

■ 技術報告 ■

ガソリン代替としてのユーカリ油

Eucalyptus Oil Alternatives for Gasoline

竹 田 策 三*

Sakuzo Takeda

はじめに

現在の内燃機関は、化石燃料を燃焼して動くように研究開発されて来た。しかしながら昨今のような、原油の高騰、あるいは石油資源の涸渇化、石油資源の偏在などの理由で、化石燃料の依存度を少なくする目的で、代替燃料の開発研究が各国において盛んになった。このような情勢下でアルコールの燃料化に力を入れているのが、ブラジル、米国である。とくにブラジルは1975年より国家アルコール計画のもとに、アルコール20%をガソリンに混合使用、将来は更にアルコールの使用量を増加させようとしている。これらの情勢を背景とし、アルコール燃料の開発研究は世界的に盛んとなり、昨年10月、ブラジル国サンパウロ州で行われた国際アルコール燃料技術シンポジウム "International Symposium on Alcohol Fuels Technology" は第4回目であるが、発表論文数は360を超えている。

アルコール燃料における問題点は、先づ単位重量あたり低発熱量が化石燃料の約10000~10500 Kcal/kgに対し、6400 Kcal/kg (メタノール) と小さいこと。アルコールの持つ、金属材料への活性、ゴムその他パッキング類の膨潤性などが、現在の内燃機関にそのまま使用することは、実用上問題がある。

火花点火エンジン、圧縮点火エンジンの何れを問わずエンジンの仕様変更なしで、あるいは最小限の変更で運転可能な燃料があるなら、それは化石燃料の代替として有望である、といえる。

1. ユーカリ油 (表1)

ユーカリはオーストラリア原産の常緑樹で、その種

* 三重大学農学部農業機械学科教授

〒514 三重県津市上浜町

表1 ユーカリ油主成分とユーカリ品種

Species	Principal Components	Average Oil yield as percentage freshweight of foliage	
Medicinal Oils			
		per cent	
<i>E. polybractea</i>	cineole	80-90	2.0
<i>E. radiata</i>	cineole	70-75	3.0
<i>E. dives</i> (cineole variant)	cineole	70-75	3.5
<i>E. sideroxylon</i>	cineole	70-75	2.0
<i>E. leucocoxylon</i>	cineole	70-75	2.0
<i>E. elaeophora</i>	cineole	70-75	2.0
<i>E. viridis</i>	cineole	70-80	1.5
<i>E. smithii</i>	cineole	70-80	2.0
<i>E. cneorifolia</i>	cineole	70	2.0
<i>E. globulus</i>	cineole	60-70	1.0
<i>E. dumosa</i>	cineole	70	1.0
<i>E. oleosa</i>	cineole	50-80	1.0
Industrial Oils			
<i>E. dives</i>	pipéritone	45-50	3.5
	phellandrene	20-30	
<i>E. elata</i>	pipéritone	45-50	2.5
	phellandrene	40	
<i>E. radiata</i>	phellandrene	35-40	3.5
	(phellandrene var.)	20-50	
<i>E. dives</i> (phellandrene var.)	phellandrene	60-80	3.5
Perfumery Oils			
<i>E. citriodora</i>	citronellal	80-85	1.0
<i>E. macarthurii</i>	geranyl acetate	60-70	0.2

B. E. J. Small, Reprinted from Forest and Timber
Vol. 13, No. 2, July 1977.

類は600種以上もあり、ほぼ世界各地に生育している。ユーカリの中で約20類はその枝葉中にユーカリ油を含み、水蒸気蒸留法によって、油分を抽出することができる。ユーカリ油は原料によって、その主成分が異なり、オーストラリアでは、薬用 (シネオール主成分) 工業用 (ピペリトン、フェランドリン主成分) 香料 (シトロネラル主成分) に使用されている。この中でシネオールを主成分とするユーカリ油は、燃料としてのオクタン価が高く、ガソリンの代替として火花点火エンジンに利用することができる。

表2にユーカリ油の燃料としての性状を示した。

ユーカリ油は引火点が54℃とガソリン (ガソリンの引火点-25~-40℃) より高い、従ってユーカリ油のみによるエンジンの低温始動は困難である。ユーカリ

表2 ユーカリ油の性状分析

項目	測定値	測定方法
比重15/4°C	0.9166	JIS K 2249
引火点	54°C	JIS K 2253
水分含量	0.26%	ASTMD 1744
残留炭素分	0.08%	JIS K 2270
銅板腐食法	Ia	JIS K 2513
オクタン価	100.1—100.2	JIS K 2280 R.O
実在ガム	47.2mg	JIS K 2261
潜在ガム	1,800mg	
発熱量	9380—9570Cal/kg	JIS K 2271
動粘度	2.07 cst (30°C)	JIS K 2283

は粘度が2.07 cst(30°C)とガソリンなどに比較して高く、気化器における空気との混合霧化状態は、ガソリンに比らべ劣る(注1)。またユーカリ油は実在ガム量が47.2 mg/100 cc(ガソリンはこれの1/10以下)と高く、長時間エンジンに使用した場合、燃料吸入系の汚損が考慮される。このことについては、あとで触れる。

2. 2サイクルエンジンによる実験

図-1は、動力耕うん機用に使用される定格出力1.8馬力、2サイクル、空冷小型エンジンによる、ユーカリ混合燃料による実験で、4種の燃料を使用したとき、エンジン出力、燃費率に大きな相異は認められない。

図-2は前記エンジンによる排気中のCO含有率を示す。排気中のCO含有率は、ユーカリ油を20~40%混入すると、ガソリンの数分の1以下に減少した。このように、ユーカリ・ガソリン混合燃料は、ガソリンのみの使用に比較し、排気中のCOが減少する。またユーカリの混合割合60%程度までは、気化器ノズル交換の必要もなく、ガソリンエンジンそのままの仕様で実用的に運転ができる。

3. ユーカリ油アルコール混合燃料試験

図-3に各種燃料の蒸留曲線を示した。燃料の蒸留曲線において、10%蒸留点附近の温度が低ければ、その燃料はエンジンの低温始動が容易である。35~65%点の温度は、エンジンの加速性(乗用車でいうドライバビリティ drive ability)に影響する。また95~100%点附近の温度が低すぎると、蒸気閉塞(高温時、気化器フロート室の燃料が気化し、エンジンへの燃料供給が妨げられる現象, vapour lock)を起しやすい。図-3におけるガソリンの蒸留曲線は、エンジンの低温始動を良好ならしめ、加速性能も満足し、且つ高温時に

(注1): ガソリンの粘度: 0.68 cst (20°C)

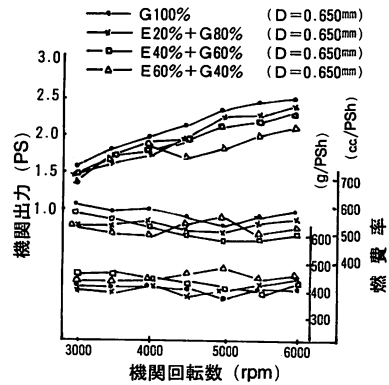


図-1 2サイクルエンジンによる出力と燃費率 (TEA 0660 エンジン)

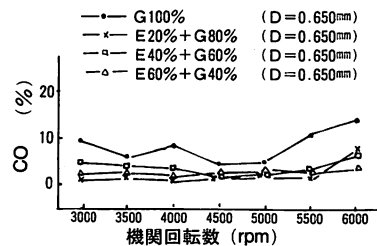


図-2 2サイクルエンジンによる排気中のCO% (TEA 0660 エンジン)

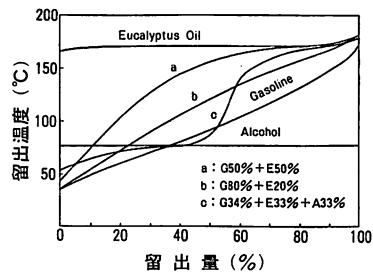


図-3 各種燃料の蒸留曲線

における蒸気閉塞も適当に抑制するように調整してあり、現在の火花点火エンジン用燃料として「理想的な特性」を備えている。一方、ユーカリ油、アルコール(エタノール)は主成分が単一物質であり、それぞれ72°C、172°C前後で急速に気化蒸発する。従って、これらの物質を混入すれば、a, b, c, のような蒸留曲線を示す混合燃料となる。一般に混合燃料における問題点は、エンジンの低温始動にある。引火点の高いユーカリ油

(54℃), アルコール (12.8℃) に引火の低い少量のガソリン (-25℃以下) を混入すれば, 混合燃料の引火点は, ガソリンの引火点まで引き下げられる。従ってガソリンを混合することは, 混合燃料の引火点を下げ, エンジンの低温始動を容易ならしめる。図-4は2サイクルエンジンによる各種混合燃料の試験で, ユーカリ油, アルコール混合, あるいはユーカリ油, アルコール, ガソリン3者混合において, エンジン出力に大きな相異は認められない。容量あたり燃費率 (cc / psh) は, ガソリンより混合燃料が少なかった。その理由は, ガソリンに比較し, 混合燃料 (およびユーカリ油単品) は粘度が大きく, 吸入系統への流入量の減少と考へられる。何れにしても同一出力であれば, 燃量消費量が少いほど好都合である。

4. 燃料に含まれた水分とその影響

燃料に含まれる水分は, 燃料の種類にもよるが, 極く微量であれば影響は少ない。実際問題として, 市販化石燃料では, その流通経路で0.5%程度の水分の混入は避けられない。ガスホール (ガソリンにアルコールを混入した燃料) 中における水分が数パーセント以上になると相分離をおこし, エンジンの不調を来す。

図-5は, ユーカリ油, アルコール (99.5wt%エタノール), ガソリンの混合燃料に水分を混入させたとき, 相分離をおこす含水量の限界をあらわした等水許容度曲線である。図-5より, 例えば A10, E50, G40 (A, E, G, はアルコール, ユーカリ油, ガソリンの意, あとの数字は混合割合) では1%の水分の存在で相分離をおこすが, A10, E60, G30, では1.2%の水分含有量でも相分離はおきない。このようにユーカリはアルコールと共存の場合, 水分の許容度を高める傾向にあるので混合燃料における水分混入による相分離の防止に効果が認められる。図-5より, A33, E33, G34, 混合, すなわち, アルコール, ユーカリ油, ガソリンを, ほぼ等量に混合した燃料の最大許容含水量は約5%である。図-6は小型空冷単気筒エンジンによる燃費率試験で, 水分0%の混合燃料より5%含水燃料の方が燃費率が少ない。その理由は明確でないが, 燃料粘度の相違による, 気化器および吸入系統における霧化状況に影響するものではないかと考えられる。図-7は前記燃料による排気分析の結果で排気中のCO (%) およびHC (ppm) は何れも5%含水燃量の方が低い。その理由として, 含水燃料は, 水分の気化熱による燃焼温度の低下, ピストン, シリンダ表面温度降下

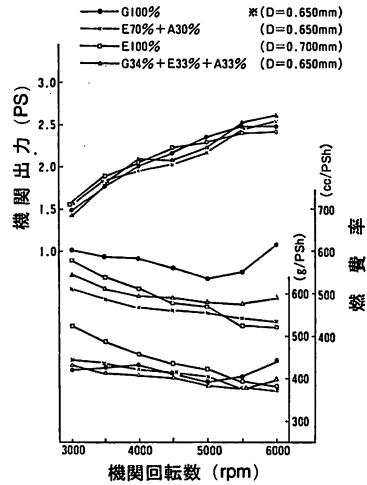


図-4 2サイクルエンジンによるユーカリ油, アルコール混合燃料試験 (TEA 0660 エンジン)
* D = 0.650 m/m: 気化器メインゼットノズル径, 標準寸法
D = 0.700 m/m: 上記ノズル, オーバーサイズ

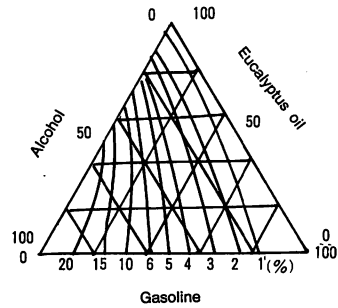


図-5 ユーカリ油, アルコール, ガソリン混合燃料の等水許容度曲線 (25±2℃)

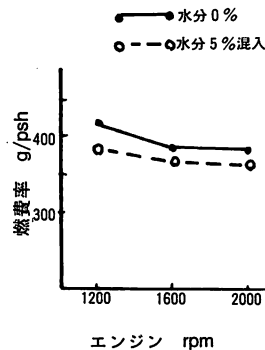


図-6 ユーカリ油, アルコール, ガソリン混合燃料による燃費率 (G 25エンジン)

による吸入効率の上昇などが考えられる。ちなみにエンジン出力は, 無水および含水状態何れの燃料においても殆んど差が認められない。

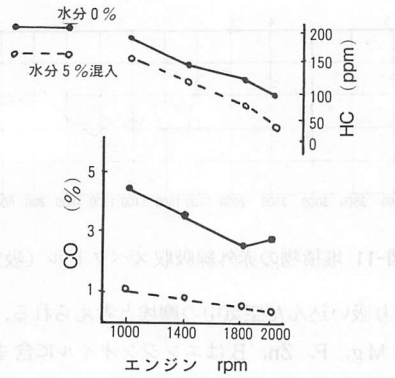


図-7 ユーカリ油、アルコール、ガソリン混合燃料における排気分析 (G 25エンジン)

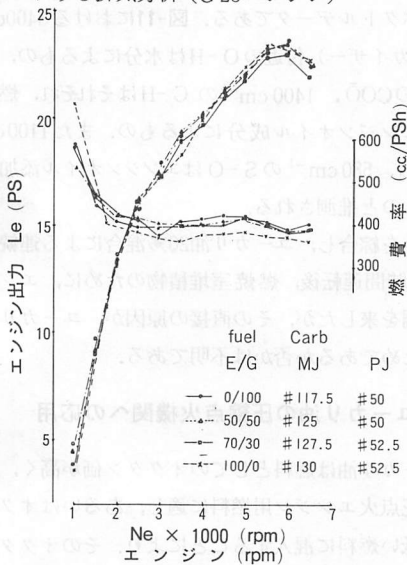


図-8 自動車エンジンによるユーカリ燃料、出力および燃費率 (全負荷)

5. 自動車用エンジンによる実験

図-8は自動車用エンジン (2 サイクル, 3 気筒, 539 cc, 28ps/5500rpm) による, ユーカリ燃料試験である。使用燃料には, ガソリン100%, ユーカリ油100%, および, E50 + G50 混合, E70 + G30 混合を使用した。実験に際し, 気化器, メインゼット, パイロットゼットを燃料粘度に合わせて調整した。その結果エンジン出力, 燃費率はガソリン100%の場合と大きな相違は認められない。

図-9は, 前記エンジンにユーカリの混合量を変えたときの排出ガス分析である。排ガス中のCO, CO₂, HC含有量はユーカリ混合割合に比例して減少し, ユーカリ100%で最小となった。また排ガス中のCO(%)は, ガソリンにユーカリを20%混合したのみで顕著に減少

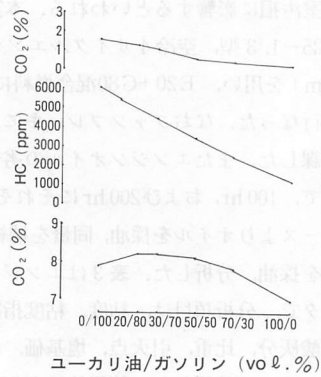


図-9 自動車エンジンによるユーカリ燃料試験アイドリング時 (850rpm) 排出ガス分析

した。

自動車エンジンによる実験で, ユーカリ混合割合に応じ気化器メインゼット, パイロットゼットのサイズを調整すれば, エンジン出力, 最高速度, 加速, などユーカリ油またはユーカリ混合燃料において, 化石燃料と大きな相違はない。

6. 4 サイクルエンジンによる燃焼現象

図-10は小型ガソリンエンジンの pt 線図である。使用燃料は, ガソリン100%, G25 + E75 混合燃料を使用したとき, 85オクタンガソリンで1100rpmにおいてノッキング現象を呈したが, ユーカリ油75%混入燃料では, 同一条件のもとで正常な燃焼が行われている。このようにユーカリ油は, 低オクタン燃料に混入すれば, 燃料のオクタン価を向上させる。

7. 4 サイクルエンジンによる240時間連続運転

ユーカリ油は化石燃料に比較し, ガム質含有量が多い。一般に燃料中のガム成分は, エンジン吸入系統な

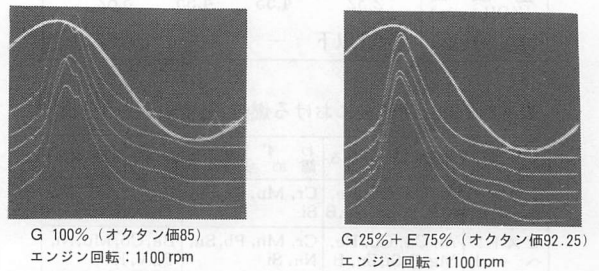


図-10 ガソリンおよびユーカリ混合燃料における pt 線図

使用エンジン: GE-25A型, 単気筒4 サイクルガソリン, 250cc, 4.5ps/3000rpm (定格) 圧縮比 $\epsilon = 6.8$

らびに燃焼室汚損に影響するといわれる。本実験においては、N25-L3型、空冷4サイクルエンジン(2.5ps/1800rpm)を用い、E20+G80混合燃料により240時間運転を行なった。なおファンブレイキにより定格負荷条件を課した。またエンジンオイルの劣化傾向を調べる目的で、100hr、および200hrにそれぞれ80cc、クランクケースよりオイルを採油、同量を補給し、240hr後、全量を採油、分析した。表3はエンジンオイルの分析データで、分析項目は、粘度、粘度指数、残留炭素分、硫酸灰分、比重、引火点、塩基価、全酸価、水分(%)について分析した。使用油はTOU(Tractor Oil Universal)すなわち、農耕用トラクタに用いられる万能潤滑油で新油の塩基価が非常に高い品種である。各項目の分析測定において、硫酸灰の増加の原因を除き(注2)、その劣化状況は通常で、ユーカリ油混入による影響は特に認められない。

表4に、燃焼室各部より採取した堆積物の発光分析によるデータを示した。シリンダ、ピストン、吸気口各所におけるAl, Cu, Fe強度の現われ、Cr, Snのわずかの現われは、エンジン材質の摩耗等によるものと考える。また強度のCa, Na, わずかのSiは空気清浄

表3 エンジンオイル性状分析

項目	新油	100hr後	200hr後	終油(240hr後)
粘度40°C _{cst}	77.94	155.0	152.9	12.48
“100°C _{cst}	10.80	17.14	17.18	15.07
VI	125	120	122	124
残留炭素分(wt%)	2.15	—	—	6.26
硫酸灰(wt%)	2.52	—	—	6.70
比重(15/4°C)	0.896	—	—	0.925
引火点(°C)	226	—	—	194
塩基価(KOHmg/g)	17.2	5.83	5.83	8.62
全酸価(KOHmg/g)	2.32	4.53	4.55	3.82
水分(%)	0.1以下	—	—	0.1以下

表4 240hr運転後における燃焼室内堆積物の分析

採取箇所	強度に認められる	わずかに認められる	認められない
シリンダヘッド	Al, Ca, Cu, Fe, Mg, P, Zn, Na, B	Cr, Mn, Pb, Sn, Si	Ba, Co, Mo, Ni, Ti, V, K
ピストンヘッド	Al, Ca, Cu, Fe, Mg, P, Si, Zn, B	Cr, Mn, Pb, Sn, Na, Si	Ba, Co, Mo, Ni, Ti, V, K
吸気孔	Al, Ca, Cu, Fe, Mg, Zn, B	Cr, Mn, P, Pb, Si, Sn, Na	Ba, Co, Mo, Ni, Ti, V, K

(注2)：エンジンオイル中の硫酸灰(%)は新油における添加剤含有量を示し、使用油においては添加剤消耗のため一般に減少する。今回の硫酸灰の増加原因は不明である。

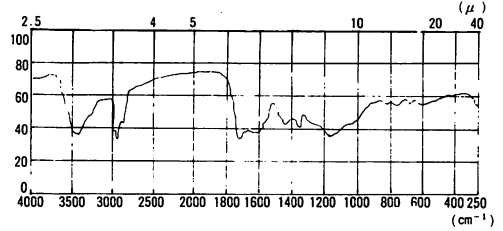


図-11 堆積物の赤外線吸収スペクトル(吸気口)

器より吸い込んだ空気中の塵埃と考えられる。また強度のMg, P, Zn, Bはエンジンオイルに含まれる添加剤によるものと推測される。

図-11は吸気口附近より採取した堆積物の赤外線吸収スペクトルデータである。図-11における3400cm⁻¹(単位カイザー)付近のO-Hは水分によるもの、1600cm⁻¹のCO₂, 1400cm⁻¹のC-Hはそれぞれ、燃料およびエンジンオイル成分によるもの。また1100cm⁻¹のSO₄, 580cm⁻¹のS-Oはエンジンオイル添加剤によるものと推測される。

以上を総合し、ユーカリ油20%混合による連続試験で240時間運転後、燃焼室堆積物のために、エンジンの不調を来したが、その直接の原因が、ユーカリ油混入のためであるか否かは不明である。

8. ユーカリ油の圧縮点火機関への応用

ユーカリ油は燃料としてのオクタン価が高く、高圧縮火花点火エンジン用燃料に適し、あるいはオクタン価の低い燃料に混入することにより、そのオクタン価を高めることが可能なことは前述したが、ユーカリ油を圧縮点火機関に利用することができれば、代替燃料としての利用範囲が大巾に拡大できる。一般に圧縮火花点火エンジンの燃料としての着火性はセタン価であらわれ、オクタン価の高い燃料は、セタン価が低い。

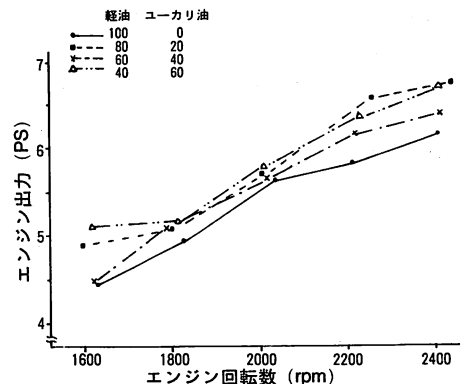


図-12 ユーカリ混合燃料によるディーゼルエンジン出力特性

図-12は小型4サイクルディーゼルSS60GG (5.5ps/2200rpm)による、ユーカリ油と軽油の混合比を変えた、出力試験、図-13はその時の燃料消費率をあらわした。

今回の実験において次のことがいえる。

- (イ) エンジン軸出力は混合比のいかんにかかわらず、ほとんど同等であるが、軽油40%、ユーカリ油60%以上ユーカリ油を混入すると低負荷時に爆発ムラが見られた。
- (ロ) 2000rpm 附近まではユーカリ油、軽油の混合比に関係なくトルクはほぼ一定、それ以上では混合比大なるほどトルクの増加が見られる。すなわちユーカリ油は高速回転に適する (図-14)

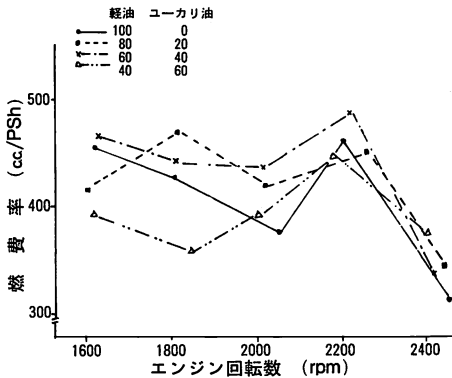


図-13 ユーカリ混合燃料によるディーゼルエンジン燃費率

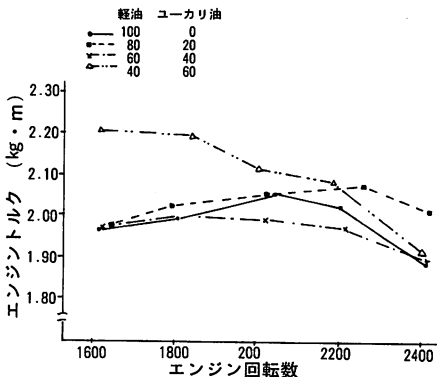


図-14 ユーカリ混合燃料によるディーゼルエンジンのエンジントルク

- (ハ) 排煙濃度は全般的に定格回転付近で極端に低く、ユーカリ油の混合比を増加させると、排ガス中のHC、CO濃度何れも僅かに低下する。

また、軽油40%、ユーカリ油60%を境としてエンジンの爆発ムラが観察されるので、実用的なユーカリ油の混合割合は20~40%以下が適当である。

おわりに

ガソリンの代替としてユーカリ油をとり上げ、小型火花点火エンジン、自動車用火花点火エンジン、小型ディーゼルエンジンに使用実験した結果

- (イ) ユーカリ油はガソリンの代替燃料として必要にして十分な条件を有している。
- (ロ) ユーカリ油は低オクタン燃料のオクタン価向上剤として使用できる。
- (ハ) ユーカリ油、アルコール、あるいはこれにガソリンを混合することが可能で、混合燃料は許容含水量が高い。
- (ニ) ユーカリ油混合割合20%以下では、ガソリン仕様の火花点火エンジンにそのまま使用できる。
- (ホ) ユーカリ混合燃料は排気中の有害成分を減少させる。
- (ヘ) ユーカリ油は軽油と混合し、圧縮点火エンジンにも使用が可能である。

参考文献

- 1) 竹田策三：将来における代替エネルギーの開発について、昭和55年、三重大学公開講座、別刷 S. 55.7
- 2) Sakuzo Takeda ; Studies of Eucalyptus Oil and its Application to Spark Ignition Engine, the Bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University, No60, pp 93-99, March, 1980
- 3) Sakuzo Takeda ; An Eucalyptus Fuel Experiment, the IV International Symposium Alcohol Fuels Technology, Proceedings. 1980. 10.
- 4) 竹田策三：代替ガソリン, 化学工業12月号, 昭和55年12月, 化学工業社.
- 5) 竹田策三, 伊藤信孝他：ユーカリ油の火花点火機関への応用 (第3報), 農業機械学会第40回例会, 前刷, 昭和56年4月
- 6) 竹田策三, 法貴誠他：ユーカリ油の火花点火機関への応用 (第4報), 農業機械学会第40回例会, 前刷, 昭和56年4月
- 7) 竹田策三, 伊藤信孝：ユーカリ油の圧縮着火機関への応用 (第1報), 農業機械学会第40回例会, 前刷, 昭和56年4月

