

全世界

全世界鉄道の運営・維持管理の 支援に係るプロジェクト研究

ファイナルレポート 要約編

2022年7月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

東京地下鉄株式会社
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル
日本コンサルタンツ株式会社

社基
JR
22-096

全世界鉄道の運営・維持管理の支援に係るプロジェクト研究
ファイナルレポート（要約編）

目次

ページ

第 1 章	プロジェクト研究の概要	
1.1	概要	7
1.1.1	研究の背景と目的	7
1.1.2	本報告書（要約版）の構成	7
1.1.3	本研究の成果物	8
1.2	業務実施概要	10
1.2.1	業務の全体構成	10
1.2.2	業務概要	10
第 2 章	基礎知識編	
2.1.1	JICA 事業における O&M 検討の全体像（Handbook P5-P8）	12
2.2	運営主体	14
2.2.1	収支分析、事業収益性評価、リスク特性、収益レベルの評価（Handbook P9-P14）	14
2.2.2	事業スキームの基本的枠組み、運営主体・事業スキームの選択（Handbook P15-P22）	15
2.2.3	事業スキーム図（Handbook P23-P28）	17
2.2.4	長期的な事業戦略（Handbook P29-P30）	18
2.3	規制制度（Handbook P31-P34）	19
2.4	鉄道システム	21
2.4.1	要員計画・組織（Handbook P35-P36）	21
2.4.2	鉄道システム・O&M 計画の検討（Handbook P37-P38）	23
2.4.3	運転部門（Handbook P39-P40）	24
2.4.4	駅部門（Handbook P41-P42）	25
2.4.5	軌道/土木部門（Handbook P43-P44）	27
2.4.6	車両部門（Handbook P45-P46）	28
2.4.7	電気部門（Handbook P47-P48）	29
2.4.8	部門統合（Handbook P49-P50）	31
2.4.9	資産管理・実施例（Handbook P51-P54）	33
2.5	O&M の各国事例	37
2.5.1	他国鉄道事業者による海外 O&M 事業の実施例（Handbook P55-P56）	37
2.5.2	欧州式による許認可制度（Handbook P57-P58）	38
2.5.3	KPI の考え方と活用例（Handbook P59-P60）	39
2.5.4	日本の鉄道事業者における国内 O&M 事業（Handbook P61-P62）	40
2.5.5	インド・ムンバイメトロ 1 号線（Handbook P69-P70）	42
2.5.6	ブラジル・リオデジャネイロ州近郊鉄道（Handbook P71-P72）	44
2.5.7	インドネシア・ジャカルタ MRT 南北線（Handbook P75-P76）	45
2.5.8	タイ・バンコクパープルライン（Handbook P73-P74）	46

2.5.9	英国・ウェストミッドランズ線 (Handbook P67-P68).....	47
2.5.10	フィリピン・マニラ LRT1 号線・MRT3 号線 (Handbook P77-P78)	48
2.5.11	他セクターにおける O&M 事業 (港湾) (Handbook P79-P80).....	51
2.5.12	他セクターにおける O&M 事業 (空港) (Handbook P81-P82).....	52
2.5.13	他セクターにおける O&M 事業 (道路) (Handbook P83-P84).....	53
第 3 章	これまでの整備支援事例と今後の支援編	
3.1	インド・ムンバイメトロ 3 号線 (Handbook P89-P90).....	54
3.2	バングラデシュ・ダッカ MRT6 号線 (Handbook P91-P92).....	55
3.3	インドネシア・ジャカルタ MRT 南北線 (Handbook P93-P94).....	56
3.4	ベトナム・ホーチミン都市鉄道 1 号線 (Handbook P95-P96).....	57
3.5	フィリピン・マニラ地下鉄 (Handbook P97-P98).....	58
3.6	エジプト・カイロ地下鉄 4 号線 (Handbook P99-P100).....	60
3.7	今後の支援の在り方 (標準化) (Handbook P101-P102).....	61
3.8	O&M 支援の計画・実施 (Handbook P103-P108)	62
3.9	その他の技術協力 (Handbook P109-P110).....	65
第 4 章	O&M の海外展開編	
4.1	開発途上国のニーズ調査	66
4.1.1	タイ・バンコク	66
4.1.2	インドネシア・ジャカルタ	69
4.1.3	マレーシア・クアラルンプール	72
4.1.4	トルコ・イスタンブール	74
4.2	O&M の海外展開.....	77
4.2.1	土木メンテナンスの海外展開可能性.....	77

表リスト

表 2-1	各パラメーターの選択肢の利点と欠点	15
表 2-2	資産管理に係る他国事例	35
表 2-3	他国鉄道事業者による海外 O&M 事業	37
表 2-4	今回ヒアリング調査を行った国内鉄道事業者	40
表 2-5	調査対象案件	48
表 3-1	ムンバイメトロ 3 号線の事業概要	54
表 3-2	ダッカ MRT6 号線の事業概要	55
表 3-3	マニラ地下鉄の事業概要	58
表 4-1	DRT ヒアリング結果	67
表 4-2	MRTA ヒアリング結果	67
表 4-3	BEM ヒアリング結果	67
表 4-4	SRT 及び SRTET ヒアリング結果	68
表 4-5	BTSC ヒアリング結果	68
表 4-6	本邦企業の取り組み事例（日本工営）	70
表 4-7	本邦企業の取り組み事例（JR 東日本テクノロジー）	70
表 4-8	KAI の課題と支援の方法	71
表 4-9	KCI の課題と支援の方法	71
表 4-10	MRTJ の課題と支援の方法	71
表 4-11	LRTJ の課題と支援の方法	71
表 4-12	（参考）日本における維持管理に関する法令、標準および規程類	78

図リスト

図 1-1	成果物全体の構成	8
図 1-2	ハンドブックの構成	9
図 1-3	業務のフローチャート	10
図 1-4	検討・整備すべき項目のフレーム	11
図 2-1	健全で持続可能な鉄道の運営維持管理に必要な 3 項目	12
図 2-2	JICA 事業における O&M 検討の全体像	13
図 2-3	鉄道 O&M に係る規制の整備・確認フロー	19
図 2-4	法令と社内基準との関係	20
図 2-5	組織体制構築の流れ	21
図 2-6	鉄道システム・O&M 計画検討の流れ	23
図 2-7	輸送計画と各種計画の関係	24
図 2-8	駅運營業務の全体像	25
図 2-9	軌道・土木施設保守体制構築・維持の全体像	27
図 2-10	健全で持続可能な車両保守体制構築・維持の全体像	28
図 2-11	電気施設保守体制構築・維持の全体像	29
図 2-12	部門統合業務の全体像	31
図 2-13	鉄道事業者が考慮すべき資産管理に係る準備と業務の流れ	33
図 2-14	新興国における欧州の流れを汲む許認可の流れ	38
図 2-15	O&M 事業で適用される KPI の例	39
図 2-16	一般的な本社組織の例	40

図 2-17	リオデジャネイロ州近郊鉄道 事業スキーム図	44
図 2-18	ジャカルタ MRT の事業スキーム	45
図 2-19	O&M 本部部門の組織	45
図 2-20	パープルライン事業スキーム図	46
図 2-21	英国・ウェストミッドランズ鉄道 事業スキーム図	47
図 2-22	マニラ都市鉄道路線図	48
図 3-1	ムンバイメトロ 3 号線に係る事業経過	54
図 3-2	ダッカ MRT6 号線に係る事業経過	55
図 3-3	ジャカルタ MRT 南北線における円借款事業等の経過	56
図 3-4	ホーチミン都市鉄道 1 号線に係る支援の流れ	57
図 3-5	マニラ地下鉄に係る事業経過	58
図 3-6	カイロ地下鉄 4 号線に係る技術協力プロジェクトの経過	60
図 4-1	バンコクの既存都市鉄道路線図（2021 年 11 月現在）	66
図 4-2	タイの都市鉄道における監督官庁・実施主体・運営主体の構造	67
図 4-3	ジャカルタ都市鉄道概要（2022 年 5 月現在）	69
図 4-4	各路線の状況	70
図 4-5	クアラルンプール統合輸送システムを構成する鉄道路線	72
図 4-6	イスタンブール都市近郊路線図	75
図 4-7	性能の経年変化（イメージ）	77
図 4-8	マネジメントレベル	77
図 4-9	AR 技術の活用例	79
図 4-10	ドローンによる点検風景	79

略語集

	略語	正式名称	邦訳
A	AFC	Automatic Fare Collection	自動運賃収受
	ARL	Airport Rail Link	タイ・スワンナプーム国際空港～ バンコク中心部を運行する都市鉄 道
	ATC	Automatic Train Control	自動列車制御装置
	ATO	Automatic Train Operation	自動列車運転装置
B	BEM	Bangkok Expressway and Metro Public Company Limited	バンコク高速道路・メトロ社
	BRT	Bus Rapid Transit	バス大量輸送システム若しくはバ ス高速輸送システム
	BTS	Bangkok Mass Transit System Public Company Limited	バンコク大衆輸送システム社
D	DD	Detail Design	詳細設計
	DOTr	Department of Transportation	フィリピン運輸省
	DRT	Department of Rail Transport <泰>	タイ運輸省鉄道局
E	ECM	Egyptian Company for Metro	カイロ地下鉄公社
F	FS	Feasibility Study	準備調査
G	GC	General Consultant	施工管理
H	H. E.	Human Error	ヒューマンエラー
	HURC1	Ho Chi Minh City Urban Railway Company Line 1	ホーチミン市都市鉄道1号線運営 会社
J	JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
	JTT	Japan Transportation Technology	ジャパントランスポーテーション テクノロジー
K	KCI	Kereta Commuter Indonesia	インドネシア通勤鉄道
	KPI	Key Performance Indicator	重要業績評価指標
M	MAUR	Management Authority for Urban Railways	ホーチミン市都市鉄道管理局
	MHSC	Mitsubishi Hitachi Sumitomo Consortium	三菱重工・日立製作所・住友商事 共同事業体
	MMRCL	Mumbai metro rail corporation	ムンバイ都市鉄道公社
	MP	Master Plan	マスタープラン
	MRT	Mass Rapid Transit	大量高速輸送
	MRTA	Mass Rapid Transit Authority of Thailand	タイ高速度交通公社
	MRTJ	Mass Rapid Transit Jakarta	MRT ジャカルタ
	MTJV	MTJV (Thailand) Co.,Ltd	丸紅・TISS 出資会社
N	NAT	National Authority for Tunnels	エジプトトンネル公社
O	O&M	Operation and Maintenance	運行及び保守

	略語	正式名称	邦訳
	OCC	Operation Control Center	直訳では運行指令所だが、日本の鉄道事業者における総合指令所が該当
	ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
	OJT	On-the-Job Training	実務研修（実務の教育・訓練）
P	PDCA	Plan Do Check Action	計画、実行、評価、改善
	PM	Person-Month	人月（月あたりの投入要員。旧来用いられたMM: Man-Monthに代わる用語）
	PPP	Public Private Partnership	官民パートナーシップ
	PSD	Platform Screen Door	ホームドア（可動式ホーム柵を含む。）
	PSO	Public Service Obligation	公共サービス義務
	PT.KCJ	PT KAI Commuter Jabodetabek	ジャカルタ首都圏鉄道会社
S	SRT	State Railway of Thailand	タイ国有鉄道
	SRTET	SRT Electrified Train Co., Ltd	SRTET〈タイ国鉄子会社〉
T	TA	Technical Assistance	技術協力
	TC	Technical Cooperation	技術協力
	TISS	Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation	東芝インフラシステムズ
	TOR	Terms of Reference	委託事項（契約業務指示書）

第 1 章 プロジェクト研究の概要

1.1 概要

1.1.1 研究の背景と目的

(1) 研究の背景

JICA 事業ではこれまでもアジア諸国の都市部を中心に鉄道整備支援を行ってきており、引き続き日本の質の高い鉄道整備支援に対するニーズは大きい。今後も JICA 事業においてこれらニーズを的確にとらえ迅速に案件形成を行い、鉄道インフラ整備のみならず、その後の安全で安定した鉄道の運営維持管理（O&M）の実現に向けて支援を進めていく。そのため、日本の鉄道事業における経験、過去の JICA 事業での教訓、また他国鉄道事業者や他セクターの O&M 事例等の情報を整理して、今後の案件形成に生かしていく必要がある。

(2) 研究の目的

本プロジェクト研究の目的は、次の 2 点である。

- ・ 今後の JICA 事業における鉄道 O&M 体制構築支援の質の向上に資するハンドブック及びパンフレットの作成（今後に向けた提言含む）
- ・ 新興国のニーズに合わせて日本の技術や知見等を活用したメンテナンス事業（主に土木／軌道分野）への可能性についての検討

1.1.2 本報告書(要約版)の構成

本報告書の構成を以下に示す。本研究の目的の一つである、O&M 体制構築支援を検討するにあたり重要な基本情報は、2 章及び 3 章に記載されている。また、もう一つの研究目的である新興国のニーズや技術支援の可能性については 4 章に記載されている。

第 1 章 プロジェクト研究の概要

研究背景、目的、成果物の使い方について記載している。

第 2 章 基礎知識編

O&M 検討に必要なとなる業務面及び技術面での基礎知識を「JICA 事業における O&M 検討の全体像図」に沿って、項目別に記述している。どの調査段階において、どのような検討を行うべきか、この図を用いて全体像を確認しつつ、各項目の内容は、その後続く解説ページで確認することができる。また、日本国内外や他セクターにおける O&M の事例に関する基本情報を整理している。事例ページに記載してある JICA 事業に対する参照観点を念頭に置き、多様な O&M の取組みに関する知見を得ることができる。

第 3 章 これまでの整備支援事例と今後の支援

過去及び現在進行中の JICA プロジェクトの支援経緯を記載している。また、支援プロジェクトを通じて得られた成果と課題についても記述しており、今後新たに行う支援の留意点とする。それら課題を踏まえ、今後の協力準備調査における標準的な O&M 支援計画、支援内容の抜け漏れをチェックできるリスト、事業評価の考え方等について記述している。

第 4 章 O&M の海外展開

都市の基幹交通として今後も安全で安定した鉄道運営を維持していくために、東南アジア諸国を中心に鉄道 O&M の現状や課題、ニーズ等について調査した結果とそれを踏まえた技術支援の方向性について記載している。その後、土木メンテナンスを対象として今後の支援展開について考察

している。

1.1.3 本研究の成果物

(1) 本研究の成果物の全体構成と使い方

本研究では「O&M 実施に係る案件形成・事業実施の質的向上に資するハンドブック及びパンフレットの作成」が目的の一つとなっている。そこで、ハンドブック／パンフレットに求められている要点を図 1-1 に整理した。図中の①から⑥まで全ての要求事項を網羅したものがハンドブック、①②の上位要求を簡潔明瞭にまとめたものがパンフレットと両者を区別して成果物を作成した。なお、本報告書（要約版）やハンドブックでは紙面の制約から掲載できない考え方の補足説明や具体的な事例等については、ファイナルレポートに記述してあるので、不明な点があればそちらを参照してほしい。

図 1-1 に記載している各要求事項を具現化するために重要なキーワードとなるのが「検討すべき O&M の全体像」であり、これをどのようなものに設定するかが、本調査全体に影響すると考える。

そこで本研究では、この「検討すべき O&M の全体像」を「健全で持続可能な O&M 事業のために検討・整備すべきこと」として、次の章の 2.1 に示す 3 つの項目をまず初めに設定した。この 3 項目に対して、基礎的知識や事例を交えたうえで解説を展開していき、今後の支援に向けた提言等をまとめている。

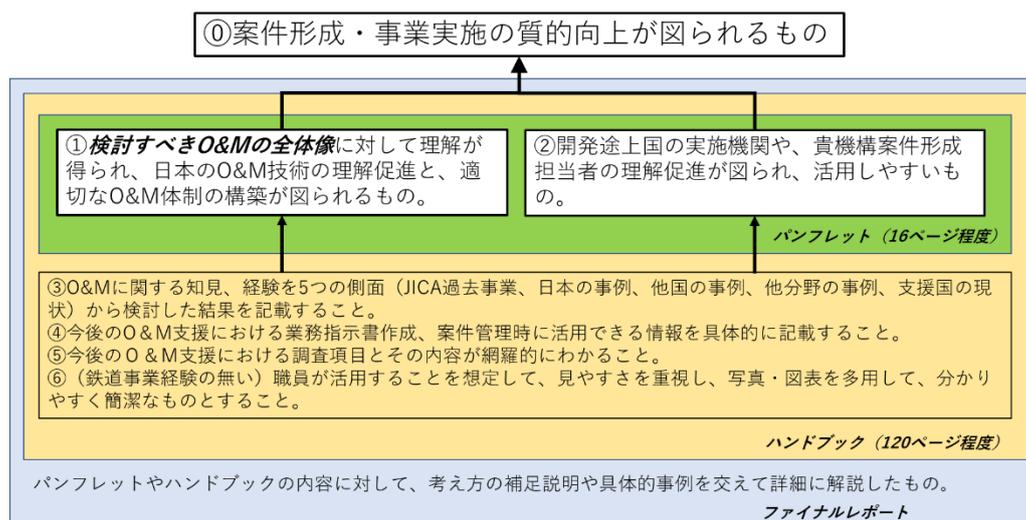


図 1-1 成果物全体の構成

(2) ハンドブックの構成

本研究での主要な成果物であるハンドブック構成については、図 1-2 に示すとおり①基礎知識、②O&M 事例、③過去の支援、④今後の支援、の 4 つの章立てとしている。各章での記載内容な次のような内容としており、本報告書においても参照し易いように同様の構成としている。

- ① 基礎知識では、概要ページの「JICA 事業における O&M 検討の全体像」に沿って、健全で持続可能な O&M の支援に必要となる商務面及び技術面での基礎知識を項目別に記述している。なお、技術面とは、鉄道システムの技術仕様に関するのではなく、支援国が自立した O&M を実施できるまでに各技術分野で検討すべき内容として、解説を記述した。
- ② O&M 事例では、日本国内外や他セクターにおける O&M の事例について基本情報を整理している。各ページに記載してある JICA 事業に対する参照観点を念頭に置き、多様な O&M の取組みに関する知見が得られるようにしている。

- ③ 過去の支援では、過去及び現在進行中の JICA プロジェクトの支援経緯、支援内容の一覧表が掲載してある。また、プロジェクトを通して得られた成果と課題の両面に関する知見について記述してあり、今後新たに行う支援における留意点とする。
- ④ 今後の支援では、今後の標準的な O&M 計画や支援計画を示しているほか、支援内容の抜け漏れをチェックできるリストや、O&M 支援実施段階における各種留意点等について記述してある。最後に今後のインフラメンテナンス分野の海外展開について考察を加えている。

CONTENTS	
Basic Knowledge	
Overview	1
History of the handbook	2
Logic of the handbook	3
Policy, Objectives and Structure	4
Structure of O&M Handbook and Projects	5
Operating entity	
Business model of O&M	6
Basic Principles of O&M	7
Project Planning and Execution	8
Project Monitoring and Evaluation	9
Project Evaluation	10
Financial and Accounting	11
Human Resources	12
Public Procurement	13
Private Procurement	14
Insurance	15
Legal	16
Long-Term Business Strategy	17
Regulatory framework	
Business Structure, Training, and Labor	18
Regulatory and Institutional Framework	19
Operational and maintenance	
Operational Planning and Organization	20
Planning, Execution and O&M Plan for the	21
Planning Operational and Maintenance	22
Operational Department	23
Operational Department	24
Technical and Maintenance Department	25
Planning and Organization	26
Operational Department	27
Operational Department	28
Operational Department	29
Operational Department	30
Operational Department	31
Operational Department	32
Operational Department	33
Operational Department	34
Operational Department	35
Operational Department	36
Operational Department	37
Operational Department	38
Operational Department	39
Operational Department	40
Operational Department	41
Operational Department	42
Operational Department	43
Operational Department	44
Operational Department	45
Operational Department	46
Operational Department	47
Operational Department	48
Operational Department	49
Operational Department	50
Operational Department	51
Operational Department	52
Operational Department	53
Operational Department	54
Operational Department	55
Operational Department	56
Operational Department	57
Operational Department	58
Operational Department	59
Operational Department	60
Operational Department	61
Operational Department	62
Operational Department	63
Operational Department	64
Operational Department	65
Operational Department	66
Operational Department	67
Operational Department	68
Operational Department	69
Operational Department	70
Operational Department	71
Operational Department	72
Operational Department	73
Operational Department	74
Operational Department	75
Operational Department	76
Operational Department	77
Operational Department	78
Operational Department	79
Operational Department	80
Operational Department	81
Operational Department	82
Operational Department	83
Operational Department	84
Operational Department	85
Operational Department	86
Operational Department	87
Operational Department	88
Operational Department	89
Operational Department	90
Operational Department	91
Operational Department	92
Operational Department	93
Operational Department	94
Operational Department	95
Operational Department	96
Operational Department	97
Operational Department	98
Operational Department	99
Operational Department	100
Operational Department	101
Operational Department	102
Operational Department	103
Operational Department	104
Operational Department	105
Operational Department	106
Operational Department	107
Operational Department	108
Operational Department	109
Operational Department	110
Operational Department	111
Operational Department	112
Operational Department	113
Operational Department	114
Operational Department	115
Operational Department	116
Operational Department	117
Operational Department	118
Operational Department	119
Operational Department	120
Operational Department	121
Operational Department	122
Operational Department	123
Operational Department	124
Operational Department	125
Operational Department	126
Operational Department	127
Operational Department	128
Operational Department	129
Operational Department	130
Operational Department	131
Operational Department	132
Operational Department	133
Operational Department	134
Operational Department	135
Operational Department	136
Operational Department	137
Operational Department	138
Operational Department	139
Operational Department	140
Operational Department	141
Operational Department	142
Operational Department	143
Operational Department	144
Operational Department	145
Operational Department	146
Operational Department	147
Operational Department	148
Operational Department	149
Operational Department	150
Operational Department	151
Operational Department	152
Operational Department	153
Operational Department	154
Operational Department	155
Operational Department	156
Operational Department	157
Operational Department	158
Operational Department	159
Operational Department	160
Operational Department	161
Operational Department	162
Operational Department	163
Operational Department	164
Operational Department	165
Operational Department	166
Operational Department	167
Operational Department	168
Operational Department	169
Operational Department	170
Operational Department	171
Operational Department	172
Operational Department	173
Operational Department	174
Operational Department	175
Operational Department	176
Operational Department	177
Operational Department	178
Operational Department	179
Operational Department	180
Operational Department	181
Operational Department	182
Operational Department	183
Operational Department	184
Operational Department	185
Operational Department	186
Operational Department	187
Operational Department	188
Operational Department	189
Operational Department	190
Operational Department	191
Operational Department	192
Operational Department	193
Operational Department	194
Operational Department	195
Operational Department	196
Operational Department	197
Operational Department	198
Operational Department	199
Operational Department	200

図 1-2 ハンドブックの構成

1.2 業務実施概要

1.2.1 業務の全体構成

業務の全体構成を図 1-3 に示す。また、主な活動内容は次の通りである。

- (1) 報告書の作成、検討会の開催・協議、国内外鉄道関係者向けセミナーの実施
- (2) 鉄道 O&M の基礎知識の整理
- (3) 国内外の鉄道及び他業界の O&M に係る情報収集及び整理、鉄道 O&M に係る過去の JICA 事業における成果・課題の整理（関係者ヒアリングの実施）、メンテナンス事業の海外展開の可能性検討（現地渡航含む）
- (4) 今後の JICA 事業への提言まとめ
- (5) ハンドブック・パンフレットの作成、印刷物納品

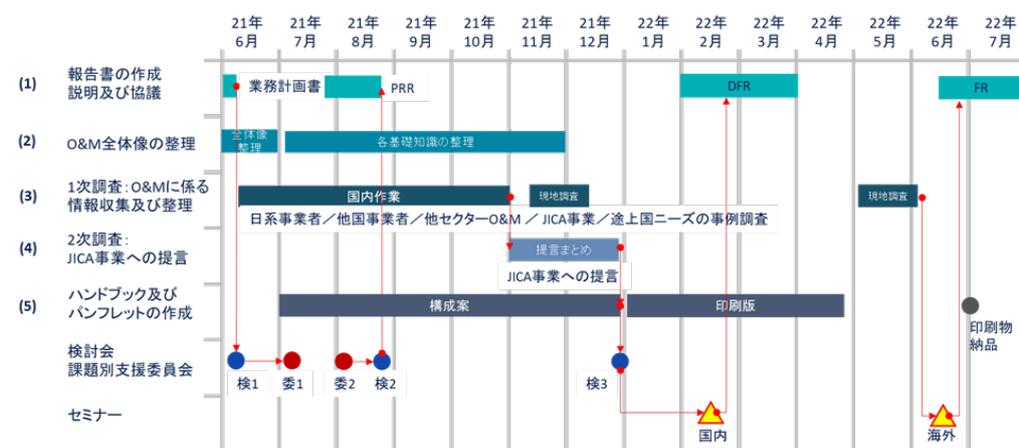


図 1-3 業務のフローチャート

1.2.2 業務概要

業務の全体構成のうち、主要な業務である 1.2.1 の(2)及び(3)の内容について補足する。

まず、(2)の O&M 全体像及び基礎知識の整理については、図 1-4 に示すような検討を進めていく上で必要となる枠組みを設定し、図中の白抜き部分である「検討する具体的項目」をそれぞれ深掘りして解説していくこととした。

また、(3)の業務については、以下の項目の情報収集を行った。

- ・日本の地下鉄事業者 6 社の運営状況、組織体制、要員数等
- ・世界の鉄道事業者 4 社が他国で実施する O&M 実例
- ・世界 6 か国の O&M に関する事業スキームや経営状況等
- ・他セクター（港湾、空港、道路）における O&M の実施例
- ・過去及び現在進行している JICA 事業の鉄道整備支援 6 例



図 1-4 検討・整備すべき項目のフレーム

第 2 章 基礎知識編

2.1.1 JICA 事業における O&M 検討の全体像（Handbook P5-P8）

社会基盤を支える都市鉄道の運営は、開業当初だけでなく、その後も長期にわたって健全性を維持できることが必須条件であることは言うまでもない。そのため、都市鉄道の O&M 支援の全体像としては、「健全で持続可能な鉄道 O&M」を整備するために必要な項目を可能な限り網羅的に示すこととし、そのための条件として、図 2-1 に示す 3 つの項目を定めた。



図 2-1 健全で持続可能な鉄道の運営維持管理に必要な 3 項目

図 2-1 で抽出した 3 項目を細分化し、JICA 事業の流れにそって時間軸を加えて全体像を示したものを図 2-2 に示す。図の上側に商務面と規制制度で検討すべき内容を記載し、図の下側に技術面で検討すべき内容を記載してある。以降、この図の流れに沿って、商務面、規制面、技術面で検討すべき項目について記述していく。

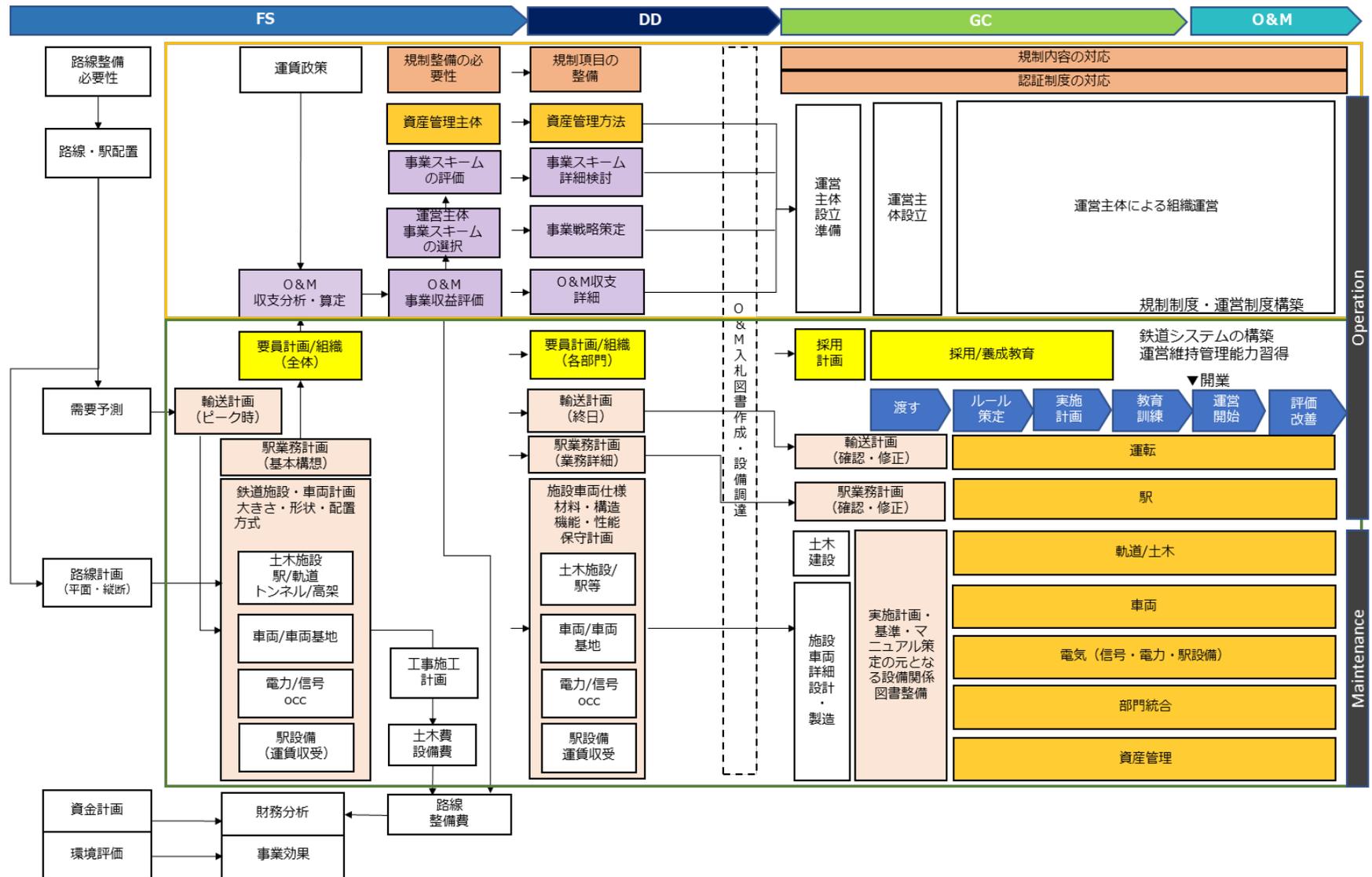


図 2-2 JICA 事業における O&M 検討の全体像

2.2 運営主体

本項では「健全で持続可能な鉄道の運営維持管理に必要な3要素」のうち、運営主体に関する検討の進め方を述べる。運営主体の検討手順は以下の通りである。

【ステップ1】収支分析、事業収益性評価、リスク特性、収益レベルの評価

【ステップ2】事業スキームの枠組み検討

【ステップ3】事業スキーム図（において規制機関、運営主体の関係性を示す）

【ステップ4】長期的な事業戦略の策定

以下、検討手順に沿って検討の進め方を示す。

2.2.1 収支分析、事業収益性評価、リスク特性、収益レベルの評価（Handbook P9-P14）

(1) 事業収益性評価の流れ

収支構造 事業収益性評価に際しては、収支構造の分析を行うことが出発点であり、事業化時点（主にFS段階）で着手し、事業の各段階で見直されていく必要がある。

【FS段階】予備的な事業スキームと計画数値に基づき運営事業者の収支を簡易的に試算する。

【DD段階】設計業務を通じて見直された事業収支を用いて改訂する。

【GC（開業前）段階】運営主体の事業計画の一部として需要、収入、コストを最終化する。

需要予測の計画値と利用者数実績値で差が生じやすいため、需要定着率（ランプアップ係数）を設定した保守的シナリオに基づいて需要・収入を評価した方が良い場合がある。

事業収益性評価の流れ 前項を踏まえ、FS段階において基本的な事業収益性を評価する。都市鉄道の収益特性やリスク特性を踏まえ、各国の事例研究を経て、事業の計画数値を算出する必要がある。基本的な事業収益レベルはどのタイミングで運賃収入がO&Mコストを上回るかで評価することが有効である。

都市鉄道政策の観点 ネットワークの整備はすべからず政府が責任を負うべきである。特に都市の骨格となる基幹路線は将来収益創出源となる。ネットワーク整備の原資として政府が留保すべきである。収支採算性の見込みの良好な路線から順次整備を開始し、長期的（資本費用の回収後）には、その収益を密接な関連性とネットワーク効果のある新たな路線の整備に活用すること（いわゆる内部補助）を想定すべきである。都市鉄道の整備は、公的資金により一元的に建設を行い、建設費や運営費の赤字支援（補助金）は、都市鉄道の建設によって得られる中央や地方政府の税収増に期待することを基本と考えることが合理的である。

(2) 都市鉄道の収益特性

都市鉄道の収益特性 都市鉄道の収益特性は、資本集約型ビジネスとネットワークビジネスの特性を併せ持つ。一般的な収益レベルは運賃収入でO&Mコストを賄えるかどうかである。運営保守に一定規模の固定費が必要で、単線の運賃収入で賄うには長い時間を要する。一般的には、単線の運賃収入でO&Mコストを賄えるようになることですら容易でない。したがって、運賃収入による初期投資の回収はさらに難しい。

都市鉄道のリスク特性 都市鉄道のリスクは多岐に渡るが、O&Mに関する典型的なものとして開業遅延リスク、需要予測リスク、運賃設定リスク、O&Mコストリスク、運転資金リスク、政府予算確保リスク、等がある。

(3) 収益レベルの評価

基本的な収益レベルの評価 事業の基本的な収益レベルは、O&M 収支（運賃収入と O&M コストの収支バランス）を事業期間に渡って見通すことで評価する。その上で収入面では関連事業収入（や補助金等）、支出面では特に民間事業者の場合には税金等を考慮する必要がある。

O&M 収支の推移による分類 基本的な収益レベルを O&M 収支の推移により分類する。一般的には単線の運賃収入で O&M コストを賄うことすら容易ではない。O&M 収支がプラスであることは事業のサステナビリティの条件である。政府の負担能力に限られる途上国では少なくとも運送原価は収入で賄うことが望まれる。

単年度の O&M 収支指標（フェアボックスレシオ）による分類 O&M 収支の指標として、フェアボックスレシオ（FBR: Fare Box Ratio）がある。これは、単年度での O&M コストに対する運賃収入の割合を指す。FBR が 1 を下回る場合は運賃収入で O&M コストを賄えておらず、運営・更新投資に補助金を要する場合がある。FBR が 1 を上回る場合は、運賃収入で O&M コストを賄えている。更新投資は賄えていない可能性がある。更新投資に補助金を要する場合がある。

2.2.2 事業スキームの基本的枠組み、運営主体・事業スキームの選択（Handbook P15-P22）

(1) 事業スキームの基本的枠組み

前頁で述べた「基本的な収益レベル」が一定程度以上であれば、各種ビジネススキーム検討の土台に乗ることができる。

事業スキームの選択の枠組みには、① 資産整備、② 需要リスクの取り方、③ 運営主体、の 3 つのパラメーターが考えられる。事業スキームの各選択肢の利点と欠点は、一般的に考えられるものとして下表の通りである。選定において考慮すべき点は以下の通りである。

- 都市鉄道事業の事業フレームを決定する際「リスク分担と財政負担の大きさ」「民間事業者がどの程度の効率性を達成できるか」について十分に検討すべきである。
- その他にも、民間事業者入札の可能性等、政府による追加資金投入のリスク、複数路線のシステム統一、民間事業者破綻の際の処理、リスクを含む様々な要素を考慮すべきである。
- 重要なことは、各事業フレームの特徴を十分に把握し、メリットを最大化し、デメリットを最小化するための適切な処置を行うことである。

表 2-1 各パラメーターの選択肢の利点と欠点

パラメータ	選択肢	利点	欠点
① 資産整備	100%政府資金	国際機関が提供する低利ローンへのアクセスが容易 公的セクターによる資金管理が容易 出資構成がシンプルとなる	予算及び借入れの上限がある 意思決定に必要なプロセスが多い 予算制約でネットワーク形成が遅れる可能性がある
	一部民間資金	ネットワーク形成を早く進められる可能性がある 政府の借入れを削減できる 民間に一部リスクを転嫁できる	初期投資に係る金融費用が高い ネットワーク形成のコントロールが困難 プロジェクト実施が複雑になる
② 需要リスク	ネットコスト	民間事業者がより主体的に利益を追求できる	需要リスクの負担が大きい 公的セクターのコントロールが難しくなる
	グロスコスト	民間事業者は安定的な収入を得やすくなる	政府は契約管理・事業モニタリング能力が必要 民間事業者に乗客数増のインセンティブが働かない
③ 運営主体	公的主体による運営	利益追求によらず安定的な経営ができる 企業都合によらずサービス水準が確保できる	公的セクターにビジネス感覚が求められる 予算制約によりパフォーマンス低下の可能性がある 給与体系や人事制度の硬直化を招きやすい
	民間主体による運営	成果主義に基づく給与体系・人事評価の導入が容易 効率的な運営、サービス向上ができる可能性がある	(公的セクターと民間事業者で効率性が同じなら) 利益/税金を考慮すると運営費がより高くなる

(2) 事業スキームの評価

事業スキームの評価は、各オプションのキャッシュフロー分析に基づいて行う。民間事業者のパフォーマンスが、公的セクターと同じと仮定し、各事業フレームにおける公的セクターの長期的な財政負担（LCC：Life-Cycle Cost）を比較する。

[公的セクターの長期的財政負担] = [支出額の現在価値] - [収入額の現在価値]

政府にとっての初期費用削減 PPP の場合、民間が一部の初期費用を負担するため政府は初期投資を軽減できる。一方、不採算事業は民間事業の経営を助けるために補助金を拠出する必要がある。その結果、政府の財政負担は直営に比べ、当初は小さいが、長期的には大きくなる。

公共投資・政府直営が有利となる理由 民間事業者が初期投資の一部を出資する上下分離方式の場合、民間事業者の高い資金調達コストが公的セクターの負担増につながる。また、民間事業者の場合には利益や税金が上乘せされる。従って、民間事業者が効率化を達成できないのであれば、財政負担の観点から見て PPP スキームよりも政府直営が望ましい。

民間事業者による効率化 政府直営と PPP の政府の財政負担のギャップを埋めるには、建設・運営段階で民間事業者による効率化が必要。しかし公共セクターと民間事業者のパフォーマンスを定量的に差別化し一般化することは困難である。

事業スキームの評価 都市鉄道事業では、全体のコストに占める資本費用の割合が非常に高いため、民間事業者の高い資金調達コストがネックになる。事業のリスクが高いため、民間事業者が必要とする利益水準も高くなる。このため、都市鉄道事業の PPP は一般的に困難である。公的セクターの財政負担の大小を根拠として事業スキームを決めるのではなく、政策的な意思を考慮して決定する必要がある。

(3) 事業スキーム(各国の事例)

各国で選択された事業スキームもさまざまであり、事例から得られる知見は多い。

公共投資・政府直営モデルの選択 都市鉄道を初めて導入する国・都市（ジャカルタ、ホーチミン等）では公共投資・政府直営モデルを選択するケースが多い。直営により自らが運営・保守能力を備えることで将来的に民間事業者に移行した場合にも適切な管理ができるようになる等、鉄道事業の長期的視点に立てば賢明な選択と言えるかもしれない。

公共投資・政府直営モデル以外の選択 都市鉄道を初めて導入する国・都市であっても民間事業者を選択するケースもある（バンコク等）。財務省が公的債務の GDP 比率を制限している等の背景がある。他方、公設民営により初期投資は政府が負担するものの、民間事業者の効率的な運営を期待するケースもある（マニラ等）。鉄道事業に最も適した PPP 契約形態というものはなく、事業の規模、政府の方針、出資者/融資期間の存在及び事業への参加の意志等によって、プロジェクト毎に全ての関係者（ステークホルダー）が合意できる形態が選定されてきている。

上下分離方式の場合 上下分離方式の場合、民間事業者がどのくらい政府に施設（インフラ）使用料を支払うか、また補助金の場合どのような形で支払われるか（建設費の一部を補填するのか、運営資金の一部を補填するのか）が重要となるが、現時点ではケース毎で決められているのが現状である。

民間事業者による初期投資負担の限界 初期投資の資金調達を民間に依存した BOT 方式の PPP は困難を伴う。高雄やバンコクのようにネットワークが未成熟な段階では、鉄道事業における官民の負担を再考する必要がある。

2.2.3 事業スキーム図 (Handbook P23-P28)

(1) 公的オペレーター

1) 公共投資・政府直営モデルの事例(ジャカルタ MRT)

上下一体方式 公的主体が建設・運営全てを担う場合が該当する（一般的には困難だが民間事業主体がこれを全て担う場合もある）。事業主体は政府から建設・運営の権利を与えられ、土木施設の建設、車両・E&M システムの調達、開業後の運営・保守を行う。事業主体は運賃収入及び商業施設収入で運営・保守費を賄う。

2) 民間投資・政府直営モデルの事例(マニラ MRT3 号線)

BLT 方式 (Build-Lease-Transfer) 政府と BLT 契約した事業主体が資金調達して施設の建設、車両・E&M システムの調達を行い、完成後すぐに施設を政府に移管する。運営は政府が自ら行うか、BLT 業者とは別に民間企業に委託する（運営は自ら行う場合でも、保守を民間企業に委託することもある）。政府は契約期間中、施設リース料を事業主体に支払う。

(2) PPP・民間オペレーター

1) PPP・ネットコスト方式の事例(バンコクブルーライン)

上下分離 BOT・ネットコスト方式 (Build-Operate-Transfer) 主要土木施設、軌道工事などのインフラ部は政府が資金調達し、施工業者に発注して建設を行い、車両・E&M システムの調達は政府と BOT 契約を結んだ事業主体が資金調達して行う。事業主体はその後一定期間、施設の運営をし、契約期間終了後、施設を政府に移管する。政府は資金を調達してインフラ設備を整備するが、運賃収入は事業主体が受け取るため、資金回収ができない。このため、事業主体は政府に対して施設使用料を支払う。

2) PPP・グロスコスト方式の事例(バンコクパープルライン)

上下分離 BOT・グロスコスト方式 主要土木施設、軌道工事などのインフラ部は政府が資金調達し、施工業者に発注して建設を行い、車両・E&M システムの調達は政府と BOT 契約を結んだ事業主体が資金調達して行う。政府は資金を調達してインフラ施設等を整備し、運賃収入を受け取る。事業主体は運行経費に適正な利益額を加算して設定された運行委託費を受け取ることで、需要リスクを負わない。

(3) 公共投資・民間オペレーター

1) 公共投資・ネットコスト方式の事例(メルボルン地下鉄)

公共投資・ネットコスト方式 公的主体が資産整備の全てを担う。事業主体は土木施設の建設、車両・E&M システムの調達を行う。民間運営主体は開業後の運営・保守を行い、運賃収入及び商業施設収入で運営・保守費を賄う。運送収支によるものの、運営・保守に補助金を支給する場合が一般的である。

2) 公共投資・グロスコスト方式の事例

マニラ地下鉄等が導入を検討している。バンコク BTS は当初上下一体の BOT ネットコスト方式を選択したが、延伸区間では公共投資・グロスコスト方式を採用している。

公共投資・グロスコスト方式 公的主体が資産整備の全てを担う。事業主体は土木施設の建設、車両・E&M システムの調達を行う。民間運営主体は運行経費に適正な利益額を加算して設定された運行委託費を受け取ることで、需要リスクを負わない。

2.2.4 長期的な事業戦略（Handbook P29-P30）

(1) 事業戦略策定の展望

事業戦略は、FS 段階での事業スキームの検討・評価や、DD 段階におけるキャッシュフロー分析の見直し結果に基づき、DD 段階において検討に着手する。

GC（建設）段階で運営主体が設立された後、開業準備段階でより詳細な事業戦略が策定される。

運営保守段階では、社会経済状況の変化、事業環境（外部環境）の変化、技術革新等に伴い、事業戦略を随時見直す必要がある。

(2) 具体的な行動計画（経営計画）の策定

経営計画を基に事業戦略を構築することはどの組織にも重要である。特に新しい組織に対しては知見・経験を有する本邦関係者により策定を支援することが求められる。

他方、ODA 事業の実施段階では建設工事に関心が偏り「安全・安定した輸送」以外に実利のある事業戦略が描かれることは期待しにくい。同国・同都市初の都市鉄道なら尚更である。

場合によっては、関連事業、TOD、技術革新など意欲的な事業展開を標榜するものの、組織的・人的・財務的キャパシティが伴わずに実効性が伴わないこともある。

事業戦略は社会経済、鉄道産業、鉄道事業者の成熟度に応じて発展させていくべきである。構成や策定手順は参考にしつつも、本邦事業者の事例をただ踏襲することは厳に避けるべきである。

本書で扱う O&M 支援が必要となるのは原則として開業後 5 年程度が経過する時点までとなる。JICA・コンサルタントとしては実現可能性の高い行動計画（経営計画）の策定を支援することが肝要である。

それ以降の長期的な事業戦略に関しては、（ニーズが認められた場合に）課題ごとに開発調査案件や技術協力プロジェクトに仕立てることが考えられる。

2.3 規制制度 (Handbook P31-P34)

本項では「健全で持続可能な鉄道の運営維持管理に必要な 3 要素」のうち、規制制度に関する検討の進め方を述べる。

(1) 検討の概要

鉄道 O&M に係る規制の検討の流れについては、図 2-3 に示すように、まず当該国にどのような規制があり、鉄道事業に係る関係者（規制機関、鉄道事業者、製造メーカー等）の役割と責任がどのように分担されているのかを確認しなければならない。日本においては、鉄道システムの適合性評価（認定鉄道事業者のみ）や申請、及び運営面と技術面における責任は、一律的に鉄道事業者が責任を負うことになっている（図 2-3 青色部分）。一方、欧州式では関係者の役割・責任分担が日本式と大きく異なっており、鉄道システムの法令等への適合性評価の許認可手続きや、運営主体の事業認可の際に必要な業務量に大きな差がある点を留意しなければならない。支援国によってはプロジェクト毎に役割が異なる場合もあるので、まずはどのような役割分担で鉄道整備を進めるか、つまり日本式を採用するか、欧州式を採用するか、又は支援国独自方式を採用するか確認が必要となる。

このような役割と責任分担を明確にしたうえで、次に具体的な規制内容の検討が必要となる。その検討には、日本における規制項目（事業運営の基本的事項、鉄道技術に関わる事項、安全の維持に係る事項、旅客営業（運賃等）に係る事項、鉄道係員に係る事項等）を参考にするが、日本での事例をそのまま他国では適用できないため、日本と比較しながら各規制項目の必要性を検討することになる。

このような流れに沿って制定された当該国での規制内容にもとづき、最終的には運営主体内部の社内規定を整備しなければならない。上位である法令に基づき社内規程を策定する例として、日本の場合の事故報告に係る規則の体系例を図 2-4 に示す。社内規定が二段階に分かれているのは、部門統合が作るべき社内共通のルールと、各技術部門別の運用ルールを策定するためである。

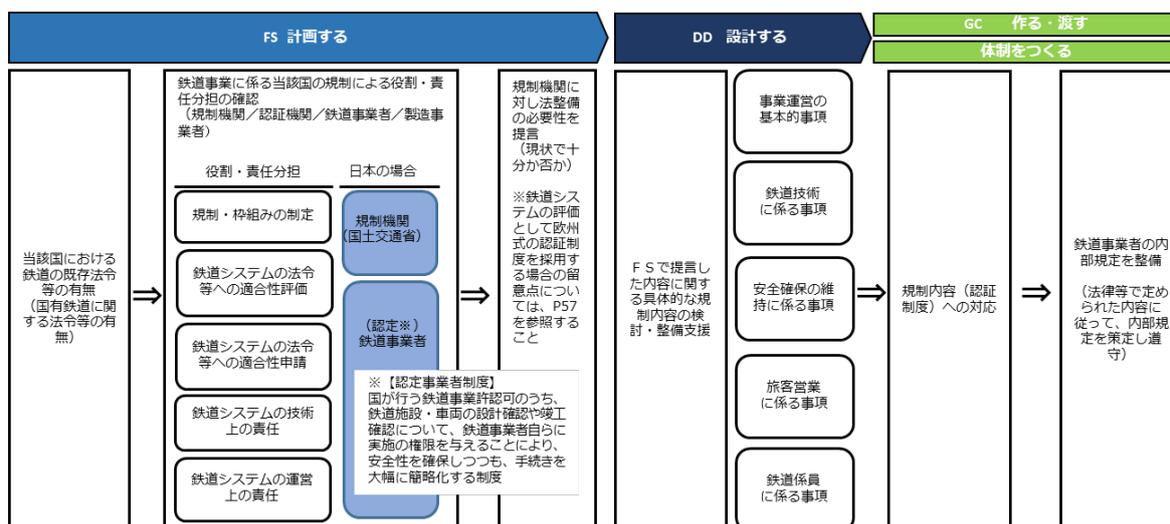


図 2-3 鉄道 O&M に係る規制の整備・確認フロー

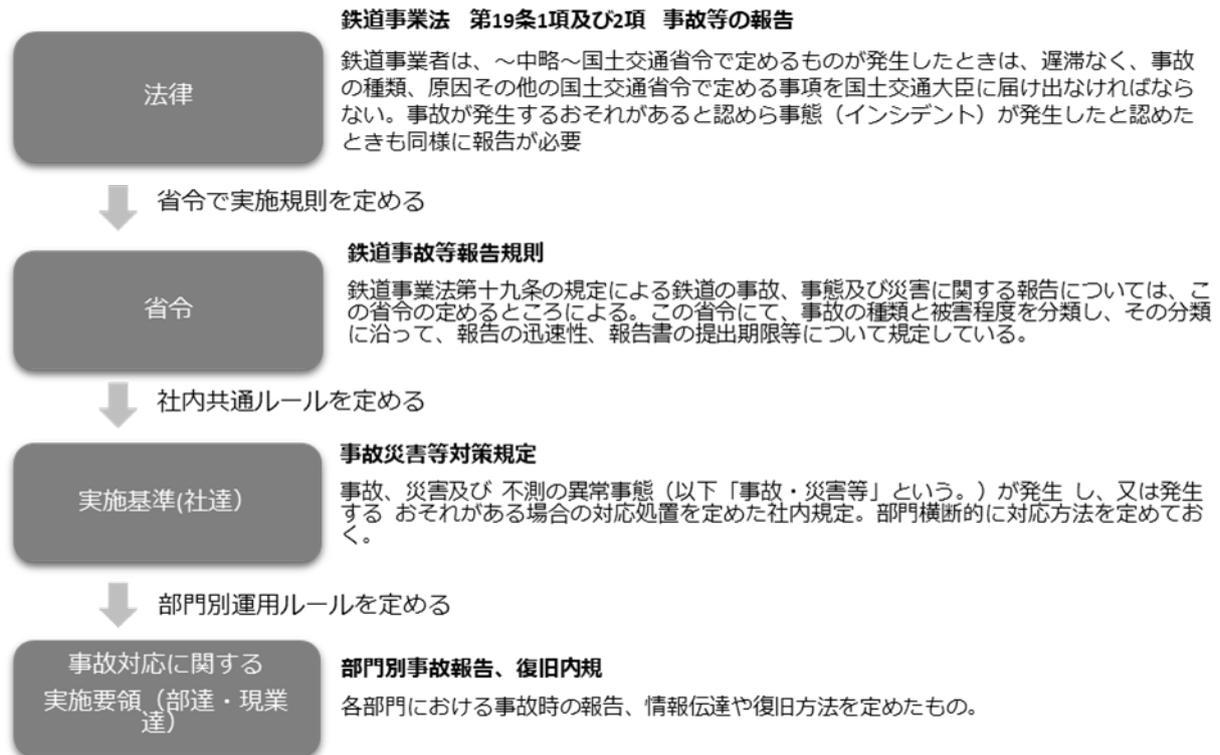


図 2-4 法令と社内基準との関係

2.4 鉄道システム

本項では「健全で持続可能な鉄道の運営維持管理に必要な3要素」のうち、鉄道システムに関する検討の進め方を述べる。

2.4.1 要員計画・組織 (Handbook P35-P36)

(1) 組織体制構築の流れ

都市鉄道のO&M組織は、組織設立から営業運転開始までは、運賃等の収入がない中で人材を雇用し、研修を実施しなければならない。また、営業運転開始後も、路線バスなどの既存交通機関から都市鉄道へと旅客が転移するまでは収入の少ない期間が続く。そのため、図2-5に示す通り、初期段階では限られた要員での組織設立準備及び組織運営が求められ、段階的に拡充していくことが望ましい。O&M組織の各部門及びその機能については、全文版を参照のこと。

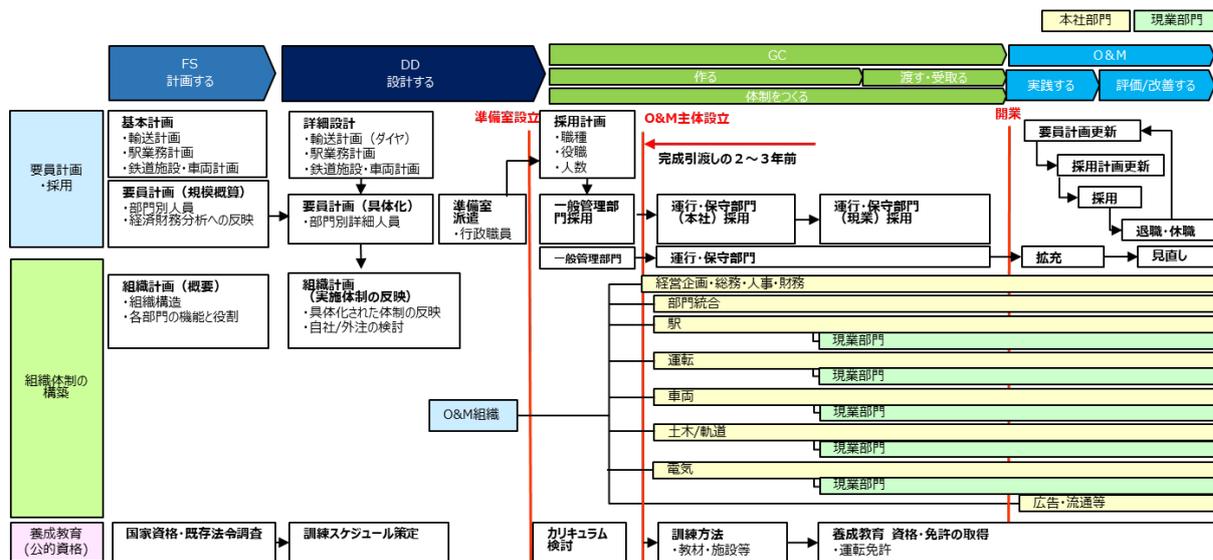


図 2-5 組織体制構築の流れ

(2) 検討事項の解説

1) 要員計画・採用

O&M組織の要員計画は、健全で持続可能な都市鉄道を支える土台である。新技術導入による作業の効率化が進んでも、職員が業務経験を蓄積して改善し、着実に継承することが不可欠である。そのためには長期的な観点から要員計画を立て、人材を採用し、育成することが重要である。

2) 組織体制

実施国が都市鉄道に対しどのような役割・支援を求めているかを十分確認し、収益の少ない開業初期の段階から多数の要員を抱える巨大O&M組織とならないよう留意する必要がある。

3) 養成教育

都市鉄道O&Mでは、職種ごとに関係法令等で定められた免許や資格を開業までに取得する必要がある。特に電車運転免許は座学やシミュレータによる習熟に加え、設備引渡しから開業までの限られた期間に、実際の設備を用いて試運転を行う必要がある。

FS段階では、開業までに必要となる教育及び期間について他の事例を紹介し、実施国の関係機

関から準備に向けた理解を得ることが必要である。DD 段階以降では教育案を作成し、GC 段階以降ではカリキュラムの作成及び実施方法の詳細を策定する。教育はコントラクターが実施する場合もあるため、内容の重複や不足が無いよう、O&M 組織との調整が不可欠である。

2.4.2 鉄道システム・O&M 計画の検討 (Handbook P37-P38)

(1) 鉄道システム・O&M 計画の検討の流れ

O&M 計画の検討は、図 2-6 に示すように、路線整備の基本方針で検討された需要予測に基づく必要輸送力の検討をかわきりに、鉄道システムの計画と密接に連携しながら O&M 計画の具体化に向けて段階的に進めていくことになる。FS 段階では事業コストの算定に必要な基本計画を策定し、DD 段階では設備設計・製造に必要な運行・保守の計画及び各種設備の仕様を決定する。その仕様に基づき設備を調達して GC 以降の詳細設計・製造を経て鉄道システムを構築する。そして、構築された鉄道システムを具体的に動かす方法を詳細に記述した竣工図書類を整備して運営主体に引き継ぐ。(引継ぎ後は、各技術部門の解説を参照)

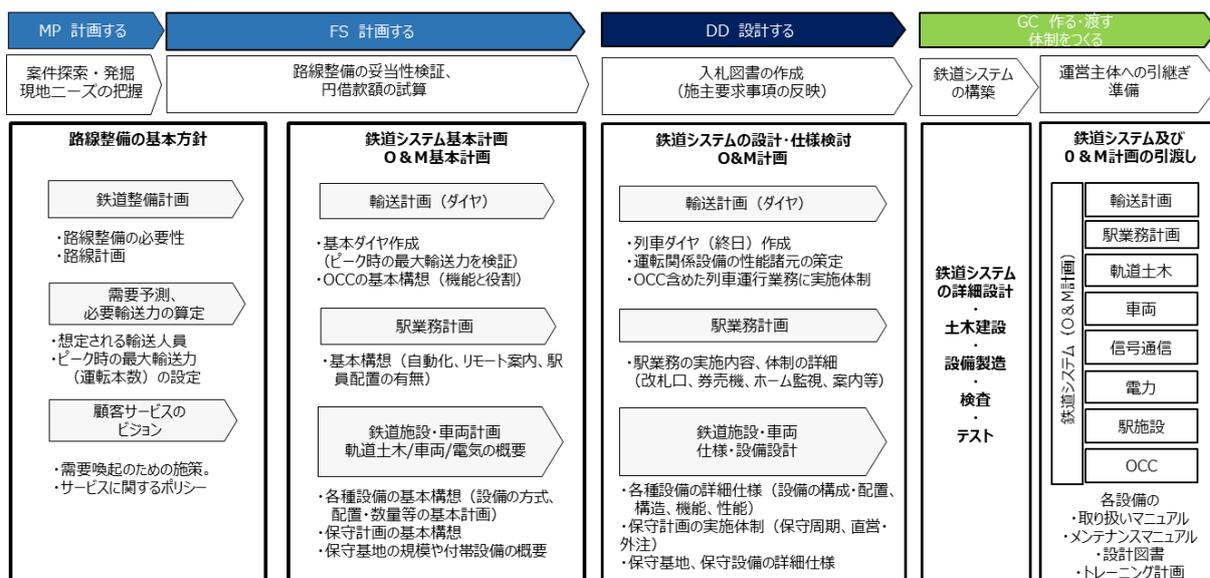


図 2-6 鉄道システム・O&M 計画検討の流れ

2.4.3 運転部門（Handbook P39-P40）

(1) 基本的考え方

列車運行体制の中で運転部門の役割を一言で言えば、「輸送計画（ダイヤ）をはじめ、これを構成する各種計画を確実に遂行すること」となる。また、ここに記した各種の手順は、今後の新興国における都市鉄道整備事業の技術支援において、GC のフェーズにおける現地カウンターパートへの指導内容となる。

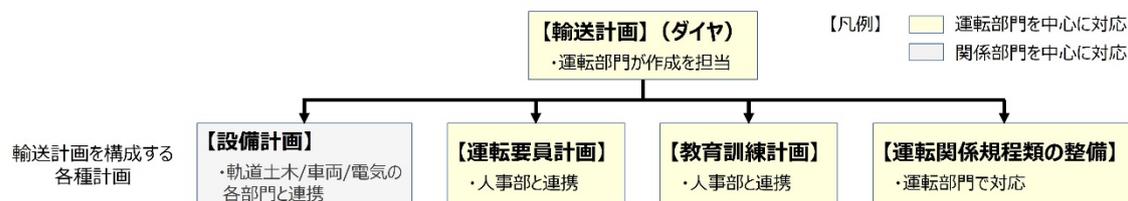


図 2-7 輸送計画と各種計画の関係

(2) 検討事項の解説

1) 輸送計画

運転部門では、DD までに設備や車両等の技術的な仕様が確定すると、この内容を反映した列車ダイヤを作成する。これは秒単位で設定された、開業時に実際に用いられる実用レベルの精緻なダイヤである。

2) 設備計画

これは、輸送計画を実施するために必要な「道具」を整えることである。具体的には、軌道土木、車両、電気の各種設備が該当し、関係部門と協議しながら対応する。

3) 要員計画と教育訓練計画

これは、2)で述べた「道具」を扱うために必要なスタッフを揃えるための要員計画と、「道具」を適正に扱うための必要な知識・技能を習得させるための教育計画を指す。

4) 運転関係規程類の整備

これは、先に述べた「道具＝各種の設備や車両」の取扱い及びそのルールを明文化したものである。まず、運転関係の規程類に関しては、その国の列車運行に関する法令をベースに、GC でコントラクタから提供された運転関係設備の仕様書や取扱い説明書の内容を反映の上作成される。規則が確定したら、コントラクタからの取扱い説明書に基づきマニュアルを作成する。

開業後に「道具」の仕様変更や、新しいシステムが導入された場合は、これを扱うための規則やマニュアルも見直しが必要である。規則やマニュアルが変更された場合、この情報は関係部門に確実に周知されなければならない。

これまでに述べた運転部門の各種計画に対する対応は、開業前（実施前）に十分整えておくことは勿論のこと、開業後（実施後）の評価によって不備や不具合が確認された場合は改善を行い、次の計画に反映させなければならない。このため、社内の関係部門全体を巻き込んだ PDCA サイクルが継続する体制とすることが、健全で持続可能な列車運行体制には不可欠である。

2.4.4 駅部門 (Handbook P41-P42)

(1) 基本的考え方

駅では、乗車券の販売、セキュリティ検査、プラットホームでの安全確認、各種旅客案内、遺失物対応など、旅客の最前線でサービスを提供している。このため、旅客の安全確保に加え、利用者にとって快適な駅務サービスの提供もまた重要である。こうしたサービスの提供の観点から、これを定量的に観測する方法として、利用者満足度に関する KPI 等の指標導入も視野に入れつつ業務運営を考えていく必要がある。

(2) 開業に向けた駅業務の流れ

駅業務の流れは、主に4つの観点から分けられ、その流れは図 2-8 のとおりである。

- 駅業務計画（対外的調整：行政機関への届出及び報告、対内的調整：部門内中長期計画、予算管理及び駅務サービス実施体制づくり）
- 規程・マニュアル（適切な業務遂行）
- 駅要員配置（要員計画・業務分掌）
- 駅設備稼働（設備仕様・レイアウト）
- 駅業務計画



図 2-8 駅運営業務の全体像

駅におけるあらゆる業務は、定められたルールに基づいて適切に遂行される必要があり、その具体的なルールが規程やマニュアルである。中でも駅業務に関わる最も重要なものの一つが、乗客との運送契約である「運送約款」である。さらにこれに付随して、駅業務運営に関して重要なものとして、事故発生時の対応、駅員への指示、駅の収入金管理方法、ホームでの作業手順等に関する社内規則や業務マニュアルがある。これらについて、その内容を定め、運用を行う必要がある。

規程やマニュアルを作成する際には、その上位の法令との関係を把握するとともに、関係する社内の規程類との関係を体系的に理解する必要がある。効率的かつ適切な駅業務を遂行するためには、本社および駅の各部署の人員配置や業務分掌（取引先等との業務委託契約も含む）を詳細に検討し、教育を実施する必要がある。

要員配置に関しては、DD 段階までの想定人員計画、組織分担案を基に、GC 段階以降において精査することになる。ここでは、駅の個別勤務レベルのシフト及び業務遂行に必要な人員が配置されているかという観点で要員配置を精査し、開業までに人員の過不足を調整することが必要である。さらに、部門内で業務が円滑に機能していない場合、またはその恐れがある場合には、別途、人事部などを含めた検討を行い、人員配置または業務分担を見直す必要がある。

駅施設稼働に関しては、駅部門として支障なく業務を遂行できるよう、施設・設備（駅務機器、PSD、AFC や旅客関連にする機器）の詳細仕様を確認したうえで、事前教育を行うこととなる。この場合、コントラクターが設備のマニュアルを作成する場合には、実業務との整合性を確認する必要があることに注意が必要である。これらのプロセスは、開業後も PDCA サイクルに応じて不断に修正されることとなる。特に鉄道経験のないカウンターパートへの技術支援を行う場合には、定める規定が具体的にどういう意味を持つのか、関係箇所とどういった連携が必要となるのかを適切に伝え、継続的な支援を行うことが肝要である。

2.4.5 軌道/土木部門 (Handbook P43-P44)

(1) 基本的考え方

鋼構造物、コンクリート構造物等の土木構造物は容易には造り替えることができないため、適時補修や補強を行い、土木構造物としての機能維持を図る。一方で、軌道は、部材の損耗や変位が利用者の安全性や快適性に直接影響を及ぼすため、土木構造物よりも検査頻度は高く設定し、一定期間経過後は更新することが前提となる。土木構造物、軌道のどちらにおいても、検査結果に基づいたメンテナンスサイクルを回すことが大切である。

(2) 検討事項の解説

保守体制構築・維持の全体像を図 2-9 に示す。施設の受け渡しから始まり、引き継ぐ施設や付帯する設備の確認を行う。特に、設計図、施工法および完成検査結果は、施設の維持管理上の重要な情報となるので確実に引き継ぐ。

(PLAN)

業務分掌および法令に基づいた実施事項を策定するとともに、調達方法および資産管理方法を制定する。また、検査や補修工事等の保守業務を実施する上で順守すべき事項を規定する。次に業務全般に関する中長期計画を策定し、予算を計上する。同時に検査計画および教育計画の策定し、人材管理や調達先選定も行い体制を整備していく。

(Do)

施設の取扱い訓練に当たっては、開業初期段階では工事請負者や設備の調達先から技術サポートを受ける。メンテナンスに関わる一連の行為は検査データに基づき判断され、必要な措置が取られる。事故や災害の発生時は応急対応を優先しつつ、早期に本復旧のための工事を計画する。また、改良工事等に合わせて固定資産情報を逐次更新して引き継いでいくことも必要である。

(Check)

構造物に対しては、検査結果の分析および補修・改良工事の経年状態の分析を行い、検査方法や施工方法の改善を図る。事故・災害の対策に対しても同様に評価を行う。組織体制に対しては、関係官庁による監査とともに、定期的な社内の内部監査により業務の適切な実施を図る。

(Action)

補修のみでは施設の機能を維持できないと評価された場合は改良工事が実施される。評価に基づき、作業手順、施工方法、検査方法等を見直し、マニュアル類・規程類の改定を行う。また、発生した事故に関する教育も継続的に実施し、再発防止を図る。

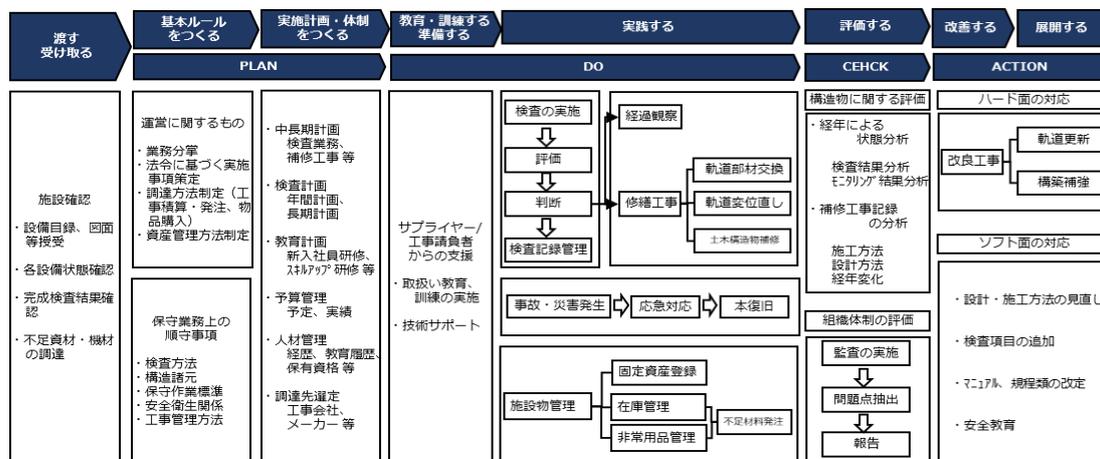


図 2-9 軌道・土木施設保守体制構築・維持の全体像

2.4.6 車両部門 (Handbook P45-P46)

(1) 基本的な考え方

車両保守は期日内に定期的に検査を行う「予防保全」と、事故や故障の発生時に早期復旧を行う「事後保全」の二つに大分される。これらを確実に実施するために車両の中・長期的な更新計画や検査の工程計画、営業線での故障や事故対応計画を策定し、実施体制を整備する必要がある。

保守実施には保守部品や専用設備が必須であり、部品の供給や設備の管理が重要となる。そして、日々の保全データを収集、分析し故障の前兆をいち早く捉え、必要な施策を実行して改善計画へと反映していく。

これらの業務を円滑に遂行するためには知識、技能を有した技術者の存在が欠かせない。技術者育成のためには、座学と実技の両面で分かり易い教材に基づく教育が必須となる。

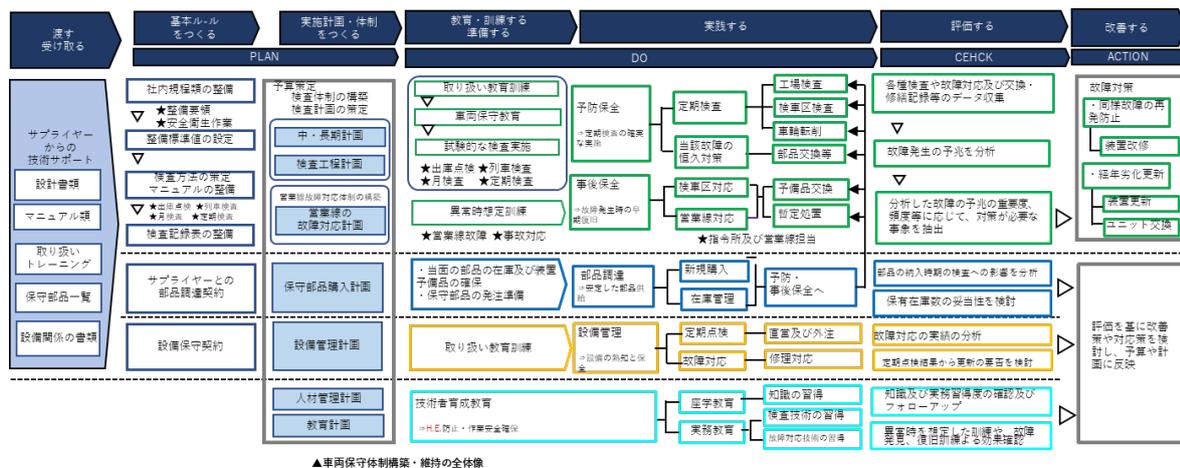
(2) 検討事項の解説

車両及び検査設備を引き継いでから、開業後に必要となる評価、改善までの一連の業務を図2-10に示す。

車両検査体制の構築としてはサプライヤが作成した検査に係る図書を活用し、規程やマニュアルを整備する。検査計画や営業線の故障対応計画を策定し、開業前に訓練や準備を行い検査実践に備える。開業後の定期検査・故障対応においても、改善点を見つけ修正を継続していくことで、車両の検査品質を維持・向上させる。また、サプライヤから保守に必要な部品の名称、型番、数量、交換周期等を記載した保守部品一覧を入手し、サプライヤとの保守部品調達に関する契約を行い、検査工程計画に基づき保守部品の購入計画を策定する。計画に基づき一定の予備品数を確保しながら物品の管理を維持する。

設備保守は、サプライヤから設備に関する書類を入手し、車両の検査計画に支障しないように設備の保守計画を策定し、定期的な点検を継続することで設備の健全性を維持する。

検査技術教育では車両保守を担う個々の知識・技能に関する人材管理計画及び教育計画を策定する。保守に必要な免許の取得の可否を考慮しながら受講者の経験年数や技能毎に教育内容を定める必要がある。また安全教育については、繰り返し行うことで安全文化・意識を醸成することが重要である。



出典：調査団作成

図 2-10 健全で持続可能な車両保守体制構築・維持の全体像

2.4.7 電気部門 (Handbook P47-P48)

(1) 基本的考え方

電気部門の業務は鉄道システムの広範囲にわたり、エネルギーを供給する電力（受変電、送配電及び電車線）、列車運行の安全の根幹を担う信号通信（鉄道信号及び鉄道通信）、そして運賃を収受し安全・快適に利用できるための駅施設（電気機械施設及び AFC）の 3 分野に概ね大別される。

(2) 検討事項の解説

図 2-11 は、開業前後における O&M 組織・電気部門における業務フローである。基本的な流れは 3 分野とも共通であり、それぞれ独自の特徴を持つものについては、紫：電力、橙：信号通信、緑：駅施設で示した。次に、開業前の作業を中心に述べる。

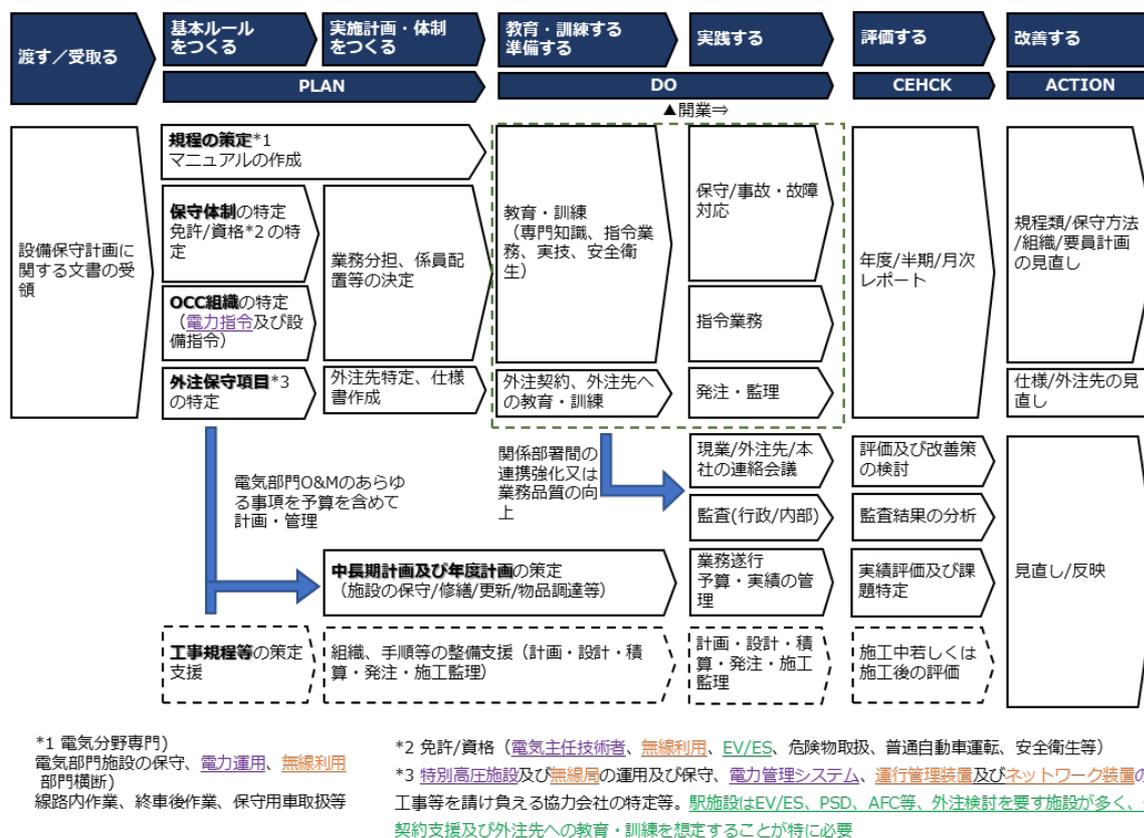


図 2-11 電気施設保守体制構築・維持の全体像

1) 規程の策定

必要とされるのは、規程類及びマニュアルの 2 種類である。規程類は法令のように遵守が確実に求める事柄を明文化し示したものである。他方、マニュアルも遵守が求められるものではあるが、規程類に基づいて、各規定を順守するための明確な手順を示すものである。

2) 保守体制

電力、信号通信、駅施設の 3 分野に対し、要員及び勤務を含め検討する。

3) OCC 組織

OCC には輸送指令、車両担当指令、電力指令、設備指令、駅務指令等が通例的におかれる。このうち電気部門では電力指令及び設備指令が深く係る。

4) 外注保守項目

特別高圧施設、無線施設、EV/ES: Elevator/Escalator、PSD 等においては、O&M において専門的な知識若しくは技術が必要であり、外注の検討を要す。他方で一般的な電気設備も効率化の観点で保守外注の検討余地がある。

5) 開業後

開業後は、各々業務を実践し、評価し、改善を行うルーティンに移行する。

2.4.8 部門統合 (Handbook P49-P50)

(1) 基本的考え方

O&M 体制の構築においては、運転、駅、軌道土木、車両、電気の各技術部門がそれぞれの担当業務を確実に遂行し、各部門が所管する資産の管理に対して責任を持つことが基本となる。しかし、鉄道を利用するお客様に対しては、各部門個々に輸送サービスを提供するのではなく、これら各部門のシステムを統合し「鉄道システム」全体としてお客様に輸送サービスを提供することになる。そのため各技術部門を「鉄道システム」全体として統合する役割を持たせるのがこの「部門統合」である。部門統合業務の全体像を図 2-12 に示す。

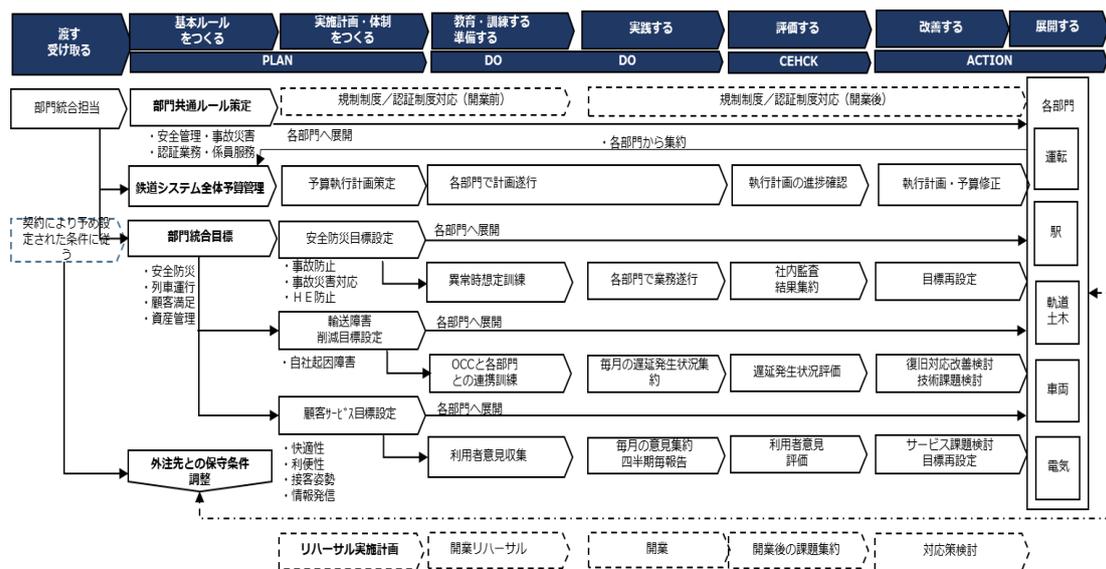


図 2-12 部門統合業務の全体像

(2) 検討事項の解説

1) 各部門共通ルールの策定

安全管理や事故災害時の対応など、部門全体に係る統一的なルールを策定し、各部門へ展開する。この上位規程に基づき、各部門個別の規程を定めることで、会社として統制の取れた規程を定める。各部門一斉に認証制度へ対応する場合は部門統合がとりまとめを担う。

2) 鉄道システム全体での予算管理・調整

各部門で必要となる予算を集約して鉄道システム全体としての予算を把握し管理を行う。保守等に必要となる費用を積み上げて算出された各部門の予算を、部門統合担当において予算全体を統合する。統合した予算が全体の事業費想定に収まった妥当な数値であるか検証し、必要により予算削減等を各部門に指示して全体額を調整するほか、年度毎の予算の推移を監視して費用が増加傾向にあった場合にはコストダウンを指示して全体額を調整するなどの管理業務を行う。

3) 部門統合目標

事故災害等に関する安全防災、日々の列車運行における輸送障害の削減、顧客サービスの向上、資産の良好な維持に関する目標を設定し、その達成度合を管理する。この管理する過程において、部門横断的な技術上・サービス上の課題解決も行う。

4) その他

核技術部門における個々の業務を外注する場合においては、その担当部門が外注契約を行うことになるが、部門全体の業務（例えば軌道部門の業務全て）を外注する場合においては、保守による成果条件を含めた契約交渉を行う技術部門がないので、部門統合担当が行うことになる。

また、新規に開業する路線にあたっては、開業前の全体リハーサルの実施内容、及び実施スケジュールについて関係部門（特に運転部門）と調整のうえ、全体計画を策定する。

2.4.9 資産管理・実施例 (Handbook P51-P54)

(1) 基本的考え方

現地政府等実施機関がもつ鉄道資産をそのライフサイクルで有効活用するため、また O&M 事業者の財務的健全性を維持するために実施機関や O&M 事業者が行う資産管理の準備や実施を JICA 事業として支援する必要がある。ここでは準備段階 (GC フェーズまで) と実践段階 (O&M フェーズ) における基本的な考え方や検討事項を解説する。

ここで取り扱う資産とは、鉄道用地、駅、軌道、信号システムや車両など鉄道事業の運営に必要な財産を指し、資産管理とは資産の状態を規定水準に維持するための計画・実施・評価・改善といった一連の業務サイクルで構成される管理業務を表す。

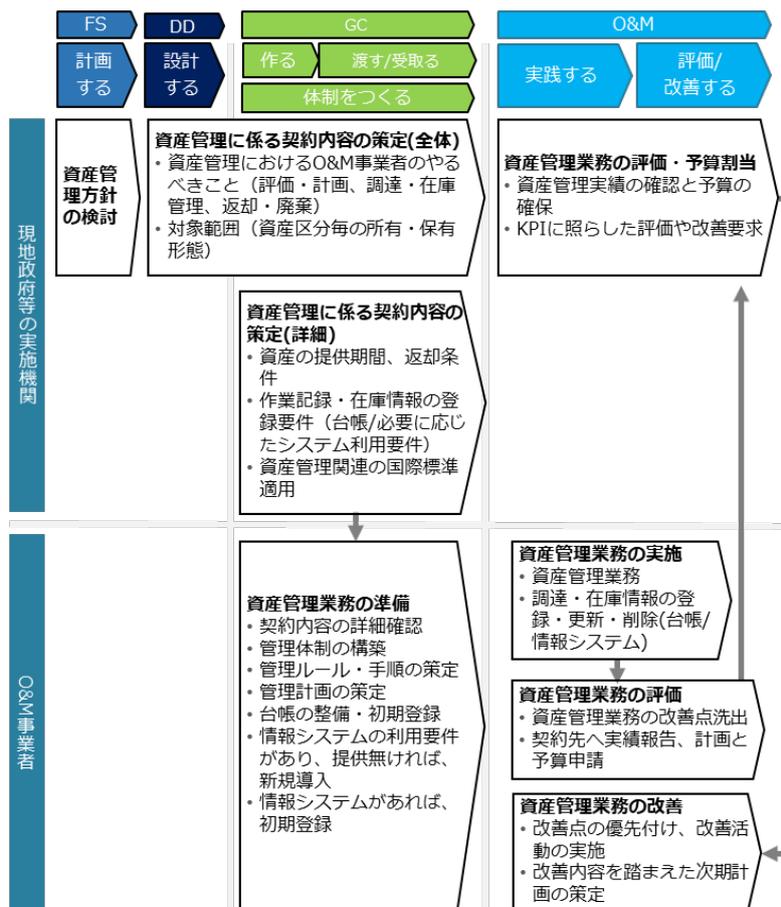


図 2-13 鉄道事業者が考慮すべき資産管理に係る準備と業務の流れ

(2) 検討事項の解説

1) 資産管理方針の検討

実施機関は資産管理方針の検討を行う。JICA 事業は、実施機関における資産管理方針の検討に先だて、資産管理業務の全体像や参考にすべき事例の提示などにより、同業務の支援をする。この際に、資産管理に関する国際標準規格 (ISO55000, 以下 ISO55k) の適用が有用となることがある。同規格は、アセットマネジメント規格と呼ばれるもので、鉄道業界でも適用が進められている。国際鉄道連合 (UIC) のアセットマネジメント部会 (2019 年公表) において、日本が最多認証国であるとされており、日本の事例について一定の優位性を示すことができる国際規格であると言える。

2) 資産管理に係る契約内容の策定

実施機関は、資産管理における O&M 事業者の所掌範囲（管理対象資産の範囲や所有・保有の形態、業務内容）を検討する。JICA 事業は、日本や他国の事例を提供することで、実施機関の検討を支援する。

実施機関は、資産管理に係る契約内容の詳細を策定する。JICA 事業は、実施機関が行う具体的な契約内容の策定において、日本や他国の事例を提供することで、実施機関の検討を支援する。なお、この際、人の流動性が懸念される地域では、情報システムの活用を検討する。システムで業務の流れを構築できるため、人に依存せずに一定水準の業務実施が担保できることになる。とくに、資産管理における計画・実績の情報を O&M 事業者と実施機関の間で適切に取り扱えるように設計することで、予算確保のためのエビデンスを透明性・客観性を持って保持できるようになることが期待できる。

3) 資産管理業務の準備

実施機関は、O&M 事業者が行う資産管理業務の準備状況が、予め提示した契約内容の詳細に沿っていることを確認する。JICA 事業としては、業務フローや手順に係る助言、情報システムを活用する場合は、この準備や調達に関する支援がある。

4) 資産管理業務の実施

実施機関は、O&M 事業者によって行われる資産管理の業務サイクルが正しく定着していることを確認する。JICA 事業は、確認点を実施機関に提示することでこれを支援する。確認点として、ISO55k のアセスメント視点を活用することで網羅的な評価とすることができる。

実施機関は、予め設定した資産管理業務の計画に対する実績報告を O&M 事業者から定期的に受ける。JICA 事業では、ISO55k アセスメントに加えて、実施機関による KPI に沿った実績の評価や改善案の提示などの支援が考え得る。

(3) 資産管理実施例

鉄道分野において資産管理の国際標準規格 (ISO55000, 以下 ISO55k) の適用が事実上の標準となっているオーストラリアとイギリスの例を紹介する。また、同規格において重要な論点となっている情報システムの活用状況についても紹介する。

1) オーストラリアの事例

オーストラリア・メルボルンの Melbourne's Metropolitan Rail Service では、鉄道事業に係る用地、インフラ、E&M、車両や駅を政府系企業が所有している。O&M 事業者は州政府機関（実施機関）との O&M 契約に基づき、一定期間の間、鉄道資産を利用して事業を行っている。

O&M 事業者である Metro Trains Melbourne Pty. Ltd. (MTM) は、実施機関から 2017 年～2024 年の期間で鉄道資産をリースされており、契約終了時には対象資産が継続的に利用できる状態で返却することが契約で義務付けられている。このため、O&M 事業者は、資産管理計画を策定し、計画に沿った設備更新や維持作業を実施している。

実施機関は鉄道 O&M 事業者との契約条件に、ISO55k の認証取得を課しており、MTM はこれに従って ISO55k を取得している。（ISO55k の原案である英国規格 PAS55 の認証を既に取得済みであり、本契約期間内に ISO55k の認証へと移行している）

このことから、MTM では、ISO55k に沿って、管理規程およびその業務プロセスを Asset Management System Framework として体系化しており、計画策定から内部監査までの一連の業務を行い、マネジメントレビューにおいて資産管理業務のパフォーマンスを定期的に評価している。パフォーマンス

ンス評価で、不適合となった点は必要な改善活動をおこない、関連する計画へ反映している。

MTM は、ISO55k の考え方が標準装備されているパッケージ型の情報システムを導入し、実施機関からリースされた資産に関する情報を管理している。管理する情報として、資産の登録及び状態、維持管理活動に関連するものがあり、交換部品や予備品などの取得価額・簿価、在庫状況や利用スケジュールなども管理対象としている。MTM と実施機関は互いの資産管理情報システムに接続しているため、前述した情報が実施機関からも適時に把握できるようになっている。また、資産管理計画に対する実績報告や会計報告などにもシステムのデータを活用しているため、適時に正確な情報を入手することができ、迅速な予算用意と執行承認につながっている。

2) イギリスの事例

イギリスの South Western Railway では First MTR South Western Trains Ltd. が O&M 事業者として、駅と駅構内の設備を主な対象に資産管理を行っている。オーストラリアの MTM と同様に、ISO55k の認証取得が課せられており、同規格の考え方が標準装備されているパッケージ型情報システムの活用が行われている。

3) 資産管理事例のまとめ

以下にオーストラリア、イギリスにおける資産管理の実施例を項目ごとにまとめる。

表 2-2 資産管理に係る他国事例

		オーストラリア	イギリス
O&M 事業者 (略称：筆頭出資者)		Metro Trains Melbourne Pty. Ltd. (MTM：香港 MTR60%)	First MTR South Western Trains Ltd. (FMSWT：英国 First Group70%)
O&M 事業者と契約する 実施機関		Public Transport Victoria (ビクトリア州公共交通機関)	Department for Transport (イギリス運輸省)
対象路線名		Melbourne' s metropolitan rail service	South Western Railway
資産所有者	鉄道用地	政府系企業	政府系企業
	インフラ	政府系企業	政府系企業
	E&M	政府系企業	政府系企業
	車両	政府系企業	民間企業 (車両リース事業者)
	駅	政府系企業	政府系企業 (一部 O&M 事業者)
資産管理契約概要	契約期間	・ 2017 年～2024 年	・ 2017 年～2024 年
	O&M 事業者の 管理対象資産	・ 政府系企業が所有する資産	・ O&M 事業者が所有またはリースされた資産 (駅や構内設備)
	特記	・ リース契約で所有権を O&M 事業者へ移転 ・ 契約終了時に、継続的に利用できる状態で資産を返却	・ 政府系企業・民間企業が行う所有資産に対する維持管理作業への協力
O&M 事業者の 資産管	主な業務内容	・ 資産管理計画の策定 ・ 設備更新や維持作業の実施・記録	・ 資産管理計画の策定 ・ 設備更新や維持作業の実施・記録

		オーストラリア	イギリス
理業務	設備維持・更改の 予算化に関連する 業務	<ul style="list-style-type: none"> 事業 KPI に沿った中長期の 資産管理計画 資産管理計画に基づく詳細 な年間作業計画（資材調達、 維持管理コスト等の財務計 画を含む） 	<ul style="list-style-type: none"> 駅や構内設備 に関する年間事業 計画（資材調達、維持管理コスト 等の財務計画を含む）
	資産管理国際標 準規格への準拠	認証取得が求められる	認証取得が求められる
資産管 理情報 システ ム	利用中のシステ ム	ABB Ability Ellipse EAM	Infor Asset Management System
	活用方法	<ul style="list-style-type: none"> 資産情報や作業情報の管理 資産所有者との情報共有 	<ul style="list-style-type: none"> 資産情報や作業情報の管理

2.5 O&Mの各国事例

2.5.1 他国鉄道事業者による海外O&M事業の実施例 (Handbook P55-P56)

他国鉄道事業者として、欧州内で展開している Arriva、イギリスにおける FirstGroup、オーストラリア・メルボルンにおける香港 MTR、ドバイにおけるフランス Keolis、の各社が海外で実施している O&M 事業の実施内容を公開情報に基づき表 2-3 のように整理した。

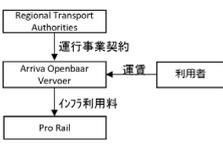
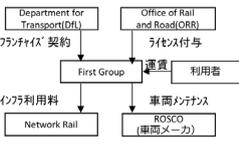
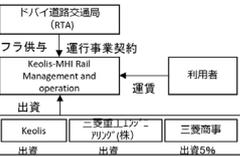
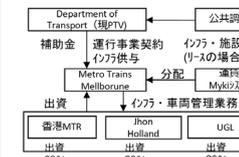
(1) 各社の O&M 実施体制

表 2-3 に示すように、もともと事業スキームとして鉄道施設・車両のメンテナンスが分離されている場合も含め、1社で全ての O&M 業務に対応しているのではなく、他 JV メンバー等と役割分担をすることで O&M を行っている。

(2) O&M 事業の展開戦略

現地知見の習得や O&M 業務を担う人材育成をベースとして、資産を保有せずに行う O&M 事業を中心に展開している模様。このような事業の場合、利益率が小さく (2~3%) ても、リスクも同様に小さく安定したキャッシュフローとなる条件であることが重要視されている。

表 2-3 他国鉄道事業者による海外 O&M 事業

事業者名 (本拠地)	Arriva (英国)	First Group (英国)	Keolis (仏国)	香港MTR (香港)
O & M 実施都市の例	オランダ	イギリス各都市	ドバイ	メルボルン
法制度	欧州式許認可制度	欧州式許認可制度	欧州式許認可制度を準用	鉄道安全 (地方運用) 法 (Rail Safety (Local Operations) Act 2006 (Vic) に基づいて、TSV (Transport Safety Victoria) が安全監督業務を行う。
O & M 実施体制	Arrivaは現地の小規模鉄道事業者とJVを構成 (Openbaar) し、列車運行及び車両調達を担当している。インフラメンテナンスはProrailに対応する。	列車運行事業のみ実施しており、インフラメンテナンスはNetworkrail、車両の調達やメンテナンスはROSCO(車両リース会社) や車両メーカーが対応	日系企業とJVを組んでドバイO&M事業を実施。Keolisは列車運行事業を担当しており、メンテナンスはMHIが対応する。	現地企業であるJohn HollandやUGLとJVを組みメルボルンO&M事業を実施。設備保守はJohn HollandおよびUGLが担当している。
事業スキーム				
事業スキームの枠組み	公共投資×グロスコスト	公共投資×グロスコスト	公共投資×ネットコスト	公共投資×ネットコスト
リスク管理	以下、各社の全般的な傾向を中心に記載している。	以下、各社の全般的な傾向を中心に記載している。	以下、各社の全般的な傾向を中心に記載している。	以下、各社の全般的な傾向を中心に記載している。
O & M 事業の展開戦略	大型バス運行を通じて欧州各地にオフィス有しており、各国の規制要求条件に極めて精通し、速やかに対応できる体制を築いている。	フランチャイズ契約(※) に基づいたリスク管理を実施している。	現地の既存鉄道事業者の買収又は将来的な買収を考慮したうえで、当初はパートナーシップを組む方法で自らのリスク増大を回避する策としている。オランダにおけるKeolis Netherland、ノルウェーにおけるKeolis Norge、デンマークにおけるKeolis Denmarkなど。	メルボルンO&M事業では、発注者側とのリスク分担方式を採用しており、規定した運賃収入計画の上限・下限に対して運営事業者がリスクをとるが、それを超えた部分は州政府と運営事業者とで折半する仕組みとなっている。
	バス運行事業等を先行して行い、進出先に関する知見を習得する。JVで鉄道事業に対応しつつ現地企業を買収して事業展開している。	フランチャイズ契約(※) での収益最大化に取組んでいる。	本拠地のフランス以外の欧州国やアメリカ、中東、アジアにおけるビジネス機会追求に積極的である。自社内のトレーニングが充実しており社員への知識移転により、14か国の様々な地域でO&Mを実施している。	利益率が高くなくとも、投資が比較的小さく済み、資産を保有しない既存路線の運営・保守事業を行う案件を中心としている。

※2021年5月英運輸省発表「グレートブリティッシュ鉄道計画」により、今後契約内容が見直される見込み。

2.5.2 欧州式による許認可制度 (Handbook P57-P58)

(1) 欧州式による許認可制度

欧州の流れを汲む許認可においては、日本式と異なり許認可の枠組みの中に認証機関が関与する。このような欧州式の許認可では、リスクに基づいた説明と認証機関による審査が根底にある。そのため、評価スキルやリソースを確保しきれない規制機関において、欧州をはじめとした世界各地における鉄道の安全性評価に関わる実績・専門知識を有する評価機関を活用する許認可と親和性が高く、欧州以外でも東南アジアをはじめとして様々な国・地域で散見される。欧州式許認可制度の流れを図 2-14 に示す。支援国において、既に他国資本による鉄道プロジェクトが存在する場合は当該国における許認可制度の動向に注意を払う必要がある。

(2) 安全性に対する要求

支援国の法律や、プロジェクト実施において安全性等の評価が規定されている場合は、鉄道システムに関する部分と鉄道システムの運用（保守）に関する要求がなされるケースがある。鉄道システムに関する安全性や性能に関する要求については、RAMS 関連規格（IEC62278 等）に準拠した活動、ドキュメント類の提出や更には認証機関などによる審査も要求されるケースがある。鉄道システムの運用（保守）に関する要求については、欧州では Operational Safety Management System（運行安全管理システム）の確立が要求されており、ベトナムでも取り入れられており、今後新興国に展開されていく可能性がある。

(3) RAMS 要求

運行安全管理システムに関わる安全要求に対しては、鉄道運行事業者が対応するが、鉄道システムに対する安全性や性能への要求を満たしていることを、RAMS 関連規格に規定されているリスク評価に基づいた対応はコントラクターに求められる。コントラクターは Safety Case というドキュメントを作成するとともに、認証機関等による審査を受けたのちに提出する。

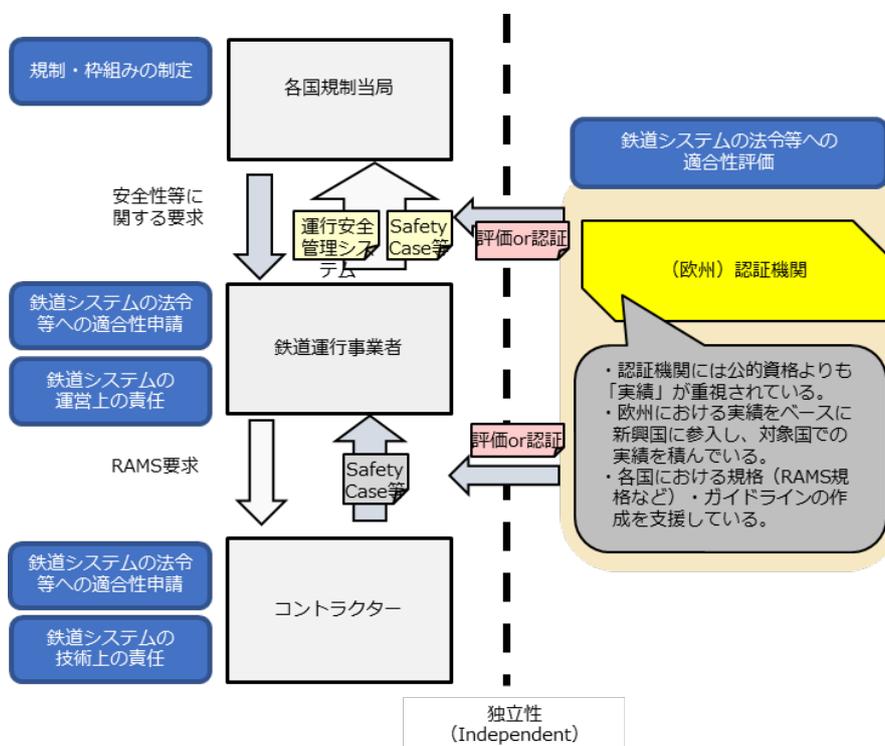


図 2-14 新興国における欧州の流れを汲む許認可の流れ

2.5.3 KPI の考え方と活用例 (Handbook P59-P60)

(1) KPI の考え方(種類と役割)

O&M 事業に関する KPI の種類は、図 2-15 に示すように、安全性・定時性といった運行サービスに関わるもの、車両及び駅施設等（アセット）に関わるもの、顧客満足に関わるもの、社会的影響（環境及び CSR）に関わるもの、職員に関わるもの（教育研修や従業員満足等）など多岐に渡る。

KPI の役割は、O&M 事業の契約によって規定されているケースと、事業者が独自に設定するケースとで役割が異なる。発注者が契約で規定する場合は、既定した KPI の達成状況に応じた受注者に対してのボーナス/ペナルティの根拠となる。主に右図の運行サービス、車両及び駅施設、顧客満足度に関する KPI が設定されることが多い。事業者が独自で設定する場合は、自らが行う O&M 事業のパフォーマンスの維持・向上に向けた管理（PDCA サイクル）や対外的アピールに資するものとなり、右図の全てを対象とする場合が多い。

(2) 海外における KPI の活用例

香港 MTR では、進出国において持続可能性報告書等の中で KPI を公表し社会貢献を謳うツールとして、また、入札時におけるエビデンスとして提示するなど営業的側面からの活用も見られる。また、営業的側面だけではなく、指標運賃額の調整に KPI を使う枠組みや、様々な都市において運行事業者のパフォーマンスを向上させることを目的として運行サービスに関わる KPI をボーナスが支給されるかペナルティが課されるかを決定する指標として活用しているケースもある。

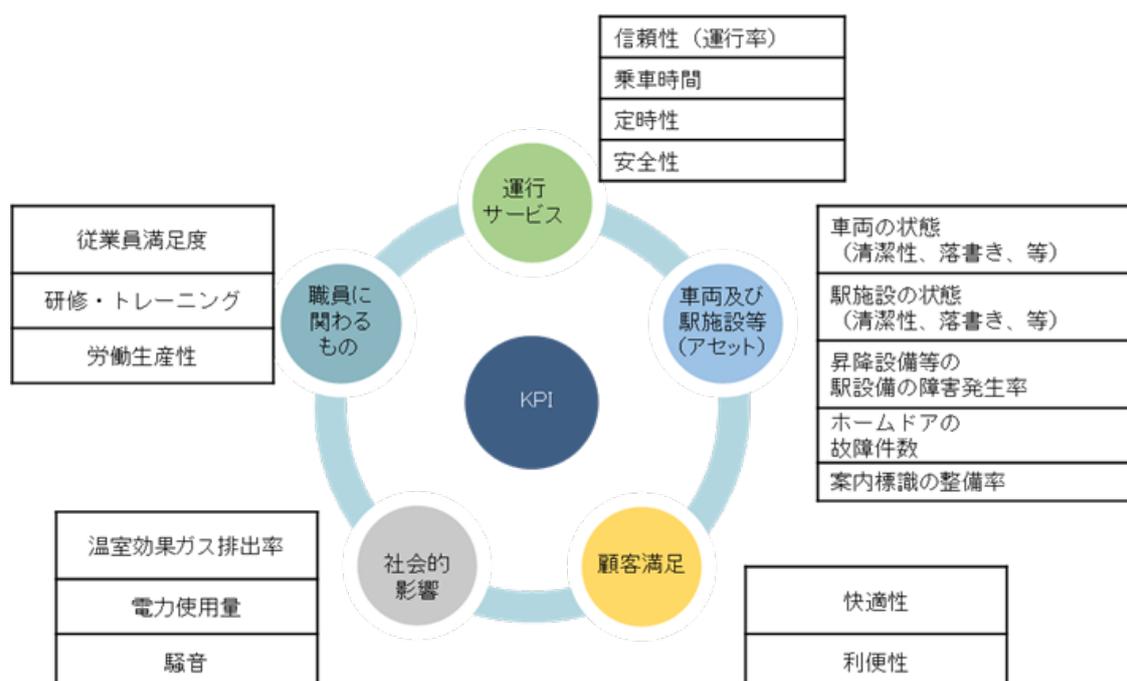


図 2-15 O&M 事業で適用される KPI の例

2.5.4 日本の鉄道事業者における国内 O&M 事業（Handbook P61-P62）

(1) 基礎情報

次に示す国内 6 事業者に対しヒアリング調査を行った。

表 2-4 今回ヒアリング調査を行った国内鉄道事業者

出典：国土交通省「鉄道統計年報（2018 年）」

項目\事業者	福岡市 交通局 (福岡市交)	京都市 交通局 (京都市交)	首都圏 新都市鉄道 (つくば EX)	名古屋市 交通局 (名古屋市交)	東京都 交通局 (東京都交)	東京地下鉄 (東京メトロ)
経営形態	公営	公営	第三セクター	公営	公営	株式会社
運営形態	上下一体	上下一体	上下一体	上下一体	上下一体	上下一体
路線長(km)	29.8	31.2	58.3	93.3	109	195.1
輸送人員 (千人/日)	470	397	386	1,336	2,821	7,579
延人キロ (千 km/日)	2,464	2,077	7,662	8,443	20,319	60,787
職員数 (人)	576	638	698	2,745	3,486	9,666
運賃幅 (円)	210-380	220-360	170-1,210	210-340	180-330	170-310
鉄道営業収益 (百万円)	30,945	28,256	46,340	83,725	152,996	383,372
鉄道営業費 (百万円)	26,269	25,446	38,307	70,237	125,980	301,314
運営費 (百万円)	13,336	12,212	14,454	43,713	79,824	193,853
経常利益 (百万円)	4,676	2,810	8,033	13,488	27,016	82,058

(注) 延人キロとは、輸送人員に乗客の平均乗車距離を乗じた値。鉄道営業費とは、鉄道事業者として営業するための全ての費用。一方、運営費（運送費）とは O&M に要する運転、駅、軌道、電気、車両（一般管理部門除く）の直接的な作業費や人件費の合計であり、ここには減価償却費や税金、福利厚生費、O&M 部門以外の経費などは含まれない。経常利益は、鉄道営業収益から鉄道営業費を差し引いたもの。（出典：鉄道事業会計規則）

(2) 組織体制

1) 組織体制、要員体制及び業務の実施体制

組織体制については、各部門の名称や業務の分掌などに違いはあるものの、設置されている担当部署やその役割自体に大きな違いは見られない。本社組織の例を図 2-16 に示す。

要員体制については、ほぼ営業キロ数に比例した要員規模となっている。ただし、業務の外部委託の割合により、部門毎の比率には事業者毎にばらつきが見られる。

業務の実施体制については、鉄道会社特有の専門知識や特別な資格が必要なものは直営で行っている。その一方で、これに該当しないもの若しくは外部に専門的な知見を有する企業がある場合は、外部委託を行い要員配置の効率化を図っている。外部の専門的な知見を有する企業とは、導入されているシステムや設備機器の製造メーカーなどが挙げられる。

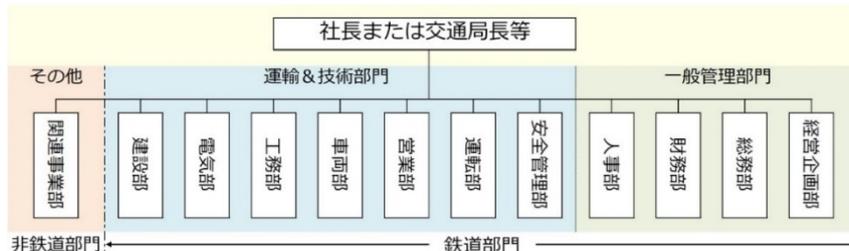


図 2-16 一般的な本社組織の例

2) 社員の採用

本社に配置される専門職は、人事異動で各部門の実務経験者を配置する事業者が殆どである。このため、新卒者を直接採用するケースは、各社とも将来の経営幹部候補となる大卒総合職などに限定される傾向にある。

現業業務に従事する社員については、運輸部門は全ての事業者で最初は駅員として採用し、登用試験を経て列車乗務員などに異動すると回答している。一方、技術部門では、部門毎に「技術職」として採用している。また、学歴要件については、いずれも業務に必要な知識に応じた学部指定があるケースが見られた。

3) 採用後の教育

各事業者とも採用後の社員に対しては、「新入社員教育」「新たな職種への転換及び資格取得のための教育」「採用後のフォローアップ教育」といった教育訓練を実施し、安全且つ安定的な O&M に必要な知識及び技能を取得させている。

(3) 利益率／収入変動リスク管理

1) 利益率

今回調査を行った事業者を見る限りでは 15～20%の水準が、安定的な鉄道事業の継続に対するひとつの参考値となり得る。輸送密度と利益率は概ね比例関係にあるが、これは、輸送密度が「輸送効率の高さ（＝高収益を生み出す要素）」の判断指標のひとつであることを示している。

2) 収入変動リスク管理

計画段階で何をどこまで考慮すべきかの判断は困難である。今回世界的に見られたパンデミックのみならず、対象国で想定し得る政情や経済の変動なども、鉄道の輸送人員に影響するからである。これらは専門家の意見なども参考にしながら検討するのが望ましい。

3) 運営費(固定費)

鉄道の O&M に直接的に係るコストを意味する運営費は、事業規模の大小に関わらず、職員 1 人あたりの金額は 20 百万円/人前後の領域にあることが伺える。これは、職員数は O&M に必要な作業の量に比例し、結果的に組織体制の規模に比例することを裏付けている。

ここで留意すべき点は、何らかの理由で営業収益が大幅に減少しても、列車運行に必要な設備の維持管理や人件費などの運営費は、あまり大きく変動しないという点である。

(4) 事業戦略(顧客サービス等)

全体的な傾向としては、各社とも「安全対策」「質の高い輸送サービス」「経営基盤の強化」「環境対策」「街づくりへの貢献」といった 5 項目に対する取り組みが行われている。

(5) 資産管理

資産管理システムの導入並びに運用の状況については、「社内各部」か「一部の部」であるかの違いはあるものの、何らかの形で導入されていた。

2.5.5 インド・ムンバイメトロ 1 号線（Handbook P69-P70）

ムンバイメトロ 1 号線は初期投資を含めた O&M を民間側が負担し、資産を保有するも、開業後経営難に直面しており、旺盛な需要が見込まれた路線においても初期投資を民間運営会社が負担することの困難さが示された事例である。

(1) O&M 業務範囲、役割、ビジネススキーム、収入方式、利益率、KPI 等

1) 事業スキーム

Mumbai Metro One Private Limited (MMMOPL) は 5 年間の建設期間を含めた 35 年間のコンセッション契約を結び、ムンバイメトロ 1 号線の高架構造物、駅、橋梁、車両基地、車両、信号設備、電力設備（SCADA を含む）、通信設備、軌道、運賃収受システム等を保有している。開業後 10 年間の運行、および開業時まで最大 550 人の職員の雇用、教育は MMOPL からヴェオリアトランスポートインドゥアに委託された。

2) 経営状況

MMOPL は 2016 年の年間損失が 30 億ルピー（50 億円）に達し経営難に陥った。運賃収入で営業費を賄うことはできているものの、支払い利息等の財務コストが経営を圧迫している。開業前に運賃値上げを MMOPL が州政府に要求したが、州政府がより廉価な運賃を決定した。O&M 関係法では運賃決定委員会を設置すると定められているにも拘わらず開業時に州政府の介入により超法規的措置となった。このため、2014 年に MMOPL はムンバイ高等裁判所に仲裁人の任命を要求する事態となり、禍根を残す結果となった。

3) KPI の達成状況 (KPI 実績)

KPI は MMOPL 自らがリスク管理及び企業価値向上を目的に設定している。サービスアベイラビリティは 100%、定時性は 99.9% を達成している。輸送実績も指標としており、トリップ数、車両キロ、年間利用者数等がある。また、列車内の清潔さ、苦情件数等を指標としており、顧客対応を重要視していることが分かる。RAMS ベースの指標も導入しており、欧州基準が広く採用されている印象である。

4) 組織図、社員数

ヴェオリアトランスポートインドゥアによる運行は、その後、ヴェオリアを買収したトランスデヴ社およびパリ地下鉄（RATP）が行っている。職員雇用・教育は開業後 5 年間の契約で、2017 年時点で 825 名が研修を修了し、その職員訓練の総時間は 29,060 時間である。職員訓練は、50 以上のトレーニングモジュール等、多岐にわたる。

(2) JICA 事業への参照観点

1) 商務的観点

- 初期投資を含めた BOT スキームにより民間企業に膨大なリスクが発生する。
- 開業が遅延したことで、民間企業の収益機会が後ろ倒しになる可能性がある。
- 運賃決定に政府が介入し、低廉な運賃を採用する場合には政府の補償が不可欠である。

2) 技術的観点

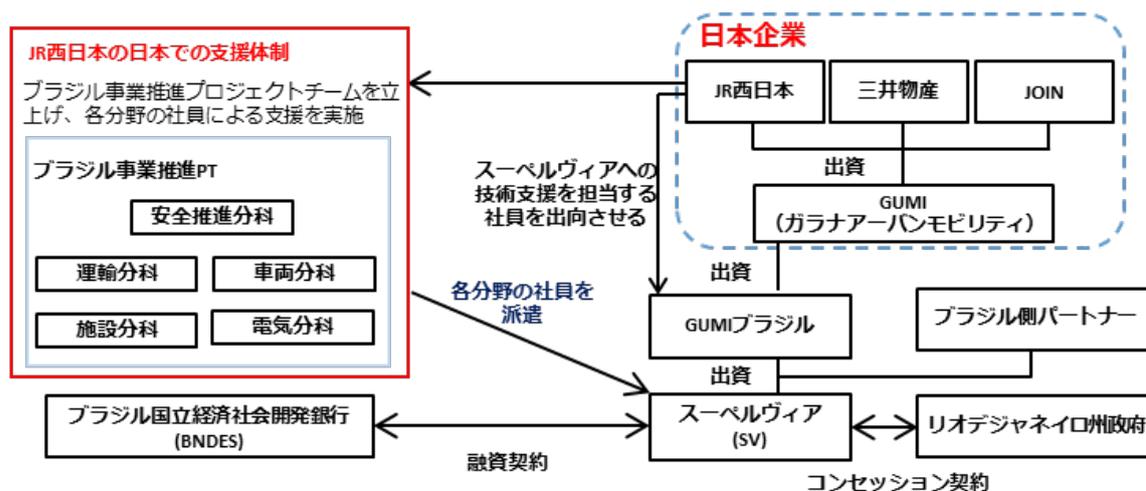
- 職員雇用・訓練を国際オペレーターのインド現地法人に委託している（事業当初）。

- 欧州基準に沿った KPI を広く採用している（RAMS ベースの指標含む）。
- 同オペレーター企業が第 3 国企業による研修・技術移転をアレンジし運営保守実施能力を強化している。

2.5.6 ブラジル・リオデジャネイロ州近郊鉄道（Handbook P71-P72）

(1) 事業スキーム

JR西日本は、三井物産、及び JOIN（海外交通・都市開発事業支援機構）と構成する合弁会社 GUMI（ガラナアーバンモビリティ）がリオデジャネイロ州近郊鉄道スーペルヴィア社（SV）株式を間接保有する形で、ブラジル旅客鉄道事業に参画している。（図 2-17 に事業スキーム図を示した。）スーペルヴィア社は、リオデジャネイロ州からコンセッション契約によって、1998 年より鉄道運営権を付与されている。2,000 人を超える社員が従事しており、2019 年における 1 日平均の利用者数は 59 万人で、日本の大手私鉄規模に匹敵する。



出典：JR西日本へのヒアリングに基づき調査団作成

図 2-17 リオデジャネイロ州近郊鉄道 事業スキーム図

(2) JICA 事業への参照観点

- ・新興国都市鉄道（既開業路線）への間接的出資による事業参画及び技術支援
- ・現地の考え方、習慣、スピード等を尊重しながら、アドバイザーによる技術支援
- ・プロジェクトチームの立上げ及び駐在員派遣による現地サポート

2.5.7 インドネシア・ジャカルタ MRT 南北線 (Handbook P75-P76)

(1) 事業スキーム

図 2-18 に示したとおり、実施機関である MRTJ が運営主体として運営・保守を実施している。政府の資金調達には JICA の円借款が中心であり、工事は、インフラ施設が清水建設、三井住友建設等、車両が日本車両、E&M システムが三井物産、東洋エンジニアリング等が請け負った。

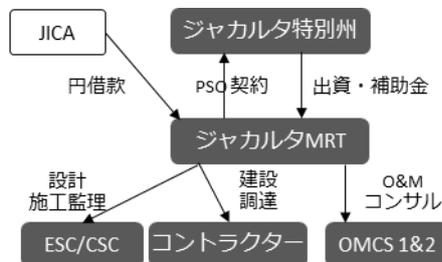
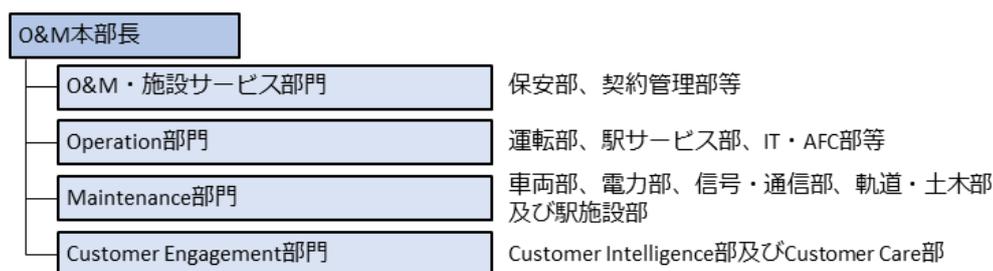


図 2-18 ジャカルタ MRT の事業スキーム

(2) 組織、要員

図 2-19 に O&M 本部の組織を示した。O&M 本部が置かれ、その中に Operation 部門、Maintenance 部門等が配置されている。



出典：MRT Jakarta Annual-Report 2019¹に基づき調査団作成

図 2-19 O&M 本部部門の組織

(3) JICA 事業への活用の仕方

- 将来の「ドル箱路線」である南北線において、特別州政府による投資、直営鉄道事業者 (MRTJ) による O&M が実施されている。
- 開業直後は収入の過半を州政府の補助金に依存しており、政府の財政能力が求められる。
- 開業初期は鉄道事業者にとって経営上困難な時期である。早期の需要定着による収支安定が急務となる。
- 日本の鉄道技術・ノウハウが O&M 実務及び組織構築に活かされている。
- 開業後も支援を継続し、日常の係員作業の確立・改善に大きく貢献している。
- 組織及び社員数は日本の知見をベースに計画・実行されており、順調に運用されている。

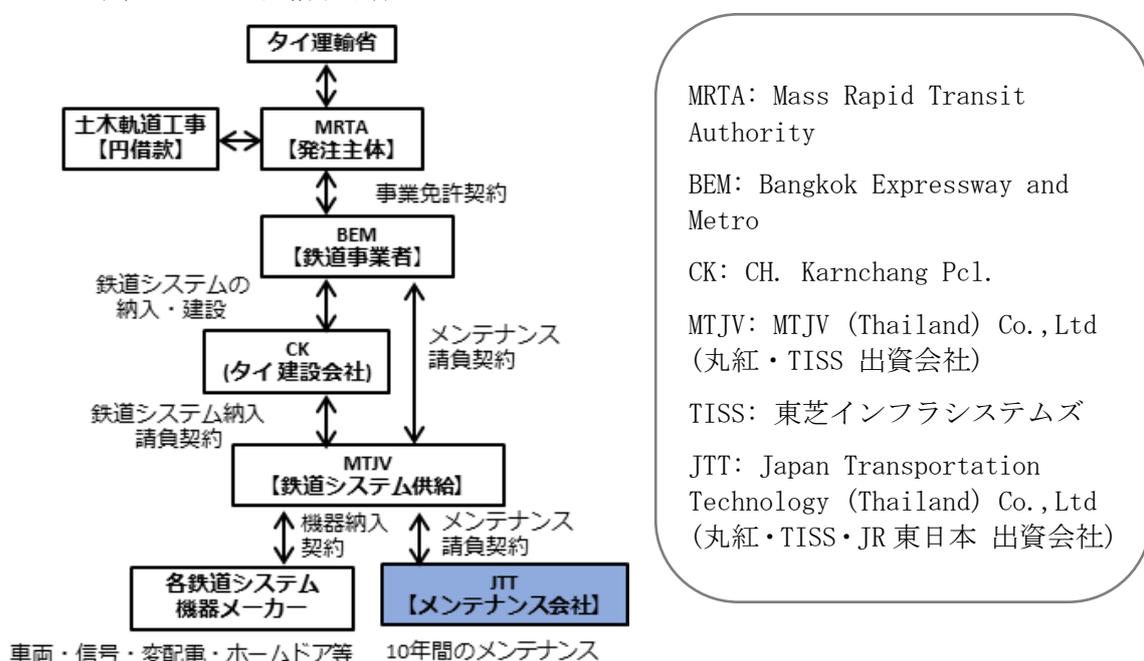
¹ <https://jakartamrt.co.id/sites/default/files/2020-09/Annual-Report-MRT-Jakarta-2019.pdf>

2.5.8 タイ・バンコクパープルライン (Handbook P73-P74)

(1) 事業スキーム

図 2-20 に事業スキーム図を示しており、その解説等を次に記す。

- ・ MRTA (タイ運輸省下) が当該パープルラインの建設・運営における発注主体
- ・ BEM が MRTA との事業免許契約で鉄道運営権並びに鉄道システムの納入及び建設を受託
- ・ BEM が CK へ鉄道システムの納入及び建設を再委託
- ・ MTJV が CK から鉄道システム納入を請負
- ・ JTT は MTJV を経由して BEM から 10 年間のメンテナンス業務を受託。設定されている KPI には、運行遅延に対する項目もある。
- ・ 土木軌道工事は円借款事業



出典：JREA2019年 Vol. 62 No.9 「バンコク・パープルラインにおけるメンテナンス業務」 43456 頁
に基づき調査団作成

図 2-20 パープルライン事業スキーム図

(2) 海外鉄道 O&M 事業への参照観点あるいは海外鉄道において参考となる事柄

- ・ 日本の鉄道事業者を含めた企業連合が現地都市鉄道のメンテナンスに参画している事例
- ・ 開業から約 1 年後にブルーラインの延伸・接続があり、利用者が増加
- ・ 23km の建設を 33 か月で完工 (設計、製造、施工、試験等各プロセスにおいて手戻り不可の厳しい工程)
- ・ 日本ではあまり慣習のない膨大な書類整備 (欧米系エンジニア或いは欧州規格への対応)
- ・ 各設計図書には CK のみならず BEM 及び MRTA の承認も必要で、スケジュール管理に大きく影響した。

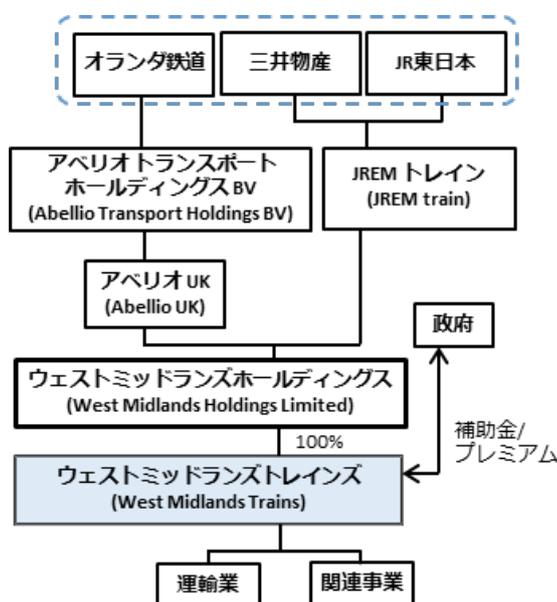
2.5.9 英国・ウェストミッドランズ線 (Handbook P67-P68)

(1) 事業スキーム

イギリスでは鉄道事業で上下分離方式を採用している。それぞれの列車運行会社の運営権は入札により選考される。JR 東日本と三井物産が、2016 年 11 月、ウェストミッドランズトレインズ (WMT) 社のフランチャイズを手に入れるべく、オランダ国鉄の 100%子会社であるアベリオ UK (Abellio UK) と共同で応札し、フランチャイズを獲得した。

2017 年 12 月に運営開始。10 年間にわたって運行を担ってきた英仏大手交通事業者系のゴヴィア社から運行権を引き継いだ。ロンドンやバーミンガム近郊の都市圏輸送と、ロンドンとリバプールを結ぶ長距離路線などを担う。同フランチャイズにはバーミンガム・スノウヒル駅等の管理業務等も含まれる。

実際の運行事業を担うのは3社が共同で出資した WMT 社であり、出資比率はアベリオ UK70.1%、JR 東日本と三井物産が各 14.95%である。図 2-21 に事業スキーム図を示した。



出典：JR 東日本・三井物産 2017 年 8 月 10 日プレスリリース

「英国における旅客鉄道事業の運営権獲得について」に基づき調査団作成

図 2-21 英国・ウェストミッドランズ鉄道 事業スキーム図

(2) 海外鉄道 O&M 事業への参照観点

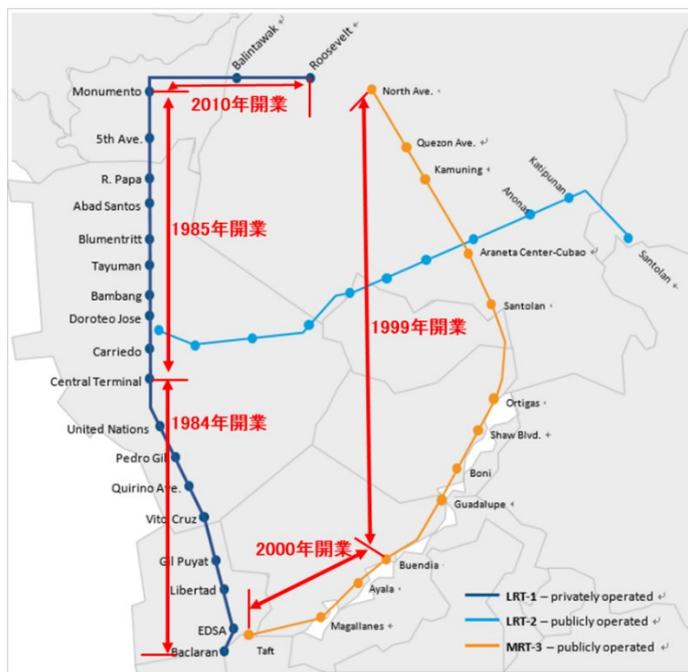
- ・日系企業が海外オペレーターと共同で欧州鉄道事業に参画した事例
- ・事業運営を行う列車運行会社に JR 東日本が出資、JR 東日本が指名した取締役を通して経営に参画
- ・定時運行は日本の鉄道事業者の得意分野であり、運営権獲得時のアピールと成り得る。
- ・列車運行会社へ社員を派遣し、輸送分野等での分析・改善をサポートしながら、安全や運行品質に関するノウハウを提供
- ・運営会社が変わっても従業員は引き継がれる。(既存係員を活かせる反面、短期間での変革不可)

2.5.10 フィリピン・マニラ LRT1 号線・MRT3 号線 (Handbook P77-P78)

本邦企業が本邦鉄道 O&M 事業者の関与を受けず、他国にて展開する鉄道 O&M 事業について表 2-5 に示した 2 件を調査する。

表 2-5 調査対象案件

路線	マニラ LRT1 号線	マニラ MRT3 号線
本邦関与企業	住友商事	住友商事 三菱重工
関与内容	比国 O&M 企業への出資	比国運輸省からの改修・メンテナンス案件の受注
JICA 支援	○ (過去)	○ (現在)
運営 (駅・運転)	比国 O&M 企業 (出資先)	国が直轄
保守 (軌道・橋梁・トンネル)	比国 O&M 企業 (出資先)	リハビリ業務を受注 (軌道部分)
保守 (電気・機械システム)	比国 O&M 企業 (出資先)	リハビリ業務を受注
保守 (車両)	比国 O&M 企業 (出資先)	リハビリ業務を受注



出典：住友商事 2020 年 5 月 29 日プレスリリース

「フィリピン マニラ LRT1 号線運営事業会社への出資参画」の路線図を一部加工²

図 2-22 マニラ都市鉄道路線図

² <https://www.sumitomocorp.com/ja/jp/news/release/2020/group/13410>

(1) フィリピン・マニラ LRT1 号線

1) 事業概要

1984年に開業した19駅19.6km(2022年3月現在)の路線で、1日平均乗車人数は約46万人(2020年)、運賃収入は22,937百万フィリピンペソ(2020年、約458億74百万円 ※1フィリピンペソ=2円で計算)となっている。資産はLRTAが保有し、O&Mはフィリピンのライトレールマニラ社(LRMC)が受託、LRMCはフランスのパリ交通公団(RATP)と技術アドバイザー契約を締結している。

MRTより輸送力の少ないLRT規格で建設されたため、開業後まもなく輸送力不足に陥り、これまでに2回の輸送力増強事業が円借款にて実施され、車両増備及び既存施設の改良、日本製の新型車両の導入が行われた。

これらの支援が安定輸送の環境整備と需要の拡大に寄与したことで、民間セクターの参画意欲を引き出し、2020年には住友商事がLRMCに出資し、都市鉄道O&M事業に参画した。

現在、南側区間6.6kmの延伸プロジェクトが進行中であり、延伸に伴う車両調達及び車両基地の新規建設及び既存施設改修については、JICAによる円借款事業の一環として進められている。車両調達は三菱商事及びスペイン企業が日本製の機器類を採用して製造し、車両基地建設は清水建設が実施している。

2) JICA 支援の効果等

数回に渡る輸送力増強等のJICAによる支援により輸送力が拡大し、利用者の需要増に繋がることとなった。また、LRMCの技術アドバイザーであるRATPがLRT1号線の技術的な課題を支援しており、その結果として特に内部規程やマニュアル類が充実していると推測される。本邦支援においても、これら文書整備能力の向上が期待される場所である。

上述のようなJICAによる安定輸送の環境整備と需要の拡大への寄与、確かな技術力のあるオペレーターによるアドバイザー支援等により確実な鉄道事業運営がなされていることが、結果として住友商事によるLRMCへの出資による都市鉄道O&M事業参画に繋がったといえる。

(2) フィリピン・マニラ MRT3 号線

1) 事業概要

1999年に開業した13駅16.8kmの路線で、1日平均乗車人数は約20万人(2021年12月)、運賃収入は650百万フィリピンペソ(2020年、約13億円 ※1フィリピンペソ=2円で計算)となっている。

資産はフィリピンの首都圏鉄道公社(MRTC)が保有し、O&Mは運輸省(DOTr)が実施(保守業務は一部外注、後述)している。

1997年に住友商事がMRTCとEPC(設計・調達・建設)契約を締結し、三菱重工グループが土木工事、車両基地・駅舎・軌道工事を実施、車両納入はチェコ企業が担当した。当時の日本輸出入銀行(JEXIM)及びチェコ輸出入銀行による輸出信用も供与され、1999年に開業した。オペレーションは運輸通信省(DOTC、当時。2016年にDOTrに改組)が実施、メンテナンスは開業から2012年までは住友商事・三菱重工による本邦連合がEPCに引き続き受託した。

2012年にDOTCの保守費削減方針を受け、同本邦連合による保守業務が打ち切られて以降、DOTCと契約を締結した他国企業がメンテナンスを受託した結果、車両の稼働率は低下し、故障・事故が頻発した。リハビリ及びメンテナンス体制の再構築が急務となったことから、2018年に円借款事業として、再び住友商事・三菱重工による本邦連合がDOTrからリハビリ・メンテナンス業務を受注し、2022年7月に完工予定である。

2) JICA 支援に至る経緯・効果

建設・開業当初は日本の輸出信用の供与もあり、本邦企業が EPC そしてメンテナンス業務を受託するなど深く関わっていた案件である。

その後、本邦企業に代わり、現地を含む他国企業がメンテナンスを受託した結果、システムの老朽化への対応やメンテナンスパーツの調達等で問題が生じ、車両の稼働率の低下、故障・事故の頻発といった事態が起きてしまった。

事態を解決するため JICA が支援することとなり、住友商事及び三菱重工が再参入し、システムの安定稼働を目指して質の高いリハビリ・メンテナンスを提供することとなった。

2.5.11 他セクターにおける O&M 事業(港湾) (Handbook P79-P80)

(1) 事業概要

1) ラックフェン国際港

ラックフェン国際港は、インフラ整備の一部に円借款を活用した上下分離方式をとっている。建設については、円借款で埋め立て・地盤改良工事を行い、コンテナヤード整備、荷役機械等調達は民間資金で実施した。運営は 2018 年から現地の公社と日本企業が出資している特別目的会社 (Special Purpose Company: SPC) である Haiphong International Container Terminal (HICT) が行っている。主な収入項目は荷役サービス、保管サービス、はしけサービスである。

2) ティラワ港多目的ターミナル

ティラワ港多目的ターミナルは、インフラ整備の一部に円借款を活用した上下分離方式をとっている。日本企業である上組が 2018 年に運営権を獲得し、ミャンマー港湾公社と 38 年間のコンセッション契約を結んだ。その後、現地の公社、現地の民間企業、および日本企業が出資する Thilawa Multipurpose International Terminal (TMIT) を設立し 2019 年から運営を開始している。主な収入項目は荷役サービス、保管サービスである。

3) シハヌークビル港

シハヌークビル港は JICA が継続的に支援してきた港湾であり、既存港湾の修復、拡張の支援、新ターミナルの整備、荷役機械調達などを実施してきた。運営はシハヌークビル港港湾公社で、2017 年に JICA が一部の株式を取得した。その後、JICA が保有している株式を日本企業に譲渡した。主な収入項目は荷役サービス、保管サービス、港湾料金である。

(2) JICA 事業への活用の仕方、留意点

港湾分野から得られる鉄道分野への教訓は下記のとおりである。

1) 鉄道セクターと共通した教訓

- 日本政府の支援を基に海外進出しているケースもある。
- 円借款による建設、運営パッケージ化が日系企業参入を促進する点は共通。

2) 留意点(鉄道と異なる点)

- 収益性が高く、需要リスクをオペレーターが取ることができる。
- 規制自体も市場原理や需給のバランスで定められている。
- マニュアル化とシンプルなタスクにより訓練環境を提供しやすい。
- 職員の訓練については、第三国での訓練を活用して開業の遅延リスクを軽減できる点は鉄道分野でも活用できる可能性がある。

2.5.12 他セクターにおける O&M 事業(空港) (Handbook P81-P82)

(1) 事業概要

1) ビエンチャン・ワットタイ国際空港

ビエンチャン・ワットタイ国際空港は、円借款で国際線ターミナルビルの拡張、国内線旅客ターミナルビルの新設及び周辺施設（駐車場、構内道路、誘導路等）の整備が実施された。運営は日本企業とラオス空港公団が共同出資している Lao-Japan Airport Terminal Services (L-JATS) が行っている。1999 年の運営開始以来 20 年以上日本企業が運営に参画しており、2019 年からさらに 10 年間の契約延伸が合意された。主な収入項目はグランドハンドリング業務、旅客ハンドリング業務、テナントショップ賃料である。

2) 新ウランバートル国際空港

新ウランバートル国際空港は、円借款で旅客ターミナルビル、滑走路、管制塔等を建設の整備が実施され 2021 年に開港した。運営は、日本企業とモンゴル政府が共同出資している New Ulaanbaatar International Airport (NUBIA) が、15 年のコンセッション契約で行っている。主な収入項目はグランドハンドリング業務、旅客ハンドリング業務である。

3) マンダレー国際空港

マンダレー国際空港は、日本政府がほとんど関与せず日本企業が運営を実施している事例である。運営は日本企業と現地民間企業の共同が出資している MC-Jalux Airport Services (MJAS) で、2015 年から 30 年間のコンセッション契約を結んでいる。主な収入項目はグランドハンドリング業務、旅客ハンドリングである。

(2) JICA 事業への活用の仕方、留意点

空港分野から得られる鉄道分野への教訓は下記のとおりである。

1) 鉄道セクターと共通した教訓

- インフラ整備は円借款で賄うことが望ましい。
- 本邦企業の参入には、二国間援助といった枠組みの中での日本政府の積極的なバックアップが有効である。

2) 留意点(鉄道と異なる点)

- 現地に運営ノウハウがある。
- 維持管理業務がシンプルである。
- 鉄道分野でも、可能な限り、維持管理業務をシンプルにし、支援対象国内で各路線の運営のノウハウを類似なものとなれば、長期的な観点で人材育成を容易にできる可能性がある。

2.5.13 他セクターにおける O&M 事業(道路) (Handbook P83-P84)

(1) 事業概要

1) インド高速道路

インド高速道路は、運営主体の Cube Highways に多数の他国出資機関が出資しており、2017 年に日本企業（三菱商事、NEXCO 東日本、JEXWAY、JOIN）でその内の 20%の株を取得することが合意された。その後、2019 年にジャパン・インフラストラクチャー・イニシアティブ（JII）からの最大 8.5 百万米ドルの出資、さらに JOIN からの最大約 30 億円の追加出資も加わった。また、NEXCO 東日本と JEXWAY は、技術支援業務の提供を目的とした技術アドバイザリー契約を Cube Highways と結んでいる。主な収入項目は通行料である。

2) ビンタロー・スルポン道路

ビンタロー・スルポン道路は、NI 社（PT Nusantara Infrastructure Tbk）を親会社にもつ MUN 社（PT Margautama Nusantara）が、運営主体の BSD 社（PT Bintaro Serpong Damai）の株式の大半を保有している。日本企業（NEXCO 西日本、JEXWAY）は NI 社との間に事業参入調査への協力に係る覚書を 2013 年に締結し、2014 年には NEXCO 西日本、JEXWAY で BSD 社の株を 4%取得した。また、2015 年に MUN 社と包括的技術連携の覚書を締結し、高速道路事業にてこれまで培った維持管理ノウハウや技術を活用し、現地のニーズに対応した技術アドバイスを実施している。さらに、2020 年には JOIN による出資も加え、BSD 社の株式の大半を保有する MUN 社の株を 10%取得した。主な収入項目は通行料である。

(2) JICA 事業への活用の仕方、留意点

道路分野は鉄道分野との共有点が多い。道路分野から得られる共通点、教訓は下記のとおりである。

- 運賃（通行料）が市場原理ではなく政治的判断に左右される。
- O&M を担う人材の育成には、育成した人材の定着や技術の継承に課題がある。
- 本邦企業の参入には、二国間援助といった枠組みの中での日本政府の積極的なバックアップが有効である。

第3章 これまでの整備支援事例と今後の支援編

3.1 インド・ムンバイメトロ3号線（Handbook P89-P90）

(1) 事業概要

表 3-1 ムンバイメトロ3号線の事業概要

事業主体／運営主体	MMRC（ムンバイメトロ公社）／MMRC（予定）
建設資金	政府
総事業費（予定）	約 5,200 億円（約 3,400 億 INR）
総延長	34km（全線地下）
駅数	27

(2) 本事業の特徴

ムンバイメトロ3号線の事業経過を図3-1に示す。インドではデリーメトロをはじめ、国内に都市鉄道O&Mに関する経験や実績が一定程度備わっており、都市鉄道のO&Mに関する法制度も既に整備されていた。また、インドにおける都市鉄道事業では計画、設計を政府直雇のコンサルタントによって実施されるケースが多く、ムンバイメトロ3号線もJICAによるFSは実施されていない。O&M体制の検討は、民間事業者の可能性も含め本邦支援により実施されているが、調査の中で意思決定を促すのではなく、あくまで選択肢の提示に留めている。開業準備段階におけるO&M支援サービスについては本邦支援が別途検討されている。

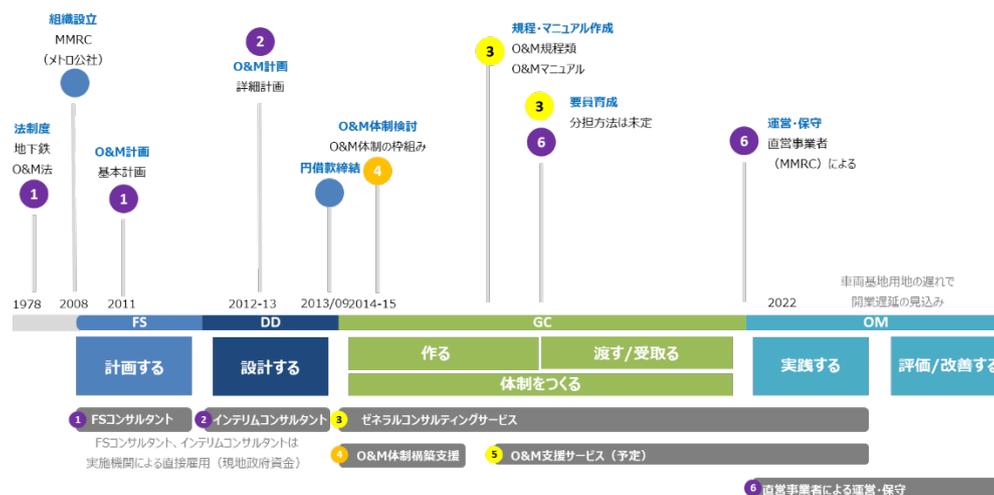


図 3-1 ムンバイメトロ3号線に係る事業経過

(3) 総評

FSコンサルタントの段階でO&M支援がほとんど実施されていない、建設事業に対する検討が先行しO&Mの検討が後追いになっている。また、O&M体制構築支援でも体制の決定までは至っていない。実施主体・運営主体の枠組みが確認できないことでGC段階でのO&M支援範囲が不明瞭とならないためにも、計画・設計段階からO&M体制構築をスコープに含めるべきである。

また、コンサルタント側にO&M支援の必要性の認識が少なく、建設事業に多くのリソースが投じられ、GC段階でO&M支援に不足が生じるケースが散見される。これは、GCは土木の専門家がトップに立つのが通例であり、O&Mへの理解が不足しているためであると考えられる。GCにO&M支援を含める場合、支援スキームの検討段階で十分にリソースを確保すべきである。

3.2 バングラデシュ・ダッカ MRT6 号線 (Handbook P91-P92)

(1) 事業概要

表 3-2 ダッカ MRT6 号線の事業概要

事業主体／運営主体	DMTC (ダッカ都市交通公社) / DMTC
建設資金	政府
総事業費 (予定)	約 3,700 億円 (約 2,800 億 BDT)
総延長	20km (全線高架)
駅数	16

(2) 本事業の特徴

ダッカ MRT6 号線の事業経過を図 3-2 に示す。海外鉄道事業の法制度を一から整備した前例はなく、本事業が初の試みである。都市鉄道の組織・法制度整備を支援する目的で有償資金協力専門家「ダッカ都市高速鉄道実施体制強化支援専門家派遣」及び「ダッカ都市交通法整備支援」(LSC: Legal Setup Consultant) を実施するなど、日本企業の事業環境を損ねない事業管理の枠組み、技術基準の法制化を実現している。また、建設の段階では GC に加え、組織開発支援コンサルタント (IDC: Institutional Development Consultant) が財務・経営計画を策定している。都市鉄道分野における行政管理の強化に向け、今後同様の取組を他国で展開することが期待される。

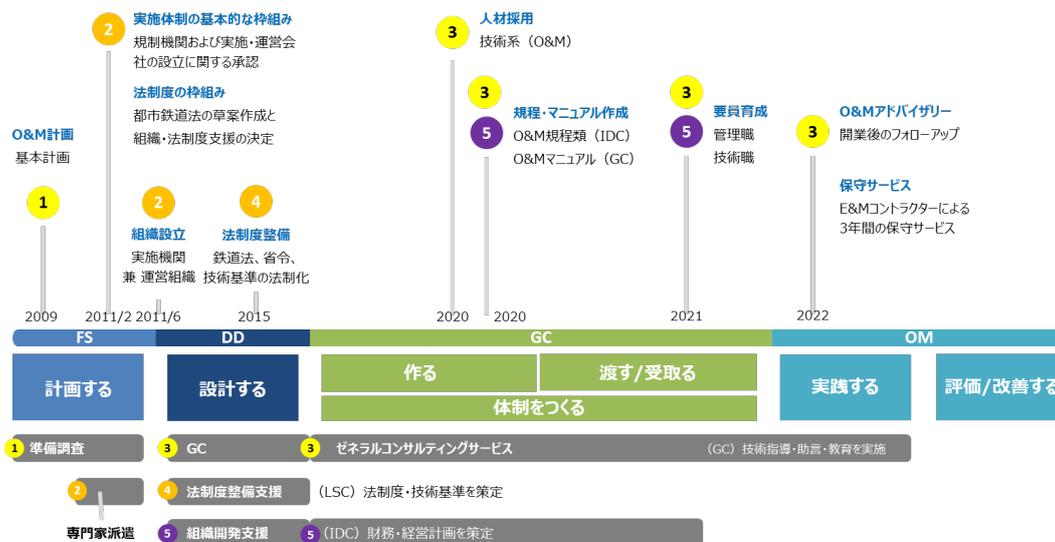


図 3-2 ダッカ MRT6 号線に係る事業経過

(3) 総評

ダッカ MRT6 号線では、先方政府が一貫して同一国の支援を受け統一感のある事業実施を行うことで円滑な事業実施が行われた。また、専門家派遣により、事業実施段階の支援枠組みを整理することができた。また、ゼネラルコンサルタント、組織開発、法制度整備、とタスクが明確に分かれており、スコープの重複は避けられた。ただ、設計・建設工事に注力している中で、組織開発支援のタイミングが早すぎると検討深度が深まらず支援効果が低減する可能性があるため注意が必要である。また、採用活動のタイミングは建設工期に影響を受けるため工期の後半に行わざるを得ないが、組織の幹部のポジションは建設事業初期から採用し、建設段階から事業に携わりながら経験を積むといった工夫も考えられる。

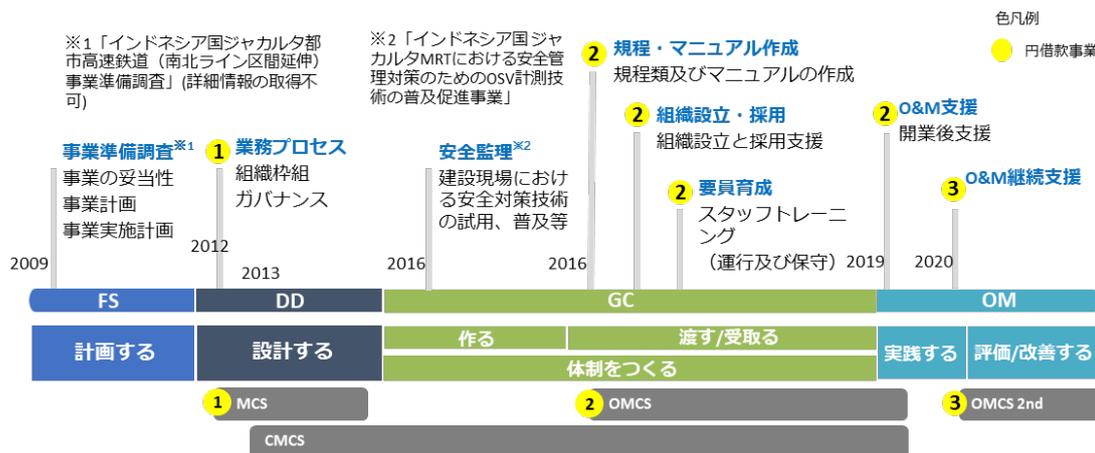
3.3 インドネシア・ジャカルタ MRT 南北線（Handbook P93-P94）

(1) 本事業の特徴

各ステージに合った支援プロジェクトが形成されており、開業若しくは開業後の健全な運営に貢献している。

図 3-3 にジャカルタ MRT 南北線における円借款事業等の経過を、エラー！参照元が見つかりません。に O&M 関係プロジェクトについての TOR 確認表を示した。

OMCS においては、規程・マニュアルの作成、組織設立・採用、要員育成、開業直前及び直後の O&M 支援等、幅広い支援を行った。



CMCS: Construction management consulting service

MCS: Management consulting service

OMCS: Operation and Maintenance consulting service

OMCS 2nd: OMCS 2nd stage

OSV: On-Site Visualization

出典：調査団作成

図 3-3 ジャカルタ MRT 南北線における円借款事業等の経過

(2) 総評

- O&M について、2019 年 3 月の開業から 2021 年に至るまで、運営事業者の責に起因する重大な輸送障害は発生していない。2019 年 8 月にジャカルタ地域で大停電が発生して際には、発生 1 時間強で駅間停止列車 4 編成を含む 7 編成から約 3,400 人の乗客を無事避難させ、高い評価を得た。

- 一般に、新線鉄道建設工事は遅延しがち、かつ現地政府による開業日決定があるため、それに応じての活動及び期間の調整が求められる。本プロジェクトでは OMCS、CMCS 及び全コントラクターの協力・努力もあって開業が成された。

3.4 ベトナム・ホーチミン都市鉄道1号線 (Handbook P95-P96)

JICAは、2000年から「ベトナム国 ホーチミン都市交通計画調査 (HOUTRANS: The study on the Urban Transport Master Plan and Feasibility Study in HCM Metropolitan Area)」を実施し、その報告書中で、将来1号線となる区間を含む路線建設が提案された。その後、2007年に1号線路線建設のための円借款締結を支援した結果、翌年に路線建設を含む契約が締結された。

技術協力プロジェクトは、大別して2フェーズで実施されている。第1フェーズは、2011年から2013年まで実施した「ホーチミン市都市鉄道運営組織設立支援プロジェクト」(TC1)であり、都市鉄道管理局(MAUR: the Management Authority of Urban Railways)が設置したO&M会社設立準備ユニット(PUC: the preparation unit for setting up the O&M Company)がカウンターパートとなった。第2フェーズは、2017年から5年間にわたる「ホーチミン市都市鉄道規制機関及び運営会社能力強化プロジェクト」(TC2)である。支援対象は、O&M分野の規程・マニュアル作成、採用、人材育成にとどまらず、商業施設やモビリティマネジメントも含まれている。

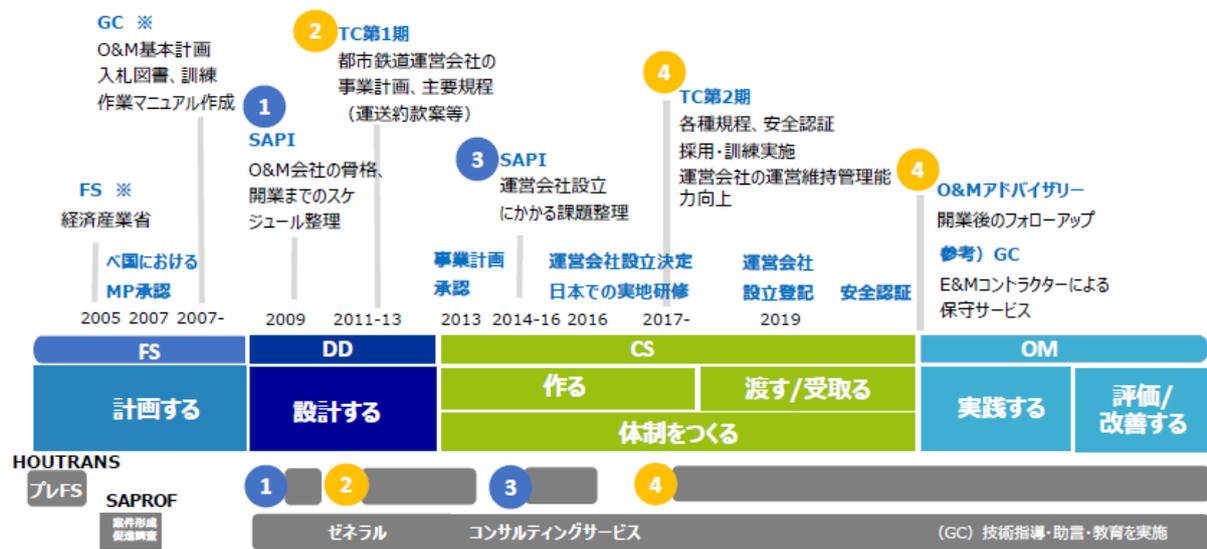


図 3-4 ホーチミン都市鉄道1号線に係る支援の流れ

(1) 技術協力プロジェクトにおける成果及び課題

主な成果は以下のとおりである。

- O&M 会社の事業計画および定款が承認及び O&M 会社 (HURC1) が設立された。
- 運送約款、安全、人事、財務に関する基本的規程が作成されマニュアルの一部が完成した。
- 日本における現地研修が実施され、(GC による実施) 運転士研修の一部が開始された。
- 一方、カウンターパートの自主性や GC・コントラクターとの業務分掌にて課題が存在する。

カウンターパートの自主性は、開業後に独力で業務することを想定したものであるが、彼らに都市鉄道の経験や意思決定における権限も少ないため、迅速な意思決定が困難となることが多い。

業務分掌については、TC2 が担当する分掌と密接に関係する例として、現業向けのマニュアルや機器の取扱いマニュアルがあるが、契約当事者ではない GC やコントラクターが担当することから、TC2 における業務の進捗においても、GC やコントラクターとの適切な連携・共有が求められる。

また、ベトナム側の財政や新型コロナウイルスの影響に起因する建設の遅延を受け、開業時期が 2023 年以降にずれこむ可能性がある。

3.5 フィリピン・マニラ地下鉄（Handbook P97-P98）

(1) 事業概要

表 3-3 マニラ地下鉄の事業概要

事業主体／運営主体	DOTr（フィリピン運輸省）／未定
建設資金	政府
総事業費（予定）	約 8,000 億円（約 3,600 億 PHP）
総延長	27km（地下 26km、地上 1km）
駅数	15

(2) 本事業の特徴

マニラ地下鉄の事業経過を図 3-5 に示す。民間の O&M 事業者を入札で選定するため、DOTr が雇用した ADB OPMP オフィスが入札支援を行っている。法制度や規制として国が定めるものは僅かであり、多くは O&M コンセッション契約書で定められる。設計段階では、研修所の設立支援を並行して行い、研修所の設立と同時に人材育成制度が確立されている。

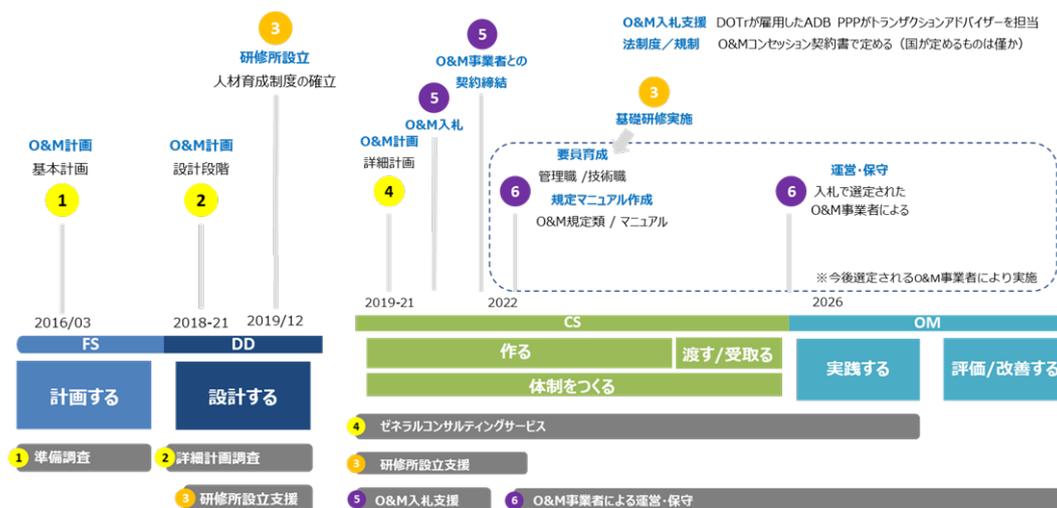


図 3-5 マニラ地下鉄に係る事業経過

(3) 総評

幅広い設計検討、事業承認プロセス支援、人材育成支援など、充実した支援を行っており計画・設計面での成果が得られている。

しかし、充実した支援の結果、ステークホルダーが多くなりプロジェクト間の調整が非常に複雑化している。適宜対応ではなく、支援の全体構成と支援プロジェクト間の調整メカニズムを準備調査段階で綿密に企画・設計することが望ましい。

実施機関は設計段階で O&M 事業者の入札を実施する方針だが、設計が最終化を待たず入札条件を定める難しさがああり、開業時期の見通しも立てにくい。また、O&M 事業者の調達支援を他ドナー（ADB OPMP）が支援しており、建設事業のドナーである JICA の意向が反映されにくい状況にある。円借款事業では JICA も O&M 事業者選定のクライテリアを明確化すべきである。

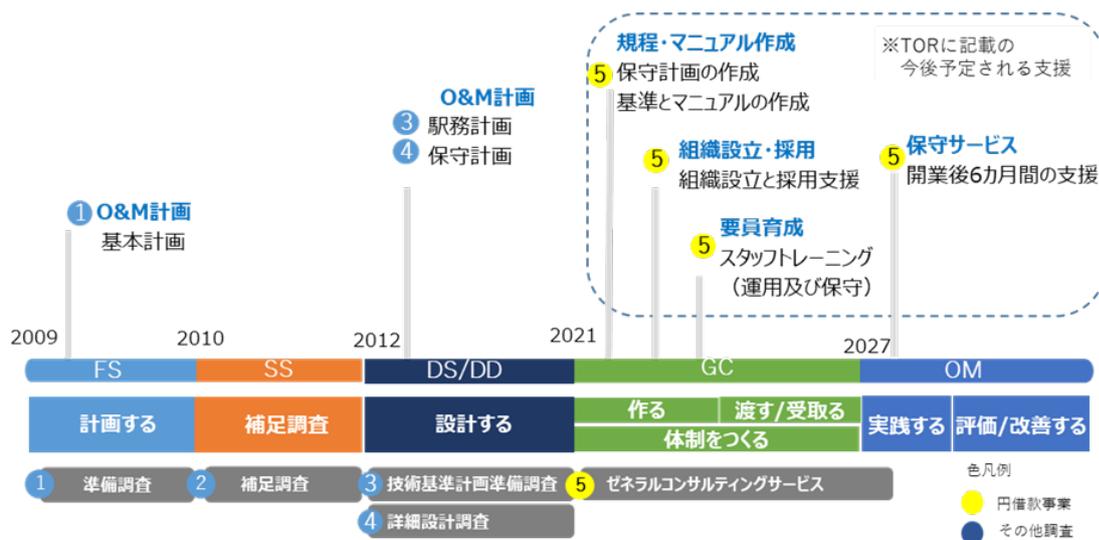
さらに、フィリピンに都市鉄道に関する法体系が確立されておらず、そのため直営または民間企業とのコンセッション契約により路線ごとに対応する必要がある。公益性が高い鉄道事業では、

路線ごとに対応するよりも国が法制度を整備し、統一的に規制すべきとの見方もできる。

3.6 エジプト・カイロ地下鉄 4 号線（Handbook P99-P100）

(1) 本事業の支援内容

2009 年より 4 号線全体の F/S を実施し、2010 年にはフェーズ 1 区間の補足調査(S/S)が実施された。この結果を受け、2010 年 9 月にエジプト国政府より本邦技術活用条件（STEP）を活用した円借款の要請があり、円借款供与による事業実施が予定され、その実施に向けて主要なコンポーネントについて技術基準計画準備調査および詳細設計調査が実施され、2021 年から入札、施工管理の段階となっている。（図 3-6 はプロジェクトの経過）



出典：調査団作成

図 3-6 カイロ地下鉄 4 号線に係る技術協力プロジェクトの経過

(2) 本事業の成果、課題

1) 成果

カイロ地下鉄 4 号線はカイロ地下鉄 1 号線～3 号線の運営経験のある ECM によって運営されることを想定しており、既存の O&M の体制を踏まえて運行の基本計画を策定し、入札図書に詳細な条件を記載することができた。また、E&M のマニュアル類については、必要なものを請負業者が準備するように明記し開業準備が円滑に進むよう準備がなされた。

taking over（引渡し）前の Trial Run については、責任の所在があいまいとなるため注意する必要がある、本件では性能確認のための試運転（Demonstration）と乗務員訓練（Experimental Working Period）を明確に分けて整理し、開業前後にトラブルが生じないように工夫された。

2) 課題

ナイル川近郊の地盤調査等の影響により建設が遅れており、開業は概ね 2027 年へ先送りとなっている。また、ECM が初めて取り扱う日本式の信号設備については入念な教育が必要であり、これまでの保守体制と親和が図れるか注視する必要がある。

円借款を利用した、現地政府や事業者が発注者となつての業務契約ではなく、本件ではかつての連携 D/D（詳細設計）方式のように、JICA 発注の業務となつていた。成果物にはカウンターパートの承認が必須であるが、カウンターパートには承認しないことによるデメリット（費用増大等）が無く、業務が遅々として進まない事態となった。

3.7 今後の支援の在り方(標準化) (Handbook P101-P102)

(1) O&M 計画の標準化(FS 段階)

FS 段階で最低限抑えるべき重要調査項目や調査深度を以下に例示する。調査の要員構成や鉄道事業者によるレビュー体制など、FS 調査を効果的に実施するための工夫が提案されている。

- 調査深度を定義する上で最低限調査すべき項目を「重点調査項目」としてまとめた。
- 調査の要員構成において「鉄道 O&M」担当者の配置とタスクを示した。
- 準備調査段階で「鉄道事業者によるレビュー体制」を構築し、O&M 支援の抜け漏れと重点調査項目の横通しを確認するものとした。

3.8 O&M 支援の計画・実施（Handbook P103-P108）

(1) O&M 支援の計画

FS 段階における O&M 支援の計画で留意すべき点を示す。チェックリストを活用した支援漏れの防止、支援枠組みの標準形を提案した。O&M 支援の前提となる実施の枠組み・事業スキームに係る留意点を示した。

1) O&M 支援チェックリスト

今後の O&M 支援における調査項目を開業後の支援も含めて標準化するための枠組みの例を示す。O&M 検討項目は O&M 計画、要員計画、運営組織計画、経済財務、規制監督、契約、組織設立・採用、開業準備、開業後支援、研修所に分類される。

- ・ 過去の TOR 分析を通じて整理した O&M 支援チェックリストを用意している。
- ・ 支援枠組みを定める際にどの主体がどの支援を実施するかをチェックする際に使用する。
- ・ 各コンサルパッケージの他、実施機関・運営主体、コントラクタとの分担も意識する。

同チェックリストの活用方法については以下の通りである。

- ・ FS（準備調査）段階で各コンサルパッケージ・仕様書案を提案する（コンサルタント）。
- ・ チェックリストを使って支援の抜け漏れがないことを確認する（JICA 案件担当者）。
- ・ 円借款事業+付帯事業として案件を形成する（JICA 担当者）。
- ・ 仕様書に沿って業務が進める（コンサルタント）。
- ・ 継続的にチェックリストを使って各サービスの役割分担を確認する（JICA 案件担当者）。

2) O&M 支援枠組みの考え方

本社職員への管理指導、現地職員への実地訓練、機器使用のユーザー訓練を、GC、O&M コンサルティングサービス、コントラクタのいずれが担当するか、分担を確認する。また、開業後支援を想定していない案件が過去に多くあったため、今後の案件では当初から想定しておくことが望ましい。

3) O&M 支援枠組みの検討

準備調査段階で O&M 支援の枠組みを決定する。その上で GC の O&M 関係タスクを明らかにする必要がある。組織体制整備、法制度整備、研修センター支援：独立 or GC の一部か、円借款 or 技術協力プロジェクトか、等の判断が必要である。運営主体が直営の場合には様々な支援方法があるが、民間ならば支援範囲は限られる。

4) O&M 支援枠組みの定型

GC とコントラクタの他、法制度・技術基準、事業計画、開業前・開業後支援などにより網羅的な O&M 支援が実現する。都市鉄道の経験がない・浅い国での必要な O&M 支援を網羅的にハンドブックに示した。現地状況や鉄道事業者の参入環境等を考慮し、準備調査で支援パッケージを決定する。

5) 事業の実施・運営体制

運営主体の選択はある程度明確な場合もあるが、準備調査段階では決定されないことが少な

い。事業スキームは通常閣議レベルの決定となる場合が多く、多方面のステークホルダーとの調整が必要である。準備調査で検討が必要な場合には鉄道 O&M チームに「事業スキーム」担当者を配置する必要がある。

(2) O&M 支援の実施

1) O&M に係る GC の要員構成(必要とされる専門分野)

マニュアル・研修計画、O&M 計画とコントラクタとのインターフェース調整、事業スキーム・事業計画系の 3 分類で考える。TA や OMC が配置されるか否かで GC の要員構成は異なるため、ハンドブックに一例を示した。この他、共通決済システム、本社 IT システムや資産管理等も適宜追加する。

2) O&M に係る OMC の要員構成(必要とされる専門分野)

例としてジャカルタ MRT の O&M コンサルティングサービス（円借款による現業支援）とホーチミン都市鉄道 1 号線の技術協力プロジェクト（本社管理支援）の要員体制をハンドブックに示した。

3) マニュアル・規程類の整備

マニュアルはコントラクタ提出物を基に最終化する。規程類はコントラクタと運営主体の双方が分担する。過去の支援では、コントラクタの提出物が入手できずコンサルタントが自らの想定で作成した事例が多かった。ただし、マニュアルがあれば O&M ができる訳ではない。O&M 実務能力養成により労力を割くため、マニュアル整備は効率化したい。

4) キャパシティビルディング

各分野で C/P を複数配置、C/P 報告義務の徹底、教育担当の配置によりキャパビル効果を高めることが重要である。C/P の離職・配置転換、進捗報告に関する専門家への依存、教育担当の不在により効果が低減しているケースがみられる。ただし技術協力プロジェクトの場合には R/D への明記で対応できるが、円借款の場合には契約者間の関係にあるため制約もある。

5) O&M 支援実施の先行条件

実施の枠組み・事業スキームの決定は可能な限り O&M 支援の先行条件とすべきである。準備調査で実施主体・運営主体の枠組みが確認できない場合には、支援量・支援分野を特定しにくい。O&M の直営・外注の選択、運営主体の選択（実施主体が兼務か新設組織か）は O&M 支援の先行条件とすべきである（ただし実施機関の権限では決定できないため、先行条件にできるとは限らない）。

6) 開業準備のタイムライン(イメージ)

タイムラインを示しても、開業遅延により支援が間延びするリスクがある。支援の開始・再開条件を明確化する必要がある。理想的な実例としてつくばエクスプレスやジャカルタ MRT などが挙げられるが、大きな開業遅延がなかったことが主要因である。開業遅延が見込まれる場合は支援が間延びしないよう、会社設立や職員雇用の進捗率等を再開条件とする必要がある。最小要員で支援を継続する場合には、フォロー期間のリソース見直しや逸失機会の補填等も検討すべきである。

7) ステークホルダーとの調整

案件管理の際にステークホルダー調整の抜け漏れがないかをチェックする。鉄道建設事業と鉄道 O&M でステークホルダーを切り分けることはできない。技術面では特に電力供給や無線使用許可

が取り上げられることが多い。この他、運営主体を検討する際には国営企業を所管する官庁や人事院等が関係する場合がある。

8) 事業効果/評価の考え方

基本的には「運用・効果指標ガイドライン」に従う。この他、運用指標として輸送障害/故障発生率/重大事故件数、効果指標として脱炭素やジェンダー等の追加を検討する。

今後の進め方として、以下を提言する。

- 「運用・効果指標ガイドライン」において、追加項目を反映する（JICA 全体）
- 準備調査の特記仕様書において、追加項目を含めた指標を求める（JICA 案件担当者）
- 準備調査報告書において、特記仕様書に基づき追加項目を含めた指標を示す（コンサルタント）
- 準備調査の成果物において、追加項目を含めた指標となっていることを確認する（JICA 案件担当者）
- 関係する O&M 支援業務の特記仕様書において、追加項目を含めた指標を参照することを求める（JICA 案件担当者）
- 関係する O&M 支援業務の報告書において、追加項目を含めた指標を更新する（コンサルタント）

関係する O&M 支援業務の成果品において、追加項目を含めた指標が更新されていることを確認する（JICA 案件担当者）

3.9 その他の技術協力 (Handbook P109-P110)

各支援方法（技術プロジェクト、案件実施支援、専門家派遣）の特徴と内容を整理した。供用開始済みの事業との連携による第3国研修の可能性を示した。今後も多様な支援ニーズが発生することから、有用な先行事例を紹介している。

(1) 各スキームの特徴・OM 支援内容の整理

技術協力プロジェクトは設立支援、案件実施支援調査は法制度・技術基準・事業計画、専門家派遣はこれらの発掘を担うものとして整理する。

(2) 第3国研修

今後の都市鉄道整備や運営維持管理事業においては、供用開始済みの鉄道事業者や研修センターを活用した第3国研修が有効である。JICA 技術協力プロジェクトや円借款で支援したものを中心に、効果的な研修プログラムを計画・実施することが望ましい。研修のテーマと各都市鉄道の特性に合わせて以下の活用案を参考に取捨選択すると良い。これまでの支援が多岐に渡ることから、様々なテーマでの研修実施が可能である。

目的地の選択においては、直営・外注の別、高架・地下の別、電化方式・集電方式の別、信号方式の別、語学力（英語による研修）、等を考慮して選定すると良い。

(3) 法整備・技術基準策定支援

都市鉄道に特化した法制度・技術基準が整備されていない対象国ではこれらの整備支援を実施することで、事業実施の円滑化が図られたり、日本の鉄道システム輸出に貢献することができる。

(4) 安全認証

日本の安全管理規程と欧州の安全認証との相違に留意する必要がある。対象国が後者への順守を法令で定めたり、施主の意向により設計・入札図書で求めたりするケースが少なくない。このような場合、対応できる国内のリソースは限定されるため、支援実績を重ねることが必要である。

(5) 研修設備

研修設備の調達・納入を支援することにより人材育成に寄与することができる。新線建設と同時に研修施設・設備を整備する場合や、既存の訓練センター（主に国鉄）の研修施設・設備を改修・増強する方法も考えられる。研修設備としては、運転シミュレータ、模擬駅、信号演習ジオラマ、台車や軌道構造のカットモデル、等がある。また近年では DX/VR を活用した研修ソフト等も開発されており、活用が期待される。

第4章 O&Mの海外展開編

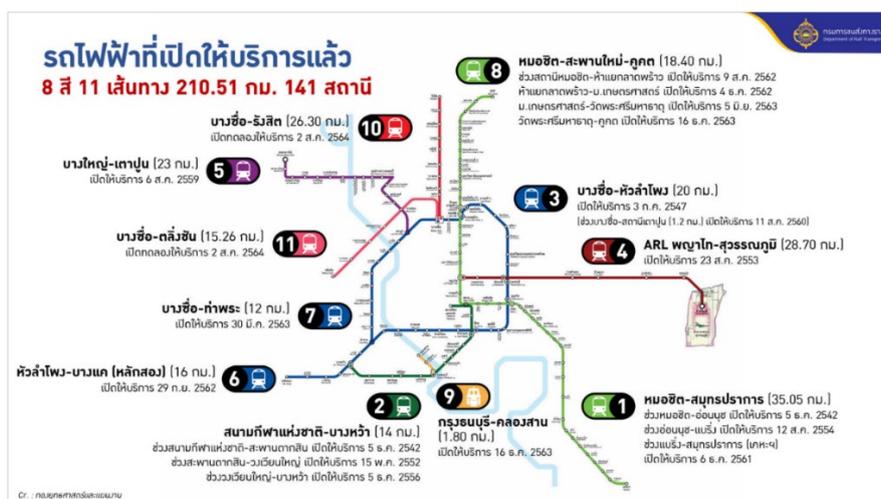
この章では、都市の基幹交通として今後も安全で安定した鉄道運営を維持するために、東南アジア諸国を中心に鉄道 O&M の現状や課題、ニーズ等について調査した結果と、それを踏まえた技術支援の方向性について記載している。その後、土木メンテナンスを対象として今後の支援展開について考察している。

4.1 開発途上国のニーズ調査

4.1.1 タイ・バンコク

(1) バンコクにおける現在の都市鉄道網

図 4-1 に示すとおり、現在は都市鉄道が 8 路線存在し、約 210km の鉄道網を形成している。



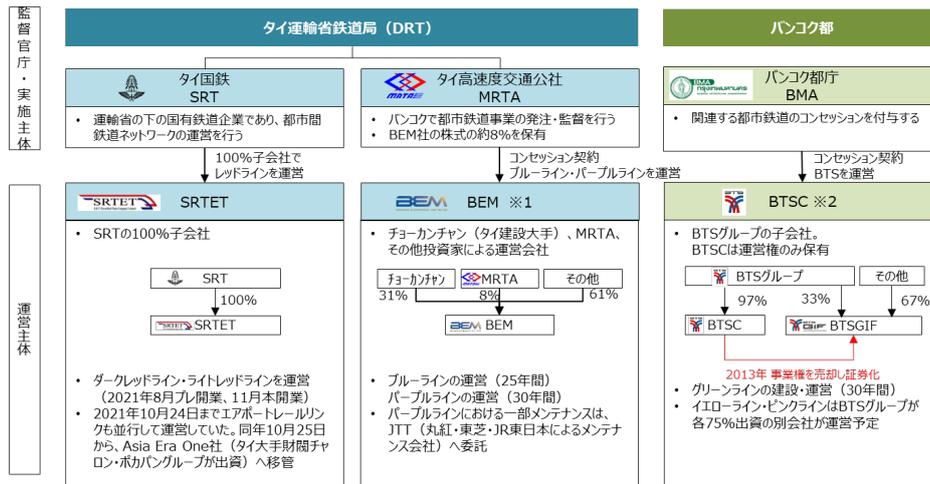
出典：タイ運輸省鉄道局 WEB サイト³

図 4-1 バンコクの既存都市鉄道路線図 (2021 年 11 月現在)

(2) バンコクの都市鉄道における規制機関・実施主体及び運営主体

規制機関・実施主体・運営主体の構造は、図 4-2 に示すとおりである。

³ <https://www.drt.go.th/>



出典：JICA 調査団

図 4-2 タイの都市鉄道における監督官庁・実施主体・運営主体の構造

(3) 運営状況、課題、ニーズ及び本邦技術の適用可能性

運営状況、課題等について、現地で関係機関へのヒアリングを実施した。調査団の理解において、主なトピックを各々表に整理した。

表 4-1 DRT ヒアリング結果

項目	記事
課題/ニーズ	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>鉄道事業、O&M 等に関する法令、基準等を作成中</u> 2. 将来的な <u>EV の利用促進</u>、また <u>国鉄の電化</u> も検討中 3. 運転士不要の運転システム（ゴールドラインで 1 路線整備済） 4. <u>運転士のライセンス管理（免許制度及び養成方法）</u> 5. <u>不通時の振替輸送、払戻し、事業者を跨いでの運賃一括決済等</u>の仕組みが整っていない。
調査団考察	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>法令、基準等整備</u>の必要性が認識されており、自国・自身で作成中のような。 2. <u>各都市鉄道路線の急速な拡大状況</u>に対し、<u>法令及び共通の仕組み（共通運賃カード、振替輸送制度等）</u>の整備が追い付いていない様相

表 4-2 MRTA ヒアリング結果

項目	記事
課題/ニーズ	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>鉄道施設・車両の稼働状態を的確に把握する方法</u>を検討中 2. <u>キャリアアップを意図しての人材流失が多い</u>。（同国鉄道業界では共通認識の様相）
調査団考察	<p>- 効率的な KPI の管理につながる <u>新技術（AI<分析・解析・予知>、CBM*等）</u>の導入ニーズがある。</p> <p>*CBM: Condition Based Maintenance (状態基準保全)。対する従来方法は、TBM: Time Based Maintenance (時間(定期周期)基準保全)</p>

表 4-3 BEM ヒアリング結果

項目	記事
課題/ニーズ	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>日本での自然災害発生後の基準改訂について複数の質問あった</u>。（行政の基準改訂等がある旨回答した。） 2. <u>今後発生する電子機器等オーバーホールに対する使用年数基準</u> 3. <u>部品に欧州製があり、納入までに時間を要す</u>。
調査団考察	<p>- <u>交換周期、部品調達方法、故障対策等に対する最適化意向</u>あるようだ。</p>

表 4-4 SRT 及び SRTET ヒアリング結果

項目	記事
課題/ ニーズ	1. 軌道/土木において、老朽、劣化等が発生している施設があり、短いメンテナンスサイクルで対応中。軌道メンテナンスではマネジメントシステムを構築中 2. 車両において、 客車と台車に関する技術（安全、メンテナンス及び検査ツール）及び最新技術の知識
課題/ ニーズ (レック ドライ ン視察 時に聴 取)	1. 駅/運転について、遅延証明書を関東・都市鉄道の事例を参考とした紙片サイズで発行（以前はA4サイズで発行）している。ペーパーレス化を検討中 2. 技術共通 (1) 現状では 基準（規程類・マニュアルと解釈）が未だ不十分 (2) 詳細なメンテナンス方法についてのトレーニングが不足 (3) DNP*期間後におけるサプライヤへの不具合等相談 *DNP: Defects Notification Period (瑕疵通知期間)、或いは DLP: Defects Liability Period (瑕疵保証期間) 3. 車両において、 洗車線に排水溝がなく、洗車施設が使用不能 （日本では法令において排水は浄化し下水へ流す。）。また、ピットの作業スペースが狭い。 4. 電気において、 信号ケーブルの切断・盗難があり、故障状態が継続
調査団 考察	1. SRT 担当者は新技術に大変興味を示していた。 2. 鉄道施設等の技術基準はサプライヤ基準とのこと。

表 4-5 BTSC ヒアリング結果

項目	記事
課題/ ニーズ	1. 軌道/土木 (1) 人的資源確保及び予算確保が課題 (2) 土木分野に BIM* 及びドローンを導入の意向 *BIM: Building Information Modeling (建築物をコンピュータ上で3D構築し、企画・設計・施工・メンテナンスの情報を一元管理) 2. 車両において、最古車両は20年以上経過しており、放送、液晶モニタ、空調設備等を来年に更新予定
調査団 考察	- 最新の ICT 技術等を活用したメンテナンスシステムにニーズがあるようだ。

4.1.2 インドネシア・ジャカルタ

(1) 概論

ジャカルタの都市鉄道は、現在 3 事業者により 10 路線が営業中である。

まず、「KCI」(PT Kereta Commuter Indonesia) は 8 路線を運営している事業者である。1976 年に日本製の電車(新造車両)の導入を皮切りに、1981 年に JICA が実施した「ジャカルタ大都市圏鉄道輸送計画調査」に基づく設備の近代化など、日本政府からの円借款による輸送改善が行われてきた。また、2000 年からは東京メトロをはじめとする日本の中古車両の譲渡が開始され、輸送力不足による混雑状態の解消に貢献し現在に至る。

次に「MRT ジャカルタ」は 1 路線を運営している事業者である。日本の全面的な支援により建設から開業までの支援が行われ、2019 年 3 月に、インドネシア初の地下鉄として開業した。また、同じ年の 12 月に開業した「LRT ジャカルタ」は 1 路線を運営している事業者であり、韓国の技術支援のもと建設された。



No.	運営事業者	形態	路線名	区間	路線長 (km)	駅数
1	KCI	通勤鉄道	中央線	ジャカルタ・コタ～マンガライ	9.9	8
2			環状線	マンガライ～ジャティネガラ	25.4	14
3			ボゴール線	マンガライ～ボゴール	44.9	17
4			ナンボ線	チタヤン～ナンボ	16.2	3
5			プカン線	マンガライ～チカラン	34.2	13
6			タンゲラン線	デュリ～タンゲラン	19.3	11
7			スルボン線	タナ・アバン～ランカスピトゥン	72.8	19
8			タンジュン・プリオク線	ジャカルタ・コタ～タンジュンプリオク	8.1	4
9	MRT Jakarta	MRT	南北線	ルバックブルス～ブンデランHI	15.7	13
10	LRT Jakarta	軽量軌道	—	ブガンサン・ドゥア～フェドローム	5.8	6
11	[参考] LRT JABODEBEK		—	建設中及び計画路線 (2022年5月現在、全線未開業)	—	—

図 4-3 ジャカルタ都市鉄道概要 (2022 年 5 月現在)

出典：KCI の駅に掲出されていた路線図に調査団で追記加工。薄線は計画路線。

(2) 各路線の状況

項目	KCI 	MRT Jakarta 	LRT JAKARTA 
輸送の領域	ジャカルタ首都圏を網羅する広域的な輸送を担う。	ジャカルタ南部地域から都心部のオフィス街への輸送を担う。	ジャカルタの北部から東部にかけての外郭部の輸送を担う。
整備の経緯	KCIの親会社である国営鉄道会社（KAI）のジャカルタ近郊区間の電化・複線化により都市鉄道化された。	日本の円借款により建設から開業支援までを一貫して実施。	韓国の支援によって建設された軽量軌道交通。
特徴	1,000両以上もの日本製中古通勤電車が活躍。	運営・保守に日本方式が根付いている。	KCIやMRTといった他の都市鉄道との接続が無い独立した路線。
運営形態	上下分離 （運行と車両保守はKCI、インフラは維持管理はKAIで保有は政府）	上下一体	上下分離 （運行及び維持管理はLRTJ、インフラの保有はジャカルタ州）
輸送人員 （パンデミック前）	100万人以上/日	9万人/日	4,500人/日
今後の路線拡大計画等	複々線化やターミナル駅の高架化といった輸送力増強事業が進行中。	現在営業中の南北線フェーズ2として、ジャカルタ北部への延伸工事が進行中。これとは別に、東西線の計画もある。	ジャカルタ市内で約200kmの路線延伸計画を発表していた前知事が失脚したことから、計画はトーンダウン。
設備等の経年状況	車両の古い機器の部品確保に苦慮している以外は、問題は感じられなかった。	開業から3年余りと新しいので、経年劣化に伴う問題はヒアリングなどでも特に挙げられていなかった。	

出典：調査団による各種机上調査及び現地ヒアリングの結果に基づく。

図 4-4 各路線の状況

(3) 運営状況と課題、ニーズ、本邦企業適用可能性

表 4-6 本邦企業の取り組み事例（日本工営）

項目	記事
経緯	同社はジャカルタ首都圏の交通決済システムの統合と運営を担う ジャクリンコ社 と、 MaaS分野で連携する覚書を締結 。この取り組みの 適用可能性 を検証。
調査団考察	1. 利便性や快適性の高い 運行計画の策定 への応用 2. 利用者への影響を最小限に止める 保守計画の策定 への応用 3. 将来の運行計画に対応する 設備計画の策定 への応用

表 4-7 本邦企業の取り組み事例（JR 東日本テクノロジー）

項目	記事
経緯	同社の海外事業は「 車両部品の販売 」と「 現地でのアフターサービス 」。このビジネスモデルと、 現地の日本製中古通勤電車の保守との連携 について検証。
調査団考察	保守に関する支援については、「 保守部品の供給 」と「 技術支援 」が 一体 であることが、 安定且つ継続的に実施する上で必須 。この意味では、 同社のビジネスモデルは極めて有効な取組み と言える。

表 4-8 KAI の課題と支援の方法

分類	課題	支援のスキーム		支援の方法
駅設備	現行設備の仕様と運用状況の乖離	技術協力	機材調達	駅設備改良工事 の支援 * 運営&保守の各部門の課題を横断的に反映した 設備改修計画の策定支援 。 * 課題解決の 判断材料となるデータを共有するしくみ作り の支援。(日本工営の取り組みが1つのヒントになり得る)
			専門家派遣	
電力	運行本数の増加に伴う変電所容量の不足	技術協力	機材調達	変電所増強工事 の支援

(注：本件については、KCI への現地ヒアリング結果から、KAI に関する課題を整理の上記載)

表 4-9 KCI の課題と支援の方法

分類	課題	支援のスキーム		支援の方法
車両	古いタイプの機器の部品が入手困難	技術協力	専門家派遣	保守が困難な 旧機器のみを更新し、車両の延命 を図るための支援。
			機材調達	JR 東日本テクノロジーの KCI に対するビジネスモデル がひとつの例となる。
	専門家派遣	保守に必要な資材や部品供給 の支援		
	欧州規格車両が新たに導入 された場合の対応	技術協力	専門家派遣	これまで KCI が培った 日本式保守のノウハウが活用出来るようにする ための支援 (国営 INKA 社を巻き込んで行う)

表 4-10 MRTJ の課題と支援の方法

分類	課題	支援のスキーム		支援の方法
車両・電気	日々の不具合対応 (騒音、異常摩耗等)	技術協力	専門家派遣	* 不具合や故障対策 へのアドバイス * 故障の予兆分析等 に関する支援
車両	定期検査への課題はない (注1)	技術協力	専門家派遣	* 4年後の 全般検査 に関する支援 (注2) * OMCS2 の流れを維持 しながら行う
運転	イベント時等の 多客臨時輸送への対応	技術協力	専門家派遣	臨時ダイヤの作成及び運行管理上の対応等 、日本の 豊富な経験 に基づく支援。

(注1：OMCS2 による支援で重要部検査を無事に完了しているため。重要部検査とは、主要部分に対して行われる定期検査。)

(注2：全般検査とは、車両装備品全体に対して行われる最も大掛かりな定期検査。)

表 4-11 LRTJ の課題と支援の方法

分類	課題	支援のスキーム		支援の方法
技術全般	建設支援国である 韓国 の 開業後の技術的な支援が不十分	技術協力	専門家派遣	日本式の設備ではないため、 現行システムに対する詳細な支援は難しい 。
			専門家派遣	メンテナンスの基礎知識の習得 といった 人材育成 の支援は有効。
	技術協力	本邦研修	日本の現場体験 を通じた 基本技能の習得 支援	

4.1.3 マレーシア・クアラルンプール

(1) 概論

マレーシア全土に関する鉄道網は、タイ国境からマレー半島の東部と西部の海岸、そしてその一部がシンガポールに至る路線である。一方、都市鉄道に関しては、クアラルンプールとその周辺から構成されるクアラルンプール大都市圏を結ぶ「クランバレー統合交通システム」が中心である。これは、図 4-5 に記載されたクアラルンプール近郊を走るマレー鉄道の通勤 2 路線、空港連絡線、LRT、MRT、モノレール、及び BRT にて構成されている。

現在、クアラルンプール大都市圏においては、全体の利用者に占める公共交通機関（鉄道＋バス＋タクシー）のシェアが 2012 年で 12% と非常に低い。朝のピーク時における公共交通のシェアを 40% に引き上げることを目標にして、鉄道路線の新設・延伸、パーク＆ライドの設置による電車利用の促進等が図られている。

線名	セレンバン線 1号線	ポートクラン線 2号線	スカイバーリンク 10号線	KLIAエクスプレス 6号線	KLIAトランジット 7号線	アンバン線 3号線	スリベタリン線 4号線	ケラナジャヤ線 5号線	モノレール 8号線	カジャン線 9号線
	KTM Kommuter		エアポートリンク			LRT			Monorail	MRT
所有	鉄道資産公社(RAC)			The Express Rail Link社		Prasarana社				
O&M	マレーシア鉄道公社 (KTMB)			ERL Maintenance Support社		Rapid Rail 社				
路線長 (km)	135.0	131.0	26.0	59.8	59.8	45.1		46.4	8.6	51.0
駅数	26	34	3	3	6	18	29	37	11	31
利用者数 (万人)	8.3		0.0	0.6	1.8	17.8		25.9	3.4	17.5
開業時期	1996年8月	1995年8月	2018年5月	2002年4月	2002年6月	1996年12月	1998年7月	1998年9月	2003年8月	2016年12月

図 4-5 クアラルンプール統合輸送システムを構成する鉄道路線

*上記に加え、2022年6月16日、プトラジャヤ線（12号線：MRT2号線）のフェーズ1（Kwasa Damansara - Kampung Batu 間13駅）が部分開業した。

(2) 鉄道事業における特徴

クアラルンプールの鉄道事業者について、大きく 2 点の特徴がある。1 点目は、すべての路線において、インフラと運営を分離する上下分離方式を採用していることである。クアラルンプールでは、資産所有会社と運営・保守会社が並存しており、マレー鉄道を除き運営・保守会社はすべて資産所有会社の子会社となっている。2 点目は、クアラルンプール国際空港鉄道リンク及びマレー鉄道関連の路線を除いて、全ての事業者が財務省傘下の組織であることである。これは、1990年代から民間資金で運営されていた LRT2 路線とモノレールにおいて、財政状況が悪化したことを受け、政府がこれを救済し、その後の路線整備や企業の保有を行ったことが大きな背景となっている。

クアラルンプールにおける財政上の懸念は、過去における鉄道事業者のみならず、現在のマレーシア政府自身にも当てはまる。これは、クアラルンプール統合輸送システムにおける新線建設計画の見直し（輸送力・設備仕様の見直しによるコストダウン）のみならず、政府レベルの案件においてもシンガポールとの高速鉄道プロジェクトの契約交渉の中断・再開を繰り返すなどの点にも見ることができる。

今後の建設中・計画中の路線には、建設中の LRT1 路線、さらに計画中の MRT 環状線が存在する。しかし、前述の財政上の懸念は新線計画にも影響を与えている。例えば、建設中のシャー・アラム線（11号線：LRT3）では、建設開始後の 2018 年においてパカタン・ハラパン新政権において建設費用が見直しされた。この見直しで、1 編成の車両数、総編成数、駅数の削減が行われ、輸送力が当初計画より半分になった。こうした見直しは、公共交通の輸送比率を高めるといふ国家計画そのものが、不透明な財政状況に左右されることを意味する。

クアラルンプールにおける日本企業の参入は、モノレールの建設当初における日立製作所（ただしアジア金融危機で撤退）、MRT 線における軌道設備の受注（三菱重工業）などの実績がある。その一方で、車両においては中国・韓国企業が中心となっている。主要構成部分の取引先が海外

サプライヤであることを鑑みれば、メンテナンスの分野では、現時点では日本企業・鉄道事業者との親和性はあまり高くないと考えられる。

4.1.4 トルコ・イスタンブール

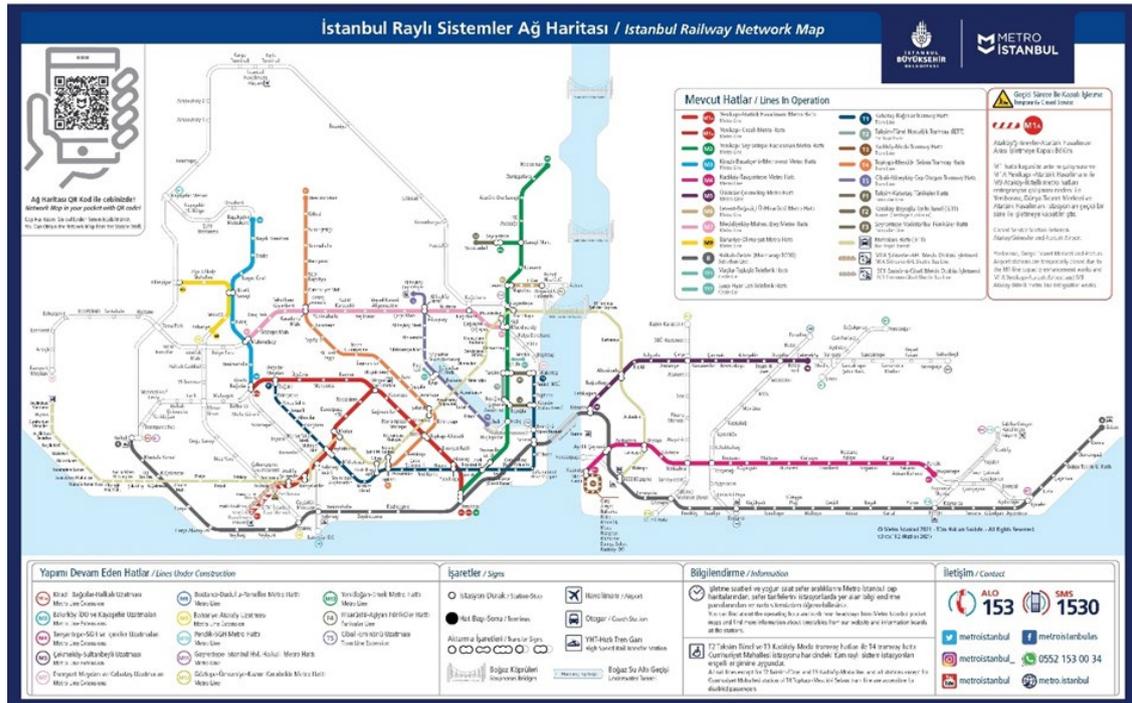
(1) イスタンブールの都市鉄道の状況

1) 概要

イスタンブールはトルコ最大の都市で、トルコ経済、文化歴史の中心地であり、ヨーロッパでは最大規模の都市の一つである。人口約 1500 万人、約 5,000 km²の地域をカバーする公共交通機関は、バス、軌道交通、ケーブルカー、船等により複合的なもので構成されている。イスタンブールの路線図を図 4-6 に示す。また、さらなる拡張が予定されており、イスタンブールの鉄道網は 2022 年時点で 262.15km であり、2023 年までには 805.23km に達する見込みである。

2) 各路線の状況

イスタンブールには、本格的な地下鉄、小型の地下鉄、地下ケーブルカーの 3 種類の地下鉄が走行しており、さらに Tram、郊外電車が存在している。通勤鉄道に関しては、1872 年に欧州側のシルケジ (Sirkeci) ～ハドムキョイ (Hadımköy) が開業し、アジア側も 1873 年にハイダルパシヤ (Haydarpaşa) ～イズミット (Izmit) 間が開業している。¹⁾ 本格的な地下鉄はメトロと呼ばれている。M2 号線はイスタンブール発の本格的な地下鉄として 2000 年 9 月に Taksim～4. Levent 間 7.9km が開業した。開削工法により全線地下で建設され、マグニチュード 9 の地震にも耐えられるように設計されている。²⁾ 現在は M8 号線を除く、M9 号線まで運行されており、M10 号線から 13 号線の建設が進められている。一方で、開業から 30 年以上経過している路線も存在している。M1 号線はライト (小型) メトロで 1989 年に開業した。最も古い地下鉄は、地下ケーブルカーである F2 号線であり、1875 年に開業している。2013 年にはボスポラス海峡地下鉄整備事業における地下鉄区間 (この路線の現地名称は Marmaray) が開業した。この地下鉄区間には、4 つのトンネル工法 (海峡部: 沈埋トンネル工法、陸上部: シールドトンネル工法、駅部: 開削工法及び NATM 工法) が採用されている。³⁾



出典：METRO İSTANBUL ホームページ⁴

図 4-6 イスタンブール都市近郊路線図

(2) トルコのインフラを取り巻く環境

トルコの1人当たりGDPは9,370米ドル（2018年）と、既に一定程度の経済成長を遂げているが、人口規模が大きく、特に若年人口の割合が大きいこと等から更なる成長が見込まれている。トルコの第11次国家開発計画（2019-2023年）では、共和国建国百周年を迎える2023年までに「先進国の仲間入りをすること」、「1人当たりGDPを12,484米ドルにすること」等を目標に掲げている。

トルコは世界有数の地震多発国であり、近年では、1999年のイズミット地震（M7.6）や同年のドゥズジェ地震（M7.2）、2011年には東部ヴァン県でM7.2の大地震が発生するなど、大規模な地震が頻繁に発生している。地震等の各種災害対策を重要視しており、同国が策定した国家開発計画では災害管理の項目を設置し、様々な防災への取組を推進している。⁴⁾ 2005年にはボスポラス海峡を横断する第2橋梁やゴールデンホーン橋を含むイスタンブール市内の大規模架橋の耐震化工事が実施されている。⁵⁾

(3) 運営状況と課題、ニーズ、本邦企業の適用可能性

1) トルコ国鉄

トルコ国運輸省としては、トルコ国鉄の近代化の必要性を考えている。その背景には、非電化区間が多いことや、信号システムの問題がある。今後は、貨物の運用を拡大させていく意向であり、自由化も貨物輸送が中心となる意向をもっている。トルコ国鉄の貨物の運用の増大を図った場合、設備側の対応も必要となる。インフラ管理の重要性が増し、それにつれてトルコ国鉄の役割（負担）も拡大すると想定される。例えば軌道に関することとして、貨物という重量のある車両に軌道が耐えられるように、軌道変位や軌道部材の損傷に対する保守の頻度を高める必要があ

⁴ <https://www.metro.istanbul/en/YolcuHizmetleri/AgHaritalari>

り、場合によってはより高規格な軌道への更新も必要になる可能性がある。トルコ国鉄の設備の近代化は電気関係や軌道が主な対象であり、土木構造施設は既存のものを活用する方針であることから、トンネルや橋梁等の経年に伴う検査や補修といった維持管理業務の重要性は更に高まるものと想定される。

2) メトロイスタンブール

急速に拡大するネットワークに対して、運営・維持管理職員の採用・教育（量・質）の確保が必要である。また、より多くの旅客を扱うことに対して、安全・安心（ソフト・ハード）の拡充も必要である。M1 号線および M2 号線は、開業から 20 年以上経過しており、今後、軌道および土木構造物ともに保守のための作業量が増加すると考えられる。経年によるバラスト交換が必要であるが、その作業に苦慮しているとのことであった。トラム路線に関しては、設計乗車数を大幅に上回る利用者数であり、軌道に対して設計荷重よりも大きな負担が強いられ、保守量が多くなっている状況が見られる。

3) 共通ニーズ

トルコは日本と同様世界有数の地震多発国であることから、日本の高架橋柱の補強や石積み擁壁補強等の施工法の適用が考えられる。日本国内では、工事空間に制約の多い都市部において、列車を通常運行させながら耐震補強工事の実績があり、イスタンブールのような都市部で既に開業済みの区間に対して、日本国内の施工法の適用が考えられる。

4.2 O&Mの海外展開

4.2.1 土木メンテナンスの海外展開可能性

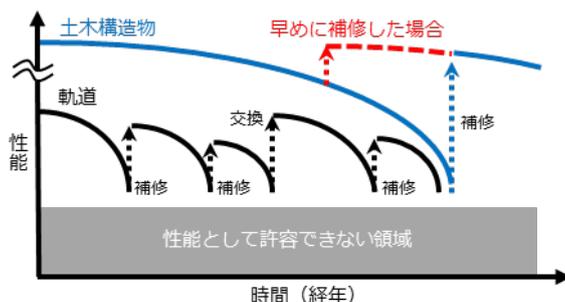
(1) インフラメンテナンスの重要性

1) 土木構造物

トンネルや高架橋といった土木構造物では、造り替えのコストや当該区間の列車運行停止が与える社会的影響の観点から、経年による全面的な造り替えは困難である。また、都心部では既に多くの構造物があり、施工空間の確保が難しい場合もある。したがって、これらの土木構造物の性能を維持しつつ低コストで延命化するためには、定期的な検査による適切な健全度評価、確実な補修・補強の実施が必要である。

2) 軌道

軌道は、列車運行の安全性に直結しているものであり、土木構造物に比べて劣化の進行が早い。そのため、定期的な補修が必要である。したがって、軌道の性能を維持しつつ、低コストで補修周期を伸ばすためには、定期的な検査の実施による劣化進行状況の把握を行い、時期を逸せず補修を行うことが必要である。

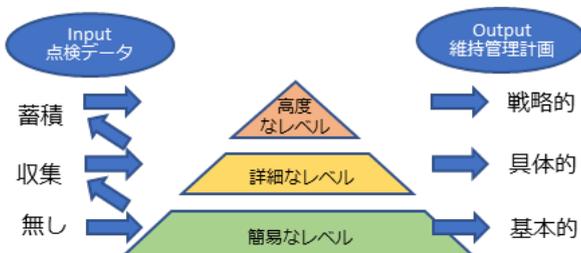


(出典) 第26回鉄道総研講演会(一部改編)

図 4-7 性能の経年変化(イメージ)

(2) インフラメンテナンスの重要性

土木、軌道のどちらにおいても、まずは検査結果に基づく基本的なメンテナンスサイクルを回すことが大切である。当初は、基本的な維持管理計画しか立てられなくても、将来にわたり検査データや技術に関する知見を組織内に蓄積していくことで、より高度なマネジメントレベルに向上させていくことが可能となる。



(出典) 社会インフラメンテナンス学

図 4-8 マネジメントレベル

(3) 維持管理体制整備の必要性

一般的には、維持管理体制が整っている場合、現状の管理体制が維持できれば、今後も良い健全度が保たれると考えられる。逆に維持管理体制が整っていない場合、現状は問題がなくても将来的な見通しは不透明となる。標準書、予算、人員状況、人材育成等が十分でない環境にある事業者においては、現時点で列車運行を支障する事象が発生していなくても、今後の維持管理体制の整備が必要である。

日本においては、法律に基づく実施事項が国および鉄道事業者等によって整備され、その上で維持管理が実施されている。

表 4-12 （参考）日本における維持管理に関する法令、標準および規程類

主体者	種別	名称
国	省令	鉄道に関する技術上の基準を定める省令
	告示	施設及び車両の定期検査に関する告示
鉄道事業者	規程	実施基準（各社で作成）
(鉄道総研)	標準	鉄道構造物等維持管理標準
鉄道事業者	マニュアル	(検査方法や保守作業方法等を各社の状況に応じて策定)

(4) 展開の可能性

・データベースによる管理

インフラメンテナンスは、その施設の材料、施工方法、検査・補修履歴など様々な諸元に基づく診断が重要であり、日本の鉄道事業者の多くにおいてもこれらの施設諸元をデータベースとして管理しながらメンテナンスを実施している。具体的には、軌道の性能を維持しつつ、補修周期を伸ばすために、定期的な検査による劣化進行状況の把握、劣化進展抑制、省力化を図った構造の適用等が行われている。土木構造物に対しても性能を維持しつつ延命化するために、コンクリートや鋼材などの劣化特性の把握や、適切な健全度評価、確実な補修・補強が行われている。

・実績のある検査体系および補修方法

日本の鉄道インフラでは、技術基準により統一的な検査体系が定められ、さらに各鉄道事業者において検査・判定・修繕計画・修繕の一連のメンテナンスサイクルが確立されている。海外においても、国内における検査体系や、実績のある補修方法を適用することによって、確実なメンテナンスサイクルの実施が期待できる。まずは、汎用性を持つ基本的な取り組みを通じて、技術を伝達し、定着・普及を進めることで技術の展開を図っていくが考えられる。

・技術の定着支援

維持管理には、当該構造物の設計と施工の内容とともに、局所的な気候・環境条件や使用条件なども考慮する必要がある。よって、インフラマネジメントに携わる技術者には、知識・経験等様々な情報に基づく推理力（想像力）も必要である。インフラマネジメントの国際展開においては点検技術や診断技術、さらには取得したデータの管理・活用などに関する個別の技術やノウハウの移転とともに、OJT（On the Job Training）による経験を積み重ねて獲得した技術をより確固たるものとすることも必要である。

・先端技術の活用

インフラマネジメントには、基本的な知識と経験が重要であるが、その業務を支援する技術の開発も進められている。タブレット端末やAR技術の活用、ドローンによる土木構造物の検査、営業列車による線路状態のモニタリング等が挙げられる。それらの活用により効率的に検査データを積み重ねることができ、問題箇所の抽出や補修計画の最適化へと発展させることが期待できる。



図 4-9 AR 技術の活用例



図 4-10 ドローンによる点検風景