

ディーゼル・エンジンの燃費改善 (第2報, 酸化チタン)

木下勝晴*¹・山本哲夫*²・遠山 壽*¹
中川 実*¹・林 文明*¹・藤田英樹*¹

1. ま え が き

20世紀は戦いの世紀と言われ、世界を2分する大きな戦いが2度に亘りあり、また戦後世界を2分する体制(東西冷戦)が長く続き、この緊張の時代から世界の人々が世紀末に開放された。

21世紀は人類にとって、平和で差別のない希望に満ちた明るい世紀への出発のはずであった。しかし、現実には世界の弾薬庫と言われる中近東(イスラム, アラブ)において未だに鎮火せず、アラブに根をもつテロ行為、人種・宗教に根をもつ内戦等が散発的に起きている。また、20世紀の遺物・地球環境と言うあまりにも大きな問題、特に一向に止まらない地球の温暖化、この問題での被害は海面上昇による土地の消失や単に温度が高い、夏の猛暑の問題ではない。海面の温度が数度(1℃~3℃)変化すると大気の流れに乱れが生じ自然気象に異常が起こり、自然災害(大風, 大雨, 乾燥, 猛暑, 寒冷等)が発生、この異常気象による生物への影響、特に農産物(食材料)への影響が懸念されている。¹⁾2003年のヨーロッパの熱波(特にフランス)による被害者が数千人に及んだ。北米大陸では熱波と冷夏の被害が報告されている。日本においても今夏(冷夏)の被害は米作を中心とする農産物に顕著に表れた。夏季の異常気象のみならず四季の気候に影響を及ぼす恐れがあり、農産物、海産物ともに恒常的減産状態となるといわれている。食料自給率の低い日本が今非常に危ない状況下にある。

本研究では、温室効果ガスの主因と言われている自動車排出ガスの二酸化炭素(CO₂)排出量の低減を図るため、内燃機関中で熱効率の高いディーゼル・エンジンを用いて、燃料を改良(改質)し改質燃料による性能実験を行った。

2. 酸化チタン: TiO₂

チタン: 元素記号・Ti, 原子番号・22, 原子量・47.88, 銀灰色(金属)でα型(六方晶系)β型(等軸晶系)があり、自重に対して鉄の2倍, アルミニウムの6倍の強度がある。

酸素中で(610℃以上)表面が酸化反応により酸化チタン皮膜を形成し耐食性(海水に対して白金に次ぐ耐食性)に優れた金属であり、工業用, 医療用等広く使用されている。²⁾

*¹: NAC環境科学研究会, *²: 独立行政法人・産業技術総合研究所中部センタ主任研究官

2-2 酸化チタンボール

金属又はアルミナ、或いはこれらの混合体から成る処理品の表面にチタン又はチタン合金の粉体を高速で噴射する、衝突した部分が高熱化(衝突エネルギーによる局部的温度上昇)チタン粉体が加熱される。処理品の表面に活性化吸着して拡散、大気中の酸素と酸化反応を起こし、チタン皮膜が安定形成される。

3. 実験装置・実験方法

3-1 エンジン

本実験に使用したエンジンは日産自動車(株)製のディーゼル・エンジンで型式LD20T II (NISSAN-CARAVAN)、主要諸元を表-1に示す。エンジン制御には東京メータ(株)製の水冷渦電流式動力計を用いてエンジン回転数・負荷をコントロールした。動力計の主要規格を表-2に示す。^{3) 4)}

本実験に用いた酸化チタンボールは径4mmのボール(粒状)をステンレス製のケースに封入(5kgf, 10kgf, 15kgf, 20kgf, 25kgf)、エンジン燃料系の途中に装着しバルブの切替にてチタンボールを5kgf~25kgfまで浸漬量を変化させ、ノーマル燃料との比較検討を行った。

Table- 1 エンジン諸元

エンジン型式	LD20T II
排気量 (cm ³)	1952
燃焼室形状	渦流室式
内径×行程 (mm)	85×86
圧縮比	21.3
最高出力 (kW/min)	52/4400

Table- 2 動力計

動力吸収形式	渦電流式
動力計型式	EW-150EP
吸収回転数 (max)	9000/min
吸収出力 (max)	150 PS
力量計	自動振子天秤
容量式自動燃費計	計数時間信号 0.15 S

各燃料毎に、エンジン回転数/min, エンジン負荷トルク/Nm, 燃料消費量・時間等を計測し計算により燃費率を算出する。²⁾

エンジン軸トルク: T_e

$$T_e = F \cdot g \times L \quad [N \cdot m]$$

F: 荷重計 [kgf]

g: 重力加速度

L: アーム長 [m]

エンジン軸出力: P

$$P = T_e \cdot \omega \quad [W]$$

ω : 角速度 [rad/S]

$$\omega = 2 \pi N / 60$$

N：エンジン回転数 [min^{-1}]

$$P = (F \cdot g \cdot L \cdot 2 \pi \cdot N) / (60 \times 10^3) \quad [\text{kW}]$$

燃料消費量：G

$$G = V \cdot \gamma \quad [\text{g}]$$

V：消費容量 [cm^3]

γ ：燃料比重

燃費率： η

$$\eta = \text{燃料消費量} / (\text{単位出力} \cdot \text{単位時間})$$

$$\eta = V \cdot \gamma \times 3600 \times 60 \times 10^3 / (t \cdot F \cdot g \cdot L \cdot 2 \pi \cdot N) \quad [\text{g/kW} \cdot \text{h}]$$

4. 結果・考察

4-1 燃料消費率

エンジン回転数：1000 [min^{-1}]

標準燃料（市販軽油）：303.05～314.64 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：307.78 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$] の燃費率であったのに対して，酸化チタン浸漬量 5 kgf（封入ケース内を燃料が通過）の場合，292.21～295.42 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$] の範囲，平均値が294.08 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$] であった。この場合の差は7.63～22.43 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$] 平均値では13.77 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$] であった。

酸化チタン浸漬量10kgfの場合，燃費率：284.29～289.21 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：286.16 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，標準燃料との差：13.84～30.35 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：21.66 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]

酸化チタン浸漬量15kgfの場合，燃費率：266.94～280.59 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：277.83 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，標準燃料との差：22.46～47.7 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：29.97 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]

酸化チタン浸漬量20kgfの場合，燃費率：272.12～275.89 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：273.53 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，標準燃料との差：27.16～42.52 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：34.25 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]

酸化チタン浸漬量25kgfの場合，燃費率：265.81～271.09 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：268.14 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，標準燃料との差：31.96～48.83 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：39.64 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]

エンジン回転数：1500 [min^{-1}]

標準燃料・燃費率：297.25～308.48 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：301.38 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]

酸化チタン浸漬量：5 kgf

燃費率：285.87～296.03 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：292.02 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]

標準燃料との差：1.22～22.61 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：9.36 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]

酸化チタン浸漬量：10kgf

燃費率：282.16～290.59 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]，平均値：286.73 [$\text{g/kW} \cdot \text{h}$]

標準燃料との差：6.66~26.32 [g/kW・h], 平均値：14.65 [g/kW・h]

酸化チタン浸漬量：15kgf

燃費率：275.83~285.45 [g/kW・h], 平均値：281.10 [g/kW・h]

標準燃料との差：11.8~32.65 [g/kW・h], 平均値：20.28 [g/kW・h]

酸化チタン浸漬量：20kgf

燃費率：273.16~279.29 [g/kW・h], 平均値：276.21 [g/kW・h]

標準燃料との差：17.96~35.32 [g/kW・h], 平均値：25.17 [g/kW・h]

酸化チタン浸漬量：25kgf

燃費率：263.93~274.34 [g/kW・h], 平均値：271.84 [g/kW・h]

標準燃料との差：22.91~44.55 [g/kW・h], 平均値：29.54 [g/kW・h]

エンジン回転数：2000 [min⁻¹]

標準燃料・燃費率：303.93~311.81 [g/kW・h], 平均値：307.51 [g/kW・h]

酸化チタン浸漬量：5 kgf

燃費率：293.25~307.09 [g/kW・h], 平均値：298.31 [g/kW・h]

標準燃料との差：-3.16~18.56 [g/kW・h], 平均値：9.2 [g/kW・h]

酸化チタン浸漬量：10kgf

燃費率：288.02~299.40 [g/kW・h], 平均値：292.25 [g/kW・h]

標準燃料との差：4.53~23.79 [g/kW・h], 平均値：15.26 [g/kW・h]

酸化チタン浸漬量：15kgf

燃費率：278.46~293.32 [g/kW・h], 平均値：286.94 [g/kW・h]

標準燃料との差：10.61~33.35 [g/kW・h], 平均値：20.57 [g/kW・h]

酸化チタン浸漬量：20kgf

燃費率：272.72~280.68 [g/kW・h], 平均値：277.41 [g/kW・h]

標準燃料との差：23.25~39.09 [g/kW・h], 平均値：30.1 [g/kW・h]

酸化チタン浸漬量：25kgf

燃費率：267.71~279.74 [g/kW・h], 平均値：272.84 [g/kW・h]

標準燃料との差：24.19~44.1 [g/kW・h], 平均値：34.67 [g/kW・h]

エンジン負荷トルク・35.12 Nm (荷重計10kgf) に対するエンジン回転数・1000, 1500, 2000回転における標準燃料(市販軽油)と酸化チタン浸漬燃料, 各燃料消費率(平均)を表3に示す。

燃料消費率の比較を図-1, 2に示す。酸化チタン浸漬燃料の場合標準燃料に比べて, 燃費率が各浸漬量ともに向上する結果が得られた。

Table- 3 燃費率

エンジン回転数	Nor	5 kgf	10 kgf	15 kgf	20 kgf	25 kgf
1000/min	307.78	294.08	286.16	277.83	273.53	268.14
1500/min	301.38	292.02	286.73	281.10	276.21	271.84
2000/min	307.51	298.31	292.25	286.94	277.41	272.84

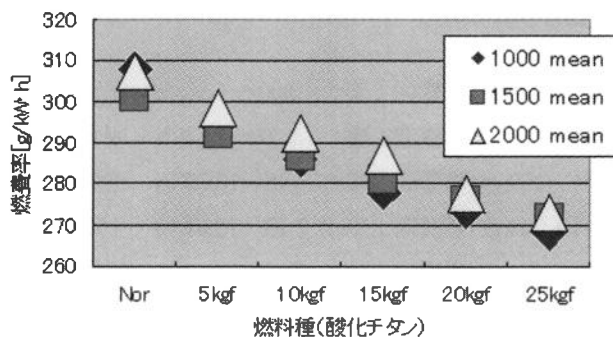


Fig- 1 燃費率/燃料種

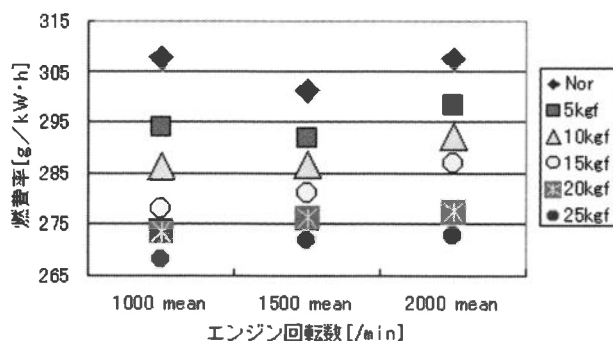


Fig- 2 燃費率/エンジン回転数

4-2 燃費向上率

標準燃料に対して酸化チタン浸漬燃料(以下改質燃料)の燃料消費率が各運転状態において向上することが確認できた。

エンジン回転数・1000 [min^{-1}]

改質燃料・ 5 kgf 燃費向上率： 2.52～ 7.13 % 平均： 4.45 %

改質燃料・ 10 kgf 燃費向上率： 4.57～ 9.65 % 平均： 7.02 %

改質燃料・ 15 kgf 燃費向上率： 7.41～15.16 % 平均： 9.73 %

改質燃料・ 20 kgf 燃費向上率： 8.96～13.15 % 平均：11.13 %

改質燃料・ 25 kgf 燃費向上率：10.55～15.51 % 平均：12.88 %

エンジン回転数・1500 [min^{-1}]

改質燃料・5 kgf 燃費向上率：0.41～7.33 % 平均：3.11 %

改質燃料・10 kgf 燃費向上率：2.24～8.53 % 平均：4.86 %

改質燃料・15 kgf 燃費向上率：3.97～10.58 % 平均：6.73 %

改質燃料・20 kgf 燃費向上率：6.04～11.45 % 平均：8.35 %

改質燃料・25 kgf 燃費向上率：7.71～14.44 % 平均：9.80 %

エンジン回転数・2000 [min^{-1}]

改質燃料・5 kgf 燃費向上率：0.00～5.95 % 平均：2.99 %

改質燃料・10 kgf 燃費向上率：1.49～7.63 % 平均：4.96 %

改質燃料・15 kgf 燃費向上率：3.49～10.70 % 平均：6.69 %

改質燃料・20 kgf 燃費向上率：7.13～12.54 % 平均：9.79 %

改質燃料・25 kgf 燃費向上率：7.96～14.14 % 平均：11.27 %

標準燃料に対する改質燃料（酸化チタン浸漬5 kgf～25kgf）の各燃費向上率（平均）を図3，図4に示す。

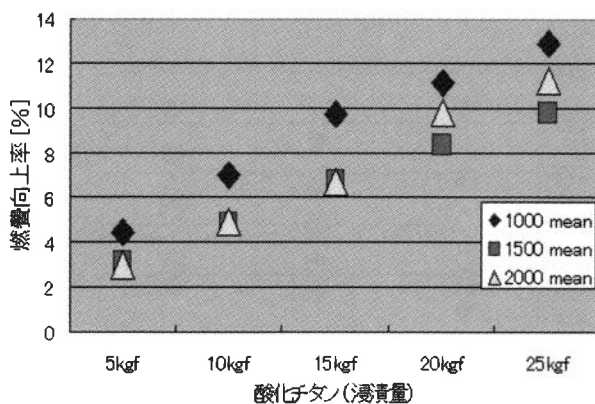


Fig- 3 燃費向上率／酸化チタン浸漬量

4-3 燃焼現象（燃焼・酸化反応）

燃焼反応はその反応直前に燃焼物質が活性化（電離化・イオン化）現象を起こし、この活性化が燃焼の前駆現象として起こり酸化反応（燃焼）へと移行する。

この前駆現象を起こすエネルギーとしては、燃焼の三要素の1つである熱エネルギーがあるが、本実験に使用した酸化チタンには燃料を活性化させるエネルギーを相当量含有していると考えられる。

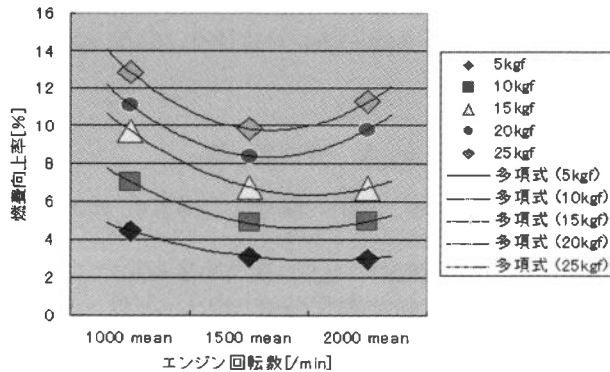


Fig-4 燃費向上率/エンジン回転数

酸化チタンには物質を活性化する電離放射線を包含しているものと考えられる、この低レベル放射線（自然環境レベル放射線）により、燃料（ $CmHn$ ）が電離（イオン）現象を起こし、燃焼反応の促進が起こるため燃費が向上したものと考えられ本研究の結果を得た。

酸化チタンが各種触媒として広く採用されている、最近では都市部や幹線道路近傍において光触媒として窒素酸化物（ NO_x ）の低減（還元）に広く採用されはじめています。

本実験では酸化チタンの浸漬量 5 kgf~15kgfではエンジン回転数1500回転以上において、燃費向上率が一定値を示し、酸化チタン浸漬量が20kgf, 25kgfにおいてはエンジン回転数が1500回転より2000回転で高い向上率を得た。

エンジン回転数が高くなる事により燃料の流速が増し、燃料の流速による帯電現象が関係しているものと考えられる。⁵⁾放射線・活性化エネルギーの効果は燃料と酸化チタンとの接触面積・時間、接触状態（渦、乱流・層流）等複雑なファクタの組合せで決定するものと考えられ、本実験では前記の結果を得た。

エンジン回転数を1500回転以上で使用する場合は酸化チタン浸漬量は20kgf以上が必要であると考えられる。

5. ま と め

本実験に使用した材料のチタンは比較的地表部分に含まれており、採掘可能な金属で利用率（使用）が高く、入手性、価格等において将来性の高いものと考えられる。

今回の実験において燃費率が最高で約10%強の結果を得た事は、資源保護（省エネルギー）や地球温暖化の抑止等に貢献できるものと考えられる。

今後は更に実験の範囲（条件）を広げエンジンの容量、負荷、回転数等に適した酸化チタンの量、位置（エンジンとの距離）等を求めたい。

本研究にあたり、株式会社・福井熱処理 代表取締役 紙 貴三雄氏、壁下一成氏には実験材料の

酸化チタンを提供して頂きました。また、貴重な助言頂きました、株式会社 不二機販 代表取締役社長 宮坂四志男氏、日新商事(株) 服部 勇氏の各位には種々ご指導、ご協力を頂きました、ここに記して感謝申し上げます。

6. 参 考 文 献

- 1) 木下勝晴・山下達也・久野大輔・篠原正也 「中日本自動車短期大学論叢」第32号(2002)
- 2) 三省堂化学小事典(第3版) (株)三省堂
- 3) 木下勝晴・林二一・渡辺茂男 「中日本自動車短期大学論叢」第31号(2001)
- 4) 木下勝晴・林二一・渡辺茂男 「中日本自動車短期大学論叢」第32号(2002)
- 5) 北原文雄・渡辺昌 「界面電気現象」 共立出版(株)1986.