

<논 문> SAE NO. 953726

## 디젤자동차의 低公害, 高出力用 超音波 燃料供給裝置의 商用化 開發

A Commercial Development of Ultrasonic Fuel Feeding System for Low Pollution and High Performance in Diesel Automobile

정 명 진,\* 조 규 상,\*\* 이 규 용,\*\*\* 류 정 인\*\*\*\*  
M. J. Jung, K. S. Cho, G. Y. Lee, J. I. Ryu

### ABSTRACT

This is an experimental study on the chassis dynamometer and high way road testing during a severe winter and summer season.

Results obtained to compare with the ultrasonic fuel feeding system and conventional fuel system in diesel automobile engine.

The results were as followers in case of the ultrasonic fuel feeding system.

1. In chassis dynamometer testing during given vehicle speeds, output were increased from 4.6 to 11.43%, brake specific fuel consumption were increased from 6 to 19%, smoke were decreased from 16.7 to 50%.

2. The running fuel consumption ratio in high way road test were decreased by 15.3% at a severe summer and 20.2% at a severe winter.

주요기술용어 : Chassis Dynamometer(샤시동력계), Atomization Characteristics(무화특성), Ultrasonic Fuel Feeding System(초음파연료공급장치), BSFC(제동연료소비율), Smoke(매연)

### 1. 서 론

디젤기관은 1898년 Rudolf Diesel에 의해 Diesel Cycle이 개발된 이래 눈부신 발전을 해왔다. 그러나 1973, 1979년 Oil shock와 대기오염문제로 석유계 기관의 연소특성, 성능특성 및 배기특성이 중요한 사회문제로 대두되면서 1992년 Rio환경 선언에 이르게 되었다.

디젤기관에서는 연료는 우선 가능한 한 미세화 되어야하고 그 액적이 증발되어 공기와 균질한 혼합과정을 거쳐 착화 연소되어야 한다.<sup>1-4)</sup>

따라서 매 사이클 마다 노즐로부터 분사되는 연료는 분무특성이 매우 뛰어나야 하며, 또한 연소실내에서 공기와 단시간에 균일혼합, 분포시켜져야 한다.

액체 연료와 공기의 혼합을 촉진시키는 수단

\* 정회원, 서울보건전문대학 산업안전과  
\*\* 정회원, 경북산업전문대학 자동차과  
\*\*\* 부산수산대학교 기계공학과  
\*\*\*\* 정회원, 충남대학교 기계공학과

으로서는 연료분무의 무화성 개선,<sup>5-7)</sup> 분무의 관통력 및 연소실내의 분산성 개선,<sup>8)</sup> swirl이나 squish를 이용하여 분무속에 신기도입을 촉진시키는 방법,<sup>9)</sup> 와류실식 엔진처럼 공기가 부실내로 도입될 때 발생하는 강한 와류에 분무를 실어 강제적으로 분무를 회전시켜 혼합을 촉진시키는 방법<sup>11-15)</sup> 등이 있다.

연료의 분무특성 향상인자는 입자의 분산, 분무선단 도달거리 및 무화이며, 특히 입자 분산의 경우 연소실내 전 영역에서 연료와 공기가 균일하게 혼합되어야 한다.

또한 연료입자의 크기가 작을수록 증발이 용이하여 공기와의 혼합성이 뛰어나 연소시 완전 연소화는 물론 신속한 연소가 이루어지므로 가능한 한 연료의 미립화가 요구된다.<sup>16)</sup>

본 연구자가 기 선행연구<sup>5, 6, 7, 17)</sup>에서 디젤기관의 기존 상용 인젝터에서 분사된 연료입경이 분사 압력 130kg/cm<sup>2</sup>에서 Sauter 평균입경 70μm임에 비하여 동일한 조건에서 초음파 인젝터의 분사 입경은 20μm을 얻었다. 그리고 초음파 연료공급 장치를 사용한 경우가 기관출력은 52~11.4%, 열효율은 6.2~11.2%, 제동평균유효압력은 4.1~9%, 연료소비율은 5.6~19% 향상을 얻었다.

따라서 본 연구에서는 이와같은 선행 연구를 바탕으로 실제 디젤자동차에 실용성을 검증하기 위하여 상용 연료공급장치용 차량과 초음파 연료공급장치용 차량의 Chassis Dynamometer 시험, 혹한 및 폭서 고속도로 주행시험을 통하여 연료 소비율, 출력의 향상 및 매연의 절감 여부를 규명하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

초음파 연료공급장치의 개략도는 Fig.1과 같고 제원은 Table 1과 같다. 연료여과기를 거친 연료가 ⑥으로 들어가면 직류 12V전원을 받은 초음파 발전기①은 볼트체결 랭개빈 진동자를 진동시키므로 ③초음파혼에서 초음파 에너지를 받아 ⑤로 통해 연료가 연료펌프를 거쳐 연료분사기로 공급된다.

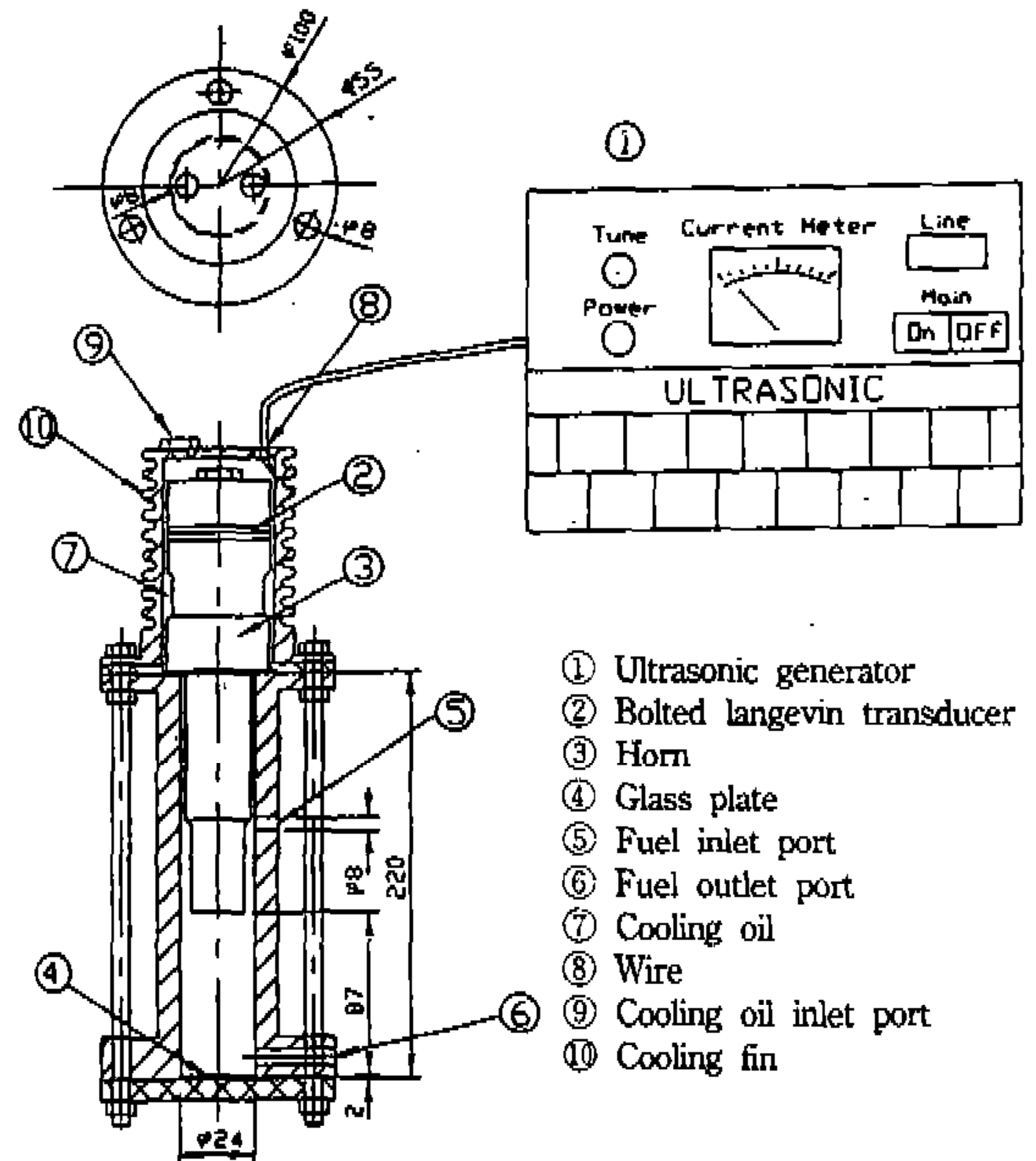


Fig.1 Schematic diagram of ultrasonic fuel feeding device

Table 1 Specification of Ultrasonic Fuel Feeding Device

Items	Specification
Frequency	28KHz
Rectifying	Full wave rectifying
Oscillation	Autotuning by self detection
Transducer	Bolted Langevin Transducer
Horn type	Step

### 2.2 실험 방법

#### 2.2.1 Chassis Dynamometer 성능시험

탐제 디젤자동차의 실험장치의 개략도는 Fig.2와 같고, Chassis Dynamometer의 제원(Bosch Co. Germany)은 Table 2와 같다.

실제 디젤자동차에 초음파 연료공급장치를 부착한 경우와 상용 연료공급장치를 부착한 경우에 대하여 Chassis Dynamometer로 차량 성능을 비교 분석 하였다. Bosch사의 LPS 002(모델명) Chassis Dynamometer는 여유마력과 전동장치에서의 손실마력을 측정한다. 먼저 기관을 정상운전 모드가 되도록 충분히 Warm Up한 다음 Pre-selector를

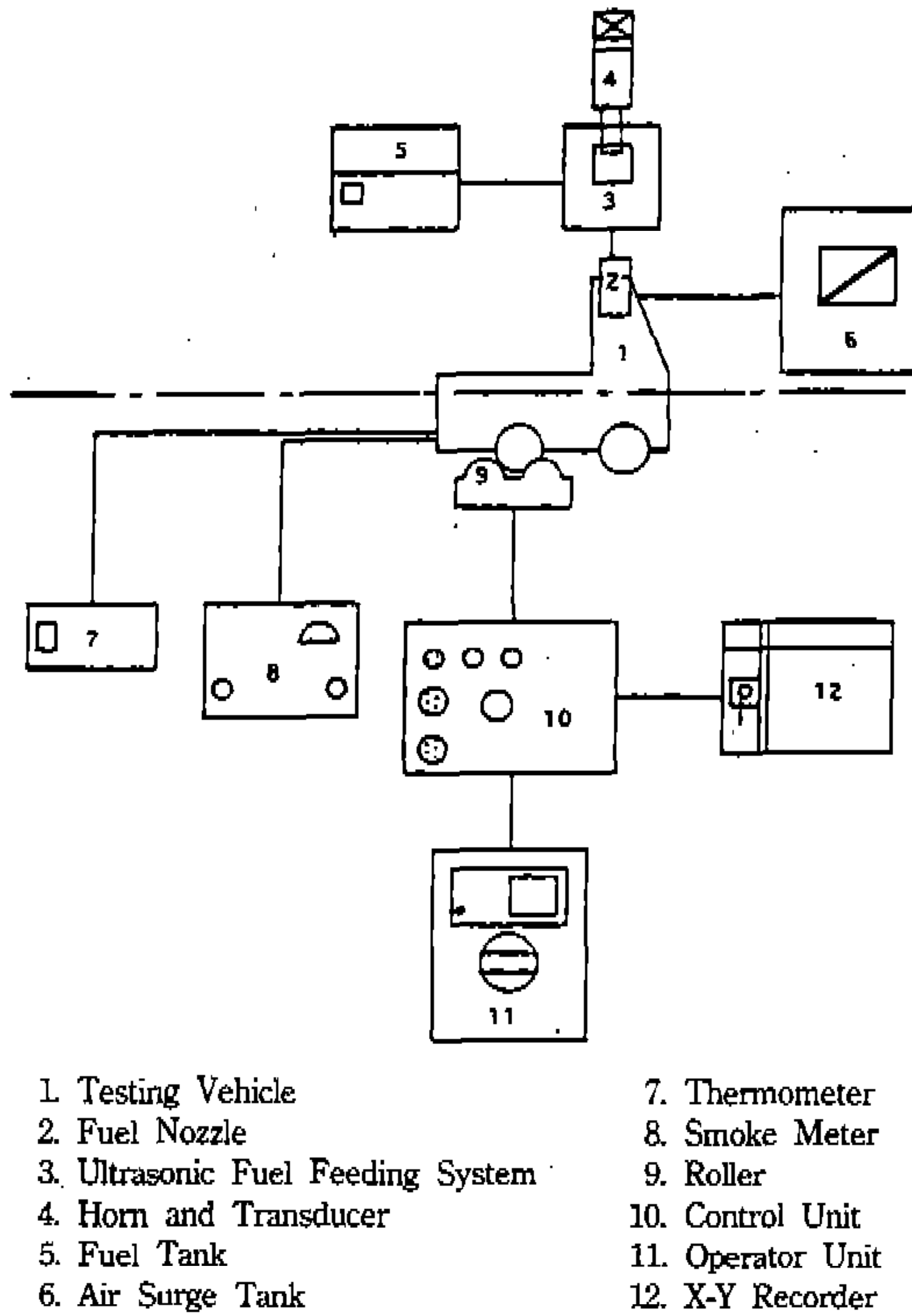


Fig.2 Schematic Diagram of Chassis Dynamometer Testing

Table 2 Specification of Chassis Dynamometer

Contents	Technical Data
Max. Capacity per axle	2,200Kg
Max. test speed	200Km/h(125mph)
Max. Power	200KW
Roller dia.	268mm
Useful length of rollers	2,100mm

Table 3 Specification of Testing Car

Engine Spec.	Curb Weight	Overall Length/ Overall Wide/ Overall Height	Seating Number
76PS / 4,050rpm	1,550kg	4,685mm/ 1,690mm/ 1,920mm	3

사용하여 설정속도를 정하고, 1단기어로 출발하여 차량의 속도가 설정속도의 1/2에 이르기 전에 단수를 Test에 이용되는 단수에 까지 도달하게 한다. 차량의 속도가 설정속도에 도달했을때 클러치를 끊는다. Evaluation Circularity에 의해 가속되는 동안에 여유마력( $P_{rad}$ )과 손실마력( $P_{loss}$ )을 더함으로서 계산된다.<sup>18)</sup> 시험방법은 가속주행인 경우와 정속주행인 경우로 나누어 비교하였다. 가속주행시험은 차량의 설정속도를 120Km/h로 정하고, 1단 기어로 부터 출발하여 설정속도의 1/2 속도에 이르기 전에 5단 기어까지 바꾼 다음 WOT(Wide Open Throttle)상태로 설정속도에 이를때까지 가속한 후 중립기어 상태로 감속한다. 이때 가·감속시의 기관출력이 X-Y Recorder에 의하여 기록된다. 정속주행시험에서는 차량속도를 각각 60Km/h, 80Km/h, 100Km/h, 120Km/h인 경우에 대해서 5단 기어에서 연료소비량과 매연 배출량을 측정하였다.

2.2.2 고속도로 주행시험

고속도로 주행시험 자동차의 제원은 Table 3과 같고, 주행코스는 Fig.3에 나타내었다.

고속도로 주행시험은 기존 디젤자동차에 상용 연료인젝터와 초음파 연료공급장치를 부착한 경우에 대하여 자동차를 출발지로부터 매 50km당 연료소비율을 체크하면서 폭서기간은 350km 혹은 한기간은 536km에 대하여 연속 측정하여 상호 비교하였다.

주행시험에서 자동차의 속도는 가능한 한 정속 80km에 고정하려 하였으나 고속도로 사정으로 정속주행이 어려웠으나 초음파 연료공급장치 부착 자동차의 주행조건을 기 선행 실험한 상용 연료인젝터를 부착한 자동차의 주행조건에 따라 주행하였다.



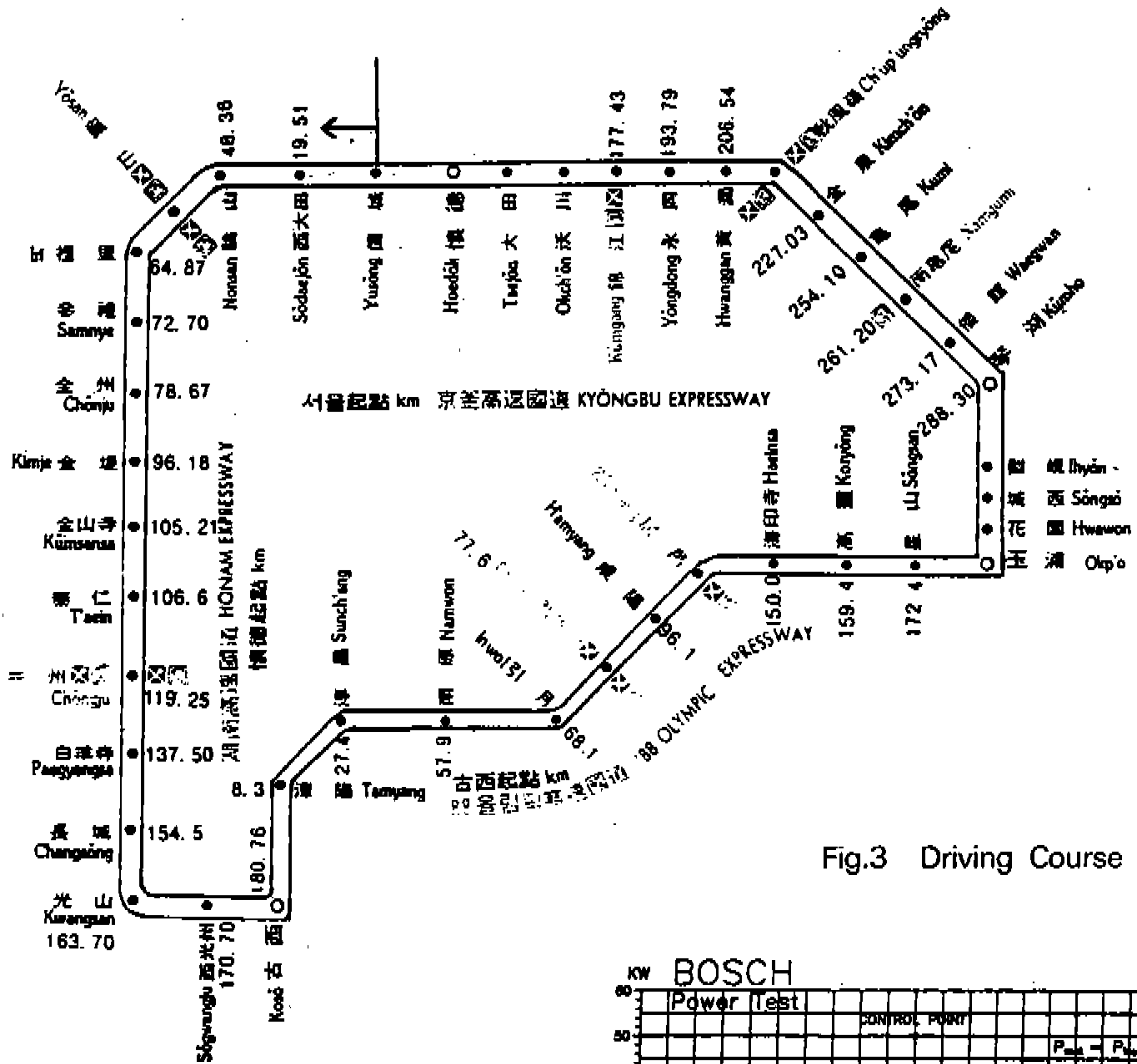


Fig.3 Driving Course

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 기관출력 비교

Fig.4는 초음파 연료공급장치 부착한 차량과 상용 연료공급장치를 부착한 차량의 가속 주행 시험시의 기관출력을 X-Y Recorder에 의해서 기록한 것으로 설정속도는 120km/h이다.

그림에서 양(+ )의 값  $P_{red}$ 는 기관의 여유마력 값이고, 음(-)의 값  $P_{loss}$ 는 Wheel을 구동시키기 위한 손실마력이다. 기관출력( $P_{mot}$ )는 여유마력( $P_{red}$ ) + 손실마력( $P_{loss}$ )이 된다. 그림에서와 같이 초음파 연료공급장치를 부착한 차량의 출력값이 증가하고 있는데 설정속도인 120km/h에서의 값은 41KW(54.96PS)이며, 상용 연료공급장치를 부착한 경우의 값은 37KW(49.6PS)으로 11%가 증가하고 있다. 그 이유는 초음파 연료공급장치를 사용하여 운전한 경우가 초음파 에너지를 충분히 받아 활성화된 연료가 연소실내 더 미세하고 고

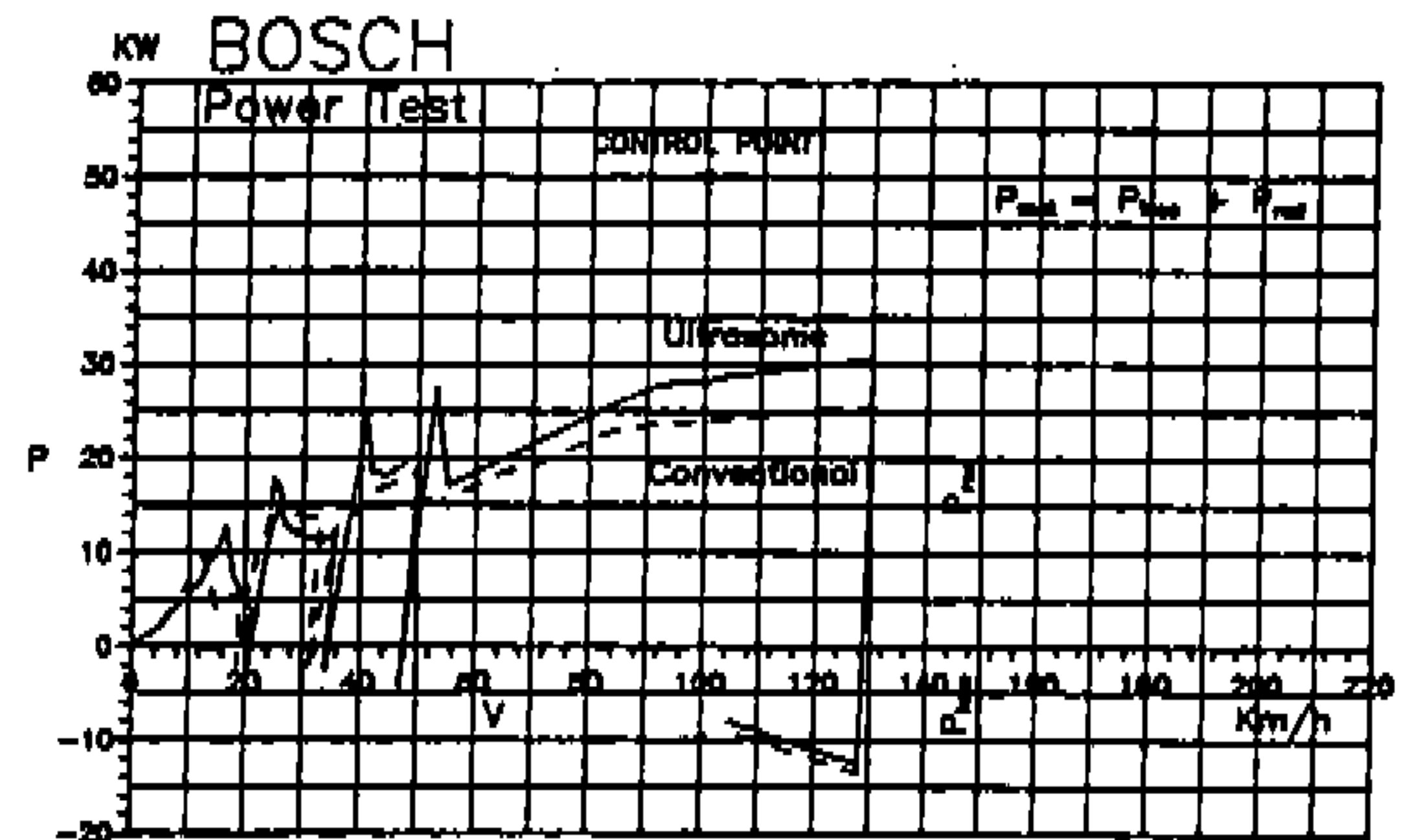


Fig.4 Diagram of Chassis Dynamometer Test

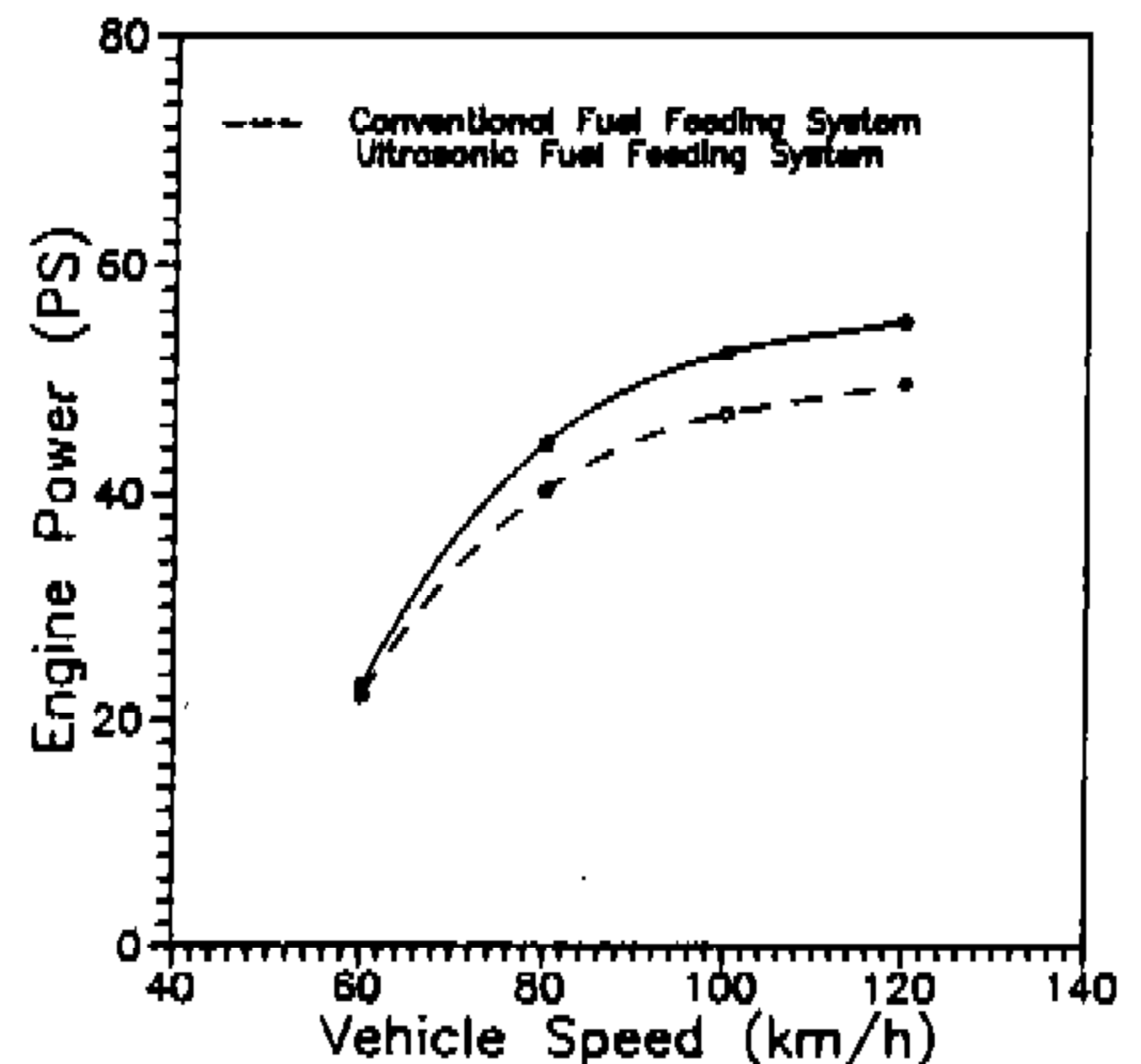


Fig.5 Relation of Engine Power vs. Vehicle Speed (Chassis Dynamometer Test)

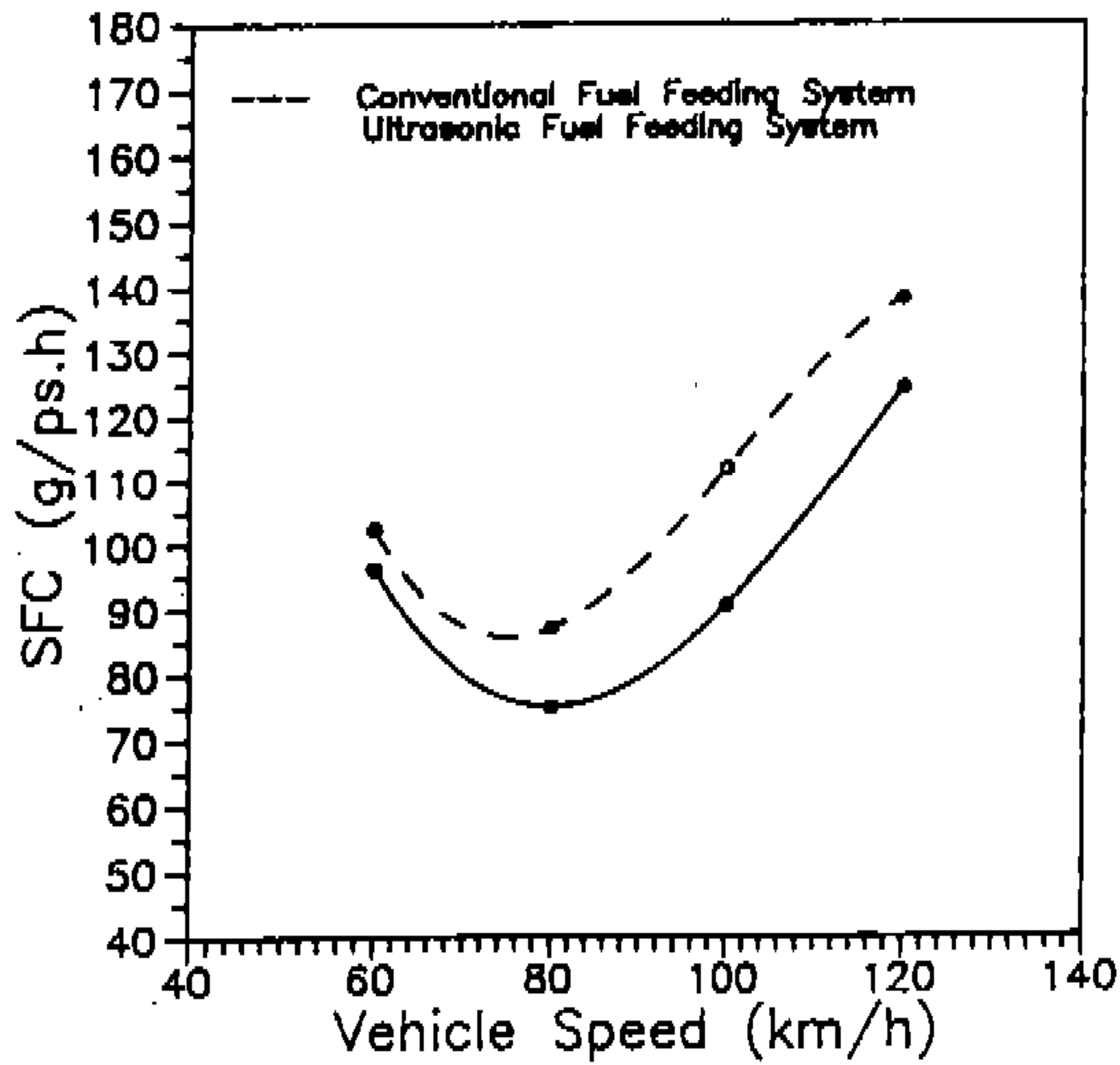


Fig.6 Relation of Specific Fuel Consumption vs. Vehicle Speed(Chassis Dynamometer Test)

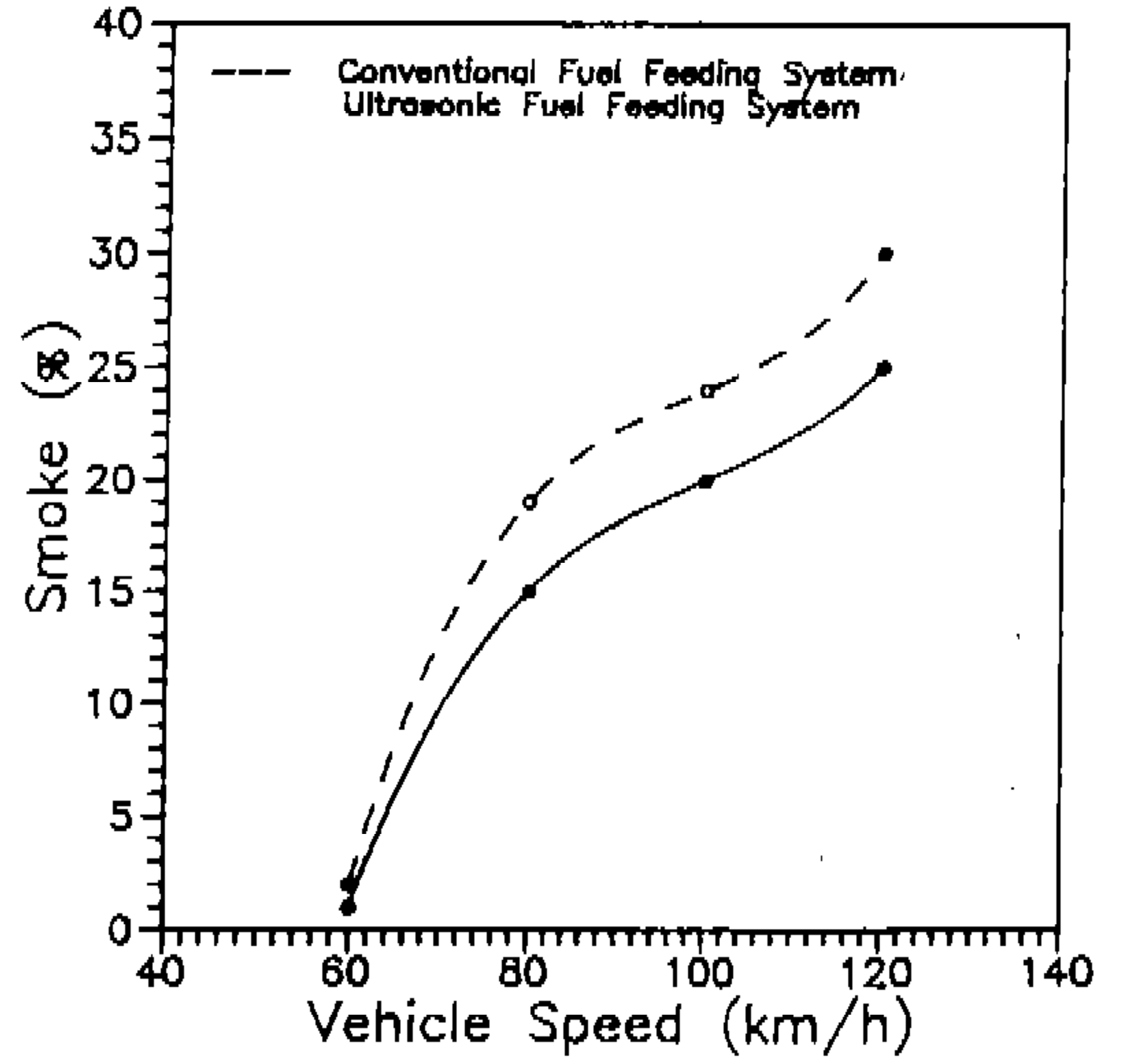


Fig.7 Relation of Smoke vs. Vehicle Speed(Chassis Dynamometer Test)

Table 4 Measured Kilometer for Fuel Consumption

Starting Point	Total Distance(Km)	Section Distance(Km)	Required Time(minute)	Average Speed(Km)	Quantity of Consumed Fuel (L)	Fuel Consumption Ratio(Km/L)
Yu Seong	—	—	—	—	—	—
50Km	50	50	32	94	5.9	8.47
			* 30	* 100	* 5.1	* 9.80
Jeong Ju Service Area	105	55	37	89	6.2	8.87
			* 35	* 94	* 5.7	* 9.86
50Km	155	50	30	100	3.9	12.82
			* 31	* 97	* 3.4	* 14.70
100Km	205	50	36	83	4.0	12.50
			* 35	* 86	* 3.6	* 13.89
Jilisan Service Area	250.8	45.8	35	78	3.7	12.38
			* 41	* 67	* 3.4	* 13.47
50Km	300.8	50	38	79	4.4	11.36
			* 39	* 77	* 3.8	* 13.16
100Km	350.8	50	40	75	3.5	14.29
			* 39	* 77	* 2.4	* 20.83
Total	350.8		4 : 08	86	31.6	11.10
			* 4 : 10	* 86	* 27.4	* 12.80

\* Automobile of Ultrasonic Fuel Feeding Device

르게 분사되어 연소가 촉진되기 때문이다.<sup>8, 10, 14)</sup>

Fig.5는 차량이 주행속도에 대한 기관의 여유 출력값을 나타낸 것이다. 초음파 연료공급장치를 부착한 차량의 여유출력값이 상용 연료공급장치를 부착한 차량의 출력값 보다 60km/h에서 4.6%, 80km/h에서 10%, 100km/h에서 11.43% 그리고 120km/h에서는 11% 증가하고 있다. 그 이유는 초음파 연료공급장치를 사용하여 운전한 경우가 초음파 에너지를 충분히 받아 활성화된 연료가 연소실내 더 미세하고 고르게 분사되어 연소가 촉진되기 때문이다.<sup>8, 10, 14)</sup>

### 3.2 연료 소비율 비교

Fig.6은 정속주행 시험시의 차량속도에 대한 연료소비율의 관계를 나타낸 것으로 초음파 연료공급장치를 부착한 차량의 연료소비율이 60 km/h에서 6.03%, 80km/h에서 14%, 100km/h에서는 19% 그리고 120km/h에서는 10%가 향상되었다. 그 이유는 초음파 에너지를 받아 연료의 분무개선에 의한 연소촉진 효과로 출력이 증가하였기 때문이다.

Table 5 Measured Kilometer for Fuel Consumption

Starting Point	Total Distance (Km)	Section Distance(Km)	Required Time(minute)	Average Speed(Km)	Quantity of Consumed Fuel (L)	Fuel Consumption Ratio(Km/L)
Yu Seong	—	—	—	—	—	—
Yeo-San	49.8	49.8	33	90.5	4.2	11.86
	* 49.8	* 49.8	* 31	* 96.4	* 3.7	* 13.46
Jeong Ju Service Area	107.3	57.5	39	88.5	5	11.50
	* 107.7	* 57.9	* 38	* 91.4	* 4.1	* 14.12
Kwang-Ju	161.4	54.1	38	85.4	4.3	12.58
	* 161.8	* 54.1	* 36	* 90.2	* 3.8	* 14.24
Sun-Chang	211.2	49.8	37	80.8	4.3	11.58
	* 211.6	* 49.8	* 34	* 87.9	* 3.6	* 13.83
Jilisan Service Area	252.5	41.3	33	75.1	3.6	11.47
	* 252.9	* 41.3	* 30	* 82.6	* 2.9	* 14.24
Ko-Chang	304.5	52	40	78	4.2	12.38
	* 304.8	* 51.9	* 37	* 84.2	* 3.6	* 14.42
Ko-Po	353.2	48.7	39	74.9	4.3	11.33
	* 353.2	* 48.4	* 38	* 76.4	* 3.5	* 13.83
Chil-Kok	396.7	43.5	35	74.6	3.7	11.76
	* 396.7	* 43.5	* 33	* 79.1	* 2.6	* 16.73
ChuPyung Ryung	453.7	57	38	90	4.5	12.67
	* 454	* 57.3	* 40	* 86	* 3.8	* 15.08
Yu-Seong	536	82.3	57	86.6	7.1	11.59
	* 536.3	* 82.3	* 60	* 82.3	* 6	* 13.73
TOTAL	536		6 : 29	82.4	45.2	11.86
	* 536.3		* 6 : 17	* 85.7	* 37.6	* 14.26

\* Automobile of Ultrasonic Fuel Feeding Device



### 3.3 매연(smoke) 비교

Fig.7은 주행차량의 주행속도와 Smoke량의 관계를 나타낸다. 초음파 연료공급장치와 상용 연료공급장치를 부착한 자동차의 경우 자동차 속도가 증가함에 따라 Smoke량도 증가하는데 이것을 일반적인 경향과 일치한다.

차량 속도별로 초음파 연료공급장치와 상용 연료공급장치를 부착한 자동차의 배출 Smoke량은 초음파 연료공급장치의 경우, 동일한 차량속도 60km/h에서 50%, 80km/h에서는 21%, 100km/h에서 20% 그리고 120km/h에서 16.7% 감소함을 나타내고 있다. 그 이유는 연료 미립화에 의한 연소상태의 개선에 의한 것으로 사료된다.

### 3.4 폭서 고속도로 주행 시험 비교

상용 연료공급장치를 사용한 디젤 자동차와 초음파 연료공급장치를 사용한 디젤 자동차를 전주행 구간 350.8km를 각 50km당 연료소비율을 측정하여 Table 4에 나타낸다. 총 주행거리 평균값을 비교하면, 상용 연료공급장치를 사용한 디젤자동차에 비하여 초음파 연료공급장치를 사용한 디젤자동차가 주행 연료소비율(km/l)이 15.3% 향상되었다. 이는 총 고속도로 주행거리 350km를 주행하는 시간이 4시간 8분과 4시간 10분으로 거의 동일한 상태에서 총 주행거리와 연료소비량을 단위 거리로 환산하여 15.3% 향상된 것은 초음파 에너지에 의한 연소 촉진 효과 때문이다.

### 3.5 혹한 고속도로 주행 시험

혹한 고속도로 주행시험은 상용 연료공급장치를 부착한 디젤자동차와 초음파 연료공급장치를 부착한 디젤자동차를 동일 코스로 536km를 주행하면서 대략 50km당 연료소비율을 측정하여 Table 5에 나타 내었다. 총 주행거리를 주행한 시간이 6시간 29분과 6시간 17분으로 거의 동일한 상태이므로 평균값을 비교하면 상용 연료공급장치를 부착한 디젤자동차에 비하여 초음파 연료공급장치를 부착한 디젤자동차가 주행 연료소비율(km/L)이 20.2% 향상 되었다. 그 이유는 혹한시는 연료가 초음파 에너지 효과를 더욱 받은

것으로 사료된다.

## 4. 결 론

본 연구자들이 개발한 초음파 연료공급장치와 상용 연료공급장치를 실제 디젤 자동차에 부착하여 Chassis Dynamometer를 이용한 차량의 주행시험과 실제 도로에서 혹한, 폭서 고속도로 주행 시험을 실시하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

- 1) Chassis Dynamometer 시험에서 전 회전수 구간에 초음파 연료공급장치를 부착한 경우가 출력 4.6-11.43% 증가, 연료소비율 6-19% 향상 및 매연 16.7-50% 향상되었다.
- 2) 고속도로 주행 연료소비율은 폭서의 경우 초음파 연료공급장치를 부착한 경우가 15.3% 향상과 혹한의 경우 20.2% 향상을 얻었다.

## 후 기

“이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음”

## 참 고 문 헌

1. 류정인, 전승석, “초음파 인젝터를 이용한 디젤기관의 연소 특성에 관한 연구”, 한국자동차공학회 추계학술강연 초록집, pp.34-39, 1989.
2. 류정인, 조규상, “디젤기관의 완전연소용 무화기 개발”, 한국자동차공학회지 12(5), pp.26-35, 1990.
3. 류정인, 조규상, 정명진, “초음파 진동에 의한 디젤기관의 성능 향상”, 한국자동차공학회지 13(6), pp.65-71, 1991.
4. 류정인, 정명진, “디젤기관에 있어서 저질유 연소를 위한 기초연구”, 충남대학교 공업교육연구소 14(1), pp.69-78, 1991.
5. 류정인, 최두석, 설진호 : “초음파 연료인젝터를 사용한 디젤기관의 성능에 관한 연구”,

- 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 119-124, 1992.
6. 류정인, 조규상, 정명진, “디젤기관에 있어서 저질유 연소를 위한 기초 연구(2)”, 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, pp.149-154, 1992.
  7. 류정인, “액체연료의 미립화 기술”, 한국과학재단 제75회 학연산 교류회, 1992.
  8. 류정인, “초음파 연료공급장치를 이용한 디젤기관의 성능 향상에 관한 연구”, 제7회 에너지절약기술 워크샵 논문집, 한국에너지기술연구소, X1-65-77, 1992.
  9. 류정인의 3인, “초음파 연료분사장치를 이용한 가솔린 기관의 성능 향상에 관한 연구”, 액체미립화 학술강연회 논문집, 한국액체미립화 연구회, pp.72-79, 1992.
  10. 류정인의 3인, “초음파 연료분사장치를 사용한 디젤자동차의 주행성능에 관한 연구”, 한국자동차공학회 추계학술대집, pp.50-59, 1992.
  11. 류정인의 4인, “초음파 연료공급장치를 사용한 EFI자동차의 성능 향상에 관한 연구”, 한국자동차공학회 추계학술대회 논문집, pp.50-59, 1992.
  12. 류정인의 4인, “초음파 연료무화장치를 사용한 가솔린 기화기 자동차 성능 향상에 관한 연구”, 한국자동차 공학회 추계학술대회 논문집, pp.60-68, 1992.
  13. 류정인, 최두석, 양륙룡, “초음파 연료공급장치용 가솔린 자동차의 성능 향상에 관한 연구 (1)”, 충남대학교 산업기술연구소 논문집, 7 (2), ; pp.79-86, 1992.
  14. 류정인의 3인 “디젤기관에 있어서 저질유 연소를 위한 기초 연구”, 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, pp.565-570, 1993.
  15. 류정인의 3인, “초음파 연료공급장치를 이용한 디젤기관의 성능 향상에 관한 연구(2)”, 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 583-588, 1993.
  16. 류정인의 3인, “초음파 연료공급장치용 가솔린 자동차의 성능 향상에 관한 연구(1)”, 한국자동차공학회지, 15(3), pp.47-54, 1993.
  17. 류정인의 2인, “디젤기관의 완전연소를 위한 초음파 연료분사장치의 초음파 연료 분사장치의 개발에 관한 연구”, 한국과학재단 목적 기초연구보고서Ⅲ, p.151, 1993.
  18. BOSCH사, “Chassis Dynamometer LPS-002 Manual”.