

南アフリカ共和国

南アフリカ共和国  
座屈防止板導入による鉄道施設（軌道）の  
効率的な維持管理の案件化調査

業務完了報告書

平成 30 年 3 月  
(2018 年)

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

林総事株式会社

国内
JR（先）
18-115



## 写真

### 製品紹介（座屈防止板）



写真1 座屈防止板 前面



写真2 座屈防止板 背面

### 座屈防止板の現場取付け



写真3 本体取付け後（JNB）



写真4 バラスト掘削状況（DUR）



写真5 本体取付け状況（DUR）



写真6 バラスト掘削状況（CPT）



写真7 取付け完了（CPT）

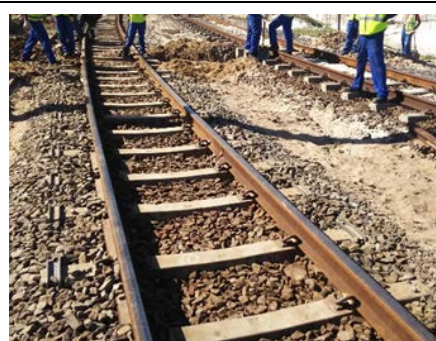


写真8 設置完了（CPT）

プレゼンテーションおよび面談写真



写真9 調査報告 (PRASA)



写真10 製品説明 (BEE Company)



写真11 日本大使館での打合せ



写真12 JICA/南ア事務所との打合せ



写真13 TFR/LABO 訪問



写真14 PRASA/CAPE との打合せ



写真15 DOT との打合せ(第5次)

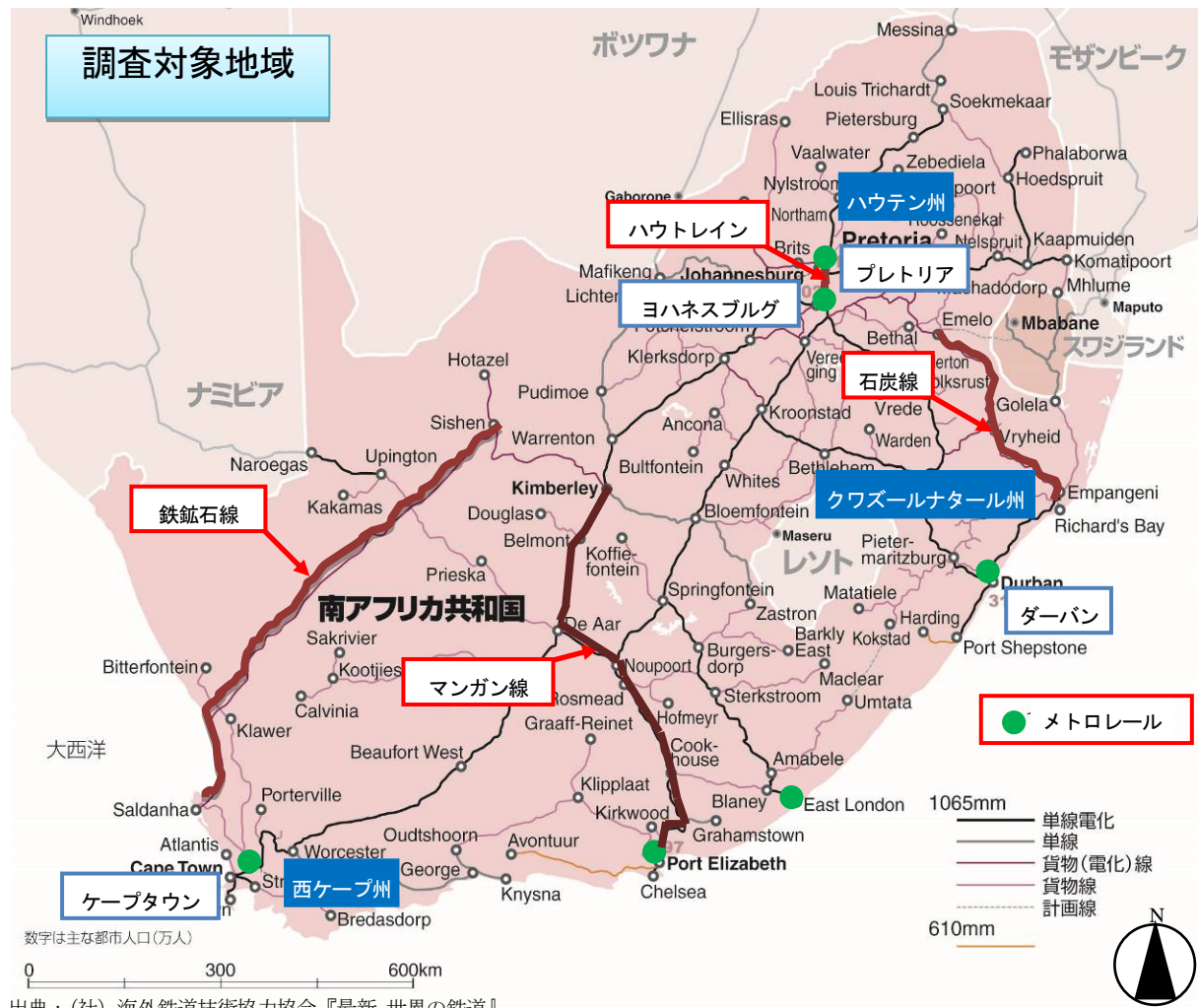


写真16 PRASA との最終面談





## 南アフリカ共和国 Republic of South Africa



### 南アフリカ共和国の基礎データ

出典：外務省「各国・地域情勢」および JICAHP に基づき JICA 調査団作成

- 面積 122 万 km<sup>2</sup> (日本の約 3.2 倍)
- 人口 5,495 万人 (2015 年：世銀)
- 人口増加率 1.4% (2010 年：世銀)
- 行政上の首都 プレトリア
- 民族 黒人、白人、カラード、アジア系
- 言語 英語、アフリカーンス語、バンツール諸語(ズール一語、ソト語ほか) の合計 11 が公用語
- 宗教 キリスト教 (人口の約 80%)、ヒンズー教、イスラム教
- 主要産業 農業、鉱業、工業
- GDP 3,128 億 USD (2015 年：世銀)
- 1 人当たり GNI 6,050 ドル (2015 年：世銀)
- 経済成長率 1.5% (2014 年：世銀)
- 物価上昇率 4.7% (2015 年：南ア統計局)
- 失業率 25.5% (2015 年：南ア統計局)
- 総貿易額
  - (1) 輸出 925 億 USD (2014 年：JETRO)
  - (2) 輸入 988 億 USD (2014 年：JETRO)
- 主要貿易品目
  - (1) 輸出：金、希金属、鉱物製品、化学製品、食品、繊維製品機械製品、自動車類
  - (2) 輸入：食品、鉱物製品、機械製品、自動車類 (部品含む)、化学製品、繊維製品
- 主要貿易相手国
  - (1) 輸出：中国、米国、日本、ドイツ、インド (2014 年)
  - (2) 輸入：中国、ドイツ、サウジアラビア、米国、インド、日本 (2014 年)
- 通貨 ランド 1 USD=約 13 ZAR (2017 年 3 月：外務省)  
1 ZAR=8.533 円 (2017 年 4 月：JICA)
- 日本の援助実績 (2014 年度までの累計実績)
  - (1) 有償資金協力 201.45 億円
  - (2) 無償資金協力 136.70 億円
  - (3) 技術協力 122.53 億円

## 南アフリカ共和国 鉄道概要

### 1. TFR (TRANSNET Freight Rail)

項 目		内 容
輸送種別		貨物輸送
監督官庁		公共企業省 (DPE)
従業員数		2万4000名
軌間		1065 (mm)
路線延長		2万953 (km)
電化区間	交流 50kV	861 (km)
	交流 25kV	2309 (km)
	直流 3kV	4935 (km)
	電化区間合計	8105 (km)
非電化区間		1万1974 (km)
軸重	本線	20 (トン)
	石炭線、鉄鉱石線	30 (トン)
主要路線延長	鉄鉱石線	861 (km)
	石炭線	450 (km)
	マンガン線	1000 (km)
輸送量 (2011 年度)	輸出用鉄鉱石	5230 万 (トン/年)
	輸出用石炭	6770 万 (トン/年)
	一般貨物	8100 万 (トン/年)
	合計	2億100万 (トン/年)

出典：JICA 調査団作成

### 2. PRASA (Passenger Rail Agency of South Africa)

項 目		内 容
輸送種別		旅客輸送
監督官庁		運輸省 (DOT)
従業員数		1万6000名
軌間		1065 (mm)
電化方式		交流 25kV 直流 3kV
軸重		20 (トン)

メトロレール路線延長	ヨハネスブルグ	360 (km)
	プレトリア	120 (km)
	ケープタウン	370 (km)
	ダーバン	208 (km)
	イーストロンドン	49 (km)
	ポートエリザベス	43 (km)
	総延長	1150 (km)
メトロレール輸送量 (2010年度)	ヨハネスブルグ、プレトリア	63.6 (万人/日)
	ケープタウン	44.1 (万人/日)
	ダーバン	18.9 (万人/日)
	イーストロンドン、ポートエリザベス	2.7 (万人/日)
	合計	129.3 (万人/日)

出典：JICA 調査団作成

### 3. ハウトレイン (GAUTRAIN)

項 目	内 容
輸送種別	旅客輸送
建設・運営方式	PPP 方式
運営会社	Bombela 企業連合
軌間	1435 (mm)
電化方式	交流 25kV
路線延長	80 (km)
駅数	10 (箇所)
最高運行速度	160 (km/h)
車両数	96 (両)
輸送量	4 (万人/日)

出典：JICA 調査団作成

## 目次

写真

南アフリカ共和国鉄道概要

目次

略語一覧

図表リスト

要約

はじめに

第1章 対象国・地域の現状 .....	1
1-1 対象国・地域の政治・社会経済状況 .....	1
1-2 対象国・地域の対象分野における開発課題 .....	1
1-2-1 PRASA .....	2
1-2-2 TFR .....	2
1-2-3 Gautrain .....	3
1-3 対象国・地域の対象分野における開発計画および関連計画 .....	3
1-3-1 開発計画および関連計画について .....	3
1-3-2 調査対象国に対する我が国援助方針との合致について .....	5
1-4 対象国・地域の対象分野における ODA 事業の先行事例 および他ドナー事業の分析 .....	6
1-4-1 世界銀行等による資金協力 .....	6
1-4-2 政府プログラムを活用した鉄道分野の技術支援 .....	6
1-5 対象国・地域のビジネス環境の分析 .....	7
第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性およ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
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ .....	11
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 .....	12
2-4 南アフリカ共和国における特許 .....	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 およ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（紹介、試用など） .....	14
3-1-1 調査の基本方針 .....	14
3-1-2 調査実施体制 .....	17
3-2 製品・技術の現地適合性検証結果 .....	17
3-3 対象国における製品・技術のニーズの確認 .....	17



3-4 対象国の開発課題に対する製品・技術の有効性および活用可能性 .....	17
第4章 ODA 案件にかかる具体的提案.....	18
4-1 ODA 案件概要.....	18
4-2 具体的な協力計画および期待される開発効果 .....	19
4-3 他 ODA 案件との連携可能性.....	25
4-4 ODA 案件形成における課題と対応策.....	25
4-5 環境社会配慮にかかる対応 .....	26
4-6 ジェンダー配慮 .....	26
第5章 ビジネス展開の具体的計画 .....	27
5-1 市場分析結果 .....	27
5-2 想定する事業計画および開発効果 .....	27
5-3 事業展開におけるリスクと対応策 .....	27
英文要約 .....	28

## 略語一覧

略語	正式名称	日本語訳
BEE (B-BBEE)	Broad-Based Black Economic Empowerment	黒人権利拡大政策 (BEE または B-BBEE)
DOT	Department of Transport	南アフリカ共和国運輸省
DPE	Department of Public Enterprises	南アフリカ共和国公共企業省
EMU	Electric Multiple Unit	電車
F/S	Feasibility Study	実現可能性調査、事業化調査
GFB	General Freight Business	一般貨物
JICA	Japan International Cooperation Agency	(独) 国際協力機構
MOM	Minutes of Meeting	確認書
MOU	Minutes of Understanding	覚書
NATMAP	National Transport Master Plan	南アフリカ共和国運輸省が作成する交通マスタープラン
PPP	Public-Private Partnership	官民連携
PRASA	Passenger Rail Agency of South Africa	南アフリカ旅客鉄道公社
RSR	Railway Safety Regulator	鉄道安全基準庁
SSA	Sub-Sahara Africa	サブサハラアフリカ
TFR	Transnet Freight Rail	トランスネット貨物鉄道公社
TRE	Transnet Rail Engineering	トランスネット・レール・エンジニアリング株式会社

## 図表リスト

図2-1	座屈防止板概要図.....	8
図2-2	座屈防止板 標準型（埋込みタイプ）.....	8
図2-3	座屈防止板 打込み型.....	9
図2-4	競合他社とのトータルコスト比較.....	10
図3-1	軌道測定断面.....	15
図3-2	座屈防止板取付状況.....	16
図4-1	普及・実証事業実施の全体像.....	22
図4-2	PRASA の Cape Town 地区路線図.....	23
図4-3	PRASA の KwaZulu-Natal 地区路線図.....	23
表1-1	PRASA における平均故障間隔（2012年4月～8月）.....	2
表1-2	PRASA 近代化プロジェクト.....	4
表1-3	鉄道セクターへの主な投資プロジェクト.....	4
表1-4	南アフリカ共和国 鉄道分野への世界からの資金協力.....	6
表2-1	球状黒鉛鋳鉄品 JISG5502 の FCD450.....	10
表2-2	競合他社とのトータルコスト比較.....	10
表2-3	設置時間・材料 比較表.....	11
表2-4	横抵抗力 比較表.....	11
表4-1	事業実施スケジュール.....	25

## 要約

### 1. 対象国・地域の現状

#### (1) 対象国・地域の政治・社会経済状況

南アフリカ共和国の近年の平均経済成長率は、2004年～2014年の10年間平均3%程度で推移しているが所得格差は拡大し、失業率もきわめて高い水準となっている。このような状況下、南アフリカ共和国政府は、経済成長と雇用拡大、さらに貧困層の社会福祉向上を目指して、インフラの拡充で、2012年～2020年で、水・鉄道・電力等の分野で、32兆円の支出を検討している。

また、貧困の格差解消を目指し、基礎社会基盤サービスの強化、社会的弱者への支援を実施し、社会的安定と共に海外からの投資・ビジネス環境の整備を進めていく方針を堅持している。

半面、2016年～2017年の経済成長率は1%未満と新興国としては異例の低水準に低迷しており脆弱な統治が腐敗を広げ、ズマ政権下の経済政策は貧困対策を名目とした大衆迎合的なばら撒きが中心で効果的な政策が打てずに経済の失速を招いた。元実業家のラムポーザ大統領には経済の立て直しも期待されているが資源頼みで疲弊した経済の立て直しは容易では無いという実態も抱えている。

#### (2) 対象国・地域の対象分野における開発課題

南アフリカ共和国の鉄道は総延長2万2000kmであり、運営組織は鉄道貨物輸送を行うTFR (Transnet Freight Rail) と鉄道旅客輸送を行うPRASA (Passenger Rail Agency of South Africa) に大別される。

旅客輸送では、都市圏の旅客鉄道輸送は、ヨハネスブルグ、ケープタウン、ダーバンなど4州6都市でメトロレール (Metrorail) が運行され、都市間の長距離旅客輸送は、シヨシヨロザメイル (Shosholozza Meyle) が運行されている。

鉄道旅客輸送を担うPRASAにおいては、過去20年以上にわたり鉄道への適切な投資が行われて来なかったため、車両を始め施設の老朽化が進んでいる。

特に、車両に関しては平均使用期間が40年近くとなっており、老朽化が深刻な事態になっている。また、軌道についても、老朽化のためレールやマクラギに損傷が見られると共に適切な保守管理が行われていないこともあり故障が多発し鉄道運行の安全性の確立が大きな課題となっている。

この様な課題に対応するため、PRASA近代化計画では、新型車両の導入に合わせたネットワーク、設備、信号の改良、軌道整備を含めた近代化が進められている。

また、PRASAにおいても技術者や熟練作業者が高齢化し引退する一方で、その後継者に対

する技術継承が充分行われていないため、メンテナンスの適切な実施や故障への迅速な対応の面で支障が出ている。

今後、鉄道近代化や輸送力向上のための投資は増大すると予想されるが、導入される新規技術に対応し、かつ、導入後の品質管理およびメンテナンスを適切に行うために必要な技術者の育成と作業者のスキル向上も重要な課題となっている。

### (3) 調査対象国・地域に対する我が国の援助方針との合致について

2012年12月発表の外務省対南アフリカ共和国国別援助方針では、重点分野として以下の点が挙げられている。

#### ア. 人材基盤の強化とインフラ開発促進支援

持続的な経済成長に向けたエネルギーや水、鉄道分野を中心としたインフラ整備を加速させるため、公的資金だけでなく、日本企業を含む民間資本による事業実施も視野に入れた案件形成・計画策定を支援する。

#### イ. 社会的弱者の経済・社会参加支援

同国においては、経済格差拡大により享受できる基本的な社会サービスに不平等が生じており、障がい者支援、社会保障制度の改善およびコミュニティ開発に携わる人材育成等を通じ、女性を含む社会的弱者の経済・社会参加を促進する。

#### ウ. 南部アフリカの開発促進

南部アフリカ経済の中心である南アフリカ共和国と連携し、南部アフリカ地域の開発を促進する。具体的には、我が国のアジアにおける経験を共有しつつ同国の開発金融機関などと連携し、南部アフリカ地域の広域インフラ案件の形成に関する調査などを実施する。また、南部アフリカ地域の他のアフリカ諸国に対する支援に関し南アフリカ共和国と連携して三角協力を行う。

と条文に記載されている。

上記、援助方針の中で、鉄道分野を中心とした、インフラ開発促進支援が明示されており、本提案が基点となり、軌道整備全体への波及が期待され、我が国援助方針と合致する。

## 2. 提案製品・技術の活用可能性および海外事業展開の方針

### (1) 提案製品・技術の特長

バラスト軌道は、横方向の圧力に対しては、バラストのみでは横抵抗力が小さく、プラットホームへの車輛の接触や、曲線部分などで横方向への張出し現象が、しばしば発生する。



提案製品はバラスト軌道における列車走行・温度変化等による横方向への軌道変位を防止する装置である。

提案製品である打込み型座屈防止板は、マクラギ端部に固定金具を設置し、バラストを掘り起こすことなく直接施工できる打込み型で、バラストを乱さない。打込み型取り付け状況は、下図参照。



出典：JICA 調査団作成

図 2-3 座屈防止板 打入型

座屈防止板の鋳鉄のスペックは、球状黒鉛鋳鉄品 JISG5502 の FCD450 に準拠しており、本材料は普通の鋳鉄に比較し強度、伸びともに大幅に上昇しており、普通鋼材より炭素量が多く、硬さと粘り強さのバランスがとれ、炭素量も多いので腐食にも強い特徴がある。

#### 普通鋼鋼板製との比較優位性

林総事株式会社の打入型は特許を取得しており他社には同様の製品は無い。材質はダクタイル鋳鉄製であり、普通鋼鋼板製と比較し耐腐食・耐摩耗性が高く、効果の持続性も高い。結果、長寿命であり、軌道整備の省力化に寄与する。

海外市場に於いては、ドイツ・英国メーカーが生産・販売しているがいずれも普通鋼鋼板製であり耐腐食性・耐摩耗性が低く、効果の持続性が低い。

英国における性能試験の結果、横抵抗力の数値は林総事株式会社製がいずれの条件下でも最高値を得ており他社製と比較して優位性が証明されている。

また、設置時間の比較に於いても林総事株式会社製はヨーロッパ他社製品と比較して半分程度で設置が可能であり省力化も実現できる製品となっている。

#### (2) 提案企業の事業展開における海外進出の位置付け

提案製品は、耐腐食、耐摩耗性に優れ一度設置すると半永久的に使用できる製品となっている。また今までにないシンプルな構造と簡単な施工方法で敷設できるため、メンテナンス予算が少ない、またメンテナンス意識の希薄な開発途上国の環境下でも十分に理解され、軌道維持管理と軌道管理費の削減が実現できる製品である。

2015年より香港 MTR へ 15,360 基の納入実績ができたことにより、海外においても対象製品が期待される効果を十分に発揮し、その有用性が確認された。

(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

本装置は、軌道を安定化し、軌道整備の省力化を進める装置である。本装置の設置により、日本の軌道整備技術をアピールするきっかけとなり、日本の軌道整備技術の現地での展開が期待される。

本提案製品の主要部材はダクタイル鋳鉄製で、日本独自の強度を上げた製品であり日本国内での生産品となる。生産工場は、大阪府・新潟県・岩手県・熊本県にあり、各地域の経済の活性化および雇用の創出にも寄与する。

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

(1) 調査の基本方針

南アフリカ共和国主要都市近郊旅客鉄道運行区間において、軌道整備状況の把握および有効的な整備対象としての座屈防止板の設置箇所を検討し、試験設置を行い実効性と機能を検証し、鉄道事業者にその実効性をアピールする。

目標 1 鉄道事業者へのヒアリングを行い、軌道整備のニーズを把握する。

目標 2 座屈防止板設置箇所を特定し、試験設置を行い、実効性を確認する。

目標 3 ODA 案件化の可能性について、とりまとめる。

案件化調査の現地活動ごとの調査内容・方法は以下の通り。

① 第 1 次現地調査 (2016 年 11 月)

第 1 次現地調査では、本製品の特徴、有効性について、カウンターパートである PRASA にプレゼンテーションを実施し、本調査への協力を取り付けると共に、TFR 等他関係者へもプレゼンテーション、ヒアリングを実施し、本製品への理解度を促進した。

② 第 2 次現地調査 (2017 年 1 月)

第 2 次現地調査では、PRASA の了解のもと、測定箇所を特定し軌道変位量の初期値を測定した。当初考慮していた測量用基準杭については、盗難の可能性があるため既設構造物（電柱等）の固定点から、測定することとした。

③ 第 3 次現地調査 (2017 年 4 月)

第 2 次現地調査で設置した計測点の距離を確認し、横移動量を確認した。1 箇所ごと 10 セットを設置した。1 都市 1 箇所、3 都市を考えているので、30 セットを用意し、別送便で搬入した。

装置設置前にマクラギの横抵抗力を測定し、その後座屈防止板を設置し、設置後の距離と、横

抵抗力も測定した。

#### ④ 第4次現地調査（2017年7月・8月）

第3次現地調査で座屈防止板を設置した箇所3か月の軌道変位を測定。測定結果を設置前の軌間の変位量と比較し、座屈防止板による横移動抑制効果を確認し、鉄道事業者（PRASA・TFR）へ報告した。

今後の現地への進出を考え、現地BEE企業へのヒアリングも実施した。

#### ⑤ 第5次現地調査（2018年1月）

第5次現地調査では、調査結果を総合的にまとめ、関係各位への報告を実施した。

次のステップとなる普及・実証事業の準備のためカウンターパートであるPRASAとMOUの内容の協議、今後の取り進め方、およびDOT・TFRを含めた南アフリカ共和国関係機関および会社からの情報収集を実施した。

この試験設置の結果を踏まえて、TFRにも本装置の有効性の周知のため、プレゼンテーションを実施した。

### (2) 製品・技術の現地適合性検証結果

(非公開)

### (3) 対象国の開発課題に対する提案製品・技術の有効性及び活用可能性

本調査の試験設置でPRASA担当者への、効率的な軌道整備およびそれに伴う安全性の確立に対する有効性については十分アピールできており、現地設置時、TFR軌道関係者も立会いを行い同社への活用の可能性についても確認できている。

第5次現地調査訪問時直前にも2件の事故・脱線が発生しておりPRASA Technicalの要人達も対応に忙殺されている状態で、本装置を活用した有効なメンテナンス体制の確立はPRASA上層部にも大いにアピールするものと確信する。

また、監督官庁であるDOTも、PRASAの従来のメンテナンスは問題が起こった際に泥縄式に対策を実施するだけで事故を事前に防止する「予防的メンテナンス」ができていないことを改善すべきとの考えがあり、本装置導入に伴い「予防的メンテナンス」という発想の確立に寄与するものと期待している旨の発言があった。

## 4. ODA案件にかかる具体的提案

### (1) ODA案件概要

具体的なODAスキーム名称としては普及・実証事業が考えられる。「南アフリカ共和国国営鉄道の脱線および軌道事故を効果的にかつ未然に防止するための普及・実証事業(案)」の概要については、座屈防止板を活用した軌道整備の省力化、都市近郊鉄道改良、PRASAの新型車両導入による安定輸送の確保、将来的には、定時運行、軌道に関連する事故防止、予防的メンテナンス

の導入、高速化に伴う通勤路線の利便性向上などが考えられる。

普及・実証事業では、都市環境、気候、地盤状況などを勘案し、ケーブルタウンおよびダーバンが最適箇所と判断し、鉄道事業者 (PRASA) の協力を得て本装置の普及・実証事業を提案したい。設置に当たっては、普及・実証事業でマニュアルの作成、PRASA への設置要領の実技指導、OJT により一緒に設置を行い、技術移転を進める。

PRASA では軌道の横変位による頻度の高い軌道整備作業が実施されているが、当該製品・技術を必要とする開発課題および期待される成果として、座屈防止板の設置による軌道の安定化により軌道整備作業の軽減と高速化への寄与の可能性がある。

期待される成果としては、①普及・実証事業の実施により、本製品の性能を確認する、②カウンターパートである PRASA の技術者の育成、③鉄道事業者の理解と協力により現地でのビジネス展開が考えられる。

対象地域および製品・技術の設置候補サイトについては、案件化調査における PRASA との協議の結果から、普及・実証事業は、ケーブルタウンおよびダーバンでの実施が有効であると考えられる。

ケーブルタウンを選定した理由は、

- ① 当該線区は複線で近郊電車が頻繁に運行されている重要路線である。
- ② 比較的治安が安定しており、作業や設置後の盗難等の懸念が少ない。
- ③ 軌道整備機器、転圧機などの機械の手配ができ、作業環境が良い。
- ④ 現場は海岸に面しているが、砂地の軌道に於いても提案製品の効果が確認でき、本製品はダクタイル鋳鉄製のため塩害にも強い事が実証できる。

などの点が上げられる。

ダーバンを選定した理由は、

- ① 当該線区は単線であるが、寒暖の差が激しく、軌道の座屈現象が著しい。
- ② 保守作業に苦慮しているため、この地の保線作業者が非常に協力的である。
- ③ 軌道整備機器、転圧機などの機械の手配ができ、作業環境が良い。

この厳しい軌道条件を本製品により改善できれば、PRASA のみならず TFR 向けも含め大きな PR 効果が得られる。

などの点が挙げられる。

設置箇所を上記 2 箇所を選定した理由は、PRASA が 2 箇所での検証を希望していることに加え、ケーブルタウンでは砂地で運行本数が多いカーブ箇所での実証結果が得られ、ダーバンでは温度差が激しく急な S 字カーブ箇所での実証結果が得られ、南アフリカ共和国における最も厳しい条件下で提案製品の効果が実証できること。これをもって、PRASA のみならず更に大きな需要

が見込まれる TFR 向けにも有効な PR 効果が期待できるので、将来のビジネス展開に繋げる上で必要不可欠と判断したためである。

## (2) 事業実施の基本方針

・技術面の基本方針は、下記の通りである。

- ① 日本で開発された軌道維持管理のための座屈防止板を南アフリカ共和国に初めて導入し、南アフリカ共和国側に設置・維持管理技術を移転し、本事業終了後も南アフリカ共和国側だけで継続して維持管理ができるようにする。
- ② 案件化調査時点で座屈防止板設置候補地はケープタウンおよびダーバンとしているが、本事業においてはその中でも急曲線区間等の技術的に難易度が高く、軌道の横移動防止のニーズが強い場所を選定して、設置区間および設置期間を長く取り、本技術設置の有効性と経済性を明らかにする。

・運営面の基本方針は、下記の通りである。

- ① カウンターパート機関である PRASA に対し、座屈防止板の設置・維持管理技術を移転する。
- ② 南アフリカ共和国での市場参入に必要となる BEE 企業との提携、製品の現産化を念頭において普及・実証事業調査を実施する。
- ③ 南アフリカ共和国の事情に通じていて政府機関 (DOT と DPT など)・鉄道事業者 (PRASA と TFR・Gautrain) との関係が強い現地コンサルタントを外部人材に加え、普及・実証事業調査の円滑な実施を図る。

## (3) 事業の内容

- ① 座屈防止板を 2 箇所約 1,500m 区間に設置し、季節ごとの横方向変位量・横方向抵抗力を測定し、座屈防止板の効果についての評価を行う。
- ② 現地での設置方法・維持管理方法に関する訓練やセミナーを実施するとともに本邦受入活動を行い、座屈防止板技術の理解を深め、技術移転を図る。
- ③ 普及・実証事業後のビジネス展開 (南アフリカ共和国および周辺諸国) を検討する。

## (4) 事業の実施方法

本事業の事業実施の全体像を下図に示す。カウンターパート機関である PRASA との密接な連携のもとに、ケープタウンおよびダーバン近郊の急曲線区間 1,500m をプロジェクトサイトとして、ここに提案製品を設置して、その効果を実証する。また現地において、TFR や公共企業省、鉄道関連企業、周辺国鉄道公社等を広く対象としたセミナーおよびデモンストレーションを開催し、本製品の説明を行うとともに、設置の現場を見てもらい、関係者の関係者の本製品に対する理解を深める。さらに、DOT・PRASA の幹部および技術者を本邦に招聘し、工場見学、日本の軌道整備の実



態の紹介等により提案製品の効果を理解してもらう。

設置にあつては、提案法人より PRASA および実際に設置を行う現地軌道整備会社に対して十分な技術指導を実施して、技術移転を行う。

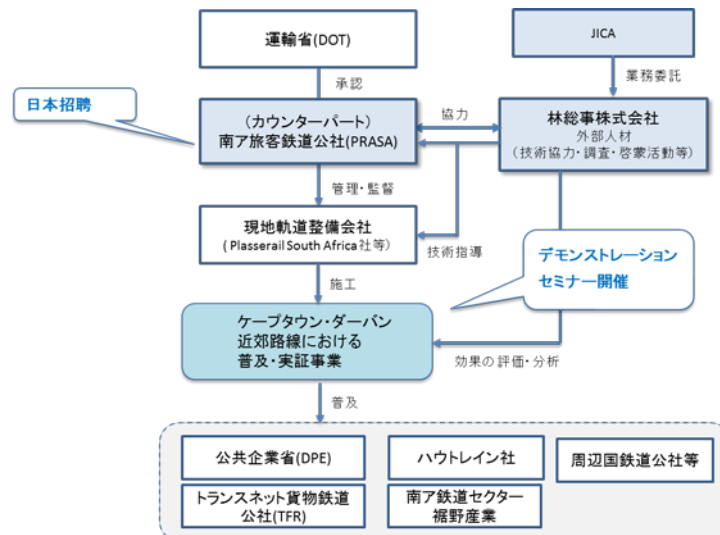


図 普及・実証事業実施の全体像

## 5. ビジネス展開の具体的計画 (非公開)

## 案件化調査

### 南アフリカ共和国座屈防止板導入による鉄道施設(軌道)の効率的な維持管理の案件化調査

#### 企業・サイト概要

- 提案企業：林総事 株式会社
- 提案企業所在地：東京都品川区
- サイト・C/P機関：南アフリカ共和国PRASA(旅客鉄道公社)及びTFR(トランスネット貨物鉄道)



#### 南アフリカ共和国の開発課題

- 軌道のメンテナンスが適切に実施されておらず、鉄道施設の老朽化が進み、施設の故障が多発するなど、鉄道運行上の安全性を損ねる影響を与えている。
- その為、鉄道施設(軌道)維持管理に係る対策が急務となっている。

#### 中小企業の技術・製品

- 林総事が開発した座屈防止板は、軌道の横抵抗力を高め、軌道の安定化、軌道整備の省力化に資する装置で、耐久性に優れ打込み型のため設置も特殊技能を有しない。

#### 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

- 座屈防止板の設置箇所の促進を通じて、日本の軌道整備技術をアピールし①簡便な軌道補強方法の現地での周知②軌道補強による列車運行の安定化を普及・実証事業により実証する。
- 同普及・実証事業において、現地軌道整備業者に施工方法を技術移転することにより、本装置の設置展開が期待できる。

#### 日本の中小企業のビジネス展開

- 現地での施工が可能になり、軌道整備技術が向上することにより、「南ア国」における本装置を販売展開が期待できると共に、「南ア国」を基点に、南部アフリカ周辺国での事業展開も期待できる。

## はじめに

### 調査名

南アフリカ共和国座屈防止板導入による鉄道施設（軌道）の効率的な維持管理の案件化調査  
Feasibility Survey with the Private Sector for Utilizing Japanese Technologies in ODA Projects “Efficient Management of Railway Facility (Track) by Sleeper Anchor”

### 調査の背景

南アフリカ共和国は、1人当たりの GNI が 6,800USD（2014 年）であり、中進国に分類されるが、所得格差が大きいのが特徴である。南アフリカ共和国の鉄道営業キロ数は 23,759km に及び、鉄道は社会インフラの重要な部分を占めている。また、「南アフリカ共和国国家開発計画 2030（NATMAP）」（2012 年）では、国の持続的経済発展を支えるために強固なインフラネットワークへの投資が必要とされており、経済インフラに関しては、効率的で安全で安価な公共交通機関を設置することを目標に掲げている。

上記の状況を受け、我が国は「公共・経済インフラ整備支援プログラム」として経済基盤インフラの担当省庁および国営公社による計画策定事業の実施および維持管理に係る能力構築支援および公共支出予算の適正化に係る支援等を通じ、南アフリカ共和国政府による効果的・効率的なインフラ開発の促進に寄与している。また、鉄道輸送に関しては、1980 年代から本邦企業（日立、三井物産、東芝）から、南アフリカ運輸公社（TFR）、南アフリカ旅客鉄道公社（PRASA）に対する電気機関車等の納入実績を踏まえ、今後の支援方針について検討中である。

今後更なる経済発展に伴い、インフラ需要の増加に伴い旅客鉄道輸送のニーズも増加する傾向にある一方、鉄道車両の老朽化やニーズの低さのため低い利益率となっており、軌道の保守が満足に行なわれないなど施設の故障が多発するなど鉄道運行上の安全性を損ねる影響を与えているため、鉄道施設（軌道）維持管理に係る対策が急務となっている。

### 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 案件およびビジネス展開計画が策定される。

### 調査対象国・地域

南アフリカ共和国では、都市部における旅客列車を運行する PRASA（Passenger Rail Agency of South Africa：南アフリカ旅客鉄道公社）と貨物輸送を中心とする TFR（Transnet Freight Rail：トランスネット貨物鉄道公社）があり、PRASA は、プレトリア、ケープタウン、ダーバンなどの主要都市での旅客輸送、TFR はケープタウン近郊のサルダナへの鉄鉱石輸送、ダーバン近郊のリチャーズベイまでの石炭輸送などを担っている。

南アフリカ共和国は、南部アフリカの拠点国であり、周辺国への影響力は強い。南部アフリカ諸国の鉄道（軌道）は、日本の在来線軌道（軌間 1,067mm）とほぼ同じ 1,065mm ゲージを採用しており、

日本の軌道整備機器、軌道整備技術が直接活用可能である。

PRASA では、プレトリア、ケープタウン、ダーバンなどの主要都市で、近郊旅客鉄道輸送が都市インフラの一部を占めており、軌道の安全性向上は住民の生活向上、利便性の向上に直結する重要課題とも言える。

近郊旅客鉄道のプラットホームは高床式で、軌道整備、特に横方向の位置ずれにより、車両とプラットホームの接触事故が誘発される危険性が高く、トラブルも発生して定時運行に支障をきたしており、軌道整備の継続が課題となっている。

今後、経済発展により都市部での交通渋滞、駐車場確保は困難になり、都市公共交通機関の利便性向上は、市民生活の改善、環境保護の観点から、重要性を増してくることは必至である。

また、今後の販路拡大のため、TFR が運営するケープタウン近郊のサルダナへの鉄鉱石輸送、ダーバン近郊のリチャーズベイまでの石炭輸送の軌道状況を確認することにより、より規模が大きな本装置設置対象区間を確認することができる。



出典：JICA 調査団撮影



出典：JICA 調査団撮影

写真 1-1 ケープタウン近郊ウッドストック駅

写真 1-2 ケープタウン中央駅

また、今回提案する座屈防止板は、構造がシンプルで模倣されやすい形状をしているが、部材の強度、高強度ダクタイル鋳鉄など、見た目では判断できないノウハウが凝縮されている。南アフリカ共和国では旧英国の植民地であった環境から、特許などの知財管理は継続的に維持されている環境にあり、模造品等の懸念も少ないと言えるが、模倣対策としては、ロット番号を凹み文字にして打刻する。特許の侵害があった場合には、南アフリカ共和国の代理人経由で現地裁判所に提訴することができる。

上記の状況から、知財管理環境が整備され、中国など知財管理意識の低い国の影響が少なく、対象機器の知財保全が可能な環境であることから、対象国として選定した。

## 団員リスト

氏名	担当業務	所属先
林 秀子	業務主任者	林総事（株）
川名 陽之介	営業統括管理	林総事（株）
野田 裕司	現地測定・管理	林総事（株）
大黒屋 猶徳	機器設置・撤去	林総事（株）
岩城 正樹	金融環境調査	林総事（株）
林 亮之介	設計・計画	林総事（株）
秋山 芳弘	チーフアドバイザー	日本コンサルタンツ（株）
山口 俊行	設置箇所選定・管理	鉄建建設（株）
David Robbetze	現地調整・交渉	ERA 社
金武 祐子	業務調整	鉄建建設（株）
小林 真理子	業務調整	八千代エンジニアリング（株）



## 現地調査行程

### 第1次現地調査（2016年11月）

日順	日付	項目
1	11月5日（土）	成田発→香港経由
2	11月6日（日）	ヨハネスブルグ着 団内会議
3	11月7日（月）	JICA 南アフリカ共和国事務所への挨拶 在南アフリカ共和国日本大使館への挨拶 運輸省（DOT）/旅客鉄道公社（PRASA）との Meeting/Presentation
4	11月8日（火）	公共企業省（DPE）との Meeting/Presentation トランスネット貨物鉄道（TFR）との Meeting/Presentation
5	11月9日（水）	JETRO ヨハネスブルグ事務所との打合せ アフリカ住友商事との打合せ 三井住友銀行ヨハネスブルグ事務所との打合せ 郵船ロジスティックスヨハネスブルグ事務所との打合せ
6	11月10日（木）	ヨハネスブルグ→ダーバンへ移動
7	11月11日（金）	旅客鉄道公社（PRASA）/Durban との Meeting/Presentation 旅客鉄道公社（PRASA）/Durban 軌道調査
8	11月12日（土）	ダーバン→ケープタウンへ移動
9	11月13日（日）	書類作成、整備
10	11月14日（月）	旅客鉄道公社（PRASA）/Cape Town との Meeting/Presentation
11	11月15日（火）	旅客鉄道公社（PRASA）/Cape Town 軌道調査 ケープタウン→ヨハネスブルグへ移動
12	11月16日（水）	旅客鉄道公社（PRASA）本社への報告 JICA 南アフリカ共和国事務所への報告 在南アフリカ共和国日本大使館への報告 Railway Safety Regulator（RSR）との Meeting/Presentation
13	11月17日（木）	ヨハネスブルグ発→
14	11月18日（金）	香港経由→成田着

第2次現地調査（2017年1月）

日順	日付	項目
1	1月19日（木）	成田発→シンガポール経由
2	1月20日（金）	ヨハネスブルグ着 在南アフリカ共和国日本大使館への挨拶 JICA 南アフリカ共和国事務所との打合せ
3	1月21日（土）	ヨハネスブルグ近郊で事前調査
4	1月22日（日）	団内会議
5	1月23日（月）	旅客鉄道公社（PRASA）線路内立入について確認協議および 測定位置の確定 計測測定位置の確定 ヨハネスブルグ→ダーバンへ移動
6	1月24日（火）	ダーバン市近郊 PRASA 線路内にて初期値測定 ダーバン→ケープタウンへ移動
7	1月25日（水）	ケープタウン市近郊 PRASA 線路内にて初期値測定
8	1月26日（木）	ケープタウン→ヨハネスブルグへ移動 ヨハネスブルグ近郊ボルトメーカー訪問
9	1月27日（金）	JICA 南アフリカ共和国事務所への報告 在南アフリカ共和国日本大使館への報告 旅客鉄道公社（PRASA）調査結果報告
10	1月28日（土）	ヨハネスブルグ発
11	1月29日（日）	シンガポール経由→成田着

第3次現地調査（2017年4月）

日順	日付	項目	
		Group 1	Group 2
1	4月15日（土）	成田発→香港経由	
2	4月16日（日）	ヨハネスブルグ着 団内会議	
3	4月17日（月）	調査機器確認および到着貨物確認	
4	4月18日（火）	JICA 南アフリカ共和国事務所との打合せ 在南アフリカ共和国日本大使館への挨拶 PRASA/Johannesburg との Meeting/Presentation	軌道形状検測および座屈防止板設置
5	4月19日（水）	座屈防止板設置 JETRO ヨハネスブルグ事務所との打合せ	座屈防止板設置
6	4月20日（木）	ヨハネスブルグ→ダーバンへ移動 PRASA/Durban との Meeting 設置箇所段取り、横抵抗力測定および軌道形状検測	
7	4月21日（金）	座屈防止板設置	
8	4月22日（土）	ダーバン→ケープタウンへ移動	座屈防止板設置
9	4月23日（日）	書類作成、整備 団内会議	ダーバン→ケープタウンへ移動 団内会議
10	4月24日（月）	安全講習受講 軌道形状検測および座屈防止板設置 ケープタウン→ヨハネスブルグへ移動	安全講習受講 軌道形状検測および座屈防止板設置
11	4月25日（火）	Gautrain (Bombela) との Meeting/Presentation Grindrod との Meeting/Presentation	座屈防止板設置
12	4月26日（水）	PRASA 調査概要報告 AVENG Rail との Meeting Gautrain 現地確認、伸縮継手部調査	ケープタウン→ヨハネスブルグへ移動 PRASA 調査概要報告 Gautrain 現地確認、伸縮継手部調査
13	4月27日（木）	調査報告書まとめ、団内会議	
14	4月28日（金）	JICA 南アフリカ共和国事務所への調査結果報告 在南アフリカ共和国日本大使館への調査結果報告 団内会議	JICA 南アフリカ共和国事務所への調査結果報告 現場確認 団内会議
15	4月29日（土）	ヨハネスブルグ発	
16	4月30日（日）	香港経由→成田着	

第4次現地調査（2017年7月）

日順	日付	項目	
		Group 1	Group 2
1	7月22日（土）	成田発→香港経由	
2	7月23日（日）	ヨハネスブルグ着 団内会議	
3	7月24日（月）	JICA 南アフリカ共和国事務所との打合せ 在南アフリカ共和国日本大使館への挨拶 PRASA/Johannesburg との打合せ	
		ヨハネスブルグ→ダーバンへ移動	
4	7月25日（火）	JETRO との打合せ KPMG との打合せ Gautrain との打合せ	PRASA/Durban との打合せ 座屈防止板取り外し
5	7月26日（水）	郵船ロジスティックスヨハネスブルグ事務所 との打合せ 団内会議	座屈防止板取り外し Local Logistic Company との打合せ
6	7月27日（木）	ヨハネスブルグ→ケープタウンへ移動	
		PRASA/Cape Town との打合せ 座屈防止板取り外し	
7	7月28日（金）	座屈防止板取り外し Local Logistic Company との打合せ	
8	7月29日（土）	書類作成、整備	
9	7月30日（日）	ケープタウン→ヨハネスブルグへ移動 団内会議	
10	7月31日（月）	座屈防止板取り外し 調査報告書まとめ TFR との打合せ	
11	8月1日（火）	Global との打合せ	Gautrain との打合せ
12	8月2日（水）	DOT との打合せ JICA 南アフリカ共和国事務所への調査結果報告	Gautrain との打合せ
13	8月3日（木）	PRASA/Johannesburg への報告 在南アフリカ共和国日本大使館への調査結果報告	
		PRASA 新型車両試乗	
14	8月4日（金）	ヨハネスブルグ発	
15	8月5日（土）	香港経由→成田着	

第5次現地調査（2018年1月）

日順	日付	項目
1	1月13日（土）	成田発→香港経由
2	1月14日（日）	ヨハネスブルグ着 団内会議
3	1月15日（月）	JICA 南アフリカ共和国事務所との打合せ 在南アフリカ共和国日本大使館への挨拶 PRASA/Johannesburg との打合せ
4	1月16日（火）	TFR ラボ見学
5	1月17日（水）	ヨハネスブルグ→ケープタウンへ移動 PRASA/Cape Town との打合せ
6	1月18日（木）	ケープタウン→ヨハネスブルグへ移動 DOT との打合せ
7	1月19日（金）	JICA 南アフリカ共和国事務所への調査結果報告 在南アフリカ共和国日本大使館への調査結果報告 PRASA/Johannesburg との打合せ
8	1月20日（土）	ヨハネスブルグ発
9	1月21日（日）	香港経由→成田着

## 第 1 章

### 対象国・地域の現状



## 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

近年の平均経済成長率は、2004年～2014年の10年間平均で、3%程度で推移しているが所得格差は拡大し、失業率もきわめて高い水準となっている。このような状況下、南アフリカ共和国政府は、経済成長と雇用拡大、さらに貧困層の社会福祉向上を目指して、インフラの拡充で、2012年～2020年で、水・鉄道・電力等の分野で、32兆円の支出を検討している。貧困の格差解消を目指し、基礎社会基盤サービスの強化、社会的弱者への支援を実施し、社会的安定と共に海外からの投資・ビジネス環境の整備を進めていく方針である。(外務省対南アフリカ共和国国別援助方針2012年12月)

2018年2月に汚職疑惑で与党ANCの支持も失ったズマ大統領が辞任し元実業家で反汚職や改革を訴えるシリル・ラマポーザ氏が新大統領に就任した。ズマ前政権の9年間に同氏や周辺により国庫から奪われた資産は、1兆2千億円にのぼるとの試算もあり汚職の撲滅という難しい課題を背負ったラマポーザ政権下では国営企業の経営面・人事面で微妙な影響が出ることが予想される。

一方2016年～2017年の経済成長率は1%未満と新興国としては異例の低水準に低迷しており脆弱な統治が腐敗を広げ、ズマ政権下の経済政策は貧困対策を名目とした大衆迎合的なばら撒きが中心で効果的な政策が打てずに経済の失速を招いた。元実業家のラマポーザ大統領には経済の立て直しも期待されているが資源頼みで疲弊した経済の立て直しは容易ではないと推察される。

### 1-2 対象国・地域の対象分野における開発課題

南アフリカ共和国はアパルトヘイト廃止後、白人技術者の国外流出や熟練工の高齢化による退職、また新規人材の育成を怠ってきたために鉄道施設のメンテナンスが行き届かず、鉄道においても脱線事故や軌道のトラブルが頻発し大きな問題となっている。

この案件化調査により国内外で実績のある高い耐久性を持つ鋳鉄製の座屈防止板を導入し試験敷設により有効性を示し、併せて今までの脱線や事故が起きてからの泥縄式のメンテナンスではなく、予防的メンテナンスの技術を教育し軌道保守技術力のレベルアップを図ることにより、メンテナンスコストを削減し、また人身事故や物損事故の発生を減らし安全性・定時性・利便性・快適性を向上させ、信頼度を高め多くの利用者を獲得し、鉄道事業者としての社会的責務を果たすべく持続的な運営に寄与するものである。

南アフリカ共和国の鉄道の総延長は2万2000kmであり、運営組織は鉄道貨物輸送を行うTFR(Transnet Freight Rail)と鉄道旅客輸送を行うPRASA(Passenger Rail Agency of South Africa)に大別される。

旅客輸送では、都市圏の旅客鉄道輸送は、ヨハネスブルグ、ケープタウン、ダーバンなど4州6都市でメトロレール(Metrorail)が運行され、都市間の長距離旅客輸送は、ショショロザメイル(Shosholozza Meyle)が運行されている。

開発課題、開発効果と整合性については、鉄道事業者ごとに以下に記載する。



### 1-2-1 PRASA

PRASA は運輸省 (DOT) が所管する組織であり、都市圏内における鉄道通勤輸送、都市間の長距離旅客鉄道サービス、および長距離バス輸送サービスを行っている。PRASA は 5 つの組織に分かれており、3 つの部門 (PRASA Rail、PRASA Technical、PRASA CRES) および 2 つの補助部門 (Autopax、Intersite Investments) から構成される。

PRASA では長年にわたり鉄道施設への適切な投資が行われてこなかったため、施設の老朽化が進んでいる。特に、車両に関しては、平均使用期間が 40 年近くとなっており、老朽化が深刻である。また、軌道についても、軌道保守が行われているものの、老朽化のためレールやマクラギに損傷が見られる。上記に述べた施設の老朽化は、鉄道運行の安全性を損ねる影響を与えており、施設の故障が多発している。各インフラ施設の平均故障間隔 (MBF-Mean time Between Failures) を表 1-1 に示す。

特に、信号施設は 1.67 時間に 1 回の割合で故障が発生しており、軌道についても全国平均で 29.6 時間に 1 回の割合で故障が発生しておりハウテン地区においては 9.1 時間に 1 回の割合で発生しており安全上の大きな問題となっている。

表 1-1 PRASA における平均故障間隔 (2012 年 4 月～8 月) (時間)

分野	ハウテン (注)	ケープタウン	ダーバン	全国平均
軌道	9.1	27.6	101.9	29.6
電気	19.0	87.9	100.0	33.9
信号	0.7	2.1	4.3	1.67

出典: 「南アフリカ共和国鉄道セクター情報収集・確認調査」報告書

(注) ヨハネスブルグ、プレトリア、イーストロンドン、ポートエリザベスを含む

近年、一部階層の経済の発展により、都市部での道路の交通渋滞は常態化しており、同国の経済発展の妨げとなっている。一方で、近郊旅客鉄道は貧困層の利用も多く、基礎的社会基盤の一部を形成している。

PRASA の車両は車齢が 40 年近いものが多く、近郊鉄道輸送における定時運行・安全輸送に課題があり、2017 年 5 月から新しい電車が導入されており、全部で 3,600 両が今後 10 年間に投入される予定である。これに伴い PRASA では近郊鉄道の軌道および駅などの整備を推進しており、安全・安定・高速輸送のためにも軌道の整備が課題となっている。

### 1-2-2 TFR

南アフリカ共和国国内の貨物輸送を一手に引き受ける TFR は、公共企業省 (DPE) が所管する組織であり、鉱物資源を主に輸送する貨物鉄道会社である。近年、輸送力増強のために、重軸重化を計画しており、南アフリカ共和国の重要な収入源である、鉱物の安定輸送は、経済を下支えするためにも重要である。

南アフリカ共和国の鉄道は貨物が主体で、コンテナを含めた一般貨物はもとより、内陸部の鉱山や炭田から輸出港まで鉄鉱石や石炭の重量輸送も行われている。これらのうち重量貨物輸送用の鉄鉱石線と石炭線は、日本では見られない大規模な貨物専用鉄道である。鉄鉱石の鉱山がある

内陸部のシシェン Sishen から大西洋岸の港サルダナ Saldanha までの 861km を結ぶ単線の貨物専用線は、世界でも珍しい単層 50kV 電化 (AC50kV50Hz) を採用している。1976 年に開業したこの路線では、ジャンボと呼ばれる積載量 100 トンの貨車を電気機関車 5 両が最大で 342 両牽引する 3.4 万トン輸送が標準となっており、貨物列車の長さは約 4,200m であり、営業列車としては、世界最長である。ヨハネスブルグの東方約 200km の地域には炭田がいくつもあり、産出された輸食用石炭は支線を使って地方都市のエルメロ Ermelo に集められる。ここで最大積載量 84 トンの貨物 200 両を電気機関車 6 両が牽引する長さが約 2,400m ある長大貨物列を編成し、標高約 1,700m のエルメロから約 450km の石炭線を走って、インド洋に面する積出港のリチャーズベイ Richards Bay まで、下ってゆく。このように南アフリカ共和国の鉄道は、高軸重の重量貨物輸送において高い技術を保有している。

重量貨物輸送を主体とする TFR は、高軸重のため軌道保守が重要になっている。しかしながら輸送量を確保するため列車の運行は極力維持するようにし、年に 1 回、計画的に約 1 週間の輸送停止 (shut down) をし、軌道資材の更新などを実施している。その間輸送が停止するので、この期間を極力短縮することが課題となっている。

### 1-2-3 Gautrain

ハウトレイン (Gautrain) は、ヨハネスブルグとプレトリアを南北に結び、途中のマルボロ Marlboro から O.R.タンボ国際空港までの分岐線がある合計 80km の路線で運行している。このうち O.R.タンボ国際空港～サントン Sandton 間 (延長約 20km) は、サッカーの世界カップ開催にあわせて、2010 年 6 月に先行開業し、2012 年 6 月 22 日に全線開業した。アフリカ最速の 160km/h で運行されており、O.R.タンボ空港から市内 (Sandton) を 14 分で結ぶ。南アフリカ共和国の在来線は、軌間が 1,065mm、大半が直流電化 (3kV) であるのに対して、ハウトレインは標準軌 (1,435mm)、交流電化 (25kV、50Hz) を採用している。

開業後、ロングレールの伸縮継目 (Expansion Joint) において軌道の横方向変位が大きく、Gautrain の保守上の重要課題となっている。その背景にはバラストの設計ミスもあり、対応に苦慮している。また、調査期間中に同線に試乗したが、横揺れが多く感じられ、開業後 7 年しかたっていないが、準高速鉄道でもあり軌道整備の充実、強化が重要と感じられる。

### 1-3 対象国・地域の対象分野における開発計画および関連計画

南アフリカ共和国においては、ズマ (Zuma) 前大統領が 2010 年 2 月国会における施政方針演説の中で、鉄道を含むインフラ開発を、政策的に優先すべき重点分野と位置付けた。また、2005 年より南アフリカ共和国運輸省 (DOT) は、国家運輸マスタープランである「National Transport Master Plan 2050」(NATMAP) の策定作業を進めてきた。現時点でドラフトファイナルレポートが公表されており、鉄道旅客および貨物輸送の近代化および高速鉄道の整備が明記されている。

#### 1-3-1 開発計画および関連計画について

PRASA および TRANSNET の開発計画は以下の通りである。

##### (1) PRASA

PRASA が所有する通勤電車は、1950 年代に製造され、経過年数（経年）は平均 37 年と老朽化が進んでいる。このため、新型車両の導入と、それに合わせたネットワーク、設備、信号の改良を含む近代化戦略が策定された。現在、計画されている主要投資項目は表 1-2 のとおりである。

表 1-2 PRASA 近代化プロジェクト

項目	投資額（億 ZAR）
新規 EMU 調達（7,224 両）（今後 20 年間）	1,350
信号システムの近代化（今後 5～10 年間）	170
インフラの近代化（今後 3 年間）	150
保有車両の改修（今後 3 年間）	100

出典：「南アフリカ共和国鉄道セクター情報収集・確認調査」報告書

PRASA では、アルストム社のエクストラポリスメガ型電車 13 本が 2017 年 5 月 9 日から南アフリカ旅客鉄道公社（PRASA）のプレトリア近郊路線で運行を開始している。この電車は、アルストム社を幹事とするギベラ企業連合が 2013 年後半に受注（契約金総額 510 億ランド＝約 4,330 億円）し製造する 6 両編成の電車合計 600 本の最初の編成である。今後 10 年間で PRASA の老朽化した近郊電車（大半が車齢 40 年以上）を更新する計画である。

## (2) TRANSNET

TRANSNET は 2012 年度から 2018 年度にかけて、貨物輸送の機能を増強する 7 ヶ年計画を策定した。総額 3,000 億 ZAR にのぼる投資プログラムであり、市場の需要増大に対応するべく鉄道、港湾およびパイプラインの機能増強を図るものである。投資総額 3,000 億 ZAR のうち、約 2,000 億 ZAR が鉄道セクター、約 1,000 億 ZAR が港湾およびパイプラインセクターに投資される。鉄道の総輸送量を現在の 2.01 億トン／年から 3.5 億トン／年に増加させる。また、経済成長、道路から鉄道へのモーダルシフトの促進に資すると共に、雇用創出（投資計画全体で 58.8 万人の雇用創出）、労働者のスキル向上、ローカライゼーションおよび鉄道の近代化を提供するものである。

TRANSNET 傘下のグループのうち、TFR には 2010 億 ZAR が投資される。施設ごとの投資額を見ると、機関車に 778 億 ZAR、軌道に 711 億 ZAR が投資される計画である。鉄道セクターへの投資のうち主なプロジェクトは表 1-3 の通りである。

表 1-3 鉄道セクターへの主な投資プロジェクト

投資プロジェクト	投資額（億 ZAR）
新規機関車の導入	1,100
石炭線の改良	350
信号システムの改良	150
技術訓練	76
中小企業支援（Small business promotion）	42

出典：「南アフリカ共和国鉄道セクター情報収集・確認調査」報告書

### 1-3-2 調査対象国に対する我が国援助方針との合致について

2012年12月発表の外務省対南アフリカ共和国国別援助方針では、重点分野として、以下の点が述べられている。

#### 重点分野

##### (1) 人材基盤の強化とインフラ開発促進支援

新興経済国として中長期の安定的成長を下支えする人材を育成すべく、技術教育・職業訓練の改善を図る。また、同国が中進国であることをふまえ、気候変動対策を含む科学技術分野での相互協力を拡大し、同分野での人材育成を行う。

また、持続的な経済成長に向けたエネルギーや水、鉄道分野を中心としたインフラ整備を加速させるため、公的資金だけでなく、日本企業を含む民間資本による事業実施も視野に入れた案件形成・計画策定を支援する。

##### (2) 社会的弱者の経済・社会参加支援

同国においては、経済格差拡大により享受できる基本的な社会サービスに不平等が生じており、障がい者支援、社会保障制度の改善およびコミュニティ開発に携わる人材育成等を通じ、女性を含む社会的弱者の経済・社会参加を促進する。

##### (3) 南部アフリカの開発促進

南部アフリカ経済の中心である南アフリカ共和国と連携し、南部アフリカ地域の開発を促進する。具体的には、我が国のアジアにおける経験を共有しつつ同国の開発金融機関などと連携し、南部アフリカ地域の広域インフラ案件の形成に関する調査などを実施する。また、南部アフリカ地域の他のアフリカ諸国に対する支援に関し南アフリカ共和国と連携して三角協力をを行う。

と条文に記載されている。

上記、援助方針の中で、鉄道分野を中心とした、インフラ開発促進支援が明示されており、本提案が基点となり、軌道整備全体への波及が期待され、我が国援助方針と合致する。

また、日本主導で進められているアフリカ開発会議 TICAD-VI がナイロビで 2016 年 8 月に開催され、日本政府としてアフリカに対する援助拡大方針を表明しており、政府方針と合致する。

さらに、南アフリカ共和国は南部アフリカ諸国（モザンビーク・ジンバブエ・ザンビア等）の拠点国であり、本技術が南アフリカ共和国において、実効性が認められ正式承認となれば、本邦技術が各国へ拡大することになり、日本政府の対アフリカ方針と合致する。

我が国政府としても、平成 22 年度国土交通省による「南アフリカにおける高速鉄道構想の案件形成に関する調査」や、平成 23 年度経済産業省による「南アフリカ共和国・ヨハネスブルク～ダーバン間高速鉄道調査」を実施しており、本邦技術および運行ノウハウを活用した、南アフリカ共和国鉄道全般に関する協力事業の実現に期待が寄せられている。

## 1-4 対象国・地域の対象分野における ODA 事業の先行事例および他ドナー事業の分析

### 1-4-1 世界銀行等による資金協力

南アフリカ共和国の鉄道分野への世界からの資金協力は表 1-4 の通りである。1951~1961 年の期間については、世界銀行が唯一のドナーであり資金協力を行っていた。その後約 40 年にわたって南アフリカ共和国の鉄道分野に対する世界からの資金協力はなかったが、2002 年、2007 年にアメリカから約 5,000~6,000 万 USD の ODA による無償資金協力が行われている。その後はアフリカ開発銀行により 4 億 USD を超える規模の資金協力が行われた。

表 1-4 南アフリカ共和国 鉄道分野への世界からの資金協力

年	援助国	援助内容	融資額 (USD)
2010	African Development Bank (AFDB)	Transnet Limited	413,899,742
2007	United States	New Spoornet Locomotives - Training	515,609
2002	United States	Integrated Rail Freight	594,974
1961	World Bank	Expansion of Transport Facilities Project	84,835,978
1959	World Bank	Railway Improvement Project	89,463,395
1958	World Bank	Railway Improvement Project	192,809,040
1957	World Bank	Railway Improvement Project	192,809,040
1955	World Bank	Transportation Project	194,351,513
1953	World Bank	Transportation Project	231,370,848
1951	World Bank	Transportation Project	154,247,232

出典：AIDDATA

<http://www.aiddata.org/content/index/data-search#c6de4b7e967b5ae3452af6a5fd44a027>

### 1-4-2 政府プログラムを活用した鉄道分野の技術支援

GE (米国) は車両メーカーでもある TRE(Transnet Rail Engineering)との結びつきが強く、政府プログラムを活用して自国で研修を実施している。また、中国でも TRE 職員を自国に招聘し入札を有利に進めようとしている動きがある。中国への技術研修のための招聘は年間 150 人程度であり、エンジニア、テクニシャン、オフィシャルを対象にトレーニングを実施している。

我が国に関しては、米国や最近アフリカ諸国に於いて積極的な援助/投資活動を展開している中国と比較して政府プログラムを活用した鉄道分野での技術支援が行われておらず本案件化調査およびそれに続く普及・実証事業が将来にわたる鉄道分野での政府ベースでの技術支援案件に繋がる橋頭堡となることが期待される。

## 1-5 対象国・地域のビジネス環境の分析

南アフリカ共和国は、金・鉄鉱石等の鉱業が主力産業であるが他の資源大国と同様資源頼みの悪影響が出ており最近の資源価格の低迷で経済は停滞している。前ズマ政権は有効な経済政策を打ち出せておらず失業率は20%を超えている。(黒人若年層の失業率は30%を超えているというデータも出ている。)

賃金が高い南アフリカ共和国では中国や東南アジアの様な製造業を育成する形の発展モデルを単純にたどるのは難しいと見られている。また、南アフリカ共和国社会には人種間の格差が根深く残り、深刻な貧困問題にも直面しているのが現状である。

南アフリカ共和国における鉄道近代化の推進にあたっては、技術移転を伴う現地生産化により、関連産業の振興、雇用の創出を図ることが大きな前提条件となる。また、アパルトヘイト時代に差別され社会的に弱い立場に置かれていた人々(主に黒人)を優遇し、地位向上と社会活動への参加を促すBEE(Black Economic Empowerment)政策にも留意する必要がある。

2003年に制定されたBlack Economic Empowerment Act(黒人の経済力強化政策BEE)は、幅広く黒人の地位回復を目的とした南アフリカ共和国独特の制度であるが、その中に黒人の経済的地位向上に向けた企業の取組みや貢献度を5つの要素(所有権、経営支配、技能開発、企業およびサプライヤーの発展、社会経済発展)によりスコア化して、政府機関および公共事業体との取引の条件等とするものがある。

具体的なスコアの配点基準は、通商産業大臣(Minister of Trade and Industry)によりCodes of Good Practice(適正実施基準、または、コード)に定められている。政府機関および公共事業体と取引をする企業が高いスコアを得るためには、当該企業と取引を行う企業もBEEに準拠したスコアを取得するため、BEEに基づくスコアリングは、公共セクター以外に属する企業にも幅広く普及している。そのため、南アフリカ共和国に進出する企業(M&Aを含む)は、BEEにどの程度準拠する必要があるのかを確認する必要がある。

また、提案製品・技術に直接的に関係する開発計画、政策、法制度については、現地での鉄道施設の構造的な判断、安全に関する基準等については各鉄道事業者がRailway Safety Regulator(RSR)の承認を取らねばならず、技術基準策定には、現地鉄道事業者へのサポートが必要である。



## 第2章

# 提案企業の製品・技術の 活用可能性および海外事業展開の方針





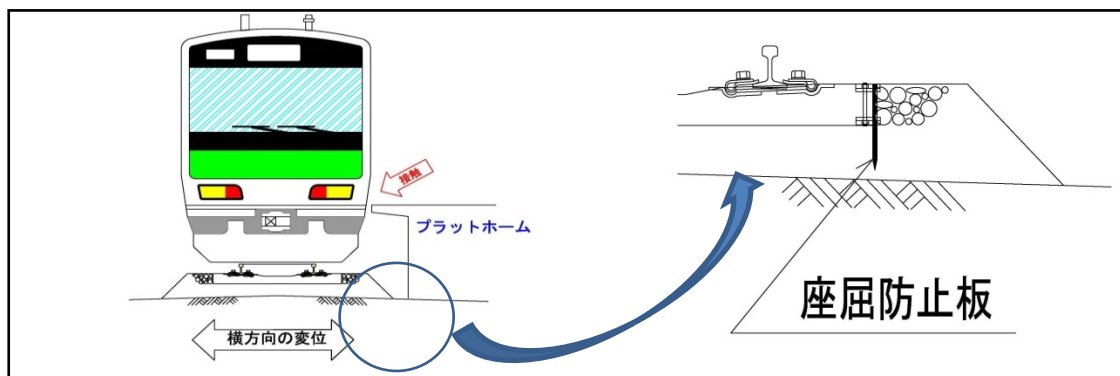
## 第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性および海外事業展開の方針

### 2-1 提案企業の製品・技術の特長

バラスト軌道は、横方向の圧力に対しては、バラストのみでは横抵抗力が小さく、プラットフォームへの車輛の接触や、曲線部分などで横方向への張出し現象が、しばしば発生する。

提案製品はバラスト軌道における列車走行・温度変化等による横方向への軌道変位を防止する装置である。

提案製品（座屈防止板）の設置は、横抵抗力を増すことにより軌道を安定化し軌道整備の省力化が期待できる。



出典：JICA 調査団作成

図 2-1 座屈防止板概要図

日本においては、プラットフォーム、急曲線部、踏切や鉄橋、分岐器の前後など、横移動を抑制する必要がある箇所での設置が進められている。軌道の横抵抗力増加のための装置で、軌道が横移動すると構造物に影響が出る箇所に設置される。従来は、バラストを掘り込み設置しており、軌道の根幹であるマクラギ下のバラストを一度緩めることとなり、設置後突き固め作業を重点的に実施しなければならず、施工性が悪かった。標準型の形状取り付け状況は、図 2-2 参照。



出典：JICA 調査団作成

図 2-2 座屈防止板 標準型（埋込みタイプ）

提案製品である打込み型座屈防止板は、マクラギ端部に固定金具を設置し、バラストを掘り起こすことなく直接施工できる打込み型で、バラストを乱さない。打込み型取り付け状況は、図 2-3 参照。



出典：JICA 調査団作成

図 2-3 座屈防止板 打込み型

本製品の開発により、特殊軌道整備技術を持った職人以外でも設置が可能となり、海外への展開の可能性も広がった。また、本製品は、耐圧、耐腐食性に優れた高強度ダクタイル鋳鉄を使用しており、日本国内独自の技術を活用している。

設置方法は、マクラギ端部のバラストを掻き出し、マクラギ端部に本体を設置し、打込み矢板を差し込む。打込み矢板の効果を発揮するためバラストを一部埋め戻した上で大ハンマーにて矢板を打ち込む。最終的にマクラギ端部のバラストを埋め戻し、突き固め・締固め作業を実施し、取り付けを完了する。



出典：JICA 調査団撮影

写真 2-1 本体/打込み矢板設置



写真 2-2 打込み完了状況

座屈防止板の鋳鉄のスペックは、球状黒鉛鋳鉄品 JISG5502 の FCD450 に準拠しており、機械的性質は以下の通り。本材料は普通の鋳鉄に比較し強度、伸びともに大幅に上昇しており、普通鋼材より炭素量が多く、硬さと粘り強さのバランスがとれ、炭素量も多いので腐食にも強い特徴がある。

本製品は、JIS 認定工場で作られた材料での販売を基本としており、現時点では海外での製作は考慮していない。

表 2-1 球状黒鉛鋳鉄品 JISG5502 の FCD450

種類の記号	引張強さ N/mm <sup>2</sup>	耐力 N/mm <sup>2</sup>	伸び %	シャルピー吸収エネルギー			(参考)	
				試験温度 ℃	3 個平均 J	個々の値 J	硬さ HB	基地組織
FCD450	450 以上	280 以上	10 以上	—	—	—	140 ～210	フェライト

出典：一般財団法人 日本規格協会

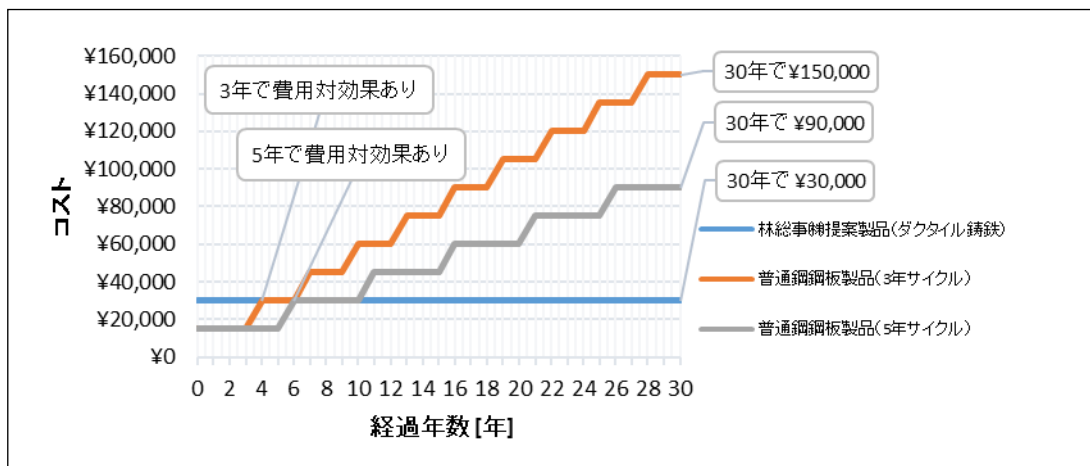
普通鋼鋼板製との比較優位性：

林総事株式会社の打込み型は特許を取得しており他社には同様の製品はない。材質はダクタイル鋳鉄製であり、普通鋼鋼板製と比較し耐腐食・耐摩耗性が高く、効果の持続性も高い。結果、長寿命であり、軌道整備の省力化に寄与する。

表 2-2 競合他社とのトータルコスト比較

材質	初期費用	交換時期	トータルコスト
	購入費	ライフサイクル	(30 年間)
高強度ダクタイル鋳鉄	約¥30,000	30 年以上	約¥30,000
普通鋼鋼板	約¥15,000	3～5 年	約¥90,000～¥150,000

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 2-4 競合他社とのトータルコスト比較

海外市場においては、ドイツ・英国メーカーが普通鋼鋼板製の座屈防止板を生産・販売している。英国における性能試験の結果、横抵抗力の数値は林総事株式会社の高強度ダクタイル鋳鉄製がいずれの条件下でも最高値を得ており普通鋼鋼板製と比較して優位性が証明されている。

また、設置時間の比較においても林総事株式会社製はヨーロッパ他社普通鋼鋼板製品と比較して半分程度の時間で設置が可能であり省力化も実現できる製品となっている。

表 2-3 設置時間・材料 比較表

メーカー/タイプ	設置時間 (分/秒)	材質
林総事 (株)	7:20	ダクタイル鋳鉄
A 社	10:30	普通鋼鋼板
B 社	14:10	普通鋼鋼板

出典：JICA 調査団作成

表 2-4 横抵抗力 比較表

テスト条件	25mm 変位時数値	数値 35mm 変位時
林総事 (株)	Avg. 19.9kN	Avg. 22.4kN
A 社	Avg. 19.3kN	Avg. 21.1kN
B 社	Avg. 13.3kN	Avg. 14.9kN
座屈防止板ナシ	Avg. 12.7kN	Avg. 11.8kN

出典：JICA 調査団作成

## 2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

今回提案の製品は、耐腐食、耐磨耗性に優れ一度設置すると半永久的に使用できる製品となっている。

また、今までにないシンプルな構造と簡単な施工方法で敷設できるため、メンテナンス予算が少ない、あるいはメンテナンス意識の希薄な開発途上国の環境下でも十分に理解され、軌道維持管理と軌道管理費の削減が実現できる製品である。

2015 年より香港 MTR へ 15,360 基の納入実績ができたことにより、海外においても対象製品が期待される効果を十分に発揮し、その有用性が確認された。

現時点で主に国内主要鉄道事業者への納入を続けているが、長寿命製品のため、販売数量拡大は、ある程度までとなることが予想される。

そのため香港 MTR での実績をもとに販売対象を海外に拡大し、今後のビジネス展開を図りたいと考え、海外進出を目指すものである。

本製品の優位性を理解できる程度のレベルがあり、かつ鉄道輸送が重要な社会インフラになっている国を選定し、海外事業を今後も拡大していきたい。普及・実証事業において、本製品の有効性が現地で認められれば、日本から製品を輸出し、南アフリカ共和国の施工業者（BEE 企業）にて設置することとしたい。

基本的に全ての製品の生産は、日本国内での生産を考えており、製品となったものを輸出することで考えている。ただ、将来的には南アフリカ共和国でのローカル・コンテンツを増やすため、ボルト類を現地生産とすることも検討する。販売体制は、基本的に受注生産を考えており、リスクの軽減と模倣品防止のため、生産した製品は全て取り付け指導まで実施したい。普及・実証事

業においてカウンターパートおよび現地取り付け業者への取り付け指導およびその技術移転を行うこととする。

提案製品は日本国内での生産を考慮しており、現地への投資は計画していない。ただし、販売対応として、事務所の設置を将来の検討事項としている。

### 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

本装置は、軌道を安定化し、軌道整備の省力化を進める装置である。本装置の設置により、日本の軌道整備技術をアピールするきっかけとなり、日本の軌道整備技術の現地での展開が期待される。

本提案製品の主要部材はダクタイル鋳鉄製で、日本独自の強度を上げた製品であり国内での生産品となる。生産工場は、大阪府・新潟県・岩手県・熊本県にあり、各地域の経済の活性化および雇用の創出にも寄与する。

関係する各社は以下の通り。

- ① 株式会社センシュウ：大阪府岸和田市  
ダクタイル鋳鉄、高力ダクタイル鋳鉄、黒心可鍛鋳鉄、パーライト可鍛鋳鉄、普通鋳鉄、アルミニウム鋳鉄、上記機械加工一式
- ② 株式会社マツオ技研：新潟県小千谷市  
普通鋳鉄、ダクタイル鋳鉄、各種機械加工
- ③ 岩手製鉄株式会社：岩手県北上市  
銑鉄鋳物（普通鋳鉄・ダクタイル鋳鉄）鋳鋼、アルミ鋳物、ステンレス鋳物等
- ④ 株式会社太田鋳造所：熊本県上益城郡嘉島町  
銑鉄鋳物鋳造（株センシュウの100%子会社）
- ⑤ 株式会社クリタ：愛媛県西条市  
普通鋳鉄、ダクタイル鋳鉄、各種合金鋳鉄、鋳鋼品

上記以外に、仕上げ工程、表面処理、ボルトなどの基幹部品の地方調達にも寄与する。

本技術が南アフリカ共和国をはじめとする南部アフリカに展開できた場合、ダクタイル鋳鉄を製作する大阪・新潟・岩手・熊本の各地方鋳造所に発注することになり、地方経済の活性化、雇用の創出・促進に寄与できる。

## 2-4 南アフリカ共和国における特許

本提案製品は、2017年6月に南アフリカ共和国での特許を取得した（出願2016年6月、認容2017年3月、公告2017年5月）。



## 第3章

# ODA事業での活用が見込まれる製品・技術 に関する調査および活用可能性の検討結果





## 第3章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査および

### 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（紹介、試用など）

##### 3-1-1 調査の基本方針

南アフリカ共和国主要都市近郊旅客鉄道運行区間において、軌道整備状況の把握および有効的な整備対象としての座屈防止板の設置箇所を検討し、試験設置を行い実効性と機能を検証し、鉄道事業者にその実効性をアピールする。

- 目標 1 鉄道事業者へのヒアリングを行い、軌道整備のニーズを把握する。
- 目標 2 座屈防止板設置箇所を特定し、試験設置を行い、実効性を確認する。
- 目標 3 今後 ODA 事業案件化の可能性について、とりまとめる。

案件化調査の現地活動ごとの調査内容・方法は以下の通り。

##### (1) 第1次現地調査（2016年11月）

第1次現地調査では、本製品の特徴、有効性について、カウンターパートである PRASA にプレゼンテーションを実施し、本調査への協力を取り付けると共に、TFR 等他関係者へもプレゼンテーション、ヒアリングを実施し、本製品への理解度を促進した。

##### (2) 第2次現地調査（2017年1月）

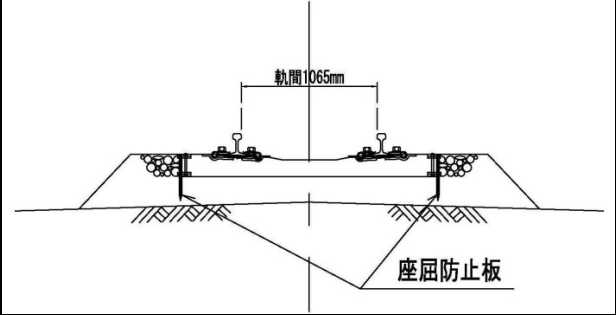
第2次現地調査では、PRASA の了解のもと、測定箇所を特定し軌道変位量の初期値を測定した。当初考慮していた測量用基準杭については、盗難の可能性があるため既設構造物（電柱等）の固定点から、測定することとした。

調査項目	調査方法/目的	現時点での既知事項	調査での確認事項
当該製品設置箇所調査	PRASA との協議。試験施工の内容についてプレゼンテーションの実施。プレトリア市、ダーバン市、ケープタウン市の各鉄道保線担当者を訪問し、許可を得てから現地踏査を実施し、座屈防止板の設置位置を特定した。	軌道保守技術者が不足し、適切なメンテナンスが実施されていない。  線路内への立ち入りについては、届出と列車見張員の配置が必要。	調査位置を特定し、変位計測用の基準点を決定。  初期値を計測し、変位の基礎資料とする。

調査項目	調査方法/目的	現時点での 既知事項	調査での 確認事項
	<div data-bbox="413 262 1015 573" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="402 589 663 618">出典:JICA 調査団作成</p> <p data-bbox="584 633 845 663">図 3-1 軌道測定断面</p> <p data-bbox="402 725 1015 804">図 3-1 のように、軌道近傍の杭既設構造物とレールからの離れを計測し初期値とした。</p> <p data-bbox="402 819 1015 943">計測箇所は、カーブ区間、分岐器近傍など横変位の発生が懸念される箇所とし、鉄道事業者の了解のもと設置箇所を特定した。</p> <p data-bbox="402 958 1015 1037">設置箇所は各都市 2 箇所程度とし、建築限界外で保線作業等の支障のならないところとした。</p> <p data-bbox="402 1052 1015 1223">座屈防止板の設置準備として、既設マクラギの端部の寸法を計測する。コンクリートマクラギの場合、設置箇所、設置時期によって形状が違う可能性があるため、設置箇所ごとに測定した。</p>		

(3) 第 3 次現地調査 (2017 年 4 月)

調査項目	調査方法	現時点での 既知事項	調査での 確認事項
既設軌道へ座屈防止板設置および関係箇所へのヒアリング	<p data-bbox="402 1426 1027 1583">第 2 次現地調査で設置した計測点の距離を確認し、横移動量を確認した。1 箇所ごと 10 セットを設置した。1 都市 1 箇所、3 都市を考えているので、30 セットを用意し、別送便で搬入した。</p> <p data-bbox="402 1599 1027 1677">1 セット 30kg の重量があるため、900kg の別送貨物となった。</p> <p data-bbox="402 1693 1027 1794">装置設置前にマクラギの横抵抗力を測定し、その後座屈防止板を設置し、設置後の距離と、横抵抗力も測定した。</p>	PRASA の経営体力が落ち、設備投資が減少し、軌道の維持管理が適切に実施されていない。	座屈防止板の設置状況を確認してもらい、取り扱いの容易さを確認してもらおう。  ODA 案件形成の可能性調査。

調査項目	調査方法	現時点での 既知事項	調査での 確認事項
	 <p data-bbox="427 591 691 620">出典:JICA 調査団作成</p> <p data-bbox="557 629 900 660">図 3-2 座屈防止板取付状況</p> <p data-bbox="403 725 1021 837">座屈防止板の設置とは別に、鉄道事業者へのヒアリングを実施し、現状の問題点を把握し、現地の要望事項をまとめた。</p>		

(4) 第4次現地調査 (2017年7月・8月)

調査項目	調査方法	現時点での 既知事項	調査での 確認事項
座屈防止板設置後の変位調査および今後進出のための現地BEE企業へのヒアリング調査	<p data-bbox="406 1039 1029 1279">第3次現地調査で座屈防止板を設置した箇所のか月間の軌道変位を測定。測定結果を設置前の軌間の変位量と比較し、座屈防止板による横移動抑制効果を確認し、鉄道事業者(PRASA・TFR)へ報告した。設置した座屈防止板は上記測定後取外し日本に返送すべく手配した。</p> <p data-bbox="406 1290 1029 1361">今後の現地への進出を考え、現地BEE企業へのヒアリングも実施した。</p>	現地BEE企業との連携が不可欠になっている。	装置の機能確認と、調査箇所の原型復旧。

(5) 第5次現地調査 (2018年1月)

調査項目	調査方法	現時点での 既知事項	調査での 確認事項
最終調査報告および今後の展開のための情報収集	<p data-bbox="406 1579 1029 1650">第5次現地調査では、調査結果を総合的にまとめ、関係各位への報告を実施した。</p> <p data-bbox="406 1662 1029 1881">次のステップとなる普及・実証事業の準備のためカウンターパートであるPRASAとのMOU締結、今後の取り進め方、およびDOT・TFRを含めた南アフリカ共和国関係機関および現地企業からの情報収集を実施した。</p> <p data-bbox="406 1892 1029 2018">この試験設置の結果を踏まえて、TFRにも本装置の有効性の周知のため、プレゼンテーションを実施した。</p>	南アフリカ共和国におけるODA事業の必要性。	カウンターパートであるPRASAの普及・実証事業への参加意欲・熱意の確認。

### 3-1-2 調査実施体制

南アフリカ共和国の都市圏の鉄道所有者であり運行事業者である PRASA がカウンターパートとなり、PRASA 了解のもと、当該製品の設置必要箇所を選定、線路への立入り許可を得て、機器の設置性能試験が可能となった。

列車見張員の配置、軌道作業員の補強、線路閉鎖手続きの実施など、PRASA が積極的にサポートし、安全で効率的に調査を実施することができた。現地保線担当者も、本装置について大変興味を持っており、設置を手伝うなど積極的に対応してくれた。

### 3-2 製品・技術の現地適合性検証結果

(非公開)

### 3-3 対象国における製品・技術のニーズの確認

PRASA は、在来線の高速化を進め、今後 10 年間で 6 両編成 600 編成 (3600 両) の新型車輛の導入を進めており、この事業に伴い軌道の高速化、安定化が進められるため、曲線部、分岐器などの横移動抑制箇所への展開が期待される。

TFR についても、軸重量化による輸送力増強を進めており、本装置による軌道の安定性向上と軌道整備の省力化については、期待できる。

また、Gautrain については、現在でも曲線部の伸縮装置付近での横移動現象が続いており、本装置の事業展開の可能性がある。

### 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

本調査の試験設置で、PRASA 担当者に効率的軌道整備、事故防止対策への有効性については直接アピールできており、現地設置時、TFR 軌道関係者も立会いを行い同社軌道への活用の可能性についても確認できている。

第 5 次現地調査訪問時直前にも 2 件の事故・脱線が発生しており PRASA Technical の要人達も対応に忙殺されている状態で、本装置を活用した有効なメンテナンス体制の確立は PRASA 上層部にも大いにアピールするものと確信する。

また、監督官庁である DOT も、PRASA の従来のメンテナンスは問題が起こった際に泥縄式に対策を実施するだけで事故を事前に防止する「予防的メンテナンス」が出来ていないことを改善すべきとの考えがあり、本装置導入に伴い「予防的メンテナンス」という発想の確立に寄与するものと期待している旨の発言があった。

## 第4章

### ODA 案件にかかる具体的提案



## 第4章 ODA 案件にかかる具体的提案

### 4-1 ODA 案件概要

具体的な ODA スキーム名称としては普及・実証事業が考えられる。「南アフリカ共和国国営鉄道の脱線および軌道事故を効果的かつ未然に防止するための普及・実証事業（案）」の概要については、座屈防止板を活用した軌道整備の省力化、都市近郊鉄道改良、PRASA の新型車両導入による安定輸送の確保、将来的には、定時運行、高速化に伴う通勤路線の利便性向上などが考えられる。

普及・実証事業では、都市環境、気候、地盤状況などを勘案し、ケープタウンおよびダーバンが最適箇所と判断し、鉄道事業者 (PRASA) の協力を得て本装置の普及・実証事業を提案したい。設置に当たっては、普及・実証事業でマニュアルの作成、PRASA への設置要領の実技指導、PRASA の技術者への OJT として一緒に設置を行い、技術移転を進める。

PRASA では軌道の横変位による頻度の高い軌道整備作業が実施されているが、当該製品・技術を必要とする開発課題および期待される成果として、座屈防止板の設置による軌道の安定化により軌道整備作業の軽減、軌道に関連する事故減少、予防的メンテナンスの導入および高速化に伴う通勤路線の利便性向上への寄与の可能性がある。

期待される成果としては、①普及・実証事業の実施により、本製品の性能を確認する、②カウンターパートである PRASA の技術者の育成、③鉄道事業者の理解と協力により現地でのビジネス展開が考えられる。

対象地域および製品・技術の設置候補サイトについては、案件化調査における PRASA との協議の結果から、普及・実証事業は、ケープタウンおよびダーバンでの実施が有効であると考えられる。

ケープタウンを選定した理由は、

- ① 当該線区は複線で近郊電車が頻繁に運行されている重要路線である。
- ② 比較的治安が安定しており、作業や設置後の盗難等の懸念が少ない。
- ③ 軌道整備機器、転圧機などの機械の手配ができ、作業環境が良い。
- ④ 現場は海岸に面しているが、砂地の軌道においても提案製品の効果が確認でき、また、本製品はダクタイル鋳鉄製のため、塩害にも強いことが実証出来る。などの点が上げられる。

ダーバンを選定した理由は、

- ① 当該線区は寒暖の差が激しく、軌道の座屈現象が著しい。
- ② 保守作業に苦慮していることもあり、この地の保線作業者が非常に協力的である。
- ③ 軌道整備機器、転圧機などの機械の手配ができ、作業環境が良い。
- ④ この厳しい軌道条件を本製品により改善できれば、PRASA のみならず TFR 向けも含め大きな PR 効果が得られる。などの点が上げられる。



設置箇所を上記2箇所を選定した理由は、PRASAが2箇所での検証を希望していることに加え、ケープタウンでは砂地で運行本数が多いカーブ箇所での実証結果が得られ、ダーバンでは温度差が激しく急なS字カーブ箇所での実証結果が得られ、南アフリカ共和国における最も厳しい条件下で提案製品の効果が実証出来ること。これをもって、PRASAのみならずさらに大きな需要が見込まれるTFR向けにも有効なPR効果が期待できるので、将来のビジネス展開に繋げる上で必要不可欠と判断したためである。

また、当該区域は市街地であり、自然保護区等は該当しない。

#### 4-2 具体的な協力計画および期待される開発効果

成果、活動については以下の通り。

<p>案件名：南アフリカ共和国国営鉄道の脱線および軌道事故を効果的かつ未然に防止するための普及・実証事業</p>	
<p>目的：座屈防止板をPRASA軌道に導入することにより、軌道整備の効率化、軌道事故の削減における優位性、有効性が実証され、PRASAを通じた普及方法（ビジネス展開計画）を策定する。</p>	
成果	活動
<p>成果1 提案製品を導入、設置することで、本製品の性能が実証される。</p>	<p>1-1 案件化調査で確認できた座屈防止板の効果を基に、より長期間（1年以上）かつ長区間にわたり本製品を設置する。</p>
	<p>1-2 設置前、設置後の横方向変位量/道床横抵抗力を測定し、その結果を鉄道事業者に周知する。</p>
	<p>1-3 分岐器や直線区間、駅ホームなど多様な使用方法があることを関係者に理解してもらう。</p>
<p>成果2 本装置の設置に伴うメンテナンス回数の削減（コスト削減）効果が実証される。</p>	<p>2-1 本装置を長期間設置することにより鉄道事業者にとってどの程度のコスト削減（メンテナンス回数の削減）が可能かの検証を行う。</p>
	<p>2-2 上記2-1の検証結果により、軌道メンテナンス回数の削減が出来ることを確認し関係者にアピールする。</p>
<p>成果3 カウンターパートであるPRASAの技術者が育成される。</p>	<p>3-1 座屈防止板の設置前にPRASA関係者および設置業者に技術指導を行う（設置前軌道整備の必要性や設置方法などの講習会の実施）。</p>
	<p>3-2 PRASA軌道整備担当者と共同で設置することにより、設置のためのノウハウと維持管理方法の技術移転を実施する。</p>

	3-3 PRASA 軌道整備担当者および施工業者向けにビデオを含めた設置・管理マニュアルを作成する。
	3-4 PRASA の保線作業員による設置やメンテナンスが可能になるよう指導する。
成果4 DOT・PRASA の幹部に提案製品の優位性、効果が理解される。	4-1 DOT・PRASA の幹部および技術者に対し本邦受入活動を実施し、本邦にて工場見学、日本の軌道整備の実態の紹介等により提案製品の効果を理解してもらう。
	4-2 定期的に同国を訪問し DOT・PRASA 幹部レベルへのセミナーおよび PR 活動を実施する。
成果5 鉄道事業者の理解と協力により、今後のビジネス展開に向けた調査が実施され、体制が構築される。	5-1 製品の納入先は現地鉄道事業者（PRASA、TFR、ヨハネスブルグの都市鉄道 Gautrain（ハウトレイン））、設置作業については現地軌道整備会社（BEE 企業）と共同での実施となるようなスキームを構築する。
	5-2 現地販売代理店の選定を行う。
	5-3 国産化率の増加およびコスト競争力向上のためにボルト・ナット類等部材のメーカーの調査を実施する。
	5-4 南アフリカ共和国の軌道工事会社（BEE 企業）と共同で TFR 等 PRASA 以外の鉄道事業者、南部アフリカの近隣諸国（モザンビーク・ジンバブエ・ザンビア・ナミビア等）へのビジネス展開の可能性を調査する。

日本側の役割（投入）としては、本製品の取り扱いの注意点、現場に合わせた設置方法など、過去の施工経験から得られたノウハウを現地作業員と一緒に設置することにより技術移転を図る。

カウンターパート側の対応については、案件調査時と同様に座屈防止板設置時の作業員の手配をお願いしたい。今回は距離も長くなるため軌道作業員の配置をお願いしたい。

また、本装置設置の前に、軌道を計画線形に修正し、その計画線形を維持できるように本装置を設置したい。

本装置の設置の簡便性や、計画線形の変更等による軌道修正時、打ち込み矢板を引き抜くだけで、軌道の線形変更が実施でき、線形修正後また打ち込めば効力を発揮できるとの扱いの容易性についても確認したい。

・事業実施の基本方針

技術面の基本方針は、下記の通りである。

- ① 日本で開発された軌道維持管理のための座屈防止板を南アフリカ共和国に初めて導入し、南アフリカ共和国側に設置・維持管理技術を移転し、本事業終了後も南アフリカ共和国側だけで継続して維持管理ができるようにする。
- ② 案件化調査時点で座屈防止板設置候補地はケープタウンおよびダーバンとしているが、本事業においてはその中でも急曲線区間等の技術的に難易度が高く、軌道の横移動防止のニーズが強い場所を選定して、設置区間および設置期間を長く取り、本技術設置の有効性と経済性

を明らかにする。

運営面の基本方針は、下記の通りである。

- ① カウンターパート機関である PRASA に対し、座屈防止板の設置・維持管理技術を移転する。
- ② 南アフリカ共和国での市場参入に必要となる BEE 企業との提携、製品の現産化を念頭において普及・実証事業を実施する。
- ③ 南アフリカ共和国の事情に通じていて政府機関（DOT と DPT など）・鉄道事業者（PRASA と TFR・Gautrain）との関係が強い現地コンサルタントを外部人材に加え、普及・実証事業の円滑な実施を図る。

#### ・事業の内容

- ① 座屈防止板を 2 箇所 約 1,500m にわたり設置し、季節ごとの横方向変位量・横方向抵抗力を測定し、座屈防止板の効果についての評価を行う。
- ② PRASA に対し、現地での設置方法・維持管理方法に関する訓練やセミナーを実施するとともに本邦受入活動を行い、座屈防止板技術の理解を深め、技術移転を図る。
- ③ 普及・実証事業後のビジネス展開（南アフリカ共和国内および周辺諸国）を策定する。

#### ・事業の実施方法

本事業の事業実施の全体像を図 4-2 に示す。カウンターパート機関である PRASA との密接な連携のもとに、ケープタウンおよびダーバン近郊の急曲線区間 1,500m をプロジェクトサイトとして、ここに提案製品を設置して、その効果を実証する。また現地において、TFR や DPE(公共企業省)、鉄道関連企業、周辺国鉄道公社等を広く対象としたセミナーおよびデモンストレーションを開催し、本製品の説明を行うとともに、設置の現場を見てもらい、関係者の関係者の本製品に対する理解を深める。さらに、DOT・PRASA の幹部および技術者に対し本邦受入活動を行い、工場見学、日本の軌道整備の実態の紹介等により提案製品の効果を理解してもらう。

設置にあたっては、提案法人より PRASA および実際に設置を行う現地軌道整備会社に対して十分な技術指導を実施して、技術移転を行う。

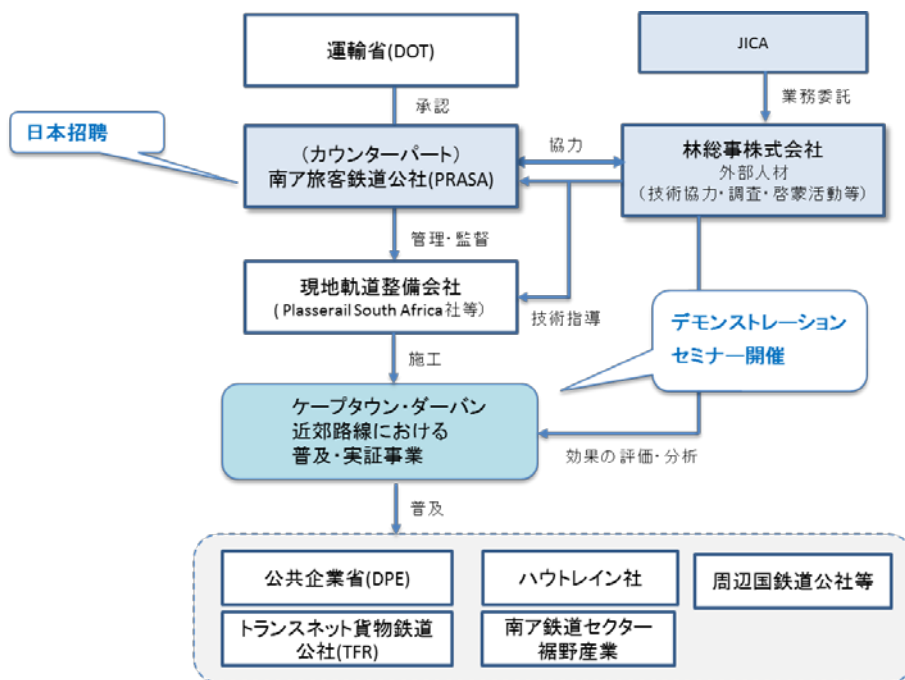


図 4-1 普及・実証事業実施の全体像

・ 機材設置場所および必要条件

機材設置場所：①ケープタウン地区 ②ダーバン地区 とする。

必要条件：①PRASA からの線路への設置許可が必要である。

②座屈防止板設置にあたり、PRASA の協力体制（PRASA 側の監督者、設置のための軌道工、線路見張員）が必要である。

案件化調査の結果、線路・運行条件およびカーブが多く軌道での座屈防止板の設置効果並びに現場での作業性・安全性などを勘案して、普及・実証事業での設置場所としてはケープタウンおよびダーバンのサイトが望ましいと提案したところ、PRASA も了承し設置場所の提供を快諾している。

設置場所は、①PRASA ケープタウン地区の Southern Suburbs Line の Fish Hoek 駅付近

②PRASA ダーバン地区の North Coast Line の Red hill 駅付近である。

特にダーバン地区については、軌道の座屈現象が著しいため、維持・管理に苦慮しており、PRASA からの強い希望があった。



写真 3-1 ケープタウン地区での設置作業



出典：PRASA (Metrorail) の Web-site より。

図 4-2 PRASA の Cape Town 地区路線図



写真 3-2 ダーバン地区での設置作業



出典：PRASA (Metrorail) の Web-site より。

図 4-3 PRASA の KwaZulu-Natal 地区路線図

また、TFR への PR の一環として、TFR が管理する全国の鉄道重要構造物付近に座屈防止板を設置してもらうように働きかける。

本案件化調査終了時に現地铁道事業者（特に PRASA と TFR）に本案件調査結果に関するプレゼンテーションを実施し、需要の発掘を行った。

急曲線区間に設置した場合、最低でも 500m 程度、マクラギ本数からすると 833 本分の設置を考慮しないと、本装置の効果が期待できない。

本装置が 1 セット（マクラギ 1 本分）で 6 万円が原価なので、材料費だけで 49.98 百万円、輸送費、工具、人件費等を換算すると概算で 1 億円余りの予算が必要となる。

普及・実証事業により現地鉄道事業者が、当該製品の実効性を認めて、導入の可能性が広がれば、本邦鉄道技術全体をアピールできる端緒にもなり、座屈防止板を含んだ軌道改良、省力化などの次のステップの ODA 案件への拡大が期待できる。

まず PRASA 管理下の都市旅客鉄道実効性が認められ、実証結果報告が DOT に報告されれば、TFR など全国的な展開が期待できる。

また、南アフリカ共和国は、南部アフリカの中心国であるため、そこでの普及・実証事業の成果が証明されれば、ザンビア・ジンバブエ・モザンビークなど南部アフリカ諸国への展開の可能性も増大する。

#### ・事業実施スケジュール（2018 年 10 月～2021 年 6 月）

事業実施のスケジュールを図 4-1 に示す。

普及・実証事業契約締結後、直ちに本製品の製作を開始し、2019 年 4 月より本製品の設置を開始する予定である。設置期間中は、半年後と 1 年後に変位の状況等の計測・分析を実施する。設置された本製品は、その設置のまま、本事業終了後に南アフリカ共和国側に引き渡されることになる。本製品を譲渡後、カウンターパート側の技術者および監督者にメンテナンスの教育を行い、有効に維持・管理が継続していくよう、その保全に努めさせる。

そのため、現地ではセミナーを開催し、カウンターパートのほか、あわせて南アフリカ共和国政府機関、TFR 関係者、関係企業、周辺国鉄道関係者を対象として、本製品の紹介とデモンストラーションを実施し、予防保全の技術移転を進めていく。

本製品の設置、計測・分析、セミナー開催、および現地側との打合せのために、計 5 回程度の現地調査を計画している。

また 2019 年に秋に開催される第 6 回鉄道技術展に合わせて本邦受入活動（4～5 人程度）の実施を予定。本邦招聘では、DOT・PRASA の幹部および技術者を対象に本製品の製造現場や日本の鉄道における本製品の活用実態を視察し、詳しい説明を受けることにより、本製品の特長や有効性に関する理解を深めていただくとともに、政府機関、カウンターパート関係者とのネットワークを形成することを目的としている。

本普及・実証事業は 2021 年 4 月に終了し、以後は、ビジネス展開を図っていく。

表 4-1 事業実施スケジュール

	2018年	2019年				2020年				2021年	
	10～12月	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月	4～6月
契約	★										
座屈防止版の製作	→										
座屈防止版の輸送		→									
座屈防止版の設置			→								
据付期間			→								
計測・分析			★		★		★				
セミナー開催			★		★						
機材の引き渡し									★		
現地調査	★		★		★		★		★		
本邦招聘					→						
報告書作成										→	

### 4-3 他 ODA 案件との連携可能性

南アフリカ共和国は中進国に分類されているが、環境、安全、生活環境の向上等で他案件と協力できる分野はあると考えられる。だが、現在のところは、具体的に連携の可能性のある案件等はない。

また、南アフリカ共和国を基点として、ジンバブエ・ザンビア・モザンビークなど南部アフリカ周辺国への展開も期待できる。周辺国では、住民の生活環境向上、利便性の向上、都市交通網の整備などの連携が期待できる。

### 4-4 ODA 案件形成における課題と対応策

南アフリカ共和国における座屈防止板設置の課題として鉄製品の盗難防止対策が挙げられる。既設の鉄道構造物でも、ボルトを溶接するなどの盗難対策が取られており、特殊なボルト・ナットの開発、設置が必要となる。

本製品は、本体はダクタイル鋳鉄であるため日本での制作が条件となるが、付属部品のボルト・ナットなどは、現地企業と盗難防止の対策を検討できる可能性がある。

設置にあたっては、PRASA 全線で、本装置設置個所を確認するとともに、沿線の住環境（盗難防止）を含めた所要規模の把握も必要である。

また、普及・実証事業後のビジネス展開においては、当面のカウンターパートである PRASA の財務状況を確認し、軌道の保守に振り分けられる予算を確認し、本装置設置の可能性、ビジネス規模の確認が必要である。

南アフリカ共和国では、BEE 企業の積極的な採用を進めており、同国内での官民癒着による汚職に巻き込まれる可能性がある。BEE 企業選択時には、その経営理念、経営方針、過去の確認を行い、適正な対応できる業者の選定が重要となる。

#### ① PRASA の協力体制

PRASA の人事異動により従来のカウンターパートが異動する可能性があるため、PRASA と上記の MOU を締結して組織間の了解事項として対応する。

#### ② 輸入リスク

普及・実証事業では 2,500 ユニットの座屈防止板の輸出を計画しており、案件化調査で実績があり信頼できる物流会社を活用する。

③ 盗難防止、運搬保管時のリスク

南アフリカ共和国における座屈防止板設置の課題として鉄製品の盗難防止対策が挙げられるが、案件化調査において使用したボルトを固定するケミカルアンカーの使用および特殊なボルト・ナットの開発によって盗難防止を図る。また座屈防止板の運搬・保管に関しては案件化調査において良好な関係を構築した実績のある物流会社、また PRASA の倉庫を利用する。

4-5 環境社会配慮にかかる対応

環境への影響および用地取得の必要はない。

4-6 ジェンダー配慮

特になし。





## 第5章

### ビジネス展開の具体的計画



## 第5章 ビジネス展開の具体的計画

### 5-1 市場分析結果

(非公開)

### 5-2 想定する事業計画および開発効果

(非公開)

### 5-3 事業展開におけるリスクと対応策

(非公開)

## Summary:

### 1. Current situation in the relevant country/region

#### (1) Political and socioeconomic situation in the relevant country/region

Average economic growth in the Republic of South Africa stood at around 3% per annum over the 10 years between 2004 and 2014, but the country's income gap has grown and the unemployment rate is extremely high. Against this backdrop, the South African government is looking into spending 32 trillion yen on infrastructure expansion and improvement between 2012 and 2020 in areas such as water, rail, and electricity with the aim of achieving economic growth and increasing employment as well as improving social welfare for the poor.

Furthermore, the government also has a firm policy of creating social stability by enhancing fundamental social infrastructure services and providing support to disadvantaged members of society, and improving the environment for overseas investment and business.

On the other hand, economic growth between 2016 and 2017 slumped to less than 1% (an unusually low level for a developing country) and weak governance led to the spread of corruption, and the main economic policy of the Zuma administration took the form of populist handouts under the name of poverty alleviation which were ineffective, so without any effective measures the economy decelerated. While there are high hopes that President Ramaphosa, a former businessman, will put the economy back on its feet, but it seems not easy to rebuild an exhausted economy that relies on resources.

#### (2) Development issues in the relevant country/region

The Republic of South Africa has a total of 22,000km of rail tracks, and operation is broadly divided between TFR (Transnet Freight Rail), which is responsible for transporting freight by rail, and PRASA (Passenger Rail Agency of South Africa), which is responsible for transporting passengers by rail.

In terms of passenger transportation, metropolitan rail transportation for passengers in six urban areas including Johannesburg, Cape Town, and Durban in four provinces is run by Metrorail, and long distance intercity rail transportation for passengers is run by Shosholoza Meyle.

PRASA, which has responsibility for passenger rail transportation, has not suitably invested in the railways over the past 20 years and as such train carriages and other facilities are aging.

Aging is a particularly serious problem for carriages, as their average period of use is almost 40 years. With regards to tracks, rails and sleepers have also become damaged due to aging and in some cases no appropriate maintenance and management is performed, meaning accidents often occur and ensuring safety in railway operations is a significant problem to be solved.

In order to deal with such problems, PRASA has a modernization plan under which it is proceeding with the introduction of new carriages, and is upgrading the network, facilities, and signals as well as improving tracks.

PRASA itself is also facing aging-related issues as its engineers and experienced workforce age and retire, and with insufficient skill transfer to their successors, it faces obstacles to the implementation of suitable maintenance and the ability to swiftly respond to accidents.

Although investment in modernization and transportation capacity is expected to greatly increase henceforth, training the engineers and enhancing the skills of the workforce that will be required to deal with new technology to be introduced and perform subsequent quality control and maintenance in a suitable way is also an important issue.

- (3) Compatibility of country/region of survey with Japan's Foreign Aid policy  
The country-specific aid policy released by the Ministry of Foreign Affairs in December 2012 specifies the following important areas for aid.
- A. Strengthening of foundation for human resources and support for infrastructure development  
In order to accelerate the improvement of infrastructure focusing on the areas of energy, water, and rail with the target of sustainable economic growth, Japan will provide support for project formulation and plan creation that incorporates not only works implemented using public funding but also works implemented using private capital including capital from Japanese companies.
  - B. Support for economic and social participation of socially disadvantaged persons  
Economic disparity in South Africa causes inequality in the fundamental social services that people receive, so Japan will promote the economic and social participation of women and other socially disadvantaged persons through support for disabled persons, improvement of the social security system, the development of human resources to be involved in community development, and other such measures.
  - C. Development of Southern Africa  
Japan will make efforts towards the development of the Southern Africa region by working together with South Africa - the region's main economic power. In specific terms, Japan shall share the experience it has gained in Asia and work with South African development finance and other organizations to implement surveys and other work concerning the formulation of wide-area infrastructure projects in the Southern Africa region. Aid for other countries in the Southern Africa region will be provided through tripartite cooperation with the Republic of South Africa.

The aid policy noted above explicitly states support for the development of infrastructure centering on the area of rail, and this proposal is thus compatible with Japan's aid policy as a central point that will influence the overall improvement of rail tracks.

## 2. Potential for use of proposed product/technology and Basic policy of expansion of business overseas

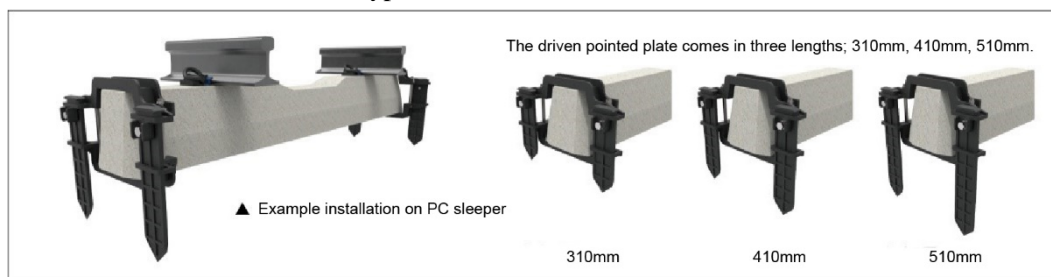
### (1) Features of proposed product/technology

The ballast track has a low lateral resistance to lateral force by itself, and in many cases this causes carriages to come into contact with platforms or laterally go beyond the tracks on curves and other sections of track.

The proposed product is a device to prevent the lateral displacement of tracks due to trains running on the ballast, temperature changes, and other factors.

The drive-in type sleeper anchor proposed here is installed on the ends of a railway sleeper with a fixing bracket, and the fact that it is drive-in type means that it can be directly installed without digging up the ballast, which means that it does not disrupt the ballast. See the figure

below for how the drive-in type is installed.



Source: created by the JICA survey team

Figure 2-3: Sleeper Anchor (Drive-in type)

The specifications of the cast iron used in the sleeper anchor comply with JISG5502 FCD450 for ductile cast iron. This material has much superior in terms of strength and elongation than standard steel plate, and with its higher carbon content than ordinary steel it enables a balance between hardness and endurance to be achieved as well as having a strong resistance to corrosion due to the presence of a large amount of carbon.

#### Relative superiority over plates made from ordinary steel

Hayashi Soji Corporation has acquired a patent for this drive-in type product, and no other company provides a similar type of product. The material is ductile cast iron, which has a high resistance to corrosion and friction compared to standard steel, and it is able to sustain its effectiveness long-term. As a result these products have a long lifespan and contribute to labor saving in the maintenance of rail tracks.

In overseas markets, while UK and German manufacturers make and sell such products they are all made from standard steel plate, which means they have a low resistance to corrosion and friction and do not maintain their effectiveness over the long-term.

The results of a performance test held in the UK showed that Hayashi Soji Corporation products offered the highest lateral resistance values under all conditions, thus proving its superiority over products from other companies.

Furthermore, in terms of installation time, Hayashi Soji Corporation products can be installed in around half the time of other products from European companies, making them labor saving products.

#### (2) Importance of overseas business expansion for the company making the proposal

The proposed product has a high resistance to corrosion and friction, and can be used almost semi-permanently once installed. On top of this, as they have a new and unique simple design and can be laid using a simple installation method, these products keep the maintenance budget low, which makes them a convincing product for use in developing countries that do not take maintenance into consideration to a great extent and enables a reduction in track maintenance management work and costs.

15,360 units have been delivered for Hong Kong's MTR since 2015, and with this the proposed product has been able to fully produce the results expected of it and confirm its usefulness.

- (3) Expected contributions to regional economies in Japan through overseas expansion of the proposing company

This device stabilizes rail tracks and saves labor in the maintenance of rail tracks. The installation of this device will bring an opportunity to promote Japanese rail track maintenance technology, and can be expected to lead to the local expansion of this technology.

The main components of the proposed product are made of ductile cast iron and have a unique Japanese strength, and are produced in Japan. Production plants are located in Osaka, Niigata Prefecture, Iwate Prefecture, and Kumamoto Prefecture, and contributes to the stimulation of regional economies and the creation of employment.

### 3. Results of survey concerning product/technology expected to be used in ODA works and investigation into utilization potential

- (1) Basic policy in the survey

An understanding was gained of the state of railway tracks maintenance on passenger lines in suburban areas around major South African cities and an investigation was performed at installation locations for the sleeper anchor to serve as effective areas for the maintenance. Test installations were then performed, the viability and function was verified, and this viability was appealed to the railway operators.

Target 1: Hold discussions with the railway operators, and identify needs for track improvements.

Target 2: Identify locations for installation of sleeper anchor implement test installations, and check the effectiveness of the device.

Target 3: Compile report concerning the potential for ODA project formulation.

The content and methods for local activities in the survey project are as below.

- (i) 1st local survey (November 2016)

In the first local survey, a presentation was given to the counterpart (PRASA) about the features and effectiveness of this product, and as well as gaining cooperation for this survey, presentations and discussions were also held with TFR and other stakeholders to increase understanding of this product.

- (ii) 2nd local survey (January 2017)

In the 2nd local survey, the measurement points were identified and the initial values for track displacement were measured with the understanding of PRASA.

Measurement piles were initially considered for use, but due to the risk of theft the decision was made to take measurements using fixed points on existing structures (such as utility poles).

- (iii) 3rd local survey (April 2017)

The distance of the measurement points installed in the 2nd local survey was checked to confirm the degree of lateral movement during 3 months before installation of sleeper anchors. 10 sets were installed in each location. The idea was for one location in each city for a total of three cities, so 30 sets were prepared and shipped separately for installation.

Before installing the devices, the lateral resistance value of the sleepers was measured, and then the sleeper anchors were installed and the post-installation distance and lateral resistance value were measured.



(iv) 4th local survey (July/August 2017)

Track displacement over three months in the locations where the sleeper anchors were installed in the 3rd local survey was measured. The measurement results were compared to the displacement between tracks prior to the installation to check the lateral movement suppression effect of the sleeper anchors, and a report was given to the railway operators (PRASA/TFR).

In consideration of local business expansion , discussions with local BEE companies were also held.

(v) 5th local survey (January 2018)

In the 5th local survey the results of the survey were compiled and reports were given to each stakeholder.

The contents of MOU was discussed with the counterpart PRASA for the purpose Verification and Disseminating project which forms the next step to take, and as well discussing how things will proceed henceforth, information was gathered from South African organizations and companies including DOT and TFR.

A presentation was also given to TFR based on the results of these test installations in order to make TFR aware of the effectiveness of this device.

(2) Results of local conformity verification of product/technology  
(Not open to public)

(3) Effectiveness of proposed product/technology in terms of developmental issues faced by the relevant country and potential for utilization

The test installations in this survey have been more than enough to appeal to PRASA representatives the way this product can effectively improve the track and achieve the resultant safety, and TFR representatives who were present on site during the installations gained an awareness of the potential for utilization by TFR.

Two accidents/derailments occurred immediately prior to the visit for the 5th local survey and PRASA Technical were overwhelmed dealing with this situation, so we are highly confident that the establishment of an effective maintenance structure using this device has become very attractive to the top management of PRASA.

Furthermore, the DOT, which supervise PRASA, believes that the longstanding maintenance issue of simply improvising a response whenever a problem occurs while being unable to perform preventive maintenance to stop accidents before they occur must be addressed, and expressed hope that the introduction of this device will contribute to the idea of preventive maintenance taking root.

#### 4. Specific proposal pertaining to ODA project

(1) Overview of ODA project

Verification and disseminating project could be used as the name for a specific ODA scheme. The overall concept for the “ Verification and Disseminating project for the Effective Prevention of Derailments and Track Accidents on Passenger Rail Agency of South Africa (Proposal)” could include labor saving for track maintenance using sleeper anchors, urban and suburban railway improvement, ensuring stable transportation with PRASA’s introduction of new carriages, and in future on time operation, prevention of track-related accidents, implementation of preventive maintenance, and increased convenience of commuter lines using high speed trains.

For Verification and Disseminating project, Cape Town and Durban have been determined to be the optimum locations in consideration of aspects such as urban environment, climate, and ground state, so we wish to gain the cooperation of the rail operator (PRASA) and increase the use of this device and implement practical verification. Installation work will involve technology transfer through the creation of a manual for verification and disseminating project, practical guidance to PRASA for installation work, and conduction installation work together for OJT.

PRASA undertakes frequent improvement work due to lateral displacement of tracks, and the development issues for which this product and technology are required and the desired results may include a reduction in the burden of track maintenance and contribution to high speed railway through the stabilization of tracks with the sleeper anchors.

The desired results may include the training and education of the counterpart PRASA's engineers who will check the performance of the products with the implementation of (1) Verification and Disseminating project, and (2) the development of business locally through the understanding and collaboration of railway operators.

With regards to the candidate sites for installation of the products and technology in the relevant region, Cape Town and Durban are considered to be valid for verification and disseminating project on the basis of the results of collaboration with PRASA in project formulation.

Cape Town was selected for reasons including:

- (i) The relevant section of track has multiple important lines over which suburban trains frequently run.
- (ii) The area has relatively stable public safety, so the risk of theft and other problems during and after installation is low.
- (iii) The working environment is good and machinery including track improvement devices and plate compactors are available.
- (iv) The site faces the sea, the effectiveness of this device on sandy conditions can be verified and also this product is made of ductile cast iron and as such is resistant to salt damage.

Durban was selected for reasons including:

- (i) The relevant section of track has only one line, but has a large temperature variation and experiences notable track buckling.
- (ii) Maintenance work is hard going and so workers in this area are very cooperative.
- (iii) The working environment is good and machinery including track improvement devices and plate compactors are available.

If the product can bring improvement to tracks in these areas under such challenging conditions, it will bring a massive effect in terms of promotion not only to PRASA but also to TFR.

(2) Basic policy for work implementation

- The main approach in terms of technology is as follows.
  - (i) Install for the first time in South Africa sleeper anchors for track maintenance and management developed in Japan, conduct installation, maintenance and management technology transfer to the South African side, and enable maintenance and management to

be performed by the South African side alone after the work is complete.

- (ii) In project formulation, the candidates for installation of sleeper anchors are Cape Town and Durban, and in these areas are track sections with a high technical difficulty in terms of work, such as sharp curves, so places with strong needs for prevention of lateral track displacement will be selected, and the both the installation sections and period of installation will be set long to clarify the effectiveness and economic feasibility of the installation of this technology.

- The main approach in terms of operation is as follows.

- (i) Implement transfer of sleeper anchor installation, maintenance, and management technology to the counterpart organization, PRASA.
- (ii) Implement disseminating and verification survey while keeping in mind collaboration with the BEE company that is required for entry to the South African market, and eventual local production of products.
- (iii) Add local consultants who are very familiar with South Africa's situation and have strong connections with government bodies (DOT and DPT, etc.) and rail operators (PRASA, TFR, Gautrain) to external staff to ensure a smooth survey for verification and disseminating project.

(3) Details of work

- (i) Install sleeper anchors at two different sections of track, measure the degree of lateral displacement and lateral resistance value in each season to evaluate the effect of the sleeper anchors.
- (ii) Implement technology transfer by holding local training and seminars concerning the installation method and maintenance/management methods, and bring personnel to Japan to deepen their knowledge of sleeper anchor and track maintenance technology.
- (iii) Investigate business expansion after verification and disseminating project (in South Africa and surrounding Southern African countries).

(4) Work implementation method

The figure below is an overview for the implementation of work. The project sites will be sharp curve and difficult conditions on suburban railway tracks in Cape Town and Durban. The proposed product will be installed here and the effect verified, on the basis of close cooperation with the counterpart organization PRASA. Also hold broad local seminars and demonstrations for TFR, the Department of Public Enterprises, rail-related companies, public railways companies from surrounding countries, and other such organizations, and as well as providing an explanation of the product, hold site visits to increase stakeholder understanding of the product. Also invite the DOT/PRASA executives and engineers to Japan for factory/sites visits, introduction to the current state of track maintenance in Japan, and other such actions to increase understanding of the effect of the proposed product.

For installation, the proposing company will provide thorough technical guidance to PRASA and the local track maintenance company that will actually perform installation in order to transfer technology.

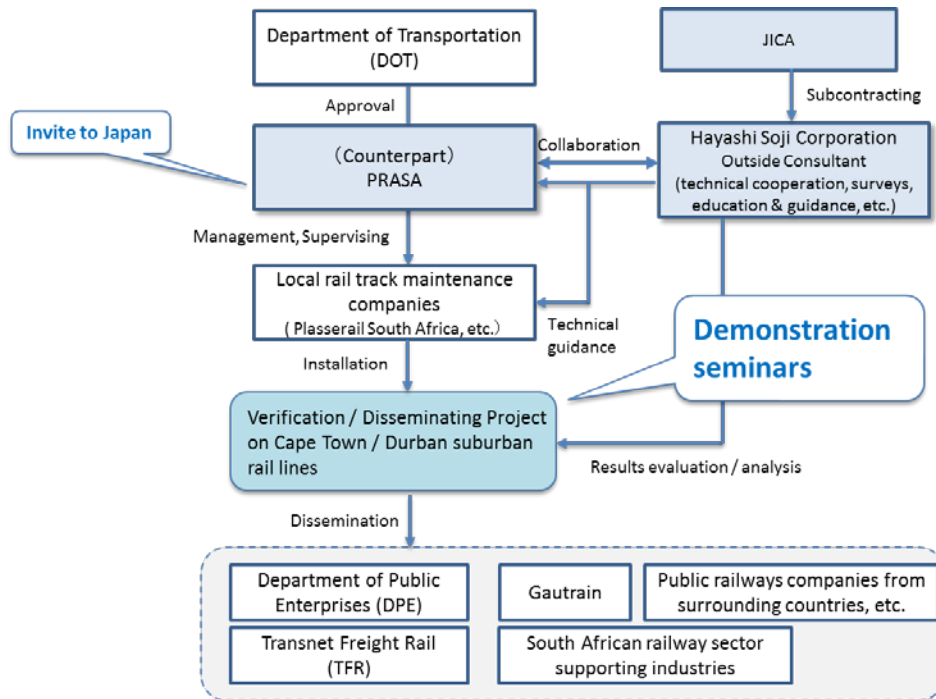


Figure: Overview of Verification and Disseminating project

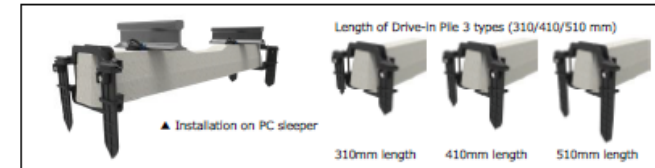
## 5 Specific plan for business expansion

- (1) Market size analysis  
(Not open to public)
- (2) Business plan and development effects  
(Not open to public)

Feasibility Survey with the Private Sector for Utilizing Japanese Technologies in ODA Projects  
Efficient Management of Railway Facility (Track)  
by Sleeper Anchor in the Republic of South Africa

**SEM's and Counterpart Organization**

- Outline of a Proposer and Survey Site: Hayashi Soji Co., td.
- Principal Office of a Proposer: Shinagawa-ku, Tokyo,
- Proposed Survey Site and Counter Part Organization: PRASA (The Passenger Rail Agency of South Africa) & TFR (Transnet Freight Rail)



**Concerned Development issues**

- Since the maintenance of railway track has not been carried out properly, the deterioration of railway facilities has caused various troubles and has been jeopardizing the safety in the rail transportation system.
- Therefore, the improvement of railway facilities and track maintenance is the urgent matter in South Africa.

**Product and Technology of of SME's**

- Sleeper Anchor that Hayashi Soji developed increases the lateral resistance of track, and is a device for track stabilization and labor saving of track maintenance work. Driving type plate which excels in durability does not have special technique for installation.

**Proposed ODA Projects and Expected Impact**

- Through the promotion of Sleeper Anchor installation, we make an appeal for Japanese track maintenance works , and
  - ① Make local know how to reinforcement tracks simply and easily.
  - ② Demonstrate the stabilization of railway service by track reinforcement by popularize verify project.
- At this project, installation development of this equipment would be expected by technology transfer of execution technique to the local track maintenance team.