

カンボジア国

水資源気象省

カンボジア国  
土壌硬化剤 STEIN を活用した灌漑・  
農業・農村道路整備技術の  
普及・実証事業  
業務完了報告書

令和4年11月

(2022年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社 SPEC

民連
JR
22-063

<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 .....	iv
図表リスト .....	v
案件概要 .....	viii
要約 .....	ix
1. 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 事業実施国の政治・経済の概況 .....	1
② 対象分野における開発課題 .....	4
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 .....	4
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 .....	5
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要 .....	8
2. 普及・実証事業の概要 .....	10
(1) 事業の目的 .....	10
(2) 期待される成果 .....	10
(3) 事業の実施方法・作業工程 .....	11
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他） .....	12
(5) 事業実施体制 .....	14
(6) 事業実施国政府機関の概要 .....	15
3. 普及・実証事業の実績 .....	16
(1) 活動項目毎の結果 .....	16
① 活動結果 1：STEIN 製造体制が整い施工計画が策定される .....	16
② 活動結果 2：現地製造された STEIN を利用した施工技術の有用性・優位性が実証される .....	36
③ 活動結果 3：STEIN 製造装置の継続的な運用・維持管理及び STEIN 施工に必要な知識や技術が MOWRAM 関係者に移転される .....	52
④ 活動結果 4：事業実施体制を含む将来の普及展開計画が策定される .....	59
(2) 事業目的の達成状況 .....	68

(3)	開発課題解決の観点から見た貢献.....	69
(4)	日本国内の地方経済・地域活性化への貢献.....	69
(5)	環境社会配慮.....	70
①	事業実施前の状況.....	70
②	事業実施国の環境社会配慮法制度・組織.....	70
③	事業実施上の環境及び社会への影響.....	71
④	環境社会配慮結果.....	72
(6)	ジェンダー配慮.....	81
(7)	貧困削減.....	81
(8)	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.....	81
(9)	今後の課題と対応策.....	81
4.	本事業実施後のビジネス展開計画.....	83
(1)	今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定.....	83
①	マーケット分析.....	83
②	ビジネス展開の仕組み.....	83
③	想定されるビジネス展開の計画・スケジュール.....	84
④	ビジネス展開可能性の評価.....	86
(2)	想定されるリスクと対応.....	87
(3)	普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	87
①	生活の質向上.....	87
②	産業振興支援.....	87
③	ガバナンスの強化を通じた持続可能な社会の実現.....	88
(4)	本事業から得られた教訓と提言.....	88
①	今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓.....	88
②	JICA や政府関係機関に向けた提言.....	89
	別添資料.....	91



## 巻頭写真



MOWRAMでのキックオフミーティング  
(2019年7月)



実証サイト No.1 (2019年7月)



実証サイト No.2 (2019年7月)



実証サイト No.3 (2019年7月)



製造装置の設置予定サイト (2019年7月)



建屋内の製造装置 (2022年1月22日時点)



STEIN 製造研修 (座学)



STEIN 施工研修 (土質試験の OJT)



実証サイト No.1 (2022年3月)



実証サイト No.2 (2022年2月) 施工後2週間経過



実証サイト No.3 (2022年2月)



セミナー開催 (2022年7月)

略語表

略語	正式名称	日本語名称
<b>ADB</b>	Asian Development Bank	アジア開発銀行
<b>AFD</b>	Agence Française de Development	フランス開発庁
<b>ASEAN</b>	Association of South - East Asian Nations	東南アジア諸国連合
<b>CMAC</b>	Cambodian Mine Action Centre	カンボジア地雷対策センター
<b>CMDGs</b>	Cambodia Millennium Development Goals	カンボジアミレニアム開発目標
<b>CP</b>	Counter part	カウンターパート
<b>DBST</b>	Double Bituminous Surface Treatment	2層式表面処理
<b>DIPR</b>	Department of Intellectual Property Rights	商務省知的財産局
<b>EIA</b>	Environmental Impact Assessment	環境配慮調査
<b>GDP</b>	Gross Domestic Product	国内総生産
<b>IDA</b>	International Development Association	国際開発協会
<b>JETRO</b>	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
<b>JICA</b>	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
<b>MOWRAM</b>	Ministry of Water Resource and Meteorology	水資源気象省
<b>MRD</b>	Ministry of Rural Development	農村開発省
<b>NARO</b>	National Agriculture and Food Research Organization	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
<b>NSDP</b>	the National Strategic Development Plan 2014-2018	国家戦略的開発計画
<b>ODA</b>	Official Development Assistance	政府開発援助
<b>OECD</b>	Organization for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
<b>PDWRAM</b>	Provincial Department of Water Resource and Meteorology	水資源気象省 地方庁
<b>UNTAC</b>	United Nations Transitional Authority in Cambodia	国際連合カンボジア暫定統治機構
<b>USAID</b>	United States Agency for International Development	アメリカ合衆国国際開発庁

地図



(出典 : SekaiChizu: <http://www.sekaichizu.jp/>)

No.	プロジェクト名	管理者	場所
①	トムネイ事業地区 (Thomnei Reservoir)	MOWRAM	Takeo 州
②	カンダルスタン事業地区 (Kandar Stung)	MOWRAM	Kandar 州
③	スレアンピル事業地区 (Sre Ampil Village)	MRD/MOWRAM (共同管理)	Kandar 州

## 図表リスト

### 図

図 1.1	GDP 成長率（上）並びに 1 人当たり実質 GDP 及び実質 GDP（下）の推移	2
図 1.2	1 人当たり GNI の推移（2015 年基準）	3
図 1.3	カンボジアの財・サービスの貿易収支	3
図 1.4	対カンボジア ODA 援助額(2017 年実績、国・機関別、上位 10 位、単位：百万ドル)	6
図 1.5	(写真) STEIN（左）、STEIN 施工後 35 年が経過した北海道の水兼農道（右）	9
図 2.1	CP の組織図	15
図 3.1	タケオ PDWRAM 敷地とプラント建設平面計画	19
図 3.2	装置の外観及び試運転の状況	24
図 3.3	PDWRAM の建屋内への装置の搬入	24
図 3.4	建屋及び装置の管理（2020 年 10 月 12 日時点）	25
図 3.5	建屋内の装置（2022 年 1 月 22 日時点）	31
図 3.6	STEIN 製造	37
図 3.7	掘削・土塊の破碎	38
図 3.8	散水・水分の土層内への攪拌	39
図 3.9	STEIN 散布と混合	39
図 3.10	STEIN 混合後の散水、水分の攪拌、不陸整正、転圧	40
図 3.11	養生	40
図 3.12	各実証サイトの歩掛比較	48
図 3.13	施工タイプごとの削減率比較	51
図 3.14	STEIN 製造マニュアル（抜粋）	52
図 3.15	STEIN 施工マニュアル（抜粋）	53
図 3.16	STEIN 製造研修	56
図 3.17	STEIN 施工研修（MOWRAM・PDWRAM）	59
図 3.18	STEIN 施工研修（施工業者）	59
図 3.19	セミナー時の写真	63
図 3.20	セミナーへの理解度（N=40）	64
図 3.21	STEIN への関心（N=40）	64
図 3.22	STEIN への関心	65
図 3.23	申請フロー	67
図 3.24	商業省の商標登録書	68



表

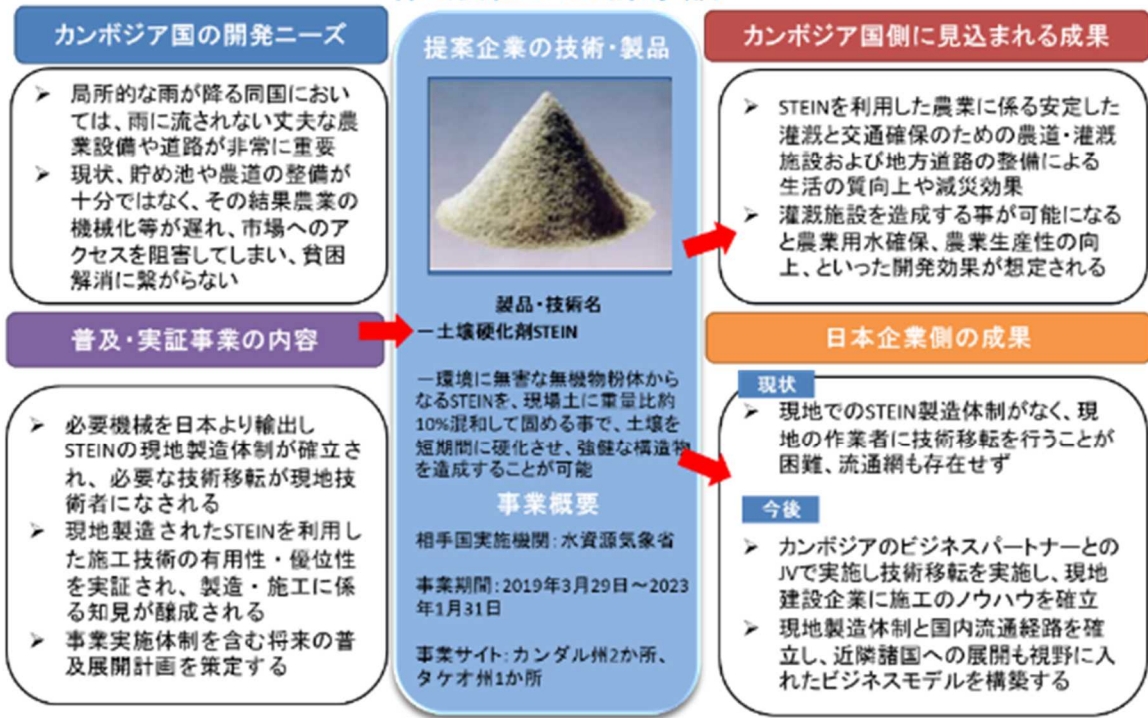
表 2. 1	作業工程表 .....	11
表 2. 2	要員計画表 .....	12
表 2. 3	資機材リスト .....	13
表 2. 4	事業実施体制 .....	14
表 3. 1	現場調査結果（実証サイト No. 1） .....	20
表 3. 2	現場調査結果（実証サイト No. 2） .....	21
表 3. 3	現場調査結果（実証サイト No. 3） .....	22
表 3. 4	装置の試運転の実施概要 .....	23
表 3. 5	装置の試運転後の調整項目 .....	23
表 3. 6	渡航（組立・施工）の検討 .....	26
表 3. 7	施工の方法の検討 .....	27
表 3. 8	スケジュール（案） .....	29
表 3. 9	各実証サイトの CBR 値 .....	32
表 3. 10	土質試験を踏まえた実証サイト No. 1 の変更計画（案） .....	32
表 3. 11	実証サイト No. 1 の当初計画及び変更後計画 .....	33
表 3. 12	各サイトの施工数量 .....	34
表 3. 13	施工工程表 .....	35
表 3. 14	実証サイトにおける概略イベント .....	43
表 3. 15	各実証サイトの硬化状況 .....	43
表 3. 16	STEIN 舗装道路において確認された現象 .....	44
表 3. 17	歩掛項目の整理 .....	46
表 3. 18	採用歩掛案 .....	48
表 3. 19	計算条件 .....	50
表 3. 20	ライフサイクルコスト試算結果 .....	51
表 3. 21	交通量基準 .....	54
表 3. 22	TA 法に基づいた STEIN 設計 .....	55
表 3. 23	スコーピング結果一覧（建屋・製造装置の設置） .....	72
表 3. 24	スコーピング結果一覧（STEIN 施工） .....	74
表 3. 25	TOR（建屋・製造装置の設置） .....	77
表 3. 26	TOR（STEIN 施工） .....	77
表 3. 27	環境社会配慮調査結果（建屋・製造装置の設置） .....	78
表 3. 28	環境社会配慮調査結果（STEIN 施工） .....	78
表 3. 29	スコーピング結果一覧（建屋・製造装置の設置） .....	79

表 3.30	スコーピング結果一覧 (STEIN 施工)	80
表 4.1	舗装タイプ別にみる CO2 排出量の比較	88

案件概要

カンボジア

土壤硬化剤STEIN技術を活用した  
灌漑・農業施設造成整備等に関する普及・実証事業  
株式会社SPEC(東京都)





## 要約

I. 提案事業の概要	
案件名	(和文) カンボジア国土壌硬化剤 STEIN を活用した灌漑・農業・農村道路整備技術の普及・実証事業 (英文) Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for the Development of Irrigation and Agricultural Facilities by the STEIN Soil Hardener
事業実施地	カンボジア王国
相手国 政府関係機関	水資源気象省 (Ministry of Water Resources and Meteorology : MOWRAM) (協力機関 : 水資源気象省地方庁 Provincial Department of Water Resource and Meteorology : PDWRAM、農村開発省 Ministry of Rural Development : MRD)
事業実施期間	2019年3月29日～2023年1月31日
契約金額	99,992,880円(税込)
事業の目的	灌漑施設及び農業道路等の農業インフラの整備に資するため、STEIN(土壌硬化剤)の有用性及び優位性を実証し、当該国での普及方法と課題が整理検討される。
事業の実施方針	<p>(1) 業務計画 各相手国実施機関と業務計画書(英文要約)について十分に協議し、本事業の目的及び活動内容、活動スケジュール(作業工程・要員計画等)について確認する。</p> <p>(2) 事業実施における柔軟性の確保 対象国における提案製品及び関連技術の実証及び普及を目的とする本事業では、事業開始後の実証状況や本事業を取り巻く環境の変化に応じて、活動内容を柔軟に変更し対応していくことが必要となる。この主旨を踏まえ、受注者は、本事業全体の進捗、実証及び普及成果の発現状況を把握し、必要に応じ本事業の方向性について、適宜発注者に提言を行うことが求められる。発注者は、これらの提言について遅滞なく検討し、必要な処置(契約の変更等)を取ることにする。</p> <p>(3) 安全を最優先した工事の推進及び安全管理 提案製品の製造、工事の実施にあたっては、事業対象国の関連法令を順守し、事故・災害の防止に最大限努め必要に応じた安全管理・対策を講じる。</p> <p>(4) 設計基準案の作成 STEIN 設計基準案の作成にあたっては、CP、MRD等の本事業関係者との議論と本事業から得られたデータを基に、我が国の技術基準をベースとしつつ、カンボジア国の状況に適した基準とする。</p> <p>(5) 資材の管理 STEIN 元素、セメント等の購入資材については十分な管理を行い、余剰が発生した場合は事業終了時に相手国実施機関に譲与する。</p> <p>(6) ビジネス展開も視野に入れた効果的な普及活動</p>

	<p>提案製品及び関連技術の認知度を高め、同技術の活用メリットと有効性を広く普及させるために、広報の活用に加え実証結果に基づいた普及セミナーを実施する。同セミナーの開催にあたっては、相手国実施機関に加え、将来のビジネス展開も視野に入れた対象者選定を行い、効果的な普及活動を図る。</p>
実績	<p>1. 実証活動</p> <p>(1) 装置の設置及び STEIN 製造          コロナにより渡航が遅れていたが、第3回現地調査（2022年1月から3月）の際に、STEIN 製造装置の組立を行い、STEIN を製造するとともに、MOWRAM・PDWRAM 職員を対象に座学・OJT による研修を実施した。</p> <p>(2) STEIN 製造・施工等          第3回現地調査の際に、STEIN 製造装置を設置し、実証サイト No.1~No.3 までの3つのサイトにおいて、STEIN を使用した施工を実施した。施工と並行して、MOWRAM・PDWRAM 職員を対象とした施工監理、現地施工業者を対象とした施工方法を OJT による研修を実施した。第4回現地調査時に4か月経過後の検査を行ったが、定量面・定性面で、機能を損なうような問題は見られなかった。その後、2022年9月に STEIN 製造装置を MOWRAM に引き渡した。</p> <p>2. 普及・ビジネス展開計画</p> <p>(1) セミナー開催          第4回（2022年7月）渡航時に、MOWRAM を始めとする省庁及び民間事業者向けセミナーを開催し、59人が参加した。</p> <p>(2) ビジネス展開          第4回渡航時に、STEIN の普及及びビジネス展開に向け、需要面と供給面の市場調査を実施した。需要面では MOWRAM や MRD 所管の灌漑施設、農道、地方道路等の需要を確認したほか、民間の不動産デベロッパーや養殖事業者など民間事業者へのヒアリングから私道や養殖池など民間での需要があることも確認した。</p>
課題	<p>MOWRAM は、引き続き提案企業のマーケット展開支援に協力する旨の意向を得ている。STEIN 製造装置を設置したタケオを、STEIN 製造の拠点として、施工業者に対して、STEIN を供給する。提案企業はそのために技術移転などを行ったが、MOWRAM・PDWRAM 職員の退職や人事異動等により移転した技術や知見が途切れるおそれがある。このため、提案企業としては事業期間終了後も MOWRAM に対して習得した技術のアップデートなど知識の定着をはかりながら営業を行っていく。</p>
事業後の展開	<p>カンボジアにおいて、確実なビジネス展開を図るために、STEIN の「供給体制の確立」及び「需要喚起」を早急に図っていく必要がある。</p> <p>「供給体制の構築」において、製造に関しては、本事業で CP に引き渡した製造装置の確実な稼働を提案企業と MOWRAM が協力して実施するとともに、施工に関しては、カンボジア内に</p>

	<p>STEINの適切な設計・施工のできる施工業者（認定施工業者）を数社確立する。</p> <p>「需要喚起」において、MOWRAM及び他省庁管轄の生活道路や灌漑施設へのSTEINの有益性を継続的にPRするとともに認定施工業者と協力して民間に不動産事業者、設計事務所、建設コンサルタントなどに対して継続的にPRを実施し需要の拡大を図る。</p> <p>なお、今後の提案企業及びMOWRAMのSTEIN製造・普及に関する役割分担について明確にしておくためにMOUを締結について先方に提案し、本事業終了後、内容につき協議を実施していく。</p>
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社 SPEC
企業所在地	東京都杉並区下高井戸 4-5-5
設立年月日	2004年10月22日
業種	製造業
主要事業・製品	土壌硬化剤 STEIN
資本金	1,000万円（2022年9月末時点）
売上高	17,701千円
従業員数	5人



## 1. 事業の背景

### (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 事業実施国の政治・経済の概況

##### ■ 政治の概況

2013年7月に投票された国民議会選挙は、選挙のたびに議席数を伸ばしてきた与党である人民党が初めて議席数を減らした一方、同党以外で議席を得たのが野党・救国党のみで、68議席対55議席と初めて二大政党に収斂した選挙ともなった。救国党は様々な不正があったとして結果を受け入れず国民議会をボイコットしたが、過半数を得た人民党は単独で議会運営、政府承認を行った。1年近くの紆余曲折を経て両党は合意に達し、救国党も国民議会に参加したが、その合意の重要な項目が国家選挙管理委員会（NEC）改革を含む選挙改革の実現であった。日本、EUをはじめとする国際社会も関係機材や技術などについて支援を行うこととなり、2018年の国民議会選挙は様々な改革を経て実施された選挙となった<sup>1</sup>。

人民党は、全民族の団結を訴えつつ、民主主義・自由・複数政党制を守ること、経済成長7%の確保といった大きな目標のほかに、農地への非課税の継続や労働者や公務員の賃金引上げ、教育機会の拡大などを公約として掲げ、2018年7月29日の5年に一度の国民議会議員選挙（総選挙）が行われた結果、人民党が全125議席を独占する結果に終わった<sup>2</sup>。

##### ■ 経済の概況

1991年のカンボジア和平協定締結による内戦終結以来、カンボジアは豊富な若年労働力と競争力のある賃金に支えられ、他の紛争終結国に類をみない速さで経済成長を遂げている。カンボジアは、2015年には低中所得国に達し、2030年には高中所得国となることを目標として掲げている。衣料品の輸出と観光を原動力とするカンボジア経済は、1998年から2019年にかけて年平均7.7%の成長率を維持し、世界で最も急速に経済成長した国の一つとなった。

一方で、カンボジアには都市部と農村部で深刻な格差があり、都市部と農村を接続するインフラが求められている<sup>3</sup>。オックスフォード貧困・人間開発イニシアティブによると、2012年時点において、首都プノンペンの貧困率は0.5%であるのに対し、農村部のプルサットでは、25.2%となっている<sup>4</sup>。

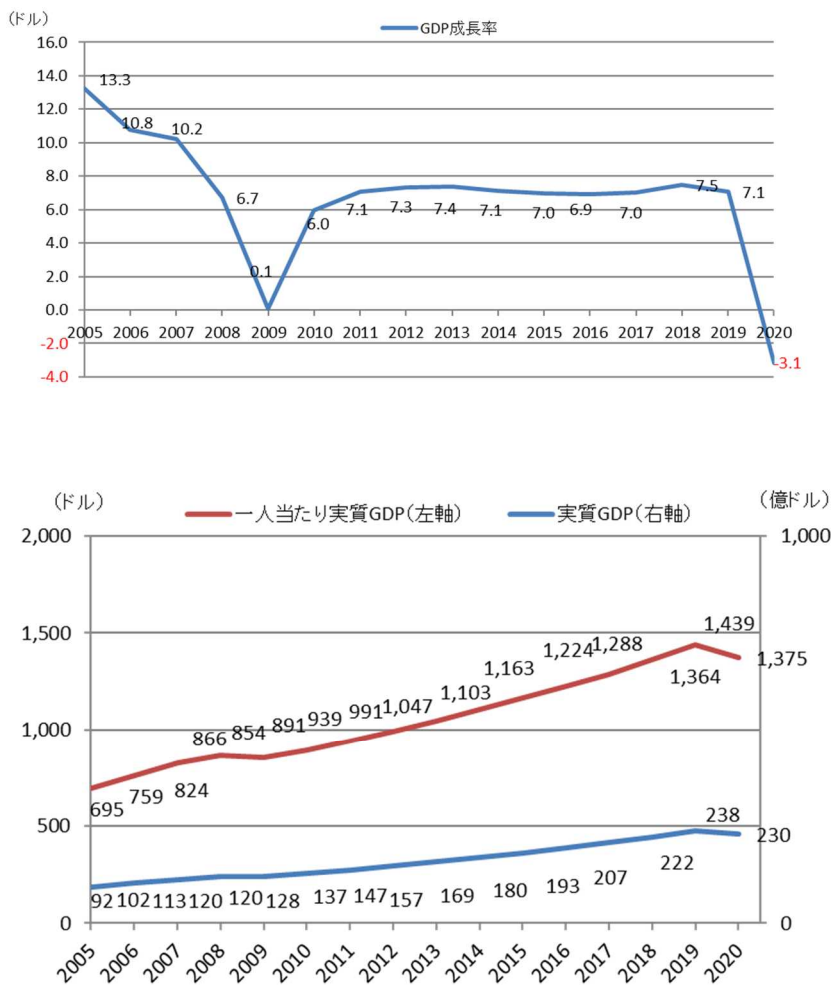
<sup>1</sup> JETRO (2019) 「カンボジア：最大野党不在の2018年総選挙」  
([https://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Download/Kidou/2019\\_cambodia.html](https://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Download/Kidou/2019_cambodia.html))

<sup>2</sup> JETRO (2019) 「カンボジア：最大野党不在の2018年総選挙」  
([https://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Download/Kidou/2019\\_cambodia.html](https://www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Download/Kidou/2019_cambodia.html))

<sup>3</sup> World Bank ウェブサイト (<https://www.worldbank.org/en/country/cambodia/overview#1>)

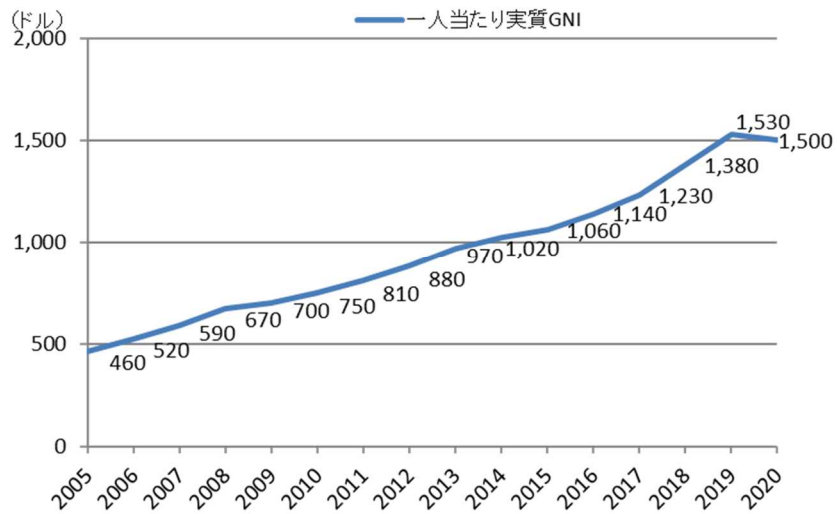
<sup>4</sup> Oxford Poverty and Human Development Initiative (2019). “Cambodia Country Briefing”, (<https://ophi.org.uk/multidimensional-poverty-index/mpo-country-briefings/>)

カンボジアの GDP 成長率、GDP 及び一人当たり GDP、外国直接投資（FDI）は、2009 年の経済危機以降堅調に推移していたが、2020 年のコロナショックにより、いずれも急速に冷え込んでいる。



(出所：世界銀行 World Development Indicators)

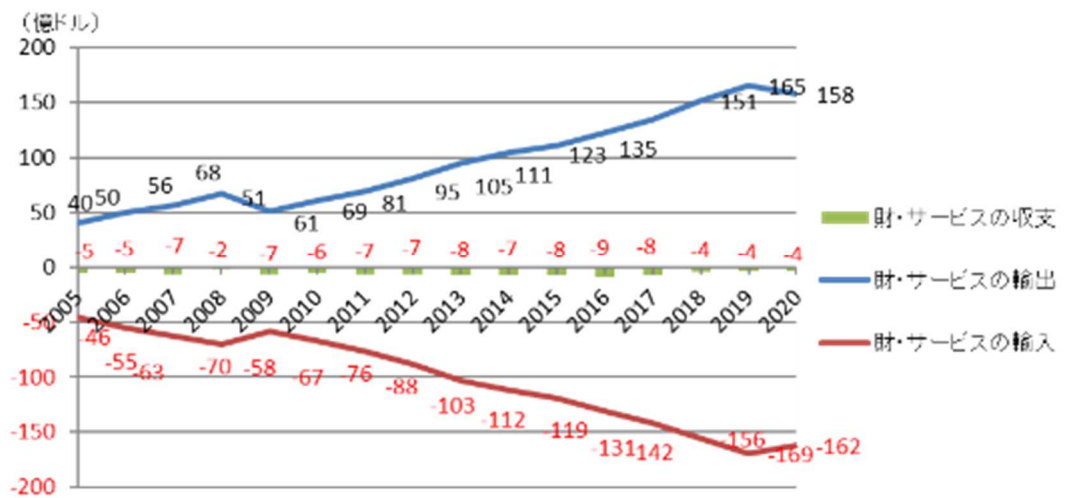
図 1.1 GDP 成長率（上）並びに 1 人当たり実質 GDP 及び実質 GDP（下）の推移



(出所：世界銀行 World Development Indicators)

図 1.2 一人当たり GNI の推移 (2015 年基準)

カンボジアの投資環境について、貿易額は、輸出額及び輸入額ともに増加傾向にあるが、2005 年時点より一貫して輸入超過である。



(出所：世界銀行 World Development Indicators)

図 1.3 カンボジアの財・サービスの貿易収支

## ② 対象分野における開発課題

カンボジアは、1970年代に20年に亘り戦争と内戦の時代が続いたことから、社会基盤が壊滅状態となり、1991年の和平協定以後、国連カンボジア暫定統治機構（UNTAC）による平和維持活動や国際社会の支援を受けながら復興・復旧の道を歩んで来た。近隣のタイやベトナムといった経済発展が目覚ましい国々の経済にも影響を受けながらも、カンボジアでは、ASEAN 後発国として、いまだ農村部に貧困層が多く存在している。

農業は GDP の 2 割以上を占め、就業人口の 5 割が携わる主要産業である。また、当国の人口の 8 割、貧困層の 9 割以上が農村部に居住しており、貧困削減の観点からも農業は重要なセクターである。しかし、雨季と乾季を有し、スコールのような局所的豪雨がある地域での農業振興には、安定的な水資源の確保や雨に流されない丈夫な道路の整備が不可欠であるが、溜池等の灌漑設備や農業道路・地方道路の整備が進んでいないことから乾季の農業用水が確保できず、安定した農業生産が困難となっているほか、雨季には泥濘により交通が寸断され農民の市場へのアクセスが妨げられるなど、農業インフラの未整備により農業セクター振興が阻害されている状況が見られる。

同国では、社会経済開発計画「四辺形戦略フェーズ 4（2019-2023）」において、小規模農民の所得向上を目指し、灌漑施設及び農業支援（インフラ整備含）への投資を通じて、農業生産の多様化と高付加価値化を促進している。また、「国家戦略開発計画（2019-2023 年）」において、貧困削減と持続的な経済発展を達成するため農業生産性の向上を主要目標の一つとし、セクター開発政策においても、灌漑施設の改修・建設による農業生産性向上と灌漑面積の拡大を進める方針である。これに対し、日本政府は同国への国別援助方針の重点分野「産業振興支援」における開発課題「農業振興・農村部の生計向上」に資するべく、地方の灌漑整備事業を含む総合的な農業生産性の向上と農民の生活向上を支援している。

こうした中、受注者は 2015 年度「カンボジア国土壌硬化剤 STEIN 技術を活用した灌漑・農業施設造成整備等に関する案件化調査」を受託し、水資源気象省（MOWRAM）の協力を得て、簡易施工・低コスト・高耐久性を特徴とする提案製品「土壌硬化剤 STEIN」（以下、STEIN）を活用した灌漑施設及び農業道路整備事業の展開可能性を調査した結果、同製品に対する高い期待とニーズが確認された。本事業では、道路整備に STEIN を導入することにより、壊れにくい灌漑設備や道路整備が普及すれば、安定した農業生産や農民の生活向上、土砂災害・水害対策に資することが見込まれる。

## 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

社会経済開発計画である「四辺形戦略フェーズⅢ（2014-18 年）」において、小規模農民の所得増大を目指すため、灌漑施設および農業支援（インフラ整備を含む）への投資を通じて、農業生産の多様化と高付加価値化を促進することが記されている。



2018年に策定された「四辺形戦略フェーズ IV（2019－2023）」においても農業は貧困削減、生計向上、雇用促進を進める上で未だに重要なセクターと位置づけている。そのためには、灌漑や農道を含む農村インフラの改善及び維持管理が重要であることが示されている。また、四辺形戦略においては、2030年までの高中所得国入りの実現に向けた経済社会基盤の強化が挙げられている。この流れは、2014年の国家戦略開発計画（National Strategic Development Plan 2014-2018：NSDP）及び2019年7月に承認された国家戦略開発計画（NSDP: 2019-2023）においても示されている。

他方、我が国からカンボジアへの援助基本方針（2017）においては、着実かつ持続可能な経済成長と均衡の取れた発展を目指すため、3つの重点分野（①産業振興支援、②生活の質の向上、③ガバナンスの強化を通じた持続可能な社会の実現）を中心に支援を実施している。なかでも①産業振興支援に分類される、農業振興・農村部の生計向上の項目において、灌漑施設の改修・整備・技術能力向上は重要な項目とされている。そのため灌漑や水資源に関するプロジェクトを長年実施してきており、農民の生活向上に取り組んでいる。

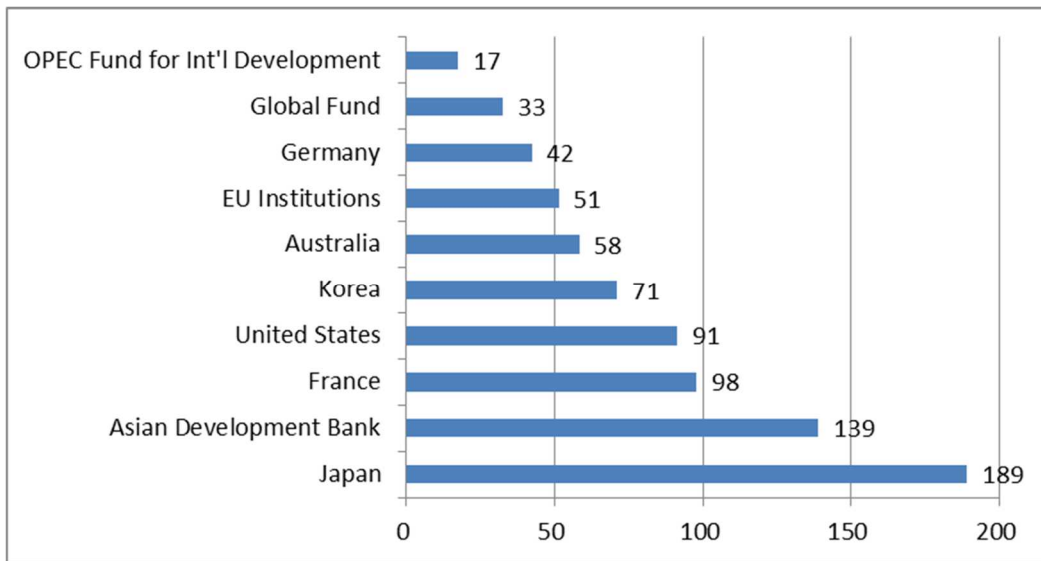
#### ④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

カンボジア国においては、多数の国・国際機関が、農業分野及び農村開発への支援を同国の経済成長の柱と捕らえ、灌漑施設や農村道路の整備等の支援を行っている。農業農村開発の振興は、日本の対カンボジア ODA の重点分野でもあり、カンボジア政府も、日本政府に対し、特に優先度の高い農村部の灌漑施設整備と農業改善分野の支援を要請している<sup>5</sup>。

また、カンボジアはドナー側と援助協調を進めており、主要セクター及びテーマ別の18のテクニカル・ワーキング・グループ（TWG）を設置し、セクター毎に政府・ドナー間の調整を行っている。関連する農業・農村開発のリードドナーは豪州国際開発庁 AusAID とフランス開発庁（AFD）となっている。

カンボジア国へのドナーの援助状況については図 1.4 の通りで、2017年の援助実績は、日本が189百万ドルと最も多く、次いでアジア開発銀行が139百万ドルと続いている。図 1.4 は OECD/DAC の統計から出したものであり、DAC メンバーではない中国の統計は入っていない。正確な数字は不明であるが、国道7号線の Kratie からラオス国境の Stung Teng までの196Kmの改修の他、2019年には首都プノンペンと南部シアヌークビルを結ぶ中国で初めての高速道路建設を始めており（約20億ドル）、純粋に援助とは言えないものも含めると相当の支援を行っている。

<sup>5</sup>日本水土総合研究所ウェブサイト「カンボジアにおける灌漑の改修・開発と日本の ODA」  
([http://www.jiic.or.jp/ardec/ardec52/ard52\\_key\\_note3.html](http://www.jiic.or.jp/ardec/ardec52/ard52_key_note3.html))



(出所：OECD.stat データベースより作成)

図 1.4 対カンボジア ODA 援助額(2017 年実績、国・機関別、上位 10 位、単位：百万ドル)

アジア開発銀行は、国別パートナーシップ戦略（2014～2018）は、カンボジア政府の四辺形戦略や NSDP を支援するものとして位置づけ、5つのセクターを選択して支援を行うこととしている。5つの重点セクターの1つが「農業・天然資源・農村開発」となっている。具体的な関連プロジェクトとしては、2016年より Rural Roads Improvement Project においてカンボジアのトンレサップ流域の7県を対象に全長約 505Km の農道を舗装している<sup>6</sup>。また、2018年よりバットアンバン、カンポンチャム、カンポントム、タケオ県の灌漑施設の改善、運営・維持管理システムの技術供与等を行う Irrigated Agriculture Improvement Project を実施している<sup>7</sup>。また、広域的には2015年に始動したカンボジア、ラオス、ベトナムを対象とした Second Greater Mekong Subregion Corridor Towns Development プロジェクトは、38.1百万ドルの借款を通し、交通網の接続の強化、国境を越えた貿易・投資・観光の促進、民間セクターの競争力強化、人材開発に取り組んでいる<sup>8</sup>。

USAID は、「農業及び食料安全」分野を重点課題の1つに掲げている。その中でも Feed the Future Cambodai Harvest II (2017-2022) において、農業をカンボジアの経済成長と食糧安全保障の核と位置づけ、主に、Pursat、Battambang、Siem Reap、Kampong Thom、Pursat 地域をターゲットとし、カンボジアの商業園芸を促進してきた。5年間のプロジェクトで、民間セクターより 2,800 万ドルの新たな投資を呼び込み、2,500 以上

<sup>6</sup> ADB ウェブサイト (<https://www.adb.org/projects/42334-013/main>)

<sup>7</sup> ADB ウェブサイト (<https://www.adb.org/projects/51159-002/main#project-pds>)

<sup>8</sup> ADB ウェブサイト (<http://www.adb.org/projects/46443-002/main#project-pds>)

の雇用を創出し、17 の農業政策の開発を支援し、園芸事業と生産者が 7,500 万ドルを超える売り上げを生み出した<sup>9</sup>。USAID はこの成功を基に、2022 年～2027 年までのフェーズ III を開始している。

オーストラリアの AusAID の支援重点分野は、インフラ整備、農業の生産性向上及び農民の収入向上、保健・教育へのアクセス向上である。また、女性、障がい者、貧困層に焦点もあてた支援を行っている。農業の生産性向上及び農民の収入分野においては、Cambodia Agricultural Value Chain プログラムで灌漑施設の復興や農薬、殺虫剤、種、製粉産業等民間セクターと協力し、農業生産性の向上に取り組んでいる。CAVAC フェーズ 1 は Kampong Thom、Kampot、Takeo 地域をターゲットとし、2010 年から 2015 年までの 6 年間で総額 43.3 百万豪ドルの予算で実施された<sup>10</sup>。フェーズ 1 では灌漑施設 20 カ所を建設し稲作農家の生産性を向上させた。フェーズ 1 の成功を受けて、フェーズ 2 が 84.2 百万豪ドルの予算で、2016 年から 2022 年 6 月（当初は 2021 年まで）の 6 年半で実施された<sup>11</sup>。フェーズ 1、2 で灌漑施設 30 カ所の建設、農業生産性を高めたことで小規模農家の家計収入を増やし、農業の生産能力、取引への対応力、農業の多様化を強化したという<sup>12</sup>。また、AusAID は、地雷除去は農村開発に必要不可欠であることから、UNDP マルチドナー地雷除去プログラムに拠出している。

フランスの AFD は、農業・水セクターのリードドナーであり、1993 年以来、農村での灌漑施設の拡張・向上、農業セクターの開発等に取り組み、MOWRAM を支援している。2013 年から 2019 年にかけては、ADB と協調融資で実施した Improving Agricultural Yields in Rural Areas プロジェクトでは、MOWRAM の灌漑政策実施支援として、カンダル県の中小の灌漑地域の及び水路の補修、水利用者組合の設立サポート及び能力強化等の支援を行った<sup>13</sup>。

また、2018 年より始まった Water Resources Management and Agricultural Transition for Cambodia (WAT4CAM) プロジェクトでは、農業の生産性向上及び貧困削減のため、7～13 の中規模灌漑スキームと 20～40 のため池灌漑を修復及び近代化するため、アジア投資ファシリティを通じた EU による 1,150 万ユーロの助成金と、AFD による 5,500 万ユーロの融資を提供している。2021 年には、2020 年 10 月に Battambang 及び Banteay Meanchey で起きた洪水により損傷した 17 の灌漑施設の復旧のために、追加で 20 万ユーロの借款を供与した<sup>14</sup>。

---

<sup>9</sup> USAID ウェブサイト (<https://www.usaid.gov/cambodia/press-releases/may-10-2022-feed-future-cambodia-harvest-ii-wraps-5-years-achievements>)

<sup>10</sup> DFAT ウェブサイト (<https://www.dfat.gov.au/sites/default/files/cavac-design-document.pdf>)

<sup>11</sup> The Phnom Penh Post ウェブサイト (<https://www.phnompenhpost.com/business/agri-sector-further-strengthen-oz-aid>)

<sup>12</sup> 同上

<sup>13</sup> AFD ウェブサイト (<https://www.afd.fr/en/carte-des-projets/improve-agricultural-yield-rural-areas>)

<sup>14</sup> AFD ウェブサイト (<https://www.afd.fr/en/actualites/cambodia-afd-commits-rehabilitate-irrigation-schemes-damaged-last-years-severe-floods>)

EUによる、カンボジア国家戦略開発計画（2014～2020年）の支援は（総額4億1千ユーロ）、農業・天然資源管理、教育・スキル開発、ガバナンス・行政改善の3つの分野に絞っている。そのうち、2014年～2017年の農業・天然資源管理においては、漁業分野に焦点をあてている。包括的かつ持続的な成長の促進である。2012年に開始した **Strengthening Capacity of Fishing Communities in the Tonle Sap to Manage their Natural Resource Sustainability** プロジェクトにおいて、Tonle Sapにおけるコミュニティ漁業の、漁業保全区域のマネジメント能力強化を目的としている<sup>15</sup>。

IDAも農業分野の開発をカンボジアにおける貧困削減、持続可能な成長のための要ととらえ、農業分野支援に積極的に注力している。2016年5月に立ち上げられた **Mekong Integrated Water Resources Management** プロジェクトフェーズ3は、16.5百万ドルの予算規模をもって、カンボジア北部のKratieとStung Trengでの水産資源マネジメント能力向上と、Sekong-Sesan-Srepok- Sekong Prek (3S)とPreah, Prek Krieng 第二次流域およびPrek Kampi and Prek Te (4P) 第二次流域における水資源マネジメントの向上に取り組んでいる<sup>16</sup>。2019年から始まった **Cambodia Agricultural Sector Diversification** プロジェクトでは、小規模灌漑や農村道路の改善などを実施することとなっている。

## （2）普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	土壌硬化剤 STEIN
スペック (仕様)	STEINは、STEIN元素（普通セメントを基材とし、27種の無機添加剤を事前混和したもの）5%と普通セメント95%を配合した、粉末状の土壌硬化剤である。
特徴	<p>土壌硬化剤STEINは、1975年に日本で開発された、環境に無害な無機物粉体からなる土壌硬化剤である。STEINは、現場土に重量比およそ10%混和し、最適な水分調整後、締固めることで、土壌を短期間に硬化させ、強健な構造物を造成することができる。</p> <p>STEINは、40年前の日本、特に地方の未舗装道路や土の灌漑施設に多数用いられた実績を持ち、高度経済成長期の交通の確保および水路などの農業施設の発展に貢献してきた。STEINの活用実績としては、日本全国の道路、灌漑施設、公園施設、軟弱地盤対策、自衛隊演習場整備等がある。</p> <p>STEIN工法のメリットは、費用の安さとその頑丈さにある。費用面で比較すると、アスファルトを100とすると、STEIN工法では40~60程度の費用で道路を舗装することが可能である。また、アスファルト舗装では強度、水たまりや亀裂の問題が発生しやすいが、STEIN工法ではそれらの課題も少ない。同様の資材・技術としてドイツ製の有機物由来の液体系硬化剤が存在するが、硬化能力ではSTEIN工法による道路の方がおよそ1.7倍程度の強度を持つと評価されている<sup>17</sup>。</p>

<sup>15</sup> EC (European Commission) ウェブサイト ([https://ec.europa.eu/europeaid/projects/strengthening-capacity-fishing-communities-tonle-sap-manage-their-natural-resources\\_en](https://ec.europa.eu/europeaid/projects/strengthening-capacity-fishing-communities-tonle-sap-manage-their-natural-resources_en))

<sup>16</sup> WB ウェブサイト (<http://documents.worldbank.org/curated/en/2016/05/26342844/cambodia-third-phase-mekong-integrated-water-resources-management-project>)

<sup>17</sup> 2002年モンゴル国道路建設局において、道路建設のための土壌硬化調査が実施された。参加した技術の

	STEIN は、灌漑・道路等を簡易に低価格で施工することができ、耐久性が非常に高いという利点がある。また施工後の建造物は環境に負の影響を与えずに、メンテナンスもほぼ不要であるためランニングコストも安価である。
競合他社製品と比べた比較優位性	類似の土壌硬化剤はカンボジア国内では販売されていない。案件化調査のテスト施工結果から、鉄筋コンクリート、簡易アスファルト舗装との比較においても、価格、耐久性、施工期間の全ての面から優位性が示された。STEIN 元素は、27 種類の環境無害な無機物を混和して作られるものであり、万一原料が明らかとなっても、混合の順番が異なると STEIN 製品とならない。混和順序パターンは兆を超えるため、模倣リスクはきわめて低い。
国内外の販売実績	1975年以降の販売実績は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・国内 1,500か所(道路、鉄道、灌漑、畜産、公園など)  国交省、農林水産省、防衛省、地方自治体、民間(敷地内整備)の案件を落札業者(ゼネコン)へ出荷</li> <li>・海外 (道路、灌漑、※試験施工含む) (マレーシア、スリランカ、ミャンマー、インドネシア、ケニア、東ティモール、台湾、韓国、フィリピン、アメリカ、イタリア、ドイツ、ケニア)</li> </ul>
サイズ	STEIN :- (粉体状の物質) STEIN 製造装置：※W:6.6m、D:8.9m、H:4.5m
設置場所	タケオ州の PDWRAM の敷地内。
今回提案する機材等の数量	STEIN 元素 (4,000kg) 以下の部材から構成される STEIN 製造装置等一式 <ul style="list-style-type: none"> <li>・粉体ミキサー：1 台</li> <li>・バケットエレベーター：1 台</li> <li>・投入側スクリーコンベアー：1 台</li> <li>・排出側スクリーコンベアー：1 台</li> <li>・電気装置 (電力制御操作盤)：1 台</li> <li>・架台 (現地調達)：1 台</li> </ul>
価格	企業機密情報につき非公開



図 1.5 (写真) STEIN (左)、STEIN 施工後 35 年が経過した北海道の水兼農道 (右)

上位 2 技術との比較した結果、STEIN はドイツ製の同様の製品と比較して、およそ 1.7 倍の強度が確認された。(2002 年モンゴル国道路建設局ヒアリングより。)



## 2. 普及・実証事業の概要

### (1) 事業の目的

未舗装の道路など交通インフラが脆弱で耐久性の高い交通網を必要としているカンボジアにおいて、灌漑施設及び農業道路等の農業インフラの整備に資するため、STEIN（土壌硬化剤）の有用性及び優位性を実証するとともに、普及に向けて STEIN 製造から施工に至るまでのマニュアル策定及び OJT を通じて技術移転を図る。その上で当該国での普及方法と課題が整理検討された上で市場傾向の調査結果を踏まえ、今後の事業展開計画を策定する。

### (2) 期待される成果

期待される効果は以下の通りである。

#### 【成果①】

STEIN の製造体制（建屋、製造装置の設置及び稼動確認の完了まで）が整い、施工実証計画が策定される。

#### 【成果②】

STEIN 製造の方針（STEIN 設計基準案、STEIN 配合、施工計画）及び3箇所の実証サイトの施工が完了するとともに、品質面、コスト面から現地製造された STEIN を利用した施工技術の有用性・優位性が実証される。

#### 【成果③】

STEIN 製造マニュアル及び施工マニュアル並びに STEIN 設計基準案が完成し、OJT 等の研修を通じて STEIN 製造装置の継続的な運用・維持管理及び STEIN 施工に必要な知識や技術が MOWRAM 関係者に移転される

#### 【成果④】

普及セミナーを通じてカンボジア国関係者へ STEIN 施工の工法や費用対効果等の有用性の理解促進が進むとともに、同国における生産、流通、販売、施工、施工技術普及に関するビジネスモデルの作成や事業実施体制を含む将来の普及展開計画が策定される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

表 2.1 作業工程表

	予定/実績	2019年度												2020年度												2021年度												2022年度											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																
1. STEIN製造体制が整い施工計画が策定される																																																	
1-1 STEIN製造装置を製造サイトに設置する	予定																																																
	実績																																																
1-2 STEIN施工の設計指針となるSTEIN設計基準案作成	予定																																																
	実績																																																
1-3 施工実証サイトの土質試験、STEIN配合試験の実施と配合決定	予定																																																
	実績																																																
1-4 上記1-2、1-3に基づく施工計画の策定	予定																																																
	実績																																																
2. 現地製造されたSTEINを利用した施工技術の有用性・優位性が実証される																																																	
2-13 箇所の施工実施 サイト1~3	予定																																																
	実績																																																
2-2 施工物の経過観察・試験・施工内容の確認	予定																																																
	実績																																																
2-3 ライフサイクルコスト等の検討	予定																																																
	実績																																																
3. STEIN製造装置の継続的な運用・維持管理及びSTEIN施工に必要な知識や技術がMOWRAM関係者に移転される																																																	
3-1 STEIN製造マニュアル及び施工マニュアルを作成	予定																																																
	実績																																																
3-2 STEIN設計基準の完成	予定																																																
	実績																																																
3-3 CP関係者への現地研修	予定																																																
	実績																																																
4. 事業実施体制を含む将来の普及展開計画が策定される																																																	
4-1 政府機関、民間事業者等を対象としたSTEINに係るセミナー開催	予定																																																
	実績																																																
4-2 ビジネス展開及び事業性の検討	予定																																																
	実績																																																
4-3 将来的な事業計画案を作成する	予定																																																
	実績																																																





## ■ 資機材リスト

資機材リストは以下の通りである。

表 2.3 資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	粉体ミキサー	MX-440-75	1	2020年3月	タケオ州 PDWRAM敷 地内
2	バケットエレベーター	BE-440-22 IN	1		
3	投入側スクリーコンベアー	SC-440-22 IN	1		
4	排出側スクリーコンベアー	SC-440-22 IN	1		
5	電気装置（電力制御操作盤）	—	1		
6	架台（現地調達）	—	1		

## ■ 事業実施国政府機関側の投入

本事業では、カンボジア水資源の開発と利用を所掌し、「カンボジア国土壌硬化剤 STEIN 技術を活用した灌漑・農業施設造成整備等に関する案件化調査」（以下「案件化調査」という。）時点の CP であった MOWRAM が、引き続き CP として普及実証事業を実施している。Under Secretary of State である Vesna 氏のもと、Technical Services Center (TSC) を原課として、2 名の職員が対応するとともに、タケオ州の PDWRAM の敷地に製造装置を設置する。

なお、想定している MOWRAM 側の投入は以下の通りである。

- ・ 本事業で据え付けされる STEIN 混合機材の将来にわたる管理・監督および適切な運用
- ・ STEIN 混合機材の据え付けおよび三か所での施工のための許可の取得
- ・ STEIN 混合機材据え付けのための十分な場所の確保
- ・ 関税および VAT 等国内税の免除
- ・ 事業実施期間の以下詳細項目における協力
  - ✓ タケオ州の PDWRAM 敷地内での建屋建設に係る許可及び必要な手続きなど
  - ✓ 水道代、電気代等の負担
  - ✓ STEIN に関わるワークショップおよび研修開催場所の提供

- ✓ 事業実施に必要なデータ（地図や写真も含む）の提供
- ✓ 施工場所の共同調査および管理・検査
- ✓ 事業終了後の機材の維持管理

#### （５） 事業実施体制

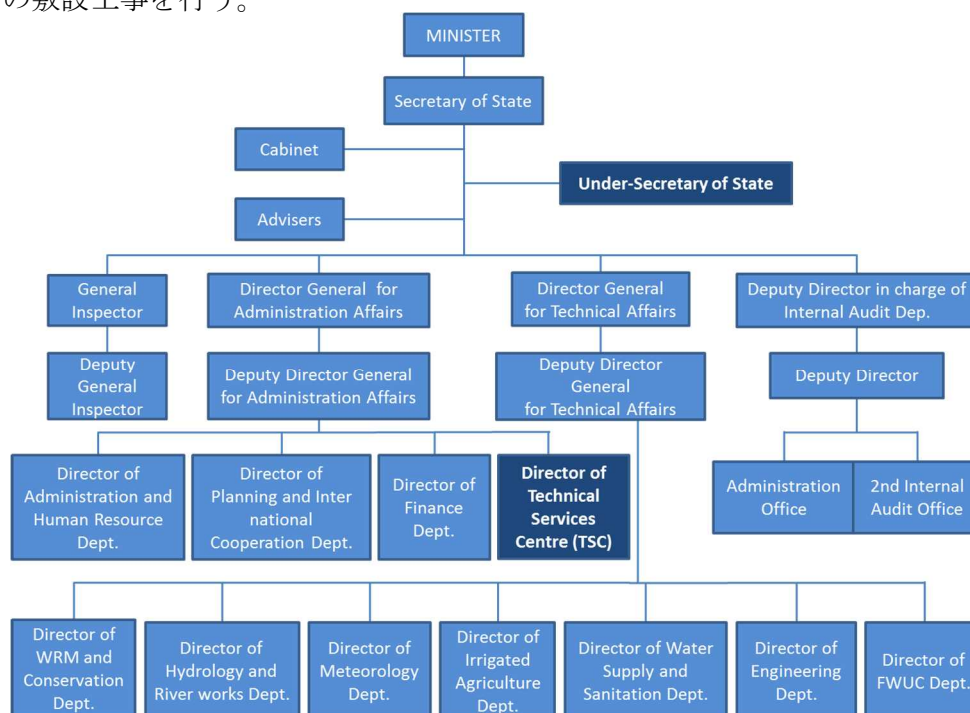
提案企業である株式会社 SPEC および松村総合科学研究所を中心として、農業・農村インフラ構築の技術調査およびビジネス展開調査を行う。制度、市場調査等をまとめるコンサルタント企業として三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング、現地での施工の管理を NTC インターナショナル株式会社（NTCI）、ビジネス展開のパートナーとなり得る企業との交渉及びビジネスモデル策定支援を個人コンサルタント、施工の土質評価を国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構が担当する。

表 2.4 事業実施体制

企業名	人数	役割
株式会社 SPEC	4名	事業全体調整、ビジネス展開業務、土壌検査及び調査
株式会社松村総合科学研究所	2名	土質調査、STEIN 製造、施工技術管理等の技術指導ならびに助言
三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社	3名	事業計画策定、市場調査、開発効果、政策分析
個人	1名	パートナー連携（民間）、ビジネスモデル策定支援
NTC インターナショナル株式会社	2名	施工管理、技術指導、現地制度調査
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構	2名	施工計画、土質計画・評価、構造物評価

(6) 事業実施国政府機関の概要

- 相手国政府関係機関の名称（正式名称）：水資源気象省（Ministry of Water Resource and Meteorology：MOWRAM）
- 基礎情報
  - ・ 概要：水資源利用の開発・調査・維持管理・防災や大気の調査・保護・情報発信を担う。また水資源利用に関する法律の作成と管理も行う。水資源の改良と開発に関連する機関に技術指導を行う場合もある。
  - ・ 所在地：No.47, Norodom Blvd, Phnom Penh
  - ・ 設立年：1999年／代表者：H.E Lim Kean Hor
  - ・ 予算：2022年度予算：2億1,700万USD<sup>18</sup>
  - ・ 組織体制図は以下の通り。原課は、MOWRAMの灌漑技術センター（Technical Services Center：TSC）であり、本事業のCPとしての実施主体である。機材の設置場所はMOWRAMの下位組織にあたるタケオ州のPDWRAMであり、PDWRAMがSTEIN製造、機材の管理を担う。
  - ・ 実証活動においては、提案企業がMOWRAMに対してSTEIN製造の技術移転を行うとともに、民間工事業者を選定しSTEINを用いて実証サイトにて道路の敷設工事を行う。



(出所：MOWRAM 提供資料に基づき JICA 調査団作成)

図 2.1 CP の組織図

<sup>18</sup> <http://www.cambodianbudget.org/index.php?page=00124>

### 3. 普及・実証事業の実績

#### (1) 活動項目毎の結果

##### ① 活動結果 1 : STEIN 製造体制が整い施工計画が策定される

1-1 : STEIN 製造装置を MOWRAM の州レベルの下部組織である PDWRAM (州水資源気象局) 敷地内の製造サイトに設置する

#### <国内業務>

##### ■機材の仕様決定

STEIN 製造に係る装置の仕様は、松村総合科学研究所 (松村綜研) の美瑛工場をベンチマークとし、カンボジア製ポルトランドセメント (95%) と、同工場にて生産する STEIN 元素 (5%) の粉同士を混合する装置を設置する。生産能力は 500kg 以下/バッチとなり、生産時のポイントは、比重の違う粉を均一に混ぜることができるようにする点である。混合方法については、松村綜研の有する技術を基に、現地の関係者とも協議しながら仕様を決定する。

美瑛工場での STEIN 元素とポルトランドセメントの混和装置は、比重の異なる 2 つの粉体を均一に混ぜるために、モーター駆動部が 3 か所、センター軸と、センター軸で回転させる攪拌翼の両端部に配置される各攪拌翼を 2 基有するという複雑な構造を持つ装置である。カンボジアでの混和装置は、製造効率が下がったとしても、回転翼を 1 軸 (モーターを 1 基) 搭載の、出来る限り簡易な仕組みで、壊れにくい構造にする。

当初計画では、材料投入の際に高所より材料が投入される仕組みであったが、第 1 回現地渡航の際のカウンターパートとの協議の結果、高所へのセメント搬送作業及びセメント投入作業の際に危険が伴い、安全面で問題があると CP より指摘された。そこで縦置 3 階型より横置 2 階型に変更し、安全性の向上、メンテナンスの容易にするとともに、セメント搬送作業を半自動化することで、運搬作業の負担軽減を図る仕様とする事とした。

## ■機材製造手配

STEIN 製造装置の設計を、美瑛工場仕様を検討していたが、第 1 回目現地調査により、効率の良い高性能装置ではなく、壊れにくく修理のしやすく、高所で作業が伴わない様に、3 階型から低層の 2 階型の設計として、機材設計を実施した。

この設計に基づき、製造を依頼する事とした。製造に関しては、当初は高性能で特殊な混合装置を要する事から 1 式の機材計上であったが、安全面の確保及び保守のしやすさに鑑みて、各部位及び項目毎に価格・性能・納期などを比較して決定する事とした。具体的な項目としては粉体ミキサー、バケットエレベーター、投入側スクリーコンベアー、排出側スクリーコンベアー、電気装置、架台の 6 点である。これらのうち、架台以外の 5 つの部品は、国内で製造する。

## ■カンボジア製セメント適合試験

### ○試験実施の背景

カンボジアで調達を予定していたセメント会社が、普通セメントの販売から、早強セメントの販売へと方針展開を行ったことで、カンボジアにおいて普通セメントを入手することが困難となった。今後カンボジア市場で STEIN の販売を展開していくうえで、現地セメントを用いる必要があることから、現在カンボジア市場において流通しているセメントを複数取り寄せて、STEIN との混合に適したセメントを検討することとした。

### ○分析のフロー

試験種別	実施内容
1.簡易セメント試験（サンプル選定）	・カンボジアより 2 種類のセメントの試料及び 3 種類のデータを入力し、成分表を確認し、調査対象とする検体を選定。
2.セメント試験	・セメントの化学試験（蛍光 X 線分析装置による含有元素定性・簡易定量分析による測定）及び物理試験（密度、比表面積、凝結等の測定）を実施
	<b>【STEIN 製造】</b> ・STEIN の性能を得るため、セメントに添加混合する元素に、早強を抑える改良・修正を施した。
3.土質試験	・STEIN の硬化を確認するために、強度試験を実施する。その対象となる 3 種類の土を選定し、土の粒度試験、強熱減量試験、突き固めによる土の締固め試験の分析を実施した。 (1)対象土 ・真砂土（京都府相楽郡） ・表土（上川郡美瑛町） ・火山灰土（旭川市神居町）
4.強度発現試験	・対象となる上記 3 種の土質に、製造した STEIN を配合し、供試体（コンクリートの強度試験を行うための部材）を作成し強度発現試

	<p>験（一軸圧縮強度試験（STEIN 配合））を実施した。          ・合わせて、それぞれ 3 日後、7 日後、28 日後、60 日後、90 日後の経過を観察した。</p>
--	---

## ○分析の結果

セメントの適合性の分析にあたり、まず、簡易セメント試験を実施した。カンボジアには、普通セメントを生産・供給している複数の現地企業があり、カンボジアの企業 2 社（A 社及び B 社）からセメントを取り寄せて分析を行った結果、普通セメントでありながら、いずれも早強セメントに近い分析値であった。さらなる検証を行うために、①セメント試験、②土質試験、③強度発現試験を実施した。

カンボジア製セメント A 社及び B 社は、セメント試験（化学試験及び物理試験）の結果、早強に分類された。STEIN が適切にその性能を発揮できるようにするため、セメントに添加混合する元素に、早強を抑える改良・修正を施した。

強度発現試験において、セメントは、3 日及び 7 日と強度の伸び傾向が強く、この傾向は 14 日まで続き、その後、21 日及び 28 日と緩やかに上昇し、60 日及び 90 日と僅かに上昇がみられる。この傾向が 1～3 年と継続する事が STEIN を用いて硬化させた場合の特長である。分析の結果、いずれの土質においても 28 日以降の長期の緩やかな強度発現を持つ製品となった。90 日データを確認する限り、STEIN 製品とセメントの適合性には問題は無いものと見込まれるが、引き続き 1～3 年間は経過観察を実施し性能評価を継続する。

なお、カンボジアより取り寄せた二社のセメントのうち、最も普通セメントに近い性状を有し、供給先がタケオ州に近い、A 社の普通セメントが最もカンボジアでの STEIN 施工に適したセメントであることが判明した。

## <現地業務>

### ■設置場所確認・決定

第 1 回現地調査の際に、CP 及びタケオ州 PDWRAM を交えた会合の場を設け、提案企業より改めて STEIN 製造装置の概要を説明した。また、MOWRAM 設置場所であるタケオ州 PDWRAM に訪問し、CP と共に STEIN 製造装置の設置に係る現地調査を実施した。2018 年に同事務所に訪問し概要は確認済みであるが、その後の人員体制や設置予定地の現況や設置条件について確認を行った。

なお、上記の確認協議の後、STEIN 製造装置および関連機器を擁するプラント建設の位置について、タケオ州 PDWRAM の責任者（副所長）同行の元、具体的なプラント建設計画の素案について確認、内諾を得た。具体的な確定事項は下記の通りである。

- ✓ プラント（STEIN 製造装置、資材置き場、車輛駐車スペース、事務所）を含む用地面積が十分に確保できることを確認

- ✓ プラント建設に係る工事用車輛（大型のダンプトラック・ポンプ車・ブルドーザ等）の進入について、特筆すべき支障がないことを確認
- ✓ プラントの計画位置の植生繁茂が著しく、伐採・抜根工事が必要であること、また PDWRAM として、その工事を行うことに問題がないことを確認
- ✓ プラントの計画位置に納屋があり、撤去が必要であるが、また PDWRAM として、その工事を行い、移設する必要がないことを確認



図 3.1 タケオ PDWRAM 敷地とプラント建設平面計画  
(出所：Google Earth に基づき JICA 調査団作成)

#### ■STEIN 製造方法の決定

カンボジアで調達するポルトランドセメントと STEIN 元素を、95 対 5 の割合で混合する。混合作業は、セメントをスクリーコンベアとバケットエレベーターにて荷揚げし、作業員により STEIN 元素を投入する。セメントは、近年需給が逼迫しているが、タイ又はベトナム等から調達が可能と考えられる。なお、セメントはフレコンバッグで調達し、投入するが、品質や供給量によって発注先を決定する。

荷揚げされたセメントと STEIN 元素は、所定の時間混合攪拌する。混合攪拌後は製品を排出側スクリーコンベアより排出し、STEIN 用袋に収納される。製造には PDWRAM 職員も参加するものとし、事前の説明と製造時のアドバイス等により、STEIN 製造技術を OJT で伝えるようにする。

#### ■実証サイトの現況調査

以下は、CP の提案に基づき選定された実証サイトである。

以下は、実証サイトの踏査結果の概略を示す。ただし、詳細については資料末部の現地調査速報を参照されたい。

##### (1) 実証サイト No.1 (トムネイ事業地区：ため池堤体天端道路)

実証サイト No.1 の現況調査結果は以下の通りである。



- ✓ 道路状況が良好であり、「改修」工事と言う観点では不要であるものの、アクセス道路として重要な道路であると共に、ため池堤体の天端に設置された農道として、STEIN施工の有用性を示す場所として妥当と判断。
- ✓ 地質は粘土またはシルト分が多く、掘削土と STEIN 混合の際には十分な乾燥が必要になる。
- ✓ 交通量が多いことから、施工時に通行止めにはできない。(施工時には、片側ずつの施工とし、交通誘導員を配置し、片側の車線での交互交通を確保する。)

表 3.1 現場調査結果 (実証サイト No. 1)

	<p>サイト 1 概況 道路構造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・延長 L=約 850m (Google Earth で図測)</li> <li>・道路幅 W1=5.0m</li> <li>・路肩幅 W2=1.0m×2</li> <li>・法面幅 W3=2~3m×2</li> <li>・路面傾斜 2%</li> <li>・路肩傾斜 5%</li> <li>・法面勾配 50%</li> </ul> <p>現況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・部分的に水溜り</li> <li>・水田側の法面構造が石張 (2018年施工)</li> <li>・始点近隣に空スペース</li> </ul>
	<p>法面の状況</p> <p>構造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・法面勾配 1:2.0 (50%)</li> </ul> <p>状況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・植生がある。</li> <li>・法面崩壊箇所がない。</li> </ul>



(2) 実証サイト No. 2 (カンドルスタン事業地区：水路管理用道路)

実証サイト No.2 の現況調査結果は以下の通りである。

- ✓ 道路状況は良好とはいいがたく、現状では期毎に改修工事が求められるため、STEIN 施工の有用性を示す場所として妥当と判断される。
- ✓ 地質は碎石舗装の下に、砂、粘土またはシルト分があり、掘削土と STEIN 混合において特筆すべき課題はない。
- ✓ 車輛の通行と人通りの様子から、施工の際には通行止めや迂回路の検討が求められる。

表 3. 2 現場調査結果 (実証サイト No. 2)

	<p>サイト 2 概況 道路構造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・延長 L=約 2,500m (業務計画書より抜粋)</li> <li>・道路幅 W1=5.0m</li> <li>・路肩幅 W2=0.5m×2</li> <li>・法面幅 W3=2~3m×2</li> <li>・路面傾斜なし</li> <li>・路肩傾斜なし</li> <li>・法面勾配 1:1.5 程度と推察</li> </ul> <p>現況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・部分的に水溜り</li> <li>・道路右側に排水先のない溝があり、雨水が滞留している箇所がある。</li> <li>・始点近隣に空スペース</li> </ul>
	<p>道路の状況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・資材置き場のスペースは十分にある</li> <li>・路面外であり、かつ排水されない水溜の上を車両が通るために、外側からの浸食を受けて、道路の状況が悪くなるであろうことが推測される。</li> </ul>

(3) 実証サイト No. 3 (スレアンピル事業地区：街中アクセス道路)

実証サイト No.3 の現況調査結果は以下の通りである。

- ✓ 道路状況は不良であるため、STEIN 施工の有用性を示す場所として妥当と判断される。また、現況道路は排水機能が十分とはいえないことから、STIEN やコンクリート二次製品による補強の検討が求められる。
- ✓ 地質は碎石舗装の下に、砂、粘土またはシルト分があり、掘削土と STEIN 混合において特筆すべき課題はない。
- ✓ 車輛の通行と人通りの様子から、施工の際には通行止めや迂回路の検討が求められる。

表 3.3 現場調査結果 (実証サイト No. 3)

	<p>サイト 3 概況</p> <p>道路構造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・延長 L=4,500m</li> <li>・道路幅 W1=5.0~6.0m</li> <li>・路肩幅 W2=1.0m</li> <li>・路面傾斜 3%</li> <li>・路肩傾斜ナシ (不均一)</li> </ul> <p>現況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・部分的に水溜り</li> <li>・排水路がなく、路肩に湛水。排水路の設置が望ましい。</li> <li>・施工候補地の前半 (始点から 30m) ほどの箇所に仮設ヤードとなるスペースを確認</li> <li>・水溜りが、道路の中心線周辺に見られる。</li> </ul>
	<p>土質</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・砂混じりシルトまたは砂混じり粘土と思われる。</li> </ul>

## ■装置の製造・試運転・検収

2019年8月10日付で装置製造の見積競争入札の手続きを実施し、8月30日（金）の見積検討結果を踏まえ、製造に着手した。2020年1月の完成後に、以下の要領で完成品の検査及び試運転を実施した。

表 3.4 装置の試運転の実施概要

<p>実施日：2020年1月15日（水）13：30~16：00に試運転を実施した。          実施場所：埼玉県川口市          確認事項：①仕様説明、②外観寸法検査、③無負荷試験、④負荷試験（セメントとSteinの攪拌・製造（1トン分））、⑤講評</p>
---

試運転では、仕様の説明、外観寸法の確認を行った後、無負荷試験として、装置の各部位（投入側スクリーコンベアー、バケットエレベーター、ミキサー、排出側スクリーコンベアー）を稼働させた。その後、負荷試験として実際に1トン分のセメント及びSteinを混合し製造した。

負荷試験の実施段階において、ミキサーのダクト部分と排出側スクリーコンベアーの間に微小な隙間があり、セメントが漏出した。（なお、このような形での組み立てでは一定の隙間が生じるものであり、漏れることを前提に濾布を施すことが一般的であるが、試運転時に施していなかった。）しかし、仮組による試験時の組立では、装置接続部の漏出が顕著であったため、以下の処置を実施した。

このため、以下の処置を実施した。

表 3.5 装置の試運転後の調整項目

対策	内容
クリアランス（隙間）の調整	組立時の調整により、設備のクリアランス（隙間）を狭めるよう組立ての調整を行った。
ミキサーのゲート開閉速度とSTEINの落下速度の調整	ゲート開閉速度とSTEINの落下速度のバランスが悪いと、セメントの流れが悪くなり、装置の隙間からセメントが漏れやすくなる。このため、ゲート開閉速度を遅くし、STEINの落下速度と調整を行い、ミキサーから排出側コンベアまでのセメントの流れをスムーズにした。
スクリーコンベアの搬送能力を向上(モータ仕様範囲内)	スクリーコンベアの電気操作で、モーターの仕様の範囲で搬送能力を向上させ、セメントの流れをスムーズになるようにした。
受け側となる排出側スクリーコンベア受け側開口部の形状の変更	排出側スクリーコンベア受け側の開口部を簡易な板金技術で広げた。
濾布による補修	現地での据え付け時に、接続部の漏れのある箇所に濾布を当てて補修する予定である。



これらの調整・確認後、特に異常がみられなかったため、装置の検収を 2020 年 1 月 20 日に実施した。



(出所：提案企業)

図 3.2 装置の外観及び試運転の状況

その後、装置をカンボジアへの輸送のための荷積みを 2020 年 2 月 16 日に実施し、3 月 21 日にタケオ州の PDWRAM への配送が完了した。



(出所：提案企業)

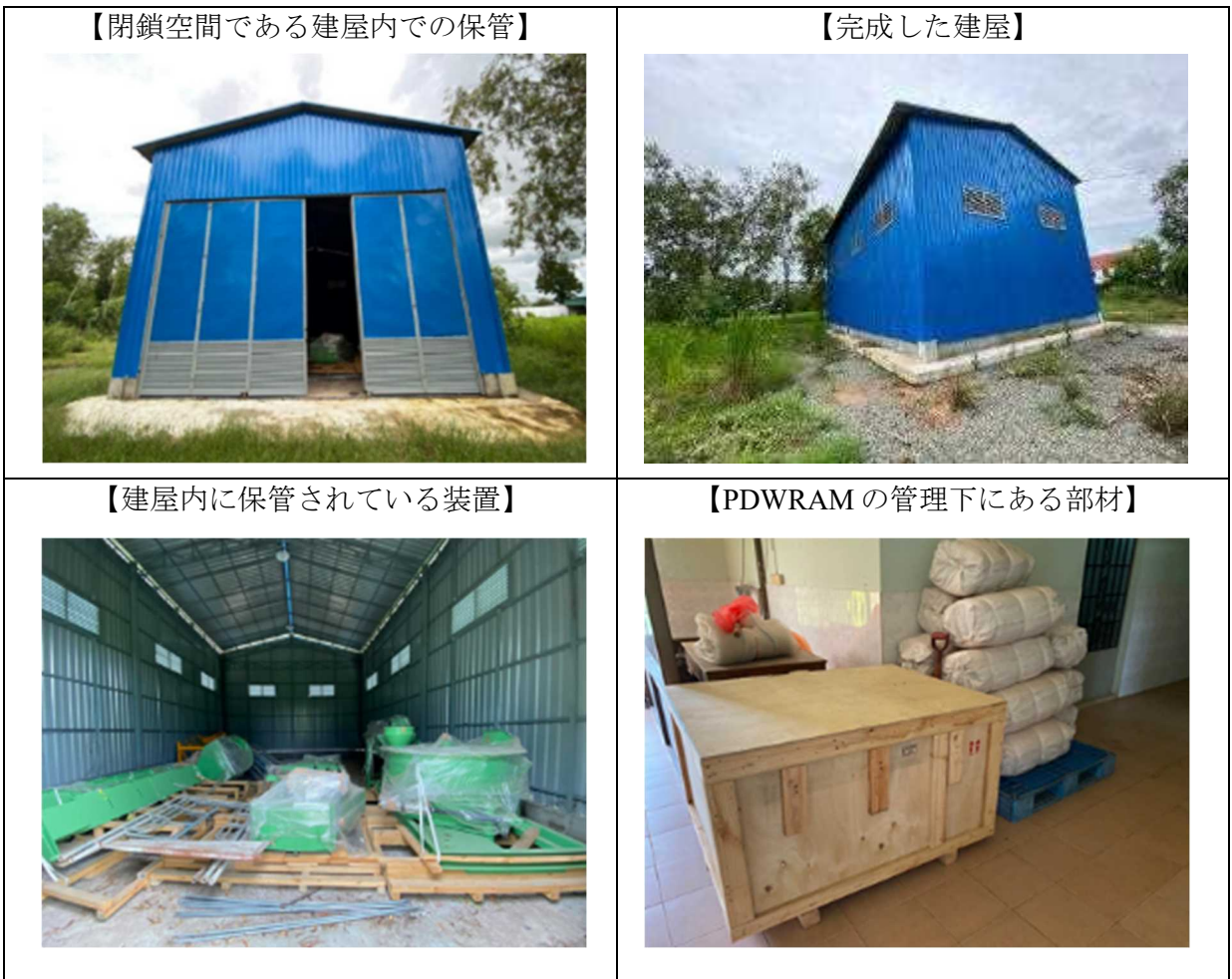
図 3.3 PDWRAM の建屋内への装置の搬入

## ■ 建屋・装置の設置

現在、建屋建設に関して、第 1 回現地調査時に、建設業者となりうる事業者を複数訪問した。いずれの事業者も本事業に関心を示している。

装置の輸送（日本から PDWRAM 敷地内到着）後のコンテナの荷おろしから、建屋の建設及び装置の配送完了まで、事故等に備え、日本側及びカンボジア側の施工業者間で切れ目なく保険を付保する方針とする。また、保険付保の対象範囲を、カンボジアの工事関係者のみならず、日本側の現地渡航予定者も含め、対人・対物の損害をカバーする方針とした。

2019 年 12 月に第二回カンボジア現地渡航の際に、本事業の説明及び見積作成の依頼を行い、2020 年 3 月に見積合わせを行い、建屋の建設工事を行う工業者として A 社を選定した。その後、2020 年 3 月末には床の基礎工事、建屋設置は完了した。



(出所：提案企業)

図 3.4 建屋及び装置の管理 (2020 年 10 月 12 日時点)

■コロナ禍における装置の設置及 STEIN 及び施工に向けた体制の検討

2021年10月時点で、カンボジアの出入国についての制約は特に無かったが、コロナについては予断を許さない状況であった。JICA 事業において、短期渡航者の渡航一時見合せは、2021年11月1日から解除される見通しとなり、渡航を行うか、リモートで調査を実施するのか、延期とするのか、現状の課題を整理したうえで事業実施の体制について検討を行った。

表 3.6 渡航（組立・施工）の検討

課題	概要（課題認識及び結論）
<b>■提案企業の営業上の課題について</b>	
営業上の問題点	<p>&lt;課題認識&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>JICA 案件化調査の報告書をきっかけに引き合いがあり、スリランカ（農水省）、ケニア（UN Habitat・世銀）、南スーダン（WFP・外務省）など、平行して展開しつつある案件に関して、本事業をモデル事業と位置付けている。仮に訪問に至らない場合、事業の継続が困難になることによって、カンボジアでの本事業の業務遂行が困難となるのみならず、他の事業も進まなくなり、提案企業の経営全般に大きな影響を及ぼす。</li> </ul> <p>&lt;結論&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>これ以上の延期は、他の引き合いが来ている事業にも影響が生じるため、困難な状態となっている。</li> </ul>
<b>■遠隔（オンラインベース）での業務実施の場合の問題点</b>	
STEIN 製造装置組立および STEIN 製造	<p>&lt;課題認識&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>製造装置の組立にあたって、提案企業の技術者は高齢であり、コロナの影響を受けやすい年齢であることから、当初想定していた形での渡航は困難である。</li> <li>現地の建設企業のみでは、製造装置の組立や、STEIN 製造に係る知見及び経験が無いため、遠隔での業務実施は不可能である。</li> <li>カンボジア在住の機械組み立て指導者（日本人技術者）を補佐として採用する方向で検討しているが、補佐業務の候補者も提案企業の製造装置組み立ての経験が無い人材であることから、提案企業の担当者が渡航し自社の責任で組立を完了させる必要がある。</li> <li>施工を乾季（5月まで）に実施する必要があるが、コロナ禍であり、カンボジアの正月（4月）を挟むことなく、速やかに業務を終了すること必須である。その場合1月中には現地に渡航しないと、STEIN 製造装置の組立・施工業務を実施することができなくなる。</li> <li>プロジェクト終了後は MOWRAM 管轄下の PDWRAM 職員が機材を活用し STEIN を製造していく必要があり、現場で実地指導の下製造技術の移転が必須である。</li> </ul> <p>&lt;結論&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>提案企業の担当者が1月から渡航し、提案企業の技術者からの助言をリモートで得ながら、作業をする必要がある。</li> </ul>

<p>施工</p>	<p>&lt;課題認識&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・道路は公共性の高いインフラであり、人目に付く施設でもある。万が一、施工に不備があった場合、施工の不良ではなくSTEIN 製品への信頼失墜に直結する。加えて、本実証施工は日本人が JICA の支援を受けて施工するものであり、STEIN をカンボジア国内外に普及するための「STEIN 施工モデル」として仕上げる必要がある。日本人技術者を派遣せずに現地業者にすべてを委託する場合、STEIN の混合深さ・均等な混合の管理、含水比の調整、道路端部の仕上げ、施工中の周辺間住民への配慮、工事撤去後の後処理について、信頼できるとは言えず、また日本人技術者が遠隔で監理することについても、提案企業が求めるSTEIN 施工モデルの品質を保証できるものではないと考える。従って、日本人技術者の派遣は必須である。</li> <li>・実証施工には、日本人技術者による歩掛調査（施工現場で計測する調査）を含んでいる。歩掛は、STEIN 工事に要する作業手間ならびに作業日数を数値化した値のことであり、STEIN を用いた施工パッケージの販売に係る基本情報として、不可欠な調査である。歩掛調査を、日本人技術者ではなく現地技術者に委託した場合、歩掛としての信頼性は低いと考えており、普及実証事業の後に、提案企業の予算により別途再調査して、歩掛を見直すこととなる懸念が大きい。すなわち、歩掛調査についても、土木工事知識を有する日本人技術者に実施してもらうことが前提である。</li> <li>・カンボジア製の STEIN を用いた施工はこれまでに前例がないため事前の配合設計をもとに施工サイトの状況（土の含水比や通行量）なども考慮し柔軟に施工を実施する必要がある。STEIN 施工においては、施工サイトの状況を直接確認せずに施工を実行することは、提案企業としては不可能と考えている。</li> </ul> <p>&lt;結論&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土木工事知識を有する日本人技術者の実施が必要となる。</li> </ul>
-----------	---

なお、施工については、長期にわたる業務となるため、外部人材が現地に渡航して業務を実施する場合と、リモートにより日本から遠隔で現地技術者を支援する場合とで、検討も行った。

表 3.7 施工の方法の検討

	日本人（外部人材）が現地で行う （2名体制）	日本人（外部人材）が日本から遠隔 で支援（現地技術者による体制）
不測の事態への 対応	○ （当初予定のとおり対応可能）	× 困難（対応が遅れる結果、工事の品質に疑問が生じる）

施工記録	○ (当初予定のとおり対応可能)	△ (当初計画を満たす保証がない。又は、ビデオシステム・ドローン・オペレータを記録用の投入により精度を若干上げることは可能だが、記録の整理などに時間を要する。)
MOWRAM 技術者との連携	○ (当初予定のとおり対応可能)	△ (困難となることが想定される)
提案企業の日本人技術者との連携	○ (当初予定のとおり対応可能)	× (調整・段取りに時間がかかる)
歩掛調査	○ (当初予定のとおり対応可能)	× (品質面の担保が困難。)
研修の実施	○ (当初予定のとおり対応可能)	△ (リモートからの円滑な指導は困難)
費用	△ (隔離期間の費用が発生する)	× (外部人材の渡航費は減るが、記録用システム配備する場合に費用が嵩む)
総合判断	○ (当初予定のとおり対応可能)	× (困難)

上記の検討から、提案企業は、施工に関してもリモートではなく、外部人材が渡航して直接業務を実施する必要があると判断した。

なお、その際に必要になるのは、CPの受け入れ態勢と渡航する際の体制・期間である。

### ○CPの受け入れ態勢

渡航に際して、CP側の受け入れ態勢が十分に整っている必要がある。このため提案企業として、本事業の進捗については逐一報告を行い、情報共有を図ってきた。具体的には、コロナ禍においても、製造装置組立を実施するPDWRAM及び施工サイトでの活動に関してMOWRAMの支援の約束を取り付けていること、渡航にあたってビザ取得も必要となるが招聘状に関しても発行することは問題無いと回答を得た。

### ○渡航の体制（人数、期間）についての検討

提案企業及び外部人材で、必要最低限の人数及び日数での渡航の実施を検討する。

#### 1) 施工

3ヶ所の施工を実施する。1現場当りのクリティカルパスは、以下の通り。

- ・ 現場搬入等の調達・準備 : 2日



- ・ 掘削 : 2 日
- ・ 掘削土乾燥 : 3 日
- ・ STEIN 混合土敷き均し・転圧 : 2 日
- ・ 養生 : 3 日

上記の合計 12 日に、作業休止係数 1.35（JICA 資金協力業務における土木工事の積算ガイドラインに基づく作業休止係数の平均値）を乗じた結果、一か所あたりの日数は 16.20 日となる。

2) 3ヶ所の実施になることから、49日と見込む。

$$16.20 \text{ 日} / \text{一か所} \times 3 \text{ ヶ所} = 48.6 \text{ 日}$$

3) 体制

施工に関しては、外部人材 2 人体制にて対処する。（提案企業 1 人とあわせて合計 3 人での渡航となる。）

4) 日数

現地状況を把握できていないことから、各々 4 週間程として提案する。（実際の日数は、渡航計画の検討段階で再精査する。）

5) 提案企業と外部人材（NTCI 社）の役割分担




提案企業は、STEIN の品質、STEIN と土の混合時の攪拌精度の確認、転圧時の最適含水比の調整等 STEIN 施工の核となる部分における技術的な指導を担当し、NTCI 社は施工工程全体を監理する。



上記の検討は、複数回に分けて渡航をすると隔離日数伸び、事業費を圧迫するため、一度の渡航に必要な業務をすべて完了させる前提で検討した渡航日数である。

施工に際して、外部人材 2 名が各実証サイトの施工を担当するが、外部人材 2 名で実証サイト No.2（カンダルスタン事業地区）を施工後、分担して実証サイト No.1（トムネイ事業地区）及び No.3（スレアンピル事業地区）をそれぞれが実施する予定である。ただし、詳細は現地施工業者と協議の上で最終化する。

なお、最短で設定したスケジュールは以下の通りである。

表 3.8 スケジュール（案）

	1 月	2 月	3 月
SPEC1 名	 装置製造組立 STEIN 製造	 STEIN 製造 サイト施工	 サイト施工

NTC2 名		 施工準備 サイト施工	 サイト施工
--------	--	---	--

2021年11月に、カンボジアへの渡航申請をJICAに申請し、12月に渡航が認められることとなった。

渡航にあたって、当初想定より人員を大幅に減らして3人での渡航となった。作業者と記録者が同一となるため、作業記録の負担軽減のために、現地の活動は、業務日誌の形態で記録簿を作成し、整理する方針とした。

### ■STEIN 製造装置の設置

#### ○機材の状態の確認、設置準備

2022年1月にカンボジアへ渡航（第3回現地調査）し、1月15日に現地での製造装置の組立作業に着手した。2020年3月に建屋に機材を搬入してから約2年が経過していたが、機材の状況の確認を行ったところ、特に異常は見られなかった。その後、架台の寸法確認、各部品の状況確認、作業手順や動線の確認、手配が必要な機材の確認などを実施した。

#### ○装置の組立

1月下旬に、ミキサー、バケットエレベーター、投入側及び排出側スクリュウコンベア、ホッパー、階段や手すりを組み立てた。国内での試運転時のようなオープンスペースでの組み立てと異なり、限られた建屋内において各機材や部材を組立てる際に、機材・部材のかみ合わせにわずかに不整合が生じたがミキサー、バケットエレベーター等の配置をずらし、強度が不足する箇所は鉄の支柱で補強することで、建屋内で装置を組み立てることができた。それらの機材と配電盤、ケーブルの動作確認等を実施した。

なお、工業用電源の敷地内の引き込み作業については、現地側の事前確認によると60日程度要する見込みであったが、渡航前よりMOWRAM及び現地工事業者との調整を行っていたことが奏功し、装置の試運転前に整備を終えた。

装置がカンボジアに到着してから、組立を行うまでに2年近い時間が経過したが、装置の保存状態は良好で、大きな問題は生じなかった。



図 3.5 建屋内の装置（2022年1月22日時点）

#### ■STEIN 製造装置の試運転

2022年1月27日に、原料（STEIN 元素の輸送の遅れにより、この日はセメントのみ投入。）を 100kg 投入し、試運転を実施した。セメントについては、カンボジア製セメントの適合試験において、適合すると認められたセメントを使用した。試運転の際に、各部品からの原料の漏れ、稼働時の異音などが認められた。日本での試運転同様、ミキサーのゲートを開けてから排出側ホッパーに原料が排出されるまでに数か所、粉体の漏れが発生した。原料投入直後、排出直後はかなり空気中に微細な粉体が舞う状態であった。

このため、ホッパーとミキサーの間の隙間を埋め、セメントの粉体が漏出しないように調整した。セメントの飛散を防ぐために、投入口の開口部を狭くすることで、セメント飛散の防止策をとった。

1-2：カンボジア国の道路設計基準と整合した、STEIN 施工の設計指針となる STEIN 設計基準案を CP と共に作成する。

「3-2：STEIN 設計基準案の完成」の記載内容参照。

1-3：3 か所の実証サイトの土質試験と STEIN 配合試験を行い、配合を決定する

#### ■ CBR 試験

第3回現地調査に先立ち、第1回現地調査に訪問した3か所の実証サイトの土質試験を行った。土質試験では、3か所の実証サイトの土を採取し、サイトの CBR 試験を実施した。

土質試験における CBR 値は以下の通りであった。

表 3.9 各実証サイトの CBR 値

実証サイト	CBR 値
実証サイト No.1 (トムネイ事業地区)	2.4%
実証サイト No.2 (カンダルスタン事業地区)	6.2%
実証サイト No.3 (スレアンピル事業地区)	3.4%

路床の設計 CBR 値の結果について、実証サイト No.1 (トムネイ事業地区) の路床状況が設計 CBR の値が 3%を下回る 2.4%であり、路床の品質として不十分な軟弱路床であることが判明し、以下の3つの対応策について検討を行い MOWRAM と協議を行った。

表 3.10 土質試験を踏まえた実証サイト No.1 の変更計画 (案)

各案	手法	工事の可否・課題等
A 案	実証サイト No.1 の施工を見送る。(実証サイト No.2 及び No.3 のみ施工する)	実証サイト No.1 は、MOWRAM にとって政策上重要なサイトであり、同サイトの工事のキャンセルは避けたいとの意向が示された。
B 案	路床の置換工事を実施して実証サイト No.1 で実施する。	路床の置換工事では、客土 (搬入土) や捨土 (良質な客土により置き換えられた、現堤体道路の路床土) の計画を追加的に検討する必要が生じ、スケジュール上、渡航期間内の施工は困難となる。
C 案	STEIN 施工厚を計画より厚くする。	STEIN は、脆弱な路床条件においても、施工厚を大きくすることで路床の品質を確保することが出来る。ただし、施工面積は小さくなる。

MOWRAM との検討の結果、A 案は MOWRAM の政策的な観点から、B 案はスケジュール上の観点から困難であり、C 案が最も妥当な対策であると判断した。

C案の場合、施工厚を150mmから約320mmと厚くすることで、軟弱路床の問題への対処が可能となる。注意点として、厚みが増やせば、使用できるSTEINの量に限りがあることから、施工面積は小さくならざるを得ない点である。No.2サイトにおいて施工幅が小さくなった分を、増やしても、施工延長は250mから135mとならざるを得なくなる。

こうした点についてMOWRAMと協議の結果、C案に従って実証サイトNo.1の当初計画を以下の通り変更し実施することで合意に至った。

表 3.11 実証サイトNo.1の当初計画及び変更後計画

	当初計画	変更後計画
延長	250m	135m
施工幅	5.0m	5.0m
施工面積	1,250m <sup>2</sup>	675m <sup>2</sup>
施工厚	150mm	320mm

#### ■STEIN 配合試験

一方で、STEIN 配合試験は実施していない。本来、STEIN の投入量は、いくつか異なる配合割合で土と混合し、それぞれの供試体の強度を確認することにより、決定されるのが一般的な流れである。しかし、現地での土を用いたSTEINとの配合試験を実施することは、コロナ禍において限られた日程の中で行うのは困難と判断した。このため今回の実証活動では、確実に強度（7日強度で30kg/cm<sup>2</sup>以上）を確保できるSTEIN配合で施工を行うこととした。STEIN配合について、3つの実証サイトの土質試験結果を踏まえ、過去に強度試験を実施した類似の土質における配合率及び試験結果の数値、松村総合科学研究所の技術的な知見から判断し、配合比率を決定した。

#### 1-4：上記 1-2、1-3 に基づき施工計画を策定する

上記 1-2、1-3 に基づき、製造した STEIN を使いて、3 カ所の実証サイトを対象に道路の施工計画を策定した。各実証サイトの工事内容は以下の通りである。

表 3.12 各サイトの施工数量

サイト名	工事内容	工事数量	工事の順番
実証サイト No.1 (トムネイ事業地区)	堤体道路 (土砂系舗装) の改修 幅員 5m、延長 135m	675 m <sup>2</sup>	3 番目
実証サイト No.2 (カンダ ルスタン事業地区)	河川沿い道路 (砂利舗装) の改修 幅員 4.5m、延長 100m	450 m <sup>2</sup>	1 番目
実証サイト No.3 (スレア ンピル事業地区)	農村道路 (ラテライト舗装) の改 修、幅員 5m、延長 135m	675 m <sup>2</sup>	2 番目

#### ○ 施工の期間及び順番

施工にあたって、実証サイト No.2 (カンダ  
ルスタン事業地区) に日本人技術者 2 名  
を配置し、STEIN 施工を実施。その後、技術者は各々、実証サイト No.3 (スレア  
ンピル事業地区) 及び実証サイト No.1 (トムネイ事業地区) に分かれて施工を実施する。

施工の日程及び順番は以下の通りである。

- (1) 実証サイト No.2 (カンダ  
ルスタン事業地区) 2022 年 2 月 17 日～2 月 22 日
- (2) 実証サイト No.3 (スレア  
ンピル事業地区) 2022 年 2 月 22 日～2 月 25 日
- (3) 実証サイト No.1 (トムネイ事業地区) 2022 年 2 月 23 日～3 月 5 日

(実証サイト No.1 については、迂回路がなく片側交通規制で施工したため他 2 カ所より時間を要している。)

以下に、各サイトの施工行程表を示した。

表 3.13 施工工程表

2022年	2月													3月				
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5
<b>実証サイトNo.2(カンダルスタン事業地区)</b>																		
1 準備																		
1) 掻き起こし		■	■															
2) 雑物除去		■																
3) 遣り方設置		■																
4) 他の骨材敷き均し		■																
5) 土塊の破砕(水分量調整)			■	■														
6) 仮固め				■														
2 STEIN散布と混合					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1) STEIN配置					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2) STEIN混合、排水					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3) 混合面の平滑化					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3 不陸整正、転圧						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1) 仮転圧・整形						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2) 転圧 振動ローラー						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3) 転圧 タイヤローラー						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4 養生							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1) 養生(3回散水、3日間)							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>実証サイトNo.3(スレアンピル事業地区)(項目詳細は上記同様)</b>																		
1 準備							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2 STEIN散布と混合								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3 不陸整正、転圧									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4 養生										■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>実証サイトNo.1(トムネイ事業地区)(項目詳細は上記同様)</b>																		
1 準備								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2 STEIN散布と混合									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3 不陸整正、転圧										■	■	■	■	■	■	■	■	■
4 養生											■	■	■	■	■	■	■	■



② 活動結果 2 : 現地製造された STEIN を利用した施工技術の有用性・優位性が実証される

2-1: CP 提供の PDWRAM にて STEIN を製造し、3 か所の実証サイトで施工を行う

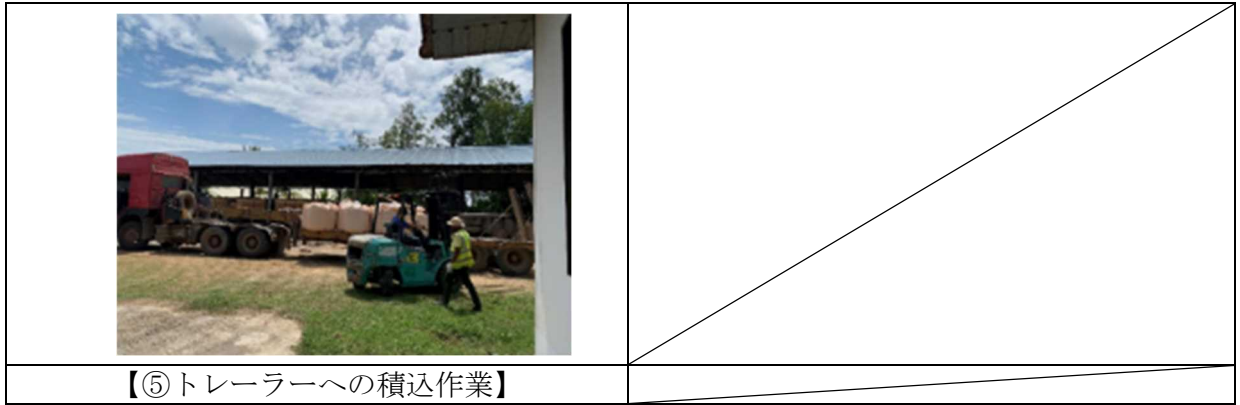
■STEIN 製造

2022 年 2 月中旬から下旬にかけて、装置の試運転を経て、STEIN 元素とセメントの混合を行った。混合にあたって、STEIN 元素とカンボジアで調達したセメントを、ミキサーで混合し、フレコンバッグに袋詰めにする作業を実施した。

2 月上旬と中旬に、STEIN 製造の OJT 研修を実施した。(「3-3 OJT や研修を通じた MOWRAM 関係者への技術移転」参照。)

	
<p>【①調達したセメント】</p>	<p>【②日本から輸送された STEIN 元素】</p>
	
<p>【③セメントの投入作業】</p>	<p>【④セメントと混合され、排出側スクリーコンベアから排出される STEIN】</p>





【⑤トレーラーへの積込作業】

(出所：提案企業)

図 3.6 STEIN 製造

1日あたり製造可能な STEIN の量は、1日7時間の労働時間で、1,050 kgのフレコンバッグ 12袋である。それ以上装置の連続運転を行うと、熱によりモーターに負荷がかかるため、製造可能量は 12袋となる。製造工程は比較的シンプルであること、最初に研修を行い関係者の理解が進んだことから、製造着手後1週間で12袋/日の製造が可能となった。

このため、安全面に留意しつつ、最大製造可能量に近づけることを目標とした。

各サイトの STEIN の必要量は、実証サイト No.1では33トン、実証サイト No.2では14トン、実証サイト No.3では30トンであるが、2022年に3月1日に STEIN 施工に必要な量の STEIN 製造を完了した。

## ■STEIN 施工

STEIN 施工は以下の手順（準備工、STEIN 散布と混合、養生）で実施した。

### (1) 準備工

#### 1) 掘削・掻起し

バックホウによる掘削を行い（写真①）、モーターグレーダーで土塊の破碎し、土塊が設計深さの 1/3 以下になるように破碎する（写真②）。品質管理の OJT として、MOWRAM 職員（2名）と掘削深・施工幅を確認した（写真③）。その後、モーターグレーダーにより敷き均しを実施した（写真④）。

※写真のサイトは(a)実証サイト No.2（カンダルスタン事業地区）、(b)実証サイト No.3（スレアンピル事業地区）、(c)実証サイト No.1（トムネイ事業地区）



(出所：提案企業)

図 3.7 掘削・土塊の破砕

## 2) 散水・水分の土層内への攪拌

散水を行い（写真⑤）、モーターグレーダーで掻き混ぜて水分を均一に処理する（写真⑥）。含水比を測定し（写真⑦）、最適含水比に近づいたところで、振動ローラーで仮締め固めする（写真⑧）。





(出所：提案企業)

図 3.8 散水・水分の土層内への攪拌

(2) STEIN 散布と混合

1) STEIN 施工範囲の区分、設置、敷き均し

STEIN 一袋当たりの施工範囲を区分けし (写真⑨)、バックホウにより STEIN を設置 (写真⑩)。人力により敷き均し (写真⑪)、バックホウにより STEIN を土と色が均一になるまで混合する (写真⑫)。



(出所：提案企業)

図 3.9 STEIN 散布と混合

2) STEIN 混合後の散水、水分の攪拌

散水車により散水後、モーターグレーダーによる水分の攪拌を、含水比が最適含水



比に近づくまで繰り返し行う。その後、モーターグレーダーにより勾配整形、不陸整正を行う（写真⑬、⑭）。振動ローラーにより 6 回以上転圧を行い、仕上げにタイヤローラーにより 1～2 回転圧を行った（写真⑮、⑯）。



（出所：提案企業）

図 3.10 STEIN 混合後の散水、水分の攪拌、不陸整正、転圧

### (3) 養生

転圧完了直後に 2 回散水し、その後 1 日 3 回（乾燥が激しい場合は 4 回）、各回 4 度の散水を行った（写真⑰、⑱）。



（出所：提案企業）

図 3.11 養生

施工期間中に、発生した課題・配慮事項及びその対応は以下の通りである。

課題・配慮事項	対応
粘土分が多い道路の場合施工時間がかかる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実証サイト No.1 (トムネイ事業地区) では、細粒分をかなり多く含む (0.075 mm以下の粒径が 53%) ことが確認された。このような粘性土で構成されている道路を施工する場合、掘削後、土塊が大きい状態で残り、その後の破碎、および最適含水比に近づけるための散水、水分の攪拌に時間を要した。翌日の STEIN 敷き均しから転圧までの一連作業には速やかな施工が求められる。このため、既設道路が細粒分の多い土で構成される場合、工程を計画する際には STEIN を用いた施工の前日の掘削・破碎の段階で土塊を細かくすること、最適含水比に近づけることを考慮した作業の時間を確保した工程を立てる必要があるとの示唆を得た。</li> <li>・ マニュアルが示す 4 時間での施工が必須である場合には、面積を区分して約 45 m<sup>2</sup>程度での施工に分ける対応が必要である。</li> <li>・ また、細粒分の多い土からなる場合、主に表層にだけ荷重がかかり、過転圧の状態になることがあるため、20cm 以下の層厚で、複数層での施工とするか、1 層で行う際には無振動かつ、過転圧にならない程度の転圧回数とするなど、施工を慎重に行う必要がある。</li> </ul>
平日での大型車交通量調査の必要性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実証サイト No.1 (トムネイ事業地区) 施工時に、片側通行において車両通行のための待機時間、大型車の通行量を確認した。</li> <li>・ 前回の調査では 15 台未満/日の交通量として施工計画を立てたが、実際は、15~40 台/日であった。台数が多かったのは前回の調査が休日または祝日に行われていた可能性がある。大型車交通量により舗装厚が決まり、また舗装厚によって施工方法 (1 層施工か複数層での施工か) が異なってくる。このため、正確を期すために交通量調査は平日 (できれば 2 回 (2 日)) を行うことが適当である。</li> </ul>
重機の調達不備 (モーターグレーダーの故障)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実証サイト No.1 (トムネイ事業地区) で使用するはずであったモーターグレーダーが当日故障して現場に届かなかった。モーターグレーダー (あるいはブルドーザー) は、①散水した水の土への浸透を促すための土の攪拌、②横断勾配の整形、③転圧前の不陸整正に不可欠な重機である。</li> <li>・ 施工業者に他の重機の手配を指示したが間に合わなかったため、近隣の農家からトラクターを借り、土の攪拌を行った。また、PDWRAM がモーターグレーダーを所有していることが判明し、使用許可を得て急遽オペレーターとともに借りることができた。夜間になったが、含水比の調整、横断勾配の整形、不陸整正を行うことができた。</li> <li>・ しかし、STEIN と土を攪拌後、当日中に転圧まで完了させなければならぬため (転圧せずに中断することはできない)、このような重機の故障に備えた複数台の重機の手配な</li> </ul>

	<p>ども考慮して計画を立てる必要がある。</p>
<p>施工現場の地中埋設物の問題</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本人技術者が、実証サイト No.2 (カンダルスタン事業地区) の現場状況を確認した際、不自然に変化した路盤状況を発見した。調べると近隣農家が排水管 (塩ビパイプ φ150 mm 程度) を設置していた。日本人技術者は、排水管の埋設位置が、STEIN 舗装の設計厚 150mm を確保できない位置にあったこと、転圧作業時に高確率で管が破損すると推測できたことから、施工業者に対して急ぎ取り除くよう指示を行った。</li> <li>MOWRAM 職員より、「農家が要望しているので設置させてほしい」との相談があったが、技術的理由 (設計厚、転圧時の負荷) を説明し、撤去することについて承諾を得た。</li> <li>排水管を設置した地権者に対しては、施工範囲においては勝手な作業を行わないよう依頼するとともに、施工業者に対して、施工範囲における予定外の事象が生じないよう、改めて監視を依頼した。</li> </ul>
<p>気温による含水比の変化への対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日中の気温が 35 度以上など、散水を行っても土壌内の水分が蒸発し、含水比が変わってしまうため、散水後速やかに掻き混ぜし、転圧を一気に行う必要がある。</li> <li>計画段階では、散水車の稼働量を大き目に見積もっておくことや、気温の高い時間帯を避けるなど教訓を得た。</li> <li>養生についても、基本は 1 日 3 回の散水であるが、天候によっては 1 日 4 回に変更して対応した。</li> </ul>
<p>STEIN 混合の機材について</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>砂利舗装道路において STEIN を混合する際には、トラクターではブレードの破損などを招く恐れがあることが分かったことから、可能な限り使用を避け、バックホウによる混合にする教訓を得た。</li> </ul>
<p>STEIN 運搬のトラックにクレーン機能がない場合</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地にバックホウを 2 台準備し、STEIN の大型土嚢の各区分への設置と、STEIN の土地との攪拌を同時並行で行うよう指導した。</li> </ul>
<p>路肩のひび割れ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証サイト No.1 (トムネイ事業地区) において振動ローラー 10t 級による転圧の 6 回目に路肩部分 (試験施工範囲外) に数カ所ひび割れが生じた。これは細粒分を多く含んだ土が過度に固められたことによるものであり、当サイトでは、細粒分が 53% と粘土分が多すぎる土であったことが原因であった。</li> <li>粘土主体の土での施工は避けた方がよい、あるいは、慎重に行う必要があると考えられる。</li> </ul>
<p>動物や家畜の侵入</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>転圧直後に牛が侵入してきた。工区内に家畜、犬、猫が侵入するため注意するよう指導した。</li> </ul>

## 2-2: 施工物の経過を観察し、試験・施工内容の確認及び課題を整理する

STEIN 舗装改修工事ののち、約 4 ヶ月を経過した状況について記載する。施工から検査までに発生した概略イベントは以下の通りである。

表 3.14 実証サイトにおける概略イベント

	着工	竣工	大型車開通	4~6月：降雨多	検査
実証サイト No.1 (トムネ事業地 区)	2022.2.23	2022.3.5	2022.3.8		2022.7.25
実証サイト No.2 (カンダルスタン事業 地区)	2022.2.17	2022.2.22	2022.2.25		2022.7.25
実証サイト No.3 (スレアンピル事業 地区)	2022.2.22	2022.2.25	2022.3.1		2022.7.26

### ■施工物の経過観察結果

#### 1) 定量的検査結果

定量的検査では、STEIN による硬度が計画値を満たしていることを確認した。検査方法は、提案企業と協議のうえ、シュミットテストハンマー（低強度コンクリート用振子式P型）を用いた非破壊試験にて実施した<sup>19</sup>。その結果、設計計画強度を満たす値を得ることができた。

なお、検査過程で、観測地点において各 10~20 回の検査を行う予定としていたところ、各 3 回とした。理由は、明らかに計画強度を上回る値のみを計測したことから、予定頻度を少なくしても差し支えないと現場にて判断したものである。

表 3.15 各実証サイトの硬化状況

サイト名	設計CBR		TA		立方体 圧縮強度 kgf/cm <sup>2</sup>	円柱体 圧縮強度 kgf/cm <sup>2</sup>	設計 舗装厚 mm	等値換 算係数	TA値	判定
	現場値	採用値	カテゴリ	目標値						
トムネイ	2.4	2	A	8	28	20	32	0.45	14.40	Good
カンダルスタン	6.2	6	A	5	50	40	15	0.70	10.50	Good
スレアンピル	3.4	3	A	7	50	40	24	0.70	16.80	Good

ここに、

設計 CBR 現場値：施工前に試験室にて計測した値。舗装圧を設定する際に基本となる値。

設計 CBR 採用値：TA 法<sup>20</sup>の表において参照すべき設計 CBR の値。設計 CBR 現場値について小数点以下を切り捨てた値。

TA カテゴリ：STEIN 舗装設計マニュアル記載の表に基づき、大型車の 1 日あたり交通量に合わせて確認される要素。大型車交通/日カテゴリ A: 0~15 台未満

TA 目標値：STEIN 舗装設計マニュアルにおいて上記 TA カテゴリと設計 CBR（CBR 設計値）より決定される値。

立方体圧縮強度：シュミットハンマー（PT 型）で計測した値に対して、PT 型反発度-圧縮強度基準換算図から抽出される強度値。本表では、検査地点毎の平均値のうち、最低値を評価対象として入力した。単位は kgf/cm<sup>2</sup>

円柱体圧縮強度：立方体圧縮強度×0.85 で得られる値。整数第 1 の位を切り捨てる。単位は kgf/cm<sup>2</sup>

等値換算係数：STEIN 舗装設計マニュアル記載の表「TA の計算に用いる等値換算係数」に記載されている値。円柱体圧縮強度値に対応する値を参照する。

<sup>19</sup> シュミットハンマー法とは、シュミットハンマーを用いたコンクリート強度の測定方法である。コンクリート表面を打撃したときの反発硬度からコンクリートの圧縮強度を推定する。

([https://www.nstec.nipponsteel.com/techrepo/keisoku\\_pdf/KK-0043.pdf](https://www.nstec.nipponsteel.com/techrepo/keisoku_pdf/KK-0043.pdf))

<sup>20</sup> TA 法：等値換算厚（TA）を目標に、路床の CBR と交通量より舗装構成及び舗装厚を決定する方法。

設計舗装厚：設計 CBR と TA カテゴリに合致する舗装厚。※出来形厚であることに注意。実際の舗装厚が設計舗装厚の 80%以上でなければならない。

TA 値：設計舗装厚×等値換算係数で算出される実績値。原則として、転圧 7 日後の値とする。

判定：TA 目標値<TA 値でなければならない。

## 2) 定性的検査結果

定性的検査では、STEIN による硬化状況と、路床を含む STEIN 舗装を取り巻く道路としての構造を確認する。検査方法は、提案企業と協議のうえ、目視により下表に示す「確認された現象」の状態を A、B、C で評価した。7 つの現象を整理しているが、No.1、2、5 は STEIN 以外による影響、No.6~7 は STEIN による影響で発生する問題と整理される。結果として、STEIN による影響は全く見られなかった。一方で、実証サイト No.2 での陥没やすべての実証サイトにおいて浸食・えぐれが確認され、STEIN 施工する以前の問題が確認された。

表 3.16 STEIN 舗装道路において確認された現象

No.	確認された現象	想定される要因	サイト 1	サイト 2	サイト 3
1	浸食・えぐれ	車両の集中荷重により発生	A	A	<b>B</b>
2	摩耗、轍	車両の集中荷重により発生	A	<b>B</b>	A
3	亀甲状のひび割れ	路床部の不具合より発生	A	A	A
4	縦目ひび割れ	路床部の不具合より発生	A	A	A
5	陥没	路床部の不具合より発生	<b>B</b>	<b>B</b>	A
6	横目ひび割れ	STEIN 攪拌不足より発生	A	A	A
7	発生する割れ	STEIN 養生不足・養生水不足	A	A	A

A：全く問題ない B：所見有だが道路機能として問題ない C：改善する必要あり

## 3) その他気づき

経過観察における評価対象には含まれていなかったが、カンボジア人ゼネコン技術者より、実証サイト No.2 カンダルスタン現場において舗装表面に石の形状が目立つことを指摘された。

STEIN の特性上、その強みとして現場発生土を活用できるという背景から、カンダルスタンにおいても同様に現場発生土を使用した。この時、母材に礫が多かったことが事前の粒度分析により確認されている。そのため、舗装表面に礫が目立つように現れたと考えられる。なお、礫が多かったため、結果として混合や締固めが期待通りに進んだ。

### ■ 試験施工内容の確認及び課題

#### 1) 施工内容の確認

試験施工では、上述の通りおおむね問題ない施工が達成できたと判断される。しかしながら、STEIN 舗装道路において確認された現象及びその他の気づきとして、



STEIN 舗装の前提条件にて解決されるべき問題を確認した。具体的な課題は以下の通りである。

## 2) 施工に向けた今後の課題

カンボジア国において STEIN 舗装を行う際、これまで整理してきた留意事項に加えて、下記の点について配慮することが望ましい。

## 3) 荷重対策

カンボジアでは、STEIN 施工後の養生期間における交通整理が徹底されていないことが問題である。十分に強度が発揮されない状態で大型車両が通行することにより轍やえぐれが発生し、計画した出来形ではない形状で固化し、想定した機能が発現されない可能性がある。

STEIN による舗装施工を行う場合には、「STEIN 施工直後は全ての車両交通を止める」と注意書きを加えることが望ましい。または、多少の轍やえぐれを許容することのできる技術として割切ることにより、施工直後からの交通を可とすることも選択肢として挙げられる。ただし、養生期間中に大型車が通行した場合、轍程度ではなく道路の機能自体が損なわれる可能性があるため、施設設計の観点では推奨されない。「多少の轍やえぐれを許容する」選択をするのは、あくまで「使う側（顧客）」の判断であり、提案企業は欠点を含めた選択肢の提示に留める必要があると考える。

- ① 轍・えぐれをなくす → 施工後一定期間の車両交通を禁止する
- ② 轍・えぐれを許容する → 施工直後から車両交通を許可する

## 4) 路床・路盤・基礎への配慮

実証サイト No.3 スレアンピル地区で発生した事象の通り、カンボジアの道路全体に見られる路床の脆弱性は特記される。脆弱な路床の上にある凸凹道路に対して STEIN 舗装を行ったとしても、陥没等の問題は解決されない。

そこで、STEIN 舗装を施す道路の路床・路盤・基礎等の道路設計上の前提条件を踏まえたうえで STEIN 舗装計画を検討することが望ましい。なお、STEIN 舗装は、舗装の基礎条件である路床の設計 CBR に基づいた設計を行う製品である。一方で、舗装の構成要素のうち路床以外の基礎への調査・設計は、事業者らが行うものであり、ボーリング調査等も考慮して計画される。STEIN が請負うことのできる責任範囲を明確にし、事業者らと調整、設計する必要がある。

## 5) 混合対象となる土の特性が現れることの明記

実証サイト No. 2 カンダルスタンの舗装面において礫分が見えていたように、STEIN による舗装は、混合対象の土特性がそのまま残る。これは問題ではなく STEIN の特徴であるが、セメント系固化剤の土壌混合について予備知識を有していない者にとっては、コンクリートやアスファルトのように単色かつ綺麗な表面に仕上がることを想像するため、出来形について不安視する可能性がある。

そこで STEIN 普及においては、混合土の特性が目に見える旨を明記し、使う側に対する配慮を講じることが望ましい。具体的には、粒度分布や土色が、混合土オリジナルのまま出来上がることである。また、礫分が多い場合は、石畳のように石の形状が目立つことも、今回の普及実証事業における教訓として特筆される。

## 2-3: 施工性や初期費用、維持管理費、耐久年数等を含むライフサイクルコスト等について、ラテライト施工やコンクリート施工等の既存技術と比較検証を行う

以下に、本事業における施工時に記録した労務・建設機械の作業時間実績を、100 m<sup>2</sup> 当りの作業日数に換算して示す（以下、パイロット施工歩掛）。ここで、パイロット施工歩掛の妥当性や課題を明確にすべく、本邦における STEIN 施工歩掛<sup>21</sup>（以下、従来歩掛）、および日本の農村部における路盤工事<sup>22</sup>の公共事業積算歩掛<sup>23</sup>（以下、路盤工）を併せて示す。なお、本来であれば、比較検討対象としてカンボジア国内の公的な基準や実績が望ましいものの、同国ではセメント改良の事例が少ないことから、比較検討の対象としては本邦の値が適当と判断した。

### ■ データベース

#### 1) データベース

歩掛のデータベースとなる項目を下表に示す。ここで、基礎項目とした縦列を歩掛項目としているが、従来歩掛、路盤工では別の建設機械、機械仕様が採用されていることから、以下の理由を踏まえて、歩掛項目を統一した。なお、STEIN は骨材といった資材については、土質条件毎における設計量であることから統一されるため、本データベースの表には含めていない。

表 3.17 歩掛項目の整理

歩掛項目		パイロット施工	従来歩掛	路盤工	採用
項目	仕様				
世話役		✓	✓		✓
特殊作業員				✓	
一般作業員		✓	✓	✓	✓

<sup>21</sup> 出所：松村総合科学研究所

<sup>22</sup> 一般的に、土舗装の工事費用は路盤工事を使用する。

<sup>23</sup> 出所：土地改良事業等請負工事標準歩掛（平成 28 年）の 8. 農道工、①路体・路床工事の安定処理工事を参照した。平成 29 年度以降は、パッケージ単価の導入により、同工事の歩掛更新はないため、示した値が最新である。

資材 (STEIN等)	設計量	✓	✓	✓	✓
バックホウ	山積み0.7m <sup>3</sup> 、クレーン付	✓	注1		✓
バックホウ	クローラ型山積み0.45m <sup>3</sup> 、2.9t吊		注1	✓	
トラクター	30HP	✓	注2		
スタビライザー			注2	✓	
モーターグレーダー	ブレード厚420mm	✓	注1		✓
モーターグレーダー	3.1ton級		注1	✓	
散水車	10,000ℓ	✓			✓
散水車	2,000~2,500ℓ		✓		
振動ローラー	10ton	✓			✓
タイヤローラー	10ton	✓	注1		✓
タイヤローラー	8~20ton		注1	✓	

注1：従来歩掛において、建設機械の仕様に指示がない

注2：従来歩掛においては、STEINの攪拌混合のための建設機械として、トラクター（仕様：30HP）またはスタビライザーと指示されている。

## 2) データ収集

歩掛の基礎となる作業時間は、パイロット施工現場において施工管理を行った日本人技術者 2 名が記録した。施工は複数の建設機械や労務が同時に稼働することがあったことから、単価に反映しないような細かな精度での記録はせず、10 分単位の精度とした。

### a. データの補正

パイロット施工歩掛のデータベースとして、実証サイト No. 3 スレアンピル農村道路 (Sre Ampil) を除く 2 か所では、施工方法を統一してできなかった事情があることから、以下の補正を行った。

### b. 実証サイト No. 1 トムネイ堤体道路 (Thomnei) の歩掛補正

トムネイ堤体道路は、パイロット施工において迂回路を確保できなかったことから工区を二つに分けて実施した。二つの工区は同じ作業時間とはならなかったことから、各々の作業時間を記録し、平均値化した値を実績値として採用した。ただし、当該パイロット施工においては、マシントラブルや施工場所が堤体天端であって、作業が難しい場所であったことを背景に、各作業に時間を要したことが特記される。将来的に歩掛の見直しを行う場合には、本経験を踏まえた調査が期待される。

### c. 実証サイト No. 2 カンダルスタン護岸道路 (Kandal Steung) の歩掛補正

カンダルスタン護岸道路は、原則によりトラクターにて STEIN 混合する計画としていたが、施工途中においてトラクターが不具合を起こしたため、一部区間をバックホウ混合に切り替えた。トラクター混合とバックホウ混合の作業内訳は、トラクター施工 387 m<sup>2</sup>+バックホウ 63 m<sup>2</sup>=全 450 m<sup>2</sup>であり、大部分がトラクター混合であった。そのため、カンダルスタンのパイロット施工歩掛は、トラクター混合を行った 387 m<sup>2</sup>に絞ることとした。

#### d. 路盤工

路盤工では、STEIN を混合するという作業歩掛を含んでいない。そのため路床・路体の安定処理工事における歩掛を挿入して計算した。具体的には、バックホウによる積込みとスタビライザーによる混合攪拌作業、および攪拌作業を補助する労務である。

### 3) 結果

補正後の結果を取りまとめると、以下の通りになる。

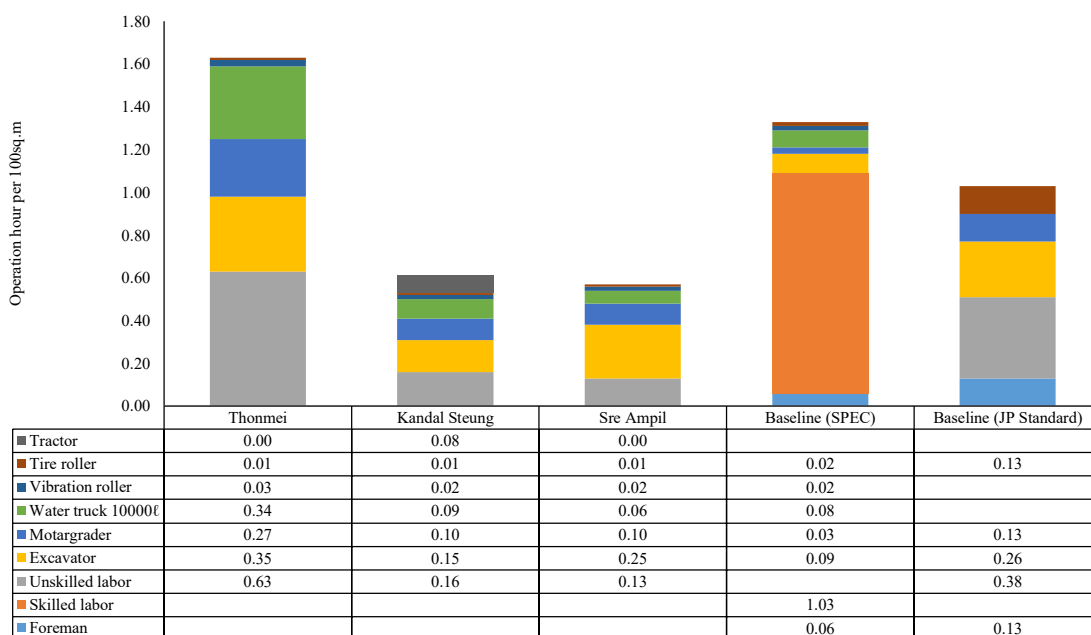


図 3.12 各実証サイトの歩掛比較

#### 4) カンボジアにおける施工歩掛（案）

上記の結果から、カンボジアにおける施工歩掛は、下記の通りの値が基準となる。

表 3.18 採用歩掛案

項目	仕様	単位	舗装厚 150mm 以下	舗装厚 150mm 以上
<b>労務</b>				
一般労務		時間	1.11	2.62
<b>機材</b>				
バックホウ	0.7m <sup>3</sup>	時間	1.00	2.06
モーターグレーダー	ブレード幅 420mm	時間	0.70	1.24
散水車	10,000 リットル	時間	0.60	1.40
振動ローラー	10 トン	時間	0.09	0.13
タイヤローラー	10 トン	時間	0.06	0.05
トラクター	25~30.0 馬力	時間	0.52	0.00

## ■ライフサイクルコスト試算

### 1) はじめに

本項では、STEIN 施工に係る道路管理者費用の 50 年間に係る費用を算出し、STEIN 導入のコスト的な優位性を示す。

STEIN 施工は、道路計画の一部に使用される資材である。そのため、ライフサイクルコストは道路管理者費用である建設費、維持費、修繕費を試算項目として設定する。一般的にライフサイクルコスト検討において検討される道路管理者費用のうち、調査費、設計費、用地取得費等、および道路計画上想定される道路利用者費用／便益、沿道及び地域社会の費用／便益が含まれていないが、これらは STEIN 以外を採用した場合においても、同程度の経費が掛かるものと考え、本比較検討においては、無視できるものと判断された。

### 2) 計算条件

#### a. 比較対象

比較検討は、STEIN 施工（舗装厚 150mm）が代替製品になることを期待される①鉄筋コンクリート舗装（RC 舗装）、②アスファルト舗装（DBST）を対象とした。路床施工、路盤厚などの諸条件が異なることを踏まえ、路床、路盤施工は道路計画上で別途検討されるものと割り切り、舗装の施工費用のみに焦点を当てる。

#### b. 計算条件

ライフサイクルコストの計算には、建設費用（イニシャルコスト）、エネルギー費用、維持費用、改修費用、更新費用を検討する。ここで、一般的には、社会的割引率を考慮した残存価値の経年変化まで評価することにより、長期的視点における施設の価値を検討できるが、本件の比較検討においては、本件においては、製品そのものが変わることから、細微な比較は不要と判断した。また、製品に投入されるエネルギー費用が、他の費目にて計上されると見なせることから、エネルギー費用の検討は行わない。

その他、維持管理に係る維持費（補修費）、更新費用についてはプロジェクトによって異なることから、一般的に想定される計画としてシミュレーション的に値を設定した。舗装タイプごとの条件は下表のとおりである。

表 3.19 計算条件

舗装タイプ		STEIN	RC	アスファルト
設計		施工厚150mm以上/以下	部材厚150mm	
単価の出所		'22年歩掛調査結果に基づく	現地ゼネコンから聞取りした㎡当単価	現地ゼネコンから聞取りした㎡当単価
建設費		単価×施工数量で算出	左に同じ	左に同じ
維持費（補修費）*1		年に1回、施工した面積のうち5%（100㎡なら5㎡）は破損すると想定し、これを補修する。	年に1回、施工した面積のうち1%（100㎡なら1㎡）は破損すると想定し、これを補修する。	年に1回、施工した面積のうち1%（100㎡なら1㎡）は破損すると想定し、これを補修する。
更新費用	施設耐用年数*2	10	15	10
	撤去費	建設費の15% RCと比べて、固化した土をSTEIN土材として再利用ができることから、率を低減	建設費の20% 既存構造物の撤去、運搬、廃棄に係る経費	建設費の20% 既存構造物の撤去、運搬、廃棄に係る経費
	更新費	建設費の60% RCと比べて、固化した土をSTEIN土材として再利用ができることから、率を低減	建設費の100% 再設置	建設費の100% 再設置

\*1 補修数量が多い年、少ない年があり、毎年異なる。毎年発生することを想定しているのではなく、評価期間において、平均的に発生するであろう事象を危険側で想定した。

\*2 施設耐用年数は、日本の国土交通省が定めている減価償却年数から設定。STEINは製品保証期間が設けられていないことから、持続性を担保するべく最も安全側の頻度となる10年を採用した。

### 3) 計算結果と考察

定量的には、50年間のLCCで比較するとSTEINによる舗装が最も低廉であることが判明した。アスファルト舗装（280,400USD）を100%とした場合、STEIN舗装は、舗装厚に応じて86,400USD～144,000USDと、7割から5割程度のコスト縮減効果が認められた。またその一方で、定性的には、STEINはRC舗装やアスファルトと同様の効果（雨季の通行の問題や乾季の粉塵の問題の解消）が見込まれる。よってSTEINによる舗装が最も高い費用対効果が得られることが明らかとなった。

表 3.20 ライフサイクルコスト試算結果

	検討経緯	STEIN舗装 (150mm以下)	STEIN舗装 (150mm以上)	RC舗装	アスファルト
(A) 建設費	= (a) × (c)	<b>18,000</b>	<b>30,000</b>	<b>45,000</b>	<b>40,000</b>
(a) 施工単価 (JPY/m <sup>2</sup> )	= (b) × (JPY)	1,215	2,025	3,038	2,700
(b) 施工単価 (US\$/m <sup>2</sup> )	歩掛調査・TCO聞取	9.0	15.0	22.5	20.0
(c) 施工面積 (/m <sup>2</sup> )	モデル値	2,000	2,000	2,000	2,000
(B) 維持費	= (A) × (d) × (e)	<b>900</b>	<b>1,500</b>	<b>450</b>	<b>400</b>
(d) 頻度：N年に1回	モデル値	1	1	1	1
(e) 設定値：施工費のN%	モデル値	5%	5%	1%	1%
(C) 更新費用		<b>67,500</b>	<b>112,500</b>	<b>216,000</b>	<b>240,000</b>
(f) 撤去費用 (建設費のM <sub>1</sub> × 頻度)	= (A) × (g) × (j)	13,500	22,500	36,000	40,000
(g) M <sub>1</sub>	モデル値	15%	15%	20%	20%
(h) 改修費用 (建設費のM <sub>2</sub> × 頻度)	= (A) × (i) × (j)	54,000	90,000	180,000	200,000
(i) M <sub>2</sub>	モデル値	60%	60%	100%	100%
(j) 頻度：評価期間中にN回	モデル値	5	5	4	5
(k) 耐用年数	国土交通省(日本)*3	10	10	15	10
(D) 評価期間	土舗装の耐用年数に揃え	50	50	50	50
(E) 合計	= (A) + (B) + (C)	86,400	144,000	261,450	280,400
(F) 年間あたり合計	= (E) / (D)	1,728	2,880	5,229	5,608
(G) アスファルトを基準とした場合の削減率	= ((E)' - (E)) / (E)'	69%	49%	7%	0%

\*1 通貨単位：米国ドル (USD)

\*2 為替レート (JPY/US\$) :

135

\*3 STEIN舗装に係る耐用年数は指定されていない。そのため、RC舗装、アスファルト舗装、土舗装の中で最も安全側検討になる10年を採用した。

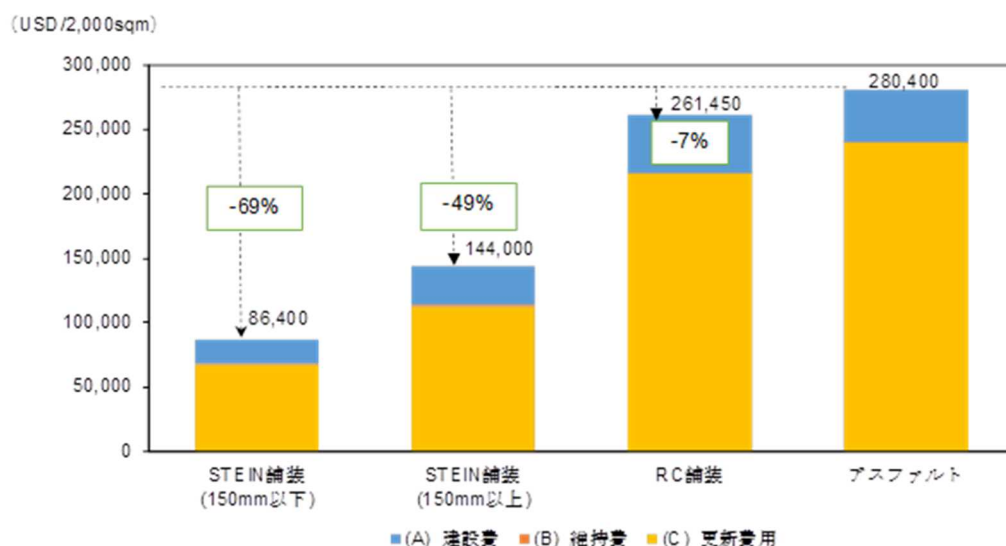


図 3.13 施工タイプごとの削減率比較

③ 活動結果 3 : STEIN 製造装置の継続的な運用・維持管理及び STEIN 施工に必要な知識や技術が MOWRAM 関係者に移転される

3-1 : STEIN 製造マニュアル及び施工マニュアルの完成

■STEIN 製造マニュアル

STEIN 製造マニュアルを作成し、実際に研修の場面でマニュアルを使用した。  
 マニュアルの構成は以下の通りである。

STEIN 製造マニュアルの構成	
1.	はじめに
2.	製造フロー
3.	コントロールパネル
4.	各種パーツ
5.	安全に関する注意事項
6.	メンテナンス時の確認項目
7.	稼働時のチェックリスト
8.	スタッフの配置
9.	記録
10.	資材の管理

マニュアル作成にあたっては、可能な限り写真や図を豊富に用いて、視覚的、直感的に理解できるように工夫した。

<p>Explanation of each part</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>STEP</th> <th>WORK DESCRIPTION</th> <th>PHOTO</th> <th>TIME (min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Turn on the power</td> <td></td> <td>02</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Connect air compressor to power</td> <td></td> <td>02</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Set into AU (AUTO) mode</td> <td></td> <td>02</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Press Green ON button of MIX (Mixer) at the main panel</td> <td></td> <td>02</td> </tr> </tbody> </table>	STEP	WORK DESCRIPTION	PHOTO	TIME (min)	1	Turn on the power		02	2	Connect air compressor to power		02	3	Set into AU (AUTO) mode		02	4	Press Green ON button of MIX (Mixer) at the main panel		02
STEP	WORK DESCRIPTION	PHOTO	TIME (min)																		
1	Turn on the power		02																		
2	Connect air compressor to power		02																		
3	Set into AU (AUTO) mode		02																		
4	Press Green ON button of MIX (Mixer) at the main panel		02																		
<p>部品の説明</p>	<p>製造フローに係る説明 (一部抜粋)</p>																				

(出所：提案企業)

図 3.14 STEIN 製造マニュアル (抜粋)



■STEIN 施工マニュアル

施工マニュアルは、STEIN施工の手順を実際の現場の写真を多用しわかりやすく示しており、特に留意すべき事項については現地施工の経験を基に詳細に記載している。例えば、養生のための散水の回数は1日3回が基準となっているが、カンボジアの乾季には日差しが強く乾ききってしまう場合は、1日4回散水するなど、日射量、気温に留意することを記述している。

また、工事の進捗状況について、計画通り進めていく上で必要となる記録用のフォーマットについても添付資料に示している。

<p>施工マニュアルの構成</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 準備工</li> <li>2. 既設道路の掘削、土塊の破砕</li> <li>3. STEINの敷き均し、今後、散水、不陸整正、転圧</li> <li>4. 養生</li> </ol> <p>添付資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工事記録様式             <ol style="list-style-type: none"> <li>1-1. 掘削深 出来形管理記録用紙</li> <li>1-2. 道路基準高 出来形管理記録用紙</li> <li>1-3. STEIN混合深さ 確認記録用紙</li> <li>1-4. 道路幅 出来形記録用紙</li> <li>1-5. 施工時目視確認事項 記録用紙</li> </ol> </li> <li>2. 安全管理記録様式</li> </ol>
---

	
<p>マニュアル本文（一部抜粋）</p>	<p>添付資料の記録フォーマット（道路基準高 出来形管理記録用紙）</p>

（出所：提案企業）

図 3.15 STEIN 施工マニュアル（抜粋）

施工マニュアルについては、CP や施工業者に対する意見聴取や 3 カ所での施工実績を踏まえ、和文及び英文を作成しているおりクメール語への翻訳も完了した。

### 3-2 : STEIN 設計基準案の完成

カンボジア国においては、公共事業運輸省（MPWT）が整備した道路設計基準があり、農村開発省（MRD）が同基準に準じて農村道路を整備している。現時点では STEIN は道路設計基準に適合しておらず、公的な道路設計基準に STEIN 設計基準という選択肢を組み込むための活動は必要であるが、当面は提案企業が想定しているレベルの道路設計基準に抵触しない MOWRAM 関連の小規模道路などにおける STEIN 活用にフォーカスしたマニュアルを整備しておくことが使用者にとって肝要である。そこで、カンボジアの実情を踏まえた汎用性の高いマニュアルとして、交通量基準及び設計 CBR 値に基づき、「TA 法に基づいた STEIN 設計」を設定した。

大まかな内容は以下の通りである。

#### ■STEIN 設計に必要な交通量基準の設定（交通量基準）

舗装厚の設計に用いる交通量は、完成後 5 年後のローリー（大型車）通過台数を基準とする。対面通行の片側車線の場合は、両側通行の車両数の合計を設計値とする。対面通行で 2 車線の場合は、各車線の走行台数を設計値とする。

表 3.21 交通量基準

交通量の区分	大型車交通量 台／日
A	15 台未満
B	15 台以上 40 台未満
C	40 台以上 100 台未満
D	100 台以上 250 台未満
E	250 台以上 1,000 台未満
F	1,000 台以上 3,000 台未満
G	3,000 台以上

#### ■設計 CBR の決定

CBR<sup>24</sup>は、既設道路や盛土部、掘削部において、コーン貫入試験や道路基礎の表面に鉄球を落下させる方法によって算出される。垂直に数種類の土層がある場合は、道路の基礎の表面から深さ 1m の部分までの CBR の平均値を算出し、現場での CBR 値として採用する。

<sup>24</sup> California Bearing Ratio（路床土支持力比）：路床や路盤の支持力の大きさを表わす指標であり、設計 CBR が 3.0%未満は軟弱な路床であり、施工にあたり 3%以上の値である必要がある。

■TA 法に基づいた STEIN 設計

交通区分と設計 CBR に基づき、次表から目標とする総厚と TA を算出する。CBR 値が 3% より小さい場合、道路基礎の一部として 15~30cm の厚さの層を敷設する。

表 3.22 TA 法に基づいた STEIN 設計

Design n CBR	Target Value, cm													
	A Traffic		B Traffic		C Traffic		D Traffic		E Traffic		F Traffic		G Traffic	
	T A	Total thickne ss	T A	Total thickne ss	T A	Total thickne ss	T A	Total thickne ss	T A	Total thickne ss	T A	Total thickne ss	T A	Total thickne ss
2	8	39	14	47	17	52	21	62	29	74	39	90	51	105
3	7	29	13	37	15	41	18	49	26	58	34	70	45	82
4	6	25	12	31	14	35	17	41	24	50	31	61	42	70
5	5	15	11	27	13	30	16	35	22	43	30	54	39	60
6	5	15	10	24	12	27	15	30	21	38	28	48	36	53
8	5	15	9	21	11	23	14	27	19	33	26	40	33	47
10	5	15	9	21	11	23	13	23	18	29	24	34	31	40

条件


- a. 総厚みが目標値の 80%以上減少してはならない。
- b. TA が目標値を下回ってはならない。

3-3 : OJT や研修を通じた MOWRAM 関係者への技術移転

■現地研修 (STEIN 製造)

研修項目	STEIN 製造の研修内容
実施期間	2022 年 2 月 4 日 9 時~12 時半 2022 年 2 月 17 日 9 時~17 時 (計 2 日間)
対象者	MOWRAM 技術者 2 人 PDWRAM 技術者 8 人、計 10 名
研修の目標	STEIN 製造機械の運用方法および STEIN 製造方法を現地 MOWRAM・PDWRAM 技術者に移転する。
実施内容	提案企業により、PDWRAM 職員に対し、STEIN 製造装置の操作に関する講義・OJT 研修を実施した。 ・装置のオペレーション方法 ・装置のメンテナンス方法説明 ・原材料の管理方法について ・原材料の投入方法について ・その他運用中の注意事項について

実施場所	PDWRAM 会議室および敷地内建屋
所見	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 指導にあたって、写真付きの製造マニュアルを作成したため、英語のみのマニュアルであったが職員の理解は十分に得られた。視覚的に分かりやすいマニュアルの整備が重要であることを確認した。作成したマニュアルのクメール語への翻訳も完了した。</li> <li>・ ミキサーへのセメント投入が完了する時間、ミキサーのゲートが開いてから排出が完了するまでの時間を事前に計測していた。材料の投入漏れおよび製品の排出残りを防ぐため、当該時間を都度計りながらオペレーションをするように指導を行った。</li> <li>・ 参加者からは、以下の意見・感想が寄せられたマニュアルは実際の部品の写真付きであったため分かりやすかった。クメール語への翻訳もお願いしたい。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 製造の手順についてはよく理解できた。実際に STEIN が道路の施工にどのように用いられるのか非常に興味がある。</li> <li>➢ メインパネルにミキサー、ON/OFF ボタンなどアルファベットで記載があるので、クメール語でシールのようなものを貼ってもらえると良い。(※今後、シールを貼り付け予定)</li> </ul> </li> </ul>

	
STEIN 製造研修 (座学)	STEIN 製造研修 (OJT)

(出所：提案企業)

図 3.16 STEIN 製造研修

■現地研修 (STEIN 施工)

STEIN 施工に係る研修として、MOWRAM 及び PDWRAM に対して施工監理指導を実施した。

(1) MOWRAM に対する施工監理指導

研修項目	試験施工監理指導
実施期間	2022年2月17日、19日 (カンダルスタン事業地区)

	2022年2月22日、23日、24日（スレアンピル事業地区） （計5日）
対象者	MOWRAM 技術者2人
研修の目標	STEIN による既設道路の改修工事を行い、併せて、その施工方法、施工監理（出来形管理、品質管理、安全管理）方法を、OJT で習得する。
実施内容	提案企業により、MOWRAM 職員に対し、STEIN 施工に関し OJT 研修を実施した。 1) カンダルスタンの現場で、掘削の深さや施工幅に関する品質管理（QC）作業として、掘削深の出来形管理、出来形管理記録（掘削深チェックシート）を実施。 2) STEIN 混合状況の確認、転圧、散水作業など一連の STEIN 施工現場の管理及び安全管理について OJT を実施。 3) スレアンピルの現場で、繰り返し品質管理及び出来形管理の OJT を実施。 4) その他施工中の注意事項について OJT を実施。
実施場所	施工現場（カンダルスタン事業、スレアンピル事業地区）
所見	<ul style="list-style-type: none"> <li>・指導にあたっては、OJT として実際に土質試験サンプルの作成、STEIN 混合状況の確認、含水比試験を実施し、記録用紙に記入することで習得につとめた。また、自然含水比の感触による把握方法を指導するなど、実践的な研修を2つの実証サイトで繰り返し実施することで習得を促した。</li> <li>・掘削深、STEIN 混合深、目視による混合状況の確認、混合土の含水比管理、施工幅の出来形管理に加え、工事期間中の安全パトロールを MOWRAM 職員自身で行うことにより、STEIN を用いた道路改良工事の一連の流れを把握できた。また、管理すべき項目についても理解できたと思料。</li> <li>・スレアンピルの現場において、MOWRAM 職員は道路表面の色だけで散水を検討していたが、提案企業から必ず表面の状況を目視で確認して判断するのではなく、施工厚全体を触感（手触り感）で確認し、妥当性を判断すること、よくわからなければ含水比試験を実施することを指導した。</li> <li>・MOWRAM 職員からは、STEIN の施工方法、施工管理事項についてよく理解できたとのコメントを得た。</li> </ul>

## (2) PDWRAM 職員に対する施工管理指導

研修項目	STEIN 施工管理指導
実施期間	2022年2月25日、3月2日（計2日）
対象者	PDWRAM（Takeo）技術者3人
研修の目標	STEIN による既設道路の改修工事を行い、併せて、その施工方法、施工監理（出来形管理、品質管理、安全管理）方法を、OJT で習得する。
実施内容	提案企業により、PDWRAM 職員に対し、STEIN 施工に関し OJT 研修を実施した。

	1) トムネイ事業地区の現場で STEIN の単位区画への設置、敷き均し、混合及び散水、転圧作業までの流れを指導するとともに、掘削深、STEIN の混合深、施工幅等の出来形管理、混合状況の確認、含水比調整等の品質管理について指導を行った。また、研修期間を通じて一連の STEIN 施工監理における安全管理についての指導を行った。
実施場所	施工現場（トムネイ事業地区）
所見	<ul style="list-style-type: none"> <li>・含水比の確認については、含水比の実際の計測に加え、こね具合など手の感触による確認方法についても指導した。</li> <li>・工事チェックシートを作成し、チェック項目を明確にし、工事状況が他の人にも確認できるようにした。</li> <li>・MOWRAM 職員同様、STEIN を用いた道路改良工事の一連の流れを実際に経験したことにより、管理すべき項目について把握できた。</li> <li>・トムネイ地区は片側車線ずつ計 2 回実施したため、PDWRAM 職員が 2 度にわたり OJT を経験し、技術の定着を促した。ただし、2 車線目での 2 回目の施工監理の際、指示されるまで出来形、施工状況のチェックを行わない状況があった。彼ら自身が、今後、工事監督の立場で施工監理を行う必要があることを強くは認識していないようであり、この点についての重要性を説明し、理解を促す必要があった。</li> </ul> <p>STEIN 施工においては、カンボジアの行政職員でも理解可能な施工であることが確認できた。一方で、外部人材の施工技術者の見解を踏まえると、PDWRAM 職員が、今回の試験施工だけを通じて全てのノウハウを理解・実行できていると判断するのは時期尚早と捉えた。そこで、提案企業は、施設品質を担保すべく、最初から全面的に MOWRAM・PDWRAM 職員に委ねるのではなく、STEIN を使用する毎に留意事項を繰り返し説明することを考えている。</p>



MOWRAM 職員による QC 作業（掘削深確認）



MOWRAM 職員による掘削深の出来形管理記録





PDWRAM 職員に対する安全管理、出来形管理の指導

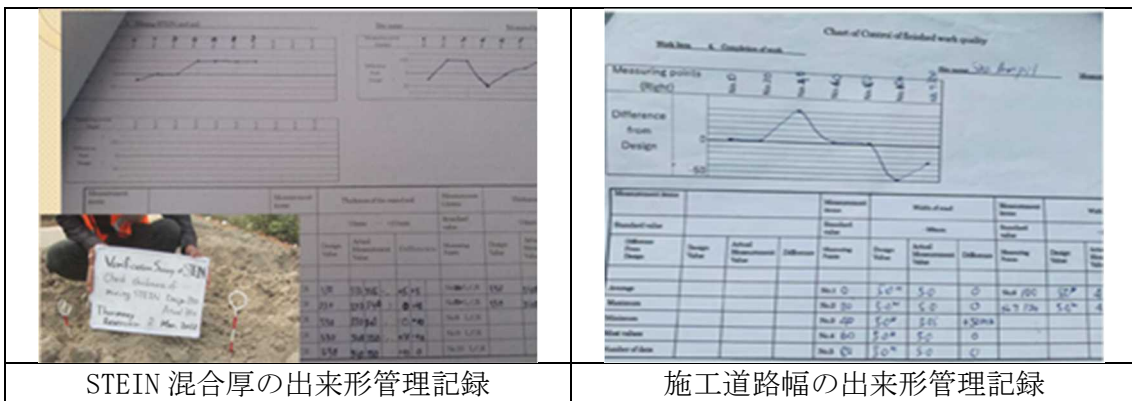
MOWRAM 職員による安全パトロール記録 (施工中のチェック項目)

(出所：提案企業)

図 3.17 STEIN 施工研修 (MOWRAM・PDWRAM)

○ 施工業者への技術移転

今回委託した施工業者は、今後代理店候補となりうるため、STEIN 施工の手順、施工時の留意事項及び、出来形、品質管理項目、施工管理に関する事項について指導を行った。



STEIN 混合厚の出来形管理記録

施工道路幅の出来形管理記録

(出所：提案企業)

図 3.18 STEIN 施工研修 (施工業者)

④ 活動結果 4：事業実施体制を含む将来の普及展開計画が策定される

4-1：MOWRAM/ PDWRAM 等の官公庁や民間事業者等を対象に、STEIN 施工の工法や費用対効果を含む有用性についてのセミナーを実施する

第 3 回渡航時 (2022 年 7 月) に、カンボジア側に対し、本事業の成果を MOWRAM/PDWRAM 職員、日系を含む現地施工業者に STEIN 施工の工法や費用対効果、実際の施工結果による優位性と留意点などについて発表・意見交換を行うセミナーを実施した。下記のとおり、カンボジアサイドよりは、全 16 地域から PDWRAM 職員が参加す



るとともに、今後 STEIN を公共事業で取り扱う可能性がある農村開発省（MRD）1 人、公共事業交通省（MPWT）1 人及び予算を得るために STEIN の理解が重要となる経済財務省（MEF）1 人からの出席も得た。

実施内容については以下のとおり。

#### <実施概要>

セミナー名	Seminar on Report of Verification Survey by the STEIN Soil Harder for the Development of Irrigation and Agricultural Facilities Disseminated by Japanese Private Technologies (土壌硬化剤 STEIN を活用した灌漑・農業・農村道路整備技術の普及・実証事業報告に関するセミナー)
日時	2022 年 7 月 28 日（木）09:00～14:00 (ランチセッション 12:30～14:00)
場所	Hotel Cambodiana、Tonle Bassac ホール
目的	SPEC 社の土壌硬化剤 STEIN に関する実証調査結果の共有及びカンボジアにおける将来のビジネスチャンスについての意見交換
出席者	合計 59 人 日本からの出席者（JICA 調査団）：合計 7 人（提案企業 2 人、NTCI1 人、NARO1 人、MURC3 人） カンボジアからの出席者：合計 52 人（MOWRAM 職員 15 人、PDWRAM 職員 16 人、MRD1 人、MPWT1 人、MEF1 人、CMAC3 人、現地施工業者 5 人、日系業者 9 人、JICA カンボジア事務所 1 人） ※民間事業者の主要な業種は、建設・不動産業、製造業。
式次第	08:30 Reception 09:00-09:10 Opening Remarks 09:10-09:20 Complimentary address 09:20-09:40 Acknowledgement 09:40-10:10 Introduction of STEIN and outline of verification survey 10:10-10:40 Production system of STEIN in Cambodia - Short Break - 10:55-11:15 Report on STEIN construction in three pilot sites in Cambodia 11:15-11:45 Effective application and Advantage of STEIN 11:45-12:10 Q&A 12:10-12:20 Examples of STEIN application abroad and its further possibility 12:20-12:30 Closing Remarks of Morning Session 12:30-14:00 Lunch and Networking (Mekong Restaurant)

#### ■主要プレゼンテーション

MOWRAM 長官より、日本の長年にわたるカンボジア開発への継続的な支援への感謝が述べられたと共に、本事業で実証した STEIN への期待がオープニングスピーチで述べられ、開会した。JICA カンボジア事務所よりカンボジアにおける普及・実証事業の紹介とともに STEIN のような技術的に優れた製品を通じて今後もカンボジアの持続可能

な社会を支援していくことを発表。その後、調査団より発表資料に沿って、各項目についてプレゼンテーションを実施した。（セミナー発表資料は巻末の資料を参照のこと。）

**1) STEIN の概要及び普及・実証事業の概要（発表：提案企業）**

STEIN の概要及び案件調査から現在までの実施状況について説明した。

**2) 3 か所での STEIN 施工事例（発表：NTCI 社）**

3 か所で実施したパイロット施工の施工方法、結果の概要、カンボジアにおける施工の留意点について発表。また、コンクリート舗装、アスファルト舗装など、他の施工とのコスト比較について説明するとともに、STEIN の比較優位性を示した。

**3) STEIN の効果的な適応、STEIN の比較優位性（発表：NARO）**

STEIN の効果的利用方法と利点について説明した。また、3 か所の実証サイト施工での気づきについて技術的観点から説明した。

**4) 海外での STEIN 施工事例、更なる展望（発表：提案企業）**

SPEC 社より、ケニア、ナイロビにおける STEIN 施工事例について説明した。また、更なる展望として、道路以外で使用されている日本での施工例について紹介した。

**■質疑応答**

MOWRAM 及び PDWRAM、現地施工業者より活発な質問が寄せられ、STEIN への関心の高さが示された。特にコンクリート舗装やアスファルト舗装とのコスト、強度等との比較、STEIN の道路以外の適用可能性などへの質問が多かった。主な質疑応答の内容は以下のとおり。

	質問	回答
1	アスファルトやコンクリートと同じ厚さだとすると、荷重耐荷は何キロまでか (PDWRAM)	数字で何キロと回答ができない。交通量、大型車両が毎日どの程度走るかによるが、概ねコンクリートと同じと考えてよい。ただし、STEIN はコンクリートとは違うので、地盤より下の基盤がしっかりしていないと同じとはいえない。
2	1 m <sup>3</sup> あたりで STEIN は何キロ必要なのか？コストはどれくらいかかるか (PDWRAM)	基本的な設計の仕方（考え方）では、まず土の重さは 1 m <sup>3</sup> あたり対象の土質の比重が 1.6 であれば、1 m <sup>3</sup> あたり 1.6 トン（1600kg）となる。これは土質によって異なる。土の重さに対して STEIN は 10%入ると仮定すると 160kg の STEIN が必要と

		なる。ただし、事前に実施する土質試験の結果に応じて配合率は8%~10%以上になることもある。
3	STEIN をカンボジアに広く伝えるように提案してほしい。値段的には安くしてほしい。STEIN はアスファルトやコンクリートと同じレベルではないと理解。砂利より良いという理解だが正しいか (PDWRAM)	価格については今回調査している。使いやすい価格にしたいと思っている。STEIN は砂利やセメントを他から持ってくるのではなく、90%が現場の土を使っているため、それを踏まえて試算したい。
4	STEIN を混ぜてから転圧まで早めに実施しなければならないという報告があったが、施工する道路が長い距離の場合、運ぶまで時間がかかるがどうしたらよいのか。STEIN の製造拠点をたくさん作った方がよいのか (PDWRAM)	STEIN は現地で混ぜるので、セメント、コンクリートのように工場で作ったものを持ってくるのではない。アスファルトのように工場ですくんで持ってくるものではないのでその点は問題ない。
5	STEIN は土と混ぜているというが、例えば、レンガをつくるために使えるか (現地民間業者)	通常レンガは焼いて作る。STEIN はセメントに土に混ぜて養生する。したがって、レンガを土で焼くことなく作ることができる。
6	ダムや水路を、コンクリート、アスファルト、STEIN で作る場合、どの原料を用いるのが、最も強度が得られるのか? (MOWRAM)	同じ形のものを作るのであれば、コンクリートがはるかに強度は高い。アスファルト自体は高い強度を求めるものではない。したがって、アスファルトのため池というものは作れない。アスファルト自体の強度はそれほど高くない。
7	道路の厚さが同じであれば、どの素材の強度が最も高くなるか (MOWRAM)	厚さが同じであればコンクリートの強度が一番高い。アスファルト自体の強度が一番低くなる。道路設計をするときには、土壌の下の部分まで調査して決めなければならないので、表面の強度だけでは決められない。
8	STEIN とセメントが同じ重さであれば、価格差はどの程度か (MOWRAM)	セメントに STEIN 元素を混ぜるので、セメントと比較すると STEIN の元素の分だけ高くなる。
9	セメントと STEIN を混ぜたものの単価はいくらなのか (MOWRAM)	2月に施工した時には、STEIN の最終製品 (STEIN 元素とセメントの混合物) は1トンあたり約300USDであった。

## ■閉会

閉会にあたり、MOWRAM 長官よりは、発表や質疑応答を通じてコストや強度に関して他の工法との比較でより STEIN に関する理解がより深まったとし、カンボジアで STEIN が活用できるようにしていただき、普及につなげていきたい旨発言があった。



MOWRAM 長官によるオープニングスピーチ

提案企業による STEIN 及び事業概要紹介

NTCI 社による施工の説明

NARO による技術的観点からの説明

提案企業の社長による質疑応答

セミナー出席者との記念撮影

図 3.19 セミナー時の写真

■セミナー終了時のアンケート結果

セミナー終了時にアンケートへの回答を出席者に依頼した。なお、出席者のうちアンケートの回答者は 40 名（カンボジア人 38 名、日本人 2 名）であった。

1) セミナーの理解度 (SA)

セミナーの内容に対する理解度について、「よく理解できた(40.0%)」及び「ある程度理解できた (52.5%)」と答えた回答者が、9 割以上を占めている。

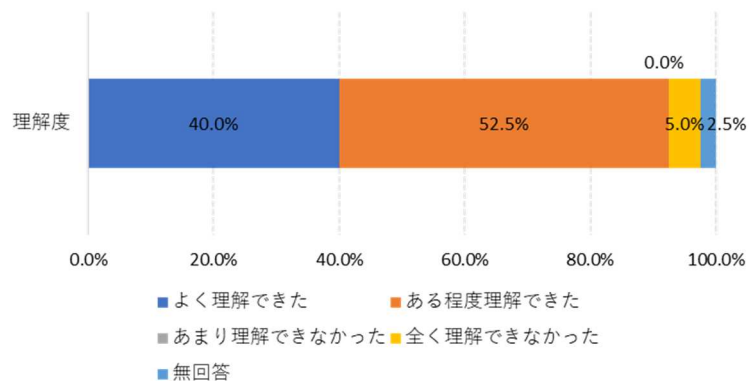


図 3.20 セミナーへの理解度 (N=40)

## 2) STEIN への関心 (SA)

STEIN に対して、100%が「関心がある」と回答している。(なお、アンケートが記名式で会ったことも影響していると思われる、この回答の取り扱いには留意が必要である。)

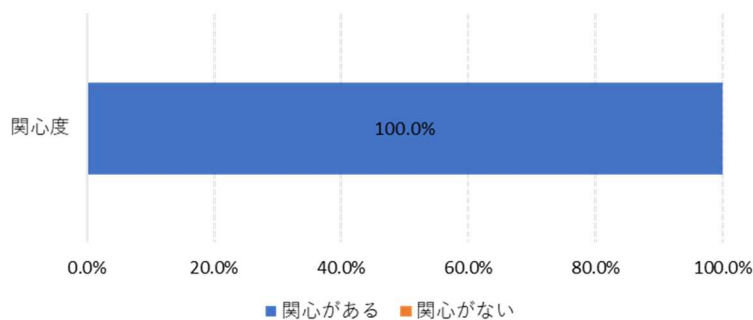


図 3.21 STEIN への関心 (N=40)

## 3) STEIN の特長への関心 (MA, 最大 2 つまで選択。)

STEIN が有する特長のうち最も高い関心を寄せたものについて、「施工できる用途 (62.5%)」が最も多く、「安定した品質 (45.0%)」、「価格の低さ (37.5%)」、「施工期間の短さ (20.0%)」、「その他 (2.5%)」と続く。

本回答について、「価格の低さ」は 4 番目と、比較的低い結果となっている。しかしアンケート結果をもって、「価格は劣後」と見なすことはできない。当該設問は、回答者の知見やバックグラウンドに左右される選択肢であることに留意が必要である。(幹部職員は価格に、技術職は技術や用途など、回答者の知見や役職によって選択肢が異なることも考えられる。)これまでの調査からは、「価格」への関心が極めて高いことは自明であったが、むしろ、セミナーの場で STEIN について詳細に説明を行ったことで、「価格以外にも、施工期間、用途、品質等、様々な点に関心を有している」

と見ることが妥当と思われる。

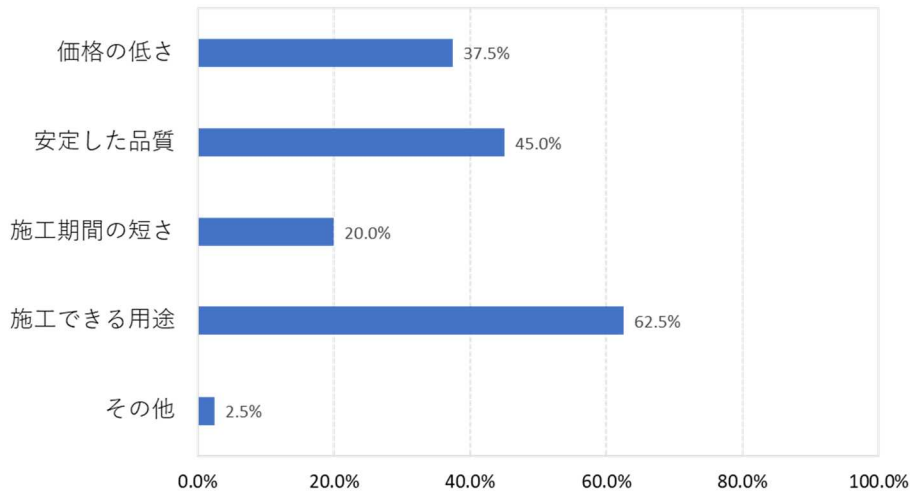


図 3.22 STEIN への関心

#### 4) 参加者のアンケート回答（定性的なコメント）について

参加者のコメントは以下の通りである。（MOWRAM の回答者が多いため、内容も MOWRAM 視点となっているものが多いことに留意する必要がある。）

回答者の多くは灌漑設備や道路の利用を想定した回答となっている。

STEIN の疑問点については、既にセミナーの中で説明済みの事項に関する質問も含まれており、これらについては今後も繰り返し説明していく必要がある。また、セミナーで質問された内容と合わせて、今後、CP を含む省庁及び民間企業への営業の際には、これらの疑問を解消するための資料作成や説明を行い、より STEIN を理解しやすいものにしていくとともに、積極的に伝える機会を設けて説明していく。

参加者のアンケート回答について
<p>■期待できる STEIN の用途 灌漑設備（水路（用水・排水）、ため池、運河、河川の構造物、ダム）及び道路（地方道路、農道）への利用に対する期待が大きい。</p>
<p>■STEIN に寄せられた疑問点・懸念点（政府機関からの指摘）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ STEIN の舗装の厚さはどの程度か。</li> <li>・ STEIN 舗装の道路の耐荷重は最大何トンか知りたい。</li> <li>・ STEIN の耐用年数はどの程度か。</li> <li>・ STEIN の道路が破損した場合、補修可能か。新たに整備し直す必要があるのか。</li> <li>・ 日本からの輸入に要する時間と費用がかかる可能性があることを懸念している。</li> <li>・ カンボジア国内の工場がないことがネックにならないか。</li> <li>・ STEIN の 1 キロあたり単価、1 m<sup>3</sup>あたり単価を知りたい。</li> <li>・ STEIN を活用する場合、提案企業はどのように支援してくれるか。</li> <li>・ STEIN 製造の材料について知りたい。</li> </ul>

- ・土壌との混合はどうやって行うか。
- ・ため池、農道の施工方法について知りたい。
- ・ため池の施工時の水浸透について知りたい。
- ・STEIN の道路は、砂埃が発生するか。
- ・土壌 1 m<sup>3</sup>あたりの STEIN は何kg含まれているか。
- ・ミキサーではなく、人力で STEIN と土壌の混合は可能か。
- ・STEIN はカンボジアの天候に耐えられるか。
- ・STEIN を利用したい場合、どこで入手できるか。

■STEIN に寄せられた評価・要望（政府機関からの指摘）

- ・灌漑システム（用水路、ため池）を整備するためには、良いプロジェクトだと思う。
- ・州の職員に詳細な技術トレーニングを行ってほしい。
- ・タケオ州の PDWRAM と同様に、他州にも STEIN 製造装置を設置してほしい。
- ・施工現場へ見学に行き、実際に体験したい。
- ・シェムリアップ／ポーサット州に STEIN を導入出来たらよい。
- ・灌漑システム（用水路、ため池）に適用する為の良いプロジェクトだと思う。
- ・値段（道路 1km あたり単価）が高すぎる
- ・セミナー時間がとても短かったので、理解できなかった。STEIN の導入は容易なのか難しいのか、もっと説明が必要である。

■STEIN に寄せられた質問・意見（民間企業からの指摘）

- ・カンボジアでの（本事業以外の）プロジェクト事例を知りたい。
- ・プノンペンに駐在員事務所はあるか。
- ・カンボジアにおいて STEIN を供給体制は整っているのか。これからの場合、その時期はいつか、ミキサーは自社で設置するのか、それとも日本から取り寄せるのか。
- ・現地のパートナーが普及のカギを握っていると思う。

#### 4-2：同国における市場調査や生産、流通、販売、施工等におけるビジネス展開に必要な課題を整理し、事業性を確認する

STEIN の普及及びビジネス展開に鑑み、需要面と供給面の市場調査を実施した。

需要面に関しては、MOWRAM が所管する灌漑施設及び灌漑に接面する農道のみならず、MRD の所管する地方道路（28,000km）においても他の建設資材に比べてコストパフォーマンスが高いことから STEIN の需要があることを確認した。

企業機密情報につき非公開



#### 4-3：ビジネス展開の仕組みや実施体制等を含めた将来的な事業計画案を作成する

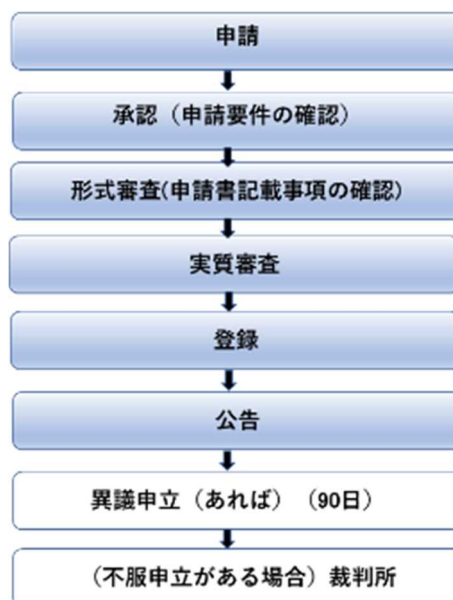
STEIN 普及のビジネスモデルとしては、提案企業は STEIN 元素を MOWRAM に提供し、上記に記したように、MOWRAM (PDWRAM) がタケオの製造設備で STEIN を製造、製造された STEIN を、研修を受けて STEIN の施工（含む設計）を理解した施工業者（認定施工事業者）に供給し、認定施工事業者が責任を持って施工する体制を構築することとする。

ただし、繰り返しになるが将来的には民間や他省庁などへの普及も考慮して、STEIN の製造の拡充に際して民間企業への委託を実施する。

#### ■STEIN 製品の商標登録について

カンボジア国の商標登録については、商標法（Law of Trademark）に基づき、出願料の支払いとともに、必要な書類を提出したのちに、形式審査と実質審査の二段階の審査が行われる。形式審査では、審査に必要な事項や商標に関する詳細情報に不足がないかが確認される。その後の実質審査では、商標の具体的な範囲や意味を特定し、公序良俗を乱す要素や、先行商標の有無などを確認する。かつては、形式審査と実質審査を別々に行っていたため時間を要していたが、今は両方一体的に審査を行うようになったため、審査期間は短期化された。

なお、商標登録に当たって外国法人は、商業省の資格を有するエージェントを通じて商標登録手続きをする必要がある。なお、申請時の言語は英語、申請料は 40USD、登録料は、100USD である。



（出所：商業省資料に基づき JICA 調査団作成）

図 3.23 申請フロー

2020年5月に現地側法律事務所を通じて商標登録の出願を行い、2021年1月に登録され、2021年2月22日に正式に商標登録証が発行された。商標の有効期間は2020年5月5日から、2030年5月5日の10年間である。

なお、手続きに慣れた現地弁護士事務所を介して行ったことから、登録までの手続きは、比較的スムーズであり、特段の問題は生じなかった。通常、商標登録は1年以上を要することが多く、登録時期を見込むことが困難とされていたが、今回は1年以内に取得できている。



図 3. 2 4 商業省の商標登録書

## (2) 事業目的の達成状況

第3回現地調査を終え、CPと協議を進め、コロナ禍によって遅れていた製造装置の設置、STEIN製造、実証サイトのSTEIN施工を2022年1月から3月にかけて実施した。

その後、同年7月の第4回現地調査において、実証サイトの経過を確認した。道路の状況的には、定量的検査では、STEINによる硬度が計画値を満たしていることを確認した。また定性的には、目視により施工状態の状況の評価したが、道路機能に影響する問題点は認められなかった。軽度の浸食・えぐれ、摩耗、ひび割れ、陥没等が認められた。また、道路端部3箇所については弓型のえぐれが発生していた。STEINの施工時の攪拌不足や養生不足の場合、端部だけでなく道路中央部にも同様のえぐれの発生が想定される。しかしながら本実証サイトでは、端部のみであり、これはダンプ等の重車両が道路端部を通行したときの集中荷重が要因であると考えられる。また、STEIN施工区間と非施工区間両方において陥没が確認された。STEIN施工区間のみであれば、攪拌不足や養生不足の要因が考えられるが、STEIN施工、非施工の両方の道路で陥没があったことから、路床以下の地盤が軟弱であること等、路床部の不具合が要因である可能性が高い。セミナーでは、MOWRAMの長官、副長官以下、積極的な参加と高い関心が認められたほか、他省庁・民間企業からも関心が寄せられている。

2022年9月には、製造装置の所有権がMOWRAMに移転された。今後の展開として、省庁及び民間セクターに対し、灌漑や農道整備の有望な施工方法としてSTEINのプロモーションに取組み、カンボジアでの受注につなげていく。また、STEIN製造装置を用いて現地製造を実施するために提案企業とMOWRAMで協働していくことも確認した。今後、協力体制について具体的に明確化するため、MOU締結を視野に置いて

協議を行っていく。

### (3) 開発課題解決の観点から見た貢献

本事業の実施を通じて、以下の課題解決につながった。

#### ■対象地域（3か所の実証サイト）のアクセスの改善

STEIN 施工後は、道路は円滑に通行可能となり、乾季の粉塵による視界不良も改善された。地元住民からは舗装されアクセスしやすくなったとの意見を得ている。

現時点では施工延長が小規模であるため、その改善も小規模にとどまるが、今後 STEIN の整備が進めば、市民の交通アクセス（病院、学校、公共機関等）などの大幅な改善も見込まれる。

#### ■土木技術および知識の改善

事前調査や案件化調査における関連省庁とのヒアリング調査によって、灌漑や道路設備に関わる工事現場の労働者の多くが、非常に未熟な技術力しか有していないことが明らかになっている。STEIN 製造及び実証サイトの STEIN 施工時の研修を通じて、特別高度な技術を必要とせずに施工が可能で、技術移転も比較的容易であることを確認できた。

### (4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

#### ■現時点までの地元経済・地域活性化への貢献

本事業により STEIN 元素を増産することが必要となり、松村綜研の旭川工場における薬品購入、雇用増大による、地域経済振興の活性化につながる。

また本事業では、農研機構とも共同研究を行うことで、土壌硬化剤およびカンボジアにおける土壌、灌漑設備等の研究が進むことが期待される。現在農研機構で研究しているため池の決壊や越流による洪水などを未然に防ぐ技術として、STEIN 施工が地方自治体の整備工事に活用される可能性は大きいと考えられる。その結果日本国内の灌漑設備における減災・防災に貢献することが可能となる。

#### ■日本政府、省庁、地方自治体との連携・貢献実績（地方経済振興政策への貢献等）

STEIN は、1975 年の開発以降、インフラ整備の予算が十分でない、特に地方の全国の道路、灌漑、農業施設、公園、河川敷、緑地等などに使用され、その耐久性と低予算、環境面での安全性などで地方のインフラ整備に貢献した（北海道開発局、建設省（現国土交通省）、農林水産省、国鉄、自衛隊等）。

#### ■大学/研究機関等との連携・貢献実績

2006 年、緑資源機構の新技术開発の一環で、国立北見工業大学と「SPEC 製土壌硬化

剤による不良土の改善に関する研究」を寒冷地凍害問題解決のための共同研究を実施した。また、2013年から2015年に、NAROの農村工学研究部門と、「豪雨時のため池の簡易な補強対策工法の開発」共同研究を実施している。

これらの実績を考慮すると、整備された地域への農業・インフラ・防災等の観点から、大きく貢献できたと考える。またSTEINに係る製造、輸送、施工に係る雇用面に関しても貢献できた。

#### ■本事業実施により見込まれる地元経済・地域活性化への貢献

##### ● 事業実施による国内の雇用創出、新規開拓、新規開発

本事業により、6トンのSTEIN元素を製造することが必要となり、松村綜研の旭川工場における雇用増大や経済振興の活性化につながる。

##### ● 事業実施による新たなパートナーとの連携および連携強化（地方自治体、経済団体、大学/研究機関等、各地中小企業支援関係機関等）

本事業では、NARO および東京農工大学との連携にて実施するため、土壌硬化剤およびカンボジアにおける土壌、機構、灌漑設備等の研究が進むことが期待される。

#### （5） 環境社会配慮

##### ① 事業実施前の状況

実証サイト No.1～3は、いずれもCPの管轄地域（実証サイト No.3のみMRDとの共同管理）であり、それぞれ、No.1は2009～2014年に技プロ「カンボジア国流域灌漑管理及び開発能力改善プロジェクト（TSC3）」、No.2は、2005年～2007年に無償資金協力「カンダルスタン灌漑施設改修計画」として事業が実施されたエリアである。

施工現場の周辺部の水路や道路は、雨の水を含むともろく崩れる性質がある。これは、土壌が分散性であるためであり、人工的な改良（コンクリート構造の導入等）が施されない限り、灌漑水の安定供給や農業者な移動（活動）は、困難な状況が続くことが予想される。

なお、土壌検査実施エリア及び施工エリアは、カンボジア政府及び地方政府のいずれにおいても保護区指定などはされていない。

##### ② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織

環境社会配慮に関する法令としては、1996年に「環境保護と自然資源管理に関する法律（Law on Environment Protection and Natural Resource Management: LEPNRM）」が制定されている。同法は、環境省が環境関連施策の立案と実施を管轄する旨を規定するとともに、環境保護と自然資源管理の枠組み及び環境影響評価について規定している。

カンボジアにおいては、全ての民間・公共プロジェクトの環境インパクト評価（Environmental Impact Assessment : EIA）を終了するためには、環境省（Ministry of Environment : MoE）のレビューを受けなくてはならない<sup>25</sup>。CPによれば、カンボジアにおいては、初期のプロジェクトエリアの面積が 5,000ha 以上の場合、初期 EIA の実施を、最終的に 10,000ha を超えるプロジェクトの場合は EIA を実施する必要がある。

本事業においては、上記の面積以下であること、また施工が、CP の所有・所轄のエリア内であり、すでに JICA プロジェクト（トンレサップ西部流域灌漑施設改修事業、（West Tonle Sap Irrigation Rehabilitation Project）内であること、更に既存の舗装の道路に 100~135m 延長での施工であり、上述及び下述の通り、STEIN の施工により環境社会的な負の影響は想定できないことを水資源気象省と確認したため、EIA を実施していない。

また、カンボジア国内で開発事業に伴う住民移転の実務を担う組織としては、経済財務省住民移転局（Resettlement Department, Ministry of Economy and Finance）があり、JICA の技術プロジェクトにより、標準手順書（Basic Resettlement Procedures: BRP）の策定がなされている。また、世界銀行の 2010 年の Provincial and Rural Project の支援により、では、Standard Guidelines for Implementation of Social Safeguard Guidelines が策定され、住民移転、社会影響評価、住民族等への配慮指針が示されている<sup>26</sup>。

### ③ 事業実施上の環境及び社会への影響

本事業において、環境社会影響を与えると考えられる事業コンポーネントとしては、土壌硬化剤 STEIN を活用した道路兼水路の施工が該当する。前述の通り、STEIN は無機物から構成された STEIN 元素とセメントを混合したものであり、道路・水路の建設においては、この STEIN と現地の土壌、水等のみで、簡易に敷設できる（鉄筋等は含まない）。そのため、敷設後の道路・水路から有害な物質が排出される危険性はない（日本での 40 年以上の施工実績と実証実験からも明らかである）。また、今回の施工の範囲は 450 m<sup>2</sup>又は 675 m<sup>2</sup>と小規模であり、既存の未舗装道路を STEIN にて施工するものであり、生態系に悪影響を及ぼすものではない。また、雨季になると泥でぬかるむ道路を敷設することとなるため、地域住民の生活に悪影響を及ぼすと言うよりも、むしろ正の効果を生むものである。

<sup>25</sup> Asian Environmental Compliance and Enforcement Network (AECEN)ウェブサイト  
(<http://www.aecen.org/cia/cambodia>)

<sup>26</sup> JICA(2014)「カンボジア国道路分野における環境社会配慮に関する実施能力向上プロジェクト」案件概要表

([http://gwweb.jica.go.jp/km/ProjDoc021.nsf/VIEWJCSearchX/536BFCFB012B11934925805F00117192/\\$FILE/1400811%20%E3%82%AB%E3%83%B3%E3%83%9C%E3%82%B8%E3%82%A2%E9%81%93%E8%B7%AF%E5%88%86%E9%87%8E%E3%81%AB%E3%81%8A%E3%81%91%E3%82%8B%E7%92%B0%E5%A2%83%E7%A4%BE%E4%BC%9A%E9%85%8D%E6%85%AE%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E5%AE%9F%E6%96%BD%E8%83%BD%E5%8A%9B%E5%90%91%E4%B8%8A%E3%83%97%E3%83%AD%E3%82%B8%E3%82%A7%E3%82%AF%E3%83%88\\_%E6%A1%88%E4%BB%B6%E6%A6%82%E8%A6%81%E8%A1%A8.pdf](http://gwweb.jica.go.jp/km/ProjDoc021.nsf/VIEWJCSearchX/536BFCFB012B11934925805F00117192/$FILE/1400811%20%E3%82%AB%E3%83%B3%E3%83%9C%E3%82%B8%E3%82%A2%E9%81%93%E8%B7%AF%E5%88%86%E9%87%8E%E3%81%AB%E3%81%8A%E3%81%91%E3%82%8B%E7%92%B0%E5%A2%83%E7%A4%BE%E4%BC%9A%E9%85%8D%E6%85%AE%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E5%AE%9F%E6%96%BD%E8%83%BD%E5%8A%9B%E5%90%91%E4%B8%8A%E3%83%97%E3%83%AD%E3%82%B8%E3%82%A7%E3%82%AF%E3%83%88_%E6%A1%88%E4%BB%B6%E6%A6%82%E8%A6%81%E8%A1%A8.pdf))

#### ④ 環境社会配慮結果

「環境社会配慮のチェック項目」については、巻末の資料を参照のこと。  
建屋・製造装置設置に係る環境社会配慮のスコーピング結果は以下の通りである。

#### ■スコーピング結果

表 3.23 スコーピング結果一覧（建屋・製造装置の設置）

分類		影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	✓		<b>工事中</b> ：建屋は極めて簡素で小規模であり、建屋の工事に伴う大気汚染物質の発生は限定的である。 <b>供用時</b> ：STEIN製造時に、STEIN元素とセメントの混合による大気質への負の影響は見込まれない。
	2	水質汚濁			<b>工事中</b> ：建屋の工事において、排水又は近隣の水源の汚染するような物質の発生はほとんど想定されない。 <b>供用時</b> ：STEIN製造時に、排水は発生せず、水質汚濁の可能性はない。
	3	廃棄物	✓		<b>工事中</b> ：設置予定地は敷地内の空き地であり、解体工事は発生しない。建屋の工事に伴う廃棄物の発生量は限定的である。 <b>供用時</b> ：周辺環境に影響を及ぼすような廃棄物の発生は想定されない。
	4	土壌汚染			<b>工事中</b> ：建屋は組立工事がほとんどであり、工事に伴う排水・廃棄物はほとんど発生せず、土壌汚染の可能性はない。 <b>供用時</b> ：STEIN製造において、土壌に影響を及ぼすような汚染物質の発生は想定されない。
	5	騒音・振動	✓	✓	<b>工事中</b> ：施工中の資機材の組み立てや車両の稼働等の騒音は非常に小さく、建屋は広大なPDWRAM敷地内に設置予定であり、近隣住民の住宅と隣接しておらず、騒音・振動の問題の発生は見込まれない。 <b>供用時</b> ：広大なPDWRAM敷地内の建屋でSTEINを製造予定であり、近隣住民の住宅と隣接しておらず、騒音・振動の問題の発生は見込まれない。
	6	地盤沈下			地盤沈下を引き起こすような作業等は想定されない。
	7	悪臭			悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
	8	底質			底質へ影響を及ぼすような作業等は想定されない。
自然環境	9	保護区			建屋及びその周辺に、国立公園や保護区等は存在しない。
	10	生態系			建屋及びその周辺に希少な動植物は存在しないことから、生態系への影響はほとんどないと考えられる。

分類		影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
	11	水象			<b>工事中：</b> 河川等の水流や河床の変化を引き起こすような作業は想定されていない。 <b>供用時：</b> STEIN製造において、河川等の水流や河床の変化を引き起こす事象は想定されない。
	12	地形、地質			本事業は、PDWRAM敷地内の遊休地を整備して建屋を設置するもので、地形・地質への影響はほとんどないと考えられる。
社会環境	13	用地取得・住民移転			<b>工事前：</b> 建屋の設置予定地はPDWRAMの敷地内であり、住民移転の発生は無い。
	14	貧困層			建屋の設置予定地はPDWRAMの敷地内であり、社会的弱者をはじめとする近隣住民への影響は見込まれない。
	15	少数民族・先住民(民族)			建屋の設置予定地及びその周辺に、少数民族・先住民は存在しない。
	16	雇用や生計手段等の地域経済			建屋の設置はPDWRAM敷地内を予定しており、地域経済への負の影響はほとんどないと考えられる。
	17	土地利用や地域資源利用			建屋の設置はPDWRAM敷地内を予定しており、土地利用や地域資源利用への負の影響はほとんどないと考えられる。
	18	水利用			<b>工事中：</b> 建屋の設置予定地の工事中の濁水は想定されておらず、負の影響はほとんどないと考えられる。 <b>供用時：</b> STEIN製造に際して濁水は想定されておらず、負の影響はほとんどないと考えられる。
	19	既存の社会インフラや社会サービス			<b>工事中：</b> 工事の規模、期間は限定的であり、交通への影響をはじめとする各種社会インフラや社会サービスの遮断は想定されない。 <b>供用時：</b> STEIN製造に際して、既存の社会インフラや社会サービスにおける負の影響はほとんどないと考えられる。
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織			建屋の設置予定地はPDWRAMの敷地内にあり、STEIN製造に際して社会関係資本や地域の意思決定機関等への影響はほとんどないと考えられる。
	21	被害と便益の偏在			建屋の設置予定地はPDWRAMの敷地内にあり、STEIN製造に際して周辺地域に不公平な被害と便益をもたらすことはほとんどないと考えられる。
	22	地域内の利害対立			建屋の設置予定地はPDWRAMの敷地内にあり、STEIN製造に際して地域内の利害対立を引き起こすことはないと考えられる。
	23	文化遺産			建屋の設置予定地及びその周辺に、文化遺産等は存在しない。
	24	景観			建屋の設置予定地はPDWRAMの敷地内にあり、景観への影響はほとんどないと考えられる。
	25	ジェンダー			建屋の設置予定地はPDWRAMの敷地内にあ



分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
				り、近隣住民の居住地域と隣接しておらず、ジェンダーへの特段の負の影響は想定されない。
	26 子どもの権利			本事業による子どもの権利への特段の負の影響は想定されない。
	27 HIV/AIDS等の感染症			<b>工事中：</b> 建屋の工事は非常に小規模なものであり、感染症が広がる可能性はほとんどないと考えられる。
	28 労働環境(労働安全を含む)	✓	✓	<b>工事中：</b> 工事は非常に小規模なものであるが、建設作業員の労働環境に配慮する必要がある。 <b>供用時：</b> 供用段階で労働者への負の影響が想定されるような作業は計画していないが、研修にあたっては、安全面の指導を行う。
その他	29 事故			<b>工事中：</b> 工事は非常に小規模なもので事故に対する危険性は極めて低い、現地施工業者やPDWRAM関係者の安全に配慮して施工する。 <b>供用時：</b> セメント等の搬出入が行われる程度であり、交通事故の増加は見込まれない。
	30 越境の影響、及び気候変動			本工事はPDWRAM敷地内での建屋及び製造装置の設置であり、規模も大きくないことから、越境の影響や気候変動にかかる影響等はほとんどないと考えられる。

STEIN 施工に係る環境社会配慮のスコージング結果は以下の通りである。

表 3.24 スコージング結果一覧 (STEIN 施工)

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
汚染対策	大気汚染	✓		<b>工事中：</b> 施工の規模は小さくわずかであるが、建設機器の稼働等に伴う粉塵などが空中に放出される可能性がある。 <b>供用時：</b> 交通量は限定的で、走行車両の排出ガスによる大気質への負の影響は見込まれない。
	水質汚濁			<b>工事中：</b> 工事現場、重機、車両からの排水等による水質汚濁の可能性はない。 <b>供用時：</b> STEINが凝固したあとは、その物質が解け出すことはないため、水質汚濁の可能性はない。
	廃棄物			<b>工事中：</b> 建設残土は施工の性質上発生しない。 <b>供用時：</b> 周辺環境に影響を及ぼすような廃棄物の発生は想定されない。
	土壌汚染			<b>工事中：</b> 原材料から環境に負荷が出る物質が検出されることはない。 <b>供用時：</b> 原材料から環境に負荷が出る物質が検出されることはない。

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
	騒音・振動	✓		<b>工事中：</b> 施工中の設機材・車両の稼働等の騒音は非常に小さく、問題はない。 <b>供用時：</b> 交通量が少なく騒音・振動の影響はない。
	地盤沈下			地盤沈下を引き起こすような作業等は想定されない。
	悪臭			悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
	底質			底質へ影響を及ぼすような作業等は想定されない。
自然環境	保護区			事業対象地及びその周辺に、国立公園や保護区等は存在しない。
	生態系			本事業は既存の未舗装の道路の施工であり、事業対象地に希少な動植物は存在しないことから、生態系への影響はほとんどないと考えられる。
	水象			<b>工事中：</b> 河川等の水流や河床の変化を引き起こすような作業は想定されていない。 <b>供用時：</b> 河川等の水流や河床の変化を引き起こす施工ではない。
	地形、地質			本事業は、既存の未舗装の道路の施工であり、大規模な切土や盛土は計画されていないことから、地形・地質への影響はほとんどないと考えられる。
社会環境	用地取得・住民移転			<b>工事前：</b> 実証サイトは既存道路であり、工事規模も小さく、住民移転の発生は無い。
	社会的弱者(貧困層、障害者、難民・避難民、マイノリティなど)			既存の未舗装道路が舗装されることにより、社会的弱者にとっても、学校・病院等への社会サービスや市場へのアクセスが容易になる等、正の影響が見込まれる。
	少数民族・先住民族			事業対象地及びその周辺に、少数民族・先住民族は存在しない。
	雇用や生計手段等の地域経済			本事業の実証サイトは、既存道路であり、地域経済への負の影響はほとんどないと考えられる。
	土地利用や地域資源利用			実証サイトは既存道路であり、地域経済への負の影響はほとんどないと考えられる。
	水利用			<b>工事中：</b> 工事中の濁水は想定されておらず、負の影響はほとんどないと考えられる。 <b>供用時：</b> 施工後の濁水は想定されておらず、負の影響はほとんどないと考えられる。
	既存の社会インフラや社会サービス			<b>工事中：</b> 交通量が非常に少ない地域であり、工事中の交通渋滞は想定されない。 <b>供用時：</b> 交通量が非常に少ない地域であり、工事中の交通渋滞は想定されない。
	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織			実証サイトは既存道路であり、社会関係資本や地域の意思決定機関等への影響はほとんどないと考えられる。
被害と便益の偏在			実証サイトは既存道路であり、周辺地域に不	

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
				公平な被害と便益をもたらすことはほとんどないと考えられる。
	地域内の利害対立			実証サイトは既存道路であり、地域内の利害対立を引き起こすことはないと考えられる。
	文化遺産			事業対象地及びその周辺に、文化遺産等は存在しない。
	景観			実証サイトは既存道路であり、景観への影響はほとんどないと考えられる。
	ジェンダー			実証サイトの周辺地域は、居住する住民は限定的であり、周辺部によるジェンダーへの特段の負の影響は想定されない。
	子どもの権利			本事業による子どもの権利への特段の負の影響は想定されない。
	HIV/AIDS等の感染症			<b>工事中：</b> 施工は非常に小規模なものであり、感染症が広がる可能性はほとんどないと考えられる。
	労働環境(労働安全を含む)	✓		<b>工事中：</b> 施工は非常に小規模なものであるが、建設作業員の労働環境に配慮する必要がある。 <b>供用時：</b> 供用段階で労働者への負の影響が想定されるような作業は計画されていない。
その他	事故			<b>工事中：</b> 施工は非常に小規模なものでリスクは相対的に小さいが、施工にあたっては、重機や散水機などの利用など、安全面に配慮するとともに、施工及び施工監理のために、安全面についても指導・監督し、配慮して施工する。 <b>供用時：</b> 交通量の増加や走行速度が速くなることも想定されないため、交通事故の増加は懸念されない。
	越境の影響、及び気候変動	✓		本事業は、既存延長の改修であり、規模も大きくないことから、越境の影響や気候変動にかかるマイナスの影響等はほとんどないと考えられる。

■ TOR

表 3.25 TOR (建屋・製造装置の設置)

環境項目	調査項目	調査手法
大気汚染	1) 環境基準等の確認(カンボジア王国の環境基準(環境保護法、大気汚染防止および騒音防止に関する政令第42号) 2) 事業対象地近隣の住居等の確認 3) 工事中的の影響	1) 既存資料調査 2) 現地踏査及びヒアリング 3) 工事の内容、期間、位置、範囲、建設機械の種類、稼働位置、稼働期間、建設車両の走行台数、期間
廃棄物	1) 環境基準等の確認(カンボジア王国の環境基準(環境保護法、固形廃棄物管理に係る政令第113号) 2) 事業対象地近隣の住居等の確認 3) 工事中的の影響	1) 既存資料調査 2) 現地踏査及びヒアリング 3) 工事の内容、期間、位置、範囲、建設機械の種類、稼働位置、稼働期間、建設車両の走行台数、期間、走行経路等の確認
騒音・振動	1) 環境基準等の確認(カンボジア王国の環境基準(環境保護法、大気汚染防止および騒音防止に関する政令第42号) 2) 発生源から居住エリアまでの距離 3) 工事中的の影響	1) 既存資料調査 2) 現地踏査及びヒアリング 3) 工事の内容、工法、期間、位置、範囲、建設機械の種類、稼働位置、稼働期間、建設車両の走行台数、期間、走行経路等の確認
労働環境(労働安全を含む)	1) 労働安全対策	1) 類似事例調査(他の類似案件における工事受注実績)、政府関係者へのヒアリング

表 3.26 TOR (STEIN 施工)

環境項目	調査項目	調査手法
大気汚染	1) 環境基準等の確認(カンボジア王国の環境基準 2) 交通量の状態の把握 3) 事業対象地近隣の住居等の確認 4) 工事中的の影響	1) 既存資料調査 2) 既存資料調査及び実測 3) 現地踏査及びヒアリング 4) 工事の内容、工法、期間、位置、範囲、建設機械の種類、稼働位置、稼働期間、期間の確認
騒音・振動	1) 環境基準等の確認(カンボジア王国の環境基準) 2) 発生源から居住エリアまでの距離 3) 工事中的の影響	1) 既存資料調査 2) 現地踏査及びヒアリング 3) 工事の内容、工法、期間、位置、範囲、建設機械の種類、稼働位置、稼働期間、期間の確認
労働環境(労働安全を含む)	1) 労働安全対策	1) 類似事例調査(他の類似案件における工事受注実績)、政府関係者へのヒアリング

## ■環境社会配慮調査結果

以下の通り、本事業における活動（建屋・STEIN製造装置の設置及び実証サイトにおけるSTEIN施工）において、環境社会的な負の影響が発生する可能性は極めて低い。また以下の通り負の影響の発生の抑制に努める。

表 3.27 環境社会配慮調査結果（建屋・製造装置の設置）

大気汚染	建設機材の稼働に伴い、現場において一時的に粉塵は発生するが、解体工事は無く、工事規模は約100㎡と極めて小さく、大気質への影響は極めて限定的である。また、建屋設置予定地の周辺には、住宅は隣接していない。
廃棄物	建屋の設置現場はPDWRAM敷地内の空き地であり、既存施設は無く、解体工事は行われぬ。工事規模は約100㎡と極めて小さく、建屋及び装置は組立方式であるため、廃材や建設残土はほとんど発生しない。有害廃棄物の発生もない。
騒音・振動	建屋は広大なPDWRAM敷地内に設置予定であり、周辺は未利用地であり、近隣住民の住宅から離れている。騒音・振動の問題の発生は見込まれない。また、工事は日中に行う。供用後は、住宅街に立地する工場における日中の騒音で75dB(A)以下に抑えることが求められている。装置は建屋内で稼働させるため、基準を下回る。機材から最も隣接している施設はPDWRAMであるが、同施設内から、稼働中の騒音は認められない見込みである。
労働環境(労働安全を含む)	工事に関して類似の工事实績を有する企業を採択するとともに、見積時にはコンプライアンス上問題のある企業を候補とすることのないよう、政府関係者・企業等にヒアリング等を実施しネガティブチェックを行う。供用時には、STEIN製造研修を実施し、安全管理及び適切な機会の操作方法について提案企業より直接指導する。

表 3.28 環境社会配慮調査結果（STEIN施工）

大気汚染	機材の稼働に伴い、現場において一時的に粉塵は発生するが、3か所の実証サイトの施工延長はそれぞれ100m又は135mと、工事規模は極めて小さく、大気質への影響は限定的である。いずれの実証サイトの道路沿いに、住宅は隣接していない。工事期間は1実証サイトあたり1週間であるが、準備や養生を除く作業時間は二日程度を見込むとともに、（緊急時を除き）原則日中での作業とする。また、あらかじめMOWRAMと調整を行い、住民に周知を行い通行止めとするために、住民が粉塵に曝露されるリスクは極めて少ない。供用後、新規の道路敷設ではなく、既存道路の改修であるため、極端な交通量の増加は見込まれない。むしろ既存の土舗装に代わって粉塵が巻き上がる量が減るため、大気質の汚染負荷の低減に
------	--

	寄与することが見込まれる。
騒音・振動	<p>機材の稼働に伴い、一時的に騒音が生じることが見込まれる。3 か所の実証サイトの施工延長はそれぞれ 100m又は 135m であり、工事規模は極めて小さく、いずれの実証サイトの道路沿いには、住宅は隣接していないため、住民への影響は限定的である。</p> <p>騒音・振動が見込まれる作業は、1 実証サイトあたり二日程度を見込むとともに、(緊急時を除き) 原則日中での作業とする。</p> <p>供用後、新規の道路敷設ではなく、既存道路の改修であるため、極端な交通量の増加に伴う騒音発生は見込まれない。</p>
労働環境(労働安全を含む)	<p>工事に関して類似の工事实績を有する企業を採択するとともに、見積時にはコンプライアンス上問題のある企業を候補とすることのないよう、政府関係者・企業等にヒアリング等を実施しネガティブチェックを行う。</p> <p>工事の際には、必ず提案企業の外部人材(日本人技術者)の立ち合いのもと施工し、施工の安全確保をはかる。また、工事实施時にOJT研修を行い、安全管理について指導を実施する。</p>

## ■影響評価

本事業における活動(建屋・STEIN製造装置の設置及び実証サイトにおけるSTEIN施工)では、環境社会的な負の影響は想定されていない。

表 3.29 スコーピング結果一覧(建屋・製造装置の設置)

分類	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1. 大気汚染	✓		D	N/A	工事中：施工の規模は小さくわずかであり、建設機器の稼働等に伴う大気質の悪化はほとんど想定されない。
	2. 廃棄物			D	N/A	工事中：設置予定地は敷地内の空き地であり、建屋も組立が主であり、廃材・建設残土はほとんど発生しない。
	3. 騒音・振動	✓	✓	D	D	建屋は広大なPDWRAM敷地内に設置予定であり、近隣住民の住宅から離れており、工事は日中に行う。 供用後は、住宅街に立地する工場における日中の騒音で75 dB(A)以下とする必要があるが、機材に最も近いPDWRAMの事務所まで、稼働中の騒音は認められない見込みである。
社会環境	4. 労働環境(労働安全を含む)	✓	✓	D	D	工事中：工事に関して類似の工事实績を有し、コンプライアンス違反実績のない企業を採択。 供用時：STEIN製造研修を実施

							し、安全管理及び適切な機会の操作方法について提案企業より直接指導する。
--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------------

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent.

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses)

D: No impact is expected

N/A: Impact assessment isn t conducted because the item was categorized into D in scoping phase.

表 3.30 スコーピング結果一覧 (STEIN 施工)

分類	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1. 大気汚染	✓		D	B+	工事中：施工の規模は小さくわずかであり、建設機器の稼働等に伴う大気質の悪化はほとんど想定されない。 供用後：従来の施工方法と比べ、粉塵の量は減る。
	2. 騒音・振動	✓		D	N/A	工事中：3か所の実証サイトの施工は小規模であり、いずれの予定地の道路路沿いには、住宅は隣接していない。作業は原則日中での作業とする。
社会環境	3. 労働環境(労働安全を含む)	✓		D	N/A	工事中：提案企業の外部人材（日本人技術者）の立ち合いのもと施工予定。施工の安全確保・安全管理のOJT研修を実施。
その他	4. 越境の影響、及び気候変動			A+	N/A	供用時：STEIN施工により従来よりも二酸化炭素の排出量を削減。

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent.

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses)

D: No impact is expected

N/A: Impact assessment isn t conducted because the item was categorized into D in scoping phase.

#### ■緩和策及び緩和策実施のための費用

緩和策及びその実施は特に想定されていないため、費用の計上は予定していない。

#### ■モニタリング計画

環境への負の影響は上述の通り可能性が低いですが、メンテナンス的な観点から、定期的（1年に1回程度）に、道路の現場確認を実施する予定である。



## (6) ジェンダー配慮

本事業において、STEIN の活用した灌漑設備、道路設備に関連して特段ジェンダー不平等の起きる事態は特に想定されない。STEIN の活用により、農道が整備されることにより、経済活動を行う女性にとって市場へのアクセスが向上することが想定される。

## (7) 貧困削減

本事業において、STEIN の活用により、道路が整備されることにより、地域の農民等の市場へのアクセスが向上し、貧困削減に寄与することが想定される。

## (8) 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

本事業の事業期間に、STEIN 製造装置を MOWRAM に移転する。提案企業は、MOWRAM の自立的な活動継続に向けて、MOWRAM・PDWRAM 職員及び施工事業者に対して、STEIN 製造及び STEIN 施工に際して、それぞれ研修を通じて技術移転に取り組んできた。

MOWRAM は、引き続き提案企業のマーケット展開の支援の協力を行う旨の意向を得ている。MOWRAM は、STEIN 製造装置を設置したタケオを、STEIN 製造の拠点として、当社が提供する STEIN 元素を用いて STEIN 製造を行い、現地で実際に STEIN 施工を請け負う施工業者（認定施工店）に対して、STEIN を供給する。

提案企業は引き続き、MOWRAM に対して人材育成や、技術的な面からの支援及びカンボジアでの施工体制の構築を行うとともに、MOWRAM の抱える道路や水路整備のニーズに対して、STEIN 利用可能性について提案を行っていく。

## (9) 今後の課題と対応策

今後の課題及びその対応策については以下の点が挙げられる。

- ・ 前項に記載のとおり、MOWRAM は、引き続き提案企業のマーケット展開支援を行う旨の意向を得ている。提案企業はそのために技術移転などを行ったが、MOWRAM・PDWRAM 職員の退職や人事異動等により移転した技術や知見が途切れるおそれがある。このため、提案企業としては事業期間終了後も MOWRAM に対しては習得した技術のアップデートなど知識の定着をはかりながら営業を行う。
- ・ STEIN による舗装は、混合対象の土の表面の色などの特性が見た目としてそのまま残る。これは STEIN の特徴であり、コンクリートやアスファルトのように見栄えの良い表面に仕上がるとは限らない。そこで STEIN の普及においては、混合土の特性が目に見える旨を設計及び施工マニュアルに適宜明記し、受注前に十分に説明を行うなど、使う側に対する配慮を講じることとする。
- ・ ビジネス展開に係るヒアリングを通じて、カンボジアの民間開発業者の場合、

道路などの施工箇所の見た目が綺麗であることを強く求める傾向がみられることがわかった。この点については、塗装等により STEIN の見た目を整える等の提案を行っていく。

- ・ カンボジアの道路において路床の脆弱性という問題が存在する。脆弱な路床の上にある凸凹道路に対して STEIN 舗装を行っても、陥没等の問題は解決されない。そこで施行にあたり、STEIN 舗装を施す道路の路床・路盤・基礎等の道路設計上の前提条件を踏まえて STEIN 舗装計画を検討することが望ましい。STEIN によって対応できる責任範囲を明確にし、実際の施工にあたっては、事業者らと調整、設計する必要がある。

#### 4. 本事業実施後のビジネス展開計画

##### (1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

###### ① マーケット分析

STEIN の需要先としては、当面のターゲットとなる水資源省の水路など灌漑施設関連の他に、道路については、MRD の管轄分で 42,000km、公共事業省で 10,000km、その他、内務省管轄のコミュンレベルの短い道路など大きな可能性がある。

通常カンボジア国内においては、ある程度の規模の土木工事は、直営発注が多く、民間企業の入札は少ない。省庁内発注も多く、例えばインフラ開発局が重装備センター (Heavy Equipment Center) に発注することも多い。ただし、コムンレベルの短い道路に関しては、National Committee for Sub-National Democratic Development (NCDD) が取り仕切っており入札にて対応している。

また、実際にビジネス展開を検討する際には、コムンレベルの短い道路を除いた一定規模の官公庁の道路敷設 (ただし、国道などは STEIN の対象ではない) ・水路敷設案件の場合、ODA 案件がほとんどであり、STEIN を SPEC 社が直接官公庁や元請け工事業業者に納入する可能性はなく、提案企業は施工事業者 (サブコン) に納入し、施工事業者が工事付きで元請け工事業業者に納入することとなる。また、STEIN の有益性を ODA 案件に関わる、コンサル会社にも十分に理解していただく必要性もある。

管轄する道路を多く抱える MRD によると、道路の品質に課題を抱えており、本事業において STEIN 性能の評価結果に期待を寄せている。ただし、省庁が STEIN を採用するためには、経済財政省に対して STEIN を敷設することによる効果を定量的に説明する必要があり、この点をクリアすることで、経済財政省から STEIN 道路の敷設のための予算の配分を受けることが可能となるため、今後、継続的に経済財政省への説明が重要となってくる。なお、道路を管轄する省庁として、CP、MRD、公共事業運輸省、農林水産省、内務省などがあげられる。

さらに、上記の公共関係のみならず、将来的には民間の不動産開発関係での道路 (私道) や駐車場などでの活用、養殖事業者の養殖池などへの活用などの分野での需要が期待できると考えられる。

###### ② ビジネス展開の仕組み

現時点で想定している青写真は、STEIN が他の建設資材よりも安価で勘弁に土を固めると言う基礎技術を活用することによって、灌漑施設、農業・地方道路及び民間の道路や住宅地などが整備されることである。これらを実現するためには、SPEC 社の技術だけでなく、ビジネスの流れを理解して実行できるビジネスパートナーが必要となる。具体的には、STEIN の生産、更には販売などの STEIN の供給体制を整備する必要がある。

企業機密情報につき非公開

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

■原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

STEIN は、数%（通常配合であれば 5%であるが採用するセメントの品質によって調整する可能性がある）の STEIN 元素をセメントに混ぜることによって製造される。

STEIN 元素は SPEC 社が日本から輸出するが特に規制もなく、また数量も上記のように製品の数%しか使用しないため容易に調達できる。

また、セメントに関しても、カンボジア国内で流通している一般的なセメントであるため、カンボジアローカルの製造者が既存のルートで容易に調達できるものである。

企業機密情報につき非公開

■ 生産・流通・販売計画(含、許認可の必要性、現地生産計画の有無)

企業機密情報につき非公開

流通・販売面においては、STEINが「施工付き販売商品」(STEIN単独では商品価値がなく、施工されて初めて商品となるもの)であることから本事業を推進していくうえで「認定施工事業者」が非常に重要な位置づけになっており、「認定施工事業者」制度の迅速な構築が重要であると考えます。

「認定施工事業者」構築のステップ

認定施工事業者候補の募集・探索

認定施工事業者候補の一次審査  
(施工能力面・経営面・営業面)

一次審査通過者への研修の実施  
(施工研修・設計研修など)

認定施工事業者として認定

企業機密情報につき非公開

#### ④ ビジネス展開可能性の評価

本事業で取り組んだ STEIN の施工実績やセミナーなど普及・実証活動の結果からカンボジアにおける STEIN の有益性は浸透しつつあることから、以下の条件をクリアすれば十分にビジネス展開の可能性は高くなると考える。

- ・ 政府機関及び民間企業ともに、価格の優位性を重視している。本事業において試算した結果、STEIN はカンボジア市場においても十分に競争力のある製品であることが分かった。一方で、価格以外には、民間の不動産開発業者などは、舗装面の見た目の良さも重視していることが判明した。STEIN による舗装の場合、もともとの土壌の素材が見た目に影響するが、舗装面を塗装等によって見えをある程度洗練されたものにするには可能であるため、相手に応じて訴求するポイントを工夫しながら、販売促進に取り組んでいく必要がある。

企業機密情報につき非公開

- ・ 供給面に関して、繰り返しになるが、STEIN は「施工付き販売製品」のため、信頼がおける施工パートナー（＝認定施工事業者）の存在が必須となる。より信頼のおける「認定施工事業者」を、より多く開拓し、彼らと密に連携を取り合って事業を進めていくことがポイントとなると考える。

企業機密情報につき非公開

## (2) 想定されるリスクと対応

現時点での予想されるリスク及びその対応策は以下の通りである。

項目	想定されるリスク	対応策
ビジネスモデル	施工付きの製品であるため、製品に起因せず、施工不備によって製品の評判を落とすリスクがある	施工不備をなくすために、施工能力がある事業者者に施工を限定する方式（認定施工事業者方式）を採用する
販売	カンボジア現地の施工事業者の経営が不透明で、売上回収不能となるリスク	上記の認定施工事業者者に指定する際に、当該事業者の施工能力のみならず経営状況なども認定基準とする
製品	製品が出回ると模倣リスクが生じる	特許出願を行うと、書面で原料が開示されることから特許化は行わず、情報を極力出さないようにする (STEIN 元素は、27 種類の環境無害な無機物を混和して作られるものであり、万一原料が明らかとなっても、混合の順番が異なると STEIN 製品とならず、模倣リスクは低い。)
商標	提案企業の STEIN の商標を無断で用いられるリスクがある	カンボジアにおいて商標登録を行い、STEIN の商標を保護する

## (3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

本事業の普及・実証活動を通じて、官民双方で STEIN の活用が幅広いことが判明している。公共であれば MOWRAM をはじめ、各省庁の管轄する道路や灌漑設備等が用途として考えられる。民間であれば、土地開発事業の私道や敷地の舗装のほか、圃場や養殖場など多様なニーズが見込まれる。将来的にそれらのニーズを事業化につなげることにより、「国別開発協力方針」に示す以下の開発効果をもたらすことが可能となる。

### ① 生活の質向上

地域住民の市場や病院等公共機関へのアクセス性の向上（雨季でも円滑な通行可能・乾季に粉塵による健康被害が発生しない等）、生活・農業用水確保による水不足に悩まされることがなくなり生活の質が向上することなどの生活の質の向上が見込まれる。

### ② 産業振興支援

地域間の連結性強化について、STEINにより生活道路やコミュニン道路の整備を通じて、地域住民が都市部に容易にアクセスできるようになることで、ビジネス環境が整い、沿道に住む中小・零細事業者の商圏の拡大が見込まれる。

また、本調査において様々な民間事業者を通じて、私道・事業用地（農産物の加工場の圃場、養殖場の設備等）の整備など、産業振興に繋がることが見込まれる。



### ③ ガバナンスの強化を通じた持続可能な社会の実現

STEIN は既存の工事現場の土壌の 80%から 90%を原材料として再利用し、道路等の構造物を整備することが可能となる。MOWRAM を始めとする省庁の公共事業において、STEIN 施工が普及すれば、行政コストの一層の低減が可能となり、サービスの効率化及び行政サービスの質の向上に振り分けることが可能となる。

また、近年ますます低炭素技術が求められるなかで、工事費用を低廉に抑えることを可能にし、二酸化炭素の排出量を減らし、持続可能な社会を実現することが可能となる。

表 4.1 舗装タイプ別にみる CO2 排出量の比較

舗装タイプ	CO2 排出量 kg/m <sup>2</sup>	アスファルトを 100%とした場合の割合
RC	332.5	100.0%
アスファルト	130.3	39.2%
STEIN	30.3	9.1%

### (4) 本事業から得られた教訓と提言

#### ① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

海外展開を検討する企業に向けた教訓は以下の通りである。

- ・ 建屋整備時に電源の接続環境が十分でなかったことが発覚し、追加で、提案企業側が工業用電源接続費用を負担することとなった。今後同様の事業を実施する場合には、建屋の設置予定地における電源の引き込み状況について案件化調査終了までに調査を行い、カウンターパートと費用負担・役割分担について合意したうえで、ミニッツに明記する必要がある。
- ・ コロナ禍により遅延したことで、長い間工事を中断していたが、現地の工事業者の担当技術者が交代するなどの事象があった。コロナ禍であるか否かにかかわらず、CP、現地事業者など、職員の交代・退職・経営環境の変化などにより、情勢が変化する可能性があることから、現地側とのステークホルダーとは、定期的に情報共有・意見交換をしておくことが望ましい。
- ・ 実証サイトの大型車の交通量について、事前の訪問時の交通量と実際の工事施工時の交通量で、大きく交通量が異なる場合がある。大型車の交通量により、舗装厚が変わってくることから、調査・計画時に、可能であれば平日に 2 回、実証サイトに訪問し、交通量調査等の現況確認を行うことが望ましい。
- ・ マニュアル類は、可能な限り写真などの視覚的な素材を用いると、それらを用いるスタッフの理解がかなり進むことを確認した。マニュアルの利用者の知識や技能の水準は、人により異なるため、なるべく万人が理解できるよう、シンプルに写真や図を用いて視覚的、直感的に理解できる工夫を施すことが望まし

い。

- ・ 実証サイト No.2（カンダルスタン事業地区）の舗装面において礫分が見えていたように、STEIN による舗装は、混合対象の土特性がそのまま残る。これは STEIN の特徴であり、コンクリートやアスファルトのように単色かつ綺麗な表面に仕上がるわけではない。そこで STEIN の普及においては、混合土の特性が目に見える旨を設計及び施工マニュアルに適宜明記し、使う側に対する配慮を講じることが望ましい。
- ・ 主に実証サイト No.3（スレアンピル事業地区）で認められた事象であるが、カンボジアの道路において路床の脆弱性という問題が存在する。脆弱な路床の上にある凸凹道路に対して STEIN 舗装を行っても、陥没等の問題は解決されない。そこで施行にあたり、STEIN 舗装を施す道路の路床・路盤・基礎等の道路設計上の前提条件を踏まえて STEIN 舗装計画を検討することが望ましい。STEIN によって対応できる責任範囲を明確にし、実際の施工にあたっては、事業者らと調整、設計する必要がある。
- ・ 製品の普及のためのセミナーでは、民間企業及び政府機関に対して、製品情報や実証結果について発表を行う際、価格優位性、類似製品との性能の違い、LCC など、情報はできるだけ定量的に説明できることが望ましい。

## ② JICA や政府関係機関に向けた提言

JICA や政府関係機関に向けた提言は以下の通りである。

- ・ カンボジア渡航期間中に、一部の渡航者がコロナ陽性・濃厚接触者となり、隔離を余儀なくされたが、保健省等の通達や隔離における運用について、適時情報を提供する仕組みがあることが望ましいと考える。
- ・ 本事業実施にあたり、JICA よりカンボジア国において ODA 事業に取り組み実績のある日系の事業者や、各種専門家の紹介がなされたが、実証活動及びビジネス展開にあたって様々な示唆が得られ、非常に有意義であった。カンボジアで事業展開を行う日本企業のネットワーク構築の取組は、引き続き継続して促進していくことが望ましいと考える。
- ・ JICA として SNS による提案企業のセミナー情報発信など、広報を極的に行っているが、こうした取組は継続していくことが望ましい。また、普及実証事業を終了した提案企業との対話についても、今後も引き続き情報共有を行っていける体制であっていただきたい。



別添資料

環境社会配慮のチェック項目

環境社会配慮のチェックリスト

英文案件概要

セミナー資料 (Presentation Materials)



## 環境社会配慮のチェック項目

項目 1. プロジェクトサイトの所在地を記入して下さい。

- ・装置：カンボジア国タケオ州内の PDWRAM 事務所内
- ・実証サイトについては以下の通り。

No.	プロジェクト名	管理者	場所
No. 1	トムネイ事業地区 (Thomnei Reservoir)	MOWRAM	Takeo 州
No. 2	カンダルスタン事業地区 (Kandar Stung)	MOWRAM	Kandar 州
No. 3	スレアンピル事業地区 (Sre Ampil Village)	MRD/MOWRAM (共同管理)	Kandar 州

項目 2. プロジェクトの規模・内容（概略開発面積、施設面積、生産量、発電量等）について簡単に記入して下さい。

- ・装置については以下の通り。

建屋面積:104 m<sup>2</sup>

製造装置：機材構成は以下の通り：粉体ミキサー（1台）、バケットエレベーター（1台）、投入側スクリーコンベアー（1台）、排出側スクリーコンベアー（1台）、電気装置（電力制御操作盤）（1台）、架台（現地調達）（1台）

STEIN の生産量：約 80 トン（実証サイト 3 か所分）

- ・実証サイトについては以下の通り。

サイト名	工事内容	工事数量
実証サイト No. 1（トムネイ事業地区）	堤体道路（土砂系舗装）の改修 幅員 5m、延長 135m	675 m <sup>2</sup>
実証サイト No. 2（カンダルスタン事業地区）	河川沿い道路（砂利舗装）の改修 幅員 4.5m、延長 100m	450 m <sup>2</sup>
実証サイト No. 3（スレアンピル事業地区）	農村道路（ラテライト舗装）の改修 幅員 5m、延長 135m	675 m <sup>2</sup>

### 2-1 プロジェクト概要

実証事業については、STEIN 製造装置を日本で生産後、輸出して PDWRAM 敷地内に設置し、実証サイト No. 1 から No. 3 までのサイトにおいて、STEIN を使用した施工を実施する。

### 2-2 どのようにしてプロジェクトの必要性を確認しましたか。

プロジェクトは上位計画と整合性がありますか。

■YES：上位計画名：

四辺形戦略フェーズ 4（2019-2023）、国家戦略開発計画（2019-2023 年）

□NO

### 2-3 要請前に代替案を検討しましたか。

■YES：案件化調査時に、ラテライト舗装、アスファルト、コンクリート、STEIN 施工での費用、耐久性等の観点から検討し、STEIN 施工が最も費用対効果の高い施工方法であることを確認した。

NO

2-4 要請前に必要性確認のためのステークホルダー協議を実施しましたか。

■実施済み 実施していない

実施済の場合は該当するステークホルダーをチェックしてください。

■関係省庁

地域住民

NGO

その他 ( )

項目 3. プロジェクトは、新規に開始するものですか、既に実施しているものですか？既に実施しているものの場合、既に行われているプロジェクトは現地住民より強い苦情等を受けたことがありますか？

■新規 既往（苦情あり） 既往（苦情なし） その他 ( )

項目 4. プロジェクトに関して、環境アセスメント(EIA、IEE 等)は貴国の制度上必要ですか？必要な場合、実施又は計画されていますか？必要な場合は、必要とされる根拠についても記入してください。

必要 (  実施済  実施中・計画中 ) (必要な理由: )

■ 不要

その他 ( )

項目 5. 環境アセスメントが既に実施されている場合、環境アセスメントは環境アセスメント制度に基づき審査・承認を受けていますか。既に承認されている場合、承認年月、承認機関について記載してください。

承認済み(附帯条件なし) (承認年月: 承認機関: )

承認済み(附帯条件あり) (承認年月: 承認機関: )

審査中

実施中

■手続きを開始していない

その他 ( )

項目 6. 環境アセスメント以外の環境や社会面に関する許認可が必要な場合、その許認可名を記載して下さい。また、当該許認可を取得済みですか？

取得済み 取得必要だが未取得 ■取得不要 その他 ( )  
(許認可名: )

項目 7. プロジェクトサイト内又は周辺域に以下に示す地域がありますか。

YES ■NO

YES の場合、該当するものをマークしてください。

国立公園、国指定の保護対象地域(国指定の海岸地域、湿地、少数民族・先住民族のための地域、文化遺産等)

原生林、熱帯の自然林

生態学的に重要な生息地(サンゴ礁、マングローブ湿地、干潟等)

国内法、国際条約等において保護が必要とされる貴重種の生息地



- 大規模な塩類集積あるいは土壌浸食の発生する恐れのある地域
- 砂漠化傾向の著しい地域
- 考古学的、歴史的、文化的に固有の価値を有する地域
- 少数民族あるいは先住民族、伝統的な生活様式を持つ遊牧民の人々の生活区域、もしくは特別な社会的価値のある地域

項目 8. プロジェクトにおいて以下に示す要素が予定、想定されていますか。

- YES      NO

YES の場合、該当するものをマークしてください。

- 大規模非自発的住民移転（規模： 世帯 人）
- 大規模地下水揚水（規模： m<sup>3</sup>/年）
- 大規模埋立、土地造成、開墾（規模： ha）
- 大規模森林伐採（規模： ha）

項目 9. プロジェクトは環境社会に望ましくない影響を及ぼす可能性がありますか。

- YES      NO

YES の場合、主要な影響の項目と概要を記載してください。

（※以下では、ほとんど望ましくない影響はないと見込まれるが、検証が必要なものを選択している。）

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/>大気汚染</li> <li><input type="checkbox"/>水質汚濁</li> <li><input type="checkbox"/>土壌汚染</li> <li><input checked="" type="checkbox"/>廃棄物</li> <li><input checked="" type="checkbox"/>騒音・振動</li> <li><input type="checkbox"/>地盤沈下</li> <li><input type="checkbox"/>悪臭</li> <li><input type="checkbox"/>地形・地質</li> <li><input type="checkbox"/>底質</li> <li><input type="checkbox"/>生物・生態系</li> <li><input type="checkbox"/>水利用</li> <li><input type="checkbox"/>事故</li> <li><input type="checkbox"/>地球温暖化</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/>非自発的住民移転</li> <li><input type="checkbox"/>雇用や生計手段等の地域経済</li> <li><input type="checkbox"/>土地利用や地域資源利用</li> <li><input type="checkbox"/>社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織</li> <li><input type="checkbox"/>既存の社会インフラや社会サービス</li> <li><input type="checkbox"/>貧困層・先住民族・少数民族</li> <li><input type="checkbox"/>被害と便益の偏在</li> <li><input type="checkbox"/>地域内の利害対立</li> <li><input type="checkbox"/>ジェンダー</li> <li><input type="checkbox"/>子どもの権利</li> <li><input type="checkbox"/>文化遺産</li> <li><input type="checkbox"/>HIV/AIDS 等の感染症</li> <li><input type="checkbox"/>その他（ ）</li> </ul> |
|--|--|

関係する環境社会影響の概要：（ ）

項目 10. （有償資金協力の場合）現時点でプロジェクトを特定できない案件（例：承諾時にプロジェクトを特定できないツーステップローン、セクターローン等）ですか？

- YES      NO

項目 11. 情報公開と現地ステークホルダーとの協議

環境社会配慮が必要な場合、国際協力機構環境社会配慮ガイドラインに従って情報公開や現地ステークホルダーとの協議を行うことに同意しますか。

- YES      NO

## 環境社会配慮のチェックリスト

### ■ 建屋

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由・根拠、緩和策等)
1 許認可・ 説明	(1)EIAおよび環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIAレポート)等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) カンボジアにおいては、初期のプロジェクトエリアの面積が5,000ha以上の場合は、初期EIAの実施を、最終的に10,000haを超えるプロジェクトの場合はEIAを実施する必要がある (MOWRAMより)。本事業は上記の面積以下であり、環境社会的な負の影響はほとんど想定されないことをMOWRAMに確認したため、EIAを実施していない (b) 同上 (c) 同上 (d) 同上
	(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) N (b) N	(a) プロジェクト関係者にはSTEIN元素が有害物質を含んでおらず、環境的な負の影響がないことを説明し、理解を得ている (b) 同上
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は (検討の際、環境・社会に係る項目も含めて) 検討されているか。	(a) Y	(a) PDWRAM職員の安全確保を最優先に、装置の形状など検討した。(施設の配置については、あらかじめPDWRAMより安全性や周辺環境について検討したうえで、決定した。)
2 汚染 対策	(1)大気質	(a) 対象となるインフラ施設及び付帯設備等から排出される大気汚染物質 (硫黄酸化物 (SOx)、窒素酸化物 (NOx)、媒じん等) は当該国の排出基準、環境基準等と整合するか。大気質に対する対策は取られるか。 (b) 宿泊施設等での電源・熱源は排出係数 (二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物等) が小さい燃料を採用しているか。	(a) N (b) N	(a) 建屋から排出される物質はなく、従って大気汚染物質の発生はない。 (b) 建屋は、わずかに装置を運転する際に電気を使用するのみで、環境負荷の高い燃料等は仕様しない。
	(2)水質	(a) インフラ施設及び付帯設備等からの排水または浸出水は当該国の排出基準、環境基準等と整合するか。	(a) N (b) N (c) N	(a) むしろSTEINの施工により土壌流出を防止することができる (b) 原材料から環境に負荷が出る物質が検出されることはない (c) 該当しない
	(3)廃棄物	(a) インフラ施設及び付帯設備からの廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) N	(a) 該当しない (廃棄物は発生しない)
	(4)土壌汚染	(a) インフラ施設及び付帯設備からの排水、浸出水等により、土壌・地下水を汚染しない対策がなされるか。	(a) N	(a) 建屋からの排水は存在しない。
	(5)騒音・振動	(a) 騒音、振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) NA	(a) 稼働中の騒音は、敷地内のPDWRAM事務所へはほとんど聴こえない。近隣に住居等が無い場所にて装置を稼働する予定である。また、稼働は日中の営業時間内に行われ、規制の強い夜間に稼働させる予定はない。
	(6)地盤沈下	(a) 大量の地下水汲み上げを行う場合、地盤沈下が生じる恐れがあるか。	(a) N	(a) 地下水くみ上げの予定はなし。
	(7)悪臭	(a) 悪臭源はあるか。悪臭防止の対策はとられるか。	(a) N	(a) 臭気を放つ物質の取り扱いはない。

3 自然 環 境	(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) N	(a) 保護区外であるため、影響はない
	(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) プロジェクトによる水利用（地表水、地下水）が、河川等の水域環境に影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) 含んでいない (b) 含んでいない (c) STEINは無機質の原料とセメントから構成され、地場の土壌との混合にて施行されることから、生態系への重大な影響はない (d) 建屋内にて、清掃をのぞき、日常的に水を使用する場面は極めて少ない。
	(3)水象	(a) プロジェクトによる水系の変化に伴い、地表水・地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a) N	(a) 既存の水流を妨害する設計になっていない
	(4)地形・地質	(a) プロジェクトにより、サイト及び周辺の地形・地質構造が大規模に改変されるか。	(a) N	(a) 施工面積は極めて小さく、大規模な造成、盛り土、切土等は予定していない。土砂崩壊等は想定されない。
4 社 会 環 境	(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a) N (b) N (c) N (d) N (e) N (f) N (g) N (h) N (i) N (j) N	(a) 該当しない (b) 該当しない (c) 該当しない (d) 該当しない (e) 該当しない (f) 該当しない (g) 該当しない (h) 該当しない (i) 該当しない (j) 該当しない
	(2)生活・生計	(a) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。	(a) N	(a) 該当しない
	(3)文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a) N	(a) 該当しない
	(4)景 観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。 (b) 大規模な宿泊施設や建築物の高層化によって景観が損なわれる恐れがあるか。	(a) N (b) N	(a) 該当しない (b) 該当しない

	(5)少数民族、先住民族	(a) 少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。	(a) N (b) N	(a) 該当しない (b) 該当しない
	(6)労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されるか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) 問題なし (b) 問題なし (c) 問題なし (d) 問題なし
5 そ の 他	(1)工事中の影響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a) N (b) N (c) N	(a) 問題なし（建屋は簡素で小規模なプレハブ小屋であり、汚染物質等は生じない。） (b) 同上 (c) 同上
	(2)モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) NA (b) N (c) N (d) Y	(a) 建屋は簡素で小規模な小屋の設置であり、排水、廃棄物などの建築廃棄物はほとんど生じないため、非該当。 (b) 同上 (c) 同上 (d) PDWRAMの施設内であり、定期的にMOWRAMに報告する体制を構築されている。
6 留 意 点	他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合、道路、鉄道、橋梁に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（インフラ施設に関連して、アクセス道路等が設置される場合等）。 (b) 電話線敷設、鉄塔、海底ケーブル等については、必要に応じて、送变电・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。	(a) N (b) N	(a) 該当なし (b) 該当なし
	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a) N	(a) 該当なし
注1) 表中『当該国の基準』については、国際的に認められた基準と比較して著しい乖離がある場合には、必要に応じ対応策を検討する。				
当該国において現在規制が確立されていない項目については、当該国以外（日本における経験も含めて）の適切な基準との比較により検討を行う。				
注2) 環境チェックリストはあくまでも標準的な環境チェック項目を示したものであり、事業および地域の特性によっては、項目の削除または追加を行う必要がある。				

■ 道路

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1) EIAおよび環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書（EIAレポート）等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) カンボジアにおいては、初期のプロジェクトエリアの面積が5,000ha以上の場合は、初期EIAの実施を、最終的に10,000haを超えるプロジェクトの場合はEIAを実施する必要がある（水資源省より）。本事業は上記の面積以下であり、STEIN施行による環境社会的な負の影響は想定されないことを水資源省と確認したため、EIAを実施していない (b) 同上 (c) 同上 (d) 同上
	(2) 現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) N (b) N	(a) プロジェクト関係者にはSTEIN施工の説明とSTEINが有害物質を含んでおらず、環境的な負の影響がないことを説明し、理解を得ている (b) 同上
	(3) 代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は（検討の際、環境・社会に係る項目も含めて）検討されているか。	(a) Y	(a) 実証サイト内において、分析データ（CBR値）に基づいて、複数の代替案を提示し検討した。（最終的に、CPの意向、地元のニーズを踏まえた施工計画とした。）
2 汚染対策	(1) 大気質	(a) 通行車両等から排出される大気汚染物質による影響はあるか。当該国の環境基準等と整合するか。 (b) ルート付近において大気汚染状況が既に環境基準を上回っている場合、プロジェクトが更に大気汚染を悪化させるか。大気質に対する対策は取られるか。	(a) N (b) N	(a) STEINの施工により大気汚染物質の発生とその負の影響はない (b) STEINの施工により大気汚染物質の発生とその負の影響はない
	(2) 水質	(a) 盛土部、切土部等の表土露出部からの土壌流出によって下流水域の水質が悪化するか。 (b) 路面からの流出排水が地下水等の水源を汚染するか。 (c) パーキング/サービスエリア等からの排水は当該国の排出基準等と整合するか。また、排出により当該国の環境基準と整合しない水域が生じるか。	(a) N (b) N (c) N	(a) むしろSTEINの施工により土壌流出を防止することができる (b) STEINの施工と原材料から環境に負荷が出る物質が排出されることはない (c) 該当しない
	(3) 廃棄物	(a) パーキング/サービスエリア等からの廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) NA	(a) 該当しない
	(4) 騒音・振動	(a) 通行車両による騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) NA	(a) 対象エリアにおいて騒音・振動の被害はない

3 自然 環境	(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) N	(a) 保護区外であるため、影響はない
	(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) 野生生物及び家畜の移動経路の遮断、生息地の分断、動物の交通事故等に対する対策はなされるか。 (e) 道路が出来たことによって、開発に伴う森林破壊や密猟、砂漠化、湿原の乾燥等は生じるか。外来種（従来その地域に生息していなかった）、病害虫等が移入し、生態系が乱される恐れはあるか。これらに対する対策は用意されているか。 (f) 未開発地域に道路を建設する場合、新たな地域開発に伴い自然環境が大きく損なわれるか。	(a) N (b) N (c) N (d) N (e) N (f) N	(a) 含んでいない (b) 含んでいない (c) STEINは無機質の原料とセメントから構成され、地場の土壌との混合にて施行されることから、生態系への重大な影響はない (d) 既存の未舗装道路を10mSTEIN敷設を行ったのみであり、生物の経路や生息地等の遮断、交通事故は想定されない (e) 同上 (f) 未開発地ではない
3 自然 環境	(3)水象	(a) 地形の改変やトンネル等の構造物の新設が地表水、地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a) N	(a) 既存の水流を妨害する設計になっていない
	(4)地形・地質	(a) ルート上に土砂崩壊や地滑りが生じそうな地質の悪い場所はあるか。ある場合は工法等で適切な処置がなされるか。 (b) 盛土、切土等の土木作業によって、土砂崩壊や地滑りは生じるか。土砂崩壊や地滑りを防ぐための適切な対策がなされるか。 (c) 盛土部、切土部、土捨て場、土砂採取場からの土壌流出は生じるか。土砂流出を防ぐための適切な対策がなされるか。	(a) N (b) N (c) N	(a) 施行現場においては、土砂崩壊はみられない (b) 同上 (c) 同上
4 社 会 環 境	(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a) N (b) N (c) N (d) N (e) N (f) N (g) N (h) N (i) N (j) N	(a) 該当しない (b) 該当しない (c) 該当しない (d) 該当しない (e) 該当しない (f) 該当しない (g) 該当しない (h) 該当しない (i) 該当しない (j) 該当しない

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



5 その 他	(1) 工事中の影響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a) N (b) N (c) N	(a) STEINの成分的に問題はない (b) 同上 (c) 同上
	(2) モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) N (b) N (c) N (d) Y	(a) STEINのモデル施工で環境の負の影響が発生することはないため非該当 (b) 同上 (c) 同上 (d) 定期的にMOWRAMIに報告を実施。
6 留意 点	他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合は、林業に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（大規模な伐採を伴う場合等）。 (b) 必要な場合には送電線・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（送変電・配電施設の建設を伴う場合等）。	(a) N (b) N	(a) 該当なし (b) 該当なし
	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する。（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）	(a) N	(a) 該当なし
注1) 表中『当該国の基準』については、国際的に認められた基準と比較して著しい乖離がある場合には、必要に応じ対応策を検討する。				
当該国において現在規制が確立されていない項目については、当該国以外（日本における経験も含めて）の適切な基準との比較により検討を行う。				
注2) 環境チェックリストはあくまでも標準的な環境チェック項目を示したものであり、事業および地域の特性によっては、項目の削除または追加を行う必要がある。				

英文案件概要

Ministry of Water Resources and Meteorology

## Summary Report

Kingdom of Cambodia

Verification Survey with the Private Sector  
for Disseminating Japanese Technologies  
for the Development of Irrigation and  
Agricultural Facilities by the STEIN Soil  
Hardener

November, 2022

Japan International Cooperation Agency

SPEC company limited

Abbreviation

<b>CP</b>	Counter part
<b>GDP</b>	Gross Domestic Product
<b>JICA</b>	Japan International Cooperation Agency
<b>MOWRAM</b>	Ministry of Water Resource and Meteorology
<b>MRD</b>	Ministry of Rural Development
<b>ODA</b>	Official Development Assistance
<b>PDWRAM</b>	Provincial Department of Water Resource and Meteorology

## 1. BACKGROUND

Since concluding a peace agreement in 1991, Cambodia has followed the reconstruction/restoration path. Agriculture, in which half the working population is involved, is the major national industry and represents more than 20% of GDP. Since 80% of the national population and more than 90% of poor people live in rural areas, agriculture is one of the key sectors to address poverty reduction. The incidence of rainy and dry seasons means securing stable water resources and developing roads capable of withstanding rainfall are key to agricultural development in areas prone to local downpours, including squalls. However, agricultural irrigation during the dry season has proved impossible, due to insufficient development of reservoirs and other irrigation facilities as well as rural and local roads, which hinders stable agricultural production. Markets also become inaccessible to farmers during rainy seasons because muddy road conditions end up blocking traffic. Accordingly, agricultural sector development has been hampered due to underdeveloped agricultural infrastructure.

Under such circumstances, SPEC Company Limited and Matsumura Synthetic Science Laboratory Co., Ltd. as Partner Companies, and other companies (Mitsubishi UFJ Research & Consulting Co., Ltd., and market research; NTC International Co., Ltd.), and an individual consultant undertook the “Feasibility Survey for the Development of Irrigation and Agricultural Facilities by the STEIN Soil Hardener” in FY 2015 in cooperation with the MOWRAM, studying the potential to improve irrigation facilities and rural roads utilizing the STEIN soil hardener (hereinafter referred to as “STEIN”). This is namely a proposed product which is highly workable, affordable and durable and for which there are high expectations and needs. Introducing STEIN as a means of improving roads and disseminating durable irrigation facilities and improved roads will boost agricultural production and farmers’ livelihoods as well as promoting sediment and flood disaster countermeasures.

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

### (1) Purpose

The purpose of this Survey is to verify the effectiveness and superiority of the STEIN soil hardener and organize and consider how best to disseminate the product and relevant issues in Cambodia to help improve irrigation facilities, rural roads and other agricultural infrastructure.

(2) Activities

Table 1: Specific activities

Expected output	Activity
1. STEIN production system is established and a construction plan is formulated.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Install the STEIN production system in the production site within the premises of the Provincial Department of Water Resource and Meteorology (PDWRAM); a subordinate provincial organization of the MOWRAM.</li> <li>2 Jointly draft STEIN design standards with CP, which are design guidelines for using STEIN, align with the road design standards of Cambodia, jointly with CP.</li> <li>3 Conduct a soil analysis and mixing test of STEIN in three construction pilot sites to determine the mixing ratio.</li> <li>4 Based on 1-2 and 1-3 above, formulate a construction plan.</li> </ol>
2. The construction technology using locally produced STEIN is validated to be effective and superior.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Execute construction at three sites (Pilot Sites1 to 3).</li> <li>2 Monitor the progress of the constructed structures, confirm the content of analysis/construction and determine relevant issues.</li> <li>3 Verify life-cycle costs, including workability, initial costs, maintenance costs and service and other costs in comparison with laterite construction, concrete construction and other existing techniques.</li> </ol>
3. Knowledge and technologies required for continuously operating and maintaining STEIN production system and using STEIN are transferred to MOWRAM personnel.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Prepare STEIN producing manuals, including those to operate and maintain the production system and construction manuals.</li> <li>2 Based on 2-2 above, finalize STEIN design standards jointly with CP.</li> <li>3 Based on 3-1 and 3-2 above, conduct on-site training for MOWRAM personnel.</li> </ol>
4. A future dissemination plan, including the project implementation system, is formulated.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Organize seminar on construction methods using STEIN and its effectiveness, including cost-effectiveness for MOWRAM/PDWRAM and other official personnel and private business operators, etc.</li> <li>2 Determine which issues need to be addressed to conduct a market survey and project development in terms of production, distribution, sales and construction, etc. in Cambodia and confirm feasibility.</li> <li>3 Draft a project plan for the future, including a business development mechanism and implementation system.</li> </ol>

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

STEIN is a powdered soil hardener, produced by mixing 5% of the STEIN element (using ordinary cement as a base and pre-mixed with 27 kinds of harmless inorganic additives) and 95% of ordinary Portland cement.

STEIN is an environmentally harmless inorganic powder developed in Japan in 1975. It helps construct resilient structures when mixed with soil on site in a 1:9 ratio and compacting the soil

after adjusting its moisture content as appropriate and hardening the soil within a short time.

STEIN has been used in Japan for around half a century, particularly for local unpaved roads and soil irrigation facilities. It was particularly helpful to secure transportation and develop water channels and other agricultural facilities during the period of high economic growth. Applications have included nationwide roads, irrigation and park facilities, installations on soft ground, developments within Japan Self-Defence Force maneuver areas and more.

STEIN-based construction methods have the advantage of being durable and affordable to construct and maintain. Namely, STEIN allows users to construct ultra-sturdy irrigation facilities and roads easily and affordably. Moreover, once constructed, the structures will not have any environmentally negative impact and will remain affordable to run, given almost zero maintenance work required.

#### 1) STEIN production system

When implementing the project, a set of STEIN production systems is produced and installed in the PDWRAM in Takeo Province. The system configuration is as follows:

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| • 1 powder mixture              | • 1 screw conveyor (outlet side)            |
| • 1 bucket elevator             | • 1 electrical device (power control panel) |
| • 1 screw conveyor (inlet side) | • 1 stand (locally procured)                |



Figure 1 (Photos) STEIN (left) and STEIN production system (right)

#### (4) Counterpart Organization

The CP of the project is the MOWRAM while the equipment is installed in the PDWRAM in Takeo Province, a subordinate organization of the MOWRAM. Both parties manage STEIN production and equipment in the verification project.

(5) Target Area and Beneficiaries

1) Target Area

A STEIN production system is installed in the PDWRAM in Takeo Province to produce STEIN. STEIN-based construction is executed in the following three pilot sites:

Table 2: Three pilot sites

No.	Site name	Administrator	Location
Pilot Site No. 1	Thomnei site	MOWRAM	Takeo Province
Pilot Site No. 2	Kandar Stung site	MOWRAM	Kandar Province
Pilot Site No. 3	Sre Ampil site	MRD/MOWRAM (joint administration)	Kandar Province

2) Beneficiaries

The project beneficiaries are the MOWRAM and PDWRAM, by transferring STEIN production technology and system ownership, as well as residents in three verification sites for whom STEIN-based construction is expected to improve the quality of life.

(6) Duration

From March 29, 2019 to January 31, 2023



(7) Progress Schedule

Table 3 Progress schedule

Activities	Plan/Actual	FY2019												FY2020												FY2021												FY2022											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1. A STEIN production system is established and a construction plan is formulated																																																	
1-1 Install the STEIN production system in the production site	Plan	[Blue bars from month 4 to 12]																																															
	Actual	[Blue bars from month 4 to 12]																																															
1-2 Draft STEIN design standards	Plan	[Blue bars from month 4 to 6]																																															
	Actual	[Blue bars from month 4 to 6]																								[Blue bar in month 7]																							
1-3 Conduct a soil analysis and mixing test of STEIN to determine the mixing ratio	Plan													[Blue bars from month 11 to 12]																																			
	Actual													[Blue bars from month 11 to 12]																								[Blue bars from month 12 to 1]											
1-4 Based on 1-2 and 1-3 above, formulate a construction plan.	Plan													[Blue bar in month 12]																																			
	Actual													[Blue bar in month 12]																								[Blue bar in month 1]											
2. The construction technology using locally produced STEIN is validated to be effective and superior																																																	
2-1 3 Execute construction at three sites (Pilot Sites 1 to 3).	Plan													[Blue bars from month 11 to 12]																																			
	Actual													[Blue bars from month 11 to 12]																								[Blue bars from month 2 to 3]											
2-2 Monitor the progress of the constructed structures	Plan													[Blue bars from month 11 to 12]																																			
	Actual													[Blue bars from month 11 to 12]																								[Blue bar in month 3]											
2-3 Verify life-cycle costs	Plan																																					[Blue bars from month 7 to 8]											
	Actual																																					[Blue bars from month 7 to 8]											
3. Estimation of LCC and cost reduction effect over 50 years (STEIN, RC pavement and asphalt pavement)																																																	
3-1 Prepare STEIN producing manuals, and construction manuals.	Plan	[Blue bars from month 4 to 6]																																															
	Actual	[Blue bars from month 4 to 6]																																				[Blue bars from month 2 to 3]											
3-2 Finalize STEIN design standards	Plan													[Blue bars from month 11 to 12]																																			
	Actual													[Blue bars from month 11 to 12]																								[Blue bar in month 2]											
3-3 Conduct on-site training for MOWRAM personnel.	Plan																																					[Blue bars from month 7 to 8]											
	Actual																																					[Blue bars from month 7 to 8]											
4. An extension program plan is developed, including a proposal of a program implementation system																																																	
4-1 Organize seminars for MOWRAM and private business operators, etc	Plan													[Blue bars from month 11 to 12]																																			
	Actual													[Blue bars from month 11 to 12]																								[Blue bars from month 7 to 8]											
4-2 Business development and confirming feasibility	Plan	[Blue bars from month 4 to 6]												[Blue bars from month 11 to 12]																																			
	Actual	[Blue bars from month 4 to 6]												[Blue bars from month 11 to 12]																								[Blue bars from month 7 to 8]											
4-3 Draft a project plan for the future	Plan													[Blue bars from month 11 to 12]																																			
	Actual													[Blue bars from month 11 to 12]																								[Blue bars from month 7 to 8]											



### (9) Implementation System

Both a technical survey on developing agricultural and rural infrastructure and a business development survey were conducted; mainly by SPEC Company Limited and Matsumura Synthetic Science Laboratory Co., Ltd. as Partner Companies to the project. In addition, other entities respectively involved in implementing the project: Mitsubishi UFJ Research & Consulting Co., Ltd., as a consulting company, organizes institutional and market research; NTC International Co., Ltd. manages on-site construction work; an individual consultant negotiates with potential local business development partners and supports efforts to establish a business model and the National Agriculture and Food Research Organization analyzes and evaluates soil after construction.

Table 5 Project implementation system

Company	No. of personnel	Responsibility
SPEC Company Limited (SPEC)	4	Overall project coordination, business development works, soil analysis and investigation
Matsumura Synthetic Science Laboratory Co., Ltd. (MSL)	2	Technical supervision and advice on soil investigation, STEIN production, construction technology management, etc.
Mitsubishi UFJ Research and Consulting Co., Ltd. (MURC)	3	Project plan formulation, market survey, development effect, policy analysis
Individual consultant	1	Partnership promotion (private sector), business model formulation support
NTC international Co., Ltd. (NTCI)	2	Construction management, technical supervision, local institutional survey
National Agriculture and Food Research Organization (NARO)	2	Construction planning, soil planning/evaluation, structure assessment

### 3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

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

##### 1) Output 1. A STEIN production system is established and a construction plan is formulated

- The STEIN production equipment was designed and built to be resilient against failures and easy to repair and have a low, two-story structure, instead of a three-story structure, to avoid working at heights. The equipment was completed, put into trial operation in January 2020, shipped to Cambodia, and received by the PDWRAM in Takeo Province in March 2020. In the meantime, a contractor was selected to construct a production facility, which was completed at the end of March 2020.
- After that, the COVID-19 pandemic stopped the JICA survey team from traveling to Cambodia and delayed the project. During the travel ban, the team developed STEIN production and pavement construction manuals and drafted STEIN pavement design standards. After the travel

ban was lifted in January 2022, the STEIN production equipment was assembled and put into trial operation, and the STEIN production system was established.

- The soil samples taken from the three pilot sites visited during the first field survey were tested (by CBR test) before the third field trip. The test results showed that the design CBR<sup>27</sup> of the subgrade soil at Pilot Site No.1 (Thomnei) was 2.4%, which was lower than the standard level of 3%. Because the subgrade strength turned out to be insufficient, it was decided to increase the thickness of pavement (from 150mm to 320mm) and reduce the length of pavement construction (from 250m to 135m).
- 2) Output 2. The construction technology using locally produced STEIN is validated to be effective and superior
- The STEIN production equipment was put into operation in February 2022 to produce STEIN (by mixing the STEIN element and cement). The finished product was bagged for shipment. The production of STEIN required for the planned work (approx. 80t) completed on March 1, 2022.
  - The STEIN pavement work started in February 2022 and ended in March 2022. This construction work consisted of three phases: (i) preparation (digging and scraping soil and sprinkling and mixing water into the soil); (ii) sprinkling and mixing of STEIN into the soil (identifying, setting, and leveling the construction area, sprinkling and mixing a solution of STEIN and water, and rolling for compaction); and (iii) curing. Then, this was followed by the activities mentioned below.
  - During their fourth trip to Cambodia in July 2022, the JICA survey team visited pilot sites to observe the pavement conditions. For quantitative assessment, nondestructive tests were performed using a Schmidt hammer (a pendulum-type (P-type) hammer for testing low-strength concrete). The test results confirmed that the strength achieved using STEIN had reached or exceeded the design requirements.
  - For qualitative assessment, the pavement conditions were observed visually. As a result, only minor erosions, hollows, abrasions, cracks, and subsidence that would not significantly affect road functions were found. They were not attributed to the limited mixing or curing of STEIN but to the heavy loads of vehicles and the low bearing capacity of the subgrade soil.
  - The 50-year life cycle costs (LCCs), consisting of road construction, maintenance, and replacement costs, incurred for STEIN (with a pavement thickness above and below 150mm), reinforced concrete (RC), and asphalt pavements were estimated and compared.

---

<sup>27</sup> The California Bearing Ratio is an indicator of the bearing capacity of subgrade or roadbed.

Table 6. Assumptions for estimates

Pavement type		STEIN	RC	Asphalt
Design		Pavement thickness: above/below 150mm	Material thickness: 150mm	
Unit cost data source		Results of the production rate survey conducted in 2022	Results of inquiries to local construction companies about unit costs per square meter	Results of inquiries to local construction companies about unit costs per square meter
Construction cost		Calculated by multiplying the unit cost by the quantity	Same as the left	Same as the left
Maintenance (repair) cost		Calculated based on the assumption that the annual rate of damage required to be repaired is 5% (e.g. 5m <sup>2</sup> per 100 m <sup>2</sup> )	Calculated based on the assumption that the annual rate of damage required to be repaired is 1% (e.g. 1m <sup>2</sup> per 100 m <sup>2</sup> )	Calculated based on the assumption that the annual rate of damage required to be repaired is 1% (e.g. 1m <sup>2</sup> per 100 m <sup>2</sup> )
Replacement cost	Useful life	10 years	15 years	10 years
	Removal cost	15% of initial construction costs The ratio is set lower for STEIN pavement than for RC pavement because the material of STEIN pavement is reusable	20% of initial construction costs Costs for removal, transport, and disposal of the existing structure	20% of initial construction costs Costs for removal, transport, and disposal of the existing structure
	Renewal cost	60% of the initial construction costs The ratio is set lower for STEIN pavement than for RC pavement because the material of STEIN pavement is reusable	100% of the initial construction costs Costs for full reconstruction	100% of initial construction costs Costs for full reconstruction

- The quantitative assessment based on the comparison of the 50-year LCCs showed that the STEIN pavement would be cheaper than the other two. The STEIN pavement costs (86,400-144,000 USD, depending on the pavement thickness) would be approximately 70-50% lower than the asphalt pavement costs (280,400 USD). Meanwhile, the qualitative assessment indicated that the quality of STEIN pavement would be comparable to that of RC and asphalt pavement (in terms of keeping the road passable during the rainy season and preventing dust pollution during the dry season). These assessment results revealed that STEIN pavement would be most cost effective.

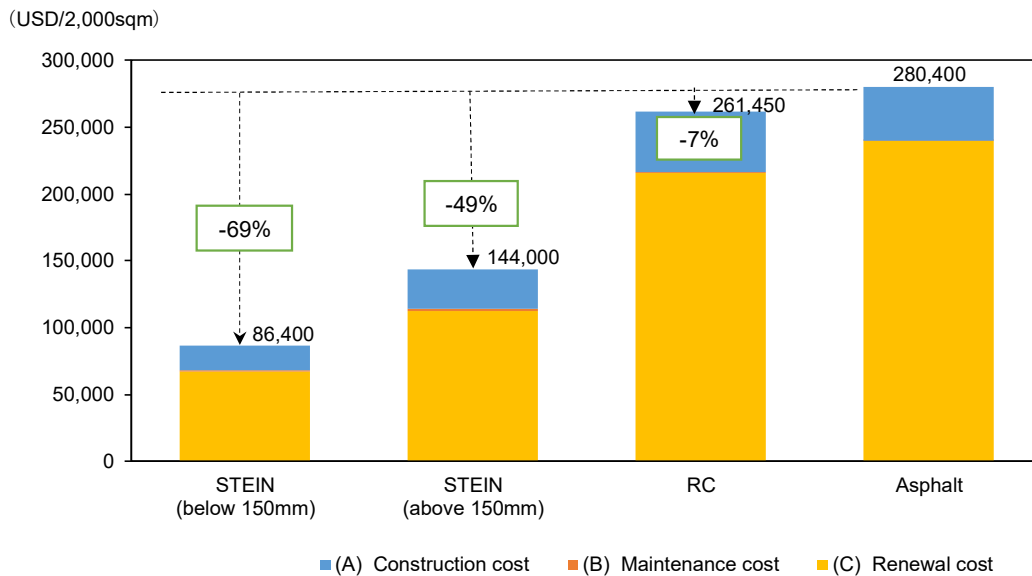


Figure 6 Estimation of LCC and cost reduction effect over 50 years (STEIN, RC pavement and asphalt pavement)

3) Output 3. The knowledge and skills required for the continued operation and maintenance of the STEIN production equipment and the implementation of STEIN pavement works are transferred to MOWRAM personnel

- STEIN pavement design standards were drafted based on the TA method.<sup>28</sup> The project team also developed STEIN pavement construction manuals as well as STEIN production manuals for operation and maintenance of the STEIN production equipment.
- The STEIN production and pavement construction manuals were developed to include many photos and images to illustrate points in the manuals in an easy-to-understand way. These manuals were used as training materials for MOWRAM and PDWRAM staff involved in STEIN production and pavement construction. No problems were raised about the manuals by anyone among the MOWRAM and PDWRAM staff and construction workers.
- The STEIN production and pavement construction techniques have been transferred through training though it is too early to conclude that the training participants have obtained all the necessary know-how. SPEC believes that precautions should be explained every time STEIN is used to assure its quality and make the technology take root. In particular, SPEC considers that the maintenance of relevant equipment should be continuously followed up even after its ownership is transferred to the Cambodian side.

<sup>28</sup> The TA method is a pavement design method used to determine the pavement thickness based on the strength of the subgrade soil and the design traffic volume to ensure that the equivalent thickness of any given pavement material is sufficient to bear the required loads.

4) Output 4. An extension program plan is developed, including a proposal of a program implementation system

- A Seminar on the Report of the Verification Survey by the STEIN Soil Harder for the Development of Irrigation and Agricultural Facilities Disseminated by Japanese Private Technologies was held on Thursday, July 28, 2022, and attended by 59 participants. Participants showed keen interest by asking questions about quantitative data, costs, and some features of STEIN in comparison with those of conventional pavement materials (e.g. concrete and asphalt) in the question and answer session. According to a questionnaire survey conducted with seminar participants, more than nine-tenth of the 40 respondents said they understood about STEIN (40% understood it “very well” and 53% “somewhat” understood it). Thus, the seminar succeeded in increasing understanding about STEIN.
- Market research was conducted to assess the potential supply and demand of STEIN with an eye to spreading STEIN and making the business take off. The demand assessment results revealed that there was a great demand for STEIN for construction of local roads under the control of the MRD as well as irrigation facilities and agricultural roads under the control of the MOWRAM. In addition, interviews with businesses operators, such as real estate developers and aquaculture operators, indicated that there was a high demand for STEIN not only in the public sector, as mentioned above, but also in the private sector, for example, for construction of private roads and culture ponds. The results of the supply assessment, which included the possibility of STEIN pavement construction (and designing) because the product would be meaningless unless it was used for construction, confirmed that training and manual development could enable Japanese and local construction firms to construct (and design) STEIN pavements.
- A business model of STEIN was developed, proposing a system where SPEC will provide the STEIN element to the MOWRAM, which (or the PDWRAM) will produce STEIN at the production base in Takeo and supply it to construction companies that have been trained to understand STEIN pavement construction (and designing) techniques (collectively referred to as “certified construction companies”) to ensure that STEIN pavements will be constructed by reliable contractors. In the future when the STEIN production capacity needs to be increased to spread the product wider in the public and private sectors, there will arise the need to consider outsourcing some operations to private companies.

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

The ownership of the STEIN production equipment will be transferred to the MOWRAM by the end of this project. SPEC has transferred STEIN production and pavement construction

techniques to MOWRAM and PDWRAM personnel and construction workers through training to ensure that the MOWRAM can continue their activities without relying on external support.

The MOWRAM has committed to continue working with SPEC to support its business expansion in the Cambodian market. The MOWRAM is intending to produce STEIN using the STEIN element supplied by SPEC at the production base in Takeo where the STEIN production equipment has been installed and provide STEIN to local construction companies (certified construction companies) contracted to work on STEIN pavement.

SPEC will continue to provide training and technical support to the MOWRAM, strengthen the construction system in Cambodia, and offer advice on the potential use of STEIN for construction of waterways and roads under the control of the MOWRAM.

#### 4. FUTURE PROSPECTS

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

The dissemination and verification activities of the project have revealed that STEIN can be utilized for wide-ranging purposes in both public and private sectors. For public use, it can be used for road and irrigation facilities managed by the MOWRAM and other ministries. It is also expected to meet various private sector needs, such as paving private roads and premises in land development projects, farmlands and culture fisheries. By commercializing those needs in future, the following development effects as set out in the Country Assistance Policy for Cambodia could be achieved:

##### 1) Improvement of the quality of life

The project is expected to help make markets, hospitals and other public organizations more accessible to local residents (e.g. ensuring smooth travel, even during rainy seasons and no harm to health caused by dry season dust) and improving the quality of life by addressing water scarcity caused by securing domestic and agricultural water.

##### 2) Industrial development support

Improving local access to urban areas by developing STEIN-based roads and water channel/irrigation facilities will help expand the commercial zone of micro-, small- and medium-sized business operators and boost agricultural productivity. Given potential applications of STEIN beyond the scope of roads and water channels alone, as identified by private business operators, it is also expected to promote industries including private roads and business site (culture fishery) development.



### 3) Achievement of a sustainable society by strengthening governance

Deploying STEIN involves reusing 80 to 90% of soil in an existing construction site as raw materials to develop roads and other structures. If STEIN-based construction is disseminated in public works executed by the MOWRAM and other ministries, administrative costs can be reduced by 70 to 50% compared to other construction methods, and the budget redistributed to improve administrative services.

Given the increasing recent need for low-carbon technology, STEIN has greater scope to reduce CO<sub>2</sub> emissions than other construction methods.

Table 7. Comparison of CO<sub>2</sub> emission by pavement types

Pavement type	CO <sub>2</sub> Emission /m <sup>2</sup>	% (asphalt as 100%)
RC	332.5	100.0%
Asphalt	130.3	39.2%
Stein	30.3	9.1%

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

The Partner Company draws the following lessons through the Survey:

- The traffic volume of large vehicles in the pilot sites may vary considerably when pre-survey volumes are compared with numbers during the actual period of construction. Since the pavement thickness depends on the traffic volume of large vehicles, it is preferable to visit the pilot sites twice on weekdays, if possible, to investigate traffic volume and confirm the current circumstances.
- As gravel fractions were shown on the pavement surface in the Pilot Site No. 2 (Kandar Stung project site), a STEIN-based pavement reveals properties akin to mixed soil. This is a characteristic of STEIN, which means that STEIN-based surface are not finished cleanly in a plain color like concrete and asphalt. Accordingly, when disseminating STEIN, the design and construction manuals should clearly state the visual impact and properties of mixed soils with users in mind.
- The issue of roadbed vulnerability in Cambodia was mainly recognized in the Pilot Site No. 3 (Sre Ampil project site), whereby applying a STEIN-based pavement to uneven road on a soft roadbed will not address the risk of the road caving in. Accordingly, it is preferable to consider a STEIN pavement plan based on the roadbed, subbase, foundation and other road design preconditions to which the STEIN pavement is applied. There is a need to clarify the responsible scope for STEIN and adjusting and design the actual construction with contractors.
- Manual documents will prove invaluable in terms of helping staff understand the contents provided as many photos and other visual components as possible are used. Since the knowledge and skill levels vary according to manual users, documents like this should be arranged to ensure that every user visually understands the content as much as possible by

simply using photos and figures.

- When presenting product information and verification results to governmental organizations and private companies during product dissemination seminar, the presenter should strive to provide as much quantitative information as possible, such as price advantage, initial cost, performance comparison with similar products and LCC.

Meanwhile, the following recommendations are confirmed by the Partner Company through the Survey:

- In conducting the survey, JICA introduced Japanese companies and various experts with experience in ODA projects in Cambodia. They provided various suggestions for verification activities and business development, which were very meaningful. Efforts to network Japanese companies developing business in Cambodia should continue.
- CP was actively committed throughout the survey, positively participating in training on STEIN production and STEIN-based construction as well as seminar. The MOWRAM is expected to keep maintaining the system after the ownership is transferred and actively operate the system as well as further consolidating collaboration to actively use and disseminate STEIN to develop roads and irrigation facilities and for other purposes.

Cambodia

**Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese technologies for STEIN soil hardener**  
**SPEC Company Ltd., Tokyo, Japan**

**Concerned Development Issues in Cambodia**

- Demands for durable and robust agricultural facilities and roads are high under the tropical climate with heavy and frequent squalls.
- Due to incomplete agricultural facilities and roads, farmers cannot introduce agricultural machines and face limited access to markets.

**Project Activities**

- Establish production system of STEIN by exporting essential machines to Cambodia and transfer STEIN technique to Cambodian engineers.
- Verify usefulness and superiority of STEIN technologies and disseminate knowledge and know-how of STEIN.
- Settling on plan of future business expansion and distribution channel.

**Proposed Products/Technologies**



**STEIN**

-The soil hardening product which consists of environmentally harmless minerals, can harden the soil by adding 10% into original soil.  
 -Paving roads utilizing STEIN cost approximately 40-60 % of the total cost of asphalt roads.

**Survey Overview**

Name of Counterpart: Ministry of Water Resources and Meteorology  
 Survey duration: 29<sup>th</sup> March 2019 to 31<sup>st</sup> January 2023  
 Survey Area: Takeo and Kandarstan province

**Expected Development Results in Cambodia**

- Securing agricultural waters and improving agricultural production.
- Increasing quality of life, better access to the market and prevention for natural deserter by constructing rural robust roads and irrigation system.

**Expected Outputs of the project**

- Establish joint venture with Cambodian business partners.
- Increase trained engineers and make it possible to construct STEIN irrigations and roads with local construction company.
- Set up know-how on producing and sales system of STEIN in Cambodia.
- Secure distribution channel in Cambodia and neighboring ASEAN countries.



## セミナー資料 (Presentation Materials)

Seminar on Report of Verification Survey by the STEIN Soil Hardener for the Development of Irrigation and Agricultural Facilities Disseminated by Japanese Private Technologies

### List of Presentation Material

#### Title of Presentation Material (Name of Organization)

1. Introduction of STEIN and outline of verification survey (SPEC).....1
2. Production system of STEIN in Cambodia (SPEC) .....4
3. Report on STEIN construction in three pilot sites in Cambodia (NTCI) .....7
4. Effective application and Advantage of STEIN (NARO) .....12
5. STEIN project abroad and further possibility of STEIN(SPEC) .....17



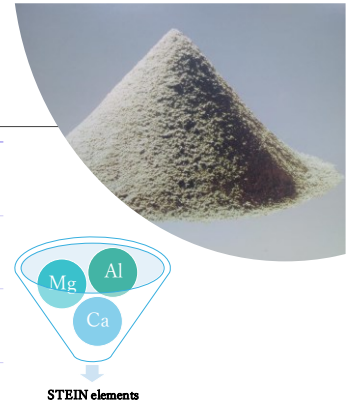
# Introduction of STEIN and outline of verification survey

SEMINAR ON REPORT OF VERIFICATION SURVEY BY THE STEIN SOIL HARDENER FOR THE DEVELOPMENT OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL FACILITIES DISSEMINATED BY JAPANESE PRIVATE TECHNOLOGIES  
 PRESENTER: SHIYO KAMIBAYASHI/ SPEC COMPANY LIMITED

1

## WHAT IS STEIN?

Portland Cement (95%) + STEIN Element (5%)  
 Developed by Takao Matsumura in 1975 in Japan  
 Make soil hard enough and used for road and irrigation systems pavement  
 Possible to harden any kinds of soil or sand by adjusting mixture rate



2

## EXAMPLE OF CONSTRUCTION

CASE 1	Road	CASE 2	Waterway	CASE 3	Disaster prevention
	Rural and farm road		Irrigation		Joint research

Many rural roads were constructed by STEIN since 1975.



Construction with river bottom, slope and riverbed.



The research of anti-burst measures for agricultural pond and water storage pond.



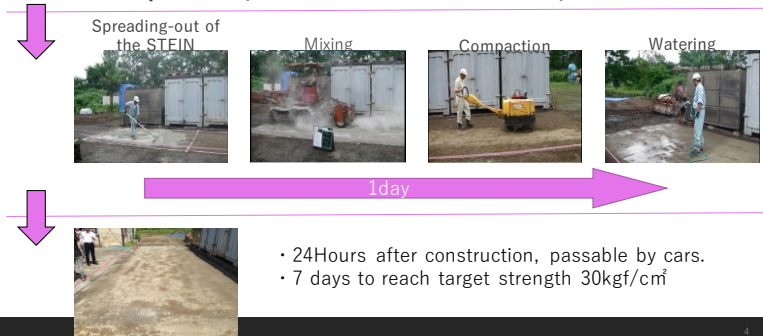
In JAPAN: More than 1500 construction experience.

3

3

## STEPS OF USING STEIN

The soil inspection (particle size, water content, compaction, CBR)



4

4

## EXPERIENCE OF CONSTRUCTION OVERSEAS



Rural road in Philippine



Water pond in Kenya

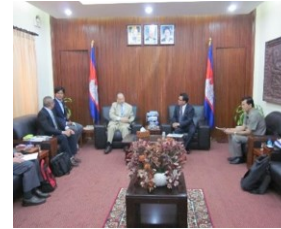
- Malaysia
- Thai land
- Myanmar
- Indonesia
- East Timor
- Cambodia
- China
- Korea
- Philippine
- USA
- Italy
- Germany
- Kenya

5




## FEASIBILITY SURVEY IN CAMBODIA

SPEC company limited ↔ Ministry of Water Resources and Meteorology

Kick off meeting with MOWRAM(2016)



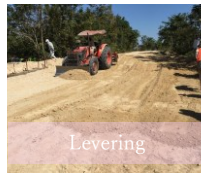
Supporting members

 Mitsubishi UFJ Research and Consulting Primary consultant for JICA project	
The National Agriculture and Food Research Organization 	Tokyo Metropolitan Small and Medium Enterprise Support Center 

6

2

## CONSTRUCTION PROCESS



7

## EVALUATION AFTER SURVEY

01

Use soil as aggregate and no effect of shortage of material such as gravel

02

No crack and erosion after rainy season

03

Superiority of sustainability and cost performance comparing concrete

8



Settlement the production plant of STEIN

Do manufacturing STEIN with cement made in Cambodia

Do construction of 3 sites with STEIN made in Cambodia

Do evaluation and promote to government and construction companies

## ACTIVITIES OF VERIFICATION SURVEY

9

9

## OUR TEAM IN VERIFICATION SURVEY

SPEC & MOWRAM

PDWRAM

MSL

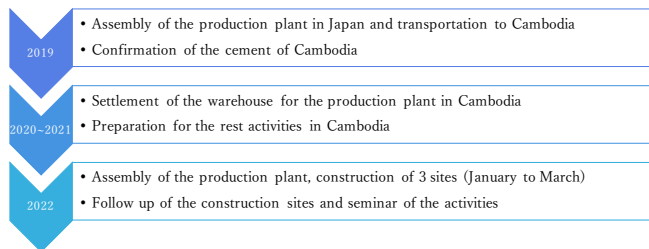
MURC

NTCI

NARO

10

## SCHEDULE OF SURVEY

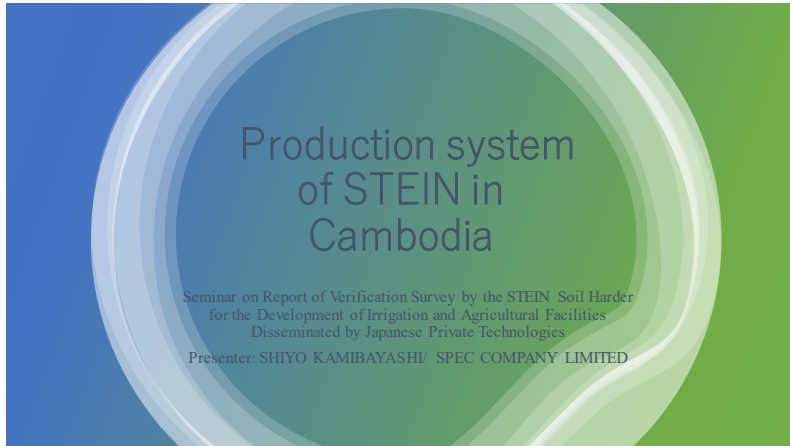


11

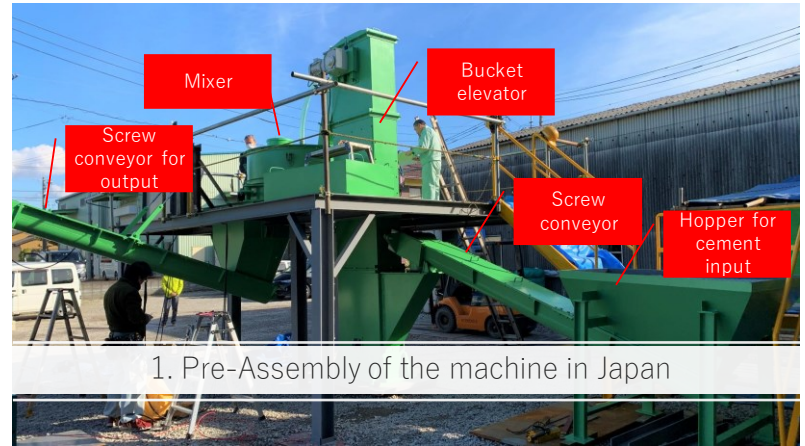
SPEC COMPANY  
LIMITED

From the next session, we will explain more details

12



1



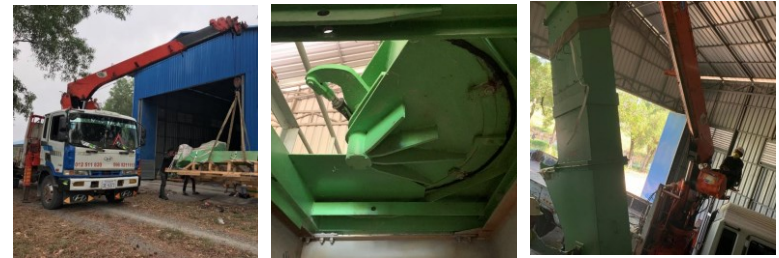
2

4

2. Settlement of warehouse



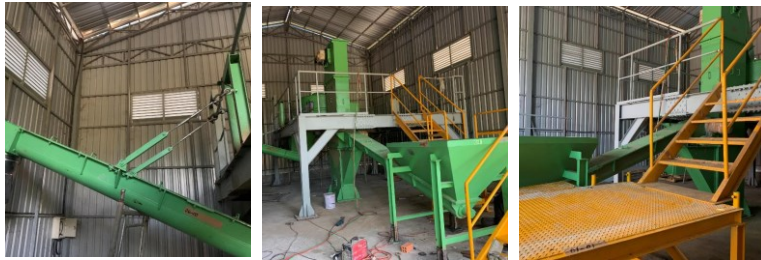
3



3-1. Assembly in Cambodia

Installation of mixer, bucket elevator, screw conveyor and stairs

4



3-2. Assembly of the mixing machine

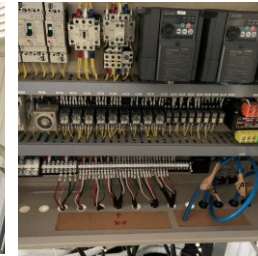
5

5



Completion

7



3-3. Connection of electricity

- Connection of industrial electricity
- Wiring work

6



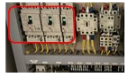



4-1. Lecture of manufacturing STEIN

- The process of machine operation
- Management of raw materials
- Precautions during operating the machine

8

## 4-2. Manual

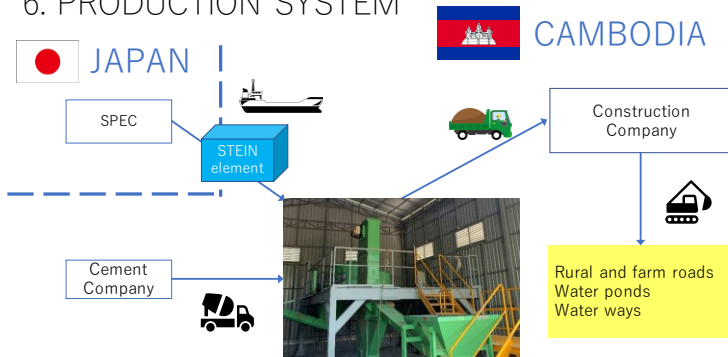
- Explanation of each parts
- Explanation of main panel
- Operation flow
- Precautions for safety management
- Check list for maintenance
- Raw material management

SP	WORK DESCRIPTION	PICTURE	TIME(min)
1	Turn on the power		0.2
2	Connect air compressor to power		0.2
3	Set into AU (AUTO) mode		0.3
4	Press Green ON button of VM (Mixer) at the main panel		0.3

9

9

## 6. PRODUCTION SYSTEM



11

11



## 5. Manufacturing of STEIN in February

- 15 min for one batch (500kg of STEIN)
- Productivity : 12 tons of STEIN at maximum /7 hours

10

Thank you for your listening!

12





1

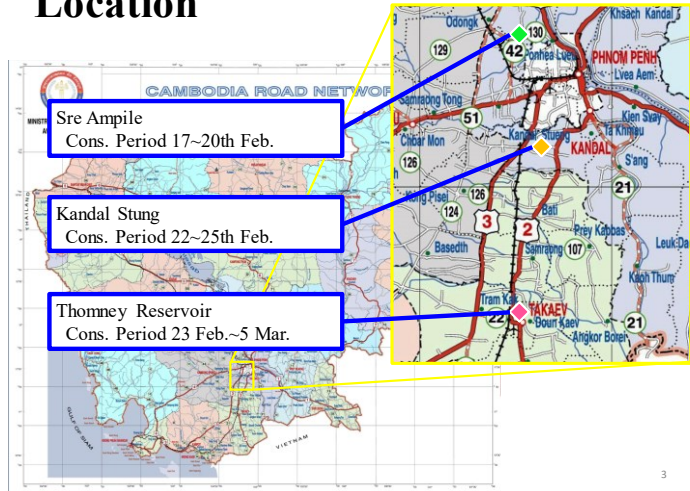
# Outline

- 1. Pilot construction**
  - Site location
  - Summary of construction
  - Before and After
- 2. Construction method**
  - Construction method manual
  - Important point on construction
- 3. Cost performance**
  - Productivity per unit
  - Life Cycle Cost (LCC)

2

7

# Location



3

# Summary of construction

Site	Content of construction	Pavement Area
Sre Ampile	Improvement of rural road (laterite pavement) width 5m, extension 135m	675m <sup>2</sup>
Kandal Stung	Improvement of riverside road (gravel pavement) width 4.5m, extension 100m	450m <sup>2</sup>
Thomney Reservoir	Improvement of embankment road (earth pavement) width 5m, extension 135m	675m <sup>2</sup>

4

## Before and After Kandal Stung



▲ Before

4 month later ▼



5

5

## Before and After Sre Ampil



▲ Before

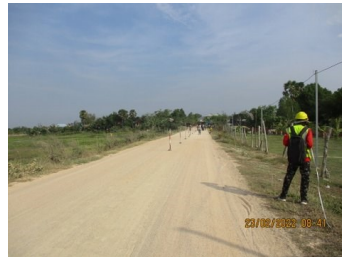
4 month later ▼



6

6

## Before and After Thomney reservoir



▲ Before

4 month later ▼



7

7

## Outline

### 1. Pilot construction

- Site location
- Summary of construction
- Before and After

### 2. Construction method

- Construction method manual
- Important point on construction

### 3. Cost performance

- Productivity per unit
- Life Cycle Cost (LCC)

8

8

## Basic method “how to construct STEIN pavement”



## Important point for construction

- Crushing of soil mass
- Moisture content ratio
- Duration time between STEIN mixture and compaction

9

## Crushing of soil mass

Make soil mass smaller than 1/3 of the construction thickness

Crushing mass



10

**Sprinkle water**  
Agitate soil to spread water throughout the soil

Sprinkle water by a water truck



Agitate soil by a motor grader



11

## Moisture content test Compaction

Moisture content



Compaction roller



12

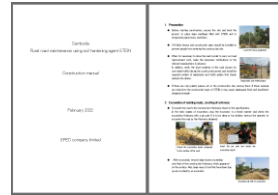
11

12

# Construction method manual

## Manual index

1. Preparation
2. Excavation of existing roads, crushing of soil mass
3. Spreading and mixing STEIN, watering, surface correction and compaction
4. Curing



## Attachment

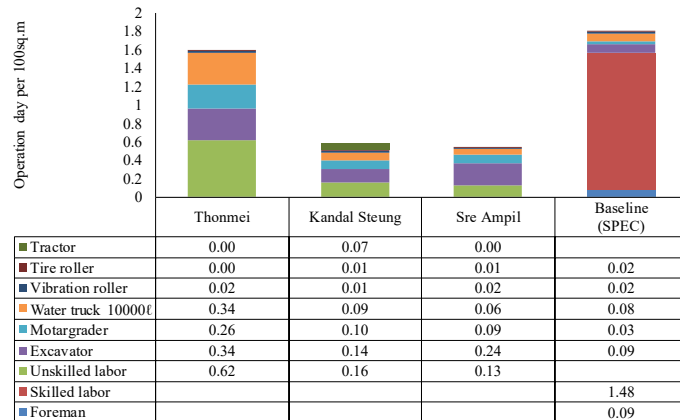
1. Construction control record form
  - 1-1. Record form for control of finished work "Depth of excavation"
  - 1-2. Record form for control of finished work "Standard height of road"
  - 1-3. Record form for control of finished work "Depth of STEIN mixing"
  - 1-4. Record form for control of finished work "Road width"
  - 1-5. Record form for visual confirmation items during construction
2. Safety control record form

13

13

10

# Productivity per unit



note: 1 day=7.0hr work

15

15

# Outline

## 1. Pilot construction

- Site location
- Summary of construction
- Before and After

## 2. Construction method

- Construction method manual
- Important point on construction

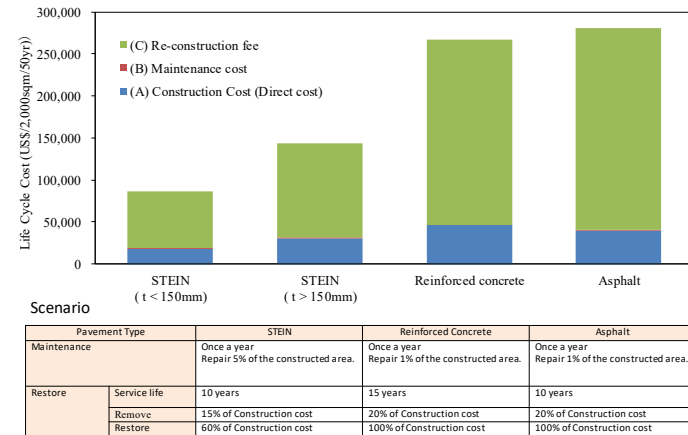
## 3. Cost performance

- Productivity per unit
- Life Cycle Cost (LCC)

14

14

# Life Cycle Cost (LCC)



16

16



សូម អរគុណ

ありがとうございました

Thank you so much

17

17

11


  
 28/July/2022

# Effective Application and Advantage of STEIN

**Akira IZUMI**  
 Senior Researcher, Ph. D.  
 Institute for Rural Engineering, NARO  
 (National Agriculture and Food Research Organization)

NARO

1



## Outline

- 1. Property of parent soil**
  - Application range
  - Physical property
  - Condition on site
- 2. Attention construction**
  - Cure time (Kandal Steung and Sre Ampil)
  - Push away of STEIN (Sre Ampil)
  - Time to Mixing, spreading and compaction (Thomney reservoir)
- 3. Preliminary examination**
  - Mix proportioning test
  - Relationship between laboratory test results and field strength
- 4. Advantage of STEIN**

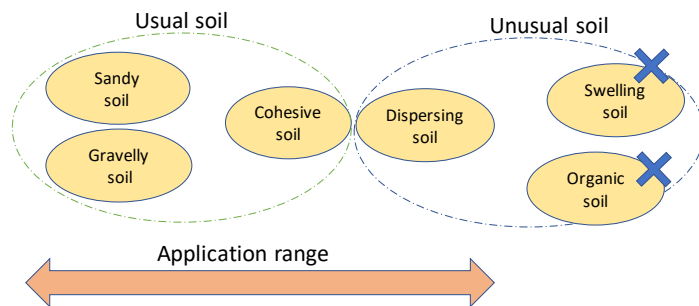
2

1. Property of parent soil



### Application range of STEIN

The improvement effect of STEIN is strongly influenced by the type of parent soil.



3

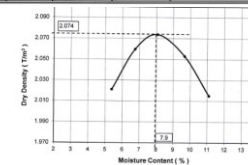
1. Property of parent soil



The workability depends on the physical properties of the parent soil.

Customer name: \_\_\_\_\_  
 Source of Materials : Kandaung District, Kandal Province Coordinate(UTM) X(ea), Y(north) : 476,239.38mE ; 1,222,222.16mN  
 Sample No. : 1 Date of Sample 25-Dec-21 Date of Testing : 28-Dec-21  
 Sample Type : \_\_\_\_\_ Condition : Soil  
 Tested by : Mr. Sum bunkong Checked by : Mr. Ket Chansavuth

No.	Max. dry Density	Optimum Moist. Content	Atterberg Limits				Grain Size Distribution				Soil Classification	Soaked CBR, % (95% of MDD)
	$\rho_{max}$ (g/cm <sup>3</sup> )	OMC, %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	L (%)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt+Clay (%)	<425 $\mu$ m (%)		
1	2.074	7.9	24.44	12.27	12.2		11	61	28	40.08	A-2-6	6.2



Moisture content – dry density relationship

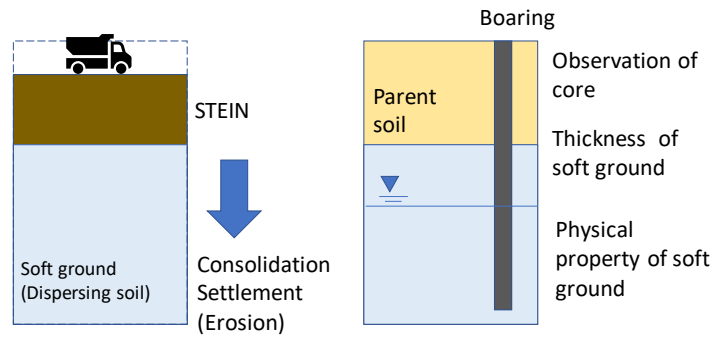
- Compaction test
- Consistency test
- Grain size analysis
- Observation

4

## 1. Property of parent soil



Consolidation settlement occurs in soft ground.



5

## 2. Attention construction



### Kandal Steung

Similarly, minor cracking around the store adjacent to the road occurs.



7

## 2. Attention construction



### Kandal Steung

Curing time increases STEIN stability.

Immediately after construction, ruts occur due to motorcycle traffic.



February 20



July 25

6

## 2. Attention construction



### Sre Ampil

Crown of STEIN construction is pushed away in the three points.



February 25



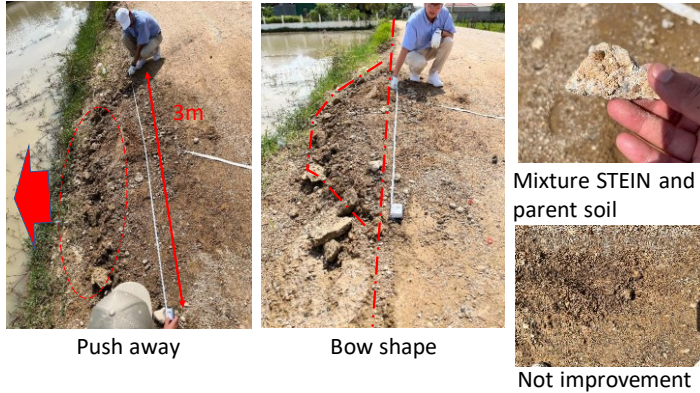
July 26

8

2. Attention construction



Sre Ampil



9

2. Attention construction



Sre Ampil

Small collapse occurs at Stein construction and original road. As mentioned previously, the presence of soft ground and the location of groundwater should be confirmed.

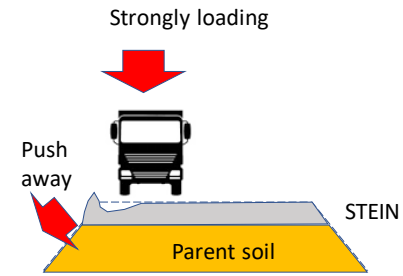


11

2. Attention construction



Sre Ampil



Shoulder of crown has at risk a weak point.

Heavy vehicle traffic as planned

10

2. Attention construction



Thomney reservoir

The construction was divided into two parts; left lane and right lane.

The left lane settled a few millimeters more than the right lane.

In the left side, it took 12 hours from mixing to compaction due to machine trouble. (Right side 7h)



12

## 2. Attention construction



Thomney reservoir  
 Solidification begins immediately after mixing.  
 In the left lane, solidification occurred prior to compaction and compaction was not sufficient. The density is smaller than that of the right lane.  
 As a result, vehicle traffic caused settlement in the left lane.



13

15

## 2. Attention construction



Thomney reservoir  
 A dent occurs due to vehicle traffic in the section that have not been constructed by STEIN.



14

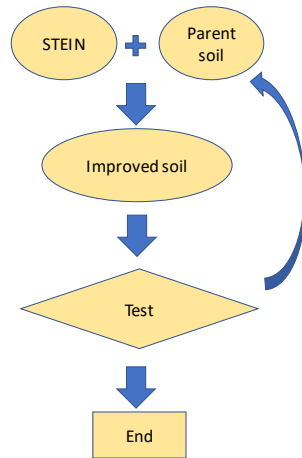
## 3. Preliminary examination



Mix proportioning test

Mixing  
 Two to three patterns of mixing

Test  
 California bearing ratio test(CBR test)  
 Unconfined compression test



15

## 3. Preliminary examination

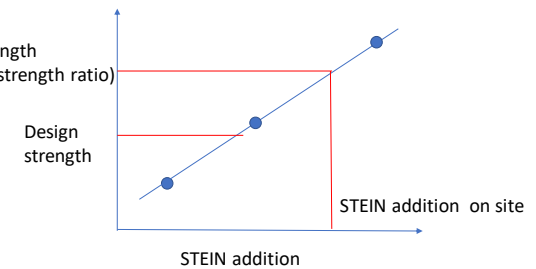


Relationship between laboratory test results and field strength

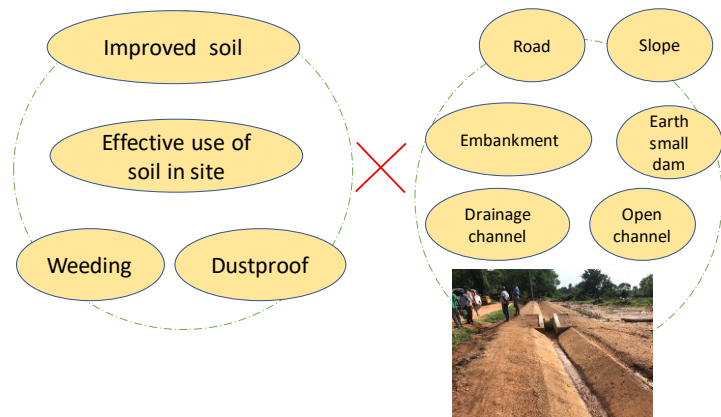
Mixing by the construction machine is not sufficient compared to the mixing in the laboratory test.

The strength ratio of the site to the laboratory test : 0.3 - 0.7 (backhoe)

Laboratory design strength  
 (Design strength/ the strength ratio)



16





# STEIN project abroad and further possibility of STEIN

YUICHI KUBO

1



## Project in Refugee camp in Kenya

- Project with UN-Habitat, Japanese NGO
- Hire the refugees as workers
- Achieve passable road during rainy season

2



## Nigeria

High needs of road pavement due to the increase of the population

- Left : Residence area managed by the private developer of Nigeria
- Right : Meeting with Ministry of Power, House and Works(Planning the trail road pavement of STEIN at their management area)

3

3

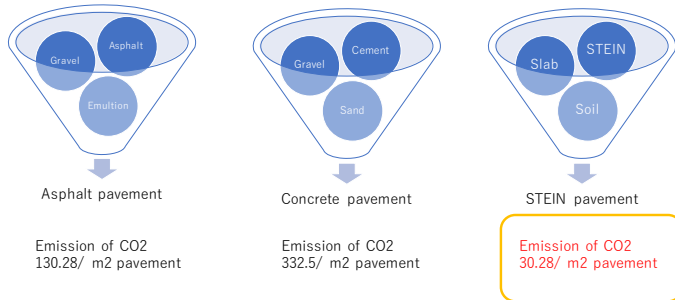


## Weed prevention The site of JR EAST in Japan

- From left to right (Picture of before construction, after completion of the work, follow up of after 6 months of the construction)
- STEIN prevent weed growth and save the manpower for the management

4

## STEIN contribute to low carbon society



Thank you for your  
listening!

SPEC COMPANY LIMITED