

ブータン国

ブータン国
道路斜面災害対策技術及び工法に関
する案件化調査
業務完了報告書

平成 30 年 8 月

(2018 年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社プロテックエンジニアリング

国内
JR(先)
18-180

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

巻頭写真

<p>DoR への第 1 回説明会</p> 	<p>現場視察の様子</p> 
<p>現場視察の様子</p> 	<p>現場視察の様子</p> 
<p>現地工法視察の様子</p> 	<p>DoR への第 2 回説明会</p> 
<p>DoR への第 2 回説明会</p> 	<p>本邦受入研修座学の様子</p> 
<p>本邦受入研修工場視察の様子</p>	<p>本邦受入研修工場視察の様子</p>



本邦受入研修新潟大学訪問の様子



本邦受入研修新潟大学訪問の様子



本邦受入研修施工現場視察の様子



本邦受入研修施工現場視察の様子



DoR 担当者と打合せの様子



ODA 案件組成に向けての覚書締結の様子



目次

巻頭写真	i
目次	iii
図表リスト	iv
略語表	v
要約(和文)	vi
要約(英文)	xiii
ポンチ絵(和文)	xxii
ポンチ絵(英文)	xxiii
はじめに	xxiv
1 対象国・地域の開発課題	1
1-1 対象国・地域の開発課題	1
1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	2
1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針	5
1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及びドナーの先行事例分析	6
2 提案企業、製品・技術	9
2-1 提案企業の概要	9
2-2 提案製品・技術の概要	9
2-3 提案製品・技術の現地適合性	14
3 ODA 案件化	27
3-1 ODA 案件化概要	27
3-2 ODA 案件内容	27
3-3 C/P 候補機関組織・協議状況	31
3-4 他 ODA 事業との連携可能性	33
3-5 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策	34
3-6 環境社会配慮	35
3-7 期待される開発効果	40
4 ビジネス展開計画	40
4-1 ビジネス展開計画概要	40
4-2 市場分析	42
4-3 バリューチェーン	49
4-4 進出形態とパートナー候補	50
4-5 収支計画	52
4-6 想定される課題・リスクと対応策	53
4-7 期待される開発効果	53
4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	53

図表リスト

図 1	提案製品の国内適用事例	16
図 2	斜面防災対策工法の適合性検討フロー	17
図 3	提案製品を適用するための候補地選び	17
図 4	ジオロックウォールの適合性検討フロー	19
図 5	マクロネットの適合性検討フロー	19
図 6	スロープガードフェンスの適合性検討フロー	20
図 7	提案製品の適用検討（調査結果あらし設計検討/ジオロックウォール）	21
図 8	提案製品の適用検討（調査結果から設計検討/マクロネット）	21
図 9	提案製品の適用検討（調査結果から設計検討/スロープガードフェンス）	22
図 10	佐渡島斜面災害対策施設策工程図	24
図 11	普及・実証事業実施体制図	29
図 12	道路局の組織構造（HP より）	31
図 13	地盤工学セクションの 2 人のエンジニア（道路局 HP より）	32
図 14	技プロとの連携イメージ	33
図 15	いくつかある擁壁の形式	43
図 16	Geo-synthetics Reinforced Wall	43
図 17	地元紙 Kuensel の指摘（調査団編集）	44
図 18	現場で施工されていたネット工	45
図 19	ビジネスモデルイメージ	49
表 1	第 12 次五か年計画における政策実施上の指標（道路関係）	3
表 2	本邦受入研修における各シーン	25

略語表

AKRA Agency Key Results Area

BCCI Bhutan Chamber of Commerce and Industry

BRO Boarder Roads Organization

CAB Construction Association of Bhutan

CDB Construction Development Board

CDCL Construction Development Cooperation limited

C/P Counterparts

DOR/DoR Department of Road

DHI Druk Holding Investment

FDI Foreign Direct Investment

FYP Five Year Plan

GLOF Glacier Lake Outburst Flood

GNH Gross National Happiness

GRW Geo Rock Wall

JICA Japan International Cooperation Agency

KPI Key Performance Index

LDC Least Developing Country

MoWHS Ministry of Works and Human Settlement

NKRA National Key Result Area

SAARC South Asian Association for Regional Cooperation

要約

第1章 対象国・地域の開発課題

ブータン国（以下、ブ国）は、ヒマラヤ山脈に位置し、北は中国、南はインドに挟まれた、面積約 38 万平方km²（ほぼ九州と同じ）、人口約 80 万人（2016 年、世銀）の山岳国である。農業、林業、観光、電力が主要産業であり、急峻な地形を有する山岳国ゆえ、これらの産業での産品や物資供給資材を運送するための道路は、国土を東西に回廊する国道 1 号線の中央から地方への延伸と舗装の整備が、第 11 次五か年計画（2012-2017）で開始された。これを受け、道路局でも、国道 1 号線の線形改良（特に、切土による斜面整形を行い、道路線形を平滑化させる）や、JICA の支援を梃にした橋梁架け替え事業を行い、国道 1 号線における交通の定時性・即時性を向上させる取組みを行ってきた。

しかしながら、第 11 次五か年による道路整備では、厳しい地形的制約により、一級国道（Primary National Highway）としての設計条件である車線幅員及び側溝を含んだ道路幅員（10.5m）を、計画期間内に確保しながら終点であるタシガンまで整備し、定時性と速達性を少しでも向上させることで精一杯の状況である。具体的には、山側斜面の切土では、ダイナマイト発破による岩盤の切り崩しにより道路幅員を確保するものの、切土された斜面は、掘削されたままとなり雨水の侵食にさらされる状態となっている。このため、強雨や融雪による地表水の流出に伴い、斜面崩壊（表層崩壊、崖崩れ、落石、土石流などを総称）による崩積土も道路への堆積により交通が遮断される結果、ヒトやモノの移動に支障をきたしている状況である。

一方、ブ国と地政学的かつ経済的に密接な関係にあるインドからの支援により、道路沿いの崩壊斜面に対する安定化の取組みが、国道 2 号線でなされている。インド（BRO/Border Roads Organization）による斜面对策の構造物は、重力式擁壁、もたれ式擁壁、ロックネット工が中心である。しかしながら、これらの対策物は、単に碎石を積み上げたのみで内部に隙間が見られる「空石積み」のものや、ロックボルトと岩盤との間にモルタルが注入されていない「ボルトの抜け落ち」がしやすい状況となっており、斜面変動を固定化させるための技術的根拠に乏しい。従って、斜面对策の構造物に対する品質の向上に加え、構造物を導入する上での説明責任を果たすことも地元新聞により指摘されていた。

今回、第 12 次五か年計画の実施時期（2018 年 8 月から）を迎え、道路局には、i) すべての天候でもアクセス可能な強靱な道路、ii) 移動時間の短縮、iii) 品質の高いインフラの施工と維持管理、をテーマとする政策実施上の指標が付与された。これを受け、道路分野での実施計画にあたる「改訂道路分野マスタープラン」では、「気候変動に強い道路」を整備するにあたり、切土・盛土された道路斜面を安定化させる技術の導入に対してインセンティブを与え、落石を含めた対策工のイノベーションにより、道路交通上の定時性・速達性向上に寄与する意思を明確にした。従って、ブ国の山岳国道における開発上の課題は、以下である。

① 品質施工の確保：計画（調査）、設計、施工（管理）、維持管理とワンストップの建設

サイクルを確立した上で、道路斜面对策構造物の性能を確保し続ける品質施工を推進すること。

- ② 落石対策における予防/防護の概念の普及：急崖からなる道路斜面では、落石が発生する斜面自体を対策すること（予防工）と、落石から道路・車・人命を守ること（防護工）を、対策工の普及の中で位置づけること。
- ③ 説明責任の担保と理解確保：対策工の導入に当たっては、導入計画段階から、施設導入の必要性を説明し、ステークホルダーからの理解確保に努めること。

第2章 提案企業、製品・技術

提案企業について、株式会社プロテックエンジニアリングは、落石・雪崩対策工を製品開発・供給する新潟を本拠とする中小企業である。沿革は、1998年設立後、産学共同研究開発（岐阜大学、ジオロックウォール）を先進的に推進しながら、道路斜面防災のマーケット需要をいち早く取り込む形で、新商品開発や新市場開拓を行ってきた企業である。自社内には、鉄系素型材を二次加工し製品部品としてカスタマイズ化する自社工場を持つと共に、重錘を使った落石実験施設も有し、新商品の品質性能保証も担保する施設も備え、開発製品の信頼性確保にも努めている。国外マーケットへの訴求もいち早く行い、カリフォルニア州道路局、韓国道路局、トルコなどにおける道路プロジェクトへの製品輸出や、アメリカ・コロラド州やカナダ・ブリティッシュコロンビア州の地質地盤コンサルタントとの連携や、落石防護網（亀甲状の金網）で世界市場の大半を占有するイタリア・マカフェリ社との業務提携を通じて、海外における道路斜面防災マーケットの情報交換も活発に行っている。国内では、岐阜大学等との連携により、国内の斜面对策市場での共同研究や新商品開発も推進している。

提案製品・技術について、今回3つの製品を案件化での提案製品とした。

① 落石防護補強土壁（GEO ROCK WALL/ジオロックウォール）

本製品は、高所から落下してくる大きな落石を止める防護壁であり、強度の異なる土のう袋（受撃体・伝達体、）と抵抗体、を現場で簡単に組み合わせることにより、衝撃力のおおきな落石から道路交通を守ることができる製品である。具体的には、受撃体と伝達体に強度がありかつ伸度の大きな材料を活用し、中に粘性土や砂を投入、抵抗体を台座として、中間に伝達体を設けた3層構造の壁体として現場で組み立て一体化することで、落石の大きな衝撃を吸収し、その動きを抑えることができる。現地発生土を利用することや植生マット併用での壁面緑化により環境性能を向上させている。



図 ジオロックウォールの概要

② 斜面表層安定化工 (MACRO NET/マクロネット)

落石発生斜面に直接敷設される落石防護機能を有する対策工（予防工）であり、ネット、ワイヤー、プレートアンカーの3部品構成となっている。ネットは、二重撚線亀甲網を使用し大きな引張強度にも耐えるものであり、ネットは撚合せを工夫し、強度を高めたものであり、ネット工が敷設されている斜面からの落石の抜落ちをなくしている。植生マットとの併用により斜面の緑化も可能となる。

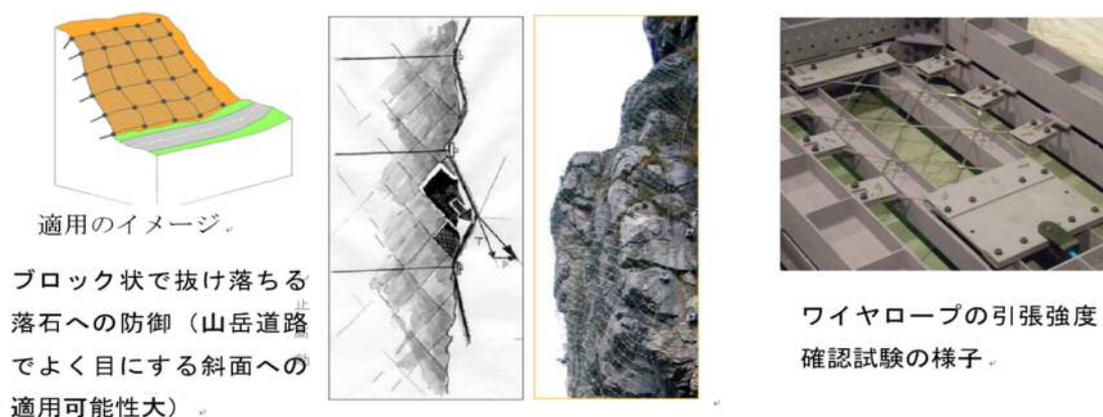


図 マクロネットの概要

③ 崩壊土砂防護壁 (Slope Guard Fence/スロープガードフェンス)

支柱とワイヤーと組合せからなる崩壊土砂防護壁で斜面から落ちてくる崩壊土砂を受け止める待受け式の防護壁（防護工）である。支柱の構造を改良し（蓮根型中空管）、基礎部分を二重化することで、より高いエネルギーをもつ土砂の衝撃に対して防護性能を有する。製造工程上、性能照査実験により部材強度を向上させるとともに、現地斜面調査を踏まえた衝撃力算定と堆積土圧の見積もりにより性能設計を実現している。



図 スロープガードフェンスの概要

提案製品の現地適合性について、以下の4つの過程を踏まえた。

- ① 提案製品の国内における適用状況について、斜面性状を把握した。
- ② 現地調査による需要の把握について、道路局に対するコンサルテーションを行い、提案製品を適用するにふさわしい斜面を抽出した。
- ③ 抽出された斜面に対して、提案製品を設置する場合、敷設上の力学的な設計の観点で敷設規模や適用工法を検討し、見積もりを行った。
- ④ 本邦受入研修を行い、提案製品が実際に適用されている道路斜面（国内の道路斜面）を見学し、適用条件や効果、留意事項などをC/Pと共有した。

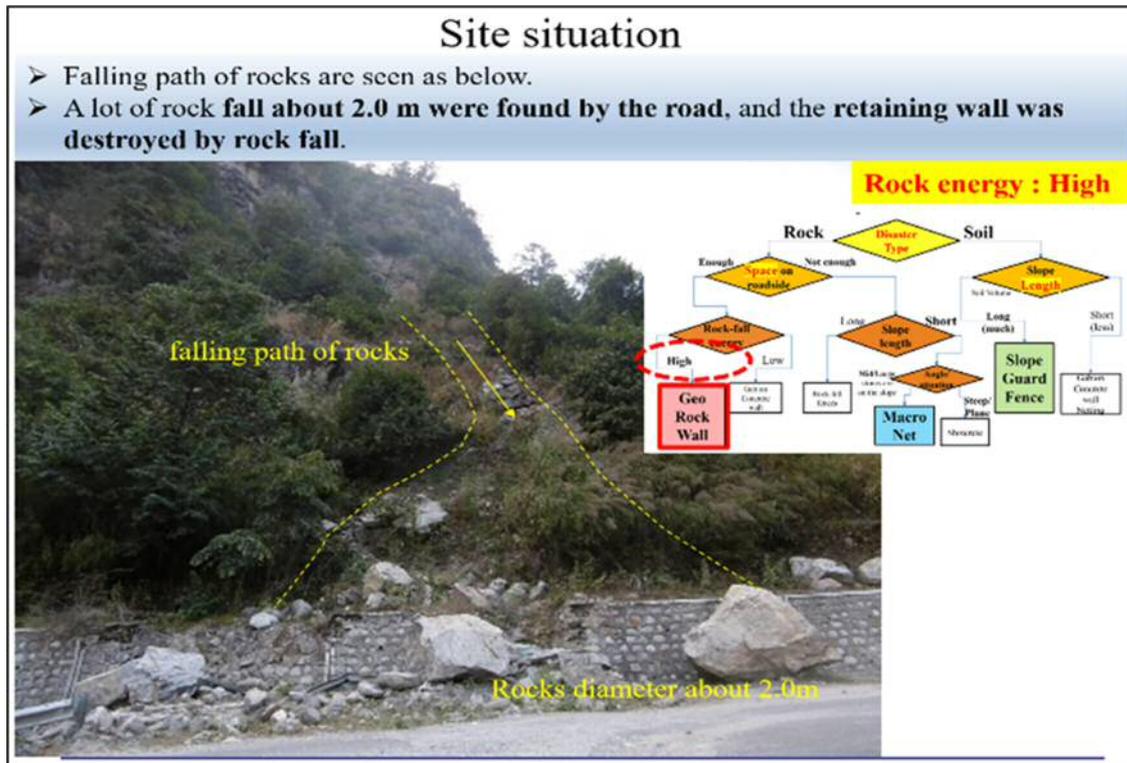


図 ジオロックウォールを適用する場合の敷設規模の検討結果（一例）

第3章 ODA 案件化

ブ国における道路斜面对策の今後の発展や技術向上を目指し、本調査で明らかになった結果を踏まえ、「普及・実証事業」に対する事業計画を策定した。下表にまとめる。

「普及・実証（ODA 案件化）」の実施にあたっては、構造物対策（ハード対策）としての「落石対策工」の導入と並行して、落石対策におけるソフト対策としての技プロ（例えば、対策工の調査・設計・施工管理・維持管理、及びマニュアル策定など）との連携を図りながら実施されると、C/Pにとってより効果的な案件配置ができると考えられる。

表 普及・実証（ODA 案件化）の概要

事業名称	ブータン国道路斜面对策技術及び工法に関する普及・実証事業	
事業目的	ブ国の開発課題である「自然災害に対する脆弱性」及び「都市と農村の経済格差緩和」を解決するため、道路斜面の災害を防止できる対策工の試験施工・普及を行い、災害の低減を図る。	
パイロットサイト	① ジオロックウォール：ワンデュ・ポディラン県、国道5号線、プナサンチュ水力発電付替部分、トンネル坑口北側斜面 ② マクロネット：ワンデュ・ポディラン県、国道1号線 ③ スロープガードフェンス：ワンデュ・ポディラン県、国道1号線	
	成果	活動
1. 対策工法の現地斜面適合性を実証する。		1-1 適合性の論理的な考え方及び技術手法を移転し、提案製品の適合性を実証する。
		1-2 試験施工を行い、災害防止効果を実証する。
2. 現地公共事業で提案製品が採用されるための基盤体制を構築する。		2-1 道路局との関係強化、工法のPR活動、案件形成・提案活動を行う。
		2-2 現地コンサルタント会社、建設会社との関係強化、工法のPR活動、規格化、発注仕様への規定化を狙う
3. C/Pの斜面災害対策能力が強化される。		3-1 現地勉強会・本邦受入研修によるOJT、施設配置計画論、設計・施工・維持管理の技術論
		3-2 C/Pの現地施工立会による品質検査方法の習得
4. 試験施工地以外の適用候補地を選定し、適用性調査を行い、案件ストックを確保する。		4-1 現地公共事業案件発掘のための現地調査及び測量を実施する。
		4-2 適合性を有する現場を選定し、提案製品をプロモートし、案件形成への環境醸成を実施する。

C/P	MoWHS（公共事業定住省）、DoR（道路局）
投入	費用概算 約1億円
期間	2019年1月から2021年6月まで

第4章 ビジネス展開計画

ODA 案件化以降のビジネス展開計画について、その概要を下表にまとめる。

表 ビジネス展開計画の概要

事業目的	「自然災害対策技術の革新で社会に貢献する」を基本理念とし、日本で蓄積した斜面災害対策技術を駆使してブータンの自然環境に調和した製品をブ国内及び周辺国に供給し、地域の「安全の創造」と「産業活性化」に貢献する。
ターゲット市場・顧客	斜面災害対策は行政機関が行う業務であり、ブ国では主に道路局がその任務を担っているため、道路局が最大のターゲットとなる。またブータン電力公社（送配電事業者）など電力関連企業も設備保全のニーズがあるためターゲットとなりうる。
事業化スケジュール及び実施体制	<p>2017年～ 「ブータン国案件化調査」取組</p> <p>2019年～ 「ブータン国普及・実証事業」取組</p> <p>道路局・建設コンサル・建設企業にPR活動を行う。</p> <p>ブ国内で送配電事業を行うブータン電力公社に製品をPRし、ブ国内の送電鉄塔施設周辺などでの活用を提案する。</p> <p>代理店候補の建設コンサル（カラチャクラコンサルタン）を通じて、ブ国内及び斜面災害が多く発生し、かつ同コンサル会社が人的ネットワークを有するインド北東部シッキム州に提案製品をPRしインドでの採用を模索する。</p> <p>2021年 現地建設コンサルタント企業と代理店契約締結。（ブ国・インドへの販売窓口とする）</p> <p>製造コスト及び輸送コストを削減するため、現地調達可能な部材を現地調達し、キーパーツを日本から輸出する体制を模索する。</p> <p>（ブ国内外の斜面災害対策市場の開拓とあわせ、現地雇用拡大に寄与）</p> <p>2025年 売上5億円を目指す。</p>
戦略	・道路局担当者と共に斜面災害対策が必要な現場を視察し、各現場に最適な工法を提案セールスし、「無償資金協力」や現地公共事業の案件組成に繋げる。

	<ul style="list-style-type: none"> ・「案件化調査」「普及・実証事業」技プロ等を通じ、ブ国政府の斜面災害対策能力の向上に貢献する中で、優先的に工法が採用される体制を構築する。 ・DoR 及び現地建設業界に強いネットワークを持つ建設コンサルタント（カラチャクラコンサルタント）を販売代理店として提携することにより、ブ国及びインドでの普及促進を図る。
<p>人員計画</p>	<p>2021 年～2022 年</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地建設コンサル企業（現地代理店候補）の人材 1 名を技術協力活用型・新興国市場開拓事業（研修）で受入れ、提案製品の設計に関する研修を行う。 <p>2022 年～2023 年</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ JICA 民間ボランティア制度にて道路局に 1 名派遣し、現地斜面防災技術の向上に貢献する中で、提案製品の普及に努める。

SUMMARY

Chapter 1 Development Issues in Target Countries and Regions

Located in the Himalayas, the Kingdom of Bhutan (simply “Bhutan” hereafter) shares a border with China to the north and India to the east west, and south. Bhutan has an area of roughly 380,000 km², similar in size to Kyushu, Japan, and is surrounded by mountains. Its population numbers approximately 800,000 (World Bank, 2016). Bhutan’s major industries are agriculture, forestry, tourism, and electric power generation. To support those industries, the need has emerged to build highways to transport products and supplies between rural and urban areas. Under Bhutan’s 11th Five-Year Plan (2012-2017), work began to develop and improve the quality of the nation’s roads, particularly the extension of National Highway No. 1, which connects the nation from east to west. As part of this effort, Bhutan’s Department of Roads (DoR) has improved National Highway No. 1 through work to shape adjoining slopes and undertaken bridge rehabilitation projects with support from JICA, with the ultimate goal of improving traffic flow.

However, topographical factors have made it difficult to achieve the ideal. To date, the work has succeeded in improving road conditions and minimizing delays on roadways terminating at Trashigang while maintaining a constant road width of 10.5 m, including vehicle lanes, median, and shoulders, to meet the requirements for the Primary National Highway established in the 11th Five-Year Plan. In addition, slopes where mountain sides have been subjected to dynamite blasting remain excavated and exposed to rainwater, leading to erosion and to subsequent slope failures (an umbrella term for surface failures, landslides, rockfalls, debris flows, and so forth) in the event of heavy rain or melting snow. This has led to mudslides on roadways that create hazards for both people and cargo.

Construction to stabilize the fragile slopes bordering National Highway No. 2 is currently proceeding with support from India, which has close geopolitical and economic ties to Bhutan. Countermeasures deployed to date on the slopes include gravity retaining walls, retaining walls, and rock nets installed by India’s Border Roads Organization (BRO). However, the existing countermeasures are in the so-called dry masonry state, meaning they are characterized by space among the crushed stones within the works or in other states that in which rock bolts can readily slip, since the rock bolts and rocks are not joined by mortar. This state suggests that the local techniques and materials in Bhutan for securing slopes against disaster are insufficient. Local newspapers have pointed out that local contractors may benefit from detailed oversight of construction to ensure the quality of the structures and fulfill their accountability.

With the start of the 12th Five-Year Plan in August 2018, DoR has indicated it will implement policies targeting the following goals: i) ensuring accessible and reliable roads that remain so

in any weather; ii) reducing travel times; iii) ensuring high-quality construction for the infrastructure and maintenance measures. The Revised Road Sector Master Plan sets forth a guide for the road sector and specifies incentives for contractors capable of introducing technologies to stabilize cut and banked slopes. The DoR is seeking to improve road reliability and reduce travel times through innovations in countermeasures to rockfall and other hazards and to build roads capable of resisting climatic factors. The following are key issues for the development of a mountainous national highway in Bhutan:

1. Ensuring construction quality: Promoting high-quality construction that ensures the performance of slope countermeasure by establishing one-stop construction cycles including surveys, planning, design, construction, supervision, and maintenance
2. Promulgating the concept of prevention/protection through rockfall countermeasures: Disseminating knowledge of preventive work, whose goal is to prevent rockfalls from slopes, as well as protective work, whose goal is to protect roads, cars, and human life from rockfalls
3. Meeting accountability obligations and gaining the understanding of stakeholders: Explaining the need to introduce countermeasures to gain the understanding of stakeholders by involving them from the planning stage

Chapter 2 Products and Technology for the Proposed Enterprise

Protec Engineering is a small to mid-sized enterprise based in Niigata Prefecture that develops and supplies products related to rockfall and snowslides/avalanche countermeasures. Since its founding in 1998, Protec Engineering has developed new products and swiftly delivered them to emerging markets by identifying demand for road slope disaster prevention in the early stages. The company has also partnered with Gifu University in joint collaborative research to develop the Geo Rock Wall. Protec Engineering operates its own factory for secondary processing of steel-based materials for its own products. To ensure product quality and performance against rockfalls or other disasters, the site also incorporates an experimental facility.

Protec Engineering offers extensive experience with and knowledge of overseas markets. The company has worked with the California State Road Bureau, the Korea Road Bureau, counterparts in Turkey, and exported products for various road construction projects. The company also takes an active role in exchanging information related to the road slope disaster prevention market through joint efforts with geological consulting companies in Colorado in the US and in British Columbia in Canada. It has established business alliances with Italy-based Maccaferri, which accounts for the majority share of the world market in rockfall

protection netting (tortoise wire mesh).

The following products were proposed for this project:

1. Reinforced Wall for Rockfall Protection (Geo Rock Wall)

Geo Rock Wall protects roads and traffic from rockfalls from heights. Geo Rock Wall is made with Impact Catchment Bags and Impact Transmission Bags composed of sand deployed at the site, which offer different levels of strengths. The Impact Transmission Bag is positioned between Impact Catchment Bags utilizing high strength and high elongation materials to form a three-layer structure. This structure is key to absorbing rockfall impact. The wall is configured and built at the site by integrating viscous soil and sand for the main structural element and Impact Resistant Walls for the foundations. By integrating vegetation mats using soil from the site that promote the growth of local vegetation, this wall also functions as a greening structure.

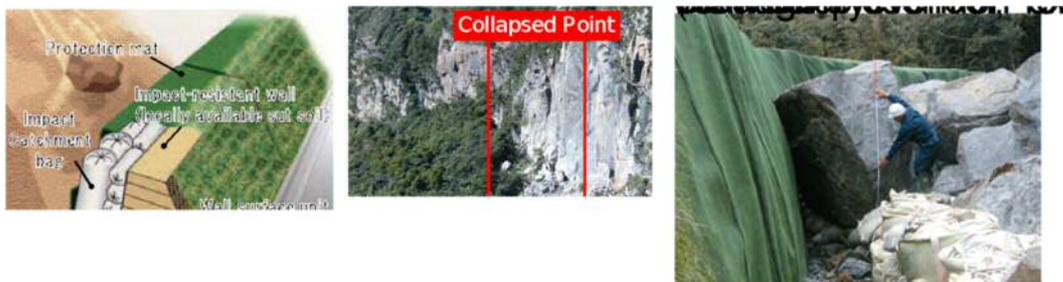


Figure: Overview of Geo Rock Wall

2. Slope surface stabilization structures (Macro Net)

Composed of nets, cables, and plate anchors, the Macro Net is applied to and covers slopes to protect roads from rockfall. The net incorporates double-twist wire mesh to withstand large tensile stresses. When combined with vegetation mats, the Macro Net also helps promote the growth of vegetation on slopes.

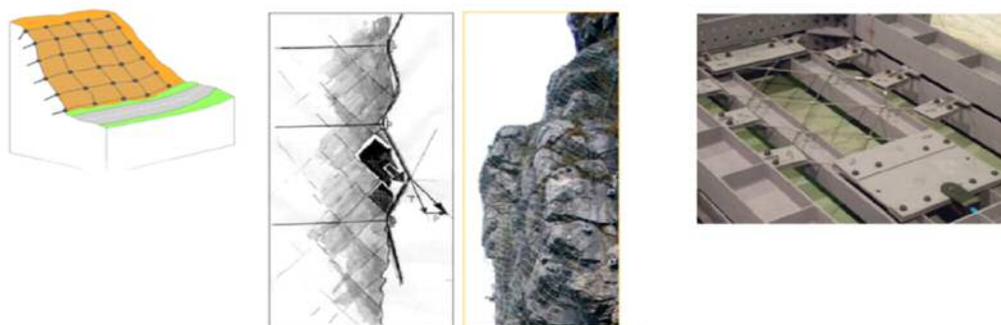
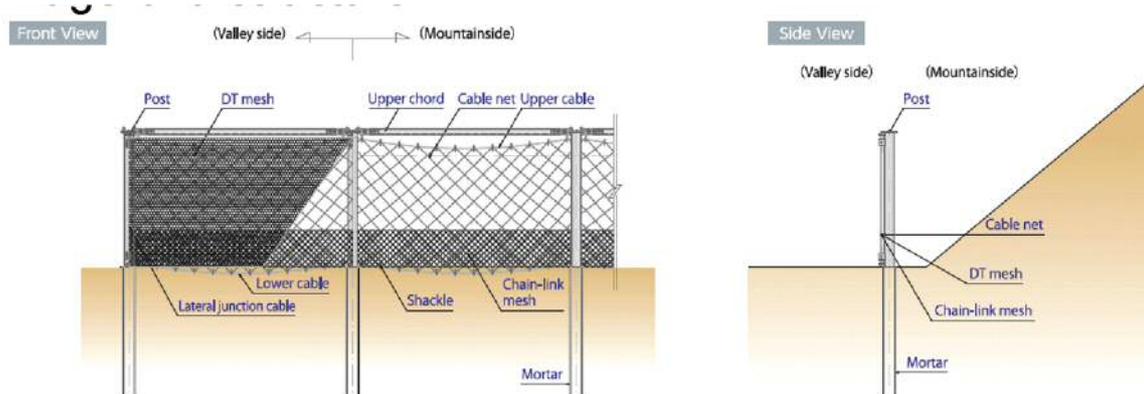


Figure: Macro Net

3. Slope Failure Protection Fence (Slope Guard Fence)

The Slope Guard Fence consists of struts and wires that catch falling rock and sand and minimize the impact of landslides. It consists of Lotus Root Steel Tube (for the main pillar) and redundant foundations to protect roads. Based on studies of impact and sediment pressure in field slope surveys, the product achieves high protective performance and appears to meet the requirements of performance verification tests.



Example of protecting landslide



Bending strength test of the post

Figure: Overview of Slope Guard Fence

The following three tasks were undertaken to confirm suitability for field deployment: A domestic survey was undertaken to identify typical slope conditions before the proposed product is deployed in the domestic Bhutan market.

1. The likely slope conditions to be mitigated by the proposed product were selected by consulting with DoR. Demand was further clarified through on-site surveys.
2. Cost estimates assumed a detailed design of the installation and construction methods for the proposed products on the selected slopes.

3. Training for C/P was provided in Japan. C/P visited road slopes where the proposed product would be deployed to confirm suitability for the specific sites, special requirements of specific sites, and other notable points.

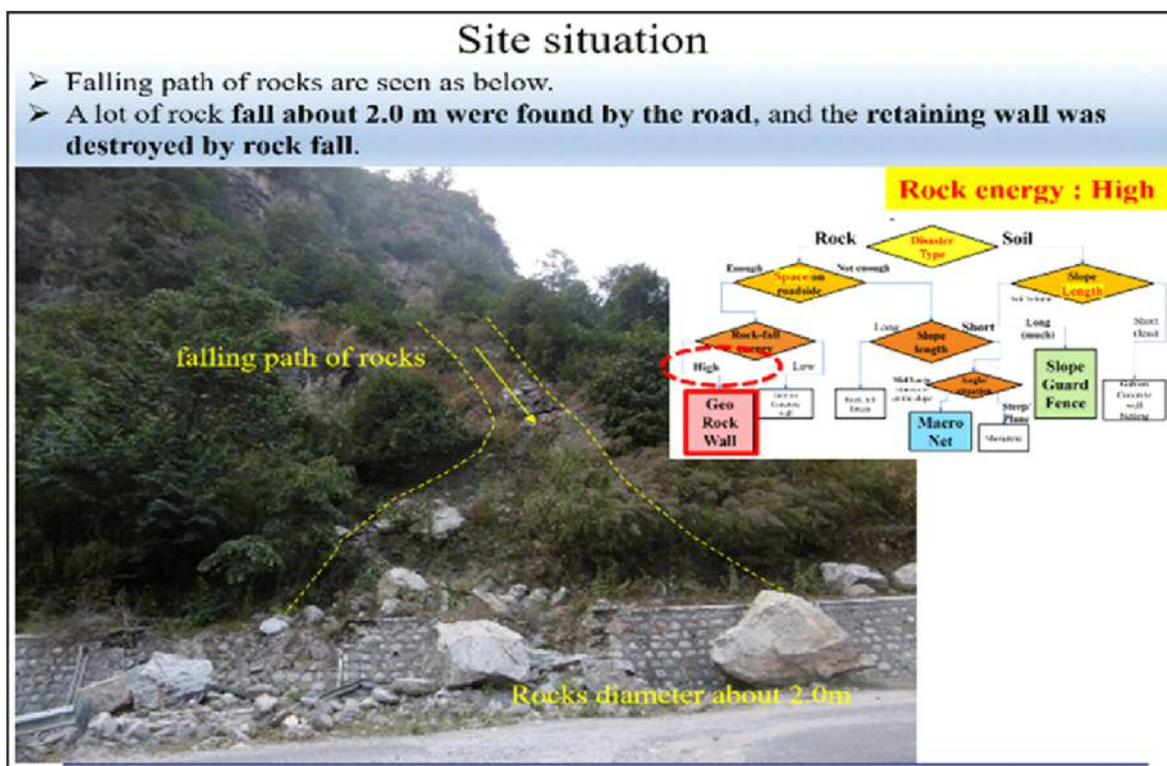


Figure. Scale of application: Geo Rock Wall (example)

Chapter 3 ODA Feasibility Survey

Based on the results of this survey, plans were established for a “Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies” targeting the future development of road slope countermeasures in Bhutan and associated technology improvements. The following table presents a summary of the project plans. In addition to such structural measures—the “hard” component—the full range of countermeasures must include Technical Partnership Projects that address “soft” component rockfall countermeasures. Combining these measures with survey, design, construction management, maintenance, and suitable manuals will maximize the positive impact of the project.

Table: Overview of “Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies”

Project Name	Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Road-Side Slope Disasters in the Kingdom of Bhutan
Purpose	Reduce the impact of natural disasters by implementing experimental construction and by deploying countermeasures on road slopes, thereby minimizing vulnerability to natural disasters and mitigating economic disparities between urban and rural areas, both developmental issues for the Kingdom of Bhutan
Site	<ol style="list-style-type: none"> 1. Geo Rock Wall: National Highway No. 5, Wangdue Phodrang District 2. Macro Net: National Highway No. 1, Wangdue Phodrang District 3. Slope Guard Fence: National Highway No. 1, Wangdue Phodrang District
Goals	Activities
1. Confirm suitability of countermeasure methods	1-1 Transfer technical methods and logical thinking for product adaptation and confirm the suitability of the proposed product for the case in question.
	1-2 Demonstrate disaster prevention effects through pilot construction.
2. Establish an implementation structure for adopting proposed products in local public works.	2-1 Strengthen relationships to DoR; promote construction methods; formulate/propose projects.
	2-2 Strengthen relationships to local consultants and construction companies;

	promote construction methods; identify regulations for bidding document specifications.
3. Expand the scope of C/P slope disaster countermeasures.	3-1 Expand capabilities related to facility placement planning, technical design theory, construction, and maintenance through on the job training in local seminars as well as training in Japan.
	3-2 Demonstrate and pass on quality inspection methods to local staff at the construction site.
4. Select candidate sites which are not to be applied for pilot construction sites, carry out surveys of applicability of countermeasures, and secure project stocks Rule out candidate sites where pilot construction would not be suitable; assess the applicability of countermeasures; and secure project stock.	4-1 Carry out field surveys to identify appropriate local public projects.
	4-2 Select applicable pilot sites and promote proposed products and project formulation and planning.
C/P	MoWHS, DoR
Investment	Estimated cost 100,000,000 JPY
Duration	January 2019 – June 2021

Chapter 4 Business Development Plans

The following table gives an overview of business development after the ODA Feasibility Survey.

Table. Overview of business development plans

Project Purpose	Help achieve the goals of ensuring safety and industry revitalization, based on the philosophy of contributing to society, through innovations in technologies that safeguard against natural disasters and by supplying environmentally responsible products for Bhutan and neighboring countries], drawing on slope disaster countermeasure technologies accumulated in Japan.
Target markets/customers	DoR is the most significant target, since administrative agencies have oversight over slope disaster countermeasure works. Bhutan Power Corporation, a power transmission and distribution company, is another

	potential target, due to the maintenance demands the products are expected to generate.
Schedule and implementation structure	<p>2017- Implementation of Feasibility Survey in the Kingdom of Bhutan</p> <p>2019- Implementation of Private Sector Verification Survey to Disseminate Japanese Technologies in the Kingdom of Bhutan</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Promote products to DoR, construction consulting companies, and construction companies. ▪ Promote products to Bhutan Power Corporation and propose use in areas around power transmission tower facilities. ▪ Promote products to Bhutan and to Sikkim State in northeastern India, where slope disasters are common; seek to promote adoption in India through Kalachakra Consultancy, a construction consulting company and candidate product distributor. The Kalachakra Consultancy offers access to social networks and connections in Sikkim State. <p>2021-</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conclude contract with a local construction consulting company to serve as liaison for matters related to Bhutan and India. ▪ Establish a system for exporting key parts from Japan to reduce manufacturing and transportation costs. This will promote the development of slope disaster countermeasure markets inside and outside Bhutan and strengthen local employment. <p>2025-</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ The sales target is 500 million yen.
Strategy elements	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visit sites where slope disaster countermeasure works are needed with staff in DoR; propose optimal construction methods for each site, leading to grants in aid; formulate projects for local public works. ▪ Seek to strengthen the Bhutanese government's slope disaster countermeasure capabilities through feasibility surveys, Private Sector Verification Surveys to Disseminate Japanese Technologies, and technical partnership projects; ideally, establish a system that will advance the adoption of construction methods from Japan. ▪ Promote and disseminate products and knowledge in Bhutan and India in partnership with the Kalachakra Consultancy, which offers strong networks in DoR and in the local construction industry.
Manpower planning	<p>2021 – 2022</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Accept one worker from local construction consulting company (from

	<p>the local distributor candidate) for technical training through the Association for Overseas Technical Partnership and Sustainable Partnerships (AOTS); provide training on proposed product design.</p> <p>2022 - 2023</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Dispatch one individual to DoR under the Overseas Volunteer Program, in partnership with the private sector; disseminate proposed products; improve local slope disaster prevention technologies.
--	--

ブータン国 道路斜面災害対策技術及び工法に関する案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社プロテックエンジニアリング
提案企業所在地：新潟県北蒲原郡聖籠町
- サイト・C/P機関：首都ティンブプー近郊の山岳道路/道路局

提案製品の日本国内施工事例



ブータン王国の開発課題

- ブータン王国は急峻な山に囲まれた内陸国で、主要インフラである道路で斜面災害が頻発、人の移動に支障をきたし、断絶地域が発生。
- 地方道での斜面災害は、農産物の出荷に影響し、基幹産業である農業の生産性に支障を及ぼす。

中小企業の技術・製品

- 構造：落石の衝撃や土砂の荷重を効率的に吸収
- 設計：力学解析・シミュレーション・構造計算の裏付け
- 環境性：植生による環境/景観調和
- 施工性：軽量、ユニット構成により施工期間短縮

調査を通じて提案されているODM事業及び期待される効果

- 「普及・実証事業」「無償資金協力(経済社会開発計画)」「(旧中小ノンプロ) 技術移転を通じ、カウンプार्टの斜面災害対策計画策定能力を向上
- 提案製品を核とした斜面災害対策の取組促進により、斜面災害による被害を低減
- 開発課題「自然災害に対する脆弱性」「都市と農村の経済格差緩和」の解決に貢献

日本の中小企業のビジネス展開

- 提案製品の普及・実証をステップとして、「無償資金協力(経済社会開発計画)」「(旧中小ノンプロ)や現地公共事業の案件組成に繋げる。
- ブータン王国と同様にヒマラヤ連山帯で斜面災害の被害に苦しむパールやインド等南アジア諸国全体に営業展開を図る。



ブータン王国での
現場実証の事例

Kingdom of Bhutan Feasibility Survey for Countermeasure Technologies and Methods for Road-Side Slope Disasters

Examples of proposed product



SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME: PROTEC ENGINEERING,INC
- Location of SME: Niigata Pref., Japan
- Survey Site / Counterpart Organization : Mountain road around Thimphu/Ministry of Works and Human Settlement Department of Roads Maintenance Division

Concerned Development Issues

- Kingdom of Bhutan is an inland country surrounded by steep mountains.
- Slope disasters frequently occur on roads and it affects people's passage, occasionally some areas are blocked.
- Slope disasters in regional roads affect the shipment of agricultural products.

Products and Technologies of SMEs

- Structure: Efficiently absorbs the impact of falling rocks and the load of earth.
- Design: Based on mechanical analysis, simulation and structural calculation.
- Environmental: Using vegetation etc./ landscape harmony.
- Construction: Shortening construction period using lightweight parts and unit configuration.

Proposed ODA Projects and Expected Impact

- Development to ODA projects.
- Improve counterpart's slope disaster countermeasure planning ability through technology transfer.
- Reduce damage due to slope disasters by promoting efforts on slope disaster countermeasures based on proposed products.
- Contributing to solving the development issue 'vulnerability to natural disasters'.



Rock fall damage in Bhutan

はじめに

● 調査名

和文：ブータン国「道路斜面災害対策技術及び工法に関する案件化調査」

英文：Kingdom of Bhutan 「Feasibility Survey for Countermeasure Technologies and Methods for Road-Side Slope Disasters」

● 調査の背景

ブータン王国（以下、「ブ国」）は道路を主要な交通・輸送手段としており、同国の社会・経済発展には道路交通整備は不可欠である。しかし、国土の大部分が険しい山岳地帯で、地形的制約が大きく、道路の大部分が急傾斜地であるという特徴を有しているが、十分な斜面災害対策を実施していない多くの道路において斜面災害が頻発している。そのため、首都や国内の他の地域から交通が断絶される地域が発生し、人の移動や貨物の運搬に支障をきたしている。ブ国政府では「第11次5ヵ年計画

（2013-2018年）」、「Road Sector Master Plan」等で、道路斜面の対策を講じているものの、技術力及び経験不足により、十分な斜面对策を実施できていない状況である。また、発注者が実施した「道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト（2014-2016年）」においても、ブ国主要道路を斜面对策工事の必要性に応じてランク付けし評価しているが、多くの道路において落石対策の必要性を示す結果となっている。

上記背景の下、受注者は提案製品であるジオロックウォール、マクロネット、スロープガードフェンスを導入することにより、異なる性質をもつ斜面にも対応した斜面对策の実施を可能とする。また、設計・施工・維持管理方法およびこれらにかかる計画策定方法の技術移転を行うことにより、ブ国の斜面災害対策を実施する能力の強化に貢献する。

● 調査の目的

・提案製品・技術の導入により、開発課題の解決にどのように貢献できるかを明らかにする。

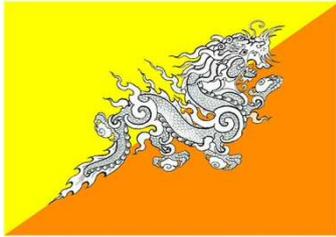
・提案製品・技術の活用可能性を確認する。

上記をふまえた ODA 案件及びビジネス展開計画を策定する。

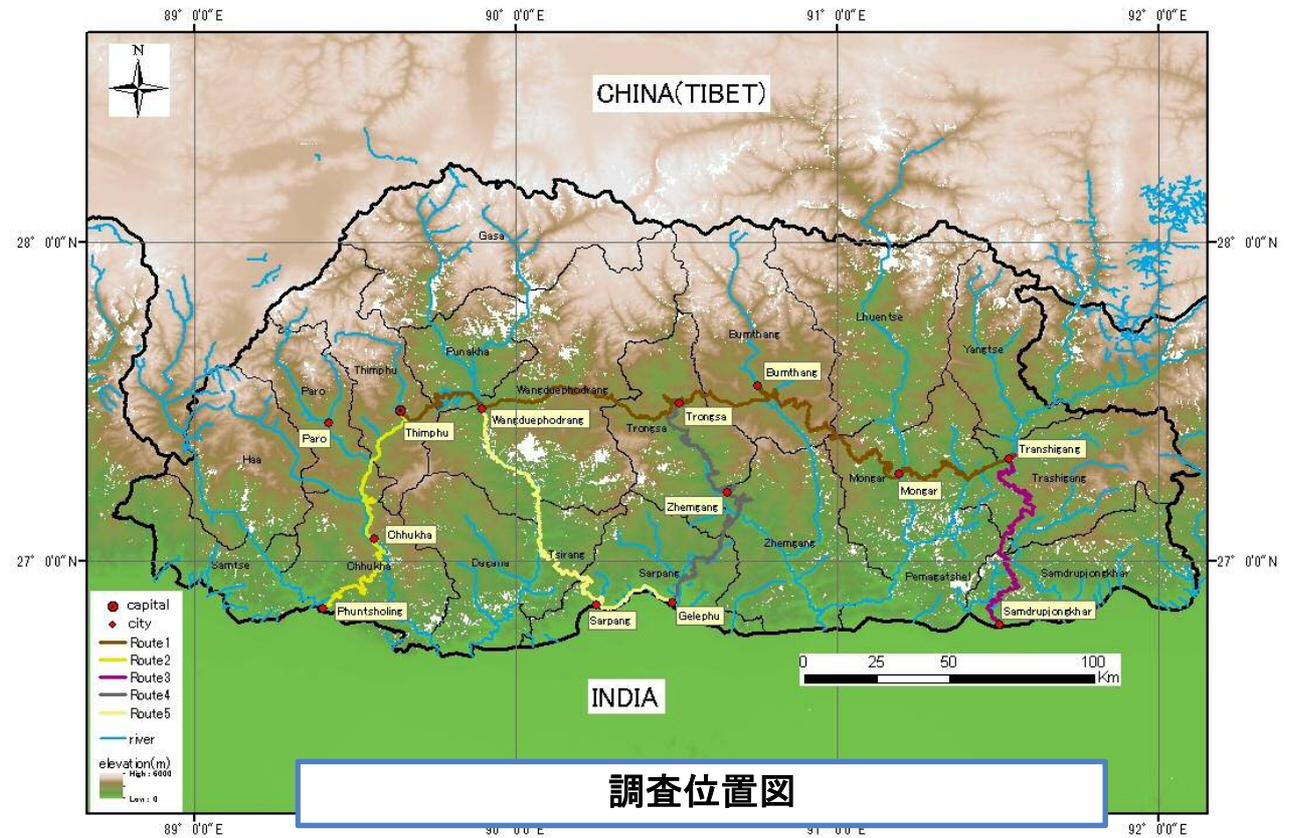
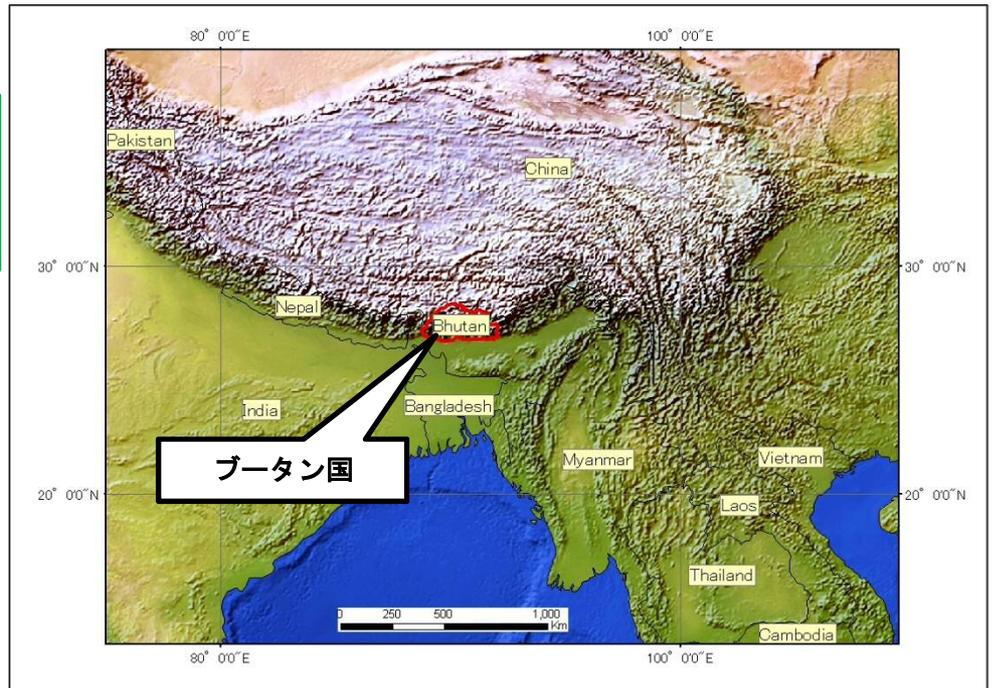
● 調査対象国・地域

ブ国ティンプー県、プナカ県、ワンデュ・ポダン県等

本プロジェクト における 調査位置図



Bhutan National Flag



- 調査期間、調査工程

2017年11月10日～2018年8月31日

別添調査行程詳細表及び業務従事者の従事計画・実績表参照

- 調査団員構成

企業・団体名	役割	氏名	担当業務	業務内容
株式会社プロ テックエンジニアリ ング	提案企業	相澤純一郎	業務主任	事業統括、製品の適用可能性・ODA 案件化及びビジネス展開計画策定
		野村利充	製品・技術普及	提案製品・技術の普及
		山本満明	技術主任	提案製品に関する技術指導と設計監督
		藤田淳	業務調整・補助	調査全般の補助と報告書作成
		Altan Cagcan Utku	技術補助	提案製品に関する設計補助
国際航業株 式会社	外部人材	戸沢正徳	チーフアドバイザー/環境社会配慮担当	開発課題分析、ODA 案件化・ビジネス展開にかかる各種調査、案件進捗管理、各種報告書作成
	補強	田中慎一	現地調査/測量	現地調査の要求条件の定義、現地適用斜面の選定、提案製品の設計・積算
	外部人材	脇田エミリオ 和林	現地投資環境等調査	投資環境調査、現地再委託先の管理、現地調査とりまとめ、報告書作成
片平エンジニア リング・インターナ ショナル	補強	香野拓司	農業局ニーズヒアリング/ODA 案件化	現地政府へのニーズ調査、ODA 案件化に係る各種調査・調整
新潟大学災 害・復興科学 研究所	外部人材	福岡浩	斜面災害学術交流/本邦受入	現地勉強会（学術交流）の実施、本邦受入研修対応
丸新志鷹建 設株式会社	外部人材	山崎浩	施工状況調査	施工現場・施工条件の確認、試験施工に必要な機材の確認
	外部人材	Sandip Adhikari	施工状況調査/現 地施工機材事前 確認	施工現場・施工条件の確認、試験施工に必要な機材の確認

第1章 対象国・地域の開発課題

● 1-1 対象国・地域の開発課題

ブ国は、ヒマラヤ山脈という急峻な地形条件に存する内陸国であり、豪雨・地震などの自然災害や、経済社会状況の変化による農村・都市での環境の変化に脆弱である*1。2017年が計画実行期限である第11次五か年計画*2では、「持続かつ平等な社会経済開発」を開発目標の柱の一つに掲げる中、ブ国における経済インフラの根幹である道路セクターでは、道路分野マスタープラン*3で、国道における移動時間の短縮や各家庭から道路へのアクセスを向上させる施策を行ってきた。特に国道一号線（東西回廊）の整備を推進し、道路拡幅による二車線化や線形改良*4、及び老朽化した橋梁の架け替え*5などの事業を実施してきた。

このような中、第11次五か年計画のレビュー（Mid Term Review Report*6）では、公共事業定住省（MoWHS/Ministry of Works and Human Settlements）傘下の道路局（DOR/Department of Road）に対して、道路整備の品質の向上策、都市・地方間の道路整備への予算額見直しの必要性、道路事業における予算額低減の必要性（コストエスカレーション対策）が指摘され、このようなレビューを第12次五か年計画

（2018-2023）に反映すると記載がなされた。このようなことから、国道を含めた道路を延伸開拓するにあたり、一度整備したら恒久的に長く安定的に道路を活用できるコストパフォーマンスを高めた道路の開発が求められると考えられる。

このような状況下、ブ国の国土を東西に貫く国道1号線を取り巻く地形・地質的な条件を見ると、落石が頻発する急峻な峡谷や高度差の大きい山腹斜面など路線計画上の困難性や、ヒマラヤ造山帯の地殻変動（褶曲や断層活動）を起因とする脆い岩盤・土質構造によりインフラ設計上の困難性が伴い、道路開発を経済的に（政策が社会に示す工期通りに）進めることの難しさを示している*7。道路の斜面对策では、ティンブー県、ワンデュ・ポダン県、トンサ県～タシガン県と東延する国道1号線は、モンガ県までは2車線拡幅工事が進み（2018年3月時点）、以東ルートへの拡幅工事を予定しているものの、途中トンサ県における急崖（トマンクリフ）を挟んだ区間では、地形制約のあまりの厳しさに、断崖の発破を伴う工事すらできない状態であり、道路開発上のボトルネックとなっている。

道路局が発注する道路工事では、地形条件（等高線や地形勾配など）に沿って計画された路線ルートに対し、路線ルートから山側への斜面の切土（ダイナマイトによる発破やバックホーなどの重機掘削による道路幅の形成作業）、道路規格に応じた道路幅の確保（路幅の整地や路床・舗装の支持基盤の形成）、道路支持基盤上の舗装面（「ブラックトップ」と表面排水溝の設置を行うのみで、環境対策（例えば、捨土の再利用や適性な再処理など）、切土斜面の風化・浸食を防ぐような斜面安定化策を、道路局の予算を投資して講じることは今までなかった（パロ空港から首都ティンブーを結ぶ国道2号線では、インド政府による斜面对策工事が一部なされている（インド陸軍傘下

のインフラ整備組織である辺境地域組織 Border Roads Organization による「Project DANTAK」が、落石・がけ崩れなど斜面の崩壊特性を踏まえ、かつ、長期にわたって対策の効果が持続する「適切な」斜面安定化策を講じているとは技術的に言い難い)*⁸。

道路、橋梁などの社会インフラを支える担い手の育成についても、インド企業による水力開発が盛んに実施されているものの、インド政府の資金投下、インド建設企業による施設設計・資材調達・施工管理とオールインド化がなされている状況で、ブータン側への技術成果の反映（OJT を通じた人材育成など）がなされず、ブータンにおける建設産業全体の能力向上にはつながっていない状況である)*⁹。

*1: 国別開発方針、対ブータン国事業展開計画、http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kuni_enjyo_kakkoku.html

*2: Gross National Happiness Commission HP, <http://www.gnhc.gov.bt/en/>

*3: Road Sector master Plan, Department of Road HP <http://www.mowhs.gov.bt/>

*4: Guidelines on Road Classification System and Delineation of Construction and Maintenance Responsibilities 2009, Ministry of Works and Human Settlement in Bhutan, http://www.mowhs.gov.bt/wp-content/uploads/2010/11/English_Road_Guidelines.pdf

*5: プロジェクト紹介 HP、ブータンでの取り組み、JICA、<https://www.jica.go.jp/bhutan/>

*6: Gross National Happiness Commission HP,

<http://www.gnhc.gov.bt/en/wp-content/uploads/2017/05/Final-Revised-Draft-Mid-Term-Review-Report.pdf>

*7: Kuensel 2017 年 12 月 2 日記事 “East-West Highway works likely to spillover”

<http://www.kuenselonline.com/east-west-highway-works-likely-to-spillover/>

*8: Kuensel 2017 年 3 月 10 日記事 “Sustainability of Geo-synthetics reinforced walls questioned”

<http://www.kuenselonline.com/sustainability-of-geo-synthetics-reinforced-walls-questioned/>

*9: 地元建設コンサルタント、カラチャクラコンサルタント社長ディタール氏へのインタビューによる（2017 年 12 月）

● 1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

2017 年 9 月には第 12 次五ヵ年計画に対するワークショップが開催され、第 12 次五ヵ年計画の概要や開発目標・指標、各セクターの開発内容などが話された)*¹。国民総幸福委員会（Gross National Happiness Commission）では、インセプションノート（DRAFT）として、第 12 次五ヵ年計画の準備書（12th FYP Guidelines Preparation）が公開されている。この中で、道路開発に関係する記載として、「水力開発依存と最貧国（LDC/Least Developing Country）からの脱却を視野に入れ、経済構造の改革を行うことが重要である。特に、社会インフラ整備が重要であり、中央・地方を結ぶインフラとしての道路が重要である。第 12 次五ヵ年計画で力を入れることとして、生産性の向上を掲げ、具体的には工業団地の開発と工業団地へのアクセス道路の整備に施策の力点を入れる」と記載されている)*²。

第 12 次五ヵ年計画（案/2018-2023）は、承認されれば 2018 年 7 月～2023 年 6 月に実施される。予算配分については、公共事業定住省に 100 億 Nu 割り当てられる予定だ

が、増額を中央政府と交渉中である*3。その中で 75.5 億 Nu (約 133 億円) は道路局に割り当てられるよう計画上の調整を行っている。ブ国の開発計画では 5 年ごとに全国レベルで NKRA の指標 (NKRA/National Key Result Areas) が設定される。公共事業定住省の事業に関連する指標項目は、NKRA 9 の Infrastructure, Communication and Public Service Delivery (インフラ、通信、公共サービス調達) である。また各省庁は関連する NKRA に沿って、その AKRA 指標 (Agency Key Result Areas) を設定しなければいけない。公共事業定住省では 7 つの AKRA が設定されている。そのうち道路局には 3 つが割り振られている。更に、各 AKRA の下に、政策実施上の指標 KPI (KPI/Key Performance Indicator) が設けられ、予算は KPI ごとに割り当てられている。道路局が担当する AKRA および KPI は下表の通りである*4,5,6。

表 1 第 12 次五か年計画における政策実施上の指標 (道路関係)

Agency Key Result Areas (AKRA)	Key Performance Indicators	Budget
i) Climate proof road accessible throughout the year in all types of weather (全ての天候においてもアクセス可能な気候に強靱な道路)	Clearance of road blocks on the National Highways (国道の道路封鎖の解消)	10 億 Nu
	Systematic slope stabilization on NH initiated (道路斜面安定化対策を行う斜面の優先順序を体系的に決めていく)	3 億 Nu
ii) Reduction in travel time (移動時間の短縮)	Length of existing NH shortened (国道の線形を改良し、時間短縮を行う)	不明
	Pothole free highway (凹凸のない道路)	不明
	Missing links of National Highway constructed (分断されている非接続区間をなくして、国道を一続きにする)	不明
	Improvement of National Highway constructed (建設済の国道の改修)	不明
iii) Quality infrastructure constructed and maintained (品質の高いインフラの施工と維持管理)	Enhanced load carrying capacity on NH and Industrial Road from 18MT-30&50MT respectively (国道および産業道の耐荷重能力を向上 18MT→30 & 50MT)	不明
	Enhanced load carrying capacity on bridges from 18R to 40R (SNH&Dongkhag road)/70R (HPP roads) 橋梁の耐荷重能力の向上 18R から 40R (SNH & Dongkhag 道路) / 70R (HPP 道路)	不明
	Road Safety Improved (道路の安全性向上)	不明
	Road side amenities constructed along	不明

道路斜面災害対策の実施は KPI: “Systematic slope stabilization on NH initiated” に該当し、3 億 Nu (約 5 億 3 千万円) が割り当てられる予定である。

第 12 次 5 カ年計画の制定・承認フローについては、NKRA が、2017 年 6 月に GNH (国民総幸福委員会 Gross National Happiness Commission) により設定され、それ以降、AKRA と KPI を各省庁が作成し、12 月に予算配分の交渉を行っている。予算の配分が決まったら、2018 年 3 月までに KPI ごとに行う詳細な活動を作成する。その後、2018 年 5 月に承認される予定である。なお、2018 年 4 月に政府選挙 (National council) が行われ、政権交代による計画の見直しが懸念されると、道路局の担当者が話した。

*3

また、第 12 次五か年計画を踏まえた改訂道路分野マスタープラン (「Review of Road Sector Master Plan」) では、道路開発では、中央・地方を結ぶ幹線道路の整備から、第二東西回廊 (South East-West Highway) の開発や、地方・村落道路 (Feeder Road) への開発志向の転換、難工事区間におけるトンネル化など、従来の基調とは異なり、高度化、多角化の方向性を提示している*4。

この改訂道路分野マスタープランにおける着目点として、Ⅲ 道路アセットマネジメントの構築*5、Ⅳ 気候変動に強い道路の建設*6、である。道路アセットマネジメントの構築では、車両通行の大型・頻繁化などの道路需要の高まりを受け、特に国道における道路構造物 (舗装と排水施設・橋梁など) の補修・維持管理・更新に伴う保全活動を、その劣化状態に応じて適切に交換・補修するタイミングを、道路構造物の機能向上時期も含めて設定し、道路維持管理活動のバランスを図る活動であると認識がされている。また、この具的活動として、道路局では、道路ストックの台帳化と情報通信技術 (Information Technology) を活用したストックの状態診断と、適切な予防保全への取組みの必要性を明記している。また、気候変動に強い道路建設では、地形的に厳しい条件の中で道路が建設されている中、特にモンスーンにおける異常な降雨により、道路構造物 (道路斜面を含む) の破損が頻発、道路ネットワークの寸断による経済活動の遅滞、これらの補修に伴う財政支出が無視できないと認識されている。課題解決案として、道路斜面を安定化させたり道路切土・盛土の表層崩壊を抑制させたりする技術などを排水施設とともにすべての道路設計の中に組み込むべきと指摘されている。

*1:12th FIVE YEAR PLAN CONSULTATION WORKSHOP FOR DoA,

<http://www.moaf.gov.bt/12th-five-year-plan-consultation-workshop-for-doa/>

*2:12th FYP Guidelines Preparation,

http://www.gnhc.gov.bt/en/wp-content/uploads/2017/05/6th-Draft-Inception-Note_23May2016.pdf

*3:「DoR 面談記録 (2017 年 12 月 8 日付)」、調査団作成

*4 : Revised Road Sector Master Plan 2007–2027, Department of Road, Ministry of Works and Human Settlement in Bhutan、<http://www.mowhs.gov.bt/wp-content/uploads/2017/04/Review-of-RSMP-2007-2027-FINAL.pdf>

*5 : Revised Road Sector Master Plan 2007–2027, P14, III Road Asset Management

*6 : Revised Road Sector Master Plan 2007–2027, P15, IV Climate Resilient Road Construction

● 1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力量針

対ブ国国別援助方針^{*1}では、国民総幸福量の最大化を基本理念とし、農村と都市とのバランスのとれた自立・持続的な国づくりへの支援を基本方針としている。重点分野として、農業・農作物、道路橋梁、地方電化といった基礎的な社会インフラの整備を例とした持続可能な経済成長への支援や、都市環境・自然環境・防災対策などの脆弱性の軽減に対する支援を重点的に支援してきた。このような支援過程の中で、特に、道路整備（道路舗装や線形改良、橋梁架橋、斜面安定化対策など）では、水力発電開発への建設物資を運搬する過積載の大型トラックの通過により老朽化がひどく促進された、経過年数の古い橋梁の架け替え事業を中心に、国道1、4号線の橋梁架け替え事業が進行中^{*2,3}である。また、橋梁架け替えに加えて、狭隘な山岳斜面脇に延伸するアクセス路の不良線形（例えば、クランク状に設定されたアプローチ道路と橋梁本体との不良線形）も同時に改良されている。これは、運転者の視認性を向上させると共に、不良視界の解消により交通安全の効果も得ている。

このように主要国道では、橋梁の架け替えにより車両の通過性能や安全性の向上が図られているものの、山岳道路では宿命である道路斜面の安定化は道半ばであり、2014年から2016年にかけて、道路斜面管理マスタープランプロジェクト^{*4}が実施され、ブータンにおける典型的な道路斜面災害形態（地すべり、がけ崩れ、落石、土石流）に対する、道路局の維持管理運営能力の向上への寄与が図られた。このプロジェクトの成果として、本邦における道路斜面防災の経験を参考に、斜面カルテを活用した崩壊懸念斜面のスクリーニング（調査）、工学的観点での優先付け手法による安定化対策工事を実施するための意思決定ツール（事業計画、設計）、斜面安定化対策事業（将来事業）への基本的なガイドライン・マニュアルの共有がなされた。

上記のような道路斜面の安定化技術向上の成長過程において、今回の落石対策技術の普及・実証は、ブ国において始まった体系的かつ工学的な視点での道路斜面对策における先駆的な位置づけとなると考える。

*1:国別開発協力量針、事業展開計画、外務省 HP、

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kuni_enjyo_kakkoku.html

*2:ODA 見える化サイト、国道1号線橋梁架け替え計画、

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kuni_enjyo_kakkoku.html

*3:ODA 見える化サイト、国道4号線橋梁架け替え計画、

<https://www.jica.go.jp/oda/project/1660520/index.html>

*4:ODA 見える化サイト、道路斜面管理マスタープラン、
<https://www.jica.go.jp/oda/project/1300222/index.html>

● 1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

ブータンにおける社会インフラ整備関連でのドナーの事例として、世銀、アジア開発銀行（ADB）、インド単独、南アジア連合（SAARC）、JICA が挙げられる。

【世銀の事例】

世銀では、2017 年から” Preparation of Strategic Program for Climate Resilience” プロジェクトが、2017 年から 2019 年にかけて、150 万 USD の拠出で実施中である。内容としては、洪水、斜面災害、GLOF（Glacier Lake Outburst Flood）への対処能力の強化（例えば、防災センターの設立と洪水警報の一元化、防災対処能力の向上など）を図るものである*¹が、斜面防災としてのソフト対策としての位置づけであり、斜面災害の原因である落石・崩落土砂などを物理的に抑えるハード対策とは異なるアプローチである。

【アジア開発銀行（ADB）の事例】

ADB では、2005 年から 2011 年にかけて、約 2,700 万ドルを拠出し、「Road Network Project」を実施。国道や地方道路（Feeder Road）における道路の新設や舗装の整備などにより地方と中央とを結ぶ機能を強化した*²。ただ、このホームページによると、路床や舗装（日本の道路舗装構造で言う基層・表層に該当する「Black Top」）を設置したのみで、道路斜面における斜面安定化対策は未実施であったと推定できる。

【インドの事例】

インドでは、国境地域の道路開拓に、国境地域道路整備組織（BR0/Boarder Road Organization）*³という陸軍帰属の組織が整備を行っている。中国との国境を接するブ国でも、インド国境や中国国境地域の道路（国道 2 号線など）では、BR0 が国道整備を行うとともに、国道わきの斜面に対する安定化対策を一部行っている。具体的には、パロ空港からティンプーにかけての国道斜面では、待ち受け式の「重力式擁壁」、「ロックネット工」が施されている。これらの防災施設については、4-2 競合分析で詳述するが、以下で概説する。

「重力式擁壁」は、石積み構造の持つ自重を活用して、斜面から作用する背面土圧に抵抗することで、斜面の崩壊を防ぐための道路防災施設である。待ち受け式とは、擁壁を崩落懸念斜面から離隔させて配置し（ポケットと呼ばれる緩衝空間を設ける）、崩落斜面から発生する落石をポケットに収納させることで、道路への落石の到達を防ぐ「落石適応対策」である。現場の待ち受け式擁壁では、擁壁を構成する石やコンクリートブロックの隙間が、セメントやモルタルでしっかりと

充填されておらず(空積み)、大きな落石の衝撃により擁壁に亀裂が発生しやすく、ひいては、擁壁自体が崩壊する可能性を帯びている。地元紙の報道^{*4}でも、この擁壁の持続性などに道路局が疑問を呈し、公共事業定住省大臣が、施工を行った BRO に対して説明を求める書簡を送ったが、BRO 側からは説明責任を果たすことはなかったとの内容が記されている。

「ロックネット工」は、亀裂が多く発達する岩盤斜面を、金網などの金属ネットやメッシュ材で面的に覆い、亀裂性斜面からの落石の発生を予防する「発生源対策」である。現場で施工されているロックネット工を観察すると、基本構成(亀甲状のネット、張力ケーブル、鉄筋/ネイル)は変わらないが、ロックネット自体を斜面に固定する鉄筋/ネイルの固定方法に問題があり(定着長、定着角度、グラウトによる固着処理がないこと)、斜面変状による抜け出しなどが懸念され、持続的な施工(防災施設の機能を持続的に発揮することを考えた品質施工)にはなっていない。

上記から、以下のことが示唆される。

1. 道路斜面・落石対策における技術的な発展経過について、インド側でも、構造が簡易なものを採用し、施工が容易な道路に近い場所で、落石を待ち受け、車両への落石の衝撃を防ぐ「適応対策」から、道路から離れ施工が難しくなる斜面の高いところまで直接的に対策を施す、かつ、面的に覆い落石の発生を根本的になくす「発生源対策」に移行している状況は、道路斜面における落石対策において、試行錯誤を重ねながら、技術を向上させている状況が窺われる。

2. 落石対策施設の機能をしっかりと発揮させるための品質設計・施工という観点からは、道路斜面・落石対策の目的は十分には達成できておらず、防災施設の持続的な提供には至っていない。むしろ、低品質の防災施設を、崩壊が懸念される斜面に適用することにより、「外観では安全」と見えてしまうが、「施設の機能では、不安全な構成となっている」ことで、逆に道路利用者に誤解と危険性を与えかねない状況を作成している。

3. インフラ施設の設置において、当該国関係者への説明責任(インフラ施設の計画・設計・施工管理上の技術的な説明責任)を果たすことが、インフラ支援を受ける当該国からの受容度を高める基礎になる。

【南アジア連合(SAARC)の事例】

SAARC については、SAARC ブータン事務所 CEO へのインタビューを行った結果(2017年12月)、ブ国では防災関連のプロジェクトは実施していないが、「防災投資のスキーム」として、SAARC としても「防災投資」を重要視しており、SAARC Disaster Management Center を立ち上げ^{*5、6}、各種の防災関連の提案を受け付けている状況である^{*5}。提案には、概要書(Concept Note)を地域事務所に提出し、SAARC Management Center

での検討を経て、詳細計画(Detailed Project Report)を提出して、資金拠出の判断がなされる。防災に関しては、日本が中心となって立ち上げたアジア防災センター*⁷があるが、南アジア連合 SAARC でも独自で防災投資を行う仕組みがあることが判明し、防災に関するナショナリズムの動きは、日本が南アジアで防災援助を行う上で無視できない存在である。

【JICA の事例】

JICA では、「道路斜面管理マスタープランプロジェクト(2014-2016)」*⁸により、危険度の高い斜面が抽出され、DOR により斜面对策計画やモニタリング計画が策定された。具体的には、1. 斜面防災点検・診断のマニュアルが作成され、2. 選定された調査対象区間において、斜面防災点検(踏査・調査)が実施され、道路斜面台帳と斜面カルテが作成され、3. 調査対象区間について、斜面カルテを含む斜面防災データベースが整備された。また、このような過程を通して、DOR が斜面对策を実施する 2 箇所のパイロットサイトに対して、助言が与えられ、道路局職員のもつ斜面对策における計画調査の面での管理能力の向上が図られた。

このプロジェクトにおける技術上の成果(アウトプット)は、以下のとおりである。

- ・ 斜面防災点検・診断のマニュアル
- ・ 空中写真判読・地形解析とこれらを使った斜面のスクリーニング結果
- ・ スクリーニングされた斜面に対する詳細踏査と斜面カルテの作成
- ・ 道路斜面台帳の作成
- ・ パイロットサイトでの地質調査と解析結果、及び斜面カルテの作成
- ・ DOR 職員を対象とした斜面防災点検と斜面カルテの運用とトレーニング
- ・ 斜面カルテ等の斜面防災点検結果のデータベースとその運用

今回の落石対策工の案件化調査では、上記成果のうち、特にスクリーニングされた斜面の中で、災害種類として「落石」が懸念される斜面に対する調査(斜面カルテの作成及び関連する地質調査)から設計・対策工事の計画までを網羅する性格のものである。また、普及・実証では、対策工事の事業実施における詳細調査・設計(必要があれば追加的に実施)、施工と管理、事後の維持管理能力と、同類事例における水平展開(投資の波及効果を得る)を含む性格のものであり、本調査および普及・実証事業では、JICA の成果活用の効果(他事業とのシナジー効果)が高いと考えられる。留意点は、「道路斜面管理マスタープランプロジェクト」が実施された当時(2014 年から 2016 年)は、国道 1 号線の拡幅工事が未実施、もしくは、開始初期の段階であったため、本プロジェクトでの成果である「斜面カルテ」の結果(斜面の性状を観察・分析した結果)が、道路拡幅工事後の斜面性状を反映していないことが考えられる。また、道路局のほうでも、拡幅工事の対象斜面と、「斜面カルテ」実施対象の斜面との管理を行っていないため、どの斜面カルテが拡幅工事の影響(ダイナマイトの発破

による斜面の弱体化など）を受けているのかいないのかを把握していないことも考えられる。結果、本案件化調査では、落石対策の提案製品が適用される斜面の選定については、再度斜面の性状調査（斜面カルテ作成調査や測量調査）を行い、斜面選定、設計を行う必要があると、調査団は判断した。

*1: World Bank HP, Project Signing: Royal Government of Bhutan and World Bank sign US\$1.5 Million Grant to Prepare Program to Improve Bhutan' s Climate Resilience,

<http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2017/03/02/bhutan-grant-prepare-program-improve-climate-resilience>

*2: ADB, Road Network Project,

<https://www.adb.org/sites/default/files/publication/159809/bhu-road-network-project-brief.pdf>

*3: Project DANTAK, <http://bro.gov.in/indexmain.asp?projectid=23>

*4: Sustainability of geo-synthetics reinforced walls questioned, Kuensel, 10th March 2017,

<http://www.kuenselonline.com/sustainability-of-geo-synthetics-reinforced-walls-questioned/>

*5: 面談記録、SAARC Development Fund (SDF)面談記録、2017年12月19日

*6: SAARC Disaster Management Center, <https://www.preventionweb.net/organizations/3329/>

*7: アジア防災センター、http://www.adrc.asia/top_j.php

*8: 道路斜面管理マスタープラン、JICA、ODA見える化サイト、

<https://www.jica.go.jp/oda/project/1300222/index.html>

第2章 提案企業、製品・技術

● 2-1 提案企業の概要

企業名	株式会社プロテックエンジニアリング
本社所在地	新潟県北蒲原郡聖籠町大字蓮潟 5322 番地 26
設立年月日	1998年5月21日
事業内容	落石・土砂崩れ・雪崩等斜面災害を未然に防ぐための防護構造物専門メーカーで、自社敷地内に工場や実験施設を完備、製品開発から設計、製造、施工まで一貫して行う企業である。
海外ビジネス展開の位置づけ	自社経営戦略の中で、日本で蓄積した斜面災害対策技術と工法を海外に普及させることによって、海外事業を推進し、成長戦略の柱の一つとするよう位置づけている。

● 2-2 提案製品・技術の概要

2-2-1 製品・技術の特長

製品名	① 落石防護補強土壁「GEO ROCK WALL（ジオロックウォール）」
構造・	・擁壁本体（抵抗体）、伝達体、受撃体（衝撃吸収）のユニットから構成され、

用途	<p>受撃体は現地発生土を活用。落石の大きさや衝撃レベルに応じて構成をアレンジ（現地適合化）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・受撃体に、強度かつ伸度のある材料を活用することで、大きな落石を補足できる。 ・最大 5,500kJ までの落石に対応（具体的には、直径 2m、落差 40m 程度の斜面環境）
設計	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面調査の結果を活用し、力学解析・シミュレーション及び構造計算を行った上で、施工を予定する斜面での落石の衝撃力に耐えられるように設計されている。
環境性	<ul style="list-style-type: none"> ・現地土を材料活用し（リサイクル）、植生による壁面緑化を実現（環境調和）。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・単純なユニット構成により、単純な組立を実現し、現地人材の登用も可能にできる。

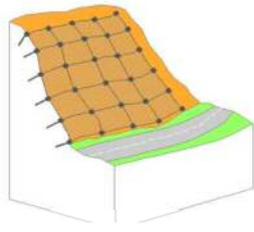


構造図



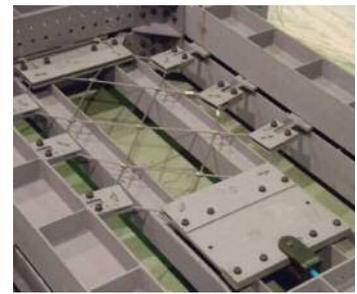
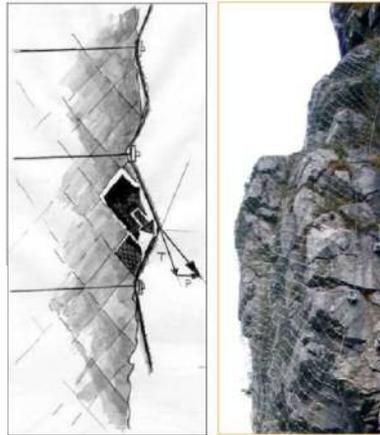
ジオロックウォール防災実績
（東京都新島村、若郷小学校裏の崖）

製品名	②斜面表層安定化工「MACRO NET（マクロネット）」
構造・用途	<ul style="list-style-type: none"> ・掘合せ方法を工夫したワイヤー（網）と、プレート・アンカーの組み合わせた落石防護のための製品。 ・二重撚線亀甲金網（DT ネット）を使用し、落石の破壊に耐える構造。 ・各種基礎実験によりワイヤーの強度を高め、防護性能を確立した製品である。
設計	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面調査で判明した崩壊土砂の荷重を考慮し、現場の諸条件に適合させる形で、設計・シミュレーションを実施することで、崩壊土砂の捕捉精度を向上させた（品質向上）。
環境性	<ul style="list-style-type: none"> ・植生マットを併用することで、種子吹き付けにより岩斜面の緑化が可能（環境調和）。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・金網とワイヤロープを一体化（ユニット化）させ、施工性を向上、工期短縮になる。



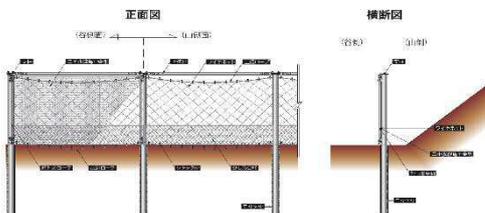
適用のイメージ

ブロック状で抜け落ちる落石への防御（山岳道路でよく目にする斜面への適用可能性大）



ワイヤロープの引張強度確認試験の様子

製品名	③崩壊土砂防護柵「SLOPE GUARD FENCE（スロープガードフェンス）」
構造・用途	<ul style="list-style-type: none"> ・支柱と網・ワイヤーの組合せからなる崩壊土砂防護柵で、道路脇斜面からの崩壊土石を受け止める待受式の防護柵。 ・支柱の構成を改良し（「蓮根型中空構造鋼管（LST 鋼管）」）、基礎部分を二重鋼管としたことで、より大きな土石の衝撃を受け止めることができ、高耐力・高靱性を実現。 ・鉛直式であり設置面に工夫を与えることで、軟弱な地盤や狭いスペースにも設置可能。
設計	<ul style="list-style-type: none"> ・現地斜面調査を踏まえ、土砂衝撃力と堆積土圧を考慮した設計が行われる ・性能照査実験により部材強度を向上（品質向上/質の高いインフラ/イノベーション性）
環境性	・現地の景観にあわせて支柱の色を調整可能（擬木とすることも可能/景観調和）
施工性	・支柱内部の小口径鋼管が中空構造であり、軽量で施工性が優れている。



構造図



防災実績（土砂捕捉事例）



支柱部材の曲げ耐力確認実験

2-2-2 製品・技術のスペック・価格と国内外の販売実績（件数、売上高、主要取引先等）

	技術名	仕様 (最大許容条件)	価格〔万円〕 (1m 当り)	販売実績	
				件数	売上(億円)
ジオロックウォール	落石防護補強土壁	落石：5,500kJ	19~66	199	42
マクロネット	斜面表層安定化工	斜面：表層から1.5m	1.2~2.4	24	3
スロープガードフェンス	崩壊土砂防護柵	土砂衝撃力：1m層圧	35~100	59	33

2-2-3 製品・技術における特許の有無（国内、海外）：あり・なし

製品名	特許番号
ジオロックウォール	3385507号、3368375号、3859550号、JP2013/005306号
マクロネット	4682288号
スロープガードフェンス	4324977号、4682288号、5628459号

2-2-4 製品の表彰制度での受賞実績

ジオロックウォール

2016年1月

「Made in 新潟 プラチナ技術」への認定

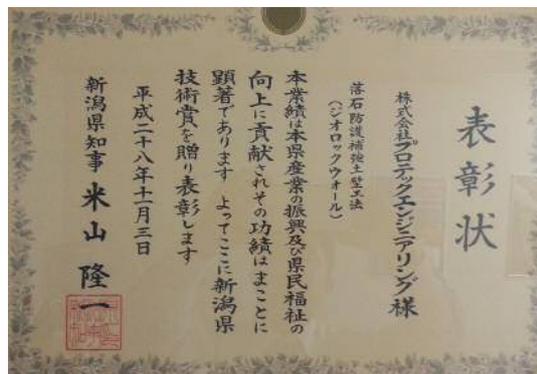
2016年6月

国土交通省 NETS「準推奨技術」選定

2016年11月

新潟県知事表彰「技術賞」を受賞

(右表彰状)



2-2-5 国内外の競合他社製品との比較優位性

【①落石防護補強土壁「GEO ROCK WALL (ジオロックウォール)」】

	落石防護補強土壁	重力式コンクリート擁壁
概略図		
スペック 価 格	最大落石エネルギー ～5500kJ 設置延長 1m 当たり、19～66 万円程度	最大落石エネルギー ～500kJ 設置延長 1m 当たり、15～50 万円程度
特 徴	<ul style="list-style-type: none"> ・吸収エネルギー量が非常に大きい。 ・補強土が変形することで、落石の衝撃を吸収（壊れにくい）。 ・壁面緑化が可能（景観調和）。 ・現地発生土を活用（環境保護）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・対応エネルギーあたりの費用では割高。 ・コンクリート製であり、損傷時に大規模補修が必要（維持管理性に難あり）。 ・景観性に劣る。 ・コンクリ製造装置とスペース要する。
総合評価	価格、メンテナンス性、施工性で有利 コンクリート構造物に対して CO2 排出量が少なく環境性が高い。	施工コスト、材料コスト、非可算コスト（環境保全）、維持管理コストを含め、費用便益性能が劣る。

【②斜面表層安定化工「MACRO NET (マクロネット)」】

	斜面表層安定化工	吹付法砕工
概略図		
スペック 価 格	表層不安定層 1.5m 以下 設置延長 1 m ² 当たり、1.2～2.4 万円程度	表層不安定層 1.5m 以下 設置延長 1 m ² 当たり、1.2～3.0 万円程度
特 徴	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋挿入で不安定層を安定化し、高強度金網で浮石の抜け落ちを防止する。 ・構成部材が軽量で施工性が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・連続した縦横の梁とアンカーで面的に小規模な表層崩壊を防止する。 ・モルタル打設のプラントヤードが必要で

	・工場製作部材を現地で組み合わせるため品質確保が容易。	施工性に劣る。 ・モルタルの品質管理に注意が必要（途上国では品質確保に難があり）。
総合評価	景観性と施工性に優れる上に、モルタル構造物に対して CO2 排出量が少なく環境性が高い。	施工性及びモルタルの品質管理など全体的に比較案に対して劣る。

【③崩壊土砂防護柵「SLOPE GUARD FENCE（スロープガードフェンス）」】

	崩壊土砂防護柵	重力式擁壁＋鋼製柵
概略図		
スペック 価 格	層厚 1m 程度の土砂衝撃力に対応 設置延長 1m 当たり、35～100 万円程度	層厚 1m 程度の土砂衝撃力に対応 設置延長 1m 当たり、35～100 万円程度
特 徴	<ul style="list-style-type: none"> ・高強度ネットで崩落土砂を捕獲し、軽量高耐力の中空鋼管で荷重を支える。 ・斜面の掘削がほぼ不要で狭いスペースにも施工可能。 ・透過性が高く景観性に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート擁壁で土砂衝撃力を受け止め、上部の柵で堆積土砂を捕獲する。 ・広い設置スペースが必要で、急斜面への設置は大規模な斜面掘削を伴う。 ・壁高が高いと圧迫感がある。
総合評価	景観性と施工性に優れる上、モルタル構造物に対して CO2 排出量が少なく環境性が高い。	経済性は同等程度だが、スペース確保の必要性など性能面では比較案に対して劣る。

● 2－3 提案製品・技術の現地適合性

2－3－1 現地適合性の確認方法

1. 国内における提案製品の実施状況（施工状況）を調査団で確認・共有し、国内事例から見た提案製品の現場条件に対する適合性を分析した。
2. 現地調査において、道路斜面防災の需要状況（国道整備における斜面安定化対策が必要な道路斜面の箇所）を道路局職員へ聞き取りによりコンサルテーションを行い、提案製品の適用斜面の候補を選定した。
3. 選定された候補斜面につき、個々の斜面特性・性状を現地調査し、斜面の特性と提案製品との適合関係を吟味し、提案製品を現地で実証するための計画・設計を行い、適用製品が

選定された斜面で実施されることの効用・効果を、道路局職員らへのプレゼンテーション・質疑応答を通じて提示した。

4. 本邦受入研修において、提案製品が設置されている現場を視察し、道路局職員に提案製品の設計思想や効果を体感してもらい、現地適合性を確認した。

2-3-2 現地適合性の結果

(1) 国内における適用状態の把握

2017年11月12日に、プロテックエンジニアリング本社工場において提案製品が製作されている製作過程、新潟県内で提案製品が実斜面で実際に適用されている現場を視察した。この結果、提案製品について、以下のことが把握された。

・工場では提案製品が製作・出荷されている状況を視察した結果から、提案製品（ジオロックウォール、マクロネット、スロープガードフェンス）は、部材レベルで所定の強度を有することが確認され、かつ、JIS規格で認証された樹脂製製品（樹脂製のバッグ）・鉄系製品（鋼管、ワイヤーなど）を使って、最終製品のための二次加工（鋼管の曲げ、部品ごとの組立や溶接加工など）を行い現場で出荷されていること。サプライチェーンについては、亀甲状のメッシュ材については、落石防護網市場で世界的な市場占有をもつマカフェリ社（HP:<https://www.maccaferri.com/>）からの供給を受け、ソイルネイルなど付属部品を付加する形でマクロネットの製造供給体制が築かれていることが把握された。さらに、製品の性能試験について、落石落下の模擬試験場を本社工場内に備え、現場で発生する実際の落石による外力（荷重）を模擬できる試験を通して、提案製品の機能・性能を確実に担保する生産体制を取っていることが把握された。

・国内における提案製品の適用状況の把握結果については、新潟県の中条試験場（自社試験場）、村上市（国道斜面における適用地）、寺泊町（国道斜面における適用地）を視察した。

・マクロネットでは、中条試験場で試験施工されているが、洪積世の堆積層の切土斜面に施工されているもので、亀裂の多い岩盤斜面以外にも、ある程度緩い斜面でもマクロネットの固定方法を工夫することで面的に斜面を押しやることの効用（適用斜面の種類が広がる）が確認された。

・ジオロックウォールでは、国道345号線に位置する海岸に位置する切り立った岩盤斜面下に施工されており、適用条件としては、高度のある岩盤斜面からの落石崩落への防御や待ち受け（落石が衝撃力を得るための斜面高度、斜面から落石が落下するに必要な離隔距離）のための物理的条件が、製品の特長を現場で発揮するために必要であることが把握された。

・スロープガードフェンスでは、海岸に近い国道斜面（国道402号）において、対策すべき斜面の特徴や崩落土砂性状や、住戸との近接環境における狭隘地にスロープガードフェンスが立地された条件などから、山岳道路斜面での余裕空間の狭さという施工条件を克服しながらの施工が可能であること、一方で、一旦崩落した土砂の除去作業や衝撃緩衝部材の交換作業などの維持管理作業も必要であることも把握された。



図1 提案製品の国内適用事例（出典：調査団）

（２）現地調査における需要状況の把握

2017年12月における道路局へのコンサルテーションにおいて、国道1号線の開発状況中、斜面安定化対策が必要な国道斜面の位置情報について情報提供を受けた。具体的には、ワンデュ・ポダン以东の山岳地域における国道斜面が、道路拡幅工事が終了した直後、かつ、斜面を長期的に安定化させたい斜面が存する範囲であることが確認された。これらの情報を基に、調査団としての要望（人口分布や車両の往来が比較的多い範囲、首都ティンプーになるべく近い範囲など、人目に付きやすい範囲での位置設定要望）との中で、ワンデュ・ポダンからノブディンまでの国道1号線上の国道斜面に適用することを方針とした。現地調査実施にあたり、調査団作成の簡易的な斜面防災対策工法の適合性検討フローを道路局担当者と共有した上で道路局担当者と共に現地調査を行い、対象候補斜面のリスト化を行った。なお、ジオロックウォール適用の候補斜面については、上記範囲（国道1号線）では製品特性を発揮できる斜面が見つからなかったため、調査範囲を国道5号線（ワンデュ・ポダンから以南）の範囲で適用地を探し、プナサンチュ水力発電ダム施工地に近いトンネル（Highway Tunnel Dungkarbjja）北側坑口に位置する急崖斜面への適用として候補地を決定した。この候補地では、急崖斜面からの巨石が落下し、道路施設（舗装、歩道、ガードレール）、トンネル管理施設（制御室）の一部に破損被害も生じていることが確認された。

Selection flow of slope disaster countermeasures

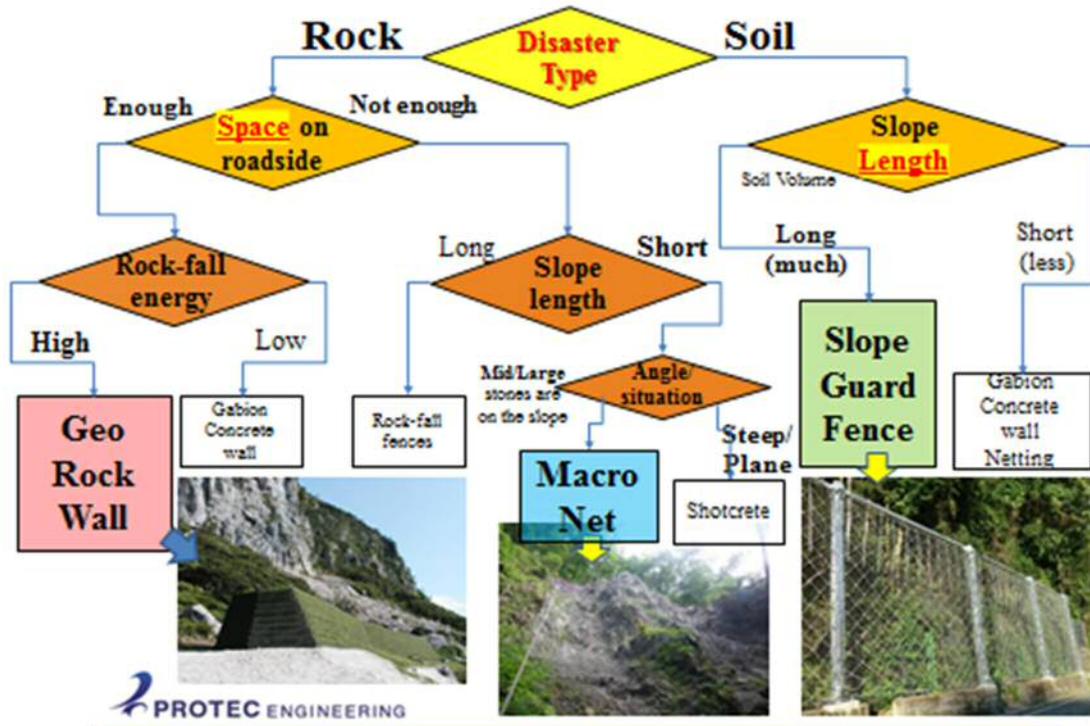


図2 斜面防災対策工法の適合性検討フロー（出典：調査団）

Location of candidate site

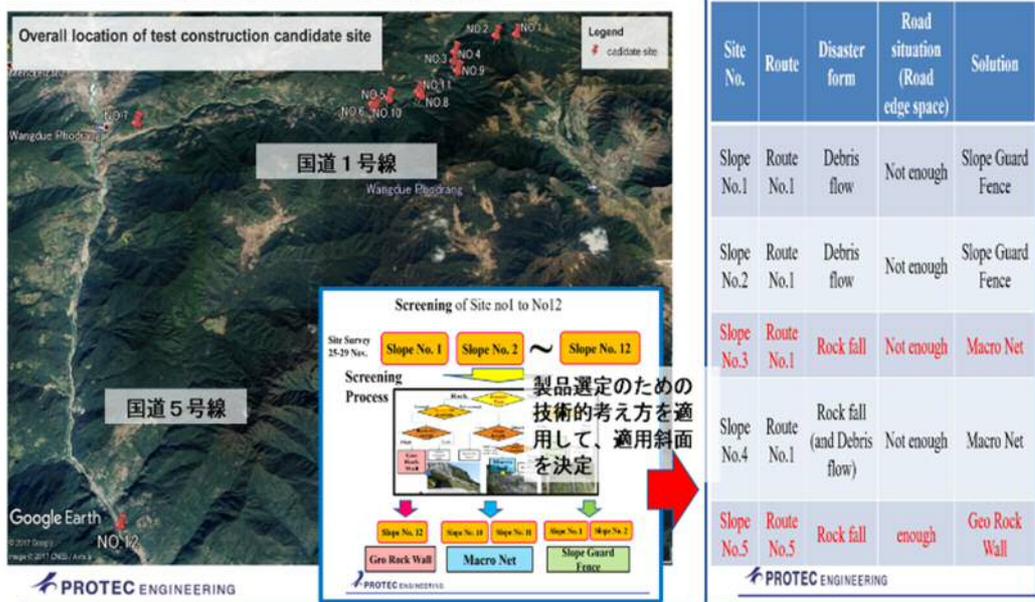


図3 提案製品を適用するための候補地選び（出典：調査団）

(3) 候補斜面の選定と適用製品がもつ効用・効果の提示

現場における適用斜面の候補調査（現場調査）から、視察した12現場の中から5つの斜面を選びだし（斜面 No. 1-5）、適用のために必要な検討（設計）に必要な基礎情報を収集した。基礎情報としては、測量作業による斜面の形状の情報（斜面地形）、崩れ痕や地下水湧出、土砂・岩塊など土性などを観察した地質調査情報である。測量作業については2017年12月に現地建設コンサルタント企業であるカラチャクラコンサルタント（Karachakra Consultancy）に委託して実施した。測量や地質調査等の結果を基に、2018年1月から提案製品の構成部品（ソイルネイル、サンドバッグ）が機能を発現できるための計算を行い（提案製品の機能に応じた効用の確認・照査）、適用のシミュレーションを検討したうえで、提案製品を普及・実証事業（想定）で施工すべき斜面を決定し、斜面に対する提案製品の適用の状態（配置計画）を決定した。なお、ここでは、斜面の特性と提案製品とのマッチング（適合性）に関する検討フローを説明し、適合した斜面に対する提案製品の定量的評価（調査結果から設計）までの結果については、次項目で記載する。

ジオロックウォールでは、まず、斜面崩壊の性状分類として岩盤性の崩壊の斜面とした上で、ジオロックウォールが施設配置できる緩衝空間（斜面と道路との間の空間）余裕の有無を確認した上で、落下が想定される巨石を特定し、巨石の規模（大きさ）、位置を割り出し、衝撃力（重力エネルギー）を求め、重力エネルギーに対応できるジオロックウォールの規模（高さ、幅、長さ）を設定する。

マクロネットでは、岩盤性（一部土砂を含む）崩壊の斜面とした上で、緩衝空間が無い条件であることを確認し、斜面の長さや角度などの地盤条件を加味して、マクロネットを設置するに適した斜面であることを事前確認した。

スロープガードフェンスでは、土砂崩壊性の斜面とした上で、斜面の長さや規模が大きい斜面であることを事前確認して、設置適合性のある斜面であることを確認した。

以下に、各提案製品の適合性検討を行った検討フローを示す。

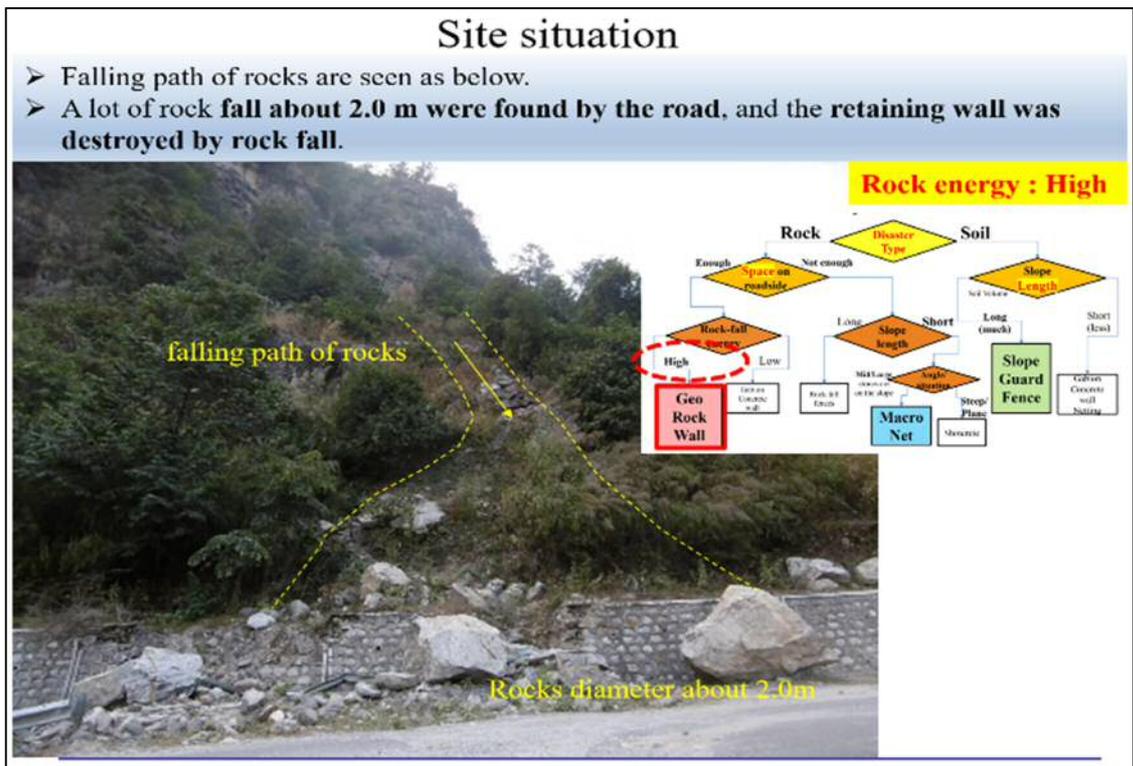


図4 ジオロックウォールの適合性検討フロー

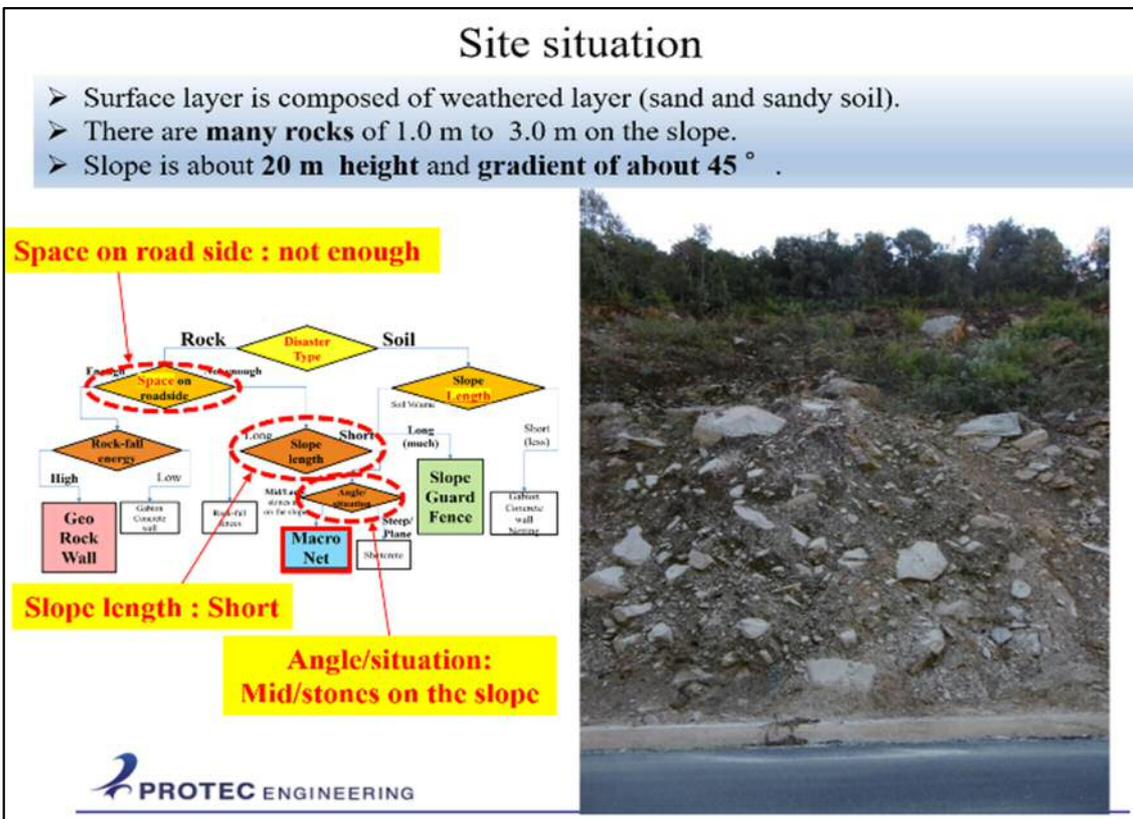


図5 マクロネットの適合性検討フロー

Site situation(Slope No.2 : Slope Guard Fence)

- The slope surface consists of earth, sand and uneven about 0.2 m small gravel.
- Collapse part exceeds the stability gradient and further destabilization is predicted.
- Surface layer collapse about 1 m in layer thickness will occur repeatedly.
- Therefore it is appropriate to install a Slope Guard Fence that capture collapsed earth and sand.



図6 スロープガードフェンスの適合性検討フロー

各提案製品の適合性検討（定性的判断）を行ったうえで、適合性検討の定量的検討を行った。検討の内容は、製品を適用する斜面規模（斜面の範囲）を元に、予想される崩壊規模や巨石の落下高さから得られる崩壊土砂や落石の崩落エネルギーの算定（外力の算定）と、崩壊を受け止める施設が有する施設耐力の規模との比較を行い、内的安定（施設を構成する部材どうしの組立て方や結合の仕方が、崩壊の衝撃を受けた時でも、バラバラに分解しない条件）を1.0以上に保ち（想定される落石や崩壊土砂が施設に当たったとしても、施設がバラバラに分解しない最低の条件）、かつ、外的安定（施設を一つのまとまりのある抵抗体としてみた場合、衝撃を与える落石や崩壊土砂をしっかりと受け止め耐えうる抵抗力を施設が発揮できるか否かの定量的指標）を、1.5以上を目標に、各提案製品の構造細目を定め、各提案製品の仕様を決め、施設配置の規模を計画した（外的安定を、例えば、2以上に保つなどのオーバースペック・過剰設計にならないように配慮した）。以下に、各提案製品の、調査から設計、施設配置の結果を示す。

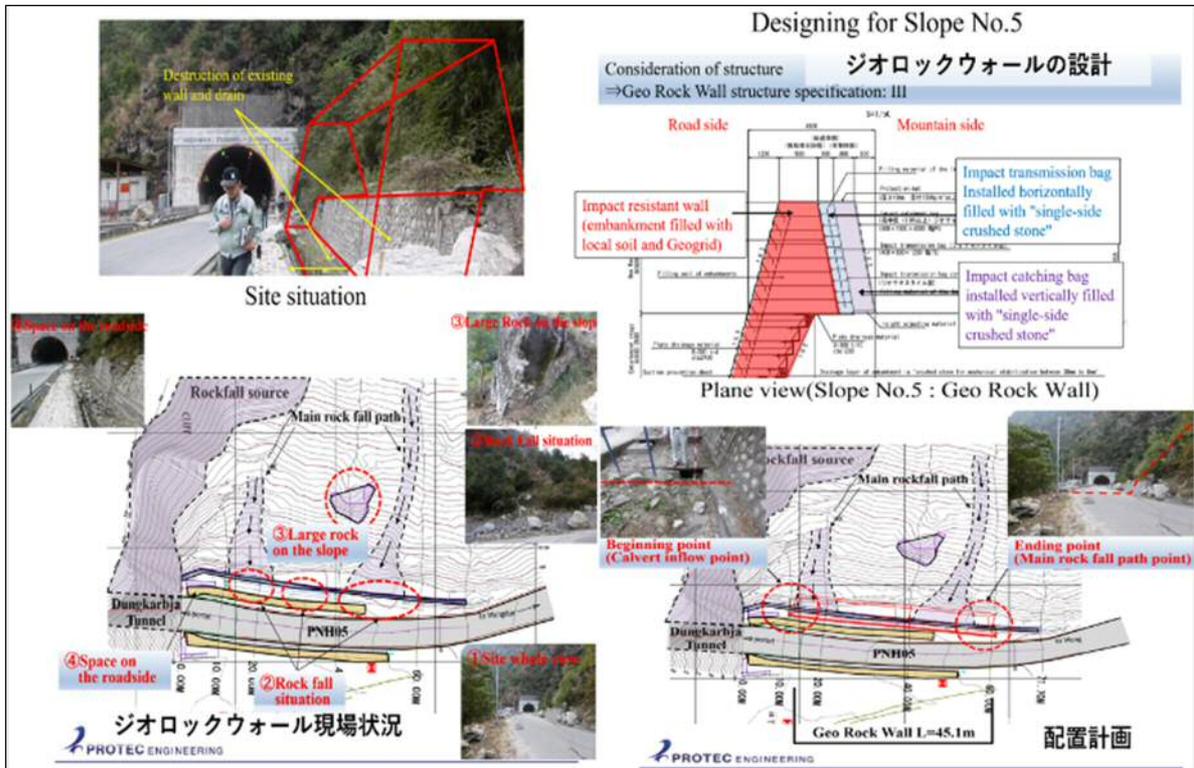


図7 提案製品の適用検討（調査結果から設計検討/ジオロックウォール）

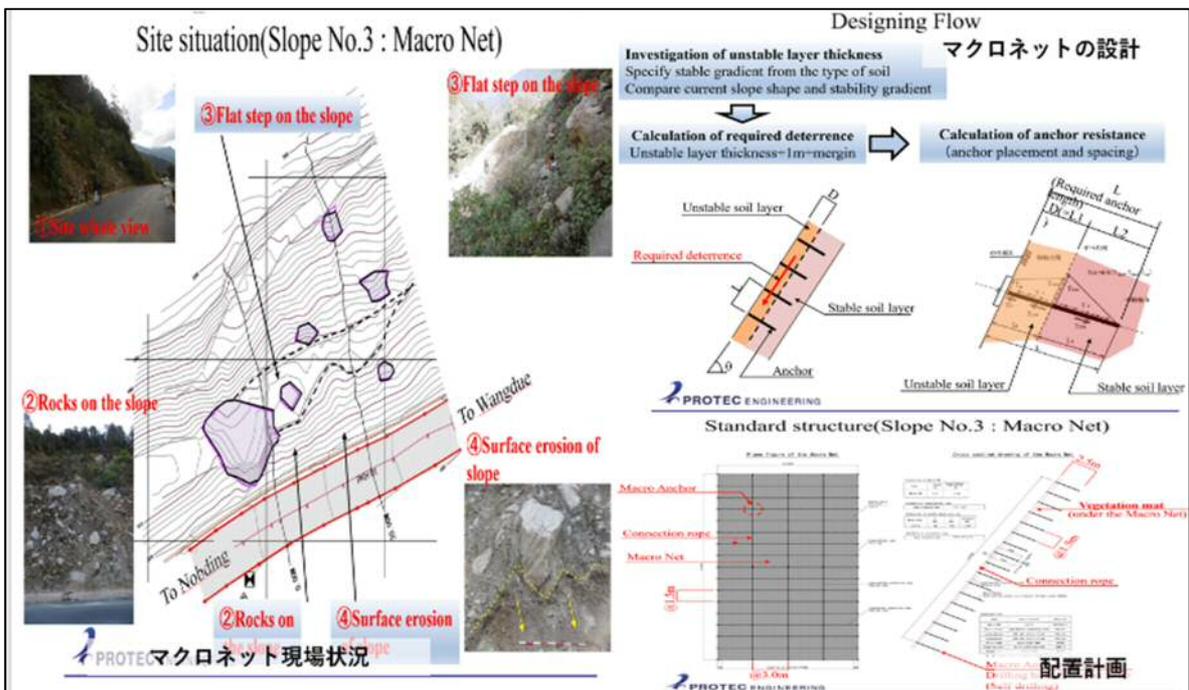


図8 提案製品の適用検討（調査結果から設計検討/マクロネット）

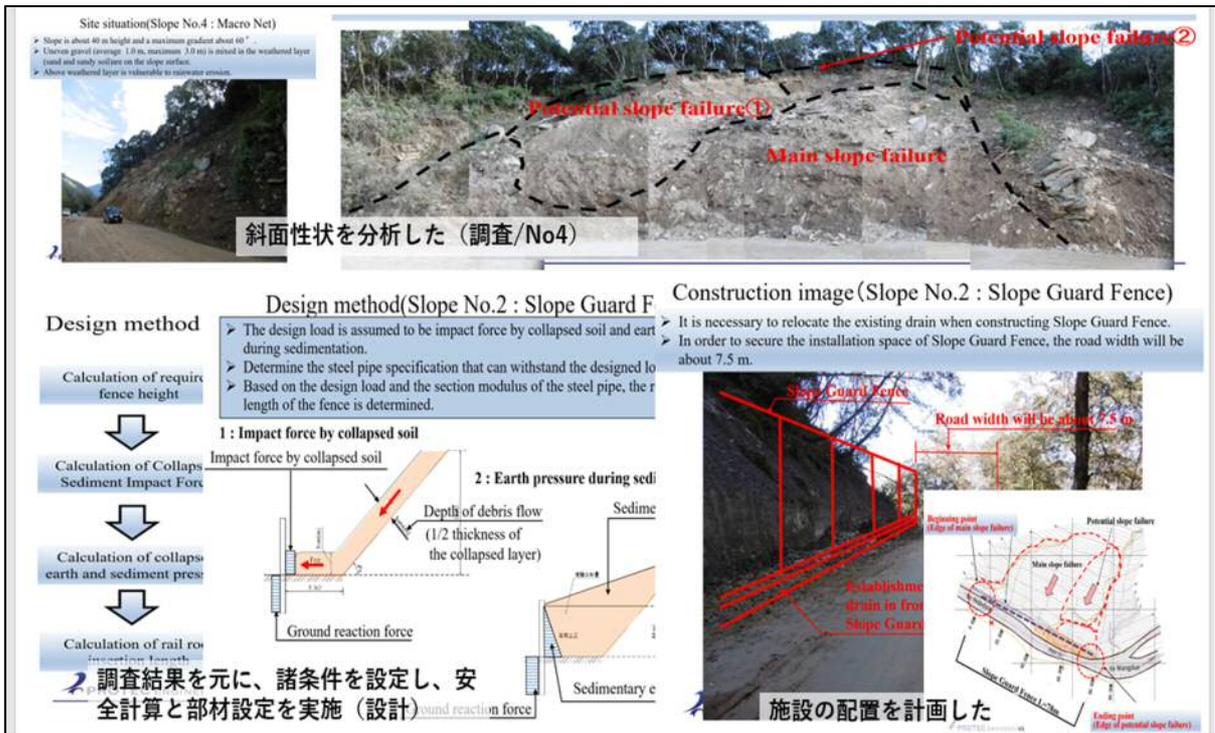


図9 提案製品の適用検討（調査結果から設計検討/スロープガードフェンス）

(4) 本邦受入研修の活動内容について

【受入活動の概要】

(ア) 概要

【目標】

日本企業や行政機関の取組に関する勉強会や現地視察を通じて日本の道路斜面災害対策の現状を把握する。

【具体的な活動内容】

- ①受入企業での勉強会で日本の落石対策の歴史や現状について理解する。
- ②日本の斜面災害に関して大学と情報交流する。
- ③斜面災害対策施設が設置されている現場を視察して、その設計思想や効果を体感する。

(イ) 受入期間

2018年4月17日～2018年4月21日（5日間）

(ウ) 参加者リスト（氏名（Mr./Ms.）、所属、役職）

氏名	所属	役職
Mr Tshewang Dorji	Department of Roads	Chief Engineer

Mr Tempa Thinley	Department of Roads	Engineer
Mr Sonam Tshering	Department of Roads	Engineer
Ms Ngawang Peday	Department of Roads	Junior Engineer

(エ) カリキュラム、日程表

日付	活動内容/移動
4月17日(火)	6:55 羽田空港到着
	◇ 高速バスを利用して東京(池袋)から新潟に移動。 日本の高速道路(関越自動車道、北陸自動車道)を実際に走り、道路施設やトンネル、道路斜面防災対策施設を視察する中で日本の道路整備状況(周辺施設を含む)を体感。
4月18日(水)	◇ 「新潟県の道路と防災対策」講師：長谷川一成(新潟県OB) 新潟県で実際に斜面防災事業の企画から実施まで取組んできた長谷川が、行政機関が道路の防災対策にどのように取組んできたか、また現状どのように取り組んであるかについて説明。 特に対策の優先順位の付け方などについて説明。
	◇ 「落石対策施設の全体像と提案製品の概要」講師：藤田淳 世界的に有名な落石対策の著書「Rock Fall Engineering」を参考に世界の落石対策の全体像を紹介し、その中で提案製品であるジオロックウォールとマクロネットが紹介されているページを使用し製品概要を説明。 提案製品の設計概念や設計の流れについて説明。
	◇ 「工場視察」講師：清水正人 斜面防災製品の製造工程、品質管理(整理整頓・改善等)、工場内実験施設の紹介等。
	◇ 「新潟大学災害復興・科学研究所訪問情報交換」講師：福岡浩所長 日本の斜面災害研究の紹介を受け、ブータンへの技術移転の可能性について情報交換。特に不安定地盤の安定化対策について意見交換がなされた。
4月19日(木)	◇ 佐渡島(落石多発地域)にある各種斜面災害対策施設を視察 佐渡島全体の地形状況と斜面災害対策施設をどのように計画的に施工して来たか紹介。(道路の保全と集落の保全) 個別の斜面災害対策現場を視察し、対策工選定理由・設計思想・施工方法について説明した。特にジオロックウォールの施工中の現場では施工方法について具体的に説明した。
4月20日(金)	◇ 新潟→東京に移動

	新幹線・JR・モノレールなど鉄道網や東京都内の道路施設など日本の各種交通施設の整備状況や利便性を体感。
4月21日(土)	0:20 羽田空港発



図 10 佐渡島斜面災害対策施設視察工程図

表2 本邦受入研修における各シーン

	
<p>研修講義の様子</p>	<p>研修講義の様子</p>
	
<p>工場視察の様子</p>	<p>工場視察の様子</p>
	
<p>新潟大学での講義・情報交換の様子</p>	<p>新潟大学での講義・情報交換の様子</p>
	
<p>提案製品施工現場視察の様子</p>	<p>提案製品設置現場視察の様子</p>

【参加者の意欲・受講態度、理解度】

- ・参加者は全工程非常に積極的に研修を受講し、積極的に意見交換を行っていた。
- ・プロテックエンジニアリング顧問である行政機関（新潟県）OBが自らの経験を交えながら日本の斜面防災対策の歴史や具体的な取組みについて説明したことにより、行政機関の視点からどのように斜面災害対策に取り組んでいくべきかについて理解を深めていた。
- ・提案製品の設計概念や設計の流れについて座学研修で理解を深めていた。ただ詳細な製品設計は内容が複雑になるため、今後提案を予定している普及・実証事業の中でも継続的に理解の促進を促したい。
- ・工場視察においては、各部材及び製造工程を直接見ることにより、製品の構造や耐久性を体感し、製品への信頼性を高めていた。
- ・新潟大学災害・復興科学研究所では、日本で斜面災害に関する研究がどのように進められているか具体的な説明が行われ、ブ国現地の危険斜面でどのように日本での研究成果を生かせるかについて議論が行われた。
- ・現場視察においては、図2 斜面防災対策工法の適合性検討フローに基づき、なぜこの斜面にこの対策工法が選定されたのかを現場ごとに確認しながら視察することで、工法選定や提案工法に対する理解を深めていた。

【本邦受入活動の成果まとめ】

- ・工場や現場視察により、提案製品を実際に見てその有用性を体感してもらい、現地での活用イメージを醸成させることができ、現地適合性の高さを再確認できた。
- ・カウンターパートと研修期間中生活を共にすることで信頼関係が深まり、今後のプロジェクトが進めやすくなった。

2-4 開発課題解決貢献可能性

① 道路寸断による被害の削減と経済発展への貢献

提案製品を現地で普及させることにより、落石や土砂崩れに起因する道路の寸断が減少し、物流の効率性を改善させ、農産物の国内外への流通をスムーズにし、観光産業の活性化にも寄与する。

② 長期にわたって対策の効果が持続する「適切」な斜面安定化策の導入

各斜面の特性に応じて正しく設計された製品を導入することにより、長期にわたって道路斜面の安全性が確保される。

③ 相手国実施機関の人材育成

案件取組を通じて落石・土砂崩れ対策に関する知見を持った人材を育成し、ブータン全体の斜面災害対策能力を向上させ、効率的で安全安心な国家作りに貢献する。

④ 現地企業の人材育成と産業の活性化

案件取組を通じて現地コンサルティング会社や建設業者と協働、技術移転することで、道路斜面防災事業をひとつの産業として確立し、関係企業の育成と産業活性化に貢献する。

第3章 ODA 案件化

● 3-1 ODA 案件化概要

名称：ブータン国道路斜面災害対策技術及び工法に関する普及・実証事業

概要：

災害対策技術（道路斜面）に関する普及・実証事業を通じ、提案製品の有効性を実証し、現地に普及させることにより、斜面災害による被害や経済的な損失を軽減、安全性の強化と経済成長に寄与する。

● 3-2 ODA 案件内容

<普及・実証事業>

目的：ブ国の開発課題である「自然災害に対する脆弱性」及び「都市と農村の経済格差緩和」を解決するために、道路斜面の災害を防止できる対策工を試験施工、普及させ災害の低減を図る。	
成果	活動
成果1 導入する対策工法がブ国の現地斜面に適合することを実証する。	1-1 斜面災害対策工法の論理的な適合性の考え方及び設計手法を技術移転し、提案製品の適合性を実証する。
	1-2 パイロットサイトでの試験施工を行い、雨季の落石・土砂災害を防止できたか検証する。
成果2 「現地公共事業で採用されるための基盤体制を構築する。	2-1 道路局との関係強化と技術・工法PR実施。案件組成の提案活動を実施。
	2-2 現地建設コンサルタント会社及び建設業者との関係強化と技術・工法PR実施。現地公共事業への提案工法規格化や発注仕様への組入れを図る。
成果3 カウンターパートの斜面災害対策能力を強化する。	3-1 《現地勉強会及び本邦受入研修による技術移転》 ・対策施設の選定、計画上必要となる技術的方法について（施設配置計画） ・対策施設の設計・施工方法、維持管理

	について（設計・施工・維持管理）
	3-2 道路局担当者が試験施工の現場に常時立会い、施工方法を確認し、施工の品質確認方法を習得する。
成果 4 試験施工現場以外で斜面災害対策が必要な斜面をカウンターパートと協議して抽出し、予め測量・概略設計を行い、売上 5 億円程度分（対策費用 35 万円/m と仮定した場合、対策延長 1,428m）の案件ストックを確保する。	4-1 「現地公共事業案件発掘のための現地調査及び測量を実施する。 4-2 道路局担当者と共に適合現場を選定することにより、提案製品に対する知識と理解を深めさせ、案件組成しやすい環境を作る。

投入 日本側	業務内容	<p>【試験施工及び実証業務】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブ国の斜面災害危険箇所に提案製品を試験施工し、その効果を実証する。 <p>【技術移転業務】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブ国現地での勉強会及び日本での研修を通じて、斜面災害対策に関する経験や知見を移転する。 <p>【普及業務】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地ネットワークの拡充、対策が必要な箇所の抽出、販売の仕組み作り等を通じて提案製品の普及を図る。
	人員	<p>プロテックエンジニアリング（業務主任・エンジニア等） 国際航業（エンジニア） 片平エンジニアリング・インターナショナル（エンジニア） 丸新志鷹建設（施工関連エンジニア） 新潟大学（産官学連携）</p>
	機材の様、価格等（事業費概算）	<p>【ジオロックウォール：45m】</p> <p>機材調達費用…約 16 百万円 現地施工費用…約 18 百万円 機材輸送費用…約 5 百万円 小計…約 39 百万円</p> <p>【マクロネット：81 m²】</p> <p>機材調達必要…約 1 百万円 現地施工費用…約 4 百万円 機材輸送費用…約 2 百万円</p>

		<p>小 計…約 7 百万円</p> <p>【スロープガードフェンス : 9m】</p> <p>機材調達必要…約 4 百万円</p> <p>現地施工費用…約 12 百万円</p> <p>機材輸送費用…約 2 百万円</p> <p>小 計…約 18 百万円</p> <p>外部人材費用・現地外注費・旅費・交通費等…36 百万円</p> <p>合計…100 百万円</p>
投入 C/P 側	業務内容	国道開発の施策策定、予算編成とプロジェクト進捗管理、道路設計における地盤調査の品質管理や設計図面の監修、建設工事計画の承認や建設工事の管理指導、道路斜面の保全や舗装補修などの維持管理作業の計画・管理など。
	役割	<ul style="list-style-type: none"> ・試験施工及び効果実証にかかるサポート活動。 ・技術移転を受けて斜面防災にかかる能力を向上。 ・提案製品の普及にかかるサポート。
	負担事項	人員の配置、試験施工現場の事前整備、ODA 案件実施後の維持管理。

ブータン王国道路斜面災害対策技術及び工法に関する普及・実証事業 実施体制図

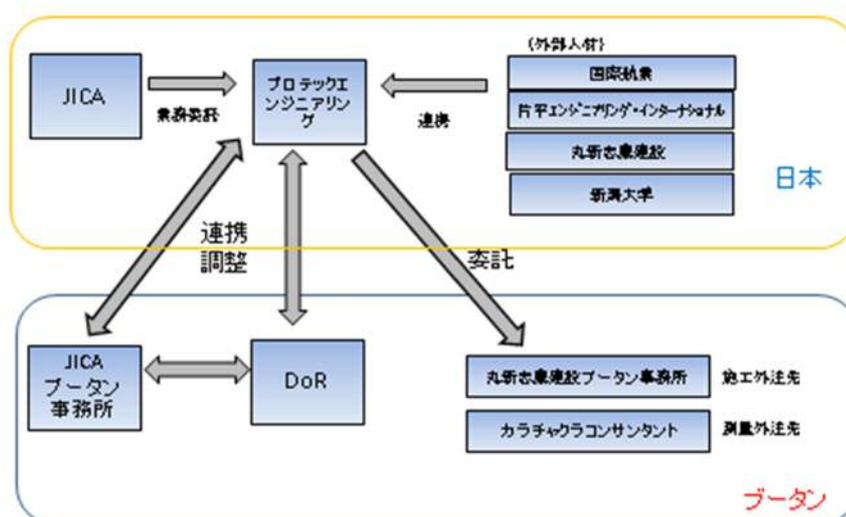


図 11 普及・実証事業実施体制図

表3 普及・実証事業概略工程案(調査団作成)

活動内容	2019												2020												2021						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
1 試験施工																															
1-1 導入																															
1-2 試験施工現場の再確認																															
1-3 設計の調整																															
1-4 施工打合せ																															
1-5 資機材製造																															
1-6 資機材輸送																															
1-7 試験施工(ジロックウオール)																															
1-8 試験施工(マクロネット)																															
1-9 試験施工(スローブガードフェンス)																															
2 実証事業																															
2-1 モンsoonシーズン後の現場確認																															
2-2 効果検証																															
2-3 効果検証まとめ																															
3 普及事業																															
3-1 現地調査																															
3-2 測量																															
3-3 設計																															
3-4 積算																															
3-5 提案																															
4 技術移転																															
4-1 施工見学会																															
4-2 勉強会																															
5 活動内容のまとめ																															
業務進捗報告書作成																															
業務完了報告書作成																															

● 3-3 C/P 候補機関組織・協議状況

カウンターパートであるブ国政府、公共事業定住省*1 (Ministry of Works and Human Settlement) 傘下である道路局*2 (Department of Road) は、ブ国における国道の開発・維持管理を担う部門である。公共事業定住省には、道路局、エンジニアリングサービス局 (Department of Engineering Service)、定住局 (Department of Human Settlement) の3部局があり、エンジニアリングサービス局は、道路などの社会インフラの整備での計画・設計・施工/維持管理における技術基準策定、建設技術の指導や人材育成、各県村落への公共投資における技術指導などを行っている。定住局は、インフラが整備される地域を中心に、都市地方計画の策定と推進、移住定住政策の促進、測量などの空間地理情報の利活用を推進している。

道路局は、局長以下、ティンパーにある本局では、計画課、設計課、建設課、維持管理課があり、各地方には地方支所がある。本局では、2017年以降に見直しがなされた道路分野マスタープラン (Road Sector master Plan 2007-2027) に基づく国道開発の施策策定、予算編成とプロジェクト進捗管理、具体的な道路設計における地盤調査の品質管理や設計図面の監修、建設工事計画の承認や建設工事の管理指導、道路斜面の保全や舗装補修などの維持管理作業の計画・管理などを行っている。また、地方支所では、各国道で実施されている道路工事 (切土・盛土などの土工事、橋梁工事、道路排水工事、擁壁工事、光ファイバーケーブルの埋設物工事など) の現場における進捗管理や施工の品質管理 (検査) を行っている。ODA 担当部局としては、今回、道路斜面における落石対策工事の設計を伴うことから「設計課」が窓口部局である。

Organogram

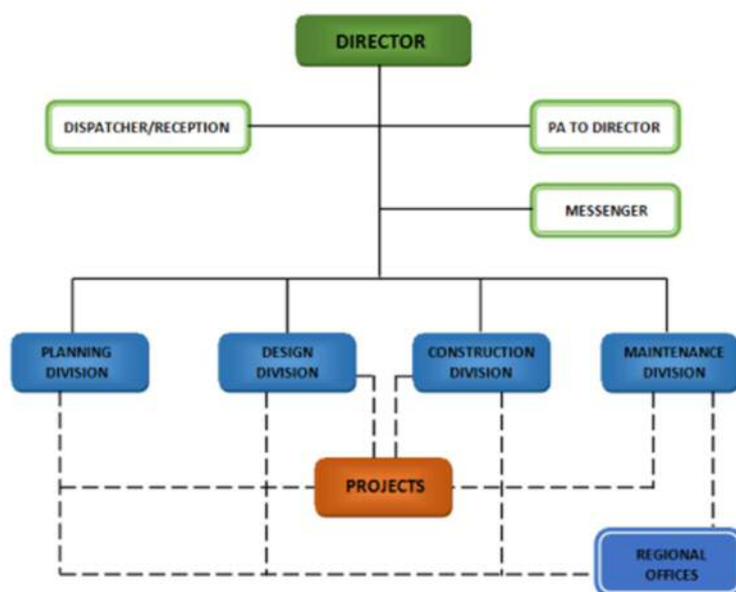


図 12 道路局の組織構造 (HP より)

今回、提案製品の案件化・普及実証事業（想定）における実作業上の相手方窓口となるのは、道路局、設計課の地盤工学セクション*3であり、このセクションには、2人エンジニアが常勤している。



図 13 地盤工学セクションの2人のエンジニア（出典：道路局 HP より）

*1:公共事業定住省 HP、<http://www.mowhs.gov.bt/>

*1:公共事業定住省 Facebook、<https://www.facebook.com/worksministry/>

*2:道路局 Facebook、<https://www.facebook.com/dorinform/>

*3:道路局、設計課、地盤工学セクション

・協議状況：

2018年7月から実施される予定である「第12次五カ年計画(2018-2023)」のなかで、道路斜面防災事業を重点項目として取組むこととしていることから、道路局は本件案件化事業に非常に協力的で、普及・実証事業の取組みに大変期待している。

2018年3月12日試験施工現場の選定に関する説明会には、道路局長も参加し活発な意見交換が行われた。

試験施工の積算の結果3製品設計全区間での施工が予算上難しいことからジオロックウォールとマクロネットの2製品に絞ることも検討したが、道路局は3製品共に現地適合性が高く試験施工してその有効性を検証したいとのニーズが高く、施工延長を調整して3製品全て試験施工する方向とした。

2018年6月渡航時には、道路局とプロテックエンジニアリングの2者間で普及・実証事業取り組みに向けての覚書を締結し、案件が採択された場合、提案製品（ジオロックウォール、マクロフェンス、スロープガードフェンス）の施工を通じて、道路局職員の斜面对策技術の能力向上に資する旨の合意が両者（道路局、プロテックエンジニアリング(株)）でなされた。

上記説明会の中で、無償資金援助や経済社会開発計画（旧中小企業ノンプロ）の組成についても話題に上がり、今後案件組成について道路局と協議していくこととなった。

特に、ブ国における山岳道路の状況（山側に急斜面が迫るとともに、道路端における施設施工の空間余裕がない環境で、土砂崩れにより道路封鎖が発生する）で特に設置が有意であると判断されるスロープガードフェンスについては、施工機材である大口径ポーリング

マシンやメンテナンスに必要な高所作業機の機材供与をセットにした無償資金協力の案件組成の可能性についても模索したい。

● 3-4 他 ODA 事業との連携可能性

- ① 既実施の「道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト」と想定される後継案件（斜面形態に応じた対策工の設計・施工・維持管理）との連携を計画している。

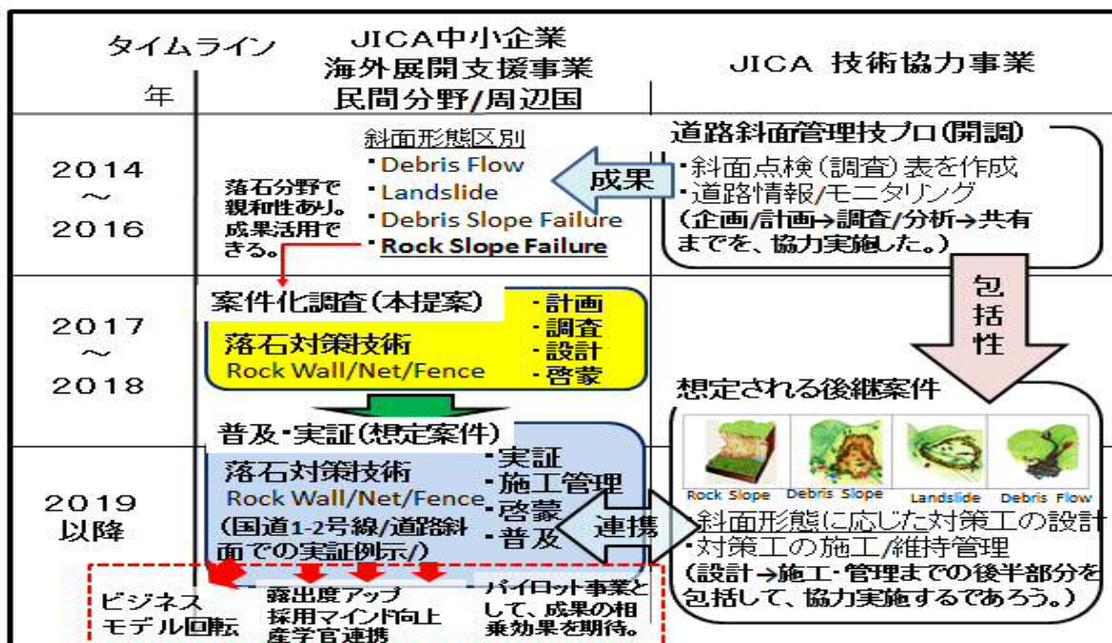


図 14 技プロとの連携イメージ

「道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト」では、ブ国における道路斜面を4種類の形態に分け、各形態における斜面点検表（調査カルテ）の作成と、カルテ評価の結果の優先順位による対策工の設計へ橋渡しを行った。また、後継案件では、この橋渡しから派生する設計・施工・維持管理といったインフラ構造物の一連の過程が発生してくると思われる。従って、「普及・実証」では、特に「落石」災害における設計～施工、及び、これら技術的な成果（例えば、ガイドラインなど）を、技プロとの連携として位置付けることができる。特に、後継案件の実施時期を考慮しながら、「普及・実証」の施工時期を調整する（例えば、技プロの施工実施時期と重ならないように、「普及・実証」の施工時期を配置するなど）ことで、カウンターパートとなるであろう道路局職員の無理のない慣熟・習熟に配慮することや、日常業務との重複作業による負担軽減も可能となる。「普及・実証」の実施時期（2019年～）を想定すると、ブ国では、建設産業における専門化や品質向上の意識が高まってくると想定される^{*1,2}。このような動きの中で、「普及・実証」では、落石対策工の施工にとどまらず、建設施工と同時に、ブ国の建設関連企業や産業界向けに「建設施工見学会」などを催すことも考えており、道路局職員への能力向上策に加えて、建設産業界に対して、専門化や品質施工のための斜面对策技術の普及や価値創出について、意識

を高めるきっかけとなると期待できる。

② 無償資金援助や経済社会開発計画（旧中小企業ノンプロ）の組成可能性を模索

ブ国における日本企業、特に建設関連企業の事業実施については、FDI（Foreign Direct Investment）にもあるように、外資導入による地元雇用の創出が重要となるブ国にとっても歓迎されることと考える。ブ国における継続的な日系企業の事業展開のきっかけとしての無償資金協力は、ブ国でインフラ事業を行う日系企業にも重要な機会創出となると考えられる。無償資金協力により落石対策の実施が行われることにより、施工に関係する日系企業への裨益や、現地再委託で派生する現地建設・コンサルタント企業へのフロー効果と人材育成効果（道路斜面对策技術の調査・設計能力の吸収など）も期待できると考える。

*1: 地元紙 Kuensel の記事（2018年5月26日）、Construction Policy,

<http://www.kuenselonline.com/construction-policy-focuses-on-employment-generation/>

*2: Drafted Concept Note of Construction Industry Policy of Bhutan, 国民総幸福委員会、<https://www.gnhc.gov.bt/en/wp-content/uploads/2017/05/Concept-Note-on-Construction-Industry-Policy.pdf>

● 3-5 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策

【課題】

① スムーズな資機材の輸出

本製品の普及実証に参考事例となる、ドチュラ峠における「ノンフレーム工法」の事例*¹では、資機材の輸送について、横浜～シンガポール（一旦、船積みの載せ替え）～コルカタの海上輸送が1か月、コルカタの保税からプンツォリン保税経由の施工地（ドチュラ峠）までの陸送で1か月を要している。本製品の資機材の輸送についても、新潟～シンガポール～コルカタの海上輸送、およびコルカタ～施工地までのインド・アッサム州内およびブ国内の陸上輸送が発生する。通関・保税上の海上保険、時間、通関手続きなどの事務手続き上の遅延リスクが考えられる。

② 安全な施工

重機の使用にあたり、狭い山岳道路における施工スペース確保が、第三者被害防止の観点で重要である。具体的には、各提案製品の施工地における仮置き場の確保や重機の駐機スペースの確保である。

【対応策】

- ① ブ国向け輸出の経験豊富な業者を選定し、スムーズな輸出に向けた準備を早期に開始する。道路局へのヒヤリングでは、保税手続きについては、コルカタにブ国経済省の保税事務所があるということで、通関上の必要書類の整備を行うことで、保税における遅延リスクを回避できる。また、海上輸送については、日本ブータン友好協会の会員企業であり、ブ国名誉領事「辻卓史」氏が会長を務める鴻池運輸(株)*²への相談や、現地建設事情に詳しい丸新志鷹建設(株)からの協力を通じて、リスクの低減に努める。
- ② 施工業者である丸新志鷹建設と協議を行い、安全でスムーズな施工及び施工管理体制

を構築する。重機については、ブ国における建設需要を反映して、KOBELCO®が施工重機の品評会を行うなどの動きもあり、施工重機の入手性も向上していることや、現地における施工条件の事前調査（施工計画と安全計画）を行うことで、リスクの低減に努める。

*1：ノンフレーム工法のドチュラ峠における実施例、

<http://www.kuenselonline.com/non-frame-method-to-stabilize-slopes/>

*2：自動車新聞社、2010年6月記事、辻卓史鴻池運輸(株)会長

http://www.j-np.com/news/contents_00009401.shtml

*3：Bhutan Construction Faire

<https://www.kobelco-sea.com/event/2017/bhutan/index.html>

● 3-6 環境社会配慮等

3-6-1 環境チェックリスト

「環境社会配慮ガイドライン（2010/4）」に準拠し、特に本提案製品の施工工事中における環境配慮を重点に、選定された適用地周辺の環境条件を考慮して対処方法を検討し、以下チェックリストを作成した。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
			No: N	
1 許認可・説明	(1) EIA および 環境許 認可	(a) 環境アセスメント報告書(EIAレポート)等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N (b) N. A (c) N. A (d) N. A	(a) 現地調査の結果、環境への影響は限定的で且つその影響もほぼ回避可能と判断されるためEIAレポートの作成は想定していない。 (b) (c) (d)
	(2) 現地 ステー クホル ダーへ の説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) Y (b) Y	(a) 試験施工現場近隣に民家は存在しないので、ステークホルダーは現場の道路を管理する道路局となる。道路局はカウンターパートであり試験施工の計画を共有しており、施工期間中全工程を通じて現地事務所員を現場に派遣し、常時現場に立会い環境対策について確認・モニタリングできる体制を取る予定である。 (b) ステークホルダーである道路局と施工について情報共有しており、実際の施工も道路局と

				連携して進める。
	(3) 代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は（検討の際、環境・社会に係る項目も含めて）検討されているか。	(a) N	(a) 施工現場は近隣に民家が存在せず、施工規模が小さいため環境に与える影響は限定的である。小規模な汚水が発生する可能性があるが、ノッチタンク等を使って適切に処理する予定であり、代替案は検討していない。
2 汚 染 対 策	(1) 大気質	(a) 通行車両等から排出される大気汚染物質による影響はあるか。当該国の環境基準等と整合するか。 (b) ルート付近において大気汚染状況が既に環境基準を上回っている場合、プロジェクトが更に大気汚染を悪化させるか。大気質に対する対策は取られるか。	(a) N (b) N	(a) 施工規模が小さく、施工に必要な車両も数台程度であるため、大気汚染物質による影響は特になし。 (b) ルート付近で他の工事等は行われておらず、大気環境は特に問題なし。
	(2) 水質	(a) 盛土部、切土部等の表土露出部からの土壌流出によって下流域の水質が悪化するか。 (b) 路面からの流出排水が地下水等の水源を汚染するか。 (c) パーキング/サービスエリア等からの排水は当該国の排出基準等と整合するか。また、排出により当該国の環境基準と整合しない水域が生じるか。	(a) Y (b) Y (c) N	(a) 支柱等の根入れに伴いセメントミルクなど小規模の汚水が出る可能性があるが、その場合はノッチタンク等を用いて適切に汚水処理する。 (b) 同上 (c) 該当なし
	(3) 廃棄物	(a) パーキング/サービスエリア等からの廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) Y	(a) 発生した廃棄物等は現地で決められた処理場等に搬送する。
	(4) 騒音・振動	(a) 通行車両による騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) Y	(a) 施工に必要な車両は数台程度である上、近隣に民家は存在しないので騒音・振動の問題はなし。
	(5) 水質	(a) 通行車両等から排出される大気汚染物質による影響はあるか。当該国の環境基準等と整合するか。 (b) ルート付近において大気汚染状況が既に環境基準を上回っている場合、プロジェクトが更に大気汚染を悪化させるか。大気質に対する対策は取られるか。	(a) N (b) N	(a) 施工現場は近隣に民家が存在せず、施工規模が小さいため環境に与える影響は限定的である。小規模な汚水が発生する可能性があるが、ノッチタンク等を使って適切に処理する予定であり、代替案は検討していない。
3 自 然 環 境	(1) 保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) N	(a) 国立公園保護区などには該当しない。
	(2) 生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) 野生生物及び家畜の移動経路の遮断、生息地の分断、動物の交通事故等に対する対策はなされるか。 (e) 道路が出来たことによって、開発に伴う森林破壊	(a) N (b) N (c) N (d) N (e) N (f) N	(a) 該当なし (b) 該当なし (c) 該当なし (d) 該当なし (e) 該当なし (f) 該当なし

		<p>や密猟、砂漠化、湿原の乾燥等は生じるか。外来種（従来その地域に生息していなかった）、病害虫等が移入し、生態系が乱される恐れはあるか。これらに対する対策は用意されているか。</p> <p>(f) 未開発地域に道路を建設する場合、新たな地域開発に伴い自然環境が大きく損なわれるか。</p>		
	(3) 水象	(a) 地形の改変やトンネル等の構造物の新設が地表水、地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a) N	(a) 該当なし
	(4) 地形・地質	<p>(a) ルート上に土砂崩壊や地滑りが生じそうな地質の悪い場所はあるか。ある場合は工法等で適切な処置がなされるか。</p> <p>(b) 盛土、切土等の土木作業によって、土砂崩壊や地滑りは生じるか。土砂崩壊や地滑りを防ぐための適切な対策がなされるか。</p> <p>(c) 盛土部、切土部、土捨て場、土砂採取場からの土壌流出は生じるか。土砂流出を防ぐための適切な対策がなされるか。</p>	<p>(a) Y</p> <p>(b) Y</p> <p>(c) N</p>	<p>(a) 落石や土砂崩壊が問題になっている現場に対して、その対策工法を適用する。</p> <p>(b) 同上</p> <p>(c) 建設発生土の大規模な発生はない。</p>
4 社 会 環 境	(1) 住民移転	<p>(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。</p> <p>(b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。</p> <p>(c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。</p> <p>(d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。</p> <p>(e) 補償方針は文書で策定されているか。</p> <p>(f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。</p> <p>(g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。</p> <p>(h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。</p> <p>(i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。</p> <p>(j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。</p>	<p>(a) N</p> <p>(b) N. A</p> <p>(c) N. A</p> <p>(d) N. A.</p> <p>(e) N. A</p> <p>(f) N. A.</p> <p>(g) N. A.</p> <p>(h) N. A.</p> <p>(i) N. A.</p> <p>(j) N. A.</p>	<p>(a) 該当なし</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p> <p>(d)</p> <p>(e)</p> <p>(f)</p> <p>(g)</p> <p>(h)</p> <p>(i)</p> <p>(j)</p>

(2) 生活・生計	<p>(a) 新規開発により道路が設置される場合、既存の交通手段やそれに従事する住民の生活への影響はあるか。また、土地利用・生計手段の大幅な変更、失業等は生じるか。これらの影響の緩和に配慮した計画か。</p> <p>(b) プロジェクトによりその他の住民の生活に対し悪影響を及ぼすか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。</p> <p>(c) 他の地域からの人口流入により病気の発生（HIV等の感染症を含む）の危険はあるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮は行われるか。</p> <p>(d) プロジェクトによって周辺地域の道路交通に悪影響を及ぼすか（渋滞、交通事故の増加等）。</p> <p>(e) 道路によって住民の移動に障害が生じるか。</p> <p>(f) 道路構造物（陸橋等）により日照障害、電波障害を生じるか。</p>	<p>(a) N. A.</p> <p>(b) N. A.</p> <p>(c) N. A.</p> <p>(d) N. A.</p> <p>(e) N. A.</p> <p>(f) N. A.</p>	<p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p> <p>(d)</p> <p>(e)</p> <p>(f)</p>
(3) 文化遺産	<p>(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。</p>	<p>(a) N</p>	<p>(a) 該当なし</p>
(4) 景観	<p>(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。</p>	<p>(a) N</p>	<p>(a) 該当なし</p>
(5) 少数民族、先住民族	<p>(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。</p> <p>(b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。</p>	<p>(a) N</p> <p>(b) N. A.</p>	<p>(a) 付近に民家無く影響なし。</p> <p>(b)</p>
(6) 労働環境	<p>(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。(b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されているか。(c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。(d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。</p>	<p>(a) Y(b) Y(c) Y(d) Y</p>	<p>(a) 現地で世銀・アジア開発銀行のプロジェクトを取組んでいる日系の施工会社（丸新志鷹建設ブータン事務所）に工事を委託する予定であるが、現地労働環境に関する事項の遵守を委託契約の中にも盛り込む予定である。(b) 同上(c) 同上(d) 同上</p>

5 その 他	(1) 工 中 の 影 響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a) Y (b) N (c) N	(a) 支柱等の根入れに伴いセメントミルクなど小規模な汚水が出る可能性があるが、その場合はノッチタンク等を用いて適切に汚水処理する。 (b) 該当なし (c) 該当なし
	(2) モニ タリ ン グ	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y	(a) 施工中の汚水発生及び適切な処理について、事業者及び道路局職員が随時監視する。 (b) 支柱の根入れ等セメントミルクを使用する行程で監視する。 (c) 詳細な施工行程作成時に体制を検討する。 (d) ステークホルダーである道路局は施工期間中全工程において現地事務所員を現場に派遣する予定であり、必要な報告は随時同職員を通じて行う予定。
6 留 意 点	他 の 環 境 チ ェ ッ ク リ ス ト の 参 照	(a) 必要な場合は、林業に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（大規模な伐採を伴う場合等）。 (b) 必要な場合には送電線・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（送電・配電施設の建設を伴う場合等）。	(a) N (b) N	(a) 該当なし (b) 該当なし
	環 境 チ ェ ッ ク リ ス ト 使 用 上 の 注 意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する。（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）	(a) N	(a) 該当なし

3-6-2 環境影響評価の取得状況等

調査の結果試験施工に際しての環境影響は限定的で、且つその影響もほぼ回避可能と判断されるためEIAレポートの作成は想定していない。

3-6-3 用地取得・住民移転等

用地は道路局管轄であり取得の必要なし。
近隣に民家なく住民移転の必要もなし。

● 3-7 期待される開発効果

- ・第12次5か年計画を受けた、改訂道路分野マスタープランでの国道における交通の定時性・安全性への寄与が考えられる。具体的には、雨季の時期などに多発する斜面崩壊や落石による道路の交通障害を、提案製品の国道1号線における施工により取り除き、国道利用者（住民、観光客、各種産業従事者）の人・物資輸送の確保に資する。
- ・現地における調査・設計・施工（管理）・維持管理という一連のインフラ整備の過程を経験することにより、現地行政機関が斜面災害対策に関する基礎的な知識を持ち、対策を進めるための計画策定が出来るようになる。加えて、現地建設施工見学会（予定）を開催することで、建設関連産業の各ステークホルダーの意識改革や新技術導入に対するインセンティブを与え、ブ国における建設産業の活性化を図ることが期待できる。
- ・試験施工した工法についての理解を深め、現地の災害対策に活用するための基盤ができる。
- ・試験施工した工法がブ国内で普及することにより、斜面災害による被害が低減し、ブ国の開発課題である「自然災害に対する脆弱性」及び「都市と農村の経済格差緩和」の解決に貢献する。特に、普及実証においては、地元紙 Kuensel への投げ込み投稿を予定しているが、これにより、ブ国社会における安全に国道を通行するという道路防災意識を高めることに寄与する。

第4章 ビジネス展開計画

● 4-1 ビジネス展開計画概要

事業目的	「自然災害対策技術の革新で社会に貢献する」を基本理念とし、日本で蓄積した斜面災害対策技術を駆使してブータンの自然環境に調和した製品をブ国内及び周辺国に供給し、地域の「安全の創造」と「産業活性化」に貢献する。
ターゲット市場・顧客	斜面災害対策は行政機関が行う業務であり、ブ国では主に道路局がその任務を担っているため、道路局が最大のターゲットとなる。 またブータン電力公社（送配電事業者）など電力関連企業も設備保全のニーズがあるためターゲットとなりうる。
事業化スケジュール及び実施体制	2017年～ 「ブータン国案件化調査」取組 2019年～ 「ブータン国普及・実証事業」取組 道路局・建設コンサル・建設企業にPR活動を行う。 ブ国内で送配電事業を行うブータン電力公社に製品をPRし、ブ国内の送電鉄塔施設周辺などでの活用を提案する。 代理店候補の建設コンサル（カラチャクラコンサルタント）を通じて、ブ国内及び斜面災害が多く発生し、かつ同コン

	<p>サル会社が人的ネットワークを有するインド北東部シッキム州に提案製品をPRしインドでの採用を模索する。</p> <p>2021年 現地建設コンサルタント企業と代理店契約締結。(ブ国・インドへの販売窓口とする)</p> <p>製造コスト及び輸送コストを削減するため、現地調達可能な部材を現地調達し、キーパーツを日本から輸出する体制を模索する。</p> <p>(ブ国内外の斜面災害対策市場の開拓とあわせ、現地雇用拡大に寄与)</p> <p>2025年 売上5億円を目指す。</p>
戦略	<ul style="list-style-type: none"> ・道路局担当者と共に斜面災害対策が必要な現場を視察し、各現場に最適な工法を提案セールスし、「無償資金協力」や現地公共事業の案件組成に繋げる。 ・「案件化調査」「普及・実証事業」技プロ等を通じ、ブ国政府の斜面災害対策能力の向上に貢献する中で、優先的に工法が採用される体制を構築する。 ・DoR及び現地建設業界に強いネットワークを持つ建設コンサルタント(カラチャクラコンサルタント)を販売代理店として提携することにより、ブ国及びインドでの普及促進を図る。
人員計画	<p>2021年～2022年</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地建設コンサル企業(現地代理店候補)の人材1名を技術協力活用型・新興国市場開拓事業(研修)で受入れ、提案製品の設計に関する研修を行う。 <p>2022年～2023年</p> <ul style="list-style-type: none"> ・JICA民間ボランティア制度にて道路局に1名派遣し、現地斜面防災技術の向上に貢献する中で、提案製品の普及に努める。

なお、建設分野以外への将来の市場開拓については、販路開拓の活動として、以下を2018年6月に実施した。

- ・カラチャクラコンサルタントのもつブ国における広範なインフラ関係機関への関係性を活用して、送配電事業者であるブータン電力公社(Bhutan Power Cooperation、<http://www.bpc.bt/>)への製品のPRと製品活用の機会を模索した。結果、チュカChhukha～ゲデュGedu間における国道2号線沿いの斜面では、高圧送電線の基礎が表層崩壊で一部地山が露出しており、更なる崩壊の危険性から、鉄塔基礎の不安定化が懸念されていることの情報が見られ、提案製品の一つであるマクロネット®と植生マットの併用による表層崩壊防止の提案を、カラチャクラコンサルタントを通じてBPCに

行った*1。普及・実証事業が採択された場合、現地渡航して直接BPCに説明し、改良提案や追加提案することを予定している。

・カラチャクラコンサルタントでは、ブ国内に限らず、インド（シッキム州、アッサム州）、ネパールでの公共事業機関に対する関係性（コンサルテーション活動や業務実施）があることが2018年6月に実施した同社との協議で確認された。従って、この関係性を活用して、提案製品の普及を図り、周辺地域への製品導入も図りたい。特に、カラチャクラコンサルタントからは、シッキム州やアッサム州における建設分野における商慣行の話が得られ、インド本国の他州と異なり、海外製品の排他的な意識が少なく、現地で入手できる製品では実現することができない機能を有した外国製品への許容性の高さが指摘された。従って、カラチャクラコンサルタントからの提案製品の理解促進と、製品導入におけるコンサルテーションを通じた人材育成（カラチャクラコンサルタント社員の調査・設計などの技術能力の向上やOJTなど）を図りながら、提案製品の普及拡大を目指す。

*1：鉄塔基礎部の不安定斜面への提案（調査団作成）

● 4-2 市場分析

4-2-1 斜面防災に関する市場分析

ターゲット市場は、安全かつ確実な移動を実現する道路交通ニーズである。例えば、ヒトや車の移動において、雨季の厳しい降雨条件の中でも、勾配のきつい斜面が迫る急峻な山岳道路を「安全に」、かつ、経済の諸活動を確実に実施するための移動活動を「確実に」実施することは、第12次5か年計画*1においてもその必要性が述べられている。具体的には、「安全な移動」では、人々が移動手段である車を所有するようになり交通需要が高まる中、道路の拡幅作業などにより掘削されたまま斜面で頭上から巨石がオーバーハングした状態の道路を通過することへの一種の恐怖感を持たざるを得ないことが挙げられる。このようなことは、学校や隣村への行き通いで落石危険斜面を歩行せざるを得ない年少者に限らず、海外からの観光客を乗せたマイクロバスの運転者、水力発電資材を大型トラックで運送する建設従事者にとっても同様の感情を持つに違いない。また、時間に遅れずに「確実に」移動することへの要求（道路に対する定時性の要求）は、マーケットへの収穫物を運ぶ農業従事者、限られた工程の中で観光メニューをこなさざるを得ない観光ガイドや観光客に限らず、厳しい予定の中、地方への視察や出張を伴う行政管理者なども同じ要求に立つ。

競合製品としては、BR0が建設した石積擁壁やネット工が挙げられる。



図 15 いくつかある擁壁の形式（出典：調査団）

石積擁壁では、いくつかの形式があるが、パロ空港からティンパーに至る国道 2 号線に敷設された石積擁壁では、碎石などを敷き詰めた間をセメントやモルタルで埋め壁体を構成し、樹脂状のメッシュ材や織布状のシート材を被覆させた構造物（GRW: Geo-synthetic Reinforced Wall）が、提案製品である Geo Rock Wall と同類機能を有する製品として着目される。機能でも背後の斜面から落下する落石を緩衝空間（ポケット）に収納し、道路への落石の到達を防ぐ「待受け方式」を採用している。現場に敷設された当該品を見るに、以下のことが指摘できる。



図 16 Geo-synthetics Reinforced Wall（出典：調査団）

・擁壁本体の施工状況を見ると、積み石の間に盛り込まれたセメントやモルタルには隙間が散見されるため、擁壁本体の内部は空洞が多く存在すると考えられる。したがって、擁壁本体の強度は、衝撃力の大きな落石を跳ね返すような強度を持つことはなく、擁壁自体が崩壊する可能性をはらんでいる。

・コンクリート（セメント、モルタル、砂、砕石や礫（骨材）の混合硬化体）の材料構成状態についても、粗粒分と細粒分との分散状態が均一ではなく、径の大きな骨材が偏った不均一な構成となっているため、外力に対しての抵抗力が低い可能性がある（擁壁が壊れやすくなっている可能性がある）。

・メッシュ材料やシート材料自体の機能発現については、何を意味するのか理解できない。メッシュ材の「白色」が運転者への視認性を向上させている可能性もあるが、一方で、メッシュ材やシート材を擁壁本体へ固定する方法が、鉄筋（φ4mm程度）を差し込むだけで、鉄筋を持って動かすと容易にがたつくことを踏まえると、長年の風雨や外力により、鉄筋が抜ける可能性があり、ひいてはメッシュ材やシート材が外れ、車の走行への障害になる危険性もある。

・擁壁自体の傾倒や滑動も否定できない。地元紙 Kuensel の記事 Sustainability of geo-synthetics reinforced walls questioned（2017年3月10日付け）によれば、施工や設計に疑問があり、道路への傾倒や移動が起こっているように見える（Paro 県議長 Tshering Dorji の話）との指摘がされている。

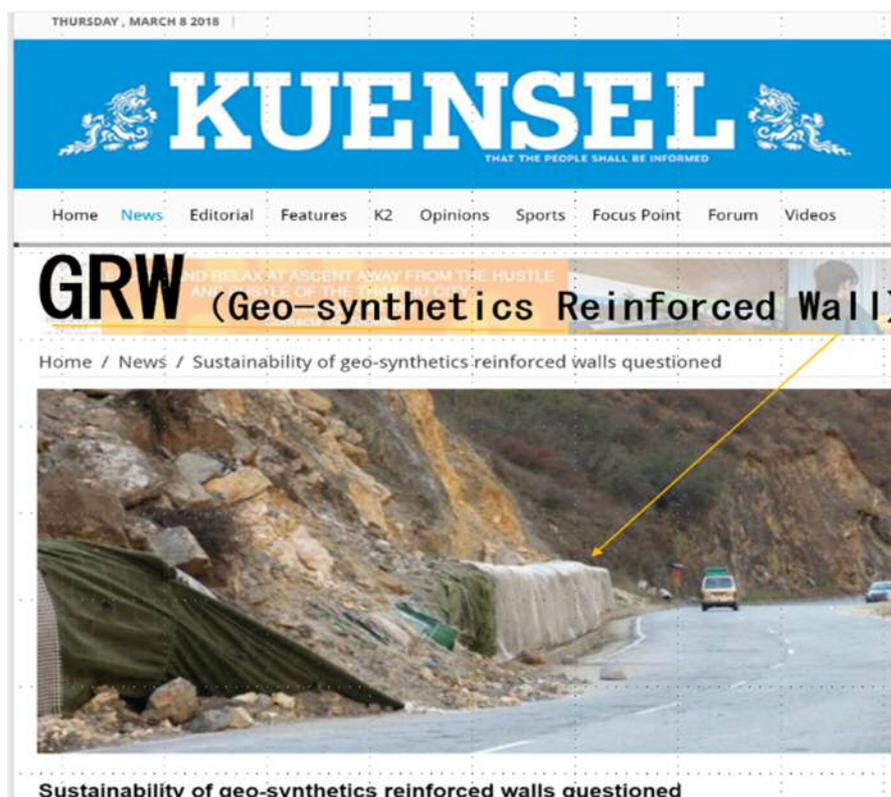


図 17 地元紙 Kuensel の指摘（出典：Kuensel 紙を調査団で編集）

ネット工では、風化の強い土砂地山（一部岩塊を存する）で構成された道路脇斜面を覆うようにネット工が敷設されている。基本構成である、メッシュ（亀甲状）、ワイヤー、ソイルネイル（鉄筋挿入）は通常のネット工の構成要素と変わらないが、ソイルネイルの地山への定着については、本来、ブラケットを介してメッシュをしっかりと地山表面に定着させる（地山に穿たれた穴にモルタルやセメントを注入し、ソイルネイルと地山本体とを定着させる）ことが、岩塊が地山から剥離することを抑制するには重要であるが、現場施工の競合製品では、ソイルネイルの地山への定着がなされていなく（スカスカな状態）、空に浮いた状態のものや、ガタガタになっているものが多数見られた。さらに、ソイルネイルの挿入方向については、斜面に略垂直に設定され、メッシュ材が抜け出すことを確実に防ぐことが本来求められるが、現場施工品は、全数上空に向かって垂直に（天頂方向に）挿入されていた。これは、人力で、もしくは、簡易な道具でソイルネイルを地山に穿たれた穴に挿入したことを示唆し、施工については、所定機械（例えば、「打ち込み機械」）を使っていないこと、所定の定着長を確保していないなどの可能性を示唆している（長期的な安定性に疑問がある）。



図 18 現場で施工されていたネット工（出典：調査団撮影）

4-2-2 投資規制や製品規格に関する市場分析

投資規制については、” Foreign Direct Investment (FDI) Policy, 2010 (amended on July 18, 2014) Ministry of Economic Affairs Royal Government of Bhutan” が基本となる。ブ国において、事務所を構え、関連業法の下、事業活動を行う場合、もしくは事務所を構

えずにパートナー企業へ出資を行う資本提携を行う場合に双方に規制がかかる。FDI では、Bhutan Vision 2020 で示された持続的な経済成長を促進する関連作業（農産物・物品生産関連産業やサービス業など）が、外資を促進させる業種として指定され、産業ごとに投資の最大上限割合が規定されている。具体的には、農業、林業、電力（74%の出資割合まで）、教育、健康関連産業、観光業、社会インフラ建設関連産業、IT 関連作業（100%の出資割合まで）などである。建設関連産業は、国内産業の基盤を築く産業として外資の導入を促している。

FDI 上の許認可手続きは、経済省 (Ministry of economic Affairs) の産業局 (Department of Industry) が手続きの窓口となっている。所定形式に則った申請書（ビジネス展開計画を含んだ Project Proposal を記載する形式をとっている）を提出すると、FDI Policy 2010 および FDI Rules and Regulation 2012 に則った審査を経て許認可を得る（資本流入を促し、技術の移転を助長し、市場の拡大と国際貿易を促進し、国際交流を促進するため、許認可される産業種類は多い）。建設業では、投資促進の優先対象産業種を指定した Priority List に記された産業であり、建設関連作業の事務所設立の最小投資額は、2 億 Nu（約 2 億 5 千万円）である。

特に建設業における公共発注体系で提案製品が採用されるためには、ブータン規格 (Bhutan Standard) を原則取得しておく必要がある（2017 年 12 月 21 日、ブータン規格局 Bhutan Standard Bureau へのヒヤリング）。ブータン規格は、インド規格 (Indian Standard) や ISO (International Standard organization) を原則準拠しているブータン国内規格である。建設資材の認証については、セメント、ビチューメン（瀝青）、鉄だけはブータン規格で規定があり (Bhutan Standards BTS IS 1786:2008)、そのほかの建設資材については、インド規格を参照し、インド規格に該当する規定がなければ、ISO を参照する体系となっている。ただ、BTS IS 1786:2008 もインド基準を原則準拠している。ブータン規格認証を受けなければならない製品は、「Mandatory Product」として人命の危険をさらす製品で工場出荷時に検査を実施、また、「Voluntary Product」としてその他の製品を工場出荷時の自主検査を適用させている。例えば、石積擁壁に使用される針金は、「Mandatory Product」に該当する。また、日本から製品を直接ブ国で販売する場合、ブータン規格の認証を受ける必要があり、かつ、ブ国の公共機関が発注する業務における調達製品では、ブータン規格を取得している必要がある（2017 年 12 月 21 日ブータン規格局へのヒヤリングによる）。特に JIS 規格との関連では、JIS 規格の認証を受けている製品をブータン規格での相互承認を得たい場合は、JIS 規格と ISO 規格とのトレーサビリティを証明する書類を提出する必要がある。したがって、提案製品をブータンの建設公共発注のマーケット環境で採用してもらうには、JIS 規格と ISO 規格とのトレーサビリティのエビデンス（証明書類）の提出、JIS 規格の取得がなければ、ISO 規格との整合性を関係づける書類の添付を元に、ブータン規格の申請を行う必要がある。

投資規制、銀行口座の開設手続き、事務所開設における労働法制などについては、文献

調査を 2018 年 6 月 5 日に行い、資料としてまとめた。

*1: 投資規制、事務所開設における労働法制、銀行口座開設などについての調査（調査団作成）

4-2-3 公共発注制度に基づくサプライチェーンに関する市場分析

建設産業の協会組織として、ブータン建設協会（CAB: Construction Association of Bhutan）を訪問し、ブ国における建設産業の動向をヒヤリングした（2017 年 12 月 12 日）。CAB は、ブータン商工会（BCCI: Bhutan Chamber of Commerce and Industry）の下部組織で、ブ国における建設産業の育成・促進・対外展開などを支援する組織である。役割として、国内外における建設産業の政策提言・各ステークホルダーとの調整・国の開発計画に対する助言・国/企業間の連携促進を図っている。約 4,000 組織・企業がメンバーとなっている。

ブ国の建設産業は、GDP の約 15% を占め、関連従事者は 3 万から 4 万人程度と主要産業である。建設業の許可については、建設発展委員会（Construction Development Board）での建設業許可の取得を、建築、通信、道路・トンネルの 3 種類の中から得る必要がある。メンバー企業はすべてブ国内の企業であり、規模ごとに大中小規模に区分されるが、建設企業（コントラクター）のみが登録されており、建設コンサルタントは会員企業となっていない。ブ国の防災製品市場については、道路斜面对策の必要性を認識しているが、斜面を安定化させる実需の有無は「建設投資」の問題ではなく、「（安全に対する）文化背景」の問題であると General Secretary の Wangdi 氏は語った。彼も、斜面对策製品を建設市場に組み込むには、ブータン規格を取得することが重要であると語った。

建設企業の代表として、建設企業大手で Druk Holding Investment の一翼である Construction Development Corporation Ltd. (CDCL) へのインタビューから、以下の状況が判明した。

CDCL は、従業員約 360 名の公企業で、政府発注の建設工事を実施している。斜面对策工事については、石積擁壁の施工のみしか過去経験がない。提案製品を施工するために必要な「足場」、「クレーン」、「大口径ボーリングマシン」は所有していないが、トンネル施工で必要な「掘削機（ドリルジャンボ）」を所有し、近く追加購入を予定している（Tangjibji 水力発電での導水路トンネル施工事業を Druk Green Power から受注している）。CDCL でも土質調査を行い、トンネルの設計、ERP（Enterprise Resource Planning、施工計画でのエンジニアリングソフト）などを手掛けている。ブ国における建設業界については、優秀な人材確保が一番の課題である。また、各企業における研究開発の動きや新製品開発、新たな付加価値サービスの創造については、動きが遅れている状況である。

4-2-4 市場分析まとめ

ブ国の公共発注制度・建設市場における提案製品の受容性を決めるのは、「ブ国における、気候変動に強靱な道路を拡充して行こうとする公共政策の動向（投資予算）」と、ブ国の

建設産業全体における「安全・安心に裏付けられた質の高い製品を導入しようとする企業側のマインド」である。前者は、ブ国における公共施策（「Revised Road Sector Master Plan 2007-2027」）に示されたように、気候変動による環境変化（モンスーンなどの強雨の影響）でも安全かつ信頼性の持てる道路を構築するためには、道路斜面の安定化対策が必要であることを実現するための予算確保が2018年会計年度から予定されている。後者については、建設産業の代表的な企業へのヒヤリング*¹を通して分析する。

現地建設企業における代表的存在として、CDCL社（Construction Development Corporation Ltd.）、エンジニアリング部門長の話では、道路開発における公共発注では「斜面安定化対策を含めた形で（包括発注として）」発注がなされている一方、「斜面安定化製品」として、ブータン規格で取り扱っていないというギャップが存在し、強制規定として縛りがないため、斜面安定化対策製品の実需が発現しにくいのが問題であるとしている。したがって、業者としては、道路工をする際には、最低限の道路幅を確保するために、山側斜面の切土掘削のみを行い、掘削された切土斜面の保護（安定化対策）を行わないのが現状である（経済的なコストを負うてでも、切土した斜面を、鉄系材料などの人工物を導入して斜面を安定化させるまでの縛りがなく、業者にとっての任意規定となっているため、導入のマインドは無い）。この現状では、「質の高い防災事業は行えない」、また、ブータン規格に斜面安定化対策を規定することで、必要な建設単価や特記仕様書への組み込みも実現するだろうと、部門長は述べている（2017年12月11日ヒヤリング）。

道路局からの質問回答書*²では、「交通移動時間の短縮や人の移動における利便性の向上のためには、道路斜面の対策は必要かつ重要である」、また「モンスーン季の降雨による道路斜面災害の復旧事業費が毎年増えていることを考えると、道路斜面の予防保全対策は必要である」との認識が記された。特に、「落石対策」に関しては、落石発生の実状は具体的な数値は把握していないが、「第12次五か年計画では、5年間で、約5億Nuの予算が、斜面安定化対策に配分されている」との回答があった。

現地建設コンサルタント企業であるカラチャクラコンサルタント（Karachakra Consultancy）の社長 Dhital 氏からの質問回答書*³からは、現状では、「モンスーン季における、道路での地すべり、落石、土砂崩落は日常茶飯事である」が、しかし、「行きかう自動車の交通量も多くなり、道路斜面の災害が多額の犠牲者を出す危険性があり、安全な移動をすることが求められる」。そのために、「予算を投資し（このような）地質学的リスクを調査して、道路斜面の安全化対策をしないとイケない」と述べた。

上記のヒヤリングを通して、以下のことが分析される。

- ・中央から地方へ幹線道路をひとまず延伸させるこれまでの開発では、道路整備に最小限の投資（斜面の切土掘削や路床・舗装工事のみ）しかできなかった。そのため、企業側の持つ「道路斜面防災へのマインド」も、切土斜面が崩れるのは自然のなりわいであり、斜面安定化対策をしないのは「文化の問題」として片付けられてきた。

- ・幹線道路延伸の地方への充足が見通され、新規五か年計画（第12次五か年計画）の開始

年度となる 2018 年度（これから）では、「安全かつ利便な交通移動」、「雨の時期でも安全に移動できる道路」を人々が希求しており、そのため、「確実に安定化された道路斜面」を求めるマインドが芽生えてきている。

・しかしながら、移動の定時性や安全性をかなえるための社会制度（公共発注制度や製品規格）は旧来のままで、時代の変化や人々の公共施設に対する欲求の向上に対応が遅れている。

*1: 面談記録、Construction Development Corporation Ltd. 2017 年 12 月 11 日

*2: 質問回答、“ Feasibility Survey for Countermeasure Technologies and Methods for Road-Side Slope Disasters Kingdom of Bhutan ” Questionnaire for DOR Nov.2017

*3: 質問回答書、“ Feasibility Survey for Countermeasure Technologies and Methods for Road-Side Slope Disasters Kingdom of Bhutan ” Questionnaire for Construction Consultants and Contractor Nov.2017

4-3 バリュチェーン

非公開

● 4-4 進出形態とパートナー候補

非公開

非公開

非公開

● 4-5 収支計画

非公開

- 4-6 想定される課題・リスクと対応策

【課題】

- ① 製品特性を十分に生かした斜面での適用を模索する点
- ② ブ国における参入障壁の克服
- ③ 斜面对策製品のデファクトスタンダード化
- ④ ブ国における建設関係需要の市場性

【リスク】

- A) 取引リスク：現地企業との取引において、支払方法等商習慣の違いを確認して取組む。
- B) 治安上のリスク：ブ国南部のインド国境付近は、インド側過激派の活動が認められるので、在ブータン日本大使館やブータン JICA 事務所から危険情報を収集し、危険な地域での活動を行わないなど、リスクを回避しながら事業を実施する。

- 4-7 期待される開発効果

防災先進国日本の斜面災害工法がブ国内で普及することにより、斜面災害による被害が低減し、ブ国の開発課題である「自然災害に対する脆弱性」及び「都市と農村の経済格差緩和」の解決に貢献する。

- 4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

- ・ 事業実施の影響も含め人員不足が発生する見込みであり、事業実施後毎年3名程度ずつ社員を増加させていく計画である。
- ・ 弊社製品の基礎部材は全て燕三条を中心とした新潟県内金属産地の部材製作下請け企業から調達しており、事業実施に伴い新潟県内の下請け企業への発注増加が見込まれ、これら企業の売上げ増加に寄与する。
- ・ 新潟県が比較優位性を有する斜面災害対策分野で、地元大学である新潟大学等と連携して海外展開を進めることは、新潟県全体のプレゼンスや技術水準を高め、地域活性化にも繋がる。