

ベトナム社会主義共和国

農業農村開発省

ベトナム社会主義共和国
水に関連する災害管理情報システムを用いた
緊急のダム の運用及び効果的な洪水管理計画
協力準備調査 報告書

(先行公開版)

平成29年2月
(2017年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)
一般財団法人 河川情報センター
独立行政法人 水資源機構
株式会社 建設技術研究所

環境
JR(先)
17-025

序 文

独立行政法人国際協力機構は、ベトナム社会主義共和国の水に関連する災害管理情報システムを用いた緊急のダムの運用及び効果的な洪水管理計画にかかる準備調査を実施することを決定し、同調査を一般財団法人 河川情報センター、独立行政法人 水資源機構及び株式会社 建設技術研究所の3社によって構成される共同企業体に委託しました。

調査団は、平成28年3月から平成28年11月まで、ベトナムの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成29年2月

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部
部長 山内 邦裕

要 約

■国の概要

ベトナムは、インドシナ半島の東端に位置し、北に中華人民共和国、西にラオス人民民主共和国及びカンボジア王国と国境を接する。ベトナムの国土は、北緯 8 度 30 分から 22 度 22 分まで南北 1,650km にもわたる一方で、インドシナ半島の太平洋岸に平行して南北に伸びるチュオンソン山脈（アンナン山脈）の東側に大半が属するため、東西の幅は最も狭い部分ではわずか 50km しかない。国土面積は、わが国の約 88%にあたる 33.2 万 km² である。北部のハノイ市と南部のホーチミン市の周辺には、紅河及びメコン川が形成した広大なデルタ地帯が広がっているが、国土全体の 4 分の 3 は山地や丘陵地である。標高 5m 以下の低地に全人口 9,340 万人（20153 年現在）の約 45%が暮らしていることから、水害に対する被災ポテンシャルが大きい。この状況はわが国に類似している。

フォン川の流域（流域面積 約 2,800 km²）は、中部ベトナムに位置するフエ省（面積 5,062 km²）に含まれている。フエ省の気候は熱帯モンスーン地域に分類され、9 月から 12 月の雨季に年間降水量の約 75%が集中し、フィリピン付近で発生した台風の直撃を受けることもある。年間降水量は、平均約 3,500 mmと日本の倍近いが、乾季には月降水量が 100 mm以下になることも多く、干ばつのリスクも抱えている。

■プロジェクトの背景、経緯及び概要

ベトナムの中部地域沿岸部は台風の常襲地であることから毎年のように風水害、土砂災害に見舞われており、人命及び社会経済資本の損失防止の観点からも、災害予防・応急対策が喫緊の課題となっている。主要河川流域に設置された利水ダムでは、豪雨発生時に、予備放流が適切な時期に行われず下流地域で人工災害を引き起こしたり、小規模なアースフィルダムの決壊による下流地域の洪水被害が発生したりしている。これらは、降雨量、河川水位・流量、ダム水位等の情報収集、洪水被害の予測、洪水関係情報の発信体制が未整備であり、適切なタイミングと水量でのダムの貯留・放流が行われていないことなどが原因である。

ベトナム国政府は、災害予防に重点を置いた 2013 年策定の「災害予防・軽減法」においてダムの適切な管理と運用を重要課題として挙げるとともに、近年の下流地域の洪水被害の多発を受けて、2013 年に首相が農業・農村開発省に対しフォン川のダムの適切な管理と安全対策強化を決定している。また、2018 年には洪水調節を目的としたターチャックダムが概成し、2014 年には発電用の大規模利水ダム（ビンディエンダム及びフォンディエンダム）も併せたフォン川流域の主要 3 ダムを対象とした洪水時統合管理ルールが首相決定で定められ、2015 年には干ばつ対策も追加されたが、この的確な運用に必要な情報体制は未整備である。

以上のようにダムと流域の安全性向上のためには、ダムの貯留・放流のタイミングや水量を迅速・的確に判断し、また下流地域の洪水被害リスクの把握と住民等に洪水関係情報を発信する体制作りが不可欠であり、そのためのリアルタイムでの精度の高い水文情報の観測、洪水予測及び情報共有を行う防災情報システムの整備が急務となっている。

こうした背景のもと、フエ省のフォン川流域において、降雨及び水位の観測システム及び水関連防災情報システムの整備を通じて、流域の 3 つの大規模ダム（フォンディエン

ダム、ビンディエンダム及びターチャックダム) の効果的な運用と的確な河川管理を行うことで、流域全体の洪水被害を軽減することを目的として「水に関連する災害管理情報システムを用いた緊急のダムの運用及び効果的な洪水管理計画」(以下、「本プロジェクト」という)についての無償資金協力が、2014年8月にベトナム国政府から日本国政府に要請された。

■調査結果の概要とプロジェクトの内容(概略設計、施設計画・機材計画の概略)

本プロジェクトは、ベトナム国フエ省フォン川流域において、Xバンドレーダ雨量計を含む雨量計及び河川やダム貯水池の水位を計測するための水位計を設置し、テレメータ経由で観測データをリアルタイムに把握するとともに、それらを用いてダム貯水池の的確な運用や下流域の水防・避難活動等に必要なる予測情報に加工して提供する防災情報システムを構築するものである。あわせて、この防災情報システムが長期にわたって継続的に有効活用され、フォン川流域の水災害防止・軽減に役立つよう、必要な技術移転と人材育成活動を実施する。

地形・地質調査や電波伝搬試験を含む現地調査結果をふまえて、機材の適切な設置予定場所や機材仕様を決めるとともに、観測施設、テレメータ施設及び防災情報処理・表示システム等の具体的な整備工程の検討を行った。

本プロジェクトの内容は、下表のとおりである。

表1 本プロジェクトの内容

項目	内容・規模
フォン川流域における観測データ収集機器	Xバンドレーダ 1式 水文観測所 10ヶ所 CCTV(下流部) 8箇所
3ダム管理事務所におけるダム監理施設	リアルタイムダム管理システム 3式(3ダム各1式) CCTV(3ダム) 6箇所(3ダム各2箇所) 通信回線 3式(各ダム1式) ダム水位計設備(3ダム) ダムゲート開度測定装置(2ダム)
フエ省 PCC-NDPCSR の水防災情報システム	情報管理設備(収集・解析・出力) 1式 マルチ情報表示システム 1式 情報公開ウェブシステム・アラームメールシステム 1式 通信装置 1式
CSC-NDPC(ハノイ)の水防災情報システム	マルチ情報表示システム 1式 通信装置 1式
基礎データ収集	Lidarデータ等による地形測量 1式 河川横断測量 1式
操作マニュアル	操作マニュアル及び研修
コンサルティングサービス及びソフトコンポーネント	(1) 調達・施工監理 (2) 水文観測所機材及び水防災情報システムのトラブル発生時の対処方法、点検・保守、表示データの監視、水害リスク情報の伝達、Xバンドレーダの定数同定手法、流出解析モデルの定数同定手法及び水位流量曲線の作成と活用手法に関する技術指導

■プロジェクトの工期及び概略事業費

プロジェクトの工期は、契約及び実施設計約 6 ヶ月、引渡しまでの機材調達・据付工事・LiDAR 測量、ソフトコンポーネント約 29 ヶ月、全体で約 35 ヶ月である。

なお、契約の後、機材引き渡しまでで約 24 ヶ月、機材引き渡しを持って事業完成とする。

※概略事業費は、施工・調達業者契約認証まで非公表

■プロジェクトの評価（妥当性と有効性）

本プロジェクトは、水文観測機材、ダム管理用機材、水防災情報システムの設置により、中部地域の洪水被害の軽減に資するものであり、ベトナム国の開発政策、わが国及び JICA の協力方針・分析に合致し、SDGs(Sustainable Development Goals website, UN)の「ゴール 1. あらゆる形態の貧困の撲滅」及び「ゴール 11. 包摂的、安全、強靱な都市及び人間居住の構築」に貢献すると考えられる。また、自然災害への対応は人道上の観点からニーズが高いこと、2015 年 3 月の国連防災世界会議で発表した「仙台防災協カイニシアティブ」において、わが国は自国の知見と技術を活かした国際貢献を表明していることから、外交的観点からも本事業の実施を支援する必要性は高く、妥当であると判断される。

本プロジェクトの実施による定量的な効果として、下表に示すように、水文観測密度の向上、ダムによる下流部洪水低減量向上及び雨量・水位情報伝達速度の向上が挙げられる。

表 2 定量的効果一覧表

指標名		基準値 (2016 年実績値)	目標値 (2022 年) 【事業完成 3 年後】
水文データの 密度	システムに利用できる 雨量データ (地点数/km ²)	1/400	1/0.1
	河川水位・流量観測地 点 (個所)	6	16
ダムによる下流部洪水低減量 (m ³ /s)		-1,480 (25%低減) *	-3,130 (55%低減) *
雨量、水位の情報伝達頻度 (間隔)		60 分	10 分

* 記録的大洪水である 2009 年 9 月洪水と同規模洪水の場合のフエ市中心部 (Kim Long) での推計値

また、定性的な効果としては、下記のような事項が挙げられる。

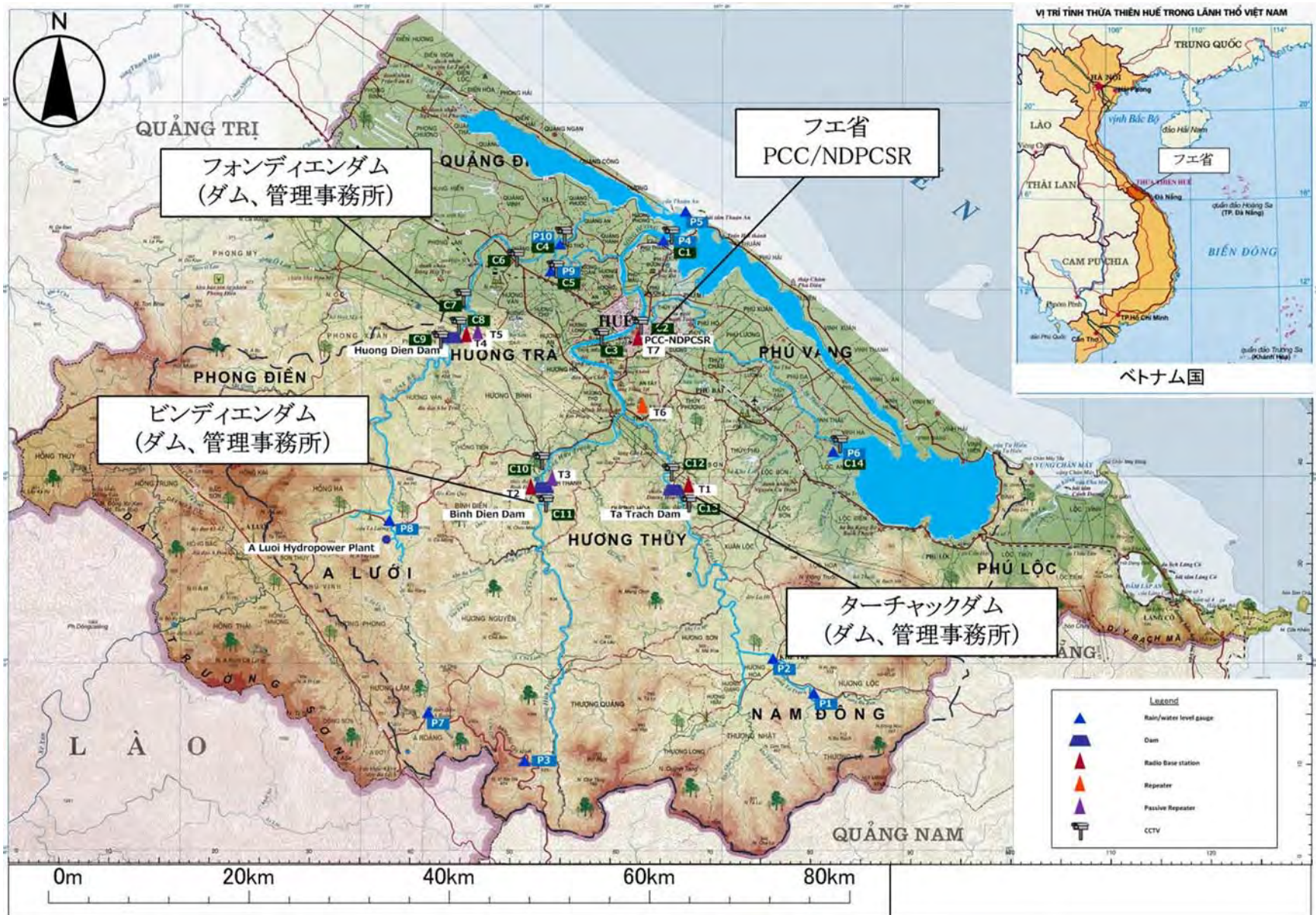
- ① フォン川流域のダムの適切な管理・運用能力の向上に寄与する
- ② フォン川流域全体の水関連災害の予防・軽減に寄与する
- ③ フォン川流域の浸水範囲予測情報を提供し、適切な住民の避難等に寄与する

目次

序文	i
要約	ii
目次	v
写真	ix
表一覧	xvii
図一覧	xviii
略語集	xx
1. プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-3
1-1-3 社会経済状況	1-3
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	1-3
1-3 わが国の援助動向	1-4
1-4 他ドナーの援助動向	1-5
2. プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-3
2-1-3 技術水準	2-3
2-1-4 既存施設・機材	2-4
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況	2-5
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-5
2-2-1-1 フォン川流域主要3ダムの健全性調査	2-5
2-2-1-2 首相決定におけるフォン川流域のダム操作ルール	2-8
2-2-1-3 電力事情	2-11
2-2-2 自然条件	2-12
2-2-3 環境社会配慮	2-13
2-3 その他(グローバルイシュー等)	2-13
3. プロジェクトの内容	3-1
3-1 プロジェクトの概要	3-1
3-2 協力対象事業の概略設計	3-2
3-2-1 設計方針	3-2
3-2-1-1 基本方針	3-2
3-2-1-2 プロジェクトの範囲・内容	3-3
3-2-1-3 プロジェクト全体構成及び機材選定の基本方針	3-5
3-2-1-4 自然環境条件に対する方針	3-6

3-2-1-5	社会経済条件に対する方針	3-6
3-2-1-6	建設事情／調達事情若しくは業界の特殊事情／商習慣に対する方針	3-7
3-2-1-7	現地業者（建設会社、コンサルタント）の活用に係る方針	3-7
3-2-1-8	運営・維持管理に対する対応方針	3-8
3-2-1-9	施設、機材等のグレードの設定に係る方針	3-8
3-2-1-10	工法／調達方法、工期に係る方針	3-8
3-2-2	基本計画(施設計画／機材計画)	3-8
3-2-2-1	水文観測所配置計画	3-8
3-2-2-2	レーダ配置計画	3-20
3-2-2-3	CCTV 設備配置計画	3-24
3-2-2-4	ダムの水位計及びゲート開度計配置計画	3-33
3-2-2-5	多重無線装置配置計画	3-34
3-2-2-6	テレメータ設備等配置計画	3-42
3-2-2-7	情報処理・表示設備配置計画	3-49
3-2-2-8	機器の性能保証について	3-64
3-2-2-9	LiDAR 測量	3-65
3-2-3	概略設計図	3-70
3-2-4	施工計画／調達計画	3-145
3-2-4-1	施工方針／調達方針	3-145
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	3-146
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	3-147
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	3-148
3-2-4-5	品質管理計画	3-152
3-2-4-6	資機材等調達計画	3-154
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画	3-157
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	3-159
3-2-4-9	実施工程	3-166
3-3	相手国側分担事業の概要	3-168
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-170
3-4-1	必要な運用・維持管理	3-170
3-4-2	大雨や洪水時の情報運用の留意点	3-171
3-4-3	情報システムのモデル定数、HQ 曲線データ、レーダ定数の毎年の更新	3-172
3-4-4	迅速で的確なトラブル対応	3-172
3-5	プロジェクトの概略事業費	3-173
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3-173
3-5-2	運営・維持管理費	3-174
4.	プロジェクトの評価	4-1
4-1	事業実施のための前提条件	4-1
4-2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入(負担)事項	4-1
4-3	外部条件	4-2

4-4 プロジェクトの評価	4-2
4-4-1 妥当性	4-2
4-4-2 有効性	4-2
5. 資料	5-1
5.1 調査団員・氏名	5-1
5.2 調査行程	5-2
5.3 関係者(面会者)リスト	5-6
5.4 討議議事録	5-8
5.5 ソフトコンポーネント計画書.....	5-137
5.6 参考資料	5-146



位置図

図1 プロジェクト位置図 ベトナム国 フエ省 (1/60000)

写 真



1999年11月の水害

毎年のように水害を被っているが、1999年11月の水害は近年では最大の被害であった



1999年11月の水害

ほぼ市街全体が浸水した



2007年11月フォン川洪水 フェ市内の状況
フォン川はたびたび台風による水害に見舞われている（2007年フォン川氾濫による Hue 市内の浸水状況）



2009年9月フォン川洪水 フェ市内の状況
1階がすべて浸水してしまう住宅も多く、的確な情報による住民の早期避難体制が重要



2010年11月洪水で水没する道路
洪水により市内の交通は完全にマヒ状態となる。浸水区域予測についての要望も強い



2010年11月洪水で救助を待つ家族
市街地部の住民は流通が途絶えると生活ができないため、船で救助



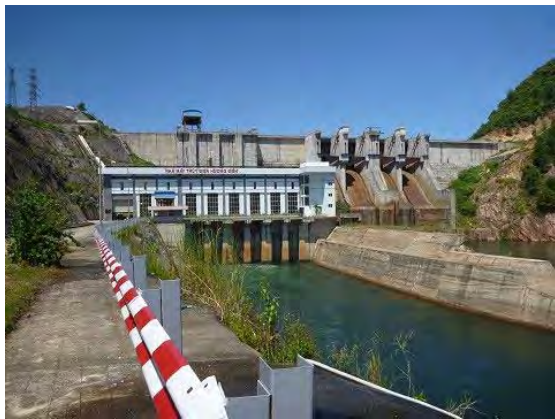
フォン川流域の状況

フォン川にはほとんど堤防もなく、標高 5m 以下の低地に広がる市街地は、水害に遭いやすい地形条件となっている



既設水位観測所

流域面積に比べて、既設の雨量や河川水位の観測所は極端に少なく、洪水対策やダム操作のためには抜本的な観測体制の充実が必要になっている



フォンディエン ダム

フォン川支川にはフォンディエンダムがあり、大雨が予想されるときは事前に水位を下げ、洪水を貯めることで下流水害の軽減をすることになっているが、流域の情報が無く的確に運用できていない



ビンディエン ダム

フォン川上流にはビンディエンダムがあり、フォンディエンダムと同様の操作を行うことになっているが、流域の情報が無く的確に運用できていない



ターチャック ダム

フォン川上流には、洪水調節を目的に持つターチャックダムが新設された。このダム操作も、流域の情報が無いままでは、的確な運用はできない



ビンディエン ダム管理所

各ダムの管理所には、ダム操作や発電のための機器は整っているが、流域全体の情報体制は無く、ダムの統合運用ができる状態にはない



PCC-NDPCSR

本プロジェクトによる処理・表示システムの設置場所は、地方防災委員会（PCC-NDPCSR）事務所の新設ビル（奥の方の建物）3階に確保されている。



CSC-NDRC (MARD)

MARD 内にある中央防災委員会（CSC-NDRC）事務所のオペレーションルームを新設中であり、本プロジェクトによる表示機器等の受け入れ準備は整っている。



ダナン管区気象台

既存の水文観測所データはダナンの管区気象台に集められている。本プロジェクトでは、同気象台等とデータの共有を図り、観測体制全体の向上を図る予定



A Luoi 水力発電所

A Luoi 水力発電所を通して、フォン川流域外から導水されており、この流量も災害管理情報システムで把握する



P1 雨量観測所 予定場所



P1 雨量観測所 予定場所廻り写真



P2 雨量・水位観測所 予定場所



P2 水位計設置予定場所



P3 雨量観測所 予定場所



P3 雨量観測所 予定場所



P4 雨量・水位観測所 予定場所



P4 水位計設置予定場所



P5 雨量・水位観測所 予定場所



P5 雨量・水位観測所 予定場所廻り写真



P6 雨量・水位観測所 予定場所



P6 水位計設置予定場所



P7 雨量観測所 予定場所



P7 雨量観測所 予定場所



P8 雨量・水位観測所 予定場所



P8 水位計設置予定場所



P9 雨量・水位観測所 予定場所



P9 雨量・水位観測所予定場所廻り写真



P10 雨量・水位観測所 予定場所



P10 水位計設置予定場所



C1 CCTV 予定場所



C2 CCTV 予定場所



C3 CCTV 予定場所



C4 CCTV 予定場所



C5 CCTV 予定場所



C6 CCTV 予定場所



C7 CCTV 予定場所



C8 CCTV 予定場所



C9 CCTV 予定場所



C10 CCTV 予定場所



C11 CCTV 予定場所



C12 CCTV 予定場所



C13 CCTV 予定場所



C14 CCTV 予定場所



T1 無線基地局 予定場所



T2 無線基地局 予定場所



T3 パッシブ中継所 予定場所



T4 無線基地局 予定場所



T5 パッシブ中継所 予定場所



T6 無線中継所 予定場所



T7 無線基地局 予定場所

表 一 覧

表 1	本プロジェクトの内容	iii
表 2	定量的効果一覧表	iv
表 1-1	わが国の技術協力の実績	1-4
表 1-2	我が国の有償資金協力の実績	1-4
表 1-3	他のドナー国・機関の援助の概要	1-5
表 2-1	ベトナム国農業農村開発省(MARD)の予算	2-3
表 2-2	フエ省の予算	2-3
表 2-3	フォン川流域における既存3ダムの諸元	2-5
表 2-4	洪水警報レベル対応水位表	2-9
表 2-5	洪水期の各ダム貯水池の基準水位	2-10
表 3-1	本プロジェクトの内容	3-1
表 3-2	本プロジェクトの構成	3-4
表 3-3	新設する水文観測所	3-11
表 3-4	データを利用する既設水文観測所	3-12
表 3-5	調達する機材のリスト	3-14
表 3-6	雨量レーダ機器の構成内容	3-22
表 3-7	調達する機材のリスト	3-23
表 3-8	CCTV 設置箇所とスペック	3-25
表 3-9	調達する機材	3-25
表 3-10	無線基地局一覧	3-35
表 3-11	調査機材一覧表	3-35
表 3-12	調達する機材	3-37
表 3-13	試験使用機材一覧表	3-43
表 3-14	調達する機材	3-48
表 3-15	水防災情報システム 機能一覧	3-58
表 3-16(1)	調達する機材(1/2)	3-62
表 3-16(2)	調達する機材(2/2)	3-63
表 3-17	発注ロットの区分	3-146
表 3-18	日本側、ベトナム国側負担事項一覧	3-147
表 3-19	コンクリート管理項目	3-153
表 3-20	調達先	3-155
表 3-21	建設資材調達先	3-156
表 3-22	主要機材調達先(賃貸機材)	3-156
表 3-23	輸送経路・所要日数	3-157
表 3-24	ソフトコンポーネントにより期待される成果	3-160
表 3-25	ソフトコンポーネントの活動計画	3-161
表 3-26	メーカーによる初期操作指導とソフトコンポーネント実施内容の整理	3-163
表 3-27	ソフトコンポーネント全体工程表(2018年10月より17月間)	3-164
表 3-28	ソフトコンポーネントの成果品	3-165

表 3-29	実施工程表	3-167
表 3-30	各機関ごとの運用操作と維持管理	3-170
表 3-31	運営・維持管理費（フエ省 PCC-NDPCSR）	3-175
表 3-32	運用・維持管理費（MARD CSC-NDPC）	3-176
表 3-33	運用・維持管理費（Huong 川流域 3 ダム管理所）	3-177
表 4-1	定量的効果一覧表	4-2
表 5-1	ソフトコンポーネントにより期待される成果	5-138
表 5-2	ソフトコンポーネントの活動計画	5-140
表 5-3	メーカーによる初期操作指導とソフトコンポーネント実施内容の整理	5-143
表 5-4	ソフトコンポーネント全体工程表（機材引渡し前後の 17 月間）	5-144

図 一 覧

図 1	プロジェクト位置図 ベトナム国 フエ省 (1/60000)	viii
図 2-1	プロジェクト関連組織図	2-2
図 2-2	ビンディエンダム下流面状況	2-6
図 2-3	ビンディエンダム No.5 ゲート操作室前	2-6
図 2-4	フォンディエンダム下流面状況	2-7
図 2-5	フォンディエンダムクレストゲート開度目盛	2-7
図 2-6	ターチャックダム洪水吐き部下流面状況	2-8
図 2-7	上流ダム群の操作判断のプロセス（基本部分）	2-10
図 2-8	電圧変動状況	2-11
図 3-1	水防災情報システムと観測機器等の全体図	3-4
図 3-2	水文観測所位置図	3-12
図 3-3	水文観測所一般図	3-13
図 3-4(1)	水文観測所 (P1)	3-15
図 3-4(2)	水文観測所 (P2)	3-15
図 3-4(3)	水文観測所 (P3)	3-16
図 3-4(4)	水文観測所 (P4)	3-16
図 3-4(5)	水文観測所 (P5)	3-17
図 3-4(6)	水文観測所 (P6)	3-17
図 3-4(7)	水文観測所 (P7)	3-18
図 3-4(8)	水文観測所 (P8)	3-18
図 3-4(9)	水文観測所 (P9)	3-19
図 3-4(10)	水文観測所 (P10)	3-19
図 3-5	雨量レーダの観測範囲と遮蔽域	3-21
図 3-6	補間方法の例	3-21
図 3-7	雨量レーダの設置概要図（詳細は概略設計図に記載）	3-22
図 3-8	CCTV 設置位置図	3-24
図 3-9	CCTV 設備一般図	3-25
図 3-10(1)	CCTV カメラ (C1)	3-26

図 3-10(2)	CCTV カメラ (C2)	3-26
図 3-10(3)	CCTV カメラ (C3)	3-27
図 3-10(4)	CCTV カメラ (C4)	3-27
図 3-10(5)	CCTV カメラ (C5)	3-28
図 3-10(6)	CCTV カメラ (C6)	3-28
図 3-10(7)	CCTV カメラ (C7)	3-29
図 3-10(8)	CCTV カメラ (C8)	3-29
図 3-10(9)	CCTV カメラ (C9)	3-30
図 3-10(10)	CCTV カメラ (C10)	3-30
図 3-10(11)	CCTV カメラ (C11)	3-31
図 3-10(12)	CCTV カメラ (C12)	3-31
図 3-10(13)	CCTV カメラ (C13)	3-32
図 3-10(14)	CCTV カメラ (C14)	3-32
図 3-11	メッセンジャワイヤ方式のゲート開度計	3-33
図 3-12	通信回線系統図	3-34
図 3-13	多重回線 ミラーテスト概要図	3-36
図 3-14(1)	無線基地局 (T1)	3-38
図 3-14(2)	無線基地局 (T2)	3-38
図 3-14(3)	パッシブ中継所 (T3)	3-39
図 3-14(4)	無線基地局 (T4)	3-39
図 3-14(5)	パッシブ中継所 (T5)	3-40
図 3-14(6)	中継所 (T6)	3-40
図 3-14(7)	無線基地局 (T7)	3-41
図 3-15	テレメータ回線 回線系統図	3-44
図 3-16	電波伝送試験概要図	3-45
図 3-17	S/N 対向試験概要図	3-46
図 3-18	外来 (都市) 雑音測定概要図	3-46
図 3-19	水防災情報システムを使ったダム操作	3-51
図 3-20	水防災情報システムのデータと情報の流れ	3-57
図 3-21	システム構成図	3-60
図 3-22	LiDAR 測定の範囲と対象地域の標高	3-65
図 3-23	測量範囲	3-66
図 3-24	計測コースと調整用基準点	3-69
図 3-25	ベトナム側関連組織体制図	3-162
図 5-1	ベトナム側関連組織体制図	5-142

略語集

AMO	Aero-Meteorological Observatory	高層気象観測台 (NHMS 内組織)
CSC-NDPC	Central Steering Committee for Natural Disaster Prevention and Control	中央自然災害対策管理運営委員会 (事務局 DWR)
DARD	Department of Agriculture and Rural Development	農業農村開発局 (省内組織)
DMC	Disaster Management Center	災害マネジメントセンター ()
DMHCC	Department of Meteorology ,Hydrology & Climate change	気象水文気候変動局 (NHMS 内組織)
DNDPC	Department of Natural Disaster Prevention & Control	自然災害防止管理局
DoNRE	Department of Natural Resources and Environment	天然資源環境局 (省内組織)
DSTIC	Department of Science Technology and International Cooperation	科学技術国際協力局 (MARD 内組織)
DWR	Directorate of Water Resources	水資源総局 (MARD 内組織)
HMC	Hydro- Meteorological Center	水文気象台 (NHMS 内の地方組織 : フェ省など)
LiDAR	Light Detection and Ranging 、 Laser Imaging Detection and Ranging	レーザー照射に対する散乱光を測定して、遠距離にある対象までの距離や性質を分析する方法
MARD	Ministry of Agriculture and Rural Development	農業農村開発省
MCRHMC	Mid-Central Regional Hydro-Meteorological Center	中部中央管区気象台 (NHMS 内の地方組織 : ダナンなど)
MoNRE	Ministry of Natural Resources and Environment	天然資源環境省
NCHMF	National Center for Hydro-Meteorological Forecasting	水文気象予報センター (NHMS 内組織)
NHMS	National Hydro-Meteorological Service	国家水文気象局 (MoNRE 内組織)
PCC-NDPCSR	Provincial Commanding Committees for Natural Disaster Prevention and Control, Search and Rescue	省自然災害対策管理・捜索救助指令委員会 (省内組織 : 事務局 DARD)
PPC	Provincial People's Committee	省人民委員会
VAWR	Vietnam Academy of Water Resources	ベトナム水資源研究院 (MARD 内組織)

1. プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

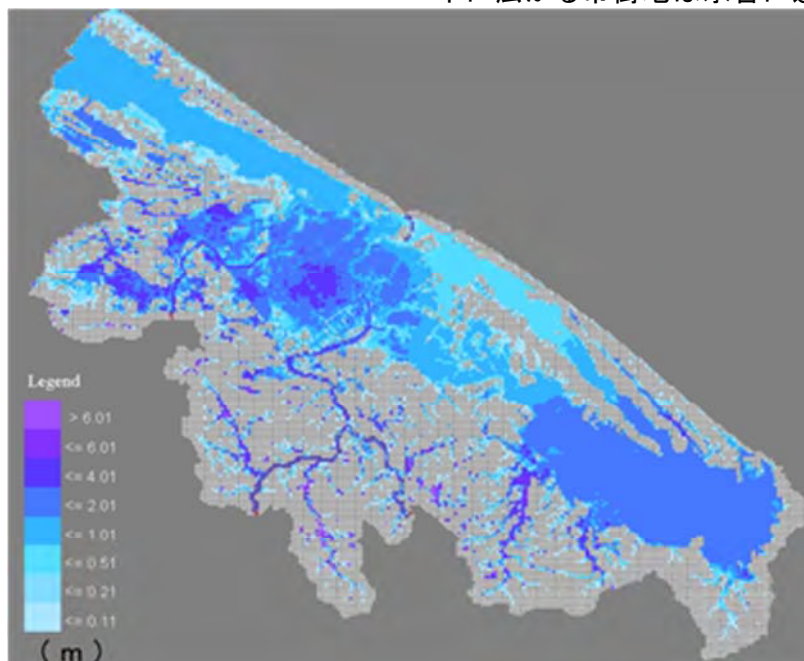
ベトナム社会主義共和国（以下「ベトナム国」）はモンスーンや熱帯擾乱の影響により集中豪雨等が多発している。特に中部地域沿岸部は台風の常襲地であることから毎年のように水害、土砂災害に見舞われており、人命及び社会経済資本の損失防止の観点からも、災害予防・応急対策が喫緊の課題となっている。主要河川流域に設置された利水ダムでは、豪雨発生時に、予備放流が適正な時期に行われず下流地域で人工災害を引き起こしたり、小規模なアースフィルダムの決壊による下流地域の洪水被害が発生している。これらは、降雨量、河川水位・流量、ダム水位等の情報収集、洪水被害の予測、洪水関係情報の発信体制が未整備であり、適切なタイミングと水量でのダムの貯留・放流が行われていないことなどが原因である。



2009年フォン川氾濫によるフェ市内浸水状況



フォン川にはほとんど堤防もなく、標高 5m 以下に広がる市街地は水害に遭いやすい地形



2009年9月洪水によるフェ省内の浸水状況(シミュレーションによる再現)

ベトナム国政府は、災害予防に重点を置いた 2013 年策定の「災害予防・軽減法」(33/2013)においてダム of 適切な管理と運用を重要課題として挙げるとともに、近年の下流地域の洪水被害の多発を受けて、2013 年に首相が農業・農村開発省に対しフォン川のダムの適切な管理と安全対策強化を決定(21/CH-TTg)している。また、2018 年に洪水調節を目的としたターチャックダムが概成し、2014 年には発電用の大規模利水ダム(ビンディエンダム及びフォンディエンダム)も併せたフォン川流域の主要 3 ダムを対象とした洪水時統合管理ルールが首相決定(1497/QD-TTg)で定められ、2015 年には干ばつ対策も追加された。しかし、既設の雨量観測所は流域面積 400km² に 1 箇所程度で、洪水予測等に本来必要な 50km² に 1 箇所にはほど遠く、既設の水位観測所も 6 箇所でするダム流入量把握に必要な上流の観測所は 1 箇所しかなく下流の洪水氾濫の状況把握に必要な観測がなされていない。また、リアルタイムのものも予測のものも流域全体の洪水解析できるシステムは存在していない。このように、首相決定された運用ルールに沿った運用をするために必要な情報システムは未整備である。



フォンディエンダム(左)とビンディエンダム(右):これら 2 つの電力ダムは、大雨が予想されるときに予備放流を行い貯水位を下げ、洪水を貯めて下流の水害を減らすこととしているが、流域の情報が無く的確に運用できていない。



新たに建設された洪水調節目的のターチャックダム 各ダム管理所には、ダム操作や発電のための機器は整っているが、流域全体の統合管理のための情報体制は無い。

以上のようにダムと流域の安全性向上のためには、ダムの貯留・放流のタイミングや水量を迅速・的確に判断し、また下流地域の洪水被害リスクの把握と住民等に洪水関係情報を発信する体制作りが不可欠であり、そのためのリアルタイムでの精度の高い水文情報の観測、洪水予測及び情報共有を行う防災情報システムの整備が急務となっている。

1-1-2 開発計画

2016年4月の第14期国会で承認されたベトナム政府の「社会経済開発5カ年計画（2016-20年）」では、マクロ経済安定の維持、3つの突破口（①社会主義指向型市場経済体制の構築、②人的資源の開発、③インフラの整備）に基づく政策実施の加速化、生産性・競争力の向上及び気候変動への積極的な対策などが全体目標として掲げられている。計画指標として、計画期間中の年平均経済成長率6.5～7%、年平均社会開発投資（対GDP比）32～34%、年平均貧困世帯削減率1～1.5%などが挙げられ、それらを達成するために成長モデル転換と結びついた経済再構築、突破戦略に基づいたインフラ整備、人材開発と科学技術の向上及び積極的な気候変動対策、災害防止対策、天然資源管理能力・環境保護の強化などの政策に注力することとされている。

1-1-3 社会経済状況

2016年10月IMF推計によるベトナムの名目GDPは、4,555兆VNDであり、これを人口9,340万人（2015年国連人口基金推計）で除すと、人口一人あたり名目GDPは4,880万VND（約22.6万円/人）となる。GDPの産業分野別構成は、一次産業（農林水産業）19.3%、二次産業（鉱業、電力を含む製造業）38.5%、三次産業（通信、金融、小売業などサービス業）42.2%である（2015 CIA World Fact Book）。ベトナム政府統計総局が2016年7月に発表した速報値によれば2016年上半期の経済成長率は5.52%と、前年同期の6.32%を下回った。これを受けて、政府は2016年の経済目標であるGDP成長率6.7%の達成は困難とし、6.3～6.5%へ下方修正した。

1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

豪雨が多発する当国中部フエ省のフォン川流域において、降雨及び水位の監視システム及び水関連防災情報システムの整備を通じて、流域の3つの既存ダム（フォンディエンダム、ビンディエンダム及びターチャックダム）の効果的な運用と的確な河川管理を行うことで、流域全体の洪水被害を軽減することを目的として「水防災情報システムを用いた緊急時における効果的ダム運用および洪水管理計画」（以下、「本プロジェクト」）についての無償資金協力が、2014年8月にベトナム国政府から日本国政府に要請された。要請機材等は以下のとおりである。

Xバンドレーダ（1式）、水文観測所（10箇所）、CCTV（14箇所=3ダム各2式+他8箇所）、リアルタイムダム管理システム（3ダム各1式、貯水位計・ゲート開度計含む）、通信回線（鉄塔7箇所）、情報処理装置（収集・解析・出力）（各1式）、

マルチ情報表示システム（フエ・ハノイ各 1 式）、情報公開ウェブシステム・アラームメールシステム（1 式）、通信装置（フエ・ハノイ各 1 式）、航空レーザ測量（1 式）、河川横断測量（1 式）

1-3 わが国の援助動向

わが国の対ベトナム社会主義共和国別援助方針（2012 年 12 月）において、重点分野のひとつである「脆弱性への対応」として、災害・気候変動等の脅威への対応を支援することとしている。また、対ベトナム社会主義共和国 JICA 国別分析ペーパーでも、気象予測・災害予警報の体制強化及び日本の技術を活用した予警報システム等の整備を行うとしており、本プロジェクトはこれら方針、分析に合致する。JICA は、フエ省を含む中部地域の各省を対象に、地方政府とコミュニティの災害対応力強化を目的とした技術協力「ベトナム中部地域災害に強い社会づくりプロジェクト」（2009 年～2012 年）及び「ベトナム 災害に強い社会づくりプロジェクト フェーズ 2」（2013 年～2016 年）を実施した。

これは、フエ省を含む対象の各省において統合的洪水管理に係る能力強化を支援するものであるのに対して、本プロジェクトは統合的洪水管理の実施に必要な水文観測設備と水防災情報システムを構築するものである。また、フエ省のフエ市に下水施設を整備する「フエ市水環境改善事業」（2008 年 L/A 締結）は降雨による市街地浸水に対する内水対策であるのに対し、本プロジェクトはフォン川流域の外水対策として位置付けられる。

本プロジェクトに関連するわが国の技術協力及び有償資金協力の実績を下表に示す。

表 1-1 わが国の技術協力の実績

協力内容	実施年度	案件名／その他	概要
技術協力	2009 ～ 2011 年度	中部地域災害に強い社会づくりプロジェクト	フエ省を含む中部地域の各省を対象にした、地方政府とコミュニティの災害対応力強化
技術協力	2013 ～ 2016 年度	災害に強い社会づくりプロジェクトフェーズ 2	フエ省を含む対象の各省において統合的水管理に係る能力強化を支援

表 1-2 我が国の有償資金協力の実績

協力内容	実施年度	案件名／その他	概要
有償資金協力	2007 年度 承諾	フエ市水環境改善事業 208.83 億円	フエ市のフォン川流域市街地において、新市街地側の下水道施設及び排水施設を整備

1-4 他ドナーの援助動向

世界銀行が中部ベトナムの 10 省を対象に関連機関の組織能力強化や洪水対策のための構造物・非構造物対策を実施中である。また、国連開発計画（UNDP）が、国内の全コミュニティを対象にした災害リスクアセスメントマップの作成や中部地域におけるコミュニティ防災活動を実施中であるほか、2013 年策定の災害予防・軽減法の策定支援等の制度整備を支援した。

本プロジェクトに関連する他のドナー国・機関の援助の概要を下表に示す。

表 1-3 他のドナー国・機関の援助の概要

実施年度	機関名	案件名	金額	援助形態	概要
2013-2019	世界銀行	Managing Natural Hazard Project	150 百万 USD	借款	中部ベトナムの 10 省を対象に関連機関の組織能力強化や洪水対策のための構造物・非構造物対策
2012-2016	国連開発計画 (UNDP)	Strengthening Institutional Capacity for Disaster Risk Management in Vietnam Including Climate Change related Risks (SCDM Phase II)	4.95 百万 USD (うち 2.8 百万 AUD はオーストラリア政府からの無償資金協力)	無償資金協力	中央政府の防災担当部門のリスク管理能力向上や中部地域におけるコミュニティ防災活動の支援

2. プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

ベトナム国農業農村開発省（MARD:Ministry of Agriculture and Rural Development）の水資源総局（DWR:Disaster Management Center(約 180 人)）は、水資源開発、堤防をはじめとした治水施設、洪水・干ばつなどの災害対策などの政策を担っており、そのための法律・基準・マスタープラン・大規模施設の建設・地方行政の指導等の業務を行っている。このような関係から、政府全体の中央自然災害対策管理運営委員会(CSC-NDPC)の事務局も MARD が担当している。本プロジェクトに関わりの深い、フォン川をはじめとする全国の洪水やその被害についての情報収集、必要な災害対策の指揮や支援等については、DWR の中の自然災害防止管理局（DNDPC）が担当しており、人員は 40 数人である。庁舎内には情報処理・表示装置を設置したオペレーション室があり、全国の情報を収集・整理している。

現在のオペレーション室での情報は、各地から送られてきた情報を整理するレベルのものが中心で、本プロジェクトのようなリアルタイムの広域観測体制や洪水予測・ダム操作検討等の情報を表示できているものではなく、そうした情報も扱える本プロジェクト関係機器の設置をはじめ、今後の同様の全国展開も可能なように、現在改修中である。これらに関わる人員は、現状の体制でも可能な状況と思われるが、必要に応じ体制の強化を図ることとしている。

フォン川流域に設置される水文観測機器・雨量レーダ・通信設備・水防災情報システム等については、フエ省人民委員会の指揮下で、フエ省農村農業開発局水資源支局に水防災活動に従事する 10 人程度の職員が運用・管理を担当する。フエ省人民委員会では、これまでダム事務所への放流指示、地域の人民委員会への警報発信などを行っており、新たな観測機器や水防災情報システム等の利活用についての習熟が図られれば、的確に運用するノウハウは有している。

統合洪水管理計画を策定するなどフエ省では防災に注力しており、フエ省農村農業開発局水資源支局への予算配賦に問題はない。さらに、フエ省人民委員会としては、新たな観測機器や水防災情報システム等の運用・管理のための増員を予定しており、必要な体制の確保が図られることとなっている。

また、レーダ雨量計については、近傍の気象レーダの管理を行っている国家水文気象局が技術サポートすることとなっており、フエ省での体制確保に問題はない。ハノイの農村農業開発省に設置される水防災情報表示システム等については、農村農業開発省が運営・維持管理を行うが、その他の防災情報システムも運営・維持管理しており、運用する体制が確保されている。

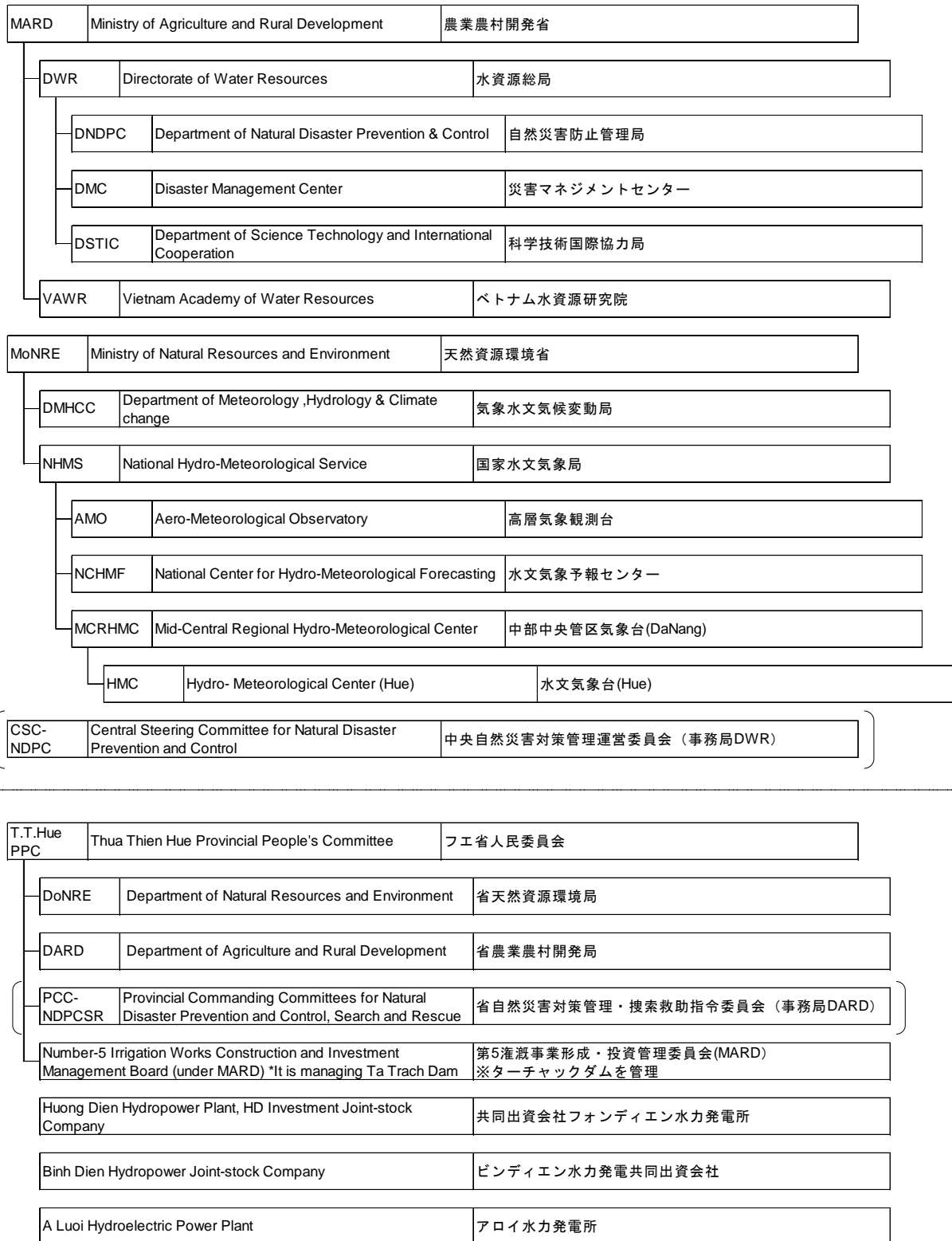


図 2-1 プロジェクト関連組織図

2-1-2 財政・予算

本プロジェクトの実施機関である農業農村開発省の2014年から2016年の3年間の予算は、次表に示すとおりである。

表 2-1 ベトナム国農業農村開発省(MARD)の予算

(単位 100 万 VND)

項目		年度		
		2014	2015	2016
農業農村開発省	開発投資	3,471,700	3,095,067	7,262,467
	借 款 返 済 及 び 援 助 予 定	153,000	121,925	49,000
	通常予算	3,847,444	4,190,040	4,055,396
	国家プログラムへの支出	118,216	136,950	-
合計（借 款 及 び 無 償 資 金 援 助 を 含 む。）		7,590,360	7,543,982	11,366,863

また、フエ省の2013年から2015年の3年間の予算を次に示す。

表 2-2 フエ省の予算

(単位 100 万 VND)

項目		年度		
		2013	2014	2015 (暫定値)
フエ省	開発投資	1,983,926	2,059,028	1,496,900
	通常予算	4,757,610	5,309,380	5,461,846
	その他	6,713,351	5,122,414	6,144,798
	予備費	-	2,360	1,180
合計		13,454,887	12,493,182	13,104,724

今回のプロジェクト実施にあたってのベトナム側負担額 1,504 百万 VND は、プロジェクト実施機関である MARD の 2016 年度通常予算額 4,055,396 百万 VND の 0.04% 程度であり、十分負担可能であると判断される。また、プロジェクト実施後の運営維持管理に要する金額は年平均約 1,930 百万 VND と試算されるが、これは運営維持管理を担当することになるフエ省の 2015 年度通常予算額 5,461,846 百万 VND の約 0.04% であり、十分負担可能であると判断される。

2-1-3 技術水準

MARD は、中央政府の立場で、全国の水関連災害発生状況を把握し、全国的な観点から必要な対策の企画や予算の確保などにかかる技術的な知見を蓄積している。またフエ省は、フォン川をはじめとする省内の河川管理を担当する立場で、水関連災害管理の現場実務経験の積み重ねを通じて地域の現状と課題をよく認識している。

しかしながら、ベトナムの河川流域では、これまで十分な水文観測体制が整ってお

らず、リアルタイムの観測情報等に基づくダム操作や河川管理の経験に乏しい。したがって、本プロジェクトで機器やシステムを整備することと合わせて、それらの適切な運用、利活用によってダムの適切な操作と河川流域全体の水関連災害の防止・軽減を図ることについて、MARD 及びフエ省ともに、担当組織職員の能力向上を図ることが必要である。

なお、既設のフォンディエンダムとビンディエンダムという2つの電力ダムがあり、必要な人員と必要な機器を整え、それぞれ単独のダム操作・管理や発電所の操作・管理を行っており、これらに関わる技術力は十分備えている。

2-1-4 既存施設・機材

雨量観測は NHMS (National Hydro-Meteorological Service : 国家水文気象局) の地方組織である HMC (Hydro-Meteorological Center : 水文気象台 (Hue)) が、自らの事務としてもしくは DARD (Department of Agriculture and Rural Development : 省農業農村開発局) 等の委託を受けて実施している。雨量観測所の数は 2000 年以前は 4 箇所程度であり、最近では 12 箇所程度 (観測が継続的に行われていないものもあり数は変動) である。職員による観測値読み取りとデータシートへの入力が行われ、この値が正規の観測値として扱われている。これ以外にイタリア国の ODA により自動観測・自動配信の機器が設置されており、このデータはダナンの MCRHMC (Mid-Central Regional Hydro-Meteorological Center : 中部中央管区気象台) で集約されている。

水位観測は、下流のフエ市街地部の基準となる水位の観測が、フォン川の Kim Long とボー川の Phu Oc で行われているほか、フォンディエンダム下流とビンディエンダム下流で行われている。洪水予測等には各ダム上流での水位観測が必要だが、ターチャック川上流の Thuong Nhat で行われているのみである。なお、リアルタイムでのデータ転送については、雨量観測所と同様にイタリア国 ODA で設置された観測所のデータがダナンの MCRHMC に集約されている。水位を流量に換算するための高水流量観測とそれを基にした水位流量曲線の作成は大変重要だが、Thuong Nhat のみでしか行われておらず、ダム運用で不可欠な流出解析等にとっては大きな問題である。既設の主要 3 ダム上流の小規模発電ダムでは、ダムの貯水量変化やゲート開度から流量を算出しているが、精度に問題がある算出方法であったり、水位・流量観測値との検証も行われていない。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

2-2-1-1 フォン川流域主要 3 ダムの健全性調査

フォン川流域の主要 3 ダムの諸元を表 2-3 に示す。なお、これら 3 ダムにおいては、後述するダム堤体や管理設備について目視による現地確認調査・ダムの構造図の確認等を行ったところ、ダム堤体などの健全性に特に問題ないと判断される。

表 2-3 フォン川流域における既存 3 ダムの諸元

ダム諸元	単位	ビンディエン	フォンディエン	ターチャック
流域面積	k m ²	515	707	717
ピーク洪水流入量 ※1	m ³ /s	6,989	9,430	14,200
ダムの形式		重力式	重力式	重力式+アースフィル
目的		発電・農水(治水)	発電・農水	発電・農水・治水
完成年		2007 年	2009 年	2018 年 (概成予定)
洪水時最高水位※1	m	86.0	59.9	53.1
Normal water level※2	m	85.0	58.0	45.0
最低水位	m	53.0	46.0	23.0
総貯水容量	10 ⁶ m ³	424	821	421
洪水調節容量 ※1	10 ⁶ m ³	(70)		556
Active storage capacity※2	10 ⁶ m ³	344	351	348
死水容量	10 ⁶ m ³	79	470	73

※1 1/1000 年規模洪水時の値（日本のダムの水位・容量の考え方とは異なる）

※2 ビンディエン、フォンディエンについては非洪水期の利水容量分

フォン川及び大支川のポー川には、ごく局所的なものを除き、洪水防御のための堤防はほとんど無い。ダムは、4~8 億 m³ の貯水量を持つフォンディエン・ビンディエン・ターチャックの 3 ダムのほか、農業用水確保や発電を目的とした中小規模のダムが 55 程度存在している。大ダムは近年完成したものだが、中小ダムは 1970 年代に築造されたアースダムが多く、一部には各施設の老朽化の問題も生じている。

3 ダムを対象として、各ダムの健全性を確認することを目的に、現地確認調査（コンクリート部のひび割れ・剥離・漏水等の変状の目視確認）等を実施した結果は以下のとおりである。

(1) ビンディエンダム（2016 年 3 月 14 日調査）

1) 現地調査結果

- ・ビンディエンダムは 2007 年に完成した重力式コンクリートダムで、目的は発電、かんがいである。
- ・洪水吐きゲートとして、5 つのクレストゲート（敷高 EL. 73.0m、幅 10m）が設置されている。
- ・調査時点(11:00 頃)のダム貯水位は EL. 73.5m(クレストゲート敷高+0.5m)であった。

- ・ダム堤体の下流面は、新しいダムということもあり、ひび割れ・剥離はみられなかった。漏水については左岸側で堤体表面に少々みられたが右岸側にはみられなかった。また、クレストゲートからの放流水が流下する流水面ではすべてのクレストゲート下面から漏水が見られたが、コンクリートからの漏水でなく、ゲートの水止め用に付いている水密ゴムの劣化が原因と思われる漏水(図中、ゲート下の筋状に見られる)が見られた。特にNo.4 ゲートからの漏水が多かった。



図 2-2 ビンディエンダム下流面状況

- ・No.5 ゲートは塗装の状態から整備されていると判断できるが、ゲート操作室前の通路のコンクリート蓋が割れた状態になっていた。

2) 所見

- ・目視による現地確認調査からは、ダム堤体などの健全性に特に問題ないと判断される。
- ・ダム下流面に漏水が見られたが、ゲートそのものからでなく、水密ゴムの劣化によるものである。また、洪水時のゲート操作時には操作員 2~3 人がゲート間を移動しながら操作をすることであり、放置しておく、洪水時の操作に操作員が怪我する可能性も考えられる(特に夜間、大雨時は危険度が増す)。定期的な点検整備を行い、ゲート操作の安全性・確実性を確保しておくべきと思われる。



図 2-3 ビンディエンダム No. 5 ゲート操作室前

(2) フォンディエンダム(2016年3月17日調査)

1) 現地調査結果

- ・フォンディエンダムは 2009 年に完成した重力式コンクリートダムで、目的は発電、かんがいである。
- ・洪水吐きゲートとして、4 つのクレストゲート(ゲート幅 16m)が設置されている。

- ・調査時点(12:00 頃)のダム貯水位は EL. 56. 1m(クレストゲート敷高+13. 35m)であった。
- ・ダム堤体の下流面は、新しいダムということもあり、ひび割れ・剥離は見られなかった。漏水については堤体の右岸側、左岸側ともにほとんど見られなかった。なお、クレストゲートからの放流水が流下する流水面ではすべてのクレストゲートの下面から漏水が見られたが、コンクリートやゲートからの漏水でなく、ゲートの水止め用に付いている水密ゴムの劣化が原因と思われる漏水が見られた。特にNo.2 ゲートの右岸側からの漏水は多かった。



図 2-4 フォンディエンダム下流面状況

- ・ゲート開度が一目で分かるよう、クレストゲート脇のコンクリート面に開度目盛がペンキで書かれていた。

2) 所見

- ・目視による現地確認調査からは、ダム堤体などの健全性に特に問題ないと判断される。



図 2-5 フォンディエンダムクレストゲート開度目盛

- ・ダム下流面に漏水が見られたが、ゲートそのものでなく、水密ゴムの劣化によるものである。クレストゲートの点検は 2 人で行い、水密ゴムの交換は 3~4 年に 1 回とのことであるが、洪水操作時に適切な操作を行うために、定期的な点検整備を行い、ゲート操作の安全性・確実性を確保しておくべきと思われる。なお、クレストゲート脇のコンクリート面に書かれた開度目盛については、ゲート操作時のヒューマンエラーを回避し、操作を確実にを行うための工夫と言え、我が国にも参考になる事例と言える。

(3) ターチャックダム(2016年3月16日調査)

1) 現地調査結果

- ・ターチャックダムは現在建設中のダムで、ダム堤体はアースダム、右岸側に配置された洪水吐き部は重力式コンクリートダムで構成されている。ダムの目的は発電、かんがい、洪水調節である。
- ・洪水吐きゲートとして、コンジットゲート(敷高 EL. 16m)及びクレストゲート(敷高 EL. 37m)が5門ずつ設置されている。
- ・調査時点(10:00頃)のダム貯水位は EL. 33.0m(クレストゲート敷高-4.0m)。



図 2-6 ターチャックダム洪水吐き部下流面状況

- ・ダム洪水吐き部下流面は、新しいダムということもあり、ひび割れ・剥離・漏水は見られなかった。しかし、既にコンジットゲート吐口の鋼製保護部に錆が見られた。

2) 所見

- ・目視による現地確認調査からは、ダム堤体などの健全性に特に問題ないと判断される。
- ・建設中でありながら、コンジットゲート鋼製保護部 (No3 ゲートが顕著) に錆が見られている。ダム操作に直接関係はしないが、クレストゲートからの放流時に放流水が通過する部位であるため、錆が進行しやすい。維持管理の面からは定期的な点検整備が望ましいと考える。

2-2-1-2 首相決定におけるフォン川流域のダム操作ルール

ベトナム国政府は、フォン川流域の水害を効果的に減少させるために、流域の3つの大規模ダム(フォンディエンダム、ビンディエンダム、ターチャックダム)を統合管理することとし、その操作ルールを首相決定(2015年12月30日付、

2482/QD-TTg：参考資料に全文を添付）により定めている。

この首相決定の概要は以下のとおりであり、本プロジェクトで構築する水防災情報システムの機能は、この首相決定に定められた操作ルールに沿った適切なダム貯水池操作をするために必要なデータとして、流域の雨量、河川水位・流量、ダム状況情報等を集約し、降雨予測データも加味して洪水予測、ダム操作結果予測などの必要な情報に加工し表示するものとしている。

(1) 基準となる水位

ダム操作判断の基準となる水位として、①下流主要地点河川水位の洪水警報レベル対応水位、②洪水期の各ダム貯水池の洪水前最高水位、及び③洪水時により多く貯留できるように事前放流するにあたっての各ダム貯水池の目標最低水位を定めている。

各水位と、台風等により洪水発生の恐れがある場合の運用方法は、以下のようなものとなっている。

表 2-4 洪水警報レベル対応水位表

河川	水文観測所	レベル I (m)	(補助水位 m)	レベル II (m)	レベル III (m)
フォン川	Kim Long	1.0	1.7	2.0	3.5
ボー川	Phu Oc	1.5	2.7	3.0	4.5

警報レベル I は注意水位であり、これ未満の場合には洪水氾濫の危険性はなく、各ダムも発電や灌漑のための通常の運用をすればよく、洪水前最高水位まで貯留しても良いし、逆に放流量を増やしても良いとしている。

警報レベル II は警戒水位であり、レベル I から II の間に水位がある場合には、基本的にダム貯水池への流入量よりは放流量は増やさず下流水位を上昇させないこととしている。ただし、下流水位が補助水位未満の場合には氾濫の恐れはないため、ダム放流量を増やしてダム貯水位を洪水前目標水位以下にし、その後の洪水調節機能増大に役立てることとしている。

警報レベル III は、非常体制水位であり、これを超えると氾濫の発生が想定される。確実に氾濫を防ぐために、レベル III になり初めてダムによる洪水調節を開始するのではなく、ダムの操作としては、レベル III に達していないレベル II を超えた時点から洪水調節を行うこととしている。

表 2-5 洪水期の各ダム貯水池の基準水位

ダム貯水池名称	ターチャック		フォン ディエン	ビン ディエン
	9/1～10/31	11/1～12/15		
洪水時最高水位 (m)	53.07		59.93	85.96
サーチャージ水位 (m)	50.00		58.17	85.16
常時満水位 (m)	45.00		58.00	85.00
洪水前最高水位 (m)	25.00	35.00	56.00	80.60
洪水前目標水位 (m)	23.00	28.50	53.50	74.50

以上のような水位条件でのダム操作については、操作判断のプロセスで整理すると、基本部分は下図のようになっている。

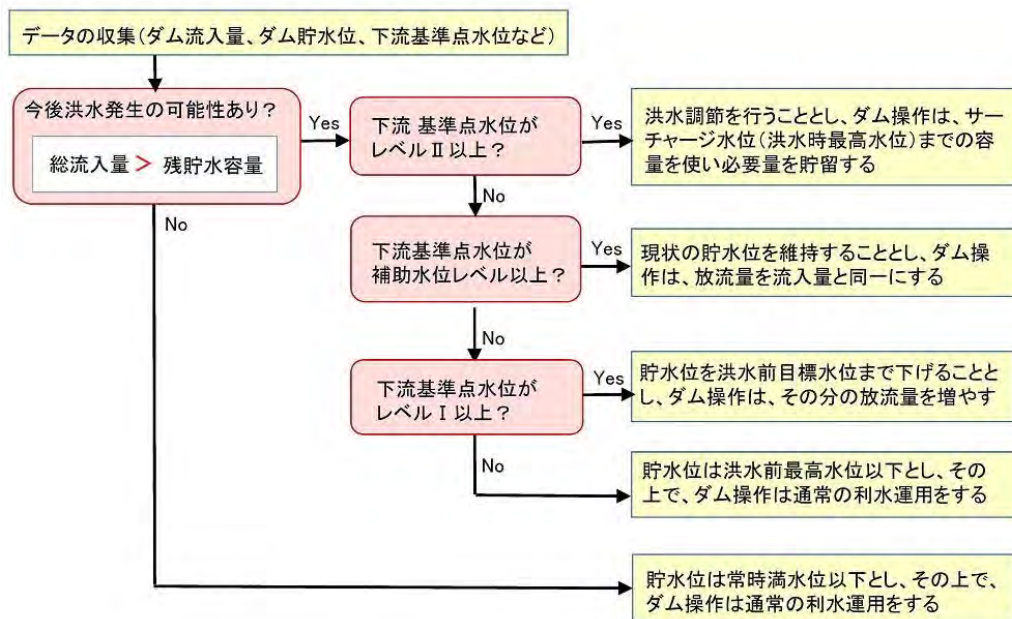


図 2-7 上流ダム群の操作判断のプロセス (基本部分)

以上の洪水調節の考え方は、日本のダムによる洪水調節方式とは異なっている。日本では、サーチャージ水位までの容量を使って例えば 1/100 年確率規模の出水を貯留して洪水調節を行い、それを超える場合にはダムそのものの安全を確保するために流入量に見合う放流を行うこととしており、その場合の貯水池水位をダム設計洪水水位としている。ベトナムでは、サーチャージ水位を超えても洪水調節を行い、1/1000 確率規模の出水までを対象としており、そのときの最高水位を表 2-5 の洪水時最高水位としている。ダムの構造物としての設計上は、この洪水時最高水位と日本のダム設計洪水水位とはほぼ同一のものとなっている。

2-2-1-3 電力事情

本プロジェクトの各機材設置候補地で電力調査を行う為に、現地調査期間中に1か月程度の電圧変動状況の測定を行った。測定箇所は、レーダ雨量計設置候補地で適切な測定箇所が無かったため、情報管理設備を設置するフエ省 PCC-NDPCSR(Provincial Commanding Committees for Natural Disaster Prevention and Control, Search and Rescue:フエ省自然災害対策管理・捜索救助指令委員会)(フエ省市街地)で測定を行った。

(1) 測定方法

フエ省 PCC-NDPCSR で、電圧変動測定器(クランプオンパワーロガー P W 3365-10 (日置電機製))を商用電源分電盤に接続し、約1ヶ月間(2016年5月26日~2016年6月26日)電圧変動状況を測定した。

(2) 測定結果

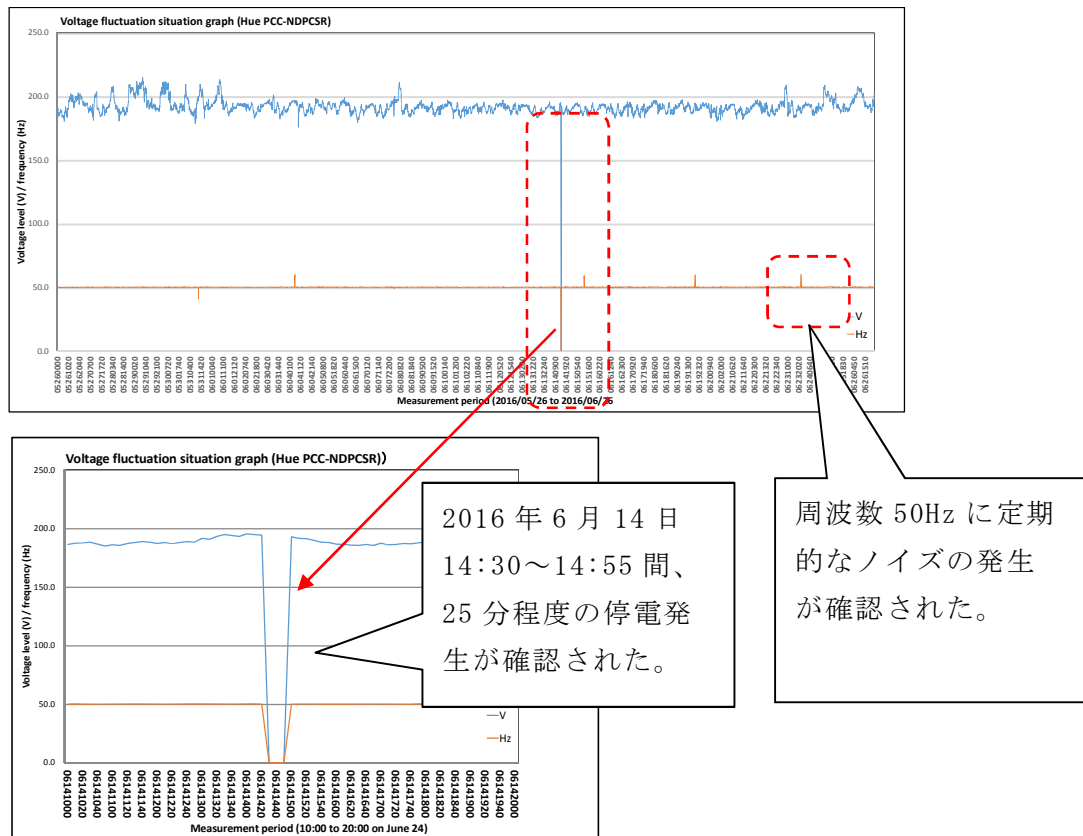


図 2-8 電圧変動状況

(3) 電力事情とシステムへの電力供給計画

ベトナムにおける商用電源の電源仕様は、電圧「単相 220V (50Hz)」と公表されている。今回の電圧変動状況の調査では、電圧が約 180V~220Vの変動があり、周波数は定期的なノイズがある事が確認された。また、測定箇所であるフエ省 PCC-NDPCSR は、フエ省市街地だが約 25 分間の停電も発生している。

このことから本プロジェクトの各設置機器候補地における電力事情は、まだ不

安定であると考えられる。

従って、本プロジェクトの各設置機器構成においては、安定電力供給の為に無停電電源装置（CVCF、UPS）、交流安定化電源（AVR）等が必要と考えられる。

2-2-2 自然条件

ベトナムは、インドシナ半島の東端に位置し、北に中華人民共和国、西にラオス人民民主共和国及びカンボジア王国と国境を接する。ベトナムの国土は、北緯 8 度 30 分から 22 度 22 分まで南北 1,650km にもわたる一方で、インドシナ半島の太平洋岸に平行して南北に伸びるチュオンソン山脈（アンナン山脈）の東側に大半が属するため、東西の幅は最も狭い部分ではわずか 50km しかない。国土面積は、わが国の約 88%にあたる 33.2 万 km² である。北部のハノイ市と南部のホーチミン市の周辺には、紅河及びメコン川が形成した広大なデルタ地帯が広がっているが、国土全体の 4 分の 3 は山地や丘陵地である。標高 5m 以下の低地に全人口 9,340 万人（2015 年現在）の約 45%が暮らしていることから、水害に対する被災ポテンシャルが大きい。この状況はわが国に類似している。

フォン川の流域（流域面積 約 2,800 km²）は、中部ベトナムに位置するフエ省（面積 5,062 km²）に含まれている。フエ省の気候は熱帯モンスーン地域に分類され、9 月から 12 月の雨季に年間降水量の約 75%が集中し、フィリピン付近で発生した台風の直撃を受けることもある。年間降水量は、平均約 3,500 mm と日本の倍近いが、乾季には月降水量が 100 mm 以下になることも多く、干ばつのリスクも抱えている。

バグマ山系に源を発するターチャック川がフォーチャック川と合流して形成されるフォン川は、その後、フエ市の市街部を流下しボー川と合流したのち、下流でベトナム最大のラグーンに流入し、ラグーンの開口部から南シナ海に流れ込んでいる。山地から平野部までの距離が短いため、その間の河道の勾配は比較的急であり、また平野部はほとんど起伏の無い低平地である。そのため、豪雨時には洪水が短時間に流下するとともに、下流平野部では容易に氾濫しやすく、甚大な水害が発生しやすい。洪水到達時間は、上流端からフエ市街地までで半日程度、ダムから同市街地までで早いときは 2 時間程度であり、日本の河川とほぼ似ている。また、上流の山地部からの流送土砂も多く、パルプ材の栽培で開発が進んでいることも、そのことに拍車をかけている。流送土砂は下流の河道や低平地に堆積し、そのことも水害多発の原因となっている。特にボー川下流部は、土砂はボー川だけでなくフォン川からの土砂が運ばれるが、それを押し流す河川流量はボー川のみとなるため、土砂堆積が進み川の形状も大きく蛇行し、氾濫しやすくとびたび浸水被害が発生している。山地部のフォン川、ボー川等は、ほぼ自然河川の状態であるが、集落等は河岸の高いところに存在するため、顕著な水害発生記録は無い。平野部のフォン川、ボー川等には堤防はほとんどなく、河川水位上昇とともに溢水し氾濫するため、水害が起きやすい状況となっている。フエ市街部はフォン川をはさんで、かつての王宮がある旧市街とフランス人居住区が置かれていた新市街に分かれており、チャンディエン橋、フースアン橋などの橋が新市街と旧市街を結んでいるが、雨季にはしばしば新市街の家屋の一階部分が水没する。また、下流低平地部では、水稲栽培やラグーンでの採捕/養殖漁業が盛んであるため、

水害による生産基盤のダメージを受けやすい。

近年における特に大きな水害は、1999年11～12月に台風性降雨によってもたらされた。ベトナム中部地域全体の被害は、11月洪水で死者621名と被害額2億6,900万ドル、続けて12月洪水で死者322名と被害額6,600万ドルに達した。フエ市街地中心部の広範囲の地区で1mから2mの浸水深を記録し、フォン川とポー川の合流部付近では2mから3mの浸水深となった。また、2009年9月の台風9号(Ketsana)は、太平洋側から真西方向にフエ省南部にあるクアンガイ省を直撃し、死者163名、行方不明11名、負傷者629名、倒壊家屋21,611戸及び浸水家屋294,711戸の被害をもたらした。2013年は、9月19日、10月3日、10月15日及び11月15～17日と立て続けに4回の洪水に見舞われ、フエ省の被害は合計約2,800万ドルに及んだ。直近では、2016年10月中旬、フエ省の北部に位置するクアンビン省及びハティン省を襲った、豪雨による洪水で、21名が死亡し、被災家屋が27,000戸に上ったと報道されている。

2-2-3 環境社会配慮

本プロジェクトは、観測所の各局の建設に必要なスペースは数十平方メートル(約35～100m²)というわずかな面積で、切土盛土などの土地の変更や大規模な伐採もなく、それもほとんどが公共用地の利用であるため、社会環境に及ぼす影響は無く、また基本的には未利用地の利用であるため自然環境上も問題ない。「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月公布)によれば、環境への望ましくない影響は最小限であると判断されるため、カテゴリCに分類されると考えられる。

2-3 その他(グローバルイシュー等)

ベトナム国は、1980年代にドイモイ政策を決定し、農業生産性の向上や外資系も含む工場立地の促進をもとに輸出増加を図り、1992年以降5～9%の高い経済成長率を維持し、いわゆるASEANの経済開発三角地帯の一角をなしている。今後もさらなる経済発展を目指しており、その中核となるのはやはり農業生産性向上と工場立地の促進であるが、その対象となる平野部は標高が低く、水害に対する脆弱性の高い地域であり、2014年5月に発表された世界的投資評価機関であるS & Pのレポートでは、今後予測される地球規模気候変動に関連した脆弱性による信用リスクが、調査116か国中ワースト2位の評価とされている。

ベトナム国政府が最近特に熱心に洪水対策を進めようとしている背景には、単にダム決壊などの問題に端を発した洪水管理の適正化ということに加えて、前述のような背景からベトナム社会経済発展のために不可欠であるとの認識があると言われている。特に、2011年のタイ大洪水で国際的サプライチェーンが寸断され、情報体制の不備が被害を拡大させ、工場立地の支障となったことをベトナム国政府も注視しており、情報体制の整備が急務であると認識しているとのことである。

3. プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、ベトナム国フエ省フォン川流域において、X バンドレーダ雨量計を含む雨量計及び河川やダム貯水池の水位を計測するための水位計を設置し、テレメータ経由で観測データをリアルタイムに把握するとともに、それらを用いてダム貯水池の的確な運用や下流域の水防・避難活動等に必要な予測情報に加工して提供する「水に関連する災害管理情報システム」（以下、「水防災情報システム」という）を構築するものである。あわせて、水防災情報システムが長期にわたって継続的に有効活用され、フォン川流域の水災害防止・軽減に役立つよう、必要な技術移転と人材育成活動を実施する。

本プロジェクトの内容は、下表のとおりである。

表 3-1 本プロジェクトの内容

項目	内容・規模
フォン川流域における観測データ収集機器	X バンドレーダ 1 式 水文観測所 10 ヶ所 CCTV（下流部） 8 箇所
3 ダム管理事務所におけるダム監理施設	リアルタイムダム管理システム 3 式（3 ダム各 1 式） CCTV（3 ダム） 6 箇所（3 ダム各 2 箇所） 通信回線 3 式（各ダム 1 式） ダム水位計設備（3 ダム） ダムゲート開度測定装置（2 ダム）
フエ省 PCC-NDPCSR の水防災情報システム	情報管理設備（収集・解析・出力） 1 式 マルチ情報表示システム 1 式 情報公開ウェブシステム・アラームメールシステム 1 式 通信装置 1 式
CSC-NDPC（ハノイ）の水防災情報システム	マルチ情報表示システム 1 式 通信装置 1 式
基礎データ収集	LiDAR ^{※1} 航空測量による地形測量 1 式 河川横断測量 1 式
操作マニュアル	操作マニュアル及び研修
コンサルティングサービス及びソフトコンポーネント	(1) 調達・施工監理 (2) 水文観測所機材及び水防災情報システムのトラブル発生時の対処方法、点検・保守、表示データの監視、水害リスク情報の伝達、X バンドレーダの定数同定手法、流出解析モデルの定数同定手法及び水位流量曲線の作成と活用手法に関する技術指導

※1) LiDAR: Light Detection and Ranging / Laser Imaging Detection and Ranging

レーザー照射に対する散乱光を測定して、遠距離にある対象までの距離や性質を分析する方法で、航空機を使った広域の地形測量の方法等に適用される。