

ブータン国 道路局

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・ビジネス化事業

業務完了報告書

令和5年4月
(西暦2023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

民連
JR
23-029

<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.

目次

巻頭写真









地図	1
図表リスト	2
略語表	3
案件概要（ポンチ絵）	4
要約	5
第1章 当該国でのビジネス化（事業展開）計画	8
1-1 提案製品・技術の概要	8
1-2 海外進出の動機	8
1-2-1 提案法人の海外展開を図るに至った背景	8
1-2-2 対象国を選んだ理由	9
1-3 ビジネス化（事業展開）計画	9
1-3-1 ビジネスモデル概要	9
1-3-2 ターゲットとする市場	10
1-3-3 製品サービス・技術	14
1-3-4 当該国における具体的なビジネス展開の方法	16
1-3-5 当該国でのビジネスにおける収支・財務計画	16
1-4 ビジネス実施上の留意事項	16
1-4-1 ガバナンスにおける留意事項	16
1-4-2 商習慣・商慣習、文化、宗教における留意事項	17
1-4-3 ビジネス展開に必要なネットワーク	18
1-4-4 撤退条件	18
第2章 ビジネス展開による対象国・地域への貢献	18
2-1 ビジネスを通じて解決する対象国の課題とその貢献	18
2-1-1 対象国の課題	18
2-1-2 中・長期的に達成する課題への貢献	20
2-2 持続的な開発目標（SDGs）17の目標	20
2-3 国別開発協力方針（政府開発援助方針との合致）	21
2-4 ビジネス展開により見込まれる地元経済・地域活性化への貢献	21
第3章 普及・実証・ビジネス化事業実績	21
3-1 本事業の目的	21
3-2 本事業の成果	22
3-3 成果の達成結果	23
3-4 活動内容の実績	27
3-4-1 活動内容	27

3-4-2	活動結果の実績	28
3-4-3	工程実績（別添）	50
3-4-4	要員実績（別添）	50
3-4-5	導入済機材（別添：貸与物品リスト）	50
3-5	事業実施国政府機関（カウンターパート機関）の情報	51
3-5-1	カウンターパート機関名	51
3-5-2	基本情報	51
3-5-3	カウンターパート機関の役割・負担事項（実績）	52
3-5-4	事業後の機材の維持管理体制	52
3-6	その他	52
3-6-1	環境社会配慮	52
3-7	本事業から得られた教訓と提言	52
3-7-1	今後海外展開を検討する企業に向けた教訓	52
3-7-2	JICA や政府関係機関に向けた提言	53
	英文案件概要	56
	英文要約（Summary Report）	57

巻頭写真

<p>輸出機材の荷受確認 (2019年12月)</p>	<p>マクロネットの施工 (2019年12月)</p>
	
<p>マクロネットの施工 (2019年12月)</p>	<p>マクロネットの施工 (2019年12月)</p>
	
<p>マクロネットの施工 (2019年12月)</p>	<p>マクロネットの完成 (2019年12月)</p>
	
<p>ブータン道路局向け施工セミナー (2019年12月)</p>	<p>ジオロックウォールの施工 (2020年1月)</p>
	

巻頭写真

<p>ジオロックウォールの施工 (2020年2月)</p> 	<p>ジオロックウォールの施工 (2020年3月)</p> 
<p>ブータン道路局向け施工セミナー (2020年2月)</p> 	<p>ブータン道路局向け施工セミナー (2020年2月)</p> 
<p>施工業者向け施工セミナー (2020年2月)</p>	<p>施工業者向け施工セミナー (2020年2月)</p>
<p>施工業者向け施工セミナー (2020年2月)</p> 	<p>施工業者向け施工セミナー (2020年2月)</p> 
<p>ジオロックウォール完成 (2020年3月)</p>	<p>ブータン道路局への施設引き渡し (2020年3月)</p>
	

ジオロックウォール効果検証視察（2023年1月）



プロジェクト総括説明会
(2023年1月)

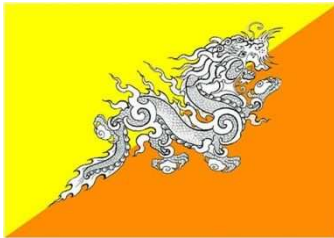
マクロネット効果検証視察（2023年1月）



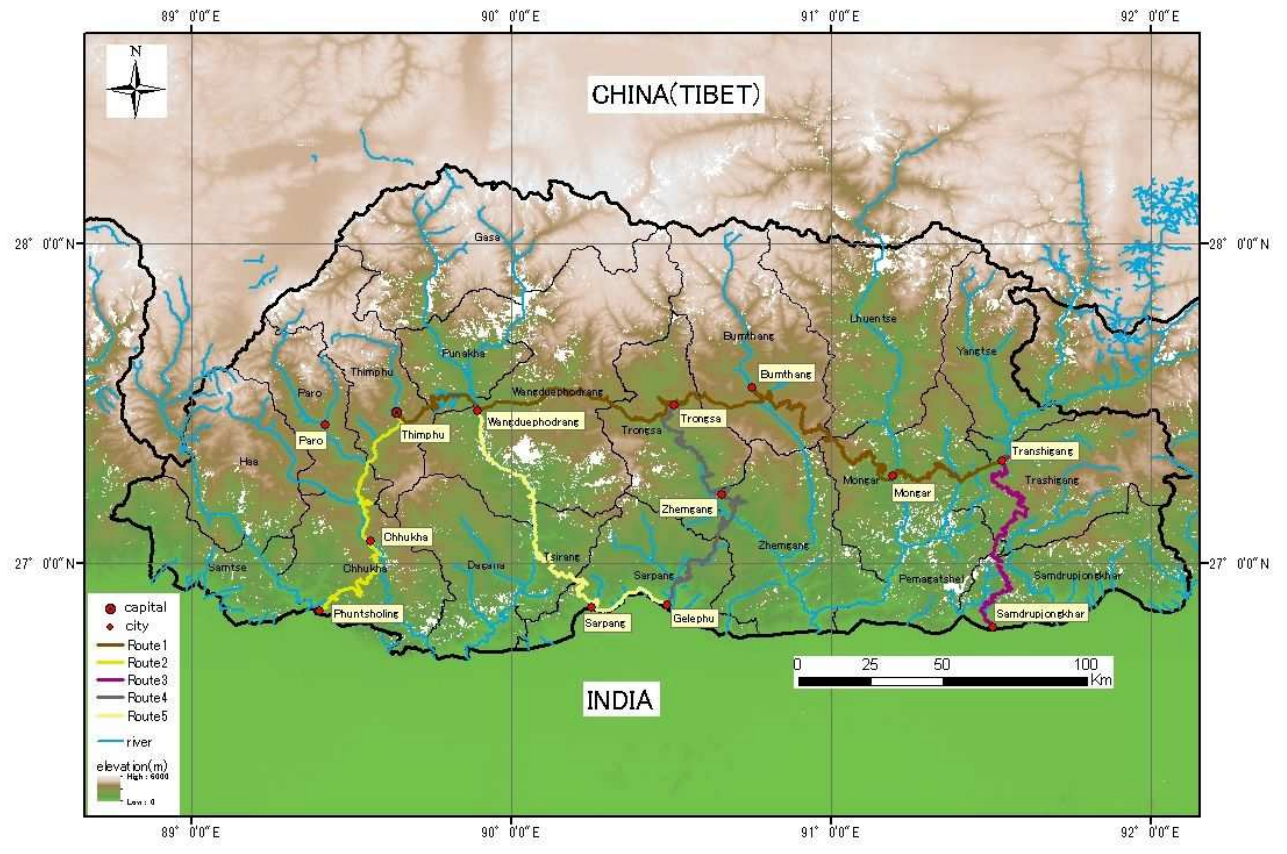
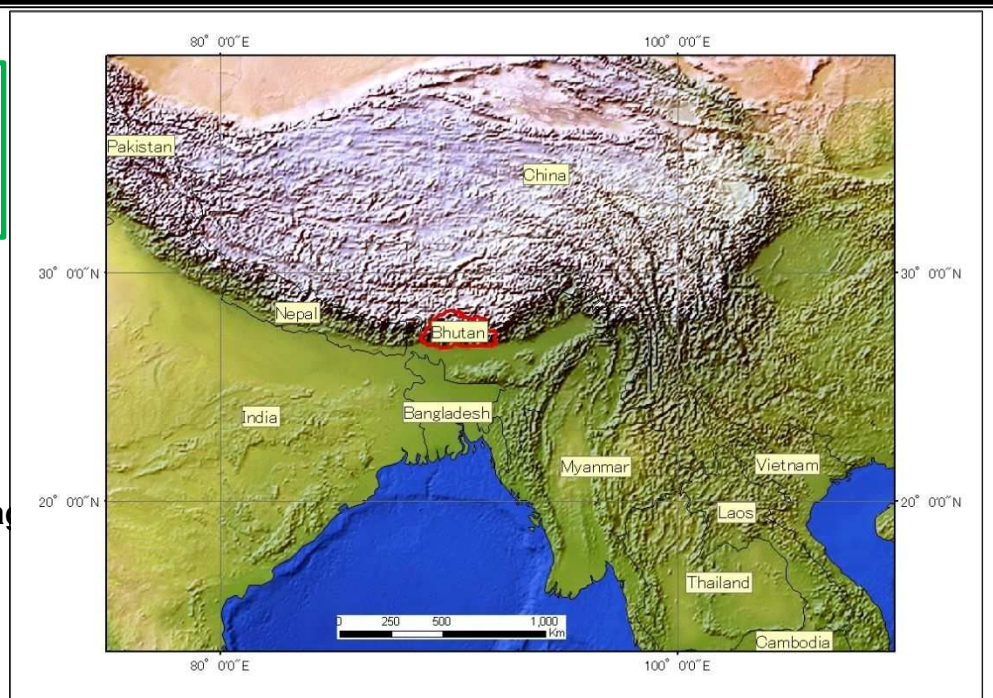
テンジン局長向けプロジェクト総括説明
(2023年1月)



本プロジェクト における 調査位置図



Bhutan National Flag




図表リスト

図 1	ビジネス化（事業展開）モデル.....	9
図 2	案件化調査から普及・実証・ビジネス化事業までの活動計画.....	25
図 3	事故発生時の復旧費用と推定経済損失額.....	47
図 4	提案製品にかかる総所要費用と社会的総費用のコストカーブ比較.....	48
図 5	道路斜面对策施設のカーボンニュートラル要素.....	56
表 1	ジオロックウォールとマクロネットの国内販売実績.....	8
表 2	提案法人の海外事業の取組実績.....	8
表 3	道路局職員から共有された予算投入の重点道路整備区間.....	12
表 4	第 13 次五か年計画（策定予定）で検討されている重点道路整備区間.....	13
表 5	ジオロックウォールの製品特性とコンクリート擁壁との比較.....	14
表 6	マクロネットの製品特性と現地設置類似品との比較.....	15

略語表

略語	英文	和文
C/P	Counterparts	カウンターパート
DOR	Department of Road	道路局
DoST	Department of Surface Transport	運輸局（旧道路局）
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MoWHS	Ministry of Works and Human Settlement	公共事業・定住省
MoIT	Ministry of Infrastructure and Transport	交通省 （旧公共事業・定住省）



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・ビジネス化事業

株式会社プロテックエンジニアリング（新潟県北蒲原郡聖籠町）

9

産業と技術革新の
基盤をつくろう

13

気候変動に
具体的な対策を

提案製品・技術
 【落石防護補強土壁「GEO ROCK WALL（ジオロックウォール）」】大規模落石の衝撃を吸収する。
 【斜面表面安定化工「MACRO NET（マクロネット）」】斜面崩壊の発生が見込まれる斜面を安定化させる。

本事業の内容

- ・ 契約期間：2019年8月～2023年6月
- ・ 対象国・地域：ブータン国ティンブプー県、ワンデュ・ポドイラン県、モンガル県、チュカ県、インド国デリー
- ・ カウンターパート機関：ブータン道路局（2022年12月の省庁再編および組織改編により運輸局となった）
- ・ 案件概要



道路斜面災害対策技術及び工法に関する事業。提案製品の「ジオロックウォール」と「マクロネット」を活用し、斜面災害による地域の孤立や物流の阻害を軽減。安全な交通（人流・物流）を確保し、地域の経済成長に貢献する。

開発ニーズ（課題）へのアプローチ方法（ビジネスモデル）
 ・ブータン道路局に対する技術移転を通じて、提案技術及び製品をブータンの基本工法として普及させる。
 ・提案製品の導入を図るなかで、現地経済を牽引する電力事業・観光産業・農業の物流に寄与する道路インフラの整備により経済を発展させる。
 ・現地に幅広いネットワークを有する建設コンサルを代理店として活用することで、普及を促進させる。

対象国に対し見込まれる成果（開発効果）
 ・斜面災害の減少による死者の減少と物流の効率化、道路上の落石や土砂の除去作業及びコスト減少。
 ・斜面防災技術向上と関連する製造・施工等産業の発展による経済成長。
 ・物流の効率化に起因する電力事業・観光産業・農業等基幹産業の発展による経済成長。

2019年8月1日作成、2023年2月8日更新

要約

案件名：ブータン国道路斜面防災対策技術及び工法に関する普及・実証・ビジネス化事業

(英文案件名：SDGs Business Verification Survey with the Private Sector for Road-Side Slope Disasters countermeasure technologies and methods in the Kingdom of Bhutan)

I. 案件概要

1. 対象国・地域	ブータン国ティンプー県、ワンデュ・ポディラン県、モンガル県、チュカ県、インド国デリー
2. 提案事業の概要	道路斜面災害対策技術及び工法に関する普及・実証事業。大規模落石の衝撃を吸収する「ジオロックウォール」及び斜面崩壊の発生が見込まれる斜面を安定化させる「マクロネット」を活用し、斜面災害による地域の孤立や物流の阻害を軽減する。結果、安全な交通（人流・物流）を確保し、地域の経済成長への貢献を目指す。
3. 提案製品・技術の概要	<p>【落石防護補強土壁「GEO ROCK WALL（ジオロックウォール）」】 大規模落石の衝撃を吸収する。</p> <p>【斜面表層安定化工「MACRO NET（マクロネット）」】 斜面崩壊の発生が見込まれる斜面を安定化させる。</p>
4. 対象国でのビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> ・ブータン道路局（DOR:Department of Road、2022年12月の省庁再編および組織改編により DoST:Department of Surface Transport となった）に対する技術移転を通じて、提案技術及び製品をブータンの基本工法として普及させる。 ・提案製品の導入を図るなかで、現地経済を牽引する電力事業・観光産業・農業の物流に寄与する道路インフラの整備により経済を発展させる。 ・現地に幅広いネットワークを有する建設コンサルを代理店として活用することで、普及を促進させる。
5. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面災害の減少による死傷者の減少と物流の効率化、道路上の落石や土砂の除去作業及びコストを減少させる。 ・斜面防災技術向上と関連製造・施工等産業の発展による経済成長を図る。 ・物流の効率化に起因する電力事業・観光産業・農業等基幹産業の発展による経済成長を図る。
6. 本事業の概要	
① 目的	斜面災害に対する脆弱性軽減に資するため、「ジオロックウォール」及び「マクロネット」の有用性及び優位性が実証されるとともに、C/Pの斜面防

	<p>災対策に係る能力強化や現地での周知等、普及活動を行い、現地での普及に向けた方策・課題を整理する。</p>
② 成果	<p>成果1 試験施工を通じて、我が国の斜面防災技術（ジオロックウォール・マクロネット）の現地適合性が実証される。</p> <p>成果2 C/P への斜面防災対策に係る能力強化を図ることを通じ、適切な斜面防災対策工法の選定や計画が実施される環境を整備し、提案製品の普及が促進される。</p> <p>成果3 現地施工業者の提案工法に対する理解を深め、提案工法が採用されやすい環境を整備することで、提案製品の普及が促進される。</p> <p>成果4 提案工法の現地普及に向けたビジネス展開計画を策定する。</p>
③活動内容	<p>活動1 パイロットサイトで試験施工を実施する。施設設置の物理的効果検証と経済的効果検証を行う。検証結果に基づき現地適合性を実証する。</p> <p>活動2 道路局向けに提案製品のマニュアルを作成する。マニュアルに基づき説明会やOJT指導を行うことで、提案製品・工法に係る理解を促進する。</p> <p>活動3 現地施工業者向けに提案製品のマニュアルを作成する。マニュアルに基づき施工説明会を実施することで、提案製品・工法に係る理解を促進する。</p> <p>活動4 道路局および電力関連施設、宗教関連施設などに対するニーズ調査や競合調査に基づきビジネス展開計画を策定する。</p>
③ 相手国政府機関	道路局（2022年12月の省庁再編により運輸局に変更）
⑤本事業実施体制	<p>提案企業：プロテックエンジニアリング</p> <p>外部人材：国際航業（現地調査・設計・施工管理） 新潟大学（学術交流・産官学連携）</p>
⑥契約期間	2019年8月～2023年6月（3年11ヶ月）
⑦契約金額	152,625,000千円

II. 提案法人の概要

1. 提案法人名	株式会社プロテックエンジニアリング
----------	-------------------

2. 代表法人の業種	[①製造業] ()
3. 代表法人の代表者名	井上昭一
4. 代表法人の本店所在地	新潟県北蒲原郡聖籠町大字蓮潟 5322 番地 26
5. 代表法人の設立年月日 (西暦)	1998 年 5 月 21 日
6. 代表法人の資本金	9,970 万円
7. 代表法人の従業員数	102 名
8. 代表法人の直近の年商 (売上高)	354,089 万円 (2021 年 4 月～2022 年 3 月期)

第1章 当該国でのビジネス化（事業展開）計画

1-1 提案製品・技術の概要

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

高強度・高伸度の特殊繊維で補強した土の擁壁により大規模な落石の衝撃を吸収して道路を守る製品。現地発生土を活用でき（環境保護）壁面緑化も可能（景観調和）。簡易な構造で、現地組立が容易。



【提案製品2：斜面表層安定化工「MACRO NET（マクロネット）」】

表層が不安定な斜面に高強度金網と縦横のワイヤロープを張り、ワイヤロープの交点にアンカーを打設。アンカーの抵抗力によって斜面表層を安定化し、斜面崩壊を防止する。単純構成で設置が容易。

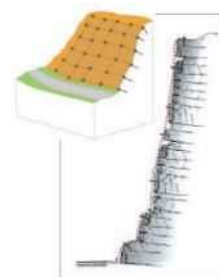


表1 ジオロックウォールとマクロネットの国内販売実績

国内外販売実績	販売開始年	販売件数	売上高累計実績
ジオロックウォール	2006年	544件	6,184百万円
マクロネット	2008年	141件	578百万円

1-2 海外進出の動機

1-2-1 提案法人の海外展開を図るに至った背景

将来的な国内公共事業マーケットの縮小傾向を想定し、海外事業のビジネス展開の可能性を模索し、成長戦略の大きな柱の一つとするよう位置づけている。

表2 提案法人の海外事業の取組実績

北米	米国コロラド交通局やカナダ太平洋鉄道等とネットワークがあり、落石対策施設の設計業務を不定期に受注しており、本格参入に向けた事前調査を実施。
韓国	2012年ソウル事務所設立、ソウル大学やソウル市との関係構築を進め、落石及び土石流対策製品を継続受注している。売上増加に向け営業継続中。
トルコ	「雪崩対策の技術移転と雪崩予防柵の普及・実証事業（2013-2016）」2014年アンカラ事務所設立、現地ビジネス推進中に治安が悪化し、2016年に一旦引揚げ。再進出のタイミングを模索中。
ブータン	「道路斜面災害対策技術及び工法に関する案件化調査（2017-2018）（以下、案件化調査）」

1-2-2 対象国を選んだ理由

海外展開の候補地域として、山岳道路が整備される地理的環境を有する地域であり、ヒマラヤ造山帯を抱える南アジア諸国に注目していた。JICA の技術協力プロジェクト（ブータン国（以下、）道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト（以下、「技プロ」）の取組を確認し、調査メンバーである国際航業からブータンの斜面災害の状況を情報収集した。結果、2019 年から実施予定の後継技プロ「道路斜面对策工能力強化プロジェクト（以下、能力強化プロジェクト）」とも連携しながら弊社技術と製品を普及させることでブータンの開発課題解決に貢献できると考えた。加えて水力発電による余剰電力のインドへの売電による経済成長の底上げが見込まれる（世銀報告書等で確認）ことで、先行して市場参入すればビジネス展開を優位に進められると考え、対象国として選定した。

1-3 ビジネス化（事業展開）計画

1-3-1 ビジネスモデル概要

- ・初期段階ではブータンに自社拠点を構えずに、パートナー候補企業であるカラチャクラコンサルタントを現地代理店として製品導入を進める計画であり、この計画は事業開始時から変更なし。同社は現地公共機関や電力関係機関との関係が強い他、インド建設業界との連携も強い。
- ・施工は現地施工企業が道路局等発注者から直接受注する。
- ・将来的な受注状況等を見極めたうえで、第 2 段階ではブータンのパサカ工業団地に工場を構え、インドから原材料を輸入して現地工場では部材加工することでコストを削減し、インドなど周辺国にも販売対象を拡げながら製品の普及を図ることも模索している。

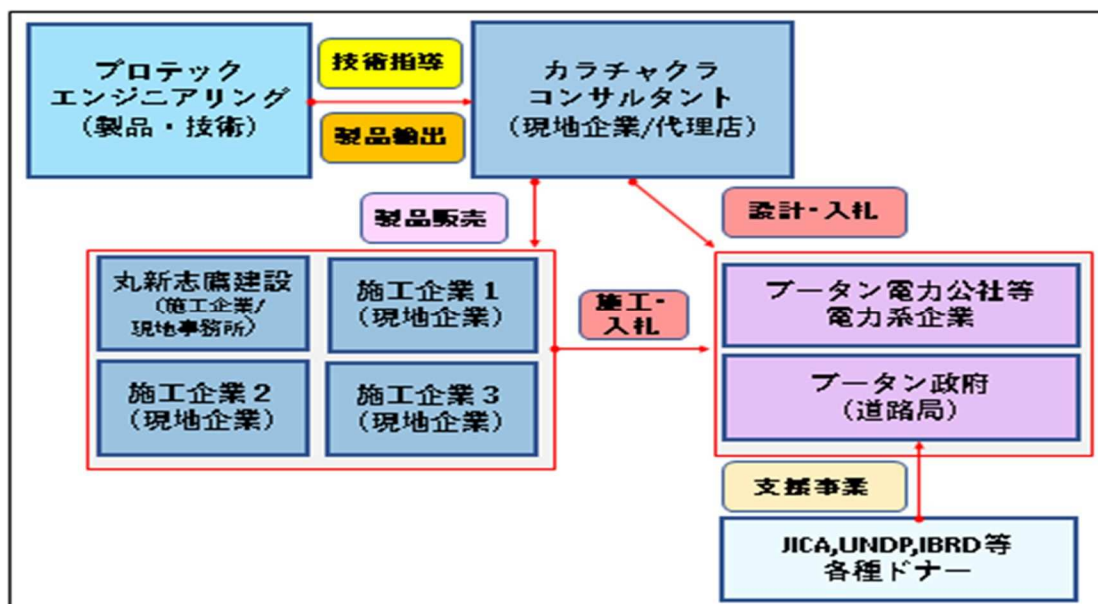


図 1 ビジネス化（事業展開）モデル

1-3-2 ターゲットとする市場

① 市場概要

ブータンでは山岳地形を利用した水力発電所の建設が進められている。ブータンはこれら発電所による電力輸出で歳入を賄い、財政赤字から一転し経済的に自立できる計画を発表しており、世銀報告書でも同趣旨の記載がされている。また観光客の増加も経済発展に寄与することが見込まれている。落石や斜面崩壊による道路の寸断は、地域孤立や農産物の出荷中断をもたらすだけでなく、将来的な成長エンジンとなる電力や観光産業の大きな阻害要因となる。このような状況下「ブータン第12次5カ年計画（2018-2023）」の中で、「天候に左右されずアクセス可能な強靱な道路」が重要指標に掲げられ、国道の寸断解消に10億Nu（約17億円）、道路斜面安定化対策の実施に3億Nu（約5億円）の予算を計上し、自国財政の投下によるインフラ投資により道路斜面防災対策を推進する環境を整え始めている。ブータン国道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト最終報告書（2016）によると、斜面調査を実際に行った斜面数（「斜面カルテ対象斜面数」）は、208斜面であり、このうち、本提案製品が適用できる「落石」及び「岩盤斜面崩壊」が懸念される斜面は76斜面あった。このうち、危険度が高い斜面（ランク1A及び1B）は、18斜面である。ただし技プロ後に、発破による道路拡幅工事が行われ不安定化し、対策が必要になった斜面が増加している。また道路延長も増加しており、対策が必要な斜面は今後も年々増加していくことが想定される。

一方、ブータン電力公社（送配電事業者）など電力産業でも斜面災害対策ニーズが存在することが案件化調査の中で確認できた。仮に対策が必要な斜面数を合計300と想定し、1斜面の対策費用を37百万円（試験施工2工種の今回の施工費込平均価格）と仮定すると100億円規模（300斜面×37百万円≒100億円）の潜在的市場があると想定できる。この仮定はブータン第12次5カ年計画の斜面对策財政出動規模（5年で22億円）が今後の経済成長と共に増加していくことを想定すれば相応の妥当性があると考えられる。

またブータンには多くの宗教施設があり、これらの宗教施設は観光資源としての位置付けも有している。宗教施設も斜面災害により被災するリスクを抱えており、斜面災害防止施設を設置することにより、安定的な観光収入を確保するニーズがあることがわかった。

② ターゲットとする市場の分析

ア) 政治的環境

2018年10月、3度目の国民議会選挙（下院）が行われ、野党共同党が過半数議席（30議席/47議席中）を取得し、インドとの協調を推進するトブゲイ首相が下野し、2018年11月7日ツェリング首相による内閣が就任した。共同党はインドに対する巨額債務の圧縮、若者への雇用創出、地方貧困者対策、犯罪組織対策を政策の柱に掲げた¹。

¹ AFP, BB ニュース、https://www.afpbb.com/articles/-/3193860?cx_part=top_topstory&cx_position=1

2019年、内閣HPに、「変革のための基礎固め」(Laying Foundation for Change)と題した資料が公式掲載されたが、主要人事の就任記事²等の記載のみで主要施策に関する公表はなかった。また、国民総福祉委員会のHPでも、第12次五か年計画(12th Five Year Plan)の変更や改訂に関する記載はなく³、2019年度に大きな制度変更は見られなかった。

2020年には、新型コロナ禍により前年度比40%の税収減、並びに建設業における外国人労働者の大幅な入国制限を実施したことを受け、内閣より経済危機管理計画(Economic Contingency Plan)が発表された。同計画内では建設業技術者の育成に関するビルドブータンプロジェクト(Build Bhutan Project)が打出され、軽労働者・技術者単価の増加、国費による建設技術者育成、人材派遣会社の誘致などが政策として発表された⁴。

また、対外政策としてインバウンド観光客に対し200USD/日(Sustainable development fee)を税収として課す法案が2022年6月に可決された⁵。これにより公式業務以外の方法による長期のブータン滞在が困難な状況となっている。

2022年3月現在も現内閣が政権を保持しているが、同内閣議員の任期は2023年5月9日までのため、任期満了前に国民議会選挙が実施される予定であり、⁶政権交代が予想される。本プロジェクトにおいては、パイロット工事が新型コロナ感染拡大前に完成していたため政権交代や制度改正による影響は比較的小さかったが、今後のビジネス展開にあたっては引き続きC/Pと関係性を保ち、道路斜面防災に関する政策や予算の変更による本事業への影響についてヒアリングなどを行っていく必要がある。

イ) 経済的環境

ADBによれば、GDPの成長は、2017年度が4.7%、2018年度が3.1%、2019年度が5.8%、2020年度が-10.1%、2021年度が見通し3.5%、2022年度が見通し4.5%となっている⁷。なお、会計年度は7月から来年の6月までである。

2020年の-10.1%の大幅な縮小から一転、2021年には推定3.5%の成長を為し遂げた。2022年9月の新型コロナウイルス検疫制限緩和が、産業・サービス部門の成長を支え、生産高は徐々にパンデミック前の水準に戻りつつあるが、高インフレによる内需回復の鈍化と水力発電投資の減少により、2022~23年度の成長はやや減速すると予想される。23年度以降も公共投資の減少や水力発電プロジェクトの遅延により、成長は低調に推移すると予想される⁸。

² OFFICE OF THE PRIMEMINISTER AND CABINET, https://www.cabinet.gov.bt/wp-content/uploads/2019/11/LayoutFinal_compressed_compressed_compressed.pdf

³ Gross Happiness Commission, <https://www.gnhc.gov.bt/en/>

⁴ OFFICE OF THE PRIMEMINISTER AND CABINET, <https://www.cabinet.gov.bt/wp-content/uploads/2020/07/ECP-2020.pdf>

⁵ Bhutaninbound, <https://www.bhutaninbound.com/blog/2022/07/02/bhutan-sdf/>

⁶ KUENSEL_NC elections in early 2023, <https://kuenselonline.com/nc-elections-in-early-2023/>

⁷ ADB DATA LIBRARY, <https://data.adb.org/dataset/gdp-growth-asia-and-pacific-asian-development-outlook>, GDP Growth, Asian Development Outlook Update 2022 - September 2022 (XLSX)

⁸ The World Bank In Bhutan, <https://www.worldbank.org/en/country/bhutan/overview#:~:text=Rapid%20economic%20growth%20in%20Bhutan,the%20services%20sector%2C%20including%20tourism.>

ブータン財務省の22-23年度の中間予算報告⁹によると、2022年度（会計年度は、7月～6月）の経済成長見通しが、対年比4.5%のプラス成長と見通され、コロナによる経済成長の下落を急速に回復させる狙いで、食料の自給、人的資本の成長、持続的な社会基盤の整備、社会保障分野への戦略的な投資を行うとしている。

歳入では、対前年比13.8%減の約51,930百万[Nu]¹⁰を見込み、歳出では、約74,807百万[Nu]を見込んでいる。その内、道路セクターへの配分（2022年度予算の予算執行分）は、約8,980百万[Nu]となっている。主な予算執行支出先として、約3,200百万[Nu]を各県が管理する道路舗装の粒状砕石を使った路盤工事に、約1,500百万[Nu]が粒状砕石を使った路盤工事及び、舗装化のための建設基金（Reserve）に充当される。

*Granular Sub-Base: Granularは粒状の、Subbaseは下層路盤であり、ブータンの舗装構成から、路盤と訳出した。

また、個別のプロジェクトへの支出としては、Tingtibi - Phophel 区間、Jumja - Raidak 区間、Ura- Yongkola 区間などへの道路舗装の強化（修繕）にそれぞれ、60百万[Nu]、82[Nu]、167[Nu]の支出が国道舗装への投入として挙げられる。

新型コロナによる行動制限や入国規制が緩和された2023年1月時点で、道路分野整備実施計画「Road Sector Master Plan (2007-2027)」の動向を道路局職員に確認したところ、2019年時点で、計画実施の中間評価を受け見直しがされた後（「Review of Road Sector Master Plan」）、新型コロナによる計画の変更や見直しは無く、「Review of Road Sector Master Plan」が、道路整備の基本プログラムを規定する実施計画となっている。そこで斜面对策を含む本実施計画の予算投入動向を道路局職員に確認したところ、道路の斜面安定化対策では、ワンデュ・ポディラン県のKhelekha、南部地方のSonamja、Tintalayといった斜面对策に政府予算支出が見込まれるとの回答を受けた（2023年1月18日）。また2023年1月現在、第13次五か年計画の策定に向け政府内で審議がされ、道路整備における予算投入の重点区間について、いくつかの区間が検討の議論にあがっていることが判明した。

表3 道路局職員から共有された予算投入の重点道路整備区間

（斜面安定化対策/調査団が道路局より入手）

SLOPE STABILIZATION			
Project	Area (acres)	Execution Start	Execution End
Reotala	27.90	Jul 2023	Jun 2025
Khelekha landslide	10	Jul 2024	Jun 2026
Sonam bja	24	Jul 2025	Jun 2027
Tintalay	44	Jul 2026	Jun 2028
Kezari	40	Jul 2025	Jun 2027
Leylang	14	Jul 2025	Jun 2027
Rotphashong landslide		Jun 2025	Jun 2026

⁹ Ministry of Finance, <https://www.mof.gov.bt/wp-content/uploads/2022/06/Budget-Report-for-FY-2022-23-in-English.pdf>

¹⁰ 1.00[Nu]=1.596[Yen]JICA レート, https://www.jica.go.jp/announce/manual/form/consul_g/ku57pq00000kzv7m-att/rate_2022.pdf

表 4 第 13 次五か年計画（策定予定）で検討されている重点道路整備区間
（調査団が道路局より入手）

Prospective Road Project for 13th FYP			
Project Name	Length	Execution Start	Execution End
Nganglam chokhorling	24	Sep 2022	Dec 2025
Chokhorling -Dewathang	32.753	Aug 2023	Jun 2027
Dalbari-Lhamoizingkha-Sarpang	94.8	Feb 2026	Jan 2031
Boxcut bypass (Jigmecholing to Tsachu top)	20.2	Aug 2024	Jul 2027
Sherichhu-Gongrizomsa	60.4	Jul 2025	Jun 2031

ウ) 社会的環境

面積：約 38,394 平方km（九州と同じ面積）、人口約 80 万人、民族：チベット系、ネパール系、方言：ゾンカ語、宗教：チベット系仏教、ヒンズー教、主産業；農業、林業、電力、一人当たりの GDP：約 3,000 USD(2020)である¹²。

エ) 技術的環境

地元紙 Kuensel をもとに情報収集した結果、以下があげられる。

1. 災害対策に関連し、ドナー（JICA）などの支援で、国家レベルでの災害管理対応の取り組みがなされ、National Disaster Response Coordination（連携した災害対応）として、通信インフラを使用して、防災訓練が地方で実施された¹³。
2. 国道 4 号線では、大規模地すべり（Ossey 地すべり）の付近で、道路拡幅の工事が C/P である道路局（DOR, なお、DOR は 22 年 12 月 30 日付で DoST に名称変更）により実施された⁷。
3. 二級国道や地方道の整備では、舗装（Black Top）の規定厚さが従前の 25 mm から 30 mm に改訂された¹⁴。

上記の動きは、中央から地方へ延びる道路整備の動きの中で、主要回廊となる幹線道路（国道 1 号線）から、下級国道および地方道への整備の進展、および、今まで難工事区間として整備が進まなかったボトルネック区間での整備進展が進んでいることの動きと捉えられる。

¹² ブータン王国、基礎データ、外務省、<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/bhutan/data.html>

¹³ Kuensel, <http://www.kuenselonline.com/dor-to-cut-a-bypass-road-in-ossey-before-monsoon/>

¹⁴ Kuensel, <http://www.kuenselonline.com/nc-recommends-improving-gc-roads-and-secondary-national-highways/>

③ 目指すマーケットポジション

「能力強化プロジェクト」と連携して道路局の技術力向上と財政投資拡大を後押しすることで、電力事業・観光産業・農産物の物流に寄与する道路インフラの整備により経済が発展する中、先行してビジネス展開を進め、ブータンの基本工法としての位置付け獲得し、先駆者利益を享受する計画である。

1-3-3 製品サービス・技術

① 提案製品・サービスの現地適合性

ア) 提案製品・サービスの現地適合性（技術面）

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

・ 現地の落石被害現場の状況と、製品導入の必要性及び競合製品との比較差別化
ブータンでは、巨大な落石が頻繁に斜面から落下し（右下写真）、主要国道は常時危険に晒されている。このような巨大落石に対応できる対策施設は現地に存在しない。右下写真のような擁壁が設置されている現場もあるが、巨大な衝撃で擁壁が崩壊し被害を防止できていない。そのため巨大落石を捕捉できるジオロックウォールの必要性が非常に高いことを案件化調査で確認した。試験施工後の効果検証については3-4-2活動成果の実績に記述する。



表5 ジオロックウォールの製品特性とコンクリート擁壁との比較

ジオロックウォール	コンクリート擁壁
<ul style="list-style-type: none">・ 吸収エネルギー量が非常に大きい。（最大能力 5,500kJ：直径 2m 落差 40m 程度からの落石に対応）・ 補強土が変形して落石の衝撃を吸収（壊れにくい）。・ 壁面緑化可能（景観調和）、現地発生土活用（環境保護）	<ul style="list-style-type: none">・ 落石の外力を想定した設計を行っていないため、許容耐力が無い（壊れやすい）。・ 落石衝突時の破損が大きい。

【提案製品2：斜面表層安定化工「MACRO NET（マクロネット）」】

・ 現地の斜面状況と、製品導入の必要性及び競合製品との比較差別化

ブータンでは雨季（6月～9月）の集中豪雨により斜面が不安定化し、斜面が崩壊して道路が寸断される被害が頻発、この対策が道路交通の安全性や、物流輸送の効率化のために急務である。インド軍管理下の道路では一部ネット（次ページ写真）が設置されているが、ブータンが管理している道路斜面では殆ど何も対策されておらず、道路の寸断が頻発している。

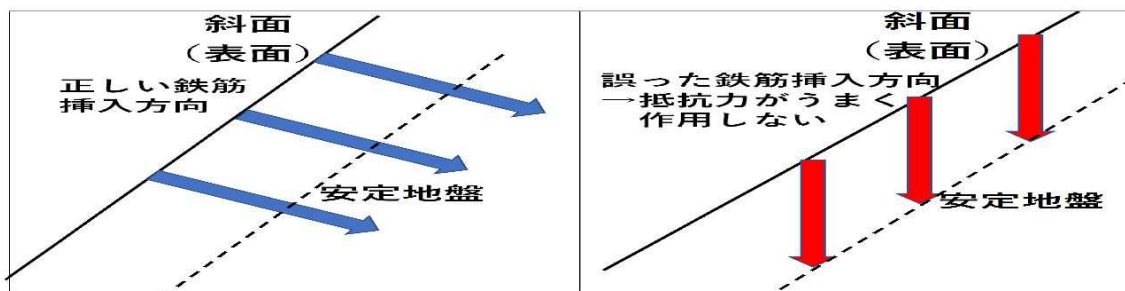
・ 国道以外の道路斜面でも斜面崩壊等の問題も発生している。



ブータンインド軍管理道路に
インド軍が設置したネット

表6 マクロネットの製品特性と現地設置類似品との比較

マクロネット	ネット（インド軍が設置：上の写真）
<ul style="list-style-type: none"> ・高強度金網で浮石の抜落ちや土砂の崩壊を防止する。 (各種基礎実験により防護性能を確立) ・所定機材を使用し、鉄筋を斜面に垂直に定着層まで挿入し、不安定層を安定化する。 ・植生マット併用により斜面緑化が可能。 (環境調和) 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋が地山に定着しておらず(隙間形成)、地山からの反力伝達が無い。 ・本来斜面に垂直に挿入されるべき鉄筋が上空方向に挿入されていたため、抵抗力がうまく作用していない。また、地山定着層までの固定が確保されていない可能性が高く、長期安定性に疑問がある。



参考：不安定斜面への鉄筋挿入方向の正誤比較図

上記のように技術的に現地ニーズを満たしており、現地斜面災害対策財政出動規模からも後述の収支計画のように、2027年に年間1億円を超える程度の受注を見込んでいる。

イ) 現地適合性（制度面）

本事業の中で、提案製品に関する現地適合性を検証し、その結果を道路局に説明し、共感を得ており、現地の基本工法となるよう働きかけを行っている。

ウ) 生産等の現地化の必要性

将来的にはコストを下げするために、プンツォリンにある工業団地に製品拠点を設けることを計画しており、後述の収支計画にも反映している。

② 提案製品・サービスの有効性（実証結果を記載）

落石や土砂崩れに伴う通行止めがなくなり、物流の効率向上が見込まれるが、経済的効果検証については3-4-2活動成果の実績に記述する。

③ 競合状況と提案製品・サービスの優位性

ア) に記載の通り。

1-3-4 当該国における具体的なビジネス展開の方法

企業機密情報につき非公表。

1-3-5 当該国でのビジネスにおける収支・財務計画

企業機密情報につき非公表。

1-4 ビジネス実施上の留意事項

1-4-1 ガバナンスにおける留意事項

1. 外国投資

国からの投資に関して、ブータン産業・商業・労働省 (<http://www.moice.gov.bt/>)¹⁵他¹⁶の資料によると、以下が主要な事項としてあげられている。

①国内作業の保護の観点から、外国からの投資が禁止されている産業分野（ネガティブリスト）は、放送業、流通サービス業、鉱業、宿泊旅館業（中級以下）、保険サービス業などである。本提案製品に該当する製造業や建設業については、禁止対象ではなかった。

②ネガティブリスト以外の産業分野では、払込資本の74%を上限に外国資本への開放がされている。小規模生産・製造業では、外資比率を49%までに抑え、国内から投資を呼び込み、外資により技術革新を誘導している。

提案製品は、鉄を材料とする土木建設資機材であり、日本では、金属機械加工品（製造業）に該当するが、ブータンでは、そのほかの建設用工場生産品（Other manufacturing: Building materials¹⁷）に該当すると判断されるため、投資禁止産業分野の製品に該当しない。

15 Ministry of Industry, Commerce and Employment https://www.moice.gov.bt/?page_id=263809

16 ブータンの投資環境、2021年11月22日、ONE ASIA LAWYERS

17 Foreign Direct Investment Regulations (P24,2019)

③投資、会社設立、事業開始後、3年間は、税引き後利益から得られる内部留保（剰余金）を、国外へ配当することが制限されている。

⑤事業開始後、5年以内に、現地雇用比率を、5：1（5がブータン人、1が外国人）とすることが規定されている。

2. 許認可

外国投資規制（2019）によると、外国投資企業からの人的な投入について、現地雇用が所定数に満たない間は、外国人の現地駐在数を許容することや、研究開発に関する業務についてのみ外国人の就労を認めるなどの事項がある。また、就労ビザについては、2015年次のルールに従う¹⁹

3. 特許

特許によると、2001年に産業財産法が施行されており、特許、商標、意匠に関する保護制度がある。知的財産権の保護制度の基本的ルールが制度施行されている²⁰。

以上、規定された事項に留意しながらビジネス展開を実施する。

1-4-2 商習慣・商慣習、文化、宗教における留意事項

1. 現状、道路施設に属する斜面災害対策施設の整備上の社会的位置づけ（法的根拠）が定まっておらず、道路局から財務省に対し、予算要求するための説明根拠が弱い。
2. 道路局員からの聞き取りによれば、ブータンの建設作業員が死亡事故に被災した際に授受できる保険料は約10万Nu（現時点で20万円弱）であり、未だ社会全体の安全に対する価値認識が低い。
3. 道路整備優先順序は、1. 道路拡幅、2. 橋梁架設、となっており、道路ネットワークの確保が優先して実施されている。斜面对策工は災害発生後の応急・復旧対策工として実施されることが多く、事故を未然に防ぐ予防・保全費用としての予算配備がなされていない。
4. 本プロジェクトで普及を目的としている質高ではあるが高額な日本製品に対する必要性をC/P含め現地政府要人に認識してもらう必要がある。
5. 現地供給業者に、マクロネット・ジオロックウォールほどの高品質なものは認められないが、類似品と比較して輸送・生産コストの面で競争を強いられる。
6. 日本製品が高品質と認めるC/P職員は多いが、施工性の難易度や、予算面において難色を示す場合も多く、必要性を把握する必要がある。
7. ビジネス展開するにあたり、現地化するための人材育成、生産体制、営業機能の強化やインセンティブ付与に課題がある。

¹⁹ Foreign Direct Investment Regulations 2019, <https://bhutan.eregulations.org/media/FDI-Regulations-2019-Amended-on-1st-July-2020.pdf>

²⁰ 特許庁、ブータン王国、産業財産法、<https://www.jpo.go.jp/system/laws/gaikoku/document/mokuji/bhutan-sangyou.pdf>

これらの課題等に対応するため、当社製品の物理的効果と経済的効果に関する啓蒙活動と需要喚起を継続して行くことが重要と考えている。

1-4-3 ビジネス展開に必要なネットワーク

対象先	必要な情報	活用方法等
ブータン道路局 (C/P)	斜面防災行政全般	案件組成
JICA ブータン事務所	技プロ等他案件の進捗状況、治安関連情報	他案件の情報把握、安全対策
国際航業	「道路斜面对策工能力強化プロジェクト (技プロ)」の進捗状況	技プロとの連携、案件組成
カラチャクラコンサルタント (建設コンサル)	現地マーケット情報、各種企業等とのネットワーク	案件組成
現地ゼネコン	技術水準及び斜面防災案件への関心度合	当社製品の普及
現地電力施設および宗教施設	斜面防災施設のニーズ把握	案件組成

1-4-4 撤退条件

2026年にビジネスの持続性・収益機会の持続性をチェックし、持続性を確信できたら2027年を目途に現地生産拠点を設置。生産拠点設置後3年間利益計上できなかった場合、賃貸契約を解約し撤退する計画とする。

第2章 ビジネス展開による対象国・地域への貢献

2-1 ビジネスを通じて解決する対象国の課題とその貢献

2-1-1 対象国の課題

ブータンは、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、ブータン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。

第12次五か年計画の実施時期（2018年8月から）において、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、ブータン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。

提案製品であるジオロックウォールとマクロネットは共に施工に大規模な工事を必要とせず、全てブータン内の施工機材で施工可能である。ブータン内で製品の普及を図り、対策が必要と想定される300程度の斜面に徐々に導入していくことで、今まで現地に施工されてきた対策施設では対応できなかった巨大な落石への対応や斜面の安定化を図り、道路斜面防災を推進し、現地住民の生活インフラ環境改善及び現地産業の発展に寄与する。

ブータン道路局・電力関連企業・建設業界に強いネットワークを持つカラチャクラコンサルタントを代理店として展開することにより、中長期的に対策が必要と想定される 300 斜面の内、緊急性の高い 3 割程度(約 90 現場)に対して製品を導入し、被害の低減をはかることが可能と考えている。

「第 12 次 5 カ年計画 (2018-2023) 」の中で、「天候によらずアクセス可能な強靱な道路」を重要指標に掲げ、国道の道路封鎖の解消に 10 億 Nu (約 17 億円) 道路斜面安定化対策の実施に 3 億 Nu (約 5 億円) 合計 13 億 Nu (約 22 億円) 規模の予算を計上し、自国資金を投じて斜面災害対策に取り組む環境が整い始めている。本予算規模ではトンネルや砂防堰堤など大規模な対策施設への投資は難しいが、提案製品への投資は十分可能な規模であり、現地実証により提案製品の普及が進むことが期待される。「能力強化プロジェクト」と連携しながら、道路局の技術力向上と予算拡大及び市場浸透策を通じて弊社製品が採用されやすい環境づくりを推進するなかで、ブータンの国別援助方針の都市環境・自然環境・防災対策などの脆弱性の軽減に寄与する。

本来であれば、「第 13 次 5 カ年計画 (2024-2028) 」について、2023 年 2 月現時点ですでに作成済のはずがあるが、省庁再編と組織改正に時間を要しており、第 13 次計画のコンセプトノートが作成されたのみである。2023 年 7 月までに国民総幸福量委員会 (GNHC) は、計画最終案を内閣に対し、実施する見込みであり²¹、今後の動向に注意する必要がある。

2-1-2 中・長期的に達成する課題への貢献

< 3 年後 >

- ・ビジネス展開計画の収支計画において記載した通り市場開拓を進め、ジオロックウォール 1 件、マクロネット 3 件の受注を想定。
- ・設備導入の結果、周辺道路での落石・土砂崩れ被害がなくなり、死傷者の発生が抑止され、また道路封鎖による物流の停滞が減少する。

< 5 年後 >

- ・ビジネス展開計画の収支計画において記載した通り市場開拓を進め、ジオロックウォール 2 件、マクロネット 10 件の受注を想定。
- ・定量分析については 3 年後の記載と同様。

2-2 持続的な開発目標 (SDGs) 17 の目標

- ① ⑨インフラ・産業
- ② ⑬気候変動
- ③ ⑩格差是正

²¹ KUENSEL, <https://kuenselonline.com/13th-plan-preparation-delayed-by-months/#:~:text=The%2013th%20Plan%20is%20expected,estimates%20by%20the%20erstwhile%20GNHC.>

2-3 国別開発協力方針（政府開発援助方針との合致）

ブータンに対する国別援助方針では、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。主要国道では橋梁の架替え支援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、山岳道路で宿命である道路斜面の安定化は道半ばである。その中で「技プロ（2014～2016）」が実施され、ブータンにおける典型的な道路斜面災害（地すべり、がけ崩れ、落石、土石流）に対する維持管理運営能力の向上への寄与が図られた。技プロの成果として斜面カルテを活用した崩壊が懸念される斜面のスクリーニング手法（調査）や、優先的に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）が、成果品であるガイドライン・マニュアルに組み込まれた。「案件化調査（2016～2018）」では上記成果を生かし、落石が懸念される斜面の調査から設計・対策工事の計画を行った。普及・実証・ビジネス化事業は、対策工事の施工と管理、事後の維持管理能力養成を含む性格のものとする。同事業を通じ、ブータン国向け開発政策借款のプロジェクト目標に『ライフサイクルコスト』の考え方を組み入れることの検討に関与した。また「能力強化プロジェクト」では落石に対する対策工法の設計・施工等が検討されており、事業実施のタイミングも重なるため、現地視察等相互に連携して取組んでいる。

2-4 ビジネス展開により見込まれる地元経済・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5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。
- ・2022年7月25日、第57回地盤工学会/研究成果発表会（新潟）において、調査団が、本事業、案件化調査から普及・実証・ビジネス化事業の活動を発表・紹介し、国内企業（建設企業、調査コンサルタント企業）に対する途上国海外展開における情報共有とマインド形成に寄与した。

第3章 普及・実証・ビジネス化事業実施実績

3-1 本事業の目的

斜面災害に対する脆弱性軽減に資するため、「ジオロックウォール」及び「マクロネット」の有用性及び優位性が実証されるとともに、C/Pの斜面防災対策に係る能力強化や現地での周知等、普及活動を行い、現地での普及に向けた方策・課題を整理する。

なお、案件化調査において2つの提案製品（マクロネット、ジオロックウォール）のパイロット

適地を探し出し事業計画を策定したことを受け、パイロットによる市場開拓を図ったものである。案件化調査と普及・実証・ビジネス化事業と関係を下表に示す。

案件化調査から普及実証・ビジネス化事業への実施活動関係

案件化調査：報告書から		普及実証・ビジネス化事業での成果		
2017年～2018年		2018年～（コロナ禍）～2023年		
	活動事項	成果	実施事項	効果と課題
開発課題との整合性	1. 災害時でも道路通行を確保すること	1	1. 国道6号線にジオロックウォールを設置（パイロット/被害軽減策）	効果1：落石を完全に無くした。 効果2：災害時の通行を確保した。 効果3：CPの意識が変わった。 課題1：道路整備予算 課題2：コスト低減
	2. 人流・物流動脈としての国道1号線の重要性		1. 国道1号線にマクロネットを設置（パイロット/予防工）	
	3. 斜面災害の種類では、落石災害が及ぼす影響に焦点を当てた。			
提案製品選定	1. 斜面災害予防策としてのマクロネット	2	1. 斜面防災対策の案件創生	効果1：CP職員の技術力向上 効果2：斜面对策導入マインドの向上 課題1：業務委託管理能力の向上
	2. 斜面災害軽減策としてのジオロックウォール		2. CPへ技術指導（管理/設計）	
ODA案件化	1. パイロット候補地での実施可能性調査と設計により候補地/規模を決定し、事業費を見積もった。	3	1. 現地建設業界へのプロモーション	効果1：導入に必要な実務能力の向上 課題1：コスト低減
ビジネス計画	1. サプライチェーンを計画		2. 施工業者へ技術指導	
	2. 現地リソースとの関係性構築	4	1. ビジネス展開計画を図った。	効果1：関係性構築 課題1：コスト低減

図2 案件化調査から普及・実証・ビジネス化事業までの活動計画

3-2 本事業の成果

成果	成果の確認方法
成果1 試験施工を通じて、我が国の斜面防災技術（ジオロックウォール・マクロネット）の現地適合性が実証される。	<ul style="list-style-type: none"> 試験施工した斜面で雨季経過後に、対策施設が落石を補足している状況の確認等により効果検証を行い、適合性を実証する。 試験施工した現場と同程度の災害リスクがある他現場を比較し、現地の交通量を踏まえて物流が寸断することによる経済的な損失や道路に堆積した落石や土砂を除去するメンテナンス費用及び安全面も含めた費用便益比を総合的に分析し、施設設置による経済的効果を検証する。
成果2 C/P への斜面防災対策に係る能力強化を図ることを通じて、適切な斜面防災対策工法の選定や計画が実施される環	<ul style="list-style-type: none"> カウンターパートの担当者が自ら最適な対策工を選定し、設置計画を検討できるようになる。

境を整備し、提案製品の普及が促進される。	
成果3 現地施工業者の提案工法に対する理解を深め、提案工法が採用されやすい環境を整備することで、提案製品の普及が促進される。	・現地施工業者が施工マニュアルを見ながら施工できる体制を構築する。
成果4 提案工法の現地普及に向けたビジネス展開計画を策定する。	・現地ビジネスパートナーとも協議の上、隣国インドへの市場拡大も見据えて具体的なビジネス展開計画を策定する。

3-3 成果の達成結果

成果1:

<達成度>100%

<達成状況>

1. 試験施工の実施について、落石災害の予防対策工としての表層安定化工（マクロネット）は2019年10月に工事着工し、2019年12月に完成した。また、落石災害の抑止策としての待受工である補強土壁工（ジオロックウォール）は2020年1月に工事着工し、2020年3月に完成した。その後、新型コロナウイルスによる渡航・行動制限により、活動を中断し、2022年10月に、建設現場を調査し、落石発生状況を調査し、施設投入による落石災害予防・抑止の効果を検証した。
2. その結果、「マクロネット」では、建設以前の状態では、落石を誘発する地山の不安定化（地山変状）は、アンカーの地山への固定により、地山が落ち着いてみえるようになった（地山の安定化）と同時に、植生の繁茂により心理的な安心感を醸成することができた（道路利用者からのオーナーインタビューの結果）。また、「ジオロックウォール」では、建設以前の状態では、車線や歩道への落石の侵入がまったく無くなったとともに（本質的な災害防止効果）、補足された落石の実績（大きさ/数）から対象地区における落石被害の統計的知見を得、落石災害の潜在的な規模（道路防災投資への需要度）が一定量推察できた。
3. 効果検証については、災害抑止効果（物理的な効果）と、経済的効果（災害抑止による費用便益）とに分かれ、物理的効果では、特にジオロックウォール建設箇所、通過車両・人に直撃した際に大きな影響（傷害致死）を及ぼす可能性のある大きさが1m以上（直径）の落石を、完成後から2022年10月までの2年半の間で15個捉え、6個/年でのハザード発生確率が判明した。また、経済的な効果検証では、道路事業評価3便益（走行時間減少便益、走行時間減少便益、事故減少便益）の視点からの経済性評価（道路災害対策施設の投資有無の違いによる損益比較）を行った結果、道路局が通年認識している道路管理者側費用の年損出額（道路斜面災害によって発生する応急復旧コスト）の約2倍のコストが、1回の道路斜面災害の発生により発生すること

が分析された。この分析を受け、施設導入に伴う損益比較では、投資回収年数の見通しとして、約5～10年の期間が、今回の損益比較分析に基づく投資回収期間であると見通された。

<今後の課題>

今回斜面災害対策施設の市場開拓や市場普及浸透を目指す観点からは、需要者側（公共調達サイド）での観点として、道路整備実施計画における斜面災害対策施設への投資マインドの向上（ブータン政府側/価値認識）と、プロジェクト予算の確保が課題の一つに挙げられる。特に、予算の確保では、公共調達市場における道路斜面災害対策施設を含んだプロジェクト入札案件がどの程度あるのかを、成果4の活動で分析する。また、競合製品がすでに主要国道で施設されている中、材料強度が高く、製品のまとまりがある（インテグレーション）高価格の製品が発揮する差別化要素（強度の高い材料、コストがかかるが丁寧な施工、長期耐久性がありノーメンテナンス）が、どの程度市場の認知を得、ライフサイクルコストの価値認識が公共調達市場で確立するかが、課題である。また、供給側サイドの観点として、競合製品との価格競争という環境の中、確実な実需の発現が不確実である状況下、どの程度低コスト化策（現地生産対応、製品の合理化設計、サプライチェーンの柔軟な対応など）を打ち出すことができるかが、課題である。

成果2：

<達成度>100%

<達成状況>

施工ガイドラインを作成し、同ガイドラインに基づき、施工実施期間にカウンターパート向けに施工セミナーを開催し（座学+施工現場の視察）、製品の構造及び施工方法に関する理解促進を図った。また、カウンターパート（道路局職員）に対して、設計セミナー（マクロネット・ジオロックウォールが、どのような災害発生地で計画・設計され、どのように組立て・建設されるのか）を開催し、施設の理解促進を実務者レベルで図り、対策施設の導入に向けたマインド向上を図った。

将来の案件ストック蓄積（事業提案）では、2020年に測量調査・地盤調査を、国道1号線沿道で実施した。提案製品の特長と斜面性状の状況とを考えた結果、製品適合性から、9つの斜面について、斜面災害対策施設の設計・積算（概略）を行い、今後の公共調達行為の中で、道路局職員が入札を行う際の入札図書（技術仕様書）に加えられるきっかけとした。

また、無償案件化（東部橋梁架け替え事業準備計画策定調査）をターゲットに2022年に測量調査・地盤調査を実施し、国道1号線東部地域（モンガー地区他）での掛替対象橋梁に付随するアプローチ部斜面の安定化のための対策施設導入計画（設計・積算）を行い、成果の共有（プロモーション）を、現地地盤調査企業を介して実施した。

<今後の課題>

課題として以下の二点があげられる。

1. 事業スキーム形成の観点から、道路インフラ整備のプログラムを進めていくにあたり斜面災害対策施設をプログラムの中でどのように位置づけしていくのか
2. 道路防災事業に対してどの程度の事業予算を配分していくのか

特に、道路交通の円滑化に向けて、舗装、橋梁、トンネルに比べ、斜面对策工の優先度が低い途上国では、防災投資へのインセンティブが低く、道路斜面災害対策に事業予算を仕向けるマインドが働きにくい。

このような環境の中で、カウンターパート組織の内側からどのように価値認識（マインド）を高め、維持しつづけていくか、道路整備施策における防災の視点を予算策定に組み込まれるのが重要である。

成果 3 :

<達成度>100%

<達成状況>

施工ガイドラインを作成し、同ガイドラインに基づき、施工実施期間に現地施工業者向けに施工セミナー（座学+施工現場の視察）を開催した。セミナーでは製品に対する理解促進と施工方法に関する指導を行った。C/P の中には JICA や他支援機関を通じ、日本や欧米への留学経験を持つ者も多く、セミナーに参加した DoR スタッフからは、ガイドラインの技術的な内容についてほとんど理解できたと回答を得られた。

<今後の課題>

ガイドラインにより理解促進を図ったが、ガイドラインの今後の活用については、本製品の導入予算が確保されてからとならざるを得ない。

施工会社からのセミナー参加者からは、施工方法については対応可能であるが、ボーリングマシン等の施工機械がない小規模業者が多いブータンの現状では、施工できる業者に限られる、また、出来形検査や品質検査については日本人技術者の知見を借りる必要があるとの意見が出された。

継続案件を組成し、多くの企業が当社製品を施工できる体制を構築し、ブータン国内への製品の普及を図ることが今後の課題である。そのためには、道路整備に関わる産学官連携での取り組みが重要であり、官側では、道路整備施策と予算の確保への取り組み、産業界では、現地建設企業の新技術導入（イノベーション）とマネジメント能力の向上、調査・設計コンサルタント（デザインファーム）の立案・計画能力の向上、学側では、シビルエンジニアの人材育成と社会での活躍への寄与が求められる。

成果 4 :

<達成度>75%

<達成状況>

1. 2020年に道路局とともに斜面对策が必要な斜面の発掘と絞り込みを行い、該当斜面の測量および地盤調査を行ったうえで提案製品の設置提案を実施した。
2. 無償案件組成への導入の取り組みでは、東部橋梁架け替え計画準備調査をターゲットに2022年に実施した事業提案（設計・概略積算）を実施した。実現化に向けた取り組みでは、現地調査コンサルタント会社社長を介した提案製品の設計者への紹介を通して、導入へのプロモーションを図った。
3. 道路分野（政府調達）以外のマーケットでの新規参入へ取り組みでは、ブッダポイント（Buddha Dordenma）背面の崩壊斜面（2019年）への斜面安定化策としての提案、ティンプー市役所が管理する市街区域の道路斜面に対する安定化策としての提案などを企図し、現地調査を行ったが、その必要性が低いことから（斜面が安定している）、提案には至らなかった。ただし宗教施設はブータンの重要な観光インフラであり、国内外からの寄付金により相応の維持管理の予算を有しており、斜面崩壊により施設に危害が及ぶことを避けるため、斜面災害対策施設に関心があることが確認できた。
4. 新型コロナの蔓延により現地渡航回数や現地滞在期間が減少したこともあり、電力施設のニーズ開拓のための現地調査や具体的な設計提案ができなかった。ただし電力公社など電力施設の管理を行う機関は道路局よりも多くの予算を有している感触を得た。また斜面上の電柱が斜面崩壊で機能しなくなるリスクを有しており、斜面对策施設に対するニーズが高いことも確認できた。上記を踏まえ、宗教施設や電力施設については今後現地パートナー候補のカラチャクラコンサルタントを通じてニーズ発掘していく。
5. 道路インフラの政府調達市場における参入機会の模索について、公共調達・入札システム²²で、道路斜面安定化に関連する入札情報を、2022年が応札書提出の期限となる案件を検索したところ、新型コロナ禍であることも影響してか1件（トンサ地方での道路斜面安定化策としてのもたれ擁壁の工事²³）がヒットしたのみであった。道路沿道に幅1.5m、長さ50m、高さ1.5mの擁壁を構築する工事あり、予定金額は、約71万Nu（約115万円）であった。公共調達入札での入札案件の僅少さは、道路斜面对策マーケットの市場規模の小ささを示唆し、今後の市場形成が望まれる。
6. 入札を実施する際、予定価格を計算するため基礎となる積算基準について、ブータンの標準単価（Bhutan Schedule of Rate 2021²⁴）を参照したところ、道路斜面安定化に関する材料・工種の用語がヒットせず、植生による斜面の安定化に関する用語（例えば、Sodding,

²² eProcurement System <https://tender.bt/>

²³ <https://tender.bt/ten22090003>

²⁴ <http://www.pcc.bt/downloads/bhutan-schedule-rates-2021>

Turfing) が検索されたのみであった。入札図書や積算図書で、技術用語が現れるまでには、新技術導入/新たな知見の導入→試験施工の実施/採算性の検討→公的機関から認証や実績事例の反映/図書に組み込まれるといった過程をたどるのが通例であるため、公共調達市場でのマーケット形成は、まだ黎明期 (Early Adaptor レベル) と考えられる。

7. 市場参入における道路災害斜面施設の供給側からの観点として、道路災害斜面对策施設の調査 (企画立案) ・設計コンサルタント (現地企業) との意見交換会を開き、新たな技術導入に関するマインドを 2022 年 10 月に企業の社長やエンジニアと面会、意見交換を行った。結果、差別化ポイント (部材配置や施工に信頼性がある、植生が生える、長期的なライフサイクルコスト優位) は魅力的だが、やはり、初期投資コスト (調達者からは仕入れ・調達コスト) が高い (経済的に有利でない) 、道路斜面对策の仕事が多くは発注されていない、の 2 点が、施設導入にあたっての問題であると共有された。

<今後の課題>

道路斜面安定化施設を継続的に受注サイクルとして需要発現させていくには、以下のような観点が挙げられる。

需要者サイドからは、道路整備計画での防災投資の必要性の訴求、予算捻出、事業における斜面安定化対策の配分比率の向上などである。

供給者サイドからは、現地調達比率の向上、施工の合理化、現地人材の活用 (調査、設計) 、現地企業による供給体制の確立などで、初期の導入コストの低減を図ること。

3-4 活動内容の実績

3-4-1 活動内容

【成果 1 に係る活動】

- 活動 1-1 試験施工対象地の調査を行い、現地状況及び施工に係る関連法令・規程の確認を行う。
- 活動 1-2 活動 1-1 に基づき、試験施工実施に必要な設計・施工資料を作成する。
- 活動 1-3 設計・施工資料に基づき、施工に必要な資機材及び建設業者を適切に調達した。
- 活動 1-4 ワンデュ・ポディラン県の国道沿いにて試験施工を行う
- 活動 1-5 施工法の現地適合性及び経済性の検証を行う。
- 活動 1-6 施工及び現地適合性検証完了後に C/P に引き渡しを行う。
- 活動 1-7 活動 1-5 の検証結果の分析を行いその結果を C/P に説明する。

【成果 2 に係る活動】

- 活動 2-1 現地 C/P を主対象とした提案製品別のマニュアルを作成する。
- 活動 2-2 活動 2-1 の成果物を活用して OJT 指導や説明会等の技術移転を行い、現地技術者の能力向上及び提案製品・工法が採用されやすい環境づく

りを行う。日本の対策事例を体感してもらうために 5 名程度を当社本社での座学・工場視察及び製品の施工現場の視察を基本ルートとした本邦受入活動を予定。

活動 2-3 活動 2-1、2-2 を踏まえ、C/P とともに今後の斜面防災計画策定のための現地調査を行う。

活動 2-4 活動 2-3 を踏まえ、斜面防災施設導入計画を C/P に提案する。

【成果 3 に係る活動】 する

活動 3-1 現地施工業者向けの提案製品別のマニュアルを作成する。

活動 3-2 活動 3-1 を活用し、現地施工業者を対象とした施工方法説明会兼現場見学会を実施することで、現地施工業者の提案製品・工法に係る理解が促進される。

【成果 4 に係る活動】

活動 4-1 斜面防災に係る現地政策及び計画、予算状況、ドナーの事業計画について調査を行う。在インド日本大使館及び在インド日系商社を訪問し情報収集を行い、今後の出口戦略について相談する。当社野村社長及びジオロックウォールの開発者でもある井上専務が道路局や現地施工業者及び現地代理店候補企業等と直接協議または製品の PR を行うことで、現地での製品普及を促進する。

活動 4-2 電力関連企業等、斜面防災業界以外の企業にもヒアリングを行い、提案製品・工法の現地斜面防災公共事業以外への普及の可能性を検討する。

活動 4-3 ブータン国内及び隣国インドの競合会社や代替製品の動向、価格等のマーケット分析を行う。

活動 4-4 現地代理店との連携を前提としたビジネス展開計画を策定。

3-4-2 活動結果の実績

【成果 1 に係る活動】

活動 1-1 試験施工対象地の地形状況等が案件化調査での調査時点と変わりなく、案件化調査で作成した設計条件で施工できることを確認した。現地施工に係る現場で発生する不要土砂等の処分場所や方法、施工に関する届出等の規則をブータン道路局に確認した。

活動 1-2 活動 1-1 にて、工事対象地の地形条件に変化がないことを確認したため、案件化調査時に作成した設計資料を試験施工実施の設計・施工資料とし、ブータン道路局にも提示し、工事实施の了解を得た。

活動 1-3 設計・施工資料に基づき、以下のように施工に向けた準備を実施した。

【資機材の調達】

当初計画の通り、自社製品の製造・調達を実施した。

【現地施工業者の選定(指名競争入札：総合評価方式)】

ブータン道路局に対し、試験施工の施工業者選定を指名競争入札で行うため、入札参加候補企業を5社～10社程度選定してほしいと依頼状を提出。ブータン道路局が候補業者7社を選定したため、この7社を入札参加候補企業とし、同7社と連絡を取り、入札参加に興味を示した6社に対して入札図書を配布した。同6社に対して、入札事前説明会を計2回開催した(試験施工現場にて、構造物の機能・サイズ・現場制約条件等を説明し、次に道路局事務所にて総合評価方式を用いた入札方式を実施することを説明)。

最終的に入札期日までに技術提案書を提出したのは、Marushin SHITAKA と Rigsar Construction であったので、入札会において入札書類を開札し、この2社の入札金額を予定価格と照合して、技術提案書の評価を行った結果、Marushin SHITAKA を落札業者として選定した。入札スケジュールは以下の通り。

2019年7月25日 ブータン道路局に入札参加候補企業選定依頼
2019年7月30日 ブータン道路局による入札参加候補企業選定
2019年8月8日 企業への案内状の送付
2019年8月13日 入札図書配布
2019年8月15日 入札事前説明会(試験施工現場)
2019年8月16日 入札事前説明会(ブータン道路局事務所)
2019年8月23日 入札図書に関する質問受付締切
2019年8月28日 入札図書に関する質問回答締切
2019年9月2日 入札書類(入札書・技術提案書)提出締切
2019年9月3日 開札(10:00AM、於ブータン道路局会議室)
2019年9月3日 技術提案書評価
2019年9月3日 落札通知交付
2019年9月11日 再委託業者と契約締結

【貨物輸送業者の選定(見積競争)】

当社と従来から輸出入で取引のある日本通運、中越運送に加え、過去にブータン向け輸出取引経験があると聞いていた鴻池運輸の3社をブータン向け輸送業務の委託候補企業として選定した。

3社と連絡を取り、見積依頼書を配布した。

最終的に見積書を提出した日本通運と中越運送の2社の見積書を確認した結果、最低価格を提示した中越運輸を再委託業者として選定した。見積競争スケジュールは以下の通り。

2019年9月6日 3社に見積依頼書配布

2019年9月12日 日本通運株式会社担当者が封緘した見積書を持参。

2019年9月13日 中越運送株式会社担当者が封緘した見積書を持参。

2019年9月17日 見積書開封、再委託業者決定、通知

2019年9月25日 契約締結

活動 1-4 施工に先立ち製品別施工ガイドラインを作成し、Marushin SHITAKA に説明会を実施。

ワンデュ・ポディラン県の国道沿いにて以下【試験施工実施の状況】の通り工事を実施した。

【試験施工実施の状況(マクロネット)】

斜面下部サンドバッグ設置(安全措施)



アンカー削孔位置のマーキング



アンカー削孔



グラウト (セメントミルク) フローテスト



グラウト注入、オーバーフロー確認



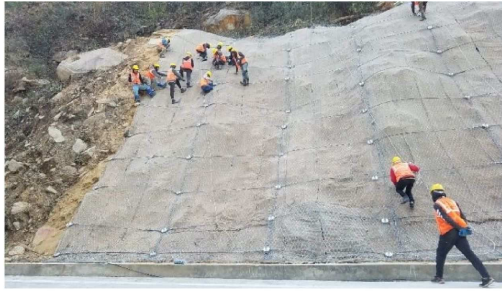
植生シート敷設



ネット敷設



連結ロープ敷設



マクロネット完成



【試験施工実施の状況（ジオロックウォール）】

位置出し



丁張設置



水系敷設



ユニット設置開始



伝達体積上げ（施工現場から 50m 程度離れた空き地に仮置き）



ジオグリッド敷設とユニットとの結合

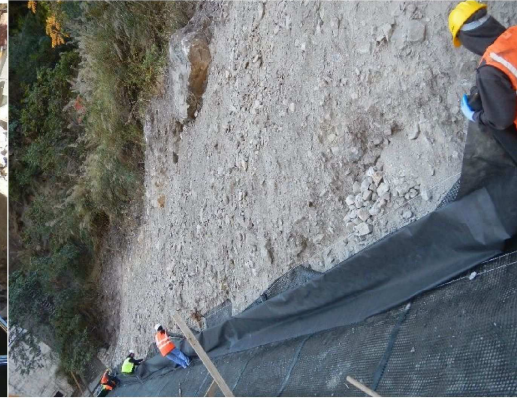
ミラクルガードシート敷設



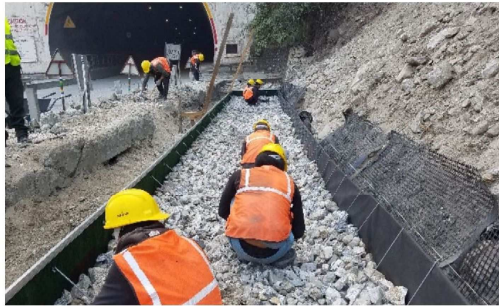
背面ユニット敷設



吸出し防止材敷設



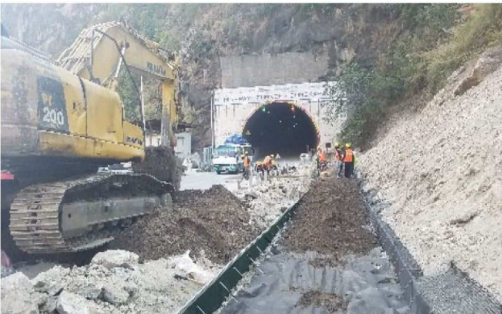
1 段目下層（排水層）砕石敷設



吸出し防止材敷設



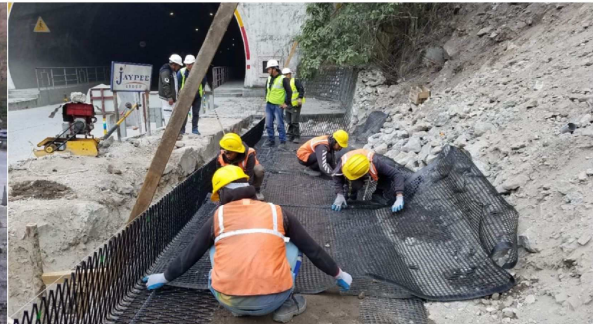
盛土材撒き出し（1 段階目）

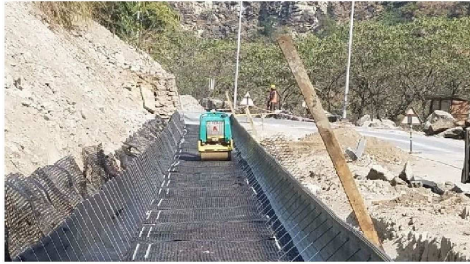


盛土材転圧（1 段階目）



前面ユニット・ジオグリッド敷設（2 段階目）





2段目ウォールユニット、ジオグリッド設置完了



2段目中間まで埋め戻し、転圧



2段目(高さ1m) 締固め試験実施状況

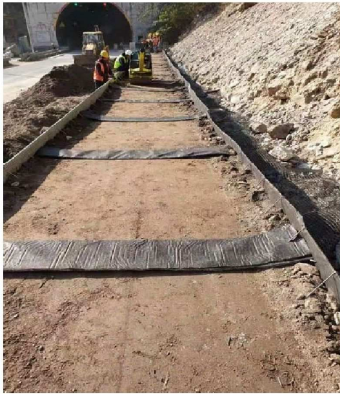


締固め試験
実施状況
(砂置換法)

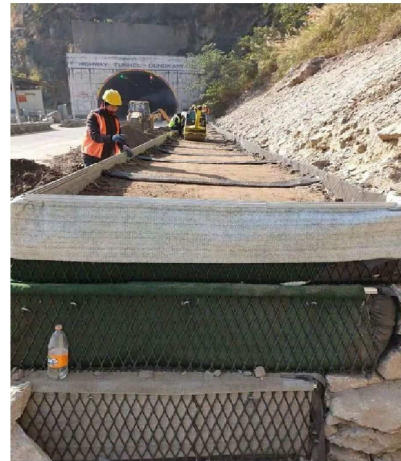


湿潤試験状況

3 段目ユニット設置、撒きだし転圧



3段目中間層 板状排水材設置状況



3段目中間層 板状排水材設置完了



3段目埋め戻し完了



ミラクルガードシート折返し状況



下段部ジオグリッドと上段部ジオグリッドの結合状況



4段目中間層埋め戻し状況



5段目埋め戻し終了



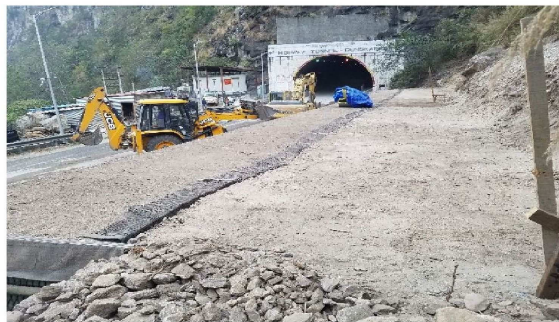
5段目埋め戻し終了



基礎部転圧完了写真(トンネル側から)1



基礎部転圧完了写真(トンネル側から)2



基礎部転圧完了写真(ティンパー側から)

ジオロックウォール本体工開始

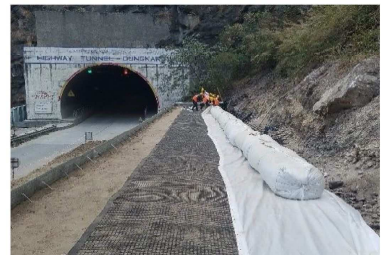


安全昇降施設



隅部

伝達体設置、抵抗体土砂掃き出し、転圧





受撃体位置マーキング



受撃体土砂装填



防護マット工



施工完成確認・外形検測



活動 1-5-1 【物理的効果検証】

2020年3月完工後から2年以上経過した2022年10月に現地適合性を調査した。

● マクロネット

目視により確認できるすべての部材の設置状況を確認した。各部材は完了時と変わらず、すべて固定されており、ゆるみ、隙間、盗難など見られなかった。DoRより毎年発注される道路視界確保のための伐木作業により、マクロネット設置個所下部は伐木・草刈りが実施された後ではあったが、斜面状況は安定していた。DORからの

聞取りにおいても、施工後事故や、落石、斜面崩壊などは一切発生していないことを確認した。

当初計画していた通り自然植生も見られ、最大直径約 6 cm の樹木の成長が確認できた。植生により、より強固な斜面安定が図られ、DoR からも、ブータンの自然との調和性について現地適合性を発揮していると満足され、十分な評価を得られた。しかし、森林を伐採すると、多くの樹種の根系は数年のうちに腐朽して植生による斜面強度補強作用がなくなるため、次世代の森林が成長するまでの期間、土壌層は不安定な状態になる。ブータンではモーンスーン等集中豪雨が発生しやすいため、マクロネット設置個所の下部伐木については、今後は枝葉のみの切断にとどめるよう DoR と協議した²⁵。

- ジオロックウォール



目視により施設の設置状況を確認した。ジオロックウォール背面のポケットにより直径 1m 程度の落石が十数個、1m 以下の落石が多数捕捉されている状況が確認できた。DoR の聞き取りによれば、設置箇所付近において、完工後、落石・土砂災害による事故は発生していない。

また、付帯工で実施した側溝のコンクリートには剥落等見られなかった。斜面上の巨石に対して実施した根固め周辺部には植生がみられ、土壌が安定していることが確認できた。ジオロックウォール側面上部（道路側）には自然植生が見られ、ブータンの自然との調和性について現地適合性が確認でき、DoR 局長からも美しい景観が維持されていることについて感謝された。

しかしジオロックウォールの背面ポケット部にはつる・ツタ植物や、小樹木の成長もみられたことから、落石を補足するポケットの役割が今後とも発揮できるよう、DoR へは定期的な、伐木・落石撤去を依頼し了承を得た。



²⁵樹木根系の斜面崩壊防止機能（阿部 和時）_掲載元：森林科学 22_1998. 2 発行

マクロネット

		
<p>全景写真</p>	<p>植生（上部） 伐木（下部）</p>	<p>アンカー固定状況</p>
		
<p>各ネット間緊結状況</p>	<p>水平抑えロープ</p>	<p>垂直ネット緊結ロープ</p>
		
<p>ペグ打付け状況</p>	<p>植生状況</p>	<p>植生 - 最大直径 6 cm</p>
<p>完成時と現在の比較</p>		
 <p data-bbox="467 1906 612 1939">2019年12月</p>	 <p data-bbox="1062 1906 1192 1939">2023年1月</p>	

ジオロックウォール		
		
全景写真	自然植生状況	付帯工（側溝）
		
ジオロックウォール天井部	天井部落石捕捉状況（斜面側）	背面ポケット落石捕捉状況
		
背面ポケット落石（1m）	背面ポケット落石（1.4m）	斜面上の巨石の根固工

完成時と現在の比較

	
2020年3月	2023年1月

活動 1-5-2 【経済性検証】

調査団は、ジオロックウォール、マクロネットが配置された道路で交通量調査やオーナーインタビューを実施し、道路利用の状況（時間交通量、車種別構成、移動人数、物資輸送の状況など）を調査した。

また、道路局から資料提供により、国道1号線で発生する道路斜面災害に対して投入された道路局の復旧行為（土砂・落石除去、舗装修繕、崩壊斜面安定化工事）でかかる費用を、一定の仮定（道路利用者の通年走行時間、車両の減価償却費用や方法、積荷コスト）をもとに計算で割り出し、道路斜面災害の発生によって失われる社会的総費（道路利用者費、道路管理者費、社会的機会損出額（外部不経済での費用）の総和）を割り出した。

結果、この社会的総費用は、道路局が災害統計を記録している中で発生した顕著な災害事例でかかる道路管理者費の2倍の額となった。

【道路局への説明資料】

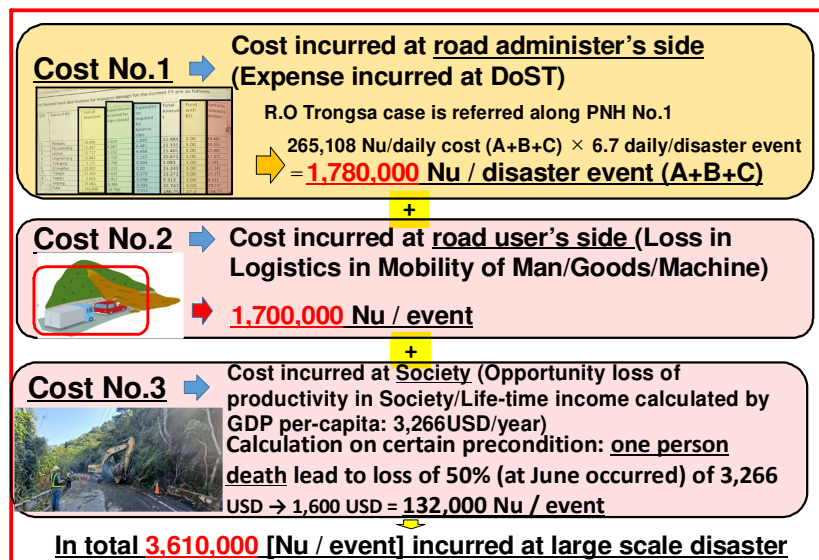


図3 事故発生時の復旧費用と推定経済損失額

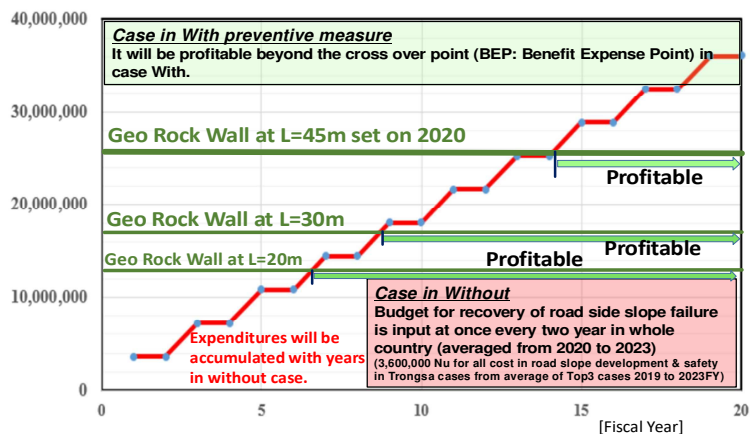
この評価結果を元に、道路斜面災害の発生確率を2年に1度と仮定し、社会的総費用のコストカーブを推定した。

一方、今回導入を提案するマクロネット、ジオロックウォールの総所要費用（初期投資額）を施設規模毎に将来予測し、コストカーブとの比較を行った。その結果、両施設とも、規模別如何であるが、投資金回収年数は、約5～10年程度となり、それ以降は、提案製品がメンテナンスフリーであることから採算性が得られるという評価を得た。

【道路局への説明資料】

Comparison between with/without preventive measure of Geo Rock Wall
[Nu]

Without: Expenditure includes structure/slip debris/slip slope in Trongsa case



Comparison between with/without preventive measure of Macro Net

[Nu]

Without: Expenditure includes structure/slip debris/slip slope in Trongsa case

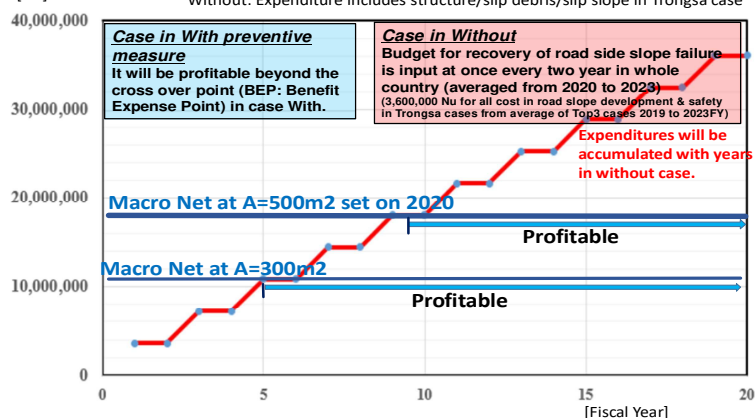


図4 提案製品にかかるの総所要費用と社会的総費用のコストカーブ比較

経済性検証のための調査概要及び時系列は以下である。

- 2022年10月14日 ジオロックウォールを設置した箇所（国道6号線）で交通量調査・オーナーインタビューを実施。
- 2022年10月15日 マクロネットを設置した箇所（国道1号線）で交通量調査・オーナーインタビューを実施。
- 2022年11月22日 両道路斜面災害対策施設の経済的効果（費用便益分析と投資意思決定会計の考え方）を取りまとめ、JICA ブータン事務所に説明を実施。
- 2023年1月18日 道路災害対策施設の経済的効果（費用便益分析と投資意思決定会計）について、道路局局長へ説明をし、施設導入のプロモーションを図った。

活動 1-6 施工完了後 2020 年 3 月 11 日に業務主任者とブータン道路局担当者、JICA ブータン事務所担当者、Marushin SHITAKA 担当者が立会いの元完工検査を実施した。

2020 年 3 月 12 日にブータン道路局に引き渡しを実施した。

活動 1-7 2023 年 1 月 11 日、18 日 活動 1-5 の物理的効果検証および経済的効果検証（費用便益分析と投資意思決定会計の考え方）を取りまとめ、ブータン道路局（局長以下、職員）に説明を実施した。物理的検証においては、設備の完成度や自然調和なども含め高い満足と理解を得た。経済的効果検証については、新しい考え方に対して理解を得ることはできたが、この考え方が現地で深く浸透していくには、繰り返し説明し理解を得て行く必要があると感じた。

現地説明会の様子を以下に示す。

2023 年 1 月 11 日

DoR スタッフに向けて



2023 年 1 月 18 日

テンジン局長にむけて



【成果 2 に係る活動】

活動 2-1 現地 C/P を主対象とした提案製品別マニュアルを作成し、製品の適用範囲、設計・積算・施工に関する説明を DOR 職員に向けて実施した。

また活動 2-2 にも関連するが、成果物を利用した OJT を現地技術職員に対し実施した。設計に関して、DOR 内で完結出来るようエクセル自動計算ソフトの英語版も併せて作成し、簡易に構造計算できるようにした。以下にマニュアルについて説明状況とマニュアル贈呈の様子を示す。

DOR 職員（Sangay Ngedup 技術職員） に対しマニュアルを説明している様子	DOR メンテナンス部のチーフ（Tshewang Dorji 氏）に対しマニュアルを贈呈している様子
	

活動 2-2 製品別施工マニュアルを用いて施工実施期間中に施工セミナーを実施
済で、製品の構造と施工に関する理解促進を進めた。

今後活動 2-1 の成果物を活用して OJT 指導や説明会等の技術移転を行
い、現地技術者の能力向上及び提案製品・工法が採用されやすい環境づ
くりを行った。

当社本社での座学・工場視察及び製品の施工現場の視察を目的とした
本邦受入活動を計画していたが、新型コロナウイルスの蔓延により取りやめざ
るを得なくなった。ただし現地でのセミナー等による技術移転により
成果は達成したと判断している。

活動 2-3 【第 1 回調査】

斜面防災計画策定のための候補現場選定のためブータン道路局と共に
視察を実施。（2020 年 1 月 15 日～18 日）

国道 1 号線ワンデュポデラン県からブムタンまでのルートで 24 現場を
視察し、対応の優先順位や製品との適合性を踏まえ 8 現場に絞り測量
及び地盤調査を実施した。

測量調査及び地盤調査に関しては以下にて業者を選定した。

【測量調査及び地盤調査の再委託先の選定（見積競争）】

ブータンの首都ティンプーに本社を有する測量調査・地盤調査
会社 3 社を現地でのヒアリング調査により発掘し、本事業の測
量調査及び地盤調査の候補企業として選定した。

同 3 社と連絡を取り、見積依頼書を配布した。

3 社からの見積書を確認した結果、最低価格を提示した
KALACHAKRA CONSULTANCY を再委託業者として選定した。

見積競争スケジュールは以下の通り。

2019年9月2日 見積依頼書配布

2019年9月5日 見積書一斉開封、再委託業者決定、通知

2020年2月5日 発注及び契約締結

2020年4月30日、現地再委託の完了を認め、報告書を受理した。

【第2回調査】

斜面防災計画策定のための候補現場選定のためブータン道路局と共に視察を実施。（2022年10月3日～7日）

橋梁架け替え事業計画をメインターゲットとして4現場に絞り測量及び地盤調査を実施した。

測量調査及び地盤調査に関しては以下にて業者を選定した。

【測量調査及び地盤調査の再委託先の選定（見積競争）】

ブータンの首都ティンパーに本社を有する測量調査・地盤調査会社3社を現地でのヒアリング調査により発掘し、本事業の測量調査及び地盤調査の候補企業として選定した。

同3社と連絡を取り、見積依頼書を配布した。

3社からの見積書を確認した結果、最低価格を提示した KALACHAKRA CONSULTANCY を再委託業者として選定した。

見積競争スケジュールは以下の通り。

2022年10月28日 見積依頼書配布

2022年11月2日 見積書一斉開封、再委託業者決定、通知

2022年11月7日 発注及び契約締結

2023年1月19日、現地再委託の完了を認め、報告書を受理した。

活動 2-4 活動 2-3 を踏まえ、2023年1月11日にプロジェクト総括説明会において、以下斜面防災施設導入計画をC/Pに提案した。

① 2020年2月5日に発注をした測量調査・地盤調査の結果を元に、設計した導入計画。

② 2022年11月に発注を行った測量調査・地盤調査の結果を元に、設計した無償協力事業（主に東部5橋梁）への導入計画。

【成果3に係る活動】

活動 3-1 製品別施工マニュアルを作成した。

活動 3-2 活動 3-1 を活用し、ブータン道路局が招集した現地施工業者9社に対して施工方法説明会兼現場見学会を実施し、現地施工業者の提案製品・工法に係る理解促進及び普及促進を行った。（2019年2月17日）

【成果 4 に係る活動】

活動 4-1 道路局の今後の道路防災投資動向については、「改訂道路セクターマスタープラン（2007～2027）」が引き続き実施中であり（2023 年 1 月 18 日）、道路整備に伴い付随する斜面安定化施設の投資では、Khelekha（国道 1 号線、ワンデュ～トンサ）、Sonamja（ブンツォリン地区、地方道）、Tintalay（国道 6 号、Tsirang）が、斜面对策の優先候補であることが道路局職員へのヒアリングで判明した。

在インド日本大使館及び在インド日系商社を訪問し、本プロジェクトの実施状況報告及ブータン道路局から無償資金協力案件組成の要望がある旨を報告するなかで、今後の案件組成に向けた協議を実施した。ただし当初想定していた経済社会開発計画については、施工が付随する案件では活用が難しいことが確認できた。

当社野村会長及びジオロックウォールの開発者でもある井上社長が道路局等関係者と直接面談し、現地での製品普及を促進することを想定していたが、新型コロナの蔓延により野村会長および井上社長の現地渡航を取りやめることとなった。ただし、道路局をはじめとする関係者への PR は充分に行うことができた。道路局とともに候補現場を発掘し、測量・地盤調査を経て製品設置の設計と設置提案を行い、今後の案件化に向けた種まきを実施した。

活動 4-2 2020 年 3 月ブータンの首都ティンプー最大の宗教施設で観光施設でもあるブダポイントの背面にある斜面が毎年モンスーンシーズンに土砂崩れの発生による土砂崩壊の被害を受け駐車場の道路に土砂が堆積する被害が発生していることを宗教施設のチェアマンからヒアリングした。チェアマンから上記被害への対応策が分からず苦慮しているので、対策施設設置の提案をしてほしい旨の依頼を受けた。新型コロナ禍後の活動再開後 2022 年 10 月 15 日にブダポイントの背面の斜面の状況を調査したが、表層安定化対策（植生シートによる対策）がなされ、土砂崩落状況が認められなかったため、斜面对策の必要性が低いと判断した。今後他の宗教施設のニーズを探る。

電力関連施設の斜面对策ニーズについては具体的な調査を実施できなかったため、今後パートナー候補のカラチャクラコンサルタントを通じて具体的なニーズ発掘を行って行く。

活動 4-3 2023 年 10 月 14 日 現地建設企業（カラチャクラコンサルタント、ゲルツェンコンサルタント両社長と、提案製品の導入に関して意見交換を実施した。

2023 年 1 月 16 日 カラチャクラコンサルタント社長との意見交換を

実施した。

2023年1月30日 ブータン公共調市場の統計調査をHP上で行い、道路斜面对策施設投資の分析を行った。結果、ブータン政府、公共調達における道路斜面災害対策での入札機会がほとんど皆無（1件/2022年）であることが判明した。

2023年1月30日、公表されている積算基準「Bhutan Schedule of Rates 2021」を調査した結果、斜面对策施設に関する具体的な積算項目が無いことが判明、公共調達市場における道路斜面对策セグメントの市場形成がこれからであることが分析された。


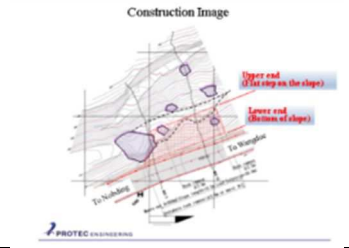
活動 4-4 今後現地代理店との連携を前提としたビジネス展開計画を策定予定。
2022年10月14日、現地企業との意見交換をもとに、現地企業との提携の在り方について、意見交換を実施した。
2022年11月22日、現地企業との提携における課題を検討した。
2023年1月13日、現地企業社長との意見交換を行った。
ブータン道路局のみならず、電力施設や宗教施設、またインドのシッキム等の地域においても斜面对策に対するニーズがあるため、今後も引き続き情報交流しながら、市場開拓をしていく旨を両社で確認した。

3-4-3 工程実績（別添）

3-4-4 要員実績（別添）

3-4-5 導入済機材（別添：貸与物品リスト）

項目		内容	
(ア) 導入機材名称		ジオロックウォール	マクロネット
(イ) 仕様		Ⅲ型	岩斜面表層部安定工
(ウ) 価格	製造・施工原価	748千円/m	40千/m ²
	販売・施工価格	1,069千円/m	57千/m ²
	本事業での機材費総額（輸送・関税等含む）	41,600千円	24,389千円
(エ) 数量		施工延長 45.1m	施工面積 500 m ²

(オ)各導入機材数量の妥当性	<p>2つの落石経路をカバーする施工延長で設計</p> 	<p>落石・土砂崩れが頻発する斜面をカバーする面積で設計</p> 
(カ)維持管理方法	<p>道路定期点検の中で大規模落石の発生を確認し、導入機材の背面に溜まった落石を除去する。現地機材を利用した除去方法を試験施工時に指導する。</p>	<p>雨季後（9月頃）に導入機材を確認し、打設したアンカーの緩みがある場合、締直しを行う。締直し方法を試験施工時に指導する。</p>
(キ)設置場所	ワンデュ・ポディラン県 道路脇斜面	
(ク)設置場所の土地所有者	道路局	
(ケ)所有者・カウンターパート機関との合意状況	設置を合意済（覚書にて締結）	
(コ)輸送・設置に係る許認可	不要（道路局に確認済）	

3-5 事業実施国政府機関（カウンターパート機関）の情報

3-5-1 カウンターパート機関名

ブータン道路局（Department of Road）

3-5-2 基本情報

C/P 機関である、公共事業定住省-道路局は2022年12月30日をもって省庁再編および、組織改編が実施され、交通省（Ministry of Infrastructure and Transport (MoIT)）

- 運輸局（Department of Surface Transport (DoST)）となった。

DoST（旧 DoR）は引き続き交通省傘下で国道の開発・維持管理を担う。

局長以下、ティンプーにある本局には、計画・開発課、設計・地質調査課、建設課、維持管理課、橋梁課があり、各地方には地方支所がある^[20]。

^[20] Ministry of Infrastructure and Transport, Royal Government of Bhutan,

<https://www.facebook.com/photo?fbid=546880544154222&set=pcb.546880670820876>

3-5-3 カウンターパート機関の役割・負担事項

プロジェクト担当者の設置

事務所スペースの提供

案件の関連するデータや情報の提供

試験施工実施場所の提供

案件実施の許可（調査員の入国や試験施工対象物の設置許可を含む）

関税等の免除

3-5-4 事業後の機材の維持管理体制

- ・カウンターパート機関に譲与した機材は事業実施後にカウンターパート機関が自らの出費で維持管理を行う。
- ・プロテックエンジニアリングはカウンターパートに対して、事業期間を通じて、施工対象物に関するリスクや責任分担、維持管理方法などについて説明を行う。

3-6 その他

3-6-1 環境社会配慮

案件化調査での確認の結果、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たため EIA レポートの作成は不要。道路局に試験施工に際しての環境影響評価が必要か確認したところ、小規模な施工で影響も限定的であるため対応不要との回答を得た（2018年9月10日、道路局担当者、テンパ氏からのメールによる）。

3-7 本事業から得られた教訓と提言

3-7-1 今後海外展開を検討する企業に向けた教訓

1. 心理的な参入障壁について、特に、公共財を供給する供給サイドの視点では、国内市場の飽和により新市場開拓戦略の一環として海外展開を模索するケースが多い。この場合、国内市場では、資金スポンサーである国（国交省）、地方公共団体（都道府県、市町村）の公共投資に関する政策動向により市場や産業構造が形成されてきたことを再認識する必要がある。一方、海外では、特に、途上国では、基礎インフラである防災製品へ公共財を投資する市場形成・調達メカニズムが未成熟であることが多いため、導入にあたっての調達者側の心理的障壁が高い。この障壁を如何に克服するか？国内市場で無意識的に形成されてきた価値認識を如何に共有するか？が課題である。
2. ステークホルダーマネジメントについて、一般消費財と異なり、公共財は政策に基づいた需要サイドの施設導入の意思決定を伴う（公共調達）。また、導入に当たり、企画立案、調査設計、施工管理、維持管理と多方面にわたる関係者や利害関係を伴うことは避けられない。したがって、新市場開拓では、組織の社会的な役割や位置づけ、組織間の関係性（人的、経済的）を見極めながら、ステークホルダーマネジメントをプロジェクトの中で活かす視点も重要である。

3. 産学官の取り組みやイノベーションの視点について、市場開拓先のマーケットの未成熟による技術開発のギャップ（国内・途上国）からくる供給制約に、市場浸透を図る製品の導入に支障が発生する機会が多くある。そのため、代替技術の探索や人的資源の活用によるイノベーションの機会を活用して、供給制約を克服する仕掛けや仕組みがあると、プロジェクトの進捗に効率性や効果が発揮されると考えられる。

3-7-2 JICA や政府関係機関に向けた提言

1. 日本において、昭和 43 年飛騨川のバス転落事故²⁷が契機となって防災投資へ一定額の予算が配賦されるようになった。この事故は、集中豪雨の中、岐阜県飛騨川を並走する国道 41 号線を観光バスが通過しようとしたところ、雨による山側斜面の崩落でバス乗客約 100 程度が死亡した事故である。遺族が国家に賠償を求め、最高裁の判決により、国家から遺族への賠償が実施された。これを契機に、斜面は道路管理の対象であり、道路管理者（国交省）は、予算を措置して斜面对策を講じることが通例となった。

具体的には、斜面点検²⁸で危険性のある斜面を抽出して、危険度や崩落の性状に応じた斜面安定化対策を実施する。産学官の技術開発²⁹により、地すべり、落石、斜面崩壊、土石流など各種災害形状に応じた対策工事が類型化され、民間企業の技術開発（R&D）により対策が実現するに至った。また、国家賠償法により公の造営物による人命の損出は、国家賠償の対象になるため（ここでは、斜面崩落による車両被害や乗員の死傷）、多大の賠償金を回避するために斜面安定化施設を積極的に整備する背景もある（消極的要因）。国による各種インフラ施策（国土強靱化法³⁰、重要物流道路、緊急指定道路など）で、災害時の物流・人流を確保する目的で、道路斜面施設を整備することもある（積極的要因）。日本の道路斜面对策の歴史はブータンにおける斜面对策検討においても参考になると思料するため、参考にしていただきたい。

2. ブータンにおける斜面对策費用の一部として確保される予算は、事故発生時に復旧にかかった金額を基に算出されている。この方法では、道路利用者（人及び車両、車両積載品）が事故によって被った損失が計上されていない。例えば、人・車両であれば、生産力の損失、車両積載品であれば、待ち時間による品質の低下や、販路の損失などである。長期的に見れば、これらの損失を考慮した上で、予防的側面を持つ斜面防災構造物を導入するこ

²⁷ 飛騨川事故：<https://www3.nhk.or.jp/tokai-news/20220818/3000024331.html>

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%A3%9B%E9%A8%A8%E5%B7%9D%E3%83%90%E3%82%B9%E8%BB%A2%E8%90%BD%E4%BA%8B%E6%95%85>

²⁸ 道路防災点検 <https://www.zenchiren.or.jp/geocenter/lec-road/docs/lecture2.pdf>

²⁹ 斜面对策工事 <https://www.jasdim.or.jp/> <https://www.zenchiren.or.jp/geocenter/lec-road/docs/lecture2.pdf>

³⁰ 国土強靱化法での整備 https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/kouhou/koukahakijirei.html

とは、防災投資をしなかったときに比べ、大きく経済成長寄与する。そのため、交通省からは経済省へ予算要求をする際には、事故により発生する可能性のある損失を加味した計算方法の使用や予算要求の体系構築が望まれる。

3. ブータンにおける無償有償の見極めについて、一人値 GDP が、3,266USD であった（2021 年、世銀）。無償から有償への供与切り替えの一つの目安であるが、ブータンでは、所得格差（首都と地方）が大きいのが現状であり、切り替えでの十分な検討が望まれる。

4. 開発支援の方向性について、オーナーインタビュー調査では、物流事業者のトラック運転者へのヒアリングを行った。道路斜面对策施設を建設する意味について、「雨季のときでも予定通り目的地に行くことができる。これによって、運転時間が少なくなり、休みの時間も確保できる。目的地にその日のうちに到達するため、残業してまで運転する必要がなくなる」という回答を得た。これは、ワークライフバランス、可処分時間への認識向上が反映された回答と考える。すなわち、ブータンの重要な産業である物流を支えるエッセンシャルワーカーへの受益を意味する。したがって、主要産業である物流産業を現場や下辺で支える労働者へ如何に裨益できるか、も重要な開発視点かと思われる。

5. 道路斜面防災対策施設は、部材の調達（低炭素鉄鋼製品の調達）、製品の製造（低炭素工程への転換）、完成品の輸送（トラックから鉄道へのモーダルシフト、輸送船の低炭素化）、現地での施工・建設（低排出重機活用での建設）、予防策が現地で効果を発揮する際の供用（植生による吸収、セメントによる二酸化炭素の地中固定、重機不使用による排出減）というマテリアルフローからライフサイクルまでの長期間で、カーボンニュートラル（炭素中立）の要素が多数内在する。したがって、斜面对策施設の導入喚起にあたっては、道路交通便益の観点以外に、カーボンニュートラルの視点を併せ持つのも差別化要素と考える。

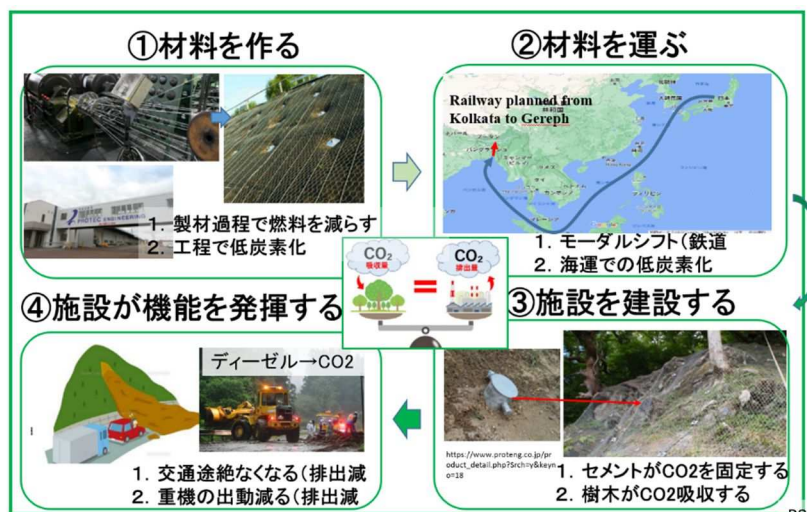



図5 道路斜面对策施設のカーボンニュートラル要素


別添資料

- 1.調査工程表
- 2.業務従事計画・実績表
- 3.貸与物品リスト




SDGs Business Verification Survey with the Private Sector for Road-Side Slope
Disasters countermeasures technology and methods in the Kingdom of Bhutan
PROTEC ENGINEERING, INC.

9
INDUSTRY, INNOVATION
AND INFRASTRUCTURE



13
CLIMATE
ACTION



Development Issues Concerned in Disaster prevention Sector

Being a land-locked and mountainous nation, Bhutan suffers huge infrastructure damages like Rock-fall and slope failure by climate change effects. These cause disaster and stagnation of economic activity.

Survey Outline

- Survey Duration : Aug, 2019 ~ Jun, 2023
- Country/Area : Bhutan Thimphu area, Wangdue phodrang Mongar Chukha area
- Name of Counterpart: Department of Road, Ministry of Works & Settlement of Bhutan (Reorganized into the Department of Surface Transport on Dec.2022)
- Survey Overview : Using proposed products, reduce obstacles to logistics caused by slope disasters. Secure safe traffic and contribute to regional economic growth.



Products/Technologies of the Company

【GEO ROCK WALL】

Protection works to absorb even large-scale impacts using reinforced soil.

【MACRO NET】

Stabilize slopes where slope failures are expected to occur.

How to Approach to the Development Issues

- Disseminate the proposed technology and products to Bhutan through technology transfer.
- Promote technology and products by using construction consultants with a wide network as agents.

Expected Impact in the Country

- Making efficient logistics and reducing casualties due to reduction of slope disasters.
- Economic growth by development of electric power industry, tourism industry, agriculture caused by the improvement of logistics.

1st of Aug, 2019 revised on 8th of Feb.2023

Department of Surface Transport
Ministry of Infrastructure and Transport
Summary Report

Bhutan

SDGs Business Verification Survey with the
Private Sector for Road-Side Slope Disasters
Countermeasure Technologies and Methods
in the Kingdom of Bhutan

April, 2023

Japan International Cooperation Agency

PROTEC ENGINEERING INC.

1. BACKGROUND

The Kingdom of Bhutan (Bhutan) is a mountainous country located in the Himalayas, between China to the north and India to the south, with an area of about 380,000 square km² and a population of about 800,000 (the World Bank, 2016). Agriculture, forestry, tourism, and electricity are the major industries in Bhutan. Because of the steep terrain of this mountainous country, the development of the Primary National Highway (hereinafter PNH), which crosses the country from east to west, is indispensable. Therefore, the extension and paving of the PNH from the center of the country to the countryside was initiated through the Eleventh Five Year Plan (2012-2017) to transport the products and supply materials for these industries. Following this, the Department of Surface Transport (DoST) has also been working to shorten traveling time on the PNH by improving the alignment of the PNH and replacing bridges by leveraging JICA support. However due to severe topographical constraints, the goal of the Eleventh Five Year Plan was not able to be met to shorten the traveling time as much as possible by securing the road width (10.5 m) of the PNH to Tashigang, which is the end point of the PNH, within the plan period. Specifically, the road width was secured by cutting the bedrock on the mountain slope by blasting. This exposes the cut-slope to rainwater erosion as it is being excavated — resulting in slope failures (landslides, cliff collapse, rock falls, debris flow, etc.) that are caused by surface water runoff due to heavy rainfall and snowmelt. These slope failures deposit collapsed soil on the road, blocking traffic.

On the other hand, with the support of India, which has close geopolitical and economic ties with Bhutan, efforts are being made to stabilize collapsed slopes along the Secondary National Highway (hereinafter SNH). The Border Roads Organization (BRO) of India has been working on slope stabilization structures, mainly gravity retaining walls, leaning retaining walls, and rock netting. However, these countermeasure structures lack the technical foundation for fixing slope variation. This is because they are merely crushed stones piled up, with gaps visible between them or rock-bolts that are prone to falling out because mortar was not injected between the rock bolts and the bedrock. Accordingly, a local newspaper has pointed out that, in addition to improving the quality of slope protection in these slope countermeasure structures, there also needs to be accountability in installing the structures.

During the implementation period of the Twelfth Five-Year Plan (starting August 2018), the DoST was assigned to the implementation of policies with the indicators of i) resilient roads accessible in all weather conditions, ii) reduction of travel time, and iii) construction and maintenance of quality infrastructure. Based on these indicators, the three issues listed below were identified as needing resolution. In response, the “Revised Road Sector Master Plan,” which serves as the implementation plan for the road sector, clarified the DoST’s intention to contribute to improve traveling time in road traffic through innovations in the construction of road slope stabilization measures.

- 1) Implement a series of planning, investigation, construction supervision, and maintenance management for quality-assured construction.
- 2) Disseminate the concept of prevention (slope control)/protection (protecting roads, vehicles, and human

lives from falling rocks) in rockfall countermeasures

3) Explain the necessity of introducing countermeasures facilities from the planning stage of introducing countermeasure works, and strive to secure understanding from stakeholders.

OUTLINE OF Verification Survey

(1) Purpose

In the Twelfth Five Year Plan (2018-2023), the Government of Bhutan has set “resilient roads accessible throughout the year in all weather conditions” as a key indicator and allocated a budget of Nu 1.0 billion (approximately 1.7 billion yen) for eliminating roadblocks on national roads and Nu 300 million (approximately 500 million yen) for the implementation of road slope stabilization measures, totaling Nu 1.3 billion (approximately 2.2 billion yen). The environment is becoming conducive to slope disaster countermeasures with the investment of local funds. Although it is difficult to invest in large-scale countermeasure facilities such as tunnels and check dams within the scope of this budget, the investment in the proposed products is large enough, and it is expected that dissemination of the proposed products will be promoted through field demonstrations as part of pilot projects.

In order to contribute to the reduction of vulnerability to slope disasters, the usefulness and superiority of “Geo Rock Wall” and “Macro Net” will be demonstrated through the SDGs Business Verification Survey with the Private Sector for Road-Side Slope Disasters Countermeasure Technologies and Methods in the Kingdom of Bhutan (hereinafter “the Project”). The Project aims to develop the market through pilot projects, in which two suitable pilot sites for Macro Net and Geo Rock Wall will be selected in the SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector. In addition, dissemination activities will be conducted, such as capacity building of the Counterpart (C/P) for slope disaster management measures and local publicity, while organizing countermeasures and challenges for local dissemination. The Project outcomes are as follows:

Outcome 1: The suitability of Japan’s slope disaster management technology (Geo Rock Wall and Macro Net) are demonstrated through the pilot projects.

Outcome 2: By strengthening the capacity of C/Ps in slope disaster management, an environment is created for selecting and planning appropriate slope disaster management measures, and the dissemination of the proposed products is promoted.

Outcome 3: The understanding of the proposed construction methods for countermeasures among local construction companies is deepened, and an environment is created to facilitate the adoption of the proposed construction methods, thereby promoting the dissemination of the proposed products.

Outcome 4: A business development plan for local dissemination of the proposed construction methods for countermeasures is developed.

(2) Activities

The following are the activities of the Project.

Activity 1

Conduct test construction at the pilot sites. Verify the physical and economic effectiveness of the constructed facility. Demonstrate suitability in Bhutan based on verification results.

Activity 2

Prepare manuals of the proposed product for DoST. Promote understanding of the proposed products and construction methods by conducting seminar and on-the-job training based on the manual.

Activity 3

Prepare manuals of the proposed products for contractors in Bhutan. Conduct construction seminar based on the manuals to promote understanding of the proposed products and construction methods.

Activity 4

Formulate a business development plan based on needs surveys for DoST, electric power-related facilities, religious facilities and competition surveys.

(3) Product Information / Technology to Be Provided

The proposed products, Geo Rock Wall and Macro Net, do not require large-scale construction work and can be installed entirely with local construction equipment available in Bhutan. The aim is to disseminate these products within Bhutan and gradually install them in the approximately 300 slopes thought to require countermeasures thereby dealing with huge rockfalls and stabilizing slopes that, until now, countermeasure facilities constructed locally have been unable to handle. This will promote road slope disaster management, improve the living infrastructure environment for local residents, and contribute to the development of local industries.

【Proposed Product 1: Geo Rock Wall (a reinforced wall to protect against rockfalls)】

As shown in the photos on the right below, huge rockfalls frequently fall from slopes in Bhutan, exposing major national roads to constant danger. No countermeasure facilities exist locally to deal with such huge rockfalls. While retaining walls have been installed at some sites, like that pictured below on the far right, the walls collapse because of the huge impact of the rocks; damage cannot be prevented. Therefore, the installation of Geo Rock Walls, which are able to capture such huge rockfalls, is proposed, after also confirming in the project investigation that Bhutan is in dire need of such a countermeasure.




		
Example of rockfall capture (Japan)	Example of damage from rockfall (Bhutan)	

Table 5 Comparison of Geo Rock Wall with Concrete Retaining Walls

Geo Rock Wall	Concrete Retaining Wall
<ul style="list-style-type: none"> • Absorbs a great amount of energy (with a max tolerance of 5,500 kJ, which can catch rocks with a diameter of 2 m falling from about 40 m) • Reinforced soil transforms to absorb the impact of rockfalls (difficult to break) • Wall greening is possible (in harmony with the surrounding landscape); use of locally-generated soil (protecting the environment) 	<ul style="list-style-type: none"> • The design does not assume the external force of rockfalls, so it has no bearing capacity (breaks easily) • Significant damage when rockfalls make impact

【Proposed Product 2: Macro Net (slope surface stabilization)】

In Bhutan, torrential rains during the rainy season from June to September destabilize slopes, causing them to collapse and disconnecting the roads frequently. While nets have been installed on some roads managed by the Indian Army, as shown in the photo to the right, almost no permanent measures have been taken on road slopes managed by Bhutan, resulting in frequent disruptions in the roads due to slope failures. Further,

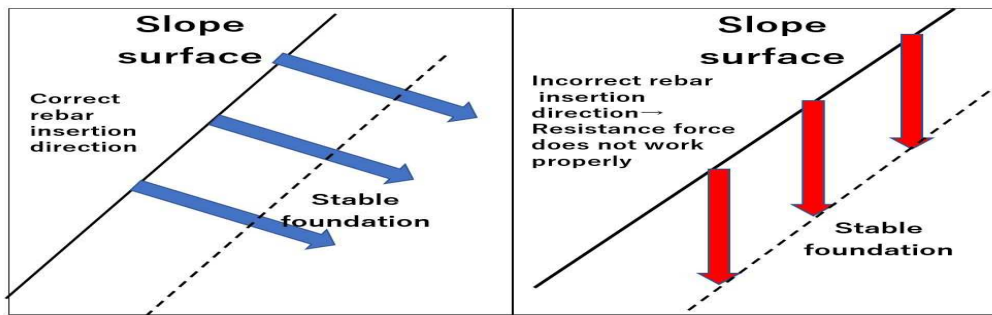


Netting installed on a road controlled by the Indian

the same problems can be seen in other roads of Bhutan. Therefore, a high-strength wire mesh Macro Net is proposed, which can prevent loose stones from falling out and soil from collapsing. Macro Net is an urgently needed countermeasure to make road traffic safe and improve the logistic efficiency of transportation. How existing networks and Macro Net compare is shown below.

Table 6 Comparison of Macro Net Characteristics with Similar Locally-installed Products

Macro Net	Existing Network
<ul style="list-style-type: none"> ▪ High-strength wire mesh prevents loose rocks from falling out and soil from collapsing (protection performance has been established through various basic experiments). ▪ Using the designated equipment, rebar is inserted perpendicular to the slope up to the stable layer to stabilize the unstable layer. ▪ Slope greening is possible when used with vegetation mats (in harmony with the environment). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rebar is not anchored to the ground, forming gaps, and there is no transfer of reaction force from the ground. ▪ Rebar, which should have been inserted perpendicular to the slope, was inserted in an upward direction, so the resisting force does not work properly. ▪ It is likely that anchorage to the ground stable layer is not secured, and long-term stability is questionable.



(4) Counterpart Organization

The C/P of the Project is the Department of Surface Transport (DoST) of the Ministry of Infrastructure and Transport (MoIT).

(5) Target Area and Beneficiaries

As noted above, “resilient roads accessible in all weather conditions” is a key indicator set in the Twelfth Five Year Plan of Bhutan (2018-2023). A Bhutan government budget of Nu 1.0 billion (about 1.7 billion yen) was allocated to eliminate the disruption of national roads and Nu 300 million (about 500 million yen) for the implementation of road slope stabilization measures. The government has begun to create an environment which promotes road slope disaster management measures through government investment in infrastructure.

The 2020 Road Slope Supervision Master Plan Research Project Report states that there were 208 slopes on PNH 1 and 4 that were chosen based on the type of hazard and risk of rock fall and landslides. However, the number of slopes that have become unstable since the Master Plan Survey, and which require countermeasures, has increased due to blasting conducted to widen roads. Further, the number of slopes requiring countermeasures is also expected to increase annually going forward.

At the same time, during the project formulation study, it was found the Bhutan Power Co. Ltd. (hereinafter BPC), which is responsible for the transmission and distribution of electrical power, also has a need for countermeasures. In the two pilot construction projects, the average construction cost was 37 million yen. If the number of slopes requiring countermeasures is assumed to be 300 in total, and the cost of countermeasures for one slope is assumed to be 37 million yen, a potential market of 10 billion yen can be assumed to exist (300 slopes x 37 million yen ≈ 10 billion yen).

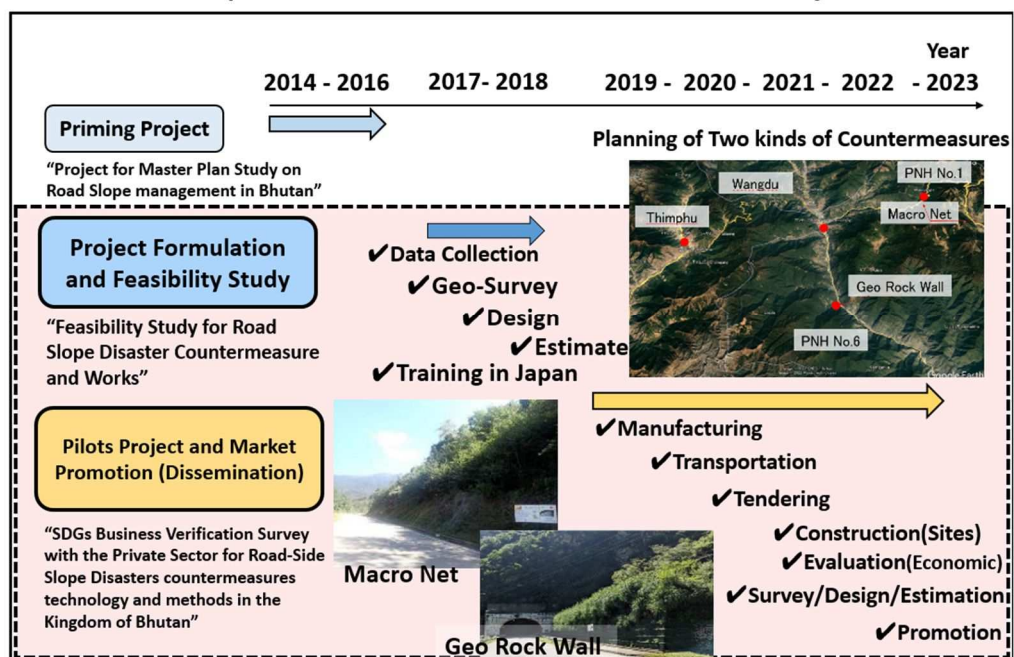
(6) Duration

The Project period is three years and 11 months from August 2019 to June 2023.

(7) Progress Schedule

The following is the implementation record of the Project.

Implementation Records of the Survey



Manning Schedule

See attached document

(8) Implementation System

In the initial stage of the Project implementation, no office will be set up in Bhutan; rather, the plan is to further the introduction of the products through a local agent and potential partner company, Kalachakra Consultancy. Kalachakra has a strong network with the DoST, BPC, and the construction industry, and it is believed that it will be possible to

introduce the products to about 30% of the 300 slopes (about 90 sties) thought to need urgent countermeasures in the medium to long term, thereby reducing damage.

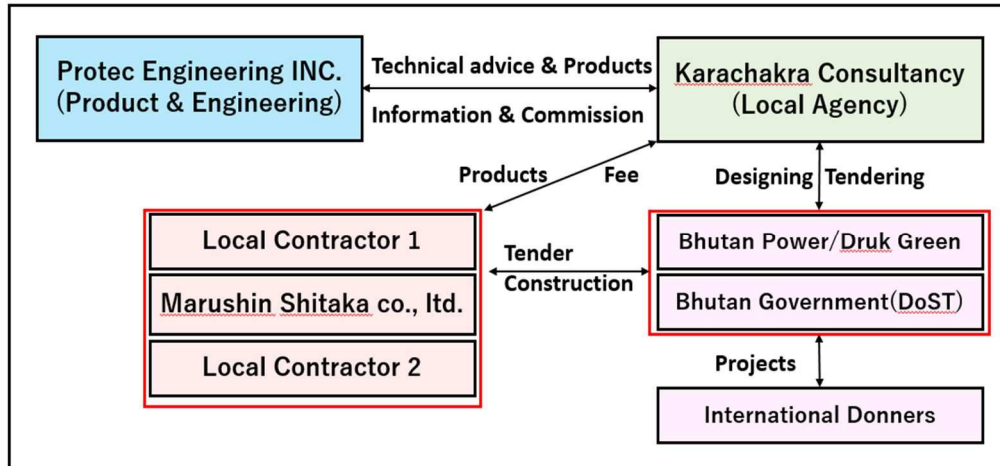


Fig.1 Business Developing Model

< In Three Years >

- According to the income and expenditure plan within the Business Development Plan, market development will move forward and orders for one Geo Rock Wall and three Marco Nets are expected
- As a result of the installation of these countermeasure facilities, damage from rockfalls and landslides on surrounding roads will be prevented, deterring casualties and reducing logistical disruptions caused by roadblocks.

< In Five Years >

- According to the income and expenditure plan within the Business Development Plan, market development will move forward and orders for two Geo Rock Walls and ten Macro Nets are expected.

2. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

Output 1: Through the pilot construction of Geo Rock Wall and Macro Net, it will be demonstrated that Japan's slope disaster management technology is suitable for the Bhutanese environment. <Achievement: 100%>

In October 2019, construction work began on rockfall prevention countermeasures — surface stabilization (Macro Net) and a standby reinforced earth wall (Geo Rock Wall). Pilot construction was completed in March 2020. Subsequently, travel and activity were restricted due to COVID-19, but the Survey was resumed in October 2022 and the effectiveness of the facilities in preventing rockfalls and landslides were verified.

The results showed by fixing the anchors to the bedrock, the Macro Net had stabilized the bedrock. At the same time, the flourishing vegetation fostered a sense of security. In addition, the Geo Rock Wall completely eliminated rockfall intrusions into traffic lanes and sidewalks. At the time these countermeasure facilities were surveyed, it was ascertained that 15 falling rocks with diameters of one or more meters — a hazard occurrence rate of six rockfalls per year — were caught by the Geo Rock Wall. These could have caused significant harm, including fatal injury, by falling directly on passing vehicles or people.

The results of economic evaluation conducted from the perspective of three benefits in the evaluation of road projects — a reduction of travel time, reduction of traffic accidents, and reduction of productivity loss — found that the Geo Rock Wall and Macro Net was effective both in deterring physical disaster and in a cost-benefit analysis of disaster deterrence. Moreover, the analysis revealed that the occurrence of a single road slope disaster incurred losses around twice the cost for emergency restoration throughout the year recognized by the DoST. According to this cost-benefit analysis, the payback period for investment in slope disaster management facilities such as Geo Rock Walls and Macro Nets is expected to be about five to 10 years.

Output 2: Strengthen the capacity of C/Ps on slope disaster management measures and create an environment in which appropriate slope disaster management methods are selected and plans are implemented. <Achievement: 100%>

Based on the construction guidelines for Geo Rock Wall and Macro Net, construction seminars were held for the C/Ps and some constructor companies. Through classroom lectures and site visits, these aimed to promote understanding of the structures of the products and construction methods. In addition, a design seminar was held for the C/Ps (DoST staff) to promote understanding of the facilities by those doing the actual work and

to improve their mindsets toward the introduction of countermeasure facilities.

Output 3: By deepening local contractors' understanding of the proposed construction method and creating an environment that facilitates the adoption of the proposed method, the diffusion of the proposed product will be promoted. <Achievement: 100%>

A survey and geotechnical investigation were conducted along the PNH in 2020 so that a project could be proposed in the future. Outline design and cost estimation for slope disaster countermeasure facilities were conducted for nine slopes based on the local suitability of the proposed products. It is expected that Geo Rock Wall and Macro Net will be added to standard technical specifications in bidding documents when the DoST staff conducts bids in future public procurements.

In addition, surveying and geotechnical investigations were conducted in 2022 targeting the Preparatory Survey for Eastern Bridge Replacement Project in Bhutan, a Grant Aid Project.

A design and cost estimation was conducted to introduce the proposed products to stabilize the approach slope associated with the bridges to be replaced in the eastern area of the PNH (the area of Monger, etc.). In addition, a presentation was given to the Counterparts with Kalachakra Consultancy, a geotechnical investigation company.

Output 4: Develop a business development plan for local dissemination of the proposed construction method. <Achievement: 75%>

In 2020 and 2022, two on-site slope surveys were conducted with the DoST to narrow down which slopes required slope countermeasures. The necessary surveys and geotechnical investigations were then conducted, and designs and rough estimations were proposed for the project. In the effort to realize the project, the introduction of the project was promoted to the Counterparts via a local survey consultant company. In an effort to enter new markets other than that of government procurement, an attempt was made to propose the installation of the proposed products on the slopes behind religious facilities (Buddha Point) and power facilities through Kalachakra Consultancy, a potential local partner. However, due to the spread of COVID-19, the number of trips and surveying period were reduced, and it was not possible to come up with a concrete design proposal. However, needs will continue to be identified in the future.

The differentiation points of the products are attractive, such as the reliability of materials used and workability, the possibility of seeing vegetation in the future, and a superior long-term life cycle cost. However, the two problems in introducing the facilities are the high initial investment cost and the fact that not many orders are placed for road slope protection

work.

(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

In developing countries where slope protection works are given lower priority than pavements, bridges, and tunnels in order to facilitate road traffic, the incentives for investment in disaster prevention are low and the mindset with regard to directing project budgets to road slope disaster countermeasures is difficult to work. From the perspective of the demand side (the side that receives public procurement orders), one of the challenges is to improve the Bhutanese government's investment mindset with regard to slope disaster management facilities in its Road Maintenance Implementation Plan and to secure project budgets.

In this environment, it is particularly important how to raise and maintain value awareness (mindset) from within the C/P organization and how to incorporate the perspective of disaster prevention in road maintenance policies into budget formulation. To this end, collaboration between industry, academia, and government on road maintenance is important. Further, the government side needs to work on securing road maintenance measures and budgets.

On the industry side, it is necessary to introduce new technology (innovation) and improve the management capacities of local construction companies, and to improve the planning capacities of survey and design consultants (design firms).

On the academic side, the project is expected to contribute to the human resource development of civil engineers and their active roles in society.

3. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business

Development of the Product/Technology in the Surveyed Country

Casualties will be reduced and logistic efficiency increased through the reduction of slope disasters; the amount work engaged in and the cost of removing fallen rocks and sediment on roads will be reduced.

- Aiming for economic growth through the improvement of slope disaster management technology and development of related manufacturing, construction, and other industries.
- Aiming for economic growth through the development of key industries such as electric power, tourism, and agriculture, all originating in the increased logistic efficiency.

(2) Lessons Learned and Recommendation in Light of the Survey (Recommendation for the C/P)

(a) In Japan, the Hida River bus accident in 1968 prompted the government to allocate a certain amount of money for investment in disaster prevention. In this accident, a tourist bus was passing on Route 41 along the Hida River in Gifu Prefecture during a torrential downpour, when a mountainside slope collapsed due to the rain, killing about 100 passengers on the bus. In Japan, the Hida River bus accident in 1968 prompted the Government of Bhutan to allocate a certain amount of its budget for investment in disaster prevention. The accident occurred during a torrential downpour on Route 41, which ran parallel to Hida River in Gifu Prefecture; as a tourist bus was passing through, a mountainside slope collapsed because of the rain, causing the deaths of about 100 passengers. The bereaved families sought compensation from the state, and the Supreme Court ruled that the state should compensate the bereaved families. In the wake of this disaster, as a general rule slopes became subject to road management, with the Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism, which is the road administrator, taking budgetary measures to deal with slopes. Specifically, dangerous slopes are identified through slope inspections, and slope stabilization measures are implemented according to the degree of danger and the nature of the collapse. Through technological development by industry, academia, and government, countermeasure works for various types of disasters such as landslides, rockfalls, slope failures, and debris flow have been categorized, and measures have been realized through technological development (R&D) by private companies. In addition, since the loss of human life caused by public structures is subject to state compensation under the State Redress Act (in this case, damage to vehicles and death or injury of passengers due to slope failure), slope stabilization facilities have been actively developed to avoid large compensation payments (a negative factor). Various national infrastructure measures (e.g., the National Land Stabilization Law, critical logistics roads, emergency designated roads, etc.) may also be used to develop road slope facilities to ensure logistics and the flow of people in the event of a disaster (a positive factor). Please refer to the history of road slope disaster countermeasures in Japan, as it may be helpful for slope countermeasure studies in Bhutan.

(b) The budget set aside to cover part of the costs of slope control in Bhutan is based on the amount of money spent on rehabilitation at the time of an accident. This method does not account for losses incurred by users of roads (people, vehicles, and vehicle loads) as a result of accidents. For example, in cases of people and vehicles, the loss of production capacity; in cases of vehicle loads, the loss of quality due to waiting time and the loss of sales channels. In the long run, taking these losses into account, the introduction of slope disaster management structures with a preventive aspect will contribute significantly to economic

growth compared to a case in which no investment in disaster prevention was made. Therefore, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport is encouraged to use calculation methods that take into account losses that may occur due to accidents and to establish a system for budget requests when making budget requests to the Ministry of Finance.

(c) Regarding the determination of grant aid and loan aid in Bhutan, the GDP per capita was 3,266 USD (World Bank, 2021). This is one criterion used in deciding whether the provision of aid will switch from grant aid to loan aid. However, it is advisable to thoroughly consider such a switch, given that there is a large income disparity between the capital city and rural areas in Bhutan.

(d) Regarding the direction of development support, owner interviews were conducted with the truck drivers of logistics companies. Addressing what the construction of road slope protection facilities means, one stated, “Even during the rainy season, I can get to my destination on schedule. I spend less time driving and have time to rest. There’s no longer any need for overtime, because I can reach my destination before the day is out.” This response reflects an increased awareness of work-life balance and disposable time. This means benefiting the essential workers who support the logistics industry, an important industry in Bhutan. Therefore, an important development perspective is how to benefit the workers who support the key logistics industry.

(e) These elements include procurement (of low-carbon steel products), manufacturing of products (conversion to low-carbon processes), transportation of finished goods (modal shift from trucks to railroads, low-carbon transportation ships), construction (using low-emission heavy equipment), and preventative measures that show on-site effectiveness when used (the absorption of oxygen by vegetation, the fixation of carbon dioxide in cement, and the reduction of emissions from not using heavy machinery). Therefore, in stimulating the introduction of slope control facilities, in addition to the benefits to road traffic, another differentiating factor is the perspective of carbon neutrality.



ATTACHMENT

- Manning schedule

別添資料

作業工程計画

調査項目	8			9			10			11			12			1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			1			2			3			4			2023年度		
1 パイロット工事を通じた現地適合性の実証活動																																																																		
1-1 対象地の調査、施工関連の法令・規程確認																																																																		
1-2 設計・施工資料の作成																																																																		
1-3 資機材及び建設業者の調達																																																																		
1-4 パイロット工事実施																																																																		
1-5 現地適合性及び経済性の検証																																																																		
1-6 C/Pへの引き渡し																																																																		
1-7 検証結果をC/Pに説明																																																																		
2 C/Pの能力向上を通じた普及活動																																																																		
2-1 C/P向け製品マニュアルを作成																																																																		
2-2 OJT指導や説明会を通じた技術移転																																																																		
2-3 C/Pとともに現地調査実施																																																																		
2-4 斜面防災施設導入計画をC/Pに提案																																																																		
3 現地施工業者の能力向上を通じた普及活動																																																																		
3-1 現地施工業者向け施工マニュアル作成																																																																		
3-2 施工方法説明会兼見学会実施																																																																		
4 ビジネス展開計画の策定																																																																		
4-1 現地政策、計画、予算状況、ドナーの計画調査																																																																		
4-2 電力関連企業等へのヒアリング、普及可能性検討																																																																		
4-3 競合会社・代替製品の動向、価格マーケット分析																																																																		
4-4 ビジネス展開計画策定																																																																		
報告書等提出時期（△と報告書名により表示）																																																																		

凡例
 国内作業
 現地業務

※各活動欄は、上から2行目を国内活動（オレンジ）、3行目を現地活動（緑）として、計画を塗りつぶしてください。

別添資料

業務従事者の従事計画・実績表(2023年4月分)

契約種別: ブランコ道路修繕施設改善及び工法に関する普及・実証・ビジネス化事業

監督職員印: 奥本 悠世 印

1. 提案法人【現地業務】
Table with columns for staff name, role, project, and monthly performance from 2019 to 2023. Includes summary rows for total counts and dates.

2. 提案法人【国内業務】
Table with columns for staff name, role, project, and monthly performance from 2019 to 2023. Includes summary rows for total counts and dates.

3. 外部人材【現地業務】
Table with columns for staff name, role, project, and monthly performance from 2019 to 2023. Includes summary rows for total counts and dates.

4. 外部人材【国内業務】
Table with columns for staff name, role, project, and monthly performance from 2019 to 2023. Includes summary rows for total counts and dates.

【凡例】
業務従事計画(グレー)
業務従事実績(黒)
自社負担(斜線)
自社実績(点線)

業務従事者(提案法人+外部人材)
契約時 23
最新計画 15
実績 15

外部人材月(現地+国内)合計
契約時 585.00 18.23
最新計画 329.00 11.88
実績 329.00 11.88

報告書等
Table with columns for months from 2019 to 2023, showing various metrics like total counts and dates.

現地活動費最提供(計画数)
Table with columns for months from 2019 to 2023, showing financial data.

貸与物品リスト
List of Property Lending

業務名称 (Name of Project) : SDGs Business Verification Survey with the Private Sector for Road-Slide Slope Disasters Countermeasure Technologies and Methods in the Kingdom of Bhutan

対象国(Country) : Kingdom of Bhutan

事業担当部課 (Division in Charge) : Private Sector Partnership Division 1, Private Sector Partnership and Finance Department

(2020年3月現在)
(As of March, 2020)

物品名称 (Name of Property)	規格・品番 (Standard, Part Number)	個数 (Quantity)	取得価格 (Purchase Price)		納入検査 日 (Date of Inspection Passed)	配置場所 (Location)	現況 (Current State)	備考 (Remarks)	事業終了後の 取扱い (After Completion of Project: Handover/Return)
			取得価格 (Purchase Price)	通貨 (Currency)					
ジオロックウオール	Ⅲ型	45.19 m	14,153,011	yen	2020.3.4	Wangdue phodrang Dungkerbja	稼働中	ジオロックウオールの数量は構造物の天端の長さの数値である。実測の数量は契約時の数量(45.1m)と若干の誤差があるが、契約時の数量よりも若干多い程度であり構造的な問題はない。	実施機関 (公共事業定住省道路局) に譲与済
マクロネット	岩斜面表層部安定工	505.44 m	2,664,000	yen	2020.3.4	Wangdue phodrang Khelekha	稼働中	マクロネットの数量は設置斜面の幅×高さの面積の数値である。実測の数量は契約時の数量(500m)と若干の誤差があるが、契約時の数量よりも若干多い程度であり構造的な問題はない。	実施機関 (公共事業定住省道路局) に譲与済

注1) 本「貸与物品リスト」には、契約書附属書Ⅰ「共通仕様書」第22条の規定に基づき、発注者から買与を受けている物品・機材を記載してください。具体的には、契約金額内訳に経費を計上し、受注者目らが調達を行って事業に使用している物品・機材と発注者が受注者に無償で買与している物品・機材が含まれます。ただし、消耗品に分類される物品・機材は除外します。

注2) 受注者目らが調達を行った物品・機材については、その取得価格及び納入検査日を記載してください。日本円換算に必要な為替レートを納入検査日のJICA統制レートを使用してください。なお、納入検査とは、機材等納入検査を指します。

注3) 「現況」欄は、「稼働中」、「故障・修理中」、「停止」、「その他」の選択肢で記載し、「稼働中」以外の場合は、備考にその状況を説明してください。契約書附属書Ⅰ「共通仕様書」第22条の規定に基づき、自己の故意または過失により買与された物品を損失又は差損したときは、代替品の送還、原状復帰、又は損害賠償を求められますので、そのような事態が発生したときは、速やかに監督職員に相談してください。

注4) 「事業終了後の取扱い」欄は、「実施機関に譲与 予定と記載しておいてください。署名した受領書を徴取し、その原本をJICA在外事務所・支所に提出、その写しを経営計算報告書に添付してください。

注5) なお、事業終了後に実施機関に譲与した場合は、実施機関の底文はそれに準じていることを確認 (現品対査) してください。

注6) 本リストを「月報」に添付して提出する際には、当該物品が配置場所に存在していることを確認 (現品対査) してください。

