³/s）にてシミュレーションを行った。

表 4.5.5 に、各ケースの浸水深ごとの浸水面積と影響建物数を、SEZ 内の開発以外は同条件となるケース 3 の結果と合わせて示す。また、図 4.5.16 に 4A と 4B ケースの氾濫範囲を示す。表中の浸水面積の比較および図での浸水範囲に示す通り、SEZ の開発による影響は、水路が設置されたとしても極めて大きいことを見込まれる。また、ジブチ市街地のみならず、SEZ の開発地域内にも浸水が生じることが想定される。

表 4.5.5 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数の比較（ケース 4）

水深 (m)	4A) SEZ 内に 20m 幅と 80m 幅の水路が建設された場合		4B) SEZ 内に 20m 幅の水路が 2 本建設された場合		3) パルマレ橋梁建設後	
	浸水面積 (km ²)	影響建物数	浸水面積 (km ²)	影響建物数	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	2.05	2,882	0.79	2,054	0.32	465
0.20-0.50	2.66	6,604	2.25	5,548	0.60	655
0.50-1.00	5.26	7,624	6.68	10,984	1.54	628
1.00-2.00	3.49	5,282	6.09	9,339	3.91	1,005
2.00-3.00	1.47	827	1.89	1,230	1.59	709
3.00-5.00	1.09	269	1.17	314	0.78	288
5.00 <	0.19	1	0.19	1	0.08	1
合計	16.21	23,489	19.06	29,470	8.83	3,751

出典：JICA 調査団



4A) SEZ 内に 20m 幅と 80m 幅の水路が建設された場合 4B) SEZ 内に 20m 幅の水路が 2 本建設された場合

出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 4.5.16 氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ（ケース 4）

(8) 制約条件を踏まえた最大河道分担流量の推定

1) 現状の三角州条件での、制約条件を踏まえた最大河道分担流量の推定

現況で、パルマレ道路下流部の三角州における平均地盤高は標高 2m 程度であり、出水時の流路となる低標高部でも標高は 1m 程度となっている。パルマレ橋梁建設事業の将来計画では、橋梁部の計画河床高を標高 -0.9m と設定しており、無償事業としては、下流側の SEZ の開発計画での河道部の取り扱いが不明であることなどから、橋梁部の河床の掘削は標高 0m までと計画されている。しかしながら、下流の現状を踏まえると、無償事業後に下流側の掘削が行えない場合、橋梁部にて土砂堆積による河床上昇が生じる可能性が高いと考えられる。

上記状況を踏まえ、三角州内の掘削が一切行えず橋梁部の河床上昇が生じる場合を想定し、パルマレ橋梁建設後にパルマレ道路部にて期待できる河道の最大流下能力、すなわち、将来的に洪水対策を検討する際の、種々の制約条件を踏まえた上で期待できる最大の河道分担流量、を検討した。検討にあたっては、パルマレ橋梁建設計画にて設定されている、パルマレ橋およびイタリア橋の計画高水位 (DHWL) (それぞれ標高 4.3m と 5.3m) も制約条件の 1 つとした。

検討にあたっての制約条件は以下の通り整理できる。

- ① SEZ 計画地区内は水路掘削できない。
- ② 低水路幅は最大 100m (パルマレ橋とイタリア橋の開口部幅) とする。
- ③ パルマレ橋地点の河床高は、①を踏まえて河床縦断形状から想定される土砂堆積後の河床高 EL=1.0m とする。
- ④ イタリア橋の地点の河床高は、イタリア橋の計画河床高 EL=1.85m 以下には掘削しない。
- ⑤ パルマレ橋の DHWL=4.3m、イタリア橋の DHWL=5.3m は変えない。

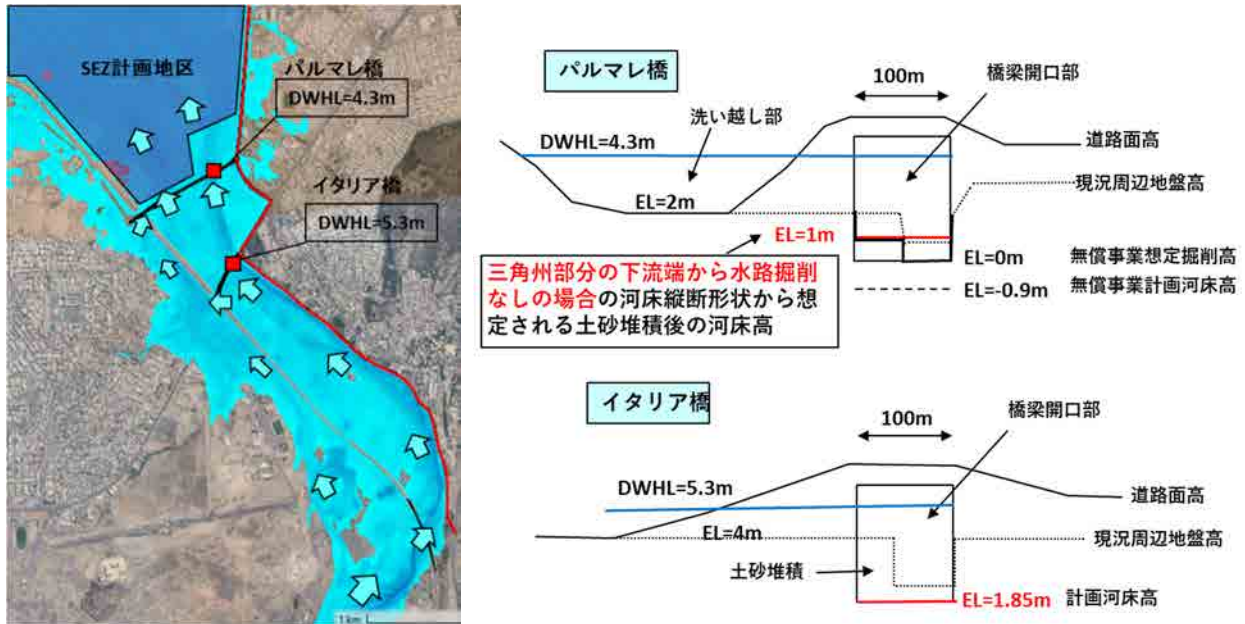
また、上記制約条件を踏まえつつ実施可能で、かつ分担流量を最大化するために必要となる河道改修工事を以下と想定する。工事内容は、モデルを用いたトライアル計算にて設定したものとなる。

- パルマレ橋からイタリア橋までの区間を、川幅 100m、パルマレ橋で河床高 1m でイタリア橋で河床高 1.85m となる河床勾配をおおよそ 1/700、で掘削する。
- イタリア橋の断面で、計画河床高 1.85m まで、掘削する。
- イタリア橋から上流 500m 区間を、川幅 100m 幅、イタリア橋での河床高 1.85mm で上流に向かって河床勾配 1/600、で掘削する。

なお、**図 4.5.17** に示す通り、DHWL 4.3m で洪水が流下する場合、パルマレ道路では、新規橋梁部以外に西側の洗い越し部を洪水流量が流下する。SEZ の開発計画如何では、西側の洗い越し部が塞がれる可能性もあるため、本検討では、この洗い越し部を洪水流量が流下する場合としない場合の 2 ケースで、検討した。

検討結果としての最大河道分担流量は、以下の通りと推定される。

- パルマレ橋西側洗い越し部の通過流量を見込む場合：800m³/s 程度
- パルマレ橋西側洗い越し部の通過流量を見込まない場合 (例えば、盛土で断面が塞がれる場合)：600m³/s 程度



出典：JICA 調査団

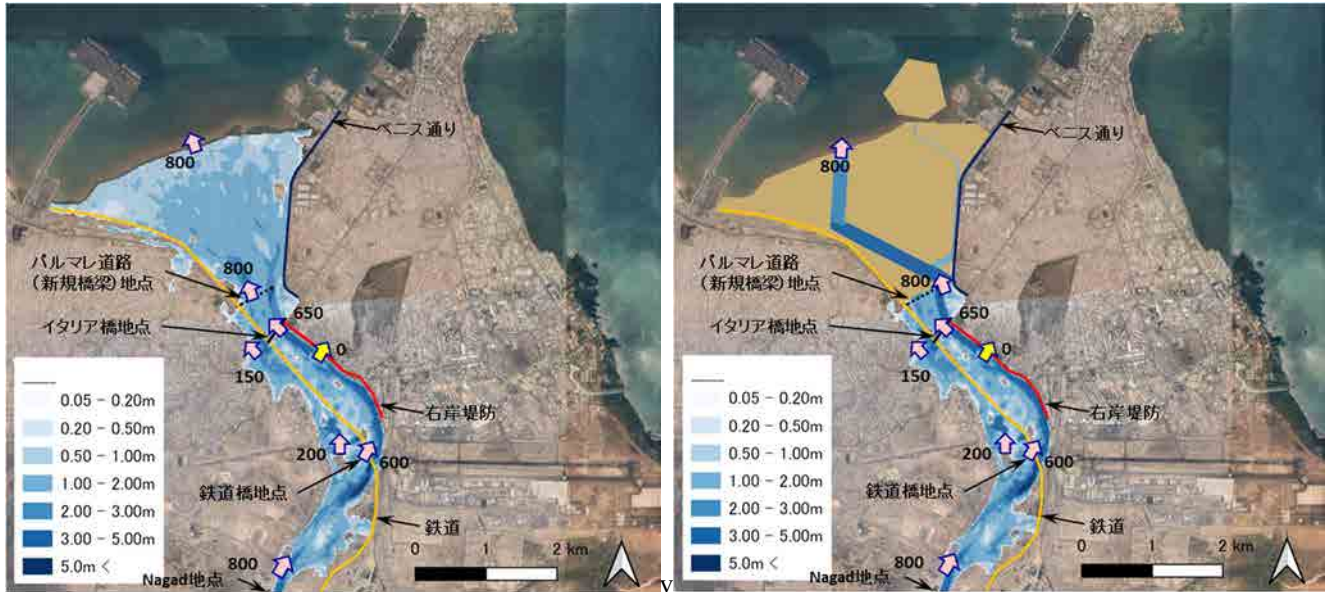
図 4.5.17 パルマレ橋とイタリア橋における制約条件模式図

2) SEZ の開発が進んだ場合に SEZ 内で確保すべき水路幅の検討

1) にて推定した、最大河道分担流量が $800\text{m}^3/\text{s}$ であった場合に、この $800\text{m}^3/\text{s}$ を流すために必要な、SEZ 内の最小限の水路幅を概略検討した。検討は、4.5.3 (7) の 4A ケースを元に、80m 幅の水路の水路幅を変化させてのトライアル計算にて行った。なお、計算条件として、「SEZ 造成地区での浸水は起きない」こととし、制約条件として、「パルマレ橋での水位は DHWL 4.3m を超えない」こととした。検討の結果、SEZ 内での必要な水路幅は 200m 程度と推定された。なお、SEZ 内の水路幅を 200m とした場合、パルマレ橋での DHWL 4.3m 以下は満たすものの、ベニス通り沿いの 20m 水路での水位が道路高以上に上昇し、道路部にて越水が生じる恐れがある。水路幅 200m とすれば、20m の水路を用いなくても所定の流量は流しうるので、洪水時には 20m 水路を流下させないような方策が推奨される。

1) および 2) の解析結果としての、洪水流量 $800\text{m}^3/\text{s}$ の際の氾濫解析結果を図 4.5.18 に示す。2) の氾濫結果は、20m 水路に洪水流を流さないとした際の結果となる。

このように、河道分担流量に応じた適切な水路が SEZ 内に確保される場合には、SEZ 開発による洪水氾濫状況を悪化させる事態を最小化することは不可能ではない。しかしながら、水路以外の三角州を埋め立てる場合、これまで三角州が有していた土砂堆積効果は期待できなくなり、三角州が存在する場合よりも多くの土砂が海域へ流出し、近隣の海岸及び港湾施設周辺の土砂堆積を増加させる可能性がある。ジブチ市にとって港湾施設は生命線ともいえる経済インフラであり、それに対する負の影響を最小化することが望ましい。本調査では、そういった土砂動態の変化についての検討までは踏み込めていないが、SEZ 開発の影響を考えるうえで、今後、十分に注意を払う必要がある。



1) 現状の三角州条件での最大河道分担流量

2) 最大河道分担流量流下に要求される最小限の SEZ 内の水路幅

出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 4.5.18 最大河道分担流量流下時の氾濫範囲と浸水深および洪水流の流れ

4.5.4 予備的降雨流出解析⁵⁰

本調査では、アンボリ友好ダム完成後に活用可能となったダム流入流量の推定値と利用可能な降雨情報を足がかりとして、降雨流出過程を検討した。アンボリ友好ダム流域の降雨流出過程については、実測値をもとに降雨流出モデルを構築した。ジブチ市周辺のナガッド地点の流量ハイドログラフを推定するためには、アンボリ友好ダム下流域における洪水伝播現象についても適切にモデル化する必要がある。本調査では、洪水伝播速度に関する過去の経験・知見を踏まえてモデル化を行った。このモデルを用いて、ナガッド地点の確率流量の推定、ダムの効果の検討を行った。

(1) 確率流量

表 4.5.6 に、ナガッド地点におけるアンボリ友好ダムなし及びダムありの 100 年、50 年、25 年確率流量の計算値を示す。表には、参考情報として、BECOM による確率流量⁵¹、2007 年の EU による調査⁵² における確率流量についても併記した。

⁵⁰ 本項目の詳細は、本報告書の付属資料 4 を参照。

⁵¹ JICA, ADR：ジブチ国ジブチ市物流強化に係る情報収集・確認調査、最終報告書、2022。

⁵² EU, MAEPE-RH: Projet d'Aménagement Intégré de L'Oudeu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

表 4.5.6 確率流量

降雨パターン	ピーク流量 (m ³ /s)					
	100YRP	50YRP	25YRP	100YRP AMFD あり	50YRP AMFD あり	25YRP AMFD あり
2013年3月降雨パターン	2,150	1,800	1,500	1,600	1,250	900
中央集中降雨パターン (時間のずれ*=2hrs)	2,150	1,800	1,450	1,500	1,150	800
中央集中降雨パターン (時間のずれ*=4hrs)	2,350	1,900	1,600	1,800	1,350	950
BECOM 調査	2,080	1,800	1,500	NA	NA	NA
2007 調査**	1,600	NA	NA	NA	NA	NA

備考：YRP=Year Return Period (確率年)、AMFD=Ambouli Friendship Dam (アンボリ友好ダム)

*：「時間のずれ」は、アンボリ友好ダム上流部と下流部における降雨ピークの時間のずれのことを示す。時間のずれがプラスの場合、上流部に比べて下流部の降雨ピークが遅れる。

**：最上流域（本調査のUP）が含まれていない。

出典：JICA 調査団

中央集中降雨パターン（時間のずれ=4hrs）は、時間のずれに関してこれまでの実績がない特殊なケースであり、これを除けば、以下がいえる。

- アンボリ友好ダムなしの100年、50年、25年確率流量は、BECOMによるものと同程度の値となる。
- アンボリ友好ダムの洪水調整効果によって、安全側をみても、ナガッド地点のピーク流量は50年確率で1,250m³/s程度、25年確率で900m³/s程度に低減される。

(2) 計画ダムの効果

トルコ DSI が実施した Pre-FS⁵³ によって計画されたダムの効果について、表 4.5.7 に、代表的な降雨パターンとして 2013 年 3 月降雨パターンを採用した場合の 50 及び 100 年確率洪水時の計画ダムによるナガッド地点での洪水ピーク流量軽減効果をまとめた。

表 4.5.7 計画ダムによるナガッド地点での洪水ピーク流量軽減効果

降雨パターン 2013年3月降雨パターン	ピーク流量 (m ³ /s)					
	AMFD なし	AMFD あり	AMFD + Dam Axis 3	AMFD + Dam Axis 3R*	AMFD + Dam Axis 4	AMFD + Dam Axis 5
50YRP	1,800	1,250	550	750	1,220	1,200
100YRP	2,150	1,600	650	1,000	1,580	1,550

備考：YRP=Year Return Period (確率年)、AMFD=Ambouli Friendship Dam (アンボリ友好ダム)

*：Axis-3R は Axis-3 の修正版。流域面積 200km² の旧堰堤地点へダム位置を修正した上で、利水を主目的とするダムとし、サーチャージ部の洪水調整効果を期待するケース。

出典：JICA 調査団

⁵³ DSI: Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024.

Dam Axis 3 は、アンボリ友好ダムと併せて、アンボリ川本川のピーク流量軽減に貢献する。一方、Dam Axis 4, 5 は支川流域のピーク流量軽減には効果が大きいものの、支川流域のピーク流量発生時刻とアンボリ川本川のピーク流量発生時刻にずれがあるために、支川流域のピーク流量軽減が全体のピーク流量軽減には大きく影響しない結果となった。

(3) 遊水地

アンボリ友好ダムありの場合のナガット地点での 50 及び 100 年確率洪水時のハイドログラフから、150m³/s ピークカットする場合の遊水地の必要容量は、完全に水平カットできないことを踏まえた安全率を 2 とすると、1.6MCM 程度となる。本調査で提案された遊水地候補地の内、最大の容量が期待できるサイト 2 においては、有効深さ 4m の場合には、最大 3MCM 程度の貯水容量が確保できると期待されるので、利水容量も含めて 1.6MCM の確保は可能と考えられる。

(4) 計画ダムと遊水地の組合せ

計画ダム及び遊水地を組合せた場合のナガット地点での 50 及び 100 年確率洪水時のナガット地点での洪水ピーク流量軽減効果を表 4.5.8 に示す。

4.4.3 に示した WB による気候変動予測では、ジブチの短時間降雨は、現在気候の 100 年確率雨量が将来は 60 年確率雨量程度になることが示唆されている。これが実際に生じると、現在の 100 年確率流量がほぼ 50 年確率流量程度となり、気候変動を考慮した計画では、50 年確率規模の安全度を達成するためには、より大きな流量への対処が必要となる。

ナガット地点より下流の最大河道分担流量 800m³/s が実現できる場合、現在気候の 50 年確率対応の場合には、例えば、Dam Axis 3R の建設のみで対応できるが、現在気候の 100 年確率もしくは気候変動を考慮した 50 年確率規模対応のためには、計画ダムと遊水地の組合せが必要になるものと考えられる。

表 4.5.8 計画ダムと遊水地の組み合わせによるナガット地点での洪水ピーク流量軽減効果

降雨パターン 2013 年 3 月降雨 パターン	ピーク流量 (m ³ /s)					
	AMFD なし	AMFD あり	AMFD + RB	AMFD + Dam Axis 5 + RB	AMFD + Dam Axis 3R + RB	AMFD + Dam Axis 3R + Dam Axis 5 + RB
50YRP	1,800	1,250	1,100	1,050	600	550
100YRP	2,150	1,600	1,450	1,400	850	800

備考：YRP=Year Return Period (確率年)、AMFD= Ambouli Friendship Dam (アンボリ友好ダム)、RB=遊水地
 出典：JICA 調査団

(5) 今後に向けて

ナガット地点の洪水ピーク流量は、アンボリ川本川とブレ川をはじめとする支川流域からのピーク流量出現タイミングが一致する場合には、大きな値となる可能性がある。これは、降雨の時空間

パターンのみならず、アンボリ友好ダム下流域における洪水伝播速度にも大きく影響を受ける。このため、今後、より正確な確率流量の推定のためには、アンボリ友好ダム下流域における洪水波の伝搬現象（洪水波伝搬速度と波形減衰（ピーク流量の低減））について注意深く調査・研究する必要がある。予警報強化という側面に加え、無駄のない効果的な洪水リスク軽減への投資のための良質の調査・計画立案に向けて、洪水波の伝播現象をより正確に把握するために、直ちに水位計設置による洪水モニタリングを実施することが、緊急的な最優先活動の1つとして推奨される。

4.5.5 アンボリ友好ダム貯水池の堆砂傾向

本調査において、アンボリ友好ダム貯水池の堆砂状況を予備的レベルで調査し解析した。調査に関する資料は付属資料6に示す。

(1) アンボリ友好ダムに関する予備的堆砂解析の手順

- アンボリ友好ダム貯水池の堆砂面に関し数地点での地形測量
- 平均堆砂面の標高の推定
- 2024年11月（アンボリ友好ダム運用開始5年後）の同貯水池内の堆砂量と堆砂率の推定
- アンボリ友好ダム流域における生産土砂量率（ $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ ）の推定

(2) アンボリ友好ダム貯水池における測量点

図4.5.19に貯水池内の堆砂面とダム天端における測量点を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.5.19 アンボリ友好ダム貯水池内での堆砂面（貯水池の底）に関する測量地点

(3) アンボリ友好ダム貯水池内の堆砂量と堆砂率およびダム流域の生産土砂量率の推定

表4.5.9にアンボリ友好ダム貯水池内の2024年11月における堆砂量と、同ダムの運用開始から5年間の堆砂率およびアンボリ友好ダム流域からの年平均生産土砂量率を示す。同表にはアンボリ友好ダムのオリジナルの設計に基づくこれらの値も示す。

表 4.5.9 アンボリ友好ダム貯水池における堆砂状況に関する予備的推定

項目	本調査	オリジナルの設計
a) アンボリ友好ダムの流域面積	490 km ²	309 km ² (注 1)
b) 堆砂面の標高	El. 311.15 m	-
c) 堆砂量	1.000 MCM (設計時のアンボリ友好ダム/貯水池の H-V カーブ (注 2) に基づく 2019 年に同ダム の運用開始から 5 年間の堆砂量)	0.231 MCM (=0.0462 MCM/年 x 5 年)
d) アンボリ友好ダム貯水池内の年平均堆砂率	0.200 MCM/年 (=1.000 MCM/5 年)	0.0462 MCM/年 (=2.31 MCM (アンボリ友好ダムの設計堆砂量) /50 年)
e) アンボリ友好ダム流域からの生産土砂量率	408 m ³ /km ² /年	150 m ³ /km ² /年 (=0.0462 MCM/年/309 km ²)

(注 1) EU, MAEPE-RH: Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007. (P17 ダムサイトの流域面積)

(注 2) DSI, MAEPE-RH: Ambouli Friendship Dam Project, Final Construction Work Report, 2020.

出典：JICA 調査団

アンボリ友好ダム貯水池運用開始後 5 年間の実際の堆砂量と堆砂率は、それぞれ 1.000 MCM と 0.200 MCM である。これらの値はトルコの DSI による堆砂に関する設計値の 4.3 倍となっている。

アンボリ友好ダムの流域面積を 490 km² とすると、同ダムへの実際の堆砂率は 408 m³/km²/年と推定される。一方、DSI によって設定された設計堆砂量 2.31 MCM より、設計堆砂期間 50 年、ダムの流域面積 309 km² (EU 調査 (2007) の設定) を仮定すると、生産土砂量率は 150 m³/km²/年と設定されていたものと推定される。実際の堆砂量と設計堆砂量の違いは、アンボリ友好ダムの流域面積と生産土砂量率の設定の違いによるものといえる。

参考として、DSI によるアンボリ川流域における追加ダムに関する Pre-FS⁵⁴では生産土砂量率をアンボリ友好ダムの直上流で 350 m³/km²/年、オマールジャガで 450 m³/km²/年としており、実際の生産土砂量率の 408 m³/km²/年とほぼ整合が取れている。

(4) 推奨事項

2019 年のアンボリ友好ダムの運用開始後 5 年間の同ダム貯水池内の堆砂は設計時に推定された堆砂率の 4.3 倍であることが判明した。2024 年 11 月時点で、堆砂面は次の洪水がダム貯水池に流入する前に貯留された水を放流し洪水調節容量を回復するためのダムの底部排水管の呑口の 5 m 下まで既に到達している。もし堆砂がこのような比較的早い速度で進行すると、堆砂面が底部排水管の呑口より高くなり、底部排水管からの放流に影響する可能性がある。さらに堆砂によってアンボ

⁵⁴ DSI, Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024.

リ友好ダムの洪水調節容量が減少することで洪水ピーク流量の低減機能が小さくなり、アンボリ川流域の下流エリアにあるジブチ市における洪水リスクが高くなる。

アンボリ友好ダム貯水池の底部排水管からの放流機能の確保と洪水調節容量の維持のために、貯水池内の浚渫や貯水池上流部での土砂掘削により貯水池から土砂を削減し排除することを推奨する。加えてトルコ DSI が提案しているようなアンボリ友好ダム貯水池の直上流に土砂流入を削減するための土砂貯めダム（砂防ダム）を建設することを推奨する。

4.6 内水氾濫

4.6.1 既存雨水排水路の状況

(1) 既存雨水排水路の概要

ジブチ市の下水、雨水排水路の整備、維持管理は ONEAD の責務である。ONEAD によれば、27km の雨水排水路、110km の下水管が存在し、下水の接続率は 40% となっている⁵⁵。

雨水排水路の現状を調べた最新の調査としては、WB が支援する統合スラム改善プロジェクト⁵⁶の一部として実施された都市開発の観点から緊急的な雨水排水改善を実施するための調査⁵⁷がある。事業実施機関は ARULoS となるが、DATUH、ARULoS、ONEAD、ADR からなる合同委員会が形成されて、調査を支援している。図 4.6.1 に、同調査で確認された現況の雨水排水路を示す。

本調査では、図 4.6.1 に示された雨水排水路の状況を ONEAD 職員とともに現地踏査を行って確認した。雨水排水路は、開水路と暗渠からなるが、道路と排水路の位置関係を踏まえると、矩形断面の暗渠の多くはもともと開水路だったものと考えられる。実際、GoogleEarth の衛星画像を見ると、もともと開水路だったものが、2010 年以降に蓋かけ・暗渠化されたり、水路自体が埋立てられて消滅したものなどが確認された（確認できたものは図 4.6.1 に示す）。

一般に、蓋かけ・暗渠化された排水路は維持管理が難しく、水路内への土砂、廃棄物等の堆積による水路の埋没により水路が消滅していく場合があることが多くの都市で経験されている。例えば、フィリピンのマニラでは、“Missing Estero”（Estero は開水路という意味）と呼ばれ、都市の雨水排水機能低下の要因の 1 つとされている⁵⁸。ジブチ市においても、開水路が消滅もしくは暗渠化される過程で、地域がもともと持っていた雨水排水能力が徐々に失われてきた可能性も考えられる。

図 4.6.1 に示された雨水排水路の他には、下水と雨水の共同管が存在するが、豪雨時の雨水が十分に流下できる能力はなく、すぐにオーバーフローが生じる。

ジブチ市内の道路には、一部を除いては、道路側溝が配置されておらず、降雨時には、わずかな降雨であっても、雨水は道路面を水路として移動し、窪地になった部分で漂うことになる。人工的に設置された現状の雨水排水路の多くは、こうした道路面に一旦貯留された雨水を直接マンホール等から取り込んで排水する役割を果たしている。

⁵⁵ ONEAD, Web-page, <https://www.onead.dj/chiffres-cles-assinissement/>

⁵⁶ WB : At a Grabce, Implementing ‘Zero Slums Program’ in Djibouti, Djibouti Integrated Slum Upgrading Project, 2018.

⁵⁷ WB, ARULoS: Recrutement d’un Bureau d’Etudes pour l’Elaboration d’une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu’île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d’Intervention et Plan d’Action, Tome 1 : Rapport de Diagnostic, 2024.

⁵⁸ JICA, DPWH, マニラ首都圏中心地域排水機能向上調査, 2004.



出典：WB, MVUH (2024)に JICA 調査団が加筆

図 4.6.1 ジブチ市中心部の雨水排水路

(2) 浸水状況の事例

本調査の現地調査期間中の2024年10月24-25日に、ジブチ市で少規模な降雨があり、市内で浸水が発生した。調査団が独自に計測した雨量は、2日間合計で30mm、10/25の日雨量は27mm、最大時間雨量は15mm程度であった（ジブチ空港観測所の日雨量もほぼ同じ値であることを確認している）。この時の浸水状況の事例を既存雨水排水路の様子も交えて、以下に示す。

事例①



出典：図 - WB, MVUH (2024)、写真- JICA 調査団

道路側溝が存在しないか、存在していても土砂で埋没しているため、雨水は道路面の窪みに貯留される。この雨水排水路は、道路面上に貯まった雨水を海まで排除する役割を果たしている。

事例②



出典：図 - WB, MVUH (2024)、写真- JICA 調査団

雨水排水路が存在しない道路上で雨水が漂っている。ほぼ同時刻において、この地区の雨水排水を担う幹線排水路にはほぼ流れがなく、地区内の雨水が幹線排水路にまで至っていない。

事例③



出典：図 - WB, MVUH (2024)、写真- JICA 調査団

ヘロン地区の浸水常襲スポット。10/25の浸水では、浸水深0.3m程度で、車が立ち往生していた。開発のための埋立地のところで、雨水排水路の出口が埋没してしまっており、地区内からの雨水排水が行き場を失っている。交差点付近のくぼ地に貯まった雨水は道路面を流れて、近接する海までつながった雨水排水路から、少しずつ排水されている。

事例④



出典：図 - WB, MVUH (2024)、写真- JICA 調査団

雨水排水路は存在するが、十分な大きさではない上、土砂で閉塞している。10/25の浸水では、雨水が排除されないで、地区内一帯が浸水しており、浸水深0.3mを超え、車が通行不可能な場所があった。

事例⑤



出典：図 - WB, MVUH (2024)、写真- JICA 調査団

蓋かけされた開水路の上面の構造が崩壊し、水路が埋没している。水路自体の流下能力はほとんどなくなっていると考えられる。

10/25 の浸水では、周辺地区への浸水はなかったが、陥没した雨水排水路の上面に雨水が漂っている。

事例⑥

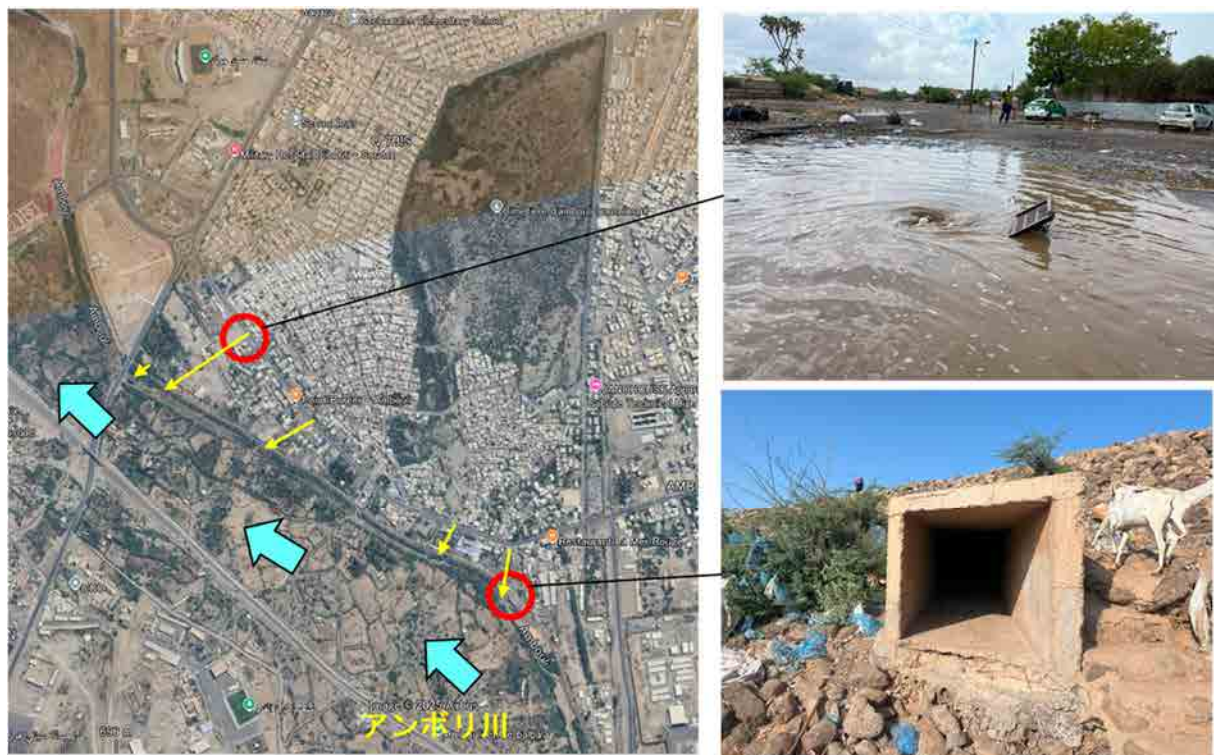


出典：図 - WB, MVUH (2024)、写真- JICA 調査団

道路下にある幹線排水路において、道路表面を除去したうえで水路堆積土砂除去等の清掃を行っている。掃除後は道路面を再構築する必要があり、極めて非効率な維持管理作業となっている。

10/25 の降雨時には、水路内に流れがほとんどなく、地区内の雨水は幹線排水路に至っていないものと考えられる。

事例⑦



出典：図 - Google Earth、写真- JICA 調査団

道路面に貯まった雨水をマンホールから引き込み、アンボリ川に接続する雨水排水路からアンボリ川に排水している。

ONEAD 職員の話では、アンボリ川の水位が高い場合、このマンホールから逆流が生じて市内に水があふれるとのこと。

(3) 運用維持管理用機材

ONEAD の下水技術部の O&M 事務所を訪問し、ONEAD が保有している以下の運用維持管理用機材（大型機材のみ）を確認した。

- 緊急給水車 2 台
- ポンプ車 4 台（うち 1 台は故障中）：浸水発生時の氾濫水除去用
- 排水路清掃車 2 台
- トラック 3 台
- 掘削機 4 台
- バックフォー 2 台

ONEAD によれば、雨水排水路の清掃は毎年 11～1 月にかけて行われているが、機材は不足しているとのこと。機材の補充がある場合には担当職員の増員は可能であるほか、同 O&M 事務所に常駐する技術者による日常の機材補修も可能とのことである。

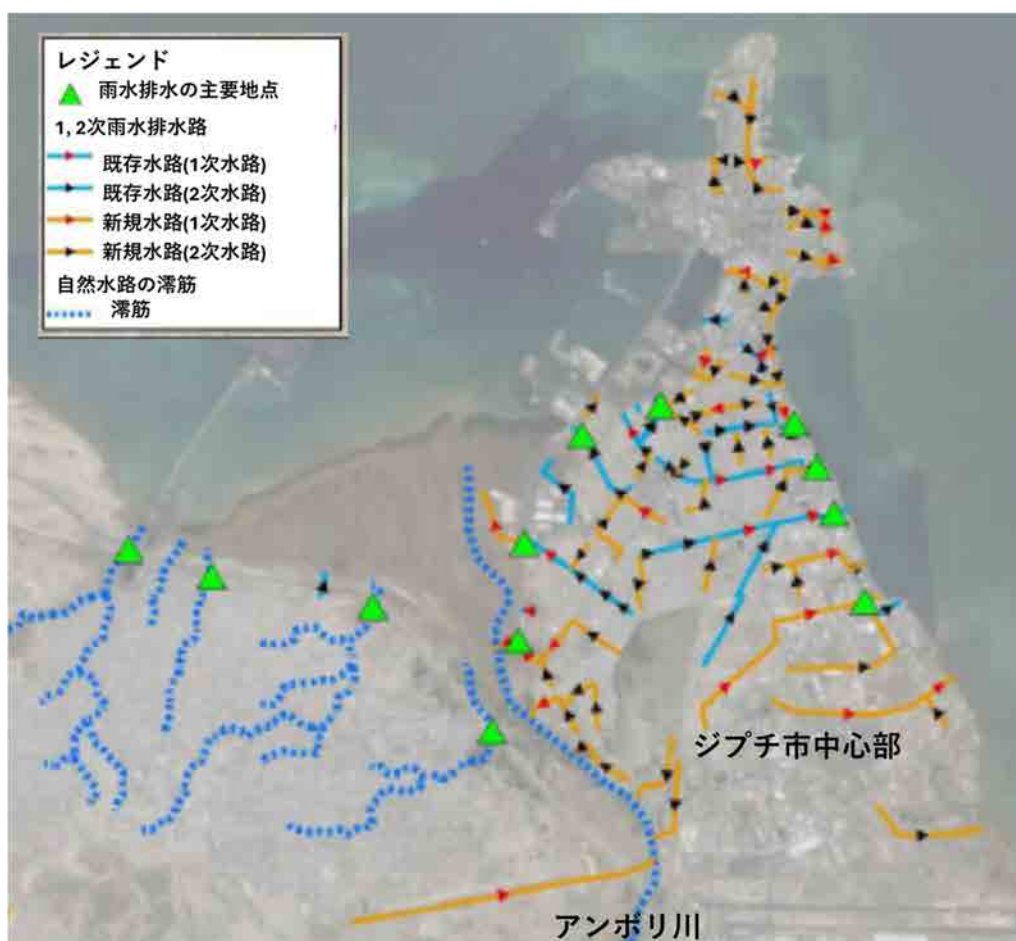
4.6.2 内水氾濫対策に係る既存計画と最近の動き

(1) 衛生 MP (2018)

ジブチ市においては、EU 及び AFD の支援により、ONEAD を C/P として、下水及び雨水排水に係るマスタープラン (MP)⁵⁹が策定された。同 MP は、2014 年に策定された都市開発マスタープラン (SDAU) に基づくものである。

下水に関しては、汚水と雨水の分流式を基本とした下水管網の整備と下水処理場の建設が提案されており、アンボリ川右岸側のジブチ市中心部は、将来的には 100%の下水カバー率とする計画となっている。提案された下水整備については、AFD の支援により整備が着々と進められている。

一方、雨水排水は、既存の排水路の改修と新規排水路の建設による 1、2 次雨水排水路整備の構想 (総事業費 270 百万ユーロ (ジブチ市中心部 85 百万ユーロ)) が示されている。図 4.6.2 に MP で提案された雨水排水路整備計画を示す。



出典：EU/AFD, ONEAD, 衛生 MP (2018)

図 4.6.2 衛生 MP (2018) の雨水排水路整備計画

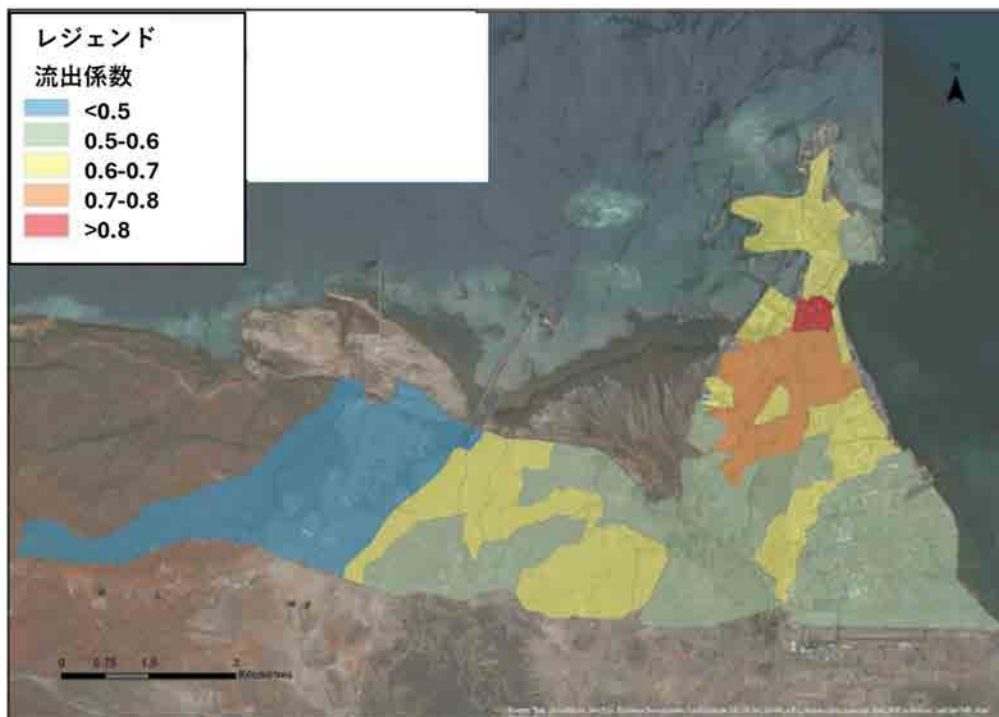
⁵⁹ EU/AFD, ONEAD: Schéme Directeur d'Assainissement de l'Agglomération de Djibouti, 2018. 本調査では、Schéme Directeur をマスタープランと訳した。

同計画の報告書をもとに、計画の考え方は以下のとおりであると考えられる。

- 雨水排水路の整備水準として、1次水路10年確率、2次水路5年確率降雨を採用している。
- 計画流量の算定にあたり、1、2次排水路に至る排水区内の雨水の挙動は、道路側溝などの末端排水路がある程度整備されている通常の都市におけるものと同様と仮定しているものと考えられる。
- 既存の雨水排水路の流下能力は2～5年確率流量程度と評価され、既存雨水排水路で流下能力が不足するところは流下能力増強のための改修断面を設定し、新規雨水排水路は計画流量を流下できる断面を設定している。

計画ハイエトグラフとしては、降雨継続時間を4時間とし、10年確率降雨時の4時間雨量105mm、最大30分雨量59mm、最大5分雨量15mm、とする中央集中型のハイエトグラフを与えている。4.3節に示した本調査における降雨解析の結果は、10年確率降雨について、4時間雨量83mm、最大30分雨量42mm、最大5分雨量11mm、となっており、本調査の結果と比べると大きめの値になっている。

流出係数については、土地利用を踏まえて、図4.6.3に示すように、ジブチ市中心部では、0.6-0.8程度としている。



出典：EU/AFD, ONEAD, 衛生 MP (2018)

図 4.6.3 流出係数

ONEADによれば、提案された雨水排水路整備計画はこれまで全く実施に至っていない。

(2) 洪水実態レビュー (2021)

衛生 MP で提案された雨水排水路整備計画がなかなか実施されない中、2021 年に、AFD の支援により、外水・内水氾濫を包括的に扱ったジブチ市の洪水の実態に関するレビュー⁶⁰が実施された。

同レビューでは、ジブチ市中心部の詳細な地形情報をもとに、衛生 MP で想定した雨水排水区の見直しを行い、現状で、道路側溝など末端排水路がほとんど存在しない状況を改善するためには、衛生 MP で提案された幹線、2 次排水路の整備では不十分という指摘を行っている。さらに、道路面の平準化による道路窪地への雨水の滞留防止など、道路の改善を含めた都市インフラ全体の改善の重要性を指摘している。

(3) 統合スラム改善プロジェクト (2019～実施中)

WB の支援により、ARULoS を実施機関として、2019 年より、都市再開発・住民移転地整備事業が実施されている。図 4.6.4 に示すジブチ市中心部の優先地区の都市再開発（地区内の道路、公園整備）を行い、併せて住民移転を行っている。バルバラ地区においても、地区内のワジ周辺の洪水危険地帯にある住居を中心に住民移転を行っている。

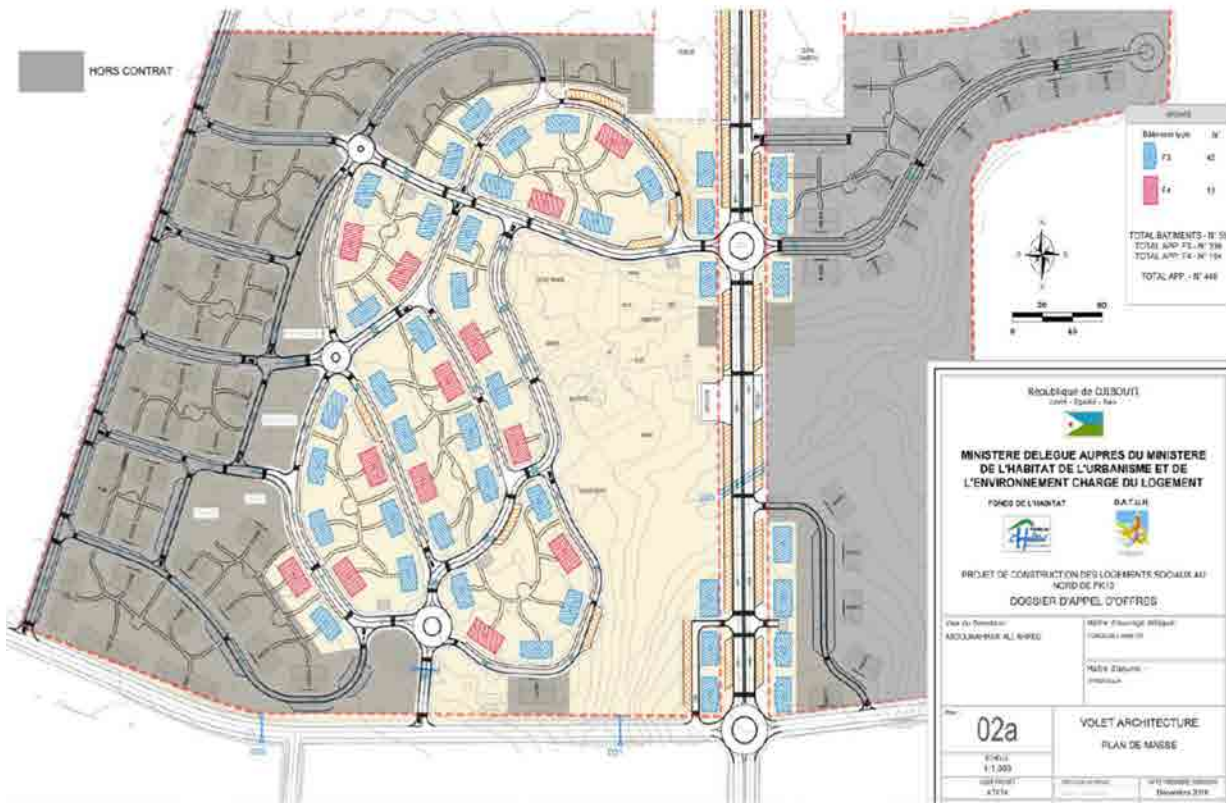


出典：ARULoS

図 4.6.4 統合スラム改善プロジェクト事業の優先事業実施地区

⁶⁰ AF : Diagnostic et Recommendations pour une gestion intégrée du risque inondation sur l'agglomération de Djibouti, 2021.

同事業では、バルバラ地区の南部に 110ha の移転地整備（図 4.6.5 参照）を行っている。このうち、30%：WB の資金援助、30%：IsDB の資金援助、40%：自国予算での整備となっている。ARULoS によれば、現在住んでいる場所から離れた場所に住民の移転を行う際には、移転地の整備だけでなく、例えば交通手段の提供などを行い、生計が継続できるように配慮している。



出典：ARULoS

図 4.6.5 統合スラム改善プロジェクト事業の移転地整備例

優先事業実施地区の1つであるベトナム地区では、人口 3,000 人（500 軒）の 95%が洪水リスクに直面しているが、洪水対策のコストが大きくなるため、町ごとの集団移転を計画しており、地域住民も移転に合意している。移転地は、上記 110ha の場所ではなく、バルバラ地区の西部を想定しており、事業資金確保については、今後の課題となっている。

(4) 雨水排水改善調査 (2024)

2024年には、(3)で示した統合スラム改善プロジェクト(2019～実施中)の中で、都市開発の観点から緊急的な雨水排水改善を実施するための調査が実施された。事業実施機関はARULoSとなるが、DATUH、ARULoS、ONEAD、ADRからなる合同委員会が形成されて、調査を支援している。(2)で示した洪水実態レビュー(2021)の指摘を踏まえて、わずかな降雨でも浸水が生じて頻繁に交通障害をもたらすジブチ市内の浸水常襲スポットの改善を行うものである。(1)で示した衛生MP(2018)における仮定が現状でも適用できるかを含めた検討を行い、浸水常襲スポットの改善優先度、改善対策及びその概算コストを示している⁶¹。

図4.6.6に、浸水常襲スポットとその中の改善優先度の高い地域を示す。ONEADおよびDATUHへのインタビューによれば、調査の結果として示された緊急事業地区(1,2,3)ではなく、短期事業地区として推奨された4: Carrefour Einguela and Place Harbi地区の事業化を最優先と考えており、同調査を受けて実施される予定のWBによる資金援助(3百万US\$)は、4を中心とする地区の雨水排水改善事業への支援となることが想定される。事業規模が大きくなり、WBの資金援助のみでは事業予算確保が困難な場合、他ドナーによる協調融資が模索される可能性がある。



出典: WB, MVUH (2024)に JICA 調査団が加筆

図 4.6.6 WB 支援による雨水排水改善調査 (2024) で抽出された優先事業

⁶¹ WB, ARULoS: Recrutement d'un Bureau d'Etudes pour l'Elaboration d'une Etude Technique sur le Renforcement du Réseau de Drainage des Eaux Pluviales de la Ville de Djibouti (Presqu'île) par le « Traitement des Points de Stagnation », Rapport de Diagnostic, Programme d'Intervention et Plan d'Action, Tome 2 : Plan d'Action, 2024.

(5) 都市交通インフラ MP (2024～実施中)

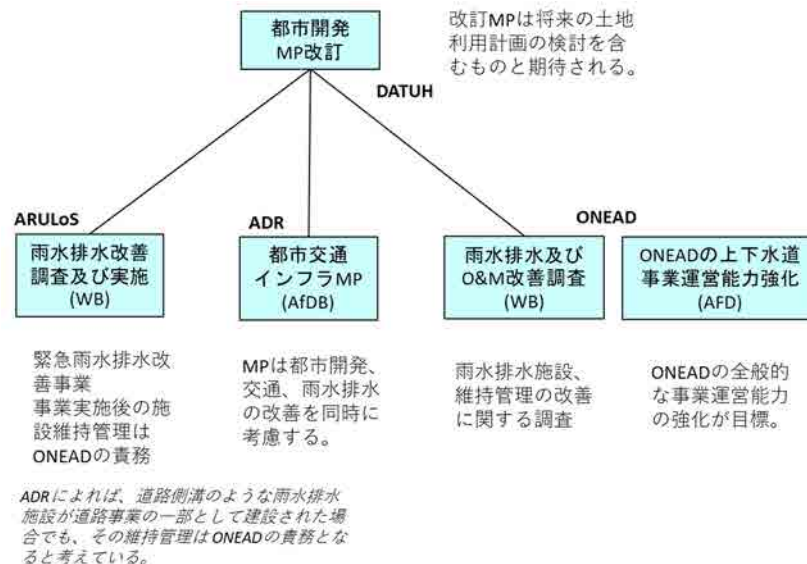
AfDB の支援により、2026 年完成を目指して、ADR が実施機関となって都市交通インフラ MP を策定中である⁶²。ADR 担当者によれば、道路整備、雨水排水整備に係る計画を策定することとなり、道路事業単体、雨水排水事業単体ではなく、複合事業として計画、実施することが想定されている。こちらについても、DATUH、ARULoS、ONEAD、ADR からなる合同委員会が形成されて、調査を支援している。

(6) 雨水排水及び O&M 改善調査 (2024～実施中)

WB の支援により、ONEAD を C/P として、衛生 MP のレビューと実施計画の検討、O&M 改善提案を行う調査を実施中 (2026 年完了予定) である⁶³。本調査は、Japan-World Bank Program for Mainstreaming Disaster Risk Management in Developing Countries による日本政府資金が活用されている。WB 担当者によれば、雨水排水に関わる関係者の役割分担の検討と整理、ONEAD の雨水排水に関わる O&M の強化、改訂中の都市開発 MP が雨水排水に与える影響の検討が主たるアウトプットとなる。ONEAD は、この調査結果を踏まえて雨水排水改善事業を実施していきたい意向がある。

(7) 現状のジブチ市における内水氾濫対策のフレームワーク

(4)～(6)に示したように、ジブチ市の内水氾濫対策に対する各ドナーの支援は近年重層的な様相を呈している。また、関連する政府機関も多く、複雑な状況である。図 4.6.7 に、現状のジブチ市における内水氾濫対策のフレームワークを整理した。なお、図には、関連する都市開発 MP 改訂や ONEAD に対する能力強化事業についても関連事業として示した。



出典：JICA 調査団

図 4.6.7 現状のジブチ市における内水氾濫対策のフレームワーク

⁶² AfDB: Project Appraisal Report, Integrated Urban Infrastructure and Climate Adaptation Study in Djibouti City, 2022.

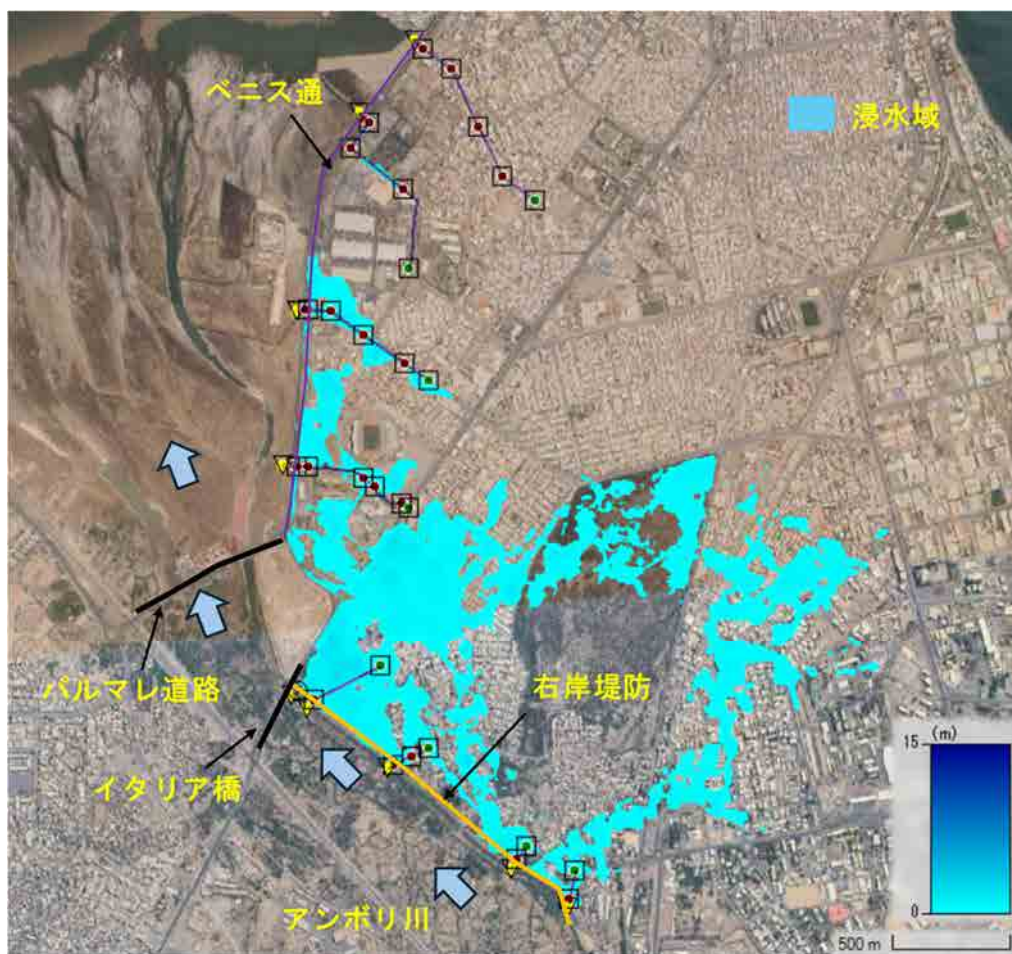
⁶³ WB: ToRs for the recruitment of a Firm specialized in flood management to develop activities under Component 1 - Strengthening flood infrastructure operation for Djibouti City, 2024.

4.6.3 内水氾濫シミュレーション

本調査では、アンボリ川に接続する排水路からの逆流現象によって、どの程度の浸水に影響があるのかを確認するために、HEC-RASによる2次元氾濫計算モデルに管路網の計算を組み込んだモデルによって検討した。

ジブチ市内の微地形は、4.1節で示したDTMを用いて表現した。アンボリ川に接続する排水路は、現地踏査によって、マンホールの位置、断面形状、大きさ等を確認して、モデルに取り込んだ。

計算条件としては、降雨は与えず、アンボリ川の水位が右岸堤防を越えない程度の出水としてピーク流量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ の条件で、4.5.3で示したアンボリ川の氾濫解析を行い、その時の計算された水位を各排水路のアンボリ川地点で与え、排水路を通しての逆流による氾濫挙動をシミュレートした。



出典：JICA 調査団

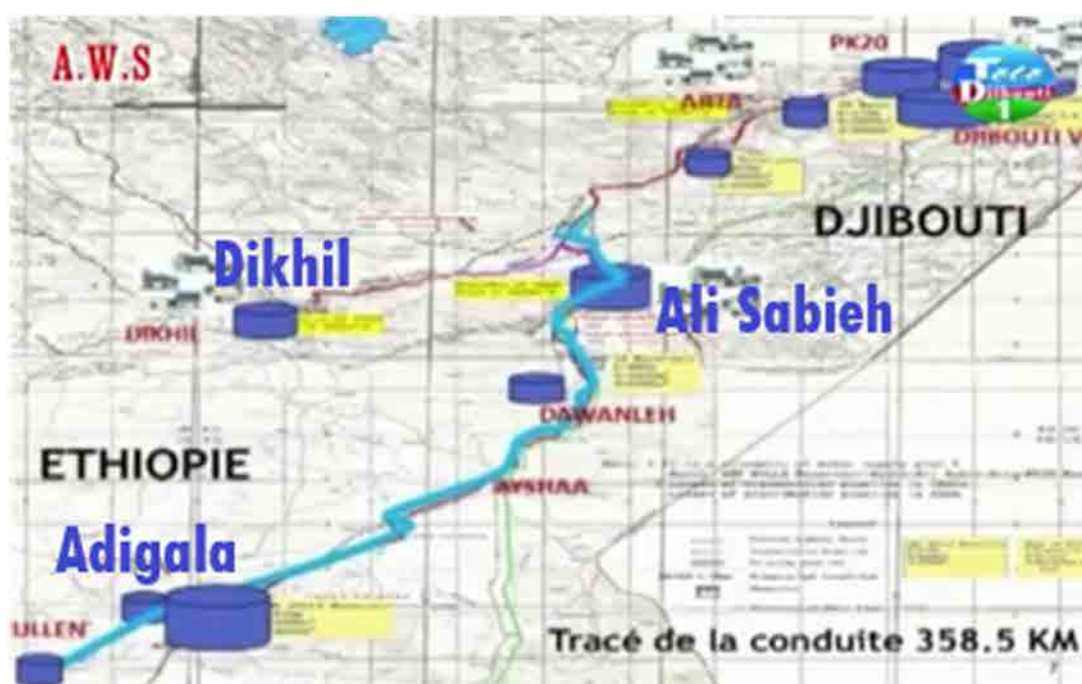
図 4.6.8 アンボリ川に接続する排水路からの逆流による浸水シミュレーション結果

図 4.6.8 に解析結果を示す。浸水範囲は大きくないものの、堤内地側で道路面の雨水を排水するためのマンホール周辺から浸水が拡がり周辺の道路一帯を浸水させている様子が分かる。最大浸水深は 0.5m 程度に達する場所もあり、このような逆流現象は降雨による内水氾濫を悪化させることが示唆される。

4.7 水資源に係る現状と開発可能性

4.7.1 利水の現状

ジブチには恒常河川が無く、都市も地方も地下水を利用することで生活をしてきている。都市給水は ONEAD が担当している。ジブチ市の給水は、ジブチ南部および国道 1 号線周辺に掘削された井戸群から揚水された地下水が 1 ヶ所に集められ、ポンプでジブチ市街へ配水している。ジブチの地下水は塩分の含有量が多い場合が多く、特にジブチ南部の井戸群は水位が低く、塩水侵入の影響により、塩分濃度が高いため、塩分濃度の低い西部の井戸群と混ぜて水源としている。すべての井戸がブレンドされた後の EC (Electric conductivity) はそれでも $3,500 \mu\text{S}/\text{cm}$ (日本の飲料水基準は $250 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下) を越えている。また、人口の増加に地下水開発量が追い付かない状況が続いていたために、エチオピアからの導水が計画・実施され、2017 年から給水が始まった (図 4.7.1 参照)。この事業はエチオピアのアディガラに建設された 28 本の井戸群からアリサビエーアルタージブチ及びディキルに給水するもので、向こう 20 年間 $100,000\text{m}^3/\text{日}$ の水量が無償で供給されることとなっている。しかし、送水のための電気代はジブチで支払わなければならないため、フル稼働ができていない。



出典：ONEAD

図 4.7.1 エチオピア—ジブチ給水事業

一方、地方給水は MAEPE-RH 水局の担当となっており、遊牧民の給水地点として深井戸、浅井戸、雨水貯留タンク、ため池などが建設されている (図 4.7.2 参照)。



深井戸給水所（サバロウ JICA 無償）



浅井戸給水所（アリサビエ）



盛土によるため池（グランバラ）



掘削によるため池（グランバラ）

出典：JICA 調査団

図 4.7.2 深井戸、浅井戸、ため池の事例

近年、MAEPE-RH 大規模工事局では、図 4.7.3 に示すような地下水涵養を目的とした小規模ダム
の建設を行っており、例えば、2013 年にグランバラに建設されたダムの地下水涵養効果が確認され
ている。この小規模ダムによって、洪水流が一時的に貯留され、徐々に川底と下流に浸透し、ダム

周辺の地下水を涵養するとされている。同ダムは基礎岩に達する深い遮水壁を必要としないため、ダム自体の建設コストは大きくないものの、洪水流が通過する部分の浸食防御について注意を払う必要があるとされている⁶⁴。

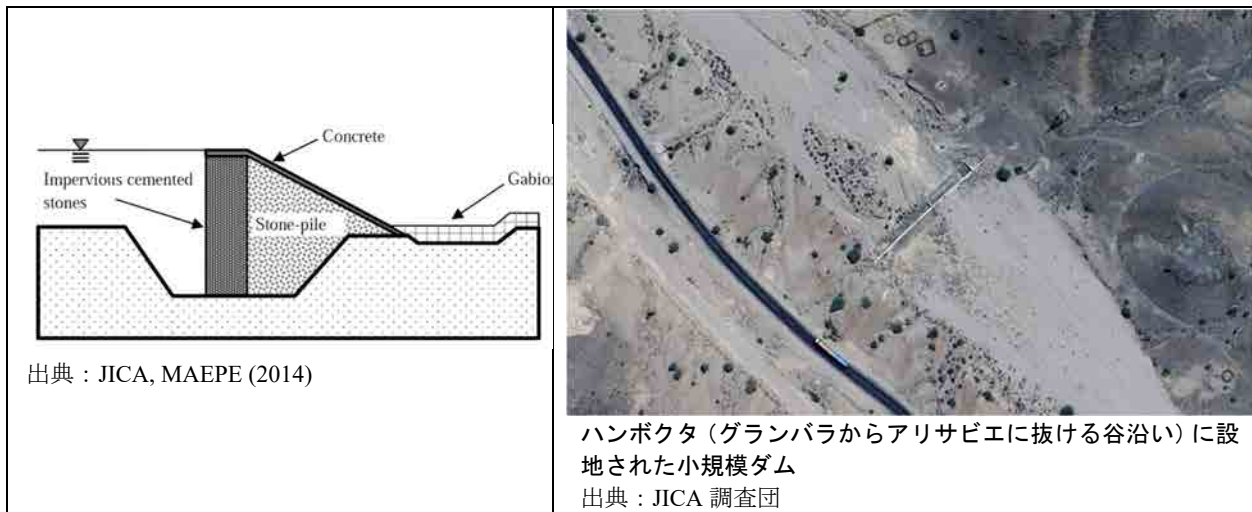


図 4.7.3 小規模地下水涵養ダムの事例

ジブチは食料自給率が3%と低く、農業開発は長年の課題として取り組まれている。農業には水が必要であり、地下水開発と合わせて実施されてきている。2020年には、ジブチ空港南のドゥーダ地区に第1期の汚水処理場が完成し、安定した量の処理水が供給できるようになり、ドゥーダの南ダメルジョグ地区に広がる農地へ農業用水として供給する取り組みを行っている。

4.7.2 水資源の開発可能性

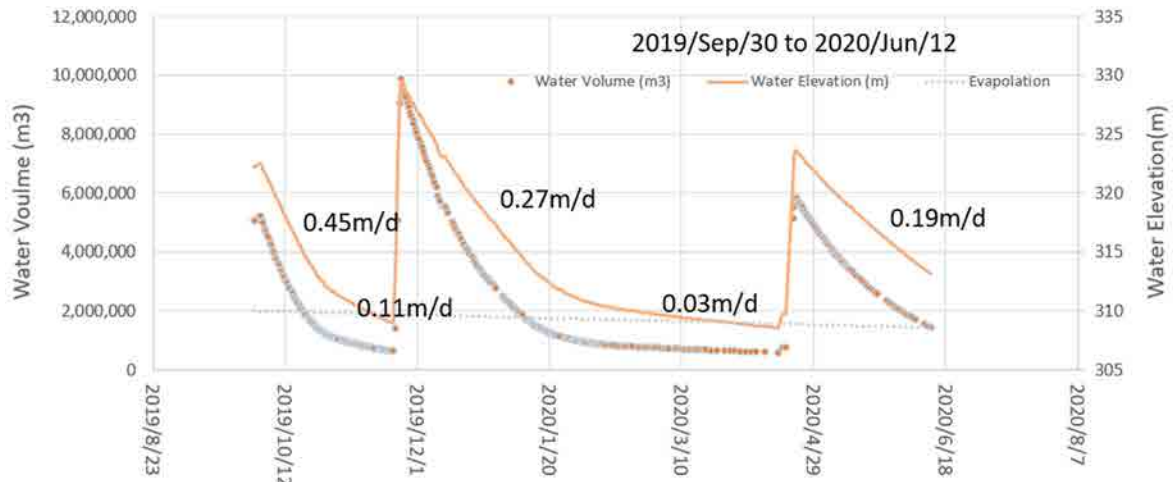
(1) アンボリ友好ダムの利水活用の可能性

2019年にアンボリ川中流部 PK30 に洪水対策用のアンボリ友好ダムが完成した。降雨によりダム湖が貯水されると、MAEPE-RHはその水を活用する農地開発をダム周辺地に計画したが、予想外に漏水が速く、農業用水としての持続性に疑問が出たため、計画の実施は棚上げになっている。

本調査では2019年のダム完成後から2020年の6月までのダム湖の水位測定結果を入手した。図4.7.4にダム湖の水位、貯留量の変化を示す。

図4.7.4に示す観測期間中に3度の出水があり、貯水後の漏水の状況を観測することができる。水位の降下速度は、水位312m付近を境に急激に遅くなり、漏水の条件が水位312mを下回ると変化することがわかる。ダム湖は急峻な崖に囲まれた谷地形をしており、漏水はダム湖の側面と底面で発生している。仮に底面から漏水が発生しているとした場合、水位の降下速度が急激に変化することは考えにくい。よってメインの漏水は側面で発生し、水位312mを下回ると側面からは漏水がなくなり、底面からの漏水のみに変化すると考えられる。

⁶⁴ JICA, MAEPE-RH : The Master Plan Study for Sustainable Irrigation and Farming in Southern Djibouti, Final Report, 2014.



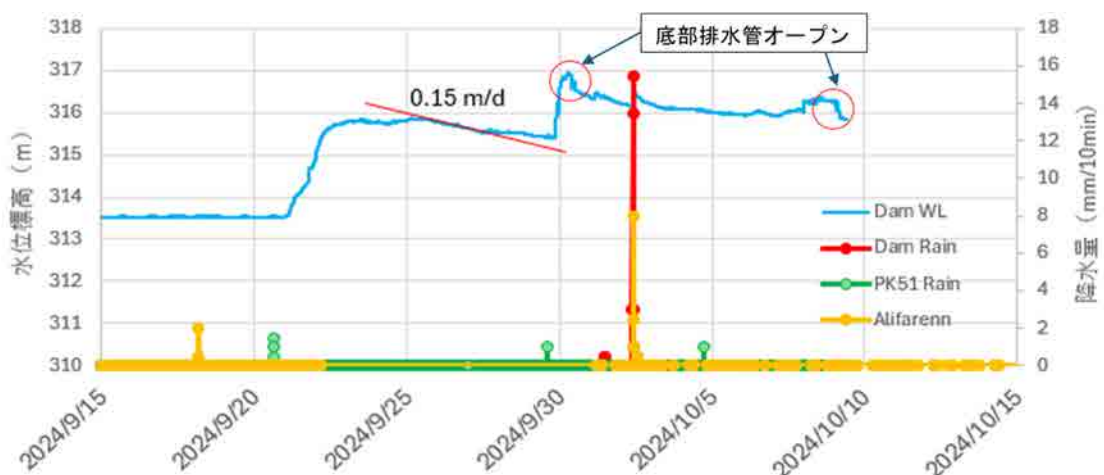
出典：MAEPE-RH、大規模工事局

図 4.7.4 アンボリ友好ダムのダム湖の水位、貯留量の変化

水位 320m～315m の水位低下を比較すると 1 度目の出水 0.45m/日、2 度目の出水 0.27m/日、3 度目の出水が 0.19m/日と漏水速度が遅くなっている。水位 312m 以下の水位低下速度見ると、1 度目の出水 0.11m/日、2 度目の出水 0.03m/日となっており、底面は細粒度の堆積により急激に透水性が落ちたものと考えられる。

その後、MAEPE-RH によるダム湖の水位観測は行われていないが、東京農大とジブチ大学が中心となって実施している SATREPS プロジェクトで設置した水位計の記録を確認したところ、2024 年の水位変化をとらえており、現在の状況を確認することができる。SATREPS で確認された水位変化を図 4.7.5 に示す。

図より、水位低下速度を見ると 0.15m/日となり、4 年前の 2020 年 6 月の 0.19m/日と比較しても大きく減少しておらず、側面の透水性があまり変わっていないことを示している。



出典：SATREPS

図 4.7.5 2024 年 9 月のアンボリ友好ダムのダム湖水位変動

アンボリ友好ダムは洪水調節用に建設されたため、洪水時に上昇したダム湖の水位は出来るだけ早く低下させることが求められる。漏水は水位低下に貢献するが、水の有効利用の観点からは、漏水する前にできるだけ多くの量を別の貯水施設に移して活用することが望まれる。

洪水後のダム湖の水位低下のために底部排水管を開放すると最大 $12\text{m}^3/\text{s}$ の流量が下流河道に流れる。この水を下流河道の適切な場所で取水して河道外の場所に貯留することができると、ダム湖に貯留した水の有効利用につながるほか、ダム湖からの放流流量による下流河道の洗い越し道路部の通行障害を少しでも緩和することができる。

(2) 洪水対策用貯留施設の多目的検討

1) オマールジャガ多目的開発事業

2024 年の Pre-FS でトルコ DSI が提案した Dam Axis 3 は流域面積 280km^2 に対して、洪水調整専用ダムとして、洪水流出量の全量貯留を行う提案であった。この想定では、水没地域が大きく広がって、付近を通る国道 1 号線の付け替えが必要となることが示されている。

同地域は、過去に利水目的の堰堤が建設されており、貯水は主に地下水涵養に使用されていたが、2004 年に堰堤が破壊されて現在に至っている⁶⁵。本調査では、Dam Axis 3 の位置を過去に堰堤が建設された位置に変更し、流域面積を 200km^2 に減少させるとともに、利水活用の可能性を検討した。

この貯水池は平坦な地形上に形成されるため、わずかな水位上昇でも大きな水面の拡がりが生じる。適切な越流部を設置し、越流部以下の貯水量について堆砂容量を除くすべてを利水容量としたとしても、洪水時に越流部を越流する際のサーチャージ部の貯水容量がかなり大きなものとなるために、洪水流のピークカット効果が期待できる。このような考えに基づき、貯水池の諸元を仮設定した。図 4.7.6 に示すような貯水池を設定すると、HEC-HMS を用いた貯水池の洪水計算により、利水容量 3MCM を確保した上で、50 年確率洪水時のピーク流量 $650\text{m}^3/\text{s}$ を $150\text{m}^3/\text{s}$ に低減することが可能であると概算された。

利水用に貯留された水は、地下水涵養、周辺での農業開発にあたって地下水の補助水源としての活用が考えられる。

洪水時の貯水池の水位は国道 1 号線の道路面ぎりぎりの水位となると想定されるが、現状では、国道 1 号線は洪水時には、流域からの流出水で水没して通行不能となる場合がある。洪水時にも通行可能な道路とするために、道路面かさ上げ+開口部を設けることが考えられる。また、堤防の一部を道路として活用することも考えられる。このような多目的な開発を行うポテンシャルを有するサイトであると考えられる。

⁶⁵ MAEPE-RH : Hydroterra engineering, Etude de Faisabilite pour la Creation D'Ouvrages de Retention D'Eaux par Mobilisation des Eaux de Surface, 2018.



出典：JICA 調査団

図 4.7.6 オマールジャガの多目的開発概念図

2) 遊水地の利水活用の可能性

洪水調節容量は洪水に備えて常に空にしておく必要があるが、洪水調節容量を確保しつつ追加の貯水容量を持つことができれば、その追加分の貯水容量でアンボリ友好ダムの底部排水管からの放流水のような小さな出水量を貯留することができ、ジブチ市を含む周辺地域での農業、庭作りあるいは、緑化に使うことができる可能性がある。

利水利用まで考慮した遊水地の構造としては、洪水時のピーク流量付近の流量を遊水地へ導くための越流堰の他に、小規模出水時にも利水容量分までは遊水地に水を引き込めるような小規模取水堰、取水ゲート、取水水路等を設けることが必要になる可能性がある。

できるだけ複雑な施設運用を避けるために、利水容量と治水容量は明確に区別し、治水目的が確実に達成できるように、出水後には水位は常に定められた利水容量上限まで下げるような運用を想定するべきと考えられる。

4.8 洪水予警報

アンボリ川の洪水予警報に関しては、MAEPE-RH が洪水状況に係る情報を関係機関に伝達する役割を担っている。MAEPE-RH 職員へのヒアリングによれば、現状における洪水予警報は、MAEPE-RH 職員による河川の目視観測結果と SNS 等から受けとる各種情報をもとにジブチ市内への影響を判断したうえで、関係機関に報告を行っている。具体的には、住民等に公に情報を発信する担当である内務省の災害リスク管理局（SEGRC）や国家市民保護局（DNPC）に対して、洪水の危険性等が伝達される。これにより、アンボリ川を洗い越しで横断する幹線道路の交通規制や、堤外地に居住する住民への注意喚起が行われている。

洪水波の伝播速度はさほど早くはなく、アンボリ川上流部からジブチ市内までは 8 時間程度かかるとの経験則があり、上流域で生じている状況についての情報が正確に伝わることにより、ジブチ市内における洪水への事前対応が十分に可能となることから、アンボリ友好ダム完成以前は、このようなマニュアルでの対応は十分に機能していた。

2019 年のアンボリ友好ダム完成後、2023 年 1 月 1 日にはアンボリ友好ダムが満水となり、余水吐からの大規模な放流が生じた。また、洪水後に水位を下げるための底部排水管からの放流を実施したところ、その放流により、パルマレ橋建設予定地点をはじめとする洗い越し部分の道路で河川の増水の影響があった。これら一連の事象の中で、MAEPE-RH から関係機関への情報周知が必ずしも機能せず、SEGRC では、雨の情報もない、MAEPE-RH からの警告もない状況での河川の増水に対する対応に苦慮した。この経験から、現在は、アンボリ友好ダムからの放流時には関連機関への連絡を行うこととなっている。

過去においては、アンボリ川流域において洪水予警報のために上流の流況を把握するための観測システムが導入された経緯がある。具体的な設置場所や、システムの概要、運用期間はわかっていないが、表 4.8.1 に示すようなシステムがかつて構築されたことがある。

表 4.8.1 過去のアンボリ川流域観測システム

観測期間	システム構成	観測地点	担当機関	資金ソース	出典
1956～1960	水位測定	不明	Public Works	不明	*1
1971～1974	水位測定	ジブチ近郊アンボリ川周辺	不明	不明	*1
1980～1992 年頃まで	雨、水位？（フロート・サイフォン）、連続記録計	Djibouti, Oueah, Gami, Gorabous, Galafi, Degbour	不明	ドイツ	*1
2009 年頃開始。現在は機能していない	3 水位観測 9 雨量観測 無線電信システム	3 水位：Oueah, Boule, Kalaloho 9 雨量：従来の雨量観測所	CERD	USAID	*1 *2

出典：*1 - Second National Communication of the Republic of Djibouti to the UN Framework convention on Climate Change (2013), *2 - Project Document of United Nations Development Programme (Country: Djibouti) December, 2011.

一方、洪水は降雨により発生するため、気象情報によりリアルタイムで流域内の降雨状況を把握、予測することができれば、洪水リスクを事前に MAEPE-RH や CERD で検討し、よりリードタイムの大きな洪水予警報の発信が可能となる。しかしながら、現時点の ANM の雨量観測網は、AWS の設置されている Arta 地点以外は、ひとまとまり降雨が完了した際に雨量を確認するマニュアルの

雨量観測所であるため、リアルタイムで流域の雨の情報を把握することはできていない。したがって、ANM が報告する気象情報から洪水を予測することは現時点では困難な状況にある。このような状況で、WMO が主導する CREWS (Climate Risk and Early Warning System Initiative) が 2024 年 10 月にスタートし、AfDB、Addaptation Fund や ANM の予算などで自動観測装置の整備が始まっている。これにより観測ネットワークが強化され、来年度からスタートする予定の JICA の気象技プロにおいて、気象情報の有効活用 (ガイダンスの導入) がはじまることにより、活用できる気象情報の質・量が格段に向上することが期待される。

ジブチ市内の内水に対しては、現在 ANM が発信している気象予報 (翌日の天気予報) がその役割を果たしている。気象局は表 4.8.2 に示すような気象情報を TV、ラジオ、Email (メーリングリストの登録者) で公に公開している。左から大雨、強風、熱を示し、それぞれ「深緑：影響なし」、「黄色：弱い」、「オレンジ：中位」、「赤：強い」を表し、オレンジ以上の場合には注意、赤の場合には警報が発信される。ジブチ市内の洪水対策を担う ONEAD や DNPC はこの予報を基に翌日の内水氾濫への準備を行っている。

表 4.8.2 ANM が公開している翌日の気象予報

Région	FORTE PLUIE				VENTS FORTS				CHALEUR			
	RISQUE				RISQUE				RISQUE			
	Non	Faible	Moyen	Élevé	Non	Faible	Moyen	Élevé	Non	Faible	Moyen	Élevé
Djibouti-Ville	X				X				X			
Arta	X				X				X			
Ali-Sabieh	X				X				X			
Dikhil	X				X				X			
Tadjourah	X				X				X			
Obock	X				X				X			

出典：ANM

4.9 氾濫発生メカニズム及び洪水リスクの考察

前節までの検討結果を基に、以下に氾濫発生メカニズム及び洪水リスクの考察を行う。

4.9.1 外水氾濫

(1) アンボリ川による洪水氾濫の発生メカニズム

1) 豪雨によるアンボリ川と支川への急激な降雨流出

- アンボリ川が洪水を引き起こす場合は、上流域、中流域、支川域及び下流域と地域によって幾分か時間差を持った豪雨が発生し、比較的シャープな波形を伴った急激な降雨流出がアンボリ本川や支川からなるワジに流入する。
- アンボリ本川中流域とブレ川を含む支川の谷の出口からすぐに多くの岩や礫がある自然の広い地域が存在する。これらの地域には洪水ピーク流量を減少する自然遊水地機能や土砂（砂、石、礫と岩）を堆積し下流区間への土砂を減少する自然遊砂地機能がある。
- これらの自然遊水地を経てから洪水流はアンボリ本川と支川の洪水波形が合流点に到達するのにある時間差を持ってそれぞれ合流点に向かって押し寄せる。

2) アンボリ川の下流区間における河道からの越流と既存のイタリア橋と近い将来のパルマレ橋地点からなる狭窄部による越流

- アンボリ本川と支川との合流点から三角州流入部への下流部においては、ナガット地点より下流で、アンボリ川沿いに存在する広い洪水氾濫原（高水敷）エリアに洪水流が広がる。
- 元々アンボリ川下流区間の疎通能力は比較的小さかったため、1994年や2004年洪水のようにアンボリ川からジブチ市を含む周辺の地域に向かって越水が発生した。1994年以前にイタリア橋が建設され、左岸の氾濫原地域を同橋のアプローチ道路盛土で閉め切り河川断面を狭めたため、最下流地域の洪水状況が若干悪化した。
- 2008年に2.2kmの長さの堤防がイタリア橋からナガット下流の右岸側に建設されて以降は、右岸側（ジブチ市側）への越水は生じていない。その後、2019年にアンボリ友好ダムが稼働して以降は、アンボリ本川から支川との合流点に向かう洪水流量は大いに減少し、20年確率規模と推定される2023年1月の降雨時にもアンボリ川下流域では大規模な洪水発生に至らなかった。
- しかしながら、アンボリ川の低水路に架橋されるパルマレ橋梁はイタリア橋の開口部とほぼ同様な疎通能力を持つため、これら2橋梁はまた洪水時の狭窄部となる。さらにパルマレ橋梁の西側は現在と同様な洗い越しのため、洗い越し部分には小洪水でも越流が発生する。この越水はパルマレ付近で鉄道盛土の開口部から流れてくる洪水流の一部を含むアンボリ川の低水路から越水した水流によるものである。

3) アンボリ川下流区間の洪水氾濫域（高水敷）における氾濫

- アンボリ川下流区間の低水路の疎通能力が一般に小さいため、特にナガットより下流の低水路から洪水氾濫原への越水が容易に発生する。
- 洪水氾濫原の氾濫は氾濫原内に居住する人々（主に不法移民）に影響する。

- 洪水氾濫原の洪水流の一部は鉄道盛土の西側に沿って流下し、アンボリ川の最下流部左岸側にあり多くの人々が居るベトナム地区に厳しい影響を及ぼす。

(2) 洪水リスクに関する考察

1) 大洪水に対する下流区間の残存洪水リスク

- アンボリ川が洪水を引き起こす場合は、上流域、中流域、支川域及び下流域と地域によって幾分か時間差を持った豪雨が発生し、比較的シャープな波形を伴った急激な降雨流出がアンボリ本川や支川からなるワジに流入する。2019年にアンボリ友好ダムが運用開始以降に洪水による越流は発生していないが、50年確率洪水や100年確率洪水あるいはより大きな洪水に対しては特にイタリア橋や将来のパルマレ橋梁+西側洗い越し地点での狭窄部で洪水リスクが残っている。
- さらに、アンボリ本川と支川からの洪水波形が両方の川の合流点に同時に来るケースは非常にまれであるかもしれないが、もしそのように両川の洪水波形が合流点に同時に来る場合は、下流区間への洪水ピーク流量は非常に高くなり、アンボリ友好ダムを運用している状況下でも下流区間周辺で重大な洪水氾濫を引き起こす可能性がある。
- 従って、アンボリ川流域での降雨観測とアンボリ川沿いの数地点での洪水位観測を行い、データを蓄積しアンボリ川と支川沿いの洪水流出と流れを解析することは非常に重要である。

2) SEZ エリアを含む最下流地域における将来の洪水リスク

- 三角州の埋め立てによる SEZ 開発が行われる場合、三角州が本来有する遊水・遊砂機能を可能な限り確保した形での持続性に配慮した SEZ 開発が望ましい。それが考慮されない最悪の場合、パルマレ橋の直下流から海への SEZ 内の水路の大きさによって、図 4.5.16 に示した氾濫図のように、ジブチ市（右岸側）と SEZ 内に非常に広範囲な洪水氾濫が発生する可能性がある。

3) アンボリ友好ダムの堆砂により引き起こされる将来の洪水リスク

- 2019年の運用開始以降この5年間でアンボリ友好ダムにおける堆砂量は設計時に推定した堆砂量の4.3倍と大きな量となっている。同ダムの貯水池内の堆砂面は標高311.15m（本調査によって測定）で既に貯水池底から15mの堆積の深さであり、これは最低運用レベルである標高314mの3m下で、かつ河川への放流管の呑口である標高316mの5m下である。
- もしこのような大きな流入土砂が継続すると、堆砂面は河川への放流管の呑口よりすぐの高くなり、洪水流の貯留後のダムからの放流に影響する。その場合、アンボリ友好ダムの洪水調節容量が減少する。これはアンボリ友好ダムから中下流区間への洪水ピーク流量の低減機能が減少し、下流区間の洪水リスクが高くなることを意味する。

4.9.2 内水氾濫

(1) ジブチ市の内水氾濫の発生メカニズム

1) ごくわずかな降雨でも発生する浸水

- ジブチ市のほとんどの道路には側溝がなく、わずかな降雨でも道路面が浸水して、道路面が仮想的な排水路となって雨水が流動する。そして、地形の影響で窪んだ場所に雨水が集中して滞留する。
- ジブチ市内には、このような場所がいくつもあり、浸水常襲スポットとして認識されている。
- 浸水常襲スポットと既存排水路はほとんどの場合、接続されていないか、接続されていても容量不足であり、滞留した雨水について既存雨水排水路を使って効率的に排除できていない。
- 滞留した雨水の大部分は蒸発・浸透する分を除いてはその場にとどまることになるため、降雨イベントが連続して発生し、累加雨量が増加すればするほど、浸水の深さは大きくなる。すなわち、現在のジブチ市における浸水の深刻さは、瞬間的な降雨強度の大きさよりも、総降雨量の大きさが支配要因となっていると考えられる。

2) アンボリ川からの逆流

- アンボリ川に接続している雨水排水路は、流末に逆流防止施設が設置されていないため、アンボリ川の水位が上昇して水位が地盤高以上になった場合には、川から堤内地に向かう逆流が発生する。
- シミュレーション結果からは、逆流のボリュームは大きくはないものの周辺の道路を浸水させて、内水氾濫の状況を悪化させていることが確認できる。

3) 開発に伴う排水路の消失・代替水路の疎通能力不足

- ヘロン地区の浸水常襲地区では、海岸の埋立による開発が進む中で、雨水排水路の海への出口が埋没して、行き場がなくなった雨水が窪地に滞留している。
- もともと開水路が存在していた場所で、開水路が埋め立てられた後、道路下に新たに設置された暗渠の大きさが十分でないうえ、土砂・廃棄物の堆積があり、疎通能力が不足していることによって、浸水が発生している。

(2) 洪水リスクに関する考察

1) 構造物対策の未実施による浸水リスクの継続

- 浸水常襲スポットの存在は認知されているものの、これまでにそれに対処するための構造物対策が実施されていない。今の状況が続けば、頻繁な浸水は発生し続ける。
- 気候変動の影響で降雨量は増加傾向にあることから、今後、浸水リスクはますます高くなっていくものと考えられる。

2) 深刻な健康被害リスク

- 洪水実態インタビュー調査結果から、近年の最大浸水発生時のみならず、毎年のように発生する浸水においても、浸水時の汚染された水の拡散と長期間に渡る局所的な水たまりにより、

浸水後に多くの人々がマラリアなどの健康問題を抱えていることが確認された。頻発する浸水による健康被害リスクは高い。

3) 長期的に見た場合の雨水幹線排水路の流下能力不足による浸水形態変化のリスク

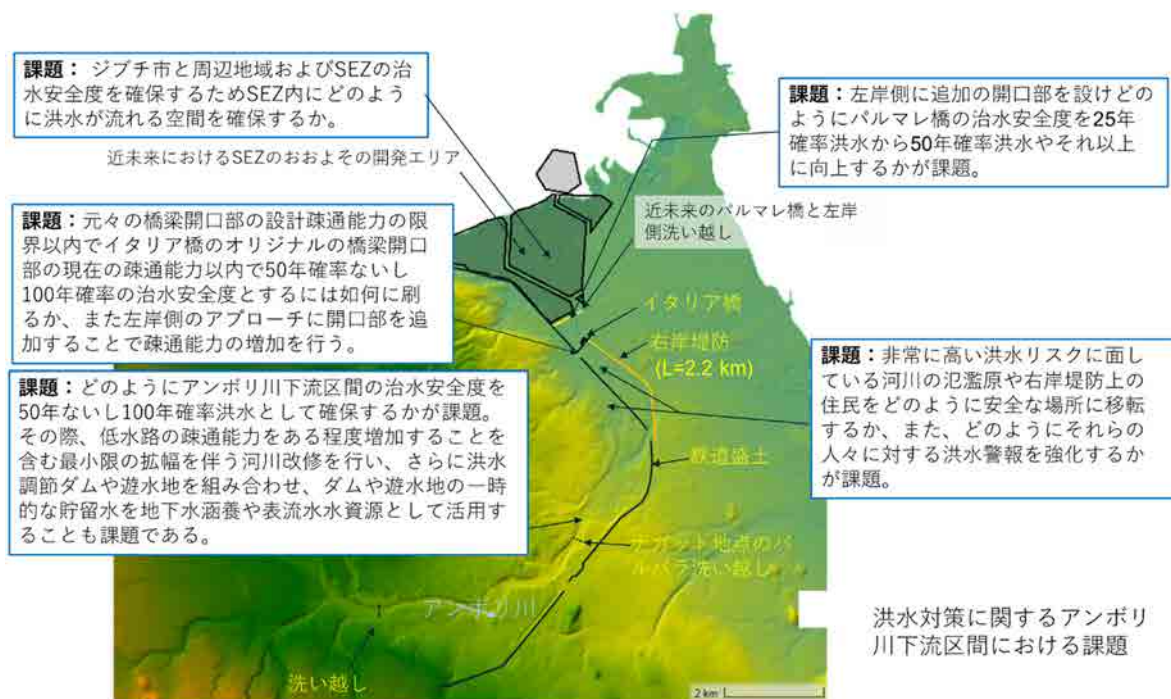
- 将来的に、道路側溝を含む末端雨水排水路の整備が進むと、排水区内の雨水は窪地への貯留が減少して幹線排水路に一気に押し寄せることになる。このような状況では、瞬間的な降雨強度が幹線排水路のピーク流量を決める支配要因となる。衛生 MP (2018) の検討によれば、このような状況における既存排水路の流下能力は 2~5 年確率規模の降雨に対応できる程度と評価されている。より降雨強度の大きい豪雨の際には、幹線排水路があふれて浸水が生じるリスクがある。

4.10 課題と対策方向性

4.9 節の考察を踏まえ、調査対象地域の洪水リスクに係る課題と対策方向性をまとめた。

4.10.1 外水氾濫

アンボリ川の外水氾濫対策に関する課題と方向性を以下に記載する。特にアンボリ川下流区間での課題については図 4.10.1 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.10.1 アンボリ川下流部の外水氾濫対策の課題

(1) アンボリ川の不十分な治水安全度の改善

課題	<ul style="list-style-type: none"> 特にイタリア橋開口部とパルマレ橋開口部を広げることが困難なことを考慮してアンボリ川下流区間の治水安全度をどのようにして河川の拡幅を最小限にして50年確率洪水や100年確率洪水対応とすることを達成するかが課題である。 洪水氾濫原（洪水敷）への越水の頻度を減少し、洪水氾濫原内の住民や農業への被害を減少するためにどのように低水路の疎通能力を増加するかが課題である。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> さらなる洪水ピーク流量の低減のために、アンボリ川上流域や支川（ブレ川）における洪水調節ダムの追加あるいは中下流での遊水地を検討する。加えて、ダムや遊水地により一時的に貯留された洪水量を地下水涵養や表流水水資源に活用することが望ましい。 低水路から氾濫原への越水を減少するような低水路の若干の拡幅による疎通能力の増加と、必要ならばイタリア橋のアプローチ盛土に開口部を追加する等を検討する。

(2) イタリア橋と近い将来に建設されるパルマレ橋の疎通能力の限界および治水安全度の向上

課題	<ul style="list-style-type: none"> イタリア橋の治水安全度を現在の疎通能力の限界からどのように50年や100年確率洪水の安全度を持たせるかが課題である。さらに、パルマレ橋の治水安全度を25年確率洪水から50年あるいは100年確率洪水の安全度向上することが課題である。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> イタリア橋に関しては治水安全度を50年あるいは100年確率洪水にするためには、橋梁の架け替えあるいは左岸のアプローチ盛土に開口部を追加する。 パルマレ橋に関しては、左岸側に高架か連続カルバート橋を追加し、氾濫原の洪水流を流下させ、通年交通を確保する。

(3) 三角州におけるSEZによる洪水流への影響と三角州の洪水軽減機能の確保

課題	<ul style="list-style-type: none"> 三角州の埋め立てによるSEZ開発が行われる場合、三角州が本来有する遊水・遊砂機能を可能な限り確保した形での持続性に配慮したSEZ開発とすることが課題である。 少なくとも、ジブチ市と周辺域の洪水に対する安全性を確保するため、SEZ内に洪水流が流れるスペースをどのように確保するかが課題である。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> SEZに責任を持つ政府機関がSEZ開発に伴うリスクを認識し、三角州が本来有する遊水・遊砂機能を可能な限り確保した形での持続性に配慮したSEZ開発とすること、SEZ内に十分な水路幅を確保すること。

(4) 洪水氾濫域内及び右岸堤防周辺に居住する人々の安全度確保

課題	<ul style="list-style-type: none"> これらの人々の洪水に対する安全性を如何に確保するかが課題である。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> アンボリ川の洪水氾濫域に居住する人々を洪水に対して安全にするための最良の解決策は、これらの人々を洪水氾濫原から安全な場所に移転することである。同様に右岸堤防周辺に居住する人々を近くの安全な場所に移転する方がよい。 しかしながら、これらの人々を移転することはそれほど容易なことではない。そこで、これらの人々の早期の避難を行うために洪水警報を洪水の初期段階から発出する必要がある。 洪水警報アドバイスの発出を通じてこれらの人々に洪水の可能性に関する情報を提供するために、テレメータ水位観測システムを構築するとともに気象局（ANM）のテレメータ雨量データを活用する。

(5) アンボリ友好ダムの洪水貯留機能の確保

課題	<ul style="list-style-type: none"> 如何にしてアンボリ友好ダム貯水池の堆積土砂を減少させ同ダム/貯水池の洪水防御のための貯水容量を確保するかが課題である。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> アンボリ友好ダムへの土砂流入量を減少するために、貯水池エリアでの土砂の浚渫や掘削を行うべきである。 また、アンボリ友好ダムへの土砂流入を減少するために、トルコ DSI が提案しているような貯砂ダム（砂防ダム）をアンボリ友好ダムの直上流に建設する。

4.10.2 内水氾濫

ジブチ市の内水氾濫対策に関する課題と方向性を以下に記載する。

(1) 末端排水路の未整備による浸水の軽減

課題	<ul style="list-style-type: none"> 幹線排水路に接続される末端排水路が未整備のため、ごくわずかな降雨でも浸水が発生する可能性がある。現在の幹線排水路の能力は十分ではないものの、雨水の多くは幹線排水路に入る前にあふれて、幹線排水路に至っていない。 このため、衛生 MP（2018）によって提案された幹線排水路の改善が実施されたとしても、依然として局所的な浸水は発生する。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> WB の支援により、浸水常襲スポット改善のための調査が実施されており、その調査結果に従って対策を実施する。 道路整備に伴って、道路側溝等の末端排水路の整備を拡張する。

(2) アンボリ川に接続する排水路からの逆流による浸水の防止

課題	<ul style="list-style-type: none"> 現在、アンボリ川に接続する排水路の流出口には、逆流防止施設が設置されていないため、アンボリ川の水位が高い場合には、アンボリ川からの逆流が生じる 浸水モデルの結果から、逆流する水のボリュームは大きくはないものの、周辺の道路の浸水状況を悪化させていることを確認した。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> 排水路の流末にフラップゲート等の逆流防止施設を設置する。

(3) 適切な幹線排水施設整備

課題	<ul style="list-style-type: none"> 将来的には、適切な規模の幹線排水路を整備する必要がある。なぜなら、今後、末端排水路が整備されて雨水が幹線排水路に接続する場合、既存の排水路の容量が不十分であることが、衛生 MP (2018) やその他の同様の検討ですでに評価されているからである。 長期的な視点から、適切な幹線排水路システム整備のために、新たな都市開発計画と土地利用計画を踏まえた検討を行う必要がある。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> WB 支援による ONEAD の衛生 MP (2018) の見直しや AfDB による都市交通インフラ MP 策定支援が 2026 年までの予定で実施中であり、計画策定支援はすでに実施中である。計画に従って、着実に幹線排水路整備を進める。

(4) 非効率な雨水排水路の維持管理の改善

課題	<ul style="list-style-type: none"> 既存排水路で道路下の暗渠となっているものを清掃する際には、一旦道路を開削する必要があり、極めて非効率な維持管理状況である。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> 将来的に既存排水路の改修をする際に、O&M のしやすい構造に改修する。 例えば、排水路上面を道路として利用しない場合には、将来的には、できるだけ開水路を復活させたり、暗渠とする場合でも、適切な間隔で清掃時に開閉しやすい維持管理用の開口部を設ける等が考えられる。

(5) 浸水による健康被害の軽減

課題	<ul style="list-style-type: none"> 浸水時の汚染された水の拡散と長期間に渡る局所的な水たまりにより、浸水後に多くの人々がマラリアや下痢などの健康問題を抱えており、改善が必要である。
対策方向性	<ul style="list-style-type: none"> 浸水現象自体を軽減することに加え、浸水が生じて、汚水の拡散を最小化し、浸水後の滞留水を速やかに除去する等の対策を実施する。

第5章 支援ニーズ及び今後の協力案

本章では、まず、5.1 節において、前章までの検討結果をベースに、洪水リスク軽減のニーズとその支援ニーズを整理する。次いで、5.2 節では、支援ニーズを踏まえ、洪水リスク削減のために実施すべきと考えられるプロジェクト案を示す。

5.3 節では、JICA や他ドナーの実施中及び実施予定の支援を考慮し、5.2 節で示したプロジェクト案に基づき JICA が支援する場合の支援シナリオ案を提示する。

5.1 洪水リスク軽減に係る支援ニーズ

5.1.1 外水氾濫対策

(1) 課題への対処のニーズ

アンボリ川においては下流部右岸側堤防とアンボリ友好ダムによって、従来洪水氾濫リスクが大きかった下流部において洪水氾濫リスクはある程度小さくなっている。しかしながらより大きな洪水に関しては洪水氾濫リスクが残存しているため、今後それらへの対策が必要である。

4.10 節で示した課題への対処のニーズは以下のように整理される。

1) 河川改修を行う場合の制限要因を考慮した対策の必要性

既存のイタリア橋と JICA 無償資金協力で実施予定のパルマレ橋＋西側洗い越しの洪水疎通能力がアンボリ川下流部での河道疎通能力の制限要因となる。そのため下流部で河川改修を計画する場合も両地点の疎通能力を超えるような大幅な河川改修を行うことは難しいため、適切で実現可能な河川改修を検討する必要がある。

2) 洪水流の追加的貯留による洪水ピーク流量の低減の必要性

アンボリ川下流部の計画治水安全度を 50 年確率洪水とするか 100 年確率洪水とするかにもよるが、アンボリ友好ダムにより洪水ピーク流量を低減した条件下で、下流部の洪水流量の内、上記両橋梁と河川の疎通能力を超える流量については中上流域での追加のダムや下流部での新規の遊水地で洪水流を貯留し洪水ピーク流量を低減することを検討する必要がある。

3) 洪水流の一部が鉄道盛土の西側沿いに流下する問題への対策の必要性

小規模な洪水時においてもアンボリ川下流部のナガット周辺の低水路を容易に越流した洪水流はアンボリ川の河道氾濫原内を縦方向に斜め横断している鉄道盛土によって分派される。西側に分派された洪水流は鉄道盛土西側沿いの氾濫原を流れ、最下流部のパルマレ洗い越しに一部の洪水流が流出する形となり、比較的小さな洪水でも洗い越しを水流が流れ交通遮断を引き起こす。鉄道盛土西側を流れる氾濫流への対策が必要である。

4) 洪水リスクが非常に高いエリアでの土地利用管理の必要性

非常に洪水リスクの高いアンボリ川下流部の氾濫原や洪水リスクの高い右岸堤防周辺には多くの住民が居住している。これらの人々の洪水に対する安全性を確保するために、氾濫原や堤防上の居住禁止や洪水に対して安全な場所でできるだけ現在の場所と近接した場所への住民移転を含む土地利用管理も重要であり、その計画と実施に関する検討が必要である。

5) 水文観測システム構築の必要性

洪水氾濫の解析と洪水リスク管理計画の策定精度の向上および洪水予警報の強化のため、気象・水文観測システム(無線ないし SMS テレメータ観測システム)の整備と観測の実施が不可欠である。気象観測は JICA による技プロが 2025 年から実施予定である。一方、水文(河川水位)観測は現状で全く行われていない状況であり、観測システムの構築から始める必要がある。

6) アンボリ友好ダムの土砂流入対策の必要性

アンボリ友好ダムは 2019 年に運用が開始された。運用後 5 年間の流入土砂量は当初計画の 4.3 倍と大きな量である。同ダム貯水池の洪水調節容量を維持することは極めて重要であり、土砂対策のため貯水池内あるいは貯水池流入部での土砂浚渫・掘削を行う必要性と、同ダム上流地点に土砂貯めダム(砂防ダム)を建設する必要性が高い。

7) 洪水リスク管理マスタープランの必要性

上記 1)~6)を考慮して、アンボリ川流域全体をカバーし特に下流部での洪水リスク管理に焦点を当てた洪水リスク管理マスタープランの策定をし、様々なメニューを提示し、実施方式を含むロードマップを策定する必要がある。同マスタープランは洪水貯留施設に関し可能な範囲での水資源への利用も含む必要がある。

(2) ドナー支援のニーズ

いずれの対策に関してもジブチ国政府が独自に計画し実施した経験が無いため、ドナーによる支援が不可欠と考えられる。

近年のドナーの支援は以下に示すものに限定され、調査した範囲では今後の具体的な支援計画についても存在しない状態である。

- トルコ DSI による新規ダム Pre-FS
- WMO/UNDRR 支援の CREWS による気象水文観測強化プロジェクト(C/P は ANM と CERD)

5.1.2 内水氾濫対策

(1) 課題への対処のニーズ

雨水排水施設の整備、特に末端排水路の整備はほとんどできておらず、わずかな雨でも頻繁に浸水が発生し、交通障害、家財の損失、健康被害をもたらしている。都市機能の確保という観点からも、こうした頻発する浸水は緊急に改善されなければならない。

4.10 節で示した課題への対処のニーズは以下のように整理される。

1) わずかな降雨でも浸水が生じる浸水常襲スポットの構造物対策による改善の必要性

道路側溝等の末端排水路の未整備、土地開発等に伴う既存排水路の閉塞、地形的な窪みの存在により、わずかな雨でも浸水が生じる浸水常襲スポットが存在し、関係機関もそれを認識している。

WB の支援により、そうした浸水常襲スポット改善のための調査が実施され、優先箇所については、WB が中心となって事業実施予定である。しかしながら、その他の箇所については事業実施のめどがたっておらず、事業実施のための資金援助が求められている。

2) アンボリ川に接続する排水路の逆流防止施設の必要性

アンボリ川の水位が上昇すると、アンボリ川に接続する排水路から堤内地への逆流が発生し、内水氾濫を助長している。排水路の流末にフラップゲート等の逆流防止施設を設置することにより、逆流を防ぐ必要がある。

3) 将来の都市開発を踏まえた適切な幹線排水施設整備の必要性

末端排水路の未整備等により現状では多くの雨水は幹線排水路に至らないため、既存幹線排水路の容量は見かけ上十分である場合でも、衛生 MP（2018）における調査結果から、将来的に末端排水路が整備された段階では、幹線排水路のピーク流量が増加して、容量不足となる可能性が高い。ジブチ市では、現在、都市開発 MP を改定中であり、これを踏まえて、適切な幹線排水路の整備計画を策定し、少しずつでも整備を行っていく必要がある。

WB 支援による ONEAD の衛生 MP（2018）の見直しや AfDB による都市交通インフラ MP 策定支援が 2026 年までの予定で実施中であり、計画策定支援はすでに実施されている。

4) 雨水排水施設の O&M を考慮した改善の必要性

既存排水路で道路下の暗渠となっているものを清掃する際には、一旦道路を開削する必要があり、極めて非効率な維持管理状況である。将来的には、これを改善するために、既存排水路の改修をする際に、O&M のしやすい構造に改修する必要がある。

WB 支援による ONEAD の衛生 MP（2018）の見直しや AfDB による都市交通インフラ MP 策定支援のなかで、この点についても検討されることが期待される。

5) 浸水による健康被害軽減対策の必要性

浸水発生後に多くの人々がマラリアや下痢などの健康問題を抱えている。浸水による健康被害軽減のためには、浸水現象自体を軽減することに加え、浸水が生じて、汚水の拡散を最小化し、浸水後の滞留水を速やかに除去する等の対策を実施することも必要である。

(2) ドナー支援のニーズ

雨水排水施設に責任を有する ONEAD は、現状、下水整備で手いっぱい、雨水排水改善事業の予算確保は困難であり、ドナーの支援が必要であると考えられる。

ジブチ市の雨水排水対策への各ドナーの支援は近年重層的な様相を呈している。2018年に策定された衛生MPの雨水排水計画の実施は全く進んでいないものの、雨水排水に責任を有するONEADのみならず、都市計画、都市再開発を所掌するDATUH、ARULoSや道路整備を所掌するADRをC/Pとする調査計画においても、ドナーの支援によって雨水排水の改善が検討されている。

5.2 推奨される洪水リスク軽減対策事業

5.2.1 外水氾濫対策

(1) アンボリ川流域の洪水リスク管理マスタープランおよびプレ・フィージビリティ調査

アンボリ川流域、特に下流域に焦点を当てた洪水リスク管理計画マスタープランおよび優先プロジェクトに対するプレ・フィージビリティ調査を行うことを推奨する。策定されるマスタープランは対象流域の洪水リスクの削減・管理のための全体像と実施へのロードマップとなる。

アンボリ川に対する洪水対策を含む洪水リスク管理を検討するための予備検討レベルの考え方を以下に述べる。詳細については洪水リスク管理計画を本格的に調査・策定する際に再度検討する必要がある。

1) 保全対象地域

ジブチ市の公共施設と資産は主にアンボリ川下流部、特にナガット地点のバルバラ洗い越しより下流に位置する。三角州における近い将来のSEZも洪水に対して安全である必要がある。従って、保全対象地域はアンボリ川本川と左支川との合流点より下流、特にナガット地点のバルバラ洗い越しより下流から河口までの区間と三角州における近い将来のSEZのエリアを含む地域とする。

2) 目標治水安全度

ジブチ市は首都として重要であることを考慮し、アンボリ川の洪水に対するジブチ市と周辺地域の治水安全度は100年確率洪水と設定することが望ましい。あるいは少なくとも50年確率洪水とする⁶⁶。

3) 構造物対策

a) 低水路の疎通能力の確保

アンボリ川のナガットより下流では低水路の周辺に氾濫原（高水敷）を有する広い河道となっているが、低水路の疎通能力は極めて小さい。このため小洪水でも低水路を頻繁に越流し、洪水流の一部は鉄道盛土の西側氾濫原に沿って流下し、イタリア橋やパルマレ洗い越し付近の鉄道盛土開口部から盛土東側の氾濫原に流出する形となる。これによってパルマレ洗い越し地点では近い将来に橋梁がアンボリ川の低水路部分に建設されても、西側の洗い越しを頻繁に氾濫流が流れることとなり、交通遮断等の被害を引き起こす可能性がある。よって、低水路の疎通能力を向上させ、低

⁶⁶ 気候変動予測によると、現在気候の100年確率規模の短期降雨は、気候変動ありの場合に60年確率規模程度になる可能性があるとしてされている。この点を踏まえて、計画流量は、現在気候の100年確率流量もしくは気候変動ありの50年確率流量とする（両者はほぼ等しくなる）ことも考えられる。

水路を越水する頻度を少なくするよう河川改修を行う必要がある（例：アンボリ友好ダムや追加の貯留施設がある条件下で低水路満杯で 5～10 年確率洪水の疎通能力を持たせるよう低水路を改修する）。また、氾濫原に水流が流れる頻度が少なくなることで氾濫原内の住民や農業等への洪水被害を軽減することができる。

b) 洪水ピーク流量の低減

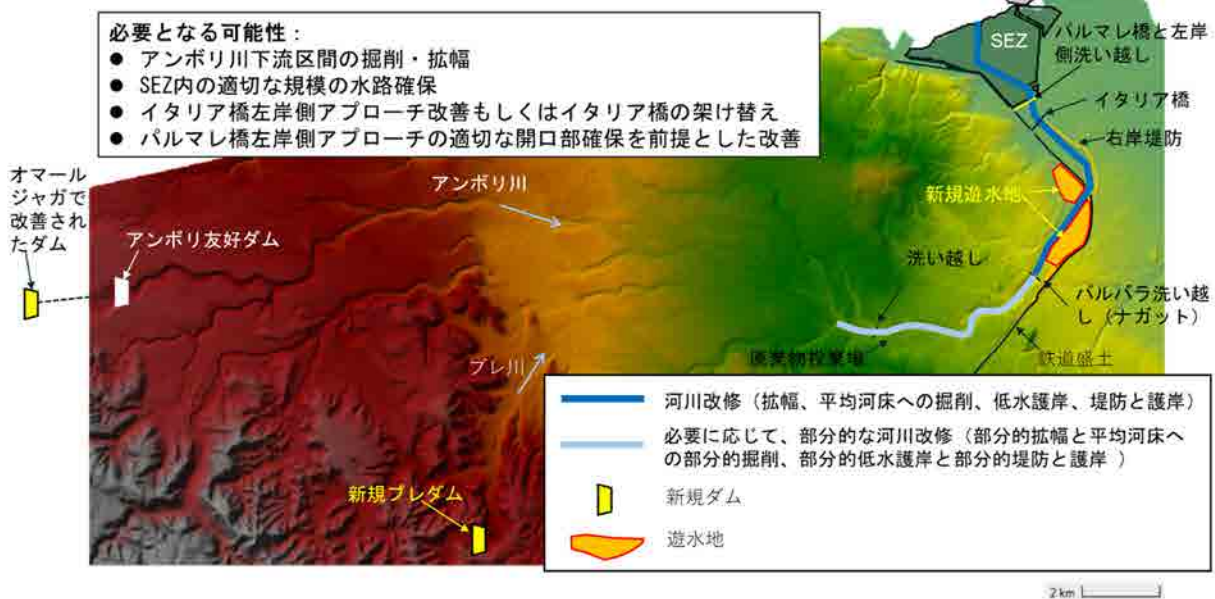
イタリア橋、パルマレ橋梁+西側洗い越し、近い将来の SEZ の疎通能力の限界を考慮し、アンボリ川下流部での洪水流量を既存のアンボリ友好ダム、新規に追加するアンボリ川上流でのダム（オマールジャガにおいてトルコの提案のものより表流水の貯留や農業開発ポテンシャルを考慮し修正されたダム）や支川のブレ川の新規ダムおよび下流部での遊水地によってできるだけ低減することを検討することを提案する。DSI によるとブレ川の新規ダムは 500 年確率流量を全量貯水する提案となっている。遊水地については貯水容量が 2～3MCM 程度であるため、洪水ピーク流量をカットするような運用を行うことが効果的である。

また、洪水流のダムや遊水地での貯留水を地下水涵養や周辺の農業等に利用することや、アンボリ友好ダムの水位を低下させる際にダムの放流管から流出する水量（約 10 m³/s）を下流の遊水地に利水容量を設けて貯留し、周辺の農業、園芸、ジブチ市内の緑化等へ利用するニーズはあるため、貯留水の表流水資源としての活用も検討する価値がある。

c) 想定される構造物対策

以上を踏まえ、想定される構造物対策を図 5.2.1 に示す。

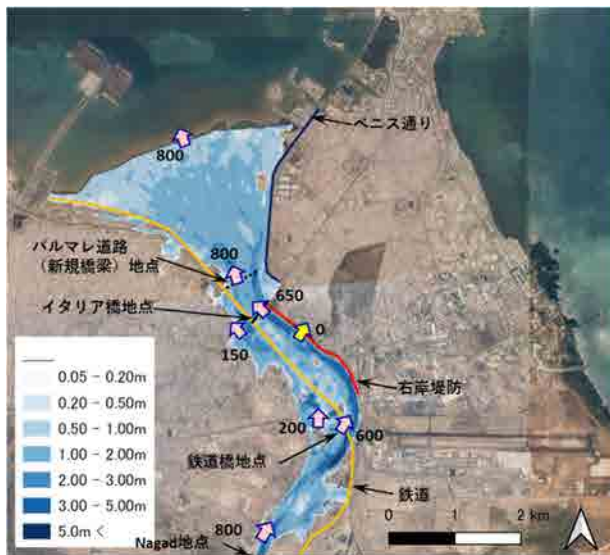
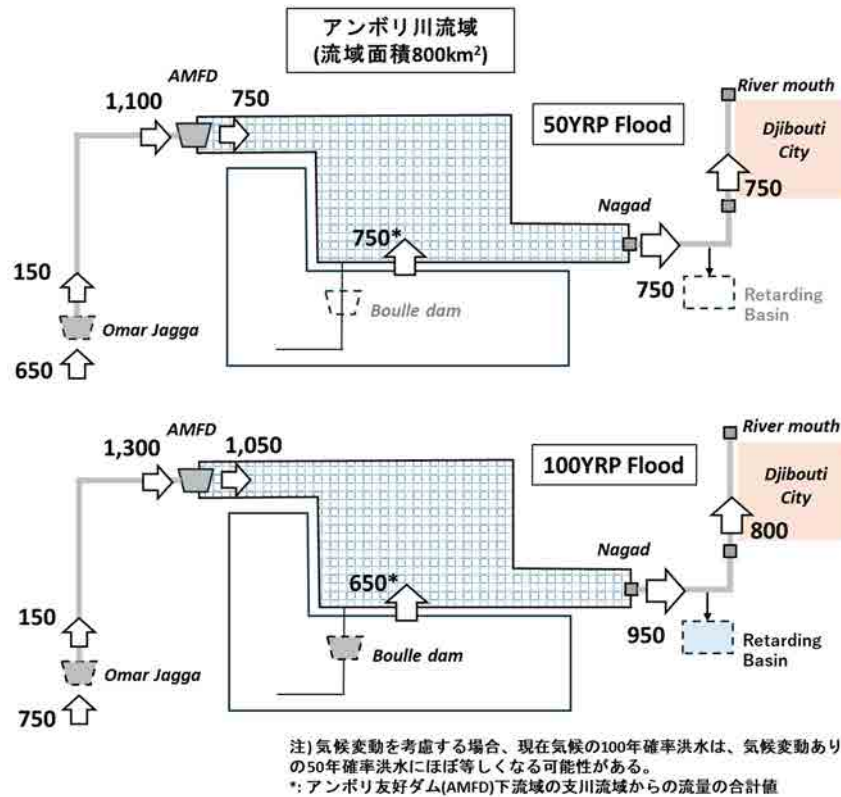
アンボリ川の洪水軽減コンセプト：
河川改修+新規ダムと遊水地の幾つかの組み合わせ



出典：JICA 調査団

図 5.2.1 想定される構造物対策

ダム及び遊水地の組合わせ代替案は、マスタープラン策定の中で詳細を議論する必要があるが、50年確率、100年確率対応の場合のそれぞれに仮設定したダム、遊水地による流量配分、ナガットより下流部での氾濫状況を図 5.2.2 に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.2.2 50年確率、100年確率対応の場合のそれぞれに仮設定したダム、遊水地による流量配分及びナガットより下流部での氾濫状況

4) 非構造物対策

a) 洪水リスクの非常に高いエリアに居住する住民の移転

アンボリ川最下流部左岸側の氾濫原や右岸側の世銀堤防沿いには多くの人々が居住している。これらの人々は非常に高い洪水リスクにさらされているため、住民を洪水から安全な場所へ移すことが望ましい。なお、氾濫原に居住する人々の多くは不法移民者である可能性があるため、警察とも連携して避難民登録を促し適切に対応する必要がある。

b) リアルタイム水文（河川水位）観測システムの構築とアンボリ友好ダムの運用や洪水警報への活用とアンボリ川流域の洪水リスク管理計画調査（マスタープラン調査）への活用

アンボリ川沿いの洪水ハイドログラフを観測するための SMS テレメータ水位観測所（2カ所）はかつて存在したが、現在は機器が壊れて稼働していない。そのため、ANM による降雨データに加えてアンボリ友好ダム上流と貯水池内の洪水ハイドログラフや下流区間への洪水ハイドログラフを観測するためのリアルタイムテレメータ（無線ないし Short Message Service: SMS による）水位観測所を設置し、リアルタイムで農業・水・漁業・水産資源省（MAEPE-RH）や関係機関がデータを受信できればアンボリ友好ダムの適切な運用と、超過洪水を含む河川内と周辺の住民への警報の発出および警察による洗い越しの通行禁止などを適切に行うことに役立つ。さらに蓄積された水位データは気象・降雨データと共にアンボリ川流域の洪水リスク管理計画（マスタープラン）の策定において洪水解析精度と計画策定精度を向上させるために活用できる。このため上記テレメータ水位観測所の設置を早期に行うことを推奨する。なお、河川・ダム貯水池監視カメラを活用することも有効であると考えられる。

図 5.2.3 に、新規テレメータ水位観測所の候補地点を示す。同候補地点の検討は本調査団とアンボリ友好ダムと洪水警報の責任者である MAEPE-RH 大規模工事局の局長とともにアンボリ川上流、中流、下流において候補地点を踏査した結果に基づく推奨案である。



出典：JICA 調査団

図 5.2.3 新規テレメータ水位観測所の候補地点

5) その他

a) アンボリ友好ダム貯水池内の浚渫および流入土砂量の削減

アンボリ友好ダムには 2019 年の運用開始以来 2024 年までの 5 年間で、当初計画していた土砂量の 4.3 倍の土砂が既に貯水池内に堆積している。これは実際のダム上流域からの同ダムへの土砂流入量が当初計画より大幅に大きいことが原因である。そのため、トルコ DSI が 2024 年の Pre-FS 調査で提案しているようなアンボリ友好ダムの直上流に貯砂ダム（砂防ダム）を建設し、アンボリ友好ダムへの土砂流入量を減少することが望ましい。加えて、アンボリ友好ダムの堆砂量の減少と土砂流入量を減少させるために同貯水池内や貯水池最上流部での堆積土砂の浚渫・掘削を行うことを推奨する。

b) アンボリ川流域における山地から海岸部に至る土砂バランス検討と土砂管理に係る提言

流域全体の土砂生産量、中流部における自然遊砂地の効果の検討を行い、保全等の管理方針について提言する。さらに、三角州における SEZ の開発が土砂バランスに及ぼす影響を検討し、土砂バランスの変化による海岸及び近接する港湾施設への悪影響を最小化する方策について提言する。

6) マスタープランを構成する想定事業

以上より、マスタープランを構成する想定事業を以下にリストアップする。

構造物対策

- S1 下流区間の河川改修：アンボリ川本川と右支川との合流点より下流、特にナガット地点のバルバラ洗い越しより下流から河口までの区間
- S2 ダム：アンボリ友好ダム（AMFD）、アンボリ川上流部のオマールジャガ（利水を主目的とし洪水調整効果も期待する多目的ダム）、ブレ川（洪水対策専用ダム）の追加ダム
- S3 遊水地：下流区間（洪水対策を主目的とし利水も考慮した多目的遊水地）

非構造物対策

- N1 河川区域の管理：河川区域を設定し、家屋や構造物設置、農業活動等の規制・管理
- N2 高洪水リスクエリアの土地利用管理：建築規制、農業活用許可等の土地利用管理
- N3 洪水モニタリング強化：洪水リスク管理のためのテレメータ付き水文（河川水位）観測、AMFD の運用、洪水予警報への活用

その他対策

- O1 AMFD の維持管理：ダム貯水池の堆砂除去
- O2 流入土砂軽減：AMFD 上流部の貯砂ダム（チェック（砂防）ダム）、アンボリ川本川と支川合流地点上流部の遊砂地
- O3 土砂管理計画
- O4 洪水リスク管理のための組織制度強化

(2) マスタープランを構成する想定事業の予備的評価

マスタープランを構成する想定事業のうち、マスタープランの検討によらずとも、必ず必要となる事業については、マスタープラン策定に先行、もしくは並行して実施可能である。その観点から、マスタープランを構成する想定事業の予備的評価を行った。

表 5.2.1 に予備的評価結果を示す。N3: 洪水モニタリング強化、O1: AMFD の維持管理については、マスタープラン策定に先行、もしくは並行して実施可能であると判断される。

表 5.2.1 マスタープランを構成する想定事業の予備的評価

	想定事業	現状	MP の必要性	緊急事業としての実施優先度
S1	下流区間の河川改修	既存構造物の制約条件を踏まえた最大河川分担流量が予備的に推定されている。	MP において、河道分担流量に関するさらなる検討を行い、必要な河川改修を見出すことを推奨。	中 詳細は MP による
S2-1	ダム Axis-3 (オマールジャガ)	Pre-FS 実施済。	多目的ダムとしてのさらなる検討を推奨。	詳細は MP による
S2-2	ダム Axis-4 (ブレ川)	Pre-FS 実施済。	効果と必要性は MP を通じて確認される。	詳細は MP による
S2-3	ダム Axis-5 (ブレ川)	Pre-FS 実施済。	効果と必要性は MP を通じて確認される。	詳細は MP による
S3	遊水地	概念計画のみ。	遊水地は下流区間上側に位置するため、下流区間に直接ある程度の洪水ピーク低減効果はある。MP による検討が必要。	中 詳細は MP による
N1	河川区域の管理	該当なし。	MP 策定を通じて議論されるべき。	詳細は MP による
N2	高洪水リスクエリアの土地利用管理	該当なし。	MP 策定を通じて議論されるべき。	詳細は MP による
N3	洪水モニタリング強化	優先観測箇所が予備的に抽出されている。	MP 策定前に実施可能。	高
O1	AMFD の維持管理	必要性が確認されている。	MP 策定前に実施可能。	高
O2	流入土砂軽減	Pre-FS 実施済。	効果と必要性は MP を通じて確認される。	詳細は MP による
O3	土砂管理計画	該当なし。	MP 策定を通じて議論されるべき。	詳細は MP による
O4	洪水リスク管理のための組織精度強化	該当なし。	MP 策定を通じて議論されるべき。	詳細は MP による

出典：JICA 調査団

(3) MP 策定および Pre-FS と並行しての実施が推奨される対策事業

MP の想定コンポーネントの予備評価を考慮すると、MP 策定および Pre-FS と並行して、以下に示すプロジェクトの実施も推奨される。

1) アンボリ友好ダムの運用、洪水警報及び計画基礎情報蓄積のための水文モニタリングの強化（能力強化プロジェクト）

- アンボリ川で必要なリアルタイム水文モニタリングシステム（水位）を調査し、提案する。
- 提案された水文観測所を設置し、プロジェクト期間中に運用を開始および継続する。
- 洪水警報水位の準備と早期避難および関連行動のアドバイスを支援する。
- ダムと遊水地の管理を支援する（必要な場合）。

2) アンボリ友好ダムの貯水池の浚渫・掘削機材の供与

- アンボリ友好ダムの貯水池流入部及び貯水池内の堆積物の浚渫・掘削に必要な機器の調査
- 入札請負業者
- 実施（機器の調達および機器のテスト操作）および MAEPE-RH への引き渡し。
- アンボリ友好ダムの貯水池流入部及び貯水池内の堆積物の浚渫・掘削実施の能力強化及び定期的なフォローアップ

3) MAEPE-RH への洪水リスク管理専門家の継続派遣

- 推奨プロジェクト（ある場合）を含む洪水リスク管理強化のために MAEPE-RH を支援する。

5.2.2 内水氾濫対策

(1) 浸水常襲スポット改善事業の推進

WB 支援による浸水常襲スポット改善調査（2024）の優先事業の中で、資金援助のめどが立っていない事業の実施を推進することが推奨される。

対象としては、以下の理由により、ヘロン地区の浸水改善が考えられる（図 5.2.4 参照）。

- 現状で、資金援助のめどがたっていない。
- 他地区とは地形的に独立しており、雨水排水もこの地区内のみで考えればよい。

WB の優先事業自体は、百万 US\$ の事業規模であるが、中長期的な視点でヘロン地区全体の改善事業とするオプションも考えられる。



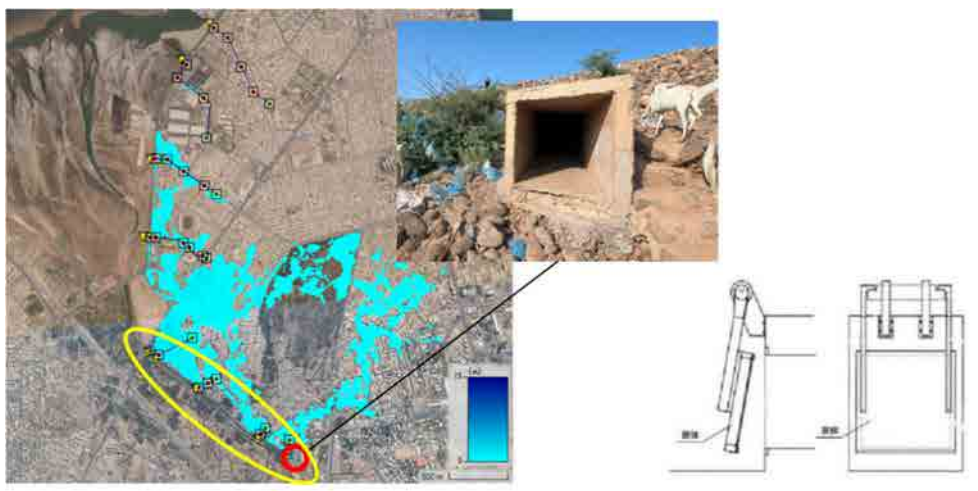
出典：WB, MVUH (2024)

図 5.2.4 浸水常襲スポット改善事業への資金援助の候補地区

(2) アンボリ川接続排水路のフラップゲート設置

アンボリ川に接続する排水路の流末にフラップゲートを設置することを推奨する。

現状で排水路自体の改善が不要と考えられるイタリア橋上流部の右岸堤防周辺に流末がある排水路5か所への設置が考えられる（図 5.2.5 参照）。



出典：JICA 調査団

図 5.2.5 アンボリ川接続排水路のフラップゲート設置

(3) 浸水による健康被害軽減対策事業

ジブチ市の下水処理の将来計画としては、ジブチ市中心部については、100%の下水道整備となっている。将来的に、下水道施設が完備すれば、浸水発生時の汚水の拡散は最小化されるものと期待される。

しかしながら、現状では、下水道整備は人口増加もあってなかなか進んでおらず、ジブチ市中心部の多くの地区でセプティックタンクによる各戸処理を行っている。洪水実態インタビュー調査によると、浸水発生時にセプティックタンクからの逆流が生じているとの報告もあった。さらには、浸水後に、道路のくぼみ部に汚水が混じった水が滞留し、蚊の発生とそれを媒体とするマラリア等の発生も報告されている。

これらの改善のために、浸水後の汚水混じりの滞留水を回収する汚泥吸引車等の機材供与、収集した汚水を一時貯留・殺菌処理する施設の建設（汚泥処理施設と共有、あるいは既存の下水処理施設に接続など）が考えられる。

(4) 将来の都市開発を踏まえた都市インフラ整備事業の推進

WB 支援による ONEAD の衛生 MP（2018）の見直しや AfDB による都市交通インフラ MP 策定支援により、将来の都市開発を踏まえた雨水排水施設整備を含む都市インフラ整備事業が提案されることが期待される。これらの調査・計画に基づいて各ドナーが実施支援する優先事業に加え、さらなる事業実施の推進が推奨される。

5.3 JICA による協力案の提案

5.3.1 外水氾濫対策

5.2.1 節に記載したアンボリ川の外水氾濫対策事業の中から、以下を JICA による協力案として提案する。

(1) テレメータ水文（河川水位）観測システムの構築への資金援助及び能力強化

アンボリ川下流（新規提案）の本川と支川の合流後と合流前、中流のアンボリ友好ダム貯水池地点（既存の SATREPS の SMS テレメータ水位観測所）、上流（新規提案）の 4 カ所の内上流と下流の 2 カ所の合計 3 カ所に無線ないし SMS テレメータ水位観測所（マニュアル式量水標、テレメータ式の超音波ないしレーダー水位計あるいは圧力式水位計の併用、河川・ダム貯水池監視カメラの活用）を設置するための資金援助とそれに伴う能力強化（専門家派遣と併用もしくは無償資金協力の場合のソフトコンポーネント活用）を行うことを提案する。

SATREPS のアンボリ友好ダム貯水池の水位データは既に MAEPE-RH 大規模工事局もインターネット上で見ることができる⁶⁷。これに加えて新規 3 カ所のリアルタイム水位データも MAEPE-RH 大規模工事局で受信できるようにし、アンボリ友好ダムの運用や洪水警報へ活用する。また、蓄積された水位データはアンボリ川流域の将来の洪水リスク管理計画調査（マスタープラン調査）において活用できる。

事業費は、観測機材供与・設置のみ（調査設計費除く）の場合は機材構成しだいで数百～2 千万円程度であり、調査設計・能力強化活動等に係る経費を含めると合計 5 千万円程度のオーダーと想定される。

(2) アンボリ友好ダム/貯水池内の堆積土砂の浚渫・掘削機材供与及び能力強化

アンボリ友好ダム貯水池の土砂対策は同ダム貯水池の洪水調節容量を維持するために重要である。そのため当面の対策として同貯水池内での堆積土砂の浚渫や貯水池上流端で土砂を掘削し土捨て場に運搬するための機材を供与し、供与後一定期間の能力強化と運用をフォロー（専門家派遣と併用もしくは無償資金協力の場合のソフトコンポーネント活用）することを提案する。

さらに、上記アンボリ友好ダムの浚渫、掘削、運搬機材と合わせて上記（1）のテレメータ河川水位観測システムを導入すると、アンボリ友好ダムの効果的な運用に資する。支援スキームとしては、（1）、（2）を併せて、機材供与無償資金協力とすることが考えられる。

(3) 洪水リスク管理計画策定能力及び河川・ダム管理能力強化プロジェクト

アンボリ川流域には、水資源管理（WRM）を考慮した洪水リスク管理（FRM）マスタープランは存在しておらず、マスタープランの策定とそれに基づく洪水リスク軽減対策の実施、河川・ダム管理を含む洪水リスク管理の実践が必要となっている。

⁶⁷ 現時点では、SATREPS による管理下であり管理責任はジブチ大学にある。SATREPS 完了後の機材の管理状況によっては、アンボリ友好ダムにも MAEPE-RH 大規模工事局が直接管理できる計測器を設置することも考えられる。

MAEPE-RH が河川の洪水対策やアンボリ川流域を含む河川流域での水資源開発・管理の責任機関である。これに関連して、現在、MAEPE-RH はアンボリ友好ダムを運用しており、関係機関に洪水状況に関する情報を発信している。

河川管理（特にアンボリ川の下流区間）は、アンボリ川下流区間の疎通能力を維持し、さらにアンボリ本川と支川の中流部と最下流の三角州における洪水と土砂に対する遊水機能および遊砂機能を維持するという観点から、マスタープランに基づいてこれらの適切な管理を実践することは、非常に重要である。

以上を考慮し、MAEPE-RH を主たる C/P とし、洪水リスク管理マスタープラン策定と優先プロジェクトに対する Pre-FS の実施を通じ、洪水リスク管理計画策定能力の強化を図るとともに、マスタープランを踏まえた河川・ダム管理を実践するための能力強化プロジェクトを提案する。

支援スキームとしては、C/P のオーナーシップ醸成を優先し、技術協力プロジェクトとすることを推奨する。

計画策定能力強化に関する活動においては、下流区間の河川改修、ダムや遊水地のような洪水貯留施設からなる構造物対策や、河川沿いの氾濫原エリアや世銀堤防上のような非常に洪水リスクが高いエリアに対する土地利用管理、テレメータ水文（水位）観測システムの構築と降雨データや気象データの活用を含む早期洪水警報の強化が検討される。加えて、マスタープランにはダムや遊水地に貯留する表流水を水利用のための水資源として活用すること、洪水リスク管理と関連する水資源管理のための組織制度の強化を含む。

さらに、利害関係者を巻き込みながら参加型プロセスのもとで、プロジェクトを支援するコンサルタントチームと MAEPE-RH のスタッフが協力してマスタープランを策定する。これらの活動によって関係者との関係性を強化することは、河川・ダム管理能力の強化にも資する。

(4) マスタープランで抽出された優先事業実施の資金援助

(3) で抽出された優先事業を実施するための資金援助を提案する。マスタープランの内容次第ではあるが、以下のような事業への支援が考えられる。支援スキームとしては、無償資金協力が想定される。

- 河川改修及び遊水地建設事業
アンボリ川下流部の河川改修を行い、河道分担流量の疎通能力を有する河道を整備する。併せて、遊水地の整備を行い、下流河道の負担流量の軽減を図る。
- オマールジャガ多目的開発事業
水資源開発を主目的とし洪水流量軽減にも資する多目的開発事業として実施する。

(5) パルマレ橋西側洗い越しの改善事業の資金援助

パルマレ橋西側洗い越しは、洗い越し部分の越流が現在よりも頻度は少なくなるが、越流が発生する可能性が高く、その際は交通遮断を余儀なくされることが予想される。パルマレ道路での通年交通を確保するための改善事業への資金援助を提案する。支援スキームとしては、無償資金協力が想定される。

西側部分を現在の洗い越しの水流から変わらないような連続橋梁（高架ないし連続カルバート橋）とすることで、現在と比較してSEZ側への負のインパクトを生じない構造とすることを考慮する。

5.3.2 内水氾濫対策

5.2.2 節に記載したジブチ市の内水氾濫対策事業の中から、以下を JICA による協力案として提案する。

(1) 浸水常襲スポット改善事業への資金援助

WB 支援による浸水常襲スポット改善調査（2024）の優先事業の中で、資金援助のめどが立っていない事業の実施への資金援助を提案する。支援スキームとしては、無償資金協力が想定される。

資金援助のめどがたっていないことに加え、他地区とは地形的に独立しており、雨水排水施設も地区内のみで考えればよいことから、対象事業としては、ヘロン地区の浸水改善が考えられる。WB の優先事業自体は、1.5 億円程度の事業規模であるが、中長期的な視点でヘロン地区全体の改善事業とするオプションも考えられる。

無償資金協力を行う場合に必要な調査項目としては、以下が挙げられる。

- WB 調査成果のレビュー
- 開発計画、土地利用計画の確認
- 下水道整備計画の確認と整合性確認
- 無償資金協力事業の適切な事業規模と事業内容の設定
- 施設概略設計
- 積算
- 維持管理計画の検討

(2) アンボリ川接続排水路のフラップゲート設置に対する資金援助

アンボリ川に接続する排水路の流末にフラップゲート設置に対する資金援助を提案する。現状で排水路自体の改善が不要と考えられるイタリア橋上流部の右岸堤防周辺に流末がある排水路 5 か所への設置が考えられる。事業費は、数千万円から 1 億円以下と想定され、比較的な小規模な支援として実施できるスキームの適用が考えられる。

(3) 浸水による健康被害軽減対策事業の形成と資金援助

浸水による健康被害軽減のために、浸水後の汚水混じりの滞留水を回収する汚泥吸引車等の機材供与、収集した汚水を一時貯留・殺菌処理する施設の建設（汚泥処理施設と共有、あるいは既存の下水処理施設に接続など）が考えられる。

本調査では、詳細な実態把握まではできていないため、この件に特化した情報収集・確認調査を行って、支援方針を固めたうえで、機材供与無償資金協力等の支援を行うことが考えられる。また、JICA 海外協力隊による関連した生活廃水方法の改善等の活動を行うことも考えられる。

(4) 将来の都市開発を踏まえた雨水排水施設整備事業への資金援助

2026年をめぐり、WB支援によるONEADの衛生MP(2018)の見直しやAfDBによる都市交通インフラMP策定支援により、将来の都市開発を踏まえた雨水排水施設整備を含む都市インフラ整備事業が提案される予定である。これらの調査・計画に基づく、JICAの支援可能性を調査するために、雨水排水、道路を含む都市インフラ整備に係る情報収集・確認調査を行って、支援方針を固めたうえで、優先事業に対して無償資金協力による資金援助を行うことが考えられる。

5.3.3 JICAによる支援シナリオ

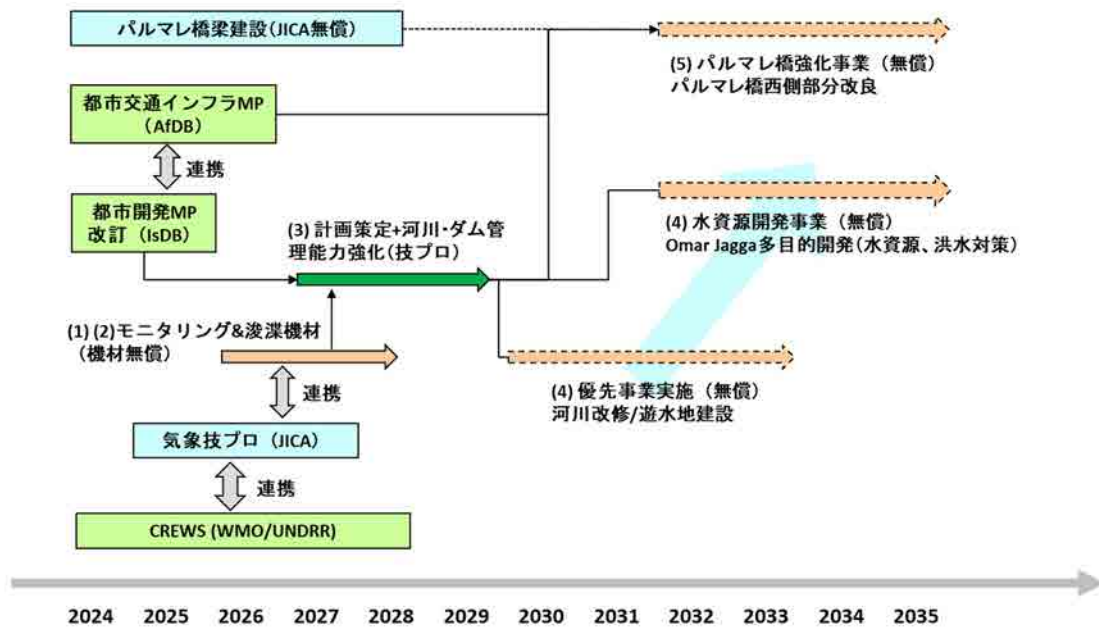
5.3.1、5.3.2で提案した支援は多岐にわたり、すべてをすぐに実施できるものではない。これらの支援を、JICAや他ドナーの実施中及び実施予定の支援を考慮しつつ、ステップ・バイ・ステップで、今後10年程度の時間スケールで実施する支援シナリオ案を図5.3.1~5.3.3に示す。

外水氾濫対策について、早期の機材供与無償資金協力の実施や能力強化プロジェクトの実施が困難な場合も含めた代替案として、以下の3つのシナリオを示す。

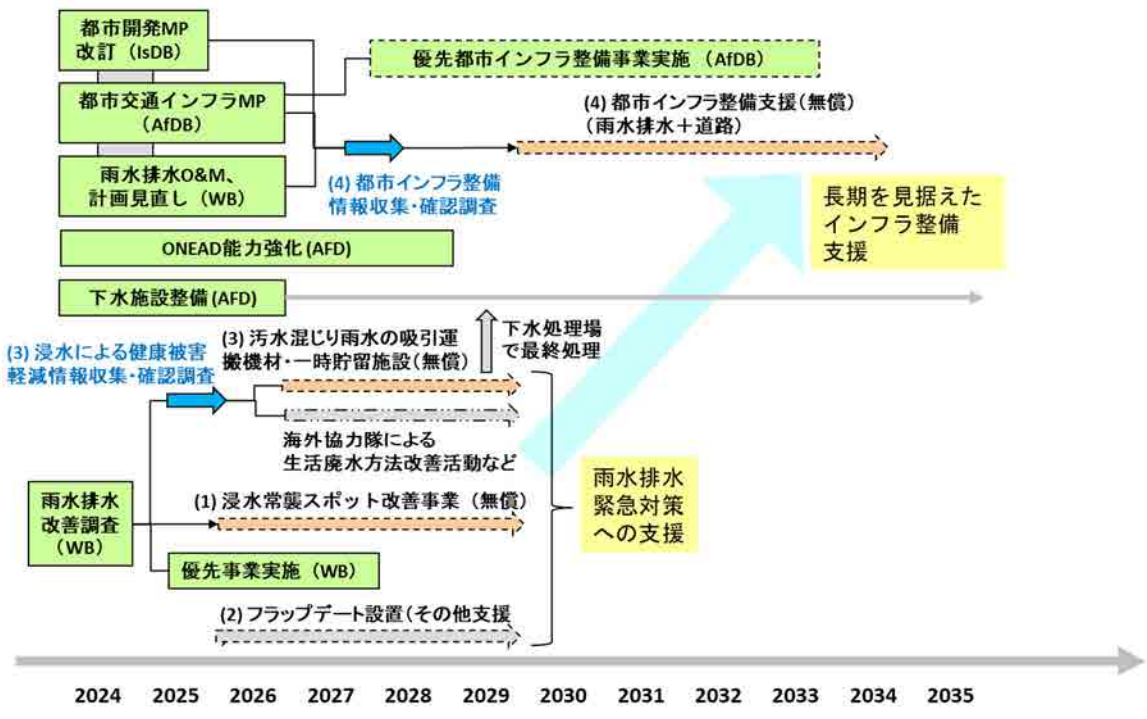
- シナリオ①： 機材無償（水文観測機材、貯水池浚渫・掘削機材）先行＋技プロ（計画策定＋河川・ダム管理能力強化）＋構造物対策の事業実施支援
- シナリオ②： 専門家派遣/洪水モニタリング先行＋技プロ（計画策定＋河川・ダム管理能力強化）＋構造物対策の事業実施支援
- シナリオ③： 機材無償（水文観測機材、貯水池浚渫・掘削機材）＋専門家派遣（断続的）＋構造物対策の事業実施支援

この中で、シナリオ①が最も効果的と考えるが、種々の制約条件の中での支援ということ踏まえ、シナリオ②、③も候補として提示する。なお、内水氾濫対策については、1つのシナリオに固定して示す。

JICAによる支援シナリオ案（外水氾濫対策）① 機材無償先行+技プロ（計画策定+河川・ダム管理能力強化）+事業実施支援



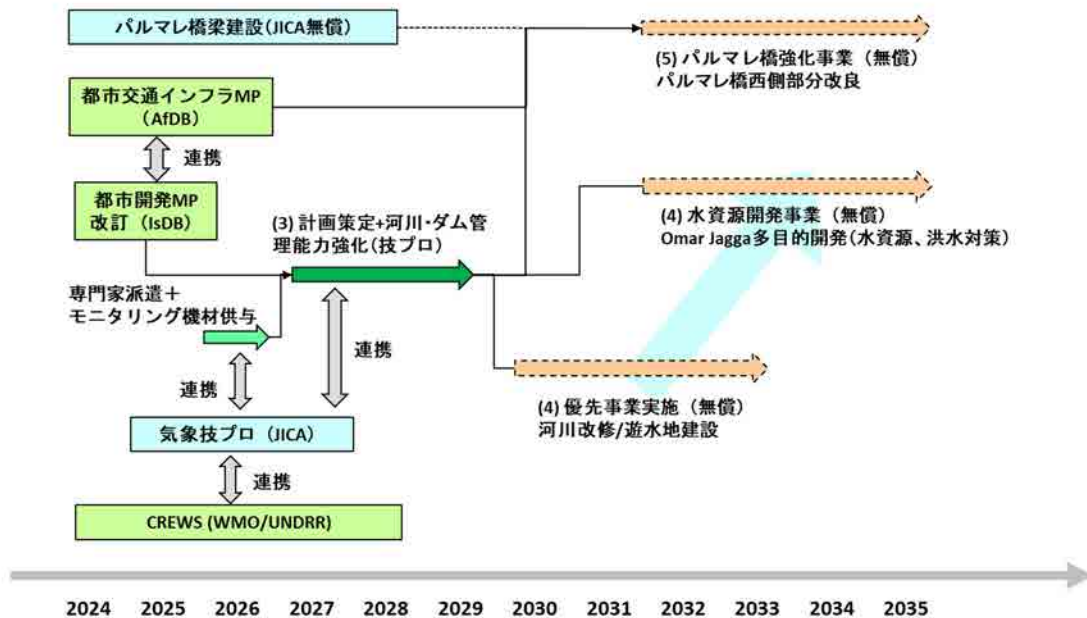
JICAによる支援シナリオ案（内水氾濫対策）



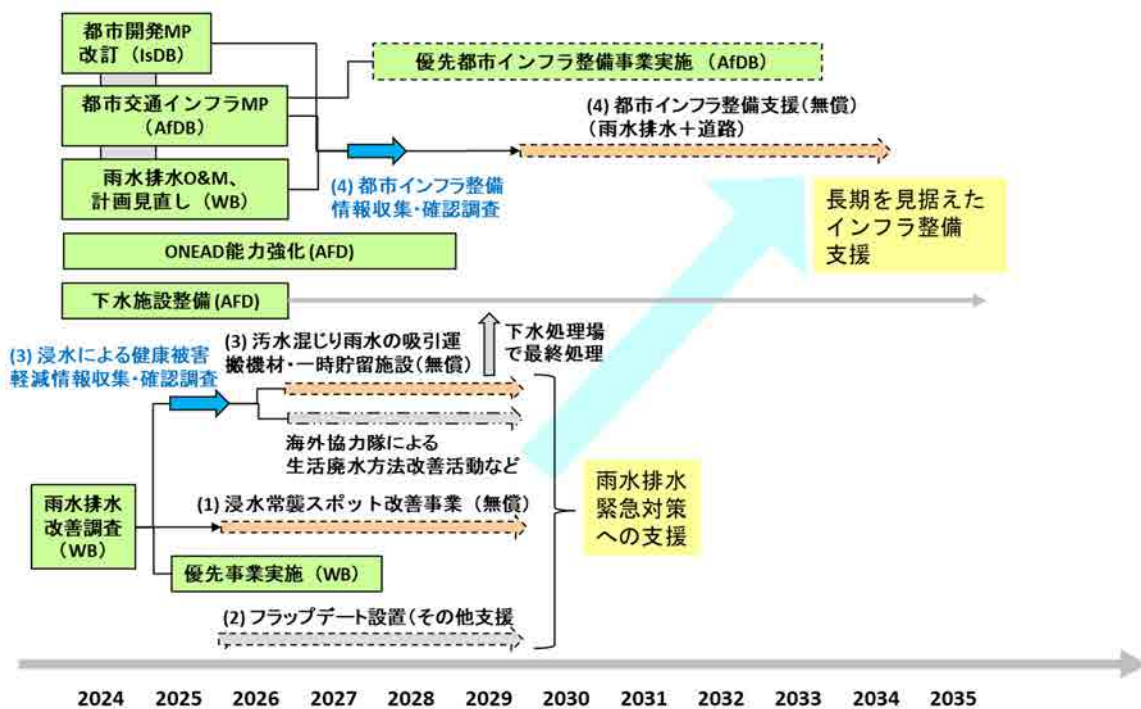
出典：JICA 調査団

図 5.3.1 JICA による支援シナリオ案①

JICAによる支援シナリオ案（外水氾濫対策）② 専門家派遣/モニタリング先行+技プロ（計画策定+河川・ダム管理能力強化） +事業実施支援



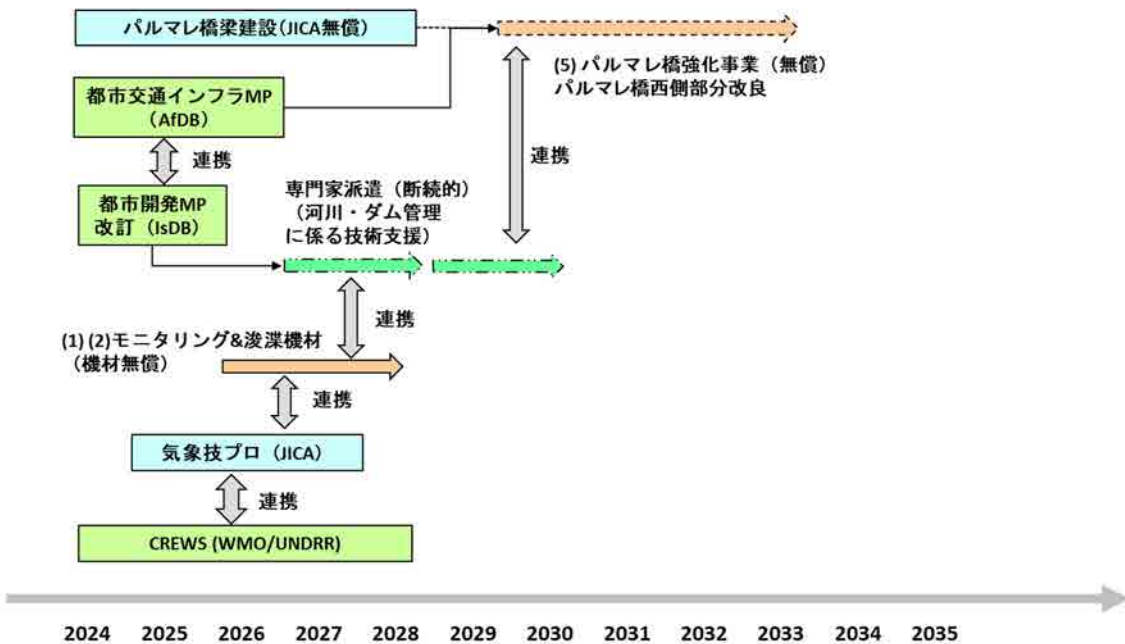
JICAによる支援シナリオ案（内水氾濫対策）



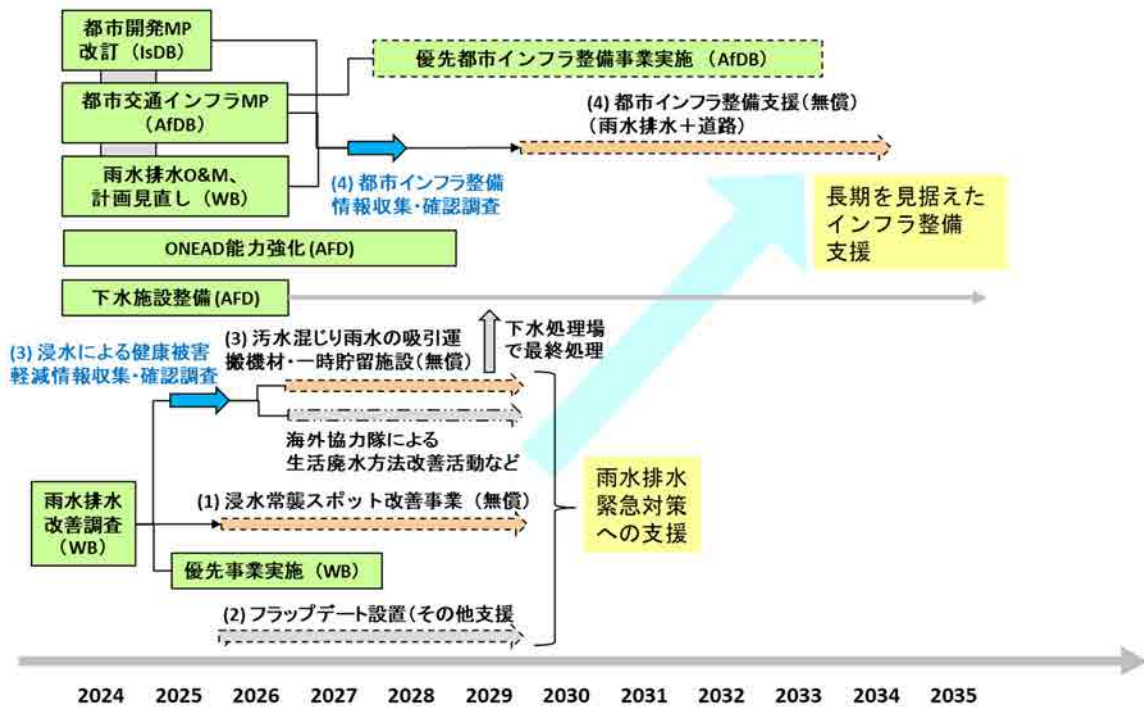
出典：JICA 調査団

図 5.3.2 JICA による支援シナリオ案②

JICAによる支援シナリオ案（外水氾濫対策）③ 機材無償＋専門家派遣（断続的）＋事業実施支援



JICAによる支援シナリオ案（内水氾濫対策）



出典：JICA 調査団

図 5.3.3 JICA による支援シナリオ案③

付属資料

付属資料 1 洪水実態インタビュー調査

付属資料 2 降雨特性

付属資料 3 トルコ DSI 支援の調査で提案されたダム

付属資料 4 予備的降雨流出解析

付属資料 5 洪水規模ごとの氾濫解析結果

付属資料 6 アンボリ友好ダムの堆砂状況調査

付属資料 7 ステークホルダー会議

付属資料 1 洪水実態インタビュー調査

1.1 調査概要

本調査では、ジブチ市の洪水の実態を把握する目的で、住民に対するインタビュー調査を行った。インタビュー項目は、洪水時の最大水深、浸水継続時間、流向、被害の概要である。調査は、アンボリ川の氾濫原とアンボリ川右岸のジブチ市中心部の 295 地点で実施した。対象洪水は、1994 年、2004 年、近年の最大洪水、頻繁に生じる洪水とした。表 1.1.1 に、対象洪水とインタビュー項目を示す。近年の最大洪水の発生年はほぼすべての回答で 2019 年であった。

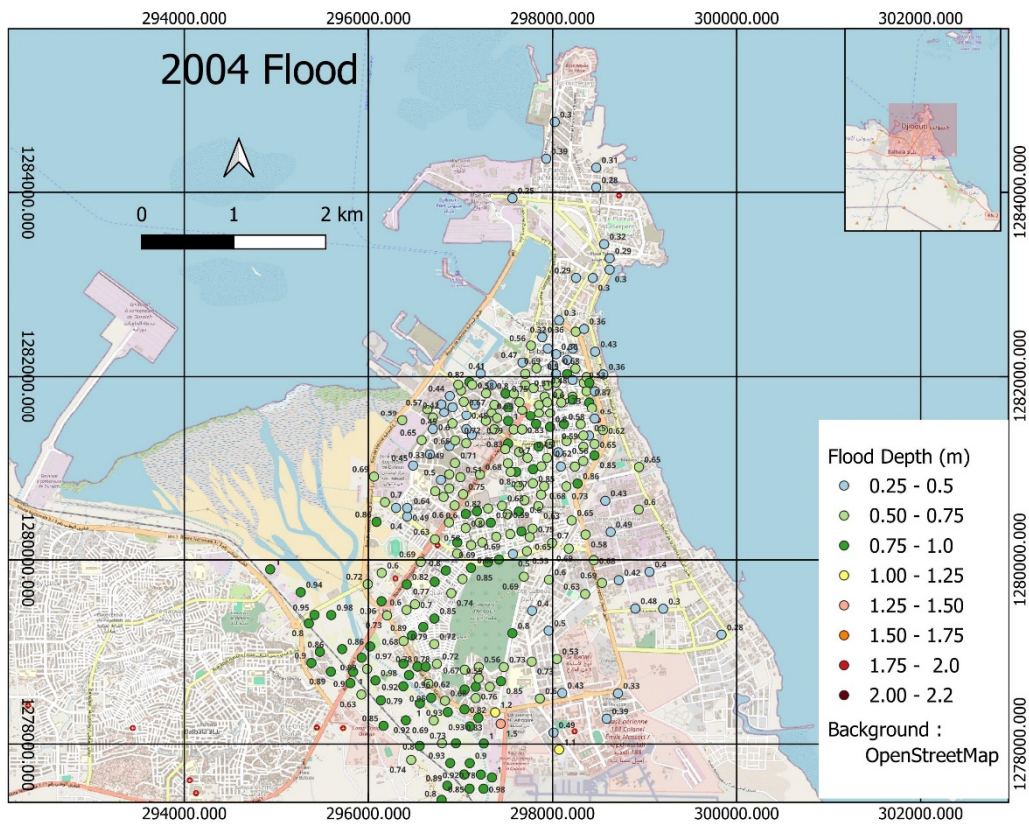
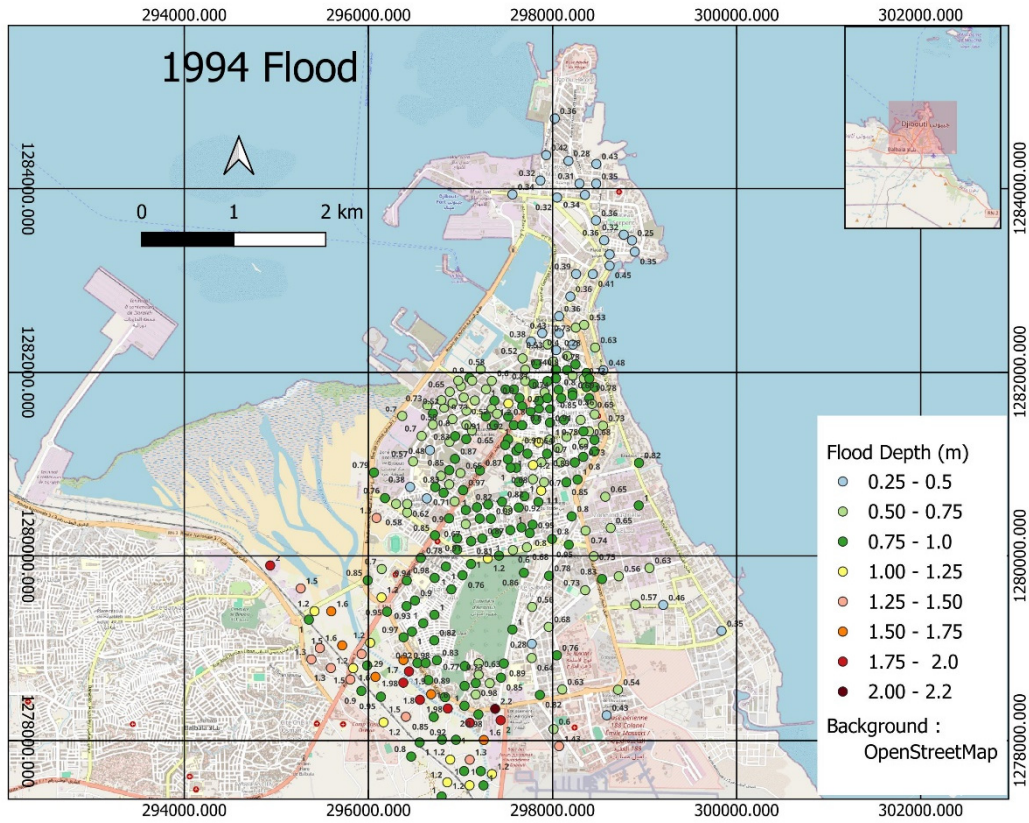
表 1.1.1 洪水実態インタビュー調査の対象洪水と主なインタビュー項目

	対象洪水			
	1994 年洪水	2004 年 4 月洪水	近年の最大洪水	頻繁に生じる洪水
洪水タイプ	主に外水氾濫		内水氾濫	
洪水状況	最大水深、浸水継続時間、流向		最大水深、浸水継続時間	
被害状況	なし		家屋被害、その他の物理的被害（家財、家畜、農作物）、健康被害	

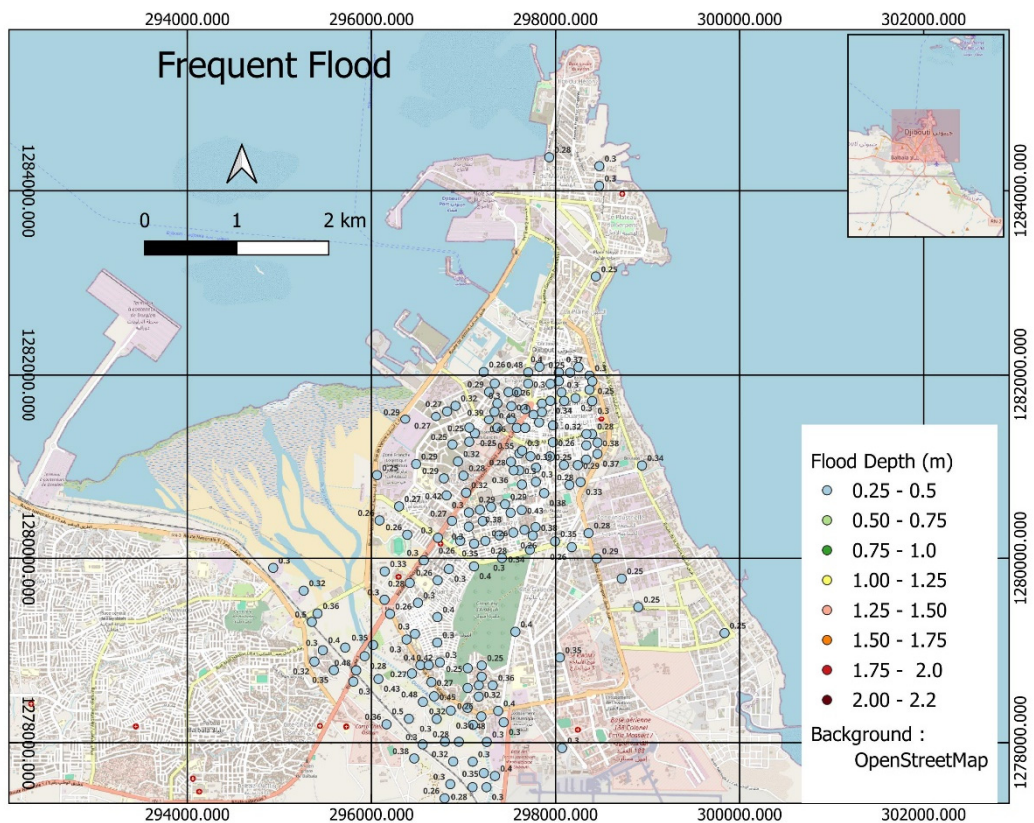
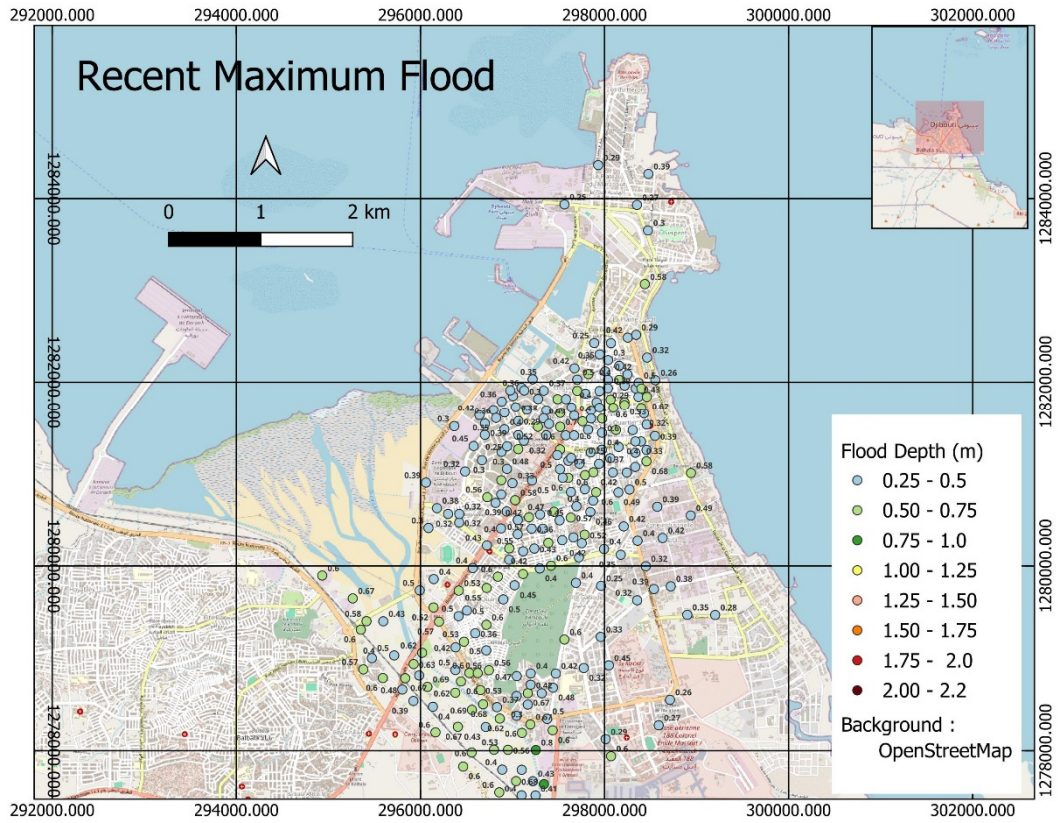
出典：JICA 調査団

1.2 調査結果

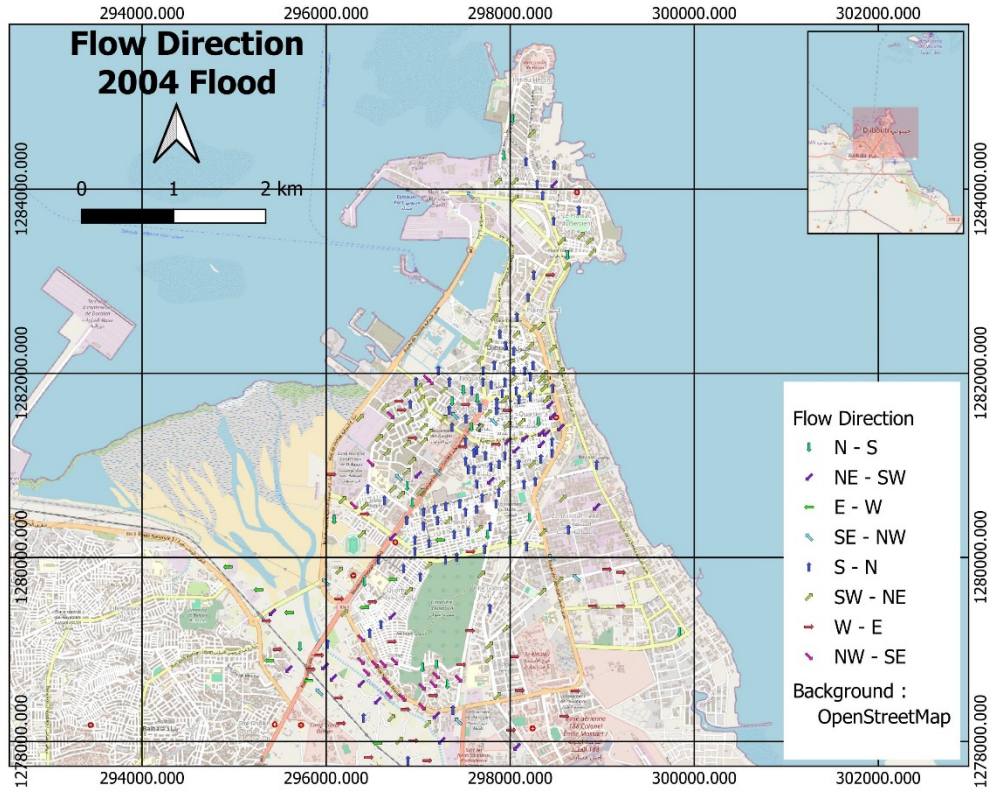
調査結果を次ページ以降に示す。



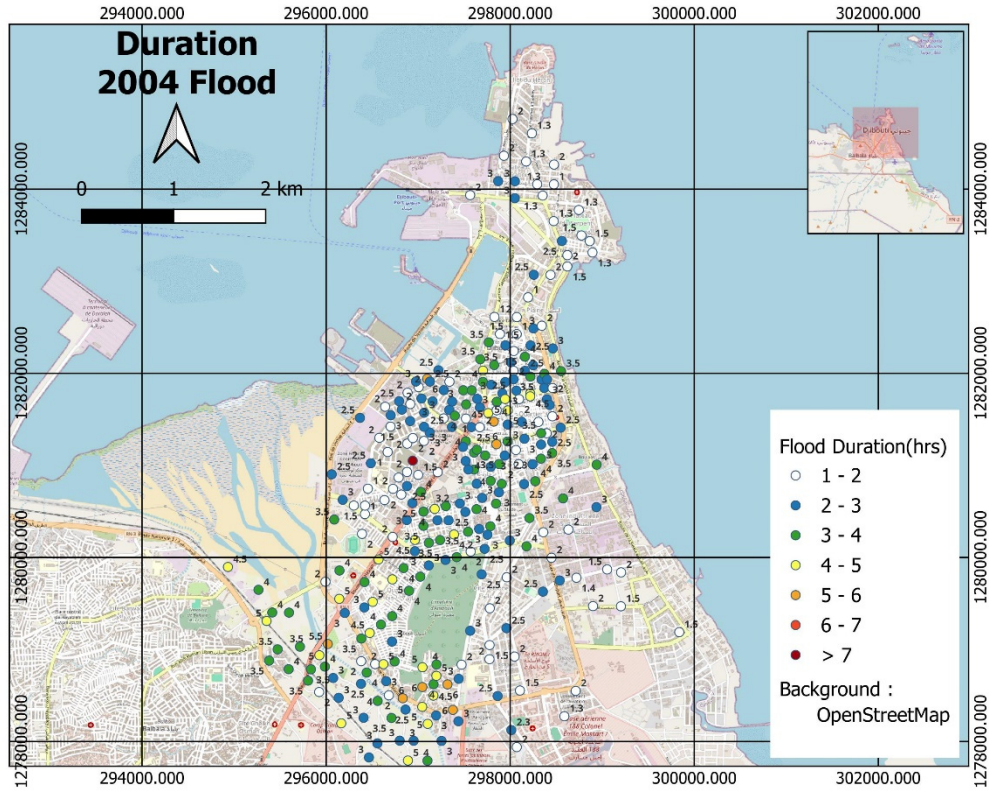
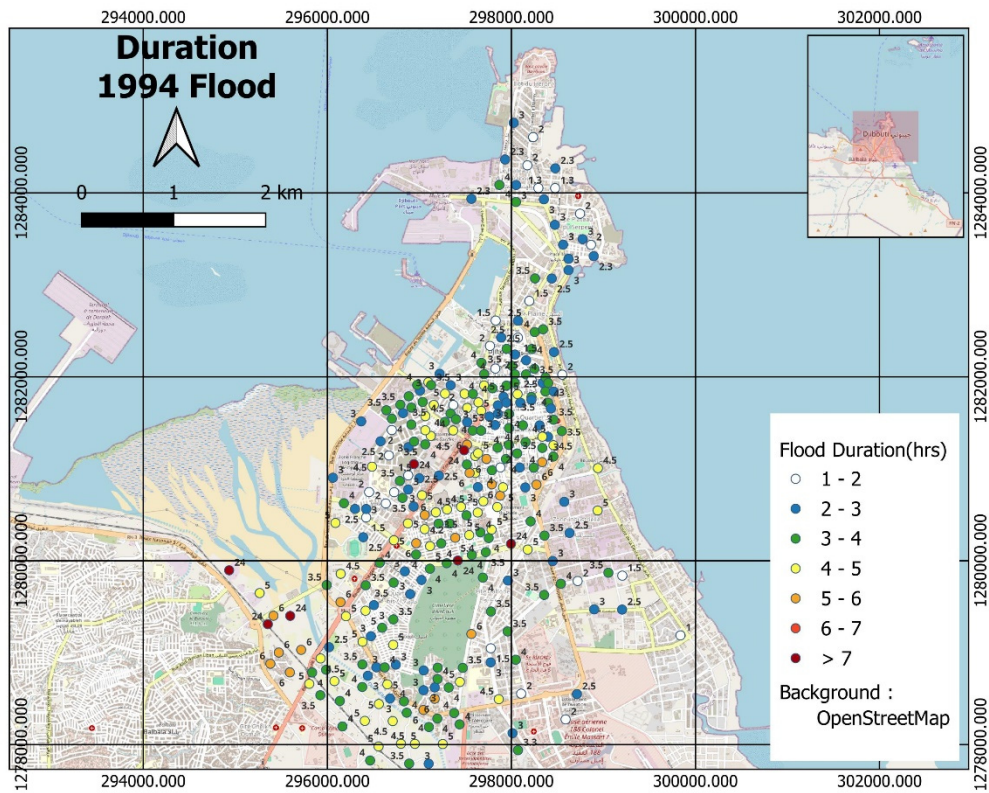
最大浸水深（上：1994年洪水、下：2004年洪水）



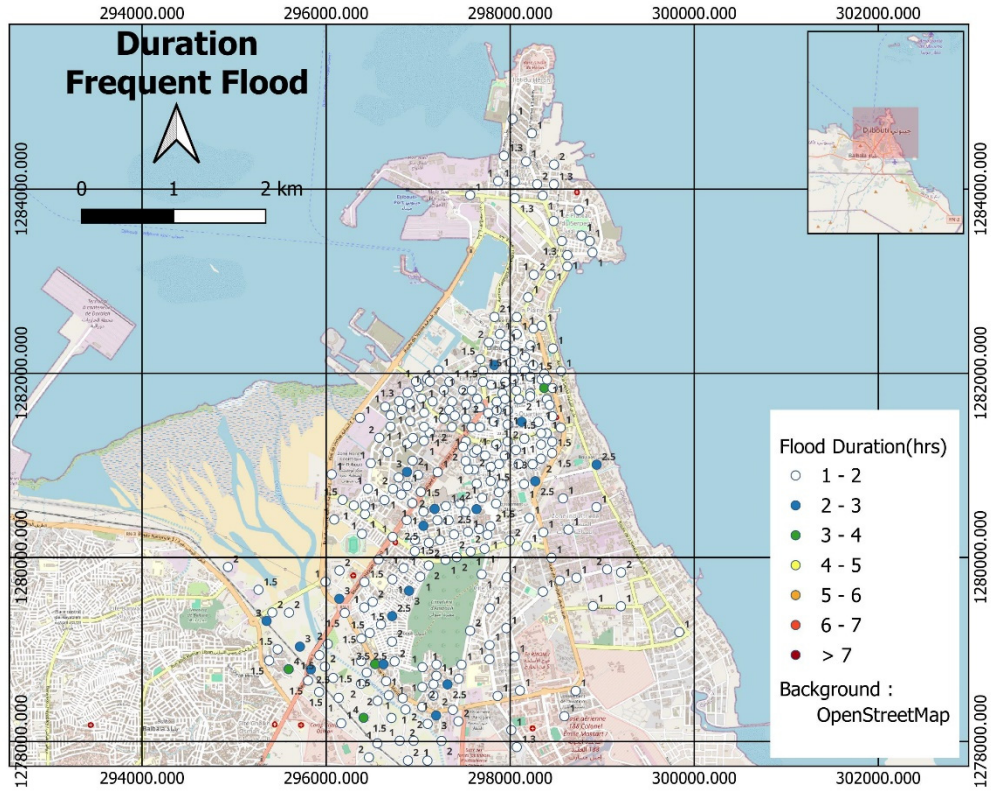
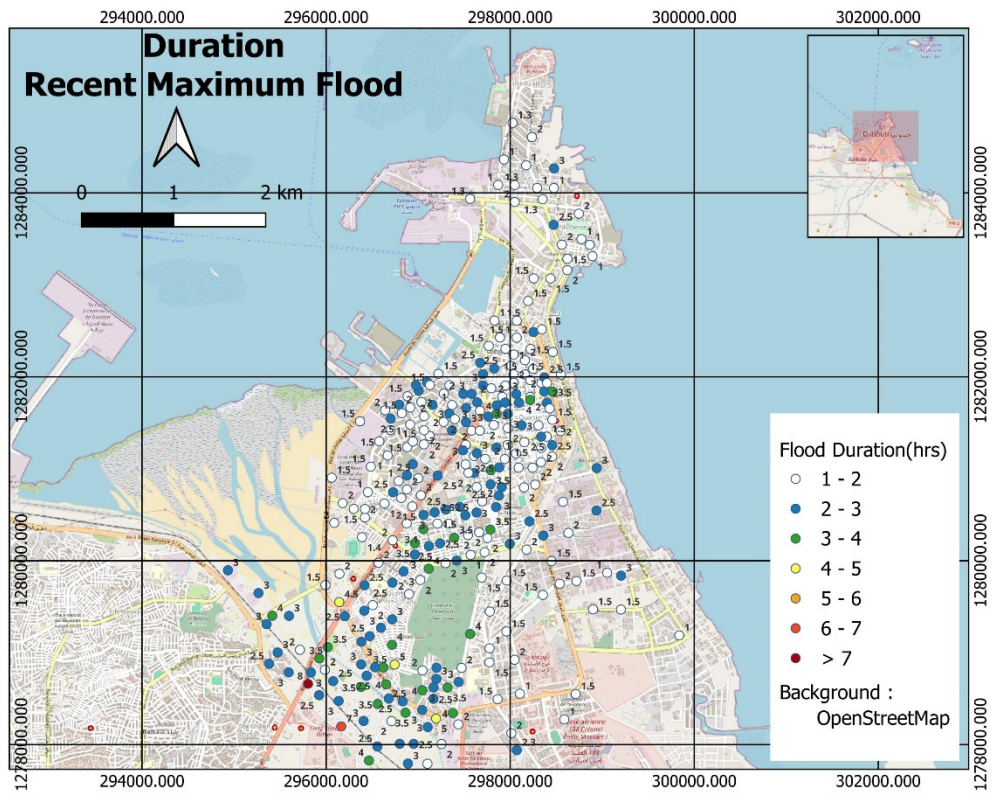
最大浸水深（上：近年最大洪水（2019年洪水）、下：頻繁に生じる洪水）



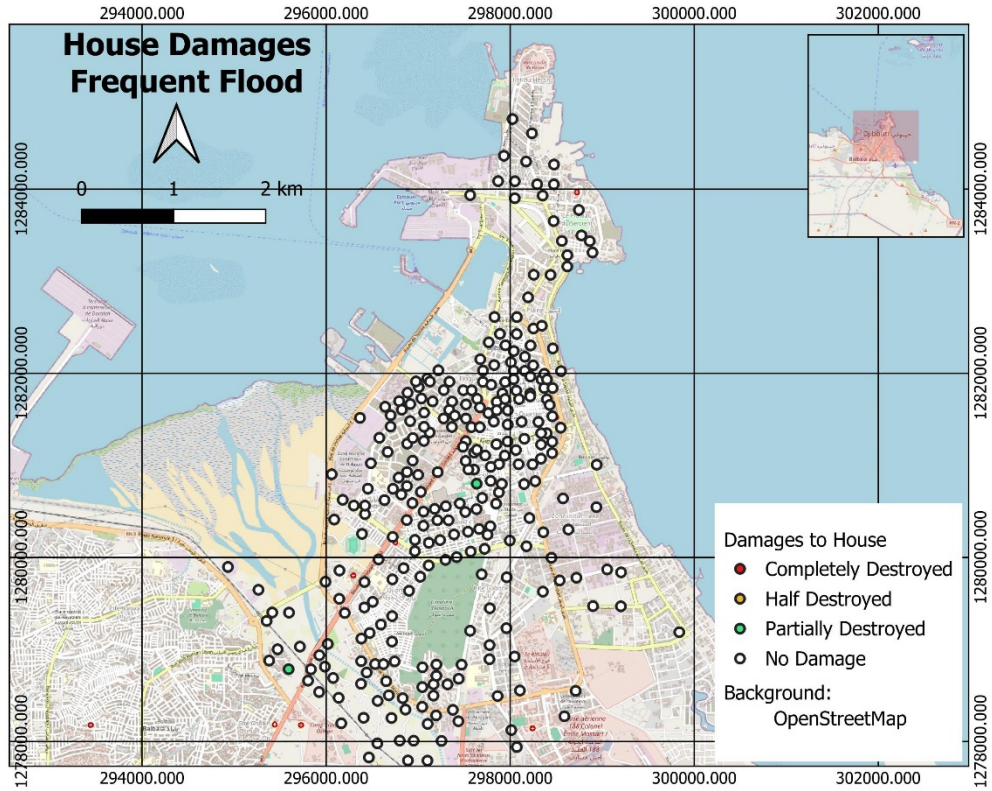
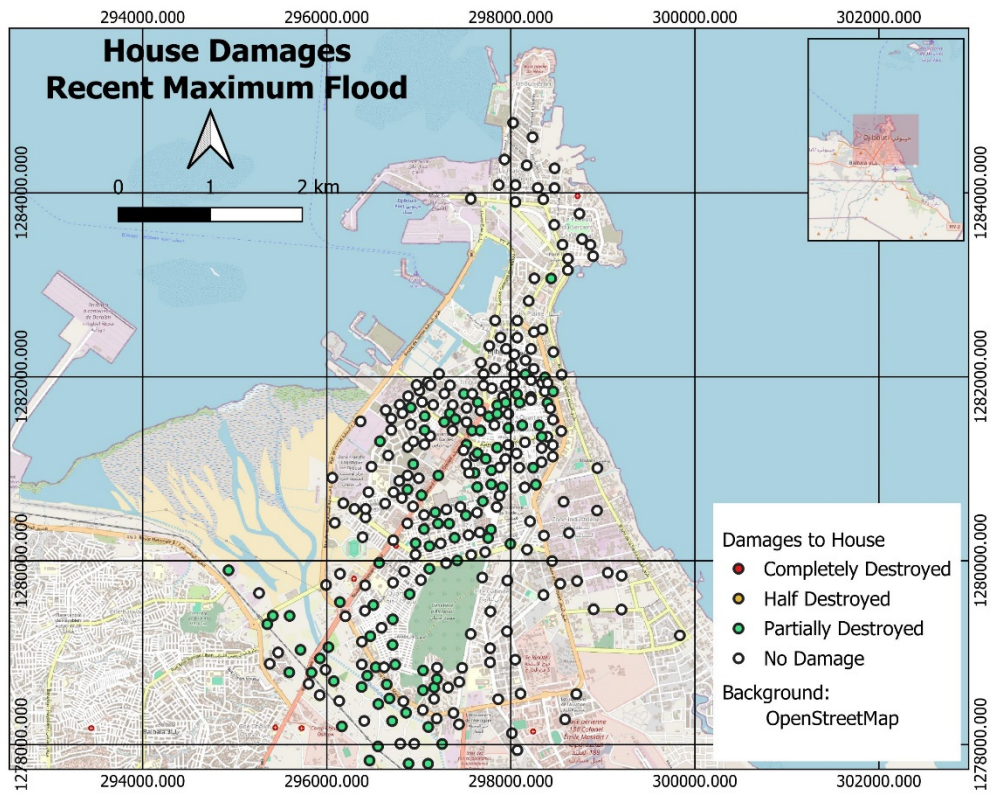
流向（上：1994年洪水、下：2004年洪水）



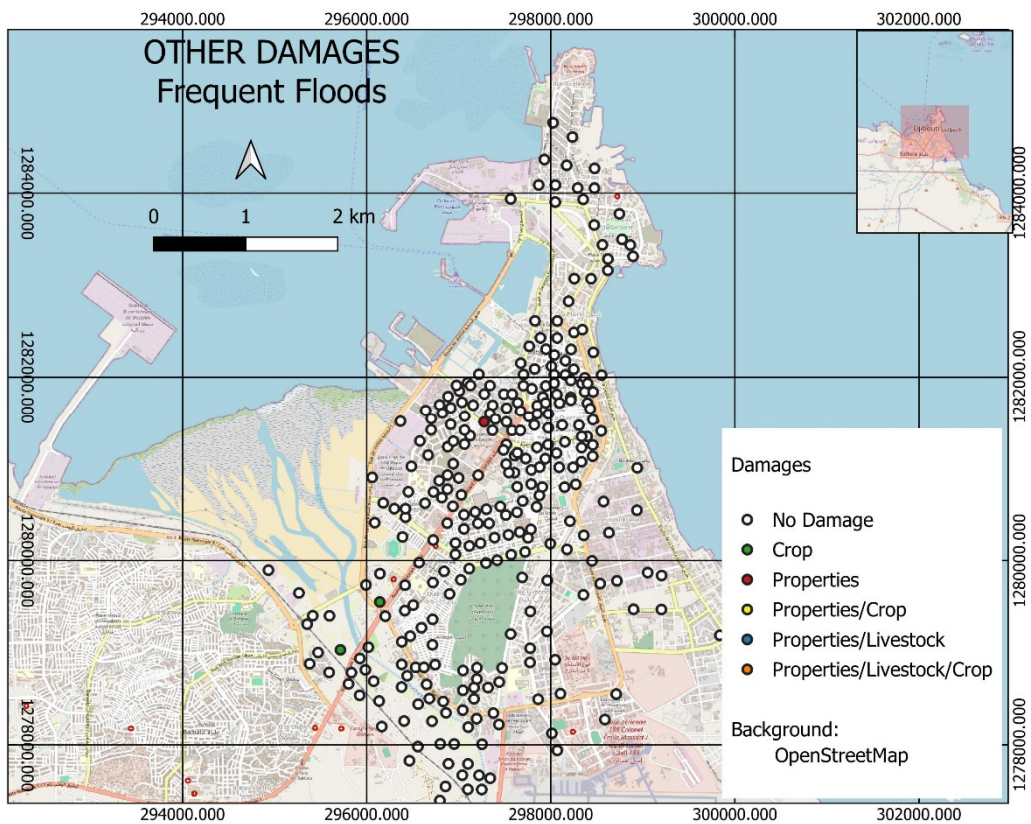
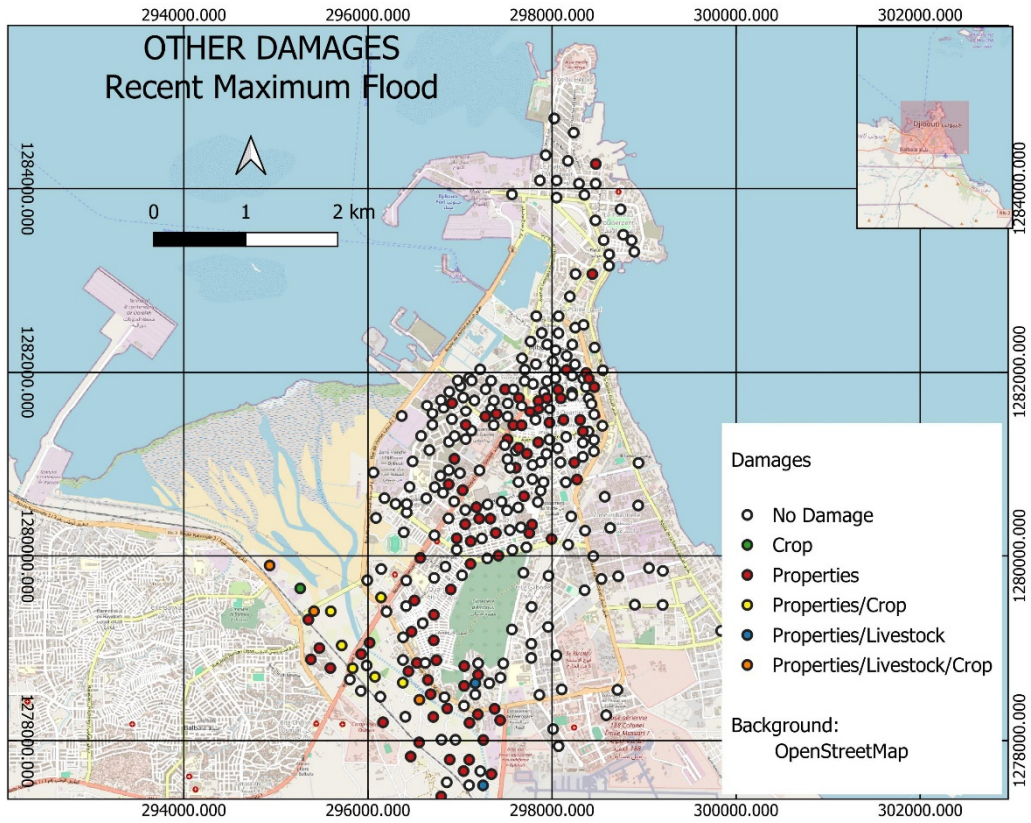
浸水継続時間（上：1994年洪水、下：2004年洪水）



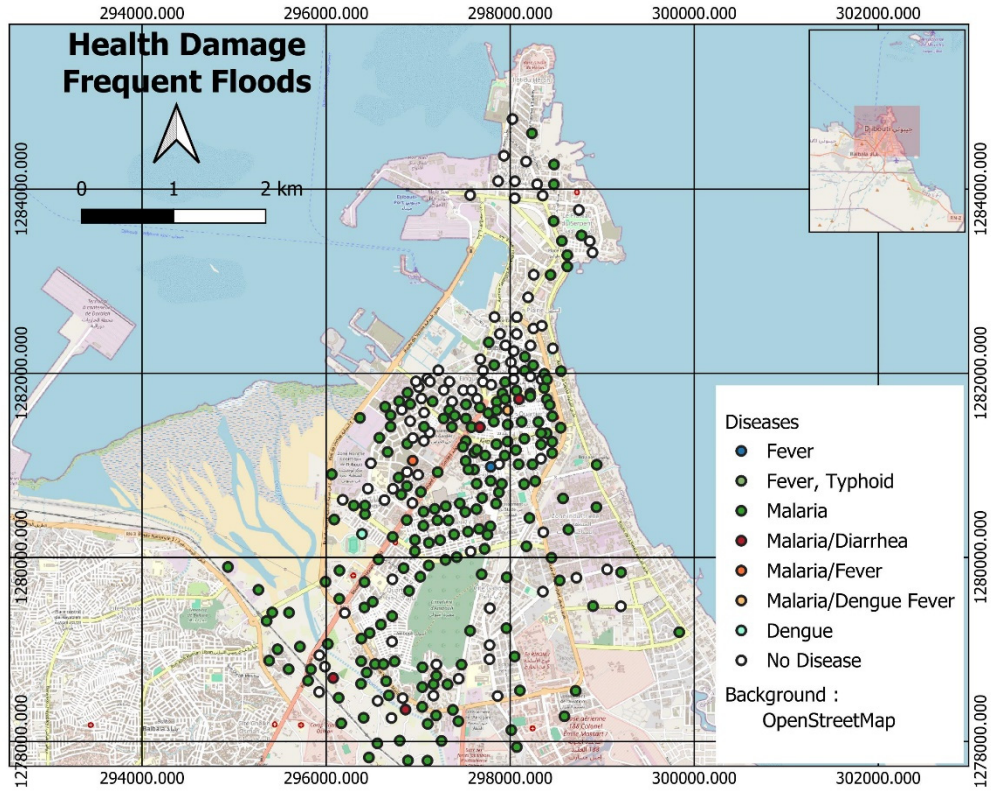
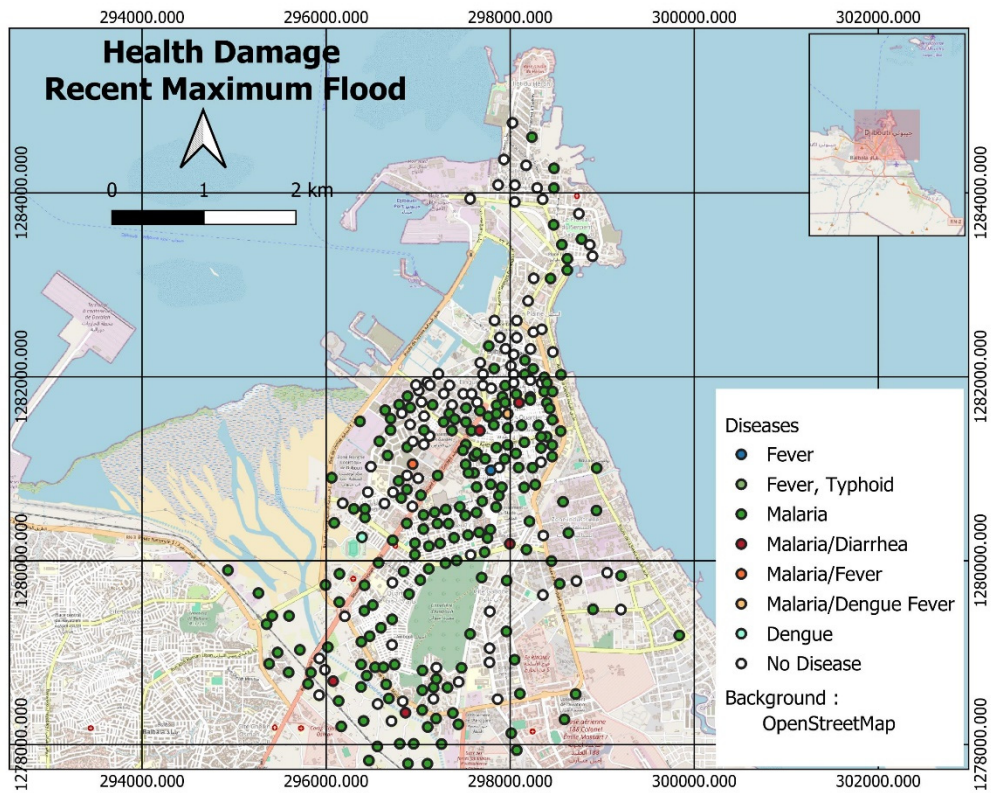
浸水継続時間（上：近年最大洪水（2019年洪水）、下：頻繁に生じる洪水）



家屋被害（上：近年最大洪水（2019年洪水）、下：頻繁に生じる洪水）



その他の物理的被害（上：近年最大洪水（2019年洪水）、下：頻繁に生じる洪水）



健康被害（上：近年最大洪水（2019年洪水）、下：頻繁に生じる洪水）

付属資料 2 降雨特性

2.1 過去の主要洪水時の雨の時空間分布



出典：JICA 調査団

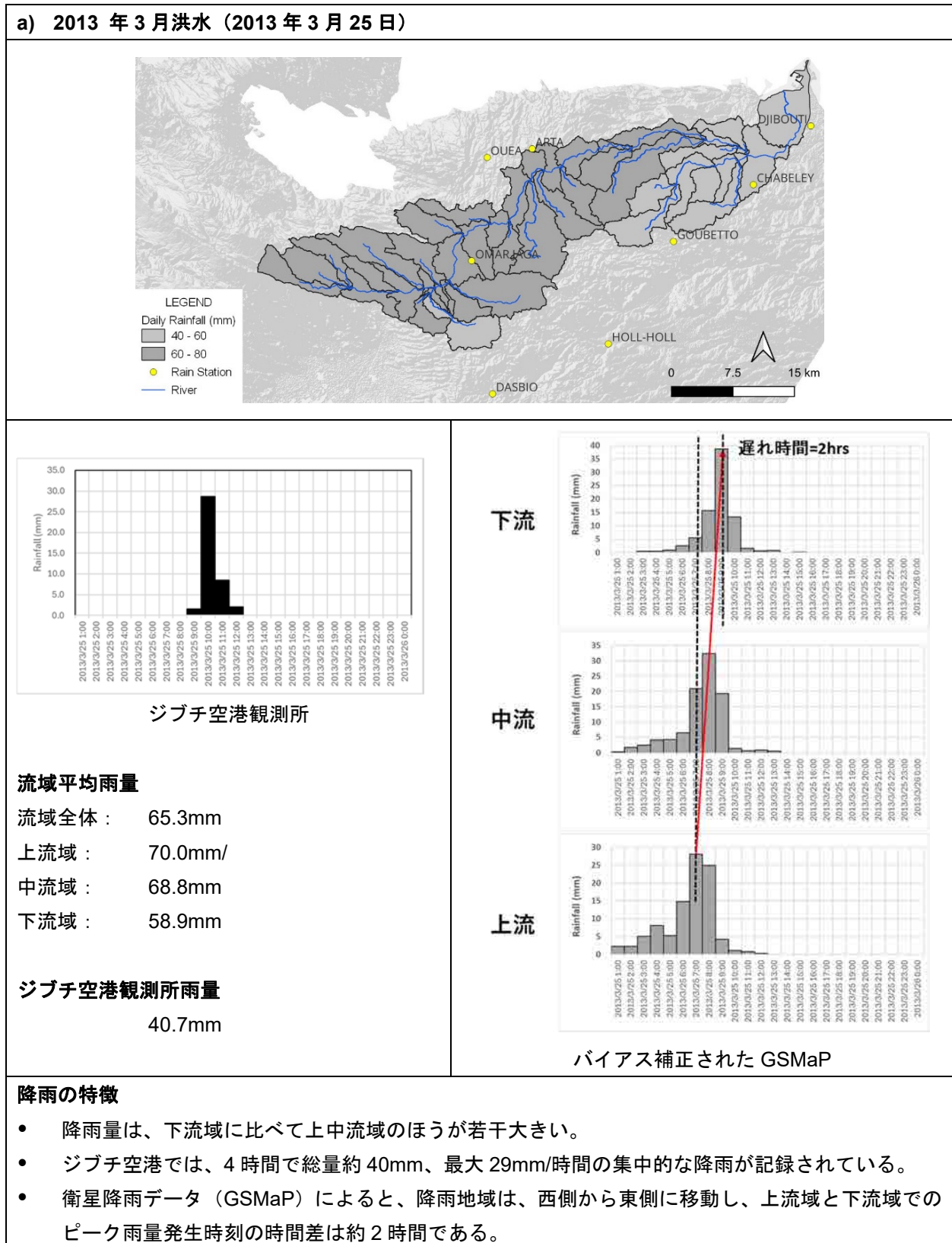
図 2.1.1 アンボリ川流域分割（上・中・下流域と小流域）

表 2.1.1 地上観測所データに基づく主要洪水時および近年の大規模出水時の流域平均雨量

	年月日	流域平均雨量 (mm)					ジブチ空港 観測所 (参考)	洪水規模 (影響者数)
		流域全体	上流域	中流域	下流域			
a)	2013年3月25日	65.3	70.0	68.8	58.9	40.7	15,000	
b)	2019年11月 21-24日	93.5 (4日間 合計)	75.0 (4日間 合計)	85.0 (4日間 合計)	112.1 (4日間 合計)	45.4 (4日間 合計)	200,000	
c)	2020年4月21日	52.7	79.8	29.3	68.2	72.1	110,000	
d)	2023年1月1日	85.7	99.4	100.7	61.5	29.1	ダム余水吐から出水	
e)	2023年3月19日	21.5	0.1	10.9	43.8	39.8	被害は小規模	
f)	2024年3月28日	19.6	0.0	5.4	45.4	1.7	被害は小規模	
以下参考（利用観測所数が少ない、あるいは月雨量を代用したケース）								
g)	1977年1月 25-27日	52.8 (3日間 合計)	53.5 (3日間 合計)	40.3 (3日間 合計)	67.2 (3日間 合計)	23.5 (3日間 合計)	91,000	
h)	1978年2月 25-28日	101.2 (4日間 合計)	97.0 (4日間 合計)	70.3 (4日間 合計)	139.8 (4日間 合計)	129. (4日間 合計)	106,000	
i)	2018年5月20日 (日雨量がなく月 雨量を代用)	20.1 (月雨量)	16.8 (月雨量)	17.9 (月雨量)	24.4 (月雨量)	102.5 (日雨量)	150,000	

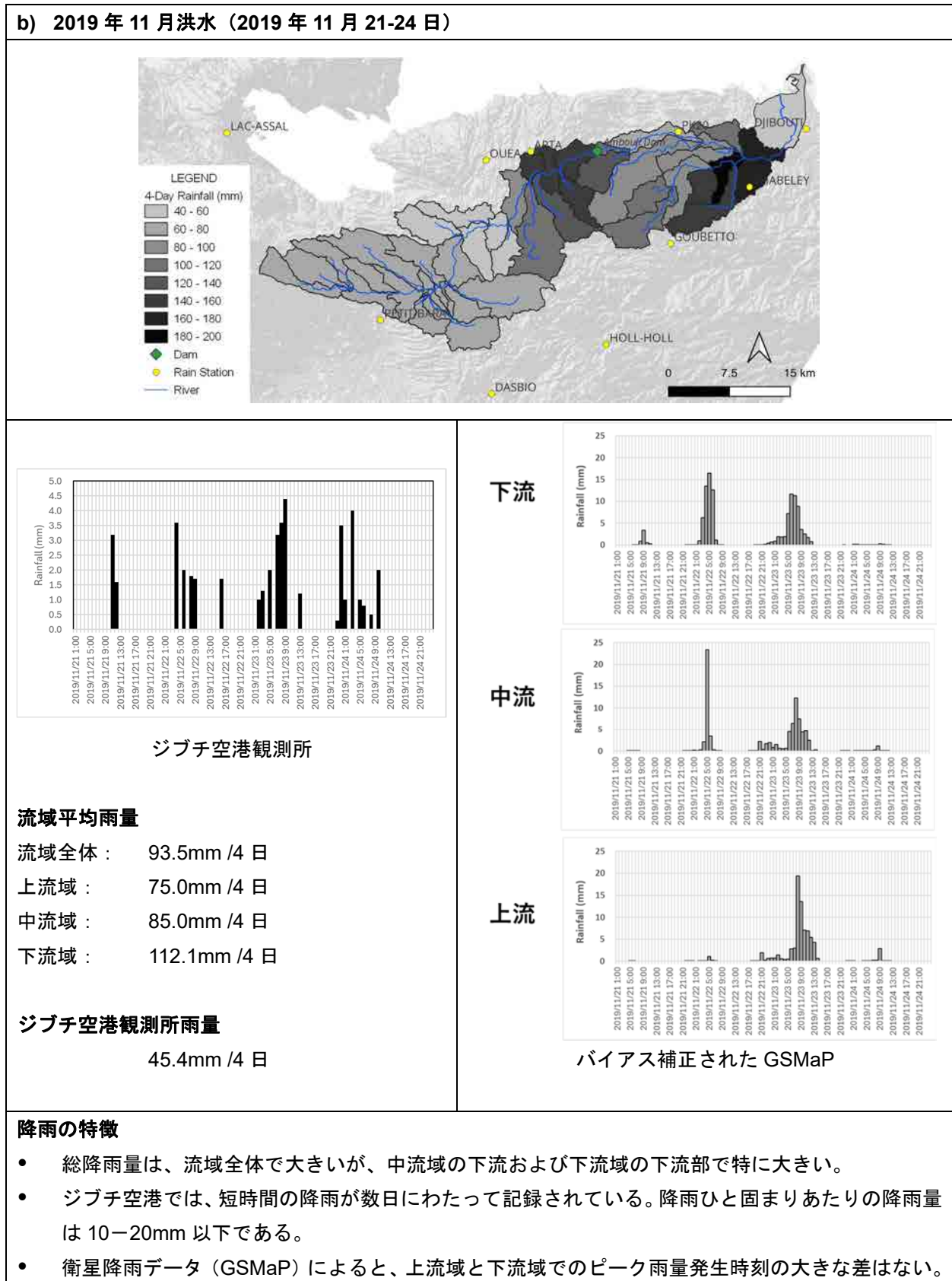
備考：() で降雨日数の記載がないものは、降雨継続時間はほぼ24時間以内。

出典：JICA 調査団



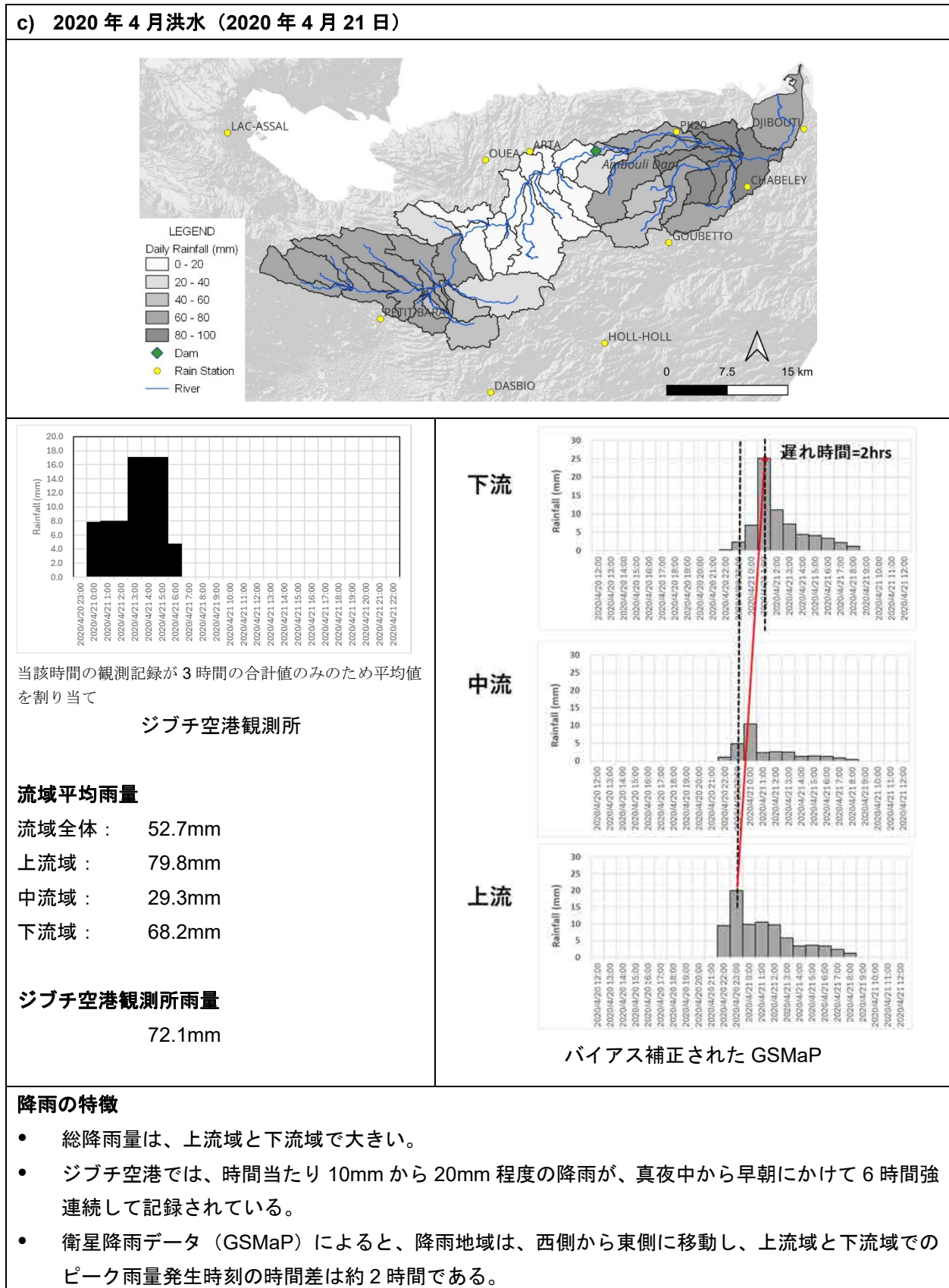
出典：JICA 調査団

図 2.1.2 2013 年 3 月洪水時の降雨の時空間分布



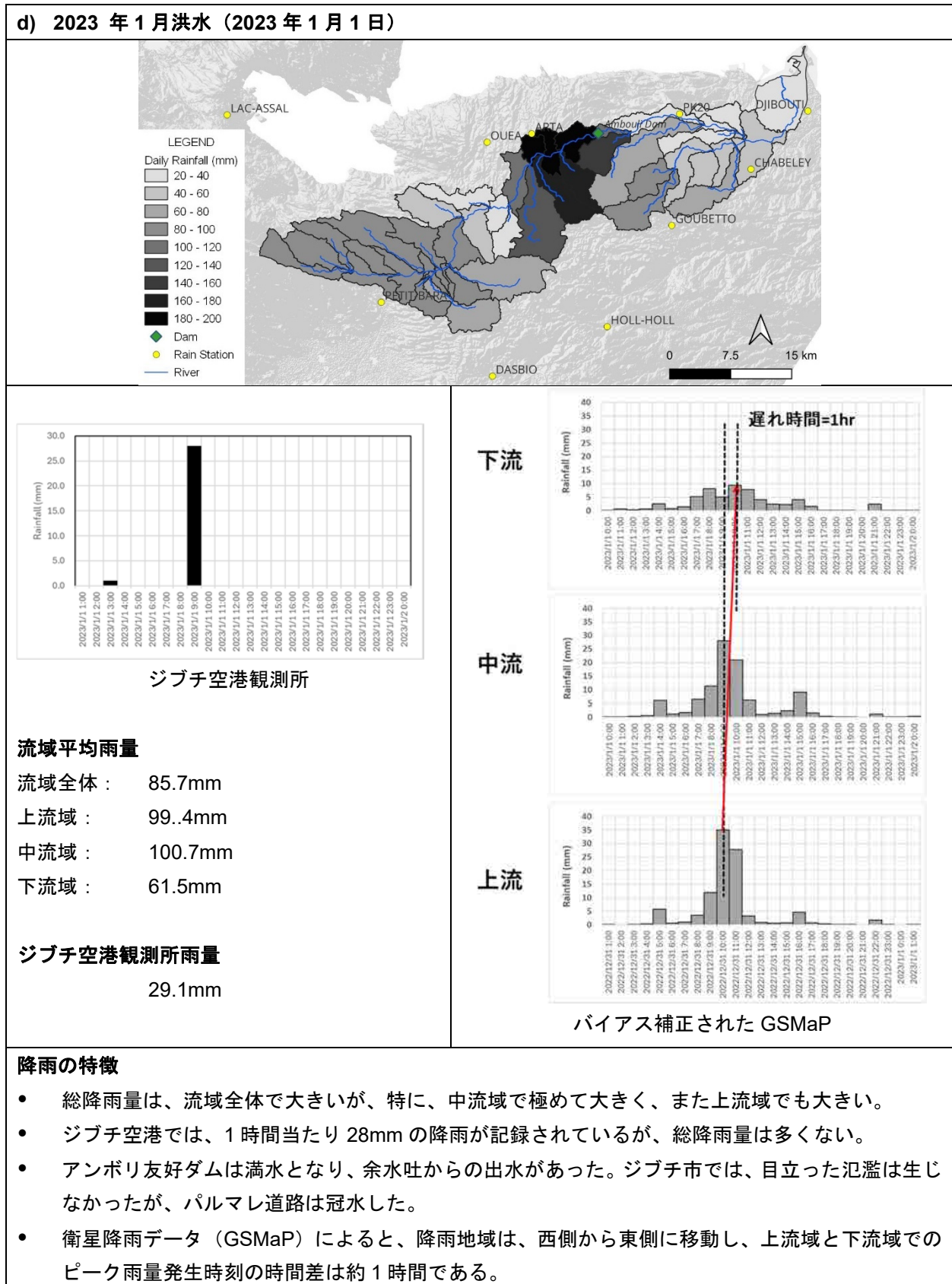
出典：JICA 調査団

図 2.1.3 2019年11月洪水時の降雨の時空間分布



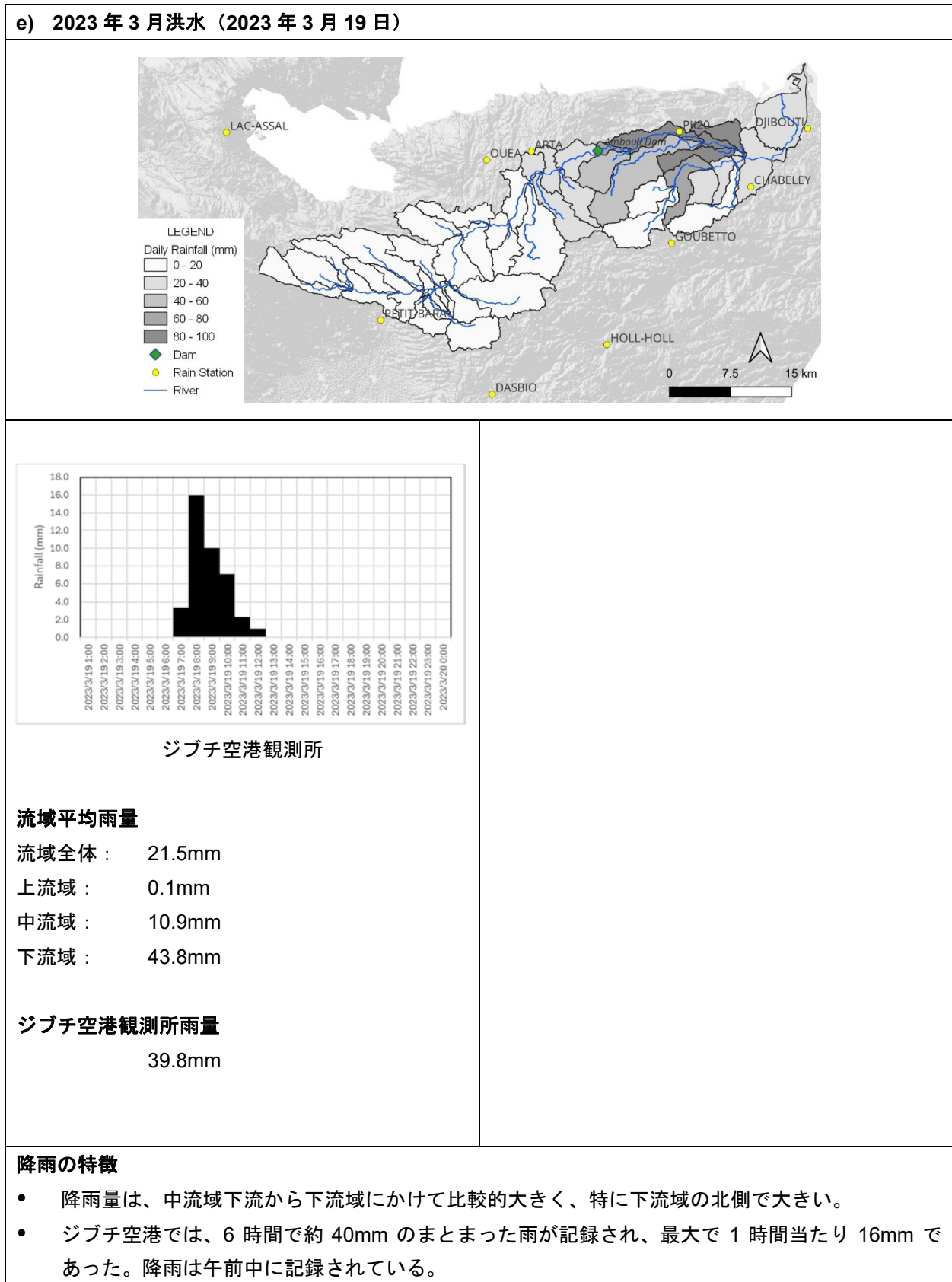
出典：JICA 調査団

図 2.1.4 2020年4月洪水時の降雨の時空間分布



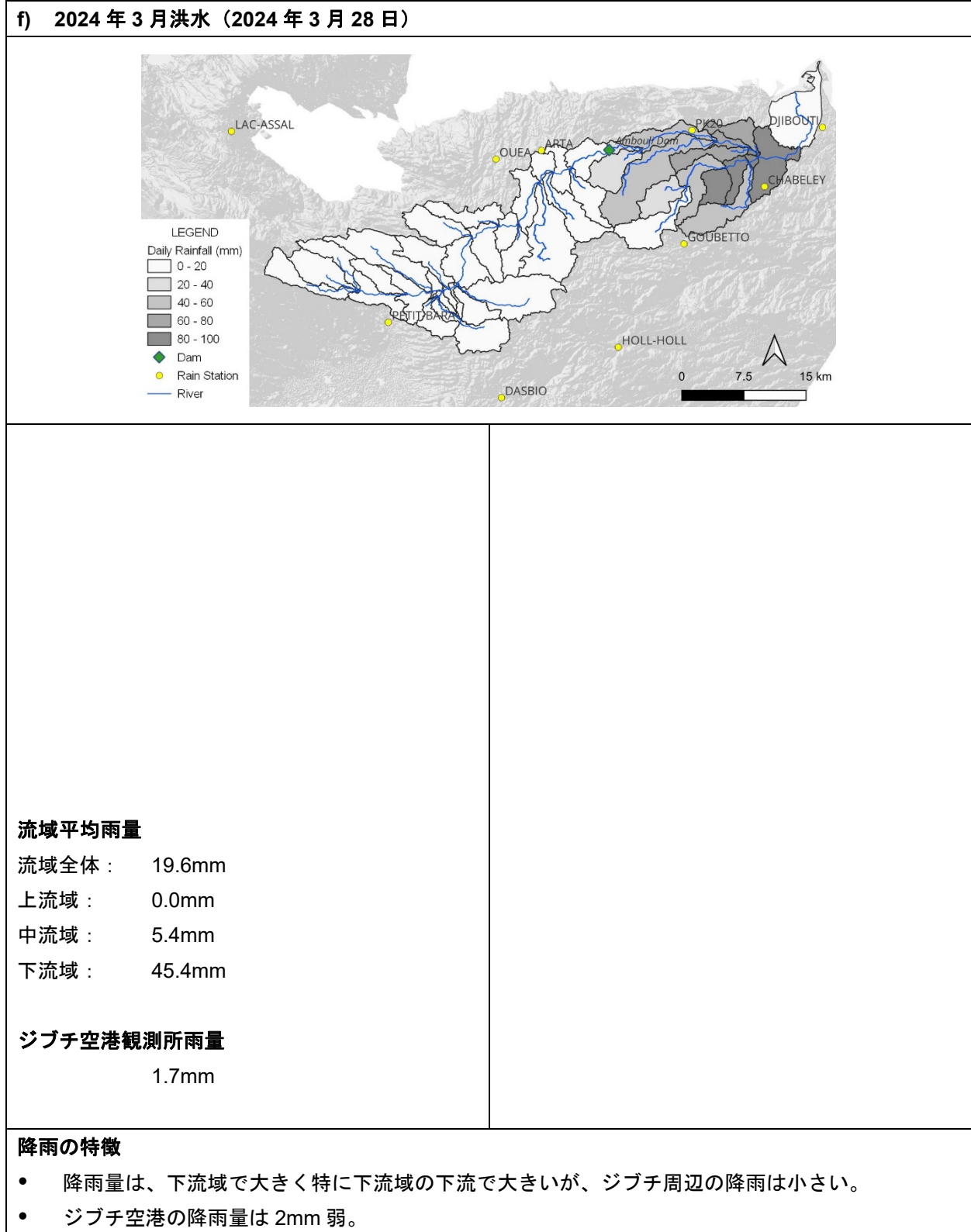
出典：JICA 調査団

図 2.1.5 2023 年 1 月洪水時の降雨の時空間分布



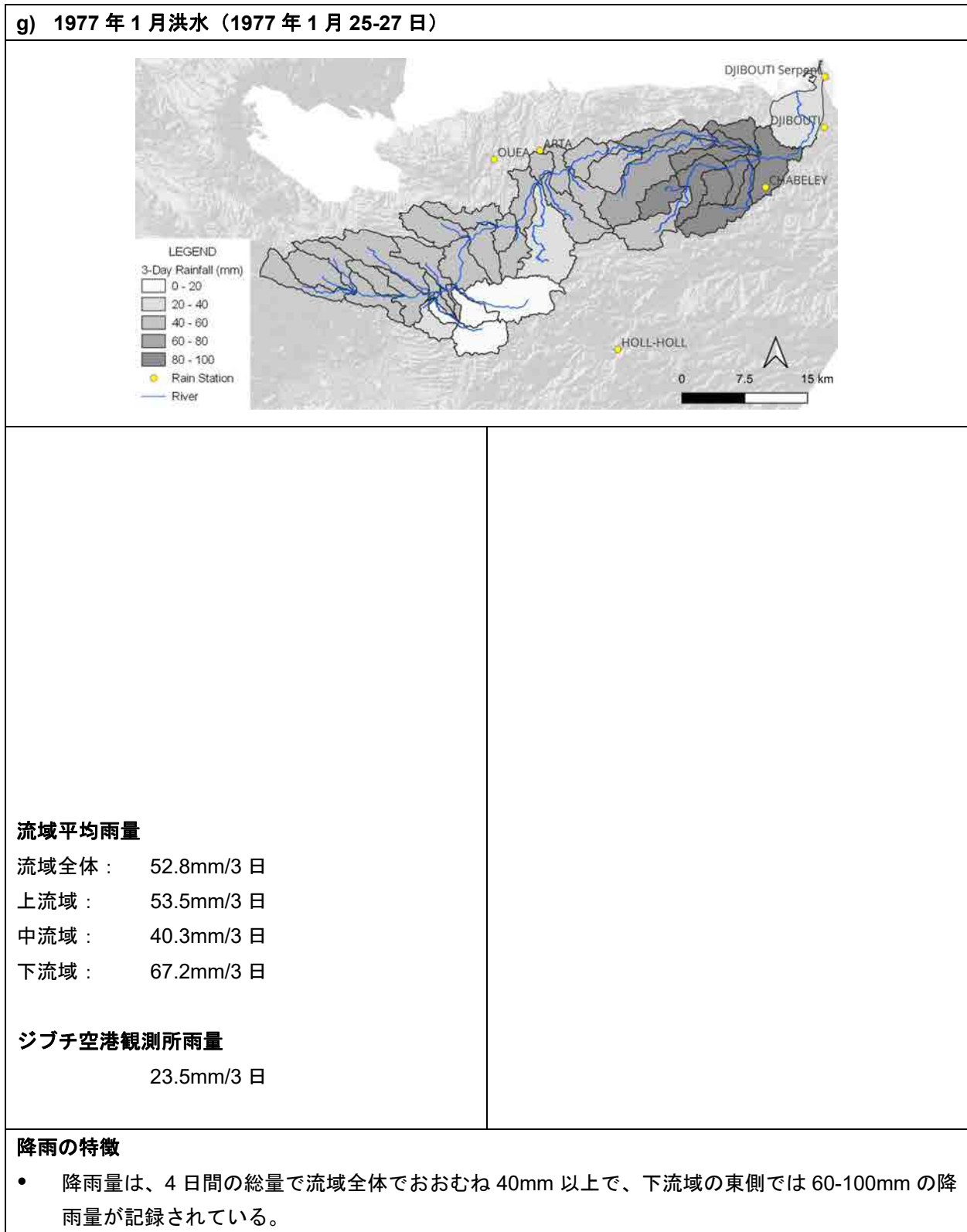
出典：JICA 調査団

図 2.1.6 2023年3月洪水時の降雨の時空間分布



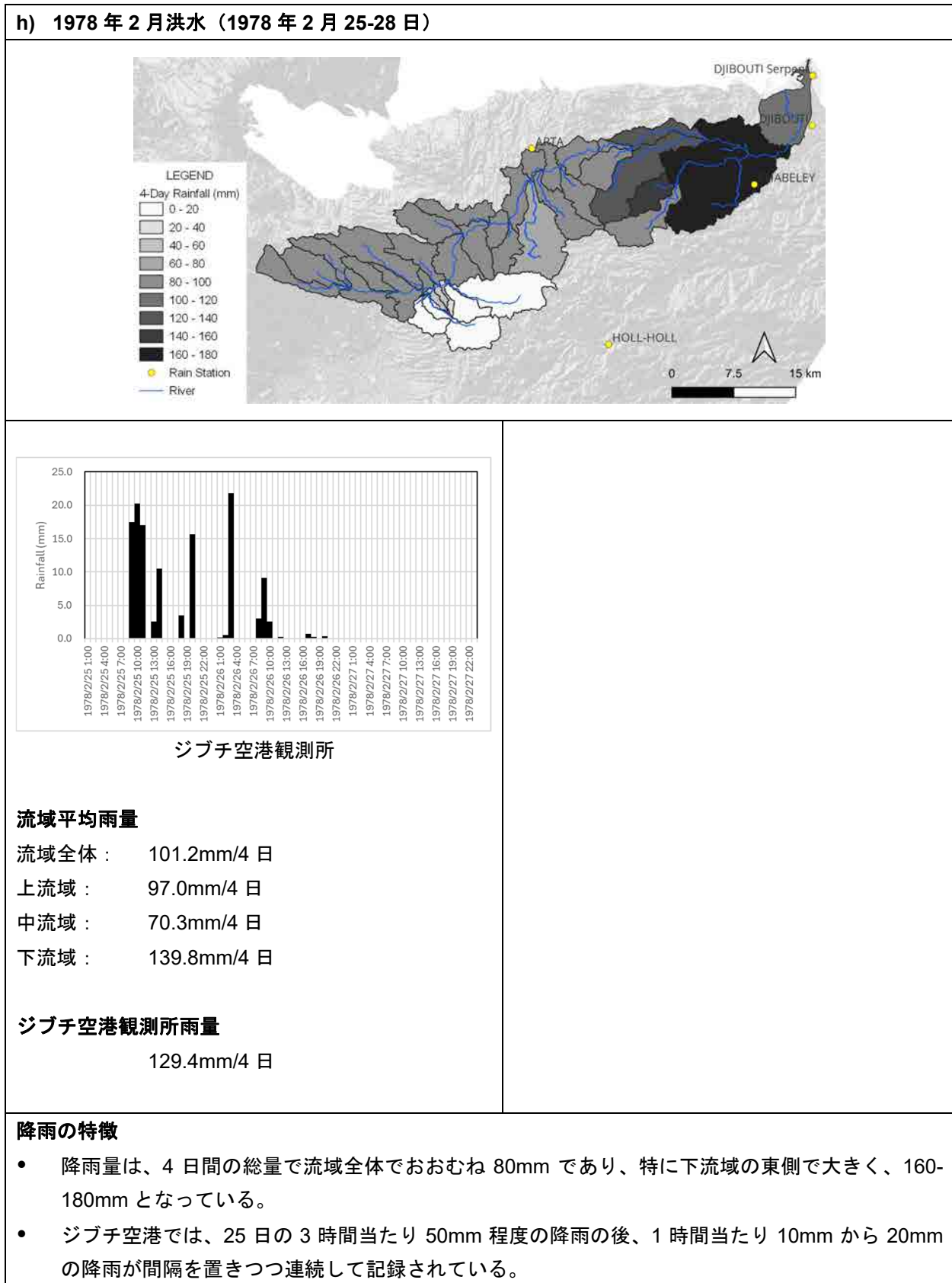
出典：JICA 調査団

図 2.1.7 2024年3月洪水時の降雨の時空間分布



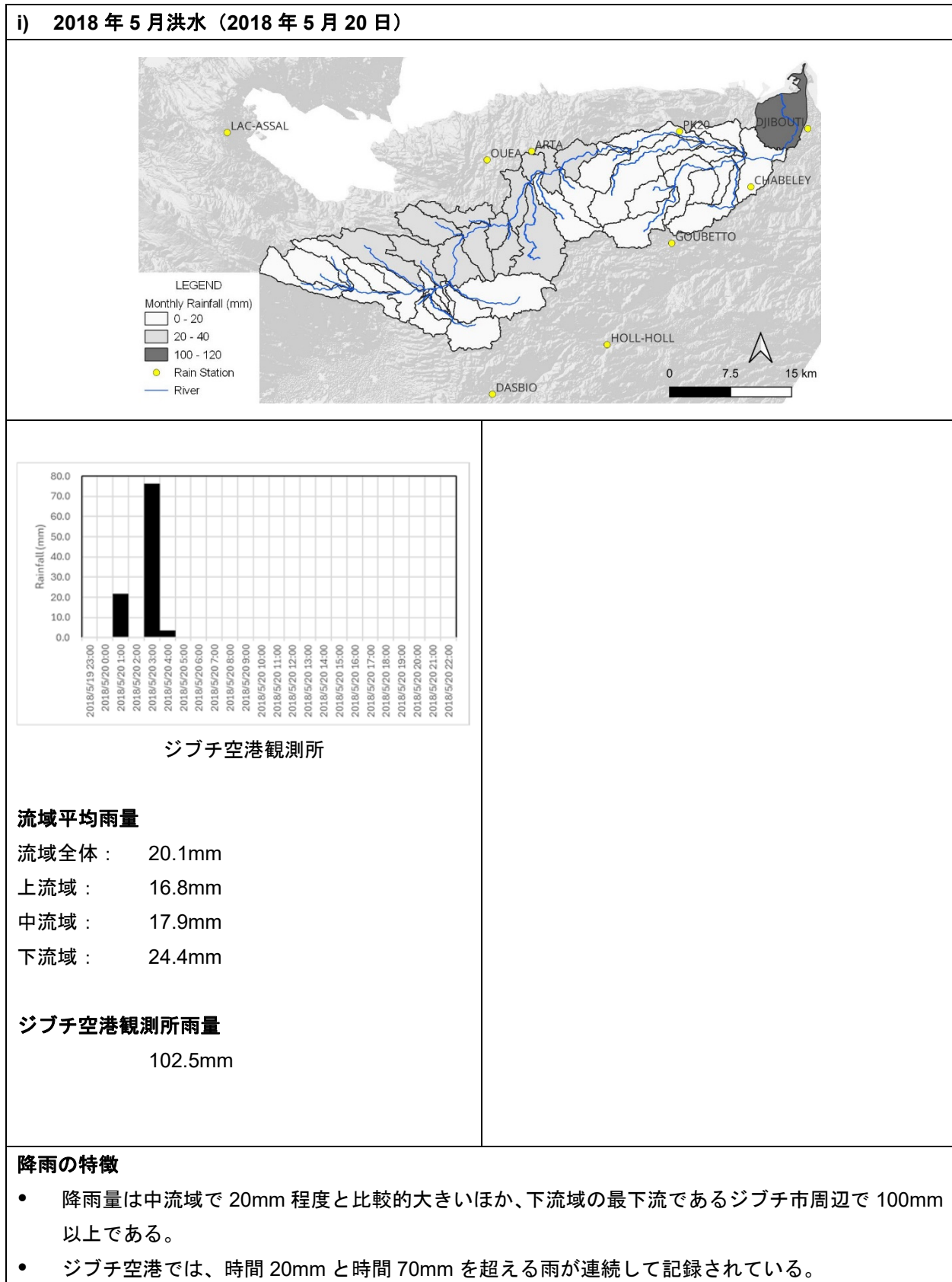
出典：JICA 調査団

図 2.1.8 1977年1月洪水時の降雨の時空間分布



出典：JICA 調査団

図 2.1.9 1978年2月洪水時の降雨の時空間分布



出典：JICA 調査団

図 2.1.10 2018年5月洪水時の降雨の時空間分布

2.2 ジブチ空港観測所の降雨強度曲線

表 2.2.1 降雨継続時間ごとの確率規模別降雨強度 (2012-2023 の観測データに基づく)

T	60	120	180	360	720	1440
yr	mins	mins	mins	mins	mins	mins
2	22.6	14.1	10.5	6.2	3.3	1.7
3	29.6	18.2	13.6	8.1	4.3	2.2
5	38.3	23.2	17.4	10.3	5.5	2.8
10	50.5	30.1	23.0	13.3	7.0	3.6
20	63.8	37.6	29.5	16.6	8.7	4.4
30	72.2	42.3	33.7	18.6	9.7	5.0
50	83.7	48.7	39.5	21.3	11.0	5.7
100	100.8	58.1	48.6	25.3	12.8	6.7

単位:mm/hr

出典：JICA 調査団

相対降雨強度曲線近似式 (Tablot タイプ)

$$\frac{I(mm/hr)}{R_{24}} = \frac{a}{(t+b)}$$

ここで、I (mmm/hr) = 降雨強度、R24=24 時間雨量(mm), t = 降雨継続時間、a, b = パラメータ。

表 2.2.2 相対降雨強度曲線パラメータ

T	a	b
yr		
2	59.54	46.977
3	58.54	44.029
5	57.88	41.308
10	58.06	39.697
20	58.73	38.875
30	59.32	38.777
50	60.10	38.497
100	61.47	38.690

出典：JICA 調査団

表 2.2.3 年最大日雨量の確率雨量（1980-2023 の観測データに基づく）

T	1day
yr	mm
2	39.7
3	53.6
5	72.0
10	100.2
20	134.1
30	157.2
50	190.4
100	244.3

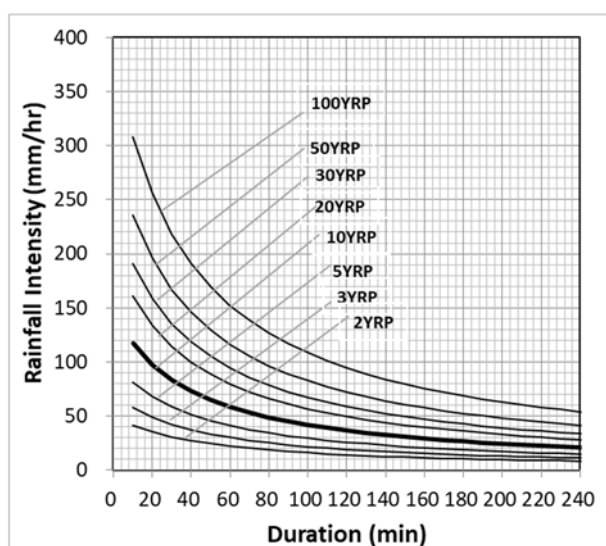
出典：JICA 調査団

表 2.2.4 2012-2023 の観測データに基づく近似式と 1980-2023 の観測データに基づく確率日雨量から推定された降雨継続時間ごとの確率規模別降雨強度

T	10	20	30	60	120	180	240	360	720	1440
yr	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
2	41.5	35.3	30.7	22.1	14.2	10.4	8.2	5.8	3.1	1.6
3	58.1	49.0	42.4	30.2	19.1	14.0	11.0	7.8	4.1	2.1
5	81.2	68.0	58.4	41.1	25.8	18.8	14.8	10.4	5.5	2.8
10	117.1	97.5	83.5	58.4	36.4	26.5	20.8	14.6	7.7	3.9
20	161.1	133.8	114.3	79.7	49.6	36.0	28.2	19.7	10.4	5.3
30	191.2	158.7	135.6	94.4	58.7	42.6	33.5	23.4	12.3	6.3
50	235.9	195.6	167.0	116.2	72.2	52.4	41.1	28.7	15.1	7.7
100	308.4	255.9	218.6	152.2	94.6	68.7	53.9	37.7	19.8	10.2

単位:mm/hr

出典：JICA 調査団



Note: Talbot type was applied.

出典：JICA 調査団

図 2.2.1 降雨強度曲線

付属資料3 トルコ DSI 支援の調査で提案されたダム

3.1 トルコ DSI 支援の調査で提案されたダムのリスト

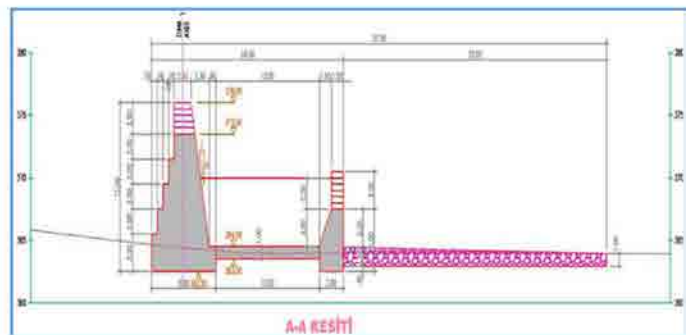
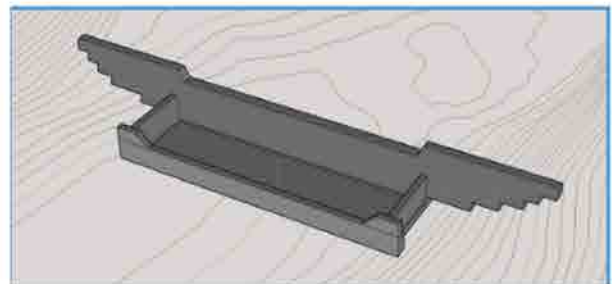
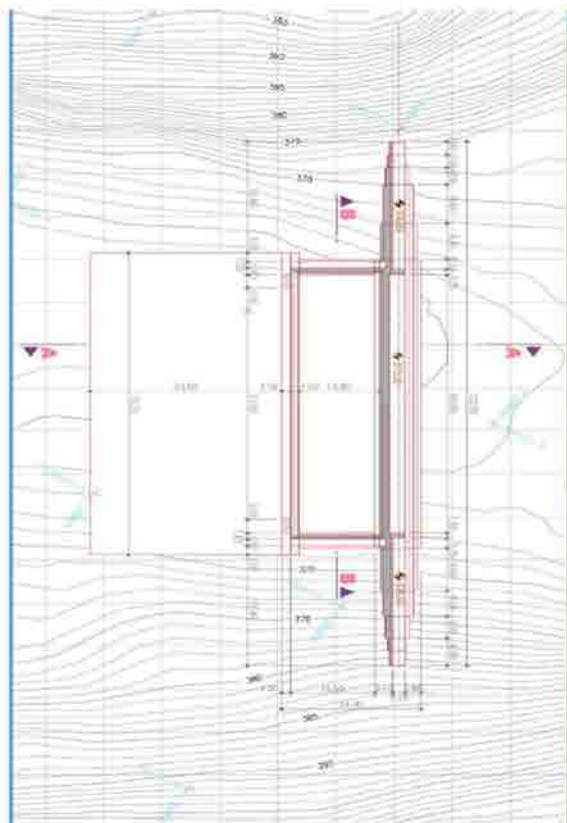
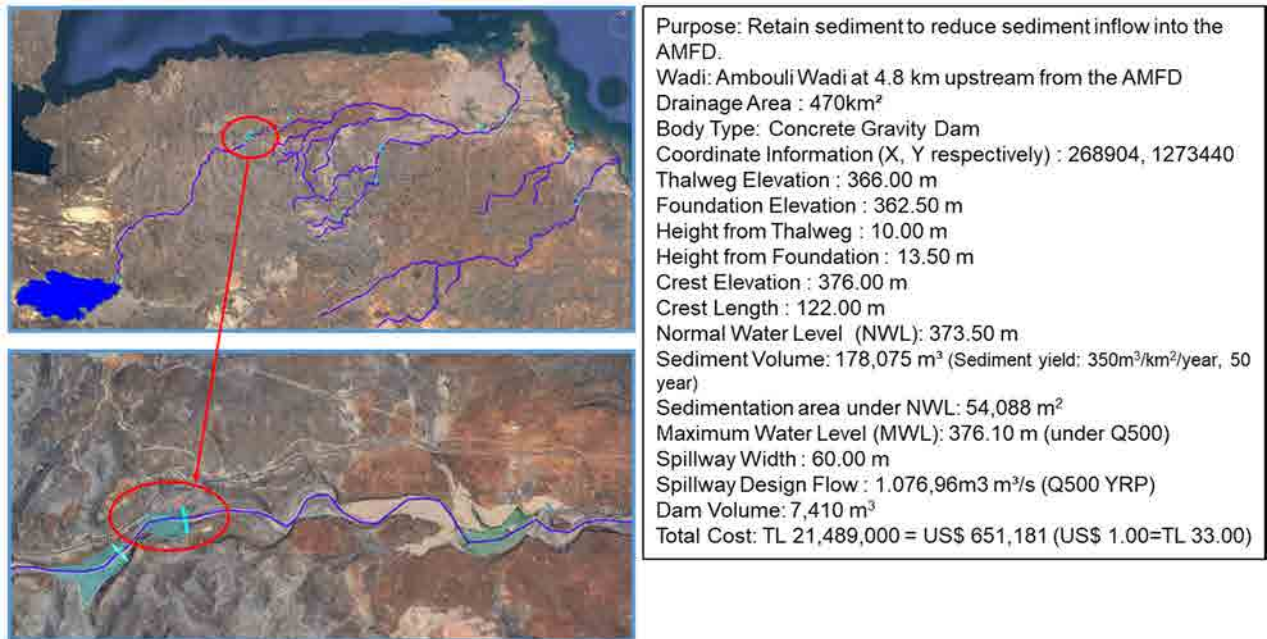
DSI, MAEPE-RH, Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report (2024)で提案されたダムサイト一覧を以下に示す。

表 3.1.1 提案されたダムサイトリスト

Dam Site (Axis No.)	Wadi	Catchment Area (km ²)	Purpose	Dam Type	Dam Height (m)	Gross Storage (MCM)
Axis No.1	Ambouli	470	Sediment storage for AMFD	Concrete weight (gravity)	10.00	0.178 (sediment volume)
Axis No.2	Ambouli	470	Sediment storage for AMFD	Concrete weight (gravity)	10.00	0.347 (Sediment volume)
Axis No.3	Ambouli	280	Flood storage	Concrete	11.00	40.814 (Retain entire V ₅₀₀)
Axis No.4	Boulle	27	Flood storage	Roller compacted concrete (RCC)	27.50	3.987 (Retain the entire V ₅₀₀)
Axis No.5	Boulle	47	Flood storage	RCC	26.00	6.250 (Retain entire V ₅₀₀)
Source: DSI of Turkey Notes; V500; 500-year return period of flood volume						

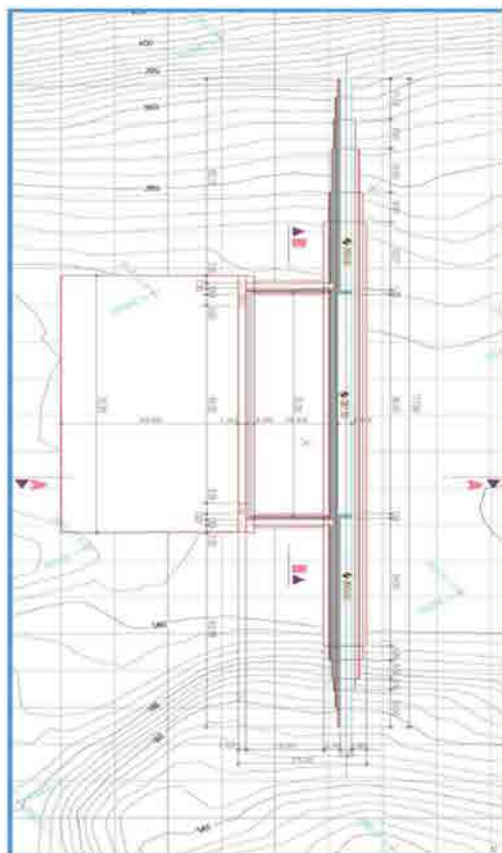
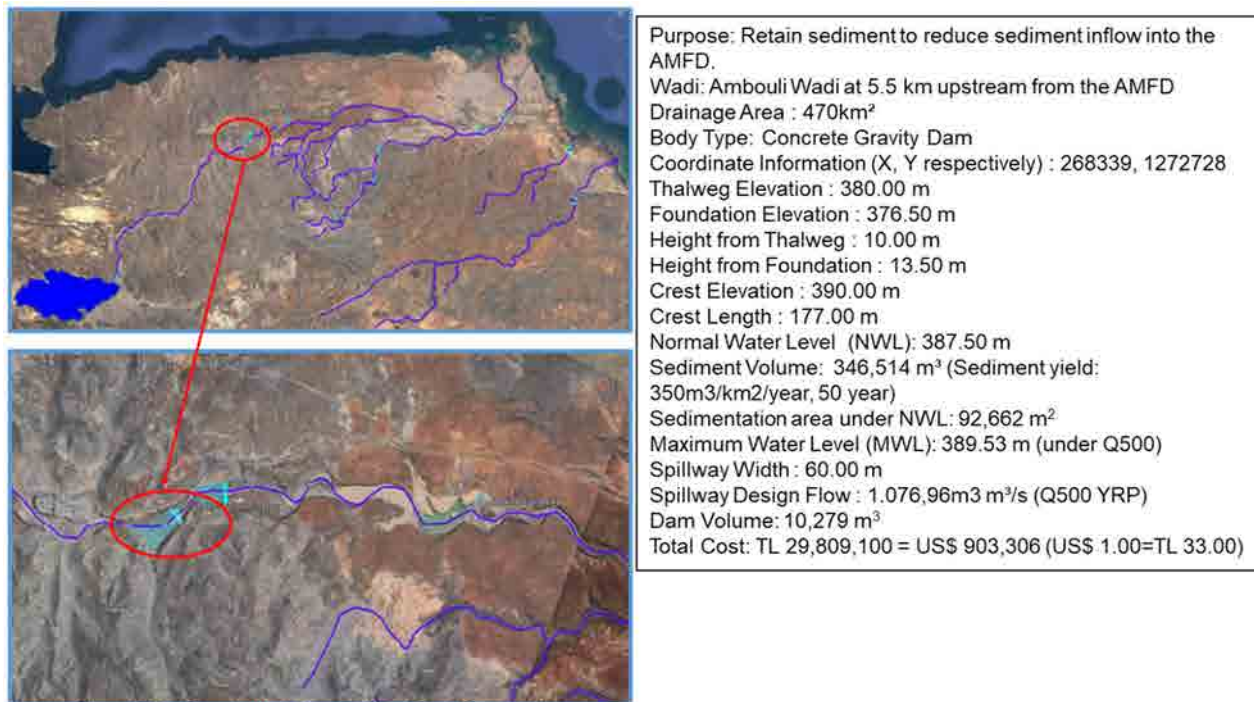
出典：DSI (2024)

3.2 トルコ DSI 支援の調査で提案されたダムの概要

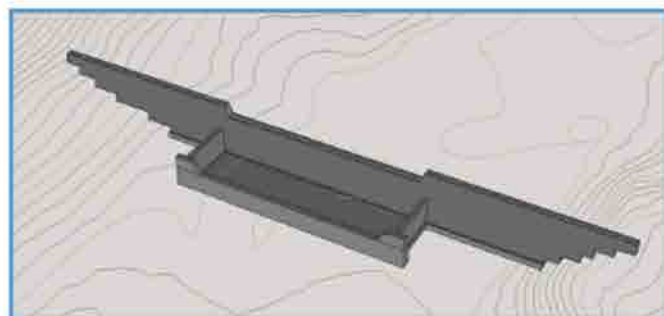


出典 : DSI, MAEPE-RH (2024)

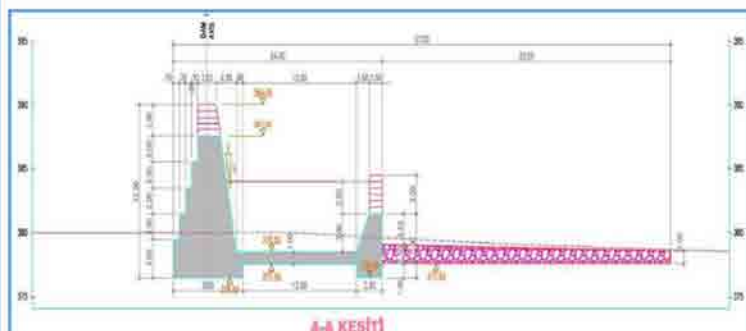
図 3.2.1 ダム Axis No.1



3D View of the Dam with Spillway (Right: Upstream)

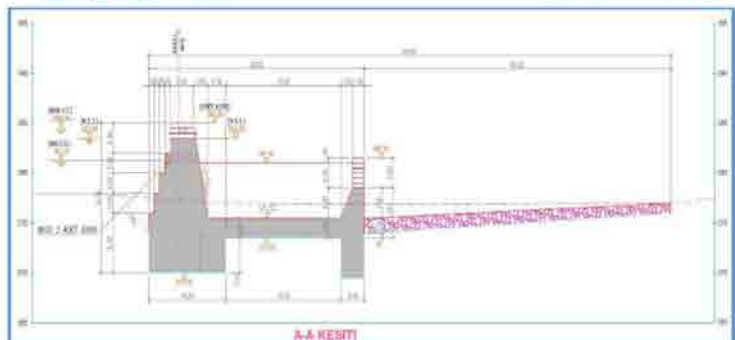
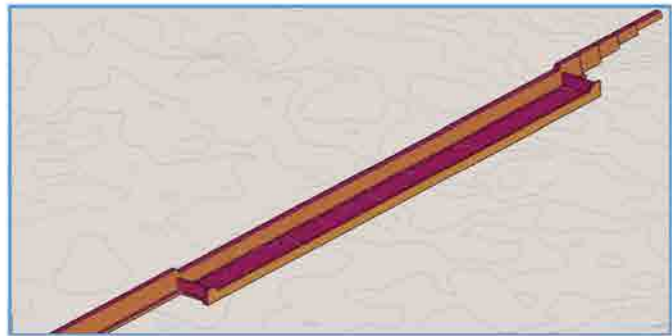
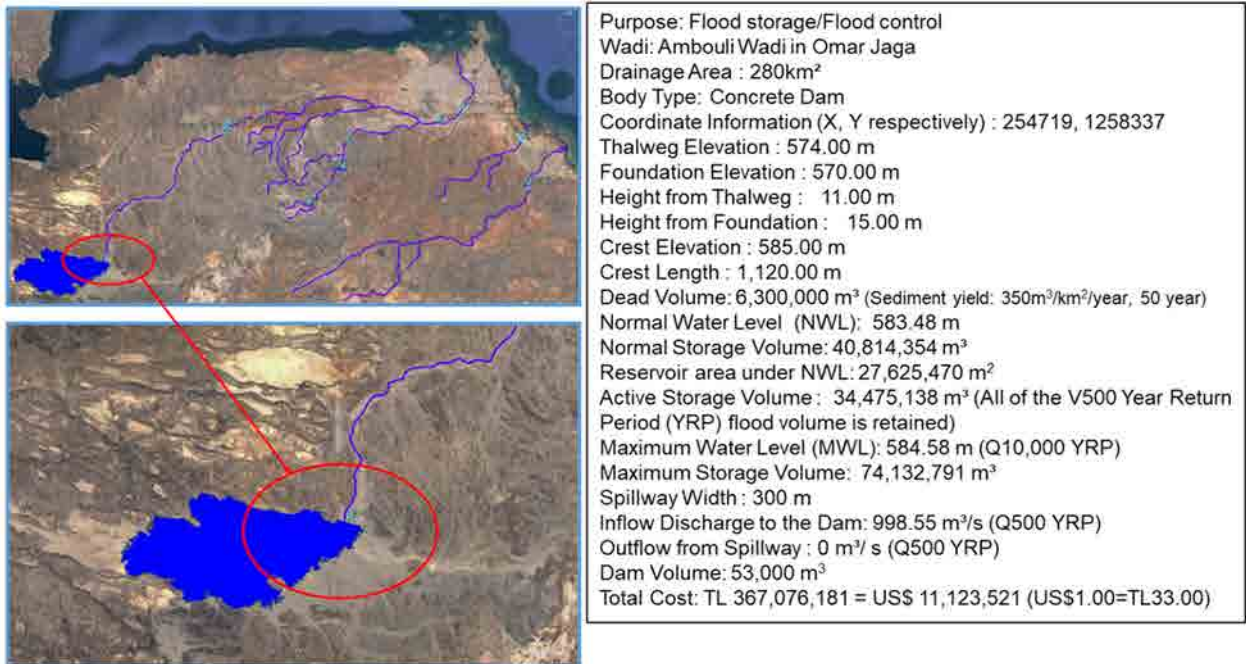


Longitudinal Section at Spillway Portion (Left: Upstream)



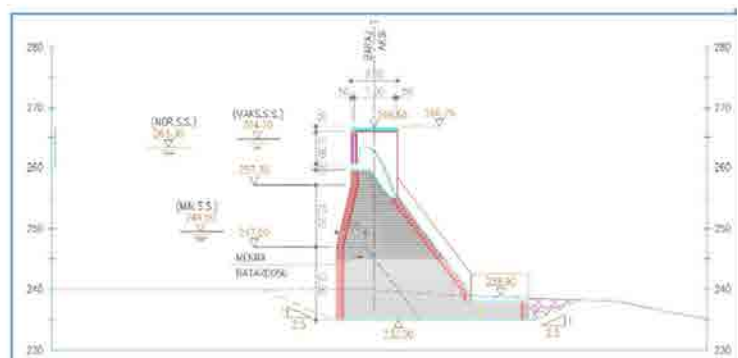
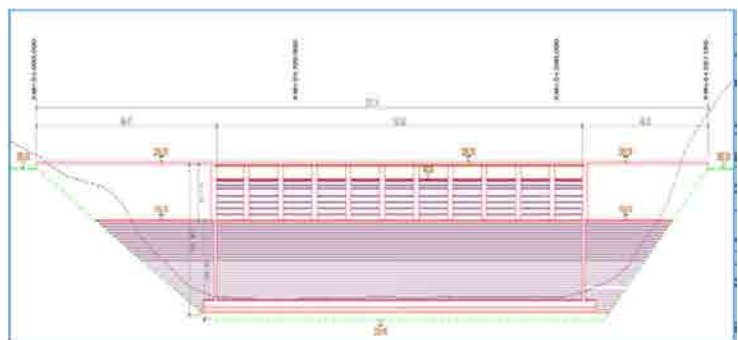
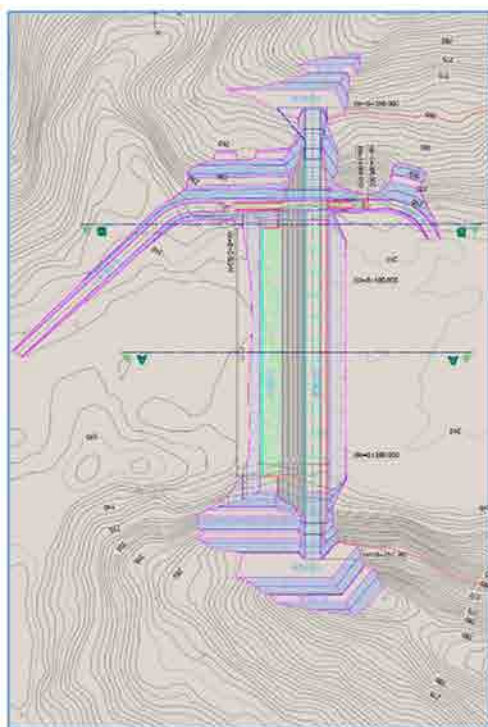
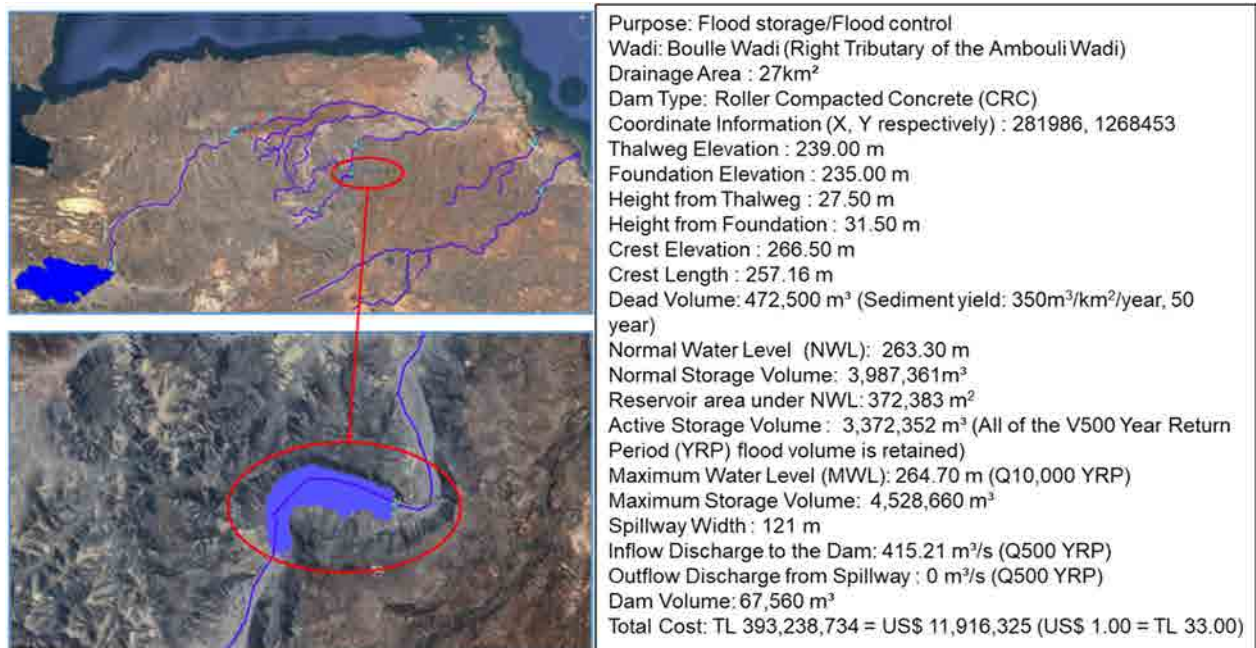
出典 : DSI, MAEPE-RH (2024)

図 3.2.2 ダム Axis No.2



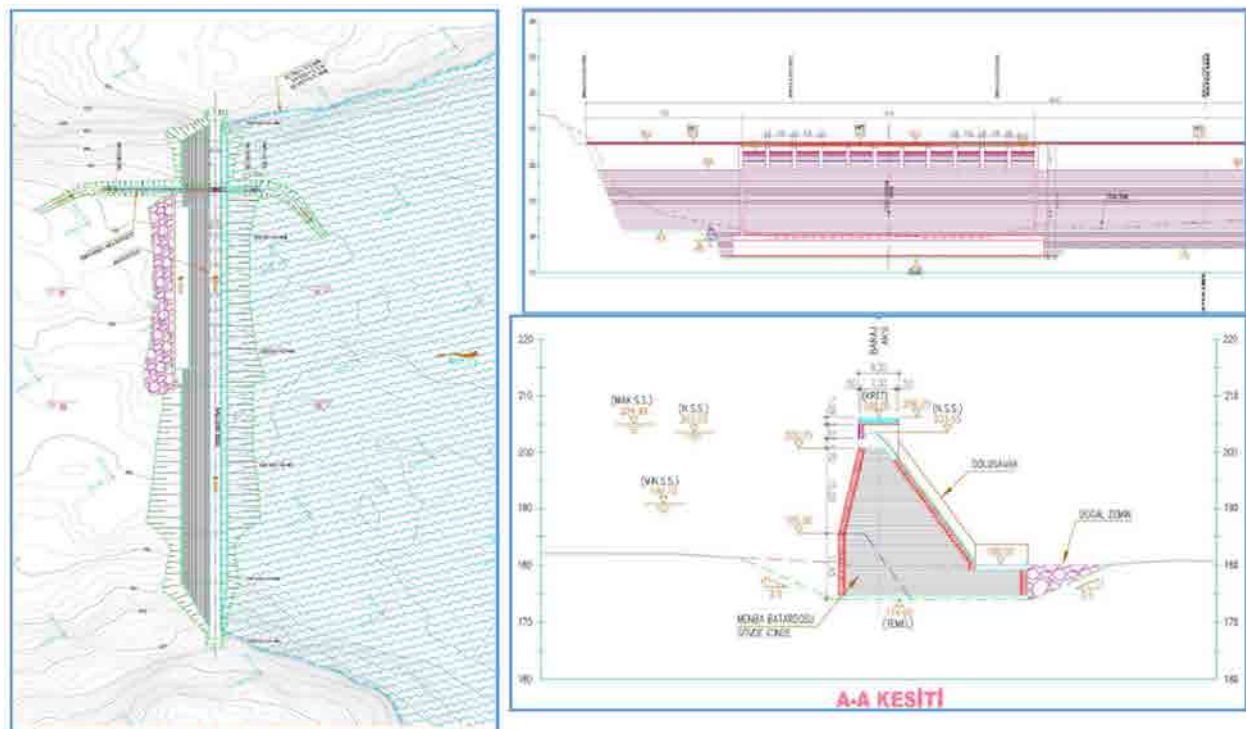
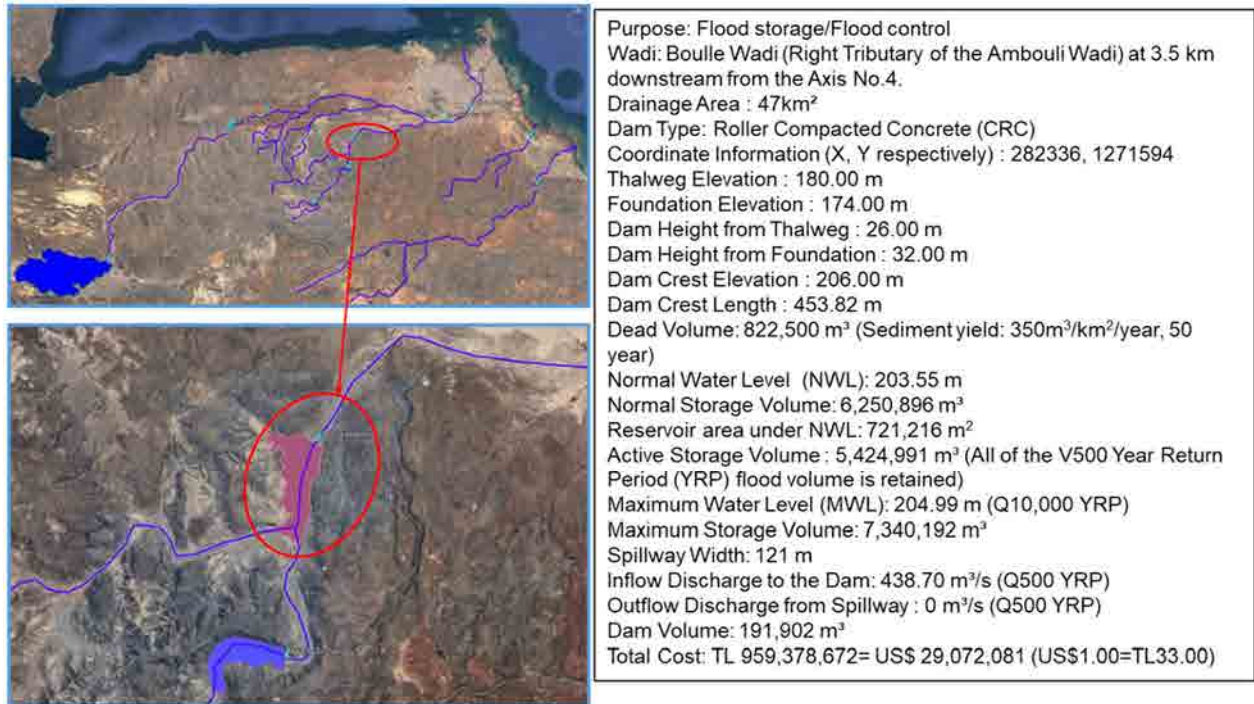
出典 : DSI, MAEPE-RH (2024)

図 3.2.3 ダム Axis No.3



出典 : DSI, MAEPE-RH (2024)

図 3.2.4 ダム Axis No.4



出典 : DSI, MAEPE-RH (2024)

図 3.2.5 ダム Axis No.5

付属資料 4 予備的降雨流出解析

4.1 最近の洪水イベントで活用できる気象水文情報

アンボリ友好ダムが完成した 2019 年以降は、ダム湖の水位計測によるダム流入量が把握できる。このときの、アンボリ友好ダム流域の降雨情報が活用できれば、アンボリ友好ダム流域における降雨と流出現象の関係の解明につながる。アンボリ友好ダム流域において、近年の洪水イベント時に活用できる気象水文情報は表 4.1.1 に示すとおりである。

表 4.1.1 近年の洪水イベント時に活用できる気象水文情報

洪水	気象水文情報
2004 年 4 月洪水	✓ アンボリ川流域の降雨情報なし。
2013 年 3 月洪水	✓ アンボリ川流域の降雨情報あり。
2019 年 11 月洪水	✓ アンボリ友好ダムのダム湖の水位計測ありで、ダム流入量の推定可能。
	✓ アンボリ川流域の降雨情報あり。
2020 年 4 月洪水	✓ アンボリ友好ダムのダム湖の水位計測ありで、ダム流入量の推定可能。
	✓ アンボリ川流域の降雨情報あり。
2023 年 1 月洪水	✓ アンボリ友好ダムのダム湖の水位が常時満水位を超えて余水吐から放流（自然越流方式）された。放流が生じた時刻やダム湖の最大水位がビデオ画像等から推定可能。
	✓ アンボリ川流域の降雨情報あり。

出典：JICA 調査団

4.2 流出率

最近の洪水イベント時のアンボリ友好ダム流域の流出率は、表 4.2.1 のように算出される。2019 年 11 月、2020 年 4 月洪水ともに、余水吐から放流はなく、流出量全量をダム湖でカットしている。この時の流出率は 0.24 程度である。一方、2023 年 1 月洪水時には、余水吐からの放流が生じたため、観測データのみからのダム流入量、流出率の推定は困難であるが、流出率は 0.24 以上となる。降雨量が大きくなると、流出率は上昇する傾向にあるといえる。

表 4.2.1 近年の洪水イベント時のアンボリ友好ダム流域の流出率

洪水	総降雨量(MCM)	総流出量(MCM)	流出率
2013 年 3 月洪水	34.1	N/A	N/A
2019 年 11 月洪水	40.3	9.3	0.23
2020 年 4 月洪水	21.2	5.1	0.24
2023 年 1 月洪水	49.2	11.6 以上	0.24 以上

出典：JICA 調査団

4.3 アンボリ友好ダム流域の短期降雨流出モデル

本調査では、最近の洪水イベント時の降雨流出現象が再現できるような短期降雨流出モデルを構築し、モデルパラメータの同定を行った。降雨流出解析には米国工兵隊水文工学センター（HEC-USACE）が開発した HEC-HMS を用いた。降雨の時間変化については、アンボリ川流域を 3 地域に区分した流域平均日雨量をもとに GSMaP の時間雨量をバイアス補正したものをを用いる。

4.3.1 降雨損失モデル

サブ流域における降雨損失モデルとしては、例えば SCS カーブナンバーモデルが最も簡便かつ世界中の多くの流域で実用的に用いられている。しかしながら、SCS カーブナンバーモデルは、2019年11月のように数時間の降雨が数日間連続的に生じる場合、2020年4月や2023年1月のような数時間の降雨が1日発生する場合のいずれにも共通して対応できるモデルではない。本調査では、試行錯誤の結果、アンボリ川流域のサブ流域における降雨損失現象を表現できるモデルとして、「窪地貯留モデル」と「一定浸透モデル」の組合せを用いることとする。また、短期降雨流出モデルのため、損失降雨の挙動はモデル化しない（図 4.3.1 参照）。

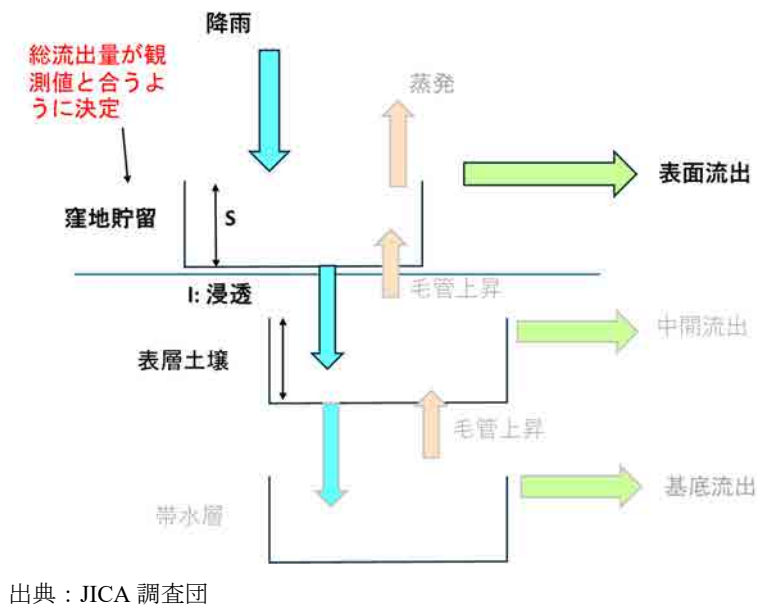


図 4.3.1 降雨損失モデル

ここで、窪地貯留量と一定浸透量の2つがモデル定数となる。窪地貯留量については、複数の洪水イベントにおける総流出量が観測値とほぼ合うように決定する。一定浸透量は、アンボリ川流域の表層土壌のほとんどが Clay Loam もしくは Sandy Clay Loam である¹ことから、それらの飽和透水係数である 1.0～1.5mm/hr の値を与える。

4.3.2 有効降雨量－流出量変換モデル

サブ流域における有効降雨量－流出量変換モデルについては、Clark Unit Hydrograph モデルを採用した。Clark Unit Hydrograph モデルは、次の2つのモデルパラメータを有する。

- 洪水到達時間

本調査では、HEC-USACE による経験式²をもとに、経験定数を加えた次式により与える。

¹ Hengl T, Heuvelink GBM, Kempen B, Leenaars JGB, Walsh MG, Shepherd KD, et al.(2015) : Mapping Soil Properties of Africa at 250 m Resolution: Random Forests Significantly Improve Current Predictions. PLoS ONE 10(6): e0125814. doi:10.1371/journal.pone.0125814.

² HEC-USACE : Hydrologic Modeling with HEC-HMS (2022), <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstr/hydrologic-modeling-with-hec-hms-2022-86907777.html>

$$T_{C0} = 0.457 \left(\frac{L \cdot L_c}{\sqrt{\text{Slope}_{10-85}}} \right)^{0.3}$$

$$T_c = \alpha \cdot T_{C0}$$

ここで、 T_c : 洪水到達時間 (hrs)、 T_{C0} : HEC-USACE のオリジナルの式によって推定される洪水到達時間、 α : モデル定数、 L : 流域の最長流下距離(km)、 L_c : 流域の重心からの流下距離(km)、 Slope_{10-85} : 流域の最長流下距離の 10 及び 85%地点間の平均勾配 (m/m)である。

- 貯留定数

貯留定数は以下の式で与える。

$$\frac{R}{T_c + R} = \beta$$

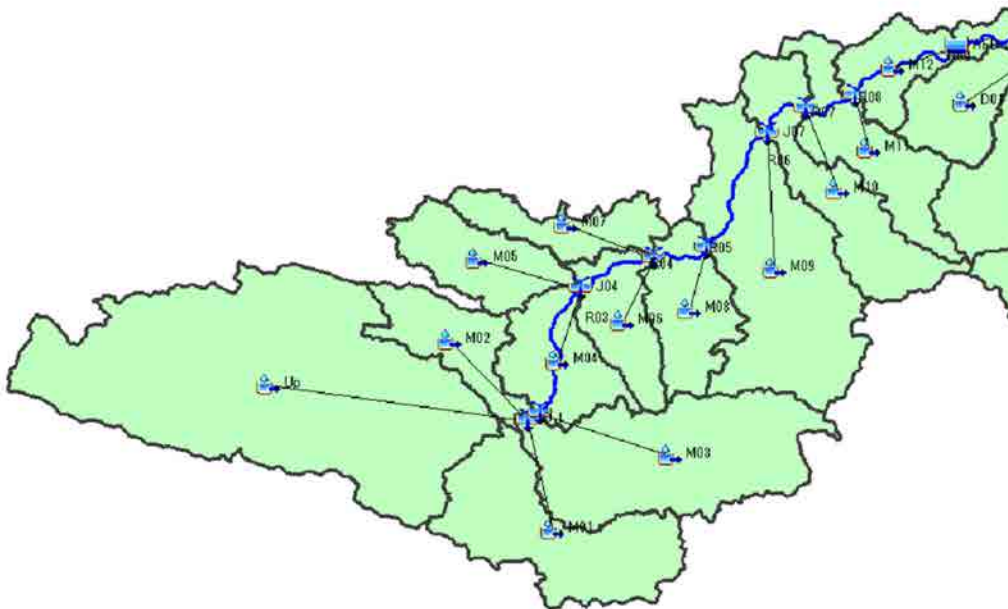
ここで、 R : 貯留定数(hrs)、 T_c : 洪水到達時間 (hrs)、 β : モデル定数である。

4.3.3 河道モデル

河道モデルには、Maskingum モデルを適用する。Maskingum モデルのモデル定数のうち、 K については、洪水波伝播速度と河道長をもとに与え、 X については一律 0.25 とする。

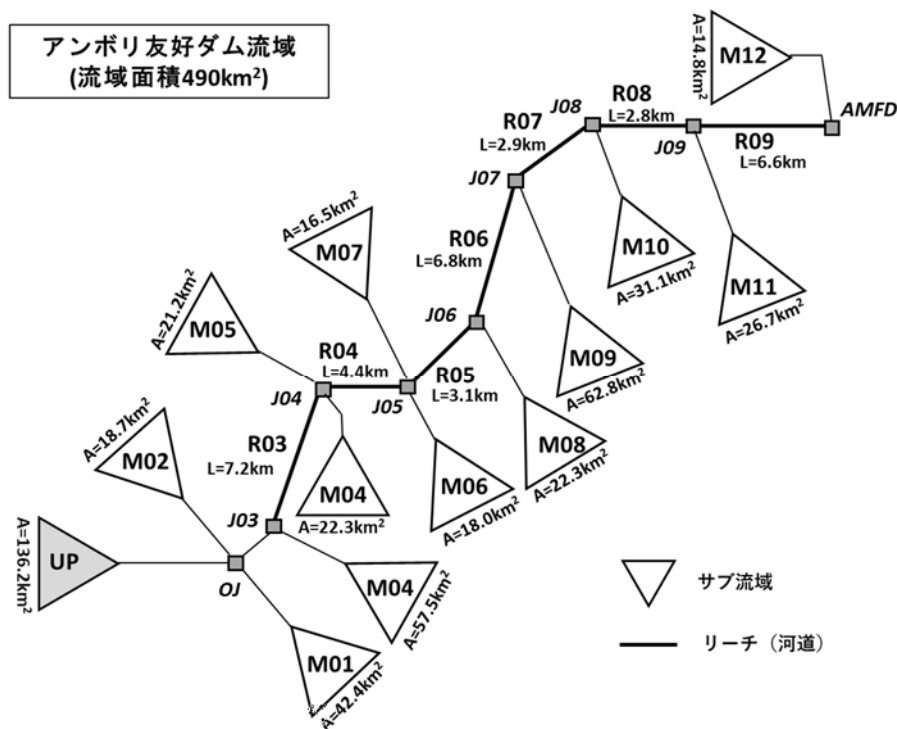
4.3.4 サブ流域分割

降雨流出解析用にアンボリ友好ダム流域をサブ流域分割した。図 4.3.2、図 4.3.3 に、それぞれ分割されたサブ流域とサブ流域系統図を示す。表 4.3.1 に、サブ流域とリーチ（河道）の特性を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.2 アンボリ友好ダム流域のサブ流域



出典：JICA 調査団

図 4.3.3 アンボリ友好ダム流域のサブ流域系統図

表 4.3.1 アンボリ友好ダム流域のサブ流域とリーチ（河道）の特性

	A(km ²)	Longest FlowPath Length (km)	Longest FlowPath Slope	Centroidal FlowPath Length (km)	Centroidal FlowPath Slope	10-85 FlowPath Length (km)	10-85 FlowPath Slope	Basin Slope	Basin Relief (m)	Relief Ratio	Elongation Ratio	Drainage Density (km/km ²)
M01	42.38	17.14	0.01692	8.54	0.00492	12.85	0.00942	0.2246	331	0.0193	0.4287	0.3376
M02	18.65	12.98	0.00751	6.35	0.00906	9.74	0.00768	0.1011	107	0.0082	0.3754	0.2890
M03	57.50	19.09	0.01194	8.17	0.00734	14.32	0.00901	0.2199	307	0.0161	0.4482	0.2360
M04	22.28	11.83	0.0085	4.25	0.00436	8.87	0.0081	0.1988	206	0.0174	0.4503	0.3209
M05	21.15	13.48	0.00746	6.06	0.0085	10.11	0.00237	0.1066	138	0.0102	0.3851	0.2370
M06	18.00	12.48	0.02227	6.11	0.00851	9.36	0.01282	0.2555	280	0.0224	0.3836	0.2454
M07	16.45	11.91	0.0094	5.25	0.01276	8.94	0.00918	0.1707	197	0.0165	0.3841	0.2082
M08	22.33	9.19	0.03241	3.90	0.01564	6.90	0.0202	0.3273	369	0.0401	0.5800	0.2578
M09	62.82	23.09	0.01414	6.96	0.01071	17.32	0.01264	0.2950	372	0.0161	0.3874	0.3676
M10	31.07	15.39	0.01699	5.62	0.01254	11.54	0.01401	0.3152	348	0.0226	0.4087	0.3828
M11	26.68	13.56	0.02098	3.05	0.01293	10.17	0.0178	0.3247	379	0.0280	0.4298	0.2534
M12	14.82	9.25	0.03373	4.27	0.01171	6.94	0.02148	0.2063	312	0.0337	0.4697	0.4464
Up	136.22	30.64	0.01543	12.94	0.00062	22.98	0.00985	0.1119	475	0.0155	0.4298	0.3286

	L (km)	Slope	L(m)	1/S
R03	7.15	0.00433	7152	231
R04	4.42	0.00543	4420	184
R05	3.13	0.00447	3129	224
R06	6.84	0.00907	6837	110
R07	2.93	0.01059	2928	94
R08	2.84	0.01093	2835	91
R09	6.62	0.01209	6618	83
R10	5.51	0.01179	5515	85

出典：JICA 調査団

4.3.5 キャリブレーション及びバリデーション

本調査では、降雨量と流出量が既知の2019年11月、2020年4月洪水の両者の流出現象をほぼ再現できるように、モデル定数を同定する。その後、同定されたモデル定数を用いて2023年1月洪水時の流出状況を再現し、アンボリ友好ダムで観察された最高水位と余水吐からの放流タイミングがほぼ再現できるかを確認する。

試行錯誤の結果、モデル定数は表4.3.2に示すように同定された。

表 4.3.2 モデル定数

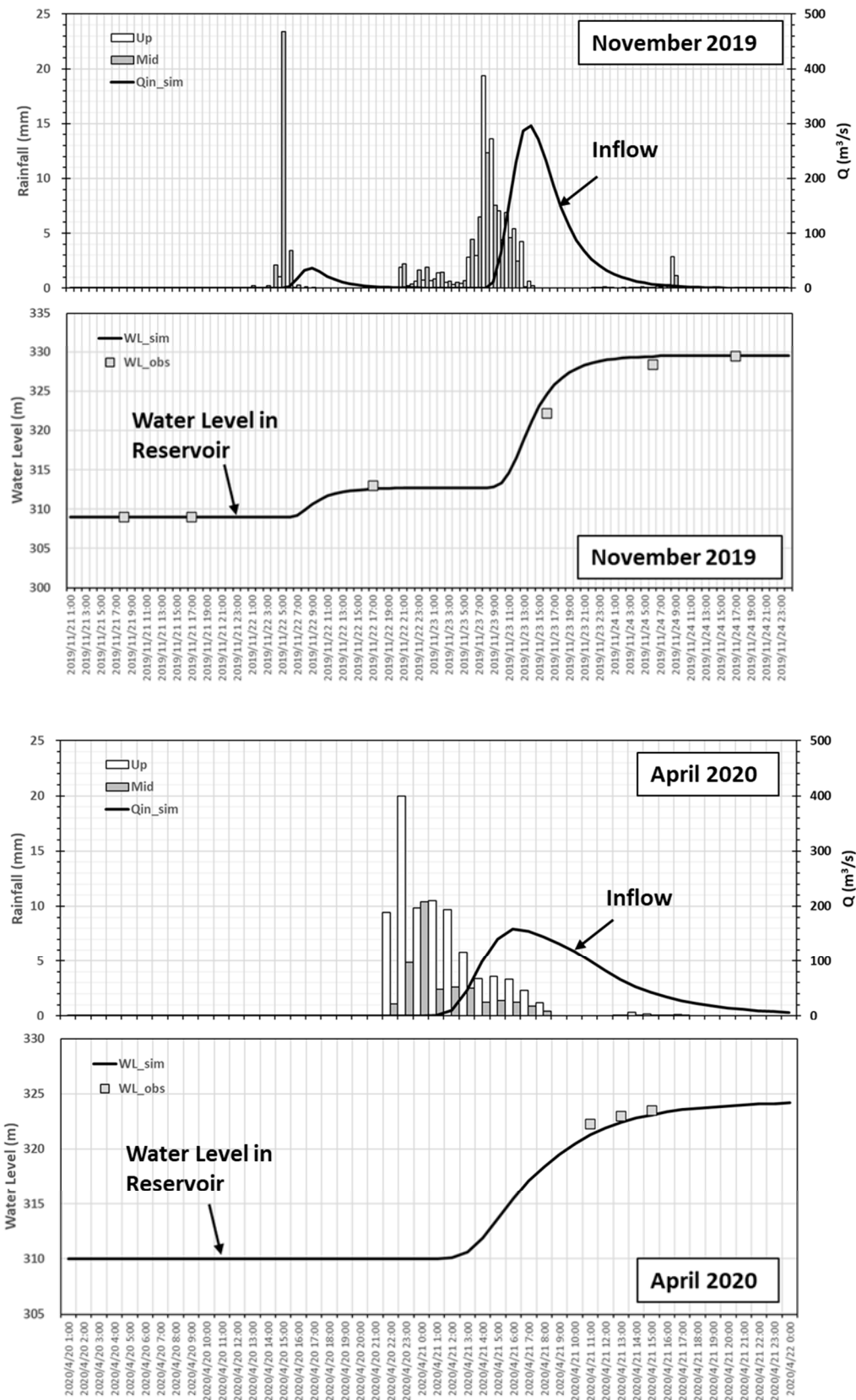
	T0 (hr)	α	β	T (hr)	R (hr)	S (mm)	Infiltration (mm/hr)
M01	4.11	0.45	0.65	1.85	3.43	23	1.3
M02	3.56			1.60	2.98		
M03	4.21			1.90	3.52		
M04	3.05			1.37	2.55		
M05	4.24			1.91	3.54		
M06	3.22			1.45	2.69		
M07	3.19			1.44	2.67		
M08	2.40			1.08	2.01		
M09	4.04			1.82	3.38		
M10	3.30			1.49	2.76		
M11	2.56			1.15	2.14		
M12	2.45			1.10	2.05		
Up	5.50			2.48	4.60	28	1.0

	K(hr)	X
R03	0.44	0.25
R04	0.27	0.25
R05	0.19	0.25
R06	0.42	0.25
R07	0.18	0.25
R08	0.18	0.25
R09	0.41	0.25
R10	0.34	0.25

出典：JICA 調査団

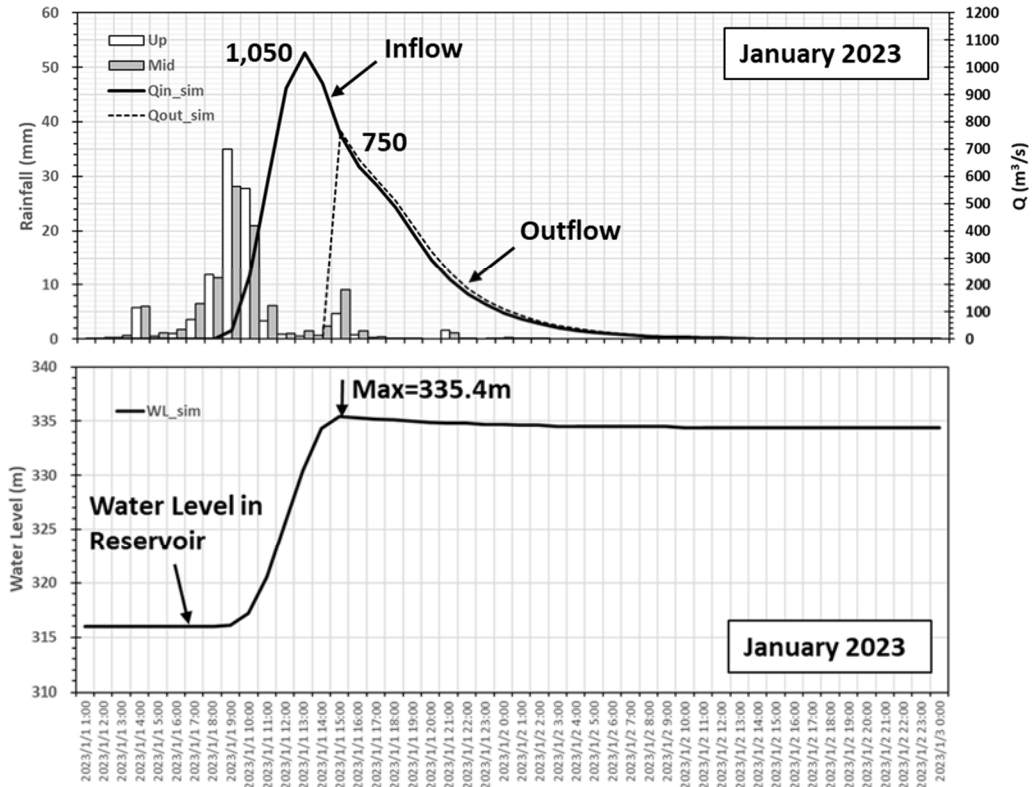
図4.3.4に、2019年11月、2020年4月洪水におけるアンボリ友好ダム流入流量、ダム水位のシミュレーション結果を示す。ダム水位の計算結果は実測値をほぼ再現できている。

図4.3.5に、2023年1月洪水におけるアンボリ友好ダム流入・流出流量、ダム水位のシミュレーション結果を示す。計算されたダム水位の最大値は、同洪水時の洪水後の写真等から認識された洪水痕跡を基に推定された最大水位335.3mとほぼ一致している。また、同洪水時のビデオ画像から14:30ごろには余水吐からの放流が生じていることが確認できるが、計算結果においても14:30ごろには余水吐からの放流が始まり、越流量が増加する時刻となっている。このことから、シミュレーション結果は、2023年1月洪水におけるアンボリ友好ダムへの流入量をほぼ再現できているものと判断する。



出典：JICA 調査団

図 4.3.4 2019 年 11 月、2020 年 4 月洪水のシミュレーション結果

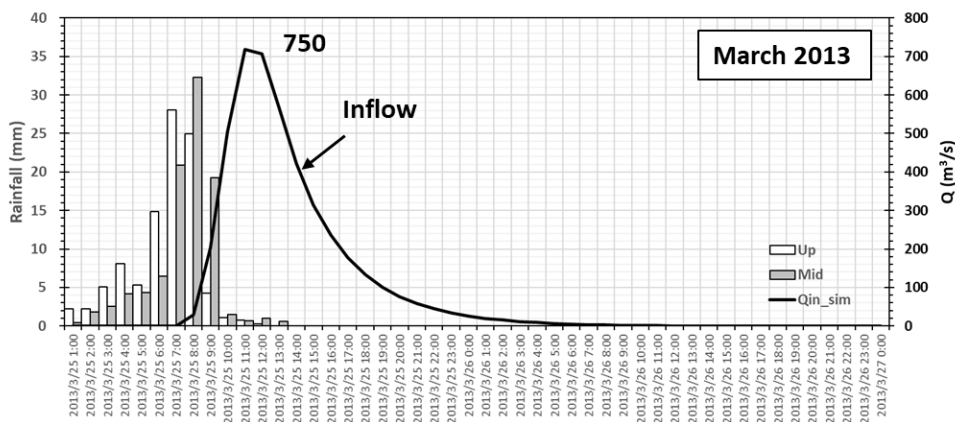


出典：JICA 調査団

図 4.3.5 2023 年 1 月洪水のシミュレーション結果

2023 年 1 月洪水におけるシミュレーション結果より、ピーク流入流量は $1,050\text{m}^3/\text{s}$ 、ピーク流出量は $750\text{m}^3/\text{s}$ であり、ダム地点においては、約 $300\text{m}^3/\text{s}$ のピークカット効果があったものと推定される。計算された総流入量は 28.9MCM であり、流出係数は 0.57 となる。

2013 年 3 月洪水についてのシミュレーション結果を図 4.3.6 に示す。ピーク流入流量は $750\text{m}^3/\text{s}$ 、計算された総流入量は 15.8MCM であり、流出係数は 0.46 となる。



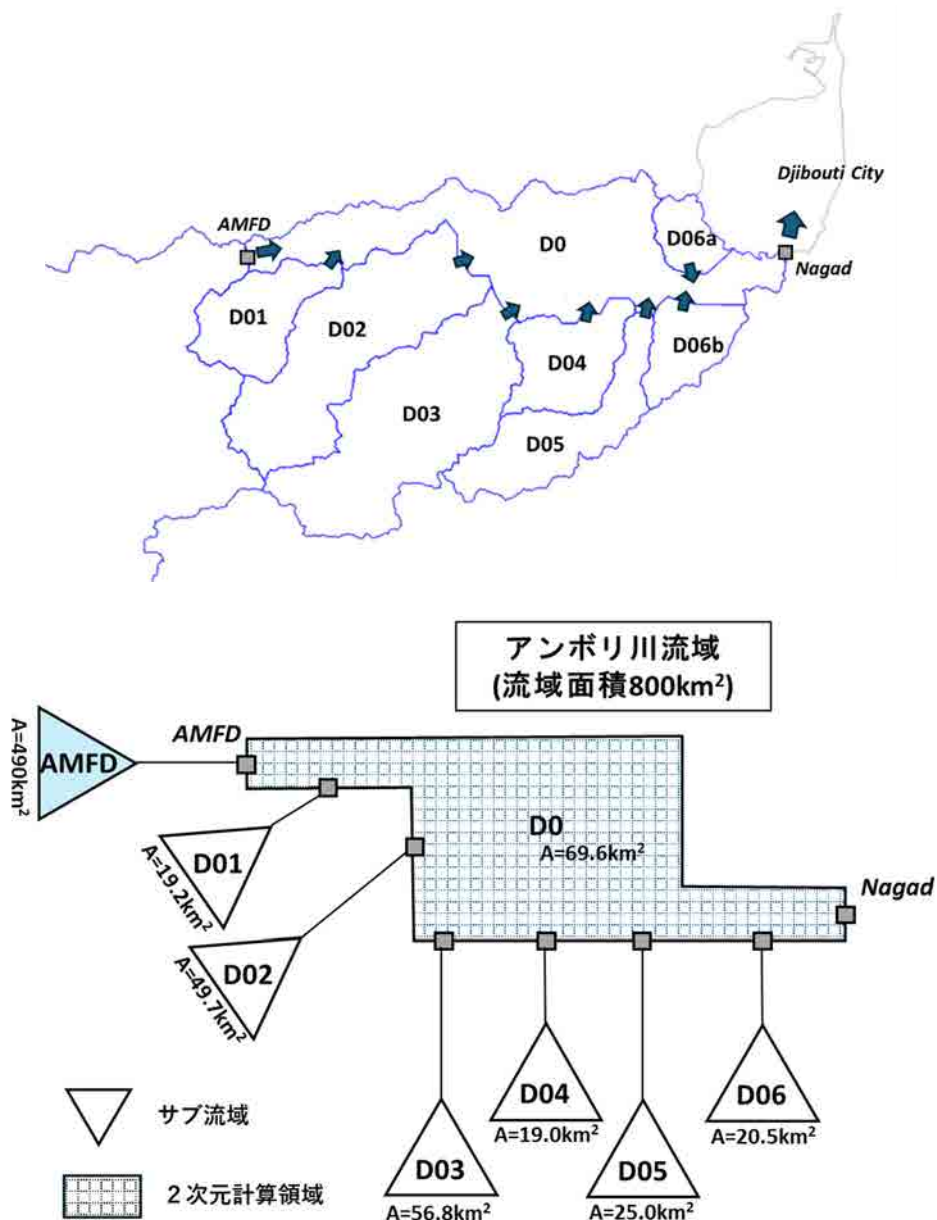
出典：JICA 調査団

図 4.3.6 2013 年 3 月洪水のシミュレーション結果

4.4 アンボリ友好ダム下流域を含む総合モデル

アンボリ友好ダム流域において構築した降雨流出モデルを拡張して、アンボリ友好ダム下流域を含む総合モデルを構築し、ジブチ市周辺の氾濫解析モデルの上流端であるナガッド地点の流出ハイドログラフを推定する。

アンボリ友好ダム下流域には、河道が明瞭ではなく、洪水時には網状に発散して流れる場所がある。こうした場所における洪水波の伝播をモデル化するために、HEC-RASの平面2次元流れモデルを導入する。支川流域からの流出は、アンボリ友好ダム流域において構築した降雨流出モデルと同様のモデルで推定する。モデルの概念図を図4.4.1に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.4.1 アンボリ友好ダム下流域を含む総合モデル

表 4.4.1 に、アンボリ友好ダム下流域のサブ流域の特性を示す。

表 4.4.1 アンボリ友好ダム下流域のサブ流域の特性

	A(km ²)	Longest FlowPath Length (km)	Longest FlowPath Slope	Centroidal FlowPath Length (km)	Centroidal FlowPath Slope	10-85 FlowPath Length (km)	10-85 FlowPath Slope	Basin Slope	Basin Relief (m)	Relief Ratio	Elongation Ratio	Drainage Density (km/km ²)
D0	69.60	25.49	0.01122	10.10	0.00822	19.12	0.00931	0.1186	298	0.0117	0.3237	0.5732
D01	19.22	11.09	0.02867	6.26	0.01469	8.32	0.01598	0.2399	327	0.0295	0.4460	0.1694
D02	49.68	22.85	0.01891	7.57	0.01046	15.89	0.01312	0.2624	553	0.0199	0.2860	0.3972
D03	56.78	22.66	0.02198	10.21	0.01219	16.25	0.01382	0.3296	567	0.0221	0.3444	0.3569
D04	19.01	7.16	0.01905	1.90	0.01043	4.37	0.01554	0.1589	217	0.0195	0.4765	0.1886
D05	25.01	18.70	0.0162	10.02	0.01406	13.90	0.01452	0.1431	382	0.0199	0.2957	0.4135
D06	20.49	12.86	0.01288	4.74	0.00573	9.52	0.01134	0.1079	172	0.0129	0.4504	0.2327

出典：JICA 調査団

アンボリ友好ダム下流域のサブ流域のモデル定数について、 α 、 β については、アンボリ友好ダム流域で同定されたものを準用する。一定浸透量については、アンボリ友好ダム流域の下流側のサブ流域と同じ 1.3mm/hr とする。窪地貯留量については、HEC-HMS の DTM 解析機能で抽出された窪地領域をもとに、窪地貯留量は窪地面積にほぼ比例するとして、アンボリ友好ダム流域のサブ流域の値との比較から、10mm を与える。なお、2次元計算領域である D0 では、流出計算を行わず、計算領域に直接降雨を与える。表 4.4.2 にアンボリ友好ダム下流域のサブ流域のモデル定数を示す。

表 4.4.2 モデル定数

	T0 (hr)	α	β	T (hr)	R (hr)	S (mm)	Infiltration (mm/hr)
D01	3.03	0.45	0.65	1.37	2.54	10	1.3
D02	4.11			1.85	3.43		
D03	4.45			2.00	3.72		
D04	1.87			0.84	1.56		
D05	4.14			1.86	3.46		
D06	3.07			1.38	2.57		

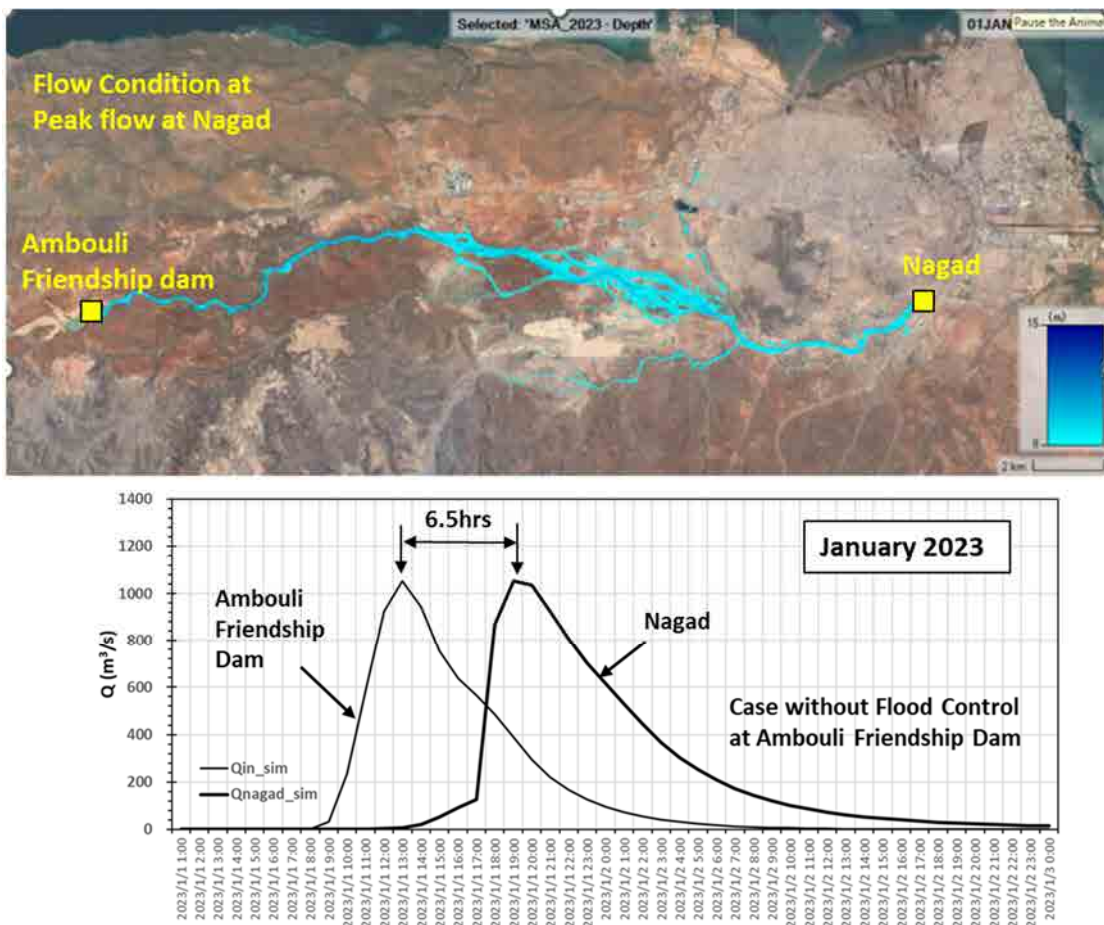
出典：JICA 調査団

アンボリ友好ダム下流域における洪水波の伝播については不明な点が多いが、過去の観測によれば、以下のとおりである。

- MAEPE-RH において長年アンボリ川に関わってきたエンジニアによれば、アンボリ友好ダム上流のウィア (We'a) 地点からジブチ市内までの約 40km 区間の洪水波の伝播時間は約 8 時間という実績がある。
- 2007 年に実施された EU の調査³において、MAEPE-RH エンジニアの観測実績を踏まえ、アンボリ友好ダム上流のウィア (We'a) 地点からジブチ市内までの約 40km 区間の洪水ピーク流量の時間遅れを 9 時間と確認した上で、降雨流出モデルにおける洪水伝播時間をこの観測結果に基づいて与えている。

³ EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Oudeu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

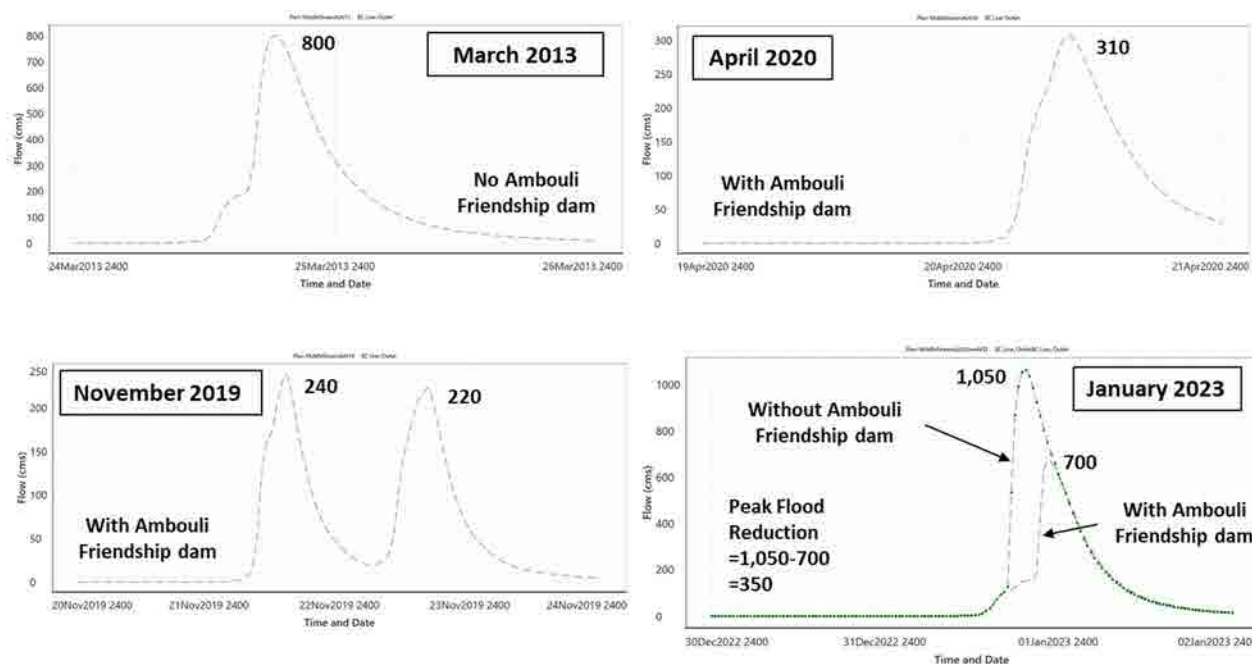
本調査においても、これらの観測結果を尊重し、2次元計算領域の粗度等の調整により、同様の洪水伝搬時間が得られるようにモデルを調整する。具体的にはウィア (We'a) 地点～アンボリ友好ダム区間の洪水ピーク流量の時間遅れ、ナガッド地点～パルマレ道路区間の洪水ピーク流量の時間遅れを合計約 2 時間と仮定し、アンボリ友好ダム～ナガッド地点区間の洪水ピーク流量の時間遅れが 6-7 時間程度となるように、粗度等の調整を行った。粗度としては氾濫原の粗度係数と同等の 0.1 を与え、これに加えて、河床に存在する巨礫の形状抵抗として、形状抵抗層厚 1m、形状抵抗パラメータ 0.4 を与えた。これにより、図 4.4.2 に示すように、2023 年 1 月洪水時のダムによる流況調整がない自然状態におけるアンボリ友好ダム～Nagad 地点区間の洪水ピーク流量の時間遅れが 6.5 時間程度となる。



出典：JICA 調査団

図 4.4.2 アンボリ友好ダム～Nagad 地点区間の洪水ピーク流量の時間遅れ

以上のように設定したモデルにより、2013 年 3 月、2019 年 11 月、2020 年 4 月、2023 年 1 月の各洪水時のナガッド地点のハイドログラフを計算した結果は、図 4.4.2 に示すとおりである。いずれの洪水時のピーク流量もジブチ市中心部右岸側において越流による浸水が生じる限界流量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度以下となっている。



出典：JICA 調査団

図 4.4.3 ナガッド地点のハイドログラフ計算結果

4.5 確率流量とダムの効果の検討

アンボリ友好ダム下流域を含む総合モデルを用いて、ナガッド地点における確率流量およびダムの効果を検討する。

4.5.1 降雨パターンの選定

降雨パターンとしては、以下の2種類のものを検討する。

- 実績降雨パターン

アンボリ川流域の年最大流域平均日雨量の確率値は表 4.5.1 に示す通りであるが、近年の代表的な洪水時の流域平均日雨量との比率をもとに、実績降雨を引き延ばしたハイドログラフを与える。本調査では、50年確率規模の引き延ばし率が2以下となる、2013年3月、2020年4月、2023年1月洪水の実績降雨を採用する。

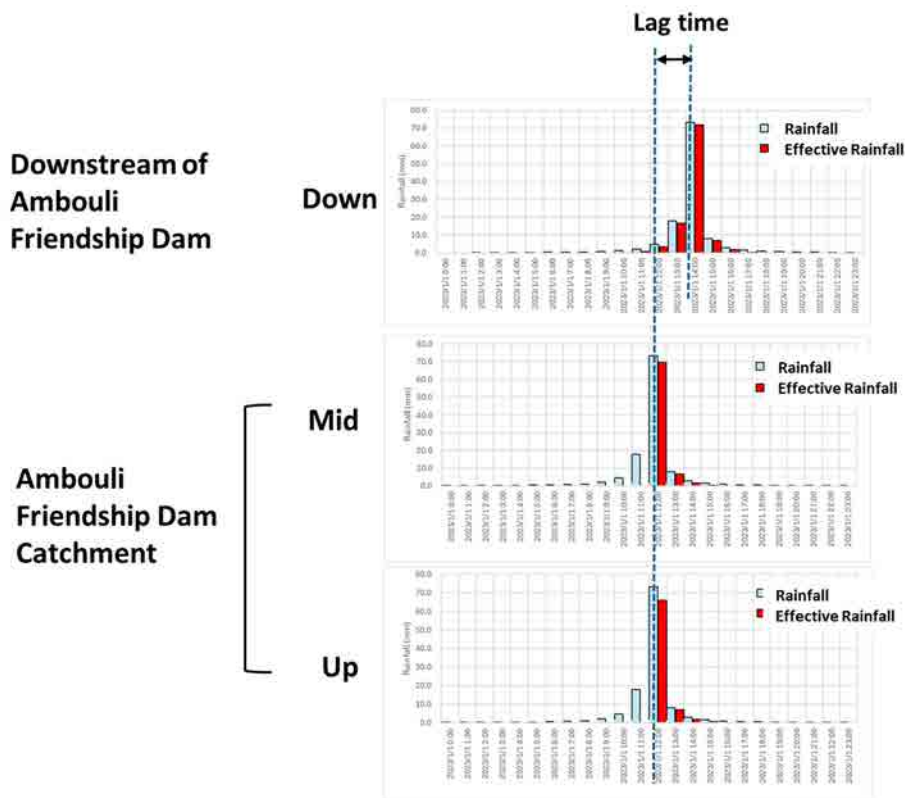
- 中央集中降雨パターン

ジブチ市における降雨実測値をもとに本調査に設定した降雨強度－降雨継続時間曲線をもとに、中央集中降雨パターンのハイドログラフを与える。ここで、上中流部（アンボリ友好ダム流域）と下流部（アンボリ友好ダム下流域）で降雨ピークが数時間ずれるという実績があることから、上中流部と下流部で降雨ピークを0～5時間までずらしたケースを検討する（図 4.5.1 参照）。

表 4.5.1 アンボリ川流域の年最大流域平均日雨量の確率値と引き延ばし率

	Probable Annual Max. Basin Average Daily Rainfall (mm)	2023/1	2013/3	2020/4	2019/11
		85.6	65.3	52.7	48.8
2	37.3	0.436	0.571	0.708	0.764
3	47.5	0.555	0.727	0.901	0.973
5	58.8	0.687	0.900	1.116	1.205
10	73.0	0.853	1.118	1.385	1.496
20	86.6	1.012	1.326	1.643	1.775
25	90.5	1.057	1.386	1.717	1.855
30	94.4	1.103	1.446	1.791	1.934
50	104.2	1.217	1.596	1.977	2.135
80	113.2	1.322	1.734	2.148	2.320
100	117.4	1.371	1.798	2.228	2.406

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

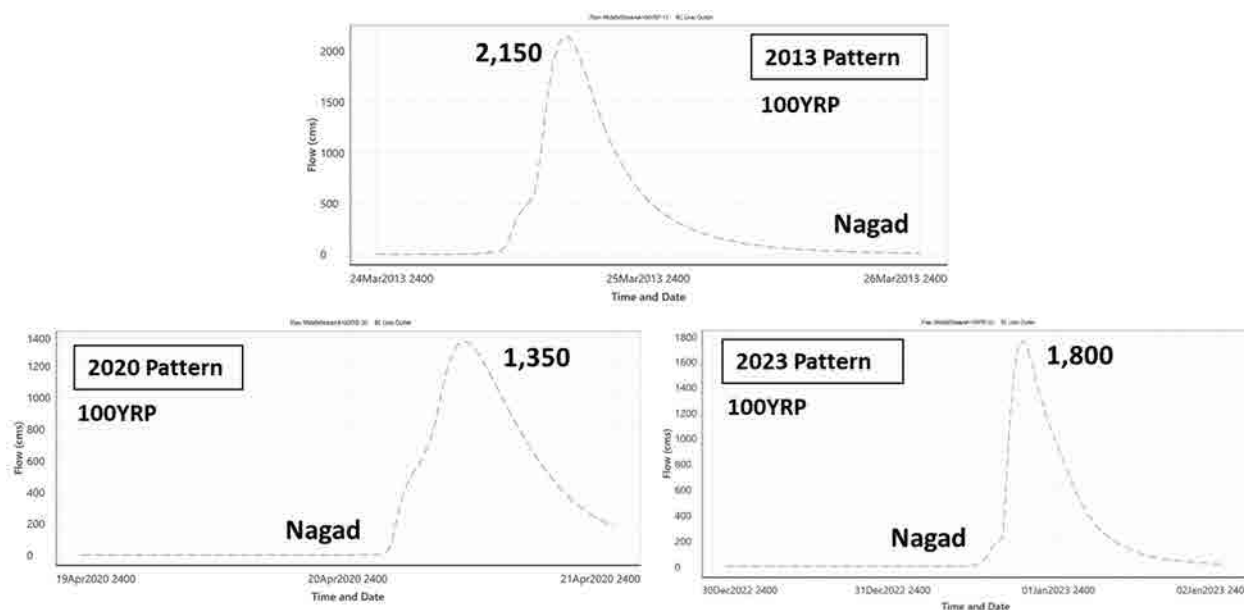
図 4.5.1 中央集中降雨パターンのハイトグラフ

アンボリ友好ダムによる洪水調整がない場合の、実績降雨パターン及び中央集中降雨パターンによる 100 年確率洪水時の Nagad 地点のハイドログラフをそれぞれ図 4.5.2、図 4.5.3 に示す。降雨パターンによるピーク流量の違いを表 4.5.2 にまとめた。

表 4.5.2 降雨パターンによるピーク流量の違い

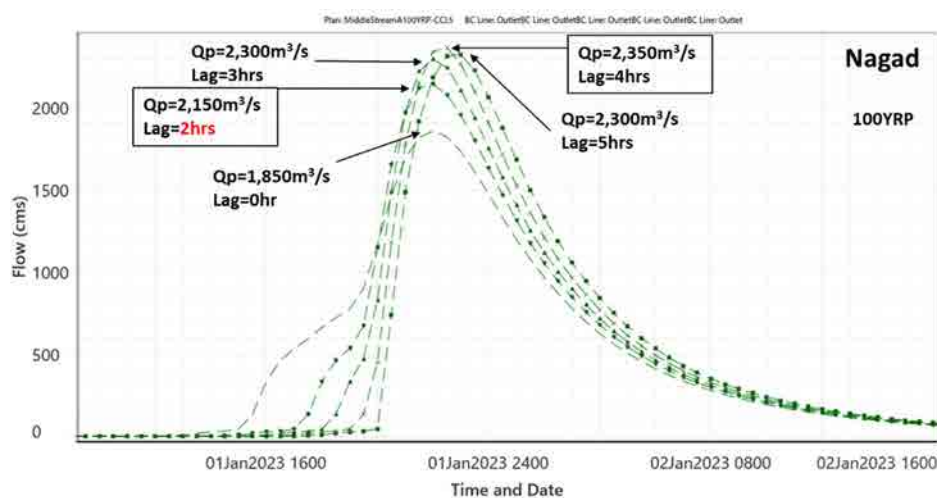
降雨パターン	ピーク流量 (100 年確率) (m ³ /s)	備考
2013 年 3 月降雨パターン	2,150	時間のずれ = 2hrs
2020 年 4 月降雨パターン	1,350	時間のずれ = 2hrs
2023 年 1 月降雨パターン	1,800	時間のずれ = 1hr
中央集中降雨パターン (時間のずれなし)	1,850	
中央集中降雨パターン (時間のずれ=2hrs)	2,150	
中央集中降雨パターン (時間のずれ=3hrs)	2,300	
中央集中降雨パターン (時間のずれ=4hrs)	2,350	
中央集中降雨パターン (時間のずれ=5hrs)	2,300	

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.5.2 実績降雨パターンによる 100 年確率洪水時のナガッド地点のハイドログラフ



出典：JICA 調査団

図 4.5.3 中央集中降雨パターンによる 100 年確率洪水時のナガッド地点のハイドログラフ

実績降雨パターンのうち、ピーク流量が最も大きくなるのは2013年3月の降雨パターンであり、 $2,150\text{m}^3/\text{s}$ となる。

中央集中降雨パターンでは、上中流部と下流部の降雨ピークの時間のずれが4時間の場合にピーク流量が最も大きくなり、 $2,350\text{m}^3/\text{s}$ となる。これまでの実績としては、上中流部と下流部の降雨ピークの時間のずれ2時間が現実的に生じているが、このときのピーク流量は $2,150\text{m}^3/\text{s}$ となる。

確率流量およびダムの効果の検討にあたり、降雨パターンとして表4.5.3に示す3つのパターンを採用する。

表 4.5.3 選定降雨パターン

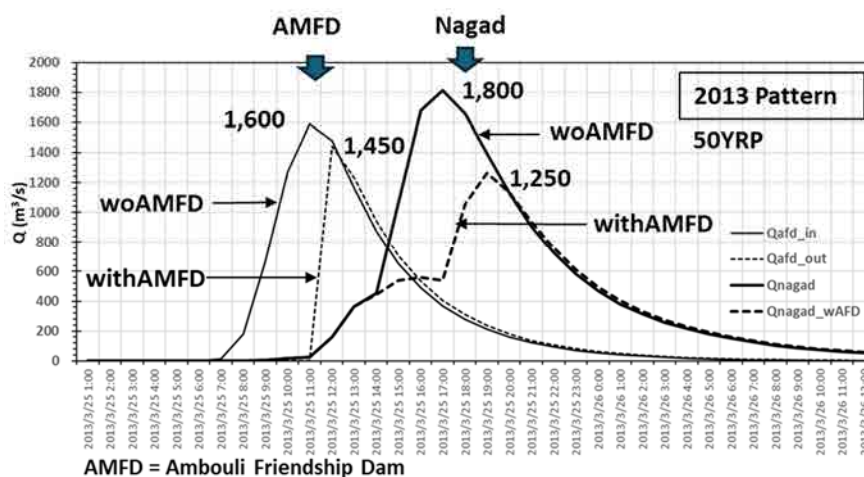
選定降雨パターン	選定理由
① 2013年3月降雨パターン	実績降雨パターンのうち、最も大きなピーク流量を与える。
② 中央集中降雨パターン (時間のずれ=2hrs)	中央集中降雨パターンのうち、上中流部と下流部の降雨ピークの時間のずれに実績値を用いたケースに限定した場合に最も大きなピーク流量を与える。
③ 中央集中降雨パターン (時間のずれ=4hrs)	中央集中降雨パターンのうち、最も大きなピーク流量を与える。 ただし、上中流部と下流部の降雨ピークの時間のずれはこれまでの実績がなく、仮想的かつ特殊なケースである。

出典：JICA 調査団

4.5.2 確率流量及びアンボリ友好ダムのピーク流量低減効果

アンボリ友好ダムの効果を検討にするにあたり、降雨発生前のダム湖の水位は計画上の最低水位316mであると仮定する。

図4.5.4に、2013年3月降雨パターンによる50年確率洪水時のアンボリ友好ダム地点及びナガッド地点のハイドログラフの計算値を示す。図には、アンボリ友好ダムあり及びなしの両ケースを示している。



出典：JICA 調査団

図 4.5.4 2013年3月降雨パターンによる50年確率洪水時のアンボリ友好ダム地点及びナガッド地点のハイドログラフ

アンボリ友好ダム地点ではダムのピーク流量低減効果は $150\text{m}^3/\text{s}$ 程度であるが、ナガッド地点では $550\text{m}^3/\text{s}$ 程度となっている。これは、アンボリ友好ダムによって、ダム地点のピーク流量発生時刻が遅れたために、アンボリ友好ダム下流域の支川流域からの流出ピークとのずれがより大きくなったためと考えられる。

表 4.5.4 に、ナガッド地点におけるアンボリ友好ダムなし及びダムありの 100 年、50 年、25 年確率流量の計算値を示す。表には、参考情報として、BECOM による確率流量⁴、2007 年の EU による調査⁵ における確率流量についても併記した。

表 4.5.4 確率流量

降雨パターン	ピーク流量 (m^3/s)					
	100YRP	50YRP	25YRP	100YRP AMFD あり	50YRP AMFD あり	25YRP AMFD あり
2013 年 3 月降雨パターン	2,150	1,800	1,500	1,600	1,250	900
中央集中降雨パターン (時間のずれ=2hrs)	2,150	1,800	1,450	1,500	1,150	800
中央集中降雨パターン (時間のずれ=4hrs)	2,350	1,900	1,600	1,800	1,350	950
BECOM 調査	2,080	1,800	1,500	NA	NA	NA
2007 調査*	1,600	NA	NA	NA	NA	NA

備考：YRP=Year Return Period (確率年)、AMFD=Ambouli Friendship Dam (アンボリ友好ダム)

*：「時間のずれ」は、アンボリ友好ダム上流部と下流部における降雨ピークの時間のずれのことを示す。時間のずれがプラスの場合、上流部に比べて下流部の降雨ピークが遅れる。

**：最上流域（本調査の UP）が含まれていない。

出典：JICA 調査団

中央集中降雨パターン（時間のずれ=4hrs）は、時間のずれに関してこれまでの実績がない特殊なケースであり、これを除けば、以下がいえる。

- アンボリ友好ダムなしの 100 年、50 年、25 年確率流量は、BECOM によるものと同程度の値となる。
- アンボリ友好ダムの洪水調整効果によって、安全側をみても、ナガッド地点のピーク流量は 50 年確率で $1,250\text{m}^3/\text{s}$ 程度、25 年確率で $900\text{m}^3/\text{s}$ 程度に低減される。

4.5.3 計画ダムのピーク流量低減効果

トルコ DSI が実施した Pre-FS⁶によって計画されたダムの効果を検討する。計画された洪水調整ダムはいずれも貯水容量に余裕を持たせ、ダム流域からの流出量を全量カットする想定となってい

⁴ JICA, ADR : ジブチ国ジブチ市物流強化に係る情報収集・確認調査、最終報告書、2022。

⁵ EU, MAEPE-RH : Projet d'Aménagement Intégré de L'Oudeu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007。

⁶ DSI : Djibouti Flood Protection Dams Preliminary Investigation Report, 2024。

る。このため、ダム直下地点での洪水軽減は明らかであるが、それがジブチ市周辺のナガッド地点の洪水ピーク流量軽減にどの程度貢献するかは不明である。

本調査では、アンボリ友好ダム下流域を含む総合モデルをベースにして、表 4.5.5 に示すようにモデルを修正することにより、計画されたダムの効果を検討する。

表 4.5.5 モデルの修正

計画ダム	場所	流域面積 (km ²)	モデル上の取り扱い
Axis 3	アンボリ川本川 オマールジャガ	280	サブ流域 UP, M01, M02, M03 の流出量をゼロとする。
Axis 3R	アンボリ川本川 オマールジャガ	200	流域面積 200km ² の旧堰堤地点へダム位置を修正した上で、利水を主目的とするダムとし、サーチャージ部の洪水調整効果を期待する場合。サブ流域 UP, M01, M02 の流出量をもとにダム流出量を計算する。
Axis 4	アンボリ川支川 ブレ川	27	流域面積比を踏まえ、サブ流域 D03 の流出量を 52% に低減する。
Axis 5	アンボリ川支川 ブレ川	47	流域面積比を踏まえ、サブ流域 D03 の流出量を 17% に低減する。

出典：JICA 調査団

表 4.5.6 に、代表的な降雨パターンとして 2013 年 3 月降雨パターンを採用した場合の 50 及び 100 年確率洪水時の計画ダムによるナガッド地点での洪水ピーク流量軽減効果をまとめた。

表 4.5.6 計画ダムによるナガッド地点での洪水ピーク流量軽減効果

降雨パターン 2013 年 3 月降雨パターン	ピーク流量 (m ³ /s)					
	AMFD なし	AMFD あり	AMFD + Dam Axis 3	AMFD + Dam Axis 3R	AMFD + Dam Axis 4	AMFD + Dam Axis 5
50YRP	1,800	1,250	550	750	1,220	1,200
100YRP	2,150	1,600	650	1,000	1,580	1,550

備考：YRP=Year Return Period (確率年)、AMFD=Ambouli Friendship Dam (アンボリ友好ダム)

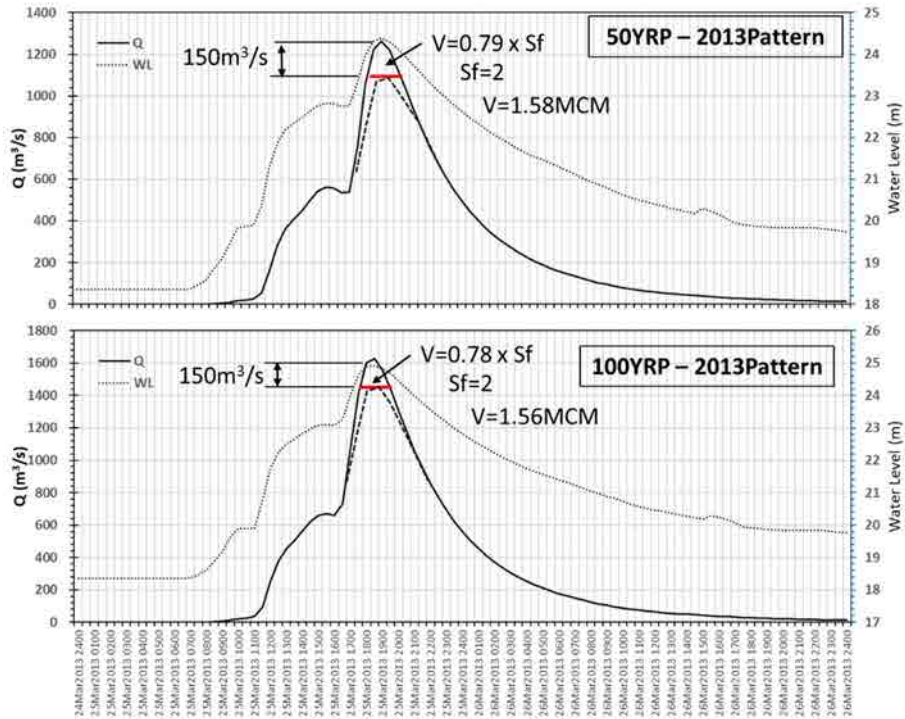
出典：JICA 調査団

Dam Axis 3 は、アンボリ友好ダムと併せて、アンボリ川本川のピーク流量軽減に貢献する。一方、Dam Axis 4, 5 は支川流域のピーク流量軽減には効果が大きいものの、支川流域のピーク流量発生時刻とアンボリ川本川のピーク流量発生時刻にずれがあるために、支川流域のピーク流量軽減が全体のピーク流量軽減には大きく影響しない結果となった。

4.5.4 遊水地の検討

アンボリ友好ダムありの場合のナガッド地点での 50 及び 100 年確率洪水時のハイドログラフから、150m³/s ピークカットする場合の遊水地の必要容量は、完全に水平カットできないことを踏まえた安全率を 2 とすると、1.6MCM 程度となる (図 4.5.5 参照)。

本調査で提案された遊水地の内、最大の容量が期待できるサイト2の遊水地部においては、有効深さ4mの場合には、最大3MCM程度の貯水容量が確保できると期待されるので、利水容量も含めて1.6MCMの確保は可能と考えられる。



出典：JICA 調査団

図 4.5.5 遊水地の必要容量の概算

4.5.5 計画ダム、遊水地の組み合わせ

計画ダム及び遊水地を組合せた場合のナガット地点での50及び100年確率洪水時のナガット地点での洪水ピーク流量軽減効果を表4.5.7に示す。

WBによる気候変動予測では、ジブチの短時間降雨は、現在気候の100年確率雨量が将来は60年確率程度雨量程度になることが示唆されている。これが実際に生じると、現在の100年確率流量がほぼ50年確率流量程度となり、気候変動を考慮した計画では、50年確率規模の安全度を達成するためには、より大きな流量への対処が必要となる。

ナガット地点より下流の最大河道分担流量800m³/sが実現できる場合、現在気候の50年確率対応の場合には、例えば、Dam Axis 3Rの建設のみで対応できるが、現在気候の100年確率もしくは気候変動を考慮した50年確率規模対応のためには、計画ダムと遊水地の組み合わせが必要になるものと考えられる。

表 4.5.7 計画ダムと遊水地の組み合わせによるナガッド地点での洪水ピーク流量軽減効果

降雨パターン 2013年3月降雨 パターン	ピーク流量 (m ³ /s)					
	AMFD なし	AMFD あり	AMFD + RB	AMFD + Dam Axis 5 + RB	AMFD + Dam Axis 3R + RB	AMFD + Dam Axis 3R + Dam Axis 5 + RB
50YRP	1,800	1,250	1,100	1,050	600	550
100YRP	2,150	1,600	1,450	1,400	850	800

備考：YRP=Year Return Period (確率年)、AMFD=Ambouli Friendship Dam (アンボリ友好ダム)、RB=遊水地
出典：JICA 調査団

4.6 予備的降雨流出解析のまとめ

本調査では、アンボリ友好ダム完成後に活用可能となったダム流入流量の推定値と利用可能な降雨情報を足がかりとして、降雨流出過程を検討した。アンボリ友好ダム流域の降雨流出過程については、実測値をもとに降雨流出モデルを構築した。ジブチ市周辺のナガッド地点の流量ハイドログラフを推定するためには、アンボリ友好ダム下流域における洪水伝播現象についても適切にモデル化する必要がある。本調査では、洪水伝播速度に関する過去の経験・知見を踏まえてモデル化を行った。このモデルを用いて、ナガッド地点の確率流量の推定、ダムの効果の検討を行った。

ナガッド地点の洪水ピーク流量は、アンボリ川本川とブレ川をはじめとする支川流域からのピーク流量出現タイミングが一致する場合には、大きな値となる可能性がある。これは、降雨の時空間パターンのみならず、アンボリ友好ダム下流域における洪水伝播速度にも大きく影響を受ける。このため、今後、より正確な確率流量の推定のためには、アンボリ友好ダム下流域における洪水伝播現象について注意深く調査・研究する必要がある。

予警報強化という側面に加え、無駄のない効果的な洪水リスク軽減への投資のための良質の調査・計画立案に向けて、洪水波の伝播現象をより正確に把握するために、直ちに水位計設置による洪水モニタリングを実施することが、緊急的な最優先活動の1つとして推奨される。

付属資料 5 洪水規模ごとの氾濫解析結果

5.1 近未来のインフラ整備（パルマレ橋梁建設）後の洪水規模ごとの氾濫解析結果

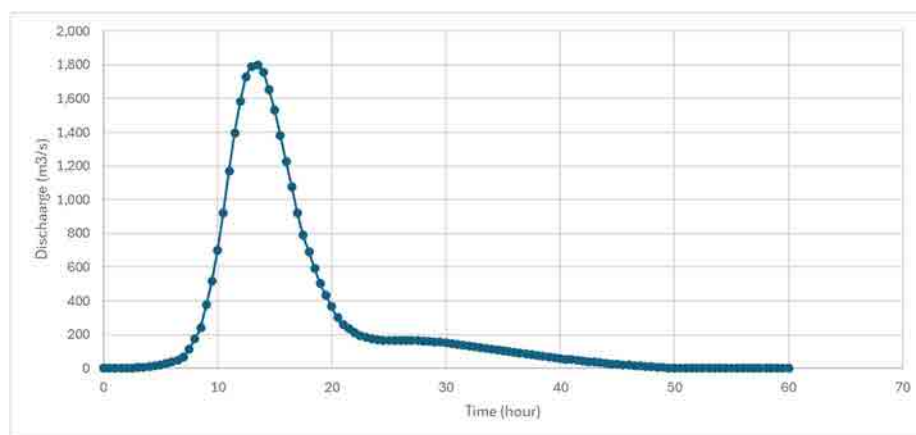
(1) 計算条件

近未来のインフラ整備（パルマレ橋梁建設）後の状況を想定して、以下の条件で計算を行う。

- 既存構造物（イタリア橋、鉄道）あり
- 右岸堤防あり
- 実施中のパルマレ橋梁建設事業完成
- SEZ の開発を含む三角州の状況は現況維持

(2) 流量ハイドログラフの与え方

過去の調査結果より、計算条件としての流量ハイドログラフを設定した。すなわち、ハイドログラフの形状（流量の時間的变化）は EU 調査（2007）¹（3.3.1（2）に記載）の結果を用い、ハイドログラフを適宜調整（引き延ばしあるいは引き縮め）した。BECOM 調査²（3.3.1（1）に記載）での 50 年確率のピーク流量である 1,800m³/s を基本とし、ピーク流量規模を変化させて計算を行った。解析に用いた流量ハイドログラフを図 5.1.1 に示す。



出典：JICA 調査団

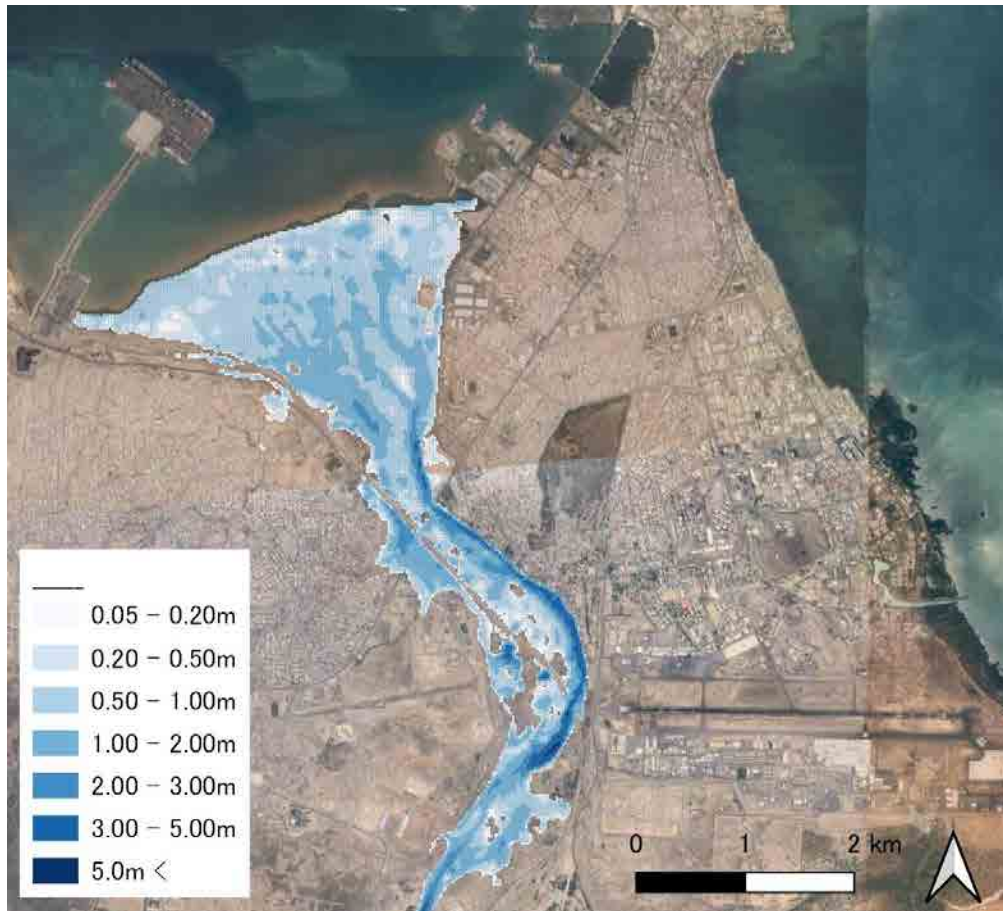
図 5.1.1 流量ハイドログラフ（ピーク流量 1,800m³/s の場合）

(3) 計算結果

次ページ以降に計算結果を示す。

¹ EU, MAEPE-RH, Projet d'Aménagement Intégré de L'Ouedu Ambouli, Etude d'identification des ouvrages de rétention des ruissellements et de recharge des nappes sur l'ensemble du bassin versant, Volume 1, RAPPORT, 2007.

² JICA, ADR：ジブチ国ジブチ市物流強化に係る情報収集・確認調査、最終報告書、2022.



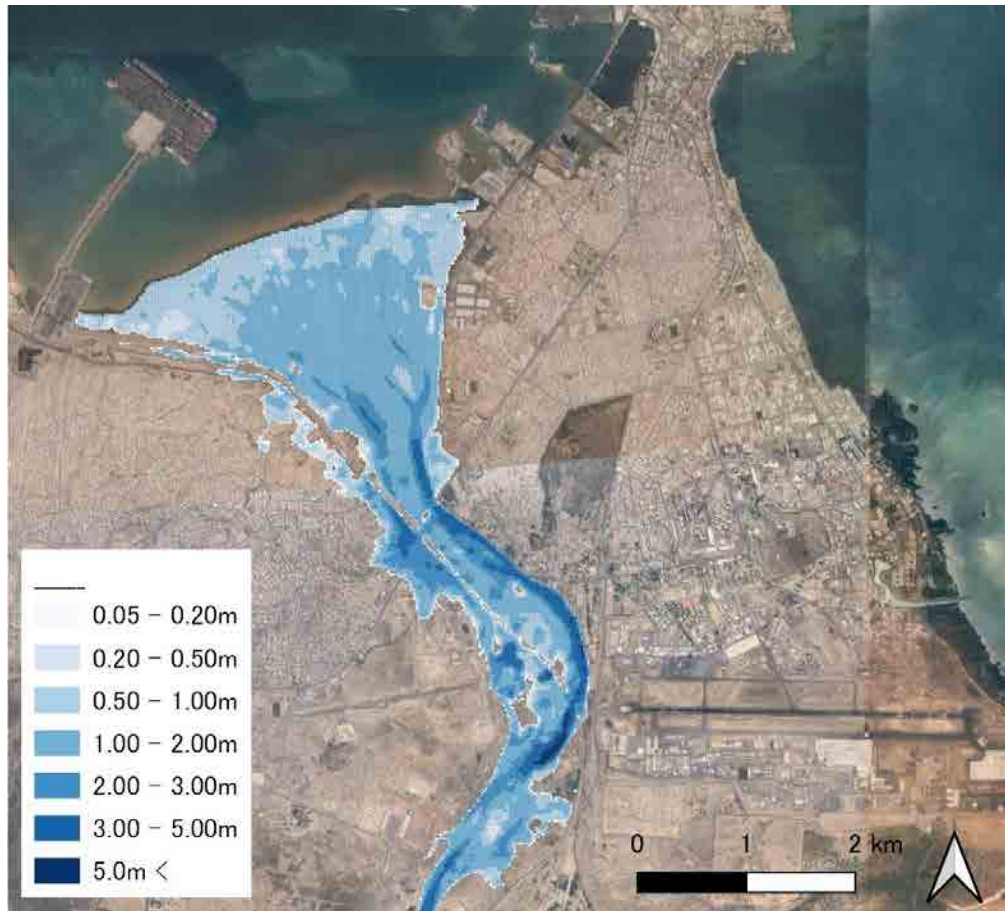
出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 5.1.2 氾濫範囲と浸水深（ピーク流量 $430\text{m}^3/\text{s}$ （2年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

表 5.1.1 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数・面積
（ピーク流量 $430\text{m}^3/\text{s}$ （2年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

水深 (m)	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	0.31	171
0.20-0.50	1.11	404
0.50-1.00	2.95	448
1.00-2.00	2.04	392
2.00-3.00	0.37	112
3.00-5.00	0.18	5
5.00 <	0.01	0
合計	6.98	1,532

出典：JICA 調査団



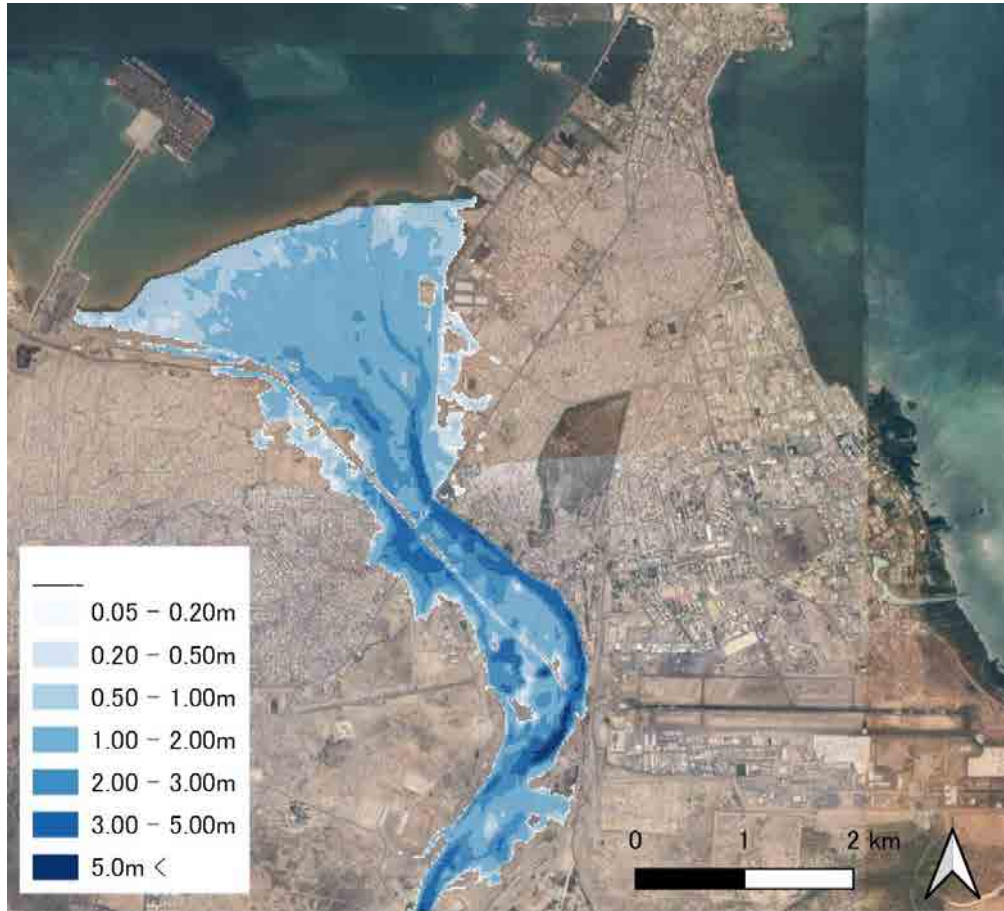
出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 5.1.3 氾濫範囲と浸水深（ピーク流量 870m³/s（5 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

表 5.1.2 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数・面積
（ピーク流量 870m³/s（5 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

水深 (m)	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	0.16	186
0.20-0.50	0.51	358
0.50-1.00	1.99	554
1.00-2.00	3.76	985
2.00-3.00	0.97	392
3.00-5.00	0.47	130
5.00 <	0.04	0
合計	7.89	2,605

出典：JICA 調査団



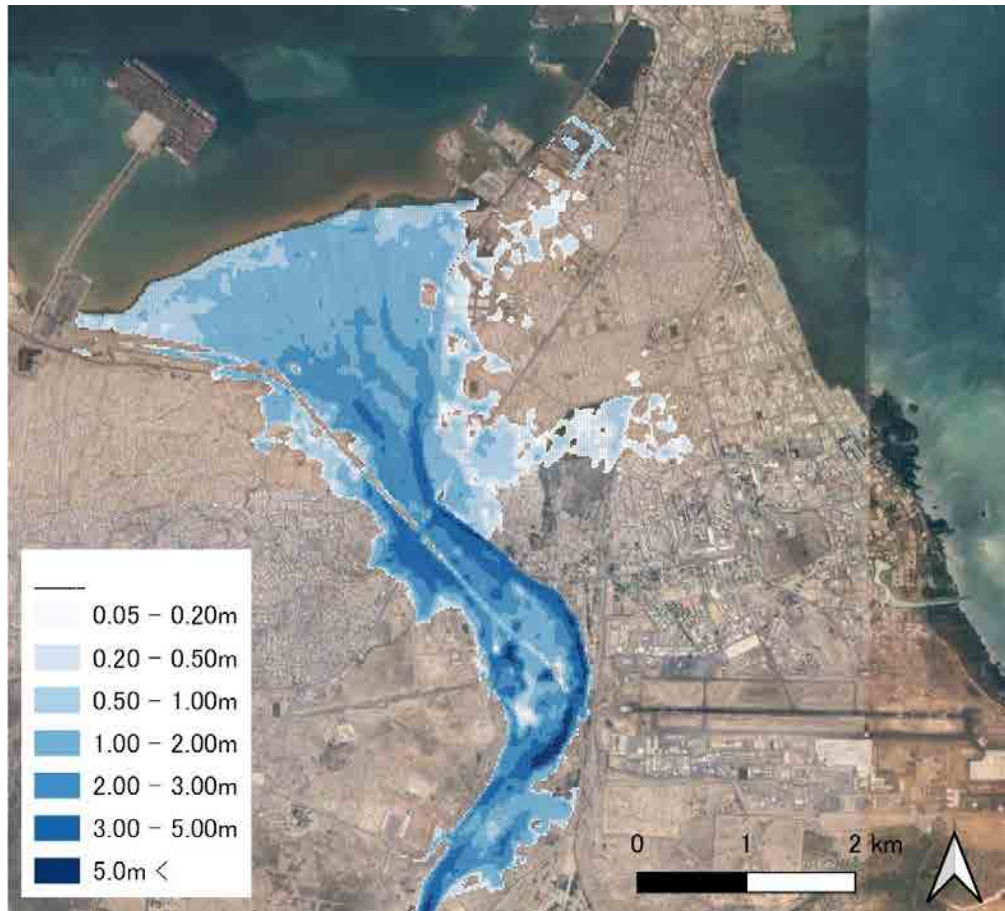
出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 5.1.4 氾濫範囲と浸水深（ピーク流量 1,160m³/s（10 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

表 5.1.3 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数・面積
（ピーク流量 1,160m³/s（10 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

水深 (m)	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	0.23	277
0.20-0.50	0.51	475
0.50-1.00	1.56	521
1.00-2.00	3.91	1,039
2.00-3.00	1.45	616
3.00-5.00	0.71	250
5.00 <	0.07	1
合計	8.45	3,179

出典：JICA 調査団



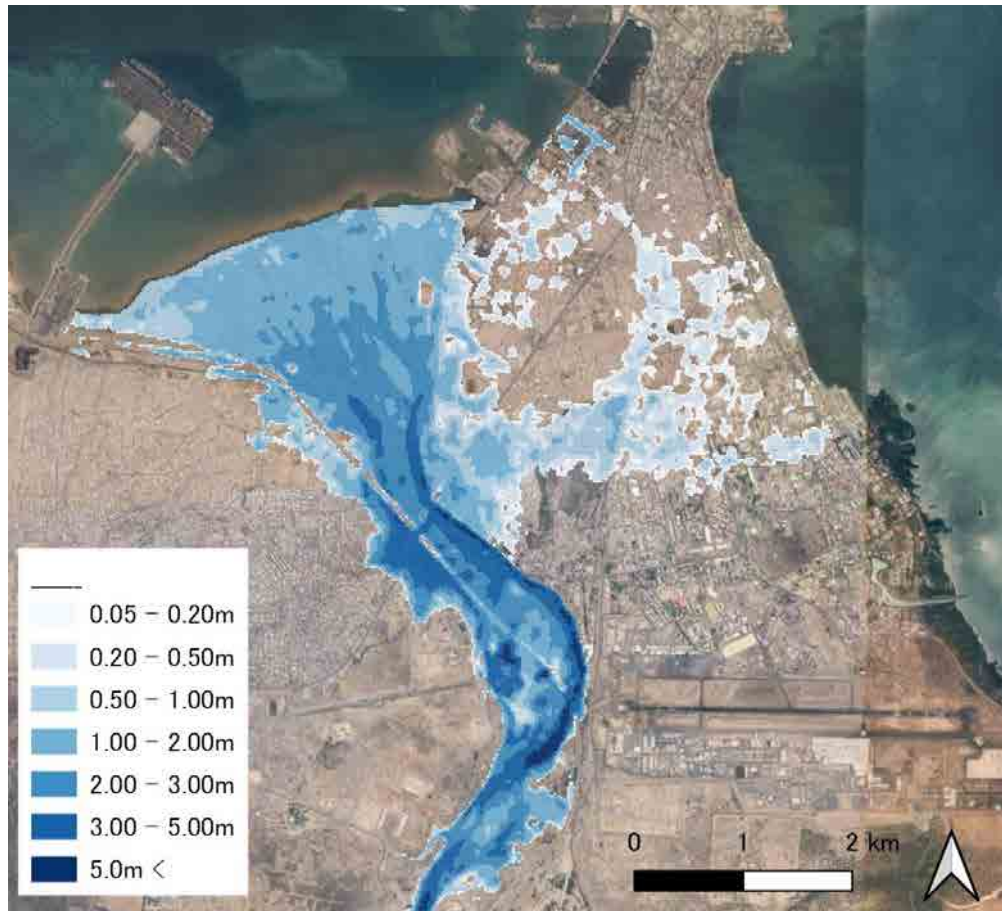
出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 5.1.5 氾濫範囲と浸水深（ピーク流量 1,500m³/s（25 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

表 5.1.4 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数・面積
（ピーク流量 1,500m³/s（25 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

水深 (m)	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	0.67	1,595
0.20-0.50	1.03	1,946
0.50-1.00	1.75	1,465
1.00-2.00	3.83	1,096
2.00-3.00	1.98	845
3.00-5.00	0.98	425
5.00 <	0.12	4
合計	10.38	7,376

出典：JICA 調査団



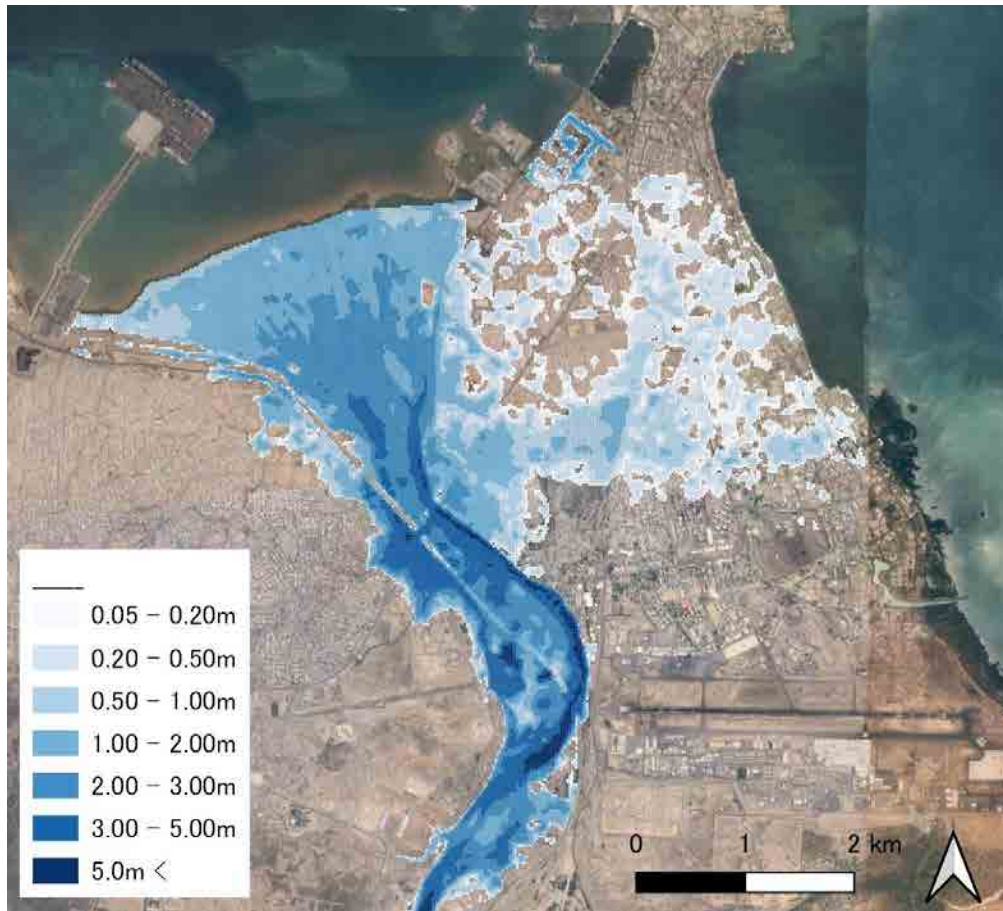
出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 5.1.6 氾濫範囲と浸水深（ピーク流量 1,800m³/s（50 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

表 5.1.5 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数・面積
（ピーク流量 1,800m³/s（50 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

水深 (m)	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	1.39	3,563
0.20-0.50	1.77	4,336
0.50-1.00	2.00	2,868
1.00-2.00	3.85	1,672
2.00-3.00	2.45	943
3.00-5.00	1.26	572
5.00 <	0.17	7
合計	12.89	13,961

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団（背景：GoogleMap）

図 5.1.7 氾濫範囲と浸水深（ピーク流量 2,080m³/s（100 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

表 5.1.6 浸水深ごとの浸水面積と影響建物数・面積
（ピーク流量 2.080m³/s（100 年確率洪水相当）のケース）
（パルマレ橋梁建設後で、アンボリ友好ダムの効果を見込まない条件）

水深 (m)	浸水面積 (km ²)	影響建物数
0.05-0.20	1.84	5,038
0.20-0.50	2.56	6,523
0.50-1.00	2.48	4,872
1.00-2.00	3.86	2,201
2.00-3.00	2.80	1,054
3.00-5.00	1.47	692
5.00 <	0.23	12
合計	15.23	20,392

出典：JICA 調査団

付属資料 6 アンボリ友好ダムの堆砂状況調査

6.1 アンボリ友好ダムの堆砂状況調査データ



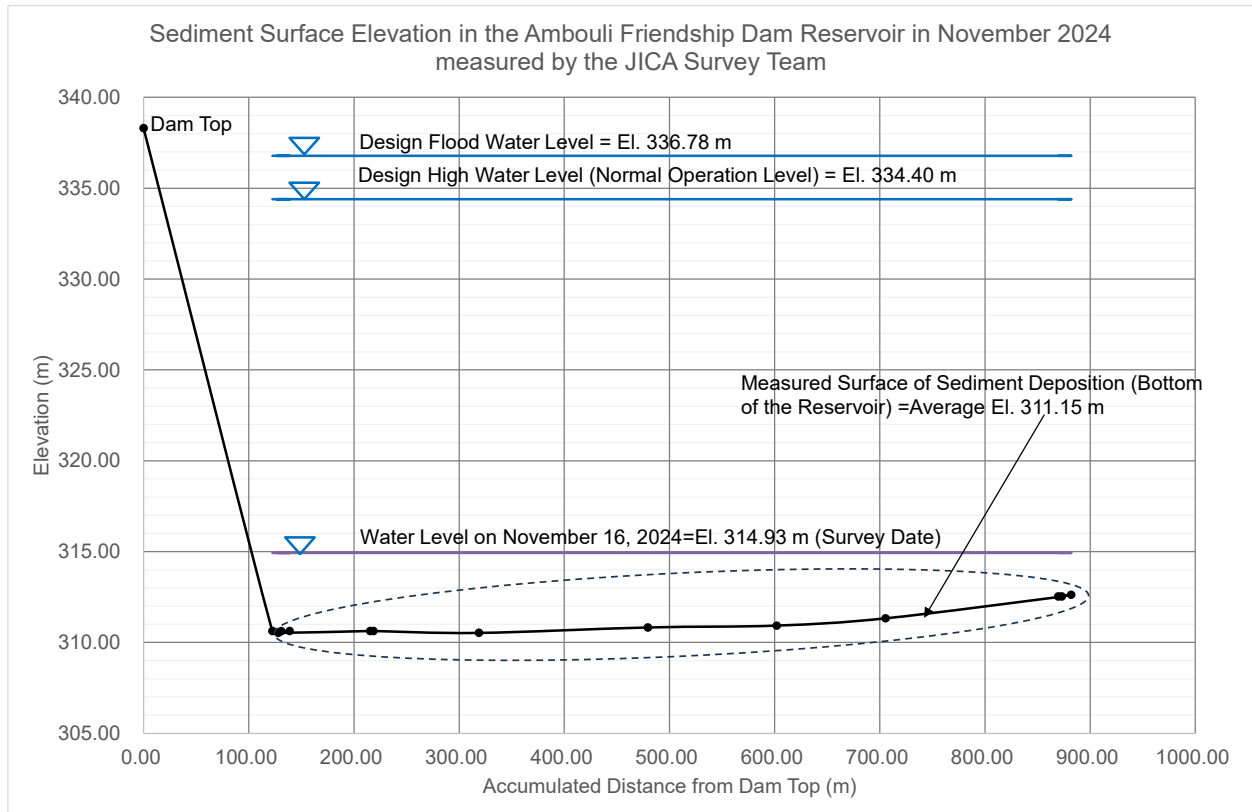
出典：JICA 調査団（背景：Google Earth）

図 6.1.1 調査位置図

表 6.1.1 測量データ

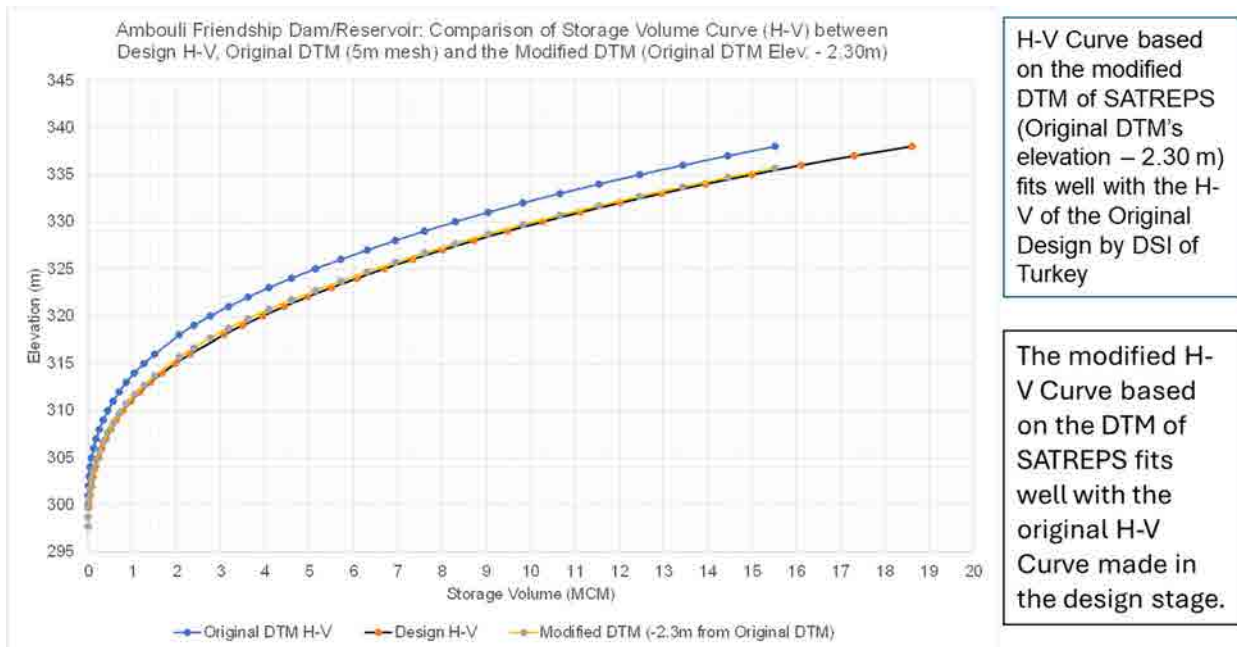
Survey Point	Acc. Distance (m)	Coordinate		Elevation (m)
		X	Y	
BT1	869.7	272067.5549	1274362.104	312.5305
BT2	881.89	272050.8317	1274371.625	312.6305
BT3	872.89	272074.0022	1274326.755	312.5305
BT4	705.32	272235.6688	1274366.597	311.3305
BT5	601.91	272325.5641	1274417.679	310.9305
BT6	479.46	272413.1116	1274500.091	310.8305
BT7	318.77	272543.8748	1274593.832	310.5305
BT8	218.57	272607.6211	1274669.381	310.6305
BT9	215.34	272609.1049	1274673.679	310.6305
BT10	127.92	272663.6136	1274743.822	310.5305
BT11	138.79	272656.072	1274732.073	310.6305
BT12	130.89	272662.1344	1274736.963	310.6205
BT13	122.44	272668.8595	1274740.894	310.6305
TP8		272802.1016	1274810.493	338.3416
TP7	0	272791.9615	1274743.019	338.3017
TP5		272775.0103	1274615.207	338.0187
TP3		272782.9273	1274675.536	337.8522
TP2		272779.5497	1274682.318	337.6862
WT		272422.5695	1274707.183	314.9305

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6.1.2 2024 年 11 月におけるアンボリ友好ダム貯水池底面の縦断形状



出典：JICA 調査団

図 6.1.3 アンボリ友好ダム貯水池の水位－貯留量曲線の比較 (設計時の曲線と DTM から求めた曲線の比較)

付属資料7 ステークホルダー会議

アジェンダ

日時：2025年1月23日 9:30 – 12:30

場所：MAEPE-RH 大規模工事局会議室

参加人数：26名

Agenda de l'Atelier de validation :

Date / Time	Désignation	Responsable
09 :30 – 09 :35	➤ Mot d'ouverture	Facilitateur
09 :35 – 09 :45	➤ <i>Introduction et Participants</i>	Facilitateur
09 :45 – 10 :45	➤ <i>Presentation</i>	Jica TEAM
10 :45 – 11 :00	➤ <i>Groupe photo - Pause-Café</i>	Facilitateur
11 :00 – 12 :15	➤ <i>Discussions / Recommandations</i>	Facilitateur
12 :15 – 12 :30	➤ <i>Mot Fermeture : Directeur Grands Travaux et Représentante de JICA Djibouti</i>	Facilitateur

ステークホルダー会議記録

ジブチ市における洪水防御計画に関する情報収集・確認調査の一環として、2025年1月23日木曜日に MAEPE-RH の大規模工事局の会議室でステークホルダー会議が開催された。会議は、午前9時50分から開始され、この会議にはプロジェクトに関係するさまざまな関係者が参加した。参加者には、いくつかの省庁、国内および国際機関の代表者が含まれている（参加者リストを参照）。

会議は MAEPE-RH 大規模工事局局長である Mouktar 氏が司会を務めた。Mouktar 氏は会議の目的を説明し、参加者間の活発な議論を求めた。

JICA 調査団のチームリーダーである北村氏により、調査の目的と予備的な調査結果が発表された。

参加者の何人かが、既存の治水インフラの効果と浸水現象に対する都市開発の影響を指摘した。

UNICEF の代表は、洪水が公衆衛生、特に水系感染症の蔓延に与える影響について質問した。これに対し、北村氏は、この調査ではこれらの要素が考慮されており、健康リスクを最小限に抑えるためには廃水管理を改善する必要があると説明した。

重要な問題の1つは、雨水排水インフラの維持管理である。何人かの発言者が、排水路の状態と洪水時の処理能力について懸念を表明した。JICA 調査団からは維持管理の改善、効率的な排水ゲートシステムを組み込むことが提案された。

CERD の代表者は、降雨強度曲線の作成に使用された方法論と過去のデータの統合について質問した。北村氏は、シミュレーションは利用可能なデータに基づいているが、限られたものであることを指摘し、気象・水文データの収集とアーカイブを改善する必要があることを強調した。

スマートシティと経済特別区における新しい開発が氾濫状況に与える影響について懸念を表明するとともに、洪水リスクを考慮し、適切な適応策を提供するマスタープランを採用することの重要性を指摘する参加者がいた。

他の参加者は、堤防、ダム、排水路などの洪水対策構造物の有効性に疑問を呈した。アンボリ友好ダムの存在にもかかわらず、一部の地域は依然として洪水に対して脆弱であることが観察されるとし、これらのインフラを強化、都市基盤へ統合すべく適切に計画する必要性が議論された。

その後、議論は既存のダムの有効性と、洪水のリスクを軽減するための新しいダム、貯留施設の開発可能性に移った。ある参加者は、既存のダムは土砂堆積を軽減し、適切に機能するように、より適切に維持管理されるべきであると述べた。別の参加者は、都市化が適切に管理されていないために地域が洪水に対して脆弱になるということを避けるために、都市開発の厳密な計画の重要性を主張した。

結論として、参加者は、洪水リスク管理にはグローバルなアプローチと、関係するさまざまなステークホルダー間のより良い調整が必要であることに同意した。水理上の様々な制約を考慮したマスタープランの導入、既存構造物の維持管理強化、気象・水文データの収集と分析の改善、洪水リスクに対する住民の意識向上の重要性が指摘された。

最後に、JICA ジブチ事務所の内田氏が、参加者全員の活発な議論と調査への協力に感謝の意を表し、会議は午前11時50分に終了した。

参考 (1) : 会議中の議論内容

- SEZ 開発の影響による浸水域は、ベニス通からの越水が見られるが、氾濫の形態が変わるといふことか (MAEPE-RH)。
- 指摘の通りである。SEZ の埋め立ての影響により、下流側の水位が上昇して、ベニス通の周辺で越水が生じる。一方で、既存右岸堤防の越水は最小限となる (JICA 調査団)。
- ベニス通は、物流、交通の面からも重要であり、浸水の影響は大きい (ADR)。
- SEZ が三角州の中心を占有するようになり、洪水問題が下流側にシフトして行くことを理解した。その対策として何が推奨されるのか (ADR)。
- 800 m³/s を流すケースでは SEZ 内に 200m 幅の水路が必要であり、仮に 1000 m³/s を流すケースではより幅の広い水路が必要となる (JICA 調査団)。
- 三角州内の SEZ 開発による埋め立ては、洪水氾濫状況だけでなく、海岸部や港湾施設周辺の土砂動態にも影響を及ぼす可能性がある。インフラへの影響という点では、その点も要注意である (JICA 調査団)。
- 降雨強度曲線の作成方法を知りたい (CERD)。
- 降雨継続時間ごとの年最大雨量を統計解析して求めた (JICA 調査団)。
- データの期間が 10 年というのは短いのでは (CERD)。
- 今回、ANM との協働作業で、2012-2023 のデータを整理できた。今後、さらに、関係者の協力で、過去のデータを整理できると、より精度の高い分析ができる。さらなる関係者の協力をお願いしたい (JICA 調査団)。
- ジブチ市内の開水路の消滅や閉塞への対策として推奨事項はあるか (UNICEF)。
- 将来的に下水が整備されると、排水路の異臭もなくなると期待されるので、可能な限り、維持管理のしやすい開水路の復活ができるとよい (JICA 調査団)。
- アンボリ川からの逆流はしばしば発生して問題となっている (DNPC)。
- フラップゲートの代替手法はないか (UNICEF)。
- 現時点では、水路のごみ等が問題なければ、フラップゲートが最善であると考えている (JICA 調査団)。
- DNPC が死者を含む洪水の被災者のデータを持っている (MAEPE-RH)。
- 将来的に、追加の上流ダムは必要だと考える (MEDD、DNPC)。オマールジャガとブレ川が推奨される (MEDD)。

(参考：会議後のコーヒブレイクでの参加者との雑談の中で MAEPE-RH の参加者の 1 人から遊水地が良いと思うとの意見があった。)

参考 (2) : プレゼンテーション資料に対するコメント

- 2018 年洪水のほうが規模は大きかった (ONEAD)。
- 衛生 MP (2018) は、Plan directeu ではなく、schéma directeu である (ONEAD)。
- ヘロン地区の中心部の浸水は行き場がなく、Outlet2 からは排水されない (ONEAD)。
- 維持管理のしやすい暗渠の構造についての推奨案が欲しい (ONEAD)。
- フラップゲートは必要 (ONEAD)。
- バキュームカーではなく、汚泥吸引車 (camions suceurs de boues) の導入が望まれる (ONEAD)。
- 既存の汚水廃棄場を拡張することは可能 (ONEAD)。

参加者

Étude de Collecte de Données sur la Réduction des Risques d'Inondation à Djibouti Ville

Date : 23 janvier 2025
 Horaire : 9h30-12h30
 Lieu : Salle de réunion Direction des Grands Travaux MAEPE-RH

	Nom	Organisation	Position	Contact	Signature
1	Omar Hassan	ANM	chef département Risque Observat		
2	DR TARMAEL ROMALD	DTAER/RH	CIT		
3	ROUKA TAMAROU D	DGT / MAEPE	Dr		
4	Said Kaireh	DHR / MAEPE-RH	Dr		
5	ABBIDAOU TEGEME	SEGRCL	Coord		
6	Mahmoud Ahmed Ali	DGT / MAEPE-RH	chef de service		
7	Laki Houbaker	SEGRCL			
8	Hassan Mohamed Bassan	DHR / MAEPE-RH / FOIRE	chef de subdivision Protection de Ressources en eau Potable		
9	SAHAZ IBRAHIM ABDILLAH	ADR	chargé de la partie climatique		
10	Mohamed Mousa Ali	ADR	Responsable de la cellule d'inspection coulée		

Étude de Collecte de Données sur la Réduction des Risques d'Inondation à Djibouti Ville

Date : 23 janvier 2025
 Horaire : 9h30-12h30
 Lieu : Salle de réunion Direction des Grands Travaux MAEPE-RH

11	CDT Hassan Ibrahimi	Protection civile chef de service Opération	DUPC		
12	LT Hamza Ali	chef de service Protection	DUPC		
13	Hassim Idriss Abdi	service Prévention	DUPC		
14	Ayumu Uchida	representative	JICA		
15	Jean Jacques KARIM	WFP	UNICEF		
16	Tadashi Kikuchi	JICA Study Team	Team Leader		
17	Takashi Furukawa	JICA study Team	River Planning		
18					
19					
20					

Étude de Collecte de Données sur la Réduction des Risques d'Inondation à Djibouti Ville

Date : 23 janvier 2025

Horaire : 9h30-12h30

Lieu : Salle de réunion Direction des Grands Travaux MAEPE-RH

	Nom	Organisation	Position	Contact	Signature
1	GOLAS TIOUSSA	CERD	chercheur HYDROLOGIE		
2	Faiza Guumanek	ONEAD	Assistante DETA		
3	ABDOULFAH ABDOULMAN	PLEDD	Directeur adjoint		
4	ISHAK ALI	ONEAD	Ingénieur Travaux		
5	Abdou Elmi	MAEPE-RH Cheffe de Ser PSC			
6					
7					
8					
9					
10					

Étude de Collecte de Données sur la Réduction des Risques d'Inondation à Djibouti Ville

Date : 23 janvier 2025

Horaire : 9h30-12h30

Lieu : Salle de réunion Direction des Grands Travaux MAEPE-RH

11	Joro	ANED	ANED		
12	Mohamed	Abdillahi	Probleh		
13	HASSAN	ALI	BARKAD		
14	Med	Mohouddal	ABRI		
15					
16					
17					
18					
19					
20					

