

第4章 ODA 案件化

4-1 ODA 案件化概要

(1) 事業概要

【事業名】AGF 工法及びウレタン系注入剤により地山を補強・止水した高品質で安全なトンネル掘削・補強工法の普及・実証事業

【事業スキーム】普及・実証事業

【事業目的】

- ・ 新規トンネル整備において AGF 工法が普及することにより、工事の安全性・品質が高まる。また、施工時のリスクが低減されることにより、事業費の予期せぬ増大が防止でき、公的支出が減少する。
- ・ Vung Ro 4 トンネルの危険な状態が改善され、南北線の列車の交通の安全が確保される。また、似たような状態の既設トンネルにも同様の措置を施すことで、鉄道運行の安全性が向上する。
- ・ 同時に VNR 既存トンネルの健全度を大幅に改善し、長寿命化を図ることが可能になり、公的資金を他のインフラ整備に充填することが可能になる。
- ・ AGF 工法及びウレタン系注入剤の適切な使用について理解する技術者が増えることにより、工事の安全性、品質の向上、事業費の縮減、早期供用が可能になる。

【協力期間】2018年3月～2020年2月までの3年間

【実施体制】(株)亀山+(株)カテックス+外部人材(オリエンタルコンサルタンツ、OCG、ジオエンジニアリング(株)、(株)エムシーエム)

【現地カウンターパート(候補)】「ベ」国運輸交通省(MOT)

【現地パートナー(候補)】

Phú Khánh Railway JSC(対象トンネル維持管理会社)、現地ゼネコン(Song Da)、国立建設大学(NUCE)、TAZMO VIETNAM 等

(2) 活動内容

① 湧水を伴う不安定なトンネル断面における AGF 工法の施工性・安全性・確実性の実証

Vung Ro 4 トンネルの覆工区間では覆工コンクリートの背面から漏水が確認されており、覆工コンクリートが劣化している区間が4区間ある。その内、延長12.0mの区間のコンクリートの状態は特にひどく、手でこすると骨材が剥がれ落ちる状態である。

緊急性が非常に高い損傷であるが、湧水が止まらないため、効果的な補修ができていない。劣化した覆工コンクリートは撤去・再打設が望ましいが、背面の地山の部分的崩落につながりかねず、鉄道の運行を確保したままでの工事に手が付けられないでいる。本事業では覆工コンクリート背面に AGF 工法を施して補強することで安定させ、覆工コンクリートの撤去・再打設を安全に実施する。再打設は型枠を設置するスペースを確保できないので、吹付による施工を実施する。施工にあたっては安全管理計画を策定し、安全確保に努める。

実証項目は①地山補強効果と、②施工性・安全性・品質である。①は施工前に採取した地山のコアと施工後の状態を比較することで定量的に効果を示す。②は最大4時間しかなく軌間が1mと狭いトンネル内での施工により施工性と安全性を示し、品質は事業終了時までモニタリングすることで実証

する。モニタリング項目は事業開始後に、C/Pと協議し決定する。これら2項目を実証することにより、AGF工法によるトンネル補修工事の現地適合性及び有用性を実証し、その結果を用いて、新規トンネル掘削への現地適合性及び有用性を示す根拠データとする。補修工事完了後に、カウンターパート及び現地研究機関等に対して専門的な見地からの分析を依頼し、現地適合性及び有用性を評価する。

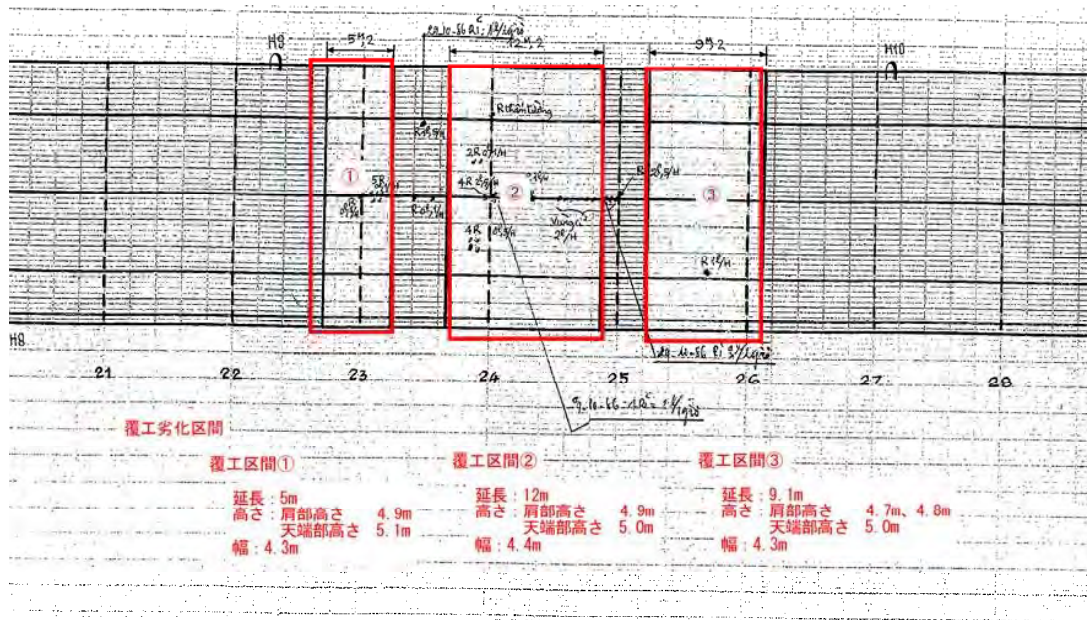


図-11 Vung Ro 4 トンネル損傷状況

(出典: 調査団により受領資料を基に作成)

② 湧水の激しい既存トンネルにおけるウレタン系注入剤の止水性・高品質の実証

上記の対象区間の前後では、素掘り区間となっており、湧水が確認されている。その部分に右の図のように削孔し、ウレタン系注入剤を注入し止水する。その結果により、ウレタン系注入剤の止水性能の実証を行う。補修工事完了後に、カウンターパート及び現地研究機関等に対して専門的な見地からの分析を依頼し、現地適合性及び有用性を評価する。(対象トンネルの漏水を可能な限り止める予定であり、施工前後の漏水状況を確認することで評価する。)

③ AGF工法及びウレタン系注入剤を用いた止水工法の技術認定取得(TCVN)

技術認定は科学技術院(MOST)が発行するTCVNの取得を目指す。案件化調査時に、取得手順について判明したのは、①申請は企業からではなくMOTからする。②申請が受理されたら2年間の条件付き(Provisional)認定が下り、2年後に本認定が下りる。ことである。そこで、本実証事業ではAGF工法及びウレタン系注入剤を用いた補修工法について技術認定資料を準備し、MOTに提出し、条件付き認定の取得を目指す。事業完了後はこの認定を「ベ」国内での営業活動の際の品質証明として活用する予定にしている。

④ VNR管轄トンネルを対象とした日本式のトンネル長寿命化計画の策定

VNRはトンネルの点検を不定期に実施しており、詳細な点検結果を保有している事が案件化調査時に判明した。これを用いて、日本式のやり方でトンネル長寿命化計画を策定する。その結果をVNRに提案し、事業実施後の補修・補強工事の実施、提案工法の採用を目指す。なるべく発注時に提案工法がス

ペックインできるように事業化の支援をする。Vung Ro 4 は部分的に補修・補強工事が実施されるので、工事完了後にその内容を入力し、全体計画をアップデートする予定である。

⑤ AGF 工法及びウレタン系注入剤を用いた止水工法のマニュアル・ガイドラインの整備

実証実験では OJT により、参加した技術者や作業員に技術が移転する。しかしながら、OJT のみでは技術移転は OJT 受講者のみであり、その人物が転職や移動した場合、相手組織に知識及びスキルが残らない。そこで、AGF 工法及びウレタン系注入剤を用いた止水工法のベトナム語版マニュアル・ガイドラインを整備し、OJT 未経験者にも習得可能な技術を記載する。この資料は分かりやすさを追求し、図表などを多用した構造にし、使いやすい仕様を目指す。

⑥ セミナー等を通じて AGF 工法及びウレタン系注入剤の性能・施工性・安全性などの広範な普及

実証事業結果を定量的に分析し、その結果をセミナー等で共有することにより、「ベ」国における提案工法の普及を目指すと同時に顧客とのつながりを持ち、販売活動を共に実施してくれるパートナーを探す。普及活動のターゲットは以下の3つを想定している。

1) VNR の既設トンネルの補強・補修、2) 新規道路トンネル事業、3) 水力発電事業

この中で、2)、3) はネットワークが構築できていない。関係者がセミナーに参加したとしても、面会に至らない可能性が高いので、セミナーに参加し、提案製品の販売に興味のある企業・人物と共同で、ネットワークを構築する。ターゲットの関係者に少しでも認識してもらえるように、広範な関係者にセミナーの門徒を開く予定である。

⑦ ベトナム国鉄の技術者を中心とするトンネル関係者への技術移転

実証事業を通して、C/P を始めとする「ベ」国トンネル技術者等に、採用区間の選定、設計、施工に品質管理等についての技術移転を実施する。また、日本国内での AGF 工法及びウレタン系注入剤を用いた補修工法に関する施工現場視察や最新技術に関する説明会等を通じて、その効果、実績及び「ベ」国での導入効果について理解を促進する。

(3) 想定するカウンターパートと役割

カウンターパート機関名：

Ministry of Transport (運輸交通省：MOT)

運輸交通省及びベトナム国鉄の組織図を示す。

想定理由：

普及実証事業におけるメインの活動は、VNR が管理する老朽トンネルでの実証事業（補修工事）である。しかし実際には、「ベ」国内で既存トンネルの補修の市場よりも道路トンネルの新設の市場の方がはるかに大きい。高速道路や国道のトンネル建設を管轄するのは MOT であり、また VNR の監督省庁でもあることから、鉄道・道路、既設・新設などあらゆるケースを対象とすることができることから、将来のビジネス展開の可能性を広げるためにも MOT をカウンターパートに選定することが望ましい。また、本事業にて申請予定の TCVN の申請過程においても MOT が申請者となるため、協働は非常に重要である。以上より、MOT を本事業のカウンターパート機関として想定した。



図-12 運輸交通省組織図

(出典：運輸交通省ホームページ)

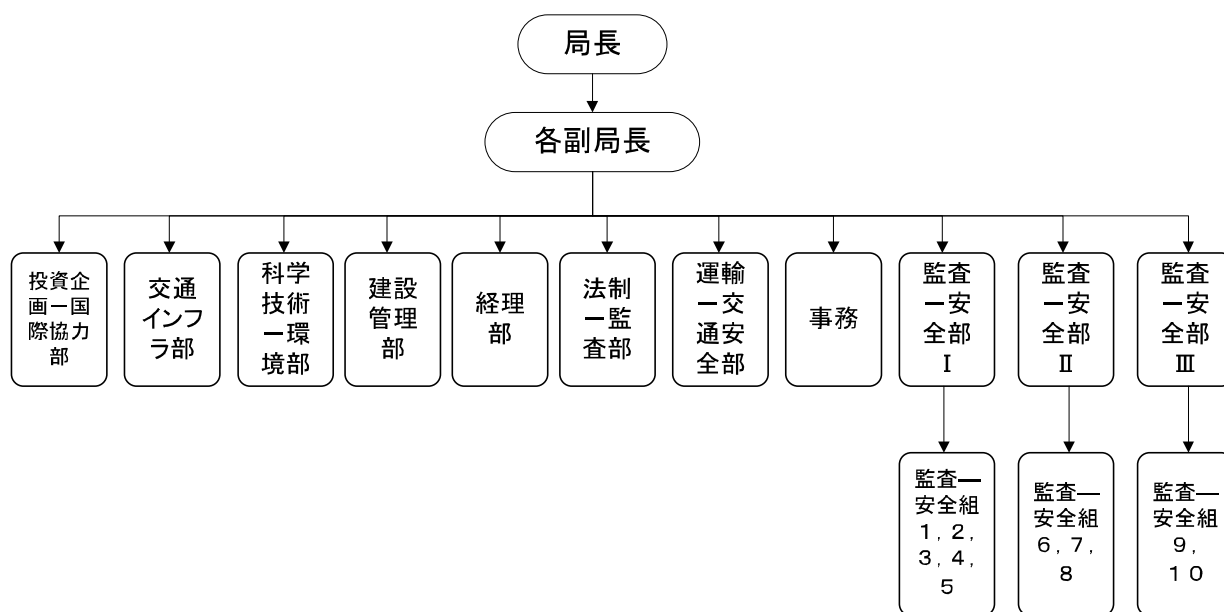


図-13 ベトナム国鉄組織図

(出典：調査団により VNR ホームページを基に作成)

普及・実証事業においてカウンターパートに期待する役割について以下に整理する。

- ◇ 日本側による工事補助作業、
- ◇ Vung Ro 4 トンネルの損傷の激しい区間（12m）の覆工コンクリート撤去作業
- ◇ 実証実験サイトの提供、
- ◇ プロジェクトサイトでの現場事務所の提供、
- ◇ 実施担当者の任命（実証実験、工法認定申請・取得、OJT 受講者、普及活動補助等）、
- ◇ 提案製品・技術の現地適合性及び有用性に関する評価、
- ◇ セミナーをはじめとする啓発活動への協力（講演、プレゼンテーション）、
- ◇ トンネル掘削工事及び補修工事の工事仕様書へのスペックインに関する必要手続きの開示・協力、
- ◇ MOST への技術認定申請書作成と提案企業との協調

(4) 対象地域及び製品・技術の設置候補サイト

VNR が管理する鉄道路線である南北線の No.19 Vung Ro 4 トンネルを実証実験の対象候補として想定している。このトンネルの最も覆工コンクリートの損傷が激しい区間 12m に対して、AGF 工法で地山を補強後、覆工コンクリートの撤去・再打設を検討している。

また、その他の漏水箇所の補修に薬液注入工法を用いて、止水することを検討している。

AGF 工法及び薬液注入工法が採用される可能性があるトンネルは、「ベ」国の北部から中南部までの山岳地帯が中心になる。薬液注入工法は止水を伴う地盤改良に応用が可能であり、これは Hong 河デルタ地域 (Hanoi 及び Hai Phong 周辺)、メコンデルタ地域及び HCMC 周辺低湿地帯を始めとする軟弱地盤地域が考えられ、ほぼ「ベ」国全土が対象になる。

4-2 具体的な協力計画及び期待される開発効果

目的: <ul style="list-style-type: none"> ・ 新規トンネル整備において AGF 工法による、工事の安全性・品質向上・施工時リスク低減・公的支出減少。 ・ Vung Ro 4 トンネルの危険な状態が改善され、南北線の列車の交通の安全が確保される。また、似たような状態の既設トンネルにも同様の措置を施すことで、鉄道運行の安全性が向上する。 ・ 同時に VNR 既存トンネルの健全度を大幅に改善し、長寿命化を図ることが可能になり、公的資金を他のインフラ整備に充填することが可能になる。 ・ 工法について理解する技術者増加による、工事の安全性・品質向上、事業費縮減、早期供用 	
成果	活動
成果 1 湧水を伴う不安定なトンネル断面における AGF 工法の施工性・安全性・確実性の実証	1-1 Vung Ro 4 トンネルでの実証実験における湧水を伴う不安定な断面での地山補強効果の実証
	1-2 Vung Ro 4 トンネルでの実証実験における湧水を伴う不安定な断面での施工性・安全性・品質向上の実証
成果 2 湧水の激しい既存トンネルにおけるウレタン系注入剤の止水性・高品質の実証	2-1 Vung Ro 4 トンネルでの実証実験における漏水箇所への止水性能の実証
	2-2 Vung Ro 4 トンネルでの実証実験における高品質の実証
成果 3 AGF 工法及びウレタン系注入剤を用いた止水工法の技術認定取得 (TCVN)	3-1 MOST (科学技術局) への AGF 工法の技術認定申請と条件付き認定の取得
	3-2 MOST (科学技術局) へのウレタン系注入剤を用いた止水工法の技術認定申請と条件付き認定の取得
成果 4 VNR 管轄トンネルを対象とした日本式のトンネル長寿命化計画の策定	4-1 VNR が保有する点検結果を用いたのトンネル長寿命化計画の策定
	4-2 作成した長寿命化計画を利用した予算確保、スペックインに向けた支援活動
成果 5 AGF 工法及びウレタン系注入剤を用いた止水工法のマニュアル・ガイドラインの整備	5-1 AGF 工法の設計・施工ガイドライン・マニュアルの作成
	5-2 ウレタン系注入剤を用いた補修工法ガイドライン・マニュアルの作成
成果 6 セミナー等を通じて AGF 工法及びウレタン系注入剤の性能・施工性・安全性などの広範な普及	6-1 実証実験の進展から結果を用いたセミナーでの普及活動
	6-2 事業後のビジネス展開を考慮したセミナー参加者とのネットワーク構築
成果 7 ベトナム国鉄の技術者を中心とするトンネル関係者への技術移転	7-1 実証事業における OJT
	7-2 本邦受入研修

(出典：調査団により作成)

【投入】

日本側：

- ・ Vung Ro 4 トンネルの損傷の激しい区間 (12m) の覆工コンクリート撤去・再打設のための地山補強に対する AGF 工法の適用。
- ・ Vung Ro 4 トンネルの漏水箇所への薬液注入工法適用 (ウレタン系注入剤の注入による止水)
- ・ Vung Ro 4 トンネルの損傷の激しい区間 (12m) の覆工コンクリート撤去・再打設 (AGF 工法による地山補強後)
- ・ 投入する専門家：トンネル点検・診断専門家、トンネル補修設計技術者、トンネル施工計画策定技術者、AGF 工法実施技術者、薬液注入工法実施技術者、Vung Ro 4 トンネル補修工事監督者等
- ・ 使用機材：ジャンボ (AGF 工法)、コンクリート破砕機、コンクリートポンプ車、薬液注入器等
- ・ セミナーでの発表者 (大学関係者を想定)

- ・本邦受入活動

C/P 側：

- ・日本側による工事補助作業、
- ・Vung Ro 4 トンネルの損傷の激しい区間（12m）の覆工コンクリート撤去作業
- ・実証実験サイトの提供、
- ・プロジェクトサイトでの現場事務所の提供、
- ・実施担当者の任命（実証実験、工法認定申請・取得、OJT 受講者、普及活動補助等）、
- ・提案製品・技術の現地適合性及び有用性に関する評価、
- ・セミナーをはじめとする啓発活動への協力（講演、プレゼンテーション）、
- ・トンネル掘削工事及び補修工事の工事仕様書へのスペックインに関する必要手続きの開示・協力、
- ・MOST への技術認定申請書作成と提案企業との協調

【C/P との協議状況】

①MOT との協議内容

普及実証事業のカウンターパートに設定している MOT とは、案件化調査において、技術認証を担当している科学技術局（DOST）を訪れ、合計 4 回の協議を実施している。協議の概要は以下の通り。

NO	日程	内容
1 回	2017 /2/21	提案工法及び調査について説明し、実施への理解を求め、協力を要請した。DOST には要請を快諾いただいた。（第 1 回現地調査）
2 回	2017 /5/18	<p>第 3 回現地調査（2017/4）時に実施した VNR 管轄のトンネルについての現地調査結果を報告した。その内 VUNG RO 4 トンネルにおいて、AGF 工法で地山を補強し、ウレタン系注入剤で湧水を止水した後に、劣化の激しい覆工コンクリートを撤去・再打設する補修・補強工事を実証事業として実施することを提案した。DOST は提案に興味を示し、VNR と協議を進め、VNR からの報告を提出するように指示をいただいた。その後、VNR から提案書が提出され、受理された。</p> <p>その報告書を受け、技術担当副大臣 Mr. Nguyen Ngoc Dung より、実施を許可するレターが 7/6 に発行された。（第 4 回現地調査）</p>
3 回	2017 /7/24	<p>上述の副大臣のレターを受け、今後の進め方について協議した。普及実証事業のスケジュールを説明し、最短でも 2018 年 3 月以降の事業開始になる旨を説明した。また、8 月に実施する本邦受入活動への参加について確認した。（本邦受入活動には Ha DOST 局長が参加した）（第 5 回現地調査）</p>
4 回	2017 /9/14	<p>VNR との協議状況について報告した。その際、実証事業実施には MOT 規定 No. 93 に基づいた承認プロセスを経る必要があるため、採択が決まったら迅速に行動した方が良い旨の助言をいただいた。（第 6 回現地調査）</p>



（出典：調査団により作成）

②VNR との協議内容

実証事業を予定している VUNG RO 4 トンネルを管轄する VNR とは、案件化調査において、橋梁・トンネル及び軌道施設等の鉄道施設を維持管理している維持管理局を中心として、合計 5 回の協議を実施している。また、合計 2 回の現地調査を実施した。協議の概要は以下の通り。

NO	日程	内容
1 回	2017 /2/21	提案工法及び調査について説明し、実施への理解を求め、協力を要請した。VNR には要請を快諾いただいた。既存トンネルの現地調査を要請し、調整の上実施することで合意した。(第 1 回現地調査)
2 回	2017 /4/18, 4/19, 4/20	既存トンネルの内、漏水によって損傷が確認されているトンネルが比較的固まっている Phu Yen 省、Khanh Hoa 省での現地調査を事前に依頼し、具体的なスケジュール及び調査方法について協議した。協議結果に基づき、4/19 に合計 6 箇所のトンネルを調査した。調査結果を受け、確認できた漏水や覆工コンクリートの補修に、AGF 工法及びウレタン系注入剤が利用できるため、継続的に検討・協議を続けることで合意に至った。(第 3 回現地調査)
3 回	2017 /5/18	Mr. Tran Tien Canh 副総裁を議長とする会議を実施し、調査団から現地調査結果及び検討結果として AGF 工法及びウレタン系注入剤を活用した VUNG RO 4 トンネルの補修・補強工事を提案した。提案は大筋で了承され、今後はより詳細な内容についての協議を進めることで合意した。また、調査団がサポートし、VNR から MOT に事業に対する提案書を提出することになった。(第 4 回現地調査)(JICA ベトナム事務所からオブザーバ参加有)
4 回	2017 /7/24	より詳細な補修・補強計画を立てるために、VUNG RO 4 トンネルの第 2 回目の現地調査及び過去のプロジェクトで使ったボーリングマシンの視察について事前に要請し、具体的なスケジュール及び調査方法について協議した。協議結果に基づき、7/27 に VUNG RO 4 トンネルの現地調査、7/28 にボーリングマシンを視察した。視察の結果、ボーリングマシンはスペックが低いばかりでなく、複数の故障が確認でき、工事での使用するには大規模な修理と改造が必要であり、安全な施工が確保できるかが疑わしいことが判明した。VUNG RO 4 トンネルの現地調査では、湧水の発生ヶ所、4 か所の覆工コンクリートの計測を実施した。(第 5 回現地調査)
5 回	2017 /9/15	案件化調査のラップアップ的な会議を開催し、調査団による検討結果を報告した。MOT 副大臣のレターをサポートレターとして考慮して良いことを確認した。また、普及実証事業のスケジュールも確認し、事業実施は 2018 年 3 月以降であることを確認した。それまでは、レターによるやり取りにより、計画を進めていく旨を合意した。(第 6 回現地調査)(JICA ベトナム事務所からオブザーバ参加有)

(出典：調査団により作成)

【議事録】

第3回現地調査時に実施した既設トンネル視察後の議事録を示す。

議事録

日付	2017年4月20日	時間	9:00PM ~11:00 PM
場所	Phú Khánh Railway JSC 事務所 – Nha Trang 市– Khánh Hòa 省		
参加者	代表	VNR 代表 Mr. Đỗ Hồng Sơn – 鉄道インフラ部副部長 (Deputy manager of railway infrastructure department) Mr. Tạ Đình Việt – 鉄道インフラ部専門家 (The specialist of railway infrastructure department)	
	JICA 調査団	1. Mr. Motonori Kameyama 株式会社 亀山 2. Mr. Masahiro Tanaka 株式会社 亀山 3. Mr. Shintaro Sujita 株式会社 カテックス 4. Mr. Tsutomu Asai 株式会社 カテックス 5. Ph.D. Hidetoshi Nakano 株式会社 オリエンタルコンサルタンツ 6. Mr. Yoshihiko Hasegawa 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 7. Pham Van Tai 交通通信大学 8. Pham Kim Tuan 通訳 (日本語 – 「ベ」 国語)	
議題	ハノイ-ホーチミン鉄道路線上のトンネル現地調査結果についての合意		

(出典：調査団により作成)

2017年4月18日から2017年4月19日の2日間、VNR代表とJICA調査団はPhu Yen省とKhanh Hoa省の鉄道トンネルの調査を行った。調査を行ったトンネルは、ハノイ-ホーチミン鉄道路線上の以下のトンネルである：Baboneau トンネル- Km1224+816, Vũng Rô 4 トンネル- Km1227+120, Vũng Rô 3 トンネル- Km1228+115, Vũng Rô 2 トンネル- Km1228+702, Vũng Rô 1 トンネル- Km1229+252, Bãi Gió トンネル- Km1231+188

調査結果データに基づいて議論を行い、下記について全員の合意が得られた。

i) 調査の内容:

調査団は、トンネル覆工に損傷を受けている箇所や漏水が発生している箇所の確認およびビデオ撮影と、Bai Gio トンネル内の3か所の覆工コンクリートの強度の確認を行った。

ii) 技術的な評価結果:

調査対象のトンネルはすべて、フランスによって建設され、80年以上供用されており、トンネル覆工は1. コンクリート覆工と2. 地山(基盤岩)の2つの種類に分けられる。供用期間中に、トンネル全長にわたって覆工や壁面が風化し、漏水が発生している。特に、運行の安全に影響を与えるような損傷が発生している箇所が複数存在する。

iii) 結論:

JICA調査団は、JICAに対して、調査結果を報告するとともに、パイロットトンネル(トンネルの位置は、JICAのコンサルタントが決定する)において、提案されているAGF工法とウレタン注入工法の適用が認められるよう、計画を作成する。VNRは、「ベ」国の法律に関する文書やメンテナンス期間中の関連する業務において、調査団を全面的に支援する。

次に、第4回現地調査時に実施した普及実証事業におけるパイロット施工（実証事業）の実施に向けた協力を要請した際の議事録を示す。

議事録

日付	2017年5月18日	時間	9:00 AM ~ 11:30 AM
場所	VNR オフィス – 118 Le Duan 通り, Hoan Kiem Dist, ハノイ, ベトナム		
出席者	VNR 代表	Mr. Trần Tiến Cảnh – 副総裁 (Deputy General Director) Mrs. Nguyen Thi Thu Thanh – 国際協力-科学技術部副部長 (Deputy director of international cooperation- Science and Technology Dept.) Mr. Đỗ Hồng Sơn – 鉄道インフラ部副部長 (Deputy manager of railway infrastructure department) Mr. Tạ Đình Việt – 鉄道インフラ部専門家 (The specialist of railway infrastructure department)	
	JICA 代表	Ms. Kayoko Seki Project Formulation Advisor Ms. Dinh Minh Trang Project Formulation Support Staff	
	JICA 調査団:	1. Mr. Motonori Kameyama 株式会社 亀山 2. Mr. Yuichi Matsufuji 株式会社 亀山 3. Mr. Shintaro Sujita 株式会社 カテックス 4. PhD. Hidetoshi Nakano オリエンタルコンサルタンツ 5. Mr. Yoshihiko Hasegawa オリエンタルコンサルタンツ 6. Mr Ichiro Noguchi オリエンタルコンサルタンツグローバル 7. Pham Van Tai 交通通信大学 8. Pham Kim Tuan 通訳 (日本語 – 「ベ」 国語) 9. Nguyen Hai Ha 通訳 (日本語 – 「ベ」 国語)	
議題	AGF 工法及び新材料（シリカ樹脂）を「ベ」国国内の鉄道トンネルの損傷補修工事で用いるための施工計画書・仕様書について		

(出典：調査団により作成)

i) 打合せの目的

- 2017年4月18日に Nha Trang で実施した調査業務の結果報告
- トンネルの損傷の維持補修に関する施工計画書、助言及び調査団員の意見
- 本プロジェクトの協力の次のステップの提案

ii) 調査業務の結果概要

- 調査団は、Nha Trang – Khanh Hoa – Phu Yen の6か所の既存のトンネルを調査、計測した。特に、トンネル No. 19 (Vung Ro 4-Km 1227+120) は次のような大きな損傷が見られた：「相当量の水流を伴う漏水及びコンクリート構造の損壊（手で簡単に壊れる）」トンネル No. 19 の状態は非常に悪く、できるだけ早い維持補修が必要である。

iii) 既存のトンネルの損傷への維持補修についての JICA 調査団員からの意見と助言

- これに関して、JICA 調査団から、本トンネルの維持補修に対して AGF 工法とウレタン材料の注入を用いた補修工事を提案した。
- 本トンネルで大きな損傷があり補修が必要な区間は 12m。この補修業務の施工計画は下記のとおり：

- ステップ 1：削孔と鋼杭の挿入
- ステップ 2：シリカレジン注入
- ステップ 3：既存の損傷したコンクリートの撤去と、新しいコンクリートの打設
- 本工法に用いる機械と器具：削孔と鋼管挿入のために、ドリルジャンボが必要（「ベ」国でレンタル可能かどうか調査が必要）。鋼管・ビット、注入剤（シリカレジン）を想定）は日本から輸入する予定。
- 予定プロジェクト期間：2017年9月～2018年10月、現地での工事は2018年の9月～12月の4か月を想定。
- 想定される建設業者：VNRの関連会社、JICA専門家による施工監理を含む
- 調査業務、計測業務に関する仕様はVNRが提供する。
- 環境に関する「ベ」国の仕様はVNRが提供する。
- VNRは機械（削孔機械：レールジャンボ）をVNRが保有しているかどうか確認する。
- 2017年10月頃に、普及実証事業の企画書を提案企業からJICAに提出する予定である。その際に、VNRからのサポートレターを受領することにより、企画書の完成度が高まる。

iv) VNR と JICA 調査団との間の技術面での討議概要結果

内容 1:現場での 1 日当たりの作業時間について

既存のトンネルはハノイからホーチミンへの唯一の鉄道路線で供用中である。そのため、作業時間は1日4～5時間程度しかない。作業工程を工夫しては作業可能時間内で施工する必要がある。

内容 2:

既存のトンネル全長にわたって損傷を受け、漏水も発生しているのに、そのうちの12mだけをAGF工法を用いて補修するのは、その部分の覆工コンクリートの損傷が激しいためである。覆工コンクリートの打替えなければならないが、そのためには崩壊を防ぐために地山の補強が必要にある。AGF工法を用いて地山を補強し、覆工コンクリートの撤去・再打設を計画している。施工延長については、現場での詳細な点検・設計において決定するため、変更の可能性はある。

内容 3:

地山内には水が滞留している箇所があるため、VNR排水工による補修検討している。薬液注入工法の計画・設計の際により効果的な補修方法について検討する。

v) 結論

JICA 代表 (ベトナム事務所) による結論:

- JICA は、JICA 調査団が VNR とともに、Nha Trang 近隣での既存トンネル調査業務を終了し、多くの情報を得たことを理解した。
- JICA は、VNR が、本プロジェクトの次のステップにおいても、調査団に対してさらなる支援を行うよう依頼したい。

VNR 代表による結論:

- ・ VNR は、JICA 調査団に対して、本プロジェクトが満足に実施されるよう、支援、援助を依頼したい。
- ・ VNR は、JICA 調査団からの要求に応じ、全ての関連する情報をできるだけ早く提供する。
- ・ VNR は、「ベ」国国内の削孔機械を探して、評価し、早期に調査団に報告する。
- ・ VNR は、「ベ」国の法律に関する法的な手続きにおいて、全面的にサポートする。
- ・ VNR は、調査団が、プロジェクト実施のための詳細な報告書を作成し、VNR に送ってくれるよう依頼したい。その後で、本プロジェクトが、「ベ」国のパイロットプロジェクトに対する手続きを経て、パイロットプロジェクトとして実施されるよう、VNR から MOT に提案を送る。
- ・ VNR は、本プロジェクトが実施されるよう、調査団と緊密に連携する。

【実施体制図】（案）

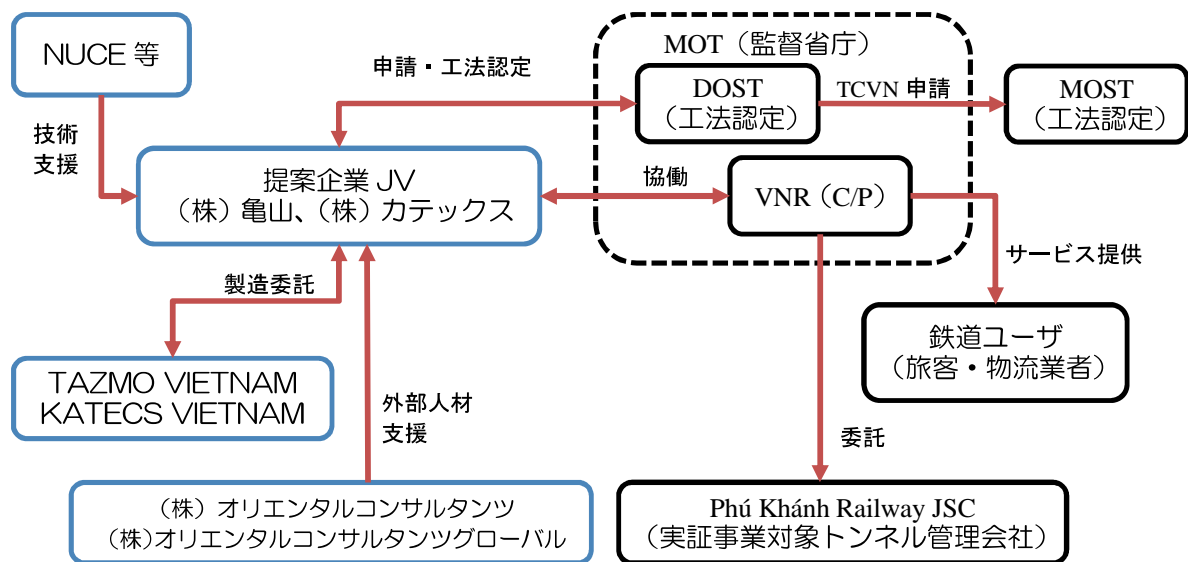


図-14 実施体制図（案）

（出典：調査団により作成）

【事業額概算】

見積金額：149,451,480 円

I. 人件費：	33,364,000 円
II. 直接経費：	95,554,000 円
III. 管理費：	9,464,000 円
IV. 小計：	138,381,000 円
V. 消費税：	11,070,480 円
VI. 合計：	149,451,480 円

【本提案事業後のビジネス展開】

2-2 及び 5-2 参照。

4-3 他 ODA 事業との連携可能性

現在、具体的にトンネルの新設を含んだ「ベ」国での ODA 案件において、AGF 工法を用いる可能性の有る案件は、本調査期間中には確認できなかった。トンネルの新設計画のある ODA 案件として、ハノイ市及びホーチミン市で整備中の地下鉄案件があるが、これらは都市内でのトンネル掘削になり、山岳トンネルを中心に活用される AGF 工法が採用される予定は今のところない。しかしながら、日本では都市内でのトンネル掘削においての採用実績があるため、今後は状況を注視し、必要であれば営業活動を実施する。

また、薬液注入工法を活用する補修・補強工法を含む ODA 案件についても、本調査期間中には確認できなかった。しかしながら、将来において ODA 案件によって整備したトンネルにおいて、漏水を含む損傷が確認された際には、薬液注入工法を用いて補修することが可能であるため、今後は既存トンネルについての情報を継続的に収集し、採用の可能性を探る。

4-4 ODA 案件形成における課題と対応策

i) AGF 工法を実施するために適切な掘削機の調達

AGF 工法を活用した VNR トンネル補修工法実施には、レールジャンボと呼ばれる軌道上を走行できる掘削機が最も適している。しかしながら、鉄道の新規トンネル工事がほとんどないベトナムでは日本国内のように多くの選択肢の中から、性能・規模共に適したレールジャンボが調達できない。

本調査において、使用できるジャンボ（汎用削孔機）の調達方法を調査したが、最も適切なレールジャンボ（軌道上を走るジャンボ）は存在が確認できなかった。ホイールジャンボ（タイヤで走行するジャンボ）は業務委託でしか調達ができず、安全性の担保が確保できないため、本事業では採用しない。残る選択肢は、①事業費で新規購入し譲渡する、②提案企業が購入し事業にリースする、である。①は、新規購入費が 7,000 万円以上するため、予算内での事業実施ができない。②も新規購入の資金はないが、中古品を活用する場合は購入費も調達できる。以上より、使用するジャンボは日本で中古品を購入し、現場に工事用に搬入する計画とする。その他の施工機械は現地調達（リース）を基本としている。ウレタン系注入剤注入器の現地調達は、今回が試験的な実施である。



図-15 レールジャンボ

(出典：調査団により作成)

ii) 深夜の列車が通過しない限られた時間帯での工事実施

実証事業の実施対象に予定しているトンネル No. 19 (Vung Ro Tunnel) では、列車運行スケジュール上、連続して確保できる工事の時間が4～5時間しかない。そのため、その時間内で施工を実施する必要がある。現在予定している実証事業実施区間は延長12mと短く、かつトンネル延長も368.5mと短いため、施工実施計画を綿密に策定することにより、段階施工などで対応できると判断している。詳細は、実証事業の計画・設計段階で調整することにする。

iii) 雨季の湧水量の増加

現地視察を実施した第3回及び第5回現地調査時は雨季ではなかったが、対象トンネルの覆工コンクリートからは漏水が確認された。この湧水量は雨季になると確実に増加することが見込まれるが、その増加量は年によって異なり、過去の記録も残っていないため、想定により施工計画を立てる必要がある。そのため、薬液注入充填工法による施工における薬液注入量が、当初想定よりも増加するリスクが存在する。しかしながら、日本での施工実績とベトナム国鉄エンジニアからのヒアリング等から想定すると、十分に対応できると考えている。注入量などの詳細は、実証事業の計画・設計時に調整することにする。

4-5 環境社会配慮にかかる対応

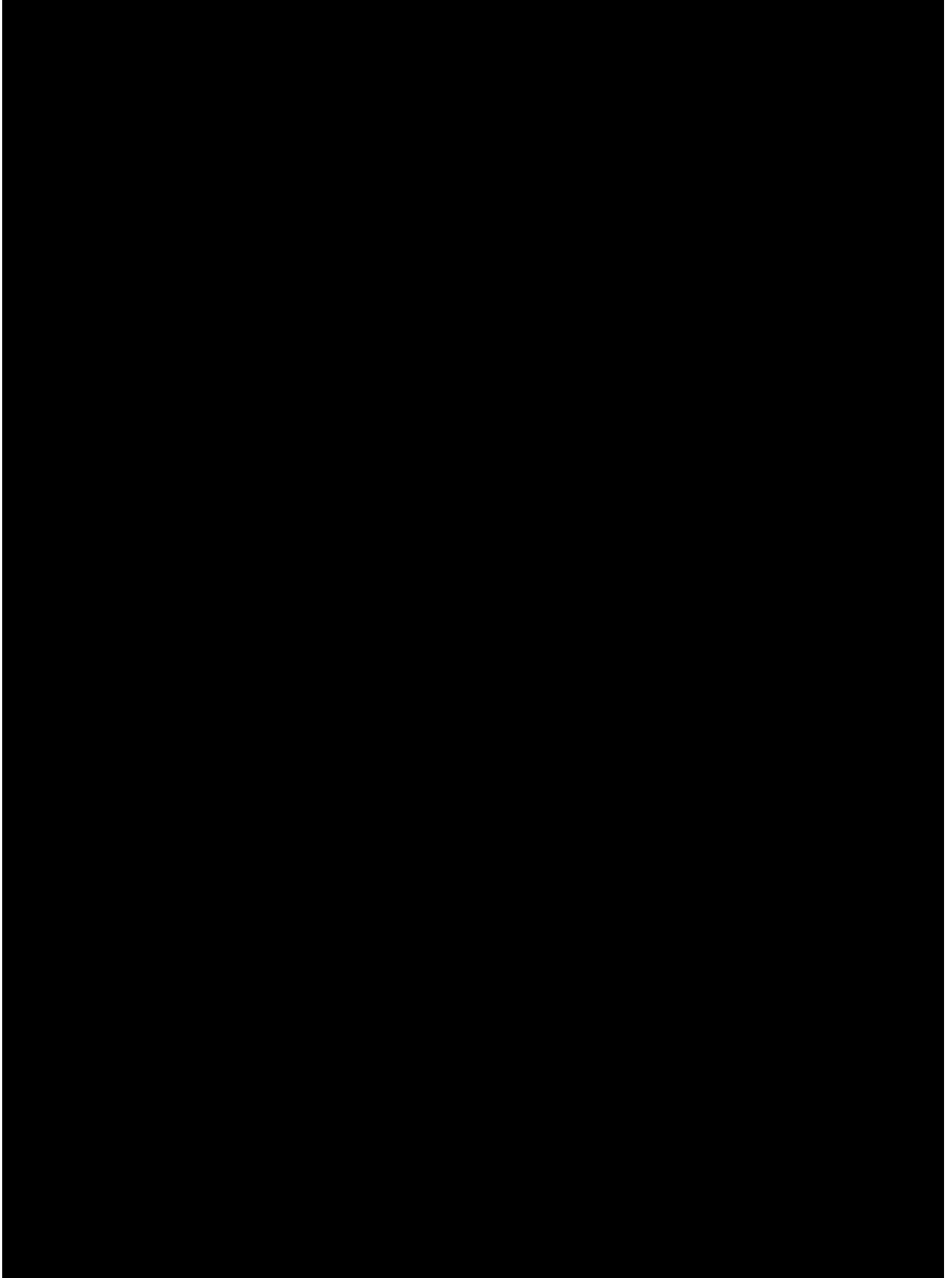
環境社会配慮に関しては、既存トンネルの補修・補強工事を実証事業に予定しているため、環境を改変する事はない。本案件開始時に想定していた新設トンネルの施工に比べて、大幅に軽微になると想定している。

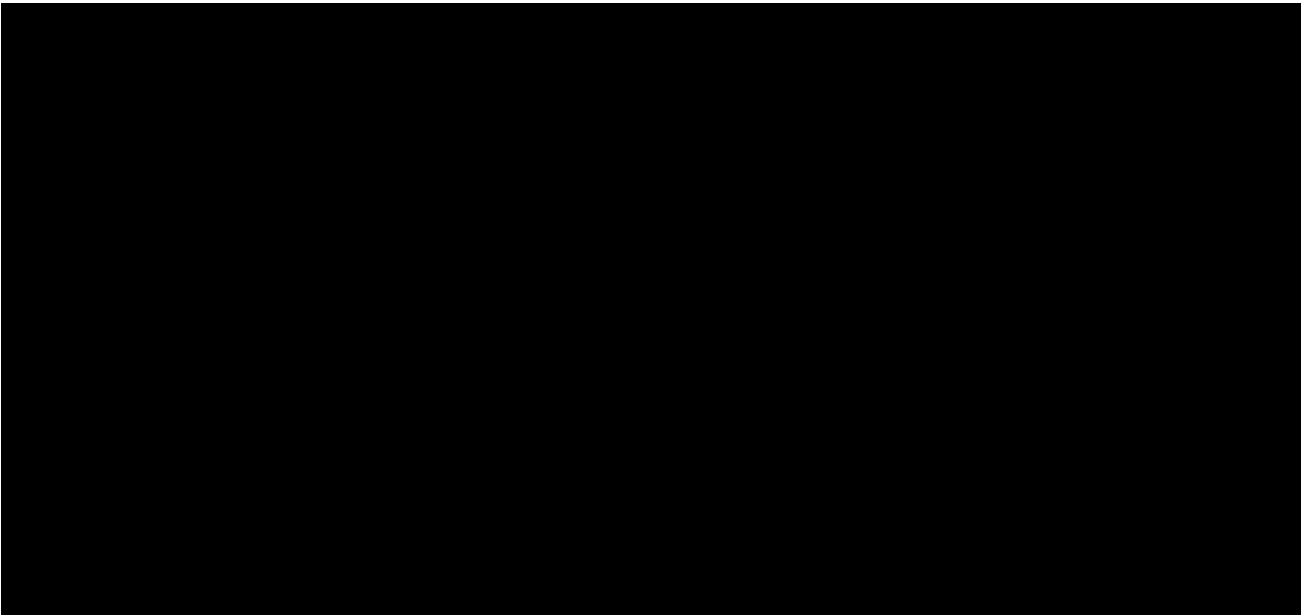
しかしながら、AGF工法、薬液注入工法共に、シリカレジンのウレタン系注入剤を地山に注入するため、注入後の土質への影響及び排水に混入するため処理が必要になる。これらは日本道路公団が定め、現在も順守されている施工ガイドラインがあるため、それに則った工事を実施して万全な対策を予定している。

従って、本調査の結果、本案件の環境社会配慮面でのカテゴリはCに相当すると判断する。

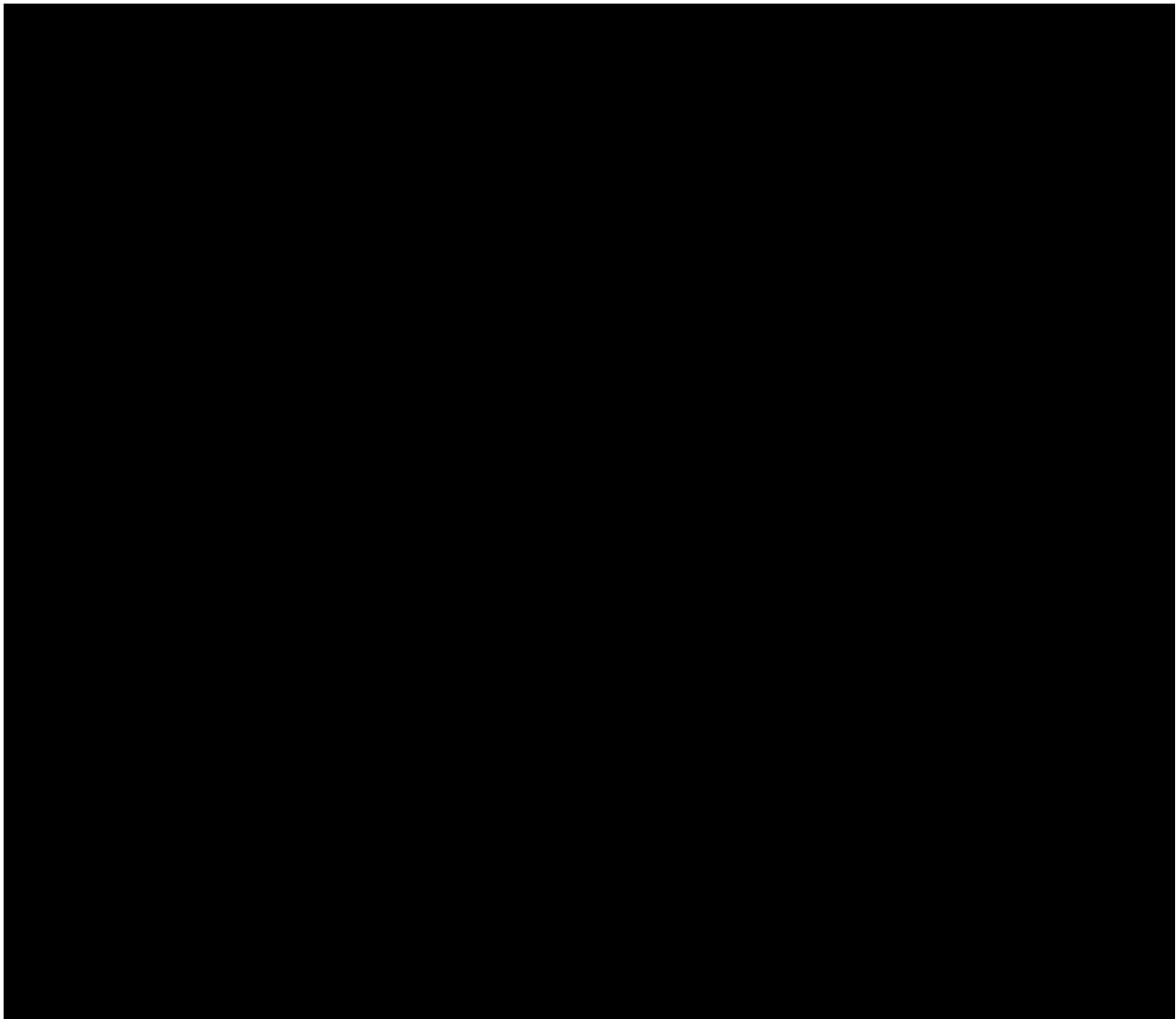
ウレタン系の注入剤は「ベ」国では未導入のため、「ベ」国での施工基準等は未制定である。

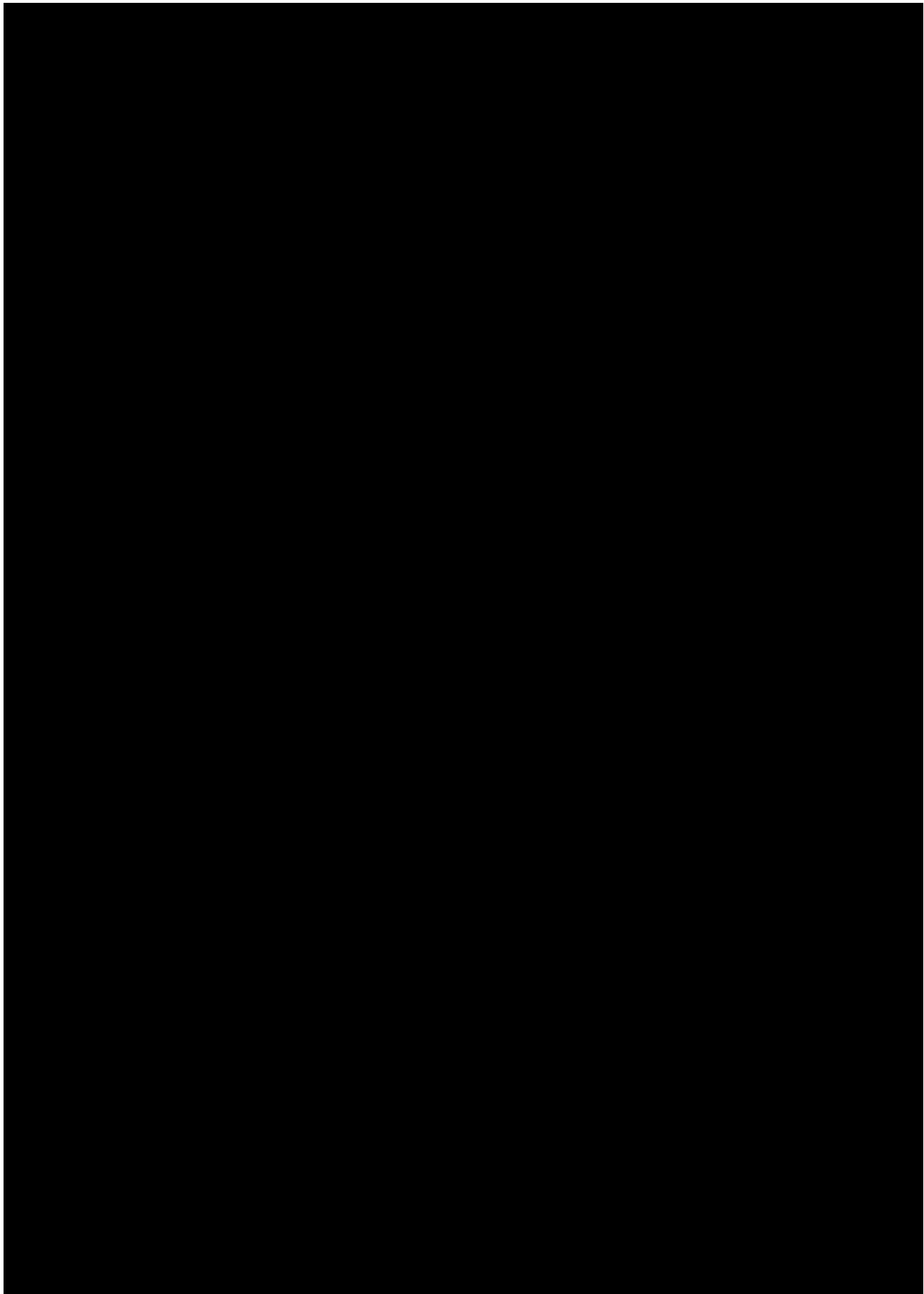
第5章 ビジネス展開の具体的計画

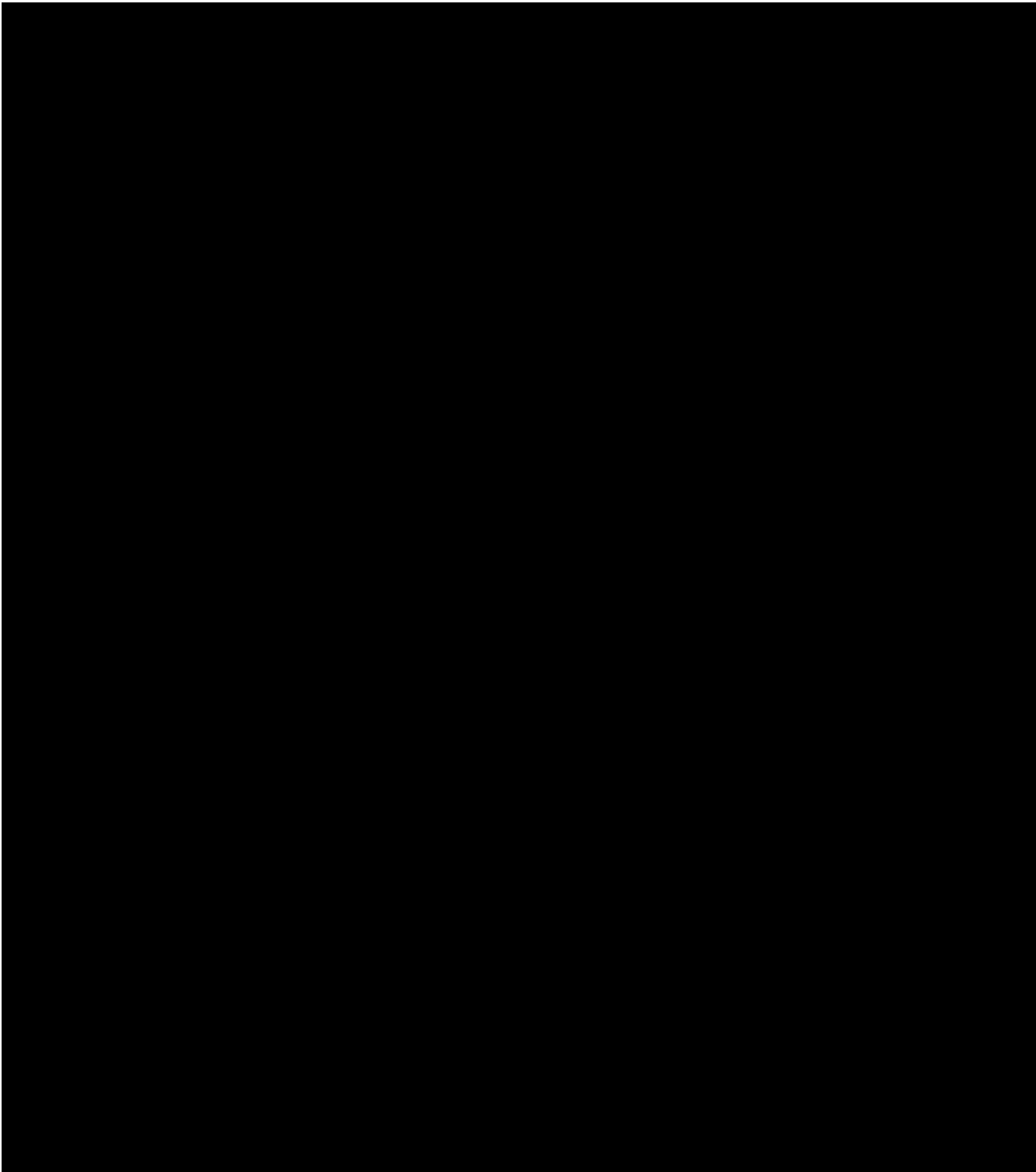




5-2 想定する事業計画及び開発効果







5-3 事業展開におけるリスクと対応策

(1) 社会・経済状況面でのリスクと対応策

経済状況面では為替リスク及び物価上昇リスクが挙げられる。そのため、両方のリスクをヘッジする必要があり、①ロットをまとめて発注する、②受注と支払を受ける時期を短くする等、細かなことから金融面のリスクに対処する。

「ベ」国には社会主義国独特のカントリーリスク（突発的な法律変更、通達発令等）が存在するが、外務省、JICA、JETRO等の発表する情報、外部人材の派遣元であるOCGの現地事務所などから早期に情報を収集しながら調査を進める。また、今後の進出を考慮して信頼できる「ベ」国人パートナーを探し、アドバイスを求める。候補としては今回の調査でも協力を要請している国立建設大学(NUCE)及びVTAの加入企業等を想定している。

(2) 知財面でのリスクと対応策

(3) 環境社会配慮面でのリスクと対応策

AGF工法自体には環境社会に関する配慮を求められることは多くない。しかし、トンネル工事は、工事自体が社会的及び自然への影響が大きなプロジェクトになるため、実施の遅延、自然環境への汚染等が想定される。案件化調査においてウレタン系注入剤の「ベ」国での採用実績は乏しく、新規の材料である。そこで、材料としての技術認定を取得する際に、日本での環境に対する規定を紹介し、負の環境影響を発生しない体制を構築する。

別添資料

1. 現地調査写真
2. Vung Ro 4 トンネル点検台帳
3. TCVN 取得手順
4. 鉄道線施工基準
5. MOT によるサポートレター
6. 環境社会配慮チェックリスト
7. 英文要約

1. 現地調査写真

①Huoi Quang 水力発電所現場視察

 <p>水力発電所外観 (平成 29 年 3 月)</p>	 <p>発電所の総合案内 (平成 29 年 3 月)</p>
 <p>入口トンネル (平成 29 年 3 月)</p>	 <p>発電機のメイントンネル (平成 29 年 3 月)</p>
 <p>通路部の漏水箇所 の例 (平成 29 年 3 月)</p>	 <p>発電機のメイントンネルの天井(平成 29 年 3 月)</p>
 <p>発電ホールの漏水発生箇所 の例 (平成 29 年 3 月)</p>	 <p>現場で使用されている液状充填剤 (平成 29 年 3 月)</p>

②Cu Mong Pass トンネル現場視察



プレゼンテーション (平成 29 年 3 月)



掘削状況 (北側) (平成 29 年 3 月)



切羽上部 (北側) (平成 29 年 3 月)



削孔状況 (北側) (平成 29 年 3 月)



削孔状況 (南側) (平成 29 年 3 月)



漏水対策 (南側) (平成 29 年 3 月)



切羽状況 (南側) (平成 29 年 3 月)



鋼管挿入状況 (南側) (平成 29 年 3 月)

③Ca Pass トンネル現地視察



坑口付近（南側）（平成 29 年 3 月）



坑内（南側）（平成 29 年 3 月）



漏水箇所（南側）（平成 29 年 3 月）



漏水箇所（南側）（平成 29 年 3 月）



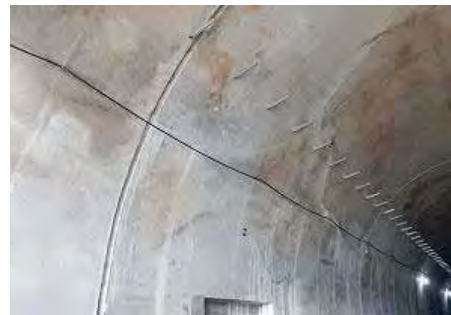
漏水対策（南側）（平成 29 年 3 月）



打継目（断面方向）（平成 29 年 3 月）



打継目（断面縦断方向）（平成 29 年 3 月）



打継目（断面縦断方向）（平成 29 年 3 月）

④VNR トンネル視察



Banonneau 坑口部(平成 29 年 4 月)



Banonneau の漏水状況(平成 29 年 4 月)



Vung Ro 4 坑内状況(平成 29 年 4 月)



Vung Ro 4 コンクリート脆弱部(平成 29 年 4 月)

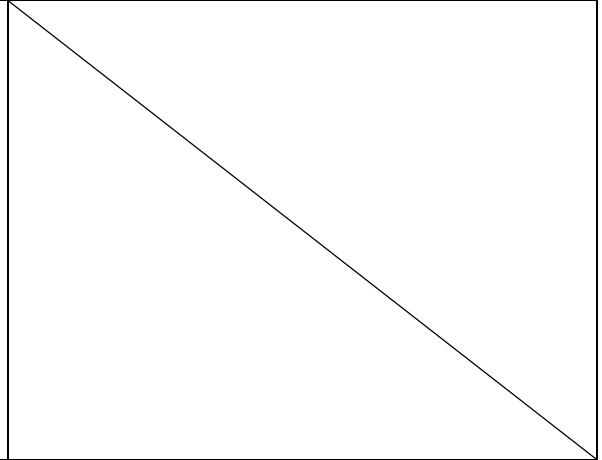


Vung Ro 4 コンクリート脆弱部拡大
(平成 29 年 4 月)

⑤VNR 現場視察報告



VNR トンネル視察報告 (平成 29 年 5 月)



⑥水路トンネル掘削現場及び Song Da 10 (「ベ」国ゼネコン) 保有機械視察



水路トンネル掘削現場 (平成 29 年 7 月)



水路トンネル掘削現場 (平成 29 年 7 月)

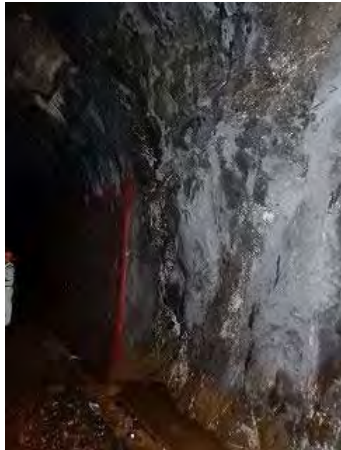


Song Da 10 保有機械 (平成 29 年 7 月)

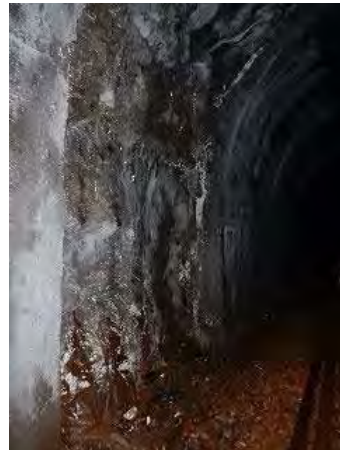


Song Da 10 保有機械 (平成 29 年 7 月)

⑦Vung Ro 4 トンネル (VNR 管理、実証事業サイト候補) 視察



Vung Ro 4 トンネル覆工コンクリート・地山境界部
(平成 29 年 7 月)



Vung Ro 4 トンネル覆工コンクリート・地山境界部
(平成 29 年 7 月)



Vung Ro 4 トンネル損傷箇所 (平成 29 年 7 月)



Vung Ro 4 トンネル損傷箇所 (平成 29 年 7 月)



Vung Ro 4 トンネル損傷箇所 (平成 29 年 7 月)



Vung Ro 4 トンネル損傷箇所 (平成 29 年 7 月)



Vung Ro 4 トンネル補修箇所 (平成 29 年 7 月)

⑧VNR 保有機材視察



VNR 機材保管場所 (平成 29 年 7 月)



VNR 保有ボーリングマシン (平成 29 年 7 月)



VNR 保有ボーリングマシン (平成 29 年 7 月)



VNR 保有小型削岩機 (平成 29 年 7 月)

⑨本邦受入活動



(株) 亀山 工場見学 (平成 29 年 8 月)



トンネル掘削現場視察 (中津3号トンネル)
(平成 29 年 8 月)



トンネル掘削現場視察 (中津3号トンネル)
(平成 29 年 8 月)



JR 九州意見交換会 (平成 29 年 8 月)



鉄道博物館視察 (平成 29 年 8 月)



JICA 九州表敬 (平成 29 年 8 月)



JICA 九州表敬 (平成 29 年 8 月)



トンネル掘削現場視察 (下屋形トンネル)
(平成 29 年 8 月)

2. Vung Ro 4 トンネル点検台帳

