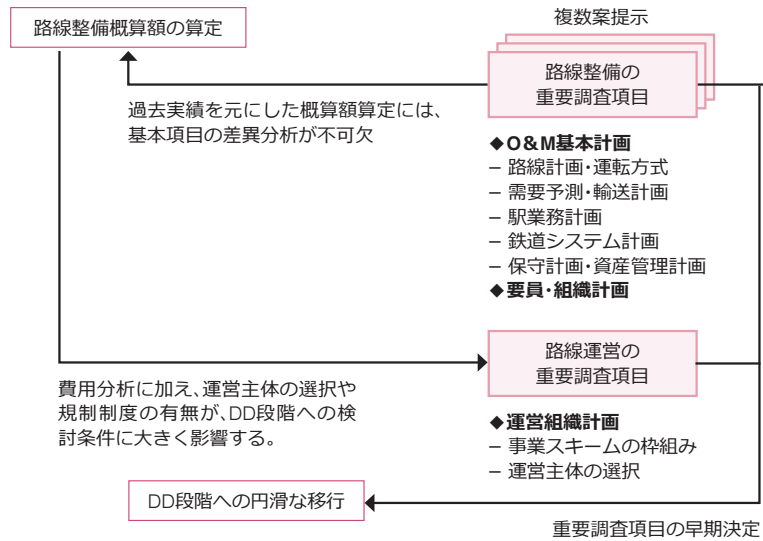


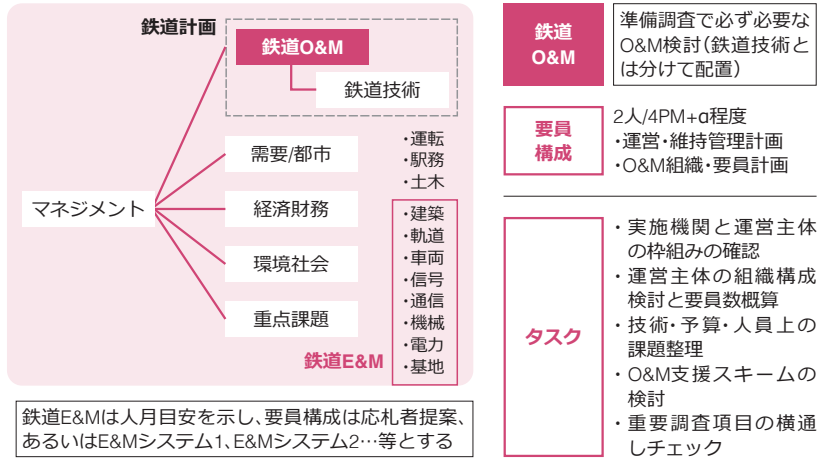
# O&M計画の標準化(FS段階)

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。

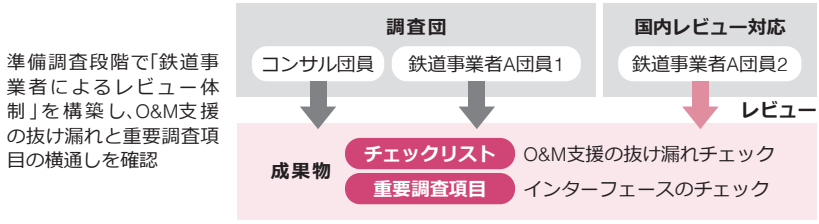
調査項目と調査深度



調査の要員構成



検証



## 重要調査項目と基本諸元

|                     |   |             |  |
|---------------------|---|-------------|--|
| <b>路線計画</b><br>乗入計画 | 乗入計画<br>路線長・配線<br>駅位置・駅間距離<br>車庫位置 用地面積   |             | 車両基地<br>乗入先                              |
| <b>運転方式</b>         | Grade of Automation (GoA)<br>GoA1(運転士+車掌)<br>GoA2(運転士)<br>GoA3(保安要員)<br>GoA4(無人)            |             |  |
| <b>需要予測</b><br>輸送計画 | ピーク時輸送力(片道通過人員)=<br>列車定員×1時間運転本数×計画混雑率<br><br>必要編成数=<br>(往復所要時間+折り返し時間)/運行間隔)×<br>予備編成率     |             |  |
| <b>駅業務計画</b>        | 運賃收受方法(ICカード、QRコード、チケットレス)<br>駅施設基本構想(セキュリティチェック、改札機の有無、案内方法、人員配置)                          |             |  |
| <b>車両主要諸元</b>       | 車両定員<br>車両長×幅<br>MT構成<br>(将来増備計画)<br>加減速性能  |             | 車両基地<br>(配線・建物<br>ピット数、<br>検査設備等)        |
| <b>土木構造</b><br>線路構造 |   |             |  |
| <b>変電設備</b>         | 受電電圧<br>受電変電所配置<br>送配電設備<br>き電電圧(1500V/750V)<br>電車線方式(架空式、<br>サードレール式等)                     | <b>機械設備</b> | 換気・ポンプ設備<br>昇降機設備<br>ホームドア設備<br>運賃収受システム |
| <b>信号設備</b>         | 信号方式: 軌道回路方式(D-ATC)、無線式(CBTC)等<br><br>ATP 列車間隔制御<br>③停止限界点<br>②列車位置<br>④速度照査パターン<br>①列車位置検知 |             | ATS 運行管理<br>CBI 進路制御<br>転てつ機             |
| <b>通信設備</b>         | 通信設備: 有線通信(連絡用電話、非常電話等)<br>無線通信(列車無線、防護無線等)   |             |  |

**共通検討事項**

- ・保守主体(直営・外注)
- ・保守内容
- ・保守周期
- ・保守設備
- ・特殊作業車
- ・その他機材
- ・保守基地
- ・資産管理システム

**要員/組織計画**  
(組織構成、業務分担、要員数(部門別要員数合計))

概要

運営主体

規制制度

鉄道システム  
(共通)

鉄道システム  
(分野別)

O&Mの各国事例

他セクター  
O&Mの事例

過去の支援

今後の支援

# 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。

## ■ 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。

| O&M計画 |      | 要員計画 | 運営組織計画    |      |      |      | 経済財務 |      | 規制監督    |       |        |        | 契約   |        |      |        |       |     |      |        |       |        |      |      |      |      |       |       |      |
|-------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|---------|-------|--------|--------|------|--------|------|--------|-------|-----|------|--------|-------|--------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 需要予測  | 路線計画 | 運行計画 | 車両・鉄道施設計画 | 駅務計画 | 保守計画 | 組織体制 | 要員計画 | 職務分担 | 資産保有・管理 | O&M取次 | 事業スキーム | 運営主体選択 | 運賃政策 | (広報計画) | 事業戦略 | サービス水準 | 更新投資費 | 補助金 | CF分析 | 経済財務分析 | 規制枠組み | 規制制度整備 | 規制業務 | 技術基準 | 安全管理 | 安全認証 | その他法令 | O&M契約 | 外注計画 |

O&M支援に係るコンサルティングサービス

## ■ 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、コントラクター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。

## ■ 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。

## ■ O&M支援枠組みの定型

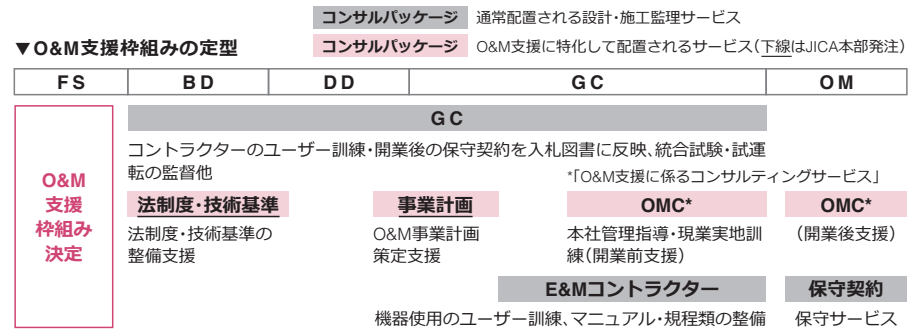
GCとコントラクターの他、法制度・技術基準、事業計画、開業前・開業後支援などにより網羅的なO&M支援が実現する。  
 右図は都市鉄道の経験がない・浅い国での必要なO&M支援を網羅的に示している。  
 現地状況や鉄道事業者の参入環境等を考慮し、準備調査で支援パッケージを決定する。

## ■ 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ることが少なくない。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。

- 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。
- 支援の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、コントラクターとの分担も意識する。

| 組織設立・採用 |      | 開業準備     |           |       |         |        |      | 開業後支援    |        |        | 研修所       |        |         |      |             |        |         |      |      |      |      |        |         |        |        |
|---------|------|----------|-----------|-------|---------|--------|------|----------|--------|--------|-----------|--------|---------|------|-------------|--------|---------|------|------|------|------|--------|---------|--------|--------|
| 組織設立    | 採用計画 | 一般管理人材採用 | 運行・保守人材採用 | 運転士養成 | 視察・技術移転 | 竣工図書整備 | 施設受領 | 一般管理部門養成 | 保守部門養成 | 内部規程整備 | 業務マニュアル整備 | 品質管理計画 | 保守・予算計画 | 機材調達 | 資産管理・ITシステム | 施設扱い訓練 | 総合試験・訓練 | 営業許可 | 組織運営 | 保守改善 | 運行改善 | 組織制度構築 | 研修所運営管理 | 研修教材整備 | 研修機材調達 |



- 検討のポイント**
- 現地法制度や技術基準は整備されているか？
  - 新規運営会社設立の場合はマネジメント支援をすべきか？
  - 既に都市鉄道運営の経験がある国ではOMCは必要か？
  - GCが広範なO&M支援も実施(OMCを包含)すべきか？
  - 鉄道事業者人員の参加意欲が得られるか？
  - 建設主体のGCでO&M支援の十分なリソースが確保できるか？
  - GCにOMC機能を統合する方がコンサルパッケージ間の調整が減り、効率的という考え方もある。
  - 他方、国内では鉄道事業者が発注者側として主体的役割を果たしており、強みとなっている。建設主体のGCマネジメントの下でも鉄道事業者の能力が十分に発揮されるか、慎重な判断が必要である。
  - GC内で建設側にリソースが取られO&M支援の投入量が不足しないか、長期アサインが主体のGCに鉄道事業者団員が本格的に参画できるのか、などを考慮するとOMCを別途配置の方が効果的という考え方もある。

## ▼ 実施の枠組み・事業スキームに関する過去の事例

| 公的主体が運営することが明確 |          | 調査段階では明確にならない |         | 民間主体が運営することが明確 |           |
|----------------|----------|---------------|---------|----------------|-----------|
| 実施機関が兼務        | 運営組織を新設  | 公的主体を選択       | 民間主体を選択 | 公設民営           | E&M投資+O&M |
| ジャカルタMRT       | ホーチミン1号線 | ムンバイ3号線       | マニラ地下鉄  | マニラの将来路線       | バンコクパープル  |

- 鉄道O&Mタスク**
- P101のタスクの「実施機関と運営主体の枠組み」を「事業スキームの検討」と読み替える
  - 運営主体の組織構成と要員数概算
  - 技術・予算・人員上の課題整理
  - O&M支援スキームの検討
  - 重要調査項目の横断しチェック

- 次回以降の疑問に**
- O&M支援の要員体制は？ **105ページ**
  - O&M支援で過去に発生した問題やその対処は？ **106ページ、107ページ**
  - 関係するステークホルダーは？ **108ページ**
  - 事業効果や評価の考え方は？ **108ページ**
  - 技プロ、案件実施支援、専門家派遣の使い分けは？ **109ページ**
  - 第3国研修先として考えられる目的地は？ **109ページ**
  - 過去のO&M支援で有用な取り組み事例は？ **110ページ**

# O&M支援の実施

GCやO&M支援コンサルティングサービスの要員体制の例を示す。  
過去の事例から、支援効果の低減に繋がりうるマニュアル・規程類の整備や  
キャパシティビルディングにおける留意点を示した。

## ■ 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ーとのI/F調整、事業スキーム・事業計画書の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、以下に一例を示した。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。

### ▼GCの要員構成(O&M関係)

| ポジション(MMSP-GCの例)   | タスク概要   | 補記  |
|--|---|---|
| 1. Manual Expert<br>2. Training Expert<br>3. Training Coordinator  | ・入札図書への仕様<br>・研修計画の策定・実施支援  | ・通常GC契約に入るポジション<br>・コントラクターからのアウトブットが必要             |
| 4. Station Operation Advisor<br>5. Rolling Rock and Depot Advisor<br>6. Signal & Telecommunication Advisor<br>7. Civil & Track Advisor<br>8. Train Operation Advisor<br>9. E&M Advisor<br>10. Advisory Engineer 1<br>11. Advisory Engineer 2 | ・O&M計画の策定<br>・入札図書への反映<br>・コントラクターとのインターフェース調整<br>・GC内の各サブシステム間の横通し<br>・開業後のO&Mアドバイザー | ・OMCにより開業前・開業後支援が実施される場合は3名以上を配置<br>・例えば、土木軌道、車両、信号 |
| 12. O&M Rule Expert / PPP Expert<br>13. Finance & Business Management Advisor<br>14. PR & Mobility Management Expert<br>15. Transport Expert 2<br>16. Railway Business Expert  | ・事業スキームの検討→承認支援<br>・事業計画の策定→最終化<br>・運営主体の財務的健全性確保                                     | ・実施・運営の枠組みは決定済みか?<br>・TAやOMCに分担させるか?                |

## ■ 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号線の技術協カプロジェクト(本社管理支援)の要員体制を示す。

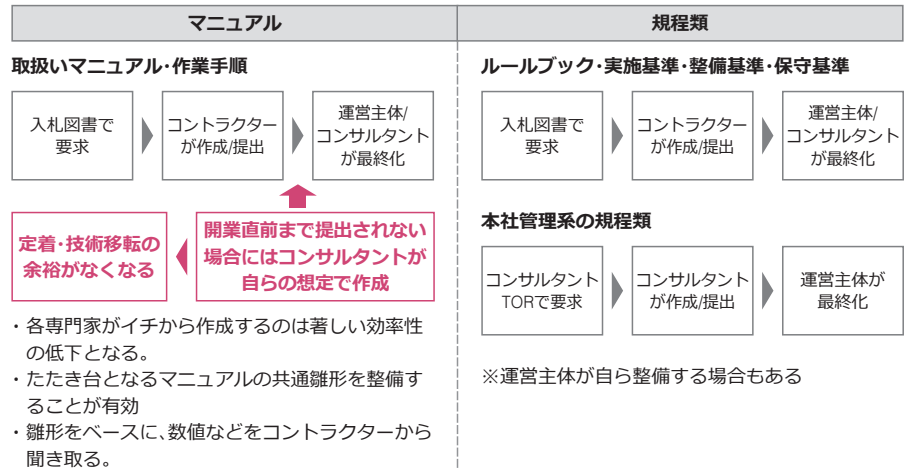
- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Project Manager</li> <li>Urban Railway Train Operation Management Expert</li> <li>Urban Railway Train Operation Planning Expert</li> <li>Urban Railway Train Operation Handing Expert</li> <li>MRT Safety System and security Expert</li> <li>Electric Multiple Unit(EMU)Management Expert</li> <li>Track Facility Maintenance Expert</li> <li>Civil Structure Management Expert</li> <li>Workshop/Depot Facility &amp; Equipment Management Expert</li> <li>Signal/Telecom. System Management Expert</li> <li>Electrification System Management Expert</li> <li>General Mechanical Equipment Management Expert</li> <li>IT System Operation Expert</li> <li>Passenger Service Management Specialist</li> <li>Legal &amp; Regulatory Administration Specialist</li> <li>Environmental Management Expert</li> <li>Organization Strycture Planning/HR Expert</li> <li>Operation &amp; Maintenance Cost Specialist</li> <li>Personnel Training Planning Expert</li> <li>Non Railway Business Managing Expert</li> <li>Tender Document Specialist</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>総括/プロジェクトマネージャー</li> <li>都市鉄道規制</li> <li>安全管理</li> <li>人材育成</li> <li>財務</li> <li>企画(組織運営・経営方針)</li> <li>都市鉄道運営</li> <li>駅設備管理</li> <li>維持管理(土木・軌道)</li> <li>維持管理(車両)</li> <li>維持管理(電気・信号通信)</li> <li>維持管理(機械)</li> <li>ITシステム</li> <li>資産・資材管理</li> <li>モビリティ・マネジメント</li> <li>プロジェクトコーディネーター/<br/>モニタリング評価</li> </ol> |
|---|--|

▲要員体制(左：現業支援・円借款、右：本社管理支援・技術協カプロジェクト)

## ■ マニュアル・規程類の整備

マニュアルはコントラクター提出物を基に最終化する。規程類はコントラクターと運営主体の双方が分担する。過去の支援では、コントラクター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。

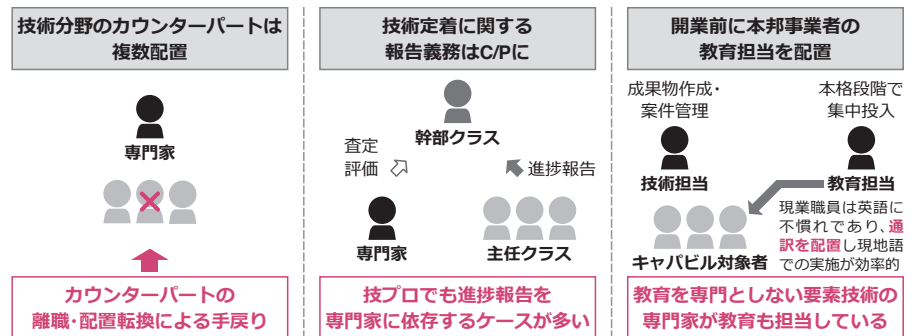
### ▼マニュアル・規程類の整備



## ■ 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。ただし技術協カ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。

### ▼キャパシティビルディング実施上の工夫



# O&M支援の実施

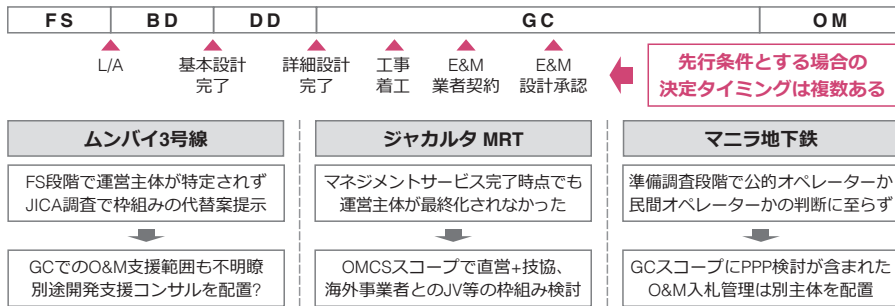
支援量・分野が明確となるようO&M支援実施の先行条件を定めるべきである。過去の事例から開業準備のタイムラインと遅延リスクへの備えに触れている。典型的なステークホルダー調整や事業効果/評価の考え方を示している。

## ■ 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)。

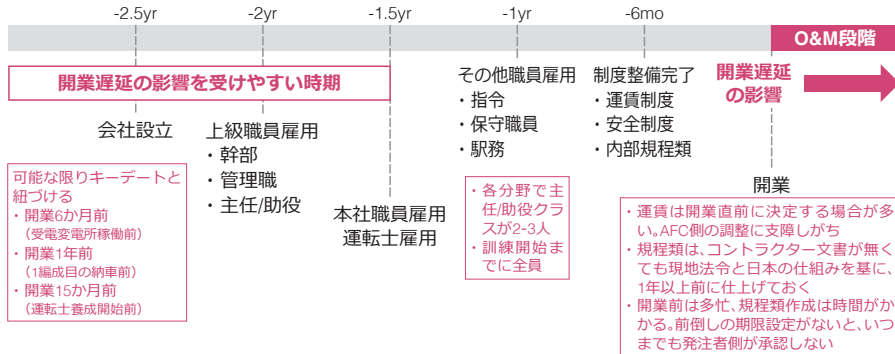
### ▼ O&M支援実施の先行条件(タイミングと事例)



## ■ 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。理想的な事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。

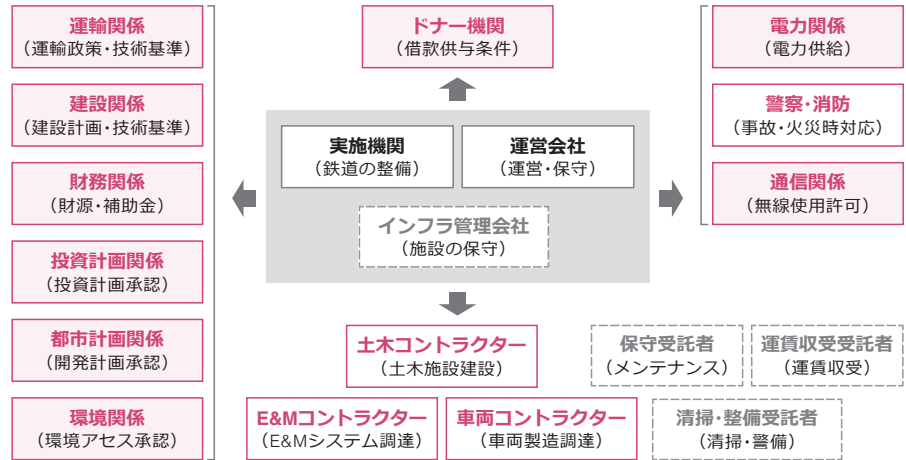
### ▼ 開業準備のタイムライン(イメージ)



## ■ 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。

### ▼ ステークホルダーとの調整



## ■ 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。

### ▼ 事業効果/評価の指標

| 運用指標   | 効果指標  |
|--|---|
| <b>基本</b><br>輸送人員(人/年)<br>基本<br>主要駅の乗降客数(人/年)  | <b>基本</b><br>CO <sub>2</sub> 排出量削減(トン/年)<br>輸送交通に係る研修実施数<br>運営保守の協力/支援数<br>運営組織の女性社員/役員率                    |
| <b>基本</b><br>運行数(列車本数/日)<br>稼働率(%) <sup>*1</sup><br>車両キロ(キロ/年) <sup>*1</sup><br>編成あたりの車両数<br>列車キロ(キロ/年)                        | <b>基本</b><br>特定区間の所要時間(時間)<br>旅客収入(現地通貨/年)<br>貨物収入(現地通貨/年)<br>補助<br>最高速度(km/h)<br>表定速度(km/h)<br>乗客輸送量(人・キロ) |
| <b>輸送障害&gt;30(件)</b><br><b>故障発生率*2(列車キロ)</b><br><b>重大事故件数</b><br>O&Mの実態や安全管理状況を表す指標として有効。ただし継続した削減努力が実行できないとマイナスイメージになるので注意が必要 |   |

\*1 車両調達がある場合 \*2 MKBF : Mean Kilometre Between Failure(MKBF)

# その他の技術協力

## ■ 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。

| 技術協力プロジェクト   | 案件実施支援調査  | 専門家派遣  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>運営会社設立支援</li> <li>研修センター設立支援</li> <li>その他能力養成に係る支援</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>法制度・技術基準策定支援</li> <li>事業計画策定支援</li> <li>その他事業戦略上の課題支援</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>法制度・技術基準の必要性</li> <li>本邦事業者の優位性</li> <li>その他特定・限定的課題支援</li> </ul> |
| <p><b>カウンターパートが主体的役割</b></p>   | <p><b>本体事業の実施効果の向上</b></p>  | <p><b>本邦技術の優位性を伝える</b></p>   |
| <p><b>キャパシティビルディングが主目的</b></p>   | <p><b>本邦事業者の進出に繋げる</b></p>  | <p><b>本邦支援のきっかけを作る</b></p>   |

投入量：大

投入量：小

## ■ 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ことから、様々なテーマでの研修実施が可能である。

### ▼ 第3国研修の活用案

|             |                                |
|-------------|--------------------------------|
| 開業支援に伴う技能研修 | ・ジャカルタ MRT<br>・デリー・バンガロールメトロ   |
| 研修センター設立支援  | ・フィリピン鉄道訓練センター                 |
| 事業実施に伴う基礎研修 | ・ジャカルタ MRT<br>・フィリピン鉄道訓練センター   |
| 運営の管理       | ・ジャカルタ MRT<br>・デリー・バンガロールメトロ   |
| メンテナンスの管理   | ・バンコクパープルライン                   |
| 事業スキーム      | ・バンコク（鉄道局）                     |
| 安全管理        | ・フィリピン鉄道訓練センター<br>・バンコクパープルライン |
| 組織設立・採用計画   | ・ジャカルタ MRT<br>・デリー・バンガロールメトロ   |
| 運転士の養成      | ・ジャカルタ MRT<br>・フィリピン鉄道訓練センター   |
| マニュアル・規程類   | ・バンコクパープルライン                   |



▲ジャカルタMRT



▲フィリピン鉄道訓練センター

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。

## ■ 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。

### ダッカ都市交通法整備支援

都市鉄道の規制・監督機関であるダッカ交通調整局に対して都市鉄道法（メトロレール法）及び下位規則の策定を支援し、法制度体系を整備すると共に、鉄道技術基準を法制化した。



▲都市鉄道法の閣議決定

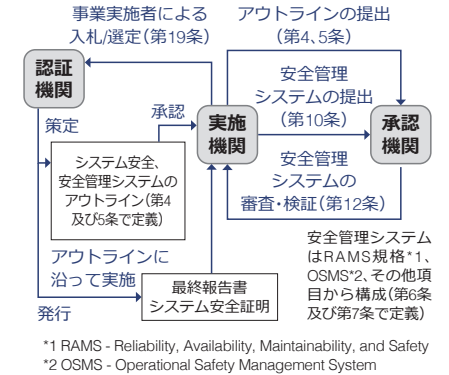
## ■ 安全認証

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。

### ホーチミン都市鉄道1号線 運営会社設立・能力強化支援

ベトナムで新たに施行された安全認証制度に従い、リスクアプローチに基づいた運行安全管理システムの作成を支援している。MAURが入札によって調達する認証機関の審査を受け、商業運転開始前に安全認証を取得することを目的として実施中である。

### ▼ベトナムの安全認証制度



## ■ 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、運転シミュレーター、模擬駅、信号演習シオラマ、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。

### フィリピン鉄道訓練センター設立支援

マニラ地下鉄事業の一部として、研修センター建屋の建設、総合的な訓練センターの研修設備を円借款で調達している。また、動的シミュレーターと卓上運転シミュレーターは無償支援にて調達している。技術協力プロジェクトでの研修制度構築、研修カリキュラムや教材の整備支援を含め、総合的な支援を実施している。



▲PRIの研修設備

# O&Mの海外展開

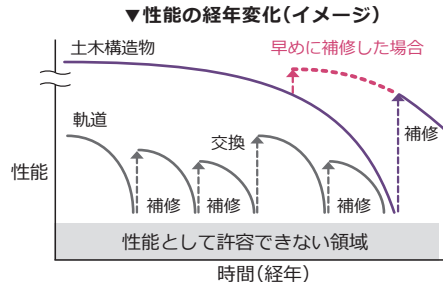
## ■ インフラメンテナンスの重要性

### 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。

### 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。

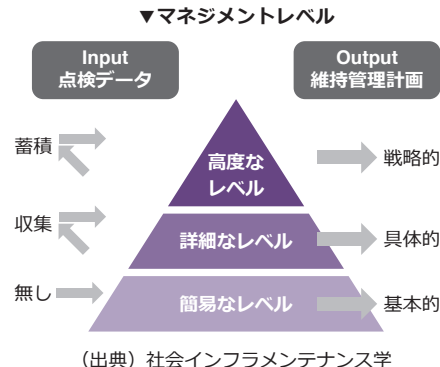
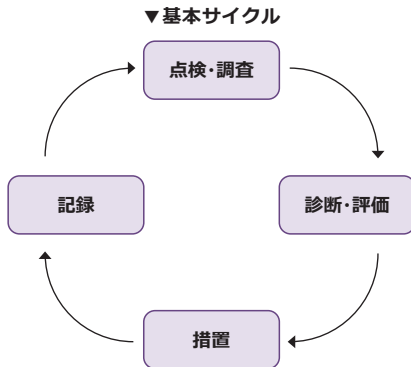


(出典)第26回鉄道総研講演会(一部改編)

## ■ 基本サイクルとマネジメントレベル

点検・調査による情報収集、診断・評価、措置、記録が基本サイクルであり、点検、調査で得られた情報をもとに構造物の状態を診断し、必要な措置を講じる。措置には、補修や補強とともに、経過観察も含まれる。

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

## ■ 構造物の劣化の特徴

### 土木構造物

- ・鋼構造物：鋼構造物の性能を低下させる損傷は、大まかに分類すると、腐食、疲労き裂、高力ボルト・リボットの緩み、支障部の損傷、地震や衝突時の異常な外力に起因する損傷などである。
- ・鉄筋コンクリート構造物：主にコンクリートの中性化、塩害、アルカリシリカ反応(アルカリ骨材反応とも呼ばれる)によりコンクリートが劣化し、鉄筋に錆が発生したり、鉄筋が破断に至る場合がある。
- ・プレストレスコンクリート橋(PC橋)：プレストレスを導入するための高強度の鋼線(ピアノ線、PC線)のケースであるシース管の中で腐食が発生し、PC鋼線の断線を引き起こすことがある。

### 軌道

最も特徴的な劣化は、レール面の歪み進展である。この歪みを軌道変位と呼ぶ。軌道変位は、一般の土木構造物で発生する物理的劣化(耐力低下、摩耗・変形など)や化学的劣化(変質・腐食など)と同様の劣化が軌道部材で発生した場合はもちろんのこと、バラスト軌道では列車荷重等の外力による碎石の圧密や流動によっても発生する。レールの管理に関しては、レールの摩耗の管理とともに、列車の通過トン数による管理が基本となる。レールの摩耗が少なく、表面的な損傷が見られない場合でも、通過トン数の累積が規定値を超えないよう交換計画を立てることが重要である。

## ■ 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及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。

### ▼(参考)日本における維持管理に関する法令、標準及び規程類

| 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) |

# O&Mの海外展開

## ■ 損傷・劣化診断における留意点

### ケースごとの診断の必要性

供用開始後30年程度経過しているものから、数年程度の経過と、各都市の構造物の経過年数に違いがある。しかし、土木構造物の劣化は必ずしも経過年数だけに依存するものではない。よって、検査を通じて箇所ごとに健全度の把握が必要である。コンクリート構造物の場合、表面的な損傷がない場合でも、中性化や、場所によっては塩害等による劣化が進んでいる可能性もある。

### 第三者影響度の考慮

構造物の健全度の診断の際は、第三者影響度の考慮も重要である。都市部の鉄道は高架上を走行することが多い。よって、道路交差部や高架下利用箇所等において、コンクリート片の剥落リスクが想定される。診断の際は、通行者等の第三者への影響度の考慮も重要である。



▲ 道路交差部の例

## ■ 都市鉄道の土木構造物

### バンコク BTS (Green Line)

| 開業年   | 延長      | 構造物延長      | 軌間       |
|-------|---------|------------|----------|
| 1999年 | 67.2 km | 高架：67.2 km | 1,435 mm |



### ジャカルタ MRTJ

| 開業年   | 延長      | 構造物延長                     | 軌間       |
|-------|---------|---------------------------|----------|
| 2019年 | 15.7 km | トンネル：5.6 km<br>高架：10.1 km | 1,067 mm |



## ■ 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、定期的な検査の実施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及び補修方法

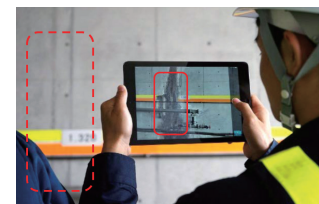
日本の鉄道インフラでは、技術基準により統一的な検査体系が定められ、さらに各鉄道事業者において検査・判定・修繕計画・修繕の一連のメンテナンスサイクルが確立されている。海外においても、国内における検査体系や、実績のある補修方法を適用することによって、確実なメンテナンスサイクルの実施が期待できる。まずは、汎用性を持つ基本的な取り組みを通じて、技術を伝達し、定着・普及を進めることで技術の展開を図っていくことが考えられる。

### 技術の定着支援

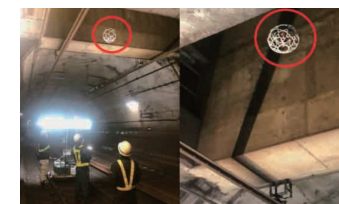
維持管理には、当該構造物の設計と施工の内容とともに、局所的な気候・環境条件や使用条件なども考慮する必要がある。よって、インフラマネジメントに携わる技術者には、知識・経験等様々な情報に基づく推理力(想像力)も必要である。インフラマネジメントの国際展開においては点検技術や診断技術、さらには取得したデータの管理・活用などに関する個別の技術やノウハウの移転とともに、OJT(On the Job Training)による経験を積み重ねて獲得した技術をより確固たるものとすることも必要である。

### 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。



▲ AR技術の活用例



▲ ドローンによる点検風景

# 参考文献リスト

| 頁            | 対象記事                                | 著者名・資料名   | 出版社名、出版年、URL等   |
|--------------|-------------------------------------|---|---|
| 26           | ■ PPP・グロスコスト方式の事例（バンコクパープルライン）スキーム図 | 丸紅株式会社「日本の質高インフラをタイへ～契約受注から完工・開業に至るまでの苦難～」JORSA 組合報 No.285                    | 日本鉄道システム輸出組合、2020   |
| 47           | 「■検討事項の解説」記事                        | （一社）海外鉄道技術協力協会『これからの海外都市鉄道 - 計画、建設、運営 - KISS-RAIL 2.0』                        | ぎょうせい、2020  |
| 66           | 世界における O & M 事業（基本情報）               | 「2018 年度 外部事後評価報告書 円借款『バンコク大量輸送網整備事業（パープルライン）(I) (II)』」最終アクセス 2022 年 1 月 12 日 | <a href="https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2018_TXXXII-3_4_f.pdf">https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2018_TXXXII-3_4_f.pdf</a>   |
| 63,65, 71-72 | 世界における O & M 事業（基本情報）他              | スーベルヴィア WEB サイト（英語版）最終アクセス 2022 年 1 月 12 日                                    | <a href="https://www.supervia.com.br/en/home-en">https://www.supervia.com.br/en/home-en</a>   |
| 64,66, 75-76 | 世界における O & M 事業（基本情報）他              | ジャカルタ MRT WEB サイト（英語版）最終アクセス 2022 年 1 月 12 日                                  | <a href="https://jakartamrt.co.id/en">https://jakartamrt.co.id/en</a>   |
| 64,66, 73-74 | 世界における O & M 事業（基本情報）他              | MRTA WEB サイト（英語版）最終アクセス 2022 年 1 月 12 日                                       | <a href="https://www.mrta.co.th/en/">https://www.mrta.co.th/en/</a>   |
| 64,66, 73-74 | 世界における O & M 事業（基本情報）他              | BEM WEB サイト（英語版）最終アクセス 2022 年 1 月 12 日  | <a href="https://www.bemplc.co.th/?MetroCoverPage=1&amp;lang=en">https://www.bemplc.co.th/?MetroCoverPage=1&amp;lang=en</a>   |
| 63,65, 67-68 | 世界における O & M 事業（基本情報）他              | ウェストミッドランズトレインズ WEB サイト最終アクセス 2022 年 1 月 12 日                                 | <a href="https://www.westmidlandsrailway.co.uk/">https://www.westmidlandsrailway.co.uk/</a>   |
| 63,65, 67-68 | 世界における O & M 事業（基本情報）他              | （一社）日本地下鉄協会『完全版 世界の地下鉄』   | ぎょうせい、2020  |
| 66           | マニラ LRT1 号線の基本情報（総事業費）              | 2015.9JICA「フィリピン国マニラ首都圏地下鉄事業情報収集・確認調査ファイナル・レポート」3-6                           | <a href="https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12244646_01.pdf">https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12244646_01.pdf</a><br>20 億ペソを 1977 年のレートで円換算して記載                                       |
| 66           | マニラ MRT3 号線の基本情報（総事業費）              | 2019.12 運輸総合研究所報告会「アジア大都市における都市鉄道事業への PPP 導入の課題」P13                           | <a href="https://www.jttri.or.jp/sympo46-16.pdf">https://www.jttri.or.jp/sympo46-16.pdf</a>   |
| 71-72        | ブラジル・リオデジャネイロ州近郊鉄道                  | 宮崎祐丞「リオデジャネイロ州近郊鉄道における技術支援の取組み」『JREA』2020 年 Vol.63 No.2                       | （一社）日本鉄道技術協会、2020   |
| 71-72        | ブラジル・リオデジャネイロ州近郊鉄道                  | 平野剛；玉川裕章；片岡茂樹「JR 西日本における海外事業展開に関する主な取り組み」『JREA』2021 年 Vol.64 No.2             | （一社）日本鉄道技術協会、2021   |
| 71-72        | ブラジル・リオデジャネイロ州近郊鉄道                  | 三井物産（株）「ブラジル都市旅客鉄道事業の持分の一部売却について」最終アクセス 2022 年 1 月 12 日                       | <a href="https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2015/1214861_6498.html">https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2015/1214861_6498.html</a>   |
| 71-72        | ブラジル・リオデジャネイロ州近郊鉄道                  | （株）海外交通・都市開発事業支援機構「ブラジル都市鉄道事業における事業権譲渡について」最終アクセス 2022 年 1 月 12 日             | <a href="https://www.join-future.co.jp/images/topics/1602811233/1602811233_10001.pdf">https://www.join-future.co.jp/images/topics/1602811233/1602811233_10001.pdf</a>                         |
| 75-76        | インドネシア・ジャカルタ MRT 南北線                | 「Annual Report, MRT Jakarta, 2019」最終アクセス 2022 年 1 月 12 日                      | <a href="https://jakartamrt.co.id/sites/default/files/2020-09/Annual-Report-MRT-Jakarta-2019.pdf">https://jakartamrt.co.id/sites/default/files/2020-09/Annual-Report-MRT-Jakarta-2019.pdf</a> |
| 75-76        | インドネシア・ジャカルタ MRT 南北線                | 「ジャカルタ MRT プロジェクト」『鉄道システム輸出組合報』2020 4/4 - No.285                              | 日本鉄道システム輸出組合、2020   |

| 頁     | 対象記事                               | 著者名・資料名  | 出版社名、出版年、URL等   |
|-------|------------------------------------|--|---|
| 73-74 | タイ・バンコクパープルライン                     | （株）総合車両製作所・東日本旅客鉄道（株）「タイ王国バンコク都市鉄道パープルライン（正式名称 チャローン・ラチャタム線）の開業について」最終アクセス 2022 年 1 月 12 日               | <a href="https://www.jreast.co.jp/press/2016/20160803.pdf">https://www.jreast.co.jp/press/2016/20160803.pdf</a>                         |
| 73-74 | タイ・バンコクパープルライン                     | 丸紅（株）・（株）東芝「タイ国バンコク都市鉄道パープルラインの開業について」最終アクセス 2022 年 1 月 12 日   | <a href="https://www.marubeni.com/jp/news/2016/release/20160808.pdf">https://www.marubeni.com/jp/news/2016/release/20160808.pdf</a>     |
| 73-74 | タイ・バンコクパープルライン                     | 川崎淳司「バンコク・パープルラインにおけるメンテナンス業務」『JREA』2019 年 Vol.62 No.9   | （一社）日本鉄道技術協会、2019   |
| 73-74 | タイ・バンコクパープルライン                     | 「バンコクパープルライン保守システムの概要」『鉄道システム輸出組合報』2019 4/4 - No.281   | 日本鉄道システム輸出組合、2019   |
| 73-74 | タイ・バンコクパープルライン                     | 丸紅（株）「日本の質高インフラをタイへ」『鉄道システム輸出組合報』2020 4/4 - No.285   | 日本鉄道システム輸出組合、2020   |
| 67-68 | 英国・ウェストミッドランズ鉄道                    | JR 東日本・三井物産「英国における旅客鉄道事業の運営権獲得について」最終アクセス 2022 年 1 月 12 日  | <a href="https://www.jreast.co.jp/press/2017/20170806.pdf">https://www.jreast.co.jp/press/2017/20170806.pdf</a>                         |
| 67-68 | 英国・ウェストミッドランズ鉄道                    | 「JR 東、世界開拓へ本腰 海外初の鉄道運行 英で始動 安全・正確で実績積み」『日本経済新聞』2017 年 12 月 12 日付け最終アクセス 2022 年 1 月 12 日                  | <a href="https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2017/1224268_10838.html">https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2017/1224268_10838.html</a> |
| 87    | 各国の都市鉄道整備支援事例（基本情報：ジャカルタ MRT・総事業費） | 「インドネシア初の地下鉄、3 月下旬開業 / 円借款のジャカルタ MRT / セネコン 4 社施工」『日刊建設工業新聞』2019 年 3 月 14 日付け最終アクセス 2022 年 1 月 12 日      | <a href="https://www.nikkei.com/article/DGKKZO24505120R11C17A2T11000/">https://www.nikkei.com/article/DGKKZO24505120R11C17A2T11000/</a> |
| 93-94 | インドネシア・ジャカルタ MRT 南北線               | 日本コンサルタンツ（株）『インドネシア ジャカルタ MRT 南北線 運営維持管理コンサルティングサービス 2nd stage (OMCS2)』の受注・契約について」最終アクセス 2022 年 1 月 12 日 | <a href="https://www.decn.co.jp/?p=106114">https://www.decn.co.jp/?p=106114</a>   |
| 111   | インフラメンテナンスの重要性                     | 高井秀之「経年劣化の評価と克服に向けたメンテナンス技術」『第 26 回鉄道総研講演会』2013 年 11 月   | <a href="http://www.jctransport.co.jp/admin/news/pdf/20201124_jp.pdf">http://www.jctransport.co.jp/admin/news/pdf/20201124_jp.pdf</a>   |
| 111   | 基本サイクルとマネジメントレベル                   | 社会インフラ メンテナンス学 P112 ~ P113   | 土木学会  |
| 112   | 構造物の劣化の特徴（土木構造物）                   | 市川篤司「鋼構造物の耐久性と維持管理」『JSCE』Vol.86, Dec. 2001   |   |
| 112   | 構造物の劣化の特徴（土木構造物）                   | 三木千壽「橋の臨床成人病学入門」P49 ~ P50  | （株）建設図書   |
| 112   | 構造物の劣化の特徴（軌道）                      | 社会インフラ メンテナンス学 P175 ~ P176   | 土木学会  |
| 114   | 展開の可能性（実績のある検査体系及び補修方法）            | 土木学会 インフラメンテナンス（鉄道）特別委員会「鉄道インフラの健康診断と将来のメンテナンスに向けた提言」P26 2020 年 6 月                                      |   |
| 114   | 展開の可能性（技術の定着支援）                    | 横田弘「インフラマネジメント技術の国際展開」土木学会誌 Vol.105 No.6 June 2020   |   |