

バングラデシュ国

住宅・公共事業省公共事業局

バングラデシュ国
無焼成固化技術を活用したレンガ
製造普及・実証事業

業務完了報告書

令和元年 10 月
(2019 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

亀井製陶株式会社

民連
JR
19-147

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

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

<Notes and Disclaimers>

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

目次

巻頭写真	iii
略語表	v
地図	vi
図表番号	vii
案件概要	ix
要約	x
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	3
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）及び法制度	5
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	8
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	11
2. 普及・実証事業の概要	16
(1) 事業の目的	16
(2) 期待される成果	16
(3) 事業の実施方法・作業工程	17
① 無焼成レンガの製造	17
② 公共事業局による無焼成レンガの活用に係る支援	18
③ 実績を基にした販売促進活動など普及活動	19
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	21
(5) 事業実施体制	23
(6) 事業実施国政府機関の概要	24
① バングラデシュ公共事業局	24
② バングラデシュ住宅・建物研究機関	25
3. 普及・実証事業の実績	27
(1) 活動項目毎の結果	27
① 無焼成レンガの製造	27
② 公共事業局による無焼成レンガの活用に係る支援	50
③ 実績を下にした販売促進活動など普及活動	55
(2) 事業目的の達成状況	59
① 無焼成レンガの製造	59

②	公共事業局による無焼成レンガの活用に係る支援	60
③	実績を下にした販売促進活動など普及活動	61
(3)	開発課題解決の観点から見た貢献	61
①	雇用環境の改善、貧困対策への貢献	61
②	農地保全、廃棄物問題に対する貢献	62
③	健康面の課題解決への貢献	63
(4)	日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	64
(5)	環境社会配慮	65
①	事業実施前の状況	65
②	事業実施国の環境社会配慮法制度・組織	68
③	事業実施上の環境及び社会への影響	69
④	環境社会配慮結果	72
(8)	事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	75
(9)	今後の課題と対応策	76
①	廃棄物の再利用	76
②	7,000 PSI+の骨材	76
③	系統電力の整備	76
④	製造原価のコスト削減	76
4.	本事業実施後のビジネス展開計画	78
(1)	今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	78
①	マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）	78
②	ビジネス展開の仕組み	81
③	想定されるビジネス展開の計画・スケジュール	81
④	ビジネス展開可能性の評価	81
(2)	想定されるリスクと対応	81
(3)	普及・実証において検討した事業化による開発効果	81
(4)	本事業から得られた教訓と提言	81
①	今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓	81
②	JICA や政府関係機関に向けた提言	81
	参考文献	83
	添付資料	85

巻頭写真

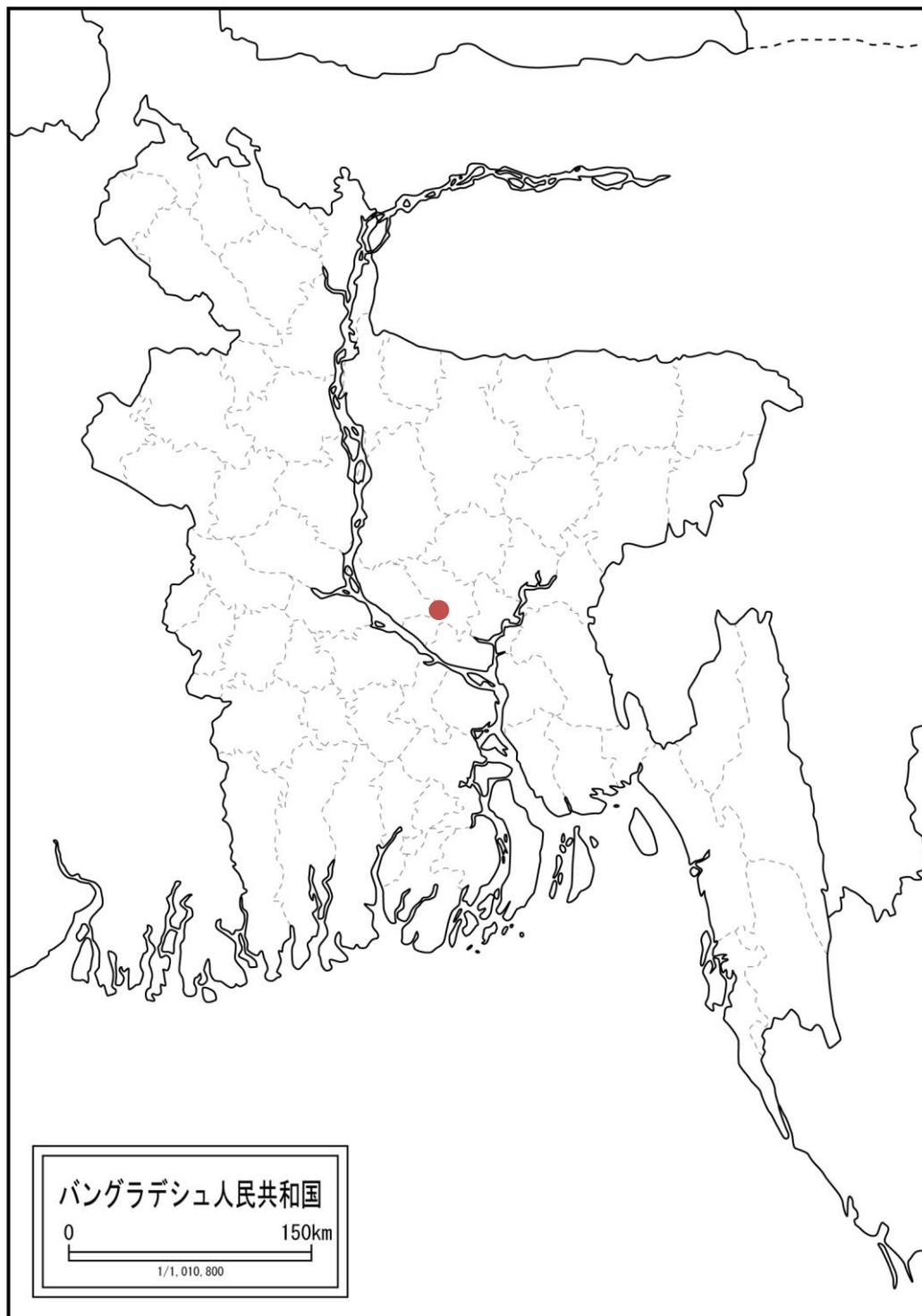
	
<p>建設前：工場建設サイト (2017年2月撮影)</p>	<p>建設中：基礎工事 (2017年6月撮影)</p>
	
<p>建設中：躯体工事 (2018年4月撮影)</p>	<p>建設後 (2018年9月撮影)</p>
	
<p>設置工事：プレス機設置 (2018年11月撮影)</p>	<p>設置工事：コンベア設置 (2018年12月撮影)</p>

	
<p>試運転中 (2019年4月撮影)</p>	<p>試運転中 (2019年4月撮影)</p>
	
<p>完成製品 (2019年4月撮影)</p>	<p>稼働確認：ミキサーから原料排出 (2019年7月撮影)</p>
	
<p>稼働確認：プレス機での成型 (2019年7月撮影)</p>	<p>完成製品 (2019年7月撮影)</p>

略語表

略語	正式名称	日本語訳
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BBMOA	Bangladesh Brick Manufacturer Owner Association	バングラデシュレンガ製造 オーナー連盟
BNBE	Bangladesh Non-Fired Brick Enterprise Godo Gaisha	バングラデシュ無焼成レンガ 事業合同会社
BOP	Base of Pyramid	低所得者層
BSTI	Bangladesh Standard Testing Institute	バングラデシュ基準・検査機関
BTK	Bull's Trench Kiln	ブルズ・トレンチ窯
CER	Certified Emission Reduction	認証排出削減量
C/P	Counterpart Organization	カウンターパート機関
DOE	Department of Environment	環境局
FCK	Fixed Chimney Kiln	固定型煙突窯
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
HHK	Hybrid Hoffman Kiln	ハイブリッドホフマン窯
HBRI	Housing and Building Research Institute	住宅・建物研究機関
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KCB	Kamei Ceramics Bangladesh	カメイ・セラミックス・ バングラデシュ
MoHPW	Ministry of Housing and Public Works	住宅・公共事業省
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PWD	Public Works Department	公共事業局
PM	Particulate Matter	粒子状物質
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
VSBK	Vertical Shaft Brick Kiln	縦型シャフト窯
WB	World Bank	世界銀行
WHO	World Health Organization	世界保健機関

地図



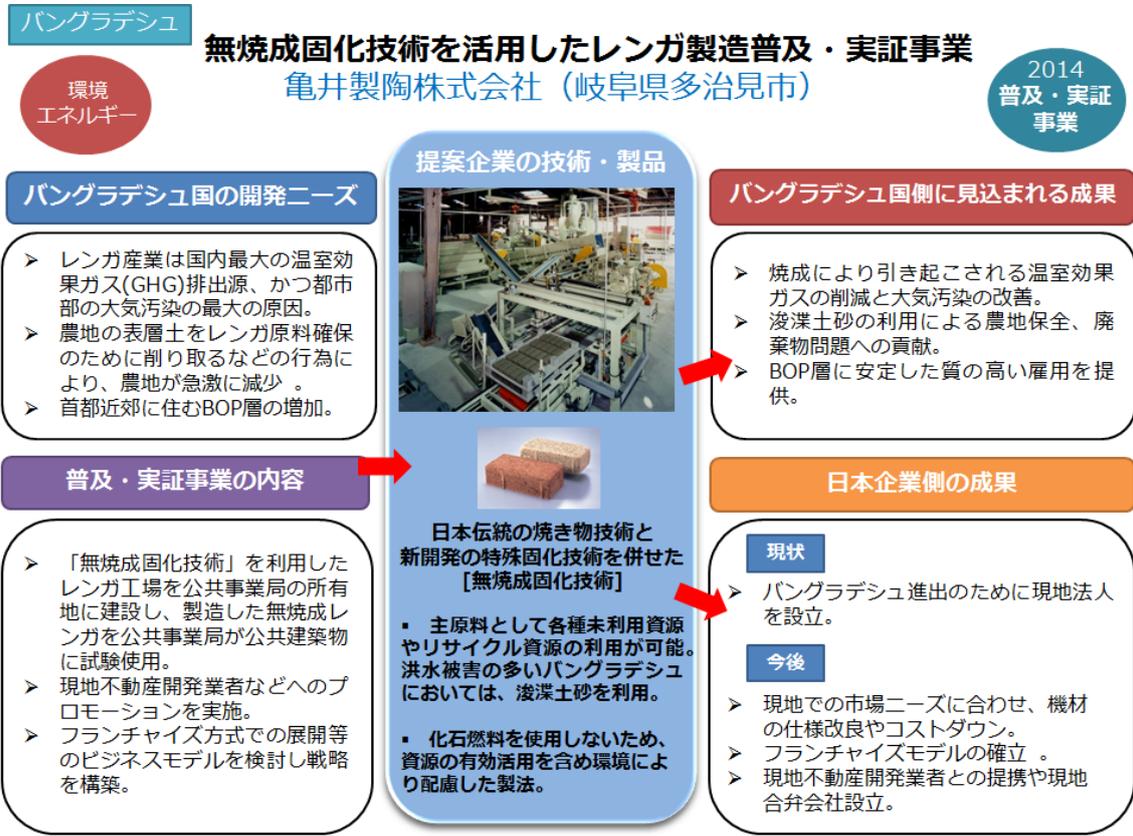
出典：白地図専門店 <http://www.freemap.jp/item/asia/bangladesh.html>

図表番号

図 1	事業実施体制.....	23
図 2	工場建設サイト.....	29
図 3	二国の名称を入れたレンガの試作品.....	30
図 4	製造工程（機材設置）計画.....	30
図 5	工場レイアウト.....	31
図 6	高浜工業（株）で製造が完了した原料準備機材の稼働試験の様子.....	31
図 7	（株）GOTO で製造が完了したプレス機の稼働試験の様子.....	32
図 8	完成した工場建屋.....	36
図 9	動作確認の様子（2019年4月）.....	40
図 10	「全自動」と「セミオート」の稼働ライン.....	40
図 11	トレーニングの様子（2019年5月）.....	48
図 12	無焼成レンガの活用場所.....	50
図 13	無焼成レンガの積み上げ指導.....	51
図 14	住宅・建物研究機関の外壁（完成後）.....	51
図 15	従来の焼成レンガと外壁の仕上げ.....	53
図 16	住宅建築資材展示会の様子（2018年10月）.....	55
図 17	発表会の様子（2019年7月）.....	56
図 18	工場見学の様子（2019年7月）.....	56
図 19	Channel I 撮影の様子（2019年5月）.....	57
図 20	無焼成レンガ紹介のチラシ.....	58
図 21	ダッカ市内のPM _{2.5} 汚染源の推移.....	66
図 22	ダッカ市内のブラックカーボン汚染源の推移 ²⁴	66
図 23	ダッカ市における微粒子状物質（PM _{2.5} ）の月平均濃度.....	67
表 1	バングラデシュ基本データ.....	1
表 2	バングラデシュのレンガセクター（2017年）.....	3
表 3	バングラデシュのレンガ焼成窯技術の普及状況（2009年）.....	4
表 4	バングラデシュのレンガ焼成窯技術の普及状況（2017年） ⁴	4
表 5	レンガ産業に関する政策・法規制 ⁴	6
表 6	GREEN Brick プログラムのドナーと金額.....	9
表 7	GREEN Brick プログラムの支出額.....	9
表 8	Brick Kiln Efficiency Project の CDM 実施状況.....	10
表 9	公共事業局の基本情報.....	24
表 10	住宅・建物研究機関の基本情報.....	25

表 11	機材リスト.....	37
表 12	セミオート運転中の製造原価等.....	41
表 13	原材料の価格調査結果.....	42
表 14	サンプル（2016年7月作成）の生産量と原料・配合率.....	42
表 15	サンプル（2016年7月作成）の試験結果.....	42
表 16	サンプル（2018年11月作成）の生産量と原料・配合率.....	43
表 17	サンプル（2018年11月作成）の試験結果.....	43
表 18	サンプル（2018年12月作成）の生産量と原料・配合率.....	43
表 19	サンプル（2018年12月作成）の試験結果.....	43
表 20	配合パターン比較試験の内容と圧縮強度.....	44
表 21	PS1 サンプルの BUET 大学での圧縮強度試験結果.....	45
表 22	工場運営のための契約社員等、雇用状況.....	46
表 23	活用支援：住宅・建物研究機関の外壁アップグレード.....	51
表 24	無焼成レンガ活用（購入価格削減）による財政負担軽減.....	54
表 25	外壁仕上げ用（片面）のモルタルの不要による財政負担軽減.....	54
表 26	バングラデシュの各レンガ焼成窯の汚染状況 ⁴	68
表 27	バングラデシュの各レンガ焼成窯の汚染状況（再掲） ^{4,28}	72
表 28	レンガ焼成窯毎の石炭消費量と CO ₂ 排出係数 ⁴	73
表 29	バングラデシュの各レンガ焼成技術のコスト比較.....	79
表 30	バングラデシュのレンガの種類.....	80

案件概要



要約

I. 提案事業の概要	
案件名	無焼成固化技術を活用したレンガ製造普及・実証事業 Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Non-fired Solidification Brick Manufacturing Process
事業実施地	バングラデシュ人民共和国ダッカ県ミルプール地区
相手国 政府関係機関	住宅・公共事業省、公共事業局、住宅・建物研究機関
事業実施期間	2015年11月～2019年12月
契約金額	100,888,200円（税込）
事業の目的	大気汚染の原因となっているレンガ産業の変革を目指すため、「無焼成固化技術」を利用したレンガ工場を設立し、製造したレンガを公共建築物に使用することを通じて同技術のバングラデシュでの普及可能性を実証する。
事業の実施方針	本事業の受益者は多岐にわたり、複数の機関が関わるため、関係するステークホルダー等との確で密なネットワークを構築する。ステークホルダーミーティングには、カウンターパート機関の公共事業局の他、建築局、住宅・建物研究機関、環境局の参加を図り、綿密な協議、調査を重ねていく。良質の無焼成レンガが安定的に製造され、工場が適切に管理され、長期稼働が出来るよう、設備のメンテナンスも含め、現地での技術指導により確実な技術移転を行う。
実績	<p>1. 実証・普及活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 工場の建設 ・ 製造機材の日本国内での製造と輸送 ・ コンベアの現地調達 ・ 機材の稼働確認と不具合の調整 ・ 無焼成レンガのデザイン決定 ・ 原材料の決定と試験、配合率の決定 ・ 工場運営・維持管理のための技術指導とトレーニング ・ 温室効果ガス削減効果の試算 ・ 無焼成レンガの住宅・建物研究機関外壁への活用 ・ 無焼成レンガ活用による住宅・建物研究機関の財政負担軽減への寄与 ・ 関連省庁等への広報活動 ・ 現地不動産開発業者等へのプロモーション

	<p>2. ビジネス展開計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地子会社 Kamei Ceramics Bangladesh（以下、KCB）の人材雇用 ・ビジネス展開戦略の決定（フランチャイズ方式） ・ビジネス展開スケジュールの決定 ・要員計画・人材育成計画の決定 ・収支分析・資金調達計画 ・ビジネス展開可能性の評価 ・想定されるリスクと対応 ・事業展開による開発効果の試算
課題	<p>1. 実証・普及活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・系統電力の整備が大幅に遅れており、自家発電に頼っている状態である。自家発電ではディーゼル使用量の経費が高くなるため、系統電力の早期の整備が望まれる。 ・製造原価のコスト削減：フランチャイズ工場では、機材を日本で製造・輸送するため、多大な初期投資資金がかかる。初期投資を早期に回収するためには製造原価のコスト削減が必須であるが、本実証事業ではセメントや光熱費の経費が多くかかった。 <p>2. ビジネス展開計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・穴あきレンガのメリット：本事業で製造するレンガは無焼成であり穴あきである。この両特徴は焼成粘土レンガが一般的なバングラデシュでは知られていない。品質要求の厳しい公共事業で既に使用されているという実績を積極的に公表する。
事業後の展開	<p>提案企業はバングラデシュ国内では事業実績がないため、単体による資金調達は現実的ではなく、レンガの大口需要先である現地不動産開発業者と提携することが最善と考えている。将来的にフランチャイズ本部を構築し、品質や労働環境管理を徹底できる体制が整った段階で現地法人に技術供与するフランチャイズ方式を含む複数の戦略を検討している。</p> <p>実証事業実施後、現地子会社 KCB の人材雇用およびフランチャイズ展開の体制準備など、事業開始に向けた諸手続きと製造設備導入等のソフト・ハードの準備に充てる。その後、原料の入手が比較的容易で、法令順守の徹底による中央政府の後押しを受けやすい、首都圏北部にあるレンガ工場集積地（ダッカ管区ナラヤンゴンジ県、ガジプル県）で、集中的にフランチャイジーの募集を行い、現地不動産開発業者を中心とした民間企業と協力し事業展開をする予定である。</p>

Ⅱ. 提案企業の概要	
企業名	亀井製陶株式会社 Kameiseito Co., Ltd.
企業所在地	岐阜県多治見市
設立年月日	昭和 41 年 1 月 1 日
業種	製造業
主要事業・製品	<ul style="list-style-type: none"> ・地球製レンガ「Earthen Bricks」の製造・卸売 ・産業廃棄物の収集運搬・中間処理（100%リサイクル） ・石材、陶板、ガーデニング商材他の輸入・卸売 ・「無焼成固化」技術のグローバル展開
資本金	4,000 万円（2019 年 9 月時点）
売上高	74,422 千円（2018 年度）
従業員数	5 人

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

バングラデシュの基礎情報を表 1 に示す。

表 1 バングラデシュ基本データ¹

面積	14 万 7 千 km ² (日本の約 4 割)	
人口	1 億 6,365 万人 (2018 年 1 月、バングラデシュ統計局)	
首都	ダッカ	
民族	ベンガル人が大部分を占める。ミャンマーとの国境沿いのチッタゴン丘陵地帯には、チャクマ族等を中心とした仏教徒系少数民族が居住。	
言語	ベンガル語 (国語) 成人 (15 歳以上) 識字率 : 72.9% (2017 年、バングラデシュ統計局)	
宗教	イスラム教徒 88.4%、その他 (ヒンズー教徒、仏教徒、キリスト教徒) 11.6% (2017 年、バングラデシュ統計局)	
略史	1947 年 8 月 14 日 パキスタンの一部 (東パキスタン) として独立	
	1971 年 12 月 16 日 バングラデシュとして独立	
政治体制・内政	政体	共和制
	議会	一院制 (総議席 350)
	政府	首相 : シェイク・ハシナ
経済	主要産業	衣料品・縫製品産業、農業
	実質 GDP	1,800 億米ドル (2017 年、世界銀行)
	GDP 内訳	サービス業 : 52.11%、工業・建設業 : 33.6%、農林水産業 : 14.23% (2018 年度、バングラデシュ中央銀行)
	一人当たり GDP	1,675 米ドル (2018 年度、バングラデシュ統計局/財務局)
	経済成長率 (GDP)	7.86% (2018 年度、バングラデシュ統計局/財務局)
	消費者物価指数上昇率	5.78% (2018 年度、バングラデシュ中央銀行)
	労働人口市場	6,350 万人 農業 : 40.6%、サービス業 : 39.0%、工業/製造業 : 20.4% (2017 年度、バングラデシュ統計局)

¹ 外務省 バングラデシュ人民共和国基礎データ

バングラデシュは 1971 年 12 月にパキスタンから独立した。面積は 14 万 7,000km² (日本の約 4 割)、人口は 1 億 6,365 万人でイスラム教徒が 88.4%を占める。

独立後、長年に亘り軍事政権が続いたが、1990 年 12 月、平和裡に民主化に移行し、1991 年の憲法改正で議院内閣制へと体制を変更した。以降、5 年ごとに総選挙を実施しており、総選挙の度に政権が交代している。

2014 年 1 月の総選挙は野党 18 連合ボイコットのまま実施され、与党アワミ連盟が圧勝しハシナ首相 (3 期目) を首班とするアワミ政権が発足した。選挙直後は内外から新政権の正統性を疑問視する声が上がったが、その後、野党勢力が弱体化する中で、国内世論は新政権是認に傾き国内情勢は比較的安定した。

2015 年に入り、野党ボイコット選挙 1 周年を機に野党連合が再び反政府運動を行い、車両への放火や爆発事件等多発し、2 月～3 月にかけて百数十人の死者が発生。与野党間に政治制度を巡る火種は存在し、世俗的な作家・ブロガーに対する襲撃事件、9 月のイタリア人殺害事件、10 月の邦人殺害事件や、イスラム教シーア派やヒンドゥー教宗教関連施設や治安当局が標的となるテロ事件が相次いだ。こうした中、2016 年 7 月、ダッカ市内の外国人居住区にあるレストランにて、日本人 7 名を含む 22 名が犠牲となるダッカ襲撃テロ事件が発生した。ハシナ首相はテロを一切容認しない「ゼロ・トレランス」を掲げ、過激派の挑発に全力で取り組んでいる。

1990 年代以降、バングラデシュと国境を接するミャンマー・ラカイン州からイスラム教徒の「ロヒンギャ」が国境を越え難民として流入していたが、2017 年 8 月、「ロヒンギャ」武力勢力によるミャンマー治安部隊等に対する襲撃事件により、バングラデシュに新たに約 70 万人の避難民が流入し、人道状況が悪化した。国連によれば、現在国内に約 90 万人の「ロヒンギャ」難民が避難している。

2018 年 12 月の総選挙では与党が圧勝し、ハシナ首相はバングラデシュ史上初の 3 期連続で首相に就任した。

2018 年度²のバングラデシュ経済は、一人当たりの GDP は、2013 年度の 838 米ドルから安定的に伸長して 1,675 米ドルに達し、7.86%の経済成長率を達成した³。

この背景には、縫製品の海外輸出が引き続き好調なこと、海外労働者送金が安定的に伸長していること、比較的バランスの取れた産業構造、農業セクターの安定した成長等が挙げられる。このような安定した高い経済成長を背景に、2005 年にゴールドマン・サックス社はバングラデシュを BRICS に次ぐ「ネクスト 11」の新興経済国の一つに位置づけた。

しかし、バングラデシュ経済は、縫製品輸出や海外の移住者・労働者からの送金に依

² バングラデシュの会計年度は 7 月～翌年 6 月末。2018 年度は、2017 年 7 月から 2018 年 6 月末まで。以下、同様。

³ 外務省 バングラデシュ人民共和国基礎データ、JETRO バングラデシュ世界貿易投資報告

存するところが大きく構造的に脆弱であるため、輸出産業ならびに輸出先の多角化や、道路・港湾・電力等の基礎的インフラ整備が依然として課題となっている。

バングラデシュの財政は慢性的な赤字となっており、これを外国援助と国内銀行借入等で補填する構造となっている。これは、主に政府の徴税能力及び歳入基盤の脆弱性、また非効率な国有企業に対する財政による赤字補填に起因している。

順調な経済成長を背景に、2015年には世界銀行の分類で低中所得国となり、2018年3月には国連の後発開発途上国（LDC）の卒業基準3項目（一人あたりのGNI、人的資源開発指標、経済脆弱性指標）を全て達成した。

② 対象分野における開発課題

レンガは都市近郊、農村ともにバングラデシュで最も普及している建築材料である。バングラデシュには現在、稼働中のレンガ焼成窯が6,744ほど存在し、主にインドから輸入する瀝青炭568万tを用いて年間228億個のレンガを生産している。

レンガ産業はGDPの約1%を占め、100万人以上の雇用を産んでいる。近年の同国の経済発展に伴い、直近5年では需要が前年比約5%のペースで成長しており、これからも大きな成長が見込まれる一大産業・市場である。

表 2 バングラデシュのレンガセクター（2017年）⁴

パラメーター	数値
レンガ焼成窯の総数（推計）	6,744
年間のレンガ生産量	228 億個
GDP 寄与率	～1%
石炭消費量	568 万 t
CO2 排出量	1,567 万 t
粘土使用量	9,486 万 m ³
雇用者数（粘土と石炭の供給含む）	>100 万
次の10年間における成長率（推計）	2～3%

バングラデシュにおけるレンガ焼成窯技術の普及状況の変遷を表3と表4に示す。2009年には、エネルギー効率が極端に劣る旧式の技術であるFixed Chimney Kiln（FCK型）が92%と優占し、その他の技術が8%となっていたが、2017年にはFCK型の窯数が4,500から2,373に減少し、比較的環境負荷の少ないZigZag Kiln（ZigZag型）が150から4,274と急増した。この急激な変化は、2010年、レンガ産業に起因する環境問題と健康被害を鑑みた政府がFCK型の操業禁止を決定したことを受けたものであり、多く

⁴ Department of Environment, National Strategy for Sustainable Brick Production in Bangladesh, May 2017.

の事業者が FCK 型から ZigZag 型に変更した。しかしながら、35%の事業者は今なお FCK 型を採用している。近代的な技術で石炭を動力とする Hybrid Hoffman Kiln（HHK 型）は、2015 年には 105 まで増えたが、金融機関やドナー機関からの支援の縮小により、年々数が減り続け、2017 年には工場数が 61 まで減少した。一方で、先進的かつ自動式の Tunnel Kiln（Tunnel 型）の数は増加しており、銀行や金融機関による低金利ローンの拡大により、現在では国内の様々な場所で 58 の工場が操業している。

表 3 バングラデシュのレンガ焼成窯技術の普及状況（2009 年）⁵

窯のタイプ	総数	全窯に対する割合 (%)	年間のレンガ製造数 (10 億個)	全レンガ製造数に対する割合 (%)
FCK 型	≤4,500	92	15.8	91.4
BTK 型	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
ZigZag 型	≤150	3	0.6	0.0
Hoffmann 型(ガス)	≤20	0.4	0.2	3.5
HHK 型	≤10	0.2	0.2	1.4
その他	≤200	4.0	0.5	0.9
合計	≤4,880	100	17.2	100

表 4 バングラデシュのレンガ焼成窯技術の普及状況（2017 年）⁴

窯のタイプ	総数	全窯に対する割合 (%)	レンガ製造数 (10 億個)	全レンガ製造数に対する割合 (%)
FCK 型	2,373	35.19	7.1	31.16
ZigZag 型	4,247	62.97	12.7	55.76
HHK 型	61	0.90	1.1	4.81
Tunnel 型	58	0.86	1.7	7.62
その他	5	0.07	0.2	0.66
合計	6,744	100	22.8	100

レンガ産業では環境負荷の少ない技術への移転が進んでいるものの、産業自体が成長しているため、二酸化炭素の排出量は増加している。2011 年には 4,880 あった焼成窯は 2017 年には 6,744 に増加した。また、GHG 排出量は 2011 年の 980 万 t から 2017 年には 1,567 万 t に増加した^{4,5}。

加えて、レンガ焼成に使用される石炭から排出される汚染物質は深刻な大気汚染や

⁵ WB, Introducing Energy-efficient Clean Technologies in the Brick Sector of Bangladesh, June 2011.

農地汚染などの環境問題⁴⁶を引き起こしていると言われ、住民の健康への影響が懸念されている。レンガ工場が密集するダッカ及び近隣地区では、健康被害が深刻化しており、その経済損失は年間約 330 億タカ（429 億円※）という試算も出されている⁵。

労働環境も良好とはいえず、劣悪な労働条件や、女性差別、児童労働などの課題がある。各レンガ製造業には平均約 150 人の労働者が働いており、その中には法律で禁止されているにも関わらず、30～50 人の児童労働者がいることも多い⁷。さらに、ほとんどのレンガ製造業は低地の地域で運転しており 6 月から 9 月にかけては雨季で洪水が多いため、乾季の 5～6 ヶ月間のみの稼働をしており、労働者の雇用も不安定である。

※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ = 1.30 円



生レンガを成型する労働者



窯詰する労働者

また、レンガは主に粘土を石炭で焼成して製造するため、農地の減少も深刻な問題となっている。農地から高い粘土含有量がある良質の表土が、レンガの材料として削り取られ表土枯渇の被害が多い。レンガ産業は年間 4,500 万 t の粘土を掘削しており、これにより農地が毎年 8 万ヘクタール減少している⁸。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）及び法制度

レンガ産業に起因する環境問題及び健康被害が深刻なことから、バングラデシュ政府は様々な政策・規制を通してレンガ産業の改善に取り組んでおり、本事業にとっては有利な経営環境が整いつつある。

レンガ産業に関する最初の法律は 1989 年に制定された Brick Burning Act であり、そ

⁶ H.R.Khan, Assessment of degradation of agricultural soils arising from brick burning in selected soil profiles, Int.J.Enviro.Sci.Tech., 2007.

⁷ WB, Introducing Energy-efficient Clean Technologies in the Brick Sector of Bangladesh, June 2011.

⁸ UNDP, Technical and Financial Fact Sheet, 2011.

の後、同法の改正や様々な通達が出されてきた。

2010年、環境局はFCK型の操業を2013年7月以降禁止することをこれまで告示していたが、産業側のロビー活動により、暫定措置として2014年6月までの移行期間が認められることになった。現在、移行期間が終了し同法律は発効されたが、違反したレンガ工場は規模や公害の深刻度等に応じた罰金を科せられることになっており、現に複数のレンガ工場が裁判所からの命令に従い操業停止と罰金支払いを行っている。

バングラデシュ政府のレンガ産業に関する政策・法制度を表5に示す。

表5 レンガ産業に関する政策・法規制^{4,9}

年	政策・規制	管轄省庁	詳細	備考
1989	Brick Burning (Control) Act, 1989	環境・森林省 環境局	レンガ製造で薪炭材の使用を禁止し、レンガ工場の許可制を導入したバングラデシュで初めての法律。	薪炭材は広く利用されなくなっているが、遠隔地では限定的ではあるがまだ使用が続けられている。
2001	Brick Kiln (Control) (Amendment) Act, 2001	環境・森林省 環境局	レンガ工場の場所を規制する Brick Burning (Control) Act, 1989 の改正法。新しい規定は、地区の中心、市域、居住地区、庭園、政 府保安林の3km以内にレンガ工場を設立してはいけないとしている。	バングラデシュでは左記の条件でレンガ工場の土地を見つけることはほとんど不可能である。これをBBMOA(バングラデシュレンガ製造オーナー連盟)はこの法律の欠陥だと指摘している。したがって、この規定は実施されていない。
2002	Brick burning rules	環境・森林省 環境局	レンガ工場の煙突を120ftにすることを義務化した規則である。	この条件は都市部で特に守られており、またほとんどの低効率のBTK型の工場はFCKの改良型に移行している。しかしながら、BTK型でも不法に操業して

⁹ WB, Introducing Energy-efficient Clean Technologies in the Brick Sector of Bangladesh, June 2011.より作成、一部追記

年	政策・規制	管轄省庁	詳細	備考
				いる窯もある。
2007	Government of Bangladesh notification	環境・森林省 環境局	レンガ工場オーナーが2010年までに代替燃料への切り替えと技術改良を行わなければ、環境適合証明 (ECC) の更新を行わないとしている。	切り替えを容易にするための活動が殆ど行われず、この規制は実行されていない。
2008	Brick Kiln Policy, 2008	環境・森林省 環境局	1995年の環境保全法の下に、環境適合証明 (ECC) を用いて乱雑なレンガ工場の設立を制御するために策定された。	主に工場の設立場所、原材料の規定、工場の移転、環境汚染物質の制御、環境適合とモニタリング、調査研究、技術会議の設立について記載。
2010	Government of Bangladesh notification	環境・森林省 環境局	FCK型の操業を2013年以降禁止した。	世界銀行の支援による政府の Clean Air and Sustainable Environment Project の下で活動が行われている。 産業側のロビー活動により、暫定措置として2014年6月までの移行期間が認められることになった。
2013	Brick Manufacturing and Brick Kiln Establishment (Control) Act, 2013	環境・森林省 環境局	レンガ産業をエネルギー効率がよく、環境汚染の少ない技術へ移行・促進することを目的とする。居住地や事業地、農地等での新規工場の設立禁止、農地等の	Brick Kiln (Control) (Amendment) Act, 2001の改正法。2014年7月に施行された。 設立場所の制限が厳しいことから、効率のよい技術への移行を鈍化させている。

年	政策・規制	管轄省庁	詳細	備考
			土壌採取制限、湖沼や河床等の土壌採取承認。近代的技術の工場では50%を穴あきレンガにする等。	
2019	Brick Manufacturing and Brick Kiln Establishment (Control) (Amendment) Bill, 2019	環境・森林省 環境局	2013 年では禁止していた一部政府機関の道路前での工場設立を承認。汚染物質の排出が満足できるレベルの場合、居住地や農地、湿地での操業を承認。穴あきレンガについて、政府が生産数とその時期を設定することができる等 ¹⁰ 。	Brick Manufacturing and Brick Kiln Establishment (Control) Act, 2013 の改正案。BBMOA は、事業者はライセンス取得の難しさに直面しているが、この法案が可決されれば容易になると話している。一方、この法案は大気汚染を悪化させると唱える環境専門家もいる ¹⁰ 。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

(ア) 国連開発計画 (UNDP) による GREEN Brick プログラム¹¹

このプログラムは 2010 年からの 5 年間でエネルギー効率の高い 15 の焼成窯 (HHK 型) をデモンストレーションとして建設することを目指している。

2014 年 12 月の中間報告書における報告事項は以下のとおり¹²。

- 本事業はエネルギー効率の良いレンガの概念をバングラデシュにもたらすと共に、HHK 型焼成窯の普及、間接的な銀行融資の促進、クリーンなレンガ技術への政策支援に貢献した。
- しかしながら、目標とする 15 の HHK 型焼成窯のうち、操業しているのは 1 つ

¹⁰ Dhaka Tribune, Experts: 'Changes to Brick Production Act contribute to more to air pollution', December 18th, 2018

¹¹ UNDP GREEN Brick ウェブサイト：
http://www.bd.undp.org/content/bangladesh/en/home/operations/projects/environment_and_energy/improving-kiln-efficiency-in-brick-making-industry-.html

¹² UNDP&GEF, Mid-Term Review Bangladesh Green Brick Project IKEBMI (Increasing Kiln Efficiency in the Brick Making Industry), December 2014

のみで、3つが休業、2つが進行中、1つが工事中に停止、1つが銀行のローンを得て開始する段階、その他は銀行ローンの承認待ちになっている。

- デモンストレーションでは、実施を強調しすぎて、キャパシティービルディングなどソフト面の説明を軽視していた。今後は技術評価や政策、認証、技術支援、キャパシティービルディング、普及啓発を扱うべきである。
- デモンストレーションサイトの5つの事業者のうち、3人は事業パートナーの操業方法について、遅延することが多く不満足と報告している。HHK 型焼成窯の主な課題は利益であるが、今回の中間報告では、事業パートナーの操業方法も問題になることが明らかになった。
- 雨季のレンガ乾燥が課題であり、内部加熱を導入しているところもあるが、エネルギー消費が高くなり、汚染物質の排出も多くなるとの意見もある。
- 既存及び進行中の HHK 型焼成窯は、GEF 基金の追加支援を得ず、可能な限り事業パートナーと事業管理部による支援を行うべきである。
- 継続的な支援やブランドの創設等を行う Brick Center を設立した。

この事業のドナーと年度ごとの支出額は次の通り。

表 6 GREEN Brick プログラムのドナーと金額

ドナー	金額
Global Environmental Facility (GEF)	3,000,000 米ドル
Global Gender and Climate Alliance	60,000 米ドル
Multi Donor Trust Fund – オランダ政府	30,000 米ドル
UNDP Track Fund	1,000,000 米ドル

表 7 GREEN Brick プログラムの支出額

年	金額
2015	79,280 米ドル
2014	44,944 米ドル
2013	456,388 米ドル
2012	778,478 米ドル
2011	760,112 米ドル
2010	471,539 米ドル

(イ) 世界銀行 (WB) による Brick Kiln Efficiency Project¹³

よりクリーンなレンガ製造技術を促進し、環境的に持続可能なレンガ産業に変換することを目的とする。CDM スキームを活用し、2009 年から 2016 年に HHK 型のレンガ焼成窯を導入する事業で削減された温室効果ガスの認証排出削減量 (CER) を世界銀行から購入し、バングラデシュのレンガ産業の支援に資する。

Industrial & Infrastructure Development Finance Company Ltd. (IIDFC) がバングラデシュ国内の複数の企業の小規模なプロジェクトをバンドリングし、世界銀行 (WB) が CER を 1 t あたり 532 タカ¹⁴ (692 円*) で購入する形で支援している。事業予算は 1430 万米ドルである。※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

CDM としては 2 つのバンドリンググループに分けて合計 12 の焼成窯を 2014 年に UNFCCC へ登録済みであり、合計の排出削減予測量は 747,113 tCO₂ (各プロジェクト期間は 10 年間)、2015 年末までに既に 121,349 tCO₂ の CER を発行している。

表 8 Brick Kiln Efficiency Project の CDM 実施状況¹⁵

プロジェクト名称	Improving Kiln Efficiency in the Brick Making Industry in Bangladesh (Bundle-1)	Improving Kiln Efficiency in the Brick Making Industry in Bangladesh (Bundle-2)
CDM 登録日	2014 年 7 月 1 日	2014 年 8 月 19 日
対象の焼成窯	4 基の 50,000 個/日 HHK 型焼成窯と 2 基の 100,000 個/日 HHK 型焼成窯	6 基の 50,000 個/日 HHK 型焼成窯
建設予算 (初期投資総額)	146,480,446 タカ/ (50,000 個/日 HHK 型焼成窯 1 基)	145,671,786 タカ/ (50,000 個/日 HHK 型焼成窯 1 基)
CER 価格	532 タカ/ tCO ₂ (692 円*/ tCO ₂)	532 タカ/ tCO ₂ (692 円*/ tCO ₂)
CER 発行予定期間	2011 年から 2021 年の 10 年間	2012 年から 2022 年の 10 年間
1 レンガ当たりの CO ₂ 削減量 (予測)	0.2523 kg-CO ₂ e/個	0.2523 kg-CO ₂ e/個
排出削減量 (予測)	44,098 tCO ₂ /年 440,978 tCO ₂ /10 年	30,613 tCO ₂ /年 306,135 tCO ₂ /10 年
発行済みの CER (実績)	103,121 tCO ₂ 2011 年 9 月 1 日から	18,228 tCO ₂ 2013 年 11 月 25 日から

¹³ WB, Brick Kiln Efficiency Project ウェブサイト:

<http://www.worldbank.org/projects/P105226/bangladesh-brick-kiln-efficiency-project?lang=en&tab=overview>

¹⁴ CDM PDD での掲載情報より

¹⁵ CDM プロジェクト情報-Bundle-1: <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1313585039.34/view>

CDM プロジェクト情報-Bundle-2: <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1334835346.18/view>

プロジェクト名称	Improving Kiln Efficiency in the Brick Making Industry in Bangladesh (Bundle-1)	Improving Kiln Efficiency in the Brick Making Industry in Bangladesh (Bundle-2)
	2015年12月31日まで	2015年12月31日まで

※ 2019年10月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

(ウ) アジア開発銀行 (ADB) による Supporting Brick Sector Development Program¹⁶

2011年から実施されているエネルギー効率の良い焼成窯への切り替えと FCK 型の段階的廃止を促進するための、5,000 万米ドルの国家向け借款である。

アジア開発銀行 (ADB) のツーステップローンで、バングラデシュ銀行 (中央銀行) から市中銀行・金融機関への転貸を介して中長期融資を供与する。これにより、十分な資金調達ができなかったレンガ事業者が銀行・金融機関より資金を借り入れ中長期の設備投資を行うことが可能となる。

バングラデシュ銀行は 53 の金融機関 (35 の銀行と 18 の非銀行金融機関) とこのプログラムへの参加契約を結んでおり、ADB から 3,300 万米ドルが前払いとして拠出、そのうち 2,275 万米ドルが 11 のプロジェクトで既に活用されている。プログラム合計では 3,959 万米ドルが 16 のプロジェクトで承認されており、1,100 万米ドルの 3 つのプロジェクトが承認前の段階にある。

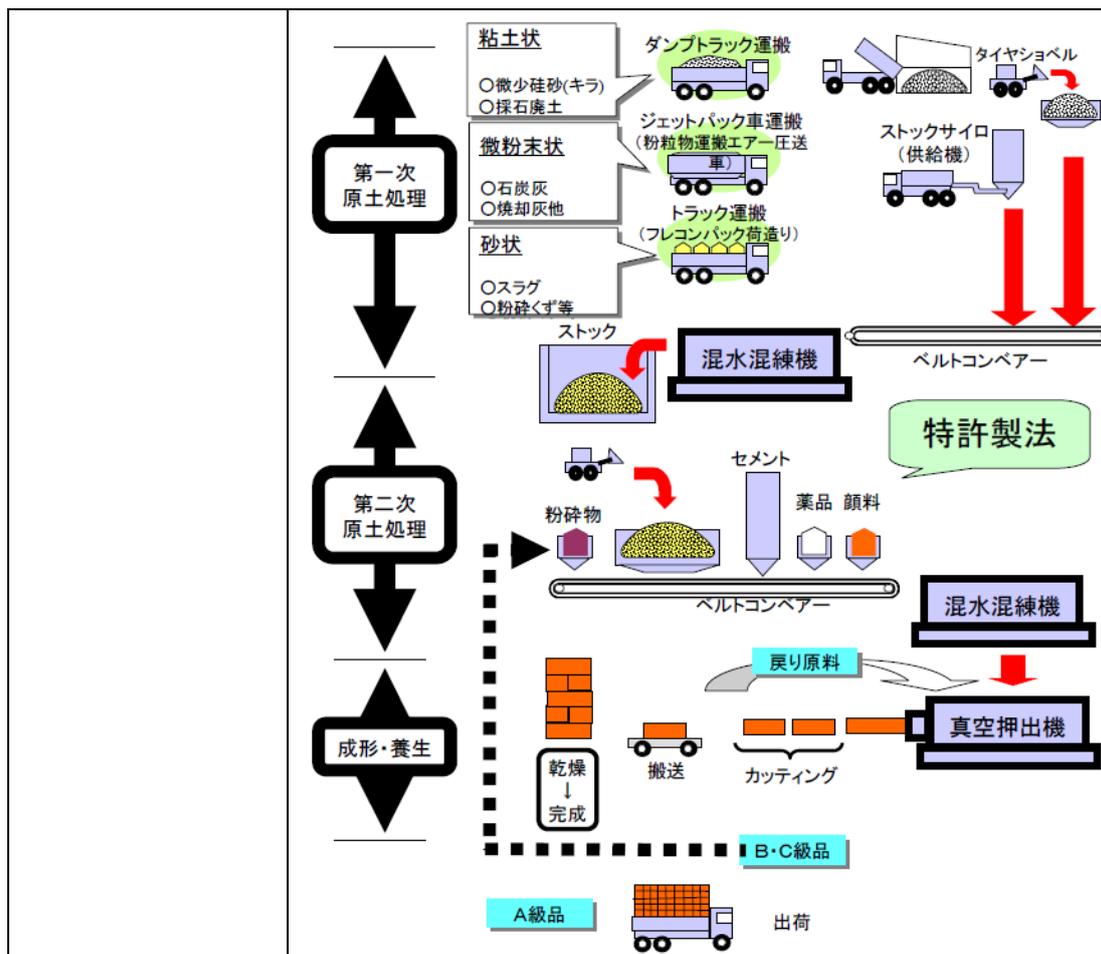
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	無焼成固化技術
スペック (仕様)	無焼成固化技術を用いたレンガ資材 (以下「無焼成レンガ」という。) レンガ規格: Bangladesh Standard Testing Institute (BSTI) の建築用粘土レンガ規格 (A 級) にあわせる。 サイズ: 240 x 115 x 70mm 圧縮強度: 175kg/cm ² 以上 吸水率: 10%以下
特徴	「無焼成固化技術」とは、各種未利用資源やリサイクル資源を主原料とし、レンガやタイル、路盤材などを作る技術である。主原料となるリサイクル資源は、例えば、下水道汚泥焼却灰・水滓スラグ (都市ごみ熔融スラグ等)・採石廃土・窯業廃土<キラ>・陶磁器くず・樹脂汚泥・廃プラスチック・鋳物砂・塗装材く

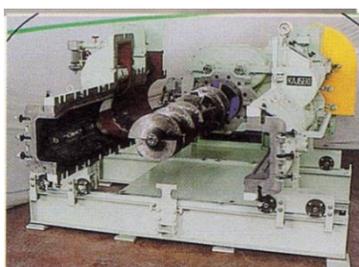
¹⁶ ADB Supporting Brick Sector Development Program ウェブサイト: <https://www.adb.org/projects/45273-002/main#project-overview>

	<p>ず・石炭灰などで、生ごみを除くほぼすべての産業廃棄物が原料となり得る。通常、レンガやタイルは、生の粘土を乾燥・焼成して製造されるが、この技術では、日本伝統の焼き物技術と新開発の特殊固化技術（特許製法）を併せて、スラグセメント及び硬化剤¹⁷による化学反応を用いてレンガを製造する。化石燃料を使用しないため、資源の有効活用を含め環境により配慮した製法である。</p> <p>本技術では、主原料となる産業廃棄物（重量比 80%以上）を細かく粉砕したものを、セメントを接着剤として活用して固め、圧力をかけることでレンガやタイルを製造する。投入するセメントの量を加減することで、廃棄物のタイプや量に応じた調整を行うことができるため、バングラデシュのような細かい産業廃棄物の分別が行われていない地域でも、強度や滑り抵抗などが均一な高品質のレンガ製造が十分可能である。また、重金属などそのままでは人体や環境に有害な物質も、この技術によって固定されるため、製造されたレンガは安全性が高く、有害物質の溶出といったリスクに対しても、厳格な基準を満たしている。また、商品としても、豊富なカラー展開や風合いを提供できるため、BOP 層から富裕層まで、多くの客層を取り込める蓋然性が高い。</p>
--	---

¹⁷ 混練と真空押出によりセメントの固化能力を最大限引き出すことが可能なものの、強度の強化のためには、多くのセメントが必要になる。当社の製法に合わせて開発したのが特殊硬化剤（商品名「アドソイル」）である。この薬品自体が原料を硬化させる働きを持ち、正規の添加量で、元来ありえないセメント 5%でも圧縮強度 10 Mpa 以上という強度発現が可能なが証明されている（安全性確認済）。



無焼成固化技術によるレンガ製造フロー



開閉式混水混練機¹⁸



簡易分割式真空押出機¹⁹

競合他社製品と比べて比較優位性

「無焼成固化技術」は提案企業が特許を持つ特殊技術で、各種産業廃棄物をレンガ風ブロックや路盤材に再生する。受入れた原料は100%再生されるため廃棄物問題に寄与するとともに、焼成過程がないため焼成レンガに比べ80%以上のCO₂を削減でき

¹⁸ 無焼成固化は土の混練度合いで強度を調整するため、ドラム内で徹底的に混練する。「開閉式混水混練機」は無焼成固化製法のために特別に開発されたもので、水分調整しながら土を混練することができる。

¹⁹ 真空押出成形は、無焼成固化製法の中でも、最も重要な行程であり、原料の粒子間の密着度を高める効果がある。精度と剛性を保つために開発されたこの機械（特許取得済）は、縦割り一連式開閉による分離のため硬化した原料の交換作業が容易に出来る。拔出式原料交換はごく少量の原料で可能である。

	<p>る。しかも製造工程から排水や二次廃棄物も出さない。上記に加え、レンガ一個当たりの燃料費が 0.08 タカ(0.1 円※)と既存技術 (FCK 型) の 1.80 タカ (2.3 円※) を大幅に下回ること、レンガ一個当たりの初期投資が中国で普及しているハイブリッドホフマン窯 (HHK 型) の半分で済むこと、工場建設に必要な土地が小さくて済むこと、大気汚染を出さず粘土を使用しないことによる農地保全などコベネフィットが期待でき、他のレンガ技術に対して優位である。</p> <p>※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円</p>																																								
<p>国内外の販売実績</p>	<p>無焼成レンガの販売実績</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国内：70,000 千円 (2014 年度) <p>主要取引先：昭光物産 (株)、(株) エコ・エンジェルズ</p> <p>スクラッチシリーズの主な納入実績 (抜粋) (2011 年 1 月～2015 年 3 月)</p> <table border="1" data-bbox="544 983 1326 1957"> <thead> <tr> <th>納入先</th> <th>建築物名</th> <th>納入年月</th> <th>数量 (m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*大阪府</td> <td>大阪市咲洲海浜緑地周辺工事</td> <td>2011 年 2 月</td> <td>455</td> </tr> <tr> <td>*岐阜県</td> <td>岐阜県立多治見病院</td> <td>2011 年 3 月</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>*大阪府</td> <td>咲洲海浜緑地</td> <td>2011 年 2 月</td> <td>454</td> </tr> <tr> <td>*神奈川県</td> <td>横浜市インスタントラーメン 発明記念館</td> <td>2011 年 7 月</td> <td>1,234</td> </tr> <tr> <td>*兵庫県</td> <td>西宮北口集合住宅</td> <td>2012 年 9 月</td> <td>280</td> </tr> <tr> <td>*岐阜県</td> <td>多治見市小泉公民館</td> <td>2013 年 2 月</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>岐阜県</td> <td>関信金本町支店改装工事</td> <td>2014 年 3 月</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>*愛知県</td> <td>中村区草薙町歩道整備工事</td> <td>2015 年 2 月</td> <td>126</td> </tr> <tr> <td>愛知県</td> <td>小牧ワイナリー</td> <td>2015 年 3 月</td> <td>396</td> </tr> </tbody> </table> <p>(※は官公庁向け)</p>	納入先	建築物名	納入年月	数量 (m ²)	*大阪府	大阪市咲洲海浜緑地周辺工事	2011 年 2 月	455	*岐阜県	岐阜県立多治見病院	2011 年 3 月	400	*大阪府	咲洲海浜緑地	2011 年 2 月	454	*神奈川県	横浜市インスタントラーメン 発明記念館	2011 年 7 月	1,234	*兵庫県	西宮北口集合住宅	2012 年 9 月	280	*岐阜県	多治見市小泉公民館	2013 年 2 月	135	岐阜県	関信金本町支店改装工事	2014 年 3 月	190	*愛知県	中村区草薙町歩道整備工事	2015 年 2 月	126	愛知県	小牧ワイナリー	2015 年 3 月	396
納入先	建築物名	納入年月	数量 (m ²)																																						
*大阪府	大阪市咲洲海浜緑地周辺工事	2011 年 2 月	455																																						
*岐阜県	岐阜県立多治見病院	2011 年 3 月	400																																						
*大阪府	咲洲海浜緑地	2011 年 2 月	454																																						
*神奈川県	横浜市インスタントラーメン 発明記念館	2011 年 7 月	1,234																																						
*兵庫県	西宮北口集合住宅	2012 年 9 月	280																																						
*岐阜県	多治見市小泉公民館	2013 年 2 月	135																																						
岐阜県	関信金本町支店改装工事	2014 年 3 月	190																																						
*愛知県	中村区草薙町歩道整備工事	2015 年 2 月	126																																						
愛知県	小牧ワイナリー	2015 年 3 月	396																																						

	・海外：なし
サイズ	レンガ規格：Bangladesh Standard Testing Institute（BSTI）の建築用粘土レンガ規格 A 級にあわせる。 サイズ：240 x 115 x 70mm
設置場所	ダッカ県ミルプール地区にある HBRI 所有地内
今回提案する機材の数量	1 式 原料準備機材 1 式 レンガ生産機材
価格	企業機密情報につき非公表

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

大気汚染の原因となっているレンガ産業の変革を目指すため、「無焼成固化技術」を利用したレンガ工場を設立し、製造したレンガを公共建築物に使用することを通じて同技術のバングラデシュでの普及可能性を実証する。

(2) 期待される成果

実証事業期間中に住宅・建物研究機関の外壁アップグレード(必要レンガ数:13,000個)に供給されたレンガは8,000個である。残りの5,000個は機材の引き渡し後に住宅・建物研究機関が製造する。以下には、本事業期間中の活動より、住宅・建物研究機関が得られた成果を示す。

① 無焼成レンガの製造過程で温室効果ガスの発生が抑制され、代替原料を使用することにより農地の表土が保全される他、浚渫プラスター砂が有効活用される。

・ 1レンガ当たりのCO₂削減量(0.19kg-CO₂e/個) × レンガ供給量(8,000個) = 1.52t-CO₂e

・ 1レンガ当たりの粘土消費量(2.32kg/個) × レンガ供給量(8,000個) = 18.56t

・ 1レンガ当たりの浚渫プラスター砂消費量(2.9kg/個 × 80%) × レンガ供給量(8,000個) = 18.56t

② 公共事業局による無焼成レンガの活用により財政負担軽減への寄与が図られる。

・ 住宅・建物研究機関の外壁活用による財政負担軽減:

レンガ供給量(8,000個) × (同等級焼成レンガの購入価格(10タカ/個) - 無焼成レンガ(9タカ/個^{※1}))

= 8,000個 × (10 - 9)タカ/個 = 8,000タカ (10,400円^{※2}) の削減

※1 一般的な焼成レンガより1割安い価格で供給。

※2 2019年10月現在 JICA 外貨換算レート: 1タカ = 1.30円

・ 上記外壁の外壁仕上げ用のモルタルが不要になることによる財政負担軽減^{※1}:

外壁片面の仕上げ用モルタルの削減費

= 外壁に必要なレンガ個数(8,000個) ÷ 外壁1m²あたりのレンガ個数(59個/m²^{※2}) × 外壁1m²あたりの仕上げ用モルタル費用(425タカ/m²^{※3})

=8,000 個 ÷ 59 個/m² × 425 タカ/m² ≒ 57,627 タカ (74,915 円^{※4}) 削減 (外壁片面)
外壁両面の仕上げ用モルタルの削減費
=片面 (57,627 タカ) × 2 = 115,254 タカ (149,830 円^{※4})

※1 従来の焼成レンガでは色、サイズ、形状等がバラバラなため、外壁をモルタルで仕上げる必要がある。本事業の無焼成レンガは形状が統一されているため、仕上げをする必要がない。

※2 レンガの外壁面は 240mm x 70mm/個 = 0.0168 m²/個。

外壁 1m² 当たりのレンガ個数 = 1 m² / 0.0168 m²/個 = 59 個

※3 仕上げ用モルタル費用は住宅・建物研究機関 (HBRI) の委託業者からの情報。

※4 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ = 1.30 円

③ 公共事業局によるレンガ使用の実績をもとにして同製品の普及活動が図られる。

・実証事業期間中における住宅・建物研究機関の無焼成レンガ工場への年間訪問者数 : 300 名以上

(3) 事業の実施方法・作業工程

① 無焼成レンガの製造

(1-1) ステークホルダーミーティングの実施

ステークホルダーミーティングには、カウンターパート機関の公共事業局の他、住宅・公共事業省、建築局、住宅・建物研究機関、環境局の参加を図り、綿密な協議、調査を重ねていく。第 1 回の協議はダッカ市内で開催し、公共事業局を始めとする関連政府系機関より公共事業における建材のニーズに関する意見を集約し、実証期間中に製造する無焼成建材の種類を絞り込む。

(1-2) 機材輸送・機材設置計画検討

レンガ工場はナラヤンコンジ地区にある無償で提供される公共事業局の所有地に設置する予定であったが、JICA バングラデシュ事務所と協議した結果、ダッカ県ミルプール地区にある住宅・建物研究機関の土地へと工場建設予定地を変更することとなった。

住宅・建物研究機関の所有地での建設に向けて、現地の建設業者と協議を行い建屋の建設を行い、また、公共事業局及び住宅・建物研究機関と協議の上、適切な輸送方法を選定する。

(1-3) 工場建設、機材設置、試運転調整

工場の設計、製造、現地組み立ては、もっとも重要な機材であるプレス機を製造する (株) GOTO が行う。機材の設置にはクレーンとフォークリフトが必要になる。ま

た、現地で調達可能な付帯設備については、現地での調達を行う方針であり、現地供給業者の調査と調達契約、機器の設置までを行う。

電気は既に近隣まで敷設されているため、付帯工事は機材の設置後に行う。

(1-4) 原材料の調達

原材料となる浚渫砂や浚渫砂利、粘土、セメントの調達価格を調査し、現地で調達できる原材料（主にセメントと浚渫土砂）は、公共事業局の取引先である現地建材卸業者から輸送費込の価格で調達する。硬化剤については、提案者が日本から輸入する。

(1-5) 工場運営、維持管理のための技術指導とトレーニング

無焼成レンガを製造するための機材及び工場整備費は本事業費で負担し、そこからのレンガ製造にかかる費用（人件費、硬化剤を含む原材料費、運搬費等）は提案企業とその関連会社が負担する。工場作業員については、本事業実施中は提案企業現地子会社が契約社員として雇用し、工場の運営、作業手順、品質管理をトレーニングする。

(1-6) 無焼成レンガの生産・温室効果ガス削減効果の試算

温室効果ガス（GHG）削減量について、バングラデシュで普及している焼成窯のGHG排出量を加重平均し、その値と比較する形で試算を行う。設備キャパシティや想定する製造規模から建設段階で削減量を予測しておき、実際の稼働開始後に電力使用量などをモニタリングして実際のGHG削減量を算定する。

② 公共事業局による無焼成レンガの活用に係る支援

(2-1) 公共事業局の事業において無焼成レンガが活用可能な対象事業を同局と計画及び

(2-2) 同計画に基づく無焼成レンガの活用支援

公共事業局の事業のうち、無焼成レンガの活用が可能な対象事業を同局と選定し、実際にレンガを活用してもらおう。なお、実証事業の実施先については、本事業計画を滞りなく実施するため開始遅延リスクのある新規ではなく、既に着工を開始している建造物の一部で無焼成レンガを使用してもらえよう公共事業局と協議を進めている。

なお、レンガ工場は当初、公共事業局の所有地に設置する予定であったが、所有権の問題や安全性、公共事業局の意向等から、住宅・建物研究機関の所有地へ変更することになった。それに伴い住宅・建物研究機関が本実証事業での主なカウンターパート機関となった。

(2-3) 財政負担軽減への寄与の試算

実際の公共事業での無焼成レンガの活用を通して、今後活用を拡大させた場合、財政負担の軽減へどの程度寄与できるか試算する。

③ 実績を基にした販売促進活動など普及活動

(3-1) 無焼成レンガの活用実績をもとに関連省庁及び国際協力機関等への広報活動を実施 及び、

(3-2) 現地不動産開発業者等へのプロモーションを実施

関連省庁及び国際協力機関、現地不動産開発業者などへのプロモーションを実施する。具体的には、本事業での取り組みと成果をまとめた印刷物を作成する。本事業に関する問い合わせの質、量、属性について分析をしたうえで、提携先候補向け説明会を開催し、現地展開に向けた情報交換の場を設ける。

(3-3) 現地不動産開発業者との提携や現地合弁会社設立、フランチャイズ方式での展開等のビジネスモデルを検討し戦略を構築

本事業成果を総括した上で、今後の提携先、ビジネスモデル、普及目標を決定する。

【作業工程表】

2019年10月現在（計画については契約延長に合わせて定めたもの）

調査項目	2015		2016												2017												2018												2019											
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
1) 無焼成レンガの製造																																																		
1-1	ステーキホルダーミーティングの実施	■																																																
1-2	機材輸送・機材設置計画検討						■					■					■	■						■			■																							
1-3	工場建設(基礎、建屋、土間(機械基礎)、墨付)、機材設置、試運転調整	■	■	■	■		■	■	■							■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
1-4	原材料の調達(浚渫土砂の活用)				■	■																																												
1-5	工場の運営・維持管理のための技術指導とトレーニングの実施																																																	
1-6	無焼成レンガの生産・温室効果ガス削減効果の試算												■			■																																		
2) 公共事業局による無焼成レンガの活用に係る支援																																																		
2-1	公共事業局の事業で無焼成レンガの活用可能な対象を同局と計画	■	■																																															
2-2	同計画に基づく無焼成レンガの活用の支援																																																	
2-3	財政負担軽減への寄与の試算																																																	
3) 実績をもとにした販売促進活動等普及																																																		
3-1	無焼成レンガの活用実績をもとに関連省庁及び国際援助機関などへ広報活動を実施																																																	
3-2	現地不動産開発業者などへのプロモーションを実施				■								■																																					
3-3	現地不動産開発業者との提携や現地合弁会社設立、フランチャイズ方式での展開等のビジネスモデルを検討し戦略を構築する	■																																																

■ 国内作業
■ 現地作業

・資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	全自動 プレス機	HYPER-300 型 全自動プレス	1	2018 年 11 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
2	金型	240x115mm 3 個 成型、2 穴	一式	2018 年 11 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
3	プレス機 取り出し装置	粉マス一体型、 ピッカー方式	一式	2018 年 11 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
4	ミキサー (改良型)	TKM18 -2M20-0	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
5	ミキサー	TKM18	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
6	ほぐし機	SH2R375	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
7	供給機 (ベルト式)	BF10-10-BR	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
8	制御盤	A7	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
9	コンベア	B1-B7	一式	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内

・事業実施国政府機関側の投入

■ハード面

- 実証事業に必要な土地を無償で提供
- 工場運営に必要なインフラ（電気設備等、緊急用発電機含む）の整備

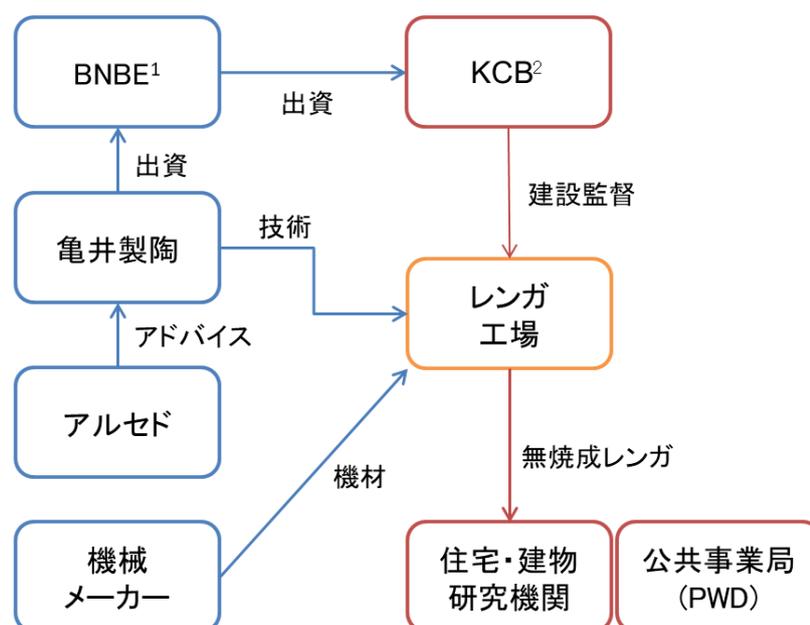
■ソフト面

- 現地の建材卸業者への紹介など、提案企業が原材料調達するうえでの支援・助言
- 現地に適した事業設計等技術的支援
- 日本からの機材輸送・設置に係る関係機関との調整
- 工場運営に必要な人材の提供
- 公共事業における無焼成レンガの活用
- 製品仕様に関するフィードバック
- 実証期間後、興味を持つ投資家やレンガ業者のためのデモ機能も備えたライオンとして積極的に公開

レンガ工場における事故による人的及び物的被害については、住宅・建物研究機関側に落ち度が認められない限り、原則として提案企業の加入する損害保険により賠償され、補償対象外については提案企業が負担する。

(5) 事業実施体制

事業実施体制を図 1 に示す。



¹ バングラデシュ無焼成レンガ事業合同会社。亀井製陶子会社

² Kamei Ceramics Bangladesh Ltd.。BNBE子会社

図 1 事業実施体制

・日本側の実施体制

本事業の輸送、レンガの品質管理、原料の品質管理、運転、メンテナンスの技術移転等一連の実証事業は、提案企業である亀井製陶（株）が行う。業務主任者は、代表取締役である亀井宏明である。工場の設計、製造、現地組み立ては提案企業のレンガ工場を国内で受注製造を行なっている機械メーカーに委託して行う。また、現地での設置と試運転の一部業務も行う。

・現地での支援体制

2013 年度に無焼成固化技術を使ったレンガ事業構築のための協力準備調査（BOP ビジネス連携促進）を手がけている（株）アルセドの取締役がチーフアドバイザーとして、

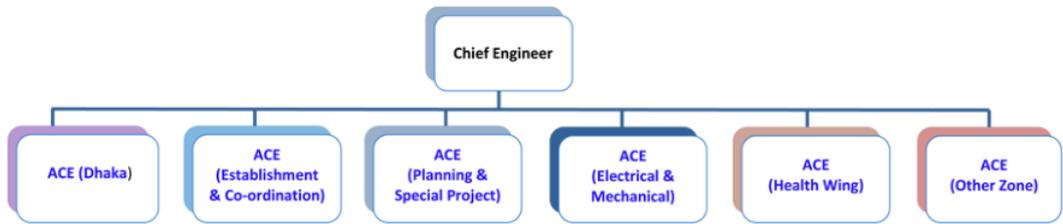
実証事業の副総括とビジネスモデル開発を行う。また、(株)アルセド現地スタッフが、公共事業局及び住宅・建物研究機関との連絡・調整業務、通訳等、バングラデシュ国内での調整作業を行う。設備輸送手配、土木工事及び建屋建設の現場監督は KCB のスタッフが担当する。

(6) 事業実施国政府機関の概要

① バングラデシュ公共事業局

バングラデシュ住宅・公共事業省は 8 つの組織で構成されている。カウンターパート機関の公共事業局はその 1 つであり、公共事業局は国内にあるほとんどの公共建築物（5,000 棟以上）の設計施工及び維持管理を担当している。所管する公共建築物には中央・地方行政庁舎、病院、消防署など災害発生時に迅速な応急対応を担う重要な建物が含まれている。公共事業局の基本情報を表 9 に示す。

表 9 公共事業局の基本情報

名称	公共事業局 Public Works Department (PWD)
所在地	Purta Bhaban, Segunbagicha Dhaka-1000, Bangladesh
組織図	 <pre> graph TD CE[Chief Engineer] --> ACE1[ACE (Dhaka)] CE --> ACE2[ACE (Establishment & Co-ordination)] CE --> ACE3[ACE (Planning & Special Project)] CE --> ACE4[ACE (Electrical & Mechanical)] CE --> ACE5[ACE (Health Wing)] CE --> ACE6[ACE (Other Zone)] </pre>
主な責務	<ul style="list-style-type: none"> ・ 供託工事ごとに他の機関のための建築物の建設 ・ 国立公園のメンテナンス ・ 公共建築物の建設、メンテナンスのためのスケジュールの準備と分析 ・ 道路・高速道路局 (RHD)、T&T、郵便局を除く公共建築物の設計と建設 ・ 国立記念碑の建設 ・ 公共建築物の修理とメンテナンス ・ 実施規則と仕様の準備 ・ 建設工事のための土地の取得及び購入 ・ 建設工事のための材料・必要な機器の調達 ・ 土地や財産の評価及び標準家賃の固定

バングラデシュ政府は 2009 年 8 月に公共建築物の建設・改修に関わる職員の能力強

化を図ることを目的とする技術協力プロジェクトを JICA に要請し、2011 年 3 月より 2015 年 3 月まで 4 年間の予定で「自然災害に対応した公共建築物の建設・改修能力向上プロジェクト」を実施している。

JICA バングラデシュ事務所は技術協力事業「自然災害に対応した公共建築物の建設・改修能力向上プロジェクト」、「母子保健改善事業」等により公共事業局との間で信頼関係を築いている。それに加え、公共事業局は国内にあるほとんどの公共建築物（5,000 棟以上）の設計施工及び維持管理を担当しており、国内最大のレンガ消費者であることから、将来的に無焼成レンガの大口需要者として期待される。公共事業局は住宅・公共事業省傘下の住宅・建物研究機関と積極的に新建築材料の研究も行っているため、本事業のポテンシャルを感じているとともに、活用を検討している。

② バングラデシュ住宅・建物研究機関

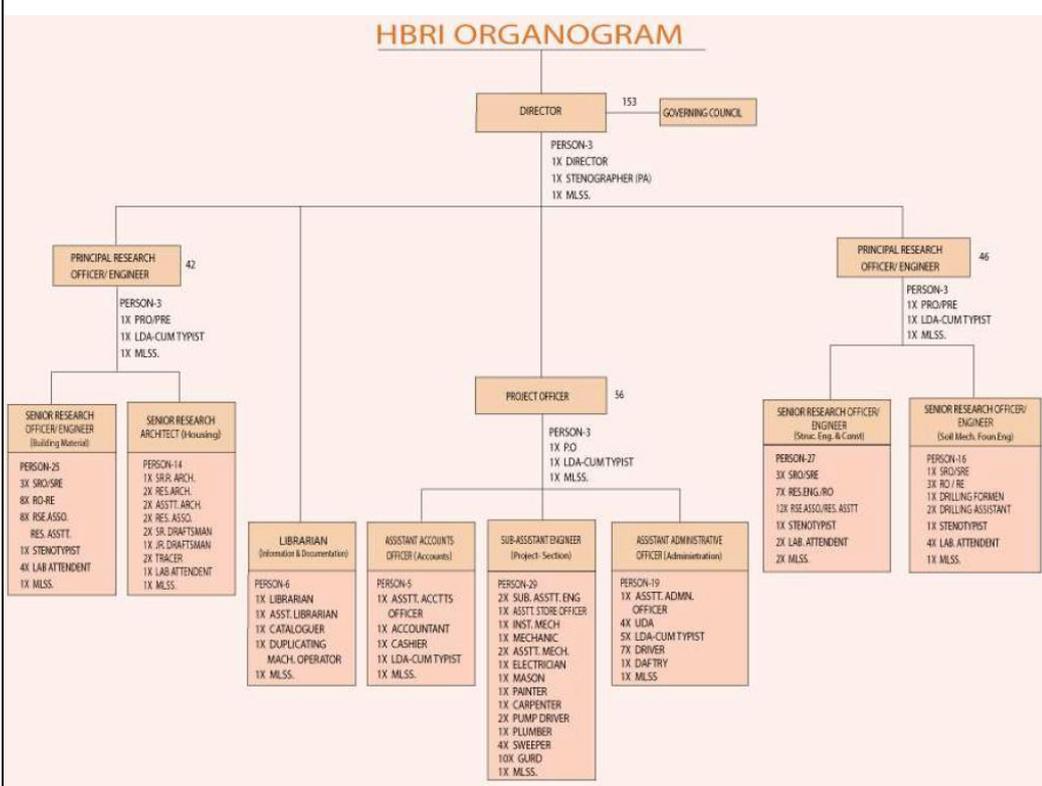
2016 年 10 月、土地所有権問題や安全性、公共事業局の意向等から、工場建設サイトが住宅・建物研究機関の土地へ変更することになり、相手国側カウンターパートに住宅・建物研究機関が参加することになった。

住宅・建物研究機関はバングラデシュ住宅・公共事業省内の組織である。全国民に安全な住居が提供されることを目的に、安全で費用効果があり、環境にやさしく、災害強靱性を伴う建物構造や建築材料等について研究を行う。住宅・建物研究機関の基本情報を表 10 に示す。

表 10 住宅・建物研究機関の基本情報

名称	住宅・建物研究機関 Housing and Building Research Institute (HBRI)
所在地	120/3, Darussalam road, Mirpur Road, Dhaka-1216, Bangladesh
人数	153 人

組織図



主な
責務

- ・国内建設産業の品質基準の提供と更新
- ・バングラデシュ建築基準の提供と更新
- ・建設産業の品質・効率向上のためのトレーニングプログラムの提供
- ・マーケティング開発とトレーニングプログラムの提供
- ・建築材料の技術開発
- ・住宅や建築技術に関する相談サービス
- ・建設産業の品質・費用効果向上のためのトレーニングプログラムの提供

JICA バングラデシュ事務所は技術協力事業「自然災害に対応した公共建築物の建設・改修能力向上プロジェクト」、「都市の急激な高度化に伴う災害脆弱性を克服する技術開発と都市政策への戦略的展開プロジェクト」等により住宅・建物研究機関との間で信頼関係を築いている。住宅・建物研究機関は積極的に建築材料の技術開発および技術の紹介やデモンストレーションを行っているため、本事業との整合性は高く、住宅・建物研究機関との連携による相乗効果が期待される。

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

① 無焼成レンガの製造

(1-1) ステークホルダーミーティングの実施

ステークホルダーミーティングでは、カウンターパート機関の公共事業局と住宅・建物研究機関の他、関係機関の参加を図り、本実証事業に係る協議や調査、意見交換等を行った。

第1回ステークホルダーミーティングの概要

実施日	2015年12月10日
出席者	公共事業局、JICA バングラデシュ事務所、亀井製陶（株）
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・実証事業の内容を説明し、建材のニーズについて意見交換を行った。 ・ステークホルダーから出された意見は、無焼成レンガを公共事業の資材リスト（PWD Schedule）に載せることで「提案企業の無焼成レンガは政府公認」という事実になる。また、求められているレンガは軽量で安く、強度のある無焼成レンガが必要と意見が出された。

第2回ステークホルダーミーティングの概要

実施日	2018年6月4日
出席者	住宅・建物研究機関、計画委員会、公共事業局、環境省、JICA バングラデシュ事務所、KCB
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・機材引取りの進捗について、住宅・建物研究機関の Project Director から報告があった。住宅・建物研究機関側で努力しているも、住宅・公共事業省（MoHPW）の監査に時間を要している。先方が年度最終月で予算対応に追われているのと、ラマダン中という事が相まって、事が進んでいない。 ・港湾倉庫の1年以上の保管料について、KCB のスタッフは1,000万タカ（1,300万円※）を超えている可能性があるとして報告した。これを受け、減額要請のレターを発出すべきとの提案などがあったが、住宅・建物研究機関の所長はKCB のスタッフに実額を早急に確かめるよう指示した。 <p>※ 2019年10月現在 JICA 外貨換算レート: 1タカ=1.30円</p>

第3回ステークホルダーミーティングの概要

実施日	2018年9月3日
出席者	住宅・建物研究機関、JICA バングラデシュ事務所、KCB
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・KCB のスタッフと再委託先 Nayan Enterprise の現場監督が建屋の完工検査

	を行って完了したことを確認した。立会いに住宅・建物研究機関の担当者、JICA バングラデシュ事務所の担当者が参加した。
--	---

第4回ステークホルダーミーティングの概要

実施日	2019年2月14日
出席者	住宅・建物研究機関、亀井製陶（株）、KCB
内容	・2月14日にレンガの活用先について住宅・建物研究機関の所長と協議を行った。日本側からは実証事業中の現実的な生産量は8,000-10,000個と伝えたところ、「公共事業局の公共建築物の建設・改修能力向上プロジェクトには数万個が必要になるため、活用には十分な量ではない。その代わりに住宅・建物研究機関の外壁のアップグレードに活用できないか」と提案があった。この提案についてJICAと確認をしたうえで住宅・建物研究機関と協議を進めていく。

(1-2) 機材輸送・機材設置計画検討

(ア) 工場建設サイトの決定

当初は、公共事業局の所有地ナラヤンゴンジ地区の所有地に工場を建設する予定であり、土地の使用許諾書も入手して、レイアウトの設計や土木工事業者との協議等を行っていた。しかし、工場建設予定地を現在占有している業者との所有権の問題等もあり、JICA バングラデシュ事務所と協議した結果、工場設置予定地であるナラヤンゴンジの土地は安全性の面から使用は難しいと判断した。

代替地として住宅・公共事業省（MoHPW）の一部である住宅・建物研究機関の土地の提案があり、ダッカ県ミルプール地区にある住宅・建物研究機関の所有地へサイトを変更することになった。

このため、2016年10月に工場建設サイトの変更及び相手国側カウンターパートに住宅・建物研究機関が参加することになった件について、JICA バングラデシュ事務所が住宅・建物研究機関、公共事業局と協議を行い、議事録（M/M）の修正が行われた。

その後、JICA バングラデシュ事務所がセキュリティ評価を行った結果、住宅・建物研究機関が提案した土地は不法居住者に囲まれているため、安全性の面から使用は難しいと判断し、再度協議を進めた結果、2017年2月にミルプール地区になる住宅・建物研究機関の試験ラボの横の敷地を使用することで同意した。



図 2 工場建設サイト

(イ) レンガのデザインの決定

現地側の意見を汲み、レンガのデザインとサイズを決定した。公共事業局との協議、現地での調査結果より、レンガに求める要望として、できるだけ軽量で強度のあるレンガがほしいという意見が多かった。しかし、軽量化には空隙を多くすればよいが強度とは相反する。このため、強度が損なわれすぎない2穴レンガとすることにした。2穴を開けることにより実重量に対して18%の減量が可能である。また、サイズは幅240mm、奥行115mm、高さ70mmとすることとした。このデザインは図らずも、2つの丸い穴は日本とバングラデシュの国旗のデザインを連想させることができるため、2穴の右下にそれぞれ「JAPAN」と「BANGLADESH」の文字を入れることとした。これにより日本企業である提案企業の技術のアピール、日本とバングラデシュの友好をアピールする効果に加え、模倣対策になると考える。

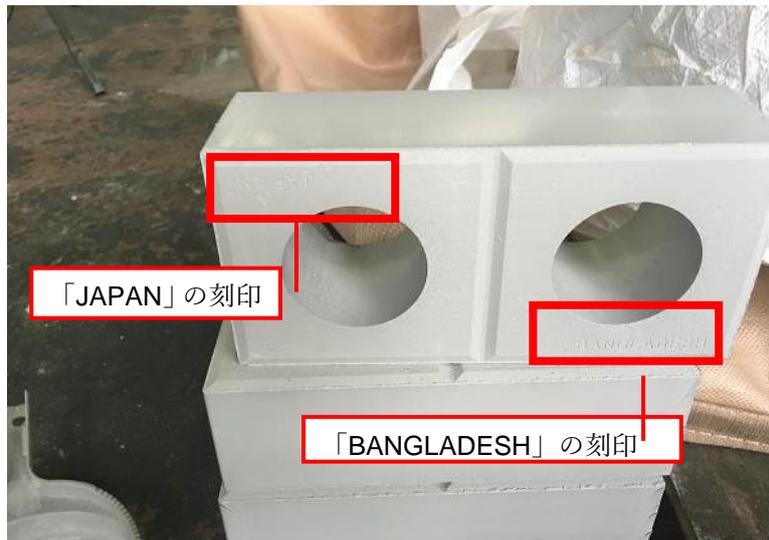


図 3 二国の名称を入れたレンガの試作品

(ウ) 機材設置計画

■ナラヤンゴンジ地区

当初、工場はナラヤンゴンジ地区にある公共事業局の所有地に建設する予定であり、レイアウトの設計や土木工事業者との協議等も行っていた。ここでは、工場の面積を 800 m²と予定していたが、資機材配置の工夫により 568 m²に縮小することができた。これにより、工事費の削減が可能となった。

■ミルプール地区

その後、工場のサイトは、住宅・建物研究機関の意向等によりミルプール地区にある住宅・建物研究機関の試験ラボ敷地内に変更となった。サイト調査により、ナラヤンゴンジ地区で設計していた工場建屋と工場レイアウトの設計図が活用できることがわかった。製造工程（機材設置）計画と工場レイアウトを以下に示す。

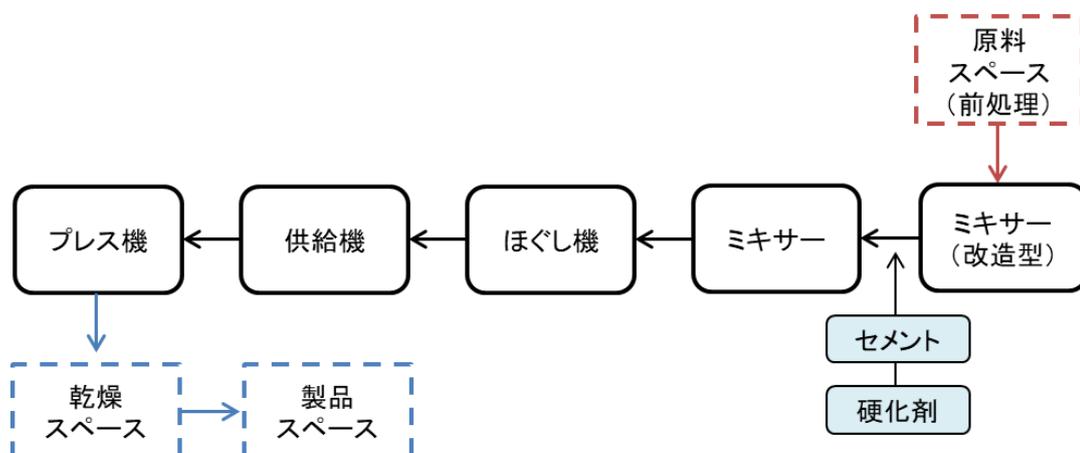


図 4 製造工程（機材設置）計画

- 資機材リスト
- ① ミキサー(改良型)
 - ② ミキサー
 - ③ ほぐし機
 - ④ 供給機
 - ⑤ プレス機

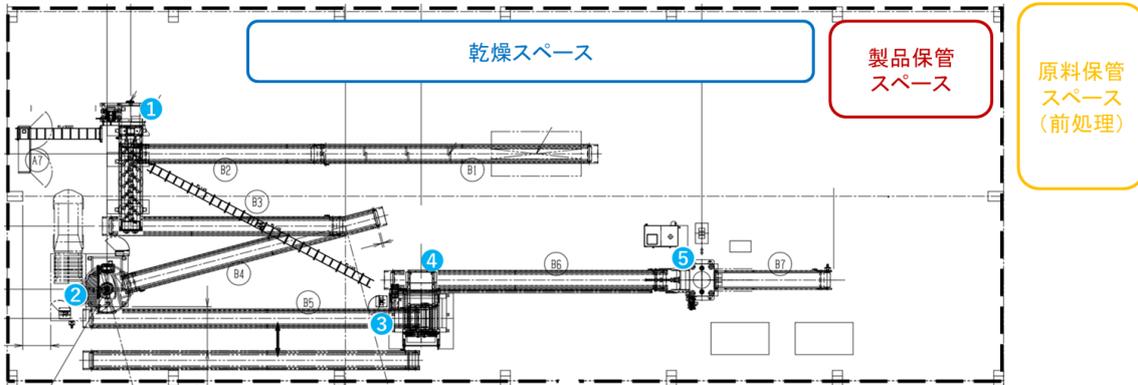


図 5 工場レイアウト

(エ) 主要設備の製造と日本国内での試験運転

主要設備である原料準備機材（ミキサー、供給機、制御盤、ほぐし機）については、2015年12月に高浜工業（株）から調達する契約を締結した。

2016年6月に高浜工業（株）での製造が完成したため、提案企業立ち会いのもと稼働試験を行った。個別の稼働確認及び、350kgの原料を持ち込んでの混合試験も行った。設備の金額的制約上、現状では原料置き場が屋外にならざるを得ないため（原料保管スペース）、気象条件によっては原料の水分状態を安定的に処理するのが難しい。そのため原料の乾燥条件に合わせ、原料7パターンの稼働テストを行った。



図 6 高浜工業（株）で製造が完了した原料準備機材の稼働試験の様子

主要設備のプレス機については、2016年2月に（株）GOTOと機材調達に係る契約を締結した。

2016年7月に（株）GOTOのプレス機が完成したため、現地での配合を想定した原料を持ち込み、稼働試験を実施した。原料充填、チャージャー動作、枠上げ、プレス刺さり込み、パイプ、共上げ、製品取り出し、それぞれの稼働状態を確認するため、一動作ごとを低速で稼働させ、問題がないことを確認した。1サイクルのスピードは現地にて十分な原料供給状態で、試験の3倍まで上げる計画とした。この稼働試験で製造した試作品については、日本の一般財団法人全国タイル検査・技術協会（J.T.T.A）の岐阜試験所で圧縮試験を行った。連続運転ができない為、手作業での供給となり、混練や充填のばらつきが予測されたが、平均圧縮強度は16.8 N/mm²（171.4kg/cm²）に相当、バングラデシュ規格BSTIのA級は175 kg/cm²）となり、想定した強度が出たことを受け、現地での安定生産品で試験を行うこととなった。



図7 （株）GOTOで製造が完了したプレス機の稼働試験の様子

機材の出荷から税関手続き完了までの状況や経緯を以下の表に示す。

作業	計画	実績	内容
機材の出荷	2016年 6～7月	2016年 7～1月	遅延理由① ・公共事業局の意向等による工場建設サイト変更により建屋建設工事が遅延。 ・バングラデシュ邦人殺害事件の影響により遅延。
		2017年 3月	遅延による影響 ・日本国内の倉庫を借りて一時保管したため、保管料等の想定外の費用が発生

			<p>結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2017年3月、原料準備機材（ミキサー、供給機、制御盤、ほぐし機）とプレス機の船積みを完了、チッタゴンには4月10日前後に入港手配 ・B/L（船荷証券）書類は Express Mail Service (EMS) で現地に発送し、荷受は次回現地調査中に実施予定。
税関手続き	2016年 6～7月	2017年 4～7月	<p>必要書類準備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・輸入登録証（Import Registration Certificate）は、カウンターパートの住宅・建物研究機関が輸出入管理長官事務所（The Chief Controller of Imports And Exports: CCI&E）に依頼状を提出し、2017年7月に入手。 ・免税証明書と住宅・公共事業省のレコメンデーション・レターは、住宅・建物研究機関がそれぞれバングラデシュ歳入庁（National Board of Revenue）と住宅・公共事業省に依頼状を提出。
		2017年 5月	<p>税関手続き遅延に対する対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・住宅・建物研究機関のアドバイスに従い、JICA バングラデシュ事務所から住宅・公共事業省へ働き掛けを行う。
		2017年 6～2018 年5月	<p>遅延理由②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・税関手続きに時間がかかる。 <p>遅延に対する対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・引き続き住宅・建物研究機関（HBRI）を中心に働き掛けを行う。
		2018年 6月	<p>遅延による影響</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チッタゴン港の港湾倉庫の保管料（ペナルティ料）は1,210万タカ（1,573万円※）になることが判明。 <p>※ 2019年10月現在 JICA 外貨換算レート: 1タカ=1.30円</p>
		2018年 7～8月	<p>ペナルティ料への対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・住宅・建物研究機関の Technical Project Program (TPP) ペナルティ料予算は700万タカ（910万円※）のため、残りの510万タカ（663万円※）について、関税予算の残額をペナルティ支払に予算流用ができないか住宅・公共事業省と確認したが、認められなかった。 ・残りのペナルティ料は翌年度予算での支払い（Deferred payment）としてチッタゴン港当局（CPA）

			<p>に申請。関税分の 500 万タカ (650 万円*) と船社のペナルティ料の 700 万タカ (910 万円*) はチェックが発行され各当局に渡される。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2018 年 7 月、Deferred Payment として扱うことをチッタゴン港当局と住宅・建物研究機関が同意。Deferred Payment の手続きには海運省 (Ministry of Shipping) の承認状が必要になるため、住宅・建物研究機関が依頼状を提出。 • 2018 年 8 月、Deferred Payment 承認の条件として住宅・建物研究機関が銀行保証を提出。 <p>※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円</p>
		2018 年 9 月	<p>税関手続きの完了</p> <ul style="list-style-type: none"> • 銀行保証は EBL 銀行から 9 月 12 日に発行、9 月 13 日に CPA に提出。関税手続きは 9 月 20 日に完了。

(オ) 現地での調達機械の決定と機器の調達

現地で調達してもレンガの品質管理に支障のない機材については現地で調達するべく、現地調査を実施した。調査の結果、チッタゴン地区は、世界中の船をほぼ人力で解体しており、そこから出る中古機械を設備に転用できるため、コンベヤーの一大産地であることが分かった。この為、原材料搬送のコンベヤーは現地で調達することと決定した。

コンベヤーの供給業者 3 社から価格比較による見積競争を行い、提案内容が最も充実していたチッタゴンの M/S One Star Engineering Workshop 社との交渉を行った。

契約前に、同社の工場を訪問し、仕様確認、実際稼働している設備の見学を行った上で、2016 年 5 月 8 日に同社と契約書を締結した。

2016 年 9 月に M/S One Star Engineering Workshop 社に委託したコンベヤー 6 本の部品調達が完成したが、工場建設が遅れているため、M/S One Star Engineering Workshop 社の工場内で保管、2018 年 12 月に導入・設置を行った。

(1-3) 工場建設、機材設置、試運転調整

(ア) 建屋の建設工事

工場建屋の建設に関して、建設会社の選定から建設完了までの状況や経緯を以下の表に示す。

作業	計画	実績	内容
建設会社	2016 年	2016 年	建設会社の決定

の決定	1月	3月	<ul style="list-style-type: none"> ・ナラヤンゴンジ地区の建屋建設工事について、現地の工事業者5社から工場建設の見積書を収集。 ・見積価格より2社を選定、詳細な契約条件の交渉を行った結果、Nayan Enterprise 社に工事を発注することに決定、2016年3月23日契約締結。
建屋の建設工事	2016年2～6月	2016年2～2017年1月	遅延理由① <ul style="list-style-type: none"> ・カウンターパートの意向により工場建設サイトを変更、建屋建設工事が遅延。 ・バングラデシュ邦人殺害事件の影響により遅延。
		2017年2月	建設サイトの決定 <ul style="list-style-type: none"> ・JICA バングラデシュ事務所のセキュリティ評価の結果、提案された建設予定地は安全面から使用は難しいと判断。 ・工場建設サイトを住宅・建物研究機関と協議した結果、住宅・建物研究機関の試験ラボの横の敷地を使用することで同意。
			土木基礎工事の開始 <ul style="list-style-type: none"> ・土木基礎工事を Nayan Enterprise 社に発注。基礎工事は2017年2月12日に開始、2月末までに柱の穴掘り作業まで完了。
		2017年4～5月	遅延理由② <ul style="list-style-type: none"> ・住宅・建物研究機関から建屋デザイン及び材料の変更要請があった。 ・当初は建屋の屋根と壁は Corrugated Galvanized Iron (CGI) sheet (トタン板) にする計画だった。 ・材料の変更には追加費用が発生するため、その負担について JICA バングラデシュ事務所を中心に住宅・建物研究機関と交渉を行う。 結果 <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の壁と屋根材について住宅・建物研究機関と協議した結果、Canvas Fabric (キャンバス生地) を一時的に使用することで同意。
	2017年6月～2018年4月	遅延理由③ <ul style="list-style-type: none"> ・機材輸送の税関手続きの遅延により、現地作業を抑制。建屋の建設工事は継続。 	

	2018 年 5 月	<p>建屋材料変更要請の結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・住宅・建物研究機関の旧所長 S が自己予算で準備する頑強な建材（例えば住宅・建物研究機関製レンガ）と即座に交換するという約束を前提に、住宅・建物研究機関が指定した Poly-Canvas-Fabric（キャンバス生地）を一時的に使用。
	2018 年 6～7 月	<p>建材仕様変更と費用負担</p> <ul style="list-style-type: none"> ・6月に昇任した住宅・建物研究機関の新所長は、頑強な建材は日本側で負担して欲しいとの要請。 ・JICA 本部と協議した結果、建材の仕様変更には JICA の事前承認が必要になるため、当初の仕様であったトタン板の使用を住宅・建物研究機関に提案。 ・2018年7月、建屋業者と Poly-Canvas-Fabric から元々の仕様であったトタン板の変更について協議したところ、契約金額の追加費用は発生しないことを確認。 ・住宅・建物研究機関の新所長と協議し、トタン板を使用することで同意。
	2018 年 8 月	<p>建屋の建設工事の完了</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工場建屋の建設は 2018 年 8 月 12 日に完了し、完工検査を 9 月 3 日に実施。



図 8 完成した工場建屋

(イ) 機材設置および試運転調整

■機材設置

本実証事業で導入した機材のリストを以下に示す。

表 11 機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	全自動 プレス機	HYPER-300 型 全自動プレス	1	2018 年 11 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
2	金型	240x115mm 3 個 成型、2 穴	一式	2018 年 11 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
3	プレス機 取り出し装置	粉マス一体型、 ピッカー方式	一式	2018 年 11 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
4	ミキサー (改良型)	TKM18 -2M20-0	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
5	ミキサー	TKM18	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
6	ほぐし機	SH2R375	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
7	供給機 (ベルト式)	BF10-10-BR	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
8	制御盤	A7	1	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内
9	コンベア	B1-B7	一式	2019 年 4 月 稼働確認	ミルプール地区 HBRI 施設内

(株) GOTO のプレス機は 2018 年 9 月 21 日、高浜工業 (株) の原料準備機材 (ミキサー、供給機、制御盤、ほぐし機) は 9 月 23 日に住宅・建物研究機関サイトに到着した。9 月 30 日に機械の外観検査を行った結果、特に大きな問題は見つからなかった。

2018 年 10 月にプレス機を設置したが、日本で一般的に活用されている工場建屋内で作業できる積載型トラッククレーンがバングラデシュでは見つからなかった為、建屋の屋根材を取り外し大型クレーンでプレス機を設置した。

2018 年 10 月～11 月には、機械の状態確認及び設置準備を行った後、架台の作成、原料準備機材の設置及び機械配線工事を行った。また、プレス機の設置及び付属品取り付け作業を行うと共に、プレス機の稼働確認の検査を実施し、すべての機能が問題なく動作することを確認した。

■ 試運転

機材の試運転と調整等に関してその状況や経緯を以下の表に示す。

作業	計画	実績	内容
試運転と調整	2016年 8月	2018年 12月	<p>試運転</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2018年12月、長期据え置きの影響で、原料準備機材のうち、制御盤内にあるシーケンサーのバッテリーがあがり、ソフトの入れ直しが必要であることが判明。 ・原料準備機材とコンベアの作動確認は手動でマグネットによる強制通電により実施。 ・各機械が問題なく動作することを確認。 ・グリッド電力がまだ整備されていないため、発電機を使用。
		2019年 2月	<p>制御盤シーケンサー不具合の原因</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シーケンサー（コンピュータ）は、長期間湿気の多い環境下で留め置かれたことにより、記憶保持用バッテリーが切れている事が判明。 ・作動制御ソフトが消失している可能性もあるため、バッテリーおよびソフトを持ち込み、修正を試みたがうまくいかず、結局シーケンス自体も動作不良を起こしているという判断をする。
		2019年 4月	<p>制御盤シーケンサー不具合の修理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高浜工業（株）のエンジニアが制御盤シーケンサーの交換及びソフトの書き込み作業を行った。 ・全自動運転の確認作業を行い、すべての電氣的機器と機械との連動運転を確認。 ・シーケンサーの交換以外に以下の作業を行い、問題が無かったことを確認した。 <ul style="list-style-type: none"> －センサー類信号線の配線と接続の最終確認作業 －手動運転用 NO.1、NO.2 操作ボックス内のスイッチ類の配線と接続の最終確認作業 －コンベアモーターの配線と接続の最終確認作業 －ミキサーモーターの配線と接続の最終確認作業（大容量モーター回転方向など） －コンベアベルト張り具合及び蛇行の調整作業 －メインコントロールボックスとその他操作ボック

		<p>スとの信号入力確認作業（最終確認作業）</p> <p>－手動運転での各機器運転確認作業と操作説明</p> <p>－プレス機との連動運転確認作業</p>
2019年 5月	<p>制御盤遮断機の故障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電機からの過電流により第2ミキサー及び制御盤の中の遮断機（ブレーカ）が故障。 ・高浜工業（株）と連絡を取り合いながらトラブルシューティングを行っていきながら、第2ミキサーのモーターの中のコイルが焼損していることが判明。 ・コイルの巻き替え修理は現地業者にお申し、遮断機（ブレーカ）は予備と交換。 ・モーター修理後、単体で問題なく稼働することを確認したが制御盤と接続したところ、電源をいれてもモーターは動かなかった。 ・トラブルシューティングをしたところ、コイルの巻き替えをしたことにより制御盤の再配線が必要であることが分かった。 ・第2ミキサーは単体で問題なく稼働することを確認した。 	
2019年 6～7月	<p>故障に対する対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今後、発電機からの過電流による故障を防ぐため、グリッド電力が整備されていない状態、若しくは整備後の電力不安定時の際は、通常運転である「全自動運転（系統電力利用）」ではなく、稼働機械を限定した「セミオート（発電機利用）」稼働を行うことを住宅・建物研究機関に提案、承認を得た。 ・セミオート用のソフトを制御盤のシーケンサーに書き込み、セミオート設定の追加を行った。セミオートでの試運転を行い、すべての電氣的機器と機械との連動運転を確認し、全ての機能が問題なく動作することを確認した。 	
2019年 7月	<p>稼働確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・近くまでグリッド電力が整備されてきたとの話はあったものの、実証事業期間中には間に合わなかった。今後の計画は変電所の建設後に住宅・建物研究機関から電力会社に申請手続きを行う。 	

			<p>・「セミオート」での全ライン稼働確認は、2019年7月23日に行われ、40分間で計160個の無焼成レンガを生産。「全自動運転」での全ライン稼働確認は7月25日に行われ、40分間で計160個の無焼成レンガを生産。</p>
--	--	--	--



図 9 動作確認の様子（2019年4月）

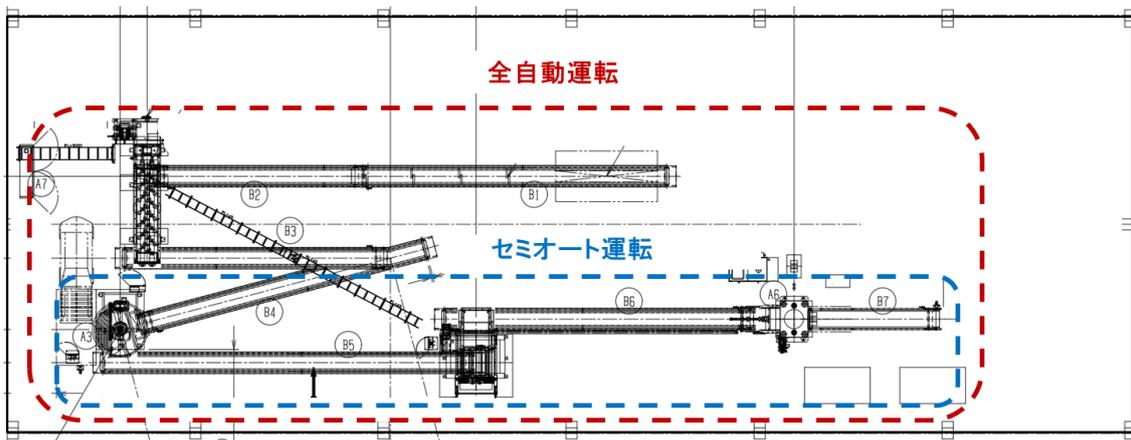


図 10 「全自動」と「セミオート」の稼働ライン

(ウ) セミオート稼働中の製造原価等

セミオートでの稼働は、2019年7月24日に行われ、5時間で計1,250個を生産した。生産量はセミオートでもプレス機のサイクルスピードに影響はないため、全自動運転と同じである。その際の製造原価等を以下に示す。

表 12 セミオート運転中の製造原価等

電力消費量	30L/時間 (75%負荷)
原材料使用量	3.75 t
生産量	1,250 個 =1 バッチ当たりの原材量÷レンガ 1 個当たりの重量×1 時間当たりのバッチ回数×稼働時間 =250kg/batch÷3kg/個×3batch/時間※×5 時間 ※ 当日は作業員と HBRI スタッフの研修を同時に行ったため、サイクルスピードを 3 batch/時間に対応。通常は 4 batch/時間に対応可能。
歩留まり率	96%
稼働時間	5 時間
製造原価	製造原価：20,781 タカ (16.6 タカ/個) (27,015 円※ (21.6 円※/個)) 経費内訳 ・ディーゼル費：9,750 タカ (30L×5 時間×65 タカ/L) 12,675 円※ (30L×5 時間×84.5 円/L) ・人件費：3,000 タカ (6 人×500 タカ/日) 3,900 円※ (6 人×650 円/日) ・原材料費：8,031 タカ (10,440 円※) ※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート:1 タカ=1.30 円

発電機を使用したセミオートでは経費のおよそ半分がディーゼル費になり、製造原価も販売価格 (9 タカ/個 (11.7 円※/個)) より大きく上回る。採算性を良くするためには、生産量の増加とサイクルスピードの増加、そして系統電力の整備が必要になる。ビジネス展開計画の策定に当たっては、上記の試運転を参考に工場の生産規模や製造原価、販売価格等を決定する (詳細は「③想定されるビジネス展開の計画・スケジュール」を参照)。

(1-4) 原材料の調達

2016 年 4 月、原材料となる浚渫砂や浚渫砂利、粘土、セメントの調達価格を調査するため、業者へのヒアリングを行ったところ、表 13 に示すとおり、レンガ 1 個の原材料費 (硬化剤を除く) は 3.15~3.53 タカ (4.1~4.6 円※) になることが判明した。

表 13 原材料の価格調査結果

	調達価格 タカ/kg	配合割合	1レンガあたりの価格 タカ/個
浚渫砂	0.2～0.27	70%	0.41～0.54
浚渫砂利	0.7～0.85	10%	0.20～0.25
粘土	1.00～1.25	10%	0.29～0.36
セメント	7.8～8.2	10%	2.25～2.38
		合計	3.15～3.53

2016年7月、(株)GOTOのプレス機が完成したため、現地での配合を想定した原料を持ち込み、稼働試験を行うと共にサンプルを作成した(表14)。2016年9月、そのサンプルについて、一般財団法人全国タイル検査・技術協会(J.T.T.A)の岐阜試験所で圧縮強度試験を行った(表15)。連続運転ができないため手作業での供給となり、混練や充填のばらつきが予測されたが、平均圧縮強度は16.8N/mm²(171.4kg/cm²に相当、Bangladesh規格BSTIのA級は175kg/cm²)となり、想定した結果が出た。

表 14 サンプル(2016年7月作成)の生産量と原料・配合率

No.	総原料 (Kg)	セメント割合 (%)	レンガ生産量 (個)	プレス圧力 (MPa)	セメント	備考
1	20	10	6	31	日本製	+粘土10%、骨材10%

表 15 サンプル(2016年7月作成)の試験結果

No.	試験日	試験先	圧縮 (PSI)	備考
1-1	2016年9月15日	JTTA	2,581	17.8 N/mm ²
1-2	2016年9月15日	JTTA	2,581	17.8 N/mm ²
1-3	2016年9月15日	JTTA	2,146	14.8 N/mm ²
平均			2,436	16.8 N/mm ²

2018年11月、プレス機の試運転の際に、圧縮強度試験用のサンプルを生産した。原料は浚渫砂、セメント、硬化剤とし、セメントの割合が10%、15%、20%(表16)の3種類のサンプルを生産した。セメント割合20%のサンプルは28日間乾燥した後、全国タイル検査・技術協会(J.T.T.A)で圧縮強度試験を実施した。その結果、2016年に(株)GOTO本社で試験打ちしたサンプルより、セメント配合量が倍になっているにもかかわらず、強度がそれより落ちていることが判明した(表17)。原因は浚渫砂に有機物及び重金属等が含まれており、それがコンクリートの硬化不良を引き起こしていると考えられる。

表 16 サンプル（2018年11月作成）の生産量と原料・配合率

No.	総原料 (Kg)	セメント割合 (%)	レンガ生産量 (個)	プレス圧力 (MPa)	セメント	備考
1	60	20%	18	31	Scan cement	

表 17 サンプル（2018年11月作成）の試験結果

No.	試験日	試験先	圧縮 (PSI)	備考
1	2019/12/5	JTTA	1,773	12.23 N/mm ²

2018年12月、日本のセメントを持ち込み、セメントの比較試験用にサンプルを生産し（表18のNo.2は日本製、No.1、No.3は比較用）、住宅・建物研究機関内で圧縮試験を行った。その結果、セメント配合率が上がる程、圧縮強度が上昇したが、セメント配合量が2016年の3倍になっているにもかかわらず、強度がそれより落ちていることが判明した（表19のNo.1～No.3）。その他、4段階のプレス圧力（22Mpa、25Mpa、28Mpa、31Mpa）のテストも行い比較テストを行った（表18のNo.4～7）結果、プレス圧力28Mpaのサンプルが最も高い圧縮強度結果となり、プレス圧力は圧縮強度にそれ程影響しないことがわかった（表19のNo.4～No.7）。

表 18 サンプル（2018年12月作成）の生産量と原料・配合率

No.	総原料 (Kg)	セメント割合 (%)	レンガ生産量 (個)	プレス圧力 (MPa)	セメント	備考
1	80	15%	24	31	Shah cement	混練機の使用
2	30	20%	9	31	日本製	
3	40	30%	12	31	Shah cement	
4	10	15%	3	31	Shah cement	
5	10	15%	3	28	Shah cement	
6	10	15%	3	25	Shah cement	
7	10	15%	3	22	Shah cement	

表 19 サンプル（2018年12月作成）の試験結果

No.	試験日	試験先	圧縮 (PSI) ^{※1}	備考
1	6-Jan	HBRI	680	製造後 7 days
2	6-Jan	HBRI	1,564	25 days, 110 kg/cm ²
3	6-Jan	HBRI	2,176	25 days, 153 kg/cm ²
4	20-Dec	HBRI	322	製造後 6 days
5	20-Dec	HBRI	350	製造後 6 days
6	20-Dec	HBRI	341	製造後 6 days
7	20-Dec	HBRI	265	製造後 6 days

※1 圧縮強度 (PSI) は非公式試験結果

※2 表中のサンプルNo. は表18のNo. と対応しており同一のサンプルである。

2019年2月、原料や薬品の配合パターンを比較するため、試験用のサンプルを生

産した（表 20）。圧縮強度の低下には、主原料の浚渫砂に有機物が含まれていることが要因として考えられたため、複数の砂（浚渫プラスター砂、Syllhet 砂）も試験することとした。また有機物対策用の薬品を日本から持込み試験を行った。

2019 年 3 月、試験用サンプルを分析した結果、圧縮強度と原料費を鑑み、配合パターン PS1 がベストと判断した（表 20）。PS1 の圧縮強度は他の配合パターンと比べると少々低いものの、一般的な粘土レンガに比べると 1,708 PSI は十分高い強度である。また粘土レンガは通常 1 個 10 タカ（13 円※）以下で販売されているため、原料費 7 タカ（9.1 円※）以上のレンガは現実的ではないと判断した。浚渫砂は当初、主原料として考えていたが、有機物及び重金属等が含まれており、それがコンクリートの硬化不良を引き起こしていると考えられる。有機物及び重金属対策用の薬品はあるものの、原材費が高くなってしまったため、検討の結果、浚渫砂から浚渫プラスター砂に変更することになった。本変更により、原料費は当初計画していた 6.19 タカ（8.1 円※）（浚渫砂、セメント 20%、薬品(A)）から 6.43 タカ（8.4 円※）（プラスター砂、セメント 20%、薬品(A)）に上がるものの、圧縮強度は 10%程度向上すると期待される。

※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

表 20 配合パターン比較試験の内容と圧縮強度

配合パターン	セメント割合(%)	砂	薬品※ ¹	原料費(タカ/個)	圧縮強度(PSI)※ ²	試験先
PS1	20	プラスター砂	薬品(A)	6.43	1,708	HBRI
DS1	20	浚渫砂	薬品(B)	8.86	1,490	HBRI
PS2	20	プラスター砂	薬品(B)	9.10	1,900	HBRI
SP1	0	プラスター砂	薬品(C)+(D)	23.86	3,372	HBRI
SP2	20	プラスター砂	薬品(C)	17.03	2,751	HBRI
PS3	25	プラスター砂	薬品(A)	7.73	2,324	HBRI
SP3	0	プラスター砂	薬品(C)+(D)	26.41	4,026	HBRI

※1 薬品(A): 粉体(硬化剤)

薬品(B): 液体

薬品(C): 液体(シリケートポリマー)

薬品(D): 粉体(シリケートポリマー)

※2 圧縮強度(PSI)は非公式試験結果

今後のビジネス展開には第三者からの品質証明が必要になるため、2019 年 2 月に作成した PS1 のサンプルの圧縮強度試験をバングラデシュ工科大学 (BUET) に依頼した。その結果、平均圧縮強度は 3,106 PSI (218 kg/cm²) であり、バングラデシュ国家建築基準(BNBC)及び Bangladesh Standards and Testing Institution (BSTI) の A 級基準 (175 kg/cm²) を十分満たす結果を確認した。

表 21 PS1 サンプルの BUET 大学での圧縮強度試験結果

No.	圧力強度	
	PSI	kg/cm2
1	3,170	223
2	3,450	243
3	2,800	197
4	3,120	219
5	2,990	210
平均	3,106	218

浚渫プラスタースの調達について、当初、工場はナラヤンゴンジ地区にある公共事業局の所有地に建設する予定であり、主原料である浚渫砂は近隣河川から購入する予定であった。しかし、ミルプール地区にある住宅・建物研究機関の所有地へサイトを変更することとなり、浚渫砂（浚渫プラスタース含む）の運送費が必要となった。運搬費をカバーするため、現地で調達できる原材料（主にセメントと浚渫プラスタース）は、住宅・建物研究機関及び公共事業局の取引先である現地建材卸業者から輸送費込の価格で調達する。また一括購入することにより安定した質の原材料を調達することができる。

浚渫砂（浚渫プラスタースを含む）の供給については活用先が少なく、本事業による活用は未利用・リサイクル資源を原料にする提案企業と販売先に苦勞している浚渫業者及び販売業者の双方にとってメリットがある。今後も安定して調達できる原料と見込んでいるが、もし需要が高まり、事業に影響が生じる可能性がある場合には、別の原材料の活用を検討するなど、早期に対応していく所存である。レンガ試作品試験の詳細については「添付資料 2 レンガ試作品の試験報告書」を参照。

(1-5) 工場運営、維持管理のための技術指導とトレーニング

無焼成レンガを製造するための機材及び工場整備費は本実証事業費で負担し、ここからのレンガ製造にかかる費用（人件費、硬化剤を含む原材料費、運搬費等）は提案企業とその関連会社が負担する。工場作業員については、本実証事業実施中は提案企業現地子会社 KCB が契約社員を雇用し、工場の運営、作業手順、品質管理をトレーニングした。

(ア) 本実証事業期間中における技術指導とトレーニング

本実証事業期間中における工場運営のため、KCB は契約社員を労働者として雇用了。また、住宅・建物研究機関からはオペレーターが派遣された。工員人数・ルート方法・トレーニング内容・賃金等の情報は以下のとおり。

表 22 工場運営のための契約社員等、雇用状況

	KCB	住宅・建物研究機関
雇用人数	労働者 6名	オペレーター 2名
リクルート方法	建屋建設や機材設置に従事していた労働者を雇用	住宅・建物研究機関より派遣
トレーニング内容	<ul style="list-style-type: none"> ・材料注文・準備 ・製造プロセスの機械点検 ・作業内容 ・各機材の機能・安全性 	<ul style="list-style-type: none"> ・全自動運転の確認 ・セミオート運転の確認 ・プレス機の手動操作確認 ・原料準備機材の手動操作確認 ・一般的なトラブルシューティング ・労働者の安全管理 ・労働者の役割分担 ・機械点検 ・品質管理
賃金	500 タカ/日 (650 円*/日)	住宅・建物研究機関より支給

※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート:1 タカ=1.30 円

(イ) 住宅・建物研究機関への技術指導とトレーニング

住宅・建物研究機関への On-the-Job Training (OJT) 向けに以下の資料を作成した。

- 製造プロセスガイドライン (Manufacturing Process) 「添付資料 7」
 - －提案企業の技術
 - －製造プロセス (原料調達→原土処理→成形・養生)
 - －バングラデシュのパイロット工場 (原料調達→原土処理→成形・養生)
 - －工場レイアウト
 - －製造フロー
(原料保管→ミキサー→ほぐし機→供給機→プレス機→乾燥スペース→製品スペース)
 - －機材リスト
- プレス機操作マニュアル (Hydraulic Press Operation Manual 「添付資料 8」)
 - －稼働前の準備 (機械の稼働、シグナルや圧力計の確認等)
 - －自動運転の開始と停止 (タッチパネルやボタン、レバーの操作等)
 - －自動運転のステップ (プレス機の一連の動きを説明)
 - －手動運転 (プレス機の一連の動きをボタンで操作する方法)

- プレス機のトラブル対応 (Hydraulic Press General Troubleshooting) 「添付資料 9」
 - －操作パネルのシグナルと意味
 - －操作パネルでの警告と解決法
 - －その他の一般的なトラブルと解決法 (稼働しない等)
- 原料準備機材操作マニュアル (Material Treatment Operation Manual 「添付資料 10」)
 - －原料準備機材の準備 (ボタン等の操作による機械の稼働)
 - －ミキサーへの供給 (ボタン操作、タイマーの使用)
 - －処理土の排出 (シグナルの説明と対応方法)
 - －操作完了手順 (ボタン操作等)
- 原料準備機材のトラブル対応 (Material Treatment General Troubleshooting) 「添付資料 11」
 - －原料準備機材のエラーの原因とトラブルシューティング (エラーNo.が示す意味と対応方法)
 - －点検のチェックリスト (点検の内容と方法及び頻度)
- OJT プログラムチェックリスト (OJT Program Checklist) 「添付資料 12」
 - －原材料準備機材操作マニュアルとプレス機操作マニュアル等のタスク (各タスクにおける理解度の確認)

2019年4月、上記資料を用いて、住宅・建物研究機関のスタッフ9名に対し、プレス機の操作トレーニングを2日間行った。具体的には製造プロセスの理解、各機材の機能・安全性、原料準備機材及びプレス機の操作手順、トラブルシューティング、維持管理について説明・実践を行い、OJTプログラムチェックリスト「添付資料12」の項目(5)プレス機操作マニュアルのタスクを適切なレベルで行えることを確認した。

2019年5月、住宅・建物研究機関のスタッフ9名に「全自動」運転の確認とトレーニングを2日間行った。しかし、発電機からの過電流により第2ミキサーが故障したため、次の3日間は手動操作の確認と一般的なトラブルシューティングの研修を行った。OJTプログラムチェックリスト「添付資料12」の項目(4)原材料準備機材操作マニュアルのタスクを適切なレベルで行えることを確認した。



図 11 トレーニングの様子（2019年5月）

2019年5月22日に提案企業との保守契約について住宅・建物研究機関の所長と協議を行った結果、提案した契約内容で同意した（詳細は、「（8）事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について」参照）。2019年7月25日に住宅・建物研究機関は、提案企業との保守契約を締結した。

2019年6月20日、今後、発電機からの過電流による故障を防ぐため、以下の2つのシナリオを設定し、工場移譲後もそのシナリオ通りに稼働することで住宅・建物研究機関より承認を得た。

- ・シナリオ①：「全自動」運転（全ラインを稼働）。系統電力整備後に実施。
- ・シナリオ②：「セミオート」運転（コンベア1と2、第一ミキサーを除くラインを稼働）。系統電力整備前及び整備後電力が安定しない時に発電機で稼働

2019年7月21日～25日、「全自動」運転と「セミオート」運転の2つの操作方法について下記のようにマニュアルを作成し、住宅・建物研究機関のスタッフ6名に5日間の研修を行った。具体的には、全ライン（セミオート及び全自動）の操作確認、一般的なトラブルシューティング及びメンテナンス方法を指導した。

- 全自動運転手順書（Automatic Operation Procedure）「添付資料13」
 - ープレス機の手順①
（プレス機を稼働するためのボタンやタッチスクリーン等の操作）
 - ー原料準備記載の手順
（原土処理を行うためのボタンやタッチパネル、タイマーセットの操作）
 - ープレス機の手順②
（成形するためのスイッチやタッチスクリーン等の操作）

- セミオート運転手順書 (Semi-automatic Operation Procedure) 「添付資料 14」
 - ープレス機の手順①
 - (プレス機を稼働するためのボタンやタッチスクリーン等の操作)
 - ー原材料の処置
 - (使用するコンベアとミキサーの限定、原土処理を行うためのボタンやタッチパネルの操作、セミオート用のタイマーセットの操作)
 - ープレス機の手順②
 - (成形するためのスイッチやタッチスクリーン等の操作)

(1-6) 温室効果ガス削減効果の試算

温室効果ガス (GHG) 削減量について、現地における生産が開始されたことを受け、現地の電力状況や生産状況に合わせて算定を行った。なお、住宅・建物研究機関が整備することになっていたグリッド電力は実証事業期間中に完了できなかったため、電力はディーゼル発電機で賄った。無焼成レンガの製造工程自体からは GHG は排出されないため、本実証事業における GHG 排出量はディーゼル発電機によるものである。また、旧式の FCK 型から ZigZag 型等に移行する動きも踏まえ、ベースラインの再設定も行った。ベースラインと比較する形で試算を行ったところ、本活用支援 (13,000 個供給) での GHG 排出削減効果は、2.5 tCO₂、1 レンガあたりでは、0.19 kgCO₂/個 (40%削減) と試算された。

また、グリッド電力が整備された後、年間 864,000 個製造する場合の効果は、年間 224.6 tCO₂/年、1 レンガあたりでは、0.26 kgCO₂/個 (54%削減) と試算された。計算過程は「3. (5) 環境社会配慮」に詳細を示す。

本活用支援における削減量及びグリッド電力で年間 864,000 個製造する場合の GHG 排出量の削減量を以下に示す。バングラデシュで普及されている最も効率的な HHK 型と比較すると本活用支援では GHG 排出量は 23%の削減、年間 864,000 個製造する場合は 47%の削減となり、画期的技術であるといえる。住宅・建物研究機関でも焼成レンガに代わるエコレンガを開発しているが、まだ十分には普及されておらず、本技術の普及はエコレンガへの信頼性工場やビジネス展開によるエコレンガの生産拡大・普及など様々な好影響をもたらすと考える。

本活用支援における削減量 (13,000 個供給)

- ・ 1 無焼成レンガ当たりの CO₂ 削減量 (0.19kg-CO₂e/個) × レンガ供給量 (13,000 個) = 2.5t-CO₂e

グリッド電力が整備され、年間 864,000 個製造される場合

- ・ 1 無焼成レンガ当たりの CO₂ 削減量 (0.26kg-CO₂e/個) × レンガ供給量 (864,000 個) = 224.6 t-CO₂e

② 公共事業局による無焼成レンガの活用に係る支援

(2-1) 公共事業局の事業での無焼成レンガ活用可能な対象を同局と計画

2016年2月、レンガの仕様及び活用先について公共事業局と意見交換を行った。レンガの仕様は公共事業局の要望である軽量化を優先するため、デザインは穴あきレンガとすることに合意した。穴あきレンガを活用することにより建物全体の負荷削減に繋がり、建設材料（鉄骨等）のコストの削減が可能になる。

2019年2月14日、レンガの活用先について、住宅・建物研究機関の所長と協議を行った。日本側より本事業の残日数やまだ発電機に頼っている実状から、現実的な生産量は8,000から10,000個になると伝えたところ、住宅・建物研究機関の外壁のアップグレードに活用するのはどうかと提案があった。

2019年4月21日、レンガの活用先について住宅・建物研究機関の所長と協議を行った結果、無焼成レンガを住宅・建物研究機関の外壁で活用することで同意した。



図 12 無焼成レンガの活用場所

(2-2) 同計画に基づく無焼成レンガの活用支援

2019年5月、無焼成レンガを活用した住宅・建物研究機関の外壁の工事が開始された。なお、無焼成レンガには2つ穴が空いており、レンガ職人が穴あきレンガの取り扱い方法に慣れていないことから、通常の倍の作業時間がかかると指摘があったため、作業手順や穴にモルタルが入らないように塗るポイントなどの指導を行った。



図 13 無焼成レンガの積み上げ指導

外壁工事へのレンガ供給量と単価は以下のとおり。

表 23 活用支援：住宅・建物研究機関の外壁アップグレード

項目	数量
外壁工事の規模（レンガの必要個数）	13,000 個
本実証事業（期間中）におけるレンガ供給可能量	8,000 個
本実証事業におけるレンガ単価	9 タカ/個（11.7 円 [*] /個）
本実証事業後におけるレンガ供給計画	工場移譲後、住宅・建物研究機関が残りのレンガを製造する。
本実証事業後におけるレンガ供給量	5,000 個

※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円



図 14 住宅・建物研究機関の外壁（完成後）

2019 年 7 月末時点、住宅・建物研究機関は無焼成レンガを自家消費することを考

えており、話では、40,000 個の無焼成レンガを住宅・建物研究機関の複合施設に活用する計画があると伺った。

同工場はパイロット工場のため、提案企業が今後展開する工場の規模よりも小さいが、年間 864,000 個の無焼成レンガの製造が可能である。具体的な活用計画は未定だが、住宅・建物研究機関は工場の移譲および無焼成レンガの活用に積極的である。

$$1 \text{ 時間当たりの生産量} \times 1 \text{ 日当たりの工場稼働時間} \times 1 \text{ 年間当たりの工場稼働日数} \\ = 360 \text{ 個/h} \times 8\text{h/日} \times 300 \text{ 日/年} = 864,000 \text{ 個/年}$$

(2-3) 財政負担軽減への寄与の試算

住宅・建物研究機関の外壁アップグレードに必要なレンガは 13,000 個である。本実証事業中に 8,000 個を供給し、残りの 5,000 個は工場引き渡し後に住宅・建物研究機関が製造する。この外壁工事において、住宅・建物研究機関が得られる成果を示す。

外壁工事全体での財政負担軽減への寄与：200,288 タカ (260,374 円^{※2}) の軽減
= ①住宅・建物研究機関の外壁活用による財政負担軽減
+ ②外壁仕上げ用のモルタルが不要になることによる財政負担軽減

①住宅・建物研究機関の外壁活用による財政負担軽減：

レンガ供給量 (13,000 個) × (同等級焼成レンガの購入価格 (10 タカ/個) - 無焼成レンガ (9 タカ/個^{※1}))

= 13,000 個 × (10 - 9) タカ/個 = 13,000 タカ (16,900 円^{※2}) の削減

※1 一般的な焼成レンガより 1 割安い価格で供給。

※2 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ = 1.30 円

②上記外壁の外壁仕上げ用のモルタルが不要になることによる財政負担軽減^{※1}：

外壁片面の仕上げ用モルタルの削減費

= 外壁に必要なレンガ個数 (13,000 個) ÷ 外壁 1 m²あたりのレンガ個数 (59 個/m²^{※2}) × 外壁 1 m²あたりの仕上げ用モルタル費用 (425 タカ/m²^{※3})

= 13,000 個 ÷ 59 個/m² × 425 タカ/m² = 93,644 タカ削減 (外壁片面)

外壁両面の仕上げ用モルタルの削減費

= 片面 (93,644 タカ) × 2 = 187,288 タカ (243,474 円^{※4})

※1 従来の焼成レンガでは色、サイズ、形状等がバラバラなため、外壁をモルタルで仕上げ必要がある。本事業の無焼成レンガは形状が統一されているため、仕上げをする必要がない (図 14 及び図 15 参照)。

※2 レンガの外壁面は 240mm x 70mm/個 = 0.0168 m²/個。

外壁 1m²あたりのレンガ個数 = 1 m² / 0.0168 m²/個 = 59 個

※3 仕上げ用モルタル費用は住宅・建物研究機関の委託業者からの情報。

※4 2019年10月現在 JICA 外貨換算レート:1タカ=1.30円

財政負担軽減結果について住宅・建物研究機関の所長は、無焼成レンガは環境にやさしいメリットに加え仕上がりも美しく、外壁仕上げ用のモルタルが不要になることによる負担軽減は大きいため、将来的に公共事業での活用が期待されると語っている。



図 15 従来の焼成レンガと外壁の仕上げ

上記活用支援の他、現時点で住宅・建物研究機関による将来的な無焼成レンガの具体的な活用計画はないが、今後、工場を最大限に活用する場合(年間 864,000 個製造)、以下の財政負担軽減に寄与する。

財政負担軽減への寄与：700 万タカ/年(片面モルタル、900 万円[※]/年)～1,300 万
タカ/年(両面モルタル、1,700 万円[※]/年)の軽減

=①住宅・建物研究機関の無焼成レンガ活用による財政負担軽減
+②上記活用の外壁仕上げ用のモルタルが不要になることによる財政負担軽減

①住宅・建物研究機関の無焼成レンガ活用による財政負担軽減：

レンガ供給量(864,000 個/年) x (同等級焼成レンガの購入価格(10 タカ/個) - 無焼成レンガ(9 タカ/個^{※1}))

=864,000 個/年 x (10-9)タカ/個=864,000 タカ/年(1,123,200 円^{※2}/年)の削減

※1 一般的な焼成レンガより 1 割安い価格で供給。

※2 2019年10月現在 JICA 外貨換算レート:1タカ=1.30円

②上記活用の外壁仕上げ用のモルタルが不要になることによる財政負担軽減^{※1}：
外壁片面の仕上げ用モルタルの削減費

=外壁に必要なレンガ個数 (864,000 個/年) / 外壁 1 m²あたりのレンガ個数 (59 個/m²※2) x 外壁 1 m²あたりの仕上げ用モルタル費用 (425 タカ/m²※3)
 =864,000 個/年 / 59 個/m² x 425 タカ/m²=6,223,729 タカ/年削減 (外壁片面)
 外壁両面の仕上げ用モルタルの削減費
 =片面 (6,223,729 タカ/年) x 2=12,447,458 タカ/年 (16,181,695 円※4/年)

※1 従来の焼成レンガでは色、サイズ、形状等がバラバラなため、外壁をモルタルで仕上げ
 必要がある。本事業の無焼成レンガは形状が統一されているため、仕上げをする必要
 がない (図 14 及び図 15 参照)。

※2 レンガの外壁面は 240mm x 70mm/個=0.0168 m²/個。

外壁 1m²あたりのレンガ個数=1 m²/0.0168 m²/個=59 個

※3 仕上げ用モルタル費用は住宅・建物研究機関 (HBRI) の委託業者からの情報。

※4 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

以上より、外壁工事 (13,000 個供給) 及び工場を最大限に活用 (年間 864,000 個生
 産) した場合の無焼成レンガ活用による財政負担軽減は以下のとおり。

表 24 無焼成レンガ活用 (購入価格削減) による財政負担軽減

レンガ 供給量	同等級 焼成レンガ 購入価格	無焼成レンガ 購入価格	財政負担軽減
13,000 個	10 タカ/個	9 タカ/個	13,000 タカ (16,900 円※)
864,000 個	10 タカ/個	9 タカ/個	864,000 タカ (1,123,200 円※)

※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

表 25 外壁仕上げ用 (片面) のモルタルの不要による財政負担軽減

レンガ 供給量	外壁面積	同等級 焼成レンガ 仕上げ用 モルタル	無焼成 レンガ 仕上げ用 モルタル	財政負担軽減
13,000 個	220 m ²	93,644 タカ	0	93,644 タカ (121,737 円※)
864,000 個	14,644 m ²	6,223,728 タカ	0	6,223,729 タカ (8,090,847 円※)

※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

③ 実績を下にした販売促進活動など普及活動

(3-1) 無焼成レンガの活用実績をもとに関連省庁及び国際協力機関等への広報活動を実施

2018年10月2日、住宅・建物研究機関において住宅建築資材展示会が行われ、本事業専用のブースを設け、事業紹介や商品紹介を行った。また、事業説明と会社紹介のチラシを準備し、訪問者に配布した。機械の設置作業を優先していたため、ブースは住宅・建物研究機関のスタッフにお願いした。日本の技術と日本製機械に興味をもった訪問者が多かったとのことだったが、突然の招待だったため、アンケート等の準備は出来なかった。



図 16 住宅建築資材展示会の様子（2018年10月）

2019年7月23日、本実証事業のプロジェクト発表会を住宅・建物研究機関で行い、プロジェクトの内容及び成果について発表した。省庁関係者（公共事業局、環境局、住宅・建物研究機関等）と民間事業者等、計30名程度が参加した。発表会後には意見交換及び工場見学を行った。

環境局の参加者からは、環境省が今後、公共事業に使用するレンガの20%は無焼成レンガ同等製品（コンクリートブロック）を使用することを義務化すること、石炭灰を再利用した無焼成レンガの開発にサポートして欲しいとの話があった。



図 17 発表会の様子 (2019 年 7 月)



図 18 工場見学の様子 (2019 年 7 月)

2016 年 9 月、JICA の紹介により、NHK から取材の依頼を受け、打合せを行った。10 月 11～12 日に撮影があり、国内版は 10 月末、英語版は NHK World で 12 月中旬に放送された。

2017 年 5 月 5 日、NHK のほっとイブニングで「“焼かないレンガ”を Bangladesh に」というタイトルで紹介された。現時点での続編放送は未定だが、NHK に連絡を取り可能性について検討していきたい。

2019 年 5 月 24 日、住宅・建物研究機関の紹介により、現地テレビ局の Channel I から取材の依頼を受け、撮影があった。無焼成固化技術、製造プロセス、無焼成レンガのメリット等についてインタビューを受けた。現時点では、テレビ放映は未定である。



図 19 Channel I 撮影の様子（2019 年 5 月）

(3-2) 現地不動産開発業者等へのプロモーションを実施

2016 年 4 月の現地調査時に、当該技術を使うレンガ工場設立に意欲的な現地企業 5 社に対し、当該技術と提携手法に関する説明を個別に行った。ダッカ近郊の首都圏におけるレンガ需要が非常に高いため、総じて現地企業の関心は高かった。中でも、陶器製造業者は陶器の製造工程で排出される陶器くずの有効利用の手段として当該技術に強い興味を示しており、既に具体的な協議を開始している。また陶器製造業者と提携することで、レンガ事業での協業のみならず提案企業の地元である岐阜県東濃地域の陶磁器産業とバングラデシュ陶器産業の交流・連携が将来的に期待できる。陶器製造業者とは引き続き工場設立について協議を進める。

現地不動産開発業者等へプロモーションを行うため、KCB の理念や技術、サービスを紹介するホームページ等、以下の媒体を準備した。

- ホームページ (<http://www.kameiceramicsbd.com/>)
- ツイッター (<https://twitter.com/nonfiredbrick>)
- フェイスブック (<https://www.facebook.com/nonfiredbrick/>)
- 無焼成固化技術紹介のチラシ「添付資料 3 無焼成固化技術資料」
- 無焼成レンガ紹介のチラシ「添付資料 4 無焼成レンガ資料」
- 無焼成固化技術のポスター「添付資料 5 無焼成固化技術ポスター」

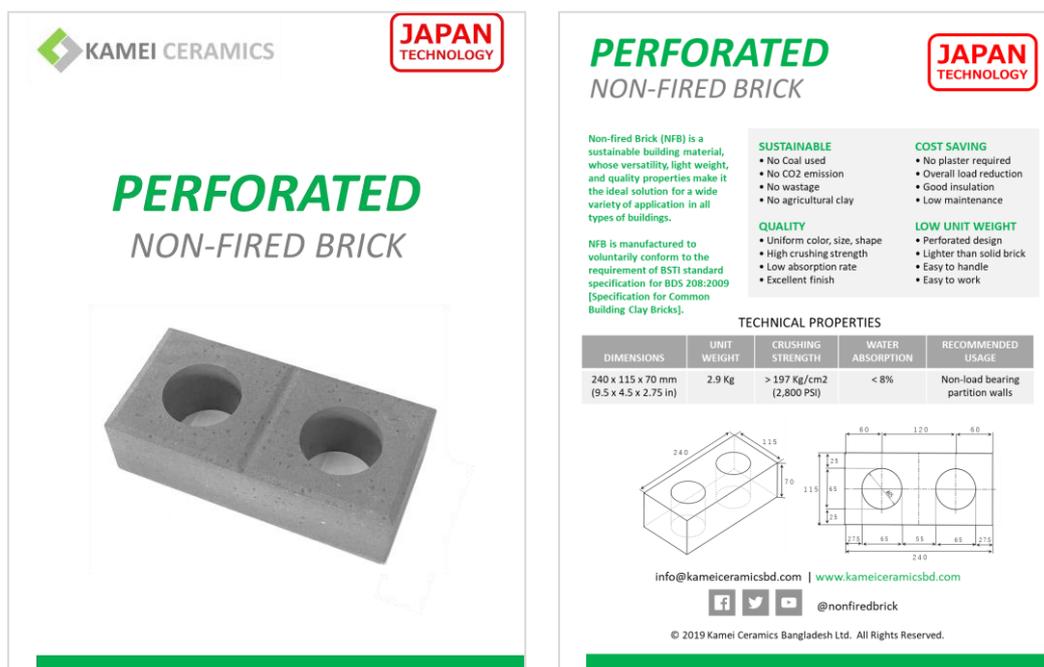


図 20 無焼成レンガ紹介のチラシ

(3-3) 現地不動産開発業者との提携や現地合弁会社設立、フランチャイズ方式での展開等のビジネスモデルを検討し戦略を構築

新たな製造手法によるレンガを現地で普及させるため、品質要求の厳しい公共事業で既に使用されているという実績を積極的に公表すると同時に、レンガの大口径需要先である現地不動産開発業者と提携する。

バングラデシュ民間セクターにおける最大のレンガ消費者である不動産開発業者及びレンガ原料になりうる陶器くずを大量に排出する大手陶器製造業社を含む10社以上の現地企業と協議した際、合弁会社の設立条件として無焼成固化技術のExclusive right (独占権) の要求が必ず出てきた。独占権を承諾することは今後のビジネス展開戦略に影響する可能性があるため、初期段階での合弁会社の設立は難しいと判断した。現地完全子会社工場については、提案企業はバングラデシュ国内では事業実績がないため、単体による資金調達は無現実的ではない。また、財務体質の弱い中小企業として高リスクと判断した。機材・硬化剤顧客については品質や労働環境管理ができない理由で難しいと判断した。したがって、フランチャイジー方式で事業展開を行うのが現実的で最もリスクが少ないと判断した。

実証事業実施後の約3カ月間を準備期間とし、KCBの人材雇用およびフランチャイズ展開の体制準備など、事業開始に向けた諸手続きと製造設備導入等のソフト・ハードの準備に充てる。上記の詳細については、「第4章 本事業実施後のビジネス展開計画」に記載する。

(2) 事業目的の達成状況

① 無焼成レンガの製造

2016年7月にテロ事件が発生したことで一時渡航が制限されたことや、工場の建設予定サイトの変更協議が長引いたことなどから、当初の事業計画より大幅に遅れた。更にバングラデシュでの機械輸送に関する税関手続きでは、約1年間の遅れとなった。その後も製造機材の修理・故障で、計画の遅延があったが、住宅・建物研究機関とは常に良好な関係を維持し、適切な支援を得ることができたため、全ての事業目的を達成することができた。

建設予定サイトでは安全性確保の難しさから、最終的にミルプール地区にある住宅・建物研究機関の敷地内に変更となった。2017年2月に建設工事が着工したが、住宅・建物研究機関からの材料変更等の要請と協議等で時間がかかり、2018年8月に建設が完了した。

日本側における製造機材（ミキサー、供給機、制御盤、ほぐし機、プレス機）の製造は予定通り実施できたが、テロ事件や建設工場の遅れから出荷が2017年3月と計画より大幅に遅れた。更に、チッタゴン港での税関手続きに約1年間費やし、住宅・建物研究機関やJICAバングラデシュ事務局からの働きかけにより、2018年9月、工場に機材が到着した。その間、機材は港湾倉庫に1年以上保管されており、長期保管料は1,210万タカとなったが、住宅・建物研究機関が関係当局と調整し、住宅・建物研究機関が支払いを済ませた。

機材の到着後、試運転が行われたが、制御盤に不具合があり、長期間湿気の多い環境に留め置かれたことにより、制御盤内のシーケンサーのバッテリーが切れている事が判明した。また、電力インフラがまだ工場まで整備されていなかったため、発電機で機材の稼働確認を行っていたが、2019年5月、発電機からの過電流により、第2ミキサーと制御盤内の遮断機が故障した。グリッド電力整備は予定よりかなり遅れており、工場移譲後も一定期間、発電機で稼働することがわかった。そのため、今後は発電機からの過電流による故障を防ぐため、従来の「全自動」運転の他、稼働機械を限定した「セミオート」稼働を住宅・建物研究機関に提案し、承認を得た。2019年7月、制御盤のシーケンサーにセミオート設定の追加を行い、「セミオート」及び「全自動」の全ラインの稼働確認を実施、すべての電氣的機器と機械との連動運転を確認した。

プレス機の試運転の際に、現地の原料（浚渫土砂とセメント）を使ったサンプルを作成した。以前、日本で作成した際は、サンプルの圧縮強度及び吸水率ともに目標強度に達することを確認したが、今回のサンプルでは何れも強度がそれより落ちていることが判明した。原因は浚渫砂の有機物が影響していると考えられたため、浚渫プラスター砂に変更すると共に、圧縮強度と原料費より、原材料と薬品の配合パターンを決定した。

2019年4月と5月に住宅・建物研究機関のスタッフ9人に機材の操作トレーニングを行った。具体的には製造プロセスの理解、各機材の機能・安全性、操作手順、トラブル

ルシューティング、維持管理について説明・実践を行った。また、各種マニュアルを作成し、配布した。2019年6月、発電機からの過電流による故障を防ぐため、系統電力整備前及び整備後電力が安定しない時には「セミオート」運転を行い、系統電力が使用できる時に「全自動」運転を行うことを提案・承認された。2019年7月、この2つの操作方法についてマニュアルを作成し、全ライン（セミオート及び全自動）の操作確認、一般的なトラブルシューティング及びメンテナンス方法を指導した。2019年7月25日、住宅・建物研究機関は提案企業と保守契約を締結した。

温室効果ガスの削減効果の算定については、算定方法やモデルケースでの試算は完了していたが、現地での機械の稼働開始後、実際のレンガ製造数や電力使用量等のデータから、実態に即した排出削減量を算定した。その結果、本活用支援（13,000個供給）におけるGHG排出削減効果は、2.5 tCO₂、1レンガあたりでは、0.19 kgCO₂/個（40%削減）と試算された。また、グリッド電力が整備された後、年間864,000個製造する場合の効果は、年間224.6 tCO₂/年、1レンガあたりでは、0.26 kgCO₂/個（54%削減）と試算された。これらの試算の根拠は p.51～52 に記載。

② 公共事業局による無焼成レンガの活用に係る支援

レンガの仕様について、公共事業局との協議の結果、軽量で強度のあるレンガを求める声が多く、強度が損なわれすぎない2穴レンガとすることに決定した。

無焼成レンガ活用先の計画について、当初は実証事業中に100,000個製造し、公共事業局の住宅プロジェクトに活用する計画であった。しかし、工場設置予定地の変更から現実的な生産量は8,000から10,000個になると伝えられたところ、住宅・建物研究機関の施設内の外壁アップグレードに活用できないかとの提案があり、同意した。無焼成レンガ活用先はデモンストレーションの目的もあるため、まずは無焼成レンガ工場の外壁に活用することになった。無焼成レンガ工場の外壁に必要なレンガ総数は13,000個である。故障等のトラブルもあり、実証事業中に生産できたのは8,000個であったが、残りは住宅・建物研究機関が工場移譲後に生産することとなった。財政負担軽減への寄与はこの13,000個で計算を行った。

2018年10月2日、住宅・建物研究機関において住宅建築資材展示会が行われ、本事業専用のブースを設け、事業紹介や商品紹介を行った。無焼成レンガ以上に日本の技術と日本製機械に興味をもった訪問者が多かった。

2019年7月23日、本実証事業のプロジェクト発表会を住宅・建物研究機関で行い、プロジェクトの内容及び成果について発表した。省庁関係者（公共事業局、環境局、住宅・建物研究機関等）と民間事業者等、計30名程度が参加した。発表会後には意見交換及び工場見学を行った。環境局の参加者からは、環境省が今後、公共事業に使用するレンガの20%は無焼成レンガ同等製品（コンクリートブロック）を使用することを義務化すること、無焼成レンガ技術の普及をサポートしたいとの話があっ

た。

③ 実績を下にした販売促進活動など普及活動

現地不動産開発業者等へのプロモーションについては、2016年4月に、当該技術を使うレンガ工場設立に意欲的な現地企業5社に対し、当該技術と提携手法に関する説明を個別に行った。ダッカ近郊の首都圏におけるレンガ需要が非常に高いため、総じて現地企業の関心は高かった。

実証事業中に10社以上の現地企業とコンタクトをとった。今後は、本実証事業の経験や活用事例を紹介していくことで、より現地企業へのアピールを拡大し、フランチャイズ方式でのビジネスモデルを展開していく予定である。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

① 雇用環境の改善、貧困対策への貢献

従来のバングラデシュのレンガ工場の労働環境は良好とはいえ、危険な作業や児童労働などの課題がある。また、雨季は洪水が多く焼成窯が稼働できないため、乾季の5~6ヶ月間のみ労働者を雇用しており、雇用も不安定である。

本事業では、生産規模あたりの雇用者数は減少するものの（工場数の増加により雇用増加には貢献）、雇用者数は年間を通しての雇用が可能であり、また焼成レンガ工場と比べ過酷な作業や違法な労働環境は減少させることが可能である。

また、環境汚染や気候変動により一番大きな不利益を被るのは、バングラデシュのような最貧国のBOP層であるため、これら環境問題への取り組みは、BOP層の開発課題の改善に直結しており、構造的貧困の再生産を削減することにつながる。

本実証事業で立ち上げたパイロット工場の規模（年間製造量864,000個）では、労働者6名、オペレーター2名で操業可能であった。労働者の賃金は原価計算をもとに500タカ/名（650円[※]/名）とした。月収の場合は400タカ/日×25日=10,000タカ/月（13,000円[※]/月）である。レンガ産業はバングラデシュ統計局のセンサスの対象外であるため、給料等のデータはなく、正確な最低賃金がないため上記の賃金との比較は難しい。しかし、入手できた情報として、2012年の記事では、ダッカ郊外のレンガ工場地帯では毎日12時間の労働で男性は120タカ/日（156円[※]/日）、女性は100タカ/日²⁰（130円[※]/日）、2014年の記事では仕事が早い人で1,500タカ/週（1,950円/週）（6日/週の場合250タカ/日（325円[※]/日））²¹であった。GDP成長率（7%）や消費者物価上昇率（6%）

²⁰ JICA、提案企業、アルセド、バングラデシュ国無焼成固化技術を使ったレンガ事業準備調査（BOPビジネス連携促進報告書、2014）

²¹ K. Mostafa & J. Gustafsson, In Pictures: The brick fields of Bangladesh, Aljazeera, 2019年8月確認 (<https://www.aljazeera.com/indepth/inpictures/2014/05/pictures-brick-fields-banglade-2014517134431553324.html>)

を考慮すると、2019年時点で前述の記事では男性は180から190タカ/日（234～247円※/日）、後述では330～350タカ/日（429～455円※/日）となり、本実証事業の賃金はいずれの賃金よりも上回った。（※2019年10月現在 JICA 外貨換算レート:1タカ=1.30円）

無焼成レンガ工場は雨季に関係なく年中操業できるため、安定した月収を確保することが可能であるが、実証事業中では、グリッド電気が整備されず発電機に頼ったこと、故障のトラブルが発生したことにより、稼働時間・日数が当初見込んでいたものよりも少なくなった。今後、無焼成レンガ工場を展開する際は、本実証事業の経験を踏まえ、トラブルを回避・減少することにより、従業員の安定雇用に努めたい。具体的には、グリッド電力が整備されている場所での工場建設や外国企業を誘致している工業団地への工場建設を考えている。

労働環境について、無焼成レンガの製造過程では大気汚染物質は排出されないが、実証事業期間中にグリッド電気が整備されなかったことから、工場内のディーゼル発電機に頼るしかなかった。そのため、労働者は発電機から排出される大気汚染物質（NO_x、SPM等）に晒されたが、工場の壁は閉鎖されておらず、風通しがよいため影響は少なかったと思われる。しかしながら、労働環境の向上の観点からもグリッド電気が早期に整備されるよう、住宅・建物研究機関に要求した。

工場は住宅・建物研究機関の敷地内に建築されたため、トイレや休憩所は住宅・建物研究機関の施設を利用することを想定していたため、工場内には上記の施設はつくられていない。今後工場を展開する際には、上記施設を併設すると共に、バングラデシュ労働法の「労働者の健康、衛生、安全を守る義務」を遵守する。

また、バングラデシュでは、女性の社会進出が進んできた一方で、男女間の賃金格差が問題になってきている。工場の作業は機械操作が中心であり、材料の注文や機材の操作・点検、品質管理など女性でも可能な仕事がある。事業展開の際には、女性の一定の雇用を確保するよう努めると共に、安定した給料の確保を図る。

② 農地保全、廃棄物問題に対する貢献

レンガ産業は、年間4,500万tの粘土を掘削しており、これにより毎年8万ヘクタールの農地が劣化している²²。レンガ製造には農業に有効な表土が使われるため、表土が取り除かれた土壌は収穫量が25%減ることが報告されている²³。また、レンガ製造で焼かれた粘土は物理的、栄養面で劣化するため²⁴、レンガで使用された粘土を農地に戻すことは有効ではない。その他にも、石炭の燃焼時に排出されるSO₂、CO、NO_x等が土壌汚染の要因となり、収穫量が減少することも知られている。また、バングラデシュで

²² UNDP, Technical and Financial Fact Sheet, 2011.

²³ Debashish Biswas, Impact of Selling Soil on Farming in Bangladesh, Brick Manufacturing and Public Health Stakeholders Dialogue, 2013

²⁴ H.R.Khan, Assessment of degradation of agricultural soils arising from brick burning in selected soil profiles, Int.J.Enviro.Sci.Tech., 2007.

は洪水被害が頻繁に発生し、河川の浚渫が継続的に行われており、浚渫土砂の処理に苦慮している。「無焼成固化技術」の普及は浚渫土砂他、産業廃棄物等の代替原料を利用することから粘土の消費を削減するとともに、廃棄物問題の解決に貢献できる。

本実証事業中及び事業後に、無焼成レンガを住宅・建物研究機関の外壁に活用することが決定している。外壁に必要なレンガは 13,000 個で、実証事業中に供給可能な 8,000 個を提供し（セミオートでの生産のため製造量に限界があるため）、残りの 5,000 個は機材の引き渡し後に住宅・建物研究機関が製造する。

外壁工事における農地保全への貢献（粘土消費量の削減）は以下のとおり。なお、従来の焼成レンガでは 1 レンガ当たり 3kg 前後の粘土を使用する。本実証事業では粘土は全く使わず、処理に困っていた浚渫プラスター砂を使用する。未利用・リサイクル資源を原料として使うことは住宅・建物研究機関にとっても初めての事例であり、今後、これら資源のレンガへの有効利用が期待される。

- ・ 1 レンガ当たりの粘土消費削減量(2.9kg/個 x 80%)×住宅・建物研究機関外壁への活用（13,000 個）=30.16t

外壁工事における浚渫プラスター砂の活用は以下のとおり。

- ・ 1 レンガ当たりの浚渫プラスター砂消費量(2.9kg/個 x 80%)×住宅・建物研究機関外壁への活用（13,000 個）=30.16t

今後、工場を最大限に活用する場合（年間 864,000 個製造）、農地保全への貢献（粘土消費量の削減）は以下のとおり。

- ・ 無焼成レンガ当たりの粘土消費削減(2.9kg/個 x 80%)×年間レンガ製造量（864,000 個）=2,004.48t

本実証事業終了後における浚渫プラスター砂の活用は以下のとおり。

- ・ 無焼成レンガ当たりの浚渫プラスター砂消費量(2.9kg/個 x 80%)×年間レンガ製造量（864,000 個）=2,004.48t

従来の焼成レンガは農地の有効土壌（粘土）を消費していたが、無焼成レンガが焼成レンガの代替として利用されることにより、その分だけ農地の保全が図られることになる。また、本無焼成レンガはバングラデシュレンガ規格において A 級品であり、質・価格・見た目とも申し分ない製品である。

③ 健康面の課題解決への貢献

アメリカの Physicians for Social Responsibility の報告によれば、石炭の燃焼により、呼吸器系への影響（喘息、肺疾患、肺がん等）や心血管系への影響（動脈閉塞、梗塞、不整脈、うっ血性心不全等）、中枢神経系への影響（知的能力の低下）等の健康被害につ

ながるとの報告がされている²⁵。

バングラデシュの場合、大気汚染の最大の原因はレンガ産業であると言われており、レンガ工場が密集するダッカ及び近隣地区では、健康被害が深刻化している。

World Health Organization (WHO)の統計では、2012年のバングラデシュでの家庭や周囲の大気汚染に起因する死亡率は、10万人当たり68.6人(191ヶ国・地域中74番目の多さ)、年齢調整後の死亡率では10万人当たり109.3人(同59番目)である。State of Global Air (2019)の報告では、バングラデシュは大気汚染による死亡数が世界で5番目に多い国で、2017年には123,000人が亡くなったとしている。また、WHOのガイドライン(PM2.5:10 μ g/m³)を達成することができれば、1.3年平均寿命が伸びるとの調査結果が出た²⁶。

本事業及び無焼成レンガの普及は、既存のレンガ工場での石炭の燃焼を削減できる。具体的には、無焼成レンガの製造工程では石炭の燃焼が不要なため、従来の焼成レンガ工場と比較し、本事業の従業員や周辺住民への健康被害を緩和することができる。数値で算出すると、本事業開始10年後(2030年)に目標としている年間450万個を生産する工場を50工場設立し、販売することにより、現在最も普及しているZigZag型と比較し(ZigZag型の石炭消費量:0.16~0.18kg/個)、石炭消費量を36,000~40,500t削減できる。この数値はバングラデシュ全体のレンガ焼成による石炭消費量と比べると小さいが、本事業のビジネス展開により、同様のエコレンガが普及・認知され、促進されることにより、バングラデシュにおける大気汚染改善にも貢献すると考えられる。

環境面の課題解決に対する貢献については、3.(5)に記載する。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

提案企業はもともと岐阜県東濃地域の地場産業である焼物(陶磁器)のメーカーであり、「無焼成固化技術」は伝統の陶磁器製法から生まれたものである。よって、当初より地元陶磁器関係業者から排出される副産物のリサイクルを目的としており、現在でも地元業者や自治体からの廃棄物を多く受け入れている。廃棄するよりも安く受け入れることで、また最終処分場の延命を含めて、さらに地産地消の原則と公園や歩道の美化(一部寄付)、お祭り等への廉価品出品等を通して地域へ多大な貢献をしている。

現在、地元陶磁器メーカーや原料メーカーは提案企業を参考にすることで、原料に対する見方を変え、廃棄物や副産物を積極的に混入することで、コスト削減やリサイクルに貢献しようとしている。

また、本事業の設備を製造する陶磁器機械メーカーも、提案企業の技術やノウハウを加

²⁵ Physicians for Social Responsibility, Coal's Assault on Human Health, PSR, 2013

²⁶ State of Global Air/ 2019, Health Effects Institute and Institute for Health Metrics and Evaluation, 2019

えることで、陶磁器専門であった機械から木材チップの製造やいろいろな原料からの加工品製造まで幅を広げるなどして、特殊機械メーカーとして販路を拡大している。

しかし、地場産業である陶磁器産業は、安価な海外製品に押され衰退する一方である。あまり知られていないが、日本で採取される陶磁器用原料はあまり質が良くなく、海外のそれと比べて圧倒的に劣る。しかしそのことが、悪い原料から質の良い完成品にするための設備の改良に繋がってきた。その蓄積が提案企業の技術に引き継がれているわけだが、廃棄物という不安定な原料で焼かずに焼き物そっくりにリサイクルする技術はまさに悪い原料から良い製品を作り上げようと努力した先人の功績を引き継いだものである。

今後、世界のあらゆる原料に対するノウハウの蓄積が、日本独特の製品開発・技術開発につながり、日本のハンデが強みへと変化していくためのステップになると考える。

使用する製造設備の主要機械は、陶磁器製造のノウハウを蓄積した機械に提案企業の長年の改良を加えた特注品となるため、以前より無焼成レンガの製造機械の作成を依頼している同じく中部地区の愛知県に本社を置く高浜工業（株）と（株）GOTOに依頼している。本事業の実施によりこれらの陶磁器機械メーカーの技術力アップ、活性化にも繋がる。

また、製造には提案企業のオリジナルの薬品が必要となるため地元商社を通じて各種調合用薬品の調達が必要となる。提案企業のバングラデシュ国への進出及びノウハウの蓄積は、地元陶磁器メーカーの海外進出の際の足掛かりとして貢献できると考えられる。

今回の事業では地元金融機関のサポートが背中を押してくれた。そしてエリアビジネスサポート課という部署を作り、地元企業の海外展開やJICAをはじめとする各種募集案件の紹介やコンサルの紹介など、閉塞気味の地場産業に少しでも可能性を提供しようと日々精進している。

（5）環境社会配慮

① 事業実施前の状況

バングラデシュ政府は大気汚染の主要因である交通やレンガ産業に対し、規制や新技術への移転等、様々な対策を行ってきた。交通では自動車の排気ガス規制をはじめ、渋滞の緩和、Compressed Natural Gas (CNG)車の導入等により大気汚染物質の排出量の減少が確認されるなど成果がみられている。レンガ産業では、環境負荷の大きい FCK 型の操業禁止等により、環境負荷の少ない技術が徐々に普及しはじめているものの、技術移転に要する莫大な費用は移転速度を遅延させ、他方で同産業における需要が拡大していることから、結果として排出量が増加傾向にある。大ダッカ圏における 2013 年のレンガ焼成窯の総排出量は、PM₁₀ では 53,333 t、PM_{2.5} では 17,557 t、SO_x では 59,221 t と試算されている⁴。

Begum ら (2018) による排出源調査によると、レンガ工場が集中するダッカ市では、2001～2002 年、PM_{2.5} 及びブラックカーボンに最も寄与しているのは自動車由来だった

が、2010～2015 年では、最も寄与しているのはレンガ産業由来となり、環境汚染の最も大きな要因となっている（図 21 と図 22 参照）。

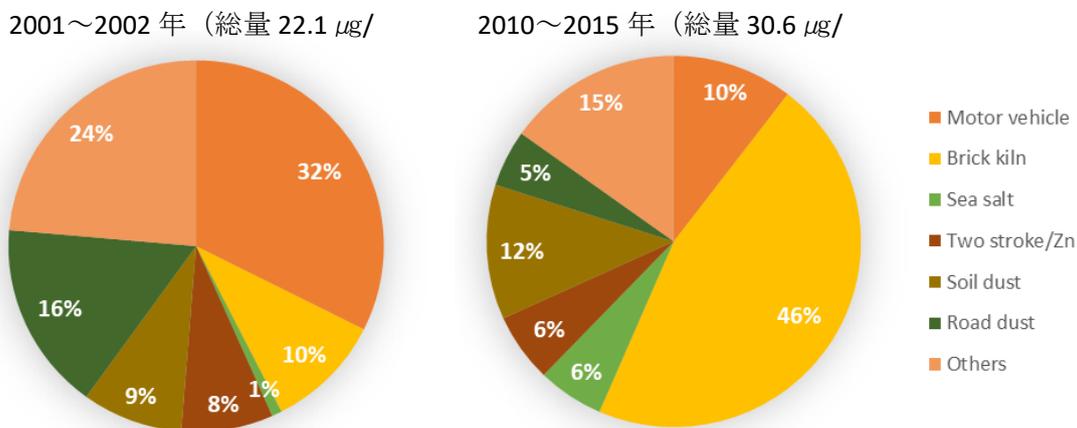


図 21 ダッカ市内のPM_{2.5}汚染源の推移²⁷

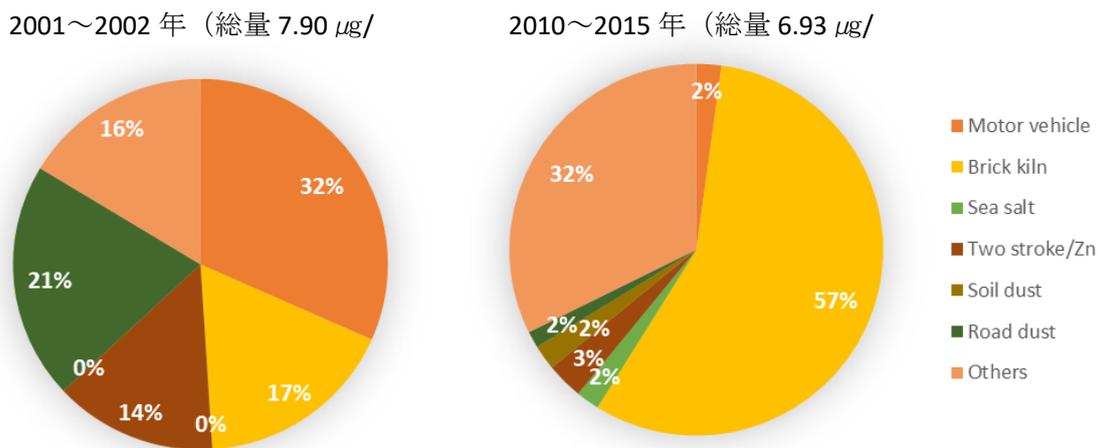


図 22 ダッカ市内のブラックカーボン汚染源の推移²⁴

図 23 は 2002 年～2008 年のデータだが、ダッカ市内の微粒子状物質 (PM_{2.5}) の濃度は、旧式の工場稼働する期間に顕著に高くなっており、この期間において、バングルデシュの日環境基準 65 μg/m³/日 を 2 倍近く超過している。

レンガ焼成窯より排出される PM₁₀ や PM_{2.5} は、ダッカ市内の早期死亡者数 750 人/年、全早期死亡者数の 20% に関係していると報告されている²⁸。

²⁷ Begum and Hopke, Ambient Air Quality in Dhaka Bangladesh over Two Decades: Impacts of Policy on Air Quality, Aerosol and Air Quality Research, 18: 1910-1920, 2018.

²⁸ WB, Introducing Energy-efficient Clean Technologies in the Brick Sector of Bangladesh, June 2011.

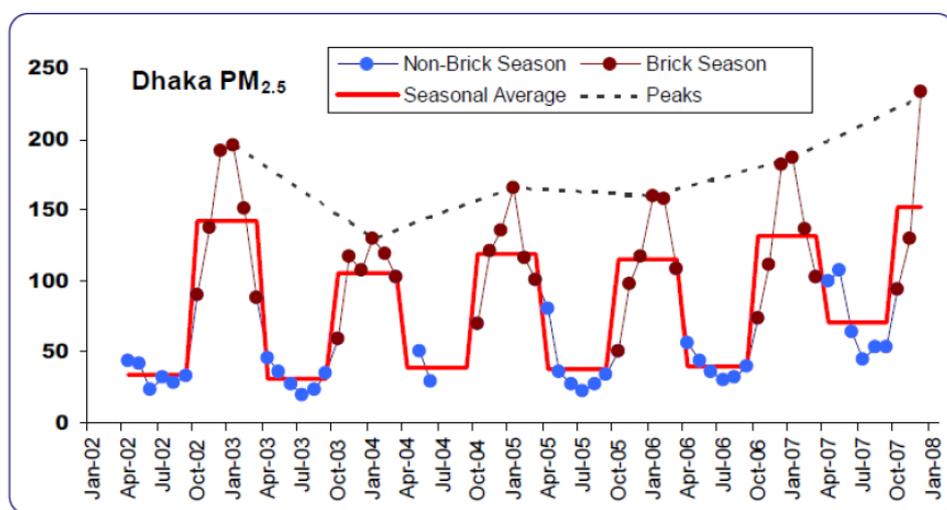


図 23 ダッカ市における微粒子状物質 (PM_{2.5}) の月平均濃度²⁹

また、レンガ製造業は、人々の健康、農業生産に被害をもたらすだけでなく、地球温暖化の原因にもなっている。2011年にレンガ産業全体で使用された石炭は350万tだったが、2017年には568万tに、2011年のGHG排出量は980万tだったが、2017年には1,567万tに増加した^{4.5}。

Bangladesh環境局による各レンガ焼成技術のPM排出濃度とCO₂排出量の比較を表26に示す。最も使用しているZigZag型はレンガ10万個あたり16-18tの石炭消費で38-43tCO₂のGHG排出量、600-900mg/cm³のPM排出量である。ZigZag型は、煙が大気へ排出される前に地下の貯水槽で洗浄され、煙中の汚染物質が貯水層に取り込まれる仕組みになっているが、実際には水を定期的に変える業者は少なく、効果が薄まっているのが現状である。次に多く使用されている旧式のFCK型はレンガ10万個あたり20-22tの石炭消費で47-52tCO₂のGHG排出量、レンガ10万個製造時の微粒子排出量は1,000mg/m³を超える。一方、近代的なHHK型の焼成窯はレンガ10万個あたり12-14tの石炭消費であり、ZigZag型の約1.5倍、FCK型の約2倍のエネルギー効率を示し、PM排出量はZigZag型の概ね1/30、FCK型の1/50以下であるが、マーケットの占有率は年々減少している。急激に増加している先進型のTunnel型は、石炭消費量はZigZag型やFCK型とあまり変わらないが、PM排出量はZigZag型の概ね1/40、FCK型の1/60である。

²⁹ Guttikunda, S., Impact Analysis of Brick kilns on the Air Quality in Dhaka, Bangladesh, SIM-Air Working Paper Series: 21-2009

表 26 バングラデシュの各レンガ焼成窯の汚染状況^{4,30}

	汚染レベル	レンガ 10 万 個生産時の PM 排出量 (mg/m ³)	レンガ 10 万個 当たりの CO ₂ 排出量 (tCO ₂)	レンガ 10 万 個製造当たり の石炭消費量 (t)	マーケット 占有率 (%)
FCK 型	high	>1,000	47-52	20-22	31.16%
Zigzag 型	medium	600-900	38-43	16-18	55.76%
Improved Zigzag 型	medium low	65	33	14	<0.66%
HHK 型	low	20.3	28-33	12-14	4.81%
Tunnel 型	low	16	50	18-22	7.62%

② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織

バングラデシュでは、環境保全法（Bangladesh Environment Conservation Act, 1995）及び環境保全規定（The Environmental Conservation Rules, 1997）により、環境局が発行する環境適合証明（ECC：Environmental Clearance Certificate）の取得なしではいかなる工場の設立・事業実施できないとしている³¹。同規定では、産業及び事業は環境への影響度合いと実施場所により、Green、Orange-A、Orange-B、Red に分類され、カテゴリーごとに調査・提出すべき書類等、指針が定められている。

レンガ産業は Orange-B に分類され、事業準備調査、初期環境調査書（IEE：Initial Environmental Examination）、環境管理計画書（EMP：Environmental Management Plan）などを提出することが義務付けられている。Orange-B の産業及び事業は、居住地エリア及び許容以上の騒音、煙、悪臭が発生する場合は商業エリアでの操業を禁止しており、工業ゾーン若しくは指定エリア外での操業を促している。

同規定では、大気、水質、廃棄物等の環境基準が定められている。以下に本事業に係る環境基準の項目を示す。本事業では、各種環境基準を遵守する。

1. 大気（Standards for Air）
2. 騒音（Standards for Sound）
3. 悪臭（Standards for Odor）
4. 汚水排出（Standards for Sewage Discharge）
5. 産業・事業廃棄物（Standards for Waste from Industrial Units or Project Waste）
6. 産業・事業からのガス排出（Standards for Gaseous Emission from Industries or Projects）

³⁰ ADB, Financing Brick Kiln Efficiency Improvement Project (RRP BAN 45273), April 2012

³¹ (株)三菱総合研究所、平成 23 年度 海外の環境汚染、環境規制、環境産業の動向に関する調査報告書、平成 24 年 3 月

上記の環境基準に加え、産業や事業からのガス排出基準として、レンガ工場の焼成窯からの Suspended particulate matter (SPM)の排出基準が 1,000mg/m³と設定されている。

③ 事業実施上の環境及び社会への影響

(ア) 事業による汚染物質の排出量

本事業では、固化技術の利用によりレンガ焼成過程がなくなるため、焼成窯は不要である。石炭の燃焼はないので、汚染物質の直接的な排出はゼロになる。

事業準備調査、初期環境調査書、環境管理計画書などについても、実証事業については不要である。(環境局へ確認済)

(イ) 事業による GHG の排出量

無焼成レンガの製造過程でも GHG の排出が想定されるが、従来の FCK 型や近代的な HHK 型の焼成窯と比べて排出量は小さなものである。

無焼成レンガの製造では、GHG 排出要因として以下 2 つの排出源が挙げられる。

1. 系統電力の使用に伴う CO₂ 排出
2. 予備発電機の化石燃料 (ディーゼル) の使用に伴う CO₂ 排出

なお、原材料や製造したレンガの運搬に係る GHG の排出は、従来の焼成レンガ製法でレンガを製造した場合でも原材料の運搬は同程度に必要な工程であり、無焼成固化技術の導入により GHG が増加するとは特定できないので、算定する排出量からは除いた。

1.の系統電力の使用による GHG の排出係数は、Department of Environment (DOE)であるバングラデシュ環境省のレター 2013 年 8 月 19 日付 Reference No. DOE/International Convention/2012/21/07 から 0.67 tCO₂/MWhを採用することとする。

2.の予備発電機の化石燃料 (ディーゼル) の使用に伴う GHG の排出係数は、IPCC 公表値から下記の計算式の通り、0.00269 tCO₂/Lを採用することとする。

$$0.03629^{*1} [\text{GJ/liter}] / 1000 \times 74.1^{*2} [\text{tCO}_2/\text{TJ}] = 0.00269 [\text{tCO}_2/\text{L}]$$

*1 : IPCC, 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories、第 1 章-表 1-

2。密度は Energy Statistics Manual (2005 OECC, IEA) 、表 A3.8 から採用

*2 : IPCC, 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories、第 1 章-表 1-3 及び表 1-4 から採用

上記より、事業による GHG 排出量は下式から算定できる。

$$\begin{aligned} PE_y &= PE_{EL,y} + PE_{fuel,y} \\ &= (EL_{PJ,y} \times 0.67) + (FC_{fuel,i,y} \times 0.00269) \end{aligned} \quad (i)$$

パラメーター	説明	単位
PE _y	y 年におけるプロジェクト排出量	tCO ₂ e/y
PE _{EL,y}	y 年における系統電力の使用に伴う CO ₂ 排出量	tCO ₂ e/y
EL _{PJ,y}	y 年にモニタリングされる系統電力の使用量 (事業実施後にモニタリングする)	MWh/y
PE _{fuel,y}	y 年における自家発電機での化石燃料使用に伴う CO ₂ 排出量	tCO ₂ e/y
FC _{fuel,i,y}	y 年にモニタリングされるディーゼルの使用量 (事業実施後にモニタリングする)	L /y

当初、本実証事業では系統電力で操業する予定であったが、事業期間内に系統電力は整備されず、工場移譲後も数ヶ月かかる見込みである。当面は発電機による操業が強いられるが、発電機からの過電流が原因で第二ミキサー及び制御盤のブレーカーが故障した経緯がある。そのため、工場が安全に操業されるため、以下の2つのシナリオを設定し、住宅・建物研究機関に提示・了承を頂いた。

シナリオ①：全自動運転（全ラインを稼働）。系統電力整備後に実施。

シナリオ②：セミオート運転（コンベア 1 と 2、第一ミキサーを除くラインを稼働）。系統電力整備前及び整備後電力が安定しない時に発電機で稼働。

GHG の排出量については、実証事業の活用支援（詳細は 3（1）②「住宅・建物研究機関による無焼成レンガの活用に係る支援」を参照）ではシナリオ②に沿って算出し、系統電力整備後、無焼成レンガ工場を最大限活用した場合の GHG の排出量は、シナリオ①とシナリオ②に沿って算出する。

■本実証事業の活用支援（シナリオ②のみ）

実証事業期間及び工場移譲後にわたり、住宅・建物研究機関の外壁工事に無焼成レンガを 13,000 個提供する。電力はディーゼル発電機のための稼働で計算する。本活用支援にかかる GHG 排出量は式(i)に当てはめると次のように算出できる。

生産に必要な予備発電機の稼働時間：

$$13,000 \text{ [個]} / (360 \text{ [個/h]}) = 36.1111 \text{ [h]}$$

予備発電機でのディーゼル使用量：

$$36.1111 \text{ [h]} \times 30 \text{ [L/h]} = 1,083.3330 \text{ [L]}$$

$$1 \text{ 時間当たりのディーゼル消費量 (75\%負荷)} : 30 \text{ [L/h]}$$

本活用支援にかかる GHG 排出量：

$$\begin{aligned} PE_y &= PE_{EL,y} + PE_{fuel,y} \\ &= (0 \times 0.67) + (1,083.3330 \times 0.00269) \\ &= 0 + 2.9142 \\ &= 2.9142 \text{ [tCO}_2\text{]} \end{aligned}$$

本活用支援での生産量は 13,000 個であることから、本活用支援での 1 レンガあたりの GHG 排出量は、0.2242kgCO₂/個となる。

■系統電力整備後、工場を最大限活用した場合

(シナリオ①とシナリオ②の組み合わせ)

バングラデシュではグリッドの電力供給が安定しておらず、予備発電機の使用が想定される。ここでは、電力の 90%をグリッドから (シナリオ①)、10%をディーゼルの予備発電機 (シナリオ②) から供給すると仮定する。

シナリオ①の際の電力消費量 (定格) の総和は 78.6kW である。年間 300 日、1 日 8 時間の運転で試算すると、系統電力の電力使用量とディーゼル使用量を以下のように試算できる。

シナリオ①グリッドの電力使用量：

$$8\text{h/日} \times 300 \text{ 日/年} \times 90\% \times 78.6[\text{kWh}] = 169,776 [\text{kWh/年}] = 169.776 [\text{MWh/年}]$$

シナリオ②予備発電機でのディーゼル使用量：

生産に必要な予備発電機の稼働時間：

$$8\text{h/日} \times 300 \text{ 日/年} \times 10\% = 240 [\text{h}]$$

予備発電機でのディーゼル使用量：

$$240 [\text{h}] \times 30 [\text{L/h}] = 7,200 [\text{L}]$$

1 時間当たりのディーゼル消費量 (75%負荷) : 30 [L/h]

式(i)に当てはめて、本事業でのエネルギー消費による GHG 排出見込量は次のように算出できる。

$$\begin{aligned} PE_y &= PE_{EL,y} + PE_{fuel,y} \\ &= (169.776 \times 0.67) + (7,200 \times 0.00269) \\ &= 113.7499 + 19.3680 \\ &= 136.3459 \text{ [tCO}_2\text{/年]} \text{ (推定)} \end{aligned}$$

事業での生産量を年産 864,000 個（360 個/h x 8h/日 x 300 日/年）と仮定すると、1 レンガあたりの GHG 排出量は、0.1541 kgCO₂/個となる。

なお、この排出量を設備稼働後も実測するには、以下の 3 つのデータのモニタリングが必要となる。

1. 系統電力の使用量
2. ディーゼルの使用量
3. 製造個数

これらは、電力会社からの請求書、油の購入伝票（使用量<購入量なので、保守的に購入量でモニタリング）、社内の生産記録等の書類からモニタリングが可能であり、特別なモニタリング機器の設置やモニタリング体制の構築は必要ないと考えられる。

④ 環境社会配慮結果

(ア) 事業による汚染物質の排出削減効果

バングラデシュ環境局による各レンガ焼成技術の粒子状物質（PM）排出濃度の比較を表 27 に示す。

表 27 バングラデシュの各レンガ焼成窯の汚染状況（再掲）^{4,28}

焼成窯のタイプ	汚染レベル	レンガ 10 万個生産時の PM 排出量 (mg/m ³)	レンガ 10 万個当たりの CO ₂ 排出量 (tCO ₂)	レンガ 10 万個製造当たりの石炭消費量 (t)	マーケット占有率 (%)
FCK 型	high	>1,000	47-52	20-22	31.16%
ZigZag 型	medium	600-900	38-43	16-18	55.76%
Improved ZigZag 型	medium low	65	33	14	<0.66%
HHK 型	low	20.3	28-33	12-14	4.81%
Tunnel 型	low	16	50	18-22	7.62%

本事業では、固化技術の利用によりレンガ焼成過程がなくなるため、焼成窯は不要である。よって、石炭の燃焼は伴わないため、PM の直接的な排出はゼロになる。ただし、発電機を稼働する場合は、ディーゼル発電機から PM が排出される。系統電力が早期に整備されることが望まれる。

系統電力整備後、工場を最大限活用した場合の生産量を 864,000 個/年と仮定すると、最も普及している ZigZag 型と比較し、年間 5,184~7,776 mg/m³ の PM を削減できる。

(イ) 事業による GHG の排出削減効果

近年では従来型の FCK 型の焼成窯が減少し、比較的環境負荷の少ない ZigZag 型が急増・優占している。バングラデシュ政府機関である DOE が調査した石炭消費量と CO₂ 排出原単位の比較を表 28 に示す。

ここでは、国内の製造実態に合わせ、焼成窯毎の CO₂ 排出原単位と全レンガ製造数に対する割合を加重平均することにより、ベースラインの CO₂ 排出原単位を検証した。なお、CO₂ 排出原単位は、保守的に焼成窯毎の最小値を採用した。「その他」の焼成窯が 0.66% を占めているが、CO₂ 排出原単位が不明のため、最も優先する ZigZag 型の数値を採用した。

表 28 レンガ焼成窯毎の石炭消費量と CO₂ 排出係数⁴

焼成窯のタイプ		レンガ 10 万個製造当たりの石炭消費量 (t)	石炭消費量 (kg/個)	CO ₂ 排出原単位* (kgCO ₂ /個)	全レンガ製造数に対する割合 (%)
FCK 型	最大	22	0.22	0.5345	31.16%
	最小	20	0.20	0.4859	
ZigZag 型	最大	18	0.18	0.4373	55.76%
	最小	16	0.16	0.3887	
HHK 型	最大	14	0.14	0.3401	4.81%
	最小	12	0.12	0.2915	
Tunnel 型	最大	22	0.22	0.5345	7.62%
	最小	18	0.18	0.4373	
その他		—	—	—	0.66%

※GHG 排出原単位は、石炭消費 (kg-coal/個) に石炭の真発熱量 : 25.68 x 10⁶ TJ/kg-coal と石炭の CO₂ 排出係数 : 94.6 tCO₂/TJ を乗じて算出した。

ベースラインの CO₂ 排出原単位は下式から算定できる。

$$\begin{aligned}
 & \text{各焼成窯の CO}_2 \text{ 排出原単位} \times \text{各焼成窯の全レンガ製造数に対する割合の総和} \\
 & = 0.4859 \times 31.16\% + 0.3887 \times 55.76\% + 0.2915 \times 4.81\% + 0.4373 \times 7.62\% + 0.3887 \times 0.66\% \\
 & = 0.4181 \text{ [kgCO}_2\text{/個]} \\
 & = 0.4181 \times 10^{-3} \text{ [tCO}_2\text{/個]}
 \end{aligned}$$

ベースラインの GHG 排出量は下式から算定できる。

$$RE_y = P_{PI,y} \times 0.4181 \times 10^{-3} \quad (\text{ii})$$

パラメーター	説明	単位
RE _y	y年におけるベースライン排出量	tCO ₂ e/y
P _{PJ,y}	y年における製造されたレンガ数量	個/y

■実証事業の活用支援（シナリオ②のみ）

実証事業の活用支援で製造するレンガ個数は 13,000 である。式(ii)に当てはめると、本活用支援でのベースラインの GHG 排出量は次のように算出できる。

$$\begin{aligned} RE_y &= 13,000 \times 0.4181 \times 10^{-3} \\ &= 5.4353 \text{ [tCO}_2\text{]} \end{aligned}$$

上記の③節（イ）で試算した本事業でのGHG排出量と比較すると、本GHG事業でのGHG削減効果は、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} ER_y &= 5.4353 - 2.9142 \\ &= 2.5211 \text{ [tCO}_2\text{]} \end{aligned}$$

1 レンガあたりに換算すると、 $0.4181 - 0.2242 = 0.1939 \text{ kgCO}_2/\text{個}$ （40%削減）となる。

■系統電力整備後、工場を最大限活用した場合

（シナリオ①とシナリオ②の組み合わせ）

本事業で製造するレンガ個数を年間 864,000 個と仮定すると、式(ii)に当てはめて、本事業でのベースライン GHG 排出量は次のように算出できる。

$$\begin{aligned} RE_y &= 864,000 \times 0.4181 \times 10^{-3} \\ &= 361.2384 \text{ [tCO}_2\text{/年]} \end{aligned}$$

上記の③節（イ）で試算した本事業でのGHG排出量と比較すると、本GHG事業でのGHG削減効果は、

$$\begin{aligned} ER_y &= 361.2384 - 133.1179 \\ &= 228.1205 \text{ [tCO}_2\text{/年]} \end{aligned}$$

1 レンガあたりに換算すると、 $0.4181 - 0.1541 = 0.2640 \text{ kgCO}_2/\text{個}$ （54%削減）となる。

本事業における GHG 削減効果の計算シートを「添付資料 1」として添付する。

(8) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

2019年7月25日、住宅・建物研究機関と提案企業間で、機材の維持管理について保守契約を交わした。保守契約のうち、維持管理に関する内容の概要は以下のとおり。ハンドオーバーレターを「添付資料6」として添付する。

条 項	概 要
第1条 (維持管理サービス)	<ul style="list-style-type: none"> 機材のハードウェア又はソフトウェアが故障の際は、住宅・建物研究機関は KCB に連絡、KCB は提案企業及び機材製造業者の助言の基づき初期修理を行う。 初期修理で解決しない場合は、KCB は住宅・建物研究機関の代理として機材製造業者に連絡し、部品や人件費等の修理コストを要求する。なお、修理コストは本契約に含めない。
第2条 (契約外のサービス)	<p>以下のサービスは本契約に含めない。必要な場合は新たに KCB と契約する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.機材リストに記載のない機材や設備に関するサービス 5. 住宅・建物研究機関による日常的な清掃、調整、操作に関するサービス 6.機材の予備部品の購入に関するサービス 8.機材の不適切な利用や取扱いに起因する修理のサービス
第4条 (維持管理費)	<ul style="list-style-type: none"> 本契約の維持管理サービス年間費は 600,000 BDT (780,000 円※) で、契約内容に変更がある場合は年会費も変更する可能性がある。 本契約に含まれない維持管理や修理が発生し、提案企業の技術者を日本から呼ぶ必要がある場合は、技術料として移動日を含む 30,000 BDT/日 (39,000 円※/日) の他、渡航費や宿泊費が必要となる。
第5条 (HBRI が支払う費用)	<p>維持管理サービスの期間、住宅・建物研究機関は以下の支出を支払う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 電気代 消耗品 交換部品
第6条 (設置サイトの維持管理)	<p>住宅・建物研究機関は機材の適切な管理を保証するため、機材の良好な環境 (電気の供給、気温や湿度、振動場、電界、磁場、設置状態、機材に有害なガス、維持管理エリア等) を維持するよう努める。</p>

※ 2019年10月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

(9) 今後の課題と対応策

① 廃棄物の再利用

住宅・建物研究機関敷地内の建設廃棄物（レンガ、セメントくず）を無焼成レンガの原料として再利用できないか住宅・建物研究機関からリクエストがあった。再利用は可能だが、建設廃棄物を 2-3mm に砕くためにクラッシャー等の追加設備が必要になることを伝えた。

2019年4月21日のミーティングでは、住宅・建物研究機関の所長から都市ごみの処理の目的で無焼成工場をバングラデシュの12都市に17カ所設置する提案があった。JICAに伝えると共に資金援助のリクエストをした。

住宅・建物研究機関から国家経済評議会執行委員会（ECNEC）に申請手続きを行う予定である。

② 7,000 PSI+の骨材

バングラデシュでは骨材が不足しており、また、調達可能な骨材も輸入されているため、2019年2月14日のミーティングでは、無焼成固化技術を使って人工骨材（7,000 PSI+）の生産の可能性について協議した。

骨材は、日本では廃棄物を処理する目的で開発された薬品であり、価格が高い（2種類 50円/kg と 15円/kg）ことから、住宅・建物研究機関と合弁会社を設立して現地生産できないか住宅・建物研究機関から提案があった。提案企業は、骨材は本実証事業に含まれていないため、事業後であれば検討することが可能と伝えた。

薬品の現地生産については提案企業の利益率にもかかわるため、現地時点では考えていない。しかし無焼成固化技術を使った人工骨材の生産については事業後に住宅・建物研究機関と協議を進めていく。

③ 系統電力の整備

住宅・建物研究機関のパイロット工場では、系統電力の整備が大幅に遅れており、自家発電に頼っている状態である。自家発電ではディーゼル使用量の経費が高くなるため、系統電力の早期の整備が望まれる。

今後事業展開をする際は、フランチャイズ工場は系統電力が整備されている地域に限定する。

④ 製造原価のコスト削減

フランチャイズ工場では、機材を日本で製造・輸送するため、多大な初期投資資金がかかる。初期投資を早期に回収するためには製造原価のコスト削減が必須であるが、本実証事業ではセメントや光熱費の経費が多くかかった。

光熱費については、今後、工場は系統電力が整備されている場所に設立すること、セ

メントや他の原料については、配合割合を変更することにより、経費をより削減する計画である。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

バングラデシュでは、レンガは住宅建築の他、道路や橋、灌漑構造物等の建築に幅広く利用されている。2017年のバングラデシュ環境局の調査によると、国内には約7,000の焼成窯があり、年間のレンガ製造数は228億個、雇用者数は100万人、次の10年間におけるレンガ産業の成長率は2~3%としており、今後も大きな成長が見込まれる産業である⁴。

住宅建築には伝統的に竹材が利用されてきたが、経済発展の結果、建築市場が安定的に成長し、現在ではレンガを主要な建築材料として使用する住宅が増えている。ダッカ市内では44%³²の住宅でレンガが建築材料として使用されている。バングラデシュの人口増加率からは毎年4万戸の新築住宅が必要なこと⁴、国内で自然石の供給が限られていることもレンガ産業を成長させる要因となっている。

(ア) レンガ製造技術の現状と代替技術

レンガ焼成窯の技術は、環境局が旧式の技術であるFCK型の操業を2013年7月以降禁止することを公表して以降、多くの事業者がFCK型からZigZag型に変更し、現在では焼成窯の62%がZigZag型となっている。しかしながら、35%の事業者は今なおFCK型を採用している。

FCK型は極端に非効率で、大気的主要な汚染源となっている。そして、FCK型の労働者は年に6カ月ほどしか雇用されない季節労働者である。加えて、ほぼすべての工場では安全設備が十分とは言えず、労働環境は厳しい。

FCK型より環境負荷の少ない次のレベルの技術としては、石炭動力のZigZag型や天然ガスを動力とするHoffmann型がある。ZigZag型はFCK型と比べると10~15%燃料効率が高い。また、煙道がジグザク構造で、排ガス洗浄装置（貯水槽）があるため、FCK型よりPM排出量が少ない。初期投資額やO&MコストはFCK型とおおよそ同程度で代替技術の中では安価な技術であるが、環境負荷はその他の代替技術より高い。

ZigZag型やHoffmann型から更に一歩進んだ近代的な技術として、世界銀行やUNDPの支援のもとに導入されたのがHHK型やVSBK型、Tunnel型である。中でも天然ガスを動力とするHHK型は、石炭を動力とするHoffmann型のハイブリッドバージョンであり、エネルギー効率がよく、大気汚染が減らせるため、UNDPが2006年に導入した。HHK型は2015年には工場が105まで増えたが、天然ガス供給量の減少やドナー機関及び金融機関の支援縮小により減少に転じた。代わって増加してき

³² WB, Introducing Energy-efficient Clean Technologies in the Brick Sector of Bangladesh, June 2011.

ているのは先進的且つ自動式の Tunnel 型であり、金融機関による低金利ローンの拡大により、2017 年には 58 の工場が操業している。

FCK 型と ZigZag 型の大多数は規模が小さく、年間生産量 300 万個であるのに対して、HHK 型は 1,500 万個、Tunnel 型は 3,000 万個である。しかしながら、生産個数当たりの初期投資額では、HHK 型や Tunnel 型は、FCK 型では 7 倍以上、ZigZag 型では約 5 倍となっており、導入を検討している起業家の負担が大きく、普及が進まない原因となっている。各レンガ焼成技術のコスト比較を表 29 に示す。

表 29 バングラデシュの各レンガ焼成技術のコスト比較³³

	マーケット占有率 % [*]	年間生産量 万個	初期投資額 米ドル	O&M コスト 米ドル/年	1日あたりの人件費 タカ	レンガ品質 psi	レンガ価格 タカ
BTK 型	—	2,000,000	35,000	75,000	150	<2,500	5
FCK 型	31.16%	3,000,000	70,000	150,000	150	<2,500	5.5–6.0
Zigzag 型	55.76%	3,000,000	80,000	160,000	150	<2,500	5.5–6.0
VSBK 型	—	4,000,000	250,000	190,000	75	4,260	6
HHK 型	4.81%	15,000,000	2,000,000	500,000	80	4,500–6,000	7.0–7.5
Tunnel 型	7.62%	30,000,000	4,000,000	900,000	45	4,500–6,000	7.5

※マーケット占有率は「Department of Environment, National Strategy for Sustainable Brick Production in Bangladesh, May 2017」を引用。

他方で、既存の FCK 型を再利用した FCK 型の改造についても研究されている。世界銀行の支援のもとに環境局はベトナムの大学と協力して、現存する FCK 型の改造研究を進めている。FCK 型の煙突を再利用できることから Improved Zigzag 型への改造が期待されているが、実用化されるまでに今後どの程度時間がかかるかは不明である。それに加え、改造費は約 350 万タカ(455 万円^{*})といわれており、これは FCK 型を設立するのとほぼ同じ価格である。世界銀行の担当者によると、改造型への移行は短期的な解決策であり、将来的には近代的なレンガ工場 (HHK 型等) へ移行すると話している。

住宅・建物研究機関では、従来の焼成レンガに代わる環境にやさしいレンガを 40 年以上にわたって研究しており、浚渫土や砂、セメント、金網を原料としたコンクリートブロックを今までに 25 種類を開発している。現在では 30 の事業について幾つかの民間企業が商業的生産を開始している。Building Technology and Ideas Ltd は住宅・建物研究機関のサポートのもと、この環境にやさしい建材を使った住宅を 60 以上建設している。その他、住宅・建物研究機関はこの技術の普及活動も行っており、今ま

³³ ADB, Financing Brick Kiln Efficiency Improvement Project (RRP BAN 45273) April 2012

※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

で、4,000 人の労働者、1,000 人の土木技術者をトレーニングしている。しかしながら、コンクリートブロックはまだ多くの人に知られていないことが課題としており、同技術の普及は本事業にとっても効果があると考えられる。

(イ) レンガの種類、価格

2013 年度の調査で、不動産開発業者 10 社にアンケートを行った結果では、1 社あたりの年間平均レンガ購入量は 3,238,300 個/年であった。アンケート結果を表 30 に示す。

レンガの種類では、粘土レンガが最も使用されており、レンガ購入量全体の 81.22% を占める。粘土レンガは 8.13 タカ/個 (10.6 円*/個) と最も安い価格となっている。次いで化粧レンガの購入量が多く、全体の 12.24% を占めた。化粧レンガは最も高価であり 16.17 タカ/個 (20 円*/個) であった。

空洞レンガと穴あきレンガの購入量は、それぞれ全体の 2.38% と 3.61% と低い割合であり、バングラデシュの建築現場では伝統的な粘土レンガを使用する傾向があると示唆された。空洞レンガと穴あきレンガはそれぞれ 13 タカ/個 (16.9 円*/個)、13.6 タカ/個 (17.7 円*/個) である。セメントレンガについては、アンケート対象者の中では購入している業者はおらず、価格情報も得られなかった。アンケートの回答では、セメントレンガは水分吸収率が低く、強度に欠けることが指摘された。

※ 2019 年 10 月現在 JICA 外貨換算レート: 1 タカ=1.30 円

表 30 バングラデシュのレンガの種類

(2013 年の不動産開発業者 10 社へのアンケート調査結果)

レンガ種類	サイズ (cm)	重量 (kg)	年間購入量 (個/社)	割合	価格 (タカ/個)
粘土レンガ	24*11.5*7	3.5	2,630,000	81.2%	8.13
空洞レンガ	20*17.5*12	3.75	77,000	2.38%	13.00
穴あきレンガ	24*11.5*7	3.3	116,800	3.61%	13.60
セメントレンガ	23*11*7	3	0	0.00%	—
化粧張りレンガ	23.5*7*1.27	0.43	396,500	12.24%	16.17
その他			18,000	0.56%	8.50

(ウ) 大口需要者と流通体型

不動産開発業者は民間セクターにおける最大のレンガ消費者である。不動産業、開発建築業の唯一の機関であるバングラデシュ不動産住宅連盟 (REHAB) によると、2010 年では 1,081 の企業が当機関に登録している。無焼成レンガの大口需要者の候補として期待ができる。

2013年度に調査を行った不動産開発業者の6割は、製造業者から直接レンガを購入しているとのことであった。その他の不動産開発業者は、流通業者またはサプライヤーから入手しているとの回答であった。レンガ流通の多くは、不動産開発業者とレンガ製造業者の直接取引と考えられる。

② ビジネス展開の仕組み

企業機密情報につき非公表

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

企業機密情報につき非公表

④ ビジネス展開可能性の評価

企業機密情報につき非公表

(2) 想定されるリスクと対応

企業機密情報につき非公表

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

企業機密情報につき非公表

(4) 本事業から得られた教訓と提言

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

- 実証事業中に「テロ」という全く予想もしていなかったことに遭遇した。その事による事業の停滞に関し、経費が膨らんだが補填がきかず、当社の持ち出し分が大きく膨らんだ。実際、このことは弱小企業にとって死活問題である。
- 時間の概念において、日本のスケジュールリングの2倍はみておく必要がある。
- 口約束はあてにならない、議事録を記しても平気で変更が生じる。
- 日本側の事業パートナーは語学力・交渉力はもちろん優れた方が良いが、トラブルが続くことが当たり前の中、信頼関係が一番大事と考える。
- 事業の進展は C/P 側担当者の意向に大きく作用される傾向があるため、担当は1名ではなく、委員会等が必要だと考える。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

(ア) JICA

本実証事業の期間中、テロや工場サイトの変更、税関手続きの遅延など、予想外の遅れが多く発生した。これら不可抗力の事態に対しての救済措置をもっと拡充し

て欲しい。そうでなければ財務体質の弱い企業の提案は採択するべきではないと考える。

(イ) C/P

- 機械は長期間の発電機の使用を想定して製造されていないため、グリッド電気の早期の整備が望まれる。
- 機材の有効活用のために無焼成レンガの継続生産に加え、産業廃棄物を再利用した無焼成レンガを生産して欲しい。
- 無焼成固化技術を使ってレンガ以外の新建築材（人工骨材等）の製品開発をして欲しい。
- エコレンガ製造オーナー連盟を設立して欲しい。エコレンガを製造する企業同士の意見交換及び共同普及啓発活動等が可能となる。

参考文献

1. 外務省バングラデシュ人民共和国 (People's Republic of Bangladesh) 基礎データウェブサイト : <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/bangladesh/data.html>
2. JETRO バングラデシュ世界貿易投資報告ウェブサイト : <https://www.jetro.go.jp/world/asia/bd/gtir.html>
3. Department of Environment, National Strategy for Sustainable Brick Production in Bangladesh, May 2017.
4. WB, Introducing Energy-efficient Clean Technologies in the Brick Sector of Bangladesh, June 2011.
5. H.R.Khan, Assessment of degradation of agricultural soils arising from brick burning in selected soil profiles, Int.J.Environ.Sci.Tech., 2007.
6. UNDP, Technical and Financial Fact Sheet, 2011.
7. Dhaka Tribune, Experts: 'Changes to Brick Production Act contribute to more to air pollution', December 18th, 2018 : <https://www.dhakatribune.com/bangladesh/environment/2018/12/18/experts-changes-to-brick-production-act-contribute-to-more-air-pollution>
8. UNDP GREEN Brick ウェブサイト : http://www.bd.undp.org/content/bangladesh/en/home/operations/projects/environment_and_energy/improving-kiln-efficiency-in-brick-making-industry-.html
9. UNDP&GEF, Mid-Term Review Bangladesh Green Brick Project IKEBMI (Increasing Kiln Efficiency in the Brick Making Industry), December 2014 : https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/BGD/Brick%20Kiln%20MTR%20-%20Dec%207%202014_1.pdf
10. WB, Brick Kiln Efficiency Project ウェブサイト : <http://www.worldbank.org/projects/P105226/bangladesh-brick-kiln-efficiency-project?lang=en&tab=overview>
11. UNFCCC CDM プロジェクト情報-Bundle-1 : <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1313585039.34/view>
12. UNFCCC CDM プロジェクト情報-Bundle-2 : <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1334835346.18/view>
13. ADB Supporting Brick Sector Development Program ウェブサイト : <https://www.adb.org/projects/45273-002/main#project-overview>
14. Debashish Biswas, Impact of Selling Soil on Farming in Bangladesh, Brick Manufacturing and Public Health Stakeholders Dialogue, 2013
15. Physicians for Social Responsibility, Coal's Assault on Human Health, PSR, 2013

16. Begum and Hopke, Ambient Air Quality in Dhaka Bangladesh over Two Decades: Impacts of Policy on Air Quality, Aerosol and Air Quality Research, 18: 1910-1920, 2018.
17. Guttikunda, S., Impact Analysis of Brick kilns on the Air Quality in Dhaka, Bangladesh, SIM-Air Working Paper Series: 21-2009
18. ADB, Financing Brick Kiln Efficiency Improvement Project (RRP BAN 45273), April 2012
19. (株)三菱総合研究所、平成 23 年度 海外の環境汚染、環境規制、環境産業の動向に関する調査報告書、平成 24 年 3 月
20. State of Global Air/ 2019, Health Effects Institute and Institute for Health Metrics and Evaluation, 2019

添付資料

企業機密情報につき非公表

Ministry of Housing and Public Works
Housing and Building Research Institute
Public Works Department

Summary Report

People's Republic of Bangladesh

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies
for Non-fired Solidification Brick
Manufacturing Process

October, 2019

Japan International Cooperation Agency

Kameiseito Co., Ltd

1. BACKGROUND

Brick is the most common building material in Bangladesh, both in the suburbs and in rural area. There are currently about 6,744 brick kilns in operation and produces 22.8 billion bricks annually using 5.68 million tons of low-grade coal imported from India. It contributes to about 1% of country's GDP and generates employment to about 1 million people. With the recent economic development of the country, demand has grown at a pace of about 5% over the last five years, and it is a major industry where future growth is expected.

Table 1: Bangladesh's Brick Sector at a Glance¹

Parameter	Value
Estimated total number of coal-fired kilns	6,744
Annual brick production	23 billion
Contribution to GDP	~1%
Coal consumption	5.68 million tons
Emission of CO ₂	15.67 million tons
Clay consumption	9.486 million m ³
Total employment (including supply of clay and coal)	>1 million
Estimated future growth rate over the next ten years	2-3%

However, brick making industry is a major source of greenhouse gas (GHG) emission in Bangladesh as it is dominated by outdated, inefficient and highly polluting technology called Fixed Chimney Kiln (FCK). For every one million bricks produced by FCK, about 240 tons of low-grade coal are burned. Every year, 9.85 million tons of CO₂ are emitted by the industry, along with other harmful gases such as sulphur oxides (SO_x), nitrogen oxides (NO_x), carbon monoxide (CO) and particulate matter (PM) that heavily contribute to air pollution in urban areas. It also consumes 45 million tons of agricultural clay per year, leading to serious land degradation. It is estimated that mining of clay for raw material degrades valuable agricultural land at rate of 80,000 hectares per year.

The government of Bangladesh has been working to improve the brick making industry through various policies and regulations. According to the report by Department of Environment, in 2009, the total number of FCK was 4,500, which was 92% of the total brick kiln in Bangladesh. In 2017, the number of FCK decreased to 2,373, while relatively cleaner kiln technology, Zigzag increased rapidly from 150 to 4,274 in the same period. This rapid change was most likely caused by government's decision to ban the operation of

¹ Department of Environment, National Strategy for Sustainable Brick Production in Bangladesh, May 2017.

FCK in 2010 in view of environmental issues and health damage caused by the brick making industry. By result, many brick kiln owners converted their FCK to ZigZag. Although the brick making industry is transitioning to technology with less environmental impact, GHG emission are increasing as the industry itself is growing. The total number of brick kilns in Bangladesh increased from 4,880 in 2011 to 6,744 in 2017. In addition, the GHG emissions increased from 9.8 million tons in 2011 to 15.67 million tons in the same period.

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

(1) Purpose

The purpose of this verification survey is to assess the applicability of the non-fired solidification manufacturing process by establishing a pilot factory and utilizing the non-fired bricks in PWD projects. With successful implementation of this survey, non-fired solidification manufacturing process will be promoted and disseminated to help improve the environmental and social issues related to brick making industry in Bangladesh.

(2) Activities

1. Manufacturing of non-fired brick

- 1.1. Stakeholders meeting
- 1.2. Machinery transport and installation plan preparation
- 1.3. Factory construction (civil work, shed), machinery installation, commissioning
- 1.4. Raw material procurement (dredged sand)
- 1.5. Technical assistance and training for factory operation and maintenance
- 1.6. Calculation of GHG reduction effect for non-fired brick production

2. Support for utilization of non-fired brick by PWD

- 2.1. Planning of adopting non-fired brick in PWD projects
- 2.2. Support to utilize non-fired brick in PWD projects
- 2.3. Estimation of fiscal impact of switching to non-fired bricks

3. Product promotion and dissemination plan

- 3.1. PR activities for international organizations and other relevant ministries, leveraging the non-fired brick use in PWD projects
- 3.2. PR activities for local real estate developers and other potential customers
- 3.3. Evaluate different business models (JV, franchise, etc) and devise growth strategy

(3) Information of Product/Technology to be Provided

Kameiseito's patented "non-fired solidification manufacturing process" was developed by combining traditional Japanese ceramic technology and modern solidification technology. It can utilize various waste resources to manufacture building materials such as brick and tile. More than 80% of raw material can come from industrial wastes so the use of clay is significantly reduced. Some usable industrial wastes include coal ash, glass cullet and silica sand. Since the brick does not need to be fired, coal is not used and thereby, air pollution and other health hazards during brick manufacturing are eliminated.

(4) Counterpart Organization

Ministry of Housing and Public Works (MoHPW)

Housing and Building Research Institute (HBRI)

Public Works Department (PWD)

(5) Target Area and Beneficiaries

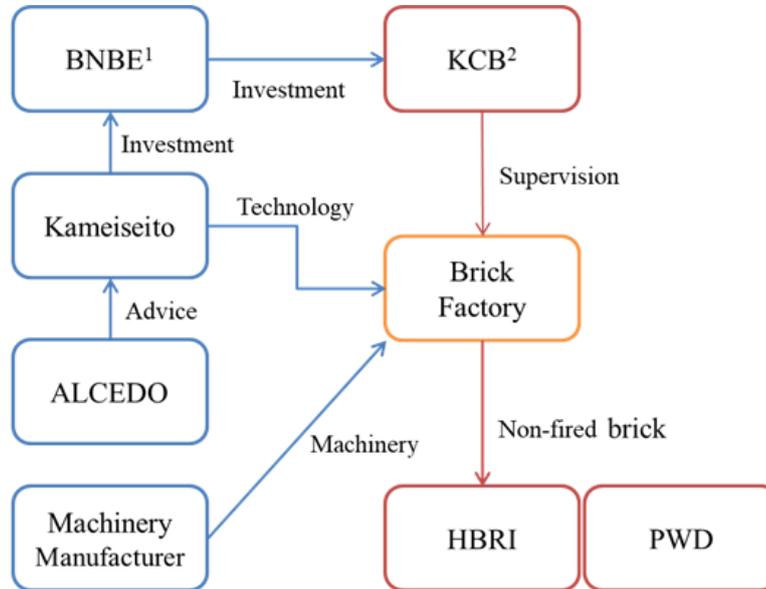
Target Area: Mirpur District, Dhaka

Beneficiaries: The beneficiaries are HBRI staff, workers and nearby residents who are engaged in manufacturing of non-fired brick.

(6) Duration

From November 2015 to December 2019

(9) Implementation System



¹ Bangladesh Non-Fired Brick Enterprise Godo Gaisha. Kameiseito subsidiary

² Kamei Ceramics Bangladesh Ltd. BNBE subsidiary

Figure 1 – Survey implementation structure

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

Activities 1 - Manufacturing of non-fired brick

(A) Brick design

The brick design and size was determined based on discussion with Public Works Department (PWD) and on-site survey results. The size was decided on standard Bangladesh brick size, while design was decided on perforated brick. The 2 hole brick design would allow weight reduction of 18% compared to solid brick. In addition, the 2 hole design was inspired by national flags of Japan and Bangladesh, thus the engraving of [JAPAN] and [BANGLADESH] was added. We believe the design will have effect of appealing the technology of Kameiseito, a Japanese company, and the friendship between Japan and Bangladesh.

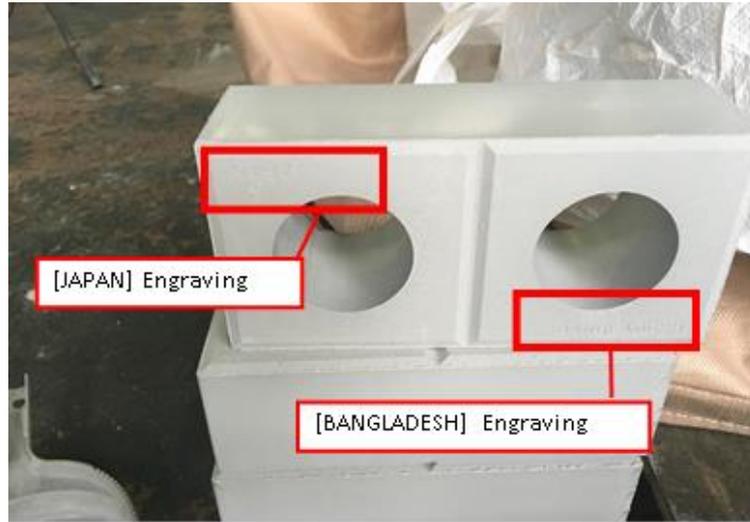


Figure 2 – Non-fired brick with names of two countries

(B) Factory construction, machinery installation, commissioning

The primary machinery was manufactured and imported from Japan. It was installed at Housing and Building Research Institute (HBRI) complex in Mirpur, Dhaka. The final operation check was conducted Kameiseito in July 2019 and the pilot factory was officially handed over to HBRI in August 2019.

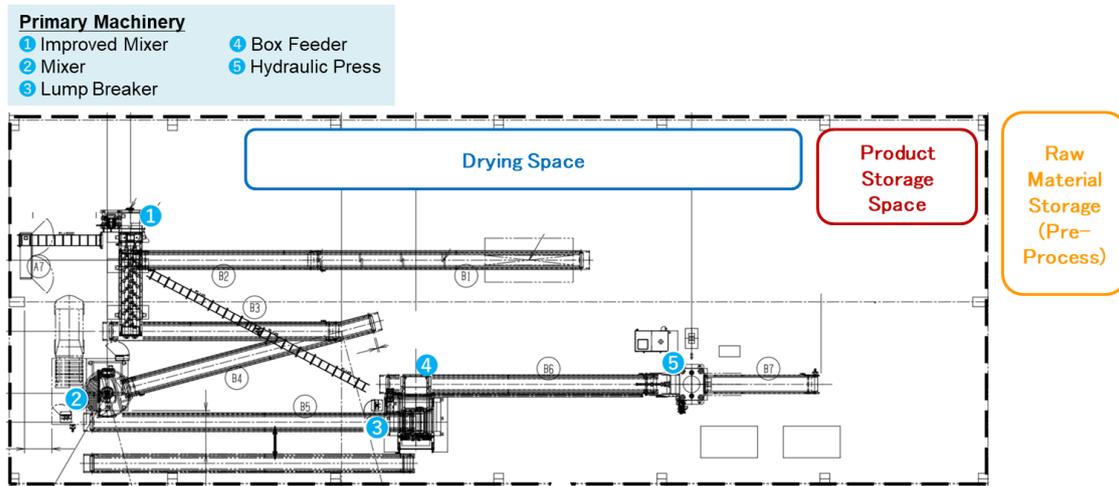


Figure 3 – Pilot factory layout

(C) Raw material procurement

During the survey, different non-fired brick samples was manufactured using various sand, cement and chemical to determine the best material composition. The final material composition was determined based on material availability, material cost

and compressive strength result. In February 2019, non-fired brick samples was manufactured using the finalized material composition and compressive strength was tested at Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET). The average compressive strength was 3,106 PSI (218 kg/cm²), which satisfies Bangladesh National Building Code (BNBC) and Bangladesh Standards and Testing Institution (BSTI) Grade A standard of 175 kg/cm².

(D) Technical assistance and training for factory operation and maintenance

In order for HBRI to properly operate and maintain the pilot factory after the handover, HBRI staff received technical training from Kameiseito. The training was conducted using operation manuals and On-the-job training at the pilot factory.

The technical training contents is listed below:

- Automatic operation
- Semi-automatic operation
- Manual operation
- General troubleshooting
- Maintenance requirements
- Safety requirements

(E) Calculation of GHG reduction effect for non-fired brick production

The estimated CO₂ emission of non-fired brick was calculated based on figures collected during the survey. The estimated baseline CO₂ emission was calculated based on figures provided in National Strategy for Sustainable Brick Production in Bangladesh (May 2017) by Department of Environment. Although CO₂ is not emitted during manufacturing of non-fired brick, use of diesel generator was included in the calculation as electricity connection was not available on project site during the survey.

Table 1: Comparison of CO₂ emission between production of non-fired brick and baseline

	Baseline brick ¹	Non-fired brick ²	CO ₂ reduction
Projected CO ₂ emission (1 million bricks)	418 tCO ₂	133 tCO ₂	285 tCO ₂ (59% reduction)
Projected CO ₂ emission (per bricks)	0.4181 kgCO ₂	0.1331 ³ kgCO ₂	0.285 kgCO ₂ /brick

¹ Calculated based on 31% FCK, 56% ZigZag, 4.8% HHK, 7.6% Tunnel, 0.66% Others.

² Calculated based on 90% Grid connection, 10% Diesel generator

³ Calculated based on 1 million brick production in 300 working days

Based on above calculation, CO₂ reduction effect of non-fired brick production for 1 million brick is 285ton of CO₂ reduction. That is equal to reduction of 0.285kg of CO₂ per brick. The CO₂ emission of non-fired brick will further improve with increase in total number of production.

Activities 2 - Support for utilization of non-fired brick by PWD

(A) Utilization of non-fired brick

During the survey, 8,000 non-fired bricks was manufactured and utilized by HBRI to upgrade their boundary wall inside the HBRI complex. The cost saving of switching to non-fired brick was calculated based on 8,000 non-fired brick utilized by the contractor.

The estimated cost saving is summarized below:

- Cost saving by using non-fired brick
8,000 bricks x (1st class clay brick: 10 BDT/brick) – (non-fired brick: 9 BDT[※]/brick)= 8,000 BDT saving
※ Supplied at 10% cheaper than 1st class clay brick

 - Cost saving by eliminating the need for mortar plastering^{※1}:
 - a) Reduction of mortar plaster for boundary wall (single side)
 $8,000 \text{ bricks} / 59^{\text{※2}} \text{ bricks/m}^2 \times 425^{\text{※3}} \text{ BDT/m}^2 = 57,627 \text{ BDT saving}$
 - b) Reduction of mortar plaster for boundary wall (both side)
Single side (57,627 BDT) x 2 = 115,254 BDT
- ※1 Clay brick vary in color, size, shape, plastering finish with mortar is common.
Non-fired brick is uniform in shape, so there is no need for plastering.
※2 Boundary wall: 240mm x 70mm/brick = 0.0168 m²/brick.
No. of bricks per 1m² = 1 m² / 0.0168 m²/brick = 59 bricks
※3 Includes sand, cement, labor cost according to the contractor

Table 2: Estimated cost saving of utilizing non-fired brick

	Clay brick ¹	Non-fired brick ²	Estimated Cost saving
Brick cost (100,000 bricks)	10 BDT/brick	9 BDT/brick	100,000 BDT
Mortar plaster (100,000 bricks)	720,339 BDT 1,695m ²	0	720,339 BDT

Based on above calculation, cost savings of utilizing 100,000 non-fired bricks was 100,000 BDT from brick cost difference and 720,339 BDT for elimination of mortar plaster finish. Even though non-fired brick was utilized on boundary wall during the survey, similar cost savings can be expected utilized on partition walls.

Activities 3 - Product promotion and dissemination plan

(A) Product promotion

To help promote non-fired solidification brick manufacturing process in Bangladesh, a website, facebook and twitter page was created during the survey. In addition, we received several media coverage on non-fired brick and it has led to request for factory tour by interested entrepreneurs.

List of media coverage is summarized below:

- NHK WORLD broadcasting (May 2017)
- Daily Sun newspaper (December 2017)
- HBRI building material exhibition (October 2018)
- Interviewed by Channel I (May 2019)
- JICA Bangland (August 2019)

(B) Formulated business model and growth strategy

During the survey, different business models were considered to promote non-fired solidification brick manufacturing process. After discussion with interested entrepreneurs and evaluating different business models, it was determined that promotion by franchise model was found to be the most realistic and low risk strategy in Bangladesh. In addition, this model would allow Kameiseito to focus on technical guidance and quality control to the franchisee.

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

The pilot factory has been handed over to HBRI in July 2019. HBRI will continue to operate and maintain the factory as trained by Kameiseito. The factory will continue to operate as demonstration site for entrepreneurs interested to set up their own franchise factory. In addition, HBRI is expected to use the factory to continue their research to reuse industrial waste and develop new building materials.

4. FUTURE PROSPECTS

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

Development of the Product/Technology in the Surveyed Country

The development impacts and future indicators for future business development will be in line with the business plan target, and will be evaluated 5 and 10 years after the start of business.

(A) Contributing to improving the work condition and combating poverty

• Employment stability

Indicator: Number of jobs created

Baseline: Employment period of FCK in Bangladesh (6 months)

Target value:

5 years after start of business (2025) - 900 fulltime workers

10 years after start of business (2030) - 1,800 fulltime workers

Development impact:

5 years after start of business (2025)

The employment period of 900 workers doubles that of FCK workers, allowing continuous employment.

10 years after start of business (2030)

The employment period of 1,800 workers doubles that of FCK workers, allowing continuous employment.

※ Workers are full time

※ Number of factory: 5 factory/year, Number of workers: 36 workers/factory

• Financial compensation

Indicator: Monetary compensation

Baseline: General wages in the brick factory area outside Dhaka

2025 - Men 38,500 BDT/year, Women 32,000 BDT/year

2030 - Men 51,500 BDT/year, Women 43,000 BDT/year

※ Calculated 120 BDT/day for men, 100 BDT/day for women for 12 working hours x 2012-2019

average with increase rate of 6% x 150 working days per year (dry season).

Target value:

5 years after start of business (2025) - 150,000 BDT/year/person

10 years after start of business (2030) - 180,000 BDT/year/person

Development impact:

5 years after start of business (2025)

The average salary is approximately four times the wages of workers employed in FCK.

10 years after start of business (2030)

The average salary is approximately four times the wages of workers employed in ZigZag/FCK.

※ the target value will be revised as appropriate in consideration of price increase.

- Working environment

Indicator: Questionnaire survey from the workers

Target value:

5 years after start of business (2025) - All evaluation items are met

10 years after start of business (2030) - All evaluation items are met

Development impact:

5 years after start of business (2025)

All workers work in a clean, safe and healthy work environment.

10 years after start of business (2030)

All workers work in a clean, safe and healthy work environment.

※ Questionnaire survey items will be updated according to [Health, Hygiene and Safety] of the 2006 Bangladesh Labour Act.

(B)Contribute to reducing GHG and solving health issues

Indicator: CO₂ reduced in the manufacturing non-fired brick (0.26kgCO₂/brick)

Target value and development impact:

5 years after start of business (2025) - CO₂ reduction

CO₂ reduction per brick (0.26kg-CO₂e/brick) x (4,500,000brick/factory×
25 factory) = 29,250 ton

10 years after start of business (2030) - CO₂ reduction

CO₂ reduction per brick (0.26kg-CO₂e/brick) x (4,500,000brick/factory×
50 factory) = 58,500 ton

(C)Contribution to preservation of agricultural land and waste issues

- Preservation of agricultural land

Indicator: Clay saving of non-fired brick (2.9kg/brick x 80%)

Target value:

5 years after start of business (2025) - Clay saved

Clay saved per brick (2.9kg/brick x 80%) x (4,500,000 brick/factory ×
25 factory) = 261,000 ton

10 years after start of business (2030) - Clay saved

Clay saved per brick (2.9kg / brick x 80%) x (4,500,000 brick/factory x 50
factory) = 522,000 ton

- Utilization of dredged sand

Indicator: Dredged sand consumption (2.9kg/brick x 80%)

Target value:

5 years after start of business (2025) – Dredged sand consumption

Dredged sand consumed per brick (2.9kg/brick x 80%) x (4,500,000
brick/factory x 25 factory) = 261,000 ton

10 years after start of business (2030) - Dredged sand consumption

Dredged sand consumed per brick (2.9kg/brick x 80%) x (4,500,000
brick/factory x 50 factory) = 522,000 ton

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

(A) Lesson Learned

- Expect the unexpected. We experienced major disruption in our survey due to terrorism, political instability and land issue. As a result, the survey was delayed and went over the project budget.
- Expect delays. Schedule twice as much time as compared to Japan.
- Promises are often changed even if meeting minutes are recorded.
- Survey progress is greatly influenced by the intentions of person in charge at the counterpart side. A formation of project committee is necessary to oversee the project so consistent decisions can be made even after change in person in charge.
- Business partners on the Japanese side should have excellent language and negotiation skills, but trust is the most important quality as problems will arise.

(B)Recommendation

To JICA

During this survey, many unexpected delays occurred, such as terrorism, land issue, and delays in customs procedures. Some relief measures for these situations that were beyond our control is necessary. Otherwise, proposals from companies with weak financial structures should be reconsidered and not accepted.

To C/P

- Request for quick installation of grid connection as machinery was not manufactured for long term use of generator.
- In addition to continuous production of non-fired bricks for the effective use of machinery, request for reuse of industrial waste in production.
- Request for development of new building materials (ex. artificial aggregates) using non-fired solidification brick manufacturing process.
- Request for establishment of eco brick manufacturer owners association. Companies producing eco bricks can exchange ideas and form alliance to advocate the use of eco bricks by government projects.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

