

ブータン王国
ブータン国地すべりリスク削減能力強化プ
ロジェクト
詳細計画策定調査
報告書

2026 年1月
独立行政法人国際協力機構
地球環境部

環境
JR
26-012

目 次

目 次	i
写真集	iv
略語集	v
第1章 詳細計画策定調査の概要	1-1
1-1 要請の背景	1-1
1-2 調査の目的	1-1
1-3 調査団構成	1-2
1-4 調査日程	1-2
第2章 プロジェクトの概要	2-1
2-1 プロジェクトの概要	2-1
2-1-1 プロジェクト名	2-1
2-1-2 プロジェクトサイト	2-1
2-1-3 プロジェクトの実施機関・関係機関と受益者	2-1
2-1-4 プロジェクト期間	2-2
2-2 プロジェクトの協力枠組み	2-2
2-2-1 上位目標	2-2
2-2-2 プロジェクト目標	2-2
2-2-3 成果（アウトプット）	2-2
2-2-4 活動	2-3
2-2-5 前提条件・外部条件	2-4
2-2-6 投入計画	2-4
2-2-7 実施体制	2-5
第3章 ブータン国における地すべり管理・対策の現状	3-1
3-1 ブータン国の自然環境・社会・経済情勢の概要	3-1
3-1-1 ブータン国の地すべり管理・対策に関連する計画・政策と本事業の位置 づけ	3-1
3-2 ブータン国の地すべり管理・対策に関連する行政機関及び取り組み	3-2
3-2-1 インフラ運輸省 陸上運輸局（DoST, MoIT）	3-2
3-2-2 ドゥルック・グリーン電力公社（DGPC）	3-5
3-2-3 ブータン電力公社（BPC）	3-7
3-2-4 エネルギー天然資源省 地質鉱山局（MoENR DGM）	3-8
3-2-5 その他の本事業に関連する機関	3-9
3-3 我が国及び他ドナーの支援概要	3-10
3-3-1 アジア開発銀行（ADB）	3-10
3-3-2 国連開発計画（UNDP）	3-11
3-4 ブータン国の地すべり管理・対策の現状と課題	3-12
3-4-1 関連機関の地すべり管理・対策に係る経験と実績	3-12

3-4-2 地すべり地形判読、解析にかかる現状と課題.....	3-1 4
3-4-3 地すべり調査及び観測、解析にかかる現状と課題.....	3-1 4
3-4-4 地すべり対策施設設計及び実施にかかる現状と課題.....	3-1 6
3-4-5 その他事項について	3-1 7
3-5 候補サイトの調査.....	3-1 7
3-6 候補サイトの選定結果	3-2 9
第4章 横断的事項.....	4-1
4-1 気候変動対策.....	4-1
4-1-1 ブータン国の気候変動対策	4-1
4-1-2 気候リスク評価及び適応策の検討	4-2
4-2 ジェンダー主流化.....	4-5
4-2-1 ブータンにおけるジェンダー主流化の政策・制度.....	4-5
4-2-2 対象技術協力プロジェクトにかかるジェンダー主流化.....	4-7
第5章 6項目評価.....	5-1
5-1 妥当性	5-1
5-1-1 開発政策との整合性	5-1
5-1-2 開発ニーズとの整合性	5-1
5-1-3 手段としての適切性	5-2
5-2 整合性	5-2
5-2-1 日本の援助政策との整合性	5-2
5-2-2 JICA の他事業との整合性.....	5-2
5-2-3 国際的な枠組みとの整合性	5-3
5-3 有効性（見込み）	5-3
5-3-1 論理性と因果関係	5-3
5-3-2 プロジェクト目標に対する指標	5-3
5-3-3 外部条件及び主なリスク	5-4
5-4 効率性（見込み）	5-4
5-4-1 投入の適切性.....	5-4
5-4-2 実施体制.....	5-5
5-4-3 前提条件・外部条件	5-5
5-5 インパクト（見込み）	5-5
5-5-1 上位目標達成の見込み.....	5-5
5-5-2 外部条件.....	5-6
5-5-3 その他のインパクト	5-6
5-6 持続性（見込み）	5-6
5-6-1 政策・制度面	5-6
5-6-2 組織・体制面	5-6
5-6-3 財政面.....	5-7
5-6-4 技術面.....	5-7

表リスト

表 1-1	調査団構成	1-2
表 1-2	調査日程	1-2
表 3-1	第13次5カ年計画における8つアウトカム	3-1
表 3-2	本プロジェクトに密接に関連する部署の任務及び役割	3-3
表 3-3	DoST の技術系正規職員 (Engineer) 数	3-4
表 3-4	DGPC が運転管理を行う発電施設 (Punatsangchhu は未移管)	3-5
表 3-5	DGPC の斜面・地すべり対策に関連する部署	3-6
表 3-6	DGPC の予算 (左: 収支、右: 維持管理費)	3-6
表 3-7	BPC の斜面災害対策関連の予算 (BPC への質問票)	3-8
表 3-8	本事業に関連する機関	3-9
表 3-9	ADB が実施、実施中の南部道路及び斜面災害対策関連事業	3-11
表 3-10	関係機関の地すべり管理・対策に係る経験と理解	3-13
表 3-11	プロジェクトサイト候補地の選定結果	3-30
表 4-1	主要気候変動関連政策等	4-1
表 4-2	対象技術協力プロジェクトの枠組み	4-3
表 4-3	裨益人口の推定	4-3
表 4-4	ブータン国における気候ハザード	4-4
表 4-5	気候リスク・マトリックス	4-4
表 4-6	対象技術協力プロジェクトにおける脆弱性と具体的な気候リスク	4-5
表 4-7	主なジェンダー主流化に係る政策等	4-6
表 4-8	DoST の職位カテゴリーごとの男女別職員構成	4-8

図リスト

図 2-1	プロジェクトサイト	2-1
図 2-2	合同調整委員会の構成員	2-5
図 2-3	プロジェクトの実施体制図	2-7
図 3-1	DoST の組織体制	3-2
図 3-2	DoST の9つの地域事務所	3-3
図 3-3	DoST の年間予算(左: 過去4年の予算推移、右: 本部・RO 毎の2025年度予算)	3-5
図 3-4	BPC の組織体制	3-8
図 3-5	DGM の組織体制	3-8
図 3-6	ADB が支援する道路建設・改良事業	3-11
図 3-7	UNDP 「Supporting Climate Resilience and Transformational Change in the Agriculture Sector in Bhutan」の斜面災害対策対象サイト	3-12
図 3-8	DoST から提示された候補地及び追加で調査を検討したサイト	3-18

写 真 集



9月3日 DGPC での協議



9月4日 NLCS での協議



9月5日 BPC での協議



9月9日 DoST トンサ地方事務所での協議



9月10日 DoST リミタン地方事務所での協議



9月18日 DoST プンツォリン地方事務所での協議



9月26日 MoIT の DHS での協議



9月29日 DoST での M/M 署名と記念撮影

略 語 集

略語	英語	和訳
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use	農林業その他土地利用
BCSR	Bhutan Civil Services Rules and Regulations	ブータン公務員人事制度
BPC	Bhutan Power Corporation Limited	ブータン電力公社
BSB	Bhutan Standard Bureau	ブータン基準局
CEDAW	Convention on the Elimination of Discrimination against Women	女子差別撤廃条約
CST	College of Science and Technology	科学技術カレッジ
DECC	Department of Environment & Climate Change	環境・気候変動局
DGM	Department of Geology and Mines	(エネルギー天然資源省)地質鉱山局
DGPC	Druk Green Power Corporation Limited	ドゥルック・グリーン電力公社
DHI	Druk Holdings and Investment	(ブータン政府系投資機関)
DHS	Department of Human Settlement	インフラ運輸省定住局
DoID	Department of Infrastructure Development	インフラ運輸省インフラ開発局
DoST	Department of Surface Transportation	陸上運輸局
GBV	Gender-based violence	ジェンダーに基づく暴力
GCF	Green Climate Fund	グリーン気候基金
GLOF	Glacial Lake Outburst Flood	氷河湖決壊洪水
HFT	Himalayan Frontal Thrust	ヒマラヤ前縁断層
MBT	Main Boundary Thrust	主境界断層
MCT	Main Central Thrust	主衝上断層
MoENR	Ministry of Energy and Natural Resources	エネルギー天然資源省
MoIT	Ministry of Infrastructure and Transport	インフラ運輸省
NCWC	National Commission for Women and Children	女性と子供国家委員会
NDC	Second Nationally Determined Contribution	第2次国が決定する貢献
NEC	National Environmental Commission	国家環境委員会
NEPA	National Environmental Protection Act	国家環境保護法
NGEP	National Gender. Equality Policy	国家ジェンダー平等政策
NLCS	National Land Commission Secretariat	国家土地委員会事務局
NSDI	National Spatial Data Infrastructure	国土空間データ基盤
PNH (SNH)	Primary (Secondary) National Highway	国道
RO	Regional Office	地域事務所

SASEC	South Asia Subregional Economic Cooperation	南アジア準地域経済協力
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
TOT	Training of Trainers	研修指導員研修
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
WBGT	Wet Bulb Globe Temperature	暑さ指数

第 1 章 詳細計画策定調査の概要

1-1 要請の背景

ブータンは、国土の大部分が山岳地帯であることから幹線道路の代替路がほとんど存在せず、またインドへの売電による収入が国の経済に大きな影響を与える状況にある。このような状況下、道路や発電・送電施設は降雨起因の地すべり災害リスクに晒されており、これらが被害を受けると国の経済活動にも大きな影響を及ぼすのが現状である。実際に、土砂崩れ等の災害により、インフラ・運輸省が管轄する国内の幹線道路における通行止め回数は年間 444 回（2021 年）発生しており、うち、斜面災害に起因するものは 139 回に及んでいる。そのため、雨季（7 月～9 月）にはブータン政府はその復旧作業に追われており、気候変動の影響もあり降雨強度や頻度の増加により道路や発電・送電施設を含む重要インフラへの地すべり災害リスクは上昇傾向にあると考えられる。

ブータン政府は、第 13 次 5 カ年計画（2024-2029）を策定し、安全保障の分野で、災害リスクの軽減を達成すべき成果とし、その災害や緊急事態への対応・準備計画の策定を重要な「戦略／プログラム」として位置付けている。JICA は、陸上運輸局（Department of Surface Transportation。以下「DoST」という。）と開発調査型技術協力「道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト」（2014-2016）、技術協力プロジェクト「ブータン道路斜面对策工能力強化プロジェクト」（2019-2024）の実施を通じて、従来、岩盤斜面崩壊、落石、土石流の対策工法や切土勾配の見直し、植生工による斜面の安定化、事前通行規制による災害事故防止などの概念を導入してきた。しかしながら、より大規模な被害を上記重要インフラにあたえる深層にすべり面を持つ地すべりに対する取り組みは行われていない状況にある。このような状況下、同国政府は、地すべり災害リスク削減に資する対策能力向上を目的とした「地すべりリスク削減能力強化プロジェクト」（以下「本事業」という。）を我が国に要請した。

1-2 調査の目的

本詳細計画策定調査（以下「本調査」という。）は、本体技術協力事業で本格検討・実施する「地すべり調査・評価」、「地すべり観測」及び「地すべり対策に係る施設配置計画」等に必要な具体的作業項目の絞込み並びに適正な作業量及び検討内容の精査を目的とするものである。なお、本調査期間中にブータン政府と確認した内容を協議議事録（Minutes of Meetings。以下「M/M」という。）にて確認する。

1-3 調査団構成

本調査の調査団員を以下に示す。

表 1-1 調査団構成

担当	氏名	所属
総括	南谷 太一	地球環境部 防災グループ 防災第一チーム 課長
砂防行政	湯原 麻子	地球環境部 参事役
協力企画	稲葉 暁	地球環境部 防災グループ 防災第一チーム
地すべり調査・解析	小池 徹	株式会社 地球システム科学
評価分析・ジェンダー	大石 美佐	ビコーズインスチテュート株式会社

1-4 調査日程

本調査は、以下の日程で実施された。

表 1-2 調査日程

日付	訪問・視察先等
9月2日（火）	AM: 小池・大石の両名ブータン入り（敬称略） PM: インフラ運輸省・DoST 表敬訪問、JICA ブータン事務所での協議
9月3日（水）	AM: インフラ運輸省・DoST 事務所での協議 PM: ドゥルック・グリーン電力公社との協議
9月4日（木）	AM: インフラ運輸省ジェンダー・フォーカル・ポイント（ジェンダー担当官）との協議 PM: 国家土地委員会事務局との協議
9月5日（金）	AM: エネルギー・天然資源省地質鉱山局との協議 PM: ブータン電力公社との協議
9月6日（土）	報告書・議事録作成
9月7日（日）～ 9月13日（土）	トンサ、ブムタン、モンガルなどの地方視察 9日：トンサ地方事務所訪問 10日：リミタン地方事務所、リミタン地方ラボ訪問
9月14日（日）	報告書・議事録作成
9月15日（月）	AM: インフラ運輸省・DoST にて現地視察の結果などについて意見交換 PM: 女性と子供国家委員会との協議
9月16日（火）	AM: 官団員（一部）ブータン入り PM: JICA 事務所でこれまでの調査結果報告／女性と子供国家委員会との協議
9月17日（水）～ 9月19日（金）	ブンツォリン方面視察 18日：ブンツォリン地方事務所訪問 19日：ブータン王立大学科学技術校訪問
9月20日（土）	報告書・議事録作成
9月21日（日）	報告書・議事録作成、協議
9月22日（月）	AM: インフラ運輸省・DoST にて現地視察の結果などについて意見交換 PM: UNDP ブータン事務所ジェンダー担当官との協議／ADB とのオンライン協議

日付	訪問・視察先等
9月23日（火）	AM: 官団員（一部）ブータン入り PM: これまでの調査結果報告と協議
9月24日（水）	AM: M/M 案他の準備 PM: インフラ運輸省・DoST との M/M 案についての協議
9月25日（木）	AM: エネルギー・天然資源省地質鉱山局へのプロジェクト概要報告 PM: インフラ運輸省インフラ開発局へのプロジェクト概要報告／UNDP ブータン事務所 気候変動プログラム担当官とのオンライン協議
9月26日（金）	AM: M/M 案最終化作業 PM: インフラ運輸省定住局へのプロジェクト概要報告／ドゥルック・グリーン電力公社へのプロジェクト概要報告
9月27日（土）～ 9月28日（日）	トンサ視察
9月29日（月）	AM: M/M に関する最終協議と署名

第2章 プロジェクトの概要

2-1 プロジェクトの概要

2-1-1 プロジェクト名

英名：The Project for Capacity Development in Landslide Risk Reduction

和名：ブータン国地すべりリスク削減能力強化プロジェクト

当初「Project for Capacity Development on Countermeasures of Landslide Disaster」（和名：ブータン地すべり災害対策能力強化プロジェクト）というプロジェクト名が検討されていたが、プロジェクトの主眼が、汎用性の高い観測・解析に基づく適切な対策工を選定・計画する能力を含む地すべり管理能力の向上に置き、必ずしも対策工の実施だけに飛びつかないこととし、ブータン側と協議の結果、上記の通りのプロジェクト名に変更することで合意した。

2-1-2 プロジェクトサイト

本事業は、ブータン全土に裨益することを想定しているものの、プロジェクトでは、デモンストレーションサイトとパイロットサイトの2種類のプロジェクトサイトを想定している。中央部のトンサに、デモンストレーションサイトを設置し、集中的にプロジェクト活動を実施し、技術移転を行うとともに、パイロットサイトでは、C/P 機関の職員の主導で、適宜、専門家の指導のもと、活動を展開していくという仕組みである。パイロットサイトについては、本詳細計画策定調査において、候補地が選定されていることから、プロジェクト開始後は、これらの候補地より、パイロットサイトを選定・確定する。

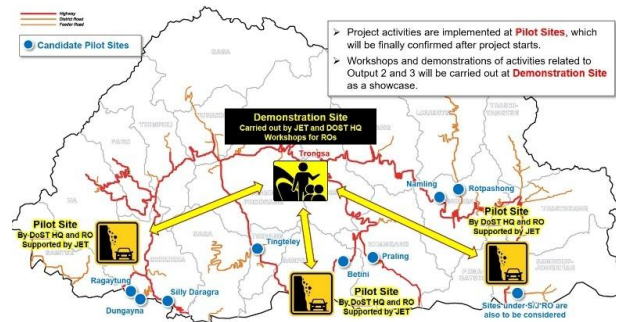


図 2-1 プロジェクトサイト

2-1-3 プロジェクトの実施機関・関係機関と受益者

本事業の実施機関は、インフラ運輸省・DoST の本部機関（在ティンパー）と 9 つの地域事務所である。その他、ブータン電力公社、ブータン王立大学科学技術校、エネルギー・天然資源省地質鉱山局、ドゥルック・グリーン電力公社、国家土地委員会事務局、インフラ運輸省定住局、インフラ運輸省インフラ開発局が、関係機関として想定されている。関係機関については、デモンストレーションサイトでの活動やセミナーへの参加が想定されている。

本事業の直接受益者としては、実施機関であるインフラ運輸省・DoST を中心に、プロジェクト活動への参加が想定されている上記関係機関が挙げられる。また、間接的には、広く、国民に裨益するものと考えられる。

2-1-4 プロジェクト期間

2026 年 4 月から 2029 年 3 月までの 3 年間の予定

2-2 プロジェクトの協力枠組み

2-2-1 上位目標

「適切な地すべり対策の実施を通じて地すべりによる重要インフラへの被害が軽減される。」

- 〈指標〉
1. DoST により、パイロットサイト以外の場所で、地すべり対策及びモニタリングの計画が策定される。
 2. 当該計画に沿って、地すべり対策が実施される。

2-2-2 プロジェクト目標

「インフラ運輸省・陸上運輸局（DoST）の地すべりリスク削減能力が強化される。」

- 〈指標〉
1. デモンストレーションサイトで得られた知見に基づき、DoST 本部／地域事務所の主導のもと、計画に基づく地すべり対策が少なくとも 1 つのパイロットサイトで実施される。
 2. 『地すべり評価マニュアル』及び『地すべり調査・観測マニュアル』が DoST により正式承認され、MoIT のウェブサイトに掲載される。
 3. 『地すべり対策計画及び設計にかかる技術指針』が DoST により正式承認され、MoIT のウェブサイトに掲載される。

2-2-3 成果（アウトプット）

成果 1 「地すべりの地形判読及び評価に係る能力が強化される。」

- 〈指標〉
1. 地すべり分布図が作成される。
 2. 地すべり分布図がボタン NSDI（国家空間情報基盤）システムに掲載（登録）される。
 3. 知識定着ワークショップの終了時に実施される小テストで、受講者が合格点に達する。
 4. 技術セミナーにおいて、C/Ps がアウトプット 1 の成果発表を主導する。

成果 2 「地すべりの調査・観測・解析に係る能力が強化される。」

- 〈指標〉
1. デモンストレーションサイトで得られた知見に基づき、DoST 本部／地域事務所の主導の下、パイロットサイトにおいて地すべりの調査・観測・解析が実施される。
 2. 知識定着ワークショップの終了時に実施される小テストで、受講者が合格点に達する。
 3. 技術セミナーにおいて、C/Ps がアウトプット 2 の成果発表を主導する。

成果3「地すべり対策の計画策定・設計及び実施に係る能力が強化される。」

- 〈指標〉
1. デモンストレーションサイトで得られた知見に基づき、DoST 本部／地域事務所の主導の下、少なくとも1つのパイロットサイトにおいて、地すべり対策の計画策定・設計及び実施が行われる。
 2. 知識定着ワークショップの終了時に実施される小テストで、受講者が合格点に達する。
 3. 技術セミナーにおいて、C/Ps がアウトプット3の成果発表を主導する。

2-2-4 活動

〈成果1に係る活動〉

- 1-1. 過去の災害データを取りまとめ、広域地質構造と地すべり発生メカニズムを理解する。
- 1-2. 地すべりの活動性、過去の被害、保全対象の重要性、アクセス性を考慮し、デモンストレーションサイト（1地区）及びパイロットサイト（3地区）を確定する。
- 1-3. デモンストレーションサイト及びプロジェクトサイトを含む周辺区間において、最新の地形データとドローン撮影写真に基づく、地すべり地形判読を行う。
- 1-4. 判読結果を地すべり地形分布図として取りまとめ、保全対象を踏まえリスクの分析を行う。
- 1-5. DoST エンジニア向けの『知識定着ワークショップ』及び関係機関向けの『知識共有セミナー』を実施する。
- 1-6. 上記活動を通じて得た知見に基づき、地すべり評価マニュアルを作成する。

〈成果2に係る活動〉

- 2-1. デモンストレーションサイトにおける調査計画を立案する。
- 2-2. デモンストレーションサイトにおいて、地形測量及び地質調査（ボーリング調査、物理探査）を実施する。
- 2-3. デモンストレーションサイトにおいて、孔内観測機器（水位計、パイプ歪計）を導入し、観測することで、すべり面深度を特定する。
- 2-4. デモンストレーションサイトにおいて、設計条件を得るための土質試験を行い、地すべり総合解析を行う。
- 2-5. 2-1 から 2-4 について、DoST が中心となり、パイロットサイト（3地区）にて実施する。
- 2-6. DoST エンジニア向けの『知識定着ワークショップ』及び関係機関向けの『知識共有セミナー』を実施する。
- 2-7. 上記活動を通じた知見に基づき、地すべり調査・観測マニュアルを作成する。

〈成果3に係る活動〉

- 3-1. デモンストレーションサイト及びパイロットサイトにおいて、地すべり対策施設計画及びモニタリング計画を策定する。
- 3-2. デモンストレーションサイト及びパイロットサイトにおいて、計画に基づいて、地すべ

り対策工を設計・積算する。

3-3. 活動 3-1 で特定した対策に優先順位を付し、予算計画を含めた実施スケジュールを策定する。

3-4. デモンストレーションサイト及びパイロットサイトにおいて、地すべり観測機器を導入し、地すべり変動をモニタリングする。

3-5. 活動 3-3 で策定したスケジュールに沿って、優先順位付けされた対策を実施する。

3-6. DoST エンジニア向けの『知識定着ワークショップ』及び関係機関向けの『知識共有セミナー』を実施する。

3-7. 上記活動を通じた知見に基づき、地すべり対策計画及び設計にかかる技術指針を策定する。

2-2-5 前提条件・外部条件

(1) 前提条件

- C/Ps が R/D に記載のとおり配置される。

(2) 上位目標達成のための外部条件

- DoST にとって、地すべりリスク軽減の重要性が変わらない。

(3) プロジェクト目標達成のための外部条件

- 各 RO（地域事務所）において任命されたフォーカル・ポイントが、プロジェクト期間を通じて当該 RO に継続配置される。

(4) 成果達成のための外部条件

- デモンストレーションサイト及びパイロットサイトにおいて、活動に著しい遅延を生じさせるような自然災害が発生しない。
- 対策実施のための予算が、「予算計画を伴う実施スケジュール」に従って確保される。

2-2-6 投入計画

(1) 日本側

a) 専門家派遣

- | | |
|------------------|----------|
| ・業務主任 | ・地質調査・解析 |
| ・地すべり地形判読 | ・構造物対策 |
| ・設計／積算 | ・地すべり観測 |
| ・GIS マッピング／データ解析 | |

b) 本邦研修

- ・計 2 回（各 8 名）

c) 機材供与

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| ・弾性波探査機（不足資材） | ・安定解析ソフト |
| ・簡易貫入試験機 | ・直接せん断試験機 |
| ・地すべり観測機器（水位計、パイプ歪計、伸縮計、雨量計等） | |

(2) ブータン側

- a) カウンターパートの配置
- b) 高解像度数値地形データ (DTM)、ほか必要データ
- c) 地形測量の実施
- d) 活動に必要な管理・運営上の費用
- e) プロジェクト事務所、設備、備品

2-2-7 実施体制

(1) 合同調整委員会 (Joint Coordinating Committee)

下図に示すメンバーにより、プロジェクト全体の進捗を管理するとともに、プロジェクト運営上の重要な意思決定を行う合同調整委員会を設置する。JCC 会議は、少なくとも年 1 回、また必要と判断された場合には、その都度、開催されるものとする。

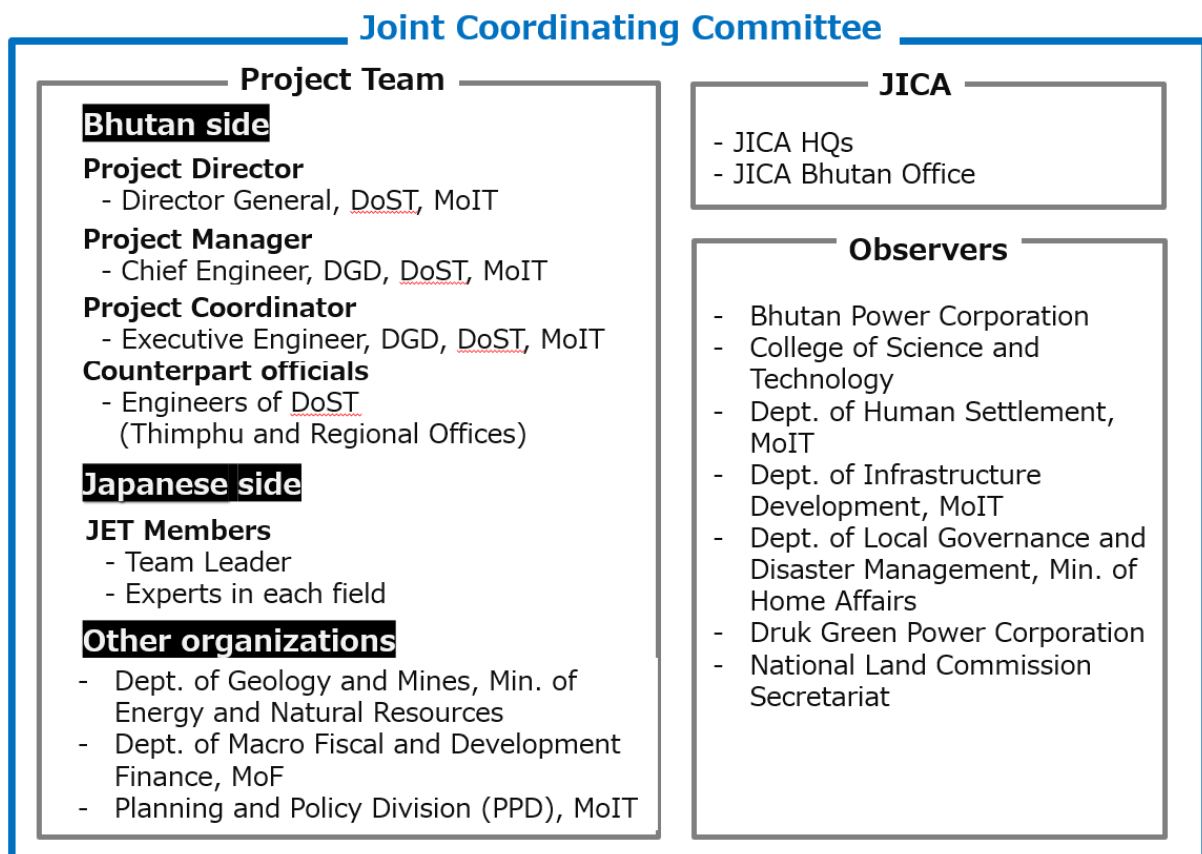


図 2-2 合同調整委員会の構成員

a) プロジェクト・チーム

- ・ プロジェクトダイレクター：インフラ運輸省・DoST 局長
- ・ プロジェクトマネージャー：インフラ運輸省・DoST 設計・地質技術部部長
- ・ プロジェクトコーディネーター：インフラ運輸省・DoST 設計・地質技術部次長
- ・ プロジェクトメンバー：インフラ運輸省・DoST
- ・ JICA 専門家

- ・ エネルギー・天然資源省地質鉱山局関係者
- ・ 財務省マクロ財政開発金融局関係者
- ・ インフラ運輸省計画・政策課関係者

b) JICA

- ・ JICA 本部
- ・ JICA ブータン事務所

c) その他の機関（オブザーバー）

- ・ ブータン電力公社
- ・ ブータン王立大学科学技術校
- ・ ドゥルック・グリーン電力公社
- ・ 国家土地委員会事務局
- ・ インフラ運輸省定住局
- ・ インフラ運輸省インフラ開発局
- ・ 内務省地方自治・災害管理局

(2) プロジェクトの実施体制図

プロジェクトでは、下図に示すとおり、デモンストレーションサイトとパイロットサイトの2種類のプロジェクトサイトを想定している。地方からのアクセスを考えて、中央部にデモンストレーションサイトを設置し、集中的にプロジェクト活動を実施し、技術移転の拠点とする。現在、全国9カ所に点在する地域事務所ごとに、フォーカル・ポイントを任命し、そのフォーカル・ポイントは、デモンストレーションサイトでの全ての活動に参加することが想定されている。一方、パイロットサイトでは、デモンストレーションサイトでの学びをもとに、C/P 機関の職員（＝本部職員と管轄地域事務所職員）の主導で、適宜、JICA 専門家の指導のもと、活動を展開していくという仕組みである。

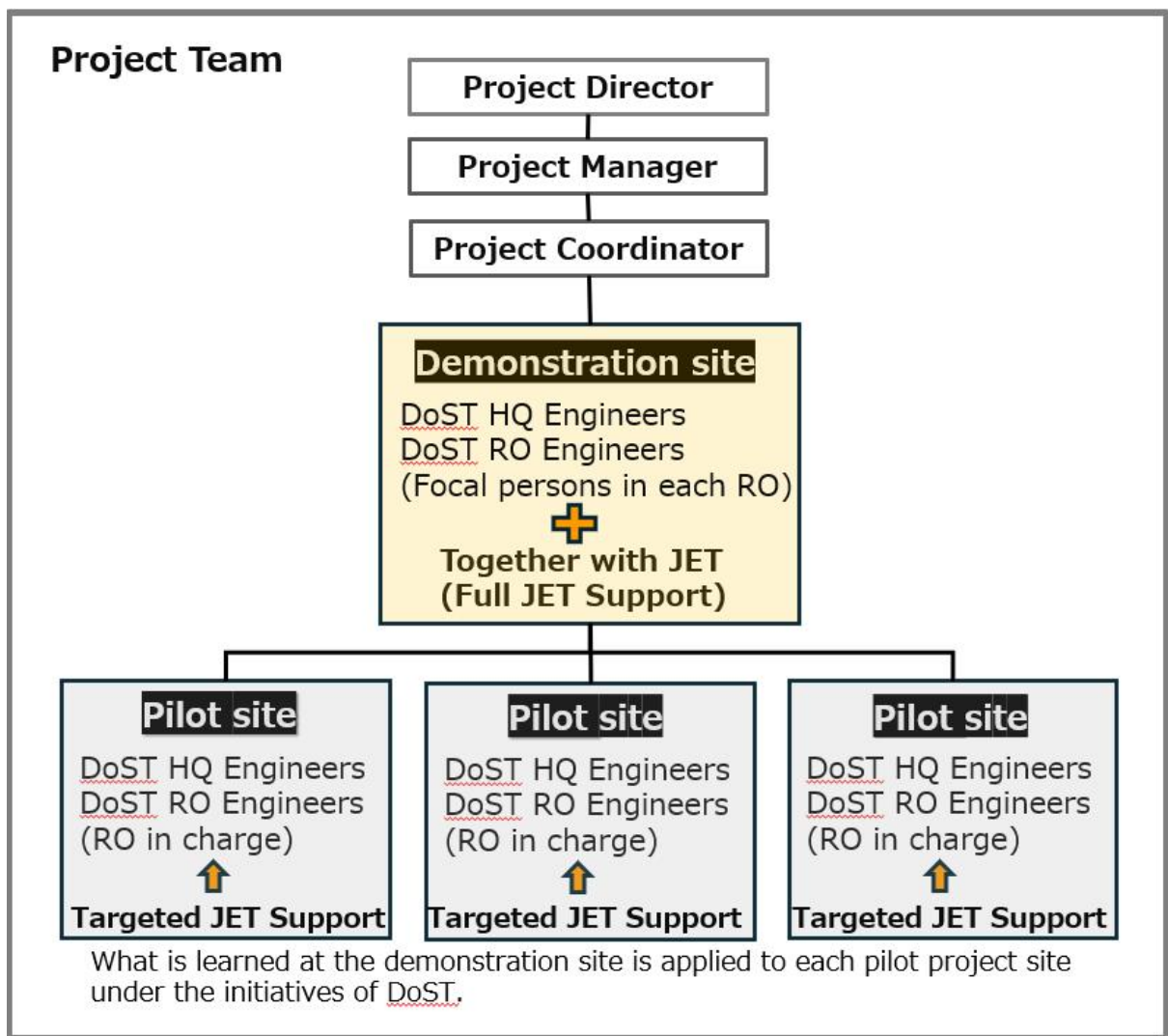


図 2-3 プロジェクトの実施体制図

第3章 ブータン国における地すべり管理・対策の現状

3-1 ブータン国の自然環境・社会・経済情勢の概要

3-1-1 ブータン国の地すべり管理・対策に関連する計画・政策と本事業の位置づけ

ブータンでは、1961年以来、最上位の国家開発計画である5カ年計画を策定し、開発を進めており、現在は、第13次5カ年計画（2024－2029）に沿って、中央省庁や地方政府が事業を実施している。第13次5カ年計画では、以下の8つの国家アウトカムが設定されている。

表 3-1 第13次5カ年計画における8つのアウトカム

経済	2029年までに、生産性を高め、製品・市場を多角化し、持続的成長を実現
社会①	より多くの国民が健康と福祉の向上を享受
社会②	質が高く健全な教育と生涯学習に公正にアクセス
社会③	ショックに応答する包摂的・包括的な社会保障制度が稼働
安全保障①	国家・経済・インフラ・制度・人々への安全保障上の脅威と災害リスクを軽減・管理
安全保障②	ブータンのアイデンティティ・文化・価値を強化し、国際社会での地位を高める
ガバナンス①	官民に成果をもたらす、動的で責任ある公共部門へ変革
ガバナンス②	包摂的で効果的な司法、透明な法の支配と監督機能を確保

国家の安全保障というアウトカムの一環として、重要インフラの保護が掲げられており、安定的経済発展にとって、物流効率化と安全性向上の重要性が強調されている。より具体的には、道路台帳の整備や幹線道路における地すべりリスク・ハザード管理や斜面安定化、道路・橋梁の定期・緊急時維持管理などの活動も計画されている。

加えて、第13次5カ年計画にあわせて、『ブータン国家インフラ強靱化計画（Bhutan National Plan for Infrastructure Resilience）』という、地震・洪水・地すべり・干ばつ・強風等のマルチハザードに対して、重要インフラの強靱化を国として体系的に進める「ロードマップ」も作成されている。関連する道路セクターに関しては、リスクに応じた設計改善（排水・法面・橋梁耐洗掘等）、脆弱区間の優先順位付け、早期復旧力の向上を目指すとしている。

3-2 ブータン国の地すべり管理・対策に関連する行政機関及び取り組み

3-2-1 インフラ運輸省 陸上運輸局 (DoST, MoIT)

(1) 陸上運輸局 (DoST) の概要

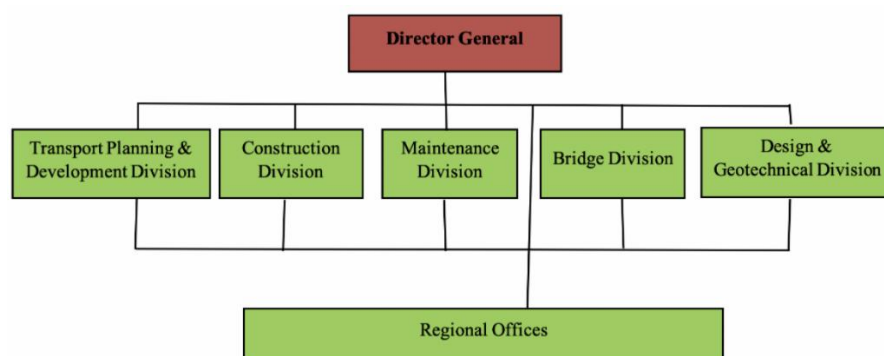
陸上運輸局 (DoST) は、ブータンで最も古い省庁の一つであり、道路網の拡充を主な目的として設立された。同局は 1959 年に Bhutan Road Project の設立に始まり、首都 Thimphu と国境の街である Phuentsholing を結ぶハイウェイの建設を開始した。1961 年の 5 カ年計画開始に伴い、Bhutan Engineering Service に改称され、全国 179km のハイウェイ建設を担ってきた。1979 年に Ministry of Development 傘下の Public Works Department に改称され、2000 年に Department Road に改称されている。

2023 年、行政改革イニシアチブの一環として、インフラ運輸省 (Ministry of Infrastructure and Transportation) の発足に伴い、陸上運輸局 (Department of Surface Transportation) に改称されている。

(2) DoST の組織体制

DoST は、上記背景の中でたびたび組織再編はあったものの、2023 年の行政改革前・後で大きな変更はない (図 3-1)。特筆すべき変更は、新たに「交通計画開発部」が組織されたこと、また、従前の設計部が「設計地盤工学部」に再編されたことである。

交通計画開発部のタスクは、「効率的で持続可能な交通システムを促進するための戦略的計画、政策策定、及びインフラ投資を確実に行う」とされており、国内輸送システムを包括的かつ戦略的に強化することを目的としている。他方、設計地盤工学部については、従前より設計部内セクションとして存在していた地盤工学部門をさらに強化し、頻発する道路斜面災害への対応を充実させることを目的としていると思料される。特に本事業と関連性が高い部署の任務及び役割を表 3-2 に示す。



(出典：DoST Web サイト)

図 3-1 DoST の組織体制

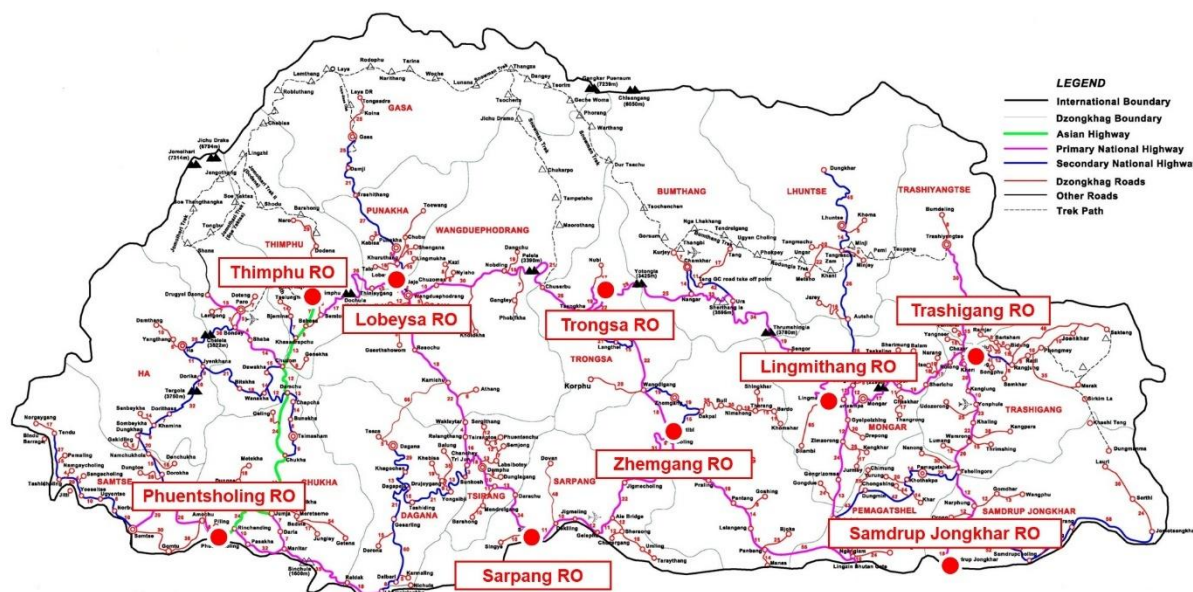
このほか、DoST は、国内の 9 カ所の地域事務所 (Regional Office : RO) を配している。各 RO は、3~4 のサイトオフィス (Sub Divisions) を統括しており、それぞれが管轄区域内

の道路・橋梁の建設、維持管理、安全管理を担当している。各 Regional Office の所在地を図 3-2 に示す。

表 3-2 本プロジェクトに密接に関連する部署の任務及び役割

セクション	任務及び役割
設計地盤部 地盤調査課	- 道路、橋梁、重要な構造物の土質調査の実施 - 道路や高速道路の不安定な部分について詳細調査の実施 - 材料の現場及び実験室での試験 - MoIT 内の各部門への地質工学サービスの提供 - 現場調査プログラム、地質工学分析、斜面安定性分析の準備と実行 - 部門内の地質災害リスク軽減活動の監視と実施を監督 - 道路斜面目録の定期的な更新と維持 - 技術仕様、地質工学データレポート、設計レポートなどの技術文書の作成 - コンサルタントが提出した地盤工学に関する報告書のレビュー
維持管理部 道路維持管理監視評価課	- 既存の道路維持管理システムの見直しと更新 - 交通インフラの保守工事に関する財務計画と予算編成の監督 - 損傷した構造物の償却承認の手続き - RO による保守関連活動計画の厳格な実施を確保 - RO が実施した道路維持管理作業の評価、改善のための提言 - 毎月の道路保守作業の進捗状況（日常的な道路維持管理、モンスーンによる被害の修復）監視。必要に応じてフィードバックの提供 - 道路封鎖に関する情報をまとめて一般向けに発信
地域事務所の管轄下にある保守セクション	- 担当地域内の建設工事の計画を準備・検討、予算の提案 - 法面对策工事の実施・施工、道路法面災害の報告、管理・維持管理 - 担当地域内の作業進捗状況の監視と報告 - すべての建設関連文書の記録を保管

(出典：DoST への質問票)



(出典：調査団)

図 3-2 DoST の 9 つの地域事務所

(3) DoST の人員

DoST の技術系正規職員（Engineer）数は、2025 年時点で、262 名となっている。このうち、各 RO には、それぞれ 20 名前後の技術系職員が在籍することから、本部職員数は約 80 名程度である。

表 3-3 に公務員階級毎の在籍人数を示す。

表 3-3 DoST の技術系正規職員（Engineer）数

	Supervisory & Support			Senior Supervisor			SSS	Professional Class					Specialist Class			Executive Class		
	S3	S2	S1	SS3	SS2	SS1	SSS	P5	P4	P3	P2	P1	ES3	ES2	ES1	EX1	EX2	EX3
男性	7	42	20	16	7	14	0	0	33	15	13	25	1	0	0	0	1	0
女性	7	28	8	3	6	0	1	0	9	5	1	0	0	0	0	0	0	0
合計	14	70	28	19	13	14	1	0	42	20	14	25	1	0	0	0	1	0

（出典：DoST への質問票）

ブータンにおける公務員階級は、S クラス（Supervisory & Support）と、P クラス（Professional）に大別される。P クラスは、P1 に達するとその後の昇級試験において、ES クラス（Specialist）か EX クラス（Executive）を選択することとなるが、DoST では、1 名の ES3 クラスと、1 名の EX2 クラスが在籍する。現局長は EX2 となっている。

他方、実務面では、P1 クラスが部長を担い、部長補佐として P2 クラスが居る。P クラスは、大学卒業後、いわゆる国家公務員試験を経て、公務員になった者である。一方、S クラス職員は、国家公務員試験を受けておらず、大卒ではないがエンジニア系の Diploma を有している者が多い。本事業の実施にあたって、DoST 本部における中核となるのが P クラス職員、RO の実務者として活動するエンジニアは主に S レベル職員である。

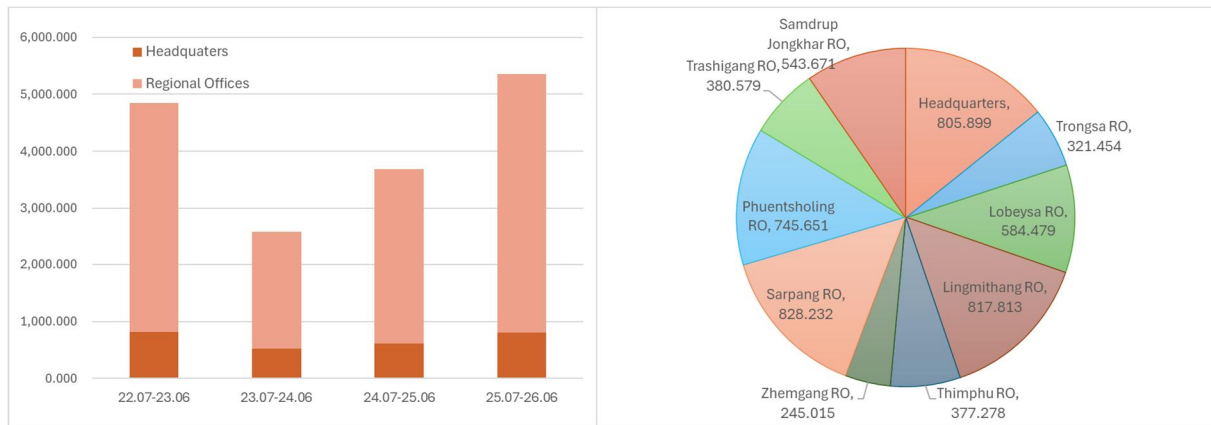
なお、2021 年の制度改革に伴い、S クラスでも、より重要な監督・管理を担う職員については、SS クラスが導入されている。SS1 は、P2 に相当するとされている。また、SSS は、SS のうち特に卓越した業績を上げた者に対して与えられ、ポジションとしては P1 に相当する。DoST では 1 名の女性 SSS が在籍し、Samdrup Jongkhar RO の所長を務めている。

本事業において、主たるカウンターパートとなり得る設計地盤工学部には、13 名の技術系職員が在籍する（うち地盤工学セクションには 4 名が在籍）。

(4) DoST の年間予算

DoST の 2025 年度予算（2025.07-2026.06）は、5,358 million Nu（約 90 億円）となっている。2023 年の行政改革直後の予算は、一時、2,577 million Nu（約 44 億円）に落ち込んでいたが、その後、DoST 本部予算及び RO 予算ともに回復基調となっている。

DoST 本部及び RO 別予算では、2025 年度の本部予算として 806 million Nu（約 14 億円）、それ以外が RO に賦与されている。現在 Primary Highway の拡張工事が進められている Lingmithang RO、産業集積地である南西部の Phuentsholing RO、Sarpang RO の予算が多い傾向にある。



(出典：調査団)

図 3-3 DoST の年間予算(左:過去 4 年の予算推移、右:本部・RO 毎の 2025 年度予算)

3-2-2 ドゥルック・グリーン電力公社 (DGPC)

(1) ドゥルック・グリーン電力公社 (DGPC) の概要

DGPC は、ブータン政府系ファンドである Druk Holdings and Investment (DHI) が 100% 所有する水力発電所の運営管理会社で、Chhukha Hydro Power Corporation Limited、Kurichhu Hydro Power Corporation Limited 及び Basochhu Hydro Power Corporation Limited を吸収合併する形で 2007 年 12 月に設立された。主に水力発電を中心とした電力供給を行い、国内需要のほか、インドへの電力輸出も行っている。

表 3-4 DGPC が運営管理を行う発電施設 (Punatsangchhu は未移管)

名称	供用開始年	発電容量	水系
Chhuka 発電所	1988	336 MW	Wangchhu
Kurichhu 発電所	2002	60 MW	Kurichhu
Basochhu 発電所	2004	64 MW	Phunatsangchhu (支川)
Tala 発電所	2007	1,020 MW	Wangchhu
Dagachhu 発電所	2015	126 MW	Phunatsangchhu (支川)
Mangdechhu 発電所	2019	720 MW	Mangdechhu
Nikkachhu 発電所	2024	118 MW	Mangdechhu (支川)
Punatsangchhu-I 発電所	工事中 (未移管)	1,200MW	Phunatsangchhu
Punatsangchhu-II 発電所	2025 (未移管)	1,020MW	Phunatsangchhu

(2) DGPC の組織体制及び人員

DGPC は、ボードメンバーのもと、財務経理部門、水力発電研究開発センター（地盤工学等を担当）、運用保守サービスセンター、Druk Green Consultancy 等を配する。特に、斜面・地すべり対策に関連する部署及び任務は、表 3-5 に示す通りである。

DGPC の職員数は、本部及び各水力発電所の職員を含むと、2024 年 11 月時点で約 1,600 名である。Project & Contract Department には、約 100 名の職員が居り、そのうち、地盤工学専門技術官として 7-8 名が在籍している。今後、300 名程度の増員を予定しており、今年 100 名を国内の工学系大学からリクルートしている。

表 3-5 DGPC の斜面・地すべり対策に関連する部署

部署／セクション	任務／役割
水力研究開発センター	■ 監視システムの設置と状況の定期的な監視
Druk Green Consultancy	■ 改善策のための設計とエンジニアリングにおける評価及びバックストップサービス
各発電所の土木保守部門またはユニット	■ 危険の特定、リスクマッピング、予備的な斜面安定性評価 ■ 緩和策を実施する ■ 緊急事態及び救助のための機械及び人員の配備
各発電所の保安・消防・安全ユニット	■ 緊急対応計画と救助のための機械と人員の配備

(出典：DGPC 質問票回答)

国家エネルギー政策 2025 では、2040 年までの総発電容量のターゲットとして、20,000MW が掲げられている。このうち、15,000MW が水力発電、5,000MW を太陽光発電で賄う方針である。このため DGPC は多忙を極め、人員補填が急務となっている。ブータンは豊富な水資源を有し、夏場は売電による外貨収入があるが、冬場は水量不足により電力輸入している状況であり、これを賄うためにも太陽光発電が必要である。

円借款についても、今年 100 百万ドルの円借款貸付契約の調印が行われ、東部の Jomori 発電所 (90MW) 及び西部の Druk Bindu 発電所 (計 26MW) の施設整備を行う。

(3) DGPC の年間予算

DGPC の収入はおよそ 12,000 million Nu (約 200 億円) であり、そのほとんどが売電による収入となっている。支出は送電量、従業員報酬ほか、発電所建設事業の減価償却が大きく、年間 5,000 million Nu (約 85 億円) である (表 3-6)。これによる収益は、ブータン政府の重要な歳入源となっており、国家歳入の 25%程度を占めるとされている。支出のうち、運営維持にかかる費用は、2,000 million Nu (約 34 億円) となっており、既存ダム of 修繕、斜面对策についても、ここから賄われている。2022-2025 年における各発電所で行われた斜面对策の費用は以下の通りである。

- Kurichhu 水力発電所： 5.0 million Nu
- Mangdechhu 水力発電所： 1.8 million Nu
- Tala 水力発電所 (右岸地すべり対策)： 27.3 million Nu

表 3-6 DGPC の予算 (左：収支、右：維持管理費)

単位 million Nu						単位 million Nu					
	2019	2020	2021	2022	2023		2019	2020	2021	2022	2023
収入	11,919	13,341	12,509	12,026	11,669	保険	133	132	151	128	211
支出	4,866	6,031	5,180	5,483	4,849	運営維持費	366	347	347	247	310
営業利益	7,053	7,310	7,329	6,543	6,820	従業員報酬	932	962	876	1,051	1,086
						その他費用	286	901	317	729	328
						合計	1,716	2,342	1,691	2,155	1,935

(出典：DGPC 年次報告書)

(4) 地すべりへの対応

近年、水力発電のための貯水池内地すべりが重要な課題となっている。ブータン中央の Punatsanchhu 流域では、Punatsanchhu-I (1,200 MW) 及び Punatsanchhu-II (1,020 MW) の大規模発電所の建設計画があり、このうち、Punatsanchhu-I は、2008 年に工事が開始されたものの、堤体掘削に伴い発生した右岸アバットの地すべりにより、大幅な遅延とコスト超過が発生している (Punatsanchhu-II は 2025 年に竣工済み)。当初 35 billion Nu を予定していた建設事業費は、約 3 倍近い 94 billion Nu にまで膨れ上がっており、追加資金調達や完成後の運用方法等の見直しが不可欠となっている。

さらに、西部 Wangchhu 流域の Tala 発電所では、2020 年 7 月に、貯水池右岸斜面に地すべり変動が確認され、その後も変動が続き、2024 年にはダム管理事務所背後の擁壁が大きく倒壊した。貯水位の変動に誘発された地すべりであることから、それまでの運用水位差 11m を、3m にまで縮小しながら、発電運用を継続しているが、地すべり変動は継続している状況にある。現在、インドのコンサルタントを雇上して調査計画を立案しつつ、表層排水による鎮静化を図っている。

3-2-3 ブータン電力公社 (BPC)

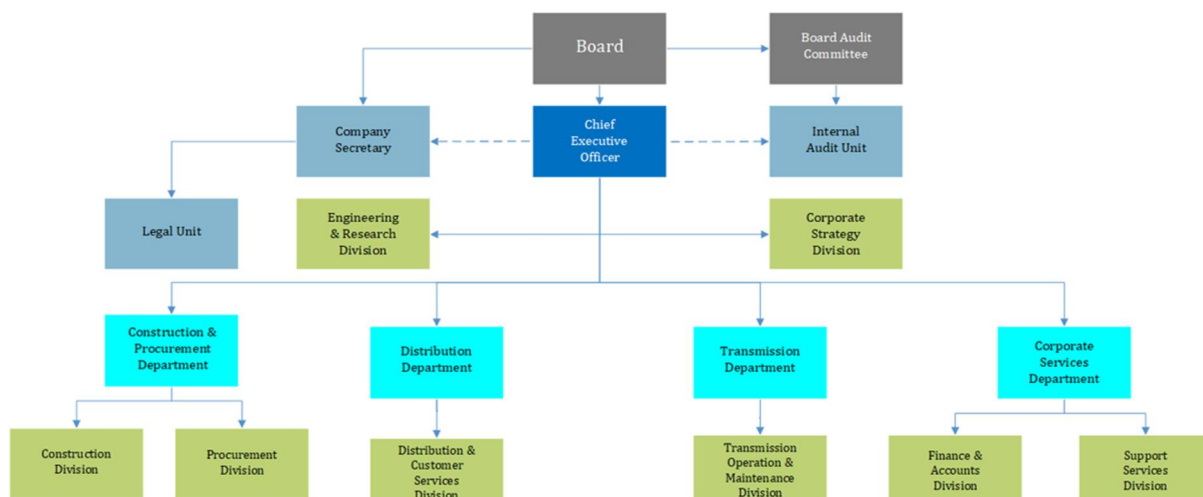
(1) ブータン電力公社 (BPC) の概要

BPC は、当時の貿易産業省電力局 (Department of Power) が民営化され、2002 年に公益事業会社として設立されたものである。その後、2007 年に、DGPC とともに、政府系ファンドである Druk Holding and Investments (DHI) の傘下に入った。DGPC が発電部門を所管するのに対して、BPC は送配電 (送配電網施設の建設を含む) や電気代徴収を担っている。

(2) BPC の組織体制と人員

BPC は、建設調達部 (Construction & Procurement Dept.)、配電部 (Distribution Dept.)、送電部 (Transmission Dept.)、コーポレートサービス部 (Corporate Service Dept.) の 4 つの主要部局がある。このうち、地すべり対策に関連するのは、鉄塔建設を担う建設調達部、ならびに建設後の施設維持管理を担う送電部である。さらに、これら 4 部局に属さない技術部門として、土木研究部 (Engineering & Research Div.) があり、建設調達部や送電部を技術的に支援する体制となっている。本事業で関連が深いのは当土木研究部であり、電気技師 7 名と土木技師 7 名が在籍する。

既存の鉄塔や送電網において斜面災害が発生した際には、送電部の送電運用維持管理課 (Transmission Operation & Maintenance Div.) が担当する。同課は、国内の地域事務所を有しており、各事務所には平均して 5~6 名のエンジニアが在籍する。鉄塔基礎の小規模な崩壊については、原則として、各地域事務所が対応を行っているが、地域事務所では対応できない規模の事案が生じた場合、土木研究部、建設調達部の環境 GIS 測量課、送電部、地域事務所よりなる調査・対策チームが結成され、事態に対応する体制となっている。



(出典：BPC Web サイト)

図 3-4 BPC の組織体制

(3) 斜面災害に関する BPC 予算

BPC の総予算は、年間 20,000 million Nu (約 340 億円) である。歳入のほとんどは電気料金徴収で賄い、一部建設事業請負による収入もある。

斜面災害に関連する予算は大きくはなく、表 3-7 に示す通り、年間 3～5 million Nu (5～9 百万円) 程度である。これらは定額経常費ではなく、送電施設及びその他施設の被害状況に応じて賦与されており、2023 年には、Gelephu 県での高圧鉄塔周辺の斜面崩壊に対応するため、通常よりも大きな予算が賦与されている。

表 3-7 BPC の斜面災害対策関連の予算 (BPC への質問票)

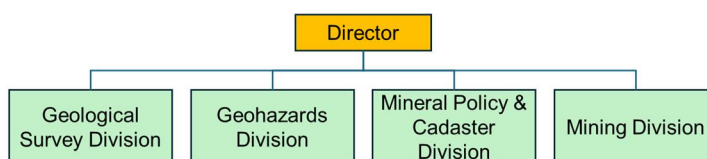
(単位：Nu)

	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年
予算額	3,139,025.57	20,298,869.20	5,160,482.73	4,157,378.30
実際額	2,729,587.45	18,453,517.45	4,691,347.94	3,464,481.92

3-2-4 エネルギー天然資源省 地質鉱山局 (MoENR DGM)

DGM は、鉱物資源の管理と運営を担う主導機関である。鉱物に関する地質科学的情報の提供を通じた鉱物資源の探査・開発、採掘権の適切なリース、地表採掘、その他の地質科学的サービスの提供を行う。さらに、規制機関として、鉱山や採石場のコンプライアンス監視を実施し、国の鉱物資源の持続可能かつ環境に配慮した採掘を確保する責任も担っている。

また、DGM は、地質調査所としての機能も有しており、地質及び地球科学に係る基盤整備を進めるとともに、自然災害 (斜面災害ならびに地震災害) への対応も行っている。



(出典：DGM Web サイト)

図 3-5 DGM の組織体制

上記のタスクのもと、DGM は、地質調査部（Geological Survey Div.）、地盤災害部（Geohazard Div.）、鉱物政策地籍部（Mineral Policy & Cadaster Div.）、鉱山部（Mining Div.）の 4 つの部局よりなる。本プロジェクトに関連するのは、このうち地盤災害部であり、地質専門官 6 名、技官 2 名が在籍する。また、地盤災害部下に、土木地質セクション、地震監視セクション、ネットワーク計測セクション、物理探査セクションがある。

ヒアリングによると、地震に加えて、斜面災害は、地盤災害部の主要な調査対象であり、主に、公的機関（防災や住宅開発に関連する機関や地方自治体）からの依頼を受けて調査を行う。調査では、擁壁工などの提案を行うこともあるが、DGM に構造物対策の専門職員が居るわけではないため、具体的な設計や仕様を提案することはないとのことである。

また、DGM には、土質試験ラボと化学分析ラボが存在し、かつては、直接せん断試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験等の土質試験を提供（民間からの受注もあり）していたが、2021 年の行政改革の際に、機材の多くは、ブータン基準局（Bhutan Standard Bureau : BSB）に移管されたため、土質試験ラボについては、現在は事実上機能していない。現位置試験としては標準貫入試験（SPT）、弾性波探査（SRT）、電気探査（ERT）、常時微動探査（MS）等も実施可能である。

3-2-5 その他の本事業に関連する機関

その他、本事業に関連する機関、及び地すべり対策にかかる取り組みの概要を下表に整理する。

表 3-8 本事業に関連する機関

機関名	概要	地すべり対策の関わり
国家土地委員会事務局 National Land Commission Secretariat (NLCS)	国家土地利用戦略を根拠として 2007 年に設立。土地所有権・価値、土地利用・開発に係る基盤情報を管理する。 2025 年には、国土空間データ基盤(NSDI)を立ち上げ、国内政府機関のあらゆる地図情報を統括するプラットフォームを整備している。 過去 JICA 支援事業も多く、1/25,000、1/10,000 縮尺での国土基盤情報を保有している。これらは政府機関の要請に応じて無償提供可能。	NLCS は、国土基盤情報を取り扱う専門機関であるが、直接的に地すべりに関連する活動は行っていない。 NSDI の整備にあたり、12 の政府機関が有する地図情報を統括管理しており、将来的には、地すべり分布図等の格納も可能である。 LiDAR ドローンによる詳細地形図作成も手掛けており、地すべり調査を行うにあたっては有用である。
科学技術カレッジ College of Science and Technology (CST)	ブータン王立大学傘下の工学系高等教育機関である。Phuentsholing 県に位置する。ブータンの科学技術教育・研究の中心として、DoST はじめ国内行政機関に対して数多くの人材を輩出している。 約 1,300 名の学生が在籍中であり、土木課程に約 200 名、電気課程に約 90 名が在籍する。 過去 JICA 支援により、ファブラボを設立しているほか、土質試験ラボも充実している。	斜面災害に係る研究を行う者も多く、岩盤斜面の安定解析、崩壊による天然ダムの評価、地質・地盤調査、干渉 SAR による変動観測等を行っている。 土質試験ラボでは、地すべり調査に必要な直接せん断試験機や三軸圧縮試験機も備えている。

機関名	概要	地すべり対策の関わり
インフラ運輸省 インフラ開発局 Department of Infrastructure Development (DoID)	2023 年に、かつての土木サービス局 (DoES) が省内統廃合され設立された。DoST 所管以外の地方道路やその他全てのインフラ整備計画と実施、地方自治体が進めるインフラ開発への技術支援を担っている。 これまで地方自治体 (Dzongkhag) にはそれぞれエンジニアが配置されていたが、あらゆるセクターの業務を担当せねばならず専門性が身に付かないことが課題になっていた。このため、2025 年からは 7 つの地域事務所にエンジニアを集約させることにより、インフラ整備の品質管理と工事管理を徹底している。全国に 1,300 名のエンジニアを配する。	DoST 所管道路以外の地方道路を管轄する (ただし維持管理にかかる技術的な支援) ため、地すべりを含む斜面災害対策技術の習得は重要。同分野における技術基準等は整備されていないが、一般的な擁壁土工や切土にかかる基準については、DoST のガイドライン等を参照している。
インフラ運輸省 定住局 Department of Human Settlement (DHS)	DoID が地方自治体へのインフラ開発への技術支援を行うのに対して、DHS は、地方自治体の都市計画や開発計画を担う。国家定住政策 2019 を根拠としており、開発計画策定に加えて、関連する事業に対して、土地法や開発計画との整合性にかかる監査や、公衆への意識啓発も行う。	過去 DoES 傘下にあり、洪水リスク評価を担っていた Flood Engineering Management Division は、開発計画策定に重要な基盤情報であるとの見地から、現在は DHS に統合されている。同様の視点から、斜面災害やそのハザード評価についても、開発計画へのインプットとして重要との考えであるが、具体的な組織や人材は育成されていない。

(出典：調査団)

3-3 我が国及び他ドナーの支援概要

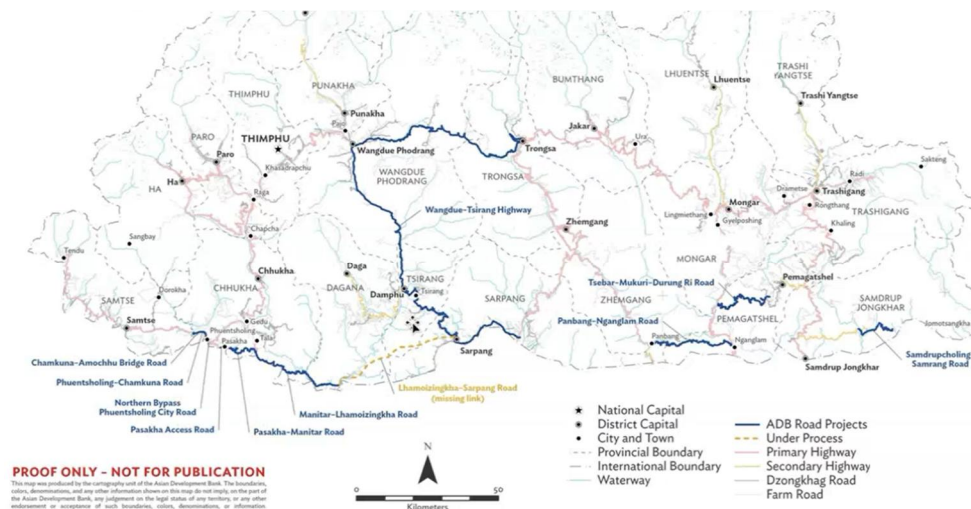
3-3-1 アジア開発銀行 (ADB)

ADB は、ブータンの都市・住宅・インフラ事業を支援しているが、Phuentsholing を含む南部地域の道路開発において、斜面災害対策を含む取り組みを行っている (表 3-9)。

南部地域は特に地質が脆弱であることから、安全な道路開発のためには斜面对策が不可欠である。南アジア諸国の輸送ネットワーク構想である、South Asia Subregional Economic Cooperation (SASEC) に関連する道路開発は、今後も継続して支援を行っていく意向であり、Phuentsholing～Pasakha～Manitar 間の道路整備に加えて、現在、Manitar～Lhamoizingkha (Sarpang) 道路の F/S を実施中である。

そのほか、大きな事業としては、Phuentsholing Town Development Project (Phuentsholing 市内の環状道路や、Amochhu 左岸一帯の開発) があり、同プロジェクトでは、道路整備は完了しているものの、山間部溪流横断部における土石流への対応が課題となっている。また、2025 年には、Climate-Resilient Omchhu River Basin Project が実施予定である。Phuentsholing 市内を流下する Omchhu 流域内での斜面崩壊や地すべりによる生産土砂が、氾濫リスクを高めている状況にあり、流域全体での土砂管理の観点からの計画づくりを進める計画となっている。

ADB へのヒアリングでは、引き続き地すべり・斜面对策は喫緊の課題であり、本事業でマニュアルや技術指針が整備されれば、大いに活用したいとの言質を得ている。



(出典：ADB※非公開資料)

図 3-6 ADB が支援する道路建設・改良事業

表 3-9 ADB が実施、実施中の南部道路及び斜面災害対策関連事業

事業名	実施年	事業費 USD	目的	斜面災害対策
Road Network Project II	2009-2014	54 million	南部東西幹線道路 180km の改良・建設。産業発展と輸送効率向上を目的とする。	急峻な地形における道路の安全性向上が重要な課題とされ、斜面災害対策が組み込まれている。
SASEC Road Connectivity Project	2014-2022	69 million	南部ブータンの道路網の安全性を向上させることを目的とする。	急峻な地形における道路の安全性向上が重要な課題とされ、斜面災害対策が組み込まれている。
Phuentsholing Township Development Project	2018-2025	63 million	Phuentsholing の洪水・浸食対策、都市インフラ整備、都市開発システムの導入。	Omchhu 川の洪水・浸食対策として、4.77km の護岸壁建設と 66 ヘクタールの土地造成を実施。
Climate Resilient Omchhu River Basin Project	2025-	30 million	Omchhu 川流域の洪水、斜面災害に対応するための統合的アプローチ。	斜面崩壊や土砂堆積リスクの低減が重要な要素とされ、斜面災害対策が組み込まれている。

(出典：調査団)

3-3-2 国連開発計画 (UNDP)

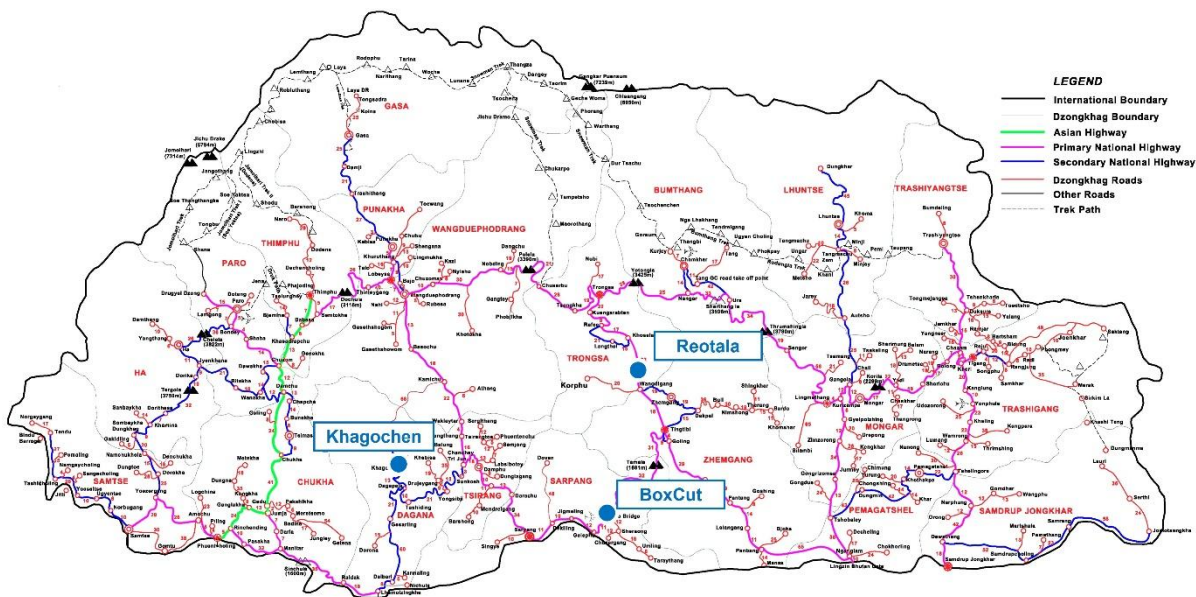
ブータンにおける UNDP の活動は、地域開発・農村開発が主たる支援事業となっている。その中でも斜面災害に関連する事業としては、2020-2025 年に、グリーン気候基金 (GCF) からの資金提供を受けて実施中の「Supporting Climate Resilience and Transformational Change in the Agriculture Sector in Bhutan」が挙げられる。主な成果は以下の 3 つ。

Output 1：変化する気候パターンに対して回復力のある農業慣行を促進する。

Output 2：小規模農家に影響を与える水と土地の管理慣行に気候変動リスクを組み込む。

Output 3 : 市場へのアクセスを阻害する極端事象発生時に、土砂災害リスクの影響を軽減する。

Output 3 には、延長 102.48 km の地方道路の改修と、National Highway 沿いの 3 カ所の大規模な斜面崩壊（Reotala : 0.5 million USD、BoxCut : 0.5 million USD、Khagochen : 1 million USD）の対策が含まれている。このうち、Reotala については上部斜面の地すべり頭部に排水対策が行われたが、長年にわたって交通の障害となっている BoxCut については、当該予算で対応できる施策は限定されており、代替バイパス道路の建設に向けた F/S が実施されている。このバイパス工事には世銀融資を検討しているとのことである。



(出典：調査団)

図 3-7 UNDP 「Supporting Climate Resilience and Transformational Change in the Agriculture Sector in Bhutan」 の斜面災害対策対象サイト

3-4 ブータン国の地すべり管理・対策の現状と課題

3-4-1 関連機関の地すべり管理・対策に係る経験と実績

本調査の実施に先立って行った質問票調査において、各機関が認識する地すべり管理・対策に係る経験と理解についてヒアリングを行った。本事業では、地すべり対策における一貫したプロセスを重視する目的から、それぞれの必要項目に対する経験や理解度について、以下の分類で回答を求めた。表 3-10 にその結果を示す。

- 5 : 通常業務の一環として実施されている。
- 4 : 組織としていくつかの業務経験を有し、その能力を有する。
- 3 : 組織としての経験はないが、発注・監督実績がある。
- 2 : 組織としての経験はないが、10 名以上の職員が知識を有する。
- 1 : 組織としての経験はないが、数名の職員が知識を有する。

表 3-10 関係機関の地すべり管理・対策に係る経験と理解

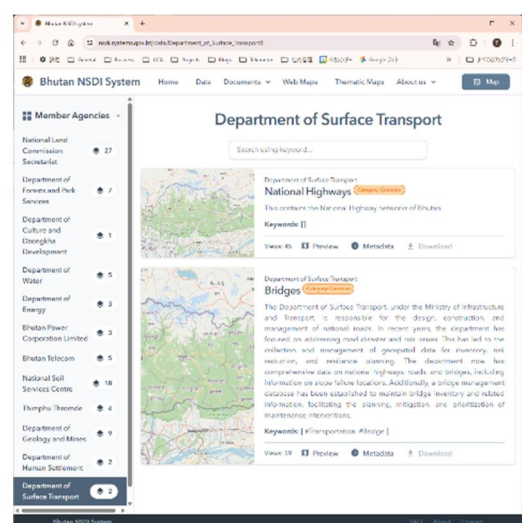
項目		内容	各機関の経験レベル			
			DoST	DGPC	BPC	*DGM
地 形 評 価	地すべりの理解	地すべりと斜面崩壊の違いを理解	5	4	4	5
	地形判読	地すべりブロック分類・特定のための地形判読	4	4	2	4
	予備調査	地すべり調査、観測、対策計画のための現地測量	5	4	2	4
地 質 調 査	ボーリング調査	地すべり地質調査と素因の同定	4	4	1	4
	弾性波探査	地すべり土塊内の弾性波探査	1	3	1	4
	比抵抗探査	地すべり土砂内の比抵抗二次元探査	1	5	1	4
観 測	すべり面調査	孔内傾斜計やひずみ計を用いたすべり面特定	4	4	1	2
	表面運動の調査	伸縮計等を用いた地すべり移動範囲の特定	1	4	1	1
	地下水調査	地下水位の監視と変動に対する応答解析	1	3	1	1
解 析	土壌検査	直接せん断試験、三軸圧縮試験などの土質試験	2	3	2	1
	地すべり解析	包括的な地すべり解析（素因と誘因の特定）	2	4	1	1
	安定性分析	地すべり安定性解析（現状・計画安全係数の決定）	1	4	1	1
対 策 工	対策計画	以下の対策による対策施設計画	1	4	2	1
	表面排水工	抑制工（表面排水工）	4	4	2	1
	水平排水工	抑制工（地下水排除工）	1	4	1	1
	排土工・盛土	抑制工（地すべり頭部排土及び押え盛土）	4	4	1	1
	杭工	抑止工（鋼管杭またはシャフト工）	1	3	1	1
	アンカー工	抑止工（アンカー工）	1	3	1	1

※DGMは質問票を配布していないため、ヒアリングに基づく判断
（出典：調査団）

DoST、BPC、DGM に対して、水力発電所建設事業を手掛ける DGPC では、多くの項目について直接ないし業務委託としての実績を有する。また、具体対策工についても、複数のダム建設事業を通じて、様々な工事実績を有していることから、DGPC の知識レベルは全般的に高いものと思料される。

DoST、BPC については、それぞれのインフラ整備において斜面对策が不可欠であることから、専門部署を有しているが、その要求レベルは DoST が高く、また日本への留学経験を有する職員が多いことから、「地すべり」の現象やメカニズムについての理解度は BPC と比較して高い。対策工についても、実施可能な工種は限定されるものの、実績も有している。

DGM は、そもそも研究・調査機関であることから、地形・地質調査（物理探査を含む）の経験は豊富である一方で、地すべり安定解析やそれに基づく対策立案の経験は有していないと考えられる。



国土空間基盤（NSDI）プラットフォーム

3-4-2 地すべり地形判読、解析にかかる現状と課題

(1) ブータン行政機関における地すべりの理解度

ブータンでは、一般に、深層にすべり面を有する地すべりと斜面崩壊を区分する考え方は希薄である。例外的に DoST 職員は日本への留学経験者も多いことから、他の機関と比較して斜面災害の現象を厳密に区分しているように見受けられる。あらゆる斜面災害の対策にあたっては、対象とする斜面災害の発生機構を理解、類型化し、適宜適切な調査・解析に基づいて対策施設計画を検討することが不可欠であり、その技術移転を効果的に実施することが本事業の最も重要なポイントである。

(2) 道路セクターにおける地形情報の活用状況

地すべり地形は、他の突発的な斜面災害と比べて、過去何らかの変動を繰り返すことにより形成されている。従って、地形情報を入手し微地形を判読することにより、将来変動が起こる可能性のある範囲を特定することが地すべり調査の第一歩と言える。ブータンでは、NLCS による国土基盤地図の整備が進められており、これにあたっては JICA の支援実績も豊富である。ただし、その利活用という点では、DHS 等の開発セクターにおいて 1/25,000 縮尺地図等が活用されているものの、路線管理が大半となる DoST では平面的な地形情報の活用実績がほとんどないのが現状である。NLCS は、1/25,000（都市部では 1/10,000）縮尺の基盤地図のほか、10m メッシュの数値標高データを提供している。まずは、こうした地形データをもとに地形判読を行う技術に移転する必要がある。

(3) 地すべり地形分布図の整備と普及

NLCS は、2025 年に国土空間データ基盤（NSDI）を立ち上げ、国内政府機関のあらゆる地図情報を統括するプラットフォームを整備している。現在ブータンでは地すべり地形を網羅的に地図上に反映した、いわゆる地すべり地形分布図（あるいは地すべり危険分布図）の作成は行われていない。Punatsanchhu-I 水力発電プロジェクトで問題となっている右岸アバットの地すべりは、計画段階において地すべりの危険性が十分に考慮されていなかった可能性がある。新規道路建設においても、平面的な地すべりの分布を正確に把握しておくことは、道路建設後の斜面对策へのコストを大幅に削減することにもつながる。こうした情報を NSDI のプラットフォームに掲載していただくことが出来れば、あらゆるセクターで地すべりの危険性を考慮した計画立案が可能となろう。

3-4-3 地すべり調査及び観測、解析にかかる現状と課題

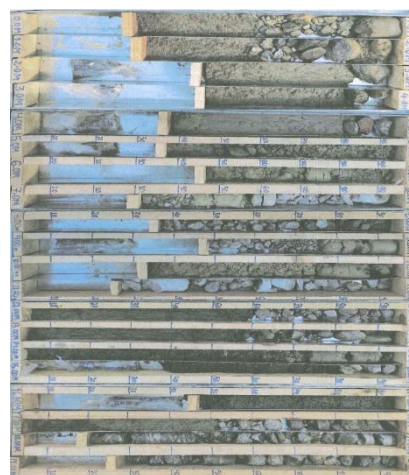
(1) 現地予備的調査に基づいた調査計画立案

調査初期の段階での現地予備的調査は、その後の効果的・効率的な調査計画を立案するにあたり重要である。ブータンでは、一般に深層にすべり面を有する地すべりを対象とした調査経験が乏しく、ボーリング調査計画においても計画掘進長が十分でないことが多い。一見、斜面崩壊に見える変動についても、すべり面を内在する可能性や、背後に地すべり性の地形が控えているケースも想定されることから、十分な地形判読を行うとともに、対象となる斜面変動の機構を予察し、斜面災害種に応じた調査計画を立案する必要がある。

DoST では、これまで数多くの斜面災害を取り扱ってきた経験、また過去の JICA 支援事業への関与から、現地調査（平面的な情報収集に加え、地質断面の作成を含む）の能力は比較的高い。今後は、地すべりを対象として、平面的な情報から、地すべり変動範囲を特定し、想定されるすべり面深度を予察することにより適切な調査計画立案のための技術が求められる。

(2) 地質調査及び物理探査技術の経験

他の途上国がそうであるように、ブータンにおいてもボーリング調査技術の未熟は否めない。コアの採取率は著しく低く、移動土塊の十分な採取は望めない。コアパッキューブの未使用に加えて、オペレーターの熟練度（回転数と掘進長の調整、泥水流量・圧力調整等）は低く、コアからすべり面を特定することは極めて困難である。このため、すべり面の特定にあたっては、ボーリング調査に加えて、孔内観測や物理探査にて補完を行う必要がある。



先行プロジェクトで採取された
調査ボーリングコア

物理探査については、地質調査機関である DGM は、弾性波探査・比抵抗探査とも実施可能であるが、その結果を他の地質調査結果に照らして詳細な分析を行う能力は低いようである（探査結果を示す図のみがレポートに示されている）。DoST は、弾性波探査機を所有し調査経験も有しているが、先行プロジェクトの実績から、DGM と同様に、探査結果を分析・解釈する技術に乏しい。また、探査機材についても、もともと平地での浅層探査のために購入されたものであるため、地すべり調査を行うための観測線や感振器が不足している。また、DoST からは、比抵抗探査機の導入及びその技術移転を希望する声もあるが、比抵抗値はその解釈に難易度を伴うことから、まずは直接的に物性値（緩み領域）を確認することが出来る弾性波探査技術を確実に習得するべきであろう。

(3) すべり面特定のための孔内観測技術

現時点で、DoST や DGM を含めて、ボーリング孔を利用した孔内観測の実績は皆無である。ボーリング調査技術が十分でないなかで、すべり面を特定するためには、孔内観測技術の適用は不可欠である。

先行プロジェクトでは、いくつかのプロジェクトサイトにおいて、簡易傾斜計や雨量計を設置し、それらを遠隔伝送するシステムを導入した。しかしながら、DoST によると、多くのサイトで携帯電波が不十分であったり、伝送上の障害があったりしたことから、現在データ伝送は行えてないとのことであった。すべり面特定のための孔内観測の場合には、必ずしもデータ伝送の必要はなく、RO 職員が現地にてデータ採取を行うことにより、機器の維持管理やデータ取得・分析のための技術向上にも資すると考える。このため観測機器は可能な限りシンプルかつ最低限のものとすることが重要であろう。

また、DGPC 管理下にある Tala 水力発電所の貯水地内地すべり地では、現在インドのコンサルタントによる調査計画の検討が進められている。DGPC によれば、孔内観測も予定されているとのことであり、本事業の実施期間中、そうした観測のデータ及び解析結果の紹介・議論を行っていくことで、プロジェクトサイトに限定されない、多様なサイトのサンプルをもって技術を習得することが可能となる。

(4) 土質試験及び安定解析

科学技術カレッジ (CST) では、直接せん断試験機や三軸圧縮試験機を保有しているものの、事実上、不攪乱試料の採取が困難であることから、現地のすべり面自体の土質定数の取得は限定的となる。このため、地すべり安定解析においては、準不攪乱試料を用いた土質試験を参考としながらも、まずは、我が国で広く用いられている逆算法による安定解析を紹介・適用するのが妥当であろうと考えられる。孔内観測による地下水位と地すべり変動の応答を繰り返し観測することによって、逆算法の精度を向上させることも可能である。

3-4-4 地すべり対策施設設計及び実施にかかる現状と課題

(1) 地すべり対策種別

ブータンで適用されている地すべり対策は、主に地表排水（暗渠による表層排水を含む）及び切土による安定化、すなわち抑制工のみである。他方、DGPC 管理下の水力発電ダムにおいては、インドの技術により杭工やアンカー工を含む様々な抑止対策技術が適用されているものの、設計・施工を含めてインド業者への委託契約で行っているため、ブータン側がそれらを習得する機会はない。

本事業では、地すべり対策の最も基本的な抑制対策である地下水排除工の紹介と導入が想定されるが、対策施設計画立案にあたっては、必ずしも地下水排除工だけでなく、観測や解析に基づき、道路区間の重要性に応じた目標安全率を定め、その達成のために必要となる対策工種の組合せを示す施設配置計画の策定能力の強化こそが行政として有すべき能力として考える。そのうえで、行政として、対策事業の優先性を見極めて段階的な工事を行っていく能力を高める必要がある。

(2) 地下水排除工の実施可能性

本調査で現地確認を行った結果、プロジェクトサイト候補地の多くは、地下水位が高いことが伺われた。そのため、地下水排除工は有効な対策の 1 つとして挙げられる。過去 DoST が実施した地下水排除工としては、プロジェクトサイトの 1 つである Tekizanpa 斜面对策の上部法面に施されたもののみである。DoST によると、表土付近が飽和状態になっていたことから、追加対策として計 7 孔の削孔を行ったが、排水は全く行われず効果はなかったとのことであ



Tekizanpa の地下水排除工

る。施工業者に確認したところ、削孔はロックボルト用の削孔機を用い、削孔深度は 10m 程度だったとのこと。地すべり対策としての水平ボーリングの場合には、通常 40~50m の掘進長が求められ、専用ロータリーパーカッションないし調査ボーリングマシンによる削孔

が必要である。施工業者によると、そうした設計を見たことがないが、施工上問題ないとのことであった。

3-4-5 その他事項について

その他、先行案件での教訓を踏まえて、本事業を実施上の課題が DoST より提起されている。

(1) 本事業の実施段階に応じた適切な専門家の配置

先行案件では、コロナ禍の影響もあり、プロジェクトサイトの 1 つである Tekizanpa の斜面对策工事が完了しないうちにプロジェクトが終了してしまった。Tekizanpa では法面整形後、地すべり性の変動が生じてしまい、現在もなおこの対応で DoST は苦慮している状況にある。このことから、パイロットサイトでの工事を行う場合には、計画・設計した工事内容がプロジェクト期間内に完了すること、あるいはプロジェクト期間後に、地形改変等が必要となるような対策工を用いないなど配慮が必要である。

(2) 本事業の中心となる職員の継続的な配置

DoST は、技術移転対象となる職員数が不足していること、また、技術移転を行っても当該職員の異動や退職により継続性が損なわれ、組織内の技術の記憶が失われプロジェクト全体の進捗が遅れたことを課題として挙げている。このため、DoST からは、各 RO より最低 1 名、本事業実施期間中、専属的に事業に関わる職員をアサインすることが提案されている。また、対象職員が異動・退職した際にも、確実な技術の継承が行われるよう、TOT を中心とした技術移転の体制を整備すべきである。

(3) 技術協力プロジェクトの資金の限界

技術協力プロジェクトでは資金の限界があるため、少額で能力の低い請負業者が工事契約に加わるケースが多くみられることが DoST から指摘されている。この結果、パフォーマンスの低下や遅延、そして JICA の高い技術基準を満たすことが困難となり、プロジェクト活動に支障をきたしたとしている。本事業では、事業期間ないし事業予算に制約することなく、真に必要な対策及びその技術の在り方について議論し、技術移転に注力し、対策事業については、必要に応じて、他の資金を活用することも検討すべきである。

3-5 候補サイトの調査

本事業では、調査・観測・施工計画策定の対象となるプロジェクトサイトを設定することにより、効果的・効率的な技術移転を行う予定となっている。本調査では、DoST より予め提示された候補地、及び、それ以外にプロジェクトサイトとしての適性が高いサイト（地すべり性の変動を示しているサイト）について、事前に地形判読を行ったうえで、現地調査を行った。

図 3-8 に DoST から提示された候補地（青）、及び、それ以外の候補地（赤）になり得る地すべりサイトを示す。赤、青、黄色の点線は、それぞれ、ヒマラヤ山脈の地質構造を規制する構造線である、主衝上断層（Main Central Thrust : MCT）、主境界断層（Main Boundary Thrust : MBT）、ヒマラヤ前縁断層（Himalayan Frontal Thrust : HFT）を示す。今回 DoST から候補地として挙げられたサイトは、MCT 境界部付近ないし MCT-MBT 間の低ヒマラヤ帯に集中している。この地域は特に破碎の進んだ変堆積岩よりなり、斜面崩壊・地すべりが発生しやすい。他方、MCT より北の

高いヒマラヤ帯では堅硬な片麻岩や片岩よりなるものの、片理構造に沿って風化し、大規模な地すべりに発展しやすい特徴がある。

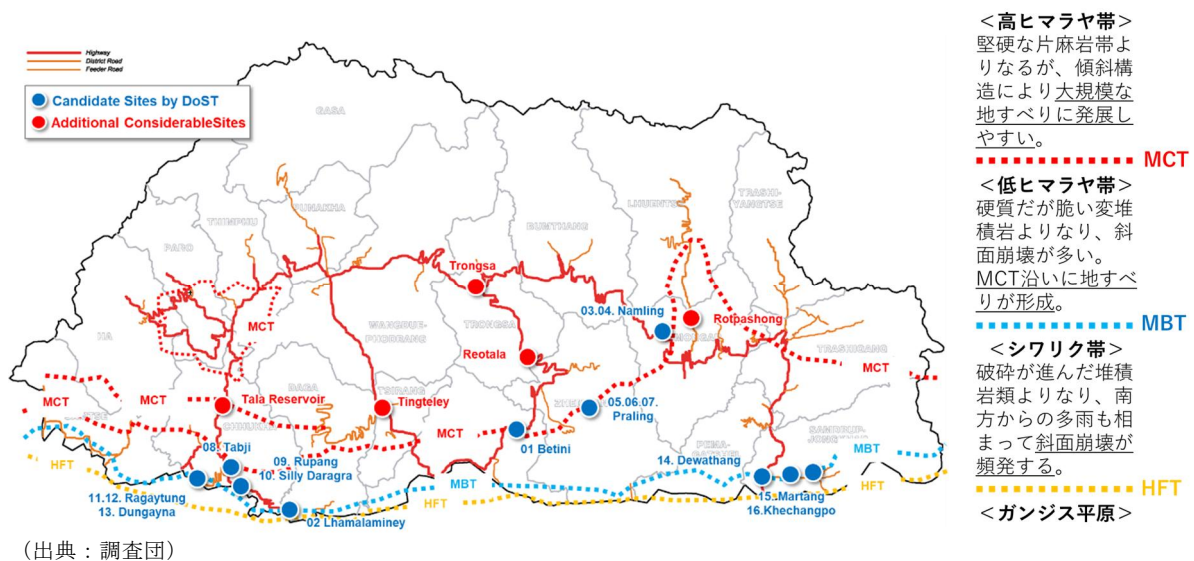


図 3-8 DoST から提示された候補地及び追加で調査を検討したサイト

(1) DoST 提案 03. Namling

PNH-1 (中央東西横断道路) に位置し、Bumthang 県と Mongar 県を隔てる Thrumsing La 峠終点側に位置する難所である。

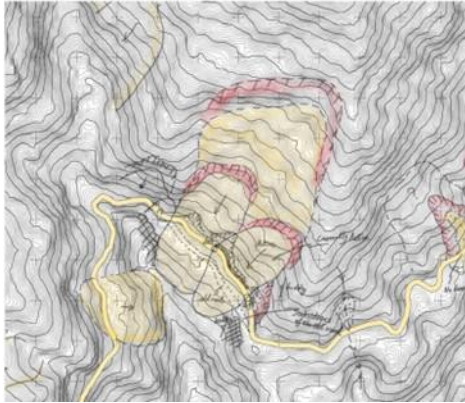
当該地は、地質構造 (西傾斜の片理面) に支配された岩盤または風化岩盤の地すべり地であり、明確な地すべり地形を有している。当初の地すべりは、斜面末端での洗掘によって発生したとされている。2014 年には大規模な地すべりの再滑動があり、もともとの道路面は谷底へ滑り落ちた。DoST は、円滑な交通を確保するため、しばらくの間、滑り落ちた旧道とその上に新設した新道の二車線を維持してきたが、近年進められた道路拡張工事により現在の道路レベルとなっている。

長さ 600m を超える地すべりブロックであるが、特に終点側 (Mongar 側) のブロックでは、法面の擁壁が部分的に崩壊するなど、著しい変動がみられる。さらに終点側にも斜面崩壊が発生しており、ガビオンによる土留めを行っているものの、その一部が倒壊している状況にある。

The site is a rock or weathered rock landslide controlled by geological structure (west-dipping bedding planes), and has clear landslide form.

The landslide was caused by scouring of the toe of the slope. Large movement occurred in 2014, with the original road sliding down into the valley. The DoST has maintained 2 lines of the road for smooth traffic for a while. Road widening resulted in the current level of road.

There has been particularly significant activity in the block on the southern side, with the retaining wall at the foot of the slope partially collapsing. Furthermore, slope failure of the southern end is a current issue.



(2) DoST 提案 04. Namling

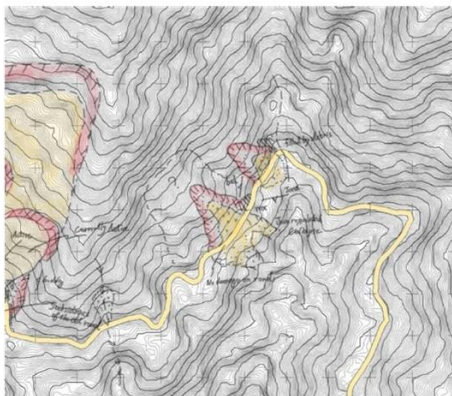
PNH-1（中央東西横断道路）に位置し、Bumthang 県と Mongar 県を隔てる Thrumsing La 峠 終点側に位置する難所である。

地質構造（南東傾斜の節理面）に起因する岩盤崩壊。2023 年の道路拡幅工事に発生した。すぐ終点側には同じ構造で崩壊した滑落面が明瞭に残されている。崩壊は道路基礎には至っておらず、崩壊した堆積物の除去のみで通行の確保が可能である。本箇所は深層地すべりとは言えないため対象から除外する。

A rock failure controlled by geological structure (southeast-dipping joint surface). It occurred during road widening work in 2023.

The rock failure occurred due to the same mechanism as the adjacent area to the north. As the road foundation did not collapse, the issue can be addressed by simply removing the collapsed sediments.

This cannot be considered a deep-seated landslide, so excluded from the scope of the project.



(3) 追加：Ratpashong (Dorjirung)

PNH-10 (Mongar-Lhuntse 道路) に位置する。Lhuntse 県に抜ける唯一の道路であり、現在拡幅工事が進められている。

Kurichhu 川左岸に位置する大規模地すべり地（最大長 1,500m）であり、長年によって交通の障害となってきた。2013 年頃に大きな変動が観測され、雨期には、Kurichhu 川の水位上昇に伴い、斜面末端の洗堀・崩壊が生じ、下部地すべりブロックが不安定化している。典型的な深層地すべりであるが規模が大きいため、対象を限定する必要がある。DoST によると、当該地すべり区間は、拡張工事の対象外となっているとのことである（切土による不安定化を引き起こす可能性があるため）。

直上流では、DGPC による Drujirung 水力発電所建設が進められており、当建設サイトへのアクセス道路として、DoST、DGPC の双方からの要望が強い。



(4) DoST 提案：05. Praling

Trongsa 県から Gelephu 県に抜ける PNH-5 より分岐する PNH-7 (Tingtibi-Panbang 道路) に位置する。現在の交通量は多くないものの、PNH-5 がたびたび通行止めとなることもあり、その代替道路としても重要となっている。

対象地すべりは、この地域の北落ちの地質構造に規制され、北向き斜面のつづら折り道路で生じたものである。2020 年頃から地すべり変動が観測されており、地すべりブロック内全域で陥没やクラックが生じた。2024 年には沈下した道路面の補修・嵩上げ、全面の舗装がなされたため、現在、路面のクラックはほとんど見ることが出来ないが、判読された地すべり範囲と陥没区間は一致しており、当該斜面の地すべり変動は明らかである。

地すべりブロック頭部付近は湿地帯となっており、地下水が高い状況にある。適切な対策を講じなければ、地すべり変動は継続すると考えられる。

The landslide is located on a north-facing slope and is controlled by a geological structure dipping to the north.

Deformations began occurring around 2020, with subsidence and cracks occurring throughout. The road has now been paved, and no significant deformation is visible. However, the landslide form is clear from the state of the sinking road, making it a typical deep-seated landslide.

There is a wetland near the head, and the groundwater level is high. Continuous deformation is expected future unless appropriate measures will be done.



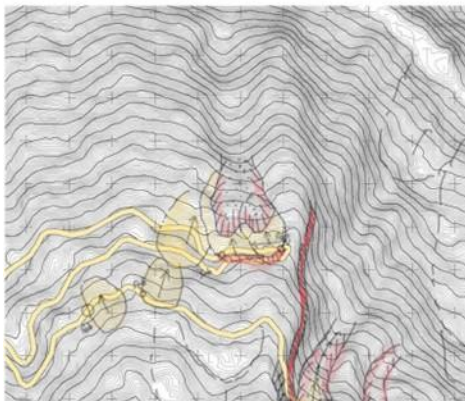
(5) DoST 提案 : 06. Praling

PNH-7 (Tingtibi-Panbang 道路) に位置する。地質構造と調和した北向き斜面に位置する。ヘアピンカーブ直下の道路全体が沈下しており、当該区間は未舗装の状態となっている。ドローンによる空撮写真では、沈下箇所直下の斜面崩壊が確認されており、これが地盤変形の原因と考えられる。本箇所は深層地すべりとは言えないため対象から除外する。

The slope locates on a north-facing slope (in harmony with the geological structure).

The entire road below the hairpin curve subsided. As a result, this road section has not been paved. Drone aerial photography shows a slope failure directly below the subsided section, which is thought to be the cause of the surface deformation.

This cannot be considered a deep-seated landslide, so it is excluded from the scope of the project.



(6) DoST 提案：07. Praling

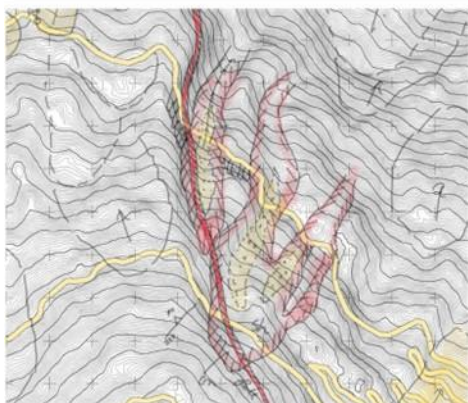
PNH-7 (Tingtibi-Panbang 道路) に位置する。大規模な崩壊頭部に北西傾斜の逆断層が走っており (MCT の派生断層と見られる：右上全景写真参照)、これがこの地域の岩盤崩壊の素因となっている。

崩壊頭部付近をコミュニティ道路が横断しているが、DoST RO 職員によると、崩壊が下部の国道まで及んだのは 2023 年以降のことで、それ以前は、頭部のコミュニティ道路沿いで建材の採石が行われていたとのことである。ここからの碎石の投棄により、下部斜面の崩壊と浸食が進行し、結果的に下部の国道沿いにまで崩壊が達したようである。この区間は、その後もたびたび崩壊による通行止めの措置が取られているが、深層地すべりとは言えないため対象から除外する。

A large rockslide slope. There is a northwest-dipping thrust fault (a derivative fault of MCT) along the head of collapse (black layer in the photo). This could be a cause of the rockslide in this area.

A community road crosses near the head of the failure. According to RO staff, quarrying is carried out by residents, and the dumping of soil caused the collapse and erosion of the lower slope. It means the collapse has not expanded from lower to top.

This cannot be considered a deep-seated landslide, so it is excluded from the scope of the project.



(7) 追加：Trongsa DoST RO 付近

PNH-1 (中央東西横断道路) 沿い、PNH-5 (Trongsa-Gelephu 道路) の分岐点にあたる。当該箇所には DOST の Trongsa RO が位置しており、地すべりブロックの中腹と下部をそれぞれの道路が貫通している。

Trongsa 市街地の南側斜面一帯は、複数の地すべり地形が集中するエリアとなっている。当該地すべりはその南西端にあたる。周辺斜面はいずれも地下水位が常に高い状態にあり、DoST 建屋周辺斜面も常に湿っている。過去、大規模な地すべり変動は記録されていないが、PNH-5 につながる道路は、舗装されているものの常に凹凸があることから、視認できない変動は継続しているものとみられる。また、本調査期間中にも、道路路肩の 2 カ所にて崩壊が発生している。DoST 建屋の一部にはクラックも確認できる。

地すべりブロック内部は、DoST 敷地を含めて政府所有の土地となっており、DHS によれば、この敷地の一部に地方自治体の支援のためのストックヤードの建設を計画していると

のことである。それ以外にも、政府施設の新築・改修に伴って、地すべり下部の切土が行われているなど、人為改変による地すべりの不安定化が懸念される。

The southern slope of Trongsa city, another side of the slope facing to town, is made up of multiple landslide. This landslide locates in the western edge of this slope, in which the building of the DoST OR locates in the middle of the landslide.

The surrounding slopes are unstable due to constantly high groundwater levels. While there have been no major landslide disasters, the road surface leading to Zhemgang is always uneven and has not been paved for a long time. Cracks have been observed in several buildings on the DoST RO.

Measures to drain the groundwater seems to be effective for stabilization.



(8) 追加：Trongsa Police Station 付近

PNH-1（中央東西横断道路）沿いの、Trongsa 市街地の対岸に位置する。

この地すべりブロック範囲の路面は、長年にわたって沈下・変動があり未舗装の状態が続いていた。道路の沈下箇所から地すべり範囲は明瞭である。地すべりブロック頭部の警察署周辺において、Trongsa 県による排水路整備が施され、その後徐々に安定化し道路舗装も行われている。ただし、数年前には地すべりブロック内の建物が移転していることから、変動は継続しているものとみられる。

The landslide locates on the rear slope of Trongsa Dzong.

The section of road crossed by the landslide block has been undergoing unrest for many years and had not been paved. In recent years, it has been paved, but the extent of the landslide block is clear from the subsidence of the road surface even now.

A building within the landslide block was relocated several years ago. Behind the police station at the head of landslide block, Trongsa Dzongkag administration constructed a series of surface drainage channel for stabilization of the landslide. The current status of the landslide movement is unknown.

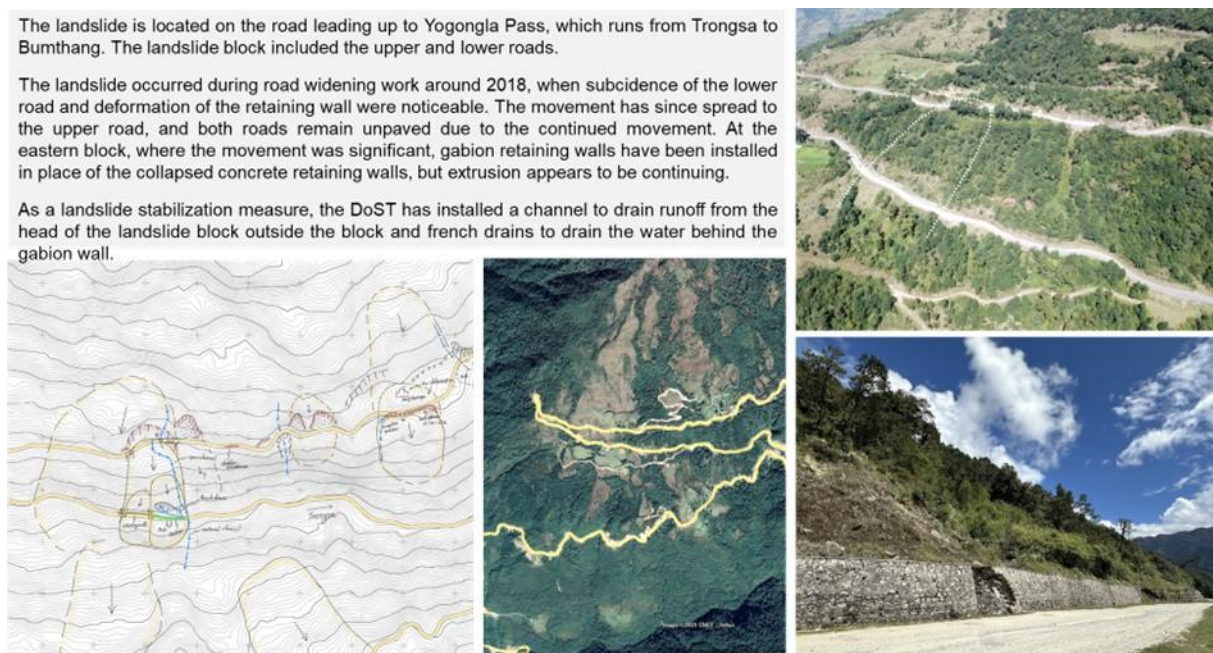


(9) 追加：Trongsa Dorji Goempa 付近

PNH-1（中央東西横断道路）沿いの、Bumthang 県に続く Yotongla 峠に至る道路上で発生した。つづら折りになる道路が地すべりブロックの頭部及び下部を貫いている。

この地すべりは 2018 年頃の道路拡幅工事に伴って発生した。当初は下部道路の沈下と擁壁の変状が顕著だったが、その後地すべりは上部道路にも達しており、上下道路とも地すべりブロック内区間は未舗装の状態となっている。地すべり頭部は湿地帯となっており、非常に地下水位が高いことが伺われる。DoST は、これらの水が地すべりブロック内に流入することを防止するため、水路工による表面排水を実施している。

特に変動が大きい起点側（Trongsa 側）のブロックについては、倒壊したコンクリート擁壁に代わりガビオンによる土留めが行われているが、現時点でも押し出しが顕著である。この背後斜面の地下水位も非常に高く（一部地表から湧水）、DoST により浅層地下水排除が行われている。



(10) 追加：Tala 水力発電所取水ダム右岸

DGPC へのヒアリングにより、国内最大の水力発電である Tala 発電所取水ダム右岸で、貯水池内地すべりが発生しているとの情報を得て、追加調査を行った。

地すべりは貯水池右岸の古い地すべり地形の末端で発生している。最初の変動は 2020 年 7 月で、当時は幅 70m 程度の地すべり変動であったが、その後、変動範囲が拡大し、2024 年には隣接する DGPC 現地事務所背後のコンクリート擁壁が大きく倒壊した。地すべりの誘因は、発電所のピーク運用のための水位変動であり、Tala 発電所では、通常ピーク運用で水位差 11m とのことである。地すべり発生後は水位差 3m 以内となるよう調整を行っている。

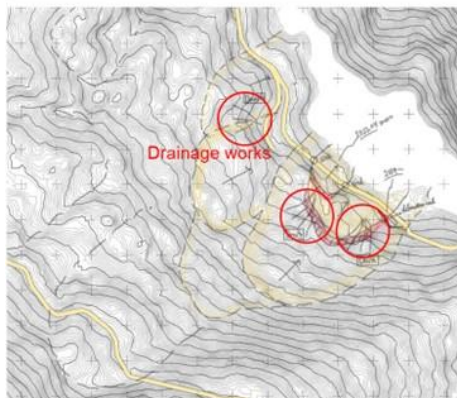
DGPC は、インドのコンサルタント会社に調査を依頼するとともに、地すべりブロック上部の 3 カ所において表層排水工（暗渠工）を実施している。調査ボーリング及び孔内観測を行う計画としている。

なお、同ダムは、2025 年 10 月 6 日の豪雨により急激な水位上昇を記録し、機械トラブルによる洪水吐ゲートが作動しなくなったこともあり、堤体本体を越流した。その後の地すべり変動の有無は不明。

The landslide locates at the right bank slope of the Tala hydropower reservoir. It is the lower end of originally large scale of landslide area. It was caused by water level adjustment for peak operation of dam.

The first deformation was observed in July 2020, and the range of the deformation expanded, causing the retaining wall behind the DGPC's site office in 2024. An Indian consultants is carrying out surface drainage works (French-Drain), and exploratory drilling will soon be carried out. The peak operation has been continued with the planned water level difference reduced from 11m to 3m.

DGPC agreed to share the progress of the countermeasure implementation for the project.



(11) DoST 提案 : 08. Tabji

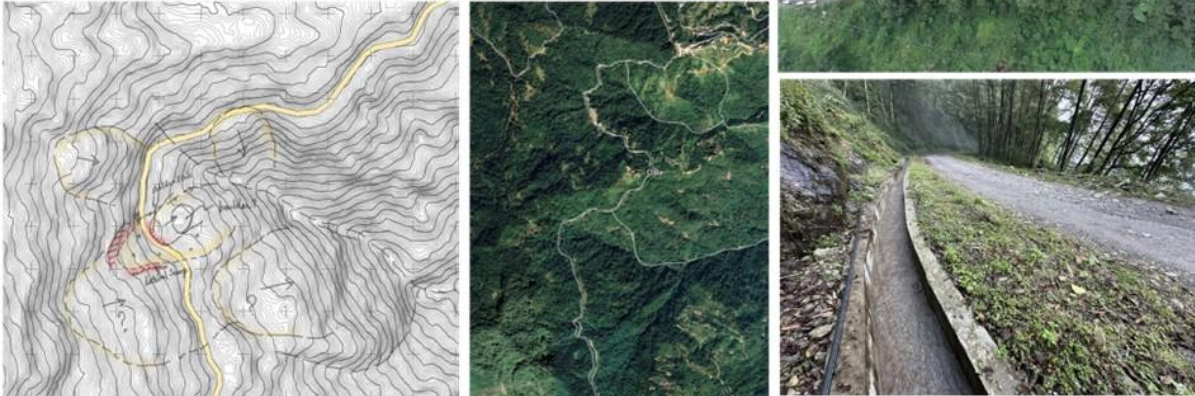
AH-48 (Thimphu-Phuentsholing 道路 : インド軍管理下) と、PNH-2 (Samtse-Phuentsholing-Dewathang 道路) の接続道路である PNH-2a に位置する。もともとは AH-48 の迂回道路として整備されたものである。

地すべり地形に見えるが、過去の変動は路肩の沈下のみである。上部斜面は比較的新しい植生をもつ崩壊地であり、崩壊した土砂で盛土部を補修したことにより路肩が沈下したものとみられる（現在の路面下 1.5m に当時の道路面が残る）。DoST による排水路の流末処理が行われており、その後は目立った変状は認められないとのことである。典型的な深層地すべりとは言えないため対象から除外する。

The topography appears to be a landslide block, but he only the past deformation evidence is the subsidence or the road shoulder.

The slope seems a collapsed slope with relatively new vegetation. It appears that the was repaired with collapsed sediments with embankment, causing the subsidence of the road shoulders (There remains original road section below the current road surface). Water flows from the center of the collapsed slope, and according to RO officers, the area has stabilized following runoff treatment, and no further deformation has been observed after that.

As this cannot considered a typical deep-seated landslide, it has been excluded from scope of the project.



(12) DoST 提案 : 09. Rupang

PNH-2 (Samtse-Phuentsholing-Dewathang 道路) に位置する。インド国境線となっている尾根付近からの崩壊である。ヒマラヤ最南端の活動帯に位置し、地質は極めて脆弱である。地すべり地形としては判読されず、谷頭浸食により形成されたものと判断されることから対象から除外する。

It locates near the Indian border and in the southernmost Himalayan active zone. The geology is extremely fragile.

The landslide form is not clear, and it is a rock failure caused by progressive erosion towards the head of the valley. This does not qualify as a deep-seated landslide and is therefore excluded from the scope of the project.



(13) DoST 提案 : 10. Silly Daragra

PNH-2 (Samtse-Phuentsholing-Dewathang 道路) に位置する。Rupang と同様に周辺地質は極めて脆弱である。地すべり地形は明瞭であり、想定されるブロック境界において顕著な道

路の沈下が確認できる。この沈下により、地すべりブロック内の道路は未舗装の状況にある。
※訪問時は雨天のため、詳細確認には至らず。



(14) DoST 提案 : 11,12. Rangaytung

PNH-2 (Samtse-Phuentsholing-Dewathang 道路) に位置する。No.12 は、谷頭浸食前線の崩壊と見られるため対象から除外する。

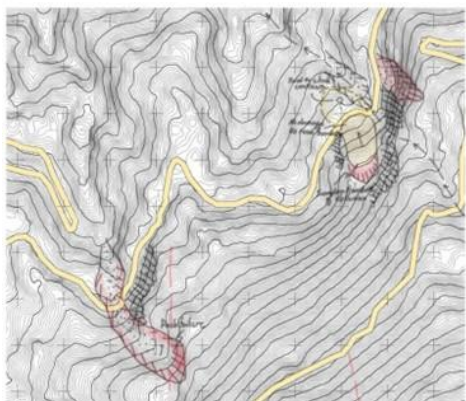
No.11 は、急峻な岩壁面から崩落した土砂による二次的な地すべりと考えられる。道路からは視認できないが、ドローンによる空撮では地すべり性の崖線が明瞭に確認される。道路は地すべりブロックを横切っておらず、道路基礎は損なわれていないよう見える（二次的な堆積物が路面を覆っているのみ）が、すべり面深度は調査により確認する必要がある。

斜面末端からは大量の湧水が確認できる。地すべりブロック内の地下水なのか、隣接する溪流から路面を流下してきたものなのかは不明。斜面末端は巨礫による仮設の土留めが行われている状況。

No.12 is excluded from the scope of the project, as it is a rock collapse at the head of a stream.

No.11 is thought to be a secondary landslide of colluvial sediments from a steep rock cliff. It is not visible from the road, but drone imagery clearly shows a scarp line of landslide. The road surface does not appear to cross the landslide block, but the depth of the slip surface need to be confirmed by investigation.

There is a large amount of spring water from the end of the slope, but it is unclear whether it from landslide block or from stream. The slope end has been protected boulders to prevent sediments overlay the road.



(15) DoST 提案 : 13. Dungayna

PNH-2 (Samtse-Phuentsholing-Dewathang 道路) に位置する。

地すべり地形は明瞭であり、道路面や上部斜面の居住地において顕著な変状が見られる。地すべり変動は 2022 年 7 月に確認され、同じ時期に、起点側の斜面で大規模な斜面崩壊が生じている。この崩壊により現在の道路はやや山側に迂回して敷設されている。

道路上の家屋や畜舎には多数のクラックが生じており、変動が生じる前に道路沿いにあった家屋や政府関連施設は移転を余儀なくされた。住民の話によると 2022 年以降は、大きな変動は見られないとのことであるが、視認できない変動は継続しているものとみられる。

また、当該ブロックの背後にも、地すべり地形が広がっており、変動が進めば背後斜面の不安定化を引き起こすことも十分に考えられる。さらなる調査が必要である。

This is a typical landslide form, with clear subsidence of the road and deformation of the head and side of the landslide block. There are a lot of cracks in houses and livestock sheds.

Deformation occurred due to heavy rain in July 2022. Around the same time, a slope failure occurred at the valley besides. Due to this slope failure, the road arraignment has been detoured. Houses and a government building in the landslide block have been relocated. There have apparently been no major deformation after 2022 according to the residents, but there may have been minor movement (that cannot be identified by residents).

There is also a landslide form behind this landslide block. It requires further investigation to identify the full scale of landslide area.



(16) DoST 提案 : 01. Betini

(17) DoST 提案 : 14. Dewathang、15. Martang、16. Khechangpo

当該 4 カ所については、日程が限られており、本調査での確認は行えなかった。Samdrup Jongkhar 県に位置する 14, 15, 16 については、片道 3 日かかる遠隔地であることからプロジェクトサイトとして取り扱うのが困難な状況である。

3-6 候補サイトの選定結果

プロジェクトサイト候補は、経済的影響、活動度、アクセシビリティを考慮して選定することを想定したが、DoST から提示された箇所のうち半数程度は、深層にすべり面を有する地すべりとはみなされないこと、また、経済的影響も重要でありながらも、地すべり調査・解析・対策に係る技術移転を行ううえでの適正という観点から検討を行った。

さらに、第 2 章に詳述したように、DoST が希望する遠隔地（片道 2 日以上の旅を要するサイト）についても、プロジェクトサイトに設定できるよう、「デモンストレーションサイト」と「パイロットサイト」の二階建て構造とすることで DoST と合意した。「デモンストレーションサイト」については、Trongsa 県 Dorji Goempa のサイトとすることで合意し、「パイロットサイト」については、本事業開始までに、候補リストから DoST が選定し、本事業の開始後の JCC において議論・合意することとなった。

表 3-11 プロジェクトサイト候補地の選定結果

地域	名称	路線	斜面災害種別	Thimphu からの距離	Trongsa からの距離	Reference	Priority
東部	03. Namling	PNH-1	地すべり	341 km	160 km		A
	04. Namling	PNH-1	斜面崩壊	342 km	162 km		C
	xx. Ratpashong	PNH-10	地すべり	405 km	223 km	道路拡張工事中	B
	14. Dewathang	SNH	-	634 km	456 km	未調査（アクセス難）	-
	15. Martang	SNH	-	654 km	476 km	未調査（アクセス難）	-
	16. Khechangpo	SNH	-	663 km	485 km	未調査（アクセス難）	-
中央・南部	05. Praling	PNH-7	地すべり	286 km	114 km		A
	06. Praling	PNH-7	斜面崩壊	288 km	116 km		C
	07. Praling	PNH-7	斜面崩壊	290 km	118 km		C
	01. Betini	PNH-4	地すべり？	278 km	147 km	未調査	B
	xx. Tingteley	PNH-6	地すべり	138 km	194 km	未調査だが典型的地すべり	A
	xx. Trongsa DoST RO	PNH-1	地すべり	187 km	0 km	デモサイト決定につき除外	-
	xx. Trongsa Police St.	PNH-1	地すべり	184 km	2 km	デモサイト決定につき除外	-
	xx. Trongsa Dorji Goempa	PNH-1	地すべり	196 km	13 km		デモサイト
西南部	xx. Tala Reservoir	Chukha	地すべり	72 km	270 km	DGPC 管理下にて対象から除外	C
	02. Lhamalaminey	PNH-2.2	斜面崩壊	157 km	354 km		C
	08. Tabji	PNH-2A	路肩崩壊	113 km	309 km		C
	09. Rupang	PNH-2.2	斜面崩壊	120 km	317 km		C
	10. Silly Daragra	PNH-2.2	地すべり	124 km	321 km	要詳細調査	A
	11. Rangaytung	PNH-2.2	地すべり	139 km	339 km		A
	12. Rangaytung	PNH-2.2	斜面崩壊	140 km	340 km		C
	13. Dungayna	PNH-2.2	地すべり	132 km	328 km		A

(出典：調査団)

第4章 横断的事項

4-1 気候変動対策

4-1-1 ブータンの気候変動対策

ブータンは、インドと中国に挟まれたヒマラヤ山脈東部に位置する内陸国である。国土の大部分は険しい山岳地帯である上、世界で最も地震活動の活発な地域に位置していると言われ、標高差が大きく急流の河川が国内を流れている。

気候変動の影響は、北極、南極に次ぐ大きさの氷河を要し「第3の極」とよばれるヒマラヤ山脈の山岳氷河の減退も招き、氷河湖が決壊して起こる洪水被害（氷河湖決壊洪水：GLOF）も観測されている。また、同じく気候変動が原因と考えられる鉄砲水やサイクロンなどの暴風雨による災害も多発しており、国をあげて環境保護、気候変動対策に取り組む要因となっている。

ブータンにおける気候変動関連政策等の策定状況は、下記の通りである。

表 4-1 主要気候変動関連政策等

分類	名称	概要
制度・政策	国家環境保護法 National Environmental Protection Act (NEPA) 2007	・環境分野の包括法であり、環境保全の原則と制度、国の調整機関である国家環境委員会（National Environmental Commission : NEC）とその権限、基準設定・監視・執行までの枠組みを定め、気候関連政策の基礎となる法律。 ・環境原則（Chapter II）において、「安全で健全な環境を享受する権利と義務」「世代間衡平」「予防原則」「汚染者負担原則」「環境サービスへの対価」等を明文化。気候緩和・適応の意思決定の判断軸を示す。 ・森林・生態系（Chapter V）では、国土の60%以上の森林被覆維持を NEC に義務づけ（変更は国会のみ可）。またクリーンエネルギーや代替技術の利用促進により一次林の燃材需要を抑制すること、湿地・脆弱生態系の保全も規定。これは吸収源の維持・拡大や森林減圧を通じた緩和に直結する。
	ブータン国憲法 The Constitution of the Kingdom of Bhutan 2008	・憲法第5条（環境）第3節において、「政府は、国内の自然資源を維持し、生態系退化を防止するために、ブータン全国土の60パーセントを最小限として、常に森林に覆われている状態が維持されていることを保障する」としている。
	気候変動政策 Climate Change Policy 2020	・国の開発と調和した気候変動への対応を目的とし、「炭素中立の維持」「気候変動への回復力構築（レジリエンス）」「実施手段」「効果的な協調」の4つの柱で構成されている。 ・NEC がトップ機関として政策を牽引し、2022年には「環境・気候変動局（DECC）」に改組された組織が事務局機能を担う。さらに、技術調整機関として「気候変動調整委員会」を設置し、関係各省庁と連携している。

	第2次国が決定する貢献 Second Nationally Determined Contribution (NDC) 2021	・すでに「炭素ネガティブ（吸収＞排出）」の状態を維持していることを国際社会に表明。 ・森林の維持（水力発電・再生可能エネルギー拡大を含む）を主要な削減貢献と位置づけ。 ・2021年更新の第二次NDCでは、森林率60%以上の維持、排出量抑制、水力発電開発、気候資金・技術支援の必要性を明記。 ・「繁栄し、回復力があり、炭素中立な国」を維持することを国際公約としている。
戦略・計画等	長期低排出開発戦略 Long-Term Low Greenhouse Gas Emission and Climate Resilient Development Strategy (LT-LEDS, 2023)	・長期にわたりカーボン・ニュートラルを維持しつつ、経済成長（GDP・雇用・国際収支）と温室効果ガス排出をデカップリング（切り離し）すること、併せて、脆弱セクター向けの適応行動を特定することを目的としている。 ・Energy / IPPU / AFOLU / Waste ごとの累積削減量目標は以下の通り。（単位：ギガグラム（＝千トン）） 合計：2025年 3,786 / 2030年 12,507 / 2050年 48,653 Energy: 2025 1,866 / 2030 5,603 / 2050 21,857 IPPU: 2025 1,423 / 2030 4,980 / 2050 19,209 AFOLU: 2025 301 / 2030 1,240 / 2050 4,946 Waste: 2025 196 / 2030 685 / 2050 2,641 ※IPPU=Industrial Processes and Product Unit ※AFOLU=Agriculture, Forestry and Other Land Use
	国家適応計画 National Adaptation Plan, 2023	・国内の中長期適応を実装するための計画で、パリ協定の「適応コミュニケーション」も兼ねて提出されている。今後はNDCと同周期（5年ごと）で更新し、国家の5カ年計画に統合して運用する予定である。 ・7分野（水資源／農業・畜産／森林・生物多様性／人間居住・気候スマート都市／保険／エネルギー／気候サービスと防災）ごとに目的・成果・アクション・目標値を整理しており、各分野の優先行動・支援ニーズを特定している。

4-1-2 気候リスク評価及び適応策の検討

本事業は、ブータンにおいて、地すべり調査・観測体制の整備、施設配置の計画策定を行うことにより、地すべり調査・観測・施設配置計画の能力強化を図り、もって地すべり被害の軽減に寄与することを目的に実施される。

このことを踏まえて、気候変動対策支援ツールである『技術協力事業における気候リスク評価と適応策検討（JICA-Climate FIT（適応策版）技術協力用簡易版）』ならびに『気候リスク評価・適応策検討・裨益人口推定のガイダンス Version 6.0』等を用いて、本事業の実施に対する気候リスク評価と適応策の検討を行った。

(1) プロジェクトの枠組みの確認と裨益人口の推定

気候リスク評価及び適応策検討の実施に必要な情報を検討するため、詳細計画策定調査時点での対象技術協力プロジェクトの枠組みを、下表に整理した。

表 4-2 対象技術協力プロジェクトの枠組み

Climate-FIT における 確認事項	内容
対象技術協力プロジェクトの事業目的、達成目標	上位目標： 適切な地すべり対策の実施を通じて地すべりによる重要インフラへの被害が軽減される。 プロジェクト目標： インフラ運輸省・陸上運輸局（DoST）の地すべりリスク削減能力が強化される。
事業の目的、達成目標を実現するために行われる事業活動	成果 1. 地すべりの地形判読及び評価に係る能力が強化される。 成果 2. 地すべりの調査・観測・解析に係る能力が強化される。 成果 3. 地すべり対策の計画策定・設計及び実施に係る能力が強化される。
対象技術協力プロジェクトの実施主体	実施機関：インフラ運輸省・陸上運輸局（DoST/MoIT） 関係機関：ブータン電力公社（BPC）／ブータン王立大学科学技術校（CST）／エネルギー・天然資源省地質鉱山局（DGM）／ ドゥルック・グリーン電力公社（DGPC）／国家土地委員会事務局（NLCS）／インフラ運輸省定住局（DHS）／ インフラ運輸省インフラ開発局（DoID）
対象技術協力プロジェクトの実施場所、対象とする地域	本プロジェクトでは、デモンストレーションサイト 1 カ所とパイロットサイト 3 カ所の計 4 サイトを設置する。全国に点在する DoST 地域事務所の参加を見込み、パイロットサイトは南西部、中央部、東部等に分散配置する予定である。
対象技術協力プロジェクトの裨益対象	DoST の職員、プロジェクト対象地域の地域事務所職員、その他関係機関の職員
対象事業の実施期間	2026 年 4 月から 2029 年 3 月（3 年間）

本技術協力プロジェクトにおいて、Climate-FIT による気候リスク評価の対象となりえる
と想定される要素と裨益人口について、下表に示した。

表 4-3 裨益人口の推定

活動内容	直接裨益人口の推定
地すべりの地形判読及び評価	この活動は、DoST 本部ならびに関係機関の地質工学に係る部門の技術者が対象の活動である。DoST 本部から 8 名、各関係機関・部門（8 組織）から少なくとも 1 名の参加を想定して 8 名の合計 16 名程度。
地すべりの調査・観測・解析	この活動は、DoST 本部、並びに 9 カ所の地域事務所（RO）、関係機関からエンジニアの参加を想定している。DoST 本部から 8 名、各 RO から少なくとも 1 名、各関係機関・部門（8 組織）から少なくとも 1 名の参加を想定して、合計 25 名程度。
地すべり対策の計画策定・設計及び実施	この活動は、DoST 本部、並びに 9 カ所の地域事務所（RO）、関係機関からエンジニアの参加を想定している。DoST 本部から 8 名、各 RO から少なくとも 1 名、各関係機関・部門（8 組織）から少なくとも 1 名の参加を想定して、合計 25 名程度。

（注）実際には、各 RO 及び関係機関からの参加は 2 名以上になる可能性が高いが、ここでは 1 名の想定で推計する。

(2) 気候ハザード・暴露対象の確認と気候リスクの推定

世界銀行の報告書『ブータン国別 気候・開発報告書：強靱で多様な経済成長への道筋』（2025）では、下表の通り、干ばつ、洪水、高温・熱波、地すべりについて、年間の暴露人口を推計している。想定される気候ハザードの甚大さから、洪水、高温・熱波、地すべりについて、気候リスクを推定する。

また、プロジェクトの枠組みに鑑み、①プロジェクトサイトとなる地すべり地区（周辺道路等を含む）、②地すべり対策施設（建設がされる場合）、③DoST の組織・職員の能力が、気候変動の影響を受ける可能性があるとして選定する。

表 4-4 ブータン国における気候ハザード

気候ハザード	強度閾値	年間推計暴露人口
干ばつ	>30% 被影響国土面積	3,727
	>50% 被影響国土面積	1,298
洪水	>0.15 メートル浸水深	57,683
	>0.5 メートル浸水深	33,332
高温・熱波	>28℃暑さ指数（WBGT）	94,502
	>30℃暑さ指数（WBGT）	58,097
地すべり	重大な地すべり	19,716

（出典）World Bank. (2025). Bhutan Country Climate and Development Report: Paving the Way for Resilient and Diversified Economic Growth. Washington, DC: World Bank. (Country Climate and Development Report). Available at World Bank Open Knowledge Repository

以上より、洪水、高温・熱波、地すべりを、対象プロジェクトにおける重要な気候ハザードとし、下表の通り、気候リスク・マトリックスを作成する。

表 4-5 気候リスク・マトリックス

		気候ハザード		
		洪水	高温・熱波	地すべり
	影響度	++	++	++
影響を受ける活動	プロジェクトサイト4カ所	2	0	3
	地すべり対策施設	2	0	3
	DoST の組織・職員の能力	2	0	3

（注）++これまでや現在、頻繁に生じている。+これまでや現在、時々生じている。

3 影響は対処、処理できないほど困難であった。 2 影響は管理、対処することが中程度困難であった。（JICA-Climate FIT (Adaptation) Version 6.0 2025 年 5 月、p13、p15）

(3) 推定された気候リスクに対する脆弱性と適応策の検討

JICA「気候変動対策支援ツール（JICA Climate-FIT：緩和策 Mitigation）」（2025）に記載されているインフラ分野（道路）の脆弱性の例より、①ハードインフラに関しては、道路の位置（急傾斜地からの距離）、道路が敷設されている地域の土壌水分量・土質、代替ルートがないこと、排水溝の整備状況など、②ソフトインフラに関しては、ガイドライン等の整備状況、調査やメンテナンスに必要な資機材の整備状況の観点において、脆弱性が認められる。

これらの気候ハザード、暴露、脆弱性の確認に基づき、下表の通り、対象技術協力プロジェクトにおける具体的なリスクと、それに対する適応策を設定する。

表 4-6 対象技術協力プロジェクトにおける脆弱性と具体的な気候リスク

	脆弱性	具体的な気候リスク
ハード	道路の位置（急傾斜地からの距離）	- 洪水や地すべりにより、道路状況の悪化、通行止め等が発生し、プロジェクトサイトへのアクセスが不可能となる。 - 洪水や地すべりにより、（対策工を実施する場合）対策工の実施に遅延が生じる。
	道路が敷設されている地域の土壌水分量・土質	
	代替ルートの有無	
	排水溝の整備状況等	
ソフト	ガイドライン等の整備状況	非該当 - 当該プロジェクトにおいて、プロジェクト活動の一環として、「地すべり評価マニュアル」や「地すべり調査・観測マニュアル」、「地すべり対策計画及び設計にかかる技術指針」を作成する予定であることから、脆弱性自体が軽減されることが想定されている。 - 当該プロジェクト等で地すべりの調査に必要な機材調達が予定されており、脆弱性自体の軽減が想定されている。
	調査やメンテナンスに必要な資機材の整備状況	

対象技術協力プロジェクトの枠組みでも示す通り、本事業は、ブータンでは甚大な影響を及ぼすと考えられている気候ハザードの一つである地すべりに対する対策能力を強化するものである。よって、一義的には、本プロジェクトは、DoST が豪雨の影響を受ける地すべり活動を監視し、地すべりによる被害を未然に防止するための必要な措置を事前に講じ、脆弱性を軽減することを可能にすることから、本プロジェクトが気候変動適応に資するプロジェクトであることが、確認されている。

同時に、気候変動適応に資するプロジェクトであっても、上表の通り、気候リスクに晒されることは避けがたく、その点については、下記の対応策（長期対策を含む）を取ることが望ましい。

- DoST による対象道路（被害を受けた道路）の復旧工事や道路施設の再配置
- （既往 JICA 事業や対象の技術協力プロジェクトで作成したガイドラインやマニュアルを参考に、）DoST による斜面崩壊や地滑り対策の実施（施設整備を含む）

4-2 ジェンダー主流化

4-2-1 ブータンにおけるジェンダー主流化の政策・制度

ブータン政府は、1981 年 8 月の女性差別撤廃条約（CEDAW）批准を受けて、CEDAW に関して国が果たすべき責務の進捗を監視するために委員会を設置した。同委員会は、2004 年には保健省の傘下で「女性と子供国家委員会（National Commission for Women and Children : NCWC）」として設立され、2008 年には独立した政府組織となった。それ以降、NCWC は、ジェンダー平等と子どもの視点に立った法律、政策、計画の推奨や、関係者の啓発や意識化を積極的に推進してきた。また、中央省庁や地方政府機関に、ジェンダー・フォーカル・ポイントを設置し、ジェンダー課題への取り組みを推進してきた。その後、2022 年以降は、公務員制度改革での組

織再編を受け、独立機関から教育・技能開発省（Ministry of Education and Skills Development）傘下の機関となっている。

ブータンにおける主なジェンダー主流化に係る政策等の策定状況は、下記の通りである。

表 4-7 主なジェンダー主流化に係る政策等

分類	名称	概要
制度・政策	ブータン国憲法 The Constitution of the Kingdom of Bhutan 2008	・憲法第7条（基本的人権）第15節において、「すべての者は法の下に平等であり、人種・性別・言語・宗教・政治その他の地位による差別を受けない」としている。 ・憲法第9条（国家基本方針）第17節において、「国家は「女性に対するあらゆる差別と搾取（人身取引、売春、虐待、暴力、職場での嫌がらせ・脅迫を含む）を排除するための適切な措置」を講ずるよう努力義務を負う。」としている。
	国家ジェンダー平等政策 National Gender Equality Policy 2020	・政府全体の法律・政策・計画にジェンダー主流化を徹底し、実質的平等の達成をめざす包括政策である。 ・本政策では、①政治・公的領域、②社会領域、③経済領域の3分野で課題と方針を整理している。①では、女性の意思決定参画の拡大を、②では、GBV（ジェンダーに基づく暴力）を容認しない文化の醸成、③では、教育一般や技能職業訓練、STM教育の分野での参加拡大を目指している。 ・2023年1月、NCWCが「Revised National Gender Equality Policy (LGBT+ integration)」を2023年1月10日付で改訂し、その中で公的部門における女性の参画・リーダーシップ促進の規定が強化されている。
	家庭内暴力防止法 Domestic Violence Prevention Act of Bhutan 2013	・当該法は、DVを広義に捉えたうえで、通報・申立ての経路を示すとともに、警察の体制（全警察署に女性・子ども保護ユニット/デスクを設置等）について規定している。 ・警察・保護官・認定支援機関・裁判所が連動する被害者中心の保護・救済スキームを法定化し、ジェンダーに基づく暴力の予防と救済を強化した。
	労働雇用法 Labour and Employment Act of Bhutan 2007	・本法では、雇用における無差別・均等：採用・解雇・配置転換・訓練・降格等での差別を禁止。賃金・労働条件の差別禁止と「同一労働同一価値同一賃金」の原則を明示している。 ・セクシュアル・ハラスメント防止：雇用主・労働者双方のセクハラを禁止や、母性保護と復職についても規定しており、労働市場でのジェンダー平等と安全な就労環境の確保を目指している。
戦略・計画等	第13次5カ年計画	・第13次計画では、経済・社会・安全保障・ガバナンスの4クラスターの開発戦略が明記されているが、その4クラスターを横断する「クロスカッティング課題」として、ジェンダー／障害／気候等が挙げられており、クラスターを横断してジェンダー主流化が求められている。
	国家適応計画 National Adaptation Plan, 2023	・国内の中長期適応を実装するための計画で、パリ協定の「適応コミュニケーション」も兼ねて提出されている。今後はNDCと同周期（5年ごと）で更新し、国家の5カ年計画に統合して運用する予定である。 ・7分野（水資源／農業・畜産／森林・生物多様性／人間居住・気候スマート都市／保険／エネルギー／気候サービスと防災）ごとに目的・成果・アクション・目標値を整理しており、各分野の優先行動・支援ニーズを特定している。

分類	名称	概要
	公的部門におけるジェンダー平等促進国家行動計画 National Action Plan to Promote Gender Equality in Public Administration: NAP-GEPA 2025–2029	・ 2029 年までに公務員全体に占める女性比率を 45%へ（2023 年ベースライン 40%）拡大する。また、「意思決定層（P1 管理職＋エグゼクティブ）」に占める女性比率を 30%へ（2023 年ベースライン 23%）拡大する。 ・ NGEP の改訂（2023 年 1 月）公務部門の女性リーダー育成条項を強化。同時に、ジェンダー・フォーカル・ポイントの業務と任命基準を見直し、説明責任・モニタリング（GEMS 刷新等）を強化した。 ・ BCSR（公務員人事規則）2023 を改訂し、採用・昇進・報酬・委員会構成にジェンダー配慮が明記された。

4-2-2 対象技術協力プロジェクトにかかるジェンダー主流化

(1) 地すべり対策にかかる法・政策

防災セクターでのジェンダー主流化は、主に、下記の法・政策によって、推進されている。

- 災害管理法（Disaster Management Act of Bhutan 2013）にて、「各級の災害管理委員会で女性が十分に代表されるよう配慮」「救助・対応・救援では女性・子ども等へ特別の配慮」を明記（第13章133節–134節）。委員会レベルでの女性参画を法律で担保する。
- 国家ジェンダー平等政策（National Gender Equality Policy 2020）は、「災害・気候変動に関するあらゆる取組にジェンダーを主流化」する方針を政府横断で規定。防災は主流化の対象領域に含まれる。
- 気候変動政策（Climate Change Policy 2020）も「すべての気候行動にジェンダー統合」を義務づけ（状況分析に基づく設計）。適応＝防災強靱化の場面でのジェンダー主流化の根拠となる。

(2) 地すべり対策を担う人材

既述の通り、2023 年 1 月には国家ジェンダー平等政策（National Gender Equality Policy）が改訂され、公務部門の女性リーダー育成条項が強化されている。また、当該政策の実現に向けた、公的部門におけるジェンダー平等促進国家行動計画（National Action Plan to Promote Gender Equality in Public Administration）が策定され、公務員における女性比率の拡大が目指されているところであるが、現在の状況は下記の通りである。

- 全公務員29,723人のうち、女性公務員は12,160人（41%）である。（王立公務員委員会発行の公務員統計2024）
- Professional and Management カテゴリー（大卒相当）の女性職員比率は42%、Supervisory and Supportカテゴリー（高卒相当）の女性職員比率は、45%である一方、Director以上の上級職員（Executive and Specialist Category）においては、女性比率が23%となる。（王立公務員委員会発行の公務員統計2024）
- インフラ運輸省のProfessional and Management カテゴリー（大卒相当）の女性職員比率は28%と、全省庁平均の42%より低い。（質問票調査の結果）

また、質問票調査の結果からは、DoST の女性職員比率の詳細は下記の通り、Supervisory and Support カテゴリーで 33%、Professional and Management カテゴリーで 15%であることが分かっている。この両カテゴリーに属する職員が、対象プロジェクトの活動に深くかかわることが想定されており、その両カテゴリーを合計すると女性職員比率は 26%となる。

表 4-8 DoST の職位カテゴリーごとの男女別職員構成

カテゴリー	Supervisory and Support								Professional and Management								カテゴリー合計		Executive and Specialist Category					
ポジションレベル	S3	S2	S1	SS3	SS2	SS1	SSS	小計	%	P5	P4	P3	P2	P1	小計	%	合計	%	ES3	ES2	ES1	EX1	EX2	EX3
男性	7	42	20	16	7	14	0	106	67%	0	33	15	13	25	86	85%	192	74%	1	0	0	0	1	0
女性	7	28	8	3	6	0	1	53	33%	0	9	5	1	0	15	15%	68	26%	0	0	0	0	0	0
合計	14	70	28	19	13	14	1	159	100%	0	42	20	14	25	101	100%	260	100%	1	0	0	0	1	0

(3) 対象技術協力プロジェクトにおけるジェンダー主流化

本詳細計画策定調査においては、主要カウンターパート機関である DoST に加え、NCWC、UNDP ブータン事務所のジェンダー専門家、並びに MoIT のジェンダー・フォーカル・ポイントとも協議を重ね、以下を基本方針とし、R/D 記載のジェンダー主流化項目を検討した。

- 本プロジェクトは、地すべり対策という専門性の高い分野の技術者の能力強化を目指している点、そのため技術者以外の、例えば、地域住民を巻き込んだ活動などが予定されていない点から、直接的にジェンダー主流化を目指す活動や成果を取り入れることは難しい。
- 関係機関においては、女性エンジニアの育成の重要性を認識していることから、本プロジェクトでは、活動全般について女性エンジニアの参加を推進すること、また、本邦研修を含む各種研修やワークショップにも、積極的に女性エンジニアの参加をよびかける。
- プロジェクトの達成状況を測ることはしないものの、研修やワークショップへの女性の参加率を技術職員における女性の割合相当まで高めるよう努力すること。

合意された M/M には、ジェンダー主流化について、以下の通り特記されている。

The survey team discussed primarily with DoST and exchanged views with other stakeholders, including the National Commission for Women and Children (NCWC) under the Ministry of Education and Skills Development and the gender focal point of UNDP Bhutan, to explore effective ways to mainstream gender perspectives in this project. The project aims to strengthen the capacities of engineers in the highly specialized field of landslide risk reduction. Recognizing the importance of nurturing female engineers, the relevant agencies agreed that the project would promote the participation of female engineers in all activities. It was also decided to actively encourage female engineers to participate in various workshops and training sessions, including those held in Japan. Furthermore, while this participation rate would not be used to measure project achievement, it was agreed to strive to increase the participation rate of women in training and workshops to a level commensurate with the proportion of females among technical staff¹.

¹ ここでいう “to a level commensurate with the proportion of females among technical staff” とは、「2.2.2 地すべり対策を担う人材」で示す 26% のことであるが、この 26% という数字は、決して控えめな目標ではなく、むしろ挑戦的な数値である。例えば、UNDP の Supporting Climate Resilience and Transformational Change in the Agriculture Sector in Bhutan (地すべり対策のコンポーネント有り) というプロジェクトは、Gender Action Plan を作成しており、その中で中央省庁関係者へのワークショップや研修への女性参加率 30% を目標に掲げていたものの、達成できなかったと報告されている。

第5章 6項目評価

5-1 妥当性

本事業の妥当性は、以下の理由から高いと評価できる。

5-1-1 開発政策との整合性

最上位の国家開発計画である第13次5カ年計画（2024-2029）では、8つの国家アウトカムが設定されているが、その一つ、安全保障の分野で、「国家・経済・インフラ・制度・人々への安全保障上の脅威と災害リスクを軽減・管理」が目指されている。具体的な活動としては、重要インフラの保護が掲げられており、安定的経済発展にとって、物流効率化と安全性向上の重要性が強調されている。より具体的には、道路台帳の整備や幹線道路における土砂災害リスク・ハザード管理や斜面安定化、道路・橋梁の定期・緊急時維持管理などといった活動も計画されている。

加えて、第13次5カ年計画にあわせて、『ブータン国家インフラ強靱化計画（Bhutan National Plan for Infrastructure Resilience）』という、地震・洪水・土砂災害・干ばつ・強風等のマルチハザードに対して、重要インフラの強靱化を国として体系的に進める「ロードマップ」も作成されている。関連する道路セクターに関しては、リスクに応じた設計改善（排水・法面・橋梁耐洗掘等）、脆弱区間の優先順位付け、早期復旧力の向上を目指すとしている。

このように、主要開発計画や関連政策においても、道路を含む重要インフラの保護・強靱化の重要性が明記されており、地すべり対策能力の強化を目指す本事業との整合性は高い。

5-1-2 開発ニーズとの整合性

山岳国ブータンでは、幹線道路の代替路がほとんど存在せず、道路は経済活動を支える基幹インフラであるといえる。しかしながら、急峻な斜面に建設された道路は、雨季（7月～9月）には、特に降雨起因の地すべり災害リスクに晒されており、実際に、斜面災害による通行止めも多発している。

JICAは、これまで、インフラ運輸省・DoSTに対して、開発調査型技術協力「道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト」（2014-2016）、ならびに技術協力プロジェクト「ブータン道路斜面对策工能力強化プロジェクト」（2019-2024）を実施し、これまで、岩盤斜面崩壊、落石、土石流の対策工法や切土勾配の見直し、植生工による斜面の安定化、事前通行規制による災害事故防止などの面で能力強化を行ってきた。しかしながら、より大規模な被害を重要インフラに与える深層にすべり面を持つ地すべりに対する支援は行われておらず、この面での能力強化が望まれている。深層にすべり面を持つ地すべりについては、事前の変位量が比較的小さい崩壊や落石とは異なり、事前の観測が鍵となる。また、その観測結果を解析し、地すべりを構成するブロックが複数であったり、それぞれのブロックの関係性を踏まえた施設配置計画の策定を通じ、複数対策の組み合わせを検討したりしていくことが肝要となる。しかしながら、これらについては、先行した技術協力でも扱ったものではない。

5-1-3 手段としての適切性

カウンターパート機関であるインフラ運輸省・DoSTは、首都ティンブーにある本部の他、全国9カ所の地域事務所を持ち、全国の幹線道路の設計、建設、維持管理を担っており、降雨起因の地すべり災害リスク対策も、インフラ運輸省・DoSTも重要な役割である。本事業では、2章のプロジェクト実施体制図にも示した通り、デモンストレーションサイトとパイロットサイトを設置し、本部の他、全国9カ所の地域事務所に所属する技術者の能力強化を行うことを予定しており、裨益は全国に及ぶことから、手段としての適切性も高いといえる。深層にすべり面を持つ斜面災害に対する経験の少ないブータン政府であることから得るべき知識は多種多様になる。しかし、本プロジェクトでは、行政機関として獲得すべき役割は何かという視点に立ち、スコープを検討している。

5-2 整合性

本事業の整合性は、以下の理由から高いと評価できる。

5-2-1 日本の援助政策との整合性

外務省の『対ブータン王国国別開発協力方針（2023年1月）』においては、「農村と都市のバランスの取れた自立的かつ持続可能な国づくりの支援」を目標に掲げ、重点的に①持続可能な経済成長、②強靱性の強化（気候変動・防災、都市環境、保健医療等）を支援するという方針が掲げられている。また、最新の年次事業展開計画においては、道路の地滑り等に脆弱な道路網の安全性・信頼性向上、アセットマネジメントや人材育成・労働安全衛生などへの協力に力を入れることが明記されている。

JICAの『ブータン王国 JICA 国別分析ペーパー（2023年3月）』においても、ヒマラヤに囲まれた地理条件により、洪水・地すべり等の水文気象災害が頻発していること、また、災害の発生時やその直後は道路ネットワークが限られ代替ルートも乏しいため、物流・移動が停止しやすいことが認識されており、制度・組織面の防災体制を強化するとともに、費用対効果を踏まえて重要インフラ（道路・橋梁等）のレジリエンスを強化するという協力方針が示されている。

5-2-2 JICA の他事業との整合性

既述の通り、JICAは、これまで、DoSTに対し、開発調査型技術協力「道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト」（2014-2016）や、技術協力プロジェクト「ブータン道路斜面对策工能力強化プロジェクト」（2019-2024）の実施を通じて、岩盤斜面崩壊、落石、土石流の対策工法や切土勾配の見直し、植生工による斜面の安定化、事前通行規制による災害事故防止など側面で能力強化を支援してきた。こうした既往協力に基づく、日本の道路防災に係る信頼をもとに、今回はあらたに深層にすべり面を持つ地すべりに対する関係機関の能力強化を目指している。

加えて、技術協力プロジェクト「デジタル地形図整備計画」（2021年11月～2025年7月）で作成した主要都市における縮尺 1/5,000 の高精度なデジタル地形図についても、実施機関であ

った国家土地委員会事務局から提供を受けられることとなっており、他案件とも補完・協力体制が構築されているといえる。

5-2-3 国際的な枠組みとの整合性

インフラ運輸省・陸上運輸局の技術者の地すべり対策に係る能力の強化を通して、ブータンの持続的な経済社会発展を支える重要なインフラである道路交通を守ることから、SDGs のゴール 11（包摂的、安全、強靱で持続可能な都市と人間住居の構築）の「11.5 災害による死亡・被災者数の削減、経済損失の縮小」、及びゴール 13（気候変動とその影響への緊急の対処）の「13.1 気候関連ハザード・自然災害に対するレジリエンス/適応力強化」に資する事業である。

5-3 有効性（見込み）

本事業は、以下の理由から高い有効性が見込まれる。

5-3-1 論理性と因果関係

本事業では、「インフラ運輸省・陸上運輸局（DoST）の地すべりリスク削減能力が強化される。」をプロジェクト目標とし、目標を達成するために3つの成果、「成果1：地すべりの地形判読及び評価に係る能力が強化される。」「成果2：地すべりの調査・観測・解析に係る能力が強化される。」「成果3：地すべり対策の計画策定・設計及び実施に係る能力が強化される。」が設定されている。成果1から成果3に係る活動は、地形測量・地質調査から、解析、対策計画の策定、対策工の設計・建設という一連の流れに沿った内容となっており、成果1から3を達成することで、インフラ運輸省・DoSTの地すべりリスク削減能力は確実に強化される。

また、特筆すべきは、2章のプロジェクト実施体制図にも示したデモンストレーションサイトとパイロットサイトという2種類のプロジェクトサイトを設けた点である。地方からのアクセスを考えて、中央部にデモンストレーションサイトを設置し、集中的にプロジェクト活動を実施し、TOT（Training of Trainers）の拠点として技術移転を行う一方、パイロットサイトでは、デモンストレーションサイトでの学びをもとに、C/P機関の職員の主導で、（適宜、JICA専門家の指導のもと、）活動を展開していく。このように、プロジェクト期間中に、C/P機関の職員の主導で、パイロットサイトで地すべり対策を実施し、能力強化を行う仕組みにより、プロジェクト目標達成を確実にする。

5-3-2 プロジェクト目標に対する指標

プロジェクト目標の指標は、「1.デモンストレーションサイトで得られた知見に基づき、DoST本部／地域事務所の主導のもと、計画に基づく地すべり対策が少なくとも1つのパイロットサイトで実施される。」「2.『地すべり評価マニュアル』及び『地すべり調査・観測マニュアル』がDoSTにより正式承認され、MoITのウェブサイトに掲載される。」「3.『地すべり対策計画及び設計にかかる技術指針』がDoSTにより正式承認され、MoITのウェブサイトに掲載される。」の3つが設定されている。最も重要な指標は、「1.デモンストレーションサイトで得られた知見に基づき、DoST本部／地域事務所の主導のもと、計画に基づく地すべり対策が少なくとも1つのパイロットサイトで実施される。」であるが、この指標では、デモンストレーシ

ョンサイトでの学びをもとに、DoSTにより、地すべり対策計画が策定され、予算が確保され、対策が実施されるということが検証される。プロジェクト期間中に、移転技術の運用の検証が可能な指標であり、プロジェクト目標の達成の確認に適している。

また、第2の指標、第3の指標は、プロジェクトの成果品である2種のマニュアル、1種の技術指針の完成度、認知度を確保できる明確な指標であるといえる。

5-3-3 外部条件及び主なリスク

外部条件として、「各RO（地域事務所）において任命されたフォーカル・ポイントが、プロジェクト期間を通じて当該ROに継続配置される。」が設定されている。プロジェクトでは、既述の通り、デモンストレーションサイトとパイロットサイトの2種類のプロジェクトサイトが設置されるが、デモンストレーションサイトは、地方からのアクセスを考慮し、中央部に設置し、集中的にプロジェクト活動を実施することとなる。このデモンストレーションサイトでの活動には、現在、全国9カ所に点在する地域事務所ごとに任命されたフォーカル・ポイントが参加することになるが、プロジェクトの有効性の観点から、プロジェクト期間中のフォーカル・ポイントの異動は好ましくない。

この外部条件については、M/M協議の際にも議題にのぼり、ブータン側により、プロジェクト期間中のフォーカル・ポイントを含むカウンターパートの異動を行わないことが名言され、M/Mにもその旨が記載された。このように、当該外部条件に対しては、十分な対応が取られているといえる。

加えて、技術的側面から、プロジェクトサイトにおける地盤挙動（変位）を完全に予測することは不可能であり、プロジェクト期間中に安定化する可能性がある一方、再滑動や部分的な崩壊が発生するリスクも否定できない点に留意が必要である。プロジェクト期間を通して、モニタリングを実施し、状況を継続的に確認しつつ、プロジェクト活動を行うことが重要となる。

5-4 効率性（見込み）

本事業は、以下の理由から十分な効率性が見込まれる。

5-4-1 投入の適切性

本事業における日本側の投入は、各成果の達成に必要な専門領域を考慮し、1）業務主任、2）地質調査・解析、3）地すべり地形判読、4）構造物対策、5）設計／積算、6）地すべり観測、7）GISマッピング／データ解析の合計7分野の専門家の配置が計画されている。また、日本の地すべり対策や砂防事業を学ぶ本邦研修が2回予定されている。あわせて、活動の実施に必要な機材の調達も予定されている。

ブータン側は、インフラ運輸省・DoST設計・地質技術部の本部（在ティンプー）と9つの地域事務所の職員をカウンターパートとして配置する。インフラ運輸省・DoST以外にも、同省定住局やインフラ開発局、エネルギー・天然資源省地質鉱山局やドゥルック・グリーン電力公社等の技術者も活動の一部に参加を希望していることから、主要カウンターパート機関を中心に、関連分野の技術者が活動に参画することが見込まれている。これは、実施機関であるDoSTを

軸に据えつつも、地すべりリスクは道路以外のインフラにも影響を及ぼす広範な自然現象であることから、山岳国ブータンにおいては特に道路インフラを軸にしながらの他インフラへの波及を考えるとという観点から重要になる。

5-4-2 実施体制

国土の大部分が山岳地帯であるブータンでは、プロジェクトサイトへの移動に時間を要する。本事業では、インフラ運輸省・DoST 設計・地質技術部の本部（在ティンプー）だけでなく、9つの地域事務所を対象に技術移転を行うが、その際、JICA 専門家、ならびに地方事務所からのアクセスを考え、中央部のトンサにデモンストレーションサイトを設置し、集中的にプロジェクト活動を行う技術移転の拠点とする計画である。

デモンストレーションサイトでの学びをもとに、図 2-1 に示される通り、南西部、中部、東部に設置予定のパイロットサイトで、C/P 機関の職員の主導で、地すべり対策を実施していく予定であるが、こうしたパイロットサイトの設置も、近隣の地方事務所からのアクセスや全国への裨益を念頭においた仕組みであるといえる。

5-4-3 前提条件・外部条件

本事業の前提条件は、「C/Ps が R/D に記載のとおり配置される。」であるが、DoST においては、これまで JICA の技術協力プロジェクトの実施経験が豊富であり、その際にも十分なカウンターパートが配置されていたことより、当該前提条件は満たされる見込みである。

外部条件としては、「デモンストレーションサイト及びパイロットサイトにおいて、活動に著しい遅延を生じさせるような自然災害が発生しない。」ならびに「対策実施のための予算が、「予算計画を伴う実施スケジュール」に従って確保されること。」の2つが想定されている。急峻な斜面に建設された道路の多いブータンでは、雨季を中心に、岩盤斜面崩壊や落石、地すべりによる通行止めが頻発している。こうした状況を前提として、活動計画を立て、その影響を最小限にとどめる必要がある。また、もう一つの予算に係る外部条件は、パイロットサイトでの対策工の実施に必要な予算のことであるが、インフラ運輸局の予算申請のタイミングを確認し、その申請・獲得状況をモニタリングする必要がある。

5-5 インパクト（見込み）

現時点で、上位目標の発現見込みは高く、電力セクターや高等技術教育への正のインパクトの発現も期待される。

5-5-1 上位目標達成の見込み

本事業では、プロジェクト終了後約3年後に発現が想定されるプロジェクト効果（上位目標）として、「適切な地すべり対策の実施を通じて地すべりによる重要インフラへの被害が軽減される。」が設定される。本事業では、既述の通り、成果1から成果3の、地形測量・地質調査、解析、対策計画の策定、対策工の設計・建設という一連の流れを行うことで、地すべり対策にかかる総合的な能力向上が想定されている。加えて、実施体制でも示したとおり、デモンストレーションサイトでの学びをもとに、C/P 機関が、対策計画を策定し、予算を取得し、対策工

の設計・建築という一連の活動を、プロジェクトの期間中にパイロットサイトに展開していくことが想定されている。こうして、インフラ運輸省・DoST の地すべりリスク削減能力は確実に強化される予定であり、プロジェクト終了後にも、インフラ運輸省・DoST が、パイロットサイト以外にも国内に数多く存在する地すべりリスクの高い地区において、地すべり対策を実施することが想定され、上位目標達成の見込みは高いといえる。

5-5-2 外部条件

外部条件としては、「DoST にとって、地すべりリスク軽減の重要性が変わらない。」が設定されている。ブータンでは、幹線道路の代替路がほとんど存在せず、道路は経済活動を支える基幹インフラであり、その幹線道路の設計・施工、維持管理は DoST の業務であることから、DoST にとって地すべりリスク軽減の重要性は、変わらないと考えられる。

また、地すべり対策は一般に高コストであり、対策効果の範囲も局所的であるという性質をもつ。現実には、地すべり被害を完全にゼロにすることは困難であることから、地すべり対策は、発生リスクを前提に、長期的かつ継続的に取り組むことが重要である。本事業のインパクトを評価するに際しては、こうした地すべり対策の特性についても、外部条件とあわせて理解し、適切にインパクトを評価することが望ましい。

5-5-3 その他のインパクト

本事業では、実施機関であるインフラ運輸省・DoST 以外にも、同省定住局やインフラ開発局、エネルギー・天然資源省地質鉱山局、ブータン電力公社、ブータン王立大学科学技術校、ドゥルック・グリーン電力公社の技術者も、プロジェクト活動の一部や、セミナーへの参加が見込まれている。こうした関連機関の活動への参加を通して、電力セクターや高等技術教育分野への正のインパクトの発現が見込まれる。

5-6 持続性（見込み）

本事業の効果は、下記の理由により、プロジェクト終了後も持続するものと見込まれる。

5-6-1 政策・制度面

最上位の国家開発計画である第 13 次 5 カ年計画（2024-2029）は、2034 年の「高所得 GNH 経済」達成を見据えて「10 年戦略フレーム」を採用しており、その中で道路・斜面災害に関わる方針が示されている。具体的には、経済面での成果の柱に、質の高いインフラの重要性が掲げられ、道路、橋梁等への戦略的投資を行うと明記されている。このことから、第 13 次計画の「10 年戦略フレーム」では、接続性とレジリエンスの強化を柱に据え、道路インフラ投資とともに地すべりリスク削減を計画段階から組み込みこむことを想定しているといえ、政策・制度面での持続性が見込みは高い。

5-6-2 組織・体制面

実施機関であるインフラ運輸省・DoST は、基幹道路の設計・施工、維持管理を担う唯一の国の機関であり、首都であるティンプーにある本部のみならず、全国に広く設置されている DoST

地方事務所にも、エンジニアが配置されている。特筆すべきは、主要カウンターパートとして名を連ねる本部の職員や地方事務所の所長や次長の中には、日本を含む諸外国の大学で修士号を取得した技術者も多く、組織の基本的な技術力の強さにつながっている。

5-6-3 財政面

実施機関であるインフラ運輸省は、ブータンの9つの中央省庁の中でも、財務省に次いで2番目の予算規模を持つ省である。インフラ運輸省のDoSTの過去3年間の支出報告書からは、合計で、2022-23年度は約4,385百万ニュルタム、2023-24年度は約2,289百万ニュルタム、2024-25年度は約2,820百万ニュルタム支出されていることが示されている。2022-23年度の支出が大きくなった点は、同年にADB支援の大型道路プロジェクトの精算が集中したことによるものであるが、国際機関による道路プロジェクトについてもDoSTが管轄していることの証明であり、組織の技術力、財政の健全性を端的に示しているといえる。また、2023-24年度の支出報告書からは、既往技術協力プロジェクトの一環として実施した斜面安定化工事に約3,900万円予算を取得・支出していることも分かっている。このようなことから、インフラ運輸省の予算規模は大きく、技術協力で学んだ必要な知識や技術、施工には、予算をつけて、実現していく能力を有しているといえる。

5-6-4 技術面

本事業では、技術的かつ財政的制約等から、プロジェクトサイトにおいて対策工の建設が困難となる可能性がある。また、仮に、対策工の建設ができた場合でも、それは、地すべり対策工の一部にすぎない。本来、地すべり対策の技術的持続性は、工学的根拠に基づく計画を踏まえた設計、施工、維持管理を継続的に行うことにより確保されるものであるが、本事業においては、その点において技術的な制限がある点には、留意が必要である。

本事業では、地形測量・地質調査、解析、対策計画の策定、対策工の設計・建設という一連の流れを行うことで、地すべり対策にかかる総合的な能力向上が想定されおり、全てのプロジェクトサイトにおいて、地形測量・地質調査から解析、対策計画の策定、対策工の設計までは行うものの、対策工の建設に関しては、上述の通り制限があることから、今後、技術的持続性については、プロジェクトの推移をみつつ、慎重に検証する必要がある。

