

南アフリカ共和国

南アフリカ旅客鉄道公社

南アフリカ共和国
先進的軌道保全技術（座屈防止板）
導入による脱線等の軌道事故を防止
するための普及・実証事業

業務完了報告書

令和 6 年 12 月
(2024 年 12 月)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

林総事株式会社

民連
JR
24-044

目次

巻頭写真.....	I
巻頭写真.....	II
地図.....	III
略語表.....	VI
案件概要.....	VII
要約.....	VIII
第1章 当該国でのビジネス化（事業展開）計画.....	2
1-1 提案製品・技術の概要.....	2
1-2 海外進出の動機.....	5
1-2-1 提案企業の海外展開を図るに至った背景.....	5
1-2-2 対象国を選んだ理由.....	5
1-3 ビジネス化（事業展開）計画.....	6
1-3-1 ビジネスモデル概要.....	6
1-3-2 ターゲットとする市場.....	6
1-3-3 製品サービス・技術.....	7
1-3-4 当該国における具体的なビジネス展開の方法.....	8
1-4 ビジネス実施上の留意事項等.....	9
1-4-1 ガバナンスにおける留意事項.....	9
1-4-2 商習慣・商慣習、文化、宗教における留意事項.....	10
1-4-3 ビジネス展開に必要なネットワーク.....	10
1-4-4 撤退条件.....	10
第2章 ビジネス展開による対象国・地域への貢献.....	12
2-1 ビジネスを通じて解決する対象国の課題とその貢献.....	12
2-1-1 対象国の課題.....	12
2-1-2 課題への貢献.....	13
2-2 持続的な開発目標（SDGs）17の目標.....	14
2-2-1 目標⑨強靱（レジリエント）なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る.....	14
2-2-2 目標⑩包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する.....	14
2-3 国別開発協力方針.....	15
2-4 地元経済・地域活性化への貢献等.....	16
第3章 普及・実証・ビジネス化事業実績.....	17
3-1 目的.....	17
3-2 成果.....	17
3-3 成果の達成状況.....	18
3-4 活動内容実績.....	20
3-4-1 活動内容.....	20

3-4-2	活動結果の実績	21
3-5	事業実施国政府機関の情報	48
3-5-1	カウンターパート機関名	48
3-5-2	基本情報	48
3-5-3	カウンターパート機関の役割・負担事項（実績）	49
3-6	その他	50
3-6-1	環境社会配慮	50
3-6-2	ジェンダー配慮	50
英文要約 (Summary Report)		18

巻頭写真



座屈防止板



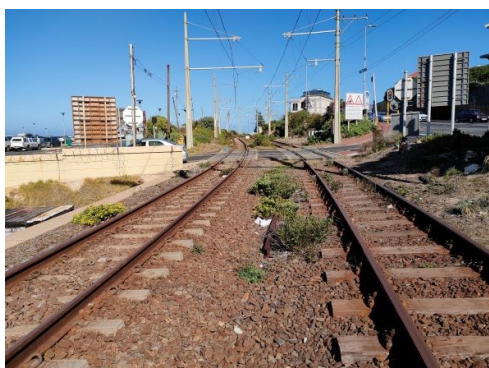
PRASA 打合せ



Germiston 駅近傍設置箇所



Somerset West Line 設置箇所



Simons Town Line 設置箇所



Durban 駅近傍現地調査



座屈防止板の設置



座屈防止板設置の後の計測

巻頭写真



座屈防止板の製造・輸送の様子



High Duty Castings 訪問（工場内の視察）



道床横抵抗力の測定の様子



SARA における広報・周知・宣伝活動



林総事市原工場の研修・見学



林総事本社工場の研修・見学



鉄道博物館の研修・見学



PASARA 本社にて引き渡し式

地図



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 JICA HP に基づき JICA 調査団作成

- 面積 122 万 km² (日本の約 3.2 倍)
- 人口 6,203 万人 (2022 年：南ア統計局)
- 人口増加率 1.07% (2024 年：セカイハブ)
- 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、バンツ語 (ズールー語、ソト語ほか) の合計 12 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 4,053 億 USD (2022 年：世銀)
- 1 人当たり GNI 6,767 ドル (2022 年：世銀)
- 経済成長率 1.9% (2022 年：世銀)
- 物価上昇率 7.0% (2022 年：世銀)
- 失業率 28.4% (2023 年：世銀)

- 総貿易額
 - (1) 輸出 1,185 億 USD (2021 年：南ア DTIC)
 - (2) 輸入 898 億 USD (2021 年：南ア DTIC)
- 主要貿易品目
 - (1) 輸出：白金、鉄鉱石、金、石炭、自動車類
 - (2) 輸入：原油、機械部品、自動車類 (部品含む)、石油製品
- 主要貿易相手国
 - (1) 輸出：中国、米国、ドイツ、日本、英国 (2022 年：南ア DTIC)
 - (2) 輸入：中国、ドイツ、米国、インド、サウジアラビア、(2022 年：南ア DTIC)
- 通貨 ランド
- 日本の援助実績 (2021 年度までの累計実績)
 - (1) 有償資金協力 140.61 億円
 - (2) 無償資金協力 144.96 億円

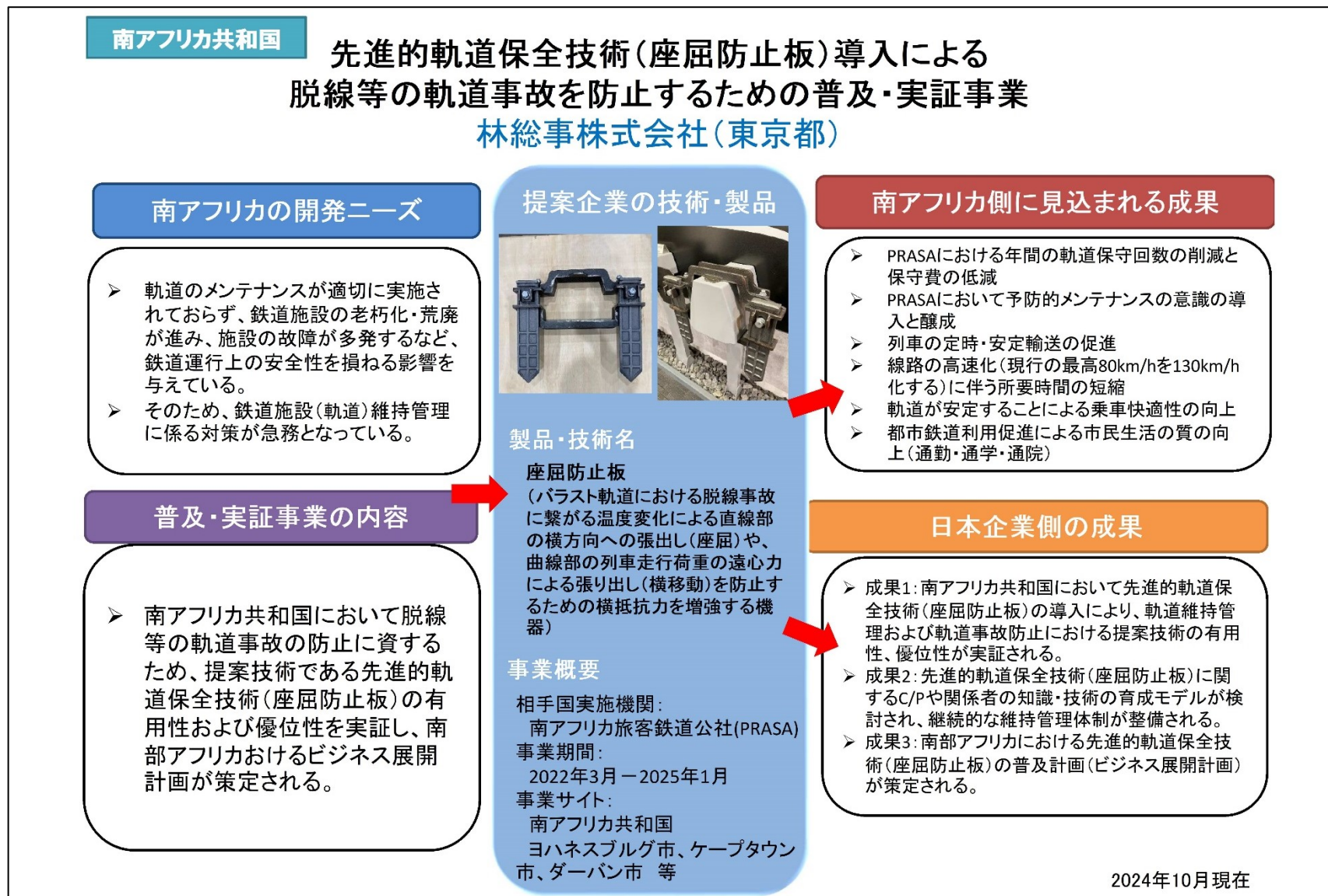
(3) 技術協力 176.41 億円

図表リスト

図 1-1	競合他社とのトータルコスト比較.....	3
図 1-2	南アフリカ共和国 特許証 (Patent Certificate)	9
図 3-1	軌道横方向変位量の測定結果 (Germiston 駅近傍)	28
図 3-2	軌道横方向変位量の測定結果 (Somerset West Line 鉄橋付近)	28
図 3-3	軌道横方向変位量の測定結果 (Simons Town Line 踏切前後)	29
図 3-4	道床横抵抗力の測定結果 (Germiston 駅近傍)	30
図 3-5	道床横抵抗力の測定結果 (Somerset West Line 鉄橋付近)	31
図 3-6	道床横抵抗力の測定結果 (Simons Town Line 踏切前後)	32
表 1-1	球状黒鉛鉄品 JISG5502 の FCD450.....	2
表 1-2	競合他社とのトータルコスト比較.....	3
表 1-3	座屈防止板の納入実績 (2014 年 10 月 ～2021 年 3 月)	4
表 1-4	サイズ・重量比較表.....	4
表 1-5	外観比較表.....	4
表 1-6	実証事業を実施する地点.....	7
表 1-7	競合製品との設置時間・材質・道床横抵抗力値の比較.....	7
表 1-8	ガバナンスにおける留意事項.....	9
表 1-9	商習慣・商慣習、文化、宗教における留意事項.....	10
表 1-10	ビジネス展開において想定する現地ステークホルダー	10
表 2-1	PRASA における平均故障間隔 (2012 年 4 月～8 月)	12
表 2-2	提案製品の生産に関係する協力会社.....	16
表 3-1	成果及び成果を測る指標・確認方法.....	17
表 3-2	座屈防止板の輸送の状況.....	21
表 3-3	実証事業を実施する地点の選定理由	22
表 3-4	座屈防止板の設置場所.....	23
表 3-5	検測手法.....	27
表 3-6	道床横抵抗力の測定結果 (Germiston 駅近傍)	30
表 3-7	道床横抵抗力の測定結果 (Somerset West Line 鉄橋付近)	31
表 3-8	道床横抵抗力の測定結果 (Simons Town Line 踏切前後)	32
表 3-9	技術セミナーの実施状況.....	39
表 3-10	現地軌道整備会社の候補及びヒアリング結果.....	42
表 3-11	現地パートナー企業の候補及びヒアリング結果 (1)	43
表 3-14	現地製造候補企業の候補及びヒアリング結果 (1)	43
表 3-15	現地製造候補企業の候補及びヒアリング結果 (2)	44
表 3-16	カウンターパートの基本情報.....	48
表 3-17	PRASA の負担事業.....	49

略語表

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	協議議事録
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



2024年10月現在

要約

I. 事業要約

案件名：先進的軌道保全技術（座屈防止板）導入による脱線等の軌道事故を防止するための普及・実証事業 Verification survey with the Private Sector for Disseminating Advanced Japanese Technologies for Preventing Track Accident in South Africa.	
1. 事業実施地	南アフリカ共和国
2. 対象分野	運輸交通インフラ整備
3. 事業の背景	2016年から2018年にかけて案件化調査を南アフリカ共和国で実施した結果、提案製品の座屈防止板の設置効果が確認された。提案製品の導入は同国が抱える下記開発課題の解決に資するとともに日本政府の国別援助方針とも合致する。また、カウンターパート機関（C/P）である南アフリカ旅客鉄道公社（PRASA）からも要請があり、案件化調査をさらに進めた形で先進的軌道保全技術（座屈防止板）を用いた軌道事故の削減効果を実証し、同国内の全鉄道事業者に座屈防止板を普及させる事業を展開することを目標とする。 南アフリカ共和国では、イギリスの統治時代から鉄道インフラが整備されているが、1994年のアパルトヘイトの解消以降、白人技術者の国外流出が続いたこともあり、技術的な対応が出来ずメンテナンスが十分になされないまま列車を運行している。同国の鉄道（軌道）は、日本の在来線軌道（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。さらに同国の既設軌道は、比較的バラストが充填されており、本提案である座屈防止板設置による軌道安定性向上、軌道整備の省力化が期待できる環境にある。 さらに、南アフリカ共和国における提案製品設置に伴う普及・実証事業の後に、周辺の南部アフリカ地域（モザンビーク・ザンビア等）にマーケットを広げることを視野に入れ普及活動を行う。
4. 提案製品・技術の概要	提案製品・技術である先進的軌道保全技術（座屈防止板）は、バラスト軌道における脱線事故に繋がる温度変化による直線部の横方向への張出し（座屈）や、曲線部の列車走行荷重の遠心力による張り出し（横移動）を防止するための横抵抗力を増強する機器であり、軌道の安定化及び軌道整備の省力化を実現することで、脱線事故防止及び効率的な鉄道維持管理への貢献が期待できる。
5. 事業の目的	南アフリカ共和国において脱線等の軌道事故の防止に資するため、提案技術である先進的軌道保全技術（座屈防止板）の有用性及び優位性を実証し、南部アフリカ（モザンビーク・ザンビア等を検討）におけるビジネス展開計画が策定される。

6. 事業の概要・期待される成果	期待される成果は以下の通りである。 成果1：南アフリカ共和国において先進的軌道保全技術（座屈防止板）の導入により、軌道維持管理及び軌道事故防止における提案技術の有用性、優位性が実証される。 成果2：先進的軌道保全技術（座屈防止板）に関する C/P や関係者の知識・技術の育成モデルが検討され、継続的な維持管理体制が整備される。 成果3：南部アフリカにおける先進的軌道保全技術（座屈防止板）の普及計画（ビジネス展開計画）が策定される。
7. 事業の基本方針	技術面の基本方針は、下記の通りである。 ① 日本で開発された先進的軌道保全技術（座屈防止板）を南アフリカ共和国に初めて導入し、本事業終了後も同国側だけで継続して維持管理が出来るよう、設置・維持管理技術を移転する。 ② 案件化調査時点での座屈防止板設置候補地はヨハネスブルグ市、ケープタウン市及びダーバン市近郊としているが、本事業においてはその中でも急カーブ区間、温度差が激しい区間等の軌道整備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、設置区間及び設置期間を長く取り、提案製品の有効性と経済性を明らかにして将来のビジネス展開に繋がる検証結果を得る。 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、製品の現地生産化を念頭において本事業を実施する。 ③ 南アフリカ共和国の事情に通じていて政府機関（DOT・DPE 等）・鉄道事業者（PRASA・TFR）との関係が強い現地コンサルタントを外部人材に加え、本事業の円滑な実施を図る。
8. 活動内容	■成果1に係る活動 1-1：座屈防止板を製造・輸送する。 1-2：座屈防止板を長期間、長区間（ヨハネスブルグ市、ダーバン市、ケープタウン市の3箇所を想定し最大1,000m程度を予定）設置する。 1-3：設置前後の軌道の各種変位量及び、道床横抵抗力値を計測し、分析を行う。 1-4：長期間設置による軌道メンテナンス状況を確認し、軌道メンテナンスの改善効果の検証を行う。 ■成果2に係る活動 2-1：C/P 軌道整備担当者及び設置業者向けの設置・管理マニュアル

	(ビデオ含む)を整備する。 2-2 : C/P 軌道整備指導者及び保線技術者の本邦受入活動を実施し、育成を行う。 2-3 : C/P 担当者(軌道整備指導者及び保線技術者)、設置業者に対し、設置前軌道整備の必要性や設置方法に関する講習会、メンテナンス講習会を開催し、軌道保全にかかる技術指導を行う。 2-4 : C/P 担当者の立会いのもと座屈防止板を設置、メンテナンス(計測)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行う。 2-5 : 運輸省(DOT)、C/P 幹部に対し本邦受入活動を実施し、先進的な軌道保全技術及び提案製品の効果への理解を促す。 2-6 : DOT・RSR 及び C/P 幹部に対し、実証の分析結果報告、及び分岐器や直線区間、駅ホーム等提案製品の効果的な使用方法について講習会を開催する。 2-7 : 軌道保全技術及び譲与後の維持管理体制について C/P 関係者に説明を行う。 2-8 : C/P の軌道整備及び保線における安全管理基準の整備へ向けた助言を行う。 ■成果3に係る活動 3-1 : 現地軌道整備に係る下請け構造を把握した上で、現地軌道整備会社(黒人権利拡大政策(BEE)該当企業)を調査し、連携可能性を検討する。 3-2 : 現地販売代理店(現地パートナー企業)を調査し、業務提携の可能性を検討する。 3-3 : 国産化率の増加及びコスト競争力向上のため、ボルト・ナット類の部材メーカーを調査し、業務提携の可能性を検討する。 3-4 : 現地製造候補企業を調査し、現地製造の可能性を検討する。 3-5 : トランスネット貨物鉄道公社(TFR)及び南部アフリカ地域の鉄道事業者に対し、広報活動を実施する。 3-6 : 本事業後の南部アフリカ地域(モザンビーク・ザンビア等を検討)におけるビジネス展開計画を策定する。
9. 事業の実施体制	提案企業 : 林総事株式会社 外部人材 : 株式会社オリエンタルコンサルタンツ、J-Stock 株式会社、Executive Research Associates
10. 相手国政府関係機関	相手国政府機関 : 南アフリカ旅客鉄道公社(PRASA) (協力機関 : 運輸省(Department of Transport))
11. 受益者層 (ターゲットグループ)	第一義的には、軌道管理技術が確立され、持続的な技術、Know-how が移転される PRASA 及びその従業員。

	間接的な受益者は PRASA の鉄道利用者。
12. 契約期間	2022 年 3 月～2025 年 1 月（2 年 11 箇月）
13. 契約金額	202,094 千円（消費税 10%込）

II. 提案企業の概要

企業名	林総事株式会社
企業所在地	東京都大田区
設立年月日	1981 年 5 月
業種	製造業
主要事業・製品	鉄道信号及び軌道部品製造
資本金	20,000,000 円（2022 年 3 月時点）
売上高	2022 年度 8.7 億円
従業員数	50 名

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	事業統括管理	林総事（株）
林 研之介	事業管理	林総事（株）
野田 裕司	現地測定・管理	林総事（株）
櫻井 慎吾	技術管理	林総事（株）
大黒屋 猶徳	機器設置	林総事（株）
岩城 正樹	業務調整・輸送管理業務	林総事（株）
清宮 悟	機器設置	林総事（株）
柚木 雪絵	ビジネス展開計画	三井物産プラントシステム （林総事 補強人員）
松田 堯之	現地情報収集・分析	三井物産プラントシステム （林総事 補強人員）
渡辺 幹夫	チーフコンサルタント コンサル業務総括・開発効果・ ビジネス展開計画支援	（株）オリエンタル コンサルタンツ
山本 裕典	事業展開計画	（株）オリエンタル コンサルタンツ
山口 俊行	軌道技術	J-Stock（株）
David Robbetze	南ア政府機関・現地企業との交渉	ERA 社

現地調査行程

第1次渡航（2022年4月）

日順	日付	項目
1	4月23日（土）	成田発⇒ドーハ経由
2	4月24日（日）	ヨハネスブルグ着
3	4月25日（月）	PRASA 本社打合せ DOT 訪問 JICA 南ア事務所打合せ
4	4月26日（火）	Gauteng North/South 設置場所の踏査
5	4月27日（水）	ヨハネスブルグ発⇒ケープタウン着
6	4月28日（木）	PRASA/Western Cape 事務所打合せ Western Cape 設置場所の踏査
7	4月29日（金）	Western Cape 現地確認・軌道検測
8	4月30日（土）	資料作成
9	5月01日（日）	資料整理
10	5月02日（月）	ケープタウン発⇒ダーバン着
11	5月03日（火）	PRASA/ダーバン事務所打合せ ダーバン設置場所の踏査
12	5月04日（水）	ダーバン現場確認・軌道検測 ダーバン発⇒ヨハネスブルグ着
13	5月05日（木）	Gauteng North/South 設置場所の確定 軌道検測
14	5月06日（金）	PRASA 本社 調査結果報告 JICA/大使館報告 DOT 報告会
15	5月07日（土）	資料作成
16	5月08日（日）	資料整理・確認
17	5月09日（月）	ヨハネスブルグ発⇒シンガポール経由
18	5月10日（火）	シンガポール発⇒成田着

第2次渡航（2022年8月・9月）

日順	日付	項目
1	8月31日（水）	成田発⇒ドーハ経由
2	9月01日（木）	ヨハネスブルグ着
3	9月02日（金）	PRASA 本社打合せ JICA 南ア事務所打合せ
4	9月03日（土）	ヨハネスブルグ発⇒ケープタウン着
5	9月04日（日）	現場作業準備
6	9月05日（月）	PRASA/Western Cape 事務所打合せ Somerset West 設置作業開始
7-19	9月06日—17日	Somerset West 設置作業
20	9月18日（日）	ホテル引越し
21-26	9月19日—23日	Simons Town 設置作業
27	9月24日（土）	ケープタウン発⇒ヨハネスブルグ着 ヨハネスブルグ発⇒シンガポール経由
28	9月25日（日）	シンガポール発⇒成田着

第3次渡航（2022年10月・11月）

日順	日付	項目
1	10月19日（水）	成田発⇒シンガポール経由経
2	10月20日（木）	ヨハネスブルグ着
3	10月21日（金）	PRASA 本社打合せ JICA 南ア事務所打合せ
4	10月22日（土）	現場作業準備
5	10月23日（日）	現場作業準備
6-38	10月24日（月） —11月24日（木）	Germiston site 設置作業
39	11月25日（金）	PRASA/本社 報告会 JICA 南ア事務所報告会
40	11月26日（土）	ヨハネスブルグ発⇒シンガポール経由
41	11月27日（日）	シンガポール発⇒成田着

第4次渡航（2023年2月）

日順	日付	項目
1	2月06日（月）	成田発⇒シンガポール経由
2	2月07日（火）	ケープタウン着
3	2月08日（水）	PRASA/Western Cape 事務所打合せ Somerset West site 計測
4	2月09日（木）	Simons Town site 計測
5-7	2月10日—12日	移動及び書類整理
8	2月13日（月）	Germiston site 計測 日本大使館／JICA 事務所打合せ
9	2月14日（火）	PRASA 本社 打合せ ZAK Steel 打合せ
10	2月15日（水）	Plasser S.A. 打合せ Plasser S.A. Germiston site 見学
11	2月16日（木）	Colossal 社 打合せ
12	2月17日（金）	Tshifaro Technical Service 打合せ Mitsui/Johannesburg 事務所打合せ
13	2月18日（土）	ヨハネスブルグ発⇒ドーハ経由
14	2月19日（日）	ドーハ発⇒成田着

第5次渡航（2023年5月）

日順	日付	項目
1	5月15日（月）	成田発⇒シンガポール経由
2	5月16日（火）	ケープタウン着
3	5月17日（水）	PRASA/Western Cape 事務所 打合せ
4	5月18日（木）	Somerset West site 計測
5	5月19日（金）	Simons Town site 計測
6	5月20日（土）	ケープタウン発⇒ヨハネスブルグ着
7	5月21日（日）	計測結果確認
8	5月22日（月）	Germiston site 計測
9	5月23日（火）	NHLASAZWE（設置業者）打合せ
10	5月24日（水）	Lennings Rail 社 打合せ
11	5月25日（木）	Plasser S.A. 打合せ（2回目） Bedford 社（鋳物メーカー）訪問
12	5月26日（金）	PRASA 本社 打合せ 日本大使館 報告会 JICA 南ア事務所 報告会
13-14	5月27日—28日	書類整理・確認
15	5月29日（月）	ヨハネスブルグ発⇒ドーハ経由
16	5月30日（火）	ドーハ発⇒成田着

第6次渡航（2023年10月）

日順	日付	項目
1	10月18日（水）	成田発⇒ドーハ経由
2	10月19日（木）	ヨハネスブルグ着
3	10月20日（金）	Tshifaro 社 打合せ DOT 打合せ
4-5	10月21日 －22日	書類整理
6	10月23日（月）	Transnet Freight Rail 打合せ Polyzomba 社 打合せ
7	10月24日（火）	日本大使館 挨拶 AT & D 社 打合せ
8	10月25日（水）	SARA Conference 出席
9	10月26日（木）	Mr. Tonny Vermullen との打合せ Swisena 社 打合せ
10	10月27日（金）	PRASA 本社 打合せ JICA 南ア事務所 報告会
11	10月28日（土）	ヨハネスブルグ発⇒ドーハ経由
12	10月29日（日）	ドーハ発⇒成田着

第7次渡航（2024年4月）

日順	日付	項目
1	4月11日（木）	羽田発⇒シンガポール経由経由
2	4月12日（金）	ヨハネスブルグ着
3-4	4月13日（土） — 4月14日（日）	書類準備・確認
5	4月15日（月）	Germiston site 計測 DOT 打合せ
6	4月16日（火）	Tshifora/Swisena 社 打合せ Ahiyenirail 社 打合せ
7	4月17日（水）	Rely Precision Casting 社（鋳物メーカー） 訪問 PRASA 本社 技術セミナー
8	4月18日（木）	Transnet Freight Rail 打合せ High Duty Casting 社（鋳物メーカー） 訪問
9	4月19日（金）	PRASA 本社 打合せ JICA 南ア事務所 報告会
10	4月20日（土）	計測班 ケープタウンに移動
11	4月21日（日）	計測班 事前準備
12	4月22日（月）	Simons Town site 計測 Simons Town 技術セミナー
13	4月23日（火）	Somerset West site 計測 PRASA/Western Cape 技術セミナー
14	4月24日（水）	ケープタウン発⇒ドバイ経由
15	4月25日（木）	ドバイ発⇒羽田着

第8次渡航（2024年9月）

日順	日付	項目
1	9月03日（火）	成田発⇒ドバイ経由
2	9月04日（水）	ケープタウン着
3	9月05日（木）	PRASA/Western Cape 事務所 報告会 Somerset West site 計測
4	9月06日（金）	Simons Town site 計測
5	9月07日（土）	書類整理
6	9月08日（日）	ケープタウン発⇒ヨハネスブルグ着
7	9月09日（月）	Germiston site 計測 DOT 報告会
8	9月10日（火）	Transnet Freight Rail 軌道見学
9	9月11日（水）	PRASA 本社 引き渡し式 現地代理店候補 打合せ
10	9月12日（木）	Transnet Freight Rail 社 打合せ
11	9月13日（金）	牛尾大使との昼食会 JICA 南ア事務所 報告会
12-13	9月14日(土)	書類 整理・確認
14	9月15日（日）	ヨハネスブルグ発⇒ドバイ経由
15	9月16日（月）	ドバイ発⇒成田着

第 1 章

当該国でのビジネス化（事業展開）計画

第 1 章 当該国でのビジネス化（事業展開）計画

1 - 1 提案製品・技術の概要

名称	座屈防止板 																							
スペック (仕様)	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。本製品は、JIS 認定工場で製作された材料での販売を基本としており、海外での製作は考慮していない。 表 1-1 球状黒鉛鋳鉄品 JISG5502 の FCD450 <table><tr><th rowspan="2">種類の記号</th><th rowspan="2">引張強さ N/mm²</th><th rowspan="2">耐力 N/mm²</th><th rowspan="2">伸び %</th><th colspan="3">シャルピー吸収エネルギー</th><th colspan="2">(参考)</th></tr><tr><th>試験温度 ℃</th><th>3個平均 J</th><th>個々の値 J</th><th>硬さ HB</th><th>基地組織</th></tr><tr><td>FCD450</td><td>450以上</td><td>280以上</td><td>10以上</td><td>－</td><td>－</td><td>－</td><td>140～210</td><td>フェライト</td></tr></table> 出典：日本産業規格（JIS）	種類の記号	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	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
種類の記号	引張強さ N/mm ²					耐力 N/mm ²	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																
特徴	線路は、縦方向はレールで固定されているものの、横方向はバラスト（砂利）でマクラギの端面を抑えて抵抗しているのみであり、レールが熱変形で膨張した場合に、横方向に力が作用し、張り出してしまいう座屈現象が発生する。 座屈防止板は、バラスト軌道における脱線事故に繋がる温度変化による直線部の横方向への張出し（座屈）や、曲線部の列車走行荷重の遠心力による張り出し（横移動）を防止するための横抵抗力を増強する機器であり、軌道の安定化及び軌道整備の省力化を実現することで、脱線事故防止及び効率的な鉄道維持管理への貢献が期待できる。																							

■国内 A 社により標準型が販売されているが、当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無い。材質については、国内 A 社のものは普通鋼鋼板製で、耐腐食・耐摩耗性が低く、効果の持続性も低い。

当社の提案製品はダクタイル鋳鉄製であり、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 1-2 競合他社とのトータルコスト比較

メーカー	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)
林総事㈱	高強度ダクタイル鋳鉄	¥34,400	30 年以上	¥34,400
国内 A 社	普通鋼鋼板	¥15,000	3～5 年	¥90,000～¥150,000

出典：林総事株式会社作成

下図 1-1 は、提案製品と国内 A 社製品（3 年で交換する場合、5 年で交換する場合の 2 パターンを想定）を 30 年間使用し続けた際のトータルコストを比較したものである。提案製品は、初期費用は国内 A 社より高いもののメンテナンスが不要のため、30 年後のトータルコストが国内 A 社のそれと比べると安価である。

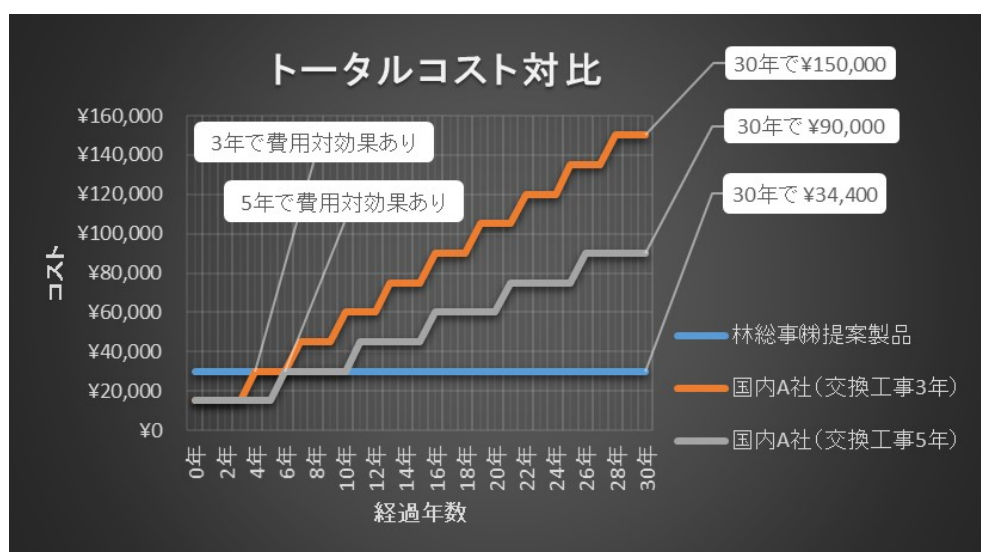


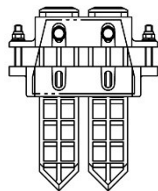
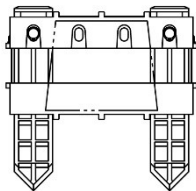
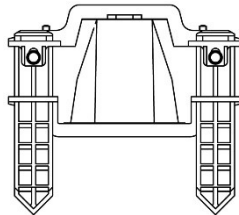
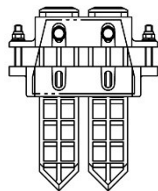
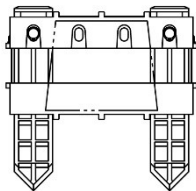
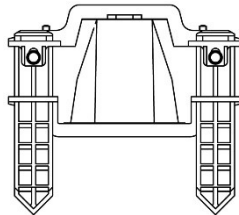
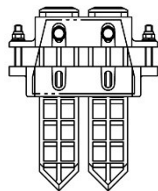
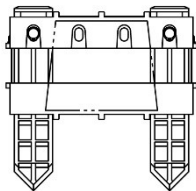
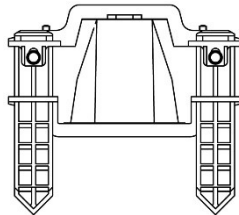
図 1-1 競合他社とのトータルコスト比較

出典：JICA 調査団作成

■海外 海外市場においては、ドイツや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、国内 A 社製品同様に耐腐食性・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、横抵抗力の数値は当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、設置時間の比較においても当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。

国内外の販売実績	表 1-3 座屈防止板の納入実績（2014 年 10 月 ～2021 年 3 月） （ 非公開 ）																										
サイズ・重量比較表	表 1-4 サイズ・重量比較表 <table><tr><td></td><td>国内用</td><td>香港用</td><td>南アフリカ共和国用</td></tr><tr><td>サイズ [mm] （縦×横）</td><td>142×350</td><td>148×432</td><td>238.5×547</td></tr><tr><td>重量 [kg]</td><td>10</td><td>14</td><td>16</td></tr><tr><td>盗難対策</td><td>×</td><td>×</td><td>○</td></tr><tr><td>設置用ガイド</td><td>×</td><td>×</td><td>○</td></tr></table> 表 1-5 外観比較表 <table><tr><td>国内用</td><td>香港用</td><td>南アフリカ共和国用</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> 出典：林総事株式会社作成		国内用	香港用	南アフリカ共和国用	サイズ [mm] （縦×横）	142×350	148×432	238.5×547	重量 [kg]	10	14	16	盗難対策	×	×	○	設置用ガイド	×	×	○	国内用	香港用	南アフリカ共和国用			
	国内用	香港用	南アフリカ共和国用																								
サイズ [mm] （縦×横）	142×350	148×432	238.5×547																								
重量 [kg]	10	14	16																								
盗難対策	×	×	○																								
設置用ガイド	×	×	○																								
国内用	香港用	南アフリカ共和国用																									
																											
設置場所	南アフリカ共和国 ヨハネスブルグ市、ケープタウン市郊外 *その中でも急カーブ区間、湿度が高く温度差が激しい区間、海岸沿いの砂地等の軌道整備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する。																										
機材の数量	最大 2,158 ユニット（盗難対策予備品含む） 設置距離は 500m～1,000m を想定。 マクラギが 0.6m ピッチであるため、全数設置すると、$2,100 \div 2 \times 0.6 = 630\text{m}$ になる。 曲率によって、1 本おきに設置した場合、最大 1,000m まで対応可。																										
価格	（ 非公開 ）																										

1-2 海外進出の動機

1-2-1 提案企業の海外展開を図るに至った背景

提案製品は、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。

林総事株式会社は 2015 年より香港 MTR（Mass Transit Railway）へ 15,406 ユニット基の納入を行い、海外においても提案製品が期待される効果を十分に発揮したことから、提案製品の海外での使用に関する有用性を確認した。同社は、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、販売数量の拡大は、ある程度で止ま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るため、海外進出を目指すものである。

1-2-2 対象国を選んだ理由

南アフリカ共和国(以下、「南ア」とする)の鉄道の総延長は 2 万 2,000km であり、運営組織は鉄道貨物輸送を行うトランスネット貨物鉄道公社（TFR：Transnet Freight Rail）と鉄道旅客輸送を行う南アフリカ旅客鉄道公社（PRASA：Passenger Rail Agency of South Africa）に大別される。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。

提案製品である座屈防止板は、鉄道線路においてバラスト軌道の横抵抗力を増し、軌道の安定化及び軌道整備の省力化が期待できる技術である。提案製品の導入により、軌道は安定し、鉄道事業者にとって軌道整備の省力化とコスト削減を図るとともに軌道の予防保全という新しい保守方式の導入が期待される。

以上より、南アは、提案製品の優位性を理解できる程度のレベル、かつ鉄道輸送が重要な社会インフラになっており、提案製品の導入により対象国の課題を解決するとともに、提案企業の海外事業拡大の拠点として適しているため、対象国として南アを選定した。

1-3 ビジネス化（事業展開）計画

1-3-1 ビジネスモデル概要

（ 非公開 ）

1-3-2 ターゲットとする市場

（ 非公開 ）

1-3-3 製品サービス・技術

(1) 提案製品・サービスの現地適合性（実証結果を記載予定）

ア 提案製品・サービスの現地適合性確認結果（技術面）

以下の3箇所において実証事業を行う。2022年9月～11月において提案製品の設置を行い、設置後約1年、トラックマスター等による軌道変位量を測定し、技術面における現地適合性を確認する。

表 1-6 実証事業を実施する地点

設置州	Gauteng	Western Cape	
位置	Germiston 駅近傍	Somerset West Line 鉄橋付近	Simons Town Line 踏切前後
設置数量 (予定)	1,400Units (まくらぎ 700 本 420m)	570Units (まくらぎ 285 本 174m)	140Units (まくらぎ 70 本 42m)
地点の特徴	曲線半径 R=240m の急曲線区間で、分岐やクロスも存在し、座屈防止板が有効に作用すると思われる。旅客・貨物共用区間。	構造物（鉄橋）から直接 R=250m の急曲線に入る区間で、座屈防止板が有効に作用すると思われる。旅客・貨物共用区間。	急曲線半径 R=250m 内に踏切があり、構造物前後で変位が起こりやすく座屈防止板が有効に作用すると思われる。旅客専用区間。

出典：JICA 調査団作成

イ 現地適合性確認結果（制度面）

提案製品の適用や普及に、現地法規制への対処や許認可の取得等は必要ないと想定している。なお、後述の図 1-2 に示すとおり南アフリカ共和国において本製品の特許を取得済である。

(2) 競合状況と提案製品・サービスの優位性

現地での競合となる製品は、確認されていない。

海外市場においては、ドイツと英国のメーカーが生産・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。

比較検討にあたっては、日本とは異なるが、欧州で一般に用いられている試験方法を採用した。英国における性能試験の結果、横抵抗力の数値はドイツ製・英国製と比較して、提案製品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も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、提案製品はヨーロッパ他社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 1-7 競合製品との設置時間・材質・道床横抵抗力値の比較

メーカー	材質	設置時間 (分:秒)	道床横抵抗力値(平均)	
			25mm 変位時	35mm 変位時
提案製品	ダクタイル鋳鉄	7 : 20	19.9kN	22.4kN
ドイツ社製品	普通鋼鋼板	10 : 30	19.3kN	21.1kN
英国社製品	普通鋼鋼板	14 : 10	13.3kN	14.9kN
座屈防止板なしの場合	-	-	12.7kN	11.8kN

出典：林総事株式会社作成



ドイツ製座屈防止板



英国製座屈防止板

1-3-4 当該国における具体的なビジネス展開の方法

(非公開)

< 案件化調査の概要 >

案件化調査においては、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のアピールを行った。

案件化調査の目標

- 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。



試験設置の様子

試験設置の結果、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、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た。

現地調査時直前に、2 件の事故・脱線が発生しており PRASA Technical の要人達もその対応に忙殺されている状態で、座屈防止板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できた。

また、監督官庁である運輸省（DOT：Department of Transport）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、座屈防止板導入に伴い「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。

1-4 ビジネス実施上の留意事項等

1-4-1 ガバナンスにおける留意事項

ガバナンスにおける留意事項は、表 1-8 に示すとおりである。

表 1-8 ガバナンスにおける留意事項

項目	留意事項
政治的安定性等の カントリーリスク	他のアフリカ諸国に比較すると不安定性は小さいものの、常に情報収集を怠らず、受注生産を行うなど、リスクの小さい事業とするよう配慮する。
PRASA の財務状況	本事業により取得したデータに基づき、本製品が軌道整備費用の削減に貢献することをアピールしていく。また、顧客の財務状況に合わせた販売を実施していく。
技術模倣・流出	本製品の特許を南アフリカ共和国にて取得している（図 1-2 参照）。製品強度に直接影響する素材の製法を開示しない等により、まねのできない品質の確保に十分注意する。
製品の盗難など	製品の設計段階において、盗難防止策を施してある。



図 1-2 南アフリカ共和国 特許証 (Patent Certificate)

1-4-2 商習慣・商慣習、文化、宗教における留意事項

商習慣・商慣習、文化、宗教における留意事項は、表 1-9 に示すとおりである。

表 1-9 商習慣・商慣習、文化、宗教における留意事項

リスクの種類	リスク内容	リスク対応・確認事項
現地代理店の選定	不適切なパートナーの選定	・JETRO 事務所や総合商社などの現地情報を活用し、事前にできる限りの情報を得て判断する。
BEE 企業との連携	不適切なパートナーの選定	・現地関係者から十分ヒアリングを行い、リスク分析を実施して対応する。
自然条件	気候変動に伴う短時間強雨や大雨による河川の洪水、土砂災害による設置工事の遅延	・設置工事にあつては、気象情報を収集し、安全に十分考慮する。悪天候の場合、速やかに工事を中止する。
C/P 機関体制	役割分担（所掌範囲と責任範囲）	・提案企業の現地協力者を配置し、C/P と迅速なコミュニケーションを行う。
環境社会配慮	提案技術の環境負荷	・本事業は、日本国内で製造した座屈防止板を既存の軌道への設置する事業であり、実施に伴う環境への影響及び用地取得はない。

出典：JICA 調査団作成

1-4-3 ビジネス展開に必要なネットワーク

ビジネス展開において想定する現地ステークホルダーは、表 1-10 に示すとおりである。

表 1-10 ビジネス展開において想定する現地ステークホルダー

会社・機関名	活用方法
PRASA	本事業の C/P であり、本事業後の重要な販売先となるため、適切な情報交換を行い、事業計画や予算等についての情報収集を行う。
TFR	本事業後の重要な販売先となるため、適切な情報交換を行い、事業計画や予算等について情報収集を行う。提案が有った Pilot Project への対応が課題。
施工業者 (BEE 企業との提携)	本事業における提案製品の設置、及び本事業後の提案製品の設置を担う。
現地販売代理店 (BEE 企業との提携)	普及実証事業後の販売を担う。JETRO 事務所や総合商社などの現地情報を活用し、事前にできる限りの情報を得て判断する。

出典：JICA 調査団作成

1-4-4 撤退条件

本事業で成果を生み出せなかった場合の撤退条件は、以下のとおりである。

- ・条件 1：事業開始後 5 年を経過した時点で利益確保が見込めない状況になった場合
- ・条件 2：如何なるタイミングにおいても正常な営業活動に支障を与える様な大幅な状況変化や代理店の不正や不実行為が発覚した場合。

第2章

ビジネス展開による対象国・地域への貢献

第2章 ビジネス展開による対象国・地域への貢献

2-1 ビジネスを通じて解決する対象国の課題とその貢献

2-1-1 対象国の課題

南アの近年の平均経済成長率は、2008年～2018年の10年平均で、3%程度で推移していたが、2020年はコロナ禍によりマイナス6.43%を経験している。所得格差は拡大し失業率もきわめて高い水準（黒人労働者の失業率は30%程度）となっている。

このような状況下、同国政府は、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、公共インフラの分野においては、新たなインフラ建設、既存インフラの修繕・メンテナンス等にあたり、2025年からの3年間で3兆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、社会的安定とともに海外からの投資・ビジネス環境の整備を進めていく方針である。

本事業のC/PであるPRASAは、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及び長距離バス輸送サービスを行っており、その路線延長は約1,150kmである。

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、軌道については、軌道保守が充分に行われておらず、老朽化のためレールやマクラギに損傷が見られる。また、車両に関しては、平均使用期間（車齢）が37年となっており、老朽化が深刻である。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）は、表2-1に示すとおりである。

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いる。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。

近年、南アでは経済の発展により、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、基礎的社会インフラの一部を形成している。今後、経済発展に伴い貧困層以外の近郊旅客鉄道輸送のニーズが増加する傾向にあり、軌道の維持管理による定時運行が重要な要素となってきている。

表 2-1 PRASAにおける平均故障間隔（2012年4月～8月）

単位：時間

分野	ハウテン地区 ^(注)	ケープタウン市	ダーバン市	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：JICA「南アフリカ共和国鉄道セクター情報収集・確認調査」（2013年）

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

2-1-2 課題への貢献

C/PであるPRASAは、ヨハネスブルグ市とダーバン市・ケープタウン市などの都市圏鉄道の近代化を推進しており、その一環として今後10年間で6両編成の電車600本（合計3600両）の新型車両を導入している。この事業の実施に伴い、軌道の高速化・安定化事業が進められており、曲線部や分岐器などの横移動抑制箇所への座屈防止板の採用が期待される。

また、延長約2万1,000kmの路線網を保有するTFRにおいても、軸重量化による輸送力増強を進めており、座屈防止板による軌道の安定性向上と軌道整備の省力化が可能となることから提案製品への需要が見込まれる。

提案製品が上記の路線に導入されることにより、前述した「対象国の課題」に対して、下記の課題への貢献が期待される。

- ① 南アフリカ共和国のPRASAが直面している課題である効率的な軌道整備が可能となる。
- ② 軌道整備技術の向上、軌道事故の減少が実現する。
- ③ 軌道補強が図られ、列車の安定的運行、ひいては都市鉄道の利便性向上につながり利用客の増加が期待される。

2-2 持続的な開発目標（SDGs）17 の目標

2-2-1 目標⑨強靱（レジリエント）なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る

提案製品を用いることで、軌道補強が図られ、地域・越境インフラを含む質の高い、信頼でき、持続可能かつ強靱（レジリエント）なインフラを開発するに寄与する。

2-2-2 目標⑪包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する

提案製品を用いることで、軌道補強が図られ、列車の安定的運行、ひいては都市鉄道の利便性向上につながり、安全かつ安価で容易に利用できる持続可能な輸送システムへのアクセスに寄与する。

2-3 国別開発協力方針

南アは、豊富な鉱物資源と比較的発達した産業を背景として、アフリカ屈指の経済力を有する中進国である。アフリカ諸国で唯一の G20 メンバー国である同国は、近年、国連改革、核軍縮・不拡散、気候変動等の世界的な諸課題に関して発言力を強めている。その一方で、2010 年以降は平均経済成長率が下降傾向で推移する中、所得格差は拡大し、失業率も極めて高い水準にある。このような状況の下、同国政府は、2012 年 8 月に策定した「国家開発計画 2030」（2012 年 8 月策定）、並びに同計画の詳細実施計画として位置づけられている『2014-2019 年中期戦略枠組み（MTSF）』（2014 年策定）、『2019-2024 年中期戦略枠組み（MTSF）』（2019 年策定）、及びその後の新型コロナウイルス感染症の動向を踏まえ策定された『2019-2024 年改訂中期戦略枠組み（MTSF）』（2021 年策定）の中で「政府の能力強化」、「経済改革及び雇用創出」、「教育強化、人材育成、保険医療の改善」、「社会福祉事業の推進」、「居住地開発」、「平等で安全なコミュニティの創出」、「アフリカを含む世界へ貢献」の 7 つが優先事項に位置づけられている。日本がこれらの分野で支援することは、南アの開発や社会的安定にとって重要であるのみならず、同国で活動する日系企業のビジネス環境整備にも貢献する。また、ODA による支援を通じた二国間関係の強化はレアメタル等、鉱物資源の円滑な確保にも資する。

また、同国は、南部アフリカ開発共同体（SADC）の主要国として南部アフリカ地域の貿易促進、南北回廊を含む地域インフラ整備を推進しているため、日本の同国に対する支援が南部アフリカ地域全体の発展にも寄与することとなり、効果的な支援が期待できる。

南アフリカ共和国に対する日本の開発協力方針の基本方針（大目標）は「成長の加速化と貧困層の底上げ」としている。重点分野（中目標）は「成長加速化に向けた人材基盤の強化とインフラ開発促進支援」、「経済・社会的格差是正に向けた支援」、「南部アフリカの開発促進」の 3 点が示されている。

「開発課題 1－2（小目標）インフラ開発促進支援」における現状と課題として、近年の経済成長と黒人中間層の台頭の結果生じた公共インフラ不足が、今後の経済成長の制約要因となることが問題視されているとある。これに対する対応方針として、政府・公共機関による予算配賦・事業実施に対する支援及び民間投資インフラの案件形成を積極的に実施し、安全な水供給や再生可能エネルギーを含む地方電化等に向けたインフラ開発を促進するとされている。また、将来的な借款案件形成に向けて、引き続き政府・公共機関との調整を行うとある。

開発課題 1－2（小目標）に関係する協力プログラムとしては、「公共・経済基盤インフラ整備・支援プログラム（強化プログラム）」があり、経済基盤インフラ（電力、運輸、水）の担当省庁及び国営公社による計画策定・事業実施、維持管理に係る能力構築支援、及び公共支出予算の適正化に係る支援等を通じ、同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することが協力プログラム概要となっている。なお、この協力プログラムにおいて、本事業である「先進的軌道保全技術（座屈防止板）導入による脱線等の軌道事故を防止するための普及・実証事業」が案件として記載されている。

2-4 地元経済・地域活性化への貢献等

提案製品である座屈防止板の本体は、日本の独自技術で性能を上げたダクタイル鋳鉄を使用している。ダクタイル鋳鉄は、その特殊性から、海外では生産不可能であるため、提案製品の生産は、日本国内での実施となる。

現在、提案製品の生産に関係する協力会社は、表 2-2 のとおり、大阪府、新潟県、岩手県、熊本県、愛媛県と日本各地に位置している。提案製品の生産から出荷までの一連の作業において、これらの地域の雇用の創出・促進により、地方経済に対する裨益効果及び地域活性化が期待される。

表 2-2 提案製品の生産に関係する協力会社

(非公開)

第3章

普及・実証・ビジネス化事業実績

第3章 普及・実証・ビジネス化事業実績

3-1 目的

南アフリカ共和国において脱線等の軌道事故の防止に資するため、提案技術である先進的軌道保全技術（座屈防止板）の有用性及び優位性を実証し、当該国及び南部アフリカ地域でのビジネス展開計画が策定される。

3-2 成果

成果及び成果を測る指標・確認方法は、表 3-1 に示すとおりである。

表 3-1 成果及び成果を測る指標・確認方法

成果	具体的成果	成果を測る指標・確認方法
成果① 南アフリカ共和国において先進的軌道保全技術（座屈防止板）の導入により、軌道維持管理及び軌道事故防止における提案技術の有用性、優位性が実証される。	① C/P の軌道に座屈防止板を長期間・長区間設置し、軌道の安定化・整備の簡素化が実現される。 ② 座屈防止板設置前と比較しメンテナンス回数が減少する。	【指標】 ① 道床横抵抗力が 20%以上向上する。 ② 設置前の横移動量と比較して、設置後の横移動量が減少する ③ メンテナンス回数が半数近くに減少する。 【確認方法】 道床横抵抗力は、道床横抵抗計測器を用いて測定し、経時変化で抵抗力が低下しないかを、本事業実施期間中は定期的に測定し報告する。
成果② 先進的軌道保全技術（座屈防止板）に関する C/P や関係者の知識・技術の育成モデルが検討され、継続的な維持管理体制が整備される。	① 座屈防止板設置時及び数回実施する講習会を通じ、C/P 技術者への技術移転が実現する。 ② C/P 技術者及び幹部、DOT 幹部の本邦受入により提案製品・軌道保全技術への知識・理解度が向上する。	① 講習会は、各地区の C/P 技術者及び設置業者、PRASA 及び DOT の技術者延べ 10 名に対して講習を実施する。 ② C/P 技術者 3 名及び C/P・DOT 幹部 2 名の計 5 名に対してそれぞれ 5 日間の訪日研修を 2 回実施する。
成果③ 南部アフリカにおける先進的軌道保全技術（座屈防止板）の普及計画（ビジネス展開計画）が策定される。	① 現地設置業者、販売代理店の候補先が選定される。 ② 将来提携が可能なボルトメーカー、鋳物メーカーの情報が入手出来る。 ③ C/P 以外の鉄道事業者（TFR）及び南部アフリカ地域（モザンビーク・ザンビア等を検討）への販売可能性が確認される。	① 現地設置業者、販売代理店の候補先を 3 社以上検討する。 ② 将来提携が可能なボルトメーカー、鋳物メーカー各 3 社以上の情報が入手出来る。 ③ C/P 以外の鉄道事業者（TFR）及び南部アフリカ地域への販売可能性が確認され、売上計画が作成される。

3-3 成果の達成状況

成果①：南アフリカ共和国において先進的軌道保全技術（座屈防止板）の導入により、軌道維持管理及び軌道事故防止における提案技術の有用性、優位性が実証される。

<達成度> 100%

<達成状況>

- ・第1回渡航（2022年4月～5月）において、座屈防止板の設置場所の選定のための現地調査を実施し、現地調査結果を基に、PRASA 本部と協議し、座屈防止板の設置場所3箇所（ヨハネスブルグ市内1箇所、ケープタウン市内2箇所の計3箇所）を選定した（選定結果の詳細は、活動実績の項目に記載）。なお、当初設置を計画していたダーバン市は、2022年4月に発生した水害により、列車の運行が停止しており、運行再開の目途が立っていないため、非選定とした。
- ・座屈防止板を製造し、2回に分けて、現地への輸送を行った。
- ・第2回渡航時（2022年8月～9月）にケープタウン市、第3回渡航時（2022年10月～11月）にヨハネスブルグ市において、座屈防止板を設置した。
- ・第4回渡航時（2023年2月）、第5回渡航時（2023年5月）、第7回渡航時（2024年4月）、第8回渡航時（2024年9月）に設置箇所において、設置後の軌道横方向変位量及び、道床横抵抗力の測定を行った。軌道横方向変位量は、各地点とも設置後の第1回測定時点（2022年9月）から第5回測定時点（2024年9月）において、大きな変位は確認されていない。道床横抵抗力は、設置後、最大値に達し、その後も最大値が維持された。
- ・新型コロナウイルス感染症の感染拡大が原因で列車の運行本数が減少したことにより、計測が一時延期されたがコロナ感染の終息と共に列車の運行本数が回復した為、合計5回の計測を実施出来た。座屈防止板の設置箇所には、前述のとおり、十分な設置の効果がみられた。

成果②：先進的軌道保全技術（座屈防止板）に関する C/P や関係者の知識・技術の育成モデルが検討され、継続的な維持管理体制が整備される。

<達成度> 85%

<達成状況>

- ・C/P 軌道整備担当者及び設置業者向けの設置・管理マニュアル（ビデオ含む）を整備した。
- ・設置業者に対して、座屈防止板の設置作業の前に、設置前軌道整備の必要性や設置方法に関する講習会を開催し、軌道保全にかかる技術指導を行った。C/P 担当者に対して、技術セミナー時に、設置前軌道整備の必要性や設置方法、メンテナンスに関わる説明を行い、軌道保全にかかる技術指導を行った。
- ・座屈防止板設置後の軌道の各種変位量及び、道床横抵抗力値の計測時に、C/P 技術者に維持管理方法の技術移転を実施した。
- ・2022年10月に、C/P 軌道整備指導者及び保線技術者（合計3名）に対し第1回本邦受入活動を実施し、日本の先進的な軌道保全技術及び提案製品の効果への理解の促進に努めた。
- ・DOT 及び C/P 幹部に対し、実証の分析結果報告、及び分岐器や直線区間、駅ホーム等提案製品の効果的な使用方法について説明した。
- ・軌道保全技術、軌道整備及び保線における安全管理基準の整備に関する技術セミナーを C/P に対して実施した。

成果③：南部アフリカにおける先進的軌道保全技術（座屈防止板）の普及計画（ビジネス展開計画）が策定される。

＜達成度＞ 100%

＜達成状況＞

- ・第2回渡航時（2022年9月）、第4回渡航時（2023年2月）、第5回渡航時（2023年5月）、第6回渡航時（2023年10月）、第7回渡航時（2024年4月）、第8回渡航時（2024年9月）に、現地軌道整備会社、現地パートナー候補企業、部材メーカー、現地製造候補企業等を訪問し、案件概要の説明及び、連携や業務提携の可能性についてヒアリングを行い、業務提携の可能性についての打合せを実施した。
- ・C/P 関係者に対して、広報活動として、座屈防止板の広報・周知・宣伝のための技術セミナーの開催を開催した。また、2023年10月に開催された SARA(SOUTHERN AFRICAN RAILWAYS ASSOCIATION) RAIL CONFERENCE 2023 に参加し、座屈防止板の広報・周知・宣伝活動を行った。
- ・TFR 及び南部アフリカ地域への販売については今後更に可能性を追求してゆく方針であるが、初期投資費用の捻出が課題となっている。

3-4 活動内容実績

3-4-1 活動内容

◆ 成果①に係る活動

- 1-1：座屈防止板を製造・輸送する。
- 1-2：座屈防止板を長期間、長区間（ヨハネスブルグ市内1箇所、ケープタウン市内2箇所の計3箇所を想定し最大1,000m程度を予定）設置する。
- 1-3：設置前後の軌道の各種変位量及び、道床横抵抗力値を計測し、分析を行う。
- 1-4：長期間設置による軌道メンテナンス状況を確認し、軌道メンテナンスの改善効果の検証を行う。

＊活動1-2については、契約時は「ヨハネスブルグ市、ダーバン市、ケープタウン市の3箇所を想定」となっていたが、対象サイト選定結果を踏まえて、以降は「ヨハネスブルグ市内1箇所、ケープタウン市内2箇所の計3箇所を想定」に変更。

◆ 成果②に係る活動

- 2-1：C/P 軌道整備担当者及び設置業者向けの設置・管理マニュアル（ビデオ含む）を整備する。
- 2-2：C/P 軌道整備指導者及び保線技術者の本邦受入活動を実施し、育成を行う。
- 2-3：C/P 担当者（軌道整備指導者及び保線技術者）、設置業者に対し、設置前軌道整備の必要性や設置方法に関する講習会、メンテナンス講習会を開催し、軌道保全にかかる技術指導を行う。
- 2-4：C/P 担当者と共同で座屈防止板を設置、メンテナンス（計測）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行う。
- 2-5：運輸省（DOT）、C/P 幹部に対し本邦受入活動を実施し、先進的な軌道保全技術及び提案製品の効果への理解を促す。
- 2-6：DOT・RSR 及び C/P 幹部に対し、実証の分析結果報告、及び分岐器や直線区間、駅ホーム等提案製品の効果的な使用方法について講習会を開催する。
- 2-7：軌道保全技術及び譲与後の維持管理体制について C/P 関係者に説明を行う。
- 2-8：C/P の軌道整備及び保線における安全管理基準の整備へ向けた助言を行う。

◆ 成果③に係る活動

- 3-1：現地軌道整備に係る下請け構造を把握した上で、現地軌道整備会社（黒人権利拡大政策（BEE）該当企業）を調査し、連携可能性を検討する。
- 3-2：現地販売代理店（現地パートナー企業）を調査し、業務提携の可能性を検討する。
- 3-3：国産化率の増加及びコスト競争力向上のため、ボルト・ナット類の部材メーカーを調査し、業務提携の可能性を検討する。
- 3-4：現地製造候補企業を調査し、現地製造の可能性を検討する。
- 3-5：トランスネット貨物鉄道公社（TFR）、公共企業省（DPE）及び南部アフリカ地域の鉄道事業者に対し、広報活動を実施する。
- 3-6：本事業後の南部アフリカ地域（モザンビーク・ザンビア等を検討）におけるビジネス展開計画を策定する。

3-4-2 活動結果の実績

◆ 成果①に係る活動

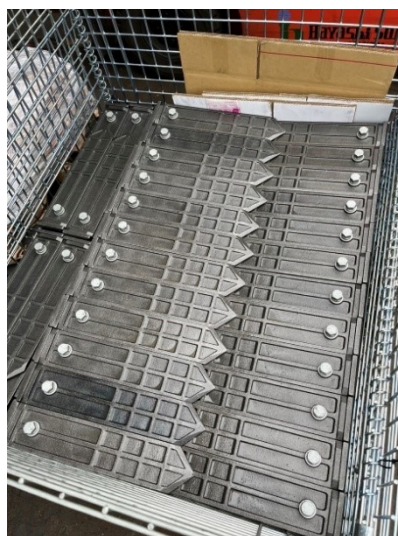
1-1：座屈防止板を製造・輸送する。

- ・座屈防止板を製造し、その他本邦調達機材も併せて、表 3-2に示すとおり 2 回に分けて現地への輸送を行った。

表 3-2 座屈防止板の輸送の状況

	輸送数量	輸送スケジュール
第 1 回輸送	750 Units	2022 年 7 月 3 日 東京 出港 2022 年 7 月 13 日 Singapore 入港 2022 年 7 月 17 日 Singapore 出港 2022 年 8 月 9 日 Cape Town 着
第 2 回輸送	1,408 Units	2022 年 8 月 14 日 東京 出港 2022 年 8 月 29 日 Singapore 入港 2022 年 9 月 4 日 Singapore 出港 2022 年 9 月 21 日 Durban 着

出典：林総事株式会社作成



製造・輸送の様子

1-2：座屈防止板を長期間、長区間（ヨハネスブルグ市内1箇所、ケープタウン市内2箇所の計3箇所を想定し最大1,000m程度を予定）設置する。

- ・第1回渡航（2022年4月～5月）において、座屈防止板の設置場所の選定ための現地調査を実施した。
- ・現地調査結果を基に、PRASA本部と協議し、表3-4に示す3箇所を選定した。第1回渡航において、実証候補地20箇所（ヨハネスブルク、ケープタウン、ダーバン）を調査し、カーブの度合・構造物の有無・鉄道運航の有無・実証地へのアクセス、安全性などの選定基準を用いてPRASA本部と共に実証地を選定した。その結果、ヨハネスブルク（長いカーブがある）1箇所及びケープタウン（単線カーブ及び構造物の前後）2箇所の計3箇所の実証地を選定した。各実証地で必要となる座屈防止板の個数は、その距離や地形の特性に応じて算出し、設置計画としてまとめ、これをPRASA本部と合意した。なお、ダーバン市が位置するKwaZulu Natal州は、2022年4月に発生した水害により、列車の運行が停止しており、運行再開の目途が立っていないため、今回の実証地からは除外した。

<設置場所の選定要件>

設置場所は、以下の状況を踏まえ、選定した。

- ・まくらぎ形状、サイズの状況
- ・締結装置の状態
- ・設置場所への材料運搬経路の状況
- ・トラックマスターによる軌道変位量の確認可否の状況
- ・設置場所周辺における作業基地の確保
- ・治安状況も考慮した安全確保

<3サイトの選定理由>

3地点の選定理由は、表3-3に示すとおりである。

表 3-3 実証事業を実施する地点の選定理由

設置州	位置	地点の選定理由
Gauteng	Germiston 駅近傍	R235mのほぼ90度の曲線区間で、高架橋上で途中に分岐器・クロッシングがある地点であり、構造物が前後に位置する条件下における座屈防止板の設置効果を検証できるため。
Western Cape	Somerset West Line 鉄橋付近	鉄橋から曲線R=250に入る区間で、バラストの散逸が確認できる地点であり、長い単線区間のカーブが位置する条件下における座屈防止板の設置効果を検証できるため。
Western Cape	Simons Town Line 踏切前後	交通量の多い踏切を挟んだ区間で、軌道線形の変位が顕著な区間であり、構造物前後の軌道が拘束された条件下における座屈防止板の設置効果を検証できるため。

出典：JICA 調査団作成

- ・第1回渡航（2022年4月～5月）において、現地施工協力業者を訪問し、情報収集（会社の規模、作業員の習熟度、施工体制、所有機械工具等）及び座屈防止板の設置にあたっての協議を行った。
- ・第2回渡航時（2022年8月～9月）にケープタウン市2箇所、第3回渡航時（2022年10月～11月）にヨハネスブルグ市において、座屈防止板を設置した。なお、座屈防止板を設置中の安全対策として、安全講習受講、線路内立入り許可手続き、対象区間の列車運行情報の事前の入手、C/Pによるフラッグマンの手配、警備員の配置を実施した。

表 3-4 座屈防止板の設置場所

設置州	位置	設置数量	期間	作業スケジュール等
Gauteng	Germiston 駅近傍 (Germiston 駅～ President 駅間)	1,397Units（注） (まくらぎ 700 本 420m)	2022 年 10 月 24 日～ 11 月 22 日	・月～木曜：約 80units/日 の設置 ・金曜：軌道整正
Western Cape	Somerset West Line 鉄橋付近	570Units (まくらぎ 285 本 174m)	2022 年 9 月 7 日～ 9 月 16 日	同上
Western Cape	Simons Town Line 踏切前後	140Units (まくらぎ 70 本 42m)	2022 年 9 月 19 日～ 9 月 23 日	同上

（注）設置数量は、当初 1,400Units を予定したが、まくらぎ破損部があったため、最終的に 1,397Units を設置した。

出典：JICA 調査団作成

<設置状況 Gauteng Germiston 駅近傍>



朝礼・ラジオ体操



機材の運搬



座屈防止板の設置



座屈防止板の設置後の整正

<設置状況 Western Cape Somerset West Line 鉄橋付近>



朝礼



機材の運搬



座屈防止板の設置



座屈防止板の設置

<設置状況 Western Cape Simons Town Line 踏切前後>



朝礼



機材の運搬



座屈防止板の設置



座屈防止板の設置

1-3：設置前後の軌道の各種変位量及び、道床横抵抗力値を計測し、分析を行う。

(1) 検測方法

- ・提案製品の設置の効果を評価するために検測手法は、表 3-5 に示すとおりである。

表 3-5 検測手法

検測方法	測定内容等
軌道検測 (仕上り検測)	・座屈防止板の設定範囲における軌道の「軌道横方向変位量」を測定する。検測は、トラックマスター(トラックスキャナー)を用いて行う。
道床横抵抗力測定	・基準点における軌道を横方向に 2.0mm 変位させるために必要な力の大きさである「道床横抵抗力」を測定する。最大 20.0kN まで測定が可能。検測は、道床横抵抗力測定器を用いて行う。 ・日本では、座屈防止板の設置時において、「道床横抵抗力」が 10.0kN を超えることが多い。一方で、南アフリカ共和国においては、日本と比較しバラストが大きいことから、「道床横抵抗力」は、座屈防止の設置前においても比較的大きな数値となる。 ・本測定においては、基準点における「軌道横方向変位量」に対する「道床横抵抗力」を「変位量あたりの抵抗力」とし、設置前の初期値の「変位量あたりの抵抗力」を「1」としたときの各測定時の数値を当初比とし、評価の指標とする。



軌道検測

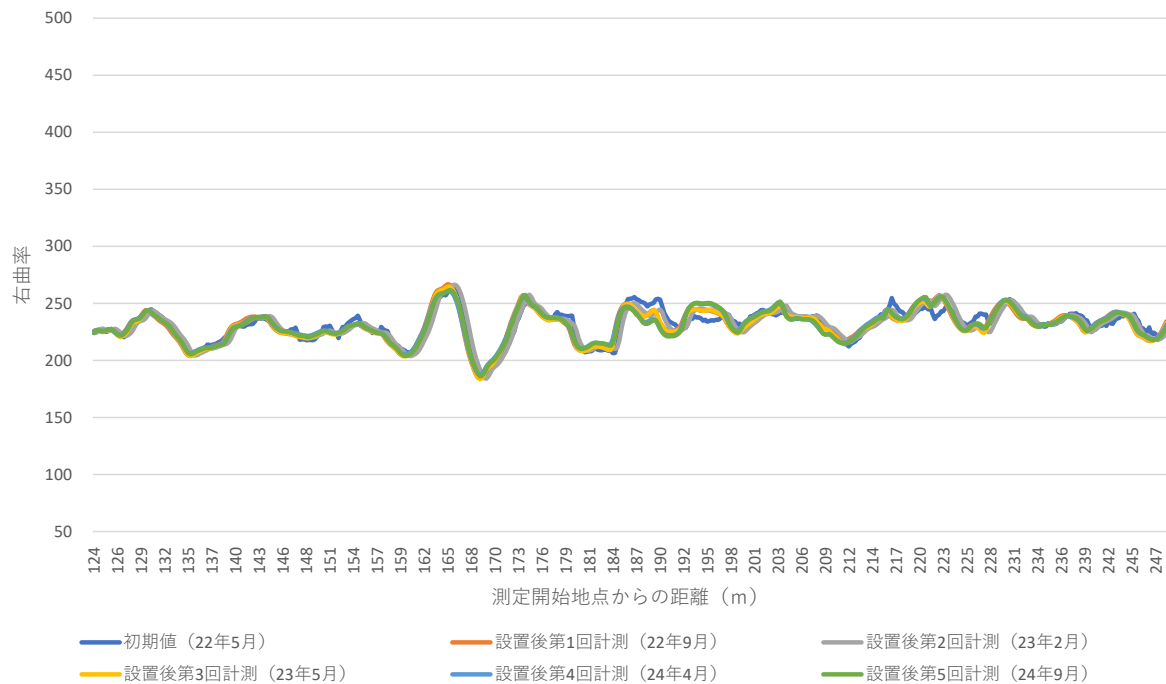


道床横抵抗力測定

(2) 測定結果

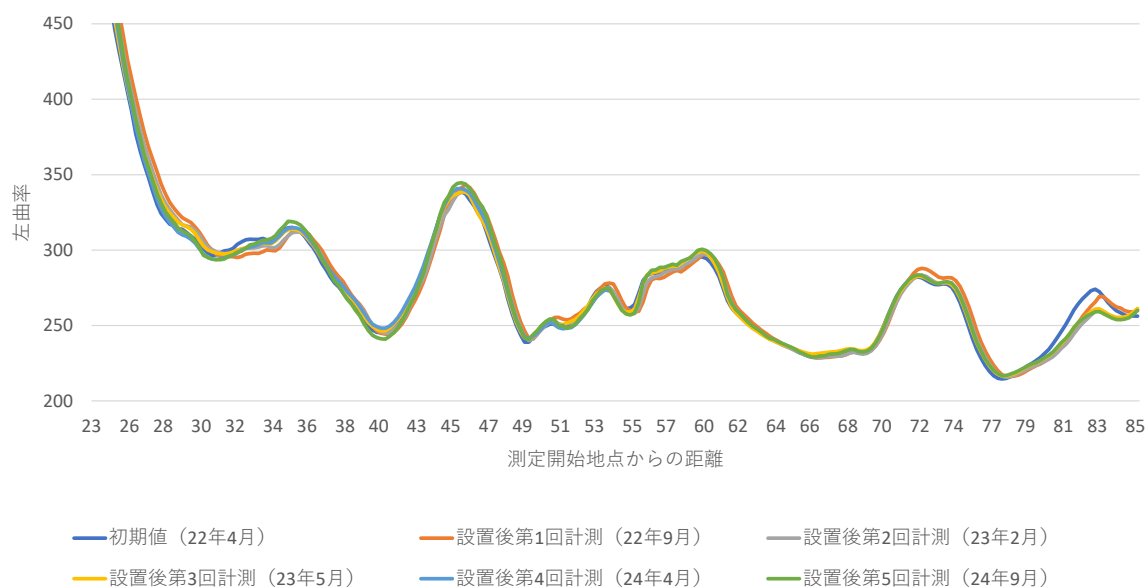
①軌道横方向変位量

- ・設置後の軌道横方向変位量の測定結果は図 3-1～図 3-3 に示すとおりである。なお、軌道横方向変位量は、各設置場所のうち、列車の走行による線路の歪みが大きくなると想定される箇所を抜粋した結果を示す。
- ・軌道横方向変位量は、各地点とも設置後の第1回測定時点（2022年9月）から第5回測定時点（2024年9月）において、大きな変位は確認されていない。



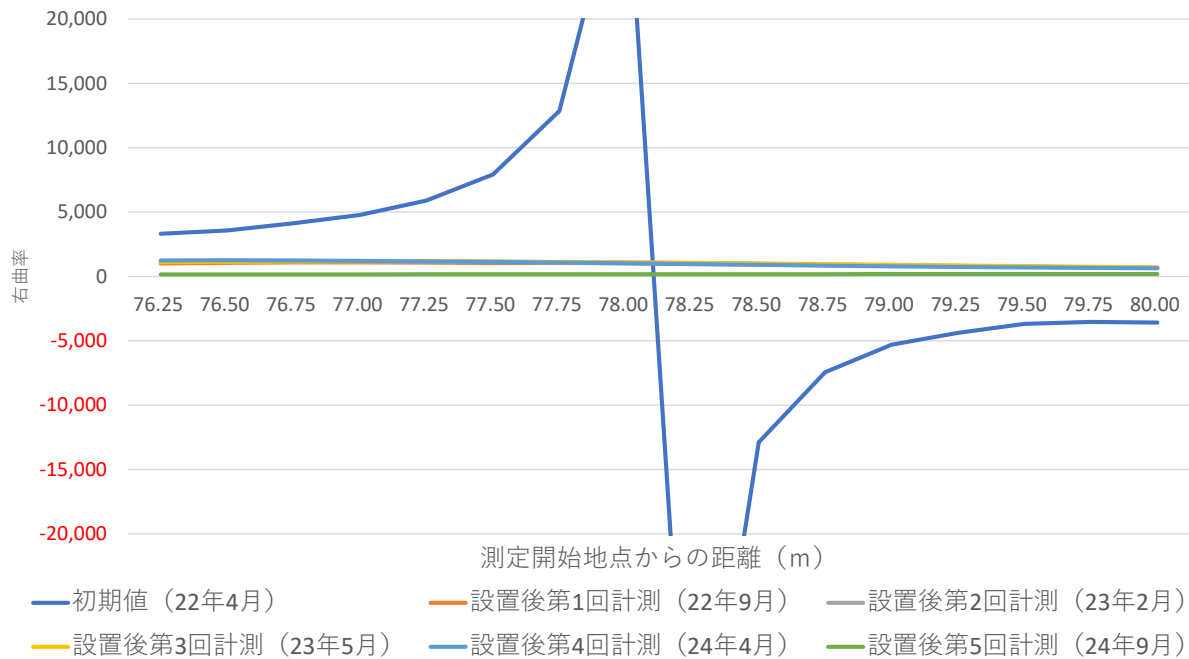
※右曲率：線路の曲がり具合を示す数値。数値が大きいほど、直線であることを示す。

図 3-1 軌道横方向変位量の測定結果（Germiston 駅近傍）



※左曲率：線路の曲がり具合を示す数値。数値が大きいほど、直線であることを示す。

図 3-2 軌道横方向変位量の測定結果（Somerset West Line 鉄橋付近）



※右曲率：線路の曲がり具合を示す数値。数値が大きいほど、直線であることを示す。

(注) 初期値と設置後第1回計測結果の乖離については、第1回計測前に、施工業者により意図しない軌道整備が実施され、軌道の歪みが修正されたため、乖離が多い結果となった。設置後第1回計測以降の軌道横方向変位量は大きな変化がないため、座屈防止板の効果が確認できる。設置後第5回計測時については、現場にて想定外な工程変更があり大幅な測定着手の遅延となった。待機時間が長時間となり満充電であった計測機(トラックマスター)のバッテリーが予想以上に電圧低下してしまい、線形の計測のためのジャイロ信号が受信できておらず、線形は計測データが取得できなかった。しかし、LC (Level Crossing) 踏切前後での軌道修正箇所は、目視での評価になるが元のクセに戻ることなく線形修正後のラインを継続しているのが確認でき、座屈防止板の効果があると判断している。

図 3-3 軌道横方向変位量の測定結果 (Simons Town Line 踏切前後)

②道床横抵抗力

1) Gauteng 州：Germiston 駅近傍

- ・ Germiston 駅近傍の道床横抵抗力は、表 3-6 及び図 3-4 に示すとおり、設置前が 17.0kN/Sleeper、設置後が 20.0kN/Sleeper であり、設置前から+3.0 程度増加した。
- ・ 変位量あたりの抵抗力の当初比は、時間の経過とともにやや増加傾向にあり、列車の走行によりバラストが締固まり、座屈防止板の設置効果が大きくなったことが確認できた。
- ・ なお、一般的に夏場は、気温が高く軌道変位（線路のゆがみ）が生じやすいじきであるが、各設置場所ともに、現地の夏期（2022 年 10－2023 年 3 月）のあとの第 3 回測定時点（2023 年 5 月）において、大きな変化が無かったことから、座屈防止板の効果があったものと考えられる。

表 3-6 道床横抵抗力の測定結果（Germiston 駅近傍）

項目	設置前	設置後				
	初期値 22 年 4 月 または 5 月	第 1 回計測 22 年 9 月	第 2 回計測 23 年 2 月	第 3 回計測 23 年 5 月	第 4 回計測 24 年 4 月	第 5 回計測 24 年 9 月
①横抵抗力値(kN)	17.0	20.0 (+3.0)	20.0 (+3.0)	20.0 (+3.0)	20.0 (+3.0)	20.0 (+3.0)
②変位量(mm)	2.0	0.8	1.3	1.1	0.8	1.0
③変位量あたりの 抵抗力(kN/mm) (①÷②)	8.5	25.0	15.4	18.2	26.7	20.0
④当初比(倍)	1	2.94	1.81	2.14	3.14	2.35

(注) 表中の () 内の数値は、初期測定の前からの増減を示す。

道床横抵抗力は、20.0kN が測定最大値となる。

当初比は、設置前の初期値の「変位量あたりの抵抗力」を 1 としたときの比率を示す。

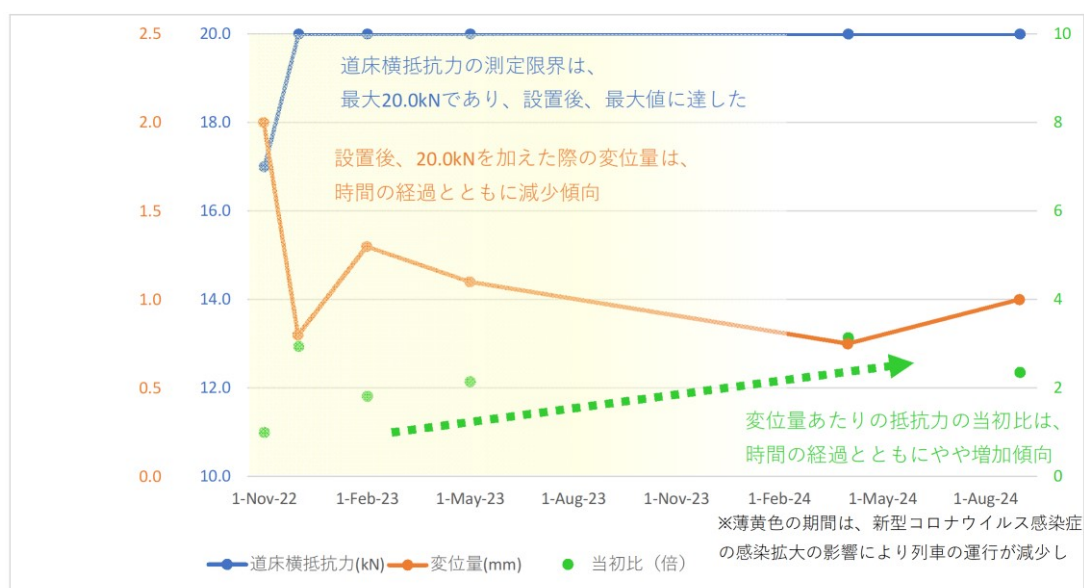


図 3-4 道床横抵抗力の測定結果（Germiston 駅近傍）

2) Western Cape 州：Somerset West Line 鉄橋付近

- ・ Somerset West Line 鉄橋付近の道床横抵抗力は、表 3-7 及び図 3-5 に示すとおり、設置前が 12.5kN/Sleeper、設置後が 20.0kN/Sleeper であり、設置前から+7.5 程度増加した。
- ・ 変位量あたりの抵抗力の当初比は、ほぼ横ばいで推移し、座屈防止板の設置効果が継続されたことが確認できた。

表 3-7 道床横抵抗力の測定結果（Somerset West Line 鉄橋付近）

項目	設置前	設置後				
	初期値 22 年 4 月 または 5 月	第 1 回計測 22 年 9 月	第 2 回計測 23 年 2 月	第 3 回計測 23 年 5 月	第 4 回計測 24 年 4 月	第 5 回計測 24 年 9 月
①横抵抗力値(kN)	12.5	20.0 (+7.5)	20.0 (+7.5)	20.0 (+7.5)	20.0 (+7.5)	20.0 (+7.5)
②変位量(mm)	2.0	1.3	1.3	1.3	1.7	1.2
③変位量あたりの 抵抗力(kN/mm) (①÷②)	6.3	15.4	15.4	15.4	11.8	16.7
④当初比(倍)	1	2.46	2.46	2.46	1.88	2.67

(注) 表中の () 内の数値は、初期測定の前からの増減を示す。

道床横抵抗力は、20.0kN が測定最大値となる。

当初比は、設置前の初期値の「変位量あたりの抵抗力」を 1 としたときの比率を示す。

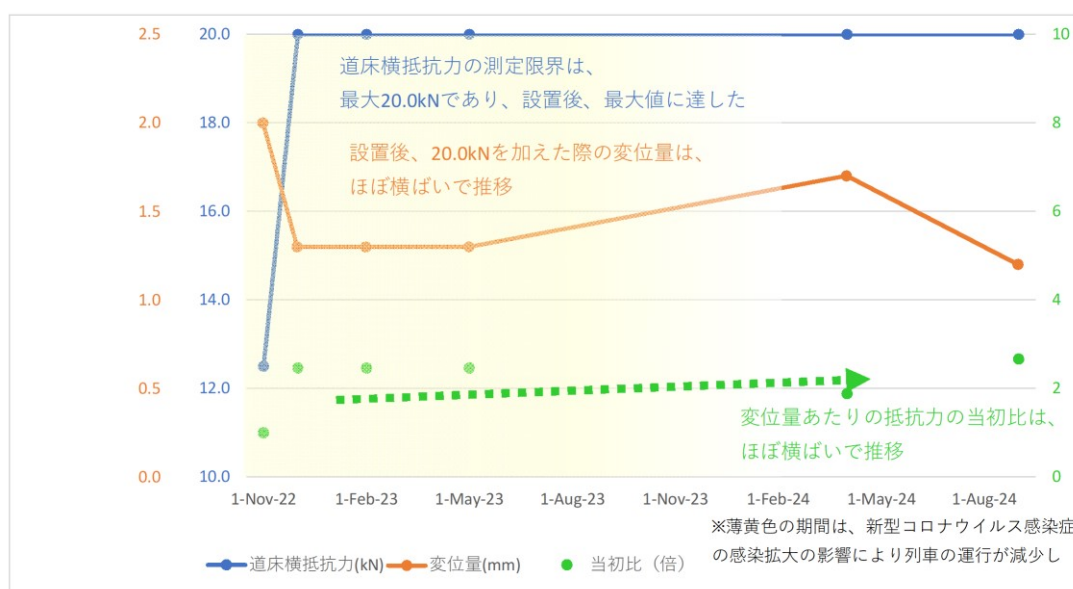


図 3-5 道床横抵抗力の測定結果（Somerset West Line 鉄橋付近）

3) Western Cape 州： Simons Town Line 踏切前後

- Simons Town Line 踏切前後の道床横抵抗力は、表 3-8 及び図 3-6 に示すとおり、設置前が 15.0kN/Sleeper、設置後が 20.0kN/Sleeper であり、設置前から+5.0 程度増加した。
- 変位量あたりの抵抗力の当初比は、時間の経過とともにやや増加傾向にあり、列車の走行によりバラストが締固まり、座屈防止板の設置効果が大きくなったことが確認できた。

表 3-8 道床横抵抗力の測定結果（Simons Town Line 踏切前後）

項目	設置前	設置後				
	初期値 22 年 4 月 または 5 月	第 1 回計測 22 年 9 月	第 2 回計測 23 年 2 月	第 3 回計測 23 年 5 月	第 4 回計測 24 年 4 月	第 5 回計測 24 年 9 月
①横抵抗力値(kN)	15.0	20.0 (+5.0)	20.0 (+5.0)	20.0 (+5.0)	20.0 (+5.0)	20.0 (+5.0)
②変位量(mm)	2.0	1.3	1.6	1.9	1.1	0.4
③変位量あたりの 抵抗力(kN/mm) (①÷②)	7.5	15.4	12.5	10.5	18.2	50.0
④当初比(倍)	1	2.05	1.67	1.40	2.42	6.67

(注) 表中の () 内の数値は、初期測定の前からの増減を示す。

道床横抵抗力は、20.0kN が測定最大値となる。

当初比は、設置前の初期値の「変位量あたりの抵抗力」を 1 としたときの比率を示す。

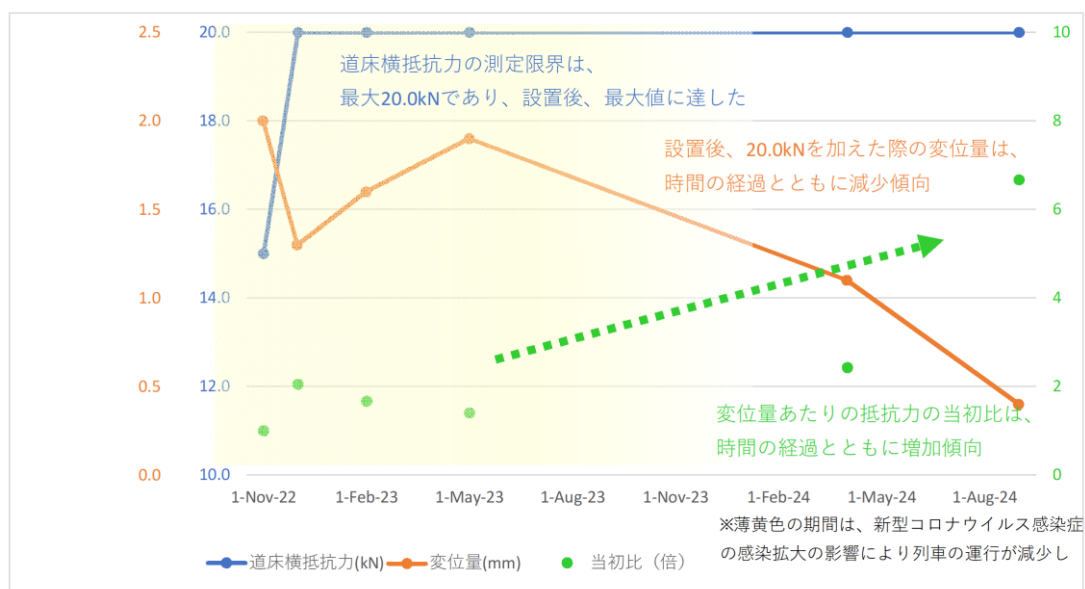


図 3-6 道床横抵抗力の測定結果（Simons Town Line 踏切前後）

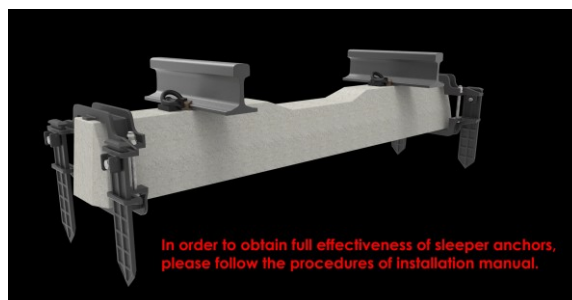
1-4：長期間設置による軌道メンテナンス状況を確認し、軌道メンテナンスの改善効果の検証を行う。

- ・新型コロナウイルス感染症の感染拡大が原因で列車の運行本数が減少したことにより、軌道メンテナンスが十分に実施されたとはいえないが、座屈防止板の設置個所には、前述のとおり、十分な設置の効果がみられた。今後は、座屈防止板の効果がより高まるように、定期的な測定・メンテナンスの技術指導を行う。

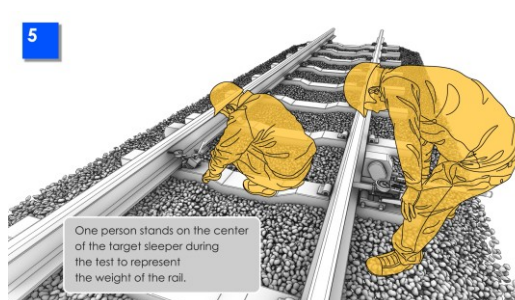
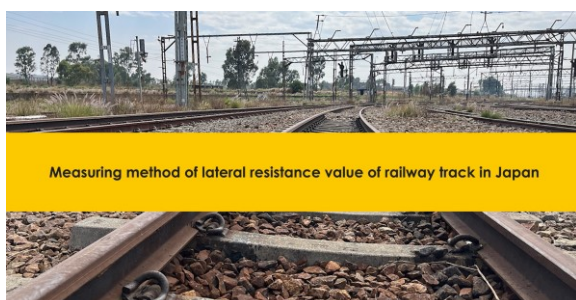
◆ 成果②に係る活動

2-1 : C/P 軌道整備担当者及び設置業者向けの設置・管理マニュアル（ビデオ含む）を整備する。

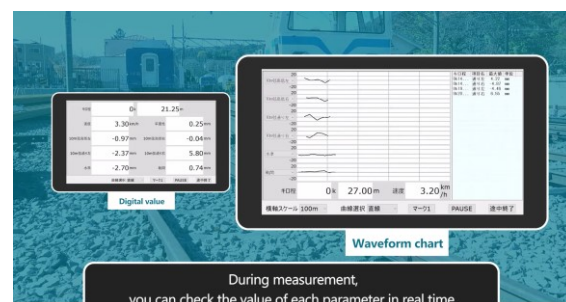
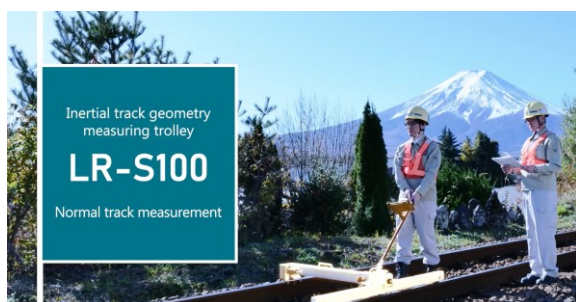
- ・ C/P 軌道整備担当者及び設置業者向けの設置・管理マニュアル（ビデオ含む）を整備した。



座屈防止板設置 説明マニュアル（ビデオ）



道床横抵抗力測定 説明マニュアル



トラックマスター（トラックスキャナー） 説明マニュアル

2-2 : C/P 軌道整備指導者及び保線技術者の本邦受入活動を実施し、育成を行う。

- ・ 本邦受入活動（第1回）を以下に示すとおり実施した。

<本邦受入活動目的>

C/P の主要技術者に日本の鉄道の実態を把握して貰う事で、本事業の効果が南アフリカ共和国に於いて最大限発揮され、将来の普及に繋がる事を目標とする。

<本邦受入活動における研修項目>

- ①座屈防止板の生産工程を見学する事でこの装置の製造／検査体制についての知識を深める。
- ②JR 及び関連工事業者による研修及び鉄道博物館での研修を受ける事で日本に於ける高度な保線技術の実態を把握する。
- ③鉄道関連の研修所での研修を通じ「予防的メンテナンス」の発想を植え付ける。
- ④東北新幹線／上越新幹線にて移動する事で日本の新幹線の運行状況を体験する。

<受入期間>

2022 年 10 月 2 日（日）～2022 年 10 月 8 日（土）

<研修者>

	研修者名	役職（職位）
1	Mr. Fana Marutla	Acting CEO, PRASA Tech
2	Ms. Vonani Rikhotso	Perway Specialist, PRASA Tech
3	Mr. Tshilidzi Samuel Mbedzi	Acting Perway Head, PRASA Tech

* Mr. Samuel については PRASA が往復航空券を負担して参加。

<本邦受入活動日程表>

日付	時刻	活動内容/移動	講師または研修先担当者		講師 使用 言語	活動 場所
			氏名	所属先/職位		
10/2(日)	18:35	成田空港到着	—	—	—	—
10/3(月)	10:00～ 12:00	林総事／市原工 場 研修／見学	川名 陽之介	林総事 ／海外業務 本部長	英語	千葉県 市原市
	15:00～ 17:00	林総事／本社工 場見学	〃	〃	〃	東京都 大田区
10/4(火)	10:00～ 11:57	東北新幹線で 仙台に移動	山口俊行	J-Stock/代表取締役	〃	—
	13:00～ 15:00	仙建工業での 研修	小野貴司	仙建工業 ／線路部 担当部長	〃	宮城県 仙台市
10/5(水)	9:30～ 16:00	林総事 社内研修	小尾実	林総事	〃	東京都 大田区
10/6(木)	10:00～ 14:00	東鉄工業総合 研修センター	犬塚真二	東鉄工業 ／線路企画部長	〃	茨城県 つくば みらい 市
10/7(金)	13:00～ 16:00	鉄道博物館 研修／見学	落合崇	鉄道博物館 ／企画部員	〃	埼玉県 さいた ま市
10/8(土)	22:30～	成田空港出発	—	—	—	—

<成果>

(1) 提案製品の理解促進

研修員の3名は、林総事株式会社の本社工場及び市原工場を訪れ、座屈防止板の製造／検査工程を視察すると共に、協力会社が製造しているダクタイル鋳鉄の製造工程詳細も動画を視聴し、原材料から最終工程までの詳細について理解を深める事が出来た。また提案企業製品がクオリティの高い安定した日本品質であることがPRできた。

(2) 本邦鉄道技術の紹介

日本の鉄道軌道の大手工事業者である東鉄工業および仙建工業の研修センターを視察し詳細な説明を受けて、JR各社の優れた軌道整備の実態を理解した。また、列車の安定運航を支える技術者を育成する教育訓練の見学や、在来線から新幹線までのメンテナンスを組織として行う設備についての多くの知識を習得した。

加えて新幹線やJR山手線・京浜東北線及びつくばエクスプレス等にも乗車し日本の鉄道の安全性／正確性を体験した。

(3) 総括

今回の招聘を通じ PRASA 及び南アフリカ共和国の鉄道事業者に求められる「予防的メンテナンス (Preventive Maintenance)」という考え方の重要性を、日本の成功している状況を実際に見る事で、植え付ける事が出来た事が最大の成果と言える。



林総事市原工場の研修・見学



林総事本社工場の研修・見学



仙建工業の研修・見学



林総事社内での研修



東鉄工業総合研修センターの研修・見学



鉄道博物館の研修・見学

2-3 : C/P 担当者（軌道整備指導者及び保線技術者）、設置業者に対し、設置前軌道整備の必要性や設置方法に関する講習会、メンテナンス講習会を開催し、軌道保全にかかる技術指導を行う。

- ・設置業者に対しては、2022 年 9 月～10 月に実施した座屈防止板の設置作業の前に、設置前軌道整備の必要性や設置方法に関する講習会を開催し、軌道保全にかかる技術指導を行った。
- ・C/P 担当者に対しては、2024 年 4 月の技術セミナー時に、設置前軌道整備の必要性や設置方法、メンテナンスに関わる説明を行い、軌道保全にかかる技術指導を行った。

表 3-9 技術セミナーの実施状況

	第1回技術セミナー	第2回技術セミナー	第3回技術セミナー
開催日	2024年4月17日（水）	2024年4月23日（火）	2024年4月24日（水）
開催場所	PRASA/JHB 本社および試験線	PRASA Western Cape事務所および事務所横本線	Somerset West Line 本線
相手側出席者	PRASA職員10名	PRASA職員10名	PRASA職員9名
内容	①座屈防止板の設置マニュアル／軌道計測器使用法及び横抵抗力測定手順のビデオによる説明 ②軌道保全技術、軌道整備及び保線における安全管理基準の説明 ③試験線の軌道にて実地説明と体験指導		
実施状況			

出典：JICA 調査団作成

2-4 : C/P 担当者の立会いのもと座屈防止板を設置、メンテナンス（計測）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行う。

- ・ 第2回渡航時（2022年8月～9月）、第3回渡航時（2022年10月～11月）の座屈防止板の設置、メンテナンス（計測）は、C/P 担当者の立ち合いのもと実施し、設定手順や設置時の留意点、安全管理等の設置のためのノウハウ、各種変位量等の計測の必要性、計測方法等の維持管理方法について、解説を行った。
- ・ 第4回渡航時（2023年2月）、第5回渡航時（2023年5月）、第7回渡航時（2024年4月）、第8回渡航時（2024年9月）のメンテナンス（計測）において、C/P 担当者が立ち合い、維持管理方法の技術移転に努めた。



C/P 担当者の立ち合い
Mr.FanaMarutla (Acting CEO, PRASA Tech)



C/P 担当者の立ち合い
Ms. VonaniRikhotso (PerwaySpecialist, PRASA Tech)

2-5：運輸省（DOT）、C/P 幹部に対し本邦受入活動を実施し、先進的な軌道保全技術及び提案製品の効果への理解を促す。

- ・運輸省（DOT）及び C/P 幹部の本邦受入れ活動の実施を予定し、各方面に協力を依頼し準備を整えていたが、C/P より辞退の連絡があった為、本邦受入れ活動の実施は見送った。

2-6：DOT・RSR 及び C/P 幹部に対し、実証の分析結果報告、及び分岐器や直線区間、駅ホーム等提案製品の効果的な使用方法について講習会を開催する。

- ・DOT 及び C/P 幹部に対し、2024 年 9 月に実証の分析結果報告、及び分岐器や直線区間、駅ホーム等提案製品の効果的な使用方法について説明した。



説明の様子

2-7：軌道保全技術及び譲与後の維持管理体制について C/P 関係者に説明を行う。

- ・軌道保全技術は、2024 年 4 月の技術セミナーの際に C/P 関係者に説明を行った。技術セミナーの実施状況は、前掲の表 3-9 にとおりである。
- ・譲与後の維持管理体制は、2024 年 9 月に C/P 関係者に説明を行った。

2-8：C/P の軌道整備及び保線における安全管理基準の整備へ向けた助言を行う。

- ・軌道整備及び保線における安全管理基準の整備へ向けた助言は、2024 年 4 月の技術セミナーの際に C/P 関係者に説明を行った。技術セミナーの実施状況は、前掲の表 3-9 にとおりである。

◆ 成果③に係る活動

表 3-10 現地軌道整備会社の候補及びヒアリング結果
(非公開)

表 3-11 現地パートナー企業の候補及びヒアリング結果（1）
（ 非公開 ）

3-3：現地製造候補企業を調査し、現地製造の可能性を検討する。

- ・第3回渡航時（2023年2月）、第4回渡航時（2023年5月）、第7回渡航時（2024年4月）に、現地製造候補企業の候補となる企業を訪問し、案件概要の説明及び、現地製造候補企業としての業務提携の可能性についてヒアリングを行った。現地製造候補企業は、ヒアリング結果、現地製造の可能であると判断できた High Duty Casting を選定した。
- ・Bedford Mechanical and Pump Spares、Rely Precision Casting、High Duty Casting の3社は、鋳物メーカーとしての生産・検査体制を有しており、将来的には材料の代替ソースとして連携できる可能性がある。

表 3-14 現地製造候補企業の候補及びヒアリング結果（1）

候補企業名	事業概要	ヒアリング結果
Railcor (ZAK STEEL) 注	フィッシュプレート、タイプレートや分岐器の製造メーカー。	同社実績や、製造現場の状況等、財務状況等、更に確認する必要があるものの、現時点では現地製造候補企業となる可能性がある（第2回渡航時）。 南アフリカ共和国では、過去にレールもスペイン・イタリア・中国等から輸入していたが、現在は南アフリカ共和国で製造しており、座屈防止板も将来的には原産化要求が必須だろう。同社としても協業可能性を模索したいが、南ア鉄道事業者は、PRASAもFTRも導入決定まで時間が掛かる傾向にある。一方、周辺国向けは、結論が早いので周辺国向け販売に興味がある（第4回渡航時）。
MATHUPHA CAPITAL	マクラギ（ドイツRailoneと提携）、レール、分岐器、締結装置（Vosslohと提携）等の製造メーカー。100%黒人資本の会社。	保守関連の事業も実施しており、レール削正、軌道検測の機械を保有し、請負作業を行っている。グループとしては、製造、軌道工事、信号通信、軌道保守も手掛けている（第4回渡航時）。
Bedford Mechanical and Pump Spares	鉄道業界、鉄鋼業界、ポンプ業界、自動車業界向けの鉄製品を製造。近隣諸国に連結器の輸出実績も有。	工場はマシニングが中心で、日本製の複合加工機を保有している。大型部品の加工を主に行っているが小型部品の加工精度も高い（第5回渡航時）。

表 3-15 現地製造候補企業の候補及びヒアリング結果（2）

Rely Precision Casting	鉦山関係の部品を主に製造。PRASAのブレーキ部品やTransnet向け各種製品の製作実績有。	同社は、1971年以降“Investment Casting”（Lost Wax製法）を採用しており、5gから60kgまでの製品に対応し、3次元の複雑な形状の製品もセラミック型を使って製作可能。日本のJIS規格にも対応している。日本の鋳造メーカーより進んだ部分があり、精密な製品・部品の製造に適している（第7回渡航時）。
High Duty Casting	砂型鋳造メーカーで、自動車部品、農業機械部品、バルブ、ポンプなどをメインに製造。鉄道用部品ではベアリングや車両用ブレーキの部品を製造。	日本の鋳物メーカーと同様砂型による鋳造メーカーであるが、品質面・生産量・検査等、原産化を実現する場合の協力メーカーとしての有力候補となり得るとの印象を受けた（第7回渡航時）。

（注）Railcor（ZAK STEEL）は、現地パートナー企業の候補でもあるため、3-8の内容を再掲



Bedford Mechanical and Pump Spares 訪問



Bedford Mechanical and Pump Spares 訪問（工場内の視察）



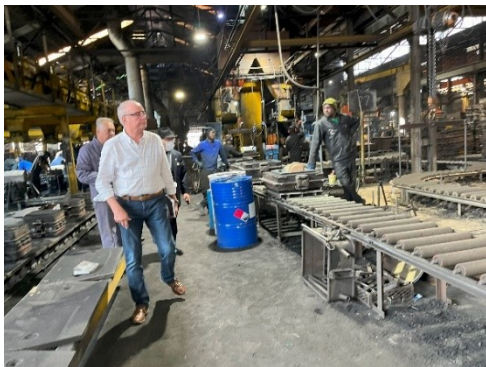
Rely Precision Castings 訪問



Rely Precision Castings 訪問（工場内の視察）



High Duty Castings 訪問（工場内の視察）



High Duty Castings 訪問（工場内の視察）

3-4：トランスネット貨物鉄道公社（TFR）及び南部アフリカ地域の鉄道事業者に対し、広報活動を実施する。

- ・C/P 関係者に対して、広報活動として、座屈防止板の広報・周知・宣伝のための技術セミナーの開催を開催した。開催時期、開催場所は、PRASA と連携し検討し実施した。技術セミナーの実施状況は、前掲の表 3-9 にとおりである。
- ・2023 年 10 月 25 日に開催された SARA(SOUTHERN AFRICAN RAILWAYS ASSOCIATION) RAIL CONFERENCE 2023 に参加し、座屈防止板の広報・周知・宣伝活動を行った。この会議は、「シームレスな地域統合と貿易のための新しい運営モデルとパートナーシップを通じて鉄道輸送能力とサービスの質を強化」をテーマに 2023 年 10 月 25 日から 27 日にヨハネスブルグの Gallagher Convention Centre にて開催された。展示会当日、会場内に設置された鉄道関連機関・民間企業のブースにおいて、本プロジェクト及び座屈防止板の紹介と将来の協力関係構築の依頼などを実施した（主な依頼先：アンゴラ・ボツワナ・モザンビーク・タンザニア・ザンビア・ジンバブエ、他民間メーカー等）。



SARA における広報・周知・宣伝活動の状況

3-5：本事業後の南部アフリカ地域（モザンビーク・ザンビア等を検討）におけるビジネス展開計画を策定する。

- ・前述した SARA において構築した人脈を基に今後も継続的に協議を行い、本事業後の南部アフリカ地域（モザンビーク・ザンビア等を検討）におけるビジネス展開計画を策定する。

3-6 引き渡し式

- ・Memorandum of Understanding（2022年5月6日締結）第VI条に座屈防止板の設置及び計測が完了した時点で全ての設備・工具類の所有権をJICAからPRASAに移行するとの規定があり、規定に基づき「引き渡し式」をPRASA本社にて挙行了た。

- ・引き渡し式には、各関係先から下記代表者が出席しプロジェクト完了に伴う挨拶を行いその後座屈防止板も含め既に引渡し済機器以外の計測機器類の引渡しを実施。

PRASA : Mr. Fana Marutla (GM, PRASA Tech.),

JICA 南ア事務所 : 岡田所長

林総事株式会社 : 林専務



3-5 事業実施国政府機関の情報

3-5-1 カウンターパート機関名

- ・南アフリカ旅客鉄道公社（PRASA : Passenger Rail Agency of South Africa）

3-5-2 基本情報

カウンターパートである PRASA の基礎情報は、表 3- に示すとおりである。

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、及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）及び 2 つの補助部門（Autopax、Intersite Investments）から構成される。

表 3-16 カウンターパートの基本情報

監督官庁	運輸省（DOT : Department of Transport）
事業内容	鉄道事業者（旅客輸送）
路線総延長	1,150km
輸送量	129.3 万人／日
従業員数	1 万 6,000 名

3-5-3 カウンターパート機関の役割・負担事項（実績）

本事業における PRASA の負担事項は、表 3-に示すとおりである。

表 3-17 PRASA の負担事業

項目	PRASA の負担事業	負担の具体的な内容
座屈防止板 の設置工事	・ 設置場所の提供	ヨハネスブルグ市内 1 箇所、ケープタウン市内 2 箇所の計 3 箇所の実証地の提供
	・ 設置場所の事前整備工事	バラスト量が基準に達していない実証地へのバラストの増量及び、軌道線形の調整
	・ 設置期間中の安全対策（①設置工事中に列車の運行がないことを保証する。②ガードマンを雇って、作業中の安全を確保する。③列車見張り員を確保する。）	座屈防止板を設置する際の PRASA Technical team の右記①～③の協力について、列車運行ダイヤの開示及び、臨時列車情報の逐次通告を実施
設置・管理	・ 設置工事要員の提供	協力業者情報を提供し、線路内立ち入りの許可を得て作業中
	・ メンテナンス技術者の提供	現時点で、軽微な軌道線形修正は、当方の作業員で実施
計測	・ 軌道管理者の選任・提供	現場施工時、軌道工事管理者の立ち合い者を派遣 計測技術については、OJT にて実施
普及広報 活動	・ 講習会開催支援と会場の提供	PRASA 本社内の業務室を提供し、セミナーを実施
	・ 参加者募集（PRASA・TFR 等）	施工を通じて、Western Cape 州及び Gauteng 州それぞれの担当者とコンタクトし、各地担当者と連携したセミナーを実施

出典：JICA 調査団作成

3-6 その他

3-6-1 環境社会配慮

本事業は、日本国内で製造した座屈防止板を既存の軌道への設置する事業であり、実施に伴う環境への影響及び用地取得はない。

3-6-2 ジェンダー配慮

特になし。

Summary Report

South Africa

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating
Japanese Technologies for Preventing Railway Track
Accidents through the Introduction of Advanced Track
Maintenance (Sleeper Anchor)

December 2024

Japan International Cooperation Agency

Hayashi Soji Corporation

Table of Contents

1. BACKGROUND	1
2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES	2
(1) Purpose	2
(2) Activities	2
(3) Information of Product/ Technology to be Provided	4
(4) Counterpart Organization	6
(5) Target Area and Beneficiaries	6
(6) Duration	6
(7) Survey Schedule	6
3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY	7
(1) Outputs and Outcomes of the Survey	7
(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization	17
4. FUTURE PROSPECTS	18
(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country	18
(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey	18

1. BACKGROUND

The Republic of South Africa (RSA) has a GNI per capita of 5,720 USD (World Bank 2018). It is classified as a semi-developed country but is characterized by significant income inequality. The country's railways have an overall operating length of 23,759 kilometers, and railways serve as an important part of social infrastructure.

The “Republic of South Africa National Development Plan 2030” (published in 2012) states that investment in a robust infrastructure network is needed to support the country's sustainable economic development, and sets the goal of installing effective, safe and affordable public transport for economic infrastructure.

In response to the above situation, Japan contributes to the promotion of effective and efficient infrastructure development by the RSA government. This is done as a “Public and Economic Infrastructure Development Support Program,” through measures such as capacity building support for implementation, maintenance and management of planning projects by ministries, agencies and national public corporations in charge of economic infrastructure, and support for optimization of public expenditure budgets. With regards to rail transport, a future support policy is under consideration based on the delivery results of electric locomotives and other equipment to Transnet Freight Rail (TFR) by Japanese companies (Hitachi, Mitsui & Co., Ltd., Toshiba) since the 1980s.

With the future economic development of RSA and increasing infrastructure demand, the need for passenger rail transport is increasing. However, long-distance railways have low profit margins due to aging of rolling stock and low convenience, and the tracks are not fully maintained due to factors such as reduced maintenance expenses and personnel reductions. In addition, the effects of the COVID-19 pandemic have resulted in further aging and dilapidation of railway facilities, so failures and accidents occur frequently. This negatively impacts the safety of railway operation, so measures related to the maintenance and management of railway facilities (tracks) are urgently needed.

The results of a feasibility study conducted in the Republic of South Africa (RSA) from 2016 to 2018 confirmed the effects of installing the proposed product, sleeper anchors. Introduction of the proposed product will contribute to addressing development challenges facing the country as noted hereafter and is in line with the Japanese government's Country Assistance Policy.

As also requested by the counterpart organization (C/P), the Passenger Rail Agency of South Africa (PRASA), Hayashi Soji aims to conduct a further advanced feasibility study to verify the effects of using advanced track maintenance technology (sleeper anchors) to reduce track accidents and to develop a project to disseminate sleeper anchors to all railway operators in the country.

This project will introduce Hayashi Soji Corporation's advanced track maintenance technology (sleeper anchors) to the tracks owned by the Passenger Rail Agency of South Africa (PRASA) in multiple locations, such as Johannesburg, which has many curves, and Cape Town, which has sandy land and many curves. Activities will be conducted to verify the effects of the proposed technology and product for track maintenance and management, local suitability will be confirmed, and efforts will be made to contribute to the prevention of future derailment accidents and expand our business in the RSA and the southern African region.

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

The Project aims to improve maintenance intervals and reduce the risk to accidents, such as derailments, in South Africa through using the sleeper anchors that enhances the capacity of track maintenance and accident prevention.

The expected outcomes of implementing the Survey are as follows:

Output 1

Verification of the effectiveness of the proposed device/technology in the field of track maintenance and accident prevention through the introduction (through a donation) of sleeper anchors,

Output 2

Transfer of technical knowledge on the installation and maintenance of the sleeper anchors and establishment of a sustainable maintenance/control system for the device.

Output 3

Development of a dissemination plan (business development plan) for advanced track maintenance technology (sleeper anchors) in the RSA.

(2) Activities

1. Activities for Output 1

- 1.1. Manufacture of sleeper anchors and transport to South Africa
- 1.2. Installation of sleeper anchors for long-period and long-length on the tracks at the Johannesburg and Cape Town sites (around 2,100 units / 550 – 1,000 meters)
- 1.3. Measurement and analysis of the lateral movement figure/lateral resistance value of the tracks before/after the installation of the sleeper anchors
- 1.4. Verification of the effect of reducing maintenance intervals by monitoring the actual maintenance and track deviations and analysis of the risk reduction from the results of measurements/analysis during an extended period of installation

2. Activities for Output 2

- 2.1. Preparation for installation and management manual (including video) for PRASA's track maintenance engineers
- 2.2. Invitation of PRASA supervisor and track maintenance engineer to Japan through JICA's Knowledge Co-Creation Program (PRIVATE PARTNERSHIP) and promotion of the understanding about the effect of the proposed products and advanced technologies

- 2.3. Conducting seminars (on the necessity of track preparation before installation, installation method and maintenance of sleeper anchors) for PRASA's track maintenance engineers and provision of engineering guidance
- 2.4. Executing technical transfer of know-how on installation and maintenance together with track maintenance engineers from PRASA
- 2.5. Inviting executives of Department of Transport (DOT) and PRASA to Japan through the JICA Knowledge Co-Creation Program (PRIVATE PARTNERSHIP) and promoting understanding of the effect of proposed products and advanced technologies
- 2.6. Organizing seminars for Department of Transport (DOT), senior officers of PRASA and the RSR on the results of verification analysis and ways to effectively use the proposed products at turnouts, straight sections, platforms, and so forth
- 2.7. Holding information exchange meetings with the relevant PRASA and RSR personnel on track maintenance technologies and maintenance/control systems after the transfer of proposed products to PRASA
- 2.8. Providing advice for the establishment of track maintenance and safety administration standards at PRASA
- 3. Activities for Output 3
 - 3.1. Investigating local track maintenance companies (BEE applicable companies) and examining the possibility of cooperation after understanding the subcontracting structure related to local track maintenance
 - 3.2. Investigating local distributors (local partner companies) and examining the possibility of business partnership
 - 3.3. Investigating local bolt/nut parts manufacturers and examining the possibility of business partnership in order to increase the domestic production rate and enhance cost competitiveness
 - 3.4. Investigating local manufacturing candidate companies and examining the possibility of local manufacturing
 - 3.5. Engaging in public relations activities for TFR/DPE and railway operators in the Southern African region
 - 3.6. Formulating a business development plan for the Southern African region (Mozambique, Zambia etc.) for after this project

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

The proposed product, advanced technology for track maintenance (sleeper anchors), is a device that increases the lateral resistance value in order to reduce buckling due to temperature change, which may cause derailment accidents on a ballast track, and to prevent the lateral movement caused by the centrifugal force of a running load on a curve. It is expected to contribute to the prevention of derailments and the effective operation and maintenance of railways through stabilizing tracks and reducing the need for track maintenance work.

Number of sleeper anchors: Around 2,100 units

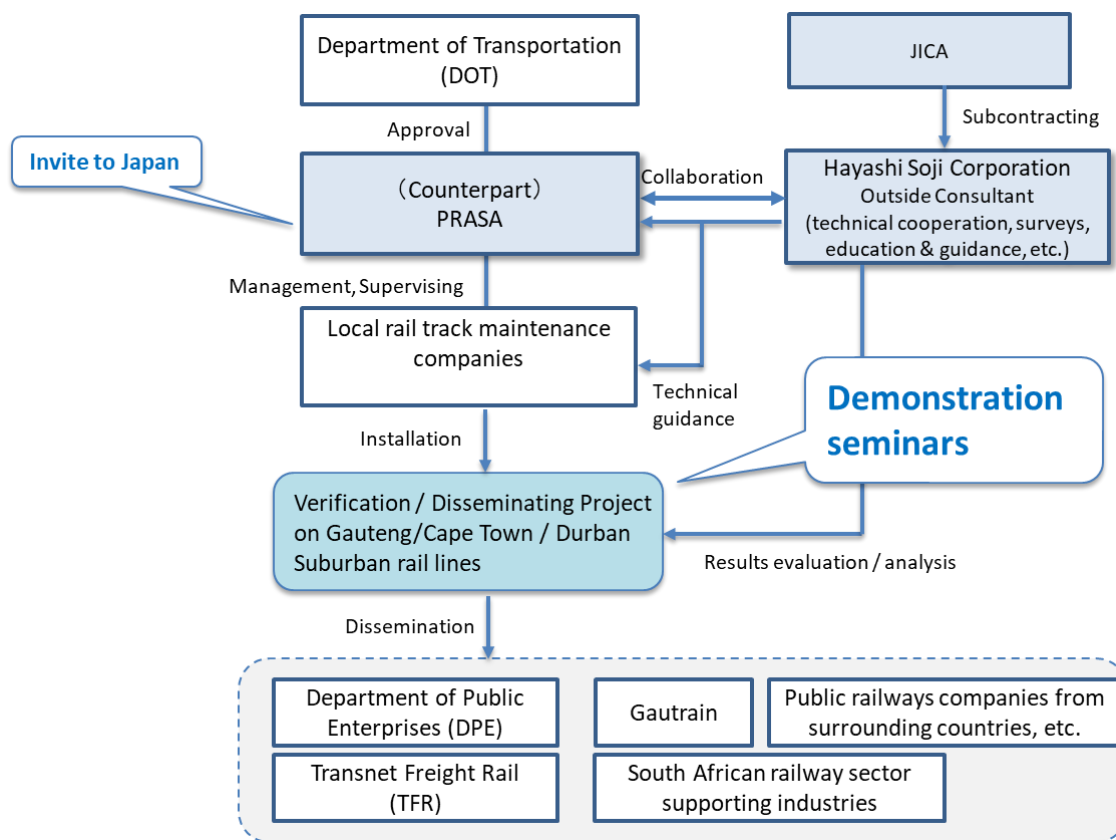
Product and technology for dissemination and verification

Name	Sleeper anchor 																							
Specifications	The specifications of the cast iron used in the sleeper anchors comply with grade FCD450 of JIS G5502 Spheroidal graphite iron castings, and the mechanical properties are as shown below. This product assumes sale using materials manufactured at a JIS certified factory and does not take into account overseas production. Table 1: JIS G5502 Spheroidal graphite iron castings: FCD450 <table><tr><th rowspan="2">Grade symbol</th><th rowspan="2">Tensile strength</th><th rowspan="2">Yield strength</th><th rowspan="2">Elongation</th><th colspan="3">Charpy absorbed energy</th><th colspan="2">(Reference)</th></tr><tr><th>Test temperature</th><th>3 pc average</th><th>Individual value</th><th>Hardness</th><th>Main microstructure</th></tr><tr><td>FCD450</td><td>450 or more</td><td>280 or more</td><td>10 or more</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>140—210</td><td>Ferrite</td></tr></table> Source: Japan Industrial Standards (JIS)	Grade symbol	Tensile strength	Yield strength	Elongation	Charpy absorbed energy			(Reference)		Test temperature	3 pc average	Individual value	Hardness	Main microstructure	FCD450	450 or more	280 or more	10 or more	—	—	—	140—210	Ferrite
Grade symbol	Tensile strength					Yield strength	Elongation	Charpy absorbed energy			(Reference)													
		Test temperature	3 pc average	Individual value	Hardness			Main microstructure																
FCD450	450 or more	280 or more	10 or more	—	—	—	140—210	Ferrite																

Features	Tracks are fixed by the rails in the longitudinal direction, but in the lateral direction there is only the resistance of the ballast (gravel) holding the end faces of the sleepers. As a result, when a rail expands due to thermal deformation, a buckling phenomenon occurs in which force acts in the lateral direction and the rail bulges. A sleeper anchor is a device that increases the lateral resistance force to prevent bulging (buckling) in the lateral direction of straight sections due to temperature changes and bulging (lateral movement) due to the centrifugal force of the train running load in curved sections, which lead to derailment accidents on ballast tracks. This stabilizes the tracks, saves track maintenance labor, and can be expected to help prevent derailment accidents and contribute to efficient railway maintenance and management.
Sales results in Japan and abroad	Table 2: Sleeper anchor delivery results (October 2014 to March 2021) (Unit: units) (Undisclosed)

(4) Counterpart Organization

South Africa Side: Passenger Rail Agency of South Africa (PRASA)



(5) Target Area and Beneficiaries

The target beneficiary is PRASA and its employees, who will benefit from the improved track performance and skills transfer as a result of installing the sleeper anchors.

The ultimate beneficiaries of the project are PRASA's passengers (about 270 million per year) who will benefit from improved services.

(6) Duration

March 22, 2022 – January 31, 2025

(7) Survey Schedule

Appendix 1: Survey Schedule

See the attached sheet.

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

➤ Output 1

Verification of the effectiveness of the proposed device/technology in the field of track maintenance and accident prevention through the introduction (through a donation) of sleeper anchors

➤ Outcome 1

- A site survey was conducted in April and May 2022 to select the locations for installing the sleeper anchors. After this survey, three installation sites were selected for the sleeper anchors: one in Johannesburg and two in Cape Town, based on discussions with the PRASA headquarters. The initially planned location in Durban was not selected due to train service suspension caused by flooding in April 2022, which had no clear timeline for resumption of operations.
- The sleeper anchors were manufactured and transported to the RSA in two separate shipments between July and September 2022.



Manufacturing and transportation

- The sleeper anchors were installed at the sites in Cape Town between August to September 2022 and at the site in Johannesburg between October to November 2022.



Installation of the sleeper anchors



Grading after installation of the sleeper anchors

- Measurements of the lateral movement figure / lateral resistance value of the

tracks were conducted at the installation sites in February 2023, May 2023, April 2024, and September 2024. Regarding the lateral movement figure of the tracks, no significant displacement has been observed since installation at any site. Regarding the lateral resistance value of the tracks, the measurement value reached its maximum after installation and has maintained this maximum value.

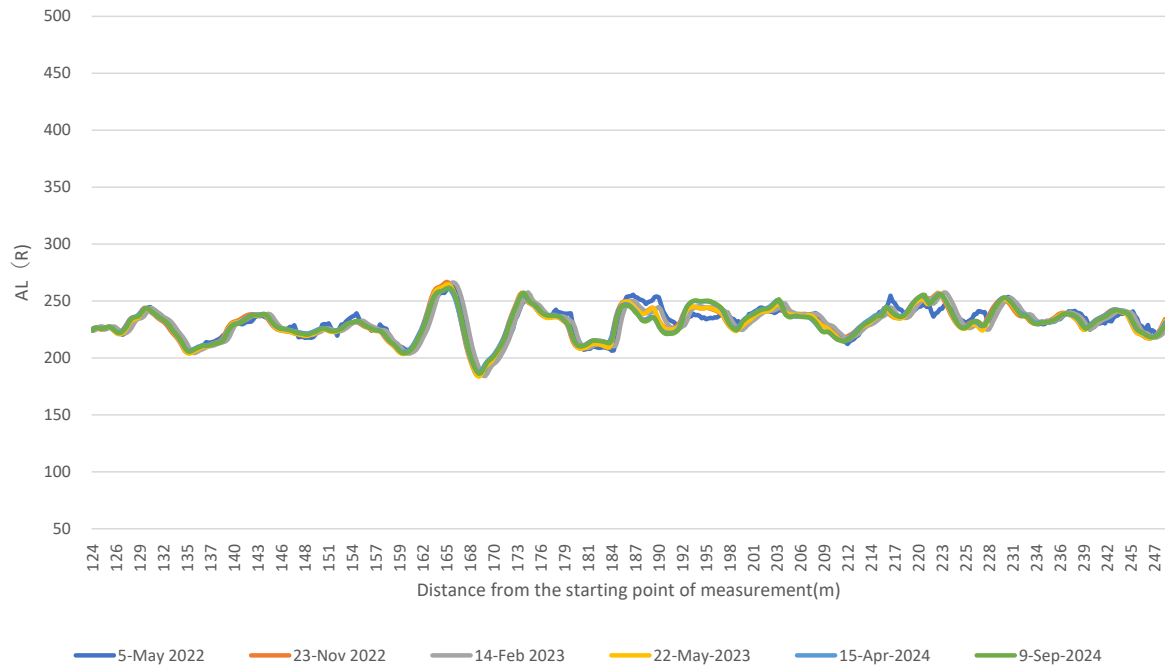


Figure 1: Measurements of lateral movement at Gauten Area / Germiston Site

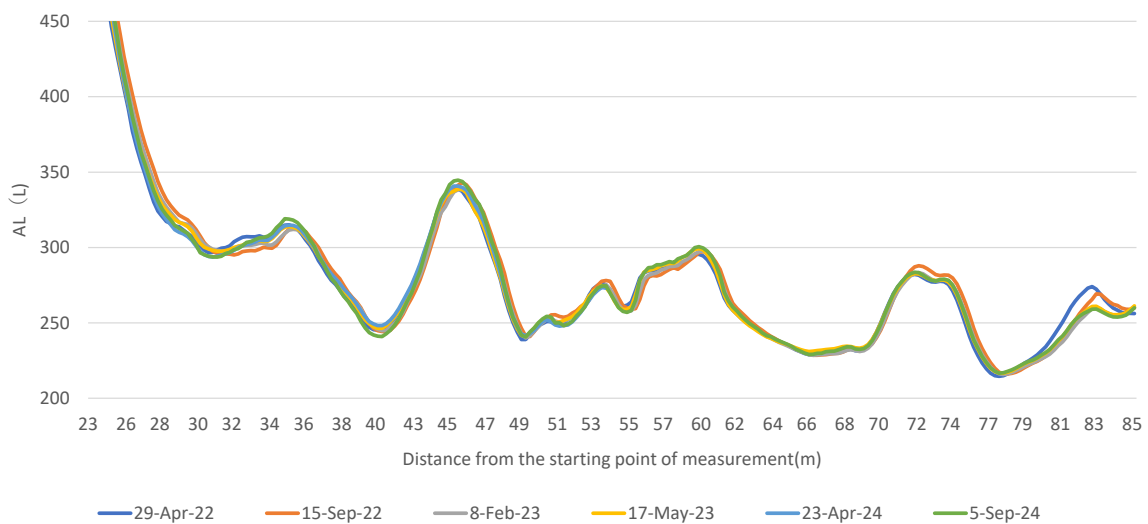
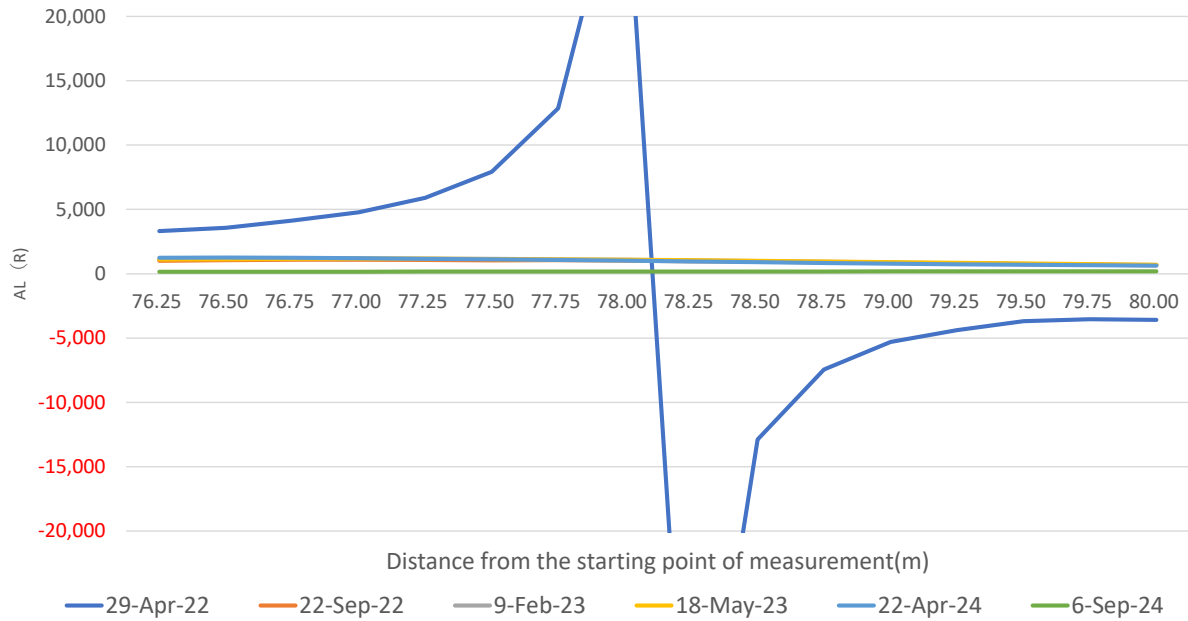


Figure 2: Measurements of lateral movement at Western Cape / Somerset West Line



Notes:

*The difference between the initial value (Apr. 2022) and the first measurement result after installation (Sept. 2022) was significant because unintended track maintenance was carried out by the contractor before the first measurement, which corrected the track distortion. Since there have been no significant changes in the lateral movement figure of the tracks after the first measurement post-installation (Apr. 2022), the effectiveness of the sleeper ankers can be confirmed.

Figure 3: Measurements of lateral movement at Western Cape / Simons Town Line

Table 3: Measurements of lateral resistance at Gauten area / Germiston site

Measurement item	Before installation	After installation				
	Initial value (Apr. or May 2022)	1 st measurement (Sept. 2022)	2 nd measurement (Feb. 2023)	3 rd measurement (May 2023)	4 th measurement (Apr. 2024)	5 th measurement (Sept. 2024)
① Lateral resistance value (kN)	17.0	20.0 (+3.0)	20.0 (+3.0)	20.0 (+3.0)	20.0 (+3.0)	20.0 (+3.0)
② Amount of displacement (mm)	2.0	0.8	1.3	1.1	0.8	1.0
③ Lateral resistance value per amount of displacement (kN/mm) (① ÷ ②)	8.5	25.0	15.4	18.2	26.7	20.0
④ Initial ratio	1	2.94	1.81	2.14	3.14	2.35

Notes:

- The numbers in parentheses in the table show the increase or decrease from prior to installation, as compared with the value at the time of initial measurement.
- The measurement limit of lateral resistance value is 20.0 kN.
- The initial ratio is calculated by dividing the lateral resistance value per amount of displacement at each time of measurement by the initial value from Apr. or May 2022 (before installation).

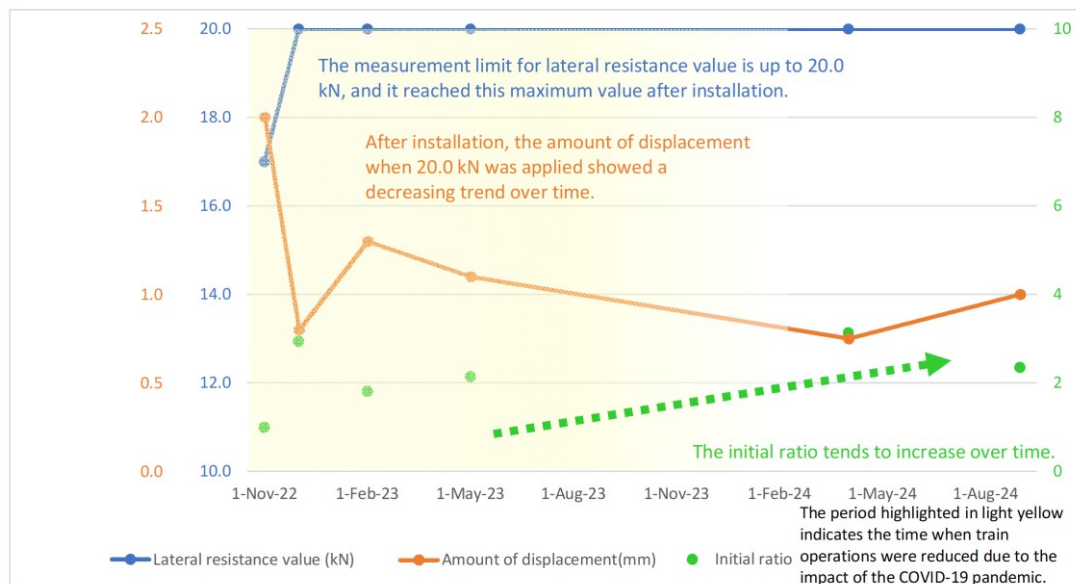


Figure 4: Measurements of lateral resistance at Gauten Area / Germiston Site

Table 4: Measurements of lateral resistance at Western Cape/Somerset West Line

Measurement item	Before installation	After installation				
	Initial value (Apr. or May 2022)	1 st measurement (Sept. 2022)	2 nd measurement (Feb. 2023)	3 rd measurement (May 2023)	4 th measurement (Apr. 2024)	5 th measurement (Sept. 2024)
① Lateral resistance value (kN)	12.5	20.0 (+7.5)	20.0 (+7.5)	20.0 (+7.5)	20.0 (+7.5)	20.0 (+7.5)
② Amount of displacement (mm)	2.0	1.3	1.3	1.3	1.7	1.2
③ Lateral resistance value per amount of displacement (kN/mm) (① ÷ ②)	6.3	15.4	15.4	15.4	11.8	16.7
④ Initial ratio	1	2.46	2.46	2.46	1.88	2.67

Notes:

- The numbers in parentheses in the table show the increase or decrease from prior to installation, as compared to the time of initial measurement.
- The measurement limit of lateral resistance value is 20.0 kN.
- The initial ratio is calculated by dividing the lateral resistance value per amount of displacement at each time of measurement by the initial value from Apr. or May 2022 (before installation).

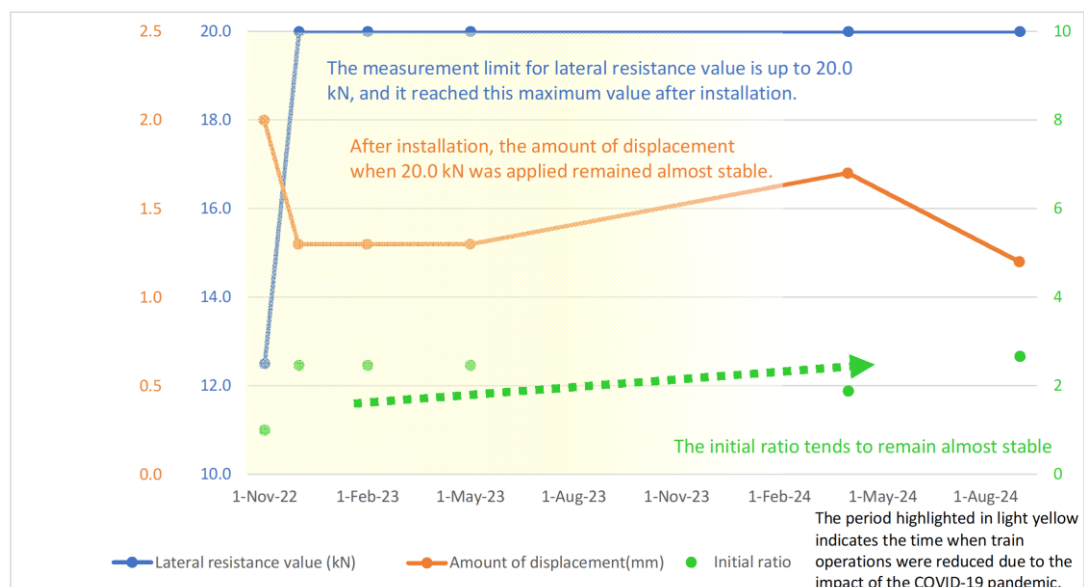


Figure 5: Measurements of lateral resistance at Western Cape / Somerset West Line

Table 5: Measurements of lateral resistance at Western Cape / Simons Town Line

Measurement item	Before installation	After installation				
	Initial value (Apr. or May.2022)	1 st measurement (Sept. 2022)	2 nd measurement (Feb. 2023)	3 rd measurement (May 2023)	4 th measurement (Apr. 2024)	5 th measurement (Sept. 2024)
① Lateral resistance value (kN)	15.0	20.0 (+5.0)	20.0 (+5.0)	20.0 (+5.0)	20.0 (+5.0)	20.0 (+5.0)
② Amount of displacement (mm)	2.0	1.3	1.6	1.9	1.1	0.4
③ Lateral resistance value per amount of displacement (kN/mm) (①÷②)	7.5	15.4	12.5	10.5	18.2	50.0
④ Initial ratio	1	2.05	1.67	1.40	2.42	6.67

Notes:

- The numbers in parentheses in the table show the increase or decrease from before installation, at the time of initial measurement.
- The measurement limit of lateral resistance value is 20.0 kN.
- The initial ratio is calculated by dividing the lateral resistance value per amount of displacement at each time of measurement by the initial value from Apr. or May 2022.

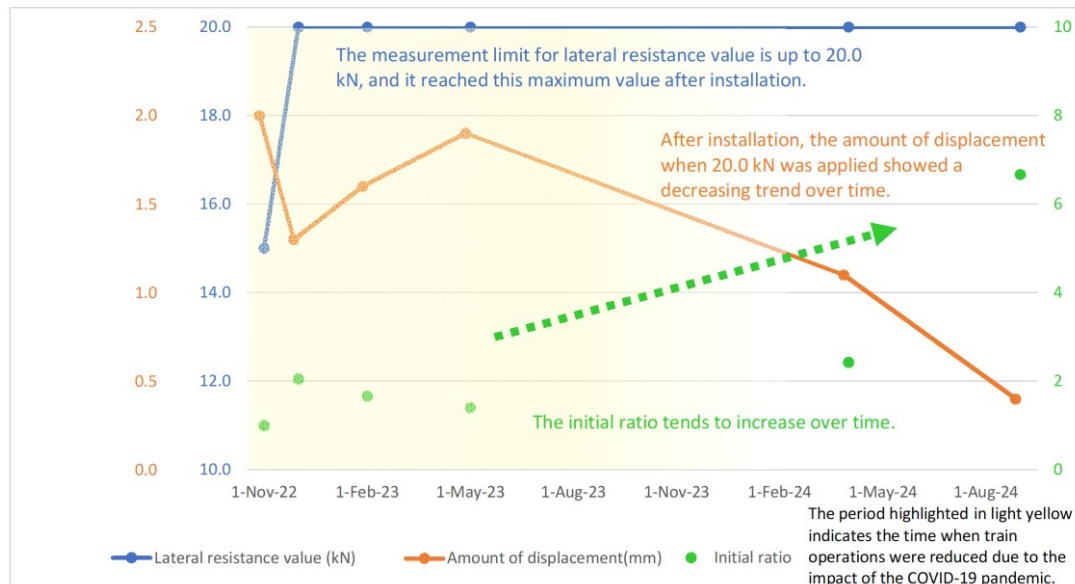


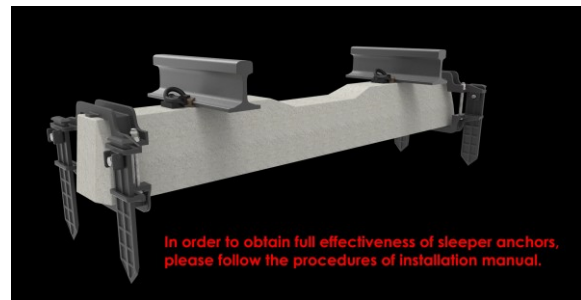
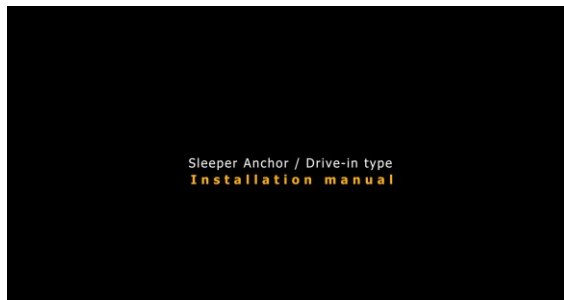
Figure 6: Measurements of lateral resistance at Western Cape / Simons Town Line

➤ Output 2

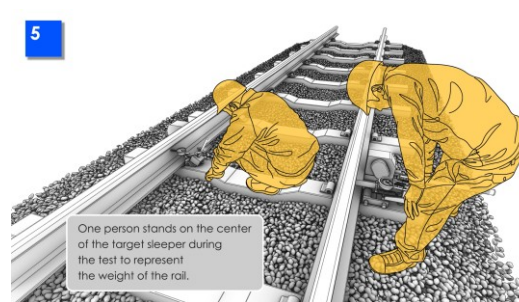
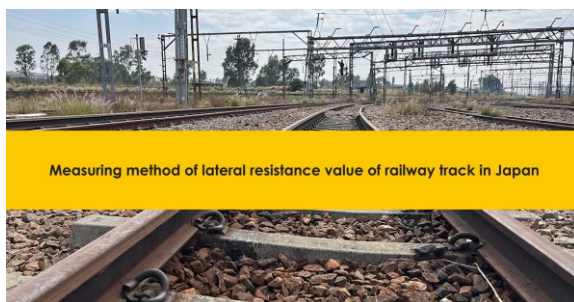
Transfer of technical knowledge on the installation and maintenance of the sleeper anchors and establishment of a sustainable maintenance/control system for the device.

➤ Outcome 2

- An installation and management manual (including video) for C/P track maintenance engineers and installation contractors was created.



Sleeper anchor installation and management manual (video)



Measurement manual for the lateral resistance value of the tracks

- Technical guidance on track preservation was provided to the installation contractors to teach them about the necessity of pre-installation track maintenance and the installation methods before the installation work of the sleeper anchors. Technical seminars were held for the C/P to explain the necessity of pre-installation track maintenance, installation methods, and maintenance of the sleeper anchors.



Technical seminar in April 2024

- Technical transfer of maintenance and management methods was carried out for C/P technicians during the measurement of the lateral movement figure / lateral resistance value of the tracks.



Attendance of C/P
Mr. Fana Marutla (Acting CEO, PRASA Tech)



Attendance of C/P
Ms. Vonani Rikhotso (Perway Specialist, PRASA Tech)

- In October 2022, C/P executives were invited to a program aiming to promote the understanding of Japan's advanced track maintenance technologies and the effectiveness of the sleeper anchors.



Facility tour at Hayashi Soji Ichihara Factory

- Output 3
- Development of a dissemination plan (business development plan) for advanced track maintenance technology (sleeper anchors) in the RSA.

- Outcome 3
 - Visits were made to candidate companies, such as local railway track maintenance companies, local sales agents (local partner companies), manufacturers of bolts and nuts, and other local manufacturing companies. During these visits, an overview of the project was provided and interviews were conducted regarding the possibility of business partnerships, etc. Companies capable of business partnerships were selected.
 - Technical seminars for the C/P were held as part of the public relations activities to promote and advertise the sleeper anchors. Additionally, the Study Team participated in the SARA (Southern African Railways Association) Rail Conference in October 2023, where promotional and advertising activities for the sleeper anchors were carried out. Based on the networks established at SARA, continuous discussions will be held, and a business expansion plan will be developed for the southern African region (Mozambique, Zambia, etc. are under consideration) for after this project.



Promotional and advertising activities at the SARA Rail Conference

(2) Ongoing Self-Reliant Activities to be Conducted by Counterpart Organization

The C/P should focus on continuing to engage in the following self-reliant activities in order to ensure the long-term sustainability and efficiency of the railway infrastructure improvements.

- **Establishment of a Preventive Maintenance Regime:** Shifting from a reactive to a preventive maintenance approach is crucial. The C/P should establish a comprehensive preventive maintenance schedule that includes regular inspections, timely interventions, and routine maintenance tasks. This proactive approach will help with the early identification of potential issues, reducing the likelihood of accidents and service disruptions.
- **Ongoing Technical Training and Capacity Building:** The C/P should continue to engage in technical training and capacity building for its staff. This includes regular training sessions on track maintenance techniques, preventive maintenance practices, and the operation of newly introduced technologies such as the sleeper anchors. Continuous education will help the C/P staff to stay updated with the latest advancements and maintenance requirements, ensuring the railway system's reliability and safety.

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

Through business deployment of products and technologies, the following impacts and effects are expected to be achieved on development issues in the target countries.

- Reduction in annual track maintenance frequency and maintenance costs at PRASA
- Introduction and fostering of awareness about preventive maintenance in PRASA
- Promotion of on-time and stable train transportation
- Reduction of travel time due to higher speed of the line (from the current maximum of 80 km/h to 130 km/h)
- Improved passenger comfort due to track stability
- Improvement to the quality of life of citizens (commuting to work, school, and hospital visits) by promoting the use of urban railroads

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

- **The Importance of Demonstrating Technology and Data Collection:** Demonstrating the effectiveness of the technology on-site and presenting concrete results are key to acceptance and future adoption. To prove the impact of the technology on track stability and safety, it is important to implement data collection and monitoring systems to continuously evaluate performance. This data provides valuable insights for continuous improvement and future projects.
- **Capacity Building and the Importance of Preventive Maintenance:** It is important to ensure that stakeholders deeply understand the technology and its maintenance requirements through training and capacity-building activities. Emphasizing the importance of preventive maintenance and educating them on its long-term benefits can foster a shift in track maintenance approaches. This will help ensure the long-term sustainability of the project's outcomes.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

