

ベトナム国

ベトナム国  
AGF工法及び薬液注入工法による  
トンネル掘削工事の安全性向上及び  
既存トンネル長寿命化に関する  
案件化調査  
業務完了報告書

平成29年11月  
(2017年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

株式会社 亀山      株式会社カテックス

国内
JR (先)
17-157



写真



Huoi Quang 水力発電所現場視察  
(平成 29 年 3 月)



Cu Mong Pass トンネル現場視察  
(平成 29 年 3 月)



Ca Pass トンネル現地視察 (平成 29 年 3 月)



VNR トンネル視察 (平成 29 年 4 月)



VNR トンネル視察報告 (平成 29 年 5 月)



水路トンネル掘削現場 (平成 29 年 7 月)



Vung Ro 4 トンネル損傷箇所 (平成 29 年 7 月)



本邦受入活動  
(平成 29 年 8 月)

## 目次

はじめに.....	1
第1章 対象国・地域の現状.....	3
1-1 対象国・地域の政治・社会経済状況.....	3
(1) 主な経済政策.....	3
1-2 対象国・地域の対象分野における開発課題.....	5
1-3 対象国・地域の対象分野における開発計画、関連計画、政策（外資政策含む）及び法制度.....	5
(1) 全国高速道路網の開発及び計画.....	5
(2) 道路交通開発の調整計画.....	6
(3) 南北線トンネル補修計画.....	6
(4) 安全に関する法令等.....	6
(5) PPP 事業に関する法令等.....	6
1-4 対象国の対象分野における ODA 事業の先行事例分析及び他ドナーの分析.....	7
(1) 我が国国別開発協力方針.....	7
(2) 我が国 ODA 事業.....	7
1-5 対象国のビジネス環境の分析.....	7
(1) 会社設立時の外資規制・優遇措置.....	7
(2) 駐在員事務所開設の際の注意点.....	7
第2章 提案企業の製品・技術の特徴及び海外事業展開の方針.....	8
2-1 提案企業の製品・技術の特長.....	8
(1) 提案企業の概要.....	8
(2) 提案製品・技術の特徴.....	8
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ.....	12
2-3 提案企業の海外進出によって期待される我が国の地域経済への貢献.....	13
第3章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果.....	14
3-1 製品・技術の現地適合性検証方法（検証目的・項目・手段など）.....	14
(1) AGF 工法.....	14
(2) 薬液注入工法.....	14
3-2 製品・技術の現地適合性検証結果.....	14
(1) AGF 工法・薬液注入工法共通.....	14
(2) AGF 工法.....	16
(3) 薬液注入工法.....	19
3-3 対象国における製品・技術のニーズの確認.....	22
(1) AGF 工法.....	22
(2) 薬液注入工法.....	23
3-4 対象国の開発課題に対する製品・技術の有効性及び活用可能性の確認.....	23
第4章 ODA 案件化.....	25



4-1	ODA 案件化概要 .....	25
(1)	事業概要 .....	25
(2)	活動内容 .....	25
(3)	想定するカウンターパートと役割 .....	27
(4)	対象地域及び製品・技術の設置候補サイト .....	29
4-2	具体的な協力計画及び期待される開発効果 .....	30
4-3	他 ODA 事業との連携可能性 .....	38
4-4	ODA 案件形成における課題と対応策 .....	38
4-5	環境社会配慮にかかる対応 .....	39
第 5 章	ビジネス展開の具体的計画 .....	40
5-1	市場分析結果 .....	40
(1)	市場分析概要 .....	40
(2)	バリューチェーン .....	40
5-2	想定する事業計画及び開発効果 .....	41
(1)	事業戦略 .....	41
(2)	事業方針 .....	41
(3)	進出形態とパートナー候補 .....	42
(4)	収支計画 .....	43
5-3	事業展開におけるリスクと対応策 .....	44
(1)	社会・経済状況面でのリスクと対応策 .....	44
(2)	知財面でのリスクと対応策 .....	44
(3)	環境社会配慮面でのリスクと対応策 .....	44

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

## 略語表

略語	正式名称	日本語
AGF	All Ground fastening	AGF 工法
DCIC	Deoca Investment JSC	デオカ投資会社 (PPP 事業実施企業)
DRVN	Directorate for Roads of VietNam	ベトナム道路総局
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
MOT	Ministry of Transport	運輸交通省
MOST	Ministry of Science and Technology	科学技術省
NETIS	New Technology Information System	新技術情報提供システム
NATM	New Austrian Tunneling Method	ナトム工法
NUCE	National Univercity of Civil Engineering	ベトナム国立建設大学
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OCG	Oriental Consultants Global.,LTD	(株) オリエンタルコンサルタンツグローバル
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PMU	Project Management Unit	事業管理局
PPP	Public Private Partnership	官民パートナーシップ
VEC	Vietnam Expressway Corporation	ベトナム高速道路公社
VNR	Vietnam Railway	ベトナム国鉄
TCVN	National Standards	国家基準

## 図表リスト

表-1	5ヵ年計画の主な目標 (Main Targets)	4
図-1	ラムドン省の崩落事故現場	5
図-2	NATM 工法	8
図-3	AGF 工法	9
図-4	AGF 工法削孔鋼管系統図 (φ114.3mm×12.98m)	9
表-2	販売実績* (AGF 工法等、H26.10～H27.9)	10
表-3	類似する工法との比較	10
図-5	矢板工法	11
表-4	販売実績 (薬液注入充填工法、H26.10～H27.9)	11
表-5	類似する薬液注入剤との比較	12
図-6	ビジネススケジュールと ODA 案件との関係性	13
表-6	製品・技術の現地適合性検証方法 (AGF 工法)	14
表-7	製品・技術の現地適合性検証方法 (薬液注入工法)	14
表-8	調査対象既設トンネル一覧	15
表-9	製品・技術の現地適合性検証検証結果 (制度面)	16
図-7	Cu Mong Pass トンネル 所在地	17
図-8	Cu Mong Pass トンネル標準断面図	17
図-9	Huoi Quang 発電所 所在地	19
図-10	Ca Pass トンネル 所在地	20
図-11	Vung Ro 4 トンネル損傷状況	26
図-12	運輸交通省組織図	28
図-13	ベトナム国鉄組織図	29
図-14	実施体制図 (案)	36
表-10	活動計画・作業工程表 (案)	37
図-15	レールジャンボ	39
図-16	バリューチェーン (AGF 工法)	40
図-17	バリューチェーン (薬液注入工法)	41
図-18	ビジネスの実施体制 (サプライ・デマンドチェーン) 青:「ベ」国、緑:日本	42
表-11	投資計画・ビジネススケジュール	44
表-12	MOST 組織別の業務内容	63

## 要約

### 第1章 対象国・地域の現状

#### 1-1 対象国・地域の政治・社会経済状況

ベトナム社会主義共和国は、面積 33 万 km<sup>2</sup>（九州を除く日本の面積に相当）、人口 9,250 万人、一人当たり GDP は 2,073 ドルであり、低所得国から中所得国に進みつつある。伝統的な縫製業企業の進出が続いており、キヤノンやサムスン電子の進出を機に多くの下請け企業が進出したように、エレクトロニクス産業における直接投資も増加しており、着実に産業の高度化へのステップを達している。これらにより裾野産業も育ってきており、後進国から中進国に進みつつある。

1986 年に採択されたドイモイは、1989 年頃より成果が上がり始め、1995 年～1996 年には 9% 台の経済成長率を記録した。その後、アジア経済危機の影響から一時成長が鈍化したものの、海外直接投資の順調な増加も受けて、2000 年～2010 年の平均経済成長率は 7.26% と高成長を達成。2010 年に（低位）中所得国となった。

#### 1-2 対象国・地域の対象分野における開発課題

対象国・地域の対象分野における開発課題は以下のとおりである。

##### 課題①-1

「ベ」国の山岳地域は「ベ」国縦貫造山帯に属し、非常に不安定な地層が混在するため、トンネル掘削工事における安全性が低く事故が増加することが懸念されている

##### 課題①-2

破砕帯や湧水に対処する工法が普及していない。そのため、場当たりの対応がとられており、トンネル掘削において工期・工費・品質に悪影響を及ぼしている。

##### 課題②

既存トンネルの多くは供用年数が 70 年を超えて老朽化が進んでいる。

##### 課題③

プロジェクトを管理する側（政府側、主に PMU）の人材（プロジェクトオーナー）の工事管理や品質管理に関わる専門知識・技術力が不足しており、適切な工法選定等ができていない。

#### 1-3 対象国・地域の対象分野における開発計画、関連計画、政策（外資政策含む）及び法制度

##### (1) 開発計画等

##### ① 全国高速道路網の開発及び計画

社会経済開発（目標年 2020, 2020 以降の構想）による交通需要予測に基づく、計 5,873km、22 の高速道路を含む「ベ」国高速道路網の計画

##### ② 道路交通開発の調整計画

社会経済開発の原動力となる道路交通インフラの開発計画。工業化・近代化に加え、地域間及び国際ネットワークの構築、国家安全保障への寄与を目指す。

##### ③ 南北線トンネル補修計画

VNR が管理する 39 トンネルのうち、劣化した 22 トンネルに対する補修計画。2020 年までに約 50 億円程度を補修・補強費用として財務省に申請中であり、その約 5 割をトンネルの補修・補強工事に配分する予定。

## (2) 法制度等

### ① 安全に関する法令

「ベ」国ではトンネルの新規建設、既存トンネルの点検・補修等を対象にした安全に関する法令などは存在しないことが判明した。

### ② PPP 事業に関する法令等

「ベ」国政府は PPP 型投資に係る新規則となる「官民パートナーシップ型投資形態に係る政令 15 号 (Decree No. 15/2015/ND-CP) を 2015 年 2 月 4 日に公布し、2015 年 4 月 10 日に施行された。

## 1-4 対象国の対象分野における ODA 事業の先行事例分析及び他ドナーの分析

我が国の ODA 事業としては、「ベトナム国鉄リハビリ事業」や「ベトナム国南北統一鉄道橋梁緊急リハビリ事業(1)(2)(3)」などが挙げられる。

## 1-5 対象国のビジネス環境の分析

### (1) 会社設立時の外資規制・優遇措置

投資法 67/2014/QH13 により、投資禁止および経営禁止分野と条件付き経営投資分野について明記している。本調査において提案している技術の現地製造・販売に関する製造業・建設業に関しては禁止分野・条件付き分野いずれにも属していない。

### (2) 駐在員事務所開設の際の注意点

日本で会社設立後 1 年以上が経過している日本企業は、駐在員事務所を設立することができる。ただし、業務内容は、本社との連絡業務、ベトナムでの案件の実施促進、ベトナム側パートナーと締結した契約の実施監督、ベトナムでの商品・サービス供給を目的とした市場調査等のために限られる。

## 第 2 章 提案企業の製品・技術の特徴及び海外事業展開の方針

### 2-1 提案企業の製品・技術の特長

#### ① AGF 工法

AGF 工法とは、山岳トンネルを始めとする岩盤を貫くトンネルを掘削する際に、風化やひび割れにより強度が弱くなった地山 (岩盤) の部分を掘削する工法の一つである。現在、山岳トンネルでは、NATM (ナトム) 工法がシェア 8 割以上を誇るが、その 9 割のトンネルにおいて一部、もしくは全部に採用されている。特に破砕帯 (断層によりひび割れた一定以上の幅を持つ岩盤)・坑口 (トンネルの出入り口付近) での採用が多い。導入効果として、地山の強度を上げ、崩落の危険性を最小化し、湧水帯からの出水を止水する。その結果、掘削現場の安全性を高め、工期遅延、工費増大を最小化できる。効果が予測しやすく、品質が安定する効果がある。

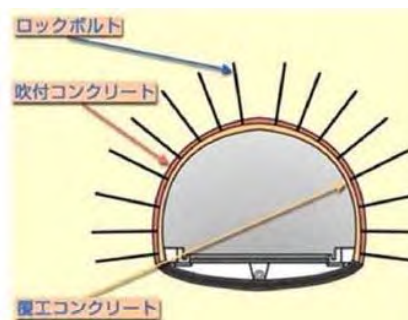


図 NATM 工法  
(出典：調査団により作成)

#### ② 薬液注入充填工法

「ベ」国の既存トンネルの多くは、フランスが戦前整備したものであり、NATM 工法が普及する前の矢板工法で掘削されている。矢板工法は吹付コンクリートの代わりに矢板を用いて地山を支持し、矢板を埋め殺す形で覆工コンクリートを打設する。そのため、どうしても空隙が発生しやすい。本事業で提

案する薬液注入充填工法は、薬液の発泡率及び強度を調整することで、空隙の狭い部分まで充填が可能であるだけでなく、十分な強度が発現する。そのため、強度の向上が確実であり、その効果も長期間持続する。

シリカレジン系の注入剤は注入工法を実施する地山の状態を選ばずに、安定した施工が可能である。特に地山の状態が詳細に確認できない裏込め注入の場合は、ウレタン系が安定した効果を発揮する。

## 2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

代表企業の(株)亀山では、現在 AGF 工法を始めとする弱い地山での掘削工法のビット及び鋼管を製造しているが、その 1 次加工を「ベ」国内で実施している。2 次加工は日本国内の工場で実施しているが、普及実証事業で「ベ」国国内での生産体制を整え、「ベ」国国内での製造割合を引き上げる予定にしている。これにより、「ベ」国内外（日本国外）での販売において価格競争力を増大させる。JV 構成企業の(株)カテックスにおいては、関税自由化を考慮して ASEAN 内での薬液製造・販売を検討している。

## 2-3 提案企業の海外進出によって期待される我が国の地域経済への貢献

### 【「ベ」国進出要員新規採用】

AGF 工法及び薬液注入充填工法の現地生産割合の拡充のため、技術指導員及び生産管理要員等を「ベ」国に派遣する。この人材、もしくは補充要員を国内で新規に雇用する。

### 【生産拡大に伴う新規採用】

技術的な流出を防ぐ必要のある部分に関しては、引き続き国内での生産体制を維持する。そのため、生産拡大に伴う新規要員を国内で雇用する。

### 【国内のサプライチェーンでの売上増加】

生産拡大に伴い、(株)亀山及び(株)カテックスのサプライチェーン内の企業（(株)サン機工、(株)フクnetz等）の売り上げ増に貢献する。

### 【NPO 法人臨床トンネル工学研究所での新規研究】

AGF 工法の海外普及を促進するため、地盤条件が複雑な「ベ」国の課題の技術的対応策をテーマとした、新規研究を NPO 法人臨床トンネル工学研究所に打診中。

## 第 3 章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果

### 3-1 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検証方法

#### (1) AGF 工法

表 製品・技術の現地適合性検証方法（AGF 工法）

手段	検証目的	項目
関連機関へのヒアリング	適合する掘削現場・既設トンネルの有無・状況の確認、必要に応じて現場視察の要請	破碎帯・湧水帯の有無 現状での対応方法 現場施設の可否の確認
新設トンネル掘削現場の視察	新設トンネルを実際に視察して、AGF 工法及びその関連する工法の適法可否について確認する 普及・実証事業実施の可能性検討	湧水・地盤状況確認、 坑内環境の確認 実施機関と政府機関の関係性
特に状態の悪い既設トンネルの視察	特に状態の悪い既設トンネルを実際に視察して、AGF 工法及びその関連する工法の適法可否について確認する	湧水状況の確認 覆工コンクリートの状態確認 坑内環境の確認

（出典：調査団により作成）

## (2) 薬液注入工法

表 製品・技術の現地適合性検証方法（薬液注入工法）

手段	検証目的	項目
関連機関へのヒアリング	適合する掘削現場・既設トンネルの有無・状況の確認、 適合に向けた制度面の確認 必要に応じて現場視察の要請	破碎帯・湧水帯の有無 現状での対応方法 現場施設の可否の確認
新設トンネル掘削現場の視察	新設トンネルを実際に視察して、施工直後の覆工コンクリートにおいて薬液注入工法及びその関連する工法による補修工事の適法可否について確認する	湧水・地盤状況確認、 坑内環境の確認
特に状態の悪い既設トンネルの視察	特に状態の悪い既設トンネルを実際に視察して、薬液注入工法及びその関連する工法による補修工事の適法可否について確認する 普及・実証事業実施の可能性検討	湧水状況の確認 覆工コンクリートの状態確認 坑内環境の確認 実施機関と政府機関の関係性

（出典：調査団により作成）

### 3-2 製品・技術の現地適合性検証結果

#### 3-3 対象国における製品・技術のニーズの確認

##### (1) AGF 工法

「ベ」国でのトンネル掘削現場及び大規模な補修が必要な既存トンネルの多くが、湧水帯を抱えていることが判明した。これらの掘削、補修においては従来のセメント系の注入剤では品質・工程管理が容易ではなく、突発的な事態への対応も難しいために安全性にも乏しいことが明らかになった。今後、着実にトンネル新規設計が増えるため、需要が増加することが予想されている。AGF 工法のターゲットは、以下の3分野となることが判明した。

- ①VNR が管理する既存トンネルの補強・補修工事
- ②新規道路トンネル整備事業
- ③新規水路トンネル整備事業

##### (2) 薬液注入工法

「ベ」国での既存トンネルの多くで漏水問題が存在し、中には非常に深刻な場所があることが判明した。中でも雨季の漏水量が多く、従来のセメント系の注入剤での補修では十分な補修が実施できていないトンネルが VNR の管理トンネルを中心に存在することが明らかになった。現時点での既存トンネルの総数が VNR：39 本、DCIC：3 本等日本国内に比べるとまだまだ少ないため、今後の高速道路網、高速鉄道線、主要幹線道路のバイパス等の建設が進むことにより、需要が増加することが確実視されている。ウレタン系注入剤を用いた補修工法のターゲットは以下の2分野である。

- ①VNR が管理する既存トンネルの補強・補修工事
- ②既存水力発電所のタービン室や、それにつながるトンネル



### 3-4 対象国の開発課題に対する製品・技術の有効性及び活用可能性の確認

提案製品・技術の現地適合性検証及び、ニーズの確認結果により、対象国の課題解決への有効性及び活用可能性について確認し、以下の点が確認できた。

- ①新設トンネル掘削現場における安全性の向上
- ②難工事箇所におけるトンネル掘削工事の工期短縮及びコスト縮減、工物品質の向上
- ③既存トンネル施設の予防保全的維持管理の実現
- ④設計・施工のガイドライン・マニュアル整備と適切な工法選定ができる人材育成

## 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

#### (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
- 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
- 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)
- 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
- 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
- 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
- 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

#### (3) 想定するカウンターパート

Ministry of Transport (運輸交通省 : MOT)

#### (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・再打設を実施する。

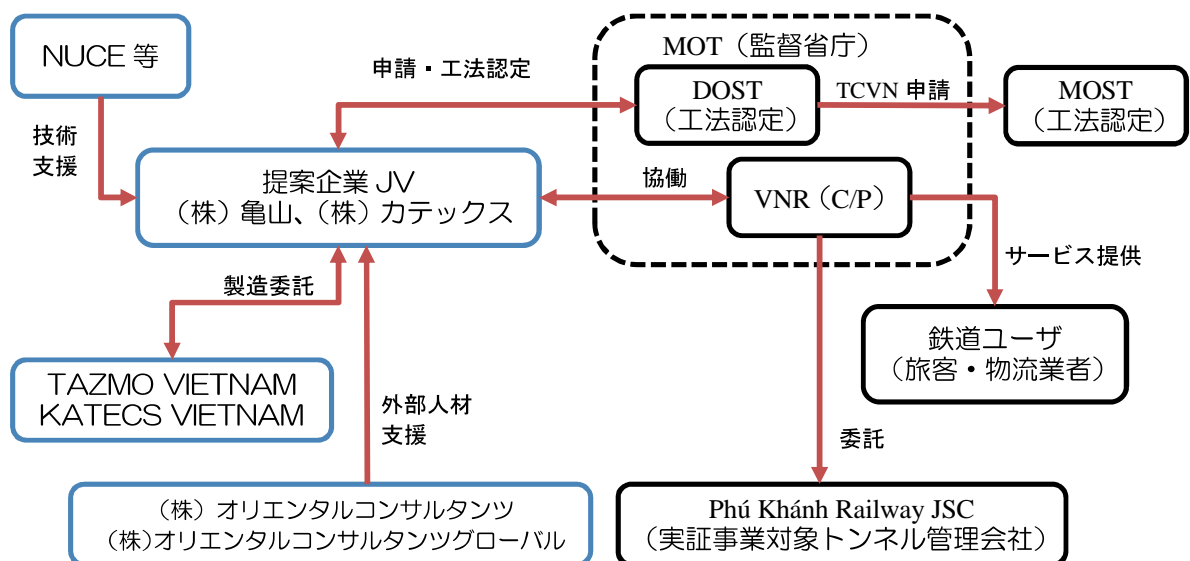
また、その他の漏水箇所の補修では、薬液注入工法を用いて止水する。

#### 4-2 具体的な協力計画及び期待される開発効果

<b>目的:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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</li> </ul>	
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て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 工法的设计・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)

【実施体制図】(案)



(出典：調査団により作成)

#### 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 工法の可能性は今のところない。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。

そのため、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。

##### ii) 深夜の列車が通過しない限られた時間帯での工事实施

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。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

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。

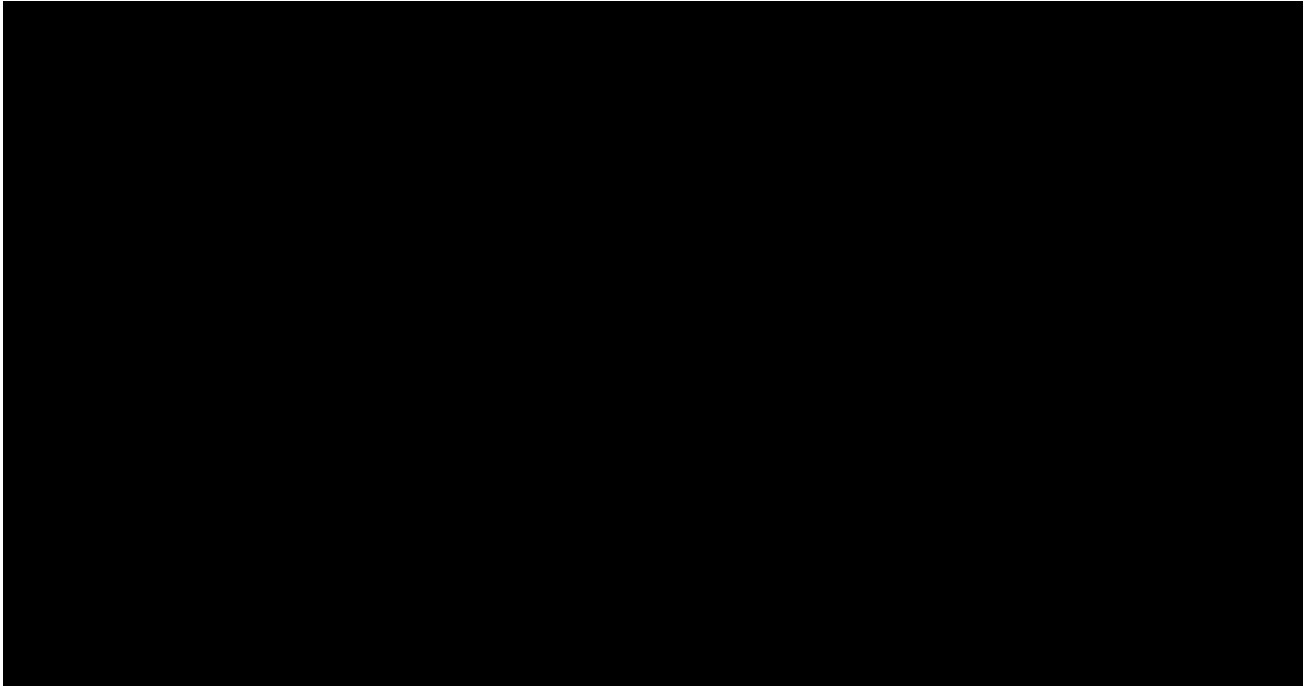
#### 4-5 環境社会配慮にかかる対応

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、当初の新設トンネルの施工よりも軽微になると想定している。AGF 工法、薬液注入工法共に、シリカレジン等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微量ながら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予定している。

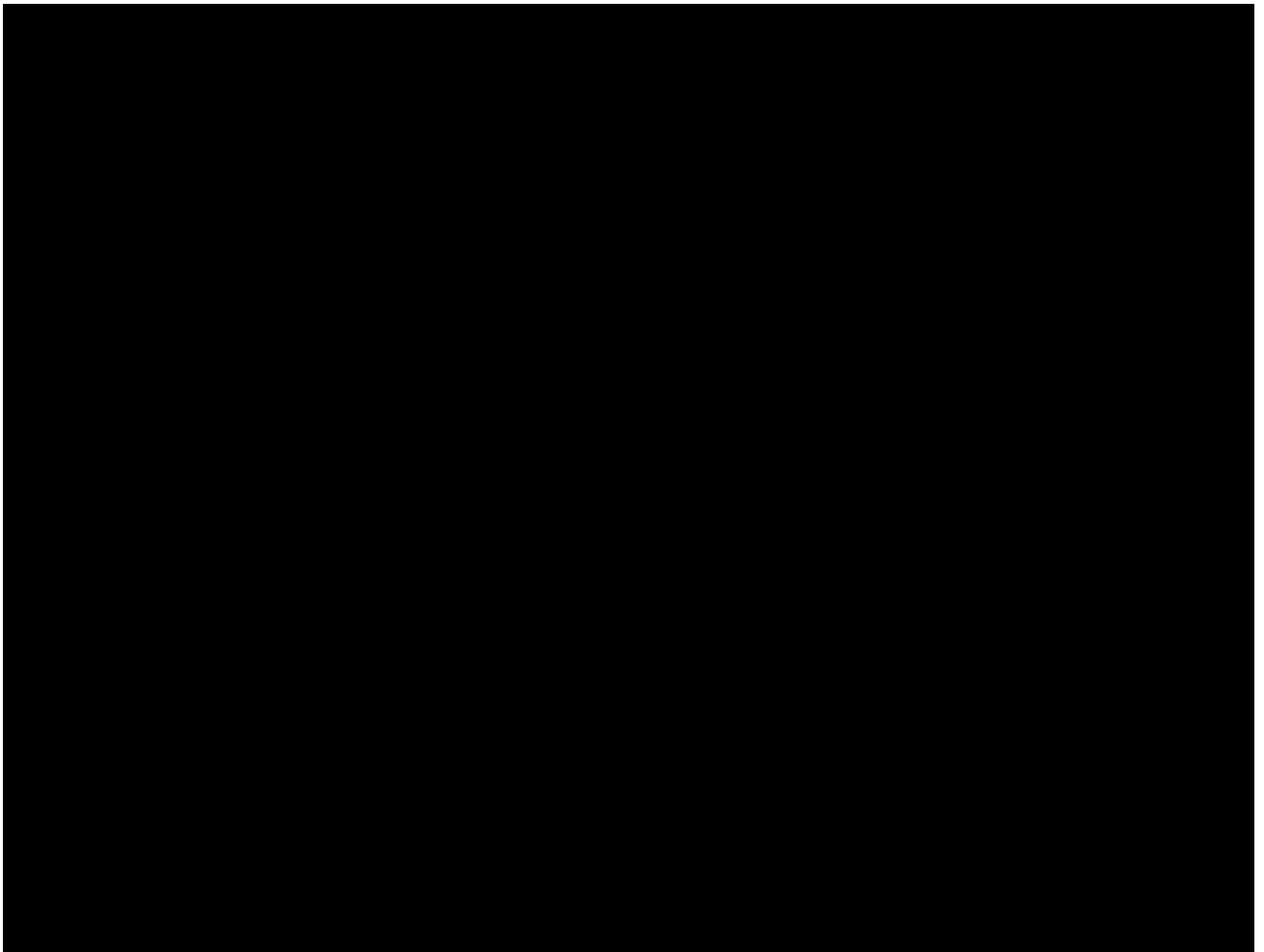
ウレタン系の注入剤は「ベ」国では未導入のため、「ベ」国での施工基準等は未制定である。

## 第 5 章 ビジネス展開の具体的計画

### 5-1 市場分析結果



### 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。

#### (2) 知財面でのリスクと対応策

#### (3) 社会環境配慮面でのリスクと対応策

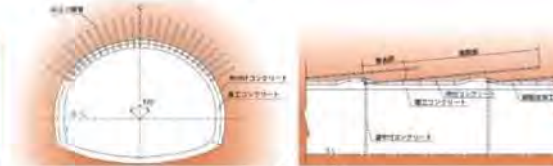
AGF 工法自体には環境社会に関する配慮を求められることは多くない。しかし、トンネル工事は、工事自体が社会的及び自然への影響が大きなプロジェクトになるため、実施の遅延、自然環境への汚染等が想定される。そこで、材料としての技術認定を取得する際に、日本での環境に対する規定を紹介し、負の環境影響を発生しない体制を構築する。

## 案件化調査

# ベトナム国 AGF工法及び薬液注入工法によるトンネル掘削工事の安全性向上 及び既存トンネル長寿命化に関する案件化調査

### 企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社亀山、株式会社カテックス
- 提案企業所在地：福岡県柳川市、愛知県名古屋市
- サイト・C/P機関：ベトナム中部地域・運輸交通省(MOT)



AGF工法

### ベトナム国の開発課題

- トンネル掘削工事における安全性が低く事故が増加することが懸念されている。
- 破碎帯や湧水に対処する工法が普及しておらず、トンネル掘削において工期・工費・品質に悪影響を及ぼしている。
- 既存トンネルの多くは老朽化が進んでいる。
- 適切な工法選定等ができていない。

### 中小企業の技術・製品

- AGF工法：山岳トンネルを始めとする岩盤を貫くトンネルを掘削する際に、強度が弱い地山(岩盤)の区間を地山に薬液を注入して強度を保ちながら掘削する工法の一つである。
- 薬液注入充填工法：覆工コンクリート裏に空隙が発生した際に、発砲率及び強度を調整したシリカレジン系薬液を注入して充填し、補修・補強する工法である。

## 調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

#### 【事業活動】

- ① 既設トンネル覆工コンクリート打替えにおけるAGF工法の適合可能性と有用性の実証
- ② 既存トンネルに対する薬液注入充填工法による補修工法の適合可能性と有用性の実証
- ③ 提案製品・技術の普及(工事仕様書へのスペックイン)を目的とした啓発活動
- ④ 新技術導入に向けた工法認定取得に向けた普及活動
- ⑤ C/Pを中心とするベトナム国トンネル分野の関係者への技術移転

#### 【期待される成果】

- ① 湧水帯・破碎帯におけるAGF工法の施工性・安全性の実証
- ② 漏水の激しい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
- ③ セミナーなどを通してAGF工法及びウレタン系注入剤の性能・施工性・安全性などの普及
- ④ AGF工法及びウレタン系注入剤の工法認定取得
- ⑤ 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

## 日本の中小企業のビジネス展開

#### 【ビジネス体制】

- ODAプロジェクト(普及・実証事業)を実施する。
- (株)亀山・(株)カテックスの協力体制を維持する。
- ベトナム国の大学関係機関と連携し、ビジネス展開を推進する。

#### 【ビジネス展開実施方針】

- (株)カテックスの現地工場等を活用して、提案製品の製品に活用する。
- (株)亀山は製品の現地生産率を高めるために、工場建設を検討する。
- 両社はベトナムでの事業展開のためにパートナー企業を発掘する。





## はじめに

### (1) 調査名

和文：ベトナム国 AGF 工法及び薬液注入工法によるトンネル掘削工事の安全性向上及び既存トンネル長寿命化に関する案件化調査

英文：Feasibility Survey for Improving Safety of the Tunnel Excavation Works and Extending Service Life of the Existing Tunnel by AGF Method and Injecting Urethane Chemical

### (2) 調査の背景

「ベ」国では、1986 年のドイモイ政策を期に 1990 年以降年間 7%を超える急速な経済成長を維持し、都市化・工業化が進展している。当該国では、「2020 年までのベトナム国高速道路網発展計画及び 2030 年までのビジョン」において、ハノイ - ホーチミン間を結ぶ南北高速道路、ハノイ - 北部地方間を結ぶ北部高速道路が重要案件として選考されるなど、今後は、山岳部における交通網の整備・トンネル建設が予定されている（総延長 6,411km）。しかしながら、交通網の整備・トンネル建設の対象地域に含まれる同国北部・中部の山岳地域は、「ベ」国縦貫造山帯に属し、断層を含む非常に不安定な地層が混在し、掘削工事では小規模な崩落事故が発生するなど、大規模な事故の発生前に安全性の向上対策が重要な課題となっている。

かかる状況を受け、受注者の提案製品・技術である AGF 工法及び薬液注入工法の導入を通じ、トンネル建設における安全性の向上・トンネルの老朽化の予防・強度の向上及び長寿命化が可能となることで、上述のような課題に対する貢献が期待される

### (3) 調査の目的

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

### (4) 調査対象国・地域

ベトナム国（北部、中部、南部地域等）

(5) 団員リスト

氏名	担当業務	所属先
亀山 元則(日本)	業務主任者	株式会社亀山
松藤 祐一(日本)	コーディネーター	株式会社亀山
田中 正広(日本)	企画設計(削孔)／環境社会配慮①	株式会社亀山
筋田 真太郎(日本)	技術提案営業	株式会社カテックス
浅井 勉(日本)	企画設計(注入)／環境社会配慮②	株式会社カテックス
中野 秀俊(日本)	チーフアドバイザー	株式会社オリエンタルコンサルタンツ
長谷川 慶彦(日本)	ODA 事業計画/市場調査	株式会社オリエンタルコンサルタンツ
伊東 淳(日本)	技術アドバイザー	株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル
野口 一郎(日本)	技術アドバイザー②	株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル

(出典：調査団により作成)

(6) 調査期間、調査工程

(調査開始 2017 年 1 月～調査終了 2017 年 12 月)

調査項目	2017 年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1)「ベ」国における新設トンネル建設・既存トンネル維持管理に関する情報収集		■										
2)提案製品・技術の紹介、トンネル補助工法導入の重要性に関する啓発		■										
3)新工法導入のための許認可制度についての情報収集		■										
4)パイロット事業(補修工事)のサイト候補地の視察			■	■								
5)ビジネス展開の可能性調査					■							
6)環境社会配慮・人材育成に関する課題に関する情報収集					■							
7)パイロット事業サイト(新設工事及び補修工事)選定に関する協議					■							
8)日本の技術基準・工事仕様書の紹介、パイロット事業における使用に関する許可取得						■						
9)新規工法に関する許認可取得計画検討						■	■					
10)現地関係者の本邦受け入れ・視察								■				
11)調査結果の報告、普及・実証事業に対する討議議事録(M/D)の調印									■			
12)新規工法に関する許認可機関との協議									■			
報告書作成・修正・提出										■	■	★

(出典：調査団により作成)

## 第1章 対象国・地域の現状

### 1-1 対象国・地域の政治・社会経済状況

ベトナム社会主義共和国は、面積 33 万 km<sup>2</sup>（九州を除く日本の面積に相当）、人口 9,250 万人、一人当たり GDP は 2,073 ドルであり、低所得国から中所得国に進みつつある。実質 GDP 成長率は近年 6%程度で推移しており、失業率は 2.1%（都市部 3.4%、地方部 1.5%）にとどまっている。<sup>1</sup>

キン族（越人）ほか 53 の少数民族からなるベトナムは、1858 年からのフランス植民地時代、1946 年からの南北分断時代を経て、1976 年に南北が統一されてベトナム民主共和国から、ベトナム社会主義共和国に改称された。その後、1986 年の第 6 回共産党大会にて市場経済システムの導入と対外開放化を柱としたドイモイ（刷新）路線が打ち出され、構造改革や国際競争力強化に取り組んでいる。一方、ドイモイの進展の裏で、貧富の差の拡大、汚職の蔓延、官僚主義の弊害、環境破壊などのマイナス面も顕在化している。1992 年には日本の対越援助が再開されている。

ベトナムでは、伝統的な縫製業企業の進出が続いており、キャノンやサムスン電子の進出を機に多くの下請け企業が進出したように、エレクトロニクス産業における直接投資も増加しており、着実に産業の高度化へのステップを達している。これらにより裾野産業も育ってきており、後進国から中進国に進みつつある。<sup>2</sup>

2011 年には 5 年ごとに開催される第 11 回共産党大会にて、2020 年までに近代工業国家に成長することを目標として引き続き高い成長を目指す方針が掲げられた。ベトナムの統治体制は、ベトナム共産党による一党支配体制であり、現在はグエン・フー・チョン党書記長、チャン・ダイ・クアン国家主席、グエン・スアン・フック首相が選出されている。

#### (1) 主な経済政策

1986 年に採択されたドイモイは、1989 年頃より成果が上がり始め、1995 年～1996 年には 9%台の経済成長率を記録した。その後、アジア経済危機の影響から一時成長が鈍化したものの、海外直接投資の順調な増加も受けて、2000 年～2010 年の平均経済成長率は 7.26%と高成長を達成。2010 年に（低位）中所得国となった。2011 年以降、マクロ経済安定化への取り組みに伴い、2011 年は 5.9%、2012 年は 5.2%と成長率が鈍化したものの、2013 年は 5.4%、2014 年は 5.98%と緩やかながらも回復傾向が見られる。

ベトナムは一層の市場経済化と国際経済への統合を推し進めており、2007 年 1 月、WTO に正式加盟を果たした。その後も、各国・地域との FTA/EPA 締結を進めており、TPP 交渉にも参加している。他方、未成熟な投資環境、国営企業の非効率性、国内地場産業の未発達等懸念材料も残っている。

##### ① 社会・経済開発計画（10 カ年戦略、5 カ年計画）

ドイモイ以降、10 カ年戦略が策定されるようになったが、それ以前から 5 カ年計画は策定し続けられ、長年にわたりベトナムの戦略的体系の中心柱となっている。現在の 10 カ年戦略は、2011 年 1 月、第 11 回共産党全国党大会にて承認された。

5 カ年計画は 10 カ年戦略に基づいて、計画投資省（MPI）により策定される。2011-2015 年の 5 カ年計画は政府首相が出した指示書 751 号（2009）に基づいて策定される。策定にあたっては、

<sup>1</sup> 2015 年ベトナム一般概況 ～数字で見るベトナム経済～（ジェトロ・ハノイ、2015.8）

<sup>2</sup> 後進国から中進国へ発展するための経済成長モデル（IDE-JETRO アジ研ポリシー・ブリーフ No. 34、2014.2.7）

計画・投資省が大きなスキームを定め、それに基づいて関連省庁、各地方自治体のスキームが策定される。<sup>3</sup>

### <10 カ年戦略 2011-2020>

10 カ年戦略は、2020 年までに近代的な工業国になるとの目標達成に向け、経済の量的拡大を目指した従来の戦略からシフトし、質の高い成長を重視したプランである。目標達成のために、①社会主義志向の市場経済制度の完成、②急速な人材育成、③インフラ構築の3点が重要な柱として挙げられた。具体的な数値目標としては、毎年7~8%の経済成長、そして20年までに1人あたりGDPを3,000ドル(10年の2.2倍)にまで引き上げることが言及された。この計画は、国民生活の向上、持続可能な経済発展を目指す。長期的な戦略目標は、経済発展を続けることだが、それは持続可能なものでなければならず、社会的な公平や公正を目指すというものである。

前計画(2001-2010)との相違点は、これまでは量的な拡大を目指してきたが、今後は質の高い成長、特に社会基盤整備、交通インフラ、港湾整備、エネルギーなど社会的公益性の大きい産業やセクターを重視していくことである。加えて、①行政改革によって、より競争力の高い体制の充実を目指すこと、②より高度な人材の養成を目指すこと、③インフラのさらなる充実、整備を進め、近代的な都市開発を行うこと、も目指してゆくこととしている。

### <5 カ年計画 2011-2015>

第9次5カ年計画である2011-2015は、10カ年戦略のもと、投資の質的向上を重視し、質を優先した社会資本投資を行う。具体的な目標は表-1のとおりである。

表-1 5カ年計画の主な目標(Main Targets)

	主な目標	備考
経済指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ GDP 成長率を 6.5%-7%</li> <li>✓ 社会投資を GDP の 33.5%-35%(2011-2015)</li> <li>✓ 貿易赤字 2015 年までに輸出額の 10%未満とする</li> <li>✓ 財政赤字を 2015 年までに GDP の 4.5%未満とする</li> <li>✓ エネルギー使用量、実質 GDP を年間 2.5-3%に抑える</li> <li>✓ ハイテク製品を全製造品額の約 30%、年間 13%にの技術革新</li> <li>✓ 2015 年の労働生産性を 2010 年比 29%-32%向上</li> <li>✓ 公共負債を 2015 年までに GDP の 65%以内に、年間辺りの政府負債を GDP の 22%-23%以内とする</li> <li>✓ 消費者物価指数は 2015 年まで 5%-7%上昇</li> </ul>	
社会指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 5 年間で 800 万人の雇用創出</li> <li>✓ 都市部の失業率 4%未満 (~2015)</li> <li>✓ 熟練労働者の割合 55% (~2015)</li> <li>✓ 国民の実質所得を 2010 年比 2-2.5 倍</li> <li>✓ 貧困世帯を年平均 2%減少、極貧地域を 4%減少させる</li> <li>✓ 一人当たり住宅床面積都市部で 26sq.m とする。</li> <li>✓ 人口増加率 1%*</li> </ul>	*現状並
環境指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 森林カバー率 42%-43%</li> <li>✓ 重大な環境汚染の 85%に対処する</li> </ul>	

出典：SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT PLAN FOR THE 2011-2015 PERIOD (Socialist Republic of Viet Nam Government Portal, <http://www.chinhphu.vn/portal/page/portal/English>) より調査団作成

<sup>3</sup> アジア地域等の地域政策に係る動向分析及び支援方策等に関する調査 ―ベトナムの国土政策事情― 報告書(国土交通省国土計画局、平成 23 年 3 月)

## 1-2 対象国・地域の対象分野における開発課題

### ①-1 トンネル掘削現場の低い安全性・事故の発生

「ベ」国内でのトンネル工事事故に関する統計データが非常に困難だが、ヒアリングにより個々の事故の情報を入手した。一つは、2014年12月に南中部・ラムドン省の水力発電所内の導水トンネル建設現場で崩落が発生し、作業員等12人が82時間もの間、坑内に閉じ込められるという事故である。また、中部「ベ」国で開通しているトンネルの掘削工事でも、小規模な崩落事故が発生し、工期延長・工費増大が発生していたことが、事前調査時の「ベ」国関係者へのヒアリングで判明した。今後北中部の断層地帯でのトンネルの掘削延長が増加するにつれ、従来のNATM工法では事故が増加することが予想されている。



図-1 ラムドン省の崩落事故現場

課題①-1 「ベ」国の山岳地域は「ベ」国縦貫造山帯に属し、非常に不安定な地層が混在するため、トンネル掘削工事における安全性が低く事故が増加することが懸念されている。

### ①-2 工期の延長・工費の増大、工事の品質低下

NATM工法のみでのトンネル掘削は、安全性を確保して慎重に掘削したとしても、工期の延長・工費の増大、ひいては工事の品質低下にもつながる。その結果、高速道路網を始めとするインフラ整備計画全体に悪影響を及ぼす。適切な工程・工費・品質管理が可能な工法導入が求められている。

課題①-2 破砕帯や湧水に対処する工法が普及していない。そのため、場当たりの対応がとられており、トンネル掘削において工期・工費・品質に悪影響を及ぼしている。

### ② 老朽化の激しい既存トンネル

また、鉄道を始めとする既存トンネルの多くは供用開始後70年以上たち、老朽化が激しい。長寿命化を図る予防保全的な修繕を施し、安全性だけでなく維持管理コストの削減が「ベ」国関係者の間で望まれている。

課題② 既存トンネルの多くは供用年数が70年を超えて老朽化が進んでいる。

### ③ 行政・産業における人材不足

上記①、②の課題の解決には、適切な安全管理・工法選択・設計・施工・品質管理・維持管理等を理解し、実践できる人材が必要であるが、現状では不足していることを事前活動及び本調査で確認した。上記の理解を深めるために時間を要するため、AGF工法及び薬液注入工法の導入効果ができるだけ早期に出現するような対策が必要である。

課題③ プロジェクトを管理する側（政府側、主にPMU）の人材（プロジェクトオーナー）の工事管理や品質管理に関わる専門知識・技術力が不足しており、適切な工法選定等ができていない。

## 1-3 対象国・地域の対象分野における開発計画、関連計画、政策（外資政策含む）及び法制度

### (1) 全国高速道路網の開発及び計画

概要：社会経済開発（目標年2020, 2020以降の構想）による交通需要予測に基づく、計5,873km、22の高速道路を含む「ベ」国高速道路網の計画である。2008年に首相承認を得ている。

トンネルの具体的な計画は記載されていないが、中部及び北部山岳地域ではトンネルによる整備が予想されている。

(2) 道路交通開発の調整計画

概要：社会経済開発の原動力となる道路交通インフラの開発計画。工業化・近代化に加え、地域間及び国際ネットワークの構築、国家安全保障への寄与を目指す。2013年に首相承認を得ている。トンネルの具体的な計画は記載されていないが、中部及び北部山岳地域ではトンネルによる整備が予想されている。

(3) 南北線トンネル補修計画

第1回現地調査時にVNRに提案技術を紹介した際に、管理するトンネルのリハビリテーションを計画していることが判明した。概要は以下の通りである。

- ・ 対象は全管理トンネル39のうち、22の劣化したトンネル
- ・ 予算の制約のため、これらのリハビリテーションは予算の出所により2つのグループに分けられている。
  - グループ1(脆弱及び深刻な劣化のある11のトンネル): 政府発行債
  - グループ2(残りの11のトンネル): ODA等その他の予算が想定されているが、具体は未定
- ・ 建設開始は2018年を予定している。
- ・ リハビリテーションの対象になっているトンネルは主に3つの地域に存在している。
  - Hai Van Pass 地区 (Hue 市及び Da Nang 市);
  - Quang Binh 省;
  - Deo Ca Pass (Phu Yen 省)
- ・ 2020年までに約50億円程度を補修・補強費用として財務省に申請中であり、その約5割をトンネルの補修・補強工事に配分する予定。

(4) 安全に関する法令等

「ベ」国ではトンネルの新規建設、既存トンネルの点検・補修等を対象にした安全に関する法令などは存在しないことが、第1～4回の調査で判明した。これまでに整備してきたトンネルでは、施工時の安全基準は、施工監理を担当するコンサルタントが準備し、発注元の省庁が承認する手続きを取っている。従って、各施工現場の特徴をとらえているという利点があるが、統一感にかけており、担当技術者の力量に委ねられていることが欠点として挙げられる。また、法令等ではないため罰則もなく、安全基準を順守するモチベーションが得にくい点などの短所も確認できている。

(5) PPP事業に関する法令等

「ベ」国政府はPPP型投資に係る新規則となる「官民パートナーシップ型投資形態に係る政令15号(Decree No. 15/2015/ND-CP)を2015年2月4日に公布し、2015年4月10日に施行された。ここでは、PPP型投資の方式に新たにBOO等4方式が追加され、7セクターの投資対象事業が定められている。同時に政府の支出割合についての上限が撤廃されたことや、民間事業者の最低資本金額が下げられるなどしている。また、プロジェクトの形成から実施までのプロセスが明確にされ、プロジェクト提案者への優遇措置が明記された。しかしながら、外国投資家が民間事業者になる場

合に求められる外貨兌換保証については、検討事項にとどまる等、「ベ」国民間事業者以外が参入するには課題が残っている。

#### 1-4 対象国の対象分野における ODA 事業の先行事例分析及び他ドナーの分析

##### (1) 我が国国別開発協力方針

我が国の国別開発協力方針では、「3. 重点分野（中目標）、（1）成長と競争力強化」において、『経済成長に伴い増大している経済インフラ需要に対応するため、幹線交通及び都市交通網の整備、エネルギーの安定供給及び省エネルギーの推進等を支援する。』と示されている。

「ベ」国には中部を中心に山岳地帯が広がり、幹線道路網（特に高速道路網）、高速鉄道の整備にはトンネルの新規建設が欠かせない。また、南北（ハノイ・ホーチミン間）を結ぶ唯一の既存鉄道である南北線は、物流を支える大動脈であるが、老朽化が激しく走行速度の低下の原因になっている。また、整備年月も旧フランス統治時代と古く、線形が悪いため速度制限が厳しい等、効果的な活用のための障害が確認されている。

##### (2) 我が国 ODA 事業

- ・ ベトナム国南北統一鉄道橋梁緊急リハビリ事業(1)(2)(3)（1994～2005）

概要：南北鉄道の 19 橋梁のリハビリ事業を目的として円借款事業、借款総額約 93 億円

#### 1-5 対象国のビジネス環境の分析<sup>4</sup>

##### (1) 会社設立時の外資規制・優遇措置

投資法 67/2014/QH13 により、投資禁止および経営禁止分野と条件付き経営投資分野について明記している。本調査において提案している技術の現地製造・販売に関する製造業・建設業に関しては禁止分野・条件付き分野いずれにも属していない。2007 年 1 月に、ベトナムは正式に世界貿易機構（WTO）に加盟したことにより、100%外資による投資が認められる分野がサービス業にまで拡大している。

##### (2) 駐在員事務所開設の際の注意点

日本で会社設立後 1 年以上が経過している日本企業は、駐在員事務所を設立することができる。ただし、業務内容は、本社との連絡業務、ベトナムでの案件の実施促進、ベトナム側パートナーと締結した契約の実施監督、ベトナムでの商品・サービス供給を目的とした市場調査等のために限られる。例えば、駐在員事務所はベトナムにおける法人格を有さないため、直接利益が発生するビジネスや投資活動を行うこと、その都度駐在員事務所長が委任を受ける場合を除き、契約の締結、企業への直接販売促進、広告展開をすることが認められていない。また、駐在員事務所を拠点として、ベトナム国内外の各省、都市に直轄の連絡事務所、支店を設立することもできない。

<sup>4</sup> JETO ホームページより抜粋



## 第2章 提案企業の製品・技術の特徴及び海外事業展開の方針

### 2-1 提案企業の製品・技術の特長

#### (1) 提案企業の概要

法人名	株式会社亀山、株式会社カテックス
代表者名	株式会社亀山
本社所在地	福岡県柳川市西浜武 978 番地の 1
設立年月日	1956 年 7 月 19 日
資本金	2,500 万円
従業員数	30 名
直近の年商（売上高）	772,405 千円（2014 年 10 月～2015 年 9 月）

#### (2) 提案製品・技術の特徴

提案製品・技術は、「AGF 工法」及び、「薬液注入充填工法」の 2 種類である。

##### ① AGF 工法

###### i) 製品・技術の特長

AGF 工法とは、山岳トンネルを始めとする岩盤を貫くトンネルを掘削する際に、風化やひび割れにより強度が弱くなった地山（岩盤）の部分を掘削する工法の一つである。現在、山岳トンネルでは、NATM（ナトム）工法がシェア 8 割以上を誇るが、その 9 割のトンネルにおいて一部、もしくは全部に採用されている。特に破碎帯（断層によりひび割れた一定以上の幅を持つ岩盤）・坑口（トンネルの出入口付近）での採用が多い。（株）亀山と（株）カテックスは AGF 工法とそれを応用したパノラマ工法のシェアをそれぞれ約 70%（掘削ドリル）、60%（薬液）のシェアを持つ、国内のトップブランドメーカーである。

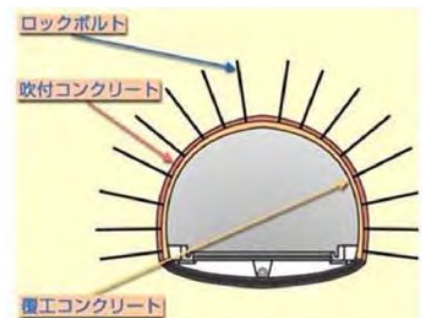


図-2 NATM 工法

（出典：調査団により作成）

#### 【トンネルの掘削工法について（図-2 参照）】

山岳トンネルの 8 割以上は図-2 のような断面をもつ NATM 工法で掘削されている。岩盤が持つ支持力を、①吹付コンクリートと②ロックボルトで補強して覆工コンクリートで覆う。

#### 【AGF 工法について（図-3 参照）】

AGF 工法はトンネル掘削時に①及び②の施工が完了するまでの間に地山が崩壊する区間において、岩盤の崩壊を防ぎ、安全にかつ計画通り（工期・工費共に）の掘削を可能にする工法である。トンネルの掘削を進める前に、先行して鋼管を挿入して薬液を注入することで、地山の強度を上げて、掘削時の岩盤崩落を防ぐ。鋼管の長さは 12.5m の定尺であり、ラップ長を考慮して 1 サイクル 9.0m を掘削していく。薬液にはシリカレジン系の注入剤を用いるが、発泡性を持たせることにより、岩盤の止水性を高める。

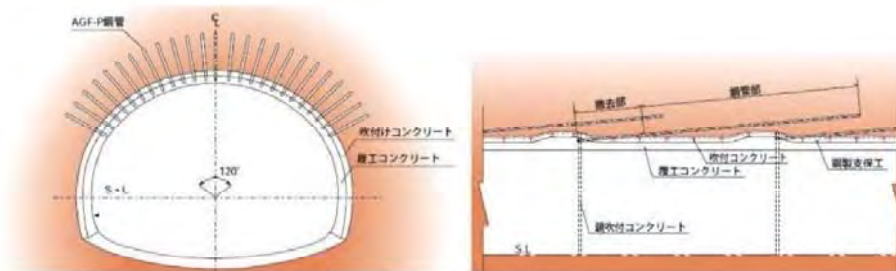


図-3 AGF 工法

(出典：調査団により作成)

【導入効果について】

AGF 工法は地山の強度を上げ、崩落の危険性を最小化し、湧水帯からの出水を止水する。その結果、掘削現場の安全性を高め、工期遅延、工費増大を最小化できる。効果が予測しやすく、品質が安定する効果がある。NATM 工法では地山の補強に仮設支保工を用いたり、止水に莫大な処理が必要で、完成後の品質にばらつきが発生したりしていた。また、シフト長が 9.0m と長く、コスト縮減効果・工期短縮効果にも優れている。

ii) 製品・技術のスペック・価格(図-4 参照)

- ・ 打設場所：掘削面より斜め上の天端部分の地山
- ・ 打設鋼管径：φ114.3mm (直径)
- ・ 打設鋼管長：12.5m (基本、変更可能)
- ・ ラップ長：3.5m ・シフト長：9.0m
- ・ 使用鋼材：先頭鋼管、中間鋼管、端末鋼管スリット：STK400
- ・ 専用機器：不要、汎用トンネル掘削機にて施工可能

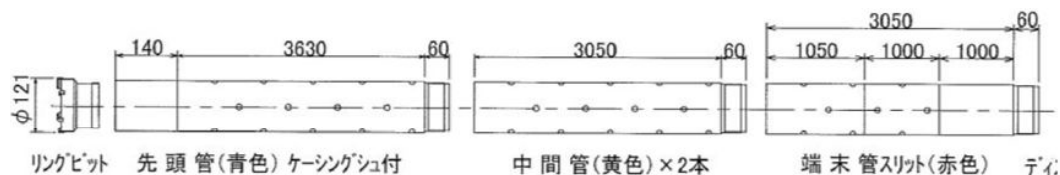


図-4 AGF 工法削孔鋼管系統図 (φ114.3mm x 12.98m)

(出典：調査団により作成)

- ・ 薬液 圧縮強度：3±0.5 MPa  
 曲げ強度：3±0.5 MPa  
 密度：0.34±0.05 (4倍発泡時)  
 自由発泡倍率：6~10 倍  
 非危険物・第四類第4 石油類
- ・ 価格 (1式)：¥453,000 (下系統図1式及び薬液)

iii) 製品・技術における特許の有無：国内、海外

関連する掘削切羽の補強工法の国内特許を有する。

【特許番号】特開 2004-250999(P2004-250999A)

また、国土交通省の新技術情報提供システム（New Technology Information System：NETIS）に登録済みである。AGF 工法：NETIS 登録番号【KT-050093】（株）亀山による登録）

iv) 国内外の販売実績：件数、売上高、主要取引先等

表-2 販売実績\*（AGF 工法等、H26.10～H27.9）

	数量（式）	単価（円）	売上（千円）
AGF 工法	4,600	435,000	2,001,000
パノラマ工法**	5,300	375,000	1,987,500

\*売上は(株)カテックスの実績、(株)亀山の掘削機器は(株)カテックスに納入され販売されるため。

\*\*パノラマ工法：トンネル掘削面にも交換を挿入し、より弱い地山に対応した AGF 工法の実用版

（出典：調査団により作成）

主要取引先はトンネル掘削を請負う国内ゼネコン各社である。国外の実績として、香港地下鉄工事（西松建設）、スリランカダム排水路トンネル工事（前田建設工業）、台湾新幹線工事（大林組）等がある。

v) 国内外の競合他社製品と比べた比較優位性

AGF 工法は、特に掘削の延長が長い大規模な工事においてその優位性を発揮する。

国外の類似工法として、イタリアで開発され日本にも導入されたトレビチューブ工法及びトレビジェット工法がある。これらは、鋼管の打設に専用の大型機械が必要なため、導入時の初期投資が高く、日本では普及はしなかった。AGF 工法は汎用掘削機で施工が可能な優位性があり普及が進んだ。多くの製品で競合する中国・韓国製の類似品は現時点で開発・製造されていない。

表-3 類似する工法との比較

	①AGF 工法（提案工法）	②フォアポーリング工法	③中尺先受け工法
工法の概要	地山補強のために、延長 12.5m の鋼管を先行して挿入し、薬液を注入して安定を図る。挿入する鋼管は長く、角度は寝ている。	地山補強のために、延長 5m 以下の鋼管を挿入し、薬液を注入して安定を図る。挿入する鋼管は短く、角度は立っている。	①と②の中間的工法であり、6m 前後の鋼管を挿入し、薬液を注入して安定を図る。挿入する鋼管の長さも角度も中間である。
安全性	○最も優れている。	△区間が短い場合に優れている。	△優れている。
工期	○延長が長い場合に早くなる	×サイクルが短くなるためロスが大きい。	○延長が短い場合、AGF 工法より有利
価格	○延長が長い場合、掘削長当たりの単価は最も安くなる。	×サイクルが短いため掘削長当たりの単価は高い。	△①と②との中間
施工性	○特殊掘削機械は必要なく施工性は高い。	○部材が最も短いので、わずかに有利。	部材長は中庸につき、ほとんど差はない。
環境性	特に差はない。	特に差はない。	特に差はない。
技術の特殊性	○鋼管挿入用掘削ビットや注入薬液の配合など特殊性が高い。 NETIS 登録あり【KT-050093】	×最も古い工法であり、特殊性は少ない NETIS 登録なし	○鋼管挿入用掘削ビットや注入薬液の配合など特殊性が高い。 NETIS 登録あり【CB-010210-A】
評価	○延長が長い大規模な工事では特に有利になる。	×延長が短い場合のみ有利になる。	○シフト長を調整しても、延長が長いと効果も薄い。

（出典：調査団により作成）

## ② 薬液注入充填工法

### i) 製品・技術の特徴

#### 【薬液注入充填工法について】

薬液注入充填工法とは、覆工コンクリート裏に空隙が発生した際に、薬液を注入して充填し、補修・補強する工法である。空隙には湧水が流れ、覆工コンクリートが地山と一体とならないため強度が不足し、損傷発生・劣化進行が起きやすい。そのため、損傷が深刻になる前に発見し、裏込に注入して強度・健全度を向上させる必要がある。

これは予防保全の考え方であり、不要な劣化を防ぐ長寿命化の促進につながる。

#### 【導入効果について】

「ベ」国の既存トンネルの多くは、フランスが戦前整備したものであり、NATM工法が普及する前の矢板工法（図-5 図参照）で掘削されている。矢板工法は吹付コンクリートの代わりに矢板を用いて地山を支持し、矢板を埋め殺す形で覆工コンクリートを打設する。そのため、どうしても空隙が発生しやすい。本事業で提案する薬液注入充填工法は、薬液の発泡率及び強度を調整することで、空隙の狭い部分まで充填が可能であるだけでなく、十分な強度が発現する。そのため、強度の向上が確実であり、その効果も長期間持続する。つまり、老朽化したトンネルの延命（長寿命化）が可能で効果的な工法である。

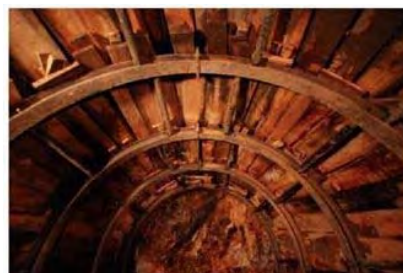


図-5 矢板工法

### ii) 製品・技術のスペック・価格

- ・ 発泡率：200%～400%
- ・ 圧縮強度：1.0MPa～60.0MPa
- ・ 自然消化性 ・ 第四類第4石油類
- ・ 価格：¥700,000-／m<sup>3</sup>（直接工事費）

### iii) 製品・技術における特許の有無（国内、海外）

関連する薬液の国内特許を OEM により製造を委託するメーカーが有する。

【登録番号】4527370 「トンネル掘削用の安定化用注入薬液組成物およびそれを用いた安定強化工法」

【登録番号】4527413 「土質の定化用注入薬液組成物およびそれを用いた安定強化止水工法」

### iv) 国内外の販売実績：件数、売上高、主要取引先等

表-4 販売実績（薬液注入充填工法、H26.10～H27.9）

	数量（式）	単価（円）	売上（千円）
薬液注入充填工法	150	70,000	10,500

※SRF 及び KCF シリーズの(株)カテックスの販売実績

（出典：調査団により作成）

v) 国内外の競合他社製品と比べた比較優位性

表-5 類似する薬液注入剤との比較

	シリカレジジン系	セメントベントナイト	セメントミルク	セメント系急硬混和剤
地山への浸透性	○良好	×劣る	×劣る	△やや劣る
薬液の逸走性	○小	×大	×大	×大
硬化時間	○調整可	×調整不可	×調整不可	○調整可
圧縮強度(MPa)	○強い(3.0~)	×弱い(0.3 前後)	×弱い(0.5 前後)	△やや弱い(1.3 前後)
作業性	○高い	○高い	○高い	○高い
湧水への対応性	○止水性を発揮	×流出	×流出	×流出
リーク時の対応	○処置可	×処置不可	×処置不可	△少量なら処置可
強度発現	○速い	×遅い	×遅い	×遅い
経済性	△やや高価	○安価	○安価	△やや高価
評価	○	△	△	△

(出典：調査団により作成)

シリカレジジン系の注入剤は注入工法を実施する地山の状態を選ばずに、安定した施工が可能である。特に地山の状態が詳細に確認できない裏込め注入の場合は、ウレタン系が安定した効果を発揮する。

国外の類似品としては台湾製のシリカレジジン系注入剤があるが、品質面で大いに劣り、日本でのシェアは伸びていない。「ベ」国に進出する際も、類似品に勝る品質面をアピールすることに加えて、「ベ」国の求める品質とのマッチングによるコストダウンを念頭に入れた販売計画を立てる予定である。

## 2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

代表企業の(株)亀山では、現在 AGF 工法を始めとする弱い地山での掘削工法のビット及び鋼管を製造しているが、その1次加工を「ベ」国内で実施している。2次加工は日本国内の工場で行っているが、4章で述べる普及実証事業で「ベ」国国内での生産体制を整え、「ベ」国国内での製造割合を引き上げる予定にしている。これにより、「ベ」国内外（日本国外）での販売において価格競争力を増大させる。JV 構成企業の(株)カテックスにおいては、関税自由化を考慮して ASEAN 内での薬液製造・販売を検討している。

本調査以降のビジネススケジュールを以下に示す。普及・実証事業採択・その他の ODA 案件での工法（AGF 工法及び薬液注入充填工法）の採用の他に、①VNR 既存トンネルの補強・補修工事への採用、②新規トンネル掘削工事での採用、③既存トンネルでの止水工事での採用を中心に営業展開する。特に①は②、③に比べて短期的に実績を獲得できるため早期（2019 年）の実現をめざし、その後も継続的な受注を目指す。②、③は 2020 年以降の受注をめざし、スペックインを目指した営業活動や、工事会社・管理会社への営業集うを実施する。また、2024 年以降には「ベ」国以外（特に ASEAN 諸国）への展開を視野に入れる。

現地での活動拠点に関しては、(株)カテックス現地法人の活用、(株)亀山の駐在員事務所・現地法人設立、「ベ」国企業との合弁会社等の可能性の内、(株)亀山の現地法人の設立を軸に進めており、2017 年内の設立を目指している。



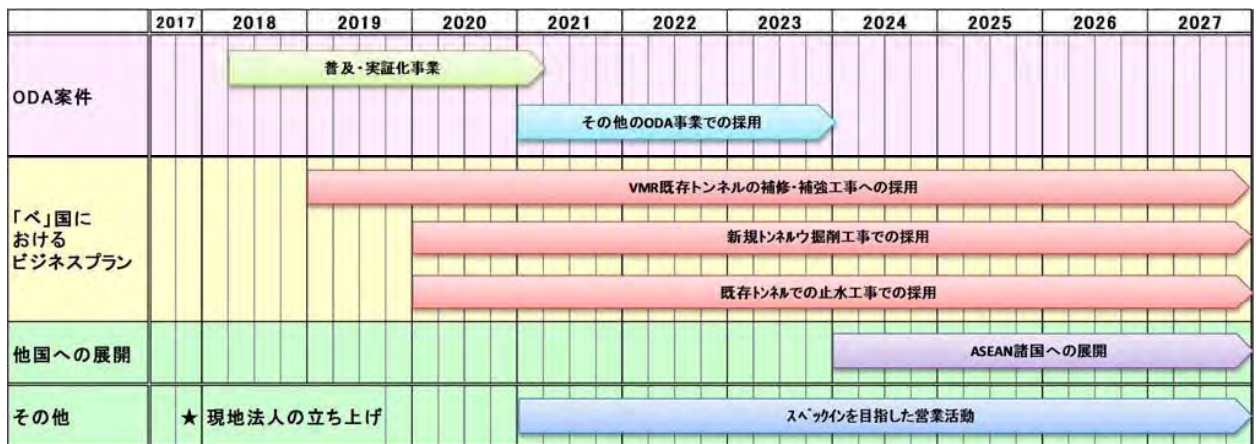


図-6 ビジネススケジュールと ODA 案件との関係性

(出典：調査団により作成)

### 2-3 提案企業の海外進出によって期待される我が国の地域経済への貢献

#### 【「ベ」国進出要員新規採用】

AGF 工法及び薬液注入充填工法の現地生産割合の拡充のため、技術指導員及び生産管理要員等を「ベ」国に派遣する。この人材、もしくは補充要員を国内で新規に雇用する。

#### 【生産拡大に伴う新規採用】

技術的な流出を防ぐ必要のある部分に関しては、引き続き国内での生産体制を維持する。そのため、生産拡大に伴う新規要員を国内で雇用する。

#### 【国内のサプライチェーンでの売上増加】

生産拡大に伴い、(株)亀山及び(株)カテックスのサプライチェーン内の企業((株)サン機工、(株)フクネツ等)の売り上げ増に貢献する。

#### 【NPO 法人臨床トンネル工学研究所での新規研究】

AGF 工法の海外普及を促進するため、地盤条件が複雑な「ベ」国の課題の技術的対応策をテーマとした、新規研究を NPO 法人臨床トンネル工学研究所に打診中。

### 第3章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果

#### 3-1 製品・技術の現地適合性検証方法（検証目的・項目・手段など）

##### (1) AGF 工法

現地適合性に関しては、以下の方法で検証を実施した。

表-6 製品・技術の現地適合性検証方法（AGF 工法）

手段	検証目的	項目
関連機関へのヒアリング	適合する掘削現場・既設トンネルの有無・状況の確認、必要に応じて現場視察の要請	破砕帯・湧水帯の有無 現状での対応方法 現場施設の可否の確認
新設トンネル掘削現場の視察	新設トンネルを実際に視察して、AGF 工法及びその関連する工法の適法可否について確認する 普及・実証事業実施の可能性検討	湧水・地盤状況確認 坑内環境の確認 実施機関と政府機関の関係性
特に状態の悪い既設トンネルの視察	特に状態の悪い既設トンネルを実際に視察して、AGF 工法及びその関連する工法の適法可否について確認する	湧水状況の確認 覆工コンクリートの状態確認 坑内環境の確認

（出典：調査団により作成）

##### (2) 薬液注入工法

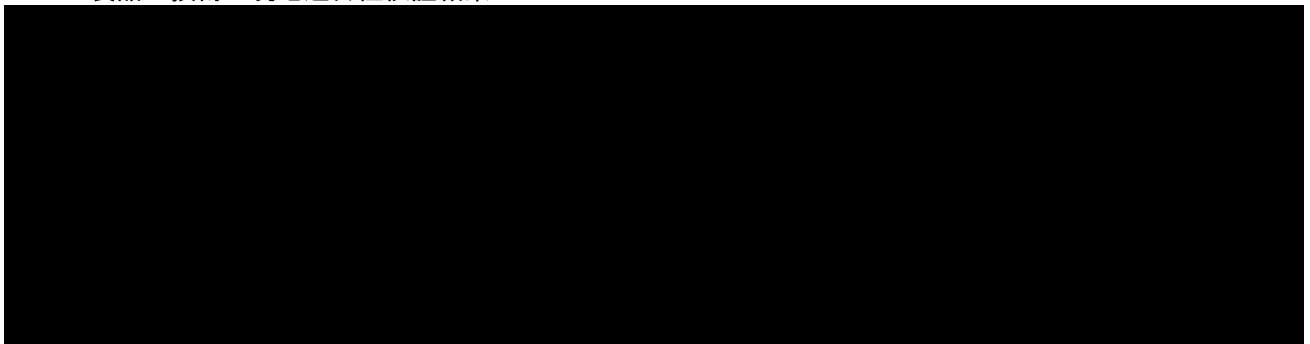
現地適合性に関しては、以下の方法で検証を実施した。

表-7 製品・技術の現地適合性検証方法（薬液注入工法）

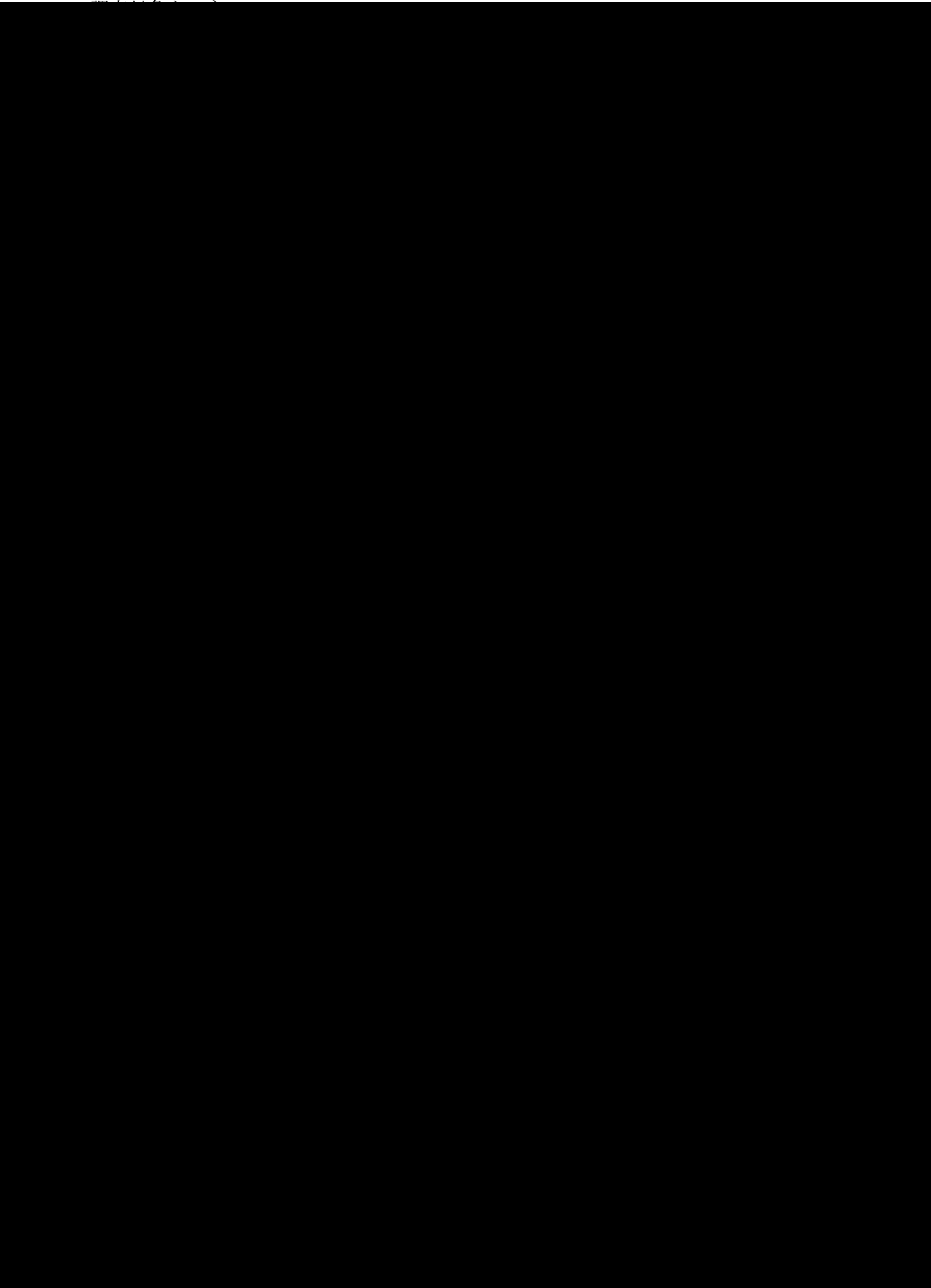
手段	検証目的	項目
関連機関へのヒアリング	適合する掘削現場・既設トンネルの有無・状況の確認、適合に向けた制度面の確認 必要に応じて現場視察の要請	破砕帯・湧水帯の有無 現状での対応方法 現場施設の可否の確認
新設トンネル掘削現場の視察	新設トンネルを実際に視察して、施工直後の覆工コンクリートにおいて薬液注入工法及びその関連する工法による補修工事の適法可否について確認する	湧水・地盤状況確認 坑内環境の確認
特に状態の悪い既設トンネルの視察	特に状態の悪い既設トンネルを実際に視察して、薬液注入工法及びその関連する工法による補修工事の適法可否について確認する 普及・実証事業実施の可能性検討	湧水状況の確認 覆工コンクリートの状態確認 坑内環境の確認 実施機関と政府機関の関係性

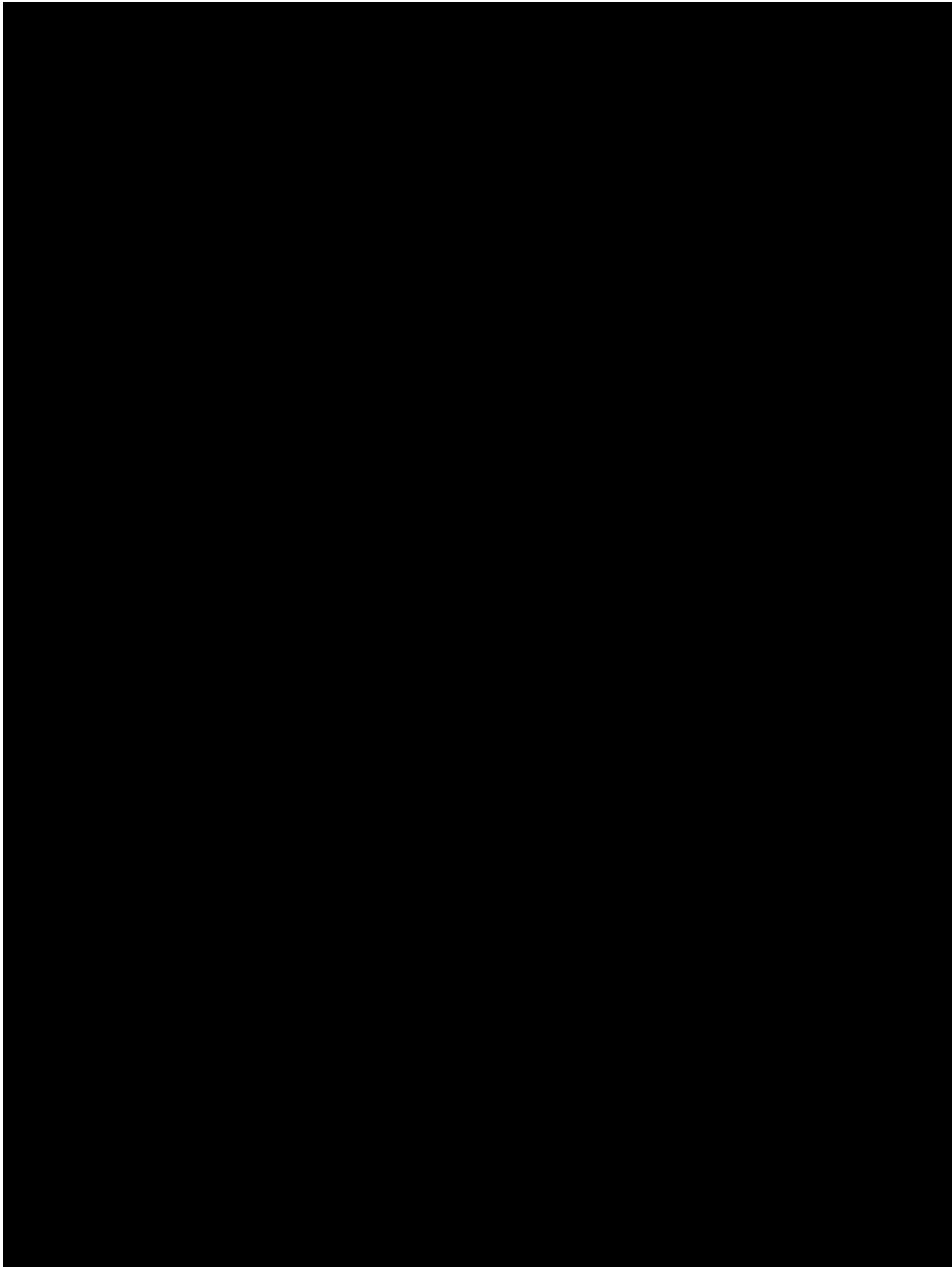
（出典：調査団により作成）

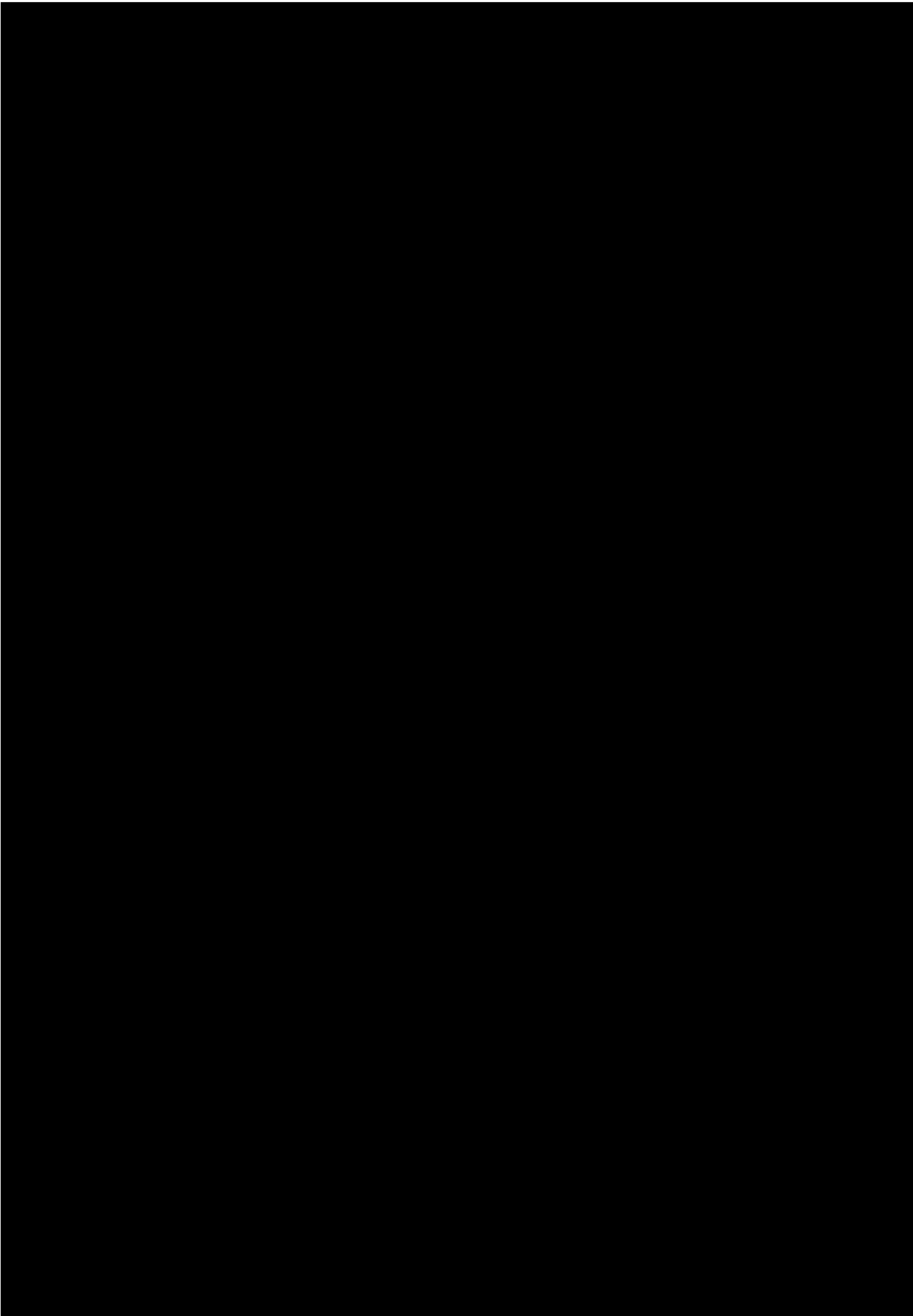
#### 3-2 製品・技術の現地適合性検証結果

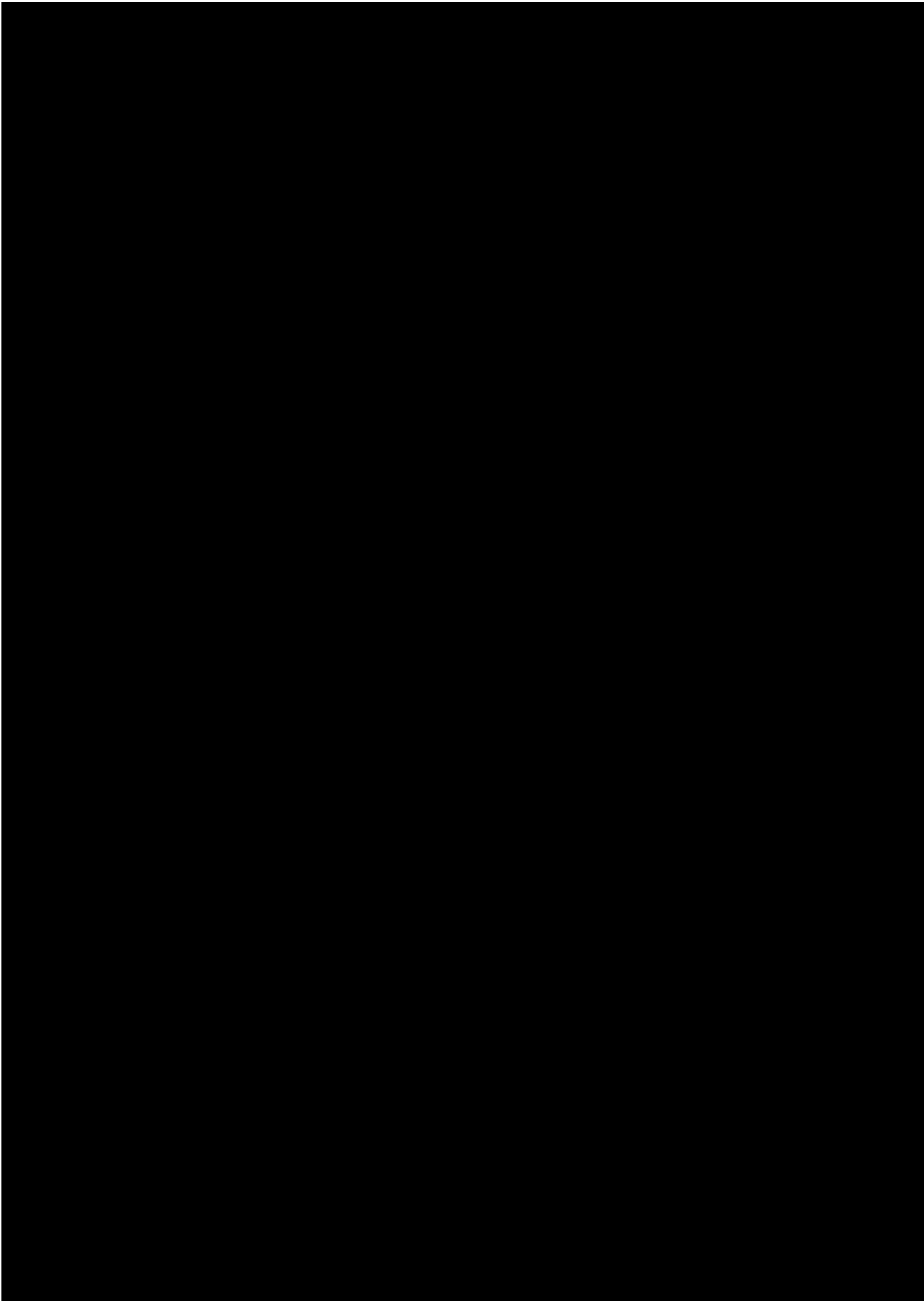


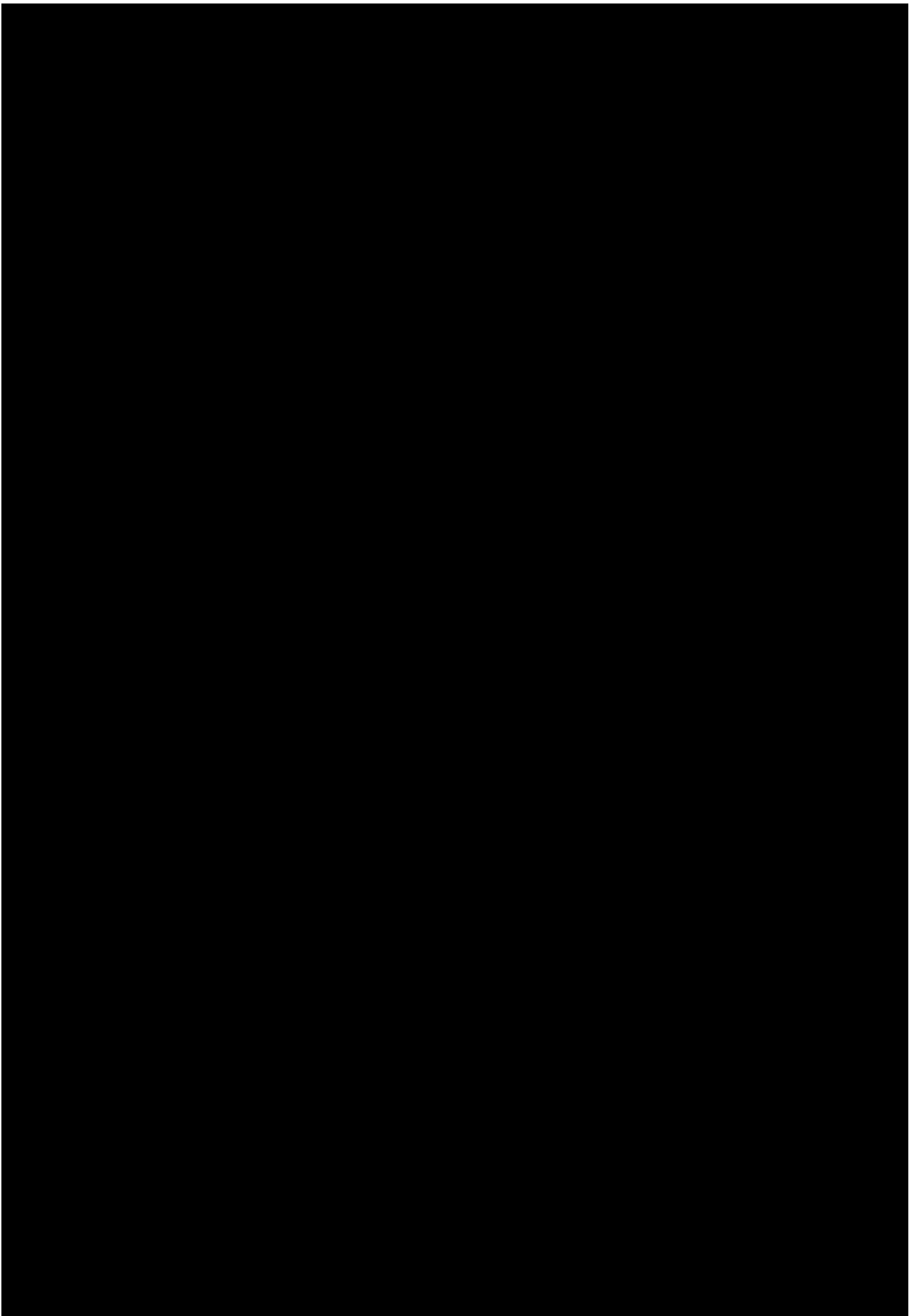


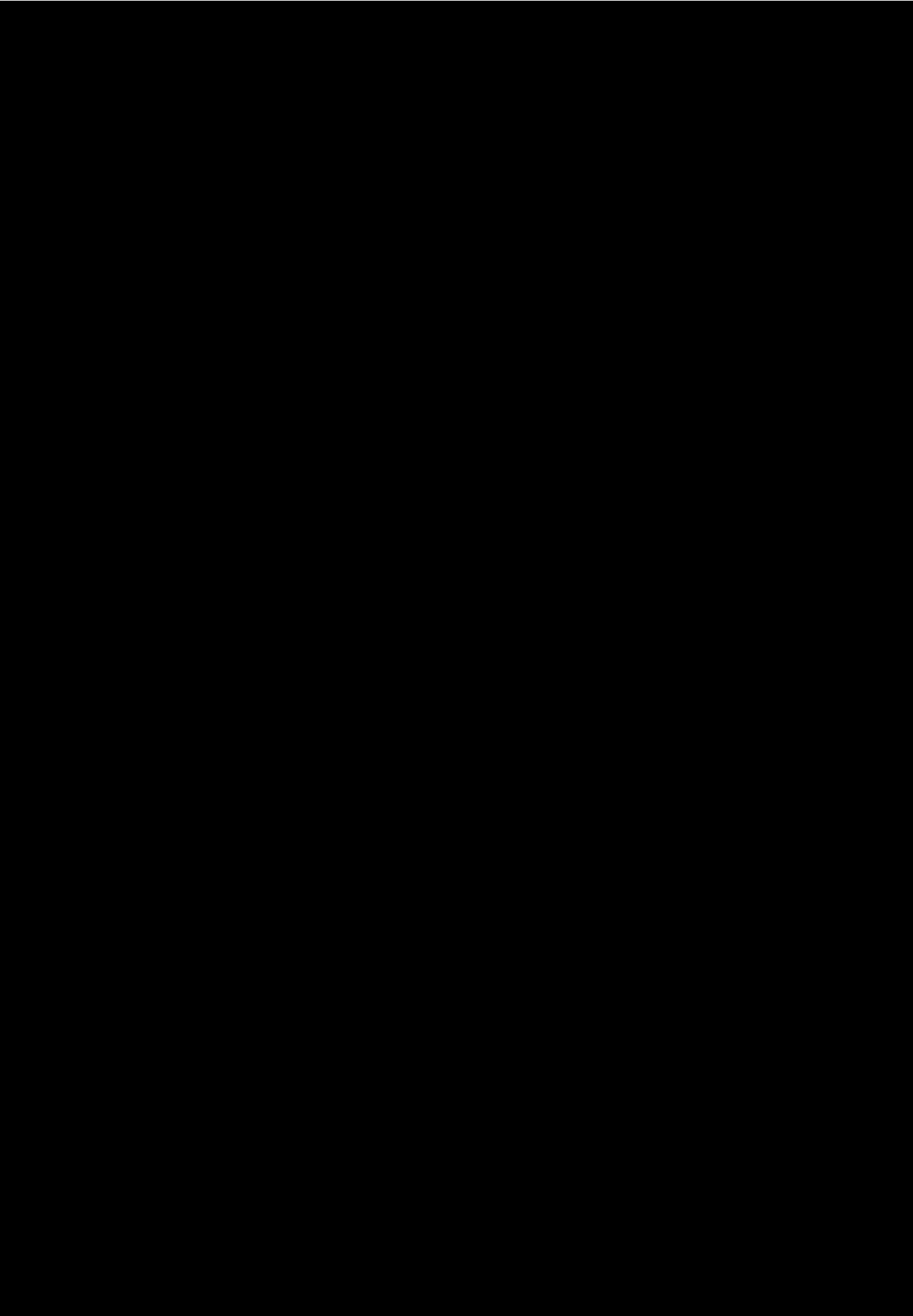


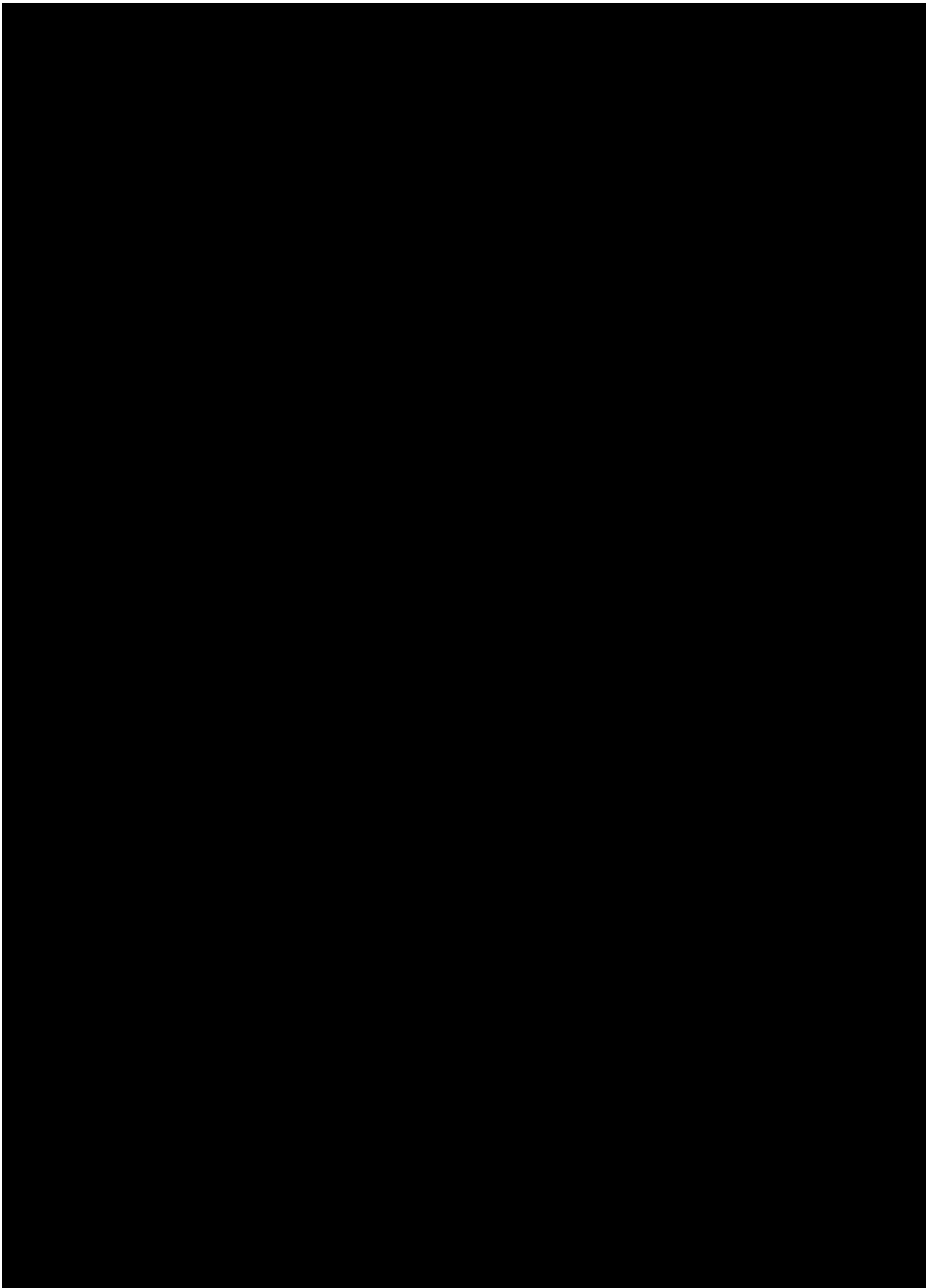












### 3-3 対象国における製品・技術のニーズの確認

#### (1) AGF 工法

3-2 での検証結果及び新設トンネル建設現場及び損傷の激しい既設トンネルの視察を経て、「ベ」国でのトンネル掘削現場及び大規模な補修が必要な既存トンネルの多くが、湧水帯を抱えていることが判明した。これらの掘削、補修においては従来のセメント系の注入剤では品質・工程管理が容易ではなく、突発的な事態への対応も難しいために安全性にも乏しいことが明らかになった。

全国高速道路網および主要幹線道路網の計画は 2020 年を目標年度にしており、計画通り実施されれば、現在も多くの AGF 工法等の需要が見込まれるが、実際に設計・施工が実施に至っている路線は少ない。そのため、直近 1～2 年の需要は少ないが、今後計画の実施に伴い、着実にトンネル新規設計が増えるため、需要が増加することが予想されている。

本調査により、AGF 工法のターゲットは、以下の 3 分野であることが判明した。

- ① VNR が管理する既存トンネルの補強・補修工事
- ② 新規道路トンネル整備事業
- ③ 新規水路トンネル整備事業

①は本事業で策定する中長期維持管理計画を活用し、VNR の独自予算による既存トンネルの補強・補修工事の受注を目指す。VNR 現在、2020 年までの 3 年間で約 50 億円の維持管理予算を要求中である。ヒアリングではこの約 5 割をトンネルの補修・補強に割り当てる計画である。そのため、総額約 25 億円、年間約 8 億円の予算がトンネルの補修、主に覆工コンクリートの補強工事及び漏水対策（止水工事）に割り当てられる。その際に、実証事業と同様に、地山の補強が必要な場合は AGF 工法の、漏水の止水を伴う場合はウレタン注入剤を活用した薬液注入工法のスペックインを目指す。

②は大規模トンネルのほとんどが PPP 事業により整備される計画になっている。そのため、事業実施主体への普及活動とゼネコンへの売込みを並行して実施する必要がある。本案件化調査で、中部地域の 3 つの峠を越えるトンネルを含んだ PPP 事業を実施している Deo Ca グループへも技術をプレゼンし、好意的な意見を得ている。また、Deo Ca グループのゼネコンは大規模なトンネル掘削の実績があり、今後も受注する可能性が高い。実際に採用されるには以下の 3 パターンが考えられる。

- (1) PPP 事業へのスペックイン
- (2) 設計時よりも軟弱な地山に遭遇した場合
- (3) 漏水の水量が多くて他の工法では対応できなくなった場合。

③はベトナム電力公社主体の工事である。現在経済成長に伴う電力不足を補うため、山岳地域で水力発電所を建設、計画中である。それらには湧水帯を抜けるトンネルもあり、掘削時の湧水対策が問題になっている。電力公社発注のトンネル工事の多くは Song Da 10 というゼネコンが受注し



ており、本案件調査でも提案技術のプレゼンを実施し、好意的な意見をj得ている。普及実証事業では、Song Da 10 への売込みを中心に採用を受けるための営業活動を実施し、その後も継続的に行う。

## (2) 薬液注入工法

3-2 での検証結果及び既設トンネルを持つ VNR, DCIC, EVN などへのヒアリング、既存トンネル 8 ヶ所への視察により、「ベ」国での既存トンネルの多くで漏水問題が存在し、中には非常に深刻な場所があることが判明した。中でも雨季の漏水量が多く、従来のセメント系の注入剤での補修では十分な補修が実施できていないトンネルが VNR の管理トンネルを中心に存在することが明らかになった。

しかしながら、現時点での既存トンネルの総数が VNR : 39 本、DCIC : 3 本等日本国内に比べるとまだまだ少ないため、今後の高速道路網、高速鉄道線、主要幹線道路のバイパス等の建設が進むことにより、需要が増加することが確実視されている。

案件化調査により、ウレタン系注入剤を用いた補修工法（薬液注入工法）のターゲットは以下の 2 分野である。

- ① VNR が管理する既存トンネルの補強・補修工事
- ② 既存水力発電所のタービン室や、それにつながるトンネル

①は AGF 工法に同じく、中長期維持管理計画を活用し、VNR の独自予算による既存トンネルの補修工事の受注を目指す。その際に、漏水の止水が必要な場合はウレタン系注入剤を活用した薬液注入工法のスペックインを目指す。上述のように、VNR は 2020 年までの 3 ヶ年間で約 50 億円の維持管理予算を要求中である。ヒアリングではこの 約 5 割をトンネルの補修・補強に割り当てる計画である。

②は既存の水力発電所のタービン室など地下空間や、それにつながる道路トンネルである。経年劣化によって、徐々に漏水が発生したりしているため、その止水に薬液注入工法を活用できる。特に水力発電所の漏水への基準は高いため、採用される可能性が高い。AGF 工法の場合に同じく、Song Da 10 へ売込んで採用実績を作ることを目指す。同時に、ベトナム電力公社でのスペックインに必要な条件（ベトナム技術基準 TCVN 等）を普及実証実験期間中に申請し、条件付き認証の取得を目指す。

## 3-4 対象国の開発課題に対する製品・技術の有効性及び活用可能性の確認

提案製品・技術の現地適合性検証及び、ニーズの確認結果により、対象国の課題解決への有効性及び活用可能性について確認した。以下に確認した内容を記す。

### i) 新設トンネル掘削現場における安全性の向上

AGF 工法の導入により、特に安全性が脅かされる破碎帯・湧水・坑口付近の不安定な地山の掘削現場の安全性が向上し、掘削工事中の地山の崩落事故をゼロにすることも可能である。視察結果により、安全対策は国内掘削現場に比べて遅れているので、確実に向上することが確認できた。特に、今後計画されている全国高速道路網の整備にはトンネル整備が欠かせないため、新規整備における安全性の向上が図れる。

ii) 難工事箇所におけるトンネル掘削工事の工期短縮及びコスト削減、工事品質の向上

AGF 工法の導入により、掘削工事のリスク管理が容易になり、突発的な湧水、破砕帯の出現にも対処できるようになる。その結果、場当たりのな対処を取らずに済むため、トンネル掘削工事の工期短縮、コスト削減、工事品質の向上につながる。トンネル掘削工事は、掘削時に収集する地山状況により、工法を適切に選定しなければならないが、視察結果により工法選定のために整備されたガイドライン等はなく、現場任せの比重が大きいことも確認できた。そのため、コスト面での削減効果は当初想定していた 20%前後以上が期待できる。

今後のトンネル工事を含んだ道路整備事業では、PPP 事業を中心にした整備が予想されており、よりコスト管理が厳しくなる。AGF 工法はトンネル施工の難所である破砕帯・湧水帯の区間も計画通り掘削できるため、工費・工期増加のリスク対策に有用である。

iii) 既存トンネル施設の予防保全的維持管理の実現

既存トンネルに対して薬液注入工法による補修工法を適用することにより、漏水による劣化を防ぐことが可能になり、老朽化による大規模崩壊を未然に防ぐことができる。その結果、適切な維持管理予算を計画し、実行する予防保全的維持管理の実現に近づくことができる。また、既存トンネルの耐用年数を延伸する(長寿命化する)ことができるため、ライフサイクルコストが軽減される。

今回視察した既存トンネルでは、特に雨季の湧水に苦慮しており、覆工コンクリートの劣化の進行も確認できたので、覆工コンクリートの損傷・劣化の進行前で 20%以上、損傷・劣化が軽微なもので約 10%の維持管理費削減効果が経験的にあると考えられる。

また、覆工コンクリートの劣化が特に激しい箇所においては、覆工コンクリートの撤去・再打設が必要になる。その際、覆工コンクリート撤去時に地山が崩壊しないためには、地山が十分な強度を保っている必要がある。その際、湧水帯などがあり、地山にも亀裂が入ったり、強度が低下したりしている場合には、AGF 工法で先行して地山を補強し、薬液注入工法で止水した後に、覆工コンクリートを撤去することで、安全な施工が可能である。

同時に、VNR の既存トンネルは供用後 70 年以上たつものも多く、老朽化が激しいが、今後も供用を続ける予定である。そのため、薬液注入充填工法等を施し、覆工コンクリートの延命化を図ることにより、安全な鉄道運行に寄与する。

iv) 設計・施工のガイドライン・マニュアル整備と適切な工法選定ができる人材育成

AGF 工法の工法選定・設計・施工のガイドライン・マニュアルを整備することにより、より確実に適切な個所に AGF 工法を選定し、より確実な設計・施工が可能になる。その作業を「ベ」国 C/P と共同で実施することにより、「ベ」国技術者の OJT につながり、トンネル掘削における人材育成につながる。

一方、薬液注入工法によるトンネル補修に関するガイドライン・マニュアルを整備することにより、既存トンネルの補修に関する技術向上につながり、既存トンネルの維持管理能力の向上につながる。