한국자동차공학회논문집 제3권 제2호, pp. 1~15, 1995.

〈논 문〉 SAE NO. 953715

서울특별시의 주행특성 분석에 관한 연구

Analysis of the Driving Patterns Concerned with Fuel Economy in Seoul Metropolitan Area

이 영 재,* 권 오 석,** 고 창 조**
Y. J. Lee, O. S. Kwon, C. J. Koh

ABSTRACT

The driving patterns in Seoul metropolitan area were surveyed in an experiment involving 1,212km of driving along seventeen representative routes. The speed and fuel consumption data were recorded and the influence of driving patterns on vehicle fuel economy was analyzed by statistical techniques. The results showed that characteristics of driving in Seoul metropolitan area are far different from that of CVS-75 mode and then on-road fuel economy in Seoul may be small as compared with that of CVS-75 mode. Finally, it was proposed that CVS-75 mode fuel economy should be modified by applying adjustment factor to represent actual on-road fuel economy.

주요기술용어 : Fuel Economy(연비), Driving Pattern(주행패턴), Correlation(상관), CVS-75 Mode(CVS-75 모드), On-Roal Fuel Economy(실주행연비)

1. 서 론

자동차의 연비(단위연료당 주행거리 : km/l)는 차량자체의 특성, 차량관리상태, 도로상태, 교통량 및 교통관제 시스템, 운전자의 운전습관, 기상상태 등 여러 요인에 의해 영향을 받는다. 이렇게 여러 요인에 의해 영향을 받는 연비를 개선하기 위하여 각국에서는 하드웨어 및 소프트웨어적인 측면에서 많은 연구와 노력을 기울이고 있다. 그중의 하나로서, 많은 나라에서 양산차량에 대한 연비표시제도를 의무화하고 있으며, 이는 크게는 기술개발의 유도나 에너지관리의 지표로서 활용되고 있고, 다른 한편으로 소비자보호에 일익을 담당하고 있기도 하다.

차량의 연비는 일반적으로, 샤시동력계상에서 실도로상의 주행흐름을 모의한 모드(차속-시간 선도)로 차량을 주행시켜 배출가스를 측정하고, 그 결과를 이용하여 카본밸런스법에 의해 산출하고 있다.[1] 미국의 경우, 1972년도 로스엔젤레스시가지의 주행패턴을 모의하여 작성된 LA-4 모드를 이용한 측정방법(FTP-75)을 개발하여,[2] 1975 Model Year Car부터 배출가스를 측정하고

* 정회원, 한국에너지기술연구소
** 한국에너지기술연구소

이에 의해 연비를 산출하여 왔으며, 1985 Model Year Car부터는 실주행연비에 보다 근접시키기 위하여 보정계수를 적용하여 공표연비로서 사용하고 있다.[3]

현재 국내에서도 위와 동일한 측정모드 및 방법을 준용하여(CVS-75모드측정방법) 연비를 산출하고 있으나,[4,5] LA시가지의 주행패턴을 모의한 모드를, 상이한 지형조건, 교통환경 등을 가지고 있는 국내에 그대로 적용한다는 점에서, 여러 문제점을 내포하고 있다. 특히 동 모드의 개발국인 미국에 있어서도, 이미 실주행연비와 모드연비와의 차이가 문제점으로 대두되어 보정계수를 적용하고 있는 데에 대하여, 국내 정부공인 표준연비 산출시에는 이러한 개념을 전혀 적용하고 있지 않으므로써, 정부공인 표준연비와 실사용연비에 대한 차이에 대하여 왕왕 소비자의 오해 또는 불만을 야기하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 '93년도 서울시가지의 주행패턴을 조사·분석하여, 현재의 서울시가지의 주행특성이 '85년 당시의 실측치[6]와 정부공인 표준연비측정모드인 CVS-75모드의 그것과 어떠한 차이를 보여주는 지를 검토해 보고자 하였다. 아울러, 동 조사데이터를 이용하여 연비와 주행특성치와의 상관관계를 분석하였으며, 시험차량의 서울시가지 실주행연비와 CVS-75모드연비를 측정·비교하여 이들이 어느 정도의 차이를 보이는 지를 검토해 보기로 하였다. 동 분석결과는 향후 CVS-75모드연비에 대한 보정계수를 도출하는 데에 참고가 될 것으로 생각되며, 서울시가지의 주행패턴을 대표할 수 있는 새로운 측정모드를 개발하는 데에도 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

2. 조사대상노선 및 조사시간대

서울특별시의 도로망은 방사축형태로서, 이 방사축도로를 순환도로, 강변로, 외곽도로 등이 연결하고 있는 구조이어서, 대부분의 교통흐름이 도심지역(CBD : Central Business District)을 통과하거나 그 부근을 지나치게 되어 있다. 따라서, 주행패턴조사 대상노선은 Fig.1에서와 같이, 방사축도로로서 CBD를 진입하는 12개노선(그림의 SD 1~SD 12), 순환 및 외곽도로 5개노선(그림의 CD 1~CD 5) 등 총 17개 노선을 선정하였으며, 각 노선의 기·종점은 다량의 교통량이 발생하는 지점을 선택하였다.

주행패턴조사는 '93. 8. 16~10. 2의 총 7주에 걸쳐 실시되었으며, 기간중 휴일과 토요일(오전첨두 제외), 우천시에는 조사를 실시하지 않았다. 아울러, 인위적인 교통흐름의 변화(민방위 훈련, 시위 또는 교통사고에 의한 장기정체 등)가 발생한 경우에는 재조사를 실시하였다.

조사시간대로서는, 교통흐름을 대표할 수 있는 시간대라고 볼 수 있는, 교통량이 가장 많은 첨두시간대(출퇴근 러쉬아워)와 교통량이 가장 적은 비첨두시간대를 선정하였으며, 첨두시간대는 오전첨두(07 : 30~08 : 30)와 오후첨두(19 : 00~20 : 00) 시간대로 나누어, 오전첨두에는 CBD외부에서 CBD내부로(출근), 오후첨두에는 이와 반대방향(퇴근)으로 주행하여 조사하였다. 비첨두시간대(12 : 30~14 : 30)에는, 첨두시간대 오전·오후주행의 역순으로 주행하여 양방향의 주행패턴을 조사하였다.[7, 8]

3. 시험장치 및 시험차량 주행방법

3.1 시험장치

3.1.1 시험자동차

시험자동차는 현대자동차(주) 제조의 스텔라를 사용하였다. 동 차량은 기화기식 1500cc엔진 탑재의 수동변속기 차량으로서, 시험전까지의 총주행거리는 약 5만km이었다. 시험전에는 엔진튠업, 윤활유교환 등 제반 정비점검을 실시하였으며, 탑승인원은 운전자, 시험장치의 조작 및 감시를 위한 인원 등 총 2명이었다.

3.1.2 제반 측정장치

시험에 사용한 측정장치는, 비접촉식 차속계, 연료유량계, 데이터애퀴지션시스템 등으로서, 이들 장비의 계통도는 Fig.2에서와 같다. 비접촉식 차속계와 연료유량계에서 출력되는 속도 및 연료유량의 순시시그널은 데이터애퀴시션컴퓨터에

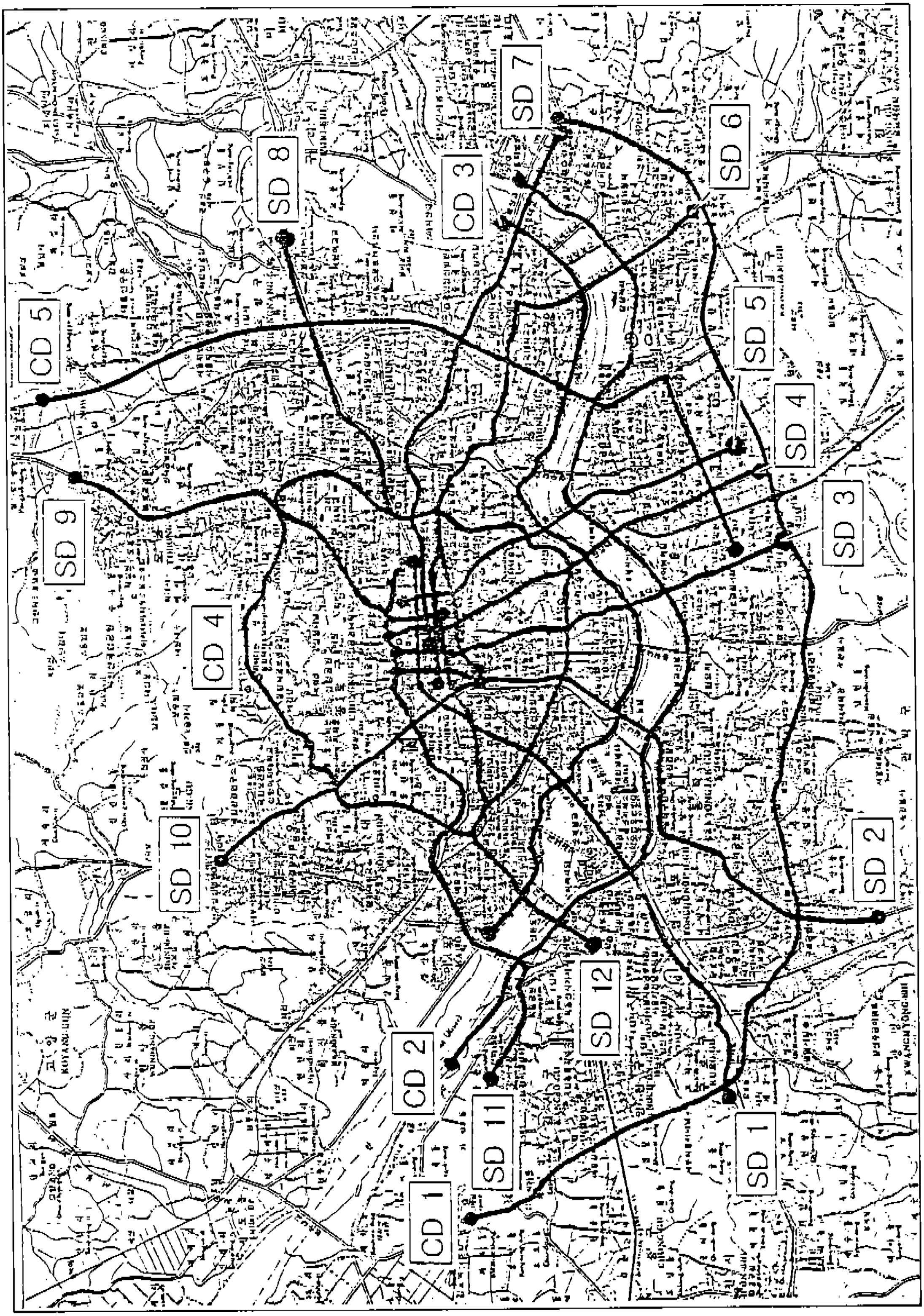

Fig.1 Driving pattern test routes of seoul metropolitan area.

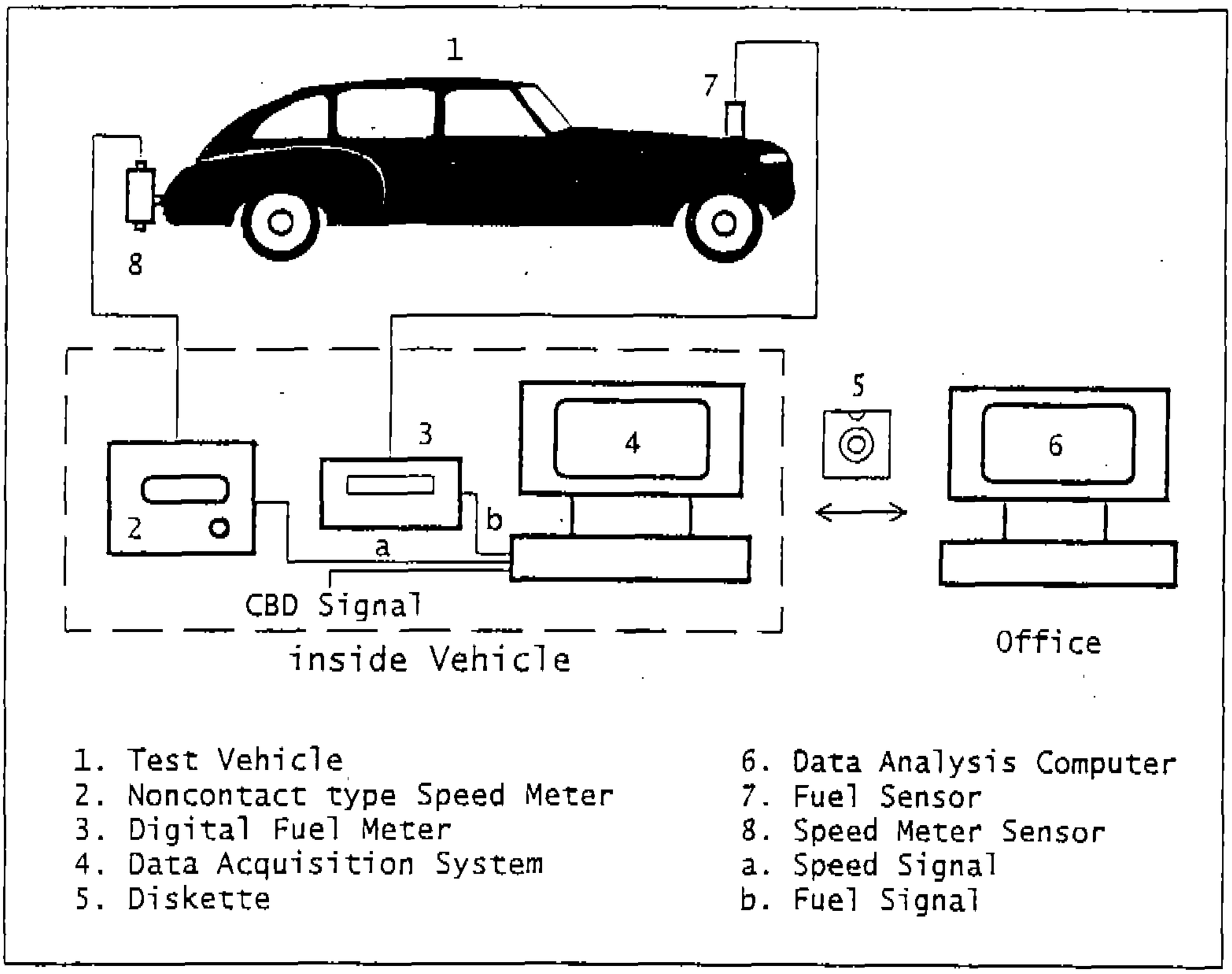

Fig.2 Schematic diagram of test apparatus.

입력되어 각 신호당 리얼타임으로 10회/초 샘플링 되어 디스켓에 기록되었으며, 시험종료후 분석되었다. 아울러 데이터애퀴지션시스템에는 CBD를 표시하기 위한 신호로서, CBD내부에서 3V, CBD외부에서 OV가 입력되었다. 비접촉식 차속계와 연료유량계의 제원은 Table 1에서와 같다.

3.2 시험차량 주행방법

시가지주행에서는 교통신호 등의 통제수단에 의하여 주행차량군이 형성되기도 하지만, 통상 동일한 방향으로 차량들이 주행하는 경우에 군집의 크기는 다르나 일정한 차량군을 형성하면서 주행하게 된다. 따라서 시험차량의 주행방법은 선정된 시험로에서 주어진 시간대에 교통법규를 준수하면서 정상적인 교통흐름(주행차량군의 추적)에 따라 주행함을 기본원칙으로 하였다.

한편, 본 시험에 앞서 몇몇 노선에서 예비주행을 실시해 본 결과, 국부적이기는 하나 외곽도로등 일부도로상에서 법적규제속도를 넘어선 높은 속도로 주행하는 것이 파악되었다. 이는 상술한 '교통법규준수 및 정상적인 교통흐름추적'이라는 기본원칙에 대치되므로, 이러한 경우에는 시험차량의 최고속도를 설정·제한하므로써 주행원칙에 예외를 두었다. 즉, 선도 승용차군이 지나치게 빨라서 정상적인 교통흐름을 따를 수 없는 경우, 선도 승용차군이 없는 경우 등에 대하여, 시험차량이 단독으로 주행할 수 있는 법적규제속도를 벗어난 최고속도를 설정하였다.

최고제한속도는, 도심권내 도로의 법적규제 최고속도인 80km/h로 설정하였으나, 순간적으로 동 속도를 유지할 수 없다고 판단되는 상황이 있었으며, 이러한 경우에는 동 속도를 수km/h 넘는 선에서 그의 주행을 허용하였다. 그러나, 대부분의 노선이 최고제한속도이하에서 운행되고 있었으며, 이를 넘는 주행은 극히 일부분이고

Table 1 Specifications of Speedometer and Fuel Meter

Non-Contact Type Speedometer	Maker	Ono Sokki
	Model	LC-676S, SF-660B(detector)
	Analog Output	0~5V(0~250km/h)
	Linearity	±0.1%
	Power Source	12V DC, 10A
Digital Fuel Meter	Maker	Ono Sokki
	Model	DF-312, FP-214(detector)
	Measure Range	0.3~120l/h
	Accuracy	0.3~0.7l/h : below 0.0035l/h
		0.7~120l/h : below±0.5%
	Analog Output	0~10V/0~100l/h, 0~999.9l/h
	Power Source	AC 100V, DC 12V

간헐적이어서, 그의 주행시간 및 주행거리는 아주 작다.

4. 조사데이터의 분석 및 고찰

4.1 조사데이터의 분석 및 고찰

복잡한 교통관제시스템에 의해 통제되고 있는 도시역내를 주행하는 차량은, 교통관제, 다른 차량과의 빈번한 접촉 등에 의해 그의 주행형태가 수시로 변하기 때문에, 동일노선을 반복하여 주행하는 경우에 있어서도, 동일형태의 차속-시간 선도를 얻을 수 없다. 그러나 연비와 강한 상관관계를 가지고 있는 평균주행속도, 가속에너지, 정차빈도 등 주행속도데이터를 이용하여 산출할 수 있는 여러 주행특성치들은 통계적으로 거의 안정된 값을 갖고 있는 것으로 알려져 있다.

Table 2에 여러 연구자들에 의해 조사된,[9, 10] 연비에 큰 영향을 미치는 요인들 및 그들의 연비에의 기여도(또는 결정계수 r^2, 단 r : 상관계수)를 나타낸다. 연비에의 기여도는 조사대상지역, 조사시간대, 운전자의 운전성향 등에 따라 조금씩 다르나, 전체적으로 볼 때 몇몇 대표적인 특성치에 의해 설명될 수 있음을 볼 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 이들 표에 거론된 연비에 큰 영향을 미치는 주행특성치들과 그 밖에 교통흐름을 파악하는 데에 참고가 될 수 있는 일반적인 주행특성치들을 분석하기로 하였다. 주행패턴조사에서 디스켓에 저장된 서울시가지 주요노선의 주행패턴조사데이터를 이용하여, 전노선 누적, 전노선 CBD내부(첨두/비첨두시간대), 전노선 CBD외부(첨두/비첨두시간대)에 대하여 Table 3의 주행특성치들을 분석하였으며, 17개 각 노선의 첨두/비첨두시간대에 대하여 동 표의 주행특성치를 분석하였다. 아울러, 17개노선의 각 4회의 조사데이터(오전/오후 첨두시간대, 비첨두시간대왕/복)에 대하여 동표의 주행특성치를 분석하여, 연비와 이들 특성치와의 상관관계를 분석하였다.

4.2 조사데이터의 분석결과 및 고찰

4.2.1 서울특별시의 일반적인 주행특성치

전술한 Table 3의 특성치에 있어서, 단위거리당 가속에너지, 단위거리당 가속량, 감속거리율 등은 다소 생소한 용어이다. 따라서, 이들에 대해서는 뒤에서 검토하기로 하고, 이에 앞서 어느 도로의 교통흐름을 쉽게 파악하는 데에 도움이 될 수 있는 평균주행속도(단위거리당 평균주행시간의 역수), 정차시간율, 단위거리당 정차빈도에 대하여 검토해 보기로 한다.

Table 4에, 서울특별시 전노선, 전노선 CBD내부

Table 2 Principal Traffic Variables Related of Fuel Consumption in Urban Driving

Researcher	Traffic Variables	Coefficient of Determination(r^2)
L. Evans, et al.	average trip time per unit distance	0.72
G. S. Messenger, et al.	〃	0.76
〃	time spent for vehicle stationary	0.79
〃	number of times of vehicle stationary	0.75
H. C. Watson, et al.	average trip time per unit distance	0.63
〃	〃 (traffic controlled area)	0.76
H. Ariga	〃	0.75
〃	acceleration quantity per unit distance	0.82

Table 3 Analyzed traffic characteristics

Variable No.	Name of Variable	Unit and Definition
0	fuel economy	*km/l*
1	average trip time per unit distance	*sec/km, T/D*
2	acceleration energy per unit distance	$(m/sec)^2/km$, $\int av dt$, $a>0 m/sec^2$
3	acceleration sum per unit distance	$(km/h)/km$, $\int adt/D$, $a>0 m/sec^2$
4	time fraction spent for acceleration	%, $v>=3.0 km/h$, $a \geq 0.3 m/s^2$
5	distance fraction spent for deceleration	%, $v>=3.0 km/h$, $a<-0.15 m/s^2$
6	time fraction spent for deceleration	%, $v>=3.0 km/h$, $a<-0.15 m/s^2$
7	total times of vehicle stationary	*sec*, $v<3.0 km/h$
8	time fraction of vehicle stationary	%, $v<3.0 km/h$
9	number of times of vehicle stationary per unit distance	times/*km*, $v<3.0 km/h$
10	total trip time	*sec, T*
11	total trip length	*km, D*
12	average trip speed	*km/h*
13	largest instantaneous	*km/h*
14	standard deviation of trip speed	*km/h*
15	RMS accel-deceleration	g, $a>0 m/sec^2$ or $a<0 m/sec^2$
16	average acceleration	g, $a>0 m/sec^2$
17	largest instantaneous acceleration	g
18	standard deviation of acceleration	g
19	average deceleration	g, $a<0 m/sec^2$
20	largest instantaneous deceleration	g
21	standard deviation of deceleration	g

(첨두, 비첨두시간대), 전노선 CBD외부(첨두, 비첨두시간대)의 5개 분석구간에 대하여 누적·분석한, 이들 주행특성치를 나타낸다. 표에는 참고로 당소에서 '85년도에 실측한 서울특별시의 평균주행특성치도 병기하였다.[6] 표에서와 같이, '93년도 서울특별시 전노선의 평균주행연비는 10.67 km/l, 정차시간율은 30.92%, 단위시간당 정차빈도는 2.31회/km, 평균주행속도는 22.0km/h 이었다.

표에 의하면, CBD외부 비첨두시간대의 평균주행속도가 가장 높고, 정차시간율, 단위거리당 정차빈도가 가장 적다. 그 밖의 분석구간(CBD 내부 첨두·비첨두시간대, CBD외부 첨두시간대)에 있어서는 이들 특성치가 비슷한 값들을 보여주고 있다. 이는, CBD외부 비첨두시간대의 교통의 흐름이 가장 양호한 것을 의미하며, 도로 및 시간대의 특성상 예상되는 결과이다. 따라서, 평균주행연비 역시, CBD외부 비첨두시간대의 연비가 가장 좋은 11.99km/l를 나타내며, 그 밖의 분석구간에서는 9.77~9.93km/l의 비슷한 값들을 보여 주고 있다.

한편, '85년도의 실측치와 비교하면, '93년도의 평균주행속도는 모든 분석구간에 있어서 '85년도 당시에 비해 현저히 낮은 값을 보여 주고 있으며, 이는 그동안의 차량보유대수의 증가로 인한 표에서와 같은 정차시간율, 단위거리당 정차빈도

Table 4 Typical Traffic Characteristics in Seoul Metropolitan Area

Variable No.	Traffic Characteristics	total	inside CBD		outside CBD	
			peak time band	off-peak time band	peak time band	off-peak time band
0	fuel economy, *km/l*	10.67	9.93	9.81	9.77	11.99
8	time fraction of vehicle stationary, %	30.92 (22.81)	34.50 (31.70)	33.82 (26.85)	34.51 (22.89)	24.14 (11.99)
9	number of times of vehicle stationary per unit distance, times/*km*	2.31 (1.25)	2.84 (2.54)	2.87 (2.38)	3.16 (1.39)	1.42 (0.98)
12	average trip speed, *km/h*	22.00 (31.45)	19.09 (23.47)	19.21 (28.43)	18.27 (29.33)	28.86 (38.11)

Remark : The data in the brackets are '85 Seoul ones measured by Korea Institute of Energy Research.

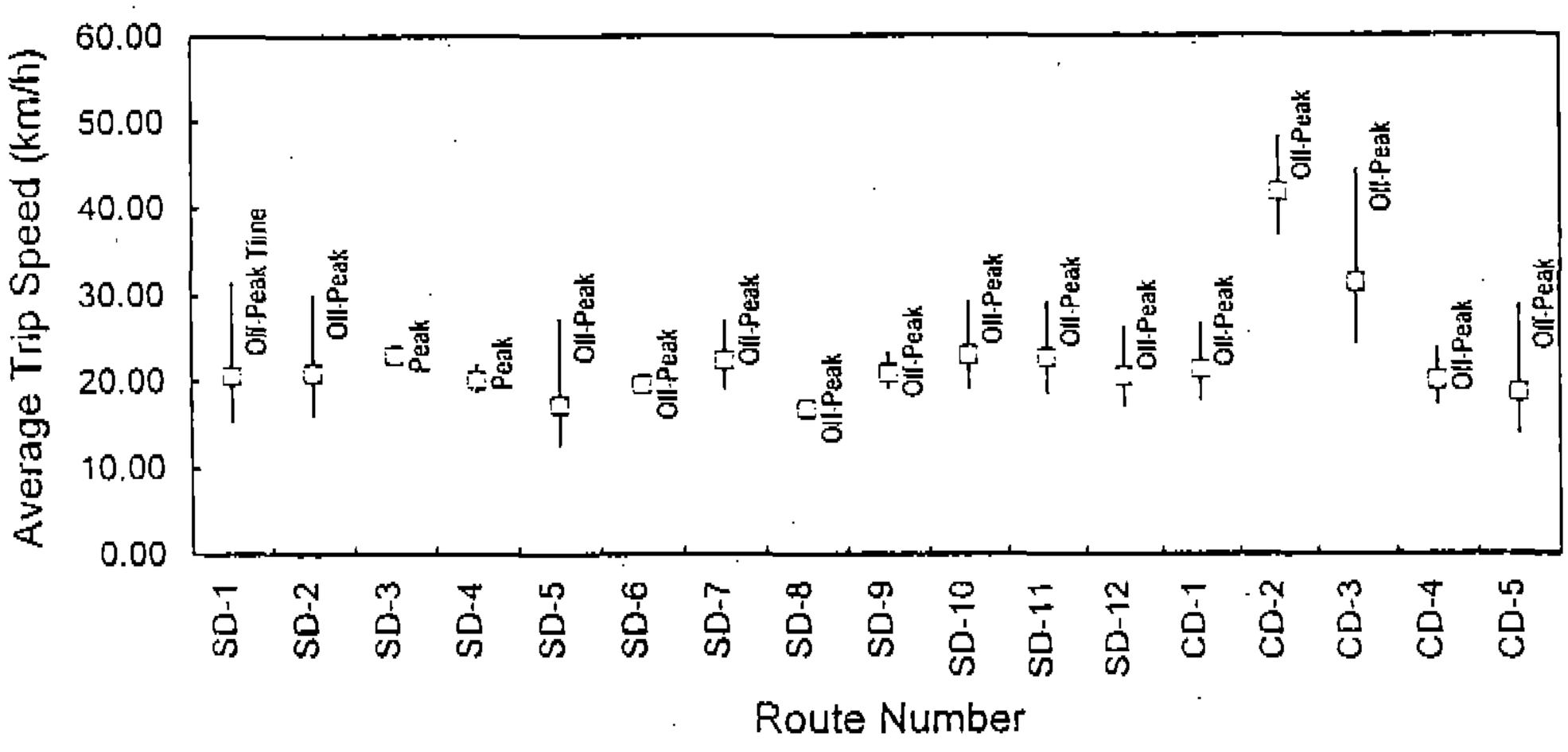

Fig.3 Average trip speed of 17 test routes.

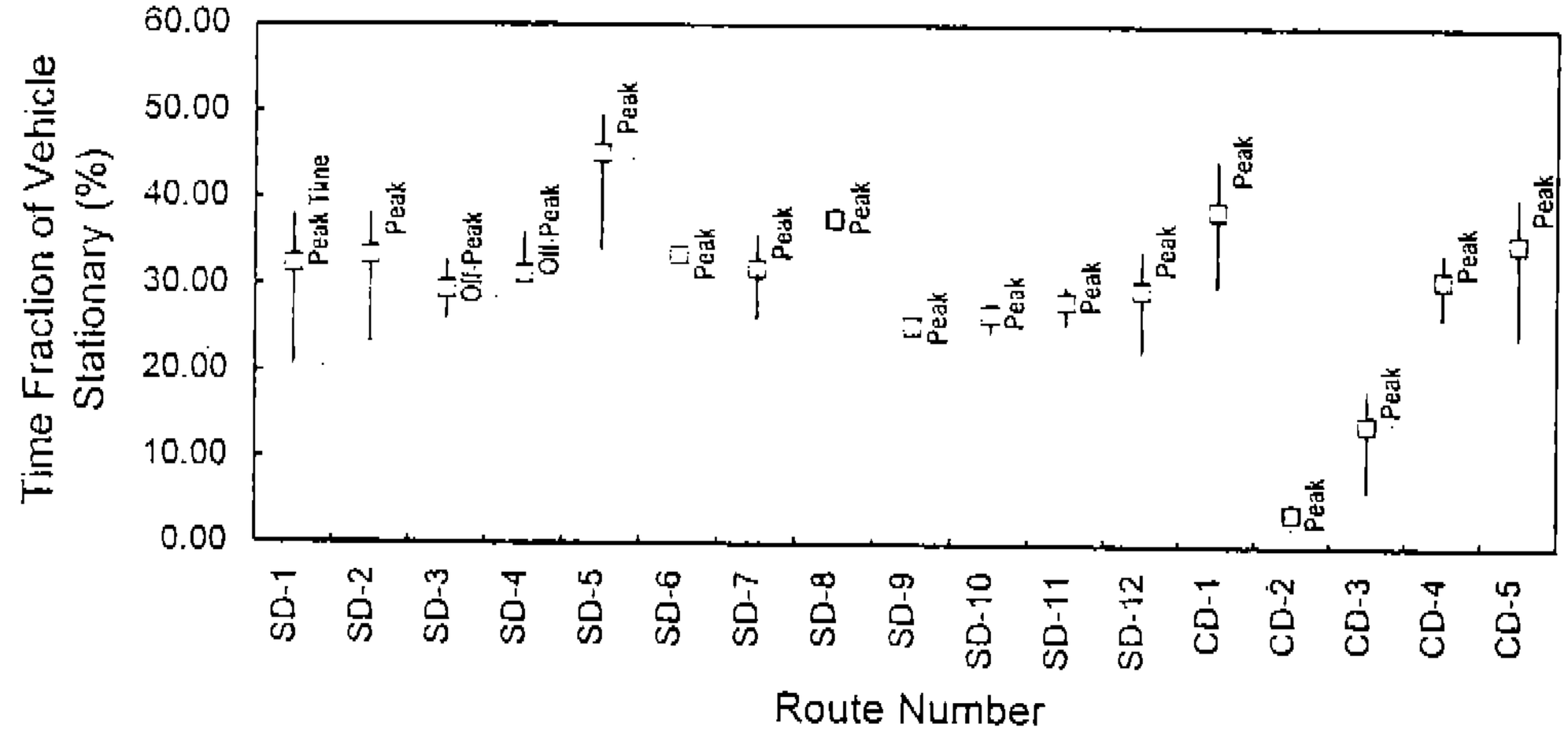

Fig.4 Time fraction of vehicle stationary of 17 test routes.

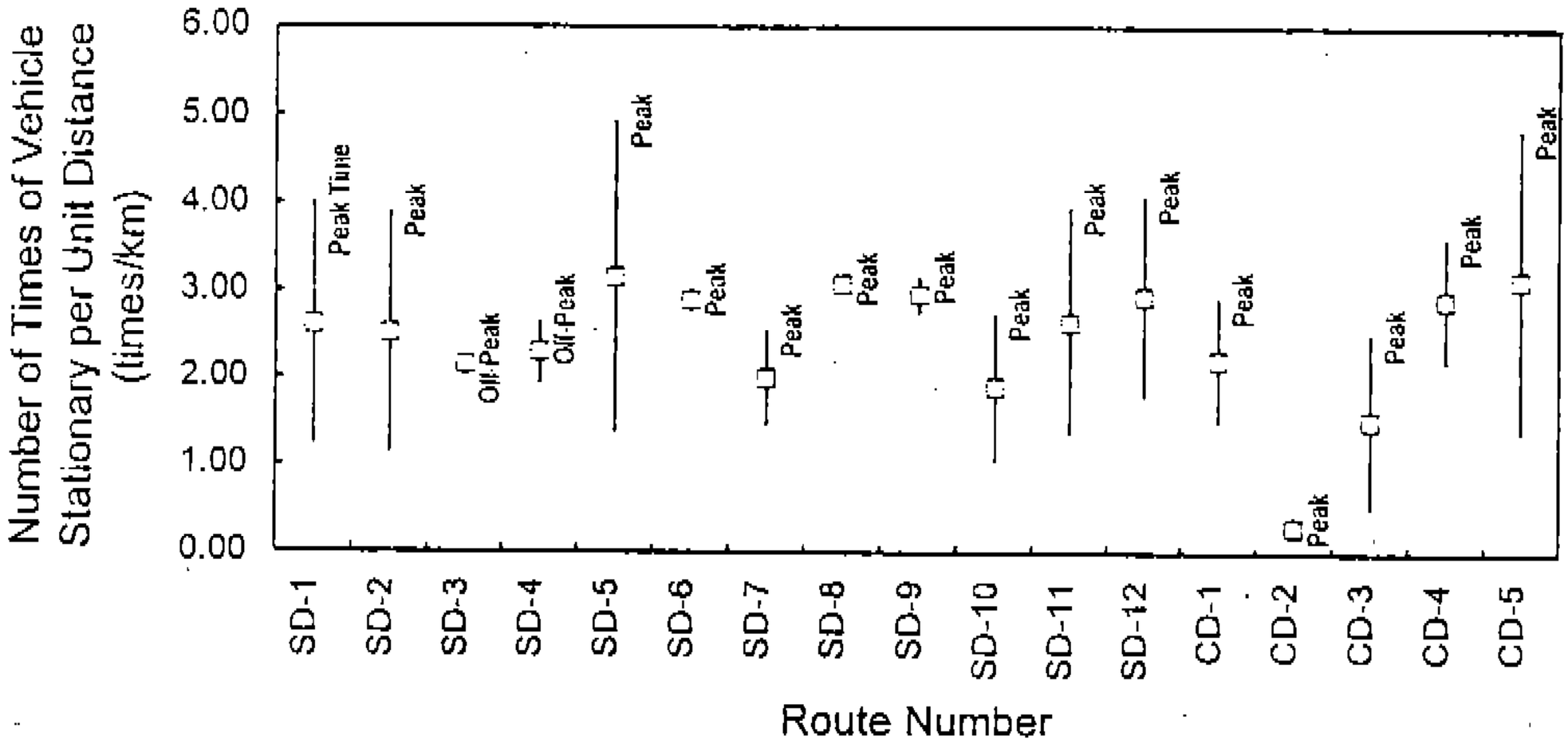

Fig.5 Number of times of vehicle stationary per unit distance of 17 test routes.

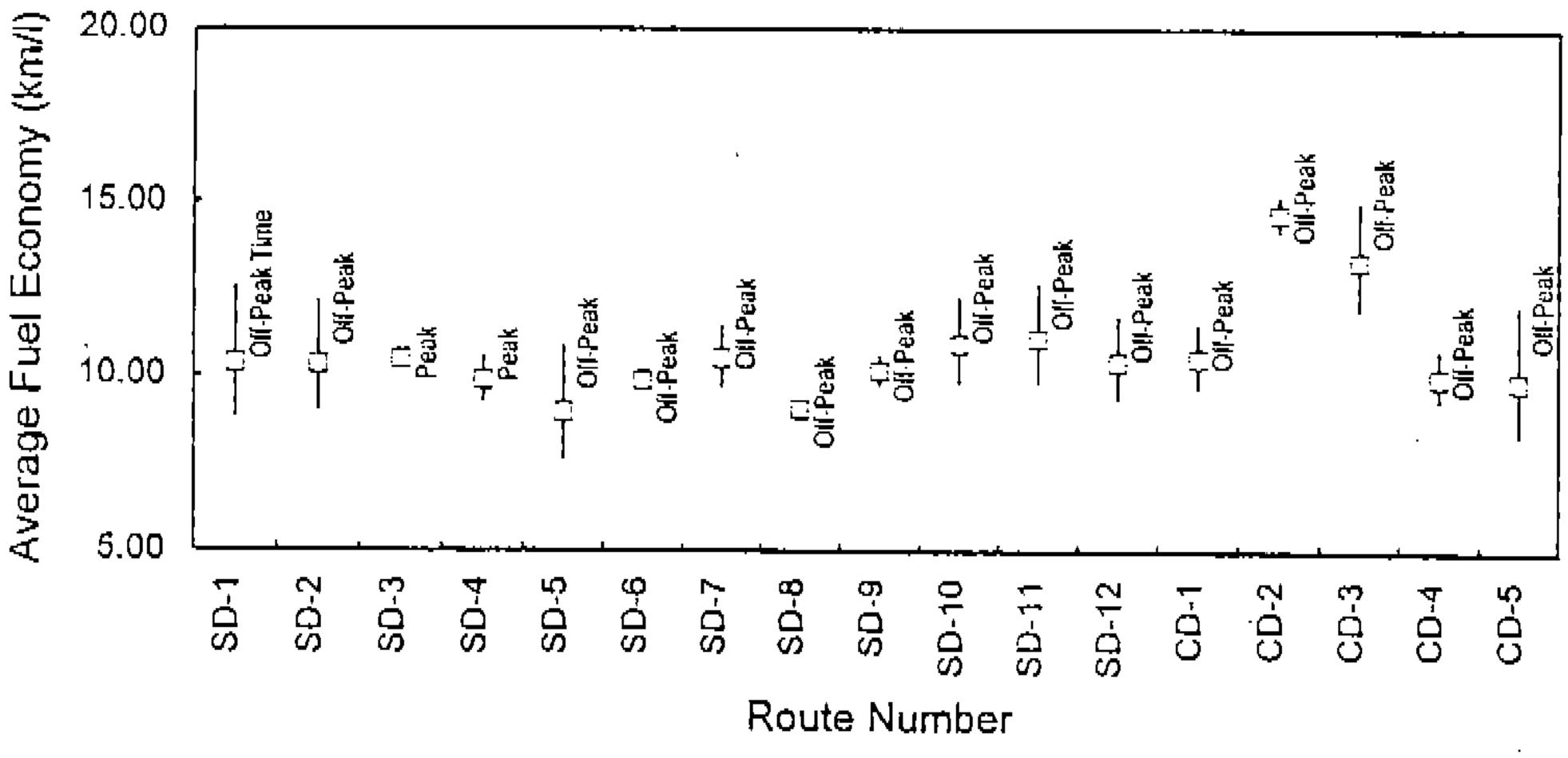

Fig.6 Average fuel economy of 17 test routes.

동의 악화에 기인하는 것으로 판단된다. 이러한 교통흐름의 악화에 기인하여, '93년도 서울특별시의 평균주행연비는 '85년도 당시에 비해 현저히 악화될 것으로 예상된다.

위에서는, 전노선에 대한 주행특성치들을 비교하여 보았으나, 다음에는 각 노선(17개노선)의 주행특성치들을 비교해 보기로 한다. Fig.3에 상기 각 노선의 누적, 첨두 및 비첨두시간대의 평균주행속도를 나타낸다. 그림의 횡축은 조사대상노선을 나타내며, 종축은 평균주행속도(km/h)를 나타낸다. 그림에서 □는 각 노선의 평균주행속도를 나타내며, 선의 양단은 해당노선의 첨두 및 비첨두시간대의 그것을 나타낸다. 참고로 평균주행속도가 높은 시간대의 우측에는 해당시간대를 명기하였다. 그림에 의하면 대부분의 노선에 있어서 첨두시간대와 비첨두시간대의 평균주행속도의 차이가 크며, SD-3와 SD-4 노선을 제외하고는 교통흐름이 악화되는 첨두시간대의 평균주행속도가 훨씬 낮음을 볼 수 있어서, 예상되는 결과와 같다. Fig.4는 각 노선의 정차시간율을 비교한 것으로서, SD-3와 SD-4 노선을 제외하고는 교통흐름이 악화되는 첨두시간대의 정차시간율이 높음을 볼 수 있다. Fig.5는 각 노선의 단위거리당 정차빈도를 비교한 것으로서, 대부분의 노선에 있어서 첨두시간대와 비첨두시간대의 단위거리당 정차빈도의 차이가 크며, SD-3와 SD-4 노선을 제외하고는 교통흐름이 악화되는 첨두시간대의 단위거리당 정차빈도가 높음을 볼 수 있다.

Fig.6은 상기 각 노선의 평균주행연비를 비교한 것이다. 그림의 횡축은 조사대상노선을 나타내며, 그림의 종축은 평균주행연비(km/l)를 나타낸다. 그 밖의 그림에 대한 설명은 전술한 바와 같다. 그림에 의하면, 대부분의 노선에 있어서 첨두시간대와 비첨두시간대의 평균주행연비의 차이가 크며, 앞서 검토한 평균주행속도, 정차시간율, 단위거리당 정차빈도의 악화에 따라 SD-3와 SD-4 노선을 제외하고는 교통흐름이 더욱 악화되는 첨두시간대의 평균주행연비가 비첨두시간대의 그것에 비해 낮음을 볼 수 있다.

4.2.2 주행특성치와 연비와의 상관관계

전술한 바와 같이 연비는 몇몇 주행특성치에 의해 설명될 수 있으며, 연비와 평균주행속도(단위거리당 평균주행시간의 역수)와는 선형적인 관계가 있다는 보고도 있고, 시가지에서의 주행연비는 정지 및 가속시의 연료소비량에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있기도 하다.[9, 10] 따라서, 연비와 주행특성치들의 관계를 보다 정량적으로 파악해 보기 위하여, 통계적인 수법을 이용하여 각종 주행특성치들과 실주행연비와의 상관관계를 분석하여 보았다.

통상 이러한 상관관계분석에 있어서는, 어느 일정코스를 주행패턴조사구역으로 선정하고, 이 코스를 수회 주행하여 얻어진 조사데이터를 일정거리의 소구간으로 분할하여, 각 소구간별로 여러 주행특성치를 구하여 분석하기도 한다.[10] 그러나, 본 조사에서는 17개노선에 대하여 각기 4종류의 데이터를 수집하였으므로(출·퇴근 첨

Table 5 Coefficient of Determination, r^2, of Major Variables on Fuel Economy

Best 7	1 variable	r^2	2 variables	r^2	3 variables	r^2
1	3	0.918	3, 8	0.965	3, 5, 8	0.970
2	1	0.832	1, 2	0.936	3, 8, 16	0.968
3	8	0.806	1, 16	0.936	2, 3, 8	0.967
4	9	0.794	1, 3	0.931	3, 8, 9	0.967
5	16	0.645	9, 16	0.924	1, 3, 8	0.966
6	2	0.605	3, 9	0.923	2, 8, 9	0.949
7	5	0.594	3, 5	0.922	8, 9, 16	0.948

Remark : Variable numbers are the same ones in Table 3.

두시간대, 비첨두시간대 왕·복), 각 데이터가 저속, 중속, 고속 등의 주행패턴을 골고루 포함하고 있다고 판단되어, 총 68개의 조사데이터를 또다시 별도의 소구간으로 나누어 분석하지는 않고, 각각에 대한 제반 특성치 들을 구하여, 이들 특성치와 연비와의 상관관계를 분석하기로 하였다.

Table 5에 이러한 분석을 통해 얻어진 각 주행특성치들의 연비와의 상관관계를 나타낸다. 표에 의하면, 연비와의 상관이 높아서 기여도가 큰 것은, 단일변수인 경우 단위거리당 가속량, 단위거리당 평균주행시간, 정차시간율 등의 순이며, 2변수인 경우 단위거리당 가속량과 정차시간율의 중상관, 3변수인 경우 단위거리당 가속량, 정차시간율, 감속거리율의 중상관에 의해 구한 기여도가 가장 크다. 한편, 동 조사에 있어서, 주요 특성치의 연비에의 기여도는 전술한 Table 2의 값에 비해 훨씬 크며, 예를 들어 단일변수인 단위거리당 가속량만에 있어서도 그의 기여도는 0.918에 달하고, 3변수인 경우에는 0.970에 달하고 있다. Fig.7에 대표적으로, 기여도 r^2이 가장 큰 단위거리당 가속량에 대하여, 연비에 대한 산포도를 나타낸다. 그림에서와 같이 단위거리당 가속량은 연비와 선형적인 관계가 있음이 인정된다.

5. CVS-75모드와 비교한 서울특별시 주행특성치 및 연비

5.1 CVS-75모드와 비교한 '93년도 서울특별시의 주행특성치

Table 6에 서울특별시 전노선의 주행패턴조사 데이터를 누적하여 구한 주행특성치와 국내공인 측정모드인 CVS-75모드의 그것을 비교하여 나타낸다. 주지하는 바와 같이 CVS-75모드는, LA-4모드를 근간으로 하여 만들어진 배출가스 및 연비측정방법으로서, LA-4모드 총 1372초의 전반부 505초를 저온시동시험초기단계, 잔여부를 저온시동시험안정단계로 운전하고, 10분간 엔진을 정지하여 soaking한 후, 다시 동 모드 전반부 505초를 고온시동시험초기단계로 주행하여 배출가스량을 측정, 연비를 산출하며, 동 방법에 의해 구한 연비를 정부공인 표준연비로서 공표하도록 되어 있다.[5]

표에 의하면, '93년도 서울특별시의 주행특성치는 CVS-75모드의 그것과 현저한 차이를 보여주고 있으며, 특히 연비와 상관관계가 큰 단위거리당 평균주행시간이 길고(평균주행속도가 낮음 : 연비악화요인), 단위거리당 가속량이 크며(연비악화요인), 정차시간율, 단위거리당 정차빈도가 훨씬 높다(공히 연비악화요인). 이와 같이 '93 서울특별시의 주행특성치는 CVS-75모드에 비해 연비악화의 요인에 해당하는 것들이 많아서, 서울시의 실주행연비가 CVS-75모드연비에 비해 그의 값이 낮을 것으로 예상된다.

이와 같이, '93 서울특별시의 주행패턴은 정부공인 표준연비측정모드인 CVS-75모드에 비해 연비악화요인이 많은 것으로 평가되었으며, 따라서 상관관계가 큰(기여도가 큰) 주행특성치에 대하여, 회귀분석에 의해 예상연비값을 추정해 보기로 하였다.

즉, 앞에서 기술한 68개 데이터군에서 얻어진 각각의 특성치들에 대해 최소자승법을 사용하여 회귀방정식들을 구한 후, 각각의 회귀방정식에 Table 6의 '93 서울특별시 전노선 특성치와 CVS-75모드의 평균특성치들을 대입하여, 예상되는 회귀연비와 회귀연비의 오차범위를 구하였다.

Table 7은 이러한 방법에 의해 얻어진 회귀연비를 나타낸다. 표에 의하면, 회귀분석에 의해 재계산한 '93 서울시 전노선의 추정연비는 10.36~11.04km/l의 값을 가져, 실측연비(10.67km/l)에 대해 −2.9~+3.5%의 변동변위를 갖는 비슷한 값을 보여 주고 있으며, CVS-75모드의 회귀연비는, 평균가속도에 의해 구한 회귀연비가 다소 낮은 값(10.32km/l)을 보여주는 것 이외에는, '93 서울실측연비보다 높은 11.54~12.56km/l의 값을 보여 주고 있다.

5.2 '93년도 서울특별시 평균주행연비 및 CVS-75모드연비의 비교

5.2.1 비교측정의 의의

전술한 바와 같이, '72년도 로스엔젤레스 시가지의 주행패턴을 모의한 LA-4모드를 이용하여

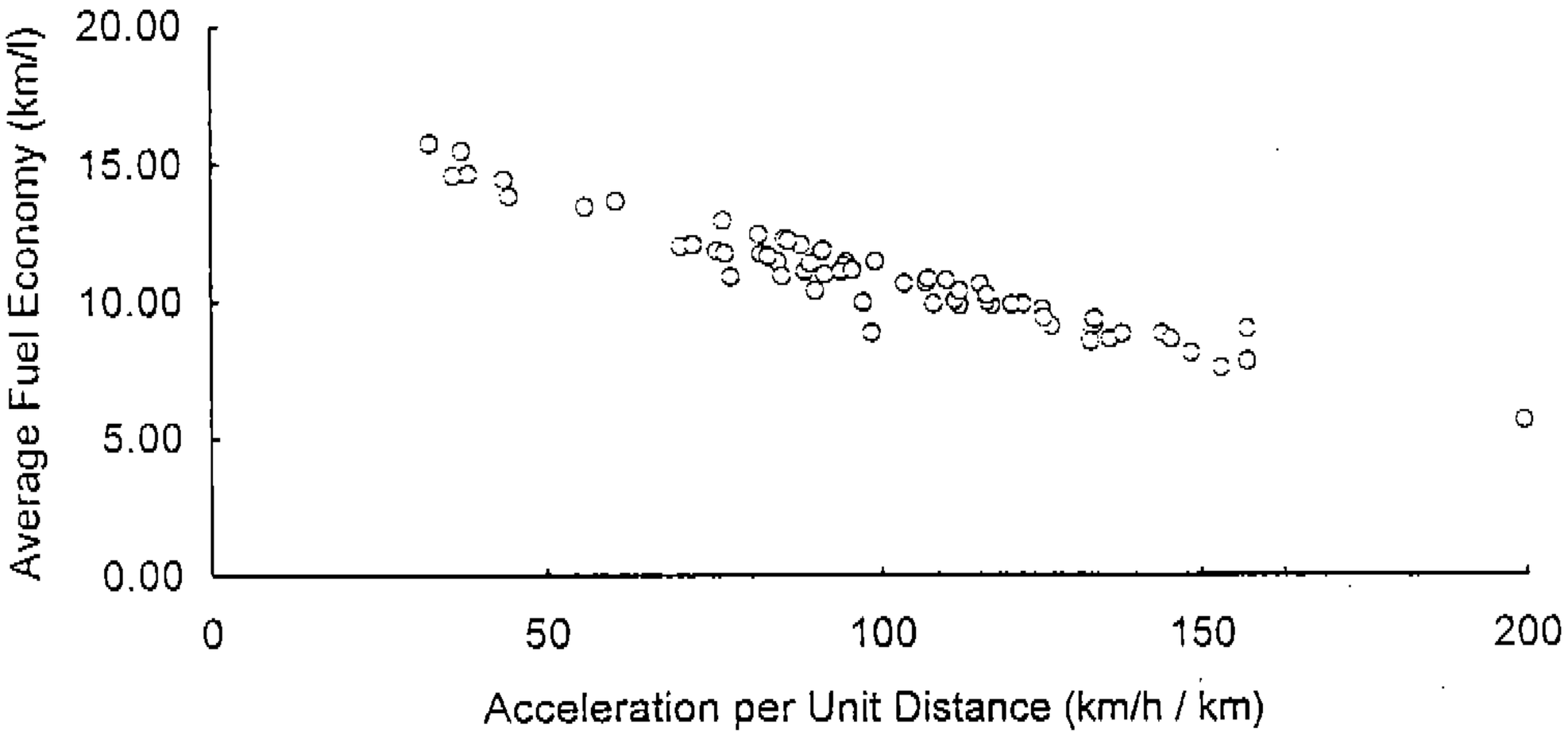

Fig.7 Relationship between acceleration sum per unit distance and fuel economy.

Table 6 Comparison of Traffic Characteristics between '93 Seoul and CVS-75 mode

Traffic Characteristics	'93 Seoul	CVS-75 mode
average trip time per unit distance, sec/km	163.62	105.7
acceleration energy per unit distance,$(m/sec)^2$/km	185.95	173.9
acceleration sum per unit distance,(km/h)/km	97.33	76.5
time fraction spent for acceleration, %	17.84	19.2
distance fraction spent for deceleration, %	29.57	26.8
time franction spent for deceleration, %	22.41	24.2
total times of vehicle stationary, sec	(61.320)	370
time fraction of vehicle stationary, %	30.92	19.7
number of times of vehicle stationary per unit distance, times/km	2.31	1.24
total trip time, sec	(198,335)	1877
total trip length, km	(1,212.15)	17.77
average trip speed, km/h	22.0	34.1
largest instantaneous speed, km/h	83.54	91.2
standard deviation of trip speed, km/h	21.78	25.7
RMS accel-deceleration, g	0.068	0.075
average acceleration, g	0.050	0.052
largest instantaneous acceleration, g	0.387	0.164
standard deviation of acceleration, g	0.042	0.047
average deceleration, g	−0.050	−0.059
largest instantaneous deceleration, g	−0.540	−0.150
standard deviation of deceleration, g	0.050	0.053

Table 7 Fuel Economy calculated by Regression Method for Major Variables

Variable No.	Name of Variable	r^2	Error Range (km/l)	Regression Fuel Economy(*km/l*)	
				'93 Seoul	CVS-75
3	accelelation sum per unit distance	0.918	0.56	11.04	12.22
1	average trip time per unit distance	0.832	0.80	10.95	12.56
8	time fraction of vehicle stationary	0.806	0.86	10.36	12.16
9	number of times of vehicle stationary per unit distance	0.794	0.89	10.92	12.11
16	average acceleration	0.645	1.17	10.74	10.32
2	acceleration energy per unit distance	0.605	1.23	11.02	11.54
5	distance fraction spent for deceleration	0.594	1.25	11.02	12.00
Fluctuation for the measured '93 Seoul fuel economy(10.67*km/l*)				−2.9~ +3.5	−3.3~ +17.7%

배출가스량과 연비를 측정하고 있는 미국의 경우에 있어서도, 개발당시와 그후의 교통흐름 등의 상이로 인하여 모드연비와 실주행연비의 차이가 대두되고 있으며,[11~14] 이에 따라 미국에서는 '85 model year car부터 FTP-75 시가지주행연비값에 보정계수 0.9를 곱하여, 차량연비로서 공표하도록 하고 있다. EPA의 시가지연비에 대한 보정계수 도출방법을 요약하면 다음과 같다.[9]

EPA의 보정계수는, 차량사용자를 대상으로한 조사결과를 근간으로 도출된 것으로서, 차량형식(제조회사, 모델, 생산년도 등), 구동방식(전륜, 후륜), 연료시스템(기화기식, 분사식, 디젤), 변속기(자동, 수동단수), 옵션(에어컨, 파워스티어링 등), 주행거리, 연료주입량, 기후조건 등과 연비(MPG)에 관해 조사한 43,000개의 연료경제 데이터베이스와, 시내운전여부(CF : City Fraction)및 일일평균주행거리(AMPD : Average Miles per Day)에 대한 19,000개의 데이터베이스를 분석하여 구해진 것이다.

전술한 바와 같이, 우리 나라는 '87년도부터 미국의 측정방법을 국내공인측정방법으로 준용하여 배출가스량 및 연비를 산출하고 있으나, 로스엔젤레스시와 서울시가지는 상이한 지형조건, 교통환경 등을 가지고 있고, 특히 환경처에서 '87년도에 동 모드를 국내공인모드로 채용한 이래, 그 동안의 급격한 국내차량보유대수의 증가로 인하여 서울특별시의 교통흐름이 크게 악화되었기 때문에, 앞서 검토한 바와 같이 그의 주행특성치가 CVS-75모드의 그것과 많은 차이를 보여주고 있다. 이로 인해 실주행연비와 모드연비(정부공인 표준연비) 사이에 차이가 대두되고 있어서 차량사용자에게서 많은 불만 또는 오해를 유발하고 있는 실정이며(통상 모드연비가 실주행연비보다 크게 나타남), 지금까지의 분석에서도, CVS-75모드연비가 실주행연비에 비해 그의 값이 클 가능성이 높은 것으로 예상되었다.

따라서, 국내공인연비측정방법인 CVS-75모드 측정방법에 준거하여 시험차량의 모드연비를 측정하고, 이를 동 차량의 '93 서울특별시 평균주행연비와 비교해 보기로 하였다.

5.2.2 CVS-75모드연비 측정방법 및 측정장치

CVS-75모드연비는, 정부공인 표준연비측정방법에서 사용하고 있는 대기환경보전법 제32조, 동시행규칙 제56조에 근거하여 제정한 환경처고시 제93-36호의 "자동차배출가스측정방법(CVS-75모드측정방법)"에 규정하고 있는 설비(Table 8)및 방법을 그대로 적용하여 측정하였다.

시험차량은 서울특별시 주행패턴조사에 사용한 차량으로서, 차량중량은 주행패턴조사시와 동일한 상태로 하였다. 동 차량은, 시험장치가 탑재되어 있기 때문에 차량중량이 증가한 상태이며 이에 맞추어 샤시동력계의 등가관성중량을 설정하였다.

한편, 동 차량은 배출가스정화장치인 삼원촉매장치가 부착되어 있지 않아서 배출가스농도가 높기 때문에, 배출가스분석장치의 측정레벨을 초과하였으며, 따라서 연료소비율은 동 시험법에서 규정한 배출가스측정에 의한 Carbon Balance산출법이 아니라, 상술한 Table 1의 연료유량계를 사용하여 직접 측정하였다. 그러나, 일반적으로 Carbon Balance법에 의해 산출된 연비와 체적법에 의해 실측한 연비는 근소한 차이를 보이는 것으로 알려져 있으므로, 이에 따른 특별한 문제점은 없는 것으로 생각된다.

5.2.3 연비실측결과

Table 9에 CVS-75모드측정방법에 준거하여 측정한 모드연비와 '93년도 서울특별시 평균주행연비를 비교하여 나타낸다. 동 모드연비는 하기 Eq.1에서와 같이 저온시동초기단계(phase 1), 저온시동안정단계(phase 2), 고온시동초기단계(phase 3) 각각에 대해 측정한 연비를 가중평균하여 구한 값이다. 표에 의하면, 예상되는 바와 같이 모드연비의 값이 실주행연비값에 비해 높으나, 그의 차이는 5.34%에 불과하여 그다지 크지 않음을 볼 수 있다.

Table 8 Specifications of Chassis Dynamometer

Maker	Crayton, U.S.A.
Model	DCE-80
Type	DC type
Capacity	Twin Roll, 8.65″, 40PS
Inertia Weight	680~3,345kg

$$FE_w = \frac{7.5mile}{0.43\frac{3.59mile}{FE_{phase1}} + \frac{3.91mile}{FE_{phase2}} + 0.57\frac{3.59mile}{FE_{phase3}}} \quad \text{Eq.1}$$

한편, 서울특별시의 일반적인 차량사용자에 의하면, 모드연비가 실주행연비에 비해 십~수십퍼센트정도 높은 것으로 알려져 있기도 하나(공식조사된 것은 아님), 동 시험에서 이러한 큰 차이가 나타나지 않은 것에 대한 명확한 설명은 어렵다. 그러나, 현재의 서울특별시와 CVS-75모드의 주행특성치의 상이점과 아울러, 차량자체의 특성, 차량관리상태, 주행노선, 일일주행거리, 운전자의 운전습관, 기상상태 등 여러 요인이 복합하여 최종적으로 연비로서 나타나게 되므로, 차량사용자에 따라서 그의 값에 차이가 있으리라는 것은 쉽게 예상할 수 있다.

앞의 회귀분석결과, 시험차량의 모드연비와 실주행연비의 비교측정결과, 일반사용자에 대한 조사결과등을 종합할 때, CVS-75모드연비는 실주행연비에 비해 5%~20%정도 높을 것으로 예상되며, 물론 차량사용자에 따라 그의 값은 상이하나 이 범위를 크게 벗어 나지는 않을 것으로 예상된다.

6. 결 론

1) 서울특별시의 주행패턴조사데이터를 분석하여 다음의 결론을 얻었다.
   가) 서울특별시의 평균주행속도는 22.0km/h, 평균주행연비는 10.67km/l이었으며, 정차시간율은 30.92%, 단위거리당 정차빈도는 2.31회/km 등이었다.
   나) 전노선 CBD 내·외부 첨두 및 비첨두 시간대에 있어서는, CBD외부 비첨두 시간대의 교통흐름이 가장 양호하여

Table 9 Comparison of Fuel Economy between '93 seoul and CVS-75 mode

	'93 seoul	CVS-75 mode
fuel economy, *km/l*	10.67	11.24
Remark	mode fuel economy 5.34% greater than '93 Seoul	

연비가 가장 높은 값을 보여 주었으며, 노선별 첨두 및 비첨두시간대에 있어서는, 비첨두시간대의 주행특성이 대체적으로 양호하여 연비가 높은 값을 나타내었다.

다) '93년도의 평균주행속도는 '85년도 당시에 비해 현저히 낮은 값을 보여 주고 있으며, 이는 그 동안의 차량보유대수의 증가로 인한 정차시간율, 단위거리당 정차빈도 등의 악화에 기인하는 것으로 생각된다. 이러한 교통흐름의 악화에 기인하여, '93년도 서울특별시의 평균주행연비는 '85년도 당시에 비해 현저히 악화될 것으로 예상된다.

2) 17개노선의 4종류의 수집데이터(출근/퇴근시간대, 비첨두시간대의 왕/복)에 대한 각각의 주행특성치들을 구하여, 이들 특성치와 연비와의 상관관계를 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

가) 단위시간당 가속량, 단위거리당 평균주행시간, 정차시간율 등의 순으로 연비와 큰 상관관계를 보여 주었다.

나) 연비와 상관관계가 큰 주행특성치들에 대하여 회귀분석에 의해 연비값을 추정해 본 결과, '93 서울시의 회귀연비는 실주행연비에 대해 −2.9~+3.3%의 변동범위를 갖는 비슷한 값을 보여주었으며, CVS-75모드의 회귀연비는, 평균가속도에 의해 구한 연비가 다소 낮은 값을 보여 주는 것 이외에는, '93 서울실측연비보다 7.7~17.7% 높은 값을 보여 주었다.

3) '93년도 서울특별시의 주행특성치는 CVS-75모드의 그것과 현저한 차이를 보여 주었으며, 서울시의 실주행연비가 CVS-75모드연비에 비해 그의 값이 낮을 것으로 예상되었다. 한편, 공인연비 측정방법으로 시험차량의 모드연비를 측정해 본 결과, 동 차량의 모드연비는 서울시 평균주행연비에 비해 5.34% 높은 값을 보여 주었다.

4) 이들 결과를 종합할 때, CVS-75모드연비는 실주행연비에 비해 5%~20%정도 높은 값을 나타낼 것으로 예상되었으며, 물론 차량사용자에 따라 그의 값은 상이하나 이 범위를 크게 벗어 나지는 않을 것으로 예상되었다.

5) 이러한 연구결과, 다음 사항이 제안되었다.

가) 미국의 경우에서와 같이, 우리 나라에 있어서도 모드연비(정부공인 표준연비)와 실주행연비를 근접시키기 위하여, 보정계수의 개념을 도입하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다. 보정계수의 도출은 '93년도 서울특별시 주행패턴조사데이터의 보다 상세한 분석과 아울러, 미국 EPA에서와 같은 차량사용자에 대한 상세한 조사, 분석 등을 통해 적용하는 것이 타당할 것으로 생각된다.

나) 장기적인 안목에서 서울시가지의 주행특성을 반영한 주행모드를 개발하여 연비측정모드로서 사용하는 것도 고려해 볼 여지가 있으나, 통상 측정모드는 연비는 물론 배출가스 측정시에도 활용되므로, 이는 관련부처(환경처 및 자동차공해연구소, 상공자원부 및 에너지기술연구소)사이의 면밀한 협의를 통해 실시되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. "Constant Volume Sampler System for Exhaust Emissions Measurement", SAE J1094a.
2. "CFR 40", Environmental Protection Agency, part 600.
3. Karl H. Hellman, "Development of Adjustment Factors for the EPA City and Highway MPG Values", SAE 840496, 1984.
4. 상공자원부 개정고시 1993-82호, "승용차의 에너지소비효율측정 표시, 목표소비효율 및 소비효율에 따른 등급표시."
5. "대기환경 보전법", 홍문관, 1992.
6. 박 선 외, "조합연비 측정모우드개발 및 목표주행거리 재설정연구", 한국동력자원연구소 보고서 KE-85-23, 1986.

7. 김수철, "국내외 다인승 전용도로화 방안 분석", 교통정보, 4월호, pp.3-13, 교통개발연구원, 1993.
8. 서울특별시 조사자료, '91년도 서울시 간선도로 속도 조사결과", 1991.
9. Leonard Evans, "Multivariate Analysis of Traffic Factors Related to Fuel Consumption in Urban Driving", Transportation Science, Vol.10, No.2, 1976.
10. Junkoh Shima, "Detailed Analysis on the Actual Driving Condition and Fuel Economy", 自動車技術, Vol.35, No.10, pp.1177-1184, 1991.
11. Barry D. McNutt, "Comparison of EPA and on-road Fuel Economy-Analysis Approches, Trends, and Impacts", SAE 820788, 1982.
12. R.W. Schneider, "In-use Fuel Economy of 1981 Passenger Cars", SAE 820790, 1982.
13. Karl H. Hellman, "Why Vehicles Don't Achieve the EPA MPG on the Road and How That Shortfall Can be Accounted For", SAE 820791, 1982.
14. David L. Kulp, "Fuel Economy Ratings vs. Road Experience-An Analysis of Ford's 1982 Lease Fleet", SAE 821034, 1983.