

合成軽油（GTL）の排出ガス性状への影響調査（その1）

横田久司 田原茂樹 佐野藤治*
(現廃棄物対策部)

要 旨

新たな燃料基材として注目されている合成軽油（GTL：Gas To Liquid）を使用し、ディーゼル車の排出ガスに及ぼす影響を検討した。燃料は、GTL（純品）及び比較対照として低硫黄軽油を使用した。試験車には、最新規制（平成10年）適合車を使用し、エンジン条件を変更せずに実験を行った。

GTLを使用した場合の排出ガス性状及び酸化触媒による低減効果への影響について、次の結果が得られた。

- ① 低硫黄軽油に比べ、GTLを使用した場合、PM、NO_x、CO、HCともに概ね低減している傾向にある。特に、実走行パターンの場合にその傾向が顕著で、PM30%、NO_x14%、CO37%、THC36%の低減効果があった。
- ② PM、NO_xについては、酸化触媒による低減率の変化は見られなかった。

キーワード：合成軽油、ディーゼル排出ガス、酸化触媒、低硫黄軽油、実走行パターン

1 はじめに

自動車排出ガス規制の強化に対応し、DPFなどの後処理技術を適用するため、軽油の低硫黄化を含めた燃料性状の改良が進められてきている。世界の自動車工業会では、1999年1月、「The World-Wide Fuel Charter」¹⁾を取りまとめ、セタン指数、密度、硫黄分、芳香族炭化水素、90%留出温度の5項目について、厳しい排出ガス規制に適合するための軽油性状を提案している。我が国でも、自動車業会と石油業界の協力のもとに、双方の技術の効率的活用による排出ガス低減を図るため、Japan Clean Air Program (JCAP)²⁾が実施されている。

軽油の性状のうち、硫黄含有率については、我が国では段階的に5,000ppm→2,000ppm→500ppmに低減されてきている。東京都では平成15年10月からの環境確保条例に基づくディーゼル車規制を実施するため、石油連盟の協力を得て、平成15年4月から、首都圏で硫黄含有率50ppm以下の低硫黄軽油を供給することとした³⁾。

また、中央環境審議会第五次答申（平成14年4月）⁴⁾では、新長期目標以降も、将来におけるディーゼル排

出ガス低減の可能性を見極めるため、自動車技術と燃料品質の種々の組合せによる排出ガス低減効果について研究を推進し、その内容も踏まえて新たな排出ガス低減目標について検討することとしている。

このように将来的な排出ガスの低減化のために、軽油の超低硫黄化を始めとする燃料品質の更なる向上が必須の要件となってきた。欧米では、既に2006（平成18）年頃には硫黄分10～15ppm程度の超低硫黄軽油が供給され、これを前提とした高性能排出ガス浄化装置の開発・実用化が検討されている。

また、エネルギー源の多様化という観点も併せて、硫黄分を含まない合成燃料やジメチルエーテル⁵⁾といった代替燃料が近年、注目されている。合成燃料（GTL：Gas To Liquid）は、天然ガスやガス化した石炭などを原料に化学合成した液体の炭化水素を精製して、ガソリン、ナフサ、軽油分などとして得られるものである。精製された合成軽油は、硫黄分及び多環芳香族炭化水素分を含まない、セタン価が高いといった特徴がある。

我が国では、NEDOによる「高効率クリーンエネルギー自動車の研究開発（ACE Project）」⁶⁾により、

GTL等のクリーンエネルギーを自動車燃料として利用する検討が開始されている。都でも環境基本計画⁷⁾においてGTLに注目し、燃料基材としての用途も含め、GTL利用の可能性を確認していくこととしている。GTLの将来の燃料基材としての可能性を検討するためには、燃料性状、コスト、供給能力、安全性、製造技術、エンジン性能への影響等の種々の要素について検討することが必要である。本研究は、検討要素の一つである排出ガスに及ぼす影響についての評価を目的とする。このため、最新規制（平成10年）適合車を使用して、GTL燃料の排出ガスへの影響及び酸化触媒による低減効果への影響について検討した。本稿では、合成燃料のうち、合成軽油について「GTL」と表記する。

2 実験

(1) 実験計画

実験デザインを表1に示す。燃料は100% GTLと、比較対照として低硫黄軽油とを使用した。

表1 合成軽油の実験デザイン

燃料種別	酸化触媒の有無
低硫黄軽油 (A社製、硫黄分 29 ppm)	無し 有り
GTL (A社製、GTL 100%)	無し 有り

燃料性状の違いが排出ガスに及ぼす影響と酸化触媒による低減効果への影響をみるため、酸化触媒の装着有無で4通りの実験を行った。

なお、ここで使用した酸化触媒は、東京都の粒子状物質減少装置指定制度⁸⁾で、カテゴリー5（粒子状物質減少率30%以上）に指定されている製品である。

(2) 燃料性状

実験に使用した2種類の燃料性状を表2に示した。低硫黄軽油は、蒸留性状の違いによる影響を極力少なくするため、比較的近い蒸留性状のものを供試燃料とした。

GTLについては、硫黄分は1ppm未満であり、セタン指数が79.8と軽油に比較して非常に高いことが特徴である。

表2 燃料性状

燃料種別	低硫黄軽油	GTL
セタン指数	57.4	79.8
密度 (g/cm ³)	0.819	0.768
動粘度 30°C (mm ² /s)	2.770	2.335
硫黄分 (mass ppm)	29	1未満
真発熱量 (MJ/kg)	46.38*	47.09*
10容量% (°C)	204.5	183.5
50容量% (°C)	259.0	248.5
90容量% (°C)	317.5	314.0
蒸留性状 終点 (°C)	344.5	334.0

注)1. *は総発熱量(実測値)

表3 車両諸元

車名	日野
型式	KK-FC3JDDA-BLL
規制年次	平成10年規制
車両重量	2,808 kg
等価慣性重量	6,025 kg
使用燃料	軽油
ミッション	5M/T
エンジン型式	J07C
燃焼室形状	直接噴射式
排気量	6,634 cc
最高出力	170 Ps / 2,900 rpm
最大トルク	46 kgm / 1,600 rpm
過給装置等	EGR

(3) 試験車の諸元

実験に使用した車両諸元を表3に示す。試験車は、最新規制（平成10年規制）適合車両であり、市販軽油（硫黄含有率500ppm）に適合したエンジン設計がされていると考えられる。この内容は、燃料噴射時期、噴射圧力などを適切に制御することで規制に対応しているものである。今回の実験に当たり、燃料噴射時期等の変更は行っていない。

(4) 排出ガス等の測定

ア 装置

排出ガスの測定は、東京都環境科学研究所の大型自動車排出ガス実験システム（以下、「大型C/D」という。）⁹⁾を用いた。大型C/Dは、大型シャーシダ

イナモメータ及び排出ガス計測システムで構成されている。大型シャーシダイナモメータは、370kWの吸収容量を有する直流電気動力計で、直径1,061mmのシングルローラー型である。排出ガス計測システムは、自動車排出ガス分析装置（MEXA-9400F、竈x場製作所製）、CVS装置（CVS-120T、同）、全量希釈トンネル（内径609.6mm、有効長6,503.3mm、CFV流量120m³/min、同）、ロウポリウムサンプラー等を備えている。

エンジン吸入空気及び希釈トンネルに供給する希釈空気は、空気清浄機から温度25±5℃、湿度50%の浄化空気を供給した。自動車排出ガス分析装置は、直接ガス分析計（CO、CO₂、THC、NO_x、O₂の各分析計を装備）及び希釈ガス分析計（CO、CO₂、THC、NO_x、CH₄の各分析計を装備）から校正されている。PMは、ロウポリウムサンプラーにより、70mm径の炭化フッ素被膜ガラス繊維フィルタ（Pallflex, TX40HI20-WW）を用いて捕集した。

イ 炭化水素類の測定

有害大気汚染物質（Hazardous Air Pollutants：HAPS）のうち、ベンゼン、1,3ブタジエン、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの4物質について測定した。

① ベンゼン、1,3ブタジエンの分析¹⁰⁾

一般環境大気の測定に用いられている固体吸着-加熱脱着-ガスクロマトグラフ質量分析法を適用した。希釈排出ガスを50mL/minで試料捕集管（スベルコ製CarbopackB/Carboxene1000（190mg/140mg）のCarbopackB側から通気した。なお、流量の調節はマスフローコントローラーにより行った。実走行パターンの試験時間は概ね20分程度であり、試料採取量は1L程度となる。この捕集管を加熱脱着装置（島津製作所製TD-1TS）を用いて、吸着した成分を加熱脱着し、ガスクロマトグラフ質量分析装置（島津製作所製QP-5050A、GC部 カラム：J&W社製DB-1、MS部 スキャン又はSIMモード）に導入して分析した。

② アルデヒド類の分析¹¹⁾

希釈排出ガスを1L/minで2,4-ジニトロフェニルヒドラジン（DNPH）含浸カートリッジに通気して捕集した。捕集したカートリッジを5mLのアセトニトリルで溶出し、この10μLを高速液体クロマトグラム（島

津製作所製LC-9Aシステム、紫外・可視分光光度計検出器SPD-6AV、カラム：スベルコ製LC-PAH、溶離液：アセトニトリル/水=60/40）に注入し分析した。

(5) 測定条件

以下の試験走行パターン等により試験車両を運転し、排出ガス測定を実施した。東京都実走行パターンでは、等価慣性質量を1/2積載条件とした。

① 法定モード：ディーゼル13モード¹²⁾

② 東京都実走行パターン¹³⁾

No.2（平均車速8.4km/h、試験時間878s）

No.5（平均車速18.0km/h、試験時間1,178s）

No.8（平均車速28.5km/h、試験時間1,178s）

なお、東京都実走行パターンは、都内幹線道路の走行調査結果から、平均車速の区分毎にアイドリング時間比率等の走行条件で代表的な車速の変化パターンを抽出したものである。

上述した4通りの実験条件について、各1回ずつ、法定モード及び東京都実走行パターンによる測定を行った。

3 結果及び考察

(1) 規制項目等への燃料性状の影響

低硫黄軽油をベースデータとして検討を行った。まず、燃料性状単独の影響については、触媒の無い場合の排出量、低減率を対象に、燃料性状の排出ガスへの影響については、酸化触媒による低減率の比較を対象に評価した。

なお、GTLを使用した場合には、低硫黄軽油に比較して最大駆動力が約5%低下した。

ここでは、各測定項目について、排出量ベースでの測定誤差は概ね5~10%の範囲にあることを前提に評価を行っている。

[法定モード]

ディーゼル13モードによる排出ガス測定結果を表4、図1に示した。

① 触媒無しの場合

GTLでは、PMが18%、NO_xが15%、COが22%低減したが、逆にTHCは8%増加した。

各項目について低減率に差異があるが、低硫黄軽油にくらべ、GTLを使用した場合の排出ガスは概ね低

表4 ディーゼル13モードによる排出ガス特性

測定項目	燃料種別	低硫黄軽油	GTL	低減率
PM	触媒無	0.17	0.14	18%
	触媒有	0.14	0.11	21%
	低減率	18%	21%	—
NOx	触媒無	4.93	4.21	15%
	触媒有	4.64	4.07	12%
	低減率	6%	3%	—
CO	触媒無	2.55	2.00	22%
	触媒有	0.78	0.31	60%
	低減率	69%	85%	—
THC	触媒無	0.84	0.91	-8%
	触媒有	0.26	0.20	23%
	低減率	69%	78%	—

注1) 単位は、g/kwh

注2) 低減率の「-」数値は増加を表す。

減している傾向にある。

② 触媒有りの場合

PM低減率については、ほぼ同等である。また、CO、THCについては、約70%から約80%前後に低減率が大きくなっている。NOxについては、測定誤差の範囲内である。

[実走行パターン]

東京都実走行パターンによる測定は、No.2、No.5、No.8について各1回の測定を行い、その平均値を表5、図2に示した。ここでは、各パターンでその傾向に大きな差異がなかったため、平均値で評価した。

① 触媒無しの場合

PMが30%、NOxが14%、COが37%、THCは36%低減した。なお、燃費については、測定誤差の範囲内であり、変化はみられなかった。

② 触媒有りの場合

触媒による低減率を比較した結果では、COの低減率が22%から62%に、THCの低減率が59%から78%に上昇した。PM、NOxについては低減効果に変化が見られなかった。

(2) 有害大気汚染物質への燃料性状の影響

東京都実走行パターンによる測定結果を図3に示した。規制項目に比較して、HAPS類の分析精度は精度が低いため、定量的な比較は控え、傾向をみるにとど

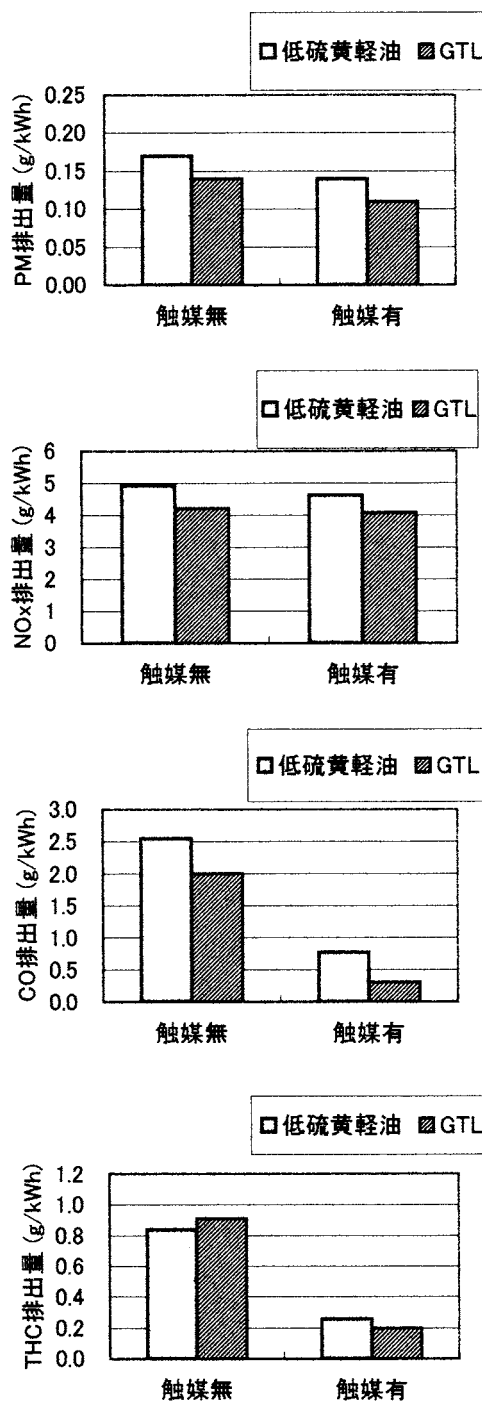


図1 ディーゼル13モードによる排出ガス特性

めた。なお、触媒有りは欠測である。

触媒無しの場合、GTLでは、1,3-ブタジエン、ベンゼン、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの4物質ともに10~20%程度低減している。

(3) まとめ

ディーゼル燃料としてGTLを使用した場合の排出ガスへの影響を調査した。調査は、長期規制適合の

表5 東京都実走行パターンによる排出ガス特性

測定項目	燃料種別	低硫黄軽油	GTL	低減率
PM	触媒無	0.09	0.06	30%
	触媒有	0.06	0.04	32%
	低減率	30%	32%	—
NOx	触媒無	3.76	3.23	14%
	触媒有	3.56	3.08	13%
	低減率	5%	5%	—
CO	触媒無	1.73	1.09	37%
	触媒有	1.35	0.41	69%
	低減率	22%	62%	—
THC	触媒無	0.59	0.37	36%
	触媒有	0.24	0.08	65%
	低減率	59%	78%	—
燃費	触媒無	5.49	5.40	-2%
	触媒有	5.43	5.29	3%
	低減率	1%	2%	—

注1) 排出量の単位: g/km、燃費の単位: km/L
 注2) 低減率の「-」数値は増加を表す。

ディーゼル貨物車を使用し、低硫黄軽油との排出ガス性状比較、酸化触媒による低減効果への影響を検討した。その結果、試験車の現行のエンジン条件を変更せずにGTLを使用することにより、次のような排出ガス低減効果が見られた。

① 排出ガスへの影響

低硫黄軽油にくらべ、GTLを使用した場合、PMが18~30%、NOxが15%程度、COが22~37%低減した。THCはディーゼル13モードでは8%増加したが、実走行では36%低減した。概ね、実走行パターンの場合に低減の傾向が顕著であった。

② 酸化触媒による低減効果への影響

PM、NOxについては酸化触媒による低減率の変化は見られなかったが、CO、THCについては、低減率が大きくなっている。

4 今後の課題

GTLについては、硫黄分、芳香族炭化水素分をほとんど含まないことから、将来の燃料基材としての可能性が検討されている^{6, 14)}。特にディーゼルの後処理技術を機能させるために有効な燃料であるかという観

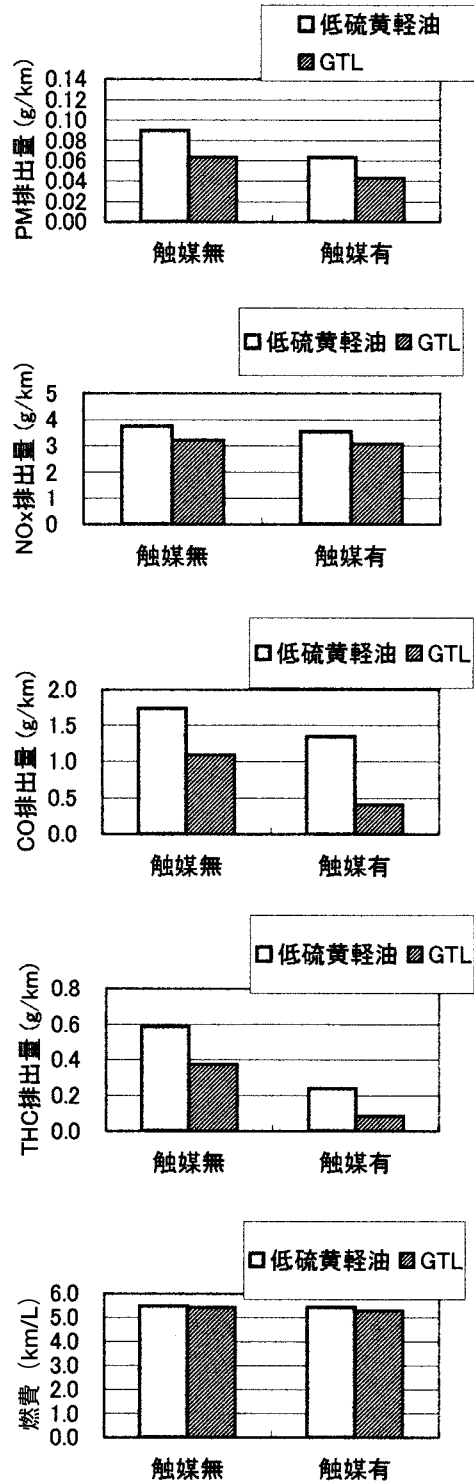


図2 東京都実走行パターンによる排出ガス特性
 注) 東京都実走行パターンNo.2、NO.5、No.8の各1回測定値の平均を示した。

点で評価することが重要である。このためには、下記のような検討が更に必要であろう。

- (1) GTLの特徴を生かしたエンジン設計による自動

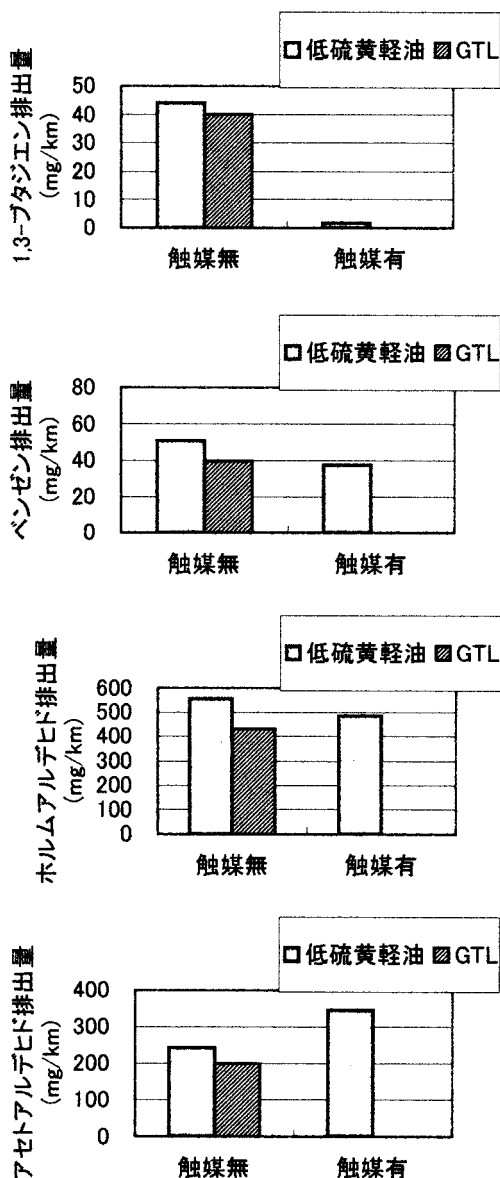


図3 東京都実走行パターンによる有害大気汚染物質の排出ガス特性

注) 東京都実走行パターンNo.2、NO.5、No.8の各1回測定値の平均を示した。ただし、GTL・触媒有りは欠測。

車性能の向上

セタン価が非常に高いため着火性がよく、燃料の特質を生かすためには噴射時期や噴射圧力等の適正化が必要と考えられる。この際、GTLの特徴を生かすとともに、排出ガスの改善が伴うエンジン制御が必要である。

(2) 潤滑性及びゴム材への影響

硫黄分、芳香族炭化水素分をほとんど含まないため、燃料の潤滑性が低下すること、燃料配管系に使用され

ているゴム材料の膨潤性などが報告⁶⁾されている。

(3) 燃料としての供給可能性

コスト、エネルギー効率、供給能力、安全性及び合成/製造技術等の検討が必要である。

引用文献等

- 1) 自工会ニュースリリース：世界主要自動車産業会による燃料品質提言について、平成11年1月26日(1999)
- 2) Japan Clean Air Program (大気改善のための自動車・燃料等の技術開発、略称：JCAP)：(財)石油産業活性化センター
<http://www.pecj.or.jp/jcap/framebase1-jcap.htm>
- 3) 東京都プレス資料：平成15年4月から、東京の軽油が低硫黄軽油に変わります！～都の要請に応じて、石油連盟各社からの早期供給が実現～、平成13年11月22日(2001)
- 4) 環境省：中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第五次答申)」について、平成14年4月16日(2002)
- 5) 瀬戸雄史、柳澤直樹、西頭昌明、徳丸武志、城田和彦：ジメチルエーテル自動車の開発、(社)自動車技術会、2002年春季大会学術講演会前刷集、No.48-02、pp.1-4(2002)
- 6) NEDO：高効率クリーンエネルギー自動車の研究開発(ACE Project)中間評価報告書、平成12年1月(2000)
- 7) 東京：東京都環境基本計画、平成14年3月(2002)
- 8) 東京都環境局ホームページ：
http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/jidousya/dpf_sitei/ichiran/pm_reduce.ichiran.htm
- 9) 横田久司、福岡三郎、飯田靖雄、舟島正直、竹永裕二、梅原秀夫、吉村睦男：大型自動車排出ガス実験システムについて、東京都環境科学研究所年報1991-2、pp.39-45(1991)
- 10) 上野広行、横田久司、秋山薫、佐野藤治、田原茂樹、坂西丕昌：自動車から排出される1,3-ブタジエンについて、東京都環境科学研究所年報2001、pp.169-174(2001)
- 11) 泉川碩雄、横田久司、舟島正直、佐野藤治、田原茂樹、坂西丕昌：自動車からの有害大気汚染物質の排

- 出量. 東京都環境科学研究所年報1999、pp. 159-168 (1999)
- 12) 運輸省自動車交通局長：運輸省自環第331号、「道路運送車両の保安基準に係る技術基準の制定について」の一部改正について（別添21：ディーゼル自動車13モード排出ガス測定技術基準），平成5年11月24日（1993）
- 13) 芳住邦雄，井上浩一，阿部幸，渡辺武春，飯田靖雄，鈴木正次，梅原秀夫，石黒辰吉，中村健，田中豊，小林義胤，池田健二：東京都内走行パターンの解析. 東京都公害研究所、自動車排出ガスに関する調査研究、pp. 1-27（1977）
- 14) 後藤新一、小熊光晴、大山和也、杉山宏石、森牧彦：GTL（Gas To Liquid）のディーゼル燃料としての可能性、（社）自動車技術会、2002年春季大会学術講演会前刷集、No.47-02、pp.20-23（2002）
- 15) 塚崎之弘：GTL燃料利用技術の研究開発動向、自動車技術、Vol. 55, No.5（2001）

Influence of GTL (Gas To Liquid) on exhaust gas properties (Part 1)

Hisashi Yokota, Tahara Shigeki, Fujiharu Sano

Summary

The influences on the exhaust gas of the diesel vehicle were discussed by using GTL (Gas To Liquid) paid attention as a new fuel. GTL and low sulfur light oil were used for the testing fuel. The low sulfur light oil was used for the comparison contrast. Latest regulation (1998) agreement vehicle was used for this test without changing the engine conditions.

The influence on the exhaust gas properties and reduction efficiency of exhaust gases by the oxidation catalyst when GTL was used were as follows.

- ① PM, NO_x, CO, and HC have decreased for the GTL compared with the low sulfur light oil. Especially, the tendency was remarkable for transient test patterns, and, the reduction efficiency were PM 30%, NO_x 14%, CO 37%, and THC 36%.
- ② The difference of reduction efficiencies of PM and NO_x with the oxidation catalyst was not observed.

Key Words : diesel exhaust gas, oxidation catalyst、 low sulfur light fuel, transient pattern