

## 第4章

# 鉄道セクターに係る技術面の現状と課題



## 第4章 鉄道セクターに係る技術面の現状と課題

### 4.1 鉄道関連分野の技術の現状と課題

本件調査では、鉄道関連の各分野における技術の現状と課題について、鉄道会社、現業機関及び関係機関への聞き取り調査と現地調査を実施した。以下に、その結果と今後の課題について記す。

#### 4.1.1 車両

この項では、主に車両の諸元とメンテナンスについて述べることとする。なお、車両新造については、「4.3 関連民間セクター、裾野産業の現状と課題」の中で述べる。

##### (1) 現状

###### 1) 車両の特徴

「南ア」国においては、鉄道の電化方式として直流 3kV、交流 25kV および 50kV の各方式がある。大都市近郊や比較的電化時期の早い路線は直流電化、地方路線等は交流電化が主となっており、鉄鉱石線（シシェン～サルダナ間）では世界でも珍しい交流 50kV 電化が採用されている。このため、車両についても、各種電化方式および非電化区間に対応した電気機関車、ディーゼル電気機関車、ディーゼル機関車、電車（EMU=Electric Multiple Unit）の各車種・各形式が使用されている。なお、機関車及び電車の動力車両の主電動機には、主に直流電動機が使用されているが、19E 形・15E 形電気機関車などには、現在の世界的な標準である交流誘導電動機も導入されている。

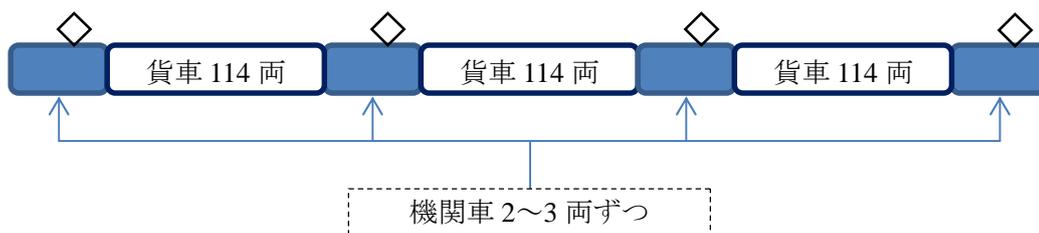
「南ア」国の鉄道車両には、ブレーキ方式として、真空ブレーキが貨物列車・旅客列車共に主力として使用されていることが挙げられる。日本では 80 年前に現行の自動ブレーキに置き換えられて使用されなくなった、非常に古い方式である。原理的に、強いブレーキ力と高いブレーキ応答性を得るのが難しく、ブレーキ装置が大型になるという欠点を持つ。なお、旧宗主国であるイギリスでも、1970 年代まで真空ブレーキが広く使用されていた。

ただし、既に、長大編成で運用される鉄鉱石線や石炭線の貨物列車には自動ブレーキが導入されている他、通勤電車についても、大規模な更新修繕工事である「アップグレード（後述）」を実施する際には、自動ブレーキ化が実施されているなど、改善が進んでいる。

一方、「南ア」国の鉄道が世界に誇る技術として、長大編成でかつ高軸重の車両を駆使した、大量輸送が挙げられる。

代表的なものとして、1976 年に開業した鉄鉱石線（Iron Ore Line）は最大許容軸重が 30 トンと世界最大級である。編成中に 3～4 重連の機関車が複数箇所に配置されているが、先頭の機関車を除き運転士は乗務しておらず、運転操作は、先頭の機関車の運転士が編成中の他の箇所の機関車群を無線操縦するシステムによって、総括制御している。

鉄鉱石線貨物列車の編成例を図 4-1 に示す。



出典：調査団作成

図 4-1 鉄鉱石線列車の編成

また、これに準ずる貨物大量輸送を行っているものとして、石炭線（Coal Line）がある。鉄鉱石線及び石炭線の車両の諸元を表 4-1 に示す。

表 4-1 鉄鉱石線及び石炭線に使用されている貨車等の諸元

線名	鉄鉱石線	石炭線
最大軸重	30 トン	26 トン
電化方式	交流 50kV	直流 3kV 及び交流 25kV
機関車	電気機関車 9E 形、15E 形 ディーゼル機関車 34D 形、43D 形	電気機関車 19E 形
貨車		
質量	20 トン	20 トン
最大積載質量	100 トン	84 トン
積載時質量	120 トン	104 トン
車体材質	普通鋼	ステンレス鋼（石炭に含有される酸による腐食の防止のため）
列車編成	電気機関車 5 両＋ ディーゼル機関車 4 両＋ 貨車 342 両＝ 全長 4 km	電気機関車 6 両＋ 貨車 200 両＝ 全長 2.4 km

出典：調査団作成

これらの線区では、1970 年代に「南ア」国で開発された Scheffel 台車（自己操舵台車の一種。Scheffel は考案者の名）を用いることにより、曲線部でのフランジ摩耗を 5 分の 1 にするなど、重量貨物輸送のコスト削減に有効な独自技術も用いられている。

## 2) 車両のメンテナンス

TFR と PRASA の車両については、PRASA における運転検査を除き、TRANSNET 系列の TRE が検査、修繕等を担当している。

a) TRE (TRANSNET Rail Engineering)

TRE は「南ア」国全土に 6 つの工場と 132 の車両基地を持つ。

6 つの工場では、全面的な解体検査であるオーバーホール (GOP=General Overhaul Program)、簡易な解体検査であるミニオーバーホール (MOP=Mini Overhaul Program) 等を実施している。

MOP では台車、電気品、機械部品を取り外して車両全体を解体し、修繕を行う。GOP も解体検査であるが、さらに大規模であり、部品の取り替え、更新を行う。

周期、実施状況は車種により異なるが、代表的なものは次の通りである。

【電気機関車】

- ・ GOP : 12 年周期で、約 2 ヶ月かけて実施。
- ・ MOP : 6 年周期 (19E 形、15E 形は 3 年) で、約 1 ヶ月かけて実施。

【電車】

- ・ GOP : 車両の状況に応じて実施。(CBM=Condition Based Maintenance と呼ばれる)
- ・ Light Repair : 主電動機等、一部の機器の修繕を行う。

さらに大規模なものに、アップグレードと呼ばれる更新工事がある。これは、台枠と台車などは再利用するが、車体を新品に交換し、機器についても全面的に交換して性能向上を図る、大規模な更新工事である。真空ブレーキの自動ブレーキ化も、この際に実施されている。

一例として、電車のアップグレードでは、古い車体を解体・撤去した台枠の上に、普通鋼板を使用して製造された車体用パネル数点をボルト接合し、さらに屋根部材を接合する方法で新たな車体を組み立てている。溶接を使用しない簡易な方法であるが、車体の側板で荷重を支えることはできず、重くて頑丈な台枠の存在が前提となる古い方式である。車体組み立ての例を図 4-2 に示す。また、電動空気圧縮機の取り替え、主制御回路の無接点化、真空ブレーキの自動ブレーキ化などもこのアップグレードによって実施される。



出典：調査団撮影

図 4-2 アップグレード工事における電車車体の組み立て

機関車の検査周期は、表 4-2 の通りである。ただし、使用条件、車両形式等によって周期に多少違いがある。

表 4-2 電気機関車の検査種別

検査種別	周期	作業内容	作業時間
A-Shed	1ヶ月	車体在姿点検 機器外観目視点検 清掃	4時間
B-Shed	6ヶ月	A-Shed での点検項目 高圧配線締結状態点検 オイル点検	1日
C-Shed	1年	B-Shed での点検項目 オイル交換 圧力計校正 メーター校正 ブレーキ調整	2日
D-Shed または MOP (Mini Overhaul Program)	6年 (19E 形、15E 形は3年)	電気品、機械品 (台車含む) を車体 から取り外してオーバーホール	1ヶ月
D-Shed または GOP (General Overhaul Program)	12年	電気品、機械品 (台車含む) を車体 から取り外してオーバーホール 更新改造 車両再塗装など	2ヶ月

(注) Shed は元来「上屋、車庫」などを表す単語であるが、ここでは検査種別を示すのに用いられている。

出典：調査団作成

b) PRASA

PRASA の通勤電車の運転検査、すなわち、車両を営業列車で使用する合間に行う検査については、PRASA 自身が所有する車両基地で実施されている。その検査周期は、表 4-3 の通りである。

表 4-3 通勤電車の検査種別 (運転検査)

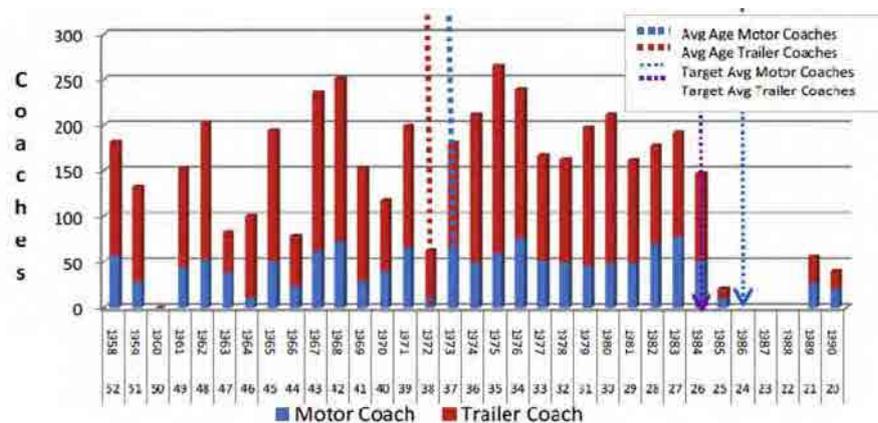
検査種別	周期	点検箇所	所要時間
PSC (Passenger Service Comfort)	14日	オイル、パンタグラフ、座席	1.5～2時間
Intermediate Shedding	28日	主電動機ブラシ、電動発電機、電動 送風機	3～6時間
Full Shed	48日～ 56日	回転機器全般、ブレーキ関係	6～9時間

出典：調査団作成

## (2) 課題

「南ア」国の鉄道車両に関しては、他の分野と同様、20年以上にわたり投資が極端に抑制されてきた結果、老朽化が進行している。

PRASAの通勤電車の場合、図4-3に示す通り、平均車齢は37～38年であり、大部分の車両は車齢26年以上である。老朽化に伴い、故障の頻度が高まるのと同時に、交換用の部品についても入手が困難になる。車両基地での聞き取り調査では、故障が多いのは電気配線、主電動機、その他の回転機器関係で、原因は経年劣化によるものということであった。一例として、ケープタウンでは、定期点検周期以前に故障が多く発生するため、定期点検1に対し、CBM（Condition Based Maintenance：機器の状態に応じて実施する臨時メンテナンス）が3の、非常に高い割合で発生しているということである。



出典：PRASA Rolling Stock fleet renewal programme, PRASA(2011)

図 4-3 PRASA の所有する通勤電車の車齢分布

### 1) 部品の入手困難と不良

検査で部品の取り替えが必要となった場合も、電気品などは、「南ア」国内で生産されていないものも多い。輸入品は通関にも一定の時間を要するため、すぐに入手できず、数ヶ月かかるものもある。年数の経過と共にメーカーでの生産が終了する部品もあり、車両の稼働状態を確保するために、やむを得ず他の車両を使用停止して、部品を取り外し使用している状況もみられる。

輸入した部品についても問題が発生している場合がある。TRFの電気機関車用として、もともと使用していたシーメンス製主電動機に代えて、互換の安価な中国製主電動機が購入されているが、構造的に弱い部分があると思われ、フラッシュオーバーを起こしやすいとのことである。

### 2) 作業者の技術力低下および技術の断絶

また、作業者の技術力低下も深刻な問題としてとらえられている。機関車の主電動機のカーボンブラシの取り付け方を誤ったために車両故障を引き起こすなど、ごく初歩的な作業であってもミスが発生する状況である。

このため、TREでは主要車両デポ内に技術学校（SOE=School of Engineering）を設けて、

高校卒業後、配属箇所に応じた技能教育を実施した後に入社させている。PRASA でも Training Academy と呼ばれる教育機関を設けて、技術力の向上を図っている。しかしながら、鉦山労働などに比べて給与が低いなどの問題から、スキルを身に付けた者の転職も多いとのことで、各現場とも技術力の定着には苦慮しているのが実情である。

その一方で、かつての主役であった技術者あるいは熟練作業者が次々に引退の時期を迎えている。その後継者は十分に育っておらず、このままでは技術の断絶が懸念される。新人に対する基礎教育に加えて、その上に位置する中間層の育成についても強化していくことが必要である。

### 3) 重大な車両故障の頻発

車両故障については、各現場とも車両ごとのデータは管理されているものの、全体としての故障の傾向分析や、故障の未然防止にまで積極的には生かされていない。

重大事故の原因となった車両故障について、表 4-4 に示す。

表 4-4 重大事故の原因となった車両故障

(TFR、2012 年 4～6 月)

原因 事故種別	車軸破損	ブレーキ故障	連結器故障	車輪フランジ の摩耗	高電圧機器の 火災
列車衝突	-	-	-	-	-
脱線	3	3	2	1	-

出典：TFR から RSR へ提出した四半期報告書

表 4-4 より、車両故障に起因する脱線事故が頻発していることがわかる。特に、車軸破損や車輪フランジの摩耗などは、いきなり発生する性質のものではなく、事前に何らかの前兆や寸法・形状の変化が発生しているはずである。これらの部品の品質に問題がある可能性があると共に、通常の検査で不具合を発見することのできないメンテナンス技術上の問題があることが推定される。

以上 1)～3)で述べたように、車両分野に関わる課題としては、車両老朽化に伴う故障の頻発、作業スキルの低下、車両故障に対するデータ分析力の不足などがあげられる。このうち、老朽化に伴う問題については、今後予定される大量の車両調達により、当然のことながら解消されていくべきものである。今後の新型車両は、交流電動機の採用や、制御回路の電子化により、メンテナンスに手のかかる部分は減少していくことが期待できる。

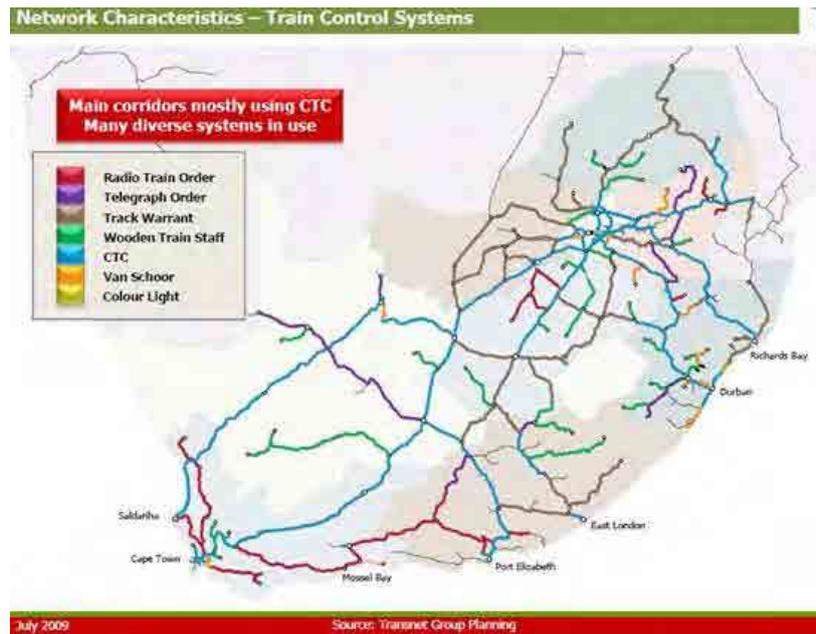
その反面、新型車両は、特に制御回路等では機械部分がなくなり、動作を直感的に理解することは難しいため、電子部品の動作原理を知識として正しく理解する必要性は、むしろ増加する。また、車輪、車軸、ブレーキなど、安全上重要な可動部分は今後も残る。メンテナンスの低減される新型車両といえども、新規技術に対する正しい理解や、故障に対する分析力の向上をとまわなければ、新車を投入しても、結局はそのメンテナンスを正しく行うことはできず、安全に、かつ安定的に運用することはできない。したがって、教育・訓練の重要性は、いささかも変わるところではない。

#### 4.1.2 信号技術の現状と課題

##### (1) 現状

「南ア」国全体の鉄道路線網（2万2000km）では、信号化区間が全体の約50%であり、主に色灯信号であるが、約25%は機械信号である。色灯信号区間では、CTC制御の対象範囲が6200kmに及び、駅制御の対象範囲は600kmである。

閉そく方式は、図4-4に示す通り、自動閉そく方式のほか無線式、電信式、通票式等、多くの種類が導入されている状況にある。



出典：TRANSNET 資料

図 4-4 閉そく方式

TRANSNET の石炭線では、3 現示方式の下で、上下線間の渡り線を駅構内・駅中間に数多く敷設し、単線並列運転を可能にしたため、非効率な運転取扱いが過去に表面化した。このため、分岐器箇所での速度制限等による非効率性を解消するために、「南ア」国特有の多現示方式を導入した歴史的な経緯がある。

PRASA のメトロレール線区と TRANSNET の一般貨物線区（石炭線および鉄鉱石線以外の線区）とは、基本的に同じ信号方式を採用しているが、双方の列車の制動距離が異なるため、過走防護の余裕距離が異なる。また、前者は、注意現示と停止現示の他に各々に点滅機能を付加して、現示数を増加している。

これらの石炭線の多現示方式とメトロレール線区の点滅現示機能は、「南ア」国方式であり、日本方式とは異なる。

主要線区における信号システムの比較相違点ならびに特徴を、表 4-5 に示す。

表 4-5 主要線区に関する信号システムの特徴

線 区	特 徴	備 考
<p>TRANSNET 石炭線</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3 現示色灯方式 (G-Y-R)</li> <li>・ 多現示色灯方式 (G-R-Y-Y) (図 4-5)</li> <li>・ 本線側分岐器 1/20【制限速度 75km/h】に対して G-Y 現示</li> <li>・ 本線側分岐器 1/12【制限速度 30km/h】に対して Y-Y 現示</li> <li>・ 勾配 1/160 (水平距離 160m に対し 1m 上る)</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>出典：調査団撮影 図 4-5 多現示信号</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3 現示方式の欠点 Y 現示の内方が R 現示か Y 現示かは判別できない</li> <li>・ 運転取扱いの非効率 上下線間の渡り線</li> <li>・ 制動距離の確保が困難 W-Y 現示/Y 現示/R 現示 (W: 白色灯)</li> </ul>
<p>TRANSNET 鉄鉱石線</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 単線</li> <li>・ 3 現示色灯方式</li> <li>・ 本線側分岐器 1/12【制限速度 30km/h】</li> <li>・ 通過側線あり【90km 間隔:長さ 4km】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 場内信号の本線側表示 W-G 現示 W-Y 現示</li> <li>・ 分岐側表示 Y-W (L) /Y-W (R) 現示</li> </ul>
<p>TRANSNET 一般貨物線区</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3 現示色灯方式</li> <li>・ 多現示色灯方式 R-B 現示 (B: 青色灯) 入換信号/進路表示器の設置</li> <li>・ Overlap 区間 (275m 以上) または安全側線の設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 旅客列車と共用</li> <li>・ 機械信号方式の併用</li> </ul>
<p>PRASA メトロレール 線区</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3 現示色灯方式</li> <li>・ 多現示色灯方式 (図 4-6) R-B 現示 Y-flash 現示 R-flash 現示 入換信号/進路表示器の設置</li> <li>・ Overlap 区間 (110m 以上) または安全側線の設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一般貨物線区と共通の現示方式</li> <li>・ 運転時隔改善のため Overlap 区間の短縮</li> <li>・ Y-flash 現示 前方 G 現示の内方に分岐器が存在することを予告</li> </ul>

	 <p>出典：調査団撮影</p> <p>図 4-6 多現示信号</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ R-flash 現示</li> <li>緊急現示の解除</li> </ul>
<p>ハウトレイン</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車内信号 地上信号併用</li> <li>・ ATP (Automatic Train Protection)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 標準軌採用</li> <li>・ 列車防護機能付き</li> </ul>

(注) 緊急現示または異常現示：赤現示にもかかわらず、青現示灯が点灯していると、指令に確認後、徐行で進入できる。これを解除する時に、赤を点滅させて運転士に事前通告する機能。

出典：調査団／Railway Signaling & Telecommunications in South Africa 1998 IRSE

「南ア」国の主な鉄道事業者には、TRANSNET、PRASA およびハウトレインがあり、それぞれの事業者を取り巻く環境や会社設立の経緯には違いもあるが、現時点で共通の課題を多く抱えている PRASA を対象に取り上げることとする。

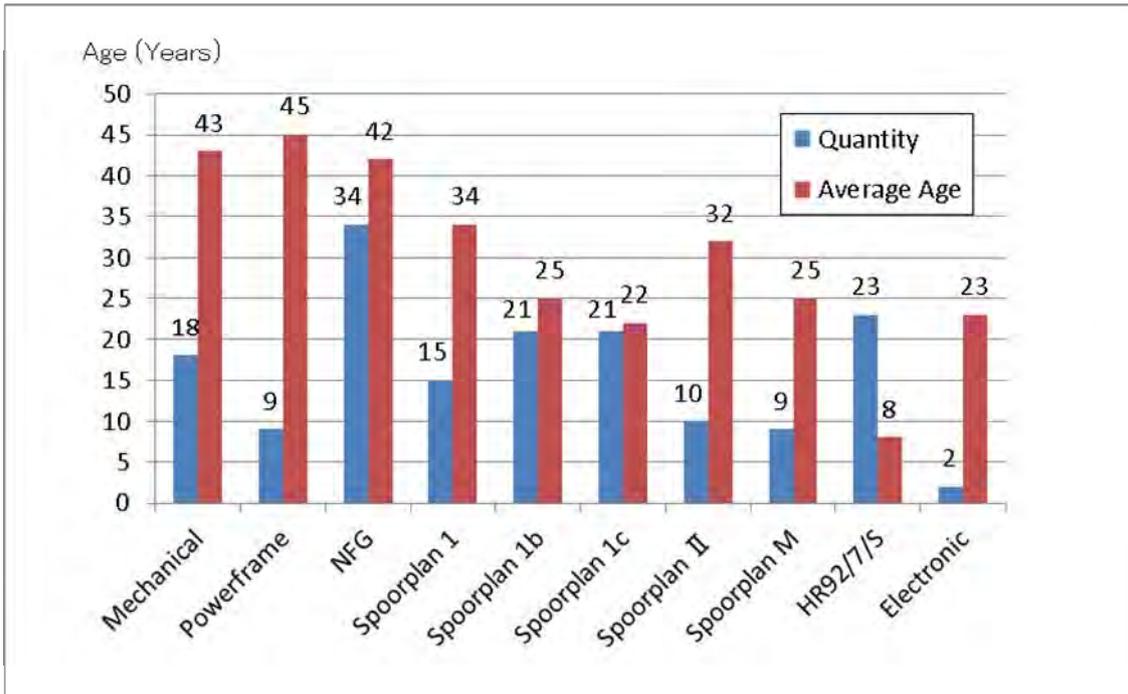
#### 1) 老朽化

信号設備の老朽化の進行については、その実情を例証するために、PRASA が運営する 4 地区 (Southern Gauteng/ Northern Gauteng/ Western Cape/ Durban) のメトロレール線区で稼働している列車運行の安全を確保する連動装置 (全数 162 組) を対象に取り上げる。

各連動装置が設置導入されてから現在までの、稼働した平均動作年数について、種別ごとに示したものが図 4-7 である。

2012 年時点にみると、連動装置全体の 38% を占める機械連動装置では、平均動作年数 30 年を経過している。

つまり、全体の 85% の連動装置は、老朽化し、設計寿命年数 (日本の例では、ハイブリッドタイプで 20 年程度、全リレータイプで 30 年程度) を優に超えた状況下で稼働していることが言える。



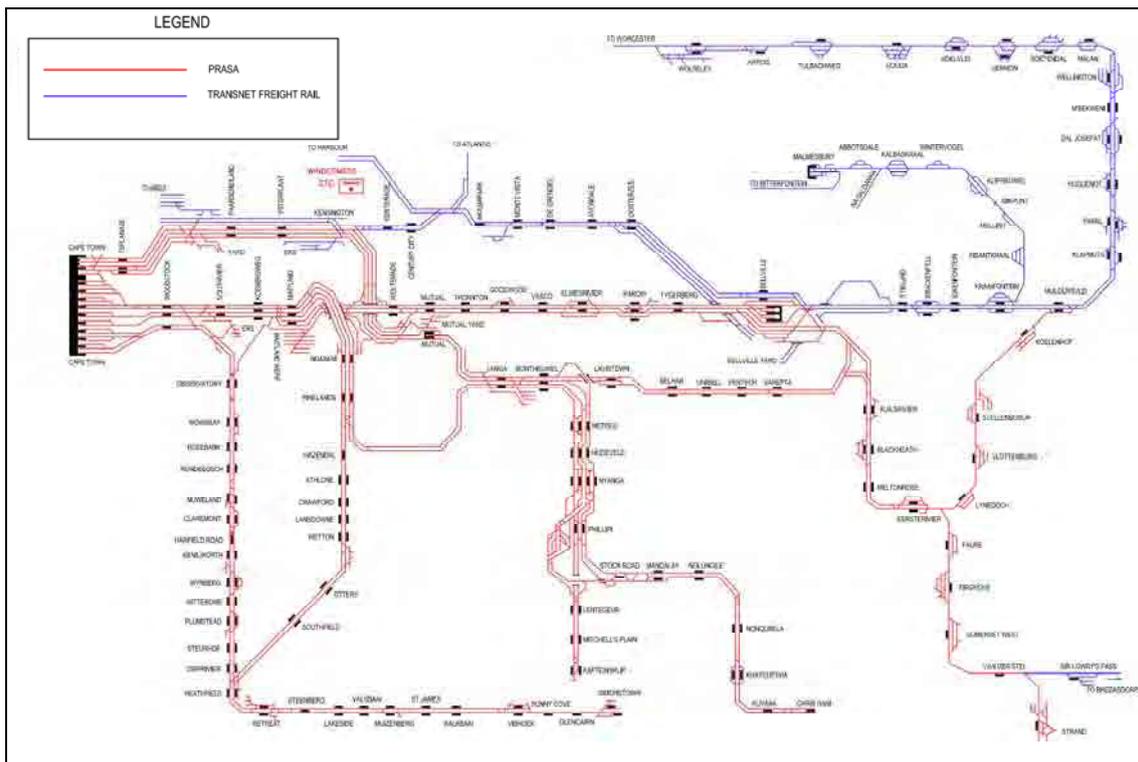
出典：Re-Signaling Implementation Master Plan for SARCC 2009 HERA INFRASTRUCTURE

図 4-7 連動装置の種別と平均動作年数（メトロレール）

一般的に PRASA は、鉄道先進国に比べると、列車の定時運行率が低く、運休率も高い。また、列車運行の安全性は、近年、年々下がっている状況にある。

## 2) 輸送品質の低下

ケープタウン地区のメトロレールは、他の地区のメトロレールに比較すると、都市鉄道としてその機能をよく果たしていると言われている。同地区のメトロレール路線網を図 4-8 に示す。



出典：PRASA 資料

図 4-8 ケープタウン地区メトロレール路線網

このケープタウン地区を代表事例として、まず、設備障害の概況と列車運行に対する影響を把握し、次に、設備障害の原因と障害復旧の対応と修復時間に着目することで、現実の保守技術力、障害修復のレベルを推察することとする。これにより、「南ア」国鉄道全体に共通する課題として検討したい。

ケープタウン地区のメトロレールに関して、表 4-6 の週間列車運行データならびに表 4-7 の信号設備の週間報告障害データ(2012 年 8 月 2 日～8 日)に基づいて、概況を把握する。

まず、週間あたりの列車運行概況は、計画列車本数 3840 本の中で、運行キャンセル本数 15 本、遅延した列車本数が 527 本(全体本数の 14%)発生し、その累計遅延時分は、6877 分にも及ぶ。定時運行を基本とすべき輸送品質の面からみてもよくない状況である。

主な遅延の内訳は、車両に起因するもの(遅延本数 183 本、累計遅延 2713 分)、運転取扱によるもの(遅延本数 86 本、累計遅延 1209 分)および信号設備に起因するもの(遅延本数 77 本、累計遅延 846 分)等である。

表 4-6 週間列車運行データ

Metrorail Western Cape: Time Keeping of Metro Trains																									
Week: 2 to 8 August 2012																									
% Trains on time					Manageable Delays & Cancellations									Not manageable - factors beyond Metrorail control											
Date	MP	AP	Ave	Delays	CX	Direct			Consequential			Total			Direct			Consequential			Total				
						Train	Min	CX	Train	Min	CX	Train	Min	CX	Train	Min	CX	Train	Min	CX	Train	Min	CX		
GRAND TOTAL						Rolling Stock	159	2351	11	24.6	362	2	183	2713	13	Passenger Related	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Signals	62.6	696	0	14.4	150	0	76.9	846	0	Cable Theft	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Electrical	13	356	1	0	0	0	13	356	1	Vandalism / Sabotage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Perway	27.9	346	0	0	0	0	27.9	346	0	Robbery / Assaults	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Train Ops	82.8	1161	1	3	48	0	85.8	1209	1	Obstructions	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Customer Services	88.6	631	0	2.54	23	0	71.2	654	0	Accidents	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Protect. Serv	17.0	274	0	11	162	0	28.6	426	0	Legal Compliance (E.g. Person struck by train, suicides, Level crossing accidents)	3.35	70	0	0	0	0	3.4	70	0
						Transnet Freight Rail	6	91	0	0	0	0	6	91	0	Metrorail Agreed events / Security Contracts	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Infra Telecoms	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Technical Operations Contractors	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Facilities	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mandatory Mods.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Shosholoza-Meyl	1	6	0	0	0	0	1	6	0	ESCOM Failures	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total						Other/ Planned Maintenance	8.79	220	0	0	0	0	8.79	220	0	Police / Security Actions	0	0	0	0	0	0	0	0	0
For the week															Act of Nature	20.9	341	0	0	0	0	21	341	0	
															Revised Service	167	1567	0	0	0	0	167	1567	0	
Trains Scheduled							3840																		
							447	6,132	13				503	6,877	15		24	411	0	0	0	24	411	0	

出典 : Metrorail Cape Town 資料

表 4-7 週間信号障害報告データ

Date	Time				Reaction Time			Station	Equipment	Keyword	"U/I/ KSR"	Remarks	Delays		Trains	Responsible Department	Fault Number	Empac Number	Unnecessary				
	Time Out	Reported to Technician	Arrived on site	Repaired	Travel Time	Time to Repaired	Outage Time						Trains	Minutes					Cancel	Trains	Minutes	Cancel	
2-Aug-12	4:20	7:00	7:10	7:11	0:10	0:01	2:51	Bay Junction	1946G	Signal	U	RG lamp dead - Replaced lamp	0	0	0	Signals	08/15	12-003418	S. Maloney				
2-Aug-12	5:40	5:43	6:10	6:45	0:27	0:35	1:05	Bellville	4011W	Points	U	Cleaned microswitch contacts	16	177	0	Signals	08/16	12-003420	Aya				
2-Aug-12	6:14	6:18	6:40	6:54	0:22	0:14	0:40	Retreat	3240G	Signal	KSR	Testede in order - Kriel	0	0	0	Signals	08/17	12-003422	Lefa				
2-Aug-12	6:28	6:30	9:00	23:59	2:30	14:59	17:31	Vlottenberg	Van schoor	Van schoor	F	Faulty counter	0	0	0	Signals	08/18	12-003423	Sipho				
2-Aug-12	6:50	6:57	7:20	7:40	0:23	0:20	0:50	Nyanga	4132G	Signal	F	Replaced blown 1.6 amp fuse	2	25	0	Signals	08/19	12-003424	Andiswa				
2-Aug-12	6:48	6:50	6:50	7:15	0:00	0:25	0:27	Bellville	4501W	Points	F	Adjust blade tension	0	0	0	Signals	08/20	12-003425	Aya				
2-Aug-12	10:38	10:47	11:15	15:30	0:28	4:15	4:52	Kuils River	B8640T	Track cct	U	Faulty fuse holder on outgoing panel	2	30	0	Signals	08/22	12-003428	Aya				
2-Aug-12	11:57	12:00	12:10	13:50	0:10	1:40	1:53	Elsies River	B619W	Points	KSR	Tested in order - Malusie	1	6	0	Signals	08/24	12-003430	Bam				
2-Aug-12	13:33	13:35	13:50	14:00	0:15	0:10	0:27	Faure	13T	Track cct	U	Blown RX fuse	0	0	0	Signals	08/25	12-003431	Francke				
2-Aug-12	15:47	16:02	16:18	16:25	0:16	0:07	0:38	Hazendal	9866G	Signal	U	HG aspect dead - Replaced lamp	1	6	0	Signals	08/26	12-003432	Khusta				
2-Aug-12	17:52			18:06	0:00	0:14	0:14	Eersterivier	A130T	Track cct	KSR	Cleared self - Jackson	0	0	0	Signals	08/28	12-003434	T. Francke				
2-Aug-12	21:25	21:30	21:37	21:40	0:07	0:03	0:15	Blackheath	Control Panel	Interlocking	U	Control panel dead - Replaced fuse	0	0	0	Signals	08/29	12-003435	T. Francke				
3-Aug-12	5:54			6:01	0:00	0:07	0:07	Salt River	6540G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Chris	0	0	0	Signals	08/32	12-003438	Tco				
3-Aug-12	6:00			6:03	0:00	0:03	0:03	Salt River	1021W	Points	KSR	Cleared self - Chris	0	0	0	Signals	08/33	12-003439	Tco				
3-Aug-12	6:27	6:57	7:35	9:12	0:38	1:37	2:45	Bontheuwei	1703T	Track cct	U	Track cable rusted off	0	0	0	Signals	08/34	12-003440	Andiswa				
3-Aug-12	9:29			9:33	0:00	0:04	0:04	Bellville	5462G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Christine	1	6	0	Signals	08/37	12-003444	Tco				
3-Aug-12	12:39	12:53	13:15	13:45	0:22	0:30	1:06	Bontheuwei	1703T	Track cct	KSR	Cleared after cancellation - Burger	0	0	0	Signals	08/38	12-003446	Anelie				
3-Aug-12	16:03			16:07	0:00	0:04	0:04	Philippi	6352G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Burger	0	0	0	Signals	08/39	12-003447	Tco				
3-Aug-12	16:03			16:06	0:00	0:03	0:03	Maitland	6744G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Piatjies	0	0	0	Signals	08/40	12-003448	Tco				
3-Aug-12	17:17			17:20	0:00	0:03	0:03	Muizenberg	3740G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Tiaan	0	0	0	Signals	08/41	12-003449	Tco				
3-Aug-12	17:24			17:27	0:00	0:03	0:03	Bellville	4242G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Engelbrecht	0	0	0	Signals	08/42	12-003450	Tco				
4-Aug-12	5:24	5:27	5:55	6:15	0:28	0:20	0:51	Firgrove	3G	Signal	F	Lubricate slides	1	6	0	Signals	08/45	12-003453	T Franke				
4-Aug-12	9:20	9:25	9:50	11:05	0:25	1:15	1:45	Stellenbosch	01T	Track cct	U	Fuse blown	0	0	0	Signals	08/47	12-003455	T Franke				
4-Aug-12	11:20	11:35	13:20	13:50	1:45	0:30	2:30	Philippi	4932G	Interlocking	U	Fuse blown	6	82	0	Signals	08/48	12-003457	Khusta				
4-Aug-12	11:50	12:00	12:30	13:00	0:30	0:30	1:10	Philippi	A4966T	Track cct	U	Loose wire in trackbox	0	0	0	Signals	08/49	12-003458	Khusta				
4-Aug-12	12:50	12:55	13:40	14:29	0:45	0:49	1:39	Wetton	A6140T	Track cct	U	Broken wire under trackbox	0	0	0	Signals	08/50	12-003459	J James				
6-Aug-12	5:15	5:26	6:05	6:30	0:39	0:25	1:15	Bay Junction	2144G	Interlocking	U	Replaced BcZ unit	2	17	0	Signals	08/52	12-003462	P v staden				
6-Aug-12	6:50	6:55	7:25	7:44	0:30	0:19	0:54	Wetton	A6040T	Track cct	U	Replaced TR	4	26	0	Signals	08/54	12-003465	J James				
6-Aug-12	7:32	7:35	7:45	9:10	0:10	1:25	1:38	Fishoek	4562T	Track cct	U	Loose track cable in trackbox	1	15	0	Signals	08/55	12-003466	Cassiem				
6-Aug-12	8:35	8:40	9:06	9:07	0:26	0:01	0:32	York Rd	Booms	Road Protection	U	Adjust m/switch	5	86	0	Signals	08/58	12-003469	Cassiem				
6-Aug-12	8:58			9:01	0:00	0:03	0:03	Bellville	1262G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Tiaan	0	0	0	Signals	08/61	12-003472	Tco				
6-Aug-12	9:43	9:47	10:10	10:20	0:23	0:10	0:37	Woodstock	89W	Points	U	Replaced snubbing unit	1	16	0	Signals	08/62	12-003473	S Maloney				
6-Aug-12	9:33	9:37	10:20	11:45	0:43	1:25	2:12	Eersterivier	27W	Points	U	Replaced m/switch	3	18	0	Signals	08/63	12-003474	Sipho				
6-Aug-12	15:17	15:25	15:40	15:50	0:15	0:10	0:33	Maitland	6640G	Signal	U	Replaced lamp (DG)	0	0	0	Signals	08/66	12-003477	Bam				
6-Aug-12	18:33	18:35	18:40	18:45	0:05	0:05	0:12	Cape Town	117W	Points	U	Fuse blown	0	0	0	Signals	08/67	12-003478	J Stighling				
6-Aug-12	18:45	18:46	18:55	19:00	0:09	0:05	0:15	Woodstock	89AW	Points	KSR	Tested in order - Hantie	5	74	0	Signals	08/68	12-003480	J Stighling				
6-Aug-12	18:55			19:03	0:00	0:08	0:08	Newlands	3603W	Points	KSR	Cleared self - Flippie	0	0	0	Signals	08/69	12-003481	Tco				
6-Aug-12	19:10	19:17	20:00	20:14	0:43	0:14	1:04	Bontheuwei	3766G	Signal	U	Replaced TR (Ants)	0	0	0	Signals	08/70	12-003482	Wani				
6-Aug-12	20:00	20:07	21:40	21:50	1:33	0:10	1:50	Philippi	5515W	Points	U	Tighten loose barrel nut	0	0	0	Signals	08/71	12-003483	Wani				
7-Aug-12	3:47	3:50	4:15	4:25	0:25	0:10	0:38	Cape Town	89AW	Points	U	Cleaned snaplock contacts	5	43	0	Signals	08/73	12-003485	J Stighling				
7-Aug-12	9:20			9:30	0:00	0:10	0:10	Diep River	2142G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Burger	2	19	0	Signals	08/76	12-003489	Tco				
7-Aug-12	9:40	9:45	10:05	10:15	0:20	0:10	0:35	Eersterivier	FSDT	Interlocking	U	Reset	0	0	0	Signals	08/77	12-003490	Sipho				
7-Aug-12	11:48	11:50	11:55	12:00	0:05	0:05	0:12	Eersterivier	27W	Points	KSR	Tested in order - Van der Merwe	0	0	0	Signals	08/78	12-003492	Sipho				
7-Aug-12	16:56			16:58	0:00	0:02	0:02	Bellville	2640G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Christine	0	0	0	Signals	08/82	12-003497	Tco				
7-Aug-12	17:46			17:50	0:00	0:04	0:04	Langa	515W	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Visser	0	0	0	Signals	08/83	12-003498	Tco				
7-Aug-12	17:06			17:08	0:00	0:02	0:02	Bellville	2640G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Christine	0	0	0	Signals	08/84	12-003499	Tco				
7-Aug-12	19:00	19:01	19:22	19:25	0:21	0:03	0:25	Eersterivier	126G	Interlocking	KSR	Tested in order - Neels	0	0	0	Signals	08/86	12-003501	Wani				
8-Aug-12	5:30	5:32	6:10	7:05	0:38	0:55	1:35	Eersterivier	FSDT	Interlocking	U	Reset FSDT	4	50	0	Signals	08/91	12-003507	T Franke				
8-Aug-12	7:02	7:05	7:10	7:18	0:05	0:08	0:16	Langa	515W	Points	KSR	Tested in order - Herselman	10	99	0	Signals	08/92	12-003508	Khusta				
8-Aug-12	7:14			7:17	0:00	0:03	0:03	Bellville	4140G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Johnson	3	19	0	Signals	08/93	12-003509	Tco				
8-Aug-12	7:20			7:23	0:00	0:03	0:03	Bellville	2640G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Johnson	0	0	0	Signals	08/94	12-003510	Tco				
8-Aug-12	7:36			7:40	0:00	0:04	0:04	Maitland	7162G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Nandi	2	16	0	Signals	08/95	12-003511	Tco				
8-Aug-12	15:38			15:40	0:00	0:02	0:02	Bellville	5462G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Christine	0	0	0	Signals	08/99	12-003517	Tco				
8-Aug-12	16:48			16:50	0:00	0:02	0:02	Bellville	1262G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Christine	0	0	0	Signals	08/100	12-003518	Tco				
8-Aug-12	16:55			16:57	0:00	0:02	0:02	Bellville	2640G	Interlocking	KSR	Cleared after cancellation - Ilene	0	0	0	Signals	08/101	12-003519	Tco				
8-Aug-12	18:23	18:24	18:47	19:00	0:23	0:13	0:37	York Rd	Booms	Road Protection	KSR	Tested in order - Lourens	0	0	0	Signals	08/102	12-003520	Lefa				
												56	77	836	0								

出典：Metrorail Cape Town 資料

また、この地区における現行の信号区は、本区と3支区で要員数96名の組織体制からなり、対象区間約250km（機械信号区間35km含む）にある信号設備（連動駅43駅）に関する保全を担っている。

### 3) 保守不良

信号設備の障害（56件）を主な原因別に分類すると、表4-8の通りである。

表 4-8 障害件数と主な原因

項目	件数	原因
信号	7	ランプ断芯、ヒューズ断、機構の油切れ、変圧器不良等
転てつ機	13	密着不良、鎖錠接点不良、転換不能
軌道回路	10	ケーブル腐食・接続緩み、ヒューズ断、リレー接点摩耗
連動装置	23	進路設定不良、ヒューズ断
踏切等	3	遮断不良

出典：調査団作成

信号、転てつ機、軌道回路および踏切に関する障害内容から判断すると、設備が老朽化している点も事実であるが、いわゆる保守不良が大部分である。本来、定期検査時に、不具合箇所を発見して、適切な調整、修繕や交換がされるべきである。しかしながら、現実には、障害が発生してはじめて対応しているように想定される。ただし、多発する障害対応で日常の保全が計画通り遂行できないことを、定期検査が適切に実施できない理由にするには、上記のように保守要員体制はそれなりに確保されている点で、説明が困難であろう。

一方、連動装置の障害は、その現象面から、老朽化していることに起因しているものと考えられる。

これ以外に沿線には、無断居住者地区が多くあり、信号器具箱・踏切遮断桿の破壊や信号ケーブル盗難が32件発生して、列車運行にかなりの影響を与えている。盗難防止対策として、図4-9のような対策が取られている。



出典：調査団撮影

図 4-9 盗難防止対策

#### 4) 障害復旧の遅れ

次に、障害回復の実情を把握することで、その保全組織の技術力と障害対応への体制が判明する。障害回復時間は、障害発生から発生現場への到達時分と修理回復時間の合計である。特に、列車運行へ大きな影響を与える転てつ機と軌道回路に関する障害について限定してみると、以下の状況である。

転てつ機の障害件数の中で、調整や部品交換等の修繕作業を伴ったものを対象にすると、回復に要した時間は、最大 113 分（修繕 100 分）で、平均 75 分（修繕 40 分）となっている。また、軌道回路については、最大回復時間 292 分（修繕 255 分）、平均回復時間 96 分（修繕 66 分）である。

このように、障害回復に長時間を要している実情からすると、日常の保全業務を通して保全技能を習得しているレベルにあるとは、到底言い難い状況にある。

### (2) 課題

#### 1) 当面の課題

技術的な当面の課題としては、既存の現場機器の保全では、転てつ機および軌道回路に関する総合機能検査、個別検査、調整、修繕に必要な技能習得ができることを目標に、教育訓練を実施する必要がある。

また、列車運行の安全確保の根幹となる連動装置については、早急に更新することが望まれる。しかしながら、現に老朽化に起因する障害が多発している状況を鑑みると、実際の障害原因を診断処置できるように、現場に即した連動機能検査の再教育・実地訓練を速やかに実施することが望まれる。

#### 2) 将来の課題

1990 年以降、大規模な設備投資が実施されず、長期間、技術移転は停滞していた。このような状況の中で、2012 年度から本格的に動き始めつつある設備近代化プロジェクトを実現するためには、国内の教育訓練プログラムおよび海外の教育訓練支援プログラム等を活用することにより、信号通信設備の近代化工事施工および竣工後の保全に対応できる要員を、速やかに教育訓練する必要がある。そのために、まず、リーダークラスの養成を目的とした教育訓練プログラムを実施し、続いて、養成した指導者クラスが、研修訓練センター等にて職場スタッフに教育・実技訓練を実施することで、スタッフ全体へ展開していくことになる。この実技訓練を通じて、スタッフに新技術と設備維持に必要なメンテナンス技術を習得させることが、喫緊の重要課題である。

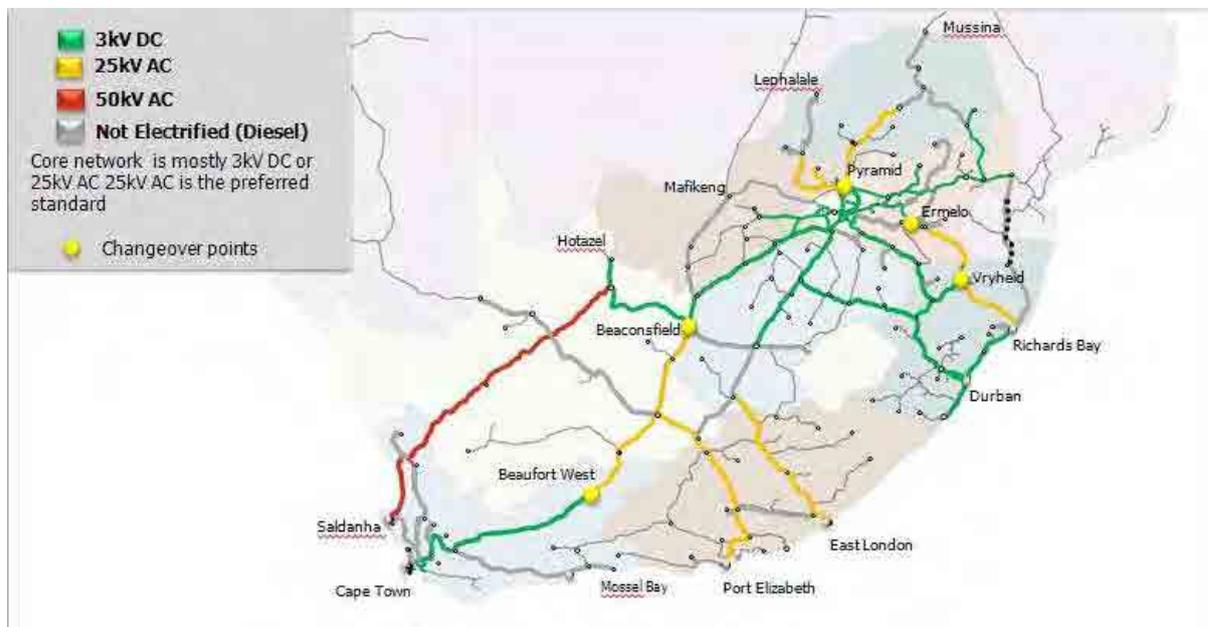
### 4.1.2 電力

#### (1) 現状

##### 1) 電化方式

「南ア」国の電化路線は直流 3kV 電化方式が主流であり、その区間は約 5700km である。また、交流 25kV 50Hz 電化方式の区間が約 2500km、さらに世界にあまり類を見ない交流 50kV 50Hz 電化方式の区間が 861km あり、計 3 種類の電化方式が採用されている。図 4-10 にき電系統図を示す。交流 50kV 電化区間は内陸部のシシェンからサルダナに向かう鉄鉱石線のみである。直流 3kV 電化は主に PRASA の大都市近郊のメトロレールで使用されている。

交流 25kV 電化は石炭線及び都市間長距離区間路線等に使用されている。ショショロザマイルのヨハネスブルグ～ケープタウン間等は、直流 3kV および交流 25kV 電化区間を跨いで運行している。



出典：TRANSNET 資料

図 4-10 き電系統図

「南ア」国の鉄道電化は 1926 年に直流 3kV で始まり、1970 年代まで直流電化が行われてきた。1970 年代から交流電化が採用され、1980 年代までに現在の電化形態となってきた。直流変電所、交流変電所および沿線電車線設備ともに設置から 40 年以上が経過している設備である。

3 種類のき電方式の概要を表 4-9 に示す。直流 3kV 電化は世界各国で採用されている標準的な電化方式であり、日本の直流 1.5kV 電化に比べ電系の損失等が少なく、変電所間隔を長くできる等、有利な点が多い。

交流 25kV 電化も世界各国で採用されている標準的な電化方式であり、日本においても新幹線で採用されている。

交流 50kV 電化は世界的にも例の少ない電化方式であり、アメリカの **Black Mesa and Lake Powell (BM&LP)** 鉄道で鉱山用の貨物輸送に採用されている。軸重の大きな重量貨物輸送には負荷電流を小さくできる有利な電化方式である。

表 4-9 各電化方式の概要

項目	直流 3kV 変電所	交流 25kV 変電所	交流 50kV 変電所
き電電圧	3kV	25kV	50kV
無負荷電圧	3.3kV	27.5kV	55kV
受電電圧	88～132kV	88～132kV	275～440kV
連続出力電流	1500A	800A	800A
き電用変圧器	4950kVA	20MVA	40MVA
整流器	4.5MW	なし	なし
変電所間隔	8～21km	20～30km	140km
主な路線	メトロレール	石炭線 ハウトレイン	鉄鉱石線
特徴	直流き電の国際的標準 電圧が低い 絶縁離隔が小さい 電流が大きい 沿線の電線類が太い	交流き電の国際的標準 直流に比べ電圧が高い 絶縁離隔が大きい 直流に比べ電流が小さい 沿線の電線類が細い	世界的に少ない 電圧が高い 絶縁離隔が大きい 電流が小さい 沿線の電線類が細い

出典：調査団作成

## 2) 設備

「南ア」国の主要鉄道業者である TRANSNET と PRASA の列車運用はそれぞれ別であるが、鉄道設備は共用しているところもある。そこで、直流 3kV の変電所の現状について一例を示す。プレトリア近郊の Wolmerton 変電所は、1969 年の設置以来 40 年以上が経過し、老朽化している。受電電圧は 88kV で、整流器用トランスも 1969 年に AEG 社が製作したものが使用されている。一次側の交流遮断器は、2012 年 7 月に交換されたばかりである。整流器は 4.5MW の屋内開放型のシリコン整流器で、整流器用トランスと同時期に設置されている。各方面き電用の高速度遮断器（HSCB=High Speed Circuit Breaker）は気中式であり、セシユロン（Secheron）製である。図 4-11 に屋内設備を示す。この変電所区間での最大列車密度は、朝・夕の通勤時間帯で上下線合わせて 40 本/1 時間程度である。



(a) シリコン整流器



(b) 直流高速度気中遮断器（HSCB）

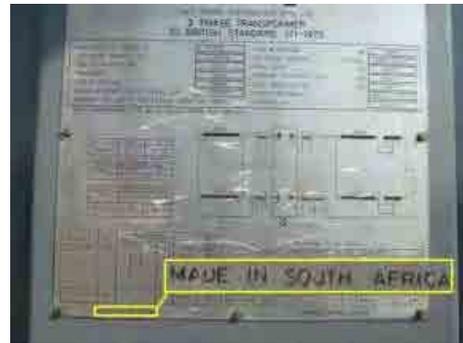
出典：調査団撮影

図 4-11 直流変電所屋内設備

25kV 交流変電所の一例を図 4-12 に示す。この変電所は 1982 年にプレトリア近郊に設置された交流変電所であり、やはり 40 年以上の年数が経過している。き電用トランスの銘板から、GE 社がイギリス規格 (BS=British Standard) に従い、「南ア」国内で製作したことを読みとることができる。



(a) 交流変電所用変圧器



(b) トランス銘板

出典：調査団撮影

図 4-12 交流変電所の変圧器

沿線電車線設備は、変電所の建設時期と同一時期に建設されている。したがって、直流 3kV き電区間では 1970 年代までに、交流 25kV き電区間は 1970 年代から 1980 年代の初頭に建設されており、変電設備と同様に古いものは 40 年以上が経過している。しかしながら、幾つかの設備はケーブルの盗難や他の理由により時代と共に交換されてきている。図 4-13 にき電線設備を示す。



(a) 直流き電区間



(b) 交流き電区間

出典：調査団撮影

図 4-13 沿線き電線設備

### 3) 保守

保守体制としては、「南ア」国の各地域に分散設置された保守チームが国際規格、南アフリカ規格、TFR の基準に基づいた保守マニュアルを作成して予防保全を実施している。各設備の保守マニュアルは整備されているが、あくまでも通常点検のマニュアルである。TRANSNET は国内から 6000~7000 人を雇い、点検保守要員としての訓練を行っている。

1 チーム当たり 15 人で 140km の区間を担当することを平均としているが、重要線区、例えば石炭線等では担当区間を短くしたり、人数を増強したりする等の対策を取っている。

TRANSNET では変電所の主要機器については 25 年および 50 年のライフサイクルを設定して管理しており、改修、交換を実施している。このような作業は基本的に TFR の保守関連会社に委託している。

2010 年 11 月から 2012 年 1 月までの 1 年 2 ヶ月間に、1082 件の事故、故障が変電所で発生している。この 1082 件のうち列車運行に影響を与えたものは 100 件であり、60 本の列車が運休し、177 本の列車に遅れが発生した。約 1 年間で 1000 件以上の事故や故障が発生していることから、保守作業が適切に行われていないと推測できる。

また、沿線設備では電車線の盗難が多発している。2008 年以降、電車線の盗難は沿線の列車制御設備、土木構造物に次いで増加する傾向にある。銅線の盗難は犯罪組織による国際問題となりつつある。銅に替わる材料の技術開発が進められているが、銅をベースにした素材を使用する限り、盗難の解決策にはなっていない。TFR は、これに替わる線材を提案している日本の技術について情報を得たいとの要望を持っている。

## (2) 課題

### 1) 設備の老朽化

設備の点検保守は詳細な点検保守マニュアルが整備されているが、点検周期が記載されていないものも散見される。また、各主要設備のライフサイクル (25 年、50 年) 等が設定されており、簡単な保守点検は実施されてきてはいるが、設備のライフサイクルから見ても老朽化は進んで来ており、今後の大きな課題である。

### 2) 技術レベルの停滞

1970 年前後からの電化推進当初は需要が多く、ヨーロッパの大メーカーも現地生産体制を取り、技術レベルもあったものと推定できる。各主要設備のライフサイクルの設定や投資の停滞により設備投資、技術伝承が停滞したままとなっており、技術者のレベル向上が課題となっている。

### 3) 故障等の復旧回復状況

沿線設備では電車線等銅製品の盗難事故が多発している。このような事故点の探索、復旧、回復までの時間短縮に対する検討が必要である。

## (3) 電力会社の供給能力

「南ア」国の主要電力会社である Eskom は発電、送電、配電部門のライセンスを持っており、発電部門は「南ア」国全体の 85%、送電部門は 100%、配電部門は 65% を受け持っている。2011 年の最大供給量は約 4 万 2000MW、最大負荷需要は約 3 万 7000MW であり、平均需給率は 85% 程度である。ここ 10 年間の需要と供給の関係をみると、供給量が 3 万 7000MW～4 万 2000MW と徐々に伸びてきている一方、最大負荷需要は変動しながら増加する傾向にある。平均需給率は約 90% 前後から若干低くなる傾向にあり、安定供給を目指す傾向が見えている。

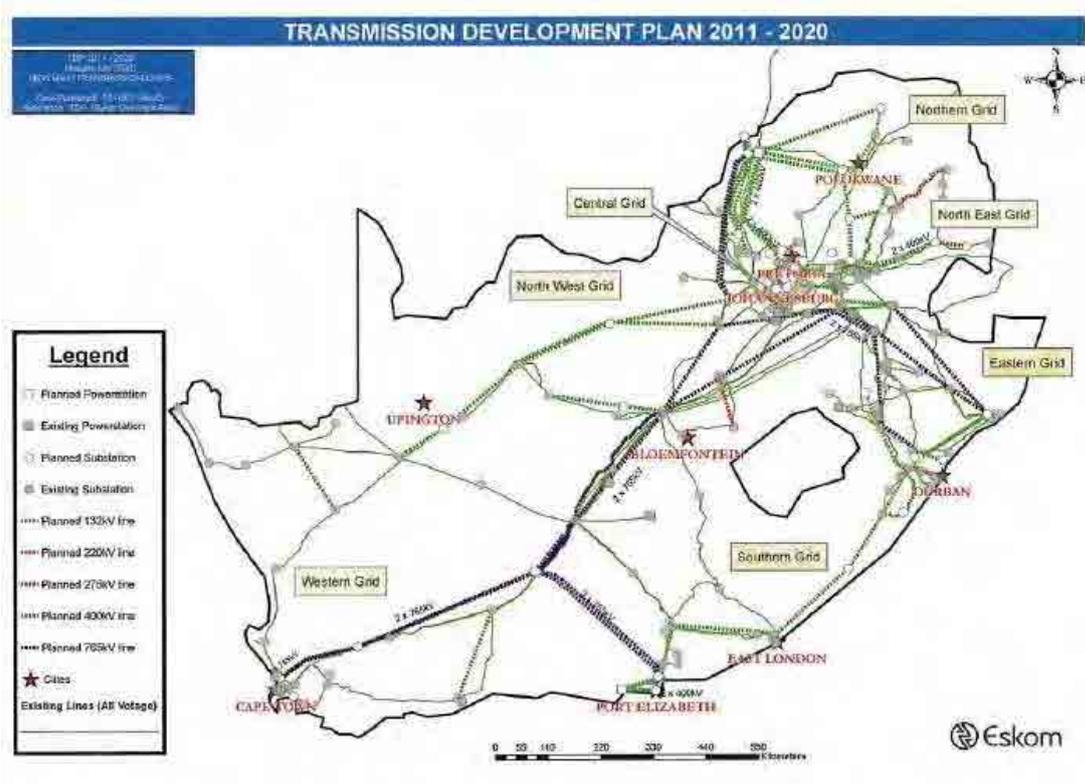
Eskom の発電プラントは全体で 27 ヶ所あり、石炭ベースの火力発電所が 13 ヶ所、ガスタービン発電所が 4 ヶ所、水力発電所が 6 ヶ所、揚水発電所が 2 ヶ所、さらに風力および原子力発電所がそれぞれ 1 ヶ所ある。石炭ベースの火力発電所の発電量は全体の 85% を占めており、原子力が 5%、そのほかガス、風力などの再生可能エネルギーによる発電が行われている。また、原子力発電所はアフリカ大陸で唯一のものである。

Eskom から見た鉄道負荷の占める割合は 2009 年～2011 年の 3 年間のデータを平均した 1 年間の国内使用量が全体で約 21 万 GWh に対し、鉄道負荷は 2870GWh で全体の約 1.4% 程度である。全体に対して小さく、問題となるような値ではないが、各地域での割合は考慮する必要がある。

Eskom では TRANSNET の 7 ヶ年計画等の鉄道セクターの近代化を含めた今後 10 年間（2011 年～2020 年）の電力需要予測と増強計画を作成した。2009 年または 2010 年を基準として 10 年後には約 1 万 5000MW の電力需要の伸びを予測している。この予測に対し、発電所の増強を検討しており、Medupi、Kusile、Coal3 等の火力発電所を増設して、2020 年までに約 2 万 MW の増強を計画している。

さらに、送電系統を強化し、電力供給の安定性を図ることになっている。図 4-14 に示すように、756kV 系送電網を約 6000km、400kV 送電網を約 8000km、275kV 送電網を約 740km 増強する計画である。さらに、Waterberg の Coal3 から Gauteng、Kwa Zulu Natal（Central Grid および East Grid）地域に 800kV の HVDC（High Voltage Direct Current：高電圧直流送電）ラインを 1700km 計画している。

このような計画の実行により、鉄道セクターのき電用変電所の容量（直流変電所で最大約 10MVA、交流変電所で最大 80MVA）に比較して各き電用変電所の受電端短絡容量が現状でも十分大きく（2000～5000MVA）、さらに Eskom の 10 年計画で電力系統が強化されることから、鉄道セクターの近代化に伴う電力需要増に充分対応が可能と思われる。



出典：“Transmission 10-year Development Plan”, Eskom

図 4-14 送電線増強計画

#### 4.1.4 土木・軌道

##### (1) 現状

##### 1) 土木建設技術

「南ア」国では、2010年に開業したハウトレイン建設以前においては、1976年に開業した TRANSNET の鉄鉱石線および石炭線以降、約 30 年間にわたって、鉄道の新線建設はなかった。しかしながら、この間、道路建設に集中的に投資された時期もあり、また、近年の経済成長および 2010 年のサッカーワールドカップ開催を契機として、多くのインフラ施設が整備されてきた。Murray & Roberts 等の大手建設会社は、国内はもとより海外での事業展開も図っており、高速道路やサッカースタジアム等、数多くの建設プロジェクトに関わっている。そのようなことから、橋梁建設、土工および軌道建設等の施工技術は、一定の高いレベルにあると考えられる。

##### 2) 軌道保守技術

##### a) TRANSNET の軌道保守技術

TRANSNET の保有する路線は、TFR (TRANSNET Freight Rail) が軌道保守を行っている。

重要路線である鉄鉱石線および石炭線では、1 年に 10 日間、全線の運行をストップさせて集中的に軌道保守を行っており、日常的な軌道保守は行われていない。鉄鉱石線では、1 年間に約 60km にわたってバラストの交換およびバラストクリーニング作業を実施し、12

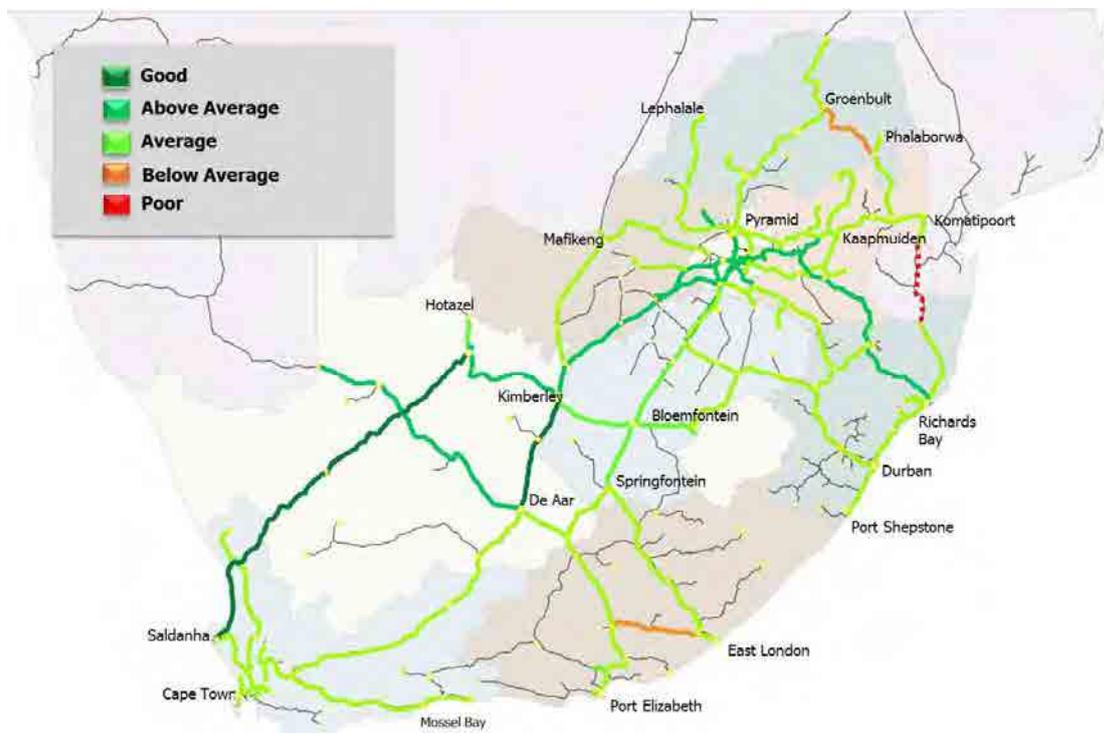
年間で全路線延長（861km）のバラスト交換作業を終える。

TFR は 2009 年度に、471 km のレール交換、190 km 区間の枕木（28 万本）・バラスト・分岐器の交換を行った。2010 年度には、555km のレールおよび 292km の枕木交換を実施し、528km の軌道保守を行った。また、2011 年度には、731km のレール交換、690km の軌道保守、39.1 万本の枕木交換を実施した。過去の 3 年間をみると、軌道保守量は増加の傾向にある。

こうした軌道保守作業のうち、TFR が自社で行っているのは全体の約 20%程度であり、約 80%程度は外部の軌道保守会社が行っている。特に、大型の機械を用いて行う軌道保守作業は外部の軌道保守会社が行うことが多く、TFR 自身は十分な軌道保守技術を有しているとは言えない。

TRANSNET 路線の 2010 年度の軌道状況を図 4-15 に示す。輸送需要の高い路線については、平均以上とされており、軌道保守がなされていることを示している。

しかし、軌道保守が十分に行われていない可能性があることの例として、石炭線の 19E 機関車で、パンタグラフの破損が年間 30 件程度発生していることが挙げられる。車両に動揺が生じる、または、カーブでレールが押されてパンタグラフと架線との相対位置が許容範囲を超えて外れるなどにより、パンタグラフが架線に引っかかって損傷する。その原因の一つとして、軌道保守に問題があり、軌道と架線の位置関係が適切に管理されていないことを指摘する向きもある。



出典：TRANSNET 資料

図 4-15 TRANSNET 路線の軌道の状況（2010 年度）

b) PRASA の軌道保守技術

PRASA のインフラ施設の保守部門は、表 4-10 に示す通り、PRASA Technical 傘下の 4 つ

の部門に分かれており、それぞれの部門で、軌道設備、信号設備および電気設備の保守を行っている。職員数は合計 374 名であり、そのうち、軌道保守の担当が 118 名である。

表 4-10 PRASA インフラ施設の保守部門

部門		担当路線	線路延長 (km)
Gauteng	South	ヨハネスブルグ、プレトリア	776
	North	イーストロンドン、ポートエリザベス	291
Cape		ケープタウン	460
Durban		ダーバン	294

出典：調査団作成

PRASA のメトロレール路線の軌道保守は、毎年作成される軌道保守計画に基づいて行われている。PRASA は、日常点検等の保守作業は自社の職員が行っているが、大型機械を使用する保守作業等については、TFR と同様、外部の軌道保守会社が行っている。軌道保守点検の周期を表 4-11 に示す。

表 4-11 軌道保守点検の周期

点検種類	点検周期
1. 運行可能状態評価	
検測車による点検	4 ヶ月ごと
2. 物理的状态評価	
本線軌道	48 ヶ月ごと
本線分岐器	12 ヶ月ごと
操車場軌道	48 ヶ月ごと
操車場分岐器	24 ヶ月ごと
3. 徒歩による安全点検	
本線軌道	2 日ごと、または 1 週間ごと
本線分岐器	1 ヶ月ごと
操車場軌道	1 ヶ月ごと
操車場分岐器	6 ヶ月ごと
4. 台車による点検	
軌道検査官による点検	半月ごと
技術者による点検	2 ヶ月ごと

出典：調査団作成

調査団がメトロレールの現地で調査した限りにおいては、ホームに面した軌道にごみ散乱していたり、レールや枕木に損傷が見られるなど、十分な軌道保守が行われているとは言いがたい状況であった。また、3 章の表 3-9 で示したように、2012 年 4 月～8 月におけるメトロレール軌道の平均故障間隔 (MTBF=Mean Time Between Failures) を見ると、全国平

均で 29.6 時間に 1 回の割合で障害が発生しており、ハウテン地区（ヨハネスブルグ、プレトリアのほか、イーストロンドン、ポートエリザベスを含む）のメトロレール線区が 9.1 時間、ダーバン地区のメトロレール線区が 101.9 時間、ケープタウン地区のメトロレール線区が 27.6 時間であった。このように障害が多発することからも、十分な軌道保守がなされているとは言えない。

PRASA のメトロレール路線の過去 4 年の軌道保守への投資額は、表 4-12 の通りである。2009 年以降は、PRASA への投資額が増加してきた時期であり、軌道保守に充てられる資金もあったと考えられるが、特に 2000 年以前は投資額が極めて小さく、軌道保守がほとんど行われてこなかったと推測される。

表 4-12 メトロレール軌道保守への投資額

年 度	2009	2010	2011	2012 (予算)
軌道保守費用 (ZAR)	2 億 1100 万	1 億 7200 万	2 億 500 万	2 億 1500 万

出典：調査団作成

### 3) 軌道材料および保守用機械の製造技術

軌道建設および保守の際に使用される資材として、レール、締結装置、分岐器、バラスト軌道、バラスト、枕木、軌道保守機械があるが、「南ア」国におけるそれぞれの資材の製造技術は以下の通りである。

#### a) レール

「南ア」国内で生産できないため、100%輸入である。主な輸入先は VEA（オーストリア）、TATA Steel（インド）、ドイツである。輸入したレールの溶接は「南ア」国内で行っているが、レール溶接の技術力が大変低い。

#### b) 締結装置

すべて「南ア」国内で生産されている。全体の 98%は、Pandrol SA 社が製造している。TRANSNET および PRASA で使用される締結装置は、E-Clip、Fist 及びボルト固定式締結装置であるが、E-Clip と呼ばれるバネ式の締結装置が主流である。また、ハウトレインでは Fast Clip が使用されている。締結装置に用いる鋼材およびプラスチック材料は国内から調達されている。

Pandrol SA 社が製造する締結装置は、BSI（British Standard Institute）規格に基づいて製造されており、技術的な問題はないと考えられる。

#### c) 分岐器

「南ア」国内において、Voestalpine VEA SA 社がバラスト軌道およびバラストレス軌道の分岐器を製造している。使用材料となる枕木および締結装置等は、国内から調達しているが、レールは VEA 本社（オーストリア）から輸入している。

d) バラストレス軌道

「南ア」国内において、Tubular Track 社が、鉄筋コンクリート製の縦梁と左右の梁をつなぐ鋼製のゲージバーからなる剛構造のバラストレス軌道 (T-Track) を製造している。使用材料のうち、レールおよび軌道パッドは輸入している。標準軌 (1435mm) の T-Track 構造の場合、軸重 36 トンで 80km/h の走行が可能であり、TRANSNET から技術認証を得ている。

e) バラスト

「南ア」国内の建設会社等によって、すべて国内で生産されている。技術的な課題は特に報告されておらず、十分な生産能力を有すると考えられる。

f) コンクリート枕木

すべて「南ア」国内で生産されている。コンクリート枕木メーカーおよび建設会社が製造している。

コンクリート枕木に用いるコンクリートは国内で調達されているが、品質に問題があり、締結装置を枕木に固定させるためのベースプレートとコンクリート間の定着力が弱いため、ベースプレートを大きくしてコンクリートと定着させている。そのため、ベースプレートのコストが高くなっている。また、かつて鉄鉱石線に用いられていたコンクリート枕木はアルカリ骨材反応 (AAR) の影響でコンクリートの破損が発生している箇所がある。これは、鉄鉱石線が建設された当時 (1970 年代) は、コンクリート製造に関する知識が不足していたためである。

PC (Pre-stressed Concrete) 枕木に用いる PC 鋼棒は「南ア」国内ではまだ生産できず、輸入している。

こうしたことから生産技術は十分に有しているとは言えない。

g) 軌道保守機械

国内で軌道保守機械を生産している企業は、Lenning と Plasserail の 2 社である。Plasserail 社では、軌道保守機械の主要コンポーネントは、グループ企業の本社である Plasser & Theurer 社 (オーストリア) から輸入しており、コンポーネントの約 60% をオーストリアから輸入し、約 40% を国内から調達している。

一方、Lenning については、コンポーネントの約 50% を輸入しており、約 50% が国内調達である。

## (2) 課題

TRANSNET 7 ヶ年投資計画では、第 3 章の図 3-15 に示したように、軌道に 711 億 ZAR の投資が予定されており、平均すると年間に約 100 億 ZAR の投資が発生する。この数字は、2009 年度のインフラへの投資額 36.15 億 ZAR に比べると、約 3 倍の投資金額となる。また、PRASA 近代化プロジェクトにおいても、今後 3 年間に、インフラ近代化に 150 億 ZAR の投資が予定されている。軌道保守への投資額は不明であるが、これまで以上の投資額となると予想される。このような近代化に対応するためには、TRANSNET、PRASA とも、技術力の向上や技術者の育成が求められる。

## 4.2 適用基準の簡易レビュー

### 4.2.1 総論

「南ア」国において全国的な鉄道安全基準は、Railway Safety Regulator (RSR) によって定められる。RSR は、National Railway Safety Regulator Act に基づいて、2004 年に設立された DOT 傘下の機関である。鉄道の運行およびマネジメントの監督を行っており、鉄道事業者に対して、(1) Safety Permit の発行、(2) 法律の下での鉄道の安全基準及び技術基準の作成、(3) 鉄道事業者に対する業務改善等の指導を行っている。

鉄道安全基準は、南アフリカ国家規格 (SANS=South Africa National Standards) の一分野として位置づけられており、表 4-13 に示すように付番、整理され、順次作成されている。なお、作成済のものは SABS (South African Bureau of Standards) から発行されている。

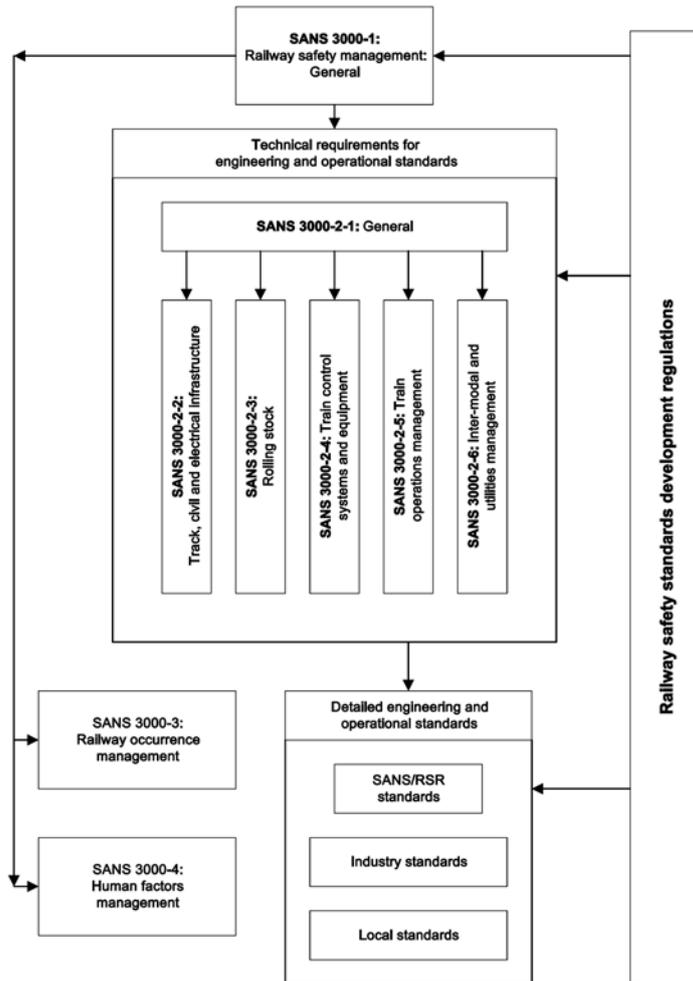
表 4-13 SABS が発行している鉄道安全に関する基準

記号	内容	発行日
SANS 3000-1	General	2009 年 10 月
SANS 3000-2-1	Track, civil and electrical infrastructure	2008 年 4 月
SANS 3000-2-2	Track, civil and electrical infrastructure	2008 年 5 月
SANS 3000-2-2-1	Track, civil and electrical infrastructure	2012 年 4 月
SANS 3000-2-3	Rolling stock	2008 年 5 月
SANS 3000-2-4	Train authorization and control systems and equipment	準備中
SANS 3000-2-5	Train operation management	準備中
SANS 3000-2-6	Interoperability, intermodal and utilities management	準備中
SANS 3000-3	Railway occurrence management	準備中
SANS 3000-4	Human factors management	2011 年 2 月
SANS 3000-5	Railway stations	準備中

出典：調査団作成

鉄道安全基準の具体的な体系を図 4-16 に示す。

### Cascade of standards on railway safety



出典：“SANS 3000-2-1:2008 Railway Safety Management”

図 4-16 鉄道の安全基準の体系

RSR が制定する鉄道の安全基準については、現在も作成作業が進められており、完成し承認されたものから順次制定されている状況である。作成に当たっては、各鉄道事業者の意見が聴取されている。

定める基準については、具体的な数値を示すのではなく、満足しなければならない要件を定めた、いわゆる性能基準が中心となっている。各鉄道事業者は、上記基準に定められた要件について、それぞれの具体的な基準を定めることとされている。

代表的な鉄道事業者である TRF および PRASA の技術基準は、旧宗主国であるイギリスの基準（RSSB＝Rail Safety and Standards Board）に加え、車両等については、製造した国により、AAR（Association of American Railroads、米国）、UIC（Union Internationale des Chemins de Fer：国際鉄道連合）規格なども適用されている。

## 4.2.2 車両

### (1) 軸重

車両および運転に関しては、長大編成の貨物列車による大量輸送を実現するため、最大 30 トン（鉄鉱石線の場合）に及ぶ、非常に大きな軸重を採用しているのが特徴である。その他の多くの線区でも、最大軸重は 26～20 トンとなっている。貨物を積載する貨車だけでなく、それらを牽引する機関車についても、牽引力を確保するため、線区に許容された最大軸重を持たせている。ヨーロッパ各国では最大軸重 26 トン程度は珍しくないが、日本の在来線では、最大軸重は 16 トンに制限されており、このように大きな軸重の車両は存在しない。軸重が大きい場合、強度に対する配慮が必要であることはもちろんであるが、その他にも、レールと車輪の間の滑りにくさを表す粘着係数が、26～30 トンという軸重によってどのように変化するかは、日本においては経験及びデータの蓄積のない分野であった。「南ア」国においては粘着係数 40%を要求されるが、日本国内ではこのような高い粘着係数は例がない。しかしながら、鉄鉱石線用 15E 形電気機関車（軸重 30 トン）等の製造を通じて日本メーカーも経験を蓄積しながら対応しているところであり、現在では問題はないと考えられる。

### (2) 車体強度

車体の構造については、日本の技術基準においては「堅ろうで十分な強度を有し、運転に耐えるもの」と定められているが、その解釈基準において、車体に求められる強度は、通常の運転を想定したものであり、列車の正面衝突事故や落石の衝撃等を配慮した強度まで求められているものではないことが明記されている。これに対して、「南ア」国の基準では、衝突に対する強度を確保することが求められている。これは、衝突そのものを信号保安装置や踏切保安装置により未然に防止するか、衝突の発生を前提として車体の衝突安全性を確保するか、思想の違いに起因するものである。

また、機関車に関しては圧縮荷重が約 300 トンと規定されており、UIC 基準よりも高い。これは、長大編成の貨物列車で使用され、勾配やブレーキに伴う荷重が大きくなるためである。しかしながらこれらについても、日本メーカーの車両納入実績があり、対応は十分可能である。車体の強度を高める上での問題となるのは、車体の重量が増加し、許容された軸重の範囲内での設計が困難になることであるが、そもそも「南ア」国においては許容された軸重が日本に比べて大きいこと、車両の重量が大きくなることは、問題にはなりにくい。

### (3) 軌間

「南ア」国の軌間 1065mm は、実質的には日本の 1067mm と同じものであり、日本メーカーが有利であるように思われるが、実際にはどのメーカーにとっても大きな問題とはならないと考えられる。

### (4) 電気関係機器

「南ア」国の車両電気品は IEC（International Electrotechnical Commission：国際電気標準会議）規格によっていたが、これはもともと BS（British Standard：英国規格）の引用から始まったものである。日本のメーカーは、国際プロジェクトに多く参入しており、国際規格



なお、これらは、「南ア」国の運用条件と環境条件の相違から派生しているもので、日本企業が「南ア」国案件に参入する場合、技術的に対応できないものではない。

- ・ 貨物ヤードでは、一部、直流 3kV 区間と交流 25kV 区間を併設しているため、両区間を列車が移動する場合、き電切替は、信号の連動条件と組合せて自動化している。
- ・ 「南ア」国の閉そく方式では、閉そく区間とオーバーラップ（Overlap）区間を採用している。オーバーラップ区間長は貨物列車 275m 以上、旅客列車 110m 以上である。列車の制動距離が確保できない区間にもオーバーラップ区間を設けるか、または、安全側線を設ける。
- ・ 「南ア」国の軌道回路では、列車の短絡感度  $0.5\Omega$ 、漏洩抵抗  $2\Omega/\text{km}$  以上であり、日本に比べて、軸重（最大 30 トン）が重く、かつ、列車長（最長 4km）の長い列車が走行し、少雨で比較的よく乾燥している。  
（参考：日本では、短絡感度  $0.06\Omega$ 、漏洩抵抗  $2\Omega/\text{km}$ ）
- ・ 「南ア」国の 3 現示方式（G Y R）の鉄鉱石線では、本線分岐または側線分岐に対して、白色（W）を追加して、G-W 現示または Y-W 現示で、運転士へ予告する方式を採用している。

#### 4.2.4 電力

「南ア」国の鉄道電気設備は IEC 規格および EN 規格に依存している。EN 規格はヨーロッパ各国が共通に定めているものであり、BS（British Standard：英国規格）を引用しているところが多い。IEC は EN を基準に作られている傾向が強いため、日本の JIS（Japanese Industrial Standards：日本工業規格）とは若干の違いがあり、日本としては難しい面もあるが、対応は可能である。

##### (1) 電圧の違い

「南ア」国の直流電化区間の電圧は国際的標準電圧の 3kV である。これに対し日本の標準電圧は 1.5kV を採用している。列車負荷の消費電力が同じ場合、電圧が 2 倍であれば電流は 1/2 となり電圧降下率は 1/4 となる。従って、3kV き電では変電所間隔を長くすることができ、日本の標準となっている 1.5kV き電よりも有利な方法である。また、列車負荷電流が 1.5kV き電よりも小さいため、沿線で発生する地絡、短絡故障についても列車負荷電流との差が大きくなるため、沿線のき電系保護については日本より簡単な手法で対策できる。日本では 3kV き電の技術はあまり進んでいないためこの領域への進出は難しいが、事故電流と運転電流の大きさから故障判別を行う技術は故障復旧時間の短縮に有効と思われる。

##### (2) 交流き電用変圧器の違い

「南ア」国の交流変電所の受電電圧は 88kV、132kV が主流であり、基本的に三相電源から単相トランスで受電している。日本では電圧不平衡率を考慮してスコット結線変圧器、変形ウッドブリッジ変圧器、ルーフデルタ変圧器等の内部結線が複雑な変圧器を採用している。この理由は三相電力系統から大容量の単相電力を使用する際に発生する電源側への不平衡や特定相の電圧変動を低減するためである。「南ア」国の電源系統は日本と同じ電圧階級で比較すると短絡容量が大きく電源系統が強力であること、および、鉄道負荷容量が

日本に比べ小さいこと等の理由により単相変圧器の V 結線等の簡単な構成で対応できているため、日本の参入は難しい。

### (3) 交流き電方式の接地の違い

「南ア」国の交流電化区間ではレールは接地されている。これに対し、日本の交流電化区間では通信誘導障害防止等を考慮してレールは非接地の AT き電方式を採用しており、レールをある区間ごとに沿線支持物にボンドで接続することによりレール電位を抑制している。鉄道周辺環境条件の違いや保守間合いの考え方の違いにより、接触電圧の制限値が IEC と JIS では異なっているが、対応は可能である。

## 4.2.5 土木

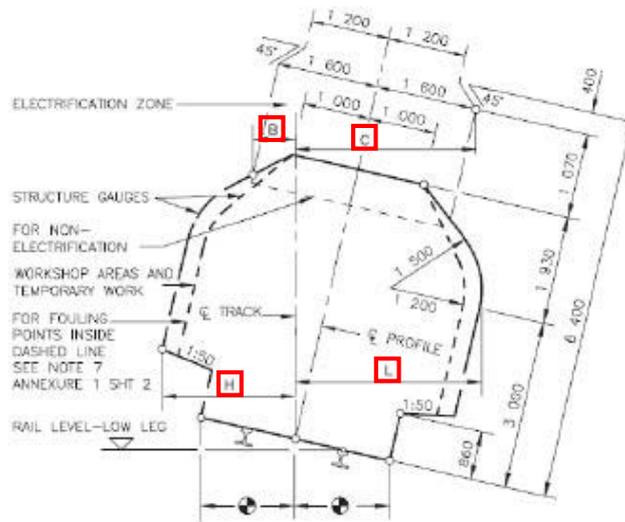
### (1) 軸重

TRANSNET 路線は最大軸重が 30 トン、PRASA 路線は最大軸重が 20 トンであり、いずれも日本の軸重（在来線で最大 16 トン）よりも大きな値である。これに対して、日本においては輸出用レールとして、高軸重に対応するレールの製造が既に行われている。また、構造物については、高軸重荷重に対応する構造物の大きさとすれば対応が可能である。

### (2) 建築限界

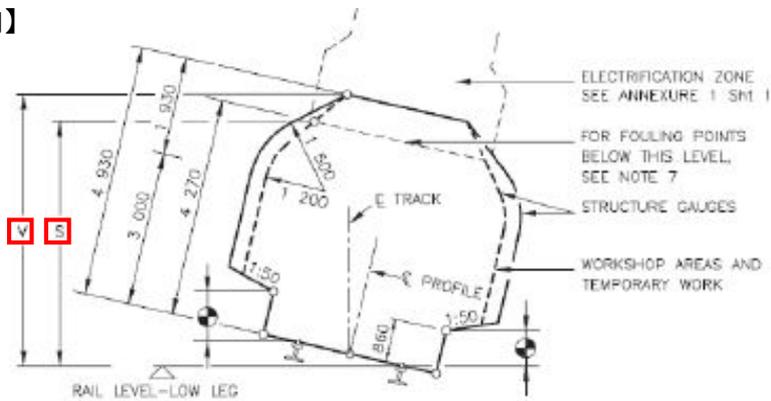
図 4-18 に水平方向および鉛直方向に対する建築限界を示す。水平方向の建築限界は車両限界に対して 925mm の余裕を持たせるなど日本の基準（日本の場合は 400mm）と異なっている点はあるが、異なっていることが日本の技術の導入に不利にはたらくことはなく、「南ア」国の建築限界を遵守した構造物の構築は対応可能である。

【水平方向】



曲線半径 (m)	カントあり		カントなし	カントあり	
	H (mm)	L (mm)	H, L	B (mm)	C (mm)
100	2700	3030	2750	1140	2050
300	2540	2760	2560	1250	1900
500	2510	2680	2520	1320	1850
1000	2480	2600	2490	1380	1760
3000	2470	2470	2470	1500	1600
>5000	2460	2460	2460	1600	1600

【鉛直方向】



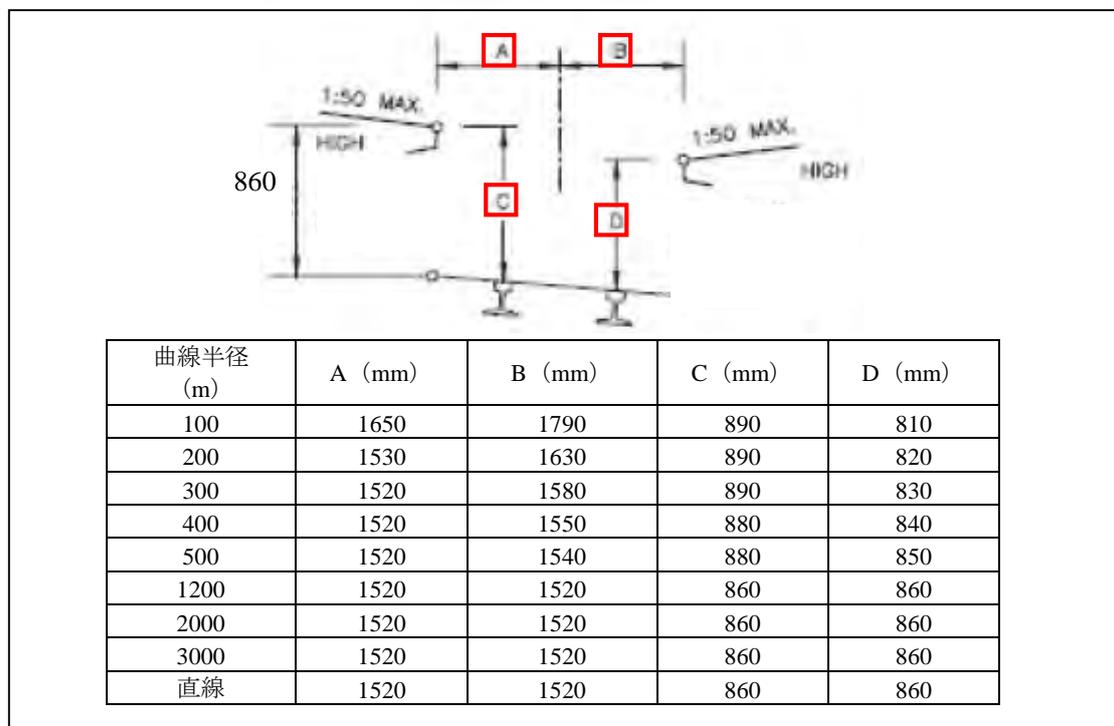
曲線半径 (m)	非電化区間	電化区間	
		3kV、25kV	50kV
	S (mm)	V (mm)	V (mm)
100	4470	5050	5400
300	4410	5020	5370
600	4370	5000	5350
1000	4350	4990	5340
>3000	4270	4930	5280

出典：PRASA 資料

図 4-18 水平方向および鉛直方向に対する建築限界

### (3) ホーム限界

PRASA の駅のホーム限界を図4-19に示す。日本の基準と比べて異なっている点はあるが、「南ア」国のホーム限界を遵守した構造物の構築は対応可能である。



出典：PRASA 資料

図 4-19 ホーム限界

## 4.3 関連民間セクター、裾野産業の現状と課題

### 4.3.1 車両

#### (1) 現状

##### 1) 車両製造

「南ア」国においては、古くから車両の新造を自国内で行ってきた。その技術力は高く、UCW の製造した 6E 形電気機関車が 1978 年に速度試験で記録した最高速度 245km/h は、現在もなお狭軌鉄道の世界記録である。しかしながら、1980 年代後半以降の社会情勢の変化の中で、鉄道への投資が抑制されてきたため、約 20 年にわたって車両製造分野は衰退の一途をたどった。

その後、2000 年代後半から、貨物用機関車の製造が再開され、現在に至っている。

現在、主な車両メーカーとしては、Union Carriage and Wagon (UCW)、TRE の 2 社が「南ア」国市場のほとんどを占めている。現在製造されている車種は、機関車及び貨車である。電車については、ハウトレイン用車両の全数（「南ア」国内生産分 81 両）が納入されて以降、製造されていない。

##### a) UCW

2008 年以降、UCW が機械品を、三井物産・東芝が電気品およびシステムのとりまとめを

担当する形で、TFR に対し石炭線用 19E 形電気機関車及び鉄鉱石線用 15E 形電気機関車を納入している。生産開始時点では、かつての技術者・設計者の多くが UCW を去っていたため、生産管理の立て直しと、生産現場での技術指導、さらにはサプライヤーに対する品質管理の指導には、東芝からも約 20 名の技術者が「南ア」国に派遣されて常駐し、これらに当たった。2013 年までの生産両数は、19E 形が 110 両、15E 形が 44 両であり、15E 形は 32 両が追加発注されている。いずれも、現在の鉄道車両の標準である交流電動機（三相交流誘導電動機）を使用している。ただし、電子部品（素子）や基板は「南ア」国内では生産されていないこともあり、現地調達率は全体で 48%、機械部分（UCW 担当分）については 80%、15E 形についてはそれぞれ 50%、85%となっている。

また、2010 年に開業したハウトレイン用の電車は、初期の 15 両についてはボンバルディア社（Bombardier Inc.）のイギリス・ダービー工場で製造され輸入されたが、その他の車両については、素材・部品の供給を受け、UCW において組み立てを行った。

#### b) TRE

2011 年以降、TRE は GE と提携し、クーデSPORT工場（プレトリア）で一般貨物用 43 形電気式ディーゼル機関車の製造を行っている。2013 年までに 100 両が納入される予定であるほか、43 両が追加発注されている。

貨車については、ジャーミストン（Germiston）、ユーテナージ（Uitenhage）、ブルームフォンテン（Bloemfontein）の各工場で製造をおこなっている。うち 2013 年 3 月末までには、ダーバンとケープタウンの両工場でコンテナ貨車の製造を開始する予定となっている。

現在のところ、旅客車両の新規製造は行っていなかったが、PRASA の通勤電車車両調達に伴い、BEE 政策への対応、「南ア」国全体の製造能力の面などから、TRE が今後この部門に対しても進出することは確実であると見られる。

#### c) Grindrod

同社は、TRANSNET 及び PRASA の 2 大鉄道会社を主な顧客としない特異な存在である。もともと海運会社であり、鉱山経営を経て、2009 年以降、ディーゼル機関車事業を開始した。現在、鉱山会社の専用線向けあるいは南部アフリカ諸国やオーストラリアへの輸出用のディーゼル機関車を生産している。その顧客と製品もまた、UCW、TRE の大手 2 社とは競合しない独自のものである。

現在、本線用ディーゼル機関車の年間生産両数は 10 両であるが、これを 50 両に引き上げることを目標としている。

主要部品であるディーゼルエンジンは米国・EMD 社との提携で現産化しているが、主電動機と制御システムについては、米国・NREC（National Rail Equipment Company）から供給を受けている。輸出用機関車が同社の主力となっているのは、国内向けとして必要な現産化を進めようとする、コスト高で割が合わなくなることも理由の一つである。

#### d) 車両修繕関係各社

以上に挙げた 3 社の他に、鉄道各社の委託を受けて、現在使用されている車両の修繕・改装（refurbish）を行っている会社も存在する。主なものは、CTE（Commuter Transport Engineering）、WICTRA、Naledi Rail Engineering であり、これらと TRE、UCW を合わせた 5

社は、PRASA 通勤電車の refurbish 市場ではそれぞれ 20% ずつのシェアを持っている。

業務内容としては、車体から走り装置までの車両全体の修繕を実施している。今後、機関車等へ対象車種の拡大が図られていくと共に、PRASA 通勤電車の調達にも、国外企業からのオファーに応じて、そのパートナーとして参画するなど、今後、BEE 政策との関連で製造部門にも進出を図ることは確実である。

## 2) 車両部品

車両部品の分野においては、関係する企業等の数が非常に多く、そのレベルもさまざまである。

Timken South Africa (ベアリング)、Knorr Bremse South Africa (ブレーキシステム)、LH Marthnusen (コイル、整流器)、Mersen South Africa (カーボンブラシ)、ABB (モーター) などは、親会社が外国企業であるなど、国外との関係が強い企業である。これらの会社については、グループ全体としての品質管理を行っていたり、世界規模でのグループサプライチェーンに組み込まれている場合も多い。このような場合、製品の品質も一定以上のレベルが確保されている場合が多いと推定できる。

また特に、現在の鉄道車両では、主制御回路は電子化されているが、「南ア」国内では電子部品や基板は生産されておらず、国外企業に頼らざるを得ない。ただし今後、この分野においても現産化率の向上が強く求められることは必至で、現に、TFR の一般貨物用機関車調達においては、現産化率を機関車全体の 65% とし、うち電気品については受注 3 年後までに 80% まで引き上げることという、厳しい条件となっている。

一方、Ratocon Engineering (ギヤケース)、OTD (パンタグラフ)、Booyco Engineering (車両空調)、Siyahamba Engineerig (車両用ドア) など機械加工品を中心とした部品は、「南ア」国を出自とする会社である。これらは、過去 20~30 年にわたり国内で鉄道への投資が抑制されてきた関係から、生産規模はあまり大きくない場合も多い。また、経営者の取り組み姿勢や意欲により、品質、安全管理や、従業員に対する教育訓練の取り組みに大きな差が出ている。2006 年に TFR 用電気機関車を三井物産・東芝が受注した際には、ギヤケースの製造を担当した Rotacon Engineering の場合、完成した製品が要求される品質に達するまで、東芝が繰り返し指導を行った例がある。このように、製品の実際の品質については、現地及び実物で詳細に検証していく必要がある。

## (2) 課題

### 1) 技術力向上のための教育・訓練

車両製造の現場では、数少なくなったかつての技術者あるいは熟練作業者が、順次引退の時期を迎えつつあり、その技術の継承が課題となっている。鉄道への投資が抑止されていた時期に、本来、次の技術者となるべき中間層が大量に離職しており、後継者の確保が難しいのが現状である。さらにその中間層によって育成されるべき新人や若年層のスキルも向上せず、そのために新たな中間層が育たないという悪循環に陥っている。これを断ち切るためには、各階層に対して、技術力向上のための支援を同時並行的に行う必要があると考えられる。

車両部品関連に多い中小規模の企業は、他産業と同様、質の高い労働力の確保に苦慮している場合が多い。また、OJT 以外の教育訓練を行えない(実際には作業をしながら覚える

しかない) 場合も多いと考えられる。

今後の調達にあたっては、ローカライゼーションの要求が高まる方向であるのは間違いなく、これらの企業との協業は、日本企業が「南ア」国市場に参入するためには必須の事項である。したがって、これらの企業への教育・訓練面での支援をどのように行っていくかが質の高い車両を安定的に供給するために重要なポイントであり、「南ア」国市場への参入にあたってのキーとなる。

## 2) 作業量の確保

技術力を維持していくためには、ある程度の作業量を持続的に確保していく必要がある。一例として、現在計画されている TFR の GFB (一般貨物事業) 用機関車の調達では、6 年間という短期間に 1064 両もの機関車が製造されるが、その後の計画については、現時点では明らかではない。同様に PRASA の通勤電車調達についても、20 年間にわたり年間 360 両ずつの生産を終えた後、車両産業の取るべき道は示されていない。一旦発注が途絶えてしまえば、実作業がない中での技術力の維持・継承は難しく、せっかく獲得したスキルが再度低下してしまう可能性が高い。

## 3) 部品の現産化

また、現産化率向上の上で、「南ア」国において製造されていない電子部品などをどのように調達するかは大きな課題である。素子自体は外国産であっても、「南ア」国内で組み立てたものを購入すれば良いのか、あるいは素子レベルで「南ア」国産としなければ現産化したと認められないのかについては、現時点では詳細が不明なところもあり、その行方によって日本企業としての対処は大きく異なってくることになる。

### 4.3.2 信号

#### (1) 現状

##### 1) 業種別の状況

「南ア」国の鉄道信号業界に係わる現状と課題について把握するため、現地会社 10 社を選択して、各社が製造、設置工事、エンジニアリングおよび保全に関する 4 業種の中で、どの業種に従事しているのかを調査した。その結果を表 4-14 に示す。

表 4-14 信号関連会社の業務種別

会社名	製造	設置工事	エンジニアリング	保全
Siemens	○	○		
Bombardier	○	○		
Alstom	○	○		
Thales	○	○		
Actom	○	○	○	○
Mehleketo	○	○	○	○
Hatch			○	
Arcus GIBB			○	
Mott Macdonald			○	
Lebone			○	

(注) 製造業務：現地生産または輸入品の組立  
 設置工事業務：設備の設置、工事施工、試験  
 エンジニアリング業務：計画、設計、施工管理、保全管理等  
 保全業務：保全作業、事故復旧支援、障害対策支援

出典：調査団作成

「南ア」国信号業界は、各社が4業種に明確に分かれた体制でなく、一般的には、製造・工事施工業とコンサルタント業に分かれている。

なお、特異な事例として、現地会社 Mehleketo 社は、コンサルタント業を主としているが、海外の製造会社を対象としない信号機器を製造し、その設置・施工だけでなく、保守業務や障害復旧支援にも対応している。また、現地会社 Actom 社は、製造業を主としているが、自社で製造・組立した機器の設置・施工・試験に対応するだけでなく、コンサルタント業にも積極的に取り組んでいる。

この事例のように、4業種に対応している会社は、客先からの発注業務に量的な変動かつ時期的な波動性があるため、異なる業種に対応できる人材を確保して、会社経営を安定化するために取り組んでいるものと推定される。

また、これに関連して、鉄道事業者が計画している今後の大型案件に対して、現地会社としては、一過性の大量発注生産の後に需要が途絶えるリスクに警戒感を抱いていることも事実である。

## 2) 製造業等の現産化の現状

国内外の製造業者の現産化への取り組み状況について、「南ア」国における信号設備を、現場機器と CTC 装置及び連動装置等のシステム機器とに分類して、その調査結果を整理したものを表 4-15 に示す。

表 4-15 信号装置・機器の現産化への対応

	装置・機器		対応状況	今後の動向
システム	連動装置	電子型	輸入組立 (Siemens/Bombardier)	ソフトデータの現産化
		ハイブリッド型	輸入依存 (Siemens/GEC/Alstom)	電子型へ更新予定
	列車集中制御装置 (CTC)		輸入組立	
	列車防護システム (ATP)		なし	導入への対応 (輸入依存)
現場機器	信号装置	従来型	実施 (Actom / Mehleketo)	
		LED 型	実施予定 (Actom)	
	軌道回路	有絶縁	実施 (一部の部材を輸入依存)	
		無絶縁	輸入依存 (ERB Technology)	
	車軸検知	Thales	輸入依存 (Actom)	需要増大に伴う現産化の可能性
		Siemens	輸入依存	
	転てつ機		実施 (Actom が国内シェア 95%)	
	踏切装置		実施	
	ケーブル		実施	
	器具箱		実施	
貨物列車モニター装置		実施 (Ansys / Inteltrack)		

出典：調査団作成

a) 現場機器

主要な現地の信号製造会社である Actom 社および Mehleketo 社等は、現場機器（信号装置、転てつ機、踏切装置、器具箱等）をほぼ全面的に現地生産している。特に、Alstom 社と技術提携していた Actom 社は、既に、国内で 95% のシェアをもつ転てつ機を高い品質レベルで現産化している。

しかしながら、現場機器の中でも、列車検知装置である軌道回路と車軸検知器においては、現産化への取り組み方に相違点がある。

まず、軌道回路は、有絶縁型 (Jeumont 型) と無絶縁型に分かれる。有絶縁型は、特殊な輸入部品 (特殊コンデンサーと軌道リレー) を除いた国産部品を用いて主な装置を現産化し、組立している。この特殊な部品は、国内外の需要が少なく、安全要求条件をクリアするとコスト高となるため、輸入に依存している。無絶縁型は、技術面とコスト面から全面的に輸入に依存せざるを得ない。

一方、車軸検知器は、今までは市場規模が小さく、コスト高であったため、Thales 社と Alstom 社は現産化への対応を回避してきた。現実には、Actom 社は、Alstom 社との提携関係の下でも技術移転をできず、Thales 社製車軸検知器の一販売代理店としての立場に甘んじている。

しかしながら、最近、鉄道事業者 (TRANSNET と PRASA) が軌道回路から車軸検知器へ移行する方針転換を打出したことを契機に、今後は、現産化へ向けた対象になる可能性が出てきた。これは、ハウテン州等で多発する雷害に強く、長距離区間でも低廉な価格で設置できることが理由とのことである。

## b) システム機器

システム機器である電子連動装置の技術レベルは、かなり遅れている。現在、老朽化したハイブリッド型の連動装置が稼働中であり、速やかな更新を求められる状況に置かれている。

連動装置では、Vital 部品（高安全性機能を果たす部品）は輸入にすべて依存しているが、ほとんどの Non-vital 部品は現産化されている。

「南ア」国の主要な連動装置の納入会社には、Siemens 社、Bombardier 社および Thales 社の 3 社がある。Siemens 社は、装置のハード及びソフトを一体化してドイツから輸入し、伝送系周辺部（光ファイバーとケーブル）だけを現産化して、現地で組立している。一方、Bombardier 社は、装置のハードとソフトを全て一体化して輸入し、現地で組立している。

「南ア」国では、このソフトの現産化の是非について、現地のソフト技術者による開発費用と開発ソフトの性能の両面（コストパフォーマンス）から議論になっている。

こうした状況の中で、現実的な現産化へ向けた取組みを試行している Siemens 社は、ソフト本体ではなく、連動装置にとって重要なソフト制御データの作成に限定して現産化を行なうことで、ソフト品質の向上を期待している。

また、新型の列車集中制御装置や、今後導入が予定されている自動列車防護システムについても、連動装置と同様な過程を通じて、現産化されていくものと推定される。

## 3) 信号コンサルタント業の現状

「南ア」国の信号コンサルタント業界は、厳しい環境下に置かれている。TRANSNET は、大部分の契約を傘下のコンサルタント会社（Transnet Capital Projects 社。旧 Protecon 社）と締結しており、民間コンサルタント会社との契約は僅かである。また、採掘会社は、概ね RCE Consultants 社と契約をしている。これに対して、鉄道事業者 PRASA は、厳しい競争関係にある民間コンサルタント会社と契約を締結している。主なコンサルタント会社を以下に示す。

- ・ Arcus Gibb（大手会社）
- ・ Hatch（大手会社）
- ・ Actom
- ・ Lebone Engineering
- ・ R&H Railway Consultants
- ・ Mott MacDonald
- ・ Siyaya（DB International と JV 契約）
- ・ Transnet Capital Projects（旧 Protecon）
- ・ RCE Consultants

過去に TRANSNET、PRASA 及びハウトレインが発注した案件に対して、受注した JV チームの提携構成メンバーを表 4-16 に示す。

表 4-16 信号エンジニアリンググループ

グループ	幹事会社	JV 構成会社	発注元
Group A	Mott MacDonald	Lebone	TRANSNET PRASA ESKOM
		Bombela	GAUTRAIN
Group B	Hatch	Actom Mehleketo	PRASA
Group C	Lebone	Bombela	SARCC TRANSNET
Group D	R&H		
Group E	Arcus Gibb	Actom	PRASA
Group F	Aurecon	Ansaldo	
Group G	Actom	Arcus Gibb	PRASA
		Hatch	
		Worley Parsons	

出典：調査団作成

表 4-16 より、「南ア」国の民間有力コンサルタント会社の構図として言えるのは、現地大手である Arcus Gibb 社および Hatch 社の 2 社は Actom 社と案件別に連携していること、一方で Mott MacDonald 社と Bombela 社は、ハウトレイン案件を通じて、Lebone Engineering 社と連携していることである。また、通信分野には専門会社が存在していない。

一方、Transnet Capital Projects 社は、TRANSNET に係る案件のコンサルタント業務を一手に引き受けており、開発改良計画を通じて、技術力の維持向上を図っている。

## (2) 課題

### 1) 工事施工能力の強化

「南ア」国の信号設備の工事施工業界では、主に現地の施工会社として、Actom 社および Mehleketo 社の 2 社があり、過去のターンキー方式受注案件において、Siemens 社、Bombardier 社および Thales 社と提携してきた実績がある。両社は、従来の信号設備の施工能力をある程度有しているが、熟練技術者の要員数が大幅に不足しており、「南ア」国の登録認定信号技術者は、両社を合わせてわずか 10 名である。今後、施工会社は、鉄道事業者（TRANSNET および PRASA 等）から発注される新規の開発案件に対応する施工体制作りを要請されることになる。したがって、新しく導入される近代化設備の施工や試験方法の習得と、現在の施工能力の強化のために、技能者等の技術力向上に取り組む必要がある。

### 2) 現産化の推進

「南ア」国の鉄道信号業界では、従来のプロジェクト案件に対しては、外国系会社と現地会社との提携グループが製造、施工分担を適切に設定すれば、労働価値が高いことから、

要求される現産化率（50%）を達成することが比較的容易であり、現産化に係る通例の問題については経験しているとの認識であった。

しかしながら、最近では、鉄道事業者からの入札要求条件が高いレベルのものとなり、今まで現産化の対象としていない、より高度な技術力を要するシステム装置、現場機器やソフト開発を対象とせざるを得ない局面を迎えつつある。これらの現産化を推進するための条件としては、品質向上の確保やコスト面での制約がないだけでなく、将来に向けて、実際に安定的かつ継続的な需要があるかどうか見極めることが必要である。

これに対処するためには、全面的に輸入に依存していたハードとソフトを現産化へ向けて、段階的な量的拡大をしていく体制を整備することが必要であり、要員の技術力向上、技術伝承を図るため、国内外での研修および教育プログラムを実行することが課題である。

また、現地会社は、上述のように、現時点では外国系会社から技術移転できる限られた範囲では現産化を実施している。今後は、高度な技術や最新技術を活用した製品の中で、何を選択対象とするか、さらに、どのような手段でその技術を新たに習得し現産化に繋がられるかが課題である。

とりわけ、最近、PRASA は、入札要求条件の中でメンテナンスを重視する方針を打ち出しているため、その関連機器の現産化も有望視されよう。

### 3) 技術移転および技能訓練への対応

現地会社の施工能力の維持向上の面でも、同様に、外国系の請負業者は、施工、試験等の業務を現地施工会社に依存することになるため、この施工能力の維持向上を実現する体制をどのように整備するのか対応をもとめられる。鉄道事業者側の要求条件には、外国系請負業者は、契約金額の一部を現地会社への技術移転や技能訓練に充当する責務を求められている点で、実務経験のない新しい装置機器の設置、試験等に係る技能を習得させる実技訓練を具体的にどのように実施していくのが課題である。

## 4.3.3 電力

### (1) 現状

変電所等の主要機器は以下に示すような大手海外企業から調達しており、改良取替等の工事は国内企業が担当している状況である。

#### 1) 交流遮断器

変電所設備の主要機器である交流遮断器は Siemens、ASEA、AEG、Alstom、Delle Alstom、Areva 等の大手メーカーから調達している。

#### 2) 変圧器

直流変電所の数 MVA の整流器用変圧器は ASEA、GEC、AEG、ABB、Powertech、WEG、Hawker Siddeley Africa 等のメーカーから、交流 25kV 変電所用の 20MVA クラスの変圧器は NEI Transformer、GEC、ABB、Powertech 等が単相変圧器を納入している。50kV き電用変圧器は電力会社（Eskom）が供給管理している。

### 3) 整流器

直流変電所用の整流器は Semikron、AEG 等のメーカーから調達している。

### 4) 直流高速度遮断器

直流変電所の出力用のほとんどの高速度遮断器は気中式遮断器であり、Ansaldo/EMC、ABB により製作されている。

### 5) 架線を含む保守用品

沿線の電線類は MTech 社から供給され、固定金具類は Quel Engineering and EBM、碍子は Speedcrafts 社等である。その他保守用部品の調達は国内の中小企業（BEE 企業）の育成に協力できるよう TRANSNET 社内の資材調達部署を通して国内の中小企業から購入している。例えば、Boipelo Engineering、Active Power Projects、Gakennoshi、Power Projects、Conco、Ampcor、LHM 等である。これらの国内中小企業は ABB、Alstom、Semikron 等の大手メーカーから部品、材料等を購入している。

## (2) 課題

1970 年前後からの電化推進時期から 40 年以上が経過し、変電所主要設備の老朽化が目立ち始める時期となってきている。建設当初は大手メーカーがその需要に対応するために現地生産体制を取り、技術レベルは高いものであったものと推定できる。しかしながら、日常の点検保守は実施されてはいるが、主要機器はライフサイクル（25 年あるいは 50 年）が設定されており、オーバーホール等の大規模な点検保守は大手メーカーに委託している。また、保守用品も国内企業から調達しているものの、国内企業は大手メーカーから部品を輸入している。このようなことから技術伝承が停滞しており、設備更新、点検保守等に対する技術レベルの向上が課題となってくる。また、改良、取替等の工事は国内企業で施工されているが、さらなる技術レベルの向上を図るべきである。

## 4.3.4 土木

### (1) 現状

#### 1) 建設会社

「南ア」国内には、Murray & Roberts、Grinaker LTA、Group Five、Stock Building 等の大手建設会社があり、国内の建設プロジェクトの他、アフリカの他国に進出して、各地の ODA 事業にも参加するなど、数多くの建設プロジェクトに関わっている。また、Murray & Roberts はハウトレイン建設に参画し、また、Grinaker LTA はダーバン地区のメトロレール延伸事業（現在進行中）に参画するなど、近年は鉄道建設プロジェクトにも関わっている。

#### 2) 軌道保守・建設会社

「南ア」国内企業の主要プレーヤーは、Lenning、Plasserail、SIMS の 3 社である。Lenning および Plasserail は、50 年以上にわたり、軌道保守および軌道建設を行ってきた。また、これら 2 社は自社で軌道保守機械の製造を行っている。また、SIMS は、Plasserail や DESEC（軌道保守機器製造。フィンランド）から軌道保守機械を調達している、「南ア」国の軌道保守業務の規模は年間約 5 億 ZAR である。

### 3) コンクリート枕木

「南ア」国内のコンクリート枕木メーカーは、Infrasat、Rail2Rail 及び GPT の 3 社が主要プレーヤーであり、3 社の中でのシェアは Infasat が 60%、Rail2Rail が 20~25%、GPT が 15~20% である。また、建設会社では、Grinaker LTA がコンクリート枕木を製造している。

コンクリート枕木の市場規模は、月間約 2400 万 ZAR (6 万本)、年間約 3 億 ZAR である。また、レールと枕木を含む軌道材料の市場規模は年間約 12 億 ZAR である。

### 4) 締結装置

主要プレーヤーは、Pandrol SA であり、締結装置の「南ア」国におけるマーケットシェアは、98% を占めている。特に、E-Clip、Fist の市場は 100%、ボルト固定式は 95% を占めている。ボルト固定式の締結装置を製造できる企業は多くあるが、いずれも小規模な会社であり、Pandrol SA 社の 1 社独占状態である。Pandrol SA 社は 2011 年度に、TRANSNET および PRASA に 350 万個の締結装置を納入している。

締結装置の材料となる鋼材は、「南ア」国内の製鉄会社 (Arcelor Mittal 社) の 1 社のみからの供給であるため、鋼材の品質、価格に左右されるところが大きい。

### 5) バラストレス軌道

主要プレーヤーは Tubular Track 社の 1 社であり、1986 年~2000 年にかけて開発が進められ、PRASA のメトロレールの駅で採用が始まり、現在、18 駅で Tubular Track が採用されており、今後 40 駅での採用が予定されている。建設費は従来のバラスト軌道とほぼ同じであるが、メンテナンスをほとんど必要としないことから、バラスト軌道と比べて経済的である。また、バラスト軌道と比較して施工基面幅が小さい。

## (2) 課題

### 1) 狭い裾野

「南ア」国における軌道建設、軌道保守および軌道材料製造産業に関しては、裾野は小さいと考えられる。これまで軌道建設および軌道保守への投資が少なかったため、現在の裾野規模で対応できたが、TRANSNET および PRASA の軌道建設および軌道保守への投資が増えた場合、技術的に対応が可能であっても、技術者、軌道保守機械および事業資金の不足が考えられる。

### 2) 従業員の教育レベルの向上

現地労働者のスキルが低いいため、OJT 研修による技術力のアップを図っているなど、技術者のレベルアップが必要と考えている企業は多い。また、社内に Training Department を設けて、従業員の技術力向上に努めている企業もある。

### 3) 建設機械不足

軌道建設および軌道保守は専用の機械を有していないと事業ができない。これらの軌道用機械は 1 台の価格が高く (1500 万 ZAR 程度)、TRANSNET および PRASA の軌道建設および軌道保守業務が急に増えても、機械製造施設および資金等の面から、直ちに対応することは難しい。

#### 4) 資金不足

これまで鉄道関連市場が小さかったため、規模が小さい企業が多く、これらの企業は事業を拡大するための資金が不足している。

#### 4.3.5 共通の課題と方策

##### (1) 産業人材の不足

スキルを有する労働者の不足と発注の不安定は、車両、信号、電力及び土木の4分野に共通する課題である。この問題は、鉄道産業分野だけではなく、雇用問題と関連して「南ア」国最大の政策課題であり、国家職能開発フレームワーク（NSDF=National Skills Development Framework）のもと、解決に向けた積極的な施策が進められているところであり、我が国の積極的な支援の機会とも考えられる。

また、公的支援のほか、本邦企業が現産化などを進めるにあたり、人材育成において企業ベースでの貢献を行うことは、BEE 貢献度評価の面だけではなく、現地企業との信頼関係を醸成する上でも意義があると考えられる。

##### (2) 発注の不安定

発注の不安定も、4分野に共通する課題である。「南ア」国鉄道産業における発注元は、究極的にはTRANSNETとPRASAの2社であり、調達是不定期に行われるため、市場が安定せず、メーカー等の企業としても事業計画が立てにくい。実際にも、メーカーの現地ヒアリングにおいて当該分野の市場規模を尋ねても、「入札募集の有無に依存するので、通常意味での『市場規模』は答えにくい」という回答が多かった。

この問題については、「南ア」国政府もIPAPにおいて「公共投資部門における調達が場当たり的で戦略性に欠けるために、コストの高騰と、現産化の行き詰まりの原因となっている」と認めているところであり、今後PICCによる戦略的な調達が実現することが期待される。

##### (3) 企業の資金不足

裾野産業を構成する現地企業には、中小零細企業も多く、大規模入札の機会を目前にしても、資金不足から十分に対応できない可能性もある。この点については、DTI等の企業補助制度の充実が進められているところである。これに加え、我が国企業が現地企業とパートナーシップを結んで進出する際に、資金面での協力を行うことも極めて有効な戦略となると考えられる。これは、(1)の人材育成における協力とも共通する戦略である。

##### (4) 現産化の要求

車両産業にあっては、高レベルの現産化要求も大きな課題である。この点については、BEE制度全体を視野に入れたさらなる検討と、優先調達制度（PPPFA）の検討のほか、実際のノウハウ等の収集分析を行う必要がある。この点においても現地企業とのアライアンスは極めて重要である。

#### 4.4 職業技能訓練の現状と課題

##### 4.4.1 「南ア」国の教育システム

「南ア」国の公教育システムは、7-5-4年制を採っており、表4-17に示すように、初等学校（Primary School）7年、中等学校（High School）5年、大学（University）4年で構成される。

これらは、基礎教育（General Education）、高等教育（HE=Higher Education）及び拡大教育訓練（FET=Further Education and Training）の3つのカテゴリーからなっている。基礎教育は、基礎教育省（DBE=Department of Basic Education）が所管し、FET及びHEは高等教育及び訓練省（DHET=Department of Higher Education and Training）が所管する。また、DHETは、セクター教育訓練局（SETA=Sector Education and Training Authority）を設置して、セクター別の職業教育訓練を支援している。

また、公教育を補完するものとして、特に職業教育訓練において、企業の社内教育や民間の教育プロバイダーも重要な役割を担っている。

表 4-17 「南ア」国の学制

年齢	種別 [Class]		学年 [Grade]	備考
—	非義務教育	高等教育	修士3年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・12年生の最後に、卒業／大学入学資格国家試験であるマトリック（<b>Matric</b>）を受験し、合格すれば、中等教育卒業／大学入学資格を得ることがでる。</li> <li>・16歳以上であれば、FETを受けることが可能（他の資格要件なし）</li> </ul>
			修士2年	
			修士1年	
			学部4年	
			学部3年	
			学部2年	
			学部1年	
18歳	中等教育	12年生		
17歳		11年生		
16歳		10年生		
15歳		9年生		
14歳		8年生		
13歳	義務教育	初等教育	7年生	
12歳			6年生	
11歳			5年生	
10歳			4年生	
9歳			3年生	
8歳			2年生	
7歳		1年生		

出典：調査団作成

##### (1) 基礎教育省（DBE）所管の教育

DBEは、初等学校及び中等学校を所管し、学年は1年生（7歳）から12年生（18歳）までの12学年（グレード）に分かれている（ただし、義務教育は9年生まで）。12年生の最後に、卒業／大学入学資格国家試験であるマトリックを受験し、合格すれば、中等教育卒業／大学入学資格を得ることができ、また、FETの対象となる。

3年生、6年生、9年生を対象として国が行ったアチーブメントテスト（英語及び数学）の結果を見ると、求められる最低限の基準を満たしているものは27～38%に過ぎず、DBEはこれを少なくとも60%にまで上昇させることを目標にしている。

しかし、義務教育を修了せずに中退する者も多く、就職に必要な基礎的スキルを身につけないまま世の中に出るため、高い失業率の原因となっている<sup>1</sup>。

## (2) 高等教育及び訓練省（DHET）所管の教育

### 1) 高等教育（HE）

「南ア」国の大学には、伝統的大学（Traditional University）、工業大学（University of Technology）及び教員養成大学（Comprehensive University）の3カテゴリーがあり、概ね我が国の総合大学、技術系大学、及び教員養成大学に相当するが差異もある<sup>2</sup>。それぞれ11校、6校、6校の合計23の大学がある。

### 2) 拡大教育訓練（FET）

大学卒業後の職業教育訓練（VCET＝Vocational and Continuing Education and Training）として、FET カレッジ 50校が設置されている。

### 3) セクター教育訓練局

セクター教育訓練局（SETA＝Sector Education and Training Authority）は、それまで産業分野ごとにばらばらに行われていた教育訓練をDHETの下に一元化するために、1998年に設置された。

SETAによれば、現在推定430万人が失業している。12年生を修了した者でもその半数以上は十分な職業スキルを有しておらず、どの業種であれ就業は困難であるという。

現在、23の業種別SETAを設置しており<sup>3</sup>、鉄道産業関連では、運輸教育訓練SETA（TetaSETA＝Transport Education and Training Authority SETA）が設置されており、その下の委員会の一つとしてTRANSNET訓練委員会（TRANSNET Training Board）が設置されている。また、製造業関連では、製造・エンジニアリング及び関連サービスSETA（MerSETA＝Manufacturing, Engineering and Related Services SETA）が設置されている。

## (3) 民間企業等における教育訓練等

アパルトヘイト廃止後、熟練工（アルティザン：Artisan）の海外流出や高齢化、新規人材の不足などにより、官民を問わず、スキルを有した人材の不足が大きな問題となっているため、上述のFETのほか、多くの企業では社内教育を行っている<sup>4</sup>。社内教育は、専門の訓練教育プロバイダーが提供する場合も多い。

上述のFETは、基本的に就職前の人材を対象としたものであるが、社内教育においては、

<sup>1</sup> 民間教育訓練プロバイダーに対する現地ヒアリングによる。

<sup>2</sup> 詳しくは下記URL参照。

[http://www.ieasa.studysa.org/resources/Study\\_SA\\_11/In%20leaps%20and%20bounds%20Growing.pdf](http://www.ieasa.studysa.org/resources/Study_SA_11/In%20leaps%20and%20bounds%20Growing.pdf)

<sup>3</sup> 21業種に集約する案が提出されている。（2012年10月現在）

<sup>4</sup> 現地ヒアリングを行ったメーカー十数社のほとんどが、何らかの社内訓練を行っていた。

既に経験のあるものを採用して、社内で改めて必要な教育訓練を施す場合が多い<sup>5</sup>。職能訓練計画内容のチェックや、実施のモニタリングは SETA が行う。

鉄道分野では、TRANSNET がエンジニアリング学校 (SOE = School of Engineering) を、PRASA が Training Academy (訓練アカデミー) を、それぞれ設立して職能訓練を行っている。SOE は、生徒数は約 2100 人で、年間約 1800 万 ZAR を投じて職能訓練を行っている。教育プログラムの一部は、GE、EMD などの企業や、RIBS University (ヨハネスブルグ)、Regeneses University (ミッドランド)、プレトリア大学に委託している<sup>6</sup>。

また、社内だけではなく、PRASA や、ザンビア鉄道、ジンバブエ鉄道、モザンビーク鉄道、スワジランド鉄道、ボツワナ鉄道の教育も行っており<sup>7</sup>、自国内だけでなく周辺アフリカ諸国を視野に入れた展開を行っているといえる。

また、PRASA の Training Academy においては、250 人程度の訓練を行っている。教育プログラムは、既存技術に関するものと新規技術に関するものがあるが、後者については、たとえば新たな信号システムの導入にあたって、納入メーカーである SIEMENS が、130 名の技術者と 70 名のオペレーターに対して訓練教育を施した事例がある<sup>8</sup>。

2.2.2 (4) 5) で見たように、技能開発法 (SDA) と技能開発税法 (SDLA) のもと、一定の条件を満たす事業主は、当該企業の年間給与額の 1% を技能開発税 (SDL) として SETA 等に納付しなければならない。そして SETA に教育訓練の実績及び計画を報告し、認められると SDL の一部が還付される。また、これとは別に SETA が助成金を交付することもある。上述の SOE も訓練アカデミーも、これらの制度を活用している。もちろん、SDA に基づく教育訓練の実施は BEE スコアで有利に作用する。

#### 4.4.2 資格認定制度

雇用問題の解決が国家の喫緊の課題となっているなか、1998 年に技能開発法 (SDA = Skills Development Act) が制定され<sup>9</sup>、同法の下、国家職能開発戦略 (NSDS = National Skills Development Strategy) や、2.2.2 (1) で紹介した南アフリカ共和国経済成長加速化戦略 (ASGISA = Accelerated and Shared Growth Initiative for South Africa) 等が進められている。

上述のように、官民で積極的な職能訓練が行われているが、雇用促進の観点からは習得した職能が客観的に認定される必要がある。そこで、公的な職能認定機関として、南アフリカ資格能力局 (SAQA = South African Qualification Authority) を設置し、国家資格認定枠組 (NQF = National Qualifications Framework) に基づき、公的な職能認定を行っている。NQF レベルと学制との対応は表 4-18 の通りである。

このように、客観的な職能が公的に認証されると、求職者としての可能性が広がるし、採用側としても能力の見きわめに有用である。もっとも、企業側としては、企業の支出で教育訓練を行って資格取得させた者が、よりよい条件を求めて離職する可能性も出てくるデメリットも考えられる。その対策として、ある地元メーカーは、資格取得者を給与面で

<sup>5</sup> メーカー十数社に対する現地ヒアリングによる。

<sup>6</sup> SOE に対する現地ヒアリングによる。

<sup>7</sup> 同上

<sup>8</sup> PRASA に対する現地ヒアリングによる。

<sup>9</sup> 2.2.2 (4) 5) 「技能開発」参照

優遇しているという<sup>10</sup>。

なお、資格認定は SETA を通して SAQA が行う。もともと、教育訓練の終了から認定がなされるまでに、最近（2012年9月時点）では半年程度を要しているとのことで、より迅速な認定が求められている<sup>11</sup>。

表 4-18 NQF レベルと学制との対応

NQF レベル	分類	学位、認定レベル
8~10	高等教育及び訓練	ポストドク研究学位 (Post-doctoral research degrees)
7		博士 (Doctorates)
6		修士 (Masters degrees)
5		専門資格 (Professional Qualifications)
		優等学位 (Honours degrees)
	拡大教育訓練	国家第一学位 (National first degrees)
		上位ディプロマ (Higher diplomas)
		国家ディプロマ (National diplomas)
		国家認定 (National certificates)
4		
3		
2		
1	基礎教育及び訓練	9年生 (Grade 9) 国家認定 (National certificates)

出典：SAQA ウェブページ

[<http://www.saqa.org.za/show.asp?include=structure/nqf/overview01.html#1.>]

#### 4.4.3 職業技能訓練の課題

熟練技術者の国外流出と年齢による退職に加え、新規人材の育成・供給の遅れによって、産業人材が払底していることは、「南ア」国鉄道産業界で最大の問題であり、官民、業態を問わず、本調査のヒアリングにおいてほぼ例外なく聞かれた懸念である。

このような状況にあって、上で見たように NSDS が積極的に推進されているところであるが、近年は教育訓練を行う教官を育成することの重要性が強く認識されている。DOT のヒアリングにおいても、鉄道産業界において「先生の先生を育成する」という表現で指導人材の重要性が強調されていた。実際にも、上述の TRANSNET SOE や PRASA Training Academy の事例で見たように、訓練教育にあたっては、社内リソースだけではなく外部のメーカーや大学等からの協力を得ている状況であり、教育人材の育成が課題となっていることがわかる。

このような状況にあって、具体的な動きとしては、ハウテン州のバール工科大学 (VUT = Vaal University of Technology) では、「南ア」国初の鉄道工学専門の学部の設立に向け、活動が活発化している。発展する「南ア」国鉄道セクターにあっては、オペレーションやメンテナンス等の技術人材に対する巨大な需要が見込まれるところ、これに対応した高度人材供給が課題となることから、「南ア」国初となる鉄道専門学部の 2014~2015 年開設を目

<sup>10</sup> 鉄道車両部材メーカーに対する現地ヒアリングによる。

<sup>11</sup> TRANSNET に対する現地ヒアリングによる。

指して、同大学のデゲ（Ndege）教授を中心に準備が進められているところである。

同大学では、JICA のプロジェクトとして行われたケニア共和国の Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology 案件<sup>12</sup>が成功事例として意識されており、今回の新学部開設に向けても我が国の積極的な支援に期待しているとのことであった<sup>13</sup>。

#### 4.5 機関車メンテナンスの状況

車両メンテナンスの実態と問題点を把握するため、2012年8月28日から9月17日にかけて、TRE 内で三井物産・東芝が納入した電気機関車（EL=Electric Locomotive）をメンテナンスしている車両基地（Depot）を対象に TRE（TRANSNET Rail Engineering）の関係者との面談および作業現場の調査を実施した。以下にその調査結果を示す。

##### 4.5.1 TRE メンテナンスの共通事項

###### (1) TRE 概要

TRANSNET は、傘下の鉄道貨物輸送公社・TRANSNET Freight Rail（TFR）用に、電気機関車を 1969 年から 1990 年までに約 1400 両、ディーゼル電気機関車を 1965 年から 1993 年までに約 1100 両を購入している。また TFR は、機関車を 50 年間運用するとの方針のもと、6E 形（車齢約 40 年）、7E 形（車齢約 30 年）等、長期間運行している。

TFR の Annual Report によれば、向こう 4 年間の貨物輸送量は増加（鉄鉱石線 9.0% 増、一般貨物 3.2% 増）を見込んでおり、最新型の交流駆動システムをもつ 19E 形及び 15E 形 EL を約 180 両、43 形 DEL 等を約 150 両、それぞれ順次購入している。

TRE は、TFR が運行しているこれらの機関車、貨車及びその他の機器に加えて、PRASA の所有する旅客車両（通勤電車および長距離列車用客車）等のメンテナンスを行っている。

電気機関車の例を図 4-20 に示す。



(a) 19E 形電気機関車



(b) 15E 形電気機関車

出典：調査団撮影

図 4-20 電気機関車の例

<sup>12</sup> 技術協力プロジェクト（人間開発部）ID（旧）5151061E0、協力期間：1978 年～2000 年

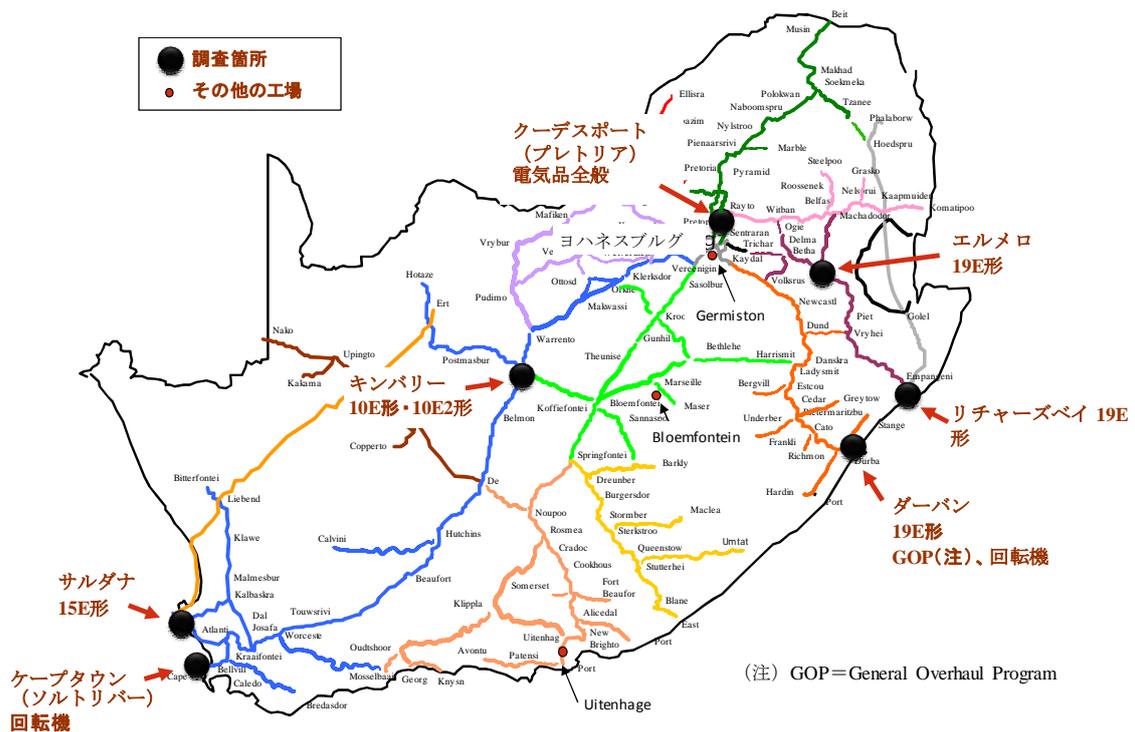
<sup>13</sup> 現地インタビュー（同大及び DOT）による。

## (2) Depot 体制と調査対象

TRE は「南ア」国全土に 132 ヶ所の Depot を保有するが、車両の留置機能以外に検査・修繕機能を持つものは 27 ヶ所である。その中で、クーデスポート (Koedoesport)、ブルームフォンテン (Broemfontein)、ダーバン (Durban)、ソルトリバー (Salt River)、ジャーミントン (Germiston)、ユーテナージ (Uitenhage) の 6 ヶ所は、オーバーホールや更新改造が可能な車両工場であり、その他 21 ヶ所の定期検査 Depot を統括している。

21 ヶ所の定期検査 Depot は、それぞれメンテナンスを担当する機関車が決まっている。定期検査 Depot は、メンテナンスの負荷や種類により、車両工場に機関車や機器単位で作業を委託する。車両工場は自身では特定の担当機関車を持たず、Depot や社外からの委託によりメンテナンスやオーバーホールを実施する。

今回は 21 ヶ所の定期検査 Depot の内、三井物産・東芝が納入した EL (10E 形、10E2 形、19E 形、15E 形) の定期検査を担当しているキンバリー (10E 形、10E2 形)、リチャーズベイ (19E 形)、エルメロ (19E 形)、サルダナ (15E 形) の各 Depot を調査した。また、現在 10E 形の電気品のオーバーホールを担当しており、今後 19E 形や 15E 形の電気品のオーバーホールを担当予定のクーデスポート、ソルトリバー、ダーバンの各車両工場についても調査を実施した。調査箇所を図 4-21 に示す。



出典：調査団作成

図 4-21 調査対象の車両工場および Depot

### (3) メンテナンス区分と内容

TRE の Depot は、機関車ごとに多少周期は異なるが、表 4-19 に示す定期検査（Shed）を実施している。（4.1.1 項 表 4-2 の再掲） 定期検査の状況を図 4-22 に示す。

表 4-19 Shed ごとの周期、作業内容および作業時間

検査種別	周期	作業内容	作業時間
A-Shed	1 ヶ月	車体在姿点検 機器外観目視点検 清掃	4 時間
B-Shed	6 ヶ月	A-Shed での点検項目 高圧配線締結状態点検 オイル点検	1 日
C-Shed	1 年	B-Shed での点検項目 オイル交換 圧力計校正 メーター校正 ブレーキ調整	2 日
D-Shed または MOP (Mini Overhaul Program)	6 年 (19E 形、15E 形は 3 年)	電気品、機械品 (台車含む) を車体 から取り外してオーバーホール	1 ヶ月
D-Shed または GOP (General Overhaul Program)	12 年	電気品、機械品 (台車含む) を車体 から取り外してオーバーホール 更新改造 車両再塗装など	2 ヶ月

(注) Shed は元来「上屋、車庫」などを表す単語であるが、ここでは検査種別を示すのに用いられている。

出典：調査団作成



(a) 車体上げ



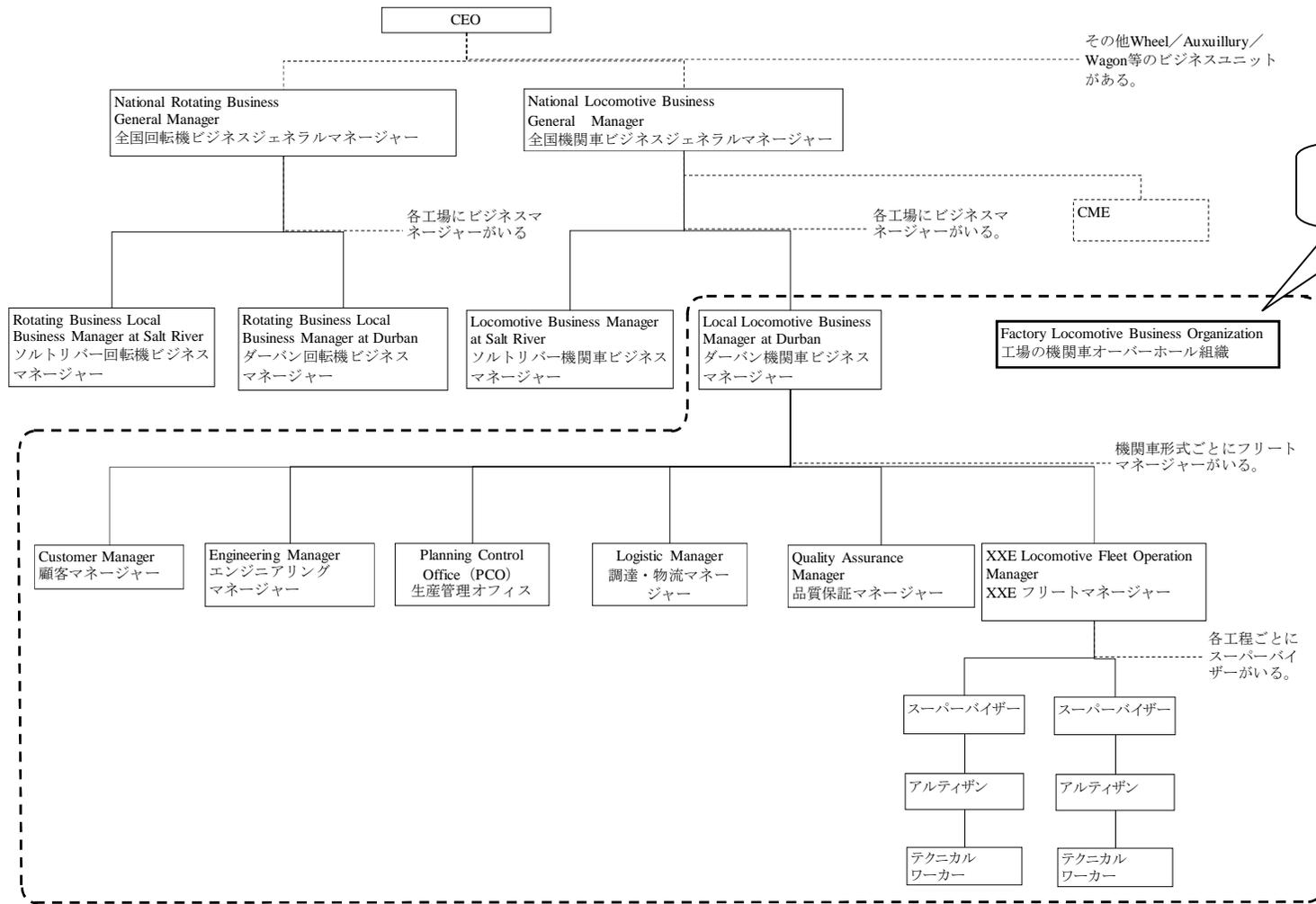
(b) 輪軸整備

出典：調査団撮影

図 4-22 定期検査の状況

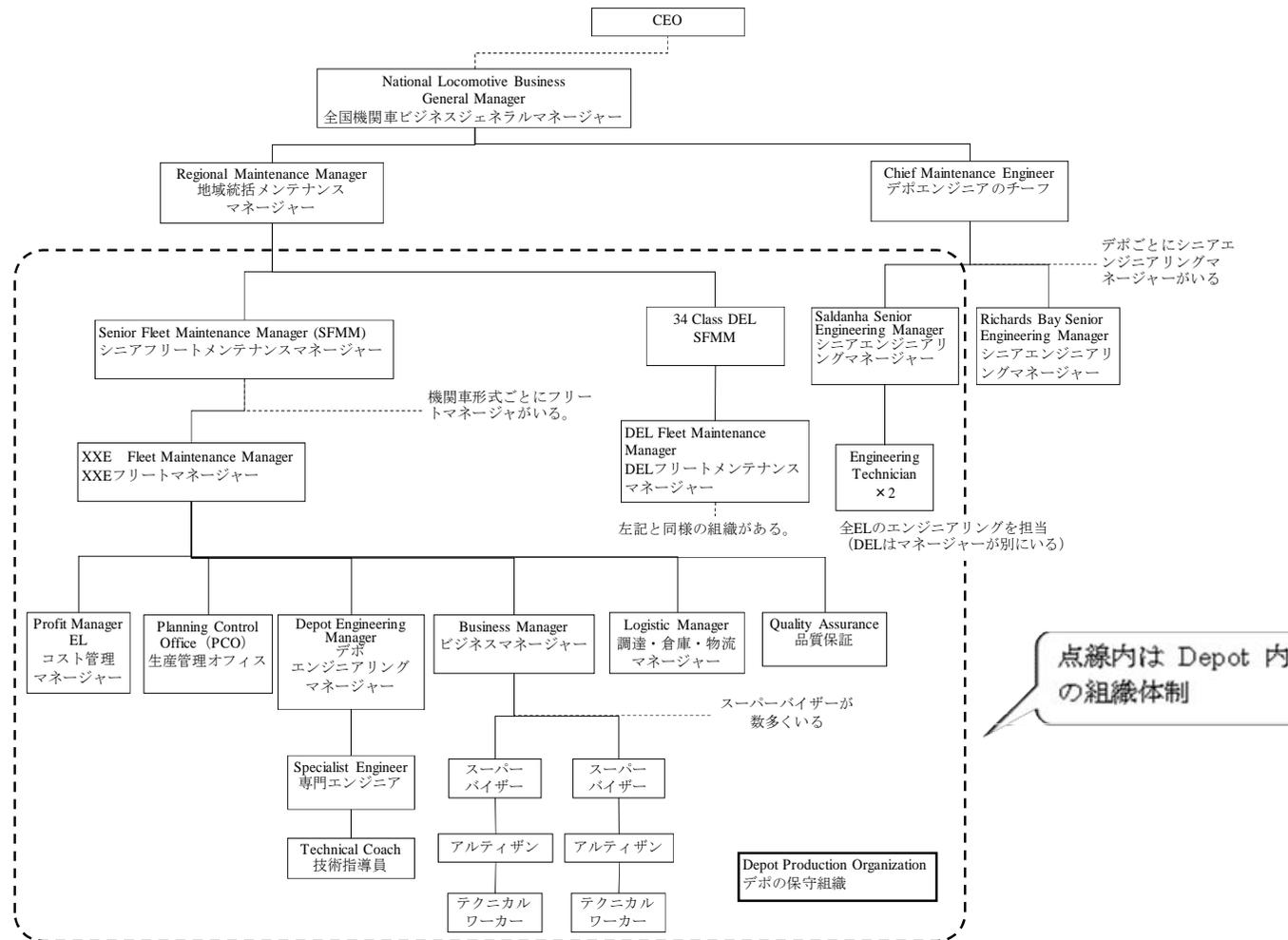
#### (4) メンテナンス体制

全国の機関車メンテナンスを統括する本社のジェネラルマネージャーの配下に地域マネージャー、その配下に機関車形式ごとのシニアフリートメンテナンスマネージャー（SFMM = Senior Fleet Maintenance Manager）がいる。工場および Depot を含むメンテナンスの組織体制を図 4-23 及び図 4-24 に示す。SFMM 配下には、Depot 内の機関車形式ごとにフリートメンテナンスマネージャーがおり、その配下のビジネスマネージャーがメンテナンス作業を管理する。



出典：調査団作成

図 4-23 工場の組織体制

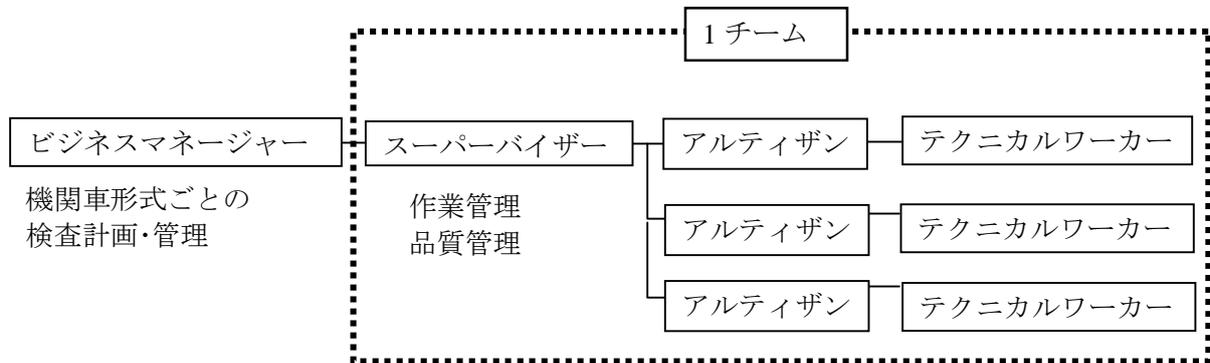


出典：調査団作成

図 4-24 Depot の組織体制

図に Depot 内での一般的なメンテナンスの実行体制を示す。ビジネスマネージャー配下のスーパーバイザー以下がチームを作り、メンテナンス作業を実施する。

保守検査を行うチームは、Depot がメンテナンスを受け持つ機関車の形式数にもよるが、Depot 1ヶ所あたり 3 チーム以上、1 チーム 7~10 人程度で、スーパーバイザー、アルティザン（Artisan：技能工）、テクニカルワーカーにより構成される。



出典：調査団作成

図 4-25 メンテナンスのチーム編成

#### (5) メンテナンス作業の計画・実行

TRANSNET は、傘下の TRE や TFR を含む全社を統括する生産管理システム（商品名 SAP = Systems, Applications and Products in Data Processing）を使用して、企業内の生産、コスト、教育履歴等を一括管理している。

メンテナンス作業計画は、SAP を使用して 1 週間毎の Shed 作業計画を自動的に作成し、これをもとに、フリートマネージャーやビジネスマネージャーが実行計画を立案し、SAP に入力する。この 1 週間ごとの実行計画をもとに、各 Depot に設置されている Production Control Office（PCO）が、毎日の詳細な作業実行計画および各 Shed 作業に必要な作業指示書やチェックシートを出力し、メンテナンスの実行部隊であるビジネスマネージャーやスーパーバイザーに渡す。これらの資料をもとに、スーパーバイザーの指示により、アルティザンやテクニカルワーカー等の作業者がメンテナンス作業を実施する。

メンテナンス作業実施後、作業者は PCO に作業結果を送付し、PCO は SAP に作業結果を作業履歴として入力する。

#### (6) 作業履歴管理

作業者は、PCO が SAP から出力するチェックシートに基づき作業を実施し、その後スーパーバイザーが重点項目のみ 2 次検査を行っている。

異常発生時は、TRE の作業者とエンジニアが協力して原因究明を行う。交換部品が必要な場合は、PCO に依頼して交換部品の払い出しをしてから、PCO が作業手順書を発行し、エンジニアやスーパーバイザーの指示の下、アルティザン以下の作業者が交換作業を行う。作業後はエンジニアが不具合報告書（NCR = Non Conformance Report）を作成して PCO に提

出し、PCO が SAP に入力する。これらの情報を元に、PCO が発行した 3 ヶ月の作業履歴や不具合履歴を記載した 3 ヶ月車両履歴シートやチェックシートはデータベース化され、エンジニアやスーパーバイザー、作業者が検索可能である。エンジニアは 3 ヶ月車両履歴シートから当該車両の特徴を分析し、次回メンテナンス時の重点項目としている。ただし、故障原因の解析は行っていない。

#### (7) 作業工程管理

PCO が出力した毎日の詳細作業実行計画に基づき、毎朝スーパーバイザーおよびマネージャーが工程会議を行い、作業工程の調整や遅れをフォローアップしている。

#### (8) 作業指示

PCO が出力した毎日の詳細作業実行計画に基づき、毎朝スーパーバイザーが朝礼で当日の作業を口頭で作業者に指示している。

#### (9) 教育訓練

スクール・オブ・エンジニアリング (SOE=School of Engineering) という制度があり、主に表 4-20 に示す 3 段階に分けて教育を行っている。受講履歴管理は SAP で実施している。

表 4-20 TRE の SOE 制度

受講者	教育内容
入社前	<ul style="list-style-type: none"> <li>学生を募集し、入社前に生活費を支給して教育を行い、修了後は TRE への入社を認める。</li> <li>別会社に入社する者には生活費の返納を求める。</li> </ul>
入社後 3 年以内	<ul style="list-style-type: none"> <li>入社後 3 年以内に行われる教育カリキュラムである。教育内容は、車両システム一般教育 (フェーズ 1→2→3→4 のトータル 173 日間) と、機関車の個別カリキュラムが充実している。</li> </ul>
現役作業員	<ul style="list-style-type: none"> <li>特殊技能 (溶接、クレーン、ハンダなど) は、個別の教育プログラムが設けられている。</li> </ul>

出典：調査団作成

授業の様子を図 4-26 に示す。



(a) 講義



(b) 実習

出典：調査団撮影

図 4-26 SOE の授業の様子

修了後の繰り返し教育は行っておらず、その後は現場での OJT のみとなり、技能の維持についての確認は取られていない。なお、現役作業者の中でもマネージャー候補者は、特に、外部や内部の講師によるマネージャー教育を受講している。

#### (10) QC 活動

QC (Quality Control) 活動は、職場の各セクションで行われている。図 4-27 に示す通り、各セクションの職場の壁に「Quality」、「Speed」、「Cost」、「Safety」のそれぞれのテーマごとの活動内容が見えるように掲げられており、各項目で活動を行っている。



出典：調査団撮影

図 4-27 QC 活動の掲示

#### 4.5.2 各車両工場および Depot の現状と課題

##### (1) 現状

今回調査した工場は、クーデスポーツ工場、ソルトリバー工場及びダーバン工場の 3 ヶ所、同じく Depot はキンバリー Depot、リチャーズベイ Depot、エルメロ Depot 及びサルダナ Depot の 4 ヶ所である。

調査を行った各箇所とも、メンテナンスに必要な機能（工場の広さ、ピット数、クレーン数）については充実している。工場は、回転機（主電動機）のオーバーホールも行っており、修繕設備も充実しているが、対象は直流電動機に限られており、交流主電動機用の設備は全くない。各 Depot については、車体つり上げ設備、ピットなどが充実している。なお、電気品の装置類については、定期交換推奨部品の交換等の予防保全は実施されていない。

主要事項の比較表を、表 4-21 に示す。

表 4-21 各工場及び Depot のメンテナンス状況

(a) 工場

	調査項目	Koodoespoort Depot 工場	Salt River 工場 *回転機建屋のみ調査	Durban 工場 *機関車リハビリ建屋のみ調査
概要	車両入庫建屋数	オーバーホール・修繕建屋 1 棟 16E 形→18E 形改造建屋 1 棟 43 形組み立てライン 1 棟 試験ライン 1 棟	回転機再組み立てライン 2 棟 回転機保管庫 1 棟	修繕ライン 4 棟 塗装ライン 1 棟 倉庫 1 棟
	保有車両数	リハビリ工場のため所属車両はなし。各 Depot からの請負で MOP や GOP 実施。		
		担当形式：[EL] 6E、7E、10E、10E1、10E2、 18E [DEL] Class 34、37、38	担当形式：[EL] 9E [DEL] Class 34 アフリカ中の GE 製 DC モーターあり。	担当形式：[EL] 7E、7E1、7E2、7E3、8E、10E、 10E2、10E2 [DEL]なし
	電子部品取扱状況	COE あり。 古い機関車の制御・高圧系機器をメンテナ ンス、修理可能。	COE なし。 電気品はほとんど取扱なし。	取り扱いなし。 電気品修理ショップはあるが、電子機器の取り 扱いはない。
	作業内容			
	A-、B-、C-Shed	実施せず	実施せず	実施せず
	D-Shed	実施	実施	実施
	制御機器オーバーホ ール	実施	一部実施（アウトソースが主）	一部実施（一部を他工場に依頼）
	高圧電気機器オーバー ホール	実施	一部実施（アウトソースが主）	一部実施（一部を他工場に依頼）
	台車オーバーホール	実施	実施	実施
モーターオーバーホ ール	実施	実施	実施	
車体オーバーホール	実施	実施	実施	

	調査項目	Koodoespoort Depot 工場	Salt River 工場 *回転機建屋のみ調査	Durban 工場 *機関車リハビリ建屋のみ調査
組織	従業員数	回転機だけで 290 名	回転機だけで 120 名の作業者とのこと。	215 名 (機関車リハビリ工場のみ)
	組織名称・組織数	工場により異なるものの、概ね図 4-20 の通りである。		
設備関係	メンテナンス設備			
	車輪転削機	あり	あり	あり
	板金塗装設備	あり	あり	あり
	モーター試験設備	あり	あり (DC モーターのみ)	あり (DC モーターのみ)
	高圧電気品試験設備	あり	なし	なし
	制御系電気品試験設備	あり	なし	なし
	機器洗浄設備	あり	あり	あり
	洗浄装置 (用途・規模)	ドライアイス洗浄機、掃除機、高水圧洗浄	回転機は高圧水洗浄や研磨機による樹脂除去等を実施。	ドライアイス洗浄機、掃除機、高水圧洗浄
	油圧圧入機 (プレス機)	なし	あり	なし (Wheel 職場にあり)
	溶接関係	大型溶接設備あり	同左	小型、手動溶接設備あり。
	AC 機器の保守設備	なし		
その他の設備	—	その他回転機の製造設備は、電動機フレーム製造以外は全てそろっている。 電車のリハビリを車体以外全て実施。	その他回転機の製造設備は、電動機フレーム製造以外は全てそろっている。(回転機職場)	
環境	防塵建屋数	なし		
	静電環境	静電エリアなし		

	調査項目	Koodoespoort Depot 工場	Salt River 工場 *回転機建屋のみ調査	Durban 工場 *機関車リハビリ建屋のみ調査
機能	図面、マニュアル関係	IEM システムで TFR のサーバーから入手可能。		
	メンテナンス計画、オーバーホール計画	SAP により、Business Manager が OH のスケジュールを作成。		
エビデンス関係	定期検査記録、試験成績書、チェックシート、故障記録、修理記録	Production Planning Office (PCO) で車両別にバインダー保管されている。不具合履歴は SAP に登録している。		
	故障原因の分析及び対策についての記録、作業員への周知文書等	(1) 車両不具合発生時：不適合確認→エンジニアと SV が調査、処置検討→処置結果を不具合シートに記載→PCO に提出し SAP にインプット 対策の水平展開の可否を検討する部門なし。	—	対策の水平展開の可否を検討する部門なし。
		—	—	(3)不適合作業に対する周知：QA が NCR (Non Conformance Report：不具合シート) を作成。毎週、作業員のグループで QM (Quality Meeting：品質会議) を開催し、原因究明や不具合対策を実施。
	トラブルシューティング関係	トラブルシューティング資料は各職場で持っているが全体でまとめた資料はない。	同左	トラブルシューティング資料は IEM に保管。
メンテナンスチーム	スキルマップ	あり		
	教育・訓練計画	車両工場内に SOE (School of Engineering) があり、SAP により教育訓練計画を立案、SOE で教育計画を立案し、実施。	同左	SOE はダーバン市内の Umbilo 地区の分工場敷地内にある。 SAP により教育訓練計画を立案、SOE で教育計画を立案し、実施。
	教育・訓練記録	SAP により教育記録を残している。		

	調査項目	Koodoespoort Depot 工場	Salt River 工場 *回転機建屋のみ調査	Durban 工場 *機関車リハビリ建屋のみ調査
	技量マップ（溶接、ハンダ、クレーン、フォークリフト）	SAPにより特殊教育計画が提示され、これにしたがって教育を実施。履歴はSAPで残す。		
	資格取得	資格は特になし。修了証のみ。		
	目標管理	SAPによりスキル目標管理を実施。		
	その他	SOEでは新入社員および現役作業者の教育実施。入社後のSOEカリキュラムは、初年度に行われる車両システム一般教育（PHASE1→2→3→4トータル173日間）と、機関車毎の個別カリキュラム、特殊技能カリキュラムがある。		
修理品の状態	種類	古い機関車はほぼ全ての電気部品や機械品が修理され保管されている。	古い機関車の回転機、MA/MGおよびコンプレッサー類は自分たちで修理できる部品や交換品が保管されている。GEモーターはクーデスポートでGEが部品保管。	機関車のオーバーホールに使用する部品や交換品が保管されている。電気品等の小物機器は保管していない。
	保管状態	新品と一緒に中古品も保管されている。	同左	新品がメイン。
	その他	基板回路の詳細調査、復旧可能。	—	—
予備品の状態	種類	COEでは主要部品が各メーカーの資産として、倉庫に保管されている。TREは必要な部品を使うと都度支払い、メーカーが補充する。	回転機に関する部品が保管されている。GEモーターの長納期品はクーデスポートで保管されており、必要な数量だけ取り寄せる。	機関車全体のオーバーホール用予備品が主要であり、機器単位の予備品はRM、RSE部門や電気品ショップ等で保管。
	保管状態	全体の倉庫保管状況は不明。	大型倉庫に整理して保管されている。	大型倉庫に整理して保管されている。
	調達先	古い機関車の部品は、ほとんど現地メーカーや代理店から入手。	9E形はほとんど全ての部品をACTONから入手。DELはGEから部品を入手。ベアリングは日本のNSKやNTNを使うこともある。	ほとんどが「南ア」国現地メーカーまたは代理店を使って購入。10E形のみはACTONを使っている。

	調査項目	Koodoespoort Depot 工場	Salt River 工場 *回転機建屋のみ調査	Durban 工場 *機関車リハビリ建屋のみ調査
アウトソース	調達先	各種機関車メーカー、地元メーカー、代理店。	回転機の部品調達先は、主に ACTON、GE、その他「南ア」国の現地メーカー、代理店。ベアリングは日本の NSK や NTN を使うこともある。	回転機の部品調達先は、10E 形のみ ACTON から購入。その他「南ア」国の現地メーカー、代理店。パンタグラフは自社 RSE 部門及び Siemens、VESVCB は Siemens 及び ACTOM、コンプレッサーは自社 RM 部門、ブレーキは自社 RSE 部門、ブレーキ抵抗器は Telema、電気部品の一部は三井物産
	点検依頼先	原則 TRE 内で点検対応するが、負荷によっては地元メーカーまたは代理店に点検を依頼。 ACTON (回転機)、Electra (10E 形の IGBT 改造) 等	回転機の点検依頼先は、主に ACTON、GE、その他南アの現地メーカー、代理店。	回転機の点検は、10E 形、10E2 形のみ ACTON に依頼。その他「南ア」国の現地メーカー、代理店。パンタグラフ：RSE、Siemens、VESVCB：Siemens、ACTOM、コンプレッサー：自社 RM 部門ブレーキ：自社 RSE 部門ブレーキ抵抗器：Telema・三井物産：電気部品の一部
	修理種別	19E 形モーターの修理は東芝が TRE に依頼して、クーデスポートで修理予定。 その他は原則 TRE 内で修理するが、修理の負荷やコストにより修理を地元メーカーまたは、代理店に依頼する。	古い機関車の回転機の修理は、アウトソースはしない。負荷が高い場合は社内の他の工場に委託する。	10E 形のみ ACTON に修理を依頼。その他はアウトソースしない。
	修理先	ACTON (回転機)、Electra (10E 形の IGBT 改造) 等	回転機の修理依頼先は、主に ACTON、GE、その他南アの現地メーカー、代理店。ベアリングは日本の NSK や NTN を使うこともある。	回転機の修理先は、10E 形、10E2 形のみ ACTON から購入。その他「南ア」国の現地メーカー、代理店。<主要修理依頼先>パンタグラフ：自社 RSE 部門、Siemens、VESVCB：Siemens、ACTOM、コンプレッサー：自社 RM 部門ブレーキ：自社 RSE 部門ブレーキ抵抗器：Telema・三井物産：電気部品の一部

## (b) Depot

	調査項目	キンバリー Depot	リチャーズベイ Depot	エルメロ Depot	サルダナ Depot
概要	保有車両数	[EL] 6E、7E、7E2、8E、10E、10E2、18E [DEL] Class 3、34、35 合計約 195 両	[EL] 7E1、7E3、7E4、11E、19E [DEL] Class 34、35、36、37、39 合計約 313 両	[EL] 10E、19E [DEL] Class 34、37 合計約 224 両	[EL] 9E、15E [DEL] Class 34、43 合計 156 両
	電子部品取扱状況	COE あり 古い機関車の制御系機器のメンテナンス、修理が可能。	COE なし 古い機関車の一部高圧機器のメンテナンス、修理が可能。	COE なし 機関車の一部高圧機器のメンテナンス、修理が可能。	COE なし 古い機関車の高圧機器から制御システムまでメンテナンス、修理が可能。
	作業内容				
	A-、B-、C-、D-Shed	実施	実施	実施	実施
	制御機器オーバーホール	実施	実施せず	実施せず	実施
	高圧電気機器オーバーホール	実施	実施	実施	実施
	台車オーバーホール	一部実施 (アウトソースが主)	一部実施 (アウトソースが主)	一部実施 (アウトソースが主)	一部実施 (アウトソースが主)
	モーターオーバーホール	一部実施 (アウトソースが主)	一部実施 (アウトソースが主)	一部実施 (アウトソースが主)	一部実施 (アウトソースが主)
車体オーバーホール	一部実施 (機器交換のみ)	一部実施 (機器交換のみ)	一部実施 (機器交換のみ)	一部実施 (機器交換のみ)	
組織	従業員数	107 名 (作業者とマネージャー合計)	未入手	未入手	100 名
	組織名称・組織数	Depot により異なるものの、概ね図 4-19 の通りである。			
設備関係	メンテナンス設備				
	車輪転削機	なし	なし	あり	あり
	モーター試験設備	なし	なし	なし	なし
	高圧電気品試験設備	あり	あり	あり	あり

	調査項目	キンバリーDepot	リチャーズベイ Depot	エルメロ Depot	サルダナ Depot
	制御系電気品試験設備	あり	あり	あり	あり
	機器洗浄設備	あり	あり	あり	あり
	洗浄装置（用途・規模）	ドライアイス洗浄機、掃除機、高水圧洗浄			
	油圧圧入機（プレス機）	なし	なし	なし	なし（貨車用はあり）
	溶接関係	小型溶接設備あり（大型溶接は外注）			
	AC 機器の保守設備	なし			
	その他の設備	—	—	—	屋根上機器等はプロパーが実施。 Shed 作業のペーパーレス化を試 行中で端末 PC が設置されてい る。
環境	防塵建屋数	なし			
	静電環境	静電エリアなし			
機能 メン テナ ンス	図面、マニュアル関係	IEM システムで TFR のサーバから入手可能。			
	メンテナンス計画、オーバーホール計画	SAP により、ビジネスマネージャーが OH のスケジュールを作成。			
エビ デ ン ス 関 係	定期検査記録、試験成績書、チェックシート、故障記録、修理記録	Production Planning Office (PCO) で車両別にバインダー保管されている。不具合履歴は SAP に登録している。			
	故障原因の分析及び対策についての記録、作業への周知文書等	車両不具合発生時：不適合確認→エンジニアと SV が調査、現車処置検討→処置結果を不具合シートに記載→PCO に提出し SAP にインプット			
		対策の水平展開の可否を検討する部門なし。	—	—	—

	調査項目	キンバリーDepot	リチャーズベイ Depot	エルメロ Depot	サルダナ Depot
	トラブルシューティング関係	トラブルシューティング資料は各職場で持っているが全体でまとめた資料はない。	トラブルシューティングシートを使って問題解決を実施。	同左	同左
メンテナンスチーム	スキルマップ	あり			
	教育・訓練計画	SOE (School of Engineering) があり、SAPにより教育訓練計画を立案、SOE で教育計画を立案し、実施。	SAPにより教育訓練計画を立案、SOE で教育計画を立案し、実施。	外部の教育担当から教育実施の依頼を受け、これを元にエルメロまたは、指定の教室に行き、教育を受講する。	SOE を新設し、SAPにより教育訓練計画を立案、SOE で教育計画を立案し、実施。
	教育・訓練記録	SAPにより教育記録を残している。	同左	紙ベースで教育記録を残している。	同左
	技量マップ (溶接、ハンダ、クレーン、フォーク)	SAPにより特殊教育計画が提示され、これにしたがって教育を実施。履歴はSAPで残す。			
	資格取得	資格は特になし。修了証のみ。			
	目標管理	SAPによりスキル目標管理を実施。			
	その他	SOEでは新入社員および現役作業者の教育実施。 入社後のSOEカリキュラムは、初年度に行われる車両システム一般教育 (PHASE1→2→3→4 トータル173日間) と、機関車毎の個別カリキュラム、特殊技能カリキュラムがある。			
修理品の状態	種類	古い機関車の電気部品や機械品が修理され保管されている。	古い機関車の電気部品や機械品が修理され保管されている。 19E形新型機関車の修理は、メーカー任せである。	同左	古い機関車の電気部品や機械品が修理され保管されている。 15E形等新型機関車の修理は、メーカー任せ。
	保管状態	新品と一緒に中古品も保管されている。			
	その他	基板回路の詳細調査、復旧可能。	—	—	—

	調査項目	キンバリーDepot	リチャーズベイ Depot	エルメロ Depot	サルダナ Depot
予備品の状態	種類	主要コンポーネントが保管されている。 18E 形その他古い機関車：中古ユニットを含め主要機器を保管。	主要コンポーネントが保管されている。 19E 形：パンタグラフ、その他。 その他古い機関車：中古ユニットを含め主要機器を保管。	主要コンポーネントが保管されている。 19E 形：パンタグラフ、その他。 10E 形、その他古い機関車：中古ユニットを含め主要機器を保管。	主要コンポーネントが保管されている。 15E 形：IGBT ユニット、モーター、MTr (2 台)、パンタグラフその他。 9E 形：中古部品も含めほぼ全てのユニットを保管。
	保管状態	中型倉庫に保管されている。	倉庫増築中のためメンテナンスショップに仮置き中。	中型倉庫に一部乱雑に保管されている。	大型倉庫に整理して保管されている。
	調達先	10E 形や 7E 形を含め回転機は全て ACTON がベアリング交換等のメンテナンスや修理を実施。 その他部品も地元メーカーや代理店から購入。	19E 形の電気品は東芝から入手。 南ア調達品はメーカーから直接購入。 その他古い機関車は、ほとんど南アの地元メーカーから入手。	同左	15E 形の電気品は東芝から入手。 南ア調達品はメーカーから直接購入。9E 形はほとんど全ての部品を ACTON から入手。DEL はエンジン部品等を機関車メーカーから入手。
アウトソース	調達品種類	電気品、機械品を含む各部品	19E 形：回転機、HSCB、その他。 その他古い機関車：電気品、機械品を含む各部品	同左	15E 形：IGBT ユニット、モーター、MTr (Main Transformer：主変圧器)、その他。 9E 形：回転機、ブレーキ、MAMG、サイリスター、パンタグラフ等

	調査項目	キンバリーDepot	リチャーズベイ Depot	エルメロ Depot	サルダナ Depot
	調達先	各部品共に地元メーカーまたは代理店から調達。ACTON（回転機）、Knorr（ブレーキ）、WabTec（電気機器）等 10E 形の回転機は ACTON が、IGBT 化は Electra（イタリア）が対応。東芝は納期が長いので、ほとんど依頼しない。	19E 形：電気品は東芝、その他機械品は直接地元メーカーまたは代理店から調達。 その他古い機関車：各部品共に地元メーカーまたは代理店から調達。ACTON（回転機）、Knorr（ブレーキ）、WabTec（電気機器）、セシュロン（HSCB）等	同左	15E 形：東芝（電気品）、Knorr（ブレーキ）、VCB（ALSTOM）、RSD（台車）等 9E 形：ACTON（回転機）、Knorr（ブレーキ）、LHM（MA/MG）、ALSTOM（サイリスター、ダイオード）、Siemens（パンタグラフ）等 DEL：各メーカー（エンジン）等。
	点検種類	電気品、機械品を含む機器単体は点検をアウトソースすることもある。	19E 形：回転機、HSCB、その他は点検をアウトソース予定。 その他古い機関車：電気品、機械品を含む各部品の点検はアウトソースすることもある。	同左	15E 形：IGBT ユニット、モーター、MTr（Main Transformer：主変圧器）、その他。 9E 形：回転機、ブレーキ、MAMG、サイリスター、ダイオード、パンタグラフ等
	点検依頼先	各部品共に原則は TRE 内で対応するが、負荷によって地元メーカーまたは代理店に点検を依頼。ACTON（回転機）、Knorr（ブレーキ）、Electra（IGBT 改造電気機器）。	19E 形：電気品は東芝、その他機械品は直接地元メーカーまたは代理店に点検依頼。その他古い機関車：各部品共に原則は TRE が点検するが、負荷によっては地元メーカーまたは代理店に点検を依頼。ACTON（回転機）、Knorr（ブレーキ）、WabTec（電気機器）、Secheron（HSCB）等	同左	15E 形：点検は直接メーカーに依頼。9E 形：ACTON（回転機）、Knorr（ブレーキ）、LHM（MA）、ALSTOM（サイリスター、ダイオード等）、Siemens（パンタグラフ）等 DEL：各メーカー（エンジン）等。

	調査項目	キンバリーDepot	リチャーズベイ Depot	エルメロ Depot	サルダナ Depot
	修理種別	クーデSPORTまたはダーバンで修理するが、できない場合は、公開入札でメーカーを決定。	19E形：保証期間中のため、電気品は東芝に修理を依頼。機械品はUCWに依頼。保証期間後は未定。その他古い機関車：クーデSPORTまたはダーバンで修理するが、できない場合は公開入札でメーカーを決定。	同左	15E形：保証期間中ELの電気品は東芝に修理を依頼。機械品はUCWに依頼。保証期間後も依頼中（契約外）。9E形：回転機はSalt Riverで修理するが、できない場合は、ACTONに修理を依頼。
	修理先	パンタグラフ：自社 RSE 部門、Siemens 等回転機：ACTON ブレーキ：Knorr/MA/MG：LHM サイリスター、ダイオード：ALSTOM パワーユニット：Electra 等 DEL：各メーカー（エンジン）等。	(1)19E形：東芝、UCW (2)その他古い機関車：パンタグラフ：自社 RSE 部門、Siemens 等回転機：ACTON、ブレーキ：Knorr、MA/MG：LHM サイリスター、ダイオード：ALSTOM、パワーユニット：Electra 等 (3) DEL：各メーカー（エンジン）等。	同左	(1)15E形：東芝、UCW (2)9E形：パンタグラフ：自社 RSE 部門、Siemens 回転機：ACTON ブレーキ：Knorr、MA/MG：LHM サイリスター、ダイオード：ALSTOM 等 (3) DEL：各メーカー（エンジン）等。

出典：調査団作成

## (2) 問題点と課題

今回の調査結果による問題点と課題を抽出した。

### 1) EL メンテナンスに関する問題

#### a) メンテナンス設備の不足

2008年以降に納入された最新型のELは、駆動装置にインバーターが使用され、交流システムとなっている。これらは従来の直流システムによるELと同様に、十分なメンテナンス設備を準備しなければ、故障部位が拡大して、修理不可能となるので、ELの稼働両数の確保や列車の運行に重大な支障を及ぼす。

TREは直流システムのELやDELをメンテナンスする設備や十分な経験を持っており、交流主電動機についても、今後、設備を導入する計画がある。しかし、最新型ELに関しては、主電動機以外の電気品をメンテナンスする設備の導入計画は、どの車両工場・Depotにもない。

#### b) メンテナンス技術の不足

最新型のELは、各機器（制御部やパワー半導体）が最新技術化されているため、メンテナンス方法や調査修理方法が従来の機関車とは異なる。特に、制御部はソフトウェアに依存する部分が多く、TREにはメーカーの技術支援による最新技術の習得や技術の蓄積が必要であると考えられる。しかし、現状では、TREはメーカーとの契約に基づく2～3ヶ月の教育を受講するだけであり、メーカーの協力による最新技術の取得や技術の蓄積が不足している。

#### c) メンテナンス項目の不足

最新型ELは、従来のELと同様にメーカー推奨の適切なメンテナンスを行う必要があるが、TREにおける現状のA～D-Shed等のチェックシートの確認や、現地でのTRE関係者からの聞き取り調査等により、下記メンテナンス項目が実施されていないことが判明した。

- ・ 継電器・接触器の動作電圧値（基準値）の測定
- ・ 電源関係の電圧測定
- ・ 遮断器関係の遮断基準値測定
- ・ センサー類単体の動作確認（電圧・電流・温度・主電動機回転周波数・速度）
- ・ 制御シーケンスの確認
- ・ 制御保護シーケンスの確認
- ・ 高圧投入前の最終確認として行う制御シーケンス試験
- ・ コンデンサーの容量、 $\tan\delta$ 測定
- ・ ハンダ亀裂等の検査
- ・ 光ファイバーの光量測定

- ・ 保護回路健全性の確認

機関車の電気品は、故障が発生した時に機器を保護する回路を持ち、万が一故障した場合でも被害を最小限に防ぐようになっている。日本では、メンテナンス終了後、主回路電圧を投入する前に、車両に搭載された機器の保護回路について健全性を確認するのが一般的だが、TRE ではこれらの確認が行なわれていない。

d) 機械的亀裂の確認

TRE では台車関係・主電動機フレーム・連結器などカラーチェックによる亀裂確認を行っている。しかし、破損により脱線等の重大事故につながる車軸の亀裂については、一般的に用いられる磁粉探傷や超音波探傷による検査が行われていない。なお、車軸破損に関しては、2000年12月6日に日本の津軽海峡線で、車軸破損により貨物列車が脱線した等の例がある。

e) 清掃

電気部品は清掃によって絶縁を保ち、あるいは接触不良を防ぐことが必要である。

今回調査を実施したリチャーズベイ Depot では、営業運転後約8ヶ月経過した19E形ELの電気部品（IGBTユニット）の接点部分が黒くなっていた。今回各 Depot の調査をした結果では、最新型ELの電気品内部は、目視点検および一部ハケで内部の清掃を行っているだけであり、清掃は不十分である。電気機関車メンテナンスの現状と問題点を、表4-22に示す。

表 4-22 EL メンテナンスに関する現状と問題点

項目	新型機関車 (交流主電動機)	旧型機関車 (直流主電動機)
メンテナンス設備	主電動機用のみ計画中	整備済
メンテナンス技術	不十分	十分
メンテナンス実施項目	不十分	不十分
試験設備	未整備	一部未整備
故障原因解析	不十分	不十分
予備品	不十分	不十分

出典：調査団作成

2) 予備品に関する問題

- a) 海外調達予備品の調達リードタイム (LT=Lead Time) 長期化による予備品の不足

TRE では、海外正規メーカーからの輸入電子部品等の調達 LT が 8 ヶ月以上かかり、迅速に修理を行うことができない。

b) 予備品の改廃や工場閉鎖による製造や調達の不能

部品改廃や製造工場閉鎖等が発生すると、必要な修理部品等の製造や調達ができない。

c) 部品の長期保管対応不足

最新 EL の電子部品は、劣化が起こらないよう防塵、防湿、静電管理された場所で適正な現品管理を行い、定期的に機能確認を行わなければならない。しかし、TRE は、電子基板等について、制電バッグによる保管等、電子部品の長期保管を可能とする現品管理が行われていない。

3) 故障対応に関する問題

a) 故障原因解析の不足

故障記録等の活用により故障原因の解析を確実に行うことで、原因究明が容易となり、修理スピードの向上につながると考えられる。しかし、車両が運用中に故障して止まっても運用ダイヤには余裕があり、国への詳細報告義務もないため、「修理すれば終わり」という考えが定着しており、TRE では故障記録の活用等による故障原因の解析が十分に行われていない。

b) トラブルシューティング対応の不足

機関車の運行計画に支障がないように、発生するトラブルに対して正確かつ迅速に解決する必要がある。TRE は車両メンテナンス会社として、保証期間完了後に備えて機器メーカーからトラブルシューティング手法を習得する取り組みが必要と考える。しかし、現状では、TRE はトラブルシューティングをメーカーに任せており、上記の取り組みが行われていない。

c) 故障調査の効率化への取り組み不足

最新の機関車は、主回路の無接点化とインバーター制御の導入によって、多くの電子機器（電子部品）が使われている。電子機器は回路が複雑であり、ブラックボックス化されているため、メーカーから支援を受けなければ故障調査は難しい。そこで、TRE は機関車の保証期間中に電子機器が故障した場合、故障調査をメーカーに任せているが、保証期間後はメーカーによって対応がまちまちである。TRE 自身も、メーカーから専用の試験器を導入したり支援を受けたりする等、保証期間終了後に故障調査を効率的に実施するための取り組みを行っていない。

#### d) メンテナンス技術伝承の不足や技術認定証の未発行

TRE は熟年技能者による若年技能者への技能の伝承に取り組んでいるが、ノウハウを教えると自分が仕事を失うのではないかという不安感などから、メンテナンス技術の伝承が進んでいない。また、これとは別に、TRE は、自社の作業者が機器メーカーから習得した技能や技術について認定証の発行を求めているが、GE を除く各メーカーは認定証を発行していない。

### 4.5.3 機関車メンテナンスの改善策

#### (1) 現状のメンテナンスのレベルアップ支援

資源国である南アにとって、自国の資源輸送手段である機関車産業は重要且つ成長が期待される産業であり、TRE のような機関車メンテナンス会社の技術を向上させていくことは、機関車の維持および延命には必要不可欠である。

下記の提供により、TRE は現状の事後保全主体のメンテナンスのレベルアップを図っていき、効率を上げて必要な検査を着実に実施することが大切と考える。

##### 1) 最新 EL メンテナンス設備や技術の提供

- ・ 最新 EL の電気品メンテナンス設備・技術指導
- ・ メンテナンス業務効率を向上させる試験設備・技術指導
- ・ 技師派遣によるメンテナンス技術指導
- ・ TRE エンジニア・作業者の日本への受け入れ、指導・訓練
- ・ メンテナンス項目改訂の現地支援・指導

##### 2) 予備品の各種問題解決の提供

- ・ 南ア国内外に予備品を保管する方式の拡大  
TRE は、調達 LT が長期の一部予備品については、メーカー協力の下、現地または国内に保管する方式をとっており、この方式の全体拡大。
- ・ 代替品の調達先や新規調達先の調査支援  
部品改廃や製造工場閉鎖に対応する代替品や新規調達先調査の支援。
- ・ 電子部品の長期保管を可能とする現品管理指導

##### 3) 故障解析技術の提供

- ・ 故障原因解析の指導・支援
- ・ トラブルシューティングの指導・支援
- ・ 故障調査専用の試験器やマニュアル
- ・ 上記専用の試験器を使用した故障調査の指導・支援

#### 4) メンテナンス技術伝承の仕組み作り支援の提供

- ・ 熟練者のノウハウや知識のマニュアル作成の支援

熟練者に対して若者へメンテナンス技術を伝承することのメリットとしてのインセンティブを十二分に理解させるため、熟練者のノウハウや知識のマニュアル作成により人事評価される仕組み作りの支援。

- ・ メーカーによる認定証発行の協力

TRE の作業者がメーカーから一定の教育を受けた場合は認定証を発行するようにメーカーが TRE に対して協力。

#### (2) 劣化調査や予防保全の提供

TRE の保全スタイルは、故障発生の都度修理を行う事後保全である。

TFR の方針で、機関車を 50 年間経済的に使用し、資源や一般貨物の輸送能力を向上するためには、下記による支援が有効となる。

- ・ 電子部品は、問題点と指摘した検査不足項目を定期的にサンプル調査することが有効と考える。
- ・ 電解コンデンサー、プリント基板、AVR、絶縁アンプ、光学部品は日本での調査経験から、劣化調査対象として有効である。
- ・ 改廃部品の代替も検討が必要であり、劣化調査による劣化の兆候を掴むことで、早い段階からの代替などの予防保全の検討ができる。

TRE は劣化調査の経験がないため、これら調査を受けることにより予防保全の計画が立てられ、また、劣化調査に基づく予防保全活動の支援を受けることで、効率的に機関車の運用ができるように改善されると考えられる。

## 第5章

# 鉄道セクターの投資計画に係る リスクファクター



## 第5章 鉄道セクターの投資計画に係るリスクファクター

前章までにおいて、「南ア」国の鉄道セクターにおいて大規模投資が進められつつあることを確認した。また、分野によっては本邦企業の参入の機会もあることを把握した。しかしながら、投資計画が何らかの理由で進まないリスクが大きければ、本邦企業の参入が難しくなるため、リスクを軽減もしくはヘッジする方策を検討する必要がある。

以上の問題意識のもと、本章においては、鉄道セクターへの投資計画及び事業における様々なリスクファクターを把握・分析し、リスクを軽減もしくはヘッジする方策を検討した。

具体的には、次の観点からリスクの把握・分析を行った。

- ・中央政府及び州政府の財政状況からみたリスク (5.1)
- ・PRASA 及び TRANSNET の投資計画における需要予測等からみたリスク (5.2)
- ・PRASA 及び TRANSNET の資金調達見込みからみたリスク (5.3)
- ・用地取得や環境規制等により事業が遅延するリスク (5.4)
- ・運輸省、公共事業省及び州政府の意思決定メカニズムからみた遅延リスク (5.5)

また、中央政府及び州政府は事業実施による経済波及効果（雇用促進効果の面を含む）を期待している。そのため、本調査においては、鉄道セクターへの投資計画の経済波及効果を把握・分析し、その効果の大きさから、投資計画の実施に対して中央政府及び州政府の支援が十分になされうるかを検討した。

### 5.1 中央政府及び州政府の財務分析、投資計画（中央政府及び州政府の財政状況からみたリスク）

本節においては、中央政府及び州政府の財政状況からみたリスクを分析した。

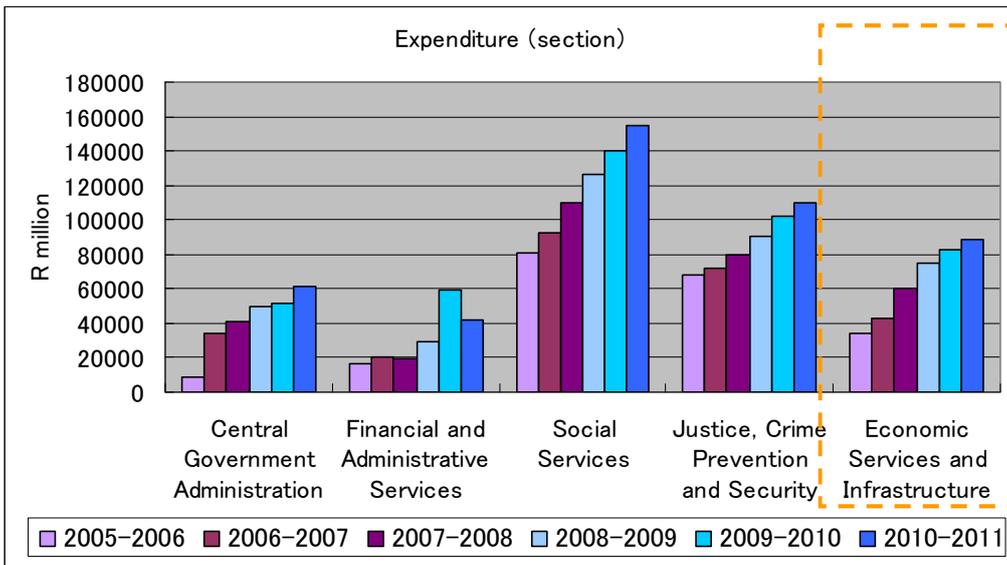
#### 5.1.1 中央政府および州政府の財務分析

本項においては中央政府及び州政府の財務状況を、政府機関の公開情報、国際機関のレポートから整理するとともに、中央政府及び州政府の財務状況によって鉄道セクターの投資計画にどのような影響が生じうるのかを考察した。

#### (1) 南ア政府機関の公開情報に基づく財務状況のレビュー

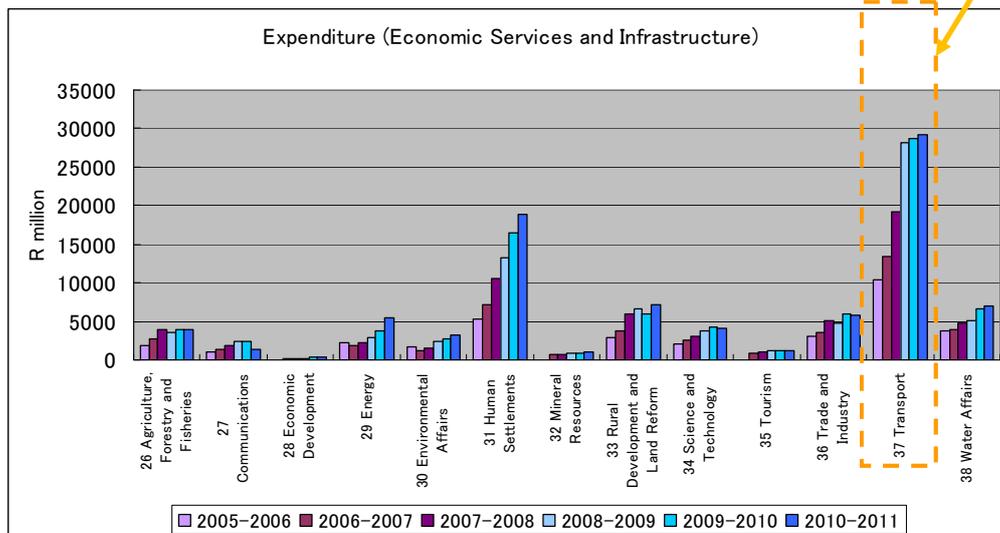
##### 1) 中央政府の財務状況

財務省（NT=National Treasury）資料によれば、「南ア」国の中央政府の歳入は所得税・法人税及び付加価値税に大きく依存している。一方、歳出で最も大きな割合を占めているのは、図 5-1 に示すように、「Social Service」（教育や訓練等）である。交通インフラの予算は、図 5-2 に示す通り、年間 300 億 ZAR 弱で安定的に推移しており、図 5-3 に示すように、うち 3 割を道路、3 割を鉄道が占めている。



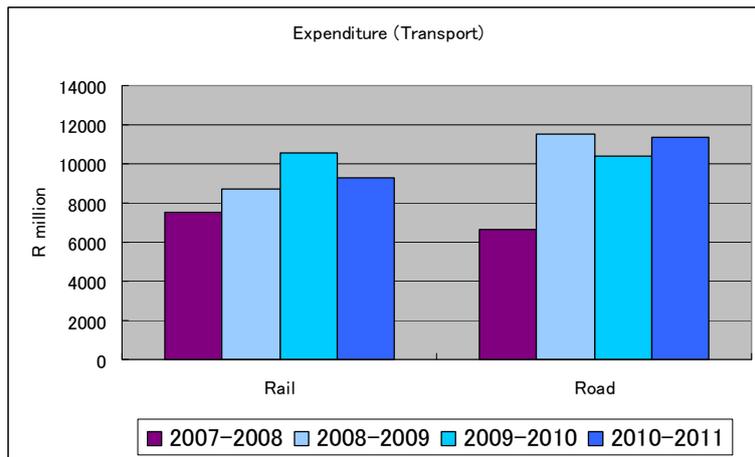
出典：National Treasury “National Budget”より調査団作成

図 5-1 中央政府の歳出の推移 (1)



出典：National Treasury “National Budget”より調査団作成

図 5-2 中央政府の歳出の推移 (2)



出典：National Treasury”National Budget”より調査団作成

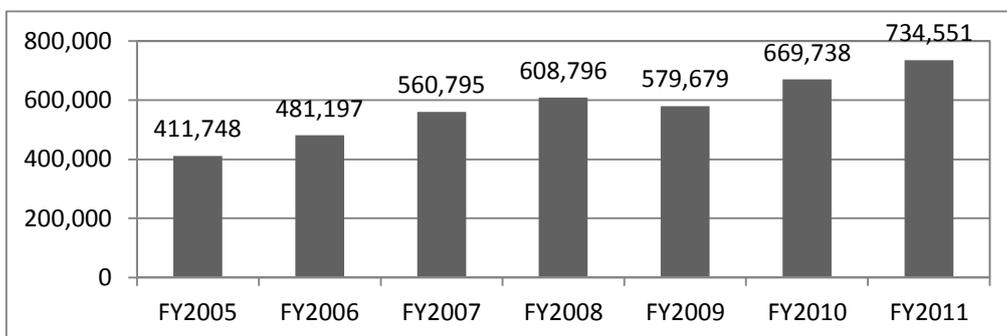
図 5-3 中央政府の歳出の推移 (3)

この財務状況からみたリスクファクターは、a) 景気の影響等により歳入総額が縮小すること、b) 歳入総額に占めるインフラセクターへの配分割合が低下することが挙げられる。

前者 a) については、歳入の多くを占める所得税・法人税、付加価値税いずれも景気の影響を受けることから、景気の悪化は言うまでもなく大きなリスクファクターとなりうる。また、景気要因とは別に政治的な付加価値税の上げ下げもリスクファクターとなる。

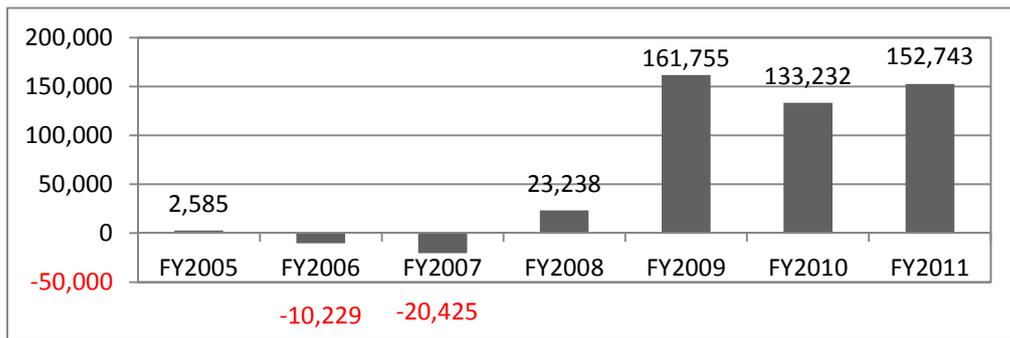
実際の中央政府の歳入合計額をみると、2009 年度にやや落ち込んだものの、過去 7 年間では増加傾向にあり、2008 年度のいわゆる「リーマンショック」や昨今の欧州経済危機の影響をそれほど大きくなく、安定的に歳入が伸びていると考えられる。

「南ア」国全体の借入（国債等）の状況を見ると、2009 年度以降借入額が増加していることがわかる。これは、国債の利子率が低下し、借入コストが下がってきて、市場から資金調達がしやすくなったから等の理由が考えられる。



出典：National Treasury”National Budget”より調査団作成

図 5-4 中央政府の歳入の推移 (単位：百万 ZAR)



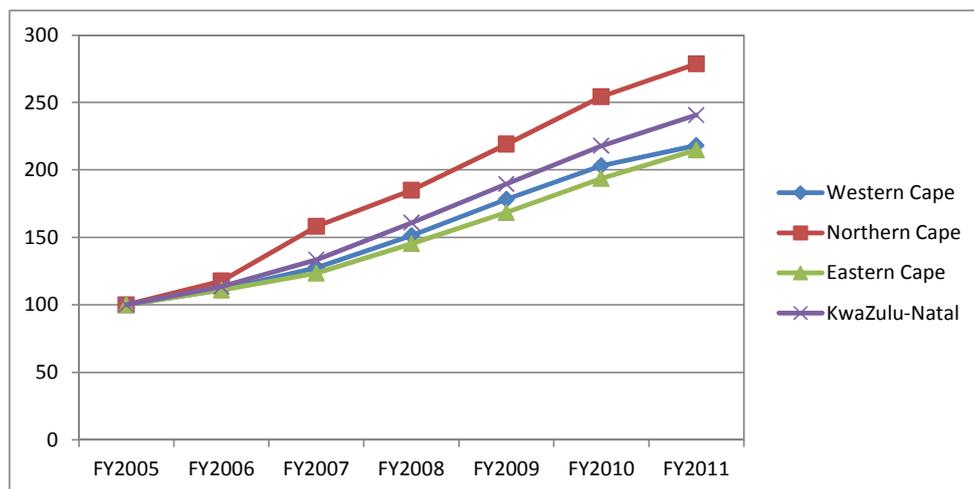
出典：National Treasury “National Budget”より調査団作成

図 5-5 中央政府の借入（ネット）の状況（単位：百万 ZAR）

後者 b) については、NT からインフラセクターに交付されている補助金が中期的に継続するかどうか確証はない。しかしながら、現時点ではインフラ需要が旺盛であること、インフラ投資は雇用創出を含めて経済波及効果が期待でき、失業率の低下を後押しする効果が見込まれることから、短期的に中央政府がインフラ支出を切り下げる可能性はそれほど高くないものと考えられる<sup>1</sup>。

## 2) 州政府の財務状況

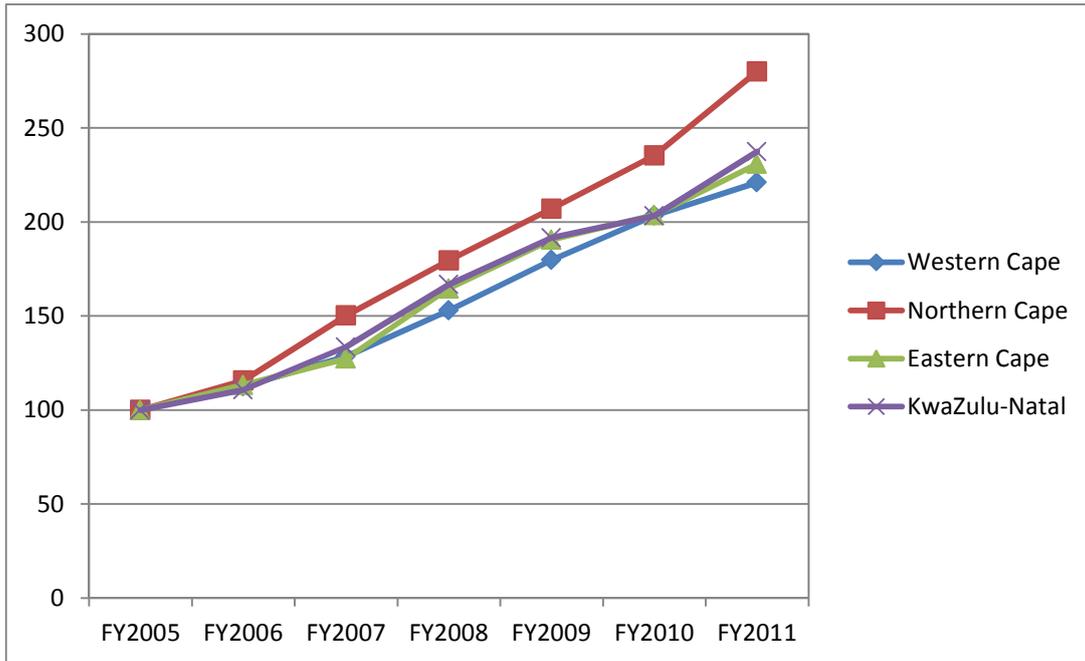
各州政府の総収入、総支出、インフラ関係の支出を確認したが、いずれも過去 7 年間は増加傾向にあり、「リーマンショック」や昨今の欧州経済危機が州政府に与えている影響は限定的であると考えられる。ただし、州政府の収入の多くは、中央政府からの交付金に依拠していることから、中央政府の財政の影響は受けやすいものと考えられる。



出典：National Treasury “National Budget”より調査団作成

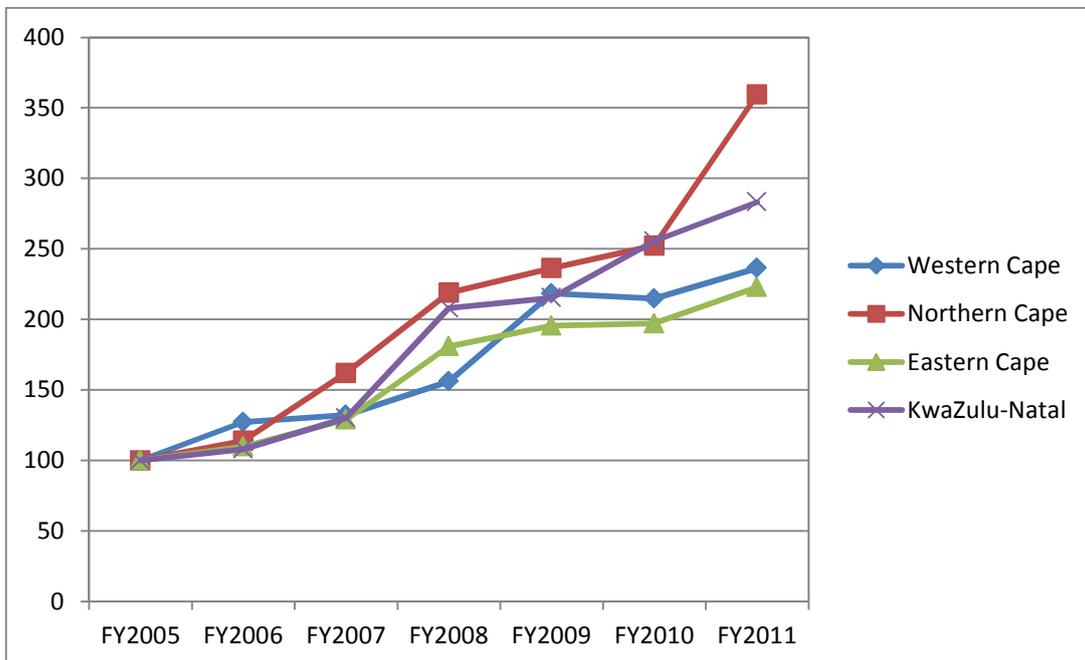
図 5-6 州政府の総収入の推移（各州の 2005 年度の値を 100 とした場合の傾向）

<sup>1</sup> NT PPP Unit インタビュー等からの考察



出典：National Treasury “National Budget”より調査団作成

図 5-7 州政府の歳出の推移（各州の 2005 年度の値を 100 とした場合の傾向）



出典：National Treasury “National Budget”より調査団作成

図 5-8 州政府の交通・インフラ関連の支出の推移  
（各州の 2005 年度の値を 100 とした場合の傾向）

## (2) 国際機関等による財務状況の分析レビュー

国際機関等による財務状況の分析をレビューすると、表 5-1 に示す通り、概して「南ア」国経済成長は堅調に推移する見込みとされている。ただし、今後、欧州債務危機（が深刻化する場合の影響については、「南ア」国への影響は限定的という見方、通貨ランド（ZAR）が急落し、輸入物価の上昇などを通じて経済が大幅に下振れするリスクがあるとする見方とがあり、今後の動向を注視する必要がある。

表 5-1 国際機関等による「南ア」国の財務状況の分析レビュー

文献名	コメント
IMF(2012) 「World Economic Outlook」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ サハラ以南のアフリカでの世界的な景気後退の影響は限定的。</li> <li>・ 向こう 2 年間の GDP 成長率の予測は 3%以上。</li> </ul>
JBIC(2011)「6 四半期連続のプラス成長と今後の経済見通し（南アフリカ）」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IMF によると、「南ア」国の経済成長率は 11 年に 3.5%、12 年に 3.8%、13 年以降は 4.0%台との見通しになっているものの、サハラ以南の周辺国と比較すると低い成長率にとどまるとの見通し。</li> <li>・ 特に、11 年の輸出増加率は 1.6%にまで低下するとの見込みになっており、南アフリカ経済の成長の足かせになると見込まれている。</li> </ul>
OECD(2012) 「OECD Economic Outlook p188」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外部リスクは、「南ア」国からの輸出需要を損ねる欧州債務危機の悪化および、国内需要の伸びの抑制要因となる原油価格のさらなる上昇。</li> <li>・ 国内リスクは、住宅価格の低迷を背景とした家計の投資抑制及び電力供給の制約。</li> </ul>
アフリカ開発銀行(2012) 「South Africa's Quest for Inclusive Development p20」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 政府は New Growth Path (NGP)の導入を宣言。NGP において、インフラ、農業、鉱業、工業、観光など高い雇用可能性を秘めた分野に焦点をあて、今後 10 年間、毎年少なくとも 50 万雇用を創出予定。</li> <li>・ ただし、高い失業率とグローバル経済の中で、国の競争を向上させるための産業政策、労働市場改革、資源の輸出促進戦略の欠如が懸念材料。</li> </ul>
伊藤忠経済研究所(2012) 「Economic Monitor 減速傾向が強まる南アフリカ経済」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「南ア」国の景気は減速傾向。欧州債務危機の影響により輸出が伸び悩んでいるほか、黒人層の経済参加促進策による雇用創出効果が一巡し、個人消費の増勢にも陰りが出ているため。これら成長抑制要因は当面残存の見込み。</li> <li>・ 「南ア」国の当面の成長率は 2010～2011 年の平均である 3%を下回ると予想。さらに、「南ア」国では、経常赤字のファイナンス構造が脆弱なことに加え、通貨当局が資金逃避リスクへの対応力を十分に備えていない。このため、今後、欧州債務危機が深刻化する場合に、通貨ランドが急落し、輸入物価の上昇などを通じて経済が大幅に下振れするリスク。</li> </ul>
世界銀行(2012) 「South Africa Economic Update Focus on Inequality of Opportunity」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 南ア経済の主要な下振リスクは、欧州経済危機。欧州は「南ア」国最大の輸出市場であり、両経済の相関関係は強い。</li> <li>・ このリスクは不確実性が高く、予測は困難。</li> </ul>

世界銀行(2012)「South Africa Economic Update Focus on Savings Investment, and Inclusive Growth」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「南ア」国経済の主要なリスクについて、「南ア」国以外の国に伴うリスクとしては、欧州経済危機や石油価格、海外からの投機的な資金の流入による市場の変動性が高まる点等を上げている。</li> <li>・また、国内のリスクとしては、事業実施環境の弱さや家計の負債の多さ等を上げている。</li> </ul>
--	---

出典：調査団作成

### (3) 鉄道セクターに係る中央政府・州政府の財務における可変要素

PRASA は政府からの補助金を受け、TRANSNET は政府保証を基にした資金調達を行っているが、将来的には補助金や保証が縮小される可能性もある<sup>2</sup>。具体的には以下の動きによるものである。

- ・ 補助金の交付の仕組みが変更される可能性もでてきている。具体的には、現行制度においては、旅客であればNTからDOTを経由してPRASAに補助金が交付され、各地域における事業が実施されている。これに対して、国家陸上交通法（National Land Transport Act）に基づき、地域側に補助財源が移管される方向となっている。これにより、従来はPRASAに交付されると鉄道整備のみが用途となっていたが、今後バスも含めた総合交通を実現するため、鉄道以外の交通インフラへの配分が増える可能性もある。
- ・ NATMAP においては、補助金の配分方法が不透明との指摘があることを踏まえ、NTからの原資を第三者機関が配分を決定しPRASAに補助金を交付する形への変更も提起されている。

以上に示したPRASA及びTRANSNETへの政府からの補助金及び、政府からの保証が縮小する可能性、さらには資金配分の方法の変更の可能性があるなか、PRASA及びTRANSNETにとっては自己収入が投資計画の財源としてより重要となってくる。これはすなわち、PRASA及びTRANSNETにとって、将来の需要の見通しが非常に重要となることを意味する。この将来需要の見通しについては後述する。

<sup>2</sup> NT PPP Unit インタビュー等より

## 5.1.2 中央政府および州政府の投資計画

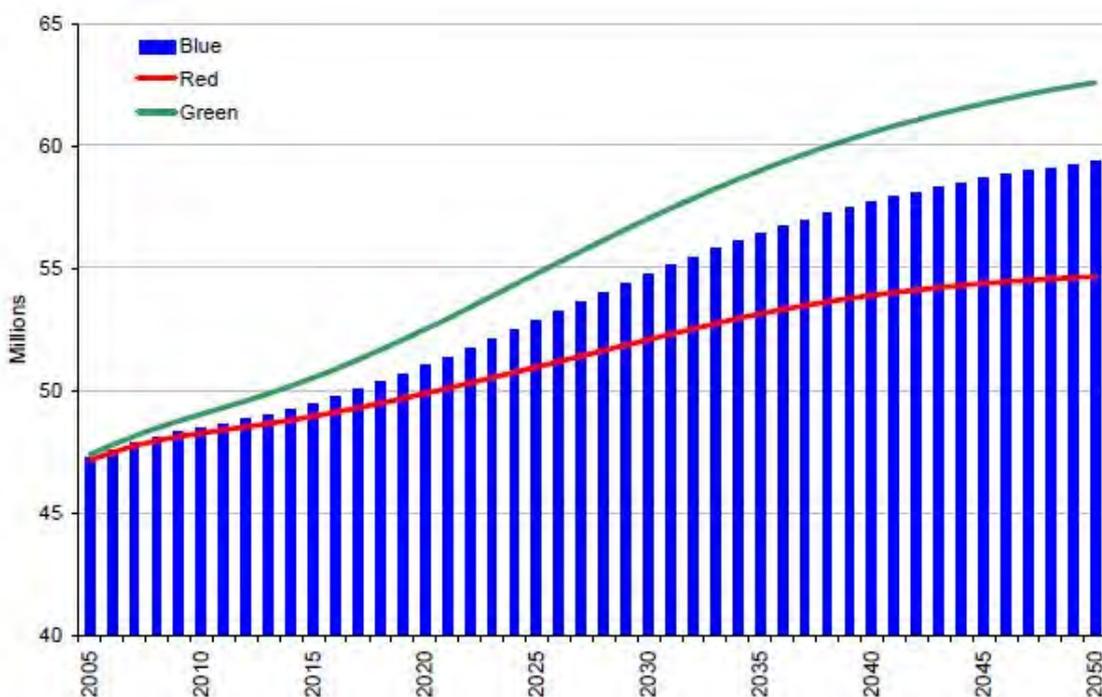
### (1) 鉄道セクターに係る中央政府及び州政府の投資計画

#### 1) 中央政府の投資計画

中央政府による NATMAP の内容は第 3 章において整理した。ここでは、その前提となる需要予測手法、結果をレビューし、想定されるリスクを整理する。

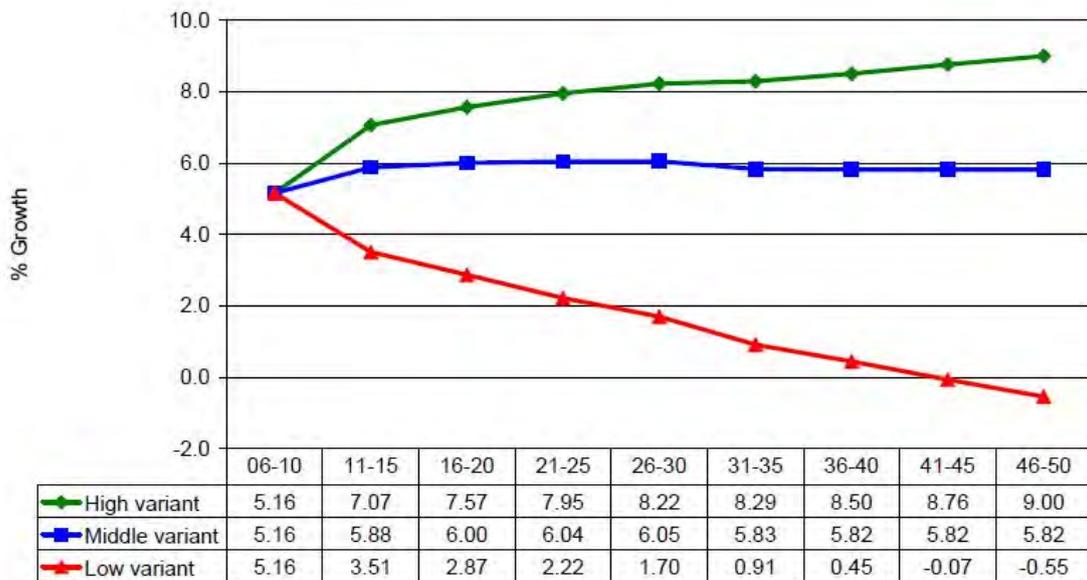
NATMAP の前提となっている需要予測は、日本の鉄道需要予測等においても頻繁に用いられている「四段階推定法」により実施されている。「四段階推定法」のモデリングも、特殊な方法が採られているものではない。需要予測の基礎となっているデータのうち、旅客については 2003 年に実施された「National Home Travel Survey (NHTS)」を利用しており、貨物については、主に TRANSNET が収集している鉄道・港湾・パイプラインの貨物取り扱い実績等を基本として、道路貨物や航空貨物の実績を用いている。

NATMAP の前提となっている将来人口の推移と将来の経済成長率を以下に示す。人口は平均的なシナリオで、2005 年から 2050 年で約 30% の増加を見込んでいる。また、経済成長率については、平均的なシナリオで、年平均 6% 前後の成長率を 2050 年まで見込んでいるが、低成長シナリオでは、2050 年には、マイナス成長となる可能性についても検討されている。



出典：DOT 資料

図 5-9 NATMAP における需要予測の前提となっている将来人口予測値



出典：DOT 資料

図 5-10 NATMAP における需要予測の前提となっている将来の経済成長率

## 2) 州政府の投資計画

中央政府と同様、州政府においても交通関連の投資計画を策定している。以下に各州の鉄道や交通需要予測に関連する事項を中心として概要を取りまとめた。将来の人口・経済成長率について、前提が明らかになっている事例は少ないが、短期的には、「南ア」国全体の経済成長率の7%を上回る成長率を見込んでいるケースもあるようだ。

表 5-2 州政府による投資計画の概要

州名	各州の開発計画／経済
西ケープ州	<ul style="list-style-type: none"> <li>州の開発計画としては、「Western Cape Provincial Spatial Development Framework (PSDF)」、交通計画としては、交通公共事業省「Provincial Land Transport Framework 2011/12-2015/16」が策定されている。</li> <li>開発計画内では、ケープタウンとハウテンの都市部を繋ぐ道路や鉄道への投資を重視している。</li> <li>開発計画推進の背景として、水資源の不足や気候変動や大気汚染、交通渋滞、中小企業の少ない成功機会、低い教育の質が前提となっている。</li> <li>交通計画内では、都市内鉄道の整備が非常に重要視されている。一方で、都市内鉄道整備のための資金不足等を指摘している。</li> <li>交通計画策定にあたっては、NATMAP の人口・経済予測を基準として、将来の需要を検討している。</li> </ul>
北ケープ州	<ul style="list-style-type: none"> <li>州の開発計画としては、「Northern-Cape Provincial Growth and Development Strategy (NCPGDS) 2011」が策定されている。</li> <li>人口の増加等が州内における今後の社会的な課題であるとしている。</li> <li>同州は鉱業が重要な産業となっており、鉱業の発展のためには、交通関係のインフラ整備が重要と考えられている。</li> </ul>

東ケープ州	<ul style="list-style-type: none"> <li>・州の開発計画としては、「Provincial Growth and Development Plan (PGDP) 2004-2014」が、交通計画としては、「Strategic Plan for The Fiscal Years 2010/11-2014/15」がある。</li> <li>・開発計画においては、経済成長率として5～8%が2014年まで維持されることが前提となっている。</li> <li>・交通計画内では、鉄道が十分に活用されていないことが課題とされている。なお、前提としている人口予測にかかる記載はない。</li> </ul>
フリーステート州	<ul style="list-style-type: none"> <li>・州の開発計画としては、「Draft Provincial Growth and Development Strategy Free State Vision 2030」が策定されている。</li> <li>・開発計画の中では、「南ア」国のほぼ中央に位置するという地理的特徴に鑑み、交通と流通への投資を計画の柱の1つとしており、2030年までに、年率7%の経済成長を目指している。</li> </ul>
リンポポ州	<ul style="list-style-type: none"> <li>・州の開発計画としては、「Limpopo Employment, Growth and Development Plan 2009 - 2014」が、交通計画としては、「Strategic Plan for 2010/11-2014/15」が策定されている。</li> <li>・開発計画の中では、鉄道の整備が同州内においては重要な課題であり、既存線の改良の他、新線建設についても言及されている。</li> <li>・交通計画の中では、トラック貨物輸送による道路の著しい劣化を防ぐためにも、鉄道の整備の必要性について言及されている。</li> </ul>
ハウテン州	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開発計画として、「DRAFT Gauteng Vision 2055:The Future Starts Here」が、交通計画として「Gauteng Land Transport Framework 2009-2014」が策定されている。</li> <li>・開発計画としては、鉄道を含めた公共交通網の拡充について言及されている。</li> <li>・開発計画の前提となる将来人口の設定については、「Stats SA」によるものを利用している。経済成長については、2014年までは年率4%を越えないという前提条件を置いているようだ。</li> <li>・交通計画の貨物の需要予測は、TRANSNETが実施しているものを利用している。</li> <li>・交通計画内に示されている道路と鉄道の投資額をみると、鉄道への投資額がはるかに多くなっており、鉄道整備に対する期待があるものと考えられる。</li> </ul>
クワズールナタール州	<ul style="list-style-type: none"> <li>・州の開発計画として、「Five-year Strategic Plan 2009/2013」が、交通計画として、「Revised Strategic Plan 2010/11-2014/15」が策定されている。</li> <li>・開発計画の中では、貿易・物流が重視されており、貿易・物流を支えるためのインフラ開発についても重要視されている。</li> <li>・交通計画の中では、バスセクターの改善が重要視されているようである。鉄道については、環境負荷低減の手段として重要であると考えられている。</li> </ul>
ノースウェスト州	<ul style="list-style-type: none"> <li>・州の開発計画としては、「North West Provincial Growth and Development Strategy 2004-2014」が、交通計画としては「Strategic Plan For the fiscal years 2010-2014」が策定されている。</li> <li>・開発計画の中では、インフラ整備が開発計画の柱となっている旨が記載されている。また、年間の経済成長率は6.6%を2014年までの達成目標としている。</li> <li>・交通計画の中における鉄道関係のコメントはそれほど多くなく、全体的に道路整備の重要度が州としては高いものと考えられる。</li> </ul>
ムプマランガ州	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開発計画として「Mpumalanga Economic Growth &amp; Development Path」が策定されている。開発計画内においては、新規鉄道開発と鉄道貨物輸送の再活性化が重要な項目として指摘されている。</li> <li>・開発計画の前提となる将来人口と将来の経済成長率の設定については、特段示されていない。</li> <li>・その他、開発計画では貧困層への対策の重要性について、言及されている。</li> </ul>

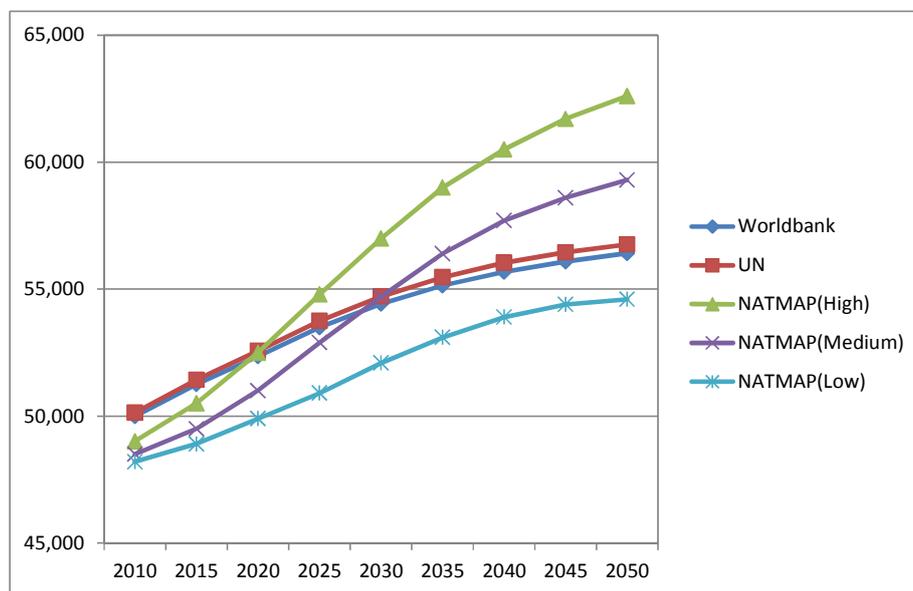
出典：調査団作成

### 3) 中央政府と州政府の計画の妥当性

前述したとおり、各州政府が開発計画や交通計画といった鉄道関連の投資計画を策定する際の将来人口や経済成長率は明確ではない。一方、NATMAP では、平均的なシナリオにおいて、年間 6%前後の経済成長率が持続すると設定しているようであるが、国際機関等のレポートの中では、経済成長率が直近でも、4%前後の値を示していることから、特に長期的に6%前後の経済成長率が持続できるかどうかは、引き続き注視する必要があるだろう。

また、NATMAP の将来人口の設定値と世界銀行と国際連合が公表している将来人口の予測値を図 5-11 に示した。NATMAP の平均的なシナリオの人口予測値は、2025 年頃までは、世界銀行や国際連合の予測水準よりも低くなっているが、2030 年以降は NATMAP の平均的なシナリオの予測値の方が高くなっている。

経済成長率についても人口予測値についても、長期的な視野に立てば、その実現可能性については、常に注意する必要があるものと考えられる。



出典：各種統計より調査団作成

図 5-11 「南ア」国における将来人口予測値の比較

### (2) PPP の推進状況と鉄道セクターにおけるフィージビリティ

鉄道事業でこれまで PPP スキームが採用されたのは、ハウテン州によるハウトレインのみである。「南ア」国の PPP スキームそのものは、制度的に確立しており、制度面の問題点はそれほどないものと考えられる。そのため、bankable なプロジェクトがあれば基本的に実施することは可能である。ただし、このハウトレインに対しては、毎年多額の補助金（乗車保証に基づく）が投入されており、実務上、PPP において本来あるべきリスク分担が適切に行われているかについては検討の余地もある。また、他の州政府からみてハウトレインは中央政府の大きなサポートがあった特殊例であり、現時点では難易度が高いとの意見もある。

また、これまで実施された PPP は病院等が中心となっており、鉄道案件が少ない。この理由は PRASA への中央政府及び州政府からの補助金が大きく、その結果として PRASA 自身により事業が実施可能となっているからとも考えられる。一方、TRANSNET については自ら資金調達を十分に行う能力がある。そのため、現時点において PRASA や TRANSNET の事業を PPP により実施する可能性は極めて小さいと考えられる。ただし、先述したように、今後、PRASA への補助金が縮小した場合には、PPP スキームの重要性、必要性が高まる可能性もある。

上記のほか、そもそもの運賃設定が低い点、官側の人材不足も大きな問題として指摘されている。

### (3) 投資計画における可変要素

インフラに対する需要は非常に旺盛であり、短期的にインフラ需要を下げる要素は今のところみあたらない。ただし、政治的に決定される事業が多く、政治的な状況により事業の順番が変わる可能性がある。このことは地域によって、事業が遅れるリスクを抱えることとなる。

## 5.2 鉄道近代化方策が導入される場合の投資計画 (PRASA 及び TRANSNET の投資計画における需要予測からみたリスク)

本節においては、PRASA 及び TRANSNET の投資計画における需要予測等からみたリスクを分析した。

### 5.2.1 PRASA の投資計画における需要の考え方

PRASA の投資計画の内容は第 3 章において整理した。ここでは、その前提となっている需要予測の手法、結果をレビューし、想定されるリスクの整理を行った。

ここでレビューした需要予測は、後述する PRASA による車両調達プログラムの決定プロセスの中で実施されたものであり、NT、DOT、DPE、DTI 等の関連省庁による合同運営委員会の監督、内容承認が行われている。

本需要予測においては、「Low」、「Medium」、「High」の 3 つのシナリオによる予測を行っている。結果として、長期的な予測としては「High」シナリオが採用されている。

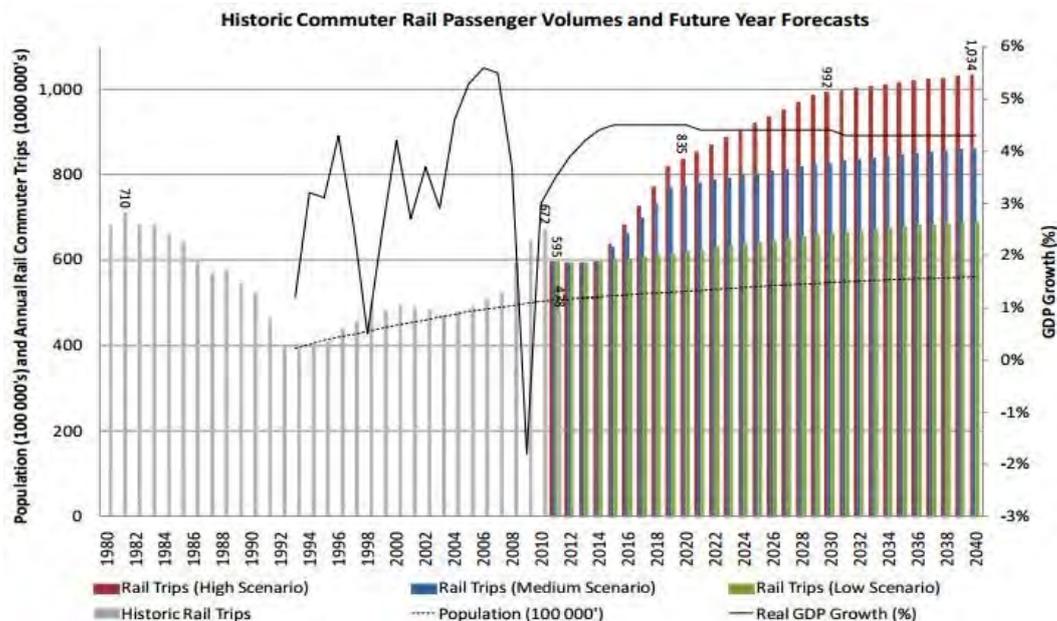
このうち、「Low」シナリオは、過去 20 年間のメトロの旅客数を被説明変数、人口と GDP を説明変数とする回帰分析により、ベースラインの予測を行ったものであり、さらに、新車両やサービス向上などの水準により、「Medium」、「High」シナリオの予測を行っている。

「南ア」国の旅客鉄道は、自動車を保有せず、他に交通手段のない最低所得者層の移動手段であることから、鉄道として特に何の施策も講じない場合で、かつ、「南ア」国の所得階層間の人口割合が大きく変化することを想定しない場合には、「Low」シナリオとして、人口と GDP を説明変数とする手法を用いて、他交通機関からの転換を見込まない安全側のケースを想定することは一定の妥当性をもつ。Low ケースは人口、GDP の成長による伸びのみが反映された予測結果と考えられるが、予測結果は極端に大きな伸びを示しているものではない。将来の GDP 成長率については、4%強の伸び率が想定されており、5.1 で整理した今後の見通しを踏まえると過大予測となっている可能性がある。

一方、新車両やサービス向上による伸びを考慮した「Medium」、「High」の2つのシナリオの予測結果は大幅に増加している。具体的には、「Medium」シナリオにおいては、新車両とサービス向上の導入により、2015年にサービス改善が30%向上することに対して、弾性値0.8を仮定し、2015年から鉄道旅客量の25%の増加を見込んでいる。一方、Highシナリオでは、鉄道サービス向上に加えて、駅周辺に人口が集中してくるものの影響を見込み、20%の鉄道旅客量のさらなる増加を予測した。この駅周辺への人口集中の仮定は、公共交通指向型都市開発（TOD = Transit Oriented Development）にかかる国際的な研究に基づき、駅から半径500メートル以内の土地利用密度が高まることの影響で鉄道利用者数が23%の増加することに基づいている。

都市鉄道において、これらサービス向上による需要増加や土地利用転換の影響の予測は過大になりやすく、注意が必要である。本需要予測が含まれるF/Sレポートにおいても、本予測のうち長期にわたる部分については簡易に需要予測を実施しており、将来詳細F/Sを改めて実施する旨の記載がある。2012年に入札が実施されたのは一期分の約3600両の投資であるが、二期目の残り半分の投資にあたっては、F/Sレポートへの記載のとおり、改めての詳細F/Sの実施が望まれる。

日本においては、鉄道プロジェクトを含む公共事業を対象に、着工から5年を経過した時点で需要予測等を見直す“再評価”、供用後5年において効果の発現状況を確認し、さらに効果増大を図るための方策検討を行う“事後評価”を実施している。「南ア」国においては、「Medium」、「High」シナリオとして、旅客数の大幅な増加を見込んでいることから、サービス改善後に利用者の増加が実現しているか、公共交通指向型都市開発が進捗しているのかを継続してモニタリングし、投資計画の見直しや利用促進策に活かしていくことが必要である。



出典：PRASA “Feasibility Study Detailed feasibility study for the procurement, financing and maintenance of rolling stock for the Metrorail services”, 12 July 2011

図 5-12 PRASA の需要予測結果

## 5.2.2 TRANSNET の投資計画における需要の考え方

TRANSNET の投資計画の内容は第 3 章において整理した。ここでは、その前提となっている需要予測の手法、結果をレビューし、想定されるリスクの整理を行った。

TRANSNET においては、FDM (Freight Demand Model)、トランスポーターションモデル及びマーケットモデルが利用されている。

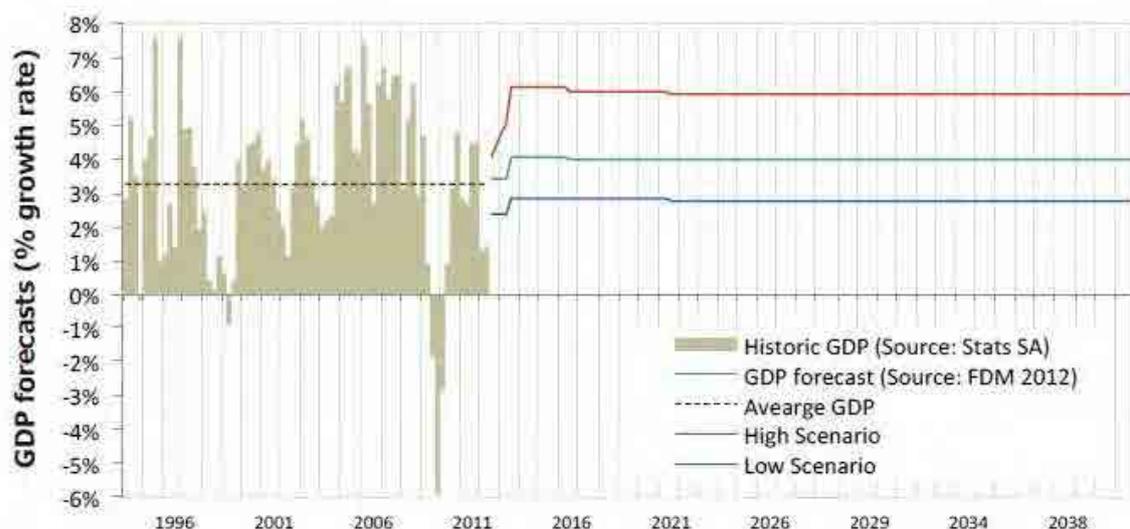
FDM は「南ア」国の総貨物需要を予測するモデルであり、その結果を踏まえ、トランスポーターションモデルにより、国内地域間の貨物交通量を予測する。さらに、マーケットモデルにより、トラック、鉄道等の交通機関別輸送量を予測している。これらは通常の四段階推定法に基づくものである。

### (1) FDM (Freight Demand Model)

FDM においては、以下のファクターを用いて貨物の輸送量を予測している。特に GDP 成長率と貨物輸送量については、過去に強い相関があったという分析に基づき、FDM による試算が実施されている。ただし、鉱物資源の需要については、経済成長と比例した増加はないと考えており、GDP 成長率以外の要素を考慮した予測を実施している。

- ・世界経済の展望
- ・GDP 成長率、インフレーション
- ・産業部門の成長見通し
- ・国家設備投資
- ・人口変化
- ・その他様々な予測ファクター

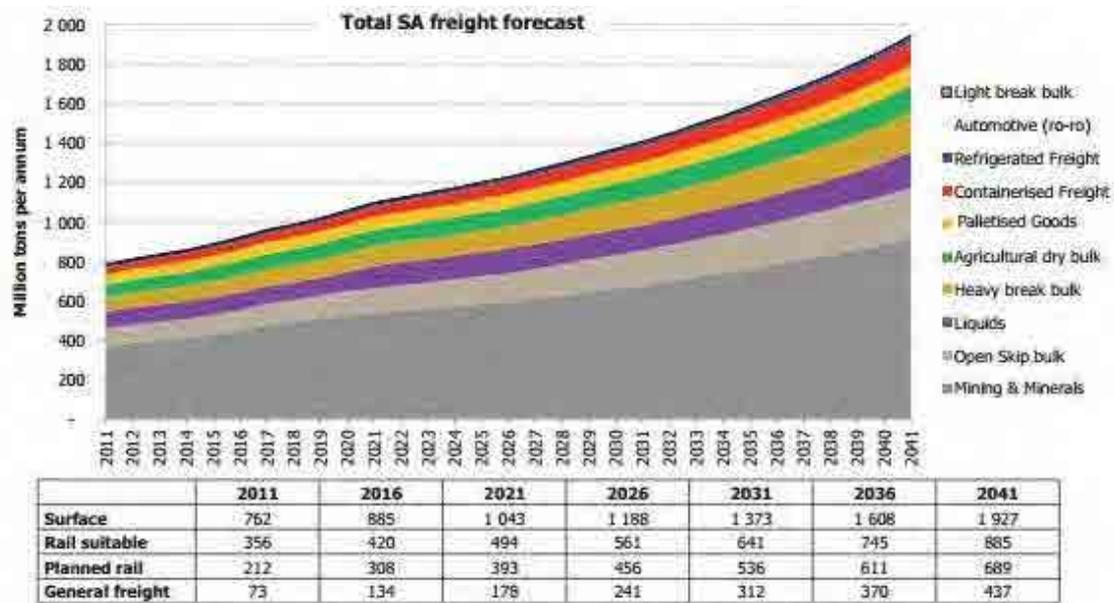
また、GDP 成長率については Conningarth 社と Quantec 社が実施している試算をもとに、約 4%と設定している。人口変化については一般に将来予測の精度が高いと考えているが、世界経済の展望、GDP 成長率については変動が大きく予測が難しいため、複数のシナリオのもとで需要予測を行っている。



出典：TRANSNET “Long Term Planning Framework 2012”, 2012

図 5-13 GDP 成長率予測

FDM による将来の貨物需要予測結果をみると、品目にもよるが、2011 年～2041 年までの輸送量の年平均伸び率は 3.1～3.5% 程度であり、直近の経済見通しを踏まえると極端に高い伸びを予測しているわけではない。ただし、30 年間の長期にわたり 3% 強の伸びを続けることができるのかについては注意が必要である。



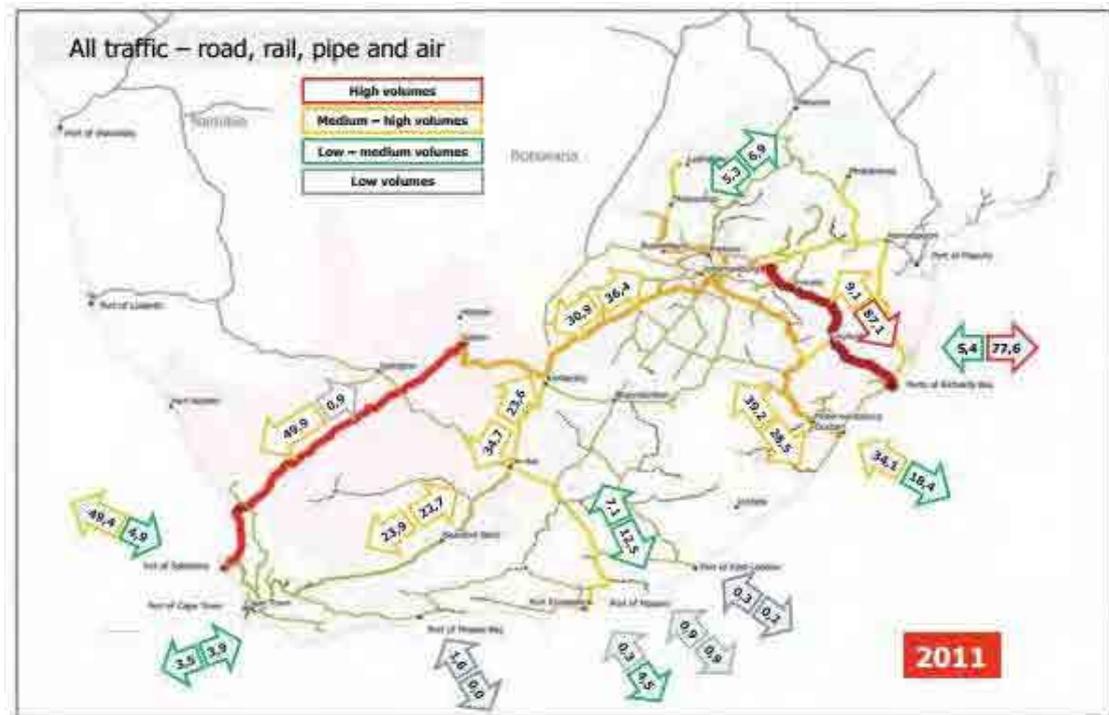
(単位：百万トン)

出典：TRANSNET, “Long Term Planning Framework 2012”, 2012

図 5-14 FDM による TRANSNET の需要予測結果 (再掲)

## (2) トランスポーテーション モデル

トランスポーテーションモデルは、FDMに基づく全体の貨物需要量ルートごとの配分を予測するためのモデルとなっている。



出典：TRANSNET, “Long Term Planning Framework2012”, 2012

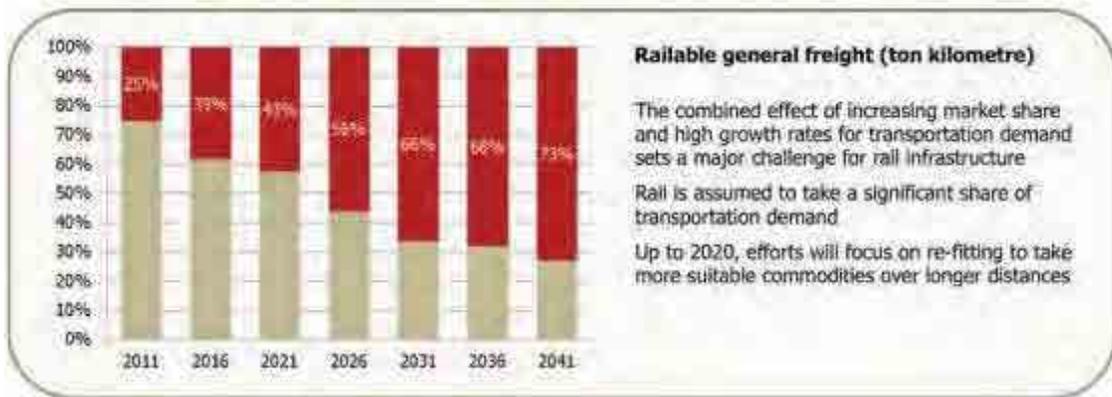
図 5-15 トランスポーテーションモデルによる TRANSNET の需要予測結果

## (3) マーケットシェアモデル

交通機関のシェア（主として鉄道と道路間のシェア）を推計している。推計にあたって考慮しているファクターは、商品ごとの輸送距離、輸送物の大きさ、輸送路の質等である。

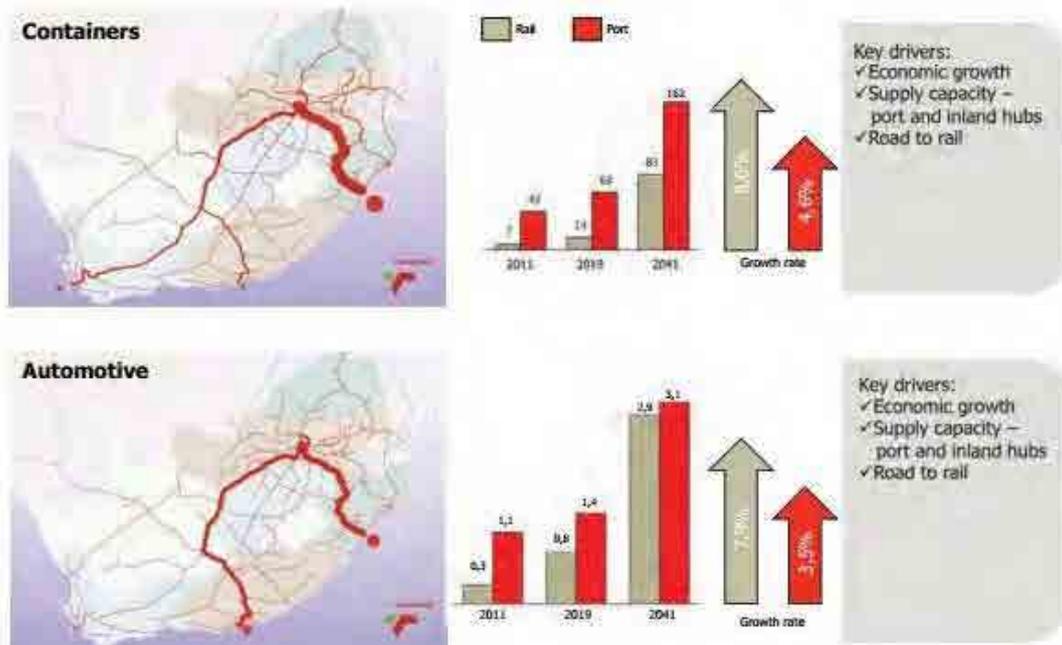
2041 年までに鉄道貨物のシェアが 73%に達する点、また、OD の距離が 300km を超えると鉄道貨物の優位性が高まるとされている点等が「南ア」国で用いられているマーケットシェアモデルの特徴である。

トラックから鉄道への貨物の転換では、港湾等のターミナルにおける積み替え等の時間・コストも大きく影響する。図 5-16 および図 5-17 に示す TRANSNET による予測結果の実現にあたっては、NATMAP に示されているように、鉄道側の投資のみならず、ターミナル側での投資も順調に進むことが必要となる。このように総合的に投資が順調に進むかどうかリスク要因となる。



出典：TRANSNET, “Long Term Planning Framework2012”, 2012

図 5-16 マーケットシェアモデルによる TRANSNET の需要予測結果 (1)



出典：TRANSNET, “Long Term Planning Framework2012”, 2012

図 5-17 マーケットシェアモデルによる TRANSNET の需要予測結果 (2)

### 5.3 資金調達見込み

ここでは、中央政府、州政府、PRASA 及び TRANSNET 等の資金調達見込みからみたりスクを整理した。

#### 5.3.1 公共セクターにおける資金調達の見込み

##### (1) 中央政府

インフラ整備の必要性は強く認識されており、インフラに対する投資に対して否定的な側面はあまりない。中央政府レベルでは、資金調達よりも、事業実施を議論する時間が長期化するのが問題となっているものと考えられる。

## (2) 地方自治体

州政府や市レベルでは、鉄道事業の実施のための資金調達はずしも円滑ではないようである。したがって、PPP方式による資金調達の必要性が高まる可能性がある。ハウトレインの事例をみると、ハウテン州が大規模な資本投入をSPVへ実施している。

## (3) 公営企業

### 1) PRASA

現在は国からの補助金が70%程度であり、残りの30%が運賃収入で賄われている。5.1で述べたように、補助金については、今後配分方法、交付の方法が変更となる可能性がある。また、5.2で述べたように運賃収入についてはサービス改善に伴う利用者増を大きく見込んでおり、その実現可能性には留意が必要である。

今後は不動産開発収入の寄与率を60%へ、残りの40%を運賃収入として、政府からの補助金はなるべくなくすようにしたいと考えている。

一方、2011年に検討された車両購入計画のフィージビリティスタディ（案）の中では、今後の投資計画に必要な資金を金融市場から調達することも検討されているようだが、事業運営方法等を考慮すると、PRASA自身の国の補助金や事業収入を原資とした資金調達が望ましいと考えているようだ。

### 2) TRANSNET

TRANSNETの2012年度の財務状況をみると、収入が459億ZAR、当期純利益が41億ZARであり、総資産利益率は6.8%となっている。また、内部留保を含む株主資本は794億ZARである。このような良好な財務状況のもと、さらに、政府保証付きの起債が可能であるため、有利な資金調達が可能である。現在は、資本市場、債券市場（地方債券、国際債券）を組合せて資金調達をしている。DBSA（Development Bank of Southern Africa）からの調達は行っていない。国からの資金調達は行っていない。これは、TRANSNETは政府保証により、社債を発行して資本市場からDBSAより有利な金利で資金を調達しており、DBSAから資金を借りる必要がないためである。（DBSAの金利は、「南ア」国の平均の12%より0.75%高くなっており、TRANSNETからの要請がないため、DBSAは現在「南ア」国における鉄道プロジェクトの資金を提供していない。また、DBSAの融資期間は15年であることに對して、鉄道プロジェクトは通常20年の期間よりも短い。）

TRANSNET投資計画の3000億ZARの資金調達については、2/3を営業収入からまかない、1/3を資本市場から調達する計画である。営業収入については5.2に述べたように、鉄道と接続するターミナル等での投資が円滑に進み、それによってトラックからの転換が順調に進むことを前提としている点に留意が必要である。

資本市場からの調達にあたってはNTの承認が必要である。具体的には、DPEの大臣およびNTに事業計画を提出する。

## 5.3.2 民間セクターにおける資金調達の見込み

### (1) 特別目的事業体（SPV=Special Purpose Vehicle）（PPPスキーム）

DBSAや市中銀行の投融資欲は非常に旺盛であり、適切な事業であれば、供給側の資金不

足により、事業が実施されない可能性は少ない。ただし、「南ア」国における事業では、ZAR建てのファイナンスが基本となるため、ドル建てやユーロ建ての資金運用を基本とする海外投資家からの資金供給が依然として得られにくい環境にある。現在の「南ア」国の状況においては、鉄道事業のために国外の投資家からの投融資が積極的に必要な状況ではない。しかし、将来的に鉄道事業促進のために、国外の投資家からの投融資が必要となった場合には、国外の投資家からの資金供給不足により、鉄道事業の推進が妨げられる可能性もある。

## (2) 中小企業

「南ア」国では、鉄道関連産業を担う中小企業等への政府による資金調達の補助スキームが一定程度整備されている。主に、DTIが補助スキームを監督している。特に、鉄道関連産業を担う中小企業の利用可能性が高いスキームを以下に示す。これらの補助スキームによるインセンティブは、税金免除等の事業実施後に得られるものが大半となっている。従って、資金力に乏しい企業においては、インセンティブ分の投資を見込んだ事業の実施が難しい状態となっている可能性はある。課題はあると考えられるが、中小企業が資金調達を円滑に実施できる環境は一定程度整備されているものと考えられる。

### 1) 12I Tax Incentive (12I)

- ・グリーンフィールド及びブラウンフィールド事業の補助制度。資本投資及び教育訓練を、税金面でサポートする。
- ・投資については、35%を免税。グリーンフィールド事業については最大5億5000万ZAR、ブラウンフィールド事業については、最大3億5000万ZARを免除する。
- ・教育訓練費用に対する課税については、従業員1人あたり3万6000ZARまたは1企業あたり2000万ZARを、4年間にわたって免除する。

### 2) Manufacturing Investment Programme (MIP)

- ・製造業を振興し、雇用拡大、持続可能な企業成長を狙うもの。
- ・新規事業または拡大にあたって、投資額の15~30%にgrantをつける。対象は、機械、装置、工場、商用車、土地・建物である。
- ・投資額が500万ZAR以下の事業の場合は、30%補助
- ・500万~3000万ZARの事業の場合は、15~30%補助（最大2億ZAR）
- ・3000万ZAR以上の事業の場合は、15%補助（最大2億ZAR）

### 3) Manufacturing Competitiveness Enhancement Programme (MCEP)

- ・生産設備、プロセス等のアップグレード、従業員のスキルアップを狙うもの。
- ・付加価値（value added）に一定割合に相当する額の非課税grantを2年間にわたってつける。
- ・資産2億ZAR以上の企業に対しては、付加価値の7%をgrantする。
- ・資産3000万~2億ZARの企業に対しては、付加価値の10%をgrantする。
- ・資産500万~3000万ZARの企業に対しては、付加価値の12%をgrantする。

- ・100%黒人所有企業または資産 500 万 ZAR 以下の企業に対しては、付加価値の 15%を grant する。
- ・2012 年予算額は 12 億 ZAR だが、消化できない可能性がある。3 年間では 52 億 ZAR の予算が割り当てられている。

### 5.3.3 PPP スキームを活用したインフラ整備に対する考え方

5.1.2 で述べたように、これまで実施された PPP は病院等が中心となっており、鉄道案件が少ない。この理由は PRASA への中央政府及び州政府からの補助金が大きく、その結果として PRASA 自身により事業が実施可能となっているからとも考えられる。また、TRANSNET については自ら資金調達を十分に行う能力があるため、PPP により実施する必要性が極めて小さいためと考えられる。以上より、PRASA や TRANSNET の投資計画に基づき実施される鉄道整備・改良等において、PPP スキームが活用されることはほとんどないものと考えられる。基本的には、州政府や地方自治体の事業が PPP スキームの適用対象になるものと考えられる。

「南ア」国内で唯一 PPP スキームにより実施された鉄道事業であるハウトレインでは、ハウテン州が一定程度の資本を投下するとともに、乗車保証を SPV に付与したが、今後も SPV 等に対する公的支援が継続的に投入されるかどうかは定かではない。また、5.1.2 で述べたように、他の州政府からみてハウトレインは中央政府の大きなサポートがあった特殊例であり、現時点では難易度が高いとの意見もある。一方、ハウトレインでは、他の都市内鉄道と比較すると運賃がやや高くなっているため、他の事業において、ハウトレインよりも運賃水準を上げることはなかなか難しいものと考えられる。

以上を踏まえると、「南ア」国において PPP スキームを活用して鉄道事業が実施されるケースは、州政府や地方自治体、議会等が強く推進し、さらに中央政府の強力なサポートが得られる事業であり、公的支援等が得られるケースが中心となるものと考えられる。

## 5.4 現投資計画の社会・経済・環境への影響に係る簡易レビュー

### 5.4.1 社会・経済への影響

「南ア」国政府は、鉄道セクターの産業化・近代化により、現地生産化等を通じた地域開発及び、直接・間接的な経済効果、雇用創出の増大等の投資効果を期待しているようである。このことは、表 5-3 に示す新成長政策等の概要と、表 5-4 に示す大手建設企業のヒアリング結果からもうかがえる。

また、BEE 企業の活用が政策上、非常に重視されており、表 5-3 に示す BEE 法は、サプライチェーンの上位にある企業ほど、高得点の BEE スコアが求められる。このことは、表 5-4 に示す通り、大手建設企業のヒアリングでも指摘されている。つまり、鉄道セクターの近代化を推進する際には、BEE 政策を考慮しながら、投資計画を検討する必要がある。

「南ア」国は、表 5-4 に示す Free State 州政府農業農村開発局のヒアリングでも話題になっているように、TRANSNET 傘下の School of Engineering や PRASA 傘下の Training Academy 等の人材育成機能を強化し、技術移転を図ることを求めている。つまり、投資計画を検討する際に、人材育成も併せて検討する必要がある。

労働組合は力が強いので、雇用問題が投資計画に影響を及ぼす可能性がある。雇用問題

の解決に向けては、表 5-3 に示す ASGISA などが創設されているところであるが、表 5-4 に示すように、Free State 州政府農業農村開発局のヒアリングでは、鉄道開発の雇用創出効果に対する期待の声が聞かれた。

また、交通モード事業者間のコンセンサスが取れないリスクがある。このことは、表 5-4 に示す大手建設企業のヒアリングでも指摘されている。

表 5-3 関連法規の主な内容および鉄道事業との関連

法律名	主なポイント	鉄道事業との関連
黒人権利拡大政策法 (BEE 法 : Broad-Based Black Economic Empowerment Act, No.2003/ BEE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「南ア」国でビジネスを行うすべての企業に対し、黒人の経済活動への参加を促進することが求められる。</li> <li>・政府調達の際に BEE 達成度が考慮され、鉱業や銀行業では免許交付条件として BEE 資本参加比率の引き上げが条件となっている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業への黒人参加の程度に応じ、資本率 (目標 25%)、調達率 (同 70%) 等を項目として合計 100 点満点でスコア化。スコアは入札等においても評価対象となる。</li> </ul>
中期戦略枠組み (MTSF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2009 年総選挙における国民議会 (parliament) の公約を具体化したもので、2009～2014 年の 6 年間の国家戦略の枠組みを示したものであり、優先開発課題を掲げている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・成長加速化及び雇用と持続可能な生計を創出する経済への転換を優先開発課題の一部として提示。</li> </ul>
新成長政策 (NGP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「南ア」国の 2020 年までの長期的な国家経済政策を掲げている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2020 年までに 500 万人の雇用を創出し、失業率を 15% に減少させることを最大の政策目標に掲げる。</li> </ul>
国家開発計画 2030 (NDP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2030 年までの雇用等の目標を掲げている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2030 年までに 1100 万人の雇用を創出し、失業率を 6% に減少させることを最大の政策目標に掲げる。</li> </ul>
「南ア」国経済成長加速化衡平化戦略 (ASGISA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ASGISA は、「南ア」国関係省庁や州知事会が議論を重ねた産業政策の基本となる戦略である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「南ア」国の成長を阻む制約として、スキルを有する労働者の払底、低スキル労働賃金コストの地域格差課題等を指摘している。</li> </ul>

出典：調査団作成

表 5-4 訪問先の主な意見と情報

訪問先	主な意見と情報
Free State 州政府農業農村開発局 (DARD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄道網を活性化できれば、雇用創出の増大を経済への波及効果につながることを期待できる。</li> <li>・鉄道支線を復活できれば、農村部における雇用創出効果が高い。特に、「南ア」国の鉄道分野の近代化にあたって、鉄道支線の活性化は非常に重要である。</li> </ul>
Free State 州政府農業農村開発局 (DARD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貨物列車のほか、高速な旅客鉄道のニーズもある。Bloemfontein～Botshabelo 間のバス路線は、過去 25 年間受けていた政府からの補助金更新が打ち切られた。背景に州政府が旅客鉄道への補助金を確保したい狙いがある。鉄道輸送の促進によって引き起こされる、他の輸送手段や社会経済全体に及ぼす影響にも配慮すべきである。</li> </ul>
クワズールナタール州政府農業・環境・農村開発局 (DAEARD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「南ア」国政府は、雇用創出と BEE 活用を社会開発の原動力として考えている。</li> </ul>
大手建設企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調達の際に、BEE サプライヤーにスコアカードの提示が求められるため、バリューチェーンの中、比較的に高い位置にあるので、必然的に高いスコアが必要となるが、高い BEE スコアを取得するのに、苦勞している。</li> <li>・政府から公共工事を受注するためには、非熟練労働者を一定程度雇用することなどが義務付けられる。そのため、工程をスムーズに進捗させることができないこともある。</li> <li>・「南ア」国では労働組合の力が強い。特に半官半民の組織の労働組合は強力である。外国企業にとって労働契約の交渉は容易ではない。</li> </ul>

出典：調査団作成

#### 5.4.2 環境への影響

鉄道の場合、複数の州をまたぐ鉄道事業は、当事者となる州政府は協議に参加するが、表 5-6 の中央政府環境観光省ヒアリング結果に示すように、最終的に国家機関 (DOT 等) が決める。そのため、投資計画を検討する際には、DOT 等の国家機関の動きに配慮すべきである。

TRANSNET と PRASA の計画は既存施設の改良・改善に重点を置いており既存線を対象にすることが多いため、土地収用にかかるリスクが高くない。なお、土地収用法の概要については、表 5-5 に示した。また、一般的に鉄道事業は住民にポジティブに受け入れられると予想されるので、住民による訴訟のリスクは高くないことは、表 5-6 に示す中央政府環境観光省のヒアリング結果からも伺える。

ただし、現在計画されている一部の新線建設のプロジェクトに関しては、環境影響評価 (EIA) 等の実施が求められる。さらに、EIA は多くの段階を順番に経る必要があるため、実施期間が長くなり、投資計画が遅延することも考えられる。このことは、表 5-6 に示す通り、大手建設企業のヒアリングでも指摘されている。

表 5-5 関連法規の主な内容および鉄道事業との関連

法律名	主な内容	鉄道事業との関連
国家環境管理法 (National Environmental Management Act, No. 107 of 1998/NEMA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NEMA は 1989 年に公布された環境保護法 (ECA) のうちの 17 項目に取って代わる形で制定されたが、廃棄物の管理、騒音と保護区等分野に触れていない。</li> <li>・ECA は NEMA などの法律の成立に伴い一部の項目が撤廃・改正されたが、その他の内容を持ってそのまま存続している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「土地または建物の所有者、管理者、使用权を持つ者は環境に配慮する責務をもち、そのような配慮の具体化にあたり必要となる施策を導入する責務をもつ。」</li> <li>・「環境管理協力協議」制度の設置への言及。同法第 35 項では、将来的に、「環境管理協力協議」(Environmental Management Co-operation Agreement/EMCA) のメカニズムを形成し、鉄道プロジェクトに関しては、関連地域の地方当局、鉄道沿線のすべての潜在的なステイクホルダー及び地域共同体が鉄道施設の設計・建設・運営・維持について協議したうえ、取り決めを結ぶという制度の設置に言及している。</li> </ul>
環境保護法 (ECA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ECA は 1989 年に公布されたあと、上述した NEMA などさまざまな法律・条例によって改正されたが、現在でも重要な環境関連法として存続している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同法は環境影響評価 (EIA) 等を規定している。</li> <li>・環境観光省 (DEAT) に EIA 適用対象活動をリストアップする権限を与えている。同省は EIA の実施方法のガイドラインを規定している。</li> </ul>
国家水法 (NWA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水管理における政府の権限や生活用水と水界生態系保護の優先確保、プロジェクト実施に係る水使用ライセンスの申請等を規定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄道工事を実施する際に、水使用ライセンスの申請を規定している。特に、乾燥地である「南ア」国西部における工事中の水使用が懸念されるため、同法ではプロジェクト実施に係る水使用ライセンスの申請が着目点である。</li> </ul>
国家遺産資源法 (NHRA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同法は「南ア」国全国の遺産資源管理の原則を定めている。遺産資源の範囲は国家指定及び州政府指定の遺産サイト (考古学・古生物学的なサイト、墓地及び公共記念建造物、記念碑など) である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今回の TRANSNET と PRASA の計画は既存線を対象とすることが多いため、同法の適用のリスクが少ない。</li> </ul>
土地収用法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地収用法は、公共事業省 (DPW=Department of Public Work) に、賠償金の支払いを前提に公共の目的により財産の収用または臨時的な借用を行う権力を付与する。</li> <li>・賠償金は市場価格に基づいて計算するものとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今回の TRANSNET と PRASA の計画では、新線建設計画が少ないため、土地収用にかかるリスクが高くない。</li> </ul>

出典：調査団作成

表 5-6 訪問先の主な意見と情報

訪問先	主な意見と情報
中央政府環境観光省 (DEAT) EIA 評価担当部署	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄道プロジェクトは国家機関のプロジェクトであるため、環境省 (DEA) が環境の面で所管する。TRANSNET と PRASA の計画が具体化されていないので、環境影響評価 (EIA) の観点から何が必要なのかはまだ言えない。ただし、車両買い替えだけならば、EIA の必要があまりない。一方、軌道の改良や橋梁の改築、駅の新設は、EIA が必要になる可能性がある。</li> <li>・州境を越えるプロジェクトと PRASA や TRANSNET 等の国有企業のプロジェクトは DEA の管轄下にある。</li> <li>・新規建設実施の場合は、住民による訴訟が大きナリスクと考えられ、訴訟抗告による計画遅延もありえる。ただし、TRANSNET と PRASA の計画は既存施設の改良・改善に重点を置いており、住民にポジティブに受けられると予想されるので、このリスクは高くない。</li> </ul>
クワズールナタール州政府農業環境農村開発局 (DAEARD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄道プロジェクトは中央政府環境省の管轄下にあり、州政府は協議に参加するが、最終決定権は中央政府にある。</li> <li>・「環境管理協力協議」 (EMCA=Environmental Management Cooperation Agreement) は提案されたメカニズムであるが、実際に適用されたことはない。</li> </ul>
大手建設企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通常、工事の発注者が第三者のコンサルタントを雇い、社会影響評価 (SIA=Social Impact Analysis) と環境影響評価 (EIA=Environmental Impact Analysis) を実施し、環境管理計画 (Environment Management Plan) を作成する。当社は、この環境管理計画に基づいて施工を実施する。このプロセスは、4~5 年間かかる場合もあるため、工事の発注者がプロジェクトの計画段階から EIA の申請を行う。</li> <li>・既存線の改良工事は、周辺環境への影響が少ないため、多くの場合、EIA 実施の必要がない。</li> <li>・「南ア」国の西部のような乾燥地域においては、工事中の水利用は環境問題として特に懸念される。</li> </ul>

出典：調査団作成

## 5.5 運輸省、公共企業省および州政府の意思決定メカニズム

本節においては、運輸省、公共企業省及び州政府の意思決定メカニズムを整理し、そのメカニズムからみた鉄道事業実施にあたっての遅延リスクを整理した。

### 5.5.1 主要機関における、鉄道事業計画に係る部局・担当者の役割、裁量等

#### (1) 中央政府

鉄道事業の実施にあたっては、中央政府内において、運輸省 (DOT)、公共企業省 (DPE)、財務省 (NT) が関与する。図 5-18 に示すように、それぞれが以降 1)~3) に示す役割を果たすことにより、国有企業である PRASA 及び TRANSNET による事業の交通政策との整合性、財務面の健全性等の監視がなされる。

#### 1) 運輸省 (DOT=Department of Transport)

DOT は、交通に関する政策省庁として、政策立案が行うとともに、その政策が実現されるよう、国有企業 (SOE=State Owned Enterprise) である PRASA 及び TRANSNET) の事業

がその政策の目標達成に沿ったものであるかどうかを確認を行なう。

また、PFMA 法に基づき、定期的に国営企業は財務状況を所管省庁及び NT に報告する義務がある。これにより、DOT は PRASA の財務状況等を監視している。

さらに、運輸大臣は、PRASA の最高執行部である。最高執行部は、株主として、投資に対して適当なリターンが見込めるか、財務的実行能力が守られるかどうかを監視するとともに、PRASA のコーポレートプランの承認を行う。ただし、PPP 事業については NT が同様のチェックを行っている。

PRASA への予算配分は NT において意思決定され、DOT を通じて配分されるため、予算配分の権限は DOT にはない。

## 2) 公共企業省 (DPE=Department of Public Enterprises)

DPEは、所管する国有企業 (SOE) に対し、株主としての管理を行うことが役割である。DPEは、TRANSNETを含む9つのSOEを株主として所掌しており、Boardにも取締役役に送っている。TRANSNETはDPEが唯一の株主である。

また、1)に述べたように、PFMA 法に基づき、定期的に国営企業は財務状況を所管省庁及び NT に報告する義務がある。これにより、DPE は TRANSNET の財務状況等を監視している。

さらに、公共企業大臣は、TRANSNET の最高執行部である。1)で述べたように、最高執行部は、株主として、投資に対して適当なリターンが見込めるか、財務的実行能力が守られるかどうかを監視するとともに、TRANSNET のコーポレートプランの承認を行う。

## 3) 財務省 (NT=National Treasury)

NT は、「南ア」国憲法により、政府の資金調達や予算準備、法令との準拠性の確保等の役割が与えられており、DOT を通じた PRASA への補助金の配分等を含む予算関連の裁量を持っている。そのため、事業の実施に対して資金面の是非を判断することになる。第 2 章で述べたように、PPP 事業の場合は、NT が事業のフィージビリティを確認することとなる。PPP 事業の財務分析を NT が見る際には、剰余金、元利金返済カバー率、契約の履行保証、保険費用を見ている。

また、財務省は、国家歳入基金及びソブリン信用格付を守ることが役割である。そのため、財務省は、PFMAに基づき、次の役割を持つ。すなわち、国有企業の収入・支出、資産・負債の透明性の徹底と効果的管理、国有企業が設立しようとする新たな事業体の承認及び評価、コーポレートプランの受領、年次財務報告のドラフト及び最終版の受領、国有企業の借入計画の監視等である。

## (2) 地方政府 (Provincial and Local Government)

鉄道の投資計画の策定、実施の役割を担っているのは国有企業 (PRASA 及び TRANSNET) であり、州政府の役割は、監視である。具体的には、州の陸上交通戦略 (PLTF =Provincial Land Transport Framework) の実現に対して国有企業のプロジェクトが貢献しうるか、また、補助金を拠出している PRASA に対して、州からの補助金が適正に使われているかについて監視を行う。この監視にあたっては、中央政府内と同様に、交通局及び財務局がその役割を果

たす。また、中央政府の各省の大臣に相当する **Minister Executive Committee (MEC)** が意思決定にあたり重要な役割を果たす。

なお、国有企業は (1) において述べたように、中央政府である所管官庁 (**DOT**、**DPE**) 及び財務当局である **NT** からコーポレートプランの承認を受ける。そのコーポレートプランの策定段階において、州及び市が策定する計画及びそれを実現するための事業予算と摺り合わせがなされるよう、意見交換がなされる。

また、新規路線の建設にあたり土地収用等が必要な場合、土地管理を所管する地方政府が関係する。

### (3) 議会 (Parliament)

「南ア」国の憲法は、国会及び地方議会に対して、国有企業及びその最高執行部である所管大臣 (州の場合は、**MEC**)、大臣により構成される内閣を統治・監視する役割を与えている。

議会は、議員をメンバーとする2つの委員会組織を持ち、国有企業の年次財務報告に基づき国有企業の業績を評価することでその役割を果たす。1つが、公会計常任委員会 (**SCOPA=Standing Committee on Public Accounts**) であり、年次財務報告及び会計検査院長官による検査報告書を審査する。もう1つが、大臣委員会 (**Portfolio Committee**) であり、国有企業による行政サービスの提供の適切性、すなわち、国有企業の年次報告の財務面以外のサービス提供や経済成長への貢献の面について審査する。各省は予算案等をこれら委員会で説明し、審議されることとなる。

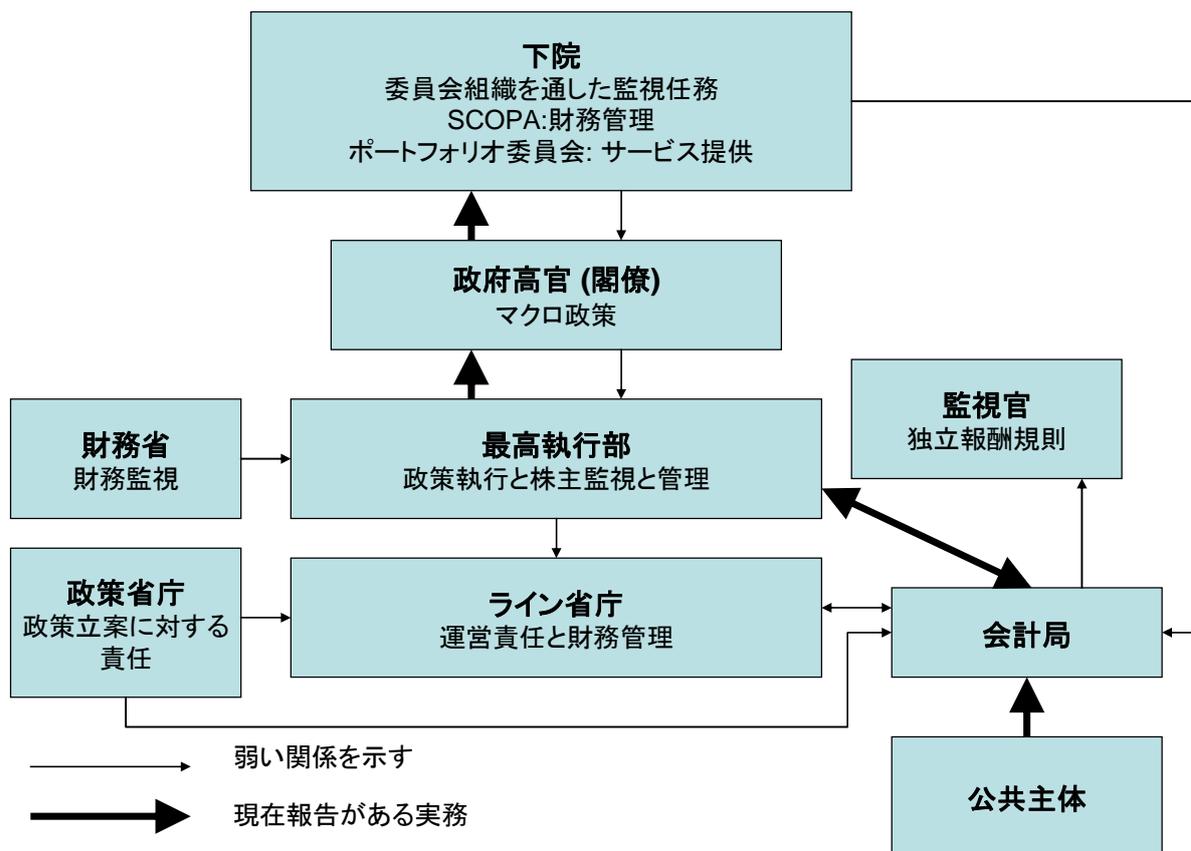
例えば、**Portfolio Committee on Transport**において、老朽化した車両を取り替えないことのリスクが取り上げられたことが、**PRASA**の車両更新計画の承認にあたり大きく影響したと言われている。

一般的に、議会での決定に際しては、政治家と行政とでコンセンサスが図られることが必要である。

### (4) 国有企業 (SOE= State Owned Enterprises)

国有企業は、国会や所管大臣、財務当局である**NT**の統治・監視のもと、法律やコーポレートプランに明記された役割を果たすべく、事業を実施する主体である。例えば、**PRASA**の役割は、**Legal Succession to the South African Transport Services Act, 1989**において規定されており、コーポレートプランにおいても記載されている。

国有企業の内部統治組織として、取締役会 (**Board of Directors of SOE's**)、会計局がある。取締役会は、**PFMA**の規定のもと、国有企業の業績に対して絶対的な責任と説明責任をもつ。会計局は、財務面での管理責任、説明責任をもつ。



※ 交通政策については、DOTが政策省庁とライン省庁の両方の役割を担う。例えば、エネルギー政策の場合、エネルギー省（Department of Energy）が政策省庁であるが、ライン省庁はEskomを所管するDPEである。

※ 会計局は、SOEの内部組織。

出典：NT, “Governance Oversight Role over State Owned Entities (SOE’s)”に調査団が加筆

図 5-18 各主体の役割と関係

## 5.5.2 鉄道事業の実施に至る意思決定メカニズム

### (1) 事業実施の意思決定メカニズム

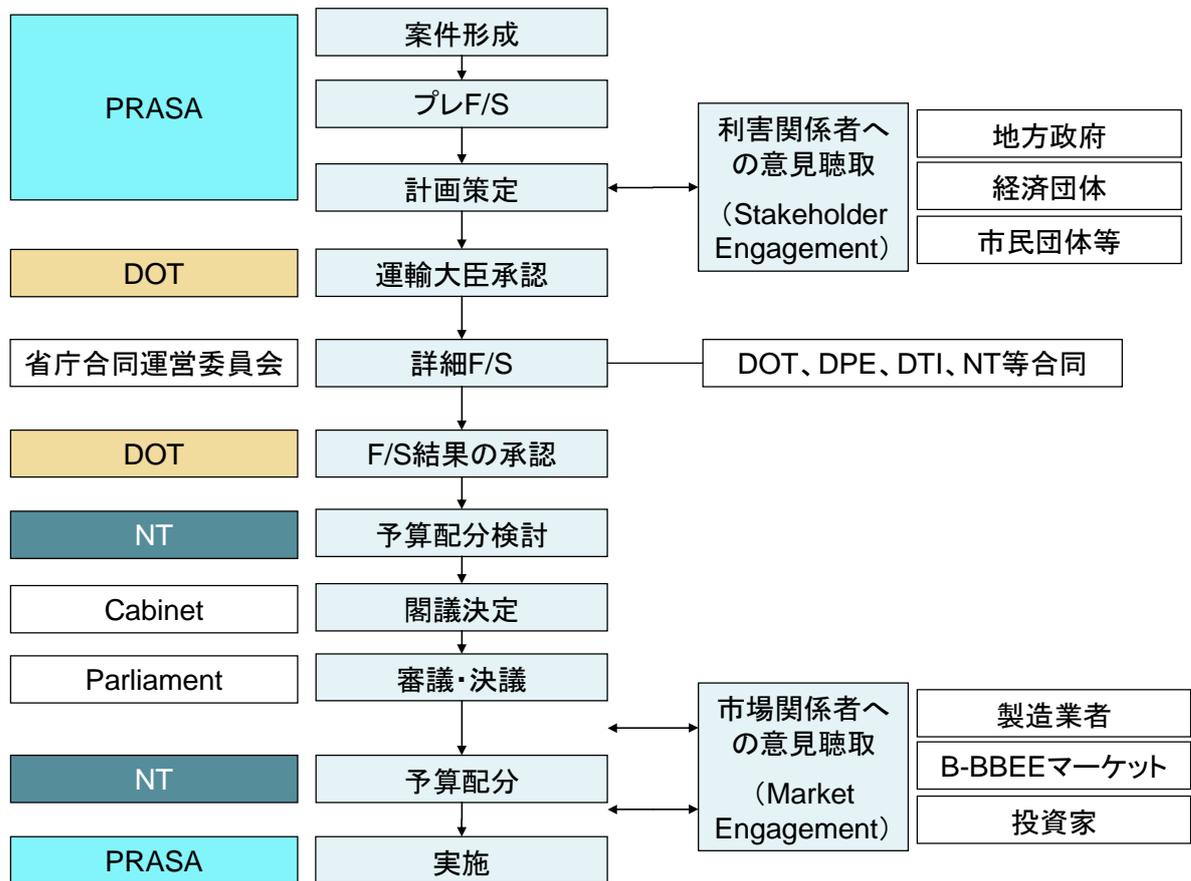
SOE（PRASA、TRANSNET）による鉄道事業の意思決定の流れを図示すると図 5-19 に示す通り、前節 5.5.1 に示した PFMA で規定された統治・監視の仕組みが大きく影響している。

すなわち、SOE による 3 ヶ年のコーポレートプランの提出、支出実績等、目標達成状況等の年次報告、月次報告等である。このような規定のもと、所管省庁の DOT、DPE、財務当局の NT がそれぞれ SOE を統治している。例えば、資金調達においては、SOE は、所管省庁の大臣および NT にコーポレートプランを提出する。申請された計画を省が承認のうえ、議会に提出する。議会で承認されると、補助金が該当省を經由して国有企業また、国有企業の市場からの資金調達が認められる。

また、PRASA はステイクホルダーからの意見聴取を意思決定及び実施プロセスに組み込

んでいる。州、市、経済団体、市民団体、企業等が対象に計画のドラフトを説明し、各主体からの意見を聴取するものである。TRANSNETも同様の取り組みを始めたところである。

さらに、PRASA、TRANSNETによる詳細F/Sも、意思決定プロセスに組み込まれている。実施にあたり、NT、DOT、DPE、DTI等の関連省庁による合同運営委員会が設立され、その実施を監督し、内容承認も行う。



出典：調査団作成

図 5-19 PRASA による事業の意思決定の流れ

このような関係者の意見聴取を行いながらの意思決定のプロセスは、一定の時間と手間を要するが、今後、鉄道利用が促進されうる国土構造、都市構造を形成していったり、地元調達率を高めて経済波及効果を増大させていったりする上では必要な手続きを行っているものと考えられる。関係者間の意見聴取自体よりもむしろ、意見聴取を行わないことで計画自体の不備や市場に受け入れられない状況となることがリスクとなりうる。また、各機関内部におけるマネジメントや技術面を支える人材の不足はこの手続きを遅らせるリスクとなりうる。

参考として、PRASAの車両調達プログラムの決定プロセス(1)の図5-19に示したプロセスについて、2011年度に決定したPRASAによる車両調達プログラムの具体的な決定プロセスを整理すると、表5-7に示すとおりである。

表 5-7 PRASA による車両調達プログラムの決定プロセス

プロセス	時期
PRASA による計画策定、運輸大臣への提出	
車両更新プログラムの運輸大臣の承認	
プログラムの実施を監督する DOT、NT、DTI、DPE、the Railway Safety Regulator による省庁横断運営委員会の設立 (Intergovernmental Steering Committee)	
詳細 FS のための調査費の NT からの配分	2010 年 2 月
プロジェクトのトランザクションアドバイザー (Transaction Advisor) の任命	
車両更新プログラムの詳細 FS の開始 (Intergovernmental Steering Committee によって実施)	
財務大臣の Budget Speech において車両更新プログラムを承認。	2011 年 2 月
Market Engagement <sup>3</sup> (市場説明会)	2011 年 4 月
詳細 FS の完了。Intergovernmental Steering Committee 及び PRASA グループの執行委員会 (EXCO)、取締役会 (Board) の承認	2011 年 6 月初
株主である DOT への調査結果の提出	2011 年 6 月中旬
NT への調査結果の提出	2011 年 6 月末
Cabinet への覚書 (the Cabmemo) の提出	2011 年 7 月
交通大臣委員会 (Portfolio Committee on Transport) における審議	2011 年 9 月～11 月
閣議決定	2011 年 11 月
B-BBEE Market Engagement	2011 年 11 月 22 日
資金拠出の完了 (Funding arrangements finalised)	2012 年 2 月
現地調達にかかる Market Engagement	2012 年 2～3 月
RFP の公表	2012 年 4 月
開札、業者選定	2012 年 9 月末
業者の承認	2012 年 11 月
Cabinet への報告	2013 年 2 月
業者への資金面の締結	2013 年 6 月

出典：調査団作成

なお、通常、上記のようにプログラムとして NT から DOT を通じて配分された予算に基づき、PRASA の内部で個別事業に予算を配分して事業を実施している。ただし、PPP プロジェクトや高度な政治的な配慮が必要な事業（大規模なもの等）については、DOT や NT からの個別事業について承認をとることもある。

<sup>3</sup> マーケット・エンゲージメントとは、市場への説明会。現在の「南ア」国の産業政策の要件となっている。製造業や金融の観点から両方の市場へプロジェクトをアピールし、事前の情報提供や意見聴取を通じて、車両業界で必要な投資のための最低限の需要の要件の確保や、ローカルの要件に合う仕様に必要な車両の数量を供給する製造能力の確保、車両更新プログラムに長期資金を提供する金融業者の能力の確保を図る。

## (2) コーポレートプラン（Corporate Plan）の決定メカニズム

国有企業（SOE）を含む公的主体は、3年間にわたる中期計画であるコーポレートプランを作成し、議会承認を受けることが PFMA により規定されている。コーポレートプランの内容は、PRASA、TRANSNET などの国有企業の中期的な目標、戦略、成果達成度の指標、運営計画、投資計画、資金調達計画、調達計画、リスク管理計画、財務計画（収入・支出、借入の見通し、資産・負債管理、キャッシュフロー予測、資本支出プログラム、配当政策等）である。このコーポレートプランに含まれることが、国有企業の実施する鉄道事業についての大きな意思決定となる。

この意思決定プロセスは次のとおりである。すなわち、まず PRASA がコーポレートプランを作成し、取締役会（Board）の承認を得る。それを所管官庁である DOT に申請する。DOT での承認が得られると、Cabinet（Portfolio Committee on Transport）に送られ審議のうえ、議会承認をえる。

### 5.5.3 意思決定メカニズムからみた鉄道事業実施にあたっての遅延リスク

5.5.1、5.5.2 で整理したように、鉄道事業実施にあたっては多くの主体が関与している。これらは、各主体が自らの役割、例えば、NT であれば財務面での監視、DOT であれば交通政策の実現等を果たすべく必要な検討を行っているものである。また、州政府、経済団体などを対象とした Stakeholder Engagement や、製造業者などを対象とした Market Engagement についても、鉄道がより利用されるように地元地域における交通政策と摺り合わせを図ったり、現地調達率を十分高めるために必要な手続きを行っているものと言える。

むしろ、このような主体間の関係よりも、各主体内部での検討において技術者不足等が原因で遅れが発生するなどのほうが、対応すべきリスクとなる可能性もある。

## 5.6 波及効果

中央政府及び州政府は事業実施による経済波及効果（雇用促進効果の面を含む）を期待している。そのため、本節においては、鉄道セクターへの投資計画の経済波及効果を把握・分析し、その効果の大きさから、投資計画の実施に対して中央政府及び州政府の支援が十分になされうるかを検討した。

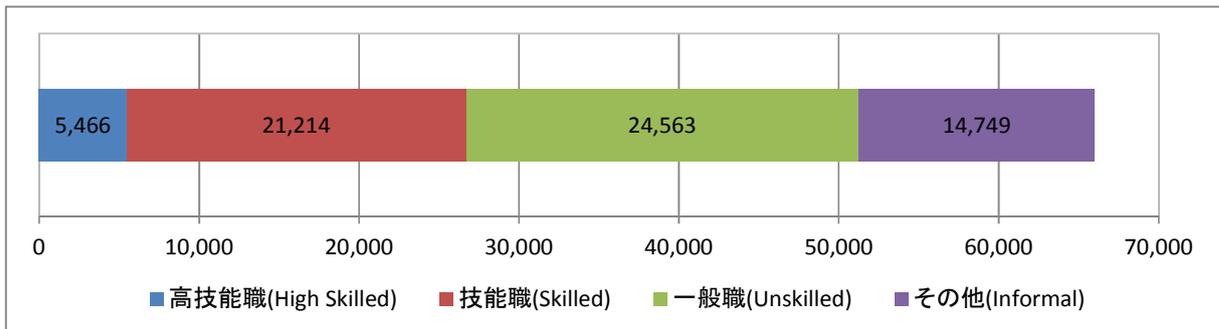
「南ア」国内には車両、軌道、信号、電力、土木などの裾野産業が形成されている。鉄道セクターにおける投資は、鉄道車両の部品メーカー、建設会社等など様々な産業に対して直接的な生産額の増加（直接効果）をもたらすのみでなく、これら産業と取引のある他の産業に対しても派生的な需要を生み出し、更なる生産の誘発、拡大をもたらす（一次波及効果）。

### 5.6.1 PRASA による経済波及効果の試算

PRASA では、新規車両導入に係る投資計画による経済波及効果を算出している。アウトプットの特徴から、算出にあたって用いられている方法は、産業連関分析であると考えられる。経済波及効果として算出している項目は、(1) 雇用創出効果、(2) 「南ア」国政府の税収効果、(3) 事業便益の3点である。

### (1) 雇用創出効果

PRASA による投資から、合計 6 万 5992 人の雇用創出効果があるとされている。

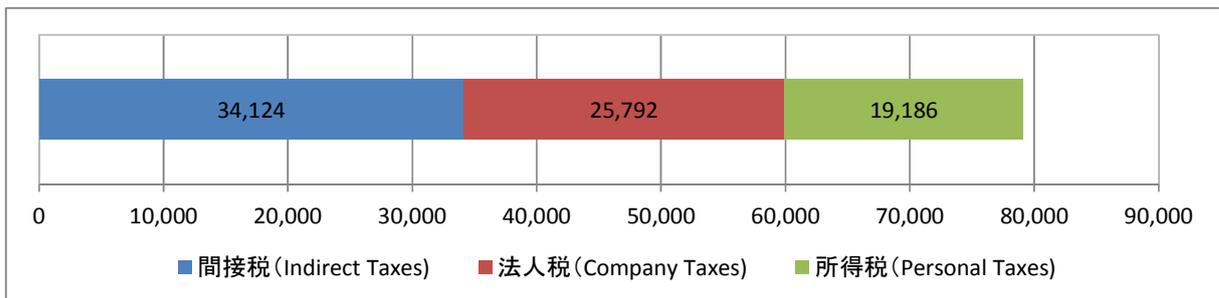


出典：PRASA Feasibility Study, July 2012

図 5-20 PRASA の投資計画に基づく雇用創出効果（単位：人）

### (2) 税収の増分効果

PRASA の新規投資計画のための事業費は総額で約 1020 億 ZAR とされているが、そのうち、約 791 億 ZAR は税収となって政府の歳入となるものと考察されている。すなわち、PRASA の分析によれば、事業費の約 70%以上は税収となり、資金が国内で循環するものと考えられている。

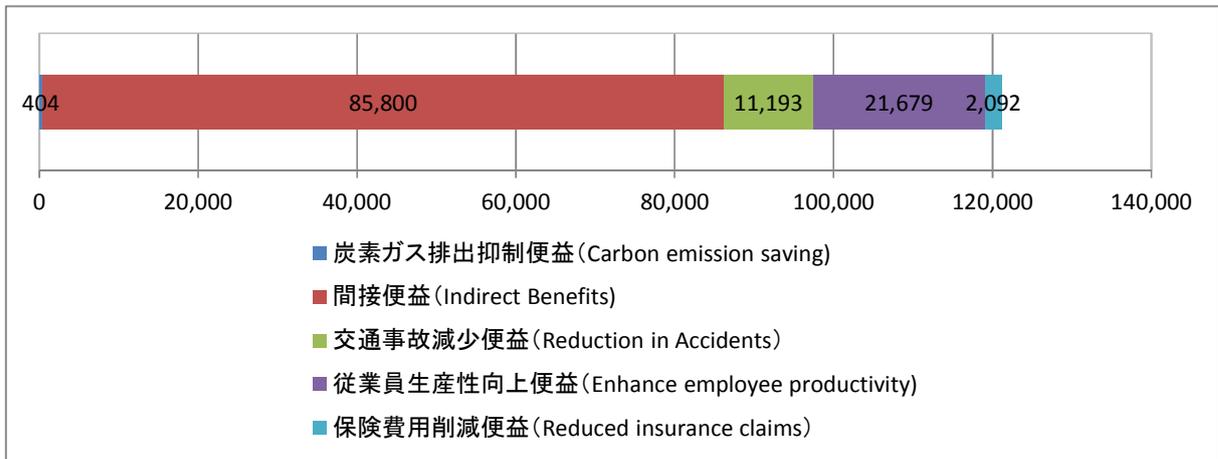


出典：PRASA Feasibility Study, July 2012

図 5-21 PRASA の投資計画に基づく税収増大効果（単位：百万 ZAR）

### (3) 事業便益

PRASA による事業投資に基づき、各種便益が創出されるものと試算されている。もっとも大きな効果は「間接便益 (Indirect Benefits)」とされている。



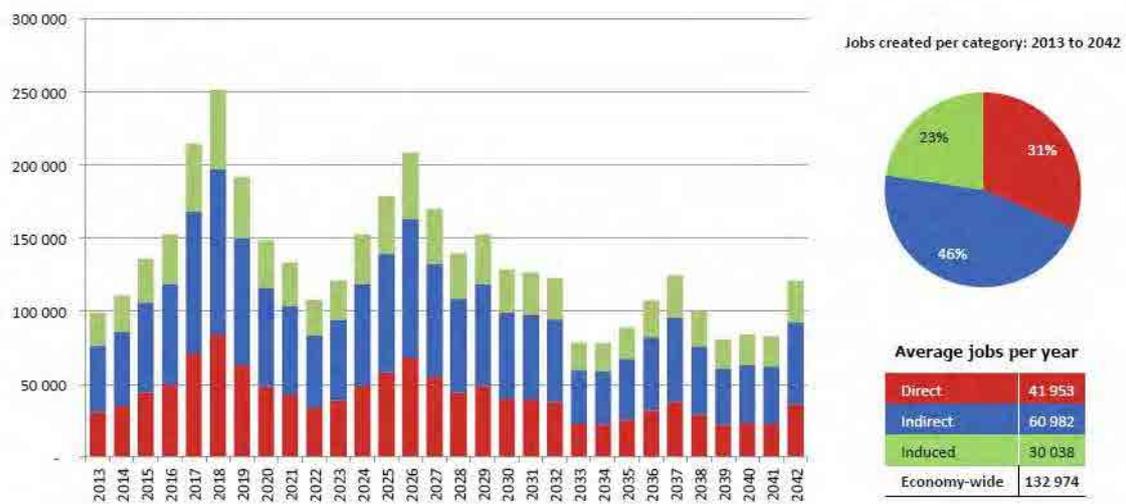
出典：PRASA Feasibility Study, July 2012

図 5-22 PRASA の投資計画に基づく事業便益 (単位：百万 ZAR)

#### 5.6.2 TRANSNET による経済波及効果の試算レビュー

TRANSNET では、経済波及効果を経済、社会、環境の 3 段階に分割して検討している。経済全般に対する波及効果を定量的に評価していることはないが、定性的には、産業育成や人材開発に基づく効果があるものとしている。また、環境について、TRANSNET は「南ア」国における温室効果ガスの約 1% を排出しているため、TRANSNET のエネルギー効率改善は、温室効果ガスの排出量削減に対する寄与も相応にあるものと考えられている。

また、TRANSNET では、自社の投資計画による雇用創出効果を独自に試算している。その際に検討している雇用の範囲は、(1) 直接的雇用 (TRANSNET による新規雇用と TRANSNET からの事業の受注者の新規雇用)、(2) 間接的雇用 (TRANSNET やその受注者へ製品を支給している企業における雇用)、(3) その他雇用 (TRANSNET の社員の消費等によりもたらされる雇用) の 3 つである。TRANSNET によれば、TRANSNET の投資計画により、現在の 10 万人規模の雇用状況をベースとして、新たな雇用が創出され、今後 30 年間で平均して 13 万 2974 人の雇用が維持されると推計している。



出典：TRANSNET “Long Term Planning Framework2012”, 2012

図 5-23 TRANSNET の投資計画に基づく雇用創出計画

## 5.7 鉄道セクターの投資計画に係るリスクファクター

本章においては、鉄道セクターへの投資計画及び事業における様々なリスクファクターを把握・分析し、リスクを軽減もしくはヘッジする方策を検討した。

リスクファクターとその内容、対応策は表 5-1 の通りである。

表 5-1 リスクファクターとその内容、対応策

リスクファクター	リスクの内容	リスク対応策等
国および地方政府の財政状況	補助金の縮小、保証の縮小	欧州債務危機の拡大による税収減、需要減は大きなリスク。
将来需要	自己収入の縮小	
資金調達見込み	資金調達ができない	TRANSNET の現在の財務状況からすれば問題はない。需要減の影響によって極端に財務状況が悪化する場合には問題となる。
用地取得や環境規制等	用地取得や環境規制等に時間を要する	新線整備でないため問題とならない。
意思決定・マネジメント等	意思決定・合意形成に時間を要する。	意思決定プロセスについては、より効果的な事業実施、中長期的により大きな効果を発現させるうえで必要な手続きを行っているものと考えられる。 なお、意思決定プロセスに含まれる市場参加者への意見聴取にあたり、一定部分を国外から輸入していく必要がある場面においては、外国企業もその対象となることに留意が必要と考えられる。
	計画の不備、マネジメントの不備	Stakeholder Engagement 等の取り組みを進める共に、NATMAP で提案している交通モード横断的な組織を立ち上げる等により対応できるものと考えられる。
	技術者不足	本調査で提案しているように人材教育を進めていくことが必要。
経済効果	経済効果が小さければ事業実施の必要性が社会的に認められない	雇用創出効果など大きな効果が認められているものと考えられる。 また、雇用創出効果の発現にあたっては、目標とする地元調達率が達成できるかどうかの影響するが、地元調達率の向上のため、Market Engagement 等の取り組みを行っており、雇用創出効果の実現可能性も高いものと考えられる。

出典：調査団作成

## 第6章

### 民間セクター、他国の動向



## 第6章 民間セクター、他国の動向

### 6.1 本邦企業の動向

#### 6.1.1 本邦企業の「南ア」国における鉄道分野進出の経緯

##### (1) 1970~1980 年代

1980年初頭、日立および東芝は日商岩井と共に SAR (South African Railway) から受注し、「南ア」国市場に参入した。

さらに、三井物産がコントラクターとして、東芝は電機部門のサブコントラクターとして SATS (South African Transport Services) からの受注に成功した。当時電気品を日本から輸入して、車両の組み立て製造は UCW で行っていた。その後も、三井物産と東芝は同じ協力体制で TRANSNET から受注した。当時の UCW は「南ア」国における機関車、電車の製造を一手に引き受けており、組織、技術者ともに優秀であった。当時製造していた 10E 形及び 10E2 形電気機関車は故障が少なく、現在でも現役で利用されている。

一方、日立は当時日商岩井 (現・双日) と連携しており、SATS (現 PRASA) から 96 両の電車の受注に成功した。車両の製造は DCD-Dorbyl で行っていた。

当時の主な海外競合他社は GE 及び Siemens であった。

##### (2) 1990~2000 年代

東芝は 1967 年にヨハネスブルグに事務所を設立していたが、アパルトヘイト末期の 1989 年には政情不安定、市民生活の混乱のため事務所を閉鎖した。その後 1994 年にマンデラ新政権下での人種融和策開始後の 1997 年に事務所を再開した。再開理由は、鉄道分野以外にも電力分野で Eskom からの需要が見込まれたためである。

1990 年代はアパルトヘイト廃止に伴う政権交代、生活・環境部門への支出増大の影響を受け、鉄道部門への予算配分は減少し、機関車、電車ともに新たな調達は行われなかった。TRANSNET は機関車の老朽化に伴い 2002 年に約 20 年ぶりに機関車を調達することを決定し、19E 形及び 15E 形電気機関車の入札を発表した。入札には三井物産・東芝、Siemens が参加し、三井物産・東芝が落札した。

三井物産・東芝は UCW に車両製造を期待して入札していたが、落札後に、UCW には 1980 年当時の技術力、技術者が残っていないことが明らかになった。この理由としては、アパルトヘイト廃止前後の混乱のほか、20 年間にわたって新規投資がなかったため UCW の事業は年間 100 両程度の電車のリハビリに限定されていたことや、白人技術者が海外に流出していたことがあげられる。その結果、当初の予定通りに生産することは不可能であった。

この状況を打破するために UCW は社長を交代した。また、「南ア」国を中国に次いで第 2 の市場と考えていた東芝は UCW に最大 20 名の技術者を派遣し技術移転 (設計、製造、試験) を実施した。2008~2010 年までの 2 年半の間に基本的な作業から品質管理方法まで一通り教育した。

なお、2002 年当時は「南ア」国において機関車の製造を行っていたのは UCW 及び TRE のみであり、1980 年代の実績を踏まえて三井物産・東芝は UCW と提携していた。

日立は 8M 形電車 96 両の受注後は 7E1 のアップグレードなどを受注していたが、現在は「南ア」国市場から撤退している。

近年における本邦企業の特徴としては、1) メーカー単体ではなく商社とメーカーが協力して入札に参加していること及び、2) 「南ア」国において自社工場を所有しないまま市場への参入を継続していることである。

1)については、メーカーは技術的側面に注力する一方、商社は「南ア」国におけるネットワークを活かし現地サプライヤーとの協力関係の構築等を行うという役割分担で協力体制を構築している。2)については、「南ア」国においてこれまで需要が十分に確保されなかったこと、労働単価が高いこと、組合の抵抗が非常に強いこと、新たな工場設立にかかる費用に対して十分な収益が継続的に見込めないこと、技術力のあるサプライヤーが少ないこと等の複数の理由が関係していると考えられる。

TRANSNET、PRASA といった発注側にとっては、メンテナンス業務も含め高い技術レベルでのサービス提供が継続的に可能であることが重要であると考えられるため、本邦企業は「南ア」国において工場設立等の更なる規模の拡大を求められる可能性があると考えられる。

表 6-1 本邦企業の車両納入実績

納入年月／ 契約調印年 (注1)	受注者	納入先	納入車両種類 ／両数	備考
1980年～1985年／1980年代初頭	日立・日商岩井 (現双日)	SAR (South African Railways) (現 TRANSNET)	7E1／50両 7E3／85両	・Dorbyl で最終組立てを実施。
— ／1983年	三井物産・東芝	SATS (South African Transport Services, 現 PRASA)	10E形/10E2形 機関車／—	・東芝は電機部門、UCW は機械部門のサブコントラクター。
1983年-1984年／—	日立・日商岩井 (現・双日)	SATS (South African Transport Service, 現 PRASA)	6M 形電車／ 12両	・日立で最終組立てを実施。
1985年～1992年 ／—	三井物産・東芝	TRANSNET	10E形/10E2形 電気機関車／ 75両 (10E形 50両、10E2形 25両)	・UCW で最終組立てを実施。 ・Kimbaley を拠点に鉄鉱石を輸送。

1991年／－	日立・日商岩井 (現・双日)	SATS (South African Transport Service, 現 PRASA)	8M 形電車／ 96 両	・ Dorbyl で最終組立てを実施。
2008年8月 ~2012年10月 ／2006年2月	三井物産・東芝・ UCW	TRANSNET	19E 形電気機 関車／110 両	・ 機関車工場である UCW には東芝から 20 名前後が常駐し、機関車製造・試験指導を実施。(注2) ・ 内陸部炭田地帯からインド洋岸の積出港であるリチャーズベイまで約 450km の路線の石炭輸送に投入。年間計画輸送量は 9200 万トン。
2009年8月 ~2011年5月 ／ 2006 年 ~2010 年	東芝・三井物産・ UCW	TRANSNET	15E 形電気機 関車／76 両 (32+12+32 両) (注3)	・ シシエンから大西洋岸の積出港であるサルダナまで 861km の路線の鉄鉱石輸送に投入。年間計画輸送量は 4100 万トン。

(注1) 1992年以降2008年まで車両納入実績がない理由としては、アパルトヘイトの影響が挙げられる。アパルトヘイトによる政権動乱前の1989年~1996年には東芝は事務所を閉鎖していた。

(注2) UCW は設計、製造技術レベルが低く、製造・試験に関する指導を行う必要があった。設計、製造技術レベルが低かった理由としては、機関車製造に関する需要が長い間なかったこと、及び1993年のアパルトヘイト廃止運動を契機とする白人技術者の海外移住が挙げられる。

(注3) 契約調印年は32両分が2006年10月。オプション12両分が2008年、32両分は2010年である。

出典：東芝作成資料、Mitsui & Co. African Railway Solutions (pty) Ltd. ヒアリング等より調査団作成

### 6.1.2 実現が難しい現産化への対応

現在、トランスネットが進める一般貨物(GFB)の調達基準では、受注3年後までに現産化率を機関車全体の65%、うち電機品については80%まで引き上げることが条件となっているが、電子部品(素子)や基板は「南ア」国では製造が難しいため、実現可能性は低い。

現産化を進めることは必須条件とされているが、上記のような技術力の問題だけでなく、労働単価が高いこと、今後継続的な需要が見込まれないため新規工場設立に係る費用対効果が十分に見込まれないこと、組合の抵抗が強いことが産業側の問題として考えられる。また、政策側要因としてはBEE政策が年々強化される傾向にあること等複数の要因が関係し、現産化の促進を困難にしていると考えられる。

東芝へのヒアリングによれば、こうした現産化への対応は非常に厳しい条件であり、電子部品（素子）や基盤の製造については例外扱いを望んでいる。

既に「南ア」国において製造拠点を所有している Siemens 等の外国企業と本邦企業を比較すると、本邦企業は初期投資費用を要することから現産化を進めにくい環境にあると考えられる。

### 6.1.3 現地サプライヤーへの継続的な技術支援

本邦企業は「南ア」国で市場への参入を続けるためには現地サプライヤーとの連携が必須であり、現地サプライヤーへの技術支援は「南ア」国政府にも強く要請されている。

東芝では前述のとおり、2002年に落札した19E形、15E形電気機関車の際には、東芝基準に合うようにUCWをはじめ現地サプライヤー10数社（機械加工関連の会社が多い）を指導した経験がある。例えばRotacon Engineering（ギヤケースのメーカー）など数社には、主に機械加工などの技術指導を実施してきている。指導者だけでなくワーカーに対する直接指導も実施している。

また上述のとおり、東芝はUCWに最大20名の技術者を常駐で派遣し技術移転（設計、製造、試験）を2008～2010年までの2年半実施し、技術レベルを1980年代のレベルまで向上させた。現在も2名を常駐させ技術力の維持向上に貢献している。

最近では、東芝は英国系のVAEに対してもピニオンギヤの製造技術指導を行っている。また、東芝は19E形電気機関車の契約の一環として、2012年7月にTREの職員を日本に招聘して技術研修を実施している。こうした技術研修は一企業が実施するにはコスト面で負担感があることが課題となっている。

また、長年にわたって現地サプライヤーへの技術支援を実施しても、個人的に感謝することはあっても技術取得後に転職するケースも見られ、会社への帰属意識が低いことが本邦企業としては課題として捉えている。本邦企業はこうした現産化につながるローカル企業指導者及びワーカーへの指導に対して更に積極的に取り組むとともにTRANSNET、PRASAの他、政府に対してもその取り組みを継続的にアピールする必要がある。

### 6.1.4 本邦企業の今後の対応可能性

現在「南ア」国に進出している鉄道関連の唯一のメーカーである東芝としては、「南ア」国における自社工場を将来的に所有するかについては結論を下していない。ただし、投資を最小限に抑えるために貸工場、あるいは現地ローカル企業の買収を含む連携を視野に入れつつ検討を行う可能性があると考えられる。

その際には、「南ア」国における事業拡大に関する公的支援、あるいは政府プログラム等の活用による技術支援等の実施が、本邦企業の現地における事業拡大、あるいは落札確率の向上につながるものと考えられる。

日本においても政府プログラムとして、1)ワーカーを対象とした人材教育（JICA 鉄道人材育成専門家チームをDOTに派遣し指導）、2)TRANSNET・PRASAに対する本邦研修、3)政府要人の招聘、あるいは、4)本邦企業の現地工場立上げ時の支援等における海外投融資の活用を積極的に行うことで、本邦企業を支援することになるのではないかと考えられる。

## 6.2 関連州・路線における他国政府の状況

### 6.2.1 外国企業の「南ア」国における鉄道分野進出の経緯

鉄道分野においては Siemens、Bombardier、Alstom の 3 社は BIG3 と呼ばれている。このうち Siemens についての概要は下記の通りである。

Siemens は 164 ヶ国で事業展開を行っているが、「南ア」国の鉄道分野に進出したのは 1974 年である。従業員は 1800 人であり、約 10% は鉄道セクターの担当である。鉄道セクターでは信号が主な業務領域であり、「南ア」国のみで納入し輸出は行っていない。国外からの資材の調達に関しては、基本的には自社グループから調達している。現地サプライヤーに対しては電気部門で問題があるため、技術研修を実施している。

上記のように Siemens は「南ア」国における業務の 10% が鉄道分野であり 90% がその他の分野である。規模の経済が働くことによって、鉄道分野における業務も効率的・効果的に実施されていると考えられる。

近年においては、Siemens をはじめとする BIG3 及び GE が受注している。GE は TRANSNET 向けディーゼル機関車 (CLASS 43) 143 両を納入した実績を持つ。

車両以外の鉄道関連機器の納入に関しては、Siemens が 2011 年 6 月にハウテン州において信号機器納入及びオペレーションコントロールセンターの運営を 9000 万ユーロで受注している。

表 6-2 近年における他国企業の車両納入実績

納入年月／ 契約調印年	受注者／ 他国企業の サプライヤー	納入先	納入車両種類 ／両数	投入州
2003 年 / -	UCW / Siemens	PRASA	10M4 形電車 ／44 両	ハウテン州
2003 年 / -	TRE / Bombardier	PRASA	10M3 形電車 ／44 両	西ケープ州
2003 年~2006 年 ／ -	TRE / Alstom	PRASA	10M5 形電車 ／- 両	クワズール・ ナタール州
2006 年以降	UCW / Bombardier	PRASA	ハウトレイン 用電車／96 両	ハウテン州
2012 / 2009 年 ~2011 年 (注 1)	GE	TRANSNET	ディーゼル機 関車 (CLASS 43 形) 143 両 (100 両+43 両)	ハウテン州

(注 1) 契約調印年は 100 両分が 2009 年。オプション 43 両分が 2011 年 12 月。

出典：調査団作成

表 6-3 UCW における車両製造数、及び納入先の実績（1960 年以降）

納入車種類	納入車両両数	納入先	納入車両両数
EMU Trainsets	4657 両	Spoornet	7660 両
Mainline Coaches	4579 両	PRASA	5583 両
Electric Locomotives	2381 両	PVT-SA	229 両
EMU Refurbishment	926 両	Taiwan	165 両
Artisan / Official Coaches	508 両	Zimbabwe	132 両
Wagons	496 両	Malaysia	129 両
Industrial Diesel locos	143 両	Botswana	48 両
Special Coaches	85 両	Benguella	32 両
Loco Wreck Repairs	21 両	Angola	20 両
—	—	Malawi	11 両
計	1 万 3796 両	計	1 万 3796 両

} 「南ア」国内

出典：UCW 資料より調査団作成

表 6-4 UCW における機関車製造数の実績

製造年	納入両数	内訳	
		車両種類	両数
～1992 年	2100 両	5E 形	555 両
		6E1 形	1041 両
		7E1 形	165 両
		8ETFR 形	100 両
		8EImpara 形	7 両
		9E 形	31 両
		10E 形	75 両
		10E2 形	100 両
		12E 形	6 両
		E100 形	20 両
1993～2005 年	127 両	Class38	50 両
		38E (Amcoal)	3 両
		14E1	10 両
		Push Pull	64 両
2006 年～	154 両	19EWIP	110 両
		15E	44 両
計	2381 両	—	—

出典：UCW 資料より調査団作成

## 6.2.2 政府プログラムを活用した技術支援

GE（米国）は車両メーカーでもある TRE 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、GE は「南ア」国政府からワーカーの技術習得に関する技術証明書の発行依頼に関する要請に対して、要請通りに証明書を発行しているため、「南ア」国政府に歓迎されている。証明書を所有していると転職がしやすくなり政府が推進している失業率低下に貢献することになる。なお、東芝では「南ア」国政府から同様に技術証明書の発行を要請されているが転職を防止するために積極的に対応していない。

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。在「南ア」国中国大使館へのヒアリングによると、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。研修期間は短期でも 3~4 週間、長期になると 3 ヶ月に及ぶこともある。これら技術研修のために招聘される 150 人は鉄道分野に限らず、農業、衣料製造等他分野にわたる。鉄道分野としての招聘については具体的な人数は明らかではない。以上のように、中国では、予め政府プログラムを用意して普段から 2 ヶ国間の緊密な関係を構築している。

なお、機関車の組立て・車両改修を実施している UCW においては、海外政府プログラムによる技術研修は行われておらず、自社内での技術研修のみである。

## 6.2.3 様々な他国政府・企業の取組み事例

必ずしも鉄道分野の業務に限定しているとは限らないが、Siemens、Bombardier 及び Alstom は「南ア」国に事務所を構えている。「南ア」国で事務所を構えることは、「南ア」国政府からの信頼性の向上及び地域の人的ネットワークの拡大にも寄与していると考えられる。

一方中国は未だ「南ア」国には事務所を構えていないが、在「南ア」国中国大使館へのヒアリングによれば、中国が「南ア」国で企業活動を行うためには下記のような課題があると考えている。

- 先進国の企業は「南ア」国において既に支社や支店を構えているが、中国にとって新たに拠点を設けるのは容易ではない。外国企業は BEE レベルに留意する必要があり、他国企業との連携が重要である。JV のビジネスモデルを今後構築していく必要がある。
- 中国は海外で販売することについては得意であるが、「南ア」国では、現産化、技術移転、コスト高、ストライキという各種問題があり、事業実施は容易ではない。
- 「南ア」国におけるアセンブリコストは非常に高く、中国政府として交渉していく必要がある。
- 「南ア」国で新たに事業を展開するには、今後長年にわたって事業を実施するという覚悟が必要である。また、政府支援についても検討していく必要がある。

「南ア」国における事務所設立に関しては消極的であるが、リスクテイクに関する早期判断、バックアップファイナンス、上層部のチャンネルの組み方等が奏功しているといわれており、近年の受注に結びつけている。

海外企業「南ア」国政府との取組みを表 6-5 及び表 6-6 に整理した。

表 6-5 海外企業と「南ア」国鉄道事業者との取組み事例

海外企業	「南ア」国 鉄道事業者	取組み
GE	TRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機関車事業に関して GE と TRE はパートナーシップ関係にあり、現在、TRE では 43 形ディーゼル電気機関車 143 両を OEM で製造中である。</li> <li>・TRANSNET School of Engineering (SOE) では GE にいくつかのプログラムを外注化している。</li> <li>・GE は自国で政府プログラムを活用して TRE 職員を対象に研修を実施している。</li> </ul>
Alstom	TRE	Alstom と TRE はパートナーシップ関係にある。
Siemens	PRASA	新しい信号システムの導入にあたって、納入メーカーである Siemens が、PRASA の技術担当者 130 名及び信号取り扱い者 70 名に訓練教育を実施した。
ドイツ鉄道 (DB)	TFR	ドイツ鉄道 (DB) と TFR は 2012 年 2 月に鉄道安全管理システムの現場導入に関する契約を結んで、安全性向上に取り組んでいる (契約期間 30 ヶ月)。TFR のオフィス内に 4~5 名の DB 職員が常駐している。

出典：調査団作成

表 6-6 「南ア」国企業と海外企業との連携事例 (入札時)

No.	「南ア」国企業	主要製品	連携の内容
1	Donkin Fans	ブローア	PRASA 入札案件に関して STADDLER 社 (UK) から接触あり。
2	Siyahamba Engineering (Pty) Ltd	車両ドア・窓	韓国からの接触あり。
3	Ansys Limited	車両位置追跡システム	ハウトレイン入札時は GE のサブコントラクターとして参加。
4	SIMS (Stimera Infrastructure Management Services)	軌道・電気・研修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダーバン信号改良プロジェクトではボンバルディア等とコンソーシアムを結成し入札。</li> <li>・オーストラリア、中国の企業 (CRM=China Railway Material Company) からの接触もあり。</li> </ul>
5	CSR (China South Rail)	—	TRANSNET の車両調達に係る入札については、CSR と TRE が落札。
6	CSR (China South Rail)	—	PRASA の車両調達に係る入札については、CSR が地元企業の Wictra Holdings (Pty) Ltd とコンソーシアムを組んで応札。Wictra 社は PRASA の車両改修事業を行っている会社。

出典：調査団作成

表 6-7 「南ア」国企業と海外企業との連携事例（平常時）

「南ア」国企業	海外企業	連携の内容
OTD (Overhead Track Developments) (注1)	Siemens	OTD社は国外からカーボン製コンタクトストリップを調達する場合は主に Siemens 経由で調達している。
Siyahamba Engineering (Pty) Ltd	GE	少量(1%)だが GE 経由で米国・台湾に輸出。
Ansys Limited	GE	GE と協力し操車場自動化を実施。
Naledi Rail Engineering (注2)	Bombardier ・ Alstom	Naledi Rail Engineering では、Alstom、Bombardier の業務経験を持つフランス人を経営に加え業務革新を実施中。

(注1) 鉄道用パンダグラフ製造メーカー

(注2) 旅客 EMU の改修・補修事業者

出典：調査団作成

#### 6.2.4 その他の支援活動

「南ア」国の鉄道分野への世界からの資金協力は表 6-8 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」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 5000~6000 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 6-8 「南ア」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>

【参考】2012年度以降の入札案件

2012年度以降の入札案件は表 6-9 のとおりである。TRANSNET の「一般貨物用電気機関車 95 両」及び PRASA が 20 年間で「電車 7224 両」を調達する案件の前半 10 年分の入札がある他、2013 年 2 月入札の TRANSNET 向け「一般貨物用 電気機関車 465 両」「一般貨物用 電気機関車 599 両」がある。「一般貨物用電気機関車 95 両」に関しては、中国の CSR 株州が受注した。

表 6-9 2012 年度以降の入札案件

納入年月／ 契約調印年	納入車両種類 ・両数	納入先	備考
2013 年／2012 年	電気機関車 95 両	TRANSNET	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般貨物 (GFB) 用</li> <li>・中国南車が TRE と共同受注したという報道あり。</li> <li>・UCW+三井物産グループは入札前の審査段階で失格。</li> </ul>
2015 年／2012 年	電車 7224 両／ 20 年 (10 年分 ／期×2 期に 分けて入札)	PRASA	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メトロレール用</li> <li>・2012 年 9 月 30 日締切</li> <li>・1230 億 ZAR (149.3 億 USD)</li> <li>・上記とは別に 145 億 ZAR がインフラ整備及び鉄道デポ整備に充てられる。</li> <li>・Gibela Rail Transportation (Alstom、ローカル企業 Actom のコンソーシアム) が優先交渉権を獲得。他の入札者は下記の 6 事業者</li> <li>1. Bombardier</li> <li>2. CAF ( Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles、スペイン)</li> <li>3. 中国北車</li> <li>4. 中国南車</li> <li>5. Dudula Rail (ABB SA 、及び Stadler (スイス) のコンソーシアム)、</li> <li>6. CSR/Wictra (中国南車、ローカル企業 Wictra とのコンソーシアム)</li> </ul>
—／2012 年	ディーゼル電気機関車 465 両	TRANSNET	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GFB (General Freight Business : 一般貨物) 用</li> <li>・2013 年 2 月締切</li> </ul>
—／2012 年	電気機関車 599 両	TRANSNET	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GFB (General Freight Business : 一般貨物) 用</li> <li>・2013 年 2 月締切</li> </ul>
未定／未定	19E 形電気機関車 112 両	TRANSNET	<ul style="list-style-type: none"> <li>・石炭線用</li> </ul>
未定／未定	15E 形電気機関車 23 両	TRANSNET	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄鉱石線用</li> </ul>

出典：調査団作成

## 第7章

# 鉄道セクター近代化に向けたロードマップ



## 第7章 鉄道セクター近代化に向けたロードマップ

### 7.1 適正技術の検討

鉄道の近代化とは、単に新しい設備や車両を導入することではない。利用者が信頼し、積極的に利用したくなるような魅力がある鉄道となることができて初めて、多くの利用者を獲得し、持続的な運営が可能となる。鉄道近代化が目指すべき目標を具体的に表すと、下記の要素に分けることができる。

「安全性」：輸送の安全性が向上すること。すなわち、衝突や脱線により、人身に危害が及んだり、物的損傷が発生したりしにくい仕組みを構築し、維持すること。

「速達性」：他の交通機関に対して優位となるような、速達性を達成すること。これは単に速度が高いことだけではなく、運転頻度が高いことによる待ち時間の少なさや、旅客が支払う運賃に対して所要時間が適当であるかどうかといった視点も含まれる。

「定時性」：利用客や荷主に信頼される、到達時間の正確性を持つこと。

「利便性」：利用客が簡単、便利に利用でき、利用したくなるものであること。

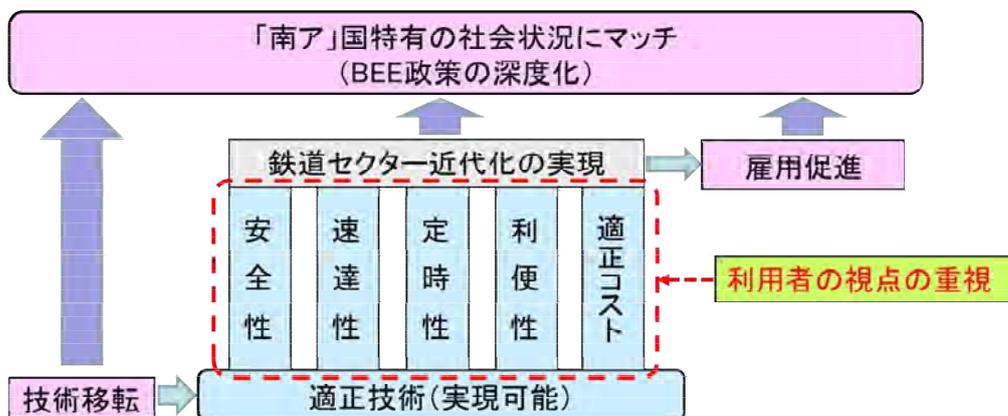
「適正コスト」：維持・管理コストが低減されること。または効果に対して適正であること。

さらに、利用者が負担可能な範囲であること。

上記の近代化を達成するためには、そこに導入される新技術が、鉄道セクター自体が受け入れ可能であり、かつ期待される効果を十分に発揮できるようなものでなければならないのは当然のことである。ここではそれを、「南ア」国鉄道セクター近代化のための適正技術と呼ぶことにする。

さらに、「南ア」国の特徴としては、適性技術の検討に当たり、同国特有の社会状況にマッチし、政策の推進に寄与することが強く求められる。すなわち、技術移転及び雇用促進を通じて、BEE政策の深度化に寄与するものであることが、大きな条件となる。

図 7-1 に適正技術の概念を示す。



出典：調査団作成

## 図 7-1 適正技術の概念

### 7.1.1 車両

「南ア」国における貨物列車の技術的水準は、鉄鉱石線や石炭線に見られるように、重量貨物列車による大量輸送の面では、世界でも有数の高水準を誇っている。

しかしながら、一般貨物列車についていえば、いまだに旧式の真空ブレーキが主力を占めており、安全性確保の上でも問題がある。また、車両の老朽化に伴い車両故障が発生しやすい傾向にあるのも事実であるが、車両故障のデータが、事実上、発生した車両のメンテナンスのみに用いられており、原因の分析や、故障発生に至る前に必要なメンテナンスを施すいわゆる予防保全の考え方が取り入れられていない。

旅客車両については、長年にわたり車両の新造が行われてきていない。ブレーキシステムやメンテナンスに関する状況は、貨物車両と同様である。

世界の先端を行く大量輸送システムとしての技術と、それを長期にわたって正常に運営するためのメンテナンス技術を兼ね備えて、初めて、今後大量に投入が予定されている新型機関車や新型電車を長く有効に活用し、安全で効率的な輸送を行うことができる。

メンテナンスの改善には、適正コストの実現のために必要な効率性と、輸送の定時性及び速達性に直接つながる信頼性との両立について、長い時間をかけて検証することが必要とされる。そのためには、メンテナンスの効率化について、長い時間をかけて改善を図ってきた日本の経験は有効であると考えられる。日本では、車両技術の進歩に伴い、メンテナンスについても、信頼性が低下しないことを検証しながら周期の延伸や実施内容の簡略化を図ってきた。

日本の旧国鉄では、1955年当時における電車の検査周期は、重要部検査が1年、全般検査が2年とされていたが、1999年にはそれぞれ4年、8年に延伸されている。これは車両に搭載されている機器の信頼性や耐久性が向上したばかりでなく、メンテナンスに関する研究が進んで、メンテナンス技術や診断技術が向上し、各 부품の劣化や摩耗に関する予測の精度が向上したことも大きく寄与している。

このように信頼性が高く効率的なメンテナンス技術を確立することも、今後の新型車両投入を成功させるために欠かすことはできない。

なお、今後10年程度の車両製造に関する市場規模は、現在入札が行われているものを除き、約6000～7000億円（600～700億ZAR）に上るものと予測される。これには、PRASAの通勤電車調達のうち第2期分・約3600両のほか、将来の貨物需要増大に伴い見込まれる機関車の増備分を含む。

### 7.1.2 信号通信

現時点で、「南ア」国における適正技術を検討するにあたり、TRANSNETならびにPRASAに係わる中長期開発計画の目標達成のために不可欠で、かつ、的確な実現手段として、これを位置付けるものとする。

PRASAは、メトロレールの老朽化設備を更新することで、安全性・信頼性・稼働性の向上、定時性運行の確保、時隔短縮等による輸送力増強等を目指しているが、その具体的な施策を検討した結果、近代化に係る目標を実現する上で、不足していて補完すべき内容について以下に三点列挙する。

### (1) 自動列車防護システム（ATP=Automatic Train Protection System）の導入

PRASA は将来のメトロレールの運転時隔を 2 分 30 秒とすることを目標としている。新車両の導入時に、運転時隔を 2 分 30 秒に設定するならば、安全な運行を確保するためには、運転士の操縦に依存するだけでなく、操作ミスが発生し得ることを前提としたヒューマンエラー対策を考慮した自動列車防護システムの導入が必要である。

### (2) 運行管理システムの導入

列車の運行管理については、事故等による列車の遅れや運用変更が生じて、列車運行が乱れた場合、指令員がダイヤ変更手続きを指令卓で設定するだけで、列車の運転整理を可能にする運行管理システムが必要である。開発計画では、運行が乱れた場合は、従来通りの指令員による手動進路設定扱いおよび指令電話による指令員と駅員の運転取扱いをベースにしている。開発計画の 1 つである定時性運行を確保する上で、運行管理システムの導入により、指令員業務の負担軽減と合理化をどのレベルでバランスをとるかが肝要である。

### (3) 保全に関するソフト面の対策強化

TRANSNET は、中長期開発計画において、重量貨物輸送事業を経営基盤として、安定した収益を確保するために、輸送力増強と安定輸送を目指している。

インフラ設備の保守は、日常の定期的な保全に重点を置くよりも、年間に一定の期間、貨物輸送を全面停止して、大規模な外注修繕工事を行うことを重視している。したがって、日常は、線路破断や信号故障などによる障害発生の発見とその回復処置の対応に重点が置かれている。このために、障害発生に伴う輸送障害による輸送収入減少を回避するため、即時に状況を効率的に把握できるインフラ設備の監視システムの改良開発に専念している。

しかしながら、これらは、あくまで障害発見までのハード対策上の効率化である。実際の障害時の修繕・調整等の保全に関する技術をどのように維持し、教育訓練するのかソフト面の対策を強化する必要がある。この点では、PRASA は、ハード・ソフト両面で遅れており、同様な対応が、なお一層、必要である。

上述のハード対策を実施するに際し、一部通信設備を含めた PRASA の市場規模は、1500 億円（150 億 ZAR）程度と想定される。一方、TRANSNET の一部の主要貨物輸送区間を対象とした市場規模は 2500 億円（250 億 ZAR）程度と想定され、合計の市場規模は 4000 億円（400 億 ZAR）程度である。

#### 7.1.3 電力

鉄道セクターの近代化は TRANSNET の計画にもあるように、輸送力の増強がメインテーマと考えられる。「南ア」国の鉄道セクターの現状から技術的な課題を整理すると以下の項目が揚げられる。

- ・設備の老朽化に対する対応
- ・列車ダイヤの増強に対する対応
- ・列車負荷容量に対する対応
- ・速度向上に対する対応

このような大項目に対し、変電電力、電車線関係について考えると以下の 3 項目に整理できる。

なお、「南ア」国の鉄道セクターはヨーロッパの技術基準で設置されており、特に直流電化区間では直流 3kV に対する技術はあまり進んでいないため、この分野への参入には難しいものがある。交流分野においても、き電用トランスは日本ではスコット結線、変形ウッドブリッジ結線と言った内部結線の複雑な変圧器を採用しなければならないのに対し、南アフリカでは三相送電線に単相変圧器を接続する簡単な構成である。このように設置環境条件等の違いによる差が歴然としており、主回路系への参入は難しい。このことより、保守技術または保護技術の範囲で参入できる可能性はあるものの、小規模である。

### (1) 設備の更新および改良

「南ア」国の鉄道電気設備は 1960 年後半から 1980 年代にかけて設置された設備が多く、設備設置以来 40 年以上が経過し、老朽化が進行している。

変電所の主要設備である交流遮断器、変圧器、整流器、直流高速度遮断器等のライフサイクルは 50 年とされており、オーバーホールあるいは取替周期に近い状態となっている。これらは製造メーカーで処理されている。

輸送力の増強に伴い、変電所容量の再検討が必要である。そこで、石炭線を例にとって簡易的に検討する。石炭線は交流 25kV 電化方式で、総延長 450 km、変電所間隔は平均約 20km である。そこに全長 2.4km の貨物列車が最高速度 80km/h、平均速度 60km/h で 1 日に 16 本/片道運行している。また、所要時間は 10 時間である。この場合の列車間隔は 90 分（24 時間/16 本）であり、1 列車の 1 変電所通過時間は 20 分である。したがって、各変電所は 90 分周期で 20 分稼働、70 分休止となる。輸送力増強を現状の 2 倍（TRANSNET 計画は 1.5 倍）とすると、45 分周期で 20 分稼働、25 分休止となる。石炭線は複線であるが、列車ダイヤの組み方で一変電所区間に一列車運行は可能とであるため、変電所の容量増強は必要ないと考える。

### (2) 保守点検の強化

輸送力の増強に伴い、列車本数の増加、速度向上等が進められれば、各設備の稼働時間が当然ながら増えてくる。また、電車線関係ではコンタクトワイヤーの摩耗速度が速くなり、コンタクトワイヤーの摩耗管理が重要な課題となってくる。交流 25kV、50kV 電化方式の貨物用の電気機関車はカーボン擦り板のパンタグラフを使用しているが、直流 3kV のメトロレール用の電車は銅擦り板のパンタグラフを使用しているため、さらにコンタクトワイヤーの摩耗速度が速くなる。そこで、コンタクトワイヤーの摩耗管理技術を導入することで保守点検の強化を図ることが有効であると考えられる。

### (3) 故障および事故復旧の迅速化

変電電力関連で過去の故障、事故例については 2010 年 11 月から 2012 年 1 月までの 1 年 2 ヶ月間で列車運行に支障をきたした事故が 100 件発生していた。このうち変電所内および沿線で発生した故障事故が約 1/3 であった。また、沿線電車線関連ではコンタクトワイヤーの盗難が多発している。変電所内での故障、事故に比べ、沿線での故障、事故は場所の特定に多くの時間を要する場合が多い。また、沿線で発生する故障、事故は地絡、短絡故障となる場合がほとんどである。このようなことから、事故電流から故障点を特定する故障点評定装置を各

変電所の導入することにより、事故および故障復旧の迅速化を図ることが有効であると考えられる。

#### 7.1.4 土木

TRASNET 7ヶ年計画では、今後7年間で貨物輸送量を現在の約1.8倍に増加させることを目標としているが、輸送量の増加によりこれまで以上に軌道への負担がかかることから、今後は軌道保守がますます重要になってくる。また、PRASA 近代化プロジェクトでは、新型車両の導入および施設の近代化による旅客輸送の安全性向上を目標としているが、安全性を向上させるうえでも軌道保守は極めて重要である。しかしながら、第4章で述べたように、TRASNET および PRASA とも十分な軌道保守技術を有しておらず、軌道保守技術力のレベルアップは必要不可欠であると考ええる。同時に、今後は軌道保守作業の軽減が可能な技術の導入や高い耐久性を有する軌道材料の導入を図ることも軌道保守コストを低減させるうえで重要であろう。

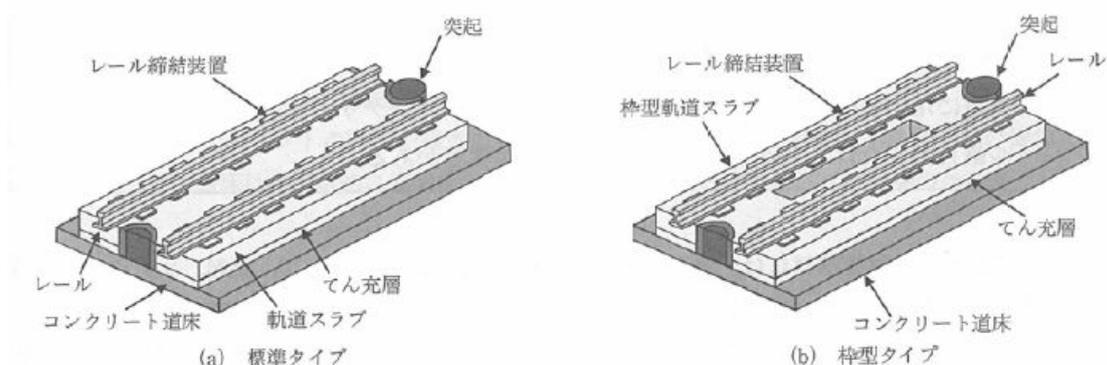
また、TRASNET 7ヶ年計画において、詳細内容は明らかにされていないが、軌道施設に711億ZARの投資が計画されており、軌道資材への投資額もこれまで以上になるものと想定される。今後10年の軌道施設の市場規模は5000億円（500億ZAR）程度になると想定される。

一方、TRASNET は、7ヶ年投資計画において、スワジランドレールリンクおよびWaterberg 新線計画の調査を行うが、具体的な建設計画には至っておらず、新線建設計画の予定は現在のところはない。また、PRASA は、現在行っている駅改良および路線延伸工事の他に、具体的な新線建設は現在のところ計画されていない。このことから、土木分野での本邦企業の市場参入可能性は小さいと考える。

「南ア」国の鉄道セクター近代化を推進するにあたっての適正技術として以下のものが考えられる。

##### (1) 省力化軌道（スラブ軌道）

スラブ軌道は、レールと軌道スラブをてん充層、突起、コンクリート道床で支持する直結系軌道であり、省力化軌道の一つである。図7-2にスラブ軌道の概略図を示す。スラブ軌道はバラスト軌道と比較して、初期建設費は高価であるが、その後の保守作業が少なく保守費は安価である。

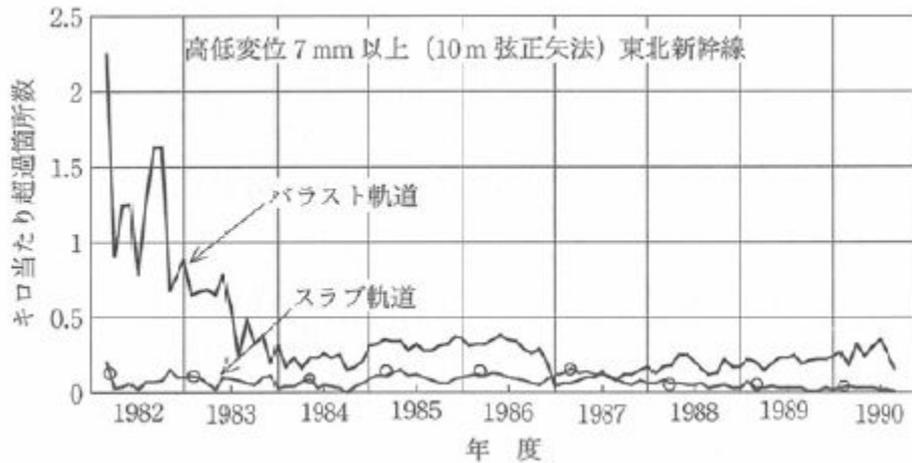


出典：「鉄道構造物等標準・同解説－軌道構造、国土交通省鉄道局 監修・鉄道総合技術研究所 編、2012年4月」

図 7-2 スラブ軌道概略図

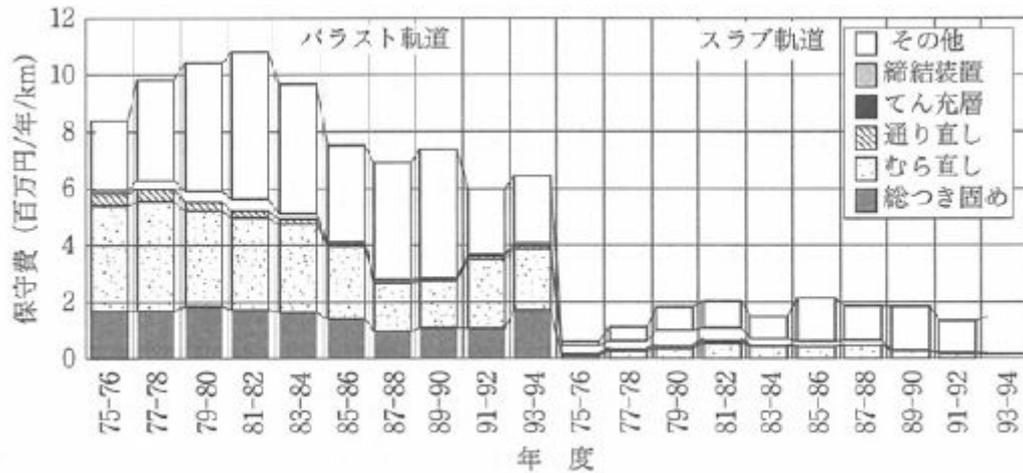
1) 保守の実態

図 7-3 は東北新幹線のスラブ軌道とバラスト軌道（いずれも高架橋上およびトンネル内）の軌道変位の推移を示したものであるが、スラブ軌道は良好な軌道状態を維持している。また、図 7-4 は山陽新幹線のある一区間の保守費の推移を示したものであるが、スラブ軌道の保守費はバラスト軌道の 1/4 程度となっている。



出典：「鉄道構造物等標準・同解説－軌道構造、国土交通省鉄道局 監修・鉄道総合技術研究所 編、2012 年 4 月」

図 7-3 東北新幹線における軌道変位の推移



出典：「鉄道構造物等標準・同解説－軌道構造、国土交通省鉄道局 監修・鉄道総合技術研究所 編、2012 年 4 月」

図 7-4 山陽新幹線の保守費の推移

2) 経済性

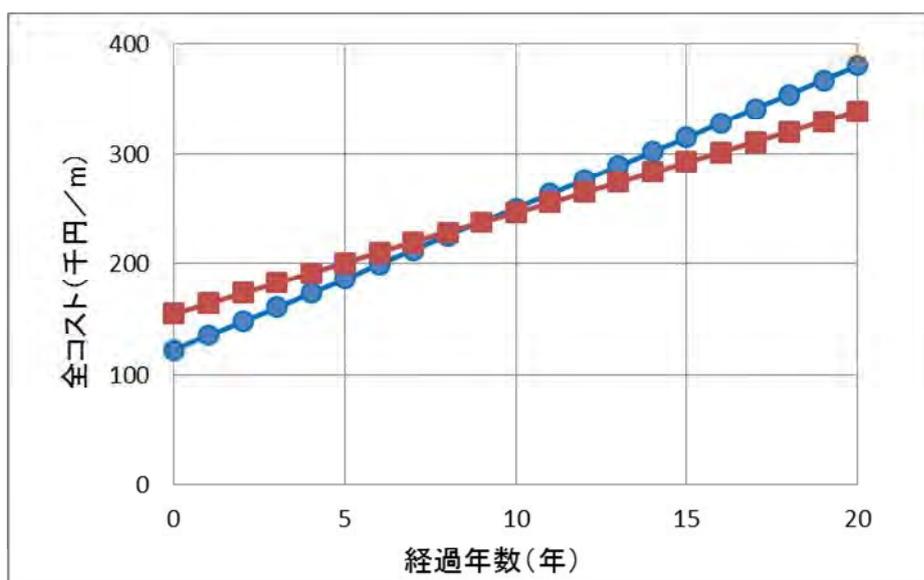
高架橋およびトンネル内にスラブ軌道とバラスト軌道を敷設する場合の比較計算例を批

表 7-1 および図 7-5 に示す。表 7-1 よりスラブ軌道の初期建設費はバラスト軌道と比較して高いが、年間経費が安くなるため、約 9 年間でトータルコストがスラブ軌道の方が安くなり、初期建設費および保守費を含めたライフサイクルコストを比較するとスラブ軌道の方が経済性に優れている。

表 7-1 新幹線におけるバラスト軌道とスラブ軌道（高架橋上、トンネル内）の経済比較例

	スラブ軌道 A	バラスト軌道 B	比較 A-B
建設費（円/m）	15 万 5000 (1 万 5500ZAR)	12 万 2200 (1 万 2220ZAR)	3 万 2800 (3280ZAR)
年間経費（円/m）	9168 (917ZAR)	1 万 2857 (1286ZAR)	-3689 (-369ZAR)

出典：「鉄道構造物等標準・同解説－軌道構造、国土交通省鉄道局 監修・鉄道総合技術研究所 編、2012 年 4 月」



出典：「鉄道構造物等標準・同解説－軌道構造、国土交通省鉄道局 監修・鉄道総合技術研究所 編、2012 年 4 月」

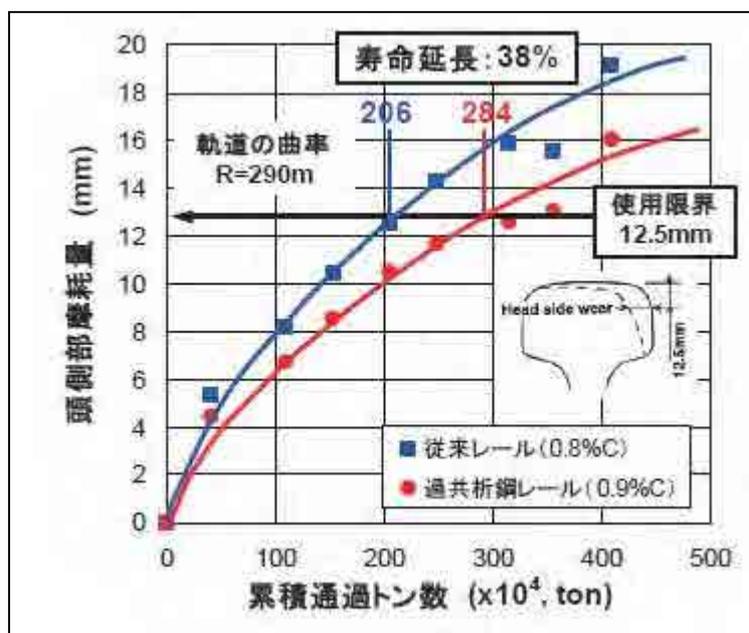
図 7-5 スラブ軌道とバラスト軌道（高架橋上、トンネル内）の経済比較

## (2) 合成枕木

合成枕木は、材質に FFU（ガラス長繊維強化プラスチック発砲体：硬質ウレタン樹脂をガラス長繊維で強化したもの）を使用しており、重量は木製枕木と同程度で加工しやすく施工性に優れ、耐久性は PC 枕木と同程度を有する。日本においては、鉄道営業線へ敷設されてから約 25 年が経過しているが、腐食劣化がないことなど良好な物性を保っている。また、曲げ疲労特性から 50 年以上の耐用寿命が推定されている。

### (3) レール

レール頭部全面を熱処理したレール（HH レール）が製造されており、高い耐摩耗性、疲労強度を有していることから、曲線部、高軸重などの条件下において、国内外で広く利用されている。また、近年では、従来の HH レールと比較して硬度が高く、耐摩耗性を向上させた「重荷重鉄道用高耐摩耗耐内部疲労損傷例レール（HE レール）」が開発された。図 7-6 に HE レールの耐摩耗性を示すが、世界最高レベルの耐摩耗性、耐内部疲労損傷性を有している。石炭線や鉄鉱石線の高軸重路線の曲線区間に敷設されるレールに関しては、このような高い耐摩耗性を有するレールの適用が有利である。



出典：新日本製鉄株式会社資料

図 7-6 HE レールの耐摩耗性

#### 7.1.5 AFC

鉄道事業を安定的に営んでいくためには、より多くの人々に鉄道を利用してもらい、収入を確保する必要がある。そのためには、これまでに述べてきた車両、信号、軌道各分野における近代化に加えて、利用者の立場から見て利用しやすいシステムとすることが効果的である。

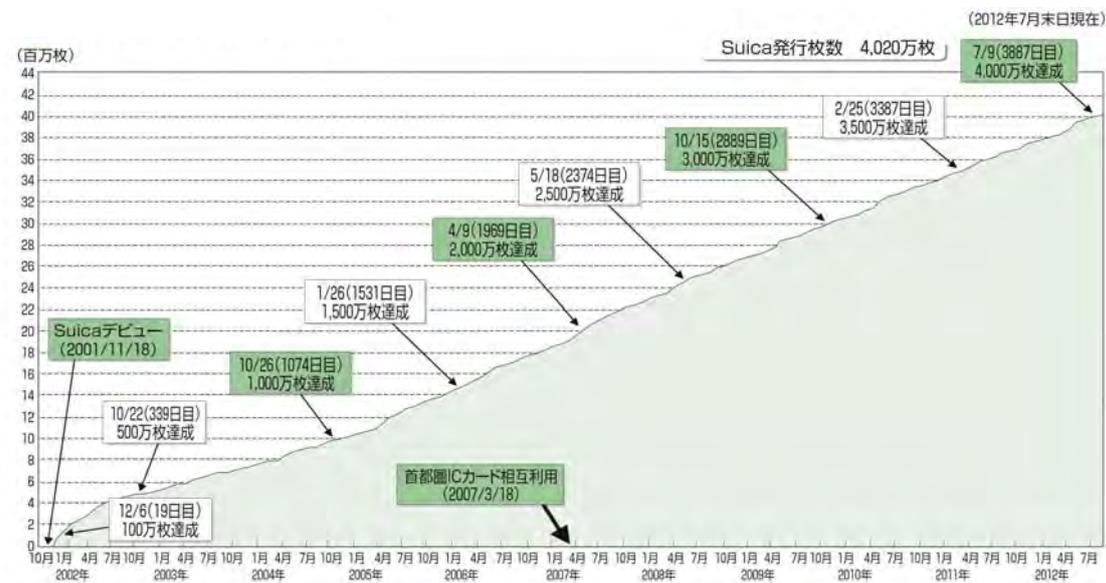
日本では、2001年にJR東日本がSuica（Super Urban Intelligent CARD）を導入した。これは、紙の乗車券に代えてICカードを使用するAFC（Automatic Fare Collection）システムの一つである。ICカード乗車券システムは、「南ア」国においても既にハウトレインで実用化されているが、Suicaは鉄道乗車券としての機能だけでなく、以下のような多彩な機能を持つ。

- ・ JR東日本の鉄道線はもとより、同じシステムを採用している他鉄道会社や、バス路線でも使用することができる。また、それらの会社で発行しているICカード（PASMO、

IKOCA など) を、JR 東日本でも使用することができる。

- ・ チャージした金額は、鉄道以外にも、駅構内または市中での買い物に利用できる。
- ・ クレジットカード機能を付加した提携した Suica もある。この場合、チャージした金額が残り少なくなると自動的に一定金額をチャージするように設定することもできる。
- ・ スマートフォンに IC チップを搭載し、Suica 機能を持たせたものもある。

以上に述べた機能により、利用者にとっては、交通機関を利用するたびに乗車券を購入する必要がなく、利便性が大幅に向上する。また、鉄道事業者の立場からは、乗車券券売機の台数を減らすことが可能となるため、メンテナンスコストが低減されると共に、駅構内の最も人通りの多いスペースを商業用途等に有効活用することができるようになる。図 7-7 に Suica 発行数の推移を示す。利便性がよいことから、利用数は年々増加している。



出典：「会社要覧 2012-13」、JR 東日本、2012 年 11 月

図 7-7 Suica 発行枚数の推移

なお、「南ア」国においても、今後、通勤鉄道とバス等の公共交通機関を組み合わせた新たな都市交通体系を構築する場合、利用者にとって利便性の高い AFC システムを導入することが、利用の促進を図る上で有効である。

なお、メトロレール路線網に AFC システムを導入する場合の市場規模は、約 500 億円と想定される。

### 7.1.6 各サブセクターの市場規模

鉄道分野のサブセクターごとに、今後新たに見込まれる市場規模及び本邦企業の参入可能性を表 7-2 に示す。市場規模は今後 10 年に投資計画があるものや投資の可能性があると考えられるもののうち、既に契約が結ばれたか結ばれる見込みであるものを除いた想定額を示す。

表 7-2 各サブセクターの市場規模

分野	市場規模想定（円）	本邦企業の 参入可能性
車両	6000～7000 億 (600～700 億 ZAR)	◎
信号、通信	4000 億 (400 億 ZAR)	○
電力	規模小	△
土木	新線建設なし	×
軌道	5000 億 (500 億 ZAR)	◎
AFC	500 億 (50 億 ZAR)	◎

出典：調査団作成

## 7.2 本邦技術と他国技術の比較検討

日本の鉄道技術は、都市部における高頻度の通勤輸送、および高速鉄道、すなわち新幹線の大量・高速輸送を 2 つの大きな軸として、発展してきた。これらを通じて速達性と定時性を追求した結果として、それぞれの輸送形態に最適な信号システムなどの運行技術が発達した。また、車両の動力システムの改良や軽量化により列車の消費エネルギーを削減し、電力設備増強の規模を最小限とし、軌道保守の費用を低減している。都市間鉄道や貨物輸送については、航空機や自動車などの他交通機関との競争にさらされる中で、速達性を追求する一方で、事業そのものの規模に見合った低コスト化が追及され続けている。

なお、いずれの場合においても、輸送の安全性確保は最も優先すべき事項とされている。そのために新規設備を導入するだけでなく、メンテナンスにおいても、安全性を確保するための適正なメンテナンスと各要素の使用限度を定量的に明らかにする努力が続けられている。これは運営コストの低減にもつながっている。

以下に、今後「南ア」国において市場規模の拡大が見込まれる車両、信号、軌道、AFC の 4 分野を対象に、本邦技術の特徴について、他国技術との比較の観点を主体に述べる。

### 7.2.1 車両

#### (1) 貨物

「南ア」国では、鉄鉱石線や石炭線で大きな車両軸重を許容し、大量貨物輸送を効率的に行っているのが特徴である。日本の車両メーカーは、同国でも最大となる軸重 30 トンの 19E 形電気機関車など、既に長年にわたり「南ア」国に電気機関車を納入している実績があり、一定の信頼を得ていると考えてよい。

さらに、日本特有の技術としては、最高速度 130km/h のコンテナ貨物専用電車列車も実用化されており、高速化のニーズに応える技術もある。

## (2) 旅客

日本では、機関車が牽引する旅客列車もあるが、電車やディーゼルカーなどの、動力分散型車両が非常によく発達している。都市鉄道だけでなく、都市間列車を含むほとんどの列車が動力分散型車両となっており、世界初の高速鉄道である新幹線も、開業以来 48 年間、首尾一貫して電車方式を採用している。

動力分散型の特徴として、以下のようなことが挙げられる。

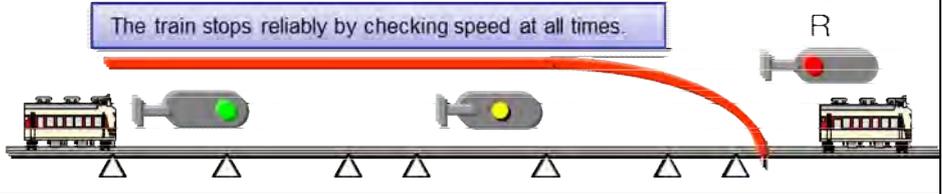
- 1) 動力車の数が多い動力分散型車両は、編成全体の出力を高くとるのが容易なため、勾配でも高速で走行できる。また、曲線で速度制限を受けた後も、再度加速する際の加速度が高くとれるため、到達時間が短縮できる。
- 2) 需要に応じて列車編成を短くすることが容易で、無駄が少ない。日本の場合、都市間列車の代表格である特急列車で、最も短いものは 2 両編成である。機関車列車の場合、列車編成が短くても、長い編成と同じ機関車を使用せざるを得ず、無駄が多いのとは対照的である。

動力分散型車両は機器の数量が増えるため、メンテナンス面では不利とも思われがちである。しかしながら、現在では以前に比べてメンテナンス量は激減している。これは、主電動機として交流誘導電動機を用いることができるようになり、かつての直流電動機とは異なり、摩耗部品であるカーボンブラシがなくなったため、その頻繁な交換や、電動機内部の定期的な清掃が必要なくなったこと、また、制御回路が、電子素子を用いるものになり、故障の発生しやすい電気回路の機械的な接点（リレーなど）やカム軸などが姿を消したためなどの理由によるものである。

「南ア」国では、都市間の鉄道旅客需要は現在のところ極めて小さい。動力分散型車両の導入により、需要に見合った輸送力とフリークエンシーを両立させることも可能と考えられる。また、電車方式を採用する場合は、やはり電車で運行されるメトロレールとメンテナンスを共同で行うことにより、車両基地やメンテナンス要員の共通化、部品の共用などを行って、業務遂行の効率化を図ることも十分可能である。

### 7.2.2 信号通信

7.1.2 (1) で述べた適正技術 ATP について、列車制御システムとして捉えれば、図 7-8 に欧州方式と日本方式の比較を示すが、両者の機能仕様および性能は、基本的に同等である。従って、「南ア」国独自のユーザー仕様および環境条件を適用する必要があるが、導入した稼働実績はともかくも特に価格面での競争力が必要である。

列車制御システム	欧州方式と日本方式の比較	
欧州方式 ETCS Level 1		
	列車検知	軌道回路または車軸検知器等
	情報伝送	Eurobalise およびループ線（地上から車上へ）
	列車運行	地上信号方式
日本方式 ATS-P	ETCS Level 1 は、ATS-P の機能性能に相当する。	
	列車検知	主に軌道回路、車軸検知器（バックアップ）
	情報伝送	Transponder（地上から車上へ）
	列車運行	地上信号方式または車上信号方式

出典：調査団作成

図 7-8 列車制御システムに関する欧州方式と日本方式の比較

次に、運行管理システムについても、日本方式と欧州方式を比べた場合、運行管理や列車運行のダイヤ乱れに対応する運転整理などの基本機能に性能上の相違はない。

むしろ、日本方式ならではの開発改良されてきた機能として、地震、雨、風等による災害発生に対応する列車の運転規制の支援機能および過密ダイヤ環境下で保守作業の間合いの確保と同時に線路閉鎖区間への列車進入の防護機能に優位性がある。

また、「南ア」国鉄道事業者で関心の強いインフラ設備監視システムは、欧州流の SCADA (Supervisory Control Data Acquisition) システムの一部に位置づけられるが、日本では、インフラ設備の状態監視だけでなく、台帳管理、保守データ管理および修繕計画まで一貫したトータルシステムを特徴としている。今後、新しい設備のメンテナンス技術の習得を目的にした教育訓練の実施に向けて、単にハードの技術移転でなく、「南ア」国の実情にあった保全管理手法（ソフト面）も技術移転の対象とすべきである。

### 7.2.3 軌道

#### (1) 省力化軌道（スラブ軌道）

スラブ軌道は日本で開発された技術であり、山陽新幹線以降の高速鉄道（新幹線）区間や高架線路などで採用されている。高度な施工技術を有するが、設計通りに施工されれば、軌道の沈下量はバラスト軌道に比べて小さく、極めて良好な軌道状態を維持することができる。他国の例としては、ドイツがレーダー軌道、ベーゲル軌道と呼ばれるスラブ軌道を開発しており、いずれも日本のスラブ軌道と同程度の高い精度を有し、高速度の運行に対応するものである。

これらのスラブ軌道に関し、経済性の比較は公表されたものはないが、ドイツのベーゲル軌道は日本のスラブ軌道より高く、ドイツのレーダー軌道は日本のスラブ軌道よりも安

いと言われている。

日本のスラブ軌道の特徴として地震等で大きく変形した場合、5m ごとの軌道スラブ版の取り換えにより部分補修が可能であるが、ドイツのスラブ軌道は連続構造であるため、軌道スラブ版の部分補修が困難である。

中国はスラブ軌道の経験がなく、日本のスラブ軌道およびドイツのスラブ軌道（レーダー軌道、ベーゲル軌道）の技術を導入して、高速鉄道の整備を行っている。中国での日本のスラブ軌道の採用区間は、現在施工中の区間を含めると約 1500km である。日本のスラブ軌道導入に際しては、日本の建設会社が中国の建設会社と JV を組んで、製造技術および施工技術を含めた技術移転を行った。

一方、「南ア」国で開発されたスラブ軌道（T-Track）は、標準軌（1435mm）の場合、軸重 30 トンで 80km/h 走行が可能であることは TRANSNET の技術認証を受けているが、高速度運行に対応できる技術には至っていない。

## (2) 合成枕木

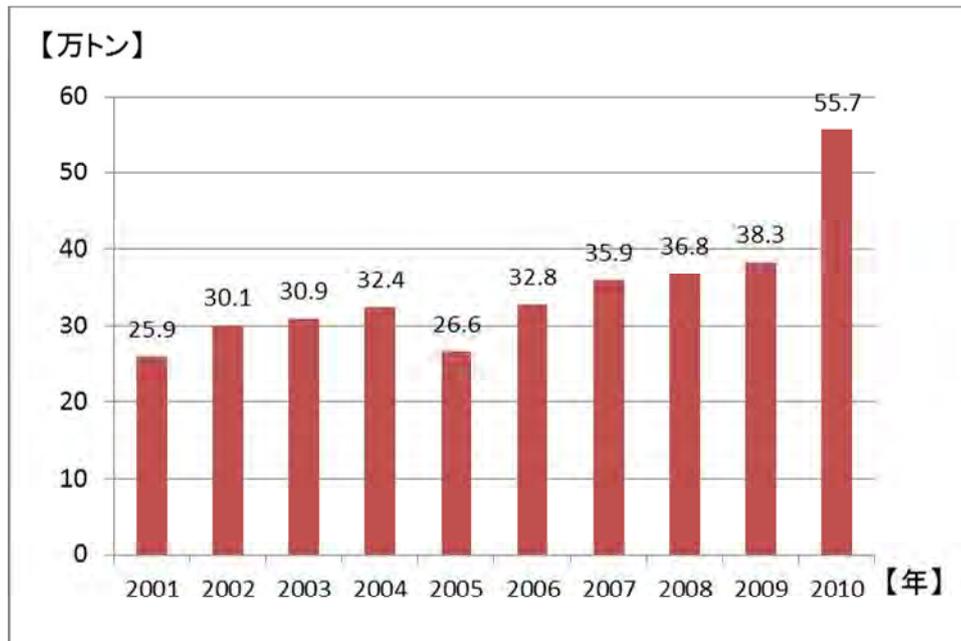
FFU 素材を用いた合成枕木は、日本企業によって開発された技術である。1970 年代後半から 1980 年代前半にかけて、開発および試験敷設がなされ、日本では、1987 年に軌道用枕木として本格採用された。合成枕木の特徴として、軽量かつ施工性に優れ、木枕木と比較して長寿命であることから、枕木の交換が比較的困難な橋梁区間や分岐区間での採用が進んでいる。

他国への導入も行われており、欧州においては、2004 年にオーストリア、2008 年にはドイツの鉄道で採用されており、今後も合成枕木の採用の増加が予想される。また、台湾高速鉄道や中国の広州地下鉄で採用されている。中国では鉄道敷設の拡大により、需要拡大が見込まれることから現地で工場が設立され、現地生産が行われている。日本独自の技術として評価が高い。

## (3) レール

図に 2001 年～2010 年の日本のレール輸出量の推移を示す。レール輸出量は近年増加傾向にあり、この 10 年間で約 2 倍の輸出量となった。主な輸出国先は、アメリカ、カナダ、ブラジル、オーストラリア、ロシア等である。2010 年度の輸出量が前年度と比較して急増したが、これはロシア、中南米、サウジアラビアといった新興国への輸出量が増加したためである。アメリカやカナダ向けには北米貨物鉄道用、ブラジルやオーストラリア向けは鉱山鉄道用、ロシア向けは貨物鉄道用等にレールが輸出されており、日本のレールが主として高軸重の条件下で利用されている。

日本で生産されるレールの大部分が輸出されており、2010 年は日本のレール生産量 63 万トンに対して、約 9 割に相当する 55.7 万トンが輸出された。日本のレール生産量の世界シェアは 6.7%（2010 年）に過ぎないが、日本製レールは、他国と比較して摩耗や内部疲労損傷に強く、耐久性に優れた製品として評価が高い。



出典：調査団作成

図 7-9 日本のレール輸出量の推移

#### 7.2.4 AFC

乗車券に使用される IC カードの規格としては、表に示す Type A および Type C が主流である。Type C は日本の技術による規格であり、特に多くの利用客が短時間に集中する通勤鉄道へ適用するのには最適のシステムである。

表 7-3 IC カードのタイプ別特徴

	長所	短所
Type A	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低コストである。</li> <li>・Mifare の名称で世界中に普及している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロトコル（注）が高速処理向きでない。</li> </ul>
Type B	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通信速度の高速化が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロトコルが高速処理向きでない。</li> </ul>
Type C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロトコルが高速である</li> <li>・情報容量が大きい</li> <li>・操作性がよい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当初は高コストであったが、低下しつつある。</li> </ul>

（注）プロトコル：コンピュータ同士で通信する際に必要な規則。通信速度や通信方式、エラーチェックなどの約束事。

出典：「東アジアにおける交通系共通 IC カード導入に関する研究」、国土交通省国土交通政策研究所、2005 年 7 月

## 7.3 本邦企業の車両・機器類の製造工程等の現地化推進の可能性

### 7.3.1 車両

PRASA の EMU 調達については、20 年間にわたる計画のうち、既に前半の 10 年間・総計 3600 両の入札が実施され、2012 年 12 月には Alstom と地元企業 Actom による Gibela Rail Transport Consortium が優先交渉権を獲得した。報道によれば、応札者には日本の車両メーカーは含まれていなかったとされる。今後、日本企業参入の可能性のある大型投資は、後半の 10 年間・3600 両を待つこととなる。

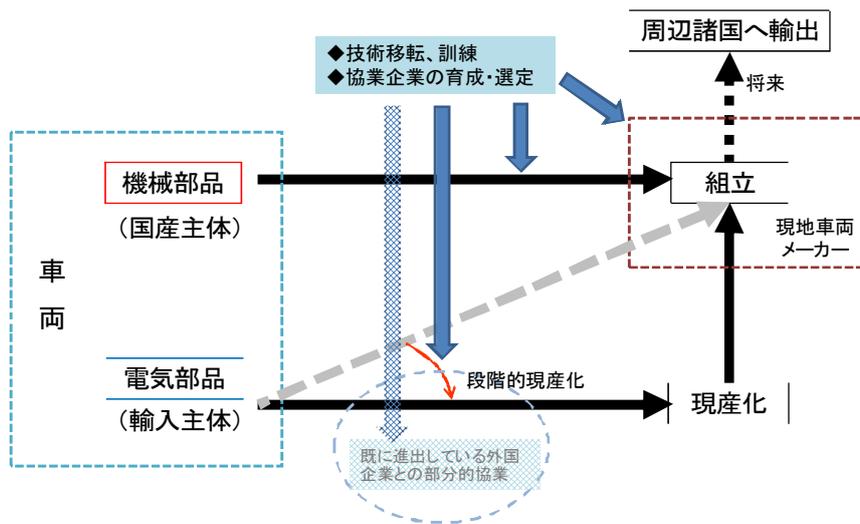
また、TFR の大型案件である 7 ヶ年計画による GFB (General Freight Business : 一般貨物) 用電気機関車 599 両及びディーゼル電気機関車 465 両の調達に関わる入札は、現在のところ 2013 年 2 月 26 日に締め切られるとされている。TRANSNET の長期計画では、2011 年から 2041 年までの 30 年間で、鉄道貨物全体の輸送量は年間 2 億 1200 万トンから 6 億 8900 万トンへ、うち GFB は年間 7300 万トンから 4 億 3700 万トンへ増加が見込まれており、7 ヶ年計画完了後も、更なる輸送量の増加が見込まれる。機関車や貨車については大規模な増備が必要となるため、本邦企業の参入余地は十分あるものと考えられる。

ただし、今後現産化率の要求レベルが引き上げられ、参入条件は厳しくなっていくと考えられる。4.3.1 で述べた通り、現在、「南ア」国にある車両の修繕・改装会社のうちいくつかは、今後車両の製造部門にも進出を図るものと思われる。BEE 政策推進の面からも、従来からある UCW、TRE に加えて、これらの新規企業との協業は、「南ア」国への車両製造へ進出するにあたっては必須のものであり続けると考えられ、日本企業を含む外国企業単独での進出は現実的には考えにくい。これらの企業は車両製造の経験がないか乏しいため、協業にあたっては、技術移転を含む支援が必須の条件となる。

また、部品供給の面からみても、2012 年の GFB 用機関車調達条件に見られるように、電気品の現産化率を最終的に 80%にまで引き上げる条件が付けられるなど、非常に高度な要求は今後も引き続き行われる。電気部品については輸入品が多いため、現産化率を飛躍的に引き上げるのは困難であると考えられる。現実的には、何らかの例外扱いを求めるか、現時点で既に進出している欧州系企業との部分的協業などの可能性もある。また、機械部品については、現地企業の生産規模の拡大や技術力の向上に対する支援が、進出企業に対しては求められることになる。これは、車両メーカーにとっては負担であるので、海外投融资の活用等により、現地企業の育成を行うことも 1 つの方法である。このような現地企業の育成や技術力向上に関する政策立案をサポートする専門家の派遣も必要により行うべきである。

また、実際の技術移転や訓練実施の支援のため、生産現場やメンテナンス現場により近い立場の専門家の派遣も、必要に応じて短期で派遣することを積極的に検討すべきである。

以上の概念図を図 7-10 に示す。



出典：調査団作成

図 7-10 車両現産化の概念

### 7.3.2 信号通信

第 4 章の「南ア」国信号業界に関する現産化の現状と課題を踏まえ、かつ、次に示す諸条件を考慮した結果、今後、新たな現産化可能な対象候補となる装置等を選定し、表 7-4 に示す。

- ・対象は、以前に現産化をしておらず、かつ、導入計画のある高度な技術力を必要とするシステム装置、現場機器および関連装置のソフト開発に限定する。
- ・今後の鉄道事業者の中長期開発計画において、安定的かつ継続的な需要が見込めて、コスト面での制約がなく、品質向上が推進できる環境であること。
- ・日本企業が欧州系企業等に対して、現地で十分に競争力のある技術分野であること。

表 7-4 現産化対象候補の装置等一覧表

	対象装置等	現産化の進め方
システム	電子連動装置	● 周辺部品現産化と現地組立
		○ 制御ソフト輸入と連動制御データの現産化
	運行管理システム装置	● コア部品輸入と現地組立
		○ 運行管理ソフト輸入と画面表示データの現産化
CTC 装置	● コア部品輸入と現地組立	
	○ 遠隔制御ソフト輸入と制御データの現産化	
	ATP 地上装置	● 周辺部品現産化と現地組立

現場 機 器	車軸検知器	● 周辺部品現産化と現地組立
	踏切警報装置	● 現産化
	LED 信号	● 現産化
	設備状態監視装置	● 周辺部品現産化と現地組立
○ 監視ソフト輸入と画面表示データの現産化		

●：ハード部位、○：ソフト部位

出典：調査団作成

日本企業による電子連動装置の現産化の最初のステップとしては、電子連動装置のコア部分のハード及びソフトを輸入し、一部、非コア部品を現産化し、電子連動装置全体を組立てることが考えられる。また、ソフト面では制御データ作成を現産化すれば、機能検査の効率化に繋がることになる。

また、品質向上の推移に合わせて、次のステップとしては、現産化対象を一部増しつつ、下請け会社の条件に適合させることで、段階的に現産化率を上げていくことを目指すことになろう。また、他のシステム装置である運行管理装置、CTC 装置等の高度な技術を要するものも同様な現産化の過程を踏襲することになるであろう。

次に、現場機器には、全面的に現産化の対象となり得るものとして、踏切警報装置および長寿命 LED 信号がある。後者については、鉄道信号だけでなく道路交通信号の領域を対象とする大量需要を見込まれることが前提になろう。

大量需要が見込まれている車軸検知器の現産化は、欧州系企業が、現時点で、全面的に輸入していた方針からコア部分以外の一部現産化と現地の組立に踏切るかどうかで局面が変わる。欧州系企業は、既に、「南ア」国での導入実績と耐雷害対策の経験があるものの、日本企業においても長年蓄積してきた雷害対策のノウハウでは十分に対抗出来るし、コスト面を考慮すれば、現地参入への可能性は十分にある。

続いて、鉄道事業者 PRASA は、入札要求条件の中でメンテナンスを重視する方針を打出しているため、一部の現地企業からは設備状態監視装置の現産化への関心も表明されている。日本企業も参入の際には、単に、このハード装置の現産化に留まらずに、メンテナンス管理に有用かつ付加価値を与えるソフト開発の現産化もあわせて取組むことが望まれる。具体的には、「南ア」国現場の保守作業で得られる故障データ、検査データおよび修繕データ等の活用ソフトの開発がある。また、障害回復支援や修繕アフターケアも必要である。

現産化の達成に向けて、協業の可能な現地の候補企業としては、コンサルタント部門、施工、保守および製造部門で幅広く積極的に取組み、かつ実績のある Mehleketo 社と Actom 社およびこれらの下請け企業が有力であるが、現実には、欧州系企業との連携を程度の差こそあれしている。

日本から新たな参入企業は、現産化する対象に応じて、これらの企業や新たに発掘する企業と提携方式等について検討することになるであろう。

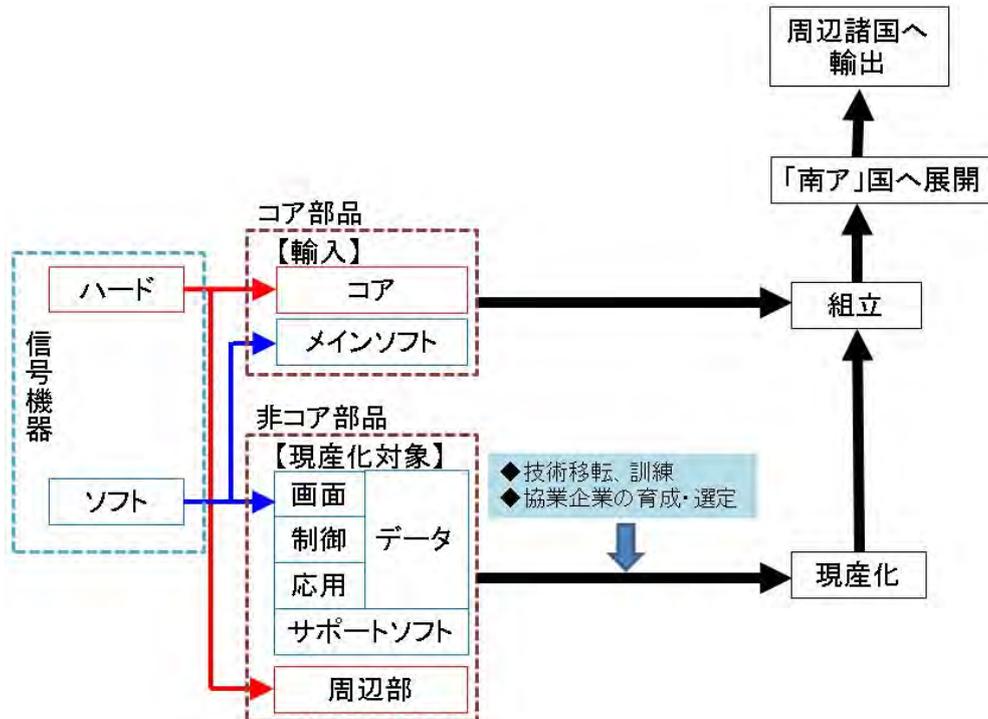
日本企業による信号分野の現産化を推進するにあたり、参考にすべき点は、他分野で既に進出している同じ日本企業の長年の蓄積した経験と知恵である。

一方で、信号分野の欧州系企業には、客先の要求に応じて、40 年間を越えて「南ア」国

で現地生産を長らく継続維持しているものもある。どのように、「南ア」国に適合してきたのか参考にすべき点が多いと考える。

しかしながら、ただ単に、こうした欧州系企業の後追いをするのではなく、メンテナンス技術などの日本独自の価値を付加していく必要がある。

図 7-11 に信号分野の現産化イメージを示す。



出典：調査団作成

図 7-11 信号分野の現産化イメージ

### 7.3.3 軌道

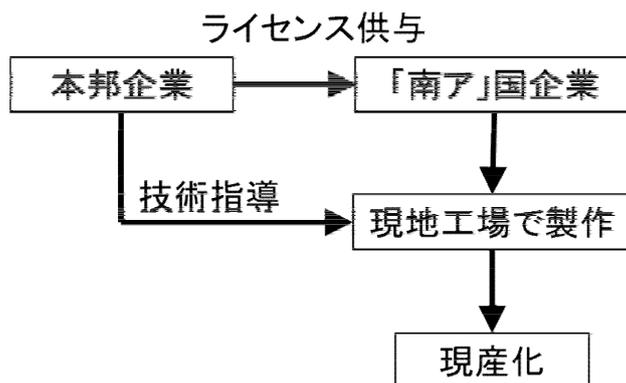
軌道分野の市場規模として、TFR は過去 3 年間に、471km (2009 年度)、555km (2010 年度)、731km (2011 年度) のレール交換を実施し、過去 2 年間に、528km (2010 年度)、690km (2011 年度) の軌道保守を実施している。ともに増加傾向にあることから、今後も軌道保守関連業務は増えると予想される。また、コンクリート枕木の市場規模は年間 70~100 万本であると言われている。これらの業務および市場規模を考えると、本邦企業の市場参入の可能性はあると考える。

#### (1) 軌道材料

バラスト、コンクリート枕木、締結装置はすでに「南ア」国内で現産化されているが、今後、投資計画の実行により需要量が増加し、市場規模が拡大すれば、本邦企業の参入の可能性もあると考えられる。例えば、枕木メーカーの Rail 2 Rail 社は、ドイツの技術を導入した PC 枕木を製造しているが、「南ア」国において枕木製造を開始したのが 2010 年と歴史が浅い。しかし、短期間で主要枕木メーカーに成長し、現在、枕木メーカー内のシェアは、20~25%を占めている。その点においては、「後発組」であっても、価格に見合う品質が確保されていれば、十分に参入可能性があると考えられる。特に、合成枕木は「南ア」国に

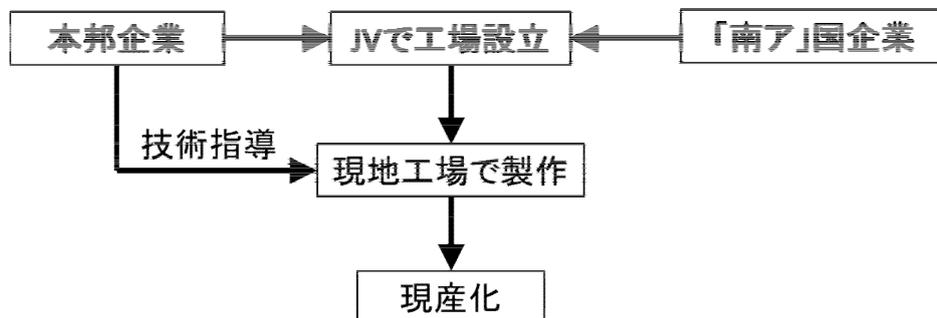
ない技術であり、コンクリート枕木の品質の低さを考えると、コンクリート枕木に代わるものとして導入および現産化の可能性がある。

一方、レールについては、現在はすべて輸入に頼っており、現産化が求められる分野である。合成枕木およびレールを「南ア」国への導入に際しての課題としては、「南ア」国側が技術を有していないことである。これらの軌道材料の現産化イメージとしては、図 7-12 および図 7-13 が考えられる。



出典：調査団作成

図 7-12 軌道材料に関する現産化のイメージ (1)



出典：調査団作成

図 7-13 軌道材料に関する現産化のイメージ (2)

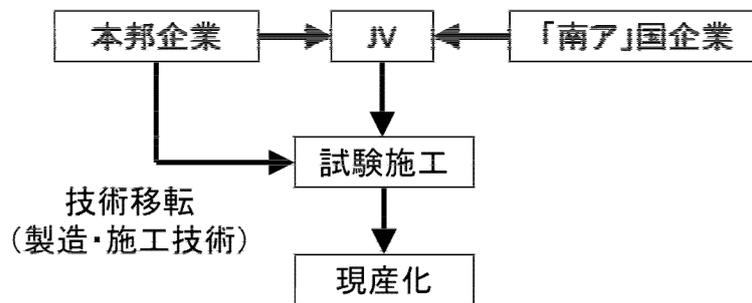
## (2) スラブ軌道

日本のスラブ軌道は、設計通りに施工できる場合は、高い品質を確保することができるが、厳密な施工監理が求められる。日本のスラブ軌道が「南ア」国に導入されたとしても、当面は現地の建設会社だけの施工は困難であり、日本の専門の会社が軌道スラブ版の製造・施工、てん充層（CA モルタル）の製造・施工、路盤コンクリートの精度監理、メンテナンス、ロングレール調整などを行う必要である。

スラブ軌道導入にあたっての課題としては、スラブ軌道製造および施工が高度な技術を要すること、また、「南ア」国側がスラブ軌道の技術を有していないことである。

この場合は、中国で行ったように、本邦企業と「南ア」国企業がJVを組んで、日本側の

技術指導により導入を図るのが有効であると考ええる。  
 現産化イメージとしては、図 7-14 が考えられる。

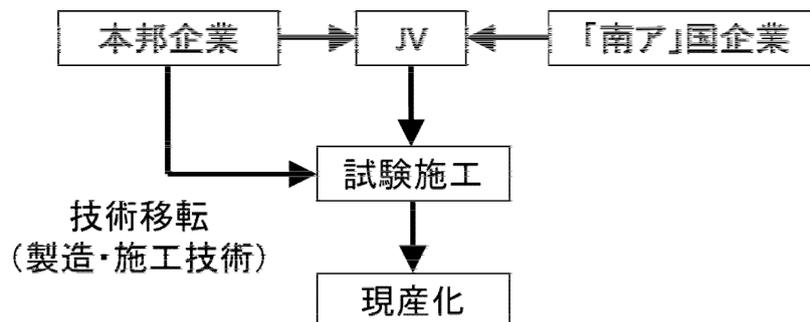


出典：調査団作成

図 7-14 スラブ軌道に関する現産化のイメージ

### 7.3.4 AFC

AFC システムについては、地上設備である自動改札機について現産化の可能性があると  
 考えられる。現産化のイメージとしては、図 7-15 が考えられる。



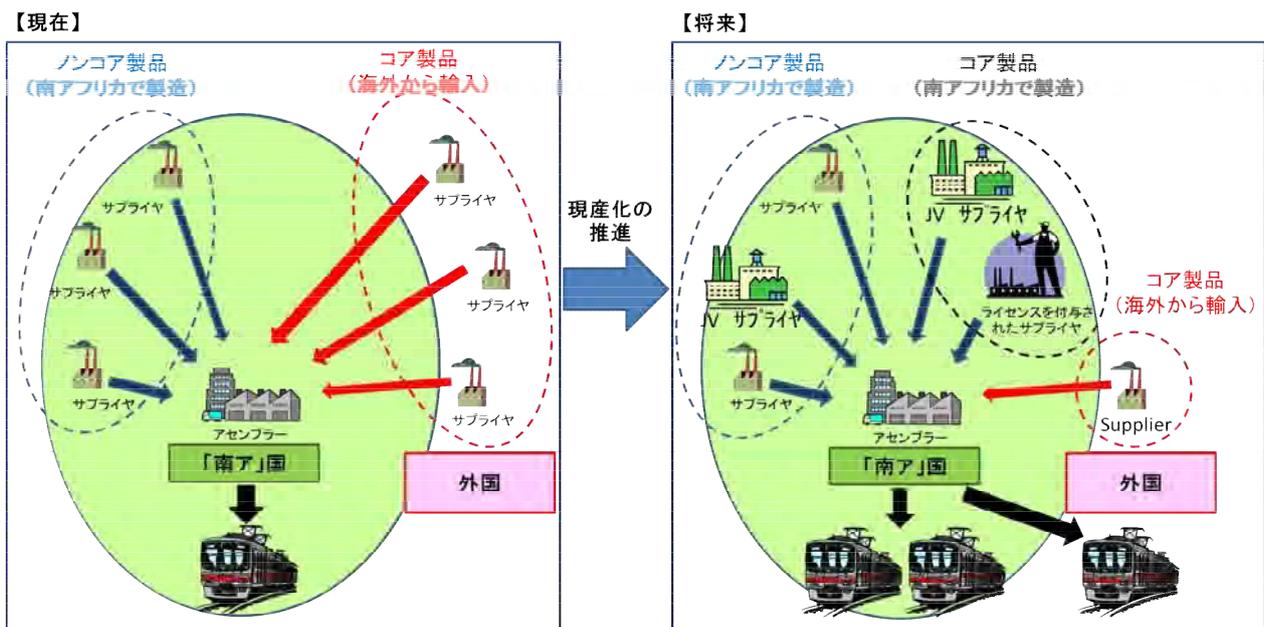
出典：調査団作成

図 7-15 AFC 自動改札機に関する現産化のイメージ

### 7.3.5 混合型

7.3.1~7.3.4 では車両、信号通信、軌道及び AFC を対象に現産化のイメージの例を示した。  
 技術移転あるいは技術指導の必要性は品目によって異なることが想定されるが、輸入主体  
 のコア製品、国産主体のノンコア製品ともに、将来的にはその一部は本邦企業を含む外資  
 系企業との JV 結成、あるいはライセンス供与により現産化が促進されるものと考えられる。

現在及び将来における現産化のイメージを図 7-16 に示す。「南ア」国内における効率性向  
 上に伴い、コスト競争力が向上し、将来的には近隣諸国をはじめアフリカ全土に輸出でき  
 るまで産業が成長することが期待される。



出典：調査団作成

図 7-16 混合型の現産化のイメージ

### 7.3.6 地元企業との協業による鉄道関連産業の現地生産化の達成

#### (1) 各サブ分野有力企業のリストアップ（技術力、営業力、市場参入度）

##### 1) 車両（EMU、機関車、貨車、客車）

本邦企業の協業先として地元企業に求められる要件としては、

- ・ローカル系企業であること（外資系ではないこと）
- ・外資系企業とのネットワーク（サプライヤーとしての外資系企業との連携等）がすでに構築されていないこと
- ・BEE レベルが比較的高いこと（BEE レベル 4 以上）

が考えられる。車両関連会社の上記に関する状況は表 7-5 に示すとおりである。

上記 3 つの視点から抽出すると、表 7-6 に示す 9 社が協業先の候補に挙げることができる。

表 7-5 車両関連会社の概要

No.	事業者名	主要製品	外資系	ローカル系	外資企業とのネットワーク							BEEレベル	
					GE (米国)	Siemens (ドイツ)	Alstom (フランス)	Bombardier (カナダ)	Stadler (英国)	日立	東芝		
1	UCW (Union Carriage & Wagon Company)	車両	○(英国)									○	
2	Grindrod	鉱業・機関車		○									3
3	RRL Grindrod	機関車製造		○									オペレーション部門1、 機関車製造部門3
4	Columbus Stainless	ステンレス鋼板	○(スペイン)										6
5	Macsteel VRN (Stainless Division)	ステンレス部材		○			○	○					4
6	DCD Dorbyl	台車		○			○			○	○		4
7	ABB	主電動機		○									-
8	Mersen South Africa	カーボンブラシ	○(フランス)										-
9	Timken South Africa (Pty) Ltd	ベアリング	○(米国)									○	5
10	Rotacon Engineering	ギヤケース		○								○	1
11	Donkin Fans	プロア		○	○								4
12	Knorr-Bremse	ブレーキ	○(ドイツ)										3
13	Rollmech (Pty) Ltd.	主幹制御器		○									-
14	LH Marthinsen	コイル、整流器		○									3
15	OTD (Overhead Track Developments)	パンタグラフ		○			○						4
16	Siyahamba Engineering (Pty) Ltd	車両ドア・窓		○	○								4
17	Booyco Engineering	空調		○	○	○	○	○					5
18	SME	空調		○				○					-
19	Inteletrack	列車分離検知装置		○									-
20	Ansys Limited	車両位置追跡システム	○(米国)	○	○								5
21	Waymark Infotech	電子マニュアルシステム		○									4
22	Naledi Rail Engineering	車両改修		○									4
23	Surtees Investments (Pty) Ltd.	部品サプライ全般		○									8

出典：調査団作成

表 7-6 本邦企業の協業先候補（車両）

事業者名	主要製品
Grindrod	鋳業・機関車
RRL Grindrod	機関車製造
Rotacon Engineering	ギヤケース
Knorr-Bremse	ブレーキ
Rollmech (Pty) Ltd.	主幹制御器
LH Marthinusen	コイル、整流器
Inteletrack	列車分離検知装置
Waymark Infotech	電子マニュアルシステム
Naledi Rail Engineering	車両改修

出典：調査団作成

本調査団が実施したヒアリングでは、表 7-6 に示した 9 社の中で Rotacon Engineering は日本企業とのコラボレーションに関して前向きであった。また、Rollmech (Pty) Ltd.ではすでにマスターコントローラーの部品の一部として日本製品が使われていることを確認した。

2) 信号、通信（CTC、ATP、電子連動装置、踏切保安装置、現場機器）

車両の場合と同様に信号、通信メーカーの状況を整理すると表 7-7 に示すとおりである。

上記 3 つの視点から抽出すると、表 7-8 に示すように、協業先の候補は Mehleketo が該当する。

表 7-7 信号、通信関連会社の概要

No.	事業者名	主要製品	外資系	ローカル系	外資企業とのネットワーク						BEEレベル	
					GE (米国)	Siemens (ドイツ)	Alstom (フランス)	Bombardier (カナダ)	Stadler (英国)	日立		東芝
1	Lebone Engineering	信号		○								4
2	Siemens	信号	○(ドイツ)			○						-
3	Actom	電気機器	○(英国)									3
4	Mehleketo	信号・鉄道建設		○		○	○					3

出典：調査団作成

表 7-8 本邦企業の協業先候補（信号・通信）

事業者名	主要製品
Mehleketo	信号

出典：調査団作成

### 3) 軌道（レール、枕木、分岐器、締結装置）

車両、あるいは信号、通信の場合と同様に、軌道関連会社の状況を整理すると表 7-9 に示すとおりである。

上記 3 つの視点から抽出すると、表 7-10 に示すように、Tubular Track および Rail2Rail が該当するが、日本の技術に非常に関心の高い SIMS を含む 3 社が協業先の候補として挙げる事ができる。

表 7-9 軌道関連会社の概要

No.	事業者名	主要製品	外資系	ローカル系	外資企業とのネットワーク							BEEレベル
					GE (米国)	Siemens (ドイツ)	Alstom (フランス)	Bombardier (カナダ)	Stadler (英国)	日立	東芝	
1	Tubular Track	軌道		○								2
2	Plasserail South Africa	軌道メンテナンス	○(オーストリア)									3
3	Rail2Rail	コンクリート・枕木		○								2
4	Pandrol	レール締結装置	○(英国)									4
5	SIMS (Stimera Infrastructure Management Services)	軌道・電気・研修					○					3

出典：調査団作成

表 7-10 本邦企業の協業先候補（軌道）

事業者名	主要製品
Tubular Track	軌道
Rail2Rail	コンクリート・枕木
SIMS (Stimera Infrastructure Management Services)	軌道・電気・研修

出典：調査団作成

## 7.4 ロードマップ

### 7.4.1 JICA 支援の取り組みの方向性

#### (1) JICA の多様な経験・ノウハウ、支援形態、資金調達ツールの活用

JICA は、開発途上国に対する円借款、無償資金協力、技術協力を一括して実施することができる本邦唯一の機関である。また JICA は、これまでの支援を通じて現地及び本邦の中央・地方政府、国営・民間企業、その他関連団体など、幅広いネットワークを有している。

JICA による支援のメリットとして、以下の事項が挙げられる。

- ・案件形成からマスタープランの策定、F/S の実施、設計・施工・維持管理、運営という事業の上流から下流まで一貫した関与が可能な支援ツールを有している。
- ・土木構造物、軌道、車両、鉄道システム、駅舎や車両検修工場などのハード分野から、設計・施工・運営・維持管理に関わる技術指導や鉄道の運行管理、制度、組織強化に関わる人材育成、技術規準策定などのソフト分野まで、広範囲に及ぶ経験を有している。

・技術協力、専門家派遣、本邦研修など、人材育成のツールも充実している。

JICA の持つこれらの多様なツールやリソースを動員して、「南ア」国の鉄道セクター近代化を推進するにあたって、鉄道関連プロジェクト本体から周辺環境整備まで、総合的な取り組みを行うことで、「南ア」国のニーズを的確に捉えた協力を、官民連携のもと迅速に推進することが可能である。表 7-11 に JICA の支援ツールを示す。

表 7-11 JICA の支援ツール

ツール	概要	適用例
開発計画調査 型技術協力 協力準備調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>「南ア」国の鉄道近代化、関連する都市鉄道や都市間鉄道、都市交通システム、沿線開発計画などのマスタープラン策定の支援</li> <li>特定の計画に対する円借款を見据えた F/S 調査の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全国交通マスタープラン</li> <li>都市交通マスタープラン</li> <li>F/S 調査</li> </ul>
PPP インフラ 事業協力準備 調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>円借款による公共事業と日本企業が参画する民間事業の PPP 促進に向けた F/S 調査の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>民間事業者に対する情報提供、ネットワーク提供</li> <li>事業計画策定支援</li> </ul>
技術協力 技術支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>DOT や TRANSNET、PRASA の実務担当者レベルに対する技術移転のための本邦研修の実施</li> <li>専門家派遣による案件形成、組織強化、法制度構築、職員の訓練指導等の支援</li> <li>機材の供与</li> <li>PPP 事業のための政策・契約制度の構築支援、DOT や TRANSNET、PRASA 実務担当者の能力強化、事業モニタリング</li> <li>RSR による技術規準・規格策定への支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要人招聘、現場視察</li> <li>国・課題別研修、青年研修</li> <li>関係団体、企業における研修事業との協調</li> <li>OJT</li> <li>短期・長期専門家派遣</li> </ul>
円借款	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト資金を長期返済・低金利という緩やかな条件で貸し付けるもの</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土木・軌道・信号システムなどの建設・改修</li> </ul>
無償資金協力	<ul style="list-style-type: none"> <li>返済義務を課さずにインフラや設備の建設・改修の資金供与、鉄道車両供与などを行うもの</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土木・軌道の建設・改修</li> <li>車両検修工場、駅舎、その他施設の建設・改修</li> </ul>
海外投融資	<ul style="list-style-type: none"> <li>高リスク、低収益見込みの事業を行う民間企業への「出資」または「融資」</li> <li>開発効果、事業達成見込み等の条件を満たす事業</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特別目的会社（鉄道事業体）への出資・融資</li> </ul>

出典：調査団作成

## (2) テーマごとの取り組みの方向性

上記の JICA ツールのうち「南ア」国の鉄道セクター近代化を進めるにあたって、現地での調査結果や鉄道関係者からのヒアリングをもとに下記の支援策が有効であると考えられる。

### 1) 技術支援：協力準備調査

・日本の都市鉄道の特徴である自動出改札やスマートカード、駅ナカ開発、他の交通機関との駅での結節性などを含めた都市総合拠点開発調査をケープタウン市またはダーバン市で実施する。その中で、PRASA の大規模な電車調達により老朽化した電車を取り替えるにあわせて、都市鉄道を中心とした機能的な街づくりが可能な鉄道システムを提案すれば、日本の鉄道システムへの理解が促進され、日本の都市鉄道システムを「南ア」国に展開することが可能となる。特にケープタウン市は都市鉄道を含めた都市交通計画に関心が強く、また開発マインドが強いので、都市総合拠点開発調査を実施するのに適切な都市であると考えられる。

・「南ア」国は、主要国際空港と都心を鉄道で結ぶ交通政策を展開しており、ヨハネスブルグでは既に 2010 年に PPP 事業によりハウトレインが開業している。その一環として、ダーバン市内とキングシャカ国際空港を結ぶ連絡鉄道がクワズールナタール州やダーバン市で検討されている。この路線は、ヨハネスブルグ～ダーバン間高速鉄道の一部としても活用が可能であるし、クワズールナタール州の州都ピーターマリッツバーグまで延伸すれば、都市間通勤鉄道としても活用できると期待されている。

・TRANSNET では、「集中と選択」政策により、重要路線での輸送を優先している。それ以外の Branch lines (7300km) においては、民間の鉄道事業者とコンセッション契約を結んで、民間業者に有効活用させる計画がある。その目的として、1) 地方開発、2) 道路から鉄道への輸送分担転換の促進、3) 輸送コストの削減、4) 民間セクターの鉄道事業参加の促進、5) 道路および鉄道輸送の安全性の向上が挙げられている。特にフリーステート州では独自調査を実施し、Branch line を都市間旅客鉄道として再生させる検討をしている。

### 2) 財政支援：海外投融資

本報告書で既に指摘してきた通り、「南ア」国の鉄道関連事業については、事業遅延リスク等をはじめとして一定程度のリスクがある、他方、他国の事業者も「南ア」国における鉄道関連事業に積極的に参入している状況でありコストを含めた競争が激化しつつある。さらに、「南ア」国は南部アフリカ地域の拠点となりうる国であり、鉄道関連事業者をはじめとして本邦企業においても戦略的に重要な国と位置づけられる。このような視点に鑑みれば、今後、本邦企業の鉄道分野における「南ア」国への積極的な参入を促進するためにも、日本政府が海外投融資スキームを用いて「南ア」国進出を目指す本邦関連企業への金融的な支援を実施することが望ましい。具体的には、以下の事業において海外投融資スキームが活用されるものと想定される。

- ・ 本邦企業による、「南ア」国における、鉄道車両等のための工場建設プロジェクト
- ・ 「南ア」国における鉄道関連 PPP 事業（本邦企業が SPV として関与する場合）

### 3) 専門家の派遣

#### a) 長期専門家

本調査の結果から明らかなように、「南ア」国の鉄道セクター近代化を実施するにあたって、人材育成・教育訓練は重要な課題である。このような重要な政策課題を支援するためには、「南ア」国の鉄道政策を実施している運輸省（DOT）に鉄道人材養成専門家を長期派遣することが有効である。その際、日本の鉄道技術が「南ア」国に活用可能な分野として、車両・信号通信・軌道・AFCがあるので、専門分野別のグループを派遣することが望ましい。主な技術指導の内容は以下の通りである。

- ・ハウテン州のバール工科大学での鉄道工学専門の学部設立の支援
- ・Transnet傘下のSchool of Engineeringの機能強化
- ・PRASAのTraining Academyへの協力
- ・鉄道技術力向上のためのプログラム作成
- ・鉄道技術に関する技術移転プログラムの作成
- ・RSRで実施している鉄道技術基準制定の支援

#### b) 短期専門家：鉄道サブセクターごとの技術指導

##### ・車両

車両分野においては、メンテナンス技術の向上のため、鉄道事業者であるTREまたはPRASAに短期専門家を派遣することが望ましい。特に、故障を未然に防止するための予防保全の考え方の普及や、故障データを分析し、故障を未然に防止する予防保全の考え方を普及させることは、鉄道輸送の安全性、定時性を高める上で、喫緊の課題である。

##### ・信号通信

信号通信分野においては、TREまたはPRASAに信号通信施設の保全に関する技術指導（座学、OJT）を行うため、短期専門家を派遣することが望ましい。

##### ・軌道

軌道分野においては、TREおよびPRASAとも軌道保守技術向上が課題であるため、短期専門家を派遣し、軌道施設の保守に関する技術指導を行うことが望ましい。また、レール溶接技術に関しても技術レベルが低いため、レール溶接に関する技術指導を行う。

### 4) 人材育成

#### a) 各種研修スキームの活用

JICAの本邦研修スキームをはじめとして、以下のような関係団体や企業による本邦研修スキームとの連携により、日本の鉄道技術（特に都市鉄道と新幹線）の紹介、鉄道の運営・維持管理に関する技術移転を実施する。研修の対象としては、DOTやTRANSNET、PRASAの実務者レベルが考えられる。

- ・日本貿易振興機構（JETRO）：各種セミナー、招聘事業
- ・海外運輸協力協会（JTCA）：要人招聘事業、実務者研修・視察、交流促進等
- ・国際開発センター（IDCJ）：人材育成事業、国際交流事業
- ・鉄道事業者：視察、研修生受け入れ

#### b) 人材交流の促進

本調査における鉄道関係機関の要人を日本に招聘し、以下の内容を含む日本の鉄道システムや技術の紹介をする。

- ・日本の都市鉄道システムと高速鉄道システム（新幹線）の紹介
- ・日本の鉄道技術の現状および「南ア」国に適用可能な技術の紹介
- ・日本の鉄道に関する法制度、事業スキーム、財源、経営への理解促進
- ・日本の鉄道試乗、運行指令センター及び鉄道施設視察、建設現場の視察

#### 7.4.2 鉄道セクター近代化に向けた「ロードマップ」の検討

「南ア」国の鉄道セクター近代化に向けた「ロードマップ」作製にあたっては、以下の観点から検討し、その結果を表 7-12 に示す。

##### (1) 「南ア」国の投資計画

現在、TRANSNET と PRASA では、車両の調達をはじめとして、信号システムの更新、主要路線の輸送力増強などが計画されている。これらを主要サブセクターごとに計画期間を明示した。なお、NATMAP の最終案には、ヨハネスブルグ～ダーバン間高速鉄道も提案されており、このプロジェクトも投資計画対象とした。

##### (2) プロジェクト実現に向けた対応

本調査結果から明らかなように、「南ア」国で計画されている投資計画を実施し、効果あるものとするためには、人材育成と技術力の向上、鉄道セクターの裾野産業の育成が必要である。また、将来は「南ア」国を南部アフリカの鉄道産業の拠点とする計画であるので、鉄道セクターにおける日本企業との協業、現産化も実現する必要がある。

##### (3) 本邦企業の参入

一方、日本の鉄道関連企業が「南ア」国の鉄道市場に参入するためには、現地企業との協業、技術指導、現産化対応などが求められる。

##### (4) 日本政府の支援策

「南ア」国の鉄道セクターを近代化し、日本企業との協業により鉄道産業を育成するため、日本政府（METI と JETRO）は、現地企業との協業支援、ビジネスマッチングの実施が考えられる。

##### (5) JICA 支援策の優先順位

「南ア」国鉄道セクター近代化を支援するための JICA 支援策としては、専門家派遣、協力準備踏査、海外投融資が考えられる。本調査により明らかになった「南ア」国鉄道セクターの現状と課題を踏まえ、また「南ア」国 DOT や州政府、鉄道事業者の TRANSNET および PRASA、「南ア」国の鉄道関連会社などの要望をもとに、JICA 支援策を表 7-12 にリストアップした。今後、「南ア」国の鉄道セクター近代化を進めるにあたって、支援策ごとの効果や実現可能性を考慮し、リストアップした支援策に優先順位（優先度の高いものから A、B、C）をつけ、ロードマップに示した。

表 7-12 鉄道セクター近代化に向けたロードマップ

		年度													
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
「南ア」国	プロジェクト	TRANSNET	全体	7ヶ年投資計画											
			車両	車両調達											
			信号	複線CTC化、運転時間短縮、信号通信設備更新改良(～2025年)											
			電力	電車線改良、変電所新設、複線電化(～2036年)											
			土木	主要路線(鉄鉱石線、石炭線、マンガン線)の輸送力増強、新線(スワジランドリング、Wataerberg)調査											
	PRASA	車両	車両調達(3600両)【第1期】										車両調達(3600両)【第2期】		
		信号	信号システムの近代化												
		電力	新車両の導入および信号システムの改良に伴う電車線の改良												
		土木	インフラ近代化												
		その他				都市鉄道の活性化									
	高速鉄道		調査(現地発注)												
	プロジェクト実現に向けた対応			人材育成・技術力向上											
				裾野産業育成											
				本邦企業との協業											
			現産化												
												周辺諸国への鉄道の輸出			
日本	政府支援策	METI, JETRO	現地企業とのコラボ支援												
	ビジネスマッチング														
	要人招聘														
	本邦企業参入	車両	現地車両メーカーとの協業、技術支援												
		信号	技術移転、協業企業の育成												
		軌道	技術指導、技術移転												
		AFC	技術移転												
	JICA 支援策	鉄道セクター調査	本調査												
		長期専門家派遣	DOTへの鉄道人材育成専門家(専門分野別のグループ)												
		短期専門家派遣	車両	車両専門家											
			信号	信号専門家											
			軌道	軌道保守専門家											
		協力準備調査	都市総合拠点開発調査												
			空港連絡線FS調査												
海外投融资		工場建設プロジェクト									PPP事業				
人材交流		鉄道関係機関の要人の日本招聘													
本邦研修		DOT、TRANSNET、PRASAの実務者クラス、若手技術者への技術移転													

出典: 調査団作成

凡例:  :A (1st priority)  :B (2nd priority)  :C (3rd priority)

### 7.4.3 投資規模及び雇用創出効果の試算

7.4.1及び7.4.2においては「南ア」国の鉄道セクターの近代化に向けたロードマップを表7-12に示した。今後このロードマップを着実に実現していくことが必要である。

本節においては、このロードマップ実現による「南ア」国における雇用創出効果を試算し、もってその実現の重要性を示す。

すでに「南ア」国の鉄道セクターの近代化に向けてPRASA及びTRANSNETにおいて長期の投資計画が策定され、採算性分析、雇用創出効果の分析が行われている。これらの分析にあたっては、詳細な需要予測が実施されているが、いずれも長期にわたる高成長を前提としており、これが実現するかはリスク要因となりうる。そこで本節においては、需要予測の前提条件となる経済成長率を下方修正した場合の採算性の感度分析を行い、その結果から、経済が低迷した場合に想定される投資規模を推計のうえ、投資に伴う雇用創出効果の試算を行った。

#### (1) 投資計画の推計

##### 1) 需要予測

PRASA及びTRANSNETいずれも、将来のGDP成長率については、4%強の伸び率が想定されており、5.1で整理した今後の見通しを踏まえると過大予測となっている可能性がある。そのため、今後の見通しを参考に、将来のGDP成長率を3%とした場合の需要を推計する。

PRASAが公表している需要予測結果では2011年の年間旅客数は約5億9500万人とされており、一定程度の人口増加と4.4%前後の年間GDP成長率という条件の下、2030年の年間旅客数は約6億5000万人と予測されている。すなわち、年間0.466%  $(=(6.50/5.95)^{1/19}-1)$  の割合で年間旅客数が増加している。PRASAの需要予測では、人口増加と経済成長が主たる需要増加要因となっていることから、経済成長分の寄与度が半分と仮定し、年間0.233%は経済成長により増加していると考ええる。ここで、毎年の経済成長率が4.4%と考えれば、経済成長率1%あたりの年間の需要増加率は0.053%  $(=4.4\%/0.233\%)$  となる。従って、経済成長率が毎年3%の場合の、経済成長による需要増加率は0.159%  $(=3\%*0.053\%)$  となり、これに人口増加による需要増加率である0.233%を加えると、経済成長率が3%の場合の需要増加率は0.392%と考えられる。その結果、経済成長率が3%の場合の2030年の年間旅客数は約6億4100万人  $(=5.95*(1+0.392\%)^{19})$  と推計される。表7-13にPRASAの需要予測の感度分析結果を示す。

表 7-13 PRASA の需要予測の感度分析結果

	基本ケース (経済成長率4%強)		感度分析ケース (経済成長率3%)
年間旅客数	約6億5000万人(2031年)	→	約6億4100万人(2030年)

出典：調査団作成

TRANSNETが公表している需要予測結果では2011年の年間鉄道貨物取扱数は約2億1200万トンとされており、一定程度の人口増加と4.4%前後の年間GDP成長率という条件の下、2041年の年間鉄道貨物取扱数は約6億8900万トンと予測されている。すなわち、年間4.007%

( $= (689/212)^{1/30} - 1$ ) の割合で年間鉄道貨物取扱数が増加している。ここで、毎年の経済成長率が4.4%と考えれば、経済成長率1%あたりの年間の需要増加率は0.911% ( $= 4.4\% / 4.007\%$ ) となる。従って、経済成長率が毎年3%の場合の、需要増加率は2.732% ( $= 3\% * 0.911\%$ ) と考えられる。その結果、経済成長率が3%の場合の2041年の年間鉄道貨物取扱数は約4億7600万トン ( $= 212 * (1 + 2.732\%)^{30}$ ) と推計される。表7-14にTRANSNETの需要予測の感度分析結果を示す。

表 7-14 TRANSNET の需要予測の感度分析結果

	基本ケース (経済成長率 4%強)		感度分析ケース (経済成長率 3%)
年間鉄道貨物取扱数	約 6 億 8900 万トン (2041 年)	→	約 4 億 7600 万トン (2041 年)

出典：調査団作成

## 2) 投資計画の推計

上記1)における下方修正された需要予測結果を踏まえて、その需要予測に見合った投資規模の推計を行った。PRASA及びTRANSNETの投資計画のうち特に長期的な内容については基本的に需要の伸びを前提として、輸送力拡大を狙いとしたものであるため、需要が下方されることにより投資規模が下方修正される。

具体的に、PRASAの投資計画では、2030年までに合計7224両（うち、将来の需要の伸びに対応しているのは1968両）の車両の購入を検討している。上述した通り、経済成長率が毎年3%の場合、2030年時点において、需要が全体で1.39%減少 ( $= 6億4100万人 / 6億5000万人 - 1$ ) するので、車両投資台数も全体で1.39%減少するものと考え、経済成長率が3%となった場合には、2030年までの車両投資台数は約7123両となり、現在の投資計画と比較して約100台程度、車両の購入台数が下がる可能性も考えられる。表7-15にPRASAの投資計画の推計結果を示す。

表 7-15 PRASA の投資計画の推計結果

	基本ケース (経済成長率 4%強)		感度分析ケース (経済成長率 3%)
車両投資両数	7224 両 (2030 年まで)	→	約 7123 両 (2030 年まで)

出典：調査団作成

同様に、TRANSNETの投資計画では、2041年までに6640億ZAR)の車両への投資を検討している。上述した通り、経済成長率が毎年3%の場合、2041年時点において、需要が全体で30.93%減少 ( $= 4億7600万トン / 6億8900万トン - 1$ ) するので、車両投資台数も全体で30.93%減少するものと考え、経済成長率が3%となった場合には、2041年までの車両投資額は約5220億ZARとなり、現在の投資計画と比較して約1400億ZAR程度、車両への投資計画が下がる可能性も考えられる。表7-16にTRANSNETの投資計画の推計結果を示す。

表 7-16 TRANSNET の投資計画の推計結果

	基本ケース (経済成長率 4%強)		感度分析ケース (経済成長率 3%)
車両投資額	6640 億 ZAR (2041 年まで)	→	5520 億 ZAR (2041 年まで)

出典：調査団作成

なお、7.1～7.3に示したような各種の取り組みを着実に進めなければ、ここで示した下方修正された需要も実現されない。都市内の他交通機関との連携、技術レベルの向上等について着実に進めていくことが必要である。

また、TRANSNET及びPRASAの直近の投資計画（TRANSNETであれば7カ年計画）が着実に進捗することにより、交通サービスレベルが向上し、その結果として沿線での輸送効率、業務効率の向上、生活利便性向上といった効果が期待される。その効果の積み重ねが、「南ア」国の経済成長の下支えになることで、上記のような下方修正された需要以上の需要増も期待できるようになる。このように、直近の投資計画の成功が、長期的な需要増につながり、それが長期的な投資の継続、雇用創出効果の増大につながっていくことから、上述のように、直近の投資計画の成功に資するべく、都市内の他交通機関との連携、技術レベルの向上等を着実に進めていくことが必要である。

## (2) 雇用創出効果の試算

PRASA及びTRANSNETにおいて雇用創出効果の試算を行っている。そこで、本調査においては、(1)で行った安全側の需要を前提とした場合の投資規模となった場合に雇用創出効果がどの程度下がるのかを把握した。

PRASAでは、現在の投資計画により、2030年までに合計で6万5992人の雇用創出効果があるとされている。経済成長率が3%程度となった場合、需要減に伴う投資計画の減少率(-1.39%)と同率で雇用創出効果も減少すると考えれば、雇用創出効果は6万5072人程度となるものと考えられる。表7-17にPRASAの雇用創出効果の推計結果を示す。

表 7-17 PRASA の雇用創出効果の推計結果

	基本ケース (経済成長率 4%強)		感度分析ケース (経済成長率 3%)
雇用創出効果	6 万 5992 人 (2030 年まで合計)	→	6 万 5072 人 (2030 年まで合計)

出典：調査団作成

TRANSNETについても同様であり、現在の投資計画により、2041年までに毎年13万2974人の雇用創出効果があるとされている。経済成長率が3%程度となった場合、需要減に伴う投資計画の減少率(-30.93%)と同率で雇用創出効果も減少すると考えれば、雇用創出効果は毎年11万5072人程度となるものと考えられる。表7-18にTRANSNETの雇用創出効果の推計結果を示す。

表 7-18 TRANSNET の雇用創出効果の推計結果

	基本ケース (経済成長率 4%強)		感度分析ケース (経済成長率 3%)
雇用創出効果	13 万 2974 人 (2042 年まで毎年の平均値)	→	11 万 5072 人 (2042 年まで毎年の平均値)

出典：調査団作成

以上に示すよう、ロードマップ実現による「南ア」国における雇用創出効果は経済成長率が3%程度となった場合においても大きい。また、この雇用創出は移動需要を誘発し、それがPRASA及びTRANSNETの利用をさらに増加させうる。投資による雇用創出、移動需要の誘発、それがさらに投資規模の増大につながれば、経済活動はさらに活発となる。このようにプラスのフィードバックが働くよう着実に雇用創出効果を発現させることが重要である。

この雇用創出効果は、現在「南ア」国が目標としている現産化率の目標を達成することで実現されるものである。この効果発現を確実なものとするべく、「南ア」国の鉄道セクターにおける技術レベルの向上等の取り組みを着実に進めることが必要である。



## 第 8 章

### 南アフリカ・日本鉄道カンファレンス結果概要



## 第 8 章 南アフリカ・日本鉄道カンファレンス結果概要

### 8.1 開催概要

2013 年 1 月 21 日（月）～1 月 24 日（木）にかけて、ヨハネスブルグ、ダーバン、ケープタウンの 3 都市において、「南アフリカ・日本鉄道カンファレンス」が JETRO ヨハネスブルグ事務所、在南アフリカ共和国日本大使館、JICA 南アフリカ共和国事務所の共催により実施された。

「南ア」国側からは、DOT（Department of Transport）の全面支援、ダーバン市開催においては KwaZulu-Natal Provincial Government および eThekweni Municipality の協力、ケープタウン市開催においては Department of Transport and Public Works（Western Cape Government）およびケープタウン市の協力を得た。

本カンファレンスの目的は、「南ア」国における鉄道セクターの近代化や高速鉄道に関する議論の高まりをとらえ、鉄道産業発展のための日本支援策、日本における鉄道システムの発展と地域・社会・技術開発の経験、日本の鉄道システムの技術面での優位性、日本企業による実績などを普及・啓蒙し、「南ア」国の鉄道セクター近代化にとって、日本が最適のパートナーであるとの認識を高めることである。

そこで本カンファレンスにおいては、「南アフリカ共和国・鉄道セクター情報収集・確認調査」結果を報告するとともに、「南ア」国側の関心が高いヨハネスブルグ～ダーバン間高速鉄道<sup>1</sup>および AFC（Suica カード）の講演を行った。また、本調査結果を取りまとめたパンフレットを作成し、本カンファレンス出席者に配布し、本調査結果の普及に努めた。アンケートを実施して、鉄道セクター近代化に向けたロードマップに対する意見収集を行った。

表 8-1 南アフリカ・日本鉄道カンファレンス日程

日程	開催都市	会場	参加人数 <sup>(注)</sup>
2013 年 1 月 21 日（月）	ヨハネスブルグ	Midrand, Gallagher Convention Centre	116 名
2013 年 1 月 22 日（火）	ダーバン	Hilton Durban	94 名
2013 年 1 月 24 日（木）	ケープタウン	Southern Sun Cape Sun	67 名

（注）講演者、事務局等を含めた総数

出典：調査団作成

### 8.2 鉄道カンファレンスの内容

都市により鉄道整備に関する関心・ニーズ、および今後の鉄道整備に関する方向性が異なることから、各都市においてテーマを設け、「南ア」国側のニーズを的確に把握することに努めた。調査団提供の講演内容については概ね高い評価を得ることができた。

<sup>1</sup> 「南アフリカ共和国・ヨハネスブルグ～ダーバン間高速鉄道調査」（平成 24 年 2 月、経済産業省、委託先：社団法人海外鉄道技術協力協会・株式会社三菱総合研究所）の結果を報告した。

## 8.2.1 ヨハネスブルグ

### (1) 主なテーマ

- 1) 日本の最新の鉄道システムおよび鉄道整備を通しての社会経済発展の紹介
- 2) 「南ア」国の鉄道産業の現産化および工業化への展開

### (2) 主な出席者

Portfolio Committee、DOT、DTI、TRANSNET、PRASA、Provincial Government 等

### (3) プログラム

Session I	
09:30-09:35	Welcome Address Mr. Yutaka Yoshizawa, Ambassador of Japan
09:35-09:40	Opening Address Dr. Lanfranc Situma, Deputy Director General: NATMAP 2050, Department of Transport
09:40-09:45	Introduction: Japanese Government Policy to promote the infrastructure related business Mr. Atsuhiko Hatano, Deputy Director-General, Trade and Economic Cooperation Bureau, Ministry of Economy, Trade and Industry
09:45-10:15	Key Note 1: State of Art – Japan’s Railway System and Our Future Ms. Nozabelo Ruth Bhengu, Chairperson, Portfolio Committee on Transport
10:15-11:00	Key Note 2: Railway System in Japan – Its Advantages and Contribution to Social Development Mr. Shota Utsubo, Special Assistant to the Director, Office of Project Development, Railway Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
11:00-11:15	Report: Summary of the Pre-Feasibility Studies on the Possible High Speed Railway between Johannesburg and Durban Mr. Yoshimasa Sakon, Senior Manager, Technology Headquarters, Japan International Consultants for Transportation
11:15-11:30	Discussion / Q & A session
11:30-11:50	Coffee Break
Session II	
11:50-12:00	Presentation: JICA’s Support Schemes for Railway Sector Development Mr. Satoru Matsuyama, Deputy Director, Division 3, Africa Department, JICA HQ
12:00-12:45	Report from JICA survey: SA Railway System Modernization and Solution for its Industrialization Mr. Yoshihiro Akiyama, Director, Technology Headquarters,

Japan International Consultants for Transportation	
12:45-13:00	Report: Observation on the Japan's Railway System Prof M M Ndege, Executive Dean, Faculty of Engineering and Technology, Vaal University of Technology
13:00-13:10	Presentation: Strategy for the Further Localization and Transfer of Advanced Technologies Mr. Shinsuke Tachibana, Marketing Executive, Railway Systems Div., Toshiba Corporation
13:10-13:30	Discussion / Q & A session

(注) 着色部は本調査団による講演

## 8.2.2 ダーバン

### (1) 主なテーマ

- 1) 日本の高速鉄道（新幹線）の経験および新幹線整備を通じた社会経済発展の紹介
- 2) ダーバン～ヨハネスブルグ間の高速鉄道整備

### (2) 主な出席者

Portfolio Committee、DOT、DTI、TRANSNET、Provincial Government 等

### (3) プログラム

Session I	
09:30-09:35	Welcome Address Mr. Yasuhide Yamada, Director-General, Department of Manufacturing and Environment Industry, Japan External Trade Organization (JETRO)
09:35-09:40	Opening Address Mr. Obed Mlaba, Chairman, Board of Directors, Trade & Investment KwaZulu-Natal (TIKZN)
09:40-10:10	Key Note 1: State of Art – Japan's Railway System and Our Future Ms. Nozabelo Ruth Bhengu, Chairperson, Portfolio Committee on Transport
10:10-10:55	Key Note 2: History of Japan's High Speed Railway and its Contribution to Social Development Mr. Shota Utsubo, Special Assistant to the Director, Office of Project Development, Railway Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
10:55-11:10	Discussion / Q & A session
11:10-11:20	Coffee Break
Session II	
11:20-11:50	Report: Summary of the Pre-Feasibility Studies on the Possible

	High Speed Railway between Johannesburg and Durban Mr. Yoshimasa Sakon, Senior Manager, Technology Headquarters, Japan International Consultants for Transportation
11:50-12:00	Presentation: JICA's Support Schemes for Railway Sector Development Mr. Satoru Matsuyama, Deputy Director, Division 3, Africa Department, JICA HQ
12:00-12:30	Report from JICA survey: SA Railway System Modernization and Solution for its Industrialization Mr. Yoshihiro Akiyama, Director, Technology Headquarters, Japan International Consultants for Transportation
12:30-12:40	Presentation: Toshiba's Railway Business and Supplier's Development in South Africa Mr. Shinsuke Tachibana, Marketing Executive, Railway Systems Div., Toshiba Corporation
12:40-12:55	Discussion / Q & A session
12:55-13:00	Closing Remarks Mr. Eric Apelgren, Head: International and Governance Relations, Ethekewini Municipality

(注) 着色部は本調査団による講演

### 8.2.3 ケープタウン

#### (1) 主なテーマ

- 1) 日本の都市鉄道システムおよび都市鉄道整備による社会経済発展の紹介
- 2) 西ケープ州における日本の最新技術を用いた都市鉄道の快適性および利便性向上

#### (2) 主な出席者

Portfolio Committee、DOT、DTI、PRASA、Provincial Government 等

#### (3) プログラム

Session I	
09:30-09:35	Welcome Address Mr. Yasuhide Yamada, Director-General, Department of Manufacturing and Environment Industry, Japan External Trade Organization (JETRO)
09:35-09:40	Opening Address Mr. Robin Carlisle, Provincial Minister for Transport and Public Works, Western Cape Government
09:40-10:10	Key Note 1: State of Art – Japan's Railway System and Our Future Ms. Nozabelo Ruth Bhengu, Chairperson, Portfolio Committee on Transport

10:10-10:55	Key Note 2: Urban Railway System in Japan – Its Advantages and Contribution to Social Development Mr. Shota Utsubo, Special Assistant to the Director, Office of Project Development, Railway Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
10:55-11:10	Discussion / Q & A session
11:10-11:20	Coffee Break
Session II	
11:20-11:50	Report: Suica – Advanced Ticketing System in Japan and Its Impact on the Creation of New Services Mr. Masahiro Watanabe, Deputy General Manager, Technology Headquarters, Japan International Consultants for Transportation
11:50-12:00	Presentation: JICA's Support Schemes for Railway Sector Development Mr. Satoru Matsuyama, Deputy Director, Division 3, Africa Department, JICA HQ
12:00-12:30	Report from JICA survey: SA Railway System Modernization and Solution for its Industrialization Mr. Yoshihiro Akiyama, Director, Technology Headquarters, Japan International Consultants for Transportation
12:30-12:40	Presentation: Toshiba's Railway Business and Supplier's Development in South Africa Mr. Yasuto Suzuki, Deputy General Manager, Toshiba Corporation Sandton Office
12:40-12:55	Discussion / Q & A session
12:55-13:00	Closing Remarks Councillor Brett Herron, Mayoral Committee Member for Transport, Roads and Stormwater, City of Cape Town

(注) 着色部は本調査団による講演

### 8.3 主な意見の概要

3都市で行われたカンファレンスにおいて得られた意見のうち、主なものを以下にまとめた。

#### 8.3.1 ヨハネスブルグ

##### (1) 「南ア」国 政府関係者 A

日本の交通網は、道路、鉄道、船舶、航空等から構成されており、効率的に運営されているとの認識である。一方、「南ア」国において唯一鉄道に接続されている空港はヨハネスブルグにある OR Tambo 空港である。

国内労働力のスキル不足を解決するため、「南ア」国政府は 2009 年に高等教育機関を設立している。また 2011 年の科学技術省予算においても能力強化の予算が設けられた。現時点では、我々は重点分野及び開発すべきスキルを特定し始めている。また実施するに当た

って、ビジネスセクター及び教育を受ける生徒の親が協力して進めることがポイントになる。

## (2) 「南ア」国政府関係者 B

「南ア」国政府は、大胆な鉄道網改善計画を通じ、より安全かつ効率的な交通手段の整備と国内産業のさらなる発展につなげたい。鉄道施設の整備に加え、鉄道エンジニアの育成も期待される。さらに、「南ア」国の各地方を鉄道網で接続していく可能性もある。

このような大規模な計画の実施に当たり、パートナー国候補として、鉄道分野の最前線にいる日本を訪問<sup>2</sup>した。日本の鉄道分野がなぜ成功したかを探ることが目的のひとつであった。

2011年3月11日の大地震時において新幹線による死亡者がいないと聞いているが、この事実は日本の鉄道分野の実力を象徴している。今後、日本と共に「南ア」国の鉄道分野の改善に向けて努力したい。

## (3) 「南ア」国政府関係者 C

ヨハネスブルグ～ダーバン間高速鉄道の計画は時間を要するものである。日本側は率先してプレF/S調査を実施した。調査結果を新運輸大臣に報告したうえ、やるべきことに優先順位を付けていくことになる。最終的に「南ア」国民に最大の便益を提供することが我々の目的である。

能力開発は、運輸省の優先事項の一つである。2011年に運輸省の職員15名を研修のため日本に派遣した。今後、彼らはトレーナーとして活躍する立場となる。彼らのインプットを踏まえて、我々のトレーニングプログラムを見直しているところである。このような研修を通じて、インハウススタッフを育成している。現在、パートナー教育機関を特定する過程にあり、Tshwane University of Technology (TUT)、Vaal University of Technology (VUT)、University of Cape Town (UCT) 等が候補として挙げられている。これらの大学では、鉄道エンジニアリング学科の設立が検討されている。

我々が目指している教育は、「南ア」国のためのみならず、アフリカ大陸をも対象にしている。技術に関心のある人に積極的にトレーニングを行っていく方針である。「南ア」国には、鉄道セクターはあるものの、鉄道産業は育成されていない。鉄道セクターを産業化するに当たっては教育が不可欠と考える。

## (4) 「南ア」国政府関係者 D

「南ア」国の鉄道分野の近代化が持続可能なものかを懸念している。日本の鉄道技術導入後、「南ア」国側で技術を引き継ぎ、メンテナンス等を自力でできるよう、Portfolio Committee の指導下で技術移転をしっかりと図る必要がある。

## (5) 日系現地法人関係者

TRANSNET に対して 1988 年まで鉄道車両を納入していたが、一旦受注が途絶え、2006

---

<sup>2</sup> 2013年1月12日～1月20日に実施されたJETROによる鉄道要人招へい事業。5名の要人が訪日し、日本の鉄道システムの視察を行った。

年に東芝との現地パートナーである UCW と共同で石炭線および鉄鉱石線の機関車納入を受注した。TRANSNET にとってアパルトヘイト政策廃止後、最初の機関車発注であった。

受注がなかった間、UCW は生産のノウハウを失っており、生産に大きな遅れが生じた。この問題を克服するため、UCW の経営陣を刷新、生産プログラムを再編成した。その結果、石炭線の 100 両と鉄鉱石線の 44 両の納入が可能となった。

このような取り組みを通して、「南ア」国側パートナーとのコラボレーションのノウハウを蓄積できた。また、雇用創出や技術移転において「南ア」国経済に貢献した。今後も TRANSNET への電気機関車の導入計画への参加や、黒人スタッフ採用等によって、「南ア」国の経済と社会の発展に貢献していきたい。

### 8.3.2 ダーバン

#### (1) 自治体関係者 A

「南ア」国の鉄道産業はまだ発展途上であるが、最大限に発展すると信じている。高速鉄道の整備によって、ヨハネスブルグ～ダーバン間が 3 時間でつながることは、「南ア」国民にとって夢である。この調査は単なる発表に終わるのではなく、現実のものとなっていくと信じる。日本側の高速鉄道調査結果は、「南ア」国に高速鉄道構想を進める機会を与えた。今後、「南ア」国の鉄道セクターの近代化に向け、日本側からの貢献が望まれる。

#### (2) 自治体関係者 B

高速鉄道計画は、長時間ダーバンからヨハネスブルグまで運転する苦労が省かれる可能性を見せてくれたことに感謝する。本カンファレンスの発表内容を考慮し、バス産業およびタクシー産業を本高速鉄道のパートナーとしていくと同時に、黒人の経済権限を拡大する方法を検討する必要がある。我々と協力し、我々の生活をより良くしようとする日本パートナーに改めて感謝の意を表したい。

### 8.3.3 ケープタウン

#### (1) 「南ア」国政府関係者 A

TRANSNET および PRASA は、中央政府機関の相互協力が重要であると認識している。NATMAP 策定に当たっては、両者とコミュニケーションを取っている。また、「南ア」国全体として組織体制の強化が今後必要と考える。我々が目指すトータルソリューションについては日本側とも協議した。今後、教育分野を含む日本の経験の活用や、道路網の改善等を組み合わせ、ソリューションが形作られていく。

#### (2) 自治体関係者 A

ケープタウンの公共交通網は非効率かつ不便であり、場合によっては高額なシステムと認識されている。ケープタウン市の経済発展を図るため、これらの弱点を改善する必要がある。公共交通網の改善に向け様々な取り組みを進めているが、早期に達成できるものではない。その大きな意義を踏まえつつ、各交通モードの統合を通じて市の公共交通におけるユーザーエクスペリエンスを向上させるための継続的な努力が必要である。鉄道は「南ア」国を支える重要インフラであるが、ケープタウンについても同様である。

ユニバーサルアクセスは重要な取り組みであると認識している。一方、自動改札に関し

ではケーブタウンで EMD 技術に基づいた自動料金徴収システムを導入している。Suica カードは近距離無線通信 (NFC) 技術を採用しており、参考としたい。そのほか、日本の民間セクターによる駅開発の事例が紹介されたが、今まさにケーブタウン市としても同様の試みについて実施可能性の議論のさなかであり、日本の事例から学ぶところは大きい。

#### 8.4 主な質疑応答内容

1	Q	ハウトレインの計画時 (12 年前) に、日本に参画を打診したが、適切なパートナーがいなかった。当時の制度上、日本からの PPP プロジェクト参加は不可能だったと認識しているが、12 年経った現在、日本の制度は変わったか。
	A	日本は PPP プロジェクトに参画できるようになっていると考える。本調査発表資料のロードマップにある Kingshaka 空港～ダーバン間の高速鉄道線建設に関し、日本側の関心は高いと認識している。
2	Q	ヨハネスブルグ～ダーバン間高速鉄道調査に対する質疑 1) ヨハネス～ダーバン間の高速鉄道の建設費は 1600 億 ZAR と発表されたが、運営費はどのように算出したのか。 2) 資金調達のメカニズムは確定したか。また民間セクターは日本企業になるか。政府の資金で賄われるか。 3) ルート B が推薦されているが、このルートの軌道はとても古いと認識している。ルート B は不適切ではないか。 4) 今後、本高速鉄道線を計画する際に、KZN 州経済開発局の役割は。 5) 建設中と運営開始後の新規雇用数について。 6) JICA PSIF のレンジについて。
	A	1) 建設費は現地費用を考慮の上計算されており、また車両等調達費は日本からの調達を想定して計算されたものである。運営費は日本の新幹線の運営経験から算出した。 2) 資金は、政府から 7 割、民間セクターから 3 割を想定したが、これは提案でありさらなる検討が必要と考える。 3) ルート B において既存線を活用するのではなく、標準ゲージ (1435mm) の軌道の建設を提案している。 4) 日本は率先して F/S 調査を実施したが、この構想は「南ア」国側によって実現されていくものと考え。この構想を実現させるため、ヨハネスブルグおよびダーバンの関係者間で協議されたい。これは「南ア」国のプロジェクトなので、資金調達スキーム等は自ら決めていただければよい。 5) ルート B において、建設中に 35 万人、運営開始後に年間 7600 人の雇用創出効果があると想定している。 6) 2012 年の PSIF スキームの再開以来、同スキームの採択案件は 2 件のみ。このレンジをケースバイケースで決めており、今後いくらにするかを協議中である。

3	Q	日本のように「南ア」国の鉄道分野に関する調査を実施する国は他にあるか。
	A	高速鉄道計画に関心を示した国は他にもあるが、日本のように調査を実施したとは聞いていない。
4	Q	1) 日本における旅客と貨物鉄道の関係は？ 2) 日本における踏切事故の主要な原因は？
	A	1) 貨物管理システムを導入する必要がある。地域によっては貨物線路と旅客線路を分離する必要もあるだろう。 2) 日本における踏切事故は、多くの場合、通行者のミスによるものである。その問題を解決するため、踏切の立体化等の取り組みをしているが、費用が大きくなる。ただし、政府がその費用の9割、鉄道会社が残りの1割のみ負担する制度がある。
5	Q	「南ア」国においても環境への配慮やサステナビリティが重視されるようになってきている。サステナビリティ確保のためのコストという観点からみて、高速鉄道への投資はどれくらいの規模になるか。
	A	一般的に言えば、CO <sub>2</sub> 削減等の観点から高速鉄道より優れている高速交通手段はない。初期費用としての投資額は巨大であるが、ライフサイクルコストを考慮する必要があると認識している。高速鉄道F/S調査団が想定されるCO <sub>2</sub> やNO <sub>x</sub> 削減等のデータをまとめているので、直接問い合わせされたい。
6	Q	Suicaシステムの導入後、一部の従業員の解雇が行われたか。
	A	配置転換はあっても解雇はない。むしろ、Suicaシステムに付帯する電子マネーの導入で駅構内での関連事業が促進されるなど、雇用面では良い効果があったと考えられる。
7	Q	1) 日本におけるユニバーサルアクセスの状況は？ 2) 日本において鉄道利用者と鉄道運営会社間の連絡手段はあるか。
	A	1) 日本では、政府が障がい者対応に関するガイドラインを作成し、鉄道運営会社に義務付けている。1日当たり利用者が5000人を超える駅は、立体ドットの黄色線の敷設等の整備を行うなど、このガイドラインに沿って障がい者の円滑な利用を図ることになっている。 2) すべての鉄道運営会社は障がい者のための特別なサービスを提供している。このサービスは専用電話番号を持っているため、障がい者はこの電話番号に連絡し、鉄道会社とコミュニケーションを取ることが可能である。

### 8.5 アンケート結果

本鉄道カンファレンスでは、参加者にアンケート用紙を配布し、カンファレンス全体および各講演に対する評価を求めた。以下に、鉄道カンファレンス全体および本鉄道セクター調査に対する評価を示す。なお、アンケートの回答数は3会場で97回答であった。

### 8.5.1 全体評価

鉄道カンファレンス全体および本鉄道セクター調査結果について、4つの評価（Useful、Fairly Useful、Not Particularly Useful、Not Useful）の選択肢方式で鉄道カンファレンス参加者からの評価を求めた。図 8-1 に鉄道カンファレンス全体、図 8-2 に本鉄道セクター調査結果に対する回答結果を示すが、いずれも高い評価を得ることができた。

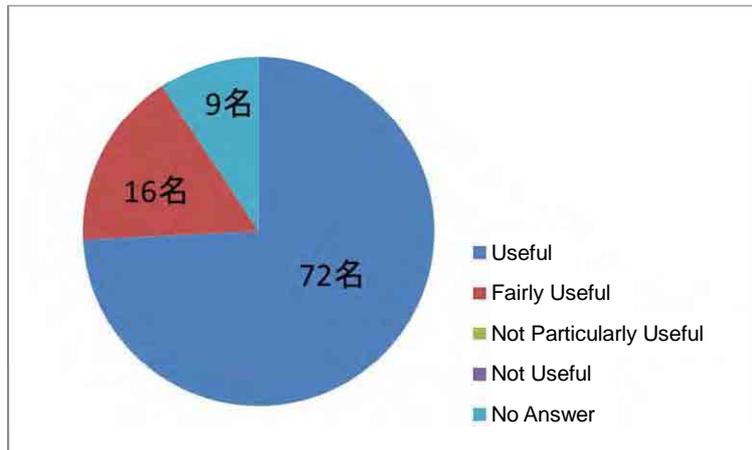


図 8-1 鉄道カンファレンス全体に対する評価

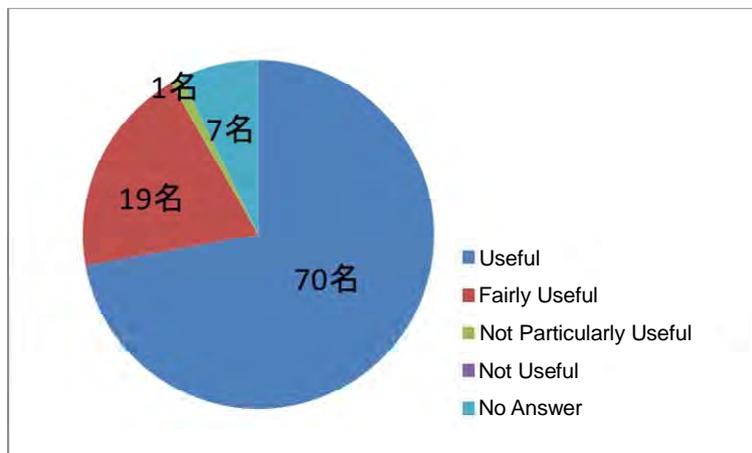


図 8-2 本鉄道セクター調査に対する評価

### 8.5.2 本鉄道セクター調査およびロードマップに対する主な意見

#### (1) 本鉄道セクター調査に対する主な意見

- ・ 本調査は、「南ア」国の鉄道セクターに関する現状および課題を幅広く網羅しており、現在および将来において、「南ア」国が何をすべきかについて示してくれた。
- ・ 「南ア」国の鉄道セクターが抱えている課題が明確に示されており、日本の鉄道技術がそれらの課題を解決してくれるものであることが分かった。
- ・ 「南ア」国の鉄道システムは老朽化が進行しており、鉄道セクター近代化のためには、日本の鉄道技術の導入が必要である。

## (2) ロードマップに対する意見

- ・ ロードマップは、「南ア」国の鉄道セクターの未来像を示しており、ロードマップの通りに鉄道近代化を達成することができれば、「南ア」国は世界に誇る鉄道技術を有するまでに発展するであろう。
- ・ 「南ア」国の鉄道近代化に向けた目標が明確に示されており、目標達成までの道のりは遠いが、達成できるものであると考える。
- ・ ロードマップは、「南ア」国の鉄道近代化に向けての計画立案および予算計画の際に、大いに役に立つものである。

## 8.6 南アフリカ・日本鉄道カンファレンスの成果

### 8.6.1 日本の鉄道システムの優位性の周知およびプレゼンスの向上

日本側講演者による日本の鉄道システムの発展の歴史や技術面の紹介により、日本の鉄道システムの優位性をカンファレンス参加者に周知できた。また、本鉄道カンファレンスに先立って実施された JETRO の要人招へい事業による被招へい者および Vaal 工科大学 Ndege 教授による日本の鉄道システムの視察結果報告により、「南ア」国の専門家から見ても、日本の鉄道システムの優位性が明らかとなった。

現地の鉄道関係者に日本の鉄道システムの優位性を周知することで、「南ア」国の鉄道セクター近代化に向けて、日本が最適のパートナーであるとの認識を高めることができ、日本の鉄道システムのプレゼンスの向上に資するものであった。

### 8.6.2 日本の鉄道システムの強みの再確認

日本の鉄道システムの優位性の中でも、特に、日本の鉄道システムが高い安全性や定時性を有していること、トレーニングを通して技術力の向上に継続的に取り組んでいることについて、「南ア」国側の出席者に強く印象として残った様子であった。これらは日本では当たり前なこととして考えられていることであるが、本鉄道カンファレンスを通して日本の鉄道システムの強みを再確認することができた。

### 8.6.3 各都市での鉄道整備に関するニーズの確認

本鉄道カンファレンスは主要 3 都市で実施されたが、ヨハネスブルグでは鉄道セクターの産業化、ダーバンではヨハネスブルグ～ダーバン間高速鉄道整備、ケープタウンでは都市鉄道の更なる発展と、本カンファレンスを通して、各都市での鉄道整備に関するニーズが確認できた。

本調査においては、「南ア」国の鉄道近代化に向けたロードマップの中で、ダーバンにおける空港連絡線調査（将来はヨハネスブルグ～ダーバン間高速鉄道路線として活用）、およびケープタウンにおける AFC の活用を含めた都市総合拠点開発計画調査の実施を提案しているが、これらは「南ア」国側のニーズに合致するものであり、今後の調査の実施が期待される。

### 8.6.4 官民一体となった日本の取組みの周知

本カンファレンスでは、「南ア」国における本邦企業の取組みについて、三井物産・東芝連合による現地企業（UCW）の技術力の立て直しによる現地企業への技術移転、雇用促進

に貢献したことが紹介された。また、JETRO による要人招へい事業および JICA の支援スキームの紹介等を通して、官民一体となった「南ア」国の鉄道近代化に向けた日本の積極的な取り組みについて、本カンファレンス出席者に周知することができた。

## 第9章

### 総括と提言



## 第9章 総括と提言

### 9.1 南アフリカ共和国における鉄道セクター近代化に向けた提言

#### 9.1.1 総括と提言

本調査の結果をふまえ、「南ア」国において鉄道セクターの近代化を進めるうえでのポイントと日本の支援の方向性について、以下に示す。

#### (1) 技術レベルの再生

##### 1) 人材育成（メンテナンス及び製造面）

鉄道の現場では、熟練技術者が順次引退の時期を迎えつつあり、その技術の継承が課題となっている。鉄道への投資が抑制されていた時期に、本来、次の技術者となるべき中間層が大量に離職しており、後継者の確保が難しいのが現状である。さらにその中間層によって育成されるべき新人や若年層のスキルも向上せず、そのために新たな中間層が育たないという悪循環に陥っている。この悪循環を断ち切るためには、各階層に対して、適切な人材育成を行い、技術レベルの再生を図る必要がある。

##### 2) 技術移転

TRANSNET および PRASA は、「南ア」国の鉄道セクター近代化に向けて、過去と比較してもこれまでにない大型の投資計画を発表している。これらの大型投資計画を実行に移すためには、鉄道の各サブセクター（車両、信号通信、軌道、AFC）において、新技術への対応が求められるが、これらの技術を有する日本をはじめとする諸外国からどのように技術移転を行うかが課題である。

#### (2) 裾野産業の育成

##### 1) 中小企業の育成

鉄道関連の中小企業の中には、過去 20 年間にわたる鉄道分野への投資が少なかったことによる技術レベルの低下、あるいは優秀な技術者の海外流出が相次いだために事業内容を見直さざるを得なかった事業者等、経営状況が厳しい事業者が数多く存在している。

鉄道部品を製造する外資系企業は「南ア」国市場に進出しているが、その多くは世界の自社グループから主要部品を輸入しており、「南ア」国ローカル企業の育成に結びついていないのが現状の課題である。

中小企業の育成を行うためには、上述の人材育成、技術移転の他にも、低利融資による資金供与等が必要である。

##### 2) 生産能力の向上

鉄道分野への投資が少なかったことによる生産施設の老朽化、生産の非効率化を生み出している。鉄道セクターの裾野産業を安定的な事業主体とするためには、安定的な需要が存在することは第一条件ではあるが、事業者自身が労働生産性を向上させ、生産能力を向上させていくことが重要である。そのためには、人材育成による労働者の質向上と同時に、より生産効率性の高い資本（生産施設）の導入が必要である。

### (3) 現産化の推進

#### 1) 上記(1)と(2)を踏まえた現産化の推進

現在「南ア」国政府は現産化を推進しており、入札の際においても最重要視している。外資系企業にとっては、「南ア」国における事業拡大、あるいは新たな進出の際の最大の参入障壁となっている。既に「南ア」国に進出し生産施設を構えている欧米企業にとっては、現産化に対応するための追加投資は比較的少なく済むため積極的に対応を図っている一方、「南ア」国に生産施設を持たない企業にとってはその費用負担は大きく対応方法に苦慮している状況である。

「南ア」国としては、現産化の推進を重視しすぎると、本来「南ア」国が備えるべき高度な技術が導入されない危険性、さらには将来の世界市場において競争力のある企業にまで育成されない危険性があることに留意すべきである。また、外国企業としては、現産化への協力体制を強化するだけでなく、長期的な視点から見た場合、自社の高度な技術の導入が如何に「南ア」国において必要であるかを説明し続けることが重要である。

#### 2) アフリカ大陸南部の鉄道産業の中核化

将来的には「南ア」国のみならず、アフリカ大陸南部の鉄道産業を担う産業になるまで産業を育成することが重要である。そのためには、第一に20年前の技術力以上の高度な技術を持つ企業にまで育成するとともに、「南ア」国鉄道産業クラスターを形成することが重要である。次に、アフリカ大陸南部の鉄道産業の中核になるためには、近視眼的な鉄道の近代化だけにとらわれず、世界中の鉄道を取巻く各種サービス、施設、都市開発等幅広い視点から将来の鉄道産業をとらえなおすことが重要である。そして、「南ア」国の新しい鉄道のかたち（将来の姿）を実現化し、周辺諸国を牽引することが重要である。

### (4) 日本の支援の方向性

#### 1) JICAによる専門家派遣

「南ア」国の鉄道セクター近代化を実施するにあたって、人材育成・教育訓練は重要な課題である。この重要な政策課題を支援するためには、「南ア」国の鉄道政策を実施している運輸省（DOT）に鉄道人材養成専門家を長期派遣することが有効であると考えられる。その際、日本の鉄道技術が「南ア」国に活用可能な分野として、車両・信号通信・軌道・AFCがあるので、専門分野別のグループを派遣することが望ましい。

主な技術指導の内容は以下の通りである。

- ・ハウテン州のバール工科大学での鉄道工学専門の学部設立の支援
- ・Transnet傘下のSchool of Engineeringの機能強化
- ・PRASAのTraining Academyへの協力

#### 2) 都市総合拠点開発調査（協力準備調査）

日本の都市鉄道は、自動出改札やスマートカード、駅ナカ開発、他の交通機関との駅での結節性などを含めた鉄道システムとして発展してきていることが特徴である。一方、「南ア」国では、PRASAの大規模な電車調達により老朽化した電車の取り替え計画を実施しており、新車導入の際に機能的な街づくりが可能な鉄道システムを提案すれば、日本の鉄道システムへの理解が促進され、日本の都市鉄道システムを「南ア」国に展開することが可

能になると考えられる。特にケープタウン市は都市鉄道を含めた都市交通計画に関心が強いので、都市総合拠点開発調査を実施するのに適切な都市であると考えられる。

### 3) 海外投融資

本報告書で既に指摘してきた通り、「南ア」国の鉄道関連事業については、事業遅延リスク等をはじめとして一定程度のリスクがある、他方、他国の事業者も「南ア」国における鉄道関連事業に積極的に参入している状況でありコストを含めた競争が激化しつつある。さらに、「南ア」国は南部アフリカ地域の拠点となりうる国であり、鉄道関連事業者をはじめとして本邦企業においても戦略的に重要な国と位置づけられる。このような視点に鑑みれば、今後、本邦企業の鉄道分野における「南ア」国への積極的な参入を促進するためにも、日本政府が海外投融資スキームを用いて「南ア」国進出を目指す本邦関連企業への金融的な支援を実施することが望ましい。

#### 9.1.2 「南ア」国の鉄道セクターの近代化に求められる技術と日本の鉄道技術の優位性

日本の鉄道技術を「南ア」国に導入する際には、その鉄道技術が他国と比較して優位性を有しており、かつ、「南ア」国の鉄道セクターの近代化のニーズに合致するものでなければならない。このような視点から、日本の鉄道技術を整理した結果、優先順位が高いと考えられる順に並べた鉄道技術は以下の通りである。

##### (1) 都市鉄道システム

「南ア」国においては、交通の統合化（integrated transport）が必要とされている。交通の統合化とは、鉄道だけでなく、駅における他の交通機関との結節性を高めたり、駅周辺の住宅・商業開発といった都市計画との連携を進めることである。また、PRASAの車両投資プログラムのF/Sレポートにも記載があるように、将来的に、公共交通指向型都市開発（TOD=Transit Oriented Development）を進めることで、駅周辺への人口集中とそれによる鉄道旅客量の大幅な増加を見込んでいる。

これに対し、日本の都市鉄道は、自動出改札やスマートカード、駅ナカ開発、他の交通機関との駅での結節性なども含めた統合化が図られた鉄道システムとして発展してきており、上記「南ア」国のニーズを実現するうえで優位性を発揮する分野と言える。

##### (2) 車両

鉄道車両の主電動機に低メンテナンスで小型・軽量の交流電動機を用いるのは常識となつて久しいが、日本ではこれら最新の制御技術と、十分な強度を保ちつつ最新の設計・製造技術により軽量化した車体・台車構造により、高い走行性能と消費エネルギーの大幅な低減の両立を実現している。一例として、現在、通勤電車の最新型であるJR東日本E233系電車は、約20年前の標準的な通勤電車である205系に比べて、消費電力が約30%減少している。

また日本では、メンテナンスについても、信頼性を高めながら、周期の延伸・適正化や実施内容の簡略化による低コスト化を、長い時間をかけて検証し、実現してきた。これは、車両部品の高信頼化、長寿命化とも相まって大きな効果を上げている。このような特徴を持つ日本の車両技術は、今後の「南ア」国における新型車両の大量導入を成功させるため

にも必要不可欠である。

### (3) AFC

鉄道事業を安定的に営んでいくためには、より多くの人々に鉄道を利用してもらい、収入を確保することが必要である。そのためには、鉄道施設の近代化に加えて、利用者の立場からみて利用しやすいシステムとすることが効果的である。

日本では、2001年にJR東日本が、紙の乗車券に代えて Suica (Super Urban Intelligent CARD) と呼ばれる IC カードを使用する AFC (Automatic Fare Collection) システムを導入した。日本の AFC システムは、他国の類似システムに比べて処理速度が格段に速く、多くの旅客が短時間に集中して利用する通勤鉄道には最適なシステムである。また、鉄道乗車券としての機能の他、同じシステムを採用している他鉄道会社やバス路線で使用でき、鉄道以外にも駅構内や市中での買い物にも利用できるなど、利便性に優れており、利用者数は年々増加している。

今後、「南ア」国での鉄道利用促進を図っていく上で、その一つの戦略として、通勤鉄道とバス等の公共交通機関を組み合わせた新たな都市交通体系を構築することが考えられる。利用者にとって利便性の高い日本の AFC システムの優位性を生かすことのできる可能性は大きい。

### (4) 軌道

TRANSNET は貨物輸送量の増強、また、PRASA は新型車両の導入および施設の近代化により旅客輸送の安全性向上を目標としている。今後、これらの目標を達成するためには軌道保守がますます重要になってくるが、TRANSNET および PRASA とも十分な軌道保守技術を有しておらず、軌道保守技術力のレベルアップは必要不可欠である。また同時に、軌道保守作業の軽減が可能な技術の導入や高い耐久性を有する軌道材料の導入により、軌道保守コストの低減を図ることも重要であると考えられる。

日本は軌道保守に関する高度な技術を有するとともに、軌道保守コストの低減に資する省力化軌道（スラブ軌道）の施工技術や高い耐久性を有するレールや合成枕木の製造技術を有しており、「南ア」国の鉄道セクターの近代化に貢献できるものと考えられる。

スラブ軌道はバラスト軌道と比較して、初期建設費は高価であるが、その後の保守作業が少なく保守費が安価であるのが特徴であり、合成枕木は PC 枕木と同程度の耐久性（50年以上の耐久寿命）を有している。また、レールについては世界最高レベルの耐摩耗性および耐内部疲労損傷性を有するレールが開発されている。

### (5) 信号通信

「南ア」国の鉄道セクターの近代化を実現するために必要とされる技術としては、1) 自動列車防護システム (ATP=Automatic Train Protection System) の導入、2) 運行管理システムの導入、3) 保全に関するソフト面の対策強化の3項目が挙げられる。ATPに関しては、日本方式と欧州方式を比較すると機能仕様および性能は、基本的に同等である。また、運行管理システムについても日本方式と欧州方式を比較した場合、運行管理や列車運行にダイヤ乱れに対応する運転整理などの基本機能は同等であるが、日本方式は地震・雨・風等による災害発生時における列車の運転規制の支援機能および過密ダイヤ環境下での保守作業

の間合いの確保と線路閉鎖区間への列車侵入の防御機能に優位性がある。

## 9.2 今後の検討課題

「南ア」国の鉄道セクター近代化を実施するためには、技術レベルの再生、人材育成、技術移転、裾野産業の育成、現産化の推進など重要な課題がいくつかある。そのような状況の中で、日本鉄道システムが「南ア」国で活用されるためには、日本の鉄道技術の優位性の理解促進、都市鉄道や将来の高速鉄道に必要となる計画・実施・運営に関する日本からの技術移転やノウハウの提供が必要となる。

本調査を通じて把握した「南ア」国鉄道セクターの現状と課題、また DOT の意向を踏まえ、今後対応が必要となる事項は以下の通りである。

### (1) 日本の鉄道システムの優位性についての理解促進

日本の鉄道技術は、都市部における高頻度の通勤輸送、および高速鉄道（新幹線）の大量・高速輸送を 2 つの大きな軸として、旅客輸送を中心として発展してきた。これらを通じて速達性と正確性を追求した結果、それぞれの輸送形態に最適な信号システムなどの運行技術が発達した。また、車両の動力システムの改良や軽量化により列車の消費エネルギーを削減し、電力設備増強の規模を最小限とし、軌道保守の費用を低減している。速達性および正確性に加えて、輸送時の安全性確保は最も優先すべき事項であり、そのために新規設備を導入するだけでなく、メンテナンスにおいても、安全性を確保するための適正なメンテナンスと各要素の使用限度を定量的に明らかにする努力が続けられている。

本邦研修プログラム等を通して、これらの日本の鉄道システムの優位性についての理解促進が重要である。

### (2) 専門家派遣計画の検討

上記(1)で述べた日本の鉄道システムの優位性の理解を促進し、「南ア」国の鉄道分野の人材育成を目的とする日本からの鉄道専門家派遣を効果的なものとするためには、必要とする専門家の分野、派遣時期をさらに検討する必要がある。特に、DOT への長期専門家（鉄道人材養成専門家）は、多分野の業務を対象とすることになるため、専門分野別のグループとした方が効果的であると考えられるので、その分野と派遣計画を十分に検討する必要がある。また鉄道事業者の TRANSNET と PRASA に対する短期専門家は、日本の鉄道技術の優位性がある分野の専門家が望ましい。

### (3) 人材育成と研修プログラムの検討

TRANSNET 傘下の School of Engineering、PRASA の Training Academy の機能強化を実現するための人材育成と研修プログラム、カリキュラムの検討が必要である。特に実務者レベルや若手技術者に対する日本の鉄道システム（都市鉄道と新幹線）の理解促進を図るための技術移転方法を検討する必要がある。その実現のためには、JICA や関係団体、企業による本邦研修スキームを活用することも考えられる。

#### (4) 関連産業（裾野産業）の詳細調査

将来の「南ア」国鉄道産業にとってあるべき必要な技術を明確にし、技術移転の可能性を含めた協力関係の在り方を再度詳細に検討する必要がある。

そのためには「南ア」国政府の協力のもと UNIDO データを活用することにより、「南ア」国鉄道関連産業の詳細データの把握および、仮想的なビジネスマッチングを行うことが重要であると考えられる。

#### (5) 本邦企業の市場参入の仕組みづくり

上記のとおり、UNIDO データを活用することにより仮想的なビジネスマッチングを行い、企業の市場参入可能性について詳細検討を行うことが重要である。その中で、有益なパートナーとの連携による市場参入、現地パートナーとの役割分担等、市場参入の仕組みづくりについても検討を行い、モデルケースを実現することが重要である。



