

インドネシア国

公共事業・国民住宅省 R&D 局

インドネシア国
薬液注入技術を用いた地盤改良工法
の普及・実証事業
業務完了報告書

令和2年4月

(2020年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

民連
JR
20-046

東曹産業株式会社

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

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

<Notes and Disclaimers>

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

目 次

巻頭写真	i
略語表	iii
地図	vi
図表番号	vii
案件概要	xii
要約	xiii
1 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・社会経済・行政の概況	1
② 対象分野における開発課題	6
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	18
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	26
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	31
2 普及・実証事業の概要	35
(1) 事業の目的	35
(2) 期待される成果	36
(3) 事業の実施方法・作業工程	36
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	38
(5) 事業実施体制	41
(6) 事業実施国政府機関の概要	42
3 普及・実証事業の実績	44
(1) 活動項目毎の結果	44
① 実証試験	44
② 普及活動	95
③ ビジネスモデルの作成	109
(2) 事業目的の達成状況	137
① ビジネスマーケットの確認	137
② 業務目的の達成状況	137
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	140
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	141
(5) 環境社会配慮	141
① ダムサイト実証試験に対する許可要件	141
② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織	142

③	事業実施上の環境及び社会への影響	145
④	環境社会配慮結果	145
(6)	事業後の事業実施国政府機関の自律的な活動継続について.....	146
(7)	今後の課題と対応策	146
4	本事業実施後のビジネス展開計画.....	149
(1)	今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定.....	149
(2)	想定されるリスクと対応	151
(3)	普及・実証において検討した事業化による開発効果	152
①	ダム用水供給の継続.....	152
②	工事公害の軽減	152
(4)	本業務から得られた教訓と提言	153
①	今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓	153
②	JICA や政府関係機関に向けた提言	153
	参考文献	155
	添付資料	155

巻頭写真



2016年6月 PUPR 会議室 (ジャカルタ)
キックオフミーティング



2016年6月 BBWS 会議室 (ソロ)
ダムサイト試験候補地検討



2016年7月 ITB 研究室 (バンドン)
テーブルテスト供試体作製



2016年11月 市内ホテル (ジャカルタ)
HATTI 総会出席



2016年12月 ITB 施設 (ジャティナンゴル)
ベンチスケールテスト施工



2017年3月 PUSAIR 会議室 (バンドン)
第1回ワークショップ



2018年7月 琵琶湖疎水視察（京都）
本邦受入活動



2018年12月 PUPR（ジャカルタ）
防災協働技術フェア出展



2019年11月 PUSAIR 会議室（バンドン）
第2回ワークショップ



2020年1月 PUPR（ジャカルタ）
総括セミナー



2020年1月 機材センター（ジャカルタ）
デモンストレーション試験



2020年2月 PUPR 会議室（ジャカルタ）
クロージングミーティング

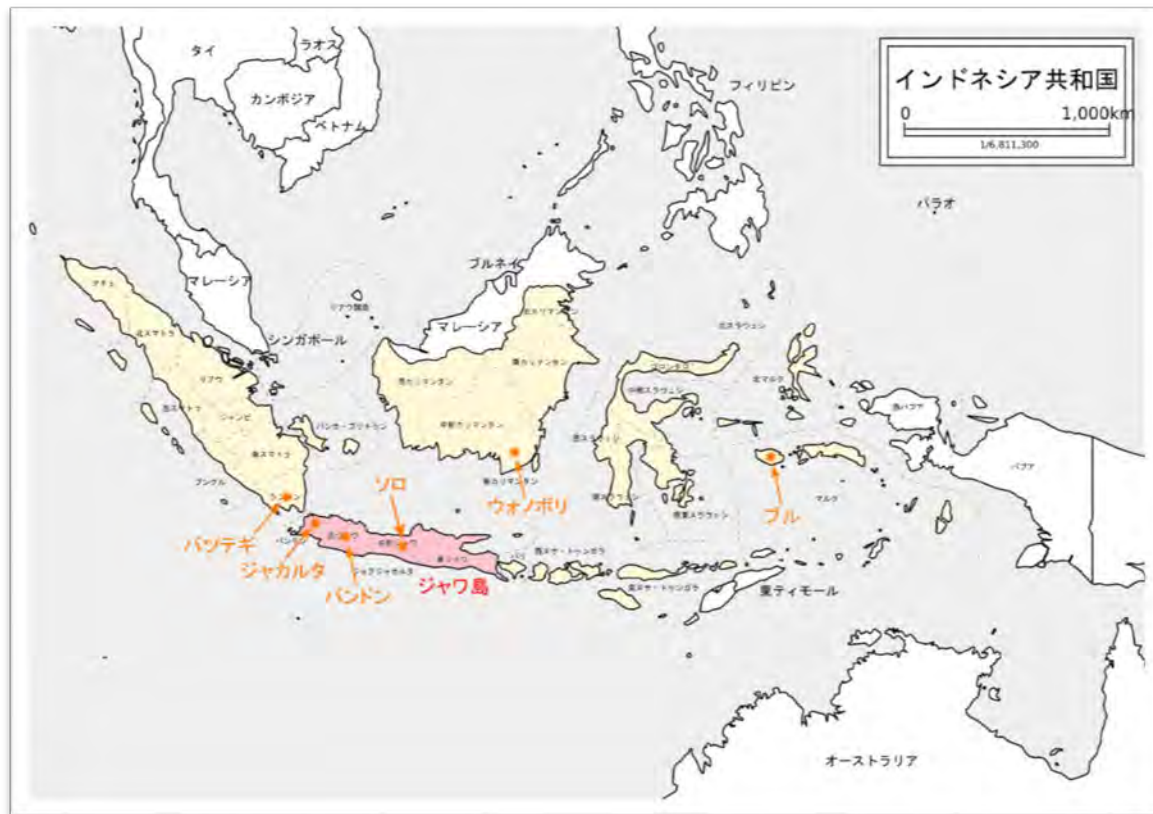
略語表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AIIB	Asian Infrastructure Investment Bank	アジアインフラ投資銀行
AMDAL	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Environmental Impact Assessment)	環境影響評価
ANDAL	Analisis Dampak Lingkungan (EIA Report)	環境影響評価書
ATP	Affordability to Pay	支払い意思額
ASP	Activated Sludge Process	活性汚泥法
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国試験材料協会
BAPPEDA	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Regional Development Planning Board)	開発計画局
BAPPENAS	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (National Development Planning Agency)	国家開発計画庁
BBWS	Badan Besar Wilayah Sungai (Large River Basin Organization)	流域管理事務所
B/C	Benefit Cost Analysis	費用便益分析
BGL	Below Ground Level	地下
BKPM	Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia (Investment Coordinating Board of the Republic of Indonesia)	投資調整庁
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学酸素要求量
BOT	Build – Operate – Transfer	ビーオーティー（公共調達方式の一種）
BPLHD	Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (Regional Environment Management) Board	州環境管理委員会
BPN	Badan Pertanahan Nasional (National Land Agency)	国家土地庁
BPS	Badan Pusat Statistik (Statistics Indonesia)	インドネシア中央統計局
BSL	Below Sea Level	海面下
CAPEX	Capital Expenditure	資本的支出
CIPTA KARYA	Directorate General of Human Settlements, Ministry of Public Works and National Housing	人間居住総局
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CSO	Combined Sewer Overflow	合流式下水道雨天時放流水
CVM	Contingent Valuation Method	仮想金銭化法
DBOO	Design – Build – Own – Operate	ディービーオーオー（公共調達の一種）

DD	Detail Design	詳細設計
EKUIIN	Menteri Koordinator Bidang Ekonomi, Keuangan, dan Industri (Coordinating Ministry for Economic Affairs)	経済・財政担当調整大臣府
EPC	Engineering – Procurement – Construction	イーピーシー（公共調達方式の一種）
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財政的内部収益率
FY	Fiscal Year	事業年度
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GRDP	Gross Regional Domestic Product	域内総生産
GOI	Government of Indonesia	インドネシア国
HATTI	Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia	インドネシア地盤工学会
HR	Human Resources	人的資源
IC	Interconnection Chamber, Inspection Chamber	分水せき（雨水吐き室）、汚水ます（点検ます）
IDR	Indonesia Rupiah	インドネシアルピア
IIGF	Indonesian Infrastructure Guarantee Fund	インドネシアインフラ保証基金
IMB	Ijin Mendirikan Bangunan (Building Construction Permit)	建築許可
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah	小規模下水処理場
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
ISGE	Indonesian Society For Geotechnical Engineering	インドネシア地盤工学会
ITB	Institut Teknologi Bandung	バンドン工科大学
ITP	Individual Treatment Plant	個別処理施設
IWA	International Water Association	国際水協会
JGS	Japanese Geotechnical Society	公益社団法人 地盤工学会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JO	Joint Operation	共同企業体
JPY	Japanese Yen	日本円
JWSRB	Jakarta Water Supply Regulatory Body	ジャカルタ水道規制委員会
Kel	Kelurahan (Urban village: lowest level of government administration in urban area)	クルラハン（インドネシア国の行政組織）
Kec	Kecamatan (Sub-district: subdivision of a city) (kota)	ケチャマタン（インドネシア国の行政組織）
LARAP	Land Acquisition and Resettlement Action Program	土地収用・住民移転実施計画
MBBR	Moving Bed Biofilm Reactor	担体移動式生物膜反応タンク
MBR	Membrane Bioreactor	膜分離活性汚泥法

MCK	Mandi Cuci Kakus (public toilet with laundry and bathing)	共同衛生施設
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids	活性汚泥浮遊物質
MOF	Ministry of Finance	財務省
MP	Master Plan	マスタープラン
NCICD	National Capital Integrated Coastal Development	首都沿岸総合開発
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
OCHA	United Nation Office for the Coordination of Humanitarian Affairs	国連人道問題調整事務所
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On-the-Job Training	オーヂェイティー
PUPR	Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Ministry of Public Works and Housing)	公共事業・国民住宅省
PUSAIR	Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air	水資源研究開発センター
STP	Sewage Treatment Plant	下水処理場
USD	US Dollar	US ドル
VAT	Value Added Tax	付加価値税
WB	World Bank	世界銀行
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WTP	Willingness to Pay	支払い意思額
WWTP	Wastewater Treatment Plant	下水処理場

地図



(出典：白地図専門店 URL: <http://www.freemap.jp/>)

図表番号

表 1	インドネシア国の社会・国家体制	1
表 2	インドネシア国 中期開発計画（原文）	20
表 3	就労ビザの種類とその取得手続き	21
表 4	外国人就労の基準	21
表 5	外国人労働者の就労許可制限（自国民の就業機会を優先する傾向）	22
表 6	公共事関連の規制業種	23
表 7	建設業の投資	23
表 8	建設業許可制度等	25
表 9	インドネシア国の入札制度	26
表 10	KPPIP の優先プロジェクト	27
表 11	ダム分野における国家戦略プロジェクト	28
表 12	海外援助機関による優先 ODA プロジェクト	29
表 13	作業工程表	37
表 14	従事計画・実績表（現地業務）	38
表 15	従事計画・実績表（国内業務）	39
表 16	資機材リスト	40
表 17	実施メンバーと担当業務	42
表 18	インドネシア国 飲料水基準 概要比較	45
表 19	飲料水基準 国際比較	46
表 20	ジオキーブ® 320E 中結タイプ	47
表 21	テーブルテスト供試体原料	48
表 22	テーブルテスト用サンプル作成手順	49
表 23	溶出試験結果一覧	51
表 24	ベンチスケールテスト 使用薬材配合	57
表 25	機械設備一覧	57
表 26	施工管理のデータ一覧	60
表 27	流量計キャリブレーション結果	61
表 28	写真管理項目	61
表 29	材料管理項目	63
表 30	材料受払簿	63
表 31	ベンチスケールテスト 注入量の結果	64
表 32	ベンチスケールテスト ゲルタイム測定結果	65
表 33	ベンチスケールテスト 注入圧力結果	65

表 34	ベンチスケールテスト 検査項目及び基準値	68
表 35	ベンチスケールテスト 地下水の監視回数	68
表 36	ベンチスケールテスト 成分分析試験結果	71
表 37	調査項目	82
表 38	柱状図概要（上流孔）	83
表 39	使用したトレーサーおよび検出方法	86
表 40	トレーサー試験結果	87
表 41	パラメータと計算結果	89
表 42	総括セミナーのプログラム	96
表 43	ベンチスケールテスト 現地視察者一覧	98
表 44	本邦受入活動参加者リスト	101
表 45	本邦受入活動スケジュール	101
表 46	第1回ワークショップ 出席者一覧	104
表 47	第2回ワークショップのプログラム	105
表 48	技術マニュアルの目次	107
表 49	老朽化ダムの実態調査結果（総括）	110
表 50	世銀によるダム維持管理・安全管理を支援する技術協力プロジェクト（抜粋）	111
表 51	AIIBと世銀によるダムのリハビリプロジェクト	111
表 52	ジャカルタ下水道 Zone-1 処理区管路計画	113
表 53	インドネシア国内の工種別工事費の推移	118
表 54	インドネシア国内の建設工事会社	119
表 55	主要都市の一人当たり GRDP と人口	121
表 56	就労ビザの種類とその取得手続き	122
表 57	外国人就労の基準	122
表 58	外国人労働者の就労許可制限（自国民の就業機会を優先する傾向）	123
表 59	公共事関連の規制業種	124
表 60	建設業の投資	124
表 61	建設業許可制度等	126
表 62	インドネシアの入札制度	126
表 63	各工事における薬液注入材の推定注入量	132
表 64	商流における各社の役割	136
表 65	薬液注入技術の普及・実証事業の活動計画および達成状況	139
表 66	インドネシアにおける環境影響評価	143
表 67	AMDAL 適用基準例	144

表 68	インドネシア国における地盤改良工法の分類	147
表 69	インドネシア国内の地盤改良会社	149
図 1	ジャカルタの気候	3
図 2	インドネシア国の州別人口	3
図 3	インドネシア国・ジャワ島の人口推移	4
図 4	インドネシア国 州別一人当たり域内総生産	4
図 5	インドネシア国一人当たり域内総生産推移	5
図 6	インドネシア国の州別米作付面積	6
図 7	インドネシア国の米作付面積推移	6
図 8	現地事前調査ダム位置図及び名称	7
図 9	灌漑用ダムの劣化による耕作被害を伝える記事	11
図 10	ジャカルタ市内の浸水被害	12
図 11	NCICD (ジャカルタ首都湾岸総合開発計画)	13
図 12	ジャカルタ下水道マスタープラン (処理区域および処理場予定地)	14
図 13	下水道整備マスタープランで予定する下水道整備量	15
図 14	ジャカルタ MRT と主要鉄道網	17
図 15	開発計画の流れ	18
図 16	ジョコ大統領政権の中期開発計画	19
図 17	事業実施体制	41
図 18	公共事業・国民住宅省 組織図	43
図 19	一軸圧縮強度試験結果	52
図 20	透水試験結果	53
図 21	ベンチスケールテスト実施場所 (ジャティナンゴル)	54
図 22	計画平面図	55
図 23	ボーリング柱状図 (事前調査孔)	56
図 24	注入範囲および観測井戸深度	56
図 25	施工の流れ	58
図 26	ベンチスケールテスト 現場透水試験結果	66
図 27	ベンチスケールテスト 標準貫入試験結果	67
図 28	ベンチスケールテスト pH 測定結果	69
図 29	比抵抗による地下水調査結果 (2D)	70
図 30	比抵抗による地下水調査結果 (3D)	70
図 31	ダムサイト試験の実施フロー	74
図 32	調査位置	81

図 33	調査結果	81
図 34	調査ボーリング実施箇所	82
図 35	柱状図および透水試験結果（上流孔）	83
図 36	柱状図（下流孔）	84
図 37	堤体断面図（推定）	85
図 38	カサグランデの方法*	89
図 39	簡易注入試験の概要	93
図 40	老朽化ダムの実態調査位置図	109
図 41	ジャカルタ下水道 Zone-1 処理区管路計画	112
図 42	幹線管路の建設工事（概念）	114
図 43	幹線管路の地質例（Zone-1 処理区 No. C（処理場付近））	115
図 44	ジャカルタ特別州における最低賃金の推移	116
図 45	学歴および職業・地域別給与水準	117
図 46	インドネシア国内の工種別建設工事費の推移	117
図 47	インドネシア国営建設会社の業績（PT. Waskita Karya Tbk）	118
図 48	インドネシア国内の規模別建設工事会社	119
図 49	インドネシア主要州の一人当たり GRDP の推移	120
図 50	主要都市の一人当たり GRDP と人口	120
図 51	日本とインドネシアの水ガラスの用途比較	127
図 52	薬液注入材の想定注入量と硬化剤供給方法	130
図 53	日本における薬液注入工法の施工数量推移	131
図 54	薬液注入工法における各組織の位置付け	134
図 55	商流と製品の流れ	135
図 56	環境許可（UKL-UPL）・工事許可（IPPJU）の手続きフロー	145
図 57	既存の地盤改良技術	149
写真 1	灌漑用ダムの劣化状況（ソロ川流域）	8
写真 2	既存技術による老朽化ダムの補修状況	9
写真 3	灌漑用ダム劣化による耕作被害の状況（Sanggeh ダム）	10
写真 4	推進工法の既存技術（立坑の水没・崩落）	16
写真 5	テーブルテスト供試体原料砂 外観	48
写真 6	ベンチスケールテスト 施工管理写真	62
写真 7	ベンチスケールテスト 注入時管理写真	64
写真 8	ベンチスケールテスト 現場透水試験孔採取コア	67
写真 9	2016 年 3 月ソロ川流域漏水ダム事前視察	76
写真 10	2017 年 5 月スマトラ島バツテギダム視察	79

写真 11	トレーサー試験状況	88
写真 12	薬液注入材料の性状確認と簡易注入試験	93
写真 13	機器説明および注入・削孔のデモンストレーション状況	94
写真 14	スモールセミナーの開催	95
写真 15	防災協働技術フェア	96
写真 16	総括セミナー	97
写真 17	本邦受入活動状況	103
写真 18	第1回ワークショップ	105
写真 19	第2回ワークショップ	106
写真 20	クロージングミーティング・手交式	108
写真 21	ダムのマネジメント	140
写真 22	既存技術による下水管路建設事故	140
写真 23	都市インフラ事業の与える交通への影響	153

薬液注入技術を用いた地盤改良工法の普及・実証事業

インドネシア国の開発ニーズ

- ▶ 地盤沈下が進行するジャカルタでは、首都沿岸総合開発プロジェクトに着手し、交通インフラの整備、洪水対策・水資源の確保、水環境の改善・下水道の整備が必要である。
- ▶ 人口の集中が著しいジャカルタは、都市インフラの整備が急務であり、これらの施設は、地下に構築しなければならない。
- ▶ 灌漑用アースダムは、漏水やダム堤体の浸食など老朽化が進み、リハビリが必要である。

普及・実証事業の内容

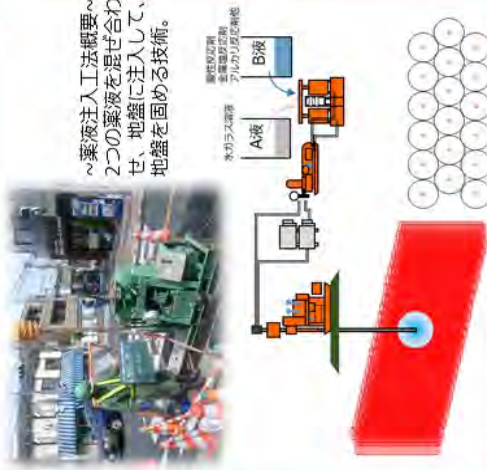
薬液注入工法の効果と安全性の検証

- ▶ 効果と安全性の確認試験
- ▶ 地下インフラ・ダムでの適合性の検証

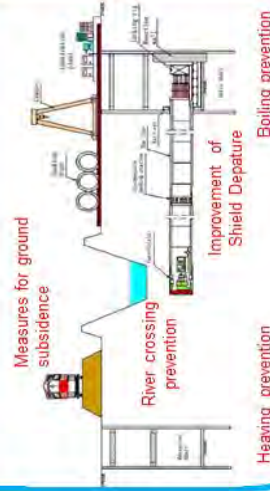
薬液注入工法の普及活動

- ▶ セミナー・ワークショップの開催
- ▶ 本邦招聘研修
- ▶ 実証試験
- ▶ マニユアルの提案（設計・施工・管理）
- ▶ 調査研究・広報活動支援

薬液注入工法



地下インフラ・老朽化ダムへの適用可能性実証



インドネシア国側に見込まれる成果

- ▶ 珪酸ソーダを使った薬液注入工法は、セメントグラウチング技術と併用することで、灌漑用アースダムのリハビリプロジェクトに適用できる。
- ▶ ダムの新設事業が長期の年月を要することに比べて、短期間・低コストで水資源の確保ができる。
- ▶ ジャカルタのMRT事業や、MPAプロジェクトの下水道事業において、推進工法技術と併用することで、インドネシア国の経済発展に資することができる。

日本国企業側に見込まれる成果

雇用創出・新規事業開拓効果

- ▶ 本技術の普及により、珪酸ソーダの需要の増加、雇用の維持
- ▶ 海外サービス拠点の展開

技術開発機関の交流・情報共有

- ▶ 本技術の普及活動により、日伊国の大学・研究開発機関との交流が深まり、ジャパンブランドの浸透につながる。

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	薬液注入技術を用いた地盤改良工法の普及・実証事業 Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Ground Improvement Using Chemical Grouting Technology
事業実施地	インドネシア共和国
相手国政府関係機関	公共事業・国民住宅省（以下「PUPR」） R&D 局 英語名：Ministry of Public Works and Housing, Research and Development Agency
事業実施期間	2016年5月～2020年6月（4年2ヶ月）
契約金額	当初 99,972,360 円（税込） 変更契約 56,137,320 円（税込）
事業の目的	<p>本事業で提案する、止水・地盤改良効果のある薬液注入技術は、日本では都市土木における補助工法として普及しているが、インドネシア国においては活用が進んでいない技術である。又、本技術は、都市土木のみならず、老朽化ダム等の機能の復元を目的とした補助工法としても採用可能であり、本工法を採用する事により、建設工事におけるインフラ改善の実行範囲を広げる事が可能となる。現在、経済発展が著しく、なおかつ、インフラ投資予定が山積しているインドネシア国にとっては経済的・時間的にも適した技術である。</p> <p>本事業において、同技術の普及を促進する事により、インドネシア国に散在する老朽化ダムを再生し、灌漑用水・都市用水を安定供給させること、及び、経済発展の著しいインドネシア国の大都市における大規模・大深度地下構造物の建設等のインフラ改善の実行範囲を広げることを通じてインドネシア国の経済発展に資する。</p> <p>併せて、薬液注入工法に関する事業量調査並びにビジネスモデルの作成を行い、本実証事業終了後の、東曹産業（株）のインドネシア国における薬液注入技術を活用した事業展開の基盤を形成する。</p>
事業の実施方針	薬液注入技術は、日本では普及しているが現在はインドネシア国において使用されていない技術である。本技術は、地下構造物（トンネル・下水道等）を構築する建設工事における補助工法であり、建設工事によるインフラ改善の実行範囲を広げる事が出来ること

に加え、応用工法として、本事業で対応しているような止水目的での補助工法としてダムや溜池への活用も可能である。同国では、過去における高分子系薬材を使用した薬液注入工法施工を理由とした健康被害の経験から、安全性に対する強い関心が寄せられている。よって本事業では、薬液注入技術を用いた地盤改良工法の、安全性、適用性、優位性について、日尼両国の大学との連携、また公共事業・国民住宅省を中心とした発注機関における薬液注入技術の理解と施工管理マニュアル（案）の提案をもって、本技術の普及を図ることを基本方針としている。

上述前提に基づき、本事業では、「実証試験」と「普及活動」を主軸として、インドネシア国における薬液注入技術の普及促進を目指していく。並行して、薬液注入技術の普及を前提とした東曹産業（株）のインドネシア国におけるビジネスモデルについての検討、及び、環境社会配慮についての対応も実施する。

上述の薬液注入技術の効果と安全性の検証に関しては、「第1段階：テーブルテスト」「第2段階：ベンチスケールテスト」「第3段階：ダムサイト試験」という3段階の「実証試験」を実施する事で、インドネシア国側に薬液注入技術に関する理解と知見の深化を促す。又、「普及活動」に関しては、上記検証実験の各段階終了後に、随時、ワークショップ並びにセミナーの開催を予定している。本邦受入活動による技術・運用体制視察やインドネシア国の実情に即したマニュアル案の作成と併せ、インドネシア国での本技術の普及を図っていく。

ビジネスモデル作成にあたっては、薬液注入技術の設計・施工管理マニュアル等による品質管理手法をPRすること、およびパートナー企業の発掘・投資リスク等を調査し、広範な視点から検証することが重要であると考ええる。

実績	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) テーブルテストによる実証試験</p> <p>(2) ベンチスケールテストによる実証試験</p> <ul style="list-style-type: none"> • 外部人材である九州大学、バンドン工科大学と共同で、学術的検証として(1)(2)を実施し、安全性も含めた薬液注入技術に関する学術的見解を得た。 <p>(3) ダムサイト試験実施場所の選定</p> <ul style="list-style-type: none"> • カモジンダムを候補地とし、PUSAIR、BBWS Citarum と薬液注入試験計画について協議を進め、ダム安全委員会の調査ボーリングの許可を受けた。ダム堤体の地質、漏水量等を事前調査した結果、薬液注入工法の適用は難しいと判断した。 <p>(4) デモンストレーション試験の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> • 中止になったダムサイト試験に代えて実施し、政府関係者や設計、施工の技術者に対し、薬液注入工法による効果や設備に関する理解を深めることができた。 <p>(5) 技術マニュアル案の作成</p> <ul style="list-style-type: none"> • カウンターパート側の要望を踏まえ、技術マニュアル（案）と施工ガイドブック（案）の2資料を作成した。 <p>(6) 事業実施国政府機関との協議</p> <ul style="list-style-type: none"> • 上記(1)(2)の報告に関するワークショップを開催し、薬液注入技術の効果と安全性について、相手国政府関係機関内で水資源分野の研究開発を担当している部門である水資源研究開発センター（PUSAIR）の理解を得た。 • 上記(5)の内容に関するワークショップを開催し、内容について理解を得た。 <p>(7) 普及活動状況</p> <ul style="list-style-type: none"> • スモールセミナーや総括セミナー、デモンストレーション試験の実施等を通して、薬液注入工法の普及に努めた。 <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>(1) 事業量調査の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> • 老朽化ダムの実態調査を現地再委託で実施した。薬液注入技術を適用可能な漏水のある溜池は、当初の想定より少ないことが分かった。
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> • 下水道事業の実態調査を実施した。ジャカルタは狭隘な場所が多く、薬液注入技術の採用に期待できることが分かった。 <p>(2) ビジネスモデルの作成</p> <p>本事業は、インドネシアのインフラ整備における土木需要の獲得と、東曹産業（株）の海外展開の基盤作りを目的とし、段階的なビジネス展開を検討。多角的な評価・検討を実施し、ビジネスモデルを作成した。</p>
課題	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) テーブルテストやベンチスケールテストにおいて、安全性、効果の確認を行い、有効であることを確認したが、さらに現場の実績を積み重ね、それをより強固なものとしていくことで、さらなる普及がはかれるものとする。</p> <p>(2) 大深度地下工事における地盤改良工法の必要性について、セミナー、ワークショップを通して説明を行ってきたが、まだ浸透しきれていない部分がある。今後は、グラウト協会の設立や、それに伴う普及活動により、必要性の理解を深めていくことが課題である。</p> <p>(3) 他の地盤改良工法も含め、その現場条件に合った最適な工法の選定が重要であり、薬液注入工法だけでなく、様々な地盤改良技術を理解した技術者の育成、能力向上が課題である。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>(1) インドネシア国内における土木事業計画は多数公開されているが、東曹産業（株）が現段階で想定顧客としている日系企業がそのうちのどの程度を受注出来るのか見通しが立たないため、将来事業規模及び事業展開計画を立てる前提設定について、改めて検証する必要がある。</p> <p>(2) インドネシアの公共工事の発注は「デザインビルド方式」を採用している。薬液注入工法は工事を安全に進めるための仮設工事であるため、施工業者のみが有用性を理解</p>

	<p>しても受注に繋がらないため、工事発注の仕組を改善する必要がある。</p> <p>(3) 薬液注入工法は、材料の安全性確保・品質管理だけでなく、設計・施工技術が重要である。現地施工業者へ安心して材料を販売するために、インドネシアへ技術移転・教育を行い、事業後にインドネシアにおける自立的な活動継続が必要である。</p>
事業後の展開	<p>本事業において計画したビジネスモデルに沿って、インドネシア国における薬液注入工法の普及に努める。まずはジャカルタ下水、MRT といった ODA 案件での適用を目指し、その後はローカル発注の工事における適用を目指す。それと同時に、関係機関と調整しながら、グラウト協会の設立に向けた調査、準備を進め、さらには「技術協力プロジェクト」のスキームの活用等検討を進める。</p>
II. 提案企業の概要	
企業名	東曹産業株式会社
企業所在地	東京都千代田区六番町 12 番地
設立年月日	1937 年 9 月 1 日
業種	製造業
主要事業・製品	水ガラスの製造販売、地盤改良材の販売
資本金	5,000 万円 (2020 年 2 月時点)
売上高	4,233 百万円 (2019 年 3 月～2020 年 2 月期)
従業員数	105 名 (2020 年 2 月時点)

1 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・社会経済・行政の概況

①-1 政治・社会の概況

インドネシア国の政治・社会状況を、表1に示す。

人口約2.55億人を擁する世界第4位の大国で、地理的にも東南アジアの海上交通の要衝に位置し、我が国とは経済的、文化的に親密な交流関係が構築されている。

表1 インドネシア国の社会・国家体制

国土	面積約189.08万平方キロメートル（日本の約5倍）。 約13,500の島々からなる世界最大の島嶼国家。東西約5,110キロメートル（米国の東西両海岸間の距離に匹敵）、南北約1,888キロメートル（赤道を挟む）に及ぶ。
人口、種族	約2.55億人（2015年）。世界第4位の人口。 大半がマレー系（ジャワ、スンダ等約300種族に大別される）。総人口の約6割が、全国土面積の約7%に過ぎないジャワ島に集中している。
宗教	イスラム教88.1%、キリスト教9.3%、ヒンズー教1.8%ほか（宗教省〔2010年〕）。 世界最大のイスラム人口を有するが、イスラム教は国教ではない。
国家政体	共和制の下、34州から構成。 国家元首は大統領（大統領は、国家元首であると共に行政府の長でもある）。 現大統領は、ジョコ・ウィドド大統領（2014年～2019年）。

出典：外務省『インドネシア国基礎データ』より編纂

インドネシア国の行政体制は、大統領の下に、4つの調整大臣府（経済担当、政治・法務・治安担当、国民福祉担当、海事担当）、省庁が置かれている。公共事業に関する、PUPRが直接の事業実施機関であり、国家開発計画庁（BAPPENAS：National Development Planning Agency）が国家開発計画を所管する。経済・財政担当調整大臣府（EKUIN：Coordinating Ministry for Economic Affairs）は、ジャカルタ首都圏沿岸総合開発（NCICD：National Capital Integrated Coastal Development）やKPPIP（Empowering The Coordination of Infrastructure Delivery）等の複数の省庁にまたがる経済・インフラの政策調整を所管している。

①-2 行政制度の概況

インドネシア国の行政は、国一州の下に都市部に市（Kota）、そして農村部に県（Kabupaten）という地方行政単位があり、首長はそれぞれ市長（Walikota）、県長（Bupati）と呼ばれる。

行政の組織は、大統領の下に、国家官房（SEKNEG）、および開発計画を総括する国家開発計画庁（BAPPENAS）と、複数の事業官庁にまたがる重要政策を調整する調整大臣府を設けている。建設事業分野では、PUPR が国家プロジェクトを実施している。

ダムの建設・運営は、PUPR 水資源総局の地方部局である流域管理事務所（BBWS または BWS）および水資源公団（Jasa Tirta）が所管している。

下水道は地方自治体の固有事務であるが、大規模プロジェクトの実施能力不足や予算確保の課題もあり、PUPR がプロジェクト実施チーム/ユニット（Project Implementation Unit または Project Management Unit）を設置し建設事業を実施している。ジャカルタ地下鉄は、ジャカルタ特別州に PT. Mass Rapid Transit Jakarta（PT. MRT Jakarta：ジャカルタ高速鉄道会社）を設置して建設・運営を行っている。

①-3 経済・開発政策の概況

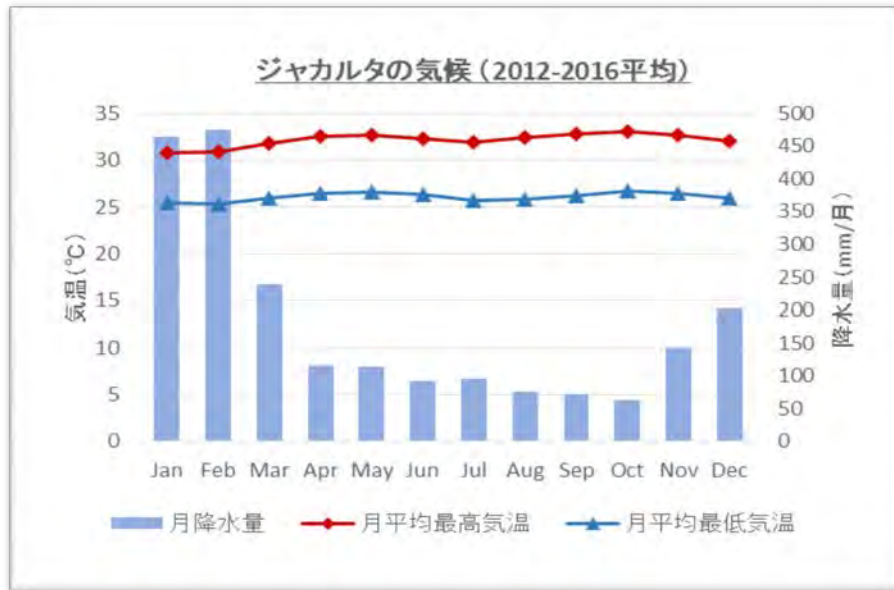
ジョコ大統領は、2014 年 10 月 20 日に大統領に就任し、インフラ整備、社会保障拡充、格差是正等の経済・社会政策を優先し、「国民目線」からの改革を志向する。

インドネシア経済は、世界金融・経済危機の影響を受けた 2009 年も比較的高い 4.6% の伸び率を達成し、その後も一貫して 5~6% の堅調な経済成長を維持していた。しかし、世界経済の成長鈍化や米国の金融緩和縮小等の影響を受け、2013 年の成長率は 5.8% と減速し、2009 年以来 4 年ぶりに 6% を下回り、2015 年の成長率は 4.8% と減速した。2018 年のインドネシアの経済成長は、5.2% と報告されている（JETRO）。

失業率は、2006 年には 10% を超えていたが、2016 年 2 月には、5.5% まで低下した（中央統計局統計）。ただし、毎年 250 万人が新規に労働市場に参入すると試算されており、それを吸収する雇用を創出するためには年率 6% 以上の経済成長が必要との指摘もある（国際ワークショップ「アジアにおける人の移動と労働市場」）。

①-4 気候・人口

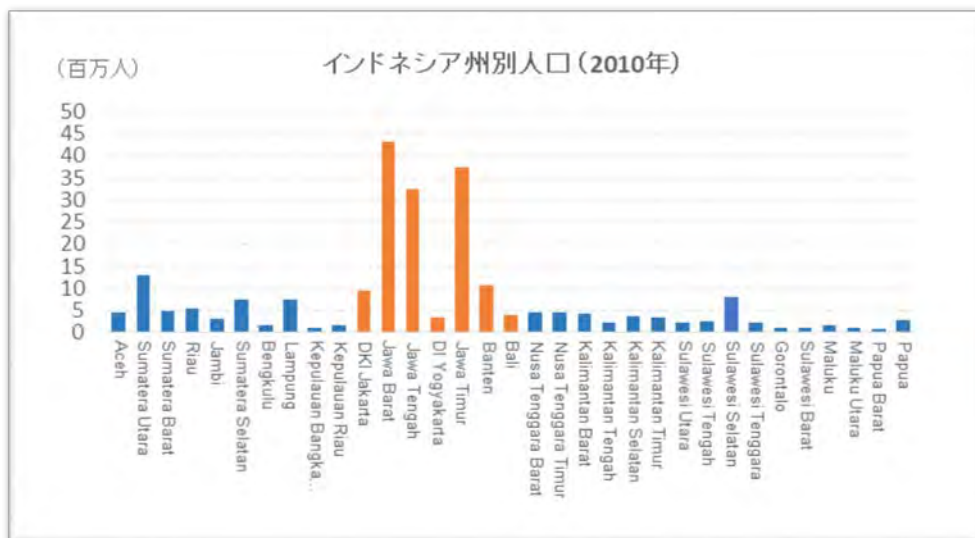
インドネシア国において経済的に重要な地位を占めるジャワ島は、「熱帯モンスーン気候」で、気温は年間を通じて一定、平均気温 26 度を上回る高温である。季節は乾季と雨季がある。



出典：気象庁『地点別データ・グラフ（世界の天候データツール）』
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/climatview/frame.php>

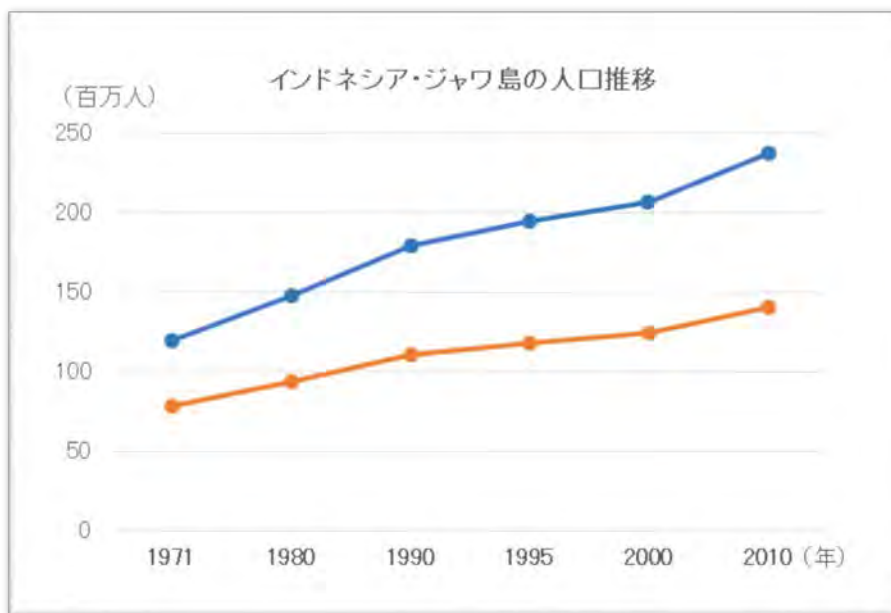
図 1 ジャカルタの気候

スマトラ島、スラウェシ島、カリマンタン島、東部島嶼地域と比べ、以下のグラフに於いて橙色で示されるジャワ島（東部ジャワ州・中部ジャワ州・西ジャワ州）の人口は 30 百万人～40 百万人を超えて突出している。人口百万人を超える都市も、ジャカルタ首都圏、バンドン、スラバヤ、スマラン等、国内の主要な大都市を抱えており、人口増加の重要な受け皿である。



出典：インドネシア中央統計局 (BPS)
<https://www.bps.go.id/index.php>

図 2 インドネシア国の州別人口



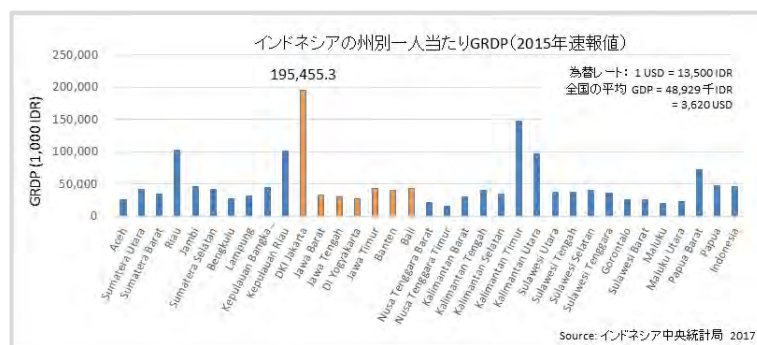
出典：インドネシア中央統計局 (BPS)
<https://www.bps.go.id/index.php>

図 3 インドネシア国・ジャワ島の人口推移

①-5 経済指標

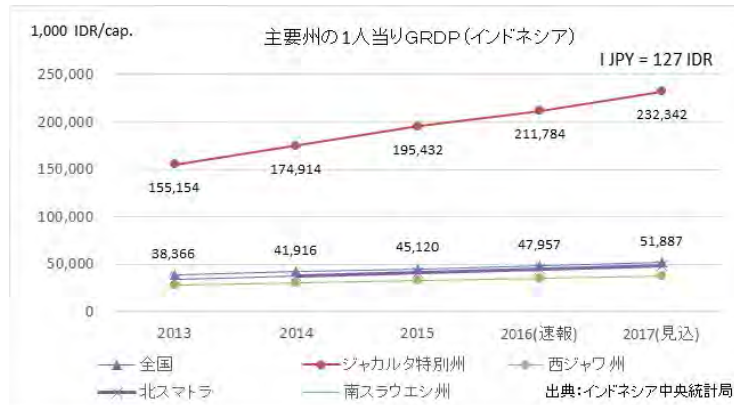
経済については、ジャワ島各州の一人当たりの GDP は、以下のグラフに於いて橙色で示される。ジャカルタ特別州は全国平均 48.9 百万 IDR/人 (3,620USD/人) の 5 倍と突出し 195 百万 IDR/人 (約 14,000 USD/人) であり、経済成長が持続している。

他のジャワ島内の州は、天然資源の豊富なリアウ州、東カリマンタン州と比べると劣っているが、一人当たり平均すると、概ね全国平均レベルである。



出典：インドネシア中央統計局 (BPS)
<https://www.bps.go.id/index.php>

図 4 インドネシア国 州別一人当たり域内総生産



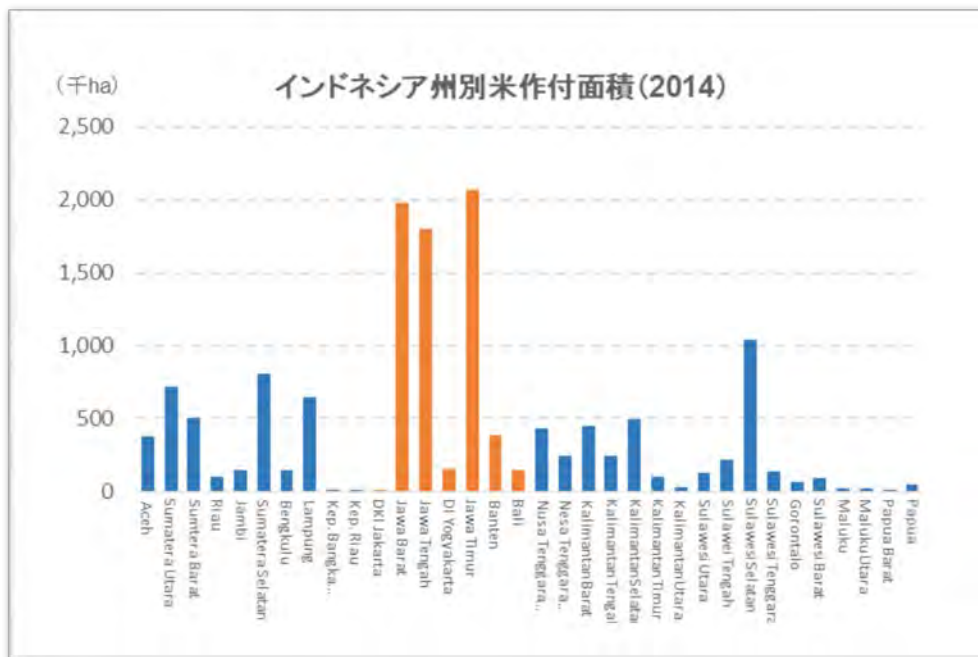
出典：インドネシア中央統計局 (BPS)
<https://www.bps.go.id/index.php>

図 5 インドネシア国一人当たり域内総生産推移

①-6 米作

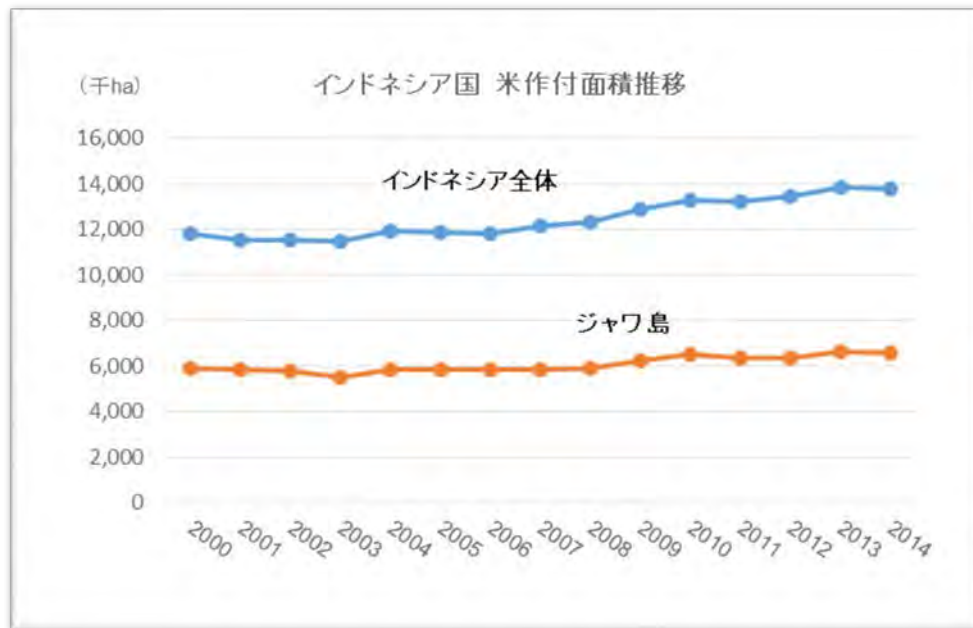
米作は、インドネシア国の農村経済と 2.5 億人の人口を支える最も重要な産業である。

以下のグラフに於いて橙色で示されるジャワ島の米作付面積は、他の島々・州と比べて突出している。米の作付け（収穫）面積は、全国比 45%で主要な米作地帯であるとともに、農村経済の主要な産業である。



出典：インドネシア中央統計局 (BPS)
<https://www.bps.go.id/index.php>

図 6 インドネシア国の州別米作付面積



出典：インドネシア中央統計局 (BPS)
<https://www.bps.go.id/index.php>

図 7 インドネシア国の米作付面積推移

② 対象分野における開発課題

②-1 ダム等の老朽化

PUPR および関連下部組織である BBWS Bengawan Solo (ソロ川流域管理事務所) に対して、本技術紹介と併せて、実証試験の第3段階となるダムサイト試験の候補地選定の事前現地調査を実施した。

建設年度は、1917年～1985年とオランダの援助によって建設されたものが多く、いずれも多く浸出水が見られた。調査した7ダムの内、5ダムにおいて、堤体の滑り、沈下・移動等の異常が見られ、貯水能力17百万m³が7百万m³と半減するなどダムの機能に重大な影響を与えており、洪水時には、堤体の浸食や水位の上昇により、堤体の崩落などの大規模な災害が懸念される。



- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| ① Krisak ダム - Wonogiri 川 | ⑤ Parang Joho ダム - Wonogiri 川 |
| ② Lalung ダム - Karanganyar 川 | ⑥ Songputri ダム - Wonogiri 川 |
| ③ Plumbon ダム - Wonogiri 川 | ⑦ Cengklik ダム - Boyolali 川 |
| ④ Kedung Uling ダム - Wonogiri 川 | |

図 8 現地事前調査ダム位置図及び名称



写真 1 灌漑用ダムの劣化状況（ソロ川流域）

インドネシア国における、既存のダム修復技術を利用したケースとして Sanggeh ダムを例にとると、ダム湖を空にして、堤体・遮水層や劣化した樋門の補修を行っている。この方法では、長期間、ダム湖を空にして、堤体の新設と同様の工法を採用している。



写真 2 既存技術による老朽化ダムの補修状況

既存技術による補修工法では、ダム湖を補修する際にはダムの水を抜く必要があるため、修復期間中はダム湖が利用出来ない状態となり、灌漑用水の確保が難しくなる。ダムの下流では、僅かな水を可搬式のポンプを使って揚水している。しかし、灌漑用のダムは小河川の水を最大限に活かすために作られており、乾季には河川が干上がっている状況である。このため、水田を耕作放棄地（家畜の放牧）、大豆・とうもろこし等の畑作に転作している。



写真 3 灌漑用ダム劣化による耕作被害の状況（Sanggeh ダム）

地元の英字新聞（Jakarta Post）によれば、農家は可搬式のポンプ借上げによって灌漑用水を確保している。ポンプを使用することによって、機材費 15,000～20,000 IDR（約 120～160 円）/1 時間、1 週間当たり 160,000～180,000 IDR（約 1,280～1,440 円）の負担を強いられている。農家の収入を 20,000～30,000 円/月と仮定すると月収の 4 割程度がポンプ揚水の負担となっている。干ばつによる追加費用は、4～5 百万 IDR（約 32,000～40,000 円）/ha と報告されている。

Rice harvest failures spread in Cirebon as drought hits 18,000 ha

It is feared that paddy harvest failures will increase in Cirebon, one of West Java's key rice production centers, as about 18,000 hectares of paddy fields have been hit by water scarcity.

Of that number, 5,000 hectares of paddy fields have been confirmed as facing total harvest failure, Yoyon Suharyono, secretary of the Cimanuk-Cisanggarung River Water Resources Management Coordinating team, said on Wednesday.

Yoyon said that difficulties in securing water supplies had been caused mainly by falls in the level of water at major dams supplied by the Cimanuk and Cisanggarung rivers.

"Water levels in the two rivers dropped sharply during the current drought. The two rivers are known to be the main suppliers of water to a number of dams in Cirebon, including Bendung Rentang dam in Majalengka," Yoyon said.

Head of Cirebon Agriculture, Plantation and Livestock Husbandry Office, Ali Effendi, admitted that rice harvest failures could continue to spread.

"The number of paddy fields facing harvest failure will continue to increase. The drought has severely affected young paddy plants aged between 30 and 60 days," Ali said.

He added that the problem of water scarcity was difficult to counter. Rationing water was not effective due to the low levels of



water flow, he said.

Ali said that paddy fields facing the destruction of their harvests were located in 12 districts, including Astanajapura, Gegesik, Gunung Jati, Kapetakan, Kedawung, Mundu, Pabedilan, Surasenggala and Susukan. "The worst hit is Kapetakan district, where paddy fields with harvest failures have totaled 3,000 hectares," he said.

According to Ali, scarcity of water could not be resolved in areas far from the irrigation net-

works. "The Kapetakan district is located in the northernmost part of Cirebon regency, while the Bendung Rentang dam is in the south. Once water levels at the Bendung Rentang dam drops, it will be difficult for those areas furthest away to get water," Ali said.

These difficulties of obtaining water supplies were shared by local farmers. Mari, a farmer in Kedawung district, said he had been forced to rent a pump to irrigate his paddy fields. In order to secure enough water for his 0.7-hectare paddy fields, Mari had to operate the pump for 10 hours. "Without the pump, my paddy fields would be dry," he said.

A similar experience was shared by Rasman, a farmer from Mundu district, where he was

forced to rent a pump for 12 hours to water his 1-hectare area of paddy fields. "Previously, we rented the pump for only six hours, but now it is longer," he said.

To rent a pump, a farmer has to pay Rp 15,000 (US\$1.59) to Rp 20,000 per hour. "I have to spend Rp 160,000 to Rp 180,000 per week on renting the pump," Rasman said.

These additional expenses, Rasman said, further increased rice production costs in which each hectare of paddy field needed between Rp 4 and Rp 5 million to manage, he said.

"Money is mostly used to buy seedlings and fertilizer as well as to pay workers to tend the land. The costs will be higher with the additional expenses for renting the pumps," he said.

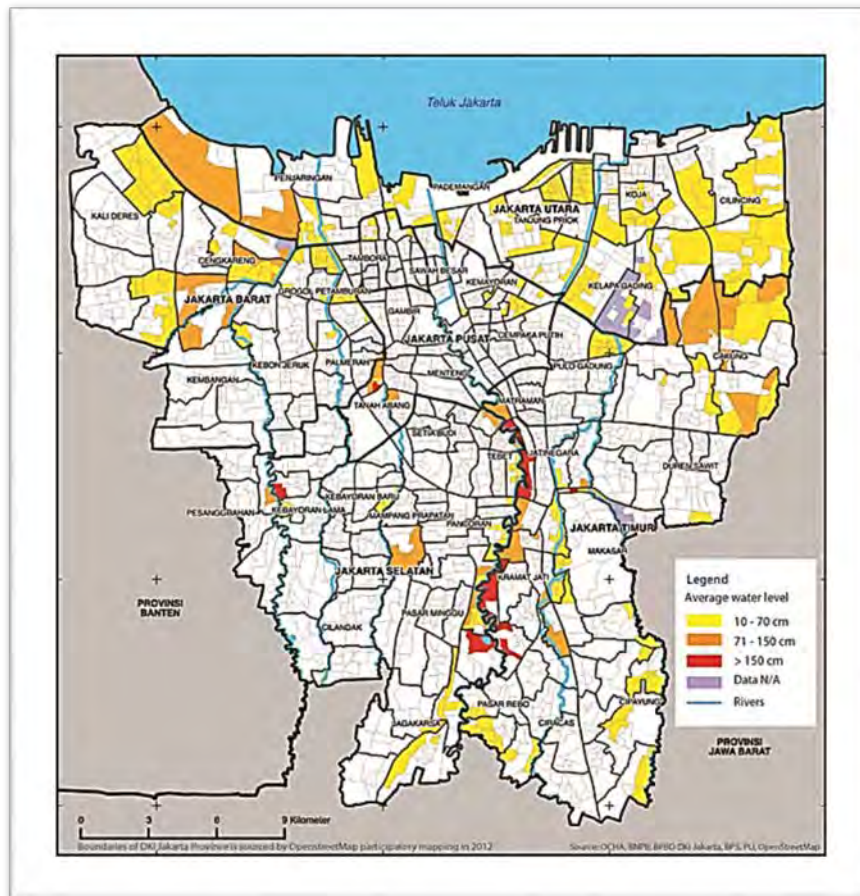
Cirebon regency, which totals 989.7 square kilometers in area and has a population of 2.3 million people, is one of the major rice production regions in West Java after the regencies of Indramayu, Karawang and Subang.

引用：『2012/7/12 Rice harvest failures spread in Cirebon as drought hits 18,000 ha (The Jakarta Post)』

図 9 灌漑用ダムの劣化による耕作被害を伝える記事

②-2 ジャカルタの浸水被害・NCICD プロジェクトに係る課題

ジャカルタは、都市化の進展と地下水の汲み上げによる地盤沈下が進行し、浸水被害が常態化している。下図に示すように、ジャカルタ北部地区では広範囲にわたり湛水深さ 10~150cm の浸水被害が報告されている。また、チリウン (Ciliwung) 川に沿う地区では、150cm を超える浸水が報告されている。



引用： OCHA (United Nation Office for the Coordination of Humanitarian Affairs) 2014
『Update on Jakarta Flood as of 21Jan2014-R』

図 10 ジャカルタ市内の浸水被害

ジャカルタ首都沿岸総合開発 (NCICD : National Capital Integrated Coastal Development) プロジェクトは、地盤沈下による浸水の被害に対応し、水道水源を確保するための人工の雨水調整池を建設し、市街地の開発および道路・港湾等の交通インフラ整備を目的とする総合的な開発プロジェクトである。現在、既存の堤防の嵩上げ・強化、雨水排水ポンプ場の建設と、ジャカルタ湾の埋立てが進められている。下水道・汚水処理は、ジャカルタ湾の水質保全を担うインフラとして位置付けられている。

同プロジェクトの第2期事業では、ジャカルタ湾の雨水調整池の建設が、2022年の堤防閉め切りを目標に計画決定されたが(2013年NCICDマスタープラン)、膨大な事業量と環境への影響、資金確保など事業化の課題を抱え、事業化が遅れている。下水道の整備計画は、雨水調整池の堤防閉め切りを2030年と想定した計画で検討されている。



ジャカルタ湾の地盤沈下進行状況



NCICD (鳥瞰図)



排水系統図

出典 : NCICD (From Master planning to Implementation 2013)

図 11 NCICD (ジャカルタ首都湾岸総合開発計画)

②-3 下水道整備計画に係る課題

ジャカルタ州知事条例 (Governor Decree No.41/2016) で規定する下水道マスタープラン (処理区域および下水処理場予定地) を下図に示す。下水道マスタープランは、2012 年に策定され、NCICD で整備される雨水調整池の水質保全、および生活系の污水管理に求

められる汚水処理サービスの改善に寄与することを目的としている。ジャカルタ下水道は、下図中の Zone 0 処理区で下水道サービスを実施しているに過ぎず、下水道の実施能力が不確実である。また、優先度の高い地区として、ジャカルタ北部を先行して整備することと規定されており、事業化が予定されている Zone 1 や Zone 6 処理区を始めとして、優先地区での中期下水道整備計画（2017-2022 年）と下水道条例について JICA の技術協力プロジェクトで支援されている。Zone-1 および Zone-6 は、日本の ODA で支援されており、Zone-2、Zone-8 に次いで Zone-5、Zone-7 は、人口密度、料金収入および衛生改善、処理場用地の取得等において投資効果が高い地区であり、優先的に事業化を進めたい意向が示されている。

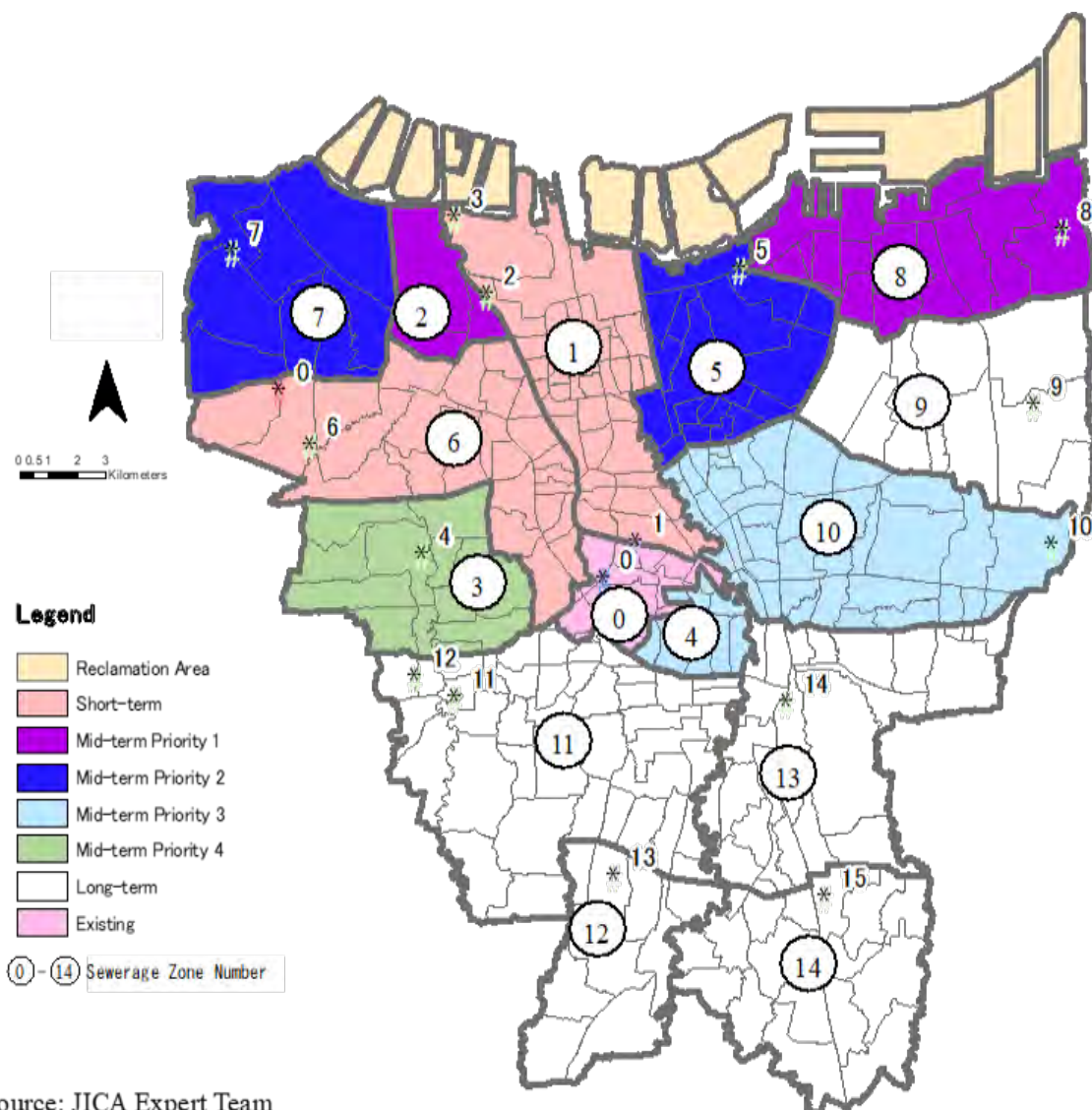


知事令規定 (Governor Decree No.41/2016)

Considering b. that the Master Plan for Water Management of Domestic Waste in the Special Province of Jakarta have been prepared in 2012 and in order to support Program National Capital Integrated Coastal Development (NCICD) as well as the improvement of services of domestic wastewater in the Special Province of Jakarta required acceleration of domestic waste water management;

出典 : Governor Decree NO. 41 of 2016 Master Plan for the Development of Infrastructure and Means of Domestic Wastewater Management

図 12 ジャカルタ下水道マスタープラン (処理区域および処理場予定地)



Source: JICA Expert Team

出典：ジャカルタ下水道技術協力プロジェクト特別セミナー May 2017

図 13 下水道整備マスタープランで予定する下水道整備量

既存の立坑構築技術は、推進距離 100m 程度、埋設深さ 7m 程度の単距離・直線推進用に、人力で構築する当て矢板工法を土留め工に採用している。地盤が自立するなど施工条件に恵まれた環境では、ローカルの技術・資機材を使った低コストの工事が可能である。しかし、地下水・雨水の流入など地盤条件が悪い所では、止水・矢板の根入れ長不足などで立坑が水没し崩落するなどの事故が起きている。

ジャカルタの幹線管路で採用される推進工法は、10～25m 程度の深さで推進距離 500m 程度の長距離・曲線推進を想定している。下水道プロジェクトの優先地区である北部ジャカルタは、沖積平野に特有な軟弱シルト・砂質土および高い地下水と、立坑構築に適切

な地盤改良を必要とする。また、推進工事においても、十分な推進反力を必要とするなど、適切な施工計画が不可欠である。

ジャカルタ下水道 ODA 事業を円滑に実施していくためには、日本の優位技術を導入し、インドネシア国内で調達可能な技術・資源と組み合わせた下水管路建設技術を必要とする。

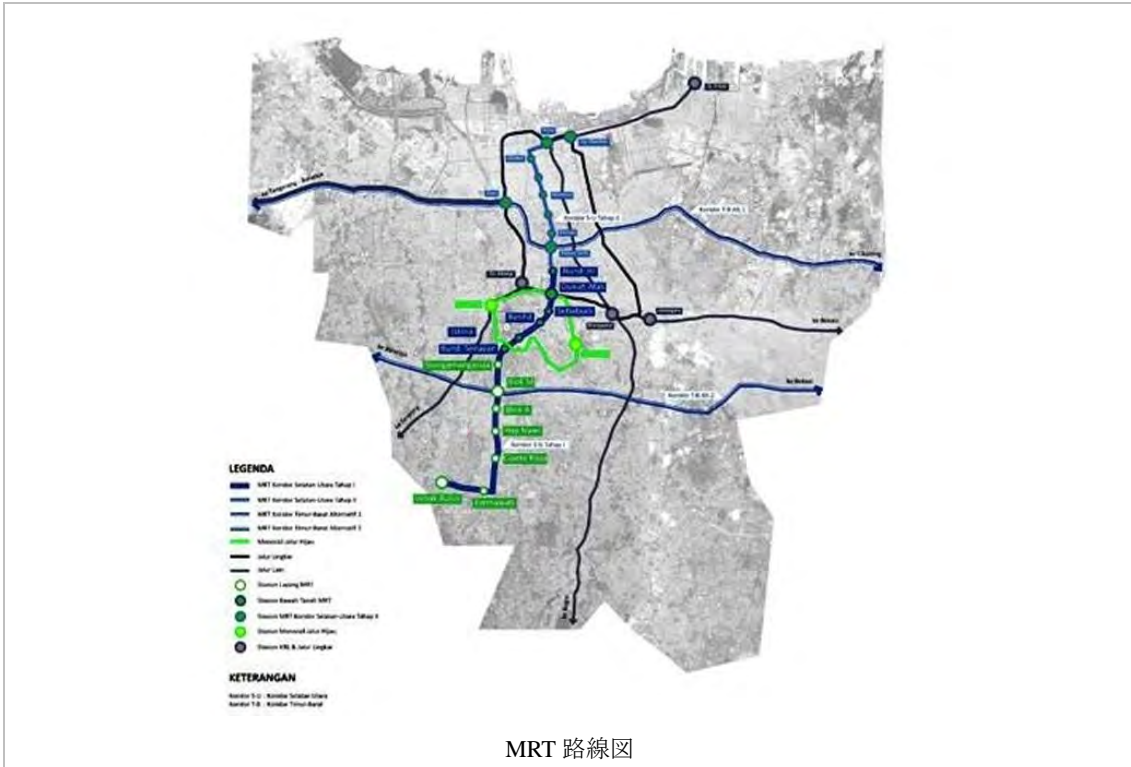
企業機密情報につき非公表

写真 4 推進工法の既存技術（立坑の水没・崩落）

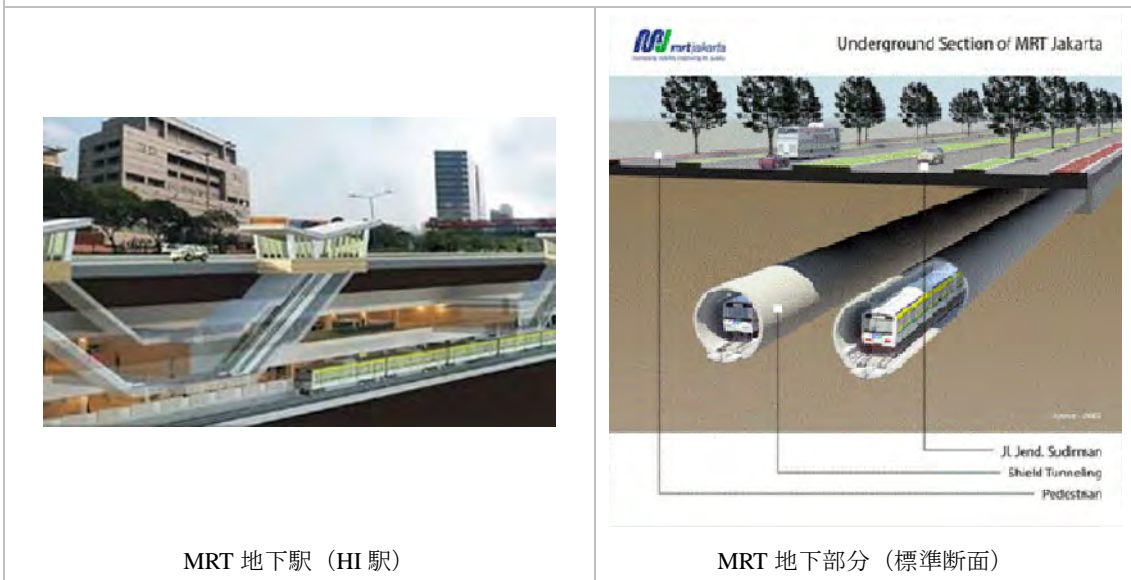
②-4 MRT 等の大深度地下インフラ施設の整備

ジャカルタ特別州は、人口の増加と交通渋滞に配慮した市街地の開発を進めるために、既存の鉄道に加えて、地下鉄・LRT・専用バスレーンを組み合わせた交通網の整備を進めている。これは、多くの大都市が経験してきたように、都市インフラは、地下空間を利用して整備されていく。高速鉄道（MRT）の南北線と東西線との横断、地下駅、下水管路施設の MRT の横断など、供用中の施設に影響を与えないような建設技術が不可欠である。

大深度地下構造物の構築には、地下水位が高く狭隘な施工環境でも適用可能な地盤改良技術を必要とする。本提案技術は、有力な地盤改良技術である。



MRT 路線図



MRT 地下駅 (HI 駅)

MRT 地下部分 (標準断面)

出典：ジャカルタ MRT

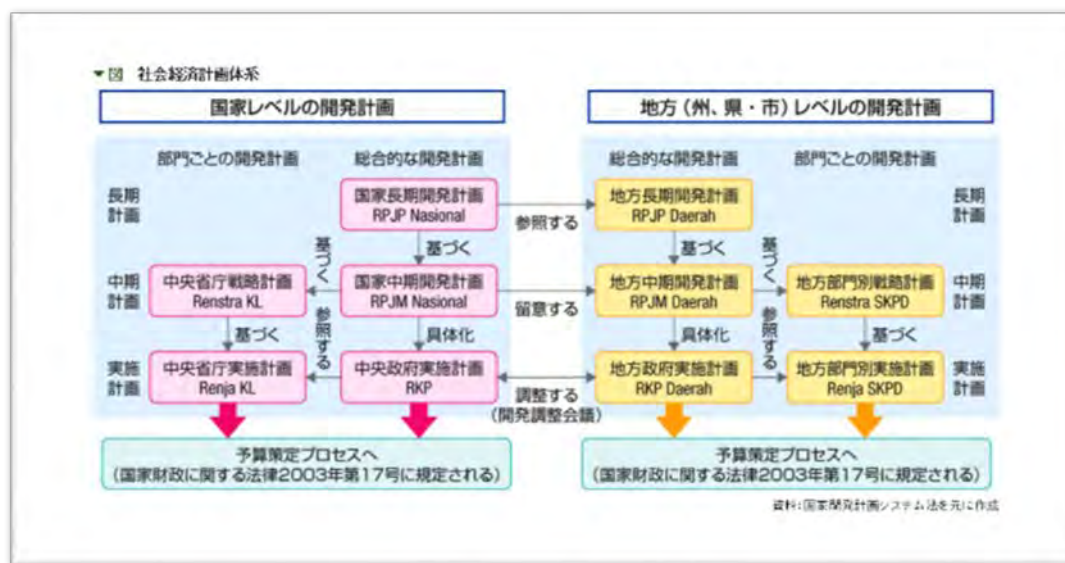
図 14 ジャカルタ MRT と主要鉄道網

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

③-1 国家レベルの開発計画（社会経済計画）の制度概要

国家レベルの開発計画（社会・経済開発計画）は、国家開発体系法（法律 2004 年第 32 号）に基づき、国家長期開発計画と五ヵ年計画である国家中期開発計画、実施計画（年次計画）によって構成される。これらの開発計画の立案は、次図に示すように、国家開発計画庁（BAPPENAS）、または地方開発計画局（BAPPEDA）がとりまとめ役となる。

長期開発計画は、20 年間の開発ビジョンとミッション、戦略等の政策の方向性を示す。中期開発計画は、長期開発計画等との整合性に配慮しつつ、大統領がその施政方針に従って、国家開発戦略、マクロ経済フレーム、及び 5 年間の優先的取組施策を示すものであり、就任後遅くとも 3 ヶ月のうちに策定するとされている（大統領は直接選挙によって選ばれ、1 期 5 年、再選 1 回である）。なお、現行の長期計画（法律 2007 年第 17 号）は 2005-2025 年、中期計画（政令 2015 年第 2 号）は 2015-2019 年の計画期間である。



出典：国土交通省「各国の国土政策の概要」

図 15 開発計画の流れ

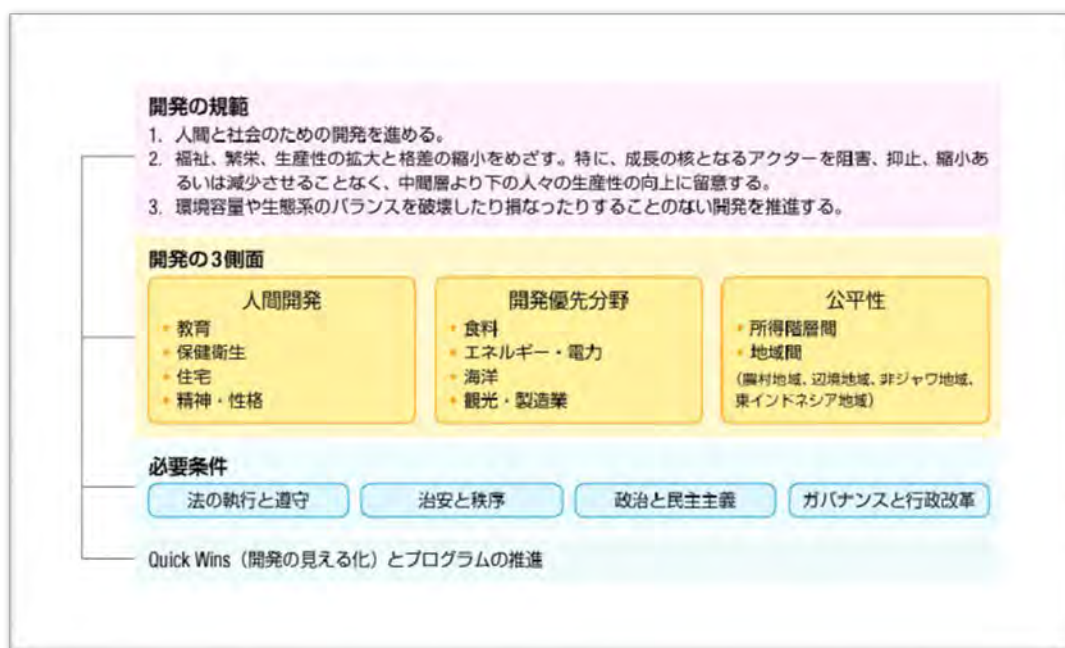
③-2 ジョコ大統領政権下の国家中期開発計画

2014 年 10 月に就任し、「庶民派大統領」として期待の集まるジョコ・ウイドド大統領の下、国家中期開発計画（政令 2015 年第 2 号）が策定された。同計画は、現行国家長期開発計画の第 3 期にあたるもので、同計画における国家ビジョン「自律的、進歩的、公平

で「繁栄あるインドネシア」を引き継ぎ、「様々な分野における開発を確固たるものとする」こと、特に「天然資源や質の高い人的資源、科学技術のキャパシティに基礎を置き、経済的な競争力の優位性を拡大する」ことを進める段階にある。

この国家中期開発計画のビジョン「自律的かつゴトンロヨン（注：相互扶助）の精神に則った独立国家インドネシアの実現」の下、人間開発・社会開発、経済開発と格差の是正、環境への配慮を開発の規範とし、①人間開発の重要性、②優先分野として食料、エネルギー及び電力、海洋、観光及び製造業、③社会的・地域的公平性を「開発の3側面」として重視する。そのための必要条件として、法の執行と遵守、治安と秩序、政治と民主主義、ガバナンスと行政改革をあげている。さらに、「Quick Wins」と名付けられた開発成果の見える化を進めるとした。

計画策定過程では、先の国家中期開発計画と同様、ボトムアップの開発ニーズとトップダウンの開発ニーズの調整を目的とした「開発計画会議（Musrenbang）」が全国的に開催された。



出典：国土交通省「各国の国土政策の概要」

図 16 ジョコ大統領政権の中期開発計画

③-3 国家中期開発計画（DRPLN-JM 2015-2019）に規定する留意事項

海外の ODA を財源とするプロジェクトは、中期開発計画の目的を達成するとともに次の 3 条件の少なくとも一つを満足しなければならない。

- (a) 民間セクターとの連携、(2)国営企業に対する政府の承認、(3)地域の発展に寄与することを通じて、経済発展を促進させる。
- (b) 地域社会に対するアクセスの範囲とサービスの質を高める。
- (c) 地域間の不均衡を是正するために開発効果を公平にもたらすこと。

表 2 インドネシア国 中期開発計画（原文）

DRPLN-JM 2015-2019 is slightly different from the previous period, it is presented in the Program-Based Approach (PBA). In this case, the DRPLN-JM 2015-2019 consists of list of programs where each program compiling of several projects which have similar outcome.

The RPPLN is a document that contains the policy direction for the external loans utilization, whereas the DRPLN-JM consists of projects proposal submitted by the minister/head of state agency/head of local government/chief executive officers of SOEs to the Minister of National Development Planning / Head of National Development Planning Agency (Bappenas).

The proposed projects which listed in the DRPLN-JM 2015-2019 have been assessed in terms of their feasibilities to be financed with external loans by using the RPJMN and RPPLN as references. Those projects are expected to support the achievement of RPJMN 2015-2019 priorities.

The proposed projects to be financed by external loans must have contribution to achieve the national development targets in RPJMN 2015-2019 and fulfill at least one of the following functions:

- Promote economic growth, including projects in terms of (i) enhancement of cooperation involving the private sectors, (ii) the implementation of the Government assignment to SOEs, or (iii) to promote development in the region;
- Increasing the range of access and quality of services to the community; and/ or
- Equitable the results of development in order to reduce disparities between regions.

(注) RPJMN: National Medium - Term Development Plan

出典：List of Medium-Term Planned External Loans or Daftar Rencana Pinjaman Luar Negeri Jangka Menengah (DRPLN-JM) 2015-2019, BAPPENAS, Government of Indonesia

③-4 下水道事業（污水管理事業）

下水道計画（污水管理計画）については、地方政府は、右国家開発計画やガイドラインに基づき、地方レベルの詳細計画を策定した上で、下水道施設の建設、運営維持管理等を実施することが求められている。下水道事業は、現在のところ、PUPR が建設工事を実施し、地方政府に施設を移管し運営・維持管理される。建設財源は、国（ODA ローン、無償資金）・州政府の補助金・市町村の独自資金により支出される。維持管理費用は、市町村の負担である。

③-5 雇用・労働関連の規制

外国人の就業については、労働目的の一時居住ビザ、居住許可（暫定居住許可・外国人

登録、警察への届出、住民登録）、労働許可等の手続きが必要である。

また、インドネシア人を雇用しなければならないので、就業規則の作成、労働協約の作成（労働組合との協議に基づく）、国家社会保障への加入（労務保障・健康保障）などの雇用義務を負う。

表 3 就労ビザの種類とその取得手続き

新規に設立する現地子会社に日本人社員を派遣し就労させるためには、「滞在許可」と「就労許可」を取得する必要がある。外国人駐在員は、就労目的の一時居住ビザ（インデックス番号 312）を取得する。法務人権省から現地拠点の法人格の承認を得た後に、以下の滞在許可、就労許可を取得する手続きを行う。

- I. 外国人従業員雇用計画書（RPTKA）の労働移住省への提出
- II. 労働移住省での推薦状（TA-01）の申請
- III. 一時居住ビザ（VTT）の申請
- IV. 在日インドネシア公館による一時居住ビザ（VTT）発給
- V. 一時滞在許可（KITAS）発行
- VI. 外国人就労許可（IMTA）発行

出典：JETRO 貿易・投資相談 Q&A 2014

<http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/qa/03/04A-010961>

表 4 外国人就労の基準

インドネシア国における外国人労働者の就労については、2003年に制定された新労働法に規定されている。外国人の就労は、特定の職務及び期間に限られること、当該外国人には役職規定や能力基準を遵守することが求められる。

【在留許可】

ビザや居住許可については、2011年の法律第6号にて見直された出入国管理法に基づく。インドネシア法務・人権省は、短期訪問の際、日本を含む国／地域への到着ビザの取得を義務付けている。

【現地人の雇用義務】

労働法 2003年において、契約社員の定義や就業時間、賃金などについて盛り込まれている。

出典：国土交通省 海外建設・不動産市場データベース

http://www.mlit.go.jp/totikensangyo/kokusai/kensetsu_database/indonesia/page4.html

表 5 外国人労働者の就労許可制限（自国民の就業機会を優先する傾向）

外国人労働に関する規定について、インドネシア政府は 2015 年、労働移住大臣規定 2015 年第 16 号（6 月施行）、同第 35 号（10 月施行）を立て続けに発令し、企業の混乱を招いた。2015 年第 16 号では、外国人雇用の要件として、「学歴要件」や「インドネシア語習得義務」を規定から削除し、条件を緩和した。学歴要件では近年、高卒や高専卒の技術者は就労が認可されない、あるいは期間を半年に制限するなどの事例がみられたが、同規定により、長年の職務経験や技能を労働移住省へ説明することで大卒未満の就労が認められるケースが増えた。また、インドネシア語習得義務については、2015 年初頭に導入を発表した外国人労働者へのインドネシア語能力試験の義務化を撤回した。

しかし、同規定では代わりに、新たな 2 つのルールを定めた。1 つ目は、現地法人や駐在員事務所を対象として、外国人労働者 1 人につき 10 人の自国民を雇用することを義務付けた。これまで、「外国商社駐在員事務所」では 1 対 3 ルールが規定されていたが、それ以外の進出形態では明確な規定がなく、労働移住省の担当官が事業内容や規模、従業員数を勘案して、適切な外国人数を企業ごとに判断していた。新規定による 1 対 10 ルールは、特に非製造業や駐在員事務所にとって高い参入障壁となるとの声が上がった。2 つ目は、インドネシア国に居住していない外国人の取締役や監査役（コミサリス）に、外国人就労許可（IMTA）の取得を義務付けた。これらは前触れのない突然の法令変更であり、各国商工会議所からは対応が困難として撤回を求める申し入れが相次いだ。

「インドネシア語試験」については、実施は白紙となったが、中部ジャワ州が 2015 年州知事回状により独自の制度を導入している。現地進出日系企業にヒアリングしたところ、就労許可更新のタイミングで実施され、筆記や面接による試験を実施しているという（役員は面談のみ）。不合格者には追試や講習が課され、再試に合格すれば就労許可が更新されるとしているが、現時点では最終的に就労許可が更新された例はないようだ。

< 入国管理局による外国人の査察が強化 >

インドネシア国では 2016 年 3 月、観光客誘致を目的として、169 カ国の海外旅行者らに対して取得を義務付けていた「到着ビザ」を免除した。他方、国内に多くの外国人が流入し、その中には不法就労も多くみられることから、現場では入国管理局による査察が強化されている。査察の内容は、以下の項目を中心としているようだ。

- 就労許可を取っているか（到着ビザで長期労働していないか）。
- 外国人就任を禁止している特定役職（アドミニストレーター、人事・労務担当マネジャーなど）に就いてないか、人事関係書類への署名をしていないか。
- 駐在員以外の外国人はパスポート原本を携帯しているか。

出典：JETRO ジャカルタ事務所 2016 年 12 月 16 日

③-6 禁止・規制業種および出資比率

投資禁止業種/規制業種の一覧であるネガティブリストを定めた 2016 年 5 月 12 日付大統領規程 2016 年第 44 号（以下、2016 年ネガティブリスト）にて、投資が禁止されている業種が定められている（外国資本、国内資本ともに適用）。

表 6 公共事業関連の規制業種

業種	外資出資比率上限	備考
建設業 (建設実施サービス)	67%	高度な技術を利用した及び/或いは高リスク及び/或いは工事金額が 500 億 IDR (約 400 百万円) 超。10 億 IDR (約 8 百万円) から引き上げ (2016 年改定)
建設コンサルティング	67%	高度な技術を利用した及び/或いは高リスク及び/或いは工事金額が 100 億 IDR (約 80 百万円) 超

出典：JETRO『投資分野において閉鎖されている事業分野及び条件付きで開放されている事業分野リストに関する大統領規程 2016 年第 44 号添付書類リスト』より編纂

投資許認可の指針と手順に関する投資調整庁長官規程（2015 年第 14 号）の第 13 条 3 項および 4 項により、外国企業が投資する場合、製造業・非製造業の区別なく、土地建物を除く投資額の合計が 100 億 IDR (約 80 百万円)、引受資本金と払込資本金は同額で 25 億 IDR (約 20 百万円) 以上を満たす必要がある。また、各株主の出資金額は 1,000 万 IDR (約 80 千円) 以上である事が要求されている（和訳：JETRO）。

表 7 建設業の投資

<2014 年 9 月に即日施行>

設立要件などが規定されていた公共事業大臣規定 2011 年第 5 号が失効、同 2014 年第 10 号が 2014 年 9 月 22 日付で即日施行された。新法令における変更のポイントは下記のとおり。

(1) ライセンス許可延長の条件変更（第 4 条）

旧法令では当該事務所の許可は 3 年間有効で、延長は有効期限の 90 日前までに延長申請が必要となっていたが、新法令では 60 日前までの延長申請が義務付けられた。また延長の要件として、「3 年以内に建設サービス作業の実績が少なくとも 1 件あること」が付け加えられ、これにより 3 年以内に実績がない事務所の延長は認められないことになる。

(2) ジョイント・オペレーション組成における条件緩和（第 11 条）

旧法令では、国内の建設サービス会社とのジョイント・オペレーション (JO : Joint Operation) 組成に当たって、

- (a) 国内パートナー側の格付けが大規模事業者に分類されている。
- (b) 建設営業許可 (IUJK) を有している。

(c) 単独あるいは複数のインドネシア資本 100%の事業体との合弁。

以上の3点が要件となっていた。

しかし、新法令では、(c) について条件を満たさない場合には、ローカル資本最低 65%を保有する事業体との合弁企業も対象として認めた。ただし、当該企業の代表取締役、財務担当役員、人事担当役員の役職がインドネシア国籍でなければならない。

(3) 建設案件の金額要件 (第 12 条)

当該事務所が実施する建設工事について、これまで規定されていなかった最低金額を設定し、当該ジョイント・オペレーションが行うことのできる事業は、1,000 億 IDR (約 800 百万円) 以上の建設工事、あるいは 100 億 IDR (約 80 百万円) 以上の建設設計、監督業務とした。

(4) ジョイント・オペレーションにおけるローカルへの最低案分率設定 (第 13 条)

建設工事の場合、総事業費の 50%以上が国内で施行され、30%以上が国内パートナー企業によって行われなければならない。また、管理・建設コンサルタント業務の場合は、全ての計画作業を国内にする必要があり、総費用の 50%以上は国内パートナー企業が請け負わなければならない。

(5) 技術移転義務の明記 (第 14 条)

旧法令では定められていなかった技術移転について、プロジェクトごとに計画を作成し、技術移転を実施する必要がある。インドネシア人に対して、能力訓練を行うことが義務付けられる。

<国内建設業の保護が目的>

当該規定の変更は 2014 年以前から議論されてきたが、2015 年に発足する ASEAN 経済共同体 (AEC) に備え、国内建設業の保護・発展を大きな目的としているようだ。管轄官庁の公共事業省によると、2014 年 1 月時点の国内建設企業は 13 万 1,319 社で、そのうち駐在員事務所を持つ外国企業は 0.23%に当たる 302 社。その内訳は日本 (81 社)、韓国 (81 社)、中国 (53 社) と、3 カ国で約 7 割を占めている。また、進出数の推移をみると、2004 年が 103 社、2010 年が 207 社と増加しており、こうした外国企業に対して厳しい管理を行うための規制強化とみられる。

進出日系企業にとっては、特に建設案件の最低金額要件 (第 12 条) が大きな影響を及ぼすと予想される。企業関係者によると、1,000 億 IDR (約 800 百万円) 以上の建設工事、あるいは 100 億 IDR (約 80 百万円) 以上の建設設計、監督業務の案件数は決して多くない状況で、3 年間の有効期限内に受注がなく延長ができない可能性を懸念しているという。また、新規参入を狙う企業にとっては、大企業に分類されるパートナー企業の候補は多くないことから引き続き参入障壁は高いといえる。

進出企業には、既に落札していた案件が最低金額を満たしていないケースでは続けられないのか、また現地法人の新規設立を検討したとしても認可まで時間がかかる場合はどのような扱いになるか、といった実務的な疑問が多いが、規定を運用する上で不明確な点が多いのが実態だ。

他方、現地法人の設立を検討する場合でも、外資出資制限を定めたネガティブリストでは、工事額が 10 億 IDR (約 8 百万円) を超える建設サービスは 67%が上限で、かつ当該分野では 500 億 IDR (約 400 百万円) 以上の総資産が条件付けられていることから、建設分野での進出のハードルは非常に高い状況にある。

出典：JETRO ジャカルタ事務所 2015 年 1 月 20 日

③-7 建設業許可制度

建設工事は、建設業の許可を得た現地法人で、公示予定額に応じた格付け、技術者の資格制度を満たす建設会社、建設業協会の会員であることを義務付けている。

表 8 建設業許可制度等

建設業許可制度	【制度概要】 現地法人は国内建設企業とされ、Construction Services Development Board (CSDB：建設業振興委員会) への登録及び地方政府の建設業許可取得が必要である。 【格付制度】 CSDB による格付が行われている。
技術者・技能者の資格制度	Arsitek (Architect) は、学歴及び経験の基準を満たし、試験に合格しなければならない。
業界団体	Asosiasi Kontraktor Indonesia(AKI)インドネシア建設業協会 Gabungan Pelaksana Konstruksi National Indonesia(GAPENSI)インドネシア全国建設業者組合

出典：国土交通省 海外建設・不動産市場データベース

http://www.mlit.go.jp/totikensangyo/kokusai/kensetsu_database/indonesia/page4.html

③-8 インドネシア国の建設工事入札制度及び税制

合弁事業会社は、外国援助によるプロジェクト、海外および国内資本による投資プロジェクト、民間プロジェクトを請け負うことができる。参加方法は入札による公共調達制度および税制については、次のように規定されている。

表 9 インドネシア国の入札制度

5. 入札契約制度
(1) 入札方式の種類
● 第 80 号令 (2003 年大統領令第 80 号) により、公募型指名競争、一般競争、直接選定方式、直接指名方式の 4 種類が規定されている。建設工事施工その他のサービス提供者の選定は、基本的に一般競争入札によるとされている。
(2) 外国企業の特例
● 第 80 号令 (2003 年大統領令第 80 号) で、政府調達への外国企業の参加について規定されている。
● 500 億 IDR (約 400 百万円) 超の建設工事施工サービスの調達には外国会社の参加が認められる
● 政府調達に参加する外国企業は、該当部門に十分な能力を有する国内企業がある場合、国内企業と事業協力しなければならない。
6. 税制
● 建設会社が支払う税
● 法人税、付加価値税 (PPN) 等がある。
● 日本との間に二国間租税条約が締結されている。
● 建設工事 (サービス) は源泉徴収 (前払い法人税) の対象となっている。保有する資格によって徴収税率が変わる。

出典：国土交通省 海外建設工事ライブラリ (インドネシア共和国)

<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/inter/datalink/kaigaikennsetu/idn/idn01.html>

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

④-1 インドネシア国の中期開発計画優先プロジェクト (KPPIP プロジェクトリスト)

インドネシア国の持続的な経済発展を可能とする国家プロジェクトの実施には、国・地方の利害関係機関の間で用地取得、財源、料金など様々な課題が提起される。優先インフラ案件加速化委員会 (KPPIP : Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas) は、これらの課題を調整しインフラ整備を促進する調整委員会として、財務省・BAPPENAS の主導で 2014 年に設立された。

次表に KPPIP の提示する優先プロジェクトを示す。

下水道セクターでは、ジャカルタ下水道および NCICD (Phase-1) を優先プロジェクトとして採択している。交通・鉄道セクターでは、ジャカルタ MRT、スマトラ島やスラウェシ島の高速道路や国際港湾プロジェクトを採択している。

表 10 KPIP の優先プロジェクト

Sector / 分野	Project / プロジェクト
Water & Sanitation 上下水道	<ul style="list-style-type: none"> • Jakarta Sewerage System (JSS) • West Semarang Drinking Water Supply System • National Capital Integrated Coastal Development (NCICD) Phase A
Refinery 石油精製	<ul style="list-style-type: none"> • Oil Refinery in Bontang • Kilang Minyak Tuban • Refinery Development Master Plan (RDMP)
Electricity 電力	<ul style="list-style-type: none"> • High Voltage Direct Current (HVDC) • South Sumatra Mine-Mouth Coal-Fired Power Plant • The 500kV Sumatera Transmission • Central – West Java 500 kV Transmission Line • PLTU Indramayu • Batang Power Plant / Central Java Power Plant • Water to Energy
Road & Bridge 道路・橋梁	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Sections of The Sumatera Toll Road • Balikpapan – Samarinda Toll Road • Manado – Bitung Toll Road • Serang – Panimbang Toll Road
Public Transportation 公共交通 (MRT、LRT)	<ul style="list-style-type: none"> • MRT Jakarta (North – South Corridor) • Light Rail Transit (LRT) South Sumatera • Light Rail Transit (LRT) Jakarta, Bogor, Depok, Bekasi
Railway (鉄道)	<ul style="list-style-type: none"> • Soekarno-Hatta International Airport (SHIA) Express Railway • Makassar – Parepare Railway • East Kalimantan Railway
Port 港湾	<ul style="list-style-type: none"> • Bitung International Hub Seaport • Kuala Tanjung International Hub Seaport • Inland Waterways / Cikarang-Bekasi-Java Sea (CBL)
Information Technology 情報技術	<ul style="list-style-type: none"> • Palapa Ring

出典：Priority Projects, KPIP

水資源セクターでは、事業実施中を含む 60 のダムの新設プロジェクトが採択されている。

これらのプロジェクトは、全て ODA 資金等を財源とする国の事業として実施する意向である。

表 11 ダム分野における国家戦略プロジェクト

No.	Nama Proyek (ダム名称)	Lokasi (場所)	Konstruksi/Oparasi (建設 - 供用開始)	Sumber APBN- APBD (財源)
1	Bendungan Paya Seunara	Provinsi Aceh	2001 - 2016	APBN
2	Bendungan Rajui	Provinsi Aceh	2010 - 2016	APBN
3	Bendungan Jatigede	Provinsi Jawa Barat	2007 - 2015	APBN
4	Bendungan Bajulmati	Provinsi Jawa Timur	2006 - 2015	APBN
5	Bendungan Nipah	Provinsi Jawa Timur	2004 - 2015	APBN
6	Bendungan Titab	Provinsi Bali	2011 - 2015	APBN
7	Bendungan Marangkayu	Provinsi Kalimantan Timur	2007 - 2013	APBN
8	Bendungan Kuningan	Provinsi Jawa Barat	2013 - 2017	APBN
9	Bendungan Bendo	Provinsi Jawa Timur	2013 - 2017	APBN
10	Bendungan Gongseng	Provinsi Jawa Timur	2013 - 2017	APBN
11	Bendungan Tukul	Provinsi Jawa Timur	2013 - 2017	APBN
12	Bendungan Gondang	Provinsi Jawa Tengah	2014 - 2018	APBN
13	Bendungan Pidekso	Provinsi Jawa Tengah	2015 - 2018	APBN
14	Bendungan Tugu	Provinsi Jawa Timur	2014 - 2017	APBN
15	Bendungan Teritip	Provinsi Kalimantan Timur	2014 - 2016	APBN
16	Bendungan Karalloe	Provinsi Sulawesi Selatan	2013 - 2017	APBN
17	Bendungan Keureuto	Provinsi Aceh	2015 - 2019	APBN
18	Bendungan Muara Sei Gong	Provinsi Kepulauan Riau	2015 - 2018	APBN
19	Bendungan Tapin	Provinsi Kalimantan Selatan	2015 - 2019	APBN
20	Bendungan Passeloreng	Provinsi Sulawesi Selatan	2015 - 2019	APBN
21	Bendungan Lolak	Provinsi Sulawesi Utara	2015 - 2019	APBN
22	Bendungan Raknamo	Provinsi Nusa Tenggara Timur	2014 - 2019	APBN
23	Bendungan Rotiklod	Provinsi Nusa Tenggara Timur	2015 - 2018	APBN
24	Bendungan Bintang Bano	Provinsi Nusa Tenggara Barat	- 2019	APBN
25	Bendungan Mila	Provinsi Nusa Tenggara Barat	2015 - 2019	APBN
26	Bendungan Tanju	Provinsi Nusa Tenggara Barat	2015 - 2018	APBN
27	Bendungan Sindang Heula	Provinsi Banten	2015 - 2018	APBN
28	Bendungan Logung	Provinsi Jawa Tengah	2014 - 2018	APBN
29	Bendungan Karian	Provinsi Banten	2015 - 2019	APBN
30	Bendungan Rukoh	Provinsi Aceh	2016 - 2019	APBN
31	Bendungan Sukoharjo	Provinsi Lampung	2016 - 2020	APBN
32	Bendungan Kuwil Kawangkoan	Provinsi Sulawesi Utara	2016 - 2020	APBN
33	Bendungan Ladongi	Provinsi Sulawesi Tenggara	2016 - 2021	APBN
34	Bendungan Ciawi	Provinsi Jawa Barat	2016 - 2019	APBN
35	Bendungan Sukamahi	Provinsi Jawa Barat	2016 - 2019	APBN
36	Bendungan Leuwikeris	Provinsi Jawa Barat	2016 - 2020	APBN
37	Bendungan Cipanas	Provinsi Jawa Barat	2016 - 2021	APBN
38	Bendungan Komering II	Provinsi Sumatera Selatan	2017 - 2022	APBN
39	Bendungan Semantok	Provinsi Jawa Timur	-	APBN
40	Bendungan Pamukkulu	Provinsi Sulawesi Selatan	2017 -	APBN
41	Bendungan Bener	Provinsi Jawa Tengah	2017 - 2021	APBN
42	Bendungan Sadawarna	Provinsi Jawa Barat	2017 - 2021	APBN
43	Bendungan Tiro	Provinsi Aceh	-	APBN
44	Bendungan Lausimeme	Provinsi Sumatera Utara	2017 - 2023	APBN
45	Bendungan Kolhua	Provinsi Nusa Tenggara Timur	2019 - 2021	APBN
46	Bendungan Sidan	Provinsi Bali	2017 - 2020	APBN
47	Bendungan Telaga Waja	Provinsi Bali	-	APBN
48	Bendungan Pelosika	Provinsi Sulawesi Tenggara	2018 - 2019	APBN
49	Bendungan Jenelata	Provinsi Sulawesi Selatan	-	APBN
50	Bendungan Matenggeng	Provinsi Jawa Barat	-	APBN
51	Bendungan Sukaraja III	Provinsi Lampung	2017 - 2021	APBN
52	Bendungan Segalamider	Provinsi Lampung	- 2021	APBN
53	Bendungan Bagong	Provinsi Jawa Timur	-	APBN
54	Bendungan Randugunting	Provinsi Jawa Tengah	2018 - 2020	APBN
55	Bendungan Rokan Kiri	Provinsi Lampung	2019 - 2023	APBN

56	Bendungan Loea	Provinsi Sulawesi Tenggara	2019 -	APBN
57	Bendungan Mbay	Provinsi Nusa Tenggara Timur	2017 - 2020	APBN
58	Bendungan Bonehulu	Provinsi Gorontalo	2019 - 2020	APBN
59	Bendungan Bolangohulu	Provinsi Gorontalo	2019 - 2020	APBN
60	Bendungan Long Sempajong	Provinsi Kalimantan Utara	-	APBN

APBN : Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (中央政府予算)
 APBD : Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (州政府予算)
 Source: KPPIP (Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas)

④-2 海外援助機関の支援するプロジェクト

国家開発企画庁（BAPPENAS）は、海外援助機関の提案するプロジェクトを国家開発5カ年計画（Daftar Rencana Prioritas Pinjaman Luar Negeri：略称ブルーブック）に記載し、国の開発計画として認定している。2016年の新規案件を、次表に示す。

道路プロジェクトでは、ADB及び中国のODA事業がコミットされている。下水道セクターでは、小規模下水道やサニテーション関連のプロジェクトで、薬液注入技術を活用する大深度地下構造物は期待できない。水資源分野では、ADB・韓国案件に加えて、日本のODA事業として、ジャワ島（Rentang Irrigation Modernization Project）およびスマトラ島（Komerang Irrigation Project Stage III）での案件が想定されている。ルンタン灌漑事業が、チレボン地域での老朽化した水資源・灌漑施設の近代化事業である。老朽化したダムのリハビリ事業も想定されている。

表 12 海外援助機関による優先 ODA プロジェクト

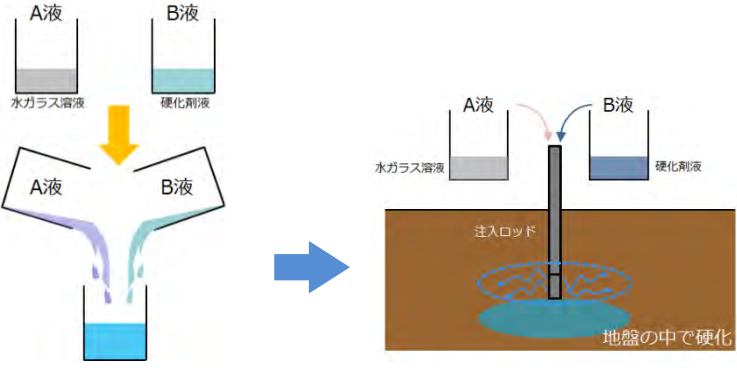
(Million USD)

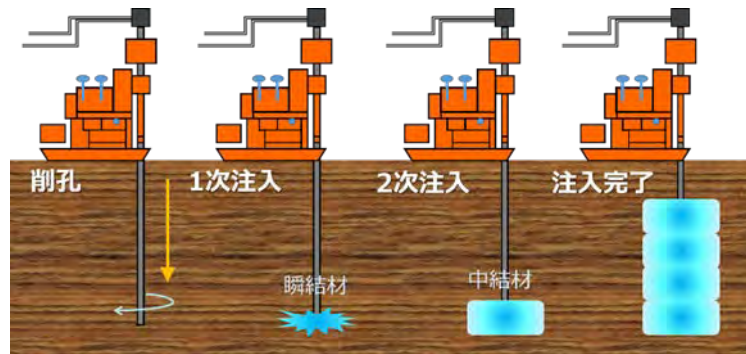
No.	Project Title	Program Title	Loan	Counterpart Fund	Lender
Ministry of Public Works					
<i>Directorate General of Highways</i>					
1	Engineering Service for National Roads Development Project	Development and Improvement of National Roads Program	45,000	0	ADB
2	Development of Cileunyi –Sumedang –Dawuan Toll Road Phase II	Toll Road Development Program	219,399	24,378	China (Exim Bank)
3	Toll Road Development of Manado – Bitung		78,100	8,678	China (Exim Bank)
<i>Directorate General of Human Settlement</i>					
4	Community Based Water and Sanitation Program (PAMSIMAS)	Drinking Water Development Program	300,000	769,440	World Bank
5	Engineering Service for Sanitation Improvement Project	Development of Waste Water Management Program	25,200	0	ADB
6	Engineering Service for Water Supply Development Project		26,380	0	ADB
7	IKK Water Supply Program and Small Water Treatment Plant for Water Scarcity Area	Development of Waste Water Management Program	36,443	10,000	Hungary
8	Small Scale Water Treatment Plants for Emergency Relief		14,848	153	Spain

9	National Slum Upgrading	Slum Alleviation Program	329,760	6,000	IDB
			433,000	7,000	World Bank
<i>Directorate General of Water Resources</i>					
10	Engineering Service for Bulk Water and Water Supply Development Project	Provision and Management of Bulk Water Supply Program	2,000	0	ADB
11	Engineering Service for Coastal and River Development Project	Mitigation of Water Hazards Program	9,620	0	ADB
			10,500		Korea (EDCF)
12	Flood Management in Selected River Basins		108,700	48,668	ADB
13	Engineering Service for Dam Multipurpose Development Project	Dam Development Program	1,930	0	ADB
			21,679		Korea (EDCF)
14	Engineering Service for Irrigation and Lowland Development Project	Development and Management of Irrigation Program	38,100	0	ADB
15	Integrated Participatory Development and Management of Irrigation Project - Phase I		600,000	70,000	ADB
			100,000		IFAD
16	The Urgent Rehabilitation of Strategic Irrigation for Western Region of Indonesia		195,778	27,150	Korea (EDCF)
17	Komering Irrigation Project Stage III		120,000	31,061	Japan (JICA)
18	Rentang Irrigation Modernization Project (RIMP)		480,000	62,361	Japan (JICA)

出典 : No. KEP 25/M.PPN/HK/03/2016 List of Planned Priority External Loan (DRPPLN), 2016 BAPPENAS

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

<p>名称</p>	<p>水ガラス系土質安定注入剤 【製品名：ジオキープ】</p>
<p>スペック（仕様）</p>	<p>ジオキープは、土壌中に薬液を注入する事により、薬液反応による固化を利用して土壌改良・止水に効果を発揮する製品である。</p> <p>水ガラスを主としたA液（水ガラス（主剤）＋水）、硬化剤を主としたB液（硬化剤＋水）の2液を1:1の等量配合で混合することにより化学反応を起し、水ガラスの主成分であるシリカ（SiO_2）の重合により液体が固化する機構となっている。水ガラスや硬化剤（重曹系、エチレンカーボネート系、セメント系等）の種類・配合により、固化時間（ゲルタイム）や固化強度（サンドゲル強度）を任意に設定出来る。対象地盤の土質や工事目的に合わせた各種グレードを取り揃えている。</p>  <p><u>混合により薬液が固化</u> <u>実際は地盤内で固化させる</u></p>
<p>特徴</p>	<p>薬液注入技術の特徴として以下のことが挙げられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 土の組織を変えることなく土粒子の隙間に注入剤（薬液）を浸透させ固化する ② 浸透固化した薬液により地盤を硬化させ遮水性を高める ③ 使用する材料は水ガラスを主剤とし硬化剤を加えることで固化する薬液であり、硬化時間は数秒から数時間の範囲で調整できる。



薬液注入工法 施工方法

主剤である水ガラスは、珪酸ナトリウム（珪酸ソーダ）とも呼ばれ、 SiO_2 （二酸化珪素）、 Na_2O （酸化ナトリウム）が主成分となる。水ガラスは、珪砂をソーダ灰等のアルカリ物質で熔融してガラス状になったカレットと呼ばれるものを圧力釜にて水に溶解して製造されており、自然界に存在する物質からなる安全性の高い化学製品である。

水ガラスは、薬液注入としての土木用途のみならず、水道水の処理や石鹼・洗剤、紙パルプや乾燥剤用シリカゲル等の原料にも使用されており、生活に身近で、手に触れたり、口に入れたりするものにも利用されている。

同様にジオキープの代表的な材料である#320瞬結硬化剤の主成分は重曹（炭酸水素ナトリウム）で、食品添加物としても使用されている安全性の高い材料である。ジオキープは、日本では広い分野の土木工事における安全対策工事として使用されており、多くの実績がある。工事の目的や地盤の性状により、適正なグレードの薬液注入材料を選定することができる。

競合他社製品と比べて比較優位性

薬液注入工法と他の工法を比較する際の東曹産業（株）製品の優位性として、「簡便性」「安全性」「限定施工」といった特徴が挙げられる。

薬液注入工法と同じような目的で使用される地盤改良工法には、機械式攪拌工法、ジェットグラウト工法、凍結工法等がある。機械式攪拌工法は施工効率が良いため比較的低価格であるが、大型機材が必要で地下構造物が存在すると施工出来ない点や、狭隘な場所（ダム堤体上など）には機械設置がで

	<p>きないという短所がある。ジェットグラウト工法は、造成範囲の土砂の一部をセメント系材料に置き換える工法で発生強度は高いものの、多量の排泥が排出され、産業廃棄物の問題がある。凍結工法は、地中に設置した凍結管に冷媒を循環させて土粒子間の間隙水を固化させる工法であるが、水が流れていると固化しない、コストが高い、工事後の融解沈下があるという短所がある。上述の3工法と比較して、薬液注入工法は、機械設備が小型なため簡便性があり、狭いスペースでの施工が可能な事により施工対象範囲が他工法より広範に渡り、産業廃棄物についても排出量が少ない等の比較優位性がある。</p> <p>又、止水効果を期待する工法としては“鋼矢板設置による止水”もあるが、この場合、透水層以外にも設置が必要なことや、土質、地下構造物の存在によっては設置できない可能性もあり、この点においても「限定した箇所のみ止水が可能」な薬液注入工法がより優位性がある。</p> <p>薬液注入材料には、アクリルアミド系、尿素系等の高分子系材料もあるが、1974年に健康被害が発生したため、日本では1974年に当時の建設省（現・国土交通省）が「薬液注入工法による人の健康被害の発生と地下水等の汚染を防止するために必要な工法選定・設計・施工及び水質の監視について暫定的な指針」を定め、現在に至る迄同指針が有効となっている。この指針により日本で使用可能な材料は水ガラス系注入剤に限定されており、それ以降、健康被害等の事故も発生していない事からも、水ガラス系注入剤を使用した薬液注入工法は安全性において比較優位性がある。</p> <p>加えて、日本国内において、同業他社には、薬液注入材の主剤となる水ガラスのみの製造・販売や薬液注入材の硬化剤のみの製造・販売を行う業者も多いが、東曹産業（株）は水ガラスと硬化剤の両方の製造・販売を手掛けているため、総合的な技術及び価格対応力を有している。又、都市部においては、異常出水による陥没対策等、緊急性を有する機会が多いが、東曹産業（株）は水ガラスと硬化剤の両方の製造を行っている事から、突発的な需要に対する供給体制も整っている。加えて、長年にわたる製品供給者としての顧客要求への対応力や、製品開発力・技術的ノウハウ等の蓄積があり、結果と</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	して総合的な顧客対応力が高い事が、薬液注入材メーカーとしての東曹産業（株）の優位性と言える。
国内外の販売実績	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国内 2019年実績：約 270 現場、売上高 約 3.0 億円、主要取引先：林六（株） ・ 海外 2019年実績：なし
サイズ	<p>下記材料と水を現地にて調合し、薬液注入材として使用する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ジオキープ主剤 # 1 2 : 1 m³ コンテナ ・ # 3 2 0 瞬結硬化剤 : 20 kg ポリエチレン袋 ・ # 3 2 0 中結硬化剤 : 13 kg ポリエチレン袋
設置場所	PUPR 水資源総局もしくは関連下部組織が管理している灌漑用ダムの一部において設置予定であったが、事前調査結果を検討した結果、中止となった。
今回提案する機材の数量	<p>《ベンチスケールテスト用》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ジオキープ # 3 2 0 E 1,333 L [瞬結型] ・ ジオキープ # 3 2 0 E (中結) 2,667 L [中結型]
価格	<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬液注入材 1L当たりの販売価格： 53～72円/L ・ 本事業での機材費総額（輸送・関税等含む）297千円（工事費除く）

2 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

本普及・実証事業で提案する、止水・地盤改良効果のある薬液注入技術は、日本では都市土木における補助工法として普及しているが、インドネシア国においては活用が進んでいない技術である。又、本技術は、都市土木のみならず、老朽化ダム等の機能の復元を目的とした補助工法としても採用可能であり、本工法を採用する事により、建設工事におけるインフラ改善の実行範囲を広げる事が可能となる。そこで本事業では、対象分野をインドネシア国におけるインフラ整備・改善と位置付け、現在、経済発展が著しく、なおかつ、インフラ投資予定が山積しているインドネシア国にとって、経済的・時間的にも適した技術である本技術について多角的な視点から普及活動を展開する。

また、将来的に東曹産業（株）がインドネシア国における薬液注入技術を利用したビジネス展開を行う事を念頭に、本実証試験を通じて、(1) 薬液注入材のサプライチェーンを確認すること、(2) 事業量を把握すること、に加え、(3) 顧客となる建設会社等のパートナー企業や、提案技術を採用する公共事業省等の工事発注機関に対する理解の醸成、及び、(4) 投資規模・組織形態等について情報を収集し投資の形態を検証することを目的とする。そのための契機として、実証試験を活用した技術の普及を行う。

これらによって、インドネシア国において老朽化ダムの再生による灌漑用水・都市用水の安定供給、及び、経済発展の著しい大都市部における大規模・大深度地下構造物の建設等のインフラ改善推進、等が実現され、結果として同国の経済発展に資する事も又、本事業の大きな目的である。

本事業終了時点において、薬液注入技術に関する事業量調査結果を活用したビジネスモデルの作成を行い、本事業終了後の、東曹産業（株）のインドネシア国における事業展開の基盤を形成する事で、本スキームが対象とする中小企業海外展開支援についても、東曹産業（株）の海外事業立ち上げによる日本地域経済活性化に寄与する事でこれを達成する。

(2) 期待される成果

期待される成果は以下の4項目である。

成果1：日本・インドネシア両国の研究・公的機関が連携することにより、薬液注入工法の効果と安全性が検証され、インドネシアにおける将来的な薬液注入工法普及に向けた技術的・社会的基盤が確立される。

成果2：バンドン工科大学構内の実証試験サイトおよびジャカルタ市内での施工デモンストラーションを実施することで、薬液注入工事の技術的適用性が実証される。

成果3：薬液注入技術の普及活動を通じて、インドネシア国における将来的な薬液注入工法の普及が促進される。

成果4：ビジネス普及計画を作成する。

(3) 事業の実施方法・作業工程

本事業における作業工程を次表に示す。

表 13 作業工程表

作業項目	2016			2017			2018			2019			2020								
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
① 実証試験 7) デジタルテストによる実証試験																					
テラブルテスト(日本)																					
テラブルテスト(インドネシア)																					
イ) ペンタスケールテストによる実証試験																					
ペンタスケールテスト																					
モニタリング																					
ウ) ダムサイト試験実施場所の選定																					
(a) ダムサイト試験実施場所の事前調査																					
(b) ダムサイト試験実施場所の事前調査																					
(c) ダムサイト試験の検討																					
(d) デモンストレーション試験の実施																					
② 普及活動																					
ア) 東洋電気技術の周知																					
(a) セミナーの開催																					
(b) ペンタスケールテスト・デモ試験視察(各1回)																					
(c) 体験型活動(1回)																					
イ) 技術関係者の育成																					
(a) ワークショップの開催(3回)																					
(c) オンラインでの作成																					
③ ビジネスモデルの作成																					
ア) 事業計画書																					
(a) (a) 事業計画書(老朽化ダムの実証調査)																					
(b) (b) 事業計画書(下水道事業の実証調査)																					
(c) 基礎調査(社会調査・経済調査・法令調査)																					
イ) 検討・作成																					
(a) 検討(主要課題検討・FSSの作成)																					
(b) 作成																					
④ 関係社会連携																					
ア) 事業許可申請支援																					
イ) 環境モニタリング実施																					

上段：計画
下段：実績

— 現地作業
— 国内作業

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

事業に投入した要員は次表に示すとおりである。

表 14 従事計画・実績表（現地業務）

事業年度	事業名	従事計画	事業年度												計	投入率				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		計画	実績			
2020年度	1. 南米諸国（ペルー、エクアドル、コロンビア）の社会インフラ整備支援事業	1. 1. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	
		2. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		3. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		4. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		5. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		6. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		7. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		8. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		9. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		10. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		11. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		12. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		13. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		14. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		15. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		16. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		17. 南米諸国の社会インフラ整備支援事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
		計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00		

【資機材リスト】

表 16 資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	水ガラス	ジオキープ 主剤 # 1 2	1,000L	2016 年 12 月	バンドン工科大学 ジャティナンゴルキャンパス
2	硬化剤	ジオキープ # 3 2 0 瞬結硬化剤	80kg	2016 年 12 月	バンドン工科大学 ジャティナンゴルキャンパス
3	硬化剤	ジオキープ # 3 2 0 中結硬化剤	91kg	2016 年 12 月	バンドン工科大学 ジャティナンゴルキャンパス

【事業実施国政府機関側の投入】

本業務の実施において、カウンターパートである公共事業・国民住宅省 R&D 局は以下の事項を担当する。

- ・ 本業務を円滑に実施するために、提案企業である東曹産業と密接に協力する。
- ・ カウンターパート側の要員の任命を行う。
- ・ 実証試験を実施するのに十分なスペースと交通の利便性を有するダムサイト試験の候補地を提供する。
- ・ ダムの選定に当たって必要となる、候補とするダムの各種資料（地図、写真、図面、地質調査資料 等）を提供する。
- ・ カウンターパート側の関係省庁と連携をはかり調整を行う。
- ・ 地元住民への説明会の開催を支援する。
- ・ 本調査に関する苦情の対応を行う。
- ・ セミナーやワークショップへの出席候補者リストの作成を支援する。
- ・ セミナーやワークショップの出席者への招待を行う。
- ・ セミナーやワークショップを開催するにあたり、開催に適した会場（会議室、ホール等）を提供する。

(5) 事業実施体制

東曹産業（株）を受託者として、日本側は日特建設（株）、日本テクノ（株）、九州大学が、インドネシア国側はバンドン工科大学が、外部人材として補佐する体制で本事業を実施する。又、インドネシア地盤工学会（HATTI）も、インドネシア国側において本事業をサポートする。

運用面では、業務主体者としての東曹産業（株）に対し、日本側では日特建設（株）が事業支援について、日本テクノ（株）が ODA 案件化支援について、それぞれ実務面でサポートする。又、薬液注入工法において使用される薬材の安全性並びに技術の有効性については、九州大学及びバンドン工科大学が、インドネシア国における薬液注入工法の普及についてはインドネシア地盤工学会（HATTI）がサポートする。

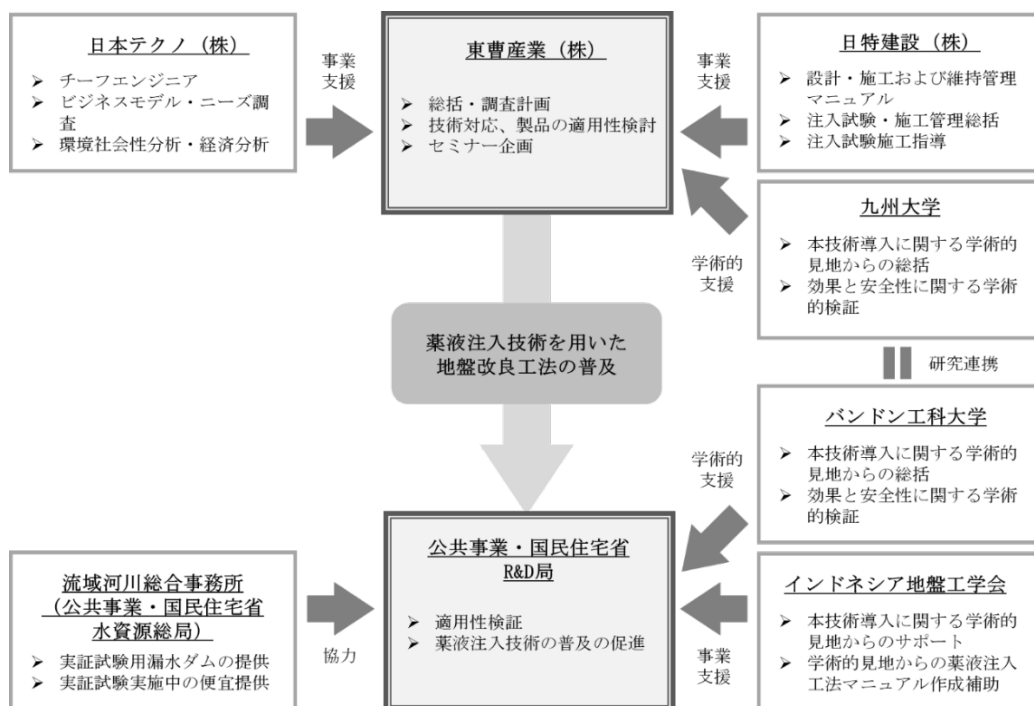


図 17 事業実施体制

表 17 実施メンバーと担当業務

氏名	所属	担当業務
岩瀬 裕全	東曹産業（株）	ビジネス展開検討
利田 靖治	東曹産業（株）	業務主任者（総括・調査計画）
金高 鉄次	東曹産業（株）	製品の適用性検討
高木 淳子	東曹産業（株）	セミナー企画、書類作成・管理
梶田 文彦	日特建設（株）	設計・施工および維持管理マニュアル
佐藤 浩	日特建設（株）	注入試験・施工管理総括
金舛 能史	日特建設（株）	設計・施工および維持管理マニュアル
阿部 智彦	日特建設（株）	設計・施工および維持管理マニュアル
中川 昭彦	日特建設（株）	注入試験・施工管理総括
竹内 仁哉	日特建設（株）	グラウト協会設立支援
白井 清忠	日特建設（株）	注入試験施工指導
井上 弥九郎	日本テクノ（株）	チーフアドバイザー、実証試験サイト評価、ビジネスモデル検討
高見沢 清子	日本テクノ（株）	環境社会配慮・経済分析
島田 英樹	九州大学	相手国政府に対する本技術導入に関する学術的見地からの総括
笹岡 孝司	九州大学	技術保有国として相手国での効果と安全性に関する学術的検証
Masyhur Irsyam	バンドン工科大学	技術導入に関する学術的見地からの総括 (現地：設計・施工マニュアルの指導)
Imam A. Sadisun	バンドン工科大学	技術導入国側として効果と安全性に関する学術的検証

(6) 事業実施国政府機関の概要

今回の提案技術である薬液注入技術は、インドネシア国において40年以上使用実績がないため、実質的に新技術との位置付けとなる。又、薬液を土壌中に注入する技術である事から、環境や安全性への懸念が上がる事が想定される。以上を踏まえた上で、本事業を適切に実施し、薬液注入技術を普及させるために、新技術の標準化・インドネシア国内における技術の普及の中核的役割を果たしているPUPR内の研究開発局（R&D局）を相手国政府関係機関として選定した。実務的対応については、PUPR R&D局内の水資源研究開発センター（PUSAIR）と協議、検討を行う事となった。

実証試験の第3段階となるダムサイト試験実施に際しては、実際に既存ダムの管理を行っているPUPR水資源総局内のオペレーション&メンテナンス（O&M）局に対して、相手国政府関係機関より協力を要請し、ダムサイト試験の条件に適した漏水ダムの提供を受ける事を予定している。実際にダムサイト試験を実施するダムが決定した段階で、当該ダムの管理運営を担当しているO&M局の下部組織である河川総合事務所（BBWS）

に対しても相手国政府関係機関より協力を要請し、施工に必要な情報の提供・申請手続き等の協力を得る予定である。

名称 : 公共事業・国民住宅省 (PUPR) 研究・開発局 (R&D 局)

英語名称 : Agency of Research and Development, Ministry of Public Works and Housing

所在地 : Jl. Pattimura 20, kebayoran Baru, Jakarta 12110 Indonesia

組織図 :

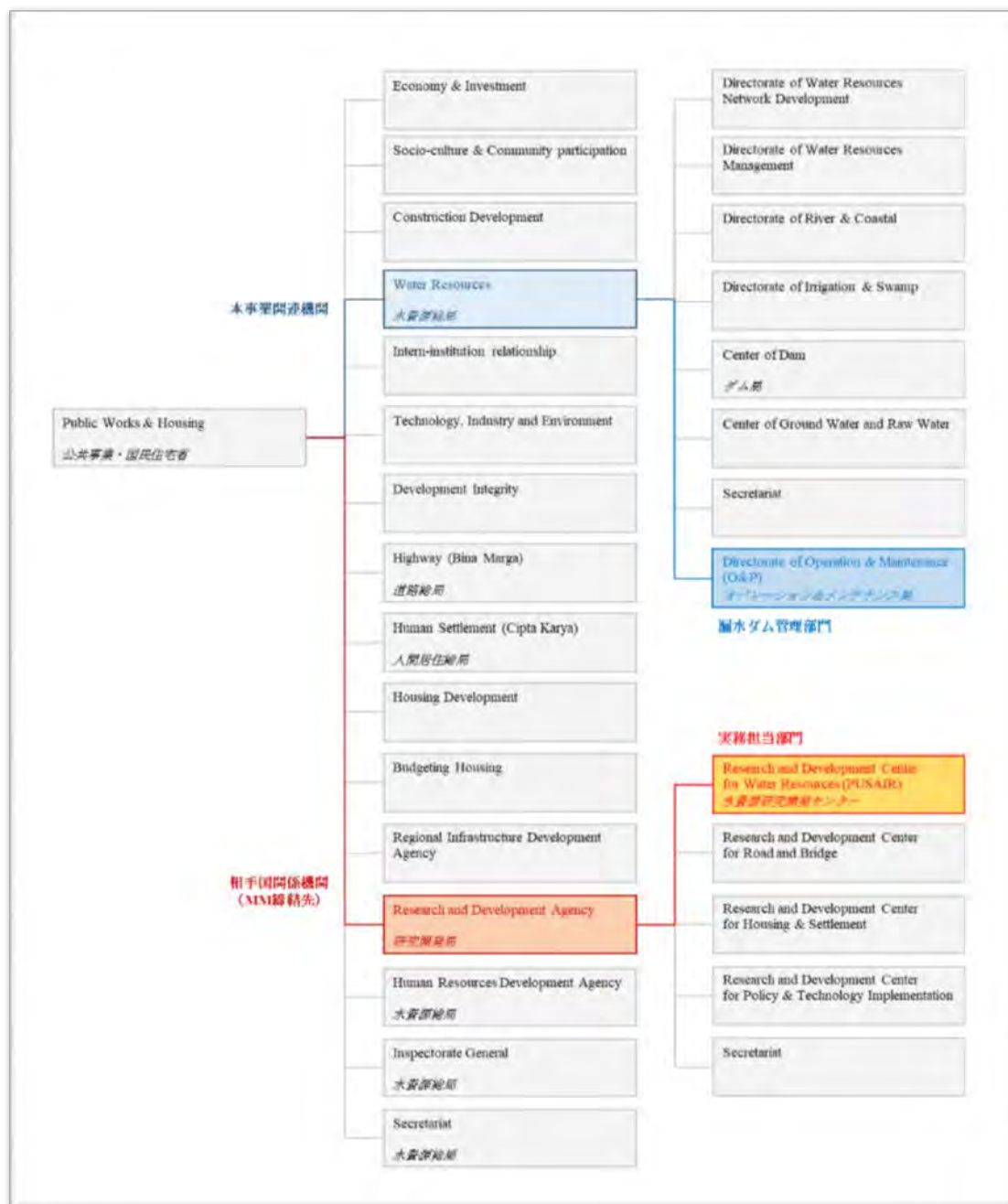


図 18 公共事業・国民住宅省 組織図

3 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

① 実証試験

①-1 安全性検証のための基準値決定

インドネシア国では、1973年に高分子系薬液注入材を利用した薬液注入工法による健康被害事故が発生した過去があり、以降、薬液注入工法は注入材の材料に関わらず、工法は採用されていない。

今回の普及・実証事業に際して、相手国政府関係機関である R&D 局長のアリエ (Arie) 氏 (2016年6月当時) より、「ダムサイト試験の実施に当たっては、事前に学術機関による安全性の確認が必要」との意見が提示された事もあり、一連の実証試験に先立って、今回の実証試験で使用する安全性確認の基準について、外部人材として本実証試験に参加されているバンドン工科大学 (ITB) のイルシヤム (Irsyam) 教授、サディスン (Sadisun) 准教授と協議した。

日本では、薬液注入工法の安全性の指標として、「水質汚濁防止法 (一律排水基準: 以下、一律排水基準と記載) [昭和46年総理府令第35号: 最終改正 平成25年9月4日 環境省令第20号]」が用いられることが多い。本事業においても、事業計画提出時には、溶出試験の溶出液分析の基準として一律排水基準を利用する事としていた。だが、基準を決定する打合せにおいてバンドン工科大学 (ITB) のサディスン (Sadisun) 准教授より、インドネシア国にて規定されている飲料水基準にて安全性の検証を実施したい旨の提案があった。背景として、インドネシア国においては地下水を汲み上げた井戸水を生活用水として利用している一般世帯が多い事、農業用の溜池周辺では井戸水利用世帯比率が更に高くなるため、新技術導入における安全性を担保したい事があると考えられる。

一般的に排水基準と比較して飲料水基準は、許容値が10倍程度厳しく設定されている。薬液注入工法の日本での運用実績を考慮すると、飲料水基準の採用は過剰な基準設定となる懸念もあったが、今回は、新技術の安全性の確実なアピールという側面も考慮して、インドネシア国にて規定されている飲料水基準を基準値として採用する事で合意した。

インドネシア国の飲料水基準を採用する事が決定した段階で、飲料水基準のデータに関して調査を実施したところ、インドネシア国には飲料水基準が2種類存在する事が判明した。

表 18 インドネシア国 飲料水基準 概要比較

公布番号	Indonesia Government's Law, No. 82, 2001	PERMENKES No.492, 2010
公布名	Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Water Quality Management and Water Pollution Control) CLASS I	Ministry of Environment Law, No.5, Drinking Water Standard
公布機関	インドネシア国政府	環境省
公布年	2001 年	2010 年
主対象	地下水、飲料水、家庭消費	飲料水
規制項目数	27 項目	21 項目

上記 2 基準が国際的な飲料水基準並びに日本の飲料水基準とどのような関係にあるのか確認したのが以下の表となる。

WHO や他国飲料水基準に近い基準値を設定しているのは環境省公布の PERMENKES No. 492, 2010 である。また、Indonesia Government's Law, No. 82, 2001 については、飲料水の基準値というよりは、河川や湖沼等における水質のレベルを示したものと考えられ、ここに示した CLASS I のレベルであれば、飲料水にも用いることができるようである。

このようなことから、本実証試験の基準値としては飲料水の基準値である PERMENKES No. 492, 2010 を基本とし、Indonesia Government's Law, No. 82, 2001 については参考値と併記する事とした。

表 19 飲料水基準 国際比較

単位：mg/L

制定者	WHO	米国 (USEPA)	EU	日本	インドネシア	
	指針値	飲料水基準	Directive	飲料水基準	PP No. 82 th. 2001	PERMENKES No. 492, 2010
アンモニア	1.5(C)		0.5		0.5	1.5
ヒ素	0.01 (P)	0.05	0.01	0.01	0.05	0.01
バリウム	0.7	2		---	1	0.7
ホウ素	0.5 (P)		1	1	1	0.5
カドミウム	0.003	0.005	0.005	0.003	0.01	0.003
塩素イオン	250(C)	250(C)	250	200	600	250
クロム	0.05 (P)	0.1	0.05	0.05 (六価クロムとして)	0.05 (六価クロムとして)	0.05
銅	2 (P),1(C)	1.3(AL), 1.0 C	2	1	0.02	2
シアン化物	0.07	0.2 (遊離シアンとして)	0.05	0.01	0.02	0.07
フッ素	1.5	4.0、2.0(C)	1.5	0.8	0.5	1.5
硫化水素	0.05(C)			---	0.002	
鉄	0.3(C)	0.3(C)	0.2	0.3	0.3	0.3
鉛	0.01	0.015 (AL)	0.01	0.01 (2003/04/01 より)	0.03	0.01
マンガン	0.5 (P),0.1(C)	0.05(C)	0.05	0.05	0.1	0.4
水銀	0.001	0.002 (無機水銀として)	0.001	0.0005	1	0.001
硝酸塩	50	10 (窒素として)	50	10 (窒素として)	10	50
亜硝酸塩	3, 0.2 (P)	1 (亜硝酸性 窒素として)		0.04 (窒素として)	0.06	3
pH	- (C)	6.5~8.5(C)	6.5~9.5	5.8~8.6	6-9	6.5-8.5
セレン	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01
硫酸イオン	250(C)	250(C)	250	---	400	250
総溶解性物質	1000(C)	500(C)		500	1000	
蒸発残留物					50	
亜鉛	3(C)	5(C)		1	0.05	3
コバルト		0.002		---	0.2	
塩素	5 ¹⁾	4.0 (MRDL)			0.03	5
生物化学的酸素 要求量 (BOD)					2	
化学的酸素 要求量(COD)					10	

(AL)：水道事業者が対策を取らねばならない濃度

(C)：ユーザーから苦情が挙がりうる項目

(P)：健康影響に係る情報が限られている等のため暫定値

MRDL：消毒剤の最大残留濃度

1) 効果的な消毒のため、pH8 未満 30 分接触の後、遊離塩素で 0.5mg/L 残留すべきである

出典：各国、機関の法律、基準に基づき提案法人作成

①-2 テーブルテストによる実証試験

実証試験の第1段階として、「注入材料の安全性」並びに「薬液注入による有効性」を実験室規模で検証する事を目的としてテーブルテストを実施した。このうち、「注入材料の安全性」については「溶出試験」によって、「薬液注入による有効性」については「性能試験」によって、それぞれ検証した。テーブルテストでは、日本とインドネシア国の研究施設で、それぞれの国土の砂を利用して同一内容試験を実施する事で、既に効果と安全性が確認されている日本と比較してインドネシア国の地盤における薬液注入の効果と安全性を検証するためである。実施にあたっては、外部人材である九州大学とバンドン工科大学（ITB）に協力を依頼し、それぞれの研究施設で試験を行った。

ここで、テーブルテストにおける試験結果と実際の地盤における施工効果との関係についてまとめる。

基本的にテーブルテストの方が実地盤への施工に比べてより条件が厳しいものとなる。その理由として2点挙げられる。1点目として、テーブルテストは大気圧下で試験を実施するが、実際の地盤においては地中に圧力を掛けて注入材料を押し込むため土壌は圧密される。その結果、テーブルテストでは実地盤への施工に比べて強度が弱くなる傾向にある。第2に、成分の溶脱等による水への影響が挙げられる。水への影響は、薬液注入により改良された固化物の大きさと水との比率によって結果が異なる。テーブルテストでは、固化物である供試体に対して試験容器内の水の量が少ないため影響が大きい。一方で実地盤では、固化物に対する地下水の比率は、テーブルテストと比較して非常に大きなものとなり、固化物による地下水への影響はテーブルテストに比べると小さくなる。

上記2点より、テーブルテストの方がより厳しい条件下での実施となるため、テーブルテストにおいて一定の結果が出た場合、実際の施工効果は確保されると考えられる。

テストには、本実証事業においてインドネシア国での普及を予定している東曹産業（株）製のジオキープ® 320E中結タイプを使用した。製品の配合と主要な特徴は下表の通りである。

表 20 ジオキープ® 320E中結タイプ

	溶液型無機系中結タイプ ジオキープ#320E（中結）			
	A液（200L）		B液（200L）	
配合	ジオキープ主剤#12	80 L	#320中結硬化剤	13 kg
	水	120 L	水	197 L
標準ゲルタイム	3分以内（20℃）			
サンドゲル強度	約 0.4N/mm ²			

注) 標準ゲルタイム、サンドゲル強度の数値は測定値の代表例

①-2-1 供試体の作製

「溶出試験」及び「性能試験」で使用する供試体作成に使用する砂については、次の表のものを利用した。

表 21 テーブルテスト供試体原料

		溶出試験		性能試験		
試験場所		日本	インドネシア	日本	インドネシア	インドネシア
種類		海砂	川砂	川砂	標準砂	海砂
採取地		---	Cililin sand (ジャワ島西部)	---	Ngrayong sand (ジャワ島東部)	バリ島
種類名 ^{*1}		砂	礫まじり砂	礫まじり砂	砂	砂
砂組成 ^{*2}	粗砂 2-4 mm	0.2%	6.3%	5%	0%	0%
	中砂 125-425 μ m	78.5%	42.65%	50%	0%	60%
	細砂 75-125 μ m	17.0%	50.65%	45%	100%	40%
	粘土 <75 μ m	3.8%	0.38%	0%	0%	0%

*1 JGS 0051-2009 の地盤材料の工学的分類方法分類による

*2 ASTM D422-63 アメリカ統一土質分類による

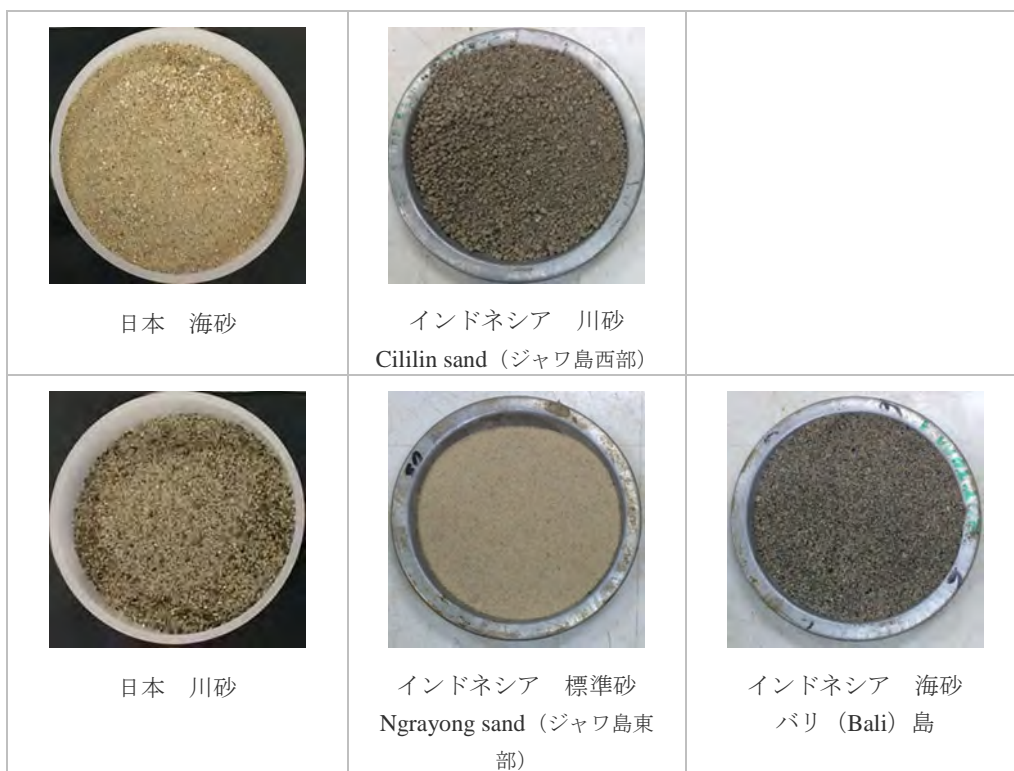


写真 5 テーブルテスト供試体原料砂 外観

なお、チリリン (Cililin) の中砂と細砂は、日本の川砂とは異なり、叩くと容易に砕ける事から、粘土が凝集したものであると考えられる。これはインドネシア国の砂においては多く見られる特徴である事から、そのままテストに使用する事とした。

供試体については、以下に示す手順で作成の上、「溶出試験」及び「性能試験」で使用した。

表 22 テーブルテスト用サンプル作成手順

作成手順	
<p>1. モールド（型枠：φ 50 mm × h100 mm）に注入材料を 100ml 注入し、均一に混合するようタッピングしながら砂を添加する</p>	
<p>2. 薬材の所定固化時間で硬化した供試体の容器上部をラップ等で覆い、強度増大のため 1 日放置する</p>	
<p>3. 供試体の崩壊に注意しながらモールドを割って供試体を取り出し、乾燥を避けるためラップとビニール袋で保護して保管する</p>	

以下に日本とインドネシア国の試験結果を対比する形で効果と安全性について検証する。

①-2-2 テーブルテスト（溶出試験）

溶出試験は、注入材料の環境への影響および安全性について確認することを目的として、オランダの溶出試験基準（EA NEN 7375:2004）に基づいて実施した。

供試体を、その5倍の体積の純水に浸漬し、浸漬開始後、1日、9日、16日、36日でそれぞれ浸漬水を交換した。各材齢で抜き取られた浸漬水につき、ろ過した後、成分分析を実施した。又、比較対象として、薬液注入材料を入れずに砂のみで作成した供試体も併せて溶出試験を行った。表に試験結果を示す。

溶出試験の結果、インドネシア砂、日本砂ともに基準値を超過したのはpHだけであった。この他、インドネシア砂、もしくは日本砂のみで基準値を超過した項目がいくつかあった。しかし、pHに比べると基準値の超過量はわずかであり、また、これらは片方の砂のみでしか基準値を超過していないことから、注入材料ではなく、試験で使用した砂に由来する成分の影響が大きいと考えられる。

pHについては、注入材料の特性上、今回の溶出試験の条件（供試体の体積の5倍の浸漬水）では、基準値を超過する結果となった。しかし、一般的に土木事業において使用されるポルトランドセメントを使用した場合に比べるとpHは低い値である。実際の地盤で施工した場合、多量の地下水で希釈されることになるため、pHの上昇は抑制されると考えられ、pHが上昇しなければ、溶出試験で基準値を超過した他の成分も、十分に希釈されることが想定される。

溶出試験の分析に際して、バンドン工科大学のICP（高周波誘導結合プラズマ）発光分光分析法を使用して分析する予定であったが、装置が故障しオーバーホール中で使用不可である事が判明した。スケジュール的に厳しかった事もあり、分析時の検液使用量が増える手作業により分析を実施せざるを得ず、結果として検液が不足し、飲料水基準の全項目を分析する事が出来なくなってしまった。

分析結果が不足した事に加え、pHが基準値を超過していた事もあり、当初の予定からは試験項目が追加となるが、ベンチスケールテストにおける地下水モニタリングの結果と複合的に判断する事で、注入材料の安全性を確認する事になった。

表 23 溶出試験結果一覧

項目	単位	PP, No. 82, 2001 Water Quality Management and Water Pollution Control Class	PERMENKES No. 492, 2010 Drinking Water Standards	インドネシア砂						日本砂							
				砂のみ			供試体			砂のみ			供試体				
				1日後	9日後	36日後	1日後	9日後	36日後	1日後	9日後	36日後	1日後	9日後	36日後		
物理特性																	
溶解固形分 (蒸発残留物)	mg/L	1000		5	17	13	9	1575	1220	510	46						
浮遊物質量	mg/L	50		89	59	41	59	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.						
電気伝導度	µS/cm	-		7.72	25.5	19.2	15	2250	1743	728	76						
pH	mg/L	6-9		8.31	8.06	8.09	7.68	9.93	9.86	9.33	9.22						
有機																	
生物化学的酸素要求量	mg/L	2		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
化学的酸素要求量	mg/L	10		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
無機																	
リン酸塩 (Pとして)	mg/L	0.2		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
硝酸性窒素 (Nとして)	mg/L	10		1.33	0.427	0.331	0.166	0.648	0.216	0.152	0.196						
アンモニウム性窒素	mg/L	0.5		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
ヒ素	mg/L	0.05		0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0005	0.0003	0.0001	0.0058						
コバルト	mg/L	0.2		0.301	0.152	0.344	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.						
バリウム	mg/L	1		0.011	0.009	0.007	0.004	n.a.	0.015	n.a.	0.013						
ホウ素	mg/L	1		0.017	0.044	0.073	0.03	0.017	0.073	0.031	0.094						
セレン	mg/L	0.01		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.						
カドミウム	mg/L	0.01		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.						
六価クロム	mg/L	0.05		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.						
銅	mg/L	0.02		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.016	0.025	0.021	0.027						
鉄	mg/L	0.3		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
鉛	mg/L	0.03		n.a.	n.a.	0.009	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.						
マンガン	mg/L	0.1		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
水銀	µg/L	1		0.09	0.09	0.09	0.45	0.24	0.18	0.09	0.36						
亜鉛	mg/L	0.05		0.007	0.015	0.007	n.a.	0.039	0.031	0.011	0.024						
塩化物	mg/L	600		5.71	4.28	2.85	1.9	77.1	27.6	7.61	2.85						
シアン化物	mg/L	0.02		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.						
フッ化物	mg/L	0.5		n.a.	0.052	n.a.	n.a.	0.951	1.187	0.832	1.14						
亜硝酸性窒素 (Nとして)	mg/L	0.06		0.069	0.047	0.035	n.a.	0.01	0.017	n.a.	n.a.						
硫酸塩	mg/L	400		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
遊離塩素	mg/L	0.03		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
硫酸 (硫化水素として)	mg/L	0.002		*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1						
PP, No. 82, 2001 limitation 基準超過																	
PERMENKES No.492 limitation 基準超過																	
インドネシア国同基準超過																	
*1 試験を実施していない																	

①-2-3 テーブルテスト（性能試験）

性能試験は、材料注入後の改良地盤の強度と止水性について確認することを目的として、世界最大規模の標準化団体である米国試験材料協会（ASTM：American Society for Testing and Materials、以下 ASTM）発行の規格に基づいて実施した。

材齢 7 日、14 日、28 日の供試体に対し、一軸圧縮強度試験は ASTM D4219 を、透水試験は ASTM D5084 を基準として測定した。

1) 一軸圧縮強度試験

一軸圧縮強度試験の結果は下図の通りである。

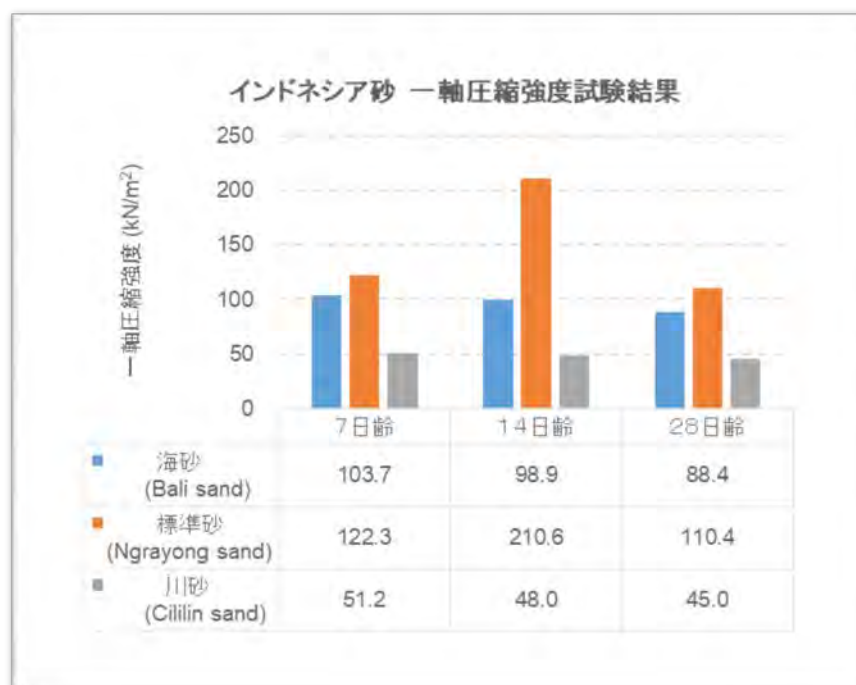


図 19 一軸圧縮強度試験結果

砂の種類によって異なる試験結果となった。最も一軸圧縮強度が大きいのは Ngrayong 砂を使用した改良体であり、バリ砂と日本の川砂が続き、一軸圧縮強度は約 50～200kN/m²であった。結果にはばらつきがあるものの、強度試験結果の目安となる 50kN/m²前後もしくはそれ以上の値が得られている。

2) 透水試験

透水試験の結果は図の通りである。

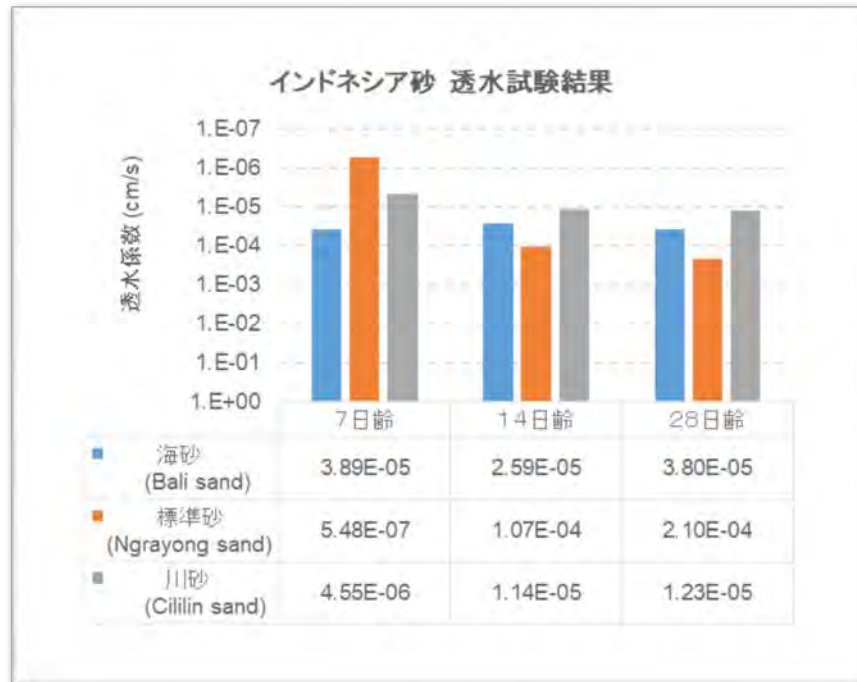


図 20 透水試験結果

一般的にゆるい砂の透水係数 K は約 $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$ 程度の値を示す。それに対し、改良体は、3種類の砂でばらつきはあるものの、約 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度の透水係数に改良されたことを確認した。これは、例えばダム補修においてセメントグラウチングによる改良を施工している間の一時的な漏水を防止するのに、十分な透水性である。

以上のテーブルテストの結果から、薬液注入工法による改良体は、十分な強度および透水性を有すると考えられる。

①-2-4 将来的な基準確立に向けて

今回のテーブルテストでは、工学分野で一般的に採用されている基準（試験方法）を利用して効果と安全性に関する検証を実施した。将来的にインドネシア国において薬液注入工法の普及を図るにあたっては、効果と安全性を検証する際に、試験方法に関しても、薬液注入工法に適した基準を設定する事で、一定の品質が確保出来ると考えられる。

薬液注入工では、安全で効果のある注入材の使用が不可欠なため、試験方法の確立と材料承認制度の設定が必要となる。設立を目指しているインドネシアにおけるグラウト協会において、基準の確立の提案を検討する。

①-3 ベンチスケールテストによる実証試験

①-3-1 ベンチスケールテストの目的

実証試験の第2段階として、テーブルテストよりもスケールアップした管理下にて実施する試験としてベンチスケールテストを実施した。このテストでは実際の施工で使用される、施工機械、注入仕様、管理方法で施工することで、ダムサイトでの試験に先立ち、設備等の不具合を検証し、透水性の向上の確認、注入による地下水への影響を確認することを目的とした。

①-3-2 ベンチスケールテストの計画

1) 試験場所

ベンチスケールテストは、バンドン工科大学の実験用エリアを有するジャティナンゴル (Jatinangor) キャンパスを利用して行った。



図 21 ベンチスケールテスト実施場所 (ジャティナンゴル)

2) 試験孔 (注入孔) 配置

ベンチスケールテストは、日本の薬液注入工法の基準を踏まえ、計画した。平面図を図に示す。

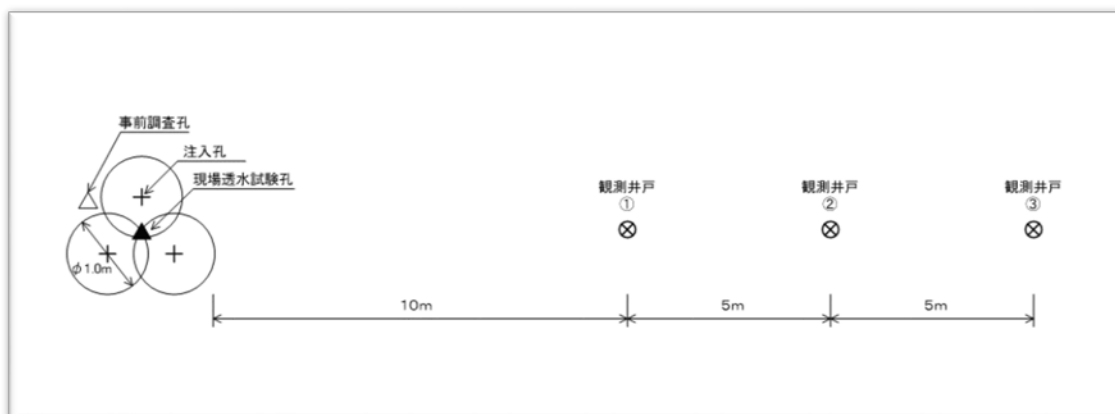


図 22 計画平面図

各孔の目的は下記のとおりである。

- ・ 事前調査孔(1 孔) : 注入対象とする砂層を確認するための調査孔
- ・ 注入孔 (3 孔) : 注入材料を注入するための孔
- ・ 現場透水試験孔(1 孔) : 注入後に地盤の透水性を確認するための孔
- ・ 観測井戸(3 孔) : 注入後の地下水をモニタリングするための孔

なお、観測井戸について、当初計画では注入孔から 10m 離れた地点に 1 孔設置することとしていたが、より詳細に地下水の変化をモニタリングするため、2 孔追加し、注入孔から 15m および 20m 離れた地点にも設置することとした。

3) 注入範囲

注入範囲（深度）については、事前調査孔による調査結果を踏まえ決定した。事前調査孔のボーリング柱状図を図に示す。

調査の結果、深度 5.00～6.30m の範囲に砂層（Very dense gray silty SAND）が認められた。よって、この砂層を挟む 3.0m 区間（深度 4.30～7.30m）を注入範囲とした。また、観測井戸の深度は、これより深い 8.0m とした。

PROJECT: SOIL INVESTIGATION AT JATINANGOR CLIENT: TOSO SANGYO Co.Ltd PROJECT NO: 16-10-020PSI LOCATION: SUMEDANG-JAWA BARAT DRILLING DATE STARTED: 20/10/2016 DRILLING DATE COMPLETED: 22/10/2016 LOGGED BY: Andy CHECKED BY: AK						BORING LOG: BH-01											
						DRILLING RIG: XY-1B BOREHOLE DIA: 89mm DRILLING METHOD: RO DRILLED BY: Sutrisna											
						NORTHING: 10744.7 m EASTING: 65550.4 m ELEVATION: GWL: 0.00 m dated 21/10/2016											
Scale	Depth (m)	CLASSIFICATION SYMBOL	Graphic Log	Legend	Type & No.	Description	SPT N blows / 30 cm		SPT N blows/30 cm	Grain Size Analysis G/S/A/S/C	Shear Strength		Plasticity Chart				
							20	40			60	80	C (kPa)	(°)	PL	WC	LL
							20	40	60	80			40	80	120	160	
	1					Medium stiff brown and grey CLAY											
	2	CH		DS 1	1.45					4							
	3				2.00					8							
	3.30																
	4	CH		DS 2	3.45	Medium stiff grey CLAY				7							
	4.00				4.00												
	5	CH		DS 3	4.45	Stiff grey and yellow sandy CLAY				9							
	5.00				5.00												
	6	SM		DS 4	5.45	Very dense grey silty SAND				28							
	6.30				6.00												
	7					Medium dense yellow TUF intercalated with red-gray gravel				56							
	7.00					Hole Terminated at 7.00 m											
	8																

図 23 ボーリング柱状図（事前調査孔）

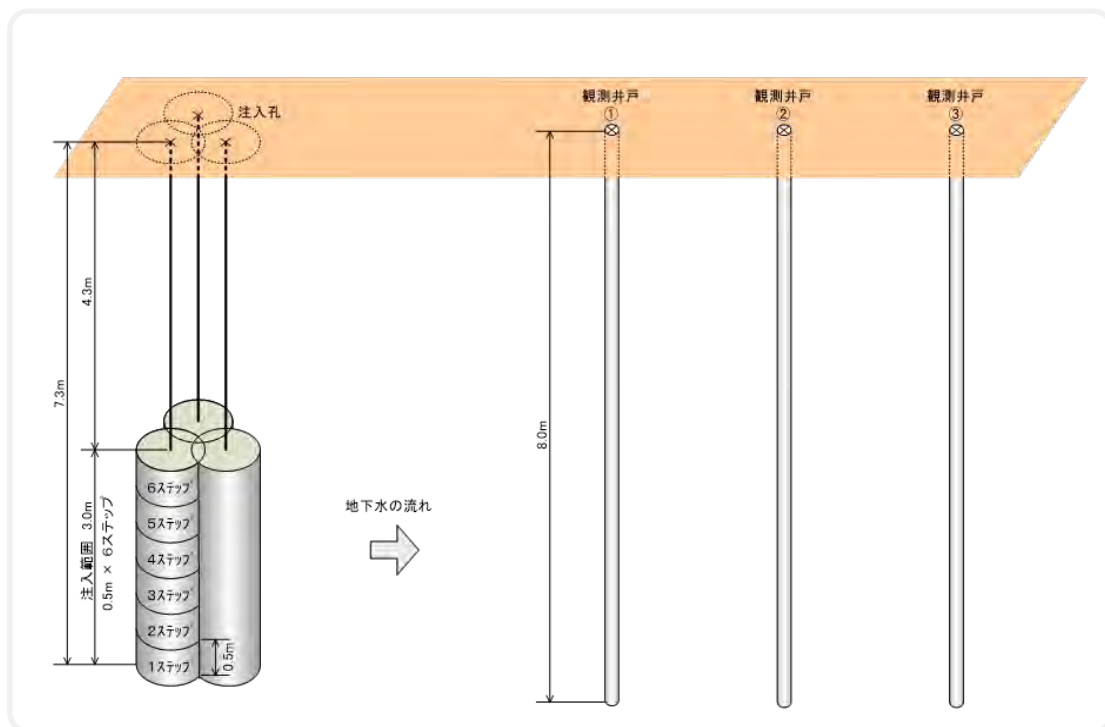


図 24 注入範囲および観測井戸深度

4) 薬材配合

使用した薬材の配合を以下に示す。

表 24 ベンチスケールテスト 使用薬材配合

	溶液型無機系瞬結タイプ ジオキープ# 3 2 0 E			
	A液 (200 L)		B液 (200 L)	
配合	ジオキープ主剤# 1 2	80 L	# 3 2 0 硬化剤	20 kg
	水	120 L	水	194 L
標準ゲルタイム	10数秒以内 (20℃)			
サンドゲル強度	約 0.5N/mm ²			

	溶液型無機系中結タイプ ジオキープ# 3 2 0 E (中結)			
	A液 (200 L)		B液 (200 L)	
配合	ジオキープ主剤# 1 2	80 L	# 3 2 0 中結硬化剤	13 kg
	水	120 L	水	197 L
標準ゲルタイム	3分以内 (20℃)			
サンドゲル強度	約 0.4N/mm ²			

注) 標準ゲルタイム、サンドゲル強度の数値は測定値の代表例

5) 使用機械

使用した機械設備の一覧を表に示す。実際の施工で使用される施工機械を用いてベンチスケールテストを行った。

表 25 機械設備一覧

機械名称	仕様 or 性能	寸 法 長さ×幅×高さ	重量 (kg)	動力 (kw)	台数	
ボーリング マシン	油圧式	1.5×1.0×1.5	500	5.5	1	
グラウト ミキサー	攪拌槽 横型 2 槽 (200L×2)	2.0×1.1×1.9	350	8.9	1	
注入ポンプ	20L/min×2 0~10MPa	2.0×0.6×0.9	290	3.7	1	
流量計	q=0~6L/min p=0~6MPa	0.8×0.5×1.0	120	1.0	1	協会認 定型
主剤 送液ポンプ	Φ25mm	0.5×0.5×0.5	100	2.2	1	ギヤ ポンプ
送水ポンプ	φ 50mm	0.5×0.5×0.5	100	2.2	2	

6) 注入仕様

本ベンチスケールテストでは、日本における標準的な仕様である下記仕様に基づいて注入を行った。

ポンプ吐出量	: 14~20 L / min	(注入速度)
ステップ長	: 0.5 m	
ゲルタイム	: 瞬結 : 10 数秒以内、中結 : 3 分前後	
注入圧力	: 間隙水圧 + 0.2~0.3 MPa	
注入量	: 1 孔当たり 1224L	
注入比率	: 1 : 2	

7) 施工方法

ベンチスケールテストの施工の流れを下図に示す。

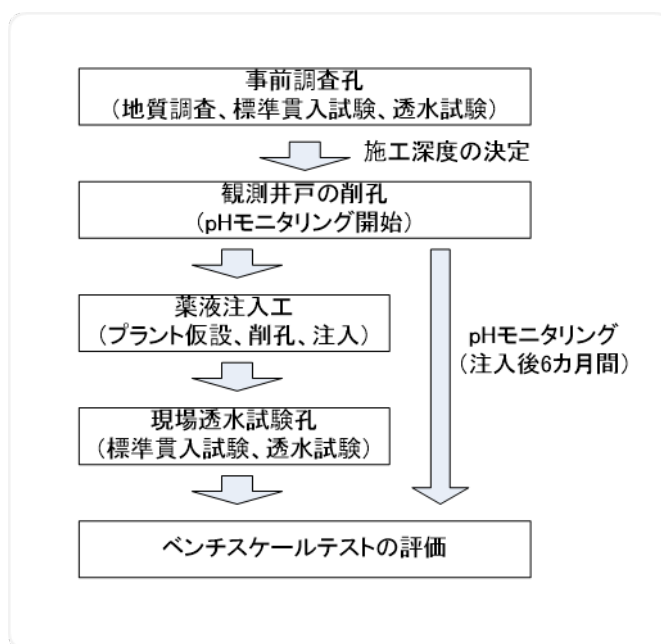


図 25 施工の流れ

8) 施工管理方法

本ベンチスケールテストでは施工管理は外部人材である日特建設(株)が行った。施工は現地コントラクター (PT. PANCA DUTA PRAKARSA) が実施し、その指導は日特建設(株)が実施した。

施工管理は、日本で実際に使用されている方式を採用した。施工管理項目は以下の通りである。管理方法の詳細は前章「2. 普及・実証事業の概要」に記載しているためここでは省略する。

- a) 流量計キャリブレーション
- b) 写真管理
- c) 材料管理
- d) 注入時の管理
- e) 注入量の管理
- f) ゲルタイムの管理
- g) 注入圧力の管理

①-3-3 実証試験結果

1) 施工管理の評価

本ベンチスケールテストにおける、施工管理のデータ（注入量、ゲルタイム、注入圧力等）を表に示す。

表に示す通り、注入材料の性状（ゲルタイム）は適切であり、また施工に当たっても問題はなく、適切な施工管理が行われたと評価した。

以下、各管理項目の詳細についてまとめる。

(i) 流量計キャリブレーション

施工前に、流量計の測定値と記録値に相違がないことを確認することを目的として、流量計のキャリブレーションを実施した。

キャリブレーションの結果を表に示す。流量計の測定値と記録値は、誤差の範囲内であり、問題なく使用できることを確認した。

表 27 流量計キャリブレーション結果

吐出流量（吐出時間）	8 L/min （1分）
流量計指示値 M	8 L
はかり測定値 R	8.1 kg
誤差率 $D=(M-R)/R \times 100$	-1.25%
規格値	±2%以内

(ii) 写真管理

下記内容について写真での記録を取った。

表 28 写真管理項目

	工事状況	撮影頻度
機械設備	① 資機材搬入状況 ② プラント仮設状況 ③ 使用機械設備状況 ④ プラント全景	施工中 1 回
施工位置	① 施工位置マーキング状況 ② 施工全景	施工中 1 回
材料	① 搬入時 ② 搬出時 ③ 残材検収	搬入毎全数 施工完了時
プラント	① 1 バッチ当り配合状況 ② 計量確認（主剤・硬化剤）	施工中 1 回
施工状況	① 機械設置状況 ② 削孔状況 ③ 削孔残尺 ④ ロッド検尺 ⑤ PQ 管理状況 ⑥ ゲルタイム測定 ⑦ 注入状況 ⑧ 注入完了残尺	1 孔毎
観測井戸	① 機械設置状況 ② 削孔状況 ③ 削孔残尺 ④ ロッド検尺 ⑤ ストレーナ管検測 ⑥ 設置完了 ⑦ pH 採水状況	箇所毎

施工状況の写真の一部を以下に示す。



施工箇所全景



プラント仮設状況



削孔状況



作液状況



ゲルタイム測定状況



観測井戸採取水 pH 測定状況

写真 6 ベンチスケールテスト 施工管理写真

(iii) 材料管理

使用する材料は表に示す通り管理を行った。

表 29 材料管理項目

管理項目	管 理 方 法
使用量	施工完了後、使用バッチ数により管理した。 注入材使用量 (L) ≤ 使用バッチ数 × 400 L
主剤	コンテナにて入荷、入荷時に伝票により管理した。 使用後は、空缶及び残量を目視により確認した。
硬化剤 [瞬結型] [中結型]	硬化剤（瞬結型、中結型）は袋にて入荷、伝票により個数管理した。 使用後は、空袋、残量を確認した。

材料の受払簿を表に示す。

表 30 材料受払簿

日付	施工 孔数	材料入荷量			注入量			材料使用量									材料残量			
		主剤	瞬結 硬化剤	中結 硬化剤	瞬結	中結	計	A液			B液(瞬結)			B液(中結)			主剤	瞬結 硬化剤	中結 硬化剤	
								BH数	製造量	主剤 使用量	BH数	製造量	硬化剤 使用量	BH数	製造量	硬化剤 使用量				
		(L)	(kg)	(kg)	(L)	(L)	(L)	(L)	(L)	(L)	(kg)	(L)	(L)	(kg)	(L)	(L)	(kg)	(L)	(kg)	(kg)
2017/12/5		1000	80	91														1000	80	91
2017/12/7	1				408	816	1224	4	800	320	2	400	40	3	600	39	680	40	52	
2017/12/8	2				816	1632	2448	6	1200	480	2	400	40	4	800	52	200	0	0	

主剤はコンテナ (1,000L) で入荷し、最終的に 200L の残量となった。また、硬化剤 (瞬結、中結) については、いずれも全て使い切った。最終的な残量を目視にて確認し、受払簿とも整合することから、適切に管理できたと考える。

(iv) 注入時の管理

注入深度の確認は使用ロッド全長とロッド残尺から確認を行った。ステップ長は 0.5m とし、1 孔当たり全 6 ステップ (3.0m 区間) 注入を行った。注入量の記録は電磁流量計を用いて行い、チャート紙に記録した。



深度確認（残尺確認）状況

流量計記録状況

写真 7 ベンチスケールテスト 注入時管理写真

(v) 注入量の管理

注入は、設計注入量を目標とし注入した。注入時には、注入量～注入圧の状況及び注入時の周辺状況を常時監視し、注入した。

全3孔ともに、注入量は1,224L（うち、瞬結408L、中結816L）であり、設計注入量分の注入が実施できた。

表 31 ベンチスケールテスト 注入量の結果

孔No.	注入量 (L)		
	瞬結	中結	計
1	408	816	1,224
2	408	816	1,224
3	408	816	1,224
設計量	408	816	1,224

(vi) ゲルタイムの管理

薬液のゲルタイムを正しく設定することは、薬液注入工法において不可欠な条件である。

ゲルタイムは①水ガラス濃度、硬化剤の配合等、②液温・水温等により、変化しやすいため、細心の注意を払って配合し、作業中のゲルタイムの測定により常時所定の管理基準内にゲルタイムを保つようにした。

ゲルタイムは各孔の注入開始前に測定した。表にゲルタイムの測定結果を示すが、いずれも目標の範囲内であった。

表 32 ベンチスケールテスト ゲルタイム測定結果

孔No.	ゲルタイム	
	瞬結	中結
1	11.38秒	1分57.10秒
2	10.56秒	2分33.47秒
3	10.97秒	2分12.78
目標値	10数秒以内	3分以内

(vii) 注入圧力の管理

注入圧力は地中における薬液の挙動を推測するための有力な目安となる。また、土質、改良深度、速度、薬液の特性等により異なるものである。ここでは、土被りも少ないことから、初期圧+0.2Mpa程度を目安として管理した。

注入時の最低圧力（初期圧）と最高圧力を表に示す。最高圧力は初期圧力+0.2MPaの範囲内であり、適切な圧力管理ができたと考える。

表 33 ベンチスケールテスト 注入圧力結果

孔No.	注入圧力 (MPa)	
	最低圧力 (初期圧力)	最高圧力
1	0.1	0.2
2	0.1	0.3
3	0.1	0.3
管理値	-	初期圧力+0.2以下

2) 注入効果の評価

注入前および注入後にその地盤の調査ボーリングによって標準貫入試験、現場透水試験を行い、注入の評価を行った。注入効果の指標を以下に記載する。

注入前（事前調査孔）と注入後（現場透水試験孔）の透水試験結果（地盤の透水係数）

を図に示す。本試験の結果、注入後の透水係数は 10^{-4} ~ 10^{-5} cm/sec のオーダーに収まっていることから、透水性に関して、十分な改良効果が見られると判断した。

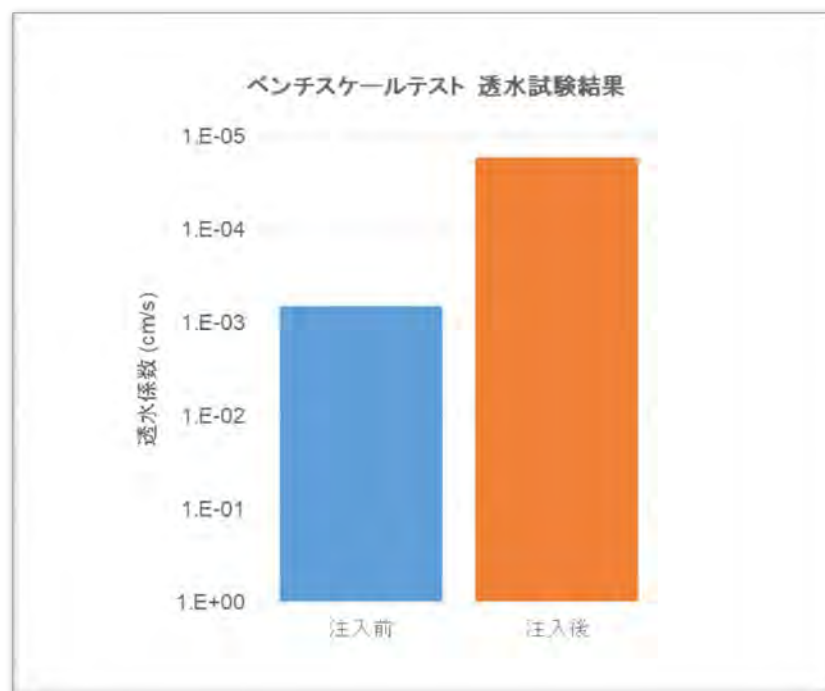


図 26 ベンチスケールテスト 現場透水試験結果

事前調査孔のボーリング柱状図に、現場透水試験孔の N 値の測定結果を赤字で重ねて示した図を示す。

試験の結果、深度 4.0~5.0m の区間においては、薬液注入後の N 値が若干大きく、深度 5.0~6.0m の区間においては、薬液注入後の N 値が若干小さくなるという結果となり、薬液注入によるはっきりとした強度の増加 (N 値の上昇) は見られなかった。この原因として、特に礫が混じる場合、礫の影響によって N 値が実際よりも大きく評価される場合がある。深度 4.0~6.0m の地層には、10%程度の礫が混じっていることから、その礫の影響で、N 値に明確な差が見られなかった可能性が高い。

しかし、強度に関しては、テーブルテストにおいて、改良効果を確認しており、問題はないと評価した。

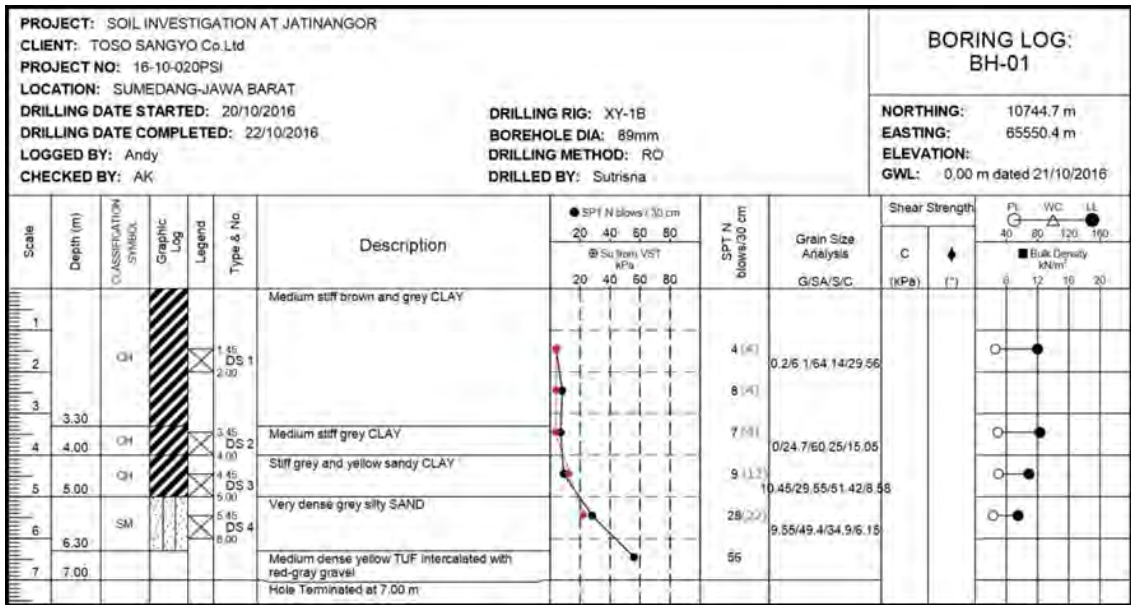
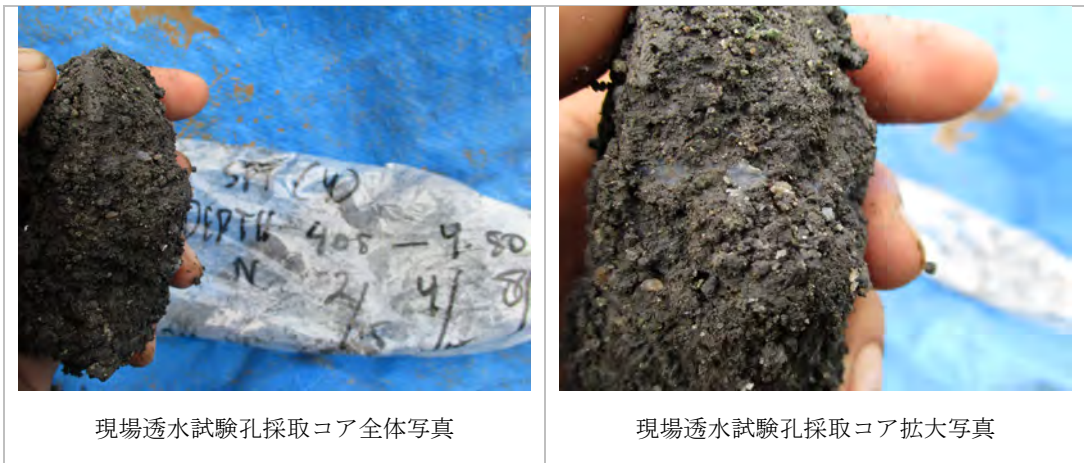


図 27 ベンチスケールテスト 標準貫入試験結果

参考までに、現場透水試験孔を削孔した際に、注入深度付近で採取されたコアの写真を示す。採取されたコアを見ると、注入材料のゲルが認められ、このことから、注入作業は問題なく実施されたと評価した。



現場透水試験孔採取コア全体写真

現場透水試験孔採取コア拡大写真

写真 8 ベンチスケールテスト 現場透水試験孔採取コア

①-3-4 モニタリング

日本で用いられている「薬液注入工法における建設工事の施工に関する暫定指針」（昭和49年建設省）に定められた方法に準じ、施工箇所から10m以内の場所に観測井戸を設け、水を採取し測定した。本指針で定められた方法は以下のとおりである。

必要数：施工範囲10m以内の一箇所

採水回数：

- | | |
|-----------|-------------------------------------|
| (1) 工事着手前 | 1回 |
| (2) 工事中 | 毎日1回以上 |
| (3) 工事完了時 | 2週間経過するまで毎日1回以上
2週間経過後、半年間は月2回以上 |

表 34 ベンチスケールテスト 検査項目及び基準値

薬材の種類		検査項目	検査方法	水質基準
水ガラス系	有機物を含まない	水素イオン濃度	ガラス電極法 または比色法	5.8 ≤ pH ≤ 8.6 (日本) 6.5 ≤ pH ≤ 8.5 (インドネシア)
	有機物を含む	水素イオン濃度	同上	同上
		過マンガン酸 カリウム消費量	COD 測定	10 ppm 以下

本実証試験においては、上記指針の内容に準じて安全性のモニタリングを行った。地下水の監視回数は下記のとおりとし、検査項目については、有機物を含まないことから、水素イオン濃度 (pH) のみとし、ガラス電極法で測定した。また、水質基準はインドネシア国の基準 (6.5 ≤ pH ≤ 8.5) に則ることとした。

表 35 ベンチスケールテスト 地下水の監視回数

	現場測定 (pH)	検査機関 (pH)
注入前	日を変えて2回	1回
注入中	1回 / 日	1回 / 10日
注入後	施工後2週間まで 1回 / 日	1回 / 2週間
	2週間経過後半年 2回 / 月	1回 / 月

注入後 6 カ月間の pH のモニタリング結果を図に示す。測定の結果、注入前の pH7.33 に対し、6 ヶ月後の pH の最大値は 7.71 であり、pH の若干の上昇は見られた。また、注入孔から最も近い観測井戸①（距離 10m）の pH の値が、観測井戸②（距離 15m）および観測井戸③（距離 20m）に比べると、若干高い傾向が見られ、注入孔からの距離に応じて影響は小さくなると考えられる。

いずれの測定結果も、インドネシア国の水質基準の範囲内であり、pH の上昇も少ないことから、注入による地下水への影響は非常に小さいものと評価した。

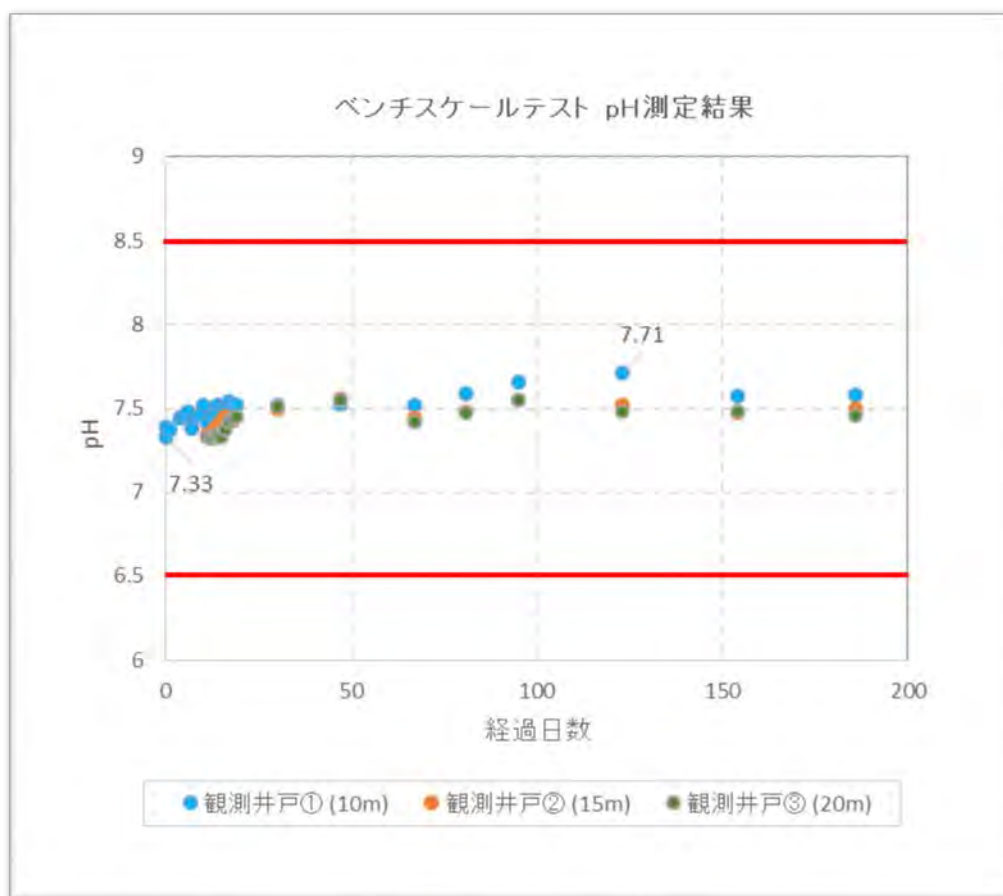


図 28 ベンチスケールテスト pH 測定結果

①-3-5 追加実施試験

当初の業務計画書への記載はなかったが、業務を進める中で必要となり、追加で実施した試験について下記に示す。

1) 地下水の調査

ベンチスケールテストの現場視察時に、注入孔から観測井戸への地下水の流れを確認する必要があるとの指摘があった。そこで、試験エリアの地下水の状況を把握することを目的として、追加で比抵抗による電気探査を実施した。

調査の結果を図に示す。図中に青で示されている箇所は、比抵抗値が小さく（ $10 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ 以下）、地下水が帯水していると考えられる箇所である。図を見ると、注入孔における注入を実施した深度付近は、連続した帯水層が見られ、この帯水層は、観測井戸と連続していると想定される。また、試験エリア周辺は、注入孔から観測井戸の方向に地盤が低くなっており、想定される帯水層の位置も注入孔から観測井戸の方向に下がっている。よって、地下水の流向についても、注入孔から観測井戸の方向に向かって流れていると想定される。

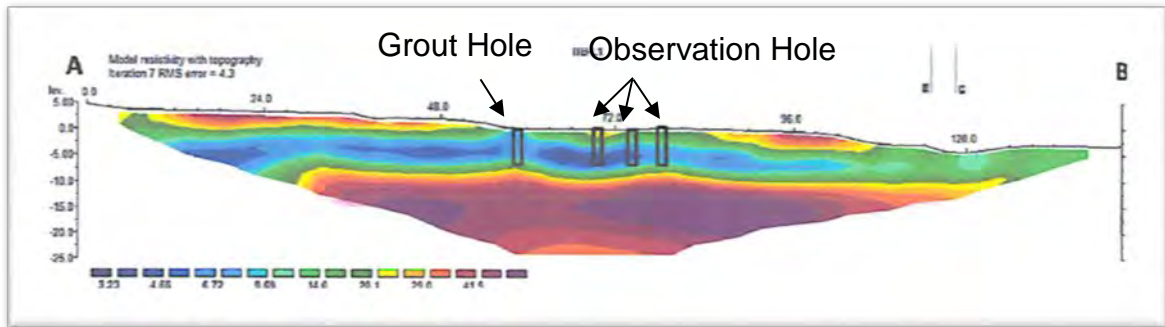


図 29 比抵抗による地下水調査結果（2D）

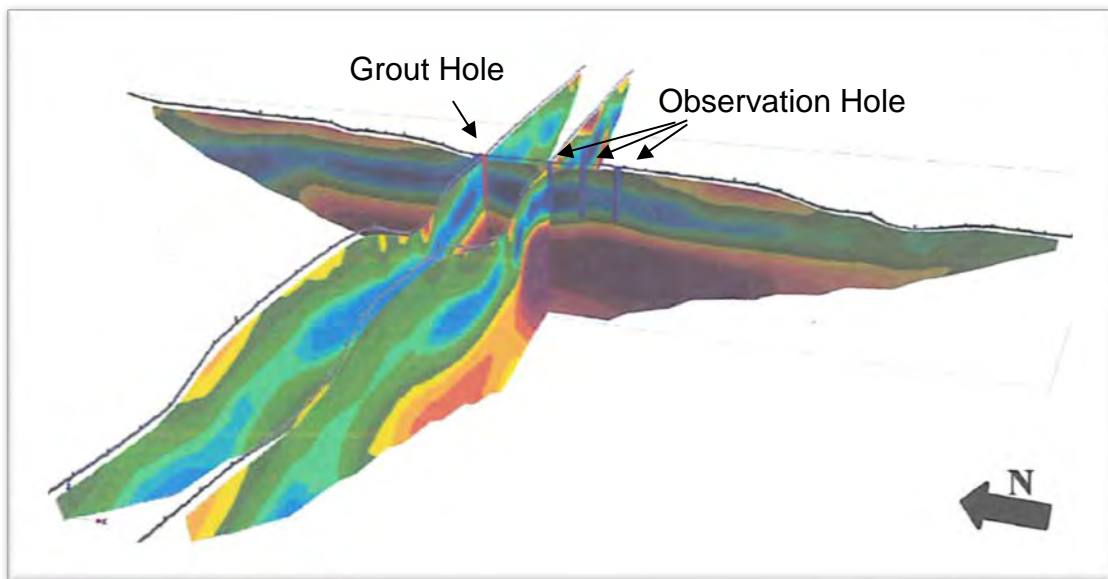


図 30 比抵抗による地下水調査結果（3D）

2) 追加の水質測定

テーブルテスト（溶出試験）の結果、一部、水質基準を超過する項目が見られたことから、ベンチスケールテストにおいても、注入の前後における地下水の影響を確認することを目的として、追加で水質の詳細な成分分析試験を実施した。

表 36 ベンチスケールテスト 成分分析試験結果

項目	単位	PP, No. 82, 2001	PERMENKES No. 492, 2010	①				②	③
		Water Quality Management and Water Pollution Control Class1	Drinking Water Standards	施工前	18日後	28日後	95日後	95日後	95日後
物理特性									
温度	℃			27.6	25.6	*1	26.6	26.6	26.6
溶解固形分（蒸発残留物）	mg/L	1000		268	150	*1	149	176	134
浮遊物質量	mg/L	50		18	38	*1	6.6	54	42
電気伝導度	μS/cm	-		*1	*1	*1	*1	*1	*1
pH	mg/L	6 - 9	6.5-8.5	7.30	7.52	*1	7.66	7.55	7.55
有機									
生物化学的酸素要求量	mg/L	2		1.59	2.39	6.37	2.47	6.63	4.45
化学的酸素要求量	mg/L	10		4.08	6.12	*1	6.33	17	11.4
無機									
リン酸塩（Pとして）	mg/L	0.2		0.145	0.2	*1	0.055	0.06	0.114
硝酸性窒素（Nとして）	mg/L	10	50	0.006	1.719	*1	0.055	0.139	0.047
アンモニア性窒素	mg/L	0.5	1.5	0.005	0.003	*1	0.002	0.001	0.005
ヒ素	mg/L	0.05	0.01	n.a.	n.a.	*1	n.a.	n.a.	0.004
コバルト	mg/L	0.2		n.a.	n.a.	*1	n.a.	0.0044	0.0047
バリウム	mg/L	1	0.7	0.026	0.086	*1	0.0033	0.0039	0.0035
ホウ素	mg/L	1	0.5	n.a.	0.071	*1	0.017	0.031	0.026
セレン	mg/L	0.01	0.01	n.a.	n.a.	*1	n.a.	n.a.	n.a.
カドミウム	mg/L	0.01	0.003	0.0347	0.0023	*1	n.a.	n.a.	n.a.
六価クロム	mg/L	0.05	0.05	n.a.	n.a.	*1	n.a.	n.a.	n.a.
銅	mg/L	0.02	2	0.0036	n.a.	*1	n.a.	n.a.	0.015
鉄	mg/L	0.3	0.3	0.0791	0.4317	0.0613	0.024	0.077	0.083
鉛	mg/L	0.03	0.01	n.a.	n.a.	*1	n.a.	n.a.	n.a.
マンガン	mg/L	0.1	0.4	0.0968	n.a.	*1	0.016	0.023	0.029
水銀	μg/L	1	1	n.a.	n.a.	*1	n.a.	0.064	0.066
亜鉛	mg/L	0.05	3	0.0309	0.0101	*1	0.108	0.088	0.139
塩化物	mg/L	600	250	1.43	2.04	*1	9.7	10.2	11
シアン化物	mg/L	0.02	0.07	n.a.	n.a.	*1	n.a.	n.a.	n.a.
フッ化物	mg/L	0.5	1.5	0.065	0.544	0.088	0.072	0.088	0.106
亜硝酸性窒素（Nとして）	mg/L	0.06	3	0.002	0.003	*1	0.01	3.0811	0.016
硫酸塩	mg/L	400	250	47.25	9.25	*1	43.5	48	10.75
遊離塩素	mg/L	0.03	5	n.a.	2.12	0.18	n.a.	n.a.	n.a.
硫黄（硫化水素として）	mg/L	0.002	-	n.a.	n.a.	*1	n.a.	n.a.	n.a.
PP, No. 82, 2001 limitation 基準超過									
PERMENKES No.492 limitation 基準超過									
インドネシア国両基準超過									
*1 試験を実施していない									

薬液注入前と注入 18 日後、28 日後および 95 日後にサンプリングした地下水の成分分析結果を表に示す。なお、観測井戸②および観測井戸③については、薬液注入後に追加で設置した孔であることから、注入 95 日後のみ成分分析試験を実施している。

試験の結果、注入の前後でいくつかインドネシア国の基準（PP,No.82,2001）の基準値を

超過する成分が検出された。以下、注入後において、基準値を超過した成分について考察する。

生物学的酸素要求量（Biological Oxygen Demand 「BOD」）とは、好気性生物が特定の時間に特定の温度で水試料中に存在する有機物質を分解するのに必要な溶存酸素量である。観測井戸①における 18 日後の BOD は、基準値の上限（2mg/L）よりわずかに高い値（2.39mg/L）を示した。また、その以降の試験結果についても、いずれも基準値の上限を上回る値となった。注入前における BOD は約 1.59mg/L であり、基準値よりは小さいものの比較的大きな値を示している。BOD の分析は、サンプルの状態や試験の環境等によって比較的ばらつきが大きいことが知られている。本注入材料は有機物質を含まないことから、注入材料の影響ではなく、地下水や土壤に元々存在する生物等による影響と考えられる。

COD については、観測井戸②および③の 95 日後の試験結果において、基準値を上回る値を示した。しかし、観測井戸②および③は、注入後に追加で設置した観測孔であり、注入前の COD のデータがないことから、そもそもの観測井戸②および③周辺の COD の値は不明である。観測井戸①については、注入前に比べて注入後の COD の値は若干大きくなっているものの、基準値は下回る値であった。このことから、観測井戸②および③で COD の値が基準値を上回ったのは、注入材料による影響ではないと考えられる。

鉄については、注入前は基準値を下回ったものの、注入 18 日後は基準値を超過した。しかし、それ以降については、観測井戸①、②、③ともに、基準値を下回るデータであった。テーブルテストの結果では、鉄の溶出量は多くなかったことから、注入材料は鉄の溶出には影響を与えないと考えられ、別に要因があると考えられる。

亜鉛については、観測井戸①、②、③ともに、95 日後の試験結果において、基準値を上回る値を示した。テーブルテストでは、インドネシア国、日本のいずれの砂においても特に亜鉛が溶出する傾向は見られなかったことから、注入材料による影響ではないと考えられる。

フッ素については、注入前は基準値を下回ったものの、注入 18 日後は基準値を超過した。しかし、注入 18 日後のフッ素の量は 0.544 mg / L にすぎない。この値は、インドネシア国の基準（PP No.82,2001）の基準値（0.5mg/L）は超過するものの、インドネシア国の健康省の基準（No492,2010）の基準値（1.5mg/L）や、WHO、EU の基準値の上限は大きく下回っている。また、その以降の試験結果は、観測井戸①、②、③いずれにおいても、基準値を大きく下回る値であったことから、安全性に問題はないと考えられる。

亜硝酸性窒素については、観測井戸②の 95 日後の測定においてのみ、他に比べると非常に多く検出された（100 倍以上）。このような状況（観測井戸②に 95 日後のみで多く検出されたこと）は不自然であり、注入材料による影響ではなく、他に理由があると考えられる（測定方法、採取方法もしくは土壌周辺の何らかの影響）。

遊離塩素については、注入前は基準値を下回ったものの、注入 18 日後は基準値を超過した。無機の塩化物はたいていの場合水中で塩化物イオンと金属イオンに電離し、水に対する溶解性は高いことから、地下水中に比較的多く存在する場合がある。遊離塩素についても、フッ素同様、インドネシア国の基準（PP No.82,2001）の基準値（0.03mg/L）は、インドネシア国の健康省の基準（No492,2010）の基準値（5mg/L）や、WHO、EU の基準値に比べると非常に小さい値となっている。18 日後の遊離塩素の量は 2.12mg/L であり、5mg/L という基準値に対しては十分小さな値であった。また 95 日後の試験結果においては、いずれも検出されなかったことから、遊離塩素についても安全性に問題はないと考えられる。

①-4 ダムサイト試験による実証試験

①-4-1 ダムサイト試験の実施方法

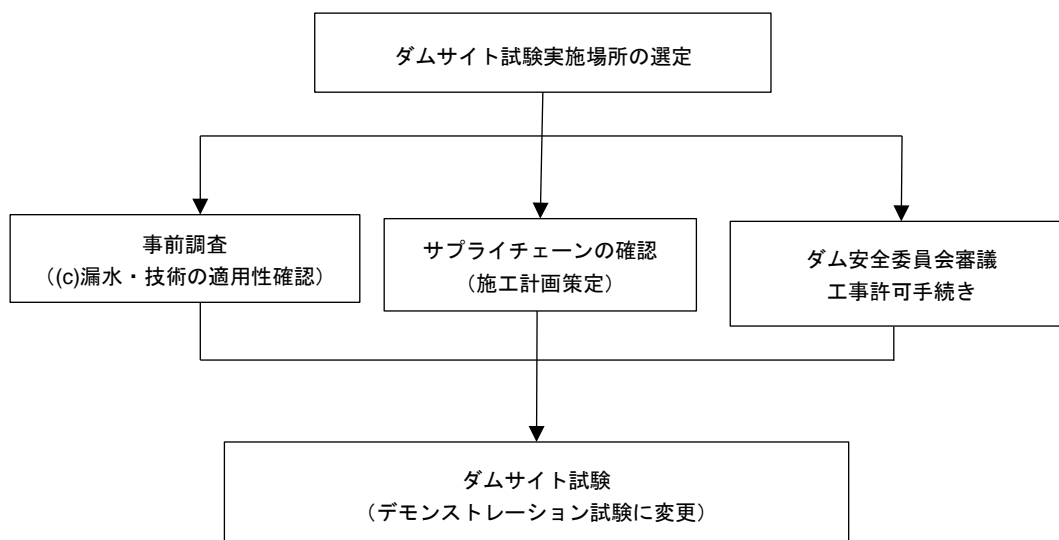
1) ダムサイト試験の目的

「実証試験」では、「学術的検証」と「現地実証試験」の両方の側面から、薬液注入技術の「効果」と「安全性」を実証することを目的とする。

漏水している老朽化ダムの一区画を利用してダムサイト試験を実施する。本実証試験では、補助工法としての薬液注入工法を施工することにより、ダム堤体の当該区画の止水性能が向上することを確認し、インドネシアにて普及しているセメントグラウチングの施工が可能となることを実証する。

2) ダムサイト試験の実施フロー

ダムサイト試験は、薬液注入技術の適用性を確認し、工事に必要な資機材を確保し、工事許可手続きを得るために、次のフローにより実施することとした。老朽化ダムを選定し、ダム堤体の漏水と薬液注入技術の適用性を確認し、施工計画（薬液注入試験計画）を策定する。これらの検討結果をダム安全委員会で審議し、ダムサイト試験計画の承認を得る。また、全ての工事は、環境管理法に基づく許可、工事用地の占用許可および利害関係者への説明を要する。



出典：提案法人作成

図 31 ダムサイト試験の実施フロー

3) ダムサイト試験の中止（デモンストレーション試験への変更）

先に示した実施フローに従い、ダムサイト試験の候補地である「カモジンダム」において事前調査を実施した。事前調査の結果、BBWS の指名したダム安全管理者の提言を参考として以下のことを確認し、「カモジンダム」においてはダム堤体からの漏水に対する対策は、必要ないものと判断した。

- ・ 調査ボーリングの結果、ダム堤体の透水性は全体として低く、また地質はシルト質の粘土が主体であり、溶液タイプの薬液注入工法の適用は難しい。
- ・ トレーサー試験の結果、現場透水試験で確認した最も大きな透水係数を用いて計算した推定の到達時間内において、トレーサーの到達は確認できなかった。
- ・ カサグランデの方法によってダム堤体の漏水量を推定した結果、現場透水試験で確認した最も大きな透水係数を用いて計算した場合においても、日本におけるダム堤体からの漏水の基準よりも小さな値となった。

次節「①-4-2 ダムサイト試験実施場所の選定」で記述するように、候補地として「カモジンダム」を選定するまでも、多くの労力と時間を要し、改めて適切なダムを選定するのは困難であることから、ダムサイト試験を中止することとした。

薬液注入技術の適用性（施工性および地盤改良効果）についてインドネシア人技術者の理解を深めるために、老朽化ダムにおけるダムサイト試験に代えて、日特建設のチャクン機材センターにおいてデモンストレーション試験を実施することに変更した。

①-4-2 ダムサイト試験実施場所の選定

当初予定したソロ川流域のダムについて、インドネシア国側の安全確保のための慎重姿勢等が重なった結果、ダムサイト試験実施場所の選定に時間を要し、ジャカルタ近郊でチタルム川流域カモジンダムを選定した。

以下に、遅延の個別要因について説明する。

1) 事業予定時の試験候補予定ダムの使用不可連絡

本普及・実証事業の採択以降、契約締結準備を進めていた 2016 年 3 月の段階で、当時第 1 候補地として上がっていたソロ川流域のダム視察、及びソロ川河川流域管理事務所（BBWS）への説明を実施している。その際には、ソロ川河川流域管理事務所（BBWS）側から前向きな回答を受けたため、ソロ川流域ダムを第 1 候補として準備・検討を進めてきた。



写真 9 2016年3月ソロ川流域漏水ダム事前視察

だが、2016年6月にキックオフミーティングのための渡航に併せ、再度ソロ川河川流域管理事務所（BBWS）を訪問し実証試験について改めて説明した段階で、ソロ川河川流域管理事務所（BBWS）より、薬液注入工法に対する安全性についての懸念を指摘され、漏水ダムの提供に対しては難色を示された。

インドネシア国側の安全性の懸念については理解出来る懸念である事から、テーブルテストによる薬液注入工法の効果と安全性の検証試験の結果を受けて再度検討して貰う事とし、ソロ川流域ダムのダムサイト試験における利用については、一旦白紙に戻す事となった。

2) テーブルテスト完了時期の遅延

インドネシア国側の理解を得るためにも、薬液注入工法の効果と安全性についての実証試験レポートの提出が急務という状況において、日本側のテーブルテスト試験は予定

通り完了したものの、インドネシア国側の実験において、サンプルに使用する土壌の選定や実験手順の確立に手間取った事、又、分析項目追加による追加試験の発生等により2016年8月末終了予定のテーブルテスト試験が完了したのは2016年11月となってしまった。

3) 実証試験レポートの構成変更及びそれに伴うレポート提出時期の遅延

更に、2016年8月にインドネシア国側のテーブルテスト速報結果を受けて、バンドン工科大学（ITB）のサディスン（Sadisun）准教授より「効果と安全性の検証結果に一層の説得力を持たせるためには、ベンチスケールテストの結果と併せた形でレポートを作成すべきだ」との指摘を受けるに至った。

広範な用途での採用が期待出来る薬液注入工法の普及を念頭においた際、関係機関がいずれも納得のいく内容のレポートを作成する事は必須であり、レポート作成においては、インドネシア国において学術的に権威あるバンドン工科大学（ITB）のサポート及びアドバイスは不可欠であるため、この段階でレポートにはベンチスケールテストの結果も含める事となった。

業務計画書ではベンチスケールテスト完了は2016年12月を予定していたため、この段階で、レポートの提出は早くとも2017年1月となる事が確定した。レポート提出後にダムサイト試験場所について再依頼を行う予定であったため、ダムサイト試験実施場所決定は2017年2月以降にずれ込む事が確定となった。

4) ベンチスケールテスト場所申請手続きの長期化及び実施時期の遅延

テーブルテスト試験と並行して、実証試験の第2段階となるベンチスケールテストの実施場所について、関係者で検討を進めていた。薬液注入材に対する安全性についてインドネシア国側の理解が得られていない段階で実施するため、実施場所は相手国政府関係機関であるR&D局の管理地内もしくは学術機関であるバンドン工科大学（ITB）の実験施設内で適した土地を提供して貰うよう働きかける予定であった。

幸い、バンドン工科大学（ITB）のジャティナンゴルキャンパスには、実験に使用可能な広さの土地があり、2016年6月視察時にも条件的に適合していると判断したため、サディスン（Sadisun）准教授に学内で内諾を貰えるよう交渉をお願いした。内諾を無事に受けた段階で、ベンチスケールテストが施工可能かどうか調査ボーリングを行うため、2016年7月に試験掘削許可申請をバンドン工科大学（ITB）ジャティナンゴルキャンパスに対して行った。学内申請は1～2週間程度で許可が降りると想定していたが、実際には2ヶ月を要したため、許可書類を受領したのが2016年9月であり、実際に調査ボーリングが実施出来たのは2016年10月となってしまった。

調査ボーリングの結果は良好であったため、ベンチスケールテストを同場所で実施す

る事に関係者で合意した。そこで改めて、バンドン工科大学（ITB）ジャティナンゴルキヤンパスにベンチスケールテスト実施許可申請を2016年10月に行った。調査ボーリングの際と同様に、本申請も許可が降りる迄に2ヶ月を要したため、実際にベンチスケールテストを実施出来たのは2016年12月となり、業務計画書にて予定していた実施時期より3ヶ月の遅延が発生した。

5) ベンチスケールテストの試験工程追加による完了時期遅延

業務計画書において、薬液注入工法の効果と安全性についての検証はテーブルテストのみで実施し、ベンチスケールテストは補完的な位置づけであったため、試験後のモニタリング期間を簡易的なものと位置づけ3ヶ月と設定していた。

だが、サディスン（Sadisun）准教授の提案によりベンチスケールテストの試験結果がレポート内に記載される事になったため、安全性確認のための追加試験準備と共に、通常施工の手順である6ヶ月のモニタリングを実施する事となった。そのため、2016年12月に実施したベンチスケールテストの最終結果が出るのは2017年6月となり、レポート提出時期が2017年6月末以降にずれ込む事となった。

6) ダムサイト試験候補としての不適格なダムのR&D局側からの提案

ベンチスケールテストの経過は順調であったため、レポート提出予定の2017年6月末に併せて、ダムサイト試験候補地の調査と選定を2017年1月から再開した。

PUPRにおいて既存ダムの管理を行っているのは水資源総局内のオペレーション&メンテナンス（O&M）局であるが、水資源研究開発センター（PUSAIR）裁量で使用許可を得られそうなダムを紹介されたため、それらにつき、書面上、もしくは現地視察を行ってダムサイト試験への適合性について検証した。

(i) カリマンタン（Kalimantan）島ウオノギリ（Wonogiri）漏水ダム

紹介を受けた数日後に、「漏水箇所は既に補修済のため、提供可能なダムは現段階ではない」旨の連絡を受けたため候補から外れた。

(ii) マルク（Maluku）諸島ブル（Buru）島漏水ダム

マルク諸島はインドネシア国の東側に位置しており、交通・物流において実証試験のコスト上昇要因となる。又、現地は海賊出没も指摘されている海域に近く、治安状況にも不安を覚えた。加えて、漏水ダムの報告書類を精査したところ、コンクリート構造物からの漏水であり、土質的にも薬液注入工法は適さないと判断したため、本提案ダムはダムサイト試験には利用出来ない旨を、水資源研究センター（PUSAIR）に伝えた。

(iii) スマトラ (Sumatera) 島 バツテギ (Batutegi) ダム

本ダムはインドネシア国において上位 10 位以内に入る巨大なダムであり、ロックフィルダムという構造を持ったダムである。本実証試験において対象となるダムはアースダムであり、構造上異なっているため施工は難しいとの事前判断があった。念のため、現地を訪問し漏水箇所を視察したが、ダムの設計上冗長性確保のために漏水する構造となっており、排水設備等の対応をするべき内容であった。そのため、視察後、本提案ダムはダムサイト試験には利用出来ない旨を PUSAIR 側に伝えた。

	
<p>PUSAIR・BBWS MESUJI SEKAMPUNG との打合せ (PUSAIR 会議室)</p>	<p>ダム全体像</p>
	
<p>ダム堤体全体像</p>	<p>ダム上部亀裂箇所</p>
	
<p>監査路視察</p>	<p>監査廊内漏水箇所</p>

写真 10 2017 年 5 月スマトラ島バツテギダム視察

3 ダムの提案を受けた時点で、PUSAIR 側とも相談し、やはりインドネシア国において既存ダムを管理している O&M 局に本実証試験の趣旨を説明し、漏水のあるアースダムをダムサイト試験に提供して貰うよう正式に依頼する事で合意した。正式依頼は、効果と安全性のレポートを R&D 局に提出した後に行う事となったため、O&M 局から漏水ダム候補を提供して貰えるのは最速で 2017 年 7 月となった。

7) R&D 局局長交代に伴う面談日程調整の長期化

2016 年 10 月、相手国政府関係機関である R&D 局内で、本事業の協議議事録 (MM) を締結した前局長から新局長への人事交代があった。前局長時代は、調査団との間に人間関係が構築されていた事もあり、多忙な中、短時間でも面会時間の確保が出来たが、新局長になってからは、面会時間の取り付けが難しくなり、書類提出や依頼が従前以上に進まなくなった。

8) BBWS Citarum からのダムサイト試験候補の提供と合意形成

2017 年 8 月、R&D 局局長よりカモジンダムを候補地とする提案を受けて、ダム構造や現地情報を収集し、PUSAIR、BBWS Citarum と薬液注入試験計画について協議を進めた。ダム安全委員会の承認を得るための地質調査計画や注入試験計画の要望が出され、2018 年 9 月 28 日にダムサイト試験の候補地が決定した。ボーリング調査会社の選定およびボーリング調査の許可を受けて、2018 年 12 月に事前調査を開始した。

①-4-3 ダムサイト試験実施場所の事前調査

ダムサイト試験の候補地として選定したカモジンダムについて、ダムの漏水の有無および、薬液注入工法の適用性を確認することを目的として、事前調査を実施した。事前調査の実施項目は、下記 2 項目である。

- ・ 調査ボーリングによるダム堤体の地質および透水性の確認
- ・ トレーサー試験による漏水の有無の確認

以下、これらの調査結果についてまとめる。

1) 調査ボーリング

(i) 調査ボーリング位置の決定

カモジンダムにおける既存の調査結果として、比抵抗による電気探査結果があり、この調査結果をダム管理者より受領した。そこで、この調査結果を踏まえ調査ボーリング位置を決定することとした。

この既存の調査の位置および調査結果を以下に示す。



図 32 調査位置

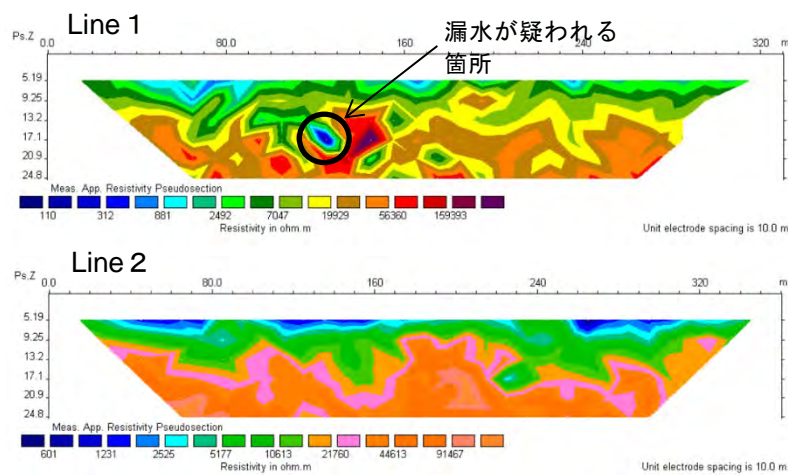


図 33 調査結果

この既存の調査結果によると、図に示すとおり、比抵抗の値が極端に小さく、漏水が疑われる箇所がみられた。この結果を踏まえ、下記方針のもと、調査ボーリング位置および深さ（削孔長）を決定した。

- ・ 調査ボーリングは、漏水が疑われる箇所を挟むよう上下流 2 本実施する。
- ・ 調査ボーリングの深度は、漏水が疑われる箇所より深くまで実施する。

これらの方針のもと、図に示す位置および深さで調査ボーリングを実施することとした。

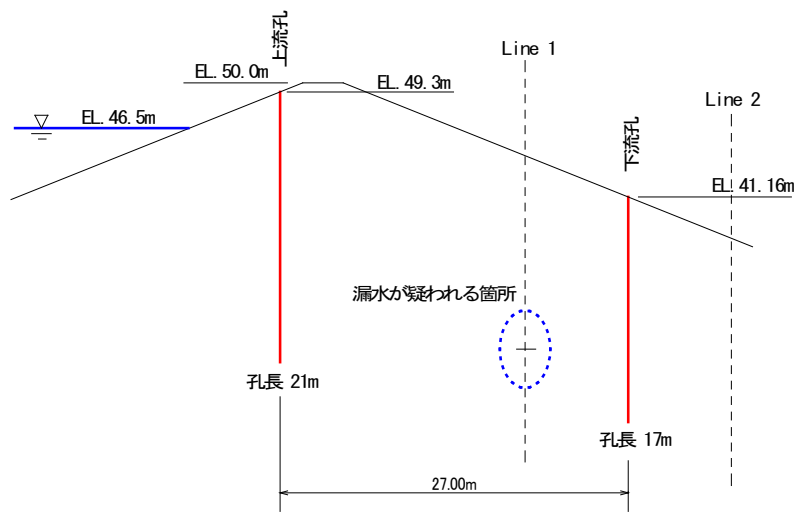


図 34 調査ボーリング実施箇所

(ii) 調査ボーリングにおける調査項目

調査ボーリングにおける調査項目は下記のとおりとした。

表 37 調査項目

項目	上流孔	下流孔
コア採取・柱状図作成	21m	17m
標準貫入試験	14 回	12 回
現場透水試験	13 回	-

(iii) 調査ボーリング結果

【上流孔】

全体として、地質はシルト質の粘土主体となっているが、一部、細砂主体の層（深度

11.9~12.4m、20.5~20.95m) がみられる。

標準貫入試験の結果 (N 値) や、柱状図、コア写真の状況から、堤体と基礎地盤の境界は、深度 10m 程度にあると考えられる。

表 38 柱状図概要 (上流孔)

深度	柱状図	N 値	コア写真 (色調)
0~10m	Soft~Very soft	1~5 程度	赤茶色~茶色
10m~	Medium stiff~Stiff	10 程度以上	濃茶色~灰茶色

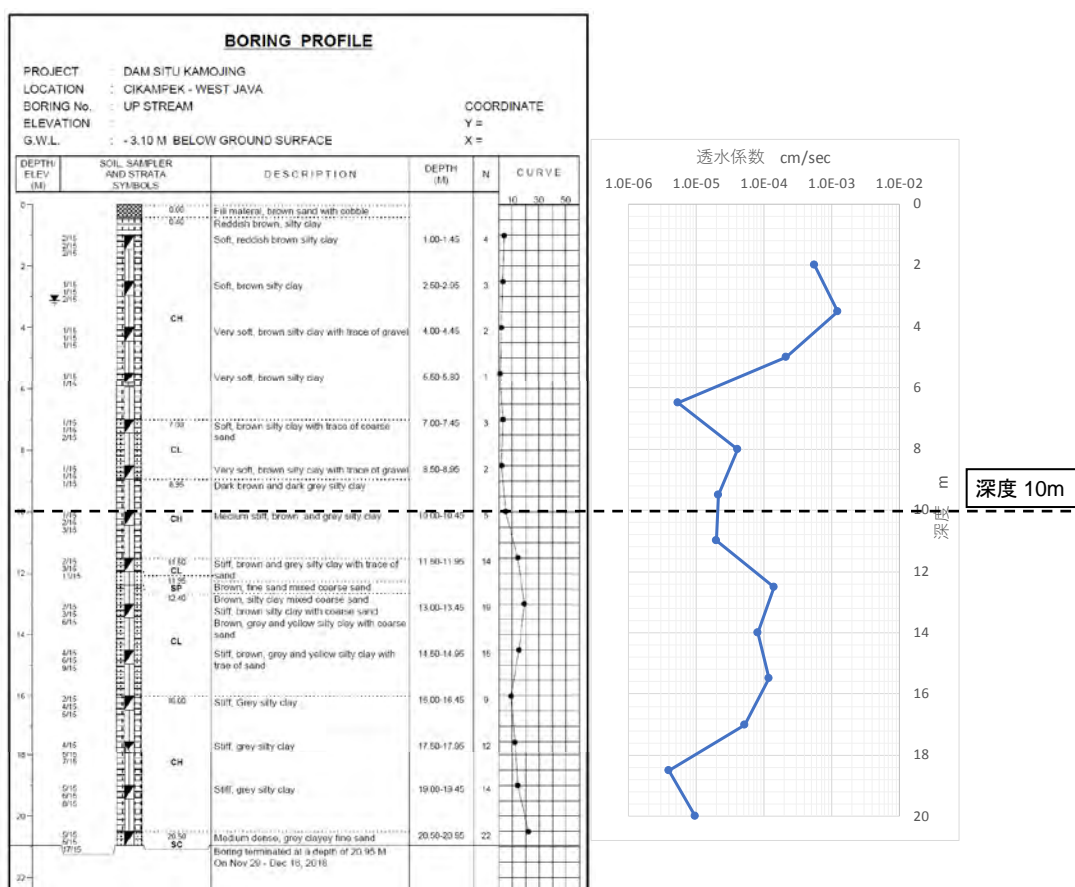


図 35 柱状図および透水試験結果 (上流孔)

透水試験の結果、上部で 1.0×10^{-3} cm/sec 程度の箇所が見られた。しかし、これは地下水位より上部における測定データであり (地下水位 3.1m に対し、1.5~2.5m および 3.0~4.0m の試験結果)、不飽和の影響も考えられる。

これらを除くと、堤体に比べると、若干基礎地盤 (10m 以深) の透水性が高い傾向がみられるが、いずれも透水係数は $1.0 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ cm/sec となっており、低透水であること

を確認した。

【下流孔】

全体としては、シルト質粘土、砂質シルト主体であるが、深度 2.95~4.0m に玉石層が見られる。下流孔の地下水位は 3.0m であることから、これはドレーン工の可能性はある。また 10.4~14.0m に砂主体の層がみられ、この層の近辺は、N 値も非常に大きい。

玉石層がドレーン工であるとした場合、その下端（深度 4.0m）が、堤体と基礎地盤の境界であると考えられるが、玉石層直下は、N 値も小さく軟弱である。

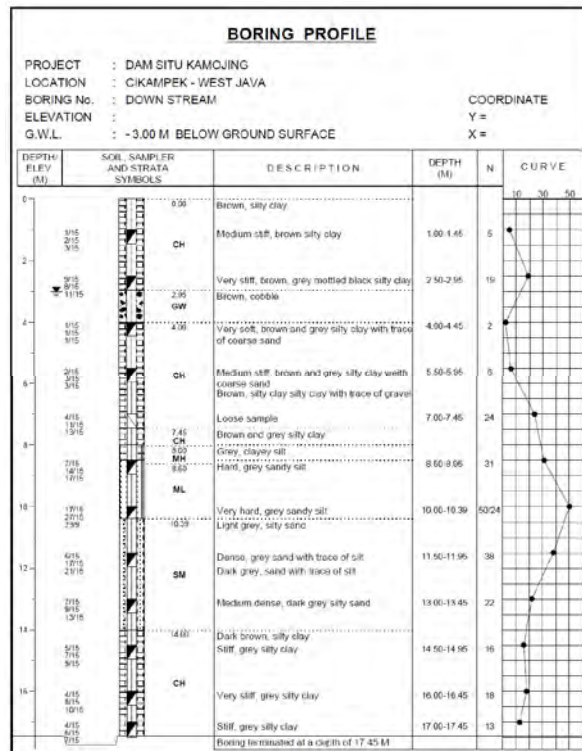


図 36 柱状図（下流孔）

【調査ボーリング結果のまとめ】

堤体の地質はシルト質粘土で概ね均質であり、現場透水試験の結果についても透水係数は $1.0 \times 10^{-4} \sim 10^{-5} \text{cm/sec}$ と低い。

基礎地盤については、比較的硬質なシルト質粘土もしくはそれに砂が混じった地質であり、そこに若干砂層が介在しているようである。堤体に比べて基礎地盤の透水性が若干高いのは、それが原因と考えられるが、透水係数は $1.0 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ 程度であり、透水性は低い。

下流孔の深度 10.4~14.0m において砂を多く含む層が見られるが、図（堤体断面図）に示すとおり、既往の電気探査において漏水が疑われると判断された箇所付近に近接してお

り、帯水層として関連している可能性はある。

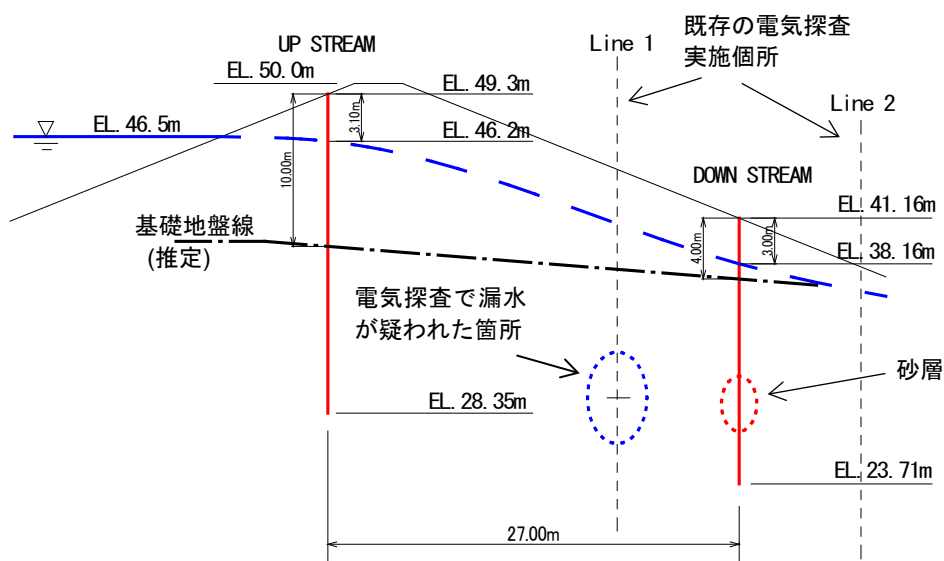


図 37 堤体断面図（推定）

本調査ボーリングの結果からは、特に大きな漏水の要因となる箇所は見つからなかったが、本調査ボーリングはあくまで「点」での調査結果であることから、最終的には上流孔と下流孔の孔間においてトレーサー試験を実施し、堤体の透水性について確認することとした。

2) トレーサー試験

(i) トレーサー試験方法

トレーサー試験は、上流孔にトレーサー（色粉）を投入し、その後一定時間ごとに下流孔および下流端の排水側溝から水を採取し、採取水にトレーサーが含まれるかどうかを確認する。トレーサー検出の有無、もしくは検出されるまでの時間によって、孔間の地盤の透水性やみずみちの有無等について評価する。

実際に使用したトレーサーおよびトレーサー試験の手順を以下に示す。

表 39 使用したトレーサーおよび検出方法

トレーサー	色 : 黄緑 成分 : フルオレセインナトリウム 形状 : タブレット状 特長 : 生分解性で安全性は高い (アメリカでは一定濃度以下であれば飲料水に使用可能)
検出方法	目視、もしくは着色が薄い場合は紫外線(ブラックライト)を照射し、目視で確認

(ii) トレーサー到達時間の推定

上流孔と下流孔の地下水位の水頭差、孔間距離および地盤の透水係数から、上流孔から下流孔へのトレーサーの到達時間を推定した。推定に使用する透水係数は、上流孔の現場透水試験におけるもっとも透水係数の大きな値(深度 3.5m、 $1.243 \times 10^{-3} \text{cm/s}$)を使用した。また、地盤の間隙率は 41%として計算した。

$$\text{水頭差 } \Delta h = (\text{EL.}) 46.2\text{m} - (\text{EL.}) 38.61\text{m} = 7.59\text{m}$$

$$\text{孔間距離 } \Delta L = 27.0\text{m}$$

$$\text{透水係数 } k = 1.243 \times 10^{-3} \text{cm/s} = 1.074\text{m/day}$$

$$\text{間隙率 } n = 0.41 \text{ (41\%)}$$

$$\text{浸透速度 } v = k \times (\Delta h / \Delta L) / n = 1.074 \times (7.59 / 27.0) / 0.41 = 0.736 \text{ m/day}$$

$$\text{到達日数 } T = \Delta L / v = 27.0 / 0.736 \approx 37 \text{ 日}$$

よって、上流孔と下流孔の孔間の地盤の透水係数が $1.243 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ であった場合、37日程度でトレーサーが到達する計算となる。

すなわち、仮に 37日 でトレーサーが到達しなかった場合、少なくとも孔間の地盤の透水係数は $1.243 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ より小さいと考えられる。

(iii) トレーサー試験結果

トレーサー試験の結果を表に示す。トレーサー試験は 2019年 2月 26日 より開始した。測定は基本的に 3日おきに実施することとした。

測定日には、毎朝 9時に上流孔にトレーサーを 1錠投入し、13時と 17時に下流孔の深度 4m および 10m の水を採取し、トレーサーの有無を確認した。また、下流側溝からも水を採取しトレーサーの有無を確認した。

表 40 トレーサー試験結果

日付	日数	上流孔 トレーサー 投入	測定結果（トレーサー検出：○、非検出：×）				
			深度 4m		深度 10m		下流側溝
			13:00	17:00	13:00	17:00	
2/26	1	○	×	×	×	×	×
2/27	2	○	×	×	×	×	×
3/1	4	○	×	×	×	×	×
3/4	7	○	×	×	×	×	×
3/7	10	○	×	×	×	×	×
3/10	13	○	×	×	×	×	×
3/13	16	○	×	×	×	×	×
3/16	19	○	×	×	×	×	×
3/19	22	○	×	×	×	×	×
3/22	25	○	×	×	×	×	×
3/25	28	○	×	×	×	×	×
3/28	31	○	×	×	×	×	×
3/31	34	○	×	×	×	×	×
4/3	37	○	×	×	×	×	×

トレーサー試験の結果、試験開始 37 日間で、下流孔および下流側溝、いずれにおいてもトレーサーは検出されなかった。よって、上流孔と下流孔の孔間には、特別に透水性の大きな箇所や水みち等は存在しないと判断した。

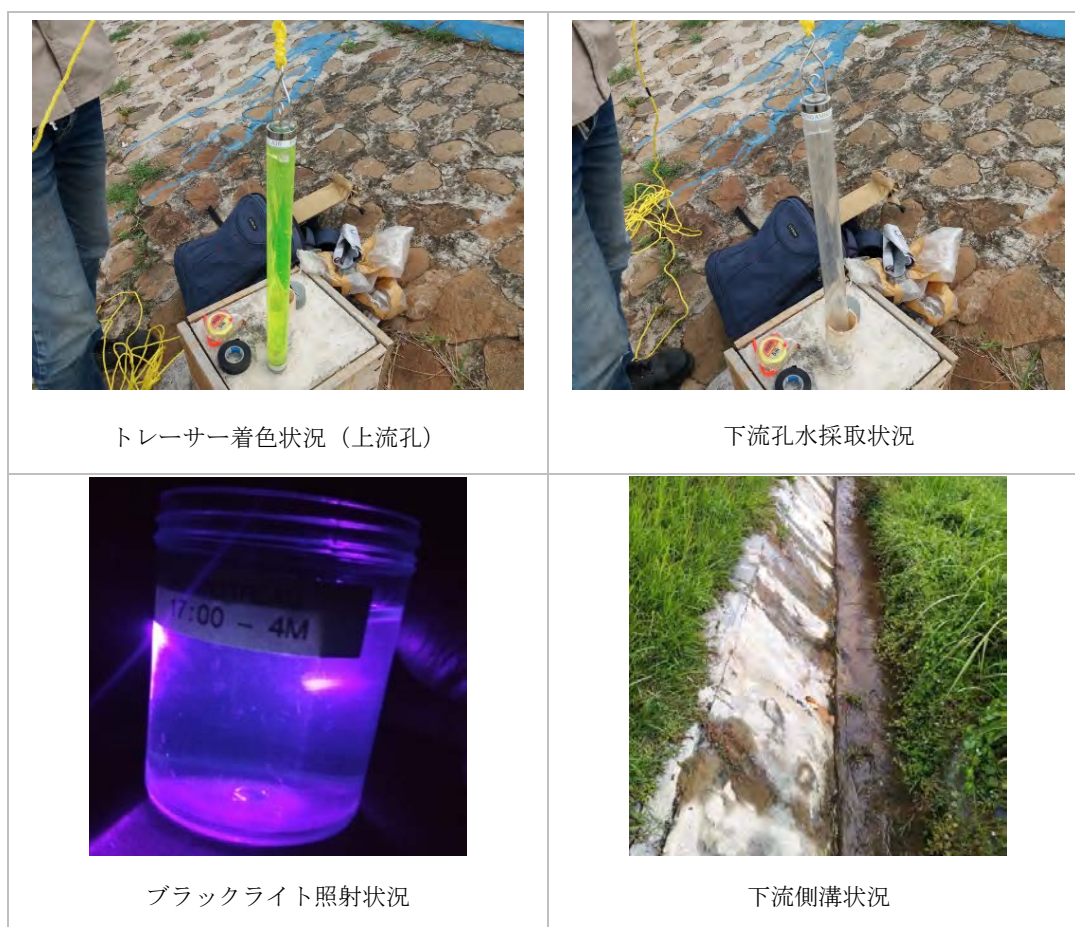


写真 11 トレーサー試験状況

3) 調査結果の評価

(i) 地質からみたダム堤体における薬液注入工法の適用性

一般的に溶液タイプの薬液注入工法では、砂質分が 65%以上（粘土、シルト分が 35%以下）であれば、浸透注入が可能であるとされている。

調査ボーリングの結果より、ダム堤体の地質はシルト質の粘土が主体となっており、注入形態は割裂注入となる可能性が高い。本普及実証事業において普及を目指す注入材料は溶液タイプである。溶液タイプにおいて注入形態が割裂注入になると、十分な改良効果が発揮できない可能性が高いことから、溶液タイプの注入材料は本ダム堤体の注入には適さないと考える。

(ii) ダム堤体における漏水量の推定

調査ボーリングにおける透水試験の結果を用い、ダム堤体における漏水量の推定を行

った。漏水量の推定は、簡易的にフィルダム堤体の浸透流量を算定可能なカサグランデの方法*により行った。

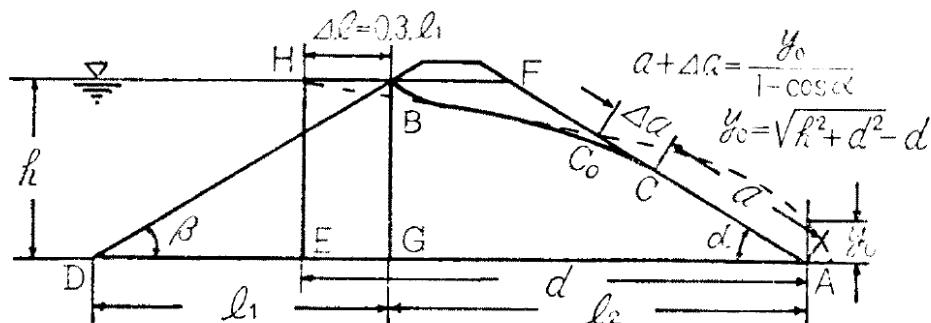


図 38 カサグランデの方法*

$\alpha > 30^\circ$ の場合

$$Q = y_0 K \quad \dots \text{式 1}^*$$

$\alpha < 30^\circ$ の場合

$$Q = K \cdot \sin \alpha \cdot \tan \alpha \left\{ \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \alpha}\right)^2} \right\} \quad \dots \text{式 2}^*$$

Q : 浸透流量 (m³/s 堤体幅 1m 当たり) 、K : 透水係数 (m/sec)

カモジンダムにおいて浸透流量を計算した結果を表に示す。計算式については、 $\alpha < 30^\circ$ であることから式 2 を用いた。また、計算を行うに当たり、ダムの堤体の断面について、調査ボーリングを行った断面の正確な図面がないため、あくまで推定の断面として計算している。また、計算で使用した透水係数の値は、上流孔の調査ボーリングにおける透水試験結果のうち、最も透水係数の大きな値 (深度 3.5m、 $1.243 \times 10^{-3} \text{cm/s}$) を用いた。

表 41 パラメータと計算結果

h	6.5	m
l1	26.8	m
l2	51	m
d	59.04	m
α	15.4	°
K	1.243×10^{-5}	m/sec
Q	4.641×10^{-6}	m ³ /s
	0.278	L/min

本計算の結果、堤体幅 1m 当たりの浸透流量（漏水量）は 0.278L/min となった。

日本において、ため池の堤体からの許容浸透量として、堤体の安全性を確保する観点から、堤長 100m 当たり 60L/min 以下を目安としている**。

なお、ため池に求める貯水機能を厳密に検討する場合は、浸透による貯水の減少率を 1 日当たり総貯水量の 0.05%以下に抑えることが目標とされている**。しかし貯水の減少率は、ダム堤体だけでなく、貯水池の基礎や周辺地山の透水性等も影響する。本事前調査は、あくまでダム堤体における透水性、漏水を評価することを目的としていることから、堤長 100m 当たり 60L/min 以下という基準で評価することとした。

カサグランデの方法により算出された推定の漏水量（ダム堤長 100m 当たりの漏水量）は 27.8L/min (0.278×100m) であり、この基準（堤長 100m 当たり 60L/min 以下）を十分満足することを確認した。

なお、この推定の漏水量は、堤体の調査ボーリングにおける現場透水試験結果のうち、最も大きな透水係数を用いて計算した結果である。さらに、トレーサー試験においては、この最も大きな透水係数を用いて計算した推定の到達時間内に、トレーサーの検出を確認できなかった。よって、カモジンダムの堤体の透水性は、全体としては本計算で用いた透水係数よりは小さいと考えられ、実際のダム堤体における漏水量は、カサグランデの方法で計算した推定の漏水量より、さらに少ないものと考えられる。

* フィルダムの浸透流解析に対する Casagrande の方法について：渡辺忠 他、農業土木学会誌 46-5、p. 23、1978

** 土地改良事業設計指針「ため池整備」：農林水産省農村振興局、p. 50-51、2015

(iii) 漏水に対する補修の必要性について

本事前調査の結果、以下のことを確認した。

- ・ 調査ボーリングの結果、ダム堤体の透水性は全体として低く、また地質はシルト質の粘土が主体であり、溶液タイプの薬液注入工法の適用は難しい。
- ・ トレーサー試験の結果、現場透水試験で確認した最も大きな透水係数を用いて計算した推定の到達時間内において、トレーサーの到達は確認できなかった。
- ・ カサグランデの方法によってダム堤体の漏水量を推定した結果、現場透水試験で確認した最も大きな透水係数を用いて計算した場合においても、日本におけるダム堤体からの漏水の基準よりも小さな値となった。

BWSS の指名したダム安全管理専門家は、透水試験およびトレーサー試験結果によれば、「浸出水が見られるものの、浸出水の量と流下速度が極めて小さく、ダムは安全である。ダムの貯水量を増やす改造を行う場合には、ダム底のシルト質砂層を良質土砂で置き換

え転圧することを提言する。また、ダム堤体の下部から浸出水が見られるが、雨水の浸入水によるものと想定している。この問題を克服するためには、脱落し易い土砂のある浸出水の付近を良質の土砂で入れ替えて転圧すること、および浸出水を封じ込めるために前後±80mの範囲に堆積土砂を投入し、ダムを均質にすることを提言する。」と結論付けている。

本事前調査の結果より、カモジンダムにおいては、ダム堤体からの漏水に対する対策は、必要ないものとする。

なお、これはあくまでダム堤体の漏水に対する安全性に関する評価であり、例えば堤体のすべり等に対する力学的な安全性の評価は実施していない。また、貯水池の基礎や周辺地山等からの漏水に関する評価も実施していない。仮にこれらに関する評価が必要な場合は、別途調査を実施する必要がある。

Saran dan Kesimpulan : 示唆とまとめ	
4.1	省略 Hal ini berarti seepage line yang terjadi tidak memotong kaki tubuh bendungan bagian hilir. Berarti aman di tinjau dari segi keamanan bendungan. 浸出水が観察されるが、ダム堤体の下部を切り崩していない。このことは、ダムの安全性について、安全であることを意味する。
4.2	省略 terdapat lapisan silty sand yang potensial dapat di lewati aliran rembesan di bawah bendungan (karena permeabilitynya cukup besar). Namun sepanjang sedimentasi di daerah genangan (Reservoir) tidak di ganggu, tidak menimbulkan masalah bocoran, kecuali kalau sedimentasi yang ada akan dikeruk dalam rangka memperbesar volume tampungan, agar diwaktu musim banjir besar tidak terjadi limpasan. ダム低よりも下部にシルト質砂層があり（透水係数が極めて大きいので）、浸出水の通り道となる可能性がある。貯水池底部の堆積土砂が乱されておらず、大洪水時に放流しないで済むように貯水量を増大させるために浚渫しない限り、浸出水の問題とはならない。
4.3	Apabila terpaksa sedimentasi akan digali, disarankan agar Elevasi kedalaman galian tidak melebihi Elevasi dasar Reservoir yang asli. 圧密された堆積土砂を浚渫する場合、貯水池の元々の高さより深く浚渫しないことを提言する。
4.4	Hasil kajian "Tracer test" menunjukkan bahwa tidak terindikasi adanya penyebaran zat pewarna pada lobang bor bagian hulu ke lobang bor bagian hilir, karena kurang tepatnya waktu pengamatan dibanding dengan hasil perhitungan perambatan aliran air antara lubang bor bagian hulu dan lobang bor bagian hilir. Seandainya hasil uji coba menunjukkan adanya aliran rembesan dari lobang bor di hulu ke lobang bor ke hilir, karena kecepatan aliran yang sudah sangat lambat ($V = 0.737$ m/ hari), aliran ini tidak akan bisa melarutkan butir-butir tanah di jalur aliran yang dimaksud, berarti masih aman-aman saja. トレーサーテストの結果は、上流孔～下流孔を流下する間に十分を確保したものの、染料が拡散していることを確認出来なかった。上流孔～下流孔の試験結果は、浸出水の速度が十分に緩やか（0.737m/日）であるので、土砂の粒子を流出させることはないだろう。このことは、ダムが安全であることを意味する。
4.5	Rembesan yang terlihat pada kaki tubuh bendungan bagian hilir, yang diprediksi bersumber pada resapan air hujan, debitnya juga diperkirakan tidak besar. Maka untuk menanggulangi masalah ini disarankan : daerah sekitar rembesan yang

kondisi struktur tanahnya sudah labil (既に脱落し易い) , dikeruk dan dipadatkan kembali dengan tanah yang cukup baik, sekaligus sebagai penambahan timbunan pada daerah tersebut sepanjang ± 80 m untuk menyelaraskan profil bendungan dan menutup bagian yang ada rembesannya.

ダム堤体の下部から浸出水が見られるが、雨水の浸入水によるものと想定され、浸出水量は多くない。この問題を克服するためには、脱落し易い土砂のある浸出水の付近を良質の土砂で入れ替えて転圧すること、および浸出水を封じ込めるために前後±80mの範囲に堆積土砂を加えて、ダムを均質にすることを提言する。

①-5 デモンストレーション試験

ダムサイト試験の中止を受けて、インドネシア人技術者の薬液注入技術に関する理解を深めることを目的として、施工のデモンストレーション試験を実施することとした。

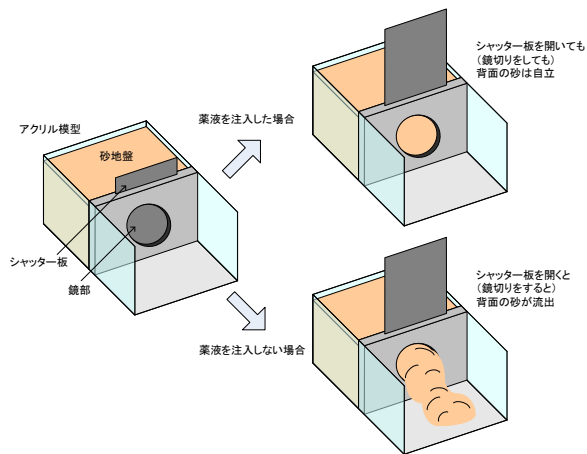
デモンストレーション試験は、実際に薬液注入工事で使用する機材設備を使用し、外部人材である日特建設のチャクン機材センターで実施した。デモンストレーション試験で実施した項目は下記のとおりである。

- ・ 薬液注入材料の性状確認 (テーブルテスト)
- ・ 簡易注入試験
- ・ 機器設備の説明
- ・ 削孔および注入のデモンストレーション

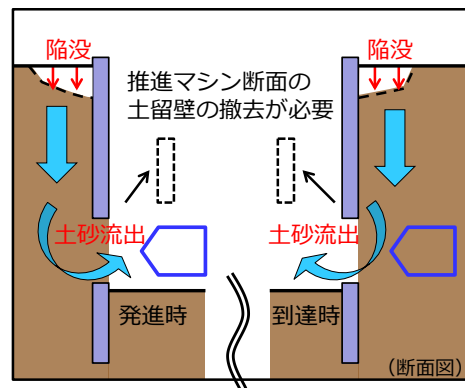
デモンストレーション試験は後述するセミナーの開催に合わせて実施し、多くの参加者のもと実施した。

最初に、参加者に対し本デモンストレーション試験の趣旨説明をしたのち、薬液注入工法で使用する注入材料 (水ガラス、硬化剤) について説明を行い、その後、実際に2液 (A液およびB液) を混合し、材料がゲルする様子を実演した。

次に、薬液注入による効果を視覚的に理解していただくことを目的として、簡易な模型を用いた注入実験を行った。使用する模型のイメージを図に示す。この模型は、都市部における推進工もしくはシールド工における立坑の止水注入をイメージしたものである。この模型の砂地盤に対して、実際に2本の注射器を用いて薬液の注入を行い、薬液注入によって地山が自立し鏡部からの土砂の流出が防止され、安全に工事が行えることを参加者に対して視覚的に示すことができた。



簡易注入試験装置



発進・到達立坑における土砂流出

図 39 簡易注入試験の概要



デモンストレーション試験会場の様子



ゲルタイム試験の実演状況



簡易注入試験状況
(砂地盤への注入状況)



簡易注入試験モデル
左：注入なし 右：注入あり

写真 12 薬液注入材料の性状確認と簡易注入試験

その後、薬液注入工法で使用する機器の説明を行った。機器の説明に際しては、実際に機器を運転し、機器の動作を確認しながら説明を行った。これによって、薬液注入工法の施工のシステム、メカニズムをより深く理解していただけたものとする。



説明時の参加者の様子



ボーリングマシンの説明・実演



注入機器の説明・実演



注入機器の説明・実演

写真 13 機器説明および注入・削孔のデモンストレーション状況

② 普及活動

②-1 薬液注入技術の周知

②-1-1 セミナーの開催

1) スモールセミナーの開催

公共事業国民住宅省 Cipta Karya 環境衛生開発局を対象とし、スモールセミナーを開催し、薬液注入技術の紹介を行った。

メダン市、マカッサル市、パカンバルー市で、推進機が沈下し、推進工事が出来ず、どのような地盤改良技術を採用するのか、地盤改良工法の選定方法、工事費等、技術情報を必要としていることが分かった。



写真 14 スモールセミナーの開催

2) 防災協働技術フェア参加

2018年12月6日、PUで開催された防災協働技術フェアに自費で参加した。日本の技術をインドネシアに紹介する催し物で、国交省、JICA、PU、他共催。薬液注入技術のプレゼン発表および来訪者へのブース説明を行った。



東曹産業ブース

技術説明状況

写真 15 防災協働技術フェア

3) 総括セミナーの開催

2020年1月28日に本業務の総括セミナーを実施した。セミナーはジャカルタのPUPR内のホールにおいて実施し、参加者は、公共事業部局、建設会社、設計コンサルタント、研究機関等の専門家、約110名であった。

総括セミナー下表のスケジュールで実施し。最初に R&D 局のルクマン局長および JICA インドネシアの小川次長の挨拶に始まり、薬液注入工法の概要説明、本業務で実施した薬液注入工法の効果と安全性に関する試験の報告、日本グラウト協会の紹介、本業務で提出する技術マニュアルの説明を行った。

表 42 総括セミナーのプログラム

時刻	内容
8:30~	受付
9:00~9:20	開会の挨拶
9:20~10:20	薬液注入工法について
10:20~10:35	休憩
10:45~11:30	効果と安全性確認試験報告
11:30~13:00	休憩
13:00~14:00	グラウト協会について
14:00~15:15	技術マニュアル案について
15:15~15:30	休憩
15:30~16:30	質疑応答
16:30	閉会

セミナーの最後に質疑応答の時間を設けたが、ピート層への適用性や、ダム等を行われるセメントを用いた岩盤グラウチングとの違い、施工中のモニタリングに関する質問など、多数の質問があり、関心の高さを伺わせた。



セミナー会場の様子



PUPR R&D 局局長挨拶



JICA インドネシア次長挨拶



薬液注入工法全般の説明



日本グラウト協会の活動紹介



質疑・応答

写真 16 総括セミナー

②-1-2 ベンチスケールテスト・デモンストレーション試験視察（各1回）

1) ベンチスケールテスト現場視察

2016年12月8日、9日でベンチスケールテストの現場視察を実施した。

計画時には、テーブルテスト終了時に安全性検証に関するワークショップを開催し、ダムサイト試験による実証試験の可否について判断して貰う予定であったが、安全性検証に飲料水基準を用いたこと、pHが基準を超過したこと、基準の全ての項目を網羅できなかったことより、ベンチスケールテストの結果も踏まえて検証することとなった。

そのため、計画時の、幅広く関係者を招聘する予定を変更し、一部の関係者のみへの招待に留めた。以下に視察者の一覧を記す。

表 43 ベンチスケールテスト 現地視察者一覧

日付	所属	人数
2016/12/8	PUPR 水資源研究開発センター（PUSAIR）	1名
	バンドン工科大学（ITB）	1名
2016/12/9	JICA インドネシア	1名

視察者には、現場にて、ベンチスケールテストの目的、試験計画、施工管理方法の詳細な説明を実施した。

視察の際、相手国政府関係機関内水資源研究開発センター（PUSAIR）の実務担当者より、注入箇所から観測井までの水流について確認が必要ではないかとの指摘を受けた。候補地選定の際、施工管理をしている日特建設(株)としては当初試験場所の地形（山と谷の関係）より施工予定箇所に地下水流の存在を予測していたが、試験結果をより確実なものとするため、地下水流についての確認試験を追加した。

2) デモンストレーション試験視察

デモンストレーション試験は、総括セミナーの実施に合わせ、2020年1月29日、30日の2日間実施した。なお、本試験は各日同じ内容で実施し、参加者に参加日を選んでいただく形としており、2日間合わせて約90名の参加があった。参加者は総括セミナー同様、公共事業部局、建設会社、設計コンサルタント、研究機関等の専門家等であった。

実施内容の詳細は「①-5 デモンストレーション試験」の項で記載したとおりである。非常に多くの関係者に参加していただき、また、簡易注入試験により薬液注入の効果の確認、さらに実際に使用する機械を見ていただいたことで、薬液注入に関する理解を深める上で有意義であったと考える。

②-1-3 本邦受入活動（1回）

1) 概要（目標、項目（具体的な活動内容））

本受入活動の目標は、インドネシア国政府関係者に対して、薬液注入技術に関する理解および知識を深めていただくこと、並びに日本における薬液注入技術の管理と運営に関する中央政府及び地方政府の役割について、知見を獲得していただく事、これらを通して「薬液注入技術の採用がインドネシア国の発展において有益である」という認識が、訪日メンバー間に浸透し共有される事である。

本受入活動における具体的な活動内容は下記の通りである。

(i) 琵琶湖疎水および狭山池の視察

来日するインドネシアの技術者の多くが水資源関連の技術者であるということ、本業務においてインドネシアのため池について、薬液注入による補修を提案していることから、琵琶湖疎水および狭山池を視察した。

琵琶湖疎水は、明治時代に琵琶湖から京都市内へ水を引くために建設され、現在も供用されている。日本の近代化の課程における水資源活用や建設技術の歴史を理解していただくことを目的として視察した。

現地のガイドの案内でインクラインや発電所等の設備を見学し、当時の建設技術や、建設に至る背景（政治、経済的な背景）等についての説明を受けた。

狭山池は大阪狭山市にある日本最古のダム式のため池である。日本におけるため池の歴史や活用、維持管理等について理解していただくことを目的として視察した。

狭山池には博物館が併設されており、博物館の学芸員の案内で博物館内を見学し、当時の建設技術や、これまでの嵩上げの歴史、平成の大改修において発見された各種出土品、また現在の活用状況等について説明を受けた。

(ii) 薬液注入技術の見学

薬液注入工法の実際の施工状況を見学し、薬液注入の技術を理解していただくことを目的として実施した。

日特建設の猿島総合センターにおいて、実際に薬液注入工法で使用する機械類を準備し、それらを使って実際に地盤中に薬液を注入する作業の状況を見学した。これによって、薬液注入工法で使用する施工機械や施工方法について理解していただいた。

また、これとは別に、簡易なテーブルテストとして、2液の薬液を混合することによって薬液が固化（ゲル）する様子や、簡易な砂地盤モデルに薬液を注入し、薬液によって砂が固化する状況を見学し、薬液注入によって、どのような固化体が地中に形成されるか理解していただいた。

(iii) 講義

薬液注入技術の基本を理解していただくこと、日本では薬液注入技術が有効に活用されるよう産学官の連携を通じた枠組みが構築され効果的に機能していること、および薬液注入工法が補助工法として効果の非常に高い技術であることを理解していただくことを目的として、講義を実施した。

実施した具体的な講義の概要は下記のとおりである。

【薬液注入技術の基本】

薬液注入工法の基本的なメカニズムや施工方法、用途等について講義を行い、薬液注入技術の基本を理解していただいた。

【土木工事全般の品質管理と運営】

産学官の連携の中で、官（中央政府）の立場から、日本における土木工事全般の、品質確保に向けた取り組み、それに伴う基準類（通達）の整備、工事の監督、検査の流れ等について講義を行い、日本の公共工事における中央政府の役割等について理解していただいた。

【薬液注入技術管理における協会の役割】

産学官の連携の中で、産の中心として活動している日本グラウト協会の役割と、薬液注入工法の設計、施工管理、安全管理等について講義を行い、日本グラウト協会が、日本においてどのような立ち位置で、薬液注入工法の普及、技術の向上に寄与しているか、また具体的にどのように薬液注入工法が設計、施工されているかを理解していただいた。

【最新の薬液注入技術】

学の立場から、日本における薬液注入に関する最新の技術、研究内容について講義を行い、日本において薬液注入工法の技術開発、研究が積極的に進められており、性能、品質の向上がはかられていることを理解していただいた。

【インドネシアへの技術の適用】

学の立場から、特に薬液注入材料の安全性や、インドネシアの地盤に対する適用性、効果等について講義を行い、薬液注入は安全性が高く、インドネシアにおいても高い効果が得られる有用な技術であることを理解していただいた。

2) 受入期間

2018年7月9日～14日

3) 参加者リスト（所属、役職）

表 44 本邦受入活動参加者リスト

Organization	Position or Title
Research Center for Water Resources	Head of Experimental Station for Hydraulic Structure and Geotechnics
Research Center for Water Resources	Head of Standardization Sub Division
River Basin Organization of Citarum	Section Head of Operational and Maintenance
Center of DAM	Section Head of East DAM I
Directorate of Building Development, Ministry of Public Works	Assistant for Commitment Maker Officer

今回の本邦受入活動には、外部人材である Imam A. Sadisun（バンドン工科大学）が、薬液注入技術に係るより深い理解とインドネシアにおける本技術の普及および本邦受入活動全般のファシリテーターとしての支援を目的として参加した。

4) カリキュラム、日程表

表 45 本邦受入活動スケジュール

7/9（月）	大阪⇒京都 琵琶湖疏水視察	京都泊
7/10（火）	京都⇒大阪 狭山池博物館視察 大阪⇒東京	東京泊
7/11（水）	東京⇒茨城 薬液注入技術見学会 茨城⇒東京	東京泊
7/12（木）	東京 講義	東京泊
7/13（金）	東京 講義、総括	東京泊
7/14（土）	東京（羽田）⇒ジャカルタ	

5) 受注者による所見

(i) 本邦受入活動の結果・課題（目標の達成状況、成果、改善点等）

本受入活動において目標としていた、インドネシア国政府関係者に対して、薬液注入技術に関する理解および知識を深めていただくこと、並びに日本における薬液注入技術の管理と運営に関する中央政府及び地方政府の役割について、知見を獲得していただくことについては、十分達成できたと考える。

成果としては、本業務で今後予定しているダムサイト試験、さらにはその後の特に水資源分野において薬液注入技術を普及するにあたってのキーマンとなるであろう PUSAIR やダムセンターの方々に薬液注入技術の有効性を理解していただけたことにある。さらに、PUSAIR の基準作りに携わっている方にも参加していただいたので、薬液注入技術の有効性、さらに日本の中央政府の関わりを理解していただけたのは大きな成果であったと考える。

また、インドネシア政府の方々とのつながりができたことは、今後業務をスムーズに進めていくためにも、大きな成果であったと考える。

(ii) 参加者の意欲・受講態度、理解度

参加者の意欲は非常に高かったと考える。

琵琶湖疏水、狭山池の視察においては、熱心にガイド、学芸員の話聞いており、また積極的に質問していた。猿島総合センターにおける薬液注入技術の見学においても、注入材料や施工機械、施工方法等について、多くの質問があった。また、各講義においても、熱心に聴講している様子がみられ、また講師に対して積極的な質問、ディスカッションがみられた。

各講義における質問等の内容や、最後に提出されたアンケートの結果等を見ても、参加者各位には、薬液注入工法の技術、施工についてはもちろんのこと、日本における産学官の連携についても理解していただけたと考える。



7月9日 琵琶湖疎水視察
南禅寺の水路閣にて



7月10日 狭山池視察
狭山池博物館にて



7月11日 見学会（日特建設猿島総合センター）
テーブルテスト風景



7月11日 見学会（日特建設猿島総合センター）
注入装置の説明



7月11日 見学会（日特建設猿島総合センター）
注入装置の説明



7月12日 講義（日特建設にて）
「土木工事全般の品質管理と運営」

写真 17 本邦受入活動状況

②-2 薬液注入技術理解者の育成

②-2-1 ワークショップの開催

1) 第1回ワークショップ

2017年3月29日、テーブルテスト・ベンチスケールテストの完了を受けて、バンドンの水資源研究開発センター（PUSAIR）内にてワークショップを開催した。

表 46 第1回ワークショップ 出席者一覧

所属	人数
水資源研究開発センター（PUSAIR）	6名
バンドン工科大学（ITB）	2名
九州大学	2名
JICA インドネシア	1名
日特建設(株)	3名
日本テクノ(株)	1名
東曹産業(株)	1名

本ワークショップでは、一連の試験を受けて、バンドン工科大学（ITB）のサディスン（Sadisun）准教授より報告がなされた。その後、薬液注入工法の効果と安全性に関してのディスカッションが行われた。又、今回の実験結果だけではなく、日本での活用例や薬液注入工法の応用例についての議論も行われた。

ワークショップには本事業担当者に加え PUSAIR の環境対策担当者も出席しており、薬液注入工法の効果と安全性について、想定していた通りの理解を得られた。



第1回ワークショップ

第1回ワークショップ

写真 18 第1回ワークショップ

2) 第2回ワークショップ

本業務の成果として提出する技術マニュアルに関する詳細説明と内容のすり合わせを主目的として第2回のワークショップを、2019年11月26日、27日の2日間にわたりバンドンの水資源研究開発センター（PUSAIR）において開催した。本ワークショップのスケジュールを表に示す。

表 47 第2回ワークショップのプログラム

日付	時刻	内容
2019/11/26	9:30~9:35	開会の挨拶（PUSAIR 所長）
	9:35~10:00	本プロジェクトの概要説明
	10:00~12:00	技術マニュアル（案）の説明
	12:00~13:00	休憩
	13:00~16:00	技術マニュアル（案）の説明
	16:00~17:00	日本グラウト協会の概要説明
2019/11/27	9:00~12:00	質疑応答
	12:00~12:05	閉会の挨拶（PUSAIR 所長）

本ワークショップには、カウンターパート側からは PUSAIR および BBWS Citarum の関係者が参加した。

初日は PUSAIR 所長の挨拶に始まり、本プロジェクトの概要説明、本プロジェクトにおいて提供する技術マニュアル（案）の説明、日本グラウト協会の概要説明を行った。2日目は、初日の説明を踏まえたディスカッションの時間とした。

技術マニュアル（案）の内容については、多くの質問があった。質問の内容は材料の安

全性や pH のモニタリングの必要性、工法の使い分け等、多岐に渡るが、技術マニュアル（案）の内容については、基本的に理解していただけたと考える。

また、官民が連携して公的機関による品質・コストを適切に管理する仕組みに関して、日本の薬液注入工法の経験を踏まえて、インドネシア国におけるグラウト協会設立の必要性を確認した。薬液注入技術は、インドネシアにおいて新技術であり、日本の情報提供が有意義であったこと、およびダム建設事業が進められており、薬液注入工法についての研究協力への期待が寄せられた。



ワークショップの様子



ワークショップの様子



ワークショップの参加者

写真 19 第2回ワークショップ

②-2-2 マニュアル案の作成

2018年7月、本邦受入活動対象者へ薬液注入工に関するマニュアルの第一案を提示し、内容確認を依頼した。

2018年12月、PUSAIRとの打合せ時にマニュアル内容について確認したところ、概ね問題ないが施工管理について追加の要望があった。

これらの経緯を踏まえ、マニュアルは、「Technical Manual」と「Guide-Book of Construction

Procedure」の2分冊とすることとし、2019年11月に開催した第2回ワークショップにおいて、カウンターパート関係者に対して内容について説明を行い、了承を得た。

「Technical Manual」については、主に発注者、設計者が必要とする情報として、設計、積算について記載し、「Guide-Book of Construction Procedure」については、発注者だけでなく施工者にも必要な情報として、施工管理、施工方法の詳細について記載している。

日本の知見を基に、インドネシアの要件に適するよう、日本・インドネシアの研究機関である九州大学、バンドン工科大学・HATTI（インドネシア地盤工学会）の協力を得て、薬液注入技術の設計・発注・計画と、施工管理に資することを目的として編集した。

表 48 技術マニュアルの目次

Chemical Grouting Method – Technical Manual	
<p>Part I Overview of Chemical Grouting Method</p> <p>1. Definition and Scope of Chemical Grouting</p> <p>2. System for Chemical Grouting</p> <p>3. Current Method in Use</p> <p>4. Procedural Steps for Studying and Executing the Chemical Grouting Method</p> <p>5. Glossary</p> <p>Part II Design of Chemical Grouting Method</p> <p>1. Feasibility Study</p> <p>2. Determination of Design Related Items</p> <p>3. Calculation Formulas for Obtaining Scope of Improvement</p> <p>4. Safety</p> <p>5. Effect Check</p> <p>6. On-site Grouting Test</p>	<p>Part III Execution of Chemical Grouting Method</p> <p>1. Execution Plan</p> <p>2. Execution and Management</p> <p>3. Execution Machinery</p> <p>4. Documents Submitted</p> <p>Part IV Cost Estimation of Chemical Grouting Method</p> <p>1. Overview of Cost Estimation</p> <p>2. Cost Estimation for Double Pipe Strainer Method</p> <p>3. Cost Estimation for Double Packer Method</p> <p>4. Management Costs</p> <p>5. Expenses Not Included in Cost Estimation Documents</p> <p>6. Examples of Cost Estimation</p>
Chemical Grouting Method – Guide-Book Of Construction Procedure	
<p>1. Execution Plan</p> <p>1.1 Feasibility Study</p> <p>1.2 Execution Plan Document</p> <p>2. Execution and Management</p> <p>2.1 Execution Flow Chart</p> <p>2.2 Execution Management Items</p> <p>2.3 Execution Devices</p> <p>2.4 Execution Methods and Management</p> <p>3. Execution Machinery</p> <p>3.1 Grouting Machines and Tools</p> <p>3.2 Drainage Treatment Machines and Tools</p> <p>3.3 Plant</p> <p>3.4 Execution Yard</p> <p>3.5 Power and Construction Water</p>	<p>4. Documents Submitted</p> <p>4.1 Types of Documents Submitted</p> <p>4.2 Material Quality Certificate</p> <p>4.3 Material Quantity Certificate</p> <p>4.4 Chart Paper</p> <p>4.5 Daily Report</p> <p>4.6 Photos</p>

これらの2冊の技術マニュアル（案）については、2020年2月27日にPUPR（ジャカルタ）で実施した本業務のクロージングミーティングにおける手交式においてカウンターパート側に引渡した。



マニュアル（案）目録の贈呈



クロージングミーティングの様子

写真 20 クロージングミーティング・手交式

③ ビジネスモデルの作成

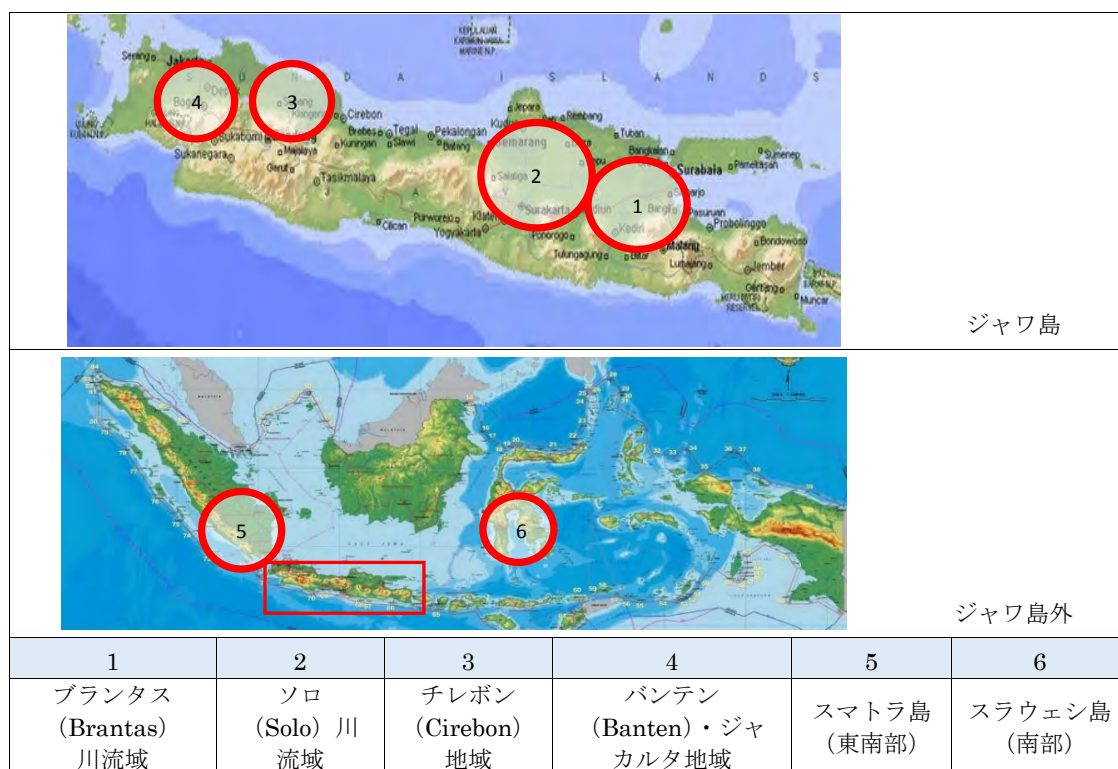
③-1 事業量調査

③-1-1 事業量調査（老朽化ダムの実態調査）

公共事業・国民住宅省の所管するアースダムで、ジャワ島、スラウェシ島南部、スマトラ島南東部の6 BBWS（大規模河川事務所）管内で73ダムを調査した。

不具合は、48ダム（調査ダムの65%）で提起されている。ダム管理上の主たる課題は、濁水、土砂の堆積、シルト・濁度、ダム堤の浸食などであった。漏水等についても17ダムで報告されているが、ゲートの老朽化や余水吐き等の構造物の損傷が報告されている。

薬液注入（セメントミルクを含む）による堤体の補修は、Kedung Uling Dam、Darma Dam、Balambano Damの3ダムで実施されていた（推測値）。この他、薬液注入のニーズは、水力発電用ダム水路の補修（Balambano Dam）に関心があった。



出典：提案法人作成

図 40 老朽化ダムの実態調査位置図

表 49 老朽化ダムの実態調査結果（総括）

BBWS・Region / 河川事務所・地域	調査 ダム	不具合 ダム	内、漏水等の不具合ダム	
			ダム数	漏水等の不具合状況
BRANTAS RIVER BASIN (Java Island)	18	10 延べ 13	4	Leakage : 3 ダム(Bajulmati, Sampean Baru, Wlingi) Spillway Gate Leakage; Spillway channel worn-out; Spillway Erosion; Mercu Spillway: 1 ダム(Sengguruh)
SOLO RIVER BASIN (Java Island)	30	29 延べ 75	10 延べ 13	Leakage : 3 ダム(Cengklik, Gondang, Kedung Uling) Seepage : 2 ダム(Botok, Kembangan); Spillway Gate Leakage; Spillway channel worn-out; Spillway Erosion; Mercu Spillway : 3 ダム(Gebyar, Krisak, Nawangan) Slope Condition (damage by erosion, slightly damage, landslide, crack, replace) : 5 ダム(Botok, Cengklik, Delingan, Gebyar, Lalung)
CIREBON REGION (Java Island)	6	4 延べ 16	2	Leakage : 2 ダム(Darma, Setupatok)
BANTEN and JAKARTA Region (Java Island)	4	1	0	Leakage : 該当なし
MESUJI SEKAMPUNG (Sumatera Island)	4	2 延べ 3	0	Leakage : 該当なし
POMPENGAN JENERBERANG (Sulawesi Island)	11	2 延べ 2	1	Leakage : 該当なし Grouting (Channel filling): 1 ダム(Balambano)
Total / 計	73	48	17	—

出典：提案法人作成

また、地震や洪水によるダム堤体の損傷事故が関心を高めており、世銀・AIIB によるダムのリハビリプロジェクトが実施されている。主として、堆積土砂・浚渫や老朽化したゲート設備の更新事業であるが、堤体の補修を含むプロジェクトも予定されている。

表 50 世銀によるダム維持管理・安全管理を支援する技術協力プロジェクト（抜粋）

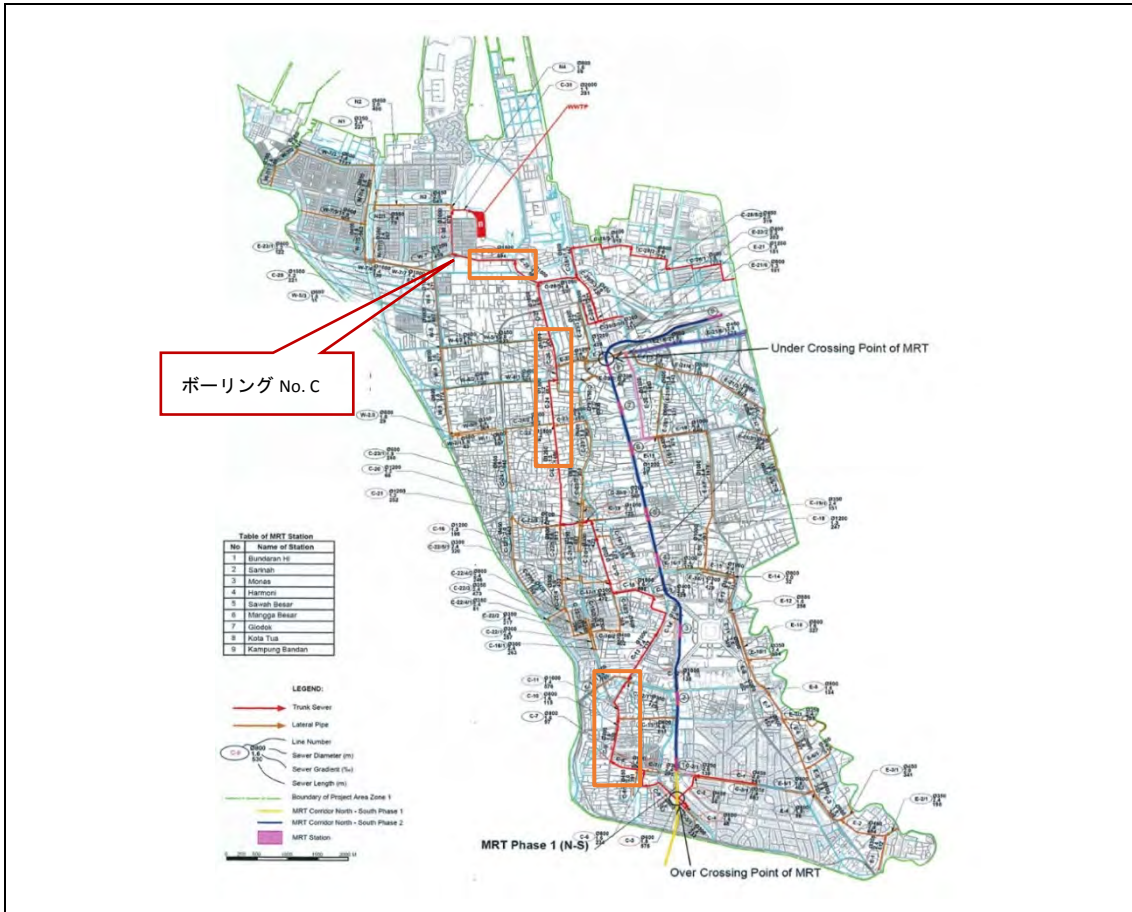
<p>Pengga Dam (February 21, 2012)</p> <p>Problems: In front of gate many sediment and water hyacinth (enceng gondok).</p> <p>Recommendation: Sediments and water hyacinth (enceng gondok) shall be flushed to downstream or dredged by dredger to spoil bank.</p> <p>ゲート前面の土砂の堆積と水草（ホテイアオイ）が課題である。堆積土砂、水草を洗い流し、または浚渫することを提案する。</p>
<p>Batujai (February 21, 2012)</p> <p>Problems: In front of gate many sediment and water hyacinth (enceng gondok)</p> <p>Recommendation: Sediments and water hyacinth (enceng gondok) shall be flushed to downstream or dredged by dredger to spoil bank.</p> <p>ゲート前面の土砂の堆積と水草（ホテイアオイ）が課題である。堆積土砂、水草を洗い流し、または浚渫することを提案する。</p>
<p>Malahayu (May 3, 2012)</p> <p>Problems: Much sediment In front of Guard sluice gates.</p> <p>Recommendation: Sediments shall be flushed to downstream by opened flushing gate or dredged by dredger to spoil bank in order gates are not pressed by sediment</p> <p>土砂の堆積と水草（ホテイアオイ）によりゲートが閉まらない。堆積土砂、水草を洗い流し、または浚渫することを提案する。</p>
<p>出典: Technical Assistance Services for Supporting the Implementation Management and Supervision of THE DAM OPERATIONAL IMPROVEMENT AND SAFETY PROJECT (DOISP)- LOAN IBRD 7669 – ID / IBRD</p>

表 51 AIIB と世銀によるダムのリハビリプロジェクト

<p>Recommended for dredging maintenance: 浚渫・補修の提案事業</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Ketro Dam in BBWS Bengawan Solo, (ソロ川流域) b. Penjalin Dam in BBWS Pemali Juana, (スマラン市) c. Greneng Dam in BBWS Pemali Juana, (スマラン市) d. Tempuran Dam in BBWS Pemali Juana, (スマラン市) e. Mrancang Dam in BWS Kalimantan III. (カリマンタン島)
<p>出典: PROJECT DOCUMENT OF THE ASIAN INFRASTRUCTURE INVESTMENT BANK 2017 (AIIB)- DOISP II:</p>

③-1-2 事業量調査（下水道事業の実態調査）

ジャカルタ下水道の Zone-1 処理区の管路計画（図・表）を示す。提案技術の優位な管路は、河川・鉄道・高架橋を横断する主要道路に埋設される下水管路を想定する。管径 800mm 以上の大中口径で、約 36km（全体の約 50%）の推進工法による幹線管路が計画されている。



出典：ジャカルタ下水道詳細設計

図 41 ジャカルタ下水道 Zone-1 処理区管路計画

表 52 ジャカルタ下水道 Zone-1 処理区管路計画

Jalur Pipa Sewer 下水管路	Jalur Pipa Sewer Utara (N) 北地区	Jalur Pipa Sewer Barat (W) 西地区	Jalur Pipa Sewer Tengah (C) 中央地区	Jalur Pipa Sewer Timur (E) 東地区	Total (m) 計	Methode Konstruksi 管路建設工法
Area Name 地区名称	Pluit	Tambora Barat, Gambir Barat	Tanah Abang, Gambir, Taman Sari	Menteng, Sawah Besar, Gambir Timur		
Luas (ha) 面積	263	1,000	2,244	1,289	4,796	—
Diameter 管径 (mm)	—	—	—	—	—	—
250		43	815		858	PVC Pipe Jacking
300		286	3,475	1,384	5,145	PVC Pipe Jacking
350	302	931	2,722	1,889	5,844	RC Pipe Jacking
400		501	1,629	1,799	3,929	RC Pipe Jacking
450	1,058	1,055	2,301	2,701	7,115	RC Pipe Jacking
600		4,305	6,234	2,704	13,243	RC Pipe Jacking
800	86	2,873	8,117	6,332	17,408	RC Pipe Jacking
1,000		2,125	3,295	3,140	8,560	RC Pipe Jacking
1,200		459	3,047	2,557	6,063	RC Pipe Jacking
1,500			1,025		1,025	RC Pipe Jacking
1,800			2,686		2,686	RC Pipe Jacking
2,000			957		957	RC Pipe Jacking
Total	1,446	12,578	36,303	22,506	72,833	(Tentative)

出典：ジャカルタ下水道詳細設計

下水幹線管路ルート上の交通および地質を例示する（中央地区の幹線管路）。

建設工事が予定される道路は、東西および南北交通の要衝で、埋設深さ 25m 超～10m（最頻値 15～20m）の幹線に埋設深さ 5-10m 程度の準幹線が合流する。下水管路工事は、混雑する幹線道路の交差点および沿線に立坑を構築し、推進工法で建設される。幹線管路の埋設地盤は、シルト層や砂質土層の圧密が進んだ地層から軟弱なシルト質（N 値 1）である。準幹線は、軟弱なシルト・粘土、砂層に設置される。地下水位は、地下 2-3m 以深である。軟弱な地盤と高い地下水圧によって、慎重な施工計画と施工管理が求められる。



図 42 幹線管路の建設工事（概念）

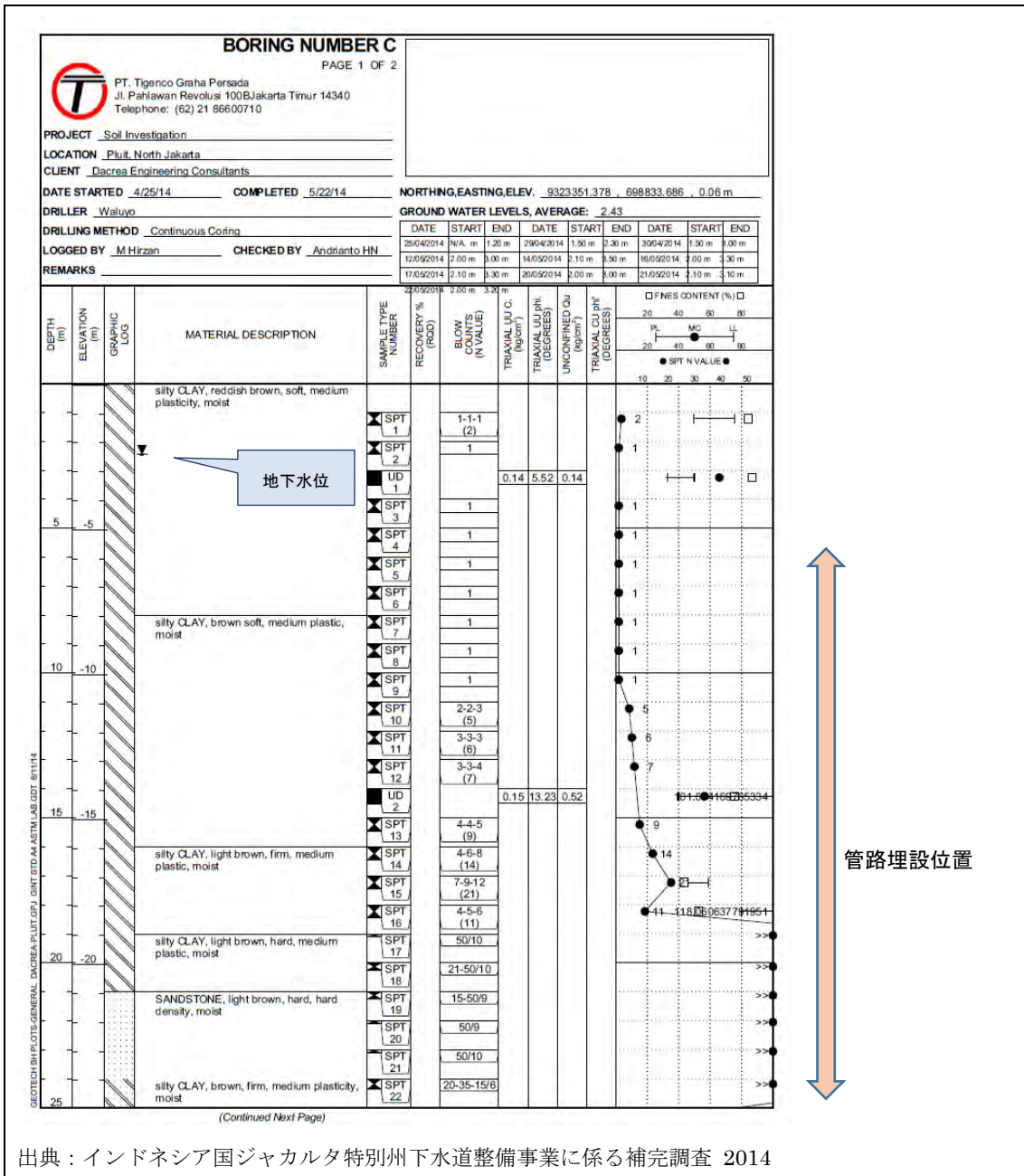


図 43 幹線管路の地質例 (Zone-1 処理区 No. C (処理場付近))

③-1-3 基礎調査 (社会調査・経済調査・法令調査)

1) 社会調査

インドネシアの最低賃金は、政令 2015 年第 78 号により、「前年の 9 月から当該年の 9 月期の物価上昇率」と「前年第 3・4 四半期と当該年の第 1・2 四半期の GDP 成長から得られた GDP 成長率」の和で定められる。2019 年の最低賃金は、物価上昇率を 2.88%、GDP

成長率を 5.15%と定め、これらの和から、翌年の州別最低賃金を 8.03%とした。2019 年の最低賃金は、ジャカルタ特別州で 3,940,972IDR（約 31 千円）、西ジャワ州で 1,668,372IDR（約 13 千円）、中部ジャワ州で 1,605,396IDR（約 13 千円）、東ジャワ州で 1,630,058IDR（約 13 千円）となる見込みと報告されている。（JETRO 2018 年 10 月 29 日）



図 44 ジャカルタ特別州における最低賃金の推移

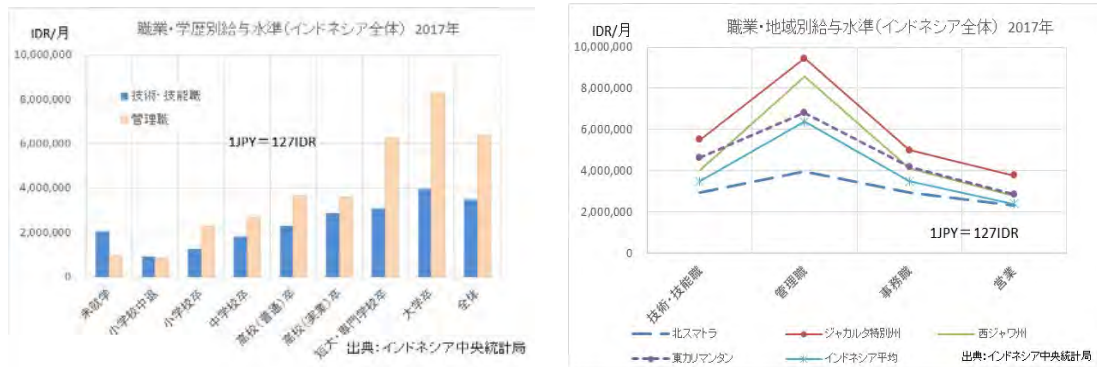
学歴別および地域・職業別の給与水準を、次図に示す。大卒技術職（全国平均月額）は 400 万 IDR（約 32 千円）であるが、ジャカルタ特別州では 600 万 IDR（約 47 千円）である。管理職は、技術職の 1.5~2 倍程度である。

日本の地下インフラ技術は、インドネシア国内において新技術であるので、優秀なスタッフを雇用するためには、多額の給与を支払うのではなく、しっかりした教育を受けていることや、インドネシアと日本の文化や歴史の違いを知った人材育成が重要と言われている。

華人社会は同族ビジネスを行って来た歴史があり、メンツを大切にする。インドネシア人も海外での教育を受けるなど誇り高い民族である。恥をかかせない、立場を尊重するなどの配慮が不可欠である。日頃から、笑顔で声をかける、食事を楽しむなど日本のサラリーマン社会と異なり私的・公的コミュニケーションを心がけることを推奨されている。

時間感覚も日本と異なり、納期を守れないリスクが常である。高品質の部品や資機材等は、輸入に頼りサプライチェーンのリードタイムが長い。日系企業であっても少数の日本人が多数のインドネシア人を管理して工場を運営している。経験者は、「ここはインドネシアだ」と諦めず、内製化や同業者の中から信頼できる人・会社を選ぶことや進捗チ

エックを徹底することにより納期のリスクを回避している。



出典：提案法人作成

図 45 学歴および職業・地域別給与水準

インドネシア国内の工事費の推移を、以下に示す。2010 年以降、5 年間で 2 倍の伸び（インフレ率を含む名目事業費）を示している。近年では約 6 兆円の事業規模で、土木工事が約 50%を占める。特殊工事は、基礎・柱、井戸、浚渫、覆蓋、既成品の取り付け、鋼製フレームなどを含む。

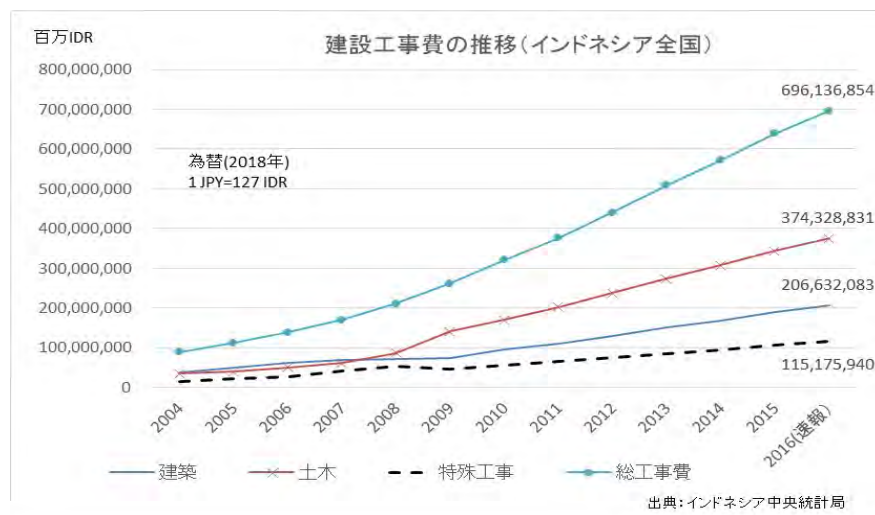


図 46 インドネシア国内の工種別建設工事費の推移

表 53 インドネシア国内の工種別工事費の推移

単位：百万 IDR

工種	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016(速報)	構成比
建築	95,397,270	108,768,763	128,551,604	149,872,885	168,905,974	189,782,225	206,632,083	0.297
土木	169,975,358	202,325,448	237,019,258	273,552,144	306,750,445	343,268,053	374,328,831	0.538
特殊工事	54,876,925	65,029,137	74,782,311	85,600,825	95,248,750	105,713,506	115,175,940	0.165
総工事費	320,249,553	376,123,348	440,353,173	509,025,854	570,905,169	638,763,784	696,136,854	1.000
前年比	1.226	1.174	1.171	1.156	1.122	1.119	1.090	

出典：インドネシア中央統計局

国営建設会社の業績（売上、利益）を例示する。2017年の売上高は45兆IDR（約3,600億円）と、5年間で4.5倍に拡大している。税引き後利益は、4兆IDR（約330億円）である。建設工事に加えて、不動産開発、コンクリート二次製品の製造、道路・交通等への投資（PPP事業）などインフラ事業が拡大している。



出典：PT. Waskita Karya Tbk 社

図 47 インドネシア国営建設会社の業績 (PT. Waskita Karya Tbk)

インドネシア国内の建設工事会社は、15.8万社で殆どが小規模（資本金5億IDR以下）の会社である。

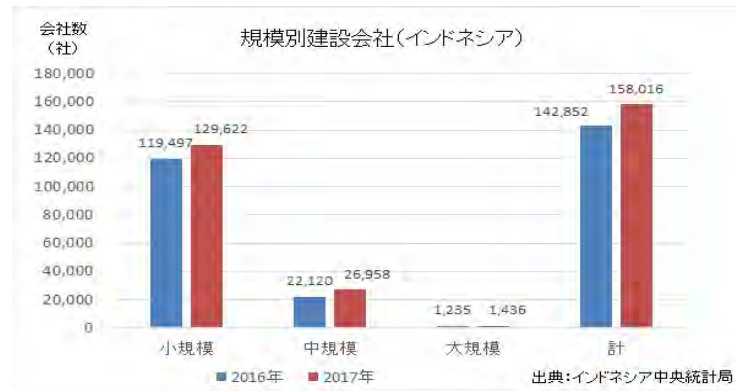


図 48 インドネシア国内の規模別建設工事会社

主要な建設会社を、次表に示す。国営建設会社（Persero）はインフラ工事を含む総合建設会社として、建設工事や投資ビジネスを展開している。

表 54 インドネシア国内の建設工事会社

会社名	売上高（2017年）	ホームページアドレス
PT. Adhi Karya (Persero) Tbk	15,156 billion IDR (約 1,200 億円)	https://adhi.co.id/
PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk	26,180 billion IDR (約 2,100 億円)	http://investor.wika.co.id/
PT. Waskita Karya (Persero) Tbk	45,213 billion IDR (約 3,600 億円)	https://www.waskita.co.id/
PT. Istaka Karya (Persero)	N.A.	http://istaka.co.id/
PT. PP (Persero) Tbk (Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk)	21,502 billion IDR (約 1,700 億円)	http://www.pt-pp.com/
PT. Brantas Abipraya (Persero)	3,885 billion IDR (約 300 億円)	www.brantas-abipraya.co.id/
PT. Nindya Karya (Persero)	15,940 billion IDR (約 1,250 億円)	http://www.nindyakarya.co.id/
PT. Total Bangun Persada Tbk	2,936 billion IDR (約 230 億円)	http://www.totalbp.com/index/en
Pt. Pulau Intan	N.A.	http://pulauintan.com/
PT. Wijaya Kusuma	N.A.	https://www.wkc.co.id/
PT. Yasa Patria Perkasa	N.A.	http://www.yasapatriaperkasa.co.id/
PT. Dwi Agung Sentosa	N.A.	http://dwiagung.com/
PT. Pengerukan Indonesia	158 billion IDR (約 10 億円)	https://www.rukindo.co.id/
PT. Bangun Cipta Kontraktor	N.A.	http://ptbck.com/en/

出典：提案法人作成

2) 経済調査

次表に、主要州の一人当たり GRDP を示す（再掲）。全国平均（2017 年）で 51,887 千 IDR/人（3,800 USD/人）と見込まれ、4 年間で 1.38 倍の伸びを示している。ジャカルタ特別州（2017 年）は、232,342 千 IDR/人（16,000 USD/人）と見込まれ、4 年間で 1.5 倍の伸びで、金額も全国平均の約 4.5 倍と突出している。

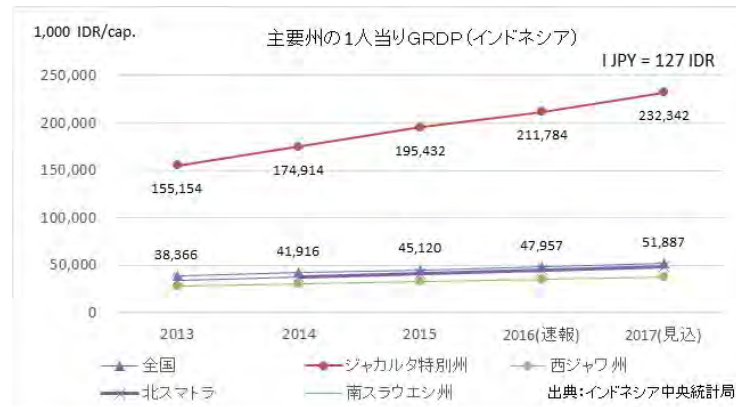


図 49 インドネシア主要州の一人当たり GRDP の推移

次の図表に、主要都市の一人当たり GRDP と都市の人口規模を示す。バンドン市、バリ州（デンパサール市、バドン県等）、メダン市、スラカルタ市、チレボン市等の下水道の先進都市は、50～70 百万 IDR/人（3,600～5,000 USD/人）である。パレンバン市、マカッサル市等の大都市が、下水道事業に着手した。

海外では、一人当たり GDP が 3,000～5,000 USD/人で下水道事業に着手する都市が多い。インドネシアの地方中核都市でも、スラバヤ市、スマラン市等での下水道事業化が期待できる。



図 50 主要都市の一人当たり GRDP と人口

表 55 主要都市の一人当たり GRDP と人口

市・県		2015 年一人当たり GRDP (1,000 IDR)	人口 (人) 2010 年国勢調査
メダン市	Kota Medan	74,514	2,109,399
プカンバルー市	Kota Pekanbaru	80,592	903,902
ジャンビ市	Kota Jambi	36,964	529,118
パレンバン市	Kota Palembang	68,423	1,452,840
バンドルランブン市	Kota Bandar Lampung	40,263	879,651
バタム市	Kota Batam	101,722	949,775
ジャカルタ 特別州	DKI Jakarta	195,432	9,588,198
ボゴール市	Kota Bogor	30,885	949,066
タンゲラン市	Kota Tangerang	60,891	1,797,715
南タンゲラン市	Kota Tangerang Selatan	36,442	1,303,569
デポ市	Kota Depok	23,044	1,736,565
ブカシ市	Kota Bekasi	26,066	2,336,489
バンドン市	Kota Bandung	78,895	2,393,633
チマヒ市	Kota Cimahi	38,608	541,139
チレボン市	Kota Cirebon	54,323	295,764
スマラン市	Kota Semarang	78,893	1,553,778
スラカルタ市	Kota Surakarta	68,271	500,642
ジョグジャカルタ市	Kota Yogyakarta	64,918	388,088
スラバヤ市	Kota Surabaya	142,605	2,765,908
バドン県 (バリ州)	Kab. Badung	68,831	543,681
ポンティアック市	Kota Pontianak	45,950	551,983
バリクパパン市	Kota Balikpapan	120,776	559,196
バンジャルマシン市	Kota Banjarmasin	34,093	625,395
マナド市	Kota Manado	60,039	408,354
マカッサル市	Kota Makassar	78,938	1,339,374
ツナティ市	Kota Ternate	33,309	185,655
<div style="background-color: #f4a460; width: 20px; height: 10px; display: inline-block; vertical-align: middle;"></div> 下水道供用中の都市			

出典：インドネシア中央統計局より、提案法人作成

3) 法令調査

(i) 雇用・労働関連の規制

外国人の就業については、労働目的の一時居住ビザ、居住許可（暫定居住許可・外国人登録、警察への届出、住民登録）、労働許可等の手続きが必要である。

また、インドネシア人を雇用しなければならないので、就業規則の作成、労働協約の作成（労働組合との協議に基づく）、国家社会保障への加入（労務保障・健康保障）などの雇用義務を負う。

表 56 就労ビザの種類とその取得手続き

新規に設立する現地子会社に日本人社員を派遣し就労させるためには、「滞在許可」と「就労許可」を取得する必要がある。外国人駐在員は、就労目的の一時居住ビザ（インデックス番号 312）を取得する。法務人権省から現地拠点の法人格の承認を得た後に、以下の滞在許可、就労許可を取得する手続きを行う。

- I. 外国人従業員雇用計画書（RPTKA）の労働移住省への提出
- II. 労働移住省での推薦状（TA-01）の申請
- III. 一時居住ビザ（VTT）の申請
- IV. 在日インドネシア公館による一時居住ビザ（VTT）発給
- V. 一時滞在許可（KITAS）発行
- VI. 外国人就労許可（IMTA）発行

出典：JETRO 貿易・投資相談 Q&A 2014
<http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/qa/03/04A-010961>

表 57 外国人就労の基準

インドネシアにおける外国人労働者の就労については、2003年に制定された新労働法に規定されている。外国人の就労は、特定の職務及び期間に限られること、当該外国人には役職規定や能力基準を遵守することが求められる。

【在留許可】

ビザや居住許可については、2011年の法律第6号にて見直された出入国管理法に基づく。インドネシア法務・人権省は、短期訪問の際、日本を含む国／地域への到着ビザの取得を義務付けている。

【現地人の雇用義務】

労働法 2003 年において、契約社員の定義や就業時間、賃金などについて盛り込まれている。

出典：国土交通省 海外建設・不動産市場データベース
http://www.mlit.go.jp/totikensangyo/kokusai/kensetsu_database/indonesia/page4.html

表 58 外国人労働者の就労許可制限（自国民の就業機会を優先する傾向）

外国人労働に関する規定について、インドネシア政府は 2015 年、労働移住大臣規定 2015 年第 16 号（6 月施行）、同第 35 号（10 月施行）を立て続けに発令し、企業の混乱を招いた。2015 年第 16 号では、外国人雇用の要件として、「学歴要件」や「インドネシア語習得義務」を規定から削除し、条件を緩和した。学歴要件では近年、高卒や高専卒の技術者は就労が認可されない、あるいは期間を半年に制限するなどの事例がみられたが、同規定により、長年の職務経験や技能を労働移住省へ説明することで大卒未満の就労が認められるケースが増えた。また、インドネシア語習得義務については、2015 年初頭に導入を発表した外国人労働者へのインドネシア語能力試験の義務化を撤回した。

しかし、同規定では代わりに、新たな 2 つのルールを定めた。1 つ目は、現地法人や駐在員事務所を対象として、外国人労働者 1 人につき 10 人の自国民を雇用することを義務付けた。これまで、「外国商社駐在員事務所」では 1 対 3 ルールが規定されていたが、それ以外の進出形態では明確な規定がなく、労働移住省の担当官が事業内容や規模、従業員数を勘案して、適切な外国人数を企業ごとに判断していた。新規規定による 1 対 10 ルールは、特に非製造業や駐在員事務所にとって高い参入障壁となるとの声が上がった。2 つ目は、インドネシアに居住していない外国人の取締役や監査役（コミサリス）に、外国人就労許可（IMTA）の取得を義務付けた。これらは前触れのない突然の法令変更であり、各国商工会議所からは対応が困難として撤回を求める申し入れが相次いだ。

「インドネシア語試験」については、実施は白紙となったが、中部ジャワ州が 2015 年州知事回状により独自の制度を導入している。現地進出日系企業にヒアリングしたところ、就労許可更新のタイミングで実施され、筆記や面接による試験を実施しているという（役員は面談のみ）。不合格者には追試や講習が課され、再試に合格すれば就労許可が更新されるとしているが、現時点では最終的に就労許可が更新された例はないようだ。

<入国管理局による外国人の査察が強化>

インドネシアでは 2016 年 3 月、観光客誘致を目的として、169 カ国の海外旅行者らに対して取得を義務付けていた「到着ビザ」を免除した。他方、国内に多くの外国人が流入し、その中には不法就労も多くみられることから、現場では入国管理局による査察が強化されている。査察の内容は、以下の項目を中心としているようだ。

- 就労許可を取っているか（到着ビザで長期労働していないか）。
- 外国人就任を禁止している特定役職（アドミニストレーター、人事・労務担当マネージャーなど）に就いてないか、人事関係書類への署名をしていないか。
- 駐在員以外の外国人はパスポート原本を携帯しているか。

出典：JETRO ジャカルタ事務所 2016 年 12 月 16 日

(ii) 禁止・規制業種および出資比率

投資禁止業種/規制業種の一覧であるネガティブリストを定めた2016年5月12日付大統領規程2016年第44号（以下、2016年ネガティブリスト）にて、投資が禁止されている業種が定められている（外国資本、国内資本ともに適用）。

表 59 公共事関連の規制業種

業種	外資出資比率上限	備考
建設業 (建設実施サービス)	67%	高度な技術を利用した及び/或いは高リスク及び/ 或いは工事金額が500億IDR（約400百万円）超。 10億IDR（約8百万円）から引き上げ（2016年改定）
建設コンサルティング	67%	高度な技術を利用した及び/或いは高リスク及び/ 或いは工事金額が100億IDR（約80百万円）超

出典：JETRO『投資分野において閉鎖されている事業分野及び条件付きで開放されている事業分野リストに関する大統領規程2016年第44号添付書類リスト』より編纂

投資許認可の指針と手順に関する投資調整庁長官規程（2015年第14号）の第13条3項および4項により、外国企業が投資する場合、製造業・非製造業の区別なく、土地建物を除く投資額の合計が100億IDR（約80百万円）、引受資本金と払込資本金は同額で25億IDR（約20百万円）以上を満たす必要がある。また、各株主の出資金額は1,000万IDR（約80千円）以上である事が要求されている（和訳：JETRO）。

表 60 建設業の投資

<2014年9月に即日施行>

設立要件などが規定されていた公共事業大臣規定2011年第5号が失効、同2014年第10号が2014年9月22日付で即日施行された。新法令における変更のポイントは下記のとおり。

(6) ライセンス許可延長の条件変更（第4条）

旧法令では当該事務所の許可は3年間有効で、延長は有効期限の90日前までに延長申請が必要となっていたが、新法令では60日前までの延長申請が義務付けられた。また延長の要件として、「3年以内に建設サービス作業の実績が少なくとも1件あること」が付け加えられ、これにより3年以内に実績がない事務所の延長は認められないことになる。

(7) ジョイント・オペレーション組成における条件緩和（第11条）

旧法令では、国内の建設サービス会社とのジョイント・オペレーション組成に当たって、

(d) 国内パートナー側の格付けが大規模事業者に分類されている。

(e) 建設営業許可（IUJK）を有している。

(f) 単独あるいは複数のインドネシア資本100%の事業体との合弁。

以上の3点が要件となっていた。

しかし、新法令では、(c) について条件を満たさない場合には、ローカル資本最低 65%を保有する事業体との合弁企業も対象として認めた。ただし、当該企業の代表取締役、財務担当役員、人事担当役員の役職がインドネシア国籍でなければならない。

(8) 建設案件の金額要件 (第 12 条)

当該事務所が実施する建設工事について、これまで規定されていなかった最低金額を設定し、当該ジョイント・オペレーションが行うことのできる事業は、1,000 億 IDR (約 800 百万円) 以上の建設工事、あるいは 100 億 IDR (約 80 百万円) 以上の建設設計、監督業務とした。

(9) ジョイント・オペレーションにおけるローカルへの最低案分率設定 (第 13 条)

建設工事の場合、総事業費の 50%以上が国内で施行され、30%以上が国内パートナー企業によって行われなければならない。また、管理・建設コンサルタント業務の場合は、全ての計画作業を国内でする必要があり、総費用の 50%以上は国内パートナー企業が請け負わなければならない。

(10) 技術移転義務の明記 (第 14 条)

旧法令では定められていなかった技術移転について、プロジェクトごとに計画を作成し、技術移転を実施する必要がある。インドネシア人に対して、能力訓練を行うことが義務付けられる。

<国内建設業の保護が目的>

当該規定の変更は 2014 年以前から議論されてきたが、2015 年に発足する ASEAN 経済共同体 (AEC) に備え、国内建設業の保護・発展を大きな目的としているようだ。管轄官庁の公共事業省によると、2014 年 1 月時点の国内建設企業は 13 万 1,319 社で、そのうち駐在員事務所を持つ外国企業は 0.23%に当たる 302 社。その内訳は日本 (81 社)、韓国 (81 社)、中国 (53 社) と、3 カ国で約 7 割を占めている。また、進出数の推移をみると、2004 年が 103 社、2010 年が 207 社と増加しており、こうした外国企業に対して厳しい管理を行うための規制強化とみられる。

進出日系企業にとっては、特に建設案件の最低金額要件 (第 12 条) が大きな影響を及ぼすと予想される。企業関係者によると、1,000 億 IDR (約 800 百万円) 以上の建設工事、あるいは 100 億 IDR (約 80 百万円) 以上の建設設計、監督業務の案件数は決して多くない状況で、3 年間の有効期限内に受注がなく延長ができない可能性を懸念しているという。また、新規参入を狙う企業にとっては、大企業に分類されるパートナー企業の候補は多くないことから引き続き参入障壁は高いといえる。

進出企業には、既に落札していた案件が最低金額を満たしていないケースでは続けられないのか、また現地法人の新規設立を検討したとしても認可まで時間がかかる場合はどのような扱いになるか、といった実務的な疑問が多いが、規定を運用する上で不明確な点が多いのが実態だ。

他方、現地法人の設立を検討する場合でも、外資出資制限を定めたネガティブリストでは、工事額が 10 億ルピアを超える建設サービスは 67%が上限で、かつ当該分野では 500 億ルピア以上の総資産が条件付けられていることから、建設分野での進出のハードルは非常に高い状況にある。

出典：JETRO ジャカルタ事務所 2015 年 1 月 20 日

(iii) 建設業許可制度

建設工事は、建設業の許可を得た現地法人で、公示予定額に応じた格付け、技術者の資格制度を満たす建設会社、建設業協会の会員であることを義務付けている。

表 61 建設業許可制度等

建設業許可制度	<p>【制度概要】 現地法人は国内建設企業とされ、Construction Services Development Board (CSDB: 建設業振興委員会) への登録及び地方政府の建設業許可取得が必要である。</p> <p>【格付制度】 CSDB による格付が行われている。</p>
技術者・技能者の資格制度	Arsitek (Architect) は、学歴及び経験の基準を満たし、試験に合格しなければならない。
業界団体	Asosiasi Kontraktor Indonesia(AKI)インドネシア建設業協会 Gabungan Pelaksana Konstruksi Nasional Indonesia(GAPENSI)インドネシア全国建設業者組合

出典：国土交通省 海外建設・不動産市場データベース

http://www.mlit.go.jp/totikensangyo/kokusai/kensetsu_database/indonesia/page4.html

(iv) インドネシアの建設工事入札制度及び税制

合弁事業会社は、外国援助によるプロジェクト、海外および国内資本による投資プロジェクト、民間プロジェクトを請け負うことができる。参加方法は入札による公共調達制度および税制については、次のように規定されている。

表 62 インドネシアの入札制度

<p>5. 入札契約制度</p> <p>(3) 入札方式の種類</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 第 80 号令 (2003 年大統領令第 80 号) により、公募型指名競争、一般競争、直接選定方式、直接指名方式の 4 種類が規定されている。建設工事施工その他のサービス供給者の選定は、基本的に一般競争入札によるとされている。 <p>(4) 外国企業の特例</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 第 80 号令 (2003 年大統領令第 80 号) で、政府調達への外国企業の参加について規定されている。 ● 500 億ルピア超の建設工事施工サービスの調達には外国会社の参加が認められる ● 政府調達に参加する外国企業は、該当部門に十分な能力を有する国内企業がある場合、国内企業と事業協力しなければならない。 <p>6. 税制</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 建設会社が支払う税 ● 法人税、付加価値税 (PPN) 等がある。 ● 日本との間に二国間租税条約が締結されている。 ● 建設工事 (サービス) は源泉徴収 (前払い法人税) の対象となっている。保有する資格によって徴収税率が変わる。

出典：国土交通省 海外建設工事ライブラリ (インドネシア共和国)

<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/inter/datalink/kaigaikennsetu/idn/idn01.html>

③-2 検討・作成

③-2-1 検討（主要課題検討・F/S の作成）

本事業は、インドネシアのインフラ整備における土木需要の獲得と、東曹産業（株）の海外展開の基盤作りを目的とする。本格的な需要の立ち上がり時期が不明確なこと、海外事業のリスクを最小限に抑えることを念頭に置き、段階的なビジネス展開を検討した。

現地法人を持たない東曹産業（株）が可能なビジネスモデルについて多角的に分析し、評価・検討した。

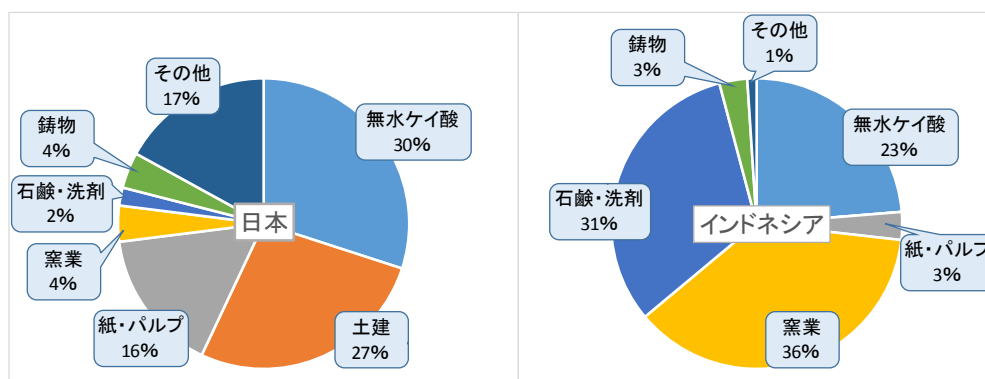
1) 薬液注入材の供給

薬液注入材は、主剤である水ガラスと硬化剤で構成される。それぞれの供給について、技術的検討を行った。

(i) 水ガラスの供給方法

水ガラスは、日本では日本工業規格（JIS）として規定されている化学薬品であり、日本国内で年間 38 万 t（2017 年度；日本無機薬品協会）生産されている基礎材料である。薬液注入材としては JIS 3 号相当品が主に用いられる。

インドネシアでも水ガラスは生産されているが、その用途構成は日本と異なる。インドネシアでは土木用途が存在しておらず、本事業は新しい分野となることが分かる。今後、薬液注入工法の普及により、日本と同等にインドネシアにおける水ガラス需要の大きな柱となることが期待できる。



（出展：日本 日本無機薬品協会、インドネシア 水ガラス製造業者資料に基づき提案法人作成）

図 51 日本とインドネシアの水ガラスの用途比較

企業機密情報につき非公表

(ii) 硬化剤の供給方法

東曹産業（株）の薬液注入材であるジオキープは、無機溶液型、懸濁型、有機溶液型の硬化剤がある。その中でも主力製品となるのが無機溶液型のジオキープ#320シリーズであり、数種類の原材料を混合して生産される。

硬化剤の供給方法について、(a) 輸出対応、(b) 製造委託、(c) ライセンス契約、(d) 現地法人設立 の可能性・難易度を検討した。

(a) 輸出対応

日本から硬化剤を輸出し、インドネシアに在庫し、工事現場へ供給する。初期費用はほ

とんどかからないメリットがあるが、材料の輸出には1か月程度のリードタイムを要するため、適正な在庫量の見極めが必要となる。在庫リスクを減らすために、品種の限定を検討する。

(b) 製造委託

委託製造のみの場合、非居住者の在庫は認められないため、現地法人が必要になる。また、日本にいてもインドネシア国の付加価値税を払う義務が生じるが法人が存在しない状態で税金を支払うというおかしな形となる。そのため、契約を締結せずに信用のみで製造委託する形となり、何か問題が発生した場合にはリスクが発生する事を覚悟する必要がある。いずれにせよ、製造委託者が立て替える付加価値税は東曹産業へ請求されるため、その分はコストとなる事を認識しておく必要がある。

(c) ライセンス付与

現地業者へライセンス付与する場合、ライセンス契約に関して法務人權省への登録が必要となる。現地で硬化剤を製造するには配合を開示する必要があり、秘密保持の観点よりリスクが生じる。

(d) 現地法人設立

製造業の現地法人設立は、外資単独での設立が可能であるが、最低でも資本金 25 億 IDR (約 20 百万円)、投資 100 億 IDR (約 80 百万円) が設立時に払込で必要となる。(設立事務手続きに約半年、100 万円程度必要)

また、事業が上手くいかなかった場合は撤退することとなるが、会社をたたむ申請を税務署に提出してから税務署の承認が下りる迄に2年程度必要で、その間も駐在員経費もしくは会計事務所への撤退手続き委託費用等、発展性のないお金が掛かる事に留意が必要である。

本事業の開始としては、薬液注入材需要の本格的な立ち上がり時期が予想できないため、リスクの小さい輸出対応が最良と考える。

また、将来的に薬液注入材需要が大きくなったら、いずれかの現地生産方法を検討していくこととする。現時点では、現地業者とのライセンス契約により現地生産する方法が最善策と考えるが、パートナー企業は選定できていない。

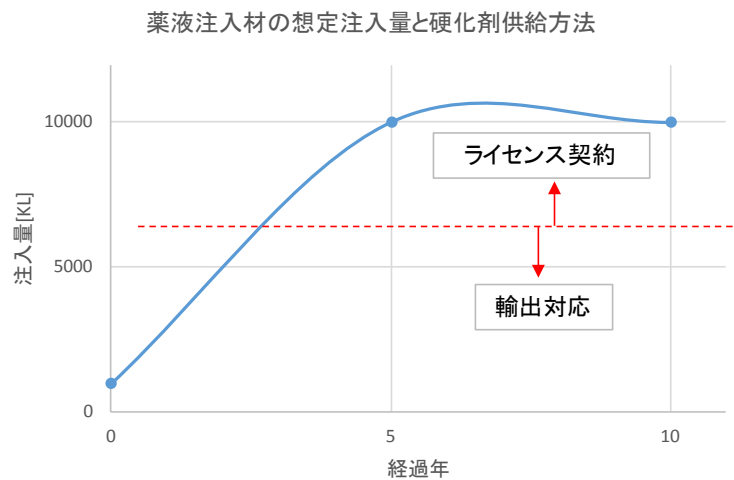


図 52 薬液注入材の想定注入量と硬化剤供給方法

2) 需要の想定

1974 年、当時の建設省より「暫定指針」が発令され、水ガラス系材料を用いた薬液注入工法は急激に増加した。薬液注入工が地盤改良工事として認知されている日本では、最盛期の平成 5 年度で薬液注入材使用量 1,145 百万 L、公共事業削減により土木工事が減少した近年でも 395 百万 L（平成 28 年度）の使用実績がある（一般社団法人日本グラウト協会資料より）。

インドネシアでは、ジャカルタ下水道事業を初めとする地下構造物構築工事のニーズが今後高まり、それに伴い地盤改良工事の需要も高まることが予想される。長期的な視点では、現在の日本と同等若しくはそれ以上の需要が期待できる。

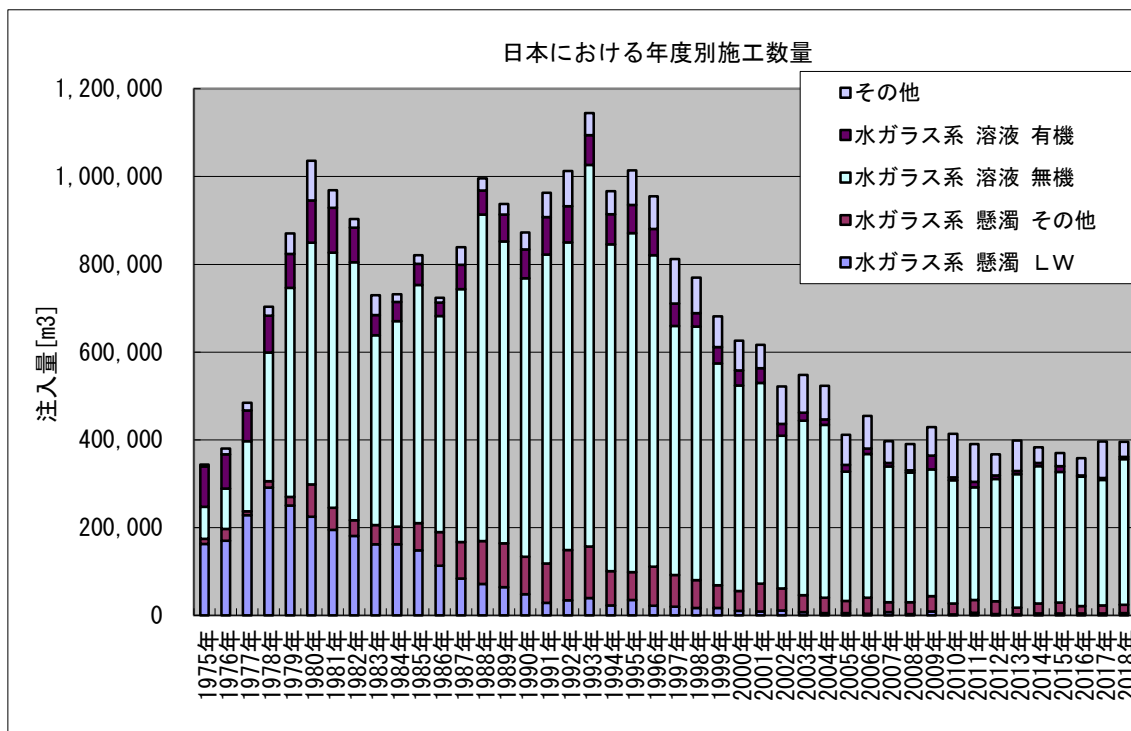


図 53 日本における薬液注入工法の施工数量推移

一方、現在のインドネシアにおける発注者には、地下構造物構築時の軟弱地盤の改良工事という概念が無いことが課題に挙げられる。地下構造物構築工事の経験に乏しく、技術力が不足している。下水道等の構築工事に際し、日本の土木技術視点から設計検討すると、安全に工事を進めるために軟弱地盤の地盤改良が設計に織り込まれる。しかし、インドネシアの発注方式はデザインビルド方式が採用されており、地盤改良工事を加えた設計で施工業者が見積もると高価格となるため、入札時に工事を請け負うことが難しくなる。地盤改良をせず工事を施工すれば、立坑崩壊等の問題が発生するため、工期は延び、安全性の確保も難しい。結果的に、デザインビルド方式は非合理的な発注方式となる。薬液注入工法の採用には、地道な営業活動が必要であることと、実際の工事で失敗を繰り返し、発注者が地盤改良の重要性を理解していくことが必要である。

以上のように、薬液注入工法の需要は今後大きくなることが想定できるが、本格的に需要が立ち上がるには時間が必要と想定する。

企業機密情報につき非公表

表 63 各工事における薬液注入材の推定注入量

3) 業務面での検討

薬液注入材の販売・物流を検討するにあたり、次のことに留意する。

- ・ 現地法人を持たない東曹産業（株）は、現地で材料を仕入れ、在庫し、販売することができない。そのため、信頼できる現地法人のパートナーを確保する。
- ・ 水ガラスを現地調達した場合、日本において東曹産業（株）がその品質保証することは難しい。そのため、現地パートナーである調達先商社と水ガラスメーカーの売買契約に、薬液注入材に見合った納入規格等の技術的な項目を入れ、品質を明確にする。
- ・ 薬液注入の施工には技術を要する。トラブル防止のためにも技術を持たない現地施工業者への販売を控えることが重要であるが、技術保有の証明として将来的な創立を目指しているグラウト協会の会員への販売に限定する。
- ・ 現地施工業者へ販売するに当たり、日本の商慣習が通用しない可能性が高い。現地販売店へも薬液注入技術を供与し、薬液注入材に関する免責事項等を明確にする。また、現地販売店と現地施工業者の契約を締結することにより、薬材メーカーである東曹産業（株）への不当なクレームを回避する。

4) システム面での事業実現可能性

薬液注入工法は、材料の安全性確保・品質管理だけでなく、工事の設計・施工・管理技術が重要である。インドネシアの施工業者を中心に技術伝承・教育を行い、安心して材料を販売するために、将来的にインドネシアにおけるグラウト協会設立を検討する。

(i) グラウト協会設立に向けて

日本には、質の高い仕事を提供する専門工事業の団体として、一般社団法人日本グラウト協会（昭和39年 日本L・W協会として創設）が存在する。注入工法に関する調査・研究開発、普及啓蒙及び技術向上等の事業により、安全で品質に優れた社会資本整備と環境保全に寄与することを目的として、施工業者を中心に、材料供給業者、機材供給業者、商社および学術機関で構成されている。

一般社団法人日本グラウト協会 ウェブサイトより

目的

本会は、社会資本の整備及び既設建造物の維持管理に当たり、地盤の安定及び地下水の流動防止に最も適している注入工法の研究開発とこれらの正常な普及啓蒙、技術向上とを図り、もって安全・品質に優れた社会資本整備と環境保全に寄与することを目的としております。

定款上の事業

- (1) 注入工法に関する企画、調査、研究開発に係る事業
 - ①最適な注入工法に関する調査研究
 - ②長期耐久性に関する調査研究
 - ③施工実績等調査
 - ④施工管理機器の認定等の事業
- (2) 注人工法の普及啓蒙を図る事業
 - ①資料集・専門図書等の発行・編集及び頒布・配布
 - ②技術説明会等の開催
 - ③関係行政施策推進の協力・支援
 - ④関係機関及び関係団体との連携による普及啓蒙
 - ⑤工法に関する問い合わせ対応
- (3) 注入工法の技術向上を図る事業
 - ①登録グラウト基幹技能者講習（認定講習・更新講習）
 - ②2級土木（薬液注入）施工管理技士資格取得支援事業（講習会の開催）
 - ③関係機関及び関係団体等への技術支援（講師派遣）
 - ④技術向上を図るための継続教育
- (4) その他本会の目的を達成するために必要な事業

本事業では、インドネシア国内におけるグラウト協会（Grouting Association）の設置に関して、日本のグラウト協会の社会的意義や仕組みを紹介した。公共事業・国民住宅省は、グラウト協会の重要性について認識し、日本グラウト協会の活動と技術交流について、要請を受けた。

薬液注入技術の普及に関する追加業務の要請書（要旨:本文は添付資料 5. に収録）
 Subject: Request for Additional Activities of Chemical Grouting Technology Dissemination in Indonesia

1. Transferring the guide-book of construction operation procedure in Japan
2. Workshop in Indonesia from Japanese Chemical Grouting Association regarding to:
 - a) Institutional and operation of the Association
 - b) Sharing R&D information
 - c) Exchange of engineers and researchers in the future
 - d) Sharing information on construction accidents

From Prof. Dr. Eko Winar Irianto, Director of Reserch Center for Water Resources, Agency for Research and Development, Ministry of Public Works and Housing

この要請を受け、インドネシアにおける継続的な技術の伝承と発展を目的として、インドネシアの自立的なグラウト協会設立に向け、支援する業務を追加した。安心して現地施工業者へ材料販売可能な体制構築には、現地施工業者を中心とした正しい薬液注入工の設計と施工に貢献することが期待できる。

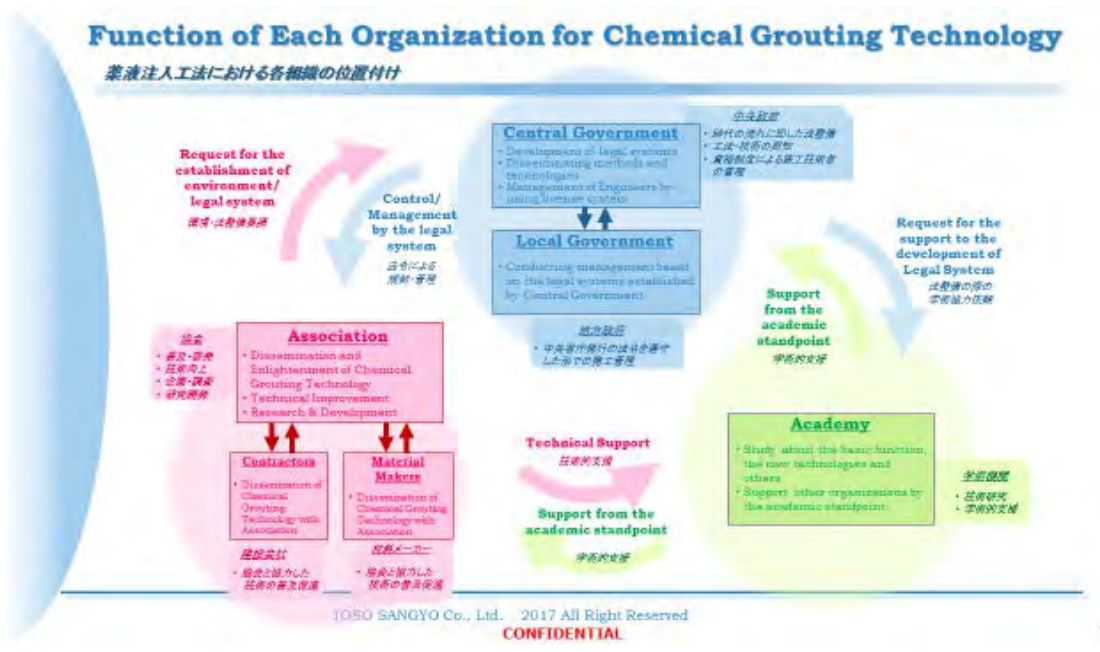


図 54 薬液注入工法における各組織の位置付け

表 64 商流における各社の役割

東曹産業	○薬液注入材ジオキープのメーカー ・品質保証体制の確立 ・現地水ガラスメーカーの品質チェック、製品規格の指示 ○日系商社への硬化剤販売
日系商社	○硬化剤の購入、輸出 ○硬化剤の輸入、保管、デリバリー、販売 ○水ガラスの仕入販売
現地商社	○インドネシアにおける総販売店（薬液注入技術を持つ施工業者への注入材の仕入販売） ○グラウト協会の運営、発注者との仲介役

品質保証とは、顧客が満足する製品を長く安心して使用することができるという品質を保証することである。現地商社が顧客のニーズを掴み、各社が連携して品質保証体制を構築することが必要である。

設立を予定しているグラウト協会は、薬液注入工法の施工業者を正会員とし、材料メーカーや学術機関を賛助会員とした組織構成を想定している。

- ・ 正会員：施工業者（NITTOC、現地業者）
- ・ 賛助会員：水ガラス製造業者、商社、学術機関（HATTI、ITB）、東曹産業（株）
- ・ 事務局：現地商社

グラウト協会の設立により、技術説明会の主催や関係行政との施策推進の協力・支援、関係機関及び関係団体との連携による普及啓蒙活動により、インドネシアにおける薬液注入工法の地位を確立させる。また、会員の技術向上を目的とした教育を継続し、正しい薬液注入工法の設計・施工技術を持った公的機関を目指す。グラウト協会に学術機関も参加することにより、民間業者のみではない学術的裏付けを付した団体を目指し、発注者である行政機関も含めたより良い産学官連携の形態を構築する。

(2) 事業目的の達成状況

① ビジネスマーケットの確認

本業務は、ジャカルタにおける MRT 事業で本邦建設会社による薬液注入技術のニーズを手掛かりとして、ダムや下水道等の大規模構造物へのビジネス展開を狙ったものである。本業務の着手時点では、老朽化ダムのリハビリ事業と下水道等の大深度地下インフラのニーズを期待した。

老朽化ダムについては、ソロ川流域で確認したリハビリ中のダムを除くと、薬液注入技術を必要とするダムは、現地調査によって少ないことが判明した。個別のプロジェクトは大規模事業であるので、引き続き、注視していく。

インドネシアの大都市は、我が国と同様に軟弱な沖積平野に発展している。近年の順調な経済成長により、例えばジャカルタ特別州では一人当たり GRDP が 15,000 USD (2016 年速報値) を超えるなど、都市の発展が目覚ましい。欧米や東南アジアの大都市と同様に、大規模地下インフラを必要とし、安全で効率的な建設工事技術の需要が見込まれる。下水道事業や MRT 事業（延伸事業・新規路線）は、近々、建設工事に着手する見込みであり、都市土木のニーズが期待できる。

② 業務目的の達成状況

日本の大都市は、砂層・シルト層の軟弱な沖積平野に発展しており、狭隘な土地で地下水を効率良く抑える地盤改良技術を求めている。我が国の薬液注入技術は、1974 年の有機系薬剤の地下水汚染事故の反省から、産官学が連携して安全で大規模・大深度の地下インフラを構築する技術を確立した。

インドネシア国内の地盤改良技術は、新技術であるので、設計、積算・調達制度、施工管理の規準化が確立していない。本業務の実施過程で、技術の理解と普及に向けた規準化が不可欠であることが分かった。このため、本業務では、安全性の確認、施工技術の周知、品質管理制度、公共調達制度について、本邦研修における施工事例と国（政府）の役割、九州大学・ITB との共同研究、実証試験、マニュアル類の解説を通じて、繰り返し技術の普及に努めて来た。

ダムサイトにおける薬液注入の実証試験については、予備調査（調査ボーリングおよびトレーサー試験）を実施し、堤体からの漏水がないこと、および堤体の亀裂、沈下等の劣化が見られないことを、ダム安全管理者と確認した。これにより、ダム堤体の補強が不要であることを確認し、サプライチェーンや許認可等を含む薬液注入工事の施工計画の確認までに留め、薬液注入の実証試験を中止した。

直接のユーザーである建設工事会社や設計コンサルタントに対して、薬液注入技術を適切に運用するために必要とされる技術や品質管理制度について、デモテスト、研修、グラウト協会活動に関するワークショップを開催し、インドネシア政府・民間建設セクタ

一の自立的な活動の支援に努めた。

以上の活動を通じて、薬液注入技術の普及とパートナー企業の発掘・ビジネス普及計画について、具体的な検討を行い、本業務の目的を達成できたと考える。。

以下に事業目的の達成状況についてまとめる。

表 65 薬液注入技術の普及・実証事業の活動計画および達成状況

分類	概要	活動項目		
		契約（特記仕様書）	業務計画書（当初）	実施
成果 1	効果と安全性に関する実証試験の実施	1-1 テーブルテスト	テーブルテスト	九大、ITBにて実施 →報告書はベンチスケールテストも含める
		1-2 ベンチスケールテスト	ベンチスケールテスト	ITBにて実施 →2017年6月 ITB報告書完成
		1-3 環境社会影響項目の予測・評価、緩和策、モニタリング計画作成		業務完了報告書に記載
成果 2	止水有効性確認を目的とした漏水ダムでの実証試験の実施	2-1 場所の選定、2-2 安全性の検証（ワークショップ）、2-3 事前調査、2-4 計画、2-5 材料・機材の準備、2-6 実証試験、2-7 事後調査、2-8 セメント工事、2-9 地下水モニタリング、2-10 報告会	ダムサイト試験（薬液注入の実証試験）（同左）	2018年12月、2019年3月 事前調査（調査ボーリング、トレーサー試験）実施 →実証試験には不適切と判断し、「デモンストレーション試験」に変更
成果 3	薬液注入技術の普及活動	3-1 効果・安全性にかかるワークショップ（3回）	ワークショップ開催（3回） ① テーブルテスト終了時 「テーブルテスト結果の検証」 ② ダムサイト試験施工終了時 「施工結果検証、施工のマニュアル案の検討」 ③ ダムサイト試験終了時 「実証試験総括、設計と効果マニュアルの検討」	2017年3月実施 第1回ワークショップ 「テーブルテスト、ベンチスケールテストの結果検証」 2020年11月実施 第2回ワークショップ 「技術マニュアル（案）に関する内容確認」
			技術講習会開催（2回） マニュアル案（「設計」「積算」「施工計画」「施工管理」）を用いた講習	
		3-2 本邦受入活動	本邦受入活動（1回）	2018年7月 実施「狭山池、琵琶湖疎水視察、薬液注入技術見学会、講義」
		3-3 ダムサイト試験現場視察	ベンチスケールテスト・ダムサイト試験現場視察（各1回）	2016年12月 ベンチスケールテスト視察会
		3-4 技術セミナー開催	セミナー開催（3回） ワークショップと同時期に開催	2018年12月 スモールセミナー開催（チプタカリヤ） 2020年1月 総括セミナー開催（PUPR）
		3-5 マニュアル作成	マニュアル案の作成	2020年2月 マニュアル案の手交式実施
		（追加活動） ダムサイト試験の中止に伴い、デモンストレーション試験の実施	—	2020年1月 デモンストレーション試験の実施
（追加活動） 事業後の政府機関の自立的な活動継続に対する支援活動	—	グラウト技術研究支援 - 九州大学・ITBの交流研究支援 - インドネシア地盤工学会との協力体制構築 — グラウト協会設立支援		
成果 4	ビジネス普及計画の作成	4-1 情報収集調査 事業量調査（老朽化ダムの実態調査）	事業量調査（老朽化ダムの実態調査）	2018年11月 再委託先（ジャワバル）より報告書受領 →契約時に想定したよりも堤体からの漏水は少ない
		事業量調査（下水道事業の実態調査）	事業量調査（下水道事業の実態調査）	業務完了報告書に記載
			基礎調査（社会調査・経済調査・法令調査）	業務完了報告書に記載
		4-2 ビジネスモデルの検討	ビジネスモデルの作成	業務完了報告書に記載

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

実証試験に適する老朽化ダムを選定出来ず、ダムサイトにおける薬液注入実証試験を中止したので、開発課題解決を実地に検証することが出来なかった。しかし、ダムサイトでの老朽化対策調査および下水道工事における建設事故に関するセミナーを通じて、次の貢献について確認できた。

- ・ 老朽化ダムの漏水によって水田耕作が出来なくなり、畑作や放牧への転換を余儀なくされ、特に農村部の雇用機会と収入の損失に甚大な影響を与える。ダムの決壊事故も経験しており、Gintung ダム（高さ 10m のアースダム）の流出事故では、2009 年 3 月、400 戸の住宅の浸水、98 人の死亡、5 人の行方不明、171 人の移転被害を伝えている（WHO）。提案技術は、貯水機能を維持しつつダム堤体の補修・補強を可能とする技術である。灌漑用水の供給や水浴・都市の潤い（レクリエーション）としての様々な機能を保全する。
- ・ インドネシア国内の既存技術を使った下水道管路建設工事では、土留め工の破損や地下水の出水による深刻な工事公害を引き起こしている。ジャカルタにおいては、深度 20m 超の大深度管路を計画しており、我が国 ODA 事業の確実で円滑な事業執行に貢献する。



写真 21 ダムのマネジメント

企業機密情報につき非公表

写真 22 既存技術による下水管路建設事故

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

本事業を通じて、海外マーケットに対する社内の関心が高まり、水ガラスおよび硬化剤のメーカーから、薬液注入技術を売り込む技術営業へとビジネスノウハウの蓄積が始まった。

インドネシア国内では、下水管路建設による地山の崩壊事故が報告され、薬液注入技術を含む地盤改良工法や工事安全に関する引き合いが現れて来た。薬材を販売する段階に至っていないが、下水道工事が本格化すると、硬化剤は、国内工場の製品を輸出することを予定している。全国の工場での生産計画に反映するので、海外ビジネスが身近となり、地域社会の活性化に貢献する。

(5) 環境社会配慮

① ダムサイト実証試験に対する許可要件

全ての建設工事や開発プロジェクトは、AMDAL/EIA の対象とされ、規模要件により、②で後述するように、環境影響評価（AMDAL）または環境管理計画（UKL/UPL）に区分して環境管理が適用される。用地・道路等の管理者による工事許可・占用許可を要する。さらに、地元住民や利害関係者（ステークホルダー）に対する説明責任も求めている。

カモジンダムを実証試験サイトとする工事では、地元自治体およびダム管理者より、次の手続きを指示された。

AMDAL の所管庁(DKLH, Kab. Karawang) より確認した AMDAL/EIA に関する見解を、次に示す。

- ・ Kamojing ダムは、AMDAL の承認を受けており、今回予定する実証試験は、新たな構造物を構築しないので、AMDAL の変更承認は不要である。

建築許可 (Ijin Konstruksi) については、ダムサイト試験に供する用地の管理者である BBWS Citarum は、次の見解であった。

- ・ 新たな工事を行わないので、行政手続きは不要である。ダムサイトでの実証試験について、PUSAIR および BBWS Citarum と協議を行ってきており、提示した許可条件を要件とすることを確認した。許可条件には、専門技術者（経験年数5年など）の配置を含めるとされた。

ステークホルダーについては、施設管理者 (BBWS Citarum) が説明会を主催する。説明の要旨を、以下に示す。

- ・ 地元住民（農民）及び P3A（水・水田の組合）に対して、調査ボーリング、実証試験の内容について説明会を設けること（主催者は BBWS Citarum）。試験実施の 1 週間前までに開催する。使用する材料が安全であること、漏水しない、貯水池の機能が回復することのメリットを強調すること。水田が少なく利害関係者が少数であり、農民へのメリットがあるので、反対されないと考えている。

トレーサー試験に使用する材料は、有害物でないこと（Non-toxic）、生物化学的に分解すること（Bio-degradable）を条件とする。Non-toxic であれば、規制基準は存在しない（Not-regulation）。

② 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織

環境法制度は、全てのプロジェクトに対して、環境管理法（環境の保護及び管理に関する法律_2009 年法律第 32 号）および関連法令によって指定されるレビューと許可手続きを遵守しなければならないことを規定している。環境影響評価（AMDAL/EIA）は、プロジェクトの所在する市（Kota）または県（Kabupaten）の環境局（DLH: Dinas Lingkungan Hidup）が所管する。なお、州内の環境に重大な影響を及ぼす事業については、州政府が所管する。

AMDAL/EIA および UKL/UPL については、次図に示すように、環境への影響度の判断、パブリックアナウンスメント、環境管理計画の審査、事業の許可または却下、公告等の環境管理に係る手続きを行う。水資源、道路、上下水道・廃棄物のセクター毎のプロジェクトの規模によって環境への影響の多寡を判断し、AMDAL/EIA または UKL/UPL の要否を判断する。次表に、規模の適用基準を示す。ダムについては、堤体の高さ、湛水面積、貯水量が要件とされる。下水道については、処理区域面積および下水処理能力を要件としている。なお、薬液注入工事は、ダムや下水道施設の補助工法または目的物の一部として採用され、単独では工事を実施することは極めて稀である。

環境影響評価に関する書類の作成やモニタリング業務は、Regulation of Ministry of Environment (PermenLH) No. 07/2010 によって資格要件を認定された技術者およびコンサルタントが実施する。

表 66 インドネシアにおける環境影響評価

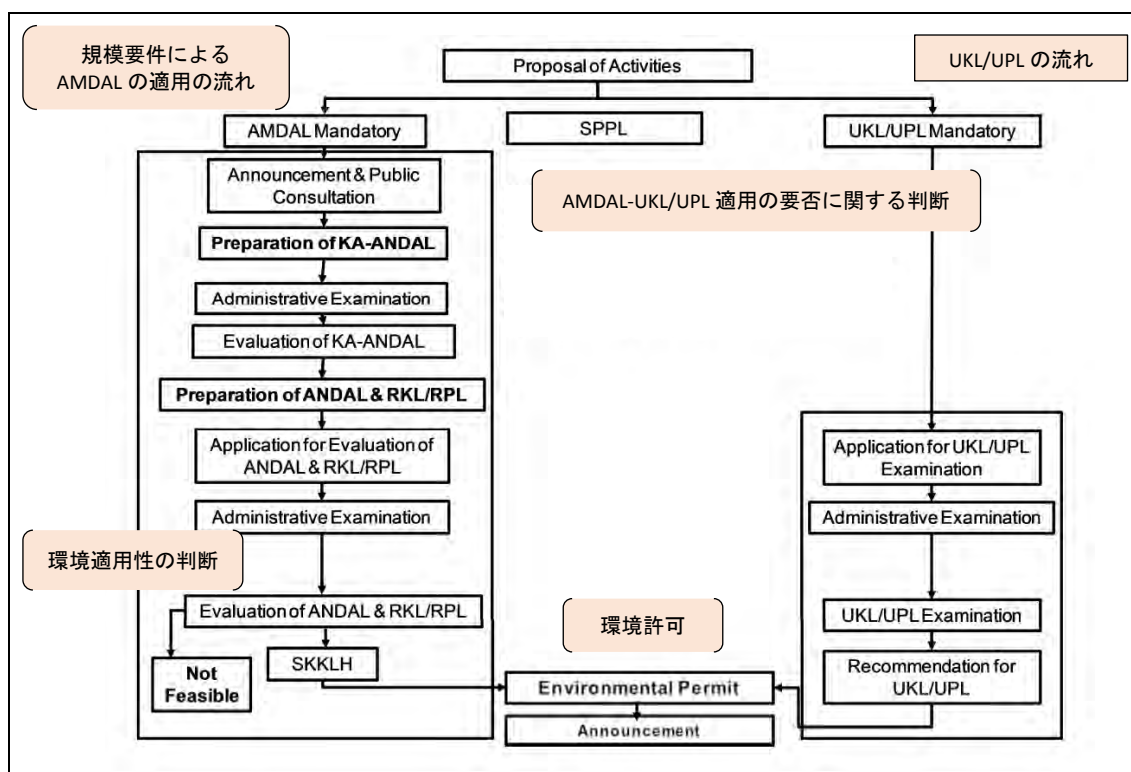


Figure 1 Flowchart of Indonesian Environmental Clearance / インドネシアの環境影響判定フロー

AMDAL	= Full Environmental Impact Assessment / EIAの全適用
ANDAL	= Environmental Impact Assessment Analysis / Report / EIA分析および報告書
KA-ANDAL	= TOR for ANDAL Study / ANDAL調査仕様書
RKL/RPL	= EMP (comparison for ANDAL) / 環境管理計画
UKL/UPL	= Less stringent Environmental Impact Assessment / 影響度の小さなEIA
SPPL	= Statement on Commitment for Environmental Management / 環境管理の認証表明
SKKLH	= Decree on Environmental Feasibility / 環境上の事業実施可能の判定

Note:

AMDAL category is for significant impacts; UKL/UPL is for less significant impacts, and SPPL is for no defined impacts.

According to Indonesia's environment regulations, all projects must comply with the review and clearance procedures (Figure 1) specified under Indonesia's environmental system and other related law and regulation, among others: / インドネシアの環境法制度によれば、全てのプロジェクトは、環境と法令によって指定されるレビューと許可手続き（図-1）を遵守しなければならない。

- (i) Government Regulation No. 27/2012 on Environmental Permit; / 環境許可に関する大統領令
- (ii) Decree of Minister of Environment No. 05/2012 on Screening Criteria (type/scale/magnitude of activities requiring AMDAL/EIA; / AMDAL/EIAの要件となる適用基準（プロジェクトの種類、規模、影響度）に関する環境法
- (iii) Regulation of Minister of Environment, Republic of Indonesia No. 16/2012 on Guideline on Preparation of Environmental Document; / 環境文書作成ガイドラインに関する環境省令
- (iv) Decree of Ministry of Environment No. 17/2012 on Community Participation and Information Disclosure in Environmental Impact Assessment; / 環境影響評価に関する住民参加と情報公開に関する環境省令
- (v) Regulation of Minister of Public Works, Permen PU No. 10/PRT/M/2008 on the Environmental Management Measure (UKL) and Environmental Monitoring Measure (UPL) Criteria; and / 環境管理と環境モニタリング方法に関する公共事業省令
- (vi) Regulation of Ministry of Environment (PermenLH) No. 07/2010 on Competence Certification of AMDAL Preparation and Training Requirements for AMDAL Preparation. / AMDAL業務と研修要件の有資格に関する環境省令

Source: Indonesia: Flood Management in Selected River Basins Sector Project 2015

表 67 AMDAL 適用基準例

Indonesia AMDAL Screening Criteria (Water Resources Sectors) / AMDAL適用基準 (水資源) (PermenPU No. 10/2008)		
3.1 Water Resource Works / 水資源事業		
No.	Type of Activities 事業セクター	Scale / Magnitude 規模
		UKL / UPL
1	Development of dam/reservoir / ダム・貯水池の設置に係る基準	
a.	Development of dam/reservoir or other water storages / ダム・貯水池の新設 - Height / 堤体高さ (m) - Spread of inundation / 湛水面積 (ha) - Volume of storage / 貯留量 (m ³)	6 to < 15 50 to < 200 300,000 -500,000 > 15 > 200 > 500,000
b.	Rehabilitation of dam/reservoir or other water storages / ダム・貯水池のリハビリ - Height / 堤体高さ (m) - Spread of inundation / 湛水面積 (ha) - Volume of storage / 貯留量 (m ³)	6 to < 15 50 to < 200 300,000 -500,000 > 15 > 200 > 500,000

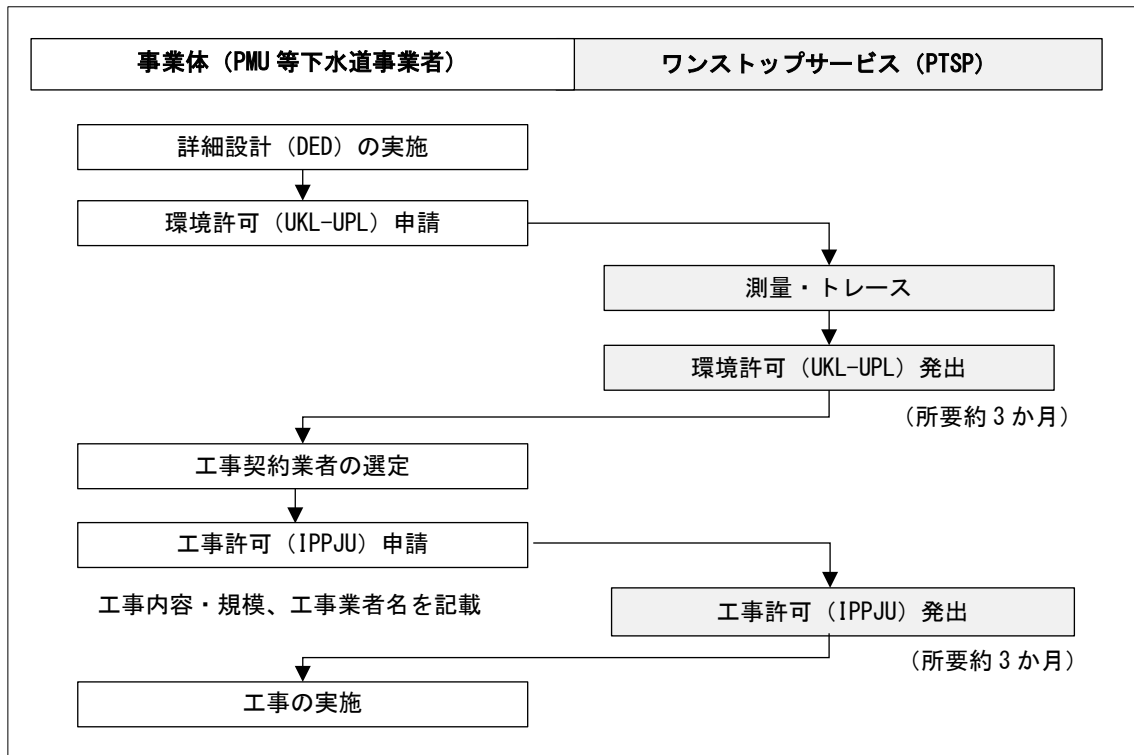
Source: Indonesia: Flood Management in Selected River Basins Sector Project 2015

10. Air limbah domestik/permukiman Domestic / 生活系污水处理に関する規準	
Type of Activities 事業セクター	Scale / Magnitude 規模
a. Pembangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) termasuk fasilitas penunjang / し尿污泥処理施設 - Luas / 敷地面積 - Atau kapasitas / 処理能力	< 2 ha < 11 m ³ /hari (m ³ /日)
b. Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) /污水处理施設 - Luas / (敷地面積) - Atau bahan organik / 有機物処理量	< 3 ha < 2.4 ton/hari (ton/日)
c. Pembangunan sistem perpipaan air limbah diperkotaan/permukiman / 下水道システム - Luas layanan / 処理区域 - Atau debit air limbah / 汚水量	< 500 ha < 16,000 m ³ /hari (m ³ /日)

出典： NOMOR: 10/PRT/M/2008_PENETAPAN JENIS RENCANA USAHA DAN/ATAU KEGIATAN BIDANG PEKERJAAN UMUM YANG WAJIB DILENGKAPI DENGAN UPAYA PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP DAN UPAYA PEMANTAUAN LINGKUNGAN HIDUP (環境管理および生活環境モニタリングを適用する事業および工事の種類に関する決定)

建築物・工事の審査・許可および道路・水路等の占用についても、審査・許可制度が規定されている。申請・許可手続きの利便性を図るため、窓口を一元化するワンストップサービス (PTSP : Pelayanan Terpadu Satu Pintu) を設けている。

小規模の下水道工事における環境管理・工事許可の事例を、以下に示す。



出典：提案法人作成

図 56 環境許可 (UKL-UPL) ・工事許可 (IPPJU) の手続きフロー

③ 事業実施上の環境及び社会への影響

本業務で実施したバンドン工科大学における実証試験では、環境社会への影響が生じることを確認できなかった。

薬液注入工事は、地下水の水質への影響や工事周辺地区の建築物・構造物の挙動について、モニタリングを実施し影響がないことを確認して実施する。適切な施工管理が行われることによって、環境及び社会への影響は、皆無である。

なお、プロジェクトの実施における環境モニタリングは、標準環境管理計画に、埃、騒音、有害物質、土壌汚染、水質汚濁、用水・生態系への影響、工事用地の復元・緑化等の環境影響項目に対して、評価指標、測定手法、時期、責任者を設定して管理される（資料「Standard Monitoring Plans (Draft)」参照）。

④ 環境社会配慮結果

薬液注入技術は、ダム機能を継続することによる用水の供給や、地下インフラを安全に構築することにより交通・ユーティリティー等の公共サービスを維持しながら、建設

工事に適用される。インドネシアにおいても、環境への影響を皆無とし、外部経済への負の影響を最小化できることを確認した。既存の地盤改良技術と比較すると、小型・軽量で低騒音・低振動の技術であるので、環境社会に貢献する技術である。

(6) 事業後の事業実施国政府機関の自律的な活動継続について

公共事業は、官と民が社会的倫理に則り、効率的で実施可能な技術を開発し、ビジネスと社会貢献を両立させる視点が重要である。日本の薬液注入技術は、一般社団法人日本グラウト協会を設置して、薬液注入技術に関する企画、調査、研究開発、技術の普及啓蒙活動、技術向上のための講習会や法定資格取得の支援事業を行っている。

本事業では、インドネシア国内におけるグラウト協会（Grouting Association）の設置に関して、協会の社会的意義や仕組みを紹介した。公共事業・国民住宅省は、グラウト協会の重要性について認識し、一般社団法人日本グラウト協会の活動と技術交流について、要請を受けた。

グラウト協会の設立準備会の開催に向けて、デモテストによる技術説明会やワークショップを開催した。本事業後においては、薬液注入技術が地下インフラの健全な発展に貢献するよう、以下の活動を行って自立的な活動を支援する。

- ① 要請に基づき、設計・施工計画、積算・調達制度等の技術移転
- ② 調査・研究・技術開発情報の発信、インドネシア地盤工学会への寄稿
- ③ 事故情報等の共有
- ④ 技術者の交流
- ⑤ 本邦企業による講師派遣等、グラウト協会の活動支援

(7) 今後の課題と対応策

公共工事は、行政に調達権限が委ねられている。特に本事業において提案している薬液注入技術のような新技術については、標準化や調達制度が未整備であり、実績を優先させる設計手法や調達制度では、普及に労力を必要とする。

また、下水道等の新しい事業では、デザインビルド方式が多用されている。その中で、本提案技術は、基本的に本設として適用される技術ではなく、安全に工事を進めるための仮設構造物として施工される技術である。よって、これまで特に軟弱な地盤における設計、施工経験の乏しい発注者や設計者、施工者にとっては、コスト高になるということ、軽視されがちな側面がある。しかし、事故によって工事が中断し、工期の大幅な遅れや請負業者の辞退等によって逆にコスト増となりうることを、本事業におけるセミナーやワークショップ等の場において積極的に発信してきたが、この考え方をいかに浸透させるかというのが大きな課題であると考ええる。

我が国の薬液注入技術は、地下水事故を受けて、昭和49年（1974年）に暫定指針が整備された。この間、技術・調達制度に様々な改善が加えられ、45年を経て今日の薬液注入技術に発展してきた。技術セミナーに加えて、品質・外部経済を考慮した設計手法、条件明示や設計変更等の施工管理基準を一体として技術移転することが不可欠である。両国の官民が適切に連携することによって、ライフサイクルコストに優れた高品質の本邦技術が普及する。

以下に述べるように、地下インフラ工事における設計手法と技術提案書の評価基準、および薬液注入技術の条件明示、施工管理基準等の公共調達制度について、次の3点について、本邦支援による技術移転を進める必要がある。

(i) 地下インフラ構築・地盤改良の計画・設計能力の向上

大規模地下インフラプロジェクトの建設が増加しており、一旦、地盤沈下、山留工の崩落が起きると道路・鉄道等の交通、建築物、河川堤防等へ甚大な影響を与える。HATTIは、公共事業・国民住宅省（DPUPR）、運輸省（Kem Hub : Kementerian Perhubungan Republik Indonesia）と連携して、Stone Column（砕石パイル工法）、Depth Cement Mixing（深層混合処理工法）、プレローディング工法、Soil Grouting等の12の地盤改良技術の標準化を進めており、薬液注入技術（No.11 Soil Grouting）も12の技術の中の一つに挙げられている。

地盤改良工法は、一つの工法が万能な訳ではなく、工事対象物や施工条件等に応じて、各々の工法・技術の特長と適用性を踏まえ、選定し設計する必要がある。薬液注入技術もそのような数ある地盤改良技術の一つという位置づけになる。よって、薬液注入技術のみならず、さまざまな地盤改良技術の理解および設計能力の向上が必要であり、これらの技術支援および移転も重要であると考えられる。

表 68 インドネシア国における地盤改良工法の分類

No	Method of Ground Improvement
1	Sotne Column / 礫パイル工法
2	Depth Cement Mixing (DCM) / 深層混合法
3	Stone Column / Vibro Replacement / 礫パイル・振動置換法
4	Kolum Grout Modullar / 柱列式ソイルセメント工法
5	Preloading / プレローディング
6	Viboro Floatation / Compaction / 振動圧密工法
7	Dynamic Compaction / 動的圧密工法
8	RIC (Rapid Impact Compaction) / 急速加圧圧密工法
9	Dynamic Replacement / 動的置換工法
10	CFG Pile (Cement Fryash Gravel) / フライアッシュセメント礫パイル工法
11	Soil Grouting / グラウト工法
12	Sand Compaction Pile / サンドコンパクション工法

出典：Penyusunan Manual Ground Improvement 2019-20_HATTI

(ii) 地盤改良技術の品質確保・公共調達制度

地盤改良技術は、未熟な技術によって工事事故が発生すると、周辺の建築物や交通への甚大な被害が予想される。よって、施工に当たっては、工事の品質を確保し事故を未然に防止することが社会的に求められている。

未熟な技術による施工を防止するためには、技術の認定、技術者の配置等を規定し、施工能力を有する建設会社を選定し、工事の仕様を契約事項（性能規定）とするなど、公共調達制度による運用が不可欠であり、このためのシステム作りが重要であると考ええる。

(iii) 普及のための官民連携の仕組み（インドネシア国におけるグラウト協会(仮称)の設置)

上記の(i)、(ii)について、インドネシア国においてグラウト協会（仮称）を設立することで、官民と研究機関が連携し、また、HATTIの提唱する地盤改良工法標準化の活動の一部会として、研究活動、設計・積算・施工管理、海外との研究交流などインドネシア国における薬液注入工法を発展させるための公益活動が有力な方策である。

また、これらの技術移転を進めるにあたり、一民間企業の努力だけでは限界があると考ええる。ここまで述べてきたとおり、薬液注入に関する技術は、インドネシア国における今後の社会活動、経済発展に資するものと考えられることから、本技術を移転するにあたって、「技術協力プロジェクト」のスキームを活用し、より一層の推進をはかるのも一案であると考ええる。

4 本事業実施後のビジネス展開計画

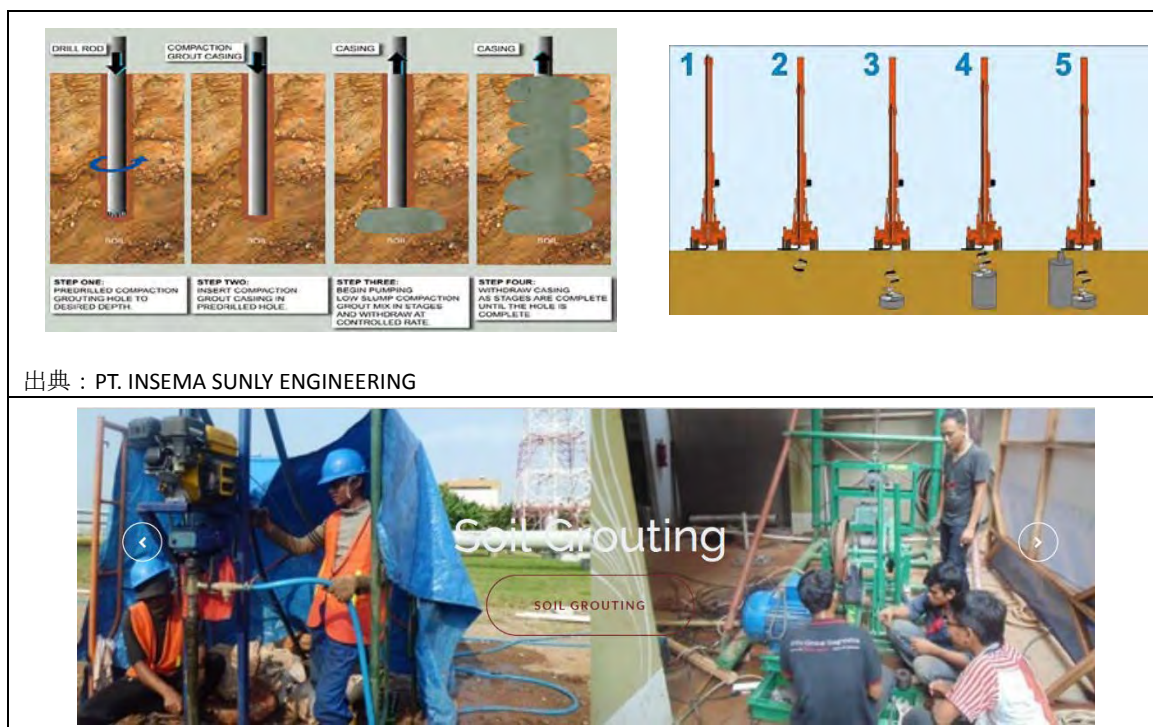
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

①-1 マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

本事業における提案技術である薬液注入技術はインドネシア国内においては新技術に位置付けられる。インドネシア国内において地盤改良工法をビジネスとして展開している企業として、フランスのソレタンシュ社やバンドンに拠点を置く地質調査会社等がある。これらの企業は大型の施工機械を使用した地盤改良技術や、セメントを用いた注入技術等を展開しているが、これらの技術は都市部における軟弱地盤を対象とした地盤改良には適さない技術である（大型機械を必要とする、もしくは浸透性の低い材料の注入）。

表 69 インドネシア国内の地盤改良会社

PT. Pondasi Kisocon Raya	日系の基礎地盤コンサルタント(株)の現地法人
PT. Insema Sunly Engineering	インドネシア国内の高速道路、工場等のソイルセメント工法を採用した地盤改良技術。台北、シンガポールの MRT での実績
PT Zageotech Engineering Indonesia	種々の地質調査技術に加えて、ソイルグラウティング技術を展開する。
PT. NITTOC Construction Indonesia	日特建設の現地法人、薬液注入を含む種々の地盤改良技術を有する。



出典：PT. INSEMA SUNLY ENGINEERING

出典：PT Zageotech Engineering Indonesia

図 57 既存の地盤改良技術

現状で、施工機械が小型で機動性に富むことから都市部における施工に適した本提案技術（薬液注入技術）をインドネシア国内において展開する建設会社は、日特建設（株）の現地法人1社である。

①-2 ビジネス展開の仕組み

インドネシア国内の経済成長は著しく、それに伴いインフラの整備も積極的に進められている。特に生活環境や慢性化する交通渋滞の改善を目的とした、下水道設備や交通網の整備が積極的に進められている。今後予定されるインドネシア国内のプロジェクトとして、ジャカルタを始めとする下水道敷設工事や MRT プロジェクト（南北線および東西線）があるが、これらは大深度地下の工事となり、安全に確実に施工するためには地盤改良が不可欠であると考ええる。

しかし、インドネシアにおいては特に軟弱地盤における大深度の地下構造物構築の経験に乏しく、地盤改良技術に関する有識者が少ないという課題がある。MRT やジャカルタ下水プロジェクト等の大型の ODA 案件では、日系コンサルタント、日系ゼネコンによる日本方式の発注、設計、施工となることから、地盤改良の必要性を理解した技術者による設計、施工となり、地盤改良技術として薬液注入工法の適用が期待できる。

それに対し、ローカルの発注者、元請業者には、大深度地下の構造物構築における、地盤改良の必要性に関する認識に乏しく、見かけ上コスト増となり、かつ本設ではなく仮設構造物の位置づけとなる薬液注入工法をはじめとした地盤改良工事が採用されにくい状況にあり、特にデザインビルド方式の発注形態であればなおさらである。

本格的に薬液注入技術をインドネシアに広めるためには、スケジュールに則った安全な工事が可能となることから、結果としてコスト削減につながる、地盤改良工場の必要性について発注者が理解することが重要であり、その知識・ノウハウを移転する仕組みづくりを構築する必要がある。その解決策として、次の事項が挙げられる。

- ・ インドネシアにおいてグラウト協会を設立し、学術的観点も含めてアピールすること
- ・ 「技術協力プロジェクト」のスキームの活用により、地盤改良技術の移転を模索すること

先にも示した通り、インドネシアにおいて HATTI（インドネシア土質工学会）を中心として 12 の地盤改良技術の標準化を進めている。本事業において HATTI とは良好な関係を築くことができしており、本提案技術もこれらの 12 の地盤改良技術に含まれることから、この標準化の作業に対して積極的に協力していくことも重要であると考ええる。

①-3 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

ジャカルタ下水ゾーン1やMRT2期工事のODA案件では、今後1～3年の間に薬液注入工法の採用が期待できる。しかし、ローカルのデザインビルド発注方式に薬液注入工法が設計に織り込まれるには時間がかかることが想定される。そのため、事業後のインドネシアにおける薬液注入材の供給は、主剤となる水ガラスは現地調達、硬化剤は日本からの輸出とし、初期投資が掛からないリスク回避を重視したビジネスモデルからスタートし、需要が大きくなった時点で硬化剤の現地生産へ展開する。

これらのODA案件に対する供給を進めると同時に、グラウト協会の設立や発注者、ローカルのコンサルタント、ゼネコンに対する薬液注入工法の普及活動を進め、その後のローカルの発注案件における薬液注入工法の採用を目指す。

ただし、実際にグラウト協会を設立し、発注者やローカルの建設コンサルタント、ゼネコンが地盤改良技術の必要性を理解し、浸透するまでの時間が読めないこと、またインドネシアでよく見られる工事計画の遅れが見込まれることより、現時点ではスケジュール化せずに、出荷量に応じた流動的な対応を計画する。

一方で、本格的な需要の立ち上がりを見越し、硬化剤の現地製造に関するパートナーを模索を進める。

①-4 ビジネス展開可能性の評価

インドネシアにおける大深度地下インフラプロジェクトに関わる工事は、今後さらに旺盛となることが期待できる。ODA案件のみならず、ローカルの工事にも薬液注入工法が採用されるように誘導し、先行者利益を獲得できる仕組みを作り上げていくことが重要である。

(2) 想定されるリスクと対応

①-1 欧米・中国企業等の競合技術の台頭や技術者の流出による日本企業の排除

Trenchless Asia 2019 (17-18 July 2019) が開催されるなど、インドネシアの地下インフラ・非開削技術に関する欧米・中国の関心が高まり、インドネシア国内企業のノウハウが蓄積されてきている。薬液注入技術の主要な薬剤である水ガラスは、インドネシア国内にメーカーが存在する。これらの動向により、価格競争の激化と日本企業のパッシングが懸念される。

パートナー企業やインドネシア人技術者のモチベーションを引き出すことが重要である。インドネシア国内のリソース（人材、施設、財政力）と日本のノウハウを組み合わせることにより、価格競争力と営業基盤を強化し一定の事業量を確保したいと考えている。このためには、インドネシア国内のゼネコン、コンサルタント、薬品メーカーとの連携が

重要である。

①-2 劣悪な技術による工事公害、訴訟

未熟な技術者や不良工事によって、道路陥没、交通事故や建物への被害等の工事公害や訴訟が懸念される。

技術者の研修、資格制度による品質保証、施工管理、薬剤の品質管理など、日本国内で蓄積してきた一般社団法人日本グラウト協会の活動が事例となる。人材育成制度、工事における有資格者の配置義務、設計・積算基準類の整備を支援する。ゼネコンや薬液注入技術の専門工事会社への情報・薬剤の提供を行い、失敗経験を共有することにより大規模な工事事故を防止する。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

① ダム用水供給の継続

ダム堤体の破損や漏水によって、貯水機能の低下や用水供給の中断を強いられるケースがある。既存の補修技術は、貯水池を空にして堤体を補修している。このため、工事の準備期間と工事期間の数年に及ぶ灌漑用水の供給が途絶える。これらの外部不経済は、地域の農民の生活・雇用機会に過大な負担を強いる。老朽化ダム調査においても、地元農民から、灌漑用水の継続を求める要望が出されている。

提案技術は、地下水が流れる中で地盤改良を可能とする技術であるので、用水機能を維持しながらリハビリ工事を実施することを可能とする。

② 工事公害の軽減

大都市の道路は、交通渋滞が著しい。また、幹線道路は、鉄道や河川の横断、商業施設へのアクセスや電力・水道等の都市インフラの占用など都市の経済活動を担っている。

既存の技術は、1.(1)②および3.(3)の事例に見られるように、土留め工の崩落や地下水の溢水により、道路陥没や地盤移動等の工事公害を引き起こす。一旦、地盤の崩落事故が発生すると、鉄道、河川堤防の変位や道路の閉鎖による深刻な浸水被害・交通渋滞を引き起こし、財産や経済活動の損失につながる。

提案技術は、小規模の機械で振動・騒音が小さく、狭い工事占有面積で施工可能という長点を有する。従って、幹線道路に加えて狭隘な道路においても地下インフラ工事に採用可能である。

下水管路工事を無災害で実施し早期に ODA 事業を完成させるためには、薬液注入技術が不可欠である。



出典：共同通信および提案法人作成

写真 23 都市インフラ事業の与える交通への影響

(4) 本業務から得られた教訓と提言

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

本提案技術は、高品質で高価である。日本国内では、工事公害に伴う第三者事故や経済活動への影響など外部不経済を工法選定の判断基準として技術が発展してきた。また、現地の資機材・メンテナンス体制、技術者を確保できないと、本邦技術が定着しない。日本の優秀な技術と現地パートナーのニーズが融合することで、ビジネスにつながると確信する。

推進工法やシールド工法で建設する大深度地下インフラは、新技術である。積算基準・価格情報および技術の計画・設計マニュアルなど公共調達制度が、未整備である。技術を普及させるためには、大学等の研究機関、R&D局等の新技術認証・標準化機関等との連携が重要である。

また、大規模下水道事業は新事業であり、設計での工法選定、環境影響評価、コンサルタント・建設会社の雇用など様々な局面で手戻りが生じ、プロジェクトの実施が大幅に遅延する。中小企業の財政力は脆弱であるので、投資計画に慎重でなければならない。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

本提案技術は、これまでインドネシア国内において経験してこなかった大深度地下における工事において、より安全に施工するために必要とする技術である。また、本設の構造物ではなく、安全に作業するための仮設の構造物として施工されるという特徴がある。これまで大深度地下における施工の経験に乏しいインドネシアにおいては、このような種類の工事に対して、費用をかけるという考えに乏しく、特にコストが重視されるデザインビルド方式においてはなおさらである。

本事業においては、このような状況の中で、政府関係者をはじめ、ローカルのコンサルタントや建設会社を対象として、セミナー等を開催し、この基本的な考え方の浸透に努めてきたが、浸透させるためにはある程度の時間も必要であると考え、本普及実証事業の終了後も継続的に働きかけて行くことが重要である。

しかし、本業務を通して、インドネシア政府関係者とのつながりができたとはいえ、JICA という後ろ盾がなくなると、一民間企業の努力にも限界があり、本提案技術の普及には相当の時間を要することが想定される。本業務完了後も、JICA の継続的な支援が必要であり、「技術協力プロジェクト」もその一つの案として提案するとともに、一層の協力をお願いしたい。

添付資料

1. テーブルテスト、ベンチスケールテスト結果報告書
2. 老朽化ダムの実態調査報告書「Inventory Survey for Deteriorated Earth Dams for Rehabilitation for verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Ground Improvement using Chemical Grouting Technology」
3. ダム安全管理専門家によるカモジンダム事前調査に関する報告書「JICA PROJECT UNTUK MEMPERKENALKAN TEKNOLOGI PERBAIKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN “CHEMICAL GROUTING”」
4. Request for Additional Activities of Chemical Grouting Technology Dissemination in Indonesia（公共事業・国民住宅省水資源研究センター（PUSAIR）の日本グラウト協会対する要請書）
5. セミナー資料（1）
6. セミナー資料（2）
7. 新技術評価制度
8. 日本およびインドネシアにおける協会活動の事例