

ディーゼル車両の力行性能を測定・評価する

中村 英男

車両制御技術研究部
(動力システム 主任研究員)

芳賀 一郎

同
(同 主任研究員)

村上 浩一

同
(同 主任研究員)



なかむら ひでお



はが いちろう



むらかみ こういち

はじめに

ディーゼル車両は、原動機にディーゼル機関を用いる車両です。ディーゼル車両には、ディーゼル機関車とディーゼル動車（気動車）があります。非電化区間の動力車は、特殊なものを除けば全てディーゼル車両で、都市間輸送、ローカル輸送、及び貨物輸送などに使用されています。

車両の力行とは、車両がエネルギーの供給を受け、引張力を発生して走行する状態を言います。車両の力行性能試験は、力行性能に関する新形式車両・改造車両の計画と実際との比較、現状車両の実態把握、及び車両の不具合原因調査などを目的として行います。

本稿では、ディーゼル車両の力行性能の測定・評価について説明します。

ディーゼル車両の構成と性能

(1) 構成

まず、ディーゼル車両の基本的な構成と性能について説明します。我が国のディーゼル車両のほとんどは、動力伝

達装置にトルクコンバータを内蔵する液体式です。一般的な液体式ディーゼル動車の構成を図1に示します。

ディーゼル機関の出力は、液体変速機、推進軸、及び減速機を介して動輪に伝達されます。機関出力は、走行用として動輪に伝達されるだけでなく、補機にも使用されます。補機には、機関冷却水ラジエターの冷却ファン、空気圧縮機、充電発電機、冷房装置などがあります。したがって、ディーゼル車両は補機の稼働状態によって力行性能が変わります。

液体変速機は、トルクコンバータ、歯車、クラッチなどから構成され、車両の走行方向（正逆転）の切換や速度段の切換を行う装置です。正逆転や速度段の切換は自動車のギアチェンジに相当するものです。トルクコンバータは、トルコン油という流体を介して動力を伝達する装置で、起動時などの低速度域で使用します。トルクコンバータを使用する速度段を変速段と言います。中高速度域ではトルクコンバータを使用せず、ディーゼル機関と動輪の回転を直接クラッチで接続する直結段で走行します。最近の車両

では、上り勾配の走行速度や最高速度の向上のため、直結段を2～4段と多段化した液体変速機が使用されています。速度段は、速度の上昇に伴い、変速段⇒直結1段⇒直結2段⇒直結3段⇒直結4段と切替ります。

(2) 制御

ディーゼル機関の出力の調整は、運転士が操作する主幹制御器からの力行ノッチ指令により行われます。力行ノッチ指令は、変速機制御装置、機関制御装置を介してディー

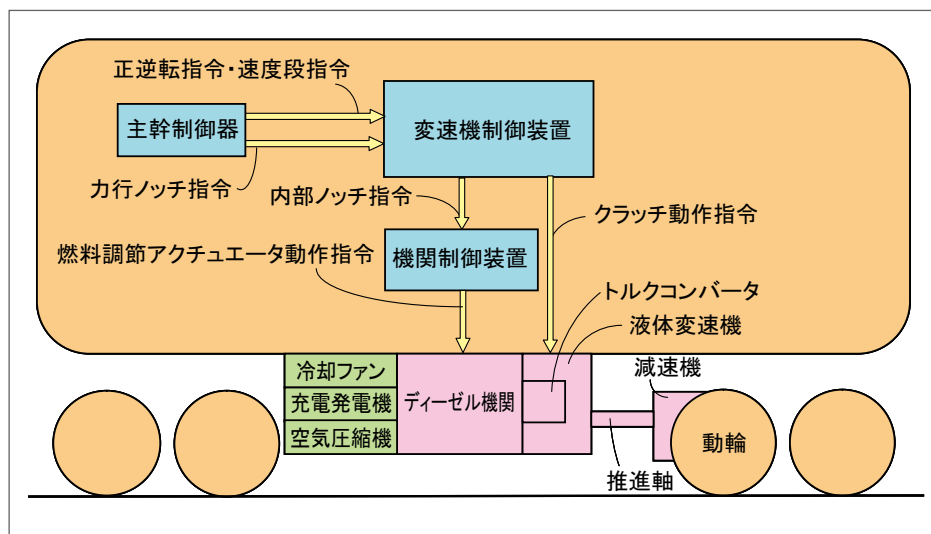


図1 ディーゼル動車の構成

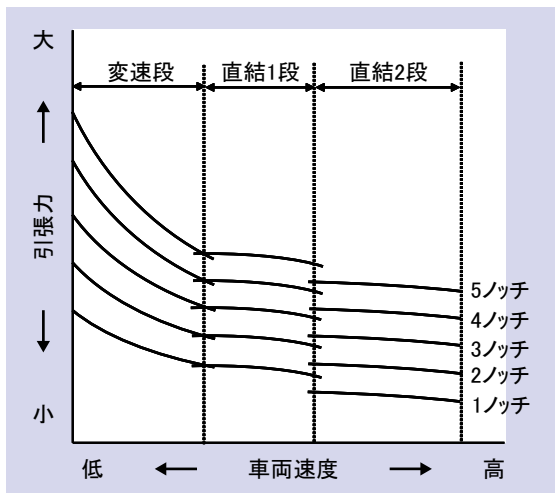


図2 ディーゼル動車の引張力性能

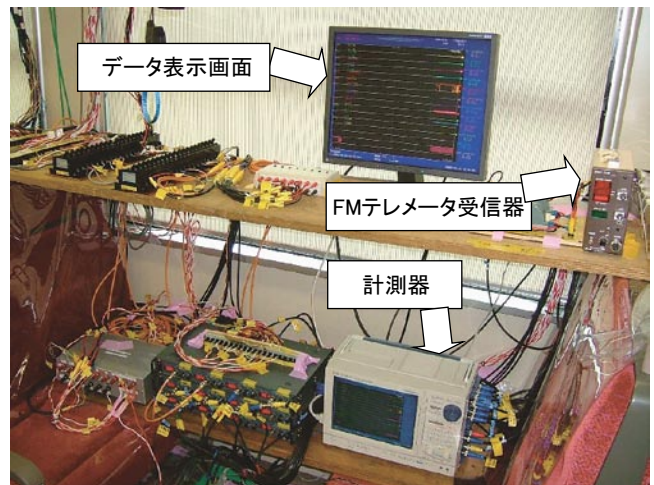


図3 測定装置の設置状況の例

ゼル機関の燃料を調節するアクチュエータの動作指令となります。

正逆転や速度段の切換は、運転士が操作する主幹制御器からの正逆転指令や速度段指令により行われます。正逆転指令や速度段指令は、変速機制御装置を介して液体変速機のクラッチ入切の動作指令となります。近年では、機関回転数や車両速度を基に、変速機制御装置が速度段の切換タイミングを自動的に判断する車両が一般的です。

これらの制御指令は、制御装置が出力する制御電圧のオン・オフによって行います。制御指令により動作した結果、例えばクラッチの接続指令に対してクラッチの接続が終了したことを示す油圧スイッチの信号（照査信号）を制御装置が受けます。したがって、制御指令や照査信号を測定することにより、制御の情報を得ることができます。また、車両速度や機関回転数などを測定することにより、車両や機器の動作状態の情報を得ることができます。

(3) 引張力性能

車両速度と引張力の関係を引張力性能と言います。

ディーゼル動車の引張力性能の概念図を図2に示します。

ディーゼル機関の出力トルク特性、トルクコンバータ特性、液体変速機や減速機の歯車比・伝達効率などにより引張力性能が決まります。

主な測定項目

ディーゼル車両の力行性能の測定は、力行性能・制御、機関・排気ブレーキ性能・制御、冷却性能、排出ガステ性、燃費性能などの各測定に分類されます。

各測定における基本的な測定項目を表1に示します。表1の測定項目は基本的なもので、車両の形式や測定の目的により測定項目を変更します。測定の情報元は、車両の配電盤や制御装置から得る場合と、測定のために機器に取付けたセンサから得る場合があります。

測定情報は測定装置に取り込み、記録紙や記憶媒体に記録します。その記録結果を分析し評価します。測定装置の設置状況の例を図3に示します。以下に、測定分類毎に測定と評価の内容について説明します。

表1 主な測定項目

分類	共通	力行性能・制御 機関・排気ブレーキ性能・制御	冷却性能	排気ガステ性 燃費性能
測定項目	<ul style="list-style-type: none"> 力行ノッチ指令 機関回転数 車両速度(動軸) 速度段指令 キロポストマーカー 	<ul style="list-style-type: none"> 内部ノッチ指令 速度段照査 補機稼働状態 車両速度(従軸) ブレーキノッチ指令 排気ブレーキ指令 排気ブレーキ照査 推進軸トルク クラッチ油圧 発電機発電電流 ブレーキシリンダ圧力 排気圧力 	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水出入口温度 潤滑油出入口温度 変速機油出入口温度 外気温度 冷却空気風速 冷却水流量 冷却ファン回転数 	<ul style="list-style-type: none"> 瞬時燃料流量 積算燃料流量 排気ガス濃度 排気煙濃度 排気ガス温度 吸入空気温度 吸入空気湿度 過給圧力

測定と評価の内容

(1) 力行性能・制御

力行性能測定は、加速性能や引張力性能に関する測定です。車両の力行性能に係る測定では、最も基本的な測定です。加速性能は時間と速度との関係、引張力性能は図2に示す力行ノッチ毎の車両速度と引張力との関係で表します。加速性能や引張力性能の計画と実際との比較などを評価の目的とし、力行ノッチ指令、車両速度、推進軸トルクなどを測定します。引張力は、 $\text{引張力} = \text{推進軸トルク} \times \text{減速機伝達効率} \times \text{減速機歯車比} / \text{車輪半径}$ 、により推進軸トルクの測定値から求めます。

推進軸トルクは、推進軸に貼付した歪ゲージにより検出します。推進軸は回転するので、検出したトルクはFMテレメータ（無線で測定データを伝送する装置）で送受信します。

推進軸トルクの測定状況の例を図4に示します。測定準備に手間がかかる欠点がありますが、トルクを直接検出できるため、力行性能以外の制御関係の測定においても重要な測定項目です。

力行制御測定は、ディーゼル機関の燃料制御や速度段切換時における液体変速機のクラッチ接続・解放制御など、ディーゼル機関や液体変速機の力行制御に関する測定です。

制御指令、指令に対する照査信号、及び車両速度、機関回転数、推進軸トルク、補機の稼働状況など、機器の動作状態や動作結果を測定します。制御が所定通り実施されて

いるか、不具合・改良点は無いかなどの観点で、機器単体性能だけでなく力行制御に係る車両制御全体を対象とした評価を目的として行います。

力行性能・制御と以下に説明する機関・排気ブレーキ性能・制御は、重複する測定項目が多いため同時に測定し、評価の目的に応じた測定データの分析を行います。

(2) 機関・排気ブレーキ性能・制御

機関・排気ブレーキ性能測定は、機関ブレーキや排気ブレーキを動作させた場合のブレーキ力に関する測定です。機関ブレーキは、液体変速機の直結クラッチを接続し、ディーゼル機関の燃料供給を停止することにより動作します。ディーゼル機関の回転抵抗がブレーキ力となります。排気ブレーキは、機関ブレーキが動作した状態で排気管を遮断することにより動作します。ディーゼル機関の回転抵抗が増加するため、機関ブレーキより大きいブレーキ力が得られます。

ブレーキ性能は、力行性能と同様に車両速度とブレーキ力との関係で表します。ブレーキ力は推進軸トルクの測定値から求めます。力行性能の測定項目に加え、ブレーキノッチ指令、排気ブレーキ指令、排気圧力などの測定項目が追加となります。ブレーキ力の計画と実際との比較などを評価の目的として行います。

機関・排気ブレーキ制御測定は、機関・排気ブレーキを動作させた場合のディーゼル機関の燃料制御や液体変速機のクラッチ接続・解放制御に関する測定です。力行制御と同様の観点で、機器単体に限らず車両としての評価を行います。

(3) 冷却性能

冷却性能測定は、ディーゼル機関や液体変速機の冷却に関する測定です。ディーゼル機関や液体変速機などの機器は、オーバーヒート防止のためラジエーターや冷却ファンなどの冷却装置により冷却する必要があります。機器の発熱量に対する冷却装置の性能評価を目的とし、冷却水の温度などを測定します。

(4) 排気ガス特性

排気ガス特性測定は、排気ガス中の窒素酸化物（NO_x）、炭化水素（HC）、一酸化炭素（CO）などの排出量に関する測定です。排気ガスは、車両の屋根上の排気出口管から採取します。排気ガスの採取状況の例を図5に示します。採

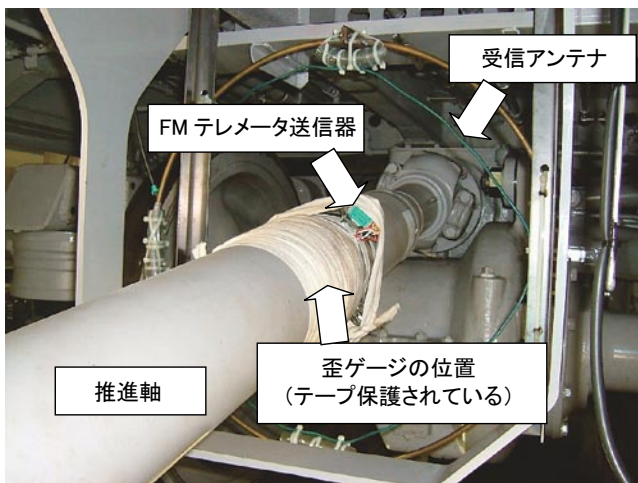


図4 推進軸トルクの測定状況の例

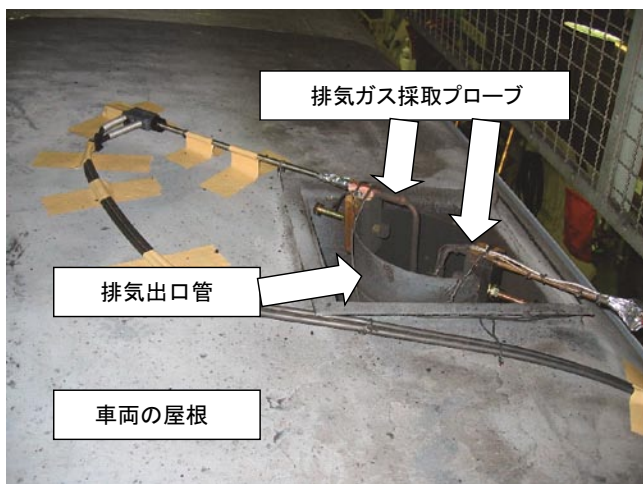


図5 排気ガスの採取状況の例

取した排気ガスに対し水分の除去などの後処理を行い、濃度を測定します。近年ではディーゼル機関の排気ガス量の現状把握と低減対策の評価ため、測定の機会が多くなっています。

(5) 燃費性能

燃費性能測定は、燃料消費すなわちエネルギー消費に関する測定です。燃料配管中に流量センサを取付けて燃料流量を測定します。燃料流量の測定状況の例を図6に示します。近年では地球温暖化防止や燃料価格上昇への対応の観点から省エネルギー化の重要性が増加しており、排気ガス特性と同様に測定の機会が多くなっています。

測定時の注意事項

(1) 走行条件の適切な設定

測定に際しては、目的に合致した車両の走行条件を適切に設定する必要があります。例えば、力行性能測定の場合は、力行ノッチ別の引張り性能を測定するため、力行ノッチを一定にして起動から最高速度まで走行する条件を設定します。また、冷却性能測定の場合は、機関出力が大きい時の冷却水や冷却空気の平衡温度を求めため、ラジエーターファンを強制回転させ、2両編成で1エンジンだけを生かして連続急勾配を長時間走行する条件を設定します。列車運行上の様々な制約がある中で、これらの走行条件を満足するダイヤ設定が必要となります。

(2) 安全確保

測定に際しては、安全の確保が最も優先します。まず、

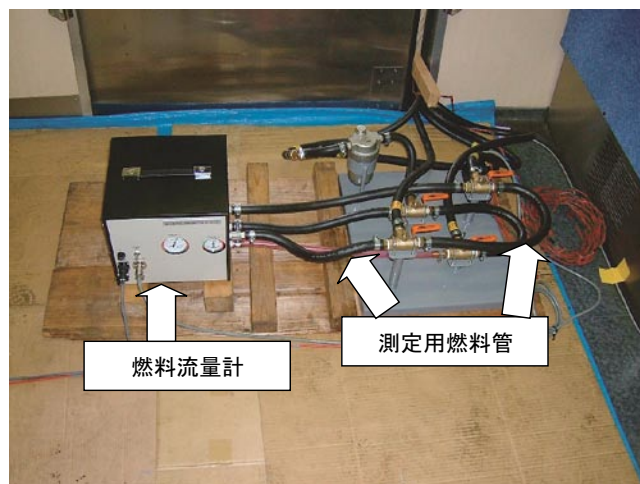


図6 燃料流量の測定状況の例

測定が車両の制御に影響を与えないようにする必要があります。測定配線に電気的なノイズが乗ったり制御回路に測定装置が加わることにより指令電圧が変化すると、車両の制御装置が誤動作し、車両が想定外の走行をしたり機器を損傷することがあるため非常に危険です。したがって、測定配線や測定回路に注意を払い、これらの事象が起こらないようにします。また、車両の機器や配管にセンサを取付ける場合は、気体や液体の漏れに注意する必要があります。例えば、燃料流量測定に際しての燃料漏れや燃料配管への空気の混入は、火災の発生や走行不能となる可能性があるため、特に注意が必要です。センサなど測定のための機器の落失や配線の車両限界外へのはみ出しにも注意を払う必要があります。

測定のための配線やセンサの取付は、車両の床下作業となります。ディーゼル車両の床下には、ベルトや軸などの回転機器や排気管などの高温の機器が多数あります。したがって、作業の安全には十分注意する必要があります。

おわりに

車両の性能測定・評価を実施するに際しては、単なる測定技術だけでなく車両の構成や制御に関する技術が必要です。ディーゼル車両は電気車両に比べて両数が少ないため、なじみの無い方も多いと思われます。本稿がディーゼル車両に対する理解の一助となることを期待します。RRR