

기본연구 2017-11

시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인 분석

이 범 규

연구책임

• 이범규 / 도시기반연구실 선임연구위원

기본연구 2017-11

시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인 분석

발행인 박 재 목

발행일 2017년 11월

발행처 대전세종연구원

(34863) 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동 287-2)

전화 : 042-530-3500 팩스 : 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시와 세종특별자치시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

연구결과 요약

I. 연구의 개요

□ 연구의 목적

- 대전시 시내버스 연료비는 연간 288억원에 달하고 있으며, 준공영제를 도입한 6대도시는 6,500억원, 전국적으로는 1조 3,000억원이 연료비로 사용
- 시내버스 연료비 절감 대책을 마련하는데 있어 기초자료가 될 수 있도록 시내버스 연료소모량(연비)과 이에 영향을 미치는 요인 분석

□ 연구의 필요성

- 시내버스 재정지원금의 감소, 환경오염물질 배출 감소를 위해서는 연료소모량 감소 필요
- 시내버스 연료비에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구는 거의 없는 실정

□ 연구의 기대효과

- 시내버스 연료비 절감 대책을 수립하는데 있어 본 연구의 분석결과가 근거자료로 활용
- 시내버스 연료비 절감은 물론 온실가스, 환경오염물질을 줄이고, 정속 주행을 유도하여 시내버스 이용객의 편의성 및 쾌적성 향상
- 시내버스 연비와 승객수, 통행속도, 정차정류장수 등 설명변수간의 실증적 분석을 수행하여 관련분야의 학술적 기여

II. 연구의 내용

□ 연비 특성

- 시내버스 회사별, 노선별, 차종별, 엔진유형별, 차령별, 운전기사 연령별, 노선거리별, 요일별 연비를 분석한 결과 저상버스가 일반버스에 비하여 약 8.3% 낮을 것을 제외하고는 두드러진 차이가 없는 것으로 분석됨

□ 교통 및 노선특성이 시내버스 연비에 미치는 영향

- 연비와 승객수, 통행속도, 정차정류장수, 신호등수, 구배 간의 상관관계를 분석한 결과 상관계수가 0.3내외로 약간의 상관성은 있지만 높은 상관성을 보이지는 않는 것으로 분석
- 구배가 있는 도로구간을 대상으로 연비를 실측한 결과 오르막구간과 내리막구간에서 명확하게 많은 연비차이가 발생하는 것으로 나타남
 - 오르막구간은 평지구간에 비하여 연비가 44.8% 낮고, 내리막구간은 128.5% 높음

□ 운전기사 인적요인이 시내버스 연비에 미치는 영향

- 동일한 연령대, 동일한 차종, 동일한 운행시간에 대하여 운전기사별 연비를 분석한 결과 운전기사별 연비차이는 최소 43.2%에서 최대 99.3%까지 차이가 많이 나는 것으로 분석
- 시내버스 연료소모는 해당 노선의 승객수, 통행속도, 정차정류장수 등 교통여건에 의해서도 조금 영향을 받지만 교통여건이 같아 하더라도 운전기사의 운전행태에 따라 더 많은 영향을 받는 것으로 나타남
- 따라서 운전기사의 연비향상 교육을 체계적으로 수행하는 것이 중요하며, 이를 위해서는 대전시 차원의 지원방안 모색 필요

차 례

1장 연구의 개요	1
1. 연구의 배경 및 목적	3
2. 연구의 범위	5
3. 연구의 과정 및 방법	6
1) 연구의 과정	6
2) 연구의 방법	7
4. 선행연구 검토 및 차별성	8
1) 선행연구 검토	8
2) 선행연구와의 차별성	10
5. 연구의 기대효과	12
2장 시내버스 연료소모 현황	13
1. 시내버스 운행현황	15
2. 시내버스 운송원가의 구성	17
3. 시내버스 연료소모 현황	19
1) 연도별 연료소모 현황	19
2) 월별 연료소모 현황	19
3) 타 도시 연료소모 현황	20
3장 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인 분석	21
1. 자료의 구축	23
1) 자료구축 범위	23
2) 자료수집 방법	29
(1) 종속변수(연비자료)	29
(2) 영향요인	30

2. 시내버스 연비 특성분석	38
1) 시내버스 개별 차량별 연비	38
2) 시내버스 회사별 연비	38
3) 시내버스 노선별 연비	39
4) 시내버스 차종별 연비	39
5) 시내버스 엔진유형별 연비	40
6) 시내버스 차령별 연비	41
7) 시내버스 운전기사 연령별 연비	42
8) 시내버스 노선거리별 연비	42
9) 시내버스 요일별 연비	43
3. 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인 분석	45
1) 교통 및 노선 특성 요인	45
(1) 승객수	45
(2) 통행속도	49
(3) 정차정류장수	53
(4) 신호등수	57
(5) 구배	61
(6) 소 결	62
2) 연비추정 모형	63
3) 인적 요인	64
4장 결론 및 정책건의	69
1. 결 론	71
2. 정책건의	73
참고문헌	75

표차례

[표 1-1] 자료수집 내용 및 분석 방법	7
[표 1-2] 선행연구와 본 연구의 차별성	10
[표 2-1] 대전시 시내버스 운행대수	15
[표 2-2] 대전시 시내버스 재정지원금 추이(억원)	16
[표 2-3] 대전시 시내버스 표준운송원가 항목별 단가(2015)	18
[표 2-4] 대전시 시내버스 연도별 연료소모량 및 연비	19
[표 2-5] 대전시 시내버스 월별 연료소모량 및 연비	19
[표 2-6] 타 도시 시내버스 연료비(2014년 기준)	20
[표 3-1] 대전시 시내버스 회사별 자료수집 노선	23
[표 3-2] 자료수집 기간	29
[표 3-3] 시내버스 운전기사 연령별 현황	30
[표 3-4] 시내버스 차량 차종별 현황	31
[표 3-5] 시내버스 차량 차령별 현황	31
[표 3-6] 시내버스 차량 엔진유형별 현황	32
[표 3-7] 차량 유로규제 내용	32
[표 3-8] 시내버스 노선별 평균 통행속도 현황	33
[표 3-9] 시내버스 노선별 신호등수	34
[표 3-10] 시내버스 노선별 평균 승객수	35
[표 3-11] 시내버스 노선별 정류장 정차횟수 현황	36
[표 3-12] 전체 시내버스 연비	38
[표 3-13] 시내버스 회사별 연비	38
[표 3-14] 시내버스 노선별 연비	39
[표 3-15] 시내버스 차종별 연비	39

[표 3-16] 시내버스 엔진유형별 연비	40
[표 3-17] 시내버스 차령별 연비	41
[표 3-18] 시내버스 운전기사 연령별 연비	42
[표 3-19] 시내버스 노선거리별 연비	43
[표 3-20] 시내버스 요일별 연비	43
[표 3-21] 전체차량 연비-승객수 상관관계 분석	45
[표 3-22] 차종별 연비-승객수 상관관계 분석	46
[표 3-23] 엔진유형별 연비-승객수 상관관계 분석	47
[표 3-24] 노선유형별 연비-승객수 상관관계 분석	48
[표 3-25] 전체차량 연비-통행속도 상관관계 분석	49
[표 3-26] 차종별 연비-통행속도 상관관계 분석	50
[표 3-27] 엔진유형별 연비-통행속도 상관관계 분석	51
[표 3-28] 노선유형별 연비-통행속도 상관관계 분석	52
[표 3-29] 전체차량 연비-정차정류장수 상관관계 분석	53
[표 3-30] 차종별 연비-정차정류장수 상관관계 분석	54
[표 3-31] 엔진유형별 연비-정차정류장수 상관관계 분석	55
[표 3-32] 노선유형별 연비-정차정류장수 상관관계 분석	56
[표 3-33] 전체차량 연비-신호등수 상관관계 분석	57
[표 3-34] 차종별 연비-신호등수 상관관계 분석	58
[표 3-35] 엔진유형별 연비-신호등수 상관관계 분석	59
[표 3-36] 노선유형별 연비-신호등수 상관관계 분석	60
[표 3-37] 경사구간과 평지구간의 연비측정 결과	61
[표 3-38] 연비와 주요 요인간의 상관관계 분석	62
[표 3-39] 다중회귀분석을 이용한 연비추정 모형	63
[표 3-40] 동일조건에서 운전기사 인적요인에 따른 연비 차이	65

그림차례

[그림 1-1] 연구의 과정	6
[그림 1-2] 선행연구와 본 연구의 자료 구축 차별성	11
[그림 2-1] 대전시 시내버스 재정지원금 추이	16
[그림 2-2] 대전시 시내버스 운송원가의 구성	17
[그림 2-3] 대전시 시내버스 월별 연비	20
[그림 3-1] 대전시 시내버스 1번 노선도	24
[그림 3-2] 대전시 시내버스 3번 노선도	24
[그림 3-3] 대전시 시내버스 106번 노선도	25
[그림 3-4] 대전시 시내버스 312번 노선도	25
[그림 3-5] 대전시 시내버스 313번 노선도	26
[그림 3-6] 대전시 시내버스 605번 노선도	26
[그림 3-7] 대전시 시내버스 701번 노선도	27
[그림 3-8] 대전시 시내버스 703번 노선도	27
[그림 3-9] 대전시 시내버스 706번 노선도	28
[그림 3-10] 대전시 시내버스 711번 노선도	28
[그림 3-11] 연료소모 측정장치 및 연비관리대장 샘플	29
[그림 3-12] 신호등수 자료 샘플(급행1번)	34
[그림 3-13] 시내버스 605번 노선의 구배구간 현황	36
[그림 3-14] 자료구축 결과 샘플	37
[그림 3-15] 시내버스 회사별 연비	38
[그림 3-16] 시내버스 노선별 연비	39
[그림 3-17] 시내버스 차종별 연비	40
[그림 3-18] 시내버스 엔진유형별 연비	40

[그림 3-19] 시내버스 차령별 연비	41
[그림 3-20] 시내버스 운전기사 연령별 연비	42
[그림 3-21] 시내버스 노선거리별 연비	43
[그림 3-22] 시내버스 요일별 연비	44
[그림 3-23] 전체차량 연비-승객수 산점도	45
[그림 3-24] 차종별 연비-승객수 산점도	46
[그림 3-25] 엔진유형별 연비-승객수 산점도	47
[그림 3-26] 노선유형별 연비-승객수 산점도	48
[그림 3-27] 전체차량 연비-통행속도 산점도	49
[그림 3-28] 차종별 연비-통행속도 산점도	50
[그림 3-29] 엔진유형별 연비-통행속도 산점도	51
[그림 3-30] 노선유형별 연비-통행속도 산점도	52
[그림 3-31] 전체차량 연비-정차정류장수 산점도	53
[그림 3-32] 차종별 연비-정차정류장수 산점도	54
[그림 3-33] 엔진유형별 연비-정차정류장수 산점도	55
[그림 3-34] 노선유형별 연비-정차정류장수 산점도	56
[그림 3-35] 전체차량 연비-신호등수 산점도	57
[그림 3-36] 차종별 연비-신호등수 산점도	58
[그림 3-37] 엔진유형별 연비-신호등수 산점도	59
[그림 3-38] 노선유형별 연비-신호등수 산점도	60
[그림 3-39] 40대, 일반버스, 출근시간 운전기사별 연비 차이	64
[그림 3-40] 40대, 일반버스, 퇴근시간 운전기사별 연비 차이	66
[그림 3-41] 40대, 저상버스, 출근시간 운전기사별 연비 차이	66
[그림 3-42] 40대, 저상버스, 퇴근시간 운전기사별 연비 차이	67
[그림 3-43] 50대, 일반버스, 출근시간 운전기사별 연비 차이	67
[그림 3-44] 50대, 일반버스, 퇴근시간 운전기사별 연비 차이	68
[그림 3-45] 50대, 저상버스, 퇴근시간 운전기사별 연비 차이	68

1장

연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위
3. 연구의 과정 및 방법
4. 선행연구 검토 및 차별성
5. 연구의 기대효과



1장 연구의 개요

1장 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

시내버스 준공영제 도입이후 시내버스 운행에 따른 적자를 시에서 재정
으로 보조해주고 있으며, 이러한 재정지원금은 지속적으로 증가하고 있는
실정이다. 대전시 시내버스 재정지원금은 2006년 257억원에서 2015년 383
억원으로 증가하였으며, 서울시, 부산시 등 다른 특·광역시도의 경우에도
상황은 비슷한 실정이다.

그러나 인건비, 연료비, 감가
상각비, 재료비, 보험료, 이운
등으로 구성되어 있는 시내버스
운송원가를 줄일 수 있는 여지는
많지 않다. 다만 운송원가 항목
중 연료비가 비중이 15% 이상
으로 많고, 운전행태에 따라 연료
소모량이 크게 다르기 때문에
절약할 수 있는 가능성이 높은
편이라 할 수 있다.

대전시 시내버스 운송원가는
2015년 기준 1,776억원으로 이중
연료비는 288억원(16.2%)을 차지하고 있다.

준공영제를 도입하여 운영하고 있는 6대도시(서울, 부산, 대구, 인천, 광
주, 대전)의 시내버스 연간 연료비는 2014년 기준 약 6,500억원으로 10%만
줄여도 매년 650억원을 절약할 수 있다.

전국의 시내버스는 약 33천대로 확대하면 약 1조 3,000억원이 연료비로

dongA.com

2016-12-18 10:48:00 편집

답 보러가기

세금 먹는 하마 '버스 준공영제'의 배신

5억 원 넘는 임원 연봉, 주 40시간 근무 '신의 직장' 10년 새 재정지원금
천정부지로 치솟아



버스 준공영제 도입 이후 버스업체의 경영은 한결 안정됐지만 버스 이용 시민이 느끼는 불안은 여전하
다. 사진은 시내버스가 중앙버스전용차로로 급진입하는 모습. (동아일보)

서울시는 대중교통 서비스의 공공성을 위해 2004년부터 '버스 준공영제'를 도입했다. 버스 준공영제는 버
스업체가 받아들인 운송수입금중 서울시가 공동으로 관리하면서 업체별 버스 대수와 운행거리 등 실적에
따라 운행비용을 버스회사에 지급하는 제도로 서울, 인천, 부산, 대구, 대전, 광주 등에서 시행하고 있다.
2015년 기준 서울시에서 인가한 버스업체는 총 66개로 358개 노선에 버스 7485대가 운행 중이다. 이 가
운이 간선버스는 3703대, 지선버스 3462대, 광역버스 250대, 순환버스 25대, 실버버스 45대다.

사용되며, 10%를 절약하면 연간 1,300억원을 절약할 수 있다.

또한 시내버스 연료비가 절약되면 온실가스, 미세먼지 등 환경유해물질의 배출을 감소할 수 있으며, 정속주행에 따른 시내버스 이용객의 쾌적성이 향상되는 효과도 얻을 수 있다.

실제 도시별로 시내버스 연비(연료비)¹⁾는 차이가 많이 있으며, 같은 도시에서도 운전자별²⁾ 차이가 많이 있기 때문에 연비를 향상시켜 연료비를 절감하는 것은 충분히 가능할 것으로 판단된다.

실제 대전, 서울 등 일부 도시에는 연료 절감 노력을 통하여 연료비를 크게 절감하기도 하였다.

시내버스 연료비는 운전기사의 운전행태, 해당 노선의 도로 및 교통특성, 차량특성에 영향을 많이 받는 것으로 보고되고 있다. 그러나 시내버스 연료비에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 또한 수행된 일부 연구의 경우도 운행단위별 자료를 이용하여 분석한 것이 아니라 일정기간(1월, 1년)의 누적자료를 가지고 분석하여 요인분석을 정확히 할 수 없는 근본적으로 한계를 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 시내버스 연료비 절감 대책을 마련하는데 있어 근거가 될 수 있도록 시내버스 연료소모량(연비)과 이에 영향을 미치는 요인간의 관계를 보다 정확히 분석하는데 목적이 있다.

- 1) 2014년 기준 1일 해당 연료비는 서울 119천원, 부산 140천원, 대전 103 천원 등으로 편차가 있다
- 2) 동일한 노선, 차량, 교통여건에서도 시내버스 연비는 운전자별로 10~20% 정도는 차이가 발생하고 있다 / 이범규(2013), 대전시 시내버스 표준연비 산정에 관한 연구, 대전발전연구원

한국경제

프린트 닫기

버스 연료절감장치 효과 '특특'...서울시, 29개월간 300억 절감

입력 2017-05-02 19:28 수정 2017-05-03 02:33

서울시가 시내버스에 연료절감장치를 설치해 지난 29개월간 300억원 상당의 연료비를 절감했다.

서울시는 시내 수동변속버스에 연료절감장치를 장착한 2014년 8월과 지난해 12월을 비교한 결과 연료비 303억원을 아꼈다고 2일 발표했다. 연료절감장치는 운전자에게 최적의 변속시점을 알려주고 차량 냉각팬을 자동 제어해 연비 개선을 돕는 장치다. 서울 시내버스 7421대 중 4278대(57.6%)에 설치돼 있다.



연료절감장치 설치 후 서울 시내버스의 연료 사용량은 약 9.7% 줄었고 연비는 10.8%가량 늘었다. 기사의 운전 패턴이 계절적인 영향을 덜 받는 4~5월엔 평균 연비가 2.1km/m³에서 2.36km/m³로 약 12% 증가했다. 저상 버스에도 연료절감장치를 설치하면 연간 81억원가량을 추가 절감할 수 있을 것으로 서울시는 추산하고 있다.

2. 연구의 범위

□ 1장 : 연구의 개요

- 연구의 범위와 방법 설정
- 선행연구 및 본 연구의 차별성 검토
- 연구의 기대효과

□ 2장 : 시내버스 운송원가 및 연료비 현황

- 대전시 시내버스 운행현황
- 시내버스 운송원가 구성
- 연료비 소모 현황

□ 3장 : 시내버스 연비에 미치는 영향요인 분석

- 자료의 구축 방법 및 과정
- 시내버스 연비 특성 분석
- 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인 분석

□ 4장 : 결론 및 정책건의

- 결론 정리
- 주요 정책추진 사항 건의

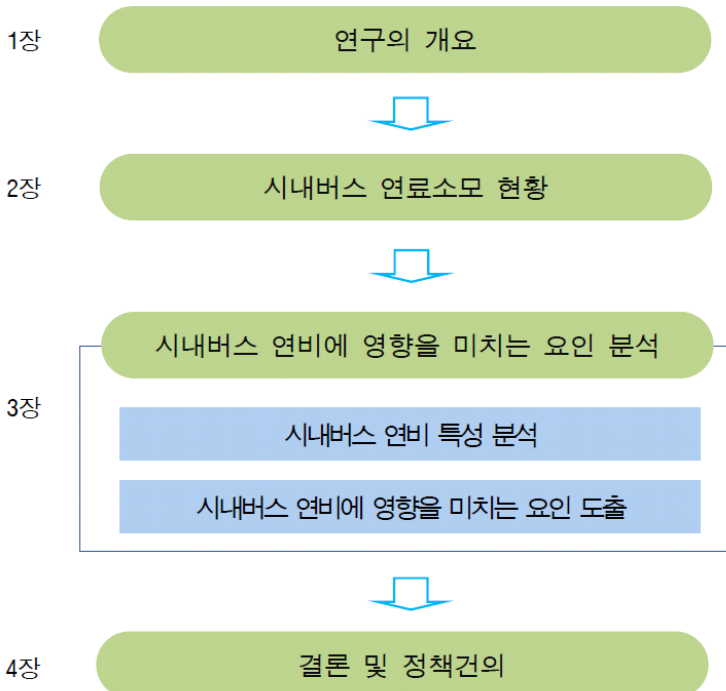
3. 연구의 과정 및 방법

1) 연구의 과정

1장에서는 연구의 범위와 방법을 설정하고, 2장에서는 대전시 시내버스의 연료소모 현황을 검토하였다.

3장에서는 구축된 자료를 분석하여 시내버스 연비특성 분석, 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인을 분석하였으며, 4장에서는 결론 및 정책건의를 정리하였다.

[그림 1-1] 연구의 과정



2) 연구의 방법

시내버스 연료소모의 측정자료는 단위거리당 연료소모량을 나타낼 수 있는 연비 자료를 이용하였다. 대전시 시내버스는 2013년부터는 모두 CNG 버스로 교체되었으므로 CNG 버스의 연비(km/m³) 자료를 활용하였다.

시내버스 연비 자료는 노선별, 요일별, 시간대별, 방향별로 수집하여 구축하였다. 대전시에서 운행되고 있는 대부분의 일반차량은 운행단계별로 연료소모량을 측정할 수 없으므로 연료 소모량을 측정할 수 있는 장치가 부착된 3개사 11개 노선의 차량을 대상으로 자료를 수집하였다.

시내버스 연비에 영향을 미치는 요인(요소)는 선행연구 등을 참조하여 운전자 특성, 차량특성, 교통특성, 노선특성 관련 자료를 수집하였다.

구축된 자료에 대하여 산점도 작성, 상관관계 분석, 회귀분석 등을 이용하여 연비에 영향을 미치는 요인을 도출하였고, 연비와 영향요인 간의 어떠한 관계가 있는 지를 분석하였다.

[표 1-1] 자료수집 내용 및 분석 방법

구 분		자료 수집 내용	
자료 수집	연 비	노선별, 요일별, 시간대별, 방향별 (1주일간 전체 차량, 편도운행별)	
	영향요인	운전자 특성	운전기사 연령
		차량 특성	차종(일반버스, 저상버스) 차령(연식/1~10년) 엔진유형(유로 4, 5, 6)
		교통 특성	통행속도(km/h) 노선 신호등수(개/km)
		노선 특성	승객수(명/km) 정차 정류장수(개/km) 구배(경사)
자료 분석	특성분석 및 영향요인 도출	평균, 표준편차, 산점도, 상관관계 분석	
	연비와 영향요인 간의 관계	편차, 상관관계, 다중회귀 분석	

4. 선행연구 검토 및 차별성

1) 선행연구 검토

□ 시내버스 연료 이용특성 분석 및 정책방안³⁾

인천시 시내버스(CNG 차량)를 대상으로 시내버스 연비를 결정하는 요인에 대하여 분석하였다.

위계선형모형(HLM : Hierarchical Linear Model)을 이용하여 버스차령, 차량유형(중형, 좌석버스), 과속횟수, km당 승객수, 노선평균속도 등의 변수에 대하여 시내버스 연비에 영향을 미치는 지를 분석하였다. 모형의 종속변수는 차량별 CNG 연비(km/m³)이고, 설명변수는 차령, 차량유형, 과속횟수, km당 승객수, 노선평균속도 이다.

분석결과 차령을 제외하고 나머지 변수는 신뢰수준 95% 이상에서 시내버스 연비를 의미 있게 설명하는 것으로 나타났다.

차령(차량제조연도) 설명변수는 위계선형모형의 총 분산을 감소시켜서 유의하지 않더라도 최종 위계선형모형의 변수로 포함시켰다.

운전자 급가속 횟수, 급제동 횟수는 변수의 통계적 유의성이 없었고, 모형 전체의 총 분산을 증가시키는 것으로 나타나 설명변수에서 제외하였다.

각 설명변수의 시내버스 연비와 관련성 분석결과 동일한 조건에서 km당 승객수는 증가할수록 시내버스 연비가 낮아지는 음(-)의 관계를 보이며, 노선평균속도는 증가할수록 연비가 좋아지는 양(+)의 관계를 보이는 것으로 나타났다. 과속횟수는 증가할수록 연비가 낮아지는 음(-)의 관계를 보이는 것으로 나타났다.

시내버스 연비에 미치는 설명변수 한 단위당 영향은 km당 승객수, 노선 평균속도, 과속횟수 순으로 분석되었다.

3) 한종학(2015), 시내버스 연료 이용특성 분석 및 정책방안, 인천발전연구원

□ 대전시 시내버스 표준연비 산정에 관한 연구⁴⁾

대전시 시내버스(CNG 차량)를 대상으로 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인에 대하여 분석하였다.

연비에 영향을 미치는 요인은 노선별 승객수, 통행속도, 신호등수, 정류장수, 경사구간(구배)의 연장 등 5개로 설정하여 분석하였다.

시내버스 연비는 시내버스 노선별(간선, 지선, 외곽), 차량별(좌석, 도시형, 중형, 저상, 일반)로 구분하여 분석하였다.

분석결과, 연비와 승객수 및 통행속도간에는 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났으며, 신호등수, 정류장수, 경사구간(구배)의 연장은 노선 유형에 따라서 다르나 대체적으로 상관관계는 낮은 것으로 분석되었다.

한편 연비(종속변수)와 승객수, 운행속도, 신호등수 등의 설명변수간의 다중회귀분석을 실시하여 연비 예측모형을 만들었다.

일반간선버스의 연비 예측모형은 다음과 같이 승객수와 운행속도 변수로 설명되며, R^2 는 0.746으로 설명력이 높은 것으로 나타났다.

$$Y = -0.153X_1 + 0.030X_2 + 2.063$$

여기서, X_1 = 승객수

X_2 = 운행속도

4) 이범규(2013), 대전시 시내버스 표준연비 산정에 관한 연구, 대전발전연구원

2) 선행연구와의 차별성

선행연구는 종속변수(연비)와 설명변수(승객수, 통행속도 등)의 적용시 운행단위별 자료수집이 어려워 일정기간 동안의 누적자료를 평균 내어 적용함에 따라 종속변수와 설명변수간의 정확한 관계분석이 어려운 근본적인 한계를 가지고 있으나, 본 연구에서는 운행단위별로 수집한 자료를 분석하여 보다 정확한 관계분석이 이루어질 수 있도록 하였다.

[표 1-2] 선행연구와 본 연구의 차별성

구 분	연비 조사	설명변수 조사
선행연구	<ul style="list-style-type: none"> - 1년간 또는 1개월간과 같이 일정기간 해당 시내버스 차량이 소모한 연료 총량과 해당차량의 운행거리를 이용하여 연비를 계산 - 해당 시내버스 차량의 공차거리 운행, 기종점지 공회전 등에 의해 소요되는 연료까지 포함되어 정확한 연비산정 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> - 연비와 마찬가지로 일정기간의 누적된 자료를 평균 내어 적용 - 시내버스 운행의 방향별, 시간대별 특성을 반영할 수 없음
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 실제 1회 운행별(기점→종점) 연료 소모량을 측정하여 연비 계산 적용 - 실제 운행과 관련 없는 연료소모가 배제되어 실질적인 연비산정 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 실제 1회 운행별(기점→종점) 통행속도, 승객수를 조사 분석하여 적용 - 실제 운행에 상응하는 자료를 적용하여 시내버스 운행의 방향별, 시간대별 특성 반영 가능

<본 연구의 차별성>

- **(선행연구)** 일정기간 집계된 연료소모량(연비) 및 설명변수를 적용하여 연료소모량에 대응하는 승객수, 통행속도 등의 영향요인을 매칭 시킬 수 없으므로 연료비와 영향요인간의 실질적인 관계분석의 한계가 있음
- **(본 연구)** 매 운행별 실제 소모된 연료비(연비)와 그에 상응하는 통행속도, 승객수 등의 자료를 조사·적용하여 연비와 영향요인을 정확히 매칭 시킬 수 있어 보다 정확한 관계규명 가능

또한 선행연구에서는 노선별, 차량별로 집계된 자료에 대하여 분석하고 있으나, 본 연구에서는 차량별, 방향별, 요일별, 시간대별, 운전기사별 운행 시작과 종료되는 단위로 자료를 분석하여 실제 시내버스 연비와 그에 상응하는 설명변수간의 관계를 명확히 할 수 있도록 하였다.

[그림 1-2] 선행연구와 본 연구의 자료 구축 차별성

				<본 연구 자료구축 내용>			<선행연구 자료구축 내용>		
노선별	차량별	방향별	운전기사	종속변수(연비)	설명변수(승객수)	설명변수(통행속도)	종속변수(연비)	설명변수(승객수)	설명변수(통행속도)
A노선	a차량	1방향	가운전기사	Y_Aa1가	X1_Aa1가	X2_Aa1가	Y_Aa	X1_Aa	X2_Aa
A노선	b차량	2방향	나운전기사	Y_Ab2나	X1_Ab2나	X2_Ab2나	Y_Ab	X1_Ab	X2_Ab
A노선	c차량	1방향	다운전기사	Y_Ac1다	X1_Ac1다	X2_Ac1다	Y_Ac	X1_Ac	X2_Ac
A노선	d차량	2방향	리운전기사	Y_Ad2라	X1_Ad2라	X2_Ad2라	Y_Ad	X1_Ad	X2_Ad
A노선	e차량	1방향	미운전기사 . . .	Y_Ae1마	X1_Ae1마	X2_Ae1마	Y_Ae	X1_Ae	X2_Ae
A노선	f차량	2방향	비운전기사	Y_Af2바	X1_Af2바	X2_Af2바	Y_Af	X1_Af	X2_Af
A노선	g차량	1방향	시운전기사	Y_Ag1사	X1_Ag1사	X2_Ag1사	Y_Ag	X1_Ag	X2_Ag
A노선	h차량	2방향	이운전기사	Y_Ah2아	X1_Ah2아	X2_Ah2아	Y_Ah	X1_Ah	X2_Ah
A노선	i차량	1방향	자운전기사	Y_Ai1자	X1_Ai1자	X2_Ai1자	Y_Ai	X1_Ai	X2_Ai
A노선	j차량	2방향	차운전기사	Y_Aj2차	X1_Aj2차	X2_Aj2차	Y_Aj	X1_Aj	X2_Aj

↑ 선행연구
↑ 본 연구

5. 연구의 기대효과

본 연구는 시내버스 연료소모량(연비)과 이에 영향을 미치는 요인간의 관계를 보다 정확하게 분석하는 것이 주된 목적으로 다음과 같은 효과를 기대한다.

첫째, 대전시 시내버스 연료비 절감 대책을 수립하는데 있어 본 연구의 분석결과가 근거가 되어 연간 약 288억원에 이르는 시내버스 연료비를 줄이고, 시내버스 운송원가 및 재정지원금 감소에 기여한다. 나아가 국내 전역의 시내버스 연료비는 연간 약 1조 3,000억원에 이르고 있는 만큼 국내 시내버스 연료비 감소에 기여한다.

둘째, 시내버스 연료비를 감소할 경우 시내버스 차량에서 발생하는 온실가스, 환경오염물질을 함께 줄일 수 있고, 과속, 급출발 등 난폭운전의 최소화 및 정속 주행을 유도하여 시내버스 이용객의 편의성 및 쾌적성 향상에 기여한다.

셋째, 시내버스 연비와 승객수, 통행속도, 정차정류장수 등 설명변수간의 실증적 분석을 수행하여 국내 대중교통분야의 학술적 기여를 한다.

2장

시내버스 연료소모 현황

1. 시내버스 운행현황
2. 시내버스 운송원가의 구성
3. 시내버스 연료소모 현황



————— 2장 시내버스 연료소모 현황 —————

2장 시내버스 연료소모 현황

1. 시내버스 운행현황

대전시 시내버스는 총 1,016대를 보유하고 있으며, 예비차를 제외한 상시 운행하는 차량은 총 965대이다. 2013년 2월부터 시내버스는 모두 CNG 차량으로 운행되고 있다.

[표 2-1] 대전시 시내버스 운행대수

구 분	면허대수(대)			운행대수(대)				예비대수(대)		
	계	대형	중형	계	수요 대응	대형	중형	계	대형	중형
산호교통	112	93	19	106	1	87	18	6	5	1
경익운수	109	91	18	104	1	86	17	5	4	1
대전운수	104	86	18	99	1	81	17	5	4	1
대전버스	103	85	18	98	1	80	17	5	4	1
계룡버스	93	75	18	88	1	70	17	5	4	1
협진운수	89	71	18	85	1	67	17	4	3	1
대전교통	82	69	13	78	1	65	12	4	3	1
대전승합	76	63	13	72	1	59	12	4	3	1
동인여객	65	52	13	62	1	49	12	3	2	1
금성교통	48	40	8	45	1	37	7	3	2	1
금남교통	47	39	8	44	1	36	7	3	2	1
동건운수	46	38	8	44	1	36	7	2	1	1
한일버스	42	34	8	40	1	32	7	2	1	1
계	1,016	836	180	965	13	785	167	51	38	13

자료 : 대전광역시 내부자료

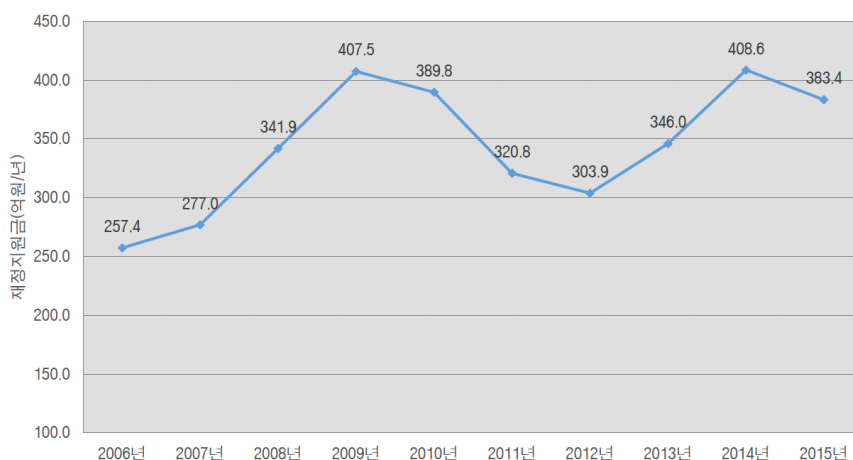
시내버스 운영에 따른 재정지원금은 2005년 시내버스 준공영제 도입에 따라 2006년 257억원에서 2015년 383억원으로 증가되었고, 향후에도 지속적인 증가가 예상되고 있다.

[표 2-2] 대전시 시내버스 재정지원금 추이(억원)

구 분	운송원가	수입금	재정지원금	비고(보조금)
2006년	1,361	1,060	257	44
2007년	1,383	1,061	277	45
2008년	1,466	1,089	342	35
2009년	1,481	1,053	407	20
2010년	1,505	1,105	390	10
2011년	1,565	1,236	321	8
2012년	1,644	1,336	304	5
2013년	1,731	1,380	346	4
2014년	1,785	1,376	409	0
2015년	1,776	1,391	383	2

자료 : 대전광역시 내부자료

[그림 2-1] 대전시 시내버스 재정지원금 추이



자료 : 대전광역시 내부자료

2. 시내버스 운송원가의 구성

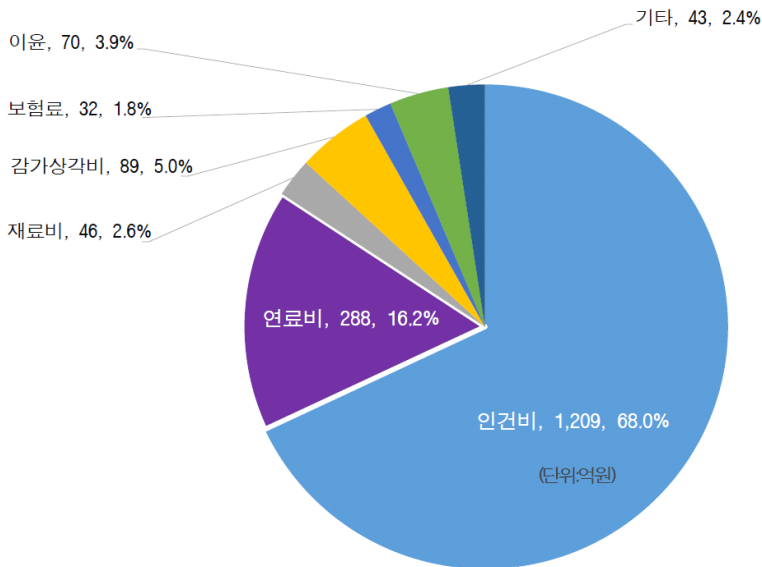
시내버스 운송원가는 인건비(운전기사, 관리직, 정비직), 연료비, 보험료, 감가상각비, 이윤 등으로 구성되어 있다.

2015년 기준 대전시 시내버스 총 운송원가는 1,776억원이며, 이중 연료비는 288억원으로 전체 운송원가의 16.2%를 차지하고 있다.

전체 운송원가의 약 70%를 차지하고 있는 인건비는 현실적으로 비용을 줄이기 어려워 향후 증가분을 관리하는데 중점을 두고 있다. 이윤과 감가상각비 또한 줄일 수 있는 여지가 많지 않으며, 보험료와 재료비의 경우에는 액수가 많지 않아서 실질적인 절감효과는 낮을 것으로 판단된다.

시내버스 연료비의 경우 액수도 많은 편이며, 노력 여부에 따라 절감이 가능하므로 시내버스 운송원가를 줄이기 위해서는 연료비를 줄이는 것이 가장 효과가 클 것으로 판단된다.

[그림 2-2] 대전시 시내버스 운송원가의 구성



자료 : 대전광역시 내부자료

[표 2-3] 대전시 시내버스 표준운송원가 항목별 단가(2015)

구 분	지급기준						총액 (백만원)	비율 (%)
	도시형	좌석	중형	저 상				
				도시형	좌 석			
계							177,624	100.0
기사인건비	표준대당한도내실인건비 + 일일대당 681원						107,975	60.8
연료비	표 준 연 비 제 (6-9월 탄력적 표준연비)						28,765	16.2
관리직 인건비	임원	3,695	3,695	3,695	3,695	3,695	5,597	3.2
	관리 직원	11,981	11,981	11,981	11,981	11,981		
기타직 인건비	일일대당 1,419원 + 근로시간면제관련비용						1,409	0.8
정 비 비	인건비	17,591	17,591	17,591	17,591	17,591	5,926	3.3
	재료비	12,739	12,739	12,739	12,739	12,739	4,598	2.6
감가상각비	24,058	21,734	23,068	23,453	19,177	8,921	5.0	
임 차 료	2,060	2,060	2,060	2,060	2,060	810	0.5	
보 험 료	10,919	10,919	8,241	10,919	10,919	3,156	1.8	
지급수수료	실발생비용 : 기종점지 임차료 등						952	0.5
기타원가	7,025	7,025	7,025	7,025	7,025	2,495	1.4	
이 윤	13,232	13,232	13,232	13,232	13,232	5,340	3.0	
성과금	평가성과금 + 안전기여성과금						1,680	0.9

자료 : 대전광역시 내부자료

3. 시내버스 연료소모 현황

1) 연도별 연료소모 현황

2015년 기준 대전시 시내버스의 연료 총 사용량은 32,276,335㎥이며, 연료비는 약 288억원이 소요되었다. 평균 연비는 2.47km/㎥로 조금씩 향상되고 있는 것으로 나타났다.

[표 2-4] 대전시 시내버스 연도별 연료소모량 및 연비

구 분	주행거리 (km)	소모량 (㎥)	연비 (km/㎥)	연료비 (억원)	비 고
2013년	77,484,200	33,156,221	2.34	345	CNG(2월~)
2014년	79,201,598	32,076,675	2.47	356	CNG
2015년	79,855,400	32,276,335	2.47	288	CNG

자료 : 대전광역시 내부자료

2) 월별 연료소모 현황

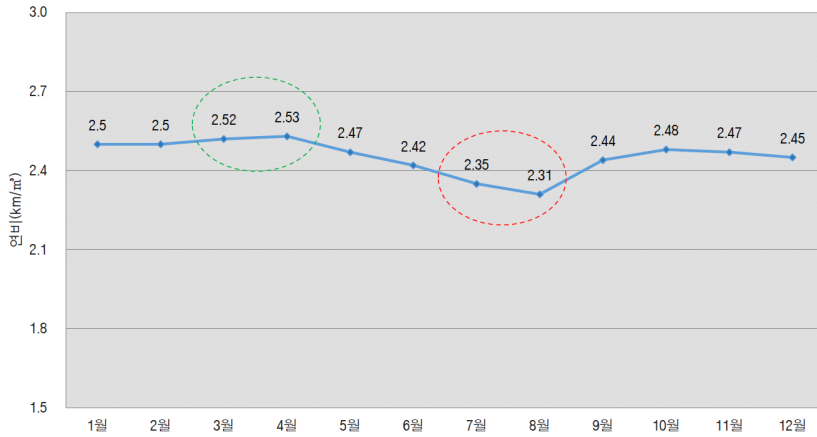
월별로는 여름철인 7, 8월의 연료 소모량이 가장 많아 연비도 가장 낮은 것으로 나타나고 있다. 반대로 봄철인 3, 4월은 연료 소모량이 가장 적어 연비가 가장 높으며, 기타 계절은 큰 차이가 없는 것으로 나타나고 있다.

[표 2-5] 대전시 시내버스 월별 연료소모량 및 연비

구 분	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
운행거리 (km)	80,246	6,640	6,217	6,884	6,632	6,814	6,646	6,775	6,739	6,503	6,827	6,682	6,888
소모량 (㎥)	32,716	2,655	2,486	2,730	2,623	2,755	2,748	2,883	2,912	2,668	2,749	2,702	2,807
연비 (운행거리 /실사용량)	2.45	2.50	2.50	2.52	2.53	2.47	2.42	2.35	2.31	2.44	2.48	2.47	2.45

자료 : 대전광역시 내부자료

[그림 2-3] 대전시 시내버스 월별 연비



자료 : 대전광역시 내부자료

3) 타 도시 연료소모 현황

준공영제를 도입한 6대도시의 연료비는 2014년 기준 약 6,500억원으로 추정되며, 해당 연료비로 볼 때 도시마다 편차가 큰 것으로 나타난다.

[표 2-6] 타 도시 시내버스 연료비(2014년 기준)

구 분	대당 운송원가 (천원)	대당 연료비 (천원)	연료비 비중 (%)	연간 총운송원가 (억원)	연간 연료비 추정 (억원)
서울	705	119	16.8	19,036	3,201
부산	657	140	21.3	5,903	1,256
대구	571	121	21.2	3,404	723
인천	529	99	18.8	3,712	698
광주	555	107	19.3	1,776	344
대전	563	112	19.9	1,785	356
계	597	116	19.6	35,616	6,577

주 : 연료비는 도시마다 대당 운행횟수 및 운행거리가 다르기 때문에 연료비를 가지고 연비의 좋고 나쁨을 비교하기 어려움

3장

시내버스 연비에 영향을 미치는 요인 분석

1. 자료의 구축
2. 시내버스 연비 특성분석
3. 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인 분석



———— 3장 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인 분석 ————

3장 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인 분석

1. 자료의 구축

1) 자료구축 범위

□ 자료수집 대상

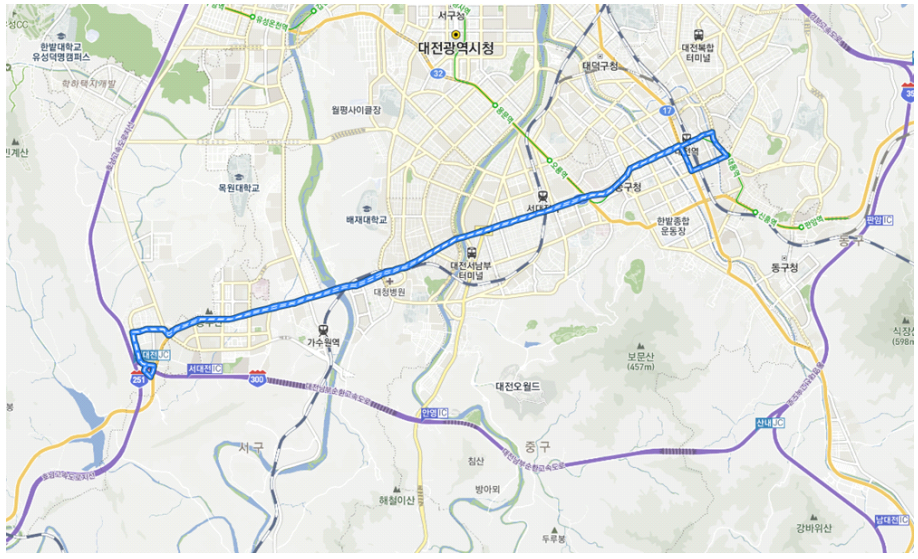
대전시 시내버스는 13개사에서 965대의 차량을 운행하고 있다. 그러나 시내버스 운행단위별로 연비를 측정할 수 있는 장비를 장착한 회사는 경익운수, 금성교통, 동건운수, 계룡버스 4개사 밖에 없으며, 계룡버스는 방향별로 연비측정을 하지 않고 있어 3개사(경익운수, 금성교통, 동건운수)에 협조를 구하여 자료를 수집하였다. 노선은 외곽노선, 중형버스 투입노선을 제외한 10개 노선의 자료를 수집하였다.

[표 3-1] 대전시 시내버스 회사별 자료수집 노선

구 분		해당노선	노선수
경익운수	급행	1번, 3번	2개
	간선	312번, 706번	2개
	지선	703번	1개
금성교통	급행	-	
	간선	106번, 313번	2개
	지선	-	
동건운수	급행	-	
	간선	605번, 701번	2개
	지선	703번, 711번	2개
계			10개

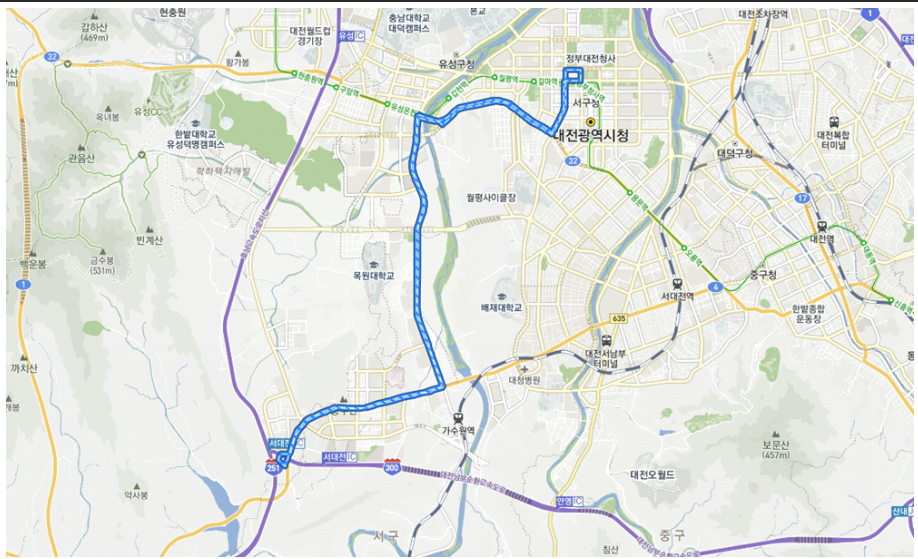
주 : 703번 노선은 경익운수, 동건운수 공동운행노선임

[그림 3-1] 대전시 시내버스 1번 노선도



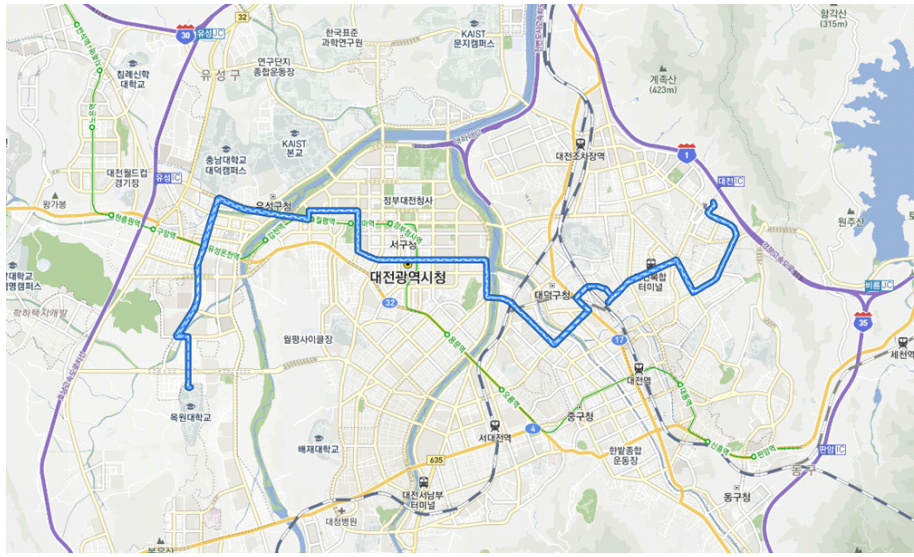
자료 : Daum 지도(<http://map.daum.net/>)

[그림 3-2] 대전시 시내버스 3번 노선도



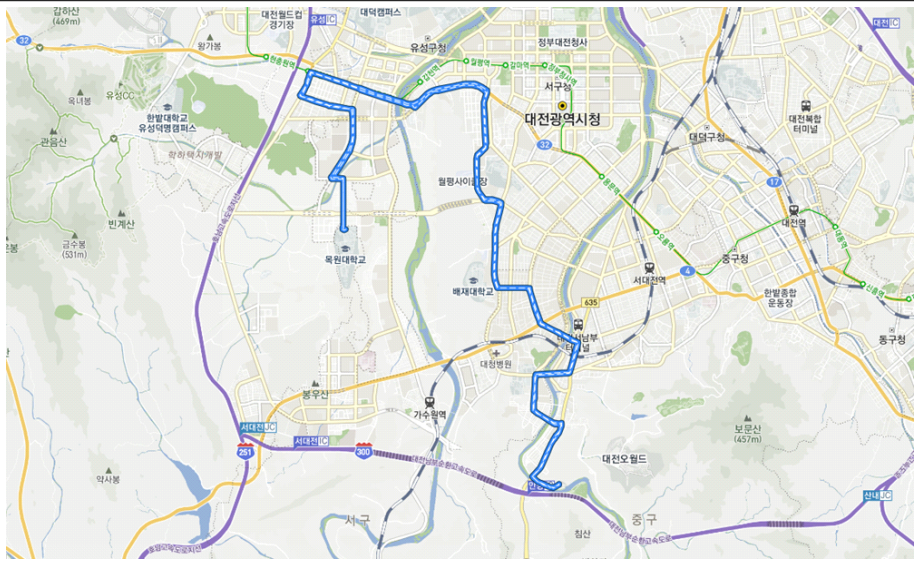
자료 : Daum 지도(<http://map.daum.net/>)

[그림 3-3] 대전시 시내버스 106번 노선도



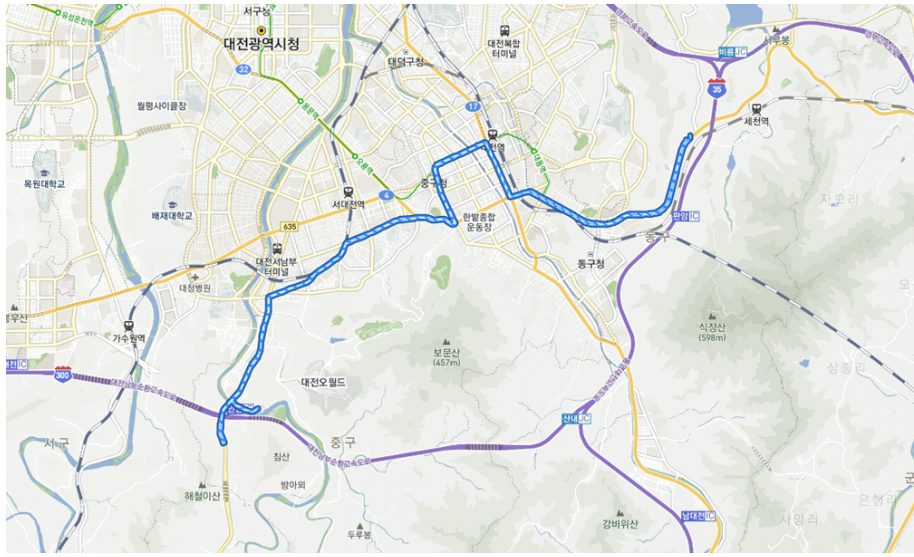
자료 : Daum 지도(<http://map.daum.net/>)

[그림 3-4] 대전시 시내버스 312번 노선도



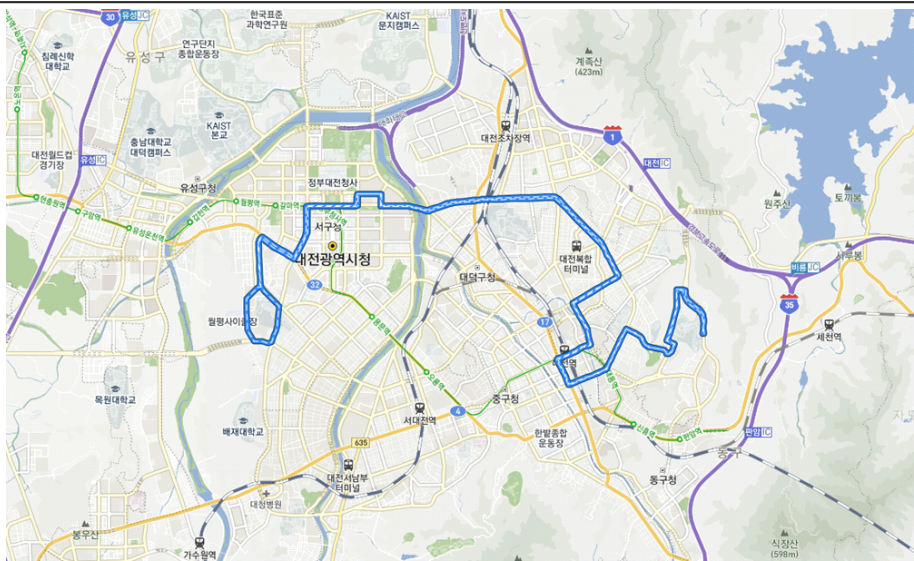
자료 : Daum 지도(<http://map.daum.net/>)

[그림 3-5] 대전시 시내버스 313번 노선도



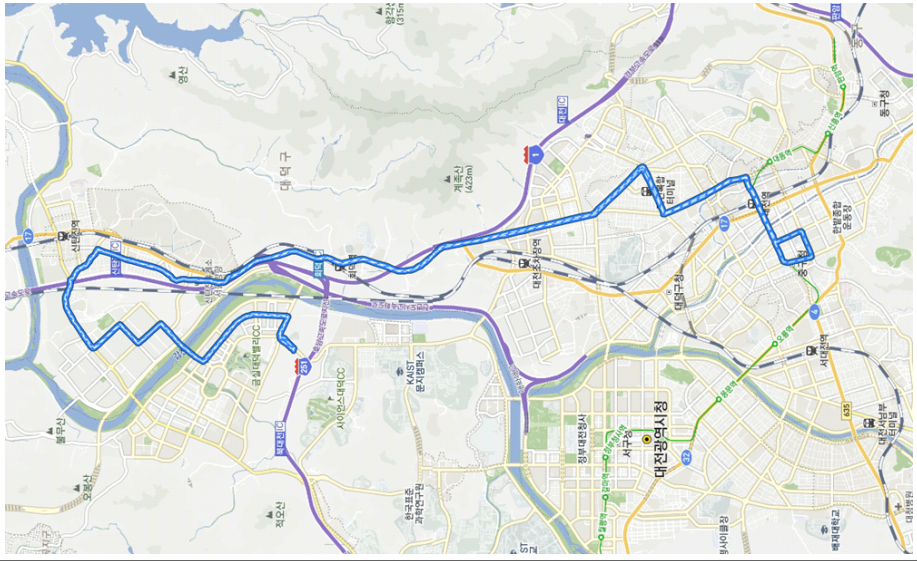
자료 : Daum 지도(<http://map.daum.net/>)

[그림 3-6] 대전시 시내버스 605번 노선도



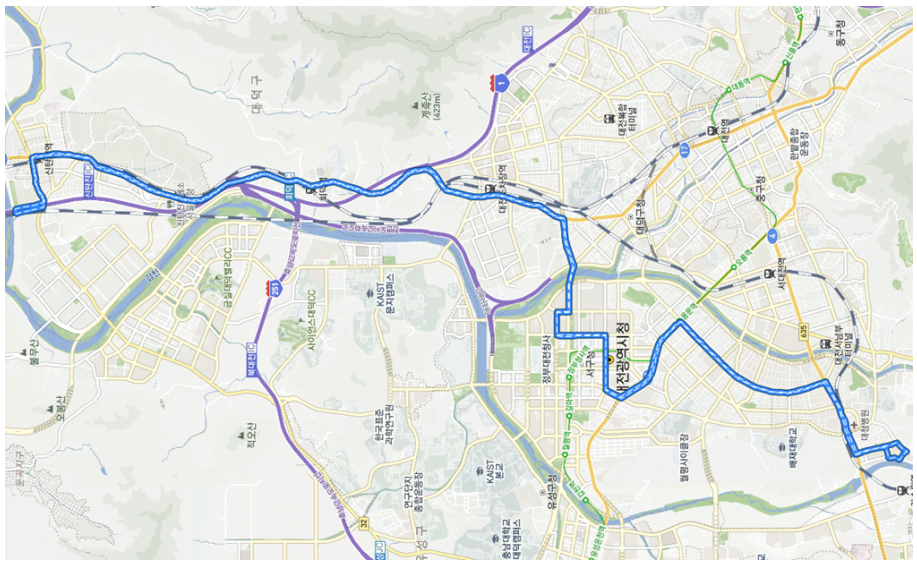
자료 : Daum 지도(<http://map.daum.net/>)

[그림 3-7] 대전시 시내버스 701번 노선도



자료 : Daum 지도(<http://map.daum.net/>)

[그림 3-8] 대전시 시내버스 703번 노선도



자료 : Daum 지도(<http://map.daum.net/>)

□ 자료수집 기간

자료의 수집은 2017년 9월에 수집하였으며, 요일별 특성을 살펴보기 위하여 일주일 동안의 자료를 수집하였다.

[표 3-2] 자료수집 기간

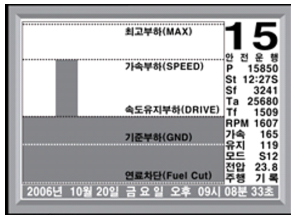
경익운수	금성교통	동건운수
2017년 9월 11일~17일	2017년 9월 17일~23일	2017년 9월 18일~24일

2) 자료수집 방법

(1) 종속변수(연비자료)

연료소모 측정장치의 표출자료를 기록하는 연비관리대장을 회사에서 협조 받아 활용하였다. 연료소모 측정장치(표출내용) 및 연비관리대장 샘플은 다음과 같다.

[그림 3-11] 연료소모 측정장치 및 연비관리대장 샘플



연비관리대장		오전	A	연영	59
		오후	3	9회	82
차량 번호	9502	노선 번호	313	날짜 : 2017. 9. 19.	
순번	출발시간	도착시간	연료량 신호값 (A값기대)	누적주행 거리(Km)	총연량
1	4:53	5:16	3.191	298.291	
	5:45	6:26	4990	323	
	7:11	8:01	5753	340	
2	8:14	9:24	9854	364	
	9:57	10:50	5925	381	
3	11:02	11:49	5444	395	96.36
	12:45	13:48	5131	415	
4	13:50	14:48	5012	431	
	15:33	16:28	6225	448	
5	16:38	17:26	565	464	총연량 및 Km를 정확 히 기재하 여 주시기 바랍니다.
	18:07	19:04	5130	491	
6	19:10	20:00	9162	491	
	20:45	21:40	5928	508	
7	21:45	22:36	604	22431	

연비관리대장		오전	A	연영	
		오후	3	9회	
차량 번호	9502	노선 번호	313	날짜 : 2017. 9. 18.	
순번	출발시간	도착시간	연료량 신호값 (A값기대)	누적주행 거리(Km)	총연량
1	4:56	5:24	2921	299.521	
	5:45	6:10	3913	591	
	6:48	7:43	6395	568	
2	7:50	9:06	8495	591	
	9:23	10:29	6432	607	19.90
3	10:34	11:35	6296	622	
	12:27	13:18	5206	639	
4	13:26	14:20	5300	657	
	15:09	16:05	5822	664	
5	16:14	17:04	6444	682	총연량 및 Km를 정확 히 기재하 여 주시기 바랍니다.
	17:39	18:40	6582	699	
6	19:50	19:49	5008	716	
	20:23	21:14	4422	722	
7	21:23	22:11	5881	729	

자료 : 대전시 A사 내부자료

(2) 영향요인

① 운전자 특성

버스회사로부터 해당 버스노선을 운행하는 운전기사의 이름과 연령자료를 수집하였다. 운전자 연령은 50대가 60.4%로 가장 많고, 다음으로 40대가 31.0%로 많은 것으로 나타났다.

[표 3-3] 시내버스 운전자 연령별 현황

노선분류		30대(명)	40대(명)	50대(명)	60대(명)	소계(명)
급행	1	63	59	180	0	302
	3	27	39	145	0	211
간선	106	6	79	65	7	157
	312	15	106	91	0	212
	313	8	13	36	0	57
	605	0	29	133	0	162
	701	1	64	125	0	190
	706	13	79	74	0	166
지선	703	16	44	141	0	201
	711	0	48	101	0	149
계		149	560	1,091	7	1,807
비율(%)		8.2	31.0	60.4	0.4	100

자료: 해당운수회사 내부자료

② 차량 특성

□ 차량의 종류(차종)

버스노선별 운행되는 차량의 종류를 버스회사로부터 수집하였다. 차종은 일반버스가 72.6%, 저상버스가 27.4%로 나타났다.

[표 3-4] 시내버스 차량 차종별 현황

구 분		일반버스(대)	저상(대)	소계(대)
급행	1	215	87	302
	3	107	104	211
간선	106	116	41	157
	312	204	8	212
	313	43	14	57
	605	136	26	162
	701	129	61	190
	706	135	31	166
지선	703	174	27	201
	711	52	97	149
계		1,311	496	1,807
비율(%)		72.6	27.4	100

자료: 해당운수회사 내부자료

□ 차량의 연식(차령)

시내버스 차량의 연식은 최대 10년까지 있으며, 본 연구에서 조사된 시내버스의 차령은 1년식, 7년식, 6년식 차량이 다소 많은 것으로 나타났다.

[표 3-5] 시내버스 차량 차령별 현황

구 분		1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년	소계
급행	1	84	6	0	35	0	0	23	0	63	91	302
	3	107	0	0	52	0	0	34	18	0	0	211
간선	106	0	18	54	9	2	2	14	28	13	17	157
	312	0	9	8	0	0	150	22	0	23	0	212
	313	0	0	14	23	0	0	0	0	20	0	57
	605	151	0	0	0	11	0	0	0	0	0	162
	701	0	0	0	14	30	40	72	20	11	3	190
	706	30	0	0	0	0	51	47	38	0	0	166
지선	703	10	2	15	0	0	27	65	23	59	0	201
	711	0	0	55	23	38	4	29	0	0	0	149
계		382	35	146	156	81	274	306	127	189	111	1,807
비율(%)		21.1	1.9	8.1	8.6	4.5	15.2	16.9	7.0	10.5	6.1	100

자료: 해당운수회사 내부자료

□ 엔진유형

시내버스 엔진 유형은 유로 4, 유로 5, 유로 6 기준 3종류가 있으며, 대부분이 유로 5(57.6%)와 유로 6(39.7%)인 것으로 나타났다.

[표 3-6] 시내버스 차량 엔진유형별 현황

구 분		유로4(대)	유로5(대)	유로6(대)	소계(대)
급행	1	0	180	122	302
	3	0	52	159	211
간선	106	28	46	83	157
	312	0	195	17	212
	313	20	0	37	57
	605	0	11	151	162
	701	0	176	14	190
	706	0	136	30	166
지선	703	0	174	27	201
	711	0	71	78	149
계		48	1,041	718	1,807
비율(%)		2.7	57.6	39.7	100

자료: 해당운수회사 내부자료

[표 3-7] 차량 유로규제 내용

구 분	유로 4	유로 5	유로 6
도입기간(유럽)	2005년	2008년	2014년
도입기간(한국)	2008년	2011년	2015년
질소산화물(NOx)	3.5 이하	2.0 이하	0.4 이하
일산화탄소(CO)	1.5 이하		1.5 이하
미세먼지(PM)	0.02 이하		0.01 이하
탄화수소(HC)	0.46 이하		0.13 이하

자료: 나무위키

③ 교통 특성

□ 통행속도

시내버스 통행속도는 노선거리와 실제 운행한 시내버스의 출발시간, 도착 시간 자료를 가지고 환산하였다.

$$\text{통행속도} = (\text{통행시간(분)} \times 1,000 \times 3.6) \div (\text{노선거리(km)} \times 60)$$

조사된 시내버스 차량의 평균 통행속도는 18.5km/시로 나타났으며, 급행 노선을 운행하는 차량이 일반 간선노선을 운행하는 차량에 비해 통행속도가 조금 높은 것으로 나타났다.

[표 3-8] 시내버스 노선별 평균 통행속도 현황

구 분	기점→종점(km/h)	종점→기점(km/h)	평균(km/h)	
급행	1	18.2	17.8	18.0
	3	20.3	20.1	20.2
간선	106	15.2	14.5	14.9
	312	16.2	16.1	16.1
	313	17.2	16.3	16.8
	605	16.0	17.0	16.5
	701	20.0	18.9	19.5
	706	15.7	15.8	15.7
지선	703	16.9	17.2	17.1
	711	18.8	18.3	18.5

자료: 시내버스 운행기록표

□ 신호등수

시내버스 노선의 신호등수는 항공사진 자료를 활용하여 수집하였다. 신호등과 연비와의 정확한 관계를 분석하기 위해서는 실제 신호로 인해 정차한 횟수를 조사해야 하나 자료 획득에 어려움이 있어 해당노선의 신호

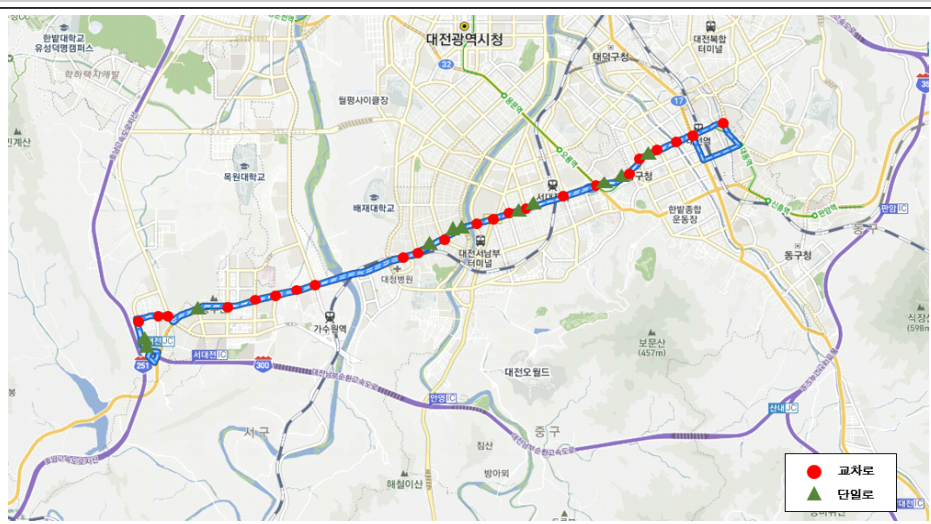
등수를 이용하여 분석하였다. 노선별 신호등은 평균적으로 80개가 있는 것으로 나타났다. 상관관계 분석에서는 노선별로 거리가 각각 다르기 때문에 km당 신호등수로 환산하여 적용하였다.

[표 3-9] 시내버스 노선별 신호등수

구 분		기점→종점(개)	종점→기점(개)	소계평균(개)
급행	1	34	38	36
	3	39	39	39
간선	106	78	78	78
	312	82	79	81
	313	66	64	65
	605	72	79	76
	701	76	75	76
	706	61	60	60
지선	703	79	80	80
	711	80	79	80

자료 : 대전시 항공사진

[그림 3-12] 신호등수 자료 샘플(급행1번)



자료 : 대전시 항공사진

④ 노선 특성

□ 승객수

시내버스 승객수는 교통카드 정산업체인 한국스마트카드에서 노선별, 운행차량별, 정류장별 승객수 데이터를 제공받았다. 승객수는 편도 1회당 노선별로 적게는 24명에서 많게는 81명이 승차하는 것으로 나타났으며, 평균적으로 45명이 승차하는 것으로 나타났다. 상관관계 분석에서는 노선별로 거리가 각각 다르기 때문에 km당 승객수로 환산하여 적용하였다.

[표 3-10] 시내버스 노선별 평균 승객수

구 분	기점→종점(명/회)	종점→기점(명/회)	평균(명/회)	
급행	1	37.5	34.7	36.1
	3	28.3	24.1	26.2
간선	106	69.4	68.4	68.9
	312	41.3	47.2	44.2
	313	44.7	35.2	39.9
	605	55.3	52.9	54.1
	701	33.6	29.3	31.4
	706	64.0	51.4	57.7
지선	703	81.5	62.8	72.1
	711	44.7	45.4	45.0

자료: 한국스마트카드 내부자료

□ 정류장 정차횟수

시내버스 정류장 정차횟수는 한국스마트카드 정류장별 이용자 자료를 활용하여 분석하였다. 시내버스 정류장 정차횟수는 편도기준 노선별로 적게는 9개에서 많게는 29개까지 있는 것으로 나타났으며, 평균적으로 약 18개의 정류장에서 정차하는 것으로 분석되었다. 정류장 정차횟수 또한 노선별로 거리가 다르기 때문에 km당 정차횟수로 환산하여 적용하였다.

[표 3-11] 시내버스 노선별 정류장 정차횟수 현황

구 분		기점→중점(개)	중점→기점(개)	평균(개)
급행	1	11.9	10.3	11.1
	3	11.0	9.1	10.1
간선	106	20.7	21.6	21.1
	312	18.1	19.5	18.8
	313	14.9	14.2	14.6
	605	20.1	20.8	20.5
	701	16.7	12.0	14.3
	706	21.3	19.8	20.6
지선	703	29.2	24.9	27.0
	711	19.9	16.7	18.3

자료: 한국스마트카드 내부자료

□ 구배(경사)

시내버스 노선의 구배가 있는 경우 연료 소모량에 영향을 미치게 되므로 시내버스 경사구간을 운행할 때 연료 소모량을 측정하는 식으로 진행하였다. 10개 노선 중 어느 정도 눈으로 확인할 수 있는 구배가 있는 노선은 605번 노선밖에 없어 이 노선을 대상으로 실험하였다.

[그림 3-13] 시내버스 605번 노선의 구배구간 현황



□ 자료구축 결과

시내버스 연비에 영향을 미치는 요인분석을 위해 종속변수(연비)와 운전 기사 특성, 차량 특성, 교통 특성, 노선 특성 관련 자료를 다음의 샘플과 같이 구축하였다.

자료는 편도 운행 기준으로 분석하였으며, 총 1,807회 운행에 대한 자료가 구축되었다. 구축된 자료를 가지고 상관분석 등 연비에 영향을 미치는 요인 분석을 실시하였다.

[그림 3-14] 자료구축 결과 샘플

노선 번호	차량 번호	차종	차령 (연식)	엔진 유형	기사 연령	방향	출발 시간	도착 시간	노선 거리	연비	승객수 (km당)	통행 속도	정류장수 (km당)	신호등수 (km당)
605	9802	저상	5	5	50	2	6:40	8:09	21.02	1.750	1.3	14.17	2.1	3.8
605	9802	저상	5	5	50	1	8:28	9:42	18.51	1.390	2.8	15.01	2.0	3.9
605	9802	저상	5	5	50	2	9:43	11:19	21.02	1.610	2.5	13.14	2.1	3.8
605	9802	저상	5	5	50	1	12:02	13:03	18.51	1.470	2.1	18.21	2.0	3.9
605	9802	저상	5	5	50	2	13:17	14:26	21.02	1.370	2.0	18.28	2.1	3.8
605	9802	저상	5	5	55	1	15:28	16:39	18.51	1.320	2.1	15.64	2.0	3.9
605	9802	저상	5	5	55	1	18:53	20:03	18.51	1.450	2.4	15.87	2.0	3.9
605	9802	저상	5	5	55	2	20:22	21:30	21.02	1.590	1.5	18.55	2.1	3.8
605	9802	저상	5	5	55	1	22:12	23:31	18.51	2.050	1.2	14.06	2.0	3.9
605	9813	일반	1	6	46	2	6:18	7:20	21.02	2.330	0.6	20.34	2.1	3.8
605	9813	일반	1	6	46	1	8:06	9:18	18.51	2.020	2.7	15.43	2.0	3.9
605	9813	일반	1	6	46	2	9:25	10:35	21.02	1.990	2.7	18.02	2.1	3.8
605	9813	일반	1	6	46	1	11:42	12:49	18.51	1.860	1.8	16.58	2.0	3.9
605	9813	일반	1	6	46	2	12:57	14:07	21.02	1.830	1.6	18.02	2.1	3.8
605	9813	일반	1	6	58	1	15:08	16:14	18.51	1.870	4.1	16.83	2.0	3.9
605	9813	일반	1	6	58	2	16:26	17:53	21.02	1.680	3.1	14.50	2.1	3.8
605	9813	일반	1	6	58	1	18:30	19:52	18.51	1.760	3.3	13.54	2.0	3.9
605	9813	일반	1	6	58	2	20:01	21:08	21.02	2.100	1.9	18.82	2.1	3.8
605	9813	일반	1	6	58	1	21:54	23:24	18.51	2.740	1.2	12.34	2.0	3.9

2. 시내버스 연비 특성분석

1) 시내버스 개별 차량별 연비

조사된 1,807개 차량의 최저연비는 1.18km/m³, 최고연비는 3.82km/m³로 측정되었으며, 평균연비는 2.12km/m³로 나타났다.

[표 3-12] 전체 시내버스 연비

구 분	최 저	최 고	평 균
연비(km/m ³)	1.18	3.82	2.12

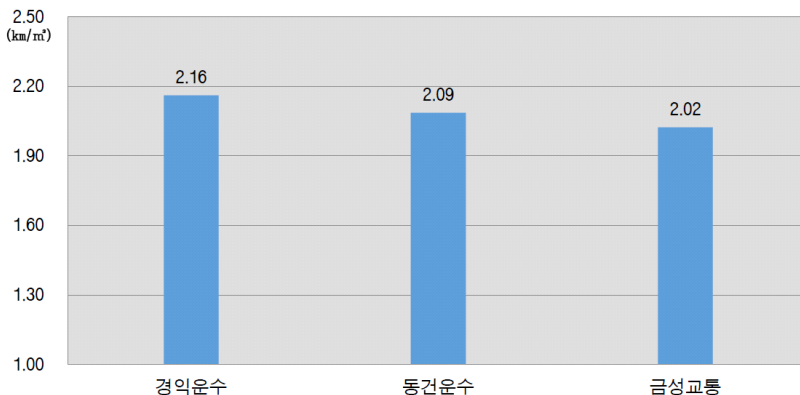
2) 시내버스 회사별 연비

조사대상 3개 회사의 최저연비는 2.02km/m³, 최고연비는 2.16km/m³로 회사 간에 약 6.5% 차이가 있는 것으로 나타났다.

[표 3-13] 시내버스 회사별 연비

구 분	경익운수	동건운수	금성교통	평 균
연비(km/m ³)	2.16	2.09	2.02	2.12

[그림 3-15] 시내버스 회사별 연비



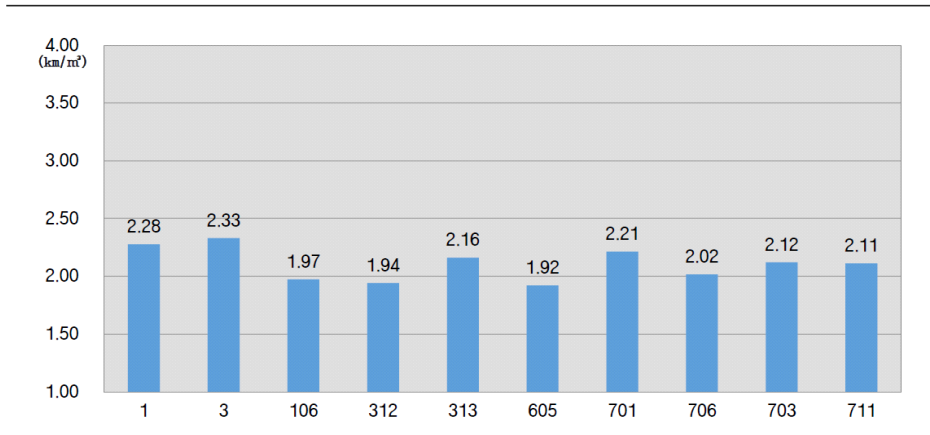
3) 시내버스 노선별 연비

10개 노선 중 3번(급행)노선의 연비가 2.33km/m³로 가장 높게 측정되었고, 605번의 연비가 1.92km/m³로 가장 낮게 나타났다. 노선 간에는 최대 17.6%의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

[표 3-14] 시내버스 노선별 연비

구 분	급행노선		간선노선						지선노선		평균
	1	3	106	312	313	605	701	706	703	711	
연비(km/m ³)	2.28	2.33	1.97	1.94	2.16	1.92	2.21	2.02	2.12	2.11	2.12

[그림 3-16] 시내버스 노선별 연비



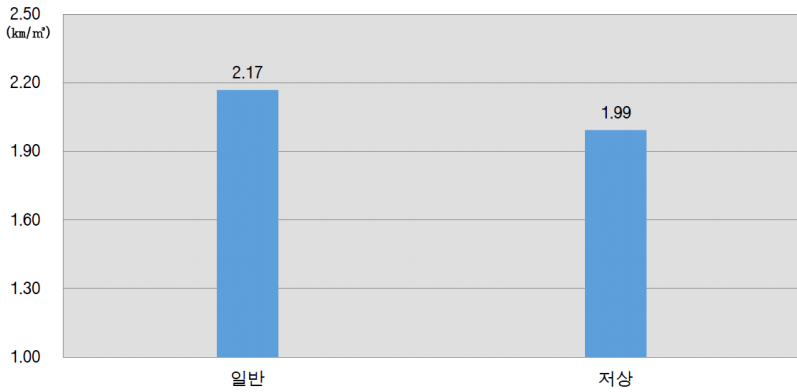
4) 시내버스 차종별 연비

일반버스 연비는 2.17km/m³, 저상버스의 연비는 1.99km/m³로 일반버스의 평균연비가 저상버스 보다 약 8.3% 높은 것으로 나타났다.

[표 3-15] 시내버스 차종별 연비

구 분	일반버스	저상버스	평균
연비(km/m ³)	2.17	1.99	2.12

[그림 3-17] 시내버스 차종별 연비



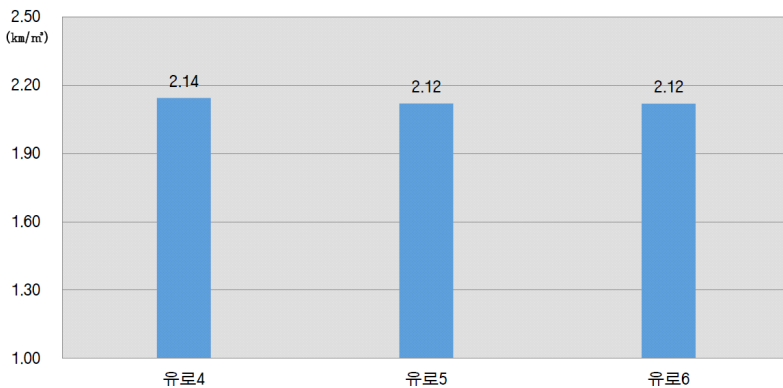
5) 시내버스 엔진유형별 연비

유로규제 기준 엔진유형별 연비는 유로 4가 2.14km/m³, 유로 5가 2.12km/m³, 유로 6가 2.12km/m³로 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

[표 3-16] 시내버스 엔진유형별 연비

구분	유로 4	유로 5	유로 6	평균
연비(km/m³)	2.14	2.12	2.12	2.12

[그림 3-18] 시내버스 엔진유형별 연비



6) 시내버스 차령별 연비

시내버스 차령별 연비는 3년 차령에서 1.97km/m³로 가장 낮게 측정되었고, 10년 차령에서 2.36km/m³으로 가장 높게 측정되었다.

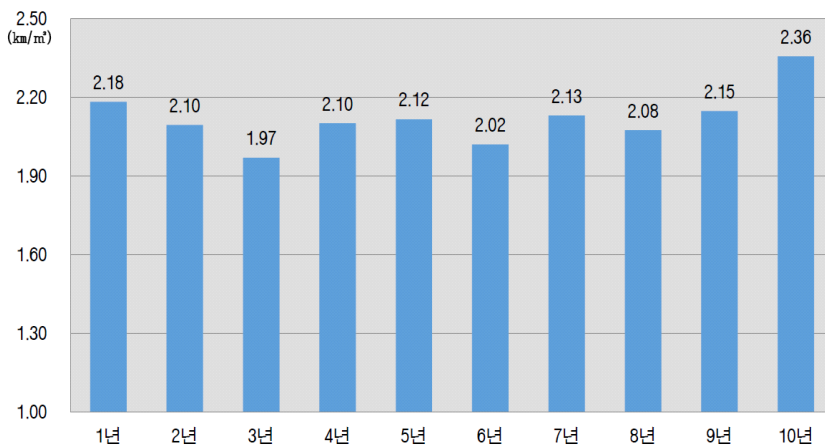
일반적으로 차량의 연식이 오래되면 연비가 안 좋은 것으로 인식되고 있으나, 본 조사대상 차량에서는 10년 차령에서 연비가 오히려 높게 측정되었다. 그리고 10년 차령을 제외하면 평균기준 +7.1%에서 -2.8% 연비차이가 있는 것으로 나타났으나, 차령에 따른 규칙성은 없는 것으로 나타났다.

그러나 이는 10년 차령의 시내버스가 1번 노선과 106번 노선에서 주로 운영되고 있고, 1번 노선이 급행버스로 연비가 조금 높은 측면이 있는 등 인적요인과 노선요인으로 인해 나타나는 현상일수도 있다.

[표 3-17] 시내버스 차령별 연비

구분	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년	평균
연비 (km/m ³)	2.18	2.10	1.97	2.10	2.12	2.02	2.13	2.08	2.15	2.36	2.12

[그림 3-19] 시내버스 차령별 연비



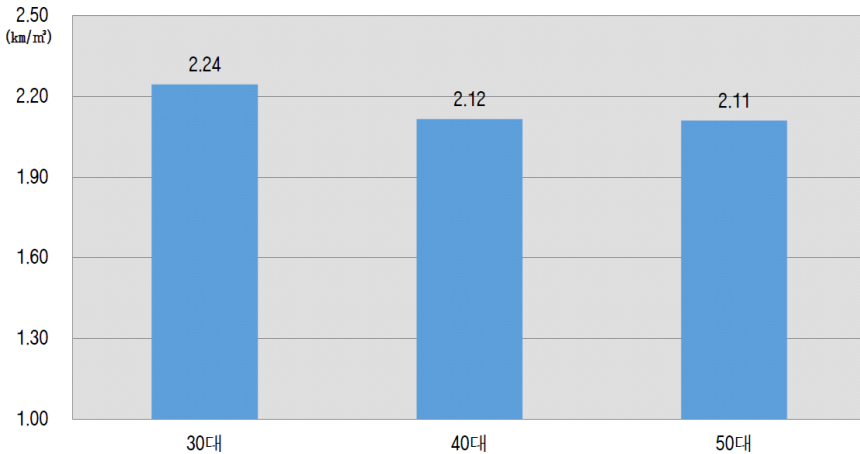
7) 시내버스 운전기사 연령별 연비

조사대상 시내버스 운전기사는 30대부터 50대까지 있으며, 주로 50대와 40대가 대부분을 차지하고 있다. 운전기사 연령별 연비를 보면 30대가 2.24 km/m³, 40대가 2.12km/m³, 50대가 2.11km/m³로 나타났다. 40대와 50대는 차이가 없으며, 30대에서 연비가 조금 높은 것으로 나타났다.

[표 3-18] 시내버스 운전기사 연령별 연비

구 분	30대	40대	50대	평 균
연비(km/m ³)	2.24	2.12	2.11	2.12

[그림 3-20] 시내버스 운전기사 연령별 연비



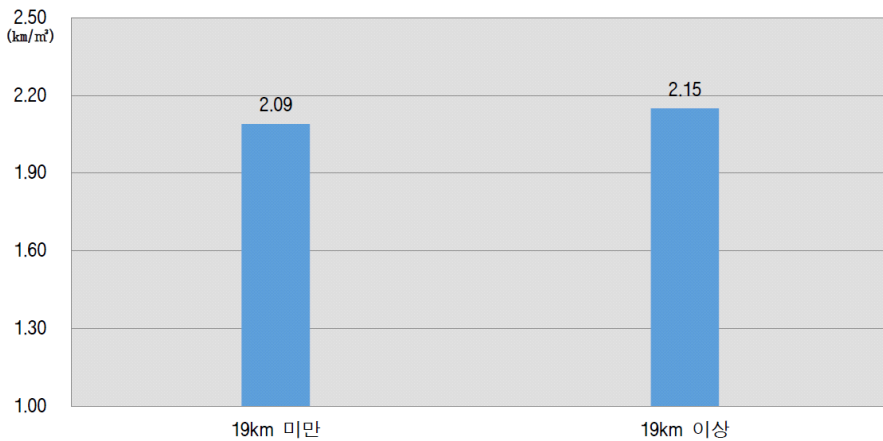
8) 시내버스 노선거리별 연비

조사대상 시내버스 노선의 평균거리(편도기준)는 약 19km로 19km 미만인 경우 평균연비는 2.09km/m³, 19km 이상인 경우 평균연비는 2.15km/m³로 노선거리가 긴 경우 연비는 조금 더 좋은 것으로 나타났다.

[표 3-19] 시내버스 노선거리별 연비

노선거리	19km 미만	19km 이상	평균
연비(km/m ³)	2.09	2.15	2.12

[그림 3-21] 시내버스 노선거리별 연비



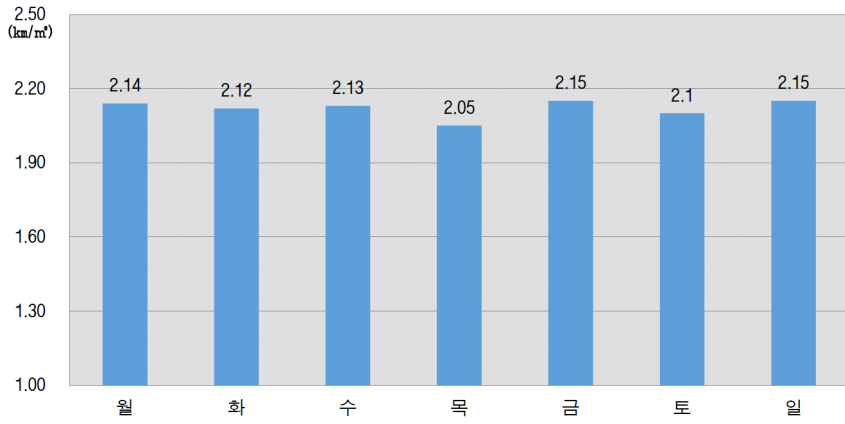
9) 시내버스 요일별 연비

조사대상 시내버스의 요일별 연비를 보면 가장 낮게는 목요일 2.05km/m³, 높게는 금·일요일 2.15km/m³로 미세한 차이는 있으나 요일별 편차는 거의 없는 것으로 나타났다. 요일별로 조금 차이가 있는 것은 요일별로 교통 혼잡수준과 이용객이 조금 다르기 때문으로 해석된다.

[표 3-20] 시내버스 요일별 연비

노선거리	월	화	수	목	금	토	일
평균연비(km/m ³)	2.14	2.12	2.13	2.05	2.15	2.10	2.15

[그림 3-22] 시내버스 요일별 연비



3. 시내버스 연비에 영향을 미치는 요인 분석

1) 교통 및 노선 특성 요인

(1) 승객수

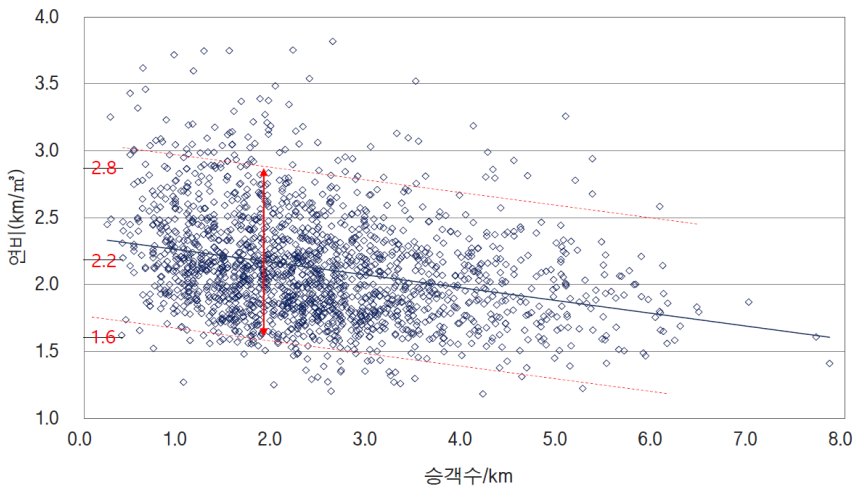
□ 전체차량 연비-승객수 관계

전체차량에 대한 연비와 승객수의 상관관계를 분석한 결과 상관계수는 -0.289로 분석되었다. 산점도로 나타내면 어느 정도는 승객수가 많으면 연비가 감소하는 추세를 보이고는 있으나, 승객수가 같더라도 연비차이가 매우 크기 때문에 상관성이 높게 나오지는 않고 있다. 이는 연비가 승객수 이외에 다른 요인과의 밀접한 관련이 있음을 의미한다.

[표 3-21] 전체차량 연비-승객수 상관관계 분석

Pearson 상관계수	-0.289**
유의확률 (양쪽)	.000

[그림 3-23] 전체차량 연비-승객수 산점도



□ 차종별 연비-승객수 관계

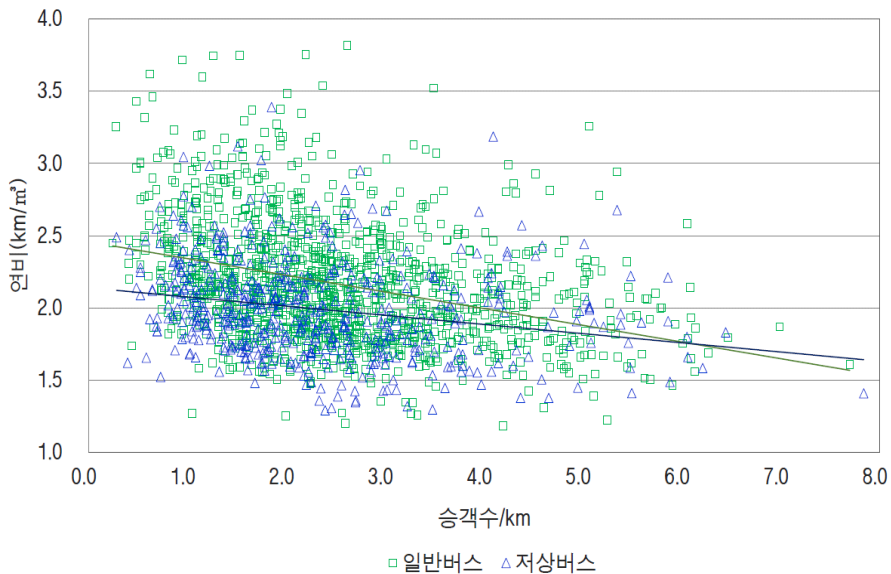
차종별로 구분하여 연비와 승객수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 일반버스와 저상버스 각각 -0.289, -0.291로 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

다만 산점도를 보면 저상버스의 경우 대체적으로 일반버스보다 연비가 확실히 낮으며, 승객수에 따라 연비편차가 일반버스보다 적음을 확인할 수 있다.

[표 3-22] 차종별 연비-승객수 상관관계 분석

구 분	일반버스	저상버스
Pearson 상관계수	-0.289**	-0.291**
유의확률 (양쪽)	.000	.000

[그림 3-24] 차종별 연비-승객수 산점도



□ 엔진유형별 연비-승객수 관계

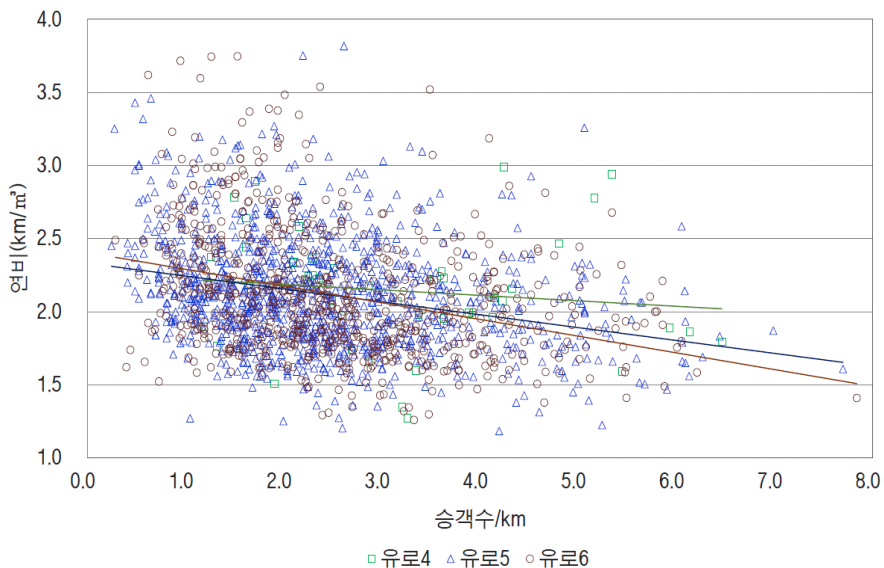
엔진유형별로 구분하여 연비와 승객수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 유로 4, 유로 5, 유로 6 각각 -0.289, -0.291, -0.289로 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

산점도를 보더라도 모든 엔진유형에서 승객수가 같더라도 연비차이가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 3-23] 엔진유형별 연비-승객수 상관관계 분석

구 분	유로 4	유로 5	유로 6
Pearson 상관계수	-0.289	-0.291**	-0.289**
유의확률 (양측)	.022	.000	.000

[그림 3-25] 엔진유형별 연비-승객수 산점도



□ 노선유형별 연비-승객수 관계

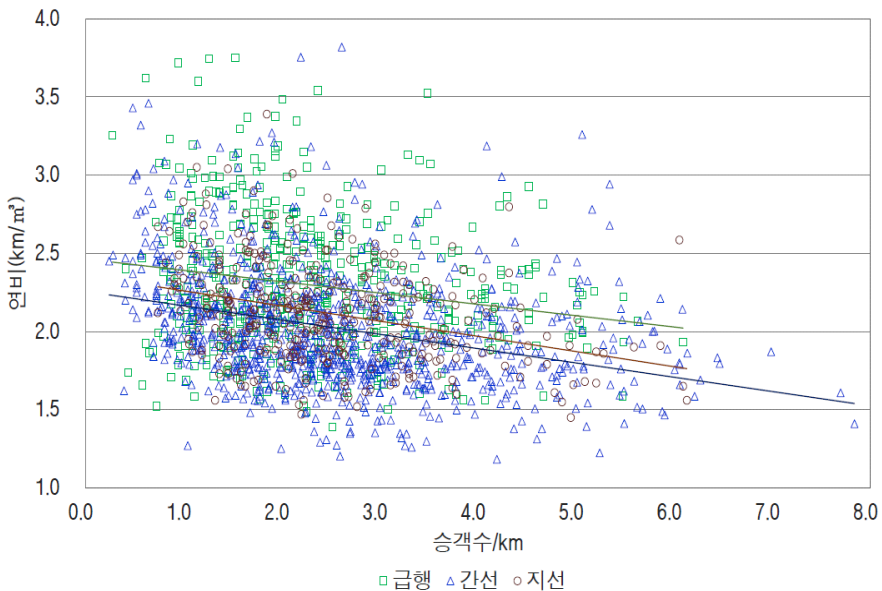
노선유형별로 구분하여 연비와 승객수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 급행노선, 간선노선, 지선노선 각각 -0.294, -0.289, -0.291로 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

산점도를 보더라도 모든 노선유형에서 승객수가 같더라도 연비차이가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 3-24] 노선유형별 연비-승객수 상관관계 분석

구 분	급행노선	간선노선	지선노선
Pearson 상관계수	-0.294**	-0.289**	-0.291*
유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000

[그림 3-26] 노선유형별 연비-승객수 산점도



(2) 통행속도

□ 전체차량 연비-통행속도 관계

전체차량에 대한 연비와 통행속도의 상관관계를 분석한 결과 상관계수는 0.302로 분석되었다. 산점도로 나타내면 통행속도가 높을수록 연비가 좋아지는 추세를 보이고는 있으나, 통행속도가 같더라도 연비차이가 매우 크기 때문에 상관성이 높게 나오지는 않고 있다. 또한 통행속도가 10km/시에서 24km/시로 크게 다르더라도 연비는 같은 경우가 많다. 이는 연비가 통행속도 이외에 다른 요인과도 밀접한 관련이 있음을 의미한다.

[표 3-25] 전체차량 연비-통행속도 상관관계 분석

Pearson 상관계수	.302**
유의확률 (양쪽)	.000

[그림 3-27] 전체차량 연비-통행속도 산점도



□ 차종별 연비-통행속도 관계

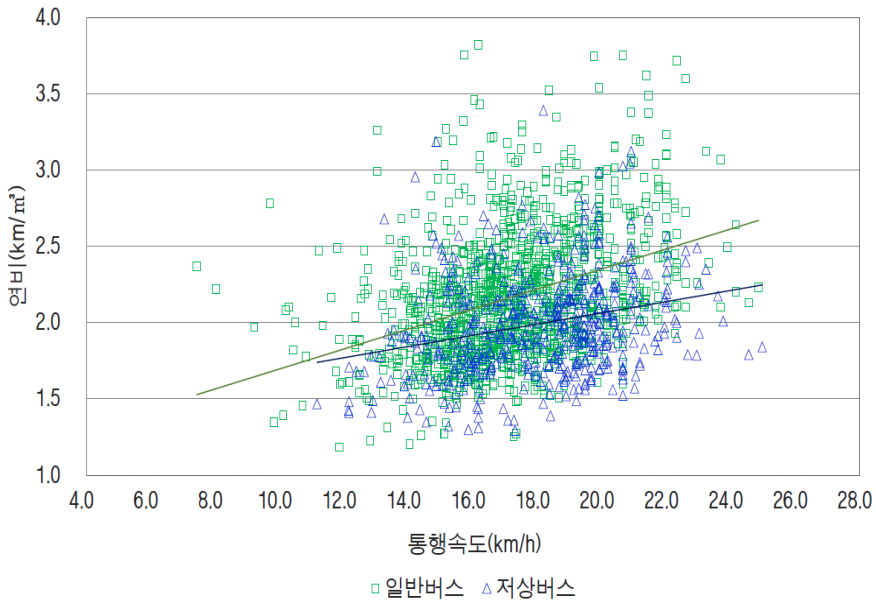
차종별로 구분하여 연비와 통행속도의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 일반버스와 저상버스 각각 -0.303 , -0.301 로 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

산점도를 보면 저상버스의 연비가 일반버스보다 낮게 분포되어 있고, 연비편차도 일반버스보다 다소 적은 것으로 나타나고 있다.

[표 3-26] 차종별 연비-통행속도 상관관계 분석

구 분	일반버스	저상버스
Pearson 상관계수	.303**	.301**
유의확률 (양쪽)	.000	.000

[그림 3-28] 차종별 연비-통행속도 산점도



□ 엔진유형별 연비-통행속도 관계

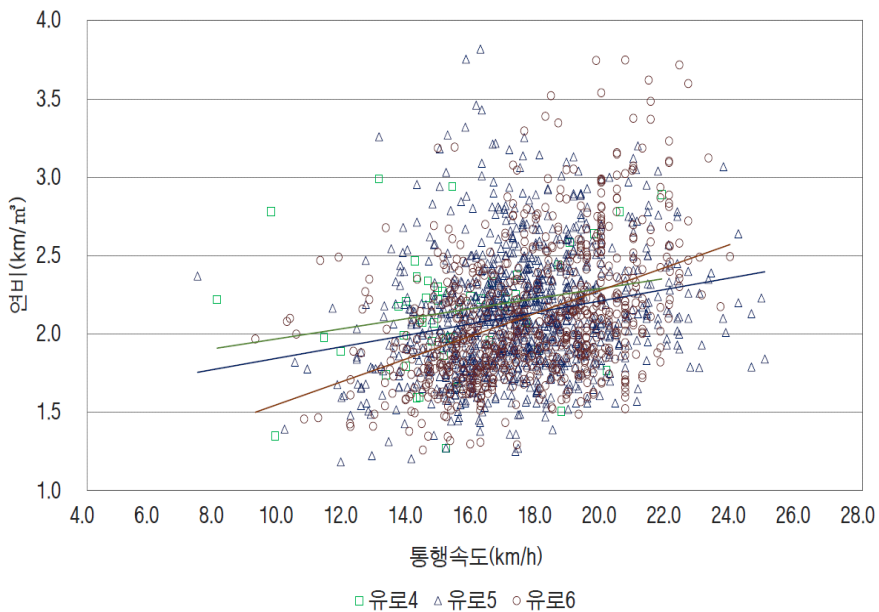
엔진유형별로 구분하여 연비와 통행속도의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 유로 4, 유로 5, 유로 6 각각 -0.303, -0.301, -0.302로 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

산점도를 보더라도 모든 엔진유형에서 통행속도가 같더라도 연비차이가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 3-27] 엔진유형별 연비-통행속도 상관관계 분석

구 분	유로 4	유로 5	유로 6
Pearson 상관계수	.303*	.301**	.302**
유의확률 (양쪽)	.044	.000	.000

[그림 3-29] 엔진유형별 연비-통행속도 산점도



□ 노선유형별 연비-통행속도 관계

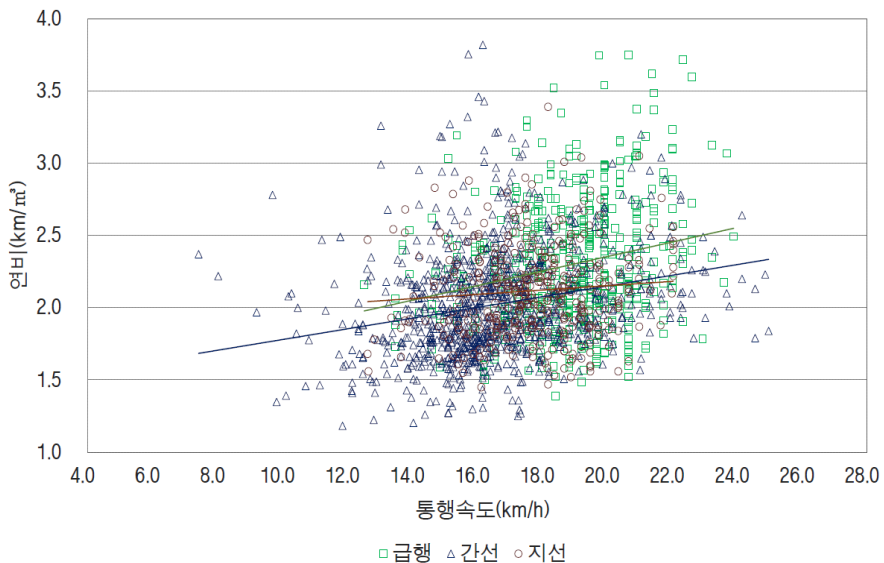
노선유형별로 구분하여 연비와 통행속도의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 급행노선, 간선노선, 지선노선 각각 -0.307 , -0.303 , -0.303 로 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

산점도를 보면 급행노선의 속도가 빠르고 간선노선의 속도가 느린 특성은 나타나지만 모든 노선유형에서 통행속도가 같더라도 연비차이가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 3-28] 노선유형별 연비-통행속도 상관관계 분석

구 분	급행노선	간선노선	지선노선
Pearson 상관계수	.307**	.303**	.303*
유의확률 (양쪽)	.000	.000	.007

[그림 3-30] 노선유형별 연비-통행속도 산점도



(3) 정차정류장수

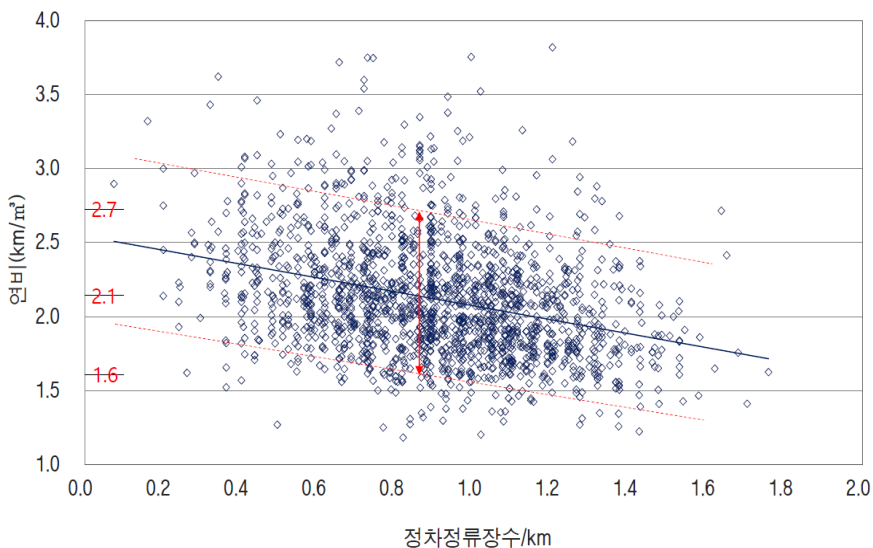
□ 전체차량 연비-정차정류장수 관계

전체차량에 대한 연비와 정차정류장수의 상관관계를 분석한 결과 상관계수는 -0.317 로 분석되었다. 산점도로 나타내면 정차정류장이 많을수록 연비가 나빠지는 추세를 보이고는 있으나, 정차정류장수가 같더라도 연비 차이가 매우 크기 때문에 상관성이 높게 나오지는 않고 있다. 또한 정차정류장수가 크게 다르더라도 연비가 같은 경우도 많은 실정으로 이는 정차정류장수 이외에도 복합적인 요인인 연비에 영향을 미침을 의미한다.

[표 3-29] 전체차량 연비-정차정류장수 상관관계 분석

Pearson 상관계수	-0.317^{**}
유의확률 (양쪽)	.000

[그림 3-31] 전체차량 연비-정차정류장수 산점도



□ 차종별 연비-정차정류장수 관계

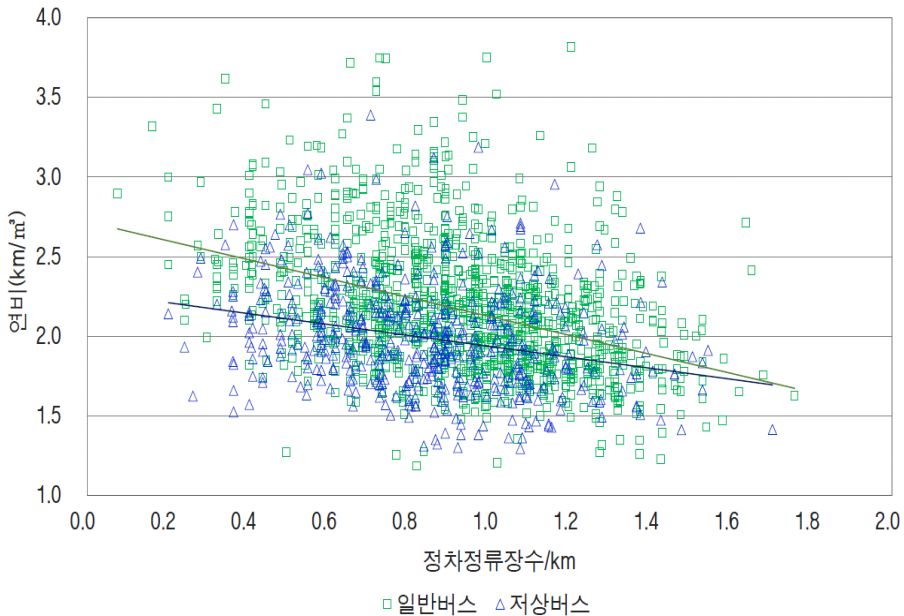
차종별로 구분하여 연비와 정차정류장수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 일반버스와 저상버스 모두 -0.317로 같게 나타났다.

다만 산점도를 보면 저상버스의 연비가 일반버스보다 낮게 분포되어 있고, 연비편차도 일반버스보다 다소 적은 것으로 나타나고 있다.

[표 3-30] 차종별 연비-정차정류장수 상관관계 분석

구 분	일반버스	저상버스
Pearson 상관계수	-0.317**	-0.317**
유의확률 (양쪽)	.000	.000

[그림 3-32] 차종별 연비-정차정류장수 산점도



□ 엔진유형별 연비-정차정류장수 관계

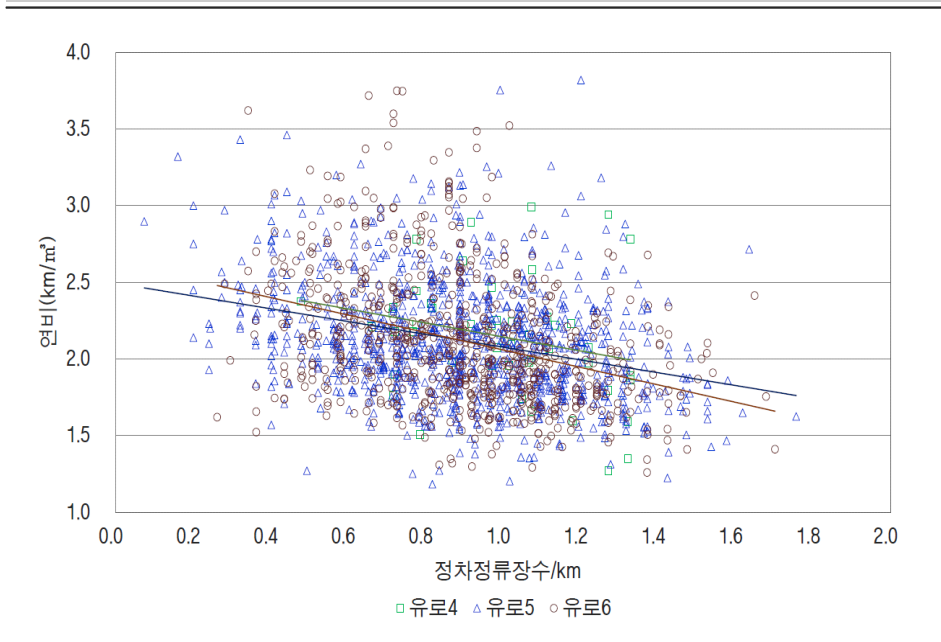
엔진유형별로 구분하여 연비와 정차정류장수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 유로 4, 유로 5, 유로 6 모두 0.317로 같게 나타났다.

산점도를 보더라도 모든 엔진유형에서 정차정류장수가 같더라도 연비 차이가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 3-31] 엔진유형별 연비-정차정류장수 상관관계 분석

구 분	유로 4	유로 5	유로 6
Pearson 상관계수	-.317**	-.317**	-.317**
유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000

[그림 3-33] 엔진유형별 연비-정차정류장수 산점도



□ 노선유형별 연비-정차정류장수 관계

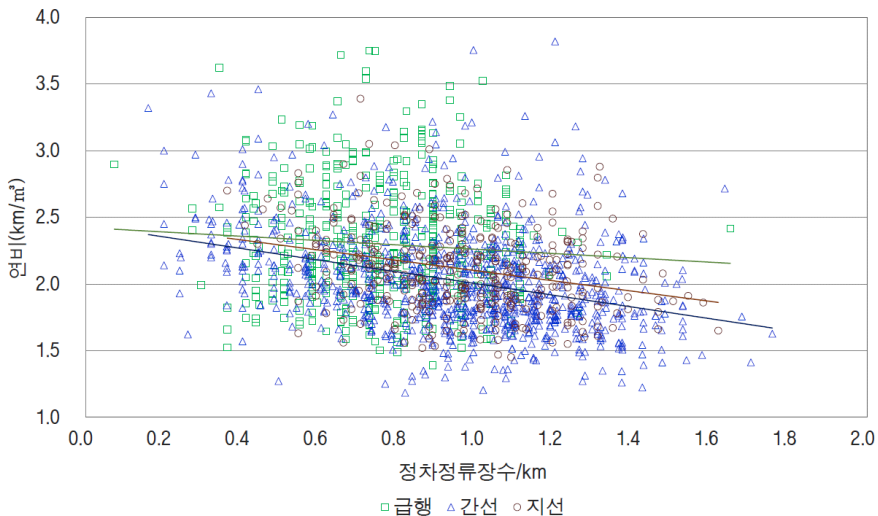
노선유형별로 구분하여 연비와 정차정류장수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 급행노선, 간선노선, 지선노선 각각 -0.321, -0.317, -0.317로 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

산점도를 보면 급행노선의 정차정류장수가 적고, 간선노선 및 지선노선의 정차정류장수가 많은 특성은 나타나지만 모든 노선유형에서 정차정류장수가 같더라도 연비차이가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 3-32] 노선유형별 연비-정차정류장수 상관관계 분석

구 분	급행노선	간선노선	지선노선
Pearson 상관계수	-0.321**	-0.317**	-0.317**
유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000

[그림 3-34] 노선유형별 연비-정차정류장수 산점도



(4) 신호등수

□ 전체차량 연비-신호등수 관계

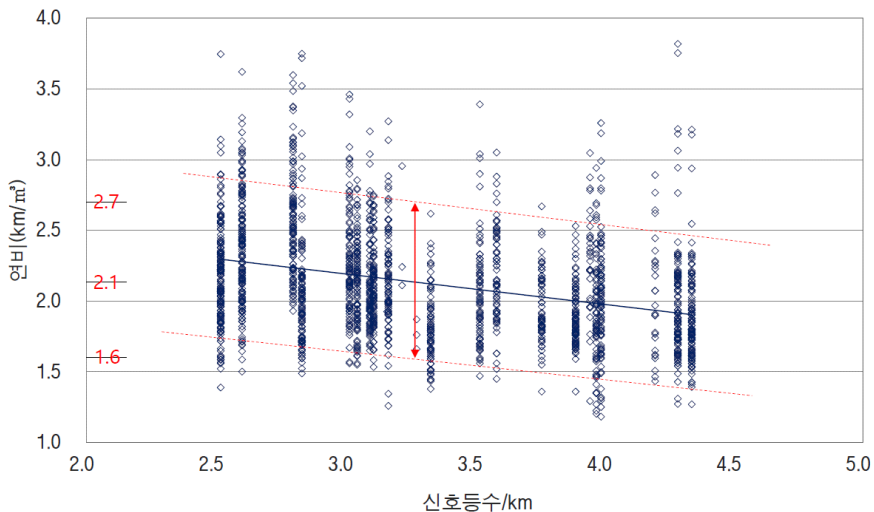
전체차량에 대한 연비와 신호등수의 상관관계를 분석한 결과 상관계수는 -0.317로 분석되었다. 산점도로 나타내면 신호등수가 많을수록 연비가 나빠지는 추세가 조금 나타나나 신호등수와 연비 간에는 상관성이 크게 나타나지 않고 있다.

실제 신호등으로 인해 정차한 횟수를 이용하여 분석해야 하나 자료 수집이 어려워 노선상에 위치한 신호등수를 적용했기 때문에 나타나는 현상일수도 있다.

[표 3-33] 전체차량 연비-신호등수 상관관계 분석

Pearson 상관계수	-0.314**
유의확률 (양쪽)	.000

[그림 3-35] 전체차량 연비-신호등수 산점도



□ 차종별 연비-신호등수 관계

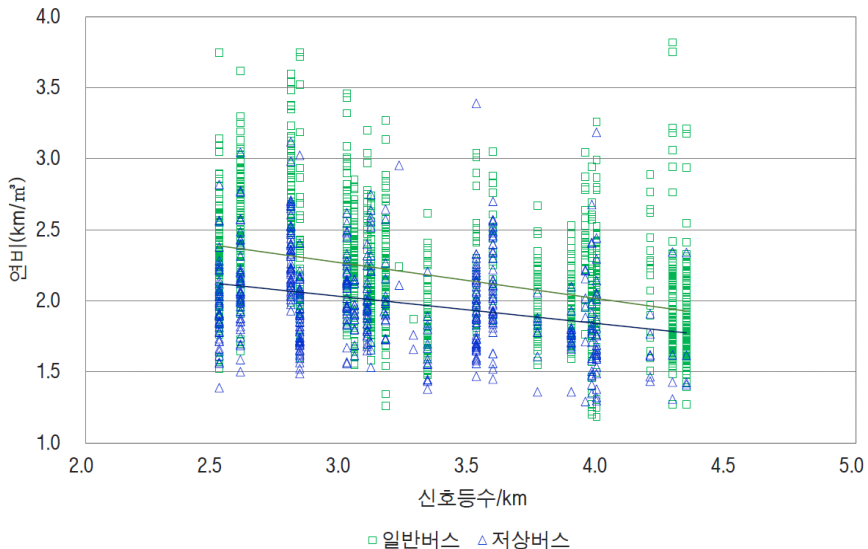
차종별로 구분하여 연비와 신호등수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 일반버스와 저상버스 각각 -0.314, -0.313으로 나타났다.

산점도를 보면 일반버스와 저상버스 모두 신호등이 많을수록 연비가 나빠지는 추세는 보이나, 신호등수가 같더라도 연비편차가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 3-34] 차종별 연비-신호등수 상관관계 분석

구 분	일반버스	저상버스
Pearson 상관계수	-0.314**	-0.313**
유의확률 (양쪽)	.000	.000

[그림 3-36] 차종별 연비-신호등수 산점도



□ 엔진유형별 연비-신호등수 관계

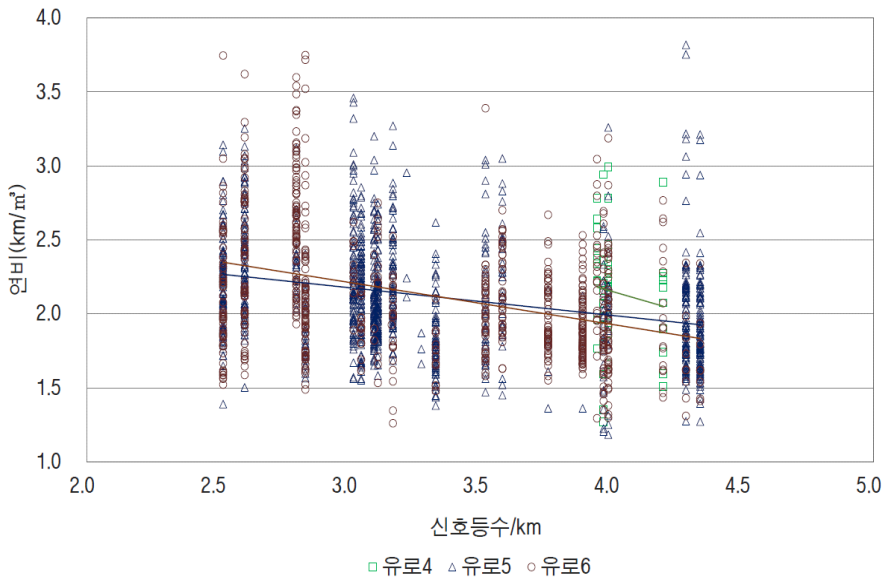
엔진유형별로 구분하여 연비와 신호등수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 유로 4, 유로 5, 유로 6 모두 0.314로 같게 나타났다.

산점도를 보면 모두 신호등이 많을수록 연비가 나빠지는 추세는 조금 보이나, 연비편차가 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 3-35] 엔진유형별 연비-신호등수 상관관계 분석

구 분	유로 4	유로 5	유로 6
Pearson 상관계수	-0.314**	-0.314**	-0.314**
유의확률 (양쪽)	0.000	.000	.000

[그림 3-37] 엔진유형별 연비-신호등수 산점도



□ 노선유형별 연비-신호등수 관계

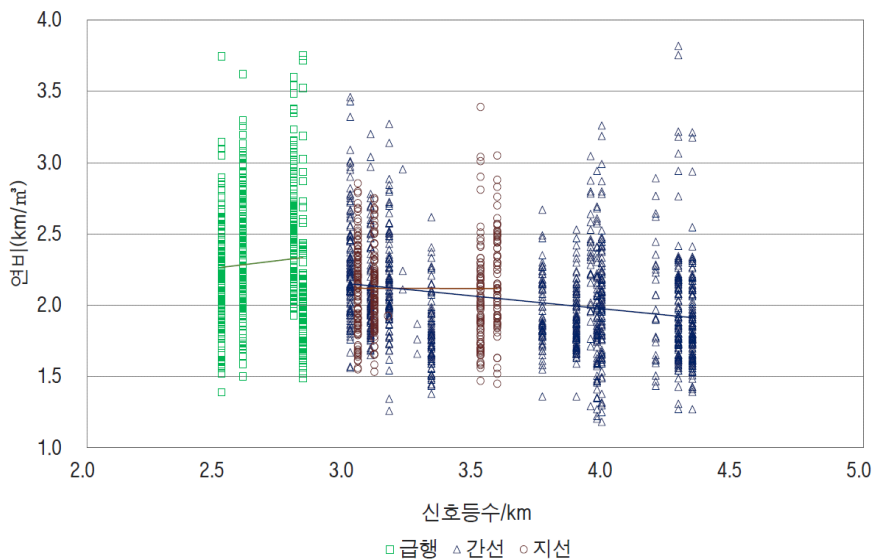
노선유형별로 구분하여 연비와 신호등수의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 급행노선, 간선노선, 지선노선 각각 -0.339, -0.314, -0.316으로 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

산점도를 보더라도 노선별로 연비와 신호등수 간의 명확한 추이는 나타나지 않고 있다.

[표 3-36] 노선유형별 연비-신호등수 상관관계 분석

구 분	급행	간선	지선
Pearson 상관계수	.339**	-.314**	.316**
유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000

[그림 3-38] 노선유형별 연비-신호등수 산점도



(5) 구배

□ 연비-구배 관계

도로의 구배가 연비에 미치는 영향은 구배의 크기(경사도), 구배의 연장, 구배의 형태 등 많은 경우의 수가 발생하므로 요인분석이 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 구배가 있는 노선을 대상으로 구배구간과 평지구간의 연비 차이를 실측하였다.

연비측정 결과 평지구간은 1.72km/m³로 나타났다. 이에 비해 오르막구간의 연비는 0.94km/m³으로 매우 좋지 않으며, 내리막 구간은 3.93km/m³으로 매우 연비가 좋은 것으로 나타났다. 오르막구간은 평지구간에 비하여 44.8% 연비가 낮게 나오고, 내리막구간은 128.5% 연비가 높게 나오는 것으로 나타났다.

그러나 구배구간 전체로 보면 오르막구간은 연비가 낮지만 반대로 내리막 구간은 연비가 높아 서로 상쇄될 것으로 예상되며, 대부분 노선의 경우 경사구간이 차지하는 비중이 많지 않기 때문에 연료소모에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

[표 3-37] 경사구간과 평지구간의 연비측정 결과

구 분	차량 형태	오르막구간			내리막구간			평지구간			
		1차	2차	평균	1차	2차	평균	1차	2차	평균	
605	****	저상버스	1.00	0.87	0.94	5.00	3.91	4.46	2.25	1.80	2.03
	****	일반버스	0.98	0.89	0.94	3.81	4.21	4.01	1.46	1.19	1.33
	****	일반버스	0.89	1.01	0.95	3.45	3.17	3.31	2.02	1.57	1.80
평 균			0.96	0.92	0.94	4.09	3.76	3.93	1.91	1.52	1.72

주 : 언 덕 - 자양동주민센터 → 우송대동캠퍼스(430m)
 내리막 - 우송대동캠퍼스 → 자양동주민센터(430m)
 평 지 - 우송정보대학 ↔ 자양초교(575m)

(6) 소 결

연비와 승객수, 통행속도, 정차정류장수, 신호등수, 구배 간의 상관관계를 분석한 결과 상관계수가 0.3 내외로 약간의 상관성은 있지만 높은 상관성을 보이지는 않는 것으로 나타났다.

또한 차종별, 노선유형별, 엔진유형별로 구분하여 상관분석을 실시한 결과에서도 전체 상관계수와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

그리고 연비와 도로구배 간의 관계는 구배가 있는 도로구간을 대상으로 연비를 실측한 결과 오르막구간과 내리막구간에서 명확하게 많은 연비차이가 발생하였으나 서로 상쇄되는 측면을 고려하면 구배영향이 연료소모에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

승객수, 통행속도, 정차정류장수, 신호등수 등의 개별요인이 시내버스 연료소모 상관성이 매우 높지는 않으나 약간의 영향을 주는 것은 분명하며, 개별요인의 양이 같다고 하더라도 연비의 편차가 큰 것으로 보아 여러 요인들이 복합적으로 영향을 미치고, 이들 교통 및 노선 특성 요인들 보다 더 큰 요인은 운전기사의 운전행태 요인일 것으로 판단된다.

[표 3-38] 연비와 주요 요인간의 상관관계 분석

구 분	Pearson 상관계수	유의확률 (양쪽)
승객수(명/km)	-.289**	.000
통행속도(km/시)	.302**	.000
정차정류장수(개/km)	-.317**	.000
신호등수(개/km)	-.314**	.000
구 배	오르막구간 0.94km/m ³ 내리막구간 3.93km/m ³ 평지구간 1.72km/m ³	

2) 연비추정 모형

다중회귀모형을 이용하여 용하여 몇 개의 연비추정 모형을 만들어본 결과 R^2 는 모두 2미만으로 연비에 대한 설명력이 낮은 것으로 나타났다.

이는 앞에서 전술한 바와 같이 연비와 개별 설명변수간의 상관계수가 낮고, 설명변수에 대한 연비의 편차가 크기 때문으로 판단된다. 즉, 시내버스 연비는 교통 및 노선 특성 요인들로 설명하는데 한계가 있으며, 운전기사의 인적요인이 크게 작용함을 알 수 있다.

[표 3-39] 다중회귀분석을 이용한 연비추정 모형

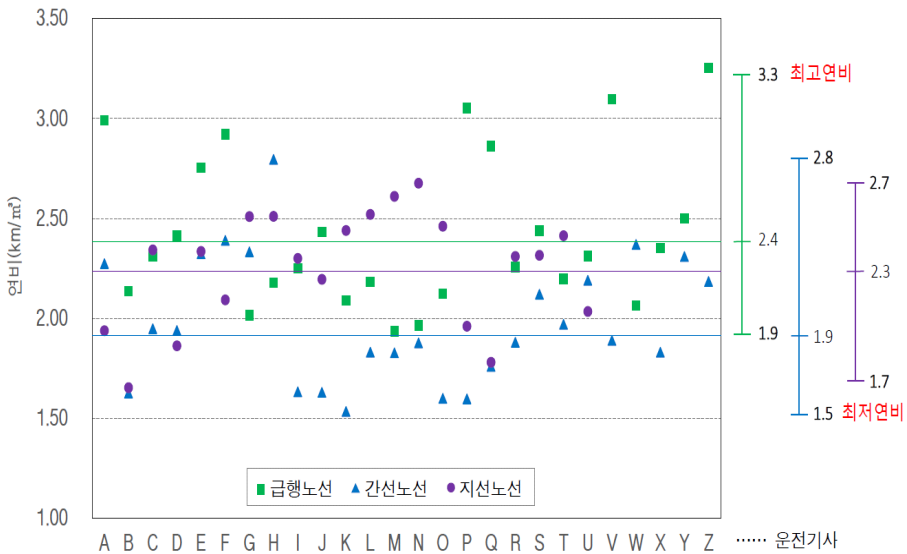
구분	변수조합	모형식	
		모형식	
1	승객수(X_1) 통행속도(X_2)	모형식	$-0.0603X_1+0.0350X_2+1.6565$
		조정된 R^2	0.115
		유의확률	0.000
2	승객수(X_1) 정차정류장수(X_2)	모형식	$-0.0380X_1-0.3416X_2+2.5204$
		조정된 R^2	0.105
		유의확률	0.000
3	통행속도(X_1) 정차정류장수(X_2)	모형식	$0.0312X_1-0.3235X_2+1.8664$
		조정된 R^2	0.124
		유의확률	0.000
4	승객수(X_1) 통행속도(X_2) 정차정류장수(X_3)	모형식	$-0.0236X_1+0.0294X_2-2517X_3+1.8909$
		조정된 R^2	0.126
		유의확률	0.000
5	승객수(X_1) 통행속도(X_2) 정차정류장수(X_3) 신호등수(X_4)	모형식	$-0.0545X_1+0.0135X_2-0.0998X_3-0.1593X_4+2.639$
		조정된 R^2	0.165
		유의확률	0.000

3) 인적 요인

운전기사의 인적요인에 의한 연비차이를 보기 위하여 동일한 연령대, 동일한 차종, 동일한 운행시간에 대하여 운전기사별 연비를 분석하였다. 아래 그림은 출근시간에 일반버스를 운행하는 40대 운전기사 집단의 운전기사 개인별 연비를 나타낸 것이다. 노선 또한 유형별로 급행노선, 간선노선, 지선노선으로 구분하여 분석하였으며, 모든 유형에서 운전기사 연비차이가 매우 큰 것으로 분석되었다. 최저연비 대비 최고연비는 급행노선, 간선노선, 지선노선 각각 73.7%, 86.7%, 58.8%를 나타내고 있다.

같은 방법으로 다른 집단에 대하여 분석한 결과에서도 운전기사별 연비 차이는 최소 43.2%에서 최대 99.3%까지 차이가 많이 나는 것으로 분석되었다. 즉, 시내버스 연료소모는 해당 노선의 승객수, 통행속도, 정차정류장수 등 교통여건에 의해서도 조금 영향을 받지만 교통여건이 같다 하더라도 운전기사의 운전행태에 따라 더 많은 영향을 받는다고 할 수 있다.

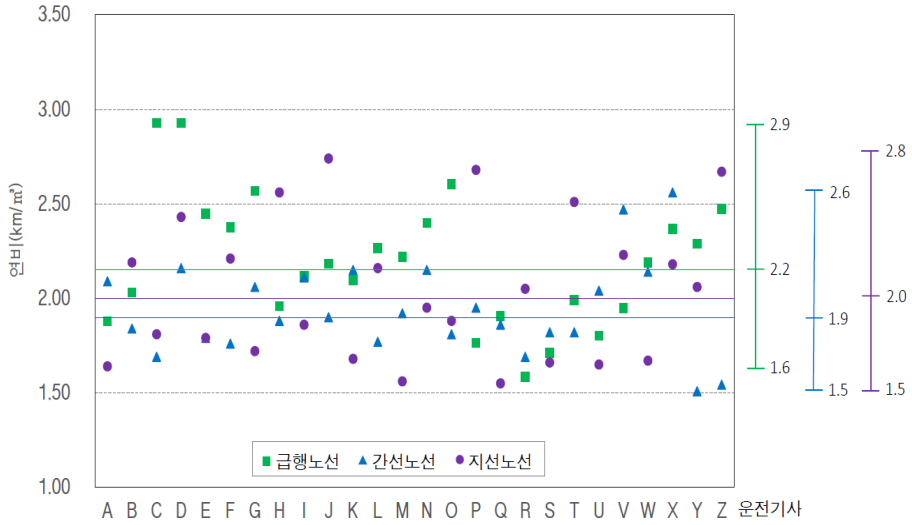
[그림 3-39] 40대, 일반버스, 출근시간 운전기사별 연비 차이



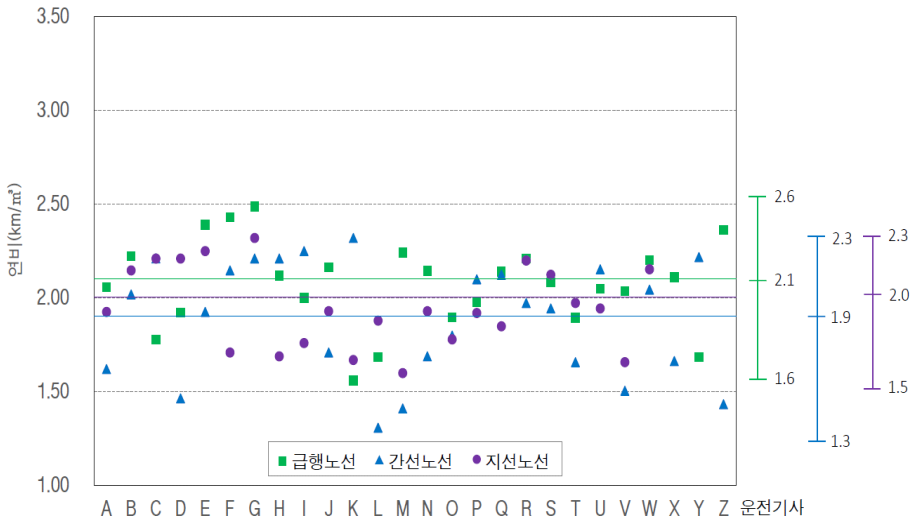
[표 3-40] 동일조건에서 운전기사 인적요인에 따른 연비 차이

연령	차종	운전 시간	노선 분류	연비(km/m ³)			
				평균	최저	최고	차이(%)
40대	일반	오전출근시간 (7~9)	급행	2.43	1.93	3.25	68.4%
			간선	1.99	1.53	2.80	83.0%
			지선	2.25	1.65	2.68	62.4%
		오후퇴근시간 (17~20)	급행	2.19	1.58	2.93	85.4%
			간선	1.94	1.51	2.56	69.5%
			지선	2.04	1.55	2.74	76.8%
	저상	오전출근시간 (7~9)	간선	2.07	1.56	2.49	59.6%
			급행	1.89	1.31	2.32	77.1%
			지선	1.95	1.60	2.32	45.0%
		오후퇴근시간 (17~20)	급행	2.19	1.58	2.93	85.4%
			간선	1.91	1.38	2.75	99.3%
			지선	2.15	1.48	2.75	85.8%
50대	일반	오전출근시간 (7~9)	급행	2.48	1.97	3.25	65.0%
			간선	2.07	1.76	2.52	43.2%
			지선	2.20	1.65	2.61	58.2%
		오후퇴근시간 (17~20)	급행	0.19	1.58	2.93	85.4%
			간선	1.97	1.69	2.56	51.5%
			지선	2.07	1.56	2.90	85.9%
	저상	오후퇴근시간 (17~20)	급행	1.97	1.39	2.77	99.3%
			간선	2.07	1.39	2.62	88.5%
			지선	2.18	1.80	2.75	52.8%

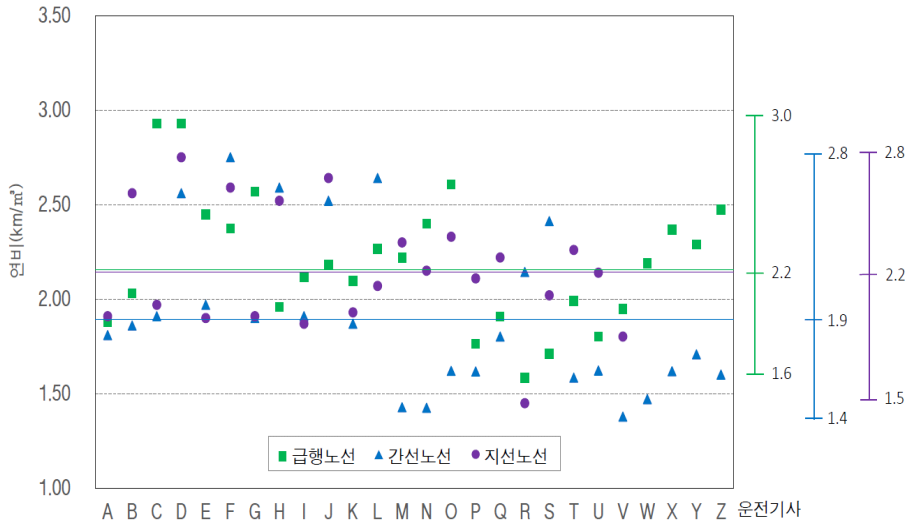
[그림 3-40] 40대, 일반버스, 퇴근시간 운전기사별 연비 차이



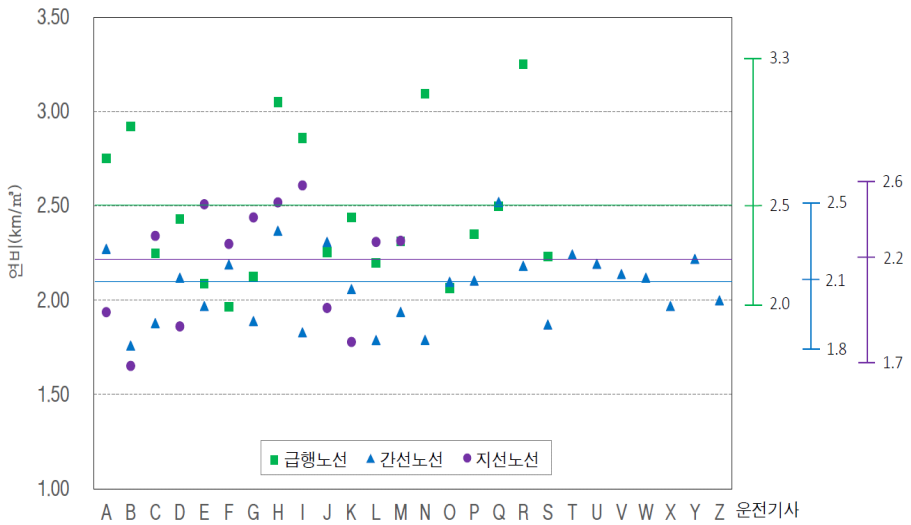
[그림 3-41] 40대, 저상버스, 출근시간 운전기사별 연비 차이



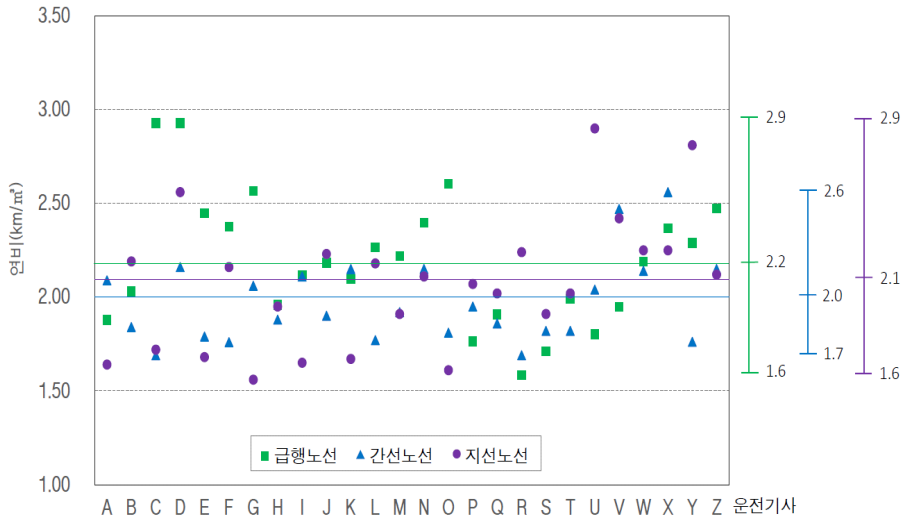
[그림 3-42] 40대, 저상버스, 퇴근시간 운전기사별 연비 차이



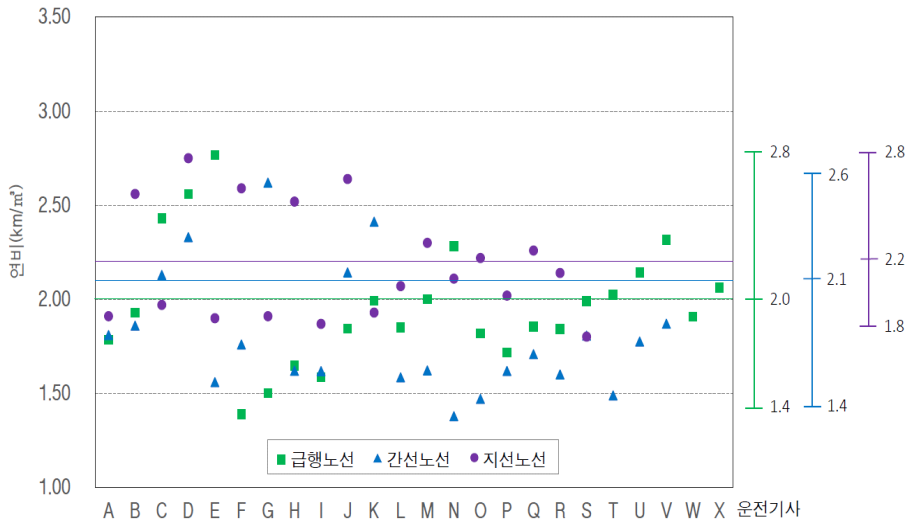
[그림 3-43] 50대, 일반버스, 출근시간 운전기사별 연비 차이



[그림 3-44] 50대, 일반버스, 퇴근시간 운전기사별 연비 차이



[그림 3-45] 50대, 저상버스, 퇴근시간 운전기사별 연비 차이



4장

결론 및 정책건의

1. 결 론
2. 정책건의



4장 결론 및 정책건의

4장 결론 및 정책건의

1. 결론

대전시 시내버스 운송원가는 2015년 기준 1,776억원으로 이중 연료비는 288억원(16.2%)에 달하고 있다. 준공영제를 도입하여 운영하고 있는 6대 도시의 시내버스 연간 연료비는 2014년 기준 약 6,500억원에 이르고 있다. 전국 시내버스 33천대로 확대하면 약 1조 3,000억원이 연료비로 사용되고 있다.

그러나 시내버스 연료비에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구는 거의 없는 실정으로 본 연구에서는 시내버스 연료비 절감 대책을 마련하는데 있어 기초자료가 될 수 있도록 시내버스 연료소모량(연비)과 이에 영향을 미치는 요인간의 관계를 분석하였다.

본 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 시내버스 회사별, 노선별, 차종별, 엔진유형별, 차령별, 운전기사 연령별, 노선거리별, 요일별 연비를 분석한 결과 저상버스가 일반버스에 비하여 약 8.3% 낮을 것을 제외하고는 두드러진 차이가 없는 것으로 나타났다.

둘째, 연비와 승객수, 통행속도, 정차정류장수, 신호등수, 구배 간의 상관관계를 분석한 결과 상관계수가 0.3 내외로 약간의 상관성은 있지만 높은 상관성을 보이지는 않는 것으로 나타났다. 또한 차종별, 노선유형별, 엔진유형별로 구분하여 상관분석을 실시한 결과에서도 전체 상관계수와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 구배가 있는 도로구간을 대상으로 연비를 실측한 결과 오르막구간과 내리막구간에서 명확하게 많은 연비차이가 발생하는 것으로 나타났다(오르막구간은 평지구간에 비하여 44.8% 낮고, 내리막구간은 128.5% 높음)

셋째, 운전기사의 인적요인에 의한 연비차이를 보기 위하여 동일한 연령대, 동일한 차종, 동일한 운행시간에 대하여 운전자별 연비를 분석한 결과 운전자별 연비차이는 최소 43.2%에서 최대 99.3%까지 차이가 많이 나는 것으로 분석되었다. 즉, 시내버스 연료소모는 해당 노선의 승객수, 통행 속도, 정차정류장수 등 교통여건에 의해서도 조금 영향을 받지만 교통여건이 같다 하더라도 운전기사의 운전행태에 따라 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

2. 정책건의

본 연구에서는 시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인들에 대하여 검토하였다.

시내버스 연료비가 절약되면 대전시 재정지원금이 감소하는 효과가 우선적으로 나타나지만 온실가스, 미세먼지 등 환경유해물질의 배출이 감소되고, 정속주행에 따른 시내버스 이용객의 쾌적성이 향상되는 효과도 얻을 수 있다.

연구결과 시내버스 연료소모는 해당 노선의 승객수, 통행속도, 정차정류장수 등 교통여건에 의해서도 영향을 받지만 교통여건이 같더라도 운전기사의 운전행태에 따라 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

따라서 운전기사의 연비향상 교육을 체계적으로 수행하는 것이 중요하며, 이를 위해서는 대전시 차원의 지원방안이 필요할 것으로 판단된다.

또한 본 연구에서는 통행속도, 과속시간, 과속횟수, 급출발, 급정거 등 너무 많은 운전기사의 행태요인이 있어 이들 요인이 시내버스 연료소모에 어떠한 영향을 미치는지는 분석하지 못하였지만 차후 실험적인 연구를 통하여 연구결과를 운전기사 교육에 적용할 수 있도록 하는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 이범규(2013), 대전시 시내버스 표준연비 산정에 관한 연구, 대전발전연구원
- 환경부(2012), 경유 버스 및 CNG 버스 환경·경제성 분석을 통한 CNG 버스 보급정책 타당성 조사 연구
- 김태현(2015), CNG 연료 세제 개선방안 연구, 에너지경제연구원
- 한종학(2015), 시내버스 연료 이용특성 분석 및 정책방안, 인천발전연구원