

第4章 事業計画の策定

4.1 日本製電気機関車の現状

4.1.1 概要

モロッコ国鉄が保有する電気機関車 89 両のうち、39 両が主にリン鉱石輸送用として稼働している。このうち 30 両が日本製（E1100 形式、E1200 形式）であり、1977~1982 年に納入されている。このほかに、旅客列車用として最高速度 160km/h の E1250 形式 12 両が 1987 年に導入されている。いずれも厳しい使用環境を想定した頑強な構造が採られている。また ONCF により丁寧に維持・管理されてきており、経年 25 年以上（E1100 形式、E1200 形式は 30 年以上）を経過した現在も、第一線で使用されている。

本調査期間中に確認できた車両状態は、付表 4-1 の通りである。工場や機関区などの車両保守部門は、しっかりとした保守技術力（メンテナンス力）を有しており、経年の長い機関車の稼働を支えている。しかし、老朽化による故障の多発や取り換え部品の入手難により、修繕待ち・部品待ちによる長期間の休車状態を余儀なくされるものもあり、これらの機関車の稼働確保に苦労している。車両毎の稼働状況を付表 4-2 に、形式別の状態概要を表 4.1 に示す。稼働率の目標値を 90%としているが、年間を通じて休車となっているものもあり実際の稼働率は、7 割程度と低い。

表 4.1 形式別稼働率

形式	導入年	両数 (両)	最高速度 (km/h)	用途	2013 年 12 月 稼働可能台数	2013 年 稼働率(*4)
E1100*1	1977	22	100	リン鉱石輸送も可能な貨物用	19	75%
E1200*2	1982	8	100	リン鉱石輸送も可能な貨物用	5	59%
E1250*3	1987	12	160	旅客用	10	64%
合計		42			34	69%

注: *1国鉄輸送力増強事業(1976 年)、*2国鉄輸送力増強事業(II) (1981 年)、*3国鉄輸送力増強事業(III) (1983 年)、*4稼働率:1-(故障及び検査・修繕で稼働できない日数/2013.1.1~ 2013.11 月末日まで)%表示

出典:調査団

2012 年 3 月時点と 2013 年 12 月時点での EMIC（カサブランカ保守工場）等にて長期間休車状態の機関車を、表 4.2 に示す。

表 4.2 休車機関車番号

形式	2012 年 3 月時点	2013 年 12 月時点
E1100	<u>1103</u> , 1110, 1112	1102, <u>1103</u> , 1122
E1200	1202, <u>1204</u>	1203, <u>1204</u> , 1207
E1250	1251, 1254, 1256, <u>1259</u> , <u>1260</u>	<u>1259</u> , <u>1260</u>

出典:調査団

2012 年 3 月時点で休車の 10 両のうち 4 両（E1103、E1204、E1259、E1260）は、その後も全期間を通じて休車となっているが、他の 6 両は修繕に長期間を要したものの、現在は回復し稼働状態にある。2014 年 12 月 1 日現在、長期間休車状態となっているものは 8 両（写真 4.1 参照）であり、このうち 2012 年 3 月以降、継続休車している 4 両の状態は、以下の通りである。

- E1103：架線事故により配線焼損、部品取り用の車両となっている（写真 4.2 参照）。
- E1204：主電動機及び主抵抗器のスペアパーツ未入手、部品取り用の車両となっている。
- E1259：SIV（Static Invert：静止形インバータ）の故障、部品取り用の車両となっている。
- E1260：SIV の故障、部品取り用の車両となっている。



(a) E1102 主電動機、SIV 待ち (EMIS)



(b) E1103 架線事故による焼損にて部品取り車



(c) E1203 主電動機待ち



(d) E1204 主電動機、抵抗不良による部品取り車



(e) E1207 主電動機待ち



(f) E1259 SIV 故障による部品取り車



(g) E1260 SIV 故障による部品取り車
(場所 特記以外は全て EMIC)

写真 4.1 長期休車車両 (2013 年 12 月初現在)



(a) 車体前面



(b) 台車 主電動機取りのため軸欠落



(c) 運転室 計器取り外し



(d) 焼損部



(e) 送風機 (ブローア)



(f) 空気圧縮機 (コンプレッサ) 取り外し



(g) 主制御器

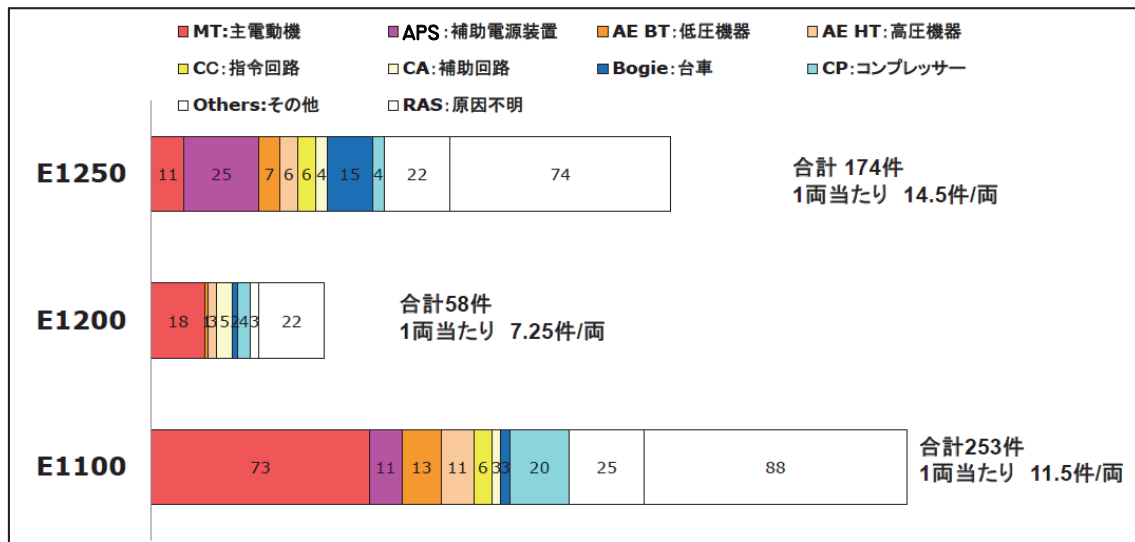


(h) 主制御器 カム接触器部

写真 4.2 E1103 焼損事故車 部品取り車両

4.1.2 故障状況

2013 年 1 月 1 日から 11 月末日までの日本製機関車に係る原因機器別故障 (Incident) 状況を、図 4.1 及び付表 4-3 に示す。この期間の 1 両当たりの平均故障件数は、10 件を超えており高い発生率となっている。原因不明が 30%以上あるものの、原因部位が特定された機器に関しては、3 形式とも主電動機や補助電源装置、コンプレッサー (主に E1250 形式) の故障が大きな割合を占めている。特に旅客輸送用として最高速度 160km/h 対応の性能を持つ E1250 形式に関しては、台車故障 (台車枠亀裂) が多発していることがこの形式の特徴である (写真 4.3 参照)。また故障 (Incident) には、登録されないものの、E1100 形式の動力伝達装置 (ギアケース) (写真 4.4 参照) の傷入り、潤滑油漏れが多発していることが現場調査にて確認された。



出典:調査団

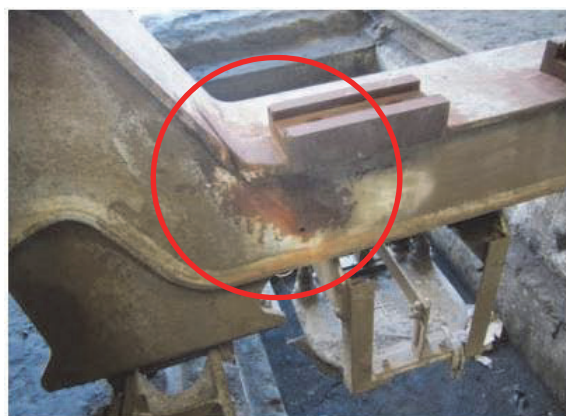
図 4.1 原因機器別故障状況 (2013 年 1 月 1 日～11 月末日)



(a) E1250 形式台車



(b) 車端側から見た E1250 形式台車枠



(c) 内側にある台車切亀裂



(d) 別の台車 (E1250 形式) の亀裂



(e) 別の台車 (E1250 形式) の亀裂



(f) 台車亀裂の溶接修繕跡



(g) リンク式駆動装置



(h) 取替え修繕が多いブッシュ

写真 4.3 E1250 形式 台車枠亀裂



(a) E1100/1200 形式台車 (E1117)



(b) ELEC 停車中の機関車 (E1117) の油漏れ



(c) 本線運行中の機関車 (E1114) の油漏れ



(d) 点検中の機関車 (E1113) の油漏れ



(e) 点検中の機関車 (E1108) の油漏れ



(f) 溶接による補修の状況



(g) 溶接による補修の状況 (全体)



(h) ネジ山が摩耗した取付け部

写真 4.4 E1100 形式 駆動装置 (ギアケース)

この台車枠亀裂 (E1250 形式) とギアケース亀裂 (E1100 形式) は、経年による疲労破壊と考えられ、台車亀裂は E1250 形式のほぼ全数の車両に発生している。またギアケース亀裂も E1100 形式で繰り返し発生している。さらにこれらの亀裂の修繕等を行っても周辺箇所より同様の亀裂が発生すること等、安全運行上にも影響する極めて深刻な状況である。

4.1.3 現状調査

本リハビリテーション事業の目的の一つとして、今後 15 年以上の使用期間の延長がある。この期間の機能維持が図れるかという視点で現状調査を行った。各主要部位のその評価結果は以下の通りである。

(1) 機械品

主要機器に対する現状評価を行う。これらの機器は、通常、全般検査などの修繕時に、個々の機器の状態や部品供給の状況により、取り換えまたは修繕が行われるものである。

1) コンプレッサ (写真 4.5 参照)

① 現状及び故障状況

コンプレッサは、電動機の回転により空気圧縮装置を動作させ、ブレーキ等に必要な高圧空気を発生させるものである。特に E1100 形式では、故障原因機器としても上位を占めている。

本装置の機械部分である圧縮装置については、全般検査などにより分解検査が行なわれ摩耗した部品の定期的な取り換え修繕により一定の品質が保たれている。

一方、動力源の電動機については、主電動機と同様の直流電動機が使われており、経年による老朽化が進んでいる。

② 原因

25 年以上に亘る使用により電動機部分の老朽化が進んでいる。

③ 課題

機械部品については、定期検査時に分解検査を行い、摩耗部分や劣化部分の交換を行うことで、今後も継続使用が可能であるが、動力源の電動機については、経年劣化が進んでいる。

④ 対策と提案

経年による影響の大きいこの部位については、リハビリテーション実施時に実際の機器の状態を見て、取り換えまたは修繕を行う。



(a) 稼働中の車両 (E1107) に搭載中



(b) EMIC にて整備後 搭載前

写真 4.5 コンプレッサ

2) ブレーキ装置（写真 4.6 参照）

① 現状及び故障状況

ブレーキ弁、基礎ブレーキ装置は代表的な機械部品であり、長期間の使用中に生じる摩耗を、定期検査で修繕する方法がとられている。EMIC による定期検査では、的確な分解検査が行われており、高い状態に機能維持されている。

② 原因

本部位を原因とする故障は、ほとんど発生していない。

③ 課題

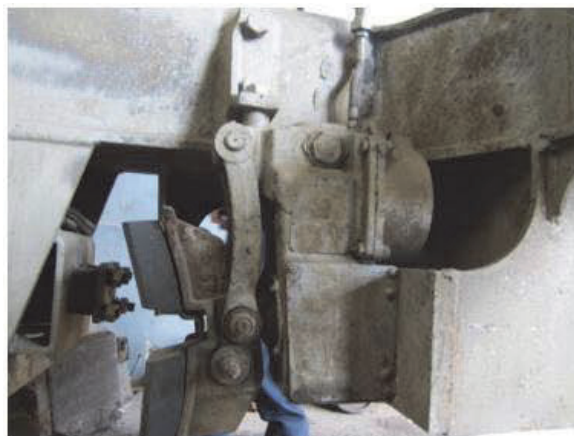
現状の検査・修繕方法により今後とも同等の機能維持がされと考えられるため、継続使用可能と評価する。ただし、経年も長期化しており、修繕部品の確保等については考慮する必要がある。

④ 対策と提案

リハビリテーション実施時に実際の機器の状態を見て、取り換えまたは修繕を行う。



(a) 稼働中車両のブレーキ装置 (E1114)



(b) 整備前のブレーキ装置



(c) 整備中の状況 (1)



(d) 整備中の状況 (2)



(e) ブレーキ試験装置 (例)



(f) 整備完了品 (例)

写真 4.6 ブレーキ装置

3) 送風機（ブロー）（写真 4.7 参照）

① 現状及び故障状況

送風機（ブロー）は、電動機の回転により大型の送風用の羽を回転させる単純な構造であり、機械摩耗部分であるベアリングは定期的に点検・修繕が行われており、特に重要な故障は発生していない。

② 原因

現時点でも特に重要な故障は発生していない。

③ 課題

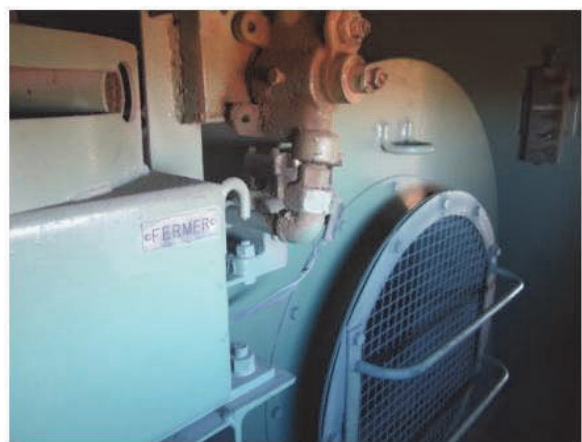
電動機部分については、コンプレッサと同様、今後の使用により経年劣化の影響が出る可能性もある。

④ 対策と提案

リハビリテーション実施時に実際の機器、特に機械摩耗部分のベアリングや電動機部分の状態を見て、取り換えまたは修繕を行う。



(a) 稼働中の送風機（ブロー）



(b) 稼働中の送風機（ブロー）（別形式）

写真 4.7 送風機

4) パンタグラフ(写真 4.8 参照)

① 現状及び故障状況

E1100 形式、E1200 形式のパンタグラフは、製造当時の物から他国製のものに置き換えられている。製造当時のものが使用されている E1250 形式も含めて、その状態は基本的には使用可能と判断される。構造的に簡素であり、また重要部の摺動船体、電流線、リンク部のブッシュ・ベアリング等は定期検査で逐次取り換え・修繕が行われている。このため一定の整備状態が維持されている。

② 原因

多発故障の原因になっていない。

③ 課題

スペアパーツの調達など特に課題となっている事項はない。

④ 対策と提案

リハビリテーション時に全般検査と同様、個々の機器・部品の状態を検査し、必要な修繕を行うことで、継続使用ができるものと評価される。



(a) パンタグラフ (E1108) 運用中



(b) パンタグラフ整備後 (EMIC)



(c) パンタグラフ整備中 (EMIC)



(c) パンタグラフ搭載前

写真 4.8 パンタグラフ

(2) 台車 (E1100 形式,E1200 形式)

① 現状及び故障状況

E1100 形式、E1200 形式の台車は、基本的に同種の構造をとっており各軸駆動の 3 軸台車で、台車枠は、全鋼板溶接構造で設計されている。また、主電動機の重量は、台車枠及び車軸で支える構造となっている。この形式に関しては、台車構造のうち最も重要な部位である、台車枠は、基本的に問題は発生していないが、主電動機の動力を車軸に伝える動力伝達装置のケース（ギアケース）のほとんどすべてに亀裂が入り、深刻な課題となっている（写真 4.4 参照）。この亀裂が進展すれば、ギアケースの破損による部品落失、極端な場合には脱線の可能性も有る。また、亀裂からの漏油によるギアの潤滑油不足による、発熱・破損の可能性も有り、正常運行を行う上での深刻な課題であるとともに、頻繁な修繕を余儀なくされている。

また動力伝達装置支持部分のねじ部も長期間使用により、摩耗が進んでおり対応が必要である。

② 原因

ギアケースの亀裂の原因は、振動に起因する取付け面の摩耗、緩んだことによる取付け部・ボルトの摩滅などが考えられる。

③ 課題

ギアケースは、交換など抜本的な対策が必要となっている。また、駆動装置支持部分のねじ部の摩耗部分も補修が必要である。

④ 対策及び提案

ギアケースは新品に交換し、摩耗部分の補修を実施する。一方、台車枠は定期検査やリハビリテーション工事の実施時に、さび落とし、亀裂等の入念なチェック、修繕、劣化部分の補修、塗装等の処置により今後 15 年以上の使用にも充分耐えうるものと判断する。

(3) 車体

① 現状及び故障状況

製造時より過酷な使用条件を考慮して厚さ 10mm を超える鋼板にて製造されている。また定期修繕で、十分な修繕、塗装が行われており、一番古い E1100 形式では経年 30 年を超えてはいるものの腐食はほとんど見られない。休車等で、長期間屋外留置されているものに一部の腐食は見られるが表面的な腐食であり、車体強度や寿命に影響を与える内部からの腐食浮き上がり（写真 4.9 (h)参照）は見られない。

② 原因

車体の維持管理は適切で、再利用する上での大きな問題は生じていない。

③ 課題

窓ガラスのパッキンや、取り外し屋根のパッキンなどが劣化しており、補修が必要である。

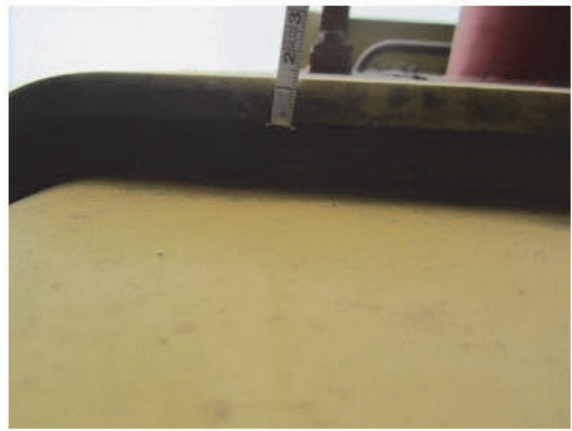
④ 対策及び提案

定期検査やリハビリテーション工事の実施時に、さび落とし、修繕、劣化部分の補修、塗

装等の処置により今後の 15 年の使用にも充分耐えうるものと判断する。ただし、窓ガラス等のパッキン部等については、取り換え修繕が必要である。



(a) 稼働中の車両 E1117 (ELEC)



(b) 同左 車体鋼板 (厚さ 10mm を超える)



(c) 稼働中の車両 E1111



(d) 長期間留置された車体 E1260



(e) 長期間留置された車体 E1103



(f) EMIC にて点検中の機関車 E1115



(g) 塗装整備後の車体 E1203



(h) 車体腐食が進んだ別形式の機関車

写真 4.9 車体の状況

(4) 部品取り車復旧

① 現状及び故障状況

「4.1.1 概要」でも述べたように、継続休車している 4 両のうち、E1103 は架線の切断・車体への接触事故により、内部の機器が焼損している。また一部の使用可能なパーツは他の機関車のスペアパーツとして取り外されている状態である（写真 4.2）。

② 原因

屋根の内側や電線類も広範囲で焼損し、また焼損した機器のスペアパーツが入手できず、早急な修理ができなかったことから長期にわたり休車となっていた。その間、一部の使用可能なパーツは他の機関車のスペアパーツとしての取り外しが進み、状態が悪化していった。

③ 課題

この機関車を復旧させるためには、スペアパーツ以外の不足するパーツを別途、調達する必要がある。また、焼損箇所の補修が必要である。

④ 対策及び提案

リハビリテーション工事を実施し、早急に本線に復帰させることが望ましい。
しかし、リハビリテーション工事を実施する際、この機関車は焼損箇所の補修があるため、他の機関車と別メニューが必要となる。

(5) 駆動電気品

1) 主電動機

① 現状及び故障状況

対象の日本製機関車の電動機は、製造当時の主流技術である直流電動機である。直流電動機の耐用年数は、一般的に 30 年～35 年程度と言われている。現在使用中の電動機は、この耐用年数に近づいており、故障が多発している。また故障復旧に長期間要する物も多く、稼働可能主電動機が不足がちとなっている。このため長期休車を余儀なくされるものもある。また長期休車車両からは、主電動機の部品取りのために、車軸が取り外されているも

のが多い（写真 4.2 (b)参照）。さらに、南軸輸送を担当する EMIS の E1100 形式のように、6 電動機のうち 2 電動機を非搭載として運行されているものもある。

② 原因

一般的に電動機の主な故障の原因は、高速回転を行うことから負担が高いベアリング、回転している回転子に大電流の電気を供給する整流子・整流子面、固定子及び回転子の配線内の絶縁不良が考えられる。通常これらは、定期的なメンテナンスにより取り換え、修繕される。しかし、特に長期間使用された場合は、電動機内配線の絶縁不良が進む。この対策については、概ね 15～25 年程度で、高度な技術を要求される絶縁含浸塗装を行い、絶縁機能を回復させる方法がとられる。

EMIC の検修作業を見たところ、これらの作業は的確に行われている（写真 4.9 (b), (c)参照）が、電動機の故障が多発しており、またその修繕に苦慮している。これは、絶縁含浸塗装を実施しても回復が不可能な配線内部での老朽化が進んでいることが推定される。

③ 課題

これを抜本的に修繕する方法としては、巻線をすべて分解・撤去し取り換え、新線にて巻き替える方法があるが、これは高度の熟練技術を要するため、価格的にも高額な修繕となる。

④ 対策及び提案

直流電動機のまま、新線による巻き替えにより機能維持を図る方法もあるが、③に示すような課題がある。

今後 15 年以上の長期使用をするためには、現在の直流電動機のシステムで修繕をし続けて継続使用することは、現状のような長期休車を余儀なくされる状態が継続されることとなる。

したがって、エネルギー効率や省メンテナンス性に優れる最近の一般的な技術である交流電動機方式に置換えることを推奨する。



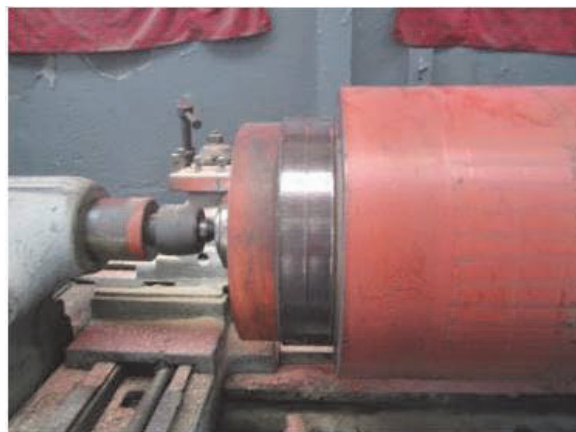
(a) 日本製主電動機



(b) 絶縁含浸塗装された固定子（外見上は良好）



(c) 絶縁含浸塗装置



(d) 整流子面整備



(e) 日常点検中の整流子面（良好な状態）



(f) EMIS での取付け前の整備モータ



(g) 破損した風道

写真 4.10 主電動機

注) 直流電動機と交流電動機

- 直流電動機と抵抗制御

直流電動機は、電動機に流れる直流電流を制御することにより出力を制御する電動機である。この電流の制御は主回路内にある抵抗器のつなぎ替えにより抵抗値の大きさを変化させることにより行う（抵抗制御）。このつなぎ替えは、接触器等の動作により行われるため、機械的な摩耗や電氣的な荒損が発生する等、保守上の労力が大きい。また制御の際に抵抗器で消費される電力は、熱として有効活用されないためエネルギー効率上も損失が大きい。

- 交流電動機（誘導電動機）と VVVF（Variable Voltage Variable Frequency: 可変電圧可変周波数）制御

交流電動機（誘導電動機）は、電動機にかかる電圧と周波数を制御することにより出力を制御する電動機である。パワー半導体の技術進展により 1990 年代以降、鉄道車両の駆動装置として主に用いられるようになった。半導体素子のオン・オフにより電気回路を切り替えるため、機械部品の摩耗や電氣的な荒損が発生しないなど、保守上の手間もかからない。また、抵抗器による発熱ロスもないため、エネルギー効率も高い。

2) 主制御装置、主抵抗器

① 現状及び故障状況

主制御装置については、カム接触器・遮断器等から構成されている。機械的な摩耗部品や電氣的な接触荒損部品等を、定期検査にて修繕・取り換えをすることで一定の状態に保たれている。

また、制御部分の一部である主抵抗器についても、長期間の使用により老朽劣化が進んでおり、主要部品である抵抗体に著しい溶損、洩れ（断面積の減少）、腐食劣化、が見られる。また絶縁碍子の劣化・絶縁不良に起因する不良も多く発生している。

② 原因

主抵抗器の抵抗体はスペアパーツの供給が十分でなく交換することができないため、そのまま使用されているものと思われる。

③ 課題

主制御器は、定期検査で一定の状態に保たれているが、経年も長く今後の部品の供給に課題がある。

また、主抵抗器は、抵抗体の取り換えが必要とされるが、経年が長いこともあり、十分な部品の供給は難しくなっている。

④ 対策及び提案

現在の主制御装置は、カム接触器・遮断器を用いてモータにかかる電圧を変化させ列車の速度をコントロールするシステムであるが、主電動機の交流モータ化に伴い、インバータ制御装置に全面的に置き換えとなる。

また、速度をインバータ制御装置で制御する際には、力行時に抵抗器は不要となるが、電気ブレーキの使用の際には抵抗器が必要である。したがって、主抵抗器（ブレーキ抵抗器）も合わせて全面的に交換する。

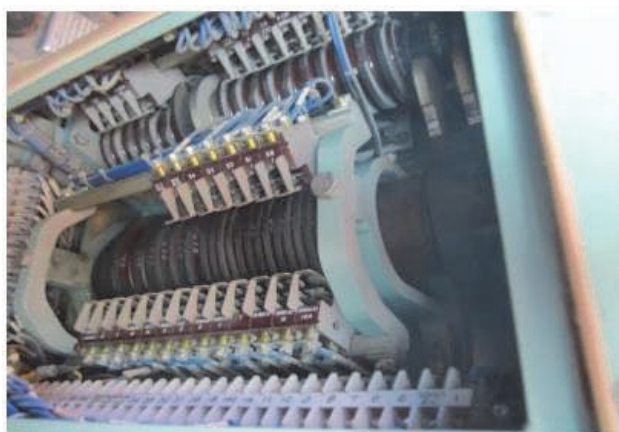


(a) 主抵抗器外観



(b) 劣化した抵抗体

写真 4.11 主抵抗器



(a) カム接触器



(b) 遮断機

写真 4.12 主制御装置

(6) 補助電源電気品

1) 補助電源装置

① 現状及び故障状況

機関車及び列車に低圧電源を供給する補助電源装置は、車両製作時の標準的なタイプとして、E1100 形式及び E1200 形式は電動発電機（MG）方式で、E1250 形式は、インバータ（SIV）方式で製作された。

電動発電機の構造は、主電動機に用いられている直流電動機と類似しており（写真 4.13 (a)参照）、その故障や耐用年数についてもほぼ同様で、その耐用年数は概ね 30 年程度である。このため、対象の日本製機関車においても、E1100 形式の電動発電機は、経年による故障多発となり近年アルストム社製の SIV に置き換えられた。今後は、E1200 形式の電動発電機も、E1100 形式と同様に、経年による故障多発期に入るものと想定される。一方、E1250 形式の SIV は故障状況でも見たように、既に、経年 20 年程度と製品耐用年数の故障多発期に入っている。

② 原因

SIV は、大型半導体の素子耐用年数等に影響を受け、その耐用年数は 15~20 年程度と言われており、長期間使用される車両では、このような時期に更新する場合が多い。E1250 形式の SIV については、すでにこの経年に達しており、故障多発となっている。また、この期間になると同種半導体の部品供給にも課題が生じてくる。また、半導体耐用年数は、埃と熱の影響を受けやすいが、本機関車の機械室は、発熱がこもり、またリン鉱石粉が入り込んでいるなど、その点でも厳しい環境下で使用されている（写真 4.13 (b)）。

③ 課題

E1200 形式（電動発電機）及び E1250 形式（SIV）の補助電源装置は、設計耐用年数に近づいており、故障の多発及び整備部品の入手困難が整備上の課題となっている。

また、E1100 形式の SIV は、現時点では整備上の課題は少ないが、今後、E1250 形式の SIV と同様の課題が生じる可能性が高い。

④ 対策及び提案

今後 15 年以上の機関車の機能維持を図るためには、E1200 形式の電動発電機及び E1250 形式の SIV の更新が必要と判断される。また E1200 形式の電動発電機の場合は、メンテナンスが軽減されるインバータ方式に変更することが一般的である。

一方、既に取り換えを行った E1100 形式の SIV 自体は、現状の使用方法であれば今後も継続使用がはかれる可能性もある。しかし、その出力電源は、空調や照明などの電源として使われるだけでなく、主動力である主電動機等の制御装置にも用いられることから、今後主電動機を交流電動機方式に変更する場合には、より品質の高い出力が要求され、さらに主制御装置などの冷却用送風機が増え電源容量不足も予想される。また、SIV 中のプリント基板の取り換えが必要となっていることに加え、SIV の主要部品である半導体素子の耐用年数は 15 年程度であり、今後 15 年以上の使用を考えた場合はその途中での更新も必要となることから、今回のリハビリ時に更新を行うべきと判断される。



(a) 整備中の電動発電機 回転子



(b) Alstom 社製 SIV
床に埃が積もっている機器室環境

写真 4.13 補助電源装置

(7) 運転台

① 現状及び故障状況

駆動装置やブレーキ機器等の安全上の主要部位が、高度で的確な作業により維持されていることと比較し、運転室の整備状況は、細かな手入れがなされておらず、また経年による老朽化、陳腐化により、運転士の職場環境はあまりすぐれていない。

このため乗務員は、走行時の運転室への風雨の侵入や日差し対策等にも苦慮している。また空調装置は未設置であり、暖房についても風雨の侵入等と相まって、ヒータ能力の向上も望まれるところである。

また運転台の計器・スイッチ類ならびに運転台操作台についても、老朽化が進んだもの、故障したまま未整備になっているものもある。

② 原因

列車の安全運行に関わる主要部位に比べて整備の優先度が低かったことが原因のひとつと思われる。

③ 課題

運転士の職場環境の維持は、直接的に列車の安全運行にかかわることもある。状態の悪い職場環境では、運転士の注意力の散漫や判断力の低下を招く可能性もある。また、雨水や埃の運転室内への侵入は、機器に入り込み、故障の原因ともなりうる。

また、運転台の計器・スイッチ類の不備は、機器の動作状態が把握できず、故障の発見が遅れる可能性があり、さらに重大な事故の発生を招く恐れもある。

④ 対策及び提案

主制御装置の変更に伴い、主幹制御器（マスコン）などの機器が更新され運転室内における配線や必要な機器の種類、形式等も大幅な変更になる。これと合わせて、保安装置（EB 装置）の補修及び劣化部分の補修を行い、運転室内の環境改善を図ることが望ましい。



(a) 運転台全景、室内に埃侵入



(b) 老朽化しビビ入りした押さえゴム



(c) 側窓から風・日差しの侵入を防ぐ



(d) 振動で外れてしまう日除け押さえ



(e) 使用不能の通信装置



(f) 一部欠落したスイッチ版



(g) 使用不能の冷蔵庫

写真 4.14 運転室 (E1100 形式)

(8) 台車 (E1250 形式)

① 現状及び故障状況

E1250 形式の台車は、時速 160km/h の高速旅客輸送に用いられるため、台車が車体の重量を支える枕バネ間隔等の基本部分は、E1100 形式等の台車と同様となっているが、高速走行時における線路への悪影響等を考慮し、主電動機の重量を完全に台車枠で支える方法に

設計変更された。また、これに合わせて、駆動装置は、振動による動きを吸収するリンク式の物が採用されている。

長期間の使用により、台車枠の主電動機装荷部分に応力集中（特に車端側枠の内側）が見られ、本形式のほぼすべての車両に亀裂が発生している（写真 4.3 (c), (d), (e) 参照）。

また、本方式に特有のリンク式駆動装置についてもリンク部のブッシュの摩耗が進んでおり、取り換えが必要となっている（写真 4.3 (g), (h) 参照）。

② 原因

台車に発生している亀裂は、長年の走行による振動の応力集中による疲労破壊が原因と思われる。

③ 課題

鉄道車両の最重要部位の一つである台車枠に亀裂が入ることは、脱線転覆等の重大な事故につながる可能性も有る致命的な事象であり、溶接等により亀裂の補修を行ってはいる（写真 4.3 (f) 参照）ものの抜本的な対策とはなっておらず、1 年程度で溶接部の近辺より再び亀裂が発生しているとのことである。

④ 対策及び提案

仮に本機関車を貨物転用せずに高速旅客輸送用として継続使用する場合においても、疲労破壊が進展する台車枠を今後長期間継続使用することは重大な事故につながるため取り換えが必要である。その際に現在と同設計のものに置き換えることは、現行の状態の繰り返しを生じることとなるため、台車枠を抜本的な設計の見直しを行ったうえで、取り換えを行うことが必要である。

4.1.4 現状のまとめ

上述の稼働状況、故障状況、現車調査結果等を踏まえ、本リハビリ計画の基本目的である「今後 15 年以上の機能維持」という視点から考察した場合のまとめを下記に示す。

- 基本的に取り換え及び整備が必要なもの
 - ・ 取り換え：主電動機、主抵抗器、主制御装置、補助電源装置（E1200 形式：電動発電機、E1100/E1250 形式：SIV）、車体配線、E1250 形式台車
 - ・ 整備：ギアケース（E1100/E1200 形式）、運転室（風雨、日除け対策）
- 基本的に継続使用が可能なもの
 - ・ 車体、E1100/E1200 形式台車、パンタグラフ
- リハビリ時に実施する全般検査同等の修繕時に、個々の機器の状態や部品供給の状況により取り換えを判断するもの
 - ・ コンプレッサ、送風機（ブロー）、基礎ブレーキ装置、E1250 形式駆動装置継手（貨物転用を行わない場合）、運転室計器類

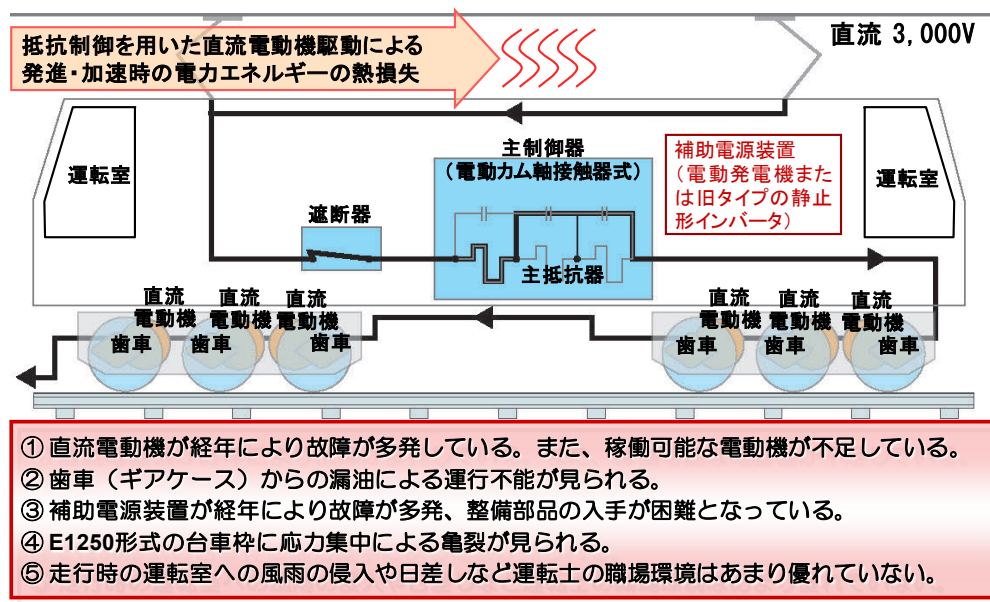


図 4.2 日本製電気機関車の現況（まとめ）

4.2 リハビリテーション計画

4.2.1 リハビリテーションの基本方針

本リハビリテーション事業では、モロッコにおける貨物用電気機関車のリハビリテーションを行うことにより、鉄道輸送力の維持・増強、省エネルギー化を図り、それにより同国の物流効率化で同国の安定した経済成長に寄与するものである。

その具体的な目的は、信頼性が高く、かつ、省エネルギーな機器へ更新を行う事により、今後15年以上の使用期間の延長と共に、CO₂の削減による環境負荷の低減を図るものである。

目的の一つである使用期間の延長は、新製時の機能に極力近い状態にもどし、経年による故障の頻発を抑え、稼働率を向上させることである。この機能維持は通常機器や部品を新製時と同等のものに取り換え・更新を行うことで達成される（機能維持）。

リハビリテーションは新製から相当な期間が経過してから行われるため、その間の技術の進展などにより、新製時に用いられたシステムや機器は、現在では陳腐化し、ほとんど製造されていない、あるいは部品の供給等が停止しているものもある。その一方、信頼性、省エネルギー性、快適性などが向上した、より機能の高いシステムや機器が供給されている場合もある。このような場合には、単に新製時と同等の機器に置き換えるのではなく、それらの機能の高いシステムや機器に置き換え、使用期間の延長とともに機能向上を図ることが可能である（機能向上）。

また、今回のリハビリテーションに合わせて、E1250形式を旅客列車用から貨物列車用への用途変更も検討されている（用途変更）。（詳細は「4.2.4 E1250形式の旅客利用と貨物転用の比較検討」参照）

これらを踏まえ、本リハビリテーション計画は、次の3つの施策により成り立っていると整理することができる。

1. 機能維持：今後 15 年以上の使用期間の延長及び稼働率の向上
2. 機能向上：信頼性、省エネルギー性、快適性などの向上
3. 用途変更：E1250 形式を旅客列車用から貨物列車用に用途変更

4.2.2 円借款要請概要

本事業に関するモロッコの円借款要請概要は以下である。

- 駆動装置一式及び電気空気式駆動制御装置一式を論理プログラムによる静止式駆動制御装置一式に交換
- 直流モータを交流モータに交換
- 新しいデザインに基づいた運転室への変更（座席、操作台、表示盤、快適性、運転室の防音の向上、エアコンの搭載）
- ボギー（台車枠、車軸）及び手動ブレーキからパーキングブレーキへの交換を含む安全装置の方法の全般的な見直し

4.2.3 リハビリテーションの項目と対象部位

（1）対象機関車

ONCF の保有する日本製機関車は、42 両あり現在の状態は前述の 4.1.1 に示した通りである。個々の機関車には、劣化部位や程度に差異はあるものの、取り換え部品の手配により復旧が可能な状態であり、事実、過去の長期休車の復旧実績にそれが示されている。また一部の部品取り用車両においても、一つの故障等をきっかけに必要な部品の入手が困難なことから部品取り車両とされたものであり、特別な劣化状況にあるわけではなく、取り換え部品の手当てができれば十分稼働可能な状態に復旧することが可能である。本リハビリテーション事業においては、主要な電気機器等はすべて取り換えるため、現状の機器の不足状況は復旧を困難とする大きな障害にはなりえないと判断される。

一方、リハビリテーション作業を効率的に進めるためには、先ず稼働予備車両を確保する必要がある。この視点から考えると、現在の休車車両の復旧を最初に進めることが有効である。また、休車車両は、改良・整備・復旧課題が圧縮されている状態と考えられるため、これらの車両を先行してリハビリテーションを実施することで、全車両の復旧上の課題の解決方法をいち早く確立することも重要である。

以上の視点に基づき、部品取り等で長期休車となっている車両も含め、42 両すべての機関車を本リハビリテーションの対象とする。特に予備車両確保の視点からこれらの長期休車車両を優先的にリハビリテーションを実施すべきと考える。

（2）具体的なリハビリテーション項目と重要度

本事業の目的及びモロッコからの要請内容、打合せによる要望調査、実際の機関車の状態調査等に基づき、機能維持・機能向上・用途変更等に対し技術的視点から策定したリハビリテーション項目を積み上げると、以下の表に示す通りとなる。

表 4.3 リハビリテーションの具体的な項目

目的	更新機器項目
機能維持	機器・部品の全般検査相当の整備（屋根周りの補修、修繕または劣化・消耗部品の取換え） ● 機械品：コンプレッサ、基礎ブレーキ、ブロアなど ● 台車（E1100/E1200 形式）：輪軸、動力伝達装置、ギアケースなど ● 車体
機能向上	主電動機の AC 化及び主制御装置の VVVF 化
	回生ブレーキシステムの導入
	補助電源装置（SIV、MG）の取換え
	運転室整備（空調装置の取り付け）※
	運転室整備（計器、表示器の整備）
	運転台整備（日除けの改良、風雨の侵入防止対策）
用途変更	駐車ブレーキの取付け※
	台車及び動力伝達装置の整備（E1250 形式）

※：予算の制約で事業費の削減を図る場合、オプションとして考慮した項目

出典：調査団

「第 6 章 事業費積算」に示すリハビリテーション工事費は、これら全てを含んだものである。なお、上表に示す※の 2 項目は、予算の制約で事業費の削減を図る場合に現状維持としても、本事業の効果発現に影響が最も少ないと考えられるものである。

また主要な実施項目に関する課題や留意事項を以下に示す。

1) 機器・部品の全般検査相当の整備（修繕または整備）

鉄道車両の機能は、製造時の状態から使用状況に応じ、徐々に劣化が進行する。これらを定期的に検査し、機能を安全・安定運行が可能な状況に、維持・向上するのが定期検査であり、機関車形式ごとに適切な整備基準・周期が制定され実施される。ONCF における機関車整備も同様の手法がとられ、その実施により長期間の運用が達成されてきた。この定期検査の最重要レベルの検査が、全般検査であり、その実施により次の検査までの重要機器・部品の機能確保を担保するものである。

今回のリハビリテーション工事により、電気機器を中心にした多くの主要機器は更新されるものの E1100/E1200 形式の台車や動力伝達装置をはじめとして、各形式とも輪軸・基礎ブレーキ装置・コンプレッサ等の機械装置、パンタグラフ等の電気機器の一部は継続使用されることとなる。このうち、E1100/1200 形式の動力伝達装置カバー（ギアケース）は、亀裂による油漏れが繰り返し発生しており、安全運行確保上からも深刻な問題となっていることから、今回のリハビリテーション工事で交換を行う必要がある。

各機器とも、既に 25 年～35 年を超える経年により電気部品（コンプレッサやブロアの電動機など）の劣化も進んでおり、一部に部品の入手も困難なものもある。今後 15 年以上の使用を通常の定期検査の繰り返しにより機能が維持される状態へ機能回復することを本リハビリテーション工事の一部として実施する必要がある。本項目は、使用期間の延伸には必須の項目である。

2) 主電動機の AC 化及び主制御装置の VVVF 化

日本製電気機関車の直流主電動機及び抵抗制御による制御装置の老朽化は著しく、故障多発の主要因となっている。また整備用部品の入手が難しいことから、長期間の休車状態となっているものも多い。今後の長期使用にあたっては、全面的な整備が必要である。なお、現在の主回路技術の潮流は、省エネルギー性に優れ、保守性も向上した VVVF 制御による交流モータ化であることから、整備にあたっては経済合理性の観点からも、本方式への移行を図るべきである。本リハビリテーション施策の目的である使用期間の延長及び機能向上を達成するには必須の項目である。

3) 回生ブレーキシステムの導入

日本製電気機関車が主に使用されるリン鉱石輸送は、海岸部近くの工場等から鉱山へ空貨車を運び、山岳部の鉱山より工場等にリン鉱石を運ぶ運行である。このため、リン鉱石を積載した状態では、下り勾配の運行が主体で、現状では発電ブレーキや機械ブレーキの使用により、エネルギーを空費している。ONCF で現在用いられている直流電方式においては、回生ブレーキを利用するためには同一の変電所区間内に回生ブレーキ電力を使用する列車が運行している必要があり、列車ダイヤ設定上の工夫も必要であるが、本機関車に回生ブレーキを導入することにより、勾配を下る列車のブレーキエネルギーを電力回生し、勾配を上る列車の運行に有効活用し、エネルギー効率をより高めることも可能である。また VVVF 制御による交流モータ化を図る場合は、回生ブレーキ機能の導入は比較的容易であり、省エネルギー効果を一層向上するため、回生ブレーキ機能を整備することが合理的である。本項目は、本リハビリテーション施策の目的である使用期間の延長及び機能向上を達成するには必須の項目である。

4) 補助電源装置の取換え

制御や照明などに必要な低圧電源の供給は、補助電源装置により行われている。日本製電気機関車の補助電源装置は、機関車製造時は E1100 形式及び E1200 形式では電動発電機（MG）方式、E1250 形式ではインバータ（SIV）方式が採用されている。このうち、E1100 形式については、特に経年も長いことから、ONCF の独自の施策として、SIV への取り換えが進められてきた。他の 2 形式についてはそれぞれ、現在も製造時の MG 及び SIV が使用されており、経年も長くなってきていることから、故障の多発及び整備部品の入手困難から整備上の課題となっている。今後の長期間使用を図るためには、取り換え整備が必要であり、整備にあたっては両形式とも、現在の主流である SIV 方式とすべきである。

なお、E1100 形式で置き換えられた SIV については、リハビリテーション後は主動力である主電動機の制御装置（VVVF インバータ）にも使用される。これは品質の高い SIV 出力が要求される。またこの SIV はプリント基板の取り換えが必要となってきたこと、今後の 15 年以上使用を考えるとその間に更新時期を迎えることなどを考えると、今回、本リハビリテーションに合わせての取り換えを推奨する。本項目は、本リハビリテーション施策の目的である使用期間の延長及び機能向上を達成するには必須の項目である。

5) 運転室整備

日本製電気機関車の運転室は、経年による劣化に対応する整備状況も低く、走行時の風雨の侵入・日除け対策や、一部の機器・表示装置の整備不良など、機能面及び乗務員に対する労働環境面の両面で整備をする必要がある。

これら、運転室の環境整備（日除けの改良、風雨の侵入防止対策）や運転台整備（計器、表示器の整備）は、深刻な課題であり、最低限の労働環境の改善を達成することは必須である。

また、運転室への空調（冷房装置）の設置も要望が強く、夏冬の運転室の状態を想定すると、既存のヒータの整備と合わせて、切実な希望と判断される。事業費等を踏まえつつ実施を進めるべき項目と判断する。

6) 駐車ブレーキの設置

現状の駐車ブレーキは、手回し式のブレーキとなっている。最近の機関車においては、機関車の電源を落とすと、自動的に流転防止用の駐車ブレーキが作動する装置が設置されているものが多い。安全上の機能向上と乗務員の負担軽減の視点から効果的なものである。事業費等を踏まえつつ実施を進めるべき項目と判断する。

4.2.4 E1250 形式の旅客利用と貨物転用の比較検討

E1250 形式は、最高運転速度 160km/h の旅客列車牽引用機関車として導入されたが、現在は老朽化による機能低下もあり、最高速度を低くして運行されている。特に、台車の亀裂が多発しており、安全運行及び安定運行の両面から重大な懸念となっている。このことから、台車や動力伝達装置の抜本的な整備、すなわち台車の新造・交換が必須である。

一方、ONCF における使用上のニーズ（貨物用電気機関車を日本製に統一し旅客用電気機関車を他国製に統一）からは、貨物輸送用への用途変更も検討されている。

また、旅客輸送については LGV などのプロジェクトがあり、相対的に旅客用機関車のニーズが減っていく傾向にあるが、貨物用については機関車が老朽化しており、何らかの対策が必要な状況である。

旅客輸送を継続するとしても、貨物輸送用へと用途変更する場合のいずれにしても台車の新造・交換が必須であることから、本機関車を今後 15 年間以上の使用を目標としたリハビリテーション計画を考える上で、どちらのケースが最適であるかを検討する必要がある。

そこで、リハビリテーション工事時及び工事完了後のメリット・デメリットについての比較検討を行う。以下にその検討結果を示す。

表 4.4 旅客使用と貨物使用の比較

項目	旅客使用のリハビリテーション	貨物利用のリハビリテーション
台車	- 安全かつ信頼性における運転を行うためには台車の交換が必要。 - 亀裂の発生が生じない新たな台車の設計が必要であり、設計期間増加と共に費用が大きくなる。	- 貨物運搬特性を有する台車への交換が必要。 - E1100 形式用の台車の設計を活用できるため、新たな設計は不要。
主電動機	- E1100/E1200 形式と別設計の主電動機（650kW）が必要となるため、1 基あたりの設計・製造コストが増加する - E1100/E1200 形式用の主電動機も製造数が減少するため、この設計・製造コストも増加する。したがって、全体的にコストが増加する。	E1100/E1200 形式と共通設計（475kW）が可能であり、新たな設計は不要。
補助電源装置	- 旅客用として高い容量（670kVA）のものが別途、必要。 - 設計・製造コストの増加は主電動機と同様の課題がある。	E1100/E1200 形式と共通設計（245 kVA）が可能であり、新たな設計は不要。
スペアパーツ（維持管理）	電気品のスペアパーツは専用のものを準備する必要がある。	電気品のスペアパーツは E1100/E1200 形式と共通化ができる（O&M コストの削減）
運用面	旅客輸送用にも貨物輸送にも日本製、他国製の機関車が混在するため、運用、メンテナンスが煩雑になる。	- 少なくともリン鉱石輸送は日本製電気機関車だけの運用が可能となり、運用、メンテナンスの統一が図れる。 - 旅客輸送も他国製電気機関車に統一される。
リハビリテーション工事費		

出典：調査団

E1250 形式は、設計構造的には製造年次に近い E1200 形式と類似の構造であり、また E1200 形式の台車構造は E1100 形式とも類似である。そこで、用途変更の設計にあたっては、E1100 形式の台車の設計を参考とすることが可能であると考えられる。

また、貨物用としてリハビリテーション工事を実施することは E1100 形式及び E1200 形式と主電動機・補助電源装置などの部品の共通化が図れ、主電動機・補助電源装置の 1 基あたりの設計・製造コストの削減、またスペアパーツの共通化などリハビリテーション後の O&M コストも含めてトータルコストを安価とすることが可能である。

以上より、本調査の結論として貨物転用のリハビリテーションを推奨する。

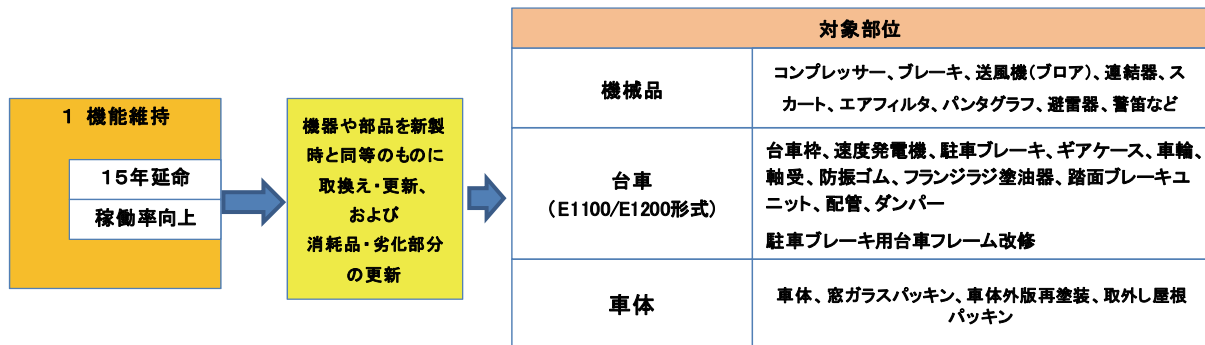
4.2.5 調査結果に基づくリハビリテーション方針のまとめ

現況調査を踏まえ、リハビリテーションの目的に合致する最適なリハビリテーションの方針を以下に示す。

(1) 機能維持

機能維持とは、新製時の機能に極力近い状態にもどし、経年による故障の頻発を抑え、稼働率を向上させることである。この機能維持は通常、機器や部品を新製時と同等のものに取換え・更新、

また消耗品ならび劣化部分の更新を行うことで達成される。本事業では車体、台車（E1100 形式、E1200 形式）を修繕再利用し、それらに付属する機械品の更新を行うことを計画する（図 4.3、図 4.5）。



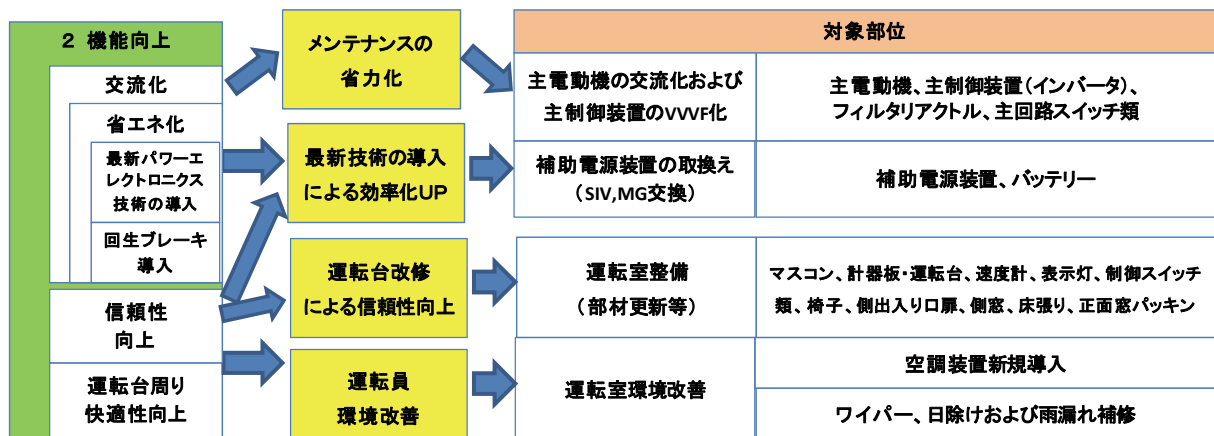
出典：調査団

図 4.3 リハビリテーション方針のまとめ（機能維持）

（2）機能向上

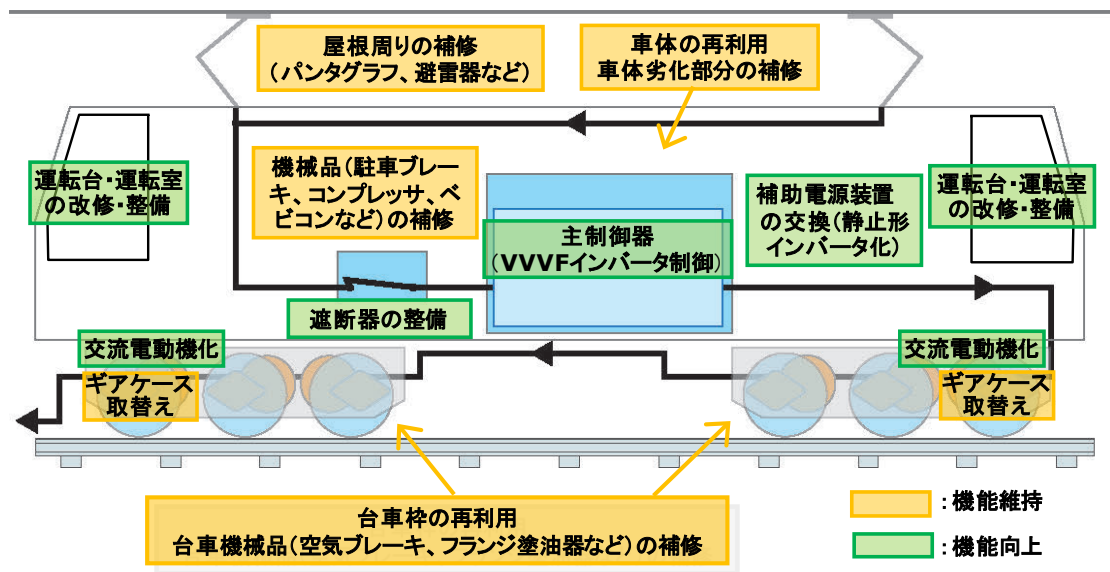
新製時に用いられたシステムや機器は、現在では陳腐化し、ほとんど製造されていない、あるいは部品の供給等も停止しているものもある。その一方、より機能の高いシステムや機器が供給されている場合もある。このような場合には、単に新製時と同等の機器に置き換えるのではなく、機能の高い（信頼性、省エネルギー性、快適性の向上等）システムや機器に置き換え、使用期間の延長とともに機能向上を図ることが可能である。

本事業では、駆動電気品（主電動機、主制御器など）、補助電源装置を最新技術の導入した機器に更新することにより信頼性、省エネルギー性の向上を図るとともにまた、運転士の職場環境の改善として、運転台機器の更新を行う（図 4.4、図 4.5）。



出典：調査団

図 4.4 リハビリテーション方針のまとめ（機能向上）



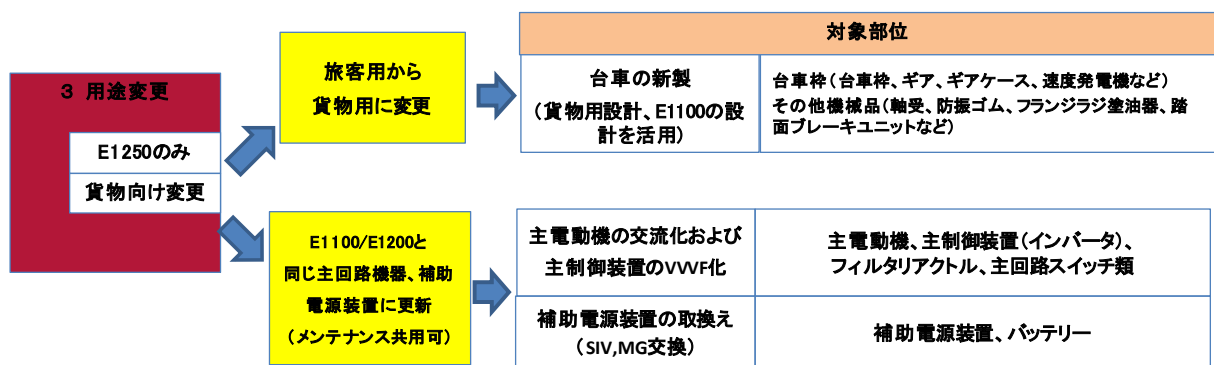
出典：調査団

図 4.5 リハビリテーション対象部位のイメージ（E1100/E1200 形式）

（3）用途変更

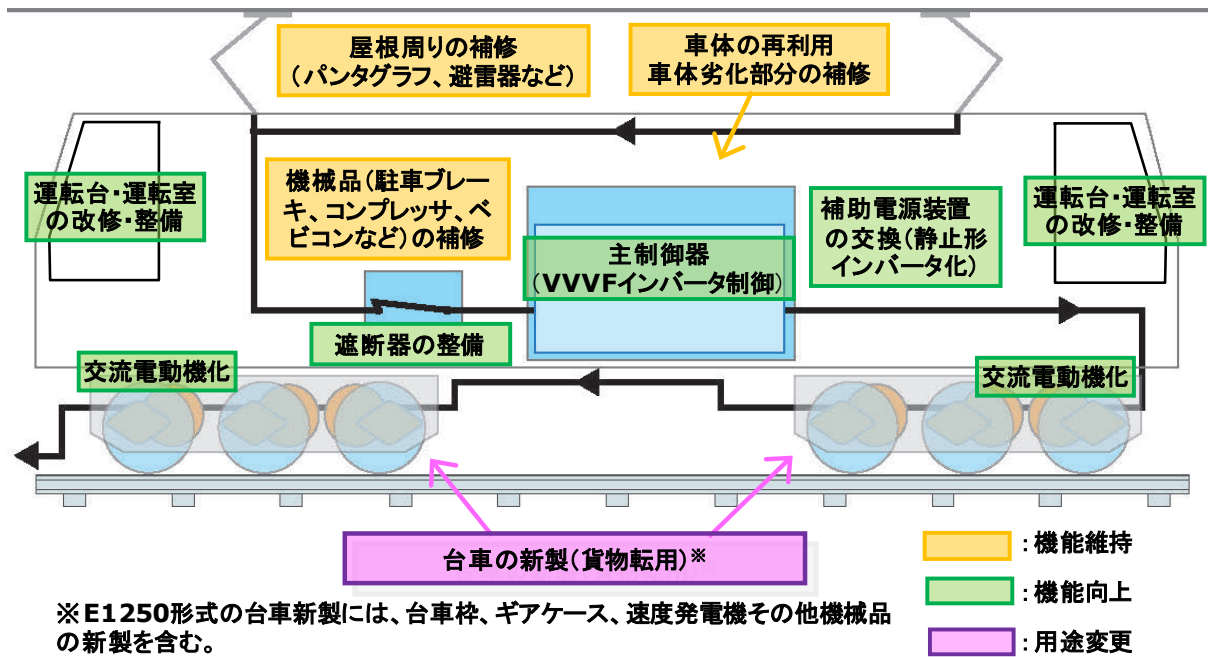
E1250 形式は、長期間の使用により、台車枠の主電動機装荷部分に応力集中による亀裂が見られる。旅客輸送用として継続使用する場合においても、疲労破壊が進展する台車枠を継続使用することは、重大な事故につながることから、台車の交換が必要である。

本事業では、貨物輸送の需要面や E1100 形式/E1200 形式との機器の共有化の観点から、当該形式を貨物用として用途変更するための更新を行う（図 4.6、図 4.7）。



出典：調査団

図 4.6 リハビリテーション方針のまとめ（用途変更：E1250 形式のみ）



出典:調査団

図 4.7 リハビリテーション対象部位のイメージ (E1250 形式のみ)

本事業でリハビリテーションの対象となる機器の詳細を次ページに示す。

表 4.5 リハビリテーション対象機器リスト

No	リハビリテーションの目的	項目		機器名称	機器の仕様(現状)	現況、故障の状況	非公開
1	機能維持	低圧・保安機器		ビジランス・EB装置	ビジランス・EB装置	・リレー・スイッチ・タイマーなどの有接点機器が、磨耗劣化していると考えらる。	
2	機能維持	機械品	床上機器	駐車ブレーキ床上機器追加	手回しハンドルによる手動式	・運転士による手動操作が行われている。	
				インターロック装置	高圧機器用(機械式)	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、故障などの問題は発生していないと思われる。	
			ブレーキ関係	コンプレッサ	電源:交流380V50Hz 空気吐出量:3000L/分(吐出圧力930kPa)	・本装置の機械部分である圧縮装置については、全般検査などにより分解検査が行なわれ摩耗した部品の定期的な取り換え修繕により一定の品質が保たれている。 ・動力源の電動機については、主電動機と同様の直流電動機が使われており、経年による老朽化が進んでいる。	
				空気ブレーキ弁部品	バルブなど	・ブレーキ弁、基礎ブレーキ装置は定期検査では、的確な分解検査が行われており、高い状態に機能維持されている。また本部位を原因とする故障もほとんどない。 ・現状の検査・修繕方法により今後とも同等の機能維持がされと考えられるため、継続使用可能と評価する。	
				ベピコン	電源:直流72V、空気吐出量:80L/分		
				配管	ブレーキ用鋼管		
				タンク類	元空気だめ/供給空気だめ		
				ゴムホース類	ゴムホース		
			機械室関係	フロアベアリング	ローラーベアリング	・送風機(フロア)本体は、特に重要な故障原因となっておらず、継続使用が可能と判断される。 ・機械摩耗部分はベアリングの定期点検・修繕で対応可能である。	
			車体周り	連結器・バッファ	連結器:スクリュータイプ バッファ:コイルスプリングタイプ	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、故障などの問題は発生していないと思われる。	
				スカート・排障器	鋼製	・同上	
				MM冷却風導	20kW,280m3/分	・モロッコ製のものに交換されている。	
				エアフィルタ	粉塵吸着タイプ	・同上	
			屋根周り	パンタグラフ保守	パンタグラフ E1100、E1200はフランスFAVAILEY社製に交換済み	・一定の整備状態が維持されており、多発故障の原因となっていない。 ・必要な整備を行うことで継続使用が可能である。	
				避雷器保守	放電開始電圧:13000～19000V	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、故障などの問題は発生していないと思われる。	
				警笛保守	空気笛	・同上	
3	機能維持	台車 (E1100、E1200)	台車	台車枠	(貨物輸送輸送輸送用) 形式:イコーザー式3軸台車 設計最高速度:100km/h 車体支持方式:ボルスタレス コイルばね式まくらばね 主電動機の装架方式:吊り掛け式	・台車枠については基本的に問題は発生していない。さび落とし、修繕、劣化部分の補修、塗装等の処置により今後の15年の使用にも充分耐えうるものと判断する。 ・駆動装置支持部分のネジ部が長期間の使用により摩耗が進んでいる。	
			その他機械品	速度発電機	速度検知用		
				駐車ブレーキ	手回しハンドルによる手動式	運転士による手動操作が行われている。	
				駐車ブレーキ部台車枠変更	----	----	
				ギアケース	鋼製	・ほとんどすべてに亀裂が入っている。この亀裂が進展すれば、ギアケースの破損による部品落失、極端な場合には脱線の可能性もある。 ・亀裂からの漏油によるギアの潤滑油不足による、発熱・破損の可能性も有り、正常運行を行う上での深刻な課題であるとともに、頻繁な修繕を余儀なくされている。 ・亀裂の原因は、ボルトの締め付け時の確認不足、振動に起因する取付け面の摩耗、緩んだことによる取付け部・ボルトの摩滅などが考えられる。	
				輪軸	車輪:一体圧延車輪、Φ1250	・一部のE1100形式では、主電動機と共に輪軸を外され、4軸駆動となっている。 ・残る輪軸は、通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、運転に支障がでるような故障などの問題は発生していないと思われる。	
				軸受	アクスル・ルーラ・タイプ	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、運転に支障がでるような故障などの問題は発生していないと思われる。	
				防振ゴム	硫化ゴム	・同上	
				すり板(3種、26枚/台車)	レジンシュー	・同上	
			フランジ塗油器	油冷式	・タンクに油がなく、使用停止中であるが、機関車の稼働に影響はない。		

出典：調査団

No	リハビリテーションの目的	項目		機器名称	機器の仕様(現状)	現況、故障の状況	非公開			
4	機能維持	車体	機械室関係	明り取り窓ガラス・パッキン	シールラバー	・定期修繕で十分な修繕、塗装が行われており、経年30年前後であるが、腐食はほとんど見られない。 ・休車等で、長期間屋外留置されているものに一部の腐食は見られるが表面的な腐食であり、車体強度や寿命に影響を与える内部からの腐食浮き上がりは見られない。 ・さび落とし、修繕、劣化部分の補修、塗装等の処置により今後の15年の使用にも充分耐えうるものと判断する。				
			車体周り	車体外版保守・再塗装		・休車等で、長期間屋外留置されているものに一部の腐食は見られるが表面的な腐食であり、車体強度や寿命に影響を与える内部からの腐食浮き上がりは見られない。 ・さび落とし、修繕、劣化部分の補修、塗装等の処置により今後の15年の使用にも充分耐えうるものと判断する。				
				取り外し屋根パッキン	シールラバー					
				その他劣化部分補修	----					
5	機能維持	部品取り車復旧	E1103	高速度遮断器（HB）など	（焼損による使用不能）	・架線事故により配線焼損、多数の機器がスペアパーツとして取り外されている。				
6	機能向上	駆動電気品	主電動機	主電動機	直流電動機 連続定格出力 E1100/E1200:475kW,E1250:650kw 駆動方式：ノーズ・サスペンション方式	・寿命に近づいており、故障が多発している。また故障復旧に長期間要する物も多く、稼働可能主電動機が不足がらとなっている。 ・回復が不可能な配線内部での老朽化が進んでいることが推定され、これを抜本的な修繕が必要であるが、修繕には高度の熟練技能を要し、修繕コストも高い。 ・直流電動機は、電流の制御が接触器等の動作により行われるため、機械的な摩耗や電氣的な荒損が発生する等、保守上の労力が大きい。 ・制御の際に抵抗器で消費される電力は、熱として有効活用されないためエネルギー効率上も損失が大きい				
						主制御装置		主制御装置	抵抗バーニア式	・機械的な摩耗備品や電氣的な接触荒損部品等を、定期検査にて修繕・取り換えをすることで一定の状態に保たれている。
						主抵抗器		主抵抗器	強制風冷式 最大電気ブレーキ力：24kN/両	・長期間の使用により老朽劣化が進んでおり、主要部品である抵抗体に著しい溶損、涸れ(断面積の減少)、腐食劣化、が見られる。また絶縁外紙の劣化・絶縁不良に起因する不良も多く発生している。
						フィルタリアクトル		フィルタリアクトル	――	（主制御装置の変更により追加される機器）
			主回路スイッチ類	高速度遮断器（HB） 断流器（LB）	直流3000V,定格電流1200A,最大遮断電流15000A 直流3000V, 定格電流500A,電気空気式	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、故障などの問題は発生していないと思われる。				
7	機能向上	補助電源電気品	補助電源装置	補助電源装置（APS）	形式：E1100:インバータ(製造から交換)、 E1200:電動発電機(MG)、 E1250: インバータ 入力:直流3000V 出力:3相交流380V50Hz 定格容量：E1100: 150kVA E1200: 260kVA E1250: 670kVA	＜E1100形式＞ ・E1100形式の補助電源装置は、経年による故障多発により、近年、電動発電機からアルストム社製のSIVに交換されている。 ・主制御装置の交換。今後の継続使用を考慮するとリハビリテーションと同時に交換することが望ましい。 ＜E1200形式、E1250形式＞ ・E1200形式の電動発電機、E1250形式はインバータは製造当時のものが使用されているが、経年が長くなってきており、故障の多発および整備部品の入手が困難となっている。				
			その他電気品	バッテリーセル	入力:交流380V50Hz、出力:直流72V 定格出力：12.5kW	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、故障などの問題は発生していないと思われる。				
8	機能向上	運転台	空調装置	未設置	・走行時の運転室への風雨の侵入や日差しなど運転士の職場環境はあまり優れていない。 ・空調装置が未設置であり、暖房についても風雨の侵入等と相まって、ヒータ能力の向上が必要である。 ・運転台の計器・スイッチ類ならびに運転台操作台についても、老朽化が進んだもの、故障したまま未整備になっているものもある。					
			マスコン	カム軸式、ラウンド形ハンドル						
			計器盤・運転台改造							
			速度計(記録機能付)	0～160km/h、時間-速度記録装置付き						
			表示灯	ランプ式						
			制御スイッチ類							
			椅子							
			側出入り口扉	ヒンジ式扉						
			側窓(開閉式)							
			床張り							
			正面窓ガラスパッキン	シールラバー						
			ワイパー	空気式						
			日除け							
			雨漏れ補修							

出典：調査団

No	リハビリテーションの目的	項目		機器名称	機器の仕様(現状)	現況、故障の状況	非公開
9	機能向上	特殊工具		特殊工具（メンテナンス用）	---	（リハビリテーション工事後のメンテナンス用機材）	
10	用途変更	台車（E1250）	台車枠	台車枠 （台車枠、ギア、ギアケース、速度発電機）	（旅客輸送用） 形式：中空軸リンク式3軸台車 設計最高速度:1600km/h 車体支持方式:ボルスタレス コイルばね式まくらばね 主電動機の装架方式:台車装架式	・長期間の使用により、台車枠の主電動機装荷部分に応力集中（特に車端側枠の内側）による亀裂が発生している。 ・本方式に特有のリンク式駆動装置についてもリンク部のブッシュの摩耗が進んでおり、取換えが必要。	
			その他機械品	車輪	一体圧延車輪、Φ1250	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、運転に支障がでるような故障などの問題は発生していないと思われる。	
				軸受	アクスル・ルーラ・タイプ	・同上	
				アクセル・ローラー・ベアリング	---	（主電動機の装荷方式の変更による追加部品）	
				防振ゴム	硫化ゴム	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、故障などの問題は発生していないと思われる。	
				すり板（3種、26枚/台車）	レジンシュー	・同上	
				フランジ塗油器	油冷式	・タンクに油がなく、使用停止中であるが、機関車の稼働に影響はない。	
				砂箱蓋	空気式	・通常の維持管理で必要に応じた補修・交換が行われ、故障などの問題は発生していないと思われる。	
				踏面ブレーキユニット	スラック調整器付き	・同上	
				配管	鋼管	・同上	
				ダンパー類	オイルダンパー	・同上	
				その他		・同上	

出典：調査団

4.3 機関車リハビリテーション工事計画

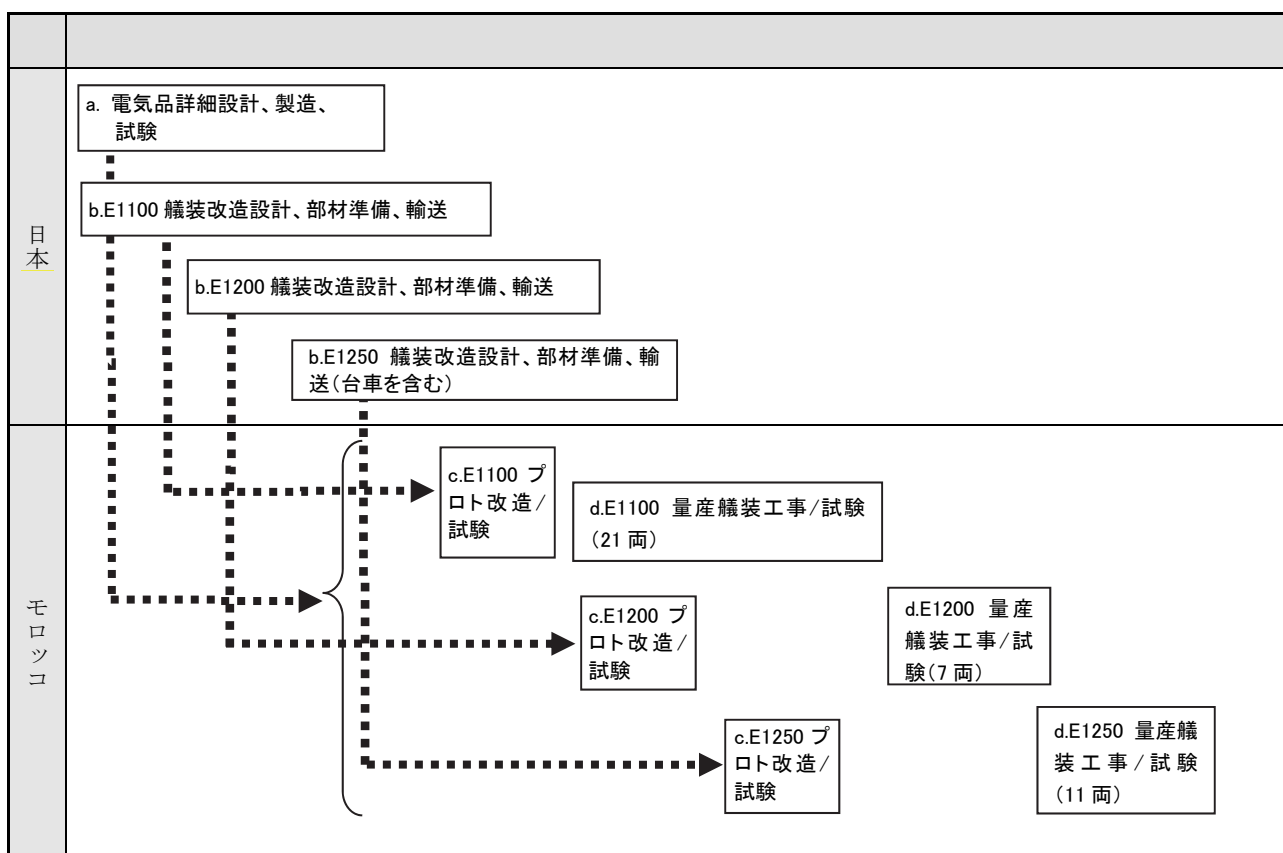
4.3.1 機関車リハビリテーション工事計画の策定

機関車のリハビリテーション機器の選定を踏まえて、それらの機器の設計、製造あるいは調達、及び現地での据え付け、検査等にかかる一連のリハビリテーション工事計画を策定する。また、現地でのリハビリテーションに当たって必要となる設備、スペース等の検討、施工工場及び工期を検討した。

リハビリテーション工事の流れ

リハビリテーション工事は、経年劣化の進んでいるE1100形式から優先して工事を行うこととし、次にE1200形式、最後にE1250形式の順序で工事を行う。各形式の工事に必要な作業は下記a.～d.であり、工事の全体的な流れ（リハビリテーション施工期間）は図4.8に示す通りである。

- 調達国（日本）での主要電気品・機械品の詳細設計、製造、性能試験
- E1100、E1200、E1250 各形式の艤装改造設計、部材準備、輸送
- プロトタイプ車両（E1100、E1200、E1250 各形式）の現地艤装工事、定置試験、走行試験
- 量産車両の現地艤装工事、定置試験、走行試験



出典：調査団

図 4.8 リハビリテーション工事の全体的な流れ

4.3.2 リハビリテーション工事の実施スケジュールの検討

リハビリテーション工事の各作業(a、b、c 及び d)について、以下に作業内容とスケジュールを具体的に説明する。

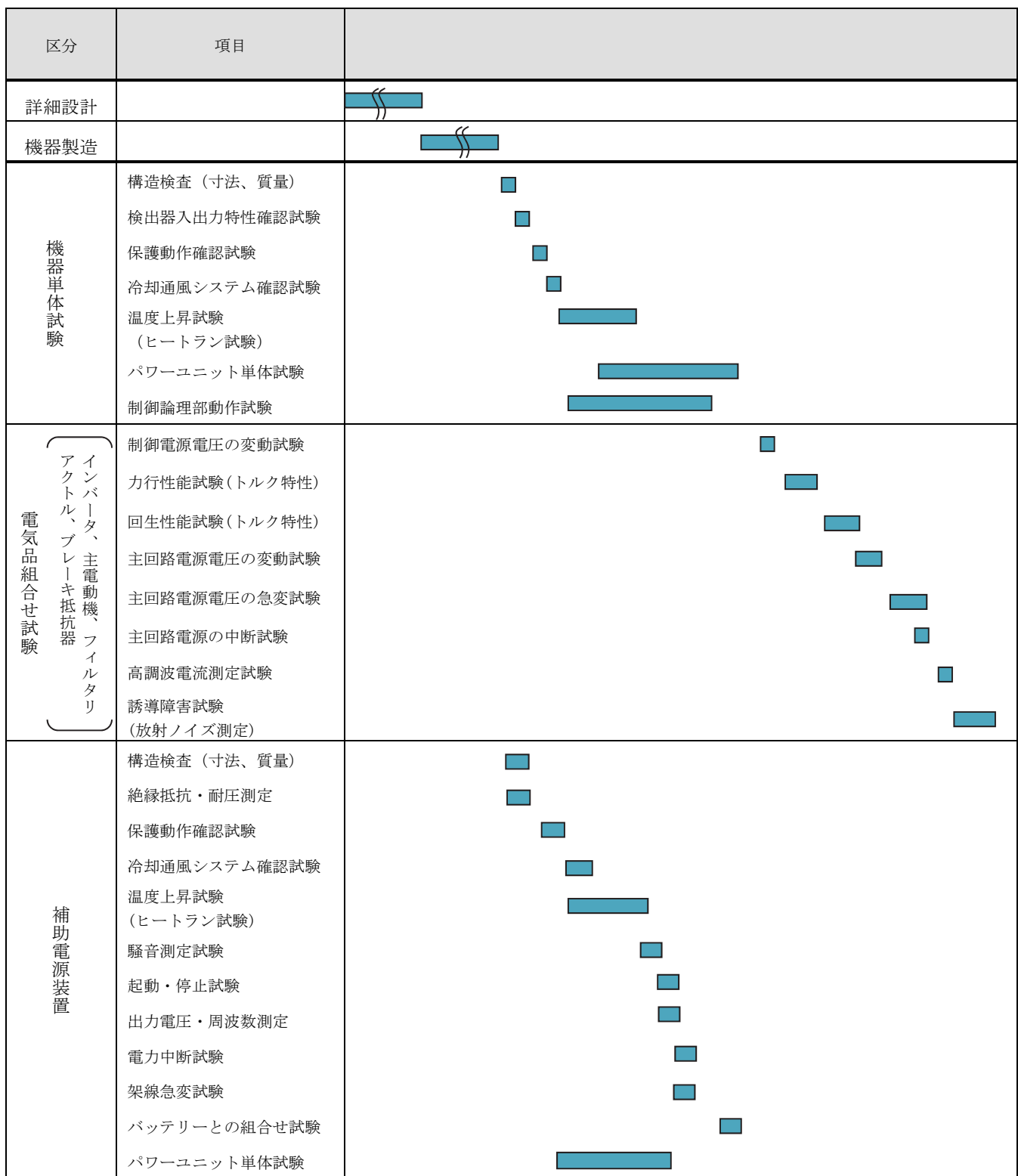
a. 調達国（日本）での主要電気品・機械品の詳細設計、製造、性能試験

主電動機、補助電源装置等は施主からの発注を受けて、詳細設計、製造がされるものであり、詳細設計 ヶ月、製造 ヶ月及びそれらの性能試験に約 ヶ月かかる予定である。

主要な電気品の性能試験は IEC (International Electrotechnical Commission) 61377-3 (鉄道車両用電気品 第 3 部：直流遮断器の規則)、及び IEC61287 (鉄道車両用コンバータ第 1 部：特性及び試験方法)に準じて、試験を実施する。約 ヶ月を要する。

検査項目は単体試験ほかに、電気品（インバータ、主電動機、フィルタリアクトル、ブレーキ抵抗器など）の組合せ試験も実施し、電気品が確実に作動するよう調達国（日本）で試験をする。なお、補助電源装置の試験も併せて実施する。

以上から日本国内での作業スケジュールは約 ヶ月を予定している。



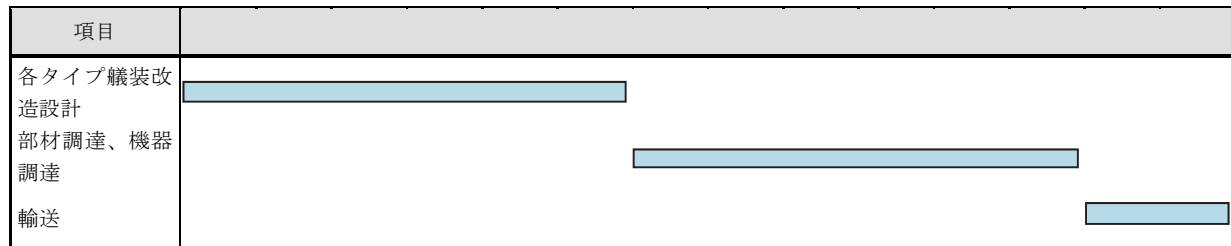
出典：調査団

図 4.9 主な駆動システム電気品および補助電源装置の性能試験

b. E1100、E1200、E1250 各形式の艤装改造設計、部材準備、モロッコへの輸送

また、前項 a.と並行して、E1100、E1200、E1250 各形式の艤装改造設計（約 1 ヶ月）を進め、a.で製造された個別機器を含めて、各機関車のリハビリテーションに必要な本邦調達機器、取付け部材の準備を行い（ 1 ヶ月）、モロッコへ輸送する。

モロッコへの輸送、引き取りに 1 ヶ月を要する予定である。



出典:調査団

図 4.10 各タイプ 艤装改造設計、部材調達、機器調達、輸送スケジュール

その後 1 回に 3 両の量産リハビリテーション工程を考慮した主要電気品の準備、取付け部材の準備を本邦で行い、順次モロッコへ輸送する。

c. プロトタイプ車両 (E1100、E1200、E1250 各形式) の現地艤装工事、定置試験、走行試験

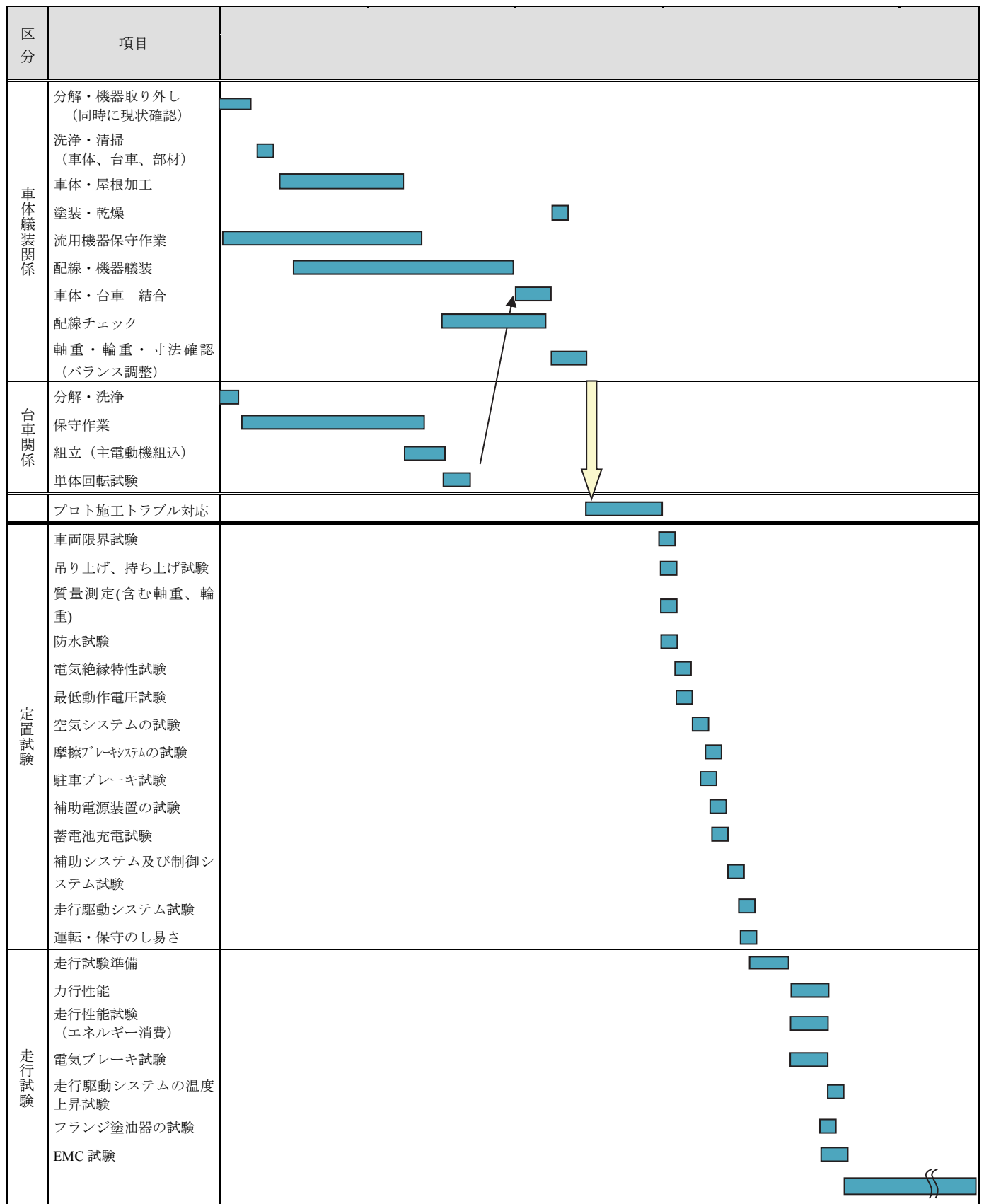
現地リハビリテーション工事は、初めに E1100、E1200、E1250 各形式のプロトタイプ車両（試作車両）のリハビリテーション工事を行い、その後に量産車両の艤装工事を行う工程である。

最初にプロトタイプ車両の工事を行う目的は、機器や艤装工事の設計に起因する問題やその他の不具合を発見し、それを解決して量産車両の工事に反映するためである。艤装工事には、 1 ヶ月を想定している。その後 2 週間の定置試験及び 1 ヶ月の走行試験を予定している。

プロトタイプの艤装工事の詳細工事項目、工事後の詳細試験項目及びスケジュールは次ページに示す。

なお、現地モロッコにおいての E1100、E1200、E1250 形式のプロトタイプ車試験内容は IEC (International Electrotechnical Commission) 6113 (営業投入前の完成車両の試験方法)に準じて、試験を実施する。

また、プロトタイプ車の試験内容は定置試験と走行試験からなり、定置試験は約 2 週間を要し、本来 IEC の規格では、その後 1 ヶ月の走行試験をクリアする必要があるが、ONCF と受注者の取り決めにより、試験期間を短縮しても実用上問題無い。試験期間の短縮はそのまま工期短縮となる。ただし貨車の牽引を開始した後は 10 日毎に点検し、最低 1 ヶ月程度のモニタリングは必要である。また、その期間の機器扱いの補助のためコントラクター側の技術者の添乗が必要となる。



出典：調査団

図 4.11 プロトタイプ車両のリハビリテーション工程 (1 形式あたり)

d. 量産車両の現地機装工事、定置試験、走行試験

量産リハビリテーションの工程（案）は以下の通り。定置試験及び走行試験を含め全体で約 1 ヶ月を要する予定である。

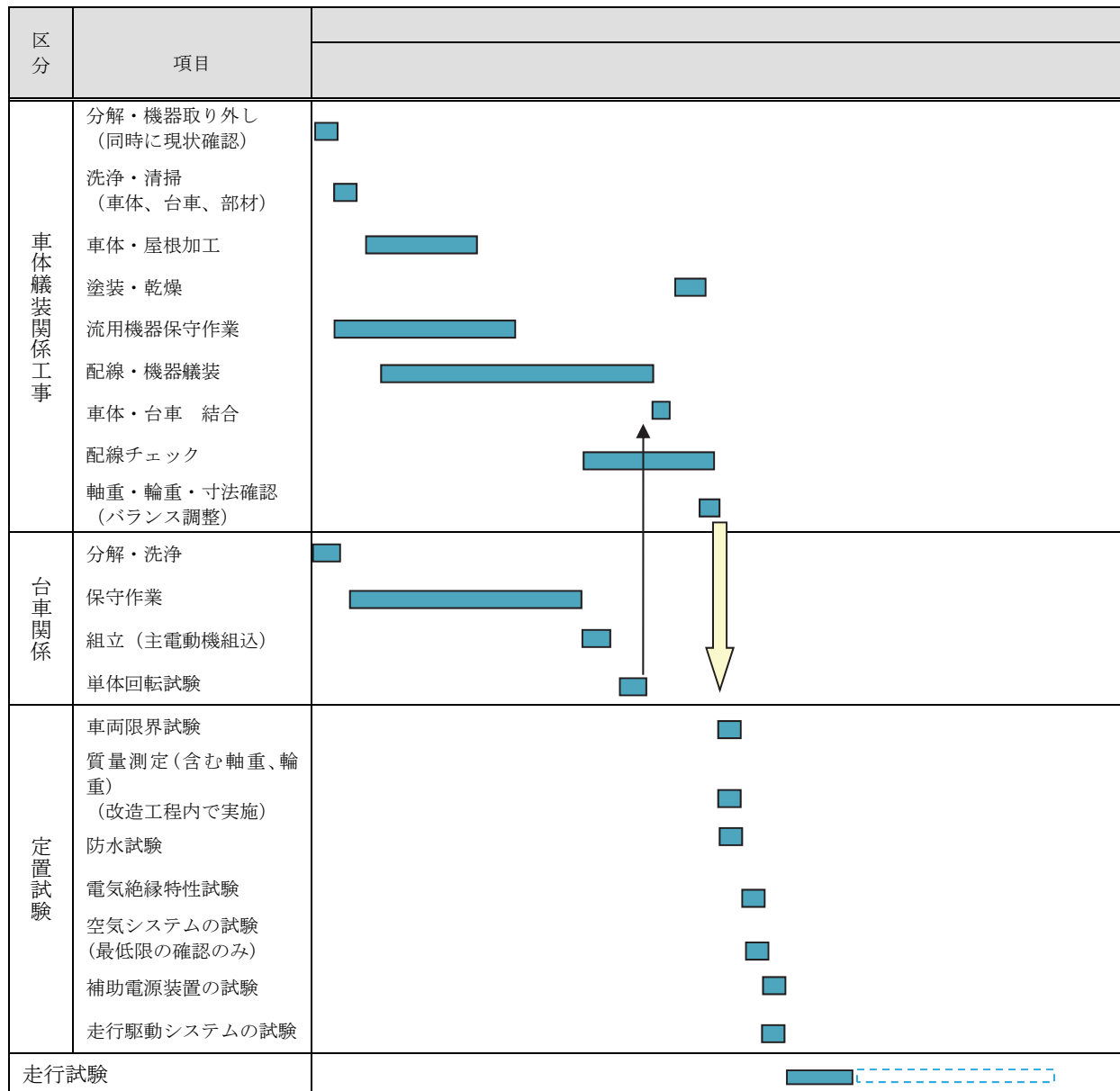


図 4.12 量産車両のリハビリテーション工程 (1 両あたり)

量産車両に対しての試験項目は、プロトタイプ車両の試験において各車両形式の性能試験は終了しているので、個別の車両の外形的なチェック及び動作確認に必要な検査を実施する。

なお、本来証明書の発行は 走行試験に合格した段階で発出するのが、望ましいが、すでにプロトタイプ車両で実績がある施工であること、車両基地の中で試験走行後本線において貨車牽引を含む試験が適正に行われれば、最大 1 週間程度まで短縮することも可能である。

4.3.3 機関車リハビリテーションに必要な設備及びスペースの検討

(1) 現地リハビリテーション工事に必要な設備・機器類の検討

現地工場で機関車のリハビリテーションを実施するに当たって、以下の主な設備機器を必要とする。

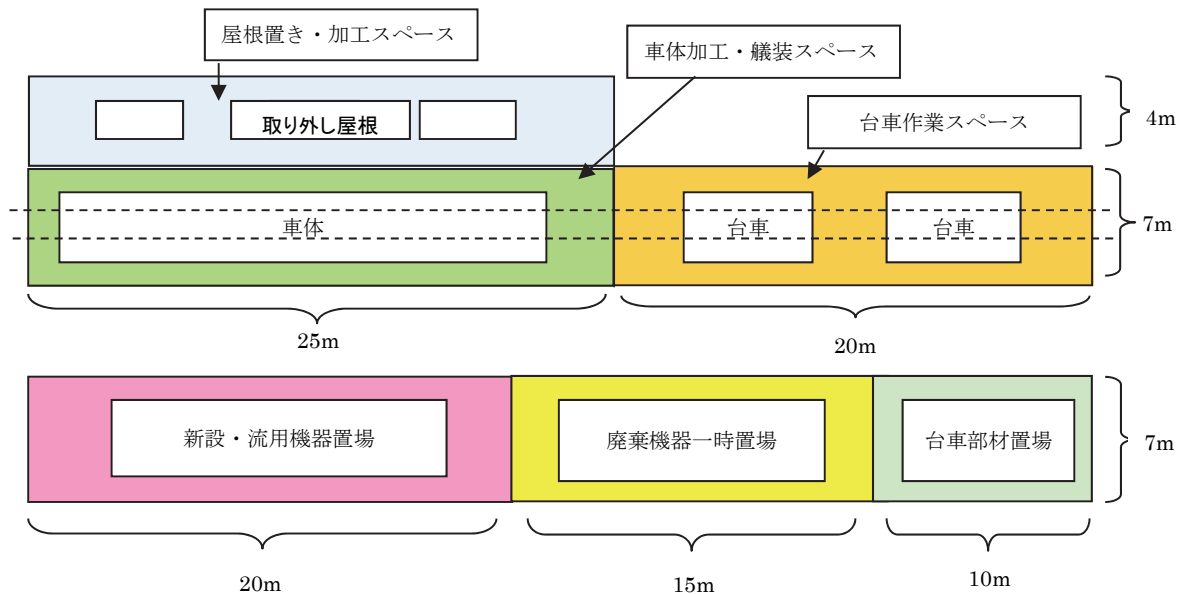
表 4.6 現地リハビリテーション工事に必要な設備・機器類

	機器・工具名	用途	1両の必要数	備考
1	車体リフティング・ジャッキ	車体上げ下げ、台車着脱	4	
2	天井クレーン	艀装機器移動設置 (車体吊上げ)	1 or 2	No1の車体リフティング・ジャッキが無い場合は、60tの車体吊上げ能力が必要
3	車体載せ台	改造作業中の車体定置用	4	
4	台車載せ台	改造作業中の台車定置用	8	
5	車体、台車を洗浄する 機器・装置		1	
6	溶接機	車体・台車 改造用	2	資格ある作業者も要
7	ガス切断器	車体・台車 改造用	2	資格ある作業者も要
8	溶接作業台、定盤	車体・台車 改造用	1	
9	塗装設備		1	
10	機関車 小移動用機	改造前後の架線無い場所での 機関車移動用	1	あれば効率よく作業可。 なければフォークリフト・ トラクタでも代用可

出典：調査団

（2）機関車の改造に必要なスペース（案）

各工場で、1 両の機関車にリハビリテーション工事を実施するに当たって、必要なスペースは以下の通りである。



出典：調査団

図 4.13 リハビリ機関車の改造に必要なスペース（案）

- 1 両の機関車のリハビリテーション工事に必要なスペースは $4 \times 25 + 7 \times 25 + 7 \times 20 + 7 \times (20 + 15 + 10) = 730 \text{ m}^2$ となる。例えば同時に 3 両分のリハビリテーション工事を実施する場合、 $730 \text{ m}^2 \times 3 = 2,190 \text{ m}^2$ が必要となる。
- 2 両以上を同時に工事する場合、機関車の入出場を考慮して、施工スペースは並列配置が望ましい。
- また、上記の他に、配管加工職場（ 50 m^2 ）、配線加工職場（ 50 m^2 ）、塗装職場（既設の設備有）が必要であり、また、リハビリテーション工事前／後の車両の留置スペースも確保する必要がある。

4.3.4 リハビリテーション場所の検討

効率よくリハビリテーション工事を実施し可能な限り早く機関車を本線復帰させるため、リハビリテーション工事場所は、前項に示すような設備・機器を保有し、かつ同時に 3 両程度の工事が行えるスペースを確保する必要がある。

これらの条件を満たす工場として、EMIC（ONCF のカサブランカ機関車保守工場）及び SCIF（モロッコ産業製品・鉄道車両製造会社）の 2 工場が候補となる。

各工場の概要、リハビリテーション工事を実施する際の留意点は以下の通りである。

(1) EMIC

EMIC は ONCF のカサブランカにある機関車保守整備工場であり、電気機関車の全般検査、定期検査等を実施しており、リハビリテーション工事に必要な設備がほぼ整っている。

EMIC は大きく 3 つの建屋があり、主に車体、台車、モータなどの検査・修繕を行う A 建屋、EMU のリハビリテーションを実施している B 建屋、車体から取り外した抵抗器など車内の機器の検査・修繕を行う C 建屋から成る。

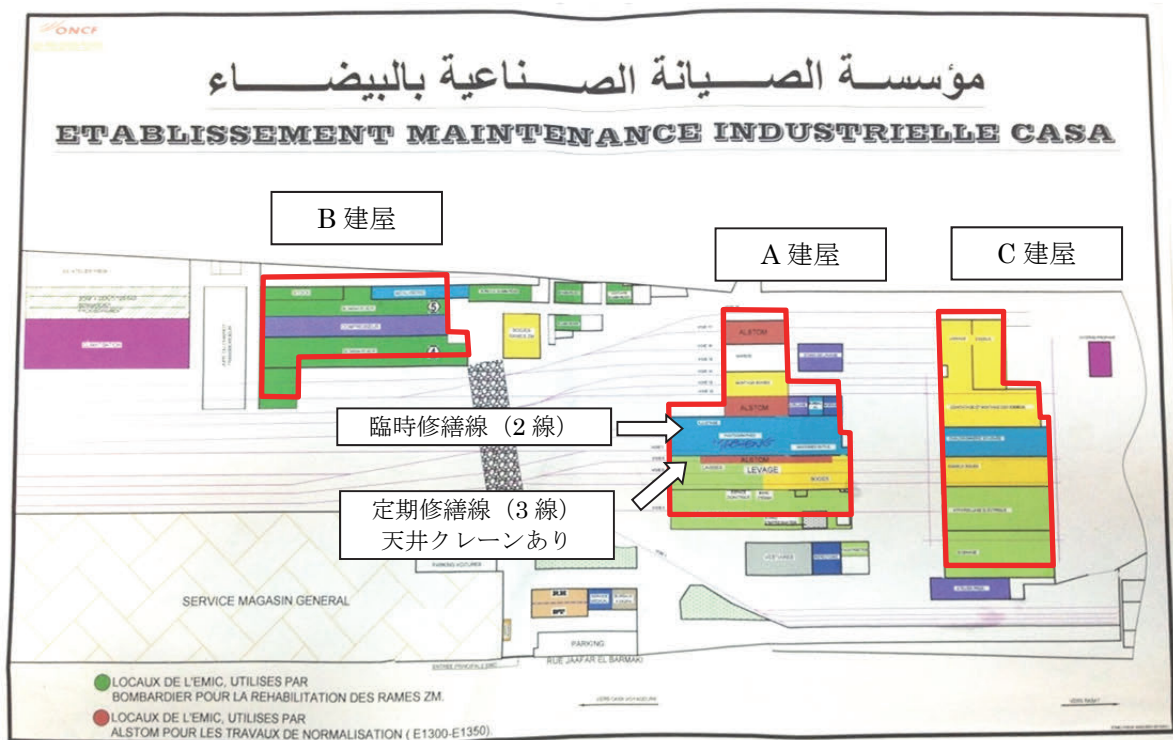
A 建屋では、天井クレーンを有する定期検査線が 3 線あり、うち 1 両はアルストム社製の電気機関車の検査に使用されている。また、定期検査の他、臨時修繕や車体の再塗装を行う箇所もある。

リハビリテーション工事を実施する場合、天井クレーンを有する定期検査線を使用することになるが、通常の保守作業も同時に行われており、施工スペースなどの制約がある。したがって、1 両ずつあるいは 2 両並行しての工事となる。

なお、定期検査線を 2 線使用し、車内や床下の配線作業など天井クレーンを必要としない作業を他の線（臨時修繕線など）で行うことにより 3 両並行しての工事も可能となるが、専用の仮台車を履かせて車体を移動させる必要があり、作業が繁雑になる。

リハビリテーション工事は、通常の定期検査と並行して行われるため、これらの作業が競合しないよう、ONCF とコントラクターの間で慎重な調整が必要である。

また、EMIC でリハビリテーション工事を実施する場合、ONCF はコントラクターへ工事用スペース、設備機器を提供する必要がある。



出典:調査団

図 4.14 EMIC のレイアウト



(a) 天井クレーン 20 t (EMIC)



(b) 車体リフティング・ジャッキ (EMIC)

写真 4.15 カサブランカ保守工場 (EMIC)

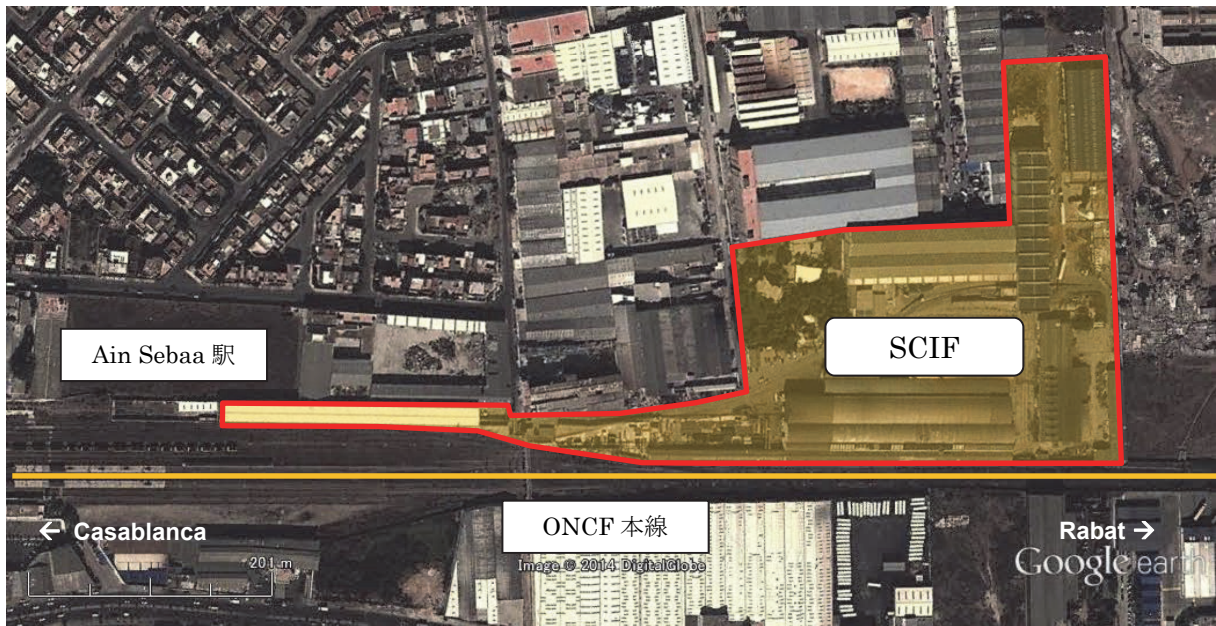
(2) SCIF

SCIF は、カサブランカ市内の東部に位置し、ONCF は同社に 20%ほど出資すると共に、役員も兼任している。ONCF より客車のリハビリテーション工事を受注している他、ガスボンベ、大型の圧力容器の製造を行っている。

工場の敷地は、カサブランカ～ラバトの線路沿いにあり、本線から側線が引き込まれており、リハビリテーション工事をを行う機関車を本線から直接、工場内に取り込むことが可能である。

機関車のリハビリテーション工事に必要な機器（クレーン、旋盤、溶接機器など）はすべて揃っており、設備的には全く問題がないと思われる。敷地面積も十分であり、3～4 両の機関車を並行して工事をを行うことが可能である。ただし、試験等の際に必要な直流 3,000V のき電設備について ONCF との接続など調整を行う必要がある。

また、SCIF は、客車のリハビリテーション工事だけでなく、これまでに機関車の組立て、貨車の製造の実績があり、技術者のレベルも高いものと推測される。



出典：調査団

図 4.15 SCIF のレイアウト



(a) SCIF 建屋内



(b) 60 t 天井クレーン (SCIF)



(c) SCIF 工場内の様子

出典：調査団

写真 4.16 SCIF 鉄道車両製造工場

EMIC と SCIF の比較結果を以下に示す。

表 4.7 リハビリテーション場所の比較検討

工場	設備機器・スペース	コスト	工期	技術者	評価
EMIC	- 基本的な設備機器はそろっているが、通常の保守作業と競合する - スペースは比較的タイトとなる可能性あり 4 両同時施工は不可能	- ONCF の施設を活用するため、場所代のコストがかからずその分安い - 一部の設備、工具等は業者が準備する必要あり	- 比較的狭いスペースを活用して、作業を行うため、工期が長くなる可能性がある - 他の作業との競合により遅れる可能性あり	- MAGHENG 社に技術者の確保を依頼する - 必要な熟練した技術者の確保が懸念事項である	- 工期の点での不安がある - コスト、技術移転の観点からは非常に良い
	△ (1)	◎ (3)	○ (2)	○ (2)	8 ポイント
SCIF	- 基本的な設備はすべてそろっており、専用でリハビリテーションに使える - 作業スペースは十分ある	工事用スペース、設備機器を 3 年程度の利用するため、場所代、使用料などが上乗せされるため、コストが高くなる	- 広い余裕を持ったスペースを活用して、作業を行うため、工期には影響しない - 他の作業との競合はない	SCIF の自前の技術者がリハビリテーションを行う	- 設備、技術者、工期の点では良い - コストは高くなると想定される
	◎ (3)	△ (1)	◎ (3)	○ (2)	9 ポイント

注：評価ポイント：△ (1)、○ (2)、◎ (3)

出典：調査団

EMIC では、通常の定期検査作業とリハビリテーション工事の競合を避ける必要があることから、スペース上の制約が大きく 4 両分の施工スペースの確保は困難であると考えられる。一方、SCIF ではスペース上の制約はないものと思われ、同時に 3 両あるいは 4 両分の施工スペースを確保することが可能であると考えられる。

また、EMIC では ONCF より作業スペースや設備機器の提供を受けられるのに対し、SCIF では現地作業の人件費及び施設設備使用料必要となり、コストが割高になる点について考慮が必要である。

リハビリテーション場所について評価すると、このように EMIC と SCIF では一長一短があり、どちらか一方を推奨することは困難である。よって、入札図書にそれぞれのリハビリテーション場所の条件を明記し、コントラクターの判断によりリハビリテーション場所を選択することが望ましい。

4.3.5 リハビリテーション工事の実施詳細スケジュール

リハビリテーション工事の実施スケジュールは、工期、EMIC 及び SCIF それぞれの施工能力（同時施工両数）などを考慮し、実施詳細スケジュールを想定する。

実施スケジュールの想定における前提条件を以下に示す。

- ① 工事は、車両の経年劣化の状態により行われる。E1100 形式を優先して工事を行い、次に E1200 形式、最後に E1250 形式の順序で工事を行う。
- ② 最初に E1100 形式の休車車両の中からプロトタイプ車両としての 1 両を選定し、工事を実施した後、E1200 形式、E1250 形式のプロトタイプ車両の工事を実施する。
- ③ プロトタイプ車両の工事終了後、順次、量産体制に入る。
- ④ 定置試験・走行試験時には、次の機関車を施工スペースに入線させて工事を行う。

施工能力（同時施工両数）として、ケース 1：3 両同時施工、ケース 2：4 両同時施工、ケース 3：2 両同時施工の 3 ケースを想定する。

ケース 1（3 両同時施工）では、工場に 3 両分の施工スペースを確保し常に 3 両の車両を入庫させて工事（ヶ月半）を行い、終了後に定置試験及び走行試験（最大 ヶ月半）を行う。定置試験及び走行試験の際には作業スペースが空くため、次の 3 両を入庫させて工事を始める。このため、常に 6 両の機関車が工事あるいは試験の状態にあり、ONCF は計画的に 6 両の機関車を運用離脱させる必要がある。ただし、走行試験の期間を 1 週間程度とすると、運用離脱する最大車両数を 1 両削減することができる。

ケース 2（4 両同時施工）では、工期短縮のため 4 両分の作業スペースを確保し常に 4 両の工事を行う。そたがって、常に 8 両の機関車が運用を離脱する必要がある。作業スペースに制約のある EMIC では 4 両同時施工は実施不可能である。

また、ケース 3（2 両同時施工）は、EMIC でも十分実施可能なケースであるが、同時施工の両数が少ない分、工期は長くなる。

それぞれのケースの工期及びその工期に対する EMIC 及び SCIF での実施可能性を下記に示す。また、詳細なリハビリテーション工事の実施スケジュールは図 4.16～図 4.18 に示す。なお、各スケジュールは、日本政府の円借款供与プレッジを 2014 年 6 月、E/N を 2014 年 11 月、施工開始時期を 2015 年 9 月とすることを想定している（詳細は 5 章）が、実際の施工開始時期は、今後のプレッジ、E/N のスケジュールの時期に合わせて変更となる。

表 4.8 リハビリテーション工事の実施スケジュール

非公開

EMIC と SCIF の 2 箇所、リハビリテーション工事を実施することにより、上記に示すスケジュールを短縮することも可能であるが、作業場所が 2 箇所に分散するため、管理の煩雑化（工程、品質などの管理要員が増加するなど）、それに伴う工事費の増加などの課題もある。

なお、リハビリテーション工事の実施をスケジュール通りに実施するためには、ONCF は工事に必要な機関車を運用から離脱させ、コントラクターにタイムリーに提供することが重要である。ONCF は、工事が開始される前に、どの車両をいつ頃、運用離脱させるのか、代替りの車両をどのように運用するのか、など具体的な運用計画の検討を行うことが必要である。

4.3.6 リハビリテーション工事対象車両の捻出計画

2 章及び 3 章で述べた通り、現在のリン鉱石輸送の運用数は、北軸：平均 15 運用（設定上、最大 17 運用）、南軸：10 運用であり、機関車の所要数は合計 27 両である。一般貨物輸送用及びリン鉱石輸送用の日本製機関車は E1100 形式 22 両、E1200 形式 8 両の計 30 両であるが、そのうち 6 両が休車となっており、機関車が不足する分は既存の他形式（E1350 形式、E1400 形式）やフランス国鉄からのリース車（BB36000 形式）で補っている。

つまり、現在の貨物輸送は少なくとも 6 両の機関車が運用から離脱した状態で実施されていることから、常に 6 両の運用離脱を必要とするケース 1 は、現在の貨物輸送能力に影響を与えずに実施することが可能である。

一方、常に 8 両の運用離脱が必要となるケース 2 では、E1100 形式及び E1200 形式の休車車両数に相当する 6 両を超える 8 両の入庫が必要となるばかりでなく、その後も継続的に 8 両を捻出しなければならず、予備車が不足し貨物輸送能力に影響を与える可能性がある。

したがって、機関車の運用の観点からケース 1 が現実的である。

非公開

図 4. 16 実施詳細スケジュール（ケース 1）



図 4.17 実施詳細スケジュール（ケース 2）

非公開

図 4. 18 実施詳細スケジュール (ケース 3)

第5章 事業実施計画の策定

5.1 資機材調達

5.1.1 資機材の調達の方針

本事業のような既存の電気機関車の大規模、かつ、主要な機器をすべて取り換えるリハビリテーション事業においては、通常は当初に設計・製造した企業に優位性がある。しかし 30 年間のうちに、電気品、機械品の性能の大きな進歩があることから、駆動装置などの電気品の製造、電気機関車を設製造している企業、あるいは同種事業の経験のある企業であれば本事業の実施企業候補となり得る。

ONCF は、本事業では国際入札によって受注者を決めることを基本的な考え方としているが、日本製電気機関車のリハビリテーションであるので、本邦企業によって実施されることへの期待がある。

日本製電気機関車のリハビリテーションの実施に際して、駆動制御装置や主電動機関連の基幹部品は、電気機関車を走行させるための最重要機器であり、リハビリテーション対象外の機器との整合性を担保する必要性から、当該品の設計、供給および施工監理は本邦企業の実施が推奨される。

リハビリテーション工事では、日本製電気機関車の車体、台車を再利用し（ただし、E1250 形式は除く）、駆動制御装置や主電動機等は新たな部品を搭載するが、再利用する車体、台車は鋼製のため重量が重く、容積（寸法）の嵩が張るため、モロッコから日本にこれらを輸送して施工を行い、新たな機器・部品を換装した完成後の機関車を再びモロッコに返送することは輸送費負担や所要期間の観点から得策であるとは言えない。

また、調達スコープについて、ONCF 側は電気品の交換等の機能向上分のみならず、「通常の修繕作業及び部品取替え等、維持管理項目も事業の対象とする」ことを期待している⁹。

上記のように、電気品の交換等の機能向上分のみならず、通常の修繕作業及び部品取替え等、維持管理項目も事業の対象とする、すなわち、全般検査相当の修繕を含むという要求事項に対しては、電気品の交換等とは異なり、個別の機関車の特性を考慮する必要があり、本事業請負企業は現地サブコントラクターの能力活用を含めた対応が必要となる。

そこで、本邦企業が基幹部品の供給を実施し、モロッコ国内において艤装工事を行うことでリハビリテーション工事費の縮減による合理性確保を図る。

さらに、基幹部品以外の機械品（コンプレッサ等）は、モロッコにおいてモロッコ国外製品を調達し、モロッコ国内で艤装することで費用縮減を図れることから、この調達方法も併用する。

これらを本事業の基本的な方針とする。

⁹ 第2回定例会（2013年12月13日）

5.1.2 第三国調達の課題及び可能性の検討

ONCF は本邦企業によって実施されることを期待しているが、本邦以外の企業が受注し新たな部品の調達先を検討する際、調達先として第三国（例、欧米メーカ）の適合品を使うことも考えられる。

第三国から調達する部品の基本的な性能（モータなどの定格容量や性能）や仕様（電圧や機器最大寸法のような事項）が、最低限、要求事項を満たしているとすれば、価格は本邦製と同等ないし安価になると考えられる。

以下、機器の設計面、性能保証、機器交換性の観点から、リハビリテーション事業を第三国企業が実施する場合の課題等につき記載した。

（1）機器の設計面（機能面および構造面など）

異なるメーカ、特に海外メーカでは機器の基本的な設計面や艤装取付け上の構造的な取り合いや電気的な取合い（コネクタや電線）など、日本側の設計に合わせることとなり、設計上工夫が求められる。そのため、改造設計および加工費も嵩み、また設計自由度まで制限することもあり、特殊な設計および加工対応が求められる場合がある。したがって、以下のような問題が発生する可能性がある。

- ・ 必要かつ十分な性能、機能、メンテナンス性、寿命が担保されない。
- ・ 工事費が割高となり、結局初期コストの利点が相殺される。

（2）車両搭載機器類の性能確保、機能の保証

車両搭載電機品や機械部品類は、殆どが一品一葉のオーダー設計であり、特定のシステムに特化して最適化設計されているため、他社の車両へ組み込むことは当然想定されていない。加えて、通常車両性能カーブ上の定格容量をどこに押さえるかなどのノウハウが重要となるが、短時間での特殊設計となるため、設計当時の車両設計ノウハウを熟知することは非常に困難である。そのため、以下のような問題が発生する可能性がある。

- ・ 設計当時との走行条件や実力を踏まえた性能差異などを把握できないため、リハビリテーション対応方針や路線変化に対する対応方針（貨物への転用）、勾配やカーブなどの規制条件などに対する検討判断が困難となる
- ・ 機器の実質的な体格などが大きくなり、結果的に重量が増大する。
- ・ 他の線区や用途変更などに対する設計検討が一からとなるため、車両性能上の対応可否などの検討が困難となる。

走行試験結果記録から見た実力面も考慮して、実力結果も加味した工夫設計などが困難になる可能性が高く、無理な設計をした場合、以下のような問題が発生する可能性がある。

- ・ 十分な性能、機能、寿命が担保されない。
- ・ 結果として運用面で制約を受ける場合があり、O&M 費用も増加する。

また、システムとして組み上がった後の性能や耐久性の検証を、事前にすることができない。したがって、以下のような問題が発生する可能性がある。

- 安全性等の検証のため、コミッショニングなど試験走行確認の期間が長くなる。
- また十分に性能が確保できず、困難かつ予期できない機能不良が発生する。
- その結果として、検証費用、設計修正費用などが増加する。

（3）機器の交換性（組み付け作業性、組み付け精度、後のメンテナンス性など）

異なるメーカーからの調達の場合、据付時に特殊な加工や、現場合わせのような、無理な作業が生じる。その結果、以下のような問題が発生する可能性がある。

- 必要な性能、十分な機能が確保できなくなる。
- 据付費用が割高となり、結局初期コストの利点が相殺される。

据付時に、据付の精度が出せない場合、その結果、以下のような問題が発生する可能性がある。

- 十分な品質、取り付け精度のある据付が確保できない。
- 信頼性が失われ、寿命が損なわれる。
- 後で予期しない改造作業を伴う危険性もある。

また配置設計上、機器間のスペースが縮小する場合がある。その結果、以下のような問題が発生する可能性がある。

- メーカーの技術者でも十分な品質、精度の据付ができない。
- メンテナンススペースなどの確保が十分に取れず、後に改造作業を伴う。

本邦企業以外から部品の調達を考える場合、初期コスト（部品の調達）の面ではメリットが得られるが、それ以外（設計、性能確保、機能の保証、作業性、運用開始後の維持管理）の面でのデメリットの方が大きくなる可能性があることから、本邦企業によるリハビリテーションの実施を検討することが最も望ましいと考えられる。

5.1.3 リハビリテーション機器計画

前章に示した各機器の現況および対応策、前項で述べた資機材の調達の方針、海外（モロッコ国外）・モロッコでの資機材調達の可能性を元に、機能向上、用途変更の対象となる機器の仕様を以下に示す。

なお、ここで示す機器の仕様は、現時点での想定であるため、今後の詳細検討で変更となる可能性がある。

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

次ページに、リハビリテーション機器計画表を示す。

表 5.1 リハビリテーション機器計画表

No	リハビリテーションの 目的	項目		機器名称	機器の仕様	非公開
					現状	
1	機能維持	低圧・保安機器		ビジランス・EB装置	ビジランス・EB装置	
2	機能維持	機械品	床上機器	駐車ブレーキ床上機器追加	手回しハンドルによる手動式	
				インターロック装置	高圧機器用(機械式)	
			ブレーキ関係	コンプレッサ	電源:交流380V50Hz 空気吐出量:3000L/分(吐出圧力930kPa)	
				空気ブレーキ弁部品	バルブなど	
				ベビコン	電源:直流72V, 空気吐出量:80L/分	
				配管	ブレーキ用鋼管	
				タンク類	元空気だめ/供給空気だめ	
				ゴムホース類	ゴムホース	
			機械室関係	フロアベアリング	ローラーベアリング	
			車体周り	連結器・バッファ	連結器:スクリュータイプ バッファ:コイルスプリングタイプ	
				スカート・排障器	鋼製	
				MM冷却風導	20kW,280m3/分	
				エアフィルタ	粉塵吸着タイプ	
			屋根周り	パンタグラフ保守	パンタグラフ E1100、E1200はフランスFAVAILEY社製に交換済み	
				避雷器保守	放電開始電圧:13000～19000V	
				警笛保守	空気笛	
3	機能維持	台車 (E1100、E1200)	台車	台車枠	(貨物輸送輸送輸送用) 形式:イコラーザー式3軸台車 設計最高速度:100km/h 車体支持方式:ボルスタレス コイルばね式まくらばね 主電動機の装架方式:吊り掛け式	
			その他機械品	速度発電機	速度検知用	
				駐車ブレーキ	手回しハンドルによる手動式	
				駐車ブレーキ部台車枠変更	----	
				ギアケース	鋼製	
				輪軸	車輪:一体圧延車輪、Φ1250	
				軸受	アクスル・ルーラ・タイプ	
				防振ゴム	硫化ゴム	
				すり板(3種、26枚/台車)	レジンシュー	
				フランジ塗油器	油冷式	
				砂箱蓋	空気式	
				踏面ブレーキユニット	スラック調整器付き	
				配管	鋼管	
				ダンパー類	オイルダンパー	
				その他の機器		

出典：調査団

No	リハビリテーションの 目的	項目		機器名称	機器の仕様	非公開
					現状	
4	機能維持	車体	機械室関係	明り取り窓ガラス・パッキン	シールラバー	
			車体周り	車体外版保守・再塗装		
				取り外し屋根パッキン	シールラバー	
				その他劣化部分補修		
5	機能維持	部品取り車復旧	E1103	高速度遮断器（HB）	（焼損による使用不能）	
6	機能向上	駆動電気品	主電動機	主電動機	直流電動機 連続定格出力 E1100/E1200:475kW,E1250:650kw 駆動方式：ノーズ・サスペンション方式	
			主制御装置	主制御装置	抵抗バーニア式	
			主抵抗器	主抵抗器	強制風冷式 最大電気ブレーキ力：24kN/両	
			フィルタリアクトル	フィルタリアクトル	---	
			主回路スイッチ 類	高速度遮断器（HB）	直流3000V,定格電流1200A,最大遮断電流15000A	
断流器（LB）	直流3000V、定格電流500A,電気空気式					
7	機能向上	補助電源電気品	補助電源装置	補助電源装置（APS）	形式：E1100:インバータ（製造から交換）、E1200:電動 発電機（MG）、E1250: インバータ 入力:直流3000V 出力:3相交流380V50Hz 定格容量：E1100: 150kVA, E1200: 260kVA, E1250: 670kVA	
			その他電気品	バッテリーセル	入力:交流380V50Hz、出力:直流72V 定格出力：12.5kW	
8	機能向上	運転台	空調装置	未設置		
			マスコン	カム軸式、ラウンド形ハンドル		
			計器盤・運転台改造			
			速度計（記録機能付）	0～160km/h, 時間-速度記録装置付き		
			表示灯	ランプ式		
			制御スイッチ類			
			椅子			
			側出入り口扉	ヒンジ式扉		
			側窓（開閉式）			
			床張り			
			正面窓ガラスパッキン			
			ワイパー	空気式		
			日除け			
			雨漏れ補修			
9	機能向上	特殊工具		特殊工具（メンテナンス用）	---	

出典：調査団

No	リハビリテーションの 目的	項目		機器名称	機器の仕様	非公開
					現状	
10	用途変更	台車 (E1250)	台車枠	台車枠 (台車枠、ギア、ギアケース、速度発電機)	(旅客輸送用) 形式: 中空軸リンク式3軸台車 設計最高速度:1600km/h 車体支持方式: ボルスタレス コイルばね式まくらばね 主電動機の装架方式: 台車装架式	
			その他機械品	輪軸	車輪: 一体圧延車輪、Φ1250	
				軸受	アクスル・ルーラ・タイプ	
				アクセル・ローラー・ベアリング	---	
				防振ゴム	硫化ゴム	
				すり板(3種、26枚/台車)	レジンシュー	
				フランジ塗油器	油冷式	
				砂箱蓋	空気式	
				踏面ブレーキユニット	スラック調整器付き	
				配管	鋼管	
				ダンパー類	オイルダンパー	
				その他		

出典：調査団

5.2 事業実施スケジュール

国際的な標準的な事業においては、事業の公平性、透明性、円滑な実施を考慮して、コンサルタントの支援を得て、事業を実施するのが通例である。しかし、本事業の緊急性に鑑み、円借款事業の調達スケジュール、工事の施工期間等を考慮してスケジュールの検討を行った。

円借款の標準的調達スケジュールを考慮したシナリオ A、およびコントラクター選定にかかる入札を ONCF が独自に実施することを前提としたシナリオ B（3 両同時施工、6 両運用離脱）、シナリオ C（4 両同時施工、8 両運用離脱）及びシナリオ D（2 両同時施工、4 両運用離脱）である。

いずれも、日本政府の円借款供与プレッジを 2014 年 6 月、E/N を 2014 年 11 月、施工開始時期を 2015 年 9 月とすることを想定しているが、実際の施工開始時期は、今後のプレッジ、E/N のスケジュールの時期に合わせて変更となる。

- シナリオ A：円借款事業の標準的な調達方法を考慮したスケジュール。コントラクターは 3 両同時の施工を行う。

非公開

- シナリオ B：工期を可能な限り短縮しかつ現実的なスケジュールとしたもの。ONCF が独自でコントラクターを選定し、コントラクターは 3 両同時の施工を行う。また、コンサルタントとコントラクターの選定を同時に開始する。

非公開

- シナリオ C：最も工期を短縮するスケジュールとしたもの。ONCF が独自でコントラクターを選定すると共に、4 両同時の施工を行う。また、コンサルタントとコントラクターの選定を同時に開始する。

非公開

- シナリオ D：ONCF が独自でコントラクターを選定すると共にコントラクターは 2 両同時の施工を行う。

非公開

下記にそれぞれのシナリオの事業実施概略スケジュールを示す。

非公開

図 5.1 事業実施スケジュールのシナリオ比較

4 つのシナリオのうち、シナリオ D は、工場作業期間に ヶ月を要し、施工期間は ヶ月と長くなる。工期の短縮を要望している ONCF の事情を考慮して、シナリオ D のケースは、以後の検討は省略する。

シナリオ A～C の 3 つのシナリオについて、工期、機関車の運用離脱、技術者の確保の観点から比較・評価を行う。

(1) シナリオ A：円借款の標準的な調達スケジュールを考慮したもの

第 1 段階として入札支援コンサルタントを選定する（17 ヶ月）。第 2 段階として、コンサルタントの支援を得て、入札図書作成、入札を進め、コントラクターの選定を実施する（18 ヶ月）。第 3 段階として、コントラクターがリハビリテーション工事を実施し、コンサルタントはその施工監理を実施する（ ヶ月）。その内、モロッコでの現地工事期間は ヶ月である。第 4 段階として、2 年間の瑕疵担保期間を設定する。コンサルタントはこの期間における運行状況のモニタリングを実施する。

主なスケジュールは以下のとおりである。

- プレッジ：2014 年 6 の月予定であるが、遅くなる可能性がある。
- コンサルタント選定：17 ヶ月（2014 年 4 月～2015 年 8 月）
 - 入札図書準備： 5 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 入札： 2 ヶ月
 - 技術評価： 2 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 総合評価： 2 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 契約交渉： 2 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
- コントラクター選定：18 ヶ月（2015 年 9 月～2017 年 2 月）
 - 入札図書準備： 5 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 入札： 4 ヶ月
 - 技術評価： 2 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 総合評価： 1 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 契約交渉： 2 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月

非公開

シナリオ A の事業実施スケジュールを図 5.2 に示す。

(2) シナリオ B：可能な限り短縮し、かつ現実的な調達スケジュール

1980 年代に納入された電機機関車は既に 30 年以上経過し、経年変化およびスペアパーツの入手困難等の理由から、ONCF は一刻も早いリハビリテーション工事の実施を希望している。このため、リハビリテーション工事の緊急性を考慮して、可能な限り調達スケジュールを短縮し、かつ、実施可能なスケジュールを検討した。

ONCF がこれまで国際入札を実施した実績を有することから、コンサルタントに入札支援を依頼せず、コントラクターの選定を実施するシナリオ B 及び C を検討した。これらのシナリオでは、施工監理支援を得るコンサルタント選定をコントラクター選定と同時並行で進めることを予定する。

これにより、シナリオ B 及び C はシナリオ A よりスケジュールを 17 ヶ月短縮することが出来る。

ただし、ONCF 側で、コントラクターの選定にかかる入札図書作成、入札評価等を独自に実施する必要がある。また、それらの手続きにおいて JICA の同意を必要としていることから、円借款ガイドラインの熟知とともに、入札手続きをスムーズに実施するための ONCF 側の実施体制を整える必要がある。また、2014 年 6 月のプレッジ前から、入札図書の作成等の準備を行うことにより、本事業のスムーズな実施に繋げる必要がある。

第 1 段階として入札支援コンサルタントを選定する（17 ヶ月）。第 2 段階として、コンサルタントの支援を得て、入札図書作成、入札を進め、コントラクターの選定を実施する（18 ヶ月）。第 3 段階として、コントラクターがリハビリテーション工事を実施し、コンサルタントはその施工監理を実施する（ 〃 ヶ月）。その内、モロッコでの現地工事期間は 〃 ヶ月である。第 4 段階として、2 年間の瑕疵担保期間を設定する。コンサルタントはこの期間における運行状況のモニタリングを実施する。

以下はコントラクターの選定と施工監理のコンサルタントの選定の入札を同時に実施する場合のスケジュールである。

- プレッジ：2014 年 6 月の予定であるが、遅くなる可能性がある。
- コンサルタント選定：17 ヶ月（2014 年 4 月～2015 年 8 月）
 - 入札図書準備： 5 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 入札： 2 ヶ月
 - 技術評価： 2 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 総合評価： 2 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
 - 契約交渉： 2 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月
- コントラクター選定：18 ヶ月（2014 年 3 月～2015 年 8 月）
 - 入札図書準備： 5 ヶ月
 - JICA 同意： 1 ヶ月

入札：	4 ヶ月
技術評価：	2 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月
総合評価：	1 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月
契約交渉：	2 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月

非公開

シナリオ B の事業実施スケジュールを図 5.3 に示す。

上記シナリオ B の調達スケジュールは標準的に必要とされる期間を考慮したものであるが、ONCF 側の入札図書準備、入札技術評価等に要する時間を短縮する努力により、若干の短縮が可能である。一方で、それらの結論に時間を要した場合には、標準的なスケジュールがさらに遅れることになる。

(3) シナリオ C：最も短縮した実施スケジュール（36 ヶ月）

シナリオ B と同様に、コントラクター選定をコンサルタントの支援無しに ONCF が独自に行うものである。現地リハビリテーション工事を 4 両同時に実施し、シナリオ B より施工期間をさらに短縮する検討をしたシナリオである。リハビリテーション工事期間を 〃 ヶ月とした。

➤ プレッジ：2014 年 6 月の予定であるが、遅くなる可能性がある。

➤ コンサルタント選定：17 ヶ月（2014 年 4 月～2015 年 8 月）

入札図書準備：	5 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月
入札：	2 ヶ月
技術評価：	2 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月
総合評価：	2 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月
契約交渉：	2 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月

➤ コントラクター選定：18 ヶ月（2014 年 3 月～2015 年 8 月）

入札図書準備：	5 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月
入札：	4 ヶ月
技術評価：	2 ヶ月
JICA 同意：	1 ヶ月

総合評価： 1 ヶ月

JICA 同意： 1 ヶ月

契約交渉： 2 ヶ月

JICA 同意： 1 ヶ月

非公開

シナリオ C の事業実施スケジュールを図 5.4 に示す。

非公開

図 5.2 事業実施スケジュール (シナリオ A)

非公開

図 5.3 事業実施スケジュール（シナリオ B）

非公開

図 5.4 事業実施スケジュール（シナリオ C）

(4) 事業実施スケジュールの評価

3 シナリオにつき、以下の比較・評価を行った。

表 5.2 リハビリテーションの実施スケジュールの評価

非公開

非公開

5.3 本事業実施に係るコンサルティング・サービス及び調達方式

5.3.1 事業実施に必要なコンサルティング・サービスの検討・TOR 及び所要 M/M の提案

コンサルティング・サービスには、入札補助と施工監理が存在する。円借款事業では、これらのコンサルティング・サービスを借款の中に入れることが推奨されており、シナリオ A によるコンサルタントの TOR は下表のとおりである。

以下に円借款事業において標準的に必要となる入札補助、施工監理サービスを含んだコンサルタントの TOR 案を提示する。

(1) コンサルティング・サービス TOR（シナリオ A）

シナリオ A のコンサルティング・サービスの TOR および要員計画を提示する。

表 5.3 コンサルティング・サービス TOR（シナリオ A）

分類	TOR
入札補助	Task A: 施工前段階のサービス A1: 既存調査のレビュー A2: 全体施工計画の作成 A3: 調達支援 A4: 運転及び維持管理計画 A5: 広報 A6: 紛争委員会 A7: 四半期プロGRESS・レポートの作成
施工監理	Task B: 施工段階のサービス B1: 事業管理計画 B2: 詳細設計、調達、リハビリテーション事業、試験、運転開始にかかる施工監理 B3: 運転維持管理に関にかかる訓練 B4: 四半期プロGRESS・レポートの作成
	Task C: 施工後のサービス C1: 完了検査（瑕疵担保） C2: 事業完了報告

出典：調査団

推奨されるコンサルタント体制は以下のとおりである。

- プロ A（国際レベル専門家：12 名）
 - プロジェクト管理者（PM）
 - 主任車両専門家（機械）/検査官
 - 主任車両専門家（電機）/検査官
 - 車両専門家（機械）
 - 車両専門家（電機）

- 品質管理専門家
- 安全管理専門家
- 主契約文書／積算専門家
- 契約文書／積算専門家
- 訓練専門家
- 主通訳
- 事務所管理主任

➤ プロ B（現地レベル専門家：10 名）

- 副プロジェクト管理者（DPM）
- 車両専門家（機械）
- 車両専門家（電機）
- 検査官（車両）
- 契約文書／積算専門家
- 訓練専門官
- 通訳
- 広報専門家
- 品質管理専門家
- 安全管理専門家

なお、それぞれの必要とされるコンサルタントの M/M は概ね以下の通り。

- プロ A M/M
- プロ B M/M
- 事務スタッフ M/M

(2) コンサルティング・サービス TOR（シナリオ B 及び C）

シナリオ B 及びシナリオ C のケースはコンサルタントの入札補助サービスを外したものであり、施工監理サービスおよび瑕疵担保期間のサービスを含めたものである。

シナリオ B は施工期間が ヶ月のケースであり、シナリオ C は施工期間が ヶ月のケースである。しかし、コンサルタント・サービスの業務量はどちらのケースも同じものと考えられる。

表 5.4 コンサルティング・サービス TOR（シナリオ B&C）

分類	TOR
施工監理	Task B：施工段階のサービス B1: 事業管理計画（広報、紛争仲裁委員会、安全管理を入れる） B2: 詳細設計、調達、リハビリテーション事業、試験、運転開始にかかる施工監理 B3: 運転維持管理に関にかかかる訓練 B4: 四半期プロGRESS・レポートの作成
	Task C: 施工後のサービス C1: 完了検査（瑕疵担保） C2: 事業完了報告

出典：調査団

- 必要な専門家の分野はシナリオ A、シナリオ B、シナリオ C は同じとした。
- コンサルティング・サービス B 及び C の必要人月は以下の通り。
 - プロ A M/M
 - プロ B M/M
 - 事務スタッフ M/M

5.3.2 ONCF の調達方式

ONCF では「調達基準」（Règlement des achats）¹⁰および「ONCF との契約における一般仕様書」（Cashier des Clauses Générales Applicables aux marchés passés pour le compte de l'ONCF）に従った調達方式を採用している（内容は下表参照）。

表 5.5 「調達基準」の内容

章	タイトル	タイトル（和訳）
I	Dispositions generales	一般条項
II	Types et prix marches	契約の種類と価格
III	Forms des marchés et modes des leur passation	契約形式と作成方法
IV	Procédure de pasation des marchés publics	公共契約作成手続き
V	Dispositions relatives aux prestations architecturales	建設工事に関する条項
VI	Dematerialisation des procedures	手続きのペーパーレス化
VII	Approation des marches	契約の承認
VIII	Dispositions particuliere	特殊条項
IX	Gouvernance des marchés publics	公共契約のガバナンス
X	Reclamations et recours	クレームと上訴
XI	Dispositions finales et derogatoires	最終条項と特別条項

出典：ONCF 資料より調査団作成

¹⁰ ONCF 調達担当者へのヒアリングにより、2014 年 1 月 22 日現在の最新版を入手した。

表 5.6 「モロッコ国鉄との契約における一般仕様書」の内容

セクション1：ONCF への業務・物品供給に適用される一般仕様書

章	タイトル	タイトル（和訳）
I	Dispositions generales	一般条項
II	Garanties du marché	契約保証
III	Obligations générales du titulaire	契約者の一般責務
IV	Préparation et exécution des travaux	準備と業務実施
V	Interruption des prestations	業務の中断
VI	Prix et règlement des comptes	価格と会計規則
VII	Receptions et garanties	受け入れと保障
VIII	Mesures coercitives et règlement, des différends et litiges	紛争と訴訟の是正措置と手順

セクション2：ONCF への設計・サービスのための役務契約に適用される一般仕様書

章	タイトル	タイトル（和訳）
I	Dispositions generales	一般条項
II	Garanties du marché	契約保証
III	Obligations générales du titulaire	契約者の一般責務
IV	Interruption des Prestations	業務の中断
V	Prix et règlement des Comptes	価格と会計規則
VI	Receptions et garanties	受け入れと保障

出典：ONCF 資料より作成

入札図書は [Standard Bidding Documents under Japanese ODA Loans-Procurement of Plant Design, Supply and Installation: Feb, 2013] に従い作成されるべきである。

概ね以下項目から構成されることが想定される。

表 5.7 入札図書の構成項目

No	項目	内容
1	目的と調達概要	調達対象、発注者、受注者、契約文書、調達内容等
2	管理仕様	スケジュール、契約承認、契約変更、施工場所、下請け、期間、ペナルティー、保証期間、保証金、言語、紛争解決、免税措置等
3	支払条件	支払条件等
4	付帯規則	入札書類、入札期限、入札公告、入札評価等
5	技術仕様	各技術分野の仕様

出典：調査団

5.3.3 本事業における調達方式

本事業における本体入札の調達方式については、以下に従う必要がある。

- JICA「円借款事業の調達に係るガイドライン」（Directives pur les Passations de marchés de biens et de services）（2012 年 4 月）
- JICA「円借款事業に係る標準入札書類：プラント・機器供給及び据付」(Dossier Standard d'Appel d'Offres sous Financement par Prets APD du Japon: Passation de Marchés de Conception-Fourniture-Montage d'Equipments)（2013 年 2 月）

これらの運用可否について ONCF 側に照会したところ、アドミン部分については基本的に問題ないことが示されている¹¹。

上記を踏まえ、本事業では以下の調達方式を採用することが確認されている。

- デザインビルド方式
- 国際入札方式
- 一段階二札方式（技術提案および価格）

また、コンサルタントの選定については以下に従う必要がある。

- JICA「円借款事業の調達およびコンサルタント雇用ガイドライン」（Les Directives pour l'emploi de consultants sous financement par Prets APD du Japon, April 2012）

ここで、JICA と借入人が必要なコンサルティング業務の TOR について合意した後、借入人はプロポーザルの提出を招請するコンサルタントのショート・リストを作成することになる。

5.4 調達パッケージの計画

5.4.1 事前資格審査（P/Q: Pre-Qualification）

非公開

¹¹ 調査団は、ONCF の調達担当者より、「円借款案件にふさわしい入札者のリストを作る必要があるかどうか」の確認を求められた。調査団は、「P/Q による選別は必要だが、事前の候補者のリスト化は必要ないはずであり、確認する」と回答した。

¹²

¹³

非公開

表 5.8 本邦企業の類似経験（2003 年以降）

非公開

非公開

表 5.9 推奨される P/Q 条件（技術評価項目）案

非公開

5.4.2 調達パッケージのスコープ

非公開

表 5.10 入札パッケージ（案）

非公開

5.4.3 入札図書作成時の留意事項

非公開

表 5.11 Performance Specification の条件（例）

非公開

非公開

5.4.4 1 者入札（Single bid）の扱い

非公開

5.4.5 入札評価

非公開

表 5.12 技術評価項目案

非公開

5.4.6 紛争調停委員会（Dispute Board）

（1）紛争調停委員会 (Dispute Board)

円借款事業においては、常設の紛争裁定委員会（DB: Dispute Board）の設置を推奨している。DB は、発注者、受注者、コンサルタントのいずれからも独立した立場にあり、Adjudicator（仲裁者）と呼ばれる DB メンバーが工事現場を訪問しながら、契約上の紛争処理に向けた助言や判断を行い、仲裁や訴訟と言った紛争処理に発展することを未然に防ぐという役割を担う。

円借款事業ではこの DB を紛争解決のための仲裁等とは異なる契約監理上の仕組みとしており、その費用については円借款から支出する（工事費本体に含む）こととしている。その仕組みは下図のとおりである。

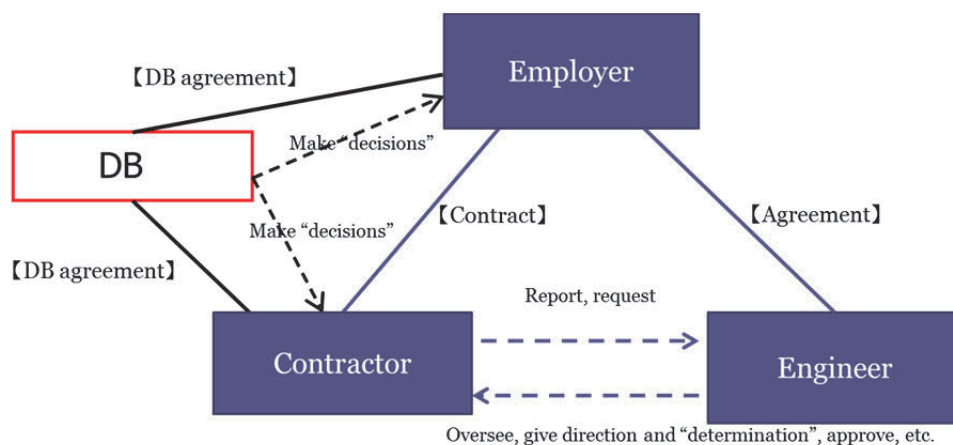


図 5.5 紛争調停委員会（Dispute Board）の仕組み

(2) DB メンバーの選出

DB は契約当事者（施主とコントラクター：本事業では施主）とエンジニアを助け、単なる見解の相違が正式な紛争に発展させないようにすることを役割とする。

大規模で複雑な契約では 3 人のメンバーの DB が推奨されているが、本規模の契約においては、通常、常設の 1～3 名が推奨されているが、本事業では 1 名の選抜を考慮している。

DB メンバーの選出に当たっては、通常以下の要件を満たす必要がある。

- コントラクターが実施しようとしている工事と類似の経験を有すること。
- メンバーは契約図書の解釈の経験を有すること。
- メンバーは契約書に規定されている意思伝達のための契約言語に堪能であること。

第 6 章 事業費積算

「第 4 章 事業計画の策定」およびで策定されたリハビリテーション計画との整合性を確保するとともに、円借款の適用に関する審査への対応を考慮した上で事業費を積算した。事業費は年次配分を行い、VAT（付加価値税）と予備費を考慮する。資機材調達においてはモロッコからみた内貨品、外貨品の区別を整理した。

6.1 事業費積算に係る前提条件

非公開

非公開

6.2 車両リハビリテーション工事費

非公開

非公開

非公開

表 6.1 車両リハビリテーション工事費（E1100 形式）

非公開	
-----	--

表 6.2 車両リハビリテーション工事費（E1200 形式）

非公開	
-----	--

表 6.3 車両リハビリテーション工事費（E1250 形式）

非公開	
-----	--

表 6.4 車両リハビリテーション工事費（3 形式合計）

非公開	
-----	--

表 6.5 リハビリテーション機器 価格・数量（詳細）：シナリオ B

非公開

6.3 概略事業費

シナリオ B およびシナリオ C の概略事業費を次ページ以降に示す。

非公開

(1) 年次コスト

シナリオ B およびシナリオ C の年次コストを次ページに示す。

表 6.6 年次事業費（シナリオ B）

非公開

表 6.7 年次事業費（シナリオ C）

非公開

(2) 概略事業費

各シナリオの概略事業費は下表の通りである。

円借款事業の標準的なスケジュールを考慮したシナリオ A の概略事業費を、他のシナリオとの比較のために掲載した。

表 6.8 概略事業費（シナリオ A）

非公開

表 6.9 概略事業費（シナリオ B）

非公開

表 6.10 概略事業費（シナリオ C）

非公開

各シナリオの概略事業費の比較結果・評価は以下の通り。

表 6.11 概略工事費の比較

非公開

非公開

第 7 章 事業実施体制の検討

7.1 事業実施体制の検討（法的な位置づけ、業務分掌、組織構造、人員体制）

本検討では、モロッコ国鉄（ONCF）の法的な位置づけ、業務分掌、組織構造及び人員体制について整理する。その上で、本事業の実施計画に必要となる事業実施体制について確認を行う。

7.1.1 ONCF の法的な位置づけ

モロッコの鉄道は、1911 年に軍用として始まり、1923 年にフランスとスペインの資本によってモロッコ鉄道が設立された。1963 年には、タンジェ・フェズ鉄道を母体として、これらを統合・国有化した。1976 年にはアルジェリアとの連絡運輸を目的として設立された東モロッコ鉄道もモロッコ国鉄に統合され、ほぼ現在の路線網となった。

ONCF は、法的には勅令にて位置づけられており、設備運輸省（Ministère de l'Équipement, du Transport et de la Logistique）の傘下で、法人格と財政的独立性を備えた我が国で言う現業公社のような組織体である。また、同法では ONCF の目的として以下の事項が挙げられている。

（勅令 第 1 章 第 1 条）

1963 年 1 月 1 日より、「モロッコ国鉄（Office National des Chemins de Fer (ONCF)）」の名称で、公共事業省の行政監督下に置かれ、法人格をもち、独立採算性の商工業分野の公共機関として、設立されるものである。

7.1.2 業務分掌

ONCF の業務分掌は、勅令にて定義されており、鉄道路線（旅客運輸事業、貨物運輸事業）の経営、鉄道新規路線の調査、建設及び経営、さらには旧利権譲受会社に関係する企業の経営となっている。

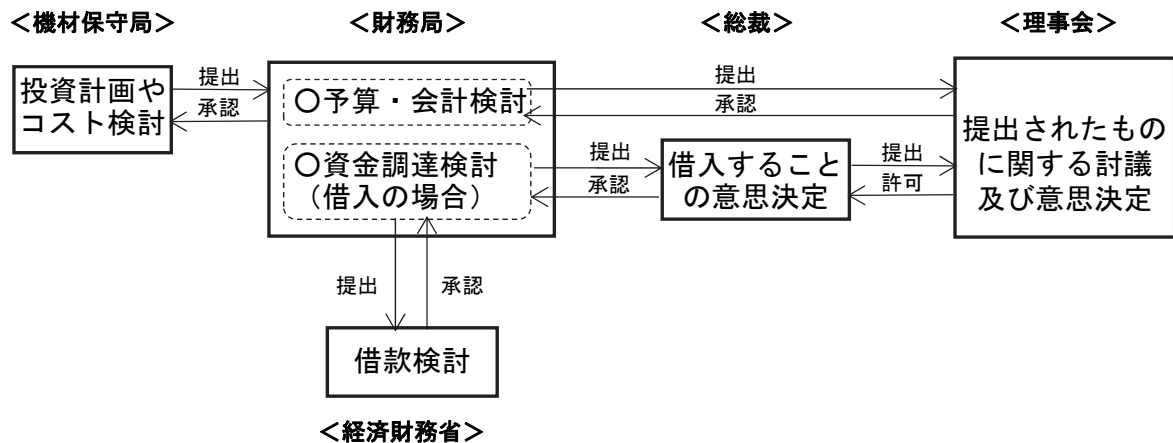
（勅令 第 2 条）

1. 旧利権譲受会社（モロッコ鉄道会社及び東モロッコ鉄道会社）の路線の経営
2. 鉄道新規路線の調査、建設及び経営
3. 1962 年 12 月 31 日にモロッコ鉄道会社及び東モロッコ鉄道会社の旧払下げ地を引き継ぐあらゆる企業、またモロッコ鉄道公社の目的に直接的あるいは間接的に関係するすべての企業の経営

(1) ONCF の投資に対する意思決定

国務大臣*で主に構成される ONCF 理事会が、ONCF を経営しており、投資計画に関する意思決定機関の役割も担っている。現業組織の部局で検討された投資計画は理事会で意思決定され、借款を活用する場合は経済財政省の承認及び総裁の意思決定を経る必要がある。

* 公共事業通信大臣、財務大臣、内務大臣、農業担当大臣、産業担当大臣、労働担当大臣、観光担当大臣、計画担当政府当局、公共事業通信省次官（各大臣の名称は ONCF 創設に係る勅令改正当時のもの）



出典 調査団

図 7.1 ONCF の投資に関する意思決定プロセス

(2) 理事会の役割

理事会は適切な経営に必要なすべての権限を有しており、総裁は理事会の決定事項を実行し、ONCF の経営を管理する役割を担っている。

この理事会は、設備運輸大臣を議長とし、議長の招集で少なくとも年 2 回開催される。議決は多数決であるが、意見が割れた場合には議長の意見により決定される。特に、以下に列記する問題の確認と承認の役割を担っている。

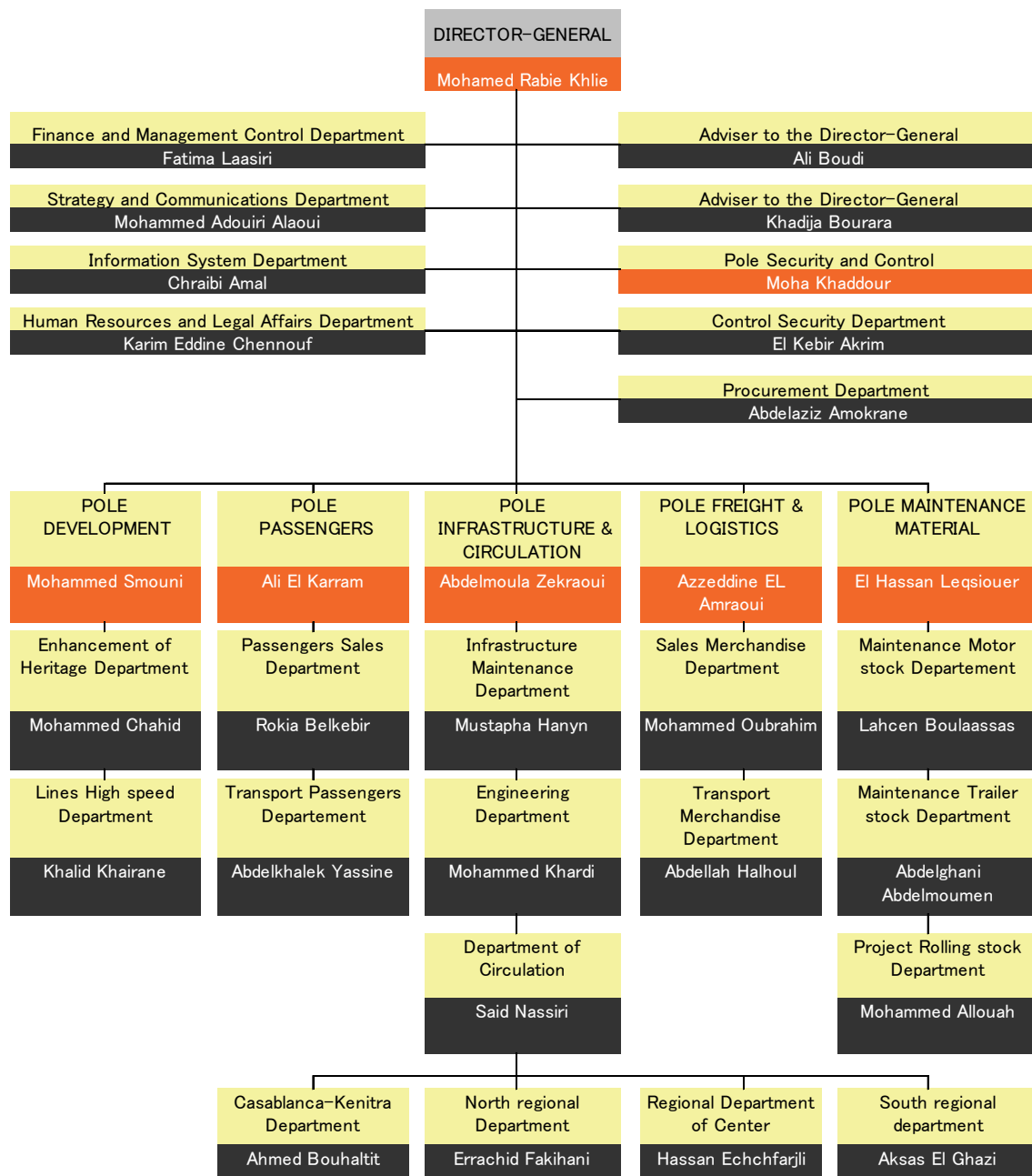
- a) ONCF の適切な経営に必要な計画
- b) 予算及び会計
- c) 借入
- d) 百万 MAD を超える金額のプロジェクト及び入札
- e) 取引金額が十万 MAD を超える場合には、動産あるいは不動産の購入、売却、交換、取得及び割譲
- f) 上級職に就く職員の任命
- g) 認可申請する運賃率の提案
- h) 利用可能な資産の使途や予備金の運用

なお、上記の d) 及び e) の項に設定されている上限は、理事会の決議により引き上げることが可能となっている。

7.1.3 組織構造及び人員体制

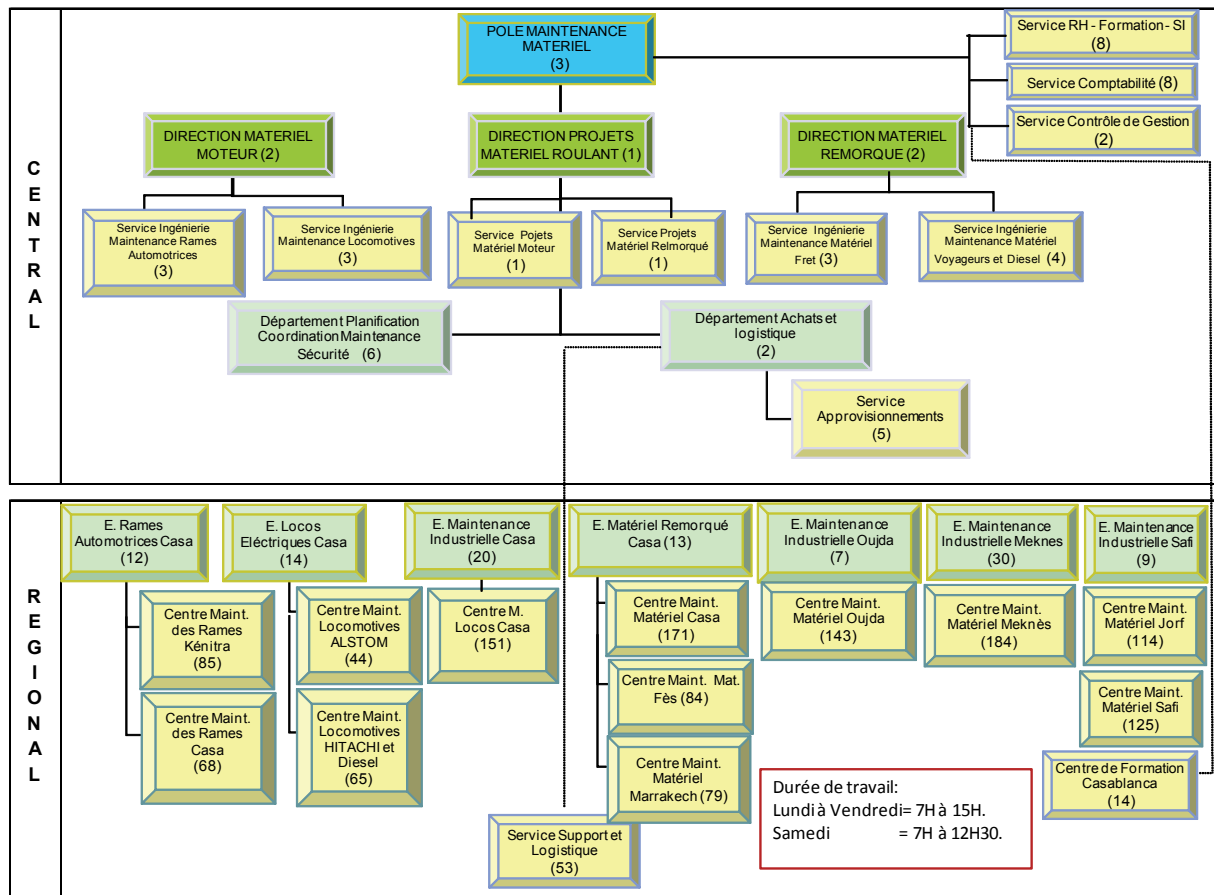
ONCF の総裁をトップに上級職及び5つの現業組織の局により編成されている。投資計画は、各部局の要請に基づいて総裁、上級職ならびに各部局の局長で構成される戦略委員会で優先順位を含めて決定される。各部局は、戦略委員会の決定に基づき、調達すべき資機材について具体的な検討を行う。一方、予算規模により財務局において資金調達方法が検討され、調達局において入札手続きが実施される。

本プロジェクトにおける担当部局は機材保守局（POLE MAINTANCE MATERIAL）であり、担当は機材保守総局長（副総裁級）と動力車保守局長である。



出典：調査団

図 7.2 ONCF の組織構造及び人員体制



出典：調査団

図 7.3 機材保守局 (POLE MAINTANCE MATERIAL) の組織構造及び人員体制

7.1.4 事業実施体制 (PMU: Project Management Unit) の設立

本リハビリテーション事業を実施するに当たり、通常円借款事業を円滑に実施するために、JICA は先方実施機関に事業実施監理ユニットの設立を義務付けている。このため、主な役割と組織図の案を以下の通り提案する。

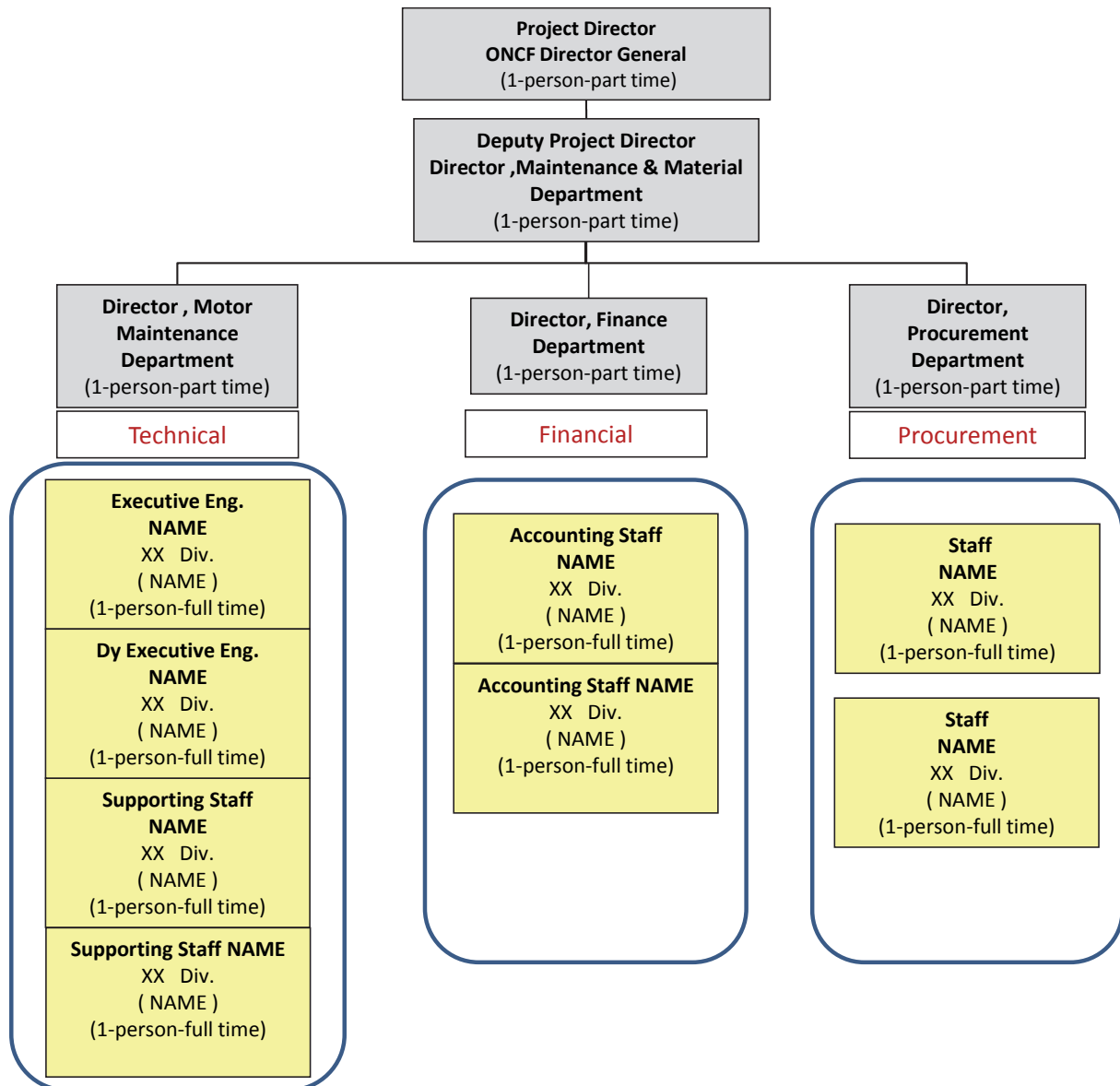
(1) 主な役割

- 全体的なプロジェクトの管理
- 関係省庁との事業進捗の調整
- 入札図書作成、入札評価、契約等の円借款調達の実施及び管理
- リハビリ事業の円滑な実施に必要な事務的支援
- リハビリ事業の施工監理
- 資金計画
- ディスバースの実施及び管理
- JICA との調整

(2) 組織図案

本プロジェクトの実施に当たっては、ONCF の技術部門、財務部門、調達部門のスタッフにより構成される事業実施監理ユニットを ONCF 内に設置し、総裁、機材保守総局長（副総裁級）の管理下の組織とする。

本プロジェクトにおいては、リハビリテーション工事の施工段階においてコンサルタントを雇用するために、施工段階の施工管理、ディスパースにかかる査定等の業務はコンサルタントの支援を得て、業務を進める事となる。



出典：調査団

図 7.4 プロジェクト実施監理ユニット（PMU）

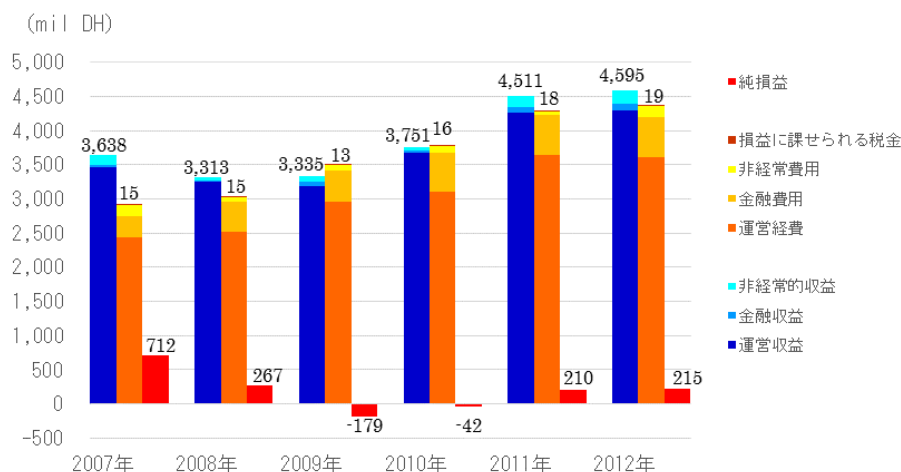
7.1.5 まとめ

本事業は円借款を活用することを前提としている。前項までの内容より、円借款案件を実施する基本的な枠組みは確保されており、過去にも ONCF に対し 4 件の円借款が供与されている。以上より、円借款事業としての本案件に対する事業実施体制については、特に問題ないと言える。

7.2 実施機関の財務・予算構造の分析

7.2.1 収益性

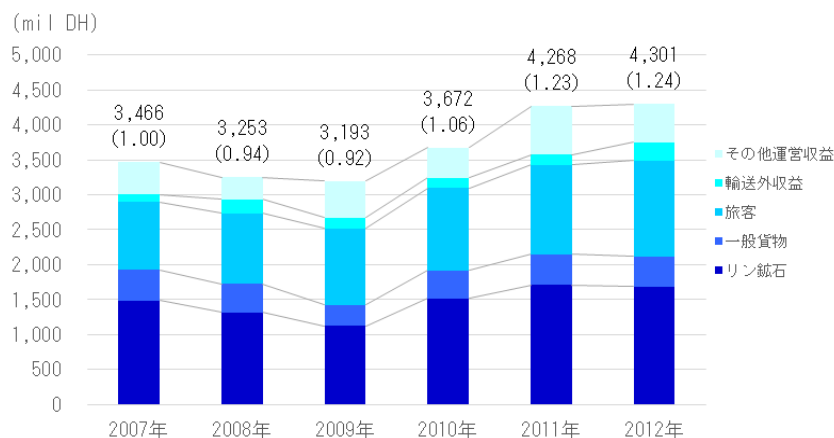
ONCF における収支の推移より収益性を見ると、2009 年まで純損益は減少傾向にあったが、以後は改善が図られ、直近の 2012 年では約 2 億 1,500 万 MAD の純利益も計上している。



出典：ONCF 財務資料を基に調査団作成

図 7.5 ONCF の収支の推移

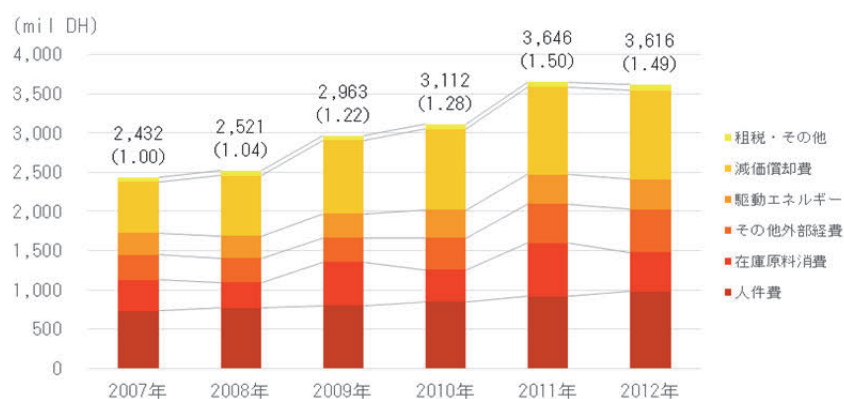
次に、収入の推移を見ると、収支と同様な傾向となっており、減少の主たる要因としてはリーマンショックによる世界経済の低迷等を背景とした貨物輸送収入の減少と考えられる。



出典：ONCF 財務資料を基に調査団作成

図 7.6 ONCF の収入の推移

次に、経費の推移を見ると、収支とは異なる傾向を示し、概ね増加傾向にある。費目別では特に積極的な投資を背景とした減価償却費の増加が著しく、全体の経費を押し上げる要因となっている。一方、人件費の増加は他の費目より比較的低く、経営努力が伺える。



出典：ONCF 財務資料を基に調査団作成

図 7.7 ONCF の費用の推移

表 7.1 損益計算書推移 鉄道事業 (2007 年～2012 年)

(単位：百万 DH)

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
- 運営収益	3,465.9	3,252.5	3,193.3	3,672.2	4,268.2	4,301.2
- 輸送収益	2,893.7	2,731.5	2,522.7	3,097.6	3,427.1	3,489.7
・旅客	970.4	1,003.0	1,097.4	1,179.5	1,281.2	1,369.8
・貨物	434.1	412.7	302.8	403.4	435.0	430.0
・リン鉱石	1,489.2	1,315.8	1,122.5	1,514.8	1,710.9	1,689.9
- 輸送外収益	106.9	200.0	149.3	149.3	146.7	264.8
- その他運営収益	465.2	321.1	521.4	425.3	694.4	546.7
- 運営経費	2,432.2	2,520.9	2,963.1	3,111.7	3,646.1	3,615.8
- 在庫原料消費	394.3	325.8	557.3	408.1	680.4	499.3
- 駆動エネルギー	277.2	283.9	309.2	362.4	379.7	378.7
- その他外部経費	316.6	313.0	308.0	402.4	494.6	548.2
- 租税	22.0	21.5	18.5	26.7	25.2	25.7
- 人件費	735.7	768.4	800.5	850.4	918.0	981.7
- 運営資金	686.5	808.3	969.7	1,061.7	1,148.2	1,182.2
・減価償却費	657.5	765.8	931.3	1,026.7	1,114.9	1,137.1
・見積費用	29.0	42.5	38.4	35.0	33.3	45.1
- 運営成績 (I-II)	1,033.6	731.7	230.2	560.5	622.1	685.4
- 金融収益	35.5	20.5	51.5	32.4	80.8	98.1
- 金融費用	311.7	434.5	447.8	564.4	575.0	584.5
- 金融損益 (IV-V)	-276.1	-414.1	-396.2	-532.0	-494.1	-486.4
- 経常成績 (III+VI)	757.5	317.6	-166.0	28.5	127.9	199.0
- 非経常的収益	137.0	40.4	90.5	46.3	162.1	195.6
- 非経常費用	167.6	75.8	90.5	100.0	61.9	160.7
- 非経常損益 (VIII-IX)	-30.6	-35.4	0.0	-53.7	100.2	34.9
- 税引前損益 (VII+X)	726.9	282.2	-166.0	-25.2	228.1	233.9
- 損益に課せられる税金	15.1	14.8	13.4	16.4	18.1	18.9
- 純損益	711.7	267.4	-179.4	-41.5	210.0	215.0

出典：ONCF

7.2.2 経営の健全性に関する財務分析

ONCF の経営の健全性に関する財務比率を下表に整理する。流動比率や当座比率は、経年的に改善されてきたが、直近の 2012 年では買掛金の急増により悪化している。かかる継続的な投資に伴い、固定資産が増加したため、固定比率も増加している。

一方、固定長期適合率は大きな変動はないため、投資に伴う長期借入金や社債等の固定負債に依存する傾向は強く見られない。また、自己資本比率も比較的緩やかな減少傾向を示すに留まっており、安定している。

表 7.2 経営の健全性に関する評価指標の推移

(単位：%)

指標 \ 年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012
流動比率	95.8	96.7	95.4	107.4	112.0	63.0
当座比率	76.7	70.2	75.2	81.6	91.7	52.3
固定比率	138.6	145.5	149.0	149.3	149.8	158.0
固定長期適合率	100.2	100.3	100.9	99.3	98.6	106.3
自己資本比率	66.4	63.3	61.6	61.1	59.5	57.2

出典：ONCF 財務資料を基に調査団作成

表 7.3 貸借対照表費目推移 鉄道事業 (2007 年～2012 年)

百万DH

借方(資産)	2007	2008	2009	2010	2011	2012
無価値財産、無形財産・固定財産	21,740	24,878	26,782	28,201	30,801	35,679
長期的投資	9,875	10,782	10,715	10,661	10,478	10,394
換算差額	189	212	197	254	273	217
固定資産 合計	31,804	35,872	37,693	39,116	41,552	46,290
在庫	538	810	703	903	916	819
流動資産債権	1,652	2,140	2,612	2,856	3,119	3,491
投資有価証券	502	0	0	1	1,008	520
換算差額	2	4	2	1	1	2
流動資産 合計	2,694	2,954	3,317	3,760	5,044	4,833
現金	46	141	40	45	46	92
資産 合計	34,544	38,967	41,050	42,922	46,642	51,216

貸方(負債)	2007	2008	2009	2010	2011	2012
自己資本	22,902	23,769	24,421	25,336	26,871	28,439
* 株式資本	24,037	24,636	25,467	26,424	27,749	29,102
* 準備金	50	50	50	50	50	50
* 繰越剰余金	-1,896	-1,184	-917	-1,096	-1,137	-927
* 当期純損益	712	267	-179	-41	210	215
自己資本・類似資本	43	882	871	870	866	860
融資負債	8,458	10,810	11,771	12,854	14,019	13,928
損失・負債性引当金	329	310	297	346	348	288
換算差額					30	23
固定負債 合計	31,733	35,771	37,360	39,406	42,134	43,539
流動負債	2,812	3,053	3,478	3,502	4,503	7,677
* 買掛金	2,040	2,225	2,601	2,694	2,622	5,799
* その他	771	828	878	808	1,881	1,878
流動負債 合計	2,812	3,053	3,478	3,502	4,503	7,677
現金	0	143	212	14	4	0
負債 合計	34,544	38,967	41,050	42,922	46,642	51,216

出典：ONCF

7.3 運営・維持管理の技術水準

7.3.1 調査・検討の方針

本検討項目では、本調査で示すリハビリ内容を念頭に、新技術の導入で新たに必要となる保守の概要を示し、ONCF がその新技術を受け入れ可能かどうかを確認し、機関車メーカーと ONCF が長期にわたって機関車の性能を維持する上で適切な役割分担を検討し、保守レベルとその費用に適した保守区分を提案する。

また、保守の施工主体の項目では、先に洗い出した保守内容に鑑み、メーカー側との保守の役割分担を提案する。

その際、保守の主体に技術力が蓄えられ、技術・工程上の主導力が移動していくので、その観点も視野に入れ分析・提案を行う。

7.3.2 保守の内容

保守内容の観点から見た、現 E1100 形式～E1250 形式の機器とリハビリ後の機器の差は、主に(1) モータの種類の違い、(2) 電子化された機器類の増加となる。

モータについては、直流モータから交流モータとなり、電氣的な摩擦接点が減り、信頼性が大幅に向上し保守内容も削減される。信頼性が向上するため ELEC の臨時の修理業務量が減少し、RG、RL 検査の検査周期についても元の計画に基づく適正周期での実施が可能となる。

電子化された機器類については、いわゆる装置のブラックボックス化が進み、ユーザでの保守は部品の交換に限られているのが一般的である。特に本プロジェクトで採用される VVVF 制御装置や APS/SIV(補助電源)装置などで顕著である。

このような装置は、一般に定期的なメンテナンスによって電子機器の故障を低減できる可能性は低く、日本においても重要部検査や全般検査で気吹（ホコリを吹き飛ばす）作業や目視点検、部品によっては機能検査を行う程度である。ただし、一部には、12～16 年ごとに故障頻度の高い電源部等の部品を交換するケースもある。

故障については自己診断機能を有していることが多く、この診断機能の指示や目視状況に従って発生主義的に予備部品と交換する。

また、電子保守部品については、保管する温度、湿度、粉塵、無通電期間などの制約がある。そのため、適切な保守部品が適宜供給される必要がある。VVVF 等のメーカーの多くは日本や欧州にあり、手配に時間が掛かることから、適切な数量の予備品の確保が必要であること、また、メーカー側の長期部品供給体制などが必要であり、ONCF とメーカーの保守契約等が必須となる。

出場前試運転において、VVVF 装置や補助電源装置などの基本的な装置については、機能確認が可能であるので、専用の試験設備は必ずしも必要ない。保安装置や無線装置など、工場内の試験線で機能試験が難しい装置を導入する場合は、あわせて機能試験装置を導入し定置試験を行うことが望ましいと考えられる。

またその他今後の課題として、乗務員からの改善要望が多く聞かれる、アコモデーション類(窓やサッシ類など)については、早めのさび対策等やパッキンやハンドル類の交換など、保守のさらなる充実が望まれる。

7.3.3 保守技能

ONCF は、長期の機関車の保守運用実績に加え、自営での発電ブレーキ用抵抗器の更新や、台車枠の大規模亀裂の自営補修など、高い保守技術を有する。

また、故障データの車両毎の台帳管理や検査周期管理、故障の頻度や原因分析等、マネジメント体制も高いレベルにあると判断される。

SIV 自体や発電ブレーキ用抵抗器の部品更新なども自営で行うなど、技能面の高い技術力を有する。

本調査において提案予定の主要な電子装置については、アンサルドブレーダ製旅客車での VVVF 装置の保守実績や E1100 形式での補助電源装置の保守実績などがあり、メーカー毎の機能の差異が理解できればリハビリ後の車両も ONCF 直営保守を行う事ができるだけの十分な技術水準がある。

7.3.4 保守の主体

一般的に車両保守は、事業者自らが行うケースと、メーカーが行うケースがある。また、部品供給やメーカーエンジニアの派遣を受けるための長期保守契約を締結する場合と、都度依頼する、スポット契約のケースがある。これらの特徴について、稼働率、技術力維持、コスト等の観点から整理し、表 7.4 に結果を示す。

表 7.4 保守契約内容の種類と影響

	Type1 事業者による保守 (保守契約なし)	Type2 事業者中心の保守 (保守契約あり)	Type3 メーカーによる保守 (完全保守契約)
業務の分担 管理業務 一般検査 故障分析 部品交換 部品修理 技術支援	ONCF ONCF ONCF ONCF 都度契約 提供なし	ONCF ONCF ONCF ONCF 保守契約 保守契約	メーカー メーカー メーカー メーカー メーカー 提供なし
機関車の稼働率	低い (故障対応力低い) 評価：△ (1)	高い (専門技術力による故障 対応) 評価：◎ (3)	高くできる (契約による目標値管理) 評価：○ (2)
ONCF の技術力	維持される 評価：○ (2)	向上する 技術移転 評価：◎ (3)	大幅に低下する (メーカー主導体制) 評価：△ (1)
保守契約コスト	なし 評価：◎ (3)	低額 評価：○ (2)	高額 (価格交渉力の喪失) 評価：△ (1)
修繕コスト	高額 (予備品・休車による機 会損失) 評価：○ (2)	低額 (部品修繕対応) 評価：◎ (3)	長期的に高くなる (価格交渉力の喪失) 評価：△ (1)
所見	- 専門力技術取得が困難 - 休車リスク 総合評価：○ (8)	- コストバランス良 - 技術移転可能 評価：◎ (11)	- 技術移転不可 - メーカー主導による交渉 力の喪失 評価：△ (5)

※評価ポイント：△(1)、○(2)、◎(3)

出典：調査団

(1) メンテナンス技術力

メーカーに保守を全て委託した場合、ONCF はその要員を削減できるが、当該機関車の機器構成やシステム、保守技術等は取得できず、技術力は低下する。また、一度委託すると技術力の低下から、将来とも委託契約を解除することは困難であり、メーカー依存体質となる。結果技術や工程、金銭面でメーカーに主導権を握られるケースが、世界各地で見受けられる。

一方、ユーザである鉄道事業者が、ブラックボックス化と技術革新が著しい電子機器の専門技術を持ち続けることは、技術的にも難しく、またそれを習熟するコストも多大である。

上記を勘案し、技術交渉力、価格交渉力を持ち続けられる体制を築く必要がある。

（2）保守契約と稼働率

機関車の稼働率を決める重要な要素に故障からの復旧時間がある。予備品の配備により、迅速な修理が可能となるため、重要部品はこの方法がとられる。

予備品は修理され次の故障に備えるが、保守契約をあらかじめ結んでいない場合は、故障部品が返却されるまで契約・支払い後 6 ヶ月程度を待たなければならない。このため、予備品が欠乏して休止するか、大量の予備品を持つ必要がある。

一方、保守契約がある場合は、メーカーの技術者が迅速に派遣されるか、駐在するため、一部電子部品（コンデンサやトランジスタ等）の軽微な交換は現地で行えるため、故障部品の修理期間は数日となり、故障復旧時間が短縮され、必要な予備品数量も削減できる。

（3）保守契約とコスト

メーカーに保守を全て委託する場合は、保守要員がメーカーに移行するのみで、基本的に費用は下らない。むしろ技術料や管理費、あるいは独占価格によるコスト増に至るケースが多い。

一方、メーカーと保守契約を締結し、ONCF 自身が主体となりつつ若干のメーカー技師の派遣を受ける場合は、ONCF 社員に技術移転がなされ、メーカー主導とはならないうえ、契約費用的にも比較的安価である。またメーカーとの共同作業により詳細な故障部位特定を行い部品交換で対応できると、保守契約コストを加味しても、低コストに保つことが可能である。

メーカーと保守契約を締結しない場合は、保守契約の追加費用は発生しないが、故障復旧に要する時間が伸びることや予備品の初期コスト等のデメリットとのトレードオフを考慮する必要がある。また、一回ごとの修理契約による対応では、装置単位での修理となり修繕コストが高額となること、正常品が戻るまで長期間になるため休車による機会損失やカニバリズム(一部車両を部品取り専用とする保守)などに至ることも考慮する必要がある。

（4）推奨案

上記の各観点から整理すると、技術移転が可能で、メーカーへの優位性が確保でき、コスト的にもバランスのとれている、Type2（ONCF 主体およびメーカーの専門技術補完体制）が最も合理的な選択肢であると考えられる。

（5）その他

保守契約を締結しない場合は、(1) 新装置導入直後における保守要員の習熟、(2) 長期にわたる保守部品の安定供給、の 2 点に課題が生じる可能性があるため、本リハビリテーションの実施とともに、トレーニングによる技術移転や保守部品の長期供給・保守等の契約についても検討する必要がある。

7.3.5 技術水準のまとめ

技術水準については、事業者として、安全運行の責任と当事者能力をもち、かつ専門メーカーに対する管理能力、交渉力を持ちうるレベルの確保が必要である。そのためには、メーカーに頼り切りとならない、事業者自身での保守の実施やそれに伴う技術力の維持が必要である。

ONCF は、客車や既存機関車の保守を通して、提案するリハビリテーション後の機関車を保守するだけの十分な能力と経験を備えており、ONCF 自体を主体として保守していくことがコスト的にも今後の技術力維持のためにも望ましい。メーカーに対しては装置毎の機能の差異等に伴う保守方法の指導や、電子部品の修理対応を受けるための契約に限って行うことが望ましい。

7.4 車両の運営・維持管理体制の検討

7.4.1 調査・検討の方針

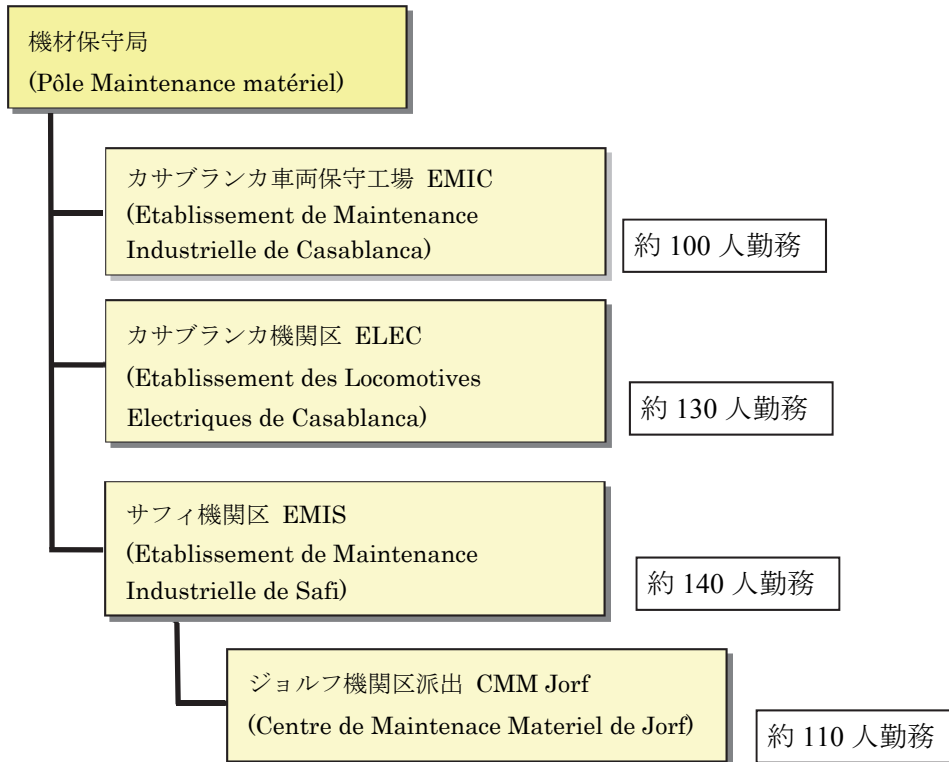
本検討では、ONCF の車両保守に関する現状の運営・維持管理体制を調査し、モロッコの環境を考慮しつつ新しく導入される技術にふさわしい検査体系とその維持に必要となる設備や体制、要員や組織等の提案を行う事を主な目的とする。

ONCF 側には、日本製電気機関車に対する信頼があり、今後も長期にわたる安定的で継続的な稼働率の確保が期待されている。今後の運営・維持管理体制についても高い稼働率が確保できる保守体系を構築する必要がある。また、モロッコの経済事情や要員・体制を鑑みた適切な提案を行う。

7.4.2 現業組織の調査

ONCF において機関車の保守管理の実務を担う現業組織のうち、機関車に関係する部署の組織図を以下に示す。

本社メンテナンス部門直下に分解検査を行う車両保守工場の EMIC（カサブランカ）、日常的な軽度の検査を行う ELEC（カサブランカ）、EMIS（サフィ）があり、この EMIS の下部機関として CMM Jorf（ジョルフ）がある。ONCF では、貨物列車の終端に車両基地が配置されており、原則として長距離貨物列車の毎運行事に、終端駅で軽度の検査（VA Level1、7.4.3 参照）を行っている。このため ELEC、EMIS、CMM の要員には、貨物列車の終着駅に駐在し同検査を行う社員が含まれる。



出典：調査団

図 7.8 メンテナンス部門 組織図(機関車関係部署)

7.4.3 検査体系の調査

ONCF における機関車の保守・検査体系については、原則として機関車の車種ごとに決まっている。検査体系は大きく日本製の E1100 形式向け、同 E1200 形式、E1250 形式向けとフランス製の旧型機関車である E1300 形式、E1350 形式向け、同新型である E1400 形式向けの少なくとも 4 つの大きな区分けがある。これらは、経年に応じて検査体系が分かれている。

E1100 形式、E1200 形式～E1250 形式の検査体系と日本の事業者における検査体系を下表で比較する。

列車ごとに行う VA (Visite Avant le Départ) 検査については、ブレーキの機能確認など、安全を確保する上で最低限必要な項目を行う。また VF (Visite Filtre) 検査は、消耗品やフィルタ清掃などの最低限の機能維持のために必要な事項を行う。

軽度な検査である VG (Visite Général)、VL (Visite Limité) などは分解せず在姿で各種装置の機能を確認する。本来、部品の修繕は多く発生しない検査種別であるが、同職場の部品の修繕場では、パンタグラフやドア、ダクト等の溶接など修繕も行われており使用環境の厳しさが伺い知れた。

RG (Révision Générale)、RL (Révision Limité) は分解を伴って各種装置の機能を維持・改善・確認する検査があるが、この検査は、車両保守工場である EMIC で車体と台車を分離させ、また、車体部品を分解して手入れを行っている。入場実績およびインタビュー結果から E1250 形式は 3～4 年周期での入場が行われているが、E1100、E1200 形式については、E1250 に比べ大きく検査周期を延長して使用されている。2 機種の 2013 年の実績は年間各 1 両の入場となっていた。これ

は、予備の機関車が確保出来ないためであり、パッキンやゴム製品、遮断機の接点荒れなど、検査周期の影響を受けやすい部品については、入場周期の遅れで故障率を高める可能性がある。いずれにしても、台車亀裂やギアケースのクラックなど、高頻度で修理を行うべき要因が排除できれば、正常な検査体系への回帰が可能であると考えられる

表 7.5 検査体系

(上段:検査の名称、中段:検査の内容、下段:検査の周期)

検査の種類	ONCF 検査体系 (E1100 形式)	ONCF 検査体系 (E1200、E1250 形式)	国内事業者検査体系 (VVVF 機関車)
日単位で行う機能検査	VA ブレーキ、パンタ 1 日(毎列車)	VA ブレーキ、パンタ 1 日(毎列車)	仕業検査 ブレーキ等の確認 1 日(毎列車)
週単位で行う機能検査	VF フィルタ等 15 日	VF フィルタ等 15 日	交番検査 一部機能の確認検査 72 時間
月単位で行う機能検査	VL 部分検査や 消耗品の交換 60 日±6 日	VL 部分検査や 消耗品の交換 60 日±6 日	月検査 各機能の確認検査 消耗品交換 90 日
	VG 各装置の機能検査や 部品交換 120 日±12 日	VG 各装置の機能検査や部品 交換 120 日±12 日	
分解を伴う重要部検査	RL ブレーキ、駆動装置 等の分解検査 周期以下参照※	RL ブレーキ、駆動装置等の 分解検査 E1250 約 4 年相当 他周期以下参照※	全般検査 主要部品の分解検査 4 年(他距離条件有)
分解を伴う全般検査	RG 各装置の分解検査 (オーバーホール) 周期以下参照※	RG 各装置の分解検査 (オーバーホール) E1250 約 12 年相当 他周期以下参照※	全般検査 各装置の分解検査 (オーバーホール) 8 年(他距離条件有)

出典：調査団

7.4.4 検査設備

ONCF の機関車用検査設備の多くは、車両保守工場である EMIC に集中している。その他の機関区はピット等の施設や一般的な工具を有している状況であり、詳細な検査を行う設備は保有していない。したがって、機関車機器の更新に伴う EMIC 以外の機関区の設備更新は軽微である。

車両保守工場 EMIC においては、機械部品の分解検査を行う設備が一通り揃っており、台車関係やブレーキ関係の保守は完全に自営で行っている。特殊な設備を必要とするブレーキ試験装置については、日本製電気機関車、フランス製電気機関車とも、ウェスティングハウス社が納入したシステムを採用しており、検査設備は同一である。その他の予備部品については、電気品では、高速遮断機のチップや、フランス製の補助電源装置のプリント基板などが確認できたが、予備部品はごく一部に限られている状況であった。機械部品は、ブレーキ弁類やベアリング、スプリング類等の故障の多い部品の予備があるといった状況であった。

EMIC では大型部品、特に機械部品類の検査設備が充実しており、現状の台車やブレーキ装置に対する設備は十分だと考えられる。また、モータの絶縁や台車の亀裂の修復など、自ら専門的で高度な修理も行っており、その技術力は高い。

一方で、電気品に関しては、高速遮断機や高圧スイッチ類の点検を行う職場はあるが、電子回路や電子部品に対する検査や故障対応には課題がある。例えば AC モータ向けの回転試験装置等はなく、今後本リハビリプロジェクトにより機器更新(VVVF 化等)を行う際は、合わせて適する検査設備を購入する必要がある。その他の弱電機器については下表のとおりである。

表 7.6 施工内容に応じ新たに導入する必要のあり得る試験設備

更新候補の車両装置	新たに必要となる可能性のある検査設備	備考
主電動機	モータ回転試験装置	旅客用の小型装置のみ存在
主抵抗器	—	—
主制御装置（VVVF）	故障読みだし装置 シーケンス試験装置	試験走行で代用可能
補助電源装置	故障読みだし装置	
コンプレッサー	モータ回転試験装置	
送風機	モータ回転試験装置	
基礎ブレーキ装置	ブレーキ弁試験装置	既存システム非互換の場合
運転室計器類	等価信号入力装置、各種機能試験装置	

注：他必要となる機器については、受注者の納入システム構成に依存するので再度確認が必要

出典：調査団

ONCF にとって、VVVF 機関車の保守経験はないが、これまでの抵抗・チョッパ制御機関車の保守経験や旅客車における VVVF 制御の保守経験から、機器更新後の E1100 形式他についても、技術的には十分受け入れ可能であると考えられるが、検査設備については、同機関車の更新される装置のスペックに応じて、合わせて調達される必要がある。また、現行の試験設備についても、機器更新に伴って互換性を保つ必要がある。

7.4.5 体制のまとめ

ONCF においては、すでに電子制御の機関車や旅客車の整備実績があり、今回機関車のリハビリを行った場合であっても、組織や技量として十分受け入れ可能な体制があり、検査体系についても合理的な選択が行われている。検査を行うための設備については、一部現状所持しない装置があるため、購入が必要となるが、現状の検査設備の使用状況から見て、導入されるであろう機器を使用して適切な検査が行われることが期待できる。また、一部機関区においては、モータの信頼性向上に伴い、故障対応作業が減少し業務量の削減が期待できる。

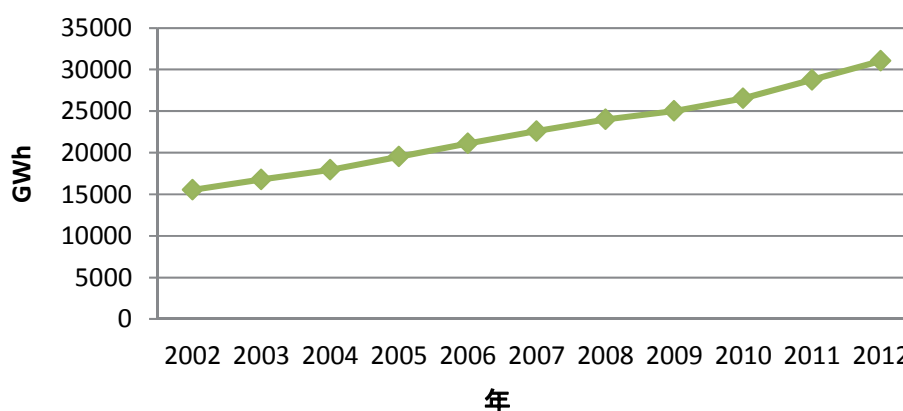
このような背景から、リハビリされた機関車は、メーカー任せの保守とせず、現状の ONCF の組織において検査を実施することを基本として、修理不可能である機器(例えば基板等)についてのみメーカーに修理依頼する検査・保守体系が望ましいと考える。

第 8 章 気候変動の緩和効果の推計

本事業により、日本製電気機関車の機能向上が実現し、稼働率の向上および消費電力の削減が見込まれることから、温室効果ガス（Green House Gas：GHG）排出量削減効果も事業効果として期待される。

8.1 モロッコにおける政策

モロッコは、国家開発計画の分野別開発戦略計画において、エネルギー戦略（2020－2030）を策定している。特に、経済の著しい発展と生活水準の向上により、電力需要が急激に伸びており、エネルギーの自給率向上と安定確保、モロッコ経済の競争力強化及び環境問題等に対応するため、2011 年時点で 95.5%¹⁷を輸入に依存しているエネルギーのうち、42%を 2020 年までに再生可能エネルギーで賄うことを目標とし、国家的に環境と調和した持続可能な経済発展を目指したクリーンエネルギーによる社会資本整備に取り組んでいる。



出典：MEMEE のデータを基に調査団作成

図 8.1 モロッコにおけるエネルギー需要の推移

また、2009 年気候変動対応のための国家計画¹⁸において、①緩和策、②適応策、③貧困削減を取り込んだ環境対策の 3 パートに分けて対応方針を示している。緩和策は、エネルギー、交通、産業、廃棄物、農業、森林、建設の各セクターにおいて設定された計画に基づき実施されており、それらによる GHG 削減効果は、2010 年から 2030 年までの累積による CO₂ 換算で 52.9 百万トンであると試算している（2010 年のモロッコにおける年間 GHG 総排出量は 44.39 百万トン¹⁹）。下図 8.2 は、2002 年から 2012 年までの CO₂ 排出量の推移を示したグラフであるが、10 年間で 33.8 百万トンから 52.1 百万トンへと、1.5 倍強増加しており、排出量の削減は喫緊の課題と言える。モロッコにおける GHG 排出の約 15%を占めている交通セクターにおいては、交通手段、輸送マネジメント、燃料の 3 レベルで GHG 排出削減策を実施しており、設備運輸省（MET: Ministère de l'équipement et du transport et de la Logistique）及びエ

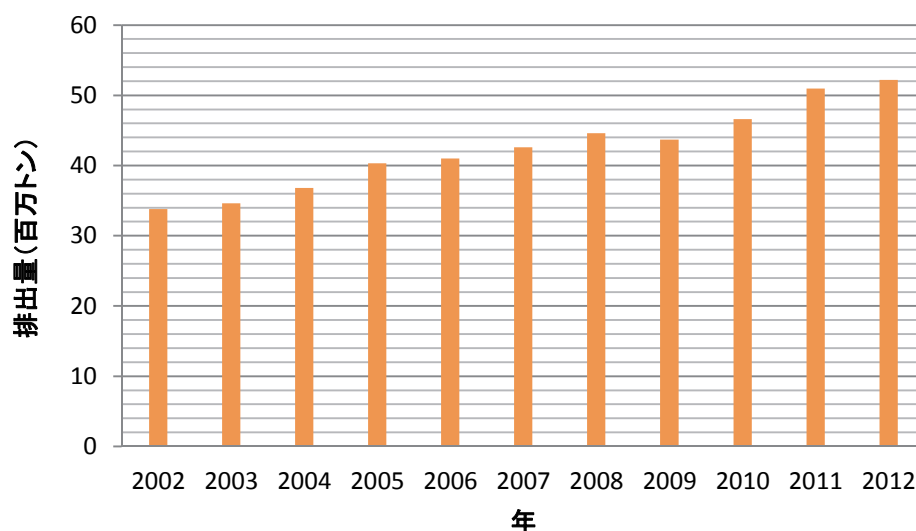
¹⁷ エネルギー・鉱山・水利・環境省, *Energy Sector in Morocco, 2012*, JICA Program プレゼンテーション資料

¹⁸ エネルギー・鉱山・水利・環境省, *National Plan Against Global Warming, 2009*

[<http://www.onhym.com/pdf/Publications/Plan%20of%20Morocco%20Against%20Global%20Warm.pdf>]

¹⁹ United Nations Statistics Division [http://unstats.un.org/unsd/environment/air_greenhouse_emissions.htm]

エネルギー・鉱山・水利・環境省（MEMEE：Ministère de l’Energie, des Mines, de l’Eau et de l’Environnement）が中心となり、削減努力を進めている。



出典：MEMEE のデータを基に調査団作成

図 8.2 モロッコ国における CO₂ 排出量の推移

8.2 ONCF の気候変動に対する取り組み・政策

ONCF では、環境への対応は将来に向けた重要な方針の一つであると位置づけており²⁰、具体的な数値目標等は設定していないものの、事業投資を行う全ての計画において、環境の要素を組み込んでいる。また、環境マネジメントに関する国際規格 ISO14001 取得等を目指し、専門部署（SME: Système de Management Environnemental）を設置しているなど、積極的に環境問題に取り組んでいる。

加えて、ONCF の中長期目標に向けたビジョンをまとめた Rihane50²¹において、ONCF が実施する主要な 5 つの取組みの一つに、地域への影響を考慮した環境への取組みを掲げており、持続可能なモビリティと交通のための投資計画として、インフラのレベル向上、駅舎の近代化、業務環境の改善、車両のリハビリテーション事業など、鉄道事業全体を対象として、環境を考慮した数々の活動等を実施している。

²⁰ ONCF 幹部へのヒアリングより

²¹ ONCF, [<http://entreprise.oncf.ma/StrategieEtDeveloppement/Pages/ProjetdEntreprise/Rihane50.aspx>]

8.3 温室効果ガス抑制効果の推計

本事業においては、以下のような内容をリハビリテーション項目に挙げ、消費電力削減による GHG 排出抑制など、環境に配慮した内容を組み込んでいる。

- 主電動機の AC 化：直流モータを交流モータに交換することで消費電力を削減
- 回生ブレーキシステムの導入：下り勾配のリン鉱石輸送において、ブレーキシステムで電力回生し、上り勾配の列車の運行に有効活用

以下に、本業務における CO₂ 排出削減量の推計について述べる。

(1) 推計方法

本業務における CO₂ 排出削減量の推計には、クリーン開発メカニズム（CDM：Clean Development Mechanism）方法論である AMS-III.S：Introduction of low-emission vehicles / technologies to commercial vehicle fleets 及び AMS-III.BC: Emission reductions through improved efficiency of vehicle fleets を参考に検討を行った。

本事業における当該方法論への適用可能性については、以下のとおりである。

表 8.1 参考方法論への適応可能性

	AMS-III.S / AMS-III.BC	本プロジェクト
スコープ	This methodology is for project activities introducing low-GHG emitting vehicles for commercial passenger, material and freight transport, operating comparable traffic conditions and on similar terrain. Retrofitting of existing vehicles is also included in the methodology.(原文)	貨物輸送用電気機関車の機能維持・機能向上を目的としたリハビリテーション事業であり、直流モータから交流モータ、発電ブレーキから回生ブレーキへの切り替えによる、消費電力削減を目指している
適用可能条件	• Low-emission vehicles to be introduced • Project participants must demonstrate that the project activity is unlikely to change the level of service provided on comparable routes before the project activity • Vehicle fleets shall be centrally owned and managed by a single entity and driven by contractors or employees of the central entity (原文)	• 省エネルギー化を目的とした電気機関車のリハビリテーション • 輸送貨物量は増加する見通しであり、事業実施者は輸送量増量への対応策を有している • 全て国有企業である ONCF により実施される事業である

出典：調査団

以上より、AMS-III.S および AMS-III.BC における方法論が適用可能であると判断した。

(2) CO₂ 排出量の算出

CO₂ 排出削減効果は、既存の日本製電気機関車を直流駆動のままリハビリテーションした場合の排出量（ベースライン排出量）と、リハビリテーションにより、交流駆動化が実現した場合の排出量（プロジェクト排出量）の差分により推計する。ベースライン排出量 BEy²²及びプロジェクト排出量 PEy²³は各々以下のとおり算出する。

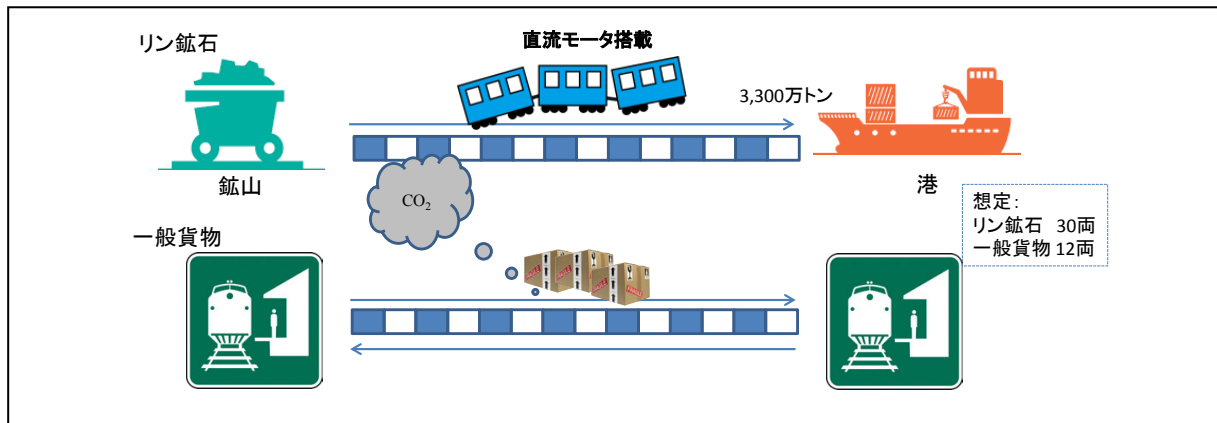
²² BEy=Baseline Emission in the year y

²³ PEy=Project Emission in the year y

ベースライン排出量の算出

本事業におけるベースラインシナリオは、次のケースを設定した。

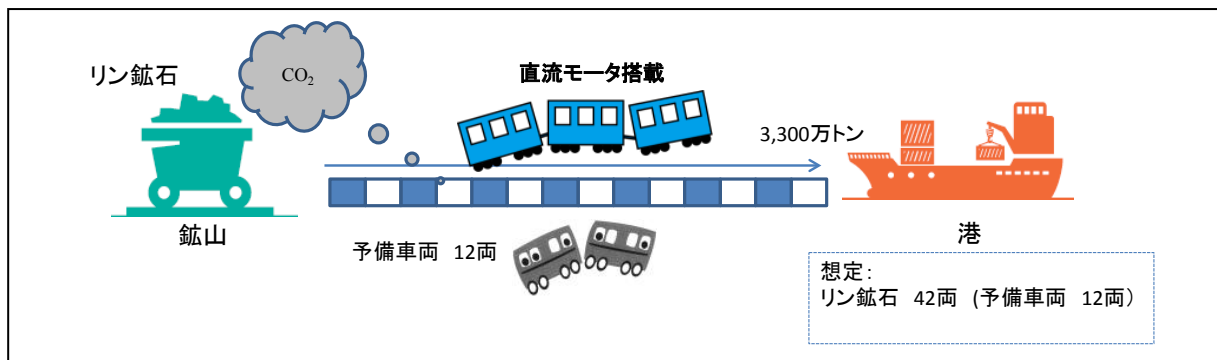
ケース①：日本製電気機関車に対し、直流駆動のままリハビリテーションを実施し、北軸及び南軸における、増産分を含む全てのリン鉱石を日本製電気機関車で輸送する。また、現在旅客輸送を行っている E1250 形式 12 両も、貨物輸送用にリハビリテーションを実施し、リン鉱石もしくは一般貨物輸送用として運行する。



出典：調査団

図 8.3 ベースラインシナリオ①図

ケース②：貨物輸送用にリハビリテーションされた E1250 形式を含む、全ての直流駆動の日本製電気機関車がリン鉱石輸送を行う（予備車両 12 両含む）。



出典：調査団

図 8.4 ベースラインシナリオ②図

表 8.2 CO₂ 排出量削減効果の定量化に用いるデータ (ベースライン排出量)²⁴

項目	データ種類・内容	数値	情報源
$EC_{fr,BL}$	リン鉱石輸送に係る消費電力量 (2013 年実績・kWh/年)	97,000,000	ONCF
$EC_{ps,BL}$	一般貨物輸送に係る消費電力量 (2013 年実績・kWh/年)	18,000,000	ONCF
$P_{fr,NR,BL}$	リン鉱石輸送量 (北軸・2013 年実績・ton/年)	18,000,000	ONCF
$P_{fr,SR,BL}$	リン鉱石輸送量 (南軸・2013 年実績・ton/年)	9,000,000	ONCF
$P_{pj,ad}$	リン鉱石増量分輸送量 (南軸・ton/年)	6,000,000 ²⁵	調査団
$P_{fr,NR,BL} \times dp_{fr,NR,BL}$	リン鉱石輸送トン・キロ (北軸・2013 年実績・ton-km/年)	4,000,000,000	ONCF
$P_{fr,SR,BL} \times dp_{fr,SR,BL}$	リン鉱石輸送トン・キロ (南軸・2013 年実績・ton-km/年)	900,000,000	ONCF
$P_{fr,BL} \times dp_{fr,BL}$	一般貨物輸送トン・キロ (2013 年・ton-km/年)	1,300,000,000 ²⁶	調査団
$P_{fr,PJ} \times dp_{fr,PJ}$	一般貨物輸送トン・キロ (2020 年予測・ton-km/年)	9,360,000 ²⁷	調査団
EF_{elec}	モロッコ系統電力排出係数 (g CO ₂ /kWh)	730	Ecometrica ²⁸
$dp_{tr,SR}$	トラック輸送距離 (南軸 Safi-Benguerir site・km)	145	経済産業省 ²⁹
$dp_{tr,NR}$	トラック輸送距離 (北軸 $dp_{fr,BL}$ ・km)	190	調査団
EF_{tr}	トラック排出係数 (gCO ₂ /ton-km)	129	UNFCCC ³⁰

出典：調査団

ベースライン排出量 $BE = P \times dp \times BEF$

ベースラインについて、以下のとおり排出量を算出する。

ベースラインシナリオ

- 平均輸送距離

$$dp_{fr,BL} = \frac{(4,000,000,000 + 900,000,000 + 1,300,000,000) \text{ tkm}}{(18,000,000 + 9,000,000 + 8,280,000) \text{ t}} = 175 \text{ km};$$

- ベースライン排出係数 (鉄道輸送)

$$BEF_{bd} = \frac{(97,000,000 + 18,000,000) \text{ kWh} \times 730 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}}}{(4,900,000,000 + 1,300,000,000) \text{ tkm}} = 14 \frac{\text{gCO}_2}{\text{tkm}}$$

²⁴ 排出量削減効果の算定においては、全て 2013 年の実績値に基づいて算出している。

²⁵ 2020 年鉄道輸送量推計値 (本報告書 表 3.5) - 2012 年実績輸送量 (33,000,000ton - 27,000,000ton = 6,000,000ton)

²⁶ 69 万トン (一般貨物機関車原単価現況 (本調査報告書表 3.9) × 12 両 × 162km)

²⁷ 78 万トン (一般貨物機関車原単価将来予想 (本調査報告書表 3.10) × 12 両)

²⁸ Ecometrica, “Electricity-specific emission factors”, 2011, P.9 [http://ecometrica.com/assets/Electricity-specific-emission-factors-for-grid-electricity.pdf]

²⁹ 経済産業省、「平成 23 年度インフラ・システム輸出促進調査等事業『モロッコ・リン鉱石鉄道輸送力増強に関する調査報告書』」4-6

³⁰ United Nations Framework Convention on Climate Change, “CDM methodological tool, Project and leakage emissions from transportation of freight Version 01.1.0”

ベースラインシナリオ①

➤ リン鉱石輸送排出量

$$\bullet \quad BE_{rw,ph} = [(18,000,000 + 9,000,000 + 6,000,000) \text{ t} \times 175 \text{ km}] \times 14 \frac{\text{gCO}_2}{\text{tkm}}$$

$$BE_{rw,ph} = 80,850 \text{ t-CO}_2 \quad \text{-----a}$$

➤ その他貨物輸送排出量

$$\bullet \quad BE_{rw,fr} = [(9,360,000)] \times 175 \text{ km} \times 14 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}}$$

$$BE_{rw,fr} = 22,932 \text{ t-CO}_2 \quad \text{-----b}$$

以上より、ベースライン①の排出量は以下のとおりとなる。

$$\text{ベースライン①排出量} \quad \mathbf{a + b} \quad \mathbf{BE = 103,782 \text{ t-CO}_2}$$

ベースラインシナリオ②

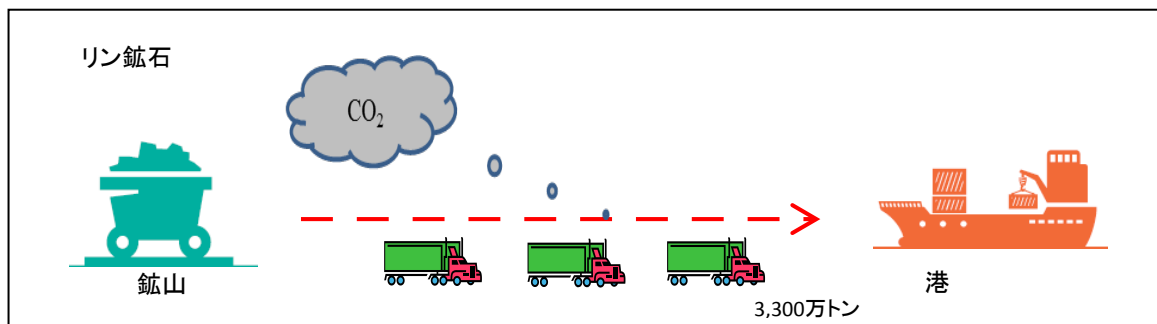
➤ リン鉱石輸送排出量

$$\bullet \quad BE_{rw,ph} = [(18,000,000 + 9,000,000 + 6,000,000) \text{ t} \times 175 \text{ km}] \times 14 \frac{\text{gCO}_2}{\text{tkm}}$$

$$BE_{rw,ph} = 80,850 \text{ t-CO}_2 \quad \text{-----c}$$

$$\text{ベースライン②排出量} \quad \mathbf{c} \quad \mathbf{BE = 80,850 \text{ t-CO}_2}$$

参考：E1100/E1200/E1250 形式の全ての日本製機関車が休止となり、リン鉱石輸をトラック輸送とした場合の排出量を参考情報として算出する。



出典：調査団

図 8.5 参考ベースラインシナリオ図

参考ベースラインシナリオ

➤ リン鉱石輸送排出量

$$\bullet \quad \text{トラック輸送北軸} \quad BE_{tr} = (18,000,000 \text{ t} \times 190 \text{ km}) \times 129 \frac{\text{gCO}_2}{\text{tkm}}$$

$$BE_{tr} = 441,000 \text{ t-CO}_2 \quad \text{-----d}$$

$$\bullet \quad \text{トラック輸送南軸} \quad BE_{tr} = (15,000,000 \text{ t} \times 145 \text{ km}) \times 129 \frac{\text{gCO}_2}{\text{tkm}}$$

$$BE_{tr} = 280,000 \text{ t-CO}_2 \quad \text{-----e}$$

以上より、参考ベースラインの排出量は以下のとおりとなる。

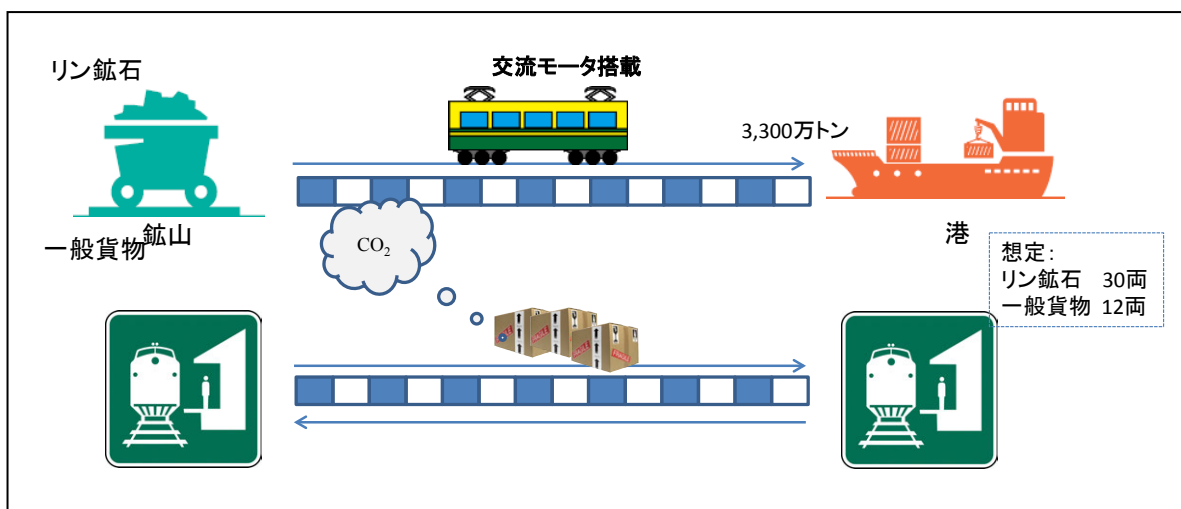
参考ベースライン排出量

$$\mathbf{d+e} \quad \mathbf{BE = 721,000 \text{ t-CO}_2}$$

プロジェクト排出量(PEy)の算出

プロジェクトシナリオは次の 2 ケースを設定した。リハビリテーション後の電気機関車は、現行の直流駆動を交流駆動に機能向上したものとして推計した。リハビリテーションにより導入される回生ブレーキを効果的に利用するためには、同一の変電所区間内に回生ブレーキ電力を使用する列車が運行するための列車ダイヤ設定上の調整が必要であるが、本調査では調整策について未検討のため、以下推計には、回生電力分の削減量は含まれない。

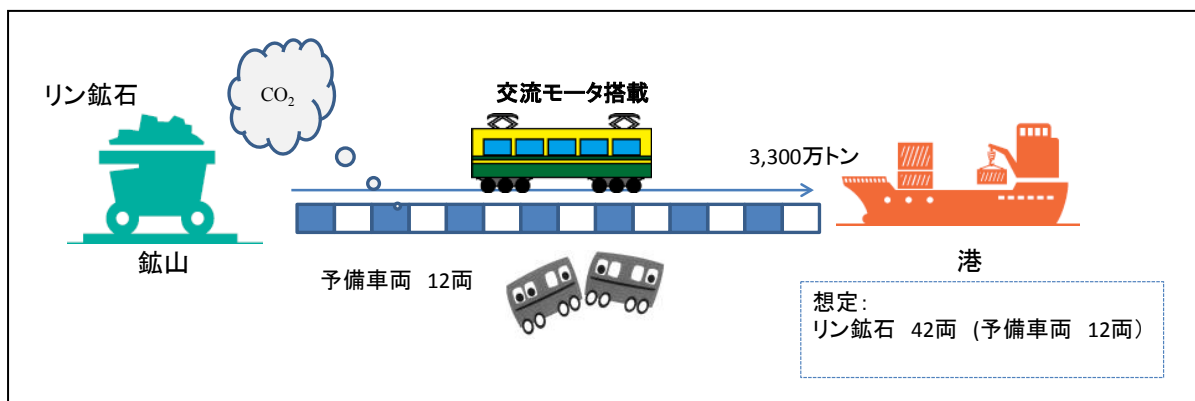
ケース③：プロジェクト実施により、南軸において増量が見込まれる 6,000,000 t 分を含め、全てのリン鉱石を、リハビリテーションにより直流駆動から交流駆動へと置き換えられ、機能向上が実現した日本製電気機関車によって輸送するものとし、リン鉱石輸送に必要と推計される 30 両を除く 12 両は一般貨物の輸送を行う。



出典：調査団

図 8.6 プロジェクトシナリオ③図

ケース④：リハビリテーション後の交流駆動の日本製電気機関車 42 両全てが、リン鉱石輸送に使用される（予備車両 12 両含む）



出典：調査団

図 8.7 プロジェクトシナリオ④図

表 8.3 CO₂ 排出量削減効果の定量化に用いるデータ (プロジェクト排出量)

項目	データ種類・内容	数値	情報源
P_{pj}	リン鉱石輸送量 (2020 年推定量・ton/年)	33,000,000	調査団
efficiency	既存機関車に対するリハビリテーション後機関車の消費電力の割合 (%)	80 ³¹	経済産業省

出典：調査団

プロジェクト排出量 $PE = \text{efficiency} \times E_{\text{Lelec}} \times EF$

リハビリテーションにより、起動時から抵抗器を使用せず VVVF 駆動となることで電力ロスを無くす交流駆動機を搭載することで、およそ 20% の消費電力削減が実現可能と仮定し、プロジェクトシナリオ①および②について、各々以下のとおり排出量を算出する。

プロジェクトシナリオ③

➤ リン鉱石輸送排出量

$$PE = \left[97,000,000 \text{ kWh} \times \left(\frac{33,000,000 \text{ ton}}{27,000,000 \text{ ton}} \right) \right] \times (1 - 0.2) \times 730 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}}$$

$$PE_{ph} = 68,000 \text{ t-CO}_2 \quad \text{-----f}$$

➤ その他貨物輸送排出量

$$PE = [18,000,000 \text{ kWh}] \times (1 - 0.2) \times 730 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}}$$

$$PE_{ca} = 11,000 \text{ t-CO}_2 \quad \text{-----g}$$

以上により、プロジェクトシナリオ③の排出量は以下のとおりとなる。

プロジェクト排出量③

$$\text{f+g } PE = 79,000 \text{ t-CO}_2$$

³¹ 脚注 29 「表 4-2 既存機関車とリハビリ・新造機関車の消費電力量」の消費電力数値差の平均値。リハビリテーション前後での電気機関車の走行性能（モータ出力、牽引力、速度性能など）には変化がないようにリハビリテーション後の機関車を設計。貨物列車の長さ、総重量（機関車と貨車の自重＋リン鉱石）から、走行抵抗値と勾配抵抗値の試算、これら抵抗値を上回って列車を走行させるために必要な牽引力の試算を行い、リハビリテーション前後の電気機関車でこの牽引力を出すために必要な電力量（消費電力量）を算出したもの。

	区間		方向	消費電力量		削減率
				既存機関車 (kWh/train)	リハビリテーション後機関車 (kWh/train)	
北軸	シディダウィ	カサブランカ港	UP	1,532	1,176	77%
			DOWN	5,794	4,690	81%
	ベニディール	カサブランカ港	UP	1,042	848	81%
			DOWN	5,255	4,352	83%
	シディダウィ	ジョルフ・ラスファール港	UP	2,328	1,745	75%
			DOWN	7,206	5,770	80%
	ベニディール	ジョルフ・ラスファール港	UP	2,004	1,481	74%
			DOWN	6,773	5,439	80%
南軸	シディアズーズ	サフィ	UP	1,342	1,009	75%
			DOWN	4,706	3,376	72%

プロジェクトシナリオ④

➤ リン鉱石輸送排出量

$$PE = \left[97,000,000 \text{ kWh} \times \left(\frac{33,000,000 \text{ ton}}{27,000,000 \text{ ton}} \right) \right] \times (1 - 0.2) \times 730 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}}$$

$$PE_{ph} = 68,000 \text{ t-CO}_2 \quad \text{-----h}$$

以上より、プロジェクトシナリオ④の排出量は以下のとおりとなる。

プロジェクト排出量④

$$\text{h } PE = 68,000 \text{ t-CO}_2$$

前述の算定式および条件に基づき計測した結果に基づいて、本事業実施によるリン鉱石輸送時の CO₂ 排出削減量は、プロジェクト実施前後の比較により以下のとおり算出した。

表 8.4 CO₂ 排出削減量(単位：t-CO₂/年)

ケース	シナリオ		排出削減量
	ベースライン	プロジェクト	
30 両：リン鉱石輸送 12 両：一般貨物輸送	① 103,782	③ 79,000	24,782
42 両：リン鉱石輸送	② 80,850	④ 68,000	12,850

出典：調査団

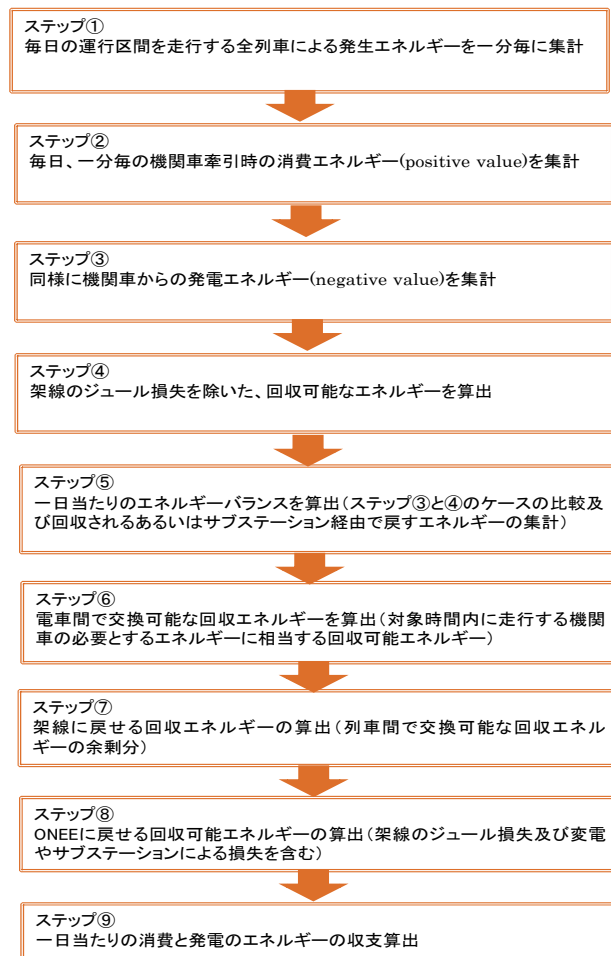
本事業実施によるリン鉱石輸送時の CO₂ 排出削減量は、ベースライン①とプロジェクト③の差分である 24,782 t-CO₂/年が最大値となり、ベースライン②とプロジェクト②の差分である 12,850 t-CO₂/年が最小値となる。

ONCF 全体の 2013 年における年間使用電力量 305.6 百万 kWh から算出される CO₂ 排出量がおおよそ 223,000 t-CO₂/年であり、本プロジェクト実施による CO₂ 排出削減量はそのうちのおよそ 11% 減のインパクトとなる。

(3) 回生電力に関する基礎的要件と可能性予備調査

本事業においては、リハビリテーション項目として、回生ブレーキシステムの導入が予定されているが、2011 年に ONCF は北軸の Oued Zem – Sidi El Aidi 間を走行する E1100 形式 12 両、E1200 形式 8 両および E1350 形式 9 両を対象³²に電力回生の可能性について調査を実施し、以下の図に示す手順で 1 年間のデータ計測の上、一日当たりの消費と発電エネルギーの収支を求め、回生ブレーキによる回収可能エネルギー値を求めている。

³² 脚注 33 の報告書においては、計測対象車両はリン鉱石及び旅客輸送を行っていると記載されているが、本調査によれば、対象の 3 機種はいずれもリン鉱石を含む貨物運搬用として運行している（本調査報告書 p2-24 表 2.15 参照）。



出典：ONCF の報告書を基に調査団作成

図 8.8 回生電力算定手順

調査結果の報告書³³においては、上記方法による 2011 年 1 年間の計測に基づき、回収可能なエネルギー値は現行消費電力の 19.9%であると算出している³⁴。回生ブレーキの導入によりそのうちの 10.3%分が電車で交換利用可能となり、さらに対象路線内の変電所にインバータを追加設置すれば、残分 9.6%をモロッコ国営電力・水道公社 (ONEE: Office National de l'Electricite et de l'Eau Potable) の 60kV のグリッドへ戻すことが可能であると示されている³⁵。

³³ Etude préliminaire de base et de faisabilité pour la récupération d'énergie entre Oued Zem et Sidi El Aidi (2011), ONCF/ICP

³⁴ 同報告書 p48 及び本調査報告書表 8.5 参照

³⁵ 同報告書 p73-74

表 8.5 対象区間の 2011 年エネルギー消費量と回収可能エネルギーの比較

2011 年 月	エネルギー消費量(kWh)		
	回収可能 エネルギー	消費電力量	回収可能率 (%)
1 月	761,331	3,134,197	24.3
2 月	591,791	2,972,509	19.9
3 月	639,107	3,161,850	20.2
4 月	580,080	3,168,756	18.3
5 月	557,875	2,923,456	19.1
6 月	570,144	3,119,466	18.3
7 月	619,838	3,294,470	18.8
8 月	626,064	3,074,695	20.4
9 月	580,115	3,103,958	18.7
10 月	629,207	3,091,865	20.4
11 月	563,161	2,919,792	19.3
12 月	666,904	3,166,099	21.1
合計	7,385,616	37,131,113	19.9

出典：ONCF の報告書を基に調査団作成

回生ブレーキ導入によるエネルギー効率向上のために、ONCF の現行システム内で、回生電力を使用する列車の運行を可能とするダイヤ設定及び一般送受電回線へ戻すための必要設備の設置が実施され、かつ ONCF と ONEE との間で売電契約が行われるなどの条件が整えば、直流駆動から交流駆動への変換に伴う消費電力削減に加え、更に 20%程度の消費電力削減及び CO₂ 排出量削減効果が期待できる。

(4) 排出量削減のポテンシャル

前述の通り、リハビリテーションによる交流駆動化により、最大で 24,782 t-CO₂/年の排出量削減が見込まれる。加えて、回生ブレーキ導入によるダイヤ改正が実現すれば、電車間で交換利用が可能となるエネルギーの排出削減量の概算は 10,376 t-CO₂/年³⁶、また ONEE のグリッドへ戻すことが可能なエネルギーの排出削減量の概算は 9,671 t-CO₂/年³⁷となり、最大排出削減量は 44,829 t-CO₂/年が見込まれる。

以上のことから、本事業の効果として、日本製電気機関車の機能向上による GHG 排出量の削減効果が認められ、円借款供与条件の優先条件「環境」を満たすとして日本政府に説明が可能と思われる。

³⁶ 日本製電気機関車運行に係る使用電力量 2013 年実績値(115,000,000kWh)×2020 年増加見込み(1.2)×10.3%×排出係数(0.00073)

³⁷ 115,000,000kWh×1.2×9.6%×0.00073

第9章 事業効果の算定

9.1 運用・効果指標の算出

本事業によるリハビリテーションを実施することで、日本製電気機関車の機能維持・機能向上による輸送力増強、及び消費電力量削減が期待されるため、事業の運営状況を定量的に測る指標（運用指標）及び効果発現状況を定量的に測る指標（効果指標）として以下を設定する。

なお、現在旅客用として運行している 12 両の E1250 形式が、本事業実施により、リン鉱石及び一般貨物の輸送用に変更されることが予定されているが、定量的評価においては、リン鉱石輸送に係る数値を用いて評価を行うこととする。

表 9.1 運用・効果指標（定量的評価）

指標		単位	基準値（2013 年実績値）		目標値（事業完了 2 年後：2020 年を想定）
運用	日本製電気機関車の稼働率	%	64.3 ³⁸		90
	貨物輸送量 ³⁹	ton-km/日	北軸	10,900,000 ⁴⁰	10,900,000 ⁴¹
			南軸	2,400,000	12,400,000
	機関車運行数 ⁴²	本/日	北軸	15~17	4,000,000
			南軸	10	13~15
効果	貨物輸送による収入	MAD/年	1,689.9 百万 (2012 年実績 ⁴³)		1,845.8 百万 ⁴⁴ 2045.4 百万
	1 両当たり年間故障件数	件/年	11 ⁴⁵		3.3
	消費電力量の軽減率	%			20

出典：調査団

³⁸ ONCF 提供データ

³⁹ 基準値は ONCF2013 年間実績を日割りで算出した数値。目標値は需要予測輸送量(本調査報告書 3-7)より算出。%は 2013 年輸送実績値より算出した数値。

北軸：Sidi Daoui/Beni Idir – Casa Port 170 km×(18,000,000 ton×38% / 365 日) = 3,185,800 ton-km/jour
Sidi Daoui/Beni Idir – Jorf Lasfer 252 km×(18,000,000 ton×62% / 365 日) = 7,704,900 ton-km/jour

南軸：Youssofia – Safi 87km×(12,500,000ton×58% / 365 日) = 1,728,081 ton-km/日
Sidi Axxouz – Safi 159 km×(12,500,000 ton×42% / 365 日) = 2,287,056 ton-km / 日

⁴⁰ 現行では、一部フランスからリースした車両を投入して輸送した分を含む。

⁴¹ 北軸の現行の輸送ルートは、カサポール行とジョルフ・ラスファール行の 2 つがあるが、近い将来ジョルフ・ラスファールに集結させる計画がある（本調査報告書 3-5 参照）。ジョルフ・ラスファールの方が鉱山からの距離が長いので、現行通り 2 ルートを利用する場合と、ジョルフ・ラスファール行のみの場合に分けて算出。
現行の 2 ルート利用の場合：上記脚注 2 の北軸分合計 3185,800 + 7,704,900 = 10,900,000
ジョルフ・ラスファール行のみとなった場合：252 km×(18,000,000 ton / 365 日) = 12,400,000

⁴² 本調査報告書 3-7 表 3.7 参照

⁴³ 本調査報告書 9.3.3.(1)10 参照

⁴⁴ (10,800,000 + 4,000,000) トン・km/日 × 0.3417MAD/トン・km × 365 日、
(12,400,000 + 4,000,000) トン・km/日 × 0.3471MAD/トン/km × 365 日
運賃の単価については本調査報告書エラー！参照元が見つかりません。参照

⁴⁵ 本調査報告書 4-5 図 4.1 参照

上記指標に係る測定・記録については、いずれも実施機関である ONCF の通常業務の中で実施されている内容であるが、本事業の事後評価に向け、定期的（1 年に一度程度）に該当データを蓄積し、事業主が目標値の達成状況を把握しておく必要がある。

9.2 定性的効果の確認

本事業により、日本製電気機関車の機能維持・向上が実現することによってもたらされる効果について、量的な観点のみならず、質的な観点から評価を実施するために、以下の確認事項を設定する。

表 9.2 定性的効果の確認事項

指標	確認方法	調査対象	頻度
運行信頼性向上	運行計画担当者、輸送貨物の荷主へのアンケート調査	運行計画担当部署、貨物荷主	事業開始前に 1 回・目標年に 1 回
運転士労働環境の向上	運転士へのアンケート調査	運転士	事業開始前に 1 回・目標年に 1 回

出典：調査団

リハビリテーションを実施することにより、日本製電気機関車の運行信頼性が向上し、運転士の労働環境が良くなることが期待される。各指標について、事業開始前及び目標年に受益者調査を実施することで、事業効果を定性的に評価する。

モロッコは、世界最大のリン資源保有国であり、リン鉱石の採掘・輸出、およびリン鉱石を原料としたリン酸・リン系肥料の製造・輸出が、モロッコの社会・経済に及ぼす影響は大変大きいといえる。そのため、内陸地にあるリン鉱石採掘場から輸出港及び製造工場までの輸送能力向上は、モロッコおよび ONCF にとって、実現が不可欠な取り組みである。

また、モロッコにおいては、ディーゼル油の小売価格が上昇傾向にあり⁴⁶、さらに、ONEE が慢性的な赤字体質という環境下でありながら、国内の電力需要が増加傾向にあることから、これまで国の政策として据え置かれている電気料金改定の可能性が高いと見込まれている⁴⁷。以上のことから、ONCF における、電気機関車運行に係る電気料金及び、仮にトラックによる一部貨物の輸送が必要となった際の燃料費の負担が増大することは必須である。ONCF 全体の 2013 年 1 年間の電力使用料はおよそ 90.7 百万 MAD⁴⁸であることから、20%の消費電力削減が実現すれば、約 18 百万 MAD の電力使用料の削減も見込める⁴⁹ため、本事業における電気機関車の稼働率の向上、消費電力量の削減による効果が期待できるであろう。

⁴⁶ L'Opinion 紙, 2014.2.17 付

⁴⁷ La Vie eco 紙, 2014.3.4 付

⁴⁸ ONCF 提供データ

⁴⁹ モロッコにおける電気料金の設定は時間帯等により単価が異なることから、ここでは一律に 20%削減したと仮定して算出した。

9.3 経済・財務内部収益率（EIRR・FIRR）の算出

9.3.1 前提条件

本項では、ここまで示してきた事業の実施計画の実行可能性を経済的な視点と財務的な視点から確認するための分析を実施する。経済分析・財務分析に共通する前提条件は以下の通りである。なお、本分析はシナリオ B（ヶ月）、シナリオ C（ヶ月）で実施した。

（1）評価期間

経済分析と財務分析の双方のケースにおいても、事業期間は 15 年間とする。これは、リハビリテーション事業により、機関車の経済的な寿命が 15 年間であることによるものである。

（2）為替レート（再掲）

為替レートは、前述したとおり、以下の通りのレートを利用する。

- 米ドル／日本円 1 USD＝103.94 JPY
- 米ドル／モロッコ MAD 1 USD＝8.15 MAD
- モロッコ MAD／日本円 1 MAD＝12.75 JPY

（3）分析対象事業

経済・財務分析においては、ONCF のリン鉱石貨物の輸送事業のみを分析対象とする。本事業は、リン鉱石貨物の輸送事業のみならず、一般貨物輸送事業や旅客事業にも影響を及ぼし得るものであると考えられる。しかし、その影響度合いを定量的に把握することは困難であるため、これらの事業への影響については、定量的な分析の対象とはしない。

9.3.2 経済分析

（1）With ケースと Without ケースの設定

経済分析においては、本事業を実施した場合（With ケース）と実施しなかった場合（Without ケース）の便益と費用の差分に基づき、モロッコの国民経済の観点から、本事業の経済的妥当性を確認する。

ここで、Without ケースは、以下の通り設定する。

- 本事業実施完了予定である 年 月時点以降は、全てのリハビリテーション事業の対象機関車の供用ができなくなり、ONCF によるリン鉱石の輸送事業の運営は不可能となる。その結果、ONCF はリースで機関車を調達する⁵⁰。

すなわち、With ケースと Without ケースの違い（差分）は、端的に、リハビリテーション事業とリース事業の費用の差となる。

⁵⁰ 2019 年 5 月までにリハビリテーション事業を実施しなかった場合、経済的には供用が不可能と仮定しているものであり、技術的見地に基づくものではない。

(2) 社会的割引率

モロッコにおいて、標準的に社会的割引率が設定されていることはない。そこで、既存のデータに基づき、経済分析にあたっては、4%を社会的割引率として利用する。

具体的には、次の通り、試算している。ONCF の長期（10～15 年）の借入利率（名目）は 4.86～5.11%⁵¹となっている。これは、モロッコ政府の保証に基づく利率であり、国債の長期利回りに近似するものと考えられる。一方、上述したとおり、本調査においては、将来のインフレ率を 1.00%と設定している。ここで、フィッシャー方程式により、

$$\text{実質利回り} = \text{名目利回り} - \text{期待インフレ率}$$

であることから、ONCF の長期借入金の実質利回り（≒モロッコ国債の長期実施利回り）は 3.86%～4.11%と推計される。

社会的割引率については、国債等のリスクの少ない債権の実質利回り等を参考とすることが一般的であることから、本調査では、ONCF の長期借入金の実質利回り（≒モロッコ国債の長期実施利回り）の概ねの中間値である 4%を社会的割引率として利用する。

(3) 経済価格

経済分析にあたっては、税金（VAT）や補助金等を控除した経済価格を用いる。市場価格に基づき経済価格を算出する際には、便宜的に VAT の税率（20%）を市場価格から控除する。

(4) 費用

上述した事業費のうち、経済価格相当分を用いて算出した。ただし、O&M 費用については、リハビリテーション事業に係る機関車の O&M 費に加えて、ONCF 全体の輸送事業におけるリン鉱石事業の O&M 費分を考慮した。具体的に、ONCF 全体の輸送事業の O&M 費のうち、リン鉱石事業の有無により変動すると明確に考えられる原材料費、エネルギー費の 2010-2012 年の 3 年間の平均値（2012 年価格で、934.3 百万 MAD/年（VAT 込み））を、ONCF の全体の輸送事業に占めるリン鉱石貨物輸送事業の収入割合（49.08%）で按分した値（2012 年価格で 382.1 百万 MAD/年（VAT 抜き））を負担するものとした。

(5) リース料率

Without ケースにおける毎年のリース料については、以下の数式を用いて算出した。

$$[\text{毎年のリース料}] = (1 + [\text{リース料率}]) \times ([\text{初期費用}] \div [\text{経済的耐用年数}] + [\text{O\&M 費用}])$$

ここで、42 両調達の初期費用は 24,612 百万円、新規の機関車の経済的耐用年数は 35 年、O&M 費用は、初期費用の 5%と設定した。また、リース料率については、標準的な値として 20%を用いた（ベースケース）⁵²。ただし、リース事業者との契約形態等により大きく異なるため、リース料率が 0%、5%、10%、30%、40%のシナリオについても感度分析を実施した。

⁵¹ ONCF 提供資料による。

⁵² 毎年の O&M 費用が初期費用の 5%であると仮定すると、耐用年数 35 年の車両を 15 年間リースする事業のリース会社における IRR は、リース料率が 20%の場合、9-10%程度となる。モロッコのリスクフリーレート（実質の国債利回り 4%）やインフレ率（1%）に、民間（リース会社）のリスクプレミアム等を考慮しても、9-10%という IRR は適切な水準であると考えられる。そのため、ここでは、リース料率 20%をベースケースとした。

(6) 分析結果

1) ベースケース（リース料率 20%）

以下に、経済分析の結果を示す。シナリオ B の場合、EIRR は %、B/C も 、シナリオ C の場合、EIRR は %、B/C も と、両シナリオにおいて、本事業の経済性は十分にあるものと評価できる。

表 9.3 経済分析（シナリオ B）

非公開

表 9.4 経済分析（シナリオ C）

非公開

2) リース料率の感度分析

前述した通り、リース料率については感度分析を行った。その結果、リース料率が最低の 0% であっても、EIRR は % 程度であり、B/C も 以上となっていることから、リース料率の大小を考慮しても、本事業の経済性は十分にあるものと評価できる。

表 9.5 経済分析（リース料率に応じた感度分析）

非公開

9.3.3 財務分析

(1) 前提条件

財務分析にあたっては、以下の通り、条件を設定している。

1) 資金調達方法

リハビリテーション事業にかかる事業費のうち、円借款の供用を受けることが可能な費用に対しては、円借款により資金調達されるものと設定し、それ以外の費用については、ONCF の自己資金が充当されるものと設定した。

2) 円借款の想定供与条件

モロッコが属する中所得国に適用されうる以下の条件を用いた。

- 適用金利：0.30%（優先条件（環境）・固定金利・基準）
- 償還期間：40 年間（うち、据置期間 10 年間）
- 調達条件：アンタイド

3) 建中金利（再掲）

JICA 共通基準に準じて、本体事業分に対しては 0.2%/年、コンサルタント 0.1%/年と設定した。

4) インフレ率（再掲）

JICA 共通基準に準じて、内貨分（MAD）に対しては 1.0%/年、外貨分（JPY）に対しては 1.3%/年と設定した。

5) 短期借入金

本事業単体で、資金がショートした場合に必要な短期借入金は、ONCF の自己資本によってまかなわれるものとし、短期借入金は発生しないものとした。

6) 付加価値税 (VAT) 率 (再掲)

20%と設定した。

7) 輸入税

20%と設定した (VAT が含まれるものと設定した)。

8) 法人税

ONCF は非課税主体であり 0%と設定した。

9) 減価償却期間

リハビリテーション事業による機関車の供用延長期間は 15 年間であることから、工事完了 (年 月) 翌年から、本事業による機関車の資産価格の増額分は、15 年間にわたって費用化されるものとした。

10) 運賃

リン鉱石輸送事業の運賃については、OCP と ONCF の毎年の交渉により、毎年の燃料代や輸送実績等に基づき決定されるものである。本調査では、毎年の交渉結果に依拠するものである点や今度の輸送量の伸び等に鑑み、最低でも、2012 年水準の運賃は事業期間にわたって確保されうるものと考えた。他方、スラリー・パイプライン等の整備により、リン鉱石の鉄道輸送シェアが低下すること等もリスク要因として存在するため、当該リスクを考慮すべく、財務分析の実施にあたっては、2012 年水準の運賃の 10%をリスク分として考慮し、2012 年水準の運賃の 90%の収入をベースとした (ベースケース)。なお、運賃収入がそれぞれ 0%、5%、15%、20%低下した場合についても感度分析を実施した。

11) O&M 費

O&M 費用については、リハビリテーション事業に係る機関車の O&M 費に加えて、ONCF 全体の輸送事業におけるリン鉱石事業の O&M 費分を考慮した。具体的に、ONCF 全体の輸送事業の O&M 費 (減価償却費と租税を除く) を 2010-2012 年の 3 年間の平均値 (2012 年価格で、2,345.03 百万 MAD/年) を、ONCF の全体の輸送事業に占めるリン鉱石貨物輸送事業の収入割合 (49.08%) で按分した値 (2012 年価格で 1,151.0 百万 MAD/年) を負担するものとした。

12) その他

工事完了後に発生するコンサル費は、本事業の収益から拠出されることとした。すなわち、工事完了後に発生するコンサル費のための資金は、円借款によらないものとした。

（2）財務的内部収益率（FIRR）の算出結果

まず、資金調達コストを考慮せず、毎年の実質ベースの事業費と収入のみのバランスから、財務的内部収益率（FIRR）に基づき、事業自体の財務的な実施可能性を確認した。

1) ベースケース

結果を下表に示す。シナリオBおよびシナリオCのFIRRはそれぞれ %、 %であった。いずれのシナリオにおいても、本リハビリテーション事業は財務的に十分に実施可能な事業であるものと評価できる。

表 9.6 財務分析（実質ベース：キャッシュフロー）：シナリオB

非公開

表 9.7 財務分析（実質ベース：キャッシュフロー）：シナリオ C

非公開

2) 感度分析

ONCF における運賃収入について FIRR の感度分析を実施したケースを以下に示す。スリーラインパイプラインの開通等により収入が 20%程度減少したとしても、財務的には実行可能な事業であるといえる。

表 9.8 財務分析：FIRR の感度分析

非公開

(3) キャッシュフロー評価

次いで、円借款の元本返済や利払い、減価償却費等を考慮した、名目ベースのキャッシュフローから、本事業の財務的な実施可能性を評価する。

1) ベースケース

以下に結果を示す。シナリオ B のプロジェクト IRR は %、デットサービスカバーレシオ (DSCR) も概ね十分に大きく、財務的な面から十分に実現可能な事業であると評価できる。シナリオ C においてもプロジェクト IRR は %であり、DSCR についても概ね十分に大きく、財務的な面から十分に実現可能な事業と評価できる。

表 9.9 財務分析（名目ベース）：シナリオ B

非公開

表 9.10 財務分析（名目ベース）：シナリオ C

非公開

2) 感度分析

ONCF における運賃収入について感度分析を実施し、プロジェクト IRR を算出した。

表 9.11 財務分析：プロジェクト IRR の感度分析

非公開

9.3.4 まとめ

(1) 経済・財務分析の結果の留意点

事業単体の経済・財務分析の結果から、リハビリテーション事業は財務的・経済的に十分実施可能性のある事業であると評価できる。ただし、円借款の供与にあたっては、ONCF の財務状況そのものについて留意する必要がある。例えば、ONCF の収入自体は、ONCF の他の事業（旅客事業や一般貨物事業）と共有されていたり、他の事業との相互依存性があるものと考えられる。円借款の供与にあたっては、本事業の経済・財務状況のみならず、ONCF 全体の財務状況に鑑み、与信判断を行う必要がある。

(2) 新車購入との比較

参考として、機関車のリハビリテーションを行う代わりに新車の機関車を導入した場合の妥当性について検討した。以下、詳述するが、車両リハビリテーション工事費（初期費用）の観点、経済分析の観点、財務分析の観点のいずれの観点からもリハビリテーション事業のほうの優位性が高いものと評価できる。

1) 車両リハビリテーション工事費（初期費用）の観点

まず、日本製電気機関車 42 両のリハビリテーション工事費の妥当性を判断するために、新車購価格、耐用年数による換算値からリハビリテーション費用の妥当性を試算した。

<前提条件>

- E1400 形式の購入価格実績：42 百万 MAD
(3.75 百万 Euro ; ONCF とアルストム社間の契約金額、2007 年)
- プライスエスカレーション：1.3%
- 新車耐用年数：35 年、リハビリテーション後の使用期間：15 年

<計算式>

$$\frac{\text{リハビリテーション後の使用期間}}{\text{新車耐用年数}} \times \text{新車価格} \times \text{リハビリテーション両数} \\ = \text{リハビリテーションの合理的金額}$$

<リハビリテーション事業の合理的な金額の算出>

- 新車購入の金額（2014 年換算）
 1 両あたり： 42 百万 MAD $\times (1.013)^7 = 45.577$ 百万 MAD
 42 両分： 45.577 百万 MAD $\times 42$ 両 = 1,914.2 百万 MAD
- リハビリテーション事業の合理的な金額
 合理的な金額：15 年/35 年 $\times 45.577$ 百万 MAD $\times 42$ 両 = 820 百万 MAD[※]
 ※この金額には、予備費および 2014 年以降のプライスエスカレーションは含まない。

非公開

リハビリテーション事業の工事費については、新車購入時と比較したリハビリテーション工事の妥当な金額水準以下におさまっている。従って、リハビリテーション事業は新車購入と比較して、車両リハビリテーション工事費（初期費用）の面から有意であるといえる。

2) 経済分析の観点

次いで、新車導入時の EIRR を算出した。その際に設定した主な条件は以下の通りである。

- 新車 2020 年までに 42 両を調達するものとする。
- O&M 費用は工事費用の 5%とする。

その結果、EIRR は 4.41%、B/C は 1.03 であった。社会的割引率が 4%であり EIRR はわずかに上回る点、B/C は 1 をわずかに超えている点に鑑みると、新車シナリオは十分な経済性を有しているとの評価は難しい。リハビリテーション事業実施時の EIRR である %程度の水準と比較すると、経済性の観点から、リハビリテーション事業の方が新車購入よりも有利であるものと評価できる。

表 9.12 経済分析（新車シナリオのキャッシュフロー）

		リース料率＝		20.00%		
		DR＝		4.00%		
				(MAD)		
年次	事業費	O&M費用（※負値の場合は 供給者便益）	便益	キャッシュフロー	現在価値（2014年基準）	
2015	148,488,688	0	0	-148,488,688	費用	便益
2016	445,466,063	0	0	-445,466,063	142,777,584	0
2017	445,466,063	0	0	-445,466,063	411,858,417	0
2018	445,466,063	-78,002,017	0	-367,464,047	396,017,708	0
2019	445,466,063	-156,004,034	0	-289,462,030	380,786,258	66,676,451
2020	0	-182,004,706	0	182,004,706	366,140,633	128,223,944
2021	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	143,840,963
2022	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	138,308,618
2023	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	132,989,056
2024	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	127,874,092
2025	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	122,955,858
2026	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	118,226,786
2027	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	113,679,602
2028	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	109,307,310
2029	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	105,103,183
2030	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	101,060,753
2031	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	97,173,800
2032	0	-182,004,706	0	182,004,706	0	93,436,347
2033	0	-104,002,689	0	104,002,689	0	89,842,641
2034	0	-26,000,672	0	26,000,672	0	49,364,088
Total	1,930,352,941	-2,730,070,588	0	799,717,647	0	11,866,367
					1,697,580,600	1,749,929,859
					IRR＝	4.41%
					NPV＝	52,349,260
					B/C＝	1.03

出典：調査団

3) 財務分析の観点

最後に、財務分析の観点から、リハビリテーション事業と新車導入ケースを比較した。財務分析にあたって、新車導入のための資金は、ONCF が市中銀行からのローンにより資金を調達するものと仮定した。返済期間と借入金利は、ONCF の直近の債権の発行状況等に鑑み、返済期間 10 年間、金利は年利 5%と仮定した。また、評価期間期末の車両の残存価値については、売却益として収入に計上している。

その結果、新車導入時の FIRR（実質ベース）は 15.15%、キャッシュフローをベースとしたプロジェクト IRR は 9.44%であり、リハビリテーション事業（FIRR（実質ベース）は % 程度、プロジェクト IRR は %程度）よりも低かった。従って、財務面からもリハビリテーション事業の方が優位性のあるものと評価できる。

表 9.13 財務分析 (新車シナリオ・実質ベース)

(MAD)

年次	事業費	O&M費用	収入	キャッシュフロー
2015	178,186,425	0	0	-178,186,425
2016	534,559,276	0	0	-534,559,276
2017	534,559,276	0	0	-534,559,276
2018	534,559,276	562,961,631	738,800,139	-358,720,768
2019	534,559,276	1,125,923,262	1,477,600,277	-182,882,261
2020	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2021	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2022	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2023	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2024	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2025	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2026	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2027	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2028	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2029	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2030	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2031	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2032	0	1,313,577,139	1,723,866,990	410,289,851
2033	0	750,615,508	985,066,851	234,451,344
2034	0	187,653,877	1,239,019,654	1,051,365,777
Total	2,316,423,529	19,703,657,082	26,850,757,791	4,830,677,179

IRR=	15.15%
------	--------

出典：調査団

表 9.14 財務分析（新車シナリオのキャッシュフロー・名目ベース）

非公開

第 10 章 事業実施上の留意点及び提言

10.1 事業実施上の留意事項

本事業の目的は、今後さらに 15 年間の日本製電気機関車の使用期間を延長する事であり、そのため本調査ではリハビリテーションの対象となる電気品、機械品等の検討を行うと共に、モロッコ内での作業場所の検討等を行った。

本事業が円借款事業として実施される場合、円滑な実施に直接的な影響を与えと考えられる留意すべき事項は以下の通りである。

- 1) コンサルタント雇用及びリハビリテーション工事に係る機器・サービスの調達に際しては、ONCF は JICA の標準入札図書の使用をはじめ、JICA のコンサルタント雇用ガイドラインおよび調達ガイドラインに即して、各種準備手続きを迅速に実施する必要がある。
- 2) ONCF が入札図書を作成する際、施工場所について、EMIC、SCIF におけるそれぞれの条件（使用可能な施工スペース、設備機器など）を入札図書に明記する必要がある。
- 3) ONCF が本事業を早期に開始する観点で、入札補助のコンサルタントは雇用せずにコントラクター選定を独自で実施する場合（シナリオ B）においても、本事業を円滑に実施するためには、円借款事業の施工管理に精通しているコンサルタントの雇用を行う必要がある。（下記 4）および 5）の観点からも、本項目のコンサルタント雇用がきわめて重要・有効。）
- 4) リハビリテーション工事がスケジュール通りに実施されるためには、ONCF は常に工事に必要な両数の機関車を計画的に運用離脱させて、コントラクターに提供する必要がある。
- 5) リハビリテーション工事において EMIC を活用する場合には、定期検査との競合を避けるための調整を ONCF とコントラクターが綿密に行う必要がある。

10.2 技術的実現可能性

10.2.1 リハビリテーション計画

日本の円借款事業によって、25～35 年以上前に納入された日本製の 42 両の電気機関車をリハビリテーションするに当たって、以下の技術的観点からリハビリテーション作業の実現可能性について確認した。

(1) リハビリテーション計画の基本方針

リハビリテーションの基本的な目的の一つは、今後 15 年以上の使用期間の延長である。このため、新製時の機能に極力近い状態にもどし、経年による故障の頻発を抑え、稼働率を向上させることである。この機能維持は通常機器や部品を新製時と同等のものに取り換え・更新を行うことで達成される（機能維持）。

また、新製から 30 年以上が経過しており、その間の技術の進展などにより、新製時に用いられ

たシステムや機器は陳腐化し、現在ではほとんど製造されていない、あるいは部品の供給等も停止しているものなどもある。一方、より機能の高いシステムや機器が供給されている場合もある。このような場合には、単に新製時と同等の機器に置き換えるのではなく、機能の高い（信頼性、省エネルギー性、快適性の向上等）システムや機器に置き換え、使用期間の延長とともに機能向上を図ることが可能である（機能向上）。

また、今回のリハビリテーションでは E1250 形式の用途を客車用から貨物列車用への用途変更も検討されている（用途変更）。

これらを踏まえ、本リハビリテーション計画は、次の 3 つの施策により成り立っていると整理することができる。

1. 機能維持：使用期間の 15 年延長および稼働率の向上
2. 機能向上：信頼性、省エネルギー性、快適性などの向上
3. 用途変更：E1250 形式の電気機関車を客車用からリン鉱石輸送が可能な貨物列車用に変更

本事業の目的およびモロッコから要請内容、ヒアリングによる要望調査、実際の機関車の状態調査等に基づき、延命化・機能向上・用途変更等に対し技術的視点から策定したリハビリテーション項目を積み上げると、以下の表に示す通りとなる。

表 10.1 リハビリテーションの具体的な項目

目的	更新機器項目
機能維持	機器・部品の全般検査相当の整備（屋根周りの補修、修繕または劣化・消耗部品の取換え） ● 機械品：コンプレッサ、基礎ブレーキ、プロアなど ● 台車（E1100/E1200 形式）：輪軸、動力伝達装置、ギアケースなど ● 車体
機能向上	主電動機の AC 化および主制御装置の VVVF 化
	回生ブレーキシステムの導入
	補助電源装置（SIV、MG）の取換え
	運転室整備（空調装置の取り付け）※
	運転室整備（計器、表示器の整備）
	運転台整備（日除けの改良、風雨の侵入防止対策）
	駐車ブレーキの取付け※
用途変更	台車および動力伝達装置の整備（E1250 形式）

※：予算の制約で事業費の削減を図る場合、オプションとして考慮した項目

出典：調査団

なお、上表に示す※の 2 項目は、予算の制約で事業費の削減を図る場合に、本事業の効果発現に影響が最も少ないと考えられるものである。

これらのリハビリ事業を行う事により、今後 15 年以上の使用期間の延長が出来ると共に、電気機関車の故障の発生を削減することに貢献すると共に、維持管理費の削減に貢献することになる。

(2) リハビリテーション工事場所

リハビリテーション工事は、車体と台車の分離・組立て及び古い機器の撤去・新しい機器の再取

付けを行うものである。その工事場所は、天井クレーンが設置されており、また、溶接、旋盤などの機械加工を行う十分な設備が整っている必要がある。また、効率よくリハビリテーション工事を実施し、可能な限り機関車を本線復帰させるためには、同時に 3 両程度の工事が行えるスペースを確保する必要がある。

これらの条件を満たす工場として、最も可能性・現実性のある工場は EMIC と SCIF である。

EMIC では、通常の定期検査作業とリハビリテーション工事の競合を避ける必要があり、施工スペース上の制約が大きく、同時に 4 両以上の施工スペースの確保は困難であると考えられる。

一方、SCIF ではスペース上の大きな制約はないものと思われ、同時に 3 両あるいは 4 両分の施工スペースを確保することも可能であるものと考えられる。

従って、同時に 3 両の施工であれば、技術的にはどちらの工場でもリハビリテーション工事は可能である。

ただし、ONCF より作業スペースの提供や設備機器の使用を受けられる EMIC とは異なり、SCIF では作業スペースや設備機器の使用料支払いが必要となり、コストが割高となる、また DC3000 V のき電設備を ONCF と接続する必要がある、などの点について留意すべきである。

（3）リハビリテーション実施に必要な技術者

ONCF は 30 年以上にわたり、日本製電気機関車の維持管理を行ってきており、EMIC において分解を伴う重要部検査・全般検査を行っている。今般のリハビリテーション工事の基本的作業は全般検査とほぼ同じ技術が要求されるものであり、ONCF（EMIC）においてこれまでこれらの技術を取得してきた技術者であれば、リハビリテーション工事を実施する能力を十分に有していると考えられる。したがって、本事業では、ONCF の技術者 OB 及び鉄道工場において電気機関車の全般検査を実施した経験のある技術者を想定するものである。

また、SCIF は、客車のリハビリテーション工事だけでなく、これまでにアルストム社製電気機関車の組立て、貨車の製造の実績があり、技術者のレベルも高いものがあると推測されるが、本事業を実施する場合は SCIF 独自の技術者だけではなく、上記の技術者を活用することになると思われる。

なお、4 両同時のリハビリテーション工事を実施する場合では、同時に多くの経験のある技術者を必要とするが、EMIC と SCIF のいずれを問わず、その技術者の人数の確保には困難が伴うものと考えられる。

（4）機器の調達可能性

駆動制御装置や主電動機関連の基幹部品は、電気機関車を走行させるための最重要機器である。これらの機器は、単に新製時と同等の機器に置き換えるのではなく、現在、主流となっている機能の高い（信頼性、省エネルギー性、快適性の向上等）システムや機器に置き換える。その全てが発注により製造、調達が可能なのである。

ただし、最新の機器とリハビリテーション対象外の機器との接続及び整合性を担保する設計が必要であることに留意する。

機器の調達、原則としてモロッコ市場で調達可能なものはモロッコで調達するものの、最重要機器である基幹部品については機器間の整合性および信頼性、耐久性の観点より海外からの調達が望ましい。また、基幹部品以外の機械品（コンプレッサ等）は、モロッコにおいてモロッコ国外製品を調達することにより事業費の削減を図ることを推奨する。

a) モロッコ国内で調達可能な資機材

台車の機械製品（駐車ブレーキ、ギアケース、車輪、軸受、防振ゴム、フランジ塗油器他）、コンプレッサ、空気フィルタ、配線/配管等

b) 海外からの調達資機材

駆動電気製品（主電動機、主制御装置、ブレーキ抵抗器、フィルタリアクトル他）、補助電源装置、踏面ブレーキ装置、運転室機器（マスコン、パネル他）、台車（E1250 形式）等

以上の技術的実施可能性への所見は、本事業計画の持続性を十分に担保するものと言える。

10.2.2 E1250 形式の貨物用途への転用

E1250 形式は、最高運転速度 160km/h の旅客列車牽引用機関車として導入されたが、現在は老朽化による機能低下もあり、最高速度を低くして運行されている。特に、台車の亀裂が多発しており、安全運行および安定運行の両面から重大な懸念となっている。このことから、台車や動力伝達装置の抜本的な整備、すなわち台車の新造・交換が必須である。

一方、ONCF における使用上のニーズ（貨物用電気機関車を日本製に統一し旅客輸送用電気機関車を他国製に統一）からは、リン鉱石輸送が可能な貨物輸送用への用途変更も検討されている。

旅客輸送を継続するとしても、貨物輸送用へと用途変更する場合のいずれにしても台車の新造・交換が必須であることから、本機関車を今後 15 年間以上の使用を目標としたリハビリテーション計画を考える上で、どちらのケースが最適であるかを検討する必要がある。

そこで、リハビリテーション工事時および工事完了後のメリット・デメリットについての比較検討を行う。以下にその検討結果を示す。

表 10.2 旅客使用と貨物使用の比較

項目	旅客使用のリハビリテーション	貨物利用のリハビリテーション
台車	- 安全かつ信頼性における運転を行うためには台車の交換が必要。 - 亀裂の発生が生じない新たな台車の設計が必要であり、設計期間増加と共に費用が大きくなる。	- 貨物運搬特性を有する台車への交換が必要。 - E1100 形式用の台車の設計を活用できるため、新たな設計は不要。
主電動機	- E1100/E1200 形式と別設計の主電動機（650kW）が必要となるため、1 基あたりの設計・製造コストが増加する - E1100/E1200 形式用の主電動機も製造数が減少するため、この設計・製造コストも増加する。したがって、全体的にコストが増加する。	E1100/E1200 形式と共通設計（475kW）が可能であり、新たな設計は不要。
補助電源装置	- 旅客用として高い容量（670kVA）のものが別途、必要。 - 設計・製造コストの増加は主電動機と同様の課題がある。	E1100/E1200 形式と共通設計（245 kVA）が可能であり、新たな設計は不要。
スペアパーツ （維持管理）	電気品のスペアパーツは専用のものを準備する必要がある。	電気品のスペアパーツは E1100/E1200 形式と共通化ができる（O&M コストの削減）
運用面	旅客輸送用にも貨物輸送にも日本製、他国製の機関車が混在するため、運用、メンテナンスが煩雑になる。	- 少なくともリン鉱石輸送は日本製電気機関車だけの運用が可能となり、運用、メンテナンスの統一が図れる。 - 旅客輸送も他国製電気機関車に統一される。
リハビリテーション工事費		

出典：調査団

E1250 形式は、設計構造的には製造年次に近い E1200 形式と類似の構造であり、また E1200 形式の台車構造は E1100 形式とも類似である。そこで、用途変更の設計にあたっては、E1100 形式の台車の設計を参考とすることが可能であると考えられる。

また、貨物用としてリハビリテーション工事を実施することは E1100 形式および E1200 形式と主電動機・補助電源装置などの部品の共通化が図れ、主電動機・補助電源装置の 1 基あたりの設計・製造コストの削減、またスペアパーツの共通化などリハビリテーション後の O&M コストも含めてトータルコストを安価とすることが可能である。

以上より、本調査の結論として貨物転用のリハビリテーションを推奨する。

10.3 事業実施体制（PMU）の設立

本事業を実施するに当たり、通常円借款事業を円滑に実施するために、JICA は先方実施機関に事業実施監理ユニット（PMU: Project Management Unit）の設立を義務付けている。このため、事業実施監理ユニット（PMU）の主な役割と組織図の案を以下の通り提案する。

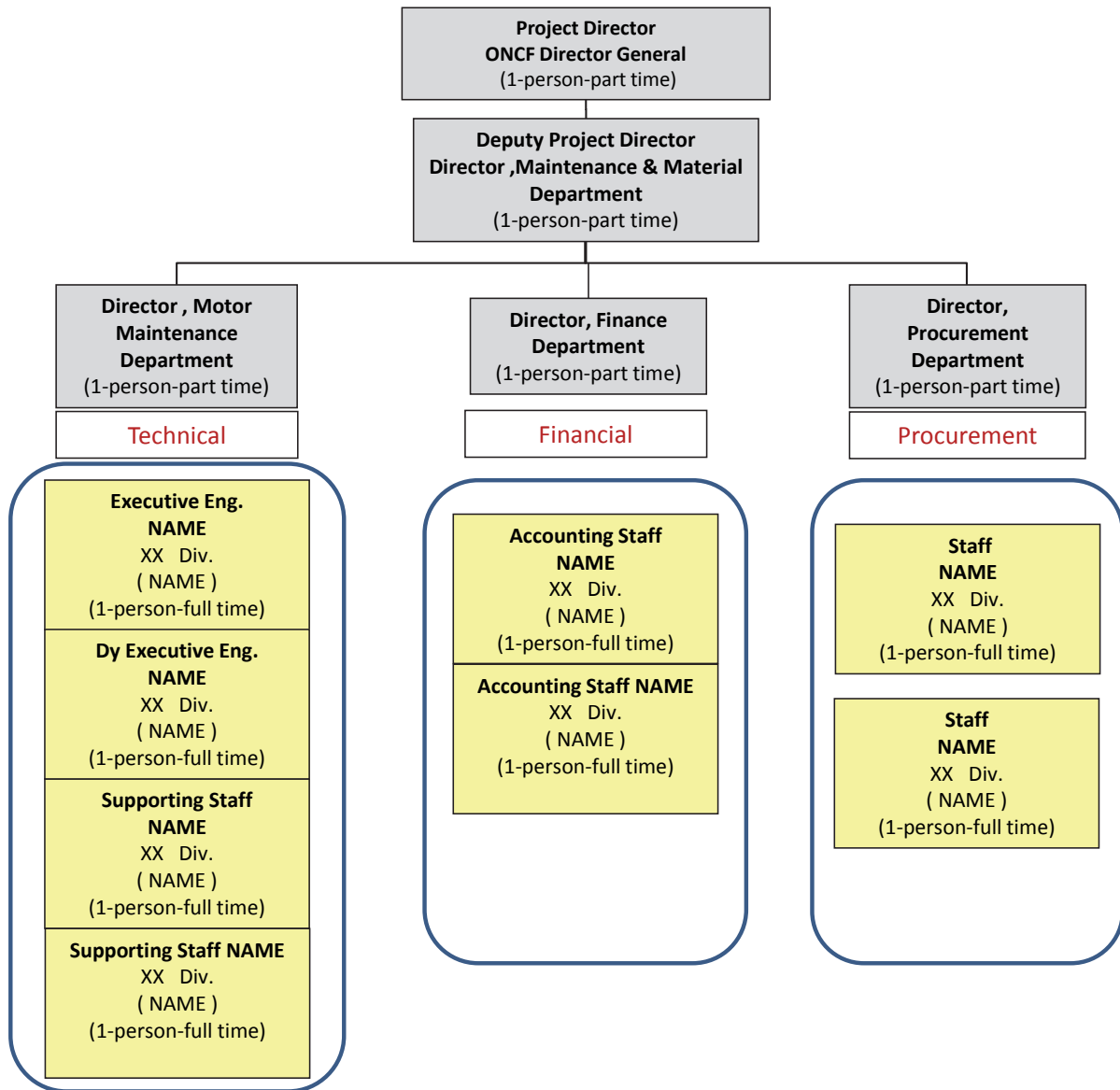
（1）主な役割

- 全体的なプロジェクトの管理
- 関係省庁との事業進捗の調整
- 入札図書作成、入札評価、契約等の円借款調達の実施及び管理
- リハビリ事業の円滑な実施に必要な事務的支援
- リハビリ事業の施工監理
- 資金計画
- ディスバースの実施及び管理
- JICA との調整

（2）組織図案

本プロジェクトの実施に当たっては、ONCF の技術部門、財務部門、調達部門のスタッフにより構成される事業実施監理ユニットを ONCF 内に設置し、機材保守総局長（副総裁級）の管理下の組織とする。

本プロジェクトにおいては、リハビリテーションの施工段階においてコンサルタントを雇用するために、施工段階の施工管理、ディスバースにかかる査定等の業務はコンサルタントの支援を得て、業務を進める事となる。



出典：調査団

図 10.1 プロジェクト実施監理ユニット（PMU）

10.4 リハビリテーション事業における本邦企業の優位性（参考）

本邦企業がリハビリテーションを行うことのメリットは、30 年以上前に納入された日本製電気機関車の設計、つまり車両性能、電気ならびに機械的な設計などの面で、原設計ノウハウや実地走行試験などの所見、データを多く所有しているため、本リハビリテーション計画においても、使用環境条件を踏まえた最適な設計が可能である。

なお、今回旅客対応向け機関車を貨物対応に改造することも視野に入れる必要があるため、納入図面や技術資料はもちろん、当時の設計ノウハウを熟知していない他国のメーカーが対応するのは非常に困難となることが予想される。

加えて、本リハビリテーション事業完了後は ONCF が独自にメンテナンスをしていくこととなるが、本邦企業が受注した場合、日本からメンテナンス方法等について技術協力などができる可能性もある。

以上の理由から、日本製電気機関車を対象とする本事業の特徴から、本邦企業によるリハビリテーション事業を実施することが、事業を効率的に実施する上でも望ましい。

付属資料

付表 4-1	機関車状態確認表
付表 4-2	機関車不稼働日数表
付表 4-3	原因機器別故障件数

注意：添付資料のリファレンスはファイナル・レポート本文の章番号に対応する。

付表 4-1 機関車状態確認表

番 号	所属機関区	2012/5 月の状況	2013/12 月の状況	稼働可否	
			確認状態	可	否
E1101	サフィ		12/18 南軸リン鉱石列車添乗時、すれ違い	✓	
E1102	サフィ		12/19 サフィにて休車 電動機待ち（3 か月）		✓
E1103	サフィ	休車/EMIC、架線事故機器焼損、部品欠品	通年休車/EMIC、架線事故機器焼損、部品欠品		✓
E1104	サフィ		12/11 南軸リン鉱石列車添乗	✓	
E1105	サフィ		12/18 南軸リン鉱石列車添乗時、すれ違い	✓	
E1106	サフィ		12/22 ベンゲレール駅にて旅客牽引	✓	
E1107	サフィ		12/18 南軸リン鉱石添乗機関車	✓	
E1108	サフィ		12/7 ベンゲレール駅にて旅客牽引 12/19 EMIC ギヤケース傷補修	✓	
E1109	サフィ		12/19 サフィにて状態確認良好 12/22 ベンゲレール駅にて旅客牽引	✓	
E1110	サフィ	休車/EMIC、主電動機	12/18 ベンゲレール駅にて客車牽引	✓	
E1111	カサブランカ		12/23 ジョルフ駅にて貨物入れ替え	✓	
E1112	カサブランカ	休車/EMIC、主電動機	12/11 クーリブガ駅にて確認	✓	
E1113	カサブランカ		12/16 カサブランカにて確認 Daily Check	✓	
E1114	カサブランカ	空気圧縮機	12/11 クーリブガ駅にて確認 リン鉱石牽引	✓	
E1115	カサブランカ		12/10 EMIC にて電動機交換	✓	
E1116	カサブランカ		12/23 ジョルフにて稼働確認	✓	
E1117	カサブランカ		12/4,16 カサブランカにて稼働確認	✓	
E1118	カサブランカ		12/16 カサブランカにて Daily Check 12/23 ジョルフにて稼働確認	✓	
E1119	カサブランカ			✓	
E1120	カサブランカ			✓	
E1121	カサブランカ			✓	
E1122	カサブランカ		通年休車 トラック事故による		✓

番 号	所属機関区	2012/5 月の状況	2013/12 月の状況	稼働可否	
			確認状態	可	否
E1201	カサブランカ			✓	
E1202	カサブランカ	休車/EMIC、台車軸受	12/4 カサブランカにて稼働確認	✓	
E1203	カサブランカ		EMIC 長期休車（8 か月）12/10 モータ待ち		✓
E1204	カサブランカ	休車/EMIC、主抵抗器、部品欠品	通年休車/EMIC、主抵抗器、部品欠品		✓
E1205	カサブランカ		12/4 カサブランカにて稼働確認	✓	
E1206	カサブランカ			✓	
E1207	カサブランカ		12/10 EMIC にてモータ待ち（4 か月）		✓
E1208	カサブランカ	主抵抗器損傷	12/23 ジョルフ駅にて稼働確認、貨物入れ替え	✓	
E1251	カサブランカ	休車/カサブランカ、主抵抗器損傷	12/20 旅客列車牽引	✓	
E1252	カサブランカ			✓	
E1253	カサブランカ			✓	
E1254	カサブランカ	休車/EMIC、台車枠亀裂		✓	
E1255	カサブランカ		12/10 EMIC にて Limited examination	✓	
E1256	カサブランカ	休車/EMIC、補助電源故障		✓	
E1257	カサブランカ			✓	
E1258	カサブランカ		12/10 EMIC にてコンプレッサー取り換え 12/22 カサボヤージ駅にて旅客牽引	✓	
E1259	カサブランカ	休車/EMIC、補助電源、部品欠品	通年休車/EMIC、補助電源、部品欠品		✓
E1260	カサブランカ	休車/EMIC、補助電源	通年休車/EMIC、補助電源		✓
E1261	カサブランカ		12/11 北軸リン鉱石添乗時、旅客列車牽引	✓	
E1262	カサブランカ		12/14,20 旅客列車牽	✓	

出典：調査団

付表 4-2 機関車不稼働日数表

番 号	2013 年												合計
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
E1101	15	0	1	2	31	30	31	8	1	2	3		124
E1102	1	0	1	2	1	0	8	2	30	31	30		106
E1103	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30		334
E1104	1	12	1	3	3	6	1	0	2	0	1		30
E1105	1	0	5	0	3	1	3	6	7	0	3		29
E1106	0	1	2	0	2	0	18	3	2	0	7		35
E1107	1	4	2	0	1	10	0	0	2	0	1		21
E1108	12	1	1	2	0	6	0	0	2	6	5		35
E1109	1	1	18	10	2	0	3	25	1	3	0		64
E1110	0	14	0	1	1	0	1	0	0	2	1		20
E1111	1	3	8	0	2	6	4	2	12	1	6		45
E1112	6	1	1	6	2	3	8	4	4	5	1		41
E1113	1	0	5	10	17	10	11	9	13	1	2		79
E1114	14	9	7	0	6	3	8	11	11	7	4		80
E1115	31	28	31	28	7	6	6	11	1	1	5		155
E1116	4	1	2	14	16	4	9	8	2	0	2		62
E1117	0	1	10	1	0	5	10	3	8	1	5		44
E1118	6	8	14	8	1	8	3	1	3	2	9		63
E1119	6	1	2	0	4	1	1	0	4	6	2		27
E1120	1	12	2	9	4	5	14	12	3	5	9		76
E1121	9	2	3	11	3	3	4	0	1	4	1		41
E1122	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30		334
小 計	173	155	178	167	168	167	205	167	169	139	157		1,845
E1201	2	1	11	5	2	3	0	2	14	28	5		73
E1202	4	4	0	14	4	3	1	5	6	3	5		49
E1203	13	2	21	30	31	30	31	31	30	31	30		280
E1204	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30		334
E1205	18	10	6	0	2	4	5	0	4	0	2		51
E1206	6	0	5	4	17	6	22	20	4	16	8		108
E1207	0	14	3	1	1	1	8	31	30	31	30		150
E1208	0	4	13	14	4	3	0	4	0	5	12		59
小 計	74	63	90	98	92	80	98	124	118	145	122		1,104

番 号	2013 年												合計
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
E1251	6	6	4	14	7	11	19	6	2	10	6		91
E1252	3	3	3	6	4	4	7	1	2	16	29		78
E1253	23	1	3	0	4	0	3	19	3	5	3		64
E1254	4	5	1	2	11	8	7	2	9	7	7		63
E1255	0	1	12	7	9	14	3	4	2	11	19		82
E1256	31	28	31	28	6	17	2	1	0	3	1		148
E1257	6	16	0	4	1	7	4	0	0	4	4		46
E1258	11	3	4	6	3	5	8	3	4	10	1		58
E1259	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30		334
E1260	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30		334
E1261	1	2	3	7	9	7	5	12	5	7	6		64
E1262	4	22	4	5	3	1	3	2	12	4	9		69
小 計	151	143	127	139	119	134	123	112	99	139	145		1,431
合 計	398	361	395	404	379	381	426	403	386	423	424		4,380

出典：調査団

付表 4-3 原因機器別故障件数

故障原因機器		E1100 形式	E1200 形式	E1250 形式
MT	主電動機	73	18	11
CVS	補助電源装置	11		25
AE BT	低圧機器	13	1	7
AEHT	高圧機器	11	3	6
Circuit Commande	指令制御回路	6	5	6
Circuit AUX	補助回路	3		4
Panto	パンタグラフ	4	1	5
Bogie	台車	3	2	15
CP	コンプレッサ	20	4	4
Pneumatique	空圧機器	11	2	2
Tachymetrie	速度計	1		6
Ergonomie	運転台	3		2
Batterie	バッテリー	3		1
Les autres	その他	3		6
RAS	原因不明	88	22	74
Total	合計	253	58	174
Nombre de véhicules	車両数	22	8	12
Par machine	一台当たり	11.5	7.3	14.5

出典：調査団