

大型DMEトラックの開発プロジェクト（第4報）

- 車両開発と実用化・普及に向けた課題 -

環境研究領域 佐藤 由雄 高柳 智光 鈴木 央一
 国民大学 李 晟旭
 三菱重工業株式会社 安 乗一
 日産ディーゼル工業株式会社 中村 明 土屋 孝幸 戸田 憲二

1. はじめに

国土交通省では、次世代低公害車開発促進プロジェクト（平成 14～16 年度）において、独立行政法人 交通安全環境研究所を中核的研究機関として、世界に先駆けてジメチルエーテル（DME）を燃料とする大型トラック（総重量 20 トン）を開発試作した。

DME 自動車の実用化・普及をめざし、現在、開発した大型 DME トラックの技術基準等の策定に向けた調査・評価を行うため、公道走行試験を準備している。国土交通大臣の認定を取得した後、走行試験を開始する計画である。

本報告では、DMEエンジン及びNOx低減触媒システムの各技術開発に関する中間報告⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾に続き、車両開発と車両試験の結果ならびにプロジェクトで得られた成果のまとめについて報告する。さらに、こうした開発試作段階を経て実施するDME自動車の公道走行試験、導入・普及に向けた技術基準等策定のための調査、そして普及のために検討すべき課題と今後の進め方等について述べる。

2. 車両開発の概要

2.1. 車載用エンジン及び燃料システム

表 1 に車載した DME エンジンの主要諸元を示す。

表 1 DME エンジンの主要諸元

型式	FE6T改
種類	4サイクル水冷
弁形式	OHV式(吸気弁1、排気弁1)
燃料供給方式	筒内直接噴射式
使用燃料	DME
着火方式	圧縮着火
シリンダ数・配置	直列6気筒・縦置
内径×行程	108×126mm
排気量	6.925リットル
吸気方式	ターボインタークーラ
目標最高出力	199kW(270ps) / 2700rpm
目標最大トルク	716Nm(73kgm) / 1400rpm

DME エンジンは大型トラックに必要な動力性能を確保するため、総排気量 6.9L のターボインタークーラ式ディーゼルエンジンをベースとした。図 1 に開発した DME エンジンの動力性能を示す。

車載用燃料供給システムの構成を図 2 に示す。LPG 容器から転用した 171L の DME タンク 2 本を使用

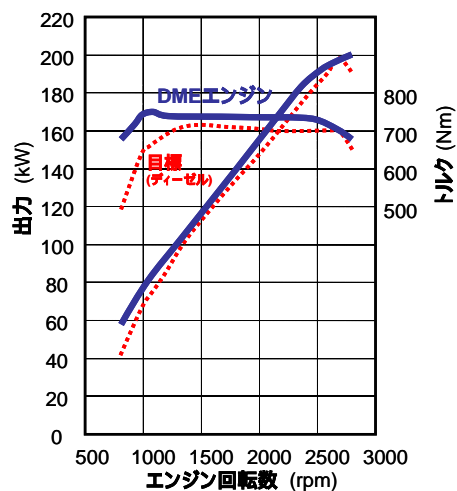


図 1 DME エンジンの動力性能

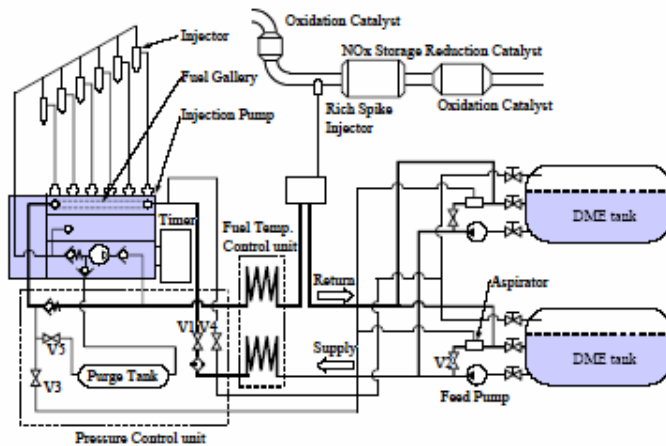


図 2 車載用燃料供給システムの構成

した。DME をエンジンまで確実に液体状態で供給するため、電動フィードポンプを使用し約 1.0MPa に昇圧した。また、燃料循環にともなう燃料温度の上昇がエンジン性能に悪影響を及ぼすことがないように燃料クーラを組み込んだ。さらに、エンジン停止時にインジェクターからエンジンシリンダ内に燃料がリークすることを防止するため、パージタンク内への燃料パージシステムを設けた。DME には潤滑性向上剤（ルブリゾール LZ539ST）を 800ppm 添加した。

2.2. NOx 低減触媒システム

図 3 に排気システムの構成を示す。EGR による NOx 低減に加え、DME を還元剤とする NOx 吸蔵還元型触媒システムを開発した。本システムでは NOx 触媒直前の排気管に還元剤投入用の専用インジェクターを装着した。また、リッチスパイクにともなう未燃成分のスリップ対策として NOx 触媒直後に酸化触媒を組みこんだ。ターボチャージャーのタービン出口直下には、エンジンアウトの未燃成分を浄化するための酸化触媒を装着した。

2.3. 排出ガス性能

JE-05 モードによるエンジン排出ガス試験結果

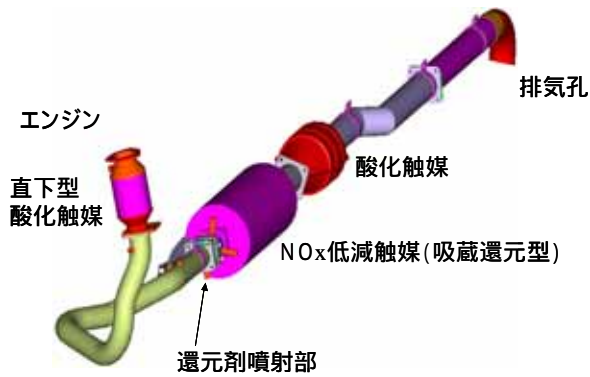


図 3 排気システムの構成

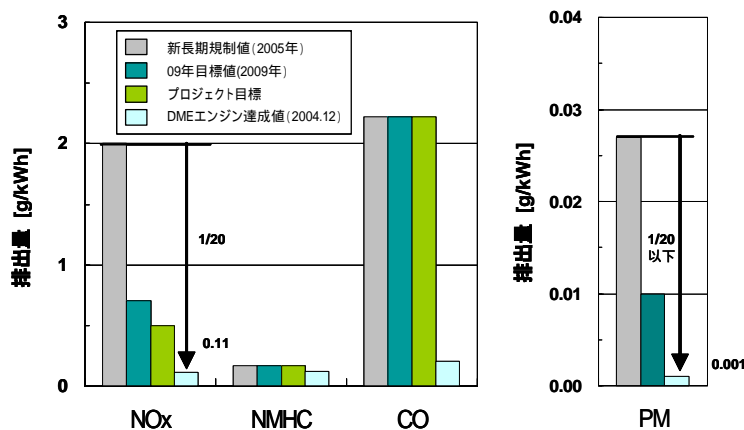


図 4 エンジン排出ガス試験結果

(2004年12月実施)を図4に示す。各排出ガス成分とも目標レベルを達成した。図5に示す燃費の比較においても、開発目標をクリアする NOx レベルであれば、還元剤としての DME 投入による燃費ロスを考慮しても、従来のディーゼルエンジンと同等の燃費レベルを確保できることがわかった。

図6に、平均車速と積載条件の異なる運転モードで排出ガス試験を調べた結果を示す。NOx 排出量は目標値を超えて大幅に増加することはなかったこ

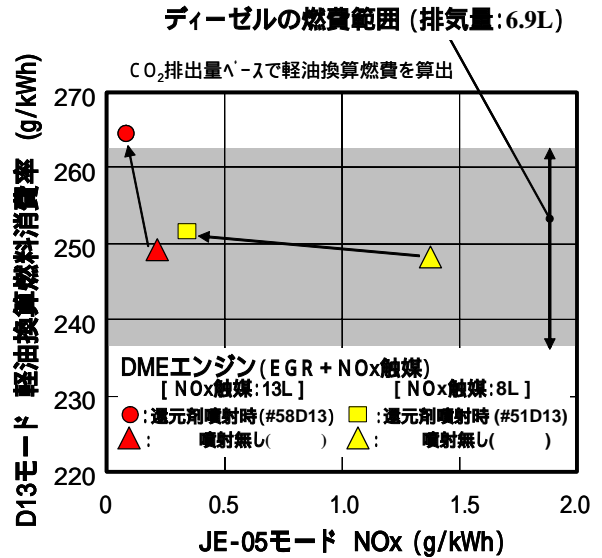


図 5 燃費の比較

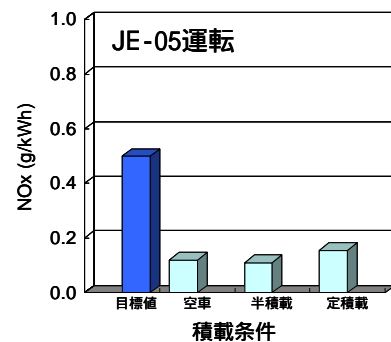
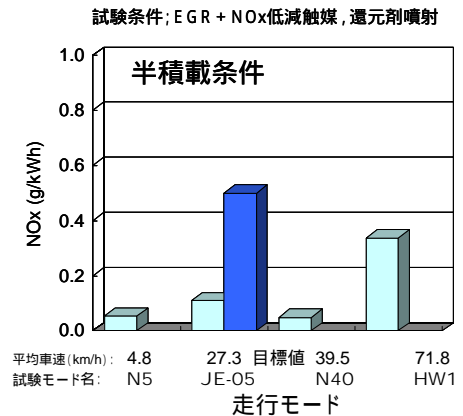


図 6 各種運転条件における NOx 排出量

とから、開発した NOx 低減触媒システムは実用運転においても有効に機能すると考えられる。

2.4. DME エンジン搭載車両

開発した DME エンジンを搭載した大型 DME トラック（総重量 20 トン、都市間の長距離・高速輸送用）の諸元を表 2 に、外観写真を図 7 に示す。ディーゼルエンジンシステムをベースとした動力システムの開発が行えたため、システムは図 8 に示すような車載搭載ユニットに収まった。ハイブリッドトラックや天然ガストラックのように周辺装置や高圧容器などの搭載による重量増加も比較的小さいため、積載量は従来車なみの 10 トンが確保できた。また、推定航続距離（JE-05 モード試験結果から算出）は 627km である。

表 2 DME トラックの主要諸元

車両型式	KL-PW25AVZ改
車両寸法(全長・全幅・全高)	11,980×2,495×3,310
ホイールベース	7,150mm
車両総重量	19,810kg
最大積載量	10,850kg
燃料容器	計342L(171L×2本)
航続距離	627km(JE-05モード試験結果より算出)



図 7 DME トラックの外観

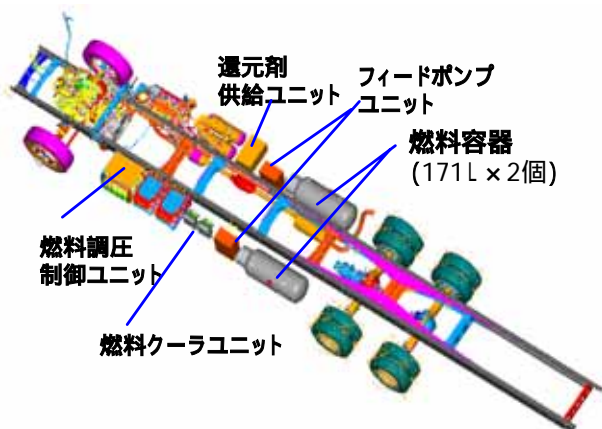


図 8 車両搭載ユニットのレイアウト

2.5. 車両性能

図 9 に、各積載条件における 0-200m の発進加速性能を従来のディーゼル車と比較して示す。積載時の動力性能も従来のディーゼルエンジン搭載車と同等であることがわかる。

図 10 に、エンジン始動性試験の結果を示す。車両を一晩放置した後の始動性試験では、高圧噴射管内の燃料充填に要する時間が必要なため、クランキング開始から初爆までは 5 秒程度必要である。しかし、エンジン停止直後に再始動を行うとほぼ即座にエンジン始動が可能である。

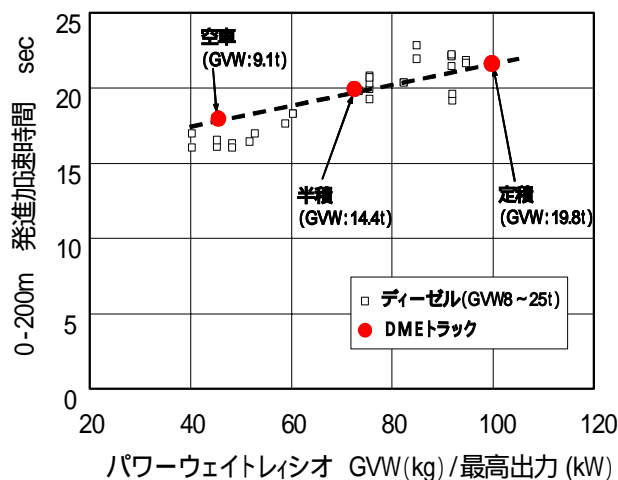


図 9 発進加速性能試験

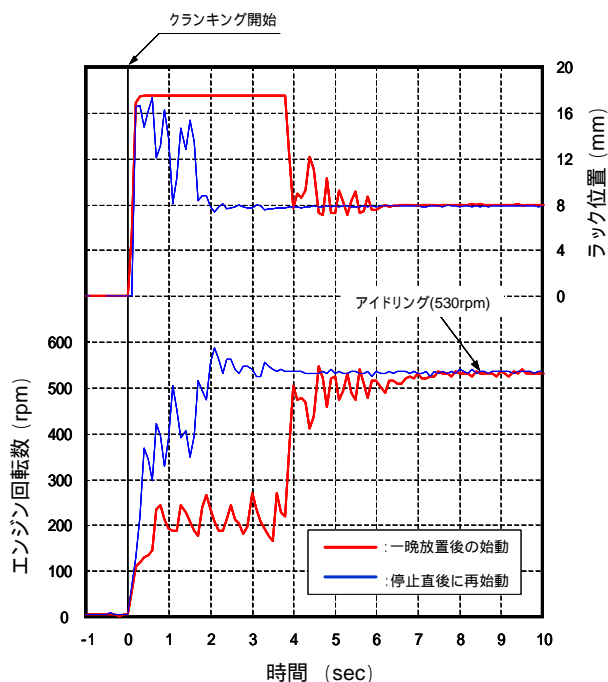


図 10 エンジン始動性試験

3. 開発の成果と実用化に向けた課題

3.1. 課題への挑戦と開発成果

開発の当初から、DME 噴射システムの技術開発が最大の課題とされた。特に、DME の燃料特性に起因して通常のディーゼルエンジンと比べて大容量のポンプやインジェクターが必要なことなどエンジン側の諸課題が多く、DME は自動車用燃料としては適さないとの指摘もあった。

本開発プロジェクトではそうした課題に挑戦し、下記の成果を得た。

DME 用に最適化した噴射システムの開発により従来の大型ディーゼル車を代替可能な動力・燃費性能が得られ、実用性（積載量、航続距離、走行性能）も確保

大量 EGR に加えて NOx 低減触媒システムの開発にも取り組み、排出ガス性能（PM, NOx）は開発目標とともに将来の規制目標値（2009 年）をもクリアし、大型車として世界トップの低排出ガスレベルにあることを確認

世界に先駆けて開発された DME を燃料とする大型トラックは、実用性とニアゼロエミッションを両立可能な次世代低公害大型車といえる。

以上の開発成果は、「第 38 回東京モーターショー 2004」（2004 年 11 月）、「次世代低公害車・燃料電池自動車国際シンポジウム」（国土交通省主催、2005 年 3 月）や「公開試験走行」（交通安全環境研究所主催、2005 年 8 月、熊谷自動車試験場）を通じて報道機関、関係諸団体及び一般の方々にも広く報告・公開された。また、プロジェクトの成果は、学会、シンポジウム、国際会議等を通じて国内外にも報告⁽⁵⁾⁻⁽²¹⁾されている。

3.2. 実用化・普及に向けた課題

DME 自動車の実用化と今後の導入・普及に向けた主な課題を次に記す。

エンジン・排出ガス低減システムの十分な作動信頼性を確保するとともに、開発段階での公道走行における評価が必要

一般道路や高速道路、また、市街地や山岳道路、さらに温暖地や寒冷地などを含め様々な実路環境下において機能や実用性を評価し、改良開発を実施

多数のドライバー、複数の車両による試験を実施して実用性の調査・評価を行うとともに、DME 自

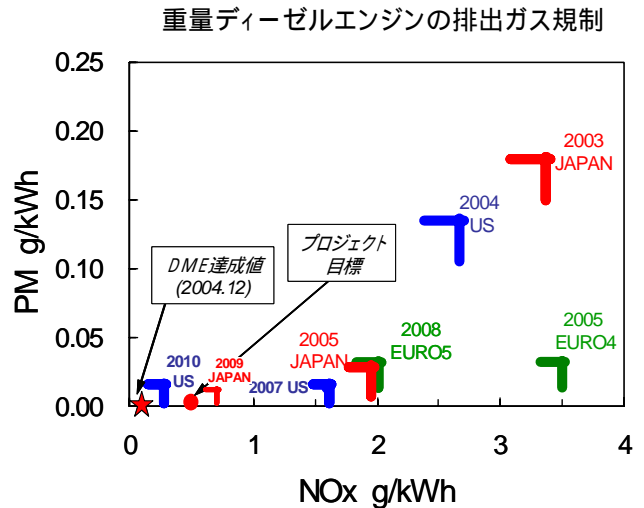


図 1.1 大型車で世界一排出ガスがクリーン

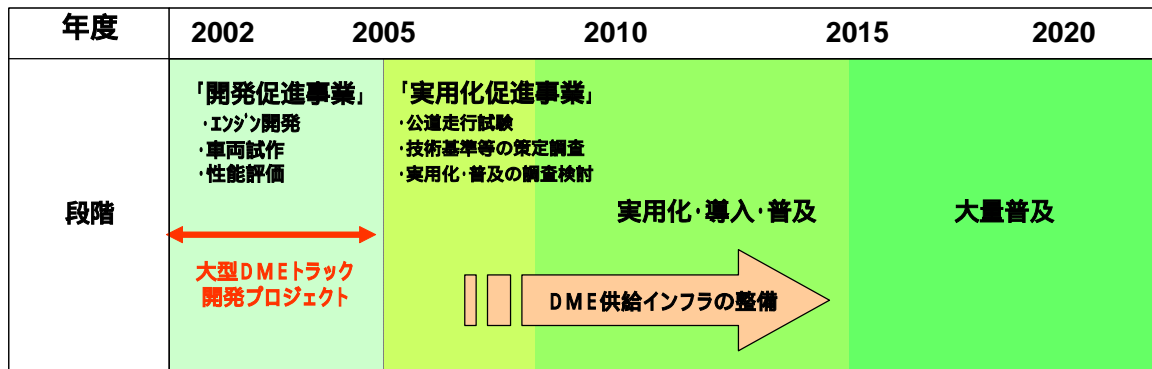


図 1.2 交通安全環境研究所 熊谷自動車試験場における公開試験走行（2005 年 8 月 2 日）

動車の構造・装置に係る技術基準等の整備に必要なデータを収集

新燃料を用いた次世代低公害車の普及には燃料充填スタンドの整備が不可欠。普及の前段階では民間に期待できないため、関係省庁の協力・支援が必要

試験の導入や本格的普及に備え、燃料噴射装置や燃料容器などの部品の共通化を図り、車両価格の低減を図る



「環境自動車開発・普及総合戦略会議報告書」(国土交通省・環境自動車開発・普及総合戦略会議,平成13年12月)及び「低公害車の開発・普及戦略について」(同会議・次世代低公害車ワーキンググループ,同年同月)をもとに作成

図14 DME自動車の実用化,導入・普及に向けたロードマップ

3.3. 大型DMEトラックの公道走行試験

DME自動車の実用化に向け,現在,国土交通省では2005年度より交通安全環境研究所を中核的研究機関として,大型DMEトラックの公道走行試験を計画し,現在,その準備に入っている。DMEは軽油と比べて1)動粘度が小さく摺動部品等の摩耗が進みやすい,2)沸点が低いためガス化しやすい,3)低位発熱量が小さく噴射量を倍増させる必要がある,4)シール材や樹脂系部品などが膨潤しやすい,などの燃料特性に起因した課題が存在する。

こうした課題については,開発車両の大臣認定を取得した後,公道走行による車両試験を実施し,下記の項目に関する調査・評価を行う必要がある。

- 燃料システムの耐久性・作動信頼性
- ・低圧供給系,高圧ポンプ,インジェクターなどの金属系部品やシール材などの摩耗や劣化
- ・燃料パーシシステム:作動安定性,低温,高温環境下における作動性,始動性への影響
- 排出ガス浄化システムの耐久性・信頼性
- ・EGR:T/Cコンプレッサーや配管系の腐食,劣化
- ・NOx低減触媒:浄化性能の経時変化
- エンジン・車両性能の経時変化
- ・動力,燃費,排出ガス性能及びオイル消費量等

4. DME自動車の実用化,導入・普及に向けて

図13は,「環境自動車開発・普及総合戦略会議報告書」(国土交通省・環境自動車開発・普及総合戦略会議,平成13年12月)⁽⁴⁾及び「低公害車の開発・普及戦略について」(同会議・次世代低公害車ワー

キンググループ,同年同月)をもとに作成したDME自動車の実用化,導入・普及に向けたロードマップである。大型DMEトラックは2010年以降の実用化・普及を念頭において開発されたが,既に2005年度からは公道走行試験が計画され,保安上および環境保全上のガイドラインや技術基準等の策定に向けた調査及び実用化・普及のための調査検討が行われる新たな段階に入った。

一方,前述の報告書では関係省庁の連携のもと次世代低公害車の普及のための環境整備の一環として,燃料供給施設の設置の支援を行うことも必要とされている。こうしたDME供給インフラの整備の動向などもふまえて,運送事業者や特定地域などへのDME自動車の導入を促進し,2020年頃までの早い段階でDME自動車の大量普及を目指す。

謝辞

本研究開発は,国土交通省の「次世代低公害車開発促進プロジェクト」の一環として産学官の協力のもとに実施された。ここに,プロジェクトを推進するにあたり多大なるご協力を頂いた関係各位に対し,心より感謝の意を表します。

参考文献及び成果報告文献(抜粋)

- (1) 佐藤由雄,高柳智光,李 晟旭,鈴木央一,安 乗一,中村 明,土屋孝幸,戸田憲二:大型DMEトラックの開発プロジェクト(第1報)-プロジェクトの概要と開発状況-,平成16年度(第4回)交通安全環境研究所研究発表会講演概要,2004年12月8日

- (2) 李 晟旭, 佐藤由雄, 高柳智光, 鈴木央一, 安 乗一, 中村 明, 土屋孝幸, 戸田憲二: 大型 DME トラックの開発プロジェクト (第 2 報) - NOx 低減触媒システムの開発 -, 平成 16 年度 (第 4 回) 交通安全環境研究所研究発表会講演概要, 2004 年 12 月 8,9 日
- (3) 高柳智光, 佐藤由雄, 李 晟旭, 鈴木央一, 安 乗一, 中村 明, 土屋孝幸, 戸田憲二: 大型 DME トラックの開発プロジェクト (第 3 報) - NMHC の低減対策と PM 排出評価 -, 平成 16 年度 (第 4 回) 交通安全環境研究所研究発表会講演概要, 2004 年 12 月 8,9 日
- (4) 環境自動車開発・普及総合戦略会議報告書について, 国土交通省・報道発表資料, 平成 13 年 12 月 18 日, http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha01/09/091218_.html
- (5) 佐藤由雄, 土屋孝幸: Development Outline of DME Truck, International Workshop on Environmentally Friendly Vehicles, 平成 16 年 3 月 2 日
- (6) 野田俊郁, 石川輝昭, 牛山大丈, 野崎真哉, 佐藤由雄: 列型ジャーク式 DME 噴射系の開発およびエンジン適用試験, (社)自動車技術会 2004 年春季学術講演会, 平成 16 年 5 月 19 日
- (7) 石川輝昭, 牛山大丈, 野田俊郁, 野崎真哉, 佐藤由雄, 列型ジャーク式 DME 噴射系用燃料システムの開発, (社)自動車技術会 2004 年春季学術講演会, 平成 16 年 5 月 19 日
- (8) 李 晟旭, 佐藤由雄, 高柳智光, 野田 明, 山本敏朗: DME エンジンにおける吸蔵還元型触媒の Nox 低減効果に関する効果, (社)自動車技術会 2004 年春季学術講演会, 平成 16 年 5 月 19 日
- (9) 高柳智光, 佐藤由雄, 安 乗一, 鈴木央一: 噴射率制御による DME エンジンの NOx 低減, (社)自動車技術会 2004 年春季学術講演会, 平成 16 年 5 月 19 日
- (10) 安 乗一, 鈴木央一, 佐藤由雄: DME エンジンにおける EGR を用いた NOx 低減効果の解析, (社)自動車技術会 2004 年春季学術講演会平成 16 年 5 月 19 日
- (11) 佐藤由雄, 李 晟旭, 高柳智光, 鈴木央一, 中村 明, 土屋孝幸, 戸田憲二: 大型 DME トラックの研究開発 - DME エンジンシステムの開発と性能 -, (社)自動車技術会 2005 年春季学術講演会, 2005 年 5 月 19 日
- (12) 李 晟旭, 佐藤由雄, 高柳智光, 鈴木央一: 大型 DME トラックの開発プロジェクト - NOx 低減触媒システムの開発 -, (社)自動車技術会 2005 年春季学術講演会, 2005 年 5 月 19 日
- (13) 高柳智光, 佐藤由雄, 李晟旭, 鈴木央一, 中村 明, 土屋孝幸, 戸田憲二: 大型 DME トラックの研究開発 - NMHC および CO 対策と PM 評価 -, (社)自動車技術会 2005 年春季学術講演会, 2005 年 5 月 19 日
- (14) 李 晟旭, 佐藤由雄, 高柳智光, 野田 明, 山本敏朗: 吸蔵還元型触媒の NOx 低減効果に関する研究, (社)自動車技術会論文集 36 巻 1 号, 2005 年 1 月
- (15) 安 乗一, 鈴木央一, 佐藤由雄: DME エンジンにおける EGR を用いた NOx 低減効果の解析, (社)自動車技術会論文集 36 巻 4 号, 2005 年 7 月
- (16) 李 晟旭, 佐藤由雄, 高柳智光, 野田 明, 山本敏朗: Development of NOx Storage Reduction System for a Dimethyl Ether Engine, SAE International 2004 Spring Fuel and Lubricants Meeting, 平成 16 年 6 月 8 日
- (17) 佐藤由雄, 野崎真哉, 野田俊郁: The Performance of a Diesel Engine for Light Duty Truck using a Jerk Type In-Line DME Injection System, SAE International 2004 Spring Fuel and Lubricants Meeting, 平成 16 年 6 月 8 日
- (18) 安 乗一, 佐藤由雄, 李晟旭, 高柳智光: Effects of Injection Pressure on Combustion of a Heavy Duty Diesel Engine with Common Rail DME Injection Equipment, SAE International 2004 Spring Fuel and Lubricants Meeting, 平成 16 年 6 月 8 日
- (19) 李 晟旭, 佐藤由雄, 高柳智光, 鈴木央一: The Development of NOx Storage Reduction System for Heavy-Duty Dimethyl Ether Engine, SAE 2005 World Congress & Exhibition, 2005 年 4 月
- (20) 佐藤由雄: ジメチルエーテル (DME) トラックの開発, 世界最先端の低公害車づくり ~ ディーゼル車公害ゼロを目指して ~, 第 38 回東京モーターショー 2004, シンポジウム Proceedings, 2004 年 11 月
- (21) 佐藤由雄: ジメチルエーテル (DME) トラックの開発, 次世代低公害車・燃料電池自動車国際シンポジウム Proceedings, 2005 年 3 月