

ディーゼル・エンジンの燃費改善

木下勝晴・山下達也*・久野大輔*・篠原正也*

1 ま え が き

21世紀は世界の民族が皮膚の色, 宗教, 文化等の壁をのりこえ政治, 経済, 環境などあらゆる面で人類が国境を越え一つの運命共同体「地球時代」になると予想し, 輝かしい世紀になると信じ期待していた。

しかし, 20世紀の遺し物として, 地球環境という大きな問題が残されている, 20世紀後半の地球環境は悪化の一途をたどってきた, 現在もその悪化傾向はつづいている。

1-1 大 気 環 境

有害ガス(光化学スモッグ, 酸性雨, 発癌性物質, 環境ホルモンetc)による大気汚染は地球規模で拡大している。最大の問題は大量生産, 大量消費という経済社会(アメリカ型)で使用された大量の化石燃料から排出された膨大な温暖化ガス・化石燃料を燃焼させるとその反応から必然的に発生する二酸化炭素(CO₂)が大部分であり, この二酸化炭素が地球温暖化の主因とされている。国連環境開発会議(UNCED:地球サミット)でたびたび討論され, その対策が宣言されてきたが, 化石燃料の大量消費国・先進国(抑制は経済の停滞をまねく), 発展途上国の一部(抑制は経済発展の妨げ)等が種々の理由(各国の利害関係)で地球温暖化防止対策の進展を妨げている。

1-2 温 暖 化 ガ ス

各分子(ガス状)は太陽光の赤外線(熱線)を吸収する特性(温室効果)を有しており, 特に異原子で構成される分子はこの特性が強い傾向を有している。世界で温暖化の主要因として挙げられているのは二酸化炭素であるが, このガス以外に温室効果の高いものとして, メタン, 亜酸化窒素, オゾン, フロン等がある, これらガスの特性を表1に示す。

Table - 1

温室効果ガス	温暖化寄与	能力/重量	寿命	主起源
二酸化炭素	55%	1	50~200年	化石燃料, 火山etc
メタン	15%	10	10年	水田, 生物etc
亜酸化窒素	6%	100	150年	肥料, 燃焼etc
フロン・11, 12	17%	10000	65~130年	全て人為的
対流圏オゾン		2000	数時間	光化学反応

*中日本自動車短期大学・専攻科 自動車工学専攻

1-3 地球環境 (温暖化)

温暖化 (気温上昇) による影響として、最も懸念されるものに海面上昇が考えられ、気温上昇は高緯度 (極地) で増幅される傾向にある。この100年間で大気・海水温度の上昇で海水膨張や氷河、氷床の溶解等により海面上昇が10~20cmあったといわれている。IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の報告 (1995年) によると21世紀末までに気温が2℃ (1~3.5℃)、海面が約50cm (15~95cm) 上昇することが予想されている。海拔2mの島国モルジブ、エジプト、インドネシア、パキスタン、バングラデッシュ、タイ等で多くの土地が無くなるのが心配されている。

二酸化炭素の増加は植生に直接的、間接的に影響を与える、直接的には二酸化炭素濃度上昇による植物の光合成速度が増加することが考えられる。イネ、ムギ、ダイズや樹木類は二酸化炭素濃度が700~800ppmまでは光合成が進む、間接的影響としては高温、乾燥化による植生帯の移動、農作物の収穫量に変化がでる、1℃変化 (高く) すると作物栽培帯は水平方向200~300km、高さ方向には150~200m変化 (移動) する、植生の移動速度は年間1km程度といわれている。また、アメリカ合衆国南部、西ヨーロッパ、オーストラリア等の現在の穀倉地帯での収穫量が激減すると予想されている。水資源にも影響が懸念されている、雨は一回の雨量は増加する豪雨型になり水資源として扱いにくくなる。雨の降らない日が続き日照り、乾燥気味になる。温度上昇により水分の蒸発量の増加、年間降雨量、降雪量が減少する等、水資源として非常に深刻な状況が考えられている。

2 実験装置・実験方法

2-1 セラミックス

ディーゼル・エンジンに供給する燃料系の途中に粒状セラミックスを封入したステンレス製の円筒容器を装着し燃料系統をバルブにて切り替える2系統の構造とした。

燃料の流路はステンレス容器の下方より流入させ上方へ流出しエンジンに供給する、この容器内には粒径2mmのセラミックスが300g封入されている。

2-2 エンジン

本実験に使用したエンジンは日産自動車 (株) 製ディーゼル・エンジンで型式はLD20T II (1996-NISSAN CARAVAN)、主要諸元を表2に示す。

2-3 エンジン制御装置 (動力計)

エンジン制御に東京メータ (株) 製の水冷渦電流動力計を用いてエンジン回転数・負荷をコントロールする。

動力計の主要規格を表3に示す。エンジン回転数1000, 1500, 2000rpm、エンジン負荷10, 15, 20kgf (トルク35.12, 52.68, 70.24 Nm) にセットし、燃料を標準状態 (ノーマル) とセラミックス通過燃料 (処理燃料) の各状態での燃料消費量、消費時間、エンジン回転数、

Table-2 エンジン諸元

エンジン型式	LD20T・II
排気量 (CC)	1952
燃焼室形状	渦流室式
内径×行程	85×86
圧縮比	21.3
最高出力 (PS/rpm)	70/4400

エンジン負荷，冷却水量・水温，吸入空気圧力等を測定した。

Table-2 動力計諸元

動力吸収形式	渦電流式
型式	EW-150EP
吸収回転数 (MAX)	9000rpm
吸収出力 (MAX)	150PS
力量計	自動振子天秤
容量式自動燃費計	計数時間信号 0.1S

3 実験結果

ノーマル燃料とエルセ (品名) 処理燃料の消費量・時間，エンジン回転・負荷等より燃料消費率[g/kW・h]を求める。

$$\eta_t = (3600V \cdot \gamma) / (t \cdot P)$$

η_t : 燃料消費率[g/kW・h]

V : 燃料消費量[CC]

γ : 燃料比重

t : 燃料消費時間[S]

P : エンジン出力[kW]

$$P = T \cdot \omega$$

T : エンジントルク[Nm]

ω : 角速度[rad/S] $\omega = 2\pi N / 60$

$$T = F \times R$$

F : エンジン荷重[kgf]

R : 動力計アーム長[m]

燃料消費率より熱効率を求める。

$$\eta_\tau = \text{入力} / \text{出力} = P_i / P_o \quad : (\text{kW} \cdot \text{h}) / \text{g}$$

$$= (P_o \times 10^3 \times 3600) / (V_g \times 10^{-3} \times G_f \times 10^6)$$

P_o : 出力[kW]

V_g : 燃料消費量[g]

G_f : 燃料 (軽油) 発熱量[MJ/kg]

エンジン負荷・エンジン回転数：10kgf/1000rpm, 1500rpm, 2000rpm

a. エンジン回転数1000rpmでは，ノーマル燃費率 336.3[g/kW・h,]処理燃料 283.9[g/kW・h,]燃費向上率：(336.3-283.9)/336.3=0.156

b. エンジン回転数 1500rpmでは，ノーマル燃費率 332.0[g/kW・h,]処理燃料 295.9[g/kW・h,]燃費向上率：(332.0-295.9)/332.0=0.109

c. エンジン回転数 2000rpmでは，ノーマル燃費率 329.8[g/kW・h,]処理燃料 303.7[g/kW・h,]燃費向上率：(329.8-303.7)/329.8=0.079

エンジン負荷・エンジン回転数：15kgf/1000, 1500, 2000rpm

a. 1000 rpm

$$\eta_i = (291.7 - 256.8) / 291.7$$

$$= 0.120$$

b.1500 rpm

$$\eta_i = (285.9 - 248.6) / 285.9$$

$$= 0.130$$

c.2000rpm

$$\eta_i = (286.8 - 257.9) / 286.8$$

$$= 0.101$$

エンジン負荷・エンジン回転数

20kgf/1000, 1500, 2000rpm

a.1000 rpm

$$\eta_i = (283.1 - 251.1) / 286.8$$

$$= 0.113$$

b.1500rpm

$$\eta_i = (266.0 - 240.7) / 266.0$$

$$= 0.095$$

c.2000rpm

$$\eta_i = (264.7 - 245.1) / 264.7$$

$$= 0.074$$

エンジン回転数 (1000, 1500

2000rpm) エンジン負荷 (10, 15, 20

kgf) における燃費率の平均値は上

記の結果を得た。表 4 参照

Table-4 実験結果
10 kgf

	エンジン rpm	燃費率 g/kWh	熱効率 %
N	1000	336.3	25.2
N	1500	332	25.5
N	2000	329.8	25.7
S	1000	283.9	29.8
S	1500	295.9	28.6
S	2000	303.7	27.9

15 kgf

	エンジン rpm	燃費率 g/kWh	熱効率 %
N	1000	291.7	29
N	1500	285.9	29.6
N	2000	286.8	29.5
S	1000	256.8	33
S	1500	248.6	34.1
S	2000	257.9	32.9

20 kgf

	エンジン rpm	燃費率 g/kWh	熱効率 %
N	1000	283.1	29.9
N	1500	266	31.8
N	2000	264.7	32
S	1000	251.1	33.7
S	1500	240.7	35.2
S	2000	245.1	34.6

4 考 察

燃料系に粒径 2 mm のセラミックス粒子を 300g 挿入 (浸漬) した結果、本実験では各エンジン回転数、エンジン負荷において各パターンともに燃料消費率の改善が確認された。

エンジン回転数 1000rpm, エンジン負荷 10kgf, 15kgf, 20kgf (負荷トルク: 35.12 Nm, 52.68 Nm, 70.24 Nm) における標準燃料と処理燃料の関係を図 1, 図 2, 図 3 に示す。本実験においてエンジン回転数による標準燃料と処理燃料との燃費率比較を図 4 に示す。

1000rpm では平均向上率は約 15.6% (10kgf), 11.3% (20kgf), 1500rpm では 10.9% (10kgf), 9.5% (20kgf), 2000rpm では 7.9% (10kgf), 7.4% (20kgf) で低回転域 (低速走行) で高い向上率を示した。

また、比較的中・高速域においても 7% 強の向上率を得た。このことより低回転域は燃料とセラ

ミックス粒子の接触時間(浸漬時間)が長いためそのセラミックスの影響を長く(強く)受けた効果が現われたものと考えられる。

燃料の流速(セラミックス粒子管内)と燃費率の関係(10kgf/1000, 1500, 2000rpm)を図5に示す。

4-2 放射線(セラミックス)

全ての物質より大小の差はあるものの放射線は放射されている, そのうち自然界では地上のセラミックス(土壤岩石etc)よりかなりの放射線が放射されている。長い年月この放射線の中で生きてきた為に殆どの生物はその存在(有害, 無害)を認知していないが, その影響を大なり小なり受けている。

α 線: α 粒子, 原子核から抽出した ${}^4\text{He}$ の原子核エネルギー, この α 線が物質中を通過するとき, 軌道電子との静電相互作用(クーロン)によりエネルギーを失う, 一方エネルギーを与えられた軌道電子は原子が飛び出し(電離)100~200eV程度のエネルギーの電子線としてさらに他の物質との相互作用(二次的電離作用)を起こす。

β 線: 原子核から放出された高速の電子 β^- 線の物質との相互作用は電離作用, 制動作用である。 α 線と同様に荷電粒子で, 物質中の軌道電子との静電相互作用(クーロン散乱)を起こす。

放射線は光, 熱と同様に化学反応を誘起するためエネルギーとして用いられている励起手段としての放射線を光と比較するとエネルギーの大きさが $10\sim 10^6\text{eV}$ とはるかに広範囲であり, かつ多色的であること, 励起が増殖的多重的(二次電離)に起きることなど著しい違いをみせる。物質中では放射線のエネルギー

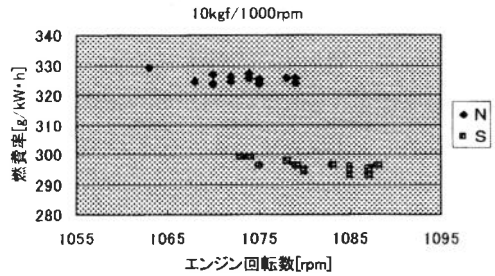


Fig-1 燃費率/10kgf

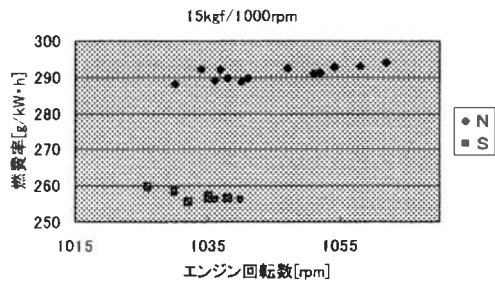


Fig-2 燃費率/15kgf

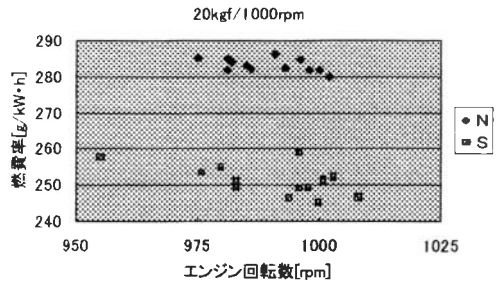


Fig-3 燃費率/20kgf

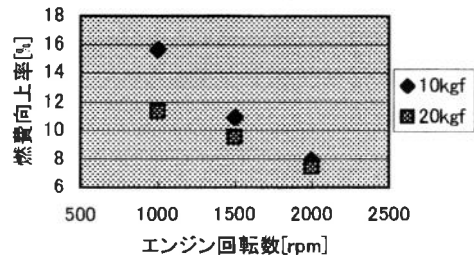


Fig-4 燃費向上率

によってイオンや励起分子(原子)が生じるが、液相、固相でのそれらの微視的な空間分布は放射線の種類により異なり、放射線的作用により飛び出した電子はさらに二次的な電離を引き起こす。

放射線を受けた物質はその内部で電離(イオン化)現象、励起が起こる、これに引き続き種々の反応が進行し、放射線によるラジカル(遊離基)の生成は素反応であり生じたラジカルからさらに種々な反応(ラジカル反応)によって生成物が得られる。

本実験によって得られた結果は、燃料系にセラミックス粒子を挿入することにより(燃料中に浸漬)セラミックスが放出する微弱な放射線が燃料(軽油)を活性化(電離現象、イオン化)させ燃焼状態を良くしたものと考えられる。燃焼現象の前駆現象として燃焼物(可燃物、支燃物)がイオン化し燃焼(酸化反応)へと進行することからも、この実験結果から容易に推察・考察できる。

図6にエンジン負荷20kgfでエンジン回転数(1000, 1500, 2000rpm)を変化させ場合の燃費率を最小2乗法にて解析したものを示す。

今回の実験で利用したエンジン回転数1000rpmは車速で表すと約36km/hに相当する。

$$v = R \cdot \omega \quad [\text{m/s}]$$

$$V = 3.6 \times v \quad [\text{km/h}]$$

$$R : \text{タイヤ動荷重半径}[\text{m}]$$

$$\omega : (2\pi N_w) / 60$$

$$N_w : \text{タイヤ回転数}[\text{rpm}]$$

$$N_w = N_E / D_g$$

$$N_E : \text{エンジン回転数}$$

$$D_g : \text{総減速比}$$

エンジン回転数1500rpmは約54km/hにまたエンジン回転数2000rpmでは約72km/hにそれぞれ相当する。

この車速範囲は通常最も多く使用する範囲であり、この車速域で燃費率7~10%強の向上が確認できたことは、地球温暖化対策においても有効な手段の一手法であると考えられる。

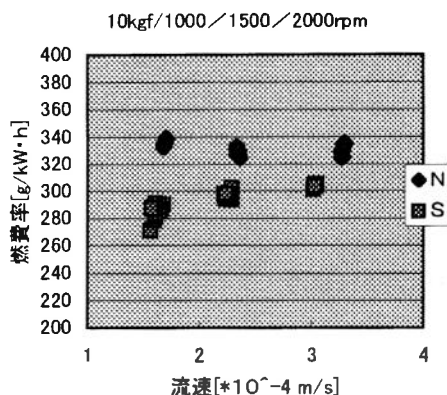


Fig-5 燃費率/燃料流速

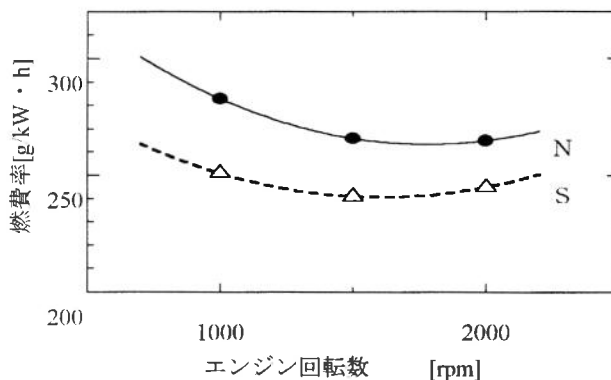


Fig-6 燃費率(最小2乗法)

5 ま と め

この地球上で無数にあるセラミックスで燃費が向上することは、今後の省エネルギー省資源、地球環境等を考えると、安価で入手の容易性等を考慮にいと、有望な方法であると考えられる。今後は燃料流速（エンジン回転数、エンジン負荷等）とセラミックス量（放射線量）との適合性をさらに実験を進め確認したい。

本実験を進めるにあたり、本学専攻科自動車工学専攻1年生（自動車制御実験Ⅰ）・川村剛士君、島田智仁君、平野和也君、宮下英治君に実験の一部を援助頂いたことをここに感謝申し上げます。

実験教材としてセラミックス（エルセ）の御提供頂いた、日本治水（株）代表取締役社長 宮脇淳一氏、日新商事（株）商事部長・中島昌彦氏、日新商事（株）商事部主事・服部勇氏の各位には本実験に対して格別なご指導、ご協力を頂きました。深謝申し上げます。

6 参 考 文 献

岡本眞一，市川陽一，長澤伸也：環境学概論・産業図書（株），1997

富永健，佐野博敏：放射化学概論・（財）東京大学出版会，1994

ロバート・ボッシュ（監修・小口泰平）：ボッシュ自動車ハンドブック・（株）山海堂