2018 전략과제
최종연심회
2018.12.20(목) 16:00

충남 친환경버스 도입에 따른 경제적 효과 검토

김형철 · 김윤식

2018. 12

충남연구원
ChungNam Institute

- 연 구 총 괄 표 -

과제명	충남 친환경 버스 도입에 따른 경제적 효과 검토
연구기간	총 8개월 (2018.05.01~2018.12.31)
연구예산	10,000 천원
연구진	과제책임: 김형철 책임연구원, 참여 연구진: 김윤식 연구원
연구형태	(소형)전략과제
관련부서	충남도청 기후환경녹지국/환경보전과(대기환경팀)
연구 필요성	○ 최근 경유차량의 배출가스를 줄이기 위해 관심이 집중되고 있음. 충남의 시내버스는 천안시(일부)와 계룡시를 제외하고 모두 경유버스로 운행되고 있음. 이는 충남 도민의 쾌적한 삶의 질을 저해하는 요인으로 판단됨 ○ 시내버스는 공공재 성격을 띄는 교통수단이며, 매일 정해진 노선을 반복적으로 운행하고 있음. 따라서 시내버스가 친환경차량으로 전환될 경우 어느 정도의 경제적 효과가 있는지 검토가 필요하며, 의사결정 시 활용될 필요가 있음
연구 목적	○ 충청남도의 친환경버스(CNG, CNG하이브리드, 전기버스) 도입에 따른 경제적 효과 분석(경제성 타당성 분석)을 수행하는 것이 본 연구의 주요 목적임
연구 대상	○ 충남 15개 시·군을 대상으로 하며, 시내버스 주 연료원이 경유인 시내버스가 CNG, CNG하이브리드, 전기버스 등으로 전환되었을 경우에 경제적 타당성이 존재하는 지를 검토함. (※천안시, 계룡시 지역은 전기버스 전환에 따른 효과 검토)
주요 연구내용	○ 친환경버스 도입 관련 문헌고찰 및 사례연구 ○ 충남 버스 현황과 대기오염물질 배출량 특성 ○ 친환경 버스 도입에 따른 사회적 편익, 비용 분석 ○ 친환경 버스 도입에 따른 경제적 타당성 분석
기대성과 및 활용방안	○ 친환경버스 도입을 위한 정량적 기초자료(편익, 비용, 경제성 등) 구축 ○ 친환경버스 도입의 의사결정을 위한 경제적 효과지표 제시 ○ 충남 15개 시·군의 친환경버스 도입 타당성 검토

착수연심회 의견반영 내역

연심회 위원	내 용	조치결과
한진석 위원 (한국환경정책 평가연구원)	[의 견] 선행연구와의 차별성과 기대효과 등의 제시 필요 [조치결과] 선행연구의 차별성, 기대효과 등을 보고서에 제시하였음	반영
이건우 교수 (중앙대학교)	[의 견] 원단위 수집여부가 중요할 것으로 판단되며, 관련 자료 수집과 근거를 명확히 제시 [조치결과] 원단위 수집에 대한 출처와 근거를 제시하였으며, 분석 기준년도와 화폐화 원단위를 일치시키기 위하여 소비자 물가지수 등으로 보정을 하였음	반영
류광하 팀장 (충남도청 환경보전과)	[의 견] 수소연료전지 자동차에 대한 추가검토 [조치결과] 현재 수소버스에 대한 논의가 최근에 이슈로 대두됨. 차량가격이 약 7억원 정도이며, 연비와 수소연료비 등에 대한 자료가 명확치 않아 분석에서 제외함	미반영
	[의 견] 내연기관 차량과 전기차 유지관리비용 차등 적용 필요 [조치결과] 경유버스와 전기버스의 차량유지관리비의 차이를 경제성 분석 상에 반영하였음	반영
여형범 위원 (충남연구원)	[의 견] 제목수정, 정책제언 보완 [조치결과] 1. (제목수정)친환경버스 도입과 관련하여 경제적 효과검토가 선행될 필요가 있는 바, 본 연구에서는 경제적 타당성 검토에 초점을 두어 연구를 수행하였고 주제에 맞도록 제목을 『충남 친환경버스 도입에 따른 경제적 효과 검토』로 수정함 2. (정책제언)향후 추진방안(도입시 문제점, 추진방안, 정책제언 등)의 내용을 보완하여 최종보고서 작성을 수행할 계획임	일부반영
임형빈 위원 (충남연구원)	[의 견] 중장기적 정책제안 보완 [조치결과] 상동	일부반영
	[의 견] 편익요인, 비용요인을 구분하여 제시 [조치결과] 편익은 대기오염물질 배출량 감소에 따른 사회적 편익이며, 비용은 (1)차량구입비, (2)유류비, (3)차량유지관리비 등으로 원단위와 적용방법 등을 상세히 기술하였음	반영

연 구 요 약

1. 연구의 배경 및 목적

충남은 타 시·도에 비해 친환경버스 전환율이 낮다. 현재 충남의 시내버스는 천안시와 계룡시를 제외하고 모두 경유버스로 운영중에 있다. 충남의 도로부문 대기오염물질 배출량 저감을 위해서는 배출량 저감을 유도하거나 배출량 오염원을 근본적으로 제어하는 전략이 필요하다. 친환경버스 도입은 대기오염물질 배출오염원을 근본적으로 저감하는 전략에 해당된다.

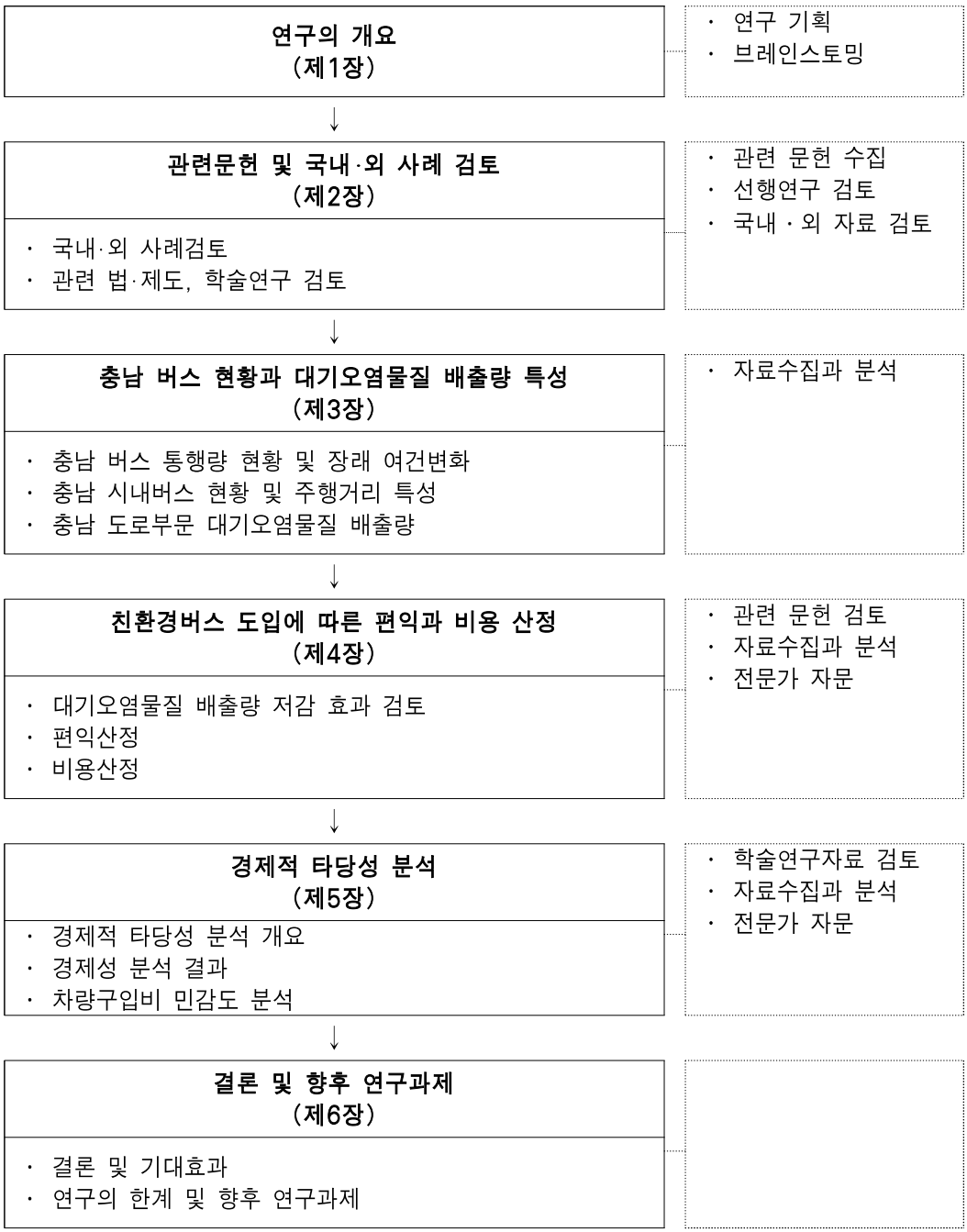
본 연구는 경유버스 혹은 기존의 CNG버스에서 CNG, CNG하이브리드, 전기버스 등의 친환경버스로 전환됨에 따라 사회적 편익과 비용을 산정하고, 경제적으로 친환경버스의 도입이 타당한가를 가늠하는 기초연구를 수행하는 데에 목적이 있다.

2. 연구 개요

〈표 2〉 연구 범위와 대상

구분	내용
공간적, 시간적 범위	· 공간적 범위: 충청남도 15개 시·군) · 시간적 범위: 8개월 (2018. 05. 01 ~ 12. 31)
내용적 범위	· 충남 시내버스 주행거리 및 대기오염물질 배출량 현황 분석 · 친환경 버스 도입에 따른 비용 및 편익 산출 - 대기오염물질별 배출량 원단위, 화폐화 원단위 정리 - 환경적 편익 산출 방법론 정립 · 친환경 버스 도입에 따른 경제적 타당성 분석
교통정책 범위	· 교통환경정책(친환경 대중교통수단 도입)
연구대상	· 충청남도 15개 시·군의 시내버스(경유 또는 CNG버스) · 친환경버스 전환에 따른 경제적 타당성 분석

〈표 3〉 연구의 흐름도


연구의 개요
(제1장)
· 연구 기획
· 브레인스토밍
관련문헌 및 국내·외 사례 검토
(제2장)
· 국내·외 사례검토
· 관련 법·제도, 학술연구 검토
· 관련 문헌 수집
· 선행연구 검토
· 국내 · 외 자료 검토
충남 버스 현황과 대기오염물질 배출량 특성
(제3장)
· 충남 버스 통행량 현황 및 장래 여건변화
· 충남 시내버스 현황 및 주행거리 특성
· 충남 도로부문 대기오염물질 배출량
· 자료수집과 분석
친환경버스 도입에 따른 편익과 비용 산정
(제4장)
· 대기오염물질 배출량 저감 효과 검토
· 편익산정
· 비용산정
· 관련 문헌 검토
· 자료수집과 분석
· 전문가 자문
경제적 타당성 분석
(제5장)
· 경제적 타당성 분석 개요
· 경제성 분석 결과
· 차량구입비 민감도 분석
· 학술연구자료 검토
· 자료수집과 분석
· 전문가 자문
결론 및 향후 연구과제
(제6장)
· 결론 및 기대효과
· 연구의 한계 및 향후 연구과제

3. 주요 연구내용 및 차별성

▌기존연구 사례1: 친환경 버스 경제성 평가 분석 연구

○ 경유버스(EURO-6) 및 CNG버스 환경·경제성 분석(한국환경정책·평가연구원, 2017)

- 경유버스 대비 CNG버스(또는 CNG하이브리드버스)의 경제적 타당성을 연구하였음. 경유버스보다 CNG(또는 CNG하이브리드버스)가 더 비용적 측면에서 효율적인 것으로 결론이 도출됨

○ 충남 CNG버스 보급에 따른 경제적 효과 검토(충남연구원, 현안과제연구, 2017)

- 충남 15개 사례지역을 대상으로 CNG버스 보급에 따른 경제적 효과 검토를 수행하였음. 친환경 버스로의 전환은 CNG버스, CNG 하이브리드 차량을 대상으로 하였음. 결론적으로 CNG버스가 더 효율적인 것으로 결론이 도출됨

▌기존연구 사례2: 충남 도로부문 대기오염물질 배출량 관련 사례 연구

○ 충남 도로부문 대기오염물질 배출량 저감을 위한 교통정책방안(충남연구원, 전략연구, 2016)

- 충남의 도로부문에 있어서 대기환경개선을 위해 대기오염물질 저감을 위한 추진전략과 정책과제를 제안하였고, 대기오염배출량 산정 방법론에 있어서 하향식(TDA: Top-Down Approach) 방법이 아닌 상향식(BUP: Bottom-Up Approach) 방법을 시도하여 배출량 산출을 시도하였음
- 추진전략은 두 가지로, 첫째는 배출량 저감 유도 전략, 둘째는 배출오염원 저감 관리 전략으로 구분됨

▌기존연구와의 차별성

○ 차별성1: 친환경버스의 종류를 전기차까지 확대하여 검토 수행

○ 차별성2: PM2.5, SOx를 추가적으로 고려한 환경비용 분석 수행
(※기존: CO, NOx, THC, CO2 만 고려함, 한국환경정책평가연구원, 2017)

○ 차별성3: 충남 15개 시·군을 대상으로 친환경 버스(CNG, CNG하이브리드, 전기버스 등) 도입에 대한 경제적 효율성을 종합적으로 검토 가능

○ 차별성4: 한국교통안전공단의 충남 15개 시·군별 시내버스 주행거리 활용

▌충남 천연가스버스 보급현황

○ 충남의 천연가스버스 보급률은 31.38%이며, 도 단위 평균 54.19%보다 낮은 수준임

- 시 단위 천연가스버스 보릅률은 평균 86.50%로 집계되며, 도 단위는 54.19%임
- 충남은 총 시내버스 1,109대 중에 348대 정도만 천연가스버스로 운영중이며, 보급률은 31.38%로 분석됨
- 도 단위를 기준으로 살펴보면, 도 단위 평균보다 낮고 강원도(23.23%) 다음으로 천연가스버스 보급률이 가장 낮아 친환경 버스 도입이 필요한 사항임

〈표 4〉 시·도별 천연가스버스 대수와 보급률

구분	시·도	천연가스 버스(대)	총 버스 (대)	보급률 (%)	시·도 평균 보급률(%)
시	서울시	7,482	7,482	100.00	**86.50**
	부산시	2,415	2,517	95.95	
	대구시	1,521	1,521	100.00	
	인천시	2,180	2,474	88.12	
	광주시	998	998	100.00	
	대전시	965	965	100.00	
	세종시	27	126	21.43	
도	경기도	9,404	12,366	76.05	**54.20**
	강원도	456	1,963	23.23	
	충청북도	404	762	53.02	
	충청남도	**348**	**1,109**	**31.38**	
	전라북도	613	1450	42.28	
	전라남도	645	692	93.21	
	경상북도	972	2,419	40.18	
	경상남도	1217	1,640	74.21	
전체 평균					**69.27**

주) 각 사도별 통계연보(2016년) 자료를 참조하였고, 2015년 기준의 천연가스버스 현황 자료임
자료) 충남연구원, 충남 CNG버스 보급에 따른 경제적 효과 검토, 충남연구원 현안과제연구, p. 2, 2017.

▌충남 시·군별 시내버스 현황

○ 충남에서 CNG 시내버스가 도입된 지역은 천안시, 계룡시가 유일함. 나머지 시·군 지역은 CNG 버스가 도입되지 않은 상황임

- 천안시는 전체 395대 시내버스 중 350대가 CNG버스로 운영되고 있으며, 계룡시는 전체 21대 모두가 CNG버스로 운영되고 있음

〈표 5〉 충남 시군별, 연료별 시내버스 대수

(단위: 대)

시·군	경유	천연가스	총계	시·군	경유	천연가스	총계
천안시	45	350	395	금산군	19	0	19
공주시	63	0	63	부여군	42	0	42
보령시	59	0	59	서천군	28	0	28
아산시	157	0	157	청양군	19	0	19
서산시	67	0	67	홍성군	47	0	47
논산시	65	0	65	예산군	49	0	49
계룡시	0	21	21	태안군	37	0	37
당진시	69	0	69	총 계	766	371	1,137

주) 시내버스 현황(2018년 기준)
자료) 충청남도, 내부자료, 2018.

▌충남 시·군별 시내버스 주행거리 분석

○ 충남의 버스 1대당 일평균 주행거리는 287km이며, 버스 내구연한인 9년 동안의 평균 주행거리는 943,411km인 것으로 분석됨

- 시·군별 버스 차량 1대당 일평균 주행거리를 살펴보면 부여군이 343km로 가장 많이 주행하고, 천안시 경유버스가 230km로 가장 적게 주행하는 것으로 분석됨
- 충남 15개 시·군의 버스 주행거리와 표본자료는 다음과 같음

〈표 6〉 시·군별 연료별 버스 주행거리 분석

구분		일평균 주행거리 (km)	연주행거리 추정치 (km)	9년주행거리 추정치(km)	표본자료		
					총시내버스 대수(대)	표본대수 (대)	표본율 (%)
천안시	경유	230	83,914	755,222	45	35	77.8
	CNG	230	84,096	756,864	350	248	70.9
공주시	경유	310	113,077	1,017,693	63	22	34.9
보령시	경유	258	94,280	848,516	59	42	71.2
아산시	경유	248	90,447	814,023	157	136	86.6
서산시	경유	255	92,893	836,033	67	49	73.1
논산시	경유	287	104,609	941,481	65	40	61.5
계룡시	CNG	296	108,077	972,689	21	21	100.0
당진시	경유	290	105,668	951,008	69	56	81.2
금산군	경유	317	115,523	1,039,703	19	13	68.4
부여군	경유	343	125,159	1,126,427	42	23	54.8
서천군	경유	299	109,245	983,201	28	25	89.3
청양군	경유	318	115,961	1,043,645	19	3	15.8
홍성군	경유	307	112,128	1,009,152	47	31	66.0
예산군	경유	297	108,442	975,974	49	28	57.1
태안군	경유	311	113,661	1,022,949	37	26	70.3
평균		287	104,823	943,411			

주1) 표본자료의 일평균주행거리는 각 시군별 시내버스 번호판 정보(2018년 기준)를 교통안전공단에 의뢰하여 산출
주2) 연주행거리 = 일평균주행거리 × 365, 9년주행거리 = 일평균주행거리 × 365 × 9
자료) 충남연구원, 충남 CNG버스 보급에 따른 경제적 효과 검토, 충남연구원 현안과제연구, p. 1, 2017.

▌친환경버스 전환에 따른 편익산정

○ 대기오염물질 배출량 원단위

- 대기오염물질 배출량 원단위를 검토한 결과, THC를 제외하고 CO, NOx, CO2 등은 경유버스가 CNG버스(또는 CNG하이브리드 버스)보다 대기오염물질 배출량이 많은 특징이 있음

〈표 7〉 차량별 km당 대기오염물질 배출량(g) 산출 원단위

구분	CO (g/km)	NOx (g/km)	THC (g/km)	CO2 (g/km)
경유	1.885	1.613	0.025	1,037.850
CNG	0.164	0.797	1.504	968.550
CNG하이브리드	0.331	0.336	0.588	669.900
전기차	0	0	0	0

자료1) 환경부, 경유버스(EURO-6) 및 CNG버스 환경경제성 분석, p. 35, 2015.12.

○ 친환경버스 전환에 따른 대기오염물질 배출량 감소 결과(차량 1대, 1년 기준)

〈표 8〉 충남 친환경버스 전환에 따른 대기오염물질 저감량(차량 1대, 1년 기준)

(단위: kg/대/년)

지역	전환유형	CO	Nox	THC	CO2	Sox	PM2.5
천안시	경유→CNG	144.48	68.50	-124.16	5,817.74	33.97	440.57
	경유→CNG하이브리드	130.46	107.20	-47.26	30,889.40	33.97	440.57
	경유→전기차	158.25	135.41	2.10	87,127.51	33.97	440.57
	CNG→CNG하이브리드	-14.02	38.70	76.90	25,071.66	-	-
	CNG→전기차	13.77	66.91	126.26	81,309.77	-	-
공주시	경유→CNG	194.73	92.33	-167.35	7,841.30	7.07	91.64
	경유→CNG하이브리드	175.84	144.49	-63.70	41,633.54	7.07	91.64
	경유→전기차	213.29	182.51	2.83	117,432.73	7.07	91.64
보령시	경유→CNG	162.07	76.85	-139.28	6,525.98	5.71	74.02
	경유→CNG하이브리드	146.34	120.26	-53.02	34,649.85	5.71	74.02
	경유→전기차	177.51	151.90	2.35	97,734.33	5.71	74.02
아산시	경유→CNG	155.78	73.87	-133.88	6,273.03	17.67	229.09
	경유→CNG하이브리드	140.67	115.60	-50.97	33,306.83	17.67	229.09
	경유→전기차	170.63	146.01	2.26	93,946.18	17.67	229.09
서산시	경유→CNG	159.56	75.65	-137.12	6,424.80	9.78	126.88
	경유→CNG하이브리드	144.07	118.39	-52.19	34,112.64	9.78	126.88
	경유→전기차	174.76	149.54	2.32	96,219.07	9.78	126.88
논산시	경유→CNG	180.28	85.48	-154.93	7,259.52	8.15	105.74
	경유→CNG하이브리드	162.79	133.77	-58.98	38,544.61	8.15	105.74
	경유→전기차	197.46	168.97	2.62	108,719.98	8.15	105.74

(표계속) (단위: kg/대/년)

지역	전환유형	CO	Nox	THC	CO2	Sox	PM2.5
당진시	경유→CNG	181.54	86.08	-156.01	7,310.11	8.97	116.31
	경유→CNG하이브리드	163.92	134.71	-59.39	38,813.21	8.97	116.31
	경유→전기차	198.84	170.15	2.64	109,477.61	8.97	116.31
계룡시	CNG→CNG하이브리드	-18.04	49.81	98.96	32,266.14	-	-
	CNG→전기차	17.72	86.11	162.49	104,642.14	-	-
금산군	경유→CNG	198.50	94.11	-170.59	7,993.06	3.86	51.71
	경유→CNG하이브리드	179.24	147.29	-64.94	42,439.35	3.86	51.71
	경유→전기차	217.42	186.04	2.88	119,705.62	3.86	51.71
부여군	경유→CNG	215.46	102.16	-185.16	8,676.01	4.07	54.54
	경유→CNG하이브리드	194.55	159.87	-70.48	46,065.50	4.07	54.54
	경유→전기차	235.99	201.94	3.13	129,933.63	4.07	54.54
서천군	경유→CNG	187.82	89.05	-161.41	7,563.06	2.32	31.16
	경유→CNG하이브리드	169.60	139.36	-61.44	40,156.22	2.32	31.16
	경유→전기차	205.72	176.03	2.73	113,265.76	2.32	31.16
청양군	경유→CNG	199.75	94.71	-171.67	8,043.65	1.52	20.27
	경유→CNG하이브리드	180.37	148.22	-65.35	42,707.96	1.52	20.27
	경유→전기차	218.79	187.22	2.90	120,463.25	1.52	20.27
홍성군	경유→CNG	192.84	91.43	-165.73	7,765.41	4.24	56.92
	경유→CNG하이브리드	174.13	143.09	-63.09	41,230.64	4.24	56.92
	경유→전기차	211.22	180.74	2.80	116,296.28	4.24	56.92
예산군	경유→CNG	186.56	88.46	-160.33	7,512.47	4.55	60.83
	경유→CNG하이브리드	168.46	138.44	-61.03	39,887.62	4.55	60.83
	경유→전기차	204.34	174.86	2.71	112,508.13	4.55	60.83
태안군	경유→CNG	195.36	92.63	-167.89	7,866.59	2.99	40.04
	경유→CNG하이브리드	176.41	144.96	-63.91	41,767.84	2.99	40.04
	경유→전기차	213.98	183.10	2.84	117,811.54	2.99	40.04

○ 대기오염물질 배출량 화폐화 원단위

- 화폐화 원단위는 각종 문헌을 통하여 수집하여 적용함. 원단위 적용을 위하여 서로 다른 기준연도를 보정하여 2017년 기준으로 보정함. 소비자물가지수를 이용하여 2007년 기준의 CO2, 2015년 기준의 대기오염물질 원단위를 보정함

〈표 9〉 대기오염물질 배출량(kg)당 화폐화 원단위(사회적비용 추정 원단위)

(단위: 원/kg)

구분	CO	NOx	THC	CO2	SO2	PM2.5
2007년 기준	-	-	-	42.40	-	-
2015년 기준	27,719.00	45,971.00	2,825.00	-	37,459.00	174,967.00
2017년 기준	28,522.85	47,304.16	2,906.93	53.08	38,545.31	180,041.04

주1) 2015년 대비 2017년의 소비자물가지수 비율은 1.029임(2015년 기준 100.0, 2017년 기준 102.9)
주2) 2007년 대비 2017년의 소비자물가지수 비율은 1.252임(2007년 기준 100.0, 2017년 기준 125.2)
주3) CO2는 한국개발연구원 예비타당성조사지침의 2007년 지표 활용
자료1) 한국자동차환경협회, 대기오염물질 사회적 비용 재평가 연구, pp. 70-72, 2015.11.
자료2) 한국개발연구원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2018.12.

○ 친환경버스 전환에 따른 편익산정 결과(차량 1대, 1년 기준)

〈표 10〉 충남 친환경버스 전환에 따른 편익산정 결과(차량 1대, 1년 기준)

(단위: 천원/대/년)

지역	전환유형	CO	Nox	THC	CO2	Sox	PM2.5	합계
천안시	경유→CNG	4,121	3,240	-361	309	1,309	79,321	87,939
	경유→CNG하이브리드	3,721	5,071	-137	1,640	1,309	79,321	90,925
	경유→전기차	4,514	6,405	6	4,625	1,309	79,321	96,180
	CNG→CNG하이브리드	-400	1,831	224	1,331	-	-	2,986
	CNG→전기차	393	3,165	367	4,316	-	-	8,241
공주시	경유→CNG	5,555	4,367	-487	416	273	16,499	26,623
	경유→CNG하이브리드	5,016	6,834	-185	2,210	273	16,499	30,647
	경유→전기차	6,084	8,633	8	6,233	273	16,499	37,730
보령시	경유→CNG	4,623	3,636	-405	347	220	13,327	21,748
	경유→CNG하이브리드	4,174	5,689	-154	1,839	220	13,327	25,095
	경유→전기차	5,063	7,186	7	5,188	220	13,327	30,991
아산시	경유→CNG	4,443	3,494	-389	333	681	41,246	49,808
	경유→CNG하이브리드	4,012	5,468	-148	1,768	681	41,246	53,027
	경유→전기차	4,867	6,907	7	4,987	681	41,246	58,695

(표계속) (단위: 천원/대/년)

지역	전환유형	CO	Nox	THC	CO2	Sox	PM2.5	합계
서산시	경유→CNG	4,551	3,579	-398	341	377	22,844	31,294
	경유→CNG하이브리드	4,110	5,600	-151	1,810	377	22,844	34,590
	경유→전기차	4,985	7,074	7	5,107	377	22,844	40,394
논산시	경유→CNG	5,142	4,044	-450	385	314	19,038	28,473
	경유→CNG하이브리드	4,643	6,328	-171	2,046	314	19,038	32,198
	경유→전기차	5,632	7,993	8	5,771	314	19,038	38,756
당진시	경유→CNG	5,178	4,072	-453	388	346	20,941	30,472
	경유→CNG하이브리드	4,675	6,373	-172	2,060	346	20,941	34,223
	경유→전기차	5,671	8,049	8	5,811	346	20,941	40,826
계룡시	CNG→CNG하이브리드	-515	2,356	287	1,712	-	-	3,840
	CNG→전기차	505	4,073	472	5,554	-	-	10,604
금산군	경유→CNG	5,661	4,451	-496	424	149	9,310	19,499
	경유→CNG하이브리드	5,112	6,967	-189	2,253	149	9,310	23,602
	경유→전기차	6,201	8,800	8	6,354	149	9,310	30,822
부여군	경유→CNG	6,145	4,833	-538	461	157	9,819	20,877
	경유→CNG하이브리드	5,549	7,563	-205	2,445	157	9,819	25,328
	경유→전기차	6,731	9,553	9	6,897	157	9,819	33,166
서천군	경유→CNG	5,357	4,212	-469	401	89	5,610	15,200
	경유→CNG하이브리드	4,838	6,592	-179	2,131	89	5,610	19,081
	경유→전기차	5,868	8,327	8	6,012	89	5,610	25,914
청양군	경유→CNG	5,698	4,480	-499	427	59	3,649	13,814
	경유→CNG하이브리드	5,145	7,011	-190	2,267	59	3,649	17,941
	경유→전기차	6,241	8,856	8	6,394	59	3,649	25,207
홍성군	경유→CNG	5,501	4,325	-482	412	163	10,248	20,167
	경유→CNG하이브리드	4,967	6,769	-184	2,189	163	10,248	24,152
	경유→전기차	6,025	8,550	8	6,173	163	10,248	31,167
예산군	경유→CNG	5,321	4,185	-466	399	175	10,952	20,566
	경유→CNG하이브리드	4,805	6,549	-177	2,117	175	10,952	24,421
	경유→전기차	5,828	8,272	8	5,972	175	10,952	31,207
태안군	경유→CNG	5,572	4,381	-488	417	115	7,209	17,206
	경유→CNG하이브리드	5,031	6,857	-186	2,217	115	7,209	21,243
	경유→전기차	6,103	8,661	8	6,253	115	7,209	28,349

▌친환경버스 전환에 따른 비용산정

○ 차량구입비용 산정

- 차량구입비는 H사의 경유버스, CNG버스, CNG하이브리드버스, 전기버스 구매가격 적용

〈표 11〉 차종별 차량구입 가격

엔진	용도	탑승인원	가격 (원/대)	부가세제외 가격 (천원/대)
디젤 (경유)	도시표준	21+40+1석	113,990,000	103,627
	시내좌석	38+1석	114,220,000	103,836
	시외직행	45+1석	109,980,000	99,982
	자가용	45+1석	112,590,000	102,355
CNG	도시표준	25+31+1석	125,800,000*	125,800
	시내좌석	38+1석	126,310,000*	126,310
	자가용	45+1석	137,410,000*	137,410
	초저상 도시표준	24+26+1석	216,950,000*	216,950
CNG 하이브리드	초저상 도시표준 BLUE CITY	27+22+1석	276,910,000*	276,910
전기버스	일렉시티	48석	450,000,000	409,091

주1) * 표시의 가격은 부가세를 제외한 가격임

자료) 차량가격은 H사 홈페이지에서 제시된 가격임. 단, 전기버스 가격은 인터넷기사 참조 (http://www.fnnews.com/news/201812010914536851)

- 경제성 분석을 수행하기 위하여 세금이 제외된 금액을 적용함

〈표 12〉 차종별 평균 차량구입가격(부가세 제외금액)

(단위: 천원/대)

구분	경유버스	CNG버스	CNG하이브리드	전기버스
도시표준	103,627	125,800	276,910	409,091
시내좌석	103,836	126,310	-	
평균 차량가격 (본 연구 적용치)	103,732	126,055	276,910	409,091

주1) 경유버스, CNG버스는 도시표준, 시내좌석 버스구입가격의 평균치를 적용하였음

주2) CNG하이브리드버스는 초저상 도시표준 BLUE CITY, 전기버스는 일렉시티의 버스구입가격을 적용함

○ 차종별 유류비 산정

- 경유버스, CNG(하이브리드)버스, 전기버스의 차종별 연비는 환경부 자료를 활용함
- 전기버스의 연비는 H사의 일렉시티 전기버스의 1회 충전시 운행가능한 km와 배터리 용량을 이용하여 연비를 산정함
- 본 연구에서 적용된 경유버스, CNG(하이브리드)버스, 전기버스의 차종별 유류비 원단위는 다음과 같음

〈표 13〉 차종별 연비

구분	경유버스 (km/ℓ)	CNG버스 (km/m^3)	CNG하이브리드 (km/m^3)	전기버스 (km/kwh)
연비	2.49	2.05	3.02	1.25
구분	경유버스 (원/ℓ)	CNG버스 (원/m^3)	CNG하이브리드 (원/m^3)	전기버스 (원/kwh)
유류비 원단위	570.8	654.6	654.6	158.0

자료1) 환경부, 경유버스(EURO-6) 및 CNG버스 환경·경제성 분석, pp. 47-48, 2015.12.

자료2) H사 홈페이지의 전기버스 설명서 자료 참조. 배터리용량 256kwh, 1회 충전시 319.2km 적용

○ 친환경버스 전환에 따른 추가 유류비용 추정 결과(차량 1대, 1년 기준)

〈표 14〉 친환경버스 도입에 따른 추가 유류비용 추정 결과

지역	전환유형	1년간유류비 (단위: 천원/대/년)	9년간유류비 (단위: 천원/대/9년)
천안시	경유→CNG	7,562	68,058
	경유→CNG하이브리드	-1,048	-9,432
	경유→전기차	-8,634	-77,706
	CNG→CNG하이브리드	-8,610	-77,490
	CNG→전기차	-16,196	-145,764
공주시	경유→CNG	10,193	91,737
	경유→CNG하이브리드	-1,412	-12,708
	경유→전기차	-11,636	-104,724
보령시	경유→CNG	8,483	76,347
	경유→CNG하이브리드	-1,175	-10,575
	경유→전기차	-9,684	-87,156
아산시	경유→CNG	8,155	73,395
	경유→CNG하이브리드	-1,129	-10,161
	경유→전기차	-9,308	-83,772

(표계속)

지역	전환유형	1년간유류비 (단위: 천원/대/년)	9년간유류비 (단위: 천원/대/9년)
서산시	경유→CNG	8,351	75,159
	경유→CNG하이브리드	-1,157	-10,413
	경유→전기차	-9,534	-85,806
논산시	경유→CNG	9,436	84,924
	경유→CNG하이브리드	-1,308	-11,772
	경유→전기차	-10,773	-96,957
당진시	경유→CNG	9,502	85,518
	경유→CNG하이브리드	-1,316	-11,844
	경유→전기차	-10,848	-97,632
계룡시	CNG→CNG하이브리드	-11,081	-99,729
	CNG→전기차	-20,843	-187,587
금산군	경유→CNG	10,390	93,510
	경유→CNG하이브리드	-1,440	-12,960
	경유→전기차	-11,861	-106,749
부여군	경유→CNG	11,278	101,502
	경유→CNG하이브리드	-1,563	-14,067
	경유→전기차	-12,874	-115,866
서천군	경유→CNG	9,831	88,479
	경유→CNG하이브리드	-1,363	-12,267
	경유→전기차	-11,223	-101,007
청양군	경유→CNG	10,456	94,104
	경유→CNG하이브리드	-1,448	-13,032
	경유→전기차	-11,936	-107,424
홍성군	경유→CNG	10,094	90,846
	경유→CNG하이브리드	-1,399	-12,591
	경유→전기차	-11,523	-103,707
예산군	경유→CNG	9,765	87,885
	경유→CNG하이브리드	-1,352	-12,168
	경유→전기차	-11,148	-100,332
태안군	경유→CNG	10,225	92,025
	경유→CNG하이브리드	-1,417	-12,753
	경유→전기차	-11,674	-105,066

▌경제적 타당성 분석 결과(전기버스 유지관리비용 미적용)

○ 편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C)

- 총편익과 총 비용의 할인된 금액의 비율임. 비용과 편익을 현재가치로 환산하고 나눈 값. 편익/비용 비율이 1보다 같거나 크면 경제성이 있다고 판단

$$\text{편익/비용 비율}(B/C) = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, $B_t =$ t시점에서 친환경버스 전환에 따른 사회적 편익. 대기오염물질 배출량 감소에 따른 편익을 의미함

$C_t =$ t시점에서 기존 버스에서 친환경버스로 전환에 따른 추가적인 비용을 의미함

$r =$ 사회적 할인율 4.5%(※최근 KDI 예비타당성조사에서 4.5% 적용)

$n =$ 버스내구연한인 9년을 적용

자료: 한국개발연구원 공공투자관리센터, 도로철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정보완 연구(제5판), p. 376, 2008.

〈표 15〉 충남 시지역 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과

구분	친환경버스 전환유형	분석결과(차량 1대 기준) (단위: 천원)				총편익 (단위: 억원)
		편익	비용	B/C	NPV	NPV
천안시 (45대-경유버스)	경유→CNG	585,344	68,521	8.54	516,823	233
	경유→CNG하이브리드	605,219	134,108	4.51	471,111	212
	경유→전기버스	640,198	191,299	3.35	448,899	202
천안시 (350대-CNG버스)	CNG→CNG하이브리드	19,876	65,588	0.30	-45,712	-160
	CNG→전기버스	54,854	122,778	0.45	-67,924	-238
공주시 (63대-경유버스)	경유→CNG	177,209	86,033	2.06	91,176	57
	경유→CNG하이브리드	203,994	131,685	1.55	72,309	46
	경유→전기버스	251,140	171,317	1.47	79,824	50
보령시 (59대-경유버스)	경유→CNG	144,760	74,651	1.94	70,109	41
	경유→CNG하이브리드	167,039	133,263	1.25	33,776	20
	경유→전기버스	206,284	184,310	1.12	21,974	13
아산시 (157대-경유버스)	경유→CNG	331,534	72,468	4.57	259,067	407
	경유→CNG하이브리드	352,961	133,569	2.64	219,392	344
	경유→전기버스	390,689	186,813	2.09	203,876	320
서산시 (67대-경유버스)	경유→CNG	208,301	73,772	2.82	134,528	90
	경유→CNG하이브리드	230,240	133,383	1.73	96,857	65
	경유→전기버스	268,873	185,308	1.45	83,564	56
논산시 (65대-경유버스)	경유→CNG	189,523	80,994	2.34	108,529	71
	경유→CNG하이브리드	214,318	132,378	1.62	81,940	53
	경유→전기버스	257,970	177,061	1.46	80,908	53
계룡시 (21대-CNG버스)	CNG→CNG하이브리드	25,560	49,140	0.52	-23,580	-5
	CNG→전기버스	70,583	91,847	0.77	-21,264	-4
당진시 (69대-경유버스)	경유→CNG	202,829	81,434	2.49	121,396	84
	경유→CNG하이브리드	227,797	132,324	1.72	95,472	66
	경유→전기버스	271,748	176,562	1.54	95,186	66

〈표 16〉 충남 군지역 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과

구분	친환경버스 전환유형	분석결과(차량 1대 기준) (단위: 천원)				총편익 (단위: 억원)
		편익	비용	B/C	NPV	NPV(억원)
금산군 (19대-경유버스)	경유→CNG	129,790	87,344	1.49	42,446	8
	경유→CNG하이브리드	157,101	131,499	1.19	25,602	5
	경유→전기버스	205,159	169,819	1.21	35,340	7
부여군 (42대-경유버스)	경유→CNG	138,963	93,255	1.49	45,707	19
	경유→CNG하이브리드	168,589	130,680	1.29	37,909	16
	경유→전기버스	220,761	163,076	1.35	57,685	24
서천군 (28대-경유버스)	경유→CNG	101,175	83,624	1.21	17,551	5
	경유→CNG하이브리드	127,008	132,012	0.96	-5,004	-1
	경유→전기버스	172,490	174,066	0.99	-1,576	-0
청양군 (28대-경유버스)	경유→CNG	91,949	87,784	1.05	4,166	1
	경유→CNG하이브리드	119,420	131,446	0.91	-12,026	-2
	경유→전기버스	167,784	169,320	0.99	-1,536	-0
홍성군 (47대-경유버스)	경유→CNG	134,237	85,374	1.57	48,862	23
	경유→CNG하이브리드	160,762	131,772	1.22	28,990	14
	경유→전기버스	207,455	172,069	1.21	35,386	17
예산군 (49대-경유버스)	경유→CNG	136,892	83,184	1.65	53,708	26
	경유→CNG하이브리드	162,552	132,085	1.23	30,467	15
	경유→전기버스	207,722	174,565	1.19	33,157	16
태안군 (37대-경유버스)	경유→CNG	114,527	86,246	1.33	28,281	10
	경유→CNG하이브리드	141,399	131,652	1.07	9,747	4
	경유→전기버스	188,698	171,064	1.10	17,634	7

〈표 17〉 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과(공주시 예시)

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	26,623	23,330	22,323	10,193	32,516	28,494
	2021	26,623	22,325	-	10,193	10,193	8,547
	2022	26,623	21,364	-	10,193	10,193	8,179
	2023	26,623	20,444	-	10,193	10,193	7,827
	2024	26,623	19,563	-	10,193	10,193	7,490
	2025	26,623	18,721	-	10,193	10,193	7,168
	2026	26,623	17,915	-	10,193	10,193	6,859
	2027	26,623	17,143	-	10,193	10,193	6,564
	2028	26,623	16,405	-2,232	10,193	7,961	4,905
	합계	239,607	177,209	20,091	91,737	111,828	86,033
경유버스→ CNG하이브리드	2020	30,647	26,856	173,178	-1,412	171,766	150,518
	2021	30,647	25,699	-	-1,412	-1,412	-1,184
	2022	30,647	24,593	-	-1,412	-1,412	-1,133
	2023	30,647	23,534	-	-1,412	-1,412	-1,084
	2024	30,647	22,520	-	-1,412	-1,412	-1,038
	2025	30,647	21,551	-	-1,412	-1,412	-993
	2026	30,647	20,623	-	-1,412	-1,412	-950
	2027	30,647	19,734	-	-1,412	-1,412	-909
	2028	30,647	18,885	-17,318	-1,412	-18,730	-11,541
	합계	275,823	203,994	155,860	-12,708	143,152	131,685
경유버스→ 전기버스	2020	37,730	33,063	305,359	-11,636	293,723	257,388
	2021	37,730	31,639	-	-11,636	-11,636	-9,757
	2022	37,730	30,276	-	-11,636	-11,636	-9,337
	2023	37,730	28,973	-	-11,636	-11,636	-8,935
	2024	37,730	27,725	-	-11,636	-11,636	-8,550
	2025	37,730	26,531	-	-11,636	-11,636	-8,182
	2026	37,730	25,389	-	-11,636	-11,636	-7,830
	2027	37,730	24,295	-	-11,636	-11,636	-7,493
	2028	37,730	23,249	-30,536	-11,636	-42,172	-25,986
	합계	339,570	251,140	274,823	-104,724	170,099	171,317

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	177,209	86,033	2.06	91,176	
	경유→CNG하이브리드	203,994	131,685	1.55	72,309	
	경유→전기버스	251,140	171,317	1.47	79,824	
경제성분석 (차량 59대 기준)	경유→CNG	112	54	2.06	57	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	129	83	1.55	46	(단위: 억원)
	경유→전기버스	158	108	1.47	50	(단위: 억원)

▌경제적 타당성 분석 결과(전기버스 유지관리비용 적용)

- 현재 경유버스와 전기버스를 동시에 운영하는 회사를 대상으로 조사를 수행한 결과, 1년동안 차량 1대당 약 6,610천원이 유지관리비로 절감됨

〈표 18〉 경유버스 → 전기버스 전환에 따른 추가 유지관리비용 추정 결과

(단위:천원/대/년)

구분	단위	경유버스	전기버스
유지관리비 (A)	1개월	3,600	2,420
	1년	43,200	29,040
유가보조금 (B)	1개월	900	-
	1년	10,800	-
엔진오일부속품 (C)	1년	2,800	-
합계 (D=A-B+C)	1년	35,200	29,040
추가 유지관리비용 (경유버스→전기버스)	1년		-6,160

주) 차종별 유지관리비(1개월), 엔진오일부속품(1년)에 대한 정보는 ㈜동서이브이 자료활용

〈표 19〉 경유버스 → 전기버스 전환 시 유지관리비용 추가 검토에 따른 경제성분석 결과(공주시 예시)

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	37,730	33,063	305,359	-11,636	-6,160	287,563	251,990
2021	37,730	31,639	-	-11,636	-6,160	-17,796	-14,923
2022	37,730	30,276	-	-11,636	-6,160	-17,796	-14,280
2023	37,730	28,973	-	-11,636	-6,160	-17,796	-13,665
2024	37,730	27,725	-	-11,636	-6,160	-17,796	-13,077
2025	37,730	26,531	-	-11,636	-6,160	-17,796	-12,514
2026	37,730	25,389	-	-11,636	-6,160	-17,796	-11,975
2027	37,730	24,295	-	-11,636	-6,160	-17,796	-11,459
2028	37,730	23,249	-30,536	-11,636	-6,160	-48,332	-29,782
합계	339,570	251,140	274,823	-104,724	-55,440	114,659	130,314
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		251,140	130,314	1.93	120,826	
경제성분석 (차량 63대 기준)	경유→전기버스		158	82	1.93	76	(단위: 억원)

- 충남의 모든 시·군지역에서의 경제성이 있는 것으로 분석됨. 기존에 경제성이 결여된 서천군, 청양군도 전기버스로의 전환에 따른 경제적 타당성이 존재함

〈표 20〉 충남 경유버스 → 전기버스 전환 시 유지관리비용 추가 검토에 따른 경제성분석 결과

구분	친환경버스 전환유형	분석결과(차량 1대 기준) (단위: 천원)				총편익 (단위: 억원)
		편익	비용	B/C	NPV	NPV
천안시 (45대-경유버스)	경유→전기버스	640,198	150,296	4.26	489,902	220
공주시 (63대-경유버스)	경유→전기버스	251,140	130,314	1.93	120,826	76
보령시 (59대-경유버스)	경유→전기버스	206,284	143,307	1.44	62,977	37
아산시 (157대-경유버스)	경유→전기버스	390,689	145,810	2.68	244,879	384
서산시 (67대-경유버스)	경유→전기버스	268,873	144,306	1.86	124,567	83
논산시 (65대-경유버스)	경유→전기버스	257,970	136,059	1.90	121,911	79
당진시 (69대-경유버스)	경유→전기버스	271,748	135,559	2.00	136,189	94
금산군 (19대-경유버스)	경유→전기버스	205,159	128,817	1.59	76,342	15
부여군 (42대-경유버스)	경유→전기버스	220,761	122,074	1.81	98,687	41
서천군 (28대-경유버스)	경유→전기버스	172,490	133,063	1.30	39,427	11
청양군 (28대-경유버스)	경유→전기버스	167,784	128,317	1.31	39,467	7
홍성군 (47대-경유버스)	경유→전기버스	207,455	131,066	1.58	76,389	36
예산군 (49대-경유버스)	경유→전기버스	207,722	133,563	1.56	74,159	36
태안군 (37대-경유버스)	경유→전기버스	188,698	130,061	1.45	58,637	22

▌CNG버스의 친환경버스 전환을 위한 차량구입비 민감도 분석

- 천안시와 계룡시는 현재 CNG버스가 운행중임. CNG하이브리드, 전기버스로의 전환은 차량가격에 의존이 높음
- 천안시의 경우는 CNG하이브리드와 전기버스가 현재의 차량가격의 21%정도 감소될 경우 경제적으로 타당한 것으로 분석됨
- 계룡시의 경우는 CNG하이브리드버스가 11%, 전기버스가 7%정도 가격이 하락하였을 때 경제성이 있는 것으로 분석됨

〈표 21〉 천안시 CNG버스의 전환을 위한 친환경버스 차량구입비 민감도 분석

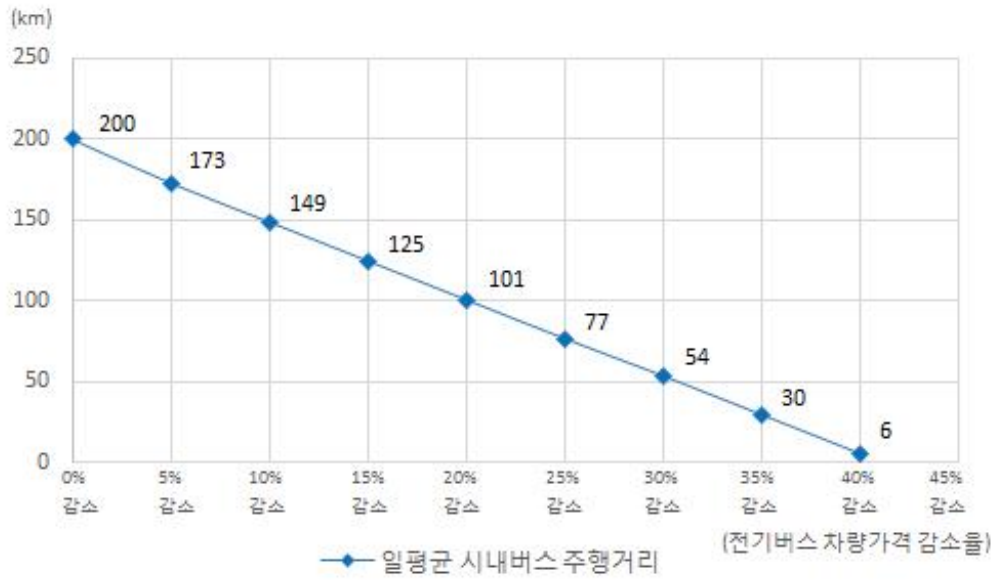
친환경버스 전환유형	CNG하이브리드 차량가격		편익 (천원)	비용 (천원)	B/C	NPV (천원)
	차량가격 (천원, 부가세제외)	감소비율				
CNG버스→ CNG하이브리드	276,910	0%	19,876	65,588	0.30	-45,712
	263,065	5%	19,876	54,308	0.37	-34,433
	249,219	10%	19,876	43,029	0.46	-23,153
	235,374	15%	19,876	31,749	0.63	-11,873
	221,528	20%	19,876	20,469	0.97	-594
	218,759	21%	19,876	18,213	1.09	1,662
CNG버스→ 전기버스	409,091	0%	54,854	122,778	0.45	-67,924
	388,636	5%	54,854	106,114	0.52	-51,260
	368,182	10%	54,854	89,450	0.61	-34,596
	347,727	15%	54,854	72,787	0.75	-17,932
	327,273	20%	54,854	56,123	0.98	-1,269
	323,182	21%	54,854	52,790	1.04	2,064

〈표 22〉 계룡시 CNG버스의 전환을 위한 친환경버스 차량구입비 민감도 분석

친환경버스 전환유형	CNG하이브리드 차량가격		편익 (천원)	비용 (천원)	B/C	NPV (천원)
	차량가격 (천원, 부가세제외)	감소비율				
CNG버스→ CNG하이브리드	276,910	0%	25,560	49,140	0.52	-23,580
	263,065	5%	25,560	37,861	0.68	-12,301
	249,219	10%	25,560	26,581	0.96	-1,021
	246,450	11%	25,560	24,325	1.05	1,235
CNG버스→ 전기버스	409,091	0%	70,583	91,847	0.77	-21,264
	388,636	5%	70,583	75,183	0.94	-4,600
	384,545	6%	70,583	71,850	0.98	-1,267
	380,455	7%	70,583	68,517	1.03	2,066

▌전기버스 차량구입비 변화에 따른 주행거리 임계점 변화 분석

- 전기버스의 차량구입비와 주행거리를 변화시켜 경제적으로 타당한 주행거리 임계점을 분석함. 이는 현재 장거리 운행의 시내버스가 대부분 환경편익이 높기 때문에 차량가격의 부담을 극복하고 경제적 타당성이 존재하는 것으로 판단됨
- 향후, 기술의 발전과 함께 전기버스의 양산으로 가격 하락이 예상되므로 전기버스 가격이 하락되는 수준을 기준으로 경제적으로 효율적인 시내버스 주행거리의 임계점을 검토함
- 사례연구는 공주시를 대상으로 수행함. 현재 전기버스 가격이 변함이 없을 경우에는 공주시의 경우 일평균 최소 200km를 주행하는 시내버스에 대해서는 전기버스로의 전환이 경제적으로 효율적임. 전기버스 가격이 약 20% 감소할 경우에는 약 일평균 최소 101km를 주행하는 시내버스도 경제성이 존재함. 만약 30%가 감소될 경우에는 일평균 최소 54km를 주행하는 버스도 경제성이 존재함. 이러한 사항은 전기버스의 가격하락으로 단거리 버스도 전기버스로의 전환이 경제적으로 타당하다는 것을 시사함



〈그림 1〉 전기버스 차량가격 감소에 따른 경제적 주행거리 임계점

4. 결론

▌결론 및 기대효과

- 충남의 도로부문 대기오염물질 배출량 저감을 위해서는 배출량 저감을 유도하는 전략과 배출오염원 저감 관리 전략으로 구분할 수 있음. 본 연구는 배출오염원을 근본적으로 저감하는 관리 전략에 해당하며 매일 반복적으로 지역을 운행하는 시내버스를 대상으로 친환경버스로의 전환에 따른 경제성 효과를 분석함
- 본 연구는 경유버스 혹은 기존의 CNG버스에서 CNG, CNG하이브리드, 전기버스 등의 친환경버스로 전환됨에 따라 사회적 편익과 비용을 산정하고, 경제적으로 친환경버스의 도입이 타당한가를 가늠하는 기초연구를 수행하는 데에 목적이 있음
- 편익항목은 대기오염물질 배출량 감소에 따른 사회적 편익으로 설정하고, 비용항목은 차량구입비, 유류비, 차량유지관리비 등으로 설정함. 편익과 비용항목의 지표를 다양한 원단위와 함께 소비자물가지수로 현행화하고 충남의 각 시·군별 주행거리, 시내버스 운행대수 등으로 정량적 수치를 산출함. 이에 따라 B/C, NPV와 같은 경제성 평가지표로 친환경버스 도입에 따른 경제적 타당성을 가늠함
- 경유버스에서 친환경버스로의 전환은 일부 지역을 제외하고 대부분 지역이 경제적으로 효율적인 것으로 도출됨. 다만, 차량유지관리비를 고려하였을 경우에는 모든 지역에서 경제성이 있음. 경제성이 결여된 주요 원인은 고비용의 친환경 차량가격임
- 기존 CNG버스에서 CNG하이브리드, 전기버스로의 전환은 모두 경제성이 결여된 것으로 분석됨. 기술의 발전으로 친환경버스의 대량생산과 구매가격이 하락될 경우 경제성이 있을 것으로 판단됨. 천안시의 경우 CNG하이브리드, 전기버스 모두 21%의 가격 하락이 있을 경우에 경제성이 있으며, 계룡시의 경우는 CNG하이브리드 버스가 11%, 전기버스가 7% 정도 하락했을 때 경제성이 존재하는 것으로 분석됨
- 고비용의 전기버스가 미래에 대량으로 양산되고 가격하락이 있을 경우를 가정하여 차량가격 감소에 따른 경제적 주행거리 임계점을 분석함. 분석결과, 차량가격이 감소할수록 일평균 주행거리가 짧은 버스에서도 친환경버스로의 전환이 경제성을 갖는 것으로 검토됨. 즉, 전기버스 가격하락률이 높을수록 주행거리가 짧은 시내버스나 마을버스에서도 도입이 가능하다는 것임

▌기대효과

- 향후 충청남도가 친환경버스 도입을 검토할 경우 각 시·군의 경제적인 타당성을 사전에 평가할 수 있는 장점이 있으며, 경제성 지표를 이용하여 상대적으로 우선도입 지역을 가늠하는 데에 활용이 가능함
- 충남의 대기오염물질 배출량의 감축목표 설정 시 도로부문의 배출량 감소를 위하여 친환경버스의 도입 수준을 설정하는 데에 활용될 수 있음
- 마지막으로 전기버스의 가격과 일평균 시내버스 주행거리와의 비례적인 상관관계를 활용하여 어느 노선에 우선적으로 전기버스를 도입하는 것이 경제적인지 파악하는 데에 활용이 가능함

목 차

제1장 연구의 개요 ····· 1

1. 연구의 배경 및 목적 ····· 1
2. 연구 범위와 대상 ····· 2
3. 연구의 흐름 ····· 2

제2장 국내 문헌 및 국내·외 사례 검토 ····· 4

1. 학술연구 검토 ····· 4
   1) 대기오염물질배출량 산정 ····· 4
   2) 대기오염물질 피해비용 관련 연구 ····· 16
2. 관련 법·제도 검토 ····· 22
3. 사례 검토 ····· 23
   1) 친환경버스도입 정책 및 계획 ····· 23
   2) 친환경버스 도입 사례 ····· 24

제3장 충남 버스 현황과 대기오염물질 배출량 특성 ····· 32

1. 버스 통행량 현황 및 장래 여건변화 ····· 32
   1) 전국 시·도별 통행량 ····· 32
   2) 충남 시·군별 통행량 ····· 34
   3) 충남 시·군별 장래 통행량 ····· 35
2. 충남 시내버스 현황 및 주행거리 특성 ····· 36
   1) 전국 시·도별 친환경버스보급 현황 ····· 36
   2) 충남 시·군별 연료별 시내버스 대수 ····· 37
   3) 시내버스 주행거리 특성 ····· 37

3. 충남 도로부문 대기오염물질 배출량 ····· 39
1) 최근 10년간 대기오염물질별 배출량 추세 ····· 39
2) 배출원 대분류별 대기오염물질 배출량 ····· 41
3) 시·도별 대기오염물질 배출량 ····· 42
4) 도로이동오염원 배출량 ····· 43
5) 시내버스 배출량 ····· 47

제4장 친환경버스 도입에 따른 편익과 비용 산정 ····· 49

1. 개요 ····· 49
2. 대기오염물질 배출량 저감효과 검토 ····· 50
1) 대기오염물질 배출량 원단위 ····· 50
2) 친환경버스 전환에 따른 대기오염물질 배출량 저감 효과 ····· 52
3. 편익산정 ····· 55
1) 편익산정 개요 ····· 55
2) 대기오염물질배출량 화폐화 원단위 ····· 55
3) 충남 시·군별 편익산정 종합결과 ····· 57
4. 비용산정 ····· 59
1) 비용산정 개요 ····· 59
2) 차량구입비용 ····· 59
3) 유류비용 ····· 61

제5장 경제적 타당성 분석 ····· 67

1. 경제적 타당성 분석 개요 ····· 67
1) 기본가정 ····· 67
2) 경제성 분석 방법 ····· 68
2. 경제성 분석 결과 ····· 70
1) 경제성 분석 결과 ····· 70

2) 경유버스 → 전기버스 유지관리비용 저감에 따른 경제성 분석 결과 ····· 73
3. 차량구입비 민감도 분석 ····· 75
1) CNG버스의 친환경버스 전환을 위한 차량구입비 민감도 분석 ····· 75
2) 전기버스 차량구입비 변화에 따른 주행거리 임계점 변화 분석 ····· 76

제6장 결론 및 향후 연구과제 ····· 77

1. 결론 및 기대효과 ····· 77
2. 연구의 한계 및 향후 연구과제 ····· 79

부록 ····· 81

[부록 1] 충남 시·군별 경제성 분석 결과 ····· 81
[부록 2] 충남 시·군별 경제성 분석 결과(경유버스 → 전기버스 유지관리비 감소 고려) ····· 97

참고문헌 ····· 80

표 목 차

<표 1> 연구 범위와 대상 ····· 2
<표 2> 연구의 흐름도 ····· 3
<표 3> 도로이동오염원 사용연료 분류 ····· 5
<표 4> 자동차 입수자료를 이용하여 생성된 기초자료 목록 및 내용 ····· 6
<표 5> 엔진가열 부문 차종별 배출계수 적용방법 ····· 7
<표 6> 엔진가열 부문 차종별 배출계수 적용방법 ····· 8
<표 7> 비도로 이동오염원 배출계수 ····· 9
<표 8> 차종별·속도별 오염물질 배출계수 ····· 10
<표 9> 전국 수단별 평균 대기오염물질 배출량 ····· 13
<표 10> 대기오염물질 배출량 산정방법 ····· 13
<표 11> 대기오염비용 원단위(2007년 기준) ····· 16
<표 12> 차종별·속도별 대기오염비용(2007년 기준) ····· 16
<표 13> 대기오염비용 및 온실가스 원단위(2011년 기준) ····· 18
<표 14> 차종별·속도별 대기오염 및 온실가스비용(2011년 기준) ····· 18
<표 15> 오염물질별 단위당 피해비용 추정 결과 ····· 20
<표 16> 대기오염물질 단위당 피해비용 ····· 21
<표 17> 저탄소 녹색교통 관련 법령 ····· 22
<표 18> 테네시주 채터누가시 전기버스 제원 ····· 26
<표 19> 전국 시·도별 통행량 ····· 32
<표 20> 충남 시·군별 통행량 ····· 34
<표 21> 충남 시·군별 장래 통행량 ····· 35
<표 22> 시·도별 천연가스버스대수와 보급률 ····· 36
<표 23> 충청남도 시·군별 연료별 시내버스 대수 ····· 37
<표 24> 충남 시군별·차종별 1대당 평균주행거리 ····· 38

<표 25> 우리나라 주요 대기오염물질 배출량 추이 ····· 39
<표 26> 충청남도 주요 대기오염물질 배출량 추이 ····· 40
<표 27> 충청남도 주요 대기오염물질 배출량 추이 ····· 41
<표 28> 2시도별 대기오염물질별 배출량 ····· 42
<표 29> 시·도별 도로이동오염원 대기오염물질별 배출량 ····· 43
<표 30> 시·도별 도로이동오염원 배출원별 대기오염물질 배출량 ····· 44
<표 31> 충남 시·군별 도로이동오염원 대기오염물질별 배출량 ····· 45
<표 32> 충남 시·군별 도로이동오염원 배출원별 대기오염물질 배출량 ····· 46
<표 33> 시내버스 대기오염물질별 배출량 비교 ····· 47
<표 34> 충남 시·군별 경유 시내버스 대기오염물질별 배출량 ····· 48
<표 35> 충남 시·군별 CNG 시내버스 대기오염물질별 배출량 ····· 48
<표 36> 지표산정 개요 ····· 49
<표 37> 차종별 대기오염물질 배출량 원단위 ····· 50
<표 38> 친환경버스 전환에 따른 대기오염물질 배출량 저감 원단위 ····· 50
<표 39> 충남 시·군별 시내버스의 SOx, PM2.5 배출량(2015년 기준) ····· 51
<표 40> 충남 시·군별 일평균 주행거리 및 9년간 주행거리 ····· 52
<표 41> 충남 친환경버스 전환에 따른 대기오염물질 저감량(차량 1대, 1년 기준) ····· 53
<표 42> PM2.5의 kg당 화폐화 원단위 ····· 55
<표 43> 충청남도 15개 시·군별 면적대비 인구수 ····· 55
<표 44> 소비자물가지수 ····· 56
<표 45> 대기오염물질 배출량(kg)당 화폐화 원단위(사회적비용 추정 원단위) ····· 56
<표 46> 충남 친환경버스 전환에 따른 편익산정결과(차량 1대, 1년 기준) ····· 57
<표 47> 차종별 차량구입 가격 ····· 59
<표 48> 차종별 평균 차량구입가격(부가세 제외금액) ····· 60
<표 49> 친환경버스 도입에 따른 추가 소요비용 추정 결과(부가세 제외금액) ····· 60
<표 50> 차종별 연비 ····· 61
<표 51> 한국석유공사의 경유 공급처별 경유 단가 ····· 61

<표 52> CNCITY 에너지 요금 단가표 ····· 62
<표 53> 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련) ····· 63
<표 54> 한국전력공사 전기차충전서비스 공용충전소 이용안내 ····· 64
<표 55> 차종별 유류비 원단위(세금제외 금액) ····· 64
<표 56> 친환경버스 도입에 따른 추가 유류비용 추정 결과 ····· 65
<표 57> 충남 시지역 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과 ····· 70
<표 58> 충남 군지역 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과 ····· 71
<표 59> 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과(공주시 예시) ····· 72
<표 60> 경유버스 → 전기버스 전환에 따른 추가 유지관리비용 추정 결과 ····· 73
<표 61> 경유버스 → 전기버스 전환 시 유지관리비용 추가 검토에 따른 경제성분석 결과(공주시 예시) ····· 73
<표 62> 충남 경유버스 → 전기버스 전환 시 유지관리비용 추가 검토에 따른 경제성분석 결과 ····· 74
<표 63> 천안시 CNG버스의 전환을 위한 친환경버스 차량구입비 민감도 분석 ····· 75
<표 64> 계룡시 CNG버스의 전환을 위한 친환경버스 차량구입비 민감도 분석 ····· 75

그 림 목 차

<그림 1> KDI 대기적 환경성 분석의 개념 ····· 12
<그림 2> IM240 driving cycle ····· 14
<그림 3> MVEI 구성도 ····· 15
<그림 4> 코네티컷 뉴헤이븐시 전기트롤리 ····· 26
<그림 5> 런던 도심부 초저공해 지역 경계 ····· 28
<그림 6> 교토시 전기버스 시범운행 구간 및 전기버스 재원 ····· 30
<그림 7> 시·도별 버스 통행량 및 수단분담률 ····· 33
<그림 8> 전기버스 차량가격 감소에 따른 경제적 주행거리 임계점 ····· 76

제1장 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

충남은 타 시·도에 비해 친환경버스 전환율이 낮다. 현재 충남의 시내버스는 천안시와 계룡시를 제외하고 모두 경유버스로 운영중에 있다. 충남의 도로부문 대기오염물질 배출량 저감을 위해서는 배출량 저감을 유도하거나 배출량 오염원을 근본적으로 제어하는 전략이 필요하다. 친환경버스 도입은 대기오염물질 배출오염원을 근본적으로 저감하는 전략에 해당된다.

본 연구는 경유버스 혹은 기존의 CNG버스에서 CNG, CNG하이브리드, 전기버스 등의 친환경버스로 전환됨에 따라 사회적 편익과 비용을 산정하고, 경제적으로 친환경버스의 도입이 타당한가를 가늠하는 기초연구를 수행하는 데에 목적이 있다.

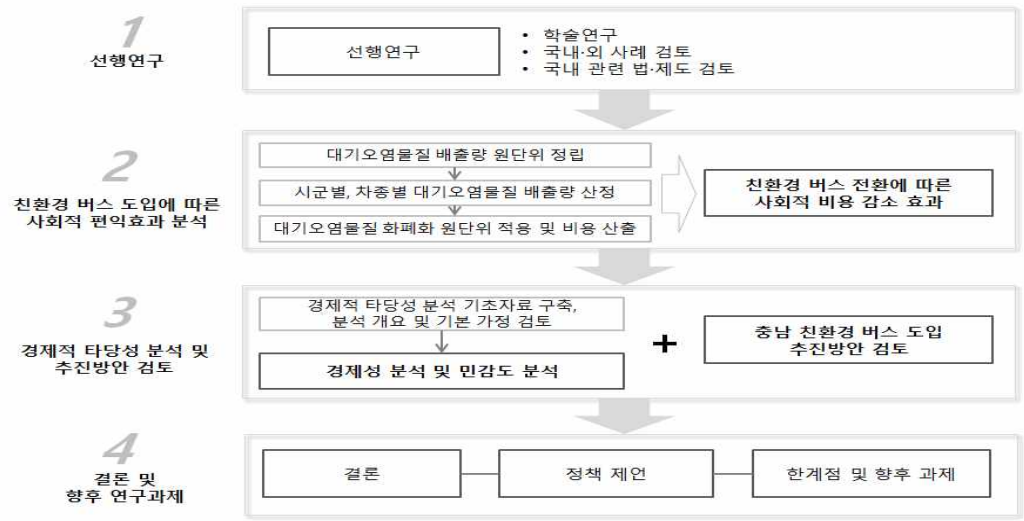
2. 연구 범위와 대상

공간적 범위는 충청남도의 모든 시·군을 대상으로 하며, 시간적 범위는 2017년을 기준으로 한다. 내용적 범위는 충남 시내버스 주행거리 분석, 대기오염물질 배출량 분석, 친환경버스 도입에 따른 편익, 비용 산출과 경제성 분석 등으로 구분된다. 교통정책의 범위는 교통환경정책에 해당되며 친환경 대중교통수단 도입과 관련이 있음

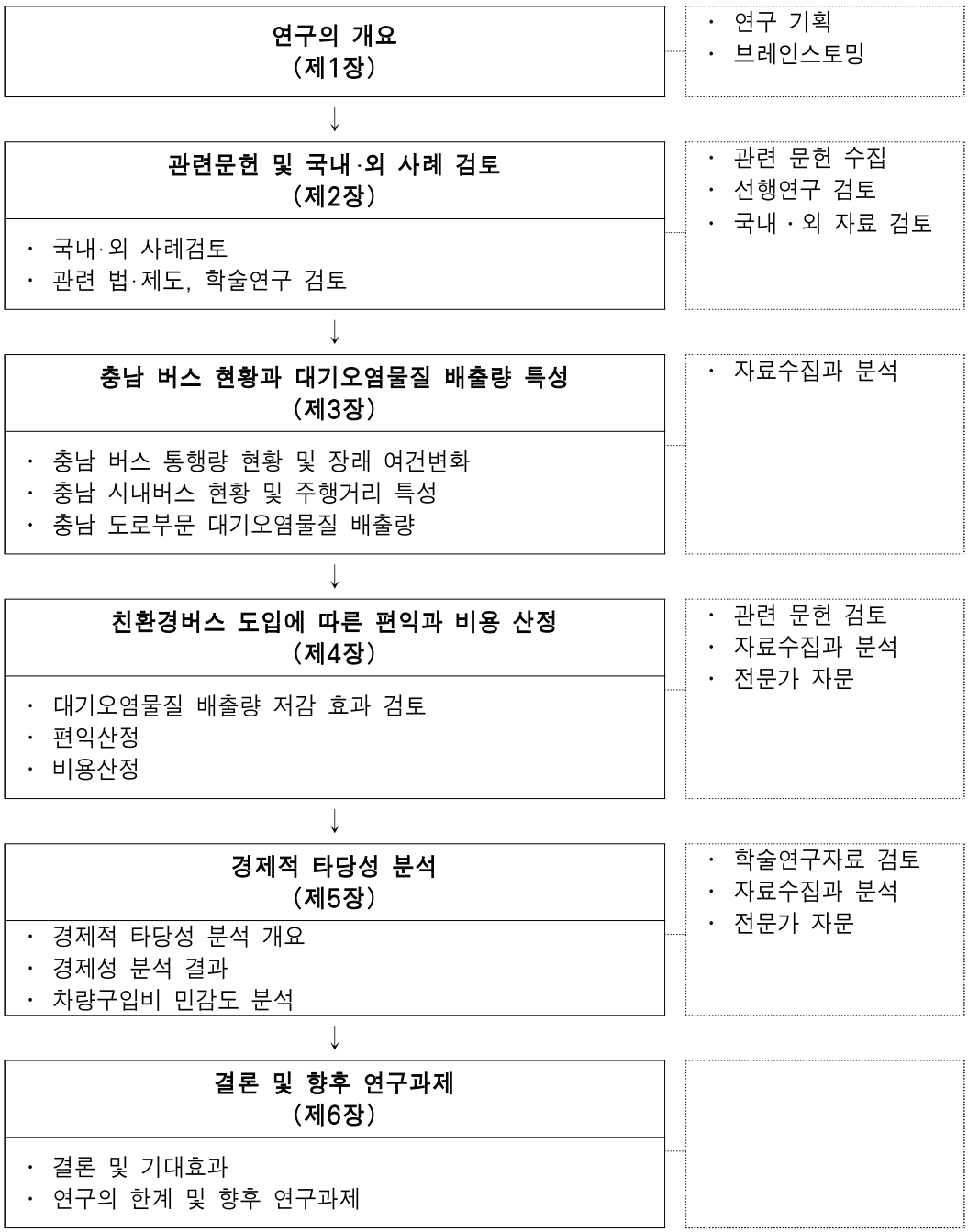
〈표 1〉 연구 범위와 대상

구분	내용
공간적, 시간적 범위	· 공간적 범위: 충청남도 15개 시·군) · 시간적 범위: 8개월 (2018. 05. 01 ~ 12. 31)
내용적 범위	· 충남 시내버스 주행거리 및 대기오염물질 배출량 현황 분석 · 친환경 버스 도입에 따른 비용 및 편익 산출 - 대기오염물질별 배출량 원단위, 화폐화 원단위 정리 - 환경적 편익 산출 방법론 정립 · 친환경 버스 도입에 따른 경제적 타당성 분석
교통정책 범위	· 교통환경정책(친환경 대중교통수단 도입)
연구대상	· 충청남도 15개 시·군의 시내버스(경유 또는 CNG버스) · 친환경버스 전환에 따른 경제적 타당성 분석

3. 연구의 흐름



〈표 2〉 연구의 흐름도


연구의 개요
(제1장)
· 연구 기획
· 브레인스토밍
관련문헌 및 국내·외 사례 검토
(제2장)
· 국내·외 사례검토
· 관련 법·제도, 학술연구 검토
· 관련 문헌 수집
· 선행연구 검토
· 국내 · 외 자료 검토
충남 버스 현황과 대기오염물질 배출량 특성
(제3장)
· 충남 버스 통행량 현황 및 장래 여건변화
· 충남 시내버스 현황 및 주행거리 특성
· 충남 도로부문 대기오염물질 배출량
· 자료수집과 분석
친환경버스 도입에 따른 편익과 비용 산정
(제4장)
· 대기오염물질 배출량 저감 효과 검토
· 편익산정
· 비용산정
· 관련 문헌 검토
· 자료수집과 분석
· 전문가 자문
경제적 타당성 분석
(제5장)
· 경제적 타당성 분석 개요
· 경제성 분석 결과
· 차량구입비 민감도 분석
· 학술연구자료 검토
· 자료수집과 분석
· 전문가 자문
결론 및 향후 연구과제
(제6장)
· 결론 및 기대효과
· 연구의 한계 및 향후 연구과제

제2장 국내 문헌 및 국내·외 사례 검토

1. 학술연구 검토

1) 대기오염물질배출량 산정

(1) 국립환경과학원

현재 우리나라는 대기환경관리를 위한 대기오염물질 배출량 산정에 대한 것을 「환경정책기본법」·「대기환경보전법」 등의 법률로 규정하고 있다. 관련 법의 내용을 살펴보면 대기보전장기종합계획 수립(환경정책기본법 제12조)에 대한 내용과 대기환경규제지역의 지정(대기환경보전법 제8조), 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사(대기환경보전법 제8조), 대기오염물질 총량규제(대기환경보전법 제9조) 등을 규정하고 있음을 알 수 있다. 특히 수도권의 대기환경에 대해서는 2004년 특별법을 제정하여 시행령과 시행규칙을 통해 수도권 대기환경 개선을 위해 노력하는 중이다.

현재 국가 대기오염물질 배출량은 국립환경과학원의 대기정책지원시스템(CAPSS, Clean Air Support System)을 이용하여 산정하고 있으며, 이러한 대기오염물질 배출량 산정시 동일한 방법에 따라 배출량을 산정함으로써 산출자료의 동일성을 기하고 신뢰도를 높이고 있다.

이와 관련하여 국립환경과학원은 '국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람'을 발행하고

있으며, 편람의 내용에는 점 및 면오염원, 도로 이동오염원, 비도로 이동오염원 등 대기 오염 배출원 부문별로 배출량 산정 방법에 대하여 작성되어 있다. 산정방법은 대기정책지원시스템(이하 CAPSS)의 활동도 자료를 근간으로 한다. 향후 CAPSS가 향상된 방법론을 마련할 경우, 국립환경과학원의 편람도 계속적으로 보완될 예정이다.

이 중 도로 이동오염원 추정방법을 살펴보면, 이동오염원을 도로 이동오염원(자동차)와 비도로 이동오염원(철도, 선박, 항공기, 건설장비, 농기계)으로 구분하였다. 각 오염원마다 4단계(대분류-중분류-소분류-세분류)로 구성되며 국내 고유의 분류체계와 EU CORINAIR 분류체계를 혼용하여 사용하는 것이 특징이다.

이를 통해 단위 활동도 당 배출량으로 표시되는 배출계수를 각 오염원마다 산출한다. 편람에 수록된 배출계수는 국내 연구기관의 배출계수를 우선 적용하는 것을 원칙으로 한다. 다만 국내 미개발 배출 계수의 경우, CORINAIR, USEPA AP-42 등을 검토하여 선정하고 있다.

배출량은 월 해상도로 시간 배분을 하며 공간의 경우, 광역자치단체(시도별), 기초자치단체(시군구별), 읍면동, 격자의 4단계 구조로 나누어 배출량이 상위 공간 해상도에서 산정되면 배출량을 공간에 따라 배분하고 있다.

① 도로이동오염원의 산정 방법

도로에서 주행하는 자동차로 인한 대기오염물질 배출량을 산정하는 부문으로 배출 유형은 엔진 가열(hot-start)배출과 엔진 미가열(cold-start) 배출, 증발 배출, 도로비산먼지 배출, 타이어마모 배출 등으로 구분하고 있다. 차종에 대한 분류는 국내의 자동차 관리법 시행 규칙에 따라 분류하고 있다. 차종 분류와 배출특성을 고려하여 도로이동오염원의 배출원을 세부적으로 분류한다. 도로이동오염원에 이용되는 연로는 경유와 무연휘발유, LPG, CNG 등로 구분한다.

〈표 3〉 도로이동오염원 사용연료 분류

연료명	설명
경유	디젤 엔진을 장찬한 승합차, 버스, 화물차, 특수차 등에서 사용
무연휘발유	가솔린 엔진을 장착한 승용차 등 소형차에서 주로 사용
LPG	택시에서 주로 사용하며, 일부 승용차에서도 사용
CNG	천연가스를 압축한 연료로서 대형버스 중 일부에서 사용

배출량 산정을 위한 배출원 관련 자료는 교통안전공단과 시도 통계자료, 한국자동차공업협회(Korea Automobile Manufacturers Association - KAMA), 한국도로공사, 한국건설기술연구원과 교통개발연구원 등에서 입수하며, 입수하는 자료는 차종별 일일평균 주행거리, 도로별 평균주행속도(시도 주행속도 조사결과 및 도로별제한속도), 행정구역별 차량 등록대수, 행정구역별 차령별 등록대수, 도로별 교통량 측정자료와 도로망도 GIS 자료 등이다.

〈표 4〉 자동차 입수자료를 이용하여 생성된 기초자료 목록 및 내용

자료명		속성
자동차 관련	행정구역관련	도로구간코드, 도료분류코드, 행정구역코드, 조사년도
	도로일반	도로구간코드, 도료분류코드, 행정구역코드, 길이, 차선, 제한속도(km/h)
	상시조사 도로통행량	도로구간코드, 도료분류코드, 배출원분류코드(차종코드), 조사년도, 조사월, 통행량(대)
	상시변동계수	고속국도 상시 월별 요일별 변동계수, 일반국도 상시 월별 요일별 변동계수, 일반국도 상시 시간대별 변동계수
	전역조사 도로통행량	도로구간코드, 도료분류코드, 배출원분류코드(차종코드), 조사년도, 조사월, 통행량(대)
	특광역시 도로통행량	도로구간코드, 도료분류코드, 배출원분류코드, 조사년도, 조사월, 01시 평균 교통량, 02시 평균 교통량,…, 24시 평균 교통량(대)
	자동차 등록대수	행정구역(시군구)코드, 배출원분류코드(차종), 조사년도, 자동차등록대수(대)
	자동차등록대수 월별변동비율	행정구역(시도)코드, 배출원분류코드(차종), 조사년도, 조사월, 차종(중분류)별 자동차등록대수 비율
	연식별자동차 등록대수비율	행정구역(시도)코드, 배출원분류코드(차종), 차량연식, 조사년도, 종별 자동차등록대수 차량연식별 비율
	주행거리	행정구역(시도)코드, 배출원분류코드(차종), 조사년도, 차종별 1일 평균 주행거리(km/대, 일)
공간정보	교통량정보	분류코드, 구간코드, 도로분류, 노선명, 구간명, 차로수, 단위면적별 도로길이

자동차 차종별 연식별 배출계수의 경우 현재 모든 차종에 대하여 개발된 것이 아니기 때문에 일부 차종에 대해서는 다른 유사 차종의 배출계수를 적용하고 있다. 현재 국립환경과학원 교통환경연구소에서 제공하는 배출계수와 EU CORINAIR에서 제공하고 있는 배출계수를 이용

하여 차종에 따라 배출계수를 적용하고 있다. 특히 엔진미가열 배출 및 증발 배출에 대해서는 EU CORINAIR에서 제시하는 배출계수를 적용하고 있다.

〈표 5〉 엔진가열 부문 차종별 배출계수 적용방법

차종	세부차종	휘발유	경유	LPG	CNG
승용차	경형	교환원	교환연(RV 소형)	교환연	교환연(03)
	소형	교환연	교환연(RV 소형)	교환연	-
	중형	교환연 (중대형동일)	교환연(RV 소형)	교환연 (중대형 동일)	-
	대형				-
택시	소형	-	-	교환연 (소,중,대형 동일)	-
	중형				-
	대형				-
RV	소형 (승용차 중형)	교환연 (승용차 중대형)	교환연	교환연 (승용차 중 대형)	-
	중형 (승합차 소형)	교환연	교환연	교환연 (승용차 중 대형)	-
승합차	소형	교환연(RV 중형)	교환연	교환연 (승용차 중 대형)	-
	중형	교환연(RV 중형)	교환연	교환연 (승용차 중 대형)	-
	대형	교환연(RV 중형)	교환연(화물 대형)	교환연 (승용차 중 대형)	-
	특수	교환연(RV 중형)	교환연(화물 대형)	교환연 (승용차 중 대형)	-
버스	시내	-	교환연	-	교환연
	시외	-	교환연(화물 대형)	-	-
	전세	-	교환연(화물 대형)	-	-
	고속	-	교환연(화물 대형)	-	-
	기타	-	교환연(화물 대형)	-	-
화물차	소형	교환연(RV 중형)	교환연	교환연 (승용차 중 대형)	-
	중형	교환연(RV 중형)	교환연	교환연 (승용차 중 대형)	-
	대형	교환연(RV 중형)	교환연	-	-
	특수	교환연(RV 중형)	교환연(화물 대형)	-	-
특수차	구난차	교환연(RV 중형)	교환연(화물 대형)	교환연 (승용차 중 대형)	-
	견인차	교환연(RV 중형)	교환연(화물 대형)	교환연 (승용차 중 대형)	-
	기타	교환연(RV 중형)	교환연(화물 대형)	교환연 (승용차 중 대형)	-
이륜차	~50cc	교환연, EU	-	-	-
	50~100cc	교환연, EU	-	-	-
	100~260cc	교환연, EU	-	-	-
	260cc~	교환연, EU	-	-	-

② 비도로이동오염원의 산정 방법

비도로 이동오염원은 자동차 이외에 내연기관을 장착한 철도차량, 항공기, 농기계, 건설장비 등을 포함한다. 그러나 현실적인 제약으로 인하여 배출원 중 일부에 대해서는 정확한 배출량 산정에 어려움이 따른다. 현실적인 제약을 갖는 내용을 정리하면 다음과 같다.

- 군사용 장비
- 철도차량 중에서 도시총근형 디젤동차 및 일반형 디젤동차는 무궁화형 디젤동차에 포함하여 배출량 산정
- 건설장비 중에서 덤프트럭, 콘크리트 믹서 트럭은 도로 이동오염원에서 배출량이 산정되기 때문에 중복산정 방지를 위해 비도로 이동오염원에서는 제외

〈표 6〉 엔진가열 부문 차종별 배출계수 적용방법

자료명		속성
철도	철도구간정보	철도구간코드, 행정구역코드, 조사년도
	연료소비량	기관차종, 열차종, 연료소비량
	공간정보	구간코드, 노선명, 구간명, 단위면적별 철도길이
항만	항만일반정보	항만코드, 행정구역코드, 조사년도
	선박입출항현황	톤급, 외항국내선 척수, 외항국외선 척수, 연안선 척수
	공간정보	항만코드, 항구명, 항세도
공항	공항일반정보	공항코드, 행정구역코드, 조사년도
	비행기이착륙실적	기종별, 출발운항편수, 도착운항편수
	공간정보	공항코드, 공항명, 활주로
농기계	농기계등록현황	농기계종류, 등록대수
	농기계작업시간	농기계종류, 월별 작업시간
	농기계평균마력	농기계종류, 평균마력
건설장비	건설장비등록현황	건설장비종류, 등록대수
	건설장비작업시간	건설장비종류, 월별 작업시간
	건설장비평균마력	건설장비종류, 평균마력
	건축허가면적	용도별 건축허가면적

비도로 이동오염원의 배출계수는 다음 표에서 정리하였으며, 각 오염원 종류에 따라 CO, NOx, NH3, SOx, TSP, PM10, VOC 등의 배툴계수를 산정하여 제시하였다. SOx 배출계수에는 'S' 가 포함되어 있는데 이것은 황함량을 의미하며 실제 배출계수는 황함량을 곱한 값으로 사용한다.

〈표 7〉 비도로 이동오염원 배출계수

배출원	연료명	단위	CO	NOx	NH_3	SOx	TSP	PM_{10}	VOC
철도(기관차)	경유	kg/L	0.02636	0.06436	0.00011	0.00164	0.00416	0.00416	0.01066
철도 (동차-새마을형)	경유	kg/L	0.01507	0.03775	0.00011	0.00108	0.00268	0.00268	0.0062
철도 (동차-무궁화형)	경유	kg/L	0.00587	0.01569	0.00011	0.00043	0.00114	0.00114	0.00122
철도 (일반동차)	경유	kg/kL	0.00587	0.01569	0.00011	0.00043	0.00114	0.00114	0.00122
선박 (해상선박-외항선)	B-C유 (4.0%)	kg/kL	7.32	65.96	0.11	19.1S	3.96	2.4552	2.88
선박 (해상선박-연안선)	B-C유 (4.0%)	kg/hr	7.32	65.96	0.11	19.1S	3.96	2.4552	2.88
농기계 (경운기)	경유 (0.05%)	kg/hr	0.0068	0.0136	0.00004	0.00542S	0.00136	0.00136	0.00204
농기계 (콤바인)	경유 (0.05%)	kg/hr	0.00344	0.00636	0.00003	0.00538S	0.00077	0.00077	0.00075
농기계 (분무기류)	경유 (0.05%)	kg/hr	0.0068	0.0136	0.00004	0.00542S	0.00136	0.00136	0.00204
농기계 (양수기)	경유 (0.05%)	kg/hr	0.0068	0.0136	0.00004	0.00542S	0.00136	0.00136	0.00204
농기계 (탈곡기)	경유 (0.05%)	kg/hr	0.0068	0.0136	0.00004	0.00542S	0.00136	0.00136	0.00204
농기계 (파종기)	경유 (0.05%)	kg/hr	0.0068	0.0136	0.00004	0.00542S	0.00136	0.00136	0.00204
농기계 (트랙터)	경유 (0.05%)	kg/hr	0.00248	0.00784	0.00003	0.00538S	0.00039	0.00039	0.00048
농기계 (이양기)	경유 (0.05%)	kg/hr	0.0068	0.0136	0.00004	0.00542S	0.00136	0.00136	0.00204
건설장비 (불도저)	경유 (0.05%)	kg/kWh	0.00252	0.01024	0.00003	0.0052S	0.00035	0.00035	0.00094
건설장비 (로우더)	경유 (0.05%)	kg/kWh	0.00145	0.0084	0.00003	0.0052S	0.00018	0.00018	0.00085
건설장비 (지게차)	경유 (0.05%)	kg/kWh	0.003	0.00994	0.00003	0.0053S	0.00045	0.00045	0.00135
건설장비 (굴삭기)	경유 (0.05%)	kg/kWh	0.00252	0.01024	0.00003	0.0052S	0.00035	0.00035	0.00094
건설장비 (기중기)	경유 (0.05%)	kg/kWh	0.00507	0.00545	0.00003	0.00508S	0.0004	0.0004	0.00205

(2) 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구

도로・철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정・보완 연구에서는 사업의 편익 항목으로 환경비용(공해 및 소음) 절감편익을 고려한다. 교통시설사업을 시행함으로써 발생하는 대기오염비용은 다음의 3단계를 통해 산정한다. 첫째, 자동차 주행으로 인해 발생하는 오염물질별 배출계수를 산정한다. 둘째, 오염물질별 대기오염비용 원단위를 산출한다. 셋째, 사업 시행으로 인한 오염원별, 오염물질 배출량의 변화를 산정하고 이를 오염물질별 대기오염비용 원단위를 곱하여 화폐가치화 한다.

오염물질 배출계수는 도로 관련 환경비용을 계산하는 과정에서 필수적으로 요구되는 정보이다. 도로・철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정・보완 연구에서는 10km/h 단위로 오염물질 배출식 산정값을 제시하고 있다.

〈표 8〉 차종별·속도별 오염물질 배출계수

(단위: g/km)

차종	속도	CO	NO_X	HC	PM	CO_2
승용차	10	4.341	1.168	0.691	0.000	380.437
	20	1.915	0.670	0.237	0.000	257.480
	30	1.187	0.483	0.127	0.000	204.913
	40	0.845	0.384	0.082	0.000	174.262
	50	0.649	0.321	0.058	0.000	153.682
	60	0.524	0.277	0.044	0.000	138.685
	70	0.437	0.245	0.034	0.000	127.152
	80	0.373	0.220	0.028	0.000	117.940
	90	0.324	0.200	0.023	0.000	110.371
	100	0.287	0.184	0.020	0.000	104.012
소형버스	10	1.110	1.853	0.215	0.198	396.919
	20	0.770	1.240	0.126	0.142	272.234
	30	0.622	0.980	0.092	0.117	220.044
	40	0.534	0.898	0.073	0.101	192.412
	50	0.475	0.829	0.062	0.097	174.820
	60	0.432	0.820	0.053	0.104	167.268
	70	0.398	0.871	0.047	0.111	169.756
	80	0.371	0.982	0.043	0.118	182.284
	90	0.349	1.153	0.039	0.126	204.852
	100	0.330	1.384	0.036	0.133	237.460
중형버스	10	4.060	7.446	1.250	0.603	504.710
	20	2.641	4.894	0.798	0.350	388.390
	30	2.054	3.829	0.613	0.254	297.090
	40	1.718	3.217	0.509	0.203	230.810
	50	1.496	2.810	0.441	0.186	189.550

자료: 한국개발연구원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008년

〈표 계속〉

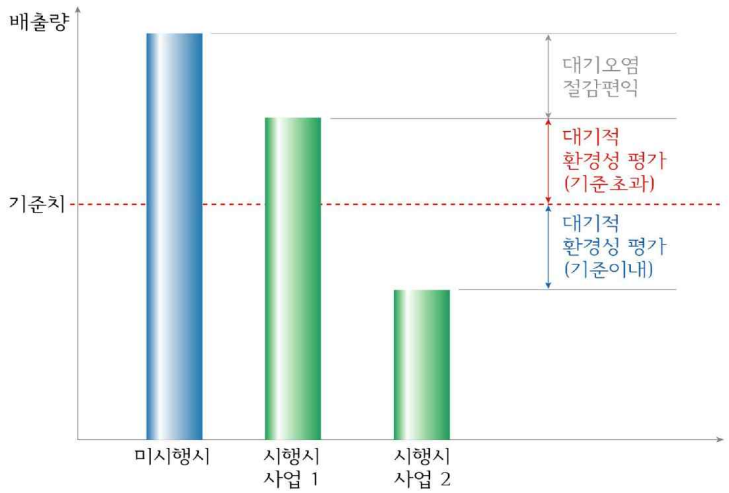
(단위: g/km)

차종	속도	CO	NO_X	HC	PM	CO_2
중형버스	60	1.336	2.571	0.391	0.174	173.310
	70	1.214	2.293	0.354	0.174	182.090
	80	1.118	2.114	0.325	0.186	215.890
	90	1.039	2.265	0.301	0.210	274.710
	100	0.973	2.927	0.281	0.246	358.550
대형버스	10	7.353	26.109	1.715	1.333	1058.187
	20	5.166	19.731	1.074	0.966	824.273
	30	4.202	16.749	0.817	0.801	712.210
	40	3.629	14.911	0.673	0.701	642.066
	50	3.239	13.625	0.579	0.632	592.453
소형트럭	10	1.370	2.539	0.223	0.208	432,384
	20	1.048	1.558	0.156	0.175	292,860
	30	0.896	1.171	0.126	0.159	233,174
	40	0.802	0.904	0.109	0.148	200,422
	50	0.736	0.771	0.097	0.140	185,550
	60	0.686	0.678	0.088	0.134	179,918
	70	0.646	0.625	0.082	0.129	183,526
	80	0.614	0.612	0.076	0.125	196,374
	90	0.586	0.639	0.072	0.121	218,462
	100	0.563	0.706	0.068	0.118	249,790
중형트럭	10	6.582	12.424	2.282	0.773	659.820
	20	4.140	8.478	1.455	0.516	541.320
	30	3.157	6.871	1.119	0.407	443.400
	40	2.604	5.968	0.928	0.344	366.060
	50	2.243	5.245	0.803	0.302	309.300
	60	1.986	4.702	0.714	0.256	273.120
	70	1.791	4.339	0.646	0.229	257.520
	80	1.638	4.156	0.592	0.214	262.500
	90	1.514	4.153	0.549	0.211	288.060
	100	1.411	4.330	0.512	0.220	334.200
대형트럭	10	8.028	34.484	2.301	2.269	3142.430
	20	4.803	26.530	1.554	1.696	2398.414
	30	3.556	22.757	1.236	1.431	2047.782
	40	2.874	20.410	1.050	1.268	1830.554
	50	2.436	18.758	0.925	1.154	1678.059
	60	2.128	17.508	0.835	1.069	1562.940
	70	1.898	16.516	0.765	1.002	1471.792
	80	1.719	15.703	0.709	0.948	1397.144
	90	1.575	15.018	0.663	0.902	1334.449
	100	1.457	14.431	0.625	0.863	1280.754

자료: 한국개발연구원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008년

(3) 교통시설투자평가지침

KDI 교통시설 투자평가지침의 대기적 환경성 분석이란 항목에 대기오염배출량 관련 추정방법이 수록되어 있다. 대기적 환경성 분석은 사업 시행후 운영단계에서 발생되는 수단별 대기오염물질의 발생량에 대하여 대기환경의 영향정도를 검토할 수 있으며, 일정 기준치를 설정하여 발생량의 초과여부를 판단함에 따라 대기적 환경파괴 정도를 제시할 수 있다고 설명하고 있다.



〈그림 1〉 KDI 대기적 환경성 분석의 개념

대기적 환경성의 판단의 기준치는 「육상교통수단의 환경성 비교분석 (2002, 한국환경정책·평가연구원」에서 제시하는 전국 수단별 평균 대기오염물질 배출량을 기준치로 설정하고 있으며, 기준치 대비 사업의 대기오염물질에 대한 환경성에 대한 객관적인 판단 기준을 제시한다.

각 수단별 대기오염물질 배출량은 현 지침에서 제시하고 있는 대기오염 감소편익 산정방식을 적용하거나, 간단히 변형하여 사용할 수 있다.

〈표 9〉 전국 수단별 평균 대기오염물질 배출량

(단위: kg.백만인(톤)·km)

구분		CO	HC	NOx	PM	합계
여객	도로	1.531/20	216.50	388.10	32.90	2,168.70
	철도	167.40	68.00	411.10	27.10	673,60
화물	도로	2,461.70	295.70	2,215.70	431.50	5,404.60
	철도	307.40	124.30	750.50	48.50	1,230.70

〈표 10〉 대기오염물질 배출량 산정방법

수송 수단	배출량 산정방법
도로	배출량(kg/백만인(톤)·km) = $\sum_{l}\sum_{k=1}^{3}\sum_{g=1}^{4}(EF_{kg}\times 365\times L_l \div (D_{lk}\times AO_k))\times 1000$ 여기서, EF_{kg} = 차종별(k) · 오염물질별 배출계수 (g/km)[1] L_l = 사업구간 길이(km) D_{lk} = 링크별(l) · 차종별(k)대 · km AO_k = 차종별(k) 평균 재차인원(여객, 인/대), 평균 상차량 (화물, 톤/대) k = 차종 (1=승용차, 2=버스, 3=화물차) g = 오염물질 (1=CO, 2=NOx, 3=HC, 4=PM)
철도	배출량(kg/백만인(톤)·km) = $\sum_{l}\sum_{k=1}^{2}\sum_{g=1}^{4}(TEF_{kg}\times FC_k\times 365\times L_l \div D_{lk})\times 1000$ 여기서, TEF_{kg} = 차종별(k) · 오염물질별 배출계수 (g/l)[2] FC_k = 차종별(k) km당 연료소비량 L_l = 사업구간 길이(km) D_{lk} = 링크별(l) · 차종별(k)대 · km k = 차종 (1=디젤기관차, 2=디젤동차) g = 오염물질 (1=CO, 2=NOx, 3=HC, 4=PM)

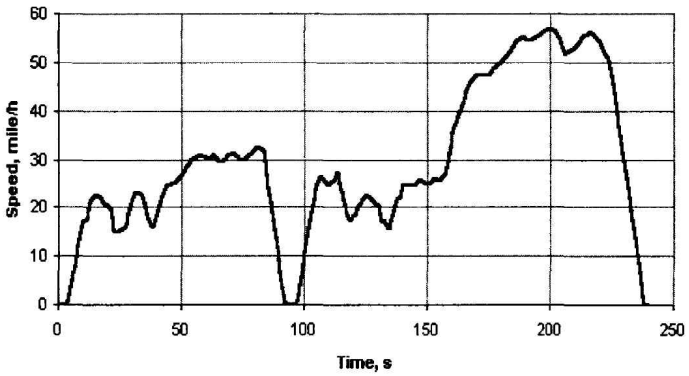
1) KDI는 열차 차종별 km당 연료소비량은 운행구간, 운행속도 및 엔진형식에 따라 크게 달라지지만, 「철도디젤차량에서 배출되는 오염물질의 배출량 산정방법 개발, 2004, 박덕신·김동술」에서 제시한 디젤기관차의 경부선 전구간 운행시 km당 연료소비량인 3.2l/km를 적용하는 것이 바람직하다고 판단하고 있다. 향후 운행구간, 운행속도 및 엔진형식에 따른 차종별 km당 연료소비량의 적정 값이 연구된다면 갱신한다고 명시하고 있다.

2) 도로와 철도의 오염물질별 배출계수는 현재 지침의 값을 적용 중이다.

(4) 미국 EPA

미국 연방환경청 EPA (U.S. Environmental Protection Agency)는 1970년대부터 MOBILE이란 측정 프로그램을 개발·개정해오고 있다. EPA는 이 프로그램을 통해 현재 오염물질 VOCs(휘발성유기화합물), CO(일산화탄소), NOx(질소산화물) 배출량을 규정하고 있다. 이 모형은 차종에 따른 배출계수를 사용하며 평균속도와 VMT(Vehicle Miles Traveled)를 곱하여 바출량을 산출한다.

이 모형은 특징적으로 IM240(Inspection/Maintenance)이라는 검사 및 정비를 위한 운전주기를 추가하여 운행차의 배출량을 규제하는 방법으로 사용하고 있다. 이 운전주기는 차대동력계에서 240초동안 1.96마을을 평균 29.4mi/h(47.3km/h)로 주행하도록 하여 운행차의 배출량을 검사한다.



〈그림 2〉 IM240 driving cycle

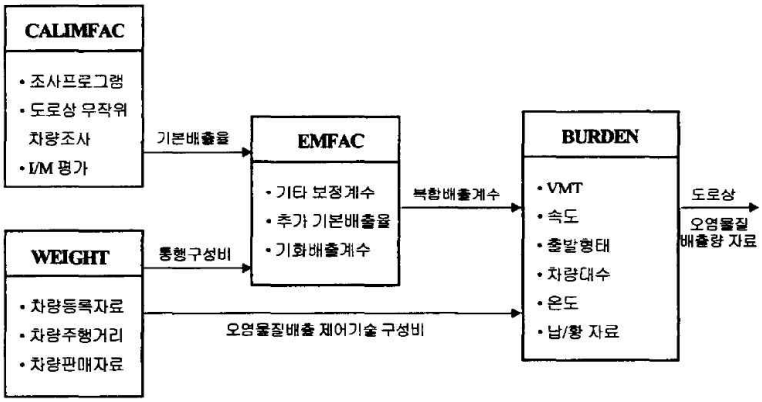
(5) 미국 California

캘리포니아주의 Clean Air Act가 자동차의 연료 등에 관한 제한을 강화함에 따라 이 기준을 적용하여 CARB에서 이동오염원의 배출량 산출모형을 개발한 것이다. MVEI(Motor-Vehicle Emissions Inventory)라고 하며 크게 4개의 모듈로 이루어져 있다.

- CALIMFAC: 휘발유를 사용하는 중소형 차량의 기본 배출률)emission rates)을 산출하는데 사용한다.
- WEIGHT: 이 모듈은 차량의 연식 및 종류별로 차량분포, 출발, VMT 등을 산출한다.
- EMFAC: 모든 차량 유형에 대한 배출률을 산출하며, 이 배출률은 차량 속도와 온도의 함수

로 계산한다.

- BURDEN: 특정 지역이나 전체 주에 대한 배출량 자료(tons/일)를 산출한다.



〈그림 3〉 MVEI 구성도

EPA의 MOBILE 모형은 배출률을 계산하도록 설계되어 있는데 이는 CARB의 EMFAC 모듈로 수행되는 함수를 사용하고 있어 두 모형의 기본 계산원리는 같으며 가장 큰 차이는 CARB 모형에는 배출량 자료 모듈인 BURDEN이 포함되어 있다는 것이다. 최근 두 모형은 점점 모형을 개선하여 그 실효성을 높이고 있다.

(6) 독일

독일의 경우, 몇 가지 목적에 사용하기 위해 이동오염원 모형을 개발했는데 크게 3가지 모듈로 이루어져 있다.

- Handbook of Emissions Factors: 다양한 운전조건과 차량유형에 대한 대기오염물질 배출계수를 산출하기 위한 상세한 모형으로 CITAIR과 TREMOD 모형에 배출계수를 제공한다.
- CITAIR: 극소규모의 제어수단의 다양성(variety)에 대한 오염물질 배출수준과 오염집중도를 예측하는데 사용하는 모형으로 배출계수와 조합하여 사용하는 확산모형이다.
- TREMOD: 좀 더 집계적인 모형으로 전체 교통부문의 대기오염물질 배출에 근거한 국가전체의 총 대기오염물질 배출량 자료를 산출한다.

2) 대기오염물질 피해비용 관련 연구

(1) 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구

도로・철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정・보완 연구에서는 「육상교통수단의 환경성 비교분석(한국환경정책・평가연구원, 2002)」, 「철도투자 평가편람(철도청, 2003)」에서 제시한 오염물질별 대기오염비용 원단위를 준용한다.

〈표 11〉 대기오염비용 원단위(2007년 기준)

(단위: 원/kg)

오염물질	CO	HC	NOX	PM	CO2
비용	7,877	9,155	9,477	30,941	42.4

자료: 한국개발연구원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008년

교통수요모형 적용을 위한 차종별・속도별 대기오염비용은 다음과 같다.

〈표 12〉 차종별·속도별 대기오염비용(2007년 기준)

(단위: 원/km)

차종	속도	CO	NO_X	HC	PM	CO_2	합계
승용차	10	34.19	10.69	6.55	0.00	16.14	67.57
	20	15.09	6.13	2.25	0.00	10.91	34.38
	30	9.35	4.43	1.21	0.00	8.69	23.68
	40	6.65	3.52	0.77	0.00	7.39	18.32
	50	5.11	2.94	0.55	0.00	6.52	15.11
	60	4.13	2.53	0.41	0.00	5.88	12.96
	70	3.44	2.24	0.32	0.00	5.39	11.39
	80	2.94	2.01	0.27	0.00	5.00	10.21
	90	2.56	1.83	0.22	0.00	4.68	9.29
	100	2.25	1.69	0.19	0.00	4.41	8.54
소형버스	10	8.75	16.96	2.04	6.13	16.83	50.71
	20	6.07	11.35	1.19	4.39	11.54	34.54
	30	4.90	8.97	0.87	3.60	9.33	27.68
	40	4.21	8.21	0.69	3.14	8.16	27.41
	50	3.74	7.59	0.58	2.99	7.41	22.31
	60	3.40	7.50	0.50	3.20	7.10	21.71
	70	3.14	7.97	0.45	3.43	7.20	22.17
	80	2.92	8.98	0.40	3.65	7.73	23.69
	90	2.75	10.56	0.37	3.88	8.68	26.24
	100	2.60	12.67	0.33	4.13	10.07	29.80

자료: 한국개발연구원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008년

〈표 계속〉

(단위: 원/km)

차종	속도	CO	NO_X	HC	PM	CO_2	합계
중형버스	10	31.98	68.17	11.84	18.65	21.40	152.04
	20	20.80	44.81	7.56	10.81	16.47	100.45
	30	16.18	35.05	5.81	7.86	12.60	77.51
	40	13.54	29.45	4.82	6.27	9.79	63.87
	50	11.78	25.72	4.17	5.75	8.04	55.47
	60	10.52	23.05	3.71	5.38	7.35	50.01
	70	9.56	20.99	3.36	5.38	7.72	47.02
	80	8.81	19.36	3.08	5.75	9.15	46.15
	90	8.18	20.74	2.86	6.50	11.65	49.92
	100	7.67	26.80	2.67	7.61	15.20	59.94
대형버스	10	57.92	239.01	16.25	41.23	44.87	399.28
	20	40.69	180.62	10.18	29.90	34.95	296.34
	30	33.10	153.33	7.75	24.78	30.20	249.15
	40	28.58	136.50	6.38	21.68	27.23	220.38
	50	25.51	124.74	5.49	19.55	25.12	200.41
소형트럭	10	10.79	23.25	2.11	6.43	18.34	60.91
	20	8.26	14.26	1.47	5.42	12.42	41.84
	30	7.06	10.71	1.19	4.91	9.89	33.77
	40	6.32	8.27	1.04	4.58	8.50	28.70
	50	5.79	7.05	0.92	4.34	7.87	25.97
	60	5.40	6.20	0.84	4.15	7.63	24.23
	70	5.09	5.71	0.77	4.00	7.78	23.35
	80	4.83	5.60	0.73	3.86	8.33	23.35
	90	4.62	5.85	0.68	3.76	9.26	24.17
	100	4.43	6.46	0.65	3.66	10.59	25.79
중형트럭	10	51.85	113.73	21.63	23.92	27.98	239.10
	20	32.61	77.61	13.79	15.96	22.96	162.92
	30	24.86	62.90	10.60	12.60	18.80	129.77
	40	20.51	54.64	8.79	10.66	15.52	110.13
	50	17.67	48.01	7.61	9.35	13.11	95.75
	60	15.65	43.04	6.76	7.93	11.58	84.97
	70	14.11	39.72	6.12	7.10	10.93	77.96
	80	12.90	38.04	5.61	6.63	11.14	74.33
	90	11.93	38.02	5.20	6.54	12.22	73.91
	100	11.12	39.64	4.85	6.82	14.17	76.60
대형트럭	10	63.23	315.68	21.81	70.21	133.26	604.19
	20	37.83	242.86	14.73	52.49	101.71	449.63
	30	28.01	208.33	11.71	44.26	86.85	379.16
	40	22.63	186.85	9.59	39.23	77.63	335.93
	50	19.18	171.72	8.77	35.72	71.17	306.57
	60	16.76	160.28	7.91	33.09	66.28	284.32
	70	14.95	151.20	7.25	31.01	62.42	266.84
	80	13.54	143.75	6.72	29.32	59.25	252.57
	90	12.41	137.49	6.28	27.91	56.59	240.69
	100	11.47	132.11	5.93	26.69	54.32	230.52

자료: 한국개발연구원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008년

(2) 교통시설투자평가지침

국토교통부 교통시설투자평가지침에서는 선행연구에서 제시한 오염물질별 대기오염의 사회적 한계비용의 결과를 소비자 물가지수를 이용하여 2011년 가격으로 보정하여 적용한다. PM의 경우 인구규모에 따라 배출원단위를 상이하게 적용하고 있다. 온실가스의 경우 이산화탄소의 전체 사회적 비용을 산정하는 것이 바람직하나, 화폐화에 한계가 있고 적절한 사례가 미흡한 실정으로 해외의 이산화탄소 잠재가격 평균치, 이산화탄소 포집·제거비용 및 흡수원 비용 등을 종합적으로 고려하여 톤당 172,800원을 적용하다.

〈표 13〉 대기오염비용 및 온실가스 원단위(2011년 기준)

(단위: 원/kg)

구분	CO	HC(VOC)	NO_X	PM		CO_2
				도시부	비도시부	
원단위	11,164	12,974	13,434	902,031	83,292	172.8

자료: 한국개발연구원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008년

교통수요모형 적용을 위한 차종별·속도별 대기오염비용은 다음과 같다.

〈표 14〉 차종별·속도별 대기오염 및 온실가스비용(2011년 기준)

(단위: 원/km)

차종	속도	CO	NO_X	HC	PM		CO_2	합계	
					도시	비도시		도시	비도시
승용차	10	35.50	8.48	8.16	22.55	2.08	60.04	134.72	114.25
	20	22.47	5.23	5.68	17.14	1.58	40.10	90.62	75.06
	30	18.45	3.95	5.03	15.33	1.42	31.67	74.44	60.52
	40	16.52	3.25	4.75	13.53	1.25	26.78	64.84	52.56
	50	15.51	2.81	4.59	12.63	1.17	23.52	59.06	47.59
	60	15.08	2.49	4.50	11.73	1.08	21.15	54.95	44.30
	70	14.75	2.36	4.44	11.73	1.08	20.47	53.74	43.10
	80	14.50	2.39	4.39	10.82	1.00	20.90	53.00	43.18
	90	14.31	2.44	2.44	10.82	1.00	22.11	54.05	44.22
	100	14.14	2.51	2.51	9.92	0.92	24.09	55.01	46.00
소형버스	10	16.31	17.95	3.37	142.52	13.16	91.43	271.59	142.23
	20	11.09	11.77	2.02	103.73	9.58	60.48	189.09	94.93
	30	8.94	9.20	1.52	86.59	8.00	47.49	153.74	74.15
	40	7.69	7.72	1.25	76.67	7.08	40.00	133.34	63.74
	50	6.87	6.74	1.06	69.46	6.41	35.02	119.15	56.10
	60	6.25	6.05	0.93	64.04	5.91	31.41	108.68	50.55
	70	5.78	6.37	0.84	60.44	5.58	30.71	104.14	49.28
	80	5.41	6.82	0.77	56.83	5.25	31.41	101.25	49.67
	90	5.10	7.44	0.71	54.12	5.00	33.46	100.84	51.72
	100	4.84	8.22	0.66	52.32	4.83	36.86	102.90	55.42

〈표 계속〉

(단위: 원/km)

차종	속도	CO	NO_X	HC	PM		CO_2	합계	
					도시	비도시		도시	비도시
중형버스	10	16.13	70.14	8.73	134.40	12.41	191.95	421.36	299.36
	20	10.63	49.10	5.57	110.95	10.24	135.17	311.41	210.71
	30	8.32	39.86	4.28	98.32	9.08	109.14	259.92	170.68
	40	7.00	34.36	3.55	90.20	8.33	95.22	230.34	148.46
	50	6.12	30.64	3.07	84.79	7.83	87.58	212.20	135.24
	60	5.48	27.90	2.74	81.18	7.50	83.96	201.27	127.58
	70	4.99	25.77	2.48	77.57	7.16	83.49	194.30	123.88
	80	4.61	24.06	2.27	73.97	6.83	86.05	190.96	123.82
	90	4.30	29.06	2.10	72.16	6.66	92.25	199.87	134.37
	100	4.03	41.20	1.96	69.46	6.41	103.78	220.43	157.39
대형버스	10	74.46	146.92	37.38	244.45	22.57	348.05	851.27	629.39
	20	48.94	112.57	26.67	185.82	17.16	255.46	629.47	460.81
	30	38.57	95.63	21.26	157.86	14.58	207.79	521.11	377.84
	40	32.58	84.67	17.62	141.62	13.08	179.62	456.11	327.56
	50	28.61	76.71	14.89	128.99	11.91	161.85	411.05	293.97
	60	25.74	70.50	12.75	119.97	11.08	150.45	379.41	270.52
	70	23.57	65.49	11.03	113.66	10.49	143.44	157.18	254.01
	80	21.84	61.32	9.61	107.34	9.91	139.80	339.91	242.48
	90	20.42	57.79	8.43	102.83	9.50	139.05	328.53	235.19
	100	19.23	54.74	7.46	98.32	9.08	141.12	320.87	231.63
소형트럭	10	11.25	19.42	2.14	127.19	11.74	86.62	246.62	131.18
	20	7.38	12.40	1.45	87.50	8.08	65.02	173.75	94.33
	30	5.77	9.52	1.15	70.36	6.50	54.98	141.79	77.93
	40	4.84	7.91	0.97	60.44	5.58	48.81	122.98	68.13
	50	4.23	6.84	0.86	54.12	5.00	44.51	110.56	61.43
	60	3.78	6.09	0.78	48.71	4.50	41.28	100.63	56.42
	70	3.45	6.66	0.71	45.10	4.16	42.39	98.32	57.38
	80	3.17	7.55	0.66	41.49	3.83	45.56	98.44	60.78
	90	2.96	8.22	0.61	38.79	3.58	51.81	102.39	67.18
	100	2.77	8.68	0.58	36.98	3.41	61.14	110.15	76.58
중형트럭	10	62.14	102.61	30.54	429.37	39.65	189.37	814.02	423.30
	20	39.79	68.46	18.94	306.69	28.32	128.24	562.11	283.74
	30	30.66	54.03	14.32	252.57	23.32	102.55	454.13	224.88
	40	25.48	45.67	11.74	220.10	20.32	89.76	392.75	192.97
	50	22.07	40.10	10.07	197.54	18.24	83.57	353.35	174.05
	60	19.64	36.04	8.87	180.41	16.66	81.78	326.74	162.99
	70	17.78	32.94	7.98	167.78	15.49	83.86	310.33	158.05
	80	16.32	30.48	7.28	156.95	14.49	90.43	301.46	159.00
	90	15.13	28.45	6.72	148.84	13.74	103.86	302.99	167.90
	100	14.13	26.75	6.24	141.62	13.08	130.99	319.73	191.19

〈표 계속〉

(단위: 원/km)

차종	속도	CO	NO_X	HC	PM		CO_2	합계	
					도시	비도시		도시	비도시
대형트럭	10	84.09	252.03	33.67	731.55	67.55	337.92	1439.25	775.26
	20	59.54	193.60	21.60	535.81	49.48	255.73	1066.28	579.94
	30	48.64	165.92	16.66	446.51	41.23	213.36	891.09	485.81
	40	42.14	148.72	13.86	392.38	36.23	189.09	786.19	430.04
	50	37.71	136.61	12.01	354.50	32.73	174.96	715.79	394.02
	60	34.43	127.46	10.69	326.54	30.15	167.56	666.67	370.29
	70	31.88	120.19	9.68	304.89	28.15	165.41	632.05	355.31
	80	29.83	114.24	8.89	286.85	26.49	168.10	607.91	347.55
	90	28.13	109.23	8.24	272.41	25.15	176.15	594.16	346.90
	100	26.69	104.94	7.71	259.78	23.99	191.18	590.31	354.51

(3) 환경부

환경부에서는 EC(Ricardo-AEA, 2014)의 오염물질별 단위당 피해비용 결과를 활용하여 국내 오염물질별 단위당 피해비용(2015년 기준)을 추정한다. 국내 여건으로는 자동차수, 인구수, GDP를 고려하였으며, 해당 요인을 독립변수로 설정한 회귀식(선형함수, 로그함수, 지수함수)을 추정한 후, 통계적 유의수준이 가장 높은 회귀식을 선택하여 국내 오염물질별 피해비용을 추정한다.

〈표 15〉 오염물질별 단위당 피해비용 추정 결과

(단위: 원/kg)

구분	PM2.5			NOX	VOCS (NMVOC)	SO2	CO
	Rural	Suburban	urban				
	117,009	174,967	451,284	451,971	2,825	37,459	27,719

(4) 유엔환경계획(UNEP: United Nations Environment Program)(Markandya, 1998)

UNEP은 ExternE, 미국 등에서 추정한 대기오염물질 피해비용을 토대로 ExternE에서 고려하지 않은 국가를 대상으로 각국의 구매력지수(PPP: Purchasing Power Parity)를 반영한 대기오염물질 피해비용을 추정한다. 대상 오염물질은 NO_X, SO_2, 먼지로 한정하였으며, 지구온난화에 따른 피해비용은 고려하지 않는다.

(5) EC(ExternE, 1999)

EC는 ExternE project를 통하여 에너지소비가 초래하는 대기오염물질의 사회적 한계비용을 국가별로 추정하였으며, 사회적 비용에는 인체피해 비용, 농산물 감소 비용, 구조물 부식 비용 등을 포괄적으로 고려한다. 대기오염에 따른 피해비용만을 산정하기 위하여 사회적 비용에서 지구온난화에 따른 피해비용은 고려하지 않았으며, 대상 오염물질은 NO_X, SO_2, 먼지를 고려한다.

〈표 16〉 대기오염물질 단위당 피해비용

(단위: ECU/톤)

Country	SO_2	NO_X	Particulates
Austria	9,000*	9,000-16,800*	16,800*
Belgium	11,388-12,141	11,536-12,296	24,536-24,537
Denamrk	2,990-4,216	3,280-4,728	3,390-6,666
Finland	1,027-1,486	852-1,388	1,340-2,611
France	7,500-15,300	10,800-18,000	6,100-57,000
Germany	1,800-13,688	10,945-15,100	19,500-23,415
Greece	1,978-7,832	1,240-7,798	2,014-8,278
Ireland	2,800-5,300	2,750-3,000	2,800-5,415
Italy	5,700-12,000	4,600-13,567	5,700-20,700
The Netherlands	6,205-7,581	5,480-6,085	15,006-16,830
Norway	Na	Na	Na
Portugal	4,960-5,424	5,975-6,562	5,565-6,955
Spain	4,219-9,583	4,651-12,056	4,418-20,250
Sweden	2,357-2,810	1,957-2,340	2,732-3,840
United Kingdom	6,027-10,025	5,736-9,612	8,000-22,917

Na: Not available, *Figures shown are adjusted for comparative reasons, for the original figures reference is made to the national report.

(6) EC(Holland&Watkiss, 2002)

ExternE의 방법론을 활용하여 EU 15개 회원국에 대한 대기오염물질 피해비용을 산정하였으며, 대상 오염물질로는 NO_X, SO_2, $PM_{2.5}$, VOC_S를 고려하였다. 건강영향으로는 SO_2, $PM_{2.5}$ 노출에 따른 조기사망률, 질병유발률 등에 대한 급성 및 만성영향을 고려하였으며, 이 외에도 건물 및 가타 구조물에 대한 산성비 영향, 농작물에 대한 O_3 영향 등을 고려하였다.

대기오염물질 피해비용은 지역 유형에 따라 rural(지방), urban(도시), shipping (해안)으로 구

분하여 제시하며, 도시지역은 인구수를 기준으로 지방지역 SO_2와 $PM_{2.5}$의 피해비용에 가중치(인구 100만 도시는 7,5배수, 수백만 도시는 15배수 등)를 부여하였다.

2. 관련 법·제도 검토

2009년 11월에 우리나라는 국가 온실가스 감축목표를 설정하고 대외적으로 공표하였다. 이에 따라 정부는 국가 온실가스 감축목표를 산업, 건물・교통, 농・축산 등 부문 및 부문내 세부 업종별로 구체화한 감축목표(안)을 마련하였으며 2011년 6월, 환경부는 국내 온실가스 배출량 중 16.2%를 차지하는 수송부문의 온실가스 감축을 위해 2012년부터 자동차 온실가스 배출규제를 실시한다고 고시하였다.

이와 함께 교통부문에서는 지속가능 교통물류 발전법이 2009년 12월부터 시행되었으며 저탄소 녹색성장 기본법이 2010년 4월부터 실시되었다. 대기환경보전법에서도 교통부문을 담고 있으며 4장 자동차・선박 등의 배출가스 규제 제50조(제작차배출허용기준 검사), 제58조(저공해자동차의 운행 등)에서 배출가스 차량의 제작과 검사, 운행제한 등을 기술하고 있다.

〈표 17〉 저탄소 녹색교통 관련 법령

구 분	목 적
저탄소 녹색성장 기본법	경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 저탄소 녹색성장에 필요한 기반을 조성하고 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장동력으로 활용함으로써 국민경제 발전을 도모하며, 저탄소 사회를 구현하여 국민의 삶의 질을 높이고 국제사회에서 책임을 다하는 성숙한 선진 일류국가로 도약하는 데 이바지함
지속가능 교통물류 발전법	기후 변화, 에너지 위기 및 환경보호 요구 등 교통물류 여건 변화에 대응하는 지속가능 교통물류정책의 기본방향과 그 수립 및 추진 등에 관한 사항을 규정함으로써 현재 세대와 미래 세대를 위한 교통물류의 지속가능 발전기반을 조성하고 국민경제의 발전과 국민의 복리향상에 이바지함
대기환경보전법	대기오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 대기환경을 적정하고 지속가능하게 관리·보전함으로써 모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 수 있게 함을 목적으로 함

자료 :법제처, 각 법령

3. 사례 검토

1) 친환경버스도입 정책 및 계획

(1) 미국, 캘리포니아주 무배출 버스 프로그램(Zero Emission Bus Program)

캘리포니아주는 무배출 버스(Zero Emission Bus Program)에 포함된 버스(예: 수소연료전지 버스, 하이브리브 버스)는 스모그를 형성하는 오염물질을 배출하지 않기 때문에 기존 디젤버스에 의해 배출되는 온실가스 배출량의 46% 감축하는 효과를 기대하고 있다. 이를 위하여 캘리포니아주는 전체 대중교통수단의 15% 수준을 무배출 버스가 담당하도록 하는 무배출 버스(Zero Emission Bus) 규제를 2000년부터 적용하고 있으며, 특히 대도시인 L.A.시도 이 규제에 적극 동참하고 있다.

(2) 유럽연합, 수소버스 도입 지원 프로그램[3)]

유럽연합은 회원국 지방정부 및 관련 기업 등과 협력하여 대규모(2023년까지 신규 300대 이상)의 수소버스 도입을 지원하는 JIVE(Joint Initiative for hydrogen Vehicles across Europe) 프로그램을 추진중에 있다. 수소버스는 수소 소비가 상대적으로 많기 때문에 규모의 경제 실현, 충전소 조기 도입, 온실가스 감축 등 효용성이 높을 것으로 유럽연합은 예상하고 있다. 유럽연합은 FCH-JU(Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) 공동사업 자금을 활용하여 JIVE와 JIVE2 프로그램의 자금을 지원할 계획이다. 유럽연합에서는 이미 2010년부터 2016년까지 CHIC(Clean Hydrogen In Europe Cities) 프로그램을 통하여 총 54대의 수소버스를 실증하였으며 2015년에는 수소버스를 위한 충전소 관련 기술 연구를 지원하기도 하였다.

JIVE 프로그램은 2017년 1월부터 시작되었으며 앞으로 6년간 32백만 유로의 지원금을 활용하여 버스 사업자 및 각국 정부와 협력하여 수소버스 139대 보급 등의 상업화를 촉진시킬 예정이다. 프로그램의 목표는 수소버스 가격의 30% 인하와 보급목표의 50%를 최소 36개월간 운행하는 것이며 이 외에도 유럽 최대 규모의 수소충전소를 구축하고 수소버스와 충전소의 기술 타당성을 실증하는 데에 있다. 프로그램의 실행과 확대를 위해 EU 회원국의 지방정부와 대중교통 사업자, 관련 제조 기업 등 7개국 22개 파트너(지방정부, 기업 등)이 모여 컨소시엄을 구성하였다.

---

3) 한국에너지공단

JIVE2 프로그램은 2018년 1월부터 시작되었고 6년간 25백만 유로의 지원금을 활용하여 프랑스, 독일, 아이슬란드, 노르웨이, 스웨덴, 네덜란드, 영국 등 14개 도시에 152대의 신규 수소버스를 도입하려는 프로그램이다. 프로그램의 목표는 표준 수소버스 최대가격을 대당 625천 유로선으로 낮추는 것이며 3년간 수소버스의 총 운행거리를 15만km까지 확대하는 데에 있다. 이를 통하여 수소버스의 대규모 운행 가능성을 확인하여 신기술을 촉진할 계획이다. 총 9개국의 23개 파트너로 컨소시움을 구성하여 프로그램을 추진중에 있다.

유럽연합은 두 JIVE 프로그램의 운영을 통해 2023년 까지 유럽 내에 300대 이상의 신규 수소버스 도입을 기대하고 있다. 2018년 7월 기준으로 두 JIVE 프로그램으로 이미 독일 40대, 영국 22대의 수소버스가 도입되었으며, 다른 참여국・도시도 조만간 수소버스를 도입할 계획을 속속 발표하고 있다. 최종적으로 유럽연합은 보조금이 없는 수소버스 도입과 정부・지자체의 무탄소 대중교통 시스템 구축을 위한 제도 도입을 구상중에 있다.

2) 친환경버스 도입 사례

(1) 뉴욕, 친환경버스 도입[4)]

2010년대에 들어서면서 환경에 대한 관심이 높아지고 버스에서 배출되는 대기오염 물질에 의한 건강영향 인식으로 경유 시내버스를 CNG 버스 차량으로 교체 요구가 늘어나기 시작했다. 뉴욕시 정부는 이에 대응하여 대중 교통수단의 구입·운행을 담당하고 있는 뉴욕시 MTA로 하여금 CNG 버스의 구입·운행을 이행하도록 제안하였다. 이에 따라 MTA는 200~250대의 CNG 버스를 구입하였고, MTA DEPOT에서 유지·관리를 맡아 운영하기로 결정하였다.

그러나 기존의 Diesel 버스와 비교하여 구입 가격이 비싸 재정적 어려움을 겪게 된 뉴욕시 MTA는 CNG 버스 구입·운행의 한계에 직면하게 되었다. 특히 CNG 버스 운행을 MTA에서 담당하기에는 막대한 비용이 소요되고 있어, 노후화된 Diesel Bus를 새롭게 수리하거나 DPF, EGR 등을 부착하는 개조사업에 정책의 우선순위를 두고 있는 형국이다.

1996년 이후 뉴욕시 버스 운행 과정에서 배출되는 대기오염 물질의 저감 효과는 버스의 연료 유형별 다변화 정책을 바탕으로 운행규모 25% 증대 및 운행거리 21% 증가에도 불구하고 PM 97%, NOx 47% 감소하는 결과를 보이고 있다.

---

4) 출처: 서울연구원, '저탄소·친환경 시내버스 전환 정책을 위한 저탄소·친환경 버스 도입 정책 사례조사', 해외출장노트

뉴욕시는 재정문제와 환경문제 해결의 조화를 위하여 맨하탄, 브룩클린 등 교통량이 밀집한 혼잡지역을 대상으로 Hybrid Bus의 운행을 점차 확대하고, 새롭게 개발된 표준형 Diesel Bus는 혼잡지역 보다는 교통량이 적은 지역을 대상으로 구입·운행하여 친환경버스의 비중을 점진적으로 확보해 나갈 계획이다. 다만 저탄소·친환경 차세대 차종인 CNG Hybrid Bus는 구입 및 유지·관리비용, 구조의 복잡성, 중량 등을 고려하여 적용대상에서 아직까지는 보류하고 있다. 현재 뉴욕시는 Diesel Bus, Hybrid Bus 및 CNG bus의 현행 조합된 운행으로 측정 가능한 범위에서 대기환경 수준이 최저 수준을 보이고 있는 것으로 판단하고 있으며 차세대 차종인 Hybrid 시내버스에 대한 추가 운행 검토는 하지 않고 있는 상황이다.

(2) 로스앤젤리스, 친환경버스 도입[5)]

LA시는 매년 구입·운행하는 도시버스 가운데 최소한 85%는 대체연료 선택(Alternative Fuel Path) 경로를 따르도록 하고 있으며, 대체연료에는 CNG, LPG, ethanol, methanol, 휘발유 및 전기 하이브리드, hydrogen, fuel cells, 또는 디젤 연료의 대체 선진기술 적용 등을 포함하고 있다. 2013년 LA시는 대체연료 기술을 적용하여 경유버스 전부를 CNG 시내버스로 대체 완료하였다. 2015년 기준으로 LA시는 2,221대 CNG 버스, 6대의 하이브리드 버스, Coach 전기버스 1대를 운행 중에 있다. 기존에 사용하던 경유버스의 CNG 버스 전환에 따라 먼지 배출량 80% 감축, CO2 배출량 일일 136톤의 감축 효과를 거둔 것으로 나타나고 있다. 다만 CNG Hybrid Drive System은 가격 문제로 인하여 도입하지 않고 있는데 현재 구입 가격이 $100만불 수준인 CNG Hybrid Drive System의 가격이 적정수준에 이른다는 가정하여 도입 시기를 두고 향후 검토 중에 있다.

(3) 테네시주 채터누가시, 전기버스[6)]

1991년 채터누가 지역교통국(Chattanooga Area Regional Transportaytion Authority, CARTA)은 도시의 심각한 대기오염을 줄이기 위해 전기버스 도입을 시도하였다.

처음에는 참여 회사가 없어서 어려움을 겪었지만 결국 연방교통국(Federal Transit

5) 출처: 서울연구원, '저탄소·친환경 시내버스 전환 정책을 위한 저탄소·친환경 버스 도입 정책 사례조사', 해외출장노트

6) 출처: 서울연구원(2011), 서울시 친환경버스 도입방안 연구

Administration)과 테네시강 유역개발공사(Tennessee Valley Authority), 테네시주 교통국(Tennessee Department of Transportation)이 각각 $15.7 million, $2 million, $2 million을 재정적으로 뒷받침하여 전기버스를 도입하게 되었다. 1992년 CARTA는 Advanced Vehicle Systems(AVS)란 회사와 파트너쉽을 맺어 12대의 전기버스를 도입하였고 운행을 시작하였다.

〈표 18〉 테네시주 채터누가시 전기버스 제원

	구분	특성
차량	22ft	$ 160,000
	31ft	$ 180,000
비용	연료비	$ 0.04~0.05/mile (디젤 $0.16/mile)
	유지비	$ 0.045~0.075/mile (디젤 $0.185/mile)
	연료소모량	1.2~1.8kWh/mile (디젤 4mpg)
운행	최고속도	40mph
	1회 충전 주행거리	45~60miles

(4) 코네티컷주 뉴헤이븐시, 전기트롤리[7)]

2002년 연방교통국(Federal Transit Administration) 지원으로 전기트롤리 프로젝트가 개발되었고 2011년부터 Greater New Haven Transit District, New Haven 시정부, New Alliance Bank, United Illumonating Co.가 공동으로 전기트롤리 4대를 도입하여 운영을 시작하였다. 전기트롤리 고속충전기 및 인프라 구축비용으로 총 1,066,900달러를 소요하였다.

〈그림 4〉 코네티컷 뉴헤이븐시 전기트롤리

7) 출처: 서울연구원(2011), 서울시 친환경버스 도입방안 연구

(5) 영국 런던, 친환경버스 도입

영국 런던市는 2011년 11월부터 런던의 도로환경에 맞는 새로운 맞춤형 버스를 시험 운행하고 있다. 이 버스는 50년 만에 처음으로 런던의 도로지형과 가로구조에 적합하도록 북아일랜드 밸리미나에 위치한 라이트버스(Wrightbus) 공장에서 특별히 제작되었다. 또한 2012년 초에는 같은 회사에서 특별 제작된 7개 디자인의 친환경버스가 추가로 도입되었다.

이 버스는 첨단 하이브리드기술을 적용한 현재로서는 최상의 친환경버스로 여겨진다. 도입 당시 시험운행 결과에 따르면 ㎞당 640그램의 이산화탄소, 3.96그램의 질소산화물(NOx)을 배출해 디젤자동차보다 오염물질을 크게 줄이는 것으로 나타났다. 이와 비교하여 기존 디젤자동차는 ㎞당 1295그램의 이산화탄소와 9.3그램의 질소산화물을 배출하였다.

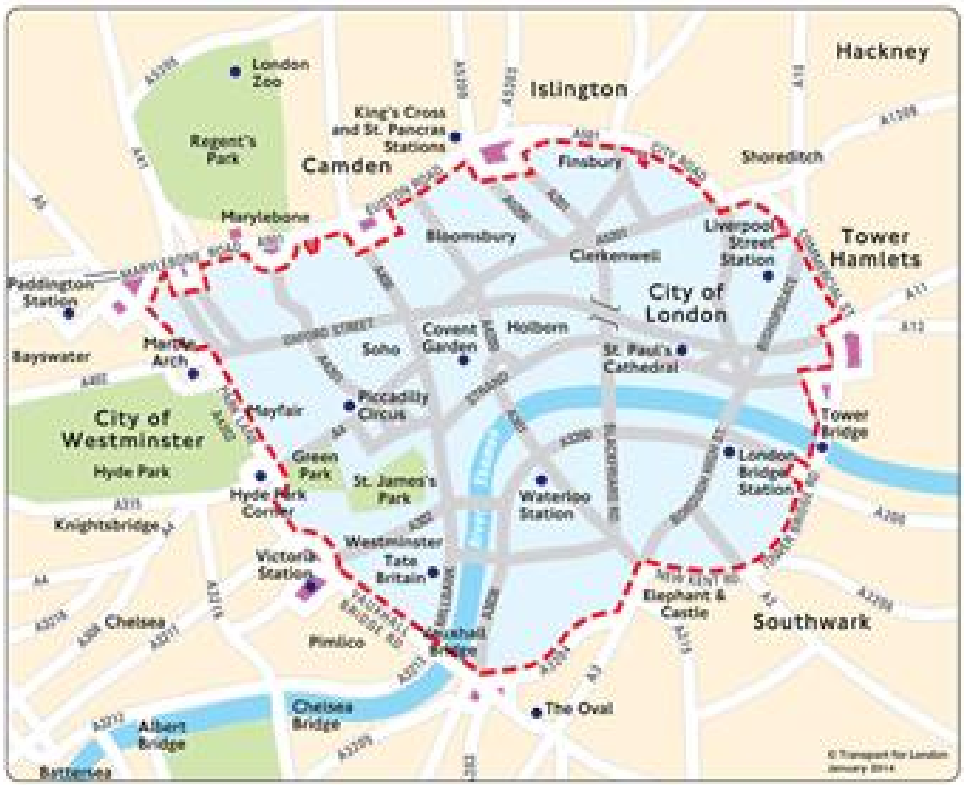
런던市는 런던의 상징인 기존의 2층 버스도 혁신적으로 개선하였다. 사업 주관업체를 '라이트버스'로 선정하여 2층 버스의 친환경 개선사업을 지속하고 있다. 신형버스는 디젤연료 소비량이 기존 버스보다 40% 개선된 효과를 보여주고 있다. 새로운 2층 버스에는 3개의 출입문과 2개의 내부계단을 설치하였으며, 버스의 뒷부분 일부는 과거 영국 전통버스의 한 형태였던 루트마스터처럼 개방하여 전통적인 디자인도 살리고 있다. 최신 하이브리드차량 제작기술을 활용해 기존 하이브리드 차량보다 연비를 15% 개선하고 이산화질소와 미세먼지 배출량도 각각 40%, 33% 정도 줄여 깨끗한 공기를 만드는 데 기여하고 있으며 추가적인 도입도 고려중에 있다.

또한 영국 런던市는 대기환경을 개선하기 위해 2017년부터 '저공해버스 전용 지역(Low Emi-ssion Bus Zones)'을 설정하여 하이브리드 또는 유로6 배기가스 기준을 충족시키는 버스만을 운행하겠다고 2016년 8월 발표하였다. 최근 발표된 조사에 의하면 매년 1만 명에 달하는 런던시민이 대기오염과 관련된 질병으로 사망하는 것으로 나타났으며, 이를 해결하기 위해 사디크 칸 런던시장이 '저공해버스 전용 지역' 계획을 선거공약 중 하나로 제시하였다.

런던시는 대기오염이 심각한 지역에 저공해버스를 집중적으로 투입할 예정이다. 2017년 2월 첫 번째 저공해버스 전용 노선을 퍼트니 하이 스트리트(Putney High Street)에서 운행하고, 10월에는 브릭스턴(Brixton)과 스트리섬(Strea-tham) 노선에서 운행을 시작하였다. 런던시는 해당 노선의 버스에서 배출되는 질소산화물(NOx)의 양이 84% 감소할 것으로 예상하고 있다.

런던시는 도입된 저공해버스 전용지역을 점차 확대하여 런던 도심부의 초저공해 지역(Ultra Low Emission Zone)을 운행 중인 3,100대의 버스를 2019년까지 저공해버스로 대체할 예정이

다. 최종적으로 초저공해지역 버스 개선 프로그램을 도심부 외곽을 운행하는 3천 대의 버스로 확대 적용할 예정이며, 2018년 이후에는 하이브리드 또는 무공해 버스만을 구매할 계획을 세웠다.



〈그림 5〉 런던 도심부 초저공해 지역 경계

(6) 프랑스 파리, 수소연료차량 보편화 프로젝트

프랑스 파리市는 배기가스를 배출하지 않는 친환경 자동차인 수소연료전지차(FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle)를 공공이 나서서 보급하는 '유럽 이산화탄소 배출차량 제로 프로젝트'(ZEFER: Zero Emission Fleet Vehicles for European Roll-out)에 가입해 수소연료전지차 택시와 버스를 2020년까지 600대 이상 보급하고 수소충전소를 시내 중심부에 설치하는 등 수소연료전지차 보편화를 위해 노력 중에 있다. 배경이 되는 ZEFER 프로젝트는 파리, 런던, 브

뤼셀의 3개국 수도가 연합해 수소연료전지차 보편화를 추진하는 프로젝트로써 참여 도시에서 대규모로 수소연료전지차 보편화 실험을 진행하는데 목적이 있다. 총 2,600만 유로(340억 원)를 들여 택시나 버스・경찰차량 등 해당 도시정부가 개입할 수 있는 영역에 180대의 수소연료전지차를 도입할 계획에 있다.

수소연료전지차는 물을 제외하면 온실가스를 비롯한 어떤 물질도 배출하지 않는 100% 친환경차를 뜻한다. 수소가스를 활용해 차량 내부에서 직접 생산한 전기로 작동하는 방식으로 운행된다. 파리시는 수소충전소 등 관련 인프라를 민간에서 구축하기 어려우므로, 공공이 먼저 FCEV 차량을 사용하며 관련 인프라를 구축해 민간 보급을 이끌어낸다는 전략을 갖고 있다.이와 동시에 FCEV 관련 기업들이 180대의 FCEV 차량을 비롯해 재정지원도 제공할 예정이다.

파리시는 파리기후협약 기간에 첫 수소충전소를 파리시 정중앙에 설치하고, 이후 인근 지역인 베르사유시와 오를리 공항에 각각 2개의 수소충전소를 추가하였다. 파리시는 2020년까지 파리시 공공영역에서 디젤을 연료로 사용하는 자동차를 제로로 만들겠다는 계획을 2014년부터 실행 중에 있다. 디젤차의 신규 도입을 줄이고 기존 디젤차는 다른 연료를 사용하는 차로 바꾸도록 유도하는 중이다. 2014년 150대의 디젤차를 전기차로 바꾸고, 2015년에는 300대의 디젤차를 다른 연료를 사용하는 차로 개조하였다.

FCEV 차량 도입으로 파리시가 얻는 효과는 크게 2가지이다. 하나는 생태학적 발자국(ecological footprint: 개인이 차지하는 생태학적 파괴의 범위를 의미)을 줄이는 것이고, 다른 하나는 파리시의 에너지 자립도를 높이는 것이다.

2025년까지 파리시의 모든 버스를 전기나 천연가스를 사용하는 차량으로 바꾸는 ‘2025 버스플랜’을 추진 중이며, 최종 목표는 2025년에 모든 버스의 80%를 전기 버스나 FCEV 버스로, 20%는 천연가스 버스로 바꾸는 것이다.

(7) 중국 상하이, 친환경버스 도입

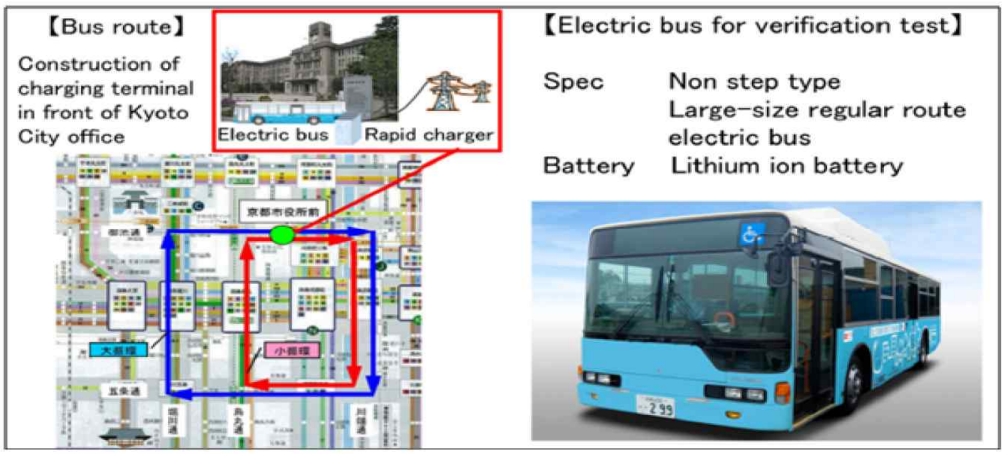
중국 상하이市는 2015년을 기준으로 전체 버스의 15%를 친환경에너지 버스로 교체하는 등 친환경 대중교통시스템의 토대를 마련하였다. 특히 차량번호판 등록 제한 및 전기버스 보조금 지급 등의 정책을 시행하여 친환경버스 도입을 장려하였다. 市에서 운행 중인 전체 버스는 2012년 1월 기준으로 1만 8000여 대이며, 그 중 전기버스는 300대였으나, 2015년에는 전체 버스 약 2만~2만 5000대 중 3000~3800여 대를 친환경버스로 도입하였다.

이와 더불어 기존의 경유버스를 지속적으로 친환경 대중교통수단으로 주목받고 있는 전기버스 또는 전기·경유 혼용버스 등으로 대체할 예정이다. 전기버스는 매연 및 미세먼지와 같은 대기오염물질과 이산화탄소 등 온실가스를 전혀 배출하지 않는다는 특징이 있다. 그동안 상하이시는 전기버스의 충전문제로 인해 출퇴근 시 운행에 지장이 있을지도 모른다는 우려 때문에 도입을 주저하였으나 2015년을 기점으로 市는 충전에 대한 기술적인 문제를 해결했으며 노선간 충전시설을 설치하면 원활한 운행이 가능하다고 판단하였다.

또한 상하이市는 자동차의 급격한 증가를 막기 위해 자동차 번호판 등록제를 강화할 계획이라고 밝혔다. 중국은 현재 상하이 등 대도시에서는 매달 일정 수량의 자동차만 등록을 받고 있는 상황이다. 친환경버스 도입 시 가장 큰 문제는 경유버스의 3배에 달하는 운영비였으나 상하이市는 친환경버스를 도입하는 버스회사에 보조금을 지급하여 해결하였다.

(8) 일본 교토시, 전기버스 운영

일본 교토시는 지난 2011년 2월에 5km 구간과 7km 구간에 2대의 전기버스를 10일간 시범운행 하였다. 교토시는 시범운행을 모니터링한 후 2012년부터 전기버스 사업을 본격적으로 추진하여 지속적으로 전기버스의 비율을 늘려가고 있다.



〈그림 6〉 교토시 전기버스 시범운행 구간 및 전기버스 재원

(9) 일본 도쿄도, 그린펀드를 통한 친환경 사업 추진

일본 도쿄都는 새롭게 추진하는 다양한 친환경 사업의 재원을 마련하고, 최근 증가하고 있는 녹색 투자에 관한 수요를 충족시켜주기 위해 2017년부터 200억 엔(2,020억 원)의 그린펀드 발행을 결정하였다.

도쿄도는 2016년에 수립한 '2020년을 향한 실행 계획'(2020年に向けた実行プラン)에서 다음과 같은 세 가지 목표를 설정하였다.

① 도민의 안전·건강 도시의 실현을 위한 '세이프 시티'

② 다양한 배경의 사람들이 어울리며 살아가는 '다이버시티'

③ 친환경도시, 국제 금융·경제 도시로의 성장을 위한 '스마트 시티'

이 중 친환경도시와 관련한 정책은 주로 2016년 수립한 '도쿄도 환경기본계획'(東京都環境基本計画)을 따르고 있다. 2030년까지 온실가스 배출량을 2000년 대비 30%로 낮추는 등 다양한 목표를 내세우고 그에 맞는 정책들을 추진 중이다. 최근들어 환경 사업에 필요한 자금을 조달하기 위한 지방자치단체의 채권 발행이 늘고, 기업의 녹색 투자 수요가 증가하는 상황이다. 그린펀드의 목표는 스마트 시티의 실현을 목표로 도쿄도가 새롭게 시작하려는 환경정책을 추진할 수 있는 재원을 도민과 기업으로부터 마련하는 데에 있다. 또한 일본 지자체 최초의 그린펀드 발행으로 향후 그린펀드 시장의 활성화를 추가적인 목적으로 두고 있다. 도쿄도는 그린펀드의 활성화를 위하여 그린펀드의 적격성과 투명성을 확보하고 투자자에게 호소력을 높이기 위해 제삼자 기관에 의한 인증을 취득하게 할 예정이며, 그린펀드의 취지에 맞는 다양한 친환경 사업을 추가로 시행하여 발행 규모를 점차 확대할 예정이다.

도쿄도의 그린펀드를 활용할 예정인 친환경 사업은 2020 도쿄 올림픽 경기장 시설의 환경대책과 도쿄도가 소유한 시설의 개축과 보수, 각종 시설과 도로의 조명의 LED 도입과 도쿄도 친환경버스의 도입 등에 있다.

제3장 충남 버스 현황과 대기오염물질 배출량 특성

1. 버스 통행량 현황 및 장래 여건변화

1) 전국 시·도별 통행량

2016년 우리나라 전체 여객 통행량은 10,071만통행/일이다. 충청남도 통행량은 우리나라 전체 통행량의 4.4% 수준인 442만통행/일이다. 전국 시・도 중 가장 통행량이 많은 지역은 경기도(2257만통행/일)이고, 충청남도는 8번째로 통행량이 많은 지역이다.

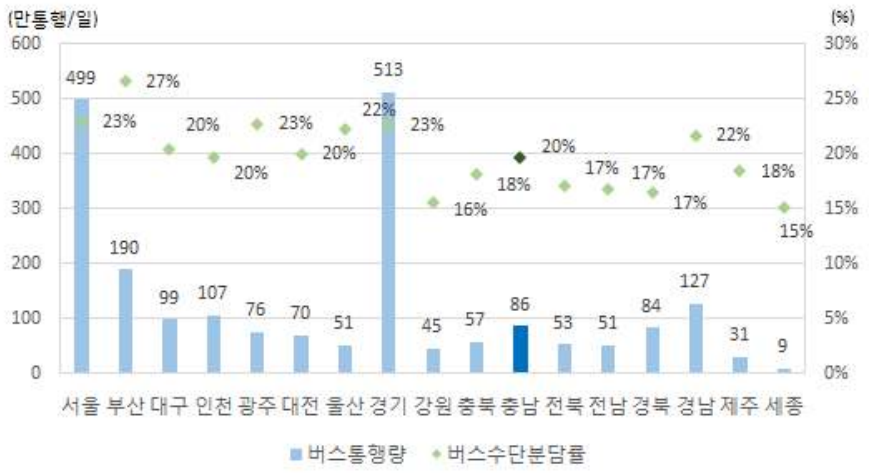
우리나라 수단분담률을 살펴보면, 승용차 65%, 버스 21%, 기타(일반철도/지하철, 고속철도, 항공, 해운) 13%이다. 시・도별 수단분담률을 살펴보면, 우리나라에서 승용차 수단분담률이 가장 높은 지역은 강원도(18%)이고, 버스 수단분담률이 가장 높은 지역은 부산(27%)이다. 충청남도의 경우 승용차 분담률은 78%(7위), 버스 분담률은 20%(10위)로 비교적 승용차에 대한 통행 의존도가 높다.

〈표 19〉 전국 시·도별 통행량

(단위 : 만통행/일, %)

구분	여객통행량				수단분담률			
	승용차	버스	기타	총통행량	승용차	버스	기타	총수단
서울	973	499	704	2,176	45	23	32	100
부산	419	190	103	712	59	27	14	100
대구	335	99	54	488	69	20	11	100
인천	349	107	87	543	64	20	16	100
광주	251	76	7	335	75	23	2	100
대전	262	70	17	349	75	20	5	100
울산	178	51	2	232	77	22	1	100
경기	1,447	513	297	2,257	64	23	13	100
강원	243	45	3	291	83	16	1	100
충북	254	57	2	313	81	18	1	100
충남	344	86	12	442	78	20	3	100
전북	255	53	3	311	82	17	1	100
전남	249	51	4	304	82	17	1	100
경북	409	84	12	505	81	17	2	100
경남	449	127	10	586	77	22	2	100
제주	131	31	8	170	77	18	5	100
세종	47	9	2	57	82	15	3	100
합계	6,593	2,150	1,329	10,071	65	21	13	100

자료: 한국교통연구원, 전국 지역간 수단OD(250존), 2018년



〈그림 7〉 시·도별 버스 통행량 및 수단분담률

2) 충남 시·군별 통행량

충청남도 시・군에서 통행량이 가장 많이 발생하는 지역은 천안시(138만통행/일)이고, 그 다음으로는 아산시(65만통행/일) 당진시(38만통행/일) 순이다. 승용차 수단분담률이 가장 높은 지역은 서천군(91%)이고, 부여군(87%), 금산군(86%) 순으로 높다. 버스 분담률이 가장 높은 지역은 천안시(24%)이고, 아산시(23%), 당진시(22%) 순으로 높다. 충청남도는 비교적 시단위 지역이 군단위 지역에 비해 대중교통이 활성화 되어 있다.

〈표 20〉 충남 시·군별 통행량

(단위 : 만통행/일, %)

구분	여객통행량				수단분담률			
	승용차	버스	기타	합계	승용차	버스	기타	총수단
천안시	97.2	33.5	7.3	138.0	70%	24%	5%	100%
공주시	22.8	3.8	0.1	26.7	86%	14%	0%	100%
보령시	15.0	2.2	0.3	17.5	86%	12%	2%	100%
아산시	47.7	15.0	2.5	65.2	73%	23%	4%	100%
서산시	26.8	7.3	0.0	34.1	79%	21%	0%	100%
논산시	23.0	3.5	0.4	26.9	85%	13%	1%	100%
계룡시	7.0	1.3	0.1	8.4	83%	16%	1%	100%
당진시	29.7	8.2	0.0	38.0	78%	22%	0%	100%
금산군	10.7	1.7	0.0	12.4	86%	14%	0%	100%
부여군	11.2	1.6	0.0	12.8	87%	13%	0%	100%
서천군	9.2	0.8	0.1	10.1	91%	8%	1%	100%
청양군	4.4	0.9	0.0	5.3	83%	17%	0%	100%
홍성군	15.6	2.4	0.3	18.2	85%	13%	2%	100%
예산군	13.0	2.3	0.2	15.6	84%	15%	1%	100%
태안군	10.9	1.8	0.0	12.8	85%	14%	0%	100%
합계	344.1	86.3	11.5	442.0	78%	20%	3%	100%

자료: 한국교통연구원, 전국 지역간 수단OD(250존), 2018년

3) 충남 시·군별 장래 통행량

충청남도 총통행량은 2016년(442만통행/일)에서 2035년(554만통행/일)까지 지속적으로 증가할 전망이며, 이후 2045년(540만통행/일)까지 감소할 전망이다. 마찬가지로 버스 통행량도 2016년(86만통행/일)에서 2035년(107만통행/일)까지 증가하고, 이후 2045년(104만통행/일)까지 감소할 전망이다.

〈표 21〉 충남 시·군별 장래 통행량

(단위 : 만통행/일, %)

구분	2016년		2025년		2035년		2045년	
	버스	총통행량	버스	총통행량	버스	총통행량	버스	총통행량
천안시	33.5	138.0	36.4	155.5	38.2	165.0	37.0	163.6
공주시	3.8	26.7	4.5	30.9	4.6	31.7	4.4	30.6
보령시	2.2	17.5	2.9	21.6	3.0	23.0	3.0	22.2
아산시	15.0	65.2	20.0	79.7	20.5	83.0	20.0	81.4
서산시	7.3	34.1	8.1	37.9	8.6	40.3	8.5	38.8
논산시	3.5	26.9	4.2	31.9	4.5	34.7	4.4	33.6
계룡시	1.3	8.4	1.5	11.8	1.5	12.9	1.5	12.5
당진시	8.2	38.0	9.0	42.6	9.4	45.2	9.1	43.8
금산군	1.7	12.4	1.9	14.0	1.9	14.5	1.9	14.0
부여군	1.6	12.8	1.9	15.2	2.0	16.9	2.0	16.1
서천군	0.8	10.1	1.1	12.2	1.1	13.2	1.1	12.6
청양군	0.9	5.3	1.0	5.9	1.0	6.2	1.0	5.9
홍성군	2.4	18.2	4.6	26.7	4.7	27.6	4.6	26.6
예산군	2.3	15.6	2.8	21.6	2.8	23.2	2.7	22.4
태안군	1.8	12.8	2.4	15.4	2.5	16.2	2.5	15.6
합계	86.3	442.0	102.2	522.7	106.6	553.6	103.5	539.7

자료: 한국교통연구원, 전국 지역간 수단OD(250존), 2018년

2. 충남 시내버스 현황 및 주행거리 특성

1) 전국 시·도별 친환경버스보급 현황

우리나라 시단위 지역의 천연가스버스 보급률은 평균 86.5%로 서울시, 대구시, 광주시, 대전시의 모든 버스는 천연가스버스이다. 도단위 지역의 천연가스버스 보급률은 평균 54.20%로 전라남도는 93.21%로 보급률이 가장 높다. 충청남도의 천연가스보급률은 32.38%로 도단위 지역 평균보다 낮은 수준이다.

〈표 22〉 시·도별 천연가스버스대수와 보급률

(단위 : 대, %)

시	천연가스 버스(대)	총 버스 (대)	보급률 (%)	도	천연가스 버스(대)	총버스 (대)	보급률 (%)
서울시	7,482	7,482	100.00	경기도	9,404	12,366	76.05
부산시	2,415	2,517	95.95	강원도	456	1,963	23.23
대구시	1,521	1,521	100.00	충청북도	404	762	53.02
인천시	2,180	2,474	88.12	충청남도	348	1,109	31.38
광주시	998	998	100.00	전라북도	613	1,450	42.28
대전시	965	965	100.00	전라남도	645	692	93.21
세종시	27	126	21.43	경상북도	972	2,419	40.18
				경상남도	1217	1,640	74.21
평균			86.5	평균			54.20

자료: 각 시도별 통계연보(2016년) 자료를 참조하였고, 2015년 기준의 천연가스버스 현황 자료임

2) 충남 시·군별 연료별 시내버스 대수

충남의 15개 시·군에는 경유버스와 CNG버스가 운영중이다. 천안시와 계룡시를 제외한 13개 시·군은 모두 경유버스가 운행하고 있으며, 천안시는 전체 395대 중 45대가 경유버스이고 나머지 350대는 CNG버스로 운영중이다. 계룡시는 전체 21대 버스가 CNG버스이다.

〈표 23〉 충청남도 시·군별 연료별 시내버스 대수

(단위 : 대)

시	경유	CNG	군	경유	CNG
천안시	45	350	금산군	19	-
공주시	63	-	부여군	42	-
보령시	59	-	서천군	28	-
아산시	157	-	청양군	19	-
서산시	67	-	홍성군	47	-
논산시	65	-	예산군	49	-
계룡시	-	21	태안군	37	-
당진시	69	-			

자료: 충청남도, 충청남도 시·군별 버스현황(2018년 기준)

3) 시내버스 주행거리 특성

충남의 버스 1대당 일평균 주행거리는 287km이며, 버스 내구연한인 9년 동안의 평균 주행거리는 943,411km인 것으로 분석되었다. 시・군별 버스 차량 1대당 일평균 주행거리를 살펴보면 부여군이 343km로 가장 많이 주행하고, 천안시 경유버스가 230km로 가장 적게 주행하는 것으로 분석되었다. 충남 15개 시·군의 버스 주행거리와 표본자료는 다음과 같다.

〈표 24〉 충남 시군별·차종별 1대당 평균주행거리

구분		일평균 주행거리 (km)	연주행거리 추정치 (km)	9년주행거리 추정치(km)	표본자료		
					총시내버스 대수(대)	표본 대수 (대)	표본율 (%)
천안시	경유	230	83,914	755,222	45	35	77.8
	CNG	230	84,096	756,864	350	248	70.9
공주시	경유	310	113,077	1,017,693	63	22	34.9
보령시	경유	258	94,280	848,516	59	42	71.2
아산시	경유	248	90,447	814,023	157	136	86.6
서산시	경유	255	92,893	836,033	67	49	73.1
논산시	경유	287	104,609	941,481	65	40	61.5
계룡시	CNG	296	108,077	972,689	21	21	100.0
당진시	경유	290	105,668	951,008	69	56	81.2
금산군	경유	317	115,523	1,039,703	19	13	68.4
부여군	경유	343	125,159	1,126,427	42	23	54.8
서천군	경유	299	109,245	983,201	28	25	89.3
청양군	경유	318	115,961	1,043,645	19	3	15.8
홍성군	경유	307	112,128	1,009,152	47	31	66.0
예산군	경유	297	108,442	975,974	49	28	57.1
태안군	경유	311	113,661	1,022,949	37	26	70.3
평균		287	104,823	943,411			

주1) 표본자료의 일평균주행거리는 각 시군별 시내버스 번호판 정보(2018년 기준)를 교통안전공단에 의뢰하여 산출하였음.
주2) 연주행거리 = 일평균주행거리 × 365, 9년주행거리 = 일평균주행거리 × 365 × 9
자료) 충남연구원, 충남 CNG버스 보급에 따른 경제적 효과 검토, 충남연구원 현안과제연구, p. 1, 2017.

3. 충남 도로부문 대기오염물질 배출량

1) 최근 10년간 대기오염물질별 배출량 추세

2015년 기준 우리나라 주요 대기오염물질별 배출량을 살펴보면 NO_X(116만톤)가 가장 많고, VOC_S(101만톤), CO(79만톤)순으로 많은 것으로 나타났다. 최근 10년간 대기오염물질별 연평균 증가율을 보면 TSP(42.5%)가 가장 높고, PM_{10}(21.6%), $PM_{2.5}$(8.1%)순으로 높은 것으로 나타났다.

<표 25> 우리나라 주요 대기오염물질 배출량 추이

(단위: 톤, %)

연도	CO	NO_X	SO_X	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC_S	NH_3
2006년	829,938	1,274,969	446,488	88,260	64,795	-	794,158	235,703
2007년	808,862	1,187,923	402,525	144,510	98,143	-	874,699	308,707
2008년	703,661	1,045,104	417,980	171,603	110,797	-	857,856	265,720
2009년	817,979	1,014,318	387,727	155,497	103,735	-	851,162	278,201
2010년	766,269	1,061,210	401,741	177,601	116,808	-	866,358	289,766
2011년	718,345	1,040,214	433,959	201,810	131,176	81,793	873,108	276,415
2012년	703,586	1,075,207	417,645	182,744	119,980	76,287	911,322	303,463
2013년	696,682	1,090,614	404,660	185,986	121,563	76,802	913,573	292,973
2014년	594,454	1,135,743	343,161	147,194	97,918	63,286	905,803	292,501
2015년	792,776	1,157,728	352,292	604,243	233,177	98,806	1,010,771	297,167
연평균 증가율	0.4%	-0.9%	-2.3%	42.5%	21.6%	8.1%	2.8%	3.2%

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018

충청남도 주요 대기오염물질별 배출량을 살펴보면 NO_X(14만톤)가 가장 많고, SO_X(8만톤), VOC_S(7만톤)순으로 많은 것으로 나타났다. 최근 10년간 대기오염물질별 연평균 증가율을 보면 TSP(94.5%)가 가장 높고, $PM_{2.5}$(78.2%), PM_{10}(59.4%) 순으로 높은 것으로 나타났다.

<표 26> 충청남도 주요 대기오염물질 배출량 추이

(단위: 톤, %)

연도	CO	NO_X	SO_X	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC_S	NH_3
2006년	46,299	189,818	66,473	8,102	5,663	-	54,707	33,669
2007년	44,293	105,296	51,904	4,926	3,814	-	56,044	43,502
2008년	43,532	114,308	57,710	4,806	3,654	-	57,368	40,635
2009년	53,971	114,836	48,243	4,677	3,729	-	58,621	43,350
2010년	52,198	127,177	50,782	5,697	4,446	-	60,136	45,376
2011년	52,307	125,981	57,312	6,270	5,312	4,316	61,736	47,027
2012년	52,008	138,730	83,130	49,934	30,818	17,743	59,682	49,713
2013년	52,430	143,565	82,267	50,440	30,976	17,698	62,739	45,532
2014년	51,679	150,356	70,721	20,485	13,976	9,266	74,985	47,466
2015년	64,995	135,487	77,465	66,591	28,650	13,854	69,545	48,227
연평균 증가율	4.4%	-1.9%	3.4%	94.5%	59.4%	78.2%	2.9%	4.5%

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018

2) 배출원 대분류별 대기오염물질 배출량

전국에서 배출되는 대기오염물질 중 가장 많은 비중을 차지하는 배출원은 도로이동오염원(18.6%)이다. 그 다음으로는 비도로이동오염원(15.1%), 비산먼지(15.0%) 순이다. 충남에서 배출되는 대기오염물질 중 가장 많은 비중을 차지하는 배출원은 에너지산업 연소(23.3%)이고, 그 다음으로 생산공정(15.7%), 제조업 연소(13.3%)이다.

<표 27> 충청남도 주요 대기오염물질 배출량 추이

(단위 : kg, %)

구분	전국		충남	
	배출량	비중	배출량	비중
에너지산업 연소	311,886	8.7	117,763	23.3
비산업 연소	190,090	5.3	10,804	2.1
제조업 연소	502,078	14.1	67,295	13.3
생산공정	254,413	7.1	79,445	15.7
에너지수송 및 저장	-	0.0	2,843	0.6
유기용제 사용	-	0.0	28,722	5.7
도로이동오염원	664,283	18.6	45,852	9.1
비도로이동오염원	538,117	15.1	28,124	5.6
폐기물처리	16,468	0.5	3,557	0.7
농업	231,263	6.5	37,331	7.4
기타면오염원	21,381	0.6	1,090	0.2
비산먼지	535,339	15.0	44,430	8.8
생물성연소	302,738	8.5	38,857	7.7
합계	3,568,056	100.0	506,113	100.0

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018

3) 시·도별 대기오염물질 배출량

시・도별 대기오염물질 배출량을 살펴보면 자동차가 밀집한 수도권과 발전소, 제철제강, 연소시설 등 대형사업장 등이 위치한 충남, 전남, 경북 등 지역에서 배출량이 높게 나타났다.

CO는 경기도, 경상북도, 전라남도 등의 순으로, NO_X는 경기도, 충청남도, 전라남도 등의 순으로, SO_X는 경기도, 전라남도, 울산광역시 등의 순으로 배출량이 높게 나타났다. 또한, TSP는 경상북도, 경기도, 전라남도 등의 순으로, PM_{10}은 경상북도, 전라남도, 경기도 등의 순으로, $PM_{2.5}$는 경상북도, 전라남도, 충청남도 등의 순으로, VOC_S는 경기도, 경상남도, 울산광역시 등의 순으로, NH_3는 충청남도, 경기도, 전라남도 등의 순으로 배출량이 높게 나타났다.

<표 28> 2시도별 대기오염물질별 배출량

(단위: 톤)

구분	CO	NO_X	SO_X	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC_S	NH_3
서울특별시	53,678	63,197	5,509	22,442	9,163	2,580	62,916	4,668
부산광역시	22,019	43,755	10,659	15,680	6,607	2,458	42,207	1,978
대구광역시	20,441	26,193	4,185	9,886	3,939	1,381	31,216	2,100
인천광역시	38,917	49,460	12,854	21,244	8,292	2,730	54,211	7,333
광주광역시	9,188	10,552	399	4,963	1,872	576	15,629	1,137
대전광역시	11,892	13,897	957	4,877	1,912	656	16,057	970
울산광역시	30,456	47,506	47,979	11,886	5,910	2,987	98,781	14,668
세종특별자치시	4,840	6,201	176	2,866	1,379	400	6,176	3,248
경기도	129,420	185,176	14,811	83,566	33,148	10,836	188,801	47,301
강원도	45,417	78,689	16,379	39,749	11,869	5,177	22,488	11,884
충청북도	48,418	65,429	10,683	33,663	11,016	4,490	39,711	17,351
충청남도	64,995	135,487	77,465	66,591	28,650	13,845	69,545	48,227
전라북도	40,373	36,597	5,913	39,892	9,877	3,282	69,908	31,328
전라남도	65,662	104,037	64,649	80,941	33,854	16,140	85,226	39,700
경상북도	94,249	100,731	36,364	104,748	44,265	21,255	82,389	33,212
경상남도	54,948	94,311	31,434	48,674	14,786	6,107	101,232	24,298
제주도	12,013	14,296	1,703	9,519	3,584	1,048	9,319	7,757
합계	746,926	1,075,514	342,118	601,188	230,122	95,947	995,812	297,160

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018

4) 도로이동오염원 배출량

전국에서 도로이동오염원으로 인해 배출되는 대기오염물질은 NO_X(369,585톤)가 가장 많고, CO(245,516톤), VOC_S(44,979톤) 순으로 많다.

도로이동오염원으로 배출되는 대기오염물질 배출량을 살펴보면, NO_X는 경기도, 경상북도, 경상남도 등의 순으로, CO는 경기도, 서울특별시, 경상북도 등의 순으로, VOC_S는 경기도, 서울특별시, 경상남도 등의 순으로 높게 나타났다.

<표 29> 시·도별 도로이동오염원 대기오염물질별 배출량

(단위: 톤)

구분	CO	NO_X	SO_X	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC_S	NH_3
서울특별시	35,828	29,375	20	531	531	489	7,775	1,136
부산광역시	11,106	11,647	8	304	304	279	2,337	524
대구광역시	12,349	14,836	9	395	395	363	2,385	468
인천광역시	11,895	17,150	10	336	336	309	2,585	545
광주광역시	4,952	5,185	4	144	144	132	886	238
대전광역시	6,928	7,701	5	209	209	193	265	112
울산광역시	6,272	7,623	5	213	213	196	1,087	281
세종특별자치시	1,143	1,669	1	48	48	44	156	43
경기도	53,271	97,117	53	2,280	2,280	2,098	10,796	2,473
강원도	8,768	15,343	8	436	436	401	1,426	413
충청북도	10,853	22,286	11	650	650	598	1,828	425
충청남도	14,250	26,197	14	746	746	686	2,206	567
전라북도	11,361	18,421	10	538	538	495	1,858	444
전라남도	10,731	18,658	10	539	539	495	1,806	443
경상북도	20,468	37,349	19	1,099	1,099	1,011	3,335	769
경상남도	20,059	33,626	18	968	968	890	3,550	810
제주도	5,282	5,401	4	148	148	136	698	233
전국	245,516	369,585	209	9,583	9,583	8,817	44,979	9,925

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018

우리나라 도로이동오염원 배출원 중 화물차(286,525톤)는 대기오염물질 배출량이 가장 많은 교통수단이다. 그 다음으로 승용차(185,983톤), RV(103,694톤), 버스(53,976톤) 순으로 많다.

시·도별로 살펴보면 화물차 대기오염물질 배출량은 경기도, 경상북도, 경상남도 등의 순으로, 승용차 대기오염물질 배출량은 경기도, 서울특별시, 경상남도 순으로 높게 나타났다. 버스 대기오염물질 배출량은 경기도, 서울특별시, 경상북도 순으로 높게 나타났다.

전국에서 충청남도의 도로이동오염원 배출원별 대기오염물질 배출량은 화물차 4위, 승용차 4위, RV 6위, 버스 5위 등의 수준으로 나타났다.

<표 30> 시·도별 도로이동오염원 배출원별 대기오염물질 배출량

(단위 : 톤)

구분	승용차	승합차	버스	화물차	특수차	RV	기타
서울특별시	31,081	1,454	6,864	12,601	66	13,357	10,262
부산광역시	9,189	576	1,797	7,552	112	4,236	3,048
대구광역시	9,840	706	1,891	10,968	154	4,792	2,850
인천광역시	11,901	777	2,450	9,796	136	6,553	1,552
광주광역시	4,264	254	628	3,179	51	2,422	886
대전광역시	6,181	425	1,134	5,147	90	3,079	886
울산광역시	4,678	526	790	5,675	95	2,551	1,575
세종특별자치시	812	60	162	1,456	17	438	208
경기도	42,203	4,598	16,780	71,921	1,057	26,269	7,541
강원도	6,043	842	2,163	12,453	175	4,143	1,413
충청북도	6,272	1,097	2,481	20,977	291	4,243	1,941
충청남도	8,807	1,241	2,939	23,603	307	5,761	2,753
전라북도	7,618	905	2,136	15,885	201	4,754	2,166
전라남도	6,360	843	2,613	16,193	163	4,576	2,471
경상북도	12,212	1,652	4,217	35,432	425	7,182	4,031
경상남도	13,504	1,498	4,039	30,439	350	7,500	3,558
제주도	5,017	370	893	3,249	37	1,837	647
전국	185,983	17,824	53,976	286,525	3,727	103,694	47,789

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018
주 : 기타(택시, 이륜차)

충남에서 도로이동오염원으로 인해 배출되는 대기오염물질은 NO_X(26,197톤)가 가장 많고, CO(14,250톤), VOC_S(2,206톤) 순으로 많다.

도로이동오염원으로 배출되는 대기오염물질 배출량을 살펴보면, NO_X는 천안시, 공주시, 당진시 등의 순으로, CO와 VOC_S는 천안시, 아산시, 공주시 등의 순으로 높게 나타났다.

<표 31> 충남 시·군별 도로이동오염원 대기오염물질별 배출량

(단위: 톤)

구분	CO	NO_X	SO_X	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC_S	NH_3
천안시	3,218	6,280	3	176	176	162	531	127
공주시	1,442	2,984	2	85	85	78	219	57
보령시	704	1,328	1	38	38	35	109	28
아산시	1,793	2,547	1	75	75	69	266	67
서산시	1,112	1,722	1	49	49	45	161	42
논산시	1,226	2,438	1	69	69	64	189	46
계룡시	188	229	0	6	6	6	28	8
당진시	1,414	2,720	1	78	78	72	219	55
금산군	433	803	0	22	22	20	66	22
부여군	454	796	0	23	23	21	68	15
서천군	444	1,002	1	28	28	26	72	20
청양군	297	571	0	16	16	15	46	11
홍성군	556	992	1	28	28	26	85	25
예산군	587	1,098	1	32	32	29	91	24
태안군	382	689	0	20	20	18	60	19
합계	14,250	26,197	14	746	746	686	2,206	567

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018

충남의 도로이동오염원 배출원 중 화물차(23,603톤)는 대기오염물질 배출량이 가장 많은 교통수단이다. 그 다음으로 승용차(8,807톤), RV(5,761톤), 버스(2,939톤) 순으로 많다.

충남 시·군별로 살펴보면 화물차 대기오염물질 배출량은 천안시, 공주시, 당진시 등의 순으로, 승용차 대기오염물질 배출량은 천안시, 아산시, 당진시 순으로 높게 나타났다. 버스 대기오염물질 배출량은 천안시, 공주시, 논산시 순으로 높게 나타났다.

<표 32> 충남 시·군별 도로이동오염원 배출원별 대기오염물질 배출량

(단위 : 톤)

구분	승용차	승합차	버스	화물차	특수차	RV	기타
천안시	2,113	332	796	5,453	107	1,428	444
공주시	859	152	364	2,766	30	559	222
보령시	436	58	127	1,216	14	289	141
아산시	1,351	90	215	2,249	24	729	236
서산시	711	75	178	1,538	16	408	255
논산시	706	126	302	2,264	26	456	224
계룡시	173	13	28	140	2	101	15
당진시	889	109	231	2,602	28	544	235
금산군	217	46	117	650	10	199	149
부여군	205	47	130	714	7	140	156
서천군	223	48	101	918	13	202	115
청양군	140	31	81	520	6	108	87
홍성군	282	41	91	910	10	220	188
예산군	304	47	106	1,031	10	222	172
태안군	199	29	74	631	4	156	115
합계	8,807	1,241	2,939	23,603	308	5,761	2,753

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018
주 : 기타(택시, 이륜차)

5) 시내버스 배출량

우리나라 시내버스에서 가장 많이 배출되는 대기오염물질은 VOC_S(11,808톤)이다. 그 다음으로 NO_X(11,358톤), CO(1,026톤) 순으로 높다. 충청남도 시내버스에서 가장 많이 배출되는 대기오염물질은 NO_X(341톤)이고, 그 다음으로 VOC_S(125톤), CO(75톤) 순으로 높다. 대기오염물질별 비중을 살펴보면, 충청남도 시내버스에서 배출되는 SO_X와 NH_3는 우리나라 전체 배출량의 13.3%로 높은 비중을 차지하고 있다.

<표 33> 시내버스 대기오염물질별 배출량 비교

(단위 : 톤, %)

구분	전국		수도권		충남	
	배출량	비중	배출량	비중	배출량	비중
CO	1,026.1	100.0	261.8	25.5	74.5	7.3
NO_X	11,358.2	100.0	6,309.3	55.5	341.4	3.0
SO_X	0.9	100.0	0.0	0.0	0.1	13.3
TSP	13.4	100.0	0.0	0.0	1.7	12.5
PM_{10}	13.4	100.0	0.0	0.0	1.7	12.5
$PM_{2.5}$	12.3	100.0	0.0	0.0	1.5	12.5
VOC_S	11,807.5	100.0	7,628.8	64.6	125.0	1.1
NH_3	0.9	100.0	0.0	0.0%	0.1	13.3

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018
주 : 수도권(서울특별시, 인천광역시, 경기도)

충청남도 시내버스 대기오염물질 배출량을 연료별(경유, CNG)로 비교해 보면 <표 >, <표 > 와 같다. 경유 시내버스는 총 8가지, CNG 시내버스는 총 3가지 대기오염물질을 배출한다. 경유 시내버스는 NO_X(241,525kg), CO(69,342kg), VOC_S(3,483kg) 순으로 배출량이 많고, CNG 시내버스는 VOC_S(121,526kg), NO_X(99,847kg), CO(5,120kg) 순으로 배출량이 많다.

<표 34> 충남 시·군별 경유 시내버스 대기오염물질별 배출량

(단위 : kg)

구분	CO	NO_X	SO_X	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC_S	NH_3
천안시	19,673	69,875	34	479	479	441	1,022	32
공주시	4,092	14,534	7	100	100	92	213	7
보령시	3,305	11,739	6	80	80	74	172	5
아산시	10,230	36,335	18	249	249	229	531	17
서산시	5,666	20,124	10	138	138	127	294	9
논산시	4,721	16,770	8	115	115	106	245	8
계룡시	1,416	5,031	2	34	34	32	74	2
당진시	5,194	18,447	9	126	126	116	270	8
금산군	2,465	7,979	4	56	56	52	109	5
부여군	2,600	8,415	4	59	59	55	115	5
서천군	1,492	4,799	2	34	34	31	65	3
청양군	964	3,132	2	22	22	20	43	2
홍성군	2,721	8,772	4	62	62	57	119	5
예산군	2,892	9,397	5	66	66	61	128	5
태안군	1,911	6,176	3	44	44	40	84	4
합계	69,342	241,525	117	1,665	1,665	1,532	3,483	116

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018

<표 35> 충남 시·군별 CNG 시내버스 대기오염물질별 배출량

(단위 : kg)

구분	CO	NO_X	SO_X	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOC_S	NH_3
천안시	1,468	29,523	-	-	-	-	36,605	-
공주시	295	5,912	-	-	-	-	7,330	-
보령시	238	4,780	-	-	-	-	5,927	-
아산시	755	15,183	-	-	-	-	18,826	-
서산시	419	8,435	-	-	-	-	10,459	-
논산시	350	7,032	-	-	-	-	8,719	-
계룡시	98	1,968	-	-	-	-	2,440	-
당진시	378	7,592	-	-	-	-	9,413	-
금산군	189	3,284	-	-	-	-	3,693	-
부여군	189	3,276	-	-	-	-	3,679	-
서천군	113	1,934	-	-	-	-	2,158	-
청양군	76	1,325	-	-	-	-	1,495	-
홍성군	201	3,457	-	-	-	-	3,867	-
예산군	215	3,754	-	-	-	-	4,235	-
태안군	138	2,392	-	-	-	-	2,681	-
합계	5,120	99,847	-	-	-	-	121,526	-

자료: 국립환경과학원, 2015 국가 대기오염물질 배출량, 2018

제4장 친환경버스 도입에 따른 편익과 비용 산정

1. 개요

본 연구에서는 친환경버스 도입에 따른 경제성 검토를 수행한다. 이를 위해서는 편익과 비용 등의 산정이 수반된다. 편익과 비용 지표는 다음과 같다.

〈표 36〉 지표산정 개요

구분		내용	비고
편익 항목	통행시간절감 편익	통행시간 절감에 따른 사회적 편익	동일하다고 가정
	교통사고비용 절감편익	교통사고감소에 따른 사회적 편익	동일하다고 가정
	환경비용 절감편익	대기오염물질 배출량 감소에 따른 사회적 편익	반영
비용 항목	차량구입비	친환경차량으로 전환에 따른 추가 구매비용	반영
	유류비	친환경차량으로 전환에 따라 연비를 고려한 유류비 추가비용(※현재 버스운행km는 고정)	반영
	차량유지관리비	친환경차량으로 전환에 차량 1대당 유지관리비용	일부반영 (경유→전기버스)

2. 대기오염물질 배출량 저감효과 검토

1) 대기오염물질 배출량 원단위

대기오염물질 배출량 저감효과는 차종별 주행거리(km), 차종별 대기오염물질 배출량 원단위(g/km) 를 적용한다. 충남 시·군별 시내버스 일평균 주행거리는 교통안전공단의 자료를 활용하고, 대기오염물질 배출량 원단위(g/km)는 NIER-5모드[8] 배출계수 실험분석 결과를 적용한다. 경유버스와 CNG버스의 대기오염물질 배출량 원단위는 H와 D사의 평균치를 적용하고, CNG하이브리드 버스는 H사의 실험결과 값을 적용한다.

〈표 37〉 차종별 대기오염물질 배출량 원단위

(단위: g/km)

구분		CO	NOx	THC	CO2
경유	H사	1.802	1.909	0.041	965.200
	D사	1.967	1.316	0.008	1,110.500
	평균	1.885	1.613	0.025	1,037.850
CNG	H사	0.299	1.255	0.066	960.100
	D사	0.028	0.339	2.942	977.000
	평균	0.164	0.797	1.504	968.550
CNG 하이브리드	H사	0.331	0.336	0.588	669.900

주: NIER-5모드 배출계수 실험분석 결과임
자료: 환경부, 경유버스(EURO-6) 및 CNG버스 환경·경제성 분석, 2015.12.

〈표 38〉 친환경버스 전환에 따른 대기오염물질 배출량 저감 원단위

(단위: g/km)

구분	CO	NOx	THC	CO2
Case1: 경유→CNG	1.721	0.816	-1.479	69.300
Case2: 경유→CNG하이브리드	1.554	1.277	-0.563	367.950
Case3: 경유→전기버스	1.885	1.613	0.025	1,037.850
Case4: CNG→CNG하이브리드	-0.167	0.461	0.916	298.650
Case5: CNG→전기버스	0.164	0.797	1.504	968.550

8) NIER-5모드는 국립환경과학원의 대형차 배출가스 배출량 평가 모드임. NIER는 National Institute of Environmental Research의 약자임

경유버스에서 친환경버스로 전환됨에 따라 대기오염물질 배출량은 대체적으로 감소하는 것으로 검토된다. 경유버스를 기준으로 친환경버스로 전환됨에 따라 CO, NOx, CO2 물질은 감소하나 THC는 오히려 증가하는 특징이 있다.

천안시와 계룡시는 현재 CNG버스가 운행중이고 CNG하이브리드나 전기버스로 전환되었을 경우에는 대체적으로 대기오염물질 배출량은 감소하지만 CO는 증가한다.

CO, NOx, THC, CO2의 대기오염물질 배출량 원단위는 기존 문헌을 통하여 검토된 자료를 적용한다. SOx, PM2.5 물질의 원단위는 기존 문헌과 사례를 찾는 데에 한계가 있기 때문에 원단위 적용이 어렵다.

본 연구의 특징을 감안해보면 CNG, CNG하이브리드, 전기버스 등은 모두 SOx, PM2.5 물질이 배출되지 않기 때문에 경유버스에서 친환경버스로 전환됨에 따라 특별히 원단위를 재산정하지 않아도 된다. 즉, 기존의 경유버스로 인하여 배출되는 SOx와 PM2.5 물질의 총량이 친환경버스로 전환됨에 따라 모두 배출되지 않기 때문이다. 또한, 충남의 시·군별 경유버스 총주행거리를 SOx와 PM2.5 물질의 배출량으로 나누어 원단위를 산정하는 방식으로 접근할 수도 있으나 시·도별 혹은 충남 시·군별로 각기 다른 원단위가 도출될 수 있기 때문에 적용하는 원단위의 기준이 각기 상이해질 가능성이 있다. 따라서 친환경버스로 전환됨에 따라 SOx와 PM2.5 물질이 총량적으로 제거되는 방식을 적용한다.

〈표 39〉 충남 시·군별 시내버스의 SOx, PM2.5 배출량(2015년 기준)

(단위: kg/년)

No.	시·군	버스종류	SOx	PM2.5	No.	시·군	버스종류	SOx	PM2.5
1	천안시	경유버스	33.97	440.57	8	당진시	경유버스	8.97	116.31
		CNG버스	-	-	9	금산군	경유버스	3.86	51.71
2	공주시	경유버스	7.07	91.64	10	부여군	경유버스	4.07	54.54
3	보령시	경유버스	5.71	74.02	11	서천군	경유버스	2.32	31.16
4	아산시	경유버스	17.67	229.09	12	청양군	경유버스	1.52	20.27
5	서산시	경유버스	9.78	126.88	13	홍성군	경유버스	4.24	56.92
6	논산시	경유버스	8.15	105.74	14	예산군	경유버스	4.55	60.83
7	계룡시	CNG버스	-	-	15	태안군	경유버스	2.99	40.04

자료: 국립환경과학원(http://airemiss.nier.go.kr), 2015년 대기오염물질 배출량 통계

2) 친환경버스 전환에 따른 대기오염물질 배출량 저감 효과

친환경버스 전환에 따라 대기오염물질 배출량 저감 효과를 산출한다. 배출량 저감 효과는 각 연료별 대기오염물질 배출량 저감 원단위를 적용하여 산출한다.

충남의 15개 시·군에는 경유버스와 CNG버스가 운영중이다. 천안시와 계룡시를 제외한 13개 시·군은 모두 경유버스가 운행하고 있으며, 천안시는 전체 395대 중 45대가 경유버스이고 나머지 350대는 CNG버스로 운영중이다.

〈표 40〉 충남 시·군별 일평균 주행거리 및 9년간 주행거리

No.	시·군	버스종류	2018년 기준 차량대수(대)	일평균 주행거리 (km/대/일)	9년간 주행거리 (km/대/9년)
1	천안시	경유버스	45	230	755,550
		CNG버스	350	230	755,550
2	공주시	경유버스	63	310	1,018,350
3	보령시	경유버스	59	258	847,530
4	아산시	경유버스	157	248	814,680
5	서산시	경유버스	67	254	834,390
6	논산시	경유버스	65	287	942,795
7	계룡시	CNG버스	21	296	972,360
8	당진시	경유버스	69	289	949,365
9	금산군	경유버스	19	316	1,038,060
10	부여군	경유버스	42	343	1,126,755
11	서천군	경유버스	28	299	982,215
12	청양군	경유버스	19	318	1,044,630
13	홍성군	경유버스	47	307	1,008,495
14	예산군	경유버스	49	297	975,645
15	태안군	경유버스	37	311	1,021,635

자료: 한국교통안전공단의 충청남도 각 시·군별 시내버스 일평균 주행거리(km/대) 자료 활용

(1) 충남 대기오염물질 배출량 저감 효과(차량 1대, 1년 기준)

경유버스에서 CNG, CNG하이브리드 버스로 전환됨에 따라 대부분의 대기오염물질은 감소하는 반면, THC는 오히려 증가하는 것으로 분석된다. CO2가 많이 저감되는 효과는 경유버스에서 전기버스로 전환되는 시나리오가 가장 높다. 특히, 시지역보다 군지역이 오히려 높은 효과를 보이고 있다.

〈표 41〉 충남 친환경버스 전환에 따른 대기오염물질 저감량(차량 1대, 1년 기준)

(단위: kg/대/년)

지역	전환유형	CO	Nox	THC	CO2	Sox	PM2.5
천안시	경유→CNG	144.48	68.50	-124.16	5,817.74	33.97	440.57
	경유→CNG하이브리드	130.46	107.20	-47.26	30,889.40	33.97	440.57
	경유→전기차	158.25	135.41	2.10	87,127.51	33.97	440.57
	CNG→CNG하이브리드	-14.02	38.70	76.90	25,071.66	-	-
	CNG→전기차	13.77	66.91	126.26	81,309.77	-	-
공주시	경유→CNG	194.73	92.33	-167.35	7,841.30	7.07	91.64
	경유→CNG하이브리드	175.84	144.49	-63.70	41,633.54	7.07	91.64
	경유→전기차	213.29	182.51	2.83	117,432.73	7.07	91.64
보령시	경유→CNG	162.07	76.85	-139.28	6,525.98	5.71	74.02
	경유→CNG하이브리드	146.34	120.26	-53.02	34,649.85	5.71	74.02
	경유→전기차	177.51	151.90	2.35	97,734.33	5.71	74.02
아산시	경유→CNG	155.78	73.87	-133.88	6,273.03	17.67	229.09
	경유→CNG하이브리드	140.67	115.60	-50.97	33,306.83	17.67	229.09
	경유→전기차	170.63	146.01	2.26	93,946.18	17.67	229.09
서산시	경유→CNG	159.56	75.65	-137.12	6,424.80	9.78	126.88
	경유→CNG하이브리드	144.07	118.39	-52.19	34,112.64	9.78	126.88
	경유→전기차	174.76	149.54	2.32	96,219.07	9.78	126.88
논산시	경유→CNG	180.28	85.48	-154.93	7,259.52	8.15	105.74
	경유→CNG하이브리드	162.79	133.77	-58.98	38,544.61	8.15	105.74
	경유→전기차	197.46	168.97	2.62	108,719.98	8.15	105.74
당진시	경유→CNG	181.54	86.08	-156.01	7,310.11	8.97	116.31
	경유→CNG하이브리드	163.92	134.71	-59.39	38,813.21	8.97	116.31
	경유→전기차	198.84	170.15	2.64	109,477.61	8.97	116.31
계룡시	CNG→CNG하이브리드	-18.04	49.81	98.96	32,266.14	-	-
	CNG→전기차	17.72	86.11	162.49	104,642.14	-	-

(표계속) (단위: kg/대/년)

지역	전환유형	CO	Nox	THC	CO2	Sox	PM2.5
금산군	경유→CNG	198.50	94.11	-170.59	7,993.06	3.86	51.71
	경유→CNG하이브리드	179.24	147.29	-64.94	42,439.35	3.86	51.71
	경유→전기차	217.42	186.04	2.88	119,705.62	3.86	51.71
부여군	경유→CNG	215.46	102.16	-185.16	8,676.01	4.07	54.54
	경유→CNG하이브리드	194.55	159.87	-70.48	46,065.50	4.07	54.54
	경유→전기차	235.99	201.94	3.13	129,933.63	4.07	54.54
서천군	경유→CNG	187.82	89.05	-161.41	7,563.06	2.32	31.16
	경유→CNG하이브리드	169.60	139.36	-61.44	40,156.22	2.32	31.16
	경유→전기차	205.72	176.03	2.73	113,265.76	2.32	31.16
청양군	경유→CNG	199.75	94.71	-171.67	8,043.65	1.52	20.27
	경유→CNG하이브리드	180.37	148.22	-65.35	42,707.96	1.52	20.27
	경유→전기차	218.79	187.22	2.90	120,463.25	1.52	20.27
홍성군	경유→CNG	192.84	91.43	-165.73	7,765.41	4.24	56.92
	경유→CNG하이브리드	174.13	143.09	-63.09	41,230.64	4.24	56.92
	경유→전기차	211.22	180.74	2.80	116,296.28	4.24	56.92
예산군	경유→CNG	186.56	88.46	-160.33	7,512.47	4.55	60.83
	경유→CNG하이브리드	168.46	138.44	-61.03	39,887.62	4.55	60.83
	경유→전기차	204.34	174.86	2.71	112,508.13	4.55	60.83
태안군	경유→CNG	195.36	92.63	-167.89	7,866.59	2.99	40.04
	경유→CNG하이브리드	176.41	144.96	-63.91	41,767.84	2.99	40.04
	경유→전기차	213.98	183.10	2.84	117,811.54	2.99	40.04

3. 편익산정

1) 편익산정 개요

편익항목은 대기오염물질 배출량 감소에 따른 사회적 환경편익으로 설정한다. 총 6개의 대기오염물질을 대상으로 분석을 수행하며, 친환경버스로 전환됨에 따라 감소하는 배출량과 화폐화 원단위를 곱하여 편익을 산정한다.

2) 대기오염물질배출량 화폐화 원단위

대기오염물질 배출량을 금전적으로 전환하기 위해 화폐화 원단위를 적용한다. 원단위 중에 가장 높은 물질은 PM2.5이다. PM2.5는 인구밀도에 따라 각기 다른 원단위가 존재한다. Rural은 인구밀도가 150명/km^2, Suburban은 300명/km^2, Urban은 1,500명/km^2로 구분하며 각각 117,009원/kg, 174,967원/kg, 451,284원/kg이다. 충남의 평균적인 인구밀도를 고려하면 Suburban에 속하므로 해당 원단위를 적용한다.

〈표 42〉 PM2.5의 kg당 화폐화 원단위

(단위: 원/kg)

구분	PM2.5		
	Rural	Suburban	Urban
사회적 비용	117,009	174,967	451,284

주) Rral: 150명/km^2, Suburban: 300명/km^2, Urban: 1,500명/km^2
자료1) 한국자동차환경협회, 대기오염물질 사회적 비용 재평가 연구, pp. 70-72, 2015.11.

〈표 43〉 충청남도 15개 시·군별 면적대비 인구수

No.	시·군	인구 (명)	면적 (km^2)	인구/면적 (명/km^2)	No.	시·군	인구 (명)	면적 (km^2)	인구/면적 (명/km^2)
1	천안시	642,586	636.14	1,010	9	금산군	53,441	577.13	93
2	공주시	107,495	864.19	124	10	부여군	68,403	624.52	110
3	보령시	102,371	573.78	178	11	서천군	54,355	365.7	149
4	아산시	311,988	542.19	575	12	청양군	32,023	479.1	67
5	서산시	173,056	741.29	233	13	홍성군	101,232	443.99	228
6	논산시	120,892	554.75	218	14	예산군	80,285	542.62	148
7	계룡시	43,763	60.72	721	15	태안군	63,636	515.79	123
8	당진시	167,842	704.26	238	평균				281

주1) 인구는 2018년 충청남도 통계연보 자료임

〈표 44〉 소비자물가지수

연도	소비자물가지수									
2007	100.0									
2008	104.7	100.0								
2009	107.6	102.8	100.0							
2010	110.7	105.8	102.9	100.0						
2011	115.2	110	107.1	104	100.0					
2012	117.7	112.4	109.4	106.3	102.2	100.0				
2013	119.2	113.9	110.8	107.7	103.5	101.3	100.0			
2014	120.7	115.4	112.3	109.1	104.8	102.6	101.3	100.0		
2015	121.6	116.2	113.1	109.8	105.6	103.3	102	100.7	100.0	
2016	122.8	117.3	114.2	110.9	106.6	104.3	103	101.7	101	100.0
2017	125.2	119.6	116.4	113	108.7	106.3	105	103.7	102.9	101.9

자료:한국은행경제통계시스템(http://ecos.bok.or.kr/)

화폐화 원단위는 각종 문헌을 통하여 수집하여 적용한다. 원단위 적용을 위하여 서로 다른 기준연도를 보정하여 2017년 기준으로 보정한다. 한국은행경제통계시스템에서 제시된 소비자물가지수를 이용하여 2007년 기준의 CO2, 2015년 기준의 대기오염물질 원단위를 보정한다.

〈표 45〉 대기오염물질 배출량(kg)당 화폐화 원단위(사회적비용 추정 원단위)

(단위: 원/kg)

구분	CO	NOx	THC	CO2	SO2	PM2.5
2007년 기준	-	-	-	42.40	-	-
2015년 기준	27,719.00	45,971.00	2,825.00	-	37,459.00	174,967.00
2017년 기준	28,522.85	47,304.16	2,906.93	53.08	38,545.31	180,041.04

주1) 2015년 대비 2017년의 소비자물가지수 비율은 1.029임(2015년 기준 100.0, 2017년 기준 102.9)
주2) 2007년 대비 2017년의 소비자물가지수 비율은 1.252임(2007년 기준 100.0, 2017년 기준 125.2)
주3) CO2는 한국개발연구원 예비타당성조사지침의 2007년 지표 활용
자료1) 한국자동차환경협회, 대기오염물질 사회적 비용 재평가 연구, pp. 70-72, 2015.11.
자료2) 한국개발연구원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2018.12.

3) 충남 시·군별 편익산정 종합결과

충남 시·군별 친환경버스 전환 시나리오에 따른 편익산정 결과는 다음과 같다.

〈표 46〉 충남 친환경버스 전환에 따른 편익산정결과(차량 1대, 1년 기준)

(단위: 천원/대/년)

지역	전환유형	CO	Nox	THC	CO2	Sox	PM2.5	합계
천안시	경유→CNG	4,121	3,240	-361	309	1,309	79,321	87,939
	경유→CNG하이브리드	3,721	5,071	-137	1,640	1,309	79,321	90,925
	경유→전기차	4,514	6,405	6	4,625	1,309	79,321	96,180
	CNG→CNG하이브리드	-400	1,831	224	1,331	-	-	2,986
	CNG→전기차	393	3,165	367	4,316	-	-	8,241
공주시	경유→CNG	5,555	4,367	-487	416	273	16,499	26,623
	경유→CNG하이브리드	5,016	6,834	-185	2,210	273	16,499	30,647
	경유→전기차	6,084	8,633	8	6,233	273	16,499	37,730
보령시	경유→CNG	4,623	3,636	-405	347	220	13,327	21,748
	경유→CNG하이브리드	4,174	5,689	-154	1,839	220	13,327	25,095
	경유→전기차	5,063	7,186	7	5,188	220	13,327	30,991
아산시	경유→CNG	4,443	3,494	-389	333	681	41,246	49,808
	경유→CNG하이브리드	4,012	5,468	-148	1,768	681	41,246	53,027
	경유→전기차	4,867	6,907	7	4,987	681	41,246	58,695
서산시	경유→CNG	4,551	3,579	-398	341	377	22,844	31,294
	경유→CNG하이브리드	4,110	5,600	-151	1,810	377	22,844	34,590
	경유→전기차	4,985	7,074	7	5,107	377	22,844	40,394
논산시	경유→CNG	5,142	4,044	-450	385	314	19,038	28,473
	경유→CNG하이브리드	4,643	6,328	-171	2,046	314	19,038	32,198
	경유→전기차	5,632	7,993	8	5,771	314	19,038	38,756
당진시	경유→CNG	5,178	4,072	-453	388	346	20,941	30,472
	경유→CNG하이브리드	4,675	6,373	-172	2,060	346	20,941	34,223
	경유→전기차	5,671	8,049	8	5,811	346	20,941	40,826
계룡시	CNG→CNG하이브리드	-515	2,356	287	1,712	-	-	3,840
	CNG→전기차	505	4,073	472	5,554	-	-	10,604

(표계속) (단위: 천원/대/년)

지역	전환유형	CO	Nox	THC	CO2	Sox	PM2.5	합계
금산군	경유→CNG	5,661	4,451	-496	424	149	9,310	19,499
	경유→CNG하이브리드	5,112	6,967	-189	2,253	149	9,310	23,602
	경유→전기차	6,201	8,800	8	6,354	149	9,310	30,822
부여군	경유→CNG	6,145	4,833	-538	461	157	9,819	20,877
	경유→CNG하이브리드	5,549	7,563	-205	2,445	157	9,819	25,328
	경유→전기차	6,731	9,553	9	6,897	157	9,819	33,166
서천군	경유→CNG	5,357	4,212	-469	401	89	5,610	15,200
	경유→CNG하이브리드	4,838	6,592	-179	2,131	89	5,610	19,081
	경유→전기차	5,868	8,327	8	6,012	89	5,610	25,914
청양군	경유→CNG	5,698	4,480	-499	427	59	3,649	13,814
	경유→CNG하이브리드	5,145	7,011	-190	2,267	59	3,649	17,941
	경유→전기차	6,241	8,856	8	6,394	59	3,649	25,207
홍성군	경유→CNG	5,501	4,325	-482	412	163	10,248	20,167
	경유→CNG하이브리드	4,967	6,769	-184	2,189	163	10,248	24,152
	경유→전기차	6,025	8,550	8	6,173	163	10,248	31,167
예산군	경유→CNG	5,321	4,185	-466	399	175	10,952	20,566
	경유→CNG하이브리드	4,805	6,549	-177	2,117	175	10,952	24,421
	경유→전기차	5,828	8,272	8	5,972	175	10,952	31,207
태안군	경유→CNG	5,572	4,381	-488	417	115	7,209	17,206
	경유→CNG하이브리드	5,031	6,857	-186	2,217	115	7,209	21,243
	경유→전기차	6,103	8,661	8	6,253	115	7,209	28,349

4. 비용산정

1) 비용산정 개요

비용항목은 친환경버스 전환에 따른 차량구입비, 유류비, 차량유지관리 등으로 선정한다. 차량구입비는 H사의 차량을 기준으로 산정하며, 유류비는 각 차종별 연비와 연료별 단가를 활용하여 산정한다. 차량유지관리비는 현재 전기버스 운영사의 자문을 통하여 수집된 자료를 이용하여 산정한다.

2) 차량구입비용

차량구입비는 H사의 경유버스, CNG버스, CNG하이브리드버스, 전기버스 구매가격을 적용한다. 경제성 분석을 수행하기 위하여 세금이 제외된 금액을 추가적으로 검토하여 적용한다.

(1) 차종별 차량구입가격 원단위

〈표 47〉 차종별 차량구입 가격

엔진	용도	탑승인원	가격 (원/대)	부가세제외 가격 (천원/대)
디젤 (경유)	도시표준	21+40+1석	113,990,000	103,627
	시내좌석	38+1석	114,220,000	103,836
	시외직행	45+1석	109,980,000	99,982
	자가용	45+1석	112,590,000	102,355
CNG	도시표준	25+31+1석	125,800,000*	125,800
	시내좌석	38+1석	126,310,000*	126,310
	자가용	45+1석	137,410,000*	137,410
	초저상 도시표준	24+26+1석	216,950,000*	216,950
CNG 하이브리드	초저상 도시표준 BLUE CITY	27+22+1석	276,910,000*	276,910
전기버스	일렉시티	48석	450,000,000	409,091

주1) * 표시의 가격은 부가세를 제외한 가격임
자료) 차량가격은 H사 홈페이지에서 제시된 가격임. 단, 전기버스 가격은 인터넷기사 참조 (http://www.fnnews.com/news/201812010914536851)

〈표 48〉 차종별 평균 차량구입가격(부가세 제외금액)

(단위: 천원/대)

구분	경유버스	CNG버스	CNG하이브리드	전기버스
도시표준	103,627	125,800	276,910	409,091
시내좌석	103,836	126,310	-	
평균 차량가격 (본 연구 적용치)	103,732	126,055	276,910	409,091

주1) 경유버스, CNG버스는 도시표준, 시내좌석 버스구입가격의 평균치를 적용하였음

주2) CNG하이브리드버스는 초저상 도시표준 BLUE CITY, 전기버스는 일렉시티의 버스구입가격을 적용함

(2) 친환경버스 도입에 따른 추가 소요비용 추정 결과

경유버스에서 CNG버스 또는 CNG하이브리드버스로 전환되었을 경우에는 각각 22,323천원/대, 173,178천원/대 소요된다. 경유버스에서 전기버스로 전환될 경우 305,359천원/대 소요된다. 기존의 CNG버스가 운영되는 지역에서는 CNG하이브리드버스, 전기버스로 전환되었을 경우의 추가 소요비용을 적용한다.

〈표 49〉 친환경버스 도입에 따른 추가 소요비용 추정 결과(부가세 제외금액)

(단위: 천원/대)

구분	전환유형	추가 소요비용
경유버스 → 친환경버스	경유→CNG	22,323
	경유→CNG하이브리드	173,178
	경유→전기차	305,359
CNG버스 → CNG하이브리드 또는 전기차	CNG→CNG하이브리드	150,855
	CNG→전기차	283,036

3) 유류비용

(1) 차종별 연비 원단위

경유버스, CNG(하이브리드)버스, 전기버스의 차종별 연비는 환경부 자료를 활용한다. 전기버스의 연비는 H사의 일렉시티 전기버스의 1회 충전시 운행가능한 km와 배터리용량을 이용하여 연비를 산정한다.

〈표 50〉 차종별 연비

구분	경유버스 (km/ℓ)	CNG버스 (km/m^3)	CNG하이브리드 (km/m^3)	전기버스 (km/kwh)
연비	2.49	2.05	3.02	1.25

자료1) 환경부, 경유버스(EURO-6) 및 CNG버스 환경·경제성 분석, pp. 47-48, 2015.12.

자료2) H사 홈페이지의 전기버스 설명서 자료 참조. 배터리용량 256kwh, 1회 충전시 319.2km 적용

(2) 차종별 유류비 원단위

경유버스 유류비 원단위는 한국석유공사의 세전가의 경유 원단위를 적용한다. 2018년 1월부터 10월까지의 평균 세전가 경유 원단위는 570.8원/ℓ으로 산정된다.

〈표 51〉 한국석유공사의 경유 공급처별 경유 단가

(단위: 원/ℓ)

기간	세전가	정유사	대리점	주유소
18년 1월	552.1	1,189.5	1,255.7	1,344.9
18년 2월	578.8	1,218.8	1,276.7	1,360.4
18년 3월	572.1	1,211.5	1,262.2	1,354.6
18년 4월	572.1	1,211.5	1,262.2	1,349.1
18년 5월	572.1	1,211.5	1,262.2	1,380.2
18년 6월	572.1	1,211.5	1,262.2	1,410.0
18년 7월	572.1	1,211.5	1,262.2	1,411.9
18년 8월	572.1	1,211.5	1,262.2	1,419.1
18년 9월	572.1	1,211.5	1,262.2	1,438.9
18년 10월	572.1	1,211.5	1,262.2	1,485.0
평균	570.8	1,210.0	1,263.0	1,395.4

자료: 한국석유공사, 페트로넷 국내석유정보(http://www.petronet.co.kr), 2018년.

CNG버스 유류비 원단위는 CNCITY 에너지 요금 단가표를 바탕으로 산정한다. CNG(수송용) 요금 15.1879원/MJ와 에너지열량 환산기준의 도시가스(LNG) 환산계수 43.1m^3/MJ을 곱하여 산정한다. 이에 따라 CNG 유류비 원단위는 654.6원/m^3으로 산정된다.

〈표 52〉 CNCITY 에너지 요금 단가표

(단위: 원/MJ, 부가세별도)

구분			기본요금	요금
주택용	취사용	주택법 제2조에 의한 주택 및 준주택에서 사용시 적용	850	15.4484
	개별 난방용	주택법 제2조에 의한 주택 및 준주택에서 사용시 적용, 주택에서 난방 및 취사 사용시 516MJ까지 취사 단가 적용	850	17.037
	중앙 난방용	주택법 제2조에 의한 주택 및 준주택에서 사용시 적용, 공동주택	-	17.037
	자가열 전용	공동주택 자가용 열병합발전시스템의 열전용보일러에서 사용하는 가스에 적용	-	16.9891
일반용1	동절기	1월-3월, 12월 적용	-	16.5013
	하절기	6월-9월 적용	-	16.2648
	기타월	4월,5월,10월,11월 적용	-	16.3177
일반용2	동절기	목욕탕,수영장,소각장에서 직접목적사용	-	16.0214
	하절기	목욕탕,수영장,소각장에서 직접목적사용	-	15.7849
	기타월	목욕탕,수영장,소각장에서 직접목적사용	-	15.8378
냉난방 공조용	동절기	1월-3월,12월 적용	-	17.1848
	하절기	5월-9월 적용	-	10.4951
	기타월	4월,10월,11월 적용	-	16.5913
산업용1	동절기	1월-3월,12월 적용	-	14.3995
	하절기	6월-9월 적용	-	13.7617
	기타월	4월,5월,10월,11월 적용	-	13.8332
산업용2	동절기	월1,000,000m3 (43,050,000MJ) 이상사용, 1월-3월, 12월 적용	-	13.7314
	하절기	월1,000,000m3 (43,050,000MJ) 이상사용, 6월-9월 적용	-	13.0936
	기타월	월1,000,000m3 (43,050,000MJ) 이상사용, 4월, 5월, 10월, 11월 적용	-	13.1651
열병합용1	동절기	1월-3월, 12월 적용	-	15.974
	하절기	6월-9월 적용	-	14.4755
	기타월	4월, 5월, 10월, 11월 적용	-	14.6433
열병합용2	동절기	1월-3월, 12월 적용	-	15.6716
	하절기	6월-9월 적용	-	14.1731
	기타월	4월, 5월, 10월, 11월 적용	-	14.3409
업무난방용		-	-	17.5566
열전용설비용		열병합발전시스템과 연계된 열전용보일러에 사용되는 가스	-	16.7686
CNG (수송용)		CNG차량에 공급하는 가스	-	15.1879

자료: CNCITY에너지, 홈페이지 요금단가표(https://www.cncityenergy.com), 2018년.

〈표 53〉 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련)

구분	에너지원	단위	총발열량			순발열량		
			MJ	kcal	석유환산톤 (10-3toe)	MJ	kcal	석유환산톤 (10-3toe)
석유	원유	kg	45.0	10,750	1.075	42.2	10,080	1.008
	휘발유	L	32.7	7,810	0.781	30.4	7,260	0.726
	등유	L	36.7	8,770	0.877	34.2	8,170	0.817
	경유	L	37.8	9,030	0.903	35.2	8,410	0.841
	B-A유	L	39.0	9,310	0.931	36.4	8,690	0.869
	B-B유	L	40.5	9,670	0.967	38.0	9,080	0.908
	B-C유	L	41.7	9,960	0.996	39.2	9,360	0.936
	프로판(LPG1호)	kg	50.4	12,040	1.204	46.3	11,060	1.106
	부탄(LPG3호)	kg	49.5	11,820	1.182	45.7	10,920	1.092
	나프타	L	32.3	7,710	0.771	29.9	7,140	0.714
	용제	L	32.8	7,830	0.783	30.3	7,240	0.724
	항공유	L	36.5	8,720	0.872	33.9	8,100	0.810
	아스팔트	kg	41.4	9,890	0.989	39.2	9,360	0.936
	윤활유	L	40.0	9,550	0.955	37.3	8,910	0.891
	석유코크스	kg	35.0	8,360	0.836	34.2	8,170	0.817
	부생연료유1호	L	37.1	8,860	0.886	34.6	8,260	0.826
	부생연료유2호	L	39.9	9,530	0.953	37.7	9,000	0.900
가스	천연가스(LNG)	kg	54.7	13,060	1.306	49.4	11,800	1.180
	도시가스(LNG)	Nm3	43.1	10,290	1.029	38.9	9,290	0.929
	도시가스(LPG)	Nm3	63.6	15,190	1.519	58.4	13,950	1.395
석탄	국내무연탄	kg	19.8	4,730	0.473	19.4	4,630	0.463
	연료용 수입무연탄	kg	21.2	5,060	0.506	20.5	4,900	0.490
	원료용 수입무연탄	kg	25.2	6,020	0.602	24.7	5,900	0.590
	연료용 유연탄(역청탄)	kg	24.8	5,920	0.592	23.7	5,660	0.566
	원료용 유연탄(역청탄)	kg	29.2	6,970	0.697	28.0	6,690	0.669
	아역청탄	kg	21.4	5,110	0.511	19.9	4,750	0.475
	코크스	kg	29.0	6,930	0.693	28.9	6,900	0.690
전기 등	전기(발전기준)	kWh	8.9	2,130	0.213	8.9	2,130	0.213
	전기(소비기준)	kWh	9.6	2,290	0.229	9.6	2,290	0.229
	신탄	kg	18.8	4,500	0.450	-	-	-

자료: 에너지법 시행규칙 제5조제1항, 에너지열량 환산기준, 20107년.
주1) “총발열량”이란 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 포함한 발열량을 말한다.
주2) “순발열량”이란 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 제외한 발열량을 말한다.
주3) “석유환산톤” (toe: ton of oil equivalent)이란 원유 1톤(t)이 갖는 열량으로 107kcal를 말한다.
주4) 석탄의 발열량은 인수식(引受式)을 기준으로 한다. 다만, 코크스는 건식(乾式)을 기준으로 한다.
주5) 최종 에너지사용자가 사용하는 전력량 값을 열량 값으로 환산할 경우에는 1kWh=860kcal를 적용한다.
주6) 1cal=4.1868J이며, 도시가스 단위인 Nm3은 0℃ 1기압(atm) 상태의 부피 단위(m3)를 말한다.
주7) 에너지원별 발열량(MJ)은 소수점 아래 둘째 자리에서 반올림한 값이며, 발열량(kcal)은 발열량(MJ)으로부터 환산한 후 1의 자리에서 반올림한 값이다. 두 단위 간 상충될 경우 발열량(MJ)이 우선한다.

전기버스 유류비 원단위는 한국전력공사 자료를 참조한다. 부가세를 포함한 가격이 173.8원/kWh이므로 부가세를 제외한 전기버스 유류비 원단위는 158.0원/kwh으로 산정된다.

〈표 54〉 한국전력공사 전기차충전서비스 공용충전소 이용안내

구분	회원카드		신용카드
	한전 간편결제 등록회원	충전사업자 회원	
사용가능 카드	한전홈페이지에 사전 간편결제 등록1)한 카드	해피차저, 차지비, 환경부 카드	교통카드 기능있는 신용카드
	해피차저2), 차지비, 환경부 등		
충전요금	173.8원/kWh (VAT포함)	충전사업자 요금정책에 따름	173.8원/kWh (VAT포함)

자료: 한국전력공사, 홈페이지 전기차충전서비스(https://evc.kepco.co.kr), 2018년.
주 1: 한전충전기 이용가능 충전사업자: 환경부, 한국충전, 포스코ICT.
주 2: 충전사업자 회원카드를(해피차저 등) 한전 간편결제 용 카드로 등록 시에는 한전 요금 적용.

본 연구에서 적용된 경유버스, CNG(하이브리드)버스, 전기버스의 차종별 유류비 원단위는 다음과 같다.

〈표 55〉 차종별 유류비 원단위(세금제외 금액)

구분	경유버스 (원/ℓ)	CNG버스 (원/m^3)	CNG하이브리드 (원/m^3)	전기버스 (원/kwh)
유류비 원단위	570.8	654.6	654.6	158.0

(3) 충남 친환경버스 전환에 따른 추가 유류비용 추정 결과(차량 1대, 1년 기준)

경유버스에서 CNG버스로 전환됨에 따라 유류비는 증가하는 것으로 분석된다. 하지만 경유버스에서 CNG하이브리드, 전기버스로 전환됨에 따라 유류비는 모두 감소하는 것으로 분석된다. 친환경버스로 전환됨에 따라 절감되는 유류비는 다음과 같다.

〈표 56〉 친환경버스 도입에 따른 추가 유류비용 추정 결과

지역	전환유형	1년간유류비 (단위: 천원/대/년)	9년간유류비 (단위: 천원/대/9년)
천안시	경유→CNG	7,562	68,058
	경유→CNG하이브리드	-1,048	-9,432
	경유→전기차	-8,634	-77,706
	CNG→CNG하이브리드	-8,610	-77,490
	CNG→전기차	-16,196	-145,764
공주시	경유→CNG	10,193	91,737
	경유→CNG하이브리드	-1,412	-12,708
	경유→전기차	-11,636	-104,724
보령시	경유→CNG	8,483	76,347
	경유→CNG하이브리드	-1,175	-10,575
	경유→전기차	-9,684	-87,156
아산시	경유→CNG	8,155	73,395
	경유→CNG하이브리드	-1,129	-10,161
	경유→전기차	-9,308	-83,772
서산시	경유→CNG	8,351	75,159
	경유→CNG하이브리드	-1,157	-10,413
	경유→전기차	-9,534	-85,806
논산시	경유→CNG	9,436	84,924
	경유→CNG하이브리드	-1,308	-11,772
	경유→전기차	-10,773	-96,957
당진시	경유→CNG	9,502	85,518
	경유→CNG하이브리드	-1,316	-11,844
	경유→전기차	-10,848	-97,632
계룡시	CNG→CNG하이브리드	-11,081	-99,729
	CNG→전기차	-20,843	-187,587

(표계속)

지역	전환유형	1년간유류비 (단위: 천원/대/년)	9년간유류비 (단위: 천원/대/9년)
금산군	경유→CNG	10,390	93,510
	경유→CNG하이브리드	-1,440	-12,960
	경유→전기차	-11,861	-106,749
부여군	경유→CNG	11,278	101,502
	경유→CNG하이브리드	-1,563	-14,067
	경유→전기차	-12,874	-115,866
서천군	경유→CNG	9,831	88,479
	경유→CNG하이브리드	-1,363	-12,267
	경유→전기차	-11,223	-101,007
청양군	경유→CNG	10,456	94,104
	경유→CNG하이브리드	-1,448	-13,032
	경유→전기차	-11,936	-107,424
홍성군	경유→CNG	10,094	90,846
	경유→CNG하이브리드	-1,399	-12,591
	경유→전기차	-11,523	-103,707
예산군	경유→CNG	9,765	87,885
	경유→CNG하이브리드	-1,352	-12,168
	경유→전기차	-11,148	-100,332
태안군	경유→CNG	10,225	92,025
	경유→CNG하이브리드	-1,417	-12,753
	경유→전기차	-11,674	-105,066

제5장 경제적 타당성 분석

1. 경제적 타당성 분석 개요

1) 기본가정

경제성 분석 시 장래의 여건변화에 따른 불확실성이 내재된 변수들은 제외하고 분석한다. 이는 실제적으로 장래에 구체적인 사항들을 파악하기 어렵기 때문이다. 예를 들어, 기술발전에 따른 연비개선, 전기배터리 비용감소에 따른 전기버스 구매가격 감소 등은 예측하기 어렵기 때문에 이와 관련된 지표들은 모두 현재 수준으로 고정하여 분석한다.

첫째, 시내버스 내구연한(9년) 동안 차종별(경유버스, CNG버스, CNG하이브리드버스, 전기버스) 주행거리는 변화하지 않고 동일한 것으로 가정한다.

둘째, 차종에 따라 서비스되는 교통편익은 동일하다고 가정한다. 이는 버스의 주 연료원이 변경되었다 하더라도 도민(시·군민)에게 제공되는 교통측면의 사회적 편익(예, 차량운행비용 절감편익, 통행시간 절감편익, 교통사고 절감편익 등)은 동일하다고 가정한다.

셋째, 시내버스 내구연한(9년) 동안 차종별(경유버스, CNG버스, CNG하이브리드버스, 전기버스) 유지관리비용은 동일하다고 가정한다. 단, 경유버스에서 전기버스로 전환에 따른 유지관리비용은 조사자료를 토대로 적용하여 시나리오 분석을 수행한다.

2) 경제성 분석 방법

경제성 분석은 경유버스가 친환경버스로 전환됨에 따라 편익과 비용을 비교하여 경제적 효율성을 검토한다. 편익은 현재의 버스수준에서 좀 더 향상된 친환경버스로의 전환에 따라 산출되는 환경편익으로 설정한다. 비용은 차량구입비용, 유류비용을 기본적으로 적용하되, 경유버스에서 전기버스로의 전환은 조사된 유지관리비용을 근거로 시나리오 분석을 수행한다.

(1) 편익/비용 비율(B/C)

편익/비용 비율이란 총편익과 총 비용의 할인된 금액의 비율, 즉 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것이다. 편익/비용 비율이 1보다 같거나 크면 경제성이 있다고 판단한다.

편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C)

$$\text{편익/비용 비율}(B/C) = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} \Big/ \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, $B_t =$ t시점에서 친환경버스 전환에 따른 사회적 편익. 대기오염물질 배출량 감소에 따른 편익을 의미함

$C_t =$ t시점에서 기존 버스에서 친환경버스로 전환에 따른 추가적인 비용을 의미함

$r =$ 사회적 할인율 4.5%(※최근 KDI 예비타당성조사에서 4.5% 적용)

$n =$ 버스내구연한인 9년을 적용

자료: 한국개발연구원 공공투자관리센터, 도로철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정보완 연구(제5판), p. 376, 2008.

(2) 순현재가치(NPV)

순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준연도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 제한 값이다. 순현재가치가 '0' 보다 크거나 같을 경우 경제성이 있다고 판단한다.

순현재가치(Net Present Value: NPV)

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

자료: 한국개발연구원 공공투자관리센터, 도로철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정보완 연구(제5판), p. 376, 2008.

(3) 내부수익률(IRR)

내부수익률은 편익과 비용의 현재가치로 환산된 값이 같아지는 할인율(R)을 구하는 방법으로 사업의 시행으로 인한 순현재가치를 '0'으로 만드는 할인율이다. 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

내부수익률(Internal Rate of Return: IRR)

$$\text{내부수익률}(IRR) : \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+R)^t}$$

자료: 한국개발연구원 공공투자관리센터, 도로철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정보완 연구(제5판), p. 376, 2008.

2. 경제성 분석 결과

1) 경제성 분석 결과

충남의 시단위 지역에서의 경유버스는 친환경버스로 전환되었을 경우에 모두 경제성이 존재한다. 가장 편익이 높은 지역은 아산시이며, 그 다음 순으로는 천안시로 검토된다.

현재 CNG버스가 운행중인 천안시와 계룡시의 경우에는 CNG하이브리드, 전기버스 등으로 전환되었을 때 경제성이 없는 것으로 도출된다. 대부분 차량구입가격이 높은 것이 주요 원인으로 분석된다.

〈표 57〉 충남 시지역 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과

구분	친환경버스 전환유형	분석결과(차량 1대 기준) (단위: 천원)				총편익 (단위: 억원)
		편익	비용	B/C	NPV	NPV
천안시 (45대-경유버스)	경유→CNG	585,344	68,521	8.54	516,823	233
	경유→CNG하이브리드	605,219	134,108	4.51	471,111	212
	경유→전기버스	640,198	191,299	3.35	448,899	202
천안시 (350대-CNG버스)	CNG→CNG하이브리드	19,876	65,588	0.30	-45,712	-160
	CNG→전기버스	54,854	122,778	0.45	-67,924	-238
공주시 (63대-경유버스)	경유→CNG	177,209	86,033	2.06	91,176	57
	경유→CNG하이브리드	203,994	131,685	1.55	72,309	46
	경유→전기버스	251,140	171,317	1.47	79,824	50
보령시 (59대-경유버스)	경유→CNG	144,760	74,651	1.94	70,109	41
	경유→CNG하이브리드	167,039	133,263	1.25	33,776	20
	경유→전기버스	206,284	184,310	1.12	21,974	13
아산시 (157대-경유버스)	경유→CNG	331,534	72,468	4.57	259,067	407
	경유→CNG하이브리드	352,961	133,569	2.64	219,392	344
	경유→전기버스	390,689	186,813	2.09	203,876	320
서산시 (67대-경유버스)	경유→CNG	208,301	73,772	2.82	134,528	90
	경유→CNG하이브리드	230,240	133,383	1.73	96,857	65
	경유→전기버스	268,873	185,308	1.45	83,564	56
논산시 (65대-경유버스)	경유→CNG	189,523	80,994	2.34	108,529	71
	경유→CNG하이브리드	214,318	132,378	1.62	81,940	53
	경유→전기버스	257,970	177,061	1.46	80,908	53
계룡시 (21대-CNG버스)	CNG→CNG하이브리드	25,560	49,140	0.52	-23,580	-5
	CNG→전기버스	70,583	91,847	0.77	-21,264	-4
당진시 (69대-경유버스)	경유→CNG	202,829	81,434	2.49	121,396	84
	경유→CNG하이브리드	227,797	132,324	1.72	95,472	66
	경유→전기버스	271,748	176,562	1.54	95,186	66

충남의 군단위 지역에서의 경유버스는 친환경버스로 전환되었을 경우에 일부지역을 제외하고 모두 경제성이 존재한다. 편익이 높은 지역으로는 예산군, 홍성군, 부여군 등으로 검토된다.

서천군, 청양군의 경우에는 모두 CNG버스가 경제적으로 타당성이 높게 도출된 반면, CNG 하이브리드, 전기버스에 대해서는 경제성이 없는 것으로 분석된다.

〈표 58〉 충남 군지역 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과

구분	친환경버스 전환유형	분석결과(차량 1대 기준) (단위: 천원)				총편익 (단위: 억원)
		편익	비용	B/C	NPV	NPV(억원)
금산군 (19대-경유버스)	경유→CNG	129,790	87,344	1.49	42,446	8
	경유→CNG하이브리드	157,101	131,499	1.19	25,602	5
	경유→전기버스	205,159	169,819	1.21	35,340	7
부여군 (42대-경유버스)	경유→CNG	138,963	93,255	1.49	45,707	19
	경유→CNG하이브리드	168,589	130,680	1.29	37,909	16
	경유→전기버스	220,761	163,076	1.35	57,685	24
서천군 (28대-경유버스)	경유→CNG	101,175	83,624	1.21	17,551	5
	경유→CNG하이브리드	127,008	132,012	0.96	-5,004	-1
	경유→전기버스	172,490	174,066	0.99	-1,576	-0
청양군 (28대-경유버스)	경유→CNG	91,949	87,784	1.05	4,166	1
	경유→CNG하이브리드	119,420	131,446	0.91	-12,026	-2
	경유→전기버스	167,784	169,320	0.99	-1,536	-0
홍성군 (47대-경유버스)	경유→CNG	134,237	85,374	1.57	48,862	23
	경유→CNG하이브리드	160,762	131,772	1.22	28,990	14
	경유→전기버스	207,455	172,069	1.21	35,386	17
예산군 (49대-경유버스)	경유→CNG	136,892	83,184	1.65	53,708	26
	경유→CNG하이브리드	162,552	132,085	1.23	30,467	15
	경유→전기버스	207,722	174,565	1.19	33,157	16
태안군 (37대-경유버스)	경유→CNG	114,527	86,246	1.33	28,281	10
	경유→CNG하이브리드	141,399	131,652	1.07	9,747	4
	경유→전기버스	188,698	171,064	1.10	17,634	7

〈표 59〉 친환경버스 전환에 따른 경제성분석 결과(공주시 예시)

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	26,623	23,330	22,323	10,193	32,516	28,494
	2021	26,623	22,325	-	10,193	10,193	8,547
	2022	26,623	21,364	-	10,193	10,193	8,179
	2023	26,623	20,444	-	10,193	10,193	7,827
	2024	26,623	19,563	-	10,193	10,193	7,490
	2025	26,623	18,721	-	10,193	10,193	7,168
	2026	26,623	17,915	-	10,193	10,193	6,859
	2027	26,623	17,143	-	10,193	10,193	6,564
	2028	26,623	16,405	-2,232	10,193	7,961	4,905
	합계	239,607	177,209	20,091	91,737	111,828	86,033
경유버스→ CNG하이브리드	2020	30,647	26,856	173,178	-1,412	171,766	150,518
	2021	30,647	25,699	-	-1,412	-1,412	-1,184
	2022	30,647	24,593	-	-1,412	-1,412	-1,133
	2023	30,647	23,534	-	-1,412	-1,412	-1,084
	2024	30,647	22,520	-	-1,412	-1,412	-1,038
	2025	30,647	21,551	-	-1,412	-1,412	-993
	2026	30,647	20,623	-	-1,412	-1,412	-950
	2027	30,647	19,734	-	-1,412	-1,412	-909
	2028	30,647	18,885	-17,318	-1,412	-18,730	-11,541
	합계	275,823	203,994	155,860	-12,708	143,152	131,685
경유버스→ 전기버스	2020	37,730	33,063	305,359	-11,636	293,723	257,388
	2021	37,730	31,639	-	-11,636	-11,636	-9,757
	2022	37,730	30,276	-	-11,636	-11,636	-9,337
	2023	37,730	28,973	-	-11,636	-11,636	-8,935
	2024	37,730	27,725	-	-11,636	-11,636	-8,550
	2025	37,730	26,531	-	-11,636	-11,636	-8,182
	2026	37,730	25,389	-	-11,636	-11,636	-7,830
	2027	37,730	24,295	-	-11,636	-11,636	-7,493
	2028	37,730	23,249	-30,536	-11,636	-42,172	-25,986
	합계	339,570	251,140	274,823	-104,724	170,099	171,317

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	177,209	86,033	2.06	91,176	
	경유→CNG하이브리드	203,994	131,685	1.55	72,309	
	경유→전기버스	251,140	171,317	1.47	79,824	
경제성분석 (차량 59대 기준)	경유→CNG	112	54	2.06	57	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	129	83	1.55	46	(단위: 억원)
	경유→전기버스	158	108	1.47	50	(단위: 억원)

2) 경유버스 → 전기버스 유지관리비용 저감에 따른 경제성 분석 결과

경유버스에서 전기버스로의 전환에 따라 차량 1대의 유지관리비를 변수로 설정하고 시나리오 분석을 수행한다. 현재 경유버스와 전기버스를 동시에 운영하는 회사를 대상으로 조사를 수행한 결과, 1년동안 차량 1대당 약 6,610천원이 유지관리비로 절감된다. 이를 바탕으로 유지관리비 저감에 따른 경제성 분석을 수행한다.

〈표 60〉 경유버스 → 전기버스 전환에 따른 추가 유지관리비용 추정 결과

(단위:천원/대/년)

구분	단위	경유버스	전기버스
유지관리비 (A)	1개월	3,600	2,420
	1년	43,200	29,040
유가보조금 (B)	1개월	900	-
	1년	10,800	-
엔진오일부속품 (C)	1년	2,800	-
합계 (D=A-B+C)	1년	35,200	29,040
추가 유지관리비용 (경유버스→전기버스)	1년		-6,160

주) 차종별 유지관리비(1개월), 엔진오일부속품(1년)에 대한 정보는 ㈜동서이브이 자료활용

〈표 61〉 경유버스 → 전기버스 전환 시 유지관리비용 추가 검토에 따른 경제성분석 결과(공주시 예시)

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	37,730	33,063	305,359	-11,636	-6,160	287,563	251,990
2021	37,730	31,639	-	-11,636	-6,160	-17,796	-14,923
2022	37,730	30,276	-	-11,636	-6,160	-17,796	-14,280
2023	37,730	28,973	-	-11,636	-6,160	-17,796	-13,665
2024	37,730	27,725	-	-11,636	-6,160	-17,796	-13,077
2025	37,730	26,531	-	-11,636	-6,160	-17,796	-12,514
2026	37,730	25,389	-	-11,636	-6,160	-17,796	-11,975
2027	37,730	24,295	-	-11,636	-6,160	-17,796	-11,459
2028	37,730	23,249	-30,536	-11,636	-6,160	-48,332	-29,782
합계	339,570	251,140	274,823	-104,724	-55,440	114,659	130,314
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		251,140	130,314	1.93	120,826	
경제성분석 (차량 63대 기준)	경유→전기버스		158	82	1.93	76	(단위: 억원)

충남의 모든 시·군지역에서의 경제성이 있는 것으로 분석된다. 기존에 경제성이 결여된 서천군, 청양군도 전기버스로의 전환에 따른 경제적 타당성이 존재하는 것으로 분석된다.

〈표 62〉 충남 경유버스 → 전기버스 전환 시 유지관리비용 추가 검토에 따른 경제성분석 결과

구분	친환경버스 전환유형	분석결과(차량 1대 기준) (단위: 천원)				총편익 (단위: 억원)
		편익	비용	B/C	NPV	NPV
천안시 (45대-경유버스)	경유→전기버스	640,198	150,296	4.26	489,902	220
공주시 (63대-경유버스)	경유→전기버스	251,140	130,314	1.93	120,826	76
보령시 (59대-경유버스)	경유→전기버스	206,284	143,307	1.44	62,977	37
아산시 (157대-경유버스)	경유→전기버스	390,689	145,810	2.68	244,879	384
서산시 (67대-경유버스)	경유→전기버스	268,873	144,306	1.86	124,567	83
논산시 (65대-경유버스)	경유→전기버스	257,970	136,059	1.90	121,911	79
당진시 (69대-경유버스)	경유→전기버스	271,748	135,559	2.00	136,189	94
금산군 (19대-경유버스)	경유→전기버스	205,159	128,817	1.59	76,342	15
부여군 (42대-경유버스)	경유→전기버스	220,761	122,074	1.81	98,687	41
서천군 (28대-경유버스)	경유→전기버스	172,490	133,063	1.30	39,427	11
청양군 (28대-경유버스)	경유→전기버스	167,784	128,317	1.31	39,467	7
홍성군 (47대-경유버스)	경유→전기버스	207,455	131,066	1.58	76,389	36
예산군 (49대-경유버스)	경유→전기버스	207,722	133,563	1.56	74,159	36
태안군 (37대-경유버스)	경유→전기버스	188,698	130,061	1.45	58,637	22

3. 차량구입비 민감도 분석

1) CNG버스의 친환경버스 전환을 위한 차량구입비 민감도 분석

천안시와 계룡시는 현재 CNG버스가 운행중이다. CNG하이브리드, 전기버스로의 전환은 차량가격에 의존이 높다. 이에 따라 각 지역별로 차량가격의 변화에 따른 경제적 타당성을 검토한 결과, 천안시의 경우는 CNG하이브리드와 전기버스가 현재의 차량가격의 21%정도 감소될 경우 경제적으로 타당한 것으로 분석된다. 계룡시의 경우는 CNG하이브리드버스가 11%, 전기버스가 7%정도 가격이 하락하였을 때 경제성이 있는 것으로 분석된다.

〈표 63〉 천안시 CNG버스의 전환을 위한 친환경버스 차량구입비 민감도 분석

친환경버스 전환유형	CNG하이브리드 차량가격		편익 (천원)	비용 (천원)	B/C	NPV (천원)
	차량가격 (천원, 부가세제외)	감소비율				
CNG버스→ CNG하이브리드	276,910	0%	19,876	65,588	0.30	-45,712
	263,065	5%	19,876	54,308	0.37	-34,433
	249,219	10%	19,876	43,029	0.46	-23,153
	235,374	15%	19,876	31,749	0.63	-11,873
	221,528	20%	19,876	20,469	0.97	-594
	218,759	21%	19,876	18,213	1.09	1,662
CNG버스→ 전기버스	409,091	0%	54,854	122,778	0.45	-67,924
	388,636	5%	54,854	106,114	0.52	-51,260
	368,182	10%	54,854	89,450	0.61	-34,596
	347,727	15%	54,854	72,787	0.75	-17,932
	327,273	20%	54,854	56,123	0.98	-1,269
	323,182	21%	54,854	52,790	1.04	2,064

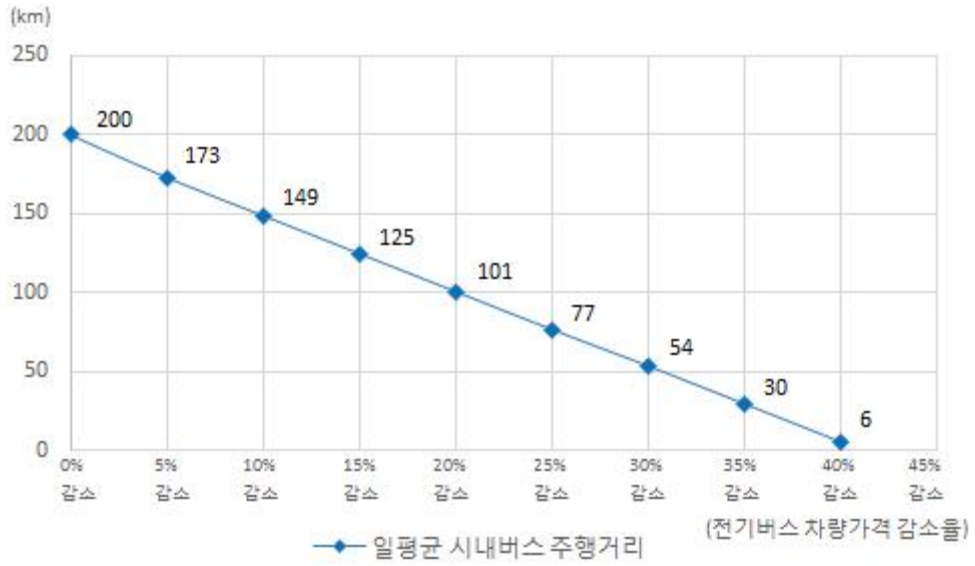
〈표 64〉 계룡시 CNG버스의 전환을 위한 친환경버스 차량구입비 민감도 분석

친환경버스 전환유형	CNG하이브리드 차량가격		편익 (천원)	비용 (천원)	B/C	NPV (천원)
	차량가격 (천원, 부가세제외)	감소비율				
CNG버스→ CNG하이브리드	276,910	0%	25,560	49,140	0.52	-23,580
	263,065	5%	25,560	37,861	0.68	-12,301
	249,219	10%	25,560	26,581	0.96	-1,021
	246,450	11%	25,560	24,325	1.05	1,235
CNG버스→ 전기버스	409,091	0%	70,583	91,847	0.77	-21,264
	388,636	5%	70,583	75,183	0.94	-4,600
	384,545	6%	70,583	71,850	0.98	-1,267
	380,455	7%	70,583	68,517	1.03	2,066

2) 전기버스 차량구입비 변화에 따른 주행거리 임계점 변화 분석

전기버스의 차량구입비와 주행거리를 변화시켜 경제적으로 타당한 주행거리 임계점을 분석한다. 이는 현재 장거리 운행의 시내버스가 대부분 환경편익이 높기 때문에 차량가격의 부담을 극복하고 경제적 타당성이 존재하는 것으로 판단된다. 향후, 기술의 발전과 함께 전기버스의 양산으로 가격 하락이 예상된다. 따라서 전기버스 가격이 하락되는 수준을 기준으로 경제적으로 효율적인 시내버스 주행거리의 임계점을 검토한다.

사례연구는 공주시를 대상으로 수행한다. 현재 전기버스 가격이 변함이 없을 경우에는 공주시의 경우 일평균 최소 200km를 주행하는 시내버스에 대해서는 전기버스로의 전환이 경제적으로 효율적이다. 전기버스 가격이 약 20% 감소할 경우에는 약 일평균 최소 101km를 주행하는 시내버스도 경제성이 존재한다. 만약 30%가 감소될 경우에는 일평균 최소 54km를 주행하는 버스도 경제성이 존재하게 된다. 이러한 사항은 전기버스의 가격하락으로 단거리 버스도 전기버스로의 전환이 경제적으로 타당하다는 것을 시사한다.



〈그림 8〉 전기버스 차량가격 감소에 따른 경제적 주행거리 임계점

제6장 결론 및 향후 연구과제

1. 결론 및 기대효과

충남의 도로부문 대기오염물질 배출량 저감을 위해서는 배출량 저감을 유도하는 전략과 배출오염원 저감 관리 전략으로 구분할 수 있다. 본 연구는 배출오염원을 근본적으로 저감하는 관리 전략에 해당하며 매일 반복적으로 지역을 운행하는 시내버스를 대상으로 친환경버스로의 전환에 따른 경제성 효과를 분석한다.

충남은 상대적으로 타 시·도에 비하여 친환경버스 전환율이 비교적 낮은 편에 속한다. 강원도를 포함하여 하위 수준에 머물고 있다. 현재 천안시와 계룡시를 제외하고 모두 경유를 주연료원으로 하는 시내버스가 운영중이다. 천안시는 일부 경유버스도 운행중에 있다. 최근 미세먼지감축과 관련하여 특별법도 마련되어 각 부문별 대기오염물질 배출량 감축을 위한 정책들이 거론되고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 도로부문의 대기오염물질 배출량 감소를 위해 시행될 수 있는 친환경버스 도입에 따른 경제적 효과를 검토한다.

본 연구는 경유버스 혹은 기존의 CNG버스에서 CNG, CNG하이브리드, 전기버스 등의 친환경버스로 전환됨에 따라 사회적 편익과 비용을 산정하고, 경제적으로 친환경버스의 도입이 타당한가를 가늠하는 기초연구를 수행하는 데에 목적이 있다.

편익항목은 대기오염물질 배출량 감소에 따른 사회적 편익으로 설정하고, 비용항목은 차량구입비, 유류비, 차량유지관리비 등으로 설정한다. 편익과 비용항목의 지표를 다양한 원단위와 함께 소비자물가지수로 현행화하고 충남의 각 시·군별 주행거리, 시내버스 운행대수 등으로 정량적 수치를 산출한다. 이에 따라 B/C, NPV와 같은 경제성 평가지표로 친환경버스 도입에 따른 경제적 타당성을 가늠한다.

경유버스에서 친환경버스로의 전환은 일부 지역을 제외하고 대부분 지역이 경제적으로 효율적인 것으로 도출되었다. 다만, 차량유지관리비를 고려하였을 경우에는 모든 지역에서 경제성이 있다. 경제성이 결여된 주요 원인은 고비용의 친환경 차량가격으로 분석된다.

기존 CNG버스에서 CNG하이브리드, 전기버스로의 전환은 모두 경제성이 결여된 것으로 분석된다. 기술의 발전으로 친환경버스의 대량생산과 구매가격이 하락될 경우 경제성이 있을 것으로 판단된다. 천안시의 경우 CNG하이브리드, 전기버스 모두 21%의 가격 하락이 있을 경우에 경제성이 있으며, 계룡시의 경우는 CNG하이브리드 버스가 11%, 전기버스가 7% 정도 하락했을 때 경제성이 존재하는 것으로 분석되었다.

고비용의 전기버스가 미래에 대량으로 양산되고 가격하락이 있을 경우를 가정하여 차량가격 감소에 따른 경제적 주행거리 임계점을 분석하였다. 분석결과, 차량가격이 감소할수록 일평균 주행거리가 짧은 버스에서도 친환경버스로의 전환이 경제성을 갖는 것으로 검토된다. 즉, 전기버스 가격하락률이 높을수록 주행거리가 짧은 시내버스나 마을버스에서도 도입이 가능하다는 것이다.

본 연구의 기대효과는 향후 충청남도가 친환경버스 도입을 검토할 경우 각 시·군의 경제적인 타당성을 사전에 평가할 수 있는 장점이 있으며, 경제성 지표를 이용하여 상대적으로 우선도입 지역을 가늠하는 데에 활용될 것이다. 또한, 충남의 대기오염물질 배출량의 감축목표 설정 시 도로부문의 배출량 감소를 위하여 친환경버스의 도입 수준을 설정하는 데에 활용될 수 있다. 마지막으로 전기버스의 가격과 일평균 시내버스 주행거리와의 비례적인 상관관계를 활용하여 어느 노선에 우선적으로 전기버스를 도입하는 것이 경제적인지 파악하는 데에 활용이 가능하다.

2. 연구의 한계 및 향후 연구과제

본 연구에서는 다양한 문헌을 검토하여 편익과 비용항목에 설정된 지표의 원단위를 적용하였다. SOx와 PM2.5는 km당 배출량 원단위를 적용하는 데에 있어서 기존 문헌자료의 검색의 어려움이 있었다. 또한, PM2.5의 화폐화 원단위는 지역별(rural, suburban, urban)로 편차가 심하여 임의로 지역을 구분할 경우 분석결과의 민감도가 매우 높았다. 따라서 기초적인 원단위 산출에 대한 연구가 향후에 필요할 것이다.

기존에 경유버스에서 친환경버스로 전환됨에 따른 차량유지관리비의 산정이 좀 더 구체화 될 필요가 있다. 본 연구에서는 경유버스에서 전기버스로의 전환에 따른 차량유지관리비를 자문을 통하여 자료를 수집하였다. 향후에는 좀 더 기초적인 원단위 산정에 있어서 구체적인 자료수집과 분석이 필요할 것이다.

본 연구에서는 친환경버스 도입에 따른 경제적 효과 검토를 하는 데에 목적이 있었으나, 향후에는 친환경버스 도입을 위한 문제점, 개선방안, 장기적인 도입 로드맵 수립 등과 같은 정책방향 설정에 대한 연구가 필요하다. 본 연구를 통하여 사전적으로 친환경버스 도입에 따른 경제적 타당성을 가늠한 결과를 바탕으로 향후에 충청남도가 친환경버스 도입을 위한 전체적인 로드맵을 마련할 필요가 있다.

참 고 문 헌

[문헌자료]

국립환경과학원, 2013 국가대기오염물질 배출량, 2015.

국토교통부, 교통시설 투자평가지침(제5차 개정), p. 487, 2013.

충남연구원, 충남 도로부문 대기오염물질 배출량 저감을 위한 교통정책방안, 2016.

한국개발연구원, 도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판), 2008.

한국자동차환경협회, 대기오염물질 사회적 비용 재평가 연구, 2015.

한국자동차환경협회, 공해차량 운행제한지역(LEZ) 제도개선방안 마련연구, 2015.

한국환경정책평가연구원, 친환경차 보조금지원정책의 온실가스 감축효과 연구, 2015

환경부, 경유버스(EURO-6) 및 CNG버스 환경·경제성 분석, 2015.

환경부, 수도권 대기환경 개선대책 그 성과와 미래, 2014.

환경부, 친환경 자동차 시대 보급 성과와 전략, 2014.

[웹사이트]

교통부문온실가스관리시스템 : https://www.kotems.or.kr.

교통안전공단교통안전정보관리시스템 : https://tmacs.ts2020.kr.

국가온실가스배출량종합정보시스템 : http://netis.kemco.or.kr.

국립환경과학원 국가대기오염물질배출량서비스 : http://airemiss.nier.go.kr.

충청남도 홈페이지 : http://www.chungnam.go.kr.

현대자동차 홈페이지 : http://www.hyundai.com.

한국석유공사 홈페이지 : http://www.petronet.co.kr

한국은행경제통계시스템 : http://ecos.bok.or.kr/

CNCITY에너지, 홈페이지 : https://www.cncityenergy.com

부 록

[부록 1] 충남 시·군별 경제성 분석 결과

1. 천안시

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	87,939	77,061	22,323	7,562	29,885	26,188
	2021	87,939	73,742	-	7,562	7,562	6,341
	2022	87,939	70,567	-	7,562	7,562	6,068
	2023	87,939	67,528	-	7,562	7,562	5,807
	2024	87,939	64,620	-	7,562	7,562	5,557
	2025	87,939	61,837	-	7,562	7,562	5,317
	2026	87,939	59,175	-	7,562	7,562	5,089
	2027	87,939	56,626	-	7,562	7,562	4,869
	2028	87,939	54,188	-2,232	7,562	5,330	3,284
	합계	791,451	585,344	20,091	68,058	88,149	68,521
경유버스→ CNG하이브리드	2020	90,925	79,677	173,178	-1,048	172,130	150,837
	2021	90,925	76,246	-	-1,048	-1,048	-879
	2022	90,925	72,963	-	-1,048	-1,048	-841
	2023	90,925	69,821	-	-1,048	-1,048	-805
	2024	90,925	66,814	-	-1,048	-1,048	-770
	2025	90,925	63,937	-	-1,048	-1,048	-737
	2026	90,925	61,184	-	-1,048	-1,048	-705
	2027	90,925	58,549	-	-1,048	-1,048	-675
	2028	90,925	56,028	-17,318	-1,048	-18,366	-11,317
	합계	818,325	605,219	155,860	-9,432	146,428	134,108
경유버스→ 전기버스	2020	96,180	84,282	305,359	-8,634	296,725	260,019
	2021	96,180	80,653	-	-8,634	-8,634	-7,240
	2022	96,180	77,180	-	-8,634	-8,634	-6,928
	2023	96,180	73,856	-	-8,634	-8,634	-6,630
	2024	96,180	70,676	-	-8,634	-8,634	-6,345
	2025	96,180	67,632	-	-8,634	-8,634	-6,071
	2026	96,180	64,720	-	-8,634	-8,634	-5,810
	2027	96,180	61,933	-	-8,634	-8,634	-5,560
	2028	96,180	59,266	-30,536	-8,634	-39,170	-24,136
	합계	865,620	640,198	274,823	-77,706	197,117	191,299

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	585,344	68,521	8.54	516,823	
	경유→CNG하이브리드	605,219	134,108	4.51	471,111	
	경유→전기버스	640,198	191,299	3.35	448,899	
경제성분석 (차량 45대 기준)	경유→CNG	263	31	8.54	233	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	272	60	4.51	212	(단위: 억원)
	경유→전기버스	288	86	3.35	202	(단위: 억원)

(표계속) (단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	-	-	-	-	-	-
	2021	-	-	-	-	-	-
	2022	-	-	-	-	-	-
	2023	-	-	-	-	-	-
	2024	-	-	-	-	-	-
	2025	-	-	-	-	-	-
	2026	-	-	-	-	-	-
	2027	-	-	-	-	-	-
	2028	-	-	-	-	-	-
	합계	-	-	-	-	-	-
경유버스→ CNG하이브리드	2020	2,986	2,617	150,855	-8,610	142,245	124,649
	2021	2,986	2,504	-	-8,610	-8,610	-7,220
	2022	2,986	2,396	-	-8,610	-8,610	-6,909
	2023	2,986	2,293	-	-8,610	-8,610	-6,612
	2024	2,986	2,194	-	-8,610	-8,610	-6,327
	2025	2,986	2,100	-	-8,610	-8,610	-6,054
	2026	2,986	2,009	-	-8,610	-8,610	-5,794
	2027	2,986	1,923	-	-8,610	-8,610	-5,544
	2028	2,986	1,840	-15,086	-8,610	-23,696	-14,601
	합계	26,874	19,876	135,770	-77,490	58,280	65,588
경유버스→ 전기버스	2020	8,241	7,222	283,036	-16,196	266,840	233,831
	2021	8,241	6,911	-	-16,196	-16,196	-13,581
	2022	8,241	6,613	-	-16,196	-16,196	-12,996
	2023	8,241	6,328	-	-16,196	-16,196	-12,437
	2024	8,241	6,056	-	-16,196	-16,196	-11,901
	2025	8,241	5,795	-	-16,196	-16,196	-11,389
	2026	8,241	5,545	-	-16,196	-16,196	-10,898
	2027	8,241	5,307	-	-16,196	-16,196	-10,429
	2028	8,241	5,078	-28,304	-16,196	-44,500	-27,421
	합계	74,169	54,854	254,732	-145,764	108,968	122,778

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	-	-	-	-	-	
	CNG→CNG하이브리드	19,876	65,588	0.30	-45,712	
	CNG→전기버스	54,854	122,778	0.45	-67,924	
경제성분석 (차량 350대 기준)	-	-	-	-	-	-
	CNG→CNG하이브리드	70	230	0.30	-160	(단위: 억원)
	CNG→전기버스	192	430	0.45	-238	(단위: 억원)

2. 공주시

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	26,623	23,330	22,323	10,193	32,516	28,494
	2021	26,623	22,325	-	10,193	10,193	8,547
	2022	26,623	21,364	-	10,193	10,193	8,179
	2023	26,623	20,444	-	10,193	10,193	7,827
	2024	26,623	19,563	-	10,193	10,193	7,490
	2025	26,623	18,721	-	10,193	10,193	7,168
	2026	26,623	17,915	-	10,193	10,193	6,859
	2027	26,623	17,143	-	10,193	10,193	6,564
	2028	26,623	16,405	-2,232	10,193	7,961	4,905
	합계	239,607	177,209	20,091	91,737	111,828	86,033
경유버스→ CNG하이브리드	2020	30,647	26,856	173,178	-1,412	171,766	150,518
	2021	30,647	25,699	-	-1,412	-1,412	-1,184
	2022	30,647	24,593	-	-1,412	-1,412	-1,133
	2023	30,647	23,534	-	-1,412	-1,412	-1,084
	2024	30,647	22,520	-	-1,412	-1,412	-1,038
	2025	30,647	21,551	-	-1,412	-1,412	-993
	2026	30,647	20,623	-	-1,412	-1,412	-950
	2027	30,647	19,734	-	-1,412	-1,412	-909
	2028	30,647	18,885	-17,318	-1,412	-18,730	-11,541
	합계	275,823	203,994	155,860	-12,708	143,152	131,685
경유버스→ 전기버스	2020	37,730	33,063	305,359	-11,636	293,723	257,388
	2021	37,730	31,639	-	-11,636	-11,636	-9,757
	2022	37,730	30,276	-	-11,636	-11,636	-9,337
	2023	37,730	28,973	-	-11,636	-11,636	-8,935
	2024	37,730	27,725	-	-11,636	-11,636	-8,550
	2025	37,730	26,531	-	-11,636	-11,636	-8,182
	2026	37,730	25,389	-	-11,636	-11,636	-7,830
	2027	37,730	24,295	-	-11,636	-11,636	-7,493
	2028	37,730	23,249	-30,536	-11,636	-42,172	-25,986
	합계	339,570	251,140	274,823	-104,724	170,099	171,317

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	177,209	86,033	2.06	91,176	
	경유→CNG하이브리드	203,994	131,685	1.55	72,309	
	경유→전기버스	251,140	171,317	1.47	79,824	
경제성분석 (차량 59대 기준)	경유→CNG	112	54	2.06	57	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	129	83	1.55	46	(단위: 억원)
	경유→전기버스	158	108	1.47	50	(단위: 억원)

3. 보령시

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	21,748	19,058	22,323	8,483	30,806	26,995
	2021	21,748	18,237	-	8,483	8,483	7,114
	2022	21,748	17,452	-	8,483	8,483	6,807
	2023	21,748	16,700	-	8,483	8,483	6,514
	2024	21,748	15,981	-	8,483	8,483	6,234
	2025	21,748	15,293	-	8,483	8,483	5,965
	2026	21,748	14,634	-	8,483	8,483	5,708
	2027	21,748	14,004	-	8,483	8,483	5,462
	2028	21,748	13,401	-2,232	8,483	6,251	3,852
	합계	195,732	144,760	20,091	76,347	96,438	74,651
경유버스→ CNG하이브리드	2020	25,095	21,991	173,178	-1,175	172,003	150,726
	2021	25,095	21,044	-	-1,175	-1,175	-985
	2022	25,095	20,138	-	-1,175	-1,175	-943
	2023	25,095	19,270	-	-1,175	-1,175	-902
	2024	25,095	18,441	-	-1,175	-1,175	-863
	2025	25,095	17,646	-	-1,175	-1,175	-826
	2026	25,095	16,887	-	-1,175	-1,175	-791
	2027	25,095	16,159	-	-1,175	-1,175	-757
	2028	25,095	15,464	-17,318	-1,175	-18,493	-11,395
	합계	225,855	167,039	155,860	-10,575	145,285	133,263
경유버스→ 전기버스	2020	30,991	27,157	305,359	-9,684	295,675	259,099
	2021	30,991	25,988	-	-9,684	-9,684	-8,121
	2022	30,991	24,869	-	-9,684	-9,684	-7,771
	2023	30,991	23,798	-	-9,684	-9,684	-7,436
	2024	30,991	22,773	-	-9,684	-9,684	-7,116
	2025	30,991	21,792	-	-9,684	-9,684	-6,810
	2026	30,991	20,854	-	-9,684	-9,684	-6,516
	2027	30,991	19,956	-	-9,684	-9,684	-6,236
	2028	30,991	19,097	-30,536	-9,684	-40,220	-24,783
	합계	278,919	206,284	274,823	-87,156	187,667	184,310

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	144,760	74,651	1.94	70,109	
	경유→CNG하이브리드	167,039	133,263	1.25	33,776	
	경유→전기버스	206,284	184,310	1.12	21,974	
경제성분석 (차량 59대 기준)	경유→CNG	85	44	1.94	41	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	99	79	1.25	20	(단위: 억원)
	경유→전기버스	122	109	1.12	13	(단위: 억원)

4. 아산시

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	49,808	43,647	22,323	8,155	30,478	26,708
	2021	49,808	41,767	-	8,155	8,155	6,838
	2022	49,808	39,968	-	8,155	8,155	6,544
	2023	49,808	38,247	-	8,155	8,155	6,262
	2024	49,808	36,600	-	8,155	8,155	5,993
	2025	49,808	35,024	-	8,155	8,155	5,734
	2026	49,808	33,516	-	8,155	8,155	5,488
	2027	49,808	32,073	-	8,155	8,155	5,251
	2028	49,808	30,692	-2,232	8,155	5,923	3,650
	합계	448,272	331,534	20,091	73,395	93,486	72,468
경유버스→ CNG하이브리드	2020	53,027	46,467	173,178	-1,129	172,049	150,766
	2021	53,027	44,466	-	-1,129	-1,129	-947
	2022	53,027	42,552	-	-1,129	-1,129	-906
	2023	53,027	40,719	-	-1,129	-1,129	-867
	2024	53,027	38,966	-	-1,129	-1,129	-830
	2025	53,027	37,288	-	-1,129	-1,129	-794
	2026	53,027	35,682	-	-1,129	-1,129	-760
	2027	53,027	34,146	-	-1,129	-1,129	-727
	2028	53,027	32,675	-17,318	-1,129	-18,447	-11,367
	합계	477,243	352,961	155,860	-10,161	145,699	133,569
경유버스→ 전기버스	2020	58,695	51,434	305,359	-9,308	296,051	259,428
	2021	58,695	49,219	-	-9,308	-9,308	-7,805
	2022	58,695	47,100	-	-9,308	-9,308	-7,469
	2023	58,695	45,072	-	-9,308	-9,308	-7,148
	2024	58,695	43,131	-	-9,308	-9,308	-6,840
	2025	58,695	41,273	-	-9,308	-9,308	-6,545
	2026	58,695	39,496	-	-9,308	-9,308	-6,263
	2027	58,695	37,795	-	-9,308	-9,308	-5,994
	2028	58,695	36,168	-30,536	-9,308	-39,844	-24,552
	합계	528,255	390,689	274,823	-83,772	191,051	186,813

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	331,534	72,468	4.57	259,067	
	경유→CNG하이브리드	352,961	133,569	2.64	219,392	
	경유→전기버스	390,689	186,813	2.09	203,876	
경제성분석 (차량 157대 기준)	경유→CNG	521	114	4.57	407	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	554	210	2.64	344	(단위: 억원)
	경유→전기버스	613	293	2.09	320	(단위: 억원)

5. 서산시

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	31,294	27,423	22,323	8,351	30,674	26,880
	2021	31,294	26,242	-	8,351	8,351	7,003
	2022	31,294	25,112	-	8,351	8,351	6,701
	2023	31,294	24,031	-	8,351	8,351	6,413
	2024	31,294	22,996	-	8,351	8,351	6,137
	2025	31,294	22,005	-	8,351	8,351	5,872
	2026	31,294	21,058	-	8,351	8,351	5,619
	2027	31,294	20,151	-	8,351	8,351	5,377
	2028	31,294	19,283	-2,232	8,351	6,119	3,770
	합계	281,646	208,301	20,091	75,159	95,250	73,772
경유버스→ CNG하이브리드	2020	34,590	30,311	173,178	-1,157	172,021	150,741
	2021	34,590	29,006	-	-1,157	-1,157	-970
	2022	34,590	27,757	-	-1,157	-1,157	-928
	2023	34,590	26,562	-	-1,157	-1,157	-888
	2024	34,590	25,418	-	-1,157	-1,157	-850
	2025	34,590	24,323	-	-1,157	-1,157	-814
	2026	34,590	23,276	-	-1,157	-1,157	-779
	2027	34,590	22,273	-	-1,157	-1,157	-745
	2028	34,590	21,314	-17,318	-1,157	-18,475	-11,384
	합계	311,310	230,240	155,860	-10,413	145,447	133,383
경유버스→ 전기버스	2020	40,394	35,397	305,359	-9,534	295,825	259,230
	2021	40,394	33,873	-	-9,534	-9,534	-7,995
	2022	40,394	32,414	-	-9,534	-9,534	-7,651
	2023	40,394	31,018	-	-9,534	-9,534	-7,321
	2024	40,394	29,683	-	-9,534	-9,534	-7,006
	2025	40,394	28,404	-	-9,534	-9,534	-6,704
	2026	40,394	27,181	-	-9,534	-9,534	-6,415
	2027	40,394	26,011	-	-9,534	-9,534	-6,139
	2028	40,394	24,891	-30,536	-9,534	-40,070	-24,691
	합계	363,546	268,873	274,823	-85,806	189,017	185,308

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	208,301	73,772	2.82	134,528	
	경유→CNG하이브리드	230,240	133,383	1.73	96,857	
	경유→전기버스	268,873	185,308	1.45	83,564	
경제성분석 (차량 67대 기준)	경유→CNG	140	49	2.82	90	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	154	89	1.73	65	(단위: 억원)
	경유→전기버스	180	124	1.45	56	(단위: 억원)

6. 논산시

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	28,473	24,951	22,323	9,436	31,759	27,830
	2021	28,473	23,876	-	9,436	9,436	7,913
	2022	28,473	22,848	-	9,436	9,436	7,572
	2023	28,473	21,864	-	9,436	9,436	7,246
	2024	28,473	20,923	-	9,436	9,436	6,934
	2025	28,473	20,022	-	9,436	9,436	6,635
	2026	28,473	19,160	-	9,436	9,436	6,350
	2027	28,473	18,335	-	9,436	9,436	6,076
	2028	28,473	17,545	-2,232	9,436	7,204	4,439
	합계	256,257	189,523	20,091	84,924	105,015	80,994
경유버스→ CNG하이브리드	2020	32,198	28,215	173,178	-1,308	171,870	150,609
	2021	32,198	27,000	-	-1,308	-1,308	-1,097
	2022	32,198	25,837	-	-1,308	-1,308	-1,050
	2023	32,198	24,725	-	-1,308	-1,308	-1,004
	2024	32,198	23,660	-	-1,308	-1,308	-961
	2025	32,198	22,641	-	-1,308	-1,308	-920
	2026	32,198	21,666	-	-1,308	-1,308	-880
	2027	32,198	20,733	-	-1,308	-1,308	-842
	2028	32,198	19,840	-17,318	-1,308	-18,626	-11,477
	합계	289,782	214,318	155,860	-11,772	144,088	132,378
경유버스→ 전기버스	2020	38,756	33,962	305,359	-10,773	294,586	258,145
	2021	38,756	32,499	-	-10,773	-10,773	-9,034
	2022	38,756	31,100	-	-10,773	-10,773	-8,645
	2023	38,756	29,761	-	-10,773	-10,773	-8,273
	2024	38,756	28,479	-	-10,773	-10,773	-7,916
	2025	38,756	27,253	-	-10,773	-10,773	-7,575
	2026	38,756	26,079	-	-10,773	-10,773	-7,249
	2027	38,756	24,956	-	-10,773	-10,773	-6,937
	2028	38,756	23,881	-30,536	-10,773	-41,309	-25,454
	합계	348,804	257,970	274,823	-96,957	177,866	177,061

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	189,523	80,994	2.34	108,529	
	경유→CNG하이브리드	214,318	132,378	1.62	81,940	
	경유→전기버스	257,970	177,061	1.46	80,908	
경제성분석 (차량 65대 기준)	경유→CNG	123	53	2.34	71	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	139	86	1.62	53	(단위: 억원)
	경유→전기버스	168	115	1.46	53	(단위: 억원)

7. 계룡시-CNG 버스

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	-	-	-	-	-	-
	2021	-	-	-	-	-	-
	2022	-	-	-	-	-	-
	2023	-	-	-	-	-	-
	2024	-	-	-	-	-	-
	2025	-	-	-	-	-	-
	2026	-	-	-	-	-	-
	2027	-	-	-	-	-	-
	2028	-	-	-	-	-	-
	합계	-	-	-	-	-	-
경유버스→ CNG하이브리드	2020	3,840	3,365	150,855	-11,081	139,774	122,483
	2021	3,840	3,220	-	-11,081	-11,081	-9,292
	2022	3,840	3,081	-	-11,081	-11,081	-8,892
	2023	3,840	2,949	-	-11,081	-11,081	-8,509
	2024	3,840	2,822	-	-11,081	-11,081	-8,143
	2025	3,840	2,700	-	-11,081	-11,081	-7,792
	2026	3,840	2,584	-	-11,081	-11,081	-7,456
	2027	3,840	2,473	-	-11,081	-11,081	-7,135
	2028	3,840	2,366	-15,086	-11,081	-26,167	-16,124
	합계	34,560	25,560	135,770	-99,729	36,041	49,140
경유버스→ 전기버스	2020	10,604	9,292	283,036	-20,843	262,193	229,759
	2021	10,604	8,892	-	-20,843	-20,843	-17,478
	2022	10,604	8,509	-	-20,843	-20,843	-16,725
	2023	10,604	8,143	-	-20,843	-20,843	-16,005
	2024	10,604	7,792	-	-20,843	-20,843	-15,316
	2025	10,604	7,457	-	-20,843	-20,843	-14,656
	2026	10,604	7,135	-	-20,843	-20,843	-14,025
	2027	10,604	6,828	-	-20,843	-20,843	-13,421
	2028	10,604	6,534	-28,304	-20,843	-49,147	-30,284
	합계	95,436	70,583	254,732	-187,587	67,145	91,847

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	-	-	-	-	
	경유→CNG하이브리드	25,560	49,140	0.52	-23,580	
	경유→전기버스	70,583	91,847	0.77	-21,264	
경제성분석 (차량 21대 기준)	경유→CNG	-	-	-	-	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	5	10	0.52	-5	(단위: 억원)
	경유→전기버스	15	19	0.77	-4	(단위: 억원)

8. 당진시

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	30,472	26,703	22,323	9,502	31,825	27,888
	2021	30,472	25,553	-	9,502	9,502	7,968
	2022	30,472	24,452	-	9,502	9,502	7,625
	2023	30,472	23,399	-	9,502	9,502	7,297
	2024	30,472	22,392	-	9,502	9,502	6,982
	2025	30,472	21,427	-	9,502	9,502	6,682
	2026	30,472	20,505	-	9,502	9,502	6,394
	2027	30,472	19,622	-	9,502	9,502	6,119
	2028	30,472	18,777	-2,232	9,502	7,270	4,480
	합계	274,248	202,829	20,091	85,518	105,609	81,434
경유버스→ CNG하이브리드	2020	34,223	29,989	173,178	-1,316	171,862	150,602
	2021	34,223	28,698	-	-1,316	-1,316	-1,104
	2022	34,223	27,462	-	-1,316	-1,316	-1,056
	2023	34,223	26,280	-	-1,316	-1,316	-1,011
	2024	34,223	25,148	-	-1,316	-1,316	-967
	2025	34,223	24,065	-	-1,316	-1,316	-925
	2026	34,223	23,029	-	-1,316	-1,316	-886
	2027	34,223	22,037	-	-1,316	-1,316	-847
	2028	34,223	21,088	-17,318	-1,316	-18,634	-11,482
	합계	308,007	227,797	155,860	-11,844	144,016	132,324
경유버스→ 전기버스	2020	40,826	35,776	305,359	-10,848	294,511	258,079
	2021	40,826	34,235	-	-10,848	-10,848	-9,097
	2022	40,826	32,761	-	-10,848	-10,848	-8,705
	2023	40,826	31,350	-	-10,848	-10,848	-8,330
	2024	40,826	30,000	-	-10,848	-10,848	-7,971
	2025	40,826	28,708	-	-10,848	-10,848	-7,628
	2026	40,826	27,472	-	-10,848	-10,848	-7,300
	2027	40,826	26,289	-	-10,848	-10,848	-6,985
	2028	40,826	25,157	-30,536	-10,848	-41,384	-25,501
	합계	367,434	271,748	274,823	-97,632	177,191	176,562

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	202,829	81,434	2.49	121,396	
	경유→CNG하이브리드	227,797	132,324	1.72	95,472	
	경유→전기버스	271,748	176,562	1.54	95,186	
경제성분석 (차량 69대 기준)	경유→CNG	140	56	2.49	84	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	157	91	1.72	66	(단위: 억원)
	경유→전기버스	188	122	1.54	66	(단위: 억원)

9. 금산군

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	19,499	17,087	22,323	10,390	32,713	28,666
	2021	19,499	16,351	-	10,390	10,390	8,713
	2022	19,499	15,647	-	10,390	10,390	8,337
	2023	19,499	14,973	-	10,390	10,390	7,978
	2024	19,499	14,328	-	10,390	10,390	7,635
	2025	19,499	13,711	-	10,390	10,390	7,306
	2026	19,499	13,121	-	10,390	10,390	6,991
	2027	19,499	12,556	-	10,390	10,390	6,690
	2028	19,499	12,015	-2,232	10,390	8,158	5,027
	합계	175,491	129,790	20,091	93,510	113,601	87,344
경유버스→ CNG하이브리드	2020	23,602	20,682	173,178	-1,440	171,738	150,493
	2021	23,602	19,792	-	-1,440	-1,440	-1,208
	2022	23,602	18,939	-	-1,440	-1,440	-1,156
	2023	23,602	18,124	-	-1,440	-1,440	-1,106
	2024	23,602	17,343	-	-1,440	-1,440	-1,058
	2025	23,602	16,597	-	-1,440	-1,440	-1,013
	2026	23,602	15,882	-	-1,440	-1,440	-969
	2027	23,602	15,198	-	-1,440	-1,440	-927
	2028	23,602	14,544	-17,318	-1,440	-18,758	-11,559
	합계	212,418	157,101	155,860	-12,960	142,900	131,499
경유버스→ 전기버스	2020	30,822	27,009	305,359	-11,861	293,498	257,191
	2021	30,822	25,846	-	-11,861	-11,861	-9,946
	2022	30,822	24,733	-	-11,861	-11,861	-9,518
	2023	30,822	23,668	-	-11,861	-11,861	-9,108
	2024	30,822	22,649	-	-11,861	-11,861	-8,716
	2025	30,822	21,674	-	-11,861	-11,861	-8,340
	2026	30,822	20,740	-	-11,861	-11,861	-7,981
	2027	30,822	19,847	-	-11,861	-11,861	-7,638
	2028	30,822	18,992	-30,536	-11,861	-42,397	-26,125
	합계	277,398	205,159	274,823	-106,749	168,074	169,819

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	129,790	87,344	1.49	42,446	
	경유→CNG하이브리드	157,101	131,499	1.19	25,602	
	경유→전기버스	205,159	169,819	1.21	35,340	
경제성분석 (차량 19대 기준)	경유→CNG	25	17	1.49	8	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	30	25	1.19	5	(단위: 억원)
	경유→전기버스	39	32	1.21	7	(단위: 억원)

10. 부여군

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	20,877	18,294	22,323	11,278	33,601	29,444
	2021	20,877	17,507	-	11,278	11,278	9,457
	2022	20,877	16,753	-	11,278	11,278	9,050
	2023	20,877	16,031	-	11,278	11,278	8,660
	2024	20,877	15,341	-	11,278	11,278	8,287
	2025	20,877	14,680	-	11,278	11,278	7,931
	2026	20,877	14,048	-	11,278	11,278	7,589
	2027	20,877	13,443	-	11,278	11,278	7,262
	2028	20,877	12,864	-2,232	11,278	9,046	5,574
	합계	187,893	138,963	20,091	101,502	121,593	93,255
경유버스→ CNG하이브리드	2020	25,328	22,195	173,178	-1,563	171,615	150,386
	2021	25,328	21,239	-	-1,563	-1,563	-1,311
	2022	25,328	20,324	-	-1,563	-1,563	-1,254
	2023	25,328	19,449	-	-1,563	-1,563	-1,200
	2024	25,328	18,612	-	-1,563	-1,563	-1,149
	2025	25,328	17,810	-	-1,563	-1,563	-1,099
	2026	25,328	17,043	-	-1,563	-1,563	-1,052
	2027	25,328	16,309	-	-1,563	-1,563	-1,006
	2028	25,328	15,607	-17,318	-1,563	-18,881	-11,634
	합계	227,952	168,589	155,860	-14,067	141,793	130,680
경유버스→ 전기버스	2020	33,166	29,063	305,359	-12,874	292,485	256,304
	2021	33,166	27,812	-	-12,874	-12,874	-10,796
	2022	33,166	26,614	-	-12,874	-12,874	-10,331
	2023	33,166	25,468	-	-12,874	-12,874	-9,886
	2024	33,166	24,371	-	-12,874	-12,874	-9,460
	2025	33,166	23,322	-	-12,874	-12,874	-9,053
	2026	33,166	22,318	-	-12,874	-12,874	-8,663
	2027	33,166	21,357	-	-12,874	-12,874	-8,290
	2028	33,166	20,437	-30,536	-12,874	-43,410	-26,749
	합계	298,494	220,761	274,823	-115,866	158,957	163,076

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	138,963	93,255	1.49	45,707	
	경유→CNG하이브리드	168,589	130,680	1.29	37,909	
	경유→전기버스	220,761	163,076	1.35	57,685	
경제성분석 (차량 42대 기준)	경유→CNG	58	39	1.49	19	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	71	55	1.29	16	(단위: 억원)
	경유→전기버스	93	68	1.35	24	(단위: 억원)

11. 서천군

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	15,200	13,320	22,323	9,831	32,154	28,176
	2021	15,200	12,746	-	9,831	9,831	8,244
	2022	15,200	12,197	-	9,831	9,831	7,889
	2023	15,200	11,672	-	9,831	9,831	7,549
	2024	15,200	11,169	-	9,831	9,831	7,224
	2025	15,200	10,688	-	9,831	9,831	6,913
	2026	15,200	10,228	-	9,831	9,831	6,615
	2027	15,200	9,788	-	9,831	9,831	6,330
	2028	15,200	9,366	-2,232	9,831	7,599	4,682
	합계	136,800	101,175	20,091	88,479	108,570	83,624
경유버스→ CNG하이브리드	2020	19,081	16,721	173,178	-1,363	171,815	150,561
	2021	19,081	16,001	-	-1,363	-1,363	-1,143
	2022	19,081	15,312	-	-1,363	-1,363	-1,094
	2023	19,081	14,652	-	-1,363	-1,363	-1,047
	2024	19,081	14,021	-	-1,363	-1,363	-1,002
	2025	19,081	13,417	-	-1,363	-1,363	-958
	2026	19,081	12,840	-	-1,363	-1,363	-917
	2027	19,081	12,287	-	-1,363	-1,363	-878
	2028	19,081	11,758	-17,318	-1,363	-18,681	-11,511
	합계	171,729	127,008	155,860	-12,267	143,593	132,012
경유버스→ 전기버스	2020	25,914	22,708	305,359	-11,223	294,136	257,750
	2021	25,914	21,730	-	-11,223	-11,223	-9,411
	2022	25,914	20,795	-	-11,223	-11,223	-9,006
	2023	25,914	19,899	-	-11,223	-11,223	-8,618
	2024	25,914	19,042	-	-11,223	-11,223	-8,247
	2025	25,914	18,222	-	-11,223	-11,223	-7,892
	2026	25,914	17,438	-	-11,223	-11,223	-7,552
	2027	25,914	16,687	-	-11,223	-11,223	-7,227
	2028	25,914	15,968	-30,536	-11,223	-41,759	-25,732
	합계	233,226	172,490	274,823	-101,007	173,816	174,066

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	101,175	83,624	1.21	17,551	
	경유→CNG하이브리드	127,008	132,012	0.96	-5,004	
	경유→전기버스	172,490	174,066	0.99	-1,576	
경제성분석 (차량 28대 기준)	경유→CNG	28	23	1.21	5	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	36	37	0.96	-1	(단위: 억원)
	경유→전기버스	48	49	0.99	-0	(단위: 억원)

12. 청양군

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→CNG버스	2020	13,814	12,105	22,323	10,456	32,779	28,724
	2021	13,814	11,584	-	10,456	10,456	8,768
	2022	13,814	11,085	-	10,456	10,456	8,390
	2023	13,814	10,608	-	10,456	10,456	8,029
	2024	13,814	10,151	-	10,456	10,456	7,683
	2025	13,814	9,714	-	10,456	10,456	7,353
	2026	13,814	9,296	-	10,456	10,456	7,036
	2027	13,814	8,895	-	10,456	10,456	6,733
	2028	13,814	8,512	-2,232	10,456	8,224	5,067
	합계	124,326	91,949	20,091	94,104	114,195	87,784
경유버스→CNG하이브리드	2020	17,941	15,722	173,178	-1,448	171,730	150,486
	2021	17,941	15,045	-	-1,448	-1,448	-1,214
	2022	17,941	14,397	-	-1,448	-1,448	-1,162
	2023	17,941	13,777	-	-1,448	-1,448	-1,112
	2024	17,941	13,184	-	-1,448	-1,448	-1,064
	2025	17,941	12,616	-	-1,448	-1,448	-1,018
	2026	17,941	12,073	-	-1,448	-1,448	-974
	2027	17,941	11,553	-	-1,448	-1,448	-932
	2028	17,941	11,055	-17,318	-1,448	-18,766	-11,563
	합계	161,469	119,420	155,860	-13,032	142,828	131,446
경유버스→전기버스	2020	25,207	22,089	305,359	-11,936	293,423	257,126
	2021	25,207	21,138	-	-11,936	-11,936	-10,009
	2022	25,207	20,227	-	-11,936	-11,936	-9,578
	2023	25,207	19,356	-	-11,936	-11,936	-9,166
	2024	25,207	18,523	-	-11,936	-11,936	-8,771
	2025	25,207	17,725	-	-11,936	-11,936	-8,393
	2026	25,207	16,962	-	-11,936	-11,936	-8,032
	2027	25,207	16,231	-	-11,936	-11,936	-7,686
	2028	25,207	15,533	-30,536	-11,936	-42,472	-26,171
	합계	226,863	167,784	274,823	-107,424	167,399	169,320

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	91,949	87,784	1.05	4,166	
	경유→CNG하이브리드	119,420	131,446	0.91	-12,026	
	경유→전기버스	167,784	169,320	0.99	-1,536	
경제성분석 (차량 19대 기준)	경유→CNG	17	17	1.05	1	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	23	25	0.91	-2	(단위: 억원)
	경유→전기버스	32	32	0.99	-0	(단위: 억원)

13. 홍성군

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→CNG버스	2020	20,167	17,672	22,323	10,094	32,417	28,407
	2021	20,167	16,911	-	10,094	10,094	8,464
	2022	20,167	16,183	-	10,094	10,094	8,100
	2023	20,167	15,486	-	10,094	10,094	7,751
	2024	20,167	14,819	-	10,094	10,094	7,417
	2025	20,167	14,181	-	10,094	10,094	7,098
	2026	20,167	13,570	-	10,094	10,094	6,792
	2027	20,167	12,986	-	10,094	10,094	6,500
	2028	20,167	12,427	-2,232	10,094	7,862	4,844
	합계	181,503	134,237	20,091	90,846	110,937	85,374
경유버스→CNG하이브리드	2020	24,152	21,164	173,178	-1,399	171,779	150,529
	2021	24,152	20,253	-	-1,399	-1,399	-1,173
	2022	24,152	19,381	-	-1,399	-1,399	-1,123
	2023	24,152	18,546	-	-1,399	-1,399	-1,074
	2024	24,152	17,748	-	-1,399	-1,399	-1,028
	2025	24,152	16,983	-	-1,399	-1,399	-984
	2026	24,152	16,252	-	-1,399	-1,399	-941
	2027	24,152	15,552	-	-1,399	-1,399	-901
	2028	24,152	14,882	-17,318	-1,399	-18,717	-11,533
	합계	217,368	160,762	155,860	-12,591	143,269	131,772
경유버스→전기버스	2020	31,167	27,312	305,359	-11,523	293,836	257,487
	2021	31,167	26,135	-	-11,523	-11,523	-9,663
	2022	31,167	25,010	-	-11,523	-11,523	-9,247
	2023	31,167	23,933	-	-11,523	-11,523	-8,848
	2024	31,167	22,902	-	-11,523	-11,523	-8,467
	2025	31,167	21,916	-	-11,523	-11,523	-8,103
	2026	31,167	20,972	-	-11,523	-11,523	-7,754
	2027	31,167	20,069	-	-11,523	-11,523	-7,420
	2028	31,167	19,205	-30,536	-11,523	-42,059	-25,917
	합계	280,503	207,455	274,823	-103,707	171,116	172,069

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	134,237	85,374	1.57	48,862	
	경유→CNG하이브리드	160,762	131,772	1.22	28,990	
	경유→전기버스	207,455	172,069	1.21	35,386	
경제성분석 (차량 47대 기준)	경유→CNG	63	40	1.57	23	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	76	62	1.22	14	(단위: 억원)
	경유→전기버스	98	81	1.21	17	(단위: 억원)

14. 예산군

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	20,566	18,022	22,323	9,765	32,088	28,119
	2021	20,566	17,246	-	9,765	9,765	8,189
	2022	20,566	16,503	-	9,765	9,765	7,836
	2023	20,566	15,793	-	9,765	9,765	7,499
	2024	20,566	15,112	-	9,765	9,765	7,176
	2025	20,566	14,462	-	9,765	9,765	6,867
	2026	20,566	13,839	-	9,765	9,765	6,571
	2027	20,566	13,243	-	9,765	9,765	6,288
	2028	20,566	12,673	-2,232	9,765	7,533	4,642
	합계	185,094	136,892	20,091	87,885	107,976	83,184
경유버스→ CNG하이브리드	2020	24,421	21,400	173,178	-1,352	171,826	150,571
	2021	24,421	20,479	-	-1,352	-1,352	-1,134
	2022	24,421	19,597	-	-1,352	-1,352	-1,085
	2023	24,421	18,753	-	-1,352	-1,352	-1,038
	2024	24,421	17,945	-	-1,352	-1,352	-993
	2025	24,421	17,172	-	-1,352	-1,352	-951
	2026	24,421	16,433	-	-1,352	-1,352	-910
	2027	24,421	15,725	-	-1,352	-1,352	-871
	2028	24,421	15,048	-17,318	-1,352	-18,670	-11,504
	합계	219,789	162,552	155,860	-12,168	143,692	132,085
경유버스→ 전기버스	2020	31,207	27,347	305,359	-11,148	294,211	257,816
	2021	31,207	26,169	-	-11,148	-11,148	-9,348
	2022	31,207	25,042	-	-11,148	-11,148	-8,946
	2023	31,207	23,964	-	-11,148	-11,148	-8,561
	2024	31,207	22,932	-	-11,148	-11,148	-8,192
	2025	31,207	21,944	-	-11,148	-11,148	-7,839
	2026	31,207	20,999	-	-11,148	-11,148	-7,502
	2027	31,207	20,095	-	-11,148	-11,148	-7,179
	2028	31,207	19,230	-30,536	-11,148	-41,684	-25,686
	합계	280,863	207,722	274,823	-100,332	174,491	174,565

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	136,892	83,184	1.65	53,708	
	경유→CNG하이브리드	162,552	132,085	1.23	30,467	
	경유→전기버스	207,722	174,565	1.19	33,157	
경제성분석 (차량 49대 기준)	경유→CNG	67	41	1.65	26	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	80	65	1.23	15	(단위: 억원)
	경유→전기버스	102	86	1.19	16	(단위: 억원)

15. 태안군

(단위:천원)

친환경버스 전환유형	년도	편익		비용			
		환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	총비용	현재가치
경유버스→ CNG버스	2020	17,206	15,078	22,323	10,225	32,548	28,522
	2021	17,206	14,428	-	10,225	10,225	8,574
	2022	17,206	13,807	-	10,225	10,225	8,205
	2023	17,206	13,212	-	10,225	10,225	7,852
	2024	17,206	12,643	-	10,225	10,225	7,514
	2025	17,206	12,099	-	10,225	10,225	7,190
	2026	17,206	11,578	-	10,225	10,225	6,880
	2027	17,206	11,079	-	10,225	10,225	6,584
	2028	17,206	10,602	-2,232	10,225	7,993	4,925
	합계	154,854	114,527	20,091	92,025	112,116	86,246
경유버스→ CNG하이브리드	2020	21,243	18,615	173,178	-1,417	171,761	150,514
	2021	21,243	17,814	-	-1,417	-1,417	-1,188
	2022	21,243	17,046	-	-1,417	-1,417	-1,137
	2023	21,243	16,312	-	-1,417	-1,417	-1,088
	2024	21,243	15,610	-	-1,417	-1,417	-1,041
	2025	21,243	14,938	-	-1,417	-1,417	-996
	2026	21,243	14,295	-	-1,417	-1,417	-954
	2027	21,243	13,679	-	-1,417	-1,417	-912
	2028	21,243	13,090	-17,318	-1,417	-18,735	-11,544
	합계	191,187	141,399	155,860	-12,753	143,107	131,652
경유버스→ 전기버스	2020	28,349	24,842	305,359	-11,674	293,685	257,355
	2021	28,349	23,772	-	-11,674	-11,674	-9,789
	2022	28,349	22,749	-	-11,674	-11,674	-9,368
	2023	28,349	21,769	-	-11,674	-11,674	-8,964
	2024	28,349	20,832	-	-11,674	-11,674	-8,578
	2025	28,349	19,935	-	-11,674	-11,674	-8,209
	2026	28,349	19,076	-	-11,674	-11,674	-7,855
	2027	28,349	18,255	-	-11,674	-11,674	-7,517
	2028	28,349	17,469	-30,536	-11,674	-42,210	-26,010
	합계	255,141	188,698	274,823	-105,066	169,757	171,064

구분	친환경버스 전환유형	편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→CNG	114,527	86,246	1.33	28,281	
	경유→CNG하이브리드	141,399	131,652	1.07	9,747	
	경유→전기버스	188,698	171,064	1.10	17,634	
경제성분석 (차량 37대 기준)	경유→CNG	42	32	1.33	10	(단위: 억원)
	경유→CNG하이브리드	52	49	1.07	4	(단위: 억원)
	경유→전기버스	70	63	1.10	7	(단위: 억원)

[부록 2] 충남 사군별 경제성 분석 결과(경유버스 → 전기버스 유지관리비 감소 고려)

1. 천안시

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	96,180	84,282	305,359	-8,634	-6,160	290,565	254,621
2021	96,180	80,653		-8,634	-6,160	-14,794	-12,406
2022	96,180	77,180		-8,634	-6,160	-14,794	-11,871
2023	96,180	73,856		-8,634	-6,160	-14,794	-11,360
2024	96,180	70,676		-8,634	-6,160	-14,794	-10,871
2025	96,180	67,632		-8,634	-6,160	-14,794	-10,403
2026	96,180	64,720		-8,634	-6,160	-14,794	-9,955
2027	96,180	61,933		-8,634	-6,160	-14,794	-9,526
2028	96,180	59,266	-30,536	-8,634	-6,160	-45,330	-27,932
합계	865,620	640,198	274,823	-77,706	-55,440	141,677	150,296
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		640,198	150,296	4.26	489,902	
경제성분석 (차량 45대 기준)	경유→전기버스		288	68	4.26	220	(단위: 억원)

2. 공주시

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	37,730	33,063	305,359	-11,636	-6,160	287,563	251,990
2021	37,730	31,639	-	-11,636	-6,160	-17,796	-14,923
2022	37,730	30,276	-	-11,636	-6,160	-17,796	-14,280
2023	37,730	28,973	-	-11,636	-6,160	-17,796	-13,665
2024	37,730	27,725	-	-11,636	-6,160	-17,796	-13,077
2025	37,730	26,531	-	-11,636	-6,160	-17,796	-12,514
2026	37,730	25,389	-	-11,636	-6,160	-17,796	-11,975
2027	37,730	24,295	-	-11,636	-6,160	-17,796	-11,459
2028	37,730	23,249	-30,536	-11,636	-6,160	-48,332	-29,782
합계	339,570	251,140	274,823	-104,724	-55,440	114,659	130,314
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		251,140	130,314	1.93	120,826	
경제성분석 (차량 63대 기준)	경유→전기버스		158	82	1.93	76	(단위: 억원)

3. 보령시

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	30,991	27,157	305,359	-9,684	-6,160	289,515	253,701
2021	30,991	25,988	-	-9,684	-6,160	-15,844	-13,286
2022	30,991	24,869	-	-9,684	-6,160	-15,844	-12,714
2023	30,991	23,798	-	-9,684	-6,160	-15,844	-12,167
2024	30,991	22,773	-	-9,684	-6,160	-15,844	-11,643
2025	30,991	21,792	-	-9,684	-6,160	-15,844	-11,141
2026	30,991	20,854	-	-9,684	-6,160	-15,844	-10,661
2027	30,991	19,956	-	-9,684	-6,160	-15,844	-10,202
2028	30,991	19,097	-30,536	-9,684	-6,160	-46,380	-28,579
합계	278,919	206,284	274,823	-87,156	-55,440	132,227	143,307
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		206,284	143,307	1.44	62,977	
경제성분석 (차량 59대 기준)	경유→전기버스		122	85	1.44	37	(단위: 억원)

4. 아산시

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	58,695	51,434	305,359	-9,308	-6,160	289,891	254,030
2021	58,695	49,219	-	-9,308	-6,160	-15,468	-12,971
2022	58,695	47,100	-	-9,308	-6,160	-15,468	-12,412
2023	58,695	45,072	-	-9,308	-6,160	-15,468	-11,878
2024	58,695	43,131	-	-9,308	-6,160	-15,468	-11,366
2025	58,695	41,273	-	-9,308	-6,160	-15,468	-10,877
2026	58,695	39,496	-	-9,308	-6,160	-15,468	-10,408
2027	58,695	37,795	-	-9,308	-6,160	-15,468	-9,960
2028	58,695	36,168	-30,536	-9,308	-6,160	-46,004	-28,348
합계	528,255	390,689	274,823	-83,772	-55,440	135,611	145,810
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		390,689	145,810	2.68	244,879	
경제성분석 (차량 157대 기준)	경유→전기버스		613	229	2.68	384	(단위: 억원)

5. 서산시

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	40,394	35,397	305,359	-9,534	-6,160	289,665	253,832
2021	40,394	33,873		-9,534	-6,160	-15,694	-13,160
2022	40,394	32,414		-9,534	-6,160	-15,694	-12,594
2023	40,394	31,018		-9,534	-6,160	-15,694	-12,051
2024	40,394	29,683		-9,534	-6,160	-15,694	-11,532
2025	40,394	28,404		-9,534	-6,160	-15,694	-11,036
2026	40,394	27,181		-9,534	-6,160	-15,694	-10,561
2027	40,394	26,011		-9,534	-6,160	-15,694	-10,106
2028	40,394	24,891	-30,536	-9,534	-6,160	-46,230	-28,487
합계	363,546	268,873	274,823	-85,806	-55,440	133,577	144,306
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		268,873	144,306	1.86	124,567	
경제성분석 (차량 67대 기준)	경유→전기버스		180	97	1.86	83	(단위: 억원)

6. 논산시

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	38,756	33,962	305,359	-10,773	-6,160	288,426	252,747
2021	38,756	32,499		-10,773	-6,160	-16,933	-14,199
2022	38,756	31,100		-10,773	-6,160	-16,933	-13,588
2023	38,756	29,761		-10,773	-6,160	-16,933	-13,003
2024	38,756	28,479		-10,773	-6,160	-16,933	-12,443
2025	38,756	27,253		-10,773	-6,160	-16,933	-11,907
2026	38,756	26,079		-10,773	-6,160	-16,933	-11,394
2027	38,756	24,956		-10,773	-6,160	-16,933	-10,904
2028	38,756	23,881	-30,536	-10,773	-6,160	-47,469	-29,250
합계	348,804	257,970	274,823	-96,957	-55,440	122,426	136,059
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		257,970	136,059	1.90	121,911	
경제성분석 (차량 65대 기준)	경유→전기버스		168	88	1.90	79	(단위: 억원)

7. 당진시

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	40,826	35,776	305,359	-10,848	-6,160	288,351	252,681
2021	40,826	34,235		-10,848	-6,160	-17,008	-14,262
2022	40,826	32,761		-10,848	-6,160	-17,008	-13,648
2023	40,826	31,350		-10,848	-6,160	-17,008	-13,060
2024	40,826	30,000		-10,848	-6,160	-17,008	-12,498
2025	40,826	28,708		-10,848	-6,160	-17,008	-11,960
2026	40,826	27,472		-10,848	-6,160	-17,008	-11,445
2027	40,826	26,289		-10,848	-6,160	-17,008	-10,952
2028	40,826	25,157	-30,536	-10,848	-6,160	-47,544	-29,296
합계	367,434	271,748	274,823	-97,632	-55,440	121,751	135,559
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		271,748	135,559	2.00	136,189	
경제성분석 (차량 69대 기준)	경유→전기버스		188	94	2.00	94	(단위: 억원)

8. 금산군

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	30,822	27,009	305,359	-11,861	-6,160	287,338	251,793
2021	30,822	25,846		-11,861	-6,160	-18,021	-15,112
2022	30,822	24,733		-11,861	-6,160	-18,021	-14,461
2023	30,822	23,668		-11,861	-6,160	-18,021	-13,838
2024	30,822	22,649		-11,861	-6,160	-18,021	-13,242
2025	30,822	21,674		-11,861	-6,160	-18,021	-12,672
2026	30,822	20,740		-11,861	-6,160	-18,021	-12,126
2027	30,822	19,847		-11,861	-6,160	-18,021	-11,604
2028	30,822	18,992	-30,536	-11,861	-6,160	-48,557	-29,921
합계	277,398	205,159	274,823	-106,749	-55,440	112,634	128,817
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		205,159	128,817	1.59	76,342	
경제성분석 (차량 19대 기준)	경유→전기버스		39	24	1.59	15	(단위: 억원)

9. 부여군

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	33,166	29,063	305,359	-12,874	-6,160	286,325	250,906
2021	33,166	27,812		-12,874	-6,160	-19,034	-15,961
2022	33,166	26,614		-12,874	-6,160	-19,034	-15,274
2023	33,166	25,468		-12,874	-6,160	-19,034	-14,616
2024	33,166	24,371		-12,874	-6,160	-19,034	-13,987
2025	33,166	23,322		-12,874	-6,160	-19,034	-13,384
2026	33,166	22,318		-12,874	-6,160	-19,034	-12,808
2027	33,166	21,357		-12,874	-6,160	-19,034	-12,257
2028	33,166	20,437	-30,536	-12,874	-6,160	-49,570	-30,545
합계	298,494	220,761	274,823	-115,866	-55,440	103,517	122,074
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		220,761	122,074	1.81	98,687	
경제성분석 (차량 42대 기준)	경유→전기버스		93	51	1.81	41	(단위: 억원)

10. 서천군

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	25,914	22,708	305,359	-11,223	-6,160	287,976	252,352
2021	25,914	21,730		-11,223	-6,160	-17,383	-14,577
2022	25,914	20,795		-11,223	-6,160	-17,383	-13,949
2023	25,914	19,899		-11,223	-6,160	-17,383	-13,348
2024	25,914	19,042		-11,223	-6,160	-17,383	-12,774
2025	25,914	18,222		-11,223	-6,160	-17,383	-12,223
2026	25,914	17,438		-11,223	-6,160	-17,383	-11,697
2027	25,914	16,687		-11,223	-6,160	-17,383	-11,193
2028	25,914	15,968	-30,536	-11,223	-6,160	-47,919	-29,528
합계	233,226	172,490	274,823	-101,007	-55,440	118,376	133,063
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		172,490	133,063	1.30	39,427	
경제성분석 (차량 28대 기준)	경유→전기버스		48	37	1.30	11	(단위: 억원)

11. 청양군

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	25,207	22,089	305,359	-11,936	-6,160	287,263	251,728
2021	25,207	21,138		-11,936	-6,160	-18,096	-15,175
2022	25,207	20,227		-11,936	-6,160	-18,096	-14,521
2023	25,207	19,356		-11,936	-6,160	-18,096	-13,896
2024	25,207	18,523		-11,936	-6,160	-18,096	-13,297
2025	25,207	17,725		-11,936	-6,160	-18,096	-12,725
2026	25,207	16,962		-11,936	-6,160	-18,096	-12,177
2027	25,207	16,231		-11,936	-6,160	-18,096	-11,653
2028	25,207	15,533	-30,536	-11,936	-6,160	-48,632	-29,967
합계	226,863	167,784	274,823	-107,424	-55,440	111,959	128,317
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		167,784	128,317	1.31	39,467	
경제성분석 (차량 19대 기준)	경유→전기버스		32	24	1.31	7	(단위: 억원)

12. 홍성군

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	31,167	27,312	305,359	-11,523	-6,160	287,676	252,090
2021	31,167	26,135		-11,523	-6,160	-17,683	-14,828
2022	31,167	25,010		-11,523	-6,160	-17,683	-14,190
2023	31,167	23,933		-11,523	-6,160	-17,683	-13,579
2024	31,167	22,902		-11,523	-6,160	-17,683	-12,994
2025	31,167	21,916		-11,523	-6,160	-17,683	-12,434
2026	31,167	20,972		-11,523	-6,160	-17,683	-11,899
2027	31,167	20,069		-11,523	-6,160	-17,683	-11,387
2028	31,167	19,205	-30,536	-11,523	-6,160	-48,219	-29,712
합계	280,503	207,455	274,823	-103,707	-55,440	115,676	131,066
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		207,455	131,066	1.58	76,389	
경제성분석 (차량 47대 기준)	경유→전기버스		98	62	1.58	36	(단위: 억원)

13. 예산군

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	31,207	27,347	305,359	-11,148	-6,160	288,051	252,418
2021	31,207	26,169		-11,148	-6,160	-17,308	-14,514
2022	31,207	25,042		-11,148	-6,160	-17,308	-13,889
2023	31,207	23,964		-11,148	-6,160	-17,308	-13,291
2024	31,207	22,932		-11,148	-6,160	-17,308	-12,718
2025	31,207	21,944		-11,148	-6,160	-17,308	-12,171
2026	31,207	20,999		-11,148	-6,160	-17,308	-11,647
2027	31,207	20,095		-11,148	-6,160	-17,308	-11,145
2028	31,207	19,230	-30,536	-11,148	-6,160	-47,844	-29,481
합계	280,863	207,722	274,823	-100,332	-55,440	119,051	133,563
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		207,722	133,563	1.56	74,159	
경제성분석 (차량 49대 기준)	경유→전기버스		102	65	1.56	36	(단위: 억원)

14. 태안군

(단위:천원)

년도	편익		비용				
	환경편익	현재가치	차량구입비	유류비	유지비	총비용	현재가치
2020	28,349	24,842	305,359	-11,674	-6,160	287,525	251,957
2021	28,349	23,772		-11,674	-6,160	-17,834	-14,955
2022	28,349	22,749		-11,674	-6,160	-17,834	-14,311
2023	28,349	21,769		-11,674	-6,160	-17,834	-13,695
2024	28,349	20,832		-11,674	-6,160	-17,834	-13,105
2025	28,349	19,935		-11,674	-6,160	-17,834	-12,541
2026	28,349	19,076		-11,674	-6,160	-17,834	-12,001
2027	28,349	18,255		-11,674	-6,160	-17,834	-11,484
2028	28,349	17,469	-30,536	-11,674	-6,160	-48,370	-29,805
합계	255,141	188,698	274,823	-105,066	-55,440	114,317	130,061
	친환경버스 전환유형		편익	비용	B/C	NPV	비고
경제성분석 (차량 1대 기준)	경유→전기버스		188,698	130,061	1.45	58,637	
경제성분석 (차량 37대 기준)	경유→전기버스		70	48	1.45	22	(단위: 억원)

■ 집 필 자 ■

연구책임 · 김형철 충남연구원 책임연구원
공동연구 · 김윤식 충남연구원 연구원

전략연구 2018-·충남 친환경버스 도입에 따른 경제적 효과 검토

글쓴이 · 김형철, 김윤식
발행자 · 윤 황 / 발행처 · 충남연구원
인쇄 · 2018년 12월 31일 / 발행 · 2018년 12월 31일
주소 · 충청남도 공주시 연수원길 73-26 (32589)
전화 · 041-840-1145(지역도시연구부) 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1159
ISBN · 978-89-6124-409-1 03350

http://www.cni.re.kr

ⓒ 2018. 충남연구원

■ 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
■ 연구보고서의 내용은 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.