

〈논 문〉 SAE NO. 953710

자동차용 가솔린의 경비행기 엔진 적합성에 관한 실험적 연구

Experimental Study of Automotive Gasolines in a Light Aircraft Engine

성 낙 원*
N. W. Sung

ABSTRACT

The primary purpose of this extensive test effort was to observe real-time operational performance characteristics associated with automotive grade fuel utilized by piston engine powered light aviation aircraft. In fulfillment of this effort, baseline engine operations were established with 100LL aviation grade fuel followed by four blends of automotive grade fuel.

A comprehensive sea-level-static test cell/flight test data collection and evaluation effort were conducted to review operational characteristics of a carbureted light aircraft piston engine as related to fuel volatility, fuel temperature, and fuel system pressure. Presented herein are results, data, and conclusions drawn from test cell engine operation as well as flight test operation on 100LL aviation grade and four blends of automotive grade fuel.

주요기술용어 : Automotive Fuel(자동차용 연료), Aviation Fuel(항공기용 연료), Light Aircraft(경비행기), Piston Engine(피스톤 엔진), Vapor Lock(연료막힘), Fuel Volatility(연료휘발성), Vapor Liquid Ratio(연료증기/액체연료비)

1. 서 론

최근 국내에도 경비행기의 교통수단으로서의 사용이 신중히 검토되고 있고, 지금의 여건이면 멀지않아 경비행기의 생산 및 운행이 이루어질 것으로 예상된다. 경비행기용 피스톤엔진은 고도에서의 안전성 때문에 특수하게 배합된 항공기용 가솔린을 사용하여야 하나, 일부 공급이

원활치 않은 경우나 기술적 인식부족 때문에 자동차용 가솔린을 사용하여 사고가 발생하는 경우가 자주 보고되고 있다.¹⁾

경비행기용 가솔린 엔진의 주요 기능은 배기 공해보다는 안전과 성능 및 내구성으로서, 이러한 관점에서 경비행기에 자동차용 가솔린을 사용할 때 검토되어야 하는 문제들은 노킹, 예점화, 연료증기 발생에 의한 연료막힘 현상, 기화기에서의

* 정회원, 성균관대학교 기계설계학과

결빙, 재시동 불능, 연료의 기통간의 불균일 분배, 마모 등이 있다. 이 중 연료증기에 의한 연료막힘 현상과 기화기에서의 결빙, 그리고 각 기통간의 연료의 불균일 분배는 연료의 휘발성에 직접 관계되어 있다. 연료의 휘발성은 연료공급계통과, 공기흡입구 그리고 연소실내에서 연소직전의 연료증발에 영향을 준다. 연료휘발성의 한 척도로써 미국 ASTM 기준의²⁾ 증류방법에 의한 연료의 90% 증발온도는 연료중의 높은 비등온도를 갖는 무거운 탄화수소의 양을 의미하고, 10% 증발온도는 가벼운 탄화수소의 양을 표시한다. 자동차용 가솔린은 경비행기용 가솔린에 비해 높은 90% 온도와 낮은 10% 온도를 갖고 있기 때문에, 경비행기용 엔진에 자동차용 가솔린을 사용할 경우 기통간의 연료의 분배가 불균일할 것으로 예상된다. 또 휘발성이 강한 자동차용 가솔린은 연료공급계통에서 주위의 열에 의한 많은 연료증기를 발생하고, 이 증기에 의해 엔진이 필요로 하는 연료공급이 제한될때 심각한 안전문제가 제기되며 결국 엔진이 정지하고 재시동이 불가능하게 된다.

연료로부터 발생되는 증기의 양은 연료의 온도와 압력에 의하여 결정되며 연료 온도가 증가할수록 또는 연료압력이 감소할수록 증가한다. Aldrich등³⁾은 연료 온도에 대한 연료증기 발생량을 서로 다른 Reid증기압을 갖는 연료의 증기대 액체의 비로 표시하였고, 경비행기의 고도 비행조건에서는 대기보다 낮은 압력과 가벼운 연료성분의 가열에 의해 연료증기의 양이 급격히 증가하는 것을 보였다. York등⁴⁾은 경비행기에서의 연료계통에서 연료증기의 발생에 의한 연료막힘 현상을 조사하였는데, 다이어프램 펌프식 연료공급 엔진이 중력식 연료공급 엔진보다 연료막힘 현상이 빨리 발생하는 것을 발견하여, 펌프내에서의 연료증기 발생을 최소화하는 방법을 제시하였다. Piggot⁵⁾은 여러종류의 연료공급장치중에서 압력강하를 예측하는 모델을 개발하였고 이 모델로 연료탱크의 허용온도와 작동고도의 허용범위를 제시하였다.

본 연구에서는 연료공급계통에서의 연료증기 발생과, 액체연료의 유동특성을 실험적으로 규

명하여, 연료의 성상이 엔진의 성능 및 안전한 운전에 미치는 영향을 평가하는 것을 목적으로 한다. 본 연구를 위하여 연료공급장치로는 다이어프램식 연료펌프장치와, 중력식 연료공급장치를 고려하였고, 연료로는 4종류의 자동차용 가솔린과 한 종류의 경비행기용 가솔린을 대상으로, 연료증기 발생경향과 엔진 기통간의 연료분배 불균일성을 조사하였다.

2. 실험적 연구

연 료

시험 엔진 및 연료계통은 경비행기용 엔진으로 제작된 AVCO사의 Lycoming 0-320 모델을 선정하였고 이 엔진에서의 연료의 성상이 미치는 성능 및 안전에 관한 영향을 규명하기 위하여 2종의 자동차 엔진용 연료(12A, 15B)와 2종의 특수 제조된 연료(No.1, No.2)와 경비행기용으로 판매되고 있는 연료(100LL) 등 모두 5종의 연료를 선정하였다.⁶⁾ 각 연료의 상태량은 표 1에 정리하

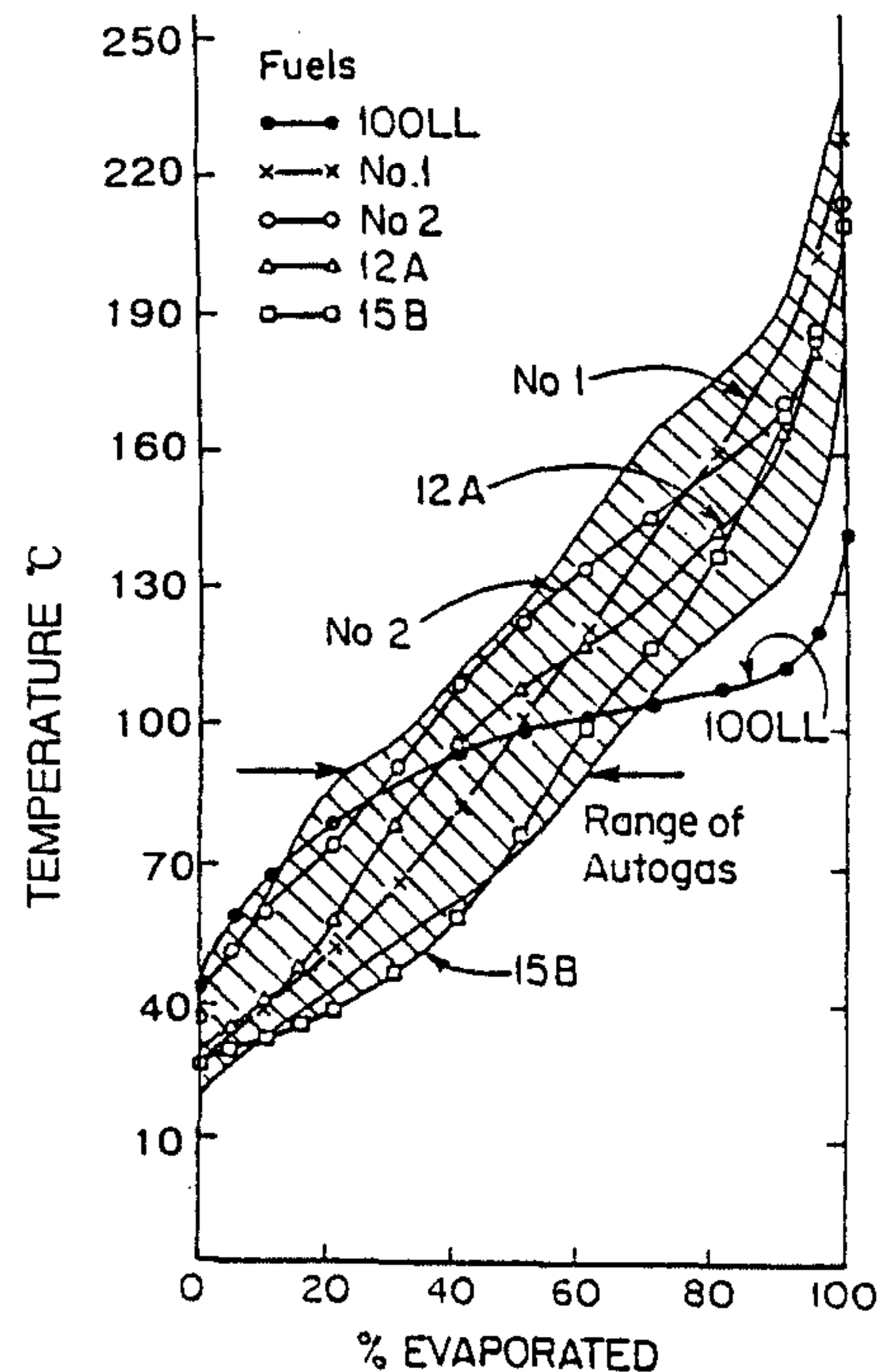


Fig.1 Distillation curve for five fuels

표 1 시험연료의 주요 상태량

	100LL	12A	15B	No.1	No.2
H/C 비	0.185	0.162	0.175	—	—
Reid증기압(kPa)	46.0	81.0	97.0	99.0	55.0
옥탄가(MON)	101.6	90.6	90.0	81.5	83.5
옥탄가(ROK)	104.1	99.6	99.6	93.1	90.0
비 중	0.705	0.739	0.704	0.735	0.753
납화합물(TEL, ml/l)	—	11.4	11.4	—	—
탄화수소종류					
아로매틱(%)	16.6	—	—	26.5	40.3
올레핀(%)	0.1	—	—	24.0	1.6
파라핀(%)	83.3	—	—	49.5	58.1

였고, 그림 1에서 각 연료의 증류곡선을 보이고 있다. 이 중 자동차용 연료인 12A와 15B는 판매되고 있는 다양한 가솔린중에서 상온에서의 휘발성을 대표하는 것으로 Reid증기압 81kPa와 97kPa를 갖는 것으로 선정하였고, No.1과 No.2 연료는 상온에서의 휘발성 뿐만아니라 성분에서도 자동차용 가솔린중 대표적인 것으로, No.1 연료는 Reid증기압이 97kPa이면서 최소 비등점이 겨울용 무연가솔린과 같게 하였고, No.2 연료는 여름용 무연가솔린이 갖는 Reid증기압 55kPa로 결정하였다.⁷⁾

이들 연료중 No.1 연료는 경향공기의 저고도 순항조건에서는, 엔진작동이 희박공연비조건이므로, 이 연료성분중의 고농도 올레핀 때문에 노킹이나 조기점화를 일으킬 가능성이 높은 것으로 예상되었다. 더하여 No.1 연료의 높은 휘발성은 연료계통에서의 연료증기 발생에 의한 연료공급 중단현상이나 기화기의 결빙을 일으킬 위험이 많은 것으로 예상되었다. No.2 연료는 엔진 각 기통간의 연료 분배가 나쁜 경우를 연구하기에 적당할 것으로 예상되었고, 특히 시동후 이륙시에 흡기관이 충분히 가열되어 있지 않을 때의 효과에 대한 결과를 볼 수 있을 것으로 기대되었다. No.2 연료에서 무거운 성분인 아로매틱 화합물이 주로 노킹억제효과를 갖고 있는 반면, 가벼운 성분인 파라핀 화합물은 낮은 옥탄가를 갖고 있으므로 이 경우의 초기 연료분배가 나쁠때에 대한 효과를 볼 수 있을 것으로 예상되었다. 이 경우 각 기통에서의 노킹발생을 예

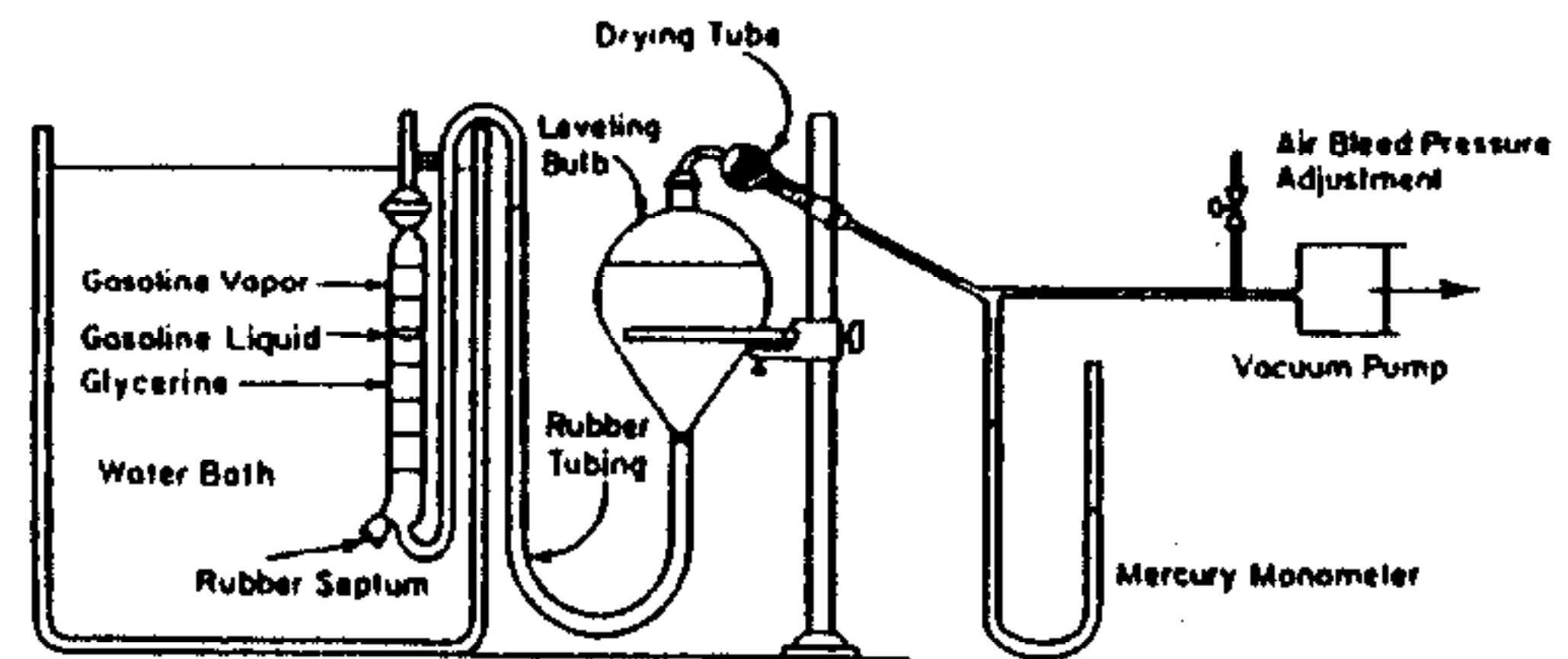


Fig.2 Vapor-liquid ratio test arrangement(V/L) (Modified ASTM D2533-67 method)

상할 수 있고, 더하여 이 연료의 비등 영역에서의 연료분배에 미치는 영향도 관심의 대상이었다.

연료증기와 액체연료 비(V/L/비)

가솔린은 서로 다른 비등점을 갖는 여러 종류의 탄화수소로 구성되어 있으므로 주어진 온도에서 서로 다른 양의 연료증기를 발생한다. 주어진 조건에서 일정량의 연료에서 발생하는 연료증기의 양을 액체연료와의 체적비로 표시하여, 연료증기와 액체연료의 비(V/L비)로 정의하고 V/L비는 ASTM D2533-67³⁾에 제시된 방법으로 구한다. 그림 2는 ASTM D2533-67방법에서 사용하는 시험기구를 보여주고 있는데, 시료 연료는 0°C로 조절된 밀폐된 용기에서 모세관형의 주사기로 1ml를 취하여, 완전 탈수된 글리세린으로 채워진 뷰렛으로 옮기고, 이 뷰렛을 온도가 일정하게 유지되는 수조에 잠기게 위치한 후, 일정한 온도로 유지된 수조 조건에서 평형에 도달한 연료증기와 액체연료의 체적을 눈금으로 읽어 구한다.

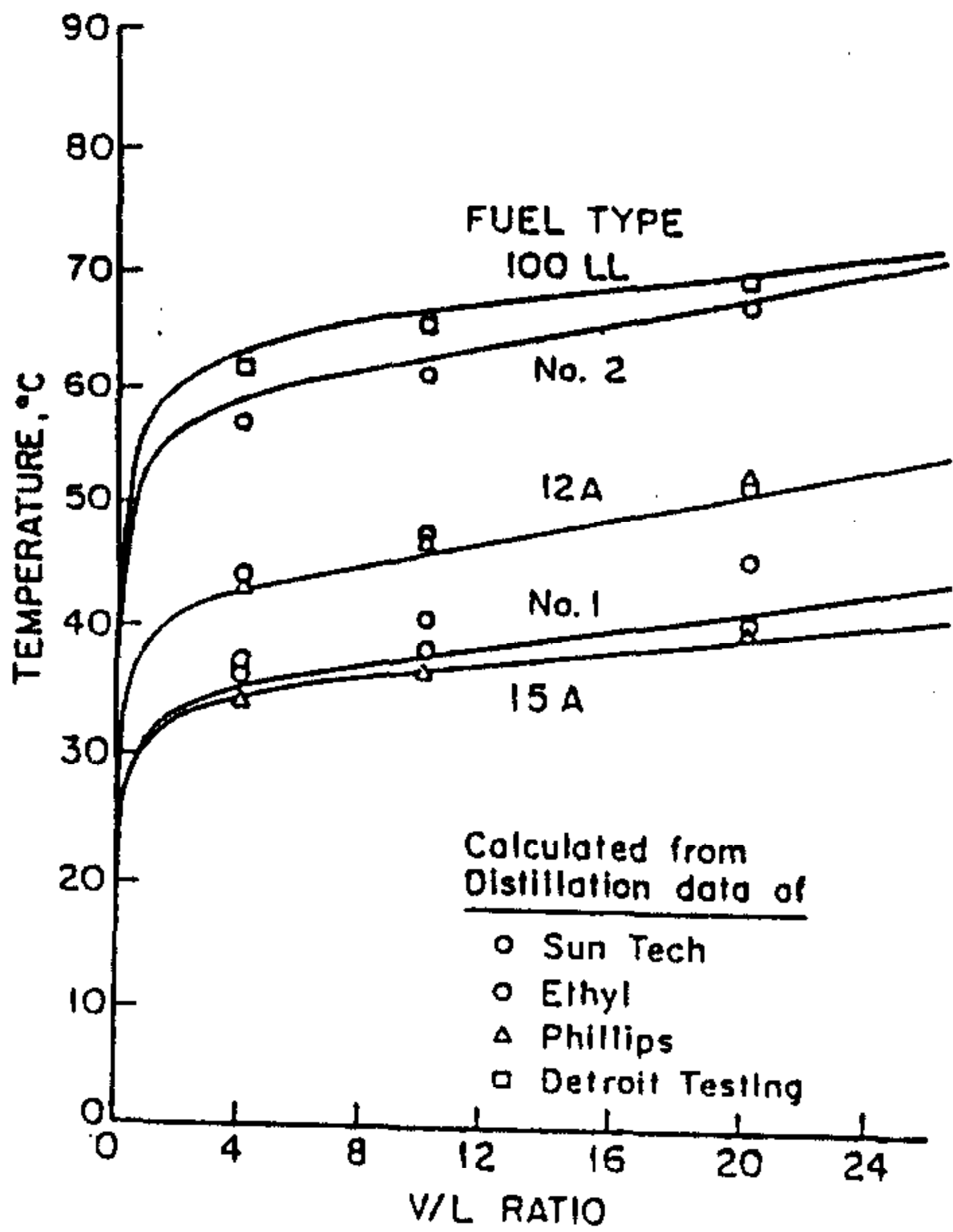


Fig.3 Vapor-liquid ratio at different temperatures
(Solid lines are experimental, points are calculated)

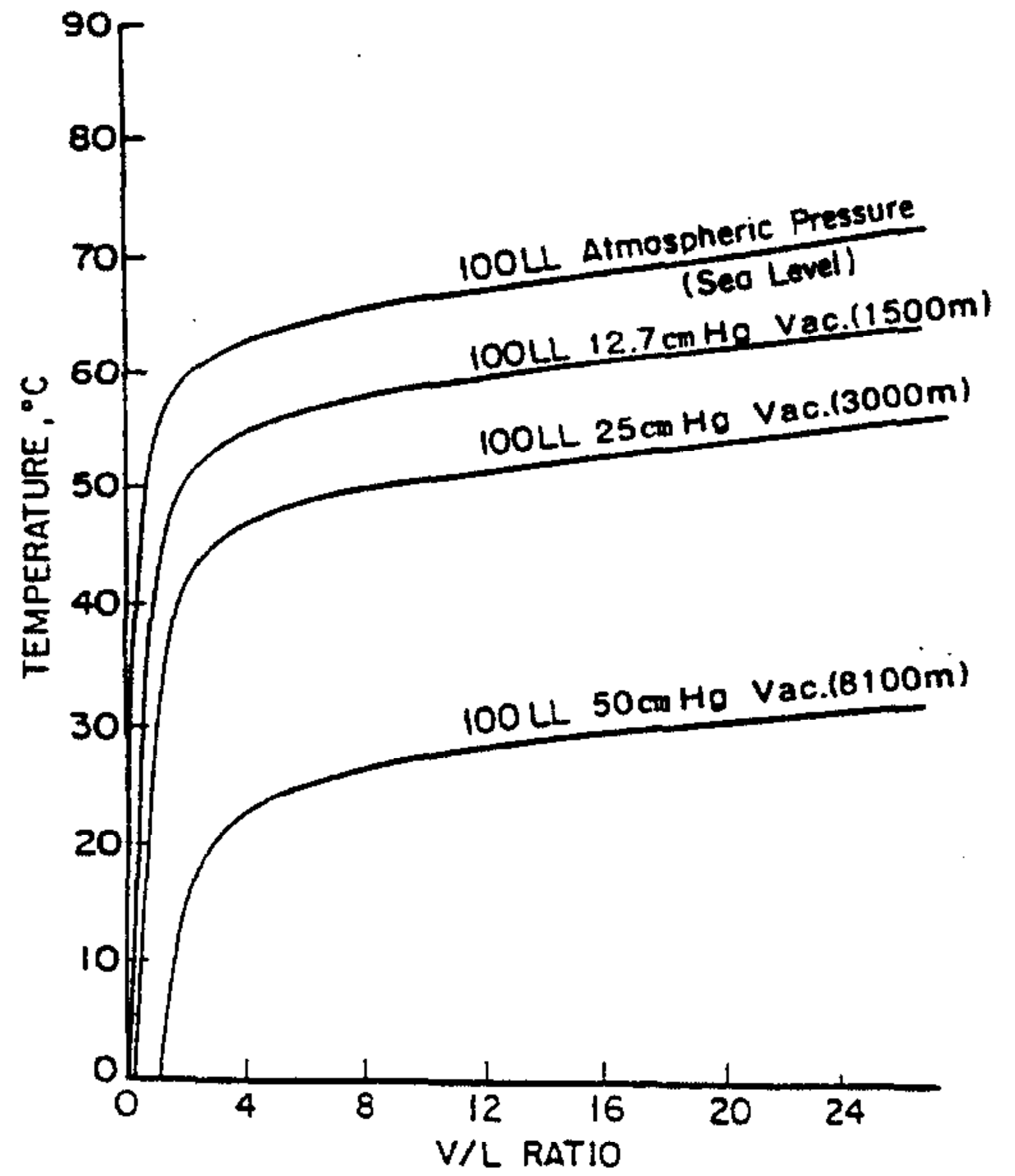


Fig.4 Vapor-liquid ratio at altitude for 100LL fuel

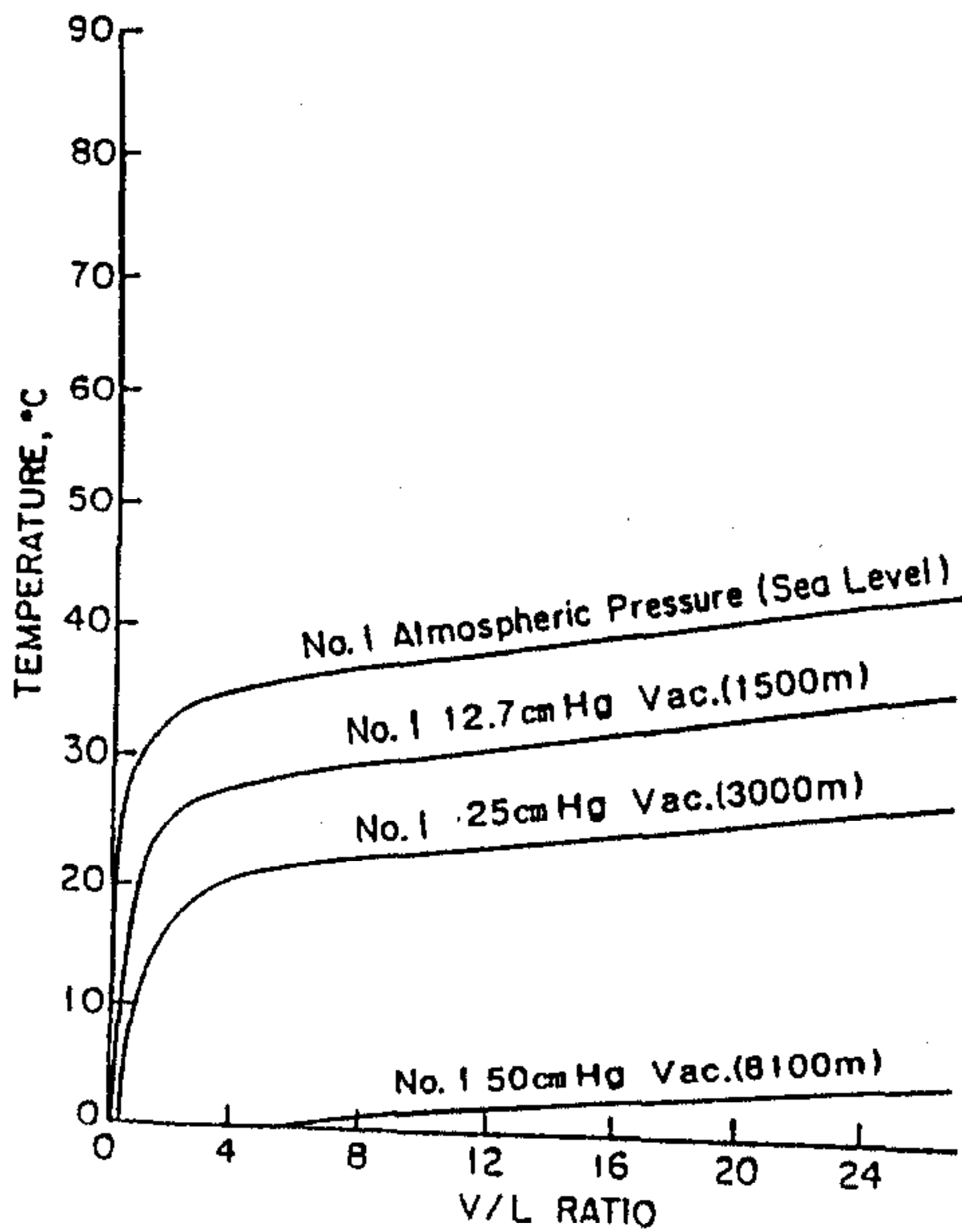


Fig.5 Vapor-liquid ratio at altitude for No.1 fuel

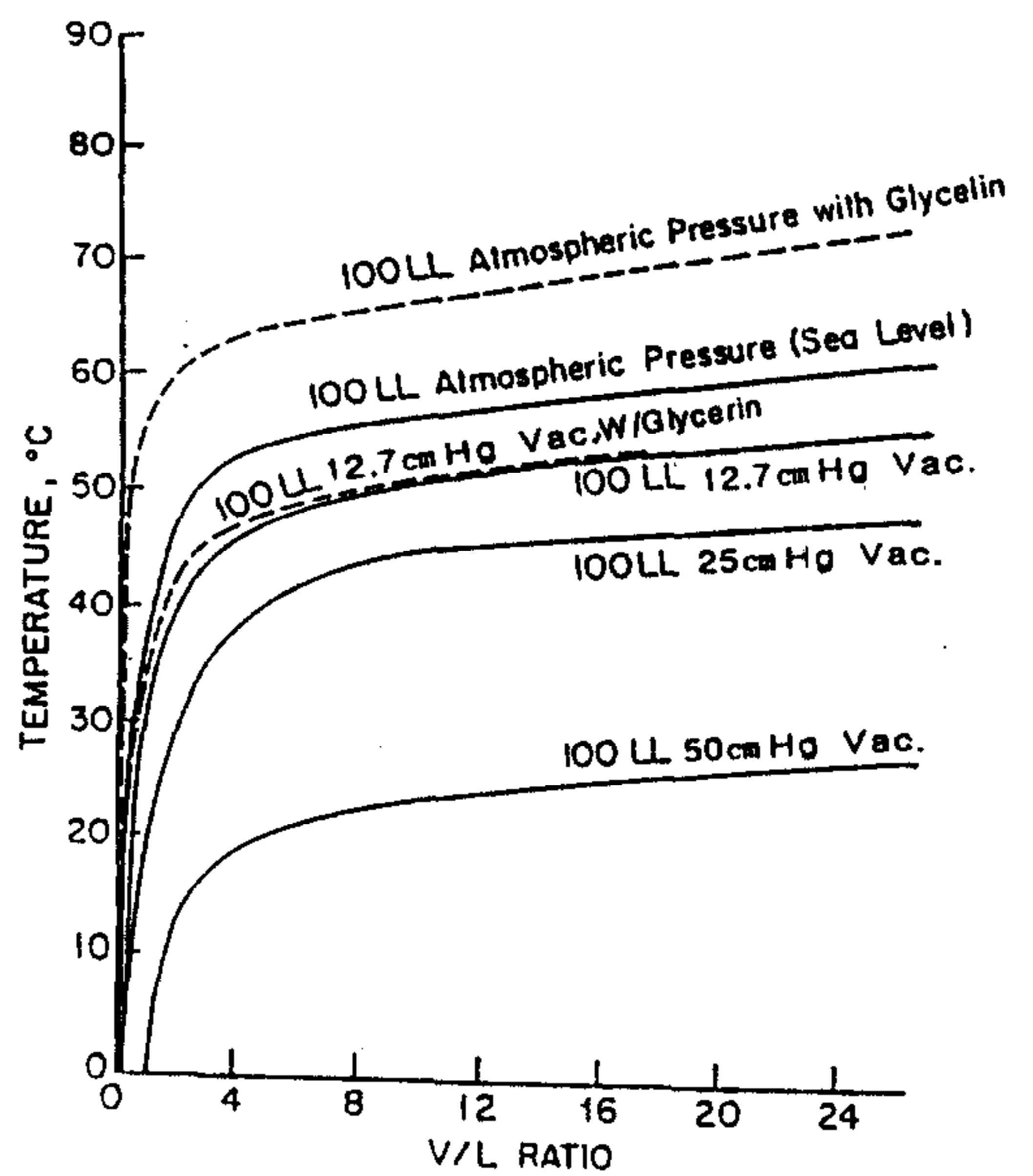


Fig.6 Vapor-liquid ratio at altitude for 100LL fuel with water

고도에 의한 압력변화의 영향을 고려하기 위하여 뷰렛의 압력을 진공펌프로서 조절한다. 그림 3은 본 연구에서 사용한 각 연료의 표준압력에서의 온도와 V/L비를 보여주고 있다. 모든 연료에서, V/L비가 2까지의 저온에서는 완만한 연료증기의 발생을 보여주다가 V/L비가 4이상에서는 온도의 변화에 따라 급격한 연료증기의 발생을 보여주고 있다. 또 그림 3에 ASTM 증발곡선과 Reid증기압으로 부터 V/L비를 수치적으로 구하는 ASTM D439x1.2방법을 이용하여 계산한 V/L비의 값을 표시하였다. 연료중 No.1연료와 경비행기용 가솔린인 100LL에 대하여는 대기압보다 낮은 50 cmHg까지의 진공 압력에서의 V/L비를 측정하여 그림 4와 그림 5에 표시하였다. 압력이 대기압 이하일때, 대기압에 비하여 V/L비가 급격히 증가하는 것을 보여주고 있고, 항공기용 100LL 연료의 경우 고도 300m당 비등온도가 1.7°C감소하는 효과와 같은 것으로 나타나고 있고, No.1 연료의 경우 고도 300m당 1.5°C의 온도가 감소하는 효과를 보여주고 있다. 판매되는 가솔린의 경우 실제 연료에 물이 포함되어 있기 때문에⁷⁾, 물이 포함된 연료에 대한 V/L비를 구하기 위하여 시험장치에 글리세린 대신 물로 채운 뷰렛을 시험한 결과, 물이 있는 경우 증기의 양이 급격히 증가하는 것을 그림 6에서 보여주고 있다.

연료계통내의 유동특성

연료유량은 엔진의 요구조건과 연료공급장치에 의하여 결정된다. 본 연구에서는 엔진에 의해 구동되는 다이어프램 연료펌프방식과 중력에 의하여 연료가 공급되는 장치를 채택하였으며, 그림 7에서 두 장치를 by-pass 장치를 이용하여 교대로 사용할 수 있는 엔진 시험장치를 보여주고 있다. 중력식 연료공급 장치는 높은 날개형 항공기에 쓰이는 장치와 같은 조건이 되도록 배관 크기와 길이를 조정하였다. 이 시험장치를 이용하여 쉽게 엔진속도에 의한 연료유량을 측정하였다. 그림 8은 100LL과 No.1 연료의 각 엔진 작동조건에서의 유량을 보여주고 있는데, No.1 연료의 유량이 100 LL에 비하여 적은 것은 No.1 연료의 휘발성 때문에 연료펌프내에 연료증기가 발생한 때문으로 판단된다.

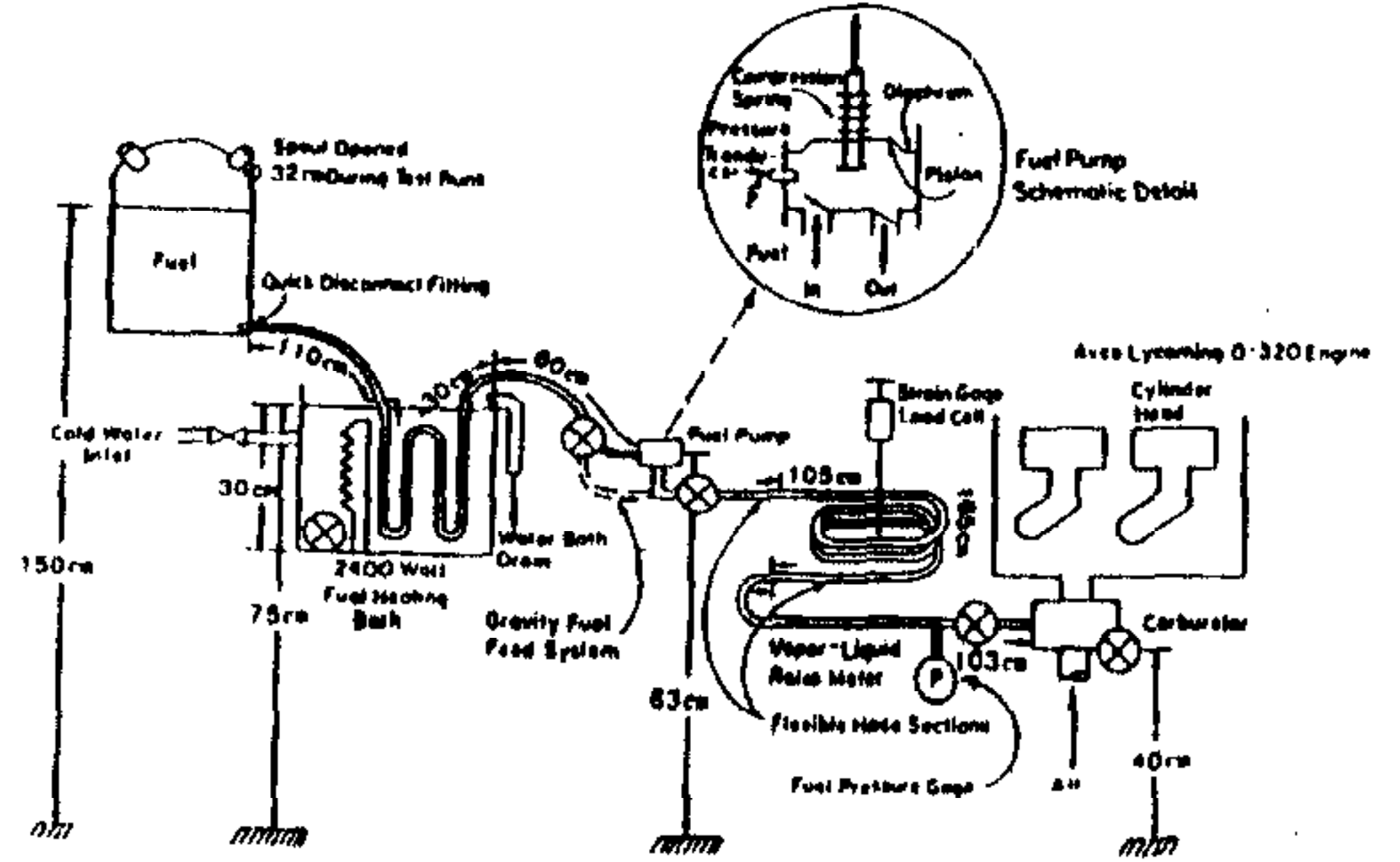


Fig.7 Schematic diagram of two fuel delivery systems
(⊗ Location of thermocouples)

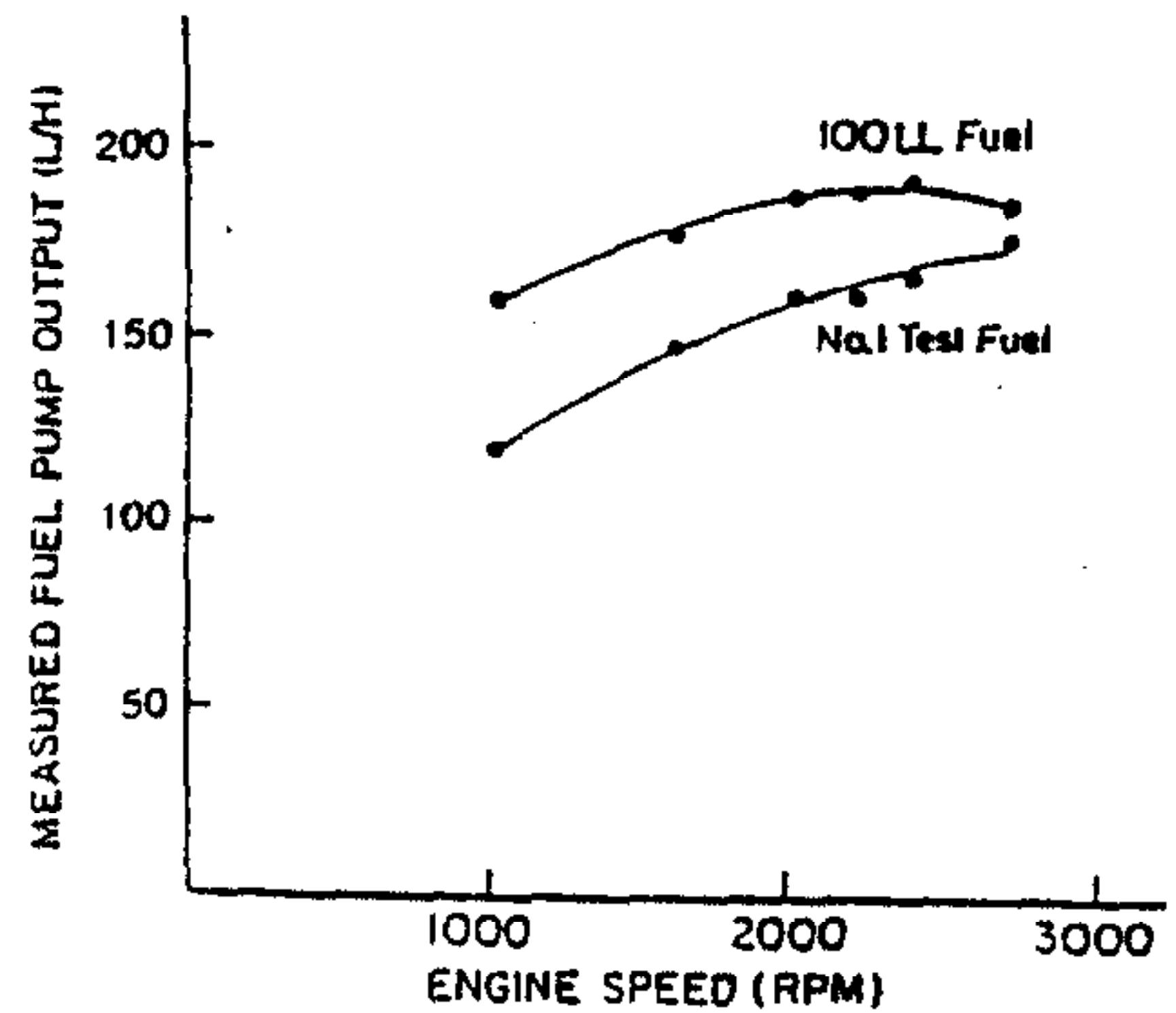


Fig.8 Fuel pump flow at various engine speeds
(No flow restriction at pump outlet, fuel supply 45cm above inlet, 21°C fuel temperature)

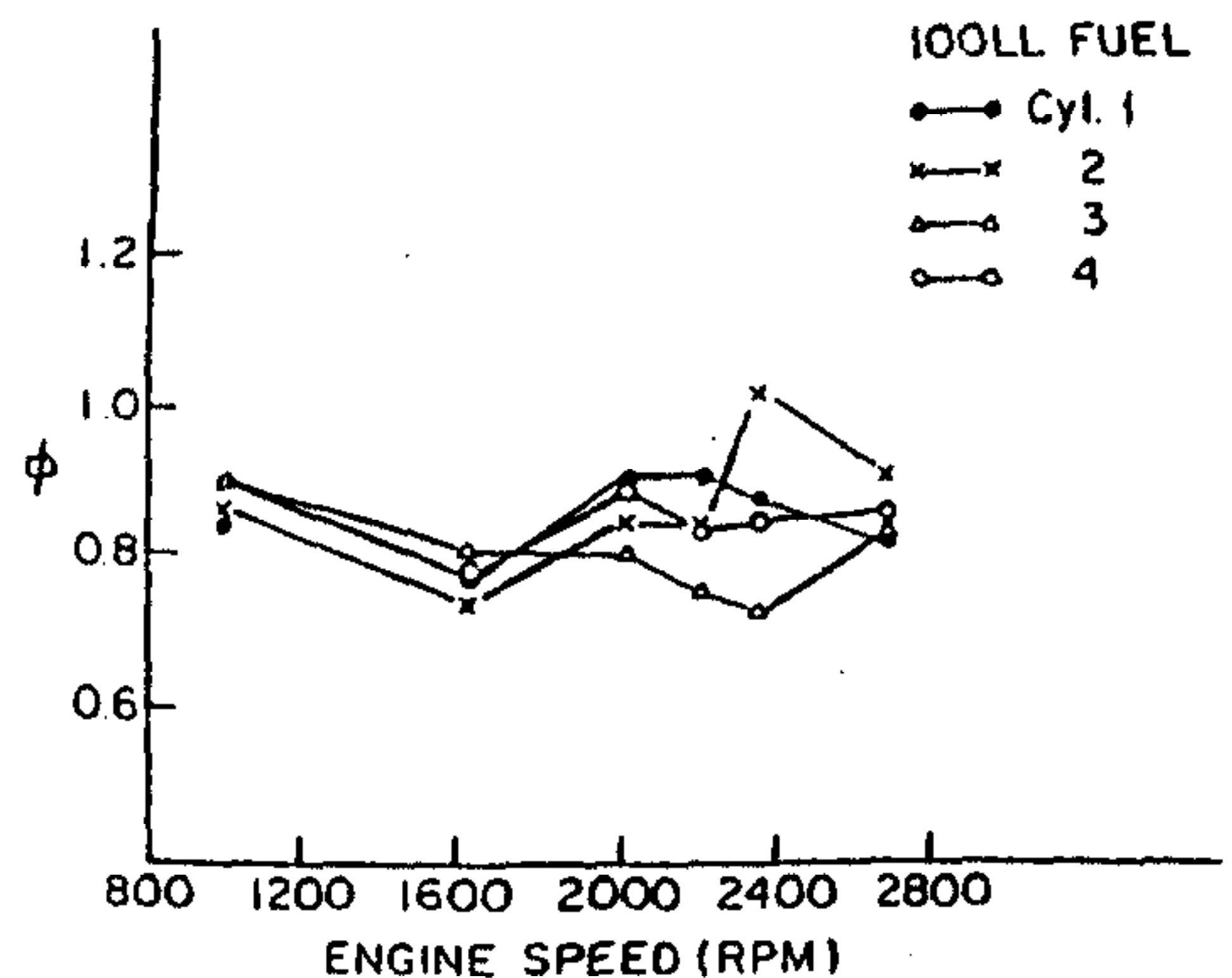


Fig.9 Equivalence ratio distribution with 100LL fuel

표 2 기통간 등가공연비 표준편차

rpm	100LL	No.1	No.2
1000	0.027	0.033	0.042
1620	0.028	0.038	0.046
2000	0.046	0.076	0.064
2200	0.065	0.087	0.084
2350	0.118	0.092	0.052
2700	0.043	0.029	0.029

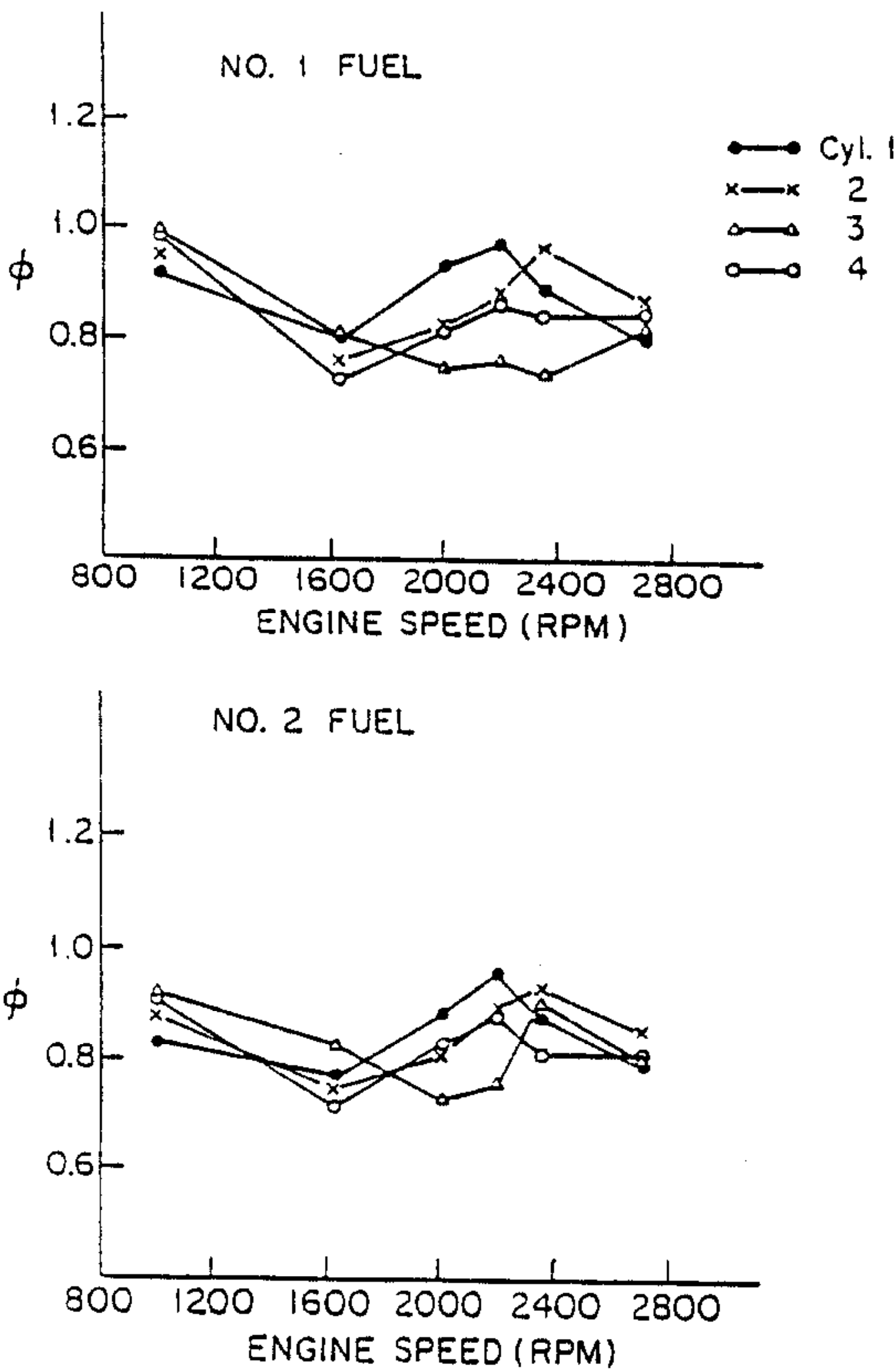


Fig.10 Equivalence ratio distribution with No.1 and No.2 fuels

기통간 연료분배

각기통간의 연료분배에 관한 시험을 No.1과 No.2 연료에 대하여 시험하였다.⁹⁾ 연료분배 정도는 각 기통에서의 배기가스로 부터의 공연비를 측정하는 것으로 구하였다. 각 기통의 공연비는 배기가스중의 과잉산소나 완전 연소에 필요한 부족산소농도를 측정하여 구하는 배기가스 측정 장치를 사용하였고, 측정결과는 그림 9와 그림

표 3 흡기온도 변화에 따른 기통간 등가공연비 표준편차

흡기 온도(°C)	표준편차
2200rpm, 100LL 연료	
10.0	0.077
23.0	0.054
27.5	0.053
32.0	0.052
35.0	0.042
38.0	0.040
2200rpm, No.1 연료	
9.0	0.073
15.6	0.061
28.0	0.067
32.0	0.049
38.0	0.052

10에 보이고 있다. 그림에서의 수치는 등가공연비로 실제공연비를 이론공연비로 나눈값을 사용하였다. 각 엔진조건에 따른 측정값에서, 기통간의 등가공연비의 표준편차를 구하여 기통간 연료분배에 관한 정도로 표 2에 정리하였다. 엔진 속도 2000, 2200, 2350rpm에서는 세 연료가 모두 상대적으로 나쁜 연료분배를 보여주고 있다. 연료분배는 대기조건에 영향을 받고, 특히 대기온도에 영향을 받으므로 엔진 흡기온도를 변화시켜 실험한 결과를 그림 11에 보이고 있고 표 3에서 구한 등가공연비의 표준편차 변화를 보면 흡기온도가 증가할수록 연료분배가 개선되는 것을 확인하였다.

연료 증기 발생에 의한 연료공급중단 현상
연료증기와 액상의 연료비와 비를 엔진작동중에 측정할 수 있도록 V/L 미터를 제작하였다. 이

측정장치는 내경 1cm, 길이 2.5cm의 구리관을 외경 2.5cm의 나선형 관으로 만들어 나선형 구리관과 관안의 연료의 무게를 최대용량 5kg의 스트레인 게이지를 이용한 로드셀로 측정하였다. V/L 미터는 초기 연료를 주입하기 전의 구리관의 무게와, 액체연료를 다 채운 후의 무게를 측정하고 연료관 상에 연료증기가 발생할 경우 생기는 무게의 변화를 측정하여 구하도록 하였다. 주 연료관과 V/L미터인 나선형 구리관 사이는 유

연한 고무관으로 연결하여 연료관이 V/L미터의 무게 측정에 영향을 안 미치도록 하였고, V/L미터의 나선형구리관은 유동방향으로 완만한 경사를 주어 V/L미터내와 연결부에 연료가 정상유동 상태를 유지하며 흐르게 하여 측정치에 오차를 줄이도록 하였고 이 V/L미터는 연료펌프와 기화기 사이에 장착하여, 엔진 냉각용 송풍기의 흐름이 V/L미터 측정치에 영향을 안 주는 위치에 장착하였다.

V/L비는 연료증기의 무게를 무시하면 아래의 식(1)로 부터 구해진다.

$$\frac{V}{L} = \frac{W_T - W_A}{W_A} = \frac{(V_F - V_E) - (V_M - V_E)}{V_M - V_E}$$

$$= \frac{V_F - V_M}{V_M - V_E} \quad (1)$$

$\frac{V}{L}$ = vapor to liquid ratio, (volume vapor/volume liquid)

W_T = total weight of fuel in the V/L meter without vapor

W_A = actual weight of fuel in the V/L meter

V_F = voltage full

V_E = voltage empty

V_M = measured voltage

연료에서의 연료증기 발생은 연료 온도와 압력에 의하여 결정된다. 이중 연료 온도에 의한

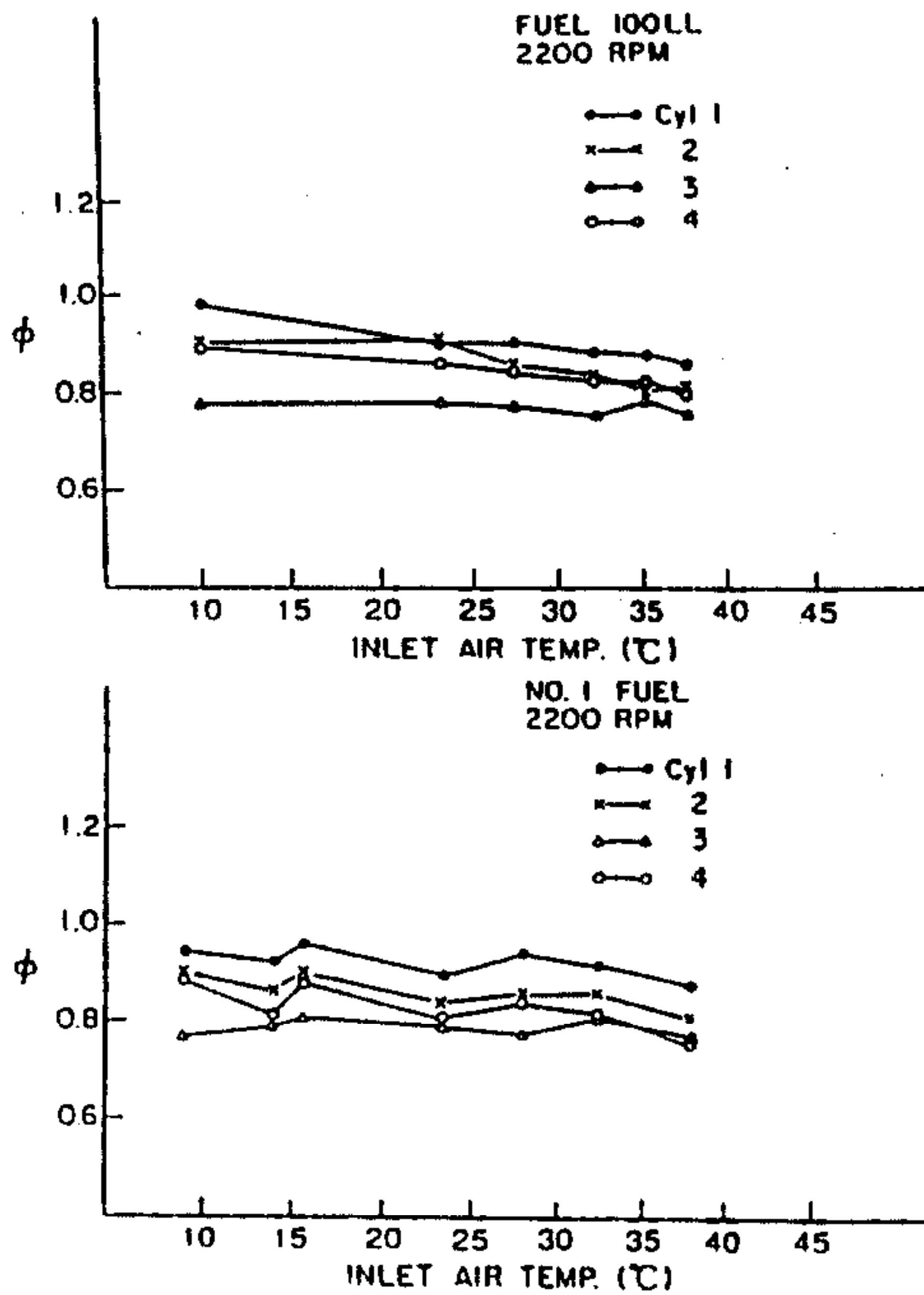


Fig.11 Inlet air temperature effect on mixture distribution

표 4 엔진 측정조건

Mode	rpm	HP
1. 공회전	1000	8
2. 지상주행	1600	32
3. 착륙	2000	65
4. 경제순항(농후공연비)	2200	87
5. 경제순항(희박공연비)	2200	87
6. 보통순항(농후공연비)	2350	107
7. 보통순항(희박공연비)	2350	107
8. 이륙	2700	160

영향을 알아보기 위하여 V/L미터를 수조에 잠기게 하고 수조의 물을 5Kw 전기 가열기로 가열하였다. 수조의 물의 온도를 감지하면서, 전기 히터를 작동시켜 수조의 온도를 증가시키며, 냉각을 위하여는 수도관을 수조에 연결하고 필요량을 수조에 공급하여 온도를 조절하였다. 수조의 상부에는 배수용 구멍을 만들어 수조의 수면의 높이는 일정하게 유지하였다. 연료관의 각 부분의 온도를 측정하기 위하여는 열전대는 장착하였고 그 장착위치는 그림 7에 표시하였다. 측정 조건으로 표 4에 표시된 8단계의 엔진 작동조건을 선정하였고, 앞에서 설명한 5종의 연료에 대하여 실험을 시작하였다. 실험 시작 전에는 연료관에 연료증기가 없도록 연료 온도를 18°C이하로 유지하였고, 실험을 반복하기 위하여 필요시에는 얼음을 수조에 부어 사용하였다. 측정치는 V/L미터에서의 V/L비와, 열전대의 온도와 공연비 측정값들로 실험중 Nicolet 디지털 오실로스코프에 기록하고, 실험후 HP9830 컴퓨터를 이용하여 필요 계산을 수행하였다.

그림 12는 12A 연료의 엔진조건 2350rpm의 회박조건에서 연료를 가열하기 시작하여 발생하는 연료증기에 의한 연료막힘 현상의 진행을 보여주고 있는데 점선으로 표시된 연료계통에서의 연료온도가 증가함에 따라 V/L 비가 증가하고, 공연비가 희박해지며 연료압력이 감소하는 것을 보여주고 있다. V/L미터에서의 데이터는, 초기에 점진적인 증기발생이 연료의 가열과 함께 급격한 연료증기 발생으로 발전하는 것을 보여주고 있다. 연료막힘 현상은 엔진출력의 급격한 감소후 엔진이 정지한 상태를 의미하며, 그림 13은 12A 연료의 2350rpm 엔진작동조건에서 엔진 출력의 변화를 보여주고 있다. 이 실험조건에서는 연료막힘 현상이 연료를 가열하기 시작하여 약 7분 내에 발생하는 것을 보여주고 있다.

연료 증기에 의한 연료막힘 현상이 발생할때의 V/L비를 "한계 V/L비"라고 정의하고 각 연료에 대한, 한계 V/L비를 구한 결과가 그림 14에 보이고 있다. 이결과에서 엔진속도가 증가할수록 한계 V/L비가 감소하고, 2700rpm에서는 한계 V/L비가 연료의 종류에 상관없이 6으로 나타나고

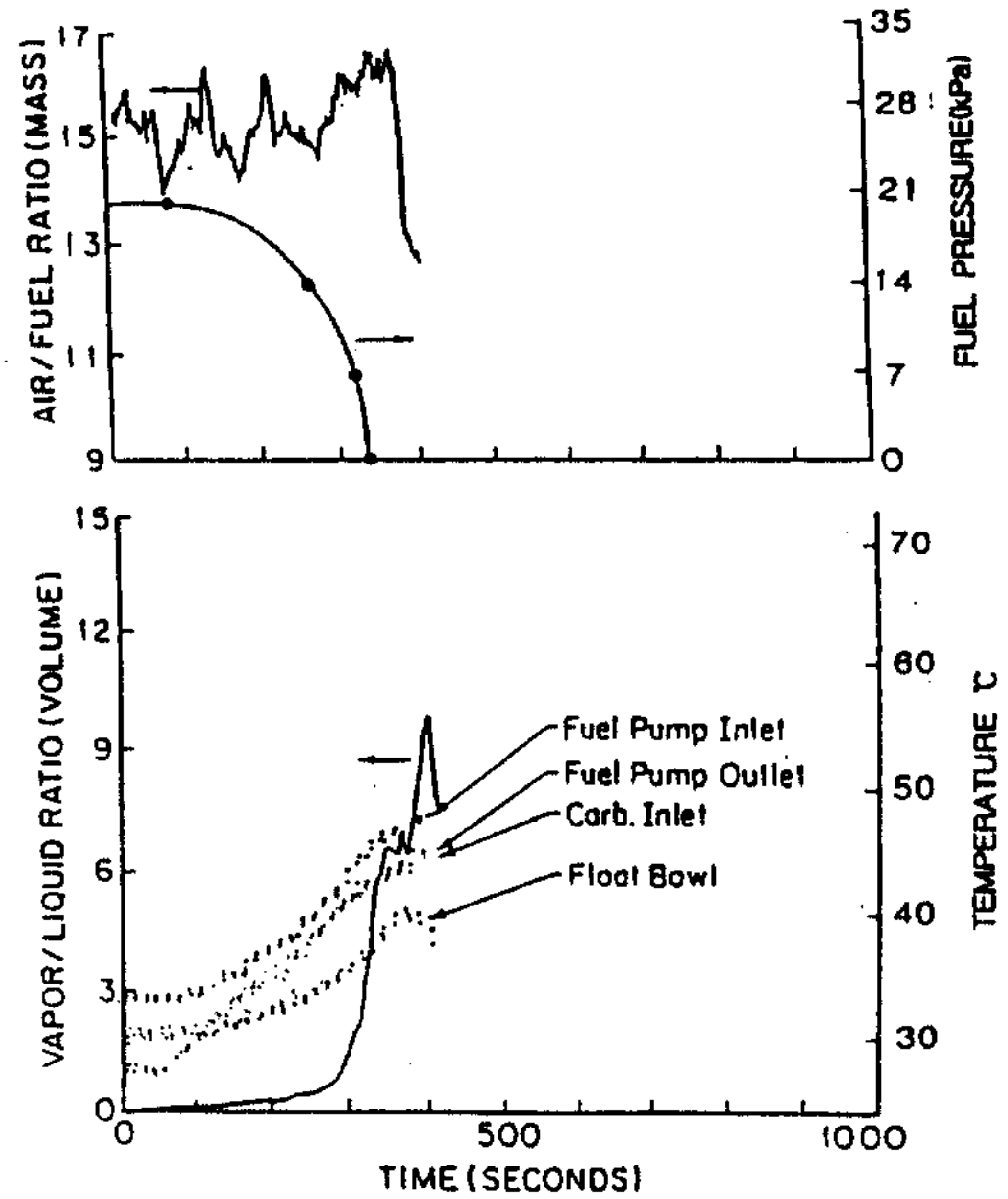


Fig.12 Vapor lock development(12 A fuel, 2350rpm, lean mixture)

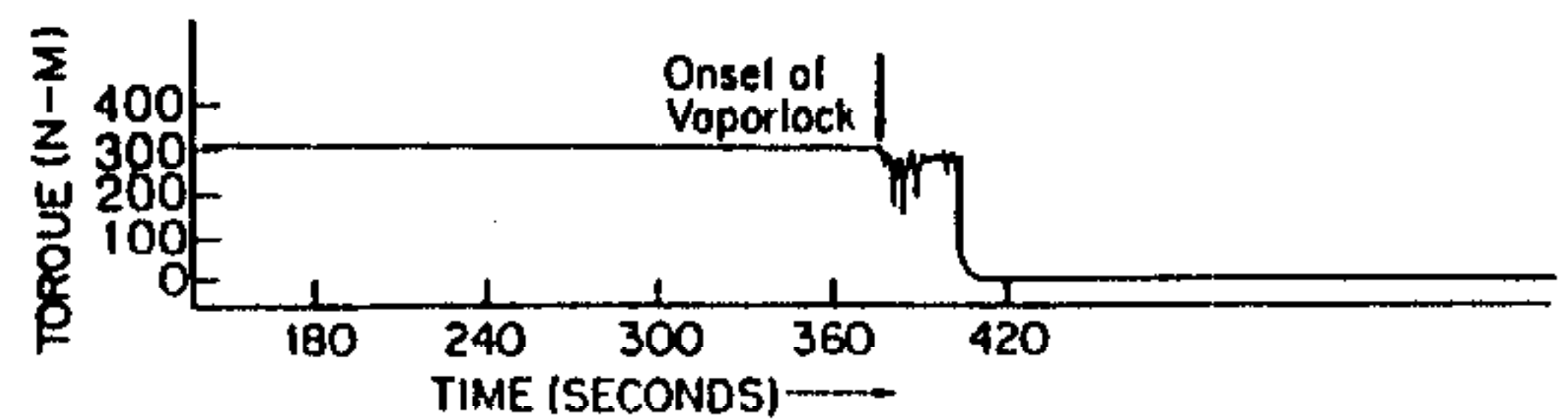


Fig.13 Torque variation as vapor lock develops (12A fuel, 2350rpm, lean mixture)

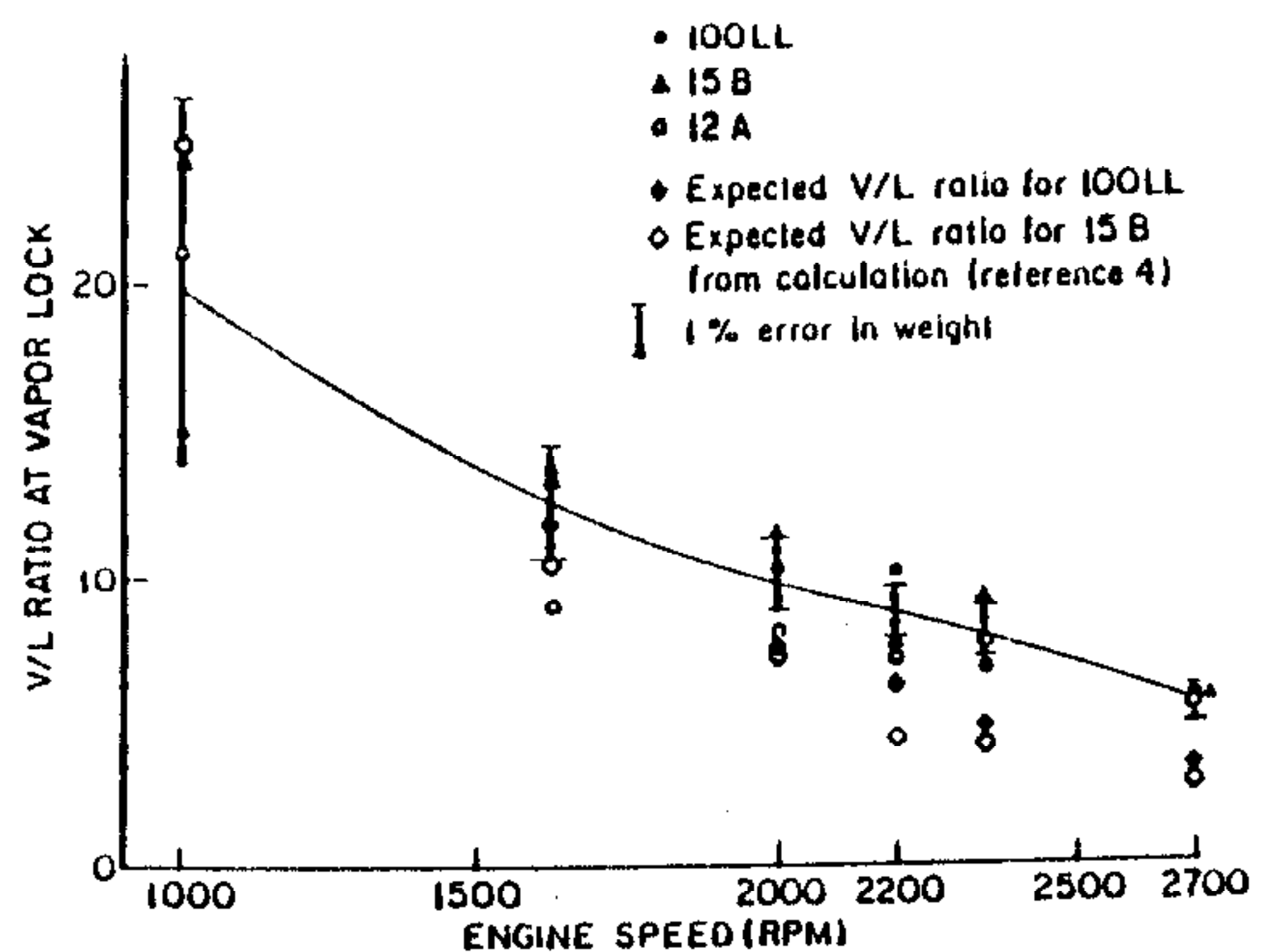


Fig.14 Vapor to liquid ratio when vapor lock occurs(with fuel pump)

있다.

V/L 측정에 대한 오차는 1%로서 그림 14에 막대로 표시하고 있고, 측정치가 대부분 오차 범위내에 위치하였다. 한계 V/L비를 식(2)로부터 계산하여 예상 V/L비로 그림 14에 표시 하였는데 저속구간에서는 측정치와 잘 일치하는 것을 보여주고 있다.

$$\frac{Q_s}{Q_r} = 1 + \left(\frac{V}{L}\right)_{\text{한계}} \quad (2)$$

Q_s : 연료펌프의 최대유량

Q_r : 엔진에서의 소요하는 연료유량

이제까지의 시험적 결과에 의하면 연료계통에

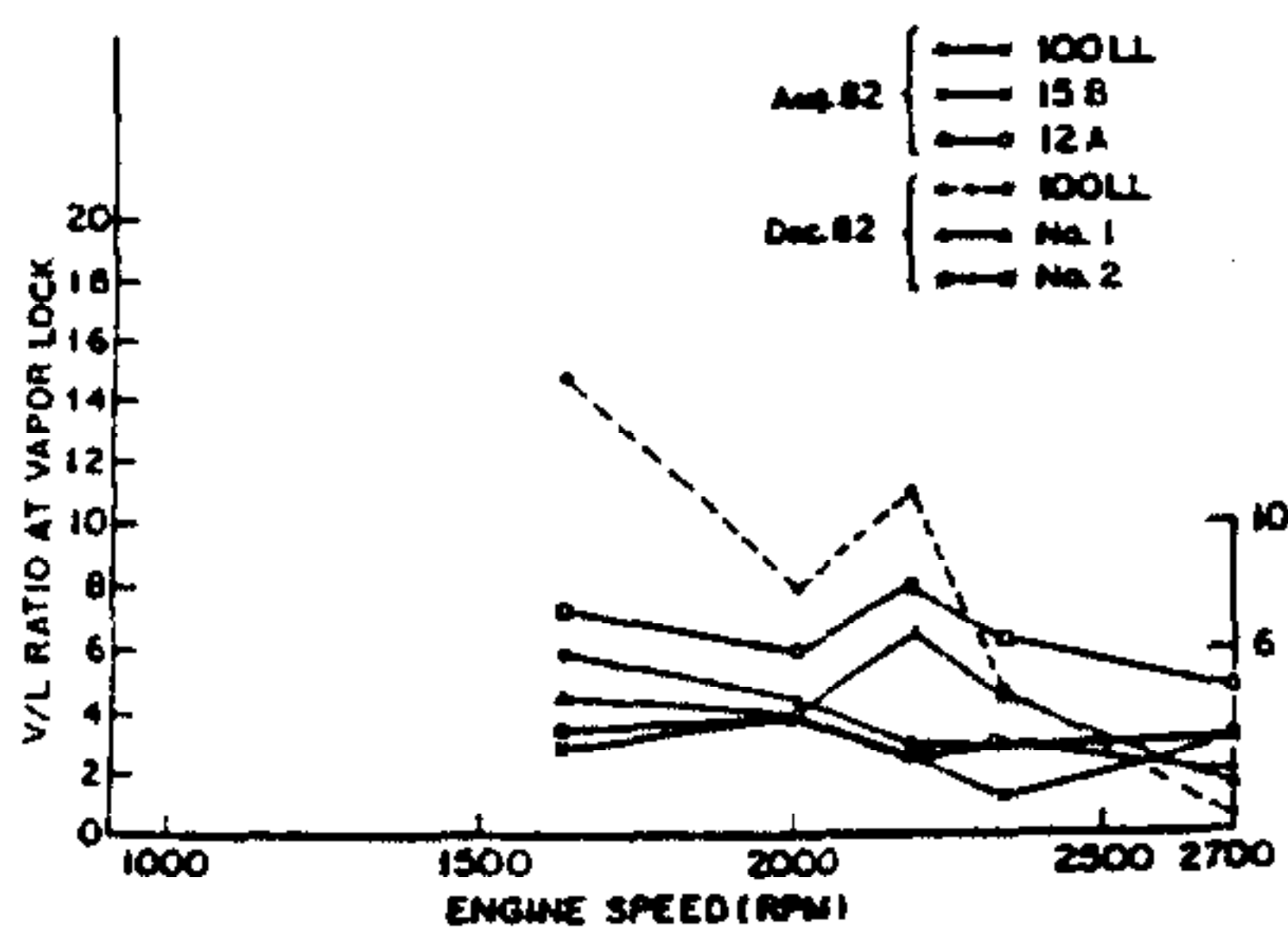


Fig.15 Vapor to liquid ratio when vapor lock occurs (with gravity feed system, no pump)

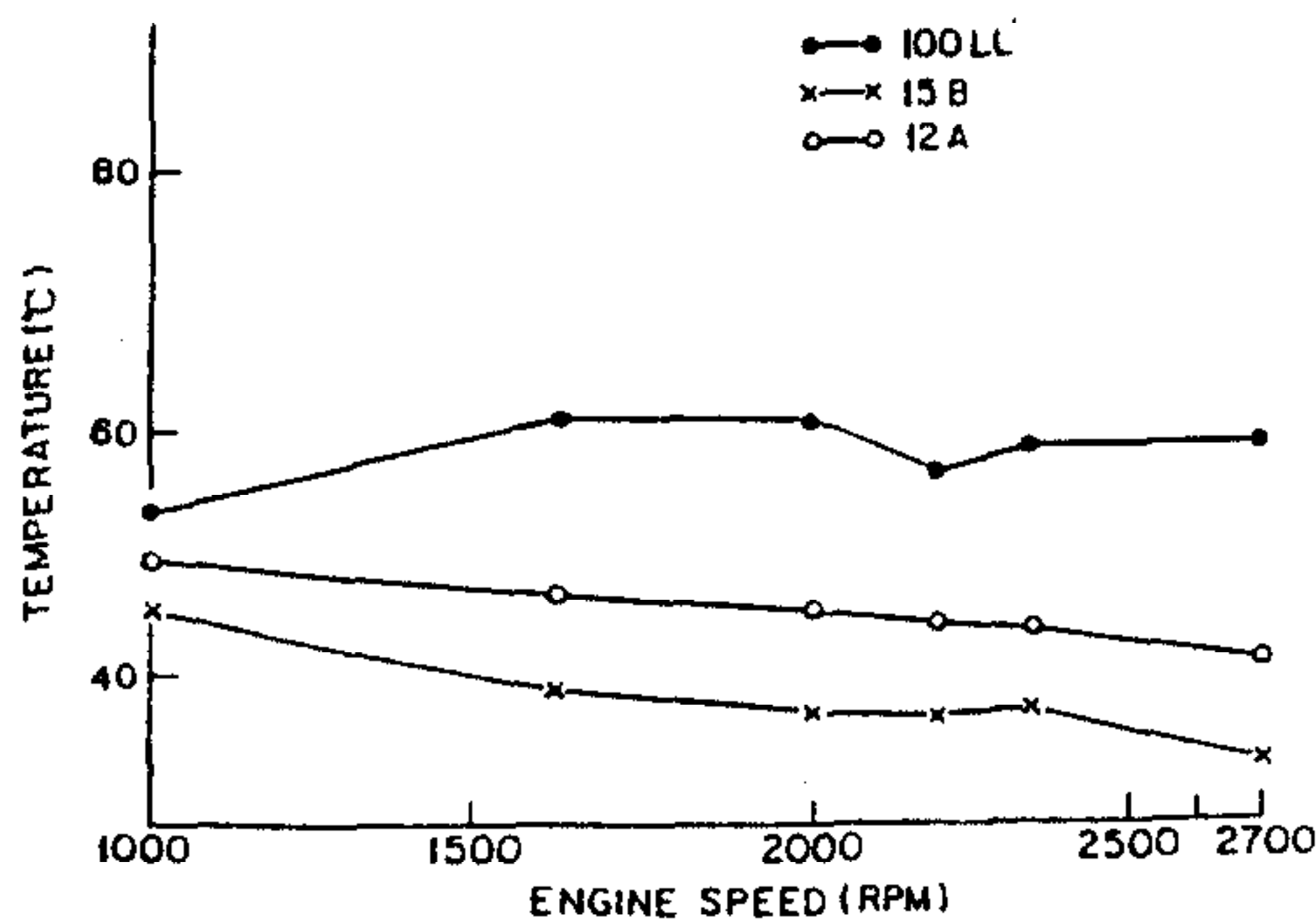


Fig.16 Fuel temperature when vapor lock occurs (with fuel pump, before carburetor inlet)

서의 V/L비는 V/L비와 연료 온도와의 특성곡선에서 구한 값으로 계산할 수 있고, 실제 비행조건에서의 연료막힘 현상을 예측하기 위하여는 연료계통내의 관심지점에서의 압력과 온도를 측정하는 것이 필요하다. 이 방법이 좀더 정확하려면 온도와 압력 측정치가 정확하여야 하며 계산식에 의하면 0.6°C의 오차는, 급격한 연료증기 발생영역인 8 이상인 경우 V/L비에서 1.5의 오차를 의미한다. 반면 V/L비가 8 이하에서는 온도측정오차가 V/L에 미치는 영향이 작다. 본 실험에 사용한 열전대와 계기는 오차 ±0.6°C를 갖고 있는 것으로 본 실험의 결과가 실제 엔진의 비행조건에서 연료공급차단 조건에 얼마나 근접해 있는가를 의미하는 데는 충분한 것으로 판단되었다. 비행조건에서 또 다른 결정적 한계 V/L비를 결정하는 것은 날씨와 고도에 의한 연료탱크에서의 연료증기량이나 본 실험에서의 고려대상이 되지 못하였다.

다이아프램식 연료펌프 대신 중력식 연료공급장치에서 측정된 한계 V/L비를 그림 15에 정리하였다. 그림 15의 결과를 그림 14와 비교하면 연료막힘 현상은 중력식 연료공급장치에서 V/L비가 낮은 값에서 발생하는 것으로 나타나고 있다. 그림 16은 다이아프램식 연료펌프 엔진에서 연료막힘 현상이 발생되었을 때의 기화기 입구에서의 연료 온도를 각 엔진 작동조건과 각 연료에 대하여 표시하고 있는데 100LL 연료가 연

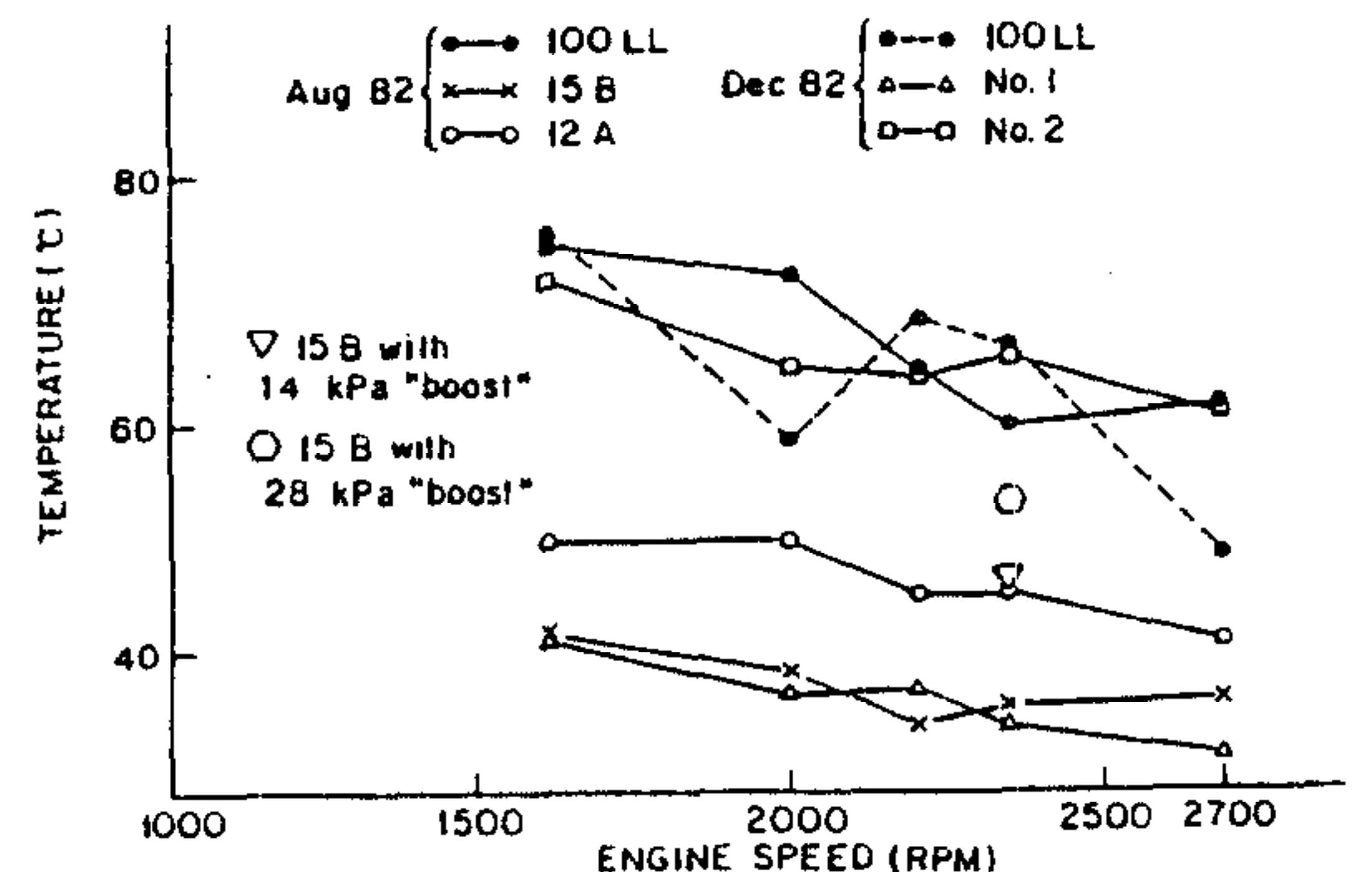


Fig.17 Fuel temperature when vapor lock occurs (with gravity feed system, before carburetor inlet)

료막힘이 발생되었을 때의 연료 온도가 제일 높았고, 휘발성이 강한 15B 연료에서 낮았다. 또 여기에서 휘발성 연료에서의 엔진속도가 증가할수록 연료막힘 현상이 발생하는 연료온도가 감소하는 경향을 보여주고 있다. 이는 중력식 연료공급장치의 엔진에서는 연료이송 압력이 다이아프램펌프식 엔진에서 보다 적기 때문으로 판단된다. 그림 17은 중력식 연료공급장치에서의 연료공급이 중단되었을 때의 기화기 입구에서의 연료 온도를 보여주고 있는데, 이 경우도 앞의 다이아프램펌프식과 같은 경향을 보여주고 있다. 연료계통의 연료압력을 증가시키는 것은 연료의 Reid압력을 낮추는 것과 같은 효과를 갖는 것으로 알려져 있고 이것을 중력식 연료공급장치에서 2350rpm 조건에서 시험하였다. 연료관을 14kPa와 28kPa의 압축공기로 가압한후 실험한 결과를 그림 17에 표시 하였는데, 가압에 따르는 연료막힘 지연효과가 큰 것으로 나타나고 있다.

5. 결 론

경비행기용 피스톤 엔진과 연료계통에 대한 1종의 경비행기용 가솔린과 4종의 자동차용 가솔린에 대한 성능 및 안전에 관한 실험적 연구에서 아래의 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 일반적으로 휘발성이 높은 자동차용 가솔린은 경비행기용 가솔린에 비하여 기통간의 연료분배가 불균일한 것으로 나타났다.
- 2) 수분을 포함하는 가솔린에 있어서 소량의 수분이 포함된 경우에도, 물로부터의 수증기 발생때문에 연료막힘 경향이 큰 것으로 나타났다.
- 3) 엔진의 작동조건중 공연비, 연료관 압력, 연료증기와 액상연료와의 비율(V/L비), 연료계통의 온도, 엔진출력등의 변화는 모두 증기 발생 및 연료막힘 경향과 직접적으로 관계가 있는 것으로 밝혀졌다.
- 4) 연료증기 발생에 의한 연료막힘 현상은 일정한 한계 V/L비에서 항상 발생하는 것을 발견하였다.
- 5) 연료관의 가열시험에서, 연료증기 발생에 의한 연료막힘 현상이 발생되는데 소요되는

시간은 연료의 휘발성에 비례하여 짧아지는 것으로 측정하였다.

참 고 문 헌

1. Patterson, D.J., Morrison, K., Remondion, M., and Slopsema, T., "Light aircraft Engines, The Potential and problems for Use of automotive Fuel, Phase 1-Literature Search", U.S. DOT Report No. FAA-CT-81-150, Dec. 1980.
2. American Society for Testing and Materials, ASTM National Standards, Philadelphia, ASTM, 1979.
3. Aldrich, E.W., Barber, E.M., and Robertson, A. E., "Occurrence of Vapor Lock as Related to the Temperature-V/L Characteristics of Motor Gasolines, "SAE Journal Vol.53, No.7, July 1945, 392-401.
4. York, L.L., Hunder, A. and Coit, R.A., "Recommendations for Fuel System Design for Personal Aircraft with Regard to Vapor Lock, "SAE Paper 541, Nov.9-10, 1950.
5. Pigot, R.J.S., "Vapor-Lock-or Dumb Engineering, "SAE Journal, Vol.52, No.7, July 1944, 310-317.
6. Remondino, M.A., "Automotive Gasoline as a General Aviation Fuel-Disign of Test Fuel Specifications", Report to University of Michigan, Oct. 1982.
7. Shelton, E.M., "Motor Gasoline, Winter 1978-1979, "U.S. DOE Report, No. DOE/BETC/PPS-79, 1979 ; and "Motor Gasolines, Summer 1979", U.S. DOE Report No. DOE/BETC/PPS-80/1, 1980.
8. Gonzalez, C., "Funcnional Compatibility Analysis of Aircraft Engine Fuel System", SAE Paper 690308, March 26-28, 1969.
9. Sung, N.W., Morrison, K., and Patterson, D.J., "Effect of Volatility on Air Fuel Ratio Distribution and Torque Output of a Carbureted Light Aircraft Piston Engine", U.S. DOT Report, No. DOT/FA/CT-82/117, March 1982.