

インドネシア国

インドネシア国
膨張性粘土及び軟弱地盤地域
におけるインフラ被害への
多孔質コンクリート製品導入
案件化調査

業務完了報告書

2023年10月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

北海道ポラコン株式会社

北セ

JR

23-002

<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

写真	i
地図	iii
図表リスト.....	iv
略語表.....	vi
案件概要	vii
要約	viii
はじめに	xi
1. 調査名	xi
2. 調査の背景.....	xi
3. 調査の目的.....	xii
4. 調査対象国・地域.....	xii
5. 契約期間、調査工程.....	xii
6. 調査団員構成	xiv
第1 対象国・地域の開発課題.....	1
1. 対象国・地域の開発課題.....	1
(1) 開発課題の状況.....	1
(2) 開発課題の背景・原因.....	2
2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等.....	3
(1) 開発計画および政策	3
(2) 法令等	4
3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針	5
4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析	6
(1) 我が国の ODA 事業	6
(2) 他ドナーの先行事例分析	7
第2 提案法人、製品・技術	8
1. 提案法人の概要	8
(1) 企業情報.....	8
(2) 海外ビジネス展開の位置づけ.....	8
2. 提案製品・技術の概要	9
(1) 提案製品・技術の概要.....	9
(2) ターゲット市場.....	10
3. 提案製品・技術の現地適合性.....	11
(1) 現地適合性確認方法	11
(2) 現地適合性確認結果（技術面）	14
(3) 現地適合性確認結果（制度面）	21
4. 開発課題解決貢献可能性.....	22

第3 ODA 事業計画.....	24
1. ODA 事業の内容	24
(1) ODA 事業内容	24
(2) 対象地域.....	28
(3) 事業パートナー候補およびこれまでの協議状況.....	28
(4) 他 ODA 事業との連携可能性.....	31
2. 新規提案 ODA 事業の実施における課題・リスクと対応策	31
(1) 制度面にかかる課題/リスクと対応策.....	31
(2) インフラ面にかかる課題/リスクと対応策	32
(3) 事業パートナーの体制面にかかる課題/リスクと対応策.....	32
3. 環境社会配慮等	32
4. ODA 事業実施を通じて期待される開発効果.....	33
第4 ビジネス展開計画.....	34
1. ビジネス展開計画概要	34
2. 市場分析	34
3. バリューチェーン.....	34
4. 進出形態とパートナー候補	34
5. 収支計画	34
6. 想定される課題・リスクと対応策	34
7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果.....	34
8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	35
(1) 関連企業・産業への貢献.....	35
(2) その他関連機関への貢献.....	35
参考文献.....	36
英文案件概要.....	37
英文要約	38
別添資料.....	42

写真

	
<p>2022年6月 道路橋梁工学局との打合せ</p>	<p>2022年6月 道路橋梁工学局との打合せ</p>
	
<p>2022年6月 PT. Jasa Marga との打合せ</p>	<p>2022年8月 ポーラス性能試験サイトの調査</p>
	
<p>2022年8月 試験サイトでの膨張性粘土</p>	<p>2022年8月 性能比較試験装置</p>
	
<p>2022年8月 現地コンクリート会社視察①</p>	<p>2022年9月 高速道路 路面損傷現場視察</p>



2022年11月 公共事業国民住宅省での打合せ



2022年12月 高速道路 法面崩壊現場視察



2022年12月 PT. Waskita Precast 工場視察



2022年12月 新首都開発現場視察



2023年3月 現地コンクリート会社視察②



2023年6月 バンドン工科大学での打合せ



2023年6月 技術紹介セミナーの開催



2023年6月 現地コンクリート会社打合せ

地図



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

図表リスト

図 1	インドネシアでの膨張性粘土の分布	1
図 2	道路の舗装破壊	1
図 3	ジャカルタ特別州 洪水浸水範囲 (2020 年 1 月)	2
図 4	車道への浸透井戸の設置の様子	3
図 5	ジャカルタ特別州グリーン建築条例で提唱する雨水収集・利用システム	5
図 6	ポーラスコンクリート	9
図 7	浸透工法と集水工法のイメージ	9
図 8	ポーラスコンクリート製品の主な用途	9
図 9	現地で確認された膨張性粘土 (左)、性能試験候補地点 (Area-1 & Area-2)	11
図 10	簡易な膨張性試験 (Area-1 & Area-2)	12
図 11	深度方向の膨張圧および膨張率 (無荷重時・土被り荷重時)	13
図 12	設置横断図と施工状況	13
図 13	性能試験施設概要	14
図 14	排水量・水位・降雨量の測定結果 (2022.9.2~2023.5.23)	15
図 15	累積降雨量と各施設からの累積排水高との比較	15
図 16	PP 試験区への雨水流入状況 (左) と外周素掘り側溝による流入防止状況	16
図 17	降雨量と排水量の関係 (左)、累積降雨量と累積排水高との関係 (右)	16
図 18	土壌水分および土壌温度の経時変化	17
図 19	レーザーレベル計による沈下版の測定状況	17
図 20	地表面の膨張量の測定結果	18
図 21	ポーラスコンクリート製品の活用方法 (路面保護) (1)	19
図 22	ポーラスコンクリート製品の活用方法 (路面保護) (2)	19
図 23	ポーラスコンクリート製品の活用方法 (法面保護)	20
図 24	ポーラスコンクリート製品の活用方法 (雨水流出抑制)	21
図 25	SNI 策定プロセス	22
図 26	実施体制図	26
図 27	PT. SCG Indonesia グループ概要	29

表 1	既存の主な膨張性粘土対策（生産施設の建設）	2
表 2	国別開発協力方針との関連性	5
表 3	ジャカルタ地盤沈下対策プロジェクト概要	6
表 4	関連する ODA 事業（民間連携事業）	6
表 5	企業情報	8
表 6	製品のスペック・価格	10
表 7	国内における主な導入事例	10
表 8	室内土質試験結果による膨張性の評価結果	12
表 9	現場透水係数の測定結果	14
表 10	各観測期間における累積排水高	16
表 11	提案する ODA 事業の概要（PDM）	24
表 12	想定される投入リスト	25
表 13	活動計画・作業工程表	27
表 14	PT. SCG Indonesia との協議の経緯	29
表 15	PT. Waskita Karya グループとの協議の経緯	30
表 16	制度リスクとその対応策	31
表 17	インフラリスクとその対応策	32
表 18	体制リスクとその対応策	32

略語表

略語	正式名称	日本語名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BAPPENAS	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional	国家開発企画庁
BKPM	Badan Koordinasi Penanaman Modal	投資調整庁
BNPB	Badan Nasional Penanggulangan Bencana	国家防災庁
BSN	Badan Standardisasi Nasional	国家標準化庁
C/P	Counterpart	カウンターパート
DKI	Daerah Khusus Ibukota (Jakarta)	(ジャカルタ)首都特別州
DRBE	Directorate of Roads and Bridges Engineering	道路橋梁工学局
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
IKN	Ibu Kota Negara (Nusantara)	(ヌサンタラ)国家首都
ITB	Institute Teknologi Bandung	バンドン工科大学
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
LIPI	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	インドネシア科学院
LKPP	Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah	政府調達庁
NCICD	National Capital Integrated Coastal Development	首都圏湾岸統合開発計画
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
P3DN	Peningkatan Penggunaan Produk Dalam Negeri	国産品優先（政策）
PT	Perseroan Terbatas	株式会社
PUPR	Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	公共事業・国民住宅省
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional	中期国家開発計画
SNI	Standar Nasional Indonesia	インドネシア国家規格
SUCOFINDO	Superintending Company of Indonesia	国営検査会社
TKDN	Tingkat Komponen Dalam Negeri	国産化率



インドネシア国膨張性粘土及び軟弱地盤地域における インフラ被害への多孔質コンクリート製品導入案件化調査

北海道ポラコン株式会社(北海道札幌市)



インドネシア国インフラ分野における開発ニーズ(課題)

- 水分を吸収すると膨張し、乾燥すると収縮する「膨張性粘土」が広く分布し、不等隆起・沈下等により同地盤上の交通・産業インフラが被害を受けている。
- 建物や舗装等の不浸透面の増加に伴い、雨水が直接低い土地や河川に流れ込み内水氾濫や洪水が多発している。

提案製品・技術

- 連続的な多孔質の形状の特殊なコンクリートであり、透水・浸透・植生・吸音・浄化等の特徴を持っている。
- 洪水・浸水対策として、雨水を土中に浸透させる「浸透工法」と、軟弱地盤対策として、降雨により地中に含まれた雨水を集めて排出する「集水工法」がある。

本事業の内容

- 契約期間: 2022年3月～2023年12月
- 対象国・地域: インドネシア国ジャカルタ首都特別州、西ジャワ州、東ジャワ州および東カリマンタン州
- カウンターパート機関: 公共事業・国民住宅省 道路総局 道路橋梁工学局
- 案件概要:
膨張性粘土および軟弱地盤への多孔質(ポーラス)コンクリート製品の導入により、地盤の膨張・収縮を抑制し地盤上に建設された経済・交通インフラ被害の軽減を目指すとともに、製品および工法の普及・ビジネス展開を図る。



ポーラスコンクリート製品

開発ニーズ(課題)へのアプローチ方法(ビジネスモデル)

- 現地のコンクリート製造会社と共同で、官公庁および民間事業者から、雨水流出抑制対策および膨張性粘土・軟弱地盤対策のための事業を受託する。
- 短期的には、ジャカルタ特別州等における浸透井戸、浸透柵など雨水流出抑制対策を対象とし、中長期的には、交通インフラ(幹線道路や鉄道など)向けの膨張性粘土・軟弱地盤対策を対象とする。

対象国に対し見込まれる成果(開発効果)

- 膨張性粘土地盤上の道路や鉄道などのインフラ補修のための費用が削減され、さらに国内の交通インフラの整備が促進される。
- 雨水の流出抑制効果により、都市部での浸水被害の軽減に貢献する。
- 国内で、ポーラスコンクリート等のプレキャストコンクリート製造という新たな産業が創出・育成される。

2023年10月現在

要約

I. 調査要約

<p>1. 案件名</p>	<p>(和文) インドネシア国膨張性粘土及び軟弱地盤地域におけるインフラ被害への多孔質コンクリート製品導入案件化調査 (中小企業支援型)</p> <p>(英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private sector for Introducing Porous Concrete Products for Preventing Infrastructure Damage due to Expansive and Soft Soil in Indonesia</p>
<p>2. 対象国・地域</p>	<p>インドネシア国ジャカルタ首都特別州、西ジャワ州、東ジャワ州および東カリマンタン州</p>
<p>3. 本調査の要約</p>	<p>膨張性粘土および軟弱地盤への多孔質 (ポーラス) コンクリート製品の導入により、地盤の膨張・収縮を抑制し地盤上に建設された 経済・交通 インフラ被害の軽減に関する案件化調査。本事業を通じ、製品および工法の普及・ビジネス展開を図り、ひいてはインドネシア国のインフラ整備促進への貢献を目指す。</p>
<p>4. 提案製品・技術の概要</p>	<p>提案製品・技術は、自社製品である多孔質 (ポーラス) コンクリート製品と、それらを活用した雨水処理に関する設計技術およびノウハウである。</p> <p>ポーラスコンクリートとは、連続的な多孔質の“雷おこし”のような形状の特殊なコンクリートである。その形状から、透水・浸透・植生・吸音・浄化等の特徴があり、水と都市化を繋ぐ環境調和型製品として、日本では雨水処理の用途で広く活用されている。雨水処理としては、洪水・浸水対策として、雨水を土中に浸透させる「浸透工法」と、軟弱地盤対策として、降雨により地中に含まれた雨水を集めて排出する「集水工法」があるが、本事業では、インドネシアで発生している膨張性粘土・軟弱地盤によるインフラ被害への対策として、地盤内に侵入した雨水を素早く集水・排水するための集水工法の普及を目指す。</p>
<p>5. 対象国で目指すビジネスモデル概要</p>	<p>現地のコンクリートメーカーを事業パートナーとし、パートナー企業の生産設備を活用し、当社からの技術指導を通じてインドネシアにおけるポーラスコンクリート製品の開発および生産体制を構築する。パートナー企業のもつ販路を活用することで、インドネシア国内における官公庁 (公共事業) および民間事業者から、雨水流出抑制、膨張性粘土・軟弱地盤対策のためのポーラスコンクリート製品の生産を受託する。当社の技術指導により高品質なポーラスコンクリート製品を開発することで他社との差別化を図ることに加え、中長期的には、設計業者や開発業者に対して、ポーラスコンクリート製品の適切な使用についての提案活動を通じ、設計・コンサルテーションといった上流工程からのスペックインを目指す。</p>

6. ビジネスモデル展開に向けた課題と対応方針	<p>雨水流出抑制、膨張性粘土・軟弱地盤対策の両方の市場を対象とするが、市場の成熟性などを考慮し、雨水流出抑制対策としての市場参入を優先する。また、事業開始当初は、現地パートナー企業への日本からの技術者派遣による技術提携の形態にて事業を行い、事業規模が拡大し新たな投資等が必要になった段階で、現地パートナー企業との合弁での現地法人設立により、より現地での柔軟な事業運営を可能とする。</p>
7. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	<p>本事業は、膨張性粘土や軟弱地盤への対策を通じて幹線道路など交通インフラの整備を促進し、経済成長のボトルネックとなっているインフラ整備の遅れ解消を支援するもの(SDGs ゴール 9.1 および 11.a)であり、また、同地盤の安定化により豪雨など気候変動の影響による土砂災害等の災害の減少にも寄与(同 13.1)する。以下の SDGs ゴールの貢献を目指すものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ⑨インフラ・産業 ⑪都市 ⑬気候変動
8. 本事業の概要	
① 目的	<p>「基礎調査」において、ポーラスコンクリート製品に対するニーズや要求される性能、市場性、現地材料による生産可能性などについての基礎的な情報収集は済んでおり、本「案件化調査」では、今後の ODA 案件化のために必要となる、①製品の集水・排水性能(「基礎調査」で策定した仮説)の膨張性粘土での検証や、②膨張性粘土・軟弱地盤対策工法に係る技術指針・設計基準の調査などを主な目的とし、ODA 案件化へスムーズに移行できることを念頭に置き活動を行う。</p>
② 調査内容	<p>①開発課題・SDGs への貢献</p> <ul style="list-style-type: none"> ア) 対象国・地域の開発課題 イ) 国別開発協力方針との合致性 ウ) ビジネス展開を通じた開発課題や SDGs への貢献可能性・開発効果 エ) 既存 ODA 事業との連携及び新規 ODA 案件化の可能性 オ) 日本国内地元経済・地域活性化への貢献 <p>②ビジネスモデル策定</p> <ul style="list-style-type: none"> ア) 開発計画・政策・規制等 イ) 市場分析(経済・社会動向、競合等) ウ) 現地適合性(価格、ニーズ、スペック、サービス等) エ) 進出形態やパートナー候補 オ) 収支・資金計画 カ) ビジネスモデルの策定 キ) 本調査終了後のビジネス展開方針

はじめに

1. 調査名

インドネシア国膨張性粘土及び軟弱地盤地域におけるインフラ被害への多孔質コンクリート製品導入案件化調査（SDGs Business Model Formulation Survey with the Private sector for Introducing Porous Concrete Products for Preventing Infrastructure Damage due to Expansive and Soft Soil in Indonesia）

2. 調査の背景

インドネシア国政府は、「国家中期開発計画（PRJMN 2020-24）」において、経済開発を推進するための41の優先プロジェクトを定めており、今後、首都移転事業や全国8か所の工業団地、31箇所の精錬所の新規開発などの大規模プロジェクトを予定している。また、当該計画の7つの開発アジェンダのうち「経済発展を支えるインフラストラクチャーの強化」では、経済競争力強化による開発促進のために、道路・鉄道などの輸送インフラを含む「経済インフラ開発」の促進を掲げ、19件の大規模なインフラ施設の整備プロジェクトを発表している。特に、路面状況の改善については、「国道の98%、州道の75%、県道の65%において安定性を向上させる」と具体的な目標値を掲げている。これに加えて、インドネシア国公共事業・国民住宅省の戦略計画（2020-2024）によれば、2024年までに2,500kmの新規国道、1,500kmの有料道路の建設、及び47,017kmの既存国道の改善が計画されており、同国における道路環境等輸送インフラ改善に係るニーズは高い。また、2022年1月に首都を現在のジャカルタからカリマンタン島の東カリマンタン州に移転する法案を可決し、更なる開発が見込まれる。新型コロナウイルスの蔓延により一時的に経済活動は停滞しているが、収束後には大規模な開発が再開されるものと考えられる。

その一方で、道路環境等輸送インフラの改善が進まない要因の一つとして、膨張性粘土を含む軟弱地盤対策のための適切な技術・工法の不足が挙げられている。膨張性粘土は、ジャカルタ特別州周辺の西ジャワ州から、中部ジャワ州、東ジャワ州に至るジャワ島北部を中心に広く分布しており、降雨による水分の吸収とその後の乾燥によって膨張と収縮を繰り返すことで地盤の不等隆起・沈下を引き起こしている。その結果、同地盤上に建設された道路や鉄道等の路盤や法面の滑り崩壊や、舗装への亀裂を発生させるなど多くの被害を引き起こしている。日系企業が多く入居する西ジャワ州の工業団地においても、工場建屋や倉庫などの、沈下や隆起による操業停止や、構内道路の舗装破壊や法面崩壊・がけ崩れなど甚大な被害が発生している。

我が国の「対インドネシア共和国 国別開発協力方針」（2017年9月）においても、グローバル化が進むインドネシア経済において、民間企業の国際競争力向上を通じた経済成長を実現するため、交通・物流・エネルギー・通信網等の質の高いインフラの整備を支援する旨が記載されている。この点、本調査は、膨張性粘土や軟弱地盤への対策を通じて幹線道路など交通インフラの整備を促進し、経済成長のボトルネックとなっているインフラ整備の遅れの解消を支援するものであり、同地盤の安定化により気候変動の影響による土砂災害の減少にも寄与するものである。

本調査は、インドネシア国において、膨張性粘土及び軟弱地盤に対してポーラスコンクリート製品とそれを活用した雨水処理に関する設計技術及びノウハウ事業を導入することで、地盤の膨張・収縮を抑制し地盤上に建設された経済・交通インフラ被害の軽減に寄与するものであり、その現地

適合性及び有用性等の検討に必要な調査を行うものである。

3. 調査の目的

提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及びビジネスアイデアの検討や ODA 事業での活用可能性の検討を通して、ビジネスモデルが策定される。

4. 調査対象国・地域

ジャカルタ首都特別州、西ジャワ州、東ジャワ州および東カリマンタン州

5. 契約期間、調査工程

契約期間：2022年3月28日～2023年12月28日

調査工程：以下に記載のとおり

① 第1回現地調査（2022年5月29日～6月4日）

日数	年月日	曜日	都市	調査項目	訪問先
1	2022/5/29	日	—	移動(札幌、羽田→ジャカルタ)	
2	2022/5/30	月	カラワン	開発課題調査、性能試験協議	PT. Wijaya Karya Komponen Beton (WIKAKOBE)
			ジャカルタ	調査活動報告	JICA インドネシア事務所
				開発課題調査、事業化協議	Prof. Dr. Bambang Subiyanto
3	2022/5/31	火	ジャカルタ	開発課題調査、ODA 協議	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局
				性能試験に係る調整	PT. Satu Inovasi Indonesia
4	2022/6/1	水	ジャカルタ	PCR 検査	クリニック
5	2022/6/2	木	ジャカルタ	開発課題調査、ODA 協議	PT. Jasamarga Tollroad Maintenance
				性能試験協議	PT. Pondasi Kisocon Raya
				開発課題に係る意見交換	JICA 道路政策アドバイザー
6	2022/6/3	金	バンドン	性能試験協議、試験現場視察	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局
			ジャカルタ	ビジネス環境調査	JETRO ジャカルタ事務所
				移動(ジャカルタ発)	
7	2022/6/4	土	—	移動(羽田、札幌着)	

② 第2回現地調査（2022年8月28日～9月3日）

日数	年月日	曜日	都市	調査項目	訪問先
1	2022/8/28	日	—	移動(札幌、成田→ジャカルタ)	
2	2022/8/29	月	バンドン	性能試験および ODA 協議	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局
				性能試験 環境準備	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局 (試験サイト)
				ビジネスパートナー調査	PT. Beton Elemenindo Perkasa
3	2022/8/30	火	バンドン	性能試験 環境準備	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局 (試験サイト)
			カラワン	開発課題に係る情報収集	カラワン工業団地 (KIIC)
			ジャカルタ	ビジネスパートナー調査	PT. Varia Usaha Beton (web)

日数	年月日	曜日	都市	調査項目	訪問先
				開発課題に係る情報収集、意見交換	八千代エンジニアリング(株) ジャカルタ事務所
4	2022/8/31	水	バンドン	性能試験 環境準備	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局 (試験サイト)
			ジャカルタ	開発課題に係る情報収集、意見交換 製品標準化および国家標準に係る情報収集	JICA 水資源管理政策アドバイザー PT. SUCOFINDO
5	2022/9/1	木	ジャカルタ	性能試験に係る協議	PT. Pondasi Kisocon Raya
				PCR 検査	クリニック
				ビジネスパートナー調査	PT. SCG Readymix Indonesia
				ビジネス化に向けた協議	現地採石業者
6	2022/9/2	金	ジャカルタ	ODA 協議、現場視察	PT. Jasamarga Tollroad Maintenance
				ビジネス化に向けた協議	PT. Waskita Precast
				移動 (ジャカルタ発)	
7	2022/9/3	土	—	移動 (羽田、札幌着)	

③ 第3回現地調査 (2022年11月27日～12月3日)

日数	年月日	曜日	都市	調査項目	訪問先
1	2022/11/27	日	—	移動(札幌、成田→ジャカルタ)	
2	2022/11/28	月	バンドン	性能試験状況確認	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局 (試験サイト)
				ビジネス化に向けた協議	PT. Beton Elemenindo Perkasa (BEP 社)
3	2022/11/29	火	カラワン	ビジネス化に向けた協議	PT. Wijaya Karya Komponen Beton (WIKAKOBE)
			バンドン	膨張性粘土対策に係る情報収集、意見交換	バンドン工科大学
				開発課題に係る情報収集	建築設計事務所 LABO
			ジャカルタ	ビジネスパートナー調査	PT. Waskita Karya (滞在先ホテル)
				新首都開発の状況と課題に係る意見交換	公共事業国民住宅省 住宅総局
ビジネス化に向けた協議	PT. Waskita Karya (本社)				
4	2022/11/30	水	ジャカルタ	移動(ジャカルタ→バリクパパン(BPN))	
				開発課題に係る情報収集、意見交換	PT. Jaya Obayashi
5	2022/12/1	木	東ジャワ州	高速道路での法面崩壊現場視察にかかる協議	PT. Jasamarga Tollroad Maintenance (スラバヤ)
				現場視察	実証実験候補地 (東ジャワ州高速道路)
				コンクリート生産設備等の視察	PT. Waskita Precast (スラバヤ工場)
			東カリマンタン州	現場視察	実証実験候補地 (新首都開発現場)
				新首都開発でのポーラスコンクリート製品使用に係る協議	PT. Waskita Karya (バリクパパン事務所)
移動(BPN→ジャカルタ)					

日数	年月日	曜日	都市	調査項目	訪問先
6	2022/12/2	金	ジャカルタ	ビジネスパートナー調査	PT. Komponindo Betonjaya (KOBE 社)
				調査活動報告	JICA インドネシア事務所
				移動 (ジャカルタ発)	
7	2022/12/3	土	—	移動 (羽田、札幌着)	

④ 自主渡航 (2023 年 3 月 5 日～10 日)

日数	年月日	曜日	都市	調査項目	訪問先
1	2023/3/5	日	—	移動 (札幌、成田→ジャカルタ)	
2	2023/3/6	月	バンドン	性能試験状況確認	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局 (試験サイト)
3	2023/3/7	火	バンドン	開発課題調査、ODA 協議	バンドン工科大学
4	2023/3/8	水	ジャカルタ	ビジネス化に向けた協議	PT. Pondasi Kisocon Raya
				ビジネス化、MOU 締結に向けた協議	PT. Waskita Karya / Waskita Precast (Bambang 氏 Office)
5	2023/3/9	木	ジャカルタ	ビジネス化に向けた協議および工場視察	PT. SCG Pipe and Precast (西ジャワ工場)
				移動 (ジャカルタ発)	
6	2022/3/10	金	—	移動 (羽田、札幌着)	

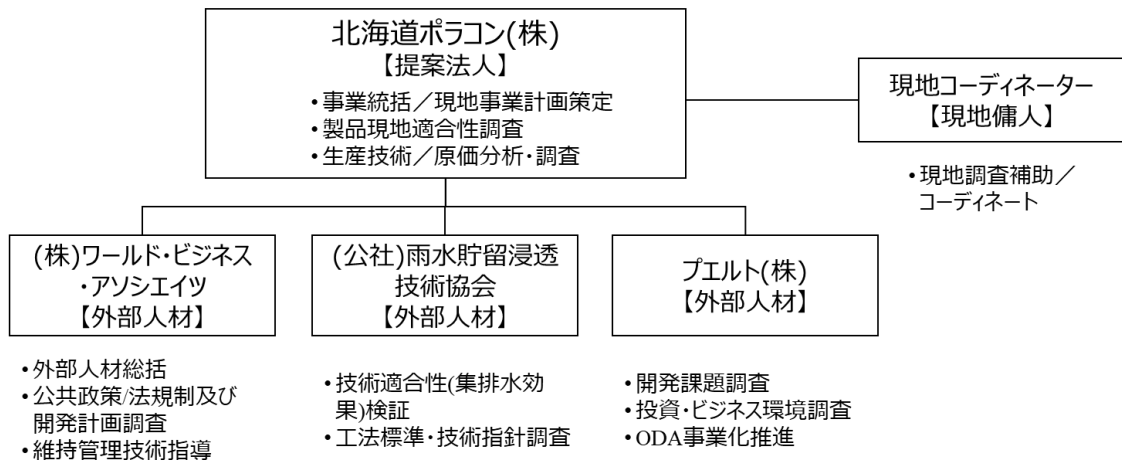
⑤ 第 4 回現地調査 (2023 年 6 月 4 日～10 日)

日数	年月日	曜日	都市	調査項目	訪問先
1	2023/6/4	日	—	移動 (札幌、成田→ジャカルタ)	
2	2023/6/5	月	バンドン	性能試験結果報告、セミナーに係る協議	バンドン工科大学
				性能試験結果報告、セミナーに係る協議	公共事業国民住宅省 道路・橋梁工学局
3	2023/6/6	火	ジャカルタ	ビジネス化に向けた協議	PT. Waskita Karya / Waskita Precast
				開発課題調査	公共事業国民住宅省 住宅総局
4	2023/6/7	水	ジャカルタ	開発課題に係る情報収集、意見交換	JICA 道路政策アドバイザー
5	2023/6/8	木	ジャカルタ	セミナー開催	Century Park Hotel Jakarta
5	2023/6/9	金	ジャカルタ	ビジネス化に向けた協議、MOU 検討	PT. SCG (グループ)
				調査活動報告、意見交換	在インドネシア日本大使館
6	2022/6/10	土	—	移動 (ジャカルタ→羽田、札幌)	

6. 調査団員構成

所属	氏名	担当業務
北海道ポラコン(株) (提案企業)	中島 康成	業務主任者
	吉岡 靖恵	現地適合性調査①
	池田 翼	現地適合性調査②

所属	氏名	担当業務
	山田 茂	生産技術／原価分析調査
(株)ワールド・ビジネス・アソシエイツ (外部人材)	元山 純一郎	外部人材総括／現地政府機関連携
(公社)雨水貯留浸透技術協会 (外部人材)	屋井 裕幸	技術環境調査
プエルト(株) (外部人材)	小澤 泰介	ODA 案件化推進



第1 対象国・地域の開発課題

1. 対象国・地域の開発課題

(1) 開発課題の状況

① 膨張性粘土によるインフラ被害

インドネシアでは、膨張性粘土 (Expansive Soil) と呼ばれる独特の土壌がジャカルタ特別州周辺の西ジャワ州から、中部ジャワ州、東ジャワ州に至るジャワ島北部を中心に広く分布している。

この膨張性粘土は、降雨による水分の吸収と乾燥によって膨張と収縮を繰り返すことで、地盤の不等隆起・沈下を引き起こし、同地盤上に建設された道路や鉄道等における路盤や法面の滑り崩壊や、舗装への亀裂を発生させるなど多くの被害を引き起こしている。日系企業が多く入居する西ジャワ州の工業団地においても、工場建屋や倉庫などの、沈下や隆起による操業停止や、構内道路の舗装破壊や法面崩壊・がけ崩れなど甚大な被害が発生している。

道路インフラに関しては、インドネシアは道路が国内の主な輸送手段であるにもかかわらず、近隣諸国と比較しても道路開発は遅れている状況である。世界経済フォーラムの世界競争力レポートにおいて、同国の道路インフラ分野の指標は80位で、シンガポール(3位)、マレーシア(15位)、タイ(51位)などに比べて低く、さらにGDPに占める物流コストの割合も24%と近隣諸国と比べて高く、交通インフラの不備が同国の経済成長を阻害する一因になっている。道路整備の進まない原因には、政府および民間の資金不足や建設のための人材不足など様々な要素があるが、同国内に広く広がる膨張性粘土を含む軟弱地盤対策のための適切な技術・工法の不足も要因の一つに挙げられている。

② 都市部における洪水・浸水被害

ジャカルタ首都圏をはじめとする都市部では、近年、建物や舗装等の不透水面の増加に伴い、雨水が直接低い土地や河川に流れ込むことにより内水氾濫や洪水が増加し、毎年、雨季になると深刻な浸水被害に見舞われており、局所的な水害が常態化している。最近では、2019年末から2020年1月にかけての豪雨で、ジャカルタ周辺で大規模な洪水・浸水が発生し60人以上が死亡し約45万人が避難するほどの被害が発生するなど、洪水・浸水対策は同国の重要な課題となっている。

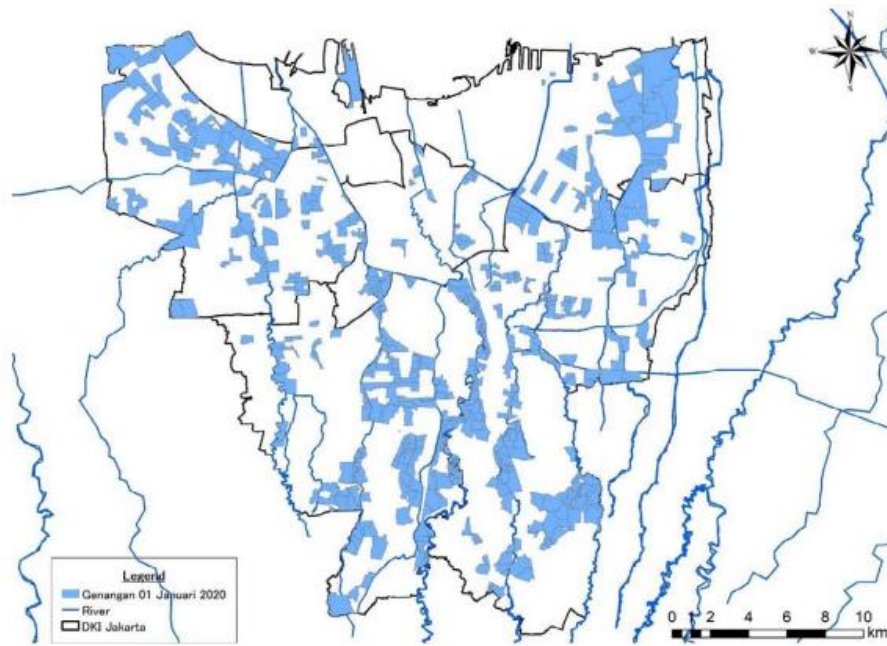


出典：Value Engineering in Road Construction at Expansive Soil, Hardiansyah Putra (2012)

図1 インドネシアでの膨張性粘土の分布



図2 道路の舗装破壊 (東ジャワ州マデウン県)



(出典：BNPB)

図 3 ジャカルタ特別州 洪水浸水範囲（2020年1月）

また、ジャカルタでは地下水の過剰な揚水を一因として、特に2000年以降、地盤沈下が進行している。これは工場やビルなどによる過剰な地下水の汲上げが主因であると考えられており、特に経済活動が集中する北部の低地でその傾向が著しく、ジャカルタの総面積の6割以上が海拔ゼロメートル以下の低地に位置する状況にあるなど、満潮時、降雨時に浸水被害による住民への影響に加え、建物や橋梁、水道・下水道管、ガス管など各種インフラへの影響も懸念されている。

(2) 開発課題の背景・原因

① 膨張性粘土への有効な対策の不足

現在、インドネシアにおける膨張土被害への対策としては、様々な対策が取られており、工業団地等の生産施設の建設にあたっては、①膨張性のない土壌（ライムストーンなど含む）への置換、②セメント系材料の注入工法（土壌改良）などが行われている。通常、工期やコストとの兼ね合いもあり、地表から1～2m程度の対策を行うが、地盤の膨張性が高い場合にはあまり効果が得られないケースが多い。

表 1 既存の主な膨張性粘土対策（生産施設の建設）

	①ライムストーン（石灰岩）による表層土の置換	②セメント系材料による注入工法
概要	膨張土地盤の表層部分を粒状体であるライムストーン（石灰岩）に置換することで膨張を緩衝させる。	セメント等を注入して膨張土地盤の地表周辺を固める地盤改良工法
費用	1 m ² あたり 3,000 円程度（1,000 m ² の施工で約 300 万円）	1 m ² あたり 5,000 円程度（1,000 m ² の施工で約 500 万円）

	①ライムストーン(石灰岩)による 表層土の置換	②セメント系材料による注入工法
特徴	インドネシアで広く行われているが十分な効果が得られていない。	日系企業を中心に行われているが他工法に比べて高価になる。

一方、膨張性粘土が多く分布する西ジャワ州に所在する日系工業団地では、膨張性粘土への対応は各入居企業の責任の下で行うため、各社ごとに詳細なやり方は異なるが、一般的には、表層から100m以上の大深度まで杭を打ち、地面から少し離れた状態で梁を作ることで膨張性粘土の影響を緩衝させるための空間を設ける、いわゆる「高床式」の構造とする方法が採られている。ただしこの手法は、膨張性粘土への対策としては非常に効果が高いが、その分費用も高く、資金力のある日系工業団地以外のローカルの建設会社が施工する工業団地ではおそらく同様の対策は行っておらず、国内に広く普及しているとはいえない状況である。(カラワン工業団地にて聞き取り)。

また、道路建設においては、従来型の土壌の置換に加えて、近年、公共事業・国民住宅省により、遮水性のジオメンブレンなどを舗装の下に敷設することで道路部分と膨張性粘土が触れないようにとの対策が一部試用されているが、遮水シートの敷設後に良質土で埋め戻す必要があるなど施工費が高額になることから、まだ国内での普及には至っていない状況である。

② 雨水流出抑制対策の不備

ジャカルタ首都特別州(DKI ジャカルタ)では、水資源局により州内の洪水対策として、貯水池、運河、河川の浚渫、防潮堤の建設、治水のための河川の正常化などに加えて、近年は、雨水流出抑制対策として、特に浸透井戸(Sumur resapan)の建設に取り組んでいる。また、民間の大規模な施設に対しても、雨水浸透施設の導入を義務付けている(後述)。ただ、州内の特に中部・北部地域はシルト・粘土質の土壌で地下水位が高いことから浸透能力が小さく適していないことや、浸透井戸を道路脇や道路の真ん中に設置されるケースが多く、車両の通行に対して十分な強度を有していないために、浸透井戸や路面の損傷という問題を引き起こしている(これにより、しばらく浸透井戸の導入がストップしたとのこと)。浸透井戸を始めとする、雨水浸透施設を雨水流出設計に基づき適切な場所に配置するなどの「浸透井戸の適切で効果的な導入」が課題となっている。



図4 車道への浸透井戸の設置の様子

2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

(1) 開発計画および政策

① 国家中期開発計画(RPJMN 2020-2024)

インドネシアは、国家中期開発計画(RPJMN 2020-2024)の中で、7つの開発アジェンダを掲げて

おり、このうちの「経済発展を支えるインフラストラクチャーの強化」では、経済競争力強化による開発促進のために、道路・鉄道などの輸送インフラを含む「経済インフラ開発」の促進を謳っており、19件の大規模なインフラ施設の整備プロジェクトを始め、経済開発を推進するための41の優先プロジェクトを定めており、今後、首都移転事業や全国8か所の工業団地、31箇所の精錬所の新規開発などの大規模プロジェクトが予定されている。また、道路の安定性向上についても述べており、「国道の98%、州道の75%、県道の65%において安定性を向上させる」と具体的な目標値を掲げ、道路・交通網のインフラ開発と共にその安定性を高めていく意向を有している。

② 公共事業・国民住宅省の戦略計画(2020-24)

公共事業・国民住宅省(PUPR)の戦略計画(2020-24)では、各公共事業分野における開発計画が発表されており、道路開発分野では2024年までに2,500kmの新規国道、1,500kmの有料道路(高速道路)の建設、2030年までに3,000kmの新規国道ならびに2,000kmの高速道路の建設を目標に掲げている。また、既存道路の道路状況の安定についても47,017kmの既存国道の改善が計画されている。

③ ジャカルタ首都特別州 地域開発計画 2023-2026

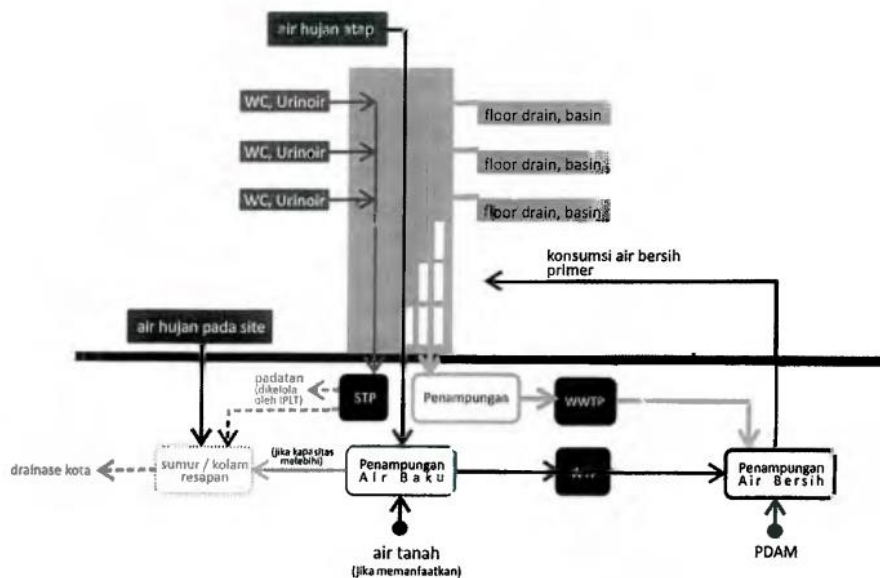
ジャカルタ首都特別州(DKI)は2022年6月に、州知事規則第25号として**地域開発計画(2023-2026)**を策定した。同計画において、中期開発における6つの戦略的課題を挙げており、1つ目の課題「災害に強い都市づくり」の中では、ジャカルタの洪水や浸水に対する脆弱性について触れられている。「ジャカルタの洪水対策は、コンクリートにより河川の流れを変更させるだけでなく、貯水池の建設やジャカルタ南部に浸透井戸を増やすことによって、ジャカルタの南から北河口に流れる水をより長く保持することができる」とし、具体的な実施施策の一つとして「雨水貯留施設と浸透井戸の建設と能力向上」が挙げられている。

(2) 法令等

① ジャカルタ首都特別州 グリーンビルディング条例

ジャカルタ特別州は、2012年にグリーンビルディングに関する知事規則第38号(グリーンビルディング条例)を制定し、一定規模以上の建築物を対象として、資源を効率的に削減、保全および使用するために、エネルギー、水、室内の空気、土地利用、汚水処理、建設時の環境対策を規制している。その後、同条例は2022年に、同知事規則2022年第60号として改訂されている。

同条例においては、新築及び既存の建物を、大規模建築物(建築面積20,000m²以上または地上8階建て以上など)、中規模建築物(建築面積5,000m²以上)、小規模建築物(1,500m²以上の商業施設、学校、350m²以上の住宅など)に分類し、それぞれに対して果たすべき要件、インセンティブ、指導・監督などを定めている。雨水については、新築の大・中規模建築物の建設にあたり、屋根面積の少なくとも50%を雨水貯留のための集水域として使用し、貯留槽または特殊タンクに貯留し再利用又は浸透させる雨水処理システムの導入が義務付けられている(第30条および第55条)。



(出典) グリーンビルディングに関するジャカルタ特別州知事規則 2022 年第 60 号

図 5 ジャカルタ特別州グリーン建築条例で提唱する雨水収集・利用システム

3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針

本事業においては、ポーラスコンクリート製品を活用し、土壌中の水分を集めて排水する「集水工法(後述)」により、膨張性粘土および軟弱地盤対策としての普及を目標とするとともに、雨水を地中に浸透させる「浸透工法」により、浸透適地において雨水を浸透させ、低い土地や下水道、河川への雨水の流出を抑制することによる、洪水・浸水対策としての普及を目指している。

上記の開発課題は、それぞれ、「対インドネシア国別開発協力方針」、「事業展開計画」における以下の分野・課題に合致する。

表 2 国別開発協力方針との関連性

	膨張性地盤・軟弱地盤による インフラ被害の軽減 (集水工法)	洪水・浸水被害の軽減 (浸透工法)
重点分野 (中目標)	重点分野 1 : 国際競争力の向上に向けた支援	重点分野 2 : 均衡ある発展を通じた安全で公正な社会の実現に向けた支援
開発課題 (小目標)	開発課題 1-1 : 質の高いインフラ整備	開発課題 2-2 : 安全で公正な社会に向けた防災対策・行政機能向上
協力プログラム	物流・運輸・交通等インフラ整備プログラム	防災能力・行政機能向上プログラム
関連する案件	地方道路維持管理能力向上プロジェクト など	ジャカルタ地盤沈下対策プロジェクト、洪水制御セクター・ローン など

4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

(1) 我が国の ODA 事業

我が国の ODA 事業によってこれまでに実施された、当該開発課題に関連する事業は以下のとおりである。

① ジャカルタ地盤沈下対策プロジェクト

表 3 ジャカルタ地盤沈下対策プロジェクト概要

事業名	インドネシア国ジャカルタ地盤沈下対策プロジェクト
ODA スキーム	技術協力プロジェクト
協力期間	2018年5月～2022年11月（4年7ヶ月）
カウンターパート機関	公共事業・国民住宅省 水資源総局
目標	ジャカルタ特別州において地盤沈下対策を推進するための体制を整備し、アクションプランを策定することにより、インドネシア側関係機関による対策の促進と人材育成に寄与する。

(出典) JICA ODA 見える化サイト

ジャカルタの地盤沈下の問題には、地下水管理、水供給、治水などの水に関する多くの要素が互いに関係してくることから、公共事業・国民住宅省（以下 PUPR）水資源総局を主な実施機関とし、ジャカルタ特別州の関係部局、国家開発計画庁(BAPPENAS)、PUPR 人間居住総局など多岐にわたる機関と関連し、「統合水資源管理」の考え方を踏まえて、ジャカルタの地盤沈下対策の計画・実施体制の構築、アクションプランの策定を目指す取り組みである。

本プロジェクトでは、地盤沈下現象を軽減するための対策を「緩和策」、地盤沈下によって高まる災害リスク(洪水、高潮等)に対する対策を「適応策」と定義している。この緩和策の一つとして「地下水の涵養」が挙げられており、ジャカルタ近郊での雨水浸透施設の設置実績やその効果、設置に適した効果的な場所、雨水浸透施設の普及における課題、現存する法規制などについて、本案件化調査、ならびに今後のビジネス展開計画策定にあたっての参考とした。

② 民間連携事業

民間連携事業での類似分野での事業としては、これまでにインドネシアを対象国として、以下の事業が実施されている。

表 4 関連する ODA 事業（民間連携事業）

No	ODA 案件名	実施期間	提案企業	事業概要
1	「中間混合処理工法」を用いた地盤改良による交通インフラ整備支援にかかる案件化調査	2016年5月～2017年5月	(株)ワイビーエム	軟弱地盤を原因とするインフラの地盤沈下の防止、軟弱地盤地域における地震被害の抑制に貢献するため、インドネシア国内において新た

No	ODA 案件名	実施期間	提案企業	事業概要
	「中層混合処理工法」による地盤改良効果の普及・実証事業	2018年12月～2023年1月		な地盤改良工法「中層混合処理工法」の導入と、同工法を高品質かつ適切に施工可能な提案製品の市場創出を目的とする。
2	プレキャスト雨水浸透側溝及び貯留施設の導入にかかる案件化調査	2016年10月～2017年9月	(株)ヤマウ	南スラウェシ州マカッサル市において、側溝の側壁や底面部から雨水を地中に浸透させる「プレキャスト雨水浸透側溝」および「プレキャスト雨水貯留施設」を導入することによって、水害への対応力を強化し、安全で安心な防災・災害対策の実施を目指す。
	プレキャスト雨水貯留施設導入に係る普及・実証事業	2018年6月～2022年2月		

(2) 他ドナーの先行事例分析

ジャカルタの洪水対策を含む総合治水への対策としては、オランダ政府ならびに韓国国際協力団(KOICA)によって、首都統合沿岸開発(NCICD)として北ジャカルタ沖の巨大防潮堤建設計画が進められている。また、ジャカルタ周辺の表流水の開発に関しては、アジア開発銀行(ADB)が支援を行っているほか、世界銀行は、気候変動対策の視点からジャカルタにおける洪水対策を支援している。

膨張性粘土および軟弱地盤によるインフラ被害対策においては、近年の援助活動は実施されていない。

第2 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(1) 企業情報

当社は1973年の創業以来、約50年にわたり、ポーラスコンクリートの専門メーカーとして、高品質なコンクリート製品の製造・販売を手掛けている。また、雨水浸透の計算に基づく設計・コンサルテーションから、製品の設置工事、その後のメンテナンス(清掃など)業務に至る全ての工程をワンストップサービスとして事業展開を行っていることが特徴であり、特に、上流工程であるコンサルテーションからの設計折込(スペックイン)が可能であることを強みとしている。

表5 企業情報

会社名	北海道ポラコン株式会社
創業年月日	1973(昭和48)年6月6日
代表者	代表取締役社長 中島 康成
資本金	3,000万円
所在地	札幌市中央区南4条西6丁目8 晴ばれビル7階
事業内容	① 浸透用製品および集水用製品の製造販売 ② 透水性、保水性舗装ブロックの製造販売 ③ 透水性河川ブロックの製造販売 ④ 浸透施設、集水施設の設計 ⑤ 現地浸透試験(計画・試験・解析・実施設計)・土質調査 ⑥ コンクリート製品洗浄事業 ⑦ 外構工事事業 ⑧ その他土木工事

(2) 海外ビジネス展開の位置づけ

当社は、北海道内では主力製品のポーラスコンクリート製品において約70%のシェアを占めるなど、現時点において業績は好調を維持している。しかしながら、日本国内のコンクリート業界の景況感を測る指標である「セメント販売量」をみると、北海道内の販売量は2001年度の3,484千トンから、2020年度の1,911千トンと約45%の大幅な減少に見舞われている((一社)セメント協会)。全国平均に比べても北海道の減少幅は10%ほど大きく、今後も大幅な需要の回復は見込めないと推測している。このような背景の中、コンクリート製品の市場縮小傾向を補完するとともに事業の成長性を確保し、今後の事業継続、再拡大を行うためには、新たなマーケットを開拓するための海外展開が必須となっている。

2. 提案製品・技術の概要

(1) 提案製品・技術の概要

提案製品・技術は、自社製品である多孔質(ポーラス)コンクリート製品と、それらを活用した雨水処理に関する設計技術およびノウハウである。ポーラスコンクリートとは、連続的な多孔質の“雷おこし”のような形状の特殊なコンクリートである。その形状から、透水・浸透・植生・吸音・浄化等の特徴があり、水と都市化を繋ぐ環境調和型製品として、日本では雨水処理の用途で広く活用されている。雨水処理としては、洪水・浸水対策として、雨水を土中に浸透させる



図 6 ポーラスコンクリート

「浸透工法」と、軟弱地盤対策として、降雨により地中に含まれた雨水を集めて排出する「集水工法」がある。インドネシアで発生している膨張性粘土によるインフラ被害への対策としては、地盤内に侵入した雨水を素早く集水・排水するための集水工法の適用が見込まれる。

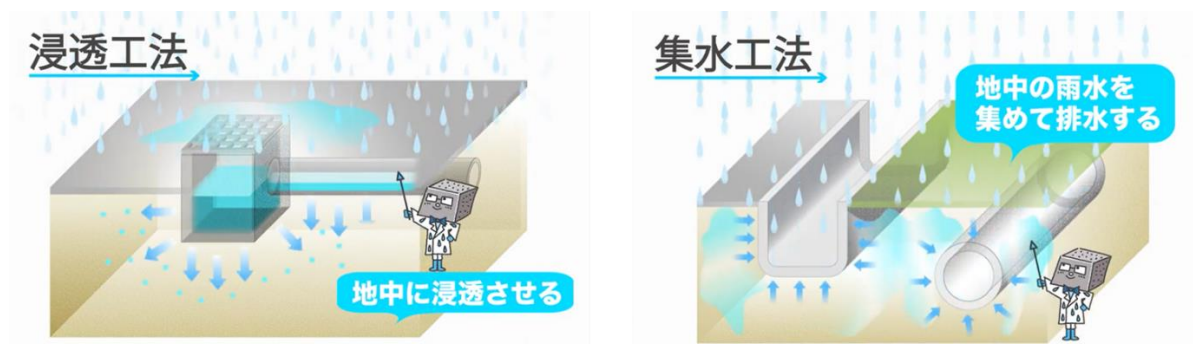


図 7 浸透工法と集水工法のイメージ

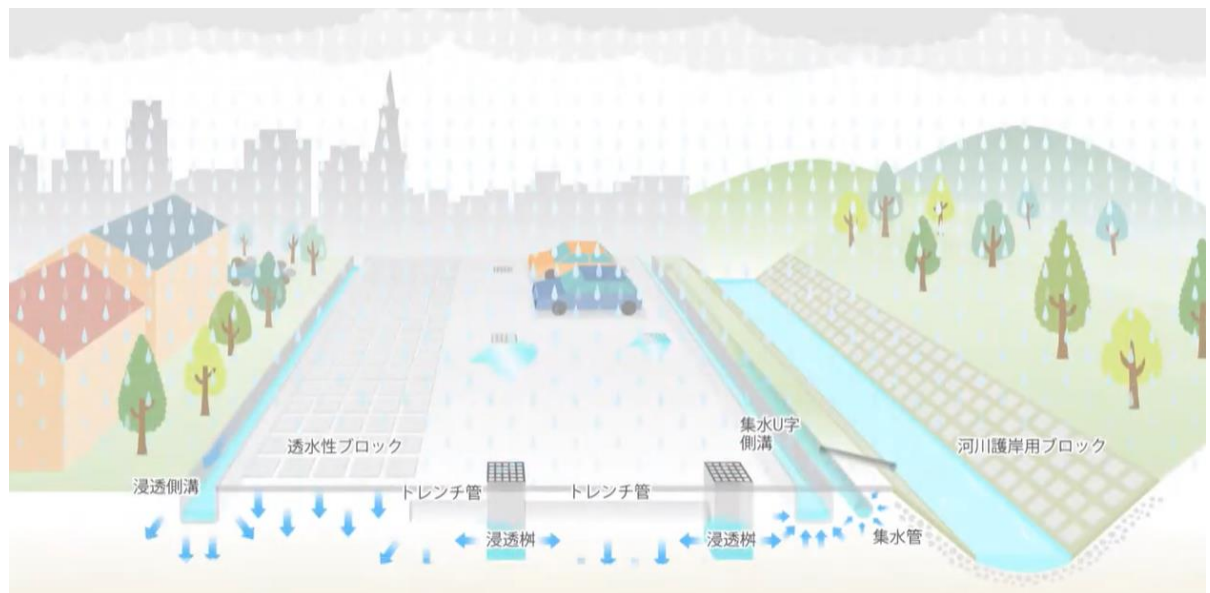




図 8 ポーラスコンクリート製品の主な用途

当社は、ポーラスコンクリート製品メーカーとして、国内においては、浸透トレンチ管 (パイプ)、ボックスカルバート、インターロッキングブロック、浸透側溝、護岸ブロックなど現場のニ

ーズに合わせて幅広い製品の製造・販売を行っているが、インドネシア国においては当面、下記の透水性ポラコン管および透水コンクリート U 字溝の導入を想定する。

表 6 製品のスペック・価格

製品名	特長	スペック・価格
透水ポラコン管 	当社の特殊製法によって、優れた透水性を実現した集水パイプで、全面での集水が可能。流速の変化が極めて少なく目詰まりが起こりにくいことが特徴。	<ul style="list-style-type: none"> ・ k-450(内径 450mm×厚さ 58mm×長さ 1,000mm)の規格で国内標準販売価格は 15,530 円/本。重量は 186kg。 ・ 現地生産により製造原価を低減し、1 ユニットあたり 5,755 円(日本の 1/3 程度)を想定している。
透水コンクリート U 字溝 	道路側面などで側面からの集水効果がある U 型側溝。側面からの集水により水位をポーラス最下部までさげる効果がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・ PUW-300B(長さ 2,000mm、内径 300mm×深さ 300mm)の規格で国内標準価格は 21,320 円。重量は 250kg。蓋は 1,790 円(重量 27.5kg) ・ 現地生産により製造原価を低減し、1 ユニット(2m)あたり 9,978 円(日本の約 1/2)を想定している。

(2) ターゲット市場

当社は、ポーラスコンクリート製品分野では数少ない専門メーカーであり、提案製品のターゲットとなる商圏は北海道全域および青森県など東北地方の一部までカバーしている。主要取引先は、国土交通省、環境省、北海道庁、札幌市、帯広市、千歳市などの公的機関に加え、清水建設、DCM ホールディングス、サッポロドラッグストア、セイコーマートなどの民間企業に至るまで幅広く手掛けており、これまでに集水工法、浸透工法ともに数多くの導入実績を有している。

表 7 国内における主な導入事例

	事例 1	事例 2	事例 3
活用技術	集水工法	集水工法	浸透工法
発注者	帯広市 帯広土木現業所	札幌市	明治乳業十勝新工場
施工概要	地盤の悪い湿地帯に集水ポラコン管とコンクリート U 型溝を組合わせて埋設し近くの河川へ排水。地中の水を抜き地盤安定に貢献した。	札幌市地下鉄工事では、地下水位が高く工事が難航したが、集水ポラコン管を使用した工法により水を抜き施工可能とした。	国内最大規模の乳製品工場において当社の浸透柵を 59 基、浸透トレンチ管を 884m 使用し、広大な敷地の雨水流出抑制を可能とした。

	事例 1	事例 2	事例 3
写真			

3. 提案製品・技術の現地適合性

(1) 現地適合性確認方法

① 背景

当社は、2018 年度中小企業海外展開支援事業～基礎調査～（以後、「基礎調査」）において、現地地質コンサルティング会社と共同で、現地の膨張性粘土の土質特性について試験を行い、膨張性粘土層では、雨水に浸されてから一定のタイムラグ(50 分程度)を経て膨張が起こることを確認している。この試験結果より、雨水が侵入してから地盤が膨張を始めるまでの間に地盤内の水分を素早く集水・排水することで、膨張を防ぐことが可能であるとの結論(仮説)に至った。

前述のとおり、ポーラスコンクリート製品は、これまでに日本国内の泥や多量の水を含んだ軟弱地盤に対して、地盤内の雨水や地下水を素早く集水・排水することによって地盤の安定化に貢献してきたことから、インドネシアの膨張性粘土においても、同様の働きにより土中の水分を集水・排水することで膨張を抑制できると想定し、現地適合性の確認方法として、実際の膨張性粘土地盤における、ポーラスコンクリート製品の集水・排水性能の実地試験を行った。

② 試験サイトの選定

公共事業国民住宅省 道路総局傘下の道路・橋梁エンジニアリング局より、同局の敷地内(西ジャワ州バンドン市内)に、膨張性粘土を含む土壌が存在するとの情報をもとに、2022 年 7 月に、現地地質コンサルティング会社に委託して、同敷地内 2 箇所 (Area-1, Area-2) の地点において土壌を採取し、簡易な膨張性試験を行い、両者とも土壌の膨張性が認められたため、樹木が施設設置や降雨量測定の影響にならない Area-2 を性能試験地点とした。



図 9 現地で確認された膨張性粘土 (左)、性能試験候補地点 (Area-1 & Area-2)

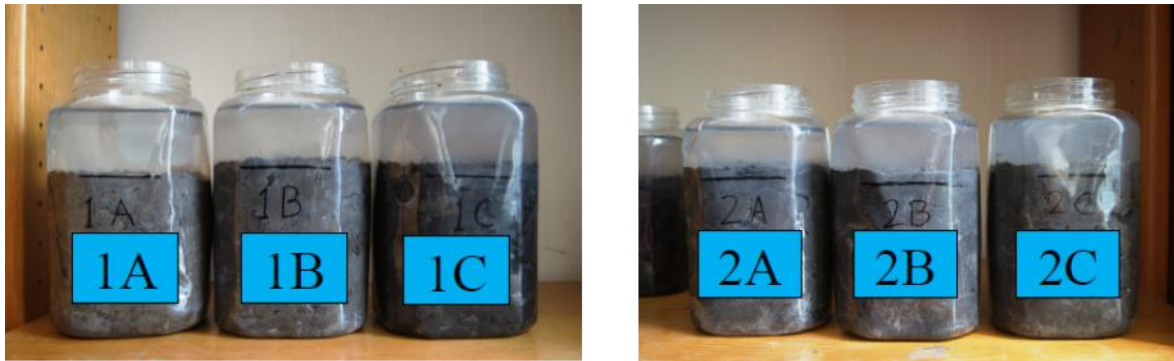


図 10 簡易な膨張性試験 (Area-1 & Area-2)

③ 現地土壌の膨張性評価

Area-2 の試験サイト 2 地点において、深度 0.5m、1.0m、1.5m から不攪乱土壌を採取し、膨張性試験を含む室内土質試験を実施した。表 8 および図 11 にその結果を示す。無荷重時の膨張率が 0.57%~1.21% (平均 0.95%)、土被り荷重時の膨張率が 0.0%~1.07% (平均 0.59%)、膨張圧が 23.0kN/m²~45.0kN/m² (平均 35.67kN/m²) の範囲にあり、膨張性は高くはないものの膨張性粘土が存在する。また、図 11 の左図に示すとおり、膨張圧が有効土被り荷重 (Effective Overburden Pressure) より大きいため、表面土壌が持ち上げられることが予測された。したがって、同地をポーラスコンクリートの性能試験サイトとして施設設置を実施した。

表 8 室内土質試験結果による膨張性の評価結果

Location No.	不攪乱土壌の採取深度 (m)		無荷重時の膨張率 (%)	土被り荷重時の膨張率 (%)	膨張圧 (kN/m ²)	膨張性
	From	To				
1	0.50	0.57	1.13	1.07	45.0	Low
	1.00	1.07	0.90	0.66	41.0	Low
	1.50	1.57	0.96	0.45	34.0	Low
2	0.50	0.57	0.57	0.53	29.0	Low
	1.00	1.07	1.21	0.83	42.0	Low
	1.50	1.57	0.95	0.00	23.0	Low
平均			0.95	0.59	35.67	

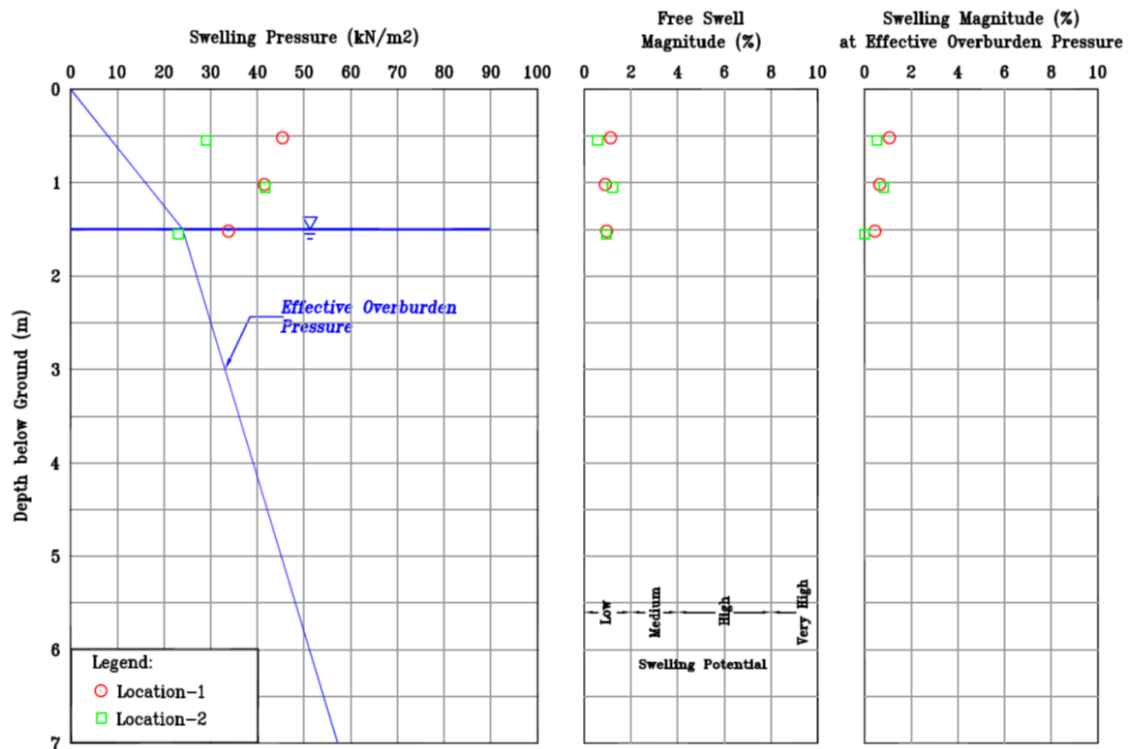


図 11 深度方向の膨張圧および膨張率（無荷重時・土被り荷重時）

④ 試験概要

ポーラスコンクリート製のパイプ(Porous concrete Pipe、以降「PP」)とポーラスコンクリート製のU字溝(Porous concrete U ditch、以降「PU」)、および普通コンクリート製のU字溝(Concrete U ditch、以降「CU」)の3種類の製品の集水・排水性能の比較検証試験を行うため、それぞれの集水面積が同等(約15m²)となるように仕切板にて区画して設置した。PP、PUおよびCUの施設延長は4mで、埋設深度は約0.6mである。図12に施設横断図と施工状況を示す。

各試験区画の排水性能を比較するために、雨量計、流量計、水位計を、地表面からの降雨の浸透状況を比較するために、土壌温度計および土壌水分計を、地表面の膨張量を比較するために沈下板を図13に示すとおり設置した。

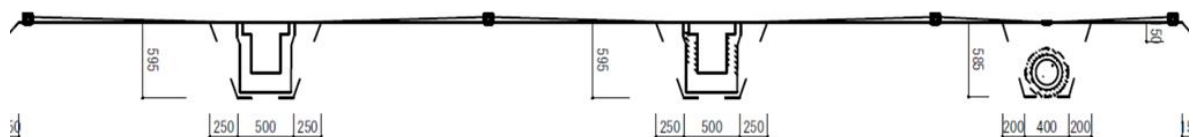


図 12 設置横断図と施工状況

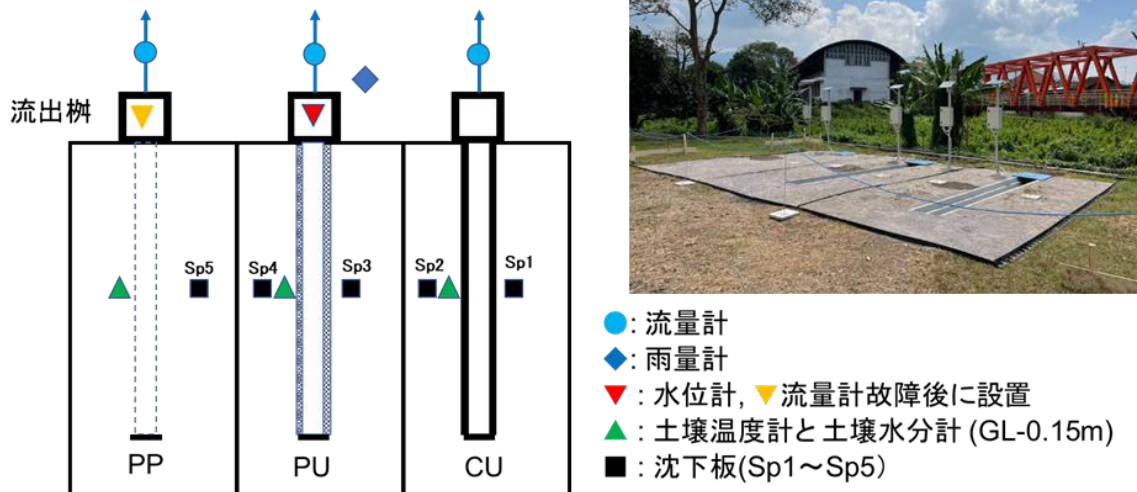


図 13 性能試験施設概要

(2) 現地適合性確認結果 (技術面)

① 透水性からのポーラスコンクリートの集水・排水機能の確認

ポーラスコンクリートの透水係数の規格値は、 10^{-3} m/sec 以上である。現地の表層土壌（地表面）、埋戻し砂および膨張性粘土（施設埋設の床付け面）の現場透水係数を携帯型ミニディスクインフィルトロメータで測定した結果を表 9 に示す。

透水係数の大きさは、ポーラスコンクリート>埋戻し砂>表層土壌>膨張性粘土の順になっており、地表面から侵入した雨水は、膨張性粘土に浸透するよりも透水性の高い埋戻し砂やポーラスコンクリートを介して集水・排水されることを確認した。

表 9 現場透水係数の測定結果

測定箇所	表層度土壌 (地表面)	埋戻し砂	膨張性粘土 (床付け面)
携帯型ミニディスク インフィルトロメータ による測定状況			
現場透水係数(m/sec)	3.784×10^{-6}	7.364×10^{-5}	3.562×10^{-7}

② 流量観測からのポーラスコンクリートの集水・排水性能

図 14 に 2022 年 9 月 2 日～2023 年 5 月 23 日の間に 10 分間隔にて測定された排水量（CU，PU，PP）、流出桝水位（PU，PP）および降雨量のデータを示す。2022 年 12 月 11 日から PP の流量計が故障したため、PP 流出桝に水位計を設置し、2023 年 1 月 18 日から水位計測を開始した。PP の排水量は流出桝水位から換算する対応を取った。

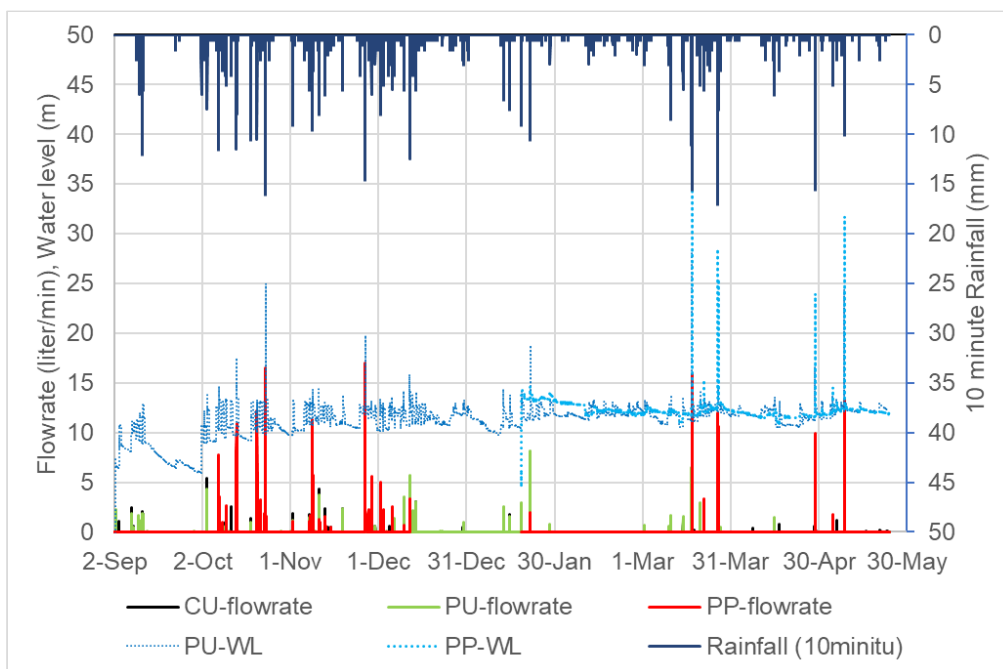


図 14 排水量・水位・降雨量の測定結果（2022.9.2～2023.5.23）

各施設の集水・排水性能については、集水面積（CU：15.02m²、PU：15.52m²、PP：14.77m²）がそれぞれ若干異なるので、排水量を集水面積で除した排水高にて比較することにした。

図 15 に、各施設からの累積排水高と累積降雨量を比較したものを示す。なお、前述したとおり PP の排水量データが 2022 年 12 月 11 日～2023 年 1 月 18 日の間欠測しているため、PP の累積排水高については、その流出桝水位を測定開始した 2023 年 1 月 18 日からの累積降雨量と比較したグラフも示している。図 15 から、集水・排水性能の高さは PP>PU>CU のとおりである。また、PP の累積排水高の累積降雨量に対する割合が、前半と後半で大きく違うのは、試験区域外の雨水表流水が前半では試験区域内にも流れ込んでいたため、後半においては試験区域周囲に素掘り側溝を配置してその流入を防止したためである（図 16 参照）。なお、各観測期間における累積排水高は表 10 に示すとおりである。

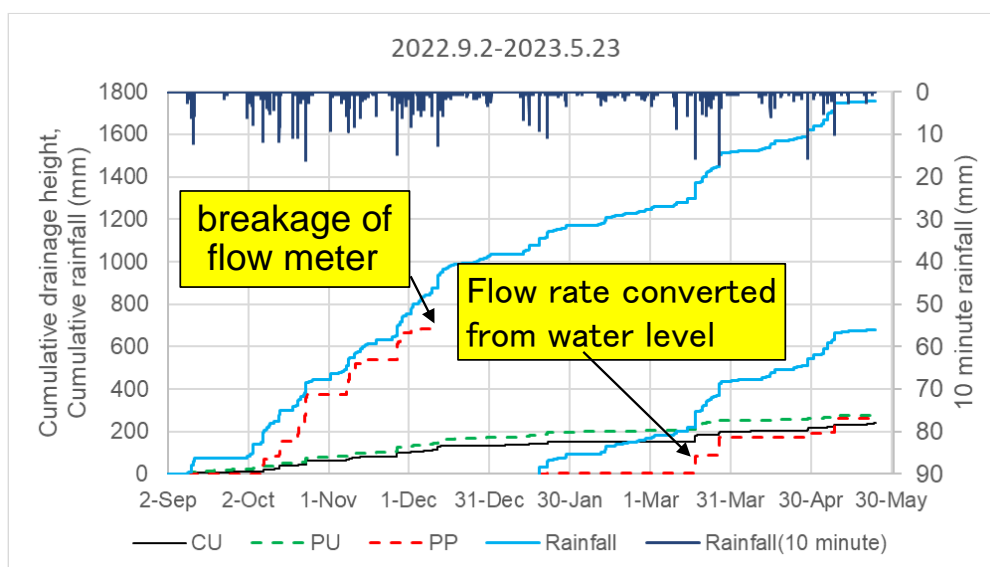


図 15 累積降雨量と各施設からの累積排水高との比較



図 16 PP 試験区への雨水流入状況（左）と外周素掘り側溝による流入防止状況

表 10 各観測期間における累積排水高

観測期間		2022.9.2~2023.5.23	2022.9.2~2022.12.11	2023.1.18~2023.5.23
累積降水量(mm)		1,758.5	919.5	680.0
累積排水量(L)	CU	3,584.8	1,913.1	1,477.8
	PU	4,286.1	2,435.1	1,450.7
	PP	- (欠測あり)	10,188.6	3,832.4
累積排水高(mm)	CU	238.7	127.4	98.4
	PU	276.1	156.9	93.5
	PP	- (欠測あり)	689.9	259.5

③ 各施設の排水特性

2023年3月26日に観測された降雨量と各施設からの排水量並びに累積降雨量と各施設からの累積排水高との関係を図 17 に示す。

左の図より、PP は、一旦地中に侵入した雨水を収集して排出するため、CU や PU に比べて排出開始時間が遅れる特性がある。また、PU についても土中水の排出に伴い降雨ピーク時の排水量は CU に比べ若干少ないものの、降雨ピーク後の排水量は CU より多いことが分かる。

右の図より、1日の降雨イベントにおいても、集水・排水性能は、累積排水高から $PP > PU > CU$ の順に高い。また、PP の累積排水高が累積降雨量より大きいいため、試験区域外からの表流水の流入は防止できたが、試験区域外において土中に浸透した雨水を集水・排水していることが示唆された。

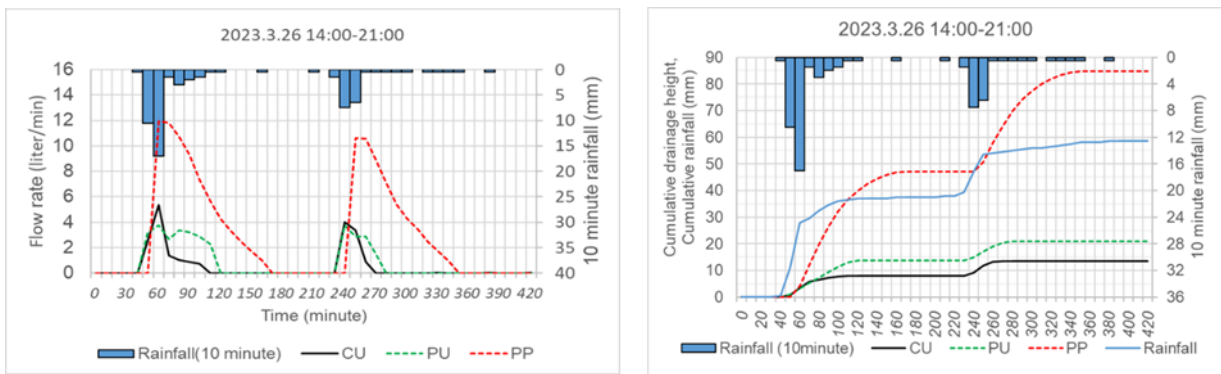


図 17 降雨量と排水量の関係（左）、累積降雨量と累積排水高との関係（右）

④ 土壌水分および土壌温度について

図 18 に、2022年10月7日（左図）と2023年3月26日～4月4日の間（右図）の土壌水分および

び土壤温度の経時変化を示す。土壤水分は、雨水の侵入に伴い PP>PU>CU の順に多くなる傾向があるが、降雨が無いと徐々に減少しほぼ同値となる。土壤温度は、雨水の侵入によって一旦低下するが、気温の日周期に連動して変化している。以上の事より、地表面からの雨水の浸透が確認された。

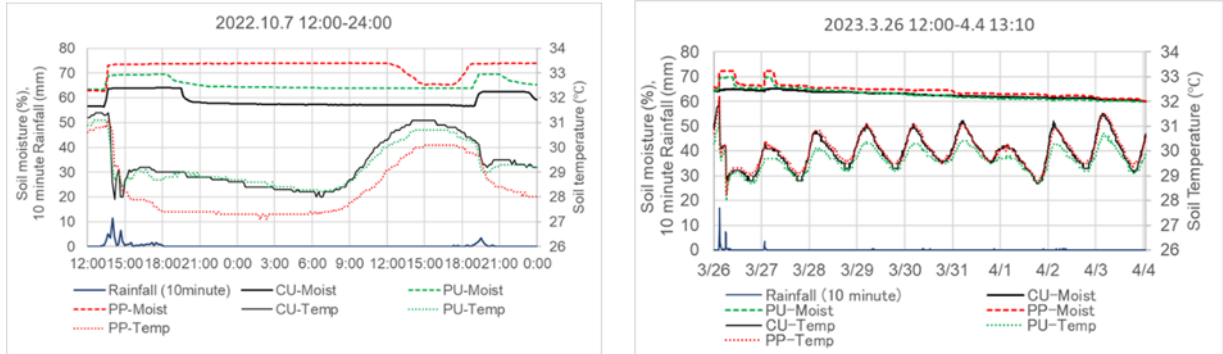


図 18 土壤水分および土壤温度の経時変化

⑤ 地表面の膨張量について

地表面の膨張量の測定は、沈下板の棒にマークした標点と固定の位置に設置するレーザーレベル計の照射線との離隔を計測することで実施した（図 19 参照）。図 20 に降雨量と各沈下板の膨張量を示す。室内土質試験では現地土壤は膨張性が低いと判定されたが、地表面の累積膨張量は、およそ 150mm~180mm の範囲にあった（地下水面より上位の土被り厚 1.5m に対し 10%以上の膨張率）。雨水の土中浸透による土壤水分量の増加が多くなる PP、PU、CU の順に累積膨張量も大きくなる傾向がみられたが、その差異は 30mm 程度である。

今回の現地地形はほぼ平坦であるため、ポーラスコンクリート製品の膨張低減効果に対する優位性が発揮できなかつたが、インドネシアにおいて長年膨張性粘土の研究を行っているバンドン工科大学のハスビー先生より、斜面での適用においてはその優位性が期待できるとのコメントを頂いている。



図 19 レーザーレベル計による沈下版の測定状況

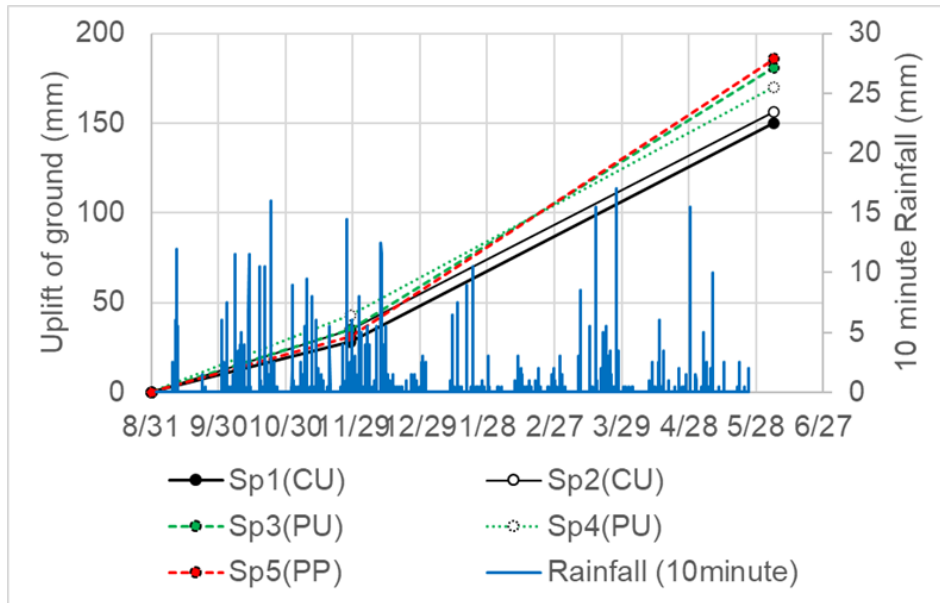


図 20 地表面の膨張量の測定結果

⑥ 結果まとめ

以上の技術適合性試験およびモニタリングの結果により、以下のことが確認できた。

- 累積排水量と流出率から判断した排水性能は、PP、PU、CU の順で高い。
- 土壌中の水を集める PP からの流出開始は CU よりも遅く、PP の流出遅延効果が示唆された。
- PP は PU や CU よりも土壌水を排出する能力が高い。
- PP と PU は、降雨によって CU よりも土壌表面水分を増加させるが、雨水排水後、降雨がなければ、3つの含水量は時間の経過とともに同じ値まで減少する。
- CU、PU、PP の膨張量の比較から、ポーラスコンクリート製品は膨張性粘土の膨張を過度に促進しないことがわかった。
- ポーラスコンクリート製品は降雨により土壌水分を増加させるため、乾季の土壌収縮を低減できるかどうか今後の課題である。

⑦ ポーラスコンクリート製品の活用方法

本案件化調査での関係者からの聞き取り調査や現場での実地調査を通じ、ポーラスコンクリート製品・技術の適用が見込める分野として、以下の導入先を想定する。

ア) インフラ分野（道路など）

膨張性粘土を含む地盤上に建設された道路の脇や地下にポーラスコンクリート製の集水パイプまたは集水性 U 字溝を設置することで、路面や路盤内に浸入した雨水を速やかに集水・排水することで膨張性粘土の膨張を抑制し、路面の損傷を防ぐことが期待できる。

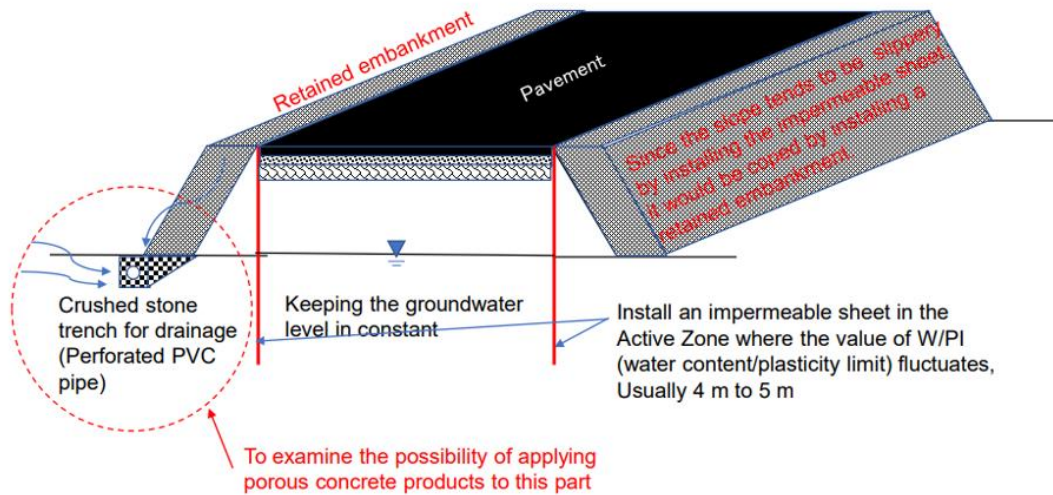


図 21 ポーラスコンクリート製品の活用方法（路面保護）（1）

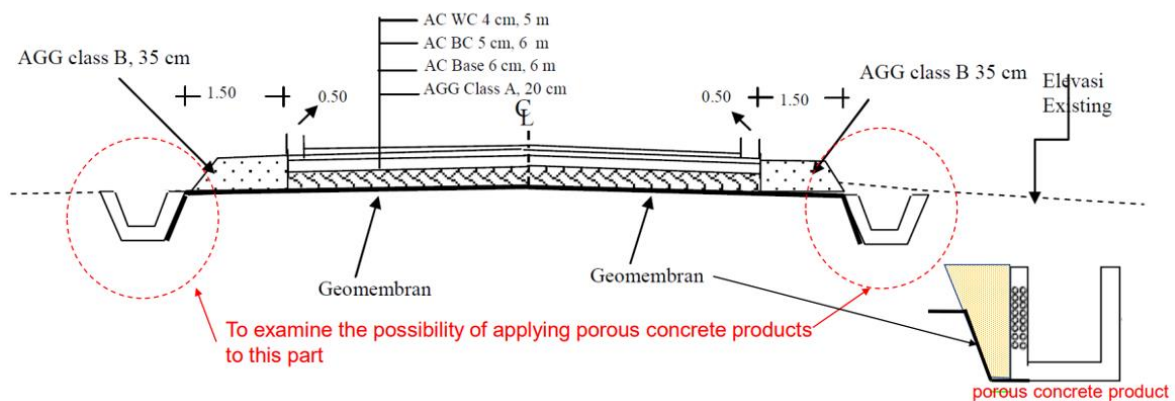


図 22 ポーラスコンクリート製品の活用方法（路面保護）（2）

また、膨張性粘土を含む地盤に建設された道路法面に対して、法面を段階的に区切り各法面の法尻にポーラスコンクリート製品（U字溝、パイプ）を設置することで、地下水位を適切にコントロールし、土壌の膨張などに起因する法面の崩壊を防ぐことに有効と考えられる。

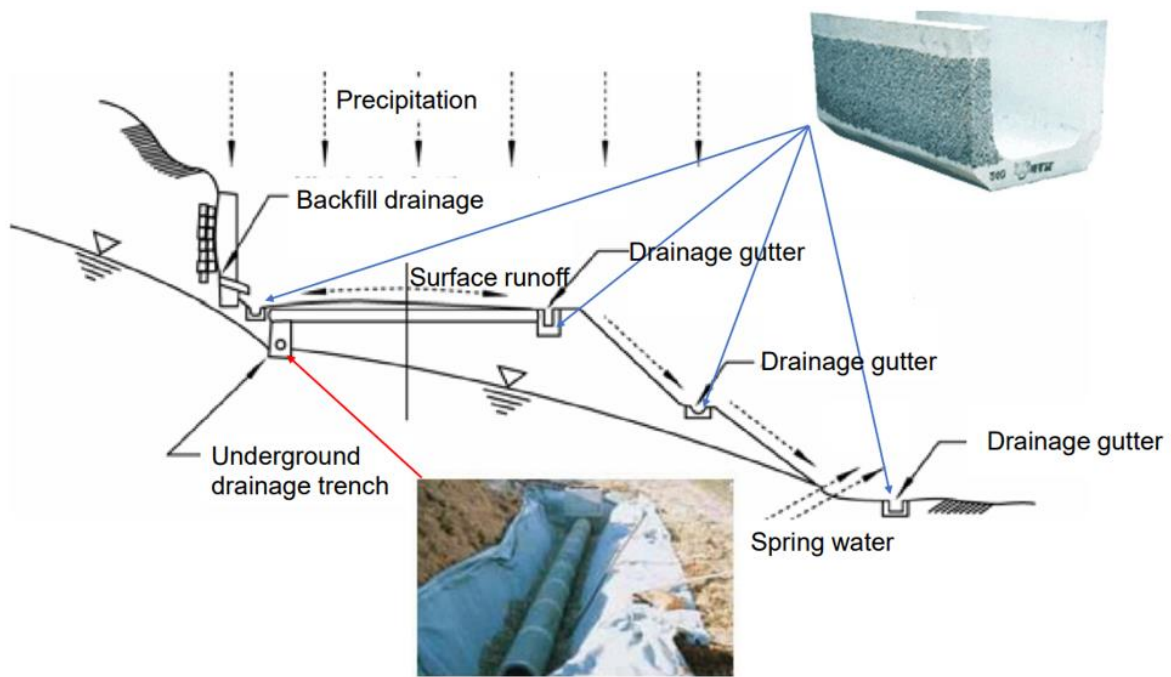


図 23 ポーラスコンクリート製品の活用方法（法面保護）

イ) 雨水流出抑制

膨張性粘土対策（集水工法）以外にも、浸透工法による雨水流出抑制対策としても多くのニーズがあることを確認している。DKI ジャカルタでは、洪水対策の一環として対策としてポーラスコンクリートによる浸透井戸の導入が急ピッチで進められており、同分野での需要（ニーズ）は今後も高まっていくと想定される。現在、公的機関向けには浸透井戸が、民間事業者向けには浸透柵が主に導入されているが、イメージが先行しており、その場所の雨量や土質などを考慮した雨水流出計算に基づいて機能的に導入されているケースはまだ少ないとのこと（現地コンクリートメーカー）。

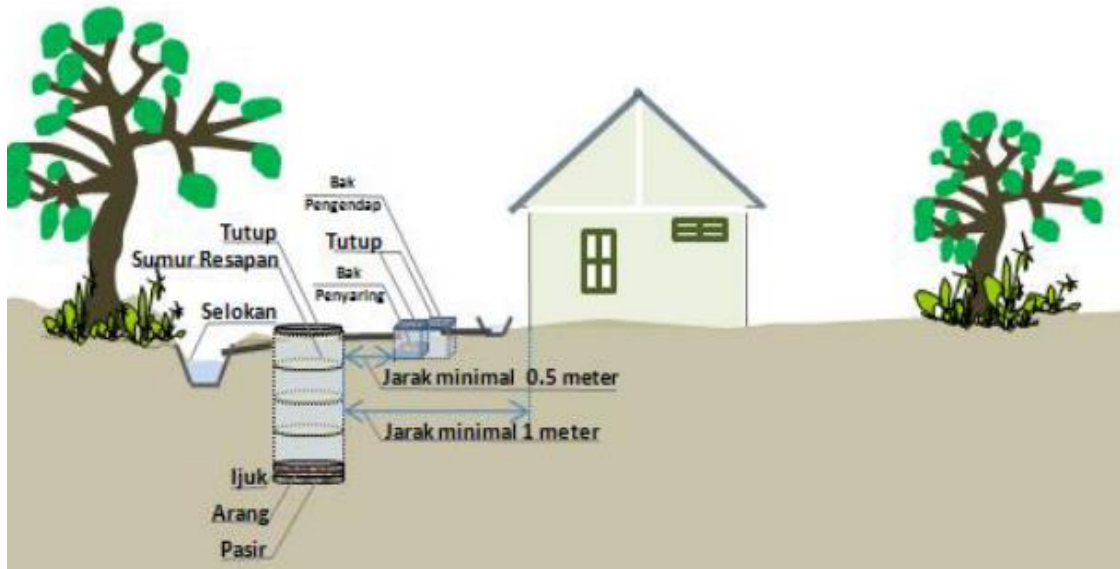


図 24 ポーラスコンクリート製品の活用方法（雨水流出抑制）

（3） 現地適合性確認結果（制度面）

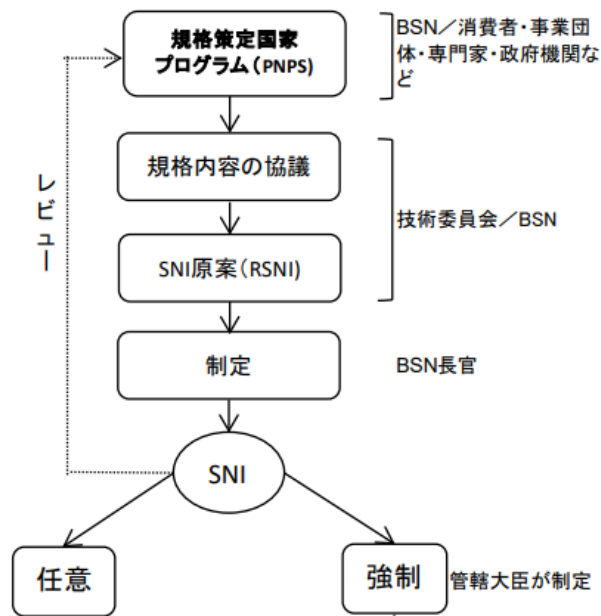
① 製品規格について

インドネシアには国家規格（SNI: Standard National Indonesia）認証制度があり、製品規格に留まらずに、サービスやシステム、プロセス、試験方法、デザイン等の標準化にも及ぶ包括的な規格である。製品分野によって強制適用と任意適用に分かれ、強制適用の対象製品は、SNI を取得しない限りインドネシア国内での流通は認められない。また、任意適用に関しても、SNI を取得していない製品は販売上不利になるため、現地での製品の販売を行うためには事実上 SNI の取得は不可欠であるといえる。

SNI は、その製品分野の SNI そのものを策定するプロセスと、策定された SNI 規格の認証を取得するプロセスとに分かれる。ポーラスコンクリートにおいては、インドネシア国内において SNI 規格がまだ存在していないため認証を受ける必要はなく、現時点では政府機関や民間企業への販売にあたっては自由に行うことが出来る状況である¹。

SNI の新規策定にあたっては、製品を所管する省庁内の設置されている標準化部局のもとで組織される技術委員会において協議される。技術委員会での協議の結果、SNI の原案が作成され最終的には国家標準化庁(BSN)によって SNI として正式に制定される。コンクリート製品の場合は、工業省の工業標準化センター(Pusat Perumusan, Penerapan dan Emperlakuan Standardisasi Industri)が管轄となる。現地コンクリートメーカーの見解では、SNI 策定の協議については、協会や業界団体などで規格の必要性が議論され機運が高まった後に、生コン協会(Ready-mix concrete Association)や建築専門家協会などの業界団体から提言される流れが一般的であるとのことであった。

¹ SNI が制定されていない分野については、アメリカの規格(AASHTO 規格など)などの海外の規格に則って独自に試験を行っている。



(出典) JETRO「インドネシア国家規格 (SNI) について」より一部抜粋

図 25 SNI 策定プロセス

② 公共調達のための登録 (E-カタログ) および国産化優先政策

政府機関(地方政府含む)による公共調達にあたっては、公共事業体などの調達者は、購入したい商品を政府調達庁(LKPP)が作成したE-カタログから選定することになっており、このため、サプライヤー(企業)は自社製品のE-カタログへの登録が必要になる。ただし、民間企業からLKPPに対して直接申請することはできず、まずはエンドユーザーである公的機関からLKPPへ個別に推薦状をだしてもらい必要がある。それを基に、LKPPでE-カタログ登録資格の検討を行い、登録資格を得た場合、カタログに掲載される特定の品目の入札に参加でき、さらに、それに落札した場合は、当該商品がカタログに登録される。

仮に同じ製品であっても、用途によって個別に推薦を受ける必要があり、例えばPUPRの事業の場合、道路への導入であればPUPRの道路総局、住宅地への適用であれば同住宅総局、河川などの治水目的であれば同水資源総局といったように適用分野によって個別に推薦を受けて都度登録申請を行う必要があるとされている。

また、インドネシア政府は2018年から、国内産業の競争力強化のため国産の原材料・部品の利用を積極的に促進する国産品優先政策(P3DN)を実施しており、政府の物品/サービス調達は国産品を利用する義務があるとされている。国産化率40%以上(もしくは国産化率+会社貢献比重40%以上)の製品が国産品と定義されており、国産化率(TKDN)は、政府が指定する審査・監査機関によって、原材料、労働力、製造間接費などの生産要素・コストにおいて、どれだけインドネシア国内の要素を使用しているかで算出される。

4. 開発課題解決貢献可能性

提案製品であるポーラスコンクリート製品/技術の活用により、膨張性粘土対策としては、膨張性

粘土層に侵入した雨水を効果的に集水・排水することで地盤の膨張を軽減し、同地盤上に建設された道路や鉄道、および工場建屋などの被害を防ぐことが可能となる。同製品を使用した工法が、膨張土・軟弱地盤対策工法として普及が進むことで、既存国道をはじめ、鉄道や工業団地など幅広い範囲でインフラ補修のための費用削減に大きく貢献する。また、これまでに膨張土・軟弱地盤に位置するために開発が遅れていた地域にもインフラ整備が進むことで、インドネシアの優先開発課題である「経済発展のためのインフラ強化」および「地域間の均衡ある発展」が促進されることが期待できる。

また、雨水流出抑制対策としては、現在、DKI ジャカルタを中心に行われている浸透井戸や浸透柵の設置による浸水対策に対して、提案技術による浸透性能や強度等の高品質なポーラスコンクリート製品が導入されることに加え、適切な雨水流出計算に基づく設計手法が普及することで、浸透井戸を始めとする流出抑制のための処理施設の適切で効果的な導入が可能となる。また、今後予定される、新首都（IKN ヌサンタラ）を始めとする大規模な住宅やオフィスビル開発などにあたっても適切な雨水流出計算に基づく雨水処理施設の導入が進むことで、浸水被害を軽減し災害に強い都市づくりへの貢献が期待できる。

第3 ODA 事業計画

1. ODA 事業の内容

(1) ODA 事業内容

今後の事業スキームとして「中小企業・SDGs ビジネス支援事業<ビジネス化支援型> **ビジネス化実証事業**」を想定する。本案件化調査において、インドネシアの課題解決に資するポーラスコンクリート製品のニーズとその現地適合性（機能優位性など）の確認ができたことを受け、同事業においては、次のステップとして、高品質なポーラスコンクリート製品の現地での製品開発・生産可能性の検証、ならびにポーラスコンクリート製品/技術の適切で効果的な活用方法についての普及活動を行うことで、現地での生産体制の構築および販路開拓を進め、現地事業の収益確保の目途を立て、事業計画の策定を通じて事業化への筋道を立てることを目的とする。

① 事業の概要

現地コンクリートメーカーを同事業におけるパートナーとし、パートナー企業の生産設備を活用し、当社からの技術指導により、インドネシアの現地ニーズに適合した高品質なポーラスコンクリートの共同での製品開発および生産を行う。現地の材料、生産設備や人員による国産品としての生産可能性、ならびに、パートナー企業の持つ製品導入先（パイロットサイト）での試験導入を通じた機能性の実証を行う。

また、製品の差別化と併せて、インドネシアの環境に適応した、雨水流出抑制設計やポーラスコンクリート製品の活用に係る技術指針を整備し、インフラ等の開発・設計業者に対する普及活動を進めることで、インフラ開発において、上流工程であるコンサルテーションからの同製品のスペックインを可能とする販売・供給体制の構築を図る。

② PDM

本事業の目的、成果および活動内容を下記の PDM（Project Design Matrix）に示す。

表 11 提案する ODA 事業の概要（PDM）

目的：	高品質なポーラスコンクリート製品の現地製品開発・生産可能性の検証、および適切な活用方法に係る普及活動を通じ、現地生産体制の構築および販路開拓を進めることで、現地事業計画の策定を通じた事業化への筋道を立てる
成果：	活動：
成果 1 高品質なポーラスコンクリート製品の現地生産および機能性の検証	活動 1-1: 事業パートナーの現地メーカーへのポーラスコンクリート製品製造に係る技術指導（本邦受入を含む）
	活動 1-2: 現地ニーズに適合したポーラスコンクリート製品の共同開発、試作品製造
	活動 1-3: ポーラスコンクリート製品の品質基準および検査方法等の制定
	活動 1-4: 国産化率の算定等による国産品条件の評価

	活動 1-5：実証サイト（現地パートナー製品納入先）へのポーラスコンクリート製品の試験導入およびモニタリングによる機能性評価
成果 2 ポーラスコンクリート製品の適正な適用に係る設計手法の普及	活動 2-1：ポーラスコンクリート製品を活用した雨水流出抑制対策の設計手法の共有
	活動 2-2：インドネシアの自然環境に適応した、ポーラスコンクリート製品活用に係る技術指針の作成
	活動 2-3：ポーラスコンクリート製品の適正な活用方法について関係機関（官民開発業者、設計業者など）への周知
成果 3 ポーラスコンクリート製品の現地事業展開計画の策定	活動 3-1：ポーラスコンクリート製品のプロモーションのための現地セミナーの開催
	活動 3-2：現地パートナー企業との事業提携の検討および販売網の検証
	活動 3-3：ビジネス展開のための現地事業展開計画の策定

③ 投入

本事業の実施に係る人材、設備、費用等につき、日本側とインドネシア側の分担を以下に示す。

表 12 想定される投入リスト

日本側投入	<ul style="list-style-type: none"> ① 提案企業・外部人材 <ul style="list-style-type: none"> ・業務主任（提案企業） ・生産技術指導／製造原価分析（提案企業） ・施工技術／品質・機能評価（提案企業） ・雨水流出抑制設計指針（提案企業、外部人材） ・開発効果検証／ビジネスモデル策定（外部人材） ② 機材 <ul style="list-style-type: none"> ・製品試験製造用型枠など ③ 本邦受入活動 <ul style="list-style-type: none"> ・参加者航空賃、宿泊費等
インドネシア（パートナー）側投入	<ul style="list-style-type: none"> ① パートナー側における担当者 <ul style="list-style-type: none"> ・技術評価者（1名） ・技術移転対象者（3名） ・その他プロジェクト運営に必要なスタッフ ② 生産設備 <ul style="list-style-type: none"> ・製品開発・試験生産のための場所 ・ポーラスコンクリート生産設備（ミキサーなど） ・製品検査設備

	<ul style="list-style-type: none"> ・材料（セメントおよび骨材）、ユーティリティ（電気、水道） <p>③ プロジェクト運営費</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人件費、システム運転費など
--	---

④ 実施体制図

事業の実施体制と主な役割について以下の体制図に示す。

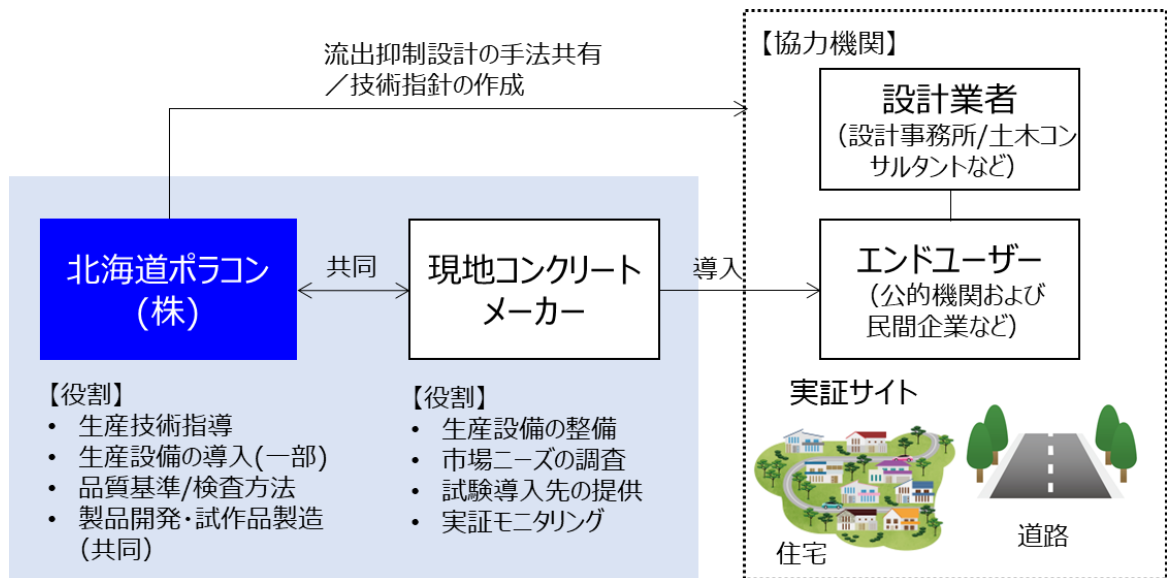


図 26 実施体制図

⑤ 活動計画・作業工程（スケジュール含）

上記 PDM で記述した本事業のスケジュールを以下に示す。

表 13 活動計画・作業工程表

調査項目	2024年										2025年								
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	
1 ポーラス製品の現地生産および機能性の検証																			
1-1 事業パートナーの現地メーカーへのポーラスコンクリート製品製造に係る技術指導		■	■	■	■	■													
1-2 現地ニーズに適合したポーラスコンクリート製品の共同開発、試作品製造	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
1-3 ポーラスコンクリート製品の品質基準および検査方法等の制定				■	■	■	■	■	■										
1-4 国産化率の算定等による国産品条件の評価								■	■	■									
1-5 実証サイトへのポーラス製品の試験導入およびモニタリングによる機能性評価								■	■	■		■	■						
2 ポーラス製品の適正使用に係る設計手法の普及																			
2-1 ポーラスコンクリート製品を活用した雨水流出抑制対策の設計手法の共有					■	■	■			■		■	■			■	■		
2-2 現地環境に適応した、ポーラスコンクリート製品活用に係る技術指針の作成					■	■	■			■		■	■			■	■		
2-3 ポーラスコンクリート製品の適正な活用方法について関係機関への周知										■		■	■			■	■		
3 現地事業展開計画の策定																			
3-1 ポーラスコンクリート製品のプロモーションのための現地セミナーの開催										■		■	■						
3-2 現地パートナー企業との事業提携の検討および販売網の構築				■	■	■	■	■	■			■	■	■	■				
3-3 ビジネス展開のための現地事業展開計画の策定										■		■	■	■	■	■	■		
報告書等提出時期	△業務計画書										△進捗報告書			△業務権料報告書					

凡例
 国内作業
 現地業務

⑥ 事業額概算

事業費は旅費、現地での移動費、備人費（通訳）、機材輸送費、現地再委託費、本邦受入活動費などからなり、総額約 2,000 万円を見込む。

⑦ 本提案事業後のビジネス展開

本提案事業後には、現地コンクリートメーカーをビジネスパートナーとして、同社との事業提携もしくは合弁会社設立により、インドネシアでのポーラスコンクリート製品の製造・販売事業の展開を想定している。

ポーラスコンクリート製品は、重量が大きく輸送費が高額となる事や、特に、国内での公共調達にあたっての国産品優先政策（国産化率規制）があることから、現地での事業化にあたっては、インドネシア国内での製品製造が前提となり、また、生産設備への自社による多額の投資は大きなリスクを伴うため、技術力のある信頼できる現地パートナーとの連携が不可欠であると考えている。また、ポーラスコンクリートについては、近年、インドネシア国内での普及がちょうど始まったタイミングであるため、今後、ローカルの参入企業の増加も想定されている。このような状況において、品質の低い製品との価格競争を回避するために、ポーラスコンクリート製品の品質性能（透水性、強度など）による差別化が必要であり、そのためには、製品導入の前提となる、設計フェーズなどの上流工程において、適切な雨水流出抑制計算や透水性や集水性能に基づいた設計が不可欠となるといえる。

以上より、当社のインドネシアでのビジネス展開にあたっては、それに先立ち、現地での高品質な製品生産体制の基礎構築ならびにインフラ開発・設計事業者の間での適正な設計手法の普及が前提となると認識しており、本提案事業は、当社の現地ビジネス展開において不可欠なものであると考えている。

(2) 対象地域

製品製造の実証については、パートナー企業であるコンクリートメーカーの工場を予定している。また、試験導入先としては、雨水貯留浸透施設としてのポーラスコンクリートによる浸透井戸および浸透柵、透水性ブロックなどの設置が進む、ジャカルタ首都特別州（DKI ジャカルタ）およびデポック市、ボゴール市などの周辺地域、もしくは現在、大規模な開発が進んでおり、雨水処理のニーズの大きい、東カリマンタン州の新首都（IKN ヌサンタラ）開発地域を想定する。

(3) 事業パートナー候補およびこれまでの協議状況

事業パートナーとなる現地コンクリートメーカーについては、現時点において以下の 2 社をパートナー候補と想定している。

① PT. SCG Indonesia

ア) 企業概要

タイのセメント最大手 Siam Cement Group のインドネシア法人。1992 年にインドネシアに進出した後、関連のローカル会社を買収することで事業を拡大してきた。現在は、セメント（建設資材）

分野、化学分野、梱包資材分野の3分野で事業を展開しており、コンクリート関連では、傘下に生コン(PT. SCG Ready Mix)、プレキャスト製品(PT. SCG Pipe and Precast Indonesia)、軽量コンクリートの3つの会社を有している。PT. SCG Pipe and Precast Indonesiaでは、自社工場にてポーラスコンクリート製品の製造・販売を手掛けており、DKI ジャカルタやデポック市などの地方政府や民間向けに導入実績を有している。



(出典) PT. SCG Indonesia 会社概要より調査団作成

図 27 PT. SCG Indonesia グループ概要

イ) ポーラスコンクリートへの取り組み

上述のとおり、すでに自社工場にてポーラスコンクリート製の浸透井戸、浸透柵を製造し、ジャカルタ特別州を始めとする地方政府向けに導入している。歩道や駐車場、道路（大型車が通らないような住宅地の歩道）、ゴルフ場などへの導入が多く、開発した製品については、自社の試験施設や外部の検査機関（検査会社、大学など）において、透水性、圧縮強度などの性能試験を行っている。今後は、プレキャスト製品だけでなく、ポーラスコンクリートによる道路舗装も行っていくことを予定している。

ウ) これまでの協議状況

表 14 PT. SCG Indonesia との協議の経緯

協議時期	協議内容
2022年9月	案件化調査の第2回渡航時に初訪問。当社の事業概要や製品紹介の他、PT. SCG グループにて生産しているポーラスコンクリート製品やその導入先や用途、今後の市場見通しなどについて意見交換を行った。
2023年3月	プレキャスト製品製造子会社の、西ジャワ州にある工場を訪問した。工場内の生産設備や製品の視察に加え、生産・技術部門の責任者と面談を行い、ポーラスコンクリート製品の具体的な仕様や性能、実際の導入にあたっての顧客の要望や課題について情報交換を行った。
2023年5月	オンライン会議にて、今後の事業連携についての協議を実施。インドネシアでの事業連携については、概ね前向きであり、今後に向けたMOUの締結について合意した。

協議時期	協議内容
2023年6月	PT. SCG Indonesia 全体の社長同席の元、今後の事業連携について協議を行い大筋で合意に至った。法務担当者なども参加し、MOUの内容について協議を行った。

② PT. Waskita Karya / PT. Waskita Beton Precast

ア) 企業概要

PT. Waskita Karya は、1961年に設立されたインドネシアの国有建設会社である。建設サービスに加えて、有料道路開発、不動産、その他インフラに関する事業を展開する。主な、建設プロジェクトには、スカルノハッタ空港建設や BNI City、インドネシア銀行ビルなどの高層ビル建設や、道路、橋梁、発電所、工場やプラントなどの大規模な産業インフラの建設を数多く手掛けている。PT. Waskita Beton Precast は、Waskita Karya の子会社であり、国内に 90 以上の工場を有し、桁、スパンパイル、ボックスカルバート、シートパイルなどのプレキャストコンクリートを製造している。

イ) ポーラスコンクリートへの取り組み

Waskita Precast 社では、大規模プロジェクト向けの大型のプレキャスト製品を製造しているが、ポーラスコンクリート製品については、一部試験製造のみで本格的な生産の実績はなく、ポーラスコンクリート用の生産設備などは保有していない。

Waskita Karya は、新首都 (IKN ヌサンタラ) 開発において、近郊のバリクパパン市およびサマリダ市の市街地からのアクセス道路 (高速道路) や、同地で勤務する公務員用の大規模な住宅地の建設を受注しており、道路の法面保護や住宅地の雨水処理において、ポーラスコンクリート製品を使用したい意向を持っている。

ウ) これまでの協議状況

表 15 PT. Waskita Karya グループとの協議の経緯

協議時期	協議内容
2022年9月	Waskita Precast 社を初訪問。ポーラスコンクリート製品の性能や仕様、耐用期間やメンテナンスの必要性などについて意見交換を行った。新首都である IKN ヌサンタラでの住宅地開発やアクセス道路建設にあたって雨水対策のために使用したいとの意向を受けた。
2022年11月	第3回渡航時に、IKN ヌサンタラでの具体的な開発計画を元にポーラスコンクリート導入についての意見交換を実施。特に、公務員用の住宅建設にあたっての導入の意向が強く、概算設計のための必要データの提供を要請。

協議時期	協議内容
2022年12月	IKN ヌサンタラでのアクセス道路建設現場と公務員住宅の建設予定地を視察し、ポーラス製品の導入方法について協議を実施した。また、Waskita Precast 社のスラバヤ工場を視察し、同工場内での生産設備や原材料の調達可否などについて情報収集を行った。
2023年2月	オンライン会議にて事業化に向けた協議を実施。今後の事業協力について MOU を締結することで合意。
2023年3月	自主渡航により MOU の確認状況および、IKN の雨水流出計算に必要なデータについて確認を行った。ポーラスコンクリート製品の国内生産のための条件などについて意見交換を実施。
2023年6月	IKN での必要データの収集状況について引き続き確認。同社スラバヤ工場にてポーラス製品を生産し、IKN の現場での実証実験を行いたいとの意向があり、そのための協力要請を受けた。

(4) 他 ODA 事業との連携可能性

現在インドネシアでは、IKN ヌサンタラ(東カリマンタン州)への首都移転の第1フェーズとして、2024年半ばを目標に、大統領官邸を始めとして国家官房、内務省、国防省などの省庁、50万人分の公務員用住宅の建設、さらには周辺市街地や空港などからのアクセス道路の建設が進められている。

本事業でのパートナー候補の1つである PT. Waskita Karya は、上記、公務員用住宅やアクセス道路の建設を一部請け負っており、この公務員用住宅の雨水処理システムの一環として、ポーラスコンクリート製品の適用を検討しているため、本事業により開発、製造したポーラスコンクリート製品の当地での実証導入がなされる可能性がある。

今後、当地での ODA 事業が行われる際に、本事業との情報共有などの様々な連携により、双方にとっての相乗効果をもたらすことが期待できる。

2. 新規提案 ODA 事業の実施における課題・リスクと対応策

(1) 制度面にかかる課題/リスクと対応策

表 16 制度リスクとその対応策

課題/リスク	対応策
雨水浸透施設の導入にかかる法整備が進まない。	本事業の実施にあたっては、DKI ジャカルタを始めとする現行の法規制で十分と思われるが、実際の現場レベルでの規制の遵守状況や事業開始時点での運用については、関係各所への早い情報収集に努める。

課題／リスク	対応策
開発業者や設計業者の間で、ポーラスコンクリート製品の非適切な場所への導入が行われてしまう。	雨水流出計算に基づいた設計手法や、ポーラスコンクリート製品導入のための技術指針を整備し、関係機関（官民開発業者、設計業者など）への周知を行う。

(2) インフラ面にかかる課題/リスクと対応策

表 17 インフラリスクとその対応策

課題／リスク	対応策
ポーラスコンクリート製品の生産に必要な生産設備が現地で入手できない。	可能な限り現地での調達を目指す。現地生産ができない設備がある場合は、製品の国産化率の条件を満たすことを前提に、日本で調達したものを現地へ輸送して使用する。
必要な原材料をすべて国内で調達できない。	使用する材料は一般コンクリートと製品と同じであるため、現地での調達を想定している。製品によっては使用する骨材の粒度が異なるため、予め現地の骨材業者に対して、必要となる材料の製造が可能かどうか確認する。
安全性への認識の違いにより、現地作業員が負傷する懸念がある。	作業の安全性については、日本で実施されている対策を指導、実行し、本事業における生産活動によって作業員の事故が起これないように徹底する。

(3) 事業パートナーの体制面にかかる課題/リスクと対応策

表 18 体制リスクとその対応策

課題／リスク	対応策
事業パートナーの導入先が試験施工場所として使用できない。	現地パートナーを介して同社の製品導入先の使用を依頼することに加え、ジャカルタ特別州や近隣の地方政府などに働きかけを行いパイロット施工場所の確保に努める。場所の確保が難しい場合は、パートナー企業の持つ敷地内などでの実験的な導入も検討する。
ポーラスコンクリートの適正な仕様について、現地開発業者や設計事業者の協力が得られない。	日本での事例などをもとに、適切な雨水流出計算に基づく施設の導入の必要性について、特に、発注者に対しては長期的な視点での費用的なメリットについて理解を促進する。

3. 環境社会配慮等

ポーラスコンクリートは、一般のコンクリートと同様に、セメント・水・砂(細骨材)・砂利(粗骨材)を主な原料としており、製品の設置による自然環境への影響はないと想定している。ただし、事前に施工対象地における十分な土質検査を行い、土壌に有害物質などを含まないこと

を確認のうえ施工を行い、周辺環境を十分に配慮した施工を行う。

製品の製造にあたっては、一定の騒音、振動を伴うが、現地パートナーであるコンクリートメーカーの既存の工場内での製造を予定しており、周辺住民などへの影響は想定されない。

4. ODA 事業実施を通じて期待される開発効果

上記 ODA 事業により、膨張土・軟弱地盤対策としてのポーラスコンクリート製品の有用性が実証され、同製品を活用した膨張土対策工法が普及することにより、現在、同地盤による被害を受けているインドネシア国内の交通インフラの整備が促進される。また、本事業を実施することで、高速道路の維持・管理の分野において技術指針や設計基準等が整備されることが期待できる。さらには、日系企業を含む多くの外国企業が入居するジャカルタ近郊の工業団地での膨張土被害が軽減されれば、インドネシアの重点課題でもある外国投資環境の向上にも貢献する。

インドネシアでは、コンクリート製品として現場打ち工法が主流で、プレキャストコンクリート市場はまだまだ小さく、製品の種類も圧倒的に不足しているが、当社製品の効果の実証、および普及により、国内でのポーラスコンクリート製品製造という新たな産業の創出にも貢献する。

第4 ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

現地のコンクリートメーカーを事業パートナーとし、共同事業としてインドネシア国内における官公庁(公共事業)および民間事業者から、雨水流出抑制、膨張性粘土・軟弱地盤対策のためのポーラスコンクリート製品の生産を受託する。当面は、市場の形成が先行している雨水流出抑制対策としての導入を進めていく予定であり、製品の生産にあたっては、パートナー企業の生産設備を活用し、当社からの技術指導を通じてインドネシアにおけるポーラスコンクリート製品の開発および生産体制を構築する。販売にあたっては、事業パートナー企業のもつ販路を活用し、当社の技術指導により高品質なポーラスコンクリート製品を開発することで他社との差別化を図る。

また、中長期的には、設計業者や開発業者に対してポーラスコンクリート製品の適切な使用についての提案活動を通じ、日本でのビジネスモデルと同様に、設計・コンサルテーションといった上流工程から当該製品を全体の設計に織り込んでもらうスペックインを実現することで他社への優位性を確立し、現地での安定的した事業基盤の構築を目指す。

2. 市場分析

企業機密情報につき非公開

3. バリューチェーン

企業機密情報につき非公開

4. 進出形態とパートナー候補

企業機密情報につき非公開

5. 収支計画

企業機密情報につき非公開

6. 想定される課題・リスクと対応策

企業機密情報につき非公開

7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果

提案製品である、ポーラスコンクリート製品/技術の活用により、膨張性粘土層に侵入した雨水を効果的に集水・排水することで地盤の膨張を軽減し、同地盤上に建設された道路や鉄道、および工場建屋などの被害を防ぐことが可能となる。現在、膨張土対策による道路補修のために、現在 1m あたり約 1,000 ドルの費用を要しており、同製品を使用した工法が、膨張土・軟弱地盤対策工法として普及が進むことで、47,017km の既存国道をはじめ、鉄道(約 5,000km)、工業団地(約 60,000ha) など幅広い範囲で、インフラ補修のための費用削減に大きく貢献する。また、これまでに膨張土・

軟弱地盤に位置するために開発が遅れていた地域にもインフラ整備が進むことで、インドネシアの優先開発課題である「経済発展のためのインフラ強化」および「地域間の均衡ある発展」が促進されることが期待できる。

8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

(1) 関連企業・産業への貢献

① 事業実施による事業拡大および雇用増加

当社の製品やノウハウが JICA 事業に採択され ODA 案件化、ひいてはビジネス化されることで、当社のポーラスコンクリート製品の有用性についての認識が一層増し、新たな用途への適用などが促進されて、国内での売上拡大とそれに伴う雇用の増加や設備投資が増え地域経済・地域活性化に貢献を果たすことが期待できる。

(2) その他関連機関への貢献

① 北海道道内における製造業の振興

北海道は GDP に占める第 2 次産業の割合がわずか 16%程度しかなく、経済基盤が弱いと指摘されている。そうした中で当社の製品が海外で広まっていけば、道内製造業の他社との連携にも弾みがつき、かつ地元企業の海外進出に向けた機運を高められる。

② インドネシアとの人材交流の活発化

当社は、インドネシアから 3 名の技能実習生を受け入れており、2023 年中には、さらに 3 名の受入を予定している。彼らが北海道で働くことにより、業界が抱える人手不足解消の効果が見込める。また、3 年間の技能実習終了後には、インドネシア人技術者を正社員として採用し、現地事業における中核人材としてインドネシアへ送ることを想定しており、地域を跨いでの人材の好循環を生み出すことが期待できる。

参考文献

- JICA 「ジャカルタ地盤沈下対策プロジェクト ファイナルレポート」 2022 年
- JICA 「プラスチック製雨水貯留浸透施設の普及・実証事業 業務完了報告書」 2016 年
- JETRO 「インドネシア国家規格（SNI）について」 2018 年
- JETRO 「投資事業分野に関する大統領規程 2021 年第 49 号 添付書類リスト」 2021 年
- Badan Geologi, Kementarian Energi dan Sumber Daya Mineral, “ATLAS Sebaran Batulempung Bermasalah Indonesia”, 2019
- Badan Geologi, Kementarian Energi dan Sumber Daya Mineral, “ATLAS Sebaran Tanah Lunak Indonesia”, 2019
- Institute of Road Engineering, Agency for Research and Development, Ministry of Public Works, “Teknologi Penghalang Kelembapan Vertikal untuk Penanganan Kerusakan Jalan di Atas Tanah Ekspansif”, 2010
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), “SNI 8456:2017 Sumur dan parit resapan air hujan”, 2017



SDGs Business Model Formulation Survey with the Private sector for
Introducing Porous Concrete Products for Preventing Infrastructure Damage
due to Expansive and Soft Soil in Indonesia
Hokkaido Poracon Co., Ltd. (Hokkaido Pref.)



Development Issues Concerned in field of Infrastructure Sector

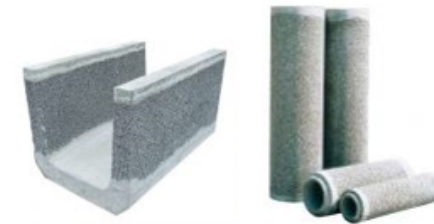
- **Expansive soil**, which expands and contracts depending on its water content, is widely causing damage to transportation and industrial infrastructure.
- Existing methods for expansive soil aren't effective and have not been widely used in the country.

Products/Technologies of the Company

- "Porous Concrete" is a special concrete with a continuous porous shape and has characteristics of water permeability, infiltration, and purification.
- Porous concrete products can infiltrate rainwater into the ground as flood control measure and collect and discharge water contained in the ground as soft ground stabilization measure.

Survey Outline

- Survey Duration: March, 2022 to December, 2023
- Country/Area: DKI Jakarta, West Java, East Java and East Kalimantan province
- Name of Counterpart: Directorate of Roads and Bridges Engineering, PUPR
- Survey Overview: Conduct a feasibility survey for the introduction of porous concrete products into expansive soil to mitigate damage to transportation and industrial infrastructure built on the ground.



Porous concrete products

How to Approach to the Development Issues

- In collaboration with local concrete manufacturer, we will provide the products to public and private sectors for measures for rainwater runoff control and expansive and soft soil.
- We will target infiltration wells/basins and rainwater runoff control measures in the short term, and the industrial infrastructure such as roads and railroads damaged by expansive soil in the mid-and-long term.

Expected Impact in the Country

- Repair cost of the existing infrastructure such as roads and railroads on expansive soil will be reduced. Furthermore, the development of new transportation and industrial infrastructure will be promoted.
- Contribute to reducing flood damage in urban areas by controlling rainwater runoff.
- Precast concrete manufacturing industry will be created as a new industry in Indonesia.

As of October,2023

Chapter 1 Development Issues in Indonesia and the Target Areas of the Survey

[Infrastructure damage caused by expansive soils]

In Indonesia, “expansive soils” are widely distributed in the northern part of Java Island, from West Java province around Special Capital Region of Jakarta to Central Java and East Java province. The expansive soil repeatedly expands and contracts as it absorbs water from rainfall and dries, causing unequal uplift and subsidence of the ground, resulting in the collapse of roadbeds and slopes and cracks in pavements on roads and railroads built on the ground. In the industrial parks in West Java where many Japanese companies are located, factories and warehouses have been forced to suspend operations due to subsidence and uplift, and roads within the parks have suffered severe damage, including destruction of pavement, slope collapses, and landslides.

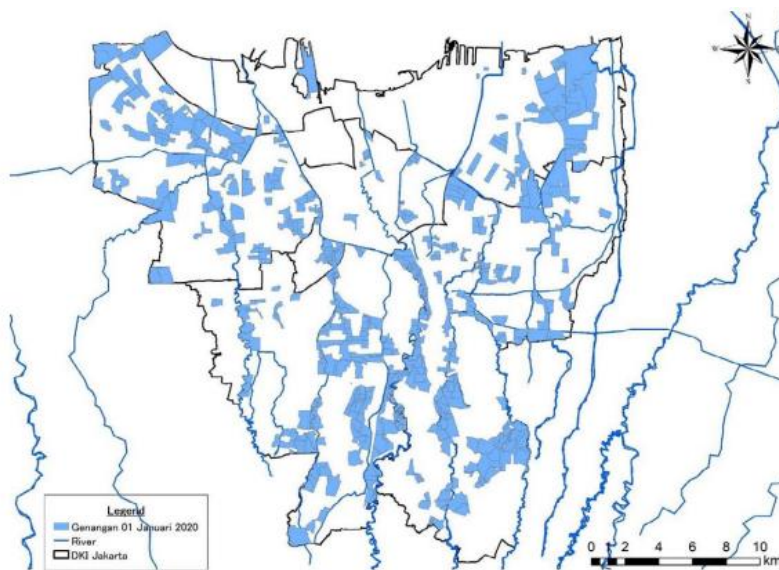


Fig.1 Distribution of expansive soils in Indonesia

Source : Value Engineering in Road Construction at Expansive Soil, Hardiansyah Putra (2012)

[Flooding and inundation damage in urban areas]

In recent years, Jakarta and other urban areas have experienced an increase in flooding and inundation due to the increase of impervious surfaces such as buildings and pavements, which causes rainwater to flow directly into low-lying areas and rivers, resulting in serious flooding damage every year during the rainy season, and localized flooding has been the norm. Recently, the heavy rains in late 2019 and January 2020 caused large-scale flooding and inundation around Jakarta, killing more than 60 people and causing the evacuation of about 450,000 people, making flood and inundation control an important issue for the country.



Source : BNPB

Fig.2 Flood Inundation Area in Special Capital Region of Jakarta (January 2020)

Chapter 2 Products and Technologies

The proposed product/technology is porous concrete products and the design techniques and know-how related to rainwater treatment using these products. "Porous Concrete" is a special concrete with a continuous porous shape and has characteristics of water permeability, infiltration, and purification.



Fig.3 Porous concrete products

Porous concrete is widely used for rainwater treatment in Japan as an environmentally friendly product that connects water and urbanization. Rainwater treatment includes "infiltration methods" that allow rainwater to infiltrate into the soil as countermeasures against flooding and inundation, and "collection methods" that collect and discharge rainwater contained in the ground by rainfall as countermeasures against soft ground. As a countermeasure against infrastructure damage caused by expansive soils in Indonesia, the collection method is expected to be applied to quickly collect and drain rainwater that has infiltrated into the ground.

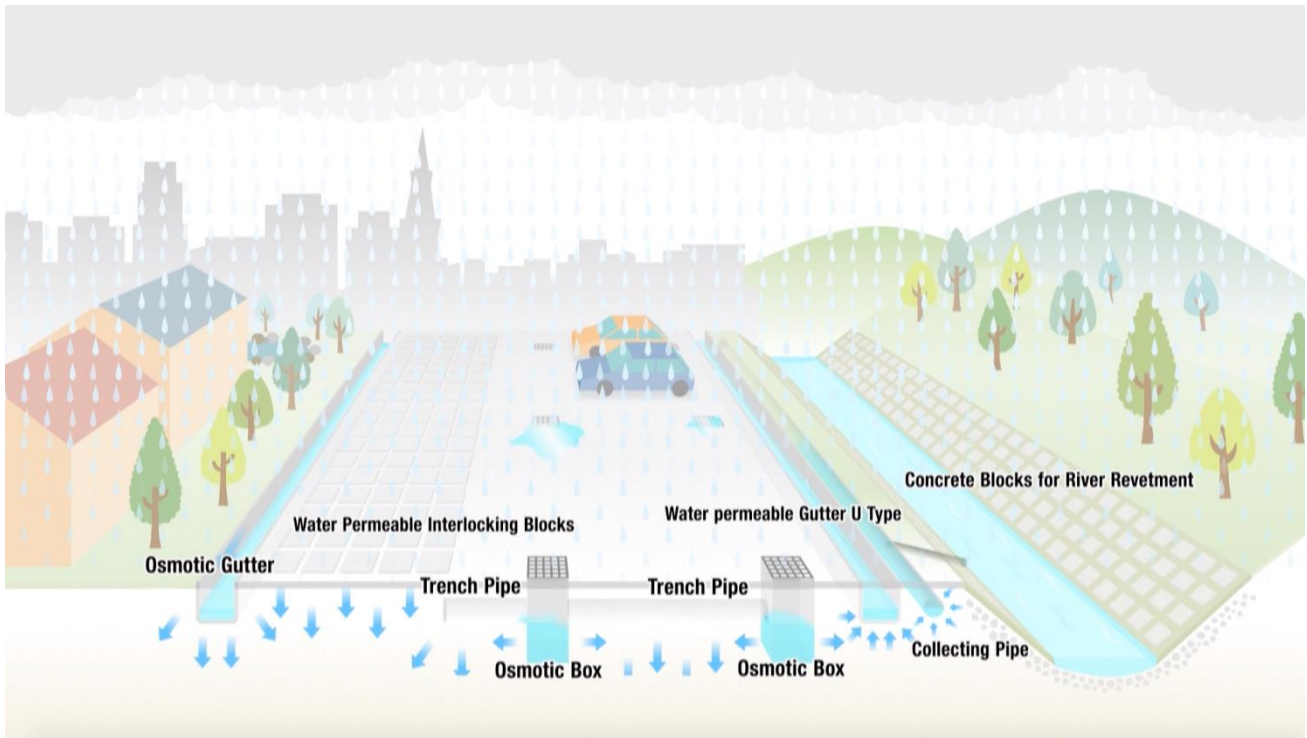


Fig.4 Applications of Porous Concrete products

Chapter 3 Proposal of the ODA project

We will collaborate with a local concrete manufacturer as a project partner to develop and produce high-quality porous concrete products that meet local needs in Indonesia with our technical support, utilizing the partner company's production facilities.

In the project, we will verify the feasibility of production as "domestic products" using local materials, production facilities, and personnel, as well as the functionality of the products by

introducing them on a trial basis at the pilot site where the product will be introduced by the partner company. In addition, we will also develop technical guidelines for rainwater runoff control design and the use of porous concrete products that are adapted to the natural environment of Indonesia, and promote these guidelines to infrastructure developers and designers in order to establish sales and supply system that will enable spec-in of these products from the upstream process in infrastructure development.

Table 1 Outline of the proposed project

Objective	To develop a local business plan by verifying the feasibility of local production of high-quality porous concrete products and disseminating information on appropriate utilization methods to promote the establishment of a local production system and the development of sales channels.
Outcome	Activities
Outcome 1: Verification of local production and functionality of high quality porous concrete products	1-1 : Technical guidance to local manufacturers for the production of porous concrete products
	1-2 : Joint development and prototype production of porous concrete products adapted to local needs
	1-3 : Establishment of quality standards and inspection methods for porous concrete products
	1-4 : Evaluation of "domestic product" conditions
	1-5 : Test introduction of porous concrete products at pilot sites and evaluation of functionality through monitoring
Outcome 2: Dissemination of design methods for appropriate application of porous concrete products	2-1 : Sharing design methods for rainwater runoff control using porous concrete products
	2-2 : Development of technical guidelines for the use of porous concrete products adapted to Indonesia.
	2-3 : Disseminate to relevant organizations about the proper use of porous concrete products
Outcome 3: Develop local business development plans	3-1 : Organize local seminars to promote porous concrete products
	3-2 : Making business alliance with local partners and verification of sales network
	3-3 : Develop local business development plans

Chapter 4 Business plan

The intended business will be to produce porous concrete products jointly with a local concrete manufacturer as a business partner for rainwater runoff control, expansive soils and soft ground measures from public agencies (public works) and private companies.

Initially, we plan to introduce the product as rainwater runoff control measures, for which the

market has been forming ahead of others. To produce the product, we will utilize the production facilities of our partner company and establish development and production systems for porous concrete products in Indonesia with our technical assistance. In sales, we will utilize the sales channels of our business partners and develop high-quality porous concrete products under our technical supervision to differentiate our products from those of other companies.

In the mid to long term, we aim to build a stable business foundation in the local market by establishing a competitive superiority over other companies through proposal activities for appropriate use of porous concrete products to local engineering firms and developers, and by achieving spec-in, in which our products are included in the overall design from the upstream process of design and consultation, as is the case with the business model in Japan.

別添資料

企業機密情報につき非公開