

インドネシア国

インドネシア国  
高品質コアの採取が可能な  
地質調査技術  
(ハイブリッドボーリング工法)  
の導入に係る案件化調査

業務完了報告書

平成30年11月  
(2018年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

ハイテック株式会社

国内
JR (先)
18-200

<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.

巻頭写真

	
<p>Bina Marga（公共事業・国民住宅省道路総局）との協議</p>	<p>C/P に関する MoM 調印式（右側 IRE 所長）</p>
	
<p>Jasa Marga（国営道路管理会社）との協議</p>	<p>プルバルンイ有料道路の地すべり地現状</p>
	
<p>ペンチャック地区斜面災害復旧工事状況</p>	<p>ドゥマイ付近の有機質堆積物状況</p>
	
<p>セミナー様子（IRE 局長の挨拶）</p>	<p>本邦受入活動状況（ボーリング掘削現場視察）</p>

高品質コアの採取が可能な地質調査技術（ハイブリッドボーリング工法）  
の導入に係る案件化調査  
業務完了報告書

表紙	
巻頭写真	
目次	
略語表	
図表リスト	
要約（和文）	x
要約（ポンチ絵）	xvi
はじめに	1
1. 調査名	1
2. 調査の背景	1
3. 調査の目的	1
4. 調査対象国・地域	1
5. 団員リスト	2
6. 現地調査工程	2
7. 本邦受入活動	5
第1章 対象国・地域の開発課題	7
1-1 対象国・地域の開発課題	7
1-1-1 背景	7
1-1-2 インドネシア国の地質及び地盤状況	7
1-1-3 インドネシア国の開発課題	8
1-2 開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	15
1-2-1 対象分野の開発計画と関連政策	15
1-2-2 対象分野の法制度等	15
1-2-3 政策実施に関するインドネシア国政府側体制	17
1-3 当該課題に関連するODA 事業及び他ドナー事業の先行事例分析	19
1-3-1 JICA 関連のインフラ整備事業	19
1-3-2 他ドナーによるインフラ整備事業	20
第2章 提案企業、製品・技術	21
2-1 提案企業の概要	21
2-2 提案製品・技術の概要	22
2-2-1 製品・技術の特長	22
2-2-2 製品・技術のスペック・価格	24

2-2-3	保有特許 .....	25
2-2-4	国内外の販売実績 .....	26
2-2-5	国内外の競合他社製品との比較優位性 .....	26
2-2-6	その他 .....	28
2-3	提案製品・技術の現地適合性 .....	28
2-3-1	現地適合性にかかる調査方針 .....	28
2-3-2	現地適合性にかかる調査結果 .....	28
第3章	ODA 案件化 .....	29
3-1	ODA案件化概要 .....	29
3-1-1	泥質堆積物 .....	30
3-1-2	火山性堆積物 .....	33
3-1-3	有機質堆積物（ピート層） .....	34
3-2	ODA案件内容 .....	36
3-2-1	普及・実証・ビジネス化事業の段階における目的、成果及び活動内容 .....	36
3-2-2	日本側とC/P側の投入計画及び事業額概算 .....	37
3-2-3	実施体制図 .....	39
3-2-4	活動計画・作業工程 .....	40
3-2-5	事業額概算 .....	42
3-2-6	事業後のビジネス展開 .....	42
3-3	C/P候補機関組織・協議状況 .....	42
3-4	他ODA 案件との連携可能性 .....	45
3-4-1	候補となる他 ODA 事業 .....	45
3-4-2	候補となる他 ODA 事業との協議状況 .....	45
3-4-3	候補となる他 ODA 事業との連携による期待される効果 .....	46
3-5	案件形成における課題・リスクと対応策 .....	46
3-6	環境社会配慮等 .....	46
3-6-1	案件の概要 .....	46
3-6-2	各実証事業実施予定箇所における環境社会配慮の状況 .....	47
3-7	案件実施で期待される開発効果 .....	47
第4章	ビジネス展開計画概要 .....	49
4-1	ビジネス展開計画概要 .....	49
4-2	市場分析 .....	50
4-2-1	市場規模 .....	50
4-2-2	ハイブリッド工法の需要 .....	50
4-2-3	ハイブリッド工法による業務実施の流れ .....	50
4-2-4	ハイブリッド工法の市場評価 .....	50
4-3	バリューチェーン .....	50
4-4	進出形態とパートナー候補 .....	50

4-4-1	適用性の確認とガイドライン作成	50
4-4-2	技術提携	50
4-4-3	駐在員事務所設立	50
4-4-4	ジョイント・オペレーション (JO)	51
4-5	ビジネス収支計画	51
4-6	想定される課題・リスクと対応策	51
4-7	ビジネス展開で期待される開発効果	51
4-8	日本国内の地元経済・地域活性化への貢献	51
4-8-1	現時点での日本国内の地元経済・地域活性化への貢献	51
4-8-2	普及・実証・ビジネス化事業で検討する ODA 案件化及び海外展開実施で見込まれる日本国内の地元経済・地域活性化	51
	要約 (英文)	53
	要約 (英文ポンチ絵)	60
	別添資料(現地調査議事録)	61

## 略語表

略語	英語名称	日本語名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AMDAL	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan	環境影響評価
ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
Bina Marga	Directorate General of Highways, Ministry of Public Works and Housing	公共事業・国民住宅省道路総局 (ビナマルガ)
BKPM	Indonesia Investment Coordinating Board	インドネシア投資調整庁
C/P	Counter partner	カウンターパート
EIA	Environmental Impact Assessment	環境への影響評価
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
HATTI	Indonesian Society for Geotechnical Engineering	インドネシア地盤工学会地盤調査
HK	PT Hutama Karya (Persero)	フタマカルヤ (国営建設会社)
IRE	Institute of road engineering	道路技術研究所
ITB	Bandung Institute of Technology	バンドン工科大学
Jasa Marga	PT Jasa Marga (Persero)	ジャサマルガ (国営道路管理会社)
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
JO	Joint Operation	合弁事業
KTP	Kartu Tanda Penduduk	住民登録証
LIPI	Indonesian Institute of Sciences	インドネシア科学院
MPA	Metropolitan Priority Area	ジャカルタ首都圏投資促進特別地域
MoM	Minutes of Meeting	会議議事録
NETIS	New Technology Information System	新技術情報提供システム
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OEM	Original Equipment Manufacturer	相手先商標による製品の生産者
PPP	Purchasing Power Parity	購買力平価
P2JN	Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional	調査設計事務所
PU	Ministry of Public Works and Housing	公共事業・国民住宅省
R&D	Research and Development Agency	公共事業・国民住宅省 研究開発局
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional	中期国家開発計画
SNI	Standard Nasional Indonesia	インドネシア国家規格
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
WIKA	PT Wijaya Karya (Persero)	ウィジャヤカルヤ (国営建設会社)

## 図表リスト

図 1-1	インドネシア国のコア品質.....	7
図 1-2	インドネシア国における名目 GDP と GDP 成長率.....	8
図 1-3	インドネシア国とその近隣諸国のビジネス環境の課題.....	11
図 1-4	インドネシア国政府の歳入と歳出.....	12
図 1-5	インフラ投資額の割合 (2015-2019).....	12
図 1-6	道路建設に対する投資額.....	13
図 1-7	地質情報の不正確さが原因で失敗した建設工事例.....	14
図 1-8	盛土がすべった後の状況.....	14
図 1-9	道路法による道路の基本分類.....	16
図 1-10	公共事業・国民住宅省の新工法検証・導入プロセス.....	17
図 2-1	インフラ整備に必須の地盤調査技術.....	22
図 2-2	調査ボーリングの状況.....	22
図 2-3	ハイブリッド工法と通常工法の比較.....	23
図 2-4	ハイブリッド工法と通常工法によるコア品質比較イメージ.....	24
図 2-5	ハイブリッド工法の実績.....	26
図 3-1	西ジャワ島におけるパイロットサイト位置図.....	31
図 3-2	Cisomang 橋周辺の地形及び橋脚の位置図.....	32
図 3-3	Cisomang 橋の橋脚状況写真.....	32
図 3-4	地すべり発生状況.....	32
図 3-5	KM92+400 箇所での地すべり地の現状.....	32
図 3-6	ブンチャック地区現場状況.....	33
図 3-7	スマトラ島におけるパイロットサイト位置図.....	34
図 3-8	ペカンバル〜ドゥマイ建設現場の状況.....	35
図 3-9	実施体制図.....	39
図 3-10	インドネシア国公共事業・国民住宅省組織.....	43



表 I	団員リスト.....	2
表 II	第一回目現地調査工程.....	2
表 III	第二回目現地調査工程.....	3
表 IV	第三回目現地調査工程.....	3
表 V	第四回目現地調査工程.....	4
表 VI	第五回目現地調査工程.....	4
表 VII	参加者リスト.....	5
表 VIII	本邦受入活動行程.....	5
表 1-1	購買力平均(PPP)ベースの GDP ランキング.....	9
表 1-2	ASEAN 諸国のインフラ整備の順位.....	10
表 1-3	ASEAN 諸国の物流パフォーマンス指標と世界ランキング (2016 年).....	10
表 1-4	インドネシア国でのビジネス環境の課題.....	11
表 1-5	道路インフラ開発目標の概要.....	15
表 1-6	国営建設会社の売上高.....	18
表 1-7	ハイブリッド工法の適用が可能なインフラ整備セクターにおける日本の協力実績.....	19
表 1-8	ハイブリッド工法の適用が可能な他ドナーによるインフラ整備事業.....	20
表 2-1	海外業務実績.....	21
表 2-2	ハイブリッド工法の標準資機材構成.....	25
表 2-3	ハイブリッド工法の掘削単価(削孔径 φ 86mm、日本国内の場合).....	25
表 2-4	ハイブリッド工法技術に関する特許(代表例).....	25
表 2-5	競合他社製品と比べた比較優位性.....	27
表 2-6	メディアでの取り上げ・表彰など.....	28
表 3-1	ODA 案件化中小企業海外展開支援事業(普及・実証・ビジネス化事業).....	29
表 3-2	普及・実証・ビジネス化事業の目的、成果及び活動内容.....	36
表 3-3	提案企業と外部人材の役割分担表.....	37
表 3-4	要員計画表.....	38
表 3-5	主要投入資機材計画.....	38
表 3-6	工程・要員計画表.....	41
表 3-7	事業額概算.....	42
表 3-8	IRE との議論内容.....	44
表 3-9	想定するリスクとその対応策.....	46
表 4-1	実施体制と事業スケジュール.....	49
表 4-4	日本国内の地元経済・地域活性化への貢献実績(現時点).....	52
表 4-5	日本国内の地元経済・地域活性化への貢献(実施後の見込み).....	52

\* 換算レート (2018年10月)    USD1= JPY 113.029    /    IDR1 = JPY 0.007580

(出典: JICA ホームページ業務実施契約、業務委託契約における外貨換算レート表)

## 要約 (和文)

本報告書は「インドネシア国高品質コアの採取が可能な地質調査技術(ハイブリッドボーリング工法)の導入に係る案件化調査」の活動報告及び調査結果をまとめたものである。

### 第1章 対象国・地域の開発課題

#### 1 対象国・地域の開発課題

インドネシア国は周辺諸国に比べてインフラの整備が遅れており、国家としての競争力低下の1つの要因となっている。この遅延の要因については、用地取得、政府・民間の資金不足などの社会的・経済的な要因と、調査・設計・建設の手法が未熟であることの技術的要因の2つがあるものと考えられる。

インドネシア国を含む東南アジアでは低地部や沿岸部に熱帯性泥炭層が分布しており、森林火災や地盤沈下等の問題の原因となっている。さらに、インドネシア国を構成する地層には、新規の火山から噴出された火山灰層や、土石流、泥石流などの粗粒の火山性の未固結層が分布する箇所も広く存在する。さらにインドネシア国は熱帯(ITCZ)にあり、今後の地球温暖化で降水量が増すことが予測されている。また、同国での地盤沈下は激しく、世界的に見て中国の華北平原に続く深刻な地域でもある。

上記のことを考慮すると、これまでの想定にない複合地盤災害もありうるので、地盤調査の重要性が求められる。加えて、これまでの設計では安全性を担保できない事象も起こりうるので、高精度地盤調査がますます必要となることは過言ではない。

#### 2 開発課題に関連する計画、政策、法令など

ジョコウィ大統領は選挙運動中に9項目の課題(ナワチタ)を公約として掲げ、これらは当選後に組閣や政策を通して実行されている。これらの課題は2015-2019年の国家中期開発計画(National Medium Term Development Plan(RPJMN))の中に9つの優先課題として記載されているが、このうちの「世界経済における競争力及び国民の生産性向上」は、道路建設に関連するものである。

#### 3 当該課題に関連する ODA 事業及び他ドナー事業の先行事例分析

インフラ整備事業の中では、いずれの事業も沿岸部においては泥炭層、平野・山岳部においては軟弱地盤や地すべりが分布する箇所が想定され、特殊な対策を必要とする。このことから、ハイブリッド工法はインドネシア国のインフラ整備事業において有用性の高い技術であることが推察される。ハイブリッド工法を普及することは、インドネシア国の地盤調査技術の向上につながり、インドネシア国に質の高いインフラ開発の促進とコスト削減に寄与すると考えられる。

### 第2章 提案企業・製品・技術

#### 1 提案企業の概要

ハイテック株式会社は大阪を拠点とする地質調査コンサルタント会社である。主な業務に地盤

調査、水文調査、物理探査、環境保全事業などがある。日本国内では、ハイテック株式会社の独自の技術があることで知られており、主要な大手コンサルタント会社が請け負う、土木建設、地盤災害、メンテナンスなど、様々な調査現場で協力・貢献してきた。

## 2 提案製品・技術の概要

インフラ整備を推進するには、そのプロセスの上流にある地盤調査は必須の実施事項であり、重要な技術である(図 0-1)。構造物の設計においては、地盤調査より得られた地質分布情報や地盤強度特性値を用いるため、地盤調査により得た結果の重要性は高く、精度の確保が求められる。

地盤調査の代表的な手法として調査ボーリングがある。調査ボーリングは、ボーリングコア(以下、「コア」という)を採取することで地下地盤の情報を目視で観察できる技術である。コアとは、ボーリングマシンを用いて、地盤を削孔して、地下から採取した円柱状の試料である。

ハイテック株式会社の有する気泡を使った高品質ボーリング調査技術は、日本国内で8割以上のシェアを占め、コア採取率の高さ及び乱れの少なさが高く評価されている。通常工法とハイブリッド工法の比較を図 0-2 に示す。

ハイブリッド工法は高品質コアの採取を目的に開発された技術で、圧縮空気を使って気泡剤により泡を発生させ、削孔時の削孔流体として使用する技術である。気泡を削孔流体とすることで、過大な水圧の発生を回避でき、乱れない高品質なコアが採取できる。コア採取が困難な地下水位以下および被圧地下水内でも、ハイブリッド工法においては十分な気泡の量を維持することができ高品質なコアの採集が可能となっている。そのため、通常の調査ボーリングで採取するコアの品質向上だけでなく、コア採取が難しい地すべり調査やダム調査、トンネル調査、室内試験試料採取などに多く用いられ、高精度な情報提供を実現している。

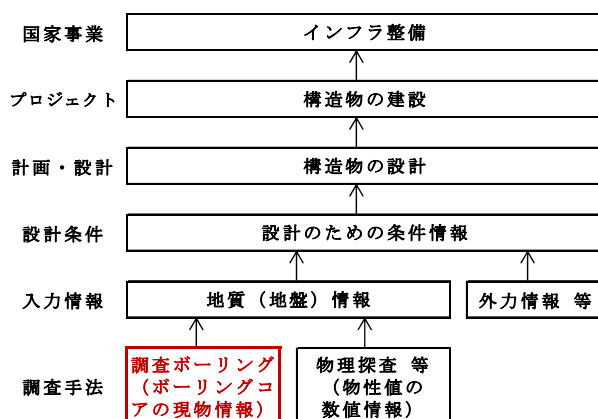


図 0-1 インフラ整備に必須の地盤調査技術  
出典：JICA 調査団作成

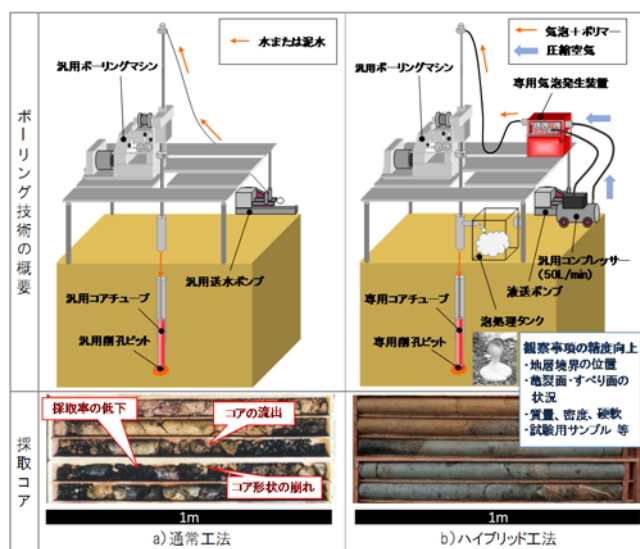


図 0-2 ハイブリッド工法と通常工法の比較  
出典：JICA 調査団作成

## 3 提案製品・技術の現地適合性

ハイブリッド工法を実際に現地で実施することについては、基本的には問題が無いと考えられる。発泡剤などの資機材の調達には本邦および現地で可能であることを確認した。ハイブリッド工

法が適用されるのは、現地で通常行われるボーリング調査では品質が不足する局面であり、より付加価値が高い技術が求められる場面である。インドネシア国では地盤調査の必要性が軽んじられており、ボーリング調査の単価が非常に安く品質も悪い。そのため、高品質ボーリングを行うことで、結果的に建設事業全体の事業費を低減につながる場合があることを啓蒙する必要がある。

### 第3章 ODA 案件化

#### 1 ODA 案件化概要と案件内容

表 0-1 は ODA 案件の概要を示す。表 0-2 は普及・実証・ビジネス化事業の段階における目的、成果及び活動内容を示す。

表 0-1 ODA 案件化中小企業海外展開支援事業(普及・実証・ビジネス化事業)

項目		内容
事業名		高品質コアの採取が可能な地質調査技術(ハイブリッドボーリング工法)の導入に係る普及・実証・ビジネス化事業
C/P	所轄省庁等名	道路技術研究所(IRE)
	選定理由(役割)	IREは公共事業・国民住宅省の一組織として、道路の計画・建設・維持にかかわる地質調査技術に関する研究、新技術の導入、さらにはインドネシア国における各調査技術の基準策定等を担っている。IREとPUがハイブリッド工法の技術を導入することにより、同国の地盤調査技術の向上が期待される。また、ハイブリッド工法に関する同国内での今後の展開・普及および基準化を図ることが可能と判断されるためである。
事業サイト		西ジャワ島：① プルバルンイ有料道路(KM92+400～KM100+700) ② 国道11号線ブンチャック地区(KM16+500～KM20+650) スマトラ島：③ ペカンバル～ドゥマイ間の有料道路建設現場 (いずれも国立公園・保護対象地域外)
受益者		公共事業・国民住宅省等インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社、インフラ利用者
規模		実施期間：2年間 投入人材：提案企業(ハイテック株式会社) 8名、外部人材(コンサルタント) 2名、外部人材(建設会社) 2名 建設資機材：ハイブリッド工法使用資機材 1式

出典：JICA 調査団作成

#### 2 C/P 候補機関組織・協議状況

2018年7月9日に、ハイテック株式会社とIREによる会議議事録(Minutes of Meeting、MoM)の調印式はIREの事務所で行われ、将来の普及・実証・ビジネス化事業が採択された際には、JICA、IREを併せた3機関による合意文書を締結し、事業を実施することを合意した。

#### 3 他 ODA 案件との連携可能性

日本政府が実施する ODA インフラ整備事業で、問題となる地盤の分布する箇所での事業の調査段階での連携が可能と考えられる。具体的には、現在実施中の2つの案件が有力な候補となりうる。

- ① 「インドネシア国『中層混合処理工法』を用いた地盤改良による交通インフラ整備支援に係る普及・実証・ビジネス化事業(株ワイビーエム)」。ハイブリッド工法による高品質コアの

採取によって、施工効果を確認する。

- ② 「インドネシア国スマトラ島における道路トンネル技術の活用に向けた情報収集・確認調査」。  
複雑の山岳地帯トンネル事業のため、ハイブリッド工法による詳細地質調査を実施する。

表 0-2 普及・実証・ビジネス化事業の目的、成果及び活動内

成果	活動
<b>成果1 実証事業</b>  パイロットサイトの実証事業を行い、不攪乱で100%のコア採取率及び規格を満たす室内土質試験サンプルの提供といった本工法の適用性・優位性を確認する。関係先とハイブリッド工法を共有する。	1-1 実証事業説明と工事関連最終認許可を取得する
	1-2 対象サイトの詳細調査及び施工計画を策定する
	1-3 資機材を調達する（日本国内・輸出）
	1-4 資機材を調達する（現地調達）
	1-5 資機材を搬入・搬出する
	1-6 パイロットサイトでの実証事業を行う 場所： プルバルンイ有料道路の地すべり現場 ブンチャック地区の斜面崩壊現場 スマトラ島有料道路現場
	1-7 段階検査・完了検査を行う
	1-8 適用性・優位性を評価する
<b>成果2 普及活動</b>  ハイブリッド工法が高品質ボーリング技術としてインドネシア国内の政府機関、各インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社などに認知され、ビジネス展開できる環境が整備される。	2-1 本邦受入活動を実施する
	2-2 セミナー、現場見学会を実施する
	2-3 技術講習会を行う
<b>成果3 ガイドライン及び基準の策定</b>  政府機関、学会、大学と協力しながら、ハイブリッド工法のガイドラインあるいは基準を策定しハイブリッド工法の現地への浸透及び技術移転を行う。	3-1 実証事業で得られたデータを基に、IREと協力しガイドラインを策定する
	3-2 公共事業・国民住宅省に新技術を提案する
	3-3 HATTIとITBと協力し、インドネシアにおけるSNIの作成を検討する

出典：JICA 調査団作成

#### 4 環境社会配慮等

提案する「普及・実証・ビジネス化事業」では、有料道路建設の用地内および一般国道の用地内でのボーリングの試験実施を予定する。一般に、本体工事实施前の地盤調査時に、地盤調査のための環境社会配慮を実施する例は極めて少ない。さらに本試験実施は本体工事の用地内で行われる予定であること、その規模は本体工事と比較し非常に小さいことから、本体工事の計画時に環境社会配慮が適切に行われていれば、確認・対応が必要な箇所は限定される。

#### 5 案件実施で期待される開発効果

- ① ハイブリッド工法によるボーリング掘削が実施され、軟弱地盤における高品質ボーリング技術の必要性、そしてハイブリッド工法の適用性、優位性が確認される。
- ② ハイブリッド工法の適用性及び有効性が確認できた上で、IRE とともにハイブリッド工法に

係るガイドラインが策定され、将来的なビジネスモデルが構築できる。

- ③ ハイブリッド工法が高品質ボーリング技術としてインドネシア国内の政府機関、各インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社などに認知され、ビジネス展開できる環境が整備される。
- ④ インドネシア国内におけるハイブリッド工法に係るビジネス展開計画が具体化される。

## 第4章 ビジネス展開計画概要

### 1 ビジネス展開計画概要

- ① 初期段階、現地パートナー企業と技術提携を通じ、ハイブリッド工法の活用した業務展開
- ② 参入可能な市場規模を見極め、駐在員事務所を設立し、現地パートナー企業とジョイント・オペレーション (JO) を組んで、インドネシア国及び周辺国における調査業務の受注
- ③ ガイドラインによるハイブリッド工法の技術供与によるライセンス収入と関連ツールの販売
- ④ 地質調査業界団体の組成とボーリング技能者の現地人材育成事業

### 2 市場分析

ターゲット市場は全インフラ整備事業であり、ODA 案件やインドネシア国の公共事業・民間事業を対象に検討している。インドネシア国の経済開発計画において日本政府が深く関与している。その強みを活かし MPA 事業案件を受注していくことは、計画から建設、管理及び運営を一括して輸出するというインフラ輸出戦略に適う取り組みといえる。経済開発計画やインフラ輸出戦略により、今後インフラ開発は促進し、ビジネス市場として拡大されると考えられる。

### 3 バリューチェーンと進出形態

インドネシア国への進出形態として、普及・実証・ビジネス化事業期間中に IRE をはじめ、現地政府、各インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社などへの普及活動を実施し、高品質ボーリングコアの重要性を確実に浸透させる。そして、ガイドラインの策定、資機材と技術の移転によって、ハイブリッド工法の活用した地質調査ビジネスを推進する。初期段階ではビジネスパートナー企業と技術提携及び関連ツールの提供/販売を通じて、ハイブリッド工法の市場開拓を図る。また、ビジネス活動と同時に、駐在員事務所の設立手続きを行い、インドネシア国で自ら調査業務を受注するパートナー企業とのジョイント・オペレーション (JO) 組成を目指す。海外ビジネスを展開するための実施体制を図 0-3 に示す。

図 0-3 ビジネス実施体制・モデル

非公開部分につき非表示

## 4 ビジネス収支計画

表 0-3 は販売計画、投資計画、人員計画を示す。

表 0-3 損益計画・投資計画(単位：万円)  
非公開部分につき非表示

## 5 ビジネス展開で期待される開発効果

インドネシア国での技術開発や基準化は、ラオス、ミャンマーなどの東南アジア諸国への展開を促すことになる。また、当該技術は各国の ODA や民間事業において必ず実施されている地盤調査技術であり、各国にも軟弱地盤や地すべりが分布し、質の高いインフラ整備のための高品質なコア採取技術が必要であるため、海外展開のチャンスは大きいと考える。

## 6 日本国内経済・地域活性化への貢献

ハイテック株式会社は長年「モノづくりの街」として広く知られる東大阪で、中小企業と大阪大学発のベンチャー企業と連携してコアサンプリング技術及び関連ツールの開発/改良を続けている。東大阪の企業へ、小規模の町工場でありながら確かなモノづくり技術を持っていれば海外にも進出できるという強力な後押しをすることができると思う。さらに当該技術は日本国内でも最先端のものであり、インドネシア国においてガイドラインや基準が策定されれば、新たに参入する企業等への技術普及の観点から、国内企業の海外進出の規格化にもつながり、全国的に波及すると思う。



# インドネシア国 高品質コアの採取が可能な地質調査技術(ハイブリッドボーリング工法) の導入に係る案件化調査

## 企業・サイト概要

- 提案企業：ハイテック株式会社
- 提案企業所在地：大阪府大阪市淀川区
- サイト・C/P機関：ジャワ島ジャカルタ首都圏とスマトラ島・道路技術研究所 (IRE)



ハイブリッド工法による  
ダムサイト地質調査(斜視)



ハイブリッド工法による  
地すべり地層のコア写真

## インドネシア国の開発課題

- 社会的・経済的な要因と技術的な要因で、周辺諸国に比べてインフラ整備が遅れている。
- インフラ整備の推進において、複雑な地質状況の背景で構造物の設計条件を取得するための調査・設計・建設の手法が未熟なことから、地盤災害が多発している。
- 調査ボーリングの積算基準が非常に低く、低価格で早期の完工が重要視される結果、調査ボーリング技術の向上が期待できない市場構造となっている。

## 中小企業の技術・製品

- 「ハイブリッド工法」は圧縮空気を使って気泡剤により泡を発生させ、削孔時の削孔流体として使用する技術である。
- コア採集が困難な地下水位以下および被圧地下水内でも過大な水圧の発生を回避し、乱れのない高品質なコアを採取できる。
- コア採取が難しい地すべり調査やダム調査(断層破砕帯、変質帯)、トンネル調査、室内試験試料採取(盛土、固結度の低い地盤、崖錐堆積物)などに多く用いられる。

## 調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

### 【普及・実証・ビジネス化事業】

実施内容:①パイロットサイトの実証事業を行い、ハイブリッド工法の適用性・優位性を確認する。②本邦受入活動、セミナーと現場見学会などの実施によるハイブリッド工法の普及とビジネス展開できる環境を整備する。③政府機関、学会、大学と協力しながら、ハイブリッド工法のガイドラインを策定し、ハイブリッド工法の現地への浸透及び技術移転を行う。

期待される効果:①パイロットサイトにてハイブリッド工法によるボーリング掘削が実施され、軟弱地盤における高品質ボーリング技術の必要性、そしてハイブリッド工法の適用性・優位性が確認される。②ハイブリッド工法の適用性及び有効性が確認できた上で、IREとともにハイブリッド工法に際するガイドラインが策定される。今後のビジネス営業活動に繋がると期待される。③ハイブリッド工法が高品質ボーリング技術としてインドネシア国内の政府機関、各インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社などに認知され、ビジネス展開できる環境が整備される。④インドネシア国内におけるハイブリッド工法に係るビジネス展開計画が具体化される。

## 日本の中小企業のビジネス展開

下記を組み合わせた展開を考え、準備、強化、拡大の3フェーズに区分し、段階的な展開・拡大を計画する。

- 初期段階、現地パートナー企業との技術提携を通じ、ハイブリッド工法を活用した業務展開
- 参入可能な市場規模を見極め、駐在員事務所を設立し、現地パートナー企業とジョイント・オペレーションを組んで、調査業務の受注
- ガイドラインによるハイブリッド工法の技術供与によるライセンス収入と関連ツールの販売
- 地質調査業界団体の組成とボーリング技能者の現地人材育成事業(ボランティア的)

# はじめに

## 1. 調査名

和文：インドネシア国高品質コアの採取が可能な地質調査技術(ハイブリッドボーリング工法)の導入に係る案件化調査

英文：Feasibility Survey for the Hybrid Drilling Method (geological survey technology)

## 2. 調査の背景

経済発展を続けるインドネシア国は、2010年以降国民一人当たりの名目GDPは3,000USDを超え、インフラ整備が急務となっている。しかし、インフラ整備の推進において、構造物の設計条件(地質情報)を取得するための調査ボーリング技術が未熟なことから、効率的なインフラ整備が阻害されている現状がある。インドネシア国では通常工法が行われているが、コアの採取状況は非常に悪く、設計へインプットする地質情報を得るためのコアとしては十分ではない。

採取されるコアの品質が良くないことから、コアから得られる地質情報が不正確になる。その結果、地盤の分布や強度の推測が不正確となる。構造物の設計はこれらの地質情報を用いるため、正確さに影響が及ぶ。最終的には構造物の建設(施工)時において構造物の変形や沈下、損傷などの現象となって表面化する。それを修正すべく追加調査と設計のやり直し、構造物の追加建設が必要となる。このような地盤調査技術の未熟さに起因した現象は、インドネシア国の大きな課題である。

我が国の援助基本方針を実現するための重点課題として、「更なる経済成長への支援」が挙げられている。これに対し、受注者のハイブリッド工法は効率的かつ質の高いインフラ整備の推進に資する重要な基礎技術を提供することができる。ハイブリッド工法の導入により、より精度の高い地盤情報が取得できることから、インフラ整備事業における設計のやり直しや追加工事の発生率を減らし、コスト縮減や工期短縮などが期待できる。

## 3. 調査の目的

調査を通じて確認される提案製品・技術の途上国の開発への活用可能性を基に、ODA案件及びビジネス展開計画が策定される。

## 4. 調査対象国・地域

調査対象国：インドネシア共和国

地域・都市名：ジャカルタ首都圏を中心にジャワ島、スマトラ島、カリマンタン島ほか調査において必要とされる関係各所

## 5. 団員リスト

業務従事者の氏名、担当業務及び所属は表Ⅰの通りである。

表Ⅰ 団員リスト

氏名	担当業務	所属先
小宮 国盛	業務主任者	ハイテック(株)
武田 伸二	普及活動担当	ハイテック(株)
朴 春澤	市場調査担当	ハイテック(株)
末吉 康昭	本邦受入活動担当	ハイテック(株)
北山 雄一	業務調整担当	ハイテック(株)
細田 年晃	チーフアドバイザー/ODA 案件化調査	日本工営(株)
昆 周作	環境社会配慮担当	日本工営(株)
三上 登	技術基準化担当	日特建設(株)
アングン ルピタ	既往技術調査	日特建設(株)

## 6. 現地調査工程

各現地調査の時期、訪問先、調査内容は表Ⅱ～表Ⅵのとおりである。

### 【第一回】

日程：2017年10月25日～2017年11月04日、11日間

出張者：小宮、武田、朴、細田、昆、三上

表Ⅱ 第一回目現地調査行程

時期	調査内容	訪問先
10/25(水)	移動日	大阪/東京→ジャカルタ
10/26(木)	案件化の説明、情報収集、協力要請	JICA インドネシア事務所
	案件化の説明、情報収集、協力要請	LIPI
10/27(金)	案件化の説明、情報収集、協力要請	日特建設(株)
	案件化の説明、情報収集、協力要請	JETRO インドネシア事務所
	案件化の説明、情報収集、協力要請	日本工営(株)
10/28(土)	データ整理と資料作成、資機材関連情報の収集	日特建設(株)
10/29(日)	データ整理と資料作成	日特建設(株)
10/30(月)	案件化の説明、情報収集、協力要請	HATTI
10/31(火)	案件化とC/P候補の説明、情報収集、協力要請	IRE
	案件化の説明、情報収集、協力要請	ITB
11/01(水)	案件化の説明、情報収集、協力要請	Bina Marga
11/02(木)	C/P候補の説明、情報収集、協力要請	IRE
11/03(金)	資機材調査情報の収集、データ整理	日特建設(株)
11/04(土)	移動日	ジャカルタ→大阪/東京

【第二回】

日程：2017年12月07日～2017年12月16日、10日間

出張者：小宮、朴、細田、三上

表Ⅲ 第二回目現地調査行程

時期	調査内容	訪問先
12/07(木)	移動日	大阪/東京→ジャカルタ
12/08(金)	問題点の確認、今後の活動方針、C/P候補、本邦受入活動	ITB (IRE、HATTI、HK社)
12/09(土)	現場視察準備	日特建設(株)
12/10(日)	移動と現場視察(ドゥマイ側)	ペカンバル～ドゥマイ 有料道路現場
12/11(月)	現場視察(ペカンバル側)と打ち合わせ(情報収集)	
12/12(火)	調査結果の報告、問題点の確認、情報収集、協力要請	JICA インドネシア事務所
12/13(水)	データ整理と資料作成	日特建設(株)
12/14(木)	調査結果の報告、問題点の確認、情報収集、協力要請	Bina Marga
	案件化の説明、情報収集、協力要請	ネクスコ西日本現地事務所
12/15(金)	土質試験室の視察、技術レベルの確認、情報収集	Geomarindex社
12/16(土)	移動日	ジャカルタ→大阪/東京

【第三回】

日程：2018年03月20日～2018年03月30日、11日間

出張者：小宮、武田、朴、細田、昆、三上

表Ⅳ 第三回目現地調査行程

時期	調査内容	訪問先
03/20(火)	移動日	大阪/東京→ジャカルタ
03/21(水)	セミナー展示用資機材及び関係資料の準備	日特建設(株)機材センター
03/22(木)	調査結果の報告、セミナー内容の確認、協力要請	JICA インドネシア事務所
03/23(金)	移動とセミナー会場設営の打ち合わせ	ジャカルタ→バンドン
03/24(土)	セミナーの準備(資料作成、関連資材の購入)	Prama grand preanger hotel
03/25(日)	セミナーの準備(資料作成)	Prama grand preanger hotel
03/26(月)	会場の最終確認、展示機材の搬入、発表内容の最終確認	Prama grand preanger hotel
03/27(火)	セミナー開催日	Prama grand preanger hotel
03/28(水)	C/P候補の要請、現場提供の要請、MoM内容の確認	IRE
03/29(木)	情報収集と本邦受入活動の協力要請	ネクスコ西日本現地事務所
03/30(金)	移動日	ジャカルタ→大阪/東京

【第四回】

日程：2018年07月05日～2018年07月14日、10日間

出張者：小宮、武田、朴、細田、三上

表V 第四回目現地調査行程

時期	調査内容	訪問先
07/05(木)	移動日	大阪/東京→ジャカルタ
07/06(金)	進捗状況の報告、今後の活動に係る相談	JICA インドネシア事務所
	駐在員事務所の設立に関連する情報の収集	JETRO ジャカルタ事務所
	現地日本企業の動向などの情報収集	日本工営(株)
07/07(土)	移動と打ち合わせ資料の準備	ジャカルタ→バンドン
07/08(日)	データ整理と打ち合わせ資料の準備	Prama grand preanger hotel
07/09(月)	地質災害情報の収集と今後の連携可能性の議論	LAPI ITB 社
	MoM (C/P、技術提携など) の調印式	IRE
	パイロットサイトの情報提供及び選定	IRE
7/10(火)	掘削単価、受注情報などの情報収集と今後の技術提携	Promisco 社
07/11(水)	ラジャマンダラ水力発電現場の視察	ラジャマンダラ水力発電現
07/12(木)	今後の技術交流、技術基準化などの情報収集と議論	HATTI
	パイロットサイトの情報提供と場所提供の依頼	HK 社
07/13(金)	パイロットサイトの情報提供と今後の活動方針	日特建設(株)
07/14(土)	移動日	ジャカルタ→大阪/東京

【第五回】

日程：2018年08月05日～2018年08月10日、6日間

出張者：小宮、武田、朴、細田、三上

表VI 第五回目現地調査行程

時期	調査内容	訪問先
08/05(日)	移動日	大阪/東京→ジャカルタ
08/06(月)	プルバルンイ有料道路地すべり地の視察	プルバルンイ有料道路
	案件化の説明、情報収集、協力要請	Jasa Marga 社管理事務所
08/07(火)	パイロットサイトの情報提供と今後2社間の交流	Promisco 社
	パイロットサイトの選定及び協力要請	IRE
08/08(水)	ペンチャックの地盤災害現場の視察(IRE 技術者同行)	ペンチャック地区
08/09(木)	進捗状況の報告と普及・実証活動における相談	JICA インドネシア事務所
08/10(金)	移動日	ジャカルタ→大阪/東京

## 7. 本邦受入活動

本邦受入活動の参加者、時期、訪問先、研修内容は表VIIと表VIIIの通りである。  
日程：2018年04月15日～2018年04月21日、7日間

表VII 参加者リスト

1	氏名	Ms.Desynati
	所属	インドネシア国道路技術研究所 (IRE)
	役職	Researcher
2	氏名	Mr.Sugeng Krisnanto
	所属	バンドン工科大学 (ITB)
	役職	Assistant professor
3	氏名	Dr.Idrus Muhamad Alatas
	所属	インドネシア地盤工学会 (HATTI)
	役職	Treasurer general
4	氏名	Mr.Andi Kurnia Setiadi Kartawiria
	所属	インドネシア地盤工学会 (HATTI)
	役職	Head of West Java
5	氏名	Mr.Gatot Aries Purboyo
	所属	フタマカルヤ社 (PT Hutama Karya)
	役職	Senior Manager

表VIII 本邦受入活動行程

時期	受入活動内容	活動場所
4/15(日)	関空→ホテルに移動	入国
	研修スケジュールの説明	ハイテック(株)本社
	コアサンプル見学	
4/16(月)	日本の地盤調査技術に関する講義	ハイテック(株)本社
	土質試験室の見学	関西地盤環境研究センター
4/17(火)	ボーリング掘削見学	ハイテック(株)京都試験所
4/18(水)	日本高速道路における設計及び施工に関する講義	西日本高速道路(株)本社
	新大阪→東京	
4/19(木)	東京→つくばに移動	
	インフラ維持管理、岩盤解析などにおける地盤調査に関する講義、土質試験	日本工営(株)中央研究所
	つくば→東京に移動	
4/20(金)	地盤改良と地盤調査に関する講義	日特建設(株)本社
4/21(土)	ホテル→羽田空港に移動	
	羽田空港→ジャカルタ	帰国

今回の本邦受入活動の一番の収穫は、現場視察を通じて、ハイブリッド工法に対する理解が深まったことである。研修中に、日本の地盤調査技術の歴史（特に失敗事例）とその教訓

を背景にして、地盤調査における高品質コアサンプルの重要性の説明を行った。これを十分理解したうえで、ハイブリッド工法の経緯、必要性、将来性について説明を行ったため、ハイブリッド工法に対する理解がより一層深まったと考えられる。

これまでは、インドネシア国でハイブリッド工法を紹介した際に、インドネシア側の関係者らが技術を評価する一方、コストを疑問視するケースが非常に多かった。単純にボーリング掘削のコストを比較すると、確かに高いという印象を与えたが、プロジェクト全体の費用や調査不備によって事後に発生する追加調査や工事及び工期の遅延などを丁寧に説明すると、決して高い金額ではない、という日本側の考え方への理解を得ることが出来た。現在インドネシアで採取することが困難なコアサンプル（例えば、ピート層のような軟弱地盤）はハイブリッド工法を用いることで、採取可能になるのではないかという認識を共有している。

人口が増え続ける同国において、経済活動が活性化することは必至で、このための安全なインフラ整備は欠かせない技術であるだけでなく、防災のための地域の理解や環境の保護などにも大きく貢献できると考える。

## 第1章 対象国・地域の開発課題

### 1-1 対象国・地域の開発課題

#### 1-1-1 背景

インドネシア共和国(Republic of Indonesia、以下、「インドネシア国」)は、国土面積約190万平方キロメートル、領海は約330万平方キロメートル、17,504を超える島々からなる世界最大の島嶼国家である。ジャワ、スンダ等300以上の民族からなる多民族国家で、地方語も数百存在するが、公用語はインドネシア語である。公認宗教は、ヒンドゥー教、仏教、イスラーム教、カトリック、プロテスタント、儒教の6つであり、国民のおよそ9割はイスラーム教徒である。通貨はルピアである。

インドネシア国は、国土を構成する島々の南側にインド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの接合面があり、更に周囲に太平洋プレート、フィリピン海プレート等の大きなプレートやそれらより小さなプレートが複数存在しており、複雑なプレート構造を持つ地域に位置している。インド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの境界は海溝(ジャワ海溝、スンダ海溝)を呈しており、海溝に沿って火山が多数存在している。そのため、地震や火山による被害を頻繁に受ける地域でもある。この点で、地質成因がわが国と酷似していることから、地質・地盤災害も我が国と似通っていると推察できる。近年の著しい経済発展の中で、経済を支えるインフラ整備が急務であるが、先に述べた島嶼、災害の多さといった地理的な条件等もあり、インフラ整備は周辺他国と比べて遅れている状況にある。

#### 1-1-2 インドネシア国の地質及び地盤状況

インドネシア国内には湿度が高く、樹木遺骸の分解が遅れたまま堆積されることにより地表に泥炭層が広く分布している地域がある。泥炭層は気温が低い地域(我が国では北海道等)に多く分布する土壌であるが、インドネシア国を含む東南アジアにも低地部や沿岸部に熱帯性泥炭層が分布しており、インドネシア国では、森林火災や地盤沈下等の問題の原因となっている。さらに、同国には、新期の火山から噴出された火山灰層や、土石流、泥流などの粗粒の火山性の未固結層が広く分布する。

一般に日本の土木事業および建設事業では、調査の実施当初に調査ボーリングを実施する。ボーリングコアの確認やコアを用いた土質試験等により、強度などの地盤の力学的特徴を評価し、それを設計に反映する手法が取られている。その手法はインドネシア国においても同様であるが、構造物の設計条件(地質情報)を取得するための調査ボーリング技術が未熟なことから、コア(図1-1)の採取状



図1-1 インドネシアのコア品質(通常工法)

出典：JICA 調査団作成



況は芳しくなく適切な情報を提供する地盤情報を得るためのコアとしては十分ではない。そのため、結果として建設時、または建設後に地盤の沈下や、構造物の沈下、すべりなどの問題が発生し、工期の遅延と追加コストが発生する大きな要因となっている。

### 1-1-3 インドネシア国の開発課題

インドネシア国は周辺諸国に比べてインフラの整備が遅れており、国家としての競争力低下の1つの要因となっている。国は国道網の大規模整備を予定しているものの、整備が計画通り進捗していない状況にある。例えば、公共事業・国民住宅省のMinistry of Public Works and Housing Strategic Plan 2010-2014によると、新規国道の車線換算建設目標距離が13,000 km(道路距離3,250 km に相当)であったのに対し、実際に同期間で建設された新規の国道は、わずかに1,268kmであった。この遅延の要因については、用地取得、政府・民間の資金不足などの社会的・経済的な要因と、調査・設計・建設の手法が未熟であることの技術的要因の2つがあるものと考えられる。

#### (1) 社会的・経済的要因

図1-2に示すように、インドネシア国の名目GDPは、2017年には約13,588兆ルピア(約9,121万ドル)、前年比の成長率は約9.5%増であった。2000年以降、名目GDPは著しく成長しているが、2008年度以降のGDP成長率は低下しており、近年は前年と比較し増加しているが、成長は鈍化傾向にある。

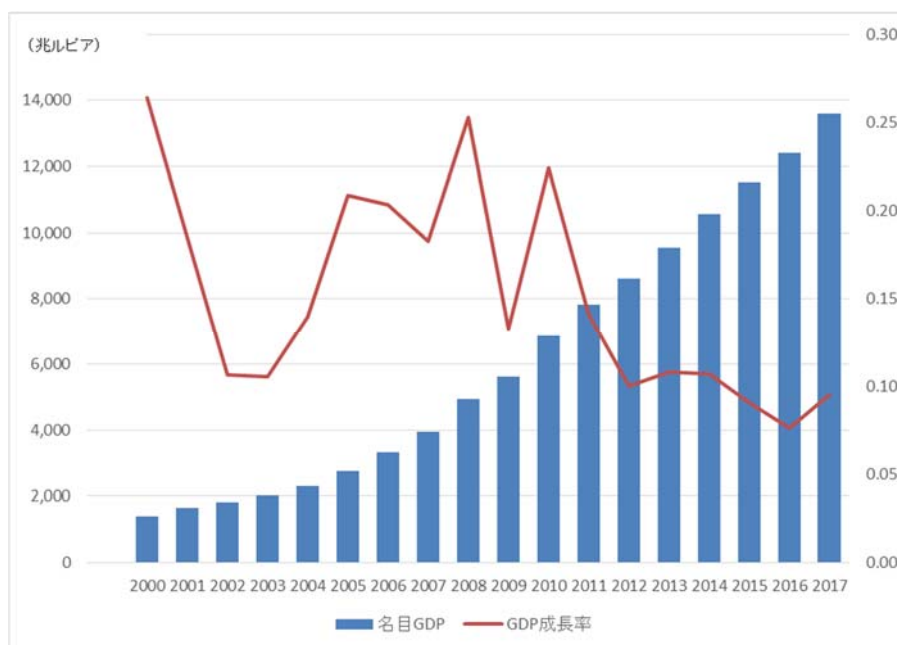


図1-2 インドネシア国における名目GDPとGDP成長率

出典：World Bank, World development indicators に基づき JICA 調査団作成

2020年以降は、中国と一部の主要新興国の成長率がより長期的に持続可能なペースに鈍化する見込みである。多くの経済大国で生産年齢人口の伸びが鈍化するため、世界成長は減速するとみられ

ている。今後、世界の経済力は、北米、西欧、日本のような既存の先進諸国へシフトする見通しがある。表 1-1 は、購買力平価(PPP)ベースでみた各国の GDP 順位を表している。図 1-2 で表されているように、インドネシア国の成長率は鈍化傾向にあるものの、2016年に8位のインドネシア国は、2030年に5位、2050年には4位へと順位を上げ、2016年から2050年までにGDPが約3.5倍にまで成長することが予測されている。このことより、今後、インドネシア国の経済規模は広がり巨大な市場として成長していくことが期待され、注目されている国家である。

表 1-1 購買力平価 (PPP) ベースの GDP ランキング

順位	2016年		2030年		2050年	
	国名	GDP(PPP、2016年ベース、10億米ドル)	国名	GDP(PPP、2016年ベース、10億米ドル)	国名	GDP(PPP、2016年ベース、10億米ドル)
1	中国	21,269	中国	38,008	中国	58,499
2	米国	18,562	米国	23,475	インド	44,128
3	インド	8,721	インド	19,511	アメリカ	34,102
4	日本	4,932	日本	5,606	インドネシア	10,502
5	ドイツ	3,979	インドネシア	5,424	ブラジル	7,540
6	ロシア	3,745	ロシア	4,736	ロシア	7,131
7	ブラジル	3,135	ドイツ	4,707	メキシコ	6,863
8	インドネシア	3,028	ブラジル	4,439	日本	6,779
9	英国	2,788	メキシコ	3,661	ドイツ	6,138
10	フランス	2,737	英国	3,638	英国	5,369

出典：PwC.World in 2050 に基づき JICA 調査団作成

インドネシア国は、17,504 を超える島を持ち、東西 5,000km 以上にわたる世界最大の群島で構成されているため、陸上、海上、航空の移動や輸送は必要不可欠である。近年、インドネシア国は先進国や近隣諸国を超える経済成長を遂げている一方で、十分なインフラ整備が行われていない現状がある。表 1-2 は、国際競争力における ASEAN 諸国のインフラ整備の順位を表したものである。インドネシア国は GDP 順位でトップ 10 に位置する国であるが、インフラの順位においては 137 カ国中 68 位と平均以下の順位に位置している。

さらに表 1-3 は、2016 年の ASEAN 諸国の物流パフォーマンスの指標と世界順位を表したものである。近隣の ASEAN 諸国と比較し、高いスコアを示しており物流パフォーマンスが高いように推察できるが、世界順位は 205 カ国中 71 位である。近隣の ASEAN 諸国と比較し、インフラ不足の課題が多く、未だに発展途上にある。未発達なインフラ整備のため、物流コストが高く、ビジネスコストが高い。これによって企業の競争力低下を招き、経済成長を妨げる要素となっている。インフラが整えられることで、より安全・安価・容易且つスピーディーな人資の輸送が可能になる。

表1-2 ASEAN 諸国のインフラ整備の順位

国名	インフラ 全体 (n=137)	内訳			
		道路	鉄道	港	航空輸送
シンガポール	2	2	4	2	1
マレーシア	21	23	14	20	21
ブルネイ	51	33	-	74	63
タイ	67	59	72	63	39
インドネシア	68	64	30	72	51
ラオス	83	94	-	127	101
ベトナム	89	92	59	82	103
カンボジア	99	99	94	81	106
ミャンマー	-	-	-	-	-

出典：World Economic Forum, The Global Competitiveness Report 2017-2018 に基づき  
JICA 調査団作成

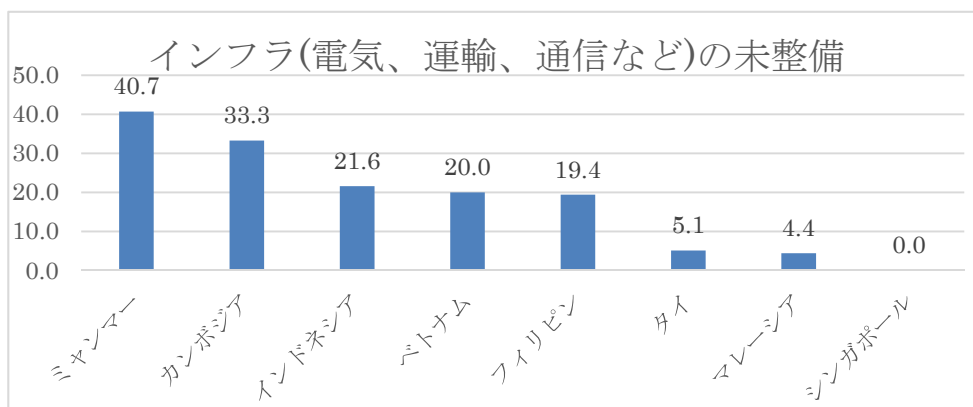
表1-3 ASEAN 諸国の物流パフォーマンス指標と世界ランキング (2016年)

国名	指標	世界ランキング
シンガポール	4.1	5
マレーシア	3.4	37
タイ	3.3	51
インドネシア	3.0	71
ベトナム	3.0	72
ブルネイ	2.9	81
フィリピン	2.9	82
カンボジア	2.8	84
ミャンマー	2.5	150
ラオス	2.1	197

(注) 指標は、1(低)~5(高)のスコアで表されており、高いスコアほどパフォーマンスが良いことを示している。

出典：World Bank, World development indicators に基づき JICA 調査団作成

未発達なインフラ整備がインドネシア国の経済成長を妨げている例を図1-3に表している。図1-3は、日本企業に対するアンケート調査の結果である。インドネシア国とその近隣諸国でビジネスを行う上で、インフラの未整備を課題としている日本企業の割合を示している。インドネシア国でビジネスを行う上で、日本企業の21.6%がインフラの未整備は課題であると考えており、近隣諸国の中でも著しい発展を遂げているインドネシア国が3位に位置している。このことは、企業の競争率の低下を招き、経済成長を妨げる要素になる。



(注)1. 母数(回答企業数)は、国ごとに回答した企業の総数(現在、ビジネスを行っている、または検討している国・地域のみ回答)。2. 回答率=回答数/母数。

図 1-3 インドネシア国とその近隣諸国のビジネス環境の課題

出典：JETRO、2017 年度日本企業の海外事業展開に関するアンケート調査に基づき JICA 調査団作成

また表 1-4 は、インドネシア国でビジネスを行う上で日本企業が課題と考える点について項目別の割合を示したものである。2012 年度以降、日本企業がインドネシア国でビジネスを行う上で最も課題として挙げられていたのがインフラの未整備である。2013 年度には、最も高い割合として 41.5% を記録している。しかし、2017 年度になるとインドネシア国のインフラを課題と考える企業が減少し、21.6%となり 4 位に位置している。インフラの未整備を課題と考える企業は減少したかのように見えるが、前後の順位と僅差の水準に位置しており、今後発展すべき課題として急を要することは依然として変わらない。

表 1-4 インドネシア国でのビジネス環境の課題

課題項目	2017年度	2015年度	2014年度	2013年度	2012年度
行政手続きの煩雑さ	26.1(1)	24.9(4)	21.3(5)	-	-
政情リスクや社会情勢・治安に問題あり	25.4(2)	23.6(5)	21.5(4)	22.6(3)	14.3
法制度が未整備、運用に問題あり	24.6(3)	27.0(2)	26.9(2)	24.5(2)	27.2(2)
インフラ(電力、運輸、通信等)が未整備	21.6(4)	34.0(1)	36.2(1)	41.5(1)	36.4(1)
特段のリスク・問題を認識していない	21.1(5)	25.6(3)	26.9(2)	15.7	21.5(4)
為替リスクが高い	17.8	21.6	16.2	21.8(4)	12.4
税制・税務手続きの煩雑さ	17.8	16.9	16.2	11.1	13.7
代金回収上のリスク・問題あり	17.2	12.7	11.2	12.9	15.8
人件費が高い、上昇している	14.9	14.7	21.2	19.9(5)	21(5)
自然災害リスクまたは環境汚染に問題あり	9.9	9.1	12.3	12.8	18.5
労務上の問題あり	8.0	11.3	12.6	13.9	22.1(3)
知的財産権の保護に問題あり	7.8	6.6	7.0	6.4	6.5
関連産業が集積・発展していない	7.3	10.8	9.2	9.4	11.1
労働力の不足・適切な人材の採用難	7.3	5.4	6.6	6.2	-
米トランプ新政権の政策変更によるリスク・問題あり	3.6	-	-	-	-
土地・事務所スペースの不足、地価・賃料の上昇	3.3	5.7	7.1	6.3	-
英国のEU離脱決定によるリスク・問題あり	0.4	-	-	-	-

出典：JETRO、2017 年度日本企業の海外事業展開に関するアンケート調査に基づき JICA 調査団作成

図1-4は、2000年以降のインドネシア国政府の歳入と歳出を表している。図1-4によると、財政黒字が見られる年もあるが、基本的に慢性的な財政赤字が続いている。特に、2016年には308,343億ルピア(約2,297億円)の財政赤字となり、2000年代で過去最高の財政赤字を記録している。この背景にはジョコウィ政権が掲げるインフラ投資がある。ジョコウィ政権発足後、経済成長底上げのためインフラ投資に注力したことから、財政赤字は拡大傾向にある。財政赤字を縮小するため、歳入の増加が重要な課題となっている。

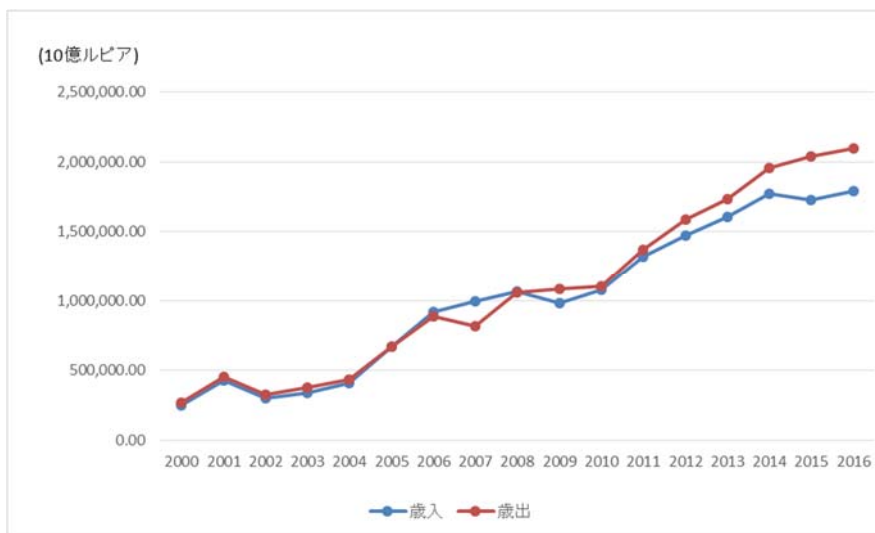


図1-4 インドネシア国政府の歳入と歳出

出典：インドネシア中央銀行のホームページに基づき JICA 調査団作成

2015年から2019年の国家中期開発計画(National Medium Term Development Plan (RPJMN))の中で最も最優先事項として、インフラ整備を掲げている。計画の中で、総投資額は4,796兆ルピア(約36兆円)、そのうちインフラの投資額は1,827兆ルピア(約14兆円)で総投資額のうち38%を占めており、最も注力している分野である。図1-5は、2015年から2019年までのインフラの投資額の割合を表している。道路インフラが最も高い40%を示しており、最も解決されるべき課題であるといえる。

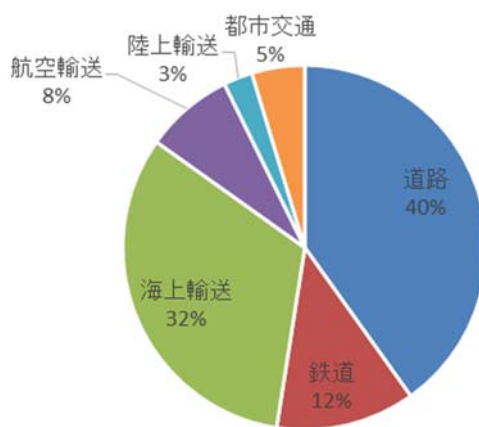


図1-5 インフラ投資額の割合(2015-2019)

出典：Bappenasに基づき JICA 調査団作成

図 1-6 は、インドネシア国政府の道路建設に対する支出額を示す。2015 年から 2019 年までの間で道路インフラに 733 兆ルピアの投資を計画しているため、2015 年の投資額は過去に比べて大幅に増加している。今後もさらなる投資額増加が見込まれる。そして、困難な地盤でのインフラ建設が増えると予想され、特殊な対策技術が必要な現場が多くなると考えられる。従って、ハイブリッド工法のような特殊な地盤調査技術の需要は必ず増えることが予想される。

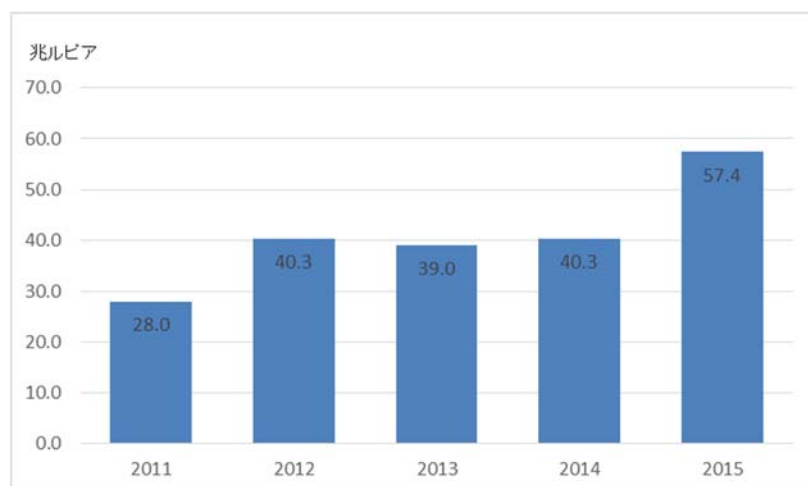


図 1-6 道路建設に対する投資額

出典：Central government の資料に基づき JICA 調査団作成

## (2) 技術的要因

前述のように、インドネシア国の地質状況は非常に複雑、地すべり、地盤沈下などの地盤災害が多発である。インフラ整備の推進において、地質調査技術の欠如により進捗にも大きな影響を与えた。特に、最も重要視される道路開発は広範囲にわたるため、様々な地質条件が混在し、地盤調査の不備により設計・施工された道路は災害を発生させる要因となる。具体的には、コアの採取技術が未熟なために採取されるコアの品質が良くないことから、コアから得られる地質情報が不正確になる。その結果、地盤の分布や強度の推定が不正確となる。構造物の設計はこれらの地質情報を用いるため、構造物の設計が不正確となり、最終的には構造物の建設（施工）時において構造物の変形や沈下、損傷などの現象となって表面化する。そうなれば、それを修正すべく追加調査と設計のやり直し、構造物の追加建設が必要となる。公共事業・国民住宅省(PU)が毎年、道路も含む地すべり対策工事のみで、投入する予算金額は約 8,000 億ルピア（約 59 億円）に達する。従って、ハイブリッド工法を導入することにより、インドネシア国の地質調査技術の向上とともに、追加調査と工事による費用の削減にも繋がり、全体的な防災予算を低減可能である。

インドネシア地盤工学会会長への聞き取り調査時にも具体的な事例（図 1-7、図 1-8）の話があり、このような地盤調査技術の未熟さに起因した上記の現象はインドネシア国の大きな課題であるとの発言があった。事例の現場は、2010 年から施工が進められているスマラン有料道路建設プロジェクトで、盛土による軟弱地盤のすべりを防止するために設計された抑止杭工が、軟弱地盤の分布推測の不正確さから強度不足となり追加調査・対策工が実施され、工事費増大・工期遅延が発生した現場である。正確に軟弱地盤の位置を把握できていれば、増大した工事費 11,708 万円及び遅延した工期 1 年の損失を防ぐことができた。

また、ジャカルタとバンドン間を繋ぐ Purbaleunyi 有料道路は、西ジャワ地域の経済発展の大動脈

であり、車両通行量が非常に多い。ところが、“clay shale”とよばれている膨張性の泥岩層の分布地域を通過する箇所では、2004年の有料道路の施工時、およびその後大規模な地すべり災害が多発している。10箇所以上の地すべり発生地の中に、特に、KM100+700に位置するCisomang橋の橋脚は現在も変動しており、約10年間の変位は橋脚の水平方向に約57cm移動し、鉛直方向に約19cm上昇している。2017年には35,400万円の工費で追加工事（抑止杭打設）が施工されている。

このような事態は、追加調査や構造物の追加建設の経済的な損失だけでなく、インフラ整備推進の時間的損失や安全性の損失など、多くの負の影響を及ぼす要因となっている。インドネシア国の調査ボーリングの積算基準が非常に低く、低価格で早期の完工が重要視される結果、調査ボーリング技術の向上が期待できない市場構造となっている。調査ボーリング技術及び採取されるコアの品質の向上は、インドネシア国における重要な解決すべき課題となっている。

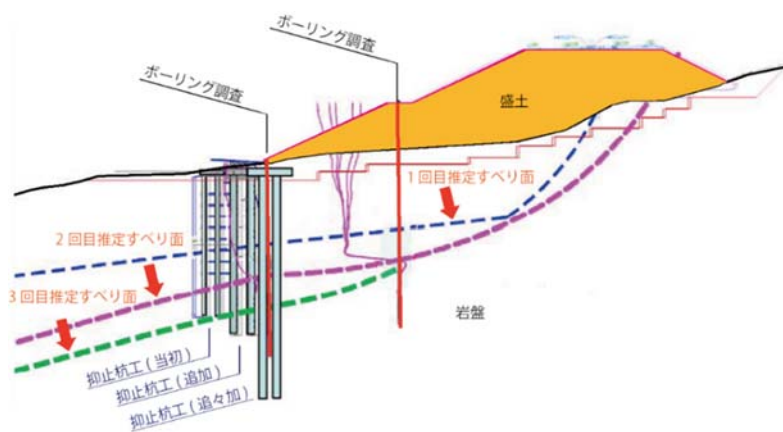


図 1-7 地質情報の不正確さが原因で失敗した建設工事例

出典：HATTI の提供



図 1-8 盛土がすべった後の状況

出典：HATTI の提供

## 1-2 開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

### 1-2-1 対象分野の開発計画と関連政策

#### (1) 国道網計画マスタープラン (Ministerial Decree No 567/KPTS/M/2010)

2010年、公共事業・国民住宅省は大臣令 No 567/KPTS/M/2010 として、国道網に関わるマスタープランを交付した。この2010年版は、2005年版マスタープラン (大臣令 No 369/KPTS/M/2005) を改訂したものである。このマスタープランでは、国道を以下の3種に分類している。

- ア 一般国道 (National Road) : 2010年版のマスタープランでは、一般国道を2005年版の3万2,846km から3万8,570 km まで新設する計画である。
- イ 戦略的国道 (Strategic National Road) : 戦略的国道とは、国道をサポートするために重要な国の予算による建設を計画している州道、市・町道を指す。2005年版には戦略的国道について記述はなかったが、2010年版では、1万1,578 km の戦略的国道の整備を計画している。
- ウ 有料国道 (Toll Road) : 2005年版の2,015 km から2010年版では4,618 km と有料国道は大幅に増加している。主な理由は、スマトラ縦断高速道路が有料国道として指定されたことにある。

#### (2) 国家中期開発計画 2015-2019

ジョコウィ大統領は選挙運動中に9項目の課題 (ナワチタ) を公約として掲げ、当選後に組閣や政策を通して実行している。これらの課題は2015-2019年の国家中期開発計画 (National Medium Term Development Plan (RPJMN)) の中に9つの優先課題として記載されているが、このうちの「世界経済における競争力及び国民の生産性向上」は、道路建設に関連している。この優先課題は、経済的な競争力向上のために、輸送インフラを含む経済的なインフラを開発することに焦点を当てている。輸送インフラには道路、港湾、空港、鉄道及び公共交通システムが含まれる。

この国家中期計画を元に公共事業・国民住宅省は Ministry of Public Works and Housing Strategic Plan 2015-2019 を作成した。この開発計画のうち、道路インフラに関するものは表1-5の通りである。

表1-5 道路インフラ開発目標の概要

No	項目	2010-2014 実績	2019年までの目標
1	新規国道の建設	1,268 km	2,650 km
2	既存国道の交通量の増加	-	1,807 km
3	既存国道の道路状況の改善	-	46,770 km
4	新規有料国道の建設	289 km	1,000 km
5	主要道路における平均移動時間の向上	2.7 時間/100km	2.2 時間/100km

出典 : Ministry of Public Works and Housing Strategic Plan 2015-2019

### 1-2-2 対象分野の法制度等

#### (1) 道路に関する法令

インドネシア国における道路法制は、一般法である法律2004年38号(以下、「道路法」)の下に



各下位法令が定められている。すべての道路インフラの開発と運営はこの道路法により規制されている。

道路法では、道路は公道・特別道路・高速道路の3つの基本分類に分けられ、公道は更に、その体系、機能、状態、によっていくつかの類型に分類される。

公道は、すべての者が無料で利用することのできる道路と定義される。特別道路は企業、非政府組織、個人によって私的な目的のために建設される道路と定義される。高速道路は通行料金の支払いが要求される道路と定義される。

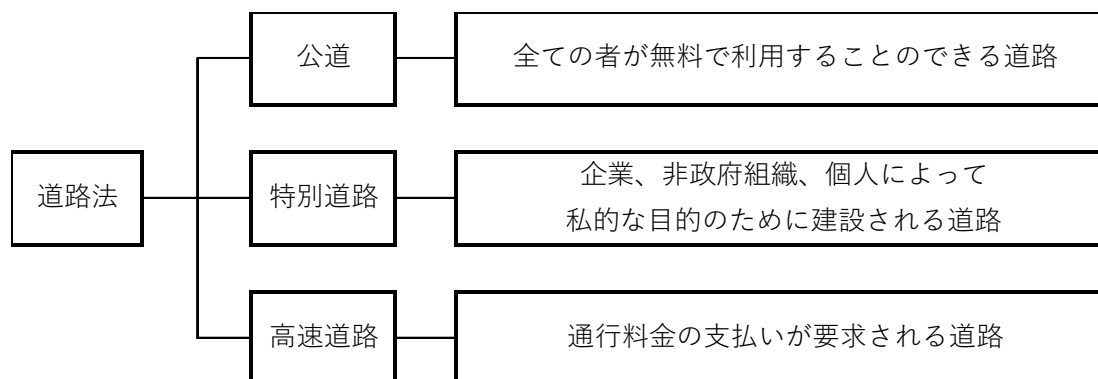


図 1-9 道路法による道路の基本分類

出典：HATTI の聞き取り調査に基づき JICA 調査団作成

## (2) 地盤調査等に関する法制度・ガイドライン・標準

公共事業・国民住宅省の道路技術研究所(IRE)は軟弱地盤上の道路建設のためのガイドラインとして「軟弱地盤上の道路建設のための地質工学的ガイドライン(Geotechnical Guideline for road construction on soft soil)」を設けている。

このガイドラインの主な項目は、

- 「軟弱地盤の基本的性質と特徴」
- 「軟弱地盤調査：計画と現地調査」
- 「軟弱地盤調査：室内試験」
- 「設計と施工」

の4項目からなるが、計画と現地調査において、調査ボーリングの工法に関する必須事項や提案事項は存在しない。これが、インドネシア国の地盤調査において、ボーリング調査の品質が向上せず、精度の高い地質情報を取得できない1つの要因と思われる。

## (3) 公共事業・国民住宅省の新工法検証・導入プロセス

図 1-10 に示すように、新たな工法をインドネシア国に導入し、普及していくには、まず公共事業・国民住宅省から工法の承認を得る必要がある。道路や橋梁の建設・整備に係る新工法の導入プロセスは、公共事業・国民住宅省の道路技術研究所(IRE)の道路地質工学部門が当該新工法の技術基準書を作成する。

IRE による技術基準書の作成については、IRE の研究者が工法の内容・概要等について実証試験等を行い、提案する工法の有用性や限界を確認しなければならない。このため、本件のような民間・

もしくは第3者機関からの工法導入の提案については、当初は共同研究として実証が行われる。実証で有意義な結果が得られた場合、技術基準書案を作成する。基準書案は概ね1年程度で完成する。

完成した技術基準書は、IREの内部委員会で審査される。内部委員会の審査通過後は公共事業・国民住宅省研究開発局長(Head of Research and Development Agency)の審査を受け、承認の最終判断を仰ぐ。審査・承認まで全体で6ヶ月から1年を要する。研究開発局長の承認後、技術基準書は公共事業・国民住宅大臣に提出され、大臣は当該新工法/技術の使用を認める旨の文書を発行し、関係する部署にアナウンスされる。

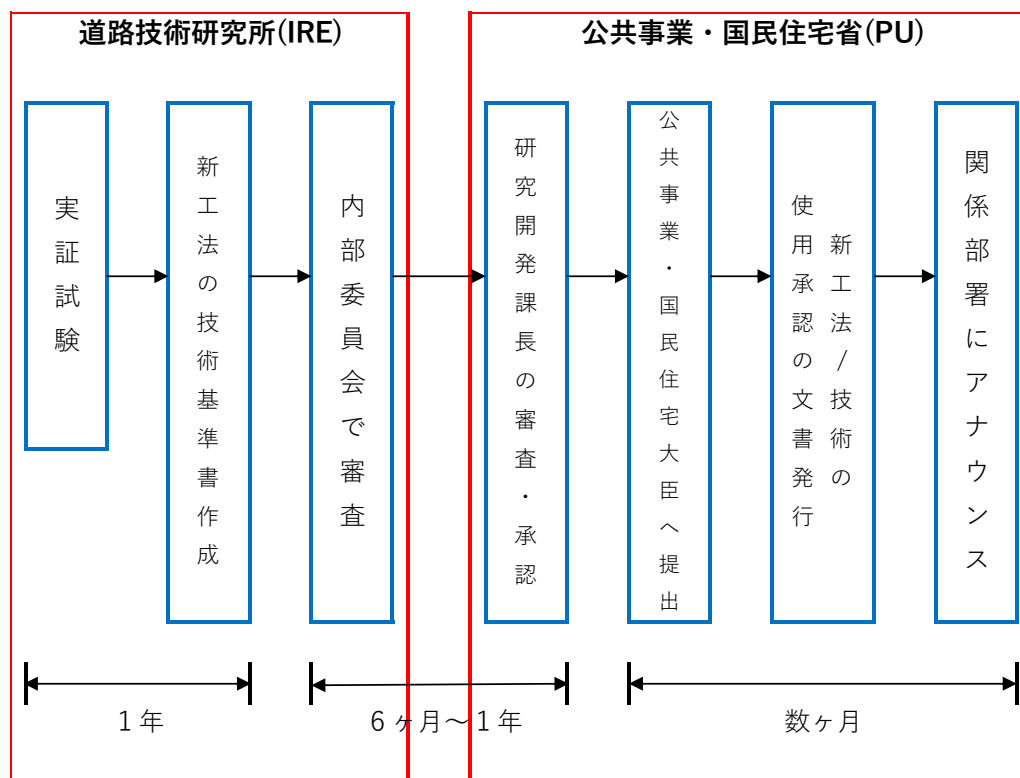


図1-10 公共事業・国民住宅省の新工法検証・導入プロセス

出典：IREの聞き取り調査に基づき JICA 調査団作成

### 1-2-3 政策実施に関するインドネシア国政府側体制

インドネシア国の道路セクターと関連する機関の概要は次のとおりである。

#### (1) 公共事業・国民住宅省 (Ministry of Public Works and Housing, PU)

インドネシア国において全ての国家インフラ開発を管轄するのは公共事業・国民住宅省である。公共事業・国民住宅省は、水管理(水資源・飲料水)、道路運営、住宅(供給・住宅地開発・金融)、建設(建築物の建設計画・建設サービスの育成)、環境管理システム(汚水・環境排水・廃棄物)を管轄している。公共事業・国民住宅省の組織構造は、大臣の下に、大臣官房、統括監察官、総局及び局が存在する。そして、その下の道路総局(Directorate General of Highways, Bina Marga)はインドネシア国の道路事業の全てを管轄する。以下に示す権限により、国道ネットワーク計画、地方政府への道路ネットワーク計画のためのガイドラインの提供、国道の建設とメンテナンスのための建設業者の入札業務、道路建設事業の監督と評価の責任を負う。また、道路総局は国道資産の管理者でも

ある。

- 道路開発事業に関する政策の立案
- 道路開発事業に関する政策の実施
- 国家のコネクティビティを強化する政策の実施
- 道路開発事業に関する標準、手段、基準、ガイドラインの整備
- 道路開発事業における技術的指導と監督
- 道路開発事業の評価

## (2) 道路技術研究所 (Institute of road engineering、IRE)

道路開発・技術研究所は、バンドンにある公共事業・国民住宅省研究・開発局下の研究機関であり、次に示す機能を有している。

- 道路関連技術の研究開発
- 研究開発の結果の基準化と普及(ガイドライン、技術標準、マニュアル等)
- 技術的助言の実施

## (3) 国営建設会社

国営建設株式会社は、国営企業省を通じて株主としての国の監督を受け、同時に民間企業と同様に各事業分野を管轄する省庁からの規制を受けている。国営建設会社の多くはダムや幹線道路建設等の国家の主要なインフラ整備プロジェクトにおける実施の担い手となっている。数社は株式を公開しているが、基本的には国家が100%の株式を保有している。

インドネシア全体の建設事業者数は142,852社(2016、BPS)で、そのうち大規模建設業者は1,235社である。従って、国営企業の建設業者全体に占める割合は0.006%、大規模建設業者に占める割合でも0.73%である。表1-6に示すように、建設業に従事する国営建設会社は現在9社あり、2016年の売上高合計は約8.1兆ルピア(約6,480億円)で、市場全体の1割程度を占めており、建設業全体における国営建設会社の売上のシェアは極めて大きい。

表1-6 国営建設会社の売上高 IDR1 = JPY 0.007580

企業名	売上高(10億ルピア)				
	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
PT Waskita Karya Tbk	8,808	9,687	10,287	14,153	23,788
PT Pembangunan Perumahan Tbk	8,004	11,656	12,427	14,217	16,459
PT Wijaya Karya Tbk	9,905	11,885	12,463	13,620	15,669
PT Adhi Karya Tbk	7,628	9,800	8,654	9,390	11,064
PT Hutama Karya	5,033	5,502	5,717	6,316	8,816
PT Brantas Abipraya	923	1,441	2,281	3,110	3,323
Perum Perumnas	1,060	1,204	1,339	1,372	1,263
PT Istaka Karya	47	13	33	171	218
PT Amarta Karya	308	285	295	357	117

出典：Ministry of state owned enterprises, Profile of BUMN Indonesiaに基づき JICA 調査団作成

### 1-3 当該課題に関連する ODA 事業及び他ドナー事業の先行事例分析

#### 1-3-1 JICA 関連のインフラ整備事業

我が国の対インドネシア国別開発協力方針(2017年9月)では、日本はインドネシア国への援助について「バランスのとれた経済発展と国際的課題への対応能力向上への支援」を大目標に掲げ、ビジネス・投資環境の改善を図り、経済成長への支援を行うこととしている。中でも、インフラ整備の不足がインドネシアの持続的な成長を遂げる上で障害にもなっており、今後インドネシアの経済成長を後押しするためにも、ビジネス活動に適した都市基盤の整備が必須であると認識している。首都圏インフラ整備の開発課題のうち、「首都圏の運輸・交通環境整備」の協力プログラムでは、道路交通の改善支援として、2020年までに車両平均走行速度を朝のピーク時で時速15kmにするという具体的な数値が掲載されている。これを実現するためには、渋滞緩和が必要命題であり、高速道路や幹線道路の整備が不可欠である。

我が国で実施中の大規模なインフラ整備事業を表1-7に示した。インフラ整備事業の中では、鉄道事業が最も多く、次いで港湾、道路の順となっている。いずれの事業も沿岸部においては泥炭層、平野・山岳部においては軟弱地盤や地すべりが分布する箇所が想定され、特殊な対策を必要とする。このことから、ハイブリッド工法はインドネシア国で我が国により実施されるインフラ整備事業において有用性の高い技術であることが推察される。

ハイブリッド工法を普及することは、インドネシア国の地盤調査技術の向上につながり、インドネシア国に質の高いインフラ開発の促進とコスト削減に寄与すると考えられる。このためハイブリッド工法のインドネシア国における普及は、我が国の対インドネシア国の援助方針に合致していると考えられる。

表1-7 ハイブリッド工法の適用が可能なインフラ整備セクターにおける日本の協力実績

	案 件 名	スキーム	実施期間	適用可能な項目
1	ジャワ南線複線化計画(IV)	有償資金	2016-2021	地すべり斜面調査
2	ジャワ幹線鉄道電化・複々線化計画(第1期)		2016-2019	地すべり斜面調査
3	ジャカルタ都市高速鉄道計画(I)		2016-2020	軟弱・レキ質地盤 基礎調査
4	ジャカルタ都市高速鉄道計画(II)		2016-2020	
5	ジャカルタ都市高速鉄道東西線計画 (E/S)(フェーズI)		2016-2020	軟弱・レキ質地盤 基礎調査
6	ジャカルタ首都圏鉄道輸送能力増強計画(I)		2016-2021	軟弱・レキ質地盤 基礎調査
7	ジャカルタ特別州下水道整備計画(E/S)		2016-2021	軟弱・レキ質地盤 基礎調査
8	タンジュンプリオク港アクセス道路建設計画 (I)		2016-2017	軟弱・レキ質地盤 基礎調査
9	バンドン市内有料道路計画		2018-2021	地すべり斜面調査 軟弱・レキ質地盤 基礎調査

出典：外務省 国別開発協力方針別紙 2017年9月に基づき JICA 調査団作成

### 1-3-2 他ドナーによるインフラ整備事業

インドネシア国で現在実施されている他ドナーのインフラ整備事業のうち、ハイブリッド工法の効果的な適用が予想される大規模インフラ事業を表1-8に示す。

表1-8 ハイブリッド工法の適用が可能な他ドナーによるインフラ整備事業

	案 件 名	ドナー名	実施期間	適用可能な項目
1	Integrated Infrastructure Development for National Tourism Strategic Areas	アジア開発銀行 世界銀行	2018-2023	地すべり 斜面調査
2	National Urban Water Supply Project	世界銀行	2018-2022	軟弱・レキ質 地盤基礎調査
3	Sewerage System Development Project	アジア開発銀行	2016-2018	軟弱・レキ質 地盤基礎調査
4	Coral Reef Rehabilitation and Management Program- Coral Triangle Initiative	世界銀行	2014-2020	軟弱・レキ質 地盤基礎調査
5	Sustainable Infrastructure Assistance Program - Capacity Development for the Metropolitan Sanitation Management Investment Project	アジア開発銀行	2014-2019	軟弱・レキ質 地盤基礎調査
6	Western Indonesia National Roads Improvement Project	世界銀行	2011-2018	地すべり斜面調査・軟弱・レキ質 地盤基礎調査

出典：ADB: <https://www.adb.org/projects>, World Bank: <http://projects.worldbank.org/>に基づき  
JICA 調査団作成

## 第2章 提案企業、製品・技術

### 2-1 提案企業の概要

ハイテック株式会社は大阪を拠点とする地質調査コンサルタント会社である。主な業務に地盤調査、水文調査、物理探査、環境保全事業などがある。日本国内では、ハイテック株式会社の独自の技術を糧に、主要な大手コンサルタント会社の下請けとして、土木建設、地盤災害、メンテナンスなど、様々な調査現場に携わってきた。

ハイテック株式会社は中小企業でありながら一足早く1995年（分社前）から海外での業務に取り組んだ実績がある。当初、京都大学の教授から勧誘を受け、調査チームの一員として世界遺産のスフィンクス保護プロジェクトに参加し、物理探査や地形測量などの技術サポートを遂行した。ハイテック株式会社の行動力及び技術力は高く評価され、同時に海外進出のきっかけとなった。

その他、中国の莫高窟やトルコの Cappadocia などの世界遺産の保護プロジェクトのボランティア活動を続ける中で、2005年、ハイテック株式会社にとって最初の東南アジア進出となるラオスにおいて水力発電開発に関連する地質調査業務があると聞き、自ら手を挙げ当該業務を遂行した。以来、表2-1に示すように、東南アジアの様々な国（マレーシア、ミャンマー、ベトナム、タイ）を回り、海外活動に必要な経験と実績を積んできた。

表2-1 海外業務実績

年代	業務名	国名
2009	マレーシアボーリング技術指導	マレーシア
2010	中国敦煌ボアホールカメラ撮影業務	中国
2011	ラオス国ナムニアップ気泡ボーリング	ラオス
2011	アゼルバイジャン・パクー地区ボーリング技術指導	アゼルバイジャン
2012	上海トヨタテストコース地盤調査技術指導	中国
2015	海外水力発電事業に係る地質調査業務委託	ラオス
2015	カッパドキア遺跡保存業務	トルコ
2016	海外水力発電事業に係る地質調査業務委託	ラオス
2016	ラジャマンダラ発電所調査	インドネシア
2017	ミャンマーディードック地点地質調査	ミャンマー

出典：JICA 調査団作成

## 2-2 提案製品・技術の概要

### 2-2-1 製品・技術の特長

#### (1) 地盤調査の重要性とボーリングコア

インフラ整備を推進するためには、そのプロセスの上流にある地盤調査は必須の実施事項であり、重要な技術である(図 2-1)。構造物の設計においては、地盤調査より得られた地質分布情報や地盤強度特性値を用いるため、地盤調査により得た結果の重要性は高く、精度の確保が求められる。

地盤調査の代表的な手法として調査ボーリングがある(図 2-2)。調査ボーリングは、ボーリングコアを採取することで地下地盤の情報を目視で観察できる技術である。コアとは、地上から見えない地下の地盤情報を得るために地下から採取した円柱状の試料であり、ボーリングマシンによって地盤を削孔して得るものである(図 2-3 下段)。

コアを高精度に採取することによって得られる情報は、地盤の種類(地質区分)、硬さ、風化度、亀裂の多さ、色調、粒度などがあり、いずれも構造物の設計に対して重要な情報である。これらの情報は整理され、構造物建設予定地の支持地盤判定(地質構造)や地耐力判定(地盤強度)、軟弱地盤上に盛土をした時の圧密沈下予測、地すべりのすべり面特定や斜面安定解析などに用いられる。そして、それらの結果をもとに、構造物本体や補助工法などの設計を行う。

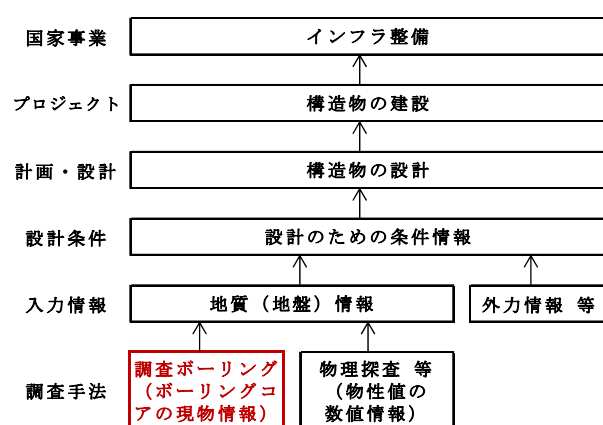


図 2-1 インフラ整備に必須の地盤調査技術

出典：JICA 調査団作成



図 2-2 調査ボーリングの状況

出典：JICA 調査団作成

#### (2) ハイブリッド工法の特徴

通常工法とハイブリッド工法の比較を図 2-3 に示す。

通常工法 a) は、ボーリングマシンによってコアチューブ及び削孔ビットを回転させ、地盤の中を掘り進んでコアを採取する。この時、摩擦熱防止や削孔屑排出のために水または泥水を送るが、軟弱な地層部分においてはコアを洗い流してしまいコアの採取率を低下させてしまう。

ハイブリッド工法 b) は高品質コアの採取を目的に開発された技術で、圧縮空気を使って気泡剤により泡を発生させ、削孔時の削孔流体として使用する技術である。気泡を削孔流体とすることで、過大な水圧の発生を回避でき、乱れのない高品質なコアが採取できる。また、液送ポンプと泡発生ノズルにより気泡剤をバイパス管に噴出泡させる方式を採用している。これによって高濃度の泡

が安定供給でき、かつ気泡送圧力の微調整も可能にしている。これにより、他社の気泡方式ではコア採集が困難な地下水位以下及び被圧地下水内でも、ハイブリッド工法においては十分な気泡の量を維持することができ高品質なコアの採集が可能となっている。そのため、通常の調査ボーリングで採取するコアの品質向上だけでなく、コア採取が難しい地すべり調査（岩盤地すべり）やダム調査（断層破碎帯、変質帯）、トンネル調査、室内試験試料採取（盛土、固結度の低い地盤、崖錐堆積物）などに多く用いられ、より精度の高い情報を設計へ与えている。

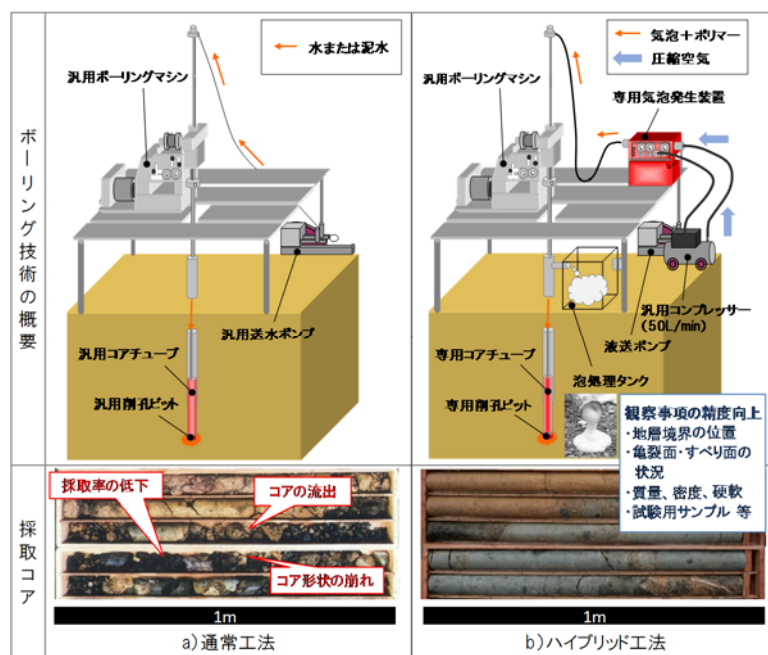


図 2-3 ハイブリッド工法と通常工法の比較

出典：JICA 調査団作成

#### ア ボーリングコアにおける“高品質”とは

ボーリング調査 (borehole investigation) はボーリング (borehole drilling) によって採取したコアから地下の地質構成や地質構造、岩盤状態を推定するものであるが、採取したコアは必ずしも地下に存在していたときの状態と同じではない。回転・振動を伴う掘削とコア引き上げ時の過程でコアの一部が破損したり、流失したりするためである。

採取したボーリングコア (borehole core) が地下に存在していたときの状態に限りなく近く、そこでの地質状態・岩盤状態を忠実に再現したものであれば、地質技術者がコアを詳細に観察することによって多くの地質情報を得ることができる。これに対して、再現性が不十分なコアであれば、いくら観察しても十分な地質情報は得られない。

このため、地下の状態を忠実に再現したボーリングコアとそれを採取する新たな技術は、わが国では“高品質ボーリング”とよばれており、ハイブリッド工法はその代表である。とくに、断層面や地すべり面などの岩盤劣化部の微細な構造(粘土シームの幅と方向、粘土シームを取り巻く岩盤状態など)に関しては通常工法によるコアとの違いは極めて大きい。

#### イ ハイブリッド工法によるコア採取技術

ボーリングコアはメタルまたはダイヤモンドのビットを回転させて地層や岩盤を円柱状に切り抜いたものであるが、このようなコア採取には通常循環流体が必要となる。通常工法では水または泥水を用いるが、ハイブリッド工法では循環流体に石鹼水による泡沫状の流体 (foam fluid) を用いている。このため、ボーリング機器には独自の泡沫 (foam) 発生装置を備えている。



循環流体の基本機能には一般に①ビット回転によって発生する摩擦熱の低減と機器の冷却、②ビット先端部の摩擦低減によるスムーズな回転維持、③ 削り屑(cuttings)の上方への運搬、④ 孔壁の安定性維持・採取コア表面の破損低減、⑤ 循環停止時における削り屑(cuttings)の急速な沈殿と沈殿物(slime)形成の防止、などがある。

泡沫状流体(foam fluid)は単なる水と違って低比重であるとともに泡沫はそれがつくる構造によって多少の強度を有した stiff fluid となっている。このため、比較的低い圧力でも削り屑(cuttings)を上方に運搬できることが特徴である。

低圧力での掘削作業を可能にしたことにより、掘削による採取コア表面と孔壁の破損を可能な限り小さくすることができ、その結果、地下の状態の再現性が高まった良好なコアを採取することができるようになった。図2-4に示すように、岩盤の劣化部での微細な構造では通常工法との違いが大きい(粘土シームの幅と方向、粘土シームを取り巻く岩盤状態など)。下側は通常工法による採取したコアのイメージとなり、細粒分は水に流され、重要な地質情報として欠失している。



図2-4 ハイブリッド工法(上)と通常工法(下)によるコア品質比較イメージ

出典：JICA 調査団作成

## 2-2-2 製品・技術のスペック・価格

### (1) スペック

ハイブリッド工法の標準資機材構成を表2-2に示す。現地の地質調査コンサルタント会社のPT PromiscoとPT Geomarindexを見学させた際に、日本メーカーの機材も所有するほど、ボーリングマシンは一般的な機械として現地品の使用が可能であることが分かった。しかし、気泡発生装置、ダブルコアチューブ、NTタイプのボーリングロッド、これらのハイブリッド工法の専用品は日本からの輸出が必要である。発泡剤、足場材などは現地調達が可能である。

### (2) コスト(地盤調査費)

ハイブリッド工法の調査費(諸経費等を除く)は対象地質、搬入ルート、仮設箇所によって異なるが、基本的には労務費、材料費、日掘進量、動力費用、機材損料などから算出される。表2-3に地質に応じた削孔単価(円/m)を示す。インドネシア国におけるボーリング掘削単価について、土の場合、2,274~3,790円/m、岩盤の場合、4,548~6,822円/mとなる。単純に数字を見ると、かなり安いですが、コアの採取率が非常に悪いため、設計時に必要な地盤情報は大半が標準貫入試験によるN値(SPT値)に依頼せざるを得ない。ボーリング調査の本来の役割を全く果たせていない状態である。

表 2-2 ハイブリッド工法の標準資機

項目	仕様
ダイヤモンドビット	植込量 28ctc
ダブルコアチューブ	専用品
ボーリングロッド	専用品 NTタイプ φ40.5mm L=3.0m
ケーシングパイプ	φ97mm L=1.0m
発泡液・ポリマー	専用品 リポラン
スプリット管	L=1.0m 半割れ管
コア箱	103cm 3本入り
ボーリングマシン	通常ボーリングマシン
気泡発生装置	専用開発品 (HT-M1)
コンプレッサー	吐出空気量 50L
発電機	2.4KVA

出典：JICA 調査団作成

表 2-3 ハイブリッド工法の掘削単価 (削孔径φ86mm、日本国内の場合)

地質	粘土・シルト	砂・砂質土	礫混じり土砂	軟岩	中硬岩	硬岩	破碎帯
日掘進 (m)	4.5	4.0	1.8	1.5	1.2	1.1	1.0
単価 (円/m)	33,500	37,400	81,900	95,900	120,600	133,700	152,300

出典：JICA 調査団作成

### 2-2-3 保有特許

ハイブリッド工法に関連する代表的な特許を表 2-4 に示す。そして、ハイテック株式会社はハイブリッド工法の次世代バージョンを鋭意開発中、一部の技術は既に日本国内とインドネシアで出願中とであり、将来的には東南アジア諸国に出願する予定である。

表 2-4 ハイブリッド工法技術に関する特許 (代表例)

特許番号	発明 (考案) 名称	出願者	保有国
特許 2746795	気泡発生装置	ハイテック (株)	日本
特許 2746836	トリプルコアチューブ	ハイテック (株)	日本
特許 3267577	掘削用ビット	ハイテック (株)	日本
特願 2010-059742	ボーリング工法及びボーリング装置	NEXCO エンジニアリング関西 (株) ハイテック (株)	日本
特許 6309695	地下水の検出方法、ボーリング装置およびコア採取装置	ハイテック (株)	日本

出典：JICA 調査団作成

## 2-2-4 国内外の販売実績

図2-5にハイブリッド工法の施工実績の推移を示す。近年、調査ボーリングのコア品質の重要性が広く認識され、ハイブリッド工法は1992年から日本国内で採用以来、貯水池周辺の地すべり調査を中心として、現在までに累計28,752mを超える施工実績、累計30億円の売上高がある。主要取引先（注文者）は、国土交通省や都道府県、公共工事調査委託業務を受託した調査コンサルタント会社などである。近年、海外工事を受注した大手建設会社等からの引合いにより、海外での調査実績2件（ラオス [2015年]、インドネシア [2016年]）もある。

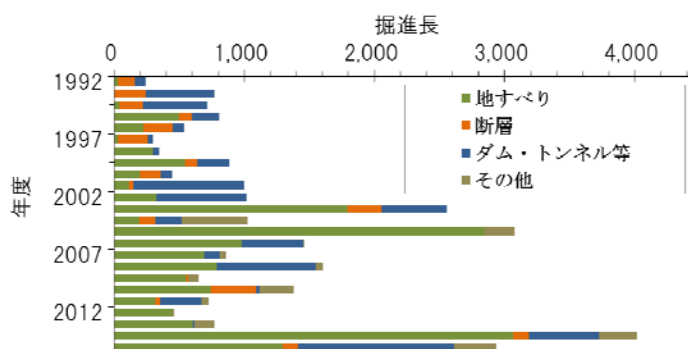


図2-5 ハイブリッド工法の実績

出典：JICA 調査団作成

## 2-2-5 国内外の競合他社製品との比較優位性

日本列島の複雑で脆弱な地質を調査する技術は長年技術者により改良改善され、日本の地盤調査技術は世界的にもトップクラスとなっている。ハイテック株式会社の有する気泡を使った高品質ボーリング調査技術は、日本国内で8割以上のシェアを占め、コア採取率の高さ及び乱れの少なさが高く評価されている。表2-5に競合他社製品(技術)との比較優位性を示す。

インドネシア国では、高品質コアの概念がないため、ハイブリッド工法と競合する技術は存在しない。ハイブリッド工法を用いることで、インドネシア国で広く分布する軟弱地盤や地すべり地での設計・工事に対してより正確な情報を取得でき、的確な対策を講じることが可能になる。また、案件化調査中、セミナーと本邦受入活動を通じて、ハイブリッド工法をよく理解している HATTI と ITB からも、高い評価を受け、斬新な技術として是非インドネシア国で普及したいと見解を示した。

表 2-5 競合他社製品と比べた比較優位性

工法	ハイブリッド工法	ミスト工法	JFB 工法	IFCS 工法
NETIS 番号	KT-000109	—	KT-980050	HK-030022-A
タイプ	気泡+粘性度調整剤	気泡	気泡	粘性度調整剤+気泡
概要	掘削流体に気泡発生剤（リポラン）を使用した高品質ボーリング技術。地質や地下水の状況により粘性を高めるポリマーを添加。	掘削流体に界面活性剤を使用した高品質ボーリング技術。発泡装置による節水ボーリング用発泡装置を使用。	掘削流体に界面活性剤（植物性）を用いた高品質ボーリング技術。	掘削流体に混濁気泡水（粘性度調整剤と界面活性剤）を使用した高品質ボーリング技術。
価格（礫混り土砂）	△ 81,900 円/m	○ 52,000 円/m	△ 77,600 円/m	○ 48,200 円/m
採取コアの品質	◎ コアの採取率が高く、硬軟の変化のある地質もほぼ完全に採取することが可能。亀裂の状態やすべり面の保存が良い。	△ コア採取率は高いが、地下水以下ではコア採取率が悪くなる。	△ 通常工法と比較して良好なコア採取が可能であるが、地下水以下では装置の操作が難しく、コア採取率が悪くなる。	○ CL 級岩盤の亀裂多い箇所や軟質な箇所ではコアが分離する状況が認められ、採取率に不満が残る。
先導性 希少性	◎ 高品質ボーリングの第二世代技術である。他社にはないコア採取率の先導的技術である。	△ 高品質ボーリングの第一世代技術である。広く普及せず、先導性は乏しい。	○ 高品質ボーリングの第 2 世代の技術である。広く普及せず、先導性は乏しい。	○ 高品質ボーリングの第 2 世代の技術である。広く普及せず、先導性は乏しい。
課題	コスト低減	コア採取率の更なる向上	コスト低減 コア採取率の更なる向上	コア採取率の更なる向上
総合評価	◎	△	△	○

## 2-2-6 その他

ハイブリッド工法は国土交通省による技術評価(NETIS 登録)を受けた技術であり、専門雑誌等で様々な工法普及活動を行っている(表 2-6)。

表 2-6 メディアでの取り上げ、表彰等

分類	実績
学会及び 学会誌	1) 地盤工学会シンポジウム「気泡式ボーリング工法による硬岩断層破碎帯でのコアサンプリングの適応性」2000年 2) 応用地質 第44巻第4号「気泡式ボーリングによる河床体積物のコアサンプリングの適応性」2003年 3) 土と基礎 4月号「気泡式ボーリングから高品質コア採取システムへ」2006年
技術評価	1) NETIS 登録 KT-000109(国土交通省)

出典：JICA 調査団作成

## 2-3 提案製品・技術の現地適合性

### 2-3-1 現地適合性にかかる調査方針

非公開部分につき非表示

### 2-3-2 現地適合性にかかる調査結果

非公開部分につき非表示

## 第3章 ODA 案件化

### 3-1 ODA 案件化概要

ODA 案件(普及・実証・ビジネス化事業)の概要を表 3-1 に示す。

表 3-1 ODA 案件(普及・実証・ビジネス化事業)

項目		内容
事業名		高品質コアの採取が可能な地質調査技術(ハイブリッドボーリング工法)の導入に係る普及・実証・ビジネス化事業
C/P	所轄官庁	道路技術研究所(IRE)
	選定理由 (役割)	IRE は公共事業・国民住宅省の一組織として、道路の計画・建設・維持にかかわる地盤調査技術に関する研究、新技術の導入、さらにはインドネシア国における各調査技術の基準策定等を担っている。IRE と PU がハイブリッド工法の技術を導入することにより、インドネシア国の地盤調査技術の向上が期待される。また、ハイブリッド工法に関するインドネシア国内での今後の展開・普及及び基準化を図ることが可能と判断されるためである。
事業サイト		西ジャワ島：① プルバルンイ有料道路(KM92+400～KM100+700) ② 国道 11 号線ブンチャック地区(KM16+500～KM20+650) スマトラ島：③ ペカンバル～ドゥマイ間の有料道路建設現場 (いずれも国立公園・保護対象地域外)
受益者		公共事業・国民住宅省等インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社、インフラ利用者
投入		実施期間：2 年間 投入人材：提案企業(ハイテック株式会社) 8 名、外部人材(コンサルタント) 2 名、外部人材(建設会社) 2 名 建設資機材：ハイブリッド工法使用資機材 1 式

出典：JICA 調査団作成

ハイブリッド工法はあらゆる地質調査に適用する。日本国内では、貯水池周辺の地すべり調査を中心に活用しているが、前述のように、インドネシア国の2015年から2019年の国家中期開発計画の中で最優先事項とされたインフラ整備の中に、道路インフラが最も高い40%を示しており、最も解決されるべき課題である。そのため、ハイブリッド工法を十分活用でき、尚且つ緊急性を持つ道路分野を選んで、事業展開しようと考えている。ハイブリッド工法に対する評価及び最適化を得られ、一定の市場を確保できれば、最終的には全インフラ整備事業をターゲットとする。

前述したように、IREはインドネシア国における道路・橋梁技術の研究／開発／管理を担う政府機関であるが、広大なインドネシア国全土を対象としていることから、当該地盤調査技術の導入に際しては全土における様々な地質構成を考慮する必要がある。そこで、いくつかの道路沿いの現場を視察するとともに、IREをはじめとする関係機関・組織と意見交換を行った。その結果、技術適用のパイロットサイトとしては1箇所を選定するのではなく、代表的な地質構成(軟弱地盤を含む)に対応するように複数の箇所を選定することとなった。

代表的な地質構成としては、①西ジャワ島に広く現れる泥質堆積岩(Mudstone、現地では“clay shale”とよばれている)。②スマトラ島の海岸沿いに広く分布する有機質堆積物(tropical peat)、③島弧を主体とするインドネシアでは全地域にわたって広範囲に分布する火山性堆積物(pyroclastic flow deposits 凝灰質堆積物)、などが挙げられる。これらの分布域ではそれぞれの地質条件に対応して地すべり、斜面崩壊、沈下などの道路災害が多発している。

既存の道路に沿ってこれらが発生した場合、その被害は道路構造物の破損といった直接的な損失にとどまらず、道路不通等による二次的な経済的損失は膨大なものとなる。これは、いうまでもなく同国の持続的発展にとっては大きなリスク要因の1つとなる。鉄道が相対的に未発達な同国において、高速道路網が物流の基本インフラとなることも、道路災害の発生を未然に防ぐことの理由である。

しかしながら、いくつかの現場を視察した結果、地すべり、斜面崩壊、沈下などの現象は各地域の地質構成とその構造が大きく関与したものであるが、対策工法の設計を行う際に、コアが採取できないため、適切な対策工法が選定できない状況である。漠然とした把握のもとに、もっとも確実な工法であるコンクリート杭(ボアパイル工法)を列状に施工して地盤を改良する対策が行われている。これは地盤調査技術が不十分なことが1つの原因と考えられる。それぞれの地点において、ハイブリッド工法による精確な地質構成・地盤構造などの情報を元にすれば、より適切、なおかつ効果的な対策を図れる。建設費用の削減にも貢献でき、社会的な影響も最小限に収められる。

こういった背景から、IREをはじめ、各インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社などは、調査ボーリングを含め、地盤調査技術のレベルアップに大きな関心を示している。特にIREからは研究・開発の目的で、ハイブリッド工法を最大限に活用したいと強く要望している。

従って、IREとほかの関係機関と、前述の3種類の地盤条件をターゲットにして、代表性かつ緊急性をもつ地域で実証事業を行うことで一致した。そして、実証事業を円滑に遂行するため、事業を開始する前にIREを中心に、関係機関と合意文書を結んで、それぞれの役割分担を決め、ハイブリッド工法の適用テストを実施する予定である。

### 3-1-1 泥質堆積物

ジャカルタとバンドン間の高速道路では車両通行量が多く、その一部をなすプルバルンイ有料道路(Purwakarta～Bandung～Cileunyi)沿いに地すべりが多発しており、一部では道路施工時及びその

後に大規模な地すべり災害発生にいたった。それらの大半は KM92～KM100 の間に集中しているが、これは、この地域に“Clay shale”とよばれている特徴的な泥岩層が広範囲に分布していることに起因している。

この地域では一部の道路構造物に様々な変状が現れ、地すべりの一部が現在も活動している可能性を示している。このため、IRE 及び道路管理者の Jasa Marga 社はこうした地すべり発生地域における道路構造物に対する効果的な対策を模索しているのが現状である。

もちろん、地すべりなどによる道路災害の発生直後にはボーリング調査も実施され、作成した地質モデルをもとにした抑止杭などを用いた対策はなされた。しかし、ボーリング調査はその大半が標準貫入試験による N 値 (SPT 値) の測定を中心としたものであり、日本国内で通常行われているようなコアサンプルを採取して詳細な地質構成・地質構造を検討するというものではない。とくに、地すべり地で重要な地すべり面の確認、すべり面を境とした上下の岩相や移動土塊部の分布形状などの検討は行われておらず、室内試験に供する不攪乱試料の採取も十分なものではない。このことは、現地で使用されているボーリング調査のコア採取技術のレベルならびにそれに基づく地質情報の把握が十分でないことに起因している。そして、現実に対策後にも変状が拡大するケースが多いのはこのことを反映していると考えられる。

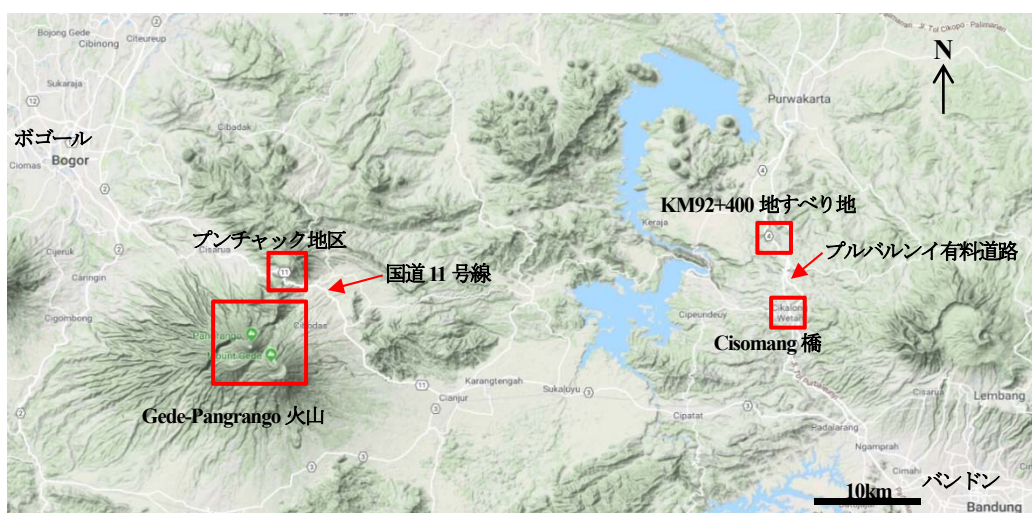


図 3-1 西ジャワ島におけるパイロットサイト位置図

出典：Google Map を基に JICA 調査団

KM100+700 で 2004 年に施工された大規模なチソマン (Cisomang) 橋 (図 3-1 の右下側) では施工後に橋梁構造物の上面に変状が確認された。図 3-2 に示すように、2016 年までの約 10 年間の変位は橋脚 P2 (図 3-3) で右水平方向に約 57cm、鉛直方向に約 19cm に達した。2017 年には 35,400 万円の工費で追加工事 (抑制杭打設) が施工されている。また、この変状確認後、トラックなどの大型車は一般道路に迂回するなどの対策がとられたが、このことは大きな経済的損失をもたらした。

対策に際しては、重要な幹線道路であることから、多方面からの様々な検討がなされた。その結果、抑止杭を主体とした緊急対策工によって変位の進行は停止し、現在はほぼ安定した状態にある。しかしながら、変状が clay shale に起因した地すべりによるとしても、地すべり面の深度と形状はいまだ特定されておらず、このため、対策工の効果が十分検証されたわけではない。

現地の専門家によれば、地すべり面は橋脚の杭基礎の間を通過するケースと、その下部を通過



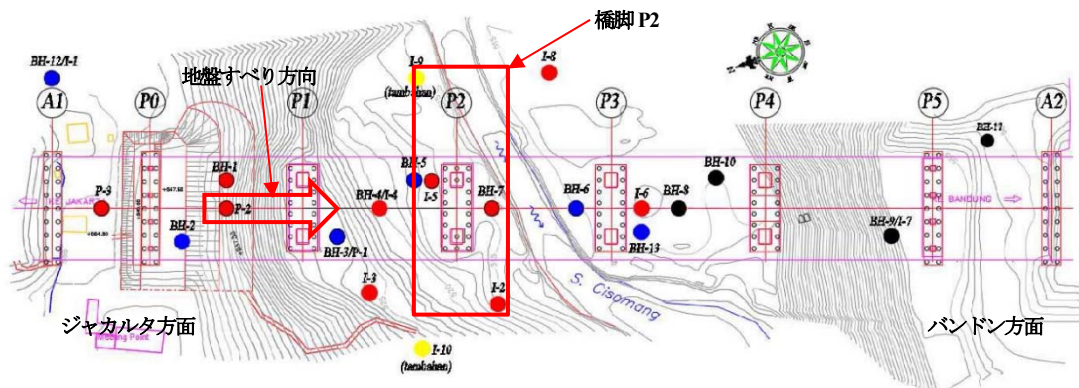


図 3-2 Cisomang 橋周辺の地形及び橋脚の位置図

出典：IRE の提供資料に基づき JICA 調査団

するケースの 2 つの考え方がある。いずれにしても対策工の効果の評価を十分にするには橋脚の立地する地盤と地すべり面を含めた地質構造の正確な把握が不可欠である。

KM92～KM100 の範囲のうち、切土部で発生した地すべりの中では KM92+400 の箇所が最大規模であった。図 3-4 には発生当時の状況を、また図 3-5 には現状の斜面を示す。当箇所においてもチソマン (Cisomang) 橋と同様に地質構造を含めた地盤の構造や地すべり面が不明のまま対策工がなされている。このため、対策工の施工中にも地すべりが繰り返し発生したようである。



図 3-3 Cisomang 橋の橋脚状況写真

出典：IRE の提供資料



図 3-4 地すべり発生状況

出典：Promisco の提供資料



図 3-5 KM92+400 箇所の地すべり地の現状  
(左は対向車線側からの全景、右は対策工事の抑止杭)

出典：JICA 調査団作成

これらのことから、今後の普及・実証活動では、“clay shale” とよばれる泥質堆積岩を対象としたサイトとして、チソマン(Cisomang)橋と KM92+400 の 2 地点を選び優先的に実施することを考えている。なお、チソマン(Cisomang)橋は公共事業・国民住宅省によって直接管理されているため、現場での作業は比較的实施しやすい。また、KM92+400 地点は Jasa Marga 社によって管理されているが、公共事業・国民住宅省の推薦さえあれば、Jasa Marga 社の全面的協力が得られる見通しであり、そのことは Jasa Marga 社とハイテック株式会社との間で合意している。

### 3-1-2 火山性堆積物

地勢的にみると、インドネシア国は日本列島と同様に島弧をなしている。また、全土にわたって数多くの火山が分布し、その一部は現在も活動中である。このため、火山起源の堆積物が広範囲に分布している。

図 3-1(左側)に示すように、バンドンとボゴールを結ぶ幹線道路の国道 11 号のブンチャック地区では、Gede-Pangrango 火山の活動に起因した火山性堆積物が厚く堆積している。それらは、具体的には安山岩などの溶岩、火砕流堆積物、降下火山灰などである。火砕流堆積物に関しては凝灰角礫岩～火山角礫岩、火山礫凝灰岩など岩相は多様であり、さらに溶結度の低いものは軟質となっている、さらにそれらの 2 次的堆積物である円礫層、火山泥流堆積物 (Lahar) も広く覆っており、道路沿いでも未固結で軟質な地盤を構成している。これら火山性の堆積層は降雨などの水分補給を受けて粘土化し、すべり面の形成を呈するなど地盤災害の要因となる。したがって、高品質コアリングが安全性確保においては必要不可欠であると考ええる。



Gunung Mas KM16+500



抑止杭の設置状況



Riung Gunung KM17+950



Puncak Pass KM20+650

図 3-6 プンチャック地区現場状況

出典：JICA 調査団作成

ブンチャック地区は山岳地帯であり、年間雨量が多い。また、ボゴール近郊はリゾート地であるため、国道11号は道路通行量が非常に多く、この地域の経済的な大動脈をなしている。このため、急斜面に沿ったこの国道では頻繁に通行止めをすることは困難な状況にある。

一方、上記の火山性堆積物は概して風化しやすく、厚い風化層が急斜面をなしているところがある。そこでは降雨時に表層崩壊が頻発している。このため、この地区において、IREは斜面の地質状況を的確に把握し、効果的な対策を迅速に進めたいと考えている。

しかし、当地区でも前述したプルパイン有料道路と同様に抑止杭が施工されているのか、また崩壊した斜面の地質構造の把握と崩壊・すべりの傾向の把握が不十分なため、対策の効果検証が十分でない状況にある。このため、経済性も考慮してより効果的な対策を実施するためにも、高品質のボーリング調査技術に期待が寄せられている。

第5回の現地調査に際して、この地区で対策工事が行われている3箇所(図3-6)を視察した。①Gunung Mas KM16+500、②Riung Gunung KM17+950、③Puncak Pass KM20+650である。今後、IREとの再協議も必要であるが、普及・実証・ビジネス化事業のサイトとしてはこれらの中から1箇所を選定し、ボーリング調査を実施したい。

### 3-1-3 有機質堆積物(ピート層)

スマトラ島の東部沿岸にピート層(tropical peat)と呼ばれる含水比の高い軟質有機質堆積物(現場付近では含水比が400%に達する)が広く分布している。これは気候や植生によって形成される地質であるため、高精度な調査を一部地域で実施することで、全域をカバーできるという利点がある。ペカンバル～ドゥマイの有料道路(図3-7)においてドゥマイ側の一部(図3-8右側)がこのような地域を通過する計画のため、建設のための地盤調査が難航していることの解消の糸口になると考えられる。



図3-7 スマトラ島におけるパイロットサイト位置図

出典：Google Map を基に JICA 調査団作成

基本設計及び詳細設計時においてやはり乱れた試料のみしか採取できなかった。また、ペカンバル側の一部(図3-8左側)では、両側の山を切土した際の残土が道路本線の盛土材料に使われている。



図3-8 ペカンバル～ドゥマイ建設現場の状況  
(左ペカンバル側、右はドゥマイ側)

出典： 右側の写真はHK 社による提供資料

同地域では凝灰質の堆積物が主となり、盛土材に使用する深度20-30mの土が不攪乱試料として採取できなかったため、地盤沈下の予測ができなかった。よって、地盤改良をすとしても、現在の工法が妥当かどうか評価できないまま、施工が進むだろう。

2-3-2で述べたように、HK社はスマトラ島の有料道路の建設を一括委託されているが、現実に上記のように、ピート層、凝灰質粘土層などの軟弱地盤への対策に苦心している。「第4回と第5回目の現地調査の際に、IREとHK社と意見交換を行い、HK社が現場内で場所を提供するので、是非ハイブリッド工法を実施してほしい」と要望された。

### 3-2 ODA 案件内容

#### 3-2-1 普及・実証・ビジネス化事業の段階における目的、成果及び活動内容

普及・実証・ビジネス化事業の段階における目的、成果及び活動内容を表 3-2 に示す。

表 3-2 普及・実証・ビジネス化事業の目的、成果及び活動内容

<p>目的: インドネシア国のインフラ整備の推進において、複雑な地質状況を背景とした構造物の設計条件を取得するためのサンプリング技術が未熟なことから、地盤の分布や強度の推定が不正確となり、道路を含む構造物に地すべり、斜面崩壊、沈下などの地盤災害が多発している。これらの課題を解決するため、ハイブリッド工法の優位性・有用性が実証されるとともに、関係する技術ガイドラインを策定し、ハイブリッド工法を普及するための事業計画案が策定される。</p>	
成果	活動
<p>成果1 実証事業 パイロットサイトの実証事業を行い、不攪乱で100%のコア採取率及び規格を満たす室内土質試験用サンプルの提供といったハイブリッド工法の適用性・優位性を確認する。関係先とハイブリッド工法を共有する。</p>	1-1 実証事業説明と工事関連最終認許可取得する
	1-2 対象サイトの詳細調査及び施工計画を策定する
	1-3 資機材を調達する（日本国内・輸出）
	1-4 資機材を調達する（現地調達）
	1-5 資機材を搬入・搬出する
	1-6 パイロットサイトでの実証施工場所： ブルバルンイ有料道路の地すべり現場 ブンチャック地区の斜面崩壊現場 スマトラ島有料道路現場
	1-7 段階検査・完了検査を行う
	1-8 適用性・優位性を評価する
<p>成果2 普及活動 ハイブリッド工法が高品質ボーリング技術としてインドネシア国内の政府機関、各インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社などに認知され、ビジネス展開できる環境が整備される。</p>	2-1 本邦受入活動を実施する
	2-2 セミナー、現見学会を実施する
	2-3 技術講習会を行う
<p>成果3 ガイドライン及び基準の策定 政府機関、学会、大学と協力しながら、ハイブリッド工法のガイドラインあるいは基準を策定しハイブリッド工法の現地への浸透及び技術移転を行う。</p>	3-1 実証事業で得られたデータを基に、IREと協力しガイドラインを策定する
	3-2 公共事業・国民住宅省に新技術を提案する
	3-3 HATTIとITBと協力し、インドネシアにおけるSNIの作成を検討する

出典：JICA 調査団作成

### 3-2-2 日本側とC/P側の投入計画及び事業額概算

#### (1) 日本側の業務内容

表3-3に、提案企業と外部人材の業務内容と役割分担を示す。

表3-3 提案企業と外部人材の役割分担表

区分	実施内容	提案企業	外部人材	
		ハイテック	日本工営	日特建設
実証事業	実証事業説明と工事関連最終許認可取得する	◎	△	◎
	対象サイトの詳細調査及び施工計画を策定する	◎	◎	○
	資機材を調達する(日本国内・輸出)	◎		○
	資機材を調達(現地調達)する	○		◎
	資機材を搬入・搬出する	○		◎
	パイロットサイトでの実証施工をする	◎	△	◎
	段階検査・完了検査する	○	◎	○
	適用性・優位性を評価する		◎	○
普及活動	本邦受入活動を実施する	◎	○	○
	セミナー、現場見学会を実施する	◎	◎	◎
	技術講習会を行う	◎	△	○
ガイドライン及び基準の策定	実証事業で得られたデータを基に、IREと協力しガイドラインを策定する	○	◎	△
	公共事業・国民住宅省に新技術を提案する	○	◎	△
	HATTIとITBと協力し、インドネシアにおけるSNIの作成を支援する	○	◎	△

注：表中、◎は重点的に投入、○は一定の投入、△はアドバイス程度

出典：JICA 調査団作成

#### (2) 投入人員(要員計画)

日本工営(株)には日本国内の事業所及びインドネシア国現地法人の有する豊富な地盤調査技術に関する経験と知恵、及び数多くのJICA事業に参画したノウハウがあり、普及・実証・ビジネス化事業をスムーズに普及・実証・ビジネス化事業をスムーズに遂行するため、特に実証事業の詳細設計とガイドラインの策定において、必要不可欠であると考えます。そして、日特建設(株)は日本の地盤対策分野のリーディングカンパニーである。普及・実証・ビジネス化事業を進めるにあたり、ハイブリッド工法の適用性における重要な知見を有している。また、インドネシア国に現地法人があるため、現地調達、作業の後方支援において必要不可欠な存在である。ハイブリッド工法的设计・工事及び普及・実証・ビジネス化事業に向けた技術的支援のため、二社に協力を仰ぐ予定である。想定される要員計画案を表3-4に示す。

表 3-4 要員計画案

所属	分類	現地作業(M/M)	国内作業(M/M)	渡航回数(人回)
ハイテック(株)	提案企業	24.5	17.35	12回
日本工営(株)	外部人材	5.93	4.0	12回
日特建設(株)	外部人材	3.6	7.5	12回

出典：JICA 調査団作成

### (3) 主要投入資機材

投入予定の主要資機材を表 3-5 に示す。

表 3-5 主要投入資機材計画

機械名	能力・規格	単位	数量	備考
試錐機	掘進能力400m	台	1	輸出
エンジン	ディーゼル12馬力	台	1	輸出
発泡装置	HT-M1	台	1	輸出
動噴	最大吐出能力60ℓ/m	台	1	輸出
発電機	1.8KVA	台	1	輸出
電動ウィンチ	最大つり上げ能力240kg 100V	台	1	輸出
ロッド	長さ3.0m	本	40	輸出
コアチューブ	長さ2.0m	式	2	輸出
ケーシング	90A長さ1.0m	本	100	輸出
	100A長さ1.0m	本	50	輸出
ダイヤモンド	S9	個	24	輸出
コア箱	軽量木製	箱	200	輸出
足場材	単管・板・クランプなど	式	1	現地調達
作業工具		式	1	輸出

出典：JICA 調査団作成

### (4) 相手側機関の役割

インドネシア国政府の C/P としては IRE を想定する。第四回目の現地調査期間中に、両者による会議議事録(Minutes of Meeting、MoM)の調印式は IRE の事務所で行い、将来の普及・実証・ビジネス化事業が採択された際には、JICA、IRE を併せた 3 機関による合意文書を結んで、事業を実施することに合意した。そして、普及・実証・ビジネス化事業中において、IRE の主な役割は下記の通りである。

- 業務実施中、関係機関との調整において中心的な役割を果たす。
- 日本側の作業員に必要な就労ビザの取得に協力する。
- 資機材の輸出を円滑に行うため、手続きに必要な書類を提供する。

- 施工に係る許認可を関係機関から取得する。
- 施工計画の策定に協力する。
- 業務実施中、窓口となる担当者を指定する。
- 業務実施中、必要な情報を提供する。
- 業務実施中、技術的な議論を行う。
- 業務実施中、執務室、倉庫などを提供する。
- 資機材を搬入する際に、交通規制が必要となる場合の交通整理を実施する。
- 施工予定地に支障物がある場合の調整・撤去・移動を行う。
- 施工中、現場管理、工程管理を支援する。
- 現場付近の安全対策を行う。
- セミナー開催及び本邦受入活動に協力する。
- 業務完了後、渡す資機材に対し、適切な管理及びメンテナンスを確保する。

### 3-2-3 実施体制図

実施体制は、図3-9に示すように、業務期間中に、ハイテック株式会社が外部人材となる日本工営(株)と日特建設(株)から協力を得ながら、ハイテック株式会社が普及・実証を行う。IREはインドネシア国における地質・地盤調査能力を向上するため、当機関の研究対象となる3箇所の場合所提供以外に、関係機関との調整、施工支援などへの協力を担う。

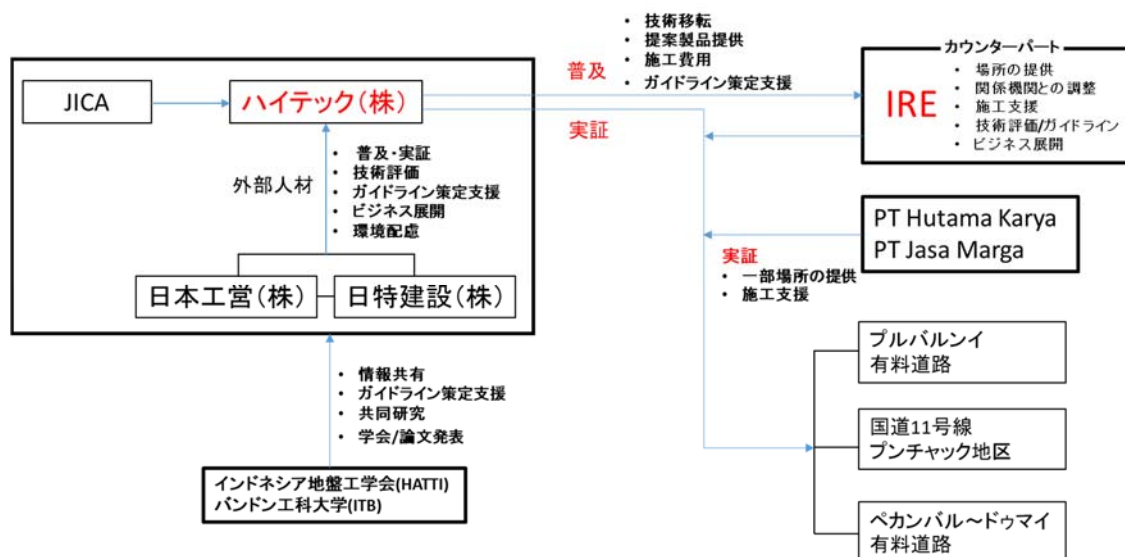


図3-9 実施体制図

出典：JICA 調査団作成

5回目の現地調査で、Jasa Marga社がブルバルンイ有料道路の運営管理者として、IREからの要請があれば、全面的に協力する了承を得られた。また、国道11号線は、PUが直接管理しているため、



実証事業に特別の許可が必要ない。そして、PUが発注したペカンバル〜ドゥマイ間の有料道路の施工管理者をしているHK社も全面的に協力することに同意した。実際、実証事業を行う際に、IREを含め、HK社とJasa Marga社も再度合意文書を結び、お互いの役割分担と責任を明確にする。また、HATTIとITBは、ガイドラインの策定及び広報活動を中心にして、全体的な業務をサポートする。

#### 3-2-4 活動計画・作業工程

表3-6に工程・要員計画表を示す。



### 3-2-5 事業額概算

事業額概算を表 3-7 に示す。

表 3-7 事業額概算

I	(外部人材に係る)人件費	37,700,000	円
	1. 直接人件費	18,000,000	円
	2. その他原価	11,000,000	円
	3. 一般管理費など	8,700,000	円
II	直接経費	49,100,000	円
	1. 機材製造・購入・運送費	18,000,000	円
	2. 旅費	24,000,000	円
	航空券	11,000,000	円
	日当・宿泊料、内国旅費	14,000,000	円
	3. 現地活動費	6,000,000	円
	4. 本邦受入活動費	1,100,000	円
III	管理費	5,000,000	円
IV	小計	91,800,000	円
V	消費税及び地方消費税の合計金額(小計の8%)	7,400,000	円
VI	合計	99,200,000	円

出典：JICA 調査団作成

### 3-2-6 事業後のビジネス展開

普及・実証・ビジネス化事業の期間中に、IREをはじめ、現地政府、各インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社などへの普及活動を実施し、重要構造物に対する高品質ボーリングコアの必要性及び有効性を確実に浸透させる。同時に、IREに資機材と技術の移転を行う上で、HATTIとITBの協力を基に、IREとハイブリッド工法に係るガイドラインの策定を図る。行政からの評価を活かし、インドネシア国内のビジネスパートナーと技術提携を通じて、ハイブリッド工法を活用した地盤調査ビジネスを推進する。

### 3-3 C/P 候補機関組織・協議状況

C/P 候補機関のIREとは、2018年3月28日にバンドンで正式な協議の場を持つことができた。この協議の中では、IREとハイテックによる共同研究の口頭での合意に至った。そして、2018年7月9日に、両者による会議議事録(Minutes of Meeting, MoM)の調印式はIREの事務所で行われ、将来の普及・実証・ビジネス化事業が採択された際には、JICA、IREを併せた3機関による合意文書を締結し、事業を実施することを合意した。

IREは、図3-10に示すように、インドネシア国公共事業・国民住宅省(PU)の研究開発局(R&D)に所属し、道路・橋梁分野における技術の研究/開発/管理を行う政府機関である。IREの正式名称

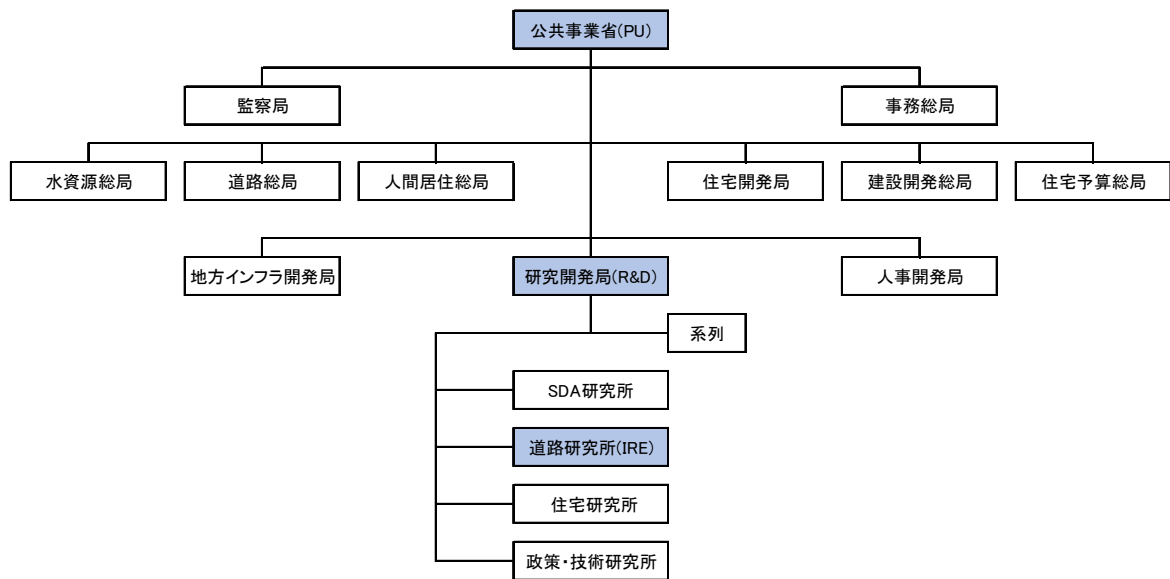


図 3-10 インドネシア公共事業・国民住宅省組織図

出典：インドネシア公共事業・国民住宅省ホームページに基づき  
JICA 調査団作成

は、「インドネシア国道路技術研究所(Institute of road engineering)」であり、様々な道路及び橋梁関連技術の検討、導入、並びに研究開発を実施し、そして研究開発の結果の基準化と普及を担う。

ハイブリッド工法は様々な現場に適用するが、十分活用できる、尚且つ緊急性を持つ道路分野に市場参入とすれば、IRE は最も適切なカウンターパートと言える。HATTI、ITB の協力を得ながら、IRE がハイブリッド工法の適用性評価やインフラ整備に関連する地質調査業務への展開、ハイブリッド工法の基準化/ガイドラインの策定を図る役割を担う。

その他関係する機関として、ITB、HATTI 等へのニーズ調査や技術普及活動、技術基準化の支援を依頼する。また現地パートナー企業として、地盤調査や構造物設計において多数の実績を有する調査・設計コンサルタント会社の Promisco 社と協力し、インドネシアの技術レベルの確認と改善点の洗い出し、調査実施者のニーズ確認を行う。

これまで、IRE との協議は 5 回行った。協議内容、成果及び課題については、表 3-8 に示す。

表 3-8 IRE との議論内容

時期	主な参加者	議論内容	成果	課題
2017/10/31	Fahmi課長	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ハイブリッド工法の説明</li> <li>● 今後の計画の説明</li> <li>● 現地の地盤調査技術の現状と問題点</li> <li>● C/Pの説明</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ハイブリッド工法を高く評価した。</li> <li>● ハイブリッド工法を導入したい、様々な地質条件を試したい。</li> <li>● 日本側と様々な形で交流を深めたい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 掘削単価を下げる工夫が必要。</li> <li>● 気泡材の現地調達の可能性及び環境に及ぼす影響の評価。</li> <li>● 詳細な技術資料が必要。</li> </ul>
2017/11/2	Deded所長	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ハイブリッド工法の説明</li> <li>● 今後の計画の説明</li> <li>● 現地の地盤調査技術の現状と問題点</li> <li>● C/Pの要請</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ハイブリッド工法を高く評価した。</li> <li>● 適切な合意文書を作れば、本邦受入活動、C/Pなどに協力する姿勢を示した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● MoMの内容について議論する必要がある。</li> </ul>
2018/3/28	Deded所長 Rudy部長	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ハイブリッド工法の再確認、細部までの技術議論</li> <li>● ハイブリッド工法における適用性の検証方法</li> <li>● 普及・実証活動を含め、今後の交流方法</li> <li>● C/Pにあたって、双方の役割と責任</li> <li>● IRE以外に、連携可能性のある政府機関/組織/企業との調整方法</li> <li>● 普及・実証・ビジネス化事業に向けたパイロットサイトの選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● セミナーも奏功となり、ハイブリッド工法に対する理解が一層深まった。</li> <li>● インドネシア国の地盤状況が複雑であり、様々な地質対象を試したい。</li> <li>● JICA事業を含め、様々な形で交流を深めたい。</li> <li>● ハイテック株式会社が普及・実証・ビジネス化事業に採択されたら、C/Pを務める。</li> <li>● 共同研究を通じ、ガイドラインの策定も考えられる。</li> <li>● パイロットサイトの提供に協力する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 今後の普及活動が円滑に推進するため、各連携組織の役割及び責任を明確化する必要がある。</li> </ul>
2018/7/9	Deded所長 Fahmi課長	<ul style="list-style-type: none"> <li>● MoM調印式</li> <li>● パイロットサイトの選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 普及・実証・ビジネス化事業の段階にC/Pを務めることを合意した。</li> <li>● パイロットサイトの選定基準及び場所について意見交換を行った。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● パイロットサイトについては実際の現場状況を確認する必要がある。</li> </ul>
2018/8/7	Fahmi課長	<ul style="list-style-type: none"> <li>● パイロットサイトの選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● パイロットサイトの情報提供と選定を行った。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 予算内での場所選定は課題の一つとなる。</li> </ul>

### 3-4 他 ODA 案件との連携可能性

#### 3-4-1 候補となる他 ODA 事業

1-3-1 で述べたように、我が国が実施する ODA インフラ整備事業で、問題となる地盤の分布する箇所での事業の調査段階での連携が可能と考えられる。具体的には、現在実施中の 2 つの案件が有力な候補となりうる。

##### (1) 「インドネシア国 『中層混合処理工法』を用いた地盤改良による交通インフラ整備支援に係る普及・実証・ビジネス化事業（㈱ワイビーエム）」

本普及・実証・ビジネス化事業は、スマトラ島有料道路のペカンバルードゥマイ間に分布する軟弱地盤のピート層の土質改良事業の試験施工事業を実施するものである。2017 年 6 月に JICA の普及・実証・ビジネス化事業に採択され、2018 年 10 月時点において実施中である。

同事業では、対象となる試験施工区間における試験施工後、その効果を確認する必要がある。この確認には、試験施工前と試験施工後のボーリングコアを採取し、そのコアの 3 軸圧縮強度を試験で計測することによって示される。ボーリングコアは不攪乱であることが望まれるが、インドネシア国にはピート層の不攪乱コアを採取可能な地質調査業者が存在しないため、試験施工の効果の計測に不確実性が伴う可能性が考えられる。

このため、ハイブリッド工法を用いて不攪乱コアを採取することで、試験施工の効果をより明らかに示すことができると考えられる。

##### (2) 「インドネシア国 スマトラ島における道路トンネル技術の活用に向けた情報収集・確認調査」

西スマトラ州パヤクンブ～パンカラン間の山岳トンネル事業を実施するにあたり、現状の課題や我が国のトンネル事業への協力可能性を検証するための調査である。2018 年 8 月より 6 ヶ月の予定で実施中である。

トンネル区間の検討にあたり、既存の情報を収集・分析し、想定される複数の路線案を検討する。また、調査ボーリングの実実施計画の策定が含まれている。

トンネル事業では、トンネル坑口斜面の安定性対策及びトンネル掘削中の断裂帯処理が、事業費に大きく影響する。このため、トンネル事業の実施可能性が示された場合、ハイブリッド工法を取り入れた計画とすれば、通常の調査ボーリングと比べ、対策のためのより詳細な地質情報を入手することができる。これにより、排水工法やグラウチングなど適切な対策工事を予見し、実施することができ、安全性の確保に貢献できると考える。

#### 3-4-2 候補となる他 ODA 事業との協議状況

「インドネシア国 『中層混合処理工法』を用いた地盤改良による交通インフラ整備支援に係る普及・実証・ビジネス化事業」については、情報を入手した段階であることから、今後実施の可能性や予算等について、㈱ワイビーエムと協議を行う予定である。

「インドネシア国 スマトラ島における道路トンネル技術の活用に向けた情報収集・確認調査」については、トンネル事業の可能性を検討中であることから、調査を実施するコンサルタントへ

の、ハイブリッド工法の紹介等は行っていない。

### 3-4-3 候補となる他 ODA 事業との連携による期待される効果

「インドネシア国 『中層混合処理工法』を用いた地盤改良による交通インフラ整備支援に係る普及・実証・ビジネス化事業」との連携については、先に述べたように、効果をより厳密・正確に示すことができるため、ハイブリッド工法のさらなる普及に繋がるのが期待される。

また、日本の土質調査・改良技術をパッケージで紹介することで、インドネシア国政府への同技術への理解と導入がより促進されるなどの相乗効果が期待できる。

### 3-5 案件形成における課題・リスクと対応策

知財、環境社会配慮面等を含め、表 3-9 に示すリスクを想定し対応方針を定めるが、普及・実証・ビジネス化事業の中でもより詳細にリスクの洗い出しと具体的な対応策の検討を行う。

表 3-9 想定するリストとその対応策

区分	想定リスク	内容	可能性	影響度	対応順位	対応策
カントリーリスク (インドネシア)	投資規制・許認可等	外資規制、輸入規制の強化など	中	大	高	法制度の動向にアンテナを張り、必要時迅速に対応
	為替	為替の急激な変動による損益の発生	大	中	高	NEXI貿易保険、販売通貨分散
	人件費高騰	経済発展に伴う施工コストの増加	中	中	中	製造工程、製造地を見直し、原価上昇を抑制
	法務	法制度の改正にともなう不適合化	小	中	低	法制度の動向にアンテナを張り、必要時迅速に対応
	環境社会配慮	環境規制内容への適合・改正にともなう不適合化	小	大	中	案件化調査、普及・実証事業時の検証。法制度の動向にアンテナを張り、必要時迅速に対応
	知財	模倣品	小	大	中	国際特許の取得、重要技術・ノウハウの情報公開制限、技術基準化による模倣品(廉価版)の拒否
リスク	不適切な適用	見よう見まねで設計・施工し、斜面对策を失敗	中	大	高	技術マニュアルを整備(IREによるオーソライズ)し、技術移転を確実に実施
	投資資金の回収	投資資金が回収できない	中	大	高	投資計画を立て、資金繰り、資金回収を十分に検討
	商習慣	独自の商取引習慣により不利益を被る	大	中	中	現地パートナー・弁護士事務所へのサポート依頼
	パートナー企業の倒産	損害を被るとともに事業展開が滞る	小	中	低	別のパートナー候補を選択しておき、緩やかな提携を維持
	競合	同等工法の進出・開発による事業展開の鈍化	小	大	中	技術確立による他工法の流入抑制、他社動向調査

出典：JICA 調査団作成

### 3-6 環境社会配慮等

#### 3-6-1 案件の概要

提案する普及・実証・ビジネス化事業では、有料道路建設の用地内及び一般国道の用地内におけるボーリングの試験実施を予定する。

一般に、本体工事実施前の地盤調査時に、地盤調査のための環境社会配慮を検討する例は極めて少ない。さらに本試験実施は本体工事の用地内で行われる予定であること、さらにその規模は本体

工事と比較し非常に小さいことから、本体工事の計画時に環境社会配慮が適切に行われていれば、確認・対応が必要な箇所は限定される。

ハイブリッド工法で用いられる発泡剤・ポリマーとして、インドネシア国内で販売されている、ライオン（株）界面活性剤「リポラン LB-440」を使用する予定である。本製品は、化粧品・染料・顔料等に用いられており毒性は非常に低く、インドネシア国内においては有害物質指定や環境排出の規制項目に含まれていないことを確認している。また、本発泡剤のボーリングでの使用はごく僅かなことから、環境への影響はほとんど無いものと判断される。

### 3-6-2 各実証事業実施予定箇所における環境社会配慮の状況

#### (1) プルバルンイ有料道路

普及・実証・ビジネス化事業で実施するボーリングの試験実施は2-3箇所、深度100m程度を予定している。チソマン橋の対策については計画段階であり、対策工の規模が決定していないことから、EIAの手続きはまだ行われていない。本試験施工が対策工規模の決定の有用な資料となることが予想される。

#### (2) プンチャック地区

普及・実証・ビジネス化事業で実施するボーリングの試験実施は2箇所、深度50m程度を予定している。公共事業・国民住宅省及びWiKaにより災害対策工事が実施されているが、EIAの手続きについては不明である。

#### (3) スマトラ島有料道路

スマトラ島有料道路は建設の計画段階でAMDALは取得済みである。本事業で実施するボーリングの試験実施は4箇所、深度30m程度を予定しており、高速道路の本体工事と比しても極めて規模の小さい作業であるため、取得済みのAMDALに内包される。

### 3-7 案件実施で期待される開発効果

前述の通り、インドネシア国では軟弱地盤、土砂地盤の基礎調査、及び地すべり調査に関し、ハイブリッド工法の適用により適切な対策がなされることで、同国における質の高いインフラ開発への貢献が期待できる。

- ▶ パイロットサイトにてハイブリッド工法によるボーリング掘削が実施され、軟弱地盤における高品質ボーリング技術の必要性、そしてハイブリッド工法の適用性、優位性が確認される。
- ▶ ハイブリッド工法の適用性及び有効性が確認できた上で、IREとともにハイブリッド工法に係るガイドラインが策定される。今後のビジネス活動に繋がる。
- ▶ ハイブリッド工法が高品質ボーリング技術としてインドネシア国内の政府機関、各インフラ整備者、建設コンサルタント、建設会社などに認知され、ビジネス展開できる環境が整備される。



- インドネシア国内におけるハイブリッド工法に係るビジネス展開計画が具体化される。

## 第4章 ビジネス展開計画概要

### 4-1 ビジネス展開計画概要

今後のビジネス展開については、下記を組合せた展開を考え、「準備」、「強化」、「拡大」の3フェーズに区分し、段階的な展開・拡大を計画する。

- 初期段階、現地パートナー企業との技術提携を通じ、ハイブリッド工法を活用した業務展開
- 参入可能な市場規模を見極め、駐在員事務所を設立し、現地パートナー企業とジョイント・オペレーションを組んで、インドネシア国及び周辺国における調査業務の受注
- ガイドラインによるハイブリッド工法の技術供与によるライセンス収入と関連ツールの販売
- 地質調査業界団体の組成とボーリング技能者の現地人材育成事業(ボランティア的)

ビジネス展開における利益最大化を図るため、自社受注は最も有効な手段であるが、駐在員事務所あるいは現地法人の設立が必要となる。しかし、JETROの情報によると、インドネシア国では外資規制が厳しく、外国の建設サービス会社がインドネシア国で駐在員事務所を開設するには、インドネシア国公共事業・国民住宅省から許可を取得する必要がある。しかし本国の本社の事業規模が大規模事業者に分類される会社のみ駐在員事務所の開設が認められる。

引き続き外資規制関係の情報収集が必要であるが、ビジネス展開の初期段階においては、現地パートナー企業と技術提携すると同時に市場を確保することによって、事業がスタートすることが最も現実的と考えられる。

事業化のスケジュールを表4-1に示す。資金調達については、現地に工場などを建設するなどの大規模投資は不要のため、自己資金にて順次展開できると考えられる。

表4-1 実施体制と事業スケジュール

フェーズ	調査・普及実証段階		ビジネス段階(事業開始)		
			①準備フェーズ	②強化フェーズ	③拡大フェーズ
スケジュール	案件化調査 2017.10-2018.9	普及・実証事業 2019.4-2021.3	1-2年目 2021-2022	3年目 2023	4年目以降 2024-
現地連携	本技術の適合性確認	本工法の適用性確認 及びガイドラインの策定	技術提携及び市場の確保	自社受注・人材育成 及び資格制度制定	人材育成
現地事務所	—	—	—	駐在員事務所/JO	JO/現地法人
生産体制	日本	日本	日本	インドネシア(OEM)	インドネシア(自社)
販売体制	パートナー探し	パートナーとの合意形成	自社	代理店	自社/代理店
供給先	—	実証試験サイト	インドネシア	インドネシア	東南アジア地域

出典：JICA 調査団作成

## 4-2 市場分析

### 4-2-1 市場規模

非公開部分につき非表示

### 4-2-2 ハイブリッド工法の需要

非公開部分につき非表示

### 4-2-3 ハイブリッド工法による業務実施の流れ

非公開部分につき非表示

### 4-2-4 ハイブリッド工法の市場評価

非公開部分につき非表示

## 4-3 バリューチェーン

非公開部分につき非表示

## 4-4 進出形態とパートナー候補

非公開部分につき非表示

### 4-4-1 適用性の確認とガイドライン作成

非公開部分につき非表示

### 4-4-2 技術提携

非公開部分につき非表示

### 4-4-3 駐在員事務所設立

非公開部分につき非表示

#### 4-4-4 ジョイント・オペレーション (JO)

非公開部分につき非表示

#### 4-5 ビジネス収支計画

非公開部分につき非表示

#### 4-6 想定される課題・リスクと対応策

非公開部分につき非表示

#### 4-7 ビジネス展開で期待される開発効果

インドネシア国を皮切りに、ラオス、ミャンマーなどの東南アジア諸国への展開を目指す。各国の ODA や民間事業において必ず実施されている地盤調査技術である。各国にも軟弱地盤や地すべりが分布し、質の高いインフラ整備のための高品質なコア採取技術が必要であり、海外展開のチャンスは大きいと考える。

現在、海外向けの売上は、全売上の 10%程度であるが、案件化調査後の普及・実証・ビジネス化事業から 5 年後には倍増させ、インドネシア国での売上を加えることで事業の 20%(1.4 億円)を海外事業としたい。

#### 4-8 日本国内の地元経済・地域活性化への貢献

##### 4-8-1 現時点での日本国内の地元経済・地域活性化への貢献

一般財団法人関西地質調査協会では、諸技術資格講習会、防災訓練、救急・救命講習などの活動によって、同業者のスキルアップ、連帯感の向上を図っている。また、定期的に国土交通省近畿地方整備局と勉強会を開き、地質調査業全体の知名度のアップ及び労働環境の改善提案を行っている。一般財団法人地下水技術協会では、機関紙「地下水技術」の発行、定期的に講演会・講習会の開催によって地下水に関する正しい知識の普及、諸技術の向上発展に取組み、過剰揚水に起因する地盤沈下や塩水化などの課題に取り組んでいる。地中熱利用促進協会では、京都府亀岡市のハイテック株式会社の実験機材倉庫を拠点に、地元住民と共同で地中熱源空調システムによる高付加価値農作物の栽培を試み、若者の土地離れの低減、地元経済の活性化に繋がることを期待し、活動している。

日本国内の地元経済・地域活性化への貢献実績を表 4-4 に示す。

##### 4-8-2 普及・実証・ビジネス化事業で検討する ODA 案件化及び海外展開実施で見込まれる日本国内の地元経済・地域活性化

普及・実証・ビジネス化事業を成功させた暁には、表 4-5 のような地元経済・地域活性化への貢

献ができると考えられる。特に、ハイテック株式会社は長年「モノづくりの街」として広く知られる東大阪で、中小企業と大阪大学発のベンチャー企業と連携してコアサンプリング技術及び関連ツールの開発/改良を続けている。東大阪の企業へ、小規模の町工場でありながら確かなモノづくり技術を持って海外にも進出できるという強力な後押しをすることができると考える。

さらに当該技術は日本国内でも最先端のものであり、国内での対応も現在は限られている。インドネシア国においてガイドラインや基準が策定されれば、新たに参入する企業等への技術普及の観点から、国内企業の海外進出の規格化にもつながり、全国的に波及すると考える。また、要約でも述べたように、本工法では間隙率の変化を深度方向にとらえることができ、地中熱利用（冷暖房効率の向上）に即座に適応できる。インフラ整備後のエネルギー開発事業などへの進展も大きく見込めるものである。

表 4-4 日本国内の地元経済・地域活性化への貢献実績（現時点）

項目	内容
経済団体等との連携・貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般社団法人 関西地質調査業協会（理事長）</li> <li>・一般社団法人 地下水技術協会（理事）</li> <li>・地中熱利用促進協会（会員） ほか</li> </ul>
大学/研究機関等との連携・貢献	京都大学・大阪大学との文化財保存修復調査への参画（エジプト大スフィンクス修復保存、中国莫高窟修復保存、トルコカッパドキア石窟修復保存他）
地元活性化への貢献	亀岡市農業法人神の地営農組合 地中熱による冷暖房システムの設置

出典：JICA 調査団作成

表 4-5 日本国内の地元経済・地域活性化への貢献（実施後の見込み）

評価項目	状況
雇用創出	海外向け製品の製造により雇用の増大が見込まれる。
グローバル人材の育成	普及・実証・ビジネス化事業を通じて得られた海外業務経験のある人は、ハイテック株式会社が海外向けの製品開発及び事業展開を行っていく上では重要な人材となる。インドネシア国への技術移転の一環として、外国人技能実習制度の活用が期待され、インドネシア人を雇い入れて、製造・掘進技術を教えることができる。
地域企業への波及効果	海外への事業拡大を調査して得た情報を他社に提供し、他社の海外展開を支援できる。
地方自治体や大学との連携強化の可能性	普及・実証・ビジネス化事業を通じて関係を持ったインドネシア地方自治体や大学と、海外向けの新製品開発に取り組むことを目指す。

出典：JICA 調査団作成

要約 (英文)

**Feasibility Survey for  
Hybrid Drilling Method  
(geological survey technology)**

**Project Completion Report**

**Republic of Indonesia**

**November, 2018**

**HI-TEC Inc**

## **Chapter 1 Development issues of Indonesia**

### **1, Development issues of Indonesia**

Compared with the neighboring countries, the infrastructure improvement of Indonesia has been delayed. In recent years, the delay becomes a major factor to decline the Indonesia's competitive power. Regarding the basic cause of the delay, it's considered that there are 2 factors, one is the social/economic factor, like land acquisition, government and private fund shortage, the other one is lack construction technologies, like various geological investigation methods, design, etc.

### **2, Development plans, policies, and statutes related to development issues**

President Joko Widodo has been holding up nine issues as a commitment during his election campaign, and these are executed through the cabinet and policies after the election. These are listed as nine priority issues in the National Medium Term Development Plan (RPJMN) in 2015-2019, and one of these "Competitiveness and improve people's productivity in the global economy" is related to road construction.

In addition, according to basic policy of assistance and three priority Areas, Japanese government plans to provide assistance to support the self-help efforts of the Indonesian government as much as possible. "Assistance for further economic growth" is listed as an important issue which in order to achieve the Japan's basic policy for economic cooperation with Indonesia, therefore our proposed Hybrid Drilling Method could provide important basis technology for promoting infrastructure construction high quality and efficiently.

### **3, Analysis of ODA projects and the other donor projects related to development issues**

Among any of the infrastructure development projects, it is supposed that the peat layer is wide distributed in the coastal area, and soft ground or landslide are distributed in the plains and mountain areas. For the complex geological conditions, special geological investigation methods are required. Therefore, Hybrid Drilling Method would be a highly useful technology in the infrastructure development in Indonesia. Promotion of this method will upgrade entire geological investigation technology, and contribute in high quality infrastructure development concurrently with achieve cost reduction in Indonesia. It matches with the basic policy of assistance and three priority Areas from Japanese government.

## **Chapter 2 Proposed company and product/technology**

### **1, Introduction of proposed company**

HI-TEC Inc. is a geological investigation company, provides a comprehensive range of services for engineering and infrastructure projects like dam, highway, and various geological and hydrological investigations. Hybrid Drilling Method is a special technology for high quality core sampling, applies to all kind complex geological conditions. Based on these high quality cores with high reproducibility, we can obtain more valuable geological information through core observations and laboratory tests.

### **2, Introduction of proposed product and technology**

Fig.1 shows the difference between existing drilling method and Hybrid Drilling Method. Hybrid Drilling Method cleans the slime using foam as recycle drilling fluid that created by HB air bubble generator using the compressed air and surfactant polymer, instead of the common drilling fluid, such as water or water-based drilling mud. Because of the soft foam fluid doesn't destroy the surrounding structure of core sample, therefore Hybrid Drilling Method can drill smoothly and avoid structural disorder by excessive water pressure, obtains undisturbed samples for various rock mechanics testing.

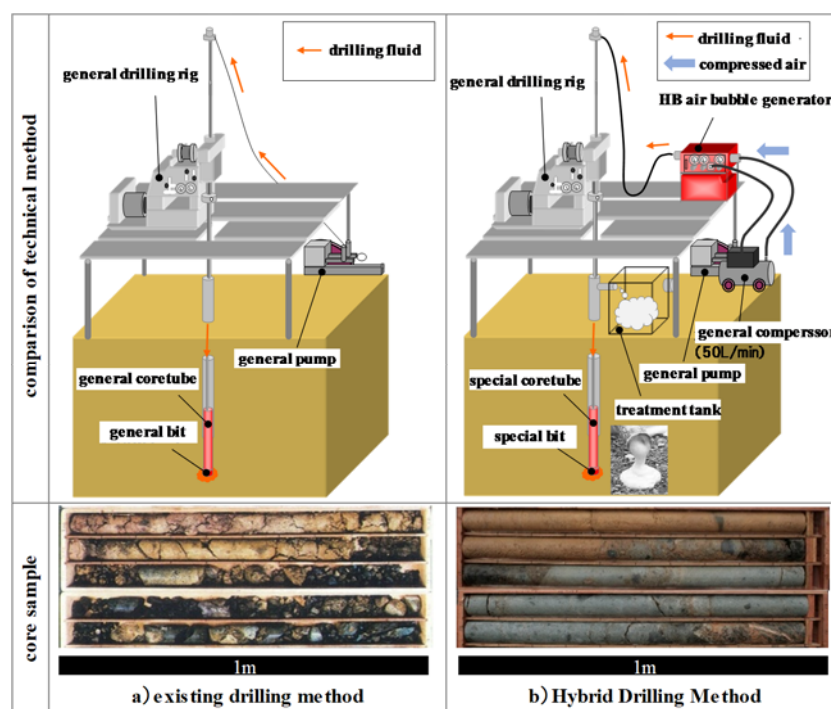


Fig.1 Comparison between existing method and Hybrid Method

We can understand the difference of technology very well from the Fig.1. The a) is core sample from Indonesia, and b) is core sample from Japan and obtained by Hybrid Drilling Method. Hybrid Drilling Method applies to both hard and soft rock, therefore it considered that specially applied in the important structures, where the high accuracy geological investigations are required.

### 3, Applicability of proposed product and technology

Through the feasibility survey, we consider that there are no problems with implementing the Hybrid Drilling Method in Indonesia. In Indonesia, the quality of core sample was bad. Regarding the cause, besides the poor drilling techniques, the low unit price is also a big problem. Therefore, it is necessary to educate the concerned parties that high-quality drilling work could lead to a cost reduction of the entire construction project eventually.

## Chapter 3 ODA project

### 1, Outline of ODA project

Table.3 shows the outline of the ODA project.

### 2, Content of ODA project



Table.4 shows our purposes, results and activity contents for spreading this method.

### **3, C/P candidate organization and consultation situation**

If our proposed Verification Survey project could be adopted by JICA, IRE will serve on our C/P, promote and implement joint research together. We have signed the consensus document with IRE on July 9, 2018.

### **4, Collaboration possibility with the other ODA projects**

- 1, Verification Survey for the support of development for transport infrastructure through soil improvement with the “Interlayer Mixing Method”.
- 2, Information gathering and confirmation survey for utilization of road tunnel technology in Sumatra Island, Indonesia.

### **5, Expected development effect**

- 1, Using Hybrid Drilling Method for conducting the drilling work at pilot sites, therefore the necessity of high-quality drilling technology in soft ground, the applicability and advantage of this method will be confirmed.
- 2, Confirmed the applicability and effectiveness of Hybrid Drilling Method, we plan to draw up guideline with IRE that will be expected to connect to our developing business in the future.
- 3, The Hybrid Drilling Method will be recognized as a high-quality drilling technology by government agencies, construction consultant, constructor, etc., Therefore, the facts will be created by a good environment for our business development.
- 4, Business development plan related to Hybrid Drilling Method will be materialized in Indonesia.

## **Chapter 4 Outline of business development plan**

### **1, Outline of business development**

- 1, Initial stage, it is reasonable to create our market utilizing Hybrid Drilling Method in collaboration with our local business partner.
- 2, Focus on the trends of the future geological investigation market, and establish a representative office as necessary, so we can make joint operations with local partner to receive orders within Indonesia or the neighboring countries.
- 3, Making a guideline with IRE during the Verification Survey term, we can provide the other companies our license and related tools of Hybrid Drilling Method for profit.
- 4, Build up geotechnical consultant associations in collaboration with government agencies and companies, and provide education for local human resource development business.

### **2, Market analysis**

Our target market is whole infrastructure project, especially focus on the ODA projects and public and private business of Indonesia. It is reasonable to make an approach that HI-TEC utilizes Hybrid Drilling Method for receiving order from MPA projects, will fit

Table.3 Outline of ODA project (Verification survey)

		Outline
Project name		Verification Survey for Hybrid Drilling Method (Geological Survey Technology)
C/P	Competent authorities	Institute of Road Engineering (IRE)
	Reason for selecting	IRE is a government organization belong to Ministry of Public Work, assumes a large of role in Research and Introduction of new technique on geological survey technology, in addition to draw up various technical standards and guidelines in Indonesia. Improvement of geological survey techniques in Indonesia is expected as Hybrid Drilling Method is introduced by IRE and PU. Therefore, as our C/P, IRE may take the important role in the future on the disseminating Hybrid Drilling Method, and make a geological investigation guideline or standard based on our technology in Indonesia.
Project site		West Jawa : ① Purbaleunyi toll road (KM92+400~KM100+700), ② National route 11 in Puncak area (KM16+500~KM20+650) Sumatra : ③ Construction site for toll road from Pekanbaru to Dumai (All is outside national park and protected area)
Beneficiaries		Infrastructure construction officials (PU), Construction consultants, Constructors, Infrastructure users
Scale		Implementation period : 2years Participants : HI-TEC Inc. 8 persons, external human resources (Consultant) 2 persons, external human resources (Constructor) 2 persons Construction materials and equipment : Machinery and materials of Hybrid Method

Table.4 Purposes, results and activity contents of Verification Survey

Results	Activities
Result 1 Verification project Implementing verification test at pilot sites, confirming the applicability/priority through if we can obtain core samples with 100% recovery and provide meeting standard samples for soil test. Sharing our techniques with concerned parties.	1-1 Explanation of verification projects and acquisition of final approvals and licensing
	1-2 Conducting detailed survey and construction
	1-3 Procurement of machinery and materials
	1-4 Procurement of machinery and materials (Local
	1-5 Carrying in/out machinery and materials
	1-6 Verification construction in pilot site
	1-7 Phase inspection, completed inspection
	1-8 Evaluation of the applicability and priority
Results 2 Dissemination project To make government agencies, infrastructure developer, construction consultants, construction companies acknowledge the Hybrid Drilling Method as a high quality drilling technique, and create an environment that we can disseminate Hybrid Drilling Method and business development.	2-1 Implementation of training
	2-2 Implementation of seminar and field site tour
	2-3 Lecture of the skills
Results 3 Planning of guideline and standard Conducting technical transfer the site to plan guideline and standard of our technique in cooperation with government institution and association and university.	3-1 Based on the data of verification test, planning guideline in cooperation with IRE.
	3-2 Suggesting new technique to Ministry of Public work and Housing.
	3-3 Consideration of creating SNI in Indonesia in cooperation with HATTI and ITB.

the infrastructure export strategy of exporting be packaged by construction, management and operation. Therefore, it is considered that through the economic development plan and the infrastructure export strategy as described above, infrastructure development will be promoted in the future and our business market will be expanded.

### **3, Value chain**

Fig.2 shows the implementation structure and model for developing overseas business

Fig.2 Business implementation structure and model

Not open to the public

### **4, Form of advance and partner candidate**

As a structure of advancement overseas in Indonesia, during the Verification Survey term, we plan to implement promotion activities to the local governments, infrastructure developers, construction consultants, constructor, and make sure that the concerned parties can entirely understand the importance of high quality drilling core sample. Then, we can promote the geological investigation business utilizing Hybrid Drilling Method based on the formulating guideline and technology transfer.

During initial stage, it is reasonable to create our market utilizing Hybrid Drilling Method in collaboration with our local business partner. Then pay full attention to the trends of the future geological investigation market, and establish a representative office as necessary, so we can make joint operations with local partner to receive orders within Indonesia or the neighboring countries.

### **5, Business budget plan**

Table.7 shows the income statement and investment plan for developing overseas business.

### **6, Expected development effect in business development**

Starting from Indonesia, we aim to expand our business market to Southeast Asia, such as Laos and Myanmar. Hybrid Drilling Method is geological investigation technology, may be utilized for all the projects of each country's ODA and private business. Soft ground is wide distributed in Southeast Asia, and landslide disaster may occur in each country, achieve to high quality infrastructure improvement, high quality core sample technology like Hybrid Drilling Method is further required in the near future.

Table.7 Income statement and investment plan (unit 10k)

Not open to the public

### **7, Contribution to Japan domestic economy and regional activation**

We believe that we can contribute to the local economy and regional revitalization if we succeed in Verification Survey and expand our overseas business smoothly. In particular, we have been developing/improving core sampling technology and related tools in collaboration with small and

medium-sized company and venture companies of Osaka University in East Osaka, which is widely known as "the city of manufacturing" for many years. To East Osaka enterprises, we believe that it is possible to make a strong boost to expand their business overseas if they have certain technologies.

## Feasibility Survey for Hybrid Drilling Method (geological survey technology)

### SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME: HI-TEC Inc.
- Location of SME: Osaka, Japan
- Survey Site • Counterpart Organization : Special Capital Territory of Jakarta • Institute of Road Engineering(IRE)



Drilling in dam site



Core photo of landslide layer

### Concerned Development Issues

- Compared with the neighboring countries, the infrastructure development of Indonesia has been delayed due to the reason of social, economic factor and technological factor.
- In promoting infrastructure improvement, ground disasters are occurring frequently due to inadequate survey, design and construction methods to obtain design conditions of structures under the complex geological conditions.
- In Indonesia, early completion at a low price is considered important due to the low estimate standard of survey drilling. Therefore, it becomes a market structure that it's difficult to except improvement of survey drilling technology.

### Products and Technologies of SMEs

- Hybrid Drilling Method is a drilling technology to obtain the core samples by using "smooth bubble" as drilling fluid instead of water and muddy water that used in existing method.
- Because the influence of water pressure, it's difficult to obtain core samples under the groundwater line. But hybrid method avoids too much water pressure by using smooth bubble, can obtain the core samples without disturbance easily.
- Hybrid method adjusts various complex geological conditions, where it's difficult to get core samples, unconsolidated rock or dam site, tunnel that near the fault fracture zone.

### Proposed ODA Projects and Expected Impact

- Content: ①, implementing the verification test at pilot sites, and confirm the applicability and priority, sharing our techniques with concerned parties. ②, To make concerned parties acknowledge the Hybrid Drilling Method as a high quality technique, and create an environment that we can disseminate Hybrid Drilling Method and business development through business acceptance in Japan, holding seminar, field tours. ③, Collaborate with government agencies, academics, and universities to promote survey guideline, therefore penetrate and perform Hybrid Drilling Method transfer throughout the country.
- Expected effect: ①, Conducting the verification test at the pilot sites by Hybrid Drilling Method, make sure the necessity of high quality drilling technology on soft ground, and confirm the local adaptability, advantage. ②, After confirmed the adaptability and effectiveness of Hybrid Drilling Method, collaborate with IRE to create survey guideline. Therefore, it leads to the business activities in the future. ③, The Hybrid Drilling Method is recognized as a high quality drilling technology by government agencies, infrastructure developers, construction consultants, construction companies, etc. and create an environment that business activities can be developed. ④, A business development plan related to Hybrid Drilling Method in Indonesia will be materialized.

## 別添資料(現地調査議事録)

非公開部分につき非表示