

阿佐海岸鉄道へのDMV導入に関する技術評価

令和3年11月4日
DMVに関する技術評価検討会

1. 阿佐海岸鉄道におけるDMV導入について

背景及び目的

- 阿佐海岸鉄道及び関係自治体では、車両自体が観光資源になり地域の活性化に寄与することを期待し、阿佐海岸鉄道 阿佐東線（徳島県海部郡海陽町～高知県安芸郡東洋町）でのDMV（デュアル・モード・ビークル）運行に向けた取り組みを進めている。
- 阿佐東線でのDMV導入は国内初のDMVによる本格営業運行となることから、学識経験者（委員長：古関 隆章 東京大学 教授）、研究機関（交通安全環境研究所、鉄道総合技術研究所）、関係機関（阿佐海岸鉄道、徳島県、高知県）からなる「DMVに関する技術評価検討会（事務局：鉄道局）」により技術評価を実施。

DMVの概要

- ODMVとは、道路から鉄道への乗入れを可能とする特殊な構造の車輪を備え、走行モード変換装置（MIC：モードインターチェンジ）を介して、道路と線路の双方を自由に走行できる車両（トヨタ：コースターを改造）。JR北海道が、DMV技術評価委員会から評価を受けながら技術開発を進めてきたもの。
- 従来の鉄道車両と比べて軽量（約6t、従来車両の約1／6）なため、車軸による軌道回路の短絡が困難であり、独自の運転保安システムにより安全性を確保。（無線通信により地上設備及び車両を制御するシステム）

【道路走行時】



【線路走行時】



【参考】JR北海道にて開発したDMV運転保安システムの前提条件（平成27年10月のDMV技術評価委員会にて評価済）

- DMV専用線区
- 線路上で行き違いせず
- 単車運行
- 閉そくによる続行運転
- 線路条件（長大トンネルなし、モード変換は線路両端のみ）

➡ この前提条件で阿佐東線へ導入

2. DMVに関する技術評価検討会について

DMVに関する技術評価検討会の構成

- 委員長 古関 隆章(東京大学 教授)
- 委員 高橋 聖(日本大学 教授)、道辻 洋平(茨城大学 教授)、
工藤 希(交通安全環境研究所 主席研究員)、
石浜 順吉(元JR西日本 安全推進部 担当部長)、鉄道総合技術研究所
国土交通省鉄道局、四国運輸局自動車技術安全部及び鉄道部
- 関係機関 阿佐海岸鉄道(株)、徳島県、高知県
- 事務局 国土交通省鉄道局


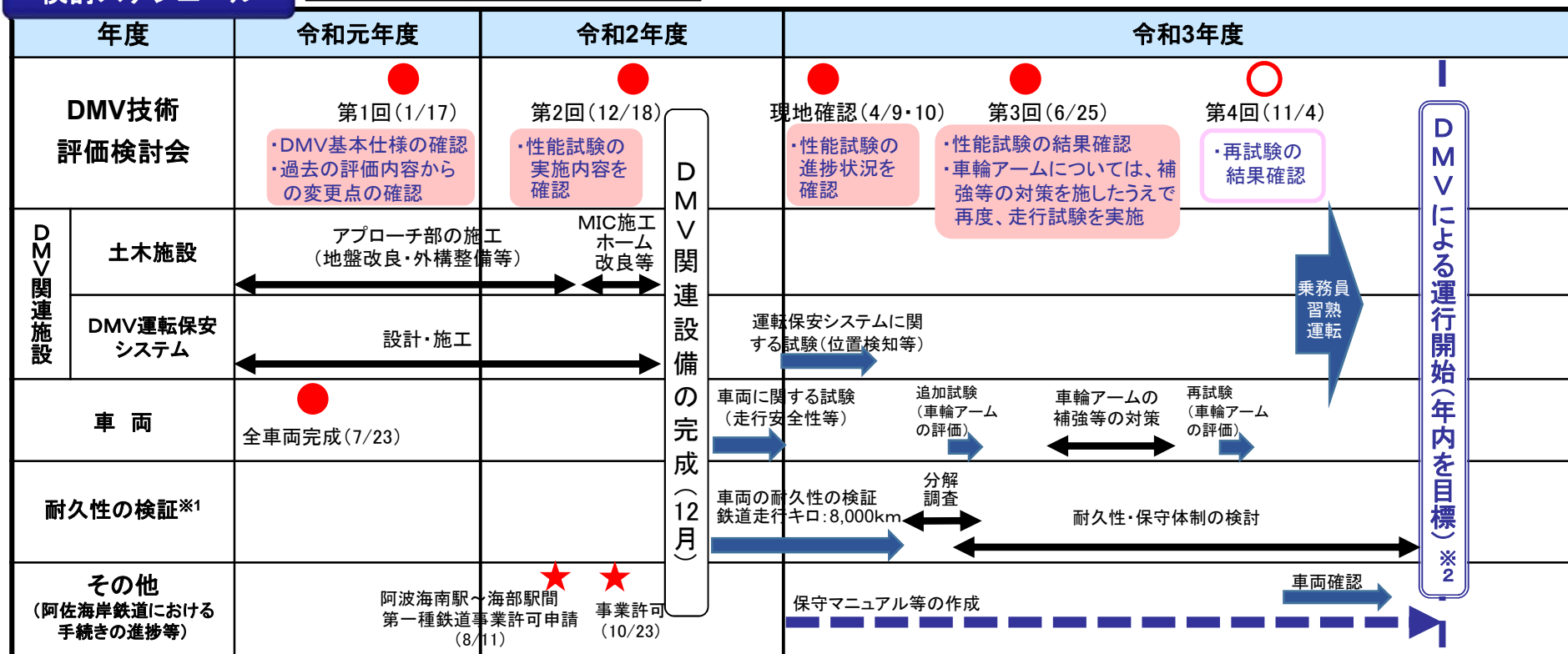


第1回検討会(R2.1.17)



現地確認(R3.4.10)

検討スケジュール

 凡例:  実車による走行試験


※1 DMV1号車において令和2年12月15日～令和3年5月9日の間で走り込みを実施しており、鉄道モードで8,000km、自動車モードで4,930km走行。

※2 今後変更する可能性がある。

3. 第3回技術評価検討会の評価結果について

DMVに関する第3回技術評価検討会の概要

開催日時：令和3年6月25日（金）13：30～15：30

評価概要：

- DMVの車輪アームについては、補強等の対策を施したうえで、再度走行試験を実施し、本検討会において改めて評価を行う。
- その他の試験項目については、現時点において、運行に支障が無いことを確認した。
- 今後も引き続き、安全性評価に必要なシステムの性能に関するデータを蓄積することを求め、それらに基づき、耐久性や保守体制の検討を深度化する。

車輪アームに関する結果(抜粋)

- ・ 車輪アーム(前車輪)において、応力集中が想定される箇所の応力測定を実施。その結果、車輪アーム溶接部において、疲労限度に関する許容応力を超過したことを確認。

車輪アーム溶接部における測定結果(一例)

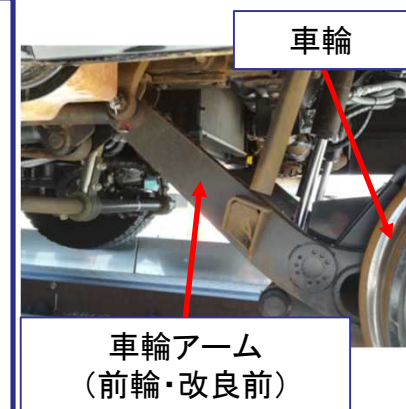
疲労限度の判定基準：許容応力の範囲内※1であること。

平均応力が164N/mm²である場合の変動応力：75N/mm²以下

※1 「JIS E 4207 鉄道車両-台車-台車枠設計通則」に基づき判定

測定結果

変動応力：116N/mm²



車輪アームの改良と走行試験の実施

車輪アームを改良(令和3年7月～9月)し、再度走行試験を実施(令和3年9月22日～10月8日)
その結果、疲労限度に関する許容応力の範囲内であることを確認(次頁参照)

4-1. 車輪アームの改良内容

項目		改良前	改良後
①	板厚変更	3.2mm 	<u>4.5mm</u>
②	溶接変更	断続溶接 接合部を一定間隔で溶接 イメージ図 	<u>連続溶接</u> 接合部を連続して溶接 イメージ図
③	溶接部の仕上げ	仕上げ無	<u>仕上げ有</u> 応力集中を軽減するため溶接部をなだらかな形状にグラインダによって仕上げ
④	ブラケット部の溶接箇所	端部まで溶接 ブラケット部の溶接箇所が車輪アームの内部補強板の溶接箇所と重複している 	<u>端部10mmを溶接禁止</u> 応力集中を避けるためブラケット部の溶接箇所が車輪アームの内部補強板の溶接箇所と重なることを回避 端部10mmを溶接禁止

4-2. 車輪アームの応力測定結果

・車輪アーム改良前後の応力測定結果

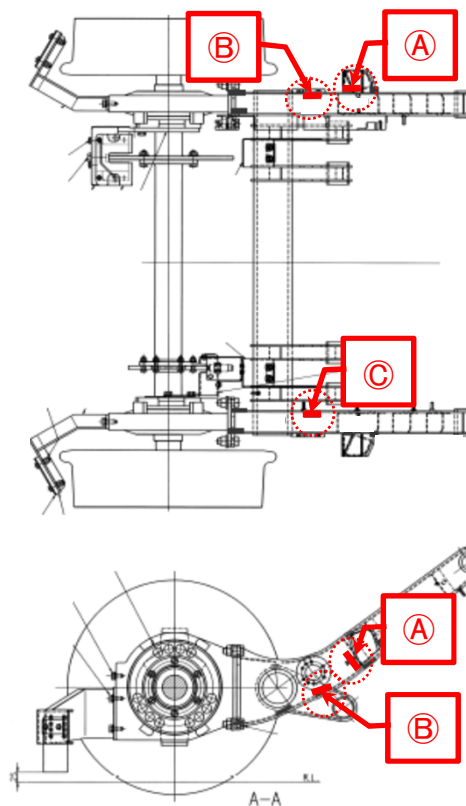
前回測定時の疲労限度に関する許容応力の範囲※1を超過箇所した3箇所を比較

前回測定時の 疲労限度に関する 許容応力超過箇所	改良内容 (前頁参照)	改良前			改良後		
		疲労限度に関する許容応力		測定結果	疲労限度に関する許容応力		測定結果
		平均応力	変動応力	変動応力	平均応力	変動応力	変動応力
① A ブラケット溶接部	①、④	164N/mm ²	75N/mm ² 以下	116N/mm ²	65N/mm ²	60N/mm ² 以下	53N/mm ²
② B アーム下板 外側溶接部	①、②、③	170N/mm ²	46N/mm ² 以下	76N/mm ²	154N/mm ²	77N/mm ² 以下	46N/mm ²
③ C アーム下板 内側溶接部		232N/mm ²	39N/mm ² 以下	72N/mm ²	168N/mm ²	74N/mm ² 以下	52N/mm ²

※1 「JIS E 4207 鉄道車両-台車-台車枠設計通則」に基づき判定



改良した車輪アームは、全ての測定箇所で疲労限度に関する許容応力の範囲内であることを確認



5-1. DMV性能試験の実施内容と試験結果①

①車両に関する試験

試験項目		試験条件	試験結果	
走行安全性	曲線通過	曲線(R250、C=0)	良	
	渡り通路※1通過	直線(海部駅、穴喰駅)	良	
	タイヤ変形	曲線(R500、C=71)	良	
		直線	良	
乗り心地 (車体振動)	曲線通過	曲線(全線)	良	
		縦曲線(全線)	良	
	渡り通路※1通過	直線(海部駅、穴喰駅)	良	
減速性能※2	常用ブレーキ(手動ブレーキ)	下り勾配(-13.4%)	良	
	非常ブレーキ(自動ブレーキ)			
	減速ブレーキ			
	駐車ブレーキ※3	勾配なし(線路終端部)	良	
	滑走時※3	勾配なし(線路終端部)、散水	良	
加速性能	加速時	上り勾配(+13.4%)	良	
モードチェンジ	道路⇄軌道	MIC(阿波海南信号場、甲浦信号場)	良	
連結走行	曲線通過	曲線(R250、C=0)	良	
車体強度	発生応力の確認	シャシー枠	走行安全性及び減速性能等の上記試験時に確認	良
		車輪アーム※4	改良した車輪アームに取替後、発生応力を測定	良

※1: 駅構内のプラットフォームに移動するための線路上の旅客用通路(構内踏切)

※2: 常用ブレーキ、非常ブレーキ及び減速ブレーキについては75km/h、駐車ブレーキ及び滑走時については30km/hからの減速性能を確認

※3: 前車輪及び後ゴムタイヤのブレーキ系統が故障及び滑走した場合においても線路終端部までに停止できることを確認

※4: 第3回技術評価検討会の結果を踏まえ、車輪アームを改良後、疲労限度に関する許容応力の範囲内であることを確認

5-2. DMV性能試験の実施内容と試験結果②

②運転保安システムに関する試験

試験項目		試験条件	試験結果
車軸パルスセンサー精度※1	DMV車両の車軸パルスセンサーの精度が規定値以上であることを確認	阿佐東線 全線	良
位置検知・位置補正機能	車上装置で算出する列車位置の算出機能や赤外線通信による列車位置の補正誤差が仕様範囲内であることを確認		良
センター装置と端末間での伝送機能・接続状況	DMV運転保安システムのセンター装置と端末装置(車上装置・進入出通信装置等)との伝送機能と現地環境での通信接続状況を確認		良
閉そく機能※2 (追突防護)	列車位置の検知機能を用いた閉そく機能を確認		良
列車自動停止機能	DMV運転保安システムから非常ブレーキ指令を受信した際、所定の停止位置までに停止することを確認	下り勾配、満車、 レール湿潤	良

※1 DMV車両の前後の車軸に設置しており、列車速度や列車位置の算出に用いるセンサ

※2 列車の追突防止のため、一定の区間に同時に2以上の列車を運転させないように信号現示を制御する機能

③車両の耐久性の検証

検証項目		検証結果
耐久性	部品の損傷、摩耗等の確認	鉄道モードで8,000km、自動車モードで4,930km走行後の分解調査において支障なし(但し、車輪アーム(改良後)を除く。)今回改良した車輪アームを含めて、引き続き長期耐久性の検証が必要

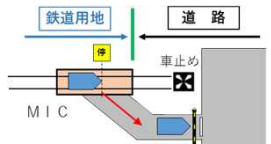
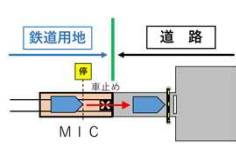
5-3. 阿佐海岸鉄道におけるDMVの技術評価について

今回の技術評価の概要

- 阿佐海岸鉄道のDMVシステムは前述の「車両に関する試験」及び「運転保安システムに関する試験」における評価に加え、過去の検討会において評価済のDMVシステム※からの新たな技術課題について評価し、問題がないことを確認した。
※ JR北海道において開発されたDMVについての安全性評価(平成27年10月)※1
- DMV車両の耐久性については、これまでの走り込みにおいて、鉄道モードで8,000km、自動車モードで4,930km走行した時点で改良した車輪アームを除き支障が無いことを確認した。
- これ以降の長期耐久性について、引き続き、検証を行う必要があることから、営業運転の開始にあたっては、状態・機能検査における車輪アームの探傷検査等の追加実施や重要部検査の検査周期の短縮等のほか、別途、振動加速度計によるDMV車両の振動の監視を実施する必要がある。

※1 JR北海道における耐久性の試験においては、鉄道モードで10,014km、自動車モードで34,456kmの走行において支障が無いことを確認済み

(参考)過去のDMV技術評価検討会において評価済のDMVシステムからの新たな技術課題に係る評価

主な変更項目	過去のDMV技術評価委員会で評価済の事項	阿佐海岸鉄道のDMVシステムにおける新たな技術課題	評価方法と結果
線路形状	・最小の曲線半径は300m	・最小の曲線半径は250m	・現地での性能試験において、PQ測定※2を実施し、脱線係数・輪重減少率・最大横圧が判定基準※3を満たすことを確認
DMV運転保安システム(終端部の線路構造)	・MICの側面から車両が進出出 	・MICの延長線上から車両が進出出 	・現地での性能試験において、減速ブレーキ、駐車ブレーキの試験を実施し、常用ブレーキの故障時等においても線路終端部までに停止できることを確認
連結運転	・連結運転しない	・異常時(車両の自走不能時)の対応は、救援列車により牽引走行	・現地での性能試験において、連結運転時の走行安全性、連結器の発生応力の測定を実施し、判定基準※3を満たすことを確認
踏切道	・踏切あり	・踏切はないが、駅構内において、旅客用通路(構内踏切)あり	・現地での性能試験において、旅客用通路(構内踏切)の警報制御に関する試験を実施し、判定基準※3を満たすことを確認

※2 レール上での車輪の上下方向の重さ(輪重P)と左右方向に発生する力(横圧Q)から算出する指標(Q/P)により、脱線に対する安全性を判定する測定方法

※3 判定基準は、メーカーによる運転保安システムの設計値等による

6-1. DMVの営業運転に向けての指摘事項(1/2)

DMVの営業運転に向けて

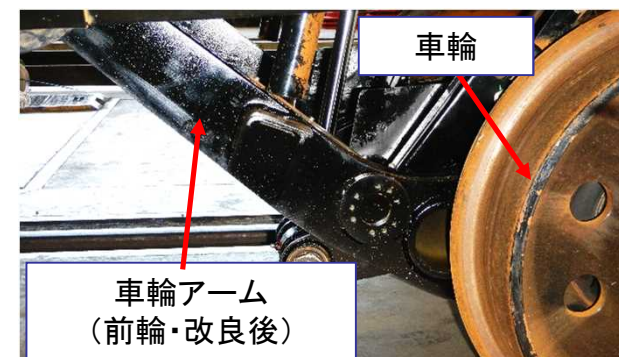
- ・ DMVの継続的な営業運転は阿佐海岸鉄道が初めてのケースとなることから、安全かつ安定的な運行等を実現するため、これまでの検討を踏まえて技術評価検討会より以下の指摘があった。
- ・ 特にDMV車両の耐久性については、これまでの走り込みにおいて、鉄道モードで8,000km、自動車モードで4,930km走行した時点で支障が無いことを確認しているが(車輪アームを除く)、これ以降の長期耐久性について、引き続き、本検討会において検証を行う。

①車両の長期耐久性の検証と保守体系の構築について

- ・ DMV車両(1号車)については、鉄道モードで8,000km、自動車モードで4,930km走行した時点で車輪、車軸等の部品を分解のうえ調査し、問題のないことを確認している(これは営業運転時における約3ヶ月間の走行距離と同等、但し、改良後の車輪アームを除く)。一方で、改良後の車輪アーム※1を始め、車輪、車軸、シャシー枠、車軸の軸受けゴムなどDMV特有の部分について、長期耐久性の確認ができるまでの期間※2においては、別添のとおり検査を実施すること。

※1 車輪アームについては、3日毎に行う列車検査時において溶接部を中心に点検ミラー等を用いた詳細な目視点検を行うとともに、鉄道モードで8,000kmの走行距離を超えない期間又は90日以内のいずれか短い期間内に探傷試験等を行う。

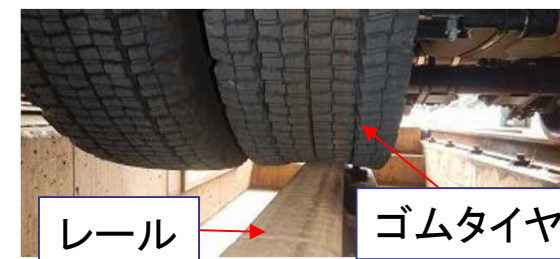
※2 摩耗の進展などを踏まえた交換周期の目途が立つまでの間



6-2. DMVの営業運転に向けての指摘事項(2/2)

DMVの営業運転に向けて

- ・ 特に、DMV車両は後輪ゴムタイヤをレールに接触させ、駆動する構造であることから、タイヤの摩耗には特段の注意を払うこと(タイヤ溝の深さおよび異常な摩耗の確認)。また、従来の鉄道車両よりも小径の車輪を使用していることから、車輪の摩耗状況等についても特段の注意を払うこと。



- ・ また、長期耐久性の確認ができるまでの期間においては、振動加速度計によるDMV車両の振動の監視により車輪や車輪アーム等の異常を確認した際は、速やかに調査、点検、整備を行うことができる体制を構築すること。

②各種マニュアルの整備及び関係者への教育・訓練について

- ・ 営業開始に向けて、車両保守に係る長期耐久性を検証するために必要となるマニュアルを速やかに作成するとともに、営業運転後の検査等の結果を踏まえた上で、適宜、見直しを図ること。
- ・ DMVの車両、施設、運転保安システムに係る取扱い及び保守のほか、異常時対応等に関する各種マニュアルに則り、運転関係係員等に対して教育・訓練を実施すること。特にモードチェンジなどDMV特有の取扱いについては、専門家の指導のもと確実にすること。

③その他(バリアフリー対応について)

- ・ DMV車両については、構造上、車いす利用者がそのまま乗降できない構造となっていることから、関係機関とも協力のうえでソフト面で柔軟に対応できる体制を整えること。

(別添)長期耐久性の検証のための検査について

検査の種類	検査周期	検査部位	検査方法	備考
列車検査	3日	車輪、車軸、シャシー枠、車輪アーム、ブレーキディスク・キャリパ、軸受けゴム、連結器等	通常の見視点検に加え、直接の見視点による視認性が劣る床下部品等の点検の際に点検ミラーを使用する。 特に車輪アームに関しては、溶接部を中心に点検ミラーを用いて詳細な見視点検を行う。	通常の鉄道車両における列車検査においては、見視点による点検を実施
状態・機能検査	90日 又は8,000kmを超えない期間のいずれかの短い期間		通常実施する摩耗量の測定に加えて、シャシー枠及び車輪アームの探傷検査※2※3、軸受けゴムの硬度測定、車輪踏面形状の測定、ブレーキディスク・キャリパの分解検査※3等を実施する。	通常の鉄道車両における状態・機能検査においては、見視点検査のほか、ブレーキディスクの摩耗量の測定等を実施
重要部検査	1年 又は32,000kmを超えない期間のいずれか短い期間		通常4年毎に実施する鉄道モード走行装置を構成する部品の分解検査及び探傷検査※2、シャシー枠及び車輪アーム、車軸の磁粉探傷検査等を1年毎に実施するほか、連結器の探傷検査を実施する。	通常の鉄道車両における重要部検査においては、各種部品の分解検査及び台車、車軸の探傷検査を4年毎に実施

※1 摩耗等の進展などを踏まえた交換周期の目途が立つまでの間、上表に記載の検査方法にて実施

※2 磁粉探傷検査、浸透探傷検査

※3 長期耐久性を検証する1号車が対象

