

混合燃料によるエンジン性能（菜種油）

木下勝晴*¹・山本哲夫*²・遠山 壽*¹
山本 純*¹・鈴木泰成*¹・脇 俊隆*¹

1. ま え が き

地球環境の悪化原因の主因に上げられている石油（化石燃料）は地球環境（特に大気）を考えるとその消費量を抑制する方向に、また限りある化石燃料のことを考え合わせても省エネルギーを図る事が非常に重要な事である。

無公害（低公害）で地球に優しい自然エネルギーを利用するものや人工的に生産可能な代替燃料（エネルギー）が広く、産・官・学において研究・開発がなされている。

自然エネルギー源の例としては、太陽エネルギー（光・熱：ソーラパネル、集光レンズ）、風力エネルギー（風車・風力発電）、潮・波力エネルギー（潮流・波力発電）、地熱エネルギー（地熱発電）等が研究開発され一部は実用化されている。

代替燃料としては、アルコールの生成、植物油、水素生成等が研究開発されている、アルコール（エタノール）の生成は植物を醗酵させ抽出する方法があり、植物油としては食用油に用いられている「菜種油」「向日葵油」「紅花油」等がありこれを単独に燃料として用いる場合と他の燃料油と混合して用いる方法が検討されている、水素ガスを利用する方法としては水素ガスを直接エンジンに供給して燃焼させ熱エネルギーとして利用する水素エンジンが一部で研究・検討されている。

次世代エネルギーとして現在最も注目されているものに、水素ガスと酸素ガスを反応させ、そのときに発生する起電力（水の電気分解の逆反応）を応用した発電システム・燃料電池の研究が活発に行われている、排出ガス（排出物）全てが水（H₂O）のみであり、無公害エネルギーとして定置式（病院・大型ビルの非常用電源）、移動式（自動車）が一部に使用されている。

燃料電池は変換効率が高く無公害エネルギーの切り札として注目されているが、現在は燃料電池に使用されている水素ガスは純水素を利用するため、この水素を生成するために多量のお他エネルギーが使用されている、これらの理由により高効率や無公害に疑問が残る（真の無公害ではない）この問題点が今後の研究課題である。

今回「廃食用油・廃油燃料化共同研究事業」の構成メンバーとして本学がその一翼を担うことになり、本研究・実験を行った。本研究は産・学・NPOの共同事業であり、その構成、役割分担等を表1に示す。

*¹: NAC環境科学研究会, *²: (独) 産業技術総合研究所中部センタ主任研究官

市販軽油に「菜種油」「エコナ」を混合させた混合燃料を使用しディーゼル・エンジンの性能を比較検討した。

Table-1 共同事業

区分	事業者名	担当
産	ディシーエイエンジニアリング(株)	廃食用油, 廃油プラント
学	中京学院大学	燃料化事業 マネージメント
NPO	中津川市民エコネット	廃食用油 収集
学	中日本自動車短期大学	ディーゼル・エンジン性能実験

2. 菜種油 (rapeseed oil, rape oil)

菜の花(アブラナ科)の種子を圧搾あるいは溶剤抽出し精製, 淡黄色透明で粘性を有する半乾性油。比重: 0.906~0.920, 酸化: 0.2以下, ケン価: 169~195, ヨウ素価: 95~127, 主成分はエルカ酸のトリグリセリド: 45~55% (C₂₂H₄₂O₂), その他飽和酸 3~13%, オレイン酸 12~18%, リノール酸 12~16%, リノレイン酸 7~9%¹⁾等で構成されている。

3. 実験装置・方法

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2に示す。エンジン・コントロールには東京メータ(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3に示す。

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/min-1)	70/4400

Table-3 動力計主要規格

動力計型式	EW-150EP
動力吸収形式	渦電流式
吸収回転数	9000 [min ⁻¹]
吸収出力	150 [PS]
力量計	自動振子天秤式
燃費計 (容量自動式)	計数時間信号

今回の実験は市販軽油に「菜種油」「エコナ」を混合させた混合燃料と市販軽油との燃料消費率, 排出黒煙(PM)濃度, NO_x濃度等の比較検討を行った。各燃料はタンクに入れエンジン燃料系の途中にバルブを介してホースを接続しバルブにて燃料を切り替えることにより行った。

各燃料毎に, エンジン回転数, 燃料消費量, 消費時間等を計測し下記の計算により燃料消費率を求めた。

エンジン負荷トルク (軸トルク) : T

$$T = F \times g \times L [Nm]$$

F：負荷荷重 [kgf]

g：重力加速度

L：アーム長 [m]

エンジン出力：P

$$P = T \times \omega \text{ [W]}$$

ω ：角速度 [rad/S]

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

N：回転数 [min⁻¹]

燃料消費量：G

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

V：消費量 [cc]

γ ：比重

燃料消費率： η_f

η_f = 燃料消費量 / (単位出力 × 単位時間)

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

4. 結果・考察

エンジン負荷トルク：35.12 [Nm]，エンジン回転数 1000, 1500, 2000 [min⁻¹]

燃費率を表 4 及び図 1, 2 に示す。NOx濃度，黒煙 (PM) 濃度，出力を表 5 に示す。

Table-4 燃費率

エンジン回転数	Nor	Eco	Rap
1000/min	313.40	308.29	302.47
1500/min	315.93	315.93	314.20
2000/min	332.65	324.08	322.76

Table-5 NOx DS Power

エンジン回転数	燃料	NOx [ppm]	DS [%]	Power [kW]
1000/min	Nor	123	47	3.74
	Eco	122	48	3.75
	Rap	121	48	3.74
1500/min	Nor	172	27	5.57
	Eco	173	26	5.64
	Rap	174	28	5.72
2000/min	Nor	220	17	6.87
	Eco	219	17	7.13
	Rap	221	19	7.15

Nor：標準燃料 (軽油)，Eco：エコナ・20%混合油，Rap：菜種油・20%混合油

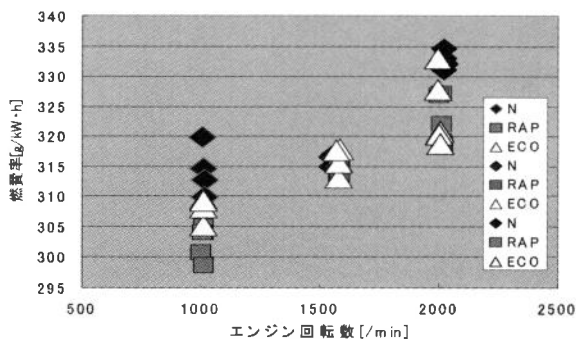


Fig-1 燃費率/負荷トルク (35.12 Nm)

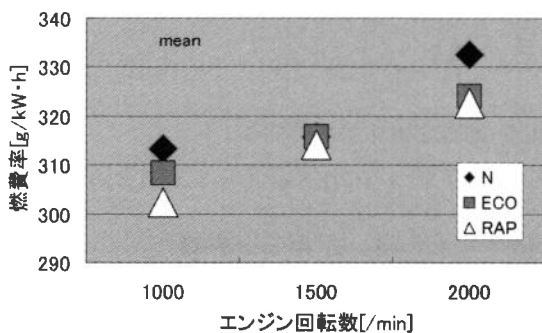


Fig-2 燃費率 (平均)

4-1 燃料消費率

エンジン負荷トルク：52.68 [Nm] 時における，各エンジン回転数毎の燃料別燃費率を以下及び図3に示す。

エンジン回転数：1000 min⁻¹

標準燃料・燃費率

$$273.77 \sim 275.24 \text{ [g/kW} \cdot \text{h]}$$

混合燃料 (Rap)・燃費率

$$272.88 \sim 278.06 \text{ [g/kW} \cdot \text{h]}$$

混合燃料 (Eco)・燃費率

$$269.26 \sim 275.49 \text{ [g/kW} \cdot \text{h]}$$

エンジン回転数：1500 min⁻¹

標準燃料・燃費率

$$275.14 \sim 277.65 \text{ [g/kW} \cdot \text{h]}$$

混合燃料 (Rap) ・燃費率

272.90~275.96 [g/kW ・ h]

混合燃料 (Eco) ・燃費率

271.72~274.26 [g/kW ・ h]

エンジン回転数：2000 min⁻¹

標準燃料 ・燃費率

278.20~280.99 [g/kW ・ h]

混合燃料 (Rap) ・燃費率

276.12~278.55 [g/kW ・ h]

混合燃料 (Eco) ・燃費率

274.10~275.39 [g/kW ・ h]

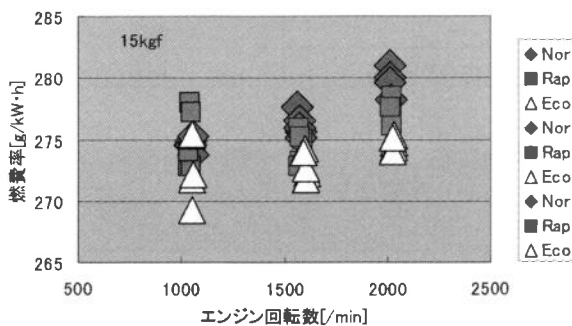


Fig-3 燃費率

エンジン負荷：52.68 Nm，エンジン回転数：1000/min，1500/min，2000/min時における平均燃費率を表6及び図4に示す。

Table-6 燃費率 (平均)

	1000/min ⁻¹	1500/min ⁻¹	2000/min ⁻¹
Nor	274.59	276.17	279.42
Rap	274.99	274.46	277.55
Eco	272.79	272.95	274.73

標準燃料に対する，Rap混合油，Eco混合油の燃費向上率を表7及び図5に示す。

本実験における排出ガス中のNOx濃度，黒煙 (PM) 濃度を表8，9及び図6，7に示す。

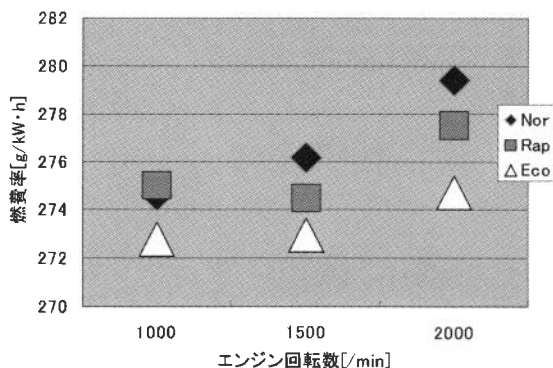


Fig-4 燃費率 (平均)

Table-7 燃費向上率

	1000/min ⁻¹	1500/min ⁻¹	2000/min ⁻¹
Rap	0	0.62	0.67
Eco	0.66	1.17	1.68

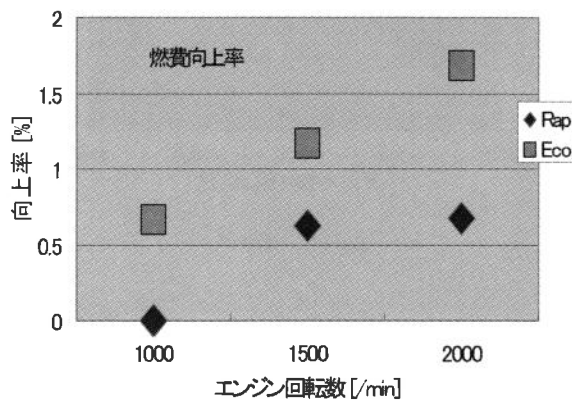


Fig-5 燃費向上率

Table-8 NOx濃度

	Nor [ppm]	Rap [ppm]	Eco [ppm]
1000/min ⁻¹	187.3	172.2	178.2
1500/min ⁻¹	216.0	214.8	221.6
2000/min ⁻¹	238.2	245.0	251.2

Table-9 黒煙 (PM) 濃度

	Nor [%]	Rap [%]	Eco [%]
1000/min ⁻¹	53	53	54
1500/min ⁻¹	43	42	42
2000/min ⁻¹	23	23	23

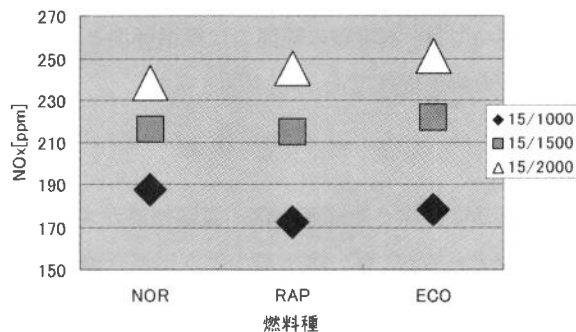


Fig-6 NOx濃度

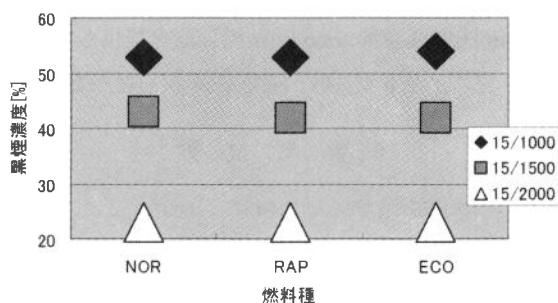


Fig-7 黒煙 (PM) 濃度

混合油 (Rap20%・軽油80%, Eco20%・軽油80%) を使用することで、軽油のみ使用状態に比較して、軽油使用量が20%削減されたことになる。または、軽油燃料消費率が20%向上したことを意味し、更に燃費率で若干の向上が確認できた事により省エネルギーが図られた事になる、しかもレストラン、家庭等から出る多量の食用廃油を利用する事で、これが不当処理 (廃棄) された場合に起りうる河川、海の汚染 (二次公害) が防止でき、地球環境に有効な方法であると考えられる。

4-2 排出ガス

窒素酸化物 (NOx: NO, NO₂) 排出濃度については、エンジン負荷52.68 [N・m], エンジン回転数1000 [min⁻¹] でRap混合油, Eco混合油ともに標準軽油より高濃度の排出であった。エンジン回転数1500 [min⁻¹] ではRap混合油, Eco混合油, 標準軽油がほぼ同レベルの排出濃度となった。エンジン回転数2000 [min⁻¹] ではRap混合油, Eco混合油が標準軽油より低レベル濃度が本実験では確認できた。(図-6)

エンジン回転数の上昇に伴って若干の窒素酸化物 (NOx) 低減が見られた、一般の通常使用域でのNOx低減は環境に対する効果があるものと考えられます。

菜種油は一種の含酸素油であり、その分燃焼効果があるものと考えられ、ディーゼル・エンジン

特有の着火遅れが多少改善され着火燃焼がなめらか(緩燃焼)になったものと推察される。

ディーゼル黒煙(PM)については、本実験の範囲では標準軽油との差異は確認できずRap・Eco混合油と標準軽油は同レベルの排出濃度であった。(図-7)

5. ま と め

ディーゼル・エンジンは熱効率が高く地球温暖化・温室効果ガスの排出量が他のエンジンより少なく環境に適したエンジンであるが、更に本実験のように混合油を使用すれば更に地球に優しいエンジンとしての性能を発揮するものと考えられる。

また、この植物油は近未来に予想される化石燃料(石油)の枯渇時代が到来しても、人造可能な再生油でありポスト石油の有望な候補であると考えられる。

今後は更に実験を進め、種々の運転状態での燃費率、排出ガス等に与える効果を確認したい。

本実験を行うに当たり、Rap 20%混合油、Eco 20%混合油を提供して頂いた上にご助言ご指導頂きました、ディシーエイエンジニアリング(株)開発室長 根石紘一氏に感謝申し上げます。

6. 参 考 文 献

- 1) 大木道則他 「化学大辞典」 (株)東京化学同人 P1645 (1989)