

カンボジア国

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  
案件化調査業務完了報告書

平成 29 年 6 月  
(2017 年)

独立行政法人  
国際協力機構(JICA)

株式会社 SPEC

国内
JR
17-051



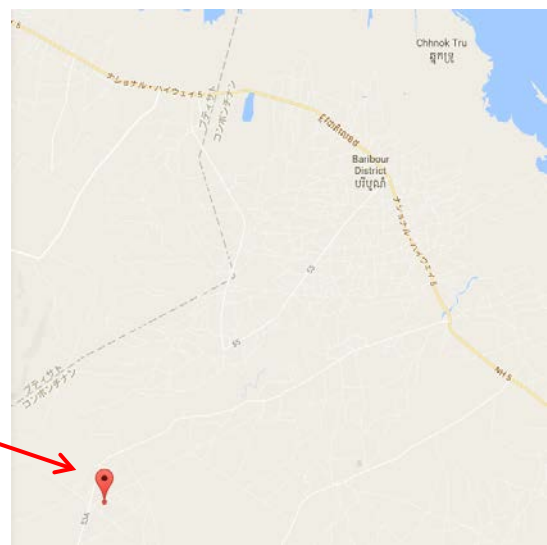
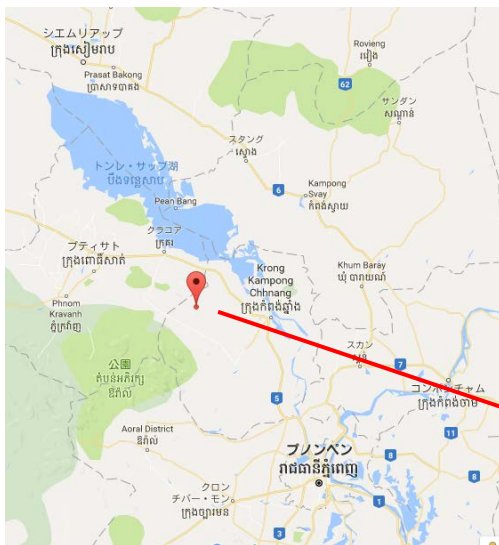
## 地図



出所：Ministry of Public Works and Transport (<https://www.mpwt.gov.kh/map.html?lang=en>)

## テスト施行場所

コンポンチュナン（Kampong Chhnang）県バリボー（Baribour）郡  
国道5号を北上、県道53A道沿いのサイト



出所：Google Map (<https://www.google.co.jp/maps/place/12%C2%B018'30.1%22N+104%C2%B020'41.7%22E/@12.8229746,103.7268984,8.48z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x018m215412.3083644d104.344925>)

写真



写真 1：提案製品 STEIN

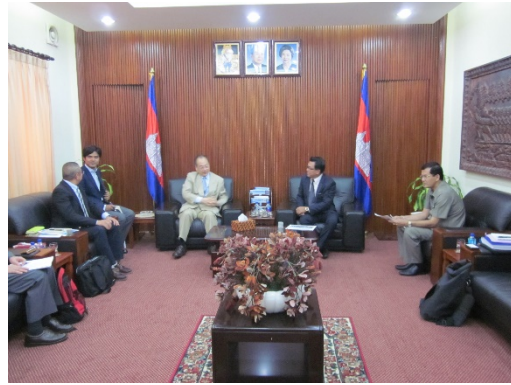


写真 2：#1 現地調査 スタートアップ ミーティング MOWRAM



写真 3：#2 現地調査 土質試験の様子



写真 4：#3 現地調査 テスト施工



写真 5：#3 現地調査 施工前



写真 6：#3 現地調査 施工後



写真 7：#3 現地調査 MOWRAM 報告会



写真 8：本邦研修 STEIN 道路見学

## 目次

地図	
写真	
略語表	
図表リスト	
和文要約	1
はじめに	1
1. 調査名	1
2. 調査の背景	1
3. 調査の目的	1
4. 調査対象国・地域：カンボジア国	1
5. 団員リスト	1
6. 現地調査工程	2
第1章 カンボジア国の現状	5
1-1 カンボジア国の政治・社会経済状況	5
1-2 カンボジア国における開発課題	5
1-3 カンボジア国の農業・水分野における開発計画、関連計画、政策及び法制度	6
1-4 カンボジア国の農業・水分野における ODA 事業の先行事例分析及び他ドナーの分析	6
1-5 カンボジア国のビジネス環境の分析	9
第2章 提案企業の製品・技術の特徴及び海外事業展開の方針	12
2-1 提案企業の製品・技術の特徴	12
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	18
2-3 提案企業の海外進出によって期待される我が国の地域経済への貢献	19
第3章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果	20
3-1 製品・技術の現地適合性検証方法（検証目的・項目・手段など）	20
3-2 製品・技術の現地適合性検証結果	22
3-3 対象国における製品・技術のニーズの確認	25
3-4 カンボジア国の開発課題に対する製品・技術の有効性及び活用可能性の確認	26
第4章 ODA 案件にかかる具体的提案	28
4-1 ODA 案件概要	28
4-2 具体的な協力計画及び期待される開発効果	30
4-3 他 ODA 案件との連携可能性	31
4-4 ODA 案件形成における課題と対策	31
4-5 環境社会配慮にかかる対応	31
4-6 ジェンダー配慮	35
第5章 ビジネス展開の具体的計画	35
5-1 市場分析結果	35
5-2 想定する事業計画及び開発効果	41
5-3 事業展開におけるリスクと対応策	46
別添 1	
別添 2	
別添 3	

## 略語表

略語	英語	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFD	Agence Française de Development	フランス開発庁
ASEAN	Association of South - East Asian Nations	東南アジア諸国連合
CMDGs	Cambodia Millennium Development Goals	カンボジアミレニアム開発目標
DBST	Double Bituminous Surface Treatment	2層式表面処理
EIA	Environmental Impact Assessment	環境配慮調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
IDA	International Development Association	国際開発協会
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MOWRAM	Ministry of Water Resource and Mereology	水資源省
NARO	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
NSDP	the National Strategic Development Plan 2014-2018	国家戦略的開発計画
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
UNTAC	United Nations Transitional Authority in Cambodia	国際連合カンボジア暫定統治機構
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ合衆国国際開発庁

## 図表リスト

図 1 カンボジア国への ODA 援助額.....	7
図 2 : STEIN 製品と施行の様子 .....	12
図 3 : STEIN 施行の様子 .....	13
図 4 : STEIN 施行例 .....	14
図 5 : 道路設備と経済発展 .....	15
図 6 : 土質適合試験結果 .....	23

図 7 : 洪水吐および生活道路の施工工程 .....	25
図 8 : コンポンチュナンでの調査の様子 .....	27
図 9 : コンポンチュナンとバツタンバンの土壌の様子.....	27
図 10 : カウンターパートとの協議等の様子.....	28
図 11 : STEIN のビジネスフロー .....	36
図 12 : 普及・実証事業段階でのビジネスモデル .....	42
図 13 : 普及・実証段階でのビジネスモデル : A 案.....	43
図 14 : 普及・実証事業段階でのビジネスモデル : B 案.....	44
表 1 : STEIN の概要 .....	12
表 2 : STEIN の成分表 (SPEC 社成分分析表より抜粋) .....	13
表 3 : STEIN 実績 .....	14
表 4 : 製造および価格.....	14
表 5 : 国内価格比較 .....	15
表 6 : 水路比較.....	16
表 7 : 道路比較.....	17
表 8 : 厚さ 15cm の簡易舗装を STEIN とドイツ製硬化剤の比較 .....	18
表 9 : 土質適合性試験結果 .....	24

## 和文要約

本事業では、カンボジア国における道路、灌漑設備（水路、ため池等）等の施行に、土壌硬化剤 STEIN 活用の可能性、および同国でのビジネス展開の可能性の検証を行うことを目的とする。

STEIN は、無機物から構成された STEIN 元素とセメントを混合して作られた粉末状の製品であり、施行も現地の土壌 90 に対して、STEIN を 10 混ぜることで、簡易に施行ができることが特徴である。

スコールや水災害が多く、インフラ設備への予算が限られたカンボジアにおいて、STEIN が活用できる場面は多いと考えられ、STEIN を用いた安価で簡易で丈夫な灌漑施設や農村道路が建設できれば、安定した農業生産、市場へのアクセス、防災といった観点から、社会貢献が可能となる。

本事業において、カンボジアの数か所で採取した山砂、粘土、ラテライト等の土壌を検査した結果、どの土壌においても、STEIN との混合後、 $30\text{kg}/\text{cm}^2$  以上の強度を出せることが示された。ただし、膨張性の土壌の場合、STEIN で固まるものの、STEIN の量が多く必要となり、コスト面から不適合であることが明らかとなった。

また、コンポンチュナン県での STEIN を活用した農道兼水路でのテスト施行の実施により、STEIN、ラテライト、DBST、コンクリートでの水路と道路の建設費用を比較することができた。この比較においても、STEIN の優位性が示された。最も費用が安く、カンボジアで普及しているラテライト道路と STEIN 道路を比較した場合、STEIN 道路はコストが 3 分の 1、耐久性は 10 倍以上という推計結果が示された。

土壌検査、テスト施行により、STEIN がカンボジアにおいて灌漑設備や道路施行に対する経済優位性を持ちうることが示された。

また、ビジネス展開の側面においても、施行の基準等が曖昧な点や、施行現場での施行管理・監督の難しさなどいくつかの課題が明らかにされたものの、おおむね STEIN のビジネス展開の可能性はあると判断した。

そのため、ODA による普及・実証事業においても、カウンターパートである水資源省の指定の施工現場（複数）において、水資源省傘下の指定の施工業者により、STEIN のテスト施工を実施し、カンボジアでの STEIN の実証と普及の活動を行っていきたいとの結論に達した。

具体的には、STEIN の元素を日本から輸出し、カンボジアにおいてセメントを購入、日系企業またはローカルの企業に STEIN 元素との混合を委託することを想定している。その際に、委託製造先への指示や水資源傘下の施工業者に対して、SPEC 社が施工指導・研修を実施し、STEIN の技術と施行ノウハウを伝える活動を行う（研修やセミナーの「普及」活動時には、関連省庁である、地方開発省や公共事業省等の組織の人材も参加が可能なように、事業開始段階から情報共有を行っていく）。



## 案件化調査

### カンボジア王国 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

#### 企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社SPEC(東京都杉並区)
- C/P機関：水資源省 (Ministry of Water Resources and Meteorology: MOWRAM)
- 提案サイト：コンボンチュナン県 (Kampong Chnang province)



#### カンボジア王国の開発課題

- 熱帯性気候に位置するカ国においては、雨に流されない丈夫な農業設備や道路などが非常に重要
- 現状、貯め池や農道などの整備が十分ではなく、その結果農業の機械化などが遅れ、農民の市場へのアクセスを阻害してしまい、貧困解消に繋がらない

#### 中小企業の技術・製品

- 土壌硬化剤STEINは環境に無害な無機物粉体から作られた粉上の製品で、現場土約90%に対し、約10%のSTEINを混和させることで、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可能
- 日本においては、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

#### 土壌検査とテスト施行の結果と提案するODA事業及び期待される効果

- カ国の数箇所採取した山砂、粘土、ラテライト等の土壌検査の結果、どの土壌においても、STEINとの混合後、 $30\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上の強度を出せることが示された(膨張性の土壌の場合、STEINで固まるものの、STEINの量が多く必要となりコスト面から不適格)
- STEIN、ラテライト、DBST、コンクリートでの水路と道路の建設費用比較においても、STEINの優位性が示された。最も費用が安く、カ国で普及しているラテライト道路とSTEIN道路を比較した場合、STEIN道路はコストが3分の1、耐久性は10倍以上という推計結果が示された
- ODAの普及・実証事業を通じ、STEINを活用した灌漑・農道設備の普及が進むことにより、農業用水確保、農村のアクセス・生活向上、災害低減、といった開発効果が想定される

#### 日本の中小企業のビジネス展開

1. STEIN技術の普及:水資源省を中心とした官公庁とのパートナーシップで実施
2. STEIN製造:カンボジアの企業への製造委託またはビジネスパートナーとのJVで実施
3. STEIN施工:現地建設企業とのパートナーシップで実施
4. STEIN販売:カンボジアでの代理店または、ビジネスパートナーとのJV等を検討しつつ事業展開を行う

## はじめに

### 1. 調査名：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

(英文調査名：Feasibility Survey for the Development of Irrigation and Agricultural Facilities by the STEIN Soil Harder)

### 2. 調査の背景

カンボジアは 1991 年の和平協定以降、社会基盤の復興とともに経済発展を遂げてきた。労働人口の半数と、農村部では住民の大半が農業に重視し、GDP の 3 割を農林水産業が占めるなど農業はカンボジアにとって基幹産業となっている。農業のインフラ整備に関しては、国道や一部県道をのぞき、農村部の灌漑施設や農道は未整備のものが多く、雨季には破損または決壊が起こり、乾季には土埃による健康被害など、住民は不便な生活を余儀なくされている。簡易で安価な資材と技術で、小規模ため池および水路を設置する事により、乾季に農業安定生産が可能になる他、雨季の交通確保と共に防災面でも大きな役割を果たすことが期待されている。

### 3. 調査の目的

カンボジアは、雨季と乾季で雨量および貯水量が著しく異なり、雨季に灌漑施設および農業道路や地方道路が水没し、水の引いた乾季には破損した施設が多く見受けられる。また灌漑施設および農業・地方道路が整備されていない事により、乾季の農業用水が確保できず、安定した農業生産が困難である。生活環境においては、農業・地方道路は、雨季は寧泥して交通の確保は困難となり、乾季は土埃が舞い上がり生活環境が劣化する。

SPEC 社が製造・販売する 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）。これらの事象に対して STEIN を使用した灌漑施設や道路を改善し、壊れにくい灌漑施設および道路による安定した農産物生産と、防災を含めた地域の安定した生活向上を目的として、本調査内容を基礎に、以下の 3 つを中心に、STEIN による現地での実証試験を実施する。

- ①灌漑施設および農業道路の造成実証
- ②造成物の経過を観察し、試験・施工内容の確認および改善を実施
- ③STEIN 製造に係る生産技術の実証

### 4. 調査対象国・地域：カンボジア国

テスト施行現場：コンポンチュナン（Kampong Chnang）県バリボー（Baribour）郡  
県道 53A 道沿い（Phun Krous 村付近）

### 5. 団員リスト

提案企業である SPEC 及び松村総合研究所は、主に技術的な側面から STEIN による農業・農村インフラ構築の技術調査を行う。三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングは、制度、市場調査

を担当し、報告書の作成支援を行う。高橋・西原は、パートナー連携およびビジネスモデル策定を担当する。

	従事者名	担当業務	所属先
1	久保祐一	業務主任 プロジェクトリーダー	SPEC
2	岩村隼人	技術 現地調査および土質調査	SPEC
3	松村孝雄	技術主任 現地調査および土質調査	松村総合科学研究所
4	菊地寛宮	技術 現地調査および土質調査	松村総合科学研究所
5	遠藤とも子	経理 帳票および経理の取りまとめ	SPEC
6	畦地裕	市場調査、事業計画策定、報告書作成	三菱UFJリサーチ&コンサルティング
7	秋元潤司	市場調査、事業計画策定、報告書作成	三菱UFJリサーチ&コンサルティング
8	武井泉	チーフアドバイザー 政策分析、開発効果、報告書作成	三菱UFJリサーチ&コンサルティング
9	高橋文明	パートナー連携アドバイザー	個人（日本カンボジア協会会長）
10	西原三千夫	パートナー連携およびビジネスモデル策定支援	個人（東京都中小企業振興公社海外販路アドバイザー）

## 6. 現地調査工程

### ① 第1回現地調査（2016年7月）

	7月11日(月)	7月12日(火)	7月13日(水)	7月14日(木)	7月15日(金)	7月16日(土)
	公共事業チーム	農村開発チーム	全体行動	エンジニアチーム	ビジネスチーム	JICA専門家チーム
7:30			7:30ホテル集合	7:30ホテル集合	7:30ホテル集合	
8:00	8:00ホテル集合	8:00ホテル集合	【確定】JETRO	日本工営 伴輝 Pursat	8:00ホテル集合	
8:30						
9:00		【確定】水資源省 Secretary of State	移動		9:30ホテル集合	
9:30			移動	移動	移動	
10:00		【確定】水資源省研究所	【確定】JBL Mekong Co., Ltd.	【確定】JICA	【確定】CALCAM	
10:30	市場調査	CDC	【確定】JETRO	【確定】JETRO	【確定】JETRO	
11:00						
11:30						
12:00	昼食	昼食	昼食	移動・昼食	移動・昼食	昼食
12:30						
13:00						
13:30			【確定】水資源省	【確定】OMURA Industries Co., Ltd	移動	
14:00		【確定】農村開発省 農道局次長	【確定】JETRO	【確定】JETRO	【確定】公共事業運輸省・ROA専門家	
14:30			【確定】JETRO	【確定】JETRO	【確定】JETRO	【確定】大使館訪問
15:00	【確定】公共事業大臣		【確定】JETRO	【確定】JETRO	【確定】JETRO	移動
15:30			【確定】JETRO	【確定】JETRO	【確定】水資源省	【確定】水資源省
16:00						
16:30						
17:00						
17:30						
18:00						移動
18:30						
19:00						チェックイン
19:30						
20:00						
20:30						20:40フライト
21:00						
宿泊	Sunway Hotel	Sunway Hotel	KM Hotel	Sunway Hotel	Sunway Hotel	Sunway Hotel

### ② 第2回現地調査（2016年11-12月）

- ・ 現地施工のための土壌調査実施予定

- 最終報告書のまとめおよび普及・実証事業のためのヒアリング・情報収集

### ③ 第3回現地調査（2017年2月）

- 現地施工（コンポンチュナン県）
- 現地セミナー実施
- 最終報告書のまとめおよび普及・実証事業のためのヒアリング・情報収集

	2月12日(日)		2月13日(月)		2月14日(火)		2月15日(水)		2月16日(木)		2月17日(金)		2月18日(土)
	エンジニアチーム	ビジネスチーム	エンジニアチーム	ビジネスチーム	エンジニアチーム	ビジネスチーム	エンジニアチーム	ビジネスチーム	エンジニアチーム	ビジネスチーム	エンジニアチーム	ビジネスチーム	9:30 NRT
7:30													
8:00					研修予定 *大村セファック工場見学		研修予定 *WILLON社		研修予定 *研修				
8:30													
9:00				9:00 MOWRAM									
9:30													
10:00			施工打合せ		施工		施工		施工準備				
10:30	10:50 NRT												
11:00													
11:30													
12:00													
12:30													
13:00													
13:30													
14:00													
14:30													
14:40													
15:00													
15:40	15:40 PHN												
16:00						16:00 大連館							
16:30													
17:00													
17:30	フライトへ移動												
18:00													
18:30													
19:00													
19:30													
20:00													
20:30													
21:00													
21:00												22:50 PHN	最終会議(22:50PHN)
宿泊	KM Hotel	東横INNコンバン	KM Hotel	東横INNコンバン	KM Hotel	東横INNコンバン	KM Hotel	東横INNコンバン	東横INNコンバン	東横INNコンバン	東横INNコンバン		

### ④ 第4回現地調査（2017年4月）

- カウンターパートとの普及・実証事業へのプロジェクトの打ち合わせ
- 現地施工後の確認（コンポンチュナン県）
- 最終報告書のまとめおよび普及・実証事業のためのヒアリング・情報収集

	4月26日(水)		4月27日(木)	4月28日(金)		4月29日(土)	
	久保、岩村、武井	西原	全員	久保、武井、西原	岩村	西原	久保、岩村、武井
7:30							
8:00			8:20 BKK (西原)				
8:30							
9:00				9:00 MOWRAM			
9:30			9:30 PHN				
10:00							
10:30	10:50 NRT		10:30 K-cement				
11:00							
11:30							
12:00							
12:30							
13:00							
13:30				13:30			
14:00				Goods Agency			
14:30			CJEC	Logistics(乙仲)			
15:00							
15:30	15:40 PHN			15:30 日本ソフト情報サービス			
16:00							
16:30							
17:00							
17:30							
18:00		18:05 NRT					
18:30							
19:00							
19:30				19:30 PHN (西原フライト)			
20:00				20:40 BKK			
20:30							
21:00							
21:00		23:00 BKK		21:55 BKK	22:50 PHN		
宿泊	TOYOKO-INN PHN	Novotel	TOYOKO-INN PHN		機中		



## 第1章 カンボジア国の現状

### 1-1 カンボジア国の政治・社会経済状況

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。これは、貧困の減少に大きく貢献しており、実際に1992年に50%あった貧困率は、2014年には13.5%まで減少している<sup>1</sup>。もっとも、都市部と農村の経済格差は深刻であり、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0.1%であるのに対し、農村部のプルサットでは、27.8%となっている<sup>2</sup>。しかしながら、近年は、世界経済の停滞等の影響により、国内総生産（GDP）の成長率は、3年連続で6.8%と緩やかに上昇している<sup>3</sup>。

政治体制は、1993年以降、国王を元首とする立憲君主制である。人民党が安定政権を維持してきたものが、2014年7月の国民議会をめぐる混乱と収拾<sup>4</sup>、2015年後半のカンボジア人民党（CPP）によるカンボジア救国党（CNRP）の弾圧による事実上の一党独裁体制への回帰等<sup>5</sup>、緊張した情勢が続いている。この状況は、2017年から18年に行われる選挙まで続くものと予測される。

また、カンボジア社会では、ポル・ポト政権下で村コミュニティへの信頼が低下したが、家族・親族等の血縁を基礎とする社会的絆は現在のカンボジア社会においても重要となっている<sup>6</sup>。

### 1-2 カンボジア国における開発課題

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。労働人口の約半分はいまだ農業に従事し、農林水産業は、GDPの約30%を占める基幹産業である。熱帯地域で雨季と乾季を有し、スコールのような局所的な雨が降る同国においては、安定的な水資源の保有や、雨に流されない丈夫な道路の設備が非常に重要となっている。しかしながら、他の途上国と同様、カンボジアにおいても、農道や貯め池の整備が十分ではなく、特に農道整備が遅れていることで、農業の機械化が遅れ、農民の市場へのアクセスを阻害してしまい、貧困解消に繋がらないという悪循環を生んでいる。

<sup>1</sup> <http://www.kh.undp.org/content/cambodia/en/home/countryinfo/>

<sup>2</sup> Oxford Poverty and Human Development Initiative (2015). “Cambodia Country Briefing”, *Multidimensional Poverty Index Data Bank*. OPHI, University of Oxford, December. Available at: [www.ophi.org.uk/multidimensional-poverty-index/mpo-country-briefings/](http://www.ophi.org.uk/multidimensional-poverty-index/mpo-country-briefings/).

<sup>3</sup> <http://country.eiu.com/Cambodia>

<sup>4</sup> <http://www.kh.emb-japan.go.jp/political/gaikyo/gaikyo%20Oct%202014-4.pdf>

<sup>5</sup> <http://country.eiu.com/Cambodia>

<sup>6</sup> <http://www.senshu-u.ac.jp/scapital/pdf/06inada.jscs4.pdf>



雨季に決壊し、水たまりが多数できている農道の様子

カンボジアは湿潤モンスーン気候で、雨季は5月から10月まで、降雨量は6月と9・10月がピークである。8月は短期間だけ雨が降らない時期があり、非灌漑の雨季稲作に悪影響を及ぼすことがある。年間降水量は1,000～3,400mmで、年間平均は中部氾濫原では1,200mm、高地では2,000mm、沿岸地域では3,400mmと推定される。

日本のカンボジアへの援助基本方針が、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し、重点を3分野に分けて支援を実施とあり、その中に経済基盤の強化の中に分類される農業・農村開発の項目が対象と位置付けられている。特に主要となるコメ生産に係る灌漑施設の改修・整備・技術能力向上は貧困農民の生計向上の観点から、重要な項目となっている。

### 1-3 カンボジア国の農業・水分野における開発計画、関連計画、政策（外資系政策含む）及び法制度

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。この流れは、2014年の国家戦略的開発計画（the National Strategic Development Plan 2014-2018：NSDP）にも示されている。

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経済基盤の強化、②社会開発の促進、③ガバナンスの強化）を中心に支援を実施している。なかでも①経済基盤の強化、に分類される、農業・農村開発の項目において、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JICAも「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」をはじめとする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。

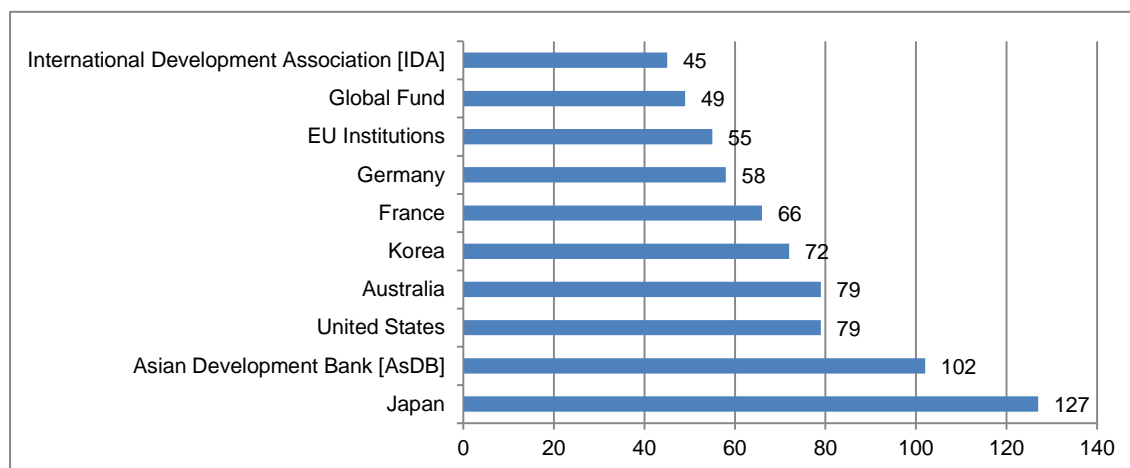
### 1-4 カンボジア国の農業・水分野におけるODA事業の先行事例分析及び他ドナーの分析

カンボジア国においては、多数の国・国際機関が、農業分野への開発支援を同国の経済成長の柱と捕らえ、灌漑施設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>7</sup>。

カンボジア国へのドナーの援助状況については図 1 の通りで、2014 年の援助実績は、日本が 127 百万ドルと最も多く、アジア開発銀行が 102 百万ドルと続いている。

図 1 カンボジア国への ODA 援助額(2014 年実績、国・機関別、上位 10 位、単位：百万ドル)



出所： OECD.stat データベースより作成

アジア開発銀行は、2007 年より、Tonle Sap Rural Development Project を展開し、農村での所得向上を目指した、インフラ整備を行っている。本プロジェクトは、主に、社会的インフラの向上・開発、農業用水マネジメントの向上、農道とコミュニティインフラの向上に注力している<sup>8</sup>。また、2015 年に始動し現在進行中のカンボジア、ラオス、ベトナムを対象とした Second Greater Mekong Subregion Corridor Towns Development プロジェクトでは、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>9</sup>。

USAID は、Feed the Future program 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、カンボジア政府に対し、主に、Battambang、Siem Reap、Kampong Thom、Pursat 地域をターゲットとし、農業生産高の向上、農村の貧困層の生活向上と自然資源の持続可能な管理について支援を行っている。本プロジェクトの一環として、先例となる農家を通しての技術デモンストレーションやサプライチェーンの開発等を行っている<sup>10</sup>。

オーストラリアは、灌漑施設の復興や農薬、殺虫剤、種、製粉産業と協力し、農業生産性の向上に取り組んでいる。2014 年から 15 年にかけて、約 61.3 百万ドルを投じて Kampong Thom、Kampong Speu、Takeo 地域をターゲットとして実施された<sup>11</sup>、Cambodia Agricultural Value Chain program (CAVAC)では、7つの灌漑スキームを復旧・建設し、3,897ha の土地が灌漑設備を提供され、4,221

<sup>7</sup> [http://www.jiid.or.jp/ardec/ardec52/ard52\\_key\\_note3.html](http://www.jiid.or.jp/ardec/ardec52/ard52_key_note3.html)

<sup>8</sup> <http://www.adb.org/projects/37287-013/main#project-pds>

<sup>9</sup> <http://www.adb.org/projects/46443-002/main#project-pds>

<sup>10</sup> <https://www.feedthefuture.gov/country/cambodia>

<sup>11</sup> <http://dfat.gov.au/about-us/publications/Documents/cavac-design-document.pdf>



家族が1年間に複数回、米を生産できるようになった。また、Kampong Thom, Kampot, Takeo での農業生産高と収入が向上した<sup>12</sup>。

フランスの AFD は、1993 年以來、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んできた。2012 年に開始された Support the Implementation of the Sector Policy for the Management of Water Resources and Hydro-agricultural Schemes プロジェクトには、4 百万ドルの無償協力資金と 20 百万ドルの借款を投じ、カンボジア水資源気象省の灌漑政策支援を、水力・農業施設の復旧を通し行った<sup>13</sup>。また、2013 年に開始され、現在進行中の Greater Phnom Penh Water Supply System (GPPWSS) プロジェクトは、59.5 百万ドルの予算規模をもって、Phnom Penh における飲料水へのアクセスを向上のために、Niroth での 2 つめの水施設の建設、Phnom Penh の給水システムの拡張・効率化の支援を行っている<sup>14</sup>。

EU による、カンボジア国家戦略開発計画の支援の中核は、畜産・水産業に焦点をあてた、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>。

カンボジアでは、伝統的に ODA が同国の開発資金の大部分を担ってきたが、外国からの援助と、カンボジア国家戦略的開発計画 (NSDP) やカンボジアミレニアム開発計画 (CMDGs) 等の国内の開発計画の調和が課題となっている。また、支援国間の協調の欠如も、支援の効果をも阻害するものとして問題視されている。加えて、カンボジアの開発関連事業は、歴史的に支援国により主導されてきており、カンボジアの主体性が十分に考慮されてこなかったという問題点も指摘されている<sup>17</sup>。

---

<sup>12</sup> <http://dfat.gov.au/geo/cambodia/development-assistance/Pages/increasing-agriculture-productivity-cambodia.aspx>

<sup>13</sup> <http://www.afd.fr/webdav/shared/PORTAILS/PAYS/CAMBODGE/Press%20release%20AFD%20and%20irrigation%20sector.pdf>

<sup>14</sup> <http://www.afd.fr/webdav/site/afd/shared/PORTAILS/PAYS/CAMBODGE/CKH1121%20PPWSA%20Niroth2%20project%20description.pdf>

<sup>15</sup> [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> <http://documents.worldbank.org/curated/en/2016/05/26342844/cambodia-third-phase-mekong-integrated-water-resources-management-project>

<sup>17</sup> Chanbreth Ek & Hach Sok. (2010). Cambodia. In Wolfgang Fengler & Homi Kharas (eds). *Delivering Aid Differently Lessons from the Field* (pp.63-83) Washington, DC: Brookings Institution Press Retrieved from <https://books.google.co.jp/books?id=g-GgAwAAQBAJ&pg=PA64&lpg=PA64&dq=oda++cambodia+donors+challenges&source=bl&ots=6pywfuWgb6&sig=xONzjT6GcE6xl8w1izbwQXQF-NQ&hl=ja&sa=X&ved=0ahUKewiQpe7JgqfNAhXCKqYKHS06BtA4ChDoAQhNMAY#v=onepage&q&f=false>

## 1-5 カンボジア国のビジネス環境の分析

カンボジアのビジネス環境は、2016年の世界銀行 Doing Business report<sup>18</sup>において、189か国中127位とされている。同書によれば、事業立ち上げ時のコスト、建築許可取得の困難さ、電力の供給不足、契約履行の強制制度不備がカンボジアのビジネス環境の競争力を弱めている要因であると読み取ることができる。

### ① 事業立ち上げ時コストについて

煩雑な手続きや費用が課題である。例えば、事業の立ち上げには7段階の手続きを踏む必要がある（OECD高所得国の平均は4.7段階）、約87日を要する（OECD高所得国の平均は8.3日）。また、ビジネス立ち上げに要する額の一人当たりの国民所得に占める割合は、78.7%（OECD高所得国の平均は3.2%）に達する。

### ② 建築許可の取得について

建築許可取得には、20段階の手続きが必要であり、約652日かかる。このため、建築許可の取得の容易さでは、カンボジアは189か国中181位に位置している。

### ③ 電力の供給について

リーズナブルかつ信頼できる電気の供給もビジネスにとって不可欠であるが、カンボジアで、まず電力の供給を受けるためには、4段階の手続き、179日を要する。その結果、電力の供給の利便性は189か国中145位とされ。一方で、カンボジアは電力供給能力を強化することで、プノンペンでの停電の頻度及び時間を低減することに成功しており、電力環境の改善は期待できる。

### ⑤ 契約の履行強制制度について

契約履行の強制には、483日かかり、その手続き費用は請求額の103.40%にのぼる。これは、189か国中174位に位置づけられている。

以上に加え、2013年の世界銀行「企業調査（Enterprise Surveys）」においては、政治腐敗、非正規セクターの慣習も、カンボジアでビジネスを展開するにあたっての、主な障壁となっていると報告されている<sup>19</sup>。

しかしながら、税制や与信と信用情報へのアクセスは、カンボジアでのビジネス展開に好条件であるとされている。

### ⑥ 税制について

---

18

<http://www.doingbusiness.org/data/exploreeconomies/~media/giawb/doing%20business/documents/profiles/country/KH M.pdf?ver=3>

<sup>19</sup> <http://www.enterprisesurveys.org/data/exploreeconomies/2013/cambodia>

カンボジアでは、企業は、平均的に年間 40 回税金を支払い、173 時間を書類整理等の税金支払い事務に費やしており、合計で利益の約 21%にあたる税金を支払う。このような企業税制は、189 か国中 95 位であり、決して好成績とはいえないが、フィリピン、中国、インドネシアよりも高い順位であり、税制では、経済発展著しい近隣諸国と比べ高い競争力を持つといえる。

#### ⑦ 与信と信用情報へのアクセスについて

与信については、189 か国中 15 位と高順位に位置している。さらに、2012-13 年には、信用情報システムを強化しており、信用情報へのアクセスも進歩している。

さらに、安価な賃金と、インドシナ半島の中心に位置し、メコン川が国土を縦断するという地理的条件も、ビジネスにとって有利な条件である<sup>20</sup>。

現地ヒアリング調査により、カンボジアのビジネス環境を「政情」「経済状況」「インフラ」「法規制」の 4 つの点から下表の通り整理した。

#### ⑧ 政情

項目	内容
外交状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>フンセン首相は中国とベトナムの両方の動きを洞察しており、タイとはタクシン政権時代は関係良好であったが、現在は特に外交に力を入れているわけではない。フンセン政権はしばらく継続すると見られている。</li> </ul>
移民状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国系移民は 20 万人以上と推測され、カンボジア国内で中国語を話す人は 100 万人台に上ると言われている。店舗の多くが中国系の経営者で運営されていると見られている。</li> <li>事業所の数はベトナム系経営者が一番多いとされる。</li> </ul>
地方の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>各州では爵位（オクニャー）が権力を持っている。</li> </ul>

#### ⑨ 経済状況

項目	内容
国内産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>主力産業は農業であるが、コメの生産性はベトナムより低い。</li> <li>カンボジアの主要産業は農業（特にコメ生産）に依存しており、コメ以外ではゴム、キャッサバ等、主要な作物がない。</li> </ul>
日系企業の進出	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本企業の進出ピークは 2011 年だった。現在でも年間 250 法人（個人事業含む）程度が新規に日本から進出しているとされる。</li> <li>業種としては貿易取引（特に古着）が多い。</li> <li>最近日系の投資が増加し、経済特区での工場建設なども増えている。</li> </ul>
金融状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>商業銀行、特別銀行、マイクロファイナンスの 3 種類がある。エシレダ銀行等、マイクロファイナンスから商業銀行になった事例もある。</li> <li>光通信等のオーナーが出資する日系のマイクロファイナンスもある。イオン</li> </ul>

<sup>20</sup> <https://www.mizuho-ri.co.jp/publication/research/pdf/insight/as140214.pdf>

	グループは農機購入のためのローンプログラムを運営している。
商習慣	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的に何でも安ければ安いほど良いという考えで、高品質高価格はあまり通用しない傾向がある。</li> </ul>

#### ⑩ インフラ

項目	内容
労働力	<ul style="list-style-type: none"> <li>国民の識字率が低く（70%台）、大卒人材であっても労働者のビジネスレベルは低い状態であったが、2013年頃から状況が改善し始めている。また、管理職（マネージャー）の貪欲さが他のASEAN諸国と比べて少ない。</li> <li>最低賃金は2011年に月額60ドル程度であったが、4年間で2倍に上昇した。</li> </ul>
鉄道事情	<ul style="list-style-type: none"> <li>シアヌークビル方面の鉄道敷設は完成し、タイ方面の工事がスタートしたベトナム方面の敷設はまだ開始されていない。バタンバンからポイペットまで2016年末までに線路敷設を行うとの発表があったが、工期は遅れている。</li> <li>鉄道は、セメントやコメの輸送などに利用されている。列車のスピードは時速20km前後と遅く、時間的な信頼性は低い。</li> </ul>
道路事情	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路の舗装は十分でない。トラックのサスペンションが付いていない道路が多く、振動に弱いため、機器の輸送には適さない。</li> <li>国道1号線（プノンペンとホーチミンをつなぐ）は2017年現在舗装中で、完成すれば上記区間を3時間で移動できるようになる。ただし、プノンペン市内の道路は1kmの舗装に5億円程度のコストが掛かり、敷設が遅れている。</li> <li>国道1号線のメコン川には、日本の無償資金援助により「つばさ橋（スピエン・ツバサ）」が掛けられ、バスも運行している。</li> <li>プノンペン市内の一部では、過積載の大型トラックは入れないという規制を敷くエリアがある。</li> </ul>
電力事情	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力はほぼベトナムからの輸入に依存している。カンボジアの電力料金はベトナムよりも高い。プノンペン周辺は特に問題ないが、地方では電力供給が不安定である。</li> </ul>
水道事情	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般的に水は豊富で、賃貸住宅でも水道代を徴収している事業者は少ない。水不足もほとんど起こらない。ただし、排水などのインフラが整っていないことが課題である。</li> </ul>
物流	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内陸送費が高く、ベトナムからプノンペンに配送すると、商品の価格がベトナムでの売価の3倍程度にならざるを得ない。</li> </ul>

#### ⑪ 法規制

項目	内容
独資規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地保有、国際輸送、人材派遣等の特別な部分以外は、特に規制はない。</li> <li>外資系企業が土地を所有する場合、カンボジア人・企業の資本が51%以上である必要がある。</li> </ul>
外国投資・	<ul style="list-style-type: none"> <li>具体的なものはなく、ビジネスの独占権は早い者勝ち状態となっている</li> </ul>

項目	内容
許認可	
通関規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>薬品についての規制はあるが、建材関係での規制はない。ただし農作物の輸出入については厳しい。</li> <li>輸入の際に製品の成分表が必要である。</li> </ul>
農地規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>外資企業は農地を購入することができないが、カンボジア資本 51%以上の農業法人を設立し、その法人は農地を購入することができる。</li> </ul>

## 第2章 提案企業の製品・技術の特徴及び海外事業展開の方針

### 2-1 提案企業の製品・技術の特徴

土壌硬化剤 STEIN は、現 SPEC 取締役および松村総合科学研究所社長、元本田技研工業内燃機研究技術者である松村孝雄が、1975 年に無機の薬品化合を行って開発した製品である。

開発当時は重金属類の無害化を目指した製品であったが、当時は寧泥する道路の改善と、氾濫を繰り返す灌漑水路の改修へのニーズが高かったため、土壌を無機薬品化合で硬化させるための製品開発へとシフトし、最終的に土木資材としての土壌硬化剤 STEIN が開発された。

1970 年代の日本の地方は、未舗装や砂利舗装道路が多かった。また、高価なアスファルトおよびコンクリートは、国道、主たる道路や重要河川などにしか採用されていなかった。そういった背景から、現場の土壌と安価な労力を多く活用し、工費が安価で済む STEIN 施工が全国各地で採用されるに至った。

しかし、開発から 40 年以上が経過し、現在の日本においては、土を固める道路施行は殆ど実施されておらず、景観の統一の観点（STEIN 施行の場合、現場の土壌を活用するため、地域によって道路の色が異なるという特徴を持つ）と、より高機能な材料・施工方法が好まれるという理由から、需要が減少している。

他方、開発当初の重金属類の無害化という目的が、現在活用されている。また、近年の広島県や茨城県などで見られた豪雨による灌漑破損でもたらされる自然災害事故を踏まえ、簡易かつ堅牢なインフラ施行技術へのニーズが高まっている。そのため、農村工学研究所と共同で、STEIN を使用した「豪雨時のため池の簡易な補強対策工法の開発」に関する研究を実施している。

表 1：STEIN の概要

項目	内容	備考
品名	土壌硬化剤 STEIN	
性状	粉体	下記参照
材質	無機物（95%普通セメント）	
工法	路上混合および締固工法	下記参照
HS コード	2523.29-0000	

図 2：STEIN 製品と施行の様子



STEIN



施工



灌漑

表 2 : STEIN の成分表 (SPEC 社成分分析表より抜粋)

SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	MgO	不要残分	その他	強熱減量
23.0%	60.0%	5.0%	2.0%	2.2%	2.0%	0.3%	4.5%	1.0%

● STEIN 製品配合比率

STEIN は、30 種類弱の添加剤を事前混和した STEIN 元素を 5% と普通セメントを 95% の割合で混合した粉上の製品である。

土壌硬化剤 STEIN 素材構成

STEIN	=	普通セメント	+	STEIN 元素
		95%		5%

STEIN を用いての「土をかためる施工方法」は、基本的に土と STEIN を適度な水分の中で良く混ぜ、転圧する事により目標強度を得る事ができる。また土は千差万別であるため、目標強度を設定し、配合試験を実施して、土に配合する STEIN 量を決定する必要がある。一般的な STEIN の施工方法は、下記の路上混合方法である。

図 3 : STEIN 施行の様子



①STEIN 敷均

②混合

③転圧

④散水

⑤完成

項	工程	内容
1	STEIN 敷均	目標強度を設定し、事前に配合強度試験した結果を元に STEIN 敷均する
2	混合	適度な水分下で、現場土と STEIN を混和する
3	転圧	間隙を埋めるため転圧をする
4	散水	硬化を促進させるため、十分な散水を行う
5	完成	およそ 1 日で完成

STEIN の施行例として、河川河床、ため池灌漑、農道、自衛隊富士演習場整備の事例 4 例を下記にて示した。

図 4 : STEIN 施行例



● 現地生産について

土壌硬化の基礎となる STEIN 元素は、秘密を堅持し技術の模倣を防ぐため、特許を取得していない。STEIN 元素は日本で製造する。普通セメントと STEIN 元素との混合による工程は、カンボジア国内で製造をする。STEIN 元素とセメントの混合をカンボジアで行う事により、日本のセメントおよび管理費は必要でなくなる上、普通セメント運搬費用に係る重量 95%の輸出が不要となり、その合理化が可能となる。

STEIN は、開発された 1975 年より、土木資材の土壌硬化剤として、全国で多く採用され、国外でも台湾を拠点にアジア圏を中心に、欧米などにも実績がある。実績に関して、特長的な内容を抜粋し下記に示す。

表 3 : STEIN 実績

	国内	海外
施工数	1,500 か所 ※47 都道府県	300 か所
向先	官庁および地方自治体、自衛隊	台湾、マレーシア、インドネシア、他アジア、米国、ドイツ
用途	道路、灌漑施設、河川、浚渫、自衛隊など	道路、灌漑施設など
施工	大手ゼネコン、道路施工企業、造園企業など	各国地元企業
備考	自衛隊機関紙にて、富士演習場実験報告書掲載	

表 4 : 製造および価格

	概要	備考
製造キャパシティ	製品 : 20MT/日 元素 : 1.5MT/日	
製造場所	北海道旭川	
製品価格	50,000~90,000 円/MT	国内販売価格・向先用途により変動

● STEIN で製造された構造物の位置付け、および景観上の比較

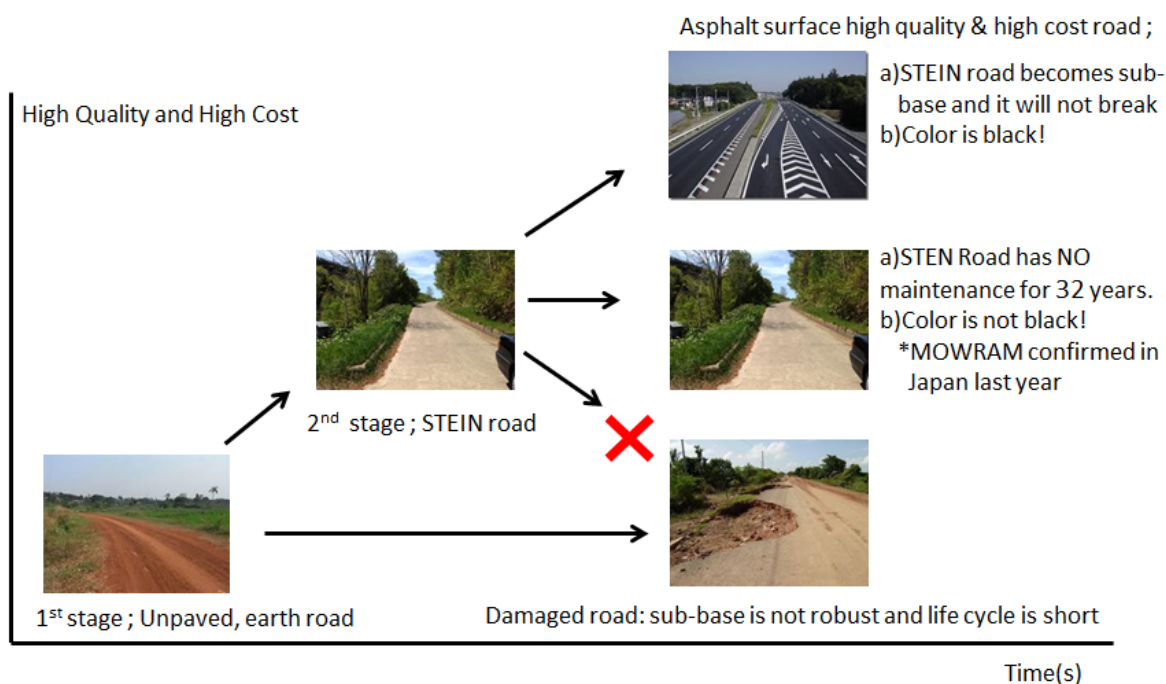
道路整備は経済発展とともに変化してきた。寧泥する未舗装道路から、砂利道路となり、STEIN 道路を経て、生活水準の向上と共に、高級なアスファルト道路へと改良が重ねられた。STEIN は、未舗装道路とアスファルト道路の中間段階としての役割を果たした。

カンボジアでも、DBST 施工（簡易アスファルト道路）も見受けられるが、サブベース（アスファルト層の下層路盤）の設計不備または施工技術の不備から、路面陥没などが発生している。これらは、中間となる技術蓄積もなく、サブベースなしに道路施工されたために起きている<sup>21</sup>。

一般的な道路は、生活基盤が向上するに従い、排水性、耐久性、静穏性などを保有する品質の高い道路へ移行する。通常は、砂舗装、STEIN 道路、アスファルト道路またはコンクリート道路となる。施工コストも品質の向上に伴い上昇する。

STEIN と対象土との標準的な配合比率は、STEIN : 対象土 = 10 : 90（重量比）となる。STEIN 施行の構造物は、原料の 9 割が現地の土壌となるため、構造体の色味も現地の土壌象の色に近いものとなる。景観上の観点から、経済発展が進むと、地域によって異なる構造物よりも、地域に寄らず同じ色合いのアスファルト（黒色）やコンクリート（灰色）への要請が大きくなった。

図 5 : 道路設備と経済発展



出所：本調査団作成

● 国内価格比較

下記は、日本国内においての道路施工の工法および価格の比較表である。

表 5 : 国内価格比較

	アスファルト道路	コンクリート道路	STEIN Road-Bed 表層アスファルト	STEIN 道路
平米単価	7,000-9,000 円/m <sup>2</sup>	8,000-10,000 円/m <sup>2</sup>	3,500-5,000 円/m <sup>2</sup>	2,500-4,000 円/m <sup>2</sup>

<sup>21</sup> 事前調査（2015 年 7 月）での公共事業省の大臣 TRIM IV TEK 氏とのヒアリングより。



	アスファルト道路	コンクリート道路	STEIN Road-Bed 表層アスファルト	STEIN 道路
比較	100 (基準)	≒110%	≒55%	≒45%

カンボジアでは、合計3回の現地調査を通じて、アスファルト、コンクリート、ラテライト、DBST、STEIN での水路または道路施工の際の比較表を、下記のような形で作成し、検討を行った。

#### ① 水路比較

水路は、現地の状況を考慮して、土水路、コンクリート3面張り、STEIN 水路の比較を実施した。対象となる水路の規格を、水路底盤 1,000mm、深さ 500mm、厚さ 100mm、勾配 1:1 として、長さを 100m として算出した。また算出根拠は、カンボジアの *Standard Materials Price List for infrastructure*、現地企業からのヒアリング、洪水吐兼生活道路の施工価格を元に算出した。またライフサイクルコストは水資源省、農村開発省、公共事業省などからのヒアリングを参考とした。輸送費ならびに管理費は含んでいない。

**表 6 : 水路比較**

水路条件：水路底盤 1,000mm、深さ 500mm、厚み 100mm、法勾配 1:1、輸送費・管理費含まず（単位：円）

項目	土水路		鉄筋コンクリート (三面張り)		STEIN 水路	
	項目	根拠	項目	根拠	項目	根拠
延長(m) (a.)	100m	1-1	100m	2-1	100m	3-1
施工単価 (円/m) (b.)	588	1-2	16,334	2-2	11,192	3-2
施工費 (円) (c.=a.*b.)	59,800		1,633,400		1,119,200	
耐用年数 (年) (d.)	3	1-3	30	2-3	30	3-3
年当たり施工費 (円/年) (e.=c./d.)	19,600		54,447		37,307	
維持管理費 (円/年) (f.)	24,640	1-4	4,928	2-4	4,928	3-4
年当たりコスト (円/年) (g.=e.+f.)	44,240		59,375		42,235	
評価						

根拠 1-1、2-1、3-1：既存土水路を改修する

根拠 1-2：施工単価は維持管理費（円/m/年）の2倍を見込む

根拠 2-2：コンクリート量 0.24m<sup>3</sup>/m、施工面積 2.4m<sup>2</sup>/m、施工費円 16,334 円/m

根拠 3-2：STEIN 価格 40,000 円/ton、配合量 0.2ton/m<sup>3</sup>、対象土量 0.45ton/m、STEIN 使用量 0.09ton/m、施工面積 2.4m<sup>2</sup>/m、出来高 24m<sup>2</sup>/日(10人)、施工費用 11,192 円/m

根拠 1-3、2-3、3-3：経験値

根拠 1-4：年1回作業、人件費 22,000 リエル/日、40人、24,640 円/年

根拠 2-4、3-4：土水路の20%を計上

根拠為替：0.028 円/リエル、115 円/ドル

根拠資料：Standard Materials Price List for Infrastructure

大村セラテックのコンクリート舗装価格

洪水吐兼生活道路の施工価格

出所：本調査団作成

道路は、ラテライト道路、鉄筋コンクリート道路、DBST 道路、STEIN 道路と比較を実施した。対象となる道路の規格は、道路幅 4000mm、厚さ 150mm とし、長さを 500m として算出した。交通量を地方の生活道路とした。また算出根拠は、*Standard Materials Price List for infrastructure* 及び企業ヒアリングを元に算出した。またライフサイクルコストは水資源省、農村開発省、公共事業省などからのヒアリングを参考とした。輸送費ならびに管理費は含んでいない。

表 7：道路比較

道路条件→道路幅 4,000mm、厚さ 150mm、輸送費・管理費含まず（単位：円）

項目	ラテライト道路		DBST		鉄筋コンクリート		STEIN 道路	
	項目	根拠	項目	根拠	項目	根拠	項目	根拠
延長(m) (a.)	500	1-1	500	2-1	500	3-1	500	4-1
施工単価 (円/m) (b.)	1,380	1-2	24,501	2-2	27,223	3-2	7,466	4-2
施工費 (円) (c.=a.*b.)	690,000		12,250,500		13,611,500		3,733,000	
耐用年数 (年) (d.)	2	1-3	10	2-3	30	3-3	30	4-3
年当たり施工費 (円/年) (e.=c./d.)	345,000		1,225,050		453,717		124,433	
維持管理費 (円/年) (f.)	51,750	1-4	122,505	2-4	45,372	3-4	18,665	4-4
年当たりコスト (円/年) (g.=e.+f.)	396,750		1,347,555		499,089		143,098	
評価								

根拠 1-1、2-1、3-1、4-1：道路を舗装する

根拠 1-2：ラテライト価格 665 円/ton、対象土量 0.6ton/m、施工面積 4m<sup>2</sup>/m、出来高 500m<sup>2</sup>/日(日本土舗装の経験値)、施工費用 1,380 円/m

根拠 2-2：DBST 価格 57,214/ton、DBST 量 0.6ton/m、路盤 300mm、施工面積 4m<sup>2</sup>/m、施工費用 24,501 円/m(コンクリート道路の 10%減：農業開発省)

根拠 3-2：コンクリート価格 10,488 円/m<sup>3</sup>、コンクリート量 0.6m<sup>3</sup>/m、施工面積 4m<sup>2</sup>/m、施工費用 27,223 円/m

根拠 4-2：STEIN 価格 40,000 円/ton、配合量 0.2ton/m<sup>3</sup>、対象土量 0.6ton/m、STEIN 使用量 0.12ton/m、施工面積 4m<sup>2</sup>/m、出来高 500m<sup>2</sup>/日(洪水吐兼生活道路実績より)、施工費用 7,457 円/m

根拠 1-3、2-3、3-3、4-3：経験値

根拠 1-4:施工費の 30%を計上

根拠 2-4、3-4、4-4：年あたり施工費の 10%を計上

根拠為替：0.028 円/リエル、115 円/ドル

根拠資料：Standard Materials Price List for Infrastructure

大村セラテックよりのコンクリート舗装価格

洪水吐兼生活道路の施工価格

出所：本調査団作成

各工法の費用対効果を上記の通り整理すると、STEIN 工法は他のいずれの工法と比較しても有利な結果となった。しかし懸念される内容としては、ライフサイクルコストの算出の際の耐用年数と維持管理費用である。両者は、係数が代わると大きく変動する。ラテライト道路においても、現地での関係者ヒアリングでは 2 年程度の耐久性との声が多く、この値を設定した。またラテライト道路を基層として DBST 道路を造成した場合、ラテライトが流出しまい道路が崩壊する場合があると声もあった（水資源省、地場企業からのヒアリングによる）。また対応する道路施工の品質も、道路基準に則った施工になっていないため、上記の比較の際には注意が必要である。

● 国外土壌硬化剤との価格・技術比較

基本的な工法による価格比較は、日本国内価格の場合、土壌硬化工法で比較される有機物由来のドイツ製硬化剤との比較は下記の通りとなっている。

表 8：厚さ 15cm の簡易舗装を STEIN とドイツ製硬化剤の比較

品名	STEIN	ドイツ製硬化剤
平米価格	2,000 円/m <sup>2</sup>	3,000 円/m <sup>2</sup>
性状	無機系粉体	有機系液体
施工	土壌と混合	土壌と混合
発現強度	1	0.7

出所：本調査団作成

類似技術として、通常セメントおよびセメント系固化材と比較される事がある。強度を発現目標に置き、セメントもしくはセメント系固化剤の配合量を過度に上げた場合、セメントの特性である水和と共に発生する収縮により大きなひび割れ（クラック）を起こすことがある。

STEIN と通常セメントは、見た目では粉体で似ているものの、性能的には異なるものであり、比較対象として適切ではない。

## 2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

現在、日本において STEIN を活用した土を固める公共事業および民間事業は年々減少している。現在の公共・民間事業では、コンクリート施工を中心とした、景観がよく高機能な材料および施工方法が選択されている。

2015 年に、STEIN が東京都中小企業振興公社の海外支援商品に選出されたことが、SPEC 社が海外市場に目を向けるきっかけとなった。そして、土を固める需要および要請が、低・中低開発国および地域にある事を認識した。これまで SPEC 社が訪問したカンボジアをはじめ、ミャンマー、ベトナム、スリランカ等を訪問し、STEIN への高いニーズを実感し、これらの国々が先進国と同レベルのインフラ技術や材料を求めているわけではなく、よりシンプルで安価な技術と材料を必要としていることを併せて認識した。

SPEC 社株主である、松村総合科学研究所は STEIN 海外製造実績および施工実績を有している。また、同株主の久保金属も 1980 年代よりシンガポールおよびマレーシアに支店を持ち（現在、資本関係はないが、シンガポールとの取引は 30 年余継続している）、海外貿易のノウハウを有す。以上の理由から、SPEC 社として海外事業展開を行うことを決定した。

SPEC 社の海外事業においては、1970 年代の日本のインフラニーズに近い環境を持つ国および地域に対して、公共・民間事業向けの基礎的材料を供給する事により、当該国・地域の生活環境の向上に貢献するというビジョンを掲げる。

また長期的には、本事業でのカンボジアでの事業展開を基礎として、近隣アジア諸国、更にはアフリカなどの低開発国および貧困地域への展開を検討していきたい。また、温暖化による

永久凍土の融解問題が深刻な寒冷地域も視野に入れ、STEIN によるインフラ部門での地域の発展に寄与したいと考えている。

## 2-3 提案企業の海外進出によって期待される我が国の地域経済への貢献

### 2-3-1 現時点での日本国内の地元経済・地域活性化への貢献

STEIN は、その技術が開発された 1975 年以降、日本の全都道府県で道路施工に活用された。STEIN が採用された理由は、未整備の道路や灌漑設備などを整備する際に、限られた予算の範囲内で、現場の土壌を利用して、STEIN で硬化させることが出来たためである。STEIN は、道路のみならず、灌漑施設、農業施設などにも活用された。例えば、北海道開発局、建設省（現国土交通省）、農林水産省の公共事業（道路、灌漑、浚渫等）、当時の国鉄の新幹線および幹線、自衛隊の演習場の整備などに、採用された実績がある。また地方自治体においては、公園、河川敷など緑地整備の施工に採用された。

海外では、松村総合科学研究所が 1980 年代に台湾に製造工場を持ち、マレーシア、インドネシア、中国、韓国などのアジア地域に事業展開した。欧米では米国およびドイツにも出荷した実績がある。しかし当時は、情勢の不安定さ、技術の盗用、品質管理体制の不備等の課題があり、最終的には天安門事件をきっかけに、撤退を余儀なくされた。

2007 年には、株主の久保金属社は、緑資源機構の新技术開発の一環で、北見工業大学と寒冷地に特長的な凍害問題の解決のための共同研究を実施した。また現在は豪雨による河川および農業施設の破損決壊による甚大な被害に対して有効であるとされる、ため池<sup>22</sup>も調査対象となっており、NARO の農村工学研究所と、STEIN を使用した灌漑施設に対して「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、整備された地域および流域に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。

### 2-3-2 本調査で検討する ODA 案件化及び海外展開を実施することで見込まれる日本国内の地元経済・地域活性化

「土を固める」という性能に関しては、未舗装で寧泥した道路、氾濫する河川および未整備の灌漑が多い国々においては、市場のニーズが存在する。これらの課題に対して、STEIN により施設整備を実施し、生活向上に貢献できると考える。

日本においては、前述の通り北海道を中心に、すでに公共・民間事業の多くで STEIN が活用され、地域のインフラ整備に貢献している。また、STEIN はコンクリートやアスファルトに比べ、メンテナンスのコストが格段に安く、ライフサイクルコストの面からも、地方財政への負担を少なくしている。

<sup>22</sup> 全国に 20 万か所程度あるため池に対して、4,000 か所が危険認定されている。

### (1) 事業実施による国内の雇用創出、新規開拓、新規開発、および関連企業の売上増

本事業により海外での STEIN 生産を実施する場合、日本から約 30 種類の原料を輸入し、STEIN 元素を現地で調達したセメントを混ぜる、という製造工程が必要である。その STEIN 製品を製造し、管理し、輸送する際に雇用が発生する。

新規開拓は、カンボジア事業を基礎として、近隣の中・低開発国および地域への展開が考えられる。

新規開発に関しては、STEIN が活用される国・地域での土壌の状況、湿度、管理状況などに応じて、土壌検査を行い、最も高い性能を発現させるための STEIN の改良などを行っていく予定である。

### (2) 事業実施による新たなパートナーとの連携及び連携強化（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）・上記の他、事業実施による国内地元経済への裨益

前述の通り、SPEC 社及び松村総合科学研究所では、北海道を中心とした灌漑施設、道路、農業施設等のインフラ施工に多くの知識とノウハウを有する。そういった知識とノウハウを活かしながら、新技術を保有する研究機関や大学などと連携をとる事により、同技術や工法の利用および新たな技術を検討することが出来る。それによりカンボジアを含む途上国に適した日本の技術を研究したいという、日本の学生や研究者への知的貢献にも裨益するものと考えられる。

## 第3章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果

### 3-1 製品・技術の現地適合性検証方法（検証目的・項目・手段など）

#### 3-1-1 調査方針

土壌硬化剤 STEIN が、カンボジアで必要とされる灌漑施設および農業・地方道路の STEIN の可能性を調査する。

- ・ 現地カンボジアでの灌漑施設および農業・地方道路の調査
- ・ STEIN への理解およびカウンターパートとの調査連携体制の確立
- ・ 土質検査実施に係る研究機関および大学などでの装置調査
- ・ 現場土の土質検査および配合試験による、STEIN の対応可否の確認
- ・ 試験結果を基礎とした現場調査を実施、STEIN の対応可否の調査

#### 3-1-2 調査内容・方法

##### 調査内容

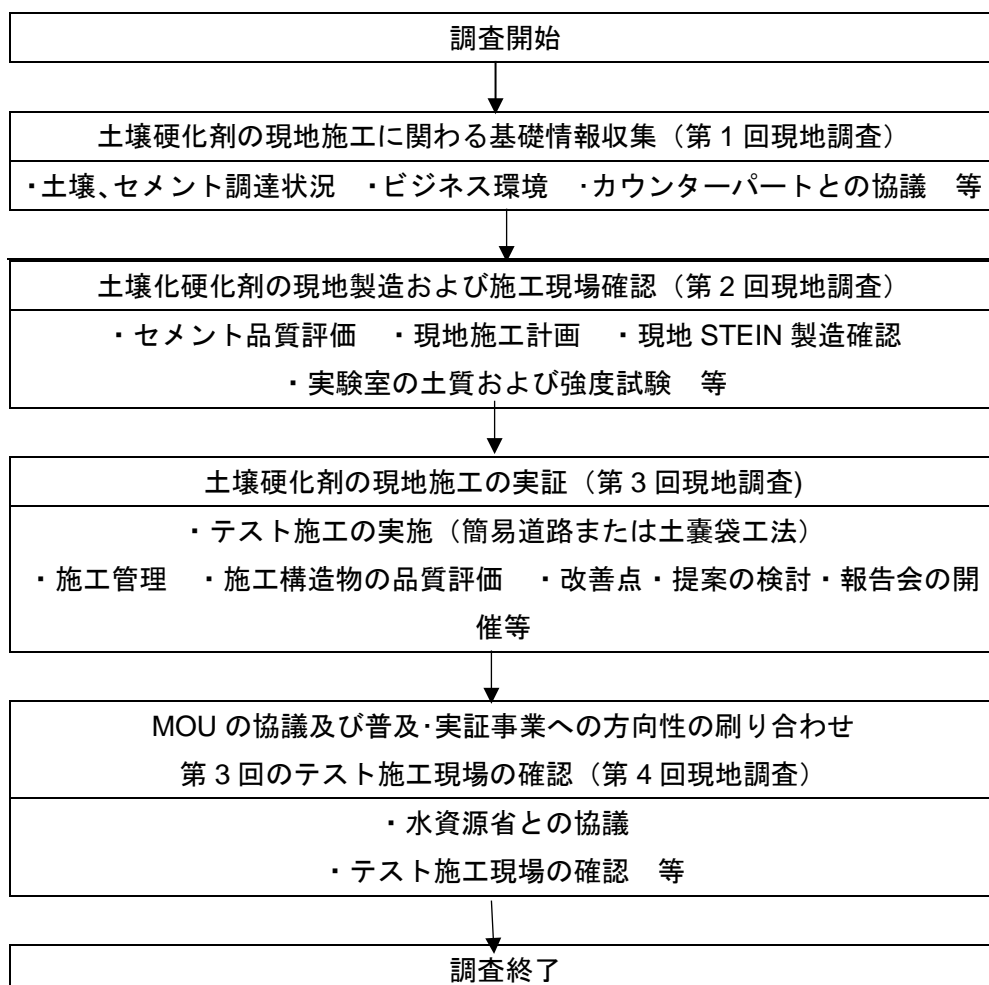
項	国	調査項目	内容	場所
1	カンボジア	現状調査 体制確立	灌漑施設および農業・地方道路の現地視察による調査と、調査体制の確立	対象省庁 対象現地

項	国	調査項目	内容	場所
		試験体制確認		大学など
2	カンボジア	土質試験 1	対象となる土質を調査する	水資源省研究所
3	カンボジア	土質試験 2	土質検査を受けて現場での調査	水資源省研究所
4	日本	技術視察	カウンターパート来邦にて、対象となる STEIN 施設および検査方法の視察	当社研究所 施工現地

### 3-1-3 調査および方法

現地調査は計 4 回実施し、カウンターパート技術士の本邦研修を 1 回程度実施した。

- ・ 第 1 回：現地視察によるニーズの調査、現地カウンターパートとの体制確立、カンボジアの土質検査などの機関および機器の確認
- ・ 第 2 回：対象地の現地土の土壌検査および配合試験を実施し、STEIN の有効性を調査
- ・ 第 3 回：土質試験の検証を日本国内で実施して、カウンターパートおよび試験機関と調査結果を擦り合せて評価、テスト施工の実施
- ・ 第 4 回：MOU の協議及び普及・実証事業への方向性の刷り合わせ、第 3 回のテスト施工現場の確認
- ・ 本邦研修：STEIN の有効性調査に係る技術検証と、施工現場の視察にて可能性を確認



### 3-1-4 想定するカウンターパートへの働きかけ

2016年5月のSPEC社による事前調査では、日本でのSTEINの実績および技術内容の理解を得られた。また各省庁より要請された内容としては、関係者や現場技術担当者への理解を深めるために、ワークショップの開催、試験施工などによる技術理解に関する研修の実施等であった。

本事業においては、カウンターパートを水資源省とし、STEINの基礎的な技術の習得、設計技術、施工技術などで連携し協力を仰ぐこととなった。また土質検査は、水資源省の土質研究室において調査および配合試験の実施を行った。

### 3-2 製品・技術の現地適合性検証結果

現地検証の内容は、第1回目渡航（2016年7月10日～17日）にて対象土質を対象地であるコンポンチュナンの山砂と決定していたが、水資源省との摺合せの中でラテライト、粘土を加えて3種類の適合性検証を実施する事とした。

第2回渡航（2016年11月30日～12月14日）では、採取現場となるコンポンチュナンで対象土を採取し、水資源省内にある土質研究室に於いて、同省研究員の協力を得ながら、土質試験ならびにSTEINによる強度試験を実施した。



施工現場での土採取 1



施工現場での土採取 2



水資源省の土質研究室での試験

第3回目渡航（2017年2月12日～18日）では、採取場所であるコンポンチュナンにおいて、既存の洪水吐兼生活道路（幅10m長さ30m）に接続した、STEINの洪水吐（幅10m、長さ10m）を施工した。また本施工を終え水資源省にて、調査事業の報告会を実施した。



コンポンチュナン洪水吐施工



洪水吐兼生活道路完成

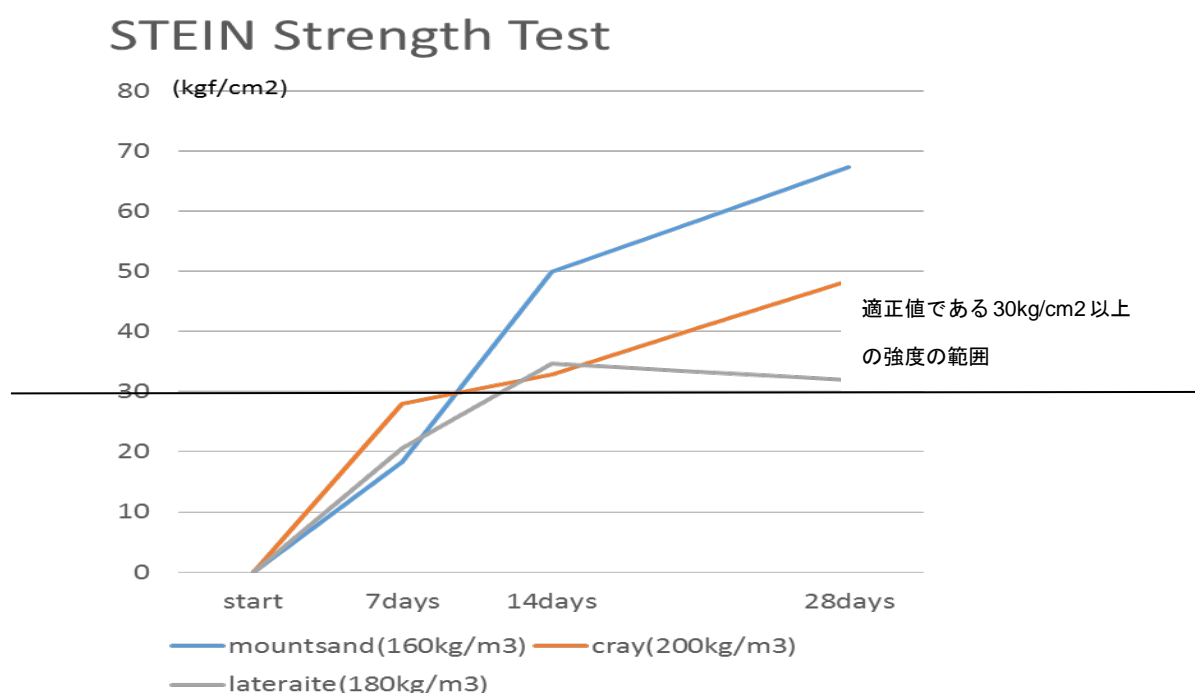


水資源省での報告会

現地適合性検証の適合判断基準は、STEIN と土壌を混合した 28 日後の一軸圧縮強度試験において 30kg/cm<sup>2</sup>以上の発現を得る事、とした。これは通常大型自動車 (20 トン)のタイヤにかかる荷重、1cm 平方あたり 6.4kg と比べると 5 倍ほどの値である。そのため、この基準であれば過積載があったとしても、道路に掛かる荷重は分散され、問題はない<sup>23</sup>。

適合性検証の結果、対象土となる「山砂」「ラテライト」「粘土」と STEIN を混合することで、いずれも目標強度であるセンチ平方あたり 30kg を越えることが示され、STEIN との適合性があると判断できた (下図の適合性試験結果参照)<sup>24</sup>。

図 6 : 土質適合試験結果



注 : Mount Sandy soil : 山砂、Clay and Silt : 粘土、Laterite soil : ラテライト

出所 : 本調査団調査

<sup>23</sup> 植物の根が侵入する基準は、1cm 平方あたり 20kg とされている。

<sup>24</sup> 他方、2015 年に国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構の農村開発研究所によるカンボジアの膨潤性の土壌に関しては、STEIN で固まることは確認できたものの、高配合にする必要があり、経済的面での課題と強度発現の目標値をクリアすることができなかったという理由から、同研究所より構造物に適さない土質であると判断されている。しかし試験体数が少なかったこともあるので、試験数量を増やし調査することにより低配合でも必要強度を達することも考えられるので検討の余地はある。



表 9：土質適合性試験結果

Type of Soil	Mount sandy soil	Clay and Silt	Laterite soil	Expansion soil
Place	Kampong Chhnang	Kampong Chhnang	Pursat	Kandal Stung
Evaluation	good	good	good	Not suitable
Remarks	Pilot work in Feb. 2017			Offered by NARO 2015

出所：本調査団調査

現地適合性試験を実施した中で、問題点ならびに改善が必要な項目も把握する事ができた。ひとつ目は、供試体成型に係る成形精度の低さ、ふたつ目は、供試体を養生する際の養生方法である。供試体の成形精度については、土の突き固め方法のばらつき、供試体を型から外す脱型時の道具不備による成形精度が低い結果となった。また STEIN は養生をする事により強度発現が高まるが、必要な水分が蒸発した可能性があり、予想強度を下回る結果となった。これらの問題は強度試験の結果にあらわれ、配合設計に大きく係る事となる。

これらの解決方法としては、繰返し性の高いつき固め装置の導入、脱型時の道具の整備、養生方法の検討が必要となる。また併せて、供試体による配合試験の重要性の理解を得るための教育が必要である。

第3回目に実施した洪水吐兼生活道路の施工は、調査団の日程の問題から、最小限の時間で施工する事となった。工程は、事前準備として STEIN を日本から輸出した上で、現場での施工重機・道具の集約、作業員の手配を行った。施工1日目は、準備工、STEIN と土の攪拌、布基礎施工、養生を行った。施工2日目は、土の攪拌、不陸整正、STEIN 敷均、STEIN と土の攪拌、転圧、散水を実施した。施工3日目は、施工不具合箇所選定と、リペア作業（対象箇所をはがし、STEIN と土を混和した物を転圧施工する）を行った。

不具合が生じた理由は、当初施行会社に依頼していたローラーが想定よりも大きかったこと、また施工者の理解不足により、転圧の際に、ローラーを「切り返し」することにより、土と STEIN の間に空気が入ってしまったことによる。これは、道路幅に合ったローラーを使用することと、施工者がローラー転圧時に切り替えをしないよう、必ず一方からローラーを押し付けることで解決できる問題であり、普及・実証事業段階の施工においては、留意すべき課題としたい。

本施工後の2ヵ月後現場を確認したが、問題は見られなかった。本目的でもある、雨季のトンレサップの水嵩増量による構造物（洪水吐兼生活道路）の経時変化も今後フォローアップして耐久性を確認したい。

図 7：洪水吐および生活道路の施工工程



準備工



型枠工



不陸修正



STEIN 敷均



攪拌



転圧



リペア箇所確定



リペア



完成

出所：本調査団撮影

STEIN 施工を振り返り重機や道具の準備(適正な道具が揃える事が難しい)、施工技術および品質に対する意識レベルのバラツキ（仕事への取組意欲の低い作業者が多い）、時間に対する意識の低さ（作業者だけでなく、全体的にゆっくりとしている）などの問題点が把握できた。日本でのヒアリング、カンボジアで運営されている日本企業よりのヒアリングにより予想していた範囲を越えており、現場の技術レベル、意識レベルなど、今後取り組むにあたり教訓となった。

### 3-3 対象国における製品・技術のニーズの確認

STEIN に関してのニーズについて、各省庁等を訪問した際に確認し、以下のような意見を得ている。

対象	具体的なニーズ
水資源省	<ul style="list-style-type: none"> <li>これまでのコンクリート製法では水路の側面が壊れやすいため、側面の原料や補修に STEIN が使用できるならば理想的である</li> </ul>

対象	具体的なニーズ
	<ul style="list-style-type: none"> <li>STEIN を使用することにより土地も固くなり、コストも安くなるのであれば水資源省としては 100%サポートしたい</li> <li>現在進行中の JICA の西部灌漑プロジェクト（円借款）のサイト 6 か所の内、コンポントチュナンのサイトは土壌が砂（他サイトは粘土質）であり、土壌流出が大きな問題になっている。もしこのサイトで STEIN が活用できることが分かれば、すぐにでも使いたい</li> <li>現在のカンボジアの工法では、水路を長年使えるようにするにはプレートコンクリートを引くしかないが、それではコストが掛かりすぎる。コンクリートを引かない場合は、2 年間くらいしか水路を保てない</li> <li>STEIN の効果・コストについて、国の予算を決める財務省を納得させないと予算は出ない。従い、経済効果をうまく説明できる点がポイントである</li> </ul>
農村開発省	<ul style="list-style-type: none"> <li>地方道路、または道路のサブベース<sup>25</sup>・ベースコース<sup>26</sup>の原料として有用である</li> <li>耐荷重の面等、実際に現場を見てみないと判断できない部分も多く、何かしらのパイロットテストを行う等で同省としても STEIN の効果を実際に確認したい</li> <li>JICA のパイロットスタディーとして、500m 程度の施工道路を建設し、それにより耐久性や磨耗性、水の浸透などについて調査し、カンボジアの気候や条件に合っているという証拠が欲しい</li> </ul>
JETRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>STEIN のポテンシャルは相当あると感じている。特に水田漁業（リフュージ）を増やしたいというフンセン首相の意向があるため、ため池建設の用途に使えるのではないか</li> </ul>
日系ゼネコン 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>国道 5 号線案件のような土質改良のニーズはあるだろう</li> <li>建築関係では、建物の解体後の埋戻し等にもニーズがあるのではないか</li> </ul>
日系ゼネコン 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>インターロッキングのベース（下地）の素材に適切なものがないため、STEIN が下地として活用できるようであれば非常に興味がある</li> <li>雨天時でも施工できるかどうかポイントであり、もし可能であれば大きな強みになる</li> <li>また川岸の補修についてのニーズはあり、実際に水資源省から川のふちが削られていき、崩れていってしまうのを何とかしたいと話している</li> </ul>
日系ゼネコン 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>面積次第ではあるが重要なのは工事費と耐久性である</li> <li>碎石山が少ないカンボジアでは、土と混ぜて固められる STEIN への需要は拡大すると思われる。特に地方の道路整備にも有利な工法だと思う</li> </ul>
現地ゼネコン 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>STEIN 需要は道路が一番大きいであろう。カンボジアでは全ての道路をアスファルト舗装にする必要はなく、県道、農道、私有道などは STEIN 活用の可能性が有る</li> </ul>
現地ゼネコン 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>灌漑設備の未整備は農業振興の大きな障害となっており、STEIN への需要はあるだろう</li> <li>アクセス道路・農道に対するニーズも高く、特に工期が短くて済むのであればそれが強みになる</li> <li>最近では農業土木の機械化（油圧ショベル、通称コンボ）も進みつつあるため、そういった機械が通るために道路の舗装が必要になる</li> </ul>
JICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 桁、2 桁国道の舗装は進んでいるが、3 桁 4 桁国道の舗装は全くできていない。公共事業運輸省の予算も限られているため、STEIN が安価に道路舗装ができるのであれば、3・4 桁国道の舗装に対応出来ればよい</li> </ul>

各方面からの STEIN に対する高い期待とニーズは確認できたが、省庁においては、実際に試験結果等のエビデンスがなければ、省庁では予算の確保が難しい等の理由から、JICA 普及・実証事業を活用する等の手法で具体的な実証を進めていくことが必要であることが再確認された。

### 3-4 カンボジア国の開発課題に対する製品・技術の有効性及び活用可能性の確認

<sup>25</sup> 土の層の上から 3 番目にあたる部分。厚さはおおよそ 20 cm 程度。

<sup>26</sup> 土の層の上から 2 番目にあたる部分。厚さはおおよそ 30 cm 程度。なお 1 層目はアスファルト（厚さ 5cm 程度）、最下層はベース（厚さ 29cm 程度）。

現地調査では、現場視察、土質研究室視察、施工基準書入手、ヒアリングなどを実施した。調査の結果、STEIN でカンボジアの土壌を硬化させて構造物を造成することは有効と考えられる。

- 事前調査による有効性

共同研究先である国立研究開発法人農研機構より 2014 年に依頼された、カンボジア土壌の硬化試験に於いて、膨潤性土については不向きであるが、砂質系土質、シルト系土質、粘性土に関しては、STEIN と混和する事が可能であれば有効であると判断されている。よって現地土での実証調査を実施して土質および STEIN 配合強度試験を実施して検証した。

- 現地視察による土質状況および確認

現地視察は水資源省との打合せにより、コンポンチュナンおよびバタンバンの現地を訪問し現地状況を視察した。その際、JICA プロジェクト設計を担う日本工営より、土質の特長など説明を受けた。

図 8：コンポンチュナンでの調査の様子



コンポンチュナンにて土質説明



現地セメント



主要道路材(ラテライト)

出所：本調査団撮影

コンポンチュナンでは、砂質系土質であり崩れやすく透水性が高く、バタンバンでは、ラテライト系のシルトを含む赤土であり、カンボジアでは簡易舗装に使われる素材であることが判明した。両土質ともに、膨潤性土質ではない事が確認され、また同土壌は試験を要するが経験上、硬化可能であると判断される。

図 9：コンポンチュナンとバタンバンの土壌の様子



コンポンチュナン(砂質土)



バタンバン(ラテライト)

出所：本調査団撮影

また水資源省の土質実験施設へ訪問し、当方土質および STEIN 配合強度試験が可能であるかの調査を実施した。装置・作業道具等は日本からの ODA 支援により提供された日本製のものが多く、試験に有用な機器が揃っていた。また不足と考えられる道具については、来邦にて当社技研を視察した際に説明し、道具とその使い方の研修を行った。

図 10 : カウンターパートとの協議等の様子



水資源省と JICA 調査団



調査チームキックオフ



水資源省土質研究室

出所：本調査団撮影

#### ● 現地施工基準および現地視察状況

現地施工基準に関しては設計基準書があり、公共事業省が発行している。これに沿って水資源省は設計を実施していることが明らかとなった。基準書は米国の基準に従っており、日本でも使用できる内容の基準書となっている。現場土を硬化させ灌漑および農道造成など、かつて日本で STEIN を使用した構造物と同様であれば、STEIN が有効に利用されると思われる。

現場視察を実施した際、ラテライト道路や簡易水路では、上記の基準書に準拠して施工されていない事が判明した。この事実は水資源省との情報収集でも確認された。

#### ● カンボジアに於ける費用対効果

灌漑では、素掘りのみの土水路、両法面をコンクリートで固める 2 面張水路、全面をコンクリートで固める 3 面張水路が確認できた。農業道路等では、ラテライト道路、下層ラテライト上層 DBST、下層砂利上層 DBST、コンクリートが確認できた。

これらの既存構造物に対して、STEIN で造成する水路および農業道路の費用および耐久年数で費用対効果を算出する事が可能である。構造物は地域や用途で大きく設計が変化するので、対象を絞って算出を試みたい。第 2 回渡航の土質および STEIN 配合強度試験を検証と現状費用を比較したい。

## 第 4 章 ODA 案件にかかる具体的提案

### 4-1 ODA 案件概要

地域開発に於いて主たる目標は、STEIN を利用した農業に係る安定した灌漑確保と、農業および地方道路の交通確保による生活向上に繋がることである。併せて、STEIN 技術の導入によ

り、STEIN 製造所の稼働、また STEIN 使用方法など、地域人材へ日本技術の取得など、雇用や教育による活性化および知識向上が望めると考える。

項目	概要
STEIN 試験	事業に向けて、現地にて試験施工を実施、実施の際の問題点をピックアップし、解決策を検討する。またカンボジア土壌による製造された構造物での、経年や環境による形而変化、雨季への耐久性なども調査する
STEIN 技術	STEIN 施工技術の地元企業および関係者へ習得が必要とされる。水資源省等と共同でのワークショップの開催や試験施工、または土質試験および配合試験などにより、幅広い関係者に PR を行うことにより、必要項目の技術習得、水路・道路施工レベルの向上を目指す
STEIN 製造	STEIN 元素と現地普通セメントを混和する装置の検討が必要である。品質管理に係る事から、装置の選択およびオペレーションに係る人材および団体の選択が必要となる

#### 4-1-1 想定するカウンターパートと役割

想定するカウンターパートは、水資源省とする。土質試験機関は、水資源省内の研究所を使用する。調査の項目によっては、王立プノンペン大学など研究機関の協力も仰ぐ。道路の管理状況によっては、農村開発省および公共事業省が加わる可能性がある。

カウンターパート	概要
水資源省	農業に係る水路やため池など灌漑に重要な施設を担当している省庁。STEIN で造成する施設や道路は、同省が計画および設計を実施するため、同省との連携は必須。また同所研究や大学機関などにて、土質試験および配合試験を実施して基本設計を検討する必要がある。
備考	水資源省の機器保有の問題から王立プノンペン大学などの機関も連携する可能性がある。また道路に関しては、公共事業省や農村開発省なども関連してくる可能性がある。

#### 4-1-2 上記 ODA 案件の実施により想定される開発効果

STEIN により灌漑施設を造成する事が可能になると、農業用水確保、農業の生産性向上、災害低減、生活向上といった開発効果が想定される。

開発効果	詳細
農業用水確保	STEIN により灌漑施設を造成する事により、雨季の雨をため池により貯水する事ができ、また用水の不足する乾季には用水路を使い用水の確保に寄与できる。

開発効果	詳細
農業の生産性向上	灌漑施設により用水の確保が可能となれば、雨季の水を貯め乾季の農業用水不足の問題が解決される。また灌漑設備の破損が低減すれば、修繕の労力を生産活動に注力する事が可能になる。
減災効果	灌漑設備の設置により、ため池効果や水路による防災設計などに寄与できる。農業従事者および近隣の住民の災害の低減、減災に繋がる。
生活向上	灌漑設備の充実により農業の生産高が増加し、生活水準が向上すると考えられる。また農業道路および地方道路のアクセスが向上することにより、様々な機会が増加するという効果がある。

#### 4-2 具体的な協力計画及び期待される開発効果

1975年に開発されたSTEINは、この40年間、日本や他のアジア諸国でアスファルトやコンクリート敷設に移行する前の、準備段階として土を硬化させて構造物を造成してきた実績がある。また現在の日本のインフラ設備の基礎にSTEINが寄与した経験を、カンボジアの灌漑施設および農業・地方道路の整備に応用できると考えている。

本案件化事業の第1回～第3回の現地調査において、水資源省、農村開発省、公共事業省の3省庁に訪問し、各大臣および担当局長などと面談する機会を得、2017年4月には、水資源省と協議を行い、普及・実証事業で採択された場合には、2018年から約3年間、水資源省の協力を得られる旨の合意を得ている。

普及・実証事業においては、約2-3年の事業を想定し、STEIN元素とコンクリートを混ぜる機械を導入し、機械設備の建設を想定している。

そのため、仮採択の通知を受け取り次第、2018年6月末までに、事業対象地の土壌調査、基礎的なカンボジアの土壌硬化剤市場の可能性、カウンターパート及び関連省庁とのネットワークの構築などを行い、2018年～2019年の前半までには、カンボジアにSTEIN元素を輸出し、現地でセメントと混合事業を行い、2019年の後半～2020年までには、現地での販売を開始していきたいと考えている。

また、2019年以降は、普及・実証事業として、コンポンチュナン県等の有償資金協力事業との連携も念頭に置きながら、事業展開を進めていきたいと考えている。

普及事業としては、STEINの適切な活用方法を英語（場合によってはクメール語）でマニュアルや研修資料（書類及び動画等）を作成した上で、STEINの性質や基本的な使い方、施行方法、幅広い活用方法等を理解してもらう活動を研修等を通じて行う。その際のカウンターパートは水資源省とその管理下にある15の施行業者の担当者であるが、研修事業等の普及活動に関しては、必要に応じて関連省庁（農村開発省、公共事業省等）も、水資源省を通じて参加を呼びかけていく事とする。

### 4-3 他 ODA 案件との連携可能性

現在、有償資金協力で実施されている「トンレサップ西部流域灌漑施設改修事業」における灌漑事業において、本事業の対象地域であるコンポンチュナン県の灌漑事業との強い親和性が示されている。同事業におけるコンポンチュナン県の土壌は、非常に強い分散性を示しており、通常のコングリート設計の灌漑設備には、設計及び施工に、非常に注意が必要となっている。

そのような分散性の土壌に対して、STEIN を活用できる可能性があるかどうかを、第2回の土壌調査、現地での情報収集を行い、検討した結果、STEIN が十分活用できることが示された。また、同灌漑事業でのバットンバン市の灌漑の取水口付近の県道舗装を、コストがかからず、施工日数が短い STEIN を活用する可能性も、検討する。同バットンバン地域においては、接続道路が ADB の農村道路敷設によりラテライトおよびコングリート舗装を行っており、その道路との比較も可能である。

### 4-4 ODA 案件形成における課題と対策

本事業の調査地であるコンポンチュナン県では、非常に強い分散性を示す土壌を有する地域があり、土が大幅に削れる「ドラゴンフォール」現象が見られる。このような土壌に対して STEIN が活用できるかどうかの検証を十分に行う必要がある。

また、土壌検査に関しては、水資源省の土質研究所の協力を得るが、施設や機械設備の限界もあり、日本と同様の検査環境にない点も注意が必要である。

案件化での成果を、普及実証事業に展開させるためには、上記の有償資金協力での事業との連携可能性を検討しつつ、水資源省のみならず、関連省庁（公共事業省、農村開発省）に対しても、STEIN の効果をセミナー等でアピールすることにより、事業展開の広がり可能性を示すことができると考える。

### 4-5 環境社会配慮にかかるとの対応

#### 4-5-1 環境社会配慮

##### 1) 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

本事業において、環境社会影響を与えられとさ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をテスト施行が該当する。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 年以上の施行実績と実証実験からも明らかである）。また、今回のテスト施工は 10m と短く、既存のコングリート製の水路兼農道に追加して敷設するものであり、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。



## 2) ベースとなる環境及び社会の状況

テスト施行現場のコンポンチュナン県の周辺部では、分散性の土壌により、水路や道路は、コンクリート等の固い基盤を用いない限り、雨の水を含むともろく崩れる性質がある。そのため、農産物の育成が難しく、一部米やキャッサバが生産されている以外では、牧草地を生産し、牛を放牧するなど限定的な農地の活用がなされている。またテスト施行現場は、JICAの有償資金協力の灌漑地域のため、近隣10数キロメートル半以内に住民は居住していない。

土壌検査実施エリア及びテスト施行エリアは、カンボジア政府及びコンポンチュナン県のどちらにおいても保護区指定などはされていない。

## 3) 相手国の環境社会配慮制度・組織

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>27</sup>。水資源省によれば、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、またテスト施行の実施が、水資源省の所有・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、更に既存のコンクリート舗装の道路に10m延長での施行であり、上述及び下述の通り、STEINの施行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>28</sup>。

道路建設を所轄する公共事業省や水資源省には、環境社会配慮を担当する部署がないとされる。また、現地の建設関係の企業へのヒアリング調査によると、下記のような情報が得られた。

- ・ 土地・土壌に関する環境保護等の法律は存在しない
- ・ 工場建設時のEIA (環境配慮調査) は存在する
- ・ 環境法は存在するが、詳細の記載がない
- ・ 環境計画についても現実的に機能していない
- ・ 国道5号線の案件では、日本の排ガス規制ルールが敷かれた時の機材を使用しなくてはならないという基準が存在する。そのため、水準を満たす車両を準備しているが、実際には旧式の車両であり、使われないというような事象が起きている

<sup>27</sup> Asian Environmental Compliance and Enforcement Network (AECEN) ウェブサイト  
(<http://www.aecen.org/eia/cambodia>)

<sup>28</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%E8%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%E8%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) スコーピング結果

表 10 : スコーピング結果一覧

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	D	D	<b>工事中</b> ：テスト施工の規模が10mと小さく、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。 <b>供用時</b> ：交通量が非常に少なく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。
	2 水質汚濁	D	D	<b>工事中</b> ：工事現場、重機、車両及び工事宿舎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が一度凝固したあとは、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。
	3 廃棄物	D	D	<b>工事中</b> ：建設残土は施工の性質上発生せず、廃材も周辺部の木材を使用し、使用後は燃料として活用されるため、問題はない。 <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。
	4 土壌汚染	D	D	<b>工事中</b> ：STEIN 施工中にその物質が解け出すことはないため、土壌汚染の可能性はない。 <b>供用時</b> ：STEIN施工後にその物質が解け出すことはないため、土壌汚染の可能性はない。
	5 騒音・振動	D	D	<b>工事中</b> ：テスト施工中の設機材・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> ：交通量が非常に少なく騒音・振動の影響はない。
	6 地盤沈下	D	D	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	D	D	悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
	8 底質	D	D	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	D	D	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。
	10 生態系	D	D	本事業は既存道路の延長であること、及び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。
	11 水象	D	D	<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行ではない。
	12 地形、地質	D	D	本事業は、既存道路の延長であり、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	13 住民移転	D	D	<b>工事前</b> ：道路拡張はわずか10mであり、のための用地取得に伴い、10世帯程度の住民移転が発生すると想定される。
	14 貧困層	D	D	<b>工事前</b> ：移転対象者に貧困層が含まれる可能性がある。 <b>供用時</b> ：既存の未舗装道路が舗装されることにより、貧困層にとっても、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。
	15 少数民族・先住民族	D	D	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。
	16 雇用や生計手段等の	D	D	本事業は、既存道路の延長であり、地域経済への影

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
	地域経済			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	D	D	本事業は、既存道路の延長であり、地域経済への影響はほとんどないと考えられる。
18	水利用	D	D	<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> 施行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。
19	既存の社会インフラ や社会サービス	D	D	<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。
20	社会関係資本や地域の 意思決定機関等の 社会組織	D	D	本事業は、既存道路の延長であり、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。
21	被害と便益の偏在	D	D	本事業は、既存道路の延長であり、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	D	D	本事業は、既存道路の延長であり、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。
23	文化遺産	D	D	事業対象地及びその周辺に、文化遺産等は存在しない。
24	景観	D	D	本事業は、既存道路の延長であり、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	D	D	本事業のテスト施行の実施地域においては、住民は居住していないため、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。
26	子どもの権利	D	D	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	D	D	<b>工事中：</b> テスト施工は非常に小規模なものであり、工事作業員も20名が2日間従事するのみで、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)	D	D	<b>工事中：</b> テスト施工は非常に小規模なものであり、工事作業員も20名が2日間従事するのみで、建設作業員の労働環境は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	29 事故	D	D	<b>工事中：</b> テスト施工は非常に小規模なものであり、使用する重機も小型ローラーと小型ブルドーザーをそれぞれ数時間使用するのみで、事故に対する危険性は極めて低いが、配慮して施行する。 <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。
	30 越境の影響、及び気 候変動	D	D	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影響等はほとんどないと考えられる。

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.

## 5) 環境社会配慮調査結果（予測結果を含む）

これまでの記述の通り、STEIN を用いたテスト施行では環境社会的な負の影響は想定されていない。

## 6) 影響評価

STEIN を用いたテスト施行では環境社会的な負の影響は想定されていないため、影響評価等も実施は行わない。

## 7) 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、費用の計上も予定していない。

## 8) モニタリング計画

普及・実証事業が仮採択された場合は、テスト施行現場もモニタリングを行う予定である。環境への負の影響は上述の通り可能性が低いため、メンテナンス的な観点から1年に1回程度の現場確認を実施する予定である。

### 4-5-2 用地取得・住民移転

#### 1) 用地取得・住民移転の必要性

前述の通り、テスト施行現場は JICA の優勝資金協力の灌漑地域のため、近隣 10 数キロメートル半以内に住民は居住していない。またテスト施行も、既存の水路兼農道に 10m を追加したのみであり、用地取得や住民移転などの問題も生じない。テスト施行現場の実施に関しては、土地管理者である水資源省からの許可も得ている。

### 4-5-3 環境チェックリスト

別添 2 を参照。

### 4-6 ジェンダー配慮

本事業においては、STEIN の活用による灌漑設備、道路設備において、特段ジェンダー不平等の起きる事態は想定されない。STEIN の活用により、農道が整備されることにより、家計の経済状況に大きな影響を与える女性を含む農民の市場へのアクセスが向上することが想定される。

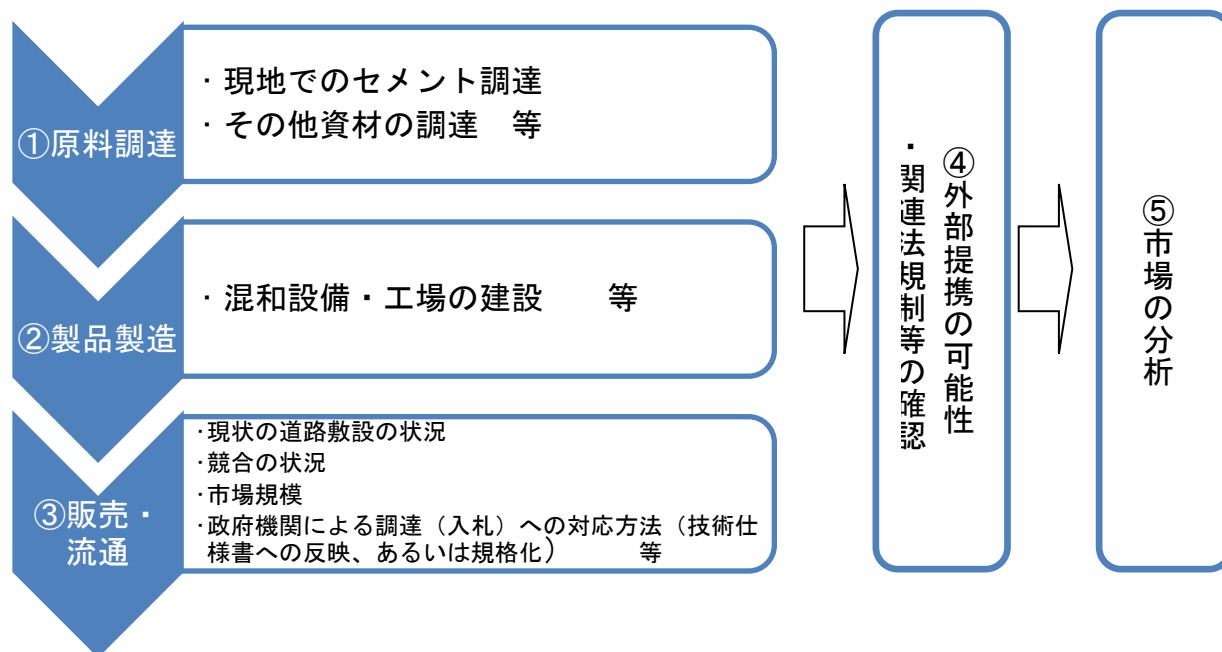
## 第5章 ビジネス展開の具体的計画

### 5-1 市場分析結果

本項目では STEIN をカンボジアでビジネス展開する場合の市場状況について、以下の進め方で分析を実施した。

まずは、製品の製造→販売までの一連の流れについて得られた情報を、①原料調達、②製品製造、③販売・流通として整理し、その後全てのプロセスに関連する④外部提携の可能性・関連法規制等の確認を行い、最後に得られた情報から市場の分析を実施する。

図 11 : STEIN のビジネスフロー



出所：本調査団作成

### ① 原料調達

関連するヒアリング結果をまとめた内容は下記の通りである。

項目	内容
資材	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 石材・セメントは一部国産であるが、それ以外の資材の多くは輸入品</li> <li>・ アスファルトはほぼ全てが輸入品もしくは混練機で原料を練って使用</li> <li>・ セメントは国産と輸入品はほぼ同じ水準の価格</li> <li>・ カンボジア産の資材は骨材、砂、砂利、煉瓦等と限定的</li> </ul>
セメント調達先	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ セメントは、タイ（サイアム社やシンパック社）、ベトナム（ギソン社）、中国、台湾、インドネシア産のものがあり、調達は問題ない</li> <li>・ タイのサイアムセメントの市場シェアが大きいですが、カンボジア産のセメントも存在する</li> <li>・ カンボジアで採掘できる石灰石を使用しタイのサイアムセメントがKセメントブランドでカンボジア産セメントを生産している</li> </ul>
セメント費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1トン当たり100ドル程度。輸入品とカンボジア産セメントの値段は同程度</li> </ul>

またセメント、砂、砂利については地場の企業にヒアリングを行った結果、以下の通りであり、セメントコスト1トン当たり100ドル程度で流通している（2016年現在）。

項目	店舗 A	店舗 B
K セメント (タイ産)	5.3 ドル/50kg (=100.6 ドル/トン)	5 ドル/50kg (=100 ドル/トン)
Portland セメント (中国産)	5 ドル/50kg (=100 ドル/トン)	4.5 ドル/50kg (=90 ドル/トン)
Camel セメント	取扱無し	取扱無し
砂	トラック 1 台分 (約 20 m <sup>3</sup> ) : 18 ドル	
砂利	トラック 1 台分 (約 20 m <sup>3</sup> ) : 34 ドル	

以上のことから、カンボジアにおいて STEIN へ混合させるセメントの調達是比较的容易であり、カンボジア、タイ等の海外産のどちらでも同様のコストで調達することが可能と想定される。

一方で資材についてはほとんどを輸入に頼っていることから、カンボジア以外での調達も検討する必要があると想定される。

## ② 製品製造

工場建設に関連するヒアリング結果をまとめた内容は下記の通りである。

項目	内容
混練工場候補地	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プノンペン近辺 (国道 6 号線沿、市の中心部から約 15~20km 圏内) に多数の煉瓦工場があり、工場候補として政府から JETRO 等の関係機関に要望がある</li> <li>・ 近年では、環境関連の規制が厳しく、工場を建設することが難しくなっている。適切なインフラ整備も必要である</li> </ul>
工場建設費	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生産量 400~500 m<sup>3</sup>/日のセメント工場 (生コンクリートプラントがない場合) の建設費は、約 6 万~7 万ドル程度と推測される</li> <li>・ 国道 1 号線沿い付近の土地は 100 ドル/m<sup>2</sup>以下ではないかと推測される</li> </ul>
雇用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工場勤務の労働者数を確保することは困難でない</li> </ul>
工場の設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現地での資材・機械調達は困難であり、輸入に頼らざるを得ない</li> </ul>

以上のことから、工場建設費や土地価格の大凡の規模が確認できたため、今後更に検討を行うこととする。なお工場設備については輸入が必須となる。

立地についてもプノンペン近郊での建設可能性が感じられ、雇用についても大きな課題は現状感じられないが、1-5で述べたとおり人件費が高騰しているため、今後の注視が必要となる。

また、投資のリスクから工場を建設するのではなく混練作業をセメント関係企業に委託する可能性を考え、カンボジア (プノンペン郊外) に工場を持つ、日系のコンクリート製品製造企業に混練作業の委託の可能性を調査した結果、設備の導入ができれば、技術的には問題なく、製品製造が可能であるとの回答であった。また、設備に関しても、簡単な設備であれば、現地で調達できるとのことであった。

### ③ 販売・流通

関連するヒアリング結果をまとめた内容は下記の通りである。

項目	内容
道路建設コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在はサブベースにラテライト<sup>29</sup>を使用している道路が大半である。ラテライトの原料費は安いものの、輸送コストがかさむため輸送コスト含め 1 m<sup>3</sup>あたり 7~12 ドルが掛かる</li> <li>ラテライトの供給先は様々であり、輸送費によって価格も変動する</li> <li>ベースコースの費用が現状最も高く、輸送コスト含め 1 m<sup>3</sup>あたり 10 ドル掛かる</li> </ul>
市場規模	<ul style="list-style-type: none"> <li>農村開発省が管轄する地方道路 (rural road) と県道 (provincial road) はカンボジア全国で 42,000km の長さである</li> <li>公共事業省が管轄する国道等の道路は 10,000km の長さである</li> </ul>
現状の ODA 案件	<ul style="list-style-type: none"> <li>国道に対する技術要件は支援するドナーによって決められている。道路工事に関しては技術基準がある</li> <li>サブベースの土質改良は仕様項目に挙がっておらず、サブベースの土はカンボジア政府からの支給になっている</li> <li>カンボジア国内に、数か所の土壌採掘所があり、それらの場所から土壌を採取することが入札条件になっている</li> </ul>
ODA 案件の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>元請けとなるゼネコンが原材料を輸入すれば、資材に対して税金 (VAT) が掛からない</li> <li>一般的には下請 (サブコン) が資材の在庫を持つことが多いが、下請が輸入すると税金が掛かってしまうため、輸入材については、材料支給で実施する方が好ましい</li> </ul>
現地官庁の受発注の流れ、入札方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>公告→図面配布の案内→現場説明会→入札期限告知→書類提出→業者全員の前で書類確認→書類確認→技術的にクリアしているものを抽出、の流れとなっている。上記の流れで最も安い価格を提示した企業が第一交渉権を持つ</li> <li>選定の期間は半年程度で、公告から考えると 1 年程度掛かる</li> <li>土木工事は、直営発注が多く、民間企業の入札が少ない。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</li> </ul>
直接の販売先	<ul style="list-style-type: none"> <li>STEIN を販売する場合、サブコンが購入する形となり、ゼネコンがサブコンへの材料支給以外で STEIN を直接買うケースはあり得ないと考えられる</li> <li>STEIN を販売する際に、直接サブコンに販売するには、実績や信用力の問題もあり、他の組織と連携する必要があるのではないか</li> <li>省庁の予算は限られているため、民間デベロッパーと連携する方が適切ではないか (例: プランテーションの開発をしている MLT グループ等)</li> </ul>
競合	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替商品は基本的にカンボジアにはない。想定される競合品はセメントか石灰であるが、現実的にはコストの問題が大きい</li> </ul>

<sup>29</sup> 鉄分が含有されており、水も浸透しづらい土

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の他に、道路については、農村開発省の管轄分でも42,000km、公共事業省でも10,000kmと大きな可能性がある。一方で実際にビジネス展開を検討する際には、官公庁の道路敷設・水路敷設案件の場合、ODA案件がほとんどであり、STEINをSPEC社が直接官公庁に納入する可能性は低い。他方、民間の場合は、施工業者（ゼネコンやサブコン）の使用資材として用いられることになる。

今回のヒアリングの結果、SPEC社はサブコンに納入する可能性が高いことが明らかとなった。今後は、販売先の信用力確保等の対策を考慮しながら、検討を進めていくこととする。

#### ④ 外部提携の可能性

関連するヒアリング結果をまとめた内容は下記の通りである。

項目	内容
パートナー候補	<ul style="list-style-type: none"> <li>カンボジアの財閥と連携するという選択肢もある。代理店を探すという選択肢もあるだろう</li> <li>大手セメントメーカーのOEM先も提携先として有力なのではないか</li> <li>合併は企業の選定に高いリスクが伴う</li> <li>STEINの販売は、セメント業者や生コン業者と一緒に実施するのが良いのではないか</li> <li>ミキシングの業務委託先は容易に見つかると考えられるが、販売先は案件に携わっている企業に営業へ行く必要がある</li> <li>政府機関による調達の場合、政府機関が混和設備を保有して製造されたSTEINを工事業者に材料支給するという方法もありうる</li> </ul>
提携の仕方	<ul style="list-style-type: none"> <li>独資で工場を建設しても日系企業と組んで建設するのでも問題はない</li> <li>事業会社ではなく、土地所有のための合併会社を設立するのが良いのではないか</li> <li>資本に関連する規制がほとんどないため、独資でビジネス展開できるならば独資の方が自由に事業を行える</li> <li>合併の場合は、相手企業の動向に非常に左右される。カンボジア企業は本音と建前が違うことも多いため注意が必要である</li> </ul>
日本のゼネコンの動向	<ul style="list-style-type: none"> <li>土木分野はODAプロジェクトにしか参加していないのが実情である</li> </ul>
現地ローカルサブコンの状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>ローカルの下請企業も適切な施工を行うところもある</li> <li>工事会社は多くはないが、大きな企業はプノンペンに存在する</li> <li>建設・土木労働者は地方出身者が多い</li> <li>カンボジアではサブコンの経営が不透明という懸念がある</li> </ul>
商社	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築資材商社は存在しない。そのため、セメントは直接カンボジアで購入し、</li> </ul>



項目	内容
	サブコンに販売するケースが一般的である

#### ④ 関連法規制・施策

関連するヒアリング結果をまとめた内容は下記の通りである。

項目	内容
土地関連	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地の購入には、現地企業との合弁企業とする必要がある</li> </ul>
建築・土木関連	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築基準法は存在するが、緩やかな内容である。現在韓国の支援の下で法整備制度が進んでいる</li> </ul>
ビジネス慣習	<ul style="list-style-type: none"> <li>手形は日本企業との取引のみで、基本的には現金決済となる</li> <li>建設の仕事であっても先払いが一般的であり、前金で最低 30%は受取る</li> </ul>

以上のことから、工場建設等は独資でも問題ないが、建設にあたっての土地の取得には現地企業との合弁会社設立が必要である。一方で現地企業との合弁企業設立のリスク等も存在することから、既に現地企業と合弁している日系企業と協力をすることも考えられる。

ただし、前述したように、投資リスクを考える場合、セメント関連企業に製造の業務委託をすることや現在のカウンターパートであり STEIN の製造に興味を持っている水資源省（ただし現状、水資源省に混練する設備がないため、これを導入することが前提となるが）と製造関係において提携することも考えられる。

#### ⑤ 市場の分析

上記①～④を受けた市場の分析結果として、以下のようなビジネスモデルを取る事を想定する。

項目	内容
外部との連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>水資源省やカンボジアに拠点を有する日系企業、ローカルのセメント関連企業などと何らかの形で提携を模索する。この際「STEIN 元素とセメントを混練し STEIN 製品を製造する機能」、「弊社からの一次販売先および施工会社への技術指導を行ってもらおう商社機能」を有するところが最も好ましい</li> </ul>
原料調達	<ul style="list-style-type: none"> <li>カンボジアにおいて活動している海外企業（タイ・サイアムセメント等）もしくはカンボジア国内企業から調達する</li> </ul>
製品製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記連携先から「STEIN 元素とセメントを混練し STEIN 製品を製造する機能」の提供を受け、混練をプノンペン近郊で行えるようにする</li> </ul>
販売・流通	<ul style="list-style-type: none"> <li>引き続き、普及・実証事業等で最終需要先であるカンボジア官公庁（水資源省、農村開発省、公共事業省等）に効果を PR すると共に、「弊社からの一次販売先および施工会社への技術指導を行ってもらおう商社機能」を有する企業を模索する。</li> </ul>

- |  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 上記が難しいようであれば、信用度の高い現地施工会社（サブコン）の発掘を実施する</li></ul> |
|--|---|

## 5-2 想定する事業計画及び開発効果

### 5-2-1 ビジネスの実施体制

現時点で想定している青写真は、STEIN が基礎技術となり、灌漑施設および農業・地方道路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、更には販売などの体制を整備する必要がある。

普及・実証事業段階でのビジネスモデルとその後の実務的な段階でのビジネスモデルの2段階でのビジネスの実施体制を下記に述べる。

#### (1) 普及・実証事業段階でのビジネスモデル

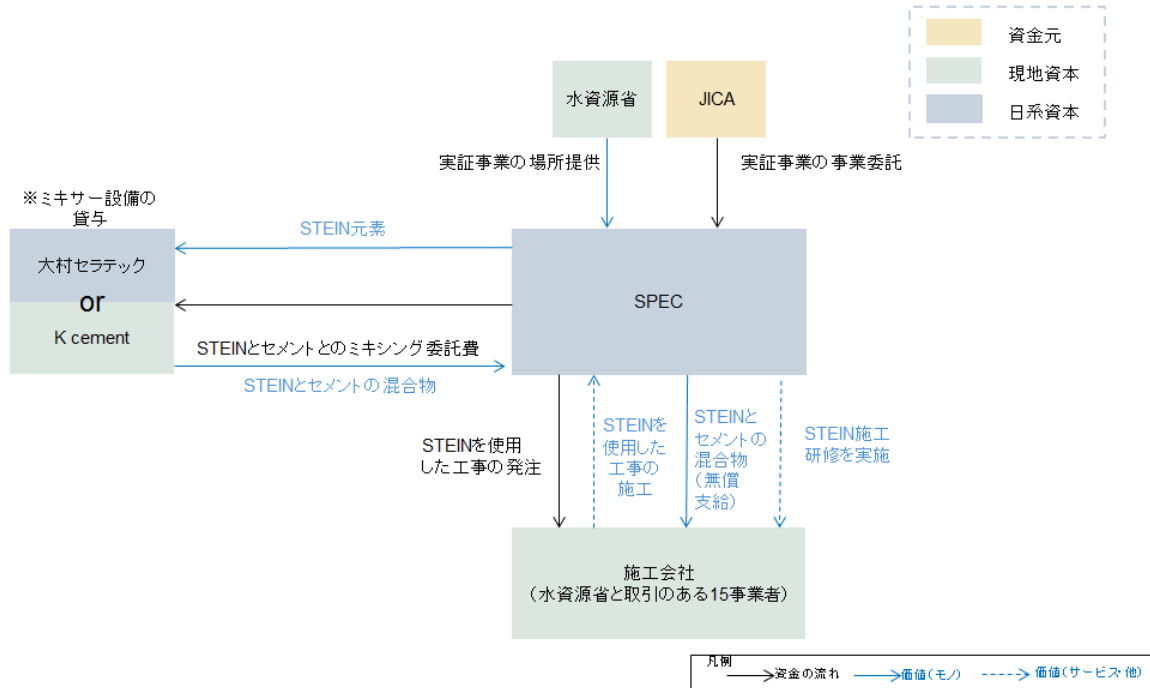
本段階では、カウンターパートである水資源省の指定の施工現場（複数）において、水資源省傘下の指定の施工業者により、STEIN の施工を実施する。

STEIN の製造に関しては、設備を日系企業またはローカルの企業に貸与し、STEIN 元素とセメントとの混練（ミキシング）作業を委託し製造を実施する。

施工現場毎のミキシング比率などは、当社の指導の下で委託製造先に指示を出すとともに、施工業者に対しても SPEC 社が施工指導を実施する。

なお、水資源省から省自身で STEIN の製造（ミキシング）に携わりたいとの希望がある場合は、将来的な実務段階においても、継続的に製造を実施する体制を整えることができることを条件（STEIN 製造の専門組織の構築など）として、本段階で水資源省に混練（ミキシング）設備を供与して、STEIN の製造を指導することも検討する。

図 12：普及・実証事業段階でのビジネスモデル



出所：本調査団作成

## (2) 実務的な段階でのビジネスモデル

実務的な段階でのビジネスモデルにおいては、A 案・B 案の 2 つの案を想定しており、普及・実証活動において、どちらの案が現実的であるか精査する。

### ① A 案：認定販売代理店が中心となってビジネスを実施するパターン

A 案の概要は以下の通りである。普及・実証事業の中で、SPEC 社の担っていた「施工現場毎のミキシング比率などは、SPEC 社の指導の下で委託製造先に指示を出すとともに、施工業者に対しても SPEC 社が施工指導を実施する」機能を、現地の「認定販売代理店」に移管する。

また、「認定販売代理店」は、水資源省や農村開発省などの官公庁や民間のデベロッパーなどに対する営業活動も実施する。

したがって、「認定販売代理店」は、技術的な対応のみならず、販売面も含んだビジネス全体をつかさどるビジネスパートナーとなる。

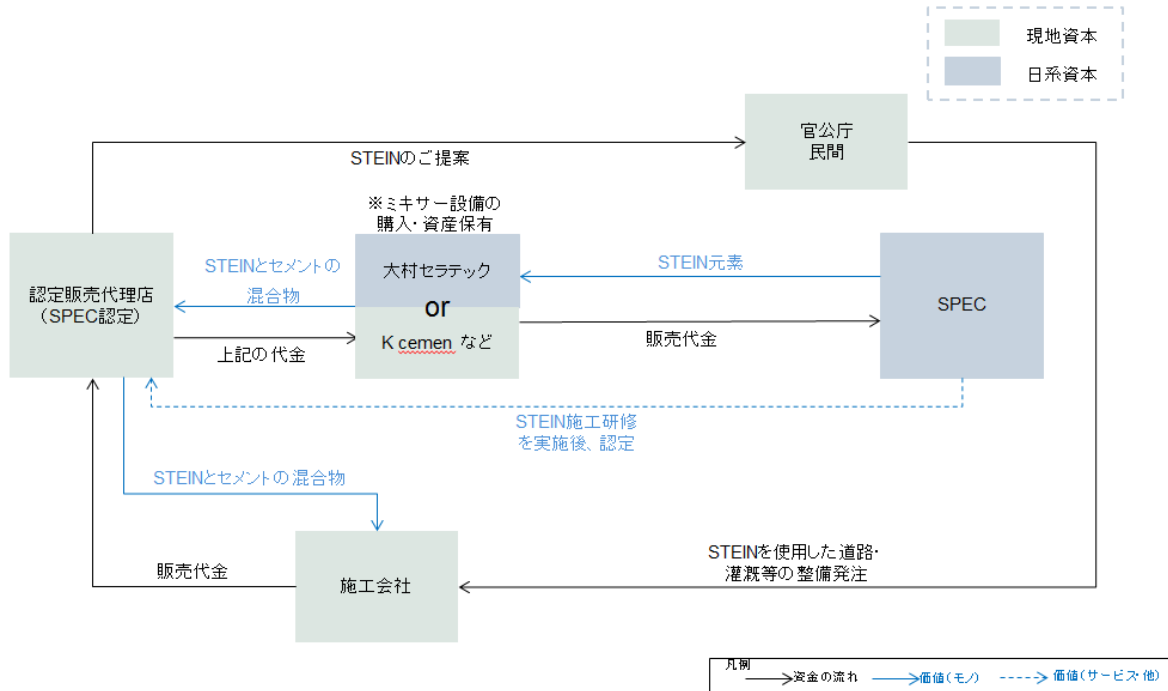
SPEC 社は、「認定販売代理店」に対して、研修などを実施してノウハウを提供し、逆にこの研修などを通じてある一定のレベルに達しない限り「認定販売代理店」と認めない。

「認定販売代理店」は、各エリアにおける有力なセメント関連企業や施工業者、建材販売店などを想定する。

STEIN の製造に関しては、SPEC 社が日本から STEIN 元素を輸出し、カンボジアの日系またはローカルのセメント企業に製造（ミキシング）を委託する。

「認定販売代理店」は、直接、製造委託先に製品代金を支払い、STEIN を取得する。

図 13：普及・実証段階でのビジネスモデル：A 案



出所：本調査団作成

A 案の課題としては以下の点が挙げられる。製造面では、STEIN の委託加工先が 1 社の場合、委託価格が委託先主導で決定されてしまい、その価格が STEIN のコストメリットに影響を及ぼすリスクがある。

ただし、委託先を複数社にした場合は、各社の調整などの管理コストがかかる事となる。販売面では、日本から適切な認定販売店を見つけ、管理できるかが課題となると考える。

## ② B 案：SPEC 社の現地法人が中心となってビジネスを実施するパターン

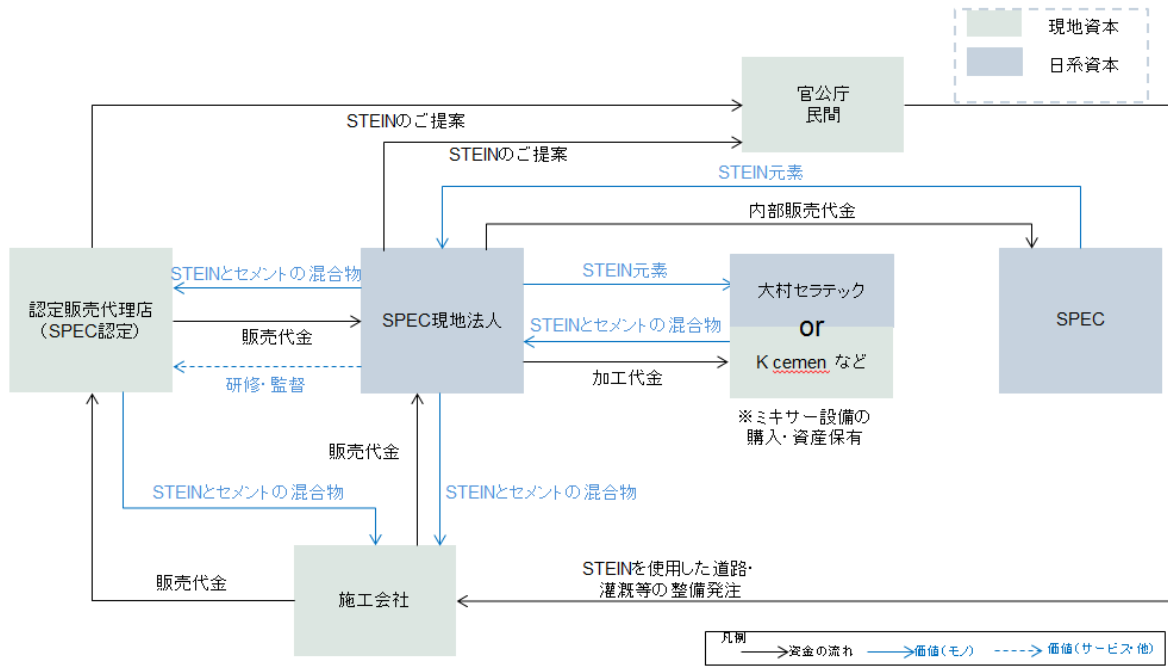
B 案の概要は以下の通りである。普及・実証事業の中で、SPEC 社の担っていた「施工現場毎のミキシング比率などは、SPEC 社の指導の下で委託製造先に指示を出すとともに、施工業者に対しても SPEC 社が施工指導を実施する」機能を、SPEC 社が現地法人を設立して、現地の「認定販売代理店」とともに実施する。

SPEC 社の現地法人は、水資源省や農村開発省などの官公庁や民間のデベロッパーなどに対する PR を中心とした営業活動も「認定販売代理店」と協力して実施する。

ただし、A 案同様に施工会社に対する実務的な技術対応や販売活動は「認定販売代理店」が実施する。

STEIN の製造に関しては、SPEC 社が日本から STEIN 元素を輸出し、カンボジアの SPEC 社の現地法人が購入、それを現地法人が日系またはローカルのセメント企業に製造(ミキシング)を委託する。「認定販売代理店」は、SPEC 社の現地法人から STEIN を取得する。

図 14：普及・実証事業段階でのビジネスモデル：B 案



出所：本調査団作成

B 案の課題は以下の通りである。現地法人を設立に伴う、運営面・管理面での金銭的および人的なコストやリスクが課題になると考える。

以上のことから、普及・実証事業段階で適切な「認定販売代理店」を開拓でき、製造委託先と良好な関係を築くことが見込まれれば A 案が適切であると考えられる。

ただし、上記の実現が困難な場合は、B 案にてビジネスの実施体制を構築することを検討する。

### 5-2-2 流通販売計画

採算の取れる事業を構築するには、水資源省との十分な協議とともにカンボジアにおける STEIN 技術の確立と普及と同時に、施工に経済的なメリットを生み出せるような仕組みを設計をする事が重要である。

農村開発省より得た情報では、カンボジア国内の 39,000km の道路の内、地方道路が 28,000km となっているが、DBST（簡易アスファルト舗装）されている道路は 1,000km にとどまっているとの事であった。残りの道路は、簡易砂舗装や未舗装道路であるということから、道路施工のための STEIN の需要量は相当に大きなものになると想定することができる。

水資源省の所轄の灌漑対象面積や、灌漑に接面する農道の面積については、正確な回答が得られなかったが、仮に、地方道路の 1% に STEIN 舗装を実施し、10 年間継続する条件のもと、幅 4m、厚さ 0.15m、STEIN 配合 200kg/m<sup>3</sup> することを想定し、販売計画を下表にまとめた。

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
生産量	案件化調査	普及・実証		2,400MT	4,800MT	6,000MT
売上				72百万円	144百万円	180百万円
面積				20km <sup>2</sup>	40km <sup>2</sup>	50km <sup>2</sup>

計算条件：キャパ=20MT/日 配合=200kg/m<sup>3</sup> 売上=30,000円/MT（現地生産見込）

また日本より STEIN 元素を輸出する場合の STEIN 元素の数量も下記にてまとめた。

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
生産量	案件化調査	普及・実証		120MT	240MT	300MT
売上				36百万円	72百万円	90百万円
面積				20km <sup>2</sup>	40km <sup>2</sup>	50km <sup>2</sup>

計算条件：キャパ=1.5MT/日 売上=300,000円/MT（日本→カンボジア輸出見込）

### 5-2-3 初期投資、投資計画

現時点での初期投資および計画について、複数の金融機関より、海外事業展開に向けての融資に対して前向きな回答を得ている

項目	内容	投資金額（千円）
混和・計量装置	普通セメントと STEIN 元素を定量混和する	1000
土地・建屋	製造工場 2000m <sup>2</sup> 程度(20 トン/日)	要調査
材料	普通セメント、STEIN 元素	10,000
施工重機	施工時に必要な重機や装置 ※既存で対応	要調査

### 5-2-4 スケジュール

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
案件調査	→				
普及実証		→	→	→	
事業				→	→

STEIN は、簡易で安価、かつ耐久性が高いという利点があり、農業インフラや交通インフラに多額の予算を配分できない途上国の農村部においては、STEIN を活用することで低予算で灌漑施設および農業・地方道路を整備できることは、農民の生計向上に非常に大きな貢献をもたらすことが想定される。

STEIN 資材と技術の普及のためには、JICA の ODA 事業として本事業を展開し、政府および自治体との連携、とりわけカウンターパートとなる水資源省との連携が必須である。その他にも、現在の JICA が進める既存の灌漑案件との連携も検討することが可能となる。

#### 5-2-4 想定するリスクとその対応

STEIN 製法の模倣リスクがある。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ない。ただし、STEIN は、30 種類前後の環境無害な無機物を混和して作られるものであり、仮に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、模倣リスクは低いと考えられる。

#### 5-3 事業展開におけるリスクと対応策

事業展開における想定されるリスクと対応策は下表の通りである

項目	想定されるリスク	対応策
ビジネスモデル	自社で販売を行う場合、在庫を抱えるリスクがある	技術サポートのみを実施し、販売を行わない形にして自社で在庫を持たないようにする
工場等での労務管理	労働争議等が発生するリスクがある	従業員とのコミュニケーションを密に取り、できるだけ働きやすい環境を作るようにする
販売	カンボジア現地のサブコンの経営が不透明で、売上回収不能となるリスク	日本企業等、サブコンと自社の間に信用力のある会社を置くような商流とする
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

## 別添 1

### 本邦研修実施報告

#### ① 受入活動の概要

##### (ア) 概要（目標、項目（具体的な活動内容））

STEIN を活用した灌漑や道路への施工技術は、非常に簡易で簡便なものであるが、一定程度の知識が必要となっている。そのためカウンターパートである水資源省の担当者に対し、STEIN 技術への理解をより深めるための研修・視察を行った。

\*STEIN 製造工場の見学（旭川）

\*STEIN 施工現場の見学（旭川・東京）

\*カンボジアでの STEIN 活用方法の議論（農研機構）

##### (イ) 受入期間

2016年9月26日～2016年10月2日

##### (ウ) 参加者リスト

氏名：Mr.PichVeasna

所属：Ministry of Water Resources and Meteorology

役職：Deputy Director General of Administrative Affairs

氏名：Mr.UchHing

所属：Ministry of Water Resources and Meteorology

役職：Director of Technical Service Center for Irrigation and Meteorology

#### ② 受注者による所見

##### (ア) 本邦受入活動の結果・課題（目標の達成状況、成果、改善点等）

###### ① STEIN 技術の理解

第1回渡航時に要望があった「現地の施工物を視察しながら技術を理解したい」という内容に沿って、来邦計画を実行した。施工現場の視察では、32年前に施工された灌漑施設である水路兼農道の状態を、コンクリート道路と比較して、その有用性を確認して頂いた。また共同研究先でもある農研機構（つくば）での土構造物ユニット堀ユニット長との面談にて、機能としての土構造物の有用性や、防災および減災の可能性について理解を得られた。

###### ② カンボジアでの STEIN 利用および課題

カンボジアでの水路および道路への有効利用に関する高い関心と可能性を感じたという感想を得た。他方で、現地で使用するにあたり、課題もある事が把握できた。事業開始当初は、現地の農民参加型も視野に入れていたが、雇用が農村から工業へ移っており、農村部の人不足があり、あまり有効ではない事、また土質によっては硬化不可能な、膨潤性土質(既に農研機構と実験済み)の地域などある事などがわかった。



## **(イ) 参加者の意欲・受講態度、理解度**

### **① 参加者**

カウンターパートのリーダーとなるベスナー氏の理解およびカンボジアでの有効性については、上記(ア)①の通りである。同行した技術部門のウチ氏も、第2回以降の土質検査および強度試験、試験施工等の手順も含め、STEIN と STEIN を用いた施行に関する理解を深めた。

## **(ウ) 本邦受入活動の成果を生かした今後の活動計画**

### **① 活動予定**

本邦研修終了後は、第2回渡航(土質および硬化試験)、第3回渡航(試験施工、調査、成果発表)、第4回渡航(カウンターパートとの普及・実証事業に採択された場合の協力を承諾するMMの締結と協議)を実施する予定となっている。第2回では技術中心の渡航となる事から、技術ウチ氏との連携が重要であると考えた。この来邦により STEIN 技術と応用事例を理解できたことから、事業の実施の障害が低くなったと考えられる。またリーダーのベスナー氏とは、STEIN の利用方法を理解して頂いた事により、カンボジアでの灌漑および道路での STEIN 活用のために必要な項目を共同で挙げ、それらの課題に対してどのような解決策があるかを、議論していくことにより、事業化の可能性を検討していく。

### **② 国際共同研究の可能性**

水資源省、農研機構、SPEC 社との国際共同研究の提案もあり、今後の検討課題としたい。

### ③ 添付資料

#### (ア) 受入詳細計画表（実績版）

受入詳細計画表（兼受入詳細計画表（実績版））									
案件名：		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							
受入期間：		2016/9/26	～	2016/10/2	参加人数：		2人		
目標（注1）STEIN技術の理解									
項目（注2） ①製造工場を訪問しプラント設備を見学 ②STEIN道路を視察 ③農研機構（SPEC共同研究先）にて技術的な協議									
（注1）本邦受入活動を通じて参加者に何を学んでいただくの目標を記載してください。 （注2）本邦受入活動を通じて、参加者が学習する項目を具体的に記載してください。									
日付	時刻	形態	受入活動内容	講師又は見学先担当者等			講師 使用 言語	活動場所	宿泊先
				氏名	所属先及び職位	連絡先			
9/25(日)	～								
	22:50～		ブノンベン発(NH818)						
9/26(月)	～ 6:45		成田空港着						旭川
	9:10～ 10:40		羽田空港へ移動						
	14:00～ 15:40		旭川へ移動(JAL555)						
9/27(火)	9:00～ 12:00	見学	製造プラント/研究所の見学・説明	松村	榊松村総合科学研究所		JA	旭川	旭川
	13:00～ 16:00	見学	施工現場視察	久保	㈱SPEC		JA	旭川	
9/28(水)	10:00～ 12:00	見学	ミーティング	久保	㈱SPEC		JA	旭川	東京
	16:25～ 18:00		東京へ移動(JAL556)						
9/29(火)	8:28～ 9:46		品川駅～みどりの(JR)						
	10:00～ 16:00	講義	農研機構にて技術協議	堀	農研機構/土質		JA	つくば	東京
	16:00～ 17:30		農研機構～品川(車)						
9/30(金)	9:25～ 9:52		品川～後楽園(JR)						
	10:00～ 14:00	見学	小石川後楽園・視察/STEIN施工現場	久保	㈱SPEC		JA	東京	東京
	14:32～ 15:00		後楽園～品川(JR)						
10/1(土)	9:30～ 10:00		品川～三菱UFJコンサルティング(神谷町)(TAXI)						
	10:00～ 16:00		ミーティング	久保	㈱SPEC		JA	東京	東京
	16:00～ 16:30		三菱UFJコンサルティング(神谷町)～品川(TAXI)						
10/2(日)	7:10～ 8:30		品川～成田空港(リムジンバス)						
	10:50～ 15:10		帰国(NH817)						
	～								
	～								
	～								
	～								

(イ) 本邦受入活動写真



環境チェックリスト：7. 道路 (1)

別添2

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)
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) 周辺には現地住民は居住しておらず、JICAプロジェクト内での実施のため、プロジェクト関係者にはSTEIN施行の説明と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) コンポンチュナン県内のJICAプロジェクトサイト内での代替案を用意した
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の施工により大気質の発生とその負の影響はない (b) STEINの施工により大気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の施行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
	(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

環境チェックリスト：7. 道路 (2)

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)
3 自然 環境	(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

環境チェックリスト：7. 道路 (3)

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)
3 自然 環境	(3)水象	(a) 地形の変更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・先住民族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) 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)により日照障害、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

環境チェックリスト：7. 道路（4）

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)
4 社会環境	(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) STEINの成分的に問題はない (b) 同上 ○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) 定期的に担当者に報告を実施した
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。

### 別添 3

#### 英文要約 (English Summary)

##### 1. Features of the Partner Company's Product/Technology

The special soil hardening agent STEIN is an inorganic chemical compound developed in 1975 by Takao Matsumura, Managing Director of SPEC and President of the Matsumura Synthetic Science Laboratory. It is a construction material used to improve muddy roads and repair irrigation waterways.

When STEIN was developed, few roads were paved with asphalt or concrete, unlike today. With a simple process requiring only on-site soil and cheap labor, the soil hardener was used for public works around Japan. Currently, however, STEIN is used to prevent the leaching of heavy metals as originally intended, since most Japanese roads are paved with asphalt or concrete with landscaping in mind. Moreover, in Japan, which has suffered repeated damage from torrential rain in recent years, the research focus has shifted to reliable, low-cost technologies. In cooperation with the National Agriculture and Food Research Organization (NARO), SPEC is conducting R&D on STEIN-based irrigation facilities to develop a simple and reliable construction method to reinforce reservoirs against heavy rainfall.

STEIN is produced using ordinary cement as a base and mixed with the STEIN element comprising almost 30 kinds of harmless inorganic substances. The product formula is made by mixing the STEIN element and ordinary cement in a 1:9 ratio.

Basically, STEIN-based structures are constructed by mixing soil and STEIN thoroughly while supplying adequate moisture, then compressing the mixture to provide sufficient strength. Because soil characteristics vary so widely, it is imperative to set strength criteria, perform mixing tests and determine the mixing ratio of STEIN to soil. In general, the following on-site mixing method is used for STEIN construction:



(i) Spreading out (ii) Mixing (iii) Compaction (iv) Watering (v) Completion of STEIN

Typical examples of STEIN construction include river/riverbed works, the formation of irrigation reservoirs, the construction of agricultural roads and the development of Fuji Maneuvering Grounds for the Japanese Self Defense Forces.

The soil hardening STEIN element is to be produced in Japan (as it has not been patented to prevent imitation of the technology). The following process, including blending the STEIN element with ordinary cement, is to be performed in Cambodia. This can save cement production and management costs in Japan as well as shipping costs for ordinary cement, a material available worldwide and contributing to 95% of the product weight.



## **2. Local Validation of the Product/Technology**

### **2-1 Field Studies**

The Japanese survey team was dispatched four times to Cambodia, while Cambodian counterparts were also once invited to participate in training in Japan.

- First study trip: visited project sites to identify local needs; established a cooperation system with Cambodian partner organizations and examined Cambodia's soil-testing facilities and equipment.
- Second study trip: conducted soil analysis and mixing test of samples collected in project sites to confirm the validity of STEIN.
- Third study trip: verified the soil analysis in Japan, compared the results with the Cambodian counterpart organization and laboratory for evaluation and conducted test construction.
- Fourth study trip: signed the minutes of meeting; discussed the direction of the Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies and checked the results of the test construction conducted during the third study trip.
- Training in Japan: verified the technical validity of STEIN and visited a construction site to examine its adaptability.

### **2-2 Potential Counterpart Organizations**

This Project is to be implemented in cooperation and collaboration with the Ministry of Water Resources and Meteorology (MOWRAM) to transfer the basic technologies related to STEIN and enhance design and construction skills. Soil analyses and mixing tests were carried out by the Soil Laboratory of the MOWRAM.

### **2-3 Results of the Local Validation of the Product/Technology**

It was originally decided to collect moist sandy soil from the project site in Kampong Chhnang as a sample for validation in the first study trip (from July 10-17, 2016), but it was later agreed with the MOWRAM to analyze three types of samples, not only moist sandy soils but also laterite and clay-silt soils.

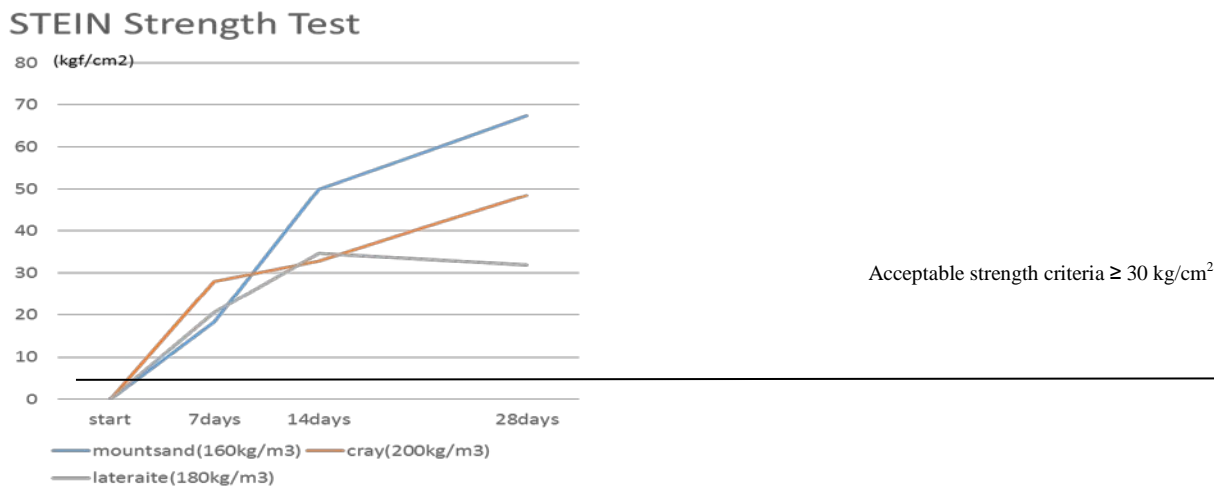
During the second study trip (from November 30 to December 14, 2016), samples were collected in Kampong Chhnang and soil analysis and STEIN strength tests for the same were conducted at the Soil Laboratory of the MOWRAM in cooperation with its researchers.

During the third study trip (from February 12-18, 2017), a flood spillway (10 m long and wide) was constructed with STEIN to link up to an existing spillway-cum-community road (30 m long and 10 m wide) at the Kampong Chhnang sampling site. Following the construction, the field study results were reported to the MOWRAM.

An unconfined compressive strength test was conducted 28 days after mixing STEIN and soil to select mixtures that met or exceeded the validity criterion of 30 kg/cm<sup>2</sup>.

The validation results indicated that all three samples, mount sandy, laterite and clay-silt soils, would be applicable as they achieved higher compressive strength than the acceptable criteria of 30 kg/cm<sup>2</sup> after blending with STEIN (See the results of the validation test in the following figure)<sup>30</sup>.

**Figure 11. Soil Validation Test Results**



Note: mount sandy soil, clay-silt soil and laterite soil

Source: Prepared by the feasibility survey team

The local validation also identified problems and opportunities for improvement. One issue was inaccurate specimen preparation, seemingly due to inconsistent soil compaction and a lack of demolding tools. Another problem was the specimen curing method. Although curing should have enhanced the hardening effect of STEIN, the specimens were not hardened as expected, which may have been due to the moisture evaporating. These challenges found through the strength test may have a significant impact on the formula.

These issues can be solved using compaction equipment with consistent performance, procuring demolding tools and developing a better curing method. Moreover, training will be needed to raise awareness of the importance of testing mixture specimens.

During the third study trip, a flood spillway-cum-community road was constructed and had to be completed within a tight time frame due to the survey team schedule. The construction was carried out using STEIN exported from Japan at the preparatory stage and arranging construction equipment and machinery as well as hiring workers in Cambodia. The first day started with preparatory works, followed by mixing of soil and STEIN, installing a continuous footings and curing of the mixture. On the second day, workers stirred soil, leveled out the uneven surface, spread out STEIN, mixed it with soil, compacted the mixture and sprinkled water. On the third day, the construction results were checked

<sup>30</sup> In the meantime, the results of the analysis of Cambodian expansive soils conducted by the Institute for Rural Engineering of the NARO in 2015 indicated that they could be hardened by STEIN only in high concentrations. The NARO suggested that these soils would be unsuitable as a construction material due to the lack of strength as well as for economic reasons. This is, however, open to further examination because the number of samples is insufficient to prove that expansive soils will obtain the required strength even at low concentrations.

for any errors, which were then corrected (the surface was ripped up and replaced with a new compacted layer of soil mixed with STEIN).

Two months after the construction, the survey team examined the construction site but found it flawless. The survey team will continue to monitor the structural deterioration (the flood spillway-cum-community road) over time due to the increased water level of Tonle Sap Lake during rainy seasons to evaluate the extent to which the project purpose is being achieved.

The test construction revealed the following problems: (i) inadequate understanding on the part of construction workers about STEIN; (ii) a lack of heavy equipment and machinery (unavailable in the local market); (iii) inconsistent construction skills and quality awareness (many workers lacking motivation) and (iv) low punctuality (prevalent not only among construction workers but also among the entire population). Although these issues had been expected following interviews with relevant parties in Japan and Japanese firms in Cambodia, they proved more significant than expected and shed light on challenges awaiting the Project, such as a lack of awareness and technical capacity of the local workers.

#### **2-4 Confirmation of Product/Technology Needs in Cambodia**

As the main counterpart organization of the Japanese survey team, the MOWRAM stated that it would like to use STEIN to construct and repair waterways and roads if it proves to have sufficient competitive advantages in terms of local applicability and cost-effectiveness. Some other ministries also expressed their expectations for STEIN as a road sub-base or base course material. Moreover, several companies suggested the feasibility of using STEIN; not only to construct roads but also as a backfill material for demolition sites and a lining material for reservoirs. Thus, sufficient demand for the product in Cambodia is confirmed.

#### **2-5 Effectiveness and Applicability of the Product/Technology in Dealing with Development Issues in Cambodia**

According to joint research conducted on Cambodian soils in cooperation with the NARO during the preliminary survey (in 2014), expansive soils are not usable, but sandy, silt and clay soils were confirmed as usable provided they can be mixed with STEIN.

Based on consultation with the MOWRAM, the feasibility survey team visited the project sites in Kampong Chhnang and Battambang. During these field visits, a consultant hired by JICA for project designing found that the test construction site in Kampong Chhnang had very fragile sandy soils with high water permeability, while Battambang was covered with red silty laterite soils commonly used as a low-cost pavement base in Cambodia. Neither are expansive soils. Though further tests will be necessary, it was empirically determined that both soils could be hardened.

Moreover, the survey team visited the soil-testing facility of the MOWRAM to examine the potential to test the strength of soil-STEIN mixtures. The laboratory was well equipped, mostly with Japanese-made equipment and instruments provided through Japanese ODA. The Japanese and Cambodian sides agreed to provide training in Japan on the testing equipment and instruments not installed at the laboratory as well as discussing how to test soils without them.

The local construction should be undertaken in accordance with the design standards published by the Ministry of Public Works and Transport (MPWT), which also regulate the public works designed by the MOWRAM. They were developed based on those of the US and are even applicable to Japan. Accordingly, STEIN can be used to harden on-site soils for irrigation facilities and agricultural roads in Cambodia provided they are similar to the structures built using STEIN in Japan decades ago.

The field visits revealed that laterite roads and low-cost waterways had not been constructed in accordance with the above-mentioned standards. This was also confirmed through information provided by the MOWRAM.

● Cost-Effectiveness in Cambodia

Among irrigation facilities, unlined earth canals, waterways with both sides lined with concrete and waterways with all three sides lined with concrete were examined. Among agricultural and other roads, laterite roads, roads underlain by laterite and surfaced with DBST, roads underlain by gravel and surfaced with DBST and concrete roads were examined.

The cost-effectiveness of these existing structures can be estimated from their costs and service life; assuming they were built with STEIN. Because the design of these structures differs depending on the location and purpose, the soil and STEIN strength tests conducted during the second study trip were reviewed to compare their current costs, as shown in the table below.

In light of the local conditions, the comparison is made among unlined, fully concrete-lined and STEIN waterways. The bed is assumed to be 1,000 mm wide, 500 mm deep, 100 mm thick, with an inclination of 1 to 1 and 100 m long. The estimation is based on the *Standard Materials Price List for Infrastructure* of Cambodia, interviews with local companies and construction costs for flood spillway-cum-community roads. The life-cycle costs are calculated based on information from the MPWT, the Ministry of Rural Development (MRD), the MPWT and other relevant organizations. The shipping and management costs are not included.

**Table 12: Comparison of Waterways**

Conditions: bed width: 1,000 mm; depth: 500 mm; thickness: 100 mm; inclination: 1:1; Transportation/management costs are not included (Unit: JPY)

Item	Unlined waterway		Fully concrete-lined		STEIN waterway	
	Item	Basis	Item	Basis	Item	Basis
Extension (m) (a.)	100m	1-1	100m	2-1	<b>100m</b>	<b>3-1</b>
Construction unit price (JPY/m) (b.)	588	1-2	16,334	2-2	<b>11,192</b>	<b>3-2</b>
Construction cost (JPY) (c.=a.*b.)	59,800		1,633,400		<b>1,119,200</b>	
Service life (years) (d.)	3	1-3	30	2-3	<b>30</b>	<b>3-3</b>
Construction cost per annum (JPY/year) (e.=c./d.)	19,600		54,447		<b>37,307</b>	
Maintenance cost (f.)	24,640	1-4	4,928	2-4	<b>4,928</b>	<b>3-4</b>

Item	Unlined waterway		Fully concrete-lined		STEIN waterway	
	Item	Basis	Item	Basis	Item	Basis
(JPY/year)						
Cost per annum (JPY/year) (g.=e.+f.)	44,240		59,375		<b>42,235</b>	
Evaluation						

Basis 1-1, 2-1 and 3-1: existing unlined waterway is improved  
 Basis 1-2: Construction unit price is expected to be double the maintenance cost (JPY/m/year)  
 Basis 2-2: Concrete volume: 0.24m<sup>3</sup>/m; construction area: 2.4m<sup>2</sup>/m; and construction cost: 16,334 JPY/m  
 Basis 3-2: STEIN price: 40,000 JPY/ton; amount blended: 0.2ton/m<sup>3</sup>; volume of target soil: 0.45 ton/m; quantity of STEIN used 0.09 ton/m; construction area: 2.4m<sup>2</sup>/m; total performance: 24m<sup>2</sup>/day (10 persons); construction cost 11,192JPY/m  
 Basis 1-3, 2-3 and 3-3: experience value  
 Basis 1-4: for work once a year, labor cost: 22,000 Riel/day, 40 persons, 24,640 JPY/year  
 Basis 2-4 and 3-4: Calculate 20% of unlined waterway  
 Exchange basis: 0.028 JPY/Riel, 115 JPY/USD  
 Source of basis: Standard Materials Price List for Infrastructure  
 Prince of concrete pavement by Omura Ceratec, Inc.  
 Construction price of a flood spillway-cum-community road

Source: Prepared by the feasibility survey team

Laterite, reinforced concrete, DBST and STEIN roads are compared with one another. They are assumed to be 4,000 mm wide, 150 mm thick and 500 m long and to carry a traffic volume equivalent to that on community roads in rural areas. The estimation is based on the *Standard Materials Price List for infrastructure* as well as interviews with companies. The life-cycle costs are calculated based on information from the MOWRAM, the MRD, the MPWT and other relevant organizations. The shipping and management costs are not included.

**Table 13: Comparisons of Roads**

Conditions: width: 4,000 mm; thickness: 150mm; transportation/management costs are not included (Unit: JPY)

Item	Laterite road		DBST		Reinforced concrete		STEIN road	
	Item	Basis	Item	Basis	Item	Basis	Item	Basis
Extension (m) (a.)	500	1-1	500	2-1	500	3-1	<b>500</b>	<b>4-1</b>
Construction unit price (JPY/m) (b.)	1,380	1-2	24,501	2-2	27,223	3-2	<b>7,466</b>	<b>4-2</b>
Construction cost (JPY) (c.=a.*b.)	690,000		12,250,500		13,611,500		<b>3,733,000</b>	
Service life (years) (d.)	2	1-3	10	2-3	30	3-3	<b>30</b>	<b>4-3</b>
Construction cost per annum (JPY/year) (e.=c./d.)	345,000		1,225,050		453,717		<b>124,433</b>	
Maintenance cost (JPY/year) (f.)	51,750	1-4	122,505	2-4	45,372	3-4	<b>18,665</b>	<b>4-4</b>
Cost per annum (JPY/year) (g.=e.+f.)	396,750		1,347,555		499,089		<b>143,098</b>	
Evaluation								

Basis 1-1, 2-1, 3-1 and 4-1: Road is paved.  
 Basis 1-2: Laterite price: 665 JPY/ton; volume of target soil: 0.6ton/m; construction area: 4m<sup>2</sup>/m; total performance: 500m<sup>2</sup>/day (experience value of soil stabilization in Japan); construction cost: 1,380 JPY/m  
 Basis 2-2 : DBST price: 57,214/ton; DBST volume: 0.6ton/m; roadbed: 300 mm; construction area: 4m<sup>2</sup>/m; construction cost: 24,501 JPY/m (10% reduction of concrete road: MRD)  
 Basis 3-2: Concrete price: 10,488 JPY/m<sup>3</sup>; concrete volume: 0.6m<sup>3</sup>/m; construction area: 4m<sup>2</sup>/m; construction cost: 27,223 JPY/m

Basis 4-2 : STEIN price: 40,000 JPY/ton; amount blended: 0.2 ton/m<sup>3</sup>; volume of target soil: 0.6ton/m; quantity of STEIN used: 0.12 ton/m; construction area: 4m<sup>2</sup>/m; total performance: 500 m<sup>2</sup>/day (from the result of flood spillway-cum-community road); construction cost: 7,457 JPY/m  
Basis 1-3, 2-3, 3-3 and 4-3: experience value  
Basis 1-4: Calculate 30% of construction cost  
Basis 2-4, 3-4 and 4-4: calculate 10% of annual construction cost  
Exchange basis: 0.028 JPY/Riel, 115 JPY/USD  
Source of basis: Standard Materials Price List for Infrastructure  
Prince of concrete pavement by Omura Ceratec, Inc.  
Construction price of a flood spillway-cum-community road  
Source: Prepared by the feasibility survey team

The above-mentioned comparison among different construction structures shows that STEIN construction is the most cost-efficient. It is, however, noted that the service life and maintenance costs used to calculate the life-cycle costs may vary significantly should coefficients change. The service life of laterite roads is set to be two years based on interviews with local stakeholders stating that laterite roads are broken in two years. Interviews with the MOWRAM and local firms suggested that roads underlain by laterite and surfaced with DBST are vulnerable because laterite is easily washed away. It is also noted that the above-mentioned comparison may not be accurate because the objects of the comparison were not constructed in accordance with the road construction standards.

### **3. Specific Proposals for the ODA Project**

#### **3-1 Outline and Detailed Cooperation Plan of the ODA Project and Its Expected Development Impacts**

This Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies may take a couple of years. It is designed to introduce machinery to mix the STEIN element and concrete and build equipment and facilities.

As soon as the Project is provisionally approved, the survey team will analyze the soils of the project sites, undertake basic research to assess the potential of the Cambodian soil hardener market and strengthen networks with relevant ministries, including the MOWRAM, the counterpart organization of the verification survey team, as well as the MRD and the MPWT (the ministers and relevant directors of these three ministries agreed to cooperate with the project) by the end of June 2018. The STEIN element is to be exported to Cambodia and mixed with cement there from 2018 to early 2019. The product is scheduled to launch between late 2019 and 2020. From 2019 onwards, the activities will be performed as part of the Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies, focusing on collaboration with the on-going Japanese ODA Loan projects in Kampong Chhnang and other districts.

To disseminate Japanese technologies, English (or Khmer) manuals on the proper use of STEIN and training materials (including written and video content) are to be prepared and used in training and other capacity development activities to promote understanding of the properties and basic usage of STEIN, relevant construction methods and wide versatility of the product. The capacity development will mainly target MOWRAM officers and responsible staff of the 15 construction companies under the control of the Ministry, but other relevant ministries (e.g. the MRD and MPWT) will be encouraged through the MOWRAM to participate in training and disseminating activities.

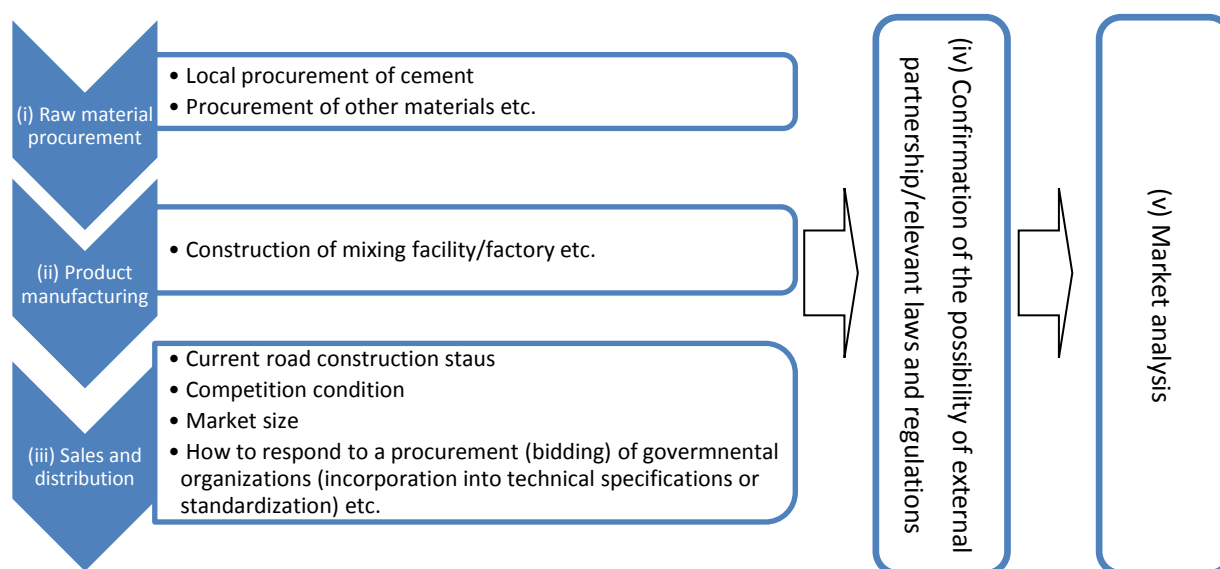
## 4. Specific Plan for the Business Development

### 4-1 Market Analysis Result

This section summarizes the analysis of market conditions for the business development scenario of STEIN in Cambodia, which was conducted in line with the following process:

First, the information obtained regarding the flow from manufacturing of the product to its sales was sorted out in terms of (i) raw material procurement, (ii) product manufacturing, and (iii) sales and distribution. Subsequently, (iv) the potential for external partnership and relevant laws and regulations related to all the processes were confirmed. Finally, the market analysis was conducted from the information thus obtained.

**Table 14: Business Flow of STEIN**



Source: Prepared by the feasibility study team

Based on the results of market analysis conducted through the project formulation survey, the following business model is expected to be adopted.

Item	Contents
External partnership	<ul style="list-style-type: none"> <li>To search for any form of partnership with the MOWRAM, the Japanese company based in Cambodia, local cement-related company and so on. In so doing, the most favorable criteria is the ability of such partner to mix the STEIN element and cement and manufacture STEIN products and also function as a trading company providing technical supervision to the primary distributor of SPEC and the construction company.</li> </ul>
Raw material procurement	<ul style="list-style-type: none"> <li>The raw materials are procured from foreign companies located in Cambodia, such as the Siam Cement Public Company Ltd. of Thailand, or from Cambodian local companies.</li> </ul>
Product	<ul style="list-style-type: none"> <li>Upon receiving the function of mixing the STEIN element and cement and</li> </ul>

Item	Contents
manufacturing	manufacturing STEIN products from the above-mentioned partner, mixing work site is arranged around Phnom Penh.
Sales and distribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>As well as striving continuously to promote the effect to Cambodian ministries (the MOWRAM, MRD, MPWT, etc.) as final demands, those companies functioning as trading companies, which provide technical supervision to the primary distributor of SPEC and the construction company, are sought.</li> <li>If the above-mentioned activity is difficult to implement, a credible local construction company (subcontractor) will be identified.</li> </ul>

## 4-2 Expected Project Plan and Development Effect

The blueprint for the project drawn at this moment recognizes STEIN as basic technology to improve irrigation facilities and rural/local roads. As well as SPEC's technology, business partners capable of executing works understanding the business flow are needed to realize this. Specifically, there is a need to maintain the system and sales of STEIN manufacturing.

Two business implementation systems are adopted during the dissemination and verification stage and subsequent practical stage, which are described as follows:

### (1) Business model at the dissemination and verification stage

At this stage, STEIN will be constructed by a designated contractor affiliated in the MOWRAM at multiple construction sites designated by the MOWRAM. In manufacturing STEIN, the mixing work of the STEIN element and cement will be subcontracted to Japanese or local companies by leasing the required equipment and facilities to them. The mixing ratio and other conditions will be instructed to subcontractors under SPEC's supervision. SPEC will also provide construction supervision to the contractor.

If the MOWRAM requests to handle STEIN manufacturing (mixing work) by themselves, consideration will be made to provide the MOWRAM with mixing equipment to manufacture STEIN at this stage, provided the manufacturing system is continuously maintained at the practical stage in future.

### (2) Business model at the practical stage

Plans A and B are expected for the business model at the practical stage. A realistic plan is examined from both plans through the dissemination and verification activity.

#### Plan A: Business implementation centered on certified sales distributors

In the dissemination and verification activity, the function performed by SPEC, instructing the mixing ratio and other conditions for subcontractors under SPEC's supervision and also providing construction supervision to the contractor, will be transferred to local certified sales distributors.



The certified sales distributors will also carry out sales activities to the MOWRAM, MRD and other governmental bodies and private developers. Consequently, the certified sales developer will be a business partner; overseeing not only technical support but also the entire business, including sales.

SPEC will provide know-how to the certified sales distributors through training and other measures. In other words, the trainees will not be recognized as “certified sales distributors” unless they have achieved a certain level through training. The expected certified sales distributors are major cement-related companies, construction companies and building material distributors in each area.

In manufacturing STEIN, SPEC imports the STEIN element from Japan to a Japanese or local cement company in Cambodia and subcontracts the mixing work to them. The certified sales distributors will pay the product fee directly to the subcontractors and obtain STEIN from them.

The expected issues in Plan A are as follows. In terms of manufacturing, if there is only one subcontractor of STEIN processing, the subcontracting price may be determined by the subcontractor, which may impact on the cost advantage of STEIN. Conversely, if subcontracting to several companies, additional management costs will be incurred to arrange each subcontractor. In terms of sales, identifying proper certified sales distributors and their management are considered challenging issues.

#### **Plan B: Business implementation centered on a local branch of SPEC**

The dissemination and verification activity will involve the function performed by SPEC, instructing the mixing ratio and other conditions for subcontractors under SPEC’s supervision and also providing construction supervision to the contractor, will be transferred to SPEC’s local branch to be established in Cambodia and performed in cooperation with local certified sales distributors.

The local branch of SPEC will carry out sales activity focusing on public relations to the MOWRAM, the MRD and other governmental bodies and private developers in cooperation with certified sales developers. However, as described in Plan A, practical technical support and sales activity to construction company will be carried out by certified sales distributors.

In manufacturing STEIN, the local branch of SPEC purchases the STEIN element imported by SPEC from Japan and subcontracts the mixing work to a Japanese or local cement company in Cambodia. The certified sales distributors will then obtain STEIN from the local SPEC branch.

The expected issues of Plan B are financial and human resource costs and operation and management risks associated with establishing the local branch.

Based on the above consideration, Plan A is considered appropriate if proper certified sales distributors are explored at the dissemination and verification stage and they can establish a good relationship with the manufacturing subcontractor.

If this proves difficult to realize, however, the establishment of a business implementation system is considered in line with Plan B.

# Feasibility Survey for the Development of Irrigation and Agricultural Facilities by the STEIN Soil Hardening

## Corporate/Site Overview

- Proposing Company : **SPEC Co., Ltd. (Tokyo, JAPAN)**
- Counter Part: Ministry of Water Resources and Meteorology (MOWRAM)
- Project Site: Kampong Chnang province



## Development Challenges in Cambodia

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

## Technology/Product of SPEC Co., Ltd.

- The soil hardening product, STEIN, which consists of environmentally harmless minerals, can harden the soil by adding 10% into original soil and the hardened soil and building can last for a long period.
- In terms of cost, paving roads utilizing STEIN cost about 40-60 % of the total cost of asphalt roads in Japan.

## Results of Soil Test and Test Construction and Proposed ODA Project

- The validation results indicated that mount sandy, laterite and clay-silt soils, would be applicable as they achieved higher compressive strength than the acceptable criteria of 30 kg/cm<sup>2</sup> after blending with STEIN.
- The comparison among different construction structures, STEIN, laterite, DBST, and concrete, shows that STEIN construction is the most cost-efficient. The estimate cost of STEIN would be 1/3 of laterite road and the estimated duration of the road would be more than 10 times.
- From these results, it seems that STEIN has large potentials to improve existing agricultural facilities (irrigation and rural roads) and to contribute development effects to secure agricultural water, improve the living standard, reducing deserter in rural area.

## Expected Business Expansion

1. Dissemination of STEIN technology: in partnership with the government, mainly the Ministry of Water Resources and Metrology
2. Production of STEIN: consignment production to the local company of Joint Venture (JV) with business partners in Cambodia
3. Construction by utilizing STEIN: in partnership with local construction companies
4. Sales of STEIN: through agencies or gradually expanding in JV with business partners in Cambodia