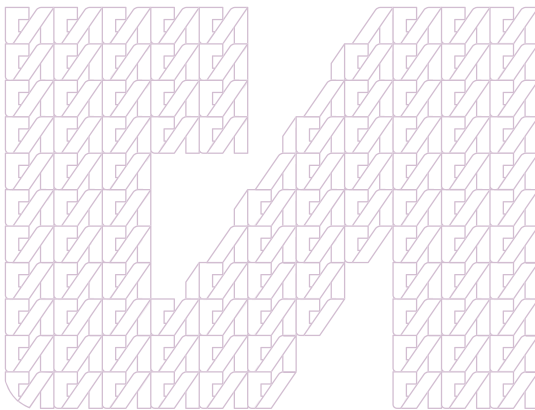


대전시 시내버스 노선별 표준연비 산정 연구

이 범규



현안연구 2019-9

대전시 시내버스 노선별 표준연비 산정 연구

이 범 규

연구책임

• 이범규 / 도시기반연구실 선임연구위원

현안연구 2019-9

대전시 시내버스 노선별 표준연비 산정 연구

발행인 박 재 목

발행일 2019년 10월

발행처 대전세종연구원

(34863) 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동)

전화 : 042-530-3500 팩스 : 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: 중부인쇄기획 TEL 042-253-7537 FAX 042-753-7538

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

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

차 례

1장 연구의 개요	1
1절 연구의 배경 및 목적	3
2절 연구의 범위	4
1. 연구의 공간적 범위	4
2. 연구의 내용적 범위	4
3절 연구의 과정 및 방법	5
2장 시내버스 연료소모 특성 검토	7
1절 시내버스 차량의 연료소모 특성	9
1. 차종별 연료소모 특성	9
2. 시내버스 엔진유형별 연료소모 특성	9
3. 시내버스 차령별 연료소모 특성	10
2절 시내버스 노선여건의 연료소모 특성	11
1. 노선 종류별 연료소모 특성	11
2. 노선 연장별 연료소모 특성	11
3. 노선 승객수별 연료소모 특성	12
4. 노선 운행속도별 연료소모 특성	13
3절 시내버스 운전기사의 연료소모 특성	15
1. 운전기사 연령별 연료소모 특성	15
2. 운전기사 개인별 연료소모 특성	15
4절 시내버스 연료소모 특성 종합	17
3장 시내버스 노선별 표준연비 산정	19
1절 표준연비 산정방법	21
2절 유형별 차량 및 노선 구분	22

3절 표준연비 산정모형 구축	23
1. 일반버스 - 간선노선	23
1) 자료구축	23
2) 상관관계 분석	25
3) 표준연비 모형	26
2. 일반버스 - 지선노선	27
1) 자료구축	27
2) 상관관계 분석	28
3) 표준연비 모형	29
3. 저상버스 - 간선노선	30
1) 자료구축	30
2) 상관관계 분석	31
3) 표준연비 모형	32
4. 저상버스 - 지선노선	33
1) 자료구축	33
2) 상관관계 분석	34
3) 표준연비 모형	35
5. 중형버스 - 간선노선	36
1) 자료구축	36
2) 상관관계 분석	37
3) 표준연비 모형	38
6. 중형버스 - 지선노선	39
1) 자료구축	39
2) 상관관계 분석	40
3) 표준연비 모형	41
7. 중형버스 - 외곽노선 A	42
1) 자료구축	42
2) 상관관계 분석	43
3) 표준연비 모형	44

8. 중형버스 - 외곽노선 B	45
1) 자료구축	45
2) 상관관계 분석	46
3) 표준연비 모형	47
4절 연료비 지급방안 검토	49
1. 일반버스, 저상버스, 중형버스	49
2. 3문버스	51
참고문헌	53

표차례

[표 1-1] 연구대상 시내버스 차량 및 노선	4
[표 2-1] 시내버스 차종별 연비	9
[표 2-2] 시내버스 엔진유형별 연비	9
[표 2-3] 시내버스 차령별 연비	10
[표 2-4] 시내버스 노선 종류별 연비	11
[표 2-5] 시내버스 노선 거리별 연비	11
[표 2-6] 시내버스 노선 승객수별 연비	12
[표 2-7] 시내버스 노선 운행속도별 연비	13
[표 2-8] 시내버스 운전기사 연령별 연비	15
[표 2-9] 동일조건에서 운전기사 인적요인에 따른 연비 차이	16
[표 3-1] 일반버스 간선노선	23
[표 3-2] 일반버스 지선노선	27
[표 3-3] 저상버스 간선노선	30
[표 3-4] 저상버스 지선노선	33
[표 3-5] 중형버스 간선노선	36
[표 3-6] 중형버스 지선노선	39
[표 3-7] 중형버스 외곽노선 A	42
[표 3-8] 중형버스 외곽노선 B	45
[표 3-9] 기존 시내버스 표준연비와 실연비 차이 분석	49
[표 3-10] 시내버스 유형별 표준연비 산정모형 및 지급방안	50
[표 3-11] 저상형 3문버스	51

그림차례

[그림 1-1] 연구의 과정	5
[그림 2-1] 시내버스 노선 연장-연비 산점도	12
[그림 2-2] 시내버스 노선 승객수-연비 산점도	13
[그림 2-3] 시내버스 노선 운행속도-연비 산점도	14
[그림 2-4] 40대 기사, 일반버스, 출근시간 운행차량의 연비 차이	15
[그림 1-1] 표준연비 산정을 위한 시내버스 차량 및 노선 구분	22
[그림 3-2] 일반버스 간선노선 연비-km당 승객수	25
[그림 3-3] 일반버스 간선노선 연비-평균운행속도	25
[그림 3-4] 일반버스 간선노선 표준연비와 실연비	26
[그림 3-5] 일반버스 지선노선 연비-km당 승객수	28
[그림 3-6] 일반버스 지선노선 연비-평균운행속도	28
[그림 3-7] 일반버스 지선노선 표준연비와 실연비	29
[그림 3-8] 저상버스 간선노선 연비-km당 승객수	31
[그림 3-9] 저상버스 간선노선 연비-평균운행속도	31
[그림 3-10] 저상버스 간선노선 표준연비와 실연비	32
[그림 3-11] 저상버스 지선노선 연비-km당 승객수	34
[그림 3-12] 저상버스 지선노선 연비-평균운행속도	34
[그림 3-13] 저상버스 지선노선 표준연비와 실연비	35
[그림 3-14] 중형버스 간선노선 연비-km당 승객수	37
[그림 3-15] 중형버스 간선노선 연비-평균운행속도	37
[그림 3-16] 중형버스 간선노선 표준연비와 실연비	38
[그림 3-17] 중형버스 지선노선 연비-km당 승객수	40
[그림 3-18] 중형버스 지선노선 연비-평균운행속도	40
[그림 3-19] 중형버스 지선노선 표준연비와 실연비	41

[그림 3-20] 중형버스 외곽노선 A 연비-km당 승객수	43
[그림 3-21] 중형버스 외곽노선 A 연비-평균운행속도	43
[그림 3-22] 중형버스 외곽노선 A 표준연비와 실연비	44
[그림 3-23] 중형버스 외곽노선 B 연비-km당 승객수	46
[그림 3-24] 중형버스 외곽노선 B 연비-평균운행속도	46
[그림 3-25] 중형버스 외곽노선 B 표준연비와 실연비	47
[그림 3-26] 기존 모형의 실연비와 표준연비 오차	48
[그림 3-27] 금번 모형의 실연비와 표준연비 오차	48

연구의 개요

1절 연구의 배경 및 목적

2절 연구의 범위

3절 연구의 과정 및 방법

1장

1장 연구의 개요

1장 연구의 개요

1절 연구의 배경 및 목적

- 2018년 기준 대전시 시내버스 운영비용은 1,975억원으로 이중 인건비 1,262억원(63.89%), 고정비 469억원(23.74%), 연료비 244억원(12.37%)으로 구성됨
 - 2018년 총 운송수입금은 1,374억원으로 시내버스 운영비의 70%는 운송수입금으로 충당하고 있으며, 나머지 30%인 601억원은 재정에서 지원하고 있음
- 대전시는 시내버스 운영비 절감을 위하여 시내버스 운송회사에 연료비 지급시 사용하는 대로 지급하는 것이 아니라 시내버스 노선 특성에 맞는 표준사용량(표준연비)을 정하여 지급하고 있음
 - 인건비, 고정비(정비비, 감가상각비, 보험료, 이윤 등)의 경우 줄이는데 한계가 있으며, 연료비의 경우 노력에 따라 절약이 가능함
- 시내버스 표준연비 지급에 따라 시에서 지급하는 연료비가 부족한 운송회사는 차액을 자비로 충당하여야 하며, 연료비가 남는 회사는 수익으로 얻을 수 있음
- 시에서는 시내버스 노선의 승객수, 교통여건 등 특성을 고려하여 표준연비를 산정하여 지급하고 있으나, 어떤 노선은 연료비가 많이 남고, 어떤 노선은 연료비가 많이 부족한 현상이 발생하여 민원이 야기되고 있음
- 따라서 본 연구에서는 특정회사가 불이익을 보지 않도록 시내버스 노선의 특성을 정확히 분석하여 실제 사용되는 연료비와 가장 근접한 표준연비 산정모형을 만들어보고자 함

2절 연구의 범위

1. 연구의 공간적 범위

- 대전시 관내를 운행하는 시내버스
 - 96개 노선 1,016대
- * 대전역-오송 1001번 광역BRT는 연구대상에서 제외

[표 1-1] 연구대상 시내버스 차량 및 노선

구 분	면허대수	상용대수				노선수		
		소계	좌석	대형	중형	소계	좌석	일반
계	1,034	981	16	798	167	97	1	96
일반	1,016	965	0	798	167	96	0	96
BRT	18	16	16	0	0	1	1	0

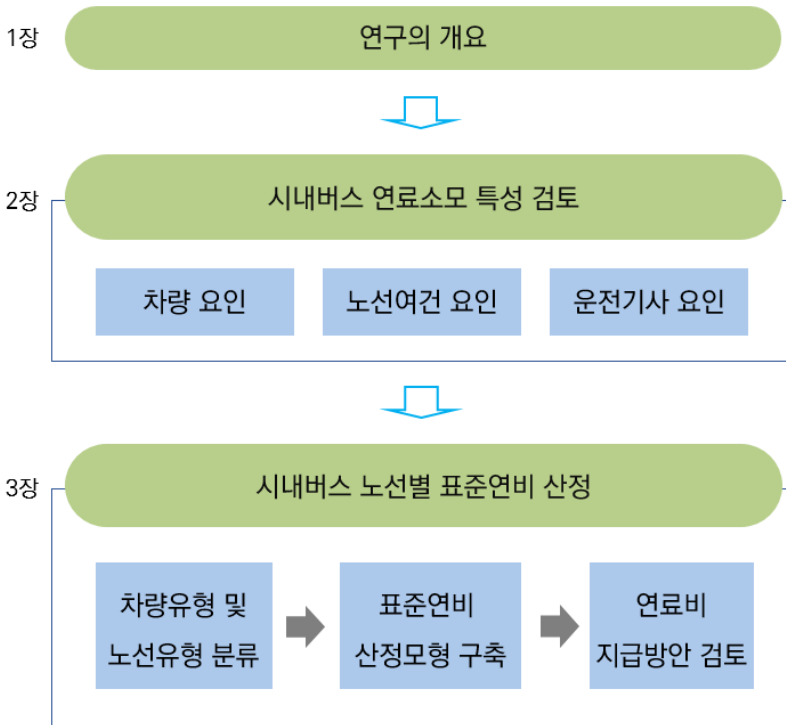
2. 연구의 내용적 범위

- 연구의 개요
 - 연구의 범위, 방법 설정
- 시내버스 연료소모 특성 검토
 - 시내버스 차량의 연료소모 특성
 - 시내버스 노선여건의 연료소모 특성
 - 시내버스 운전기사의 연료소모 특성
- 시내버스 노선별 표준연비 산정
 - 표준연비 산정모형 구축
 - 산정모형의 신뢰성 검토

3절 연구의 과정 및 방법

- 1장에서는 연구의 범위, 방법, 선행연구 검토 등을 수행함
- 2장에서는 시내버스 차량, 노선여건, 운전기사 측면에서 연료소모 특성이 어떻게 나타나는지 검토함
- 3장에서는 시내버스 차량 및 노선을 구분하여 해당 노선 및 차량에 맞는 표준연비 산정모형을 만들고, 시내버스 회사에 지급할 적정 연료비 지급 방안을 검토함

[그림 1-1] 연구의 과정



시내버스 연료소모 특성 검토

- 1절 시내버스 차량의 연료소모 특성
- 2절 시내버스 노선여건의 연료소모 특성
- 3절 시내버스 운전기사의 연료소모 특성
- 4절 시내버스 연료소모 특성 종합

————— 2장 시내버스 연료소모 특성 검토 —————

2장 시내버스 연료소모 특성 검토

1절 시내버스 차량의 연료소모 특성

1. 차종별 연료소모 특성

- 일반버스 평균 연비는 2.86km/m³, 저상버스 평균 연비는 1.98km/m³로 일반버스 보다 저상버스의 연비가 낮은 것으로 나타남

[표 2-1] 시내버스 차종별 연비

구 분	일반버스	저상버스	3문버스	중형버스
연비(km/m ³)	2.86	1.98	1.67	3.70

자료: 대전시 내부자료를 활용하여 분석(2019년 기준)

2. 시내버스 엔진유형별 연료소모 특성

- 일반버스의 엔진유형별 평균 연비는 유로 4 2.52km/m³, 유로 5 2.21km/m³, 유로 6 2.14km/m³로 유로 6 차량의 평균 연비가 다소 낮으며, 저상버스는 차량간 별 차이가 없는 것으로 나타남

[표 2-2] 시내버스 엔진유형별 연비

단위: km/m³

구 분	유로 4	유로 5	유로 6
일반버스	2.52	2.21	2.14
저상버스	-	2.07	2.09
비고	2008년 도입	2011년 도입	2015년 도입

자료: 이범규(2017), 시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인 분석, 대전세종연구원 자료 재분석

3. 시내버스 차령별 연료소모 특성

- 일반버스의 차령별 연비는 8년 차령 차량이 다소 낮은 것으로 나타나나 차령과 연비간의 상관성은 거의 없는 것으로 나타남
- 저상버스의 경우에도 차령과 연비간의 상관성은 나타나지 않고 있음

[표 2-3] 시내버스 차령별 연비

단위: km/m³

구 분	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년	평균
일반버스	2.19	2.08	2.30	2.18	2.10	2.23	2.35	2.00	2.41	2.27	2.21
저상버스	2.05	2.14	2.00	2.27	1.55	2.19	2.15	2.55	1.95	-	2.09

자료: 이범규(2017), 시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인 분석, 대전세종연구원 자료 재분석

2절 시내버스 노선여건의 연료소모 특성

1. 노선 종류별 연료소모 특성

- 노선의 종류별 연비를 보면 일반버스, 저상버스 모두 급행노선, 간선노선, 지선노선 간의 연비차이가 크지 않고, 외곽노선의 경우에만 연비가 두드러지게 높은 것으로 나타남

[표 2-4] 시내버스 노선 종류별 연비

단위: km/m³

구 분	급행노선	간선노선	지선노선	외곽노선
일반버스	2.58	2.56	2.65	3.69
저상버스	2.10	2.03	1.91	-

자료: 대전시 내부자료를 활용하여 분석(2019년 기준)

2. 노선 연장별 연료소모 특성

- 노선의 연장(거리)별 연비를 보면 일반버스 15km 미만을 제외하고는 연장이 길수록 연비가 조금 높아지는 특성이 나타나나 명확한 상관성을 찾기는 어려움

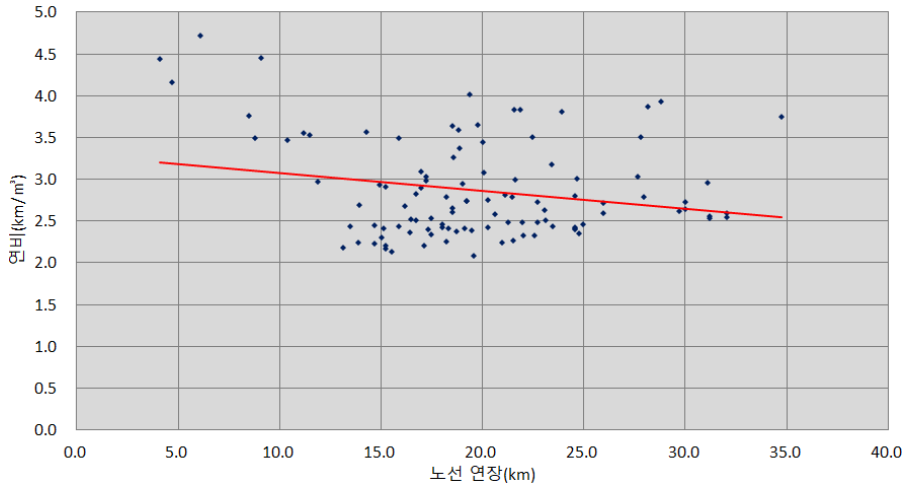
[표 2-5] 시내버스 노선 거리별 연비

단위: km/m³

구 분	15km 미만	15~20km	20~25km	25km 초과
일반버스	3.29	2.71	2.77	2.96
저상버스	1.90	1.93	1.98	2.17

자료: 대전시 내부자료를 활용하여 분석(2019년 기준)

[그림 2-1] 시내버스 노선 연장-연비 산점도



3. 노선 승객수별 연료소모 특성

- 노선의 승객수별 연비를 보면 승객이 적을수록 연비가 높고, 승객이 많을수록 연비가 낮아지는 특성을 보이며, 이는 일반버스와 정상버스 모두 동일하게 나타남
- 승객수-연비 산점도 작성, 상관분석(유의확률 0.000, 계수 -0.865) 결과를 보더라도 승객수와 연비 간에는 밀접한 관련이 있는 것으로 나타남

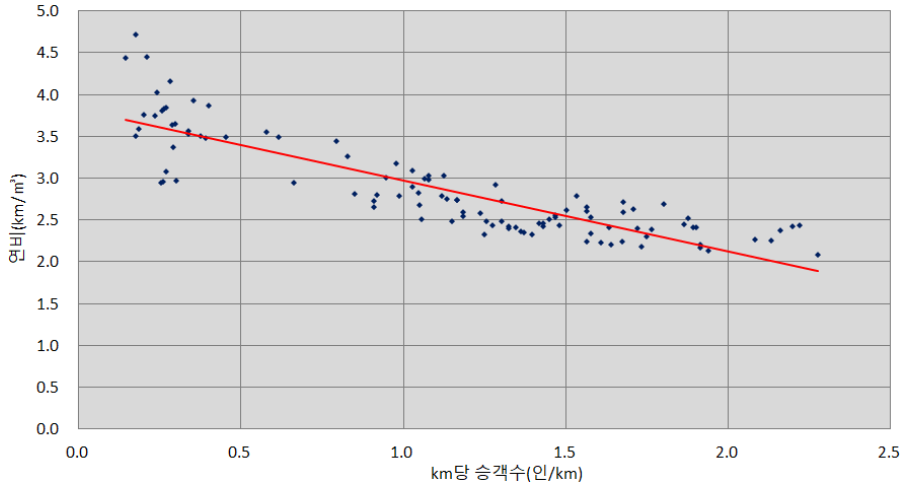
[표 2-6] 시내버스 노선 승객수별 연비

단위: km/m³

구 분	1.0인/km 미만	1.0~1.5인/km	1.5~2.0인/km	2.0인/km 초과
일반버스	3.49	2.62	2.43	2.30
저상버스	2.27	2.03	1.94	1.85

자료: 대전시 내부자료를 활용하여 분석(2019년 기준)

[그림 2-2] 시내버스 노선 승객수-연비 산점도



4. 노선 운행속도별 연료소모 특성

- 노선의 운행속도별 연비를 보면 속도가 낮을수록 연비가 낮고, 속도가 높을수록 연비가 높아지는 특성을 보이며, 이는 일반버스와 정상버스 모두 동일하게 나타남
- 운행속도-연비 산점도 작성, 상관분석(유의확률 0.000, 계수 0.799) 결과를 보더라도 운행속도와 연비 간에는 밀접한 관련이 있는 것으로 나타남

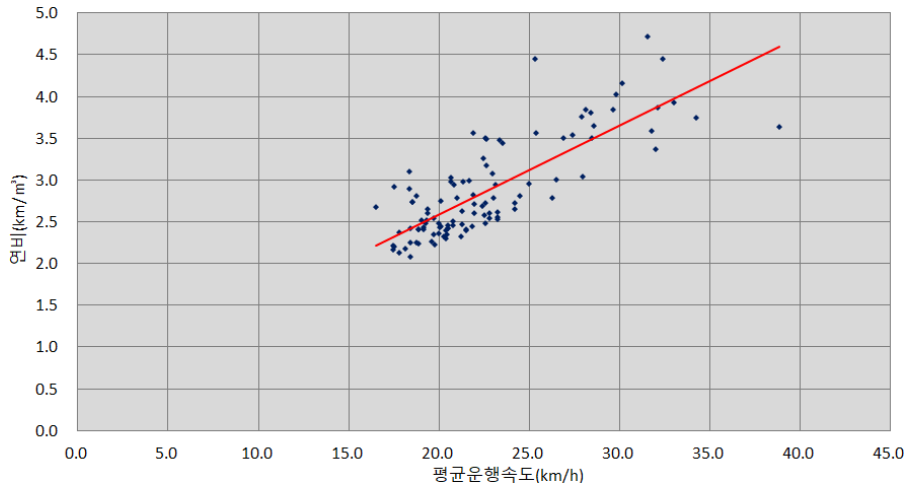
[표 2-7] 시내버스 노선 운행속도별 연비

단위: km/m³

구 분	20km/h 미만	20~25km/h	25~30km/h	30km/h 초과
일반버스	2.46	2.73	3.55	3.94
저상버스	1.90	2.01	2.43	-

자료: 대전시 내부자료를 활용하여 분석(2019년 기준)

[그림 2-3] 시내버스 노선 운행속도-연비 산점도



3절 시내버스 운전기사의 연료소모 특성

1. 운전기사 연령별 연료소모 특성

- 운전기사 연령별 연비를 보면 연비와 연령간의 큰 차이는 없는 것으로 나타남

[표 2-8] 시내버스 운전기사 연령별 연비

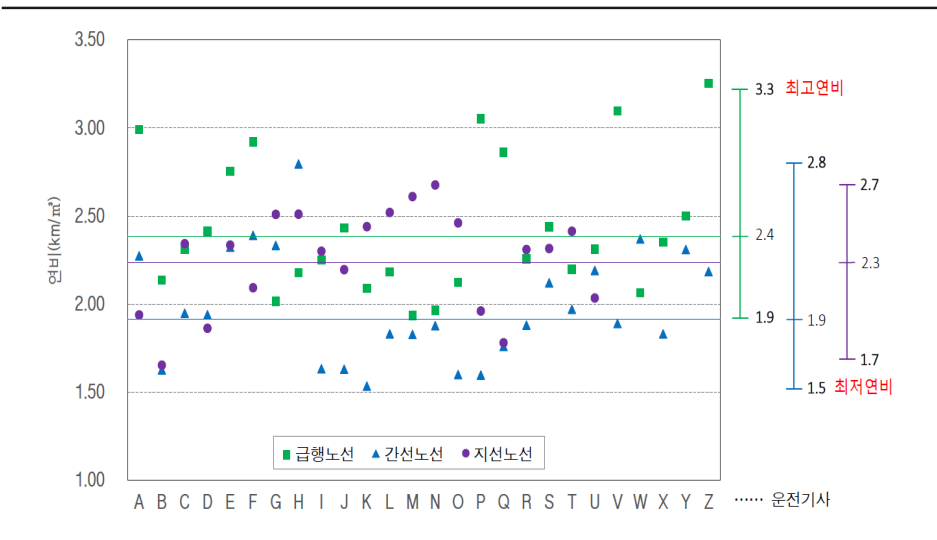
구 분	30대	40대	50대	평 균
연비(km/m ³)	2.24	2.12	2.11	2.12

자료: 이범규(2017), 시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인 분석, 대전세종연구원

2. 운전기사 개인별 연료소모 특성

- 운전기사 연령, 운행차종, 운행시간이 동일하다 하더라도 운전기사별 연비는 최대 86.7% 차이가 발생하는 것으로 보아 운전기사 개인별 운전 행태가 연비와 관련이 있는 것으로 판단됨

[그림 2-4] 40대 기사, 일반버스, 출근시간 운행차량의 연비 차이



[표 2-9] 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%

자료: 이범규(2017), 시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인 분석, 대전세종연구원

4절 시내버스 연료소모 특성 종합

- 시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인을 시내버스 차량, 노선여건, 운전기사로 구분하여 분석
- 시내버스 차량은 일반버스, 저상버스, 3문버스, 중형버스 등 형태에 따라서는 연비가 다르게 나타나나 차량의 엔진유형 및 차령과는 상관성이 없는 것으로 나타남
- 노선여건과 관련해서는 승객수, 통행속도와 매우 밀접한 상관성이 있는 것으로 나타났으며, 노선의 연장(길이)와는 상관성이 낮은 것으로 나타남
- 운전기사와 관련해서는 연령 등 일반 특성과는 상관성이 없으며, 동일 운행여건에서 분석해본 결과 운전기사의 운행행태와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타남

시내버스 노선별 표준연비 산정

- 1절 표준연비 산정방법
- 2절 유형별 차량 및 노선 구분
- 3절 표준연비 산정모형 구축
- 4절 연료비 지급방안 검토

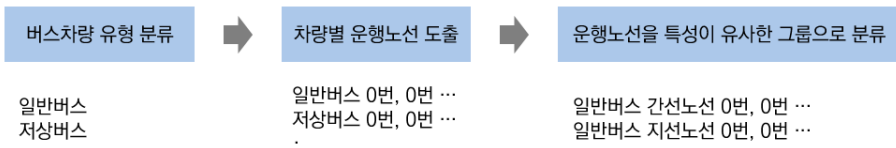
3장

————— 3장 시내버스 노선별 표준연비 산정 —————

3장 시내버스 노선별 표준연비 산정

1절 표준연비 산정방법

- 시내버스 차량을 유형별로 분류하고, 차량유형별 운행노선을 도출한 후 운행노선을 특성이 유사한 그룹으로 분류



- 차량 및 노선 그룹별 실연비와 노선특성요인(승객수, 통행속도) 데이터 구축 / 2019년 3월 자료 기준

노선	업체명	차량형태	연료형태	km당 승객수	1일평균속도(km/h)	실연비	표준연비	노선종류
1 경익	일반	CNG	2.22	21.83	2.44	2.5147	간선	
2 협진	일반	CNG	1.50	23.25	2.62	2.6629	간선	
3 경익	일반	CNG	1.80	22.42	2.69	2.5863	간선	
101 대교	일반	CNG	1.25	19.27	2.48	2.4459	간선	
102 산호	일반	CNG	2.08	19.60	2.26	2.3926	간선	
105 한일	일반	CNG	2.20	18.42	2.42	2.3117	간선	
107 대승	일반	CNG	1.12	23.04	2.79	2.6843	간선	
108 계룡	일반	CNG	1.40	20.27	2.33	2.4931	간선	

- 다중회귀분석을 통한 차량 및 노선 그룹별 표준연비 산정모형 구축

- 일반버스 간선노선의 표준연비 모형

$$Y = \beta_p X_p + \beta_v X_v + \beta_0$$

여기서, β_p = 승객변수의 회귀계수

X_p = 승객변수의 독립변수

β_v = 속도변수의 회귀계수

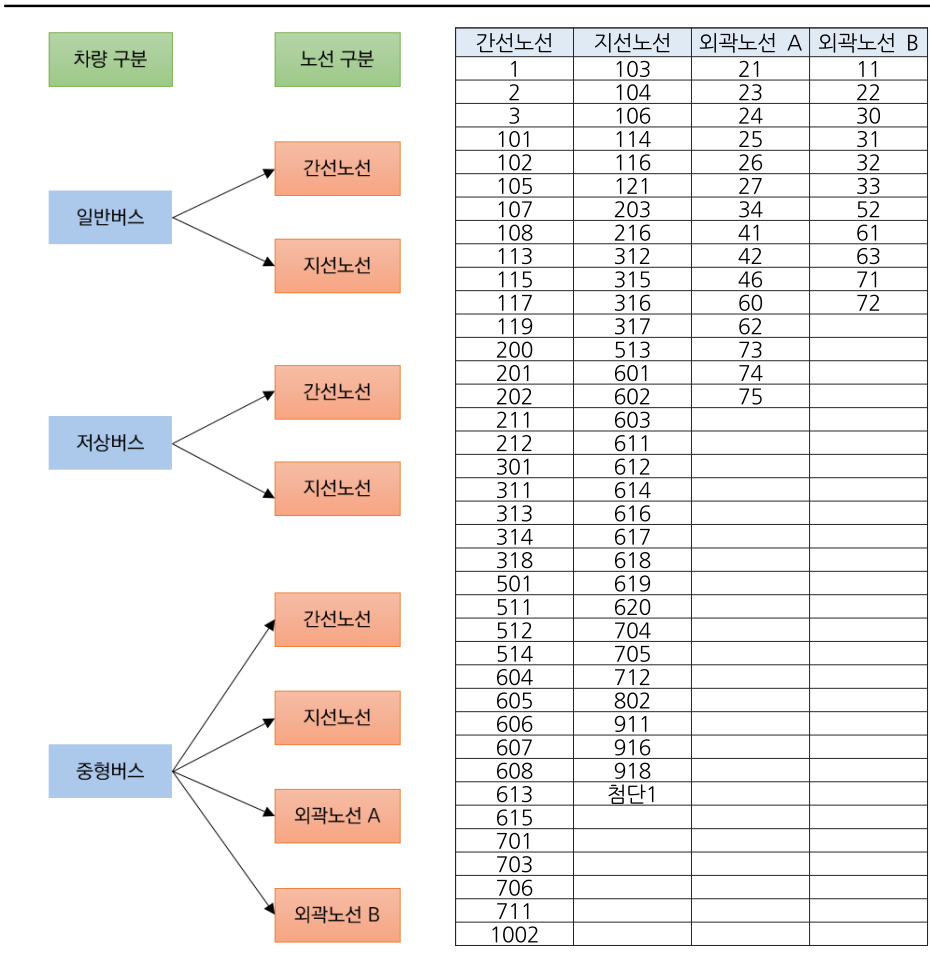
X_v = 속도변수의 독립변수

β_0 = 상수

2절 유형별 차량 및 노선 구분

- 시내버스 표준연비 산정을 위한 연비소모 특성이 유사한 차량 및 노선을 구분하면 다음과 같음
 - 차량은 일반버스, 저상버스, 중형버스로 구분함(3문버스, 전기버스 제외)
 - 노선은 간선노선 38개, 지선노선 32개, 외곽노선 A유형 15개, 외곽노선 B유형 11개로 구분함(총 96개노선)

[그림 3-1] 표준연비 산정을 위한 시내버스 차량 및 노선 구분



3절 표준연비 산정모형 구축

1. 일반버스 - 간선노선

1) 자료구축

- 일반버스 - 간선노선은 40개로 노선의 평균 승객수, 평균통행속도, 실연비 자료는 다음과 같음

[표 3-1] 일반버스 간선노선

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
1	경익	CNG	2.22	21.83	2.44
2	협진	CNG	1.50	23.25	2.62
3	경익	CNG	1.80	22.42	2.69
101	대교	CNG	1.25	19.27	2.48
102	산호	CNG	2.08	19.60	2.26
105	한일	CNG	2.20	18.42	2.42
107	대승	CNG	1.12	23.04	2.79
108	계룡	CNG	1.40	20.27	2.33
113	금남	CNG	1.58	19.72	2.54
113	대교	CNG	1.58	19.72	2.34
115	동인	CNG	1.53	20.98	2.78
119	대교	CNG	1.48	20.10	2.44
201	대버	CNG	2.16	17.82	2.38
202	금남	CNG	0.91	24.19	2.72
202	대승	CNG	0.91	24.19	2.65
211	금남	CNG	1.88	19.05	2.52

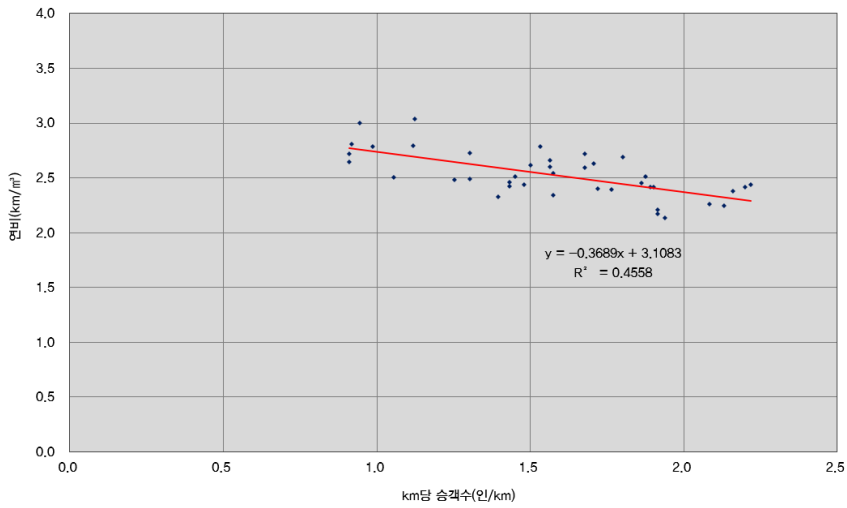
[표 3-1] 표계속

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
301	협진	CNG	1.71	21.27	2.63
311	대운	CNG	1.89	20.49	2.41
313	금성	CNG	1.06	20.80	2.51
314	대버	CNG	2.13	18.43	2.25
318	대버	CNG	1.72	20.38	2.40
501	산호	CNG	0.99	26.30	2.79
511	동인	CNG	1.86	20.77	2.45
514	산호	CNG	1.45	19.34	2.51
604	대승	CNG	1.76	21.49	2.39
605	동건	CNG	1.56	19.36	2.66
605	대승	CNG	1.56	19.36	2.60
607	대운	CNG	1.12	27.98	3.04
608	경익	CNG	1.43	20.51	2.46
608	동인	CNG	1.43	20.51	2.43
613	계룡	CNG	1.94	17.80	2.13
615	한일	CNG	1.91	17.47	2.21
615	대교	CNG	1.91	17.47	2.17
701	동건	CNG	0.92	24.50	2.80
703	동건	CNG	1.68	21.95	2.72
703	경익	CNG	1.68	21.95	2.60
706	경익	CNG	1.90	18.85	2.41
711	동건	CNG	1.30	22.57	2.73
711	협진	CNG	1.30	22.57	2.49
1002	대운	CNG	0.95	26.53	3.00

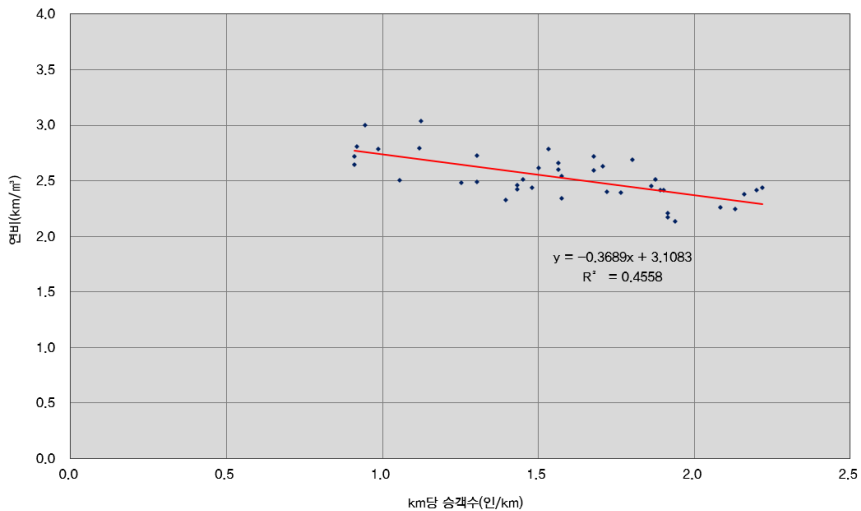
2) 상관관계 분석

○ 일반버스-간선노선의 연비와 승객수 및 통행속도 간의 관계는 다음과 같음

[그림 3-2] 일반버스 간선노선 연비-km당 승객수



[그림 3-3] 일반버스 간선노선 연비-평균운행속도



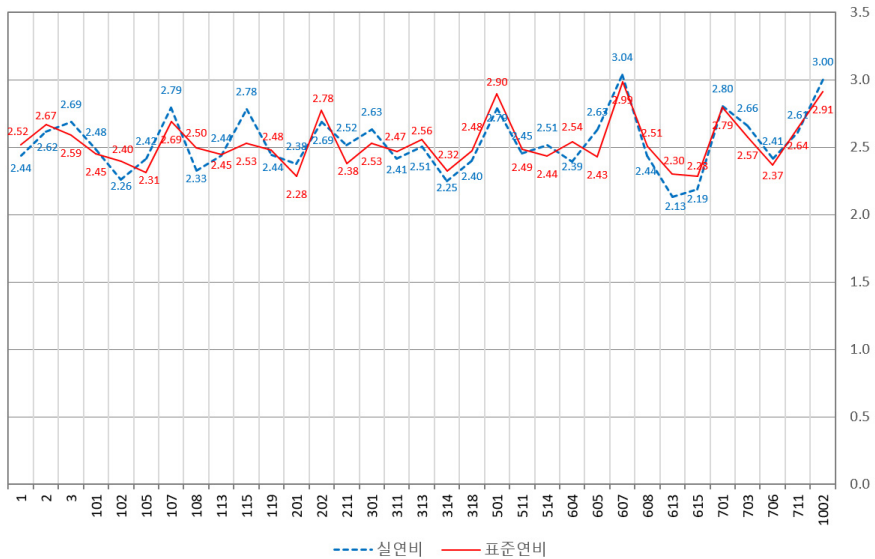
3) 표준연비 모형

- 일반버스-간선노선의 표준연비 모형은 다음의 식과 같으며, 표준연비 모형을 적용하여 산정한 표준연비와 실연비 차이는 다음의 그림과 같음

〈일반버스 간선노선의 표준연비 모형〉

- $Y = -0.0883X_p + 0.0602X_v + 1.4002$

[그림 3-4] 일반버스 간선노선 표준연비와 실연비



2. 일반버스 - 지선노선

1) 자료구축

- 일반버스 - 지선노선은 23개로 노선의 평균 승객수, 평균통행속도, 실연비 자료는 다음과 같음

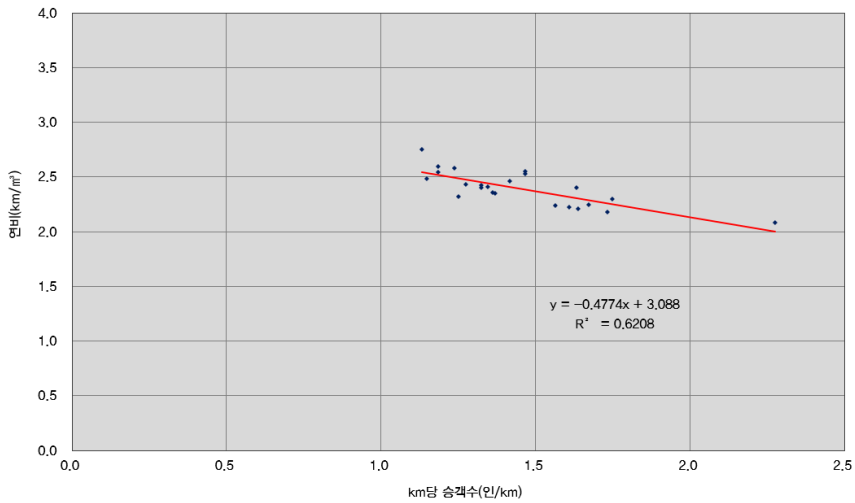
[표 3-2] 일반버스 지선노선

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
104	동인	CNG	1.27	20.03	2.44
106	금성	CNG	2.28	18.42	2.08
114	금남	CNG	1.42	21.26	2.47
203	대교	CNG	1.35	21.53	2.41
216	대교	CNG	1.75	20.37	2.30
312	경익	CNG	1.63	18.87	2.41
315	대버	CNG	1.61	19.78	2.23
316	대운	CNG	1.37	20.47	2.35
513	산호	CNG	1.13	20.09	2.75
601	계룡	CNG	1.56	18.88	2.24
602	계룡	CNG	1.73	18.13	2.18
603	대버	CNG	1.67	18.74	2.25
611	계룡	CNG	1.24	22.51	2.58
616	대승	CNG	1.15	19.99	2.48
617	동인	CNG	1.64	17.55	2.21
618	산호	CNG	1.25	21.23	2.32
619	산호	CNG	1.36	20.00	2.36
704	한일	CNG	1.47	23.26	2.55
704	경익	CNG	1.47	23.26	2.53
705	계룡	CNG	1.18	22.82	2.60
705	금성	CNG	1.18	22.82	2.55
802	협진	CNG	1.32	19.14	2.43
802	대교	CNG	1.32	19.14	2.40

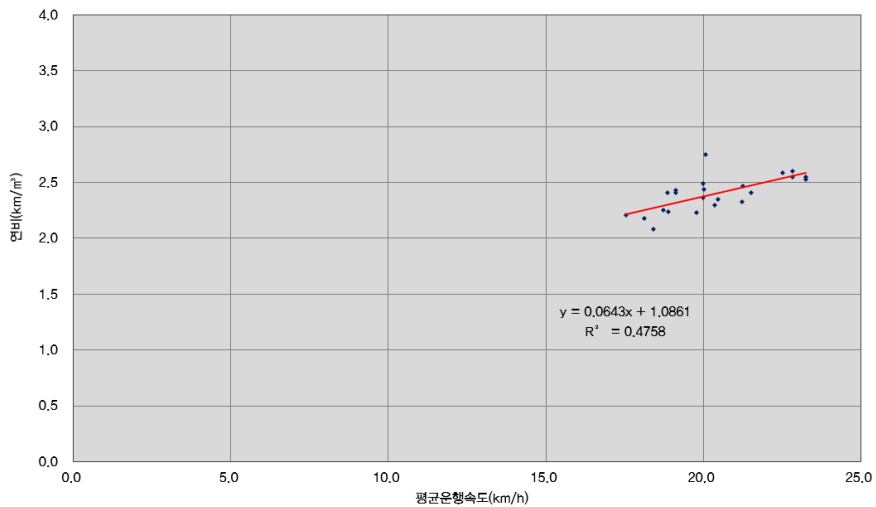
2) 상관관계 분석

○ 일반버스-지선노선의 연비와 승객수 및 통행속도 간의 관계는 다음과 같음

[그림 3-5] 일반버스 지선노선 연비-km당 승객수



[그림 3-6] 일반버스 지선노선 연비-평균운행속도



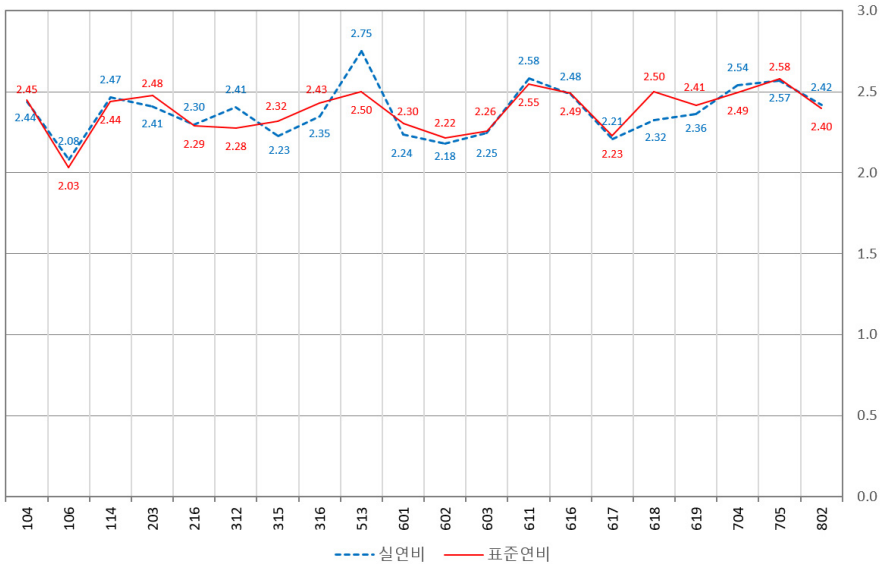
3) 표준연비 모형

- 일반버스 지선노선의 표준연비 모형은 다음의 식과 같으며, 표준연비 모형을 적용하여 산정한 표준연비와 실연비 차이는 다음의 그림과 같음

〈일반버스 지선노선의 표준연비 모형〉

- $Y = -0.3569X_p + 0.0361X_v + 2.1785$

[그림 3-7] 일반버스 지선노선 표준연비와 실연비



3. 저상버스 - 간선노선

1) 자료구축

○ 저상버스 - 간선노선은 35개로 노선의 평균 승객수, 평균통행속도, 실연비 자료는 다음과 같음

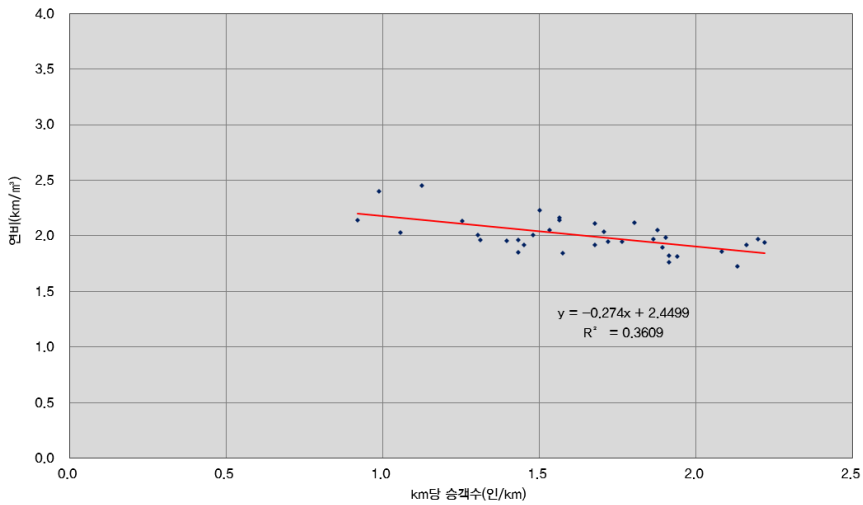
[표 3-3] 저상버스 간선노선

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
1	경익	CNG	2.22	21.83	1.94
2	협진	CNG	1.50	23.25	2.23
3	경익	CNG	1.80	22.42	2.12
101	대교	CNG	1.25	19.27	2.13
102	산호	CNG	2.08	19.60	1.86
105	한일	CNG	2.20	18.42	1.97
108	계룡	CNG	1.40	20.27	1.95
113	금남	CNG	1.58	19.72	1.84
115	동인	CNG	1.53	20.98	2.05
119	대교	CNG	1.48	20.10	2.01
201	대버	CNG	2.16	17.82	1.92
211	금남	CNG	1.88	19.05	2.05
301	협진	CNG	1.71	21.27	2.03
311	대운	CNG	1.89	20.49	1.89
313	금성	CNG	1.06	20.80	2.03
314	대버	CNG	2.13	18.43	1.73
318	대버	CNG	1.72	20.38	1.94
501	산호	CNG	0.99	26.30	2.40
511	동인	CNG	1.86	20.77	1.97
512	대승	CNG	1.31	20.13	1.96
514	산호	CNG	1.45	19.34	1.92
604	대승	CNG	1.76	21.49	1.95
605	대승	CNG	1.56	19.36	2.14
605	동건	CNG	1.56	19.36	2.16
607	대운	CNG	1.12	27.98	2.45
608	경익	CNG	1.43	20.51	1.96
608	동인	CNG	1.43	20.51	1.85
613	계룡	CNG	1.94	17.80	1.82
615	대교	CNG	1.91	17.47	1.76
615	한일	CNG	1.91	17.47	1.82
701	동건	CNG	0.92	24.50	2.14
703	경익	CNG	1.68	21.95	2.11
703	동건	CNG	1.68	21.95	1.92
706	경익	CNG	1.90	18.85	1.99
711	동건	CNG	1.30	22.57	2.01

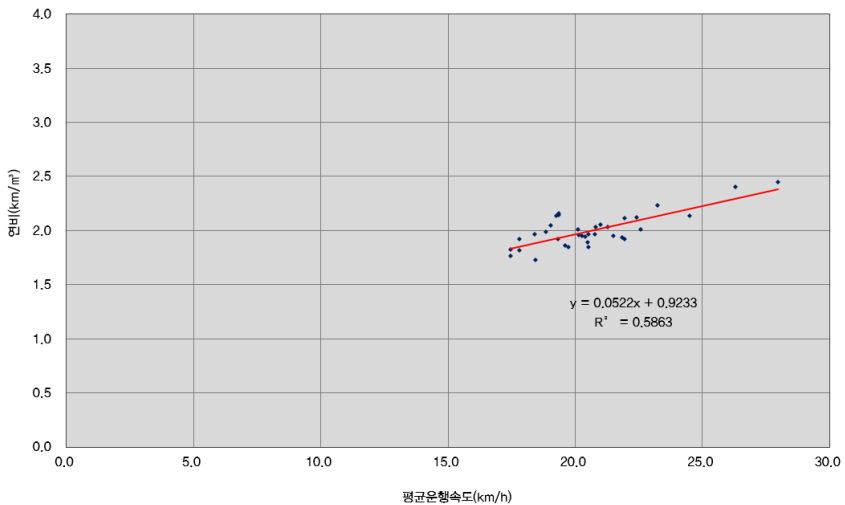
2) 상관관계 분석

○ 저상버스-간선노선의 연비와 승객수 및 통행속도 간의 관계는 다음과 같음

[그림 3-8] 저상버스 간선노선 연비-km당 승객수



[그림 3-9] 저상버스 간선노선 연비-평균운행속도



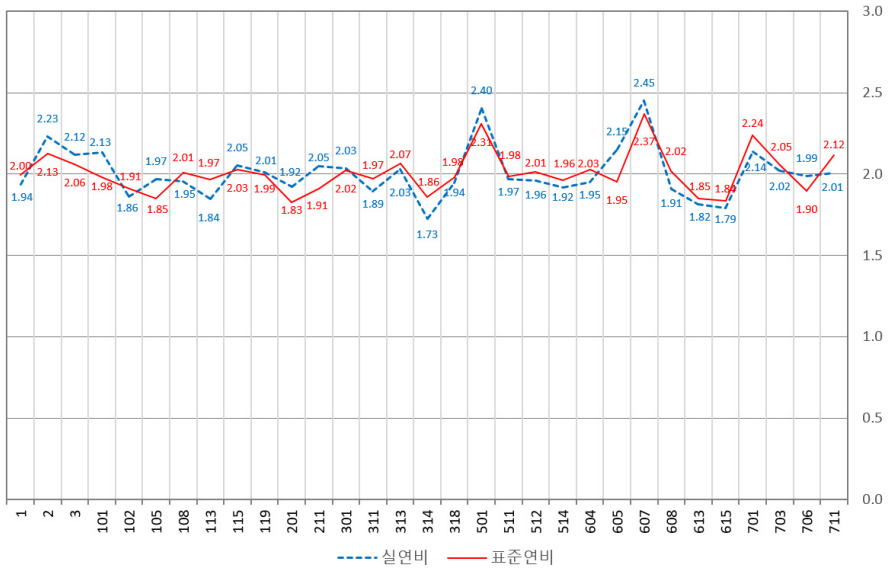
3) 표준연비 모형

- 저상버스 간선노선의 표준연비 모형은 다음의 식과 같으며, 표준연비 모형을 적용하여 산정한 표준연비와 실연비 차이는 다음의 그림과 같음

〈저상버스 간선노선의 표준연비 모형〉

$$Y = -0.0986X_p + 0.0433X_v + 1.2691$$

[그림 3-10] 저상버스 간선노선 표준연비와 실연비



4. 저상버스 - 지선노선

1) 자료구축

- 저상버스 - 간선노선은 20개로 노선의 평균 승객수, 평균통행속도, 실연비 자료는 다음과 같음

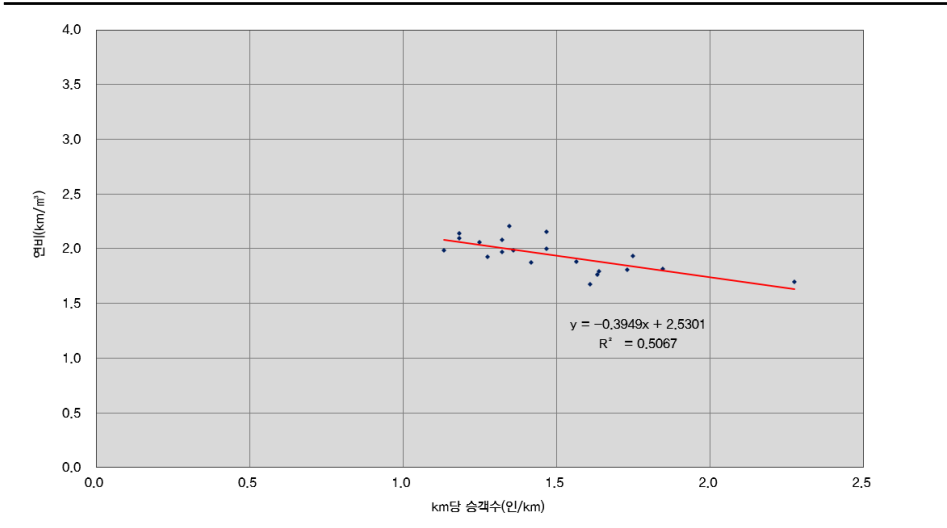
[표 3-4] 저상버스 지선노선

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
103	대운	CNG	1.85	19.25	1.82
104	동인	CNG	1.27	20.03	1.92
106	금성	CNG	2.28	18.42	1.70
114	금남	CNG	1.42	21.26	1.88
203	대교	CNG	1.35	21.53	2.21
216	대교	CNG	1.75	20.37	1.93
312	경익	CNG	1.63	18.87	1.76
315	대버	CNG	1.61	19.78	1.67
513	산호	CNG	1.13	20.09	1.98
601	계룡	CNG	1.56	18.88	1.88
602	계룡	CNG	1.73	18.13	1.81
617	동인	CNG	1.64	17.55	1.79
618	산호	CNG	1.25	21.23	2.06
619	산호	CNG	1.36	20.00	1.98
704	경익	CNG	1.47	23.26	2.00
704	한일	CNG	1.47	23.26	2.16
705	계룡	CNG	1.18	22.82	2.14
705	금성	CNG	1.18	22.82	2.10
802	협진	CNG	1.32	19.14	2.08
802	대교	CNG	1.32	19.14	1.97

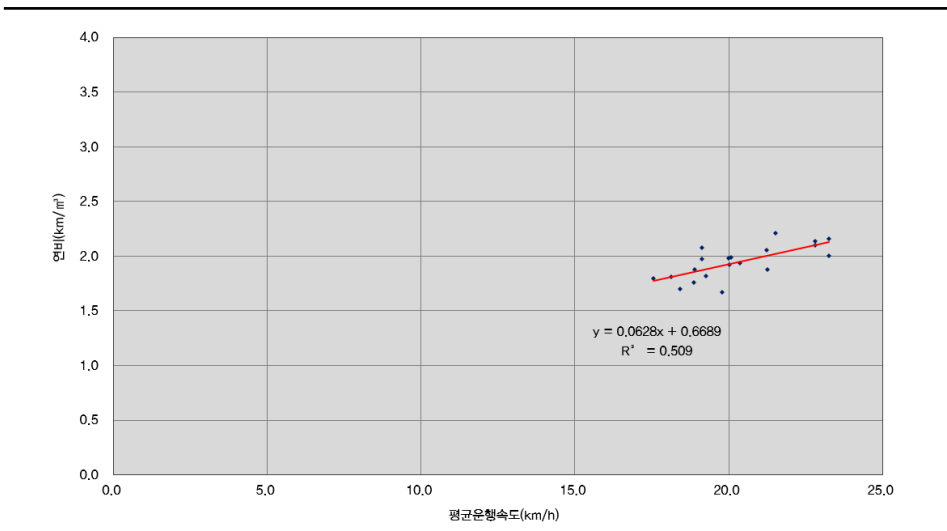
2) 상관관계 분석

○ 저상버스-지선노선의 연비와 승객수 및 통행속도 간의 관계는 다음과 같음

[그림 3-11] 저상버스 지선노선 연비-km당 승객수



[그림 3-12] 저상버스 지선노선 연비-평균운행속도



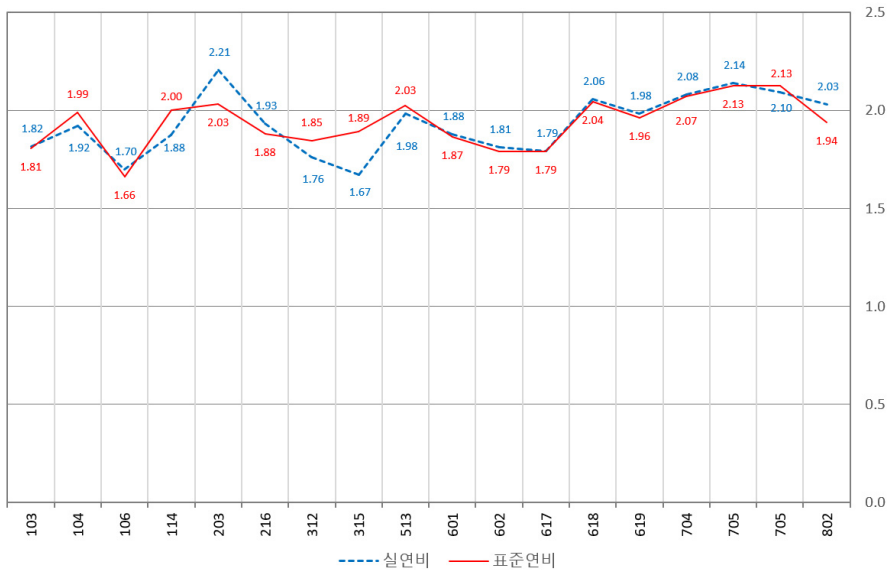
3) 표준연비 모형

- 저상버스 지선노선의 표준연비 모형은 다음의 식과 같으며, 표준연비 모형을 적용하여 산정한 표준연비와 실연비 차이는 다음의 그림과 같음

〈저상버스 지선노선의 표준연비 모형〉

- $Y = -0.2596X_p + 0.0415X_v + 1.4875$

[그림 3-13] 저상버스 지선노선 표준연비와 실연비



5. 중형버스 - 간선노선

1) 자료구축

- 중형버스 - 간선노선은 5개로 노선의 평균 승객수, 평균통행속도, 실연비 자료는 다음과 같음

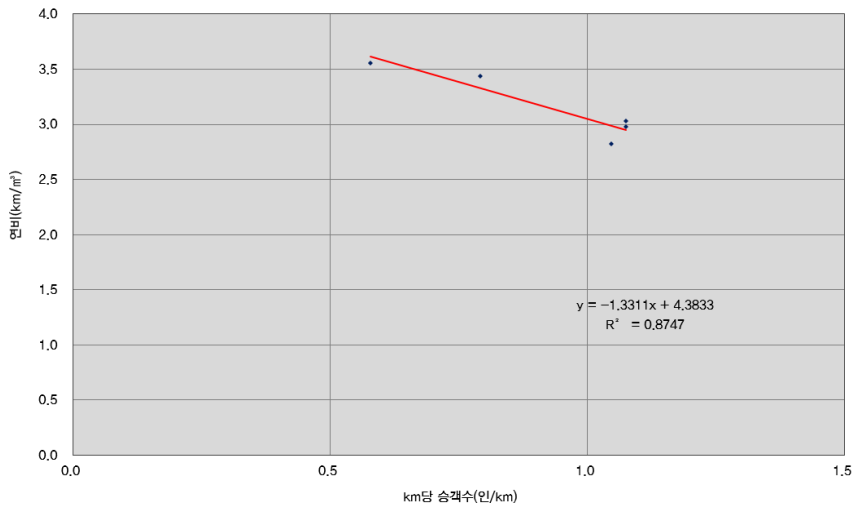
[표 3-5] 중형버스 간선노선

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
117	경익	CNG	1.08	20.66	2.98
117	협진	CNG	1.08	20.66	3.03
200	경익	CNG	0.79	23.51	3.44
212	금남	CNG	0.58	21.90	3.56
606	대승	CNG	1.05	21.88	2.82

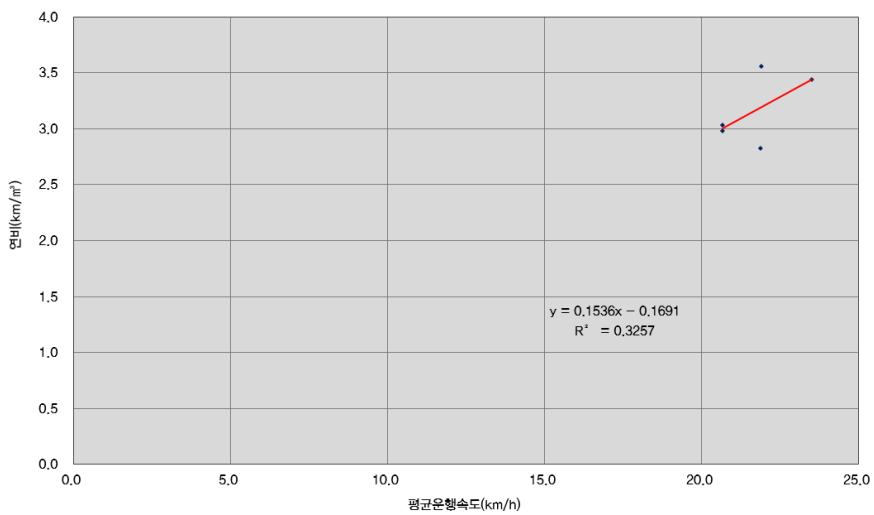
2) 상관관계 분석

○ 중형버스-간선노선의 연비와 승객수 및 통행속도 간의 관계는 다음과 같음

[그림 3-14] 중형버스 간선노선 연비-km당 승객수



[그림 3-15] 중형버스 간선노선 연비-평균운행속도



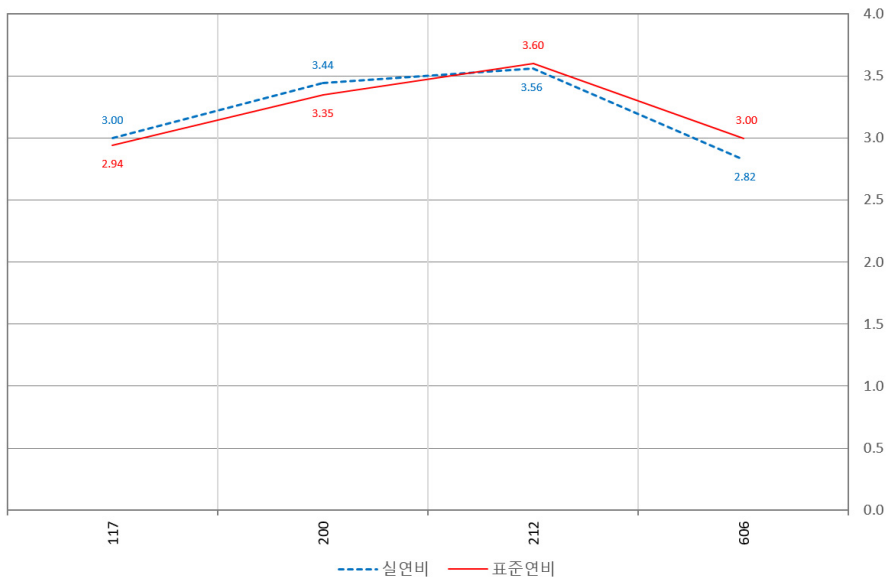
3) 표준연비 모형

- 중형버스 간선노선의 표준연비 모형은 다음의 식과 같으며, 표준연비 모형을 적용하여 산정한 표준연비와 실연비 차이는 다음의 그림과 같음

〈중형버스 간선노선의 표준연비 모형〉

- $Y = -1.2892X_p + 0.0138X_v + 4.0405$

[그림 3-16] 중형버스 간선노선 표준연비와 실연비



6. 중형버스 - 지선노선

1) 자료구축

- 중형버스 - 지선노선은 13개로 노선의 평균 승객수, 평균통행속도, 실연비 자료는 다음과 같음

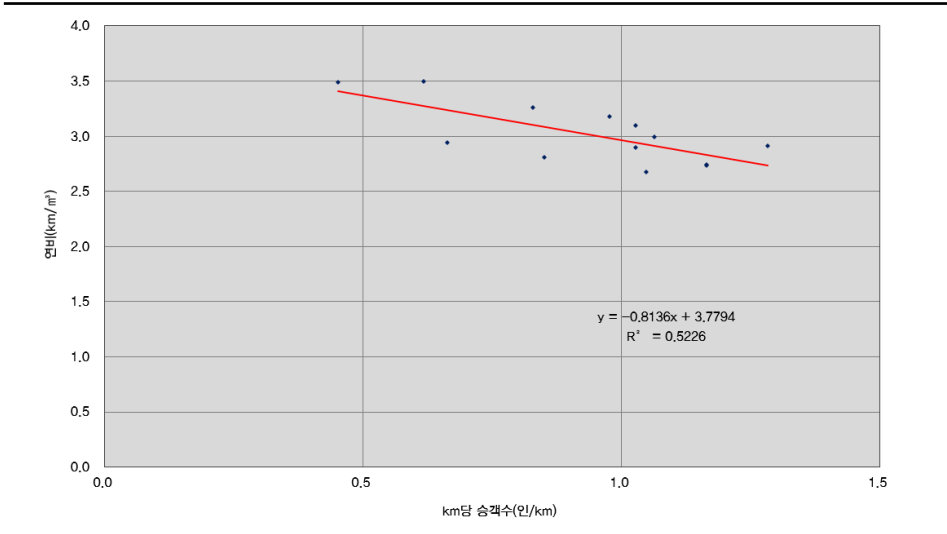
[표 3-6] 중형버스 지선노선

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
116	계룡	CNG	0.66	20.82	2.94
121	협진	CNG	0.98	22.66	3.18
317	동인	CNG	1.05	16.52	2.68
612	산호	CNG	1.17	18.52	2.74
612	대버	CNG	1.17	18.52	2.74
614	대교	CNG	1.28	17.55	2.92
620	산호	CNG	0.85	18.78	2.81
712	동건	CNG	0.45	22.62	3.49
911	대운	CNG	1.06	21.70	2.99
916	금성	CNG	1.03	18.36	2.90
916	한일	CNG	1.03	18.36	3.10
918	계룡	CNG	0.83	22.45	3.26
첨단1	금성	CNG	0.62	22.60	3.50

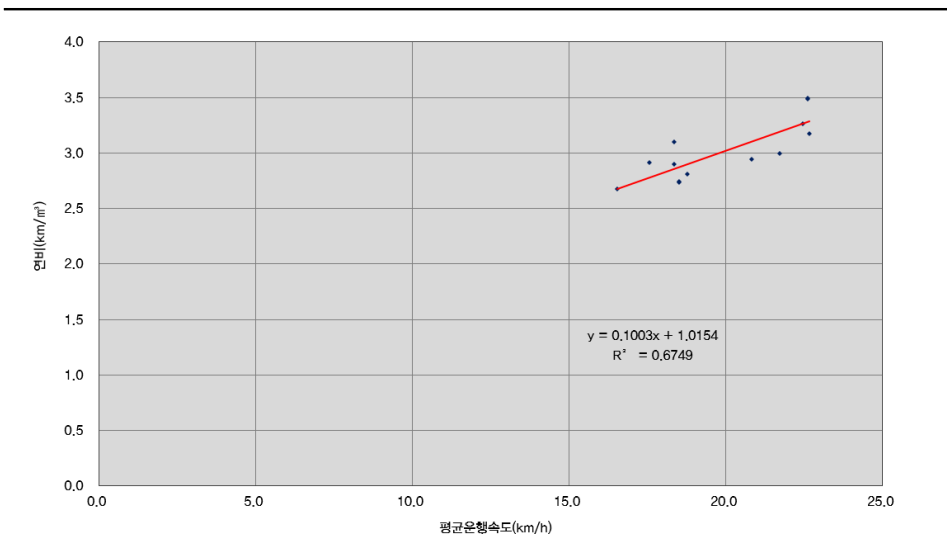
2) 상관관계 분석

○ 중형버스-지선노선의 연비와 승객수 및 통행속도 간의 관계는 다음과 같음

[그림 3-17] 중형버스 지선노선 연비-km당 승객수



[그림 3-18] 중형버스 지선노선 연비-평균운행속도



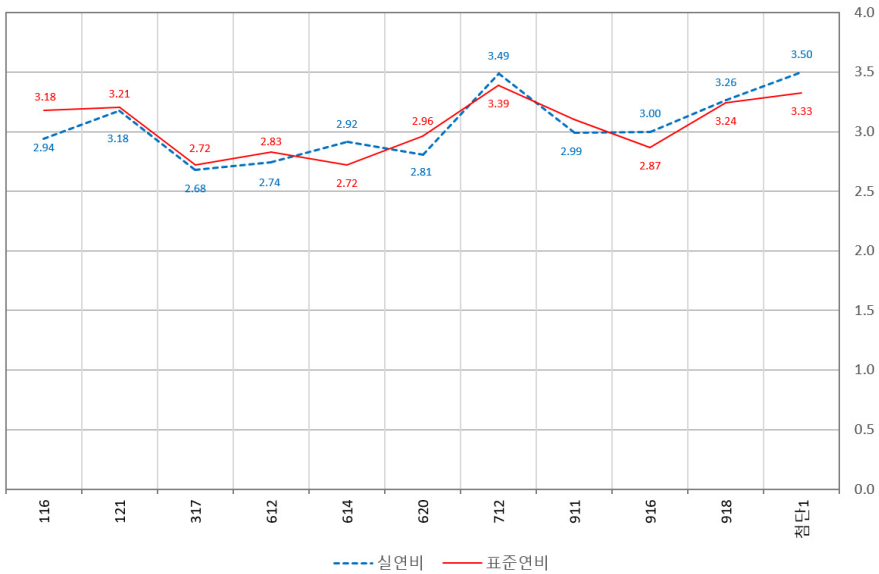
3) 표준연비 모형

- 중형버스 지선노선의 표준연비 모형은 다음의 식과 같으며, 표준연비 모형을 적용하여 산정한 표준연비와 실연비 차이는 다음의 그림과 같음

〈중형버스 지선노선의 표준연비 모형〉

- $Y = -0.3472X_p + 0.0749X_v + 1.8488$

[그림 3-19] 중형버스 지선노선 표준연비와 실연비



7. 중형버스 - 외곽노선 A

1) 자료구축

- 중형버스 - 외곽노선은 15개로 노선의 평균 승객수, 평균통행속도, 실연비 자료는 다음과 같음

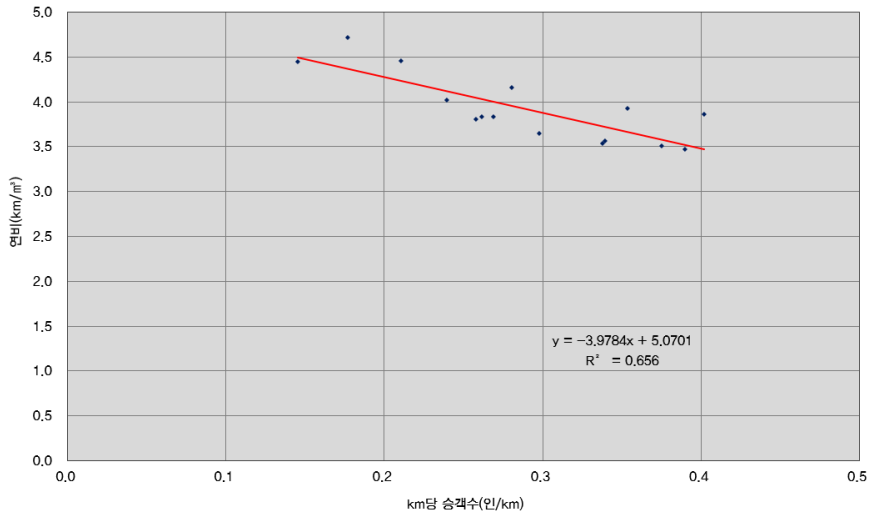
[표 3-7] 중형버스 외곽노선 A

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
21	금남	CNG	0.40	32.10	3.87
23	경익	CNG	0.18	31.56	4.72
24	경익	CNG	0.21	32.42	4.45
25	경익	CNG	0.15	25.31	4.44
26	경익	CNG	0.28	30.17	4.16
27	대버	CNG	0.39	23.35	3.47
34	대버	CNG	0.35	33.04	3.93
41	대버	CNG	0.34	25.38	3.56
42	대버	CNG	0.24	29.80	4.02
46	대버	CNG	0.26	29.65	3.84
60	대승	CNG	0.37	28.50	3.51
62	대교	CNG	0.26	28.45	3.81
73	협진	CNG	0.30	28.60	3.65
74	한일	CNG	0.34	27.43	3.53
75	협진	CNG	0.27	28.12	3.84

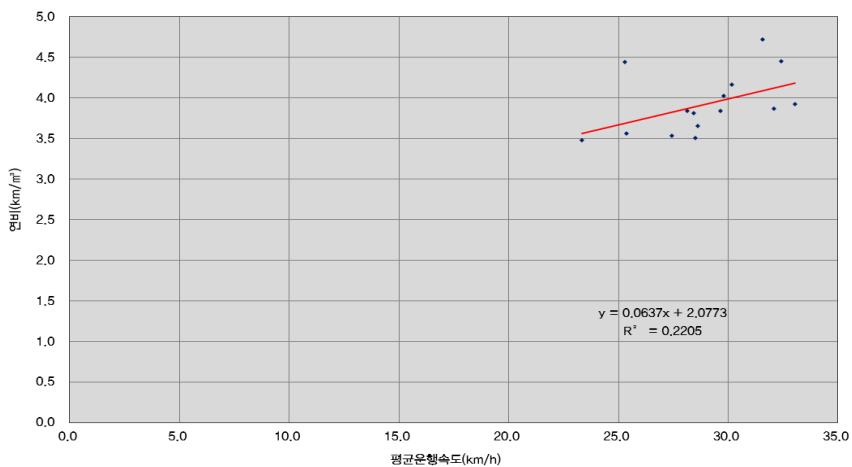
2) 상관관계 분석

○ 중형버스-외곽노선 A의 연비와 승객수 및 통행속도 간의 관계는 다음과 같음

[그림 3-20] 중형버스 외곽노선 A 연비-km당 승객수



[그림 3-21] 중형버스 외곽노선 A 연비-평균운행속도



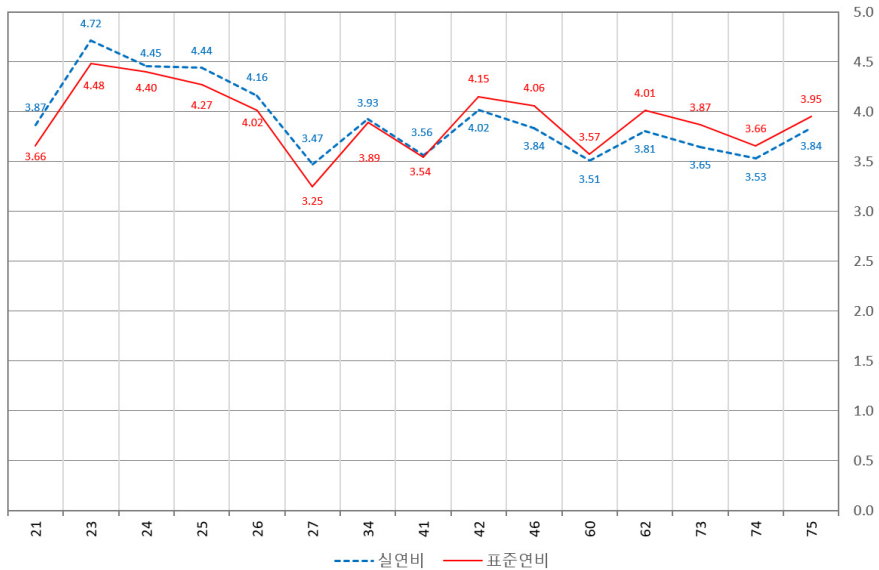
3) 표준연비 모형

- 중형버스-외곽노선 A의 표준연비 모형은 다음의 식과 같으며, 표준연비 모형을 적용하여 산정한 표준연비와 실연비 차이는 다음의 그림과 같음

〈중형버스 외곽노선 A의 표준연비 모형〉

- $Y = -3.7747X_p + 0.0525X_v + 3.4915$

[그림 3-22] 중형버스 외곽노선 A 표준연비와 실연비



8. 중형버스 - 외곽노선 B

1) 자료구축

- 중형버스 - 외곽노선은 11개로 노선의 평균 승객수, 평균통행속도, 실연비 자료는 다음과 같음

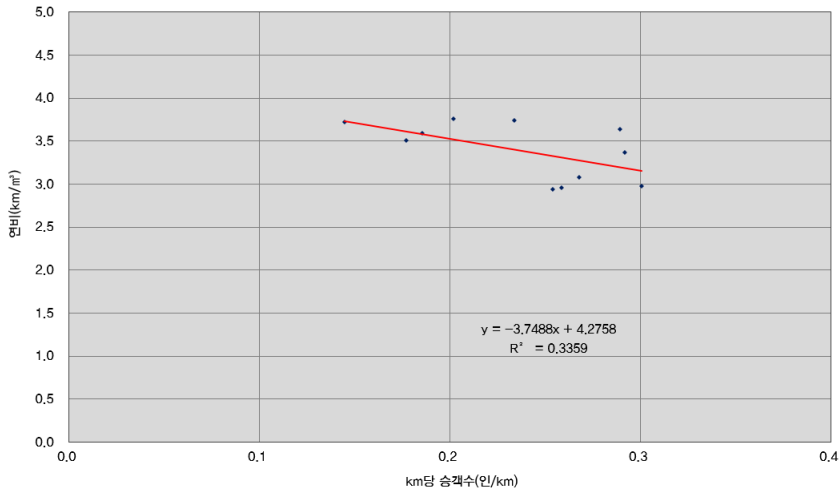
[표 3-8] 중형버스 외곽노선 B

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
11	계룡	CNG	0.30	21.37	2.97
22	경익	CNG	0.20	27.94	3.75
30	동인	CNG	0.26	25.02	2.95
31	경익	CNG	0.18	26.88	3.50
32	경익	CNG	0.29	38.87	3.64
33	산호	CNG	0.25	23.13	2.94
52	산호	CNG	0.27	22.97	3.08
61	대교	CNG	0.19	31.78	3.59
63	대운	CNG	0.23	34.27	3.74
71	동건	CNG	0.14	35.24	3.72
72	협진	CNG	0.29	32.02	3.37

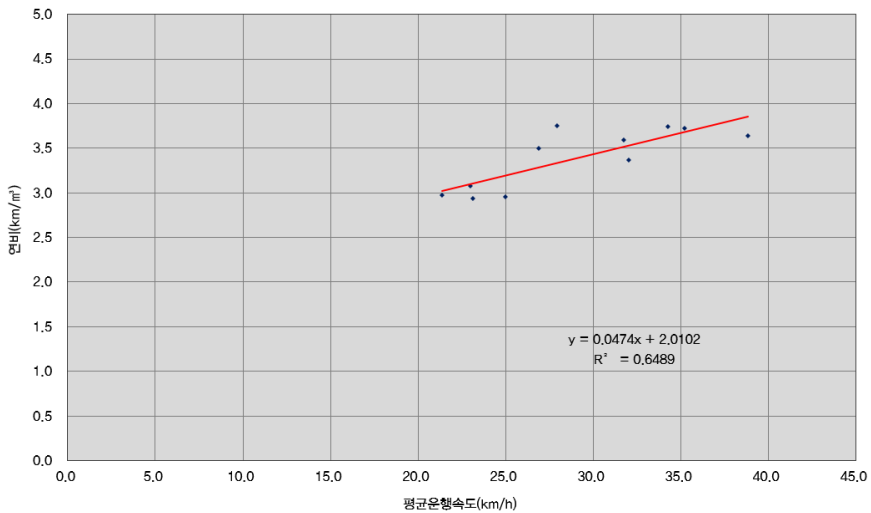
2) 상관관계 분석

○ 중형버스-외곽노선 A의 연비와 승객수 및 통행속도 간의 관계는 다음과 같음

[그림 3-23] 중형버스 외곽노선 B 연비-km당 승객수



[그림 3-24] 중형버스 외곽노선 B 연비-평균운행속도



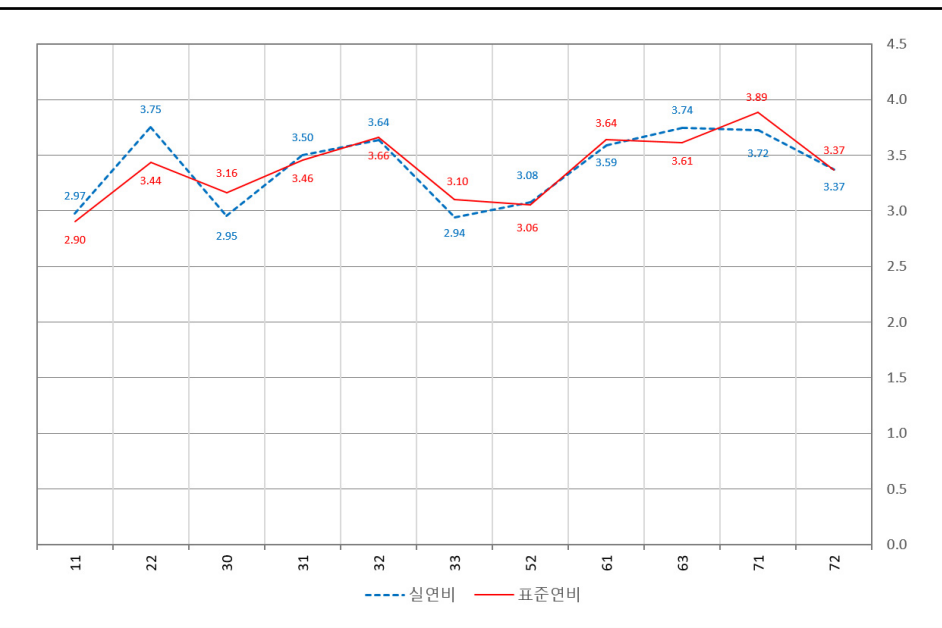
3) 표준연비 모형

- 중형버스 외곽노선 B의 표준연비 모형은 다음의 식과 같으며, 표준연비 모형을 적용하여 산정한 표준연비와 실연비 차이는 다음의 그림과 같음

〈중형버스 외곽노선 B의 표준연비 모형〉

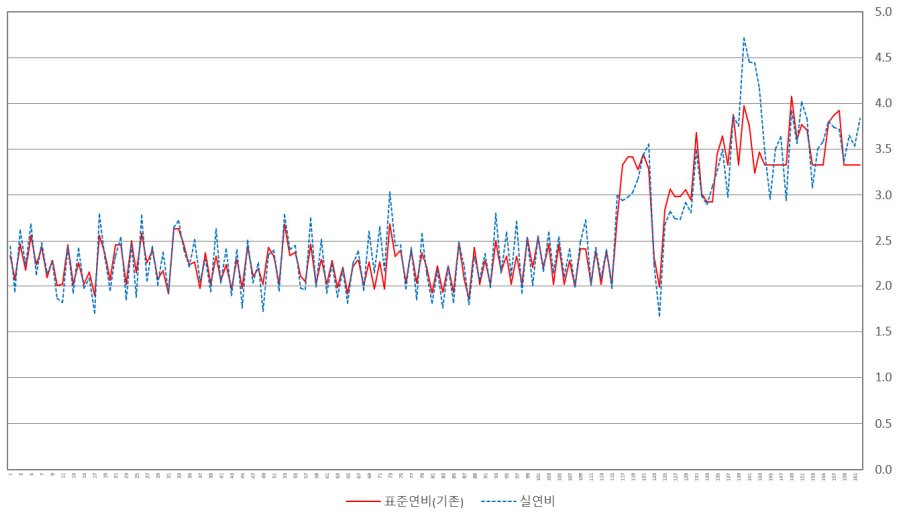
- $Y = -2.6247X_p + 0.0416X_v + 2.8028$

[그림 3-25] 중형버스 외곽노선 B 표준연비와 실연비

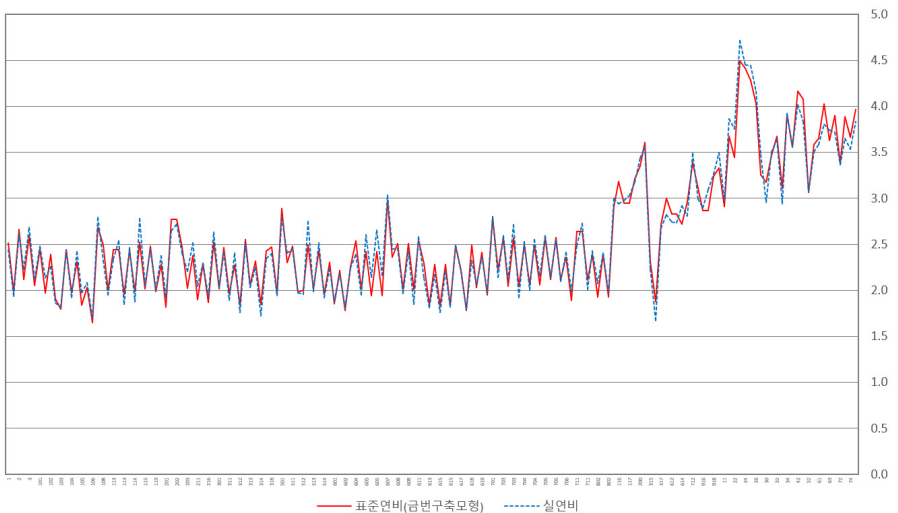


- 기존모형과 금번 구축모형의 실연비와 오차를 분석하면 아래와 같이 금번 구축모형의 오차가 크게 줄어든 것으로 나타남

[그림 3-26] 기존 모형의 실연비와 표준연비 오차



[그림 3-27] 금번 모형의 실연비와 표준연비 오차



4절 연료비 지급방안 검토

1. 일반버스, 저상버스, 중형버스

- 기존 표준연비와 실연비를 분석한 결과 표준연비와 실연비의 차이는 1.05%로 실제 연비에 비하여 많이 지급하는 것으로 나타남
- 버스 유형별로는 일반버스 간선노선의 경우 5% 이상 연료비를 많이 지급하는 반면 저상버스 지선노선 및 중형버스 간·지선 노선의 경우에는 4% 이상 연료비를 적게 지급하는 것으로 나타남
- 연비를 높이기 위해서는 운전기사의 운전습관 개선 노력이 필요하고, 이를 위해서는 동기유발이 필요하므로 시내버스 회사에 지급하는 표준연비는 기존과 같이 일정부분의 인센티브를 주는 것이 필요할 것으로 판단됨
- 표준연비 산정모형을 적용하여 연료비를 지급하되, 기존의 인센티브 비율은 유지하여 지급하는 것으로 설정

[표 3-9] 기존 시내버스 표준연비와 실연비 차이 분석

유형	표준연비① (km/m ³)	실연비② (km/m ³)	연비(①-②/100) (%)	비 고
일반버스-간선노선	2.391	2.529	-5.78	과대지급
일반버스-지선노선	2.371	2.396	-1.05	
저상버스-간선노선	2.053	2.011	2.53	
저상버스-지선노선	2.028	1.942	4.25	과소지급
중형버스-간선노선	3.325	3.166	4.77	과소지급
중형버스-지선노선	3.159	3.018	4.47	과소지급
중형버스-외곽노선 A	3.595	3.920	-9.04	과대지급
중형버스-외곽노선 B	3.433	3.388	1.31	
평 균	2.543	2.570	-1.05	

- 대전시 시내버스 8개 유형에 대한 표준연비 산정모형과 지급 보정률은 다음과 같음

[표 3-10] 시내버스 유형별 표준연비 산정모형 및 지급방안

유형	모형	지급 보정률(%)
일반버스-간선노선	$Y = -0.0883X_p + 0.0602X_v + 1.4002$	-1.05
일반버스-지선노선	$Y = -0.3569X_p + 0.0361X_v + 2.1785$	-1.05
저상버스-간선노선	$Y = -0.0986X_p + 0.0433X_v + 1.2691$	-1.05
저상버스-지선노선	$Y = -0.2596X_p + 0.0415X_v + 1.4875$	-1.05
중형버스-간선노선	$Y = -1.2892X_p + 0.0138X_v + 4.0405$	-1.05
중형버스-지선노선	$Y = -0.3472X_p + 0.0749X_v + 1.8488$	-1.05
중형버스-외곽노선 A	$Y = -3.7747X_p + 0.0525X_v + 3.4915$	-1.05
중형버스-외곽노선 B	$Y = -2.6247X_p + 0.0416X_v + 2.8028$	-1.05

2. 3문버스

- 3문버스는 아직 운행대수가 많지 않아 표준연비 산정모형을 만들기 어려우므로 평균연비를 적용하여 지급 필요

[표 3-11] 저상형 3문버스

노 선	업체명	연료형태	km당 승객수(명)	1일 평균속도 (km/h)	실연비 (km/m ³)
1	경익	CNG	2.22	21.83	1.70
3	경익	CNG	1.80	22.42	1.63
평균연비					1.665
지급방법	평균연비 × -1.05%				

참고문헌

이범규(2017), 시내버스 연료소모에 영향을 미치는 요인 분석, 대전세종연구원
이범규(2013), 대전시 시내버스 표준연비 산정에 관한 연구, 대전세종연구원

