

スリランカ国  
国家建築研究所 (NBR0)

スリランカ民主社会主義共和国  
斜面防災技術（ユニット式金網型枠  
による吹付法枠工）普及・実証事業  
業務完了報告書

平成31年4月  
(2019年4月)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

小岩金網株式会社

民連
JR(P)
19-061

<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	i
略語表	iii
地図	v
図表番号	vi
案件概要	x
要約	xi
第1章 事業の背景	1
1-1 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
1-1-1 事業実施国の政治・経済の概況	1
1-1-2 対象分野における開発課題	3
1-1-3 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	6
1-1-4 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	9
1-2 普及・実証を図る製品・技術の概要	10
第2章 普及・実証事業の概要	15
2-1 事業の目的	15
2-2 期待される成果	15
2-3 事業の実施方法・作業工程	15
2-4 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	18
2-4-1 要員および機材の投入	18
2-4-2 事業実施国側の投入	20
2-5 事業実施体制	22
2-6 事業実施国政府機関の概要	23
第3章 普及・実証事業の実績	26
3-1 活動項目毎の結果	26
3-1-1 対象サイトでのユニット式金網型枠による吹付法枠工法の施工を通じ土砂災害対策としての同工法の適用性・優位性を確認	26
3-1-2 ユニット式金網型枠による吹付法枠工の実施環境を整備	47
3-1-3 スリランカ国におけるユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかる事業展開計画を具体化【ビジネス展開計画・調査活動】	57
3-1-4 環境社会配慮	66
3-2 事業目的の達成状況	73
3-3 開発課題解決の観点から見た貢献	75
3-4 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	75

3-5 環境社会配慮.....	76
3-6 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について.....	76
3-7 今後の課題と対応策.....	76
第4章 本事業実施後のビジネス展開計画.....	78
4-1 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定.....	78
4-1-1 マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）.....	78
4-1-2 ビジネス展開の仕組み.....	84
4-1-3 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール.....	84
4-1-4 ビジネス展開可能性の評価.....	84
4-2 想定されるリスクと対応.....	84
4-3 普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	84
4-4 本事業から得られた教訓と提言.....	84
4-4-1 カウンターパートに対する教訓.....	84
4-4-2 現地施工業者に対する教訓.....	85
4-4-3 今後の提案企業への提言.....	86
別添資料.....	87

## 巻頭写真



写真 1 NBRO 初回会議 (2016 年 9 月)



写真 2 看護学校工事説明会 (2016 年 9 月)



写真 3 工事対象斜面 (2017 年 1 月)



写真 4 現場安全講習会 (2017 年 2 月)



写真 5 ISSD セミナーの様子 (2017 年 2 月)



写真 6 第 1 回実地見学会 (2017 年 6 月)



写真 7 第 2 回実地見学会 (2017 年 11 月)



写真 8 実証試験工事完成 (2018 年 2 月)



写真 9 実証活動後のセミナー (2018 年 9 月)



写真 10 クロージングミーティング (2018 年 9 月)



写真 11 実証試験工事の現状 (2019 年 3 月)



写真 12 M 社訪問 (2018 年 9 月)

## 略語表

表 1 略語表

略語	正式名称	日本語名称
AIIB	Asia Infrastructure Investment Bank	アジアインフラ投資銀行
AMCDRR	Asia Ministerial Conference on Disaster Risk Reduction	アジア防災閣僚級会合
BM	Benchmark	基準点（測量における）
CEA	Central Environmental Authority	中央環境庁
CIDA	Construction Industry Development Authority	建設工業開発局
CRIP	Climate Resilience Improvement Project	気候変動への強靱性改善プログラム
DMC	Disaster Management Center	災害管理センター
DOM	Department of Meteorology	気象局
EIA	Environment Impact Assessment	環境影響評価
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
ICTAD	Institute for Construction Training and Development	建設産業研修・振興研究所
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
LDPP	Landslide Disaster Protection Project	国道士砂災害対策事業
NAP	National Action Plan	国家行動計画
NBRO	National Building Research Organisation	国家建築研究所
NCDM	National Council for Disaster Management	国家災害管理評議会
NDMP	National Disaster Management Plan	国家災害管理計画
NEOP	National Emergency Operation Plan	国家緊急対応計画
NDRSC	National Disaster Relief Service Center	国家災害救援支援センター
MPADM	Ministry of Public Administration and Disaster Management	行政災害管理省
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OEM	Original Equipment Manufacturing	相手先ブランド名製造

OJT	On the Job Training	現場教育
RDA	Road Development Authority	道路開発庁
RAP	Regional Action Plan	地域行動計画
SLCDMP	Sri Lanka Comprehensive Disaster Management Program	総合防災プログラム
TCLMP	Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project	土砂災害対策強化プロジェクト
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発プログラム
UNISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction	国連国際防災戦略
WB	World Bank	世界銀行
WTO	World Trade Organization	世界貿易機関



## 地図



出展：白地図専門店 (<http://www.freemap.jp/>)



出展：世界地図・SekaiChizu (<http://www.sekaichizu.jp/>)

図 1 スリランカ民主社会主義共和国 地図

## 図表番号

図 1	スリランカ民主社会主義共和国 地図.....	v
図 2	案件概要 .....	x
図 3	業務フローチャート.....	16
図 4	事業実施体制.....	23
図 5	MPADM（行政災害管理省）の組織図.....	25
図 6	NBRO（国家建築研究所）の組織図.....	25
図 7	スリランカにおける CIDA の建設業登録制度 .....	33
図 8	標準断面図.....	34
図 9	工事全体の施工フロー.....	35
図 10	CIDA による SN 登録の SP1 業者 .....	37
図 11	ミキシングプラントの配置.....	39
図 12	斜面点検カルテ（例） .....	58
図 13	対策工の提案.....	59
図 14	環境モニタリング実施スケジュール.....	71
図 15	NBRO の歳入 .....	79
図 16	NBRO の地すべり対策予算.....	79
図 17	NBRO の 2015 年の予算の内訳.....	80
表 1	略語表 .....	iii
表 2	スリランカの政治体制.....	1
表 3	スリランカで発生した土砂災害（大きなもの） .....	3
表 4	スリランカの自然災害.....	4
表 5	主要国道における土砂災害発生記録（2003 年～2012 年） .....	5
表 6	渡航毎の主な作業内容.....	17
表 7	要員実績 .....	18
表 8	要員工程表.....	19
表 9	本邦調達資機材リスト.....	20
表 10	実施メンバーと担当業務.....	22
表 11	相手国政府関係機関（カウンターパート機関）の情報 .....	24
表 12	NBRO による危険箇所一覧.....	27
表 13	CRIP プロジェクト対象の学校一覧（Kandy 県） .....	28
表 14	RDA による危険箇所一覧 .....	29
表 15	実証試験工事の数量.....	34
表 16	本邦調達と現地調達の価格比較.....	37

表 17	吹付モルタルの示法配合（1m <sup>3</sup> 当たり）	39
表 18	実証試験工事の実施工程表	42
表 19	優位性の検証項目	44
表 20	吹付法枠工 施工単価比較表	46
表 21	ユニット式金網型枠のコスト比較	61
表 22	ひし形金網のコスト比較	62
表 23	ビジネス展開における想定リスクと対応策	66
表 24	環境社会配慮項目と緩和策等実施事項（工事中）	69
表 25	モニタリング計画	70
表 26	モニタリング結果	72
表 27	進捗状況一覧	73
表 28	地元経済・地域活性化への貢献（現時点）	75
表 29	地元経済・地域活性化への貢献（実施後の見込み）	76
表 30	土砂災害における関係機関と役割	78
表 31	山岳地域のクラス別道路延長	80
表 32	国道沿いの想定市場規模	82
表 33	道路沿斜面＋その他危険箇所	82
写真 1	NBRO 初回会議（2016 年 9 月）	i
写真 2	看護学校工事説明会（2016 年 9 月）	i
写真 3	工事対象斜面（2017 年 1 月）	i
写真 4	現場安全講習会（2017 年 2 月）	i
写真 5	ISSD セミナーの様子（2017 年 2 月）	i
写真 6	第 1 回実地見学会（2017 年 6 月）	i
写真 7	第 2 回実地見学会（2017 年 11 月）	ii
写真 8	実証試験工事完成（2018 年 2 月）	ii
写真 9	実証活動後のセミナー（2018 年 9 月）	ii
写真 10	クロージングミーティング（2018 年 9 月）	ii
写真 11	実証試験工事の現状(2019 年 3 月)	ii
写真 12	M 社訪問(2018 年 9 月)	ii
写真 13	LDPP 事例(A005-135)	30
写真 14	LDPP 事例(A004-174)	30
写真 15	地表排水工事	31
写真 16	鉄筋挿入工(左)・モルタル吹付工(右)	31
写真 17	鉄筋挿入工、頭部連結工	31

写真 18	頭部連結工接写.....	31
写真 19	看護学校敷地の様子.....	36
写真 20	上部斜面の工事.....	36
写真 21	着手前の対象サイト（起点側）.....	36
写真 22	整形後の対象サイト（起点側）.....	36
写真 23	法面作業の技術指導①.....	38
写真 24	法面作業の技術指導②.....	38
写真 25	法面の人力整形.....	40
写真 26	残土の搬出.....	40
写真 27	ひし形金網の敷設.....	40
写真 28	ユニット式金網型枠の組立.....	40
写真 29	ミキシングプラント.....	40
写真 30	モルタルの吹付.....	40
写真 31	法枠の出来形寸法の確認.....	41
写真 32	圧縮試験用の供試体採取.....	41
写真 33	工事着工前全景.....	41
写真 34	工事完了後全景.....	41
写真 35	完成検査の状況(2018年2月7日).....	43
写真 36	植生生育状況(2018年9月22日).....	43
写真 37	クロージングミーティングの様子.....	47
写真 38	吹付法枠工の設計に関するセミナー.....	49
写真 39	細骨材の表面水率測定.....	49
写真 40	吹付モルタルの供試体作成.....	49
写真 41	法面作業の説明状況.....	50
写真 42	親綱・安全帯を使った実技.....	50
写真 43	NBRO Kandy 地方事務所長挨拶.....	51
写真 44	工事概要説明の様子.....	51
写真 45	工事概要の説明.....	52
写真 46	見学会の様子①.....	52
写真 47	見学会の様子②.....	52
写真 48	モルタルの吹付状況.....	52
写真 49	NBRO Kandy 地方事務所長挨拶.....	53
写真 50	削孔作業①.....	53
写真 51	削孔作業②.....	54
写真 52	緊張作業.....	54
写真 53	セミナーでの発表（中野氏）.....	54

写真 54	セミナー会場の様子.....	54
写真 55	セミナーでの発表（西村氏） .....	55
写真 56	セミナー会場の様子.....	55
写真 57	年次シンポジウムの発表.....	56
写真 58	ヴィクトリアダム <sup>1</sup> の法面対策.....	57
写真 59	施工済みのコンクリート吹付.....	57
写真 60	Giniathena 地区の法面対策① .....	60
写真 61	Giniathena 地区の法面対策② .....	60
写真 62	Badulla における道路整備工事 .....	64
写真 63	Badulla における道路整備工事 .....	64
写真 64	残土処理場全景.....	68
写真 65	残土処理状況.....	68

# スリランカ 斜面防災技術(ユニット式金網型枠による吹付法砕工)の普及・実証事業 小岩金網株式会社(東京都)



図 2 新卒研修

## 要約

I. 提案事業の概要	
案件名	<p>斜面防災技術（ユニット式金網型枠による吹付法枠工）の普及・実証事業</p> <p>Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Slope Disaster Mitigation Technology with Shotcrete Cribwork using Unit Type Wire Net Formwork</p>
事業実施地	スリランカ民主社会主義共和国
相手国政府 関係機関	<p>国家建築研究所</p> <p>英語名：National Building Research Organisation (NBRO)</p>
事業実施間	2016年9月20日～2019年6月15日（2年9ヶ月）
契約金額	<p>当初 99,995,000 円（税込）</p> <p>変更契約 99,992,880 円（税込）</p>
事業の目的	スリランカにおける土砂災害対策として、対象サイトにてユニット式金網型枠による吹付法枠工の設計・施工・維持管理を通じ同工法の適用性及び優位性を実証するとともに、同工法実施に向けた環境整備を通じ同国内での普及を図る。
事業の実施方針	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) スリランカへの融合 日本の技術の押しつけとならないよう、スリランカの状況に応じた変更を行い、真に使いやすい技術を提供する。</li> <li>2) カウンターパートとの連携 常にカウンターパートとの連携を図り、双方にとってメリットがあり、成果が出せる活動を行う。</li> <li>3) 円滑な実施スケジュール 効率的な活動が実施できるように綿密に計画をたてて事業を進める。</li> <li>4) 事業実施後を見据えたビジネス展開活動 本事業実施後のビジネス展開を見据え、ビジネス展開に資する調査（市場分析、製品の現地コスト分析、競合他社分析）及び準備体制（知的財産保護手法の検討、材料調査・流通方法の検討）を整える。</li> <li>5) 安全管理 記仕様書記載の留意事項のほか、工事作業中の安全管理についても留意して実施する。安全教育として、技能者向け、NBRO 向けの安全・技術講習会を実施する。</li> <li>6) 機材の調達等</li> </ol>

	<p>日特建設社有機やレンタル機等施工機材に関して適切な保管場所を確保し、盗難等が無いよう管理する。</p> <p>7) 現地再委託の内容</p> <p>調達先の選定にあたっては、透明性・公平性を確保の上、JICA 業務実施ガイドライン及び精算ガイドライン、並びにスリランカの法令などを遵守し、適切に実施する。</p> <p>8) 社会環境配慮</p> <p>施工中に発生する環境に与える負の影響に対する緩和策およびモニタリング計画を立案し、環境に配慮しながら施工を実施する。</p>
実績	<p>本事業では、斜面防災対策技術のひとつである吹付法枠工とそれに使用するユニット式金網型枠をスリランカに普及させるための活動を行った。実証活動として、試験施工を行い本技術の適用性や優位性を確認した。また、普及活動として本技術の設計や施工に関するノウハウをカウンターパートに対して技術移転を図った。政府機関や民間企業の防災分野の関係者に対して、セミナーや現場見学会を実施して本技術の概要や特徴、施工方法など広く周知することができた。ビジネス展開においては、パートナー企業の調査及び選定を行い、本事業終了後にビジネスを開始するための目処が立った。</p> <p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) 実証試験工事</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実証試験工事の施工が完了し、現場の完成検査を2018年2月7日に実施した。法枠内の植生が生育するのを待って9月20日にNBROに引き渡した。</li> <li>・NBROは、本事業で施工した吹付法枠工が設計通りの寸法や強度を確保し日本の構造物らしい整然とした仕上がりに満足しており、日本式吹付法枠工のスリランカ式の法枠工に対する優位性について理解された。</li> </ul> <p>(2) 設計・積算・施工マニュアル</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本の設計・施工マニュアルを英訳してNBROに提示し、本マニュアルに基づく普及・実証事業を展開した。例えば、実証試験工事の設計は本マニュアルに則り行われ、施工管理についても材料の仕様やモルタル配合、作業手順、品質管理など同様に準拠した。</li> <li>・普及事業となる“設計”に関するワークショップでは本マニュアルの設計計算について講義を行った。</li> <li>・“積算”については積算のための英語版資料およびエクセルの計算シー</li> </ul>



	<p>トを作成して 2018 年 9 月の第 7 回現地調査において NBRO へ説明した。</p> <p>(3) 技術講習会・セミナー</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・法面作業に関する安全・技能講習会のほか、吹付法枠工およびグラウンドアンカー工の現地見学会、設計に関するワークショップ、土砂災害低減に関するセミナーでの発表等多岐にわたる活動を実施した。一部に、カウンターパートの都合により計画通り実施されない活動があった。</li> </ul> <p>【普及活動の実績】</p> <p>セミナー (計画 3 回／実施 3 回)</p> <p>現場見学会 (計画 4 回／実施 3 回)</p> <p>安全・技術講習 (計画 4 回／実施 4 回)</p> <p>安全・技能講習 (計画 3 回／実施 1 回)</p> <p>※1 現場見学会は、実証試験工事のうちカウンターパートの負担分が未完成のため最終の完成披露が出来なかった。事業終了後に自社業務として対応予定。</p> <p>※2 安全・技術講習のうち施工計画および施工管理は、実証試験工事期間に複数回に分けて実施した項目もそれぞれ各 1 回として計上。</p> <p>※3 安全・技能講習は、調査団の要請に対して、カウンターパートから適切な時期に人材が派遣されないケースがあった。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>(1) コスト比較</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ユニット式金網型枠の現地生産と輸出では前者が経済的に有利であることが分かった。</li> </ul> <p>(2) ビジネスモデル</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スリランカにおいて法面对策が必要な箇所は、NBRO のデータに基づけば概ね 100 万 m<sup>2</sup>と試算され、日本の 10 分の 1 以下の規模と想定される。</li> <li>・市場規模が小さいため、当初のビジネス展開としては現地の金網製造業者と提携して委託による現地生産を行うことが適当である。</li> </ul> <p>(3) ビジネスパートナー</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現地金網製造業者の M 社を訪問し十分な技術力があることを確認した。当該業者と業務提携について前向きに検討することを確認した。</li> </ul>
--	---

課題	<p>1. 実証・普及活動</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>吹付法枠工は、斜面防災セクターの政府関係者や民間建設者にはある程度認知されたと考えている。ここから実際の案件で採用されるためには、スリランカの技術基準である <b>Construction Industry Development Authority (CIDA)</b> に吹付法枠工を登録することが効果的であることが分った。CIDA に登録された技術であれば、施主や設計者が本工法を選択する際の根拠となり、対外的な説明が容易になるため新しい工法であっても理解が得られやすくなる。</li> <li>吹付法枠工に使用する湿式吹付機がスリランカでは全く普及していない。吹付法枠工の高い品質を確保するためには、湿式吹付機をスリランカの現地業者に対して普及させる必要がある。</li> </ul> <p>2. ビジネス展開計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現地金網製造業者と業務提携を結ぶまでには至らなかった。</li> </ul>
事業後の展開	<p>1. 普及活動</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CIDA への登録作業を継続して、工法が採用される環境を整える。</li> <li>現地業者が湿式吹付機を新たに導入するには経済的に難しい面がある。そのため、現地で普及している施工機械を利用した施工方法を検討する。代替案を提案することにより現地業者が本工法を採用する意欲を向上させる。</li> </ul> <p>2. ビジネス展開の予定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現地金網業者との協議を実施して事業後半年以内を目処に業務提携について合意を目指す。</li> <li>ユニット式金網型枠について現地の事情に合った仕様を開発する。開発した仕様に基づき製造の技術指導を行い事業後1年以内に製品の生産に漕ぎ着ける。</li> </ul>
II. 提案企業の概要	
企業名	小岩金網株式会社
企業所在地	東京都台東区西浅草3丁目20番14号
設立年月日	1970年3月19日
業種	製造業
主要事業・製品	各種金網、法面保護・緑化工法関係資材の製造販売 各種フェンス関係の設計・施工
資本金	100,000 千円 (2019年3月時点)
売上高	10,592,778 千円 (第49期:2018年3月末)
従業員数	289名 (2019年3月1日現在、パート14名含む)

## 第1章 事業の背景

### 1-1 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

#### 1-1-1 事業実施国の政治・経済の概況

##### (1) 政治

スリランカは1948年にイギリスから自治領(英連邦王国)のセイロンとして独立し、その後1972年にはスリランカ共和国に改称し、1978年から現在のスリランカ民主社会主義共和国(以降、スリランカ)となった。

スリランカでは、1983年以降25年以上に亘り、スリランカ北・東部を中心に居住する少数派タミル人の反政府武装勢力である「タミル・イーラム解放の虎(LTTE)」が、北・東部の分離独立を目指して活動し、政府側との間で内戦状態であったが、2009年5月に政府軍がLTTEを制圧し内戦が終結した。

内戦終結後、ラージャパクサ大統領は任期を2年残し、大統領選挙の繰り上げ実施を決定し、2010年1月に大統領選挙が実施され、同大統領が再選された。その後、同年4月に総選挙が実施され、同大統領率いるスリランカ自由党(SLFP)を中核とする与党統一人民自由連合(UPFA)が過半数を大きく上回る144議席を獲得して、引き続き政権運営にあたることとなった。2010年11月、ラージャパクサ大統領は2期目の任期を開始した。

2014年、再びラージャパクサ大統領は大統領選挙の繰り上げ実施を決定した。これにより、2015年1月に大統領選挙が実施され、前保健相でもあるシリセーナ野党統一候補がラージャパクサ大統領を破り当選した。シリセーナ大統領は、統一国民党(UNP)と政権を樹立し、ウィクラマシンハ UNP 総裁が首相に就任した。2015年8月には総選挙が実施され、UNP が勝利を収めた。単独過半数には達しなかったが、第二党のスリランカ自由党(SLFP)と大連立を形成し、ウィクラマシンハ首相が再任された(外務省 Web サイトより引用・加筆)。

スリランカにおける政治体制の概要を表2に示す。

表2 スリランカの政治体制

政体	共和制
元首	マイトリパラ・シリセーナ大統領(任期:2015年1月~2020年1月)
政府	51省49大臣(他に国務大臣19名と副大臣24名)
国会	一院制(2245議席)

出典:JETRO 提供資料より引用・加筆

##### (2) 経済

IMFの統計によると、2017年の名目GDPは876億ドルである。一人当たりのGDP

は2008年の2,300ドルから10年を経た2017年には約2倍の4,085ドルと拡大した。この額は世界190カ国中112位とほぼ中位のランクに位置づけられる。また、隣国インドの1,983ドルと比較し2倍を超え、他の南アジア諸国と比べ高い水準を記録している。ジェトロの統計によれば2008年のリーマンショック以降、8.9%の経済成長を達成、また2012年から2013年の欧州の債務危機後も5%程度の経済成長を見せるなど足腰の強い経済であったが、2017年以降、対外債務の膨張と輸出の不振により同国の対外債務残高は607億ドルとなり、GDP比率79.1%に達した。このためアメリカの格付け会社ムーディーズはスリランカの債券発行格付けを「B1」から「B2」に引き下げている。

イギリス植民地時代の19世紀から20世紀にかけて、スリランカはシナモン、天然ゴム、茶といった作物のプランテーション経済下にあり、これらの作物は現在でも同国の主要な輸出品目として残っている。同時代に行われた近代的な港湾開発と地理的な優位性により、スリランカは貿易の中継点として戦略的に重要な価値を持つことになった。1948年から1977年にかけては、政府により社会主義に強く影響された経済政策がとられた。植民地的なプランテーションの多くが解体され、産業の国有化や福祉国家論に基づく政策が勧められた。1977年に資本主義の導入、経済の自由化がなされ、国営企業の民営化や規制緩和、それに民間企業の育成が進められた。

茶や天然ゴム、コーヒー、砂糖、宝石といった作物の生産・輸出はいまだこの国において重要なポジションを占めるが、産業高度化により食品加工や縫製産業、電気通信業、ホテル観光産業それに金融といった分野の重要性も増加し、スリランカの重要な経済部門となっている。これらの部門に加えて、中東地域を中心とする海外への出稼ぎもこの国の経済に大きく寄与している。2010年の調査では、こうしたサービス部門がGDPの6割を占めており、鉱工業部門は28%、農業部門は12%であった。また経済の85%を民間部門の活動が占めている。隣国インドはスリランカの最大の貿易相手国である。国内では地域によって経済格差があり、首都の位置する西部州がGDPの45.1%を生み出しており、南部州や中部州といった他の州は10.7%と10%といった数値に留まっている。2009年に終結した内戦からの復興が進んでおり、終結の翌2010年には、戦場となった北部州で22.9%という高いGDP成長率が記録された。

近年の失業率は2017、2018年ともに4.4%と低い水準になっている。また、90%の家庭が電化されており、人口の87.3%が安全な飲料水を利用可能で、39%には水道により水が供給されている。携帯電話の利用者数も2005年から2010年で550%もの急成長をみせている。

世界経済フォーラムが発行する国際競争力レポート（英語版）2018年版では、スリランカ経済を労働力と天然資源に依存した段階（factor-driven stage）から工業化が進展した段階（efficiency-driven stage）への過渡期と分析しており、その国際競争力は調査対象の世界140か国中85位であると報告している。また保健医療の分野では46位、イノベーションでは80位そして市場規模では59位との報告も行っている。ニューヨー

ク・タイムズは2010年、世界31か所の観光地の中でスリランカをその第1位に選出した。

### 1-1-2 対象分野における開発課題

スリランカは、インド南東部のインド洋上に位置する国土面積約65,600km<sup>2</sup>（北海道の約0.8倍）の島国である。気候は熱帯性・高温多湿で、モンスーンの影響を強く受け年2回の雨季がある。国土の中央部には山岳・高原地帯が広がり、スリランカ第二の都市キャンディ県を始め、紅茶栽培のプランテーションが盛んなヌワラ・エリア県があり、同国の国土の面積の2割、総人口の3割を占めている。当該地域では年降水量が2,000～6,000mmと冷涼多雨な気候であり、急速な開墾・開発と脆弱な地質特性と急峻な地形条件から、潜在的に地すべり、斜面崩壊が起りやすい地域であり、特にモンスーン期の豪雨の際には、急傾斜地の崩壊や地滑り等の土砂災害が頻発している。

表3にスリランカで発生した大きな土砂災害を示す。2003年から2016年までに発生した主だった土砂災害だけでも250名以上の人命が失われた。直近の2017年にはカルタラ県ブラットシンハラ地区で死者61名を出す災害があった。これらの土砂災害が、スリランカの人々の生命・財産およびや国土開発にもたらした損害は甚大であった。

表3 スリランカで発生した土砂災害（大きなもの）

時期	地区	現象	被害
2003年	ラトナプラ県パラウエラ地区	斜面崩壊	死者30名、行方不明者45名
2007年	ヌワラ・エリア県ワラオアナ地区	斜面崩壊	死者10名
2010年 2011年	ヌワラ・エリア県マハウエワ地区	地すべり	家屋等被害
2014年	バドゥツラ県コスランダ地区	地すべり	死者12名、行方不明者22名
2015年	ヌワラ・エリア県ランボーダ地区	地すべり	死者7名
2016年	ケゴール地区	斜面崩壊 土石流	死者31名、行方不明者96名 (出典：NDRSC, June 2016)

\*1 出典：Sri Lanka Post-Disaster Needs Assessment Floods and Landslides-May 2016, Ministry of National Policies and Economic Affairs, Ministry of Disaster Management, September 2016

2004年12月に発生したインド洋大津波を契機として、スリランカ政府は、新たに災害対策法を制定し、国家防災委員会、災害管理省（MDM）、防災センター（DMC）を設立する等、積極的な災害対策に取り組み、防災対策を政府の政策の重要課題として位置付け、国際協力機構（JICA）を初めとする海外からの協力も得て災害対応能力強化に向けた取組みを加速させている。他方で、降雨量の増大といった気候変動による自然要因だけでなく、人為的な要因により災害被害が年々甚大化する傾向がある。人為的な要因には、山間地斜面を削り取って宅地造成が行われたことにより災害を引き起こす事例が挙げられる。土砂災害はこれらの自然災害の中でもその対策の充実の必

要性が高まっており、更なる災害管理体制の整備が課題となっている。

表 4 にスリランカの自然災害の統計資料を示す。津波を除けば地すべり（土砂災害）による死者数が最も多い状況となっており、土砂災害はスリランカにおける重要な自然災害リスクの一つと言える。

表 4 スリランカの自然災害

No.	1	2	3	4	5	6
災害種	Landslide 地すべり	Flood 洪水	Drought 干ばつ	Earthquake 地震	Tsunami 津波	Cyclones サイクロン
記録数	2,483	9,080	1,997	82	89	192
死亡者数 (人)	896	519	2	0	30,959	855
負傷者数 (人)	302	322	0	0	19,611	600
行方不明者数 (人)	39	19	1	0	1,908	21
全壊家屋数 (戸)	2,239	49,176	10	1	57,085	31,324
被災家屋数 (戸)	10,152	157,435	78	103	48,208	148,408
被災者数 (人)	120,384	13,900,794	12,922,514	70	1,076,240	1,690,930
移転者数 (人)	348	33	0	0	0	0
避難者数 (人)	2,798	74,093	600	0	0	3,941
畜牛損失 (頭)	0	0	0	0	0	0
No.	7	8	9	10	11	
災害種	Tornado/ Strong Wind 旋風/強風	Coastal erosion 海岸侵食	Lightning 落雷	Forest fires 山火事	Epidemics 疫病	
記録数	3,864	78	446	149	88,833	
死亡者数 (人)	88	0	374	1	368	
負傷者数 (人)	416	1	389	0	0	
行方不明者数 (人)	15	0	3	0	0	
全壊家屋数 (戸)	3,834	135	21	16	0	
被災家屋数 (戸)	36,728	386	183	17	0	
被災者数 (人)	278,469	3,223	1,629	187	588,797	
移転者数 (人)	16	0	0	0	0	
避難者数 (人)	1,375	646	3	10	0	
畜牛損失 (頭)	0	0	0	0	4,149,120	
記録数	3,864	78	446	149	88,833	
死亡者数 (人)	88	0	374	1	368	
負傷者数 (人)	416	1	389	0	0	
行方不明者数 (人)	15	0	3	0	0	
全壊家屋数 (戸)	3,834	135	21	16	0	
被災家屋数 (戸)	36,728	386	183	17	0	
被災者数 (人)	278,469	3,223	1,629	187	588,797	
移転者数 (人)	16	0	0	0	0	
避難者数 (人)	1,375	646	3	10	0	
畜牛損失 (頭)	0	0	0	0	4,149,120	

出典: DesInventar, 記録期間 1974 年 9 月-2012 年 9 月

また、頻発する土砂災害は、人命のみならず、国内の旅客・貨物輸送の 9 割を担う道路網を含む基盤インフラへ甚大な被害を及ぼし、経済活動にも多大な影響を与えている。山岳・丘陵地域道路の土砂災害発生状況を見ると、地盤の脆弱性に加え、拡幅・延伸工事に伴う不安定な斜面掘削や、地下水の排水設備の不備等、道路網における土砂災害対

策不足も災害発生上昇の一因となっている。

表 5 に主要国道における土砂災害発生記録を示す。これによれば、しばしば土砂災害によって通行止めが発生し、主要国道において最長で 10 日間の通行止めが発生している。さらに 2014 年には、南部高速道路でも土砂災害が発生している。

表 5 主要国道における土砂災害発生記録 (2003 年～2012 年)

No.	Day/Month/Year of the Road disaster	Type of the Landslide Disaster	Volume/Length of Landslide	Duration of Road Closure	Expenditure for Recovery Rs. (Mn)	Remarks
A004-134 (Rank A)	05-Oct-02	Rockfall	2.5dia rockfall	0.5 day	0.5	
	16-Jul-08	Rockfall	1dia rockfall	0.5 day	0.5	
	18-Dec-09	Rockfall	1.2dia rockfall		0.2	
	10-Jan-11	Landslide	20m Length rock		0.2	
A005-162 (Rank A)	12-Oct-02	Rockfall & Landslide	60m along the road	3days	7.0	Four houses damaged
	16-Jul-08	Rockfall	50m along the road	1day	1.0	
A007-031 (Rank B)	01-Aug-97	Wash away of the Road Side and collapse of Rock & Boulders form High side	45m along the Road	02 days	2.0	Earth shoulder damages & Road Side and Carriageway become Unstable
A005-091 (Rank C)	01-Nov-11	Rock fall & sliding of soil from the embankment	70 m along the road	5 Days one side and 1 day both sides	-	
A005-167 (Rank C)	12-Jan-05	Lunugala Landslide	300m		5.0	Road was never closed due to the landslide
A016-010 (Rank C)	20-Nov-10	PBC 2 <sup>nd</sup> mile post landslide	44m		2.0	Road was never closed due to the landslide
A113-015 (Rank C)	01-Jun-93	Gampola - Nawalapitiya Road between Culvert 16/4 and 16/5 landslide Damage the Road	45m along the road	10days	20.0	It is moving in rainy season

出典：道路開発庁 (RDA)

このような状況を受け、「スリランカ国災害脆弱地域における道路防災事業情報収集調査」(2012 年、JICA) によって、土砂災害が多発する山岳地帯 7 県を通過する主要国道 (クラス A：首都と各州の中心都市を結ぶか、各州の中心都市同士を結ぶ道路) において、61 箇所危険箇所が選定された。このうち危険度の高い 16 箇所が、円借款事業「国国土砂災害対策事業 (Landslide Disaster Protection Project: LDPP)」で土砂災害対策が実施されることとなったことから、主要国道における土砂災害対策の重要性がうかがわれる。

このようにスリランカで重要な位置づけとなる土砂災害に対して、法制度面からは国家建築研究所 (NBRO) が土砂災害対策の計画・調査、設計、施工監理、モニタリングを行う主要機関として位置付けられている。

NBRO の主な機能は、土砂災害対策の実施、他機関が実施する土砂災害対策への助言、早期警戒情報の DMC への発出が挙げられる。NBRO が中心となって、地すべりハザードマップ作成、丘陵地帯の土地利用及び開発規制、関係機関の能力強化、開発者や土地利用者の啓発活動・教育、救助・災害復旧復興・被災者の再定住などの様々な備えと被害緩和策に取り組んでいる。これまで NBRO では比較的費用の掛からないハ

ガードマップ整備等の非構造物対策を中心に実施してきたが、社会的要請に基づき、近年では構造物対策も手掛けるようになってきている。一方で、NBRO の実績は未だ十分ではなく、これら対策工の検討に必要となる調査や設計、対策工事の施工監理等の土砂災害対策に係る能力向上が課題となっている。

このような状況を受け、JICA では2014年より技術協力プロジェクト「土砂災害対策強化プロジェクト（TCLMP）」を実施しており、中部州キャンディ県、マタレ県、ヌワラ・エリア県及びウバ州バドゥッラ県をパイロットサイトとして、日本及び他国の技術を活用した土砂災害軽減対策を通じ、NBRO の土砂災害管理能力を強化する取り組みを行っている。同プロジェクトの成果である地すべり及び斜面崩壊対策のための設計、施工監理およびモニタリングの能力強化の一環として、キャンディ看護学校に隣接する斜面を対象にスリランカで実施している法枠工とロックボルト工の施工方法で斜面对策する予定であった。スリランカの法枠工は、斜面を切土して平坦な斜面を形成し、さらにその斜面に人力で溝状に掘削して、掘割に沿ってモルタル吹付を行い、法枠工を形成する方法だが、当該地区では切土が看護学校の敷地に影響を及ぼすこと、法枠工がロックボルト工の反力体として十分な耐力が確保できないことが明らかとなり、スリランカ式の法枠では施工不可能と判断された。

そこで、看護学校の敷地に影響を及ぼすことなく、斜面表面の小規模な整形を行えば施工が可能であるユニット式金網型枠を用いて設置する吹付法枠工の適用性が高いと判断された。当該工法は日本では広く普及しているものの、スリランカには日本式の吹付法枠工の施工が普及していないことから、NBRO から当該技術の導入・普及の要望が受注者に伝えられた。

NBRO からの要望を踏まえ、当該製品・技術にかかる有用性・優位性等について実証するとともに、スリランカでの事業展開・普及を検討することを目的とした本事業を実施するに至った。以降、ユニット式金網型枠を用いた吹付法枠工を日本式吹付法枠工、地山を掘り込んで施工するスリランカ既存の工法をスリランカ式吹付法枠工と呼称する。ただし、単に吹付法枠工と称した場合は日本式を指すものとする。

### 1-1-3 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

#### （1）防災に関する政策及び関連計画

防災に関する政策及び関連計画としては、以下のものがある。

##### ア 災害管理政策

災害管理政策（National Policy on Disaster Management）は2010年に国家災害管理評議会（National Council for Disaster Management：NCDM）の承認を得て制定された。災害管理法の実施に際する政策原則（多元的対応、集合的責任、平等・多様性・包含、透明性・説明責任、自国に適した技術の導入等）を明記している。



#### イ 国家行動計画（案）（Draft NAP）

2016年11月に開催されたアジア防災閣僚級会議（Asian Ministerial Conference on Disaster Risk Reduction：AMCDRR）で採択された地域行動計画（Regional Action Plan：RAP）に基づき、仙台防災枠組の実施にかかる優先行動計画として、MoDMが国家行動計画（National Action Plan: NAP）2016-2018（案）をUNISDRの支援を得て策定した。

#### ウ 国家災害管理計画（NDMP）2013-2017

災害管理法の規定に基づき、UNDPの支援を得て、2013年に国家災害管理計画（National Disaster Management Plan：NDMP）2013-2017がNCDMの承認を得て、法律文書として制定された。NDMPは行政レベル別・セクター別災害管理計画の策定、各種委員会の設置等を規定している。

今後、上記NAP 2016-2018（案）に合わせ、仙台防災枠組を踏まえ、NDMP 2018-2022への改訂作業が行われる予定である。

#### エ 国家緊急対応計画（NEOP）2015-2019

災害管理法の規定に基づき、法律文書としての国家緊急対応計画（National Emergency Operational Plan: NEOP）2015-2019をDMCがUNDPの支援を得て策定中である。NEOPは災害前・中・後の各災害フェーズにおける担当機関の役割、緊急対応の調整メカニズム等を規定している。2016年12月現在、NEOPは最終ドラフトの段階で、DMCがWeb上で公開（<http://neopsrilanka.wixsite.com/neop>）している。

#### オ 国家総合災害管理プログラム（SLCDMP）2014-2018

MoDMがUNDPの支援を得て、国家総合災害管理プログラム（Sri Lanka Comprehensive Disaster Management Program：SLCDMP）を策定した。SLCDMPは上記NDMPのアクションプランという位置づけで、NDMPの実施に際して生じる具体的課題と対応策、担当機関、必要予算額、実施時期、評価指標等が記載されている。今後、上記NDMPの改訂に合わせて、SLCDMPの改訂が行われる予定である。防災主流化を推進するSLCDMPの調整・モニタリングはUNDP支援によるPMUを設置してMoDM本省自らが実施中であり、DMCの関与は殆どみられない。

### （2）防災に関する関連法制度

防災に関する関連法制度としては、以下のものがある。

#### ア 災害管理法

##### 現行法

2004年12月に発生したスマトラ沖地震に伴う大津波はスリランカに甚大な被害をもたらした。スリランカにおける防災活動の重要性を浮き彫りにした。当時、セクターご

との災害対策担当機関は存在したものの防災に関する法的枠組みはなく、全体的な災害対策に関する調整機構は存在しない状況にあった。

2004年インド洋大津波後、スリランカ政府は国家防災体制強化の方針を打ち出し、2005年5月、防災に関する包括的な法的基礎枠組みを定めた災害管理法（Sri Lanka Disaster Management Act, No.13 of 2005）を制定した。同法は、防災組織体制整備の他、事後の緊急対応から事前準備への転換を掲げている。

同法の規定に基づき、2005年に防災に関する最高意思決定機関である国家災害管理評議会（National Council for Disaster Management : NCDM）及び災害管理施策の実施機関である災害管理センター（Disaster Management Centre : DMC）が設置された。同法の規定に基づき、2013年に国家災害管理計画（National Disaster Management Plan : NDMP）が策定され、2016年12月現在、国家緊急対応計画（National Emergency Operation Plan: NEOP）が策定中である。

#### 法改正の動向

災害管理法は近いうちに改正される予定であり、現在改訂作業中である。改正の要点は1) 災害管理省（MoDM）及び傘下4機関の不整合を解消すること、2) NCDMの権限の多くを災害管理省に移管すること、の2点である。法改正は権限の移行を伴う政治的に微妙な事案でもあり、改正の成立時期は明らかでない。

改正の背景としては、災害管理法制定の2005年当時と異なり現在はMoDMが存在し、防災に関する実質上の権限は災害管理大臣が有する点である。防災政策は大臣を通じて議内閣で決定されるようになり、当初の法の思惑と異なりNCDMの存在意義が曖昧になってしまった事もある。

なお、MoDMの傘下4機関とは、DMC、国家災害救援センター（NDRSC）、気象局（DOM）及び国家建築研究所（NBRO）を指す。

#### イ 関連法

その他の災害管理にかかる主要な関連法としては、土砂災害対策の中心機関としてNBROをNBRI（Institute）に格上げして法的根拠と権限を付与するNBRI法の制定が進められている。その他、洪水法（改正作業中）及び土地開発法（改正作業中）が挙げられる。

### (3) ビジネス展開に係る法律

ビジネス展開に係る法律としては、以下のようなものが想定される。

#### ア 輸入・輸出関連

- ・1969年法律第1号 輸入・輸出管理法

製品の輸入管理・輸出管理、輸出可能製品の基準規制、および輸出可能製品に関する

規制事項を定めている。輸入・輸出管理に基づく規制は、適宜、官報にて公表される。

・1964年法律第38号、スリランカ基準機関法

特に、スリランカ基準機関に対し、特定の輸入品目が所定基準仕様に確実に合致するよう仕向ける権限を与えている。

イ 会社設立

・2007年法律第7号新会社法

スリランカ国内で営業可能な事業形態は、同法（2007年5月3日施行）により定められている。外国企業の進出形態は次のとおりである。

-現地法人会社（Incorporated Company）

-支社・支店（Registered Overseas Company, Branch Office）

-オフショア会社（Offshore Company）

-駐在員事務所（Representative/Liaison Office）

ウ 為替管理

・1953年法律第24号 外国為替管理法

同法（同正式改定）は、現在も有効な法律である。新しい外国為替運用法が予定されていたが、最高裁における新法のいくつかの規定に対する不服申し立てが原因で、新法の施行は遅れている。

エ 知的財産権

・2003年知的財産法（Intellectual Property Act）No.36

2003年11月12日に施行された同法に、知的財産権分野における一連の詳細規定が含まれている。同法により、特に著作権、著作隣接権、商標、特許、発明特許、工業意匠、未公開情報を含む不公正な競争に対する保護、集積回路のレイアウト設計、地理的表示の各面において、知的財産権制度に新たな基準が設定された。

#### 1-1-4 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

##### (1) ODA 事業の事例

スリランカにおける土砂災害に関する事業には、現在実施中の円借款事業「国道土砂災害対策事業（Landslide Disaster Protection Project: LDPP）」や技術協力プロジェクト「土砂災害対策強化プロジェクト（TCLMP）」がある。技術協力プロジェクト TCLMP は 2018 年 9 月をもって終了し、フェーズ 2 が 2019 年 2 月に開始された。

##### (2) 他ドナー

防災に関する案件としては、世界銀行（World Bank: WB）による Climate Resilience

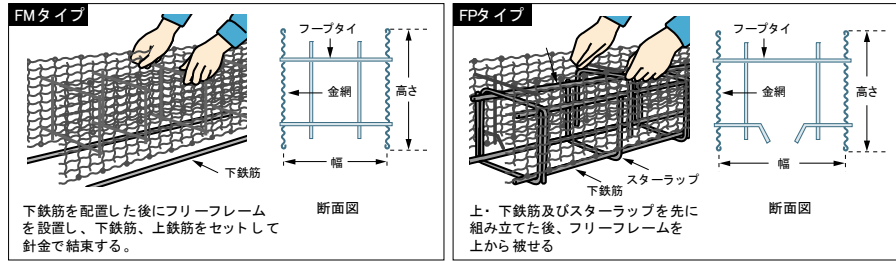
Improvement Project (CRIP) が実施中である。

(1)、(2)に係る調査結果は、“第3章 普及実証事業の実績”に記載する。

## 1-2 普及・実証を図る製品・技術の概要

普及・実証を図る製品・技術の概要を次表に示す。

名称	ユニット式金網型枠による吹付法枠工【フリーフレーム工法】																																	
スペック (仕様)	<p>1. 技術・製品の概要</p> <p>①フリーフレーム工法 (技術) : 斜面防災技術の 1 つ。金網型枠内に湿式吹付機により高品質モルタルを吹付けて斜面に吹付法枠工を構築</p> <p>②ユニット式金網型枠 (製品) : 吹付法枠工法 (フリーフレーム工法) に用いる金網製の型枠</p> <p>2. 構成製品・技術の詳細</p> <p>①ユニット式金網型枠 : クリンプ金網とフープタイを組合せたユニット構造の吹付法枠用の金網型枠</p> <p>②クリンプ金網 : 波形加工した鉄線(φ2.3mm)を編んだ網、亜鉛メッキ鉄線</p> <p>③ユニット式金網型枠の規格 : タイプと断面サイズにより区分</p> <p>1) タイプ : FM*タイプ、FP*タイプ (※タイプ名であり略語ではない)</p> <p>2) 断面サイズ : 幅 150mm×高さ 150mm～幅 600mm×高さ 600mm</p> <p>④湿式吹付機 : 吹付法枠工を構築するために使用する機械で、砂、セメント、水を事前に練混ぜ、圧縮空気によりモルタルを圧送する方式の機械</p> <p>⑤吹付モルタル : 標準圧縮強度 18 N/mm<sup>2</sup> 以上の配合</p>																																	
	<p style="text-align: center;"><b>使用目的と製品タイプ</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>仕様</th> <th>製品タイプ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">緑化基礎工</td> <td rowspan="2">F150～200 枠間隔 1.15～1.5m</td> <td rowspan="2">FMタイプ</td> </tr> <tr> </tr> <tr> <td rowspan="4">地山の安定</td> <td rowspan="2">小規模 F200～300 枠間隔 1.2～2.0m</td> <td rowspan="2">FMタイプ</td> </tr> <tr> </tr> <tr> <td rowspan="2">中規模 F300以上 ロックボルト工 グラウンドアンカー工</td> <td rowspan="2">FMタイプ FPタイプ</td> </tr> <tr> </tr> </tbody> </table>		目的	仕様	製品タイプ	緑化基礎工	F150～200 枠間隔 1.15～1.5m	FMタイプ	地山の安定	小規模 F200～300 枠間隔 1.2～2.0m	FMタイプ	中規模 F300以上 ロックボルト工 グラウンドアンカー工	FMタイプ FPタイプ	<p style="text-align: center;"><b>製品寸法とタイプ</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>幅×高さ(mm)</th> <th colspan="2">製品呼称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>150×150</td> <td>FM150</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>200×200</td> <td>FM200</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">300×300</td> <td>FM300</td> <td>FP300</td> </tr> <tr> <td>FM400</td> <td>FP400</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">500×500</td> <td>FM500</td> <td>FP500</td> </tr> <tr> <td>600×600</td> <td>—</td> <td>FP600</td> </tr> </tbody> </table>	幅×高さ(mm)	製品呼称		150×150	FM150	—	200×200	FM200	—	300×300	FM300	FP300	FM400	FP400	500×500	FM500	FP500	600×600	—	FP600
目的	仕様	製品タイプ																																
緑化基礎工	F150～200 枠間隔 1.15～1.5m	FMタイプ																																
地山の安定	小規模 F200～300 枠間隔 1.2～2.0m	FMタイプ																																
	中規模 F300以上 ロックボルト工 グラウンドアンカー工	FMタイプ FPタイプ																																
幅×高さ(mm)	製品呼称																																	
150×150	FM150	—																																
200×200	FM200	—																																
300×300	FM300	FP300																																
	FM400	FP400																																
500×500	FM500	FP500																																
	600×600	—	FP600																															



特徴

フリーフレーム工法（技術）およびユニット式金網型枠（製品）の特徴は以下の通りである。

1. 技術

- 1) 凹凸斜面への対応：地山形状に合わせて自在に変形・追従できる金網型枠（自然斜面の掘削量が少ない。通常の木製型枠を使用する工法であれば法面を平滑に切土する必要がある。）
- 2) 自由度の高い設計：斜面对策の重要度や目的に合わせた断面寸法および枠間隔の選択（構造力学による設計計算に基づく）
- 3) 工程：現場打ちの構造物に適用するため、競合する工場二次製品と比べると工事期間が長い

2. 製品

- 1) 施工能率：ユニット式による現場での組立能率を向上（型枠の配置や寸法、鉄筋の固定など効率的に可能。）
- 2) 耐久性：亜鉛メッキ鉄線を使用した金網で錆の発生を抑制
- 3) 品質：吹付時に材料分離した余分な骨材（リバウンド）が金網の間から速やかに排出され均一なコンクリートを形成

<p>競合他社製品と比べた比較優位性</p>	<p>ユニット式金網型枠を用いて施工する吹付法枠工は、競合する工法に比べて幅広い斜面对策レベル・目的に対応できる適用性と高い設計自由度の優位性がある。弊社の製品はユニット式金網型枠の基本特許を有し、構造細部には現場で使いやすい工夫が施されている。</p> <p>吹付法枠工は、斜面对策のレベルに応じて吹付法枠工を単独で適用するか、ソイルネイリングやグラウンドアンカーといった他の技術と組み合わせる。そのため、対策レベル毎に吹付法枠工に競合する工法は異なるが、国内においては下表に示す通り基本的には工場二次製品が比較対象となる。これら工場二次製品との経済比較では同等もしくは低価格になる傾向にある。</p> <p>また、スリランカにおいて、国内で競合する工場二次製品は導入されていない。さらに、地盤表面の侵食を防ぐために吹付法枠工を単独で適用する事例や、大規模な斜面对策のためにグラウンドアンカーと組み合わせる事例は見られないことから、このような条件では吹付法枠工が採用される。吹付法枠工が競合するのは、スリランカ式法枠とソイルネイリングを組み合わせる場合である。後述の検討の通り、経済面での比較では不利となるものの、保全対象が重要で高い品質を求められる場合、スリランカ式が適用できない条件で採用されるものと考えられる。</p>
------------------------	---

対策レベル	小			大
	緑化基礎工	斜面保護工	ロックボルト併用	グラウンドアンカー併用
対策方針	植生の定着により斜面表層の土砂移動を抑制	構造物で斜面表層崩壊を抑制	斜面の浅いすべりをロックボルトで抑止(要受圧構造物)	斜面の深いすべりをグラウンドアンカーで抑止(要受圧構造物)
実施対象	表層の土砂移動	すべり深さ1m程度	すべり深さ4m未満	すべり深さ4m以上(地すべりなど)
提案工法	吹付法砕工			
概要	格子状の鉄筋コンクリート構造物を斜面表面に構築し、斜面崩壊を防止する。また、ロックボルト工やグラウンドアンカー工の受圧構造物としても用いることができる。日本発祥の技術であり、海外においてはあまり使用実績はない。			
長所	軽量・フレキシブルなユニット式金網型枠を用いて吹付法砕工を構築するため、自然斜面等の凹凸の大きな斜面にも適用しやすい。			
評価	【希少性】 日本国内においては、他メーカーも類似の製品を出しているが基本特許は本技術が有する 【先導性】 スリランカをはじめ斜面防災のODA案件で提案され始めている 【模倣可能性】 基本構造がシンプルなため外見の模倣は可能だが、製造に関するノウハウを有するため、海外業者が同製品を製造することは難しい(情報漏えいには注意が必要)			
対策レベルと規格の対応 断面サイズ(mm)				
	平均価格	8,000円/m <sup>2</sup>	13,000円/m <sup>2</sup>	17,000円/m <sup>2</sup>
	仕様により多少の価格の上下はあるが、概ね他の工法と同程度			
比較工法	プレキャスト法砕工 鋼製・樹脂製法砕工 簡易法砕工	プレキャスト法砕工 簡易法砕工 連続繊維補強土工法	独立受圧板による受圧構造 張コンクリートによる受圧構造	
写真				
平均価格	8,000円/m <sup>2</sup>	13,000円/m <sup>2</sup>	17,000円/m <sup>2</sup>	25,000円/m <sup>2</sup>
吹付法砕工との比較	各対策レベルに特化した製品であり、他の対策レベルには用いることができない。プレキャスト法砕工や鋼製・樹脂製法砕工、独立受圧板などは2次製品であり、平滑な斜面での施工性は良い(凹凸の大きな自然斜面への適用は難しい)			
評価	【希少性】 日本国内においては、他メーカーも類似の製品を出している 【先導性】 これらの製品の海外利用は、まだほとんど無い 【模倣可能性】 基本構造がシンプルなため外見の模倣は可能。ただし、構造計算を有する製品であるため、海外業者がそれらを理解したうえで製造することは難しい			
国内外の販売実績	①国内 ... 1年間で法砕延長 120万 m 程度 主要取引先：全国建設会社等 ②海外 ... 実績なし			
サイズ	下記製品を組合せて吹付法砕工を構築する ・FM200 : 幅 200mm (厚さ 15mm <sup>*</sup> ) ×高さ 200mm×長さ 1,300mm ・FP400 : 幅 400mm (厚さ 15mm <sup>*</sup> ) ×高さ 400mm×長さ 1,600mm ※梱包 (折りたたみ) 時			

設置場所	スリランカ 中部州キャンディ県 (看護学校下部斜面) 
今回提案する機材の数量	ユニット式金網型柵 (フリーフレーム FM200) 762.6 m ユニット式金網型柵 (フリーフレーム FP400) 278.5 m 他付帯対策工 (グラウンドアンカー等) 1 式
価格	①FM200 及び FP400 (1,000m あたり) 販売価格※ FM200 : 1,880 千円      FP400 : 4,090 千円 ※書籍「積算資料」 '15.09 : 一般社団法人経済調査会より ②本事業での機材費総額 41,265 千円



## 第2章 普及・実証事業の概要

### 2-1 事業の目的

スリランカにおける土砂災害対策として、対象サイトにてユニット式金網型枠による吹付法枠工の設計・施工・維持管理を通じ同工法の適用性及び優位性を実証するとともに、同工法実施に向けた環境整備を通じ同国内での普及を図る。

### 2-2 期待される成果

- 1) 対象サイトにてユニット式金網型枠による吹付法枠工法が施工され、土砂災害対策として同工法の適用性・優位性が確認される。
- 2) ユニット式金網型枠による吹付法枠工の実施環境が整備される。
- 3) スリランカ国内におけるユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかる事業展開計画が具体化される。

### 2-3 事業の実施方法・作業工程

事業の実施方法は、図3のフローチャートに従った。渡航毎に行った主な作業の内容を表6に示す。

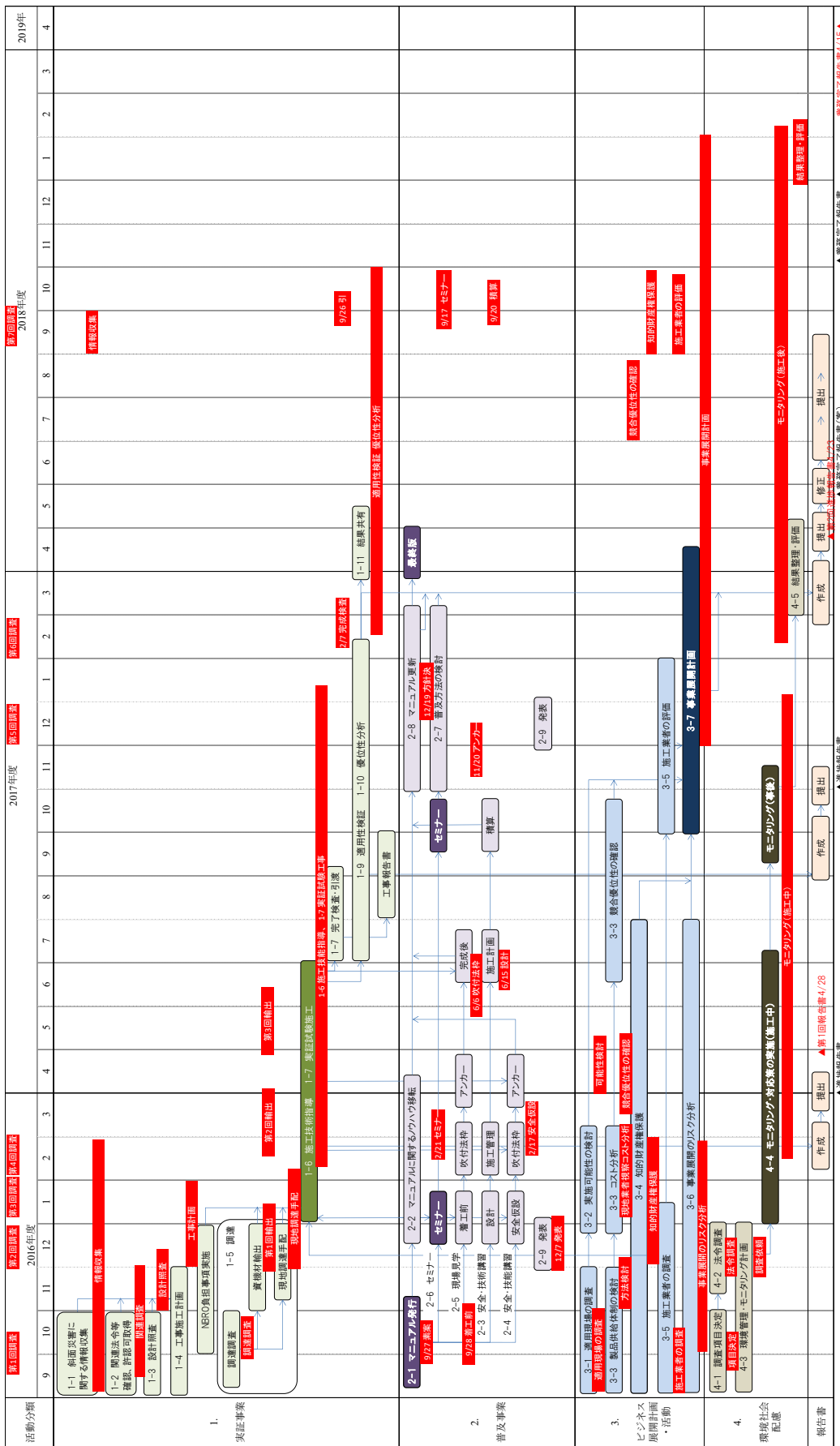


図3 業務フローチャート

表 6 渡航毎の主な作業内容

渡航回数	従事者	作業内容
第1回渡航 2016年9月25日 ～ 2016年10月7日	齋藤（小岩） 西村（小岩） 原（ESS） 中野（日特）	C/P とのキックオフミーティング 実証試験工事の着手前説明会 実証試験工事の現場確認 看護学校・病院関係者との打合せ 実証試験工事の現地調達に関する調査 法面保護工事の施工事例視察 ビジネス事情に関する調査（日本大使館・JETRO） 道路計画に関する官庁への聞き取り調査 現地進出の本邦企業への聞き取り調査
第2回渡航 2016年12月12日 ～ 2016年12月22日	齋藤（小岩） 中野（日特） 関谷（日特）	実証試験工事の現場確認 輸出業者との打合せ 実証試験工事の現地調達に関する調査 道路法面の現地事情に関する調査
第3回渡航 2017年1月15日 ～ 2017年2月4日	齋藤（小岩） 関谷（日特） 岡村（日特）	現地再委託先の選定、契約締結 実証試験工事の準備 輸出業者との打合せ
第4回渡航 2017年2月13日 ～ 2017年2月23日	安喰（小岩） 原（ESS） 中野（日特）	金網製造業者への聞き取り調査・工場視察 実証試験工事の状況確認 TCLMP 主催のセミナーでの発表
第5回渡航 2017年12月11日 ～ 2017年12月20日	齋藤（小岩） 安喰（小岩） 中野（日特）	実証試験工事の状況確認 検疫当局との種子輸入に関する打合せ 土砂災害対策事業に関する専門家への聞き取り調査 建設コンサルタント会社への聞き取り調査 ビジネス事情に関する調査（日本大使館・JETRO） 金網業者との業務提携に関する聞き取り調査
第6回渡航 2018年2月7日	岡村（日特）	C/P による実証試験工事の完成検査
第7回渡航 2018年9月16日～ 2018年9月27日	安喰（小岩） 原（ESS） 中野（日特）	実証試験工事完了後の現状確認 本技術が採用された円借款事業の現場視察 セミナー開催(実証試験工事の結果を踏まえた発表) 金網業者との業務提携に関する打合せ 本技術の普及に関する打ち合わせ(NBRO、CIDA) 斜面防災案件の聞き取り調査(RDA、NBRO、現地日系建設業者)
実証試験工事 2017年2月6日 ～ 2018年2月7日	関谷（日特） 藤本（日特） 眞田（日特） 大塚（日特）	実証試験工事の現場管理・技能指導 実地見学会（吹付法枠工・グラウンドアンカー工） 法面作業に関する安全・技能講習会 施工管理に関する C/P への技術移転

## 2-4 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

### 2-4-1 要員および機材の投入

本事業に投入した要員は表 7 および表 8 に示すとおりである。

表 7 要員実績

担当業務	氏名	所属		現地	国内
2018年6月以前 業務主任（総括）	齋藤 茂	小岩金網	計画	2.13	3.65
			実施	1.53	3.65
セミナー等現地活動の計画・調整、資料作成、 輸出・商流計画 2018年6月以降 業務主任（総括）	安喰成人	小岩金網	計画	0.67	3.00
			実施	1.27	3.00
適用性検討 ビジネス展開検討	西村康志	小岩金網	計画	0.00	2.55
			実施	0.17	2.55
市場調査等の再分析 リスク対応・対策検討	福井 眞	小岩金網	計画	0.00	2.55
			実施	0.00	2.55
チーフアドバイザー、ビジネスモデル検討ODA 案件形成、環境社会影響・経済分析	原 龍一	地球システム科学	計画	1.47	1.50
			実施	1.47	1.50
実証試験工事（施工監理） 設計・積算・施工マニュアル	中野 亮	日特建設	計画	2.13	1.50
			実施	2.13	1.50
実証試験工事（現場管理・技術指導）	岡村充哉	日特建設	計画	0.70	0.00
			実施	0.70	0.00
実証試験工事（現場管理・技術指導）	関谷公作	日特建設	計画	6.47	1.00
			実施	6.47	1.00
実証試験工事（吹付法砕工 技能指導）	有田英男	日特建設	計画	2.00	0.00
			実施	0.00	0.00
実証試験工事（吹付法砕工 技能指導）	藤本直季	日特建設	計画	2.00	0.00
			実施	2.00	0.00
実証試験工事（吹付法砕工 技能指導）	眞田翔太	日特建設	計画	0.00	0.00
			実施	2.00	0.00
実証試験工事（アンカー工 技能指導）	大塚 志頼	日特建設	計画	1.50	0.00
			実施	1.50	0.00
受託企業		人・月 計（計画）		<b>2.80</b>	<b>11.75</b>
		人・月 計（実施）		<b>2.97</b>	<b>11.75</b>
外部人材		人・月 計（計画）		<b>14.27</b>	<b>4.00</b>
		人・月 計（実施）		<b>16.27</b>	<b>4.00</b>
		人・月 合計（計画）		<b>17.07</b>	<b>15.75</b>
		人・月 合計（実施）		<b>19.24</b>	<b>15.75</b>



実証試験工事において本邦で調達した主な資機材のリストを表 9 に示す。本邦調達は、吹付法枠工に用いるユニット式金網型枠やひし形金網（自社製品）、グラウンドアンカーのテンドンといった専用の材料、湿式吹付機や骨材計量器などの専用機械、品質および出来形を管理するための用具、親綱や安全带などの安全用品などを対象とした。現地調達は、発電機・コンプレッサー・水中ポンプなどの汎用機械、砂・セメント・鉄筋などの一般的な材料、その他工具類や仮設資材などは現地再委託先に調達を依頼した。

表 9 本邦調達の資機材リスト

区分	品名	数量	単位	備考
本輸出	ユニット式金網型枠	1	式	自社製品
	ひし形金網	1	式	自社製品
	ダブルアンカー	1	式	購入品
	吹付ホース	1	式	購入品
	施工資材（大型土嚢他）	1	式	購入品
	安全管理資材（親綱、安全带、クランプカバー、単管キャップ、ヘルメット等）	1	式	購入品
	出来形管理用資機材	1	式	購入品
	品質管理用資機材	1	式	購入品
	吹付機スベア部品（消耗品）	1	Set	購入品
	分電盤	1	台	購入品
仮輸出	湿式吹付機（AG-150）	1	台	日特建設社有機
	計量器（NKS-300）	1	台	日特建設社有機
	ベルトコンベア（L=7m）	3	台	日特建設社有機
	グラウトポンプ（NAS-3）	1	台	日特建設社有機
	グラウトミキサー（MS-400）	1	台	日特建設社有機
	ジャッキ・ポンプ	1	Set	レンタル品
現地調達	ボーリングマシン（RPD-75SL）	1	台	日特建設社有機

#### 2-4-2 事業実施国側の投入

事業実施国側の政府機関による投入について示す。M/Mにおいて、NBROの負担事項が規定されている。項目毎の状況は以下の通りである。

##### (1) セミナー・技術講習会等への招へい、会場の提供

NBROとの初回会議、TCLMPと連携したセミナー、現場での安全技術講習会、現地見学会などのイベント開催に際して、政府関係者の招へいやNBRO職員の招集、会場運営のサポートなどの協力を受けた。

##### (2) 実証試験工事に関する現地調整事項の実施（工事建設許可取得、架空線・電柱の移設看護学校敷地の提供交渉等）

工事対象斜面の下部に工事の支障となる電柱があった。NBROの働き掛けにより電柱が移設され工事に着手することができた。

(3) 工事のために日本から輸出する材料・機械の荷受人

本邦より材料や資機材の輸出を実施した。これまでに合計 3 回の輸出を行った。荷物は、NBRO が荷受人となり無事に現場に搬入することができた。

(4) 法面掘削の残土処分地の提供

法面掘削の残土処分地の確保及び、諸手続きのサポートが行われた。

(5) 実証試験サイトのスリランカ側施工工種の施工

NBRO とは、本事業で行う実証試験工事と工程調整を行いながら、スリランカ側担当工種を施工することで合意を得ていた。また、一部工種については、実証試験工事の実施中に施工方法の技術指導を行う予定であった。実証試験工事の施工中は NBRO には当方の工程を随時通知して、先方が担当する工種の施工時期について協議を行った。NBRO からは実証試験工事の施工中に先方負担工事に着手することで連絡を受けていたものの、実証試験工事の完了後に行うこととなった。2019 年 3 月現在、鉄筋挿入工が完了している。残る法尻部のコンクリート擁壁と看護学校敷地内のフェンス設置に関しては、施工業者の調達中であり施工完了は 2019 年 4 月以降となる見込みである。

(6) 実証試験サイトの引渡後の維持管理

2018 年 9 月 26 日、NBRO より実証試験工事現場の引渡合意書を受領した。以降、スリランカ側施工工種が完了するまでは NBRO が維持管理を行い、全ての工事が完了した段階で、看護学校側に引き渡される予定である。

(7) 実証試験施工中の環境モニタリング

NBRO の環境部が実証試験施工中の環境モニタリングを行うことで合意を得た。環境部によりモニタリング計画が策定され、施工中に実施されたモニタリングにおいて特段問題は無かった。

(8) 日本から輸出する資機材（本輸出分）の関税負担

日本からの輸出は合計 3 回行い関税額が確定した。M/M に記載した物品を対象として NBRO により関税相当額が負担された。

(9) 実証試験施工時の現場管理技術者の派遣

NBRO に対して施工管理技術の移転を行うため、技術者の常駐を要請した。NBRO からは技術者の常駐は難しいこと、その代わりに現地事務所の技術者が週に 1 回現場を来訪する旨回答があった。その技術者が、施工の流れや施工管理の方法を確認することとなった。

## 2-5 事業実施体制

提案企業である小岩金網株式会社（以下、小岩金網）を中心に、外部人材の株式会社地球システム科学と日特建設株式会社から（以下、日特建設）サポートを受ける体制で本事業を実施した。実施メンバーと担当業務は、表 10 に示す通りである。

表 10 実施メンバーと担当業務

区分	所属	氏名	担当業務
受託者	小岩金網	齋藤 茂	2018年6月まで 業務主任（総括）
		安喰 成人	2018年7月以降 業務主任（総括） セミナー等の現地活動の計画・調整・実施、資料作成、 輸出・商流計画
		西村 康志	適用性検討、ビジネス展開検討
		福井 眞	市場調査等の再分析、リスク対応・対策検討
外部人材	地球システム科学	原 龍一	チーフアドバイザー、ビジネスモデル検討、ODA 案件 形成、環境社会影響・経済分析
	日特建設	中野 亮	実証試験工事（施工監理）、設計・積算・施工マニュアル
		岡村 充哉	実証試験工事（現場管理）
		関谷 公作	実証試験工事（現場管理・技術指導）
		藤本 直季	実証試験工事（吹付法砕工の技能指導）
		眞田 翔太	実証試験工事（吹付法砕工の技能指導）
		大塚 志頼	実証試験工事（アンカー工の技能指導）

カウンターパート機関である NBRO には、本事業を実施するにあたってスリランカ国内でのサポートを行ってもらい、本技術の適用性の検討と技術の普及促進が図られた。また、本技術に関する設計・積算・施工マニュアルの作成を共同で行いながら本技術の移転の受け皿としての役割が果たされた。

現地での支援体制として、実証試験施工に関し、これまでの調査時に協力を取り付けた現地建設会社の E 社を、労務調達や機材レンタルの再委託先として選定した。選定は JICA 「契約管理ガイドライン」内の「別添 3. 現地再委託ガイドライン」に従って行った。また、ユニット式金網型砕等の材料や施工に必要な特殊機械の輸出入及び現地での一時保管・運搬は K 社及び D 社の支援を受けた。

さらに、NBRO に対しての土砂災害対策強化プロジェクトの技術協力プロジェクト（JICA）や、日特建設から JICA 青年海外協力隊（民間連携ボランティア）として NBRO に派遣されている社員と連携を図り、本事業を進めた。



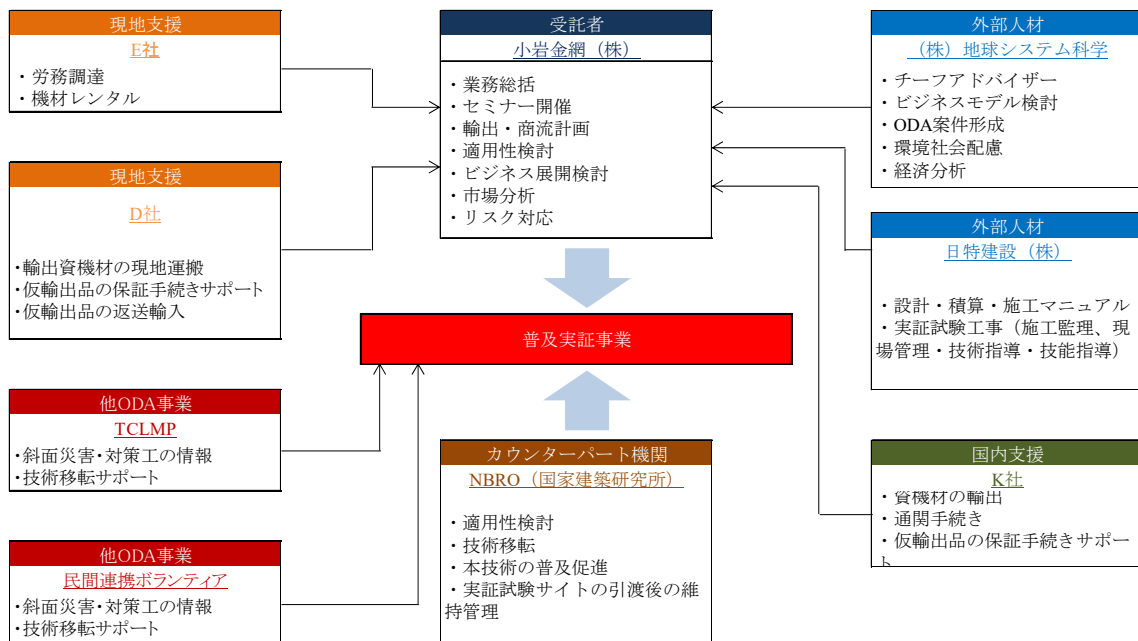


図 4 事業実施体制

## 2-6 事業実施国政府機関の概要

本事業の提案技術は、スリランカでは新技術である。本事業を適切に実施し、ユニット式金網型枠による吹付法枠工を普及させるために、新技術の標準化やスリランカ国内における技術の普及を担うことができる NBRO（国家建築研究所）をカウンターパートとした。また、NBRO は技術協力プロジェクトのカウンターパート機関にもなっており、斜面防災技術の技術移転を受けている最中の組織でもある。

NBRO の諸元は表 11 に示す通りである。また、NBRO は Ministry of Public Administration and Disaster Management (MPADM) に属している。MPADM および NBRO の組織図を図 5 に示す。MPADM は大統領を議長とする防災に関する国の最高意思決定機関である国家防災協議会をはじめとして、NBRO 以外に災害管理センターや気象局などの災害関連の組織を傘下に収めている。

NBRO は、年間予算が約 6 億 Rps 程度の小規模な組織である。そのうち土砂災害対策事業費が約 2-3 億 Rps 程度である（NBRO Annual Report 2016 より）。しかしながら、土砂災害を取り扱う機関は、NBRO 以外になく当該分野においては関係省庁の中でも重要な立場にある。

表 11 相手国政府関係機関（カウンターパート機関）の情報

項目	内容	
機関名	NBRO（National Building Research Organization：国家建築研究所）	
設立	1984年	
基本情報	所轄省庁等名	Ministry of Public Administration and Disaster Management
	事業内容	土砂災害対策を統括
	関連部門の事業概要	地すべり研究及びリスク管理部を設置しており、地すべり対策の調査・設計・現地での施工管理などのハード面と、ハザードマップ作成・警報の発令などソフト面を全面的に担当する。
選定理由	<p>技術協力プロジェクトのカウンターパートであり、同国の斜面防災技術の要の組織である。自ら調査・設計ができるとともに、RDA 発注プロジェクトなどの技術アドバイザーを務める。また、既に技術協力プロジェクトで斜面防災及び吹付法砕工の基礎的な説明がなされており、本技術移転の受入れ体制が整っている。</p> <p>また、本技術を含む日本の技術に強い関心を持ち、導入を切望している。技術移転の暁には、スリランカ国内にしっかりと本技術を普及してくれると期待できる。</p>	
期待する役割・内容	役割	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実証試験サイトの提供</li> <li>・斜面防災技術の導入（受け皿）</li> <li>・ニーズ情報の収集・提供</li> <li>・他関係機関との橋渡し・調整役</li> <li>・日本から輸出する資機材の荷受人</li> </ul>
	負担事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セミナー・技術講習会等への招へい、会場の提供</li> <li>・実証試験施工に関する現地調整事項の実施（工事建設許可取得、架空線・電柱の移設、看護学校敷地の提供交渉等）</li> <li>・工事のために日本から輸出する材料・機械の荷受人</li> <li>・法面掘削の残土処分地の提供</li> <li>・実証試験サイトのスリランカ側施工工種の施工</li> <li>・実証試験サイトの引渡後の維持管理</li> <li>・実証試験施工中の環境モニタリング（環境部）</li> <li>・日本から輸出する資機材（本輸出分）の関税負担（約 300 万円）</li> <li>・実証試験施工時の現場管理技術者の派遣（技術移転の受け皿）</li> </ul>

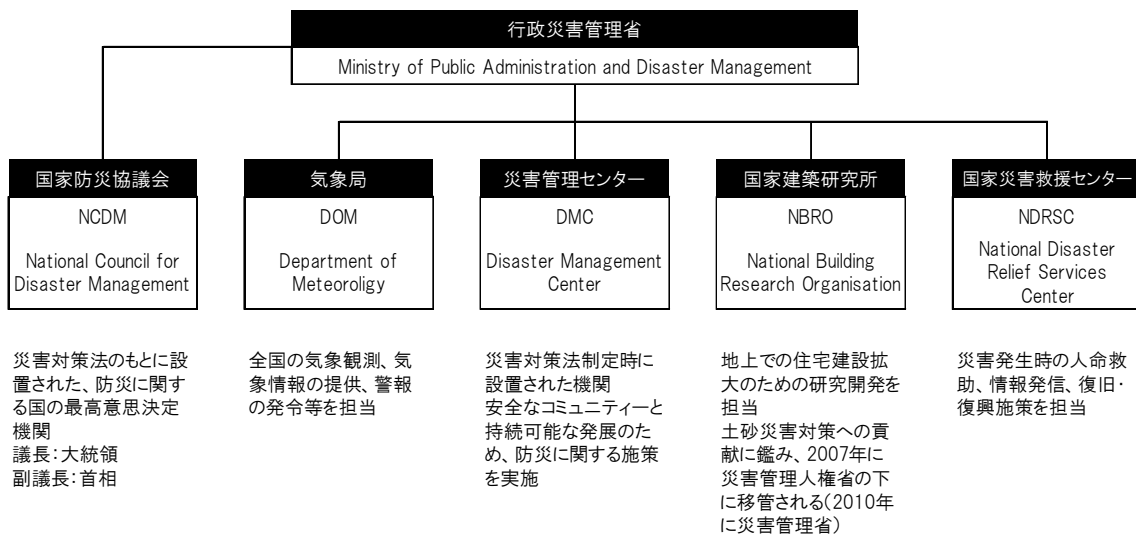


図 5 MPADM（行政災害管理省）の組織図

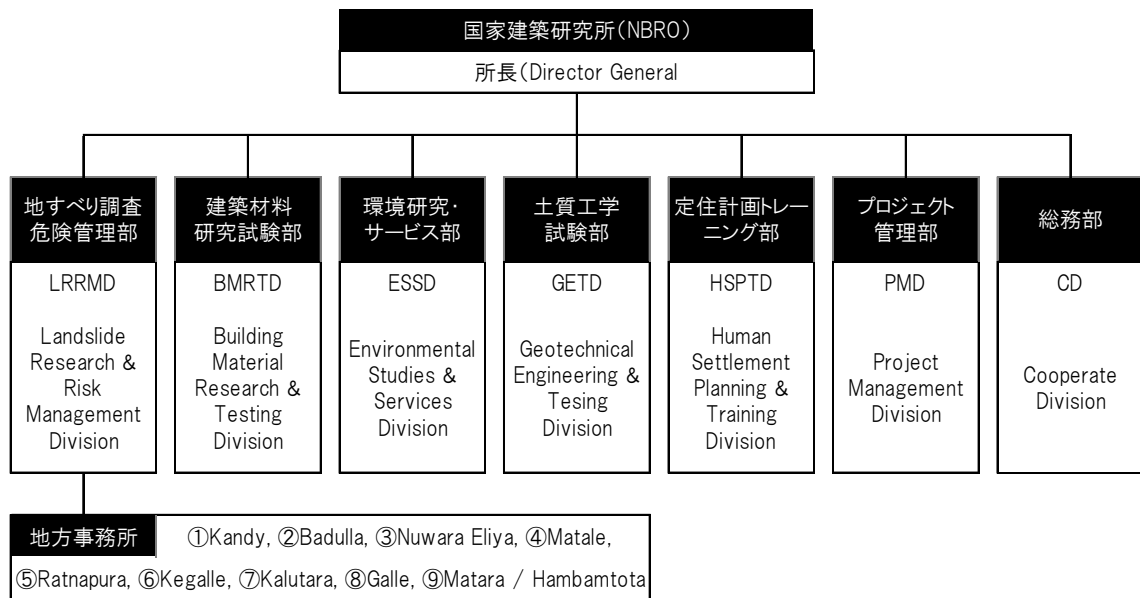


図 6 NBRO（国家建築研究所）の組織図

## 第3章 普及・実証事業の実績

### 3-1 活動項目毎の結果

#### 3-1-1 対象サイトでのユニット式金網型枠による吹付法枠工法の施工を通じ土砂災害対策としての同工法の適用性・優位性を確認

1-1 スリランカにおける土砂災害対策にかかる方針・計画及び危険斜面对策等の実施状況及び施工方法等について情報収集する。

##### (1) 方針・計画

スリランカにおける土砂災害対策にかかる「方針・計画」については、「第1章 1-1 1-1-3」に詳細を述べたのでここでは簡略して記載する。防災に関する政策及び関連計画には、災害管理政策、国家行動計画（案）、国家災害管理計画、国家緊急対応計画、国家総合災害管理プログラムがある。防災に関連した法制度として、災害管理法が整備されている。スリランカにおいて NBRO は災害対応の中心機関として位置付けられている。現在、NBRO から NBRI (Institute) に格上げして法的根拠と権限を付与する法案が国会に提出されている。

##### (2) 危険斜面对策の実施状況

NBRO は、2012年1月に”Project Proposal for Integrated Landslide Mitigation Project Phase I”をスリランカ政府に提出している。この中で45箇所の危険箇所が抽出され、その中から優先度の高い地区が16箇所選定された（表12）。

このうち、01,08,13,14の4サイトがTCLMPのサイトとして選定された。これまでに、08以外の3箇所が現在TCLMPとしての工事が完了した。08については、前述のとおり、本邦技術の適用が必要であることが確認されたため、TCLMPの工事対象地区ではなくなった。その後、本事業の対象地として選定され、実証試験工事が行われることとなった。その他についても円借款事業やNBROによって対策が実施される予定であるが、残りの6箇所については現時点では対策の予定がない状況となっている。

表 12 NBRO による危険箇所一覧

No.	District	Location of the Vulnerable site	Actual
01	Badulla	Landslide at Badulusirigama Model Village	TCLMP
02	Badulla	Landslide at Yelverton Estate	Not yet
03	Badulla	Landslide at Kahagalla	LDPP
04	Badulla	Landslide at Bukirinda, Nikebedda	NBRO
05	Badulla	Landslide at the 2nd Mile post of the Badulla - Passara Main Road	LDPP
06	Badulla	Landslide at Yapamma	LDPP
07	Badulla	Landslide at Dimbulana (Wewegama) Hospital premises	Not yet
<b>08</b>	<b>Kandy</b>	<b>Landslide near Nurses Training School</b>	<b>This Project</b>
09	Kandy	Landslide at Senkadagala School of Handicapped Children	Not Yet
10	Kandy	Landslide close to Prime Minister's Residence	Not yet
11	Matale	Slope Instability at Kandededara	Not yet
12	Matale	Landslide at Punchi Rattota	NBRO
13	Matale	Rockfall at Alagumale	TCLMP
14	Nuwara Eliya	Landslide at Udamadura	TCLMP
15	Nuwara Eliya	Landslide at Diyanilla	Not yet
16	Nuwara Eliya	Landslide at Mahawewa	Not yet

出典 : Project Proposal for Integrated Landslide Mitigation Project Phase I, NBRO, 2012 Jan に加筆

WB の融資による CRIP では斜面对策工事が多数実施されている。道路法面としては、下記の通り 3 路線で計 22 箇所の事業がある。1 箇所当りの予算はおよそ USD\$400,000 である。主に、スリランカ式法枠工とロックボルト工の組み合わせが適用されている。

- Kandy – Mahiyangana Road ( 18 locations)
- Awissawella- Hatton Road ( 2 locations)
- Beragala – Wellawaya Road ( 2 locations)

また、Kandy 地区において 18 学校（表 13）の法面对策として USD7Million の予算を付け事業が行われている。

表 13 CRIP プロジェクト対象の学校一覧（Kandy 県）

No	学校名	郡	Grama Niladhari
1	St. Joseph Girls College	Gampola	Keerapane
2	Haloluwa Navodya Maha Vidyalaya	Harispattuwa	Halolwa
3	Wattegama Central Collge	Patha Dumbar	Wattegama - North
4	Kurukuthala Maha Vidyalaya	Udunuwara Ihala	Kurukuthala
5	Jinaraja Girls' College	Udawalatha	Aregoda
6	Galkanda Maha Vidyalaya	Poojapitiya	Glakanda
7	Bothota Maha Vidyalaya	Harispattuwa	Bothota
8	Vidyartha Vidyalaya	Kandy	Mahaiyawa
9	Kasawatta Muslim Vidyalaya	Kandy	Kasawatta
10	Molagoda Maha Vidyalaya	Poojapitiya	Haranthota
11	Sri Piyarathana Maha Vidyalaya	Harispattuwa	Gonigoda
12	Gampola Buddhist College	Udawalatha	Kendakaduwa
13	Hillwood College	Gangawata Korale	Malwatta
14	Gothami Girls' College	Gangawata Korale	Malwatta
15	Mahamaya Girls' College	Gangawata Korale	Ampitiya - South
16	Dharmaraja College	Gangawata Korale	Boowelikada
17	Mediwake Kanishta Vidyalaya	Ududumbara	Mediwaka
18	Sirimalwatta Maha Vidyalaya	Kundasalaya	Sirimalwatta

出典: NBRO 提供の資料を基に作成

道路開発庁 (RDA) では、「災害脆弱地域における道路防災事業情報収集調査」(2012年、JICA) によって、国道沿いの危険個所の抽出を行っている。この結果、抽出された148箇所の危険個所のうち、特に優先度が高いと判断された16箇所について、LDPPによって対策工事が2017年より実施中である。今後、引き続きLDPPのフェーズ2も予定されている。

表 14 RDAによる危険箇所一覧

No.	Route No.	Km	Disaster Type
1	A004	134	Rock Fall
<b>2</b>	<b>A004</b>	<b>154</b>	<b>Landslide?</b>
3	A004	162	Debris Flow
<b>4</b>	<b>A004</b>	<b>173</b>	<b>Slope Failure</b>
<b>5</b>	<b>A004</b>	<b>174</b>	<b>Slope Failure</b>
6	A004	185	Landslide
7	A004	194	Landslide
8	A004	196	Landslide
9	A005	42	Landslide
<b>10</b>	<b>A005</b>	<b>43</b>	<b>Rock Fall, Rock Slide</b>
<b>11</b>	<b>A005</b>	<b>44</b>	<b>Rock Fall, Rock Slide</b>
<b>12</b>	<b>A005</b>	<b>46</b>	<b>Rock Fall, Rock Slide</b>
<b>13</b>	<b>A005</b>	<b>63</b>	<b>Slope Failure</b>
14	A005	82+700	Slope Failure
<b>15</b>	<b>A005</b>	<b>91</b>	<b>Slope Failure</b>
<b>16</b>	<b>A005</b>	<b>135</b>	<b>Landslide</b>
<b>17</b>	<b>A005</b>	<b>167</b>	<b>Landslide</b>
<b>18</b>	<b>A007</b>	<b>31</b>	<b>Slope Failure</b>
19	A007	42	Landslide ?
<b>20</b>	<b>A007</b>	<b>45</b>	<b>Rock Fall, Rock Slide</b>
21	A007	47	Landslide
<b>22</b>	<b>A007</b>	<b>54</b>	<b>Slope Failure</b>
<b>23</b>	<b>A007</b>	<b>57</b>	<b>Slope Failure</b>
24	A007	69	Landslide
<b>25</b>	<b>A016</b>	<b>10</b>	<b>Landslide</b>
26	A021	20	Landslide
27	A026	27	Rock Fall, Rock Slide
28	A026	29	Rock Fall, Rock Slide
29	A026	36	Slope Failure
30	A026	45	Slope Failure
31	A026	48	Slope Failure
32	A026	49	Slope Failure
33	A026	51	Slope Failure
34	A026	55	Rock Fall, Rock Slide
35	A026	56	Slope Failure
36	A026	58	Slope Failure
37	A026	60	Rock Fall, Rock Slide
38	A113	10	Landslide
<b>39</b>	<b>A113</b>	<b>15</b>	<b>Landslide</b>

注釈：青色網掛けの地区はLDPP事業対象箇所

出典：「スリランカ国 災害脆弱地域における道路防災事業情報収集調査、2012年12月」に加筆

第7回渡航時に、国道路砂災害対策事業の現場視察を行った（2018年9月22日～9月24日）。同案件では、日本式吹付法砕工が工事に含まれている。順調に施工が進んでおり、2018年内の施工完了見込みとの事であった。日本式吹付法砕工に関し、施主やコンサルからの評価は好評で、普及への後押しとなっている。



写真 13 LDPP 事例 (A005-135)



写真 14 LDPP 事例 (A004-174)

### (3) 危険斜面对策の施工方法

現状のスリランカにおける危険斜面对策の施工方法は、主に擁壁工、排水工（地表排水工、排水ボーリング工）、鉄筋挿入工、モルタル吹付工である。古くより擁壁工や地表排水工が経験的に行われてきたが、近年では、排水ボーリング工および、鉄筋挿入工が斜面保護工の主流となってきている。写真 17、写真 18 の通り、鉄筋挿入工の頭部連結工は、吹付法砕工に外見が類似しているが構造上のコンセプトが異なる。頭部連結工は、鉄筋挿入工に付随する工種であり単独では使用されない。頭部連結工は、設計方法が確立しておらず経験的な設計により仕様が決定されていること、鉄筋が地盤に直接置かれることからかぶりが確保されず腐食の懸念があること、断面が均一ではないこと等いくつかの問題点を有する。その一方で、吹付法砕工は均一な断面の法砕が構築されることや、設計計算を行うことで抑止効果を量的に見込むことができる等の点で有利である。





写真 15 地表排水工事



写真 16 鉄筋挿入工(左)・モルタル吹付工(右)



写真 17 鉄筋挿入工、頭部連結工



写真 18 頭部連結工接写

## 1-2 ユニット式金網型枠による吹付法砕工の施工に必要なスリランカの関連法令・制度等を確認する。

CIDA が、スリランカにおける建設業者の登録、職種毎のランク付けを行っている（図 7）。建設業者が建設工事を受注するためには、入札要項に記載されたランクへの登録が必須となる。日本式吹付法砕工と関連性の高いカテゴリーとしては、Soil Nailing and Stabilization（以下、SN）がある。SNに登録された業者は、高位から順に、SP1 から SP5 までランク付けされる。入札要項以外に、契約金額に応じて必要なランクが定められており、5,000 万ルピー以上の工事では、SP1 登録が必要とされ、SP5 では、200 万ルピー以下の工事のみ受注可能である。


සිංහල தமிழ்



## Construction Industry Development Authority

Ministry of Housing and Construction




<< Home

### Contractor Registration

About CID A Contractor Registration Construction Awards Industry Services Construction Equipment Training Craft & Supervisory Training Machinery Hiring CIDA Publications CIDA Facilities

#### National Registration and Grading Scheme for Construction Contractors

Different client organizations had been registering contractors during the past using different criteria. To avoid anomalies and to maintain uniformity, the government decided to register contractors centrally. In 1989 Central Registration scheme was started by ICTAD and it was revised in 1993, 1995 and 2008 & now the registration scheme is being continued by CIDA (Construction Industry Development Authority), (successor to ICTAD). Registration and grading is a screening process for the capabilities of prospective contractors to determine their general ability to undertake different types and sizes of projects without reference to any specific contract. Registration and grading will be determined by evaluating a contractor mainly on his financial capability, the technical ability with staff and plant & machinery, and the experience gained in relevant fields. Initially under this scheme the contractors were classified under 10 grades (M1 to M10) on financial terms. "M" Grading system was revised in 2008 with the introduction of a system with grades from C1 to C10 on financial terms.

This scheme was revised in 2015 & the new grading system CS2 to C9 is introduced.

Meanwhile ICTAD registration (now known as CIDA registration) is a requirement for obtaining government contracts and there are over 2500 Construction Contractors registered with CIDA. A Database of contractors is maintained.

#### (1) Purpose / benefits of Registration Scheme

- ▶ The client organizations can select the right contractor to the project by following the grading system. But this registration scheme is not intended to replace the pre-qualification for major contracts.
- ▶ The Grading system motivates the contractor for self development, for upgrading while preventing contractors from under taking project beyond their capabilities.
- ▶ To ensure the contractors to complete projects within the set times, cost and quality targets.

#### (2) For whom is this applicable

Contracting organizations registered in Sri Lanka for the purpose of carrying out the business of Building/Civil Engineering, Electro Mechanical, Piling & Specialized construction either with the Registrar of the Companies under the Companies Act or with the Provincial Secretaries.

Having minimum 51% ownership by Nationals of Sri Lanka.

#### (3) Validity of Registration

Once granted the registration is valid for 03 years & needs to be renewed, thereafter

#### (4) Grades and Financial Limits of the Contractor Registration Scheme

Financial Limits of the Contractor Registration scheme have been set to suit the present position of the Construction Industry. The 'Point System' for the evaluation of contractors have also been adjusted accordingly. The Guidelines for Grading of Construction Contractors - (CIDA/ID/10) is available for sale at CIDA Information Centre. A Record Book (from different colours to different sectors) is being issued for the convenience of all the parties. The 'abbreviations' for the 'Grades' of schemes "C" (Building & Civil Engineering), "EM" (Electrical Mechanical Services), "SP-C" (Specialized Constructions) & "GP" (Piling), and the 'Financial Limits' are given below.

However, the previous 'M' system is no more effective from 1st September 2010.

As such the client organizations are requested to call bids for their projects specifying the relevant "Financial Limits" of the new "C" scheme..

#### Main Contractor :

Speciality	Grade	Financial Limit (Rs. Million)	Registration Fee per year Rs.
Building Construction	CS2	X > 3000	500,000.00 + VAT
Highway Construction	CS1	3000 ≥ X > 1500	150,000.00 + VAT
Bridge Construction	C1	1500 ≥ X > 600	75,000.00 + VAT
Water Supply and Sewerage	C2	600 ≥ X > 300	42,000.00 + VAT
Irrigation and Drainage Canals	C3	300 ≥ X > 150	37,000.00 + VAT

Storm Water disposal and Land Drainage	C4	150 ≥ X > 50	31,000.00 + VAT
Maritime Construction	C5	50 ≥ X > 25	26,000.00 + VAT
Heavy Construction (Areas to be Specified)	C6	25 ≥ X > 10	20,000.00 + VAT
	C7	10 ≥ X > 05	15,000.00 + VAT
	C8	05 ≥ X > 02	8,000.00 + VAT
	C9	02 ≥ X	6,000.00 + VAT

Financial Limits (Effective from June 2015)

Specialist Contractor :

Specialty	Sub Specialty	Grade	Financial Limit (Rs. Million)	Registration Fee per year Rs.
Electrical & Mechanical Services (EM)	Mechanical Ventilation and Air Conditioning (MVAC)	EM 1	X ≥ 50	31,000/- + VAT
	Refrigeration (RF)	EM 2	50 ≥ X > 25	26,000/- + VAT
	Electrical Installations (Low Voltage) (E-LV)			
	Plumbing & Drainage (PD)	EM 3	25 ≥ X > 10	20,000/- + VAT
	Elevators, Escalators & Travellators (EET)			
Generators (Gen)				
Electrical Installation (Medium Voltage) (E-MV)	EM 4	10 ≥ X > 02	15,000/- + VAT	
Extra Low Voltage Installations (Data, Telecommunication and Security Systems, Public address systems, Pipe music systems (ELV))				
Fire Detection, Protection & Suppression (FDPS)	EM 5	02 ≥ X	5,650/- + VAT	
Medical Gas Systems (MG)				
LP Gas Systems (LPG)				
Heavy Steel Fabrications (HSF)				
Specialised Construction Contractors (SP-C)	Aluminium & Finishes (A&F)	SP1	X ≥ 50	31,000/- + VAT
	Floor, Wall & Ceiling Finishes (FW&C) (must specify the finish)	SP2	50 ≥ X > 25	26,000/- + VAT
	Carpentry & Joinery (Carp)			
	Light Metal Work (ME)	SP3	25 ≥ X > 10	20,000/- + VAT
	Landscaping (LA)			
Furniture, Fittings & Equipments (FF&E)				
Water Proofing (WP)	SP4	10 ≥ X > 02	15,000/- + VAT	
Swimming Pools (SP)				
Industrial Domestic				
Soil Nailing & Stabilization (SN)				

出典 : [http://www.cida.lk/sub\\_pgs/con\\_registration.html](http://www.cida.lk/sub_pgs/con_registration.html)

図 7 スリランカにおける CIDA の建設業登録制度

1-3 対象サイト（キャンディ看護学校に隣接する斜面）にかかる状況を確認し、既往の調査及び設計の照査を行う。

実証試験工事は、TCLMP において NBRO が日系コンサルタントチームとともに作成した設計がベースになっている。工事数量は表 15、標準断面図は図 8 の通りである。実証試験工事に先立ち、調査および設計の報告書を NBRO より受領した。調査団として、報告書の内容を照査して特段問題は無いことを確認した。また、工事の施工計画に万全を期すため、日系コンサルタントチームから設計上の留意点を直接聞き取った。グラウンドアンカーや鉄筋挿入工の設計条件や計算方法、対策工の対象範囲の設定など基本的な考え方を確認し、施工計画にその内容を反映するようにした。

表 15 実証試験工事の数量

工種	数量
吹付法枠工 (□400*400)	312.8m <sup>2</sup> (278.5m)
吹付け法枠工 (□200*200)	507.7m <sup>2</sup> (762.6m)
グラウンドアンカー工(F20UA)	78 nos
植生工(法枠内)	556.6m <sup>2</sup>

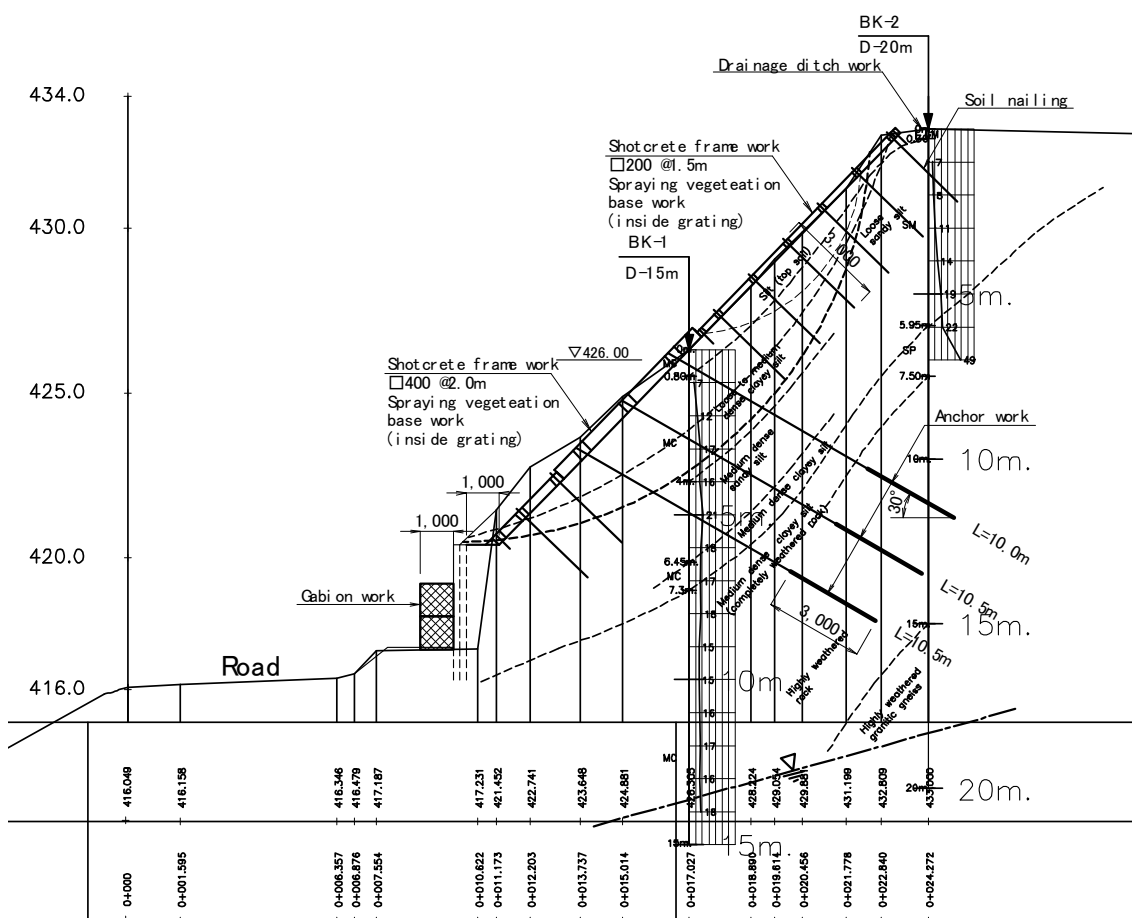


図 8 標準断面図

1-4 上記 1-3 の照査結果に基づき、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工計画を策定する。

既往の調査及び設計と現場条件を鑑みた施工計画を策定し、第 1 回渡航時に NBRO に提出した。この時、実証試験工事と NBRO が負担する工事の干渉を避けるため、工程を調整しながら行うことを確認した。実証試験工事は、図 9 に示す工事全体の施工フローに従った。

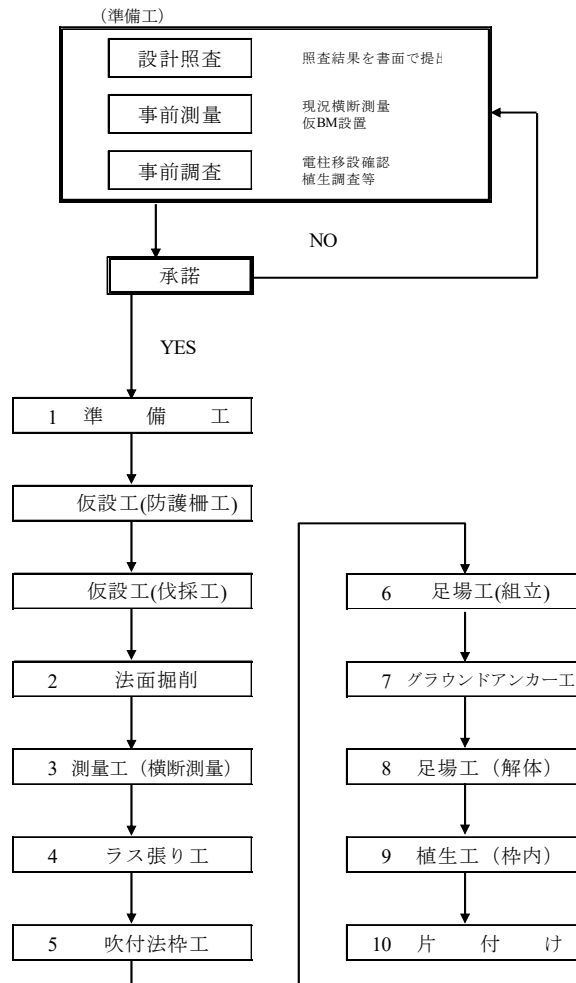


図 9 工事全体の施工フロー

第 1 回渡航時には、E 社が元請となり看護学校の建物裏側の上部法面において法面保護工事を施工していることが判明した。E 社は本実証試験工事の現地再委託先でもあり、2 件の工事を同時並行で進めることとなった。E 社に対する聞き取り調査では、上部法面の工事は 2016 年中に完了予定とのことであったが、ソイルネイリングの造成に想定以上に時間を要したため工期が延長され、最終的に工事が完了したのは 2017 年 6 月であった。本実証試験工事の対象サイトは、看護学校の建物の下部に位置しており、看護学校の敷地を E 社と共有する必要があった。そのため、ミキシングプラントや資機材ストックヤード、機械の動線など常に E 社と調整し、施工計画に微修正を加えながら本工事を進めた。

対象サイトにおける実際の状況が、既往の調査及び設計と齟齬が無いか確認する必要があった。第 1 回渡航時に着工前の状態を確認したが、斜面上に雑草や低木が生い茂り正確な状態を把握するのが困難な状態であった。その後、施工に着手して斜面上の草刈や伐木を行い地質や形状を確認したところ、現場の条件と既往の調査及び設計と間で特に齟齬が無いことが確認できたため、既往の設計通りに施工することとした。



写真 19 看護学校敷地の様子



写真 20 上部斜面の工事



写真 21 着手前の対象サイト（起点側）



写真 22 整形後の対象サイト（起点側）

1-5 上記 1-4 の施工計画に基づき、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工に必要な資機材及び建設業者を適切に調達する。

実証試験工事の調達は、本邦と現地それぞれ行った。本邦調達として、自社製品であるユニット式金網型枠やひし形金網、吹付機械一式、アンカー関係の材料および機械一式、品質管理・出来形管理・安全関係の資材などを輸出した。

現地再委託先の調達に関しては、“労務”、“機械”、“材料”、“資材”の 4 つの費目に分けて行うこととした。理由としては、項目を分けて業者との交渉を行うことで、スリランカにおける項目毎の現状を把握することが出来ると考えたためである。

スリランカにおいては建設機械および資機材のリース業者や、建設材料の総合商社に限られており、基本的には建設会社が自ら保有する資機材で工事を行うことが一般的である。そのため、実証試験工事の調達先としては、法面対策工事との関連性が高い CIDA の SN 部門に登録された建設業者が望ましいと判断した。また、吹付法枠工はスリランカにおいては新技術であることを鑑み、SN 部門の最上位である SP1 に登録されている A 社と E 社の 2 社を調達先の有力候補として渉外を行った。2 社に対して前述した 4 費目

の見積を依頼したところ、A社からは見積を取得できずE社のみから見積が受領出来た。E社より受領した見積金額が妥当か検証するために、他の2社より、相見積を受領して比較した。その結果、E社の見積もり金額が最安値であったため、E社との契約に至った。



出典：[http://www.cida.lk/sub\\_pgs/Search/Search\\_name\\_bygradeMF\\_list.php?type=S&cat=41&grade=SP1&Submit=Submit](http://www.cida.lk/sub_pgs/Search/Search_name_bygradeMF_list.php?type=S&cat=41&grade=SP1&Submit=Submit)

図 10 CIDAによるSN登録のSP1業者

取得した見積について、本邦調達と現地調達の価格を比較したのが表 16 である。労務費については、本邦と現地では 10 倍の差があり本邦の方が圧倒的に高い。機械費は現地在 5 割から 8 割程度高く、材料については概ね同等であることが分った。このことから、現地で工事を行うには機械の数量をなるべく減らして人力で出来る作業を増やすことが原価を低減するのに有効であると言える。

表 16 本邦調達と現地調達の価格比較

費目	項目	数量	日本	E社	X社	Y社
労務	普通作業員	1日	32,320	2,930	3,570	3,180
機械	バックホウ 0.25m <sup>3</sup>	1月	350,400	562,000	629,500	601,400
	発電機 60KVA	1月	177,600	269,700	300,200	288,500
材料	セメント	1kg	28	19	21	20
	鉄筋 D16	1kg	120	120	140	130

単位：スリランカルピー（1JPY=1.60LKR）

### 1-6 上記 1-5 で現地調達した建設業者に対してユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかる施工技術を指導する。

現地調達した建設業者 E 社に対し、日本式吹付法枠工の施工に必要な技術の指導を行った。初めに、親綱を用いる法面作業について指導した。これまで、スリランカにおいては親綱にぶら下がっての法面作業は行われていなかった。日本式の親綱を使った作業は、法面上で安全かつ効率的に施工を行うために必須の技術である。初めて法面作業を行う作業員に対して親綱の取扱いや安全面での注意点を丁寧に指導し、草刈りや清掃といった比較的容易な作業を行って徐々に法面上での作業に慣れさせることに努めた。

表土を剥ぎ取る法面整形の完了後、本格的に吹付法枠工の施工に移った。吹付法枠工の施工に際しては、日本人の技能指導者を派遣して、ひし形金網の敷設、ユニット式金網型枠の組立、モルタルの吹付について順次指導した。作業に従事した現地の作業員にとっては、初めて行う作業の連続であり、最初はかなり戸惑いが見られたが、当調査団の技能指導者が粘り強く指導を行うことで徐々に作業の習熟度を高めていった。概ね延べ 4 カ月の工事期間を経ると現地作業員が自立的に作業を行うようになり、日本人の技術指導がなくても一通りの施工ができるようになった。



写真 23 法面作業の技術指導①



写真 24 法面作業の技術指導②

### 1-7 ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工を行う。

吹付法枠工の施工は、作業手順、使用する機械・資材、吹付モルタルの配合、品質管理の方法など基本的には日本と同様に行った。

施工の手順は、次に示す通りである。

- 1) 草刈り、伐採・除根、ゴミ清掃
- 2) 法面整形（表土の剥ぎ取り）
- 3) 切土掘削・残土搬出
- 4) ひし形金網の敷設
- 5) ユニット式金網型枠の組立



- 6) モルタル吹付
- 7) 枠内清掃
- 8) 枠内植生工

自社製品であるひし形金網やユニット式金網型枠は、日本人の技能指導者にとって取り扱いに慣れた製品であり、それぞれの設置は問題無く作業を行うことができた。

ミキシングプラントについては専用機械である湿式吹付機や骨材計量器を図 11 の通り配置した。吹付モルタルの配合は、セメントや細骨材（砂）が日本とは性状が異なるため事前に試験練りを実施して品質に問題が無いことを確認した。実際に使用した吹付モルタルの配合は表 17 の通りである。なお、本工事の配合は粗骨材（砕石）を使用したコンクリートではなく、細骨材のみのモルタルとした。コンクリートの場合、吹付作業に高い技量が求められるが、モルタルであれば比較的容易に品質が確保されるため適当であると判断した。

実証試験工事においては吹付法枠工の施工を単に実施するだけではなく、NBRO や現地再委託先に対して施工に関わる技術を移転することが重要である。施工の技能は 1-6 項で述べた通り E 社に逐次移転した。施工管理についても基本的には日本式の方法を採用した。吹付モルタルの品質や法枠の出来形を確認する作業を日本と同様に随時行った。

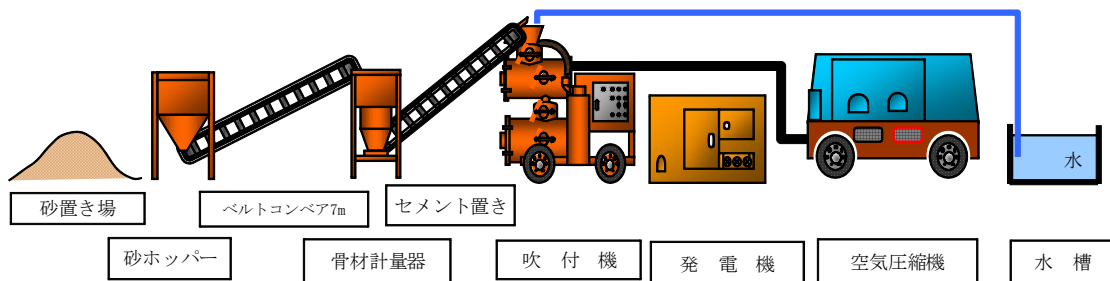


図 11 ミキシングプラントの配置

表 17 吹付モルタルの示法配合 (1m<sup>3</sup> 当たり)

W/C	セメント	水	細骨材	粗骨材
60%	420.0kg	235.53kg	1,680kg	—



写真 25 法面の人力整形



写真 26 残土の搬出



写真 27 ひし形金網の敷設



写真 28 ユニット式金網型枠の組立



写真 29 ミキシングプラント



写真 30 モルタルの吹付



写真 31 法枠の出来形寸法の確認



写真 32 圧縮試験用の供試体採取



写真 33 工事着工前全景



写真 34 工事完了後全景

実証試験工事の実施工程は、契約後の計画時点（2016年10月）で2017年2月から8月までの6カ月間を予定していた。実際には、2018年1月まで工程が遅延し約1年の期間を要した。工程は2017年6月時点で、仮設防護柵の設置や法面作業に慣れるまでに時間を要したこと、地山の掘削土量が増えたことに加えて現場からの残土搬出に量的規制を受けたことにより2カ月間の遅延となった。その後、吹付法枠工の品質不良が疑われる事象の発生したこと（最終的に問題が無いことを確認済み）、グラウンドアンカー工の単管パイプによる仮設足場の組立が非常に難航したこと、吹付法枠工の未施工範囲の斜面が部分的に崩れたこと、植生工に用いる種子の調達に時間を要したことなどの要因が重なり最終的に6カ月間完了が遅れた。

実証試験工事の施工では日本との違いを痛感させられ、材料の性質、機械の性能、調達に要する期間、労働者の技能、文化・風習など多くの面で非常に苦労した。工程は計画通りに進めることは出来なかったが、品質および出来栄については適切に管理を行い調査団として満足のいく物が出来たと考えている。NBROからもこの点は評価を頂いている。



#### 1-8 施工終了時にカウンターパートとともに完了検査を行う。

実証試験工事の施工が完了した後、2018年2月7日、現場にて完了検査を行った。NBROと共に吹付法枠工の出来形を測定し、周辺を踏査して施工に問題が無いことを確認した。

ただし、法枠内の植生が生育途中であった為、枠内の植生が十分生育した後での引き渡しを要求された。

第7回調査渡航時、2018年9月26日、枠内の植生の生育を確認できた為、実証試験工事現場のNBROへの引き渡しが受理された。



写真 35 完成検査の状況 (2018年2月7日)      写真 36 植生生育状況 (2018年9月22日)

#### 1-9 施工後約8か月間、斜面変状及び吹付法枠工等の状況をモニタリングし、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の適用性を検証する。

工事の完成検査から12ヶ月間(M/Mの記載に従う)、吹付法枠工の外観についてモニタリングを実施した。モニタリングの内容としては、吹付法枠工を目視により点検して法枠にクラック、地盤のはらみだし等の変状が無いか確認した。

モニタリングは、全6回の計画で完成検査の2018年2月20日を初回とし、2回目を5月15日に、3回目を6月6日に、4回目を9月21日、5回目を12月10日、第6回を2019年2月14日に実施した。1年間のモニタリングを通じて構造物のクラックや地盤のはらみ出し等の異常は発見されなかった。吹付法枠工が適切に機能して斜面の安定化に寄与していること、ならびに構造物自体の品質にも問題が無いことが確認出来た。これにより日本式吹付法枠工の適用性が実証され、今後スリランカにおける工法の普及を円滑に進めることができる。

#### 1-10 施工後、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の優位性について分析する。

実証試験工事の結果を踏まえて、日本式吹付法枠工とスリランカ式吹付法枠工を比較分析し、日本式の優位性を確認した(表19)。施工性や品質面では、日本式吹付法枠工に有利な点が多い。経済的な側面では、建設時点ではスリランカ式に有利であるものの、

長期の耐久性に懸念がありライフサイクルコストを考慮すると一概に安価であるとは言えない。一般に、鉄筋コンクリート構造物は、コンクリート強度が高くなると耐久性も向上する。スリランカ式吹付法枠工の品質が実質的に日本式より劣ると考えられるため、そのことは構造物の供用年数に悪影響を及ぼす。仮に、構造物の供用年数が日本式で 50 年だとすると、スリランカ式では 40 年程度まで短くなることが想定される。日本式は 2 割長い期間供用できることから、建設時点の価格差が 2 割あっても実質的に同等である。

今後の普及活動においては、ライフサイクルコストを意識した説明を行う必要がある。日本式法枠工の施工性、品質（耐久性）、ライフサイクルコストなどを総合的にアピールすることで、関係者の理解を得られるものと考えている。さらには、原価低減策として、ユニット式金網型枠の製造費用に関して、現地事情に合わせたスペックダウンを行う。施工機械についても日本式に拘らずに現状で現地業者が行っている施工方法を取り入れていくなどして建設時点での価格差を圧縮するように努める。

表 19 優位性の検証項目

区分	比較項目	吹付け法枠工の評価	
		日本式	スリランカ式
施工性	施工状況		
	地山起伏への対応	自然な地山の起伏へユニット式金網型枠の設置を行い柔軟な対応が実証された。	地山を人力で溝掘りを行う必要があり、当該現場のように起伏に富む地形では適用が困難である。
	掘削土砂の処理	対象となる自然斜面上にユニット式金網型枠を設置し、その中にモルタルを充填するため掘削作業が発生しない。	地山を人力で掘り込んで、その中にモルタルを充填する施工となるため掘削残土が発生し、その処理が必要となる。実証試験工事の吹付け法枠工の体積は約 77m <sup>3</sup> であり、スリランカ式であれば最低でもその分余計な掘削残土が発生する。 キャンディ市内の現場では、残土搬出が、1 カ月毎に 100m <sup>3</sup> 以下に制限されていることから、掘削残土の処分はその費用以外にも工程遅延の要素ともなり得る。

	硬質地盤への適用性	ユニット式金網型枠は、どのような地質状況であっても設置可能である。	岩盤等の硬質地盤が施工対象であった場合、掘り込みに多大な手間が掛るため適用が難しい。
	施工時の安定性	斜面上にユニット式金網型枠をそのまま設置するため、大断面の法枠でも、斜面を不安定化することなく施工可能である。	断面寸法が 250mm×250mm 程度一般的に適用されている。400mm×400mm 以上の断面になると、地山を大きく掘削することになり、一時的な斜面の脆弱化につながる。
	施工能率	<p>日本式とスリランカ式の施工能率の比較を行ったところ、日本式の施工の方が、スリランカ式よりも施工能率が 8%高いことが分った。</p> <p>対象は 200mm×200mm の法枠とし、実証試験工事より得られたユニット式金網型枠設置の歩掛と、NBRO および現地施工業者からのヒアリングによるスリランカ式人力掘り込み施工の歩掛を分析した。</p>	<p>81m/日 (10 人班)</p> <p>75m/日 (11 人班)</p>
品質確保	型枠内モルタル充填のばらつき	<p>ユニット式金網型枠を使用することで、リバウンド材が型枠外へと適切に排出され、定められた配合のモルタルを均一に型枠内に充填できることが実証された。</p> <p>実際の梁からモルタルのコアを採取して設計基準強度の 18N/mm<sup>2</sup> を満足していることを確認した。</p>	スリランカで建設工事に使用される砂は粒度分布が悪く、礫が多く含まれる。モルタルの吹付作業時にリバウンド材の発生が非常に多かった。材料の損失率は日本では 3 割程度だが、本工事では概ね 10 割であった。スリランカ式の施工であれば、大量に発生するリバウンド材を巻き込んで低品質の構造物となり、耐久性に悪影響を及ぼすと考えられる。
	枠断面積のばらつき	ユニット式金網型枠を用いた吹付法枠工の断面は日本で施工するのと同様に均一の寸法で構築できることが実証された。	スリランカ式は、人力で掘削した地盤を直接型枠とするため、断面の寸法は均一にならない。設計面においても、構造計算が成り立たないのが大きな欠点である。
	鉄筋配置	日本式では、ユニット式金網型枠を用いることにより、法枠内に、十分な“かぶり(型枠と鉄筋間の空いた距離)”を有した状態で鉄筋を設計通り固定することができる。	スリランカ式では鉄筋の配置が偏り、かぶりが不足する事例を確認している。
経済性	施工単価	日本式とスリランカ式との経済比較を以下にまとめる。断面寸法が 200mm×200mm の場合で土砂地盤を対象とした。その結果、スリランカ式の方が、日本式よりも 2 割ほど優れる結果となった。(表 20)	
		<p>約 1,500 Rs/m</p> <p>(ユニット式金網設置工)</p>	<p>約 1,200 Rs/m</p> <p>(溝掘り+土砂処分費)</p>

表 20 吹付法砕工 施工単価比較表

非公開



### 1-11 上記 1-9、1-10 の結果を整理し、カウンターパート等と共有する。

これまでに本事業で行ってきたことの総括と、今後の方向性を決めるためのクロージングミーティングを、第7回調査渡航時、9月25日にNBRO講堂にて実施した。NBRO職員は、Director General(以降、DGと表記)、Landslide Research & Risk Management Division(LRRMD)のDirectorを含め、20名程度の技術者の参加であった。1-9、1-10に記載の内容について、当チームより発表を行った。日本式の吹付法砕工の施工手順、特長や適用される条件など十分に理解されたと考えている。今後、NBROが自ら斜面对策工事の設計を行う場合や、他の施設管理者へ技術的な助言を行う場合等に本技術の適用可否について検討することが確認された。具体的な案件が出た場合は、当調査団のメンバーに相談してもらい関与する機会を得られるように取り計らってもらうこととなった。DGからは、実証試験工事が成功裏に終わり、本事業を通じてNBROへ技術移転が行われたことに対して感謝の言葉を頂いた。吹付法砕工の普及がスリランカにおける土砂災害の低減に寄与することが期待される旨の発言があった。



写真 37 クロージングミーティングの様子

## 3-1-2 ユニット式金網型砕による吹付法砕工の実施環境を整備

### 2-1 カウンターパートと協力し、スリランカの実情を考慮した設計・積算・施工マニュアルを作成し、カウンターパートより発行する。

本事業開始段階で、スリランカの実情を考慮した設計・施工マニュアルを、NBROとの打合後暫定的に発行する計画であった。そのため、一般社団法人 全国特定法面保護協会発行“のり砕工の設計・施工指針(改訂版第3版)”を英訳し(以下、英訳版日本指針)、NBROに提示した。渡航の都度、NBROによるマニュアルの発行について意見を求めたが、NBROは後述の通り新たにマニュアルを発行することに消極的であり議論が進まなかった。

第5回渡航調査時に、NBROの設計部門の責任者と、吹付法砕工の普及について議論した。NBROでは、スリランカが独自に規定していない技術基準は諸外国のものを準用

して対応している。斜面防災の分野では、ソイルネイリングの設計に際して香港のガイドラインが適用されている。これは特に文書で定めている訳ではなく、従来からの慣例で適用されているとのことである。

吹付法砕工に関して、設計・施工マニュアルを NBRO から発行するよう改めて要望したところ、英訳版日本指針があれば特に必要ないだろうとの回答があった。設計を行う技術者が設計に際して英訳版日本指針を適切に準用すれば良く、NBRO が独自に発行する意義は薄いとの認識であった。仮に、NBRO から設計・施工マニュアルを発行したとしても一般に普及するには相当の時間が掛るとの見方を示された。現行の英訳版日本指針を改訂することに力を注ぐより、吹付法砕工そのものを積極的に世間にアピールして普及させることに努めた方が合理的であると認識されているようだった。

これらの意見を踏まえて、本事業においては NBRO 名による設計・施工マニュアルを発行することは取り止めて、英訳版日本指針を関係者に周知する方針に切り替えることとした。

## 2-2 カウンターパートに対し、設計・積算・施工マニュアルに関するノウハウを移転する。

2-3 に記載の通り、設計・積算・施工マニュアルをもとに、カウンターパートに対し、安全・技術講習会を行い、設計・積算・施工計画・施工管理の手法・ノウハウを移転した。また、2-4 に記載の通り、安全・技能講習会を実施し、施工に必要なノウハウを移転した。

## 2-3 実証試験施工の各段階において、設計・積算・施工マニュアルを基にカウンターパート等に対し安全・技術講習会を実施して設計・積算・施工計画・施工管理の手法・ノウハウを移転する。

吹付法砕工の設計・積算・施工の技術のうち“設計”に関する安全・技術講習会を、2017年6月15日、NBROの講堂において実施した。NBROの地すべり管理部、地質調査部に所属する地すべり対策工事の設計業務に従事する技術者約20名を対象とした。吹付法砕工の構造計算の方法について日特建設の岡村氏が講義を行った。講義では、主に工法の適用範囲、設計の手順、計算式および諸条件の説明、計算例に基づく演習を実施した。吹付法砕工の構造計算は構造物の設計としては一般的なものであり、基本的な仕組みは理解されたものと考えている。しかしながら、計算に用いる一部のパラメータ（法砕工の部分安全係数）の設定に関して質問が集中した。このパラメータの設定は日本の基準に基づいているものの、その根拠を明確に説明することが出来なかった。この点は日本においても具体的に示された文書は無いため、スリランカにそのまま適用することに問題が無いのか議論の余地を残している。当面は日本の基準に従って設計を行い、不都合が生じた段階で対応することで納得された。

また、積算に関しては、第7回現地調査において、NBROの担当者に対して説明を行った。日本の積算要領を英訳し、それに基づき簡便に積算作業が行えるエクセルファイルに合わせて用意した。実証試験工事の実績を踏まえてスリランカにおける施工歩掛を整理し、参考値としてNBROに紹介した。



写真 38 吹付法砕工の設計に関するセミナー

施工計画および施工管理手法の技術移転については、NBROに担当の技術者を選定してもらい個別に対応した。その技術者は、吹付法砕工およびグラウンドアンカー工の施工中、週に1回程度の頻度で現場に訪れ、その都度、施工計画書に基づく施工管理の方法について、OJT方式で説明して理解に努めてもらった。例えば、吹付モルタルに用いる細骨材の表面水率の測定（練り混ぜ水の調整に使用）や吹付モルタルの供試体作成に立ち会った。



写真 39 細骨材の表面水率測定



写真 40 吹付モルタルの供試体作成

## 2-4 実証試験施工前及び施工中、設計・積算・施工マニュアルを基にカウンターパート及び現地建設会社等の技能者に対し安全・技能講習会を実施して施工に必要な技術を移転する。

実証試験工事の着手後、2017年2月17日にNBROの技術担当者（5名）および直備作業員（3名）を現場に招いて、法面作業の安全・技能講習会を実施した。講習会では、親綱および安全帯の取り扱いについて資料を用いた説明と実技講習を行った。日本式の法面作業を実際に体験して、作業の安全性や効率に優れた方法であることが理解された。

安全・技能講習会は、当初、吹付法枠工およびアンカー工を含めて合計3回実施する予定であった。残る2回の講習会については、吹付法枠工を施工した7月頃とグラウンドアンカー工を施工した11月頃に当調査団からNBROに対して開催を呼び掛けた。NBROからは直備作業員を数日間派遣して実務を経験させる旨の回答があったが、施工期間中に派遣されず技能を実地に伝えることができなかった。理由は定かではないが、NBROは自ら調査業務を実施していることから本事業に対して人材を割けなかったものと推察される。



写真 41 法面作業の説明状況



写真 42 親綱・安全帯を使った実技

## 2-5 カウンターパート等に対して施工の各段階において対象サイトの実地見学会を実施し、各段階の施工状況に対する知識・理解の向上を図る。

吹付法枠工およびグラウンドアンカー工の施工方法を広く理解してもらう目的で、計3回の実地見学会を開催した。実地見学会の参加対象は、NBRO、RDA、コンサルタント会社、建設会社、看護学校関係者等である。4回目の実地見学会は、スリランカ側負担工種も含めた全ての工事の完成後、NBRO主催の看護学校への引き渡しセレモニー内で実施する予定であった。しかしながら、工事の完成が2019年4月以降となる見込みのため本事業期間内での開催が難しい状況である。そのため、本事業終了後に自社業務として対応したいと考えている。

- 第1回実地見学会 2016年9月28日 着工前（看護学校説明会）
- 第2回実地見学会 2017年6月6日 吹付法枠工
- 第3回実地見学会 2017年11月20日 アンカー工
- 第4回実地見学会 2019年4月以降 本事業後に自社業務として対応予定

#### 【第1回実地見学会】

看護学校の会議室を借りて関係者に対して実証試験工事の内容を説明した。参加者は、国営コンサルタント（CECB）、NBRO、災害管理センター、警察、看護学校関係者等から現地側15名が参加された。実証試験工事の対象斜面は、これまで度々崩落を繰り返して都度応急的な対策が取られてきた。実証試験工事は、斜面災害の発生を根本的に防ぐことを目的にしており、関係者からは工事に期待する声が多く聞かれた。また、看護学校の敷地内での作業となるため、第三者に対する災害が無いよう安全対策を適切に行うことを説明した。



写真 43 NBRO Kandy 地方事務所長挨拶



写真 44 工事概要説明の様子

#### 【第2回実地見学会】

第2回の実地見学会を開催して、関係者に吹付法枠工の実際の施工状況を公開した。実地見学会には、NBRO、RDA、CECB、DMC、現地のコントラクターなど総勢で40名以上の多くの方が参加された。最初に会議室において吹付法枠工の技術概要や工事概要を説明した。当日は、吹付法枠工（ $400 \times 400$ ）のモルタル吹付作業を行った。吹付法枠工のユニット式金網型枠が組み立てられた状況や、型枠内にモルタルを吹付けてコテ均しで仕上げるまでの状況を見てもらった。参加者には、実際の作業を見学する中で日本式とスリランカ式の吹付法枠工の違いや、日本式の特長を理解してもらうことができたと考えている。

参加者からは、モルタルの吹付を行うと法枠がその自重によって落下することを心配する声が多かった。これに対して、モルタルの重量を支えるために固定用のアンカーを

日本で通常行われる仕様で打設していること、グラウンドアンカーやソイルネイルを施工するまでの短期的な措置で有ることを説明して理解してもらうことができた。

その他には、鉄筋が溶融亜鉛によるメッキ加工がされていないことに対する指摘もあった。鉄筋はメッキ加工した方が当然ながら防食性が向上し、構造物の耐久性の向上に寄与する。その一方で、鉄筋をメッキ加工すると材料費が高くなり、費用対効果の面から日本では海岸沿いの現場や重要構造物の周辺など必要性が高い箇所でしか適用されていない。現場条件に合わせ、小規模で重要度の低い対策工の場合にはスリランカ既存の方法を、中規模の対策工の場合には、ユニット式金網型枠を用いた吹付け法枠工を、重要度が高い対策工の場合には、さらに高スペックのメッキ加工金網型枠を使用する等、仕様を使い分けることにより費用対効果の高い事業が出来ることを説明して理解を得た。



写真 45 工事概要の説明



写真 46 見学会の様子①



写真 47 見学会の様子②



写真 48 モルタルの吹付状況

### 【第3回実地見学会】

第3回の実地見学会はグラウンドアンカーを対象として実施した。日本式の吹付け法枠工においては、法枠単体で地山表面の保護を行うだけではなく、グラウンドアンカーや

ソイルネイリングと組み合わせて、その受圧構造物としての機能を期待することができる。また、吹付法砕工は、平滑に切土された法面だけでなく、自然で複雑な形状の斜面に対する対策工事としても非常に有効である。これらの要因は本技術が日本で広く普及した理由と考えられる。今回の実証試験工事における設計は、自然斜面を対象として吹付法砕工とグラウンドアンカーの組み合わせた設計となっている。

実地見学会には、NBRO、RDA、KMC、CECB、現地コントラクターなど総勢で30名以上の参加があった。当日は、グラウンドアンカーの施工状況を公開した。グラウンドアンカーは、以下の手順で施工される。

削孔：打撃と回転を併用する削孔機（ロータリーパーカッションドリル）を使用して、地盤をボーリングする。削孔径はφ118mm、削孔長さは10.0～10.5mである。

挿入：PC鋼より線を加工した引張り材（アンカーテンドン）をボーリング孔に挿入する。

注入：ポリエチレンホースをボーリング孔に入れて、ペースト状のセメントを孔内に注入する。

緊張：セメントの強度発現後、アンカーテンドンを油圧ジャッキにより引張り、引張り力を作用させてナットで固定する。

参加者からは、アンカーテンドンが削孔した孔の中心に配置されるのか質問があった。アンカーテンドンの定着長部分にスペーサーを取り付けて、孔の中心付近に配置されるように工夫していることを回答した。参加者には、グラウンドアンカーの一連の作業を見てもらいグラウンドアンカーがどのような技術であるか、吹付法砕工と組み合わせて適用される技術であることを理解してもらえた。



写真 49 NBRO Kandy 地方事務所長挨拶



写真 50 削孔作業①



写真 51 削孔作業②



写真 52 緊張作業

2-6 実証試験施工前及び施工後、カウンターパート、政府関係者、コンサルタント、建設会社等を対象にユニット式金網型枠による吹付法枠工法にかかるセミナーを実施する。施工後のセミナーにおいては、上記 1-9、1-10 の検証・分析結果を踏まえた内容とする。

TCLMP 主催の”International Seminar on Sediment disasters in Sri Lanka and Japan”が 2017 年 2 月 21 日に開催された。当セミナーは、今後、スリランカにおける土砂災害対策を如何に展開していくべきかを議論する場として、JICA の長期専門家（当時）の呼び掛けにより幅広い関係者を集めて行われた。スリランカの土砂災害対策関係機関として MDM、DOM、NBRO、NDRSC、DMC、RDA、施工業者など 22 機関から約 100 名が参加した。

本セミナーに当調査団から日特建設の中野氏が登壇し、吹付法枠工の技術紹介や実証試験工事の概要について発表した。日本における吹付法枠工の適用事例や、日本式とスリランカ式の比較を盛り込み、吹付法枠工がスリランカにおける土砂災害の低減に役立つことが理解されたものと考えている。土砂災害対策に関する多くの聴衆を前に発表したことで、吹付法枠工の技術を周知するのに非常に有効な場であった。



写真 53 セミナーでの発表（中野氏）



写真 54 セミナー会場の様子



また、第7回調査渡航時、2018年9月17日、実証試験工場の結果を踏まえ、土砂災害対策の関連機関を対象としたセミナーを実施した。日本大使館、JICA スリランカ事務所、MDM、NBRO、RDA、CECB 等の政府機関や、研究機関であるモラトゥワ大学、ペラデニア大学、A 社、S 社等の施工業者や、現地金網業者である M 社等 23 機関から 60 名が参加した。実証試験工場の結果を踏まえた、本技術とスリランカ既存の方法との比較に関し活発な質疑応答が行われ、参加者の、本技術への関心の高さを実感した。質問は、主に吹付法砕工の設計に関する物が多かった。



写真 55 セミナーでの発表（西村氏）



写真 56 セミナー会場の様子

2-7 上記 2-6 を踏まえ、ユニット式金網型砕による吹付法砕工法にかかる普及方法をカウンターパート等と検討する。

スリランカでの本工法の普及を図る上で、斜面防災工事の設計を行っている NBRO に働きかけ、設計折込を行う事が最も効果的である。2-1 に記載の通り、吹付法砕工の設計に際し、英訳版日本指針の適用に拘束力を持たせる事は難しいとのことであるが、NBRO は、本技術の優位性を理解しており、設計時に比較対象として積極的に検討したいとの前向きな意向を示している。これまで実施してきたスリランカ式吹付法砕工から日本式吹付法砕工へ早期に全面的に移行されることは考えにくい。やはり、保全対象の重要度が高い箇所やスリランカ式吹付法砕工では施工が難しい箇所から徐々に日本式吹付法砕工の適用を拡大して実績を重ねることが得策である。NBRO には対策工の設計を実施する際には日本式吹付法砕工を検討案に加えてもらうこととなった。NBRO から相談されやすいように調査団メンバーと NBRO の関係性を維持することが重要である。

英訳版日本指針の内容で、NBRO と議論になった点が、吹付法砕工に適用する吹付コンクリートの設計基準強度である。日本では、吹付コンクリート（もしくは吹付モルタル）の標準的な設計基準強度は  $18\text{N/mm}^2$  と規定されているが、吹付法砕工の施工に際して、管理基準値を  $20\text{N/mm}^2$  まで確保するように NBRO の DG より要望があった。円借款事業の LDPP においては、長期の耐久性を考慮して管理基準強度が  $25\text{N/mm}^2$  となっていることから、今回の実証試験工事においても少しでも大きい値にしたいとの DG の考え

に基づくものである。設計基準強度については、日本においても基準を引き上げる議論がしばしば起こる。しかしながら、湿式吹付機を用いた施工方法ではコンクリート強度のバラツキが大きいいため、基準の変更には慎重な姿勢が維持されている。本事業における管理基準値は、吹付法砕工がスリランカにおいて初めて施工されること、構造計算の設計基準強度が  $18\text{N/mm}^2$  であることを考慮して、日本の基準通り  $18\text{N/mm}^2$  とすることで NBRO の理解を得た。

2-8 上記 1-9、1-10 及び 2-7 の結果を踏まえ、設計・積算・施工マニュアルの内容を更新し、最終版とする。

2-1 に記載の通り、英訳版日本指針を最終版とした。

2-9 スリランカ国内で開催される防災セミナー等にて上記活動 1 を踏まえたユニット式金網型砕による吹付法砕工に関する発表をし、同国内における防災意識を向上させる。

スリランカ国内で開催される防災セミナー等にて上記活動 1 を踏まえた日本式吹付法砕工に関する発表をし、同国内における防災意識を向上させる。

NBRO の 2016 年度年次シンポジウムが 2016 年 12 月 7 日に開催された。本シンポジウムにおいて、JICA の青年海外協力隊（民間連携ボランティア）として NBRO 内に派遣されていた岡村氏（日特建設所属）が発表を行った。発表内容は、スリランカの土砂災害対策事業が抱える課題への解決策として、日本式吹付法砕工の適用可能性を主題とした。スリランカにおいて吹付法砕工を展開する背景や本事業の概要などを説明した。



写真 57 年次シンポジウムの発表

本シンポジウムには NBRO 職員以外にも MDM、WB、材料メーカーといった関係者が参加していた。NBRO をはじめ関係者が日本式吹付法砕工の優位性を理解し、スリランカにおける防災意識の向上に寄与したものと考えている。また、NBRO が主催する本シンポジウムにおいて本事業の説明を行ったことにより、本事業の意義が NBRO 所内で共

有された。その後の調査において、NBRO の各担当部局との調整や所内での事務スペースの確保、アポイントの取得といった面で優遇され調査を円滑に進めることが出来た

### 3-1-3 スリランカ国におけるユニット式金網型枠による吹付法砕工にかかる事業展開計画を具体化【ビジネス展開計画・調査活動】

#### 3-1 他地域における危険斜面状況等を調査し、ユニット式金網型枠による吹付法砕工に適したサイトを整理する。

他地域における危険斜面状況等に関する机上の調査結果は、「第3章 3-1 3-1-1 (2)」に記載のとおりである。

ここでは、現地で施工されている法面对策工事の事例を示す。Kandy 県に位置するヴィクトリアダムにおいて大規模な法面对策工事が施工されていた(2016年9月)。工事は主にソイルネイリングにより法面全体の安定を確保することと、コンクリートを吹付けて被覆することで地盤表面の侵食防止を図る内容であった。大規模法面を全面的にコンクリートで被覆するため、景観に対するインパクトは大きい。スリランカ側にも景観上の問題は認識されており、施工業者の説明では吹付けたコンクリート面に一定間隔で部分的に小さな孔を空けておき、そこに植物を生育させることを目論んでいた。しかしながら、コンクリート吹付工は降雨を遮断して地盤の侵食や風化を抑制することが目的の工法であり、植物を生やすと対策の効果が低下すると考えられる。さらには孔空きの密度が低いため景観面にどの程度寄与するか甚だ疑問であった。これが日本の現場であれば、吹付法砕工が採用される可能性が非常に高い。吹付法砕工は、法枠内を緑化することが可能であり、景観に対する影響を低減することが可能である。吹付法砕工は、道路法面だけではなくダム法面や住宅街の急傾斜地でも良く適用されることから、それらの管理者に対しても説明会を開催するなどして工法をアピールすることが重要になる。



写真 58 ヴィクトリアダムの法面对策



写真 59 施工済みのコンクリート吹付

また、1-1 に記載の通り、道路管理機関である RDA は、NBRO とともに、百数箇所にもわたる危険斜面リストを作成している。2017 年 10 月の豪雨後に、そのうちの 7 か所が崩壊したとのことで、RDA より外部人材である日特建設に対して調査依頼が有り、RDA のエンジニアとともに現地踏査が行われた。この際、斜面点検カルテを作成して、対策工の助言を行っている。いずれの現場も、日本式吹付法砕工の適用範囲内であり、日本式吹付法砕工の潜在的なニーズが確認された。

1-1 に記載の AIIB 案件では、同リストに基づいた現場選定が行われている模様であり、日本式吹付法砕工の適用が期待される具体的な案件である。

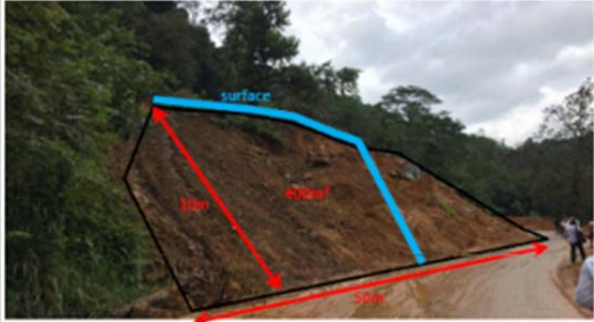

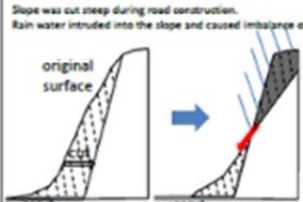
#9 Slope failure record															Maintenance entity in the vicinity			RDA Ratnapura		
Phenomenon	Slope failure	Road name	R201			Width of failure	Slope	Distance from			North			East						
type of road	B	old road	Location	Proximal	Subproximal	Distal	Proximal	guide mark	?			8' 42' 42.7"			80' 27' 34.3"					
Traffic regulation in advance	No	Total amount of rainfall	Hours rainfall	?	Traffic	weekly	?	vehicle/12h	holder	?	vehicle/12h	Bus route	?	Detour	?	Emergency line	?			
Sketch - Photos									Location map											
<p>After Failure Oct, 2017</p> 																				
Surveyed on: 18th Oct, 2017									Disaster record: 1											
Survey method: Drone Survey									Maintenance record as of: [ ]											
<p>Note</p> <p>Slope was cut steep during road construction. Rain water intruded into the slope and caused imbalance of soil mass on the</p> 									Maintenance record on 2017: [ ]											
									<p>Expected disaster</p> <p>Phenomenon 1: Surface Failure Scale 1:</p> <p>Phenomenon 2: Scale 2:</p> <p>Phenomenon 3: Scale 3:</p>											
									<p>Proposed countermeasure</p> <p>Type-A</p> <p>Countermeasure 1: Trenching, Ground Anchor, Drains boring Note 1: Main mitigation work</p> <p>Countermeasure 2: Sloterate work, Inside beam grouting, surface drainage Note 2:</p> <p>Countermeasure 3: Soil Nailing, Retaining wall Note 3: If necessary</p>											

図 12 斜面点検カルテ（例）

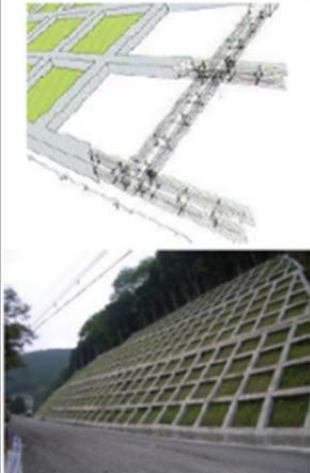
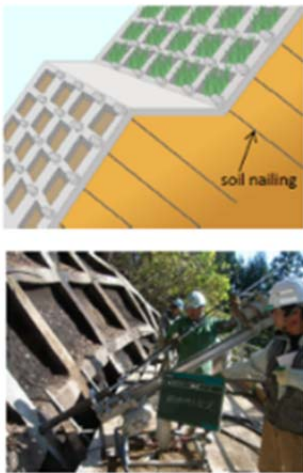
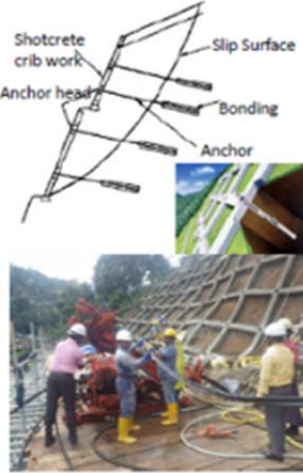
Type of counter measure			
	Type-A	Type-B	Type-C
Purpose	Anti erosion	Anti slope failure	Anti landslide
Mitigation force	Small	Medium	Large
Counter measure	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Shotcreting crib work</li> <li>•Insidebeam greening</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Soil Nailing</li> <li>•Shotcrete crib work</li> <li>•Inside beam Shotcreting/Greening</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ground Anchor</li> <li>•Shotcrete crib work</li> <li>•Inside beam Shotcreting/Greening</li> <li>•Drainage boring</li> </ul>
Note			
Application	#9	#1, #4, #no name	#3, #5

図 13 対策工の提案

3-2 上記 3-1 に基づき、カウンターパートとユニット式金網型枠による吹付法枠工による危険斜面对策の実施可能性を検討する。

NBRO が CRIP の一部として自ら設計・発注した Kandy 県の Giniathena 地区の法面对策工事に関し、スリランカ式吹付け法枠工から日本式吹付法枠工への設計変更検討に協力した。

当該工事は、ソイルネイリングとスリランカ式吹付法枠工が主体で、コントラクターは E 社である。実際の施工が始まると、当初設計のスリランカ式吹付法枠工では地盤条件が悪く法枠部分の掘削に手間取ることが問題になった。

これを解決するのに、NBRO から日本式吹付法枠工への変更を検討するよう E 社に対しての助言があった。これを受けて、E 社から当調査団に対して相談があったことから、スリランカ式吹付法枠工に代えて日本式の仕様を提案するに至った。最終的にはドナーの WB の意向により工法の変更は見送られたが、NBRO に日本式吹付法枠工が浸透しており、危険斜面对策としての実施可能性が確認できた実例である。法面对策工事に関して、従来通りスリランカ式吹付法枠工やコンクリート吹付工が設計される場面で、日本式吹付法枠工の適用が比較検討されるよう、今後も働きかけていく。

今後の具体的な案件としては、3-1 に記載の通り、AIIB 案件が動き出している。同案件では、実証試験工事に類似した条件の現場が対象となっている模様で、本技術の適用が期待される。同案件の施主は NBRO であり、本事業での NBRO 側の窓口となっていた

LRRMD の Director がプロジェクトマネージャーを担当するとのことであった。今後、本技術の採用に向けて、Director に対して調査団から積極的にアプローチしていく。



写真 60 Giniathena 地区の法面对策①



写真 61 Giniathena 地区の法面对策②

3-3 ユニット式金網型枠の輸出供給・OEM（相手先ブランド名製造：Original Equipment Manufacturing）による現地生産化等及び吹付法枠工の施工に必要な資機材調達方法について調査し、コスト分析を通じ競合優位性を確認する。

ユニット式金網型枠の供給に関し、輸出供給と、現地生産のコスト分析を行い、どちらが経済的か調査した（表 21）。

その結果、日本で生産したユニット式金網型枠をスリランカに輸出する場合よりも、スリランカでユニット式金網型枠を生産した方が半分のコストで供給出来ることが確認できた。

また、ユニット式金網型枠の設置の下地となる通称 50 ラス（ひし形金網）の供給コストについても、同様の分析を行った（表 22）。こちらも、ユニット式金網型枠同様、日本で生産して輸出するよりもスリランカで生産した方が 20%程、コスト削減となることが確認できた。また、日本から輸出した場合には輸出のための事務処理や梱包業務等に掛る労務コストも考慮しなければならない。

上記の点から販売価格を抑え、工事予算を低くするためにもスリランカでの現地生産に向けて活動することとした。現地での具体的な商流に関しては、4 章に記載の為、ここでは割愛する。

表 21 ユニット式金網型枠のコスト比較

非公開

表 22 ひし形金網のコスト比較

非公開



### 3-4 ユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかる知的財産保護手法を検討する。

スリランカに導入を目指す日本式吹付法枠工は、日本では特許出願によりその知的財産権の保護がされている。しかしながら、それら特許は日本が対象となっており、スリランカ等外国を対象とした国際特許出願はしていない。また、日本国内では古くから吹付法枠工の技術が発展・普及したため、その当時に取得した特許は既に権利が切れている状態で、多くの技術が公知の事実になっている。

今回の事業を通してスリランカで事業展開するにあたっては、簡単にユニット式金網型枠を模倣し、市場に投入されないよう、新たな発明を国際特許として出願し、スリランカにおいても特許権を主張できるようことが望ましい。しかしながら、新たな国際特許を出願できるようなアイデアを考案するのは難しい現状である。

対応策として、現地で圧倒的な販売力を持つ企業と組み市場のシェアを確保することを目指す。該当する企業と知的財産の保護について個別合意すれば、実質的に模倣品の台頭を抑えることが出来る。

### 3-5 ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工が可能な現地建設業者を調査する。

斜面工（鉄筋挿入工）の ICTAD SP1 登録を所有している E 社、A 社、S 社の 3 社は、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工ポテンシャルを十分有している。S 社は、実証試験工事の現地再委託先選定時には SP1 を所有していなかったが、2018 年 9 月現在、SP1 登録されている。

また、前述のとおり、LDPP で日本式法枠が施工されている。施工したのは、RR-ソルテック（日系施工業者）と SD&CC である。RR と SD&CC は、ともに、道路工事や、橋梁工事、建築工事を行う現地ゼネコンである。LDPP を通し、RR と SD&CC は、日本式吹付法枠工の施工経験を有し、十分な施工ポテンシャルを有している。ただし、LDPP では、彼らと協力関係にある日系施工業者ソルテックの日本人作業員メインでの施工であった為、彼らが自分達だけで施工するには、さらなる経験が必要である。

さらに、第 7 回調査渡航時、山間部（Badulla 付近）において、現地建設業者である ICC が、大規模道路整備工事を施工しているのが確認された。ドナー等詳細情報は不明であるが、道路付帯斜面保護工事が施工されており、日本式吹付法枠工の施工に関し、ポテンシャルを有していると思われる。



写真 62 Badulla における道路整備工事



写真 63 Badulla における道路整備工事

### 3-6 スリランカ国内での商習慣、関連法制度等を確認し、事業展開に向けたリスク分析を行う。

スリランカにおける関連法制度としては、以下がある。

- Imports and Exports (Control) Act, No.1 of 1969
- Sri Lanka Standards Institution Act, No. 38 of 1964
- Companies Act No.7 of 2007
- Exchange Control Act Nos. of 1953
- Intellectual Property Act (Act No. 36 of 2003)

スリランカ進出済み日系企業の一例として、N社への聞き取り調査を行った。N社は、緑化資材の取り扱いを得意とする企業であり、スリランカの地元企業との共同出資により現地法人を設立している。同社に対して、スリランカにおける会社の設立に関する手順について聞き取り調査を行った。現地法人設立時の流れを以下に示す。

- 1 外国の企業が投資するスリランカ企業については、Board of Investment (BOI) への登録が必要である。
- 2 現地法人の設立にあたっては2~3年の構想後に実現した。
- 3 BOIへの申請後、登録までに1年程度経過した。
- 4 BOIへの登録
  - ① Coconuts Development Authority (CDA)からの許可証が必要である。(※ココナツ関係の場合) BOIの登録までに時間がかかった理由は、CDAの許可証の取得に時間がかかったためである。
  - ② Securities Investment Account (SIA、投資保証口座)の確認が行われる。
  - ③ 工場等の計画(建物の形状、食堂の有無、トイレ等の施設、周辺環境等)の確認が行われる。これらが、BOIに提出され、審査後、登録が許可される。
- 5 登録後、企業は2年間程度BOIの監視下に置かれる。
- 6 監視下では、年1回会計報告(Financial Report)を提出する必要がある。以下の

手順となる。

- ① 会計報告は、BOI 及び Inland Revenue（内国歳入庁）に提出する。
- ② Good Manufacturing Practices（GMP、適正製造基準）の許可証を取得する。
- ③ CDA の許可証を取得する。
- ④ RHP の許可証を取得する。（RHP はヨーロッパの品質基準であり、ヨーロッパへの輸出には必要）

以上から、スリランカで会社を設立する場合には、設立の構想に2～3年、登録までに1年程度かかり、設立までは合計で3～4年かかることが想定される。また、会社を設立し登録できたとしても、2年間はBOIの監視下に置かれることとなる。会社を設立して事業が軌道に乗るまでには長期的な投資が必要であることが分った。

ビジネス展開におけるリスクとその対応策は、表23に示す通りである。後述する通り、小岩金網は現地パートナー企業と組んで、委託による現地生産を行うビジネスモデルの採用を考えている。リスク対策としては、「投資資金の回収」に対して重点的に手当てする必要がある。現地パートナー企業が生産する商品に対して、小岩金網が技術移転するのに必要な費用と利益を上乗せして販売する形態となる。そのため、現地パートナー企業との信頼関係の構築が大きな課題であり、例えば、相手からの販売実績の正確な申告とそれに伴う利益配分が適正に行われることが小岩金網の損益に直結する。

現地パートナー企業との信頼関係を醸成するには、小岩金網の担当者に確かな技術力と交渉力を兼ね備えた人材を配置することが非常に重要である。それが製品の品質を担保することになり相手からの信頼も得られる。また、不適切な事務処理が行われないように抑止効果を働かせることで、小岩金網が適正な利益を得られるような仕組み作りを行うことに注力する。

表 23 ビジネス展開における想定リスクと対応策

区分	想定リスク	内容	可能性	影響度	対応順位	対応策
カントリー リスク (スリラン カ)	政治・政策	外資規制の強化など	小	中	小	法制度の動向にアンテナを張り、パートナーと協力して対応を迅速にとる
	為替	為替の急激な変動による損益の発生	大	中	大	NEXI貿易保険、販売通貨分散、早期売掛金の回収、投資時は現地通貨またはUSDでの融資依頼
	人件費・資材費高騰	経済発展に伴う施工コストの増加	中	中	中	製造工程、製造地を見直し、原価上昇を抑制する
	自然災害	豪雨、洪水等の災害による事業資源の喪失	小	大	中	自然災害に遭遇しない事業資源の保管場所を確保する
	法務	法制度の改正にともなう不適合化	小	大	中	法制度の動向にアンテナを張り、パートナーと協力して対応を迅速にとる
	環境社会配慮	環境規制内容の改正にともなう不適合化	小	大	中	法制度の動向にアンテナを張り、パートナーと協力して対応を迅速にとる
	知財	模倣品	小	大	中	重要技術・ノウハウの情報公開制限、国内シェアが大きい企業との連携により他社を牽制する
リスク	不適切な適用	見よう見まねで設計・施工し、斜面对策を失敗	中	大	高	CIDAへの技術登録、設計・施工マニュアル活用、NBROの技術指導により不良品を排除する
	投資資金の回収	投資資金が回収できない	中	大	高	投資計画を立て、資金繰り、資金回収を十分に検討する
	商習慣	独自の商取引習慣により不利益を被る	大	中	中	現地パートナー・弁護士事務所・商工会議所等へのサポート依頼
	パートナー企業の倒産	損害を被るとともに事業展開が滞る	小	大	中	別のパートナー候補を選択しておき、緩やかな提携を維持する
	環境社会配慮	環境社会配慮対応による事業展開の遅れ	小	大	中	案件化調査、普及・実証事業時に十分検討し、問題なく展開できることを確認する
	技術水準の低下	高技能労働者の離職や製造機械の老朽化	大	中	中	コミュニケーションを重視し組織への帰属意識を持たせることで品質や機械の劣化を抑制する
	競合	同等工法の進出・開発による事業展開の鈍化	小	大	中	技術確立による他工法の流入抑制、他社動向調査

### 3-7 上記 3-1 から 3-6 を踏まえ、同国内における事業展開計画を策定する。

上記までの調査で得られた情報をもとに、事業展開計画を策定した。詳細は、4. 本事業実施後のビジネス展開計画に記載のとおりである。

#### 3-1-4 環境社会配慮

##### 4-1 環境チェックリストの内容を踏まえ初回渡航時に調査すべき項目を検討・決定する。

環境チェックリストの内容を踏まえ、主な調査・配慮すべき項目を下に示す。なお、当調査チームによる監督指導の下、現地建設会社が対策を実施する体制である。また、環境モニタリングを NBRO 環境部が実施することに合意を得て実際にモニタリングが実施された。

##### (1) EIA 及び環境許認可

EIA や環境許認可に関して、本事業の実証試験工事実施サイトは TCLMP 実施時に「CEA から EIA 及び IEE は必要と規定されたプロジェクトには該当しない」旨のレターが発行されている。また、同レターに、森林局や野生動物保護局等の関連部局に、プロ

プロジェクト実施前に当該部局が保有する土地への不適切な資材の廃棄等の活動について許可を得る必要があると記載されているが、NBRO 環境部に確認したところ特に許可を得る必要はないと回答を得ている。本件については、TCLMP における 4 箇所のパイロット地区のうち、2 箇所が森林に位置しているため、これらの地区に関しては必要に応じて許可を得る必要がある、との見解である。本地区は市街地に位置するため、当該部局等とは関連は無い。

#### (2) 現地ステークホルダーへの説明

技プロ時に看護学校関係者に地すべり対策実施の説明を行っており、工事許可を得ている。本事業においても、事業開始時に看護学校関係者及び関係機関担当者に対して工事説明会を行った。

#### (3) 大気質の保全

吹付作業時、セメントが飛散しないよう注意してセメントを吹付機に投入するよう、作業員に指導を行った。グラウンドアンカー削孔時は、粘性土の地質であったため、粉じんの発生が少なく、対策は不要であった。

#### (4) 水質の保全

斜面下部道路に法面掘削中の泥水や、グラウンドアンカー削孔中の削孔水（泥水）、及びセメント洗い水（アルカリ性）が流出する。排水は、大型土のう（1 トンパック）に入れて固形物は廃棄処分し、水分は自然蒸発ないしは地盤に浸透処理した。

#### (5) 廃棄物の適切な処理

工事で発生した廃棄物は、NBRO の指示に基づき埋立て処理及びリサイクル処理を行った。調査団は、その把握・管理を行った。

#### (6) 騒音・深度の抑制

吹付プラントの稼働音、及びグラウンドアンカーの削孔音が発生する。吹付プラントの圧力解放音はサイレンサーを取付け、音量を低減させた。グラウンドアンカーの削孔に関しては、地質条件から打撃音が少なく周辺環境への影響は小さかった。

#### (7) 土砂流出の抑制

工事時の法面掘削及びグラウンドアンカー削孔時、及び土捨て場での残土処理において土砂流出の可能性がある。法面掘削及びグラウンドアンカー掘削時は、沈砂池を設置して土砂流出を防止した。土捨て場での残土処理においては、適切な転圧等を行った（写真 64、写真 65）。



写真 64 残土処理場全景



写真 65 残土処理状況

(8) 労働環境の遵守

スリランカの労働基準法を遵守し、保健衛生指導及び交通安全対策を実施した。

(9) モニタリング

NBRO の環境部に依頼し、実証試験工事中の環境モニタリングを実施することとなった。工事開始前にモニタリング実施計画（案）の立案を行った。環境部から担当が選任され、モニタリング実施計画（案）にしたがってモニタリングが実施された。

表 24 環境社会配慮項目と緩和策等実施事項（工事中）

分類	環境項目	発生事象	緩和対策等実施事項
汚染対策	大気質	吹付作業時及びグラウンドアンカー削孔時に粉じんが発生	粉じんが飛散しないように仮囲いを行うとともに、粉じん低減材を使用して粉じんの発生を抑制
	水質	斜面下部道路に法面掘削中の泥水や、グラウンドアンカー削孔中の削孔水（泥水）、及びセメント洗い水（アルカリ性）が流出	泥水は、沈砂池を作って土砂の流出が起らないよう対策して排水し、アルカリ水は中和後に排水
	廃棄物	産業廃棄物の発生	NBRO の指示に基づき埋立て処理及びリサイクル処理を実施（調査団は、その状況をモニタリング・監視）
		法面掘削による残土の発生	NBRO の指示に従い適切に処理・処分を実施（調査団は、その状況をモニタリング・監視）
騒音・振動	吹付プラントの稼働音（圧力解放音）、及びグラウンドアンカーの削孔音が発生	吹付プラントの圧力解放音はサイレンサーを取付け、音量を低減 グラウンドアンカーの削孔音は、防音壁を設けて騒音伝播を抑制	
自然環境	地形・地質	工事時の法面掘削及びグラウンドアンカー削孔時、及び土捨て場での残土処理において土砂流出の可能性	法面掘削及びグラウンドアンカー掘削時は、沈砂池を設置して土壌流出を防止 土捨て場での残土処理は、適切な転圧等実施
社会環境	労働環境	現場従事者の労働環境整備	スリランカの労働基準法を遵守し、保健衛生指導及び交通安全対策を実施
その他	モニタリング	上記の環境項目に対するモニタリング	NBRO と協議してモニタリング計画を策定して実施

#### 4-2 決定した調査項目を踏まえ、初回調査時に具体的な現地法令等を調査する。

関連する現地法令としては、“The National Environmental Act, No.47 of 1980”が該当する法令である。同法令中では、1ha 以上の森林を森林以外の用途への変更については承認が必要となっている。本事業では、対象範囲の面積が 0.275ha であり本条件に該当しないため、IEE や EIA の適用外であることを TCLMP における調査時に確認済みである。したがって、本工事において IEE や EIA を行う必要はない。ただし、工事が環境に影響を与える可能性があるためモニタリングは実施することとし、モニタリング計画を策定した。詳細は 4-3 項に示す。

#### 4-3 上記 4-2 を踏まえ、施工開始前までに環境管理計画・モニタリング計画を策定する。

実証試験工事中の環境モニタリングを NBRO 環境部に依頼した。NBRO 環境部と打合せをし、環境管理計画およびモニタリング計画を策定した。環境モニタリング計画より、モニタリング項目を抜粋し、表 25 に示す。

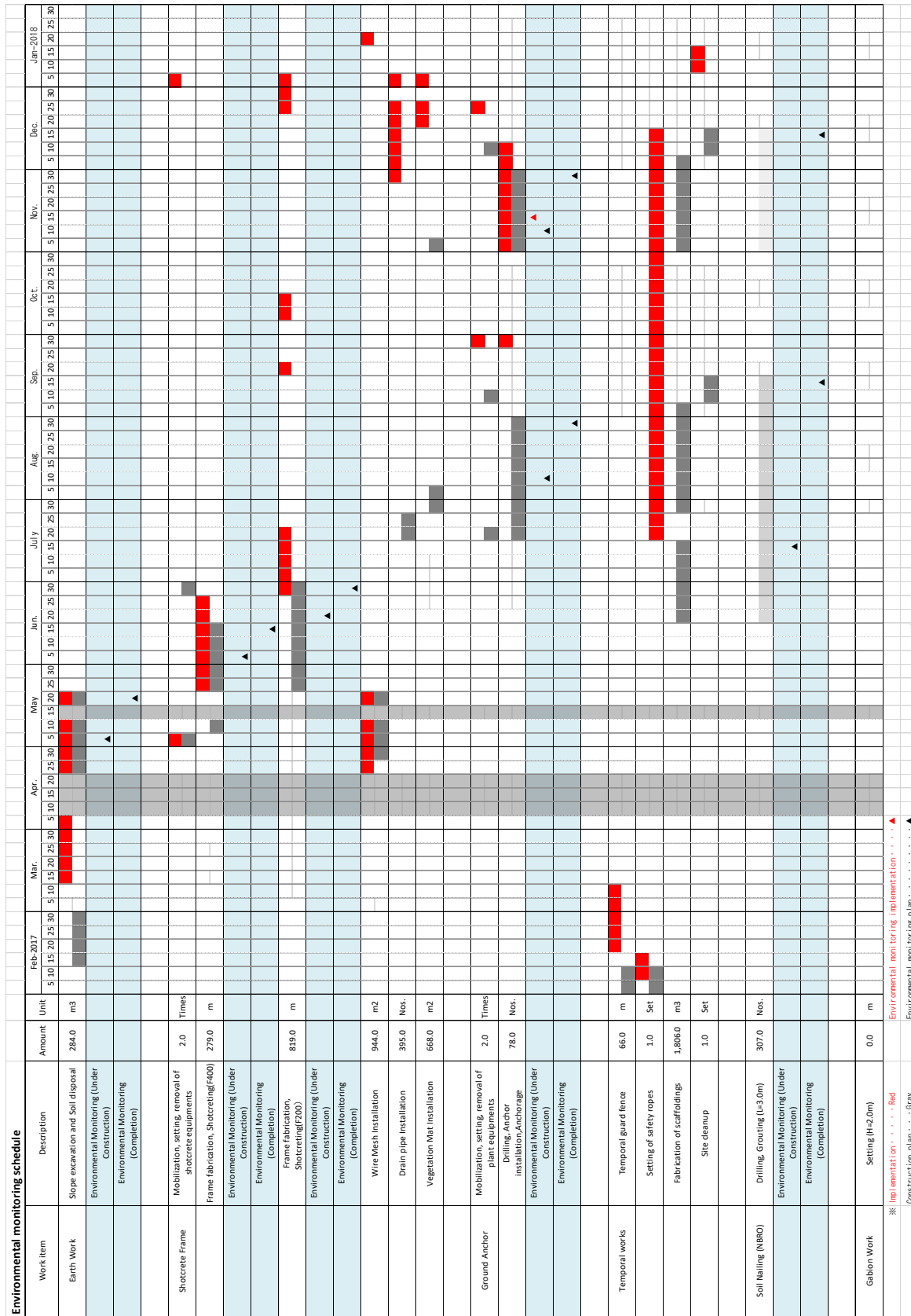
表 25 モニタリング計画

Location of Project	Category	Elements in Project Area
Kandy, Nurses School	<b>Ecological habitats/ niches Ecological sensitive</b>	The project area is highly urbanized. Hospital, Shops, playground, hotels and commercial building are common features of the project area. Therefore there is little ecological sensitive.
	<b>Protected species</b>	There are no protected plant species in the site and the surrounding of the project area, as it is surrounded by an urban area. The common species found in the project area are Jack and Neem.
	<b>Water sources (Consumptive/ Sanitary and Contact)</b>	Drinking water source in the area is treated pipe borne water from public water supply for consumptive water uses. A surface water stream originated from Dunumadalawa forest is running closes to the site at about 40 m away toward downstream. The stream will be subjected to siltation if proper mitigation activities are not followed to prevent flowing of mud water.
	<b>Other sensitive elements (Schools, Road, Public places etc.)</b>	The Nursing School, Hospital, Roads and commercial building are observed in the project area.
	<b>Noise and Vibration</b>	The project area is urban residential and there are multi story buildings made of reinforced concrete or from structural steel.
	<b>Air Quality</b>	The project area is highly urbanized; Hospital, Shops, playground, hotels and commercial building are common features of the project area. Hence the site is very sensitive on air quality impacts. Hence during the construction activities dust screens should be installed to reduce the generation of dust.

4-4 施工開始後、上記 4-3 に基づきモニタリング及び対応策を実施する。

実証試験工事開始に当って、NBRO の環境部から担当の技術者が選任され、環境モニタリングを実施した。NBRO よりモニタリング報告書が提出され、その結果特に問題は無かった。図 14 に環境モニタリング実施スケジュールを示す。





※ [Red] Implementation, [Blue] Environmental monitoring plan, [Gray] Environmental monitoring plan, [Red triangle] Environmental monitoring implementation

図 14 環境モニタリング実施スケジュール

4-5 上記4-4に基づき、モニタリング及び実施結果について整理する。重要な環境社会影響項目の予測・評価及び緩和策、モニタリング計画案を作成する。

モニタリング及び実施結果について表 26 に整理する。実証試験工事施工を通して、深刻な環境影響は計測されなかった。

表 26 モニタリング結果

分類	環境項目	発生事象	緩和対策等実施事項	モニタリング結果
汚染対策	大気質	吹付作業時及びグラウンドアンカー削孔時に粉じんが発生	粉じんが飛散しないように仮囲いを行うとともに、粉じん低減材を使用して粉じんの発生を抑制	基準値以下であり、特に問題は無かった。
	水質	斜面下部道路に法面掘削中の泥水や、グラウンドアンカー削孔中の削孔水（泥水）、及びセメント洗い水（アルカリ性）が流出	泥水は、沈砂池を作って土砂の流出が起らないよう対策して排水し、アルカリ水は中和後に排水	基準値以下であり、特に問題は無かった。
	廃棄物	産業廃棄物の発生	NBRO の指示に基づき埋立て処理及びリサイクル処理を実施（調査団は、その状況を把握、管理）	—
		法面掘削による残土の発生	NBRO の指示に従い適切に処理・処分を実施（調査団は、その状況を把握、管理）	—
騒音・振動	吹付プラントの稼働音（圧力解放音）、及びグラウンドアンカーの削孔音が発生	吹付プラントの圧力解放音はサイレンサーを取付け、音量を低減 グラウンドアンカーの削孔音は、防音壁を設けて騒音伝播を抑制	騒音・振動ともに基準値以下であり、特に問題は無かった。	
自然環境	地形・地質	工事時の法面掘削及びグラウンドアンカー削孔時、及び土捨て場での残土処理において土砂流出の可能性	法面掘削及びグラウンドアンカー掘削時は、沈砂池を設置して土壌流出を防止 土捨て場での残土処理は、適切な転圧等実施	土砂流出は発生しなかった。
社会環境	労働環境	現場従事者の労働環境整備	スリランカの労働基準法を遵守し、保健衛生指導及び交通安全対策を実施	—

### 3-2 事業目的の達成状況

当該事業における活動内容の達成状況について表 27 に示す。予定していた活動については概ね完了している。2-5 項において完成時の現地見学会のみ実施できていない。これは実証試験工事に付随する NBRO の負担部分が完了していないため、2019 年 5 月頃に全ての工事が完了する見込みとなっている。5 月以降で NBRO から看護学校への現場が引き渡される場面で関係者への完成披露としたい。これは事業完了後の行事になるため自社業務として対応する。

表 27 進捗状況一覧

項目	当初計画期間	実施期間 及び今後の計画	達成率
1. 対象サイトでのユニット式金網型枠による吹付法枠工法の施工を通じ土砂災害対策としての同工法の適用性・優位性を確認			
1-1 スリランカにおける土砂災害対策にかかる方針・計画及び危険斜面对策等の実施状況及び施工方法等について情報収集する。	2016 年 9-10 月	2016 年 9 月- 2017 年 5 月	100%
1-2 ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工に必要なスリランカの関連法令・制度等を確認する。	2016 年 9-10 月	2016 年 9 月- 2017 年 5 月	100%
1-3 対象サイト（キャンディ看護学校に隣接する斜面）にかかる状況を確認し、既往の調査及び設計の照査を行う。	2016 年 9-10 月	2016 年 9-12 月	100%
1-4 上記 1-3 の照査結果に基づき、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工計画を策定する。	2016 年 9-11 月	2016 年 9-11 月	100%
1-5 上記 1-4 の施工計画に基づき、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工に必要な資機材及び建設業者を適切に調達する。	2016 年 9-12 月	2016 年 9 月- 2017 年 2 月	100%
1-6 上記 1-5 で現地調達した建設業者に対してユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかる施工技術を指導する。	2017 年 1-6 月	2017 年 2 月- 2018 年 1 月	100%
1-7 ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工を行う。	2017 年 1-6 月	2017 年 2 月- 2018 年 1 月	100%
1-8 施工終了時にカウンターパートとともに完了検査を行う。	2017 年 7-8 月	2018 年 2 月	100%
1-9 施工後約 8 か月間、斜面変状及び吹付法枠工等の状況をモニタリングし、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の適用性を検証する。	2017 年 7 月- 2018 年 2 月	2018 年 2 月- (2019 年 2 月)	100%
1-10 施工後、ユニット式金網型枠による吹付法枠工の優位性について分析する。	2017 年 7 月- 2018 年 2 月	2018 年 3 月- 2018 年 9 月	100%
1-11 上記 1-9、1-10 の結果を整理し、カウンターパート等と共有する。	2018 年 3-5 月	2018 年 2 月- 2018 年 9 月	100%
2. ユニット式金網型枠による吹付法枠工の実施環境を整備			
2-1 カウンターパートと協力し、スリランカの実情を考慮した設計・積算・施工マニュアルを作成し、カウンターパートより発行する。	2016 年 9-11 月	2017 年 2-12 月	100%
2-2 カウンターパートに対し、設計・積算・施工マニュアルに関するノウハウを移転する。	2016 年 12 月- 2017 年 4 月	2016 年 12 月- 2017 年 7 月	100%
2-3 実証試験施工の各段階において、設計・積算・施工マニュアルを基にカウンターパート等に対し安全・技術講習会を実施して設計・積算・施工計画・施工管理の手法・ノウハウを移転する。	2016 年 12 月- 2017 年 3 月	2017 年 2 月- 2019 年 3 月	100%
2-4 実証試験施工前及び施工中、設計・積算・施工マニュアルを基にカウンターパート及び現地建設会社等の技能者に対し安全・技	2016 年 12 月- 2017 年 4 月	2017 年 2 月- 2017 年 12 月	100%

能講習会を実施して施工に必要な技術を移転する。			
2-5 カウンターパート等に対して施工の各段階において対象サイトの現地見学会を実施し、各段階の施工状況に対する知識・理解の向上を図る。	2016年12月- 2017年7月	2017年2月- 2019年3月	90%
2-6 実証試験施工前及び施工後、カウンターパート、政府関係者、コンサルタント、建設会社等を対象にユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかるセミナーを実施する。施工後のセミナーにおいては、上記1-9、1-10の検証・分析結果を踏まえた内容とする。	2016年12月- 2017年1月、 2017年9-10月	2017年2月、 2018年9月	100%
2-7 上記2-6を踏まえ、ユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかる普及方法をカウンターパート等と検討する。	2017年10月- 2018年3月	2017年12月- 2018年9月	100%
2-8 上記1-9、1-10及び2-7の結果を踏まえ、設計・積算・施工マニュアルの内容を更新し、最終版とする。	2017年10月- 2018年3月	2017年2月- 2018年8月	100%
2-9 スリランカ国内で開催される防災セミナー等にて上記活動1を踏まえたユニット式金網型枠による吹付法枠工に関する発表をし、同国内における防災意識を向上させる。	2016年11月- 2017年1月、 2017年12月	2016年12月	100%
3.スリランカ国内におけるユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかる事業展開計画を具体化			
3-1 他地域における危険斜面状況等を調査し、ユニット式金網型枠による吹付法枠工に適したサイトを整理する。	2016年9-11月	2016年9月- 2017年2月	100%
3-2 上記3-1に基づき、カウンターパートとユニット式金網型枠による吹付法枠工による危険斜面対策の実施可能性を検討する。	2016年12月- 2017年3月	2017年1月- 2018年9月	100%
3-3 ユニット式金網型枠の輸出供給・OEMによる現地生産化等及び吹付法枠工の施工に必要な資機材調達方法について調査し、コスト分析を通じ競合優位性を確認する。	2016年9-11月、 2016年12月- 2017年3月、 2017年6-10月	2017年2月- 2019年12月	100%
3-4 ユニット式金網型枠による吹付法枠工にかかる知的財産保護手法を検討する。	2016年9月- 2017年7月	2016年9月- 2018年10月	100%
3-5 ユニット式金網型枠による吹付法枠工の施工が可能な現地建設業者について調査する。	2016年9月- 2017年1月、 2017年10月- 2018年1月	2016年9月- 2017年2月	100%
3-6 スリランカ国内での商習慣、関連法制度等を確認し、事業展開に向けたリスク分析を行う。	2016年9月- 2017年7月	2016年9月- 2019年1月	100%
3-7 上記3-1から3-6を踏まえ、同国内における事業展開計画を策定する。	2017年9月- 2018年4月	2017年9月- 2019年1月	100%
4.環境社会配慮			
4-1 環境チェックリストの内容を踏まえ、初回渡航時に調査すべき項目を検討・決定する。	2016年9-10月	2016年9-10月	100%
4-2 決定した調査項目を踏まえ、初回調査時に具体的な現地法令等を調査する。	2016年11-12月	2016年9-10月	100%
4-3 上記4-2を踏まえ、施工開始前までに、環境管理計画・モニタリング計画を策定する。	2016年9-12月	2016年9月- 2017年2月	100%
4-4 施工開始後、上記4-3に基づきモニタリング及び対応策を実施する。	2017年1-7月、 2017年9-11月	2017年1月- 2018年1月	100%
4-5 上記4-4に基づき、モニタリング及び実施結果について整理する。重要な環境社会影響項目の予測・評価及び緩和策、モニタリング計画案の作成	2018年3-4月	2018年3-4月	100%

### 3-3 開発課題解決の観点から見た貢献

我が国の「対スリランカ国別援助方針」（2012年6月）では、開発課題「脆弱性軽減のための社会基盤整備」にて、実効的な防災体制確立と防災対策導入に対する協力方針を定めている。

これに基づき「対スリランカ国事業展開計画」では、災害に対する被害抑止・被害軽減等の予防措置を念頭に、災害リスクモニタリング、防災計画策定、ハード対策を含む防災対策の実施等に係る防災体制の整備・強化を支援する、と記載されている。特に、我が国が防災分野で多くの経験と高い知見を有する同計画における3つの成果のうち、「成果2:洪水・土砂災害に対する潜在的な災害リスク要因の削減（ソフト及びハード対策）」が重点的に支援を行う分野の一つとされている。

本事業は、スリランカで重要視される土砂災害対策の一つの工法である「ユニット式金網型枠による吹付法枠工」を、本事業を通じて普及していくことにより、スリランカの土砂災害対策能力を強化する事業であり、我が国及び JICA の援助方針と合致している。なお、これまで JICA は、防災セクターでは、開発調査「防災機能強化計画調査」（2006-2009）、技術協力「気候変動に対応した防災能力強化プロジェクト」（2010-2013）の他、既述のように TCLMP、LDPP も実施してきており、防災関連機関の能力強化、防災体制強化とともに、NBRO の能力強化を中心に土砂災害対策強化を図ってきている。

このような観点から、本事業は上記課題である土砂災害による社会的脆弱性を軽減するために貢献するものと考えられる。

### 3-4 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

小岩金網(株)は、東京都台東区に本社を置き、全国 6 エリアに支店を、7 地区に営業所を、8ヶ所に工場を有し、全国のユーザーに製品を供給している。「ユニット式金網型枠」が日本で開発された当初から製造を行っており、日本の斜面防災へ貢献してきた。小岩金網(株)の事業活動が地元経済及び地域活性化に対する貢献は下記のようなものがあり、今後の雇用創出が想定される。本事業を成し遂げた暁には、表 29 のような地元経済及び地域活性化への貢献が想定される。

表 28 地元経済・地域活性化への貢献（現時点）

評価項目	状況
雇用創出	各工場では、従業員の雇用をはじめ、製品を梱包する段ボールの手配や、製品の運搬を行う運送会社などは地元企業に委託しており、地域企業との連携を図りながら事業を行っている。 しかし、残念ながら国内需要の減少から 1999 年以降ユニット式金網型枠の生産量も縮小を強いられ、それに伴い定年による自然減も含め製造現場の従業員も減少傾向にある。
納税	各事業所では法人地方税及び固定資産税等を納税している。

表 29 地元経済・地域活性化への貢献（実施後の見込み）

評価項目	状況
雇用創出	海外でもユニット式金網法枠が採用される実績が増えれば、国内でのユニット式金網法枠と小岩金網の評価が上がることを考えられる。このことにより国内での需要が増加し、小岩金網の工場の人員を増やすことが出来る。
グローバル人材の育成	本事業を通じて得られた海外業務の経験は、小岩金網が海外向けの製品開発及び営業展開を行っていく上では重要な人材となる。また、スリランカへの技術移転の一環として、外国人技能実習制度の活用が期待され、スリランカ人を雇い入れての金網工場製作の技術を教えることができる。
新規事業開拓効果	海外の市場動向を把握することができるようになり、海外向けの新製品開発に取り組むことができる。 吹付法枠による法面処理工事が普及すれば、当然の事ながら防災の観点から、落石対策工も併せての普及が期待される。日本国内での落石対策工には、主にひし形金網を採用しておりスリランカでも法枠に使用するクリンプ金網の需要のみならず、ひし形金網の需要創出や落石対策工事が新規事業として期待される。
地域の同業他社や協力企業など他企業への波及効果	海外（スリランカ）への事業拡大を調査して得た情報を他社に提供し、他社の海外展開を支援できる。 また前述のように国内での需要が増加すれば地域の運送会社、副資材メーカー等への発注も増える。
地方自治体や大学との連携強化の可能性	本事業を通じて関係を持ったスリランカ地方自治体や大学と、海外向けの新製品開発に取り組みたいと考えている。
地域振興策との関連	本事業を通じて得られたノウハウを教示し、地域企業の海外進出を手助けできる。

### 3-5 環境社会配慮

本項目については、「第3章 3-1 3-1-4」の活動項目に記載した。

### 3-6 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

事業実施後、日本式吹付法枠工がスリランカにとって一般的な工法となり、さらにマニュアルに基づいて実際に施工が行われることで、普及が実現していくものと考えられる。日本式吹付法枠工の普及のためには、NBRO や RDA 等の実施機関がマニュアルに基づいて積極的に本工法を採用していく必要がある。そのためには、日本式吹付法枠工の仕様が、CIDA が発行する仕様書集に登録されることが望ましい。また、円借款事業や WB 案件、さらに AIIB 案件等の具体的な案件で、NBRO が積極的に日本式吹付法枠工を採用することで、普及がより加速すると考えられる。

### 3-7 今後の課題と対応策

吹付法枠工をスリランカで普及させるには、NBRO が吹付法枠工を積極的に活用しようという動機付けが非常に重要である。NBRO の責任者である Derector General には、実証試験工事の出来栄を高く評価して頂いている。NBRO が旗振り役になって吹付法枠工

を普及するための素地は整いつつあると考えられる。今後も、具体案件に関して、日本式吹付法砕工とスリランカ式吹付法砕の比較検討が行われ、日本式が設計に織り込まれるよう NBRO との協力体制を強化していく。

また、NBRO、発注者、現地コンサルタントなど関係各所の実務者に対してアピールを行っていく為に、CIDA への日本式吹付法砕工の工法登録が有効である。CIDA とは、スリランカにおける建設関係の業者登録や格付け、入札や契約に関する図書、技術基準書などを整備している公的機関である。CIDA の技術基準書には多種多様な土木技術が登録されているが、斜面对策に関する技術は少ない。NBRO からはこの技術基準書に吹付法砕工を登録することが出来れば、施主や設計者が工法を選択する際に有利に働くことを助言された。

現在、CIDA の担当者と登録に向けた議論を進めているが、登録までの手順が複雑で本事業内での完了は難しい状況である。本事業完了後も自社の活動として登録に向けた作業を継続してくつもりである。

その他、施工機械の面では、本事業では湿式吹付機を日本から輸出して使用した。湿式吹付機は日本では広く普及しており、吹付法砕工の品質と施工効率を両立させ、様々な現場条件に対応できる汎用性が高い機械である。しかし、スリランカにおいては全く普及していない機械であり、吹付法砕工を展開する上での障壁となる要素である。当面は、現地業者の保有機械を利用することにより新しい工法の導入を妨げないようにしたい。品質は日本よりも低下するが、スリランカでこれまで行われてきた乾式吹付機による方法を準用して施工を行うことを関係者には促していきたい。工法そのものが普及する中で、品質や効率を追求する動きが出ることを期待する。

## 第4章 本事業実施後のビジネス展開計画

### 4-1 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

#### 4-1-1 マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

スリランカは堅調な経済発展を成し遂げており、急速にインフラ整備が進められている。しかしながら、自然災害に対する脆弱性の軽減が課題となっており、災害に強靱な体制構築が必要となっている。日本式吹付法砕工は、自然災害に対する強靱性の強化を図っているスリランカに不可欠な技術であり、多様な分野及び場所（例えば道路法面对策、住宅造成エリアの斜面对策）でビジネスチャンスがあると考えている。スリランカがおかれた状況を勘案すると、国の予算及び斜面防災への投資は今後益々増加することが期待される。

スリランカの関係各機関の土砂災害対策に関する関係機関と役割を表 30 に示す。このうち、現時点で土砂災害対策を実施している機関は NBRO と RDA のみである。

表 30 土砂災害における関係機関と役割

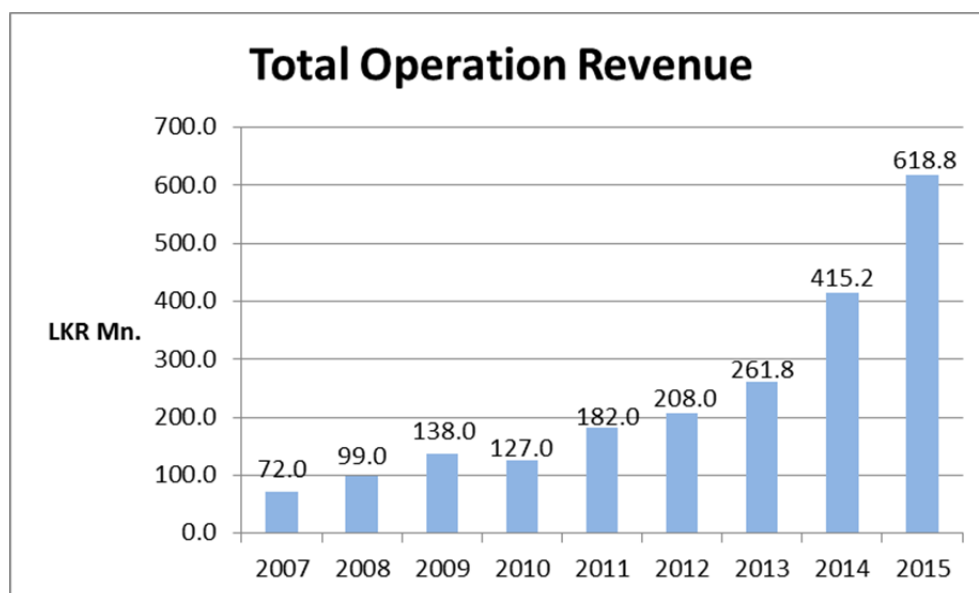
機関名	土砂災害に関わる役割
災害管理省 MDM	・ 災害対応全体における関係機関の調整
災害管理センター DMC	・ 災害時における情報収集 ・ 地方機関及び地域住民への情報発信
国家建築研究所 NBRO	・ 土砂災害全般に関わる事前調査、災害後調査、対策検討 ・ 土砂再災害危険地域の設定（ハザードマップ作成） ・ 危険地域に居住する住民への啓発活動、移転 ・ リアルタイム観測雨量に基づいた地すべり早期警戒情報の発出 ・ 地すべりのモニタリング、対策検討 ・ 山間地域における開発行為に関する技術的助言、評価
気象局 DOM	・ 雨量観測、将来的な雨量予測
道路開発庁 RDA	・ 主要国道沿いの斜面对策及び施工、維持管理、災害復旧
土地開発庁 UDA	・ 都市部における宅地開発における土地利用計画を規制 ・ 山間部では NBRO 作成のハザードマップに基づいた危険地域における建築規制等の実施 ・ 都市部での災害時における住民移転の調整
District Secretariat	・ 災害発生時において災害関係機関から情報・助言等に基づき、対応を決定

出典：スリランカ国 防災セクター情報収集・確認調査 インテリム・レポート

現時点で NBRO は、土砂災害対策工事を実施しているものの、予算規模は小さく、将来的には RDA 等の道路斜面对策工事を実施している機関が重要な客先となるものと考えられる。NBRO の最近9年間の歳入の変化を 図 15 に示す。2015年の予算は前年比48%

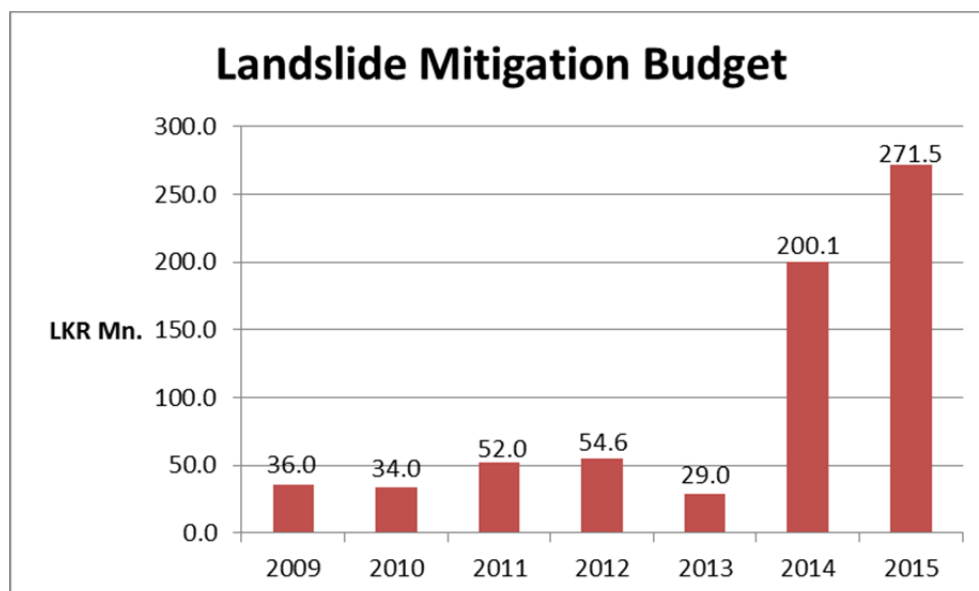


の増となっており、最近の予算の増加が著しいことがうかがえる。このうち、地すべり対策の予算を図 16 に示す。2014 年から急激に増加している状況にある。また、2015 年の予算の内訳を図 17 に示す。これによると、55%が地すべり対策の予算となっている。



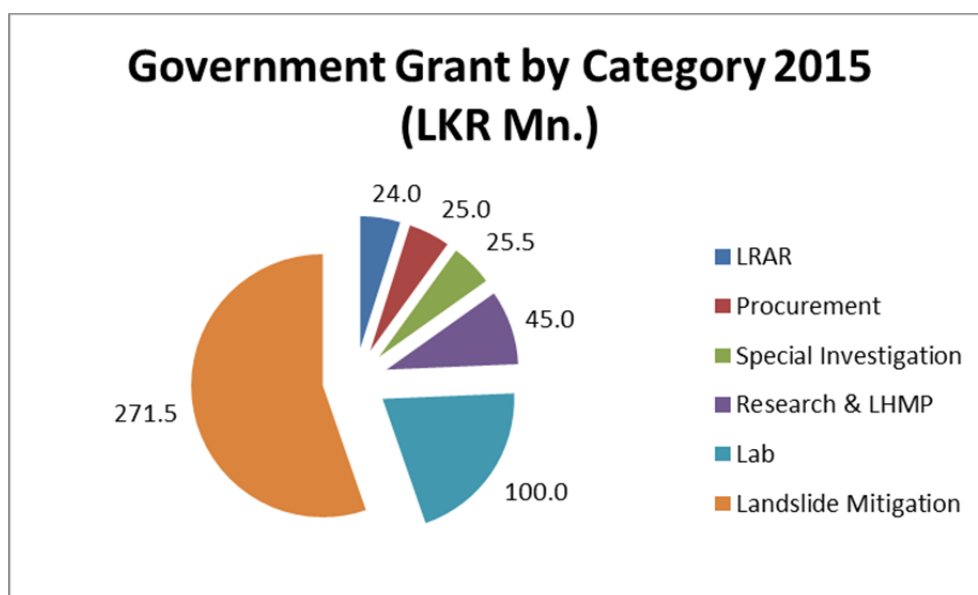
(出典 : Annual Report 2015)

図 15 NBRO の歳入



(出典 : Annual Report 2015)

図 16 NBRO の地すべり対策予算



(出典：Annual Report 2015)

図 17 NBRO の 2015 年の予算の内訳

(1) 市場規模の推定

スリランカ国内における吹付法砕工の市場規模を推定する。土砂災害が多い山岳地域の道路延長は、表 31 に示す通り 14,433km あり、これらの区間には多くの要対策斜面が多く存在する。仮に 10km に 1ヶ所（延長 100m）があった場合、施工箇所は 1,000ヶ所を超える。1ヶ所あたりの工事費を 3 千万円と見積もった場合、総事業費は 300 億円にのぼる。一度に対策を実施することは不可能であるが、政府の防災予算が確保され、災害復旧及び予防保全的な斜面防災工事が継続的に行われるようになれば、大きな市場となる。

表 31 山岳地域のクラス別道路延長

県	A クラス	B クラス	C クラス	D クラス	総延長
Badulla	267	432	1,109	406	2,214
Nuwara Eliya	120	492	433	49	1094
Kandy	184	563	934	352	2033
Matale	105	283	299	177	864
Kegalle	144	365	559	714	1782
Ratnapura	272	440	688	830	2230
Kalutara	80	341	417	247	1085
Galle	97	393	387	272	1149
Matara	135	257	288	243	923
Hambantota	115	504	240	200	1059
計	1519	4070	5,354	3490	14,433

出典：Central Bank of Sri Lanka, Economic and Social Statistics of Sri Lanka 2016

次に、法枠工が施工された場合の要対策面積を表 31 を基に概算で算出する。この際、LDPP 資料を参考に法枠工の採用率を 30%程度と仮定して算出を行うこととした。また、参考として採用率が 50%となった場合の要対策面積もあわせて算出を行った。なお、道路沿いの斜面对策として、切土等の対策も考えられるが、RDA 用地外に及ぶ対策となるため用地取得の問題が発生する。したがって、RDA 用地内での対策であれば、法枠工等の現況の斜面に直接施工する対策が有利となる。

#### 試算-1:法枠の市場規模試算（道路沿斜面）

以下の考え方で算出を行う  $AR=Z \times A1 \times \alpha$

AR：吹付法枠工の要対策面積

Z：要対策法面数

A1：1 法面当りの対策面積（1,000 m<sup>2</sup>と仮定、LDPP 資料より）

$\alpha$ ：吹付法枠工が採用される確率（0.3 と仮定、LDPP 資料より）

山岳地帯の A ランク国道延長：約 1,500km

このうち、ランク A,B,C に区分される危険箇所：61 箇所

以上より、1,500km/61 箇所=25km/1 箇所

となる。

これを、B,C ランク国道にあてはめると

B ランク国道の延長：4,070km÷25km = 163 箇所

C ランク国道の延長：5,354km÷25km = 214 箇所

1 法面あたりの平均面積：1,000m<sup>2</sup>（LDPP 資料より）

$\alpha=0.3$ （3 箇所/10 箇所）（LDPP 資料より）

以上より、A,B,C ランク国道を対象とするとして

$AR=Z \times A1 \times \alpha = (61+163+214) \times 1,000 \times 0.3 = 131,400\text{m}^2$

となる。

仮に D ランク国道も含むとすると、

D ランク国道の延長:3,490km÷25km = 140 箇所

合計 578 箇所（A,B,C,D ランク全て含む）

$AR=Z \times A1 \times \alpha = (61+163+214+140) \times 1,000 \times 0.3 = 173,400\text{m}^2$

仮に吹付法砕工が採用される確率がもう少し高いと仮定して、 $\alpha=0.5$  とすると、以下のようになる。

$$A,B,C \text{ ランク国道} : AR=Z \times A1 \times \alpha = (61+163+214) \times 1,000 \times 0.5 = 219,400\text{m}^2$$

$$A,B,C,D \text{ ランク国道} : AR=Z \times A1 \times \alpha = (61+163+214+140) \times 1,000 \times 0.3 = 289,000\text{m}^2$$

となる。

パラメータの設定根拠が LDPP 資料しかないため、概算ではあるが、いずれの計算結果にしる、要対策面積は約 180,000~300,000m<sup>2</sup> 程度の規模であると想定される。

表 32 国道沿いの想定市場規模

国道区分	延長	危険箇所数	想定面積 ( $\alpha=0.3$ )	想定面積 ( $\alpha=0.5$ )
A ランク国道	1,500km	61	18,300 m <sup>2</sup>	30,500 m <sup>2</sup>
B ランク国道	4,070km	163	48,900 m <sup>2</sup>	81,500 m <sup>2</sup>
C ランク国道	5,354km	214	64,200 m <sup>2</sup>	107,000 m <sup>2</sup>
D ランク国道	3,490km	140	42,000 m <sup>2</sup>	70,000 m <sup>2</sup>
計	14,414km	578	173,400 m <sup>2</sup>	289,000 m <sup>2</sup>

注：1 法面あたりの対策面積 A1 1,000m<sup>2</sup>

吹付法砕工が採用される確率  $\alpha$  0.3 もしくは 0.5

#### 試算-2:法砕の市場規模試算（道路沿斜面+急傾斜地）

2014年12月18日付の adaderana.lnk の Web サイト上では、NBRO がスリランカ全土で 3,500 箇所の土砂災害危険箇所がある、との発言が確認された。

仮にこの数字を上記算出方式で試算すると、

$$AR=Z \times A1 \times \alpha = 3,500 \times 1,000 \times 0.3 = 1,050,000\text{m}^2$$

$\alpha$  を 0.5 とすると

$$AR=Z \times A1 \times \alpha = 3,500 \times 1,000 \times 0.5 = 1,750,000\text{m}^2$$

となる。

NBRO が想定している全ての土砂災害対策箇所全てを法砕工の適用対象とするならば、上記のように 100 万 m<sup>2</sup> オーダーの市場規模が想定される。これは、試算-1 の結果よりも大幅に大きな市場規模となる。試算-1 で見込まれた道路沿斜面の需要に加え、山間部の急傾斜地に土砂災害危険箇所が多数存在し、潜在的な需要が含まれた為と考えられる。

表 33 道路沿斜面+その他危険箇所

対象斜面	危険箇所数	想定面積 ( $\alpha=0.3$ )	想定面積 ( $\alpha=0.5$ )
道路沿+その他	3,500	1,050,000m <sup>2</sup>	1,750,000m <sup>2</sup>

### 試算-3: NBRO および RDA の予算をもとに、法枠工の年間発注額を試算

NBRO の予算規模としては、全体で約 6 億 Rps 程度、そのうち土砂災害対策事業費が約 2-3 億 Rps 程度である (NBRO Annual Report 2016 より)。

一方、RDA の予算規模は全体で約 1,900 億 Rps、そのうち 4 億 5 千万 Rps が土砂災害対策事業費 (LDPP)、山岳地域道路改良事業費が 25 億 Rps となっている (RDA Annual Report 2015 より)。山岳地域道路改良工事は、道路拡幅や土工事がメインとなる。道路改良事業費に関しては、10%の 2 億 5 千万 Rps 程度が、斜面保護工事事業費として見込まれる。

NBRO、RDA 双方の予算を合わせると、約 9 億 Rps/年であるので、上述  $\alpha=0.3$  であれば、2.7 億 Rps 程度が吹付法枠工の予算となり、 $\alpha=0.5$  であれば 4.5 億 Rps 程度が吹付法枠工の予算となる。

スリランカにおける吹付法枠工の単価を 19,500Rps/m<sup>2</sup> (13,000 円/m<sup>2</sup>、1 円=1.5Rps) とすれば、吹付法枠工が年間 13,000 m<sup>2</sup> から 23,000m<sup>2</sup> 程度施工される規模である。

試算 1~3 の結果より、100 万 m<sup>2</sup> 規模の吹付法枠工の市場が見込まれ、年間では 13,000 m<sup>2</sup> から 23,000m<sup>2</sup> 程度の工事発注が期待される。単純に計算すると吹付法枠工の工事は、今後 50 年~80 年間継続することになる。さらには、毎年、豪雨による斜面崩壊が発生しており要対策箇所が増え続けている。スリランカの経済発展が予想される中、土砂災害対策事業を促進していく必要があることから、吹付法枠工の市場規模は今後急速に拡大していくと考えられる。

#### (2) 競合製品および代替製品の整理

日本式の吹付法枠工の市場を脅かす競合製品および代替製品について整理する。

日本式法枠工の競合製品は、日本であれば工場二次製品の受圧板が相当する。これらに対しては要約の中で示した通り、元々国内において日本式法枠工の方が経済性で有利であり、さらに輸出費用を考慮すれば吹付法枠工の方が価格競争力を有している。工場二次製品の受圧板は工程を短縮できる利点はあるものの日本以外ではほとんど普及していないことを踏まえると、スリランカにおいて日本式法枠工の競争相手になる可能性は低いと言える。

日本式法枠工の代替製品となるのは、スリランカ式法枠工である。スリランカ式法枠工に対する優位性は、「第 3 章 3-1 3-1-1 1-10」にて述べた通り施工性や品質面で日本式法枠工が優れている。経済性では劣るものの日本式法枠工の特長が活かせる現場条件や重要度が高い箇所であれば十分に競争できる。また、スリランカ式法枠工は、ロックボルト工の頭部を連結する役割を期待されており、ロックボルト工と一体となって適用される。それに対して、日本では地盤表面の保護工として、吹付法枠工を単独で適用することがごく一般的に行われている。地盤表面の侵食を防止することで、より規

模が大きな崩壊へ発展することを防ぐことが重要である。したがって、吹付法枠工を単独で適用する考え方を防災関係者に浸透させれば、これまでに考えられていなかった市場を開拓することになる。いずれにしても、日本においてはスリランカ方式による法枠の採用は恐らく皆無であり、全てユニット式金網型枠を用いた施工方法が採用されていることを考えると、将来的にスリランカ式法枠工は全て日本式に移行するものと想定している。したがって、日本の競合製品である工場二次製品との比較では価格面で有利であり、スリランカ式法枠との比較では、機能面、施工性、品質のいずれの点からも有利であることから、日本式吹付法枠工が総合的に有利であると判断される。

#### 4-1-2 ビジネス展開の仕組み

非公開

#### 4-1-3 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

非公開

#### 4-1-4 ビジネス展開可能性の評価

非公開

#### 4-2 想定されるリスクと対応

非公開

#### 4-3 普及・実証において検討した事業化による開発効果

非公開

#### 4-4 本事業から得られた教訓と提言

##### 4-4-1 カウンターパートに対する教訓

本事業は、委託事業であるため、受注者である提案法人（民間企業）が対象国の政府機関をカウンターパートとして実施される。基本的には提案企業が前面に出て事業を進める。JICA が監督者であることをカウンターパートに理解してもらうのに時間を要した。当初、カウンターパートは JICA が直接のパートナーだと認識していたことから、様々な場面で JICA の承認や依頼文書を要求されるなど困惑することが多々あった。この認識は事業終盤に至ってようやく改められたものと理解しているが、もっと早い段階で対等のパートナーとなるような努力が必要であったと感じている。

そのためには、やはり言葉の問題を乗り越える必要があり、直接コミュニケーションを取ることが大切である。通訳を介せば意図のずれや時間的なロスにより、誤解や不要な軋轢を生じさせ物事が停滞する原因となりかねない。海外展開に際して当然の話では

あるが、語学力の向上を図ることが必須課題であることを痛感した。

また、NBRO 内部の役割分担として、LRRMD が主に調査・設計、Geotechnical Engineering & Testing Division(GETD)が主に施工管理を行うことから、本事業を遂行する上で部署間の調整が必要であった。カウンターパートの担当部署と個別の打合せは数多く行ったが、実証試験工事の対応に相当な時間を取られ、関係者全員を集めた会議の場が少なかったことが反省点である。実証活動や普及活動の方法、案件の形成など諸々の事項についてお互いに意見を出し合い、全員が共通認識を持った上で本事業を進めていくことが当然に重要である。会議の数を増やせば、カウンターパートの部署間の連携がより円滑になり、組織をあげて調査団の活動を支援してもらえそうな雰囲気形成にも寄与して、現状とは違った展開になっていたのではないかと感じている。

#### 4-4-2 現地施工業者に対する教訓

実証事業、普及事業を通じて一番問題であったのは、現地再委託業者などの場当たり的な対応や、スケジュールを守る感覚の欠如であった。関わったエンジニアやワーカーなどそれぞれの立場における責任意識が希薄であり、我々が期待する進捗にならないことや要望がたらい回しにされるといった負の側面は数え上げればきりが無い状況であった。海外経験に乏しい小岩金網にとっては、日本での商習慣や職業意識をベースに物事を考えてしまい、思い通りにならないジレンマに遭遇して海外事業の洗礼を浴びた想いであった。ただ、渡航回数を重ね、様々な方との出会いを通じて現地の文化に慣れてくるにつれ、精神的なストレスは徐々に低減していった。自ら望んでスリランカでのビジネスを展開するのであり、現地の文化を尊重し、その環境に適応していかなければ今後の事業展開が上手くいくことは無いであろうということも学んだ。

スリランカでは、プロジェクトをマネジメントするエンジニア職と、実際に身体を動かして現場作業を行うワーカー職の地位がかけ離れている。日本においては、両者の職域が重なる部分が多分にあり、コミュニケーションが取り易く、両者が有機的に結びついてプロジェクトを推進していく。この職域が敢然に分れると、如何に両者のコミュニケーションを図るか、実際の作業をどれだけ具体的に指示できるかが重要になる。お互いの距離が離れると事業に問題が発生することが容易に想像される。

今回の実証試験工事においては、現地再委託業者のエンジニアが初めて経験する工事内容であることも影響して、ワーカーの作業をうまくコントロールできていなかった。また、ワーカーの入れ替わりも激しく技術指導したノウハウが中々定着しないことも工程遅延の要因となった。これを改善するには、ワーカーのリーダー格の存在が不可欠であり、作業の指揮系統を明確にして施工班のチームワークを確立することが非常に重要である。施工班のリーダーには、エンジニア側の要望を正確に把握し、それを咀嚼してワーカーに的確な指示を与えられること、作業に必要な技能を指導するといった役割が期待される。このような体制が築ければ、工程や品質の確保に大いに役立つものと思わ

れる。

これは、建設工事に限らず製造業においても同様である。今後の事業展開においては、マネジメント側と現場作業側の両方の立場を理解した上で、エンジニアとワーカーの中間的な存在として、プロジェクト推進の肝となるような人材を育てることが死活的に重要になるだろう。現地の文化に日本の良いところを取り入れ、より良い物をより早く提供することで同業他社との差別化を図り、顧客の信頼を勝ち取ること目指していきたい。

#### 4-4-3 今後の提案企業への提言

本事業ではユニット式金網型枠を用いる吹付法枠工についてビジネス展開を図るべく活動を行った。スリランカにおいて土砂災害対策のニーズはあるものの、プロジェクトの数が少なく市場規模はまだまだ小さい状況である。吹付法枠工単独ではビジネスの見通しは厳しいのが現状だが、その一方で調査を進めるうちに、当初想定していなかった分野にも商機があることが分って来た。既に述べた通り、落石防護網や鋼製カゴ枠などの製品を適用できる余地が多分にあり、吹付法枠工が適さない現場においても他の工法を用いて案件を取り込んでいくことができる。本事業での主旨とは異なるものの、小岩金網が保有する技術を最大限に活用して、土砂災害に対して広く対処していくことを考えている。今後採択される提案企業には、本事業において柔軟に対応すればビジネスの可能性を広げられることを提言しておきたい。



## 別添資料

- ・ 英文要約

National Building Research Organization

Summary Report

Democratic Socialist Republic of Sri Lanka

Verification Survey with the Private Sector  
for Disseminating Japanese Technologies  
for Slope Disaster Mitigation Technology  
with Shotcrete Cribwork using Unit type  
Wire net Formwork

April, 2019

Japan International Cooperation Agency

KOIWA KANAAMI Co., Ltd.

## 1. BACKGROUND

## 2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

- (1) Purpose
- (2) Activities
- (3) Information of Product/ Technology to be Provided
- (4) Counterpart Organization
- (5) Target Area and Beneficiaries
- (6) Duration
- (7) Progress Schedule
- (8) Manning Schedule
- (9) Implementation System

## 3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

- (1) Outputs and Outcomes of the Survey
- (2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

## 4. FUTURE PROSPECTS

- (1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country
- (2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

ATTACHMET: OUTLINE OF THE SURVEY

## 1. BACKGROUND

Since the Indian Ocean earthquake and tsunami in 2004, the Sri Lanka government has been strengthening the capacity of the disaster response with the cooperation from overseas such as JICA. However, since the disaster damage is becoming greater influenced by the climate change, the further preparation of the disaster management system is required urgently. Especially, since the risk of the slope disaster has also been increasing by the change in the pattern of rainfall and the increase in rainfall, the advanced slope disaster mitigation technology is expected to be introduced in Sri Lanka.

Although the National Building Research Organization (NBRO) that implements the landslide disaster countermeasures in Sri Lanka has mainly prepared hazard maps, NBRO started to undertake the structural countermeasures recently based on the demand of the society. Receiving the above situation, JICA is implementing the “Integrated Landslide Mitigation Project” since July 2014, and through the project, it was confirmed that the wet mixed shotcrete cribwork technology using unit type wire net formwork would be applicable to dangerous slopes that NBRO had difficulty to deal with.

Accordingly, the survey is going to implement to verify the applicability and superiority of wet mixed shotcrete cribwork technology using unit type wire net formwork in terms of design, the construction and maintenance as a landslide disaster countermeasure in Sri Lanka, as well as to strengthen the capacity of landslide mitigation and response of NBRO.

## 2. OUTLINE OF THE SURVEY

### (1) Purpose

To promote the method widespread through environmental arrangement for implementation of the method as well as to verify the applicability and the superiority of shotcrete cribwork using unit type wire net formwork through design, the construction and maintenance of this construction method at the targeted site as a landslide disaster countermeasure in Sri Lanka.

In order to achieve the abovementioned purpose, the purpose was broken down in to three (3) outputs as follows;

Output 1: At the targeted site, the applicability and the superiority of the shotcrete cribwork using unit type wire net formwork will be confirmed as a landslide disaster countermeasure through carrying out this construction method.

Output 2: An environment for shotcrete cribwork using unit type wire net formwork will be prepared.

Output 3: The project development plan in Sri Lanka for shotcrete cribwork using unit type wire net formwork will be put into practice.

### (2) Activities

#### 1) Activities for output 1

1-1: Collect information on the policy/plan related to landslide disaster countermeasure, and implementation status and construction method etc. of countermeasures against dangerous slopes etc. in Sri Lanka.

1-2: Confirm related legislations/systems in Sri Lanka, which are required in construction of shotcrete cribwork using unit type wire net formwork

1-3: Confirm the condition related to the targeted site (the slope adjacent to Kandy Nursing School) and inspect existing investigation and designs.

1-4: Develop a construction plan of shotcrete cribwork using unit type wire net formwork, based on the inspection result of the above 1-3.

1-5: Arrange appropriately materials/equipment and contractors that are required in the construction of shotcrete cribwork using unit type wire net formwork, based on the construction plan of the above 1-4.

1-6: Give technical guidance of construction technology related to shotcrete cribwork using unit type wire net formwork to the contractors that are arranged locally as shown in the above 1-5.

- 1-7: Carry out the construction with shotcrete cribwork using unit type wire net formwork.
- 1-8: At completion, carry out completion inspection with counterpart.
- 1- 9: During 12months after completion, monitor the conditions including changes in the slope and shotcrete cribwork to verify the applicability of shotcrete cribwork using unit type wire net formwork.
- 1-10: At completion, analyse superiorities of shotcrete cribwork using unit type wire net formwork.
- 1-11: Share accomplishment with the counterpart after compiling results from 1-9 and 1-10 above.

## 2) Activities for output 2

- 2-1: Cooperate with the counterpart for preparing manuals for design, quantity survey and execution in of the work considering Sri Lankan situation and for subsequent publishing of them by the counterpart. At the beginning stage of project implementation, preliminary manuals to be prepared in the form of demonstrating Japanese examples provided by the contractor for technical and other seminars' use purposes. At the final stage of Project implementation, final manuals to be compiled basing on results of series of testing of project by modifying the preliminary manuals.
- 2-2: Transfer know-how provided in the manuals for design, quantity survey and execution and provide assistance and guidance when necessary for the counterparts to make the most use of them by themselves.
- 2-3: At each stage of the construction, conduct training sessions about safety and technique to the counterparts etc. to transfer methods/know-how of design/quantity survey /construction plan/ construction control so that the counterparts may design, survey quantities, make plans for construction and management by themselves.
- 2-4: Provide and conduct training and or seminars on safety and technology to contractors engaging in slope protections and also to personnel of the counterparts directly in charge so that they may execute the construction by themselves.
- 2-5: At each stage of the construction, conduct on-site tours to improve knowledge/understanding about each construction conditions.
- 2-6: Conduct a seminar on shotcrete cribwork using unit type wire net formwork for government officials, consultants, and construction firms, based on the results of verification and analysis from the above 1-9 and 1-10.
- 2-7: Discuss with the counterparts to disseminate shotcrete cribwork using unit type wire

net formwork, based on the above 2-6.

2-8: Make a presentation based on the above outcome (1) for shotcrete cribwork using unit type wire net formwork at events in Sri Lanka including seminars on disaster mitigation in order to make the country aware of disaster mitigation.

3) Activities for output 3

3-1: Investigate conditions of dangerous slopes etc. in other regions and identify proper sites for shotcrete cribwork using unit type wire net formwork.

3-2: Discuss operability of countermeasures against dangerous slopes by shotcrete cribwork using unit type wire net formwork, with the counterparts, based on the above 3-1.

3-3: Explore ways to procure materials/equipment that are required for export supply, OEM (Original Equipment Manufacturing) and local production of unit type wire formwork and construction of shotcrete cribwork, and confirm competitive superiority through cost analysis.

3-4: Consider ways of intellectual property protection related to shotcrete cribwork using unit type wire net formwork.

3-5: Investigate local building constructors that can do construction by shotcrete cribwork using unit type wire net formwork.

3-6: Review the business custom and related acts etc. in Sri Lanka and analyse the risk in order to develop the project.

3-7: Draw up the business development plan in Sri Lanka, based on the above 3-1 to 3-6.

(3) Product/ Technology to be provided

1) The detail for the composition of product/ technology

a) The unit type wire net formwork is a wire net formwork which has a unit structure that put crimp wire net and hoop tie together for the wet mixed shotcrete cribwork.

b) The crimp wire net is a wire net which is galvanized and knitted in wave pattern with machined iron wire ( $\phi$  2.3mm).

c) The standard of the unit type wire net formwork is sorted by a type and section size.

1. The type has two kinds of FM and FP.

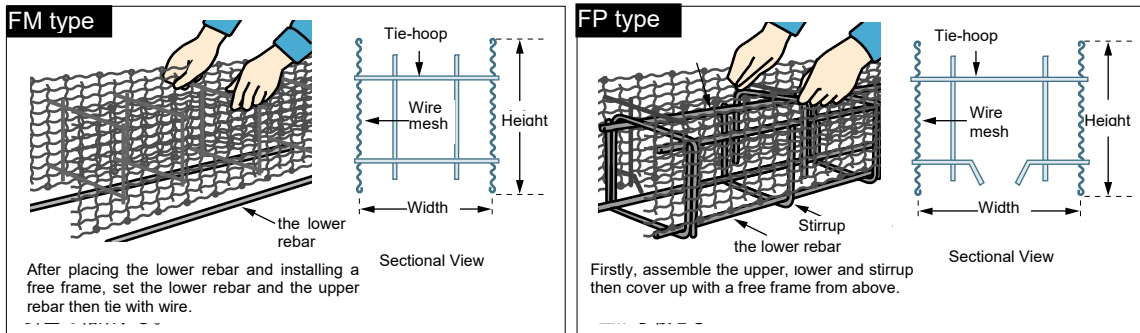
(\*Refer to the chart below for the difference between FM and FP)

2. 150mm in width X 150mm in height - 600mm in width X 600mm in height can be chosen based on the section size.

d) The wet type spraying concrete machine is a machine for the wet mixed shotcrete cribwork. The machine can mix the sand, cement and water and spray the mortar by

- compressed air.
- e) The standard of compressive strength of shotcrete mortar is 18N/mm<sup>2</sup> or more.

Purpose of Use and Type of Product			Size and Type of Product		
Purpose	Specification	Types	Width × Height (mm)	Name	
Greening Foundation Work	F150~200 Space 1.15~1.5m	FM	150 × 150	FM150	—
			200 × 200	FM200	—
Stabilizing Rocks	Small Scale F200~300 Space 1.2~2.0m	FM	300 × 300	FM300	FP300
			400 × 400	FM400	FP400
	Medium Scale F300 above Rockbolt work Groundanchor work	FM FP	500 × 500	FM500	FP500
			600 × 600	—	FP600





2) Feature

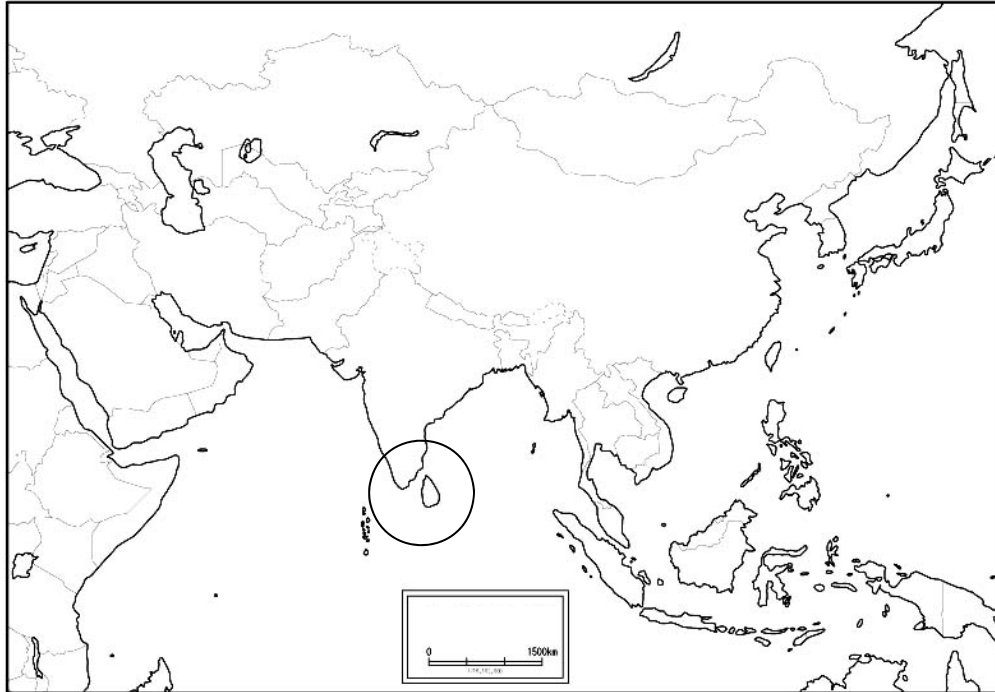
- a) Adjustability for the slopes with Irregularity: The unit type wire net formwork can be transformed adjusting to the ground shape freely. Therefore, the quantity of excavated material before setting the formwork is reduced.
- b) The high flexibility in designing: the formwork can be designed freely based on the level of slope disaster mitigation, the purpose of section adjusting, the selection of formwork interval (Based on the design calculation by the structural mechanics.)
- c) Construction efficiency: since the unit type formwork can be assembled on-site by fitting to the shape of the slopes, the efficiency of the construction work is highly improved.
- d) Durability: The durability of the constructed structure is improved since the galvanized wire net is used for the formwork with which the outbreak of rust is controlled.

(4) Counterpart Organization

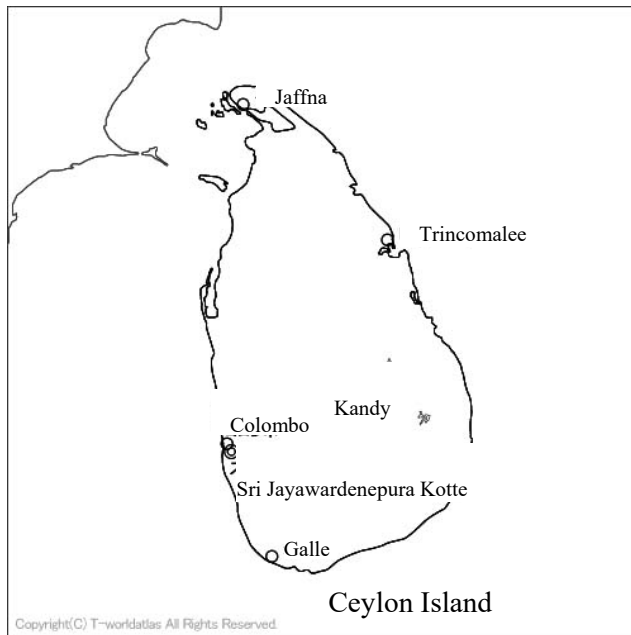
Sri Lanka Side: National Building Research Organization (NBRO)

(5) Target Area and Beneficiaries

1) Target Area: Kandy Town, Sri Lanka



Source: (<http://www.freemap.jp/>)



Source: • Sekai Chizu (<http://www.sekaichizu.jp/>)

2) Beneficiaries:

a) At the time of Dissemination • Verification

1. NBRO which has a main responsibility over slope disaster mitigation (Counterpart of technical transfer)
2. People at the location of verification construction site where the countermeasure work is implemented.
  - i) The user of the Kandy Nurses Training School (NTS).
  - ii) The user of the road under the slope.

b) At the time of future project development.

1. The residents of seven prefectures of mountainous areas. (13,000km<sup>2</sup>, population approximately five (5) million)
2. Administrations in conjunction with disaster mitigation such as Ministry of Disaster Management or Road Development Authority.
3. Construction-related companies which will be vitalized by the introduction of the new technology.

(6) Duration

From 20<sup>th</sup> September, 2016 to 15<sup>th</sup> June, 2019



(8) Manning Schedule

1) Team Members

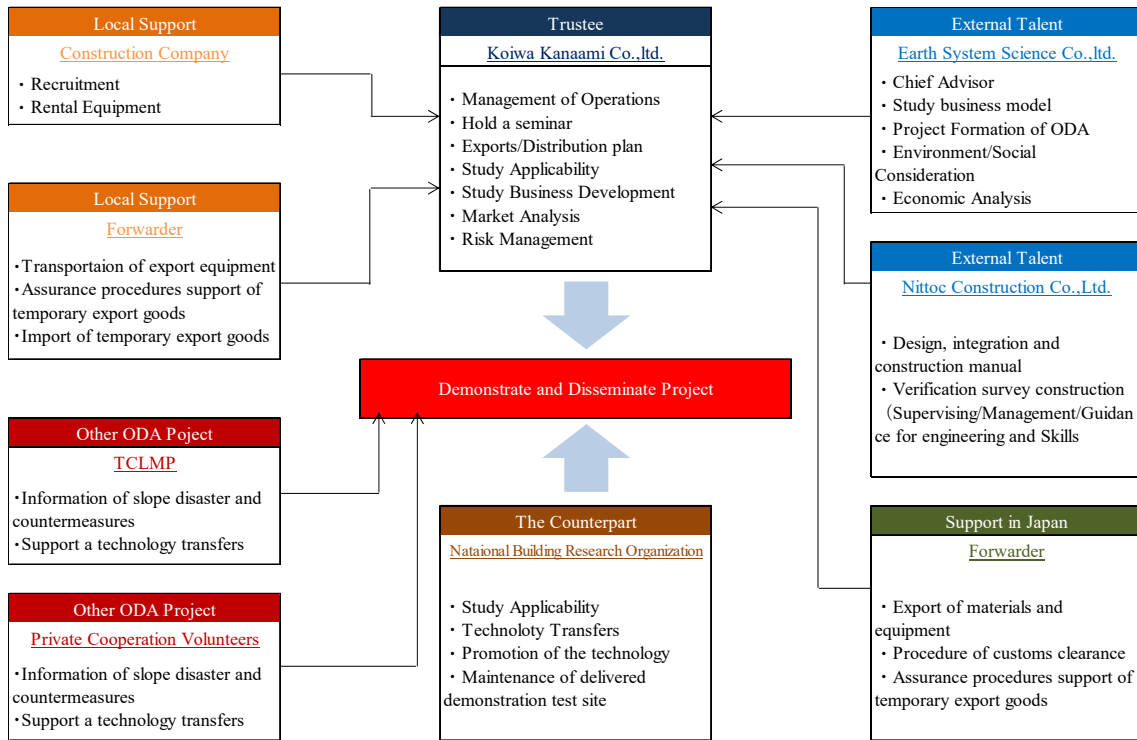
Name	Organization	Assignment
Shigeru Saito	Koiwa Kanaami Co., Ltd.	Team Leader (the entire operation) before June, 2018
Narito Agui	Koiwa Kanaami Co., Ltd.	Team Leader (the entire operation) after June, 2018 Planning and arrangement of local activities such as seminars and documentation Planning of export and sales
Koshi Nishimura	Koiwa Kanaami Co., Ltd.	Study Applicability Study Business Development
Makoto Fukui	Koiwa Kanaami Co., Ltd.	Reanalysis of market Risk Management
Ryuichi Hara	Earth System Science Co., Ltd.	Chief Advisor, Study business model, Project Formation of ODA, Environment/ Social Consideration, Economic Analysis
Ryo Nakano	Nittoc Construction Co., Ltd.	Verification survey construction (Supervising) Design, integration and construction manual
Mitsuya Okamura	Nittoc Construction Co., Ltd.	Verification survey construction (Management, engineering guidance)
Kousaku Sekiya	Nittoc Construction Co., Ltd.	Verification survey construction (Management, engineering guidance)
Naoki Fujimoto	Nittoc Construction Co., Ltd.	Verification survey construction (shotcrete cribwork skill guidance)
Shouta Sanada	Nittoc Construction Co., Ltd.	Verification survey construction (shotcrete cribwork skill guidance)
Yukitoshi Otsuka	Nittoc Construction Co., Ltd.	Verification survey construction (Anchor work skill guidance)



(9) Implementing Organizations

Japanese Side: Koiwa Kanaami Co., Ltd.  
 Earth System Science Co., Ltd  
 NITTOC Construction Co., Ltd

Sri Lanka Side: National Building Research Organization (NBRO)



### 3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

#### (1) Outputs and Outcomes of the Survey

- 1) Output 1: At the targeted site, the applicability and the superiority of the shotcrete cribwork using unit type wire net formwork will be confirmed as a landslide disaster countermeasure through carrying out this construction method.

The NBRO submitted “Project Proposal for Integrated Landslide Mitigation Project Phase I” to the Government of Sri Lanka in January 2012. 45 hazardous locations were highlighted in the proposal, and 16 high-priority areas were selected from the 45 locations. Among these areas, four (4) sites were selected for JICA’s Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project (TCLMP). TCLMP constructions had been completed on three (3) sites, excluding the Kandy area. Measures were taken with the remaining one location by means of a verification testing work for the project. The design of the verification testing work was based on the specifications prepared by the NBRO along with a Japanese consultant team in the TCLMP, and the survey team had checked the contents of the report and confirmed that there were no specific issues prior to the construction.

The objective of the verification testing work was to verify the applicability and the superiority of shotcrete cribwork. The construction targeted the slope between the lower road and the higher flat land, where a Nurses Training School (NTS) is located, within the premises of the NTS adjacent to the Teaching Hospitals in Kandy. The construction volume and cross-section of the verification testing work are as shown below. Two types of specifications were used for the shotcrete cribwork using the unit-type wire net formwork, including those using the cross-section size of 400mm x 400mm and those using the cross-section size of 200mm x 200mm. The 400mm-size shotcrete cribwork was combined with ground anchors in order to prevent the collapse of the entire slope. The 200mm-size shotcrete cribwork was combined with soil nailing in order to prevent partial collapse of the surface layer. Vegetation was planted inside of cribwork for an aesthetic landscape.

The Project team in the field taught techniques required for the construction of the Japanese-style shotcrete cribwork to the local builder. Regarding the construction of shotcrete cribwork, Japanese technique instructors were dispatched to instruct the laying of rhomb wire net, assembly of unit-type wire net formwork, and mortar spraying step by step. Finally, local workers started independently performing work, and the Project team confirmed that they can actually perform the Japanese-style construction method using unit-type wire net formwork.



While there were some problems in the verification testing work test due to differences in the culture and customs between Sri Lanka and Japan, the Project team members were able to deepen our understanding regarding differences between each other. In addition, as a result of appropriate management regarding the quality and finishing of the work, the Project has also received high recognition from the NBRO.

Table 3.1 Construction volume of the verification testing work

Item	Quantity
Shotcrete crib work (□400*400)	312.8m <sup>2</sup> (278.5m)
Shotcrete crib work (□200*200)	507.7m <sup>2</sup> (762.6m)
Ground anchor work (F20UA)	78 nos
Vegetation work (inside of frame)	556.6m <sup>2</sup>

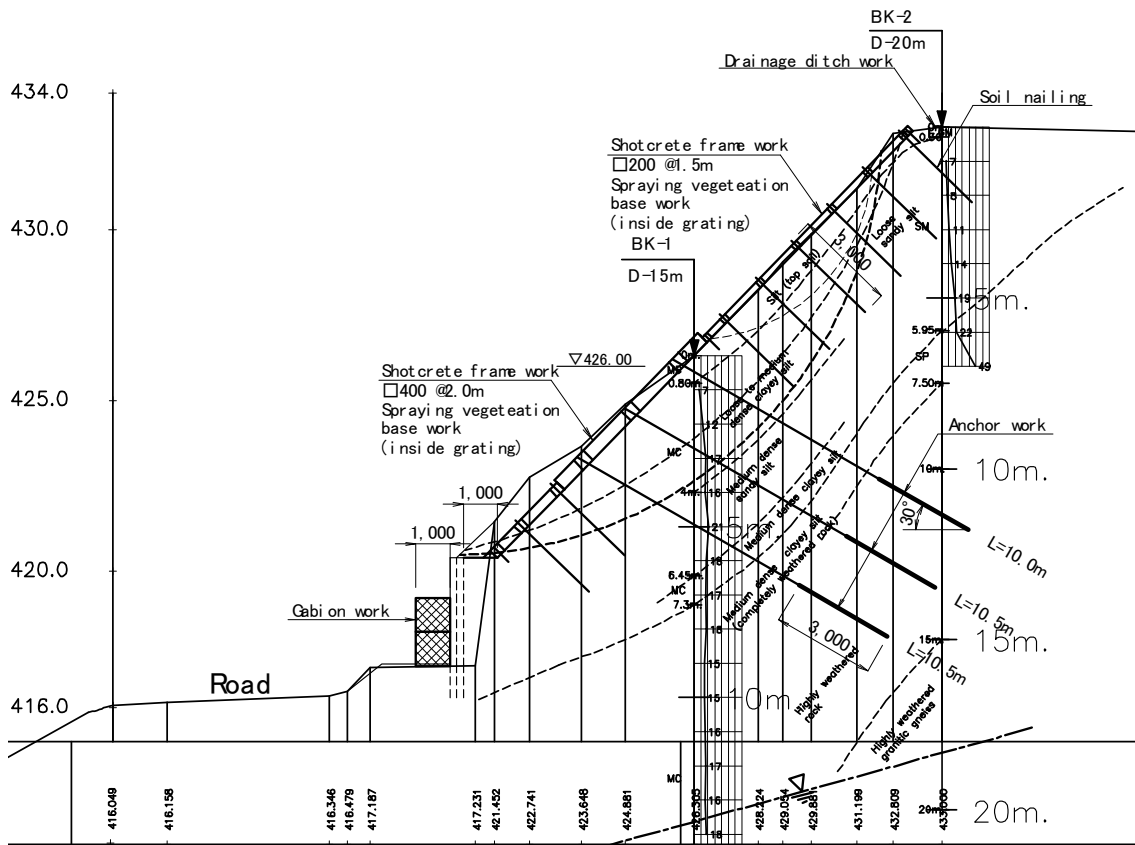


Figure 3.1 Typical cross-section



Figure 3.2 Entire view upon completion



Figure 3.3 Frame assembly

a) Applicability of shotcrete cribwork

In order to confirm that there are no issues of the application in Sri Lanka in terms of the quality and function of shotcrete cribwork, the Project performed monitoring for one (1) year after the completion of construction. The monitoring was performed by visually checking the shotcrete cribwork to make sure that there are no changes, such as cribwork cracking/ floating and protrusion of the surrounding ground. The first monitoring was performed on February 20, 2018, on the day of inspection for completion. Afterward, successive monitoring was performed in May, June, September and December of 2018, and February of 2019, totalling six times. Throughout the year-long monitoring, there was no abnormality observed, such as cracking in the structure or protrusion of the ground. Therefore, the facts were confirmed that shotcrete cribwork was appropriately functioning and contributing to the stabilization of the slope, and that there was no issue with the quality of the structure itself. This proves the applicability of the Japanese-style shotcrete cribwork.

b) Advantages of shotcrete cribwork

An analysis was made on the advantages of Japanese-style shotcrete cribwork in comparison with Sri Lankan-style shotcrete cribwork in terms of construction. The major difference between the Japanese style and conventional Sri Lankan style is whether to place the unit-type wire net formwork above the ground surface or underneath by excavating the ground surface. The contents of relevant points that were confirmed through the verification testing work are summarized in Table 3.2. As a result of this analysis, the comparative advantages of the Japanese-style cribwork were confirmed.

Table 3.2 Comparative Advantages of Japanese-style cribwork

Comparison item		Evaluation
Workability	Responding to bedrock contours	Construction of Japanese-style shotcrete cribwork on heavily contoured ground proves its flexibility. Since grooves must be manually excavated in the conventional Sri Lankan style, construction is difficult if the bedrock contours are significantly heavy.
	Excavation and soil processing	Since ground is manually excavated in the conventional Sri Lankan style and mortar is filled in the spaces, it requires excavation and produces excess earth and sand. The Japanese style definitely reduces the generated amount of soil compared to the conventional Sri Lankan style.
	Construction efficiency	<p>A comparison was made on the construction efficiency between the two methods. Regarding the cribwork with the cross-section of 200mm x 200mm, the productivity per unit for the construction of unit-type wire net formwork gained in the verification testing work and the productivity per unit of the Sri Lankan-style manual excavation construction, obtained from the NBRO and local contractor, are as follows. The Japanese-style construction was found to be eight (8) % more efficient than the Sri Lankan style.</p> <p style="padding-left: 40px;">Unit-type wire net formwork construction (Japanese style): 81m/day (Team of 10 people)</p> <p style="padding-left: 40px;">Sri Lankan-style manual excavation construction: 75m/day (Team of 11 people)</p>
Quality	Mortar filling	<p>Sand used in construction in Sri Lanka has poor particle size distribution and contains a lot of gravel. When spraying mortar during the Project, a lot of rebound materials were generated.</p> <p>It was proven that rebound materials were appropriately released outside of the frame and mortar of a specified mixture was filled in the frame in the Japanese style, due to the unit-type wire net formwork was used. It is assumed that the structure will be of comparatively poor quality in the Sri Lankan-style construction, due to the fact that a great amount of generated rebound materials are incorporated into the structure.</p>
	Reinforcing steel installation	Since unit-type wire net formwork is used in the Japanese style, reinforcing steel can be fixed as per the design while securing plenty of “margins (distance between the frame and reinforcing steel) inside of the cribwork”. In the conventional Sri Lankan style, it is highly likely that the margin becomes insufficient due to uneven excavation and imbalanced reinforcing steel placement.

2) Output 2: An environment for shotcrete cribwork using unit type wire net formwork will be prepared.

a) Technical transfer of design/ construction

The dissemination and demonstration activities for this project were implemented according to a Japanese design/ construction manual. The Project held a workshop at the NBRO auditorium on June 15, 2017 regarding the design. The targets were approximately 20 engineers involved with the designing work of landslide countermeasure construction belonging to the Landslide Research and Risk Management Division (LRRMD) and the Geotechnical Engineering Testing Division (GETD) of the NBRO. Lectures were provided on the method of shotcrete cribwork structural calculation, mainly explaining the scope of application of the method, design procedures, calculation formulas and various conditions. Demonstrations based on calculation examples were also performed.

Regarding construction, the Japanese team strived to make various technical transfers through the verification testing work. In order to carry out the work safely on a slope, a safety/ skill training lecture was held by inviting NBRO engineers and workers to the site on February 17, 2017. In the lecture, we explained handling of the main rope and safety belt by using materials and undertook practical training. By experiencing the actual Japanese-style slope work, they understood that it is a method that excels in work safety and efficiency. In addition, engineers in charge were invited from the NBRO Kandy office, to the on-the-job training regarding key elements of construction procedures, quality control, and product management in order to learn the construction management method.



Figure 3.4 Design workshop



Figure 3.5 Skill training for work on a slope

b) Technology introduction to relevant parties in the field of disaster prevention

In order to widely disseminate the shotcrete cribwork technology to government-related

personnel, consultants, builders, etc., of Sri Lanka, promotion through various activities was made, such as a site tour and seminar.

Specifically, a shotcrete cribwork site tour was held on June 6, 2017, to explain the installation method of unit-type wire net formwork in shotcrete cribwork and mortar spraying method. A total of over 40 people participated, including NBRO, RDA, CECB, DMC, and local contractors. The programme successfully promoted the understandings of the participants on the differences between the Japanese style and conventional Sri Lankan style as well as the characteristics of the Japanese style.

Furthermore, a seminar was held targeting organizations relevant to landslide disaster countermeasures on September 27, 2018. Sixty people from 23 organizations participated from government organizations, including the Embassy of Japan, JICA Sri Lanka office, MDM, NBRO, RDA, and CECB, and University of Moratuwa (research institution), University of Peradeniya, builders, and wire net manufacturers. Introductions were made on the overview, construction procedures, characteristics, application examples, etc., of Japanese-style shotcrete cribwork. Participants asked many questions, and the result suggested the high level of their interest regarding this technology.



Figure 3.6 Site tour



Figure 3.7 Seminar

3) Output 3: The project development plan in Sri Lanka for shotcrete cribwork using unit type wire net formwork will be put into practice.

a) Confirmation of competitive superiority regarding unit-type wire net formwork supply

Regarding unit-type wire net formwork supply, a cost analysis was performed between supply by import and local production, on purpose of economical comparison. As a result, it was confirmed that production cost of unit-type wire net formwork in Sri Lanka that can

be supplied for construction, has approximately half of the cost of importing the Japan-product unit-type wire net formwork to Sri Lanka.

In addition, a similar analysis was performed regarding the supply cost of rhomb wire net, which is used as the base for unit-type wire net formwork installation. As a result, it was confirmed that production in Sri Lanka can realize a cost reduction of approximately 20% compared to production in Japan that involves importing, in the same manner as unit-type wire net formwork. If this is imported from Japan, additional considerations become necessary such as clerical procedures for importing and labour cost involved with packaging work, etc. Based on the above points, it was decided to promote activities with the aim of local production in Sri Lanka in order to not only reduce the sales price but also reduce the construction budget.

b) Consideration of ways for intellectual property protection

The intellectual property right for Japanese-style shotcrete cribwork, which is aimed to be introduced to Sri Lanka, is protected in Japan through patent application. However, these patents target is in Japan. The applications for international patents in foreign countries, such as Sri Lanka, have not been filed. In addition, due to the fact of the shotcrete cribwork technology was developed/ disseminated a long time ago in Japan, patents that were obtained back then have already expired, and many technologies have become well-known facts.

As a countermeasure, collaboration with companies possessing an overwhelming sales force in Sri Lanka will be sought to secure a market share. If individual agreement can be made on intellectual property protection with relevant companies, it will be possible to practically control the introduction of imitation products.

c) Risk analysis in preparation for business deployment

Risks and their countermeasures in business deployment are as shown in Table 21. Considerations are being made to adapt the business model to collaborate with local partner companies, and to promote local production through commissioning. In terms of risk countermeasures, a focus must be made on “recovering the investment fund”. While selling the products manufactured by local partner companies, the cost required for Japanese side must be added to transfer the technology and profit. Due to this, the major issue is establishment of trusting relationships with local partner companies. For example, accurate declaration of sales results from partner companies and the appropriate allocation of profits from the sales allocated would directly affect the profit/loss on the Japanese side.

d) Project for the time being

In terms of specific projects at the moment, the Reduction of Landslide Vulnerability by Mitigation Measures Project, which is funded by the Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB), has been launched. This project targets sites with similar condition as the verification testing work, therefore on the briefing meeting, that hosted by NBRO, the explanation materials of cribwork are distributed to the attendee. This voluntarily action from NBRO is an example of commitment of this technology application consideration.

There is also the Central Expressway Project (CEP) funded by a private Japanese bank. The contract is being negotiated with a Japan-based contractor. The construction will start as early as before the end of 2019. The CEP section passes mountainous areas between Pothuhera and Galagedara (Kandy) in Stage 3, and it is assumed to generate massive excavated slope areas covering 100,000m<sup>2</sup>. The issue is how they will treat these massive excavated slopes, and the efforts have been made by the Japanese side to encourage the contractor to apply shotcrete cribwork in this project.

Table 21 Assumed risks and countermeasures in business deployment

Category	Assumed risk	Description	Possibility	Level of impact	Priority	Countermeasure
Country risk (Sri Lanka)	Politics/policies	Tightened foreign investment restrictions, etc.	Small	Medium	Low	Be sensitive toward legal system movements, cooperate with partners, and swiftly take measures
	Exchange rate	P/L due to drastic fluctuations of exchange rate	Large	Medium	High	Nippon Export and Investment Insurance, sale currency distribution, early account receivable collection, investment request in local currency or USD at the time of investment
	Labour cost/material cost increase	Installation cost increase due to economic development	Medium	Medium	Medium	Review the manufacturing process/manufacturing site to control cost increase
	Natural disaster	Loss of business resources due to disasters, such as heavy rain and flooding	Small	Large	Medium	Secure storage sites for business resources that are not exposed to natural disasters
	Legal affairs	Nonconformity due to legal system revisions	Small	Large	Medium	Be sensitive toward legal system movements, collaborate with partners, and swiftly take action
	Environmental and social considerations	Nonconformity due to revisions of environmental regulation contents	Small	Large	Medium	Be sensitive toward legal system movements, collaborate with partners, and swiftly take action
	Intellectual property	Imitation products	Small	Large	Medium	Limit the information disclosure regarding key technologies/know-how and control competitors through collaboration with companies with great domestic share.
Risk	Inappropriate application	Design/install by copying what they see and fail with slope measures	Medium	Large	High	Technology registration to CIDA, utilization of design/installation manuals, removal of faulty products through NBRO's technical instruction
	Recovery of investment fund	Unable to recover investment fund	Medium	Large	High	Formulate investment plan and thoroughly consider funding and fund recovery
	Business customs	Suffer a loss due to unique business transaction customs	Large	Medium	Medium	Support request to local partners/attorney offices/chamber of commerce, etc.
	Bankruptcy of partner companies	Suffer a loss, and business deployment becomes stagnant	Small	Large	Medium	Have other partner candidates selected beforehand and maintain relaxed collaboration
	Environmental and social considerations	Delay in business deployment due to responses to environmental and social considerations	Small	Large	Medium	Thoroughly consider at the time of project establishment through investigation and dissemination/ demonstration projects to confirm that no issue will arise in deployment
	Deterioration of technical standards	Turnover of highly skilled workers and deterioration of manufacturing equipment	Large	Medium	Medium	Focus on communication and have them grow a sense of belonging to the organization to control deterioration of quality and equipment
	Competition	Slowing down of business deployment due to emerging/ development of similar construction methods	Small	Large	Medium	Control inflow of other construction methods by establishing technologies and investigate movements of competitors



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

In order to promote the Japanese-style shotcrete cribwork to become a common construction method in Sri Lanka and for implementing organizations, such as NBRO and RDA, to proactively utilize this construction method based on the manual after this project, it is ideal that the specifications of Japanese-style shotcrete cribwork are registered in the list of specifications issued by Construction Industry Development Authority (CIDA). We are also considering establishing a network and a system for NBRO to freely consult with the Japanese side on a regular basis when they are considering using the Japanese-style shotcrete cribwork in yen loan projects and/or projects of other donors, such as the World Bank and AIIB.

The shotcrete cribwork installed during this Project will ultimately be transferred from NBRO to Kandy NTS. The technical transfer of the maintenance method was promoted through monitoring after the completion of construction. A system has been established for them to periodically inspect the site and for Kandy NTS to contact NBRO in case of any issues arising at the site, in order to promote appropriate maintenance.

## 4. FUTURE PROSPECTS

### (1) Impact and Effect on the Development Issues Concerned through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

In this Project, activities were promoted to disseminate the Japanese-style shotcrete cribwork, which is a slope-protection technology. As mentioned above, in the conventional Sri Lankan-style shotcrete cribwork used as far, the ground is excavated for the place of frames. It leads to great restrictions on the scope of application for this construction method in terms of the geology, slope angle, etc. as mentioned before, being a comparative disadvantage. In addition, installation of the conventional Sri Lankan-style shotcrete cribwork usually involves large-scale bedrock excavation. Due to this, they had issues of land purchasing, generation of a massive amount of excavation surplus soil, and impact on the landscape caused by landform transformation. Considering these facts, it is likely that some of the sites had to be given up on countermeasures due to the fact that the conventional Sri Lankan-style shotcrete cribwork could not be used in construction either for restoration after landslide disasters or for disaster prevention.

In the verification testing work for this Project, the Japanese-style shotcrete cribwork and Japanese ground anchor technologies were applied. Supposing if the construction had been done by using the conventional Sri Lankan-style shotcrete cribwork, they would have had to excavate a great deal of the slope. Due to this, they would not have been able to utilize the said construction method unless they have formed a slope that is smooth to a certain degree. This would have made it difficult to gain the understanding from NTS side regarding the application of the conventional Sri Lankan-style shotcrete cribwork, due to the fact that this excavation would have taken over the premises of the NTS. Since the Japanese-style shotcrete cribwork allowed limiting the excavation of slopes to the minimum during construction, the Project was able to complete the verification testing work without taking over the premises of the NTS.

In addition, when assuming a slope measure on a cliff, the conventional Sri Lankan-style shotcrete cribwork construction would be difficult in such geological conditions, while construction is possible without issues by adopting the Japanese-style shotcrete cribwork. Since the applicability of the Japanese-style shotcrete cribwork to Sri Lanka was confirmed in this Project, it will be possible to take measures on steep slopes which used to be difficult, and protect road users and facilities/houses adjacent to such steep slopes. The Japanese side believe that their technologies can now contribute to safe and secure land construction in Sri Lanka.

## (2) Lessons Learned and Recommendations through the Survey

### Lesson 1: Difference in business customs regarding procedures and schedule

The biggest issues throughout the demonstration and dissemination project were situations and schedules in which it was extremely difficult to anticipate the future due to the procedural aspect as well as misunderstandings and differences in business customs between the Japanese company side and relevant local parties, such as C/P and subcontractors. This Project truly made the project members realize the necessity for overseas companies and relevant local parties to adapt to local cultures and customs.

### Lesson 2: Separation of engineers and workers

In Sri Lanka, the status of engineers, who manage projects, and workers, who actually do on-site work, is quite different. Meanwhile in Japan, the job description of each job often overlaps, so it is easy for them to communicate with each other. Both parties are organically linked to each other to promote projects. When these job descriptions are completely separated, how to promote communication between the two parties and how specifically one can instruct actual tasks become important. It is not difficult to imagine issues arising in projects when the distance between the two parties grows. Actually, during this construction demonstration test, the engineer of the local subcontractor was not able to control workers' tasks well, partially due to the fact that he had never experienced this type of construction. Workers were also replaced often, resulting in the fact that it took a long time for the technical know-how, which we had imparted, to be established firmly on site as a factor of the delay. In order to improve this, a lead position among the workers is necessary. It is extremely important to clarify the chain of command for the tasks and establish teamwork among the construction teams. The expected roles for the construction team leaders include accurately understanding the requests of the engineer side, digesting them, giving accurate instructions to workers, and teaching the techniques required to perform the tasks. The establishment of such systems can greatly contribute to the security of processes and quality.

The same applies not only to construction but also to manufacturing. When deploying the business further in the future, it will be vitally important to develop human resources who understand the positions of both the management side and on-site workers and thereby playing the key role in project promotion as the mediator between engineers and workers. The Japanese side will make efforts together with local partners to gain customers' trust through incorporating the positive aspects of Japan into the local culture and differentiating themselves from competitors by providing better products faster.

# ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

Sri Lanka

## Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Slope Disaster Mitigation Technology with Shotcrete Cribwork using Unit type Wire net Formwork KOIWA KANAAMI Co., Ltd.

