

事業事前評価表

国際協力機構地球環境部水資源・防災グループ防災第一課

1. 案件名

国名：ブータン国

案件名：氷河湖決壊洪水（GLOF）を含む洪水予警報能力向上プロジェクト

Project for Capacity Development of GLOF and Rainstorm Flood Forecasting and Early Warning

2. 事業の背景と必要性

(1) 当該国における防災セクターに係る現状と課題

ブータン国（以下、「ブータン」とする）では、世界的な気候変動の影響を受け、近年、これまで観測されなかったような、フラッシュフラッド、サイクロンを含む暴風雨などの水文気象に関する災害が多数発生している。また、毎年プレモンスーン期の3月～5月に発生する局所的な豪雨も、年々発生頻度が高まっており、2009年5月に襲来したサイクロン・アイラは、ブータン全土で観測史上最大雨量を記録するとともに、死者12名、被害総額1700万USD（2009年6月13日ブータン主要紙（クエンセル紙）発表額）という近年最悪の暴風雨災害となった¹。

また、ブータンを含むヒマラヤ山脈の国々では、地球温暖化の影響により山岳氷河の縮退に伴う氷河湖拡大、ならびにその決壊による洪水災害（氷河湖決壊洪水：Glacial Lake Outburst Flood、以下「GLOF」とする）がたびたび報告されている。ブータンでは、1957年、1960年、1994年にGLOFの発生が記録されており、特に1994年10月のルゲGLOFの際には、死者21名、川沿いの家屋や歴史的建造物が破壊され、農作物や家畜なども被害を受ける大災害となった²。大規模なGLOFが発生すれば、国の基幹産業である水力発電はもちろん、就労人口の9割を占める農業が深刻な被害を受ける可能性があり、ブータンにおいてGLOF災害リスクの調査とそれを踏まえた対策事業の実施は喫緊の課題となっている。こうした状況を受け、JICA/科学技術振興機構（Japan Science and Technology、以下JSTとする）は、対象流域における氷河湖のインベントリーの作成、発生メカニ

¹ 2008年GDPに対する被災額の比率は1.39%に達し、これは2004年に起こった中越地震の際の同じ比率0.67%を大きく上回る（2008年ブータン名目GDPが12.2億USD、2003年日本名目GDP4.29兆ドル（世銀オープンデータより）、中越地震被害額約3兆円（国土交通省北陸地方整備局より））。

² 前年度の対人口比の死者数は、0.0039%で、これは2004年の中越地震の際の比率0.0004%を大きく上回る（データの出典はいずれも同じ）。なお、他の東南アジア諸国と比較しても、2000年～2012年の間に風水害での死者数は対人口比で0.0292%となっており、フィリピン（0.0106%）やベトナム（0.0042%）などの風水害の件数の多い国と比較しても突出している状況が分かる。

ズムの解明等を目的とした、「ブータンヒマラヤにおける氷河湖決壊洪水(GLOF)に関する研究プロジェクト」(以下、先行案件とする)を2009年から2012年に実施した。先行案件では、対象流域内に現時点で喫緊に水抜き工等の対策を要する氷河湖はないと結論づけたが、GLOFは通常の洪水とは異なり、前兆現象を伴わず突如下流域に襲来するため(1994年のGLOFの際の最大水位上昇率は30分あたり2.5mを記録)、ひとたび発生すれば、住民の命や、国の基幹産業である水力発電設備の破壊にも繋がりがかねない甚大な災害となるため、継続的なモニタリングと早期警報システムの確立の必要性が先行案件で提言された。

以上のような、増加・激甚化する気象災害とGLOF災害に対応するために、ブータンは、2011年に経済省エネルギー局内の一部署であった気象水文サービス部を、気象水文サービス局(Department of Hydro-met Service、以下「DHMS」とする)に格上げするとともに、早期警戒を含めた流域監視体制の強化を目的として、DHMS内に国家気象洪水予警報センター(National Weather, Flood Forecasting and Warning Center、以下「NWFFWC」とする)を設置した。しかしながら、DHMS、NWFFWCの観測・予警報については課題が多く、ブータン国政府は日本国政府に対して、①GLOF/降雨洪水を対象とした早期警報システム導入によるマンデ川及びチャムカール川流域の洪水被害リスク軽減、②GLOF/降雨洪水を対象とした早期警報システムを活用した早期警報及び情報ネットワークに関する運用維持管理を目的として、「マンデ川及びチャムカール川流域における統合GLOF早期警報システム開発プロジェクト」(以下、「本案件」とする)を要請し、日本政府は2012年4月にこれを採択した。

以上の要請の背景、内容、ニーズを踏まえ、本案件の事前評価を行うために必要な情報収集・分析を行い、プロジェクトの内容について先方政府機関と協議し、協力内容に合意し、協議議事録に署名交換することを目的として、詳細計画策定調査が実施された。

詳細計画策定調査においては、DHMSやNWFFWC及び対象流域の行政(トンサ県、ブムタン県)に対するヒアリングや現地調査を行い、主にNWFFWCの実施(水文気象の観測・通信体制・分析)能力と、対象流域のコミュニティ防災体制に課題があることが明らかになった。具体的に確認された問題点は以下のとおり。

- 現在国内に設置されている26ヶ所の水位観測所、115ヶ所の気象観測所は、ごく一部を除き、1日1回ないし2回の目視による定時観測のため、降雨や洪水のピークを記録出来ておらず³、即時性や正確さが求められる気象洪水予警報のための観測施設としての機能を十分に果たしていない状況にある。また、今後の河川管理やインフラ施設設計を行っていく上で

³ 2009年5月のサイクロン・アイラの襲来時のピーク流量は既往最大と言われるが観測可能水位を上回り、実測データは存在しない。

も、観測体制の重大な欠陥となっている。

- 設置場所についても観測が自動化されていないため、人が定期的を確認に行ける場所、乃至駐留可能な場所にのみ設置されており、山岳地帯などの人が立ち入りにくい地域の気象・水文情報が収集できていない。
- 観測データの伝達については、電話や SMS 等で実施されているが、リアルタイムでの情報伝達が徹底されておらず、早期予警報発令のための体制としては不十分である。
- 国全体が山岳に覆われているため通常の国に設置できるような気象レーダーも遮蔽物が多く、降雨の観測には適さず、情報の収集が課題となっている。
- これまでに各ドナーの支援で設置された観測システムはそれぞれが異なる転送方式、データベース、インターフェースで構成されており、これらの統合についても課題となっている。
- 今回対象となるマンデ川流域のトンサ県においては、元々急峻な地形であったため、従来は谷底には集落が形成されていなかったが、インフラの整備に伴い、洪水リスクの高い河岸や低位段丘面上に次々と新しい家屋や施設が建築されている。気象水文局では、その危険性について把握しているものの、その危険性を、土地利用を管理する部局に提言する体制が整っていない。
- トンサ県として、以前は洪水予警報に対する取組の優先順位は高くなかったが、現在は住民に対する早急な防災啓発（ハザードマップの配布や避難訓練の実施等）と予警報の充実を重要な課題として位置づけられている。
- また、現在建設中の水力発電ダムにおいても、一定程度の洪水や GLOF には耐える設計となっているものの、施設保全のためには前もってダム操作を行う必要があり、また、放水時の下流域への事前通告のためにも上流部のモニタリングと予警報は必須であるが、その対策が取られていない。
- チャムカール川流域の最大の都市、ジャカール（ブムタン県）は、河川沿いの傾斜の緩やかな谷底の平地に、人口や都市機能が集中している。従来からある家屋は、洪水から逃れるべく、比較的高地に建築されているが、近年の都市部への人口流入に伴い、従来避けられていた氾濫原に家屋や公共施設が建設されている。こうした状況に対して、GLOF・洪水早期予警報のための観測所や施設は未整備であり、コミュニティ防災活動（Community Based Disaster Risk Management、以下 CBDRM とする）は実施されていない。

- チャムカール川流域においても、氾濫原と想定される地域に空港が建設されるなど、災害の観点を意識した土地利用計画が全くなされていない。
- 現在、ブータンにおいては体系だった洪水予警報発令はなされておらず、その実施のためには、各流域における降雨と流出特性との関係を明らかにすると共に、GLOF 及び洪水発生時の高リスクエリアを特定する技術が不足している。
- 予警報の伝達についても、ブータン国内での体制が確立されておらず、仮に上述の課題が解決されたとしても、関係機関への情報発信体制の確立、予警報発令の一元化が必要となってくる。
- ブータンにおいて、土地利用計画は国土地理院（National Land Commission Secretariat、以下 NLCS とする）が担当しているものの、災害の観点からの土地利用規制については、国として管理しておらず、地方ごとに実施しているケースも存在するものの、科学的根拠を用いた災害リスクアセスメントに基づく土地利用計画や都市開発計画は作成されていない。

本案件は、以上の課題を解決することを目的として実施するものである。

(2) 当該国における防災セクターに係る開発政策と本案件の位置づけ

兵庫行動計画枠組 2005-2015 に基づいてブータンの自然災害リスク管理枠組（The National Disaster Risk Management Framework、以下「NDRMF」とする）が 2006 年に作成された。また、国家防災法案が国会に提出され 2013 年に成立する見込みである。現時点では、NDRMF 並びに気候変動適応行動計画（National Adaptation Program of Action、以下「NAPA」とする）が国家防災政策に関するベースとなっており、その中で GLOF 対策が最優先課題と位置付けられている。また、GNH 委員会（Gross National Happiness Commission）によれば、現在ドラフト中の第 11 期 5 カ年計画（2013-2018）では、2009 年のサイクロン洪水、2011 年の地震災害を受けて防災分野への取り組みが強化され、16 の国家主要成果の一つとして「災害に耐えうる危機管理の主流化」が明記される予定である。さらに、同計画の中には JICA が実施予定の本案件の実施についても言及されており、これらのことから、本案件の取組内容はブータンにおける防災政策強化の方向性と合致していると言える。

(3) 防災セクターに対する我が国及び JICA の援助方針と実績

「対ブータン王国事業展開計画」（2011年6月30日）によれば、援助重点分野「その他の支援分野」の一つに、特別課題「南西アジア広域支援」として防災セクター支援が位置付けられており、本案件は、我が国の援助方針に合致したもの

である。さらに、本案件は、気候変動適応策・緩和策を推進するという日本の政策にも合致する。

なお、同様に、上記の南西アジア広域支援のもとで、JICAは2009年のサイクロン・アイラの被害に対し、無償資金協力「サイクロン災害復興支援計画」を2011～2014年の間で実施中であり、橋梁の復旧等が行われている。

(4) 他の援助機関の対応

ブータンにおける防災セクター(特にGLOF対策)に対するドナー支援としては、NAPAの優先プロジェクトとしてあげられている3つの取組(①氷河湖の水抜き、②早期警報システム、③住民啓発)がUNDPと地球環境ファシリティ(Global Environment Facility、以下「GEF」とする)が共同してLDCファンド等により2008-2012の4年間で実施されている。これらの取り組みは、先行案件が対象とするマンデ川流域とは異なるプナツァン川流域である。また、UNDP-GEFは、同プロジェクトの後継プロジェクト(2014年開始予定)として、対象地域をブータン全土とする気象水文観測網の強化を計画中であるが、本案件が対象とするマンデ川流域とチャムカール川流域と地域は重複するものの、事業内容については、UNDP-GEFは機材供与を主とする気象観測網の整備強化であり、DHMSのNWFFWCの能力強化を目指す本案件とは補完関係にあると言える。

さらに、世界銀行は地震災害に対する建築物耐震設計に関する技術協力案件を計画中であるが、本案件との重複はない。

3. 事業概要

(1) 事業目的(協力プログラムにおける位置づけを含む)

本案件は、マンデ川及びチャムカール川流域において、GLOFを含む洪水に対応する早期警報システム(Early Warning System、以下EWSとする)の構築及び、パイロット活動を通じた中央及び地方レベルでの緊急対応能力の強化を行い、災害リスクアセスメント情報を開発計画に取り込む体制づくり支援を行うことにより、DHMS及び共同実施機関の洪水に対する緊急対応能力向上・減災意識の醸成を図り、もって洪水等の自然災害に対する強靱な社会を確立することに寄与するものである。

(2) プロジェクトサイト／対象地域名⁴

マンデ川流域、チャムカール川流域

⁴ マンデ川流域のあるトンサ県の人口 14,712 人(2010 年の推計人口、県統計書 2010)。チャムカール川のあるブムタン県の人口 17,837 人(2011 年推計人口、県統計書 2011)。

(3) 本案件の受益者(ターゲットグループ)

経済省水文気象局(DHMS)、内務文化省防災局(Department of Disaster Management, Ministry of Home and Cultural Affairs、以下「DDM」とする)、経済省地質鉱山局(Department of Geology and Mines, Ministry of Economic Affairs、以下「DGM」とする)、公共事業省技術サービス局(Department of Engineering Services, Ministry of Works and Human Settlements、以下「DoES」とする)、国土地理院(National Land Commission Secretariat、以下「NLCS」とする)の各職員、対象流域の行政職員及びパイロット地区住民

(4) 事業スケジュール(協力期間)

2013年10月～2016年9月を予定(計36ヶ月)

(5) 総事業費(日本側)

3.95億円

(6) 相手国側実施機関

実施機関:DHMS

共同実施機関 :DDM、DGM、DoES、NLCS

(7) 投入(インプット)

1) 日本側

・専門家派遣(95 M/M)

流域防災計画/洪水予警報(チーフアドバイザー)

気象/水文

洪水ハザードマップ/GIS

気象予報

情報通信/早期警報システム計画

コミュニティ防災

・供与機材 121百万円

詳細はプロジェクト実施後確定する。

・カウンターパート本邦研修

2) ブータン側

・C/Pの配置:

プロジェクト・ディレクター:DHMS 局長

プロジェクト・マネージャー:DHMS 水文課長

カウンターパート： DHMS、DDM、DGM、DoES、NLCS

- ・オフィススペース：
 - 専門家執務室/諸設備
 - 水道・光熱費、インターネット環境
- ・必要なデータの提供
 - 地理情報データ
 - 水文気象データ
 - 社会経済データ
- ・ローカルコスト
 - プロジェクトの実施に必要な経費

(8) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

1) 環境社会配慮

① カテゴリ分類 C

② カテゴリ分類の根拠

本案件は、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月公布)上、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。

2) ジェンダー・平等推進/平和構築・貧困削減

ジェンダー・貧困等の配慮を要する特別の負の影響は予測されない。

3) その他

特になし

(9) 関連する援助活動

1) 我が国の援助活動

特になし

2) 他ドナー等の援助活動

UNDP-GEF が実施予定の NAPA フェーズ2(2014年開始予定)は気象水文観測網の強化を目指すものであり、自動気象観測装置の国内への設置を計画しており、本案件が取り組む NWFFWC の能力強化を基にその配置計画が策定され、他流域への本案件成果の発展という点において効果的な連携が期待される。

4. 協力の枠組み

(1) 協力概要

1) 上位目標

ブータンにおける気候変動対応策として、GLOF や洪水等の自然災害に対する強靱

な国が確立する。

指標:

- a. 中央・地方政府機関(パイロット流域以外も含む)及びダム管理者を含む関係セクターに対し、GLOF 及び洪水に関する予警報が気象・水文データの蓄積により、より精度の高い状態で NWFFWC から発信・伝達される。
- b. パイロット流域以外で、早期警報システムが導入され、それを用いて、最低一つのコミュニティで避難訓練が実施される。

2)プロジェクト目標

DHMS及び関係ステークホルダー⁵のGLOF及び洪水に対する緊急対応能力が向上する。

指標:

- a. GLOF 及び洪水に関する予警報が、作業手順書(Standard Operating Procedure、以下「SOP」とする)⁶に従って発令される。
- b. パイロット活動流域において、開発された早期警報システムを活用した早期警報及び避難訓練が定期的に実施される(最低年1回)。

3)成果及び活動

成果1: 関連機関のGLOF及び洪水リスクアセスメント、都市開発計画、防災、洪水・気象予報、及び関連機関との緊急情報共有に関する能力が向上する。

指標 1:

- a. 開発計画の中に災害リスクアセスメントを取り込む体制づくりの計画が策定される。
- b. 定時のデータ更新と気象水文解析が行われる。
- c. 開発した予報システムを活用して、日々の洪水及び気象予報が配信される。
- d. 緊急情報共有のための SOP が作成され、同センターの職務規定に取り込まれる。

活動:

- 1-1. 維持運用可能な統合システム構築を目的として、NWFFWCの既存の気象水文データ収集、モニタリング、警報等について現状分析を行う。
- 1-2. 統合システム構築に必要な資機材を導入し、NWFFWC職員に対し、システムの運用維持管理のための研修を実施する。

⁵ ここでいう関係ステークホルダーは、中央レベルでは共同実施機関(DDM, DGM, DoES)、地方レベルでは、地方政府(県)、パイロット地区住民を想定する。

⁶ ここでいう SOP は、本事業で対象流域に設置予定の EWS の操作、維持管理、警報のタイムリーな伝達のための作業手順を示すもの。関係機関及びその担当者、連絡先等のリストも含まれる。

- 1-3. 先行案件成果を含む氷河湖に関する調査結果を勘案のうえ、DGM及びDoESの協力のもと、想定されるGLOF、及び気候変動を踏まえた洪水規模について分析する。
- 1-4. GLOF/洪水リスクアセスメントを実施するセクターと開発担当セクター間の連携強化に向けた協議を実施する。
- 1-5. NWFFWC、DGM、DoES及びNLCS職員への研修を通じて、活動3-2に資するためのGLOF及び洪水に関するリスク地域マップを作成・改善する。
- 1-6. ワークショップ等を通じて、関係機関における災害に対する土地利用の意識を醸成する。
- 1-7. 災害リスクアセスメントの観点を開発計画に盛り込む必要性を確認し、そのための組織制度を検討し、提案する。
- 1-8. 収集された気象及び水文データや、全球気象予報データ (Grid Point Value)を活用しながら、洪水及び気象予報のシステムを改善する。
- 1-9. 関係機関との協議やワークショップ等を通じて、緊急時の情報共有に関するSOPを策定する。

成果2: マンデ川及びチャムカール川の各パイロット流域において、GLOF及び洪水を対象としたEWSが開発・運用される。

指標 2:

- a. EWS が DHMS の通常業務に使用される。
- b. EWS の操作・管理マニュアルが作成され、DHMS の通常業務に使用される。
- c. EWS の操作・管理に関する研修が DHMS 担当職員 90%以上の参加の下、実施される。

活動:

- 2-1. GLOF及び洪水への行政対応という観点から、既存の気象水文観測網や計画中の水力発電所に関する現状分析ならびに課題抽出を行う。
- 2-2. 早期警報システム設計のための基本データとして、GLOF及び洪水の想定流量、高水位、到達時間、及びその他の水文情報について解析する。
- 2-3. 感知システム、通信ネットワーク、データ管理等からなる早期警報システムの配置ならびに仕様等の施設設計を行う。
- 2-4. 各パイロット流域ならびにNWFFWCに対し、必要となるスペア部品や維持管理のための資材を含む機材及び施設を導入する。
- 2-5. 早期警報システムの運用維持管理に関するマニュアルを作成し、中央及び地方のDHMS職員に対し、試験・運用・維持管理のための研修を実施する。

成果3:パイロット流域におけるGLOF及び洪水災害に対して、中央及び地方レベルでの緊急対応能力が強化される。

指標 3:

- a. 対象地区のステークホルダー参加のもと、警報及び避難に関する洪水緊急対応のワークショップが開催され、参加者の洪水の危険性の理解度が改善される¹。
- b. DDM の協力のもと、開発された EWS を用いた避難訓練が、地方政府によりパイロット活動流域で計画・実施される。
- c. 中央・地方政府の共同作業を通して、パイロット流域における GLOF 及び降雨洪水に関する SOP が作成される。

活動:

- 3-1. DDM、対象流域の地方政府、コミュニティ住民の参加のもとワークショップを開催し、流域における洪水避難予警報にかかる課題を整理・分析する。
- 3-2. 活動1-5,2-2で得られた知見を考慮して、地方政府との協議のうえ、対象流域における洪水予警報発令基準、及び避難対象とするコミュニティの範囲を特定する。
- 3-3. 開発された早期警報システムの操作訓練、それに基づいた洪水予警報・避難訓練を計画・実施する。
- 3-4. 活動3-1～3に対する評価を通じて、対象流域におけるGLOF及び洪水対応のための作業手順書(SOP)を作成する。

4)プロジェクト実施上の留意点

- ・指標及びその目標値については、本案件開始後、関係者間で協議し、必要に応じて修正した上で、第1回JCCにおいて承認を受ける予定。
- ・ブータンDHMS局長へのインタビューによれば、GLOFを含む洪水リスクの高い流域はプナツァン川、マンデ川、チャムカール川の3流域である。このうち、プナツァン川にはUNDPによるEWSが導入済みであることから、本案件では残り2流域をパイロット流域として選定している。
- ・UNDP-GEFプロジェクトとの連携を図るため、NWFFWCに導入予定の統合システム及び早期警報システムの仕様については、本案件開始の早い段階において概略のデザインをDHMS側に提示し、UNDP導入資機材の基礎資料となるよう配慮する。
- ・現在対象流域のチャムカール川最大の都市であるブムタン県において、スイスのコンサルタントが、開発計画のM/Pを策定しており、同M/Pの中には防災の視点を含めた土地利用について検討されていることがブムタン県へのインタビューで明らかになった(M/Pの内容は未確認)。そのため、チャムカール川流域における活動を実

施する際には、同 M/P の内容に留意する。

- ・DDM においては、現在 CBDRM 活動をブータンの全県で実施することを計画しており、調査時点(2012年10月時点)で、全20県のうち14県で実施されている。本案件におけるCBDRM活動にあたっては、DDMの主体性を核に任しつつ、共働で実施することが必要となる。
- ・ブータンでは5月～9月が雨期にあたり、この間、特に地方道路の状態は劣悪であり、サイトへのアクセスも妨げられる可能性が高い。観測計器設置にあたっては、季節や道路事情を十分に考慮した作業計画を策定する予定である。
- ・本案件の活動内容とその成果を日本国民、ブータン関係機関及びドナーに正しく理解してもらえよう、JICAウェブサイト等で広報を行う予定である。
 - ・3.(3)に記載のパイロット地区については、活動1-5、活動2-2の結果を踏まえ、活動3-2で決定する。
 - ・活動1-5で対象流域のリスクアセスメントを実施する際には、その流域が有する災害リスクを明らかにし、そのリスクに対する取り扱い(プロジェクトの活動範囲とするか否か等)をブータン側と協議の上、決定する。

(2) その他インパクト

- ・本案件の実施により、DHMSの洪水の予警報能力が向上すると共に、気象予報システムが改善され、広くブータン国民の生活改善にも貢献する。

5. 前提条件・外部条件 (リスク・コントロール)

(1) 事業実施のための前提

- ・ブータンの政治情勢が悪化しない。

(2) 成果達成のための外部条件

- ・特に無し。

(3) プロジェクト目標達成のための外部条件

- ・プロジェクトの研修に参加したDHMS, DDM, DoES, DGM, NLCS職員が、継続して業務を続ける。

(4) 上位目標達成のための外部条件

- ・遅滞なく、他ドナーによる必要機材が設置される。

6. 評価結果

本案件は、ブータンの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、また計画の適切性が認められることから、実施の意義は高い。

7. 過去の類似案件の教訓と本案件への活用

先行案件では、防災活動には多くのステークホルダーが関係するので、主な実施機関である DGM と DDM 等の関連機関との十分な協力・連携が不可欠である点が終了時評価時に教訓として指摘されている。本案件では、同教訓を参考に、主な実施機関である DHMS の他に、DDM 等の防災セクターに関連する政府機関を共同実施機関として各種の調整会議に組み入れる。

8. 今後の評価計画

(1) 今後の評価に用いる主な指標

4. (1) のとおり。

(2) 今後の評価計画

事業中間時点	中間レビュー
事業終了 6 ヶ月前	終了時評価
事業終了 3 年後	事後評価

以上

¹ ステークホルダーの理解度の測定方法及び評価判断基準については、活動 3-1 の中で決定する。