

ロータリ・エンジンの L.P.G. 駆動

広島自動車工業短期大学

西田 祐三

Rotary Engine Driven by Burning L.P.G.

Yuso Nishida,

We measured what the torque changed as driving a Wankel engine by means of burning L.P.G. and varying the timing of spark plugs. We seeked the best spark plug timing and the characteristic of ignition advance from the experimental results. Further we measured the change of torque when varying the air-fuel ratio. The torque was compared the case of using L.P.G. with the case of using gasoline. From the results, it has been made clear that was followed;

The characteristic of mechanical spark advance of T-spark plug is similar to the case by means of burning gasoline. But L-spark plug needs to advance the angle from 5° to 10° for sparking as com-

pared with case by gasoline. As the speed being higher, both L and T-spark plug timings tend to retard somewhat.

On the characteristic of vacuum spark advance, the case by L.P.G. has smaller advanced degree than the case by gasoline. B.T.D.C. of L-spark plug arrive to 30° which is maximum value as like as the case by gasoline.

The limit value of air-fuel ratio for operating acceptably is about 24 which is pretty large as compared with the case by gasoline.

The torque of the case by L.P.G. is something less than the case by gasoline.

1. ま え が き

我が国では、L.P.G.を燃料とする自動車が出現して以来16年を経、ガソリン、軽油につぐ燃料として一躍脚光を浴びた。L.P.G.は原油の精製過程において簡単に精製でき、副産物的に取り出されるためガソリンに比べて特に価格面に優れた点を有し、その上気体から液体に簡単に出来るため自動車用燃料として適しているので非常な勢いで普及し、厳しくなる排気ガス・エミッション規制に対しても最近いろいろと改良がなされ軽油にひけをとらぬ燃料となると思われる。

一方NSU/WANKELシステムのロータリ・エンジンが登場して以来25年を経た。当初ニューシステム・エンジンとして技術開発の集中により種々の改良がなされ耐久性のあるエンジンが確立され、排気ガス・エミッション規制に対してもロータリ・エンジンの幾何学的特徴により、レシプロケーティングに対抗しうる利点を持っている。しかし石油ショック以降ヒューエル・エコノミーが叫ばれ、燃料消費の改善が急務となり現在いろいろ改良がなされ、かなり良くなっている。なかでも燃料の揮発性の良い物を使用することによりかなり助勢されるであろう。その燃料の揮発性がロータリ・エンジンの運転に特に重要であり、それで今回は揮発性の良いL.P.G.を燃料としたロータリ・エンジン(R.E.)の主として進角特性と空燃比に対してのトルク変化について報告する。

2. 実験装置・方法

図-1,2,3,に実験装置の概略を示す。使用機関は12A型R.E.である。L.P.G.燃料系統は、レ

シプロ 2000 cc クラスの乗用車のものを一部改造して用い、空燃比測定用にガスメータをベーパーライザ、ミキサー間に取り付けガス量を計測し、ミキサー空気取り入れ口に層流形気体流量計を設けて空気量を計測し空燃比を求め、この装置に表-1 に示すようにプロパンが主である燃料を用いて表-2 の諸元を持つシャシ・ダイナモーターにより表-3 の諸元を持つ R.E. 車の台上試験を行なった。¹⁾

全負荷時の点火時期変化に対するトルク変動について第 4 速時 30 Km/h ~ 180 Km/h (ただし 180 Km/h は第 3 速で測定を行ない第 4 速に換算した) で測定した。部分負荷では第 3 速でエンジン回転数 3000 r.p.m. においてスロットル開度を変え、ブースト圧力を

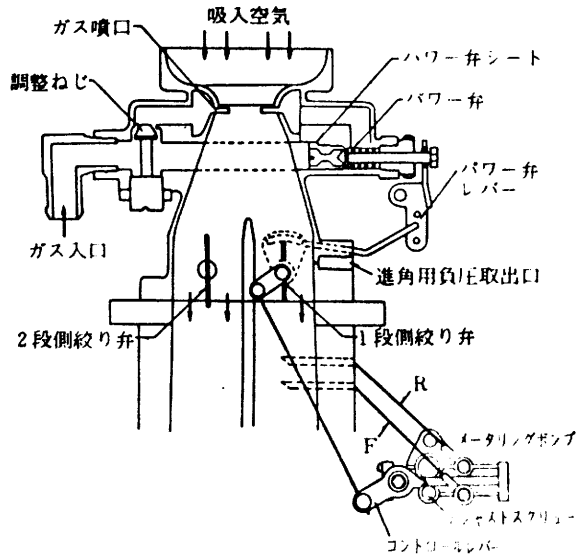


図-2 オイルメータリング装置

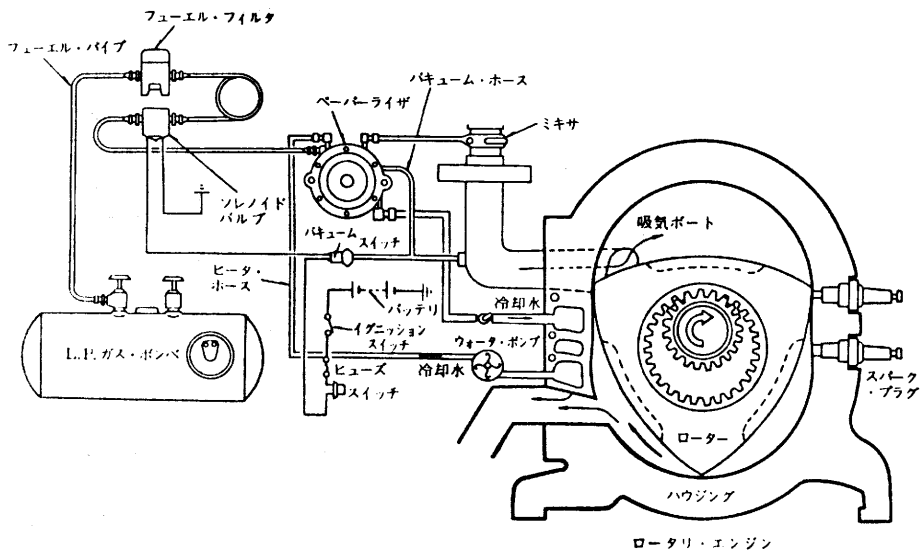


図-1 ロータリーエンジンの L.P.G. 駆動装置

一定にし測定を行なった。なお市販の2プラグ12A型R.E.を採用しているためどちらか一方の点火時期を最適点火に固定し、他方を変化させて行なった。先に求めた最適点火時期により全負荷・車速60km/h(第4速・エンジン回転数2100r.p.m.)一定にしミキサのガス調整ねじによりガスを調整させ空燃比変化に対するトルク測定を行ない、最後に最適点火時期における各車速のトルクを測定しガソリンを燃料とする場合と比較した。

3. 結果・考察

図-4は、全負荷・各車速(各エンジン回転数)における点火時期 5° 間隔の変化におけるトルクを測定し最大トルクに対するトルク変動が0.5%もしくはトルクが $0.1\text{kg}\cdot\text{m}$ (シャシ・ダイナモメータでのトルク)を共に満足した点火時期を最適点火時期とし最適点火時期を結んだ線図が進角特性(遠心式max・limit, min・limit)を示す。図より低速時におけるリーディング(L)の最適点火時期の幅は 5° くらいであり、それより遅れ側にセットするとトルク変動が大きく出来るだけ進み側にセットする必要があることがわかる。²⁾一方トレーリング(T)の点火時期の変化によるトルク変動は小さく、最適点火時期の範囲も 15° くらいで広くL点火よりトルクに及ぼす影響の小さいことがわかる。図-5に示すガソリンに対してL.P.G.の最適点火範囲が広いのはL.P.G.が点火時期に対して鈍感であることが原因と考えられT最適点火時期においてはガソリンと同じであるが³⁾L最適点火時期は、上死点前 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ くらいでありガソリン使用の場合より $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ くらい進角させる必要がある。⁴⁾これは走行オクタン価が $R.O.N.110 \times 0.4 + M.O.N.97.1 \times 0.6 = 102.3$ と⁵⁾

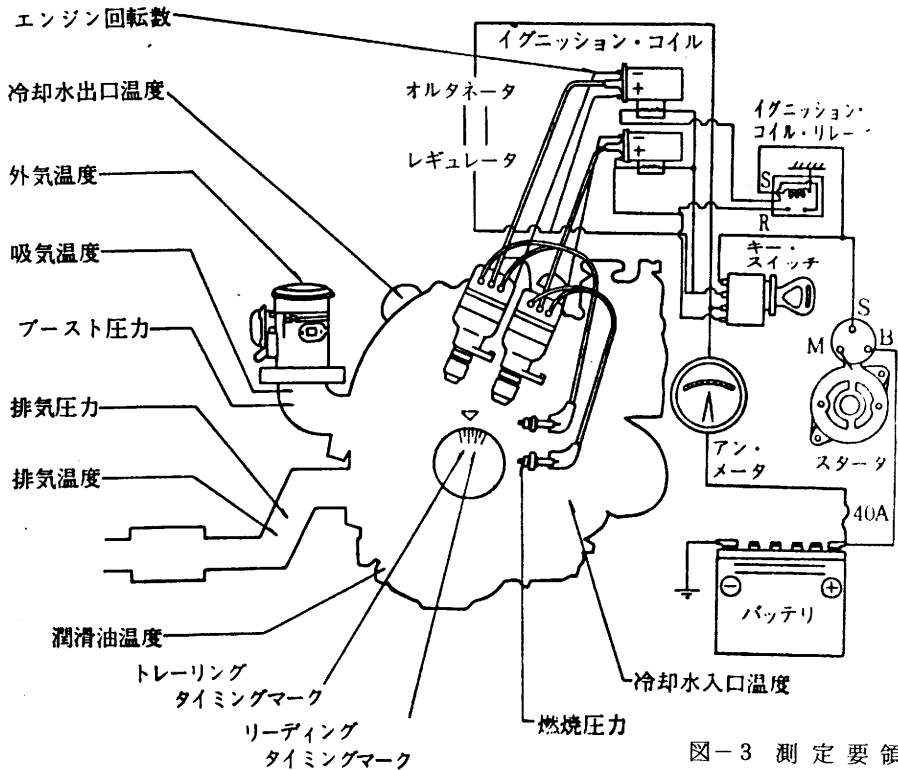


図-3 測定要領

表-1 L.P.G.の成分表

component of L.P.G.	ethane C ₂ H ₆	propylene C ₃ H ₆	propane C ₃ H ₈	n-butane C ₄ H ₁₀	i-butane C ₄ H ₁₀
vol. percentage	0.9	0.2	95.3	1.5	2.1

表-2 シャシ・ダイナモメーター主要諸元

メーカー	万歳自動車	動力吸収トルク	60kg・m/900rpm
型式	BCD-200	使用電圧	200V
許容輪重	1500kg	速度計	0~160km/h
ローラー径	370φ	燃費計	ビューレット計測式
ローラー間隙	750mm	定速度装置	変圧器, シリコン
動力吸収部	渦流電気動力吸収		トランジスター回路組合

表-3 供試車両の諸元表

機	エンジン形式	12A形	最高速度	185km/h				
	種類	水冷・直-2ロータ	登坂力 $tam\theta$	0.71				
	単空容積	573cc	車両重量	955kg				
	圧縮比	9.4	最大積載量	-				
	圧縮圧力	8.5kg/cm ² /250rpm	空車時	F荷重	515kg			
	最高平均有効圧力	8.8kg/cm ² /3500rpm		R荷重	440kg			
	最大出力	120ps/6500rpm	積載時	F荷重	610kg			
	最大トルク	16kg・m/3500rpm		R荷重	620kg			
	関	吸排気口 配置	吸気	サイド・ポート	動力伝達装置	変速	総減速比	動力伝達効率
			排気	ペリフェラル多孔ポート		TOP	3,700	0.92
ポートタ イミング		吸気口開	一次・二次共ATDC32°	タイヤサイズ		6.15-13-4PR		
		" 閉	" " ATDC40°	タイヤ有効半径		0.281m		
		排気口開	BBDC 80°	ころがり抵抗係数		0.015		
" 閉	ATDC 48°							

6) なり、レギュラーガソリンのR.O.N. 90.9であるため⁷⁾ $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ くらい進角を必要とすることが概算でき実験値と一致する。進角度はL・T点火共ガソリンと同程度であるがL点火の進角度は立ち上がり急であり、中速に移るにしたがってL・T共に進角は止まり、L最適点火のmax・limitとmin・limitとガラップし最適点火より遅れ側にセットするとトルクの減少が低速域より大きく現われる。一方T最適点火範囲は少し狭まって 10° くらいになるが、トルク変動は低速域と同様である。高速域においては、L最適点火のmin・limitが 5° くらい下がり、最適点火範囲は広がり、トルク変動も進角・遅角共に大きくなるが特に遅れ側においては低・中速域以上に大きく現われているのがわかる。T最適点火においては中速よりmax・limitが 10° くらい下がりmin・limitも 5° くらい下がることにより最適点火範囲も幾分狭くなり高速・高負荷時にはトルクに²⁾大きく影響するようである。それと同時にL・T点火共に遅角の傾向にあること

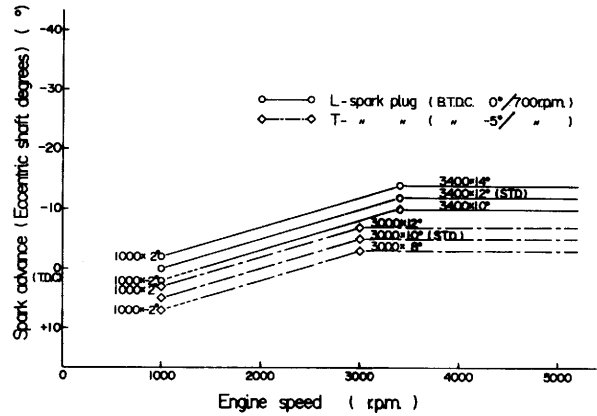


図-5

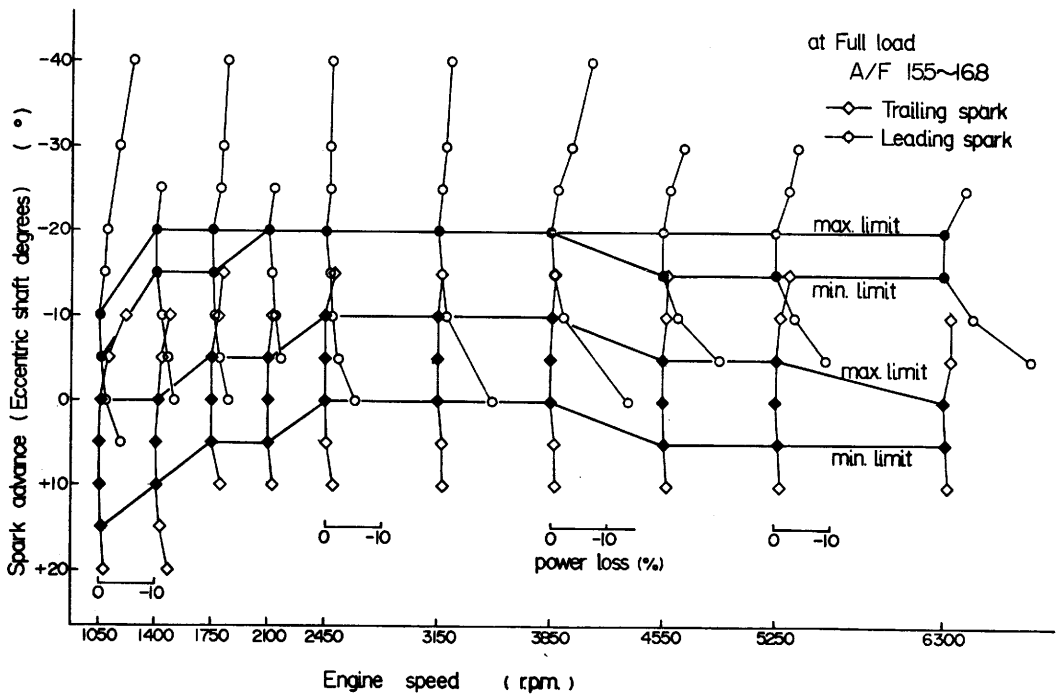


図-4

は高速・高負荷においてL.P.G.のオクタン価が下がるものと考えられ⁸⁾、L.P.G.の進角特性は、L点火が $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ くらい進角した状態で平行して行くが高速・高負荷で遅角傾向にあり、T点火もガソリンと同じ進角をみせるが、やはり高速・高負荷で遅角傾向になる。なお各車速においての最適点火時期での進み側では軽いノックをしていることを聴覚により観測している。

図-6は、エンジン回転数を3000 r.p.m.一定にし、スロットル・バルブの開度を変えてブースト圧力を10 cmHg・20 cmHg・30 cmHg・40 cmHgと変化させ、点火時期の変化によるトルク変動を全負荷と同様の比較により最適点火時期および真空進角特性を示したものであり、図-7は、エンジン回転数3000 r.p.m.を想定したガソリンの真空進角特性を示す。L.P.G.では、ブースト10 cmHgにおいてL最適点火の範囲のmax・limitとT最適点火の範囲はブースト0 cmHgと同様であり、T点火に関してはトルク変動

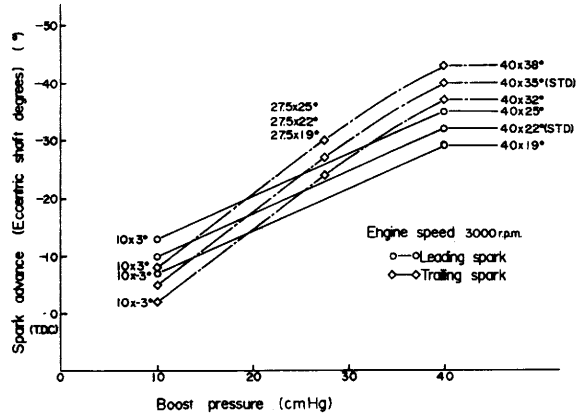


図-7

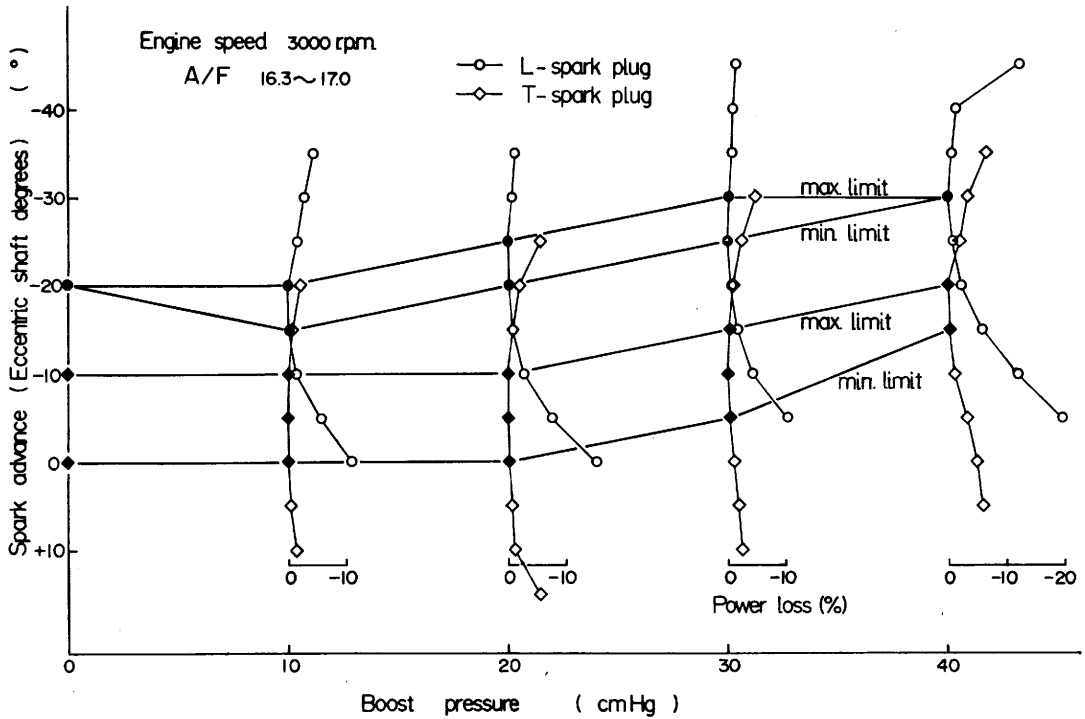


図-6

に変わらないが、L点火においては最適点火時期範囲が広まりトルク変動への影響が小さいようである。ブースト20 cmHgでのL最適点火では、ブースト圧力0 cmHgよりmax・limit, min・limit共5°進角するようである。T点火に関してはブースト圧力0 cmHgのとく同じでL点火より真空進角の立ち上がりが遅いようである。ブースト圧力30 cmHgでは、ブースト20 cmHgよりL・T点火共max・limit, min・limit共5°進角する。ブースト圧力40 cmHgではL最適点火におけるmax・limit (B.T.D.C. 45°)は頭打ちとなりmin・limitと重なり必要以上に進角を行なうと失火する。次にT最適点火においてブースト30 cmHgよりmax・limitが5°進角するのに対しmin・limitは10°進角し最適点火範囲が狭くなり、トルク変動への影響が大きくなったと考えられる。真空進角特性は、L・T共ガソリンより進角度が小さくなるがこのような真空進角特性および遠心進角特性のL点火での頭打ち現象ならびに失火は、プラグ・ロケーションとか燃焼室リセスの寸法・形状および混合気分布によるものと考えられる。⁹⁾

図-8は、エンジン回転数を一定に保ちミキサー部のガス調整ネジの調整により空燃比を変化させたときのトルクの変動を示す。今回使用したL.P.G.理論空燃比A(kg)/F(kg)=15.67であり実際実験を行なったのは16.7~25.3の範囲を測定し16.7~18位まではトルク変化がなく、18~24位までは徐々にトルクが下がり、24を過ぎると急にトルクが落ちカーブッキングを起こし走行不能となる。このようにL.P.G.を燃料としたR.E.ではかなり薄い空燃比のもので使用可能であるが、これは、L.P.G.が空燃比に対して鈍感で、その上R.E.も空燃比に鈍感であるためと考えられる。¹⁰⁾

図-9は、ガソリンを燃料としたときとL.P.G.を燃料としたときの12A型R.E.の回転数とトルクとの関係を示したものである。図よりL.P.G.を燃料とした場合10%くらい低いことがわかる。これはペーパーライザー、ミキサー間へのガスメータ取り付けにより配管が長くなり、¹¹⁾ガスメータ自体の抵抗が加わったためと、L.P.G.ガソリンと違ってガス体で吸入され吸気温度が上昇し体積効率が下がるためと、今回使用したL.P.G.に似合った圧縮比でないためトルク低下におよんだものと考えられる。なお体積効率を改善しL.P.G.のオクタン価に似合った圧縮比により駆動を行なうとガソリン並びにトルクが発生するものと考えられる。^{6), 12)}

4. む す び

L.P.G.を燃料としたR.E.では、全負荷進角特性において、L点火ではガソリンに対して5°~10°くらい進角させる必要があり、最適点火より遅れ側ではトルク変動が大きく現われ出来るだけ進み側

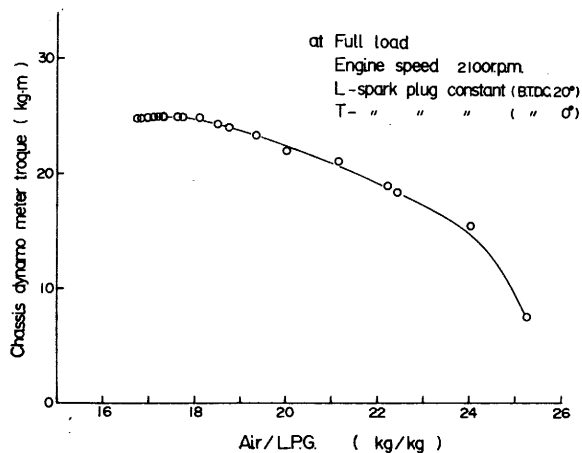


図-8

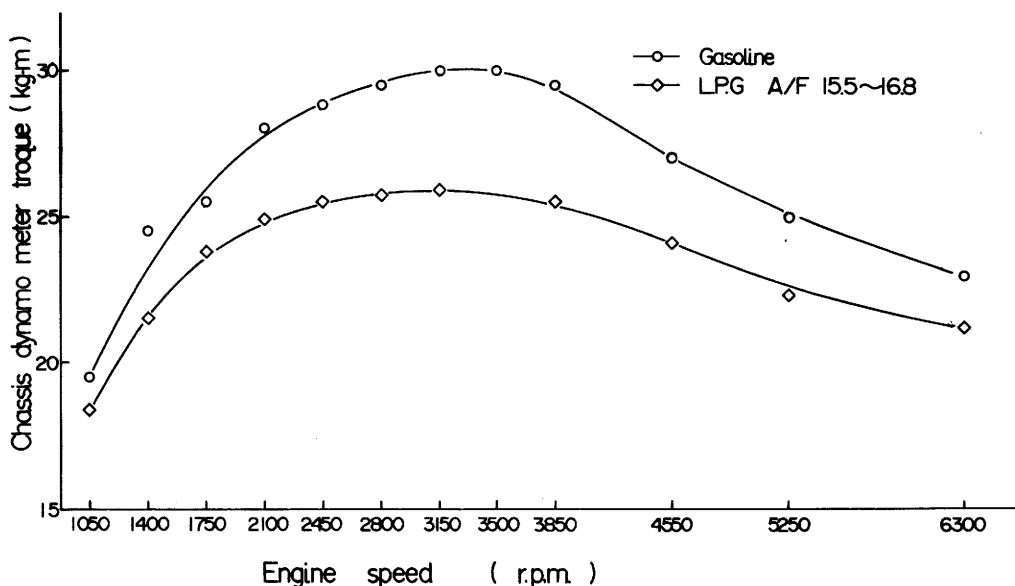


図-9

にセットする必要がある。T点火ではガソリンと同じ進角特性でよいが最適点火範囲がL点火より広く、その傾向は低速時に大きく現われ、T点火もトルクへ影響を与えるようである。L・T点火共高速時には遅角傾向にある。部分負荷進角特性において、L・T点火共トルク変動が全負荷より大きく現われるが傾向としては全負荷と同様である。進角度はガソリンに対して少ないがL点火に関してはB.T.D.C. 30° と頭打ち現象になるのはガソリンと同様である。空燃比に対するトルク変動よりL.P.G.を燃料とする場合の全負荷時の空燃比使用限界は24位であり、トルクにおいては、ガソリンより10%くらいトルク低下となるようである。

おわりに、広島電機大学の梅田講師の指導を受け同昭和53年度卒研究生の梅田・川野・川真田・下村の四君が実験に当たったことを報告いたします。

5. 参考文献

- 1) 広島電大・自短大報告；西田祐三，第10巻，(1977) P.101
- 2) 内燃機関；白鷺貞夫，vol. 17, No.212, (1978.7) P.20
- 3) サービス・データ・ブック；東洋工業株式会社サービス部
- 4) 機誌；勝呂文男，vol. 67, No.545, (1964.6) P.865
- 5) 内燃機関の燃焼；下司正春，山海堂，P.188
- 6) 内燃機関；常見正明，vol. 8, No.85, (1969.6) P.41
- 7) 自動車工学便覧；自動車技術会，第2分，P.8-5
- 8) 今日の自動車燃料；常見正明，ナツメ社，P.129
- 9) 自動車技術；島田祥三，vol.26, No.2, (1972.2) P.121
- 10) 内燃機関；小早川隆，vol. 4, No.33, (1965.3) P.41
- 11) 内燃機関；吉田 隆，vol. 8, No.85, (1969.6) P.25
- 12) 内燃機関；増田哲三，ほか3名，vol. 8, No.85, (1969.6) P.31