





# 수원시 전기버스 운행체계 기반 연구

The Basis Study of Electric Bus Operation System in Suwon

김속희

## 연구진

연구책임자 김숙희 (수원시정연구원 연구위원)

참여연구원 정가형 (수원시정연구원 연구위원)

## 협력연구기관

김점산 (경기연구원 연구위원)

박지영 (한국교통연구원 연구위원)

유경상 (서울연구원 연구위원)

한종학 (인천연구원 연구위원)

© 2018 수원시정연구원

**발행인** 이재은

**발행처** 수원시정연구원

경기도 수원시 권선구 수인로 126

(우편번호) 16429

전화 031-220-8001 팩스 031-220-8000

<http://www.suwon.re.kr>

**인쇄** 2018년 12월 31일

**발행** 2018년 12월 31일

**ISBN** 979-11-89160-44-9 (93320)

---

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.

김숙희. 2018. 「수원시 전기버스 운행체계 기반 연구」.

---

비매품

# 국문요약



## 1. 서론

- 최근 미세먼지에 대한 국민들의 관심이 높아지고 사회문제로 심화됨에 따라 정부에서는 2016년 7월에 “미세먼지 관리 특별대책 세부이행계획”을 수립하였으며, 이 계획에서 친환경차량 보급 확대는 세부 이행계획 중 하나로 추진되고 있음
- 전기버스 도입은 사업자 측면에서는 저렴한 연료비용으로 대량생산 체제가 구축되어 차량가격이 할인된다면 업체의 수익성이 개선될 것으로 보이며, 이용자 측면에서는 저소음 차량, 저상형 차량도입으로 이용자의 편의를 제공할 것으로 보임
- 이에 본 연구에서는 수원시 전기버스 도입을 위한 국내외 운행사례분석, 전기버스 도입 시 물레이션, 충전인프라 시범사업 등을 구상하여 전기버스 운행체계의 기틀을 마련하고자 함

## 2. 관련 제도 및 정책 동향 검토

- 중앙정부는 관련 법령에 근거하여 전기버스 확대를 위해 차량 구입 보조금과 충전 인프라 확충을 위한 설치 보조금을 지급하고 있음
- 현재 시판되는 전기버스의 경우 저상버스 요건을 충족하여 전기버스(환경부)와 저상 버스(국토교통부) 보조금이 동시 지급되고 있으며 대형 전기버스의 경우 1억9천2백만원을, 중형 전기버스의 경우 1억5천2백만원 규모의 지원금을 지급하고 있음
- 국내 전기버스 동향의 경우 미래 국가 혁신성장 동력 확보 및 글로벌 자동차 시장 선점을 위해 친환경 차량 기술 개발 추진을 독려하고 있으며 충전소 입지 규제 완화 등의 지원을 하고 있음
- 다만, 현재 기술 특성을 감안하여 중앙정부는 전기차는 중·단거리 승용차 체제로, 수소차는 중·장거리 승용 및 대형버스 위주로 보급한다는 방향을 제시하고 있음
- 국외도 전기버스 등 친환경 버스의 기술 개발과 도입이 활발하게 이루어지고 있으며 전기 버스 도입을 위한 재정 지원 프로그램이나 각국 실정에 맞는 실용화 기술 개발 프로젝트가 진행되고 있음

### 3. 전기버스 기술 수준 및 사례검토

- 전기버스는 내연기관 대비 에너지 효율이 높고 내연기관 엔진 대비 추진장치가 간단하기 때문에 고장률 측면에서 신뢰성이 높고 유지 보수 비용이 저렴한 장점이 있으며, 승객 입장에서도 소음과 진동이 현저히 작아 승차감이 쾌적하고 배출가스가 없어 대기질 개선에 도움이 된다는 장점이 있음
- 반면, 대량 양산 체제 구축 및 배터리 기술의 한계로 차량 가격이 매우 높아 재정적인 부담은 전기버스 확대에 가장 큰 장애로 작용하고 있으며, 차량 가격 및 무게의 상당 부분을 차지하는 배터리의 경우 주행가능거리가 상대적으로 짧고, 차량 운용 기간 중 교체가 필요하여 운송사업자 입장에서는 충전시간, 횟수 등을 고려하여 버스를 운영해야 하는 부담감이 있음
- 국외 사례의 특이점으로 런던의 차고지 설계 사례가 있으며, 심야 전력을 이용하는 Depot charging의 경우 동시 충전 규모가 대형화 될 경우 차고지 용량 초과로 인해 점유 부지 부족 및 Power distribution문제가 발생할 우려가 있음
- 이에 따라 버스 운영사는 차고지 부지 및 버스 점유 면적, 회전 반경, 충전 순서 및 시간 등에 따라 순서대로 이루어질 수 있도록 전기버스 차고지를 설계하여 운영하고 있음

### 4. 전기버스 도입 시뮬레이션

- 시뮬레이션 대상 노선은 현재 전기버스 기술 수준에 따른 운행거리와 시판 모델이 일반저상형 시내버스 모델임을 고려하여 수원시가 인가하고 관내를 운행하는 24개 노선으로 선정함
- 기상 조건, 공조장치 가동, 탑승인원, 운행시간대 등을 종합적으로 고려하여 배터리 에너지 효율에 따라 3가지 전비 시나리오로 구성하여 24개 노선에 대해 SOC를 고려한 최적 가용 배터리 용량이 적용된 전기버스의 시판모델 별 운행가능거리를 분석하였음
- 보통 조건(Normal condition)이상에서는 대용량 배터리를 탑재한 BYD 모델 이외에는 1회 충전 시 전일 운행이 불가능한 것으로 나타났음
- 1회 운행거리가 74.4km에 달하는 장거리 노선이 포함된 운행거리 4그룹 노선(11-1)의 경우 일부 모델의 경우 1회 충전 시 1회 운행이 불가능한 것으로 나타나 장거리 운행에 따른 전기버스 도입 여건이 타 운행거리 그룹보다 훨씬 열악한 것으로 나타남
- 분석결과를 바탕으로 충전방법을 결정하였으며, 노선 내 차고지가 존재하는 그룹과 공차회송에 따른 이동거리가 증가할 것으로 예상되는 노선 내 차고지가 없는 그룹을 구분하여 일일 충전회수에 따른 충전방법 기준을 제시하였음

- 한편, 중앙정부의 전기버스 보조금 배정계획을 검토한 결과 경기도의 경우 2019년에 73대가 배정되었으며, 경기도 시내일반형 버스 등록 비율로 추산하였을 때 수원시는 단순환산 시 8~9대 가량 지원받을 수 있을 것으로 예상됨
- 2019년 이후 수원시가 계획하고 있는 버스 대폐차 규모는 461대로 이를 모두 전기버스로 전환 시 전기버스 가격 4억 5천만원, 업체 자부담 가격 1억 5천만원을 기준으로 5년간 429억원 가량의 재원이 필요할 것으로 예상됨
- 단, 경기도와 지자체의 전기버스 보조금 지급 여부 및 지급 규모, 분담 비율에 관한 논의가 이루어지지 않아 본 연구에서 자체적으로 가정하였으며, 충전 인프라 구축, 제반 시설 유지관리를 위한 인건비 등이 추가로 반영되어야 할 것으로 판단됨

## 5. 전기버스 충전 인프라 시범사업 구상

- 교통카드 데이터를 활용하여 충전소 입지 분석을 한 결과 기·종점 버스 수에 기초하여 수원시 관내 7개소가 충전소 후보지로 분석되었음
- 7개소 중 6개소의 경우 기존 차고지와 중복이 발생하거나 시가지가 변화하여 설치 부지 확보가 어렵다고 판단됨. 이에 따라 인프라 사업구상 대상지로 수원역 환승센터 내 유희부지 두 지점을 선정함
- 충전인프라 시범사업은 수원역 환승센터의 유희공간을 활용, 전기버스 충전인프라를 설치하여 수원시를 전기버스 도시의 모델로 정립하려던 것이 기본 구상으로 수원역 관련 유관기관(수원도시공사, 한국철도공사, 한국전력공사)을 방문하여 구상실현화를 위한 인터뷰 조사를 실시함
- 수원역 환승센터는 기·종점으로 하는 노선과 중간 경유 노선이 많아 기본적으로 급속 충전 방식인 Terminal charging과 On-route charging을 검토하였음

## 6. 결론 및 정책제언

- 전기버스 도입 사업 시행주체 단계별 전환
  - 전기버스 초기 보급 확대 및 활성화를 위해 운수사업자의 투자비 부담을 해소할 필요가 있으며 이를 위해 공공부문에서 단계적으로 민간분야까지 사업주체가 확장되는 방향이 바람직하다고 보여짐
  - 상용화 이전 시점에서 수원시는 제조사와 협상하여 Test-bed를 제공하고 제조사에게 버스 차체 및 충전 인프라 유지 관리 인력 확보와 충전 인프라 설치를 유도하는 방법도 고려할 수 있음

- 전기버스 도입계획 수립
  - 전기버스 도입계획 수립 시 중앙정부 및 광역정부의 친환경 버스 정책 기조와 맞출 것인지에 대한 정책 방향을 설정할 시기가 되었다고 사료되며 도입계획에 대한 내용은 전기버스 운영 전반에 필요한 내용들을 포함하고 있어야 함
- 전기버스 기술 표준제시
  - 차체, 배터리, 충전기 소켓 및 규격의 기술 표준 제시로 기술개발 및 도입여건의 개선이 이루어져야 전기버스가 원활하게 도입될 수 있을 것으로 보임
  - 전기버스는 전기승용차와 다르게 고용량의 배터리를 탑재하기 때문에 On-routing charging 등 초급속 충전방식도 타 국가에서는 운영중이라 충전방법에 따라 표준화를 제시해야할 것으로 보임
- 실행주체별 역할 정립 및 협력체계 구축
  - 수원시에서 자체적으로 전기버스 도입 사업을 추진하기에는 재정적인 여건이 무리한 부분이 있으며, 원활한 사업 추진을 위해 정부와 지자체, 운송사업자, 충전사업자 등으로 구성된 사업 주체별 역할 정립 및 사업 추진을 위한 협력체계 정립이 필요함
- 결론
  - 전기버스 도입계획 수립 시 중앙정부 및 광역정부의 친환경 버스 정책 기조와 맞출 것인지에 대한 정책 방향을 설정할 시기가 되었다고 사료되며 도입계획에 대한 내용은 전기버스 운영 전반에 필요한 내용들을 포함하고 있어야 함
  - 실제 전기버스 차량 도입 이후 지속적인 모니터링과 데이터 축적을 통해 전기버스 운행 효과를 평가하여 향후 확대 도입 시 전기버스 운행체계가 확립되도록 할 필요가 있음

주제어 : 수원시 전기버스, 전기버스, 충전 인프라, 도입 시뮬레이션, 시범사업 구상

---

## 차 례

---

<b>제1장 연구개요</b> .....	<b>1</b>
제1절 연구의 배경 및 목적 .....	3
1. 연구의 배경 .....	3
2. 연구의 목적 .....	4
제2절 연구의 범위 및 방법 .....	4
1. 시·공간적 범위 .....	4
2. 내용적 범위 .....	4
3. 연구 수행 방법 .....	5
4. 협력연구 추진체계 .....	6
5. 협력연구 추진경과 .....	7
 <b>제2장 관련 법제도 및 정책 동향 검토</b> .....	 <b>9</b>
제1절 관련 법제도 검토 .....	11
1. 국내 법제도 검토 .....	11
2. 친환경 버스 차량 구입 보조금 .....	13
3. 전기차 충전 인프라 보조금 .....	15
제2절 전기버스 정책 동향 검토 .....	16
1. 국내 동향 검토 .....	16
2. 국외 동향 검토 .....	21
 <b>제3장 전기버스 기술 수준 및 사례검토</b> .....	 <b>33</b>
제1절 전기버스 기술 수준 분석 .....	35
1. 전기버스 장단점 분석 .....	35
2. 전기버스 도입가능 모델 .....	37
3. 전기버스 충전방식 .....	38
4. 전기버스 충전사업 모델 .....	43

5. 전기버스 충전기술 .....	45
제2절 전기버스 운영사례 검토 .....	48
1. 국내 전기버스 운영사례 .....	48
2. 국외 전기버스 운영사례 .....	54
<b>제4장 전기버스 도입 시뮬레이션 .....</b>	<b>59</b>
제1절 전기버스 도입 시뮬레이션 .....	61
1. 도입가능 노선 선정 및 분류 .....	61
2. 운행가능거리 산정 .....	65
3. 운행거리 그룹 별 운행회수 산정 .....	67
4. 전기버스 충전방법 결정 .....	72
제2절 전기버스 교체수요 및 도입여건 .....	75
1. 환경부 전기버스 보조금 배정계획 검토 .....	75
2. 전기버스 보조금 소요재원 산출 .....	76
3. 전기버스 도입여건 조사 .....	78
<b>제5장 전기버스 충전인프라 시범사업 구상 .....</b>	<b>83</b>
제1절 전기버스 충전인프라 입지 선정(안) .....	85
1. 분석 개요 .....	85
2. 분석결과 및 인프라 시범 사업 입지 선정(안) .....	86
제2절 충전인프라 시범사업 구상 .....	89
1. 기본 개념 .....	89
2. 시범사업 부지 선정 .....	91
3. 관리주체 별 실현가능성 검토 .....	92
4. 충전 인프라 구상 .....	93
<b>제6장 결론 및 정책제언 .....</b>	<b>95</b>
제1절 결론 .....	97
1. 관련 제도 및 정책 동향 검토 .....	97
2. 전기버스 기술 수준 및 사례검토 .....	97
3. 전기버스 도입 시뮬레이션 .....	98

4. 전기버스 충전 인프라 시범사업 구상 .....	99
제2절 정책제언 .....	100
1. 사업 시행주체 단계별 전환 .....	100
2. 전기버스 도입 계획 수립 .....	101
3. 전기버스 기술 표준 제시 .....	102
4. 실행주체별 역할 정립 및 협력체계 구축 .....	103
5. 결론 .....	104

---

## 표 차례

---

〈표 1-1〉 협력연구 추진체계 .....	6
〈표 1-2〉 협력연구 추진경과 .....	7
〈표 2-1〉 국내 전기차 관련 법제도 현황 .....	12
〈표 2-2〉 2018년 기준 국내 친환경 버스 차량 지원 현황 .....	13
〈표 2-3〉 중국 전기버스 보조금 지원 현황 .....	14
〈표 2-4〉 전기충전기 설치 지원 보조금 기준 .....	15
〈표 2-5〉 추진과제별 소관부처 .....	20
〈표 2-6〉 국외 전기버스 동향 검토 .....	22
〈표 3-1〉 버스별 에너지 단가 비교 .....	35
〈표 3-2〉 전기버스 시판 모델 .....	37
〈표 3-3〉 충전 소켓 구분 .....	42
〈표 3-4〉 김포시 전기버스 도입차량 .....	48
〈표 3-5〉 서귀포시 전기버스 도입차량 .....	50
〈표 3-6〉 우도 전기버스 도입차량 .....	51
〈표 3-7〉 구미 전기버스 도입차량 .....	53
〈표 3-8〉 중국 선전시 전기버스 도입차량 .....	55
〈표 3-9〉 버스 내연기관별 유지보수 비용 .....	58
〈표 4-1〉 전기버스 1회 운행거리 그룹 .....	62
〈표 4-2〉 전기버스 차고지 그룹 .....	62
〈표 4-3〉 수원시 관내 차고지 현황 .....	63
〈표 4-4〉 분석 대상 노선 분류 결과 .....	64
〈표 4-5〉 선진버스 겨울철 전비 변화 .....	65
〈표 4-6〉 조건 별 전비 시나리오 설정 .....	65
〈표 4-7〉 모델 별 운행가능 거리 .....	66
〈표 4-8〉 운행거리 1그룹 운행회수 산정 .....	67
〈표 4-9〉 운행거리 2그룹 운행회수 산정 .....	68
〈표 4-10〉 운행거리 3그룹 운행회수 산정 .....	70

〈표 4-11〉 운행거리 4그룹 운행회수 산정	71
〈표 4-12〉 세부 충전방법	72
〈표 4-13〉 충전회수에 따른 충전방법 결정	72
〈표 4-14〉 1일 충전필요회수	73
〈표 4-15〉 그룹 별 충전방법 결정	74
〈표 4-16〉 전기버스 보조금 지급 비율	76
〈표 4-17〉 보조금 소요재원 산출	77
〈표 4-18〉 전기버스 도입 취지 및 필요성 공감대 형성	78
〈표 4-19〉 전기버스 도입의사	79
〈표 4-20〉 전기버스 회사 이익 부합여부	80
〈표 4-21〉 전기버스 도입 기대편익	81
〈표 4-22〉 전기버스 차량 선정 조건	81
〈표 5-1〉 충전소 입지 분석 활용 데이터	85
〈표 5-2〉 수원시내 충전소 후보지	86
〈표 5-3〉 시범사업 구상 추진경과	90
〈표 5-4〉 시범사업 대상 부지	91
〈표 5-5〉 관리주체별 충전인프라 실현가능성	92

---

## 그림 차례

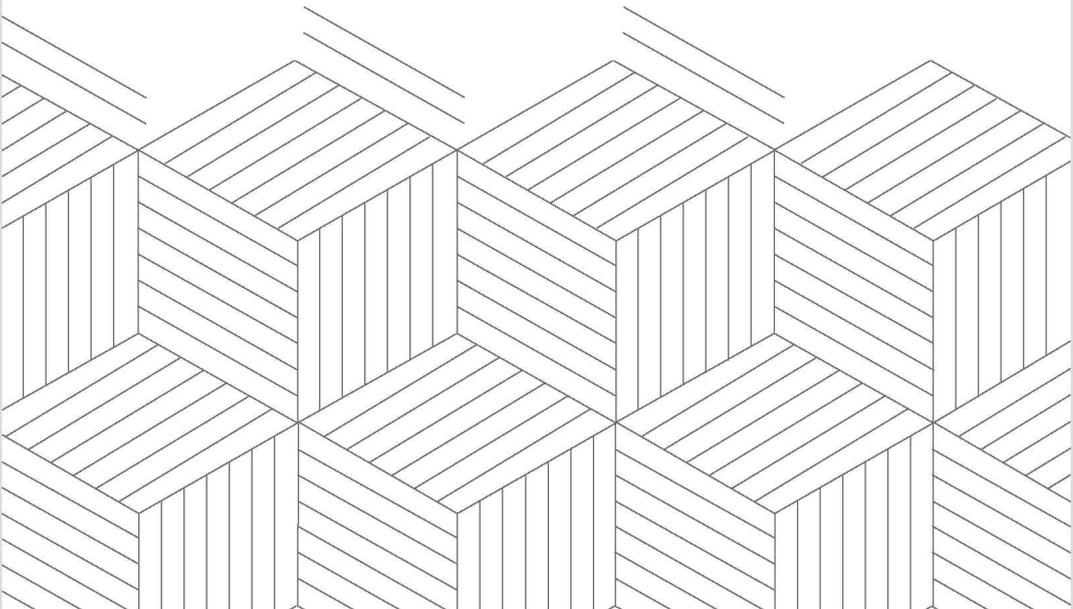
---

〈그림 1-1〉 연구의 목적 .....	4
〈그림 1-2〉 연구 수행 방법 .....	5
〈그림 2-1〉 정부 친환경차량 보급 목표 .....	17
〈그림 2-2〉 미국 전기버스 도입지역 및 도입대수 .....	23
〈그림 2-3〉 US DOT 대중교통국의 Lo-No Program .....	24
〈그림 2-4〉 전기버스 도입 지역 기술평가 및 실증사업 추진일정 .....	25
〈그림 2-5〉 실증사업 평가 항목 .....	25
〈그림 2-6〉 유럽 전기버스 등록대수 .....	26
〈그림 2-7〉 유럽 전기버스 사업 주요 이슈 .....	27
〈그림 2-8〉 유럽 전기버스 보급 지원 프로젝트 .....	28
〈그림 2-9〉 스웨덴 예테보리(Göteborg) 정류장 .....	29
〈그림 2-10〉 유럽 전기버스 사업 추진절차 .....	30
〈그림 2-11〉 일본 구마모토(熊本)시 전기버스 노선 .....	31
〈그림 2-12〉 일본 TOSHIBA사 충전인프라 시스템 개선 제안 내용 .....	32
〈그림 2-13〉 일본 TOSHIBA사 급속 충전인프라 실증사업 .....	32
〈그림 3-1〉 배터리 기술 수준 변화에 따른 단가 변화 .....	36
〈그림 3-2〉 플러그인 충전 방식 .....	38
〈그림 3-3〉 배터리교환 방식 .....	39
〈그림 3-4〉 무선충전 방식 .....	40
〈그림 3-5〉 경로충전 방식 .....	40
〈그림 3-6〉 전력 공급 방식 비교 .....	41
〈그림 3-7〉 전기버스 충전 사업 모델 .....	44
〈그림 3-8〉 전기버스 충전 방법 결정 .....	45
〈그림 3-9〉 스웨덴 스톡홀름(Göteborg) 경로 충전 사례 .....	46
〈그림 3-10〉 TOC의 특성 .....	47
〈그림 3-11〉 한신자동차 ENVYON 모델 .....	48
〈그림 3-12〉 동서교통 TOC 모니터링 시스템 .....	49

〈그림 3-13〉 동서교통 에디슨모터스 플러그인 모델	50
〈그림 3-14〉 우도 BYD 모델	51
〈그림 3-15〉 부산광역시 전기버스 전용노선 1번	52
〈그림 3-16〉 구미 전기버스 도입차량	53
〈그림 3-17〉 중국 선전시 전기버스 도입차량	55
〈그림 3-18〉 독일 뮌헨시 전기버스 도입차량	56
〈그림 3-19〉 영국 런던 차고지 설계 사례	57
〈그림 4-1〉 도입가능 노선 분류 절차	61
〈그림 4-2〉 수원시 관내 차고지 현황	63
〈그림 4-3〉 중앙정부 전기버스 보조금 지급 비율	75
〈그림 4-4〉 경기도 시내일반형 버스 등록규모	75
〈그림 4-5〉 전기버스 도입 취지 및 필요성 공감대 형성	78
〈그림 4-6〉 전기버스 도입의사	79
〈그림 4-7〉 전기버스 회사 이익 부합여부	80
〈그림 5-1〉 충전소 입지 분석과정	86
〈그림 5-2〉 수원시내 충전소 후보지	87
〈그림 5-3〉 수원시 버스 운행 패턴	88
〈그림 5-4〉 전기버스 충전 인프라 개념도	89
〈그림 5-5〉 수원역 환승센터 전기설비 검토	90
〈그림 5-6〉 시범사업 대상 부지	91
〈그림 5-7〉 관리주체별 충전인프라 실현가능성	92
〈그림 5-8〉 수원역 환승센터 Terminal charging 예상도	93
〈그림 5-9〉 수원역 환승센터 On-route charging 예상도	93
〈그림 5-10〉 수원역 환승센터 총괄 예상도	94
〈그림 6-1〉 사업 시행주체 단계별 전환	100
〈그림 6-2〉 전기버스 도입 계획 수립	101
〈그림 6-3〉 전기버스 기술 표준(안)	102
〈그림 6-4〉 실행주체별 역할 정립 및 협력체계	103

# 제1장 연구개요

제1절 연구의 배경 및 목적  
제2절 연구의 범위 및 방법





# 제1장 연구개요

## 제1절 연구의 배경 및 목적

### 1. 연구의 배경

- 최근 미세먼지에 대한 국민들의 관심이 높아지고 사회문제로 심화됨에 따라 정부에서는 2016년 7월에 “미세먼지 관리 특별대책 세부이행계획”을 수립하였으며, 이 계획에서 친환경차량 보급 확대는 세부 이행계획 중 하나로 추진되고 있음
- 이에 대한 대응방안으로 광역정부인 경기도는 노후 경유차 조기 폐차 지원, 전기버스 도입 확대 등을 제시하였으며 각 지자체는 전기차와 같은 친환경 차량 보급을 위한 정책들을 추진중에 있음
- 전기버스는 현재 서울, 창원, 김포, 제주시가 도입하여 운행중에 있고, 수원시는 전기버스 운영을 하고 있지 않으나, 관내 버스업체인 수원여객에서는 광교 동부차고지 운행노선 대상으로 시범운영 형태로 전기버스 10대를, 향후 100대까지 확대할 계획을 가지고 있음
- 특히 서울시의 경우 전기버스 뿐만 아니라 수소버스를 현대자동차로부터 기증 받아 2018년 11월부터 405번 노선에 대하여 시범운영을 실시할 예정임
- 전기버스를 도입하여 운행함으로써 기대되는 장점으로 공공적 측면에서는 대기질 개선 및 소음, 진동 감소 등 환경적 편익이 높을 것으로 기대됨
- 사업자 측면에서는 저렴한 연료비용으로 대량생산 체제가 구축되어 차량가격이 할인된다면 업체의 수익성이 개선될 것으로 보이며, 이용자 측면에서는 저소음 차량, 저상형 차량도입으로 이용자의 편의를 제공할 것으로 보임
- 이에 본 연구에서는 수원시 전기버스 도입을 위한 국내외 운행사례분석, 차량제조기술 조사 및 수원시 여건현황을 분석하여 전기버스 운행체계의 효율화 방안을 제시하고자 함

## 2. 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 수원시에 대한 전기버스 도입을 위한 운행 체계의 기틀을 제안하는 것임

〈그림 1-1〉 연구의 목적



## 제2절 연구의 범위 및 방법

### 1. 시·공간적 범위

- 본 연구의 시간적 범위는 자료 분석 기준년도인 2017~18년 2개년도를 기준으로 함
- 본 연구의 공간적 범위는 수원시 관내 전역을 대상으로 함

### 2. 내용적 범위

- 본 연구의 내용적 범위는 다음과 같음
  - 국내 제도 및 국내·외 전기버스 동향 검토
  - 전기버스 장단점 및 기술수준, 도입사례 분석
  - 전기버스 도입 시뮬레이션
  - 전기버스 충전인프라 시범사업 구상
  - 결론 및 정책제언

### 3. 연구 수행 방법

- 연구 수행은 다음과 같은 방법으로 진행하였음
  - 문헌 고찰 및 검토
    - 국내·외 관련 법·제도 조사 및 검토
    - 국내·외 전기버스 기술 수준 및 동향 파악
    - 국내·외 전기버스 운영사례 조사
  - 연구 자문회의
    - 연구 자문
    - 수원역 환승센터 충전 시범 인프라 구축 기술 타당성 검토
  - 협력연구(세미나)
    - 전기버스 사업자 등 기술수준 조사
    - 연구 진행상황 및 아이디어 교환

〈그림 1-2〉 연구 수행 방법



#### 4. 협력연구 추진체계

- 연구 참여기관은 6개 기관(수원시정연구원, 경기연구원, 한국교통연구원, 한국철도기술연구원, 서울연구원, 인천연구원)으로 기관별 연구 추진체계는 다음과 같음

〈표 1-1〉 협력연구 추진체계

구분	수원시정연구원 경기연구원	한국교통연구원	한국철도 기술연구원	서울연구원	인천연구원
법 제도 및 상위계획	지방정부 관련 동향 검토	법제도 검토 상위 및 관련계획검토 중앙정부 관련동향 검토		지방정부 관련 동향 검토	지방정부 관련 동향 검토
국내외 사례연구	국내사례연구 (김포 선진버스)	국내사례연구 (김포 사례 외) 국외사례연구			
도입현황 및 문제점	경기도 및 수원시의 현황 및 문제점			서울시의 현황 및 문제점	인천시의 현황 및 문제점
도입타당성분석	재무적 타당성	경제적 타당성		재무적 타당성	재무적 타당성
기술수준조사	차량제조기술		전철-버스전력 사용 통합관리기술 조사	충전기(방식)기 술수준조사	배터리기술수준 조사
도입가능대수산정 (제약조건내)	경기도(수원시) 의 도입가능대수	시나리오 구상 (제약조건)	노선조정 시나리오 평가	서울시 도입가능대수	인천시 도입가능대수
도입확대방안	운영자 요구사항 지방정부의 재정지원 방안	법제도 구상 (중앙정부 재정) 기술표준화 구상		운영자 요구사항 지방정부의 재정지원 방안	운영자 요구사항 지방정부의 재정지원 방안
시범사업구상	수원역 환승센터 충전소				철도역 주변 유휴지 활용 충전소
중앙/지방정부 역할	지방정부의 추진계획 및 역할	중앙정부의 추진계획 및 역할		지방정부의 추진계획 및 역할	지방정부의 추진계획 및 역할

## 5. 협력연구 추진경과

- 연구 참여기관별 협력연구 추진경과는 다음과 같음

〈표 1-2〉 협력연구 추진경과

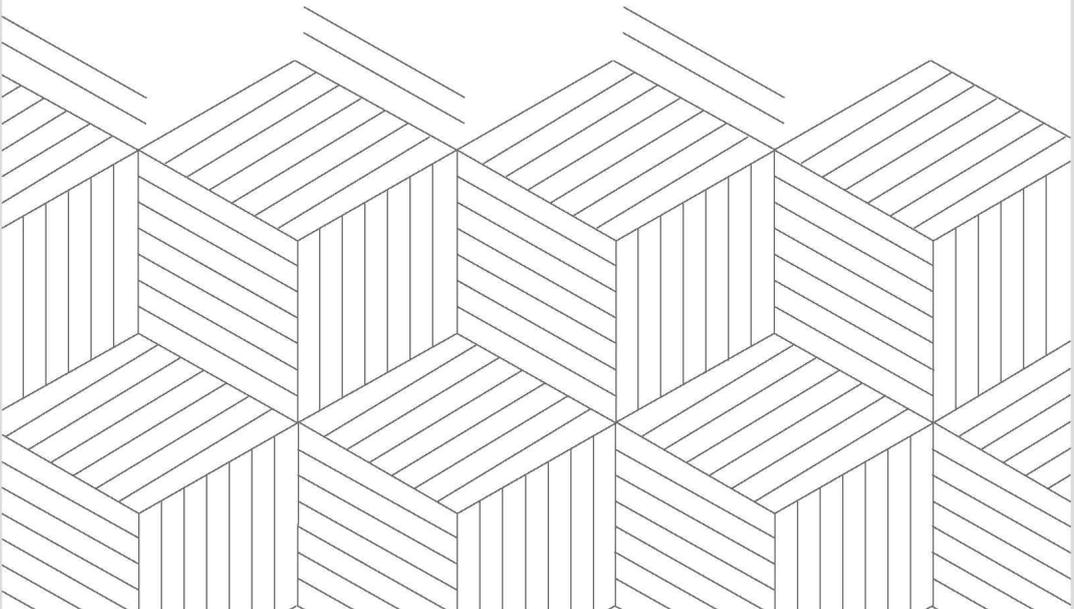
구분	일시	장소	내용
1차	2018.2.9(금)	경기연구원	•연구추진 및 협력방향 논의 <6개 협력연구기관>
2차	2018.2.23(금)	경기연구원	•전기버스 차량제조사 설명회 및 개발 동향 <선진네트웍스, 한신자동차, 6개 협력연구기관>
3차	2018.3.6(화)	경기연구원	•전기버스 운행에 따른 환경개선 효과 및 법제도 개선방안 <한국전기자동차협회, 한국생산성본부, 한신자동차>
4차	2018.3.12(월)	인천발전연구원 김포선진버스	•전기버스 운행관리센터 및 충전소 현장방문 <선진네트웍스, 한신자동차, 이엔테크놀로지, 파워넥스, 로케트배터리, 6개 협력연구기관>
5차	2018.3.14(수)	서울시청	•전기버스 차량제조사 설명회(서울시 개최) <대양기술, BYD, 에디슨모터스, 한신자동차, 우진산전, 자일대우, 피라인, 현대자동차>
6차	2018.4.6(금)	경기연구원	•전기버스 충전인프라 구축 방안 논의 <KT ev사업팀, 포스코ICT, 한국전기차충전서비스, 에버온, 지엔텔, 6개 협력연구기관>
7차	2018.4.11~12(수~목)	제주연구원	•제주도 전기버스 운영 현황 및 인프라 현장방문 <제주연구원, 동서교통, 6개 협력연구기관>
8차	2018.4.26(목)	경기연구원	•중국 선전시 전기버스 도입사례 및 기술수준 검토 <BYD, 6개 협력연구기관>
9차	2018.5.23(수)	수원시정연구원	•도시철도인프라 연계형 전기자동차 충전시스템 <한국철도기술연구원, 6개 협력연구기관>
10차	2018.6.14(목)	서울연구원	•배터리 및 충전기 기술동향 <배터리 및 충전기 제조사, 6개 협력연구기관>
11차	2018.6.28일(목)	한국교통연구원 우진산전	•전기버스 제작사 견학 <6개 협력연구기관>
12차	2018.7.16~20(목~월)	중국 Shenzhen	•전기버스 정책추진 절차 및 방법 논의, 버스 제조사 방문 <3개 협력연구기관>
13차	2018.8.21(화)	경기연구원	•중국출장 결과보고회 개최 <6개 협력연구기관>
14차	2018.9.20.~21(목~금)	서울연구원 수원시정연구원	•전기버스 협력연구 중간점검 보고회 개최 <6개 협력연구기관>
15차	2018.10.11(목)	서울연구원	•전기버스 경제성 분석 세미나 <6개 협력연구기관>
16차	2018.11.1(수)	경기연구원	•전기버스 과제 점검 <6개 협력연구기관>



# 제2장

## 관련 법제도 및 정책 동향 검토

제1절 관련 법제도 검토  
제2절 전기버스 정책 동향 검토





## 제2장      관련 법제도 및 동향검토

### 제1절 관련 법제도 검토

#### 1. 국내 법제도 검토

- 전기자동차 법률은 산업통상자원부의 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률에 근거하여 작성됨
- 중앙정부인 환경부는 전기자동차 보급 및 충전인프라 구축사업을 위한 보조금 지원 기준 및 설치 기준과 인센티브 지급 근거 마련, 전기자동차 정책 수립을 위한 정책자문, 실증사업 평가를 위한 위원회 운영에 대한 법률을 규정하였음
- 산업통상자원부는 전기자동차에 대해 에너지 소비효율 등의 기술적 세부 요구 사항을 제시하였으며, 전기자동차 개발 및 보급에 관한 기본계획 수립, 공공기관 관용차 구매 의무화, 충전 인프라 구축 지침을 규정하였음
- 지방정부인 서울특별시는 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 조례를 제정하여 관용차 구매시 친환경차 구매 의무, 전기차 전용 주차장 설치에 대한 내용과 충전 인프라 구축 대상과 의무 비율을 규정하였음
- 특히 전기차에 대한 인센티브를 부여하기 위해 주차장 설치 및 관리조례에서는 전기차 주차요금 감면과 전기자동차 주차구획 설치 기준 등의 세부 규정이 마련되어 있음
- 광주광역시외의 경우 공영차고지 설치 및 운영관리에 관한 조례에서 공영차고지 사용허가 대상을 전기버스로 확대함과 동시에 전기버스 인프라 구축을 위한 부지 점유 허가에 대한 내용을 포함하였음
- 수원시는 수원시 전기자동차 이용활성화를 위한 지원 조례를 제정한 바 있으며, 전기차 이용활성화 계획 수립, 공영주차장 요금 감면 등의 인센티브 내용을 포함하고 있음
- 광주광역시를 제외하고 현재 법제도 수립 방향은 대부분 전기버스 보다는 전기자동차 보급 및 확대 방향에 초점을 더 두고 있는 것으로 나타남

〈표 2-1〉 국내 전기차 관련 법제도 현황

구분		제목 및 내용
중앙 정부	환경부	1. 전기자동차 보급 및 충전인프라 구축 사업 보조금 업무처리 지침 - 전기자동차 충전인프라 보조금 지원 기준 및 절차 2. 전기자동차 충전인프라 설치운영 지침 - 전기자동차 충전인프라 설치 및 운영 지침 3. 수도권 대기환경개선에 관한 특별법, 대기환경보전법 - 노후 경유차 조기 폐차 지원 및 저공해자동차의 보급 4. 전기자동차 보급대상 평가에 관한 규정 - 국가 또는 지자체가 전기자동차를 금전적으로 지원하기 위한 근거 5. 전기자동차 보급평가위원회 운영 규정 - 전기자동차 보급정책 수립을 위한 정책자문, 실증사업 평가를 위한 위원회 운영
	산업부	1. 환경친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정 - 전기자동차의 기술적 세부사항(에너지 소비효율) 요건 2. 환경친화적자동차의 개발 및 보급촉진에 관한 법률 - 기본계획 수립, 공공기관 관용차 구매 의무, 충전 인프라 구축 지침
지방 정부	서울시	1. 서울특별시 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 조례 - 서울시 친환경차 관용차 구매의무, 주차장 설치, 충전인프라 설치 대상 및 비율 2. 서울특별시 주차장 설치 및 관리조례 - 전기자동차 주차요금 감면, 전기자동차 주차구획 설치 기준
	광주시	1. 광주광역시 공영차고지 설치·운영관리에 관한 조례 - 공영차고지 사용허가 대상 확대(전기버스 인프라 구축 및 부지 점유)
	제주도	1. 제주특별자치도 전기자동차 보급촉진 및 이용활성화에 관한 조례 - 전기차 활성화 기본 계획 및 전기차 관련 중요시책을 심의하는 위원회 설치 규정 - 전기차 관련 세미나, 포럼 개최 등 전기차 관련 진흥 사업 추진, 도민의 전기차 인식개선을 위한 전기자동차의 날(매년 5월 6일) 및 전기자동차 주간을 지정 운영
	경기도	1. 경기도 전기자동차 이용 활성화 지원 조례 - 전기자동차 이용 및 활성화 지원에 필요한 사항 규정
	수원시	1. 수원시 전기자동차 이용활성화를 위한 지원 조례(2016. 9. 28 제정) - 전기자동차 활성화 계획 수립, 주차장 설치, 공영주차장 요금 감면 등

자료 : 수도권 전기버스 도입 확대 방안 연구(2018, 경기연구원) 재구성

## 2. 친환경 버스 차량 구입 보조금

### 1) 구입 보조금

- 친환경버스 차량 구입 보조금은 대기오염물질 배출이 적은 저공해차량에 대하여 교통약자 이동편의 증진법에 근거한 저상버스 및 환경친화적 자동차 관련법에 근거하게 차량 구입비를 지원하고 있음
- 친환경버스 보조금은 중앙정부(환경부, 국토교통부)보조금 및 기초·광역정부 보조금으로 구분됨
  - 환경부의 경우 CNG버스 차량 구입 보조금으로 환경부와 지자체가 절반씩 부담
  - 전기버스에 대해서는 차량크기에 근거하여 보조금을 지급하고 있으며 중형의 경우 6천만원, 대형의 경우 1억원을 정액 지급함

〈표 2-2〉 2018년 기준 국내 친환경 버스 차량 지원 현황

구분		소관부처	내용	분담비율
CNG	일반(고상)	환경부	- 대형(배기량 11,000cc 이상) : 1,200만원/대 - 중형(배기량 11,000cc 이하) : 700만원/대	국비 50%, 지방비 50%
	저상	환경부	- 1,200만원/대	서울시 40% 광역시 50% 도지역 60% 차등지원
		국토부	- CNG일반버스와 가격차이 보조	
CNG 하이브리드	일반(고상)	환경부	- 6,000만원/대	-
	저상	국토부	- CNG하이브리드 일반버스와 가격차이 보조	
전기버스	대형	환경부	- 10,000만원/대	
	중형	환경부	- 6,000만원/대	

자료 : 인천광역시 전기버스 운행체계 기초연구(2018, 인천연구원) 재가공

주 : 일반 CNG버스 구매보조금은 특별·광역시를 제외한 시·군에 지원함

### 2) 친환경 버스 차량 구입 세금지원

- 기존 시내버스 차량은 부가가치세, 취득세, 환경개선부담금을 경감받거나 면제 받는 혜택을 통해 세금지원을 하고 있음
  - 부가가치세(국세) : 조세특례제한법에 의해 CNG버스 및 전기버스는 면세됨
  - 차량취득세(지방세) : 지방세특례제한법에 의해 일반버스는 취득세가 100분의 50이 감면을 시행하고 있으며, CNG버스의 경우 면세됨
  - 환경개선비용부담법 : 저배출가스 친환경 자동차의 경우 환경개선비용부담금이 면제됨

### 3) 중국 전기버스 구입보조금

- 전기버스 선도국인 중국은 배터리 용량 및 차량크기(전장)등 전기버스 기술 수준에 기초하여 보조금 제도를 운영하고 있음
- 기술 수준에 기초한 보조금 제도는 중국 내 전기버스 기술이 발전할 수 있는 계기가 마련되었다고 볼 수 있음
  - 중국 전기버스 보조금은 {배터리용량 × 중앙재정 보조금 기준액 × 조정계수}로 구성됨

〈표 2-3〉 중국 전기버스 보조금 지원 현황

구분	중앙정부 재정보조금						
	배터리 용량 보조금 (위안/kWh)	조정계수			전장(L)에 따른 최대상한선 (위안)		
					6<L≤8m	8<L≤10m	10m<L
전기버스(완속충전)	1,200	시스템 에너지 밀도(Wh/kg)			55,000	120,000	180,000
		115~135	135≤				
		1	1.1				
전기버스(급속충전)	2,100	급속 충전 배율			40,000	80,000	120,000
		3~5C	5~15C	15C≤			
		0.8	1	1.1			
하이브리드 버스	1,500	연료 절약률			22,000	45,000	75,000
		60~65%	65~70%	70%≤			
		0.8	1	1.1			

자료 : 수도권 전기버스 도입 확대 방안 연구(2018, 경기연구원)

주 : 2018년 11월 기준 1CNY=162원 수준임

### 3. 전기차 충전 인프라 보조금

- 전기차량 충전 인프라는 충전 속도 및 개방 여부에 따라 설치비를 차등 지원하고 있음
  - 완속충전기는 공공 개방 여부에 따라 충전 인프라 보조금이 다르게 책정되고 있으며, 완전개방의 경우 1기당 400만원이 지원되는 반면, 비공용 미개방의 경우 1기당 150만원이 지원되고 있어 보조금 지급 기준에 차등을 두어 충전기의 개방을 유도하고 있음
  - 급속충전기는 국내 규격에 적합한 50kW급에 대해 지원을 하고 있으며, 50kW를 초과하는 충전기의 경우 공인기관으로부터 인증을 받아야 지원이 가능함

〈표 2-4〉 전기충전기 설치 지원 보조금 기준

구분		내용						
완속 충전기	지원대상	- 비공용충전기 : 전기차 구매자(전기차 보조금 대상자) 중 거주지 또는 직장에 충전기 설치를 위한 부지를 확보한 자 - 공용충전기 : 공동주택, 사업장 대규모 주차장 등 소유 및 운영 주체 - 개방여부(공용/비공용) 및 설치수량에 따라 차등 지원						
	지원체계	- 1단계 : 설치요청(충전기 제조사 또는 사업수행 기관) - 2단계 : 설치 및 보조금 산정(광역자치단체를 통해 환경부 국고보조금 교부 신청) - 3단계 : 분기별 보조금 교부(환경부가 광역자치단체에 교부) - 4단계 : 보조금 집행(광역자치단체가 사업수행기관에 교부)						
	보조금 (만원)	완전개방			부분개방			비공용
		1기	2~5기	6기 이상	1기	2~5기	6기 이상	1기 당
		400	350	300	320	280	230	최대 150
급속 충전기	지원대상	- 광역 및 기초지방자치단체 (국내 KS규격에 적합한 50kW급 전기자동차 급속충전기에 대해 지원) - 100kW이상 등 국내인증기준 없는 경우 한국기계전기전자시험 연구원 등 공인 기관으로부터 시험성적서 취득 제품 설치 시 지원						
	지원체계	- 1단계 : 차년도 수요신청 및 설치부지 선정(기초자치단체-광역자치단체-환경부) - 2단계 : 보조금 신청(기초자치단체-광역자치단체-환경부) - 3단계 : 보조금 교부(환경부-광역자치단체-기초자치단체) - 4단계 : 보조금 집행(지방자치단체의 설치공사 발주 또는 사업수행 기관 위탁)						
	보조금 (만원)	합계		국비		지방비		
		최대 3,500		70%		30%		

자료 : 수도권 전기버스 도입 확대 방안 연구(2018, 경기연구원) 재구성

## 제2절 전기버스 정책 동향 검토

### 1. 국내 동향 검토<sup>1)</sup>

#### 1) 추진배경

- 미래 혁신성장 동력 확보 및 글로벌 시장 선점
  - 친환경 차량 기술확보로 자동차 산업 시장 선점 및 미래 핵심 선도사업으로 지정
  - 무공해차 보급확대로 대도시 미세먼지 개선 및 온실가스 배출 감축 목표와 친환경 차량 보급 확대에 의한 공기질 개선 등 환경개선과 혁신성장 동력 창출을 모색하고 있음
- 일자리 창출 및 지역경제 활성화 촉진
  - 4차 산업혁명 시대에 맞는 신규 일자리 창출과 더불어 수소차 연료전지, 수소 저장장치 관련 기술을 확보한 중소기업의 일자리 창출을 독려하고 있음
- 미세먼지, 기후변화 등 환경문제에 적극 대응
  - 도심 미세먼지 개선과 온실가스 배출 감축 목표를 달성 대응을 위해 친환경차량의 도입을 가속화하고 있음

#### 2) 보급 및 지원현황

- 전기차 지원정책
  - 차량 구매 보조금은 내연기관차와 가격을 고려하여 책정하였으며, 2018년부터 차량 성능, 환경개선효과에 따라 차종별로 차등 지원하고 있음
  - 구매 보조금은 {기본금액(최소 : 350만원) + 배터리 용량 × (단위보조금 × (가중전비/최저가중전비))}로 구성되며 저온성능을 25% 반영한 전비 및 대상 차종 중 가장 낮은 가중 전비를 적용함
  - 또한 전기차 운영활성화를 위해 충전 인프라 구축을 지원하고 있으며, 친환경차량 구매시 개별소비세, 교육세, 취득세 감면과 2019년까지 전기차 충전시 전기 기본요금 면제 및 전력량 요금 50% 할인 등을 지원하고 있음
- 전기차 보급현황
  - 전기차는 2017년 기준 13,826대가 보급되었으며 수소차는 출시 이후 177대가, 2018년에는 746대를 보급할 계획임

1) 전기·수소차 보급 확산을 위한 정책방향(2018.6, 정부 관계부처 합동) 재구성

### 3) 보급 확대 정책방향

#### (1) 기본방향

- 정책 기본방향은 기술 특성을 감안하여 전기차는 중·단거리 승용, 수소차는 중·장거리 승용 및 대형버스 위주로 보급한다는 방향을 제시함
  - 구매 보조금 : 소비자의 구매력이 유지될 수 있도록 내연기관 차량과의 가격 차이를 감안하여 단계별로 지원 단계를 조정할 계획임
  - 충전 인프라 : 2022년까지 민관 합동으로 급속충전기 1기 구축, 수소충전소 310개소 구축을 목표로 제시하였음
  - 기술개발 : 관련 핵심 기술 개발, 충전기 용량 확대, 모델 다양화를 통해 세계 시장에서 경쟁력을 확보하는 것이 주요 내용임
    - 전기차의 경우 500km 이상 주행거리 확보와 충전시간 단축을 위한 충전기술 개발을 장려하고 있음
    - 수소차의 경우 5천만원 수준으로 가격을 저감하고 내구성 향상, 수소 충전화 국산화 제고, 다양한 수소차 모델 개발을 제시함
  - 규제·제도 : 전기차 안전검사 기준 개선, 전기차 분류기준 마련, 수소충전소 입지 제한 완화, 수소충전소 설치·운영 참여기업 제한 완화를 설정함
  - 민간 제작사의 역할과 책임 강화 : 전기·수소차 인프라 구축 시 제작사의 참여 유도 및 유지보수를 위한 서비스망 구축을 추진함

〈그림 2-1〉 정부 친환경차량 보급 목표

구분		'18	'19	'20	'21	'22
전기차	전기차 (전대)	56.5 (26.5)	98.5 (42)	156.5 (58)	236.5 (80)	350 (113.5)
	급속충전소 (전기)	3.7 (1.5)	5.2 (1.5)	6.7 (1.5)	8.2 (1.5)	10 (1.8)
수소차	수소차 (전대)	0.9 (0.7)	2 (1.1)	5 (3)	9 (4)	15 (6)
	충전소 (기)	39 (18)	80 (41)	130 (50)	200 (70)	310 (110)

※ 재정(보조금 지원), 비재정 수단(친환경차 협력금제도 등) 병행

자료 : 전기·수소차 보급 확산을 위한 정책방향(2018.6, 정부 관계부처 합동)

## (2) 차량보급 활성화

- 초기 보급방향은 전기차·수소차 특성 및 인프라 현황을 감안하여 전기승용차는 중·단 거리, 수소자동차는 충전인프라가 구축된 지역 위주로 보급한다는 기본 방향을 제시함
- 초기 시장 형성을 지원하기 위해 전기충전 요금 및 수소충전 가격을 적정 수준을 관리한다고 발표함
- 버스는 중·장거리 대형(시내버스, 수소버스 등) 위주로 수소버스를 보급한다고 발표함
- 수소버스의 경우 2020년 이후 양산체계를 구축할 것으로 예상하고 있으며 시범사업을 먼저 구축하고 예비타당성 조사를 통해 보급사업을 추진할 예정임

## (3) 충전인프라 확충

- 전기차 충전 인프라 보급 방향은 전기차 이용에 불편함이 없도록 충전기 이용패턴, 기술발전 등을 반영하여 충전인프라를 구축한다는 방침을 제시함
  - 2019년부터 22년까지 급속충전기는 매년 1,500~1,800기를 보급하고, 완속충전기는 매년 12,000기를 보급 추진하기로 함
  - 단, 완속충전기 설치에 일반인에 대한 개방 여부 및 설치 수량에 따라 차등 지원하되 개인전용 비공용 충전기는 지원을 축소하여 자부담하는 방향으로 설정함
  - 2018년 말까지 급속완속 비중 등 전국 단위 충전소 구축 로드맵을 마련하고 전기차 이용자의 충전기 이용패턴을 분석하여 실 이용수요가 높은 지역에 최적 용량 충전소를 우선설치 방침을 제시함
  - 버스 차고지에 대용량 충전소 구축과 모든 형태의 전기차가 공동 활용 가능한 대형 플래그쉽 충전소 구축 및 운영 확대를 검토함
  - 한전의 경우 차량 통행과 유동 인구가 많은 도심지(서울시 강남구)에 태양광 및 ESS(Energy Storage System)와 연계한 대형 충전소 구축 추진 중임
  - 충전배터리의 고용량 추세에 대응하여 기존 50kW 급속 충전기를 최대 400kW급으로 단계적으로 전환하기로 결정하였으며 태양광을 이용한 전기차 충전소 구축 등 친환경성을 강화하고 충전소 사용자 편의성 제고함
- 수소차 충전 인프라의 경우 주요 거점 지역을 중심으로 정부와 지자체, 민간 협력으로 수소차 충전 인프라 노력을 강화하기로 하고 지역별로 상이한 수소가격을 대량 일괄 구매 및 운송 전담 기관 신설을 통해 수소가격의 안정화를 추진함
  - 지역별 수소가격은 울산 5,500원/kg, 창원 10,000원/kg 등으로 매우 상이한 문제가 있음

#### (4) 핵심기술 개발

- 전기차의 경우 1회 충전 주행거리를 500km 이상으로 목표로 배터리, 구동시스템 등 핵심부품의 성능향상을 제시하였음
  - 배터리의 경우 에너지 밀도를 2020년까지 300Wh/kg 향상을 우선과제로 선정, 향후 배터리팩 경량화, 배터리팩 열관리 소재 개발과 충전 용량 증대와 충전시간 단축을 위해 Super charger 기술 개발을 목표로 제시하였음
  - 차종의 경우 소비자 선호에 따라 다양화 방안을 제시하였으며 전기버스의 경우 학원, 통학 용도로 활용하기 위해 중·소형 전기버스 도입을 추진하고 있음
- 수소차의 경우 대량 생산 체제 도입을 통한 가격 저감을 목표로 하고 있으며, 버스 분야의 경우 50만km 이상 내구성을 갖춘 도심주행용 수소버스용 고압용기, 전해질 막과 같은 기술 개발을 추진하고 있음

#### (5) 규제개선 및 제도정비

- 현재 승용차의 정기안전검사는 내연기관 차량 위주의 검사항목으로 구성되어 있어 고전원 전기장치 성능검사 기준을 마련하여 전기차에 적합한 검사 기준 마련과 자동차관리법 시행규칙 개정을 제시함
- 내연기관 자동차는 배기량과 규격으로 자동차를 분류하고 있으나 전기차는 규격으로만 분류되어 있는 현행 기준을 최고출력 등 전기자동차 특성에 맞는 세부 분류 기준과 자동차관리법 시행규칙, 여객자동차 운수사업법 시행규칙 개정을 제시함
- 현재 시내버스, 마을버스 등 운송사업용으로 버스 취득 시 취득세의 50%를 지방세 특례제한법에 따라 50%를 감경해주고 있으며, 2018년 12월에 취득세 감면에 따른 혜택 종료는 예상되어 지방세특례제한법 개정을 통해 2021년 12월까지 연장을 검토함

#### (6) 제작사 등 민간 역할 확대·강화

- 제작사의 충전 인프라 보급 역할을 강화하는 방향으로 제시하고 제작사가 판매한 차량에 대해 충분한 사후 서비스를 제공하도록 유도할 방침임
  - 현대자동차의 경우 충전 서비스 다각화(찾아가는 충전 서비스 등), 영업지점 전기차 충전소 설치 및 운영 사례가 있으며, 고전압 배터리에 대한 Life-time 워런티를 제공하고 있음
  - 워런티의 경우 10년 20만km(65% 보장) / Life-time(50%)으로 분리하고 있으나 전기 승용차에 한해 보장하고 있음

(7) 추진 과제 별 중앙정부의 역할

- 관계부처는 환경부, 산업통상자원부, 국토교통부 등이 있으며 보급 확대 정책 방향에 따른 주요 추진과제별 소관부처는 다음과 같음

〈표 2-5〉 추진과제별 소관부처

구분	주요 추진과제	소관부처
보급활성화 및 차량 구매유도	전기·수소차 구매보조 및 보급확산	환경부
	전기·수소차 차량 가격 인하 유도	산업부
	적정 전기·수소 가격 설정	산업부, 환경부
	전기차·수소차 보급 비재정수단 도입 추진	환경부
보급기반 마련	전기·수소차 충전인프라 구축 확대	환경부, 산업부, 국토부
	수소차 수소유통체계 마련	산업부, 환경부
핵심기술 개발	전기·수소차 핵심부품 개발 및 모델 다양화	산업부
	전기·수소차 충전기술 개발	산업부
제도기반 확립	전기차 안전검사 기준 개선 및 전기차 분류기준 마련	국토부
	운송사업용 전기·수소버스 지방세 감면	행안부
	수소충전소 입지제한 완화	국토부
	수소충전소 참여기업 제한 완화	환경부
	수소 제품 안전성 지원센터 설립	산업부
	수소충전소 운영 자금 지원	금융위

자료 : 전기·수소차 보급 확산을 위한 정책방향(2018.6, 정부 관계부처 합동)

## 2. 국외 동향 검토<sup>2)</sup>

### 1) 각국 전기버스 동향 개황

- 국외 전기버스 시장은 중국이 선도하고 있으며, 전 세계 전기버스의 98.3%에 해당하는 17만여대를 현재 운행 중에 있으며 중앙정부의 강력한 지원 정책을 바탕으로 전기버스 산업이 크게 성장한 것으로 보임
- 중국의 경우 신 에너지 차량의 홍보 및 적용을 위한 재정 보조 정책의 조정 및 개선에 관한 고시를 통해 전기버스 보조금 정책을 최근 발표한 바 있음
- 전기버스 구매 보조금의 경우 2017년 최대 30만 위안에서 2018년 18만 위안으로 축소하는 등 지속적으로 축소하고 있는 대신 충전 인프라 및 연구개발에 대한 투자를 늘리고 있으며, 2020년까지 전기버스 20만대 보급 및 충전 인프라 4,000만개 구축을 목표로 사업을 진행 중임
- 미국도 연방정부의 저공해 버스 프로그램(Low or No Emission Bus Program) 보급 사업을 시행하고 있으며 신기술 저공해 버스 도입 도시에 버스 구매 또는 임대 자금이나 충전 인프라 구축 자금을 전체 사업비의 최대 85% 범위내에서 지원하고 있음
- 캘리포니아(California)주 정부는 버스차량 개선 의무화 및 무배출 버스 시범사업을 확대하고 있으며 보조금 바우처 및 탄소집약도에 따른 시스템을 적용하여 차량구매 보조금과 저탄소 정책 지원하고 있으며 2040년까지 친환경 신기술 버스 도입 전환을 추진하고 있음
- 영국 중앙정부는 초저공해 자동차 보급정책을 통해 2050년까지 모든 차량을 저공해차량으로의 전환을 추진하고 있으며, 2019년부터 런던 시내에 초저공해차 구역을 도입하여 공해차량의 도심 진입을 차단하는 정책을 계획하고 있음
- 유럽연합은 전기버스 관련 주요 연구사업인 ELIPTIC, CONCEPT, ZeEUS 등을 통해 충전 인프라 확대, 비즈니스 모델 발굴을 통한 대규모 상용화를 지원하고 있음
- 일본은 친환경차 도입 운송사업자에 대상 지원 사업으로 지역교통 그린화 사업을 공모사업 형태로 추진하고 있음
- 호주 애들레이드(Adelaide)시의 경우 태양광 전지 버스를 시험 중이며, 18시간 충전으로 6시간 운행이 가능한 단계로 시범 운영 단계에 있음

2) 수도권 전기버스 도입방안 연구(2018, 한국교통연구원) 및 중국 선전시 전기버스 도입관련 국외출장 보고서(2018, 경기연구원, 인천연구원) 인용 및 재구성

〈표 2-6〉 국외 전기버스 동향 검토

구분		제목	내용
중국	중앙정부	New energy buses Program	- 2010~2020년간 167만대의 전기자동차 생산과 120만개의 일자리 창출
		EV Initiatives	- 운수업체 및 전기버스 제조업체에게 강력한 보조금 및 세금 혜택 제공
	지방정부	선전(Shenzhen)	- 2017년 말 Shenzhen시를 운행하는 도시 공공 버스 전기화 완료
미국	중앙정부	Low or No Emission Bus Program	- 저공해 버스 도입 도시에 구매 보조금, 충전인프라 구축 자금 지원 - 교통국(DOT)에서 무배출 버스에 대해 55만달러에 해당하는 보조금을 책정함
	지방정부	캘리포니아(California)	- 무배출 버스 시범 사업 확대, 차량 구매 보조금, 연료 지원 정책 지원 - 2040년까지 친환경/신기술 버스 도입의 전환을 추진하고 있음
영국	중앙정부	초저공해 자동차 보급 정책	- 2050년까지 모든 자동차를 저공해차량으로 전환 추진 - 구매 보조금, 충전 인프라 투자비용 및 버스 운행거리 당 저탄소 보조금 지급 - 2019년 부터는 초저공해차 구역을 도입, 기존 미달 차량의 경우 런던시 진입 제한
유럽	유럽연합	전기버스 혁신사업	- 충전 인프라 확대, 비즈니스 모델 발굴, 대규모 상용화 지원 - 전기버스 관련 주요 연구사업은 ELIPTIC, CONCEPT, ZeEUS등을 통해 진행 중
호주	지방정부	애들레이드(Adelaide)	- 태양광 전지 버스 시범 운영 (18시간 충전-6시간 운영기능)
일본	중앙정부	지역교통 그린화사업	- 2013년부터 친환경차 도입 운송사업자에 대한 지원 사업으로 지역교통 그린화 사업 공모사업 형태로 추진

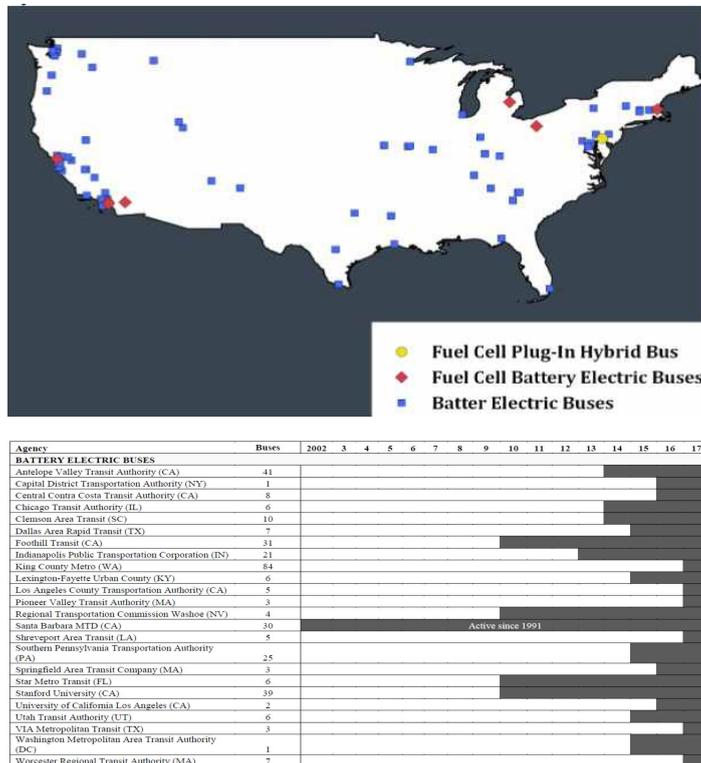
자료 : 수도권 전기버스 도입 확대 방안 연구(2018, 경기연구원), An Overview of electric buses in Europe(2016, ZeEUS)

## 2) 미국

### (1) 전기버스 현황

- 미국의 전기버스는 2017년 기준 351대가 운행 중이고, King County의 도입 규모는 에서 미국 내 가장 큰 규모로 전기버스 81대가 운행 중임
- King County Metro는 연방정부 TIGGER 프로그램의 지원을 받아 Proterra 사의 급속충전방식 전기버스를 도입하였으며, 배터리 워런티는 12년을 보장함
- 캘리포니아 주는 전체 156대의 전기버스를 운행 중이며 캘리포니아 대기보전국은 2000년부터 ACT(Advanced Clean Transit)를 통해 대체·재생연료 기반의 저공해 버스차량 구매를 의무화함
- 대기보전국은 무배출 버스의 경우 보조금 바우처를 통해 버스의 중량과 배터리 용량을 고려하여 최대 9만 5천 달러까지 지급하고 있음

〈그림 2-2〉 미국 전기버스 도입지역 및 도입대수

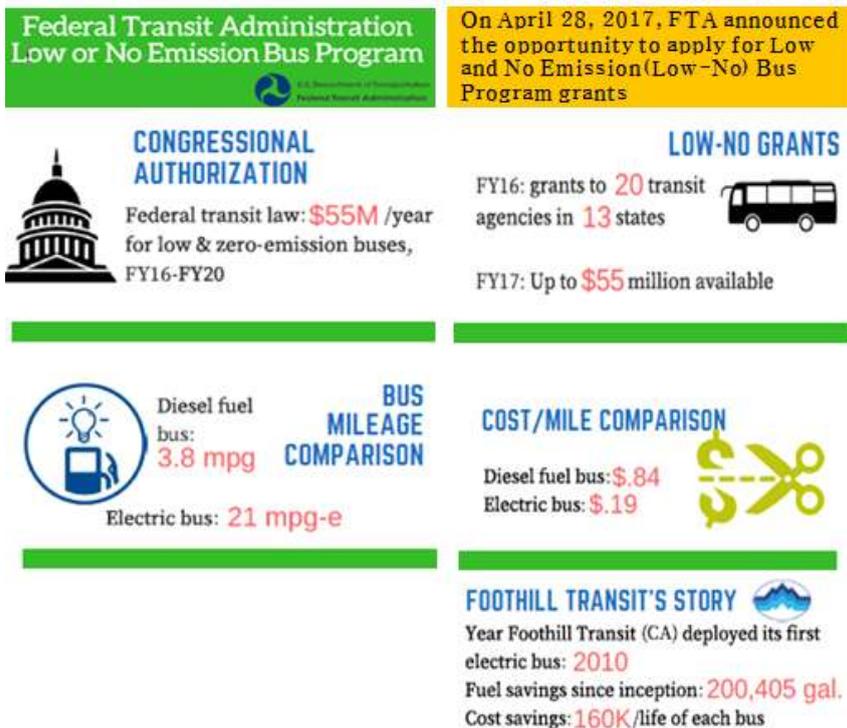


자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

## (2) 전기버스 보급사업 지원 프로젝트

- 연방대중교통국(FTA)은 2013년 이후 Lo-No program(Low or No Emission Bus Program)을 추진하면서 전기버스 관련 사업이 증가하고 있음
- 미국 연방 교통성(US DOT)는 온실가스와 에너지절감을 위한 TIGGER 프로그램 (Transit Investments for Greenhouses Gas and Energy Reduction)을 추진하고, 미국 에너지부(US DOE)는 국가연료전지버스 프로그램을 추진 중에 있음
- Lo-No program은 신기술버스를 도입하는 도시에 버스 구매, 임대자금, 충전설비 등을 지원하며 2020년까지 매년 5천 5백만 달러를 지원하고 있음
- 사업 추진 형태는 연방정부 차원의 공모사업을 통해 지역별 사업을 선정하고, 차량구매 뿐만 아니라 인프라 구축 등 전체 사업비의 최대 85%까지 지원하여 기술 실증을 함께 추진하고 있음

〈그림 2-3〉 US DOT 대중교통국의 Lo-No Program

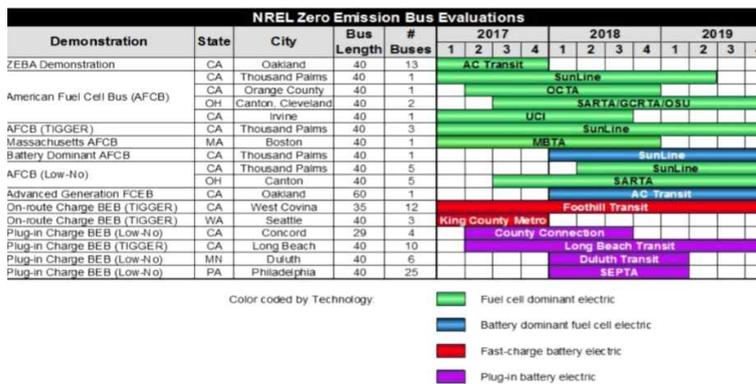


자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

### (3) 전기버스 기술평가 및 실증사업

- 미국 재생에너지연구소(NREL)에서는 연방대중교통국의 TIGGER 프로그램의 지원을 받아 전기버스 운영에 대한 기술평가와 실증사업 비교평가 보고서를 작성하고 있음
- 전기버스 도입사업 이후 기술평가를 실시하고, 전기버스 도입지역 간 기술평가 및 실증사업자료 공유 및 전기버스 제조회사에서 기술개발을 위한 기초자료로 활용하고 있음
- 실증사업 대상 차량은 에너지 효율, 유지 관리 비용 산정 등의 평가 항목에 따라 평가를 진행하고 있음

<그림 2-4> 전기버스 도입 지역 기술평가 및 실증사업 추진일정



자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

<그림 2-5> 실증사업 평가 항목

Data Item	Battery	Hybrid	Diesel	Trolley
Number of buses	3	10	3	10
Total mileage in data period	83,128	435,552	69,329	180,554
Average mileage per bus	27,709	43,555	23,110	18,055
Average monthly mileage per bus	2,309	3,630	1,926	1,505
Availability (85% is target)	80.6	90.5	86.4	84.9
Fuel economy (kWh/mile)	2.36	—	—	2.57
Fuel economy (miles/dge <sup>a</sup> )	15.9	6.3	5.3	14.7
Average speed, including stops (mph) <sup>b</sup>	14.8	15.2	14.6	9.0
Miles between roadcalls (MBRC) – bus <sup>c</sup>	2,771	7,641	17,332	1,641
MBRC – propulsion system only <sup>c</sup>	6,927	29,037	34,665	2,960
Total maintenance cost (\$/mile) <sup>d</sup>	0.26	0.32	0.46	0.46
Maintenance – propulsion system only (\$/mile)	0.05	0.12	0.13	0.17

<sup>a</sup> Diesel gallon equivalent.  
<sup>b</sup> Based on scheduled revenue service.  
<sup>c</sup> MBRC data cumulative through March 2017.  
<sup>d</sup> Work order maintenance cost.

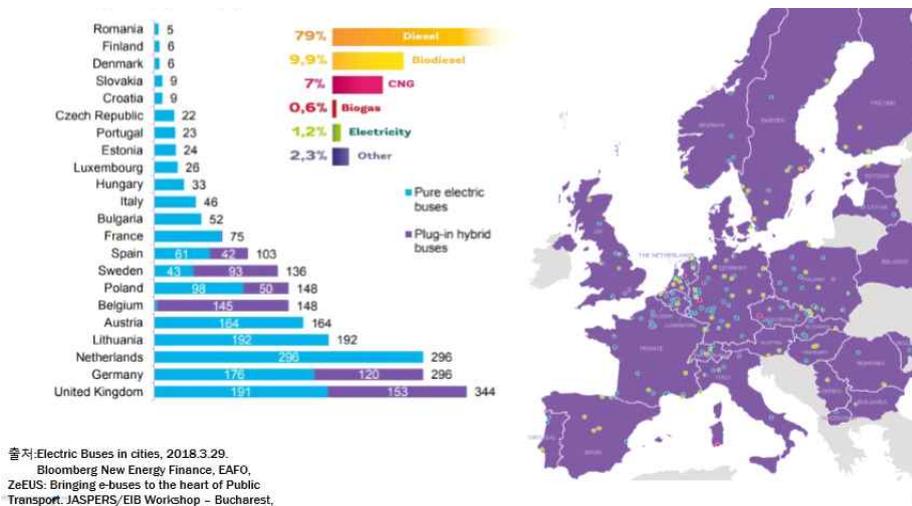
자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

### 3) 유럽

#### (1) 전기버스 현황

- 유럽의 전기버스 보급대수는 2017년 약 2,100대 규모이고, 앞으로 확대되어갈 것으로 예상됨. 순수전기버스 비중은 총 1,560대를 차지하며, 유럽 버스대수의 전기버스 점유율이 1.2%를 차지하고 있음
- 2020년부터 수소연료전지 버스 및 전기버스에 대한 기술개발과 실증사업을 진행하고 있으며, 이와 관련한 대규모 상용화 시범사업을 추진하고 있음
- 최근 들어서 전기버스 상용화에 대한 혁신사업이 증가하고 있으며, 차량의 기술적인 개발보다는 충전인프라의 구축 및 확대, 전기버스 최적화를 위한 비즈니스 모델 발굴, 대규모 상용화 지원방안 등에 초점을 맞추고 있음
- 영국의 경우 유럽내에서 전기버스 도입 수준이 가장 높으며 이는 강력한 ULEV(Ultra Low Emission Vehicles) 정책, 즉 모든 차량을 저공해차량으로 도입하는 정책과 관련성이 있음

〈그림 2-6〉 유럽 전기버스 등록대수



자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

## (2) 전기버스 사업 주요 이슈

- UTIP과 공동으로 ZeEUS는 전기버스 사업의 도전과제를 다음과 같이 5개로 정의함
  - 도전과제 1 : 높은 초기투자비용
  - 도전과제 2 : 일반버스와 다른 새로운 전기버스 운영 방식
  - 도전과제 3 : 새로운 전기버스의 발주과정과 조달방안 및 조달기간 관리
  - 도전과제 4 : 충전방식의 호환 및 표준화 방안
  - 도전과제 5 : 지속가능한 에너지를 포함한 에너지와 전기버스 연계방안

〈그림 2-7〉 유럽 전기버스 사업 주요 이슈



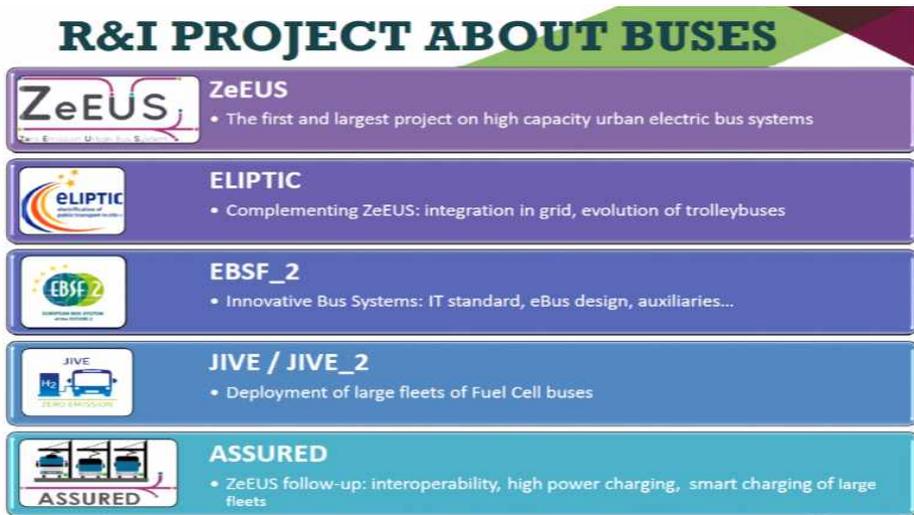
자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

## (3) 전기버스 보급사업 지원 프로젝트

- 유럽연합 집행위원회는 2017년 10월 27일 유럽연합의 연구 및 혁신 기금 지원 계획인 Horizon 2020프로그램(2018~2020년)을 통해 사회적 도전과 혁신을 위한 새로운 솔루션에 300억 유로를 투입하고 있으며, 그 일환으로 교통(Transportation)사업 분야 중 전기버스 지원 사업을 진행하고 있음
- ZeEUS는 개발 사업이 아니라 지역 내 전기버스 도입을 위한 상용화를 지원하는 사업으로 전기버스 도입 과정 중에서 서로가 사업추진내용을 공유하고 앞으로 어떤 과정을 통해서 전기버스를 도입해야 하는지에 대한 연구와 혁신사업이 주 내용임

- ELIPTIC은 전기버스 충전에 대한 개발이 많이 이루어졌으며, 특히 독일의 경우 충전시스템과 전력망의 연계구축 사업을 적극적으로 추진하고 있음
- EBSF-2는 버스차량 내 공조시스템에 대한 개발 내용이 포함되어 있으며 기존 내연기관 차량과 비교하여 공조시스템 가동 시 전비 등 효율성에 영향을 미치는 부분이 커 이 프로젝트에서는 공조시스템 개선에 대한 기술개발과 지원 사업과 IT기술을 활용한 차고지 입·출입 기술개발에 대한 내용을 포함하고 있음
- JIVE는 유럽에서 2000년대 초반부터 수소버스에 대한 차량기술에 대한 안정화와 시범사업 규모로 운영이 가능하도록 지원하고 있으나 수소버스가 대규모로 도입된 적은 없어 이에 대한 운영솔루션을 마련하기 위한 실증사업을 수행하고 있음
- ASSURED는 ZeEUS 사업을 통해 추진한 전기버스 실적사업에서 충전시스템 간 조화가 미진하다고 판단되어 급속충전과 충전설비를 다수 설치하여 어떻게 충전을 잘 관리할 것인지에 대한 스마트충전기술 지원 사업에 대한 내용을 포함하고 있음
- 유럽 전기버스 사업은 유럽연합을 중심으로 정보 교류 및 자료 공개등의 협력 사업이 활발하게 진행되고 있으며 ZeEUS 프로젝트를 통해 유럽연합 내 전기버스 사업이 많이 확대된 계기를 마련함

〈그림 2-8〉 유럽 전기버스 보급 지원 프로젝트



자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

#### (4) 전기버스 충전체계

- 전기버스 운영을 위한 충전기술은 진행단계로 유럽 ABB사는 Siemens사와 함께 Pan-Canadian project를 통해 충전기술 표준을 검토함
- 전기버스 운영을 위한 충전시스템으로 차고지 충전방식(Depot charging)과 경로 중 충전 방식(On-route charging)을 동시에 검토 중으로 상용화 기술 개발 중임
  - 차고지 충전은 10kW~150kW급의 플러그인 방식으로, 경로 중 충전은 150kW~1MW급의 팬터그래프(Pantagraph)방식이 권고 표준안으로 제시됨
- 유럽의 전기 버스 충전체계는 한 방식만 특정한 것이 아닌 차고지 충전과 경로 중 충전 방식을 동시에 사용하여 두 방식의 장·단점을 보완하는 하이브리드 형태로 진화하고 있음
- 경로 중 충전방식은 단시간 내 고용량의 에너지를 사용하기 때문에 에너지 저장장치인 ESS를 활용하여 경로 중 충전이 가능하도록 진행중임
- 스웨덴 예테보리 정류장 사례의 경우 경로 중 충전 인프라 설치 시 정류장 환경 개선과 병행하여 버스 탑승객이 대기할 수 있는 공간이 마련되어 있음

〈그림 2-9〉 스웨덴 예테보리(Göteborg) 정류장

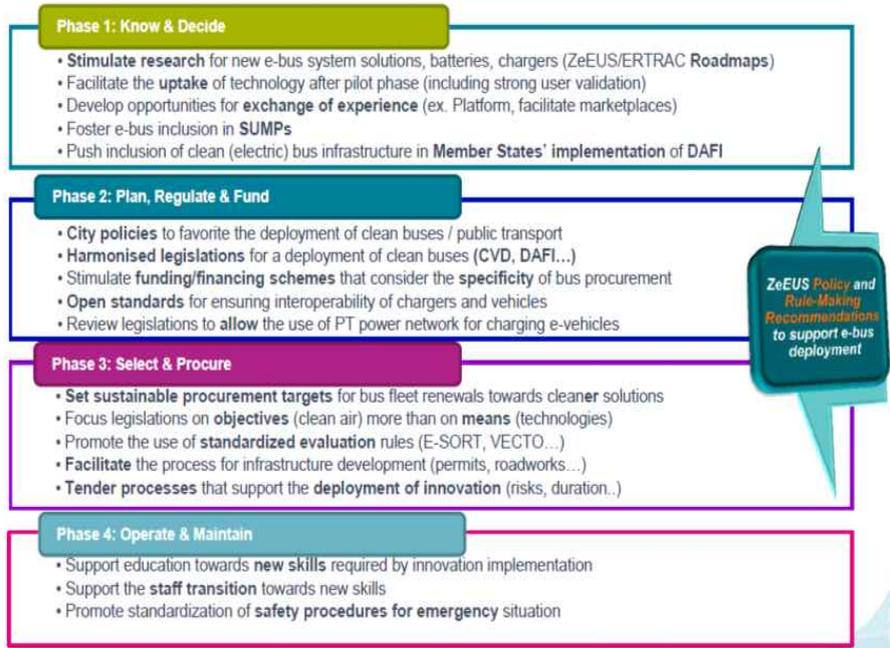


자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018.9.21., 한국교통연구원)

### (5) 전기버스 사업 추진절차

- 유럽 사례의 경우 전기버스를 도입 시 지방정부에 권고하는 정책 결정 가이드라인을 제정하여 지방공무원, 운수사업자 등을 대상으로 교육프로그램에 활용하고 있음
  - 단계 1 : 교육(Know & Decide)으로 주로 전기버스 솔루션, 배터리, 충전 등에 대한 연구결과로 교육을 진행함
  - 단계 2 : 도입계획(Plan, Regulate & Fund)단계로 계획 수립, 제도 신설 및 개선, 소요재원 마련 방안에 대한 논의를 진행함
  - 단계 3 : 수립된 계획에 따라 전기버스 선정과 조달방안(Select & Procure)과 관련한 내용으로 대기환경개선을 위한 지속가능한 전기버스 차량의 조달을 목표로 하며, 표준화된 평가체계를 적용함
  - 단계 4: 운영과 유지관리(Operate and Maintain)에 관한 사항으로 전기버스사업의 혁신을 위한 새로운 기술교육 등이 포함됨

〈그림 2-10〉 유럽 전기버스 사업 추진절차



자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018.9.21., 한국교통연구원)

## 4) 일본

### (1) 전기버스 현황

- 일본은 상대적으로 전기버스 사업이 많이 진행되지 않았으나 2016년부터 2018년까지 온실가스인 이산화탄소 배출 삭감 대책 강화 기술개발 실증사업을 추진 중임
- 전기 승용차인 닛산 리프의 배터리 기술을 이용하여 큐슈(九州)에 위치한 구마모토(熊本)시내 중심으로 120km 가량 시험 운행 중임
- 오키나와(沖縄)현은 2017년 12월부터 유람선 관광객들을 대상으로 BYD 전기버스 10대를 도입하였으며, 최대 80대까지 확대 도입할 예정임
- 최근 일본에서는 2030년까지 수소버스를 3%수준인 1,000대를 도입할 예정이며 토요타에서 나온 수소버스 상용차가 2017년 생산, 현재 실증사업을 진행 중에 있음

〈그림 2-11〉 일본 구마모토(熊本)시 전기버스 노선

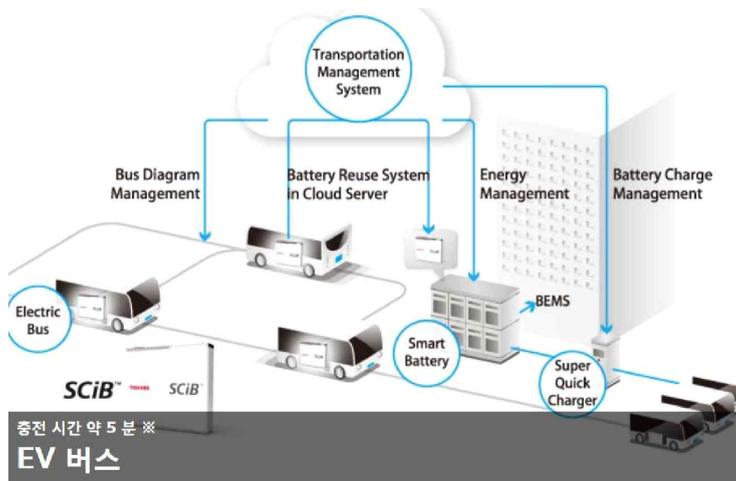


자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

## (2) 전기버스 충전인프라 개발 사례

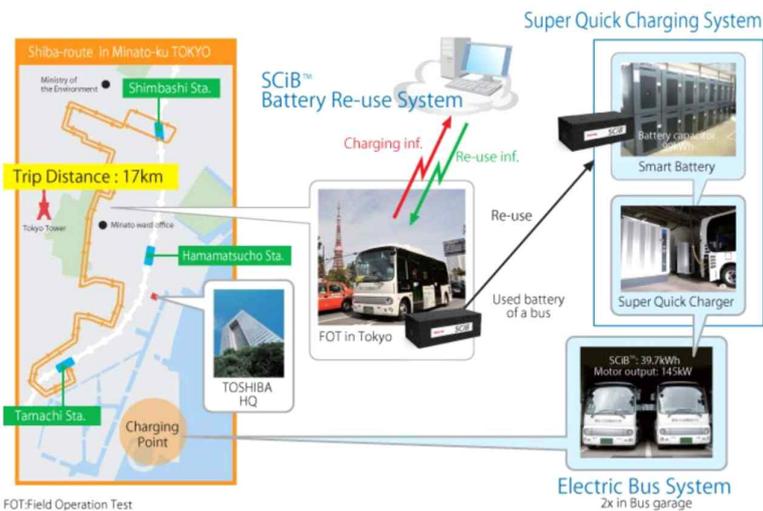
- 일본 도시바(TOSHIBA)는 차세대 반도체인 SiC(탄화규소)소자를 적용하여 스마트 배터리 및 초고속 충전기를 개발, 충전시간을 대폭 단축하였음
- 또한 업체 차원에서 전기버스를 이용한 교통서비스를 총괄하는 교통서비스를 제안한 바 있음

〈그림 2-12〉 일본 TOSHIBA사 충전인프라 시스템 개선 제안 내용



자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

〈그림 2-13〉 일본 TOSHIBA사 급속 충전인프라 실증사업



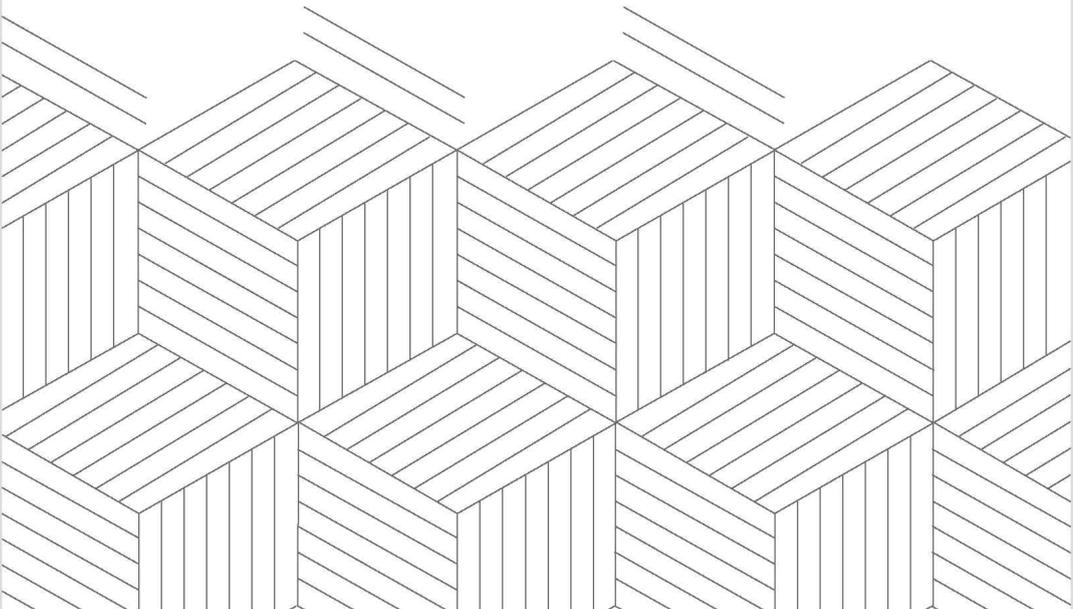
자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료(2018, 한국교통연구원)

# 제3장

## 전기버스 기술 수준 및 사례검토

제1절 전기버스 기술 수준 분석

제2절 전기버스 운영사례 검토





## 제3장 전기버스 기술 수준 및 사례검토

### 제1절 전기버스 기술 수준 분석

#### 1. 전기버스 장단점 분석

##### 1) 장점

- CNG, 디젤 등 화석연료를 쓰는 내연기관은 엔진 정비가 매우 복잡한 반면, 전기버스는 모터와 구동축으로만 구성되어 구조가 간단함
- 고장률 측면에서 신뢰성이 높고 유지보수 비용이 내연기관 버스 대비 유리한 측면이 있음
- 소음 및 진동이 현저히 작아 승차감이 쾌적하고 배출가스가 전혀 없어 대기질 개선 측면에서 효과적임
- 내연기관 대비 에너지 효율이 높고 연료비가 저렴함
  - 김포시 선진버스 사례의 경우 CNG버스 대비 34.5%의 절감효과가 있는 것으로 나타남
  - 중국 선전시 사례의 경우 CNG버스 대비 77.4%, 디젤버스 대비 76.4%의 절감효과가 있는 것으로 나타남

〈표 3-1〉 버스별 에너지 단가 비교

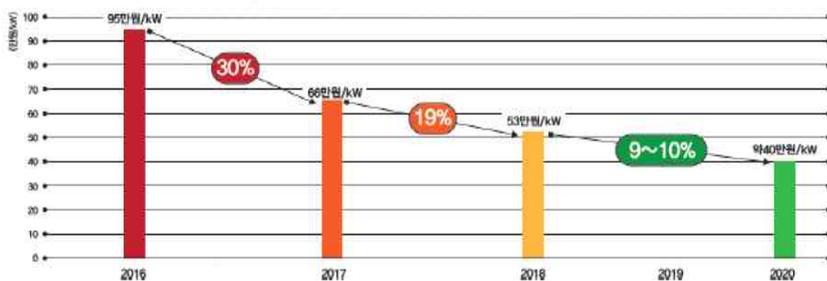
구분		운행회수	회당거리	총 운행거리	에너지 사용량	단가	금액(천원)
대한민국 김포	CNG	1,282회	58km	74,356km	33,511m <sup>3</sup>	756.8원/m <sup>3</sup>	25,363
	전기	1,251회	58km	72,588km	68,207kW	237.4원/kW	16,192
구분		효율	단가	일 연료비 (원)	연 연료비 (천원)	연 유지보수비 (천원)	1대 연간 유지비(천원)
중국 Shenzhen	CNG	2km/m <sup>3</sup>	652.8원/m <sup>3</sup>	80,670	28,569	3,744	32,313
	디젤	2.8km/ℓ	870원/ℓ	74,572	27,219	3,744	30,963
	전기	0.8km/kW	58~145원/kW	17,400	6,351	1,200	7,311

자료 : 수도권 전기버스 도입 확대 방안 연구(2018, 경기연구원), 선진버스 설명자료(2018)

## 2) 단점

- 차량가격이 매우 높아 도입 시 재정적 부담이 가중될 것으로 예상됨
  - 전기버스 1대의 가격은 저상버스 2대, 일반 내연기관버스 4대에 해당하며, 수소전기 버스의 경우 전기버스 보다 2배가량 더 비싼 것으로 알려져 있음
  - 전기버스 가격의 대부분은 배터리 가격으로 배터리 기술 수준 및 대량 생산 체제가 확립 될 경우 생산 단가가 낮아질 것으로 예상됨
- 배터리 기술의 한계로 인해 주행가능 거리가 내연기관 대비 짧음
  - 배터리의 경우 리튬이온 배터리의 특성 상 충·방전 효율이 중요하고(배터리 용량의 20~90% 범위 내 활용) 온도에 따라 배터리 효율이 민감한 특성을 지님
  - 국내 김포 선진버스에서는 한파 발생 시 히터 발생과 병행하여 운용하였을 때 주행가능거리가 급속도로 줄어들어 버스가 운행을 중단한 사례가 있음
  - 현재 시판 중인 전기버스 중 6개 모델의 1일 주행거리가 평균적인 조건에서 100~200km 수준에 불과하여 수원시 시내버스 평균 1일 주행거리인 236km에 미치지 못한 것으로 나타남
- 차량 가격 및 차량 무게의 상당부분을 차지하는 배터리의 주기적 교체가 필요함
  - 다만 배터리 가격은 기술 발전에 따라 2016년 대비 약 40% 가량 하락 추세에 있어 전기버스 가격 하락의 여지가 있음

〈그림 3-1〉 배터리 기술 수준 변화에 따른 단가 변화



자료 : 전기버스 시장동향 발표자료(2018.2, 한신자동차)

- 전기 승용차의 경우 충전 규격 표준화(DC콤보-1)가 이루어졌으나 전기버스는 도입 초기 과정으로 충전 규격에 대한 표준화가 이루어지지 않음
- 추가적으로 배터리 충전 시설, TOC 센터 및 Embedded system 프로그래밍 등 초기 관련 인프라 구축 비용이 많이 소요될 것으로 예상됨

## 2. 전기버스 도입가능 모델

- 현재 환경부가 인증한 국내 도입 가능한 전기버스 8개 모델은 다음 <표 3-2>와 같음
  - 제조사가 제시한 1회 운행거리와 실 주행거리가 상이한 것은 배터리 SOC 20~90% 수준을 반영한 거리로 사료됨
  - 국내 제조사의 배터리는 모두 리튬폴리머 배터리를 차용하였으며, 중국 제조사의 경우 리튬티탄산, 리튬인산철 등 다른 형태의 배터리가 탑재된 것으로 나타남
  - BYD의 경우 배터리 셀(Battery cell) 및 배터리 팩킹(Battery packing)기술을 모두 보유한 업체로 전기버스 생산 시 자체적인 기술로 충당히 가능한 것으로 나타남
  - 타 업체의 경우 배터리 셀은 삼성SDS, LG화학의 배터리를 활용하였으며 배터리 팩킹은 CS에너지, PMGrow, 마이크로베스트 등의 업체가 담당하고 있는 것으로 나타남
- 실 주행거리가 수원시 시내버스 1일 평균 주행거리인 236km를 초과하는 모델은 BYD Ebus-12 모델만 존재하는 것으로 나타남 반면, 나머지 모델의 경우 100km대의 1회 만충 후 운행 가능거리를 지닌 것으로 나타나 운행 중간 중 충전이 필요할 것으로 예상됨

<표 3-2> 전기버스 시판 모델

구분	배터리용량 (kW)	배터리타입	공인전비 (km/kWh)	1회 운행거리 (km)	실 주행거리 (km)	제작구분
에디슨모터스 (e-FIBIRD)	163	리튬폴리머	1.4	162	117~143	국내
우진산전 (APOLLO 1100)	204	리튬폴리머	1.4	242	123~170	국내
자일대우 (NEW BS110)	187	리튬폴리머	1.4	203	170	국내
현대자동차 (일렉시티)	256	리튬폴리머	1.1	319	141~200	국내
대양기술 (그린어스)	109	리튬티탄산	1.0	119	70~80	중국
BYD (Ebus-12)	350	리튬인산철	1.0	407	272~357	중국
한신자동차 (매그넘)	118	리튬폴리머	1.2	242	123~170	중국
피라인 (HYPER)	109	리튬티타늄	1.4	130	75	중국

자료 : 전기 시내버스 도입 설명회 자료(2018, 서울특별시) 요약 재구성

### 3. 전기버스 충전방식

- 전기버스 충전방식은 충전 기술 방식에 따른 분류로 플러그인 방식, 스테이션을 활용한 배터리 교환 방식, 무선충전식, 경로충전식 등으로 구분할 수 있으며, 전력 공급 방식에 따라 직류와 교류로 구분할 수 있음

#### 1) 충전기술 방식에 따른 분류

##### (1) 플러그인

- 플러그인 방식은 전력케이블을 차체 충전 커넥터에 연결하여 충전하는 방식으로 기술적으로 가장 대중화되어 있으며, 국내 전기버스는 대부분 플러그인 방식으로 도입됨

〈그림 3-2〉 플러그인 충전 방식



##### (2) 배터리교환 방식

- 배터리교환 방식은 스테이션을 이용하여 차량 지붕에 설치된 배터리를 교환하는 방식임
- 국내에는 포항시에 시범 도입한 후 제주 동서교통에서 도입하여 운영하고 있으며, 배터리 교환 시간이 적게 걸린다는 점을 이용하여 운행 경로 중간에 스테이션을 부설하여 운행 중 배터리 교환 등의 운영을 하고 있음
- 배터리교환 방식은 배터리를 교환하는 시간만 소요되므로 다른 충전 방식에 비해 속도가 빠르다는 장점이 있음

- 그러나 차량 대수 이상으로 많은 배터리가 필요하고 배터리 교체시설인 스테이션 초기 구축 비용이 많이 소요된다는 단점이 있음

〈그림 3-3〉 배터리교환 방식



자료 : 전자신문 보도자료(2016.7.13.)

### (3) 무선충전식

- 무선충전방식은 KAIST에서 개발한 자기공명유도 방식을 이용한 방식으로 전력망을 전기버스 운행경로 도로에 매설하여 운영하는 방식임
- 국내에는 경북 구미시가 테스트 베드를 제공하여 구미 시내버스 2개 노선 4대가 운행하고 있음
- 이에 따라 도시 미관 상 유리한 부분이 있으며, 운행 중 충전이 이루어지기 때문에 상대적으로 충·방전에 관한 우려가 적다는 장점이 있음
- 자기공명유도 기술은 상용화가 진행된지 얼마 되지 않는 기술로 시범사업적인 측면이 강하여 실용화하기에는 기술 비용이 매우 크다는 단점이 있으며, 도로를 직접 매설하여 인프라를 구축해야하기에 인프라 구축 비용이 매우 크다는 단점이 있음
- 특히 차량가격이 6억 5천만원으로 매우 비싸 기존 전기버스 가격(3~4억원 대)을 뛰어넘는 수준으로 경제성이 떨어짐
- 또한 무선으로 충전되는 방식은 유선보다 충전속도가 느린 단점이 있어 기술적 안정화가 필요한 것으로 보여짐

〈그림 3-4〉 무선충전 방식



자료 : LG화학 홍보자료(2017)

#### (4) 경로충전식

- 경로충전방식은 500kW ~ 1MW급 이상 급속충전 시설을 마련하여 단 시간 버스 대기 시간 동안 급속 충전하는 방식으로 미국, 유럽에서 시험 단계에 있음

〈그림 3-5〉 경로충전 방식



자료 : King County Metro Battery Electric Bus Demonstration(2017.5, US DOT)

## 2) 전력 공급 방식에 따른 분류

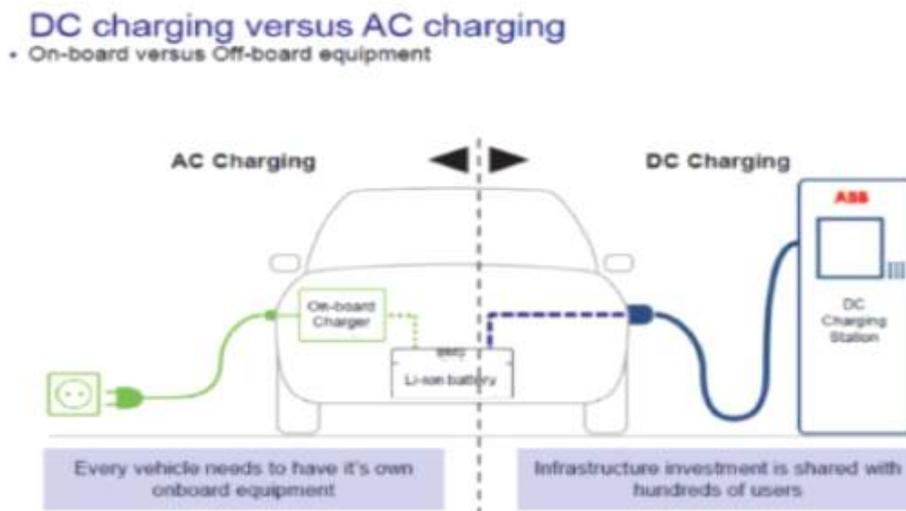
### (1) 교류(AC)

- 배터리 충전은 직류 방식으로 이루어지기 때문에 교류 충전은 교류-직류 변환을 위한 차량내에 별도로 On-board charger가 설치되어 있어야 함
- 교류충전은 전력크기에 제한이 있어 공급용량이 80kW급에 불과하여 완속충전으로 장시간 충전하여야 하는 단점이 있으나 충전 효율 및 에너지 밀도가 높은 장점이 있어 완속충전에 적합한 방식임
- 또한 1기당 충전인프라 구축비용이 2천만원 대로 상대적으로 저렴함

### (2) 직류(DC)

- 직류충전은 교류에 비해 상대적으로 고용량의 전력을 공급할 수 있고 차량 외부 Off-board charger를 이용하여 공급용량이 300kW급은 쉽게 확보할 수 있어 충전시간을 단축할 수 있는 급속 충전이 가능함
- 다만 1기당 충전인프라 구축비용이 8천만원 대로 충전인프라 구축비용이 비싸다는 단점이 있음

〈그림 3-6〉 전력 공급 방식 비교



자료 : 인천광역시 전기버스 운행체계 기초연구(2018, 인천연구원)

### (3) 소켓 구분

- 우리나라와 미국의 경우 전기승용차의 충전규격을 DC콤보 1 규격으로 표준화를 결정  
한바 있으나 아직까지 전기버스의 경우 표준화가 이루어지지 않음

〈표 3-3〉 충전 소켓 구분

구분	AC 단상 5핀 (완속)	AC 단상 7핀 (완속/급속)	DC Chademo (급속)	DC 콤보 1 (완속/급속)	DC 콤보 2 (완속/급속)
사진					
적용국가	한국, 미국, 일본	한국, 유럽	한국, 일본	한국, 미국, 유럽	한국, 미국, 유럽
급속/완속 소켓구분	완속 전용	일체형	구분형	일체형	일체형
표준화				한국, 미국 전기차 표준	유럽 전기차 표준
특징	에너지 밀도가 높음	급속충전 전력망 관리 가능	급속충전 전파간섭 적음	급속충전	급속충전

자료 : 수도권 전기버스 도입 확대방안 자문회의 자료(2018. 9. 20, 경기연구원) 재구성

#### 4. 전기버스 충전사업 모델

- 전기버스 충전사업 모델은 주체 및 설치입지 대상에 따라 민간(운송사업자), 민간(충전사업자), 공공설치로 구분할 수 있음

##### 1) 민간(운송사업자)사업 모델

- 민간(운송사업자)사업은 운송사업자 직영운영, 또는 충전 인프라 사업 및 유지보수 관리를 위한 자회사를 통한 운영으로 구분할 수 있음
  - 직영 운영은 운송사업자가 직접 충전기 설치비를 지원받아 운송사업자가 보유한 차고지에 충전기를 설치 및 운영하는 모델임
  - 전력 단가의 경우 자가소비용으로 한국전력과 계약이 체결되는 부분이 있어 요금 단가가 상대적으로 저렴하고, 제주도 우도의 경우 운송사업자 직영 충전 모델을 채택하였음
  - 그러나 충전 인프라를 직접 유지관리해야 하는 부담이 있음
  - 자회사 운영은 충전사업 및 유지관리를 위한 자회사를 설립하여 충전기 설치와 운영을 하는 간접적인 모델로 김포시 선진버스에서는 상위 회사인 선진네트웍스에서 위탁 운영을 하고 있으며 서귀포시 동서교통 역시 자회사를 통한 위탁 운영을 실시하고 있음
  - 운송사업자는 버스 운영에, 자회사는 충전 사업으로 사업 분야가 이원화 되어 충전 인프라의 관리 및 운영 효율성을 높일 수 있음

##### 2) 민간(충전사업자)사업 모델

- 민간(충전사업자)사업은 운수사업자 또는 공공이 충전사업자에게 충전기 설치 및 관리 운영을 위탁하는 방식으로 운수사 차고지 및 공영차고지 모두 입지여건에 상관없이 적용될 수 있음
- 충전 인프라 관리 및 유지보수에 대한 부담을 경감시킬 수 있으나 직접 보조금을 받아 설치하는 것에 비해 충전 요금 단가가 상대적으로 비싼 단점이 있음
- 전기승용차의 경우 에버온, 포스코ICT 등 충전사업자가 충전 인프라 설치 및 관리, 운영 사업을 시행하고 있음
- 수원시도 한국자동차환경협회에 전기차 충전 인프라 설치 및 관리를 위탁한 사례가 있음

### 3) 공공설치 사업 모델

- 공공설치 사업 모델은 지자체에서 충전기 설치비를 지원받아 공영차고지 또는 주요 거점지역에 직접 설치하는 모델임
- 민간 충전사업자 대비 요금이 저렴할 것으로 예상되나 지자체가 충전 인프라 유지 및 관리보수를 직접해야한다는 부담이 있음

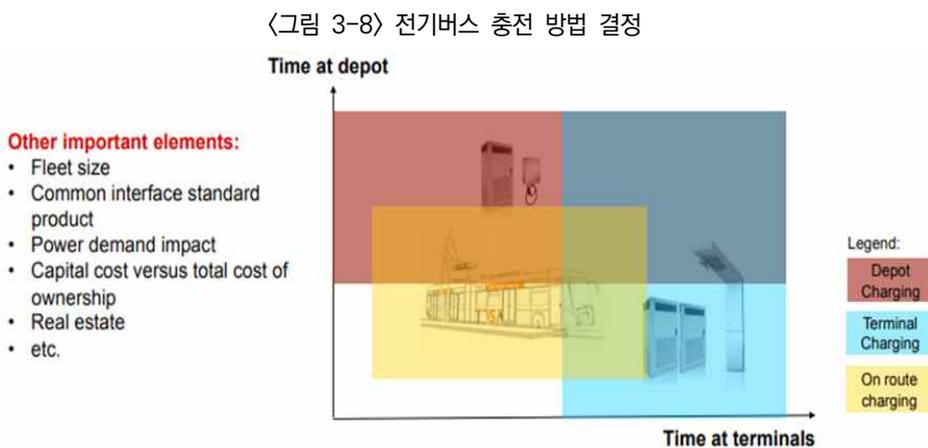
〈그림 3-7〉 전기버스 충전 사업 모델



## 5. 전기버스 충전 기술

### 1) 전기버스 충전 방법

- 전기버스 운영의 핵심 요소는 전기버스 운영 여건에 따른 충전 방법 선택이라고 볼 수 있으며 충전 방법에 따라 Depot charging, Terminal charging, On route charging으로 구분할 수 있음
- 전기버스 충전방법은 전기버스 차량 크기, 도입 규모, 차량 성능 및 제원, 인프라 구축 비용, 인프라 구축 대상지 입지여건 등 다양한 여건을 반영하여 전기버스 충전 방법을 결정하여야 함



자료 : Deployment of charging infrastructure for public transit(2018.7.20., Daniel S.)

#### (1) Depot charging

- 차고지 충전을 의미하며 전일 운행 후 심야전력을 이용한 완속 충전방식이 주된 방식임
- 저렴한 심야 전기를 활용하여 완속충전하는 방식으로 에너지 밀도가 높은 완속 충전을 통해 충전효율을 극대화 할 수 있음
- 전기버스 1회 만충 후 1일 전일 운행이 가능한 경우와 차고지에 머무르는 시간이 장시간인 경우 활용할 수 있음
- Depot charging은 부지 및 충전기 점유시간이 높기 때문에 시간 및 장소 제약이 높고, 전기버스의 경우 전일 운영을 위한 대용량 배터리가 필요함

## (2) Terminal charging

- Terminal charging : 종점부 충전을 의미하며 1회 운행 후 휴게시간 등을 이용한 충전방식이 이에 해당함
- Terminal charging의 경우 심야충전과 운행 중 차고지 대기 및 운전자 휴게시간을 활용한 급속충전을 병행하는 방식이 될 수 있음
- 배터리 용량 제약 및 방전 우려에서 상대적으로 자유로울 수 있는 장점이 있으나 급속 충전 인프라 구축비용이 높고 운행 스케줄의 탄력성이 저하될 수 있음

## (3) On route charging

- 전기버스 운행 중 충전하는 방법으로 대용량의 전력(최대 1MW)을 이용하여 급속충전이 이루어지는 방식으로 배터리 교환방식이나 무선충전 방식도 On route charging의 방식 중 하나로 볼 수 있음
- 다만 미국이나 유럽사례의 경우 배터리 교환방식이나 무선충전 방식보다는 차량 상부의 팬터그래프(Pantograph)를 이용한 급속 충전 방식이 일반적임
- 단시간에 초고용량의 전력을 사용하기 때문에 ESS(Energy Storage System)을 활용하는 등 전력 분배 관리(Electric Grid Management)에 대한 검토가 필요함

〈그림 3-9〉 스웨덴 스톡홀름(Stockholm) 경로 충전 사례



자료 : Developing sustainable public transport : the electric bus charging project(2017, Engineers Journal)

## 2) 기술 동향

- 최근 전기버스 충전 기술은 전용 Embedded system 구축과 사물인터넷(IoT;Internet of Things)을 활용한 스마트 충전기술이 각광받고 있음
- 국내에서는 김포 선진버스와 제주 동서교통에서 통합운영센터(TOC;Total Operating Center)를 설치 및 운영한 사례가 있음
  - TOC를 활용하여 통합운영센터 및 관제센터를 통해 각 전기버스 차량 별 배터리 상태를 실시간으로 모니터링하여 배터리 잔존 용량에 따라 충전시기를 결정하는 등 효율성을 극대화 할 수 있음
  - 또한 TOC운영 시 축적 데이터로 향후 전기버스 사업 효과분석 등을 수행할 수 있을 것으로 기대됨

〈그림 3-10〉 TOC의 특성



## 제2절 전기버스 운영 사례 검토

### 1. 국내 전기버스 운영 사례

#### 1) 경기 김포시 선진버스

- 김포시 선진버스는 수도권 최초로 2017년 4월 자사 33번 노선(한강신도시~일산동구청)에 전기버스 5대를 최초로 도입함
- 도입차량은 선진버스에서 기술개발에 직접 참여하여 노선에 최적화된 차량(한신자동차 ENVYON모델)을 도입하였으며 이후 ZHONGTONG사의 MAGNUM모델을 추가로 도입하여 계열사(강화운수) 2번 노선(김포 하성~영등포역)에도 전기버스를 도입하였음
- 충전서비스 운영은 선진버스 그룹 상위사인 선진네트웍스에서 위탁 운영하고 있음

〈표 3-4〉 김포시 전기버스 도입차량

구분		내용
차량특성	제조사(모델명)	한신자동차(ENVYON)
	차량가격	3억 2천만원(자부담 1억 2천만원) (환경부 전기버스 보조금 1억, 국토부 저상버스 보조금 1억)
	차량제원	알루미늄 바디
배터리특성	배터리 용량	117.6kWh
	충전방법	급속충전, 1일 대당 5~6회 충전, 1회 충전 23분 소요
충전기특성	충전기	300kW급 급속충전기 5기 충전기 가격 및 구축비용은 각각 8천만원/기
	충전요금	500원/kWh (선진네트웍스 위탁운영, 감가상각 3년 적용)
기타	차량관리	한신자동차 관리직원 상주

자료 : 수도권 전기버스 도입 확대방안 자문회의 자료(2018. 9. 20, 경기연구원)

〈그림 3-11〉 한신자동차 ENVYON 모델

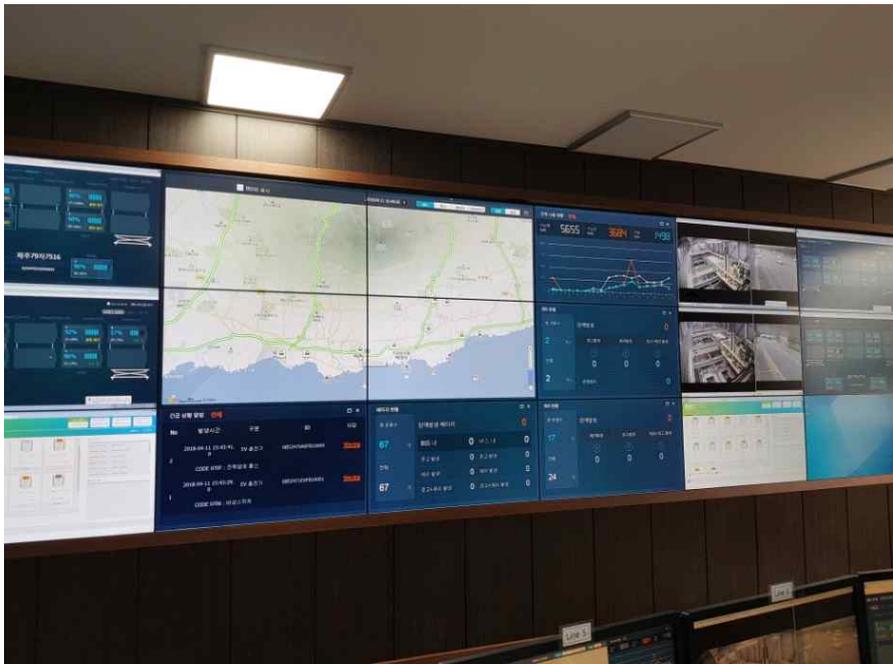


자료 : 수도권 전기버스 도입 확대방안 자문회의 자료(2018. 9. 20, 경기연구원)

## 2) 제주 서귀포시 동서교통

- 동서교통은 2016년 5월 배터리교환방식 전기버스 23대 도입을 시작으로 플러그인 방식 36대를 추가로 도입하여 현재 국내 최대 규모인 59대의 전기버스를 운행하고 있음
- TOC 운영 및 차량 제조사에서 파견한 기술인력을 상시 배치하여 실시간 차량 및 배터리 상태 모니터링을 실시하고 있음

〈그림 3-12〉 동서교통 TOC 모니터링 시스템



### (1) 배터리 교환 방식

- 배터리 교환형 전기버스는 차량 가격이 상대적으로 높아(5억 2천만원) 2015년 제조사인 에디슨모터스와 리스 계약을 체결, e-FIBIRD 모델 23대를 도입함
- 배터리 교환버스는 100kWh급의 배터리를 탑재하였으며, 스테이션에서 50kWh 용량의 배터리 1개 패키지를 교환함
- 배터리 교환 스테이션은 노선 경로상 1개소, 회차 지점 1개소에 설치되어 있으며 Terminal charging과 On route charging이 결합된 방식으로 운영된다고 볼 수 있음

## (2) 플러그인 방식

- 플러그인 방식 전기버스는 2017년부터 자체구매로 36대를 도입함
- 김포시 버스의 차량가격 단가와 비교하여 약 1억원 정도 차이가 있으나 동서교통 사례의 경우 지방비 1억 5천만원이 추가적으로 지원되어 실제로 업체가 자부담하는 금액은 큰 차이가 없음

〈표 3-5〉 서귀포시 전기버스 도입차량

구분		내용
차량특성	제조사(모델명)	에디슨모터스(e-FIBIRD)
	차량가격	4억 6천만원(자부담 1억 1천만원) (환경부 전기버스 보조금 1억, 국토부 저상버스 보조금 1억, 지방비 1.5억)
	차량제원	알루미늄/스틸 복합재질 바디
배터리특성	배터리 용량	163kWh
	충전방법	급속충전, 1회 충전 30분 소요
충전기특성	충전기	200kW급 5기, 100kW급 6기, 총 11기 구축
	충전요금	498원/kW (동서교통 자회사 위탁운영, 감가상각 5년 적용)
기타	차량관리	에디슨모터스 직원 2명 파견
	기사만족도	피로강도 적음

자료 : 수도권 전기버스 도입 확대방안 자문회의 자료(2018. 9. 20, 경기연구원)

〈그림 3-13〉 동서교통 에디슨모터스 플러그인 모델



### 3) 제주 우도사랑협동조합

- 제주 우도는 마을조합에서 전기버스 20대를 도입하여 운영중이며 소규모 섬의 입지여건 및 도로여건을 고려하여 중형 전기버스를 도입한 것이 특징임

〈표 3-6〉 우도 전기버스 도입차량

구분		내용
차량특성	제조사(모델명)	BYD(eBus-7)
	차량가격	2억 7천만원(자부담 1억 1천만원) (환경부 전기버스 보조금 6천만원, 국토부 저상버스 보조금 1억)
	차량제원	알루미늄 바디
배터리특성	배터리 용량	150kWh
	충전방법	심야충전, 1회 120분 소요
충전기특성	충전기	80kW급 완속충전기 10기 충전기 및 설비비 2,500만원/대
	충전요금	80원/kW (운수사 직접 운영)
기타	차량관리	제조사 직원 2명 파견

자료 : 수도권 전기버스 도입 확대방안 자문회의 자료(2018. 9. 20, 경기연구원)

〈그림 3-14〉 우도 BYD 모델



자료 : 상용차신문 보도자료(2018.4.11.)



## 5) 경북 구미시

- 경북 구미시는 2014년부터 스마트폰 무선충전 기술과 원리가 같은 전자기력을 이용하여 차량의 배터리를 충전하는 자기공진형상화 기술을 이용한 무선 충전 전기버스를 운영중임
- 2014년 초기 도입모델은 에디슨모터스(구. 한국화이바)의 E-프리머스 전기버스 모델을 도입하였으며, 2016년 후기 도입모델은 자일대우버스의 저상버스를 기반으로 한 BS110 무선 충전전기버스가 각각 2대씩 도입됨
- 도입가격은 6억원 중반 수준으로 기존 전기버스에 비해 상당히 비싼 수준이며, 무선 충전을 위해 도로 매설이 필요하여 무선 충전 인프라 구축 또한 가격이 비싼 단점이 있음
- 도입노선은 1회 운행거리가 40km을 넘지 않는 중·단거리 노선으로 결정됨

〈표 3-7〉 구미 전기버스 도입차량

구분		초기 도입모델	후기 도입모델
차량특성	제조사(모델명)	에디슨모터스(E-프리머스)	자일대우(NEW BS110)
	차량가격	6억 5천만원	6억 3천만원
	최대속도	75km/h	
	주행가능거리	70km	
무선충전 특성	충전출력	102kWh @ 20kHz	
	충전방법	무선충전	
	구축비용	도로매설 시 1m당 3백만원 수준	

〈그림 3-16〉 구미 전기버스 도입차량



자료 : 동아일보보도자료(2016.5.24.)

## 2. 국외 전기버스 운영 사례

### 1) 중국 선전(Shenzhen)<sup>3)</sup>

#### (1) 선전시 기본현황 및 전기버스 도입현황

- 선전시는 중국 광둥성에 위치한 도시로 홍콩과 가까워 덩샤오핑의 개혁개방 정책에 따라 경제특구로 지정된 도시로 세계 11번째 및 인구 1천 2백만의 도시로 성장함
- 선전시의 전기차 도입은 대기오염 저감 및 지속적인 도시발전을 위해 중국 중앙정부와 과학기술부 지원으로 2009년부터 추진함
- 선전시가 전기버스를 도입한 계기는 버스 등록대수가 많고 개혁개방의 도시 특성의 이미지에 부합하여 전기버스 시범도시로 선정되었으며, 2011년부터 2017년까지 7년간 16,000여대 규모의 전기버스를 모두 교체함
  - 전기버스 도입 초기인 2009년~2014년에는 3,000대 수준의 전기버스가 도입됨
  - 도입 초기에는 버스업체가 차량을 소유하는 형태이고, 충전 인프라 구축을 위해 버스업체의 재정 부담이 심화되어 민간기업이 배터리를 리스하고 충전인프라를 설치한 후 버스업체에서 서비스 비용을 받는 형태임
  - 도입 후기인 2015년 이후는 전기버스 관련 기술발전과 인프라 확충으로 인해 도입대수가 급격히 증가하였음
  - 버스업체별로 인프라 구축 위탁을 통한 서비스 비용 지불과 직접 구축으로 운영 방법이 상이하나 충전 인프라의 유지 관리는 민간업체에 위탁하는 형태임
  - 중국 중앙정부 및 지방정부는 전기버스 구입 보조금을 지급하고 있으며, 선전시의 경우 전기버스 연간 운행거리가 3만km 이상인 경우 운영비를 보조하고 있음

#### (2) 선전시 전기버스 도입 지원 정책

- 전기버스 구매 시 중앙 및 지방정부가 각각 40만 위안을 보조하고 선전시의 경우 충전 인프라 설치를 지원함
- 전기버스 지원 정책은 관련 기술에 발전에 따라 혜택이 축소되고 있음. 특히 전기차 분야에 민감한 1회 충전 운행거리의 경우 전기 배터리 기술 및 용량 외 전기시스템 전반에 대한 기술 진보에 대한 영향을 받음
- 중국의 차등 보조금 지원정책은 전기차 산업의 기술발전을 견인하고 있음

3) 인천광역시 전기버스 운행체계 기초연구(2018, 인천연구원) 재구성

### (3) 세부 도입 내용

- 선전시는 BYD사의 대형 전기버스를 도입하였으며, 전차량 전기버스 전환이 완료됨
- 선전시의 전기버스 도입효과로 연료비 및 정비비 절감효과 등이 있으며, 경유버스 운행 대비 운송원가가 75% 가량 절감됨

〈표 3-8〉 중국 선전시 전기버스 도입차량

구분		내용
차량특성	제조사(모델명)	BYD(eBus-12)
	차량가격	2억 9천 7백만원
	승차인원	27석 규모
	주행가능거리	250km 이상
	최고속도	75km/h
충전기특성	배터리 용량	324kW
	충전방법	80kW급 완속충전
	충전시간	4~5시간

〈그림 3-17〉 중국 선전시 전기버스 도입차량



자료 : Wikipedia(BYD K9)

## 2) 독일 뮌헨(Munich)

- 독일 뮌헨시도 장기적 관점에서 모든 시내버스를 전기버스로 교체할 계획을 수립하였으며, 2017년 11월부터 전기버스 운영을 시작함
- 뮌헨시는 평지가 많고 주행과 정차가 많은 도심부 교통특성이 있어 전기버스 운영에 유리한 교통 조건을 지니고 있음
- 독일 정부는 전기버스 도입을 위해 기술개발 투자를 지속하고 있으며, 지방정부인 뮌헨시의 경우 가장 많은 액수인 3천만유로(400억원)를 자국 전기버스 기술개발 프로그램에 투자함
- 기술개발 결과, 여러 종류의 프로토타입 전기버스를 시험운행하였으며, 네덜란드의 전기자동차 제조사인 Ebusco사를 사업자로 선정함
- 배터리로 인한 기술적 문제를 해결하고 계절에 따른 온도변화, 에너지 사용량을 고려하여 전기버스 1회 충전거리 기술 수준을 300km 이상 요구하여 노선운행이 가능하도록 개발함

〈그림 3-18〉 독일 뮌헨시 전기버스 도입차량



자료 : Electrive 보도자료(2018.3.15)

### 3) 영국 런던(London) : 차고지 설계 사례

- 런던은 런던교통공사 주체로 전기버스 시범사업을 추진하고 있으며 이에따라 차량 구매 보조금 및 인프라 구축비용을 지원하고 있으며 운영사는 고어헤드런던 (Go-ahead-London)사임
- 런던시의 전기버스는 차고지 충전(Depot charging)이 일반적인 방식으로 차고지 충전은 안정적이고 심야 전력을 주로 이용하므로 비용 효율성이 높은 방식임
- 전기버스 도입 규모가 크지 않은 도입 초기 단계 또는 시범 사업 단계에서는 단가가 저렴한 심야 전력을 이용한 차고지 충전을 통해 전기버스 충전 수요 충당이 가능함
- 그러나 규모가 대형화 될 경우 차고지 용량 초과로 인해 전력 분배(Power distribution)문제가 발생할 우려가 있음
- 이에 따라 고어헤드런던사는 차고지 부지 및 버스 점유 면적, 회전 반경, 충전 순서 및 시간 등에 따라 순서대로 이루어질 수 있도록 전기버스 차고지를 설계하여 운영하고 있음
- 수원시도 관내 버스업체에서 100대 가량의 적지 않은 수량의 전기버스를 도입한다고 발표한 바 있어 실제 충전 인프라 구축시 이에 대한 검토가 필요할 것으로 보임

〈그림 3-19〉 영국 런던 차고지 설계 사례



자료 : 수도권 전기버스 도입방안 연구(한국교통연구원, 2018)

#### 4) 미국 킹 카운티(King county)

- 미국은 친환경버스로 전환을 위해 공모형으로 TIGGER(Transit Investments for Greenhouse Gas and Energy Reduction)프로그램을 통해 전기버스를 도입하였음
- 전기버스 도입 규모는 2017년 기준 81로, 미국에서 가장 큰 규모이며 도입 차량은 Proterra사의 전기버스를 도입함
- 미국 전기버스의 경우 연방정부에서 Buy America Act를 통해 전체 버스 부품 중 65% 이상이 미국 자국 내에서 생산된 부품을 사용해야하는 규제가 적용되어 Proterra, Nova, New Flyer, BYD(미국 현지 공장 설립)등 자국 버스제작사가 제작한 전기버스를 사용해야함
- 미국 사례의 경우 버스 시스템(전기, 하이브리드, 디젤, 트롤리)별 유지보수 비용은 전기버스가 1마일 당 0.18\$ 수준으로 유지보수 비용이 가장 비싼 트롤리버스 대비 3배 가량 저렴한 것으로, 디젤 버스 대비 2배 가량 저렴한 것으로 나타남
  - 전기 버스의 경우 차체 및 부속품(배터리 등)의 비중이 가장 높은 것으로 나타남
  - 반면 다른 버스 시스템의 경우 추진장치(엔진 등)관련 유지 보수 비중이 가장 높게 나타나는 차이를 보였음

〈표 3-9〉 버스 내연기관별 유지보수 비용

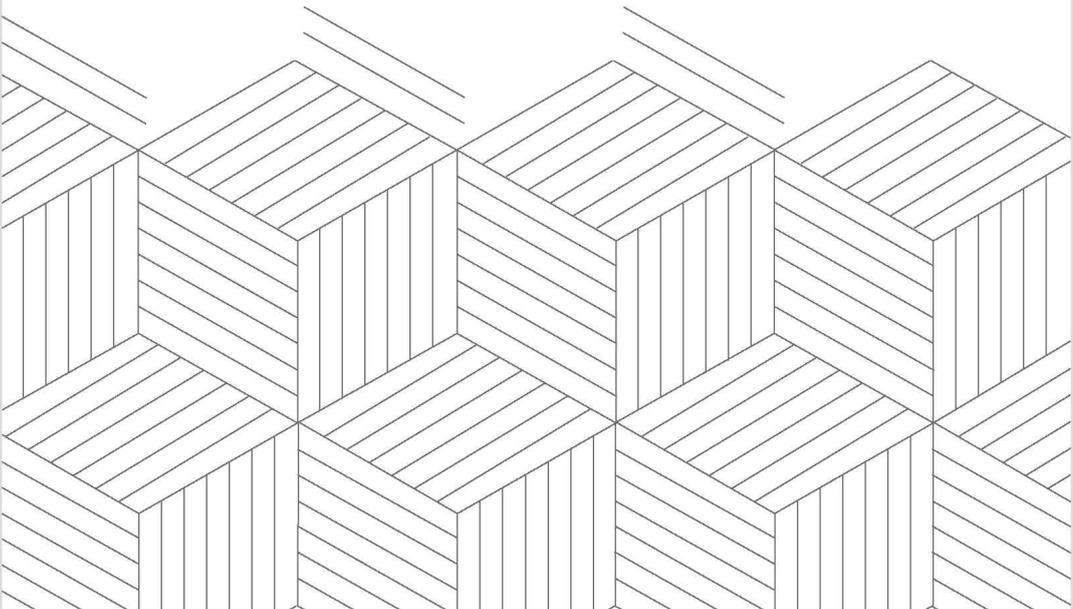
구분	전기버스		하이브리드		디젤		트롤리버스	
	비용 (\$/mile)	비율 (%)						
추진장치 관련	0.03	18.5	0.12	<b>36.7</b>	0.14	<b>30.8</b>	0.23	<b>43.7</b>
차체 및 부속품	0.09	<b>46.7</b>	0.12	<b>37.0</b>	0.21	<b>47.6</b>	0.19	<b>35.6</b>
예방정비	0.02	12.7	0.04	13.2	0.03	7.4	0.03	5.2
브레이크	0.01	5.4	0.01	2.0	0.04	9.4	0.00	0.5
프레임, 휠, 서스펜션	0.00	0.2	0.01	2.2	0.00	0.3	0.00	0.9
공조장치	0.01	3.5	0.01	2.1	0.01	2.2	0.06	12.2
등화장치	0.00	1.9	0.01	1.7	0.00	0.5	0.00	0.5
공기 압축장치 정비	0.01	4.7	0.01	4.4	0.01	1.7	0.01	1.0
축, 휠, 샤프트	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.3	0.00	0.3
타이어	0.01	6.4	0.00	0.8	0.00	0.0	0.00	0.2
계	<b>0.18</b>	100	<b>0.32</b>	100	<b>0.44</b>	100	<b>0.53</b>	100

자료 : King County Metro Battery Electric Bus Demonstration(2017.5, US DOT)

# 제4장

## 전기버스 도입 시뮬레이션

제1절 전기버스 도입 시뮬레이션  
제2절 전기버스 교체수요 및 도입여건





## 제4장 전기버스 도입 시뮬레이션

### 제1절 전기버스 도입 시뮬레이션

#### 1. 도입가능 노선 선정 및 분류

##### 1) 도입가능 노선 선정 조건

- 현재 수원시를 운영하고 있는 시내버스를 전기버스로 대체할 경우를 가정하여 운행가능 거리를 산정하는 것이 분석의 목적임
- 분석대상 노선은 현재 도입사례가 일반 시내버스를 대상으로 하고 있으며, 도입가능한 모델이 일반 시내저상 버스임을 고려하여 도입가능 노선을 선정함
- 또한, 수원시 시내버스 노선 중 타 지자체가 인가한 노선(경기광주 버스 720-2번 등) 및 시계외 노선은 제외하였음
- 최종 분석 대상 노선은 24개 노선으로 수원시 전체 130개 노선 중 18.5%에 해당하는 24개 노선으로 선정하였음

##### 2) 도입가능 노선 분류

- 도입가능 노선은 운행거리 그룹별로, 장래 전기버스 충전 인프라 설치 시 차고지 위주로 설치될 것으로 예상되어 차고지 그룹별 2개 그룹으로 분류하였음

〈그림 4-1〉 도입가능 노선 분류 절차



### (1) 운행거리 그룹 분류

- 운행거리 그룹은 1회 왕복 운행거리(기점→종점→기점)별로 분류하였으며 운행거리별로 4개 그룹으로 분류함
  - 대상 노선의 경우 운행거리 30~40km 규모와 40~50km 규모가 전체 노선 중 83.2%를 차지하는 것으로 나타남

〈표 4-1〉 전기버스 1회 운행거리 그룹

구분		운행 노선 수	비율	해당노선
1그룹	20~30km	3	12.5%	18, 83-1, 85
2그룹	30~40km	11	45.8%	112, 13, 310, 54, 80, 82-1, 82-2, 92, 9, 9-2, 999
3그룹	40~50km	9	37.5%	13-1, 13-4, 19, 3, 5, 61, 88, 88-1, 99-2
4그룹	50km 초과	1	4.2%	11-1
계		24	100%	

### (2) 차고지 운행거리 그룹 분류

- 차고지 그룹은 수원시의 공영차고지 및 운수사 차고지를 이용하는 경우, 노선 내 차고지가 없어 공차회송이 필요한 경우로 분류함
  - 공영차고지를 이용하는 경우는 전체 노선의 54.2%를 차지하는 것으로 나타났으며, 운수사 차고지를 이용하는 경우는 33.3%로 나타남
  - 노선 내 차고지가 없어 공차회송이 필요한 노선은 3개 노선으로 전체 노선의 12.5%를 차지하는 것으로 나타남

〈표 4-2〉 전기버스 차고지 그룹

구분		운행 노선 수	비율	해당노선
1그룹	공영_동부차고	4	16.7%	9-2, 13-4, 18, 999
	공영_서부차고	5	20.8%	19, 61, 88, 88-1, 99-2
	공영_남부차고	3	12.5%	13-1, 3, 82-2
	공영_북부차고	1	4.2%	5
	민간_운수사	8	33.3%	11-1, 112, 54, 80, 82-1, 83-1, 85, 92
2그룹	노선 내 없음	3	12.5%	13, 310, 9
계		24	100%	

- 마을버스 운수사 차고지를 제외한 수원시 관내 차고지는 10개소로 공영차고지 4개소와 시내버스 차고지 6개소가 운영 중에 있음

〈표 4-3〉 수원시 관내 차고지 현황

순번	구분	이름	소재지	면적(㎡)
1	공영	동부차고지	영통구 광고호수로 250	29,362
2		서부차고지	권선구 호매실동 1407	8,953
3		남부차고지	덕영대로 1368번길 2	20,443
4		북부차고지	경수대로 1220번길 46	10,178
5	운수사	수원여객(연무)	장안구 연무동 58-1	4,496
6		수원여객(곡반정)	권선구 곡반정동 611	7,250
7		남양여객	권선구 평동 130-1	4,972
8		용남고속	권선구 온정로 88	8,035
9		성우/삼경운수	권선구 고색동 214-9	5,070
10		경진여객	권선구 서둔동 9-13	5,120

자료 : 제3차 수원시 지방 대중교통 기본계획(2018)

〈그림 4-2〉 수원시 관내 차고지 현황



자료 : 제3차 수원시 지방 대중교통 기본계획(2018)

### (3) 도입가능 노선 분류 결과

- 도입가능 노선 24개 노선에 대한 최종 그룹핑(Grouping)결과는 다음과 같으며, 대상 노선 평균 1일 운행거리는 236km로 분석됨

〈표 4-4〉 분석 대상 노선 분류 결과

순번	번호	기점	종점	그룹 분류		대당 1일 운행회수 (회/일)	대당 1회 운행거리 (km)	대당 1일 운행거리 (km/일)
				거리	차고지			
1	3	수원남부차고지	삼환아파트	③	③	5.6	43.7	244.7
2	5	수원북부차고지	경희대학교	③	④	6.0	41.7	250.2
3	9	경희대학교	금곡동강남아파트	②	⑥	6.0	35.8	214.8
4	9-2	수원동부차고지	LG빌리지3차아파트	②	①	6.3	39.8	250.7
5	11-1	곡반정동차고지	수원역환승센터	④	⑤	3.8	74.4	282.7
6	13	광고산	칠보중고등학교	②	⑥	6.8	34.1	231.9
7	13-1	수원남부차고지	금곡동강남아파트	③	③	4.8	48.8	234.2
8	13-4	수원동부차고지	능실마을15단지	③	①	5.5	44.6	245.3
9	18	수원동부차고지	법원사거리	①	①	11.0	22.2	244.2
10	19	수원서부차고지	이의초중고교	③	②	6.0	41.0	246.0
11	54	연무동차고지	망포역3번출구	②	⑤	6.3	34.1	214.8
12	61	수원서부차고지	망포역3번출구	③	②	5.0	47.9	239.5
13	80	곡반정동차고지	광고호수마을	②	⑤	6.7	33.6	225.1
14	82-1	곡반정동차고지	수원여자고교	②	⑤	6.9	34.4	237.4
15	82-2	수원남부차고지	밤꽃마을	②	③	6.0	37.4	224.4
16	83-1	곡반정동차고지	수원여자고교	①	⑤	9.4	22.3	209.6
17	85	곡반정동차고지	광고웰빙타운	①	⑤	8.0	29.2	233.6
18	88	수원서부차고지	조원뉴타운	③	②	5.6	43.3	242.5
19	88-1	수원서부차고지	이의초중고교	③	②	5.6	41.3	231.3
20	92	곡반정동차고지	이목동.장안STX칸	②	⑤	6.0	37.6	225.6
21	99-2	수원서부차고지	곡반정동차고지	③	②	5.0	49.1	245.5
22	112	곡반정동차고지	화남아파트	②	⑤	6.6	32.1	211.9
23	310	경희대학교	동원고교.해우재입구	②	⑥	7.0	33.3	233.1
24	999	수원동부차고지	오목동태산아파트	②	①	6.6	37	244.2
평균 대당 1일 운행거리 (km/일)								236

## 2. 운행가능거리 산정

### 1) 전비 시나리오 설정

#### (1) 전기버스 운행 사례 검토

- 김포시 선진버스가 자사 33번 노선에 대해 겨울철 전기버스를 운영한 결과 운영시간대 별 전비변화가 30%가량 나타난 것으로 나타남

〈표 4-5〉 선진버스 겨울철 전비 변화

구분	첨두시	비첨두시
1회 운행시간	2시간 50분	2시간 20분
에너지 소비율	58%	50%
온도조건	-4℃ ~ 10℃	
전비(km/Kw)	1.03	1.36
운행노선	김포 한강신도시 ~ 일산동구청 58km 구간	
		

자료 : 선진버스 발표자료(2018)

#### (2) 전비 시나리오 설정

- 본 연구에서는 기상조건, 공조장치 가동, 차량 탑승인원, 운행시간대 등을 종합적으로 고려하여 배터리 에너지 효율에 따라 3가지 시나리오로 구분함

〈표 4-6〉 조건 별 전비 시나리오 설정

구분	전비 시나리오1	전비 시나리오2	전비 시나리오3
종합 조건	최대 가혹조건	일반 조건	이상 조건
기상 조건	혹서/혹한	보통 조건	봄/가을
공조장치	히터/에어컨 최대가동	히터/에어컨 간헐가동	공조장치 미가동
탑승인원	최대 재차인원	보통 재차인원	최소 재차인원
운행시간대	첨두시	비첨두시	비첨두시
예상 전비(km/Kw)	0.8	1.0	1.2

## 2) 전기버스 모델 별 운행가능거리 검토

- 전기버스의 리튬 배터리는 배터리의 용량을 100% 활용하는 것이 아니라 20~90% 범위 내에서 충·방전이 이루어지는 것이 가장 효율적이고 배터리의 수명을 보장할 수 있음
- 현재 국내에서 도입가능한 전기버스 8개 모델에 대하여 제조사에서 제시한 배터리 용량 및 최적 가용용량을 산정하여 전비 시나리오 별 운행가능거리를 산출함

〈표 4-7〉 모델 별 운행가능거리

구분	대양기술 (그린어스/중국)	BYD (Ebus-12/중국)	에디슨모터스 (e-FIBIRD/국내)	한신자동차 (매그넘/중국)
배터리 용량(kW)	109.4	350	163	117.6
용량의 90%(kW)	98.5	315	146.7	105.8
용량의 20%(kW)	21.9	70	32.6	23.5
최적 가용용량(kW)	76.6	245	114.1	82.3
운행가능거리(km)	61~92	196~294	91~137	66~99
시나리오1 (km)	61.3	196	91.3	65.9
시나리오2 (km)	76.6	245	114.1	82.3
시나리오3 (km)	91.9	294	136.9	98.8
제조사 표기 제원				
전비(km/Kw)	1.0	1.0	1.43	1.23
실 주행거리(km)	70~80	272~357	117~143	100~150
구분	우진산전 (APOLLO1100/국내)	자일대우 (BS110/국내)	피라인 (HYPER/중국)	현대자동차 (일렉시티/국내)
배터리 용량(kW)	204	187	109.3	256
용량의 90%(kW)	183.6	168.3	98.3	230.4
용량의 20%(kW)	40.8	37.4	21.9	51.2
최적 가용용량(kW)	142.8	130.9	76.4	179.2
운행가능거리(km)	114~171	105~157	61~92	143~215
시나리오1 (km)	114.2	104.7	61.2	143.4
시나리오2 (km)	142.8	130.9	76.4	179.2
시나리오3 (km)	171.4	157.1	91.8	215
제조사 표기 제원				
전비(km/Kw)	1.38	1.36	1.4	1.07
실 주행거리(km)	123~170	170	75	141~200

### 3. 운행거리 그룹 별 운행회수 산정

- 운행거리 1그룹, 2그룹, 3그룹 노선의 경우 250Kw급의 배터리를 차용한 BYD사 모델의 경우 일반적인 조건(Normal condition) 이상에서 1회 완충 후 하루 운행이 가능할 것으로 분석되었음
- 그 외 모델의 경우 배터리 용량의 한계로 1회 충전으로 전일 운행은 불가능 한 것으로 나타나 1회 이상 중간 충전이 반드시 필요한 것으로 나타남
- 전비가 0.8km/Kw까지 떨어지는 시나리오 1의 가혹조건(Extreme condition)이 지속되는 경우 중간 충전이 불가피하며 저용량 배터리 모델의 경우 일일 4회 이상 충전이 필요함

#### 1) 운행거리 1그룹(20~30km)

- 운행거리 1그룹 노선은 대상 노선 3개 노선으로 운행거리가 짧은 대신 1일 8왕복 이상으로 운행회수가 많은 것으로 나타남

〈표 4-8〉 운행거리 1그룹 운행회수 산정

구분	대양기술	BYD	에디슨	한신	우진산전	자일대우	피라인	현대
최적 가용용량(Kw)	76.6	245	114.1	82.3	142.8	130.9	76.4	179.2
노선버스 18번 (11회/일)								
시나리오1	2.8	8.8	4.1	3.0	5.1	4.7	2.8	6.5
시나리오2	3.5	<b>11.0</b>	5.1	3.7	6.4	5.9	3.4	8.1
시나리오3	4.1	<b>13.2</b>	6.2	4.4	7.7	7.1	4.1	9.7
노선버스 83-1번 (9.4회/일)								
시나리오1	2.7	8.8	4.1	3.0	5.1	4.7	2.7	6.4
시나리오2	3.4	<b>11.0</b>	5.1	3.7	6.4	5.9	3.4	8.0
시나리오3	4.1	<b>13.2</b>	6.1	4.4	7.7	7.0	4.1	<b>9.6</b>
노선버스 85번 (8.0회/일)								
시나리오1	2.1	6.7	3.1	2.3	3.9	3.6	2.1	4.9
시나리오2	2.6	<b>8.4</b>	3.9	2.8	4.9	4.5	2.6	6.1
시나리오3	3.1	<b>10.1</b>	4.7	3.4	5.9	5.4	3.1	7.4

## 2) 운행거리 2그룹(30~40km)

- 운행거리 2그룹 노선은 11개 노선으로 1일 6~7왕복을 운행하는 것으로 나타남

〈표 4-9〉 운행거리 2그룹 운행회수 산정

구분	대양기술	BYD	에디슨	한신	우진산전	자일대우	피라인	현대	
최적 가용용량(Kw)	76.6	245	114.1	82.3	142.8	130.9	76.4	179.2	
노선버스 9번 (6회/일)									
시나리오1	1.7	5.5	2.5	1.8	3.2	2.9	1.7	4.0	
시나리오2	2.1	<b>6.8</b>	3.2	2.3	4.0	3.7	2.1	5.0	
시나리오3	2.6	<b>8.2</b>	3.8	2.8	4.8	4.4	2.6	<b>6.0</b>	
노선버스 9-2번 (6.3회/일)									
시나리오1	1.5	4.9	2.3	1.7	2.9	2.6	1.5	3.6	
시나리오2	1.9	<b>6.2</b>	2.9	2.1	3.6	3.3	1.9	4.5	
시나리오3	2.3	<b>7.4</b>	3.4	2.5	4.3	3.9	2.3	5.4	
노선버스 13번 (6.8회/일)									
시나리오1	1.8	5.7	2.7	1.9	3.4	3.1	1.8	4.2	
시나리오2	2.3	<b>7.3</b>	3.4	2.5	4.3	3.9	2.3	5.3	
시나리오3	2.7	<b>8.6</b>	4.0	2.9	5.0	4.6	2.7	6.3	
노선버스 54번 (6.3회/일)									
시나리오1	1.8	5.7	2.7	1.9	3.4	3.1	1.8	4.2	
시나리오2	2.3	<b>7.3</b>	3.4	2.5	4.3	3.9	2.3	5.3	
시나리오3	2.7	<b>8.6</b>	4.0	2.9	5.0	4.6	2.7	<b>6.3</b>	
노선버스 80번 (6.7회/일)									
시나리오1	1.8	5.8	2.7	2.0	3.4	3.1	1.8	4.3	
시나리오2	2.3	<b>7.3</b>	3.4	2.5	4.3	3.9	2.3	5.3	
시나리오3	2.7	<b>8.8</b>	4.1	2.9	5.1	4.7	2.7	6.4	
노선버스 82-1번 (6.9회/일)									
시나리오1	1.8	5.7	2.7	1.9	3.3	3.0	1.8	4.2	
시나리오2	2.2	<b>7.1</b>	3.3	2.4	4.2	3.8	2.2	5.2	
시나리오3	2.7	<b>8.5</b>	4.0	2.9	5.0	4.6	2.7	6.3	
노선버스 82-2번 (6.0회/일)									
시나리오1	1.6	5.2	2.4	1.8	3.1	2.8	1.6	3.8	
시나리오2	2.0	<b>6.6</b>	3.1	2.2	3.8	3.5	2.0	4.8	
시나리오3	2.5	<b>7.9</b>	3.7	2.6	4.6	4.2	2.5	5.7	

〈표 4-9〉 운행거리 2그룹 운행회수 산정(표 계속)

구분	대양기술	BYD	에디슨	한신	우진산전	자일대우	피라인	현대	
최적 가용용량(Kw)	76.6	245	114.1	82.3	142.8	130.9	76.4	179.2	
노선버스 92번 (6회/일)									
시나리오1	1.6	5.2	2.4	1.8	3.0	2.8	1.6	3.8	
시나리오2	2.0	<b>6.5</b>	3.0	2.2	3.8	3.5	2.0	4.8	
시나리오3	2.4	<b>7.8</b>	3.6	2.6	4.6	4.2	2.4	5.7	
노선버스 112번 (6.6회/일)									
시나리오1	1.9	6.1	2.8	2.1	3.6	3.3	1.9	4.5	
시나리오2	2.4	<b>7.6</b>	3.6	2.6	4.4	4.1	2.4	5.6	
시나리오3	2.9	<b>9.2</b>	4.3	3.1	5.3	4.9	2.9	<b>6.7</b>	
노선버스 310번 (7.0회/일)									
시나리오1	1.8	5.9	2.7	2.0	3.4	3.1	1.8	4.3	
시나리오2	2.3	<b>7.4</b>	3.4	2.5	4.3	3.9	2.3	5.4	
시나리오3	2.8	<b>8.8</b>	4.1	3.0	5.1	4.7	2.8	6.5	
노선버스 999번 (6.6회/일)									
시나리오1	1.7	5.3	2.5	1.8	3.1	2.8	1.7	3.9	
시나리오2	2.1	<b>6.6</b>	3.1	2.2	3.9	3.5	2.1	4.8	
시나리오3	2.5	<b>7.9</b>	3.7	2.7	4.6	4.2	2.5	5.8	

### 3) 운행거리 3그룹(40~50km)

- 운행거리 3그룹 노선은 9개 노선으로 1일 5~6왕복을 운행하는 것으로 나타남

〈표 4-10〉 운행거리 3그룹 운행회수 산정

구분	대양기술	BYD	에디슨	한신	우진산전	자일대우	피라인	현대	
최적 가용용량(Kw)	76.6	245	114.1	82.3	142.8	130.9	76.4	179.2	
노선버스 3번 (5.6회/일)									
시나리오1	1.4	4.5	2.1	1.5	2.6	2.4	1.4	3.3	
시나리오2	1.8	<b>5.6</b>	2.6	1.9	3.3	3.0	1.8	4.1	
시나리오3	2.1	<b>6.7</b>	3.1	2.3	3.9	3.6	2.1	4.9	
노선버스 5번 (6.0회/일)									
시나리오1	1.5	4.7	2.2	1.6	2.7	2.5	1.5	3.4	
시나리오2	1.8	5.9	2.7	2.0	3.4	3.1	1.8	4.3	
시나리오3	2.2	<b>7.1</b>	3.3	2.4	4.1	3.8	2.2	5.2	
노선버스 13-1번 (4.8회/일)									
시나리오1	1.3	4.0	1.9	1.3	2.3	2.1	1.3	2.9	
시나리오2	1.6	<b>5.0</b>	2.3	1.7	2.9	2.7	1.6	3.7	
시나리오3	1.9	<b>6.0</b>	2.8	2.0	3.5	3.2	1.9	4.4	
노선버스 13-4번 (5.5회/일)									
시나리오1	1.4	4.4	2.0	1.5	2.6	2.3	1.4	3.2	
시나리오2	1.7	<b>5.5</b>	2.6	1.8	3.2	2.9	1.7	4.0	
시나리오3	2.1	<b>6.6</b>	3.1	2.2	3.8	3.5	2.1	4.8	
노선버스 19번 (6.0회/일)									
시나리오1	1.5	4.8	2.2	1.6	2.8	2.6	1.5	3.5	
시나리오2	1.9	<b>6.0</b>	2.8	2.0	3.5	3.2	1.9	4.4	
시나리오3	2.2	<b>7.2</b>	3.3	2.4	4.2	3.8	2.2	5.2	
노선버스 61번 (5.0회/일)									
시나리오1	1.3	4.1	1.9	1.4	2.4	2.2	1.3	3.0	
시나리오2	1.6	<b>5.1</b>	2.4	1.7	3.0	2.7	1.6	3.7	
시나리오3	1.9	<b>6.1</b>	2.9	2.1	3.6	3.3	1.9	4.5	
노선버스 88번 (5.6회/일)									
시나리오1	1.4	4.5	2.1	1.5	2.6	2.4	1.4	3.3	
시나리오2	1.8	<b>5.7</b>	2.6	1.9	3.3	3.0	1.8	4.1	
시나리오3	2.1	<b>6.8</b>	3.2	2.3	4.0	3.6	2.1	5.0	

〈표 4-10〉 운행거리 3그룹 운행회수 산정(표 계속)

구분	대양기술	BYD	에디슨	한신	우진산전	자일대우	피라인	현대
최적 가용용량(Kw)	76.6	245	114.1	82.3	142.8	130.9	76.4	179.2
노선버스 88-1번 (5.6회/일)								
시나리오1	1.5	4.7	2.2	1.6	2.8	2.5	1.5	3.5
시나리오2	1.9	<b>5.9</b>	2.8	2.0	3.5	3.2	1.9	4.3
시나리오3	2.2	<b>7.1</b>	3.3	2.4	4.1	3.8	2.2	5.2
노선버스 99-2번 (5.0회/일)								
시나리오1	1.2	4.0	1.9	1.3	2.3	2.1	1.2	2.9
시나리오2	1.6	<b>5.0</b>	2.3	1.7	2.9	2.7	1.6	3.6
시나리오3	1.9	<b>6.0</b>	2.8	2.0	3.5	3.2	1.9	4.4

## 4) 운행거리 4그룹(50km 이상)

- 운행거리 4그룹 노선은 대상 11-1번 노선 1개 노선으로 1회 운행거리가 74.4km에 달하는 장거리 노선임
- 1회 운행 횟수는 3.8회로 일반적인 조건 이하의 경우 운행 중간 충전이 반드시 필요한 것으로 나타남
- 특히 일부 저용량 배터리 모델의 경우 가혹조건 시 1회 충전 후 해당 노선의 운행이 불가능한 경우도 발생한 것으로 나타남
- 이는 장거리 운행에 따른 전기버스 도입 여건이 타 그룹보다 열악한 것으로 분석됨

〈표 4-11〉 운행거리 4그룹 운행회수 산정

구분	대양기술	BYD	에디슨	한신	우진산전	자일대우	피라인	현대
최적 가용용량(Kw)	76.6	245	114.1	82.3	142.8	130.9	76.4	179.2
노선버스 11-1번 (3.8회/일)								
시나리오1	<b>0.8</b> (운행불가)	2.6	1.2	<b>0.9</b> (운행불가)	1.5	1.4	<b>0.8</b> (운행불가)	1.9
시나리오2	1.0	3.3	1.5	1.1	1.9	1.8	1.0	2.4
시나리오3	1.2	<b>4.0</b>	1.8	1.3	2.3	2.1	1.2	2.9

### 4. 전기버스 충전방법 결정

#### 1) 충전방법 결정 기준

- 충전방법은 크게 Depot charging, Terminal charging, On-route charging으로 구분할 수 있으며 충전방법에 따라 혼용하는 등의 3가지 방안을 제시하였음

〈표 4-12〉 세부 충전방법

구분	세부 충전방법		
	충전 속도	충전 시간대	충전 장소
Depot charging	완속	심야	차고지
Terminal charging	급속	휴게시간 중	차고지/종점부
On-route charging	초급속	운행 중	경로 중 충전소

- 충전방법 결정은 앞서 산정한 배터리 최적 가용용량을 기준으로 기준을 설정함
  - 일일 충전회수 N이 1 이하인 경우 1회 충전으로 1일 운영이 가능하기 때문에 차고지를 이용한 완속 심야 충전 방법을 제시함
  - 충전회수 N이 1 초과, 2 이하인 경우 심야 충전과 운전자 휴게시간을 이용한 종점부 급속 충전 등의 혼합 충전 방법을 제시함
  - 충전회수 N이 2를 초과한 경우 심야 충전 보다는 휴게시간 급속 충전과 경로 중 급속 충전을 병행한 급속 혼합 충전 방법을 제시함
  - 단, 노선 내 차고지가 없는 차고지 2그룹 노선의 경우 해당 노선 기·종점으로 이동하기 위한 공차회송(Dead-heading)이 필요하므로 이동거리를 감안하여 10% 가량의 완충값(Buffer-value)을 적용하였음

〈표 4-13〉 충전회수에 따른 충전방법 결정

구분	충전 방법	일일 충전회수(N)	
		차고지 1그룹	차고지 2그룹
충전방법①	Depot charging	$N \leq 1.0$	$N \leq 0.9$
충전방법②	Depot charging + (Terminal charging or On-route charging)	$1.0 < N \leq 2.0$	$0.9 < N \leq 1.8$
충전방법③	Terminal charging + On-route charging	$N > 2.0$	$N > 1.8$

## 2) 충전방법 결정

### (1) 그룹 별 1일 충전필요회수 산정

- 1일 충전필요회수는 배터리 최적 가용용량에서 실제 운행거리를 나누어 1일 충전 필요 회수를 산정한 것으로 산정결과는 다음과 같음
  - 1일 충전필요회수는 분석 대상 노선 그룹별로 0.9회~3.9회/일 수준으로 나타남
  - 운행거리 그룹의 경우 1.0~3.9회/일의 충전필요회수 분포를, 차고지 그룹의 경우 0.9회~3.2회/일의 분포를 보였으며, 1.0회/일을 초과하는 경우 운행 중간충전이 필요함을 의미함

〈표 4-14〉 1일 충전필요회수

구분		대양기술	BYD	에디슨	한신	우진산전	자일대우	피라인	현대	
최적 가용용량(Kw)		76.6	245	114.1	82.3	142.8	130.9	76.4	179.2	
운행거리	노선수									
	1그룹	3	3.1	1.0	2.1	2.8	1.7	1.8	3.1	1.3
	2그룹	11	3.1	1.0	2.1	2.8	1.6	1.8	3.1	1.3
	3그룹	9	3.2	1.0	2.2	3.0	1.7	1.9	3.2	1.4
	4그룹	1	3.9	1.2	2.6	3.5	2.1	2.2	3.9	1.6
차고지	노선수									
	1그룹	21	3.2	1.0	2.1	3.0	1.7	1.9	3.2	1.4
	2그룹	3	3.0	0.9	2.0	2.8	1.6	1.8	3.0	1.3
전체노선	24	3.2	1.0	2.1	2.9	1.7	1.9	3.2	1.4	

### (2) 그룹 별 충전방법 결정

- 〈표 4-13〉에 따른 그룹 별 충전 방법 검토 결과는 다음과 같음
  - 충전방법① (Depot charging) : 대용량 배터리를 차용한 BYD사의 경우 1회 완충으로 1일 전회 운행이 대부분 가능한 것으로 나타나 Depot charging이 적절한 것으로 나타남
  - 충전방법② (Depot + Terminal or On-route charging) : 우진산전, 자일대우, 현대자동차 등 중규모 용량의 배터리를 차용한 국산모델은 Depot charging과 병행하여 Terminal charging이나 On-route charging 등의 급속 충전 방법을 병행한 방식이 적절한 것으로 나타남

- 충전방법③ (Terminal + On-route charging) : 대양기술, 에디슨모터스, 한신자동차, 피라인 모델은 가용한 최적 배터리 용량이 부족하여 Depot charging 보다는 Terminal charging과 On-route charging을 병행한 급속 충전 방식이 적절한 것으로 나타남

〈표 4-15〉 그룹 별 충전방법 결정

구분		대양기술	BYD	에디슨	한신	우진산전	자일대우	피라인	현대	
최적 가용용량(Kw)		76.6	245	114.1	82.3	142.8	130.9	76.4	179.2	
운행거리	노선수									
1그룹	3	③	①	③	③	②	②	③	②	
2그룹	11	③	①	③	③	②	②	③	②	
3그룹	9	③	①	③	③	②	②	③	②	
4그룹	1	③	②	③	③	③	③	③	②	
차고지	노선수									
1그룹	21	③	①	③	③	②	③	③	②	
2그룹	3	③	①	③	③	②	②	③	②	
전체노선	24	③	①	③	③	②	③	③	②	

## 제2절 전기버스 교체수요 및 도입여건

### 1. 환경부 전기버스 보조금 배정계획 검토

- 중앙정부(환경부)에서는 2018년 9월, 전기자동차 국비 보조금 배정계획을 제시하였음
- 2019년도 전기버스 보급 목표는 300대로, 전체 51%인 153대 규모가 수도권 지역(서울특별시, 인천광역시, 경기도)에 배정되었음

〈그림 4-3〉 중앙정부 전기버스 보조금 지급 비율



- 2017년 경기연구원이 조사한 경기도 버스 차량 등록대수는 10,056대로 조사되었으며, 2019년 경기도 전기버스 보조금 배정 물량 73대는 전체 버스 등록대수의 0.7% 수준에 불과한 것으로 나타남
- 시내일반형 버스는 7,478대(가평, 양평, 연천군 제외)가 등록되어 있으며 이 중 수원시는 889대가 등록되어 11.9%의 비중을 차지함
- 배정규모를 차량 등록대수에 따라 단순 환산 시 2019년에는 8~9대 정도 지원을 받을 수 있을 것으로 보이나 경기도 및 기초자치단체 예산 여건에 따라 수원시의 전기버스 지원금 수급 규모는 변동될 수 있을 것으로 예상되며, 수원시의 경우 관내 운수사업자인 수원여객이 전기버스 100대 도입을 계획하고 있음

〈그림 4-4〉 경기도 시내일반형 버스 등록규모



자료 : 경기연구원(2017) 데이터 활용

주 : 경기 광주시의 버스 등록대수가 높은 것은 관내 시내버스 회사인 KD운송그룹의 노선 인수로 타 지역을 운행하는 노선이 상당 수 포함된 결과임

## 2. 전기버스 보조금 소요재원 산출

### 1) 보조금 지급 비율

- 기존 전기버스(대형) 보조금은 전기버스 보조금(국비/환경부) 및 저상버스 보조금(국비/국토부, 도비, 시비)을 합하여 1억 9천 2백만원으로 구성되어 있음
- 본 연구에서는 전기버스 기준가격을 4억 5천만원으로 책정하였으며 업체 자부담 가격을 1억 5천만원으로 책정하였음
- 잔액 1억 8백만원은 전기버스 보조금 중 경기도와 수원시가 각각 50% 비율로 5천 4백만원을 부담하는 것으로 가정하였음
- 전체 전기버스 차량 가격 구성은 보조금이 ⅔를 차지하며, 업체가 ⅓을 부담하는 형태로 세부 보조금 지급 비율은 다음과 같음

〈표 4-16〉 전기버스 보조금 지급 비율

단위 : 천원

구분		지급금액
전기버스 보조금 ①	국비/환경부(48%)	100,000
	도비(26%) [가정]	54,000
	시비(26%) [가정]	54,000
저상버스 보조금 ②	국비/국토부(50%)	46,000
	도비(7.5%)	6,900
	시비(42.5%)	39,100
보조금 총액(66.7%) ③=①+②		300,000
업체 자부담 금액(33.3%) ④		150,000
총 전기버스 가격(100%) ③+④		450,000

## 2) 보조금 소요재원 산출

- 수원시 시내버스 향후 대폐차 계획과 연계하여 버스 대폐차 시 전기버스로 전환할 경우 보조금 소요재원을 산출하였음
- 2019년 이후 수원시가 계획하고 있는 버스 대폐차 규모는 총 461대로 나타남
- 앞서 산출한 보조금 지급 비율을 적용할 경우 5년간 461대를 전기버스로 대체하기 위해서는 차량 도입비용으로만 국가적으로 1,383억의 재원이 소요될 것으로 추산됨
  - 수원시는 5년간 저상버스, 전기버스 보조금을 합하여 429억원 가량 재원 마련이 필요하며 대폐차가 많이 발생할 것으로 예상되는 2019년과 2020년에는 각각 100억원 가량의 보조금을 부담해야할 것으로 예상됨
  - 단, 아직까지 경기도와 해당 지자체는 전기버스 보조금 지급 여부, 지급 규모, 분담 비율 설정 등에 관한 논의가 이루어지지 않아 향후 소요재원 산출 시 이를 재반영해야 할 필요가 있음
  - 또한 소요재원 산출은 단순히 차량구입비용만 산출한 것으로 충전 인프라 구축, 제반 시설 유지관리 인력 확충을 위한 인건비 등이 추가로 반영되어야 할 것으로 사료됨
- 향후 5개년 간 수원시 대폐차 계획에 따른 소요재원 규모는 다음과 같음

〈표 4-17〉 보조금 소요재원 산출

단위 : 백만원

구분		2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	계
전환대수(대)		149	122	40	54	96	461
전기버스 보조금	국비/환경부	6,854	5,612	1,840	2,484	4,416	21,206
	도비	1,028	842	276	373	662	3,181
	시비	5,826	4,770	1,564	2,111	3,754	18,025
저상버스 보조금	국비/국토부	14,900	12,200	4,000	5,400	9,600	46,100
	도비	8,046	6,588	2,160	2,916	5,184	24,894
	시비	8,046	6,588	2,160	2,916	5,184	24,894
소계	국비	21,754	17,812	5,840	7,884	14,016	67,306
	도비	9,074	7,430	2,436	3,289	5,846	28,075
	시비	13,872	11,358	3,724	5,027	8,938	42,919
계		44,700	36,600	12,000	16,200	28,800	138,300

### 3. 전기버스 도입여건 조사<sup>4)</sup>

- 경기연구원(2018)은 경기도 버스 운송사업자를 대상으로 전기버스 도입여건 및 선호전략을 분석하였음
- 본 연구에서는 지역구분에 따라 수원시가 해당하는 50만 이상 소속 도시 운송사업자 37개 업체에 대한 결과를 준용하였음

#### 1) 전기버스 인식 조사

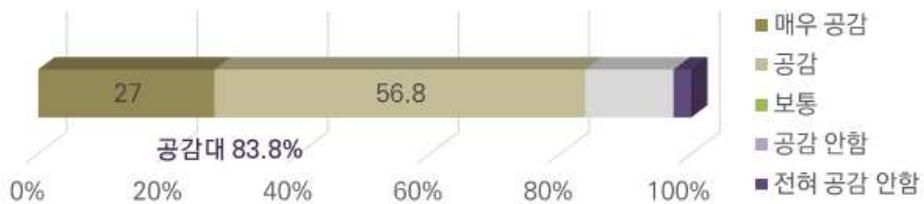
##### (1) 전기버스 도입 취지 및 필요성 공감

- 운수사업자는 전체 응답 업체 중 83.8%가 전기버스 도입 취지 및 필요성에 공감하고 있는 것으로 나타나 전기버스로의 전환 필요성은 느끼는 것으로 나타났음

〈표 4-18〉 전기버스 도입 취지 및 필요성 공감대 형성

구분	응답 수	비율(%)
매우 공감한다	10	27.0
어느정도 공감한다	21	56.8
보통이다	5	13.5
공감하지 않는다	0	0
전혀 공감하지 않는다	1	2.7
계	37	100

〈그림 4-5〉 전기버스 도입 취지 및 필요성 공감대 형성



4) 협력연구기관에서 시행한 경기도 전기버스 도입여건 조사(2018, 경기연구원)의 내용을 부분 인용함

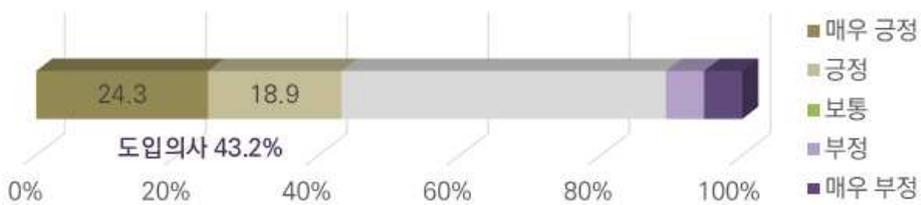
## (2) 전기버스 도입 의사

- 도입취지 및 필요성이 83.8% 수준으로 높은 반면, 실제로 향후 전기버스를 도입할 것이라고 응답한 업체는 43.2% 수준으로 나타남
- 아직 전기버스가 도입 초기 단계이고 차량 및 기술 수준에 대한 신뢰성이 떨어지는 요인과 인프라 구축, 차량 가격 등의 재정적인 요인으로 인해 실제 도입의사는 다소 보수적인 편으로 판단됨

〈표 4-19〉 전기버스 도입의사

구분	응답 수	비율(%)
매우 관심있다	9	24.3
관심있다	7	18.9
보통이다	17	45.9
관심없다	2	5.4
전혀 관심없다	2	5.4
계	37	100

〈그림 4-6〉 전기버스 도입의사



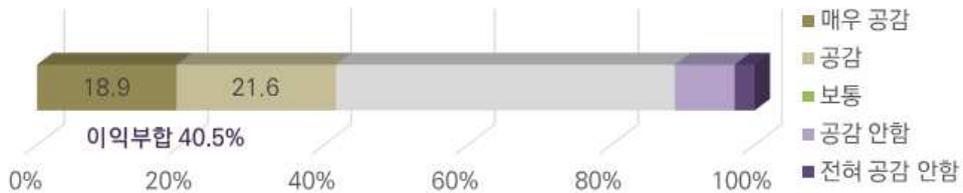
### (3) 전기버스 회사 이익 부합여부

- 전기버스가 회사 이익에 부합하는지 여부를 조사한 결과 전체 업체 중 40.5%만 이익에 부합할 것이라고 응답하였음

〈표 4-20〉 전기버스 회사 이익 부합여부

구분	응답 수	비율(%)
이익에 매우 부합한다	7	18.9
이익에 부합한다	8	21.6
보통이다	17	45.9
이익에 부합하지 않는다	3	8.1
이익에 전혀 부합하지 않는다	2	5.4
계	37	100

〈그림 4-7〉 전기버스 회사 이익 부합여부



## 2) 전기버스 도입여건 조사

- 전기버스 도입여건은 전기버스 도입으로 인해 기대하는 편익과 전기버스 차량 선정 조건으로 구성되어 있으며, 도입여건 조사는 경기도 전체 업체에 대한 결과를 준용함

### (1) 전기버스 기대 편익

- 운수사업자는 화석연료 대비 유류비 절감을 통한 경제성 향상에 대한 편익을 가장 기대하는 것으로 나타났으며, 서비스 차원에서 승객 편의를 증진에 대한 기대도 2순위로 나타남

〈표 4-21〉 전기버스 도입 기대편익

구분	종합 순위	1순위		2순위		3순위	
		응답수	비율(%)	응답수	비율(%)	응답수	비율(%)
유류비 절감(경유 대비 25% 수준)	1	54	87.1	3	4.8	1	1.6
승객 편의 증진(환경, 차내 소음/진동)	2	6	9.	27	43.5	20	32.3
승무원 근무 만족도 증진	3	1	1.6	14	22.6	22	35.5
차고지 환경 개선	4	1	1.6	9	14.5	9	14.5
친환경 이미지 제고	5	0	0	9	14.5	10	16.1
계		62	100	62	100	62	100

## (2) 전기버스 차량 선정 조건

- 운수사업자 입장에서 가장 중요하게 생각하는 차량 선정 조건은 1회 충전 운행거리, 소요 시간 같은 충전 분야와 차량가격이 중요하다고 응답하였음
- 차량 신뢰성(고장률, 워런티)에 관한 부분도 차순위로 검토하는 것으로 나타났으나 차량 제조사별(국내, 국외) 선호도나 이용자 편의 부분은 차량 선정 조건 우선순위에서 다소 낮은 것으로 나타남

〈표 4-22〉 전기버스 차량 선정 조건

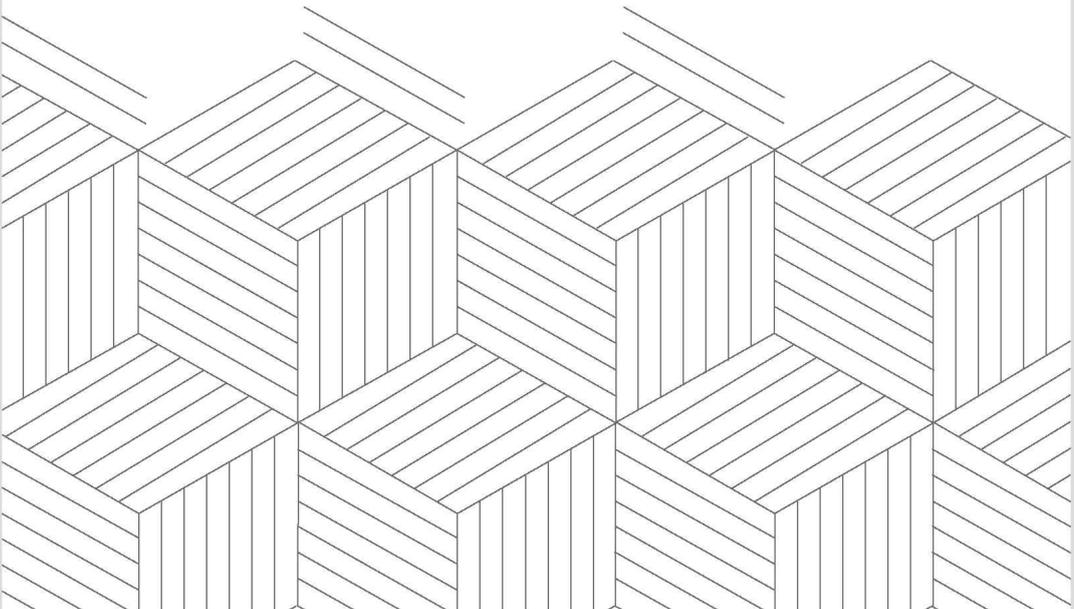
구분	종합 순위	1순위		2순위		3순위	
		응답수	비율(%)	응답수	비율(%)	응답수	비율(%)
1회 충전 운행거리	1	31	50.0	8	12.9	11	17.7
차량가격	2	24	38.7	8	12.9	7	11.3
충전시간	3	1	1.6	24	38.7	15	24.2
차량 고장률	4	1	1.6	6	9.7	16	25.8
배터리 및 전장부품 워런티	5	1	1.6	11	17.7	8	12.9
제조사(국내/국외)	6	3	4.8	2	3.2	3	4.8
이용자 편의(거주성)	7	1	1.6	1	1.6	1	1.6
최대 출력	8	0	0	2	3.2	0	0
충전 규격	9	0	0	0	0	1	1.6
계		62	100	62	100	62	100



# 제5장 전기버스 충전인프라 시범사업 구상

제1절 전기버스 충전소 입지 선정(안)

제2절 충전인프라 시범사업 구상





## 제5장 전기버스 충전인프라 시범사업 구상

### 제1절 전기버스 충전소 입지 선정(안)

#### 1. 분석 개요

##### 1) 활용 자료

- 2017년 5월 30일 스마트카드 데이터의 기반 정보인 버스노선 정류장 정보, 버스 정류장 정보, 교통카드 데이터 자료를 활용하여 분석함
- 중복되거나 누락되는 등 이상이 있는 결측 데이터는 TRIPS 프로그램을 활용하여 보정 절차를 거쳤음

〈표 5-1〉 충전소 입지 분석 활용 데이터

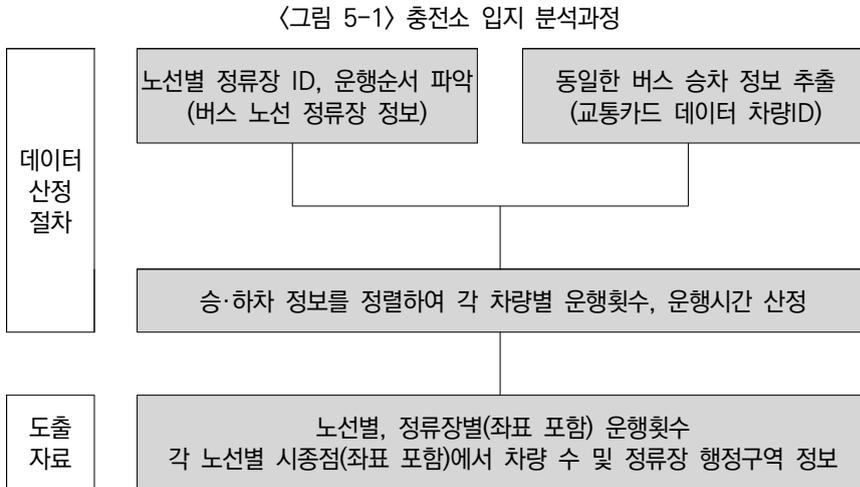
구분	활용 컬럼	데이터 수
버스노선 정류장정보	노선 ID, 정류장 ID, 정류장 순서	220,101 (노선 : 3,509)
버스 정류장 정보	정류장 ID, 정류장_X위치값(경도), 정류장_Y위치값(위도)	51,461
교통카드 데이터	노선ID, 차량ID, 승차일시, 승차정류장 ID, 하차일시, 하차정류장 ID	21,281,245

##### 2) 분석 기본가정

- 각 노선 시·종점의 버스 수를 활용하여 입지를 선정하기 앞서 기본 가정은 다음과 같이 설정함
  - 지나친 공차회송으로 인한 운행 효율 저하를 방지하기 위해 공동 충전소는 각 버스노선의 시·종점가 되도록 가까운 곳에 입지하도록 함
  - 각 차고지는 해당 노선만 활용하므로 고려대상에서 제외함
  - 노선 인가 관청을 구분하지 않고 일괄 분석함
  - 충전소 입지 후보지는 행정동 단위로 도출함
  - 충전 시설 설치가능성은 고려하지 않음

### 3) 분석 과정

- 입지 분석과정은 다음과 같음



## 2. 분석결과 및 인프라 시범 사업 입지 선정(안)

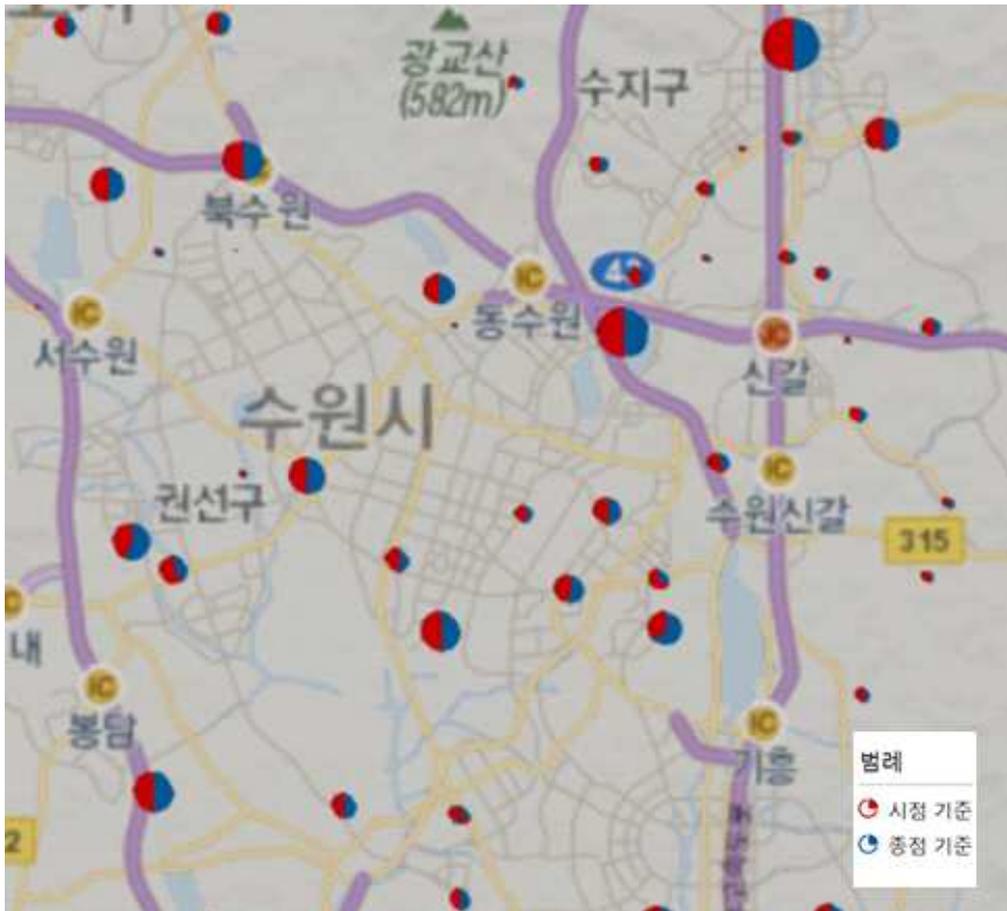
- 행정동 기준, 버스 접근성을 고려한 수원시내 충전소 후보지는 7개소로 분석됨
- 인프라 시범 사업 입지선정은 기존 차고지와 중복을 배제하기 위하여 파장동, 연무동, 평동, 광고동은 제외하였음
- 곡선동, 금호동의 경우 시가지가 변화하여 충전시설 설치를 위한 부지확보가 어렵다고 판단되어 인프라 시범사업 구상을 위해 매산동 인근 수원역 환승센터 유희부지를 선정함

〈표 5-2〉 수원시내 충전소 후보지

순번	위치	위도	경도	시점버스 수	종점버스 수
1	장안구 파장동	37.3207	126.9874	176	176
2	장안구 연무동	37.2983	127.0299	98	98
3	권선구 곡선동	37.2389	127.0302	155	154
4	권선구 금호동	37.2546	126.9630	126	165
5	권선구 평동	37.2496	126.9722	96	57
6	팔달구 매산동	37.2660	127.0012	133	133
7	영통구 광고동	37.2906	127.0700	265	265

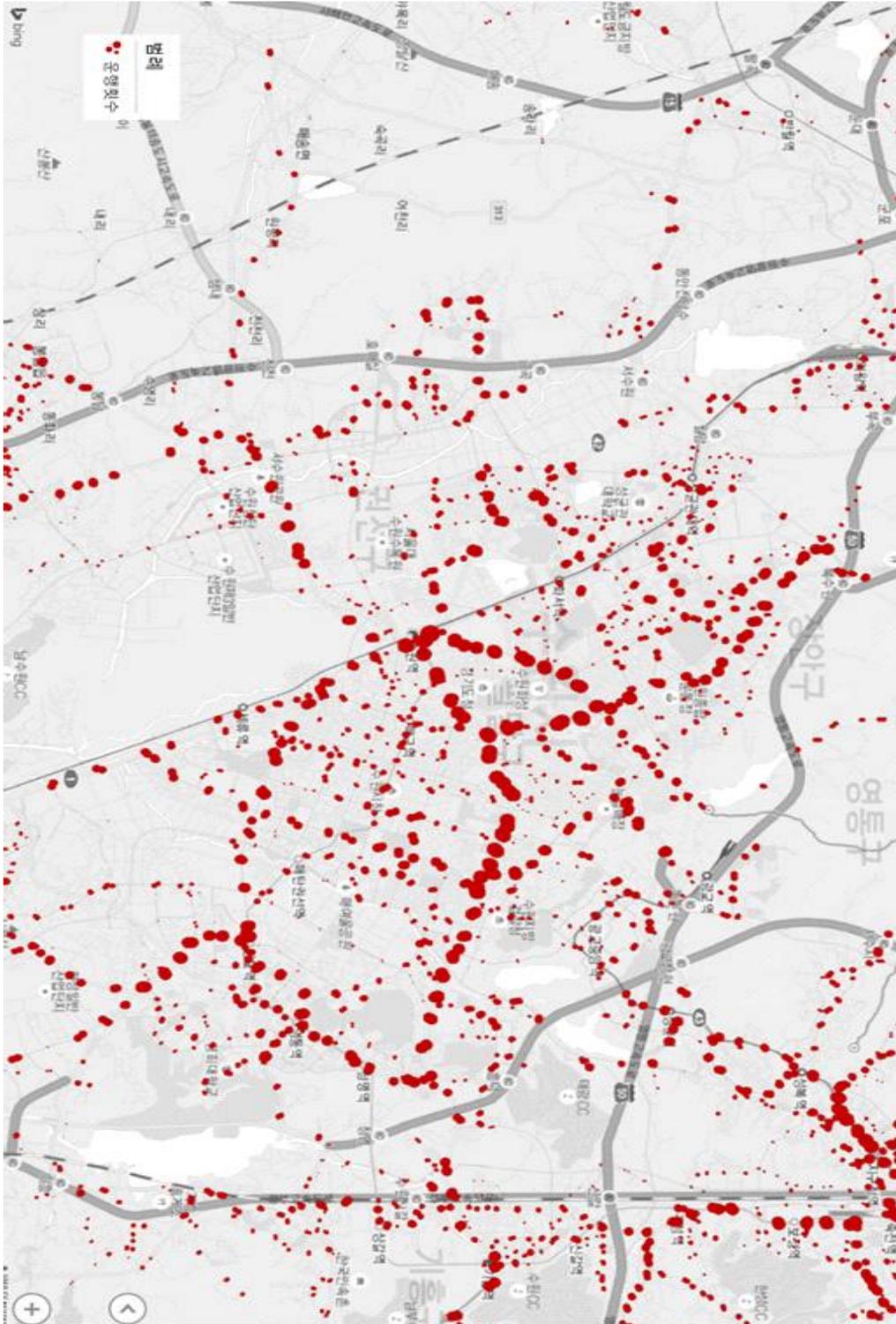
자료 : 협력기관 분석자료(2018, 한국철도기술연구원)

〈그림 5-2〉 수원시내 충전소 후보지



자료 : 협력기관 분석자료(2018, 한국철도기술연구원)

〈그림 5-3〉 수원시 버스 운행 패턴



자료 : 협력기관 분석자료(2018, 한국철도기술연구원)

## 제2절 충전인프라 시범사업 구상

### 1. 기본 개념

#### 1) 충전인프라 설치 개념

- 충전인프라 시범사업은 수원역 환승센터의 유휴공간을 활용하여 전기버스 충전인프라를 설치하여 수원시를 전기버스 도시의 모델로 정립하려던 것이 기본 구상임
- 이후 한국철도기술연구원에서는 전기철도의 유휴전력을 활용하여 전기버스 충전 전력을 충당하는 아이디어가 제안한 바 있으며, 이 아이디어를 활용하여 서울교통공사 3호선의 전력을 활용하여 수서역 부근에 전기차 충전소를 설치한 바 있음
- 철도용 전철 변전소는 수전 선로를 통해 22,900V를 수전 받아 변압기를 거쳐 전차선로용 전력(직류 고압 1,500V)과 고배용 전력(직류 고압 6,600V), 구내용 전력(교류 저압 220/380V)로 구분함
- 다만 수원역은 한국철도공사 관할로 전차선로용의 경우 광역철도용 교류 25,000V를 활용하고 있어 본 연구에서는 수원역 주변 시설물 관리 주체에 따라 한국철도공사, 한국전력공사, 수원도시공사로 구분하여 구상실현화를 위해 인터뷰 조사를 실시함

〈그림 5-4〉 전기버스 충전 인프라 개념도



자료 : 인천광역시 전기버스 운행체계 기초연구(2018, 인천연구원)

## 2) 연구 추진 경과

- 시범 사업 구상 연구 추진 경과는 다음과 같음

〈표 5-3〉 시범사업 구상 추진경과

구분	일시	장소	내용
1차	2018.2.9.(금)	경기연구원	- 시범사업 아이디어 회의
2차	2018.5.23.(수)	수원시정연구원	- 철도유휴전력 활용 전기차 인프라 구축 세미나
3차	2018.7.6.(금)	수원도시공사 (수원역환승센터)	- 수원역 환승센터 자체 유휴전력 검토 - 시범 사업 후보지 검토
4차	2018.8.17.(금)	수원도시공사 (수원역환승센터) 한국철도공사 (수원역전기사업소)	- 각 기관별 유휴전력 검토 - 전기실 위치 및 인프라 설치를 위한 제반사항 검토 (시공, 계량기, 변압기, 전력 케이블 길이 등)
5차	2018.8.30.(목)	한국전력공사 (서수원지사)	- 수원역 환승센터 주변 전력설비 활용 가능성 검토

〈그림 5-5〉 수원역 환승센터 전기설비 검토



## 2. 시범사업 부지 선정

- 수원역 환승센터 내 유휴공간 시범사업 부지는 1층에 위치한 시티투어버스 정류장과 2층에 위치한 버스 회차 대기공간 2개소로 선정함

〈표 5-4〉 시범사업 대상 부지

구분	장점	단점
1층 (시티투어버스 정류장)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시티투어 정류장은 동측 정류장을 이미 활용하고 있어 유휴공간 활용 가능</li> <li>- 버스 주정차를 고려한 주차면수 및 폭원 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1층에 위치하여 홍보효과 미흡</li> </ul>
2층 (환승센터 버스 대기공간)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실질적으로 거의 활용되지 않고 있는 버스 대기 공간 활용</li> <li>- 실질적인 홍보효과 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수배전 시설 설치 등 전기시설 입지 불리 및 전기시설 설치 공사비용 높음</li> </ul>

〈그림 5-6〉 시범사업 대상 부지



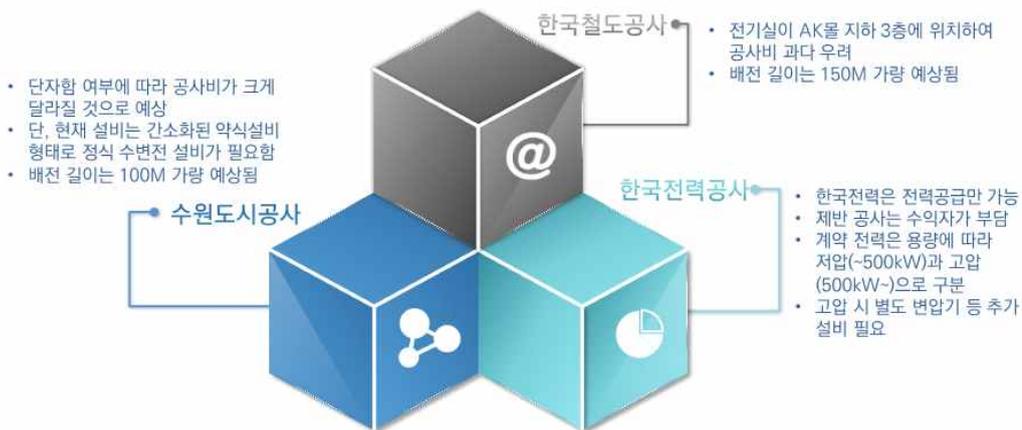
### 3. 관리주체 별 실현가능성 검토

- 수원역 환승센터 주변 시설물 관리주체별 인프라 설치 실현 가능성을 검토함
  - 수원역 환승센터(수원도시공사)의 전력을 이용하는 경우, 전기실 단자함 설비가 충전 인프라가 요구하는 전력을 충족할 수 있는지 여부에 따라 공사비가 크게 달라질 것으로 예상됨
  - 수원역(한국철도공사)의 전력을 이용하는 경우, 전기실이 AK몰 지하 3층에 위치하여 전기설로 공사비가 과다하게 소요될 것으로 우려됨
  - 한국전력공사와 직접 계약을 통하는 경우, 별도 외부공간에 변전설비 부지를 마련하여 변압기를 설치하여야 함

〈표 5-5〉 관리주체별 충전인프라 실현가능성

구분	장점	단점
수원도시공사 (수원역환승센터)	- 환승센터 지하부 고압전기실 직접 활용 가능	- 약식 설비로 인해 정식 수·배전 설비 공사가 필요함 - 100m 길이의 별도 전기선로공사 필요
한국철도공사 (수원역)	- 철도 전력을 활용한다는 본래 취지 및 상징성 극대화	- 공사비가 과다하게 소요될 것으로 우려 - 철도 여유전력이 부족함
한국철도공사 (직접 계약)	- 직접 계약을 통해 전력요금 인하 가능	- 고압계약시 변전설비 부지 마련 필요

〈그림 5-7〉 관리주체별 충전인프라 실현가능성



#### 4. 충전 인프라 구상

- 수원역 환승센터는 기·종점으로 하는 노선과 중간 경유 노선이 많아 기본적으로 급속 충전 방식인 Terminal charging과 On-route charging을 검토하였음

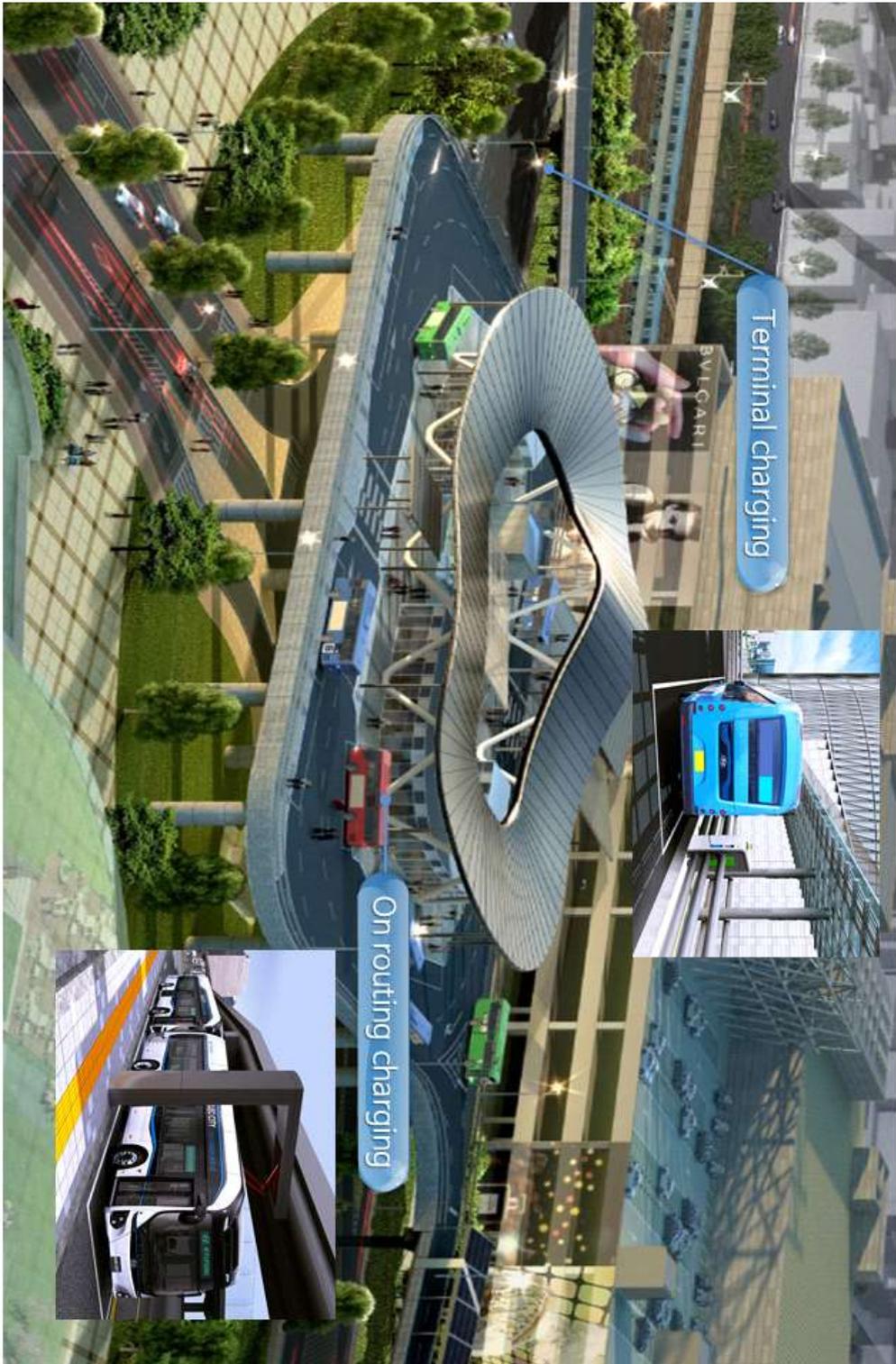
〈그림 5-8〉 수원역 환승센터 Terminal charging 예상도



〈그림 5-9〉 수원역 환승센터 On-route charging 예상도



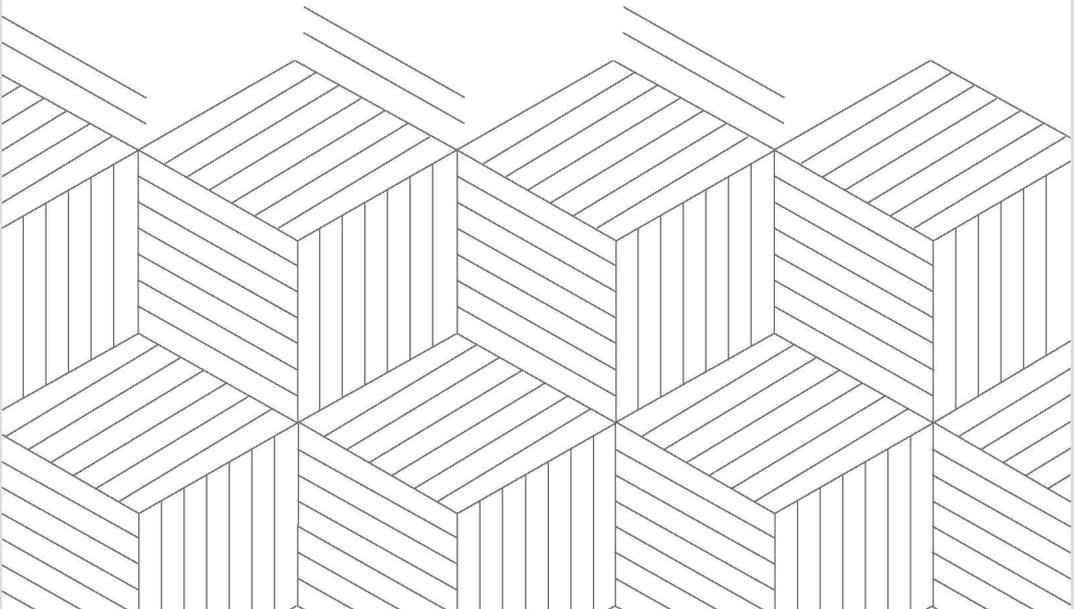
〈그림 5-10〉 수원역 환승센터 총괄 예상도



# 제6장

## 결론 및 정책제언

제1절 결론  
제2절 정책제언





## 제6장 결론 및 정책제언

### 제1절 결론

#### 1. 관련 제도 및 정책 동향 검토

- 중앙정부는 관련 법령에 근거하여 전기버스 확대를 위해 차량 구입 보조금과 충전 인프라 확충을 위한 설치 보조금을 지급하고 있음
- 현재 시판되는 전기버스의 경우 저상버스 요건을 충족하여 전기버스(환경부)와 저상 버스(국토교통부) 보조금이 동시 지급되고 있으며 대형 전기버스의 경우 1억9천2백만원을, 중형 전기버스의 경우 1억5천2백만원 규모의 지원금을 지급하고 있음
- 충전 인프라 설치 보조금은 충전 속도 및 개방 여부에 차등을 두어 충전기 개방을 유도하고 있으며 급속 충전기의 경우 50kW를 초과하는 충전기에 대해 별도의 인증절차를 거쳐야 보조금 지급이 가능함
- 국내 전기버스 동향의 경우 미래 국가 혁신성장 동력 확보 및 글로벌 자동차 시장 선점을 위해 친환경 차량 기술 개발 추진을 독려하고 있으며 충전소 입지 규제 완화 등의 지원을 하고 있음
- 다만, 현재 기술 특성을 감안하여 중앙정부는 전기차는 중·단거리 승용차 체제로, 수소차는 중·장거리 승용 및 대형버스 위주로 보급한다는 방향을 제시하고 있음
- 국외도 전기버스 등 친환경 버스의 기술 개발과 도입이 활발하게 이루어지고 있으며 전기 버스 도입을 위한 재정 지원 프로그램이나 각국 실정에 맞는 실용화 기술 개발 프로젝트가 진행되고 있음

#### 2. 전기버스 기술 수준 및 사례검토

- 전기버스는 내연기관 대비 에너지 효율이 높고 내연기관 엔진 대비 추진장치가 간단하기 때문에 고장률 측면에서 신뢰성이 높고 유지 보수 비용이 저렴한 장점이 있으며, 승객 입장에서도 소음과 진동이 현저히 작아 승차감이 쾌적하고 배출가스가 없어 대기질

개선에 도움이 된다는 장점이 있음

- 그러나 대량 양산 체제 구축 및 배터리 기술의 한계로 차량 가격이 매우 높아 재정적인 부담은 전기버스 확대에 가장 큰 장애로 작용하고 있음
- 또한 차량 가격 및 무게의 상당 부분을 차지하는 배터리의 경우 주행가능거리가 상대적으로 짧고, 차량 운용 기간 중 교체가 필요하여 운송사업자 입장에서는 충전시간, 횡수 등을 고려하여 버스를 운영해야 하는 부담감이 있음
- 전기버스 충전 방식은 플러그인 방식, 배터리 교환 방식, 무선충전식, 경로충전식이 있으며 이 중 경로충전식을 제외한 나머지 방식은 국내에서 상용화된 방식이며, 플러그인 방식이 전 세계적으로 가장 보편적인 방식임
- 전기버스 충전방법은 전기버스 차량 크기, 도입 규모, 차량 성능 및 제원, 인프라 구축 비용, 인프라 구축 대상지 입지여건 등 다양한 여건을 반영하여 전기버스 충전 방법을 결정하여야 하며 방법 및 충전 시간에 따라 Depot, Terminal, On-route charging 으로 구분할 수 있음
- 최근 전기버스 충전 기술은 전용 Embedded system과 IoT를 활용한 스마트 충전 기술이 각광 받고 있으며, TOC를 활용한 차량 별 배터리 상태를 실시간으로 모니터링하여 잔존 용량에 따라 충전시기를 결정하는 등 효율적으로 운영하기 위한 노력을 하고 있음
- 국외 사례의 특이점으로 런던의 차고지 설계 사례가 있으며, 심야 전력을 이용하는 Depot charging의 경우 동시 충전 규모가 대형화 될 경우 차고지 용량 초과로 인해 점유 부지 부족 및 Power distribution문제가 발생할 우려가 있음
- 이에 따라 버스 운영사는 차고지 부지 및 버스 점유 면적, 회전 반경, 충전 순서 및 시간 등에 따라 순서대로 이루어질 수 있도록 전기버스 차고지를 설계하여 운영하고 있음

### 3. 전기버스 도입 시뮬레이션

- 시뮬레이션 대상 노선은 현재 전기버스 기술 수준에 따른 운행거리를 감안하고 현재 시판된 모델이 일반저상형 시내버스 모델임을 고려하여 수원시가 인가하고 관내를 운행하는 24개 노선으로 선정함
- 기상 조건, 공조장치 가동, 탑승인원, 운행시간대 등을 종합적으로 고려하여 배터리 에너지 효율에 따라 3가지 전비 시나리오로 구성하여 24개 노선에 대해 SOC를 고려한 최적 가용 배터리 용량이 적용된 전기버스의 시판모델 별 운행가능거리를 분석하였음
- 보통 조건(Normal condition)이상에서는 대용량 배터리를 탑재한 BYD 모델 이외에는 1회 충전 시 전일 운행이 불가능한 것으로 나타났음

- 1회 운행거리가 74.4km에 달하는 장거리 노선이 포함된 운행거리 4그룹 노선(11-1)의 경우 일부 모델의 경우 1회 충전 시 1회 운행이 불가능한 것으로 나타나 장거리 운행에 따른 전기버스 도입 여건이 타 운행거리 그룹보다 훨씬 열악한 것으로 나타남
- 분석결과를 바탕으로 충전방법을 결정하였으며, 노선 내 차고지가 존재하는 그룹과 공차회송에 따른 이동거리가 증가할 것으로 예상되는 노선 내 차고지가 없는 그룹을 구분하여 일일 충전회수에 따른 충전방법 기준을 제시하였음
- 한편, 중앙정부의 전기버스 보조금 배정계획을 검토한 결과 경기도의 경우 2019년에 73대가 배정되었으며, 경기도 시내일반형 버스 등록 비율로 추산하였을 때 수원시는 단순환산 시 8~9대 가량 지원받을 수 있을 것으로 예상됨
- 2019년 이후 수원시가 계획하고 있는 버스 대폐차 규모는 461대로 이를 모두 전기버스로 전환 시 전기버스 가격 4억 5천만원, 업체 자부담 가격 1억 5천만원을 기준으로 5년간 429억원 가량의 재원이 필요할 것으로 예상됨
- 단, 경기도와 지자체의 전기버스 보조금 지급 여부 및 지급 규모, 분담 비율에 관한 논의가 이루어지지 않아 본 연구에서 자체적으로 가정하였으며, 충전 인프라 구축, 제반 시설 유지관리를 위한 인건비 등이 추가로 반영되어야 할 것으로 판단됨

#### 4. 전기버스 충전 인프라 시범사업 구상

- 교통카드 데이터를 활용하여 충전소 입지 분석을 한 결과 기·종점 버스 수에 기초하여 수원시 관내 7개소가 충전소 후보지로 분석되었음
- 6개소의 경우 기존 차고지와 중복이 발생하거나 시가지가 변화하여 설치 부지 확보가 어렵다고 판단되어 인프라 사업구상 대상지로 수원역 환승센터 내 유희부지 두 지점을 선정함
- 충전인프라 시범사업은 수원역 환승센터의 유희공간을 활용하여 전기버스 충전인프라를 설치하여 수원시를 전기버스 도시의 모델로 정립하려던 것이 기본 구상으로 수원역 관련 유관기관(수원도시공사, 한국철도공사, 한국전력공사)을 방문하여 구상실현화를 통해 인터뷰 조사를 실시함
- 수원역 환승센터는 기·종점으로 하는 노선과 중간 경유 노선이 많아 기본적으로 급속 충전 방식인 Terminal charging과 On-route charging을 검토하였음

## 제2절 정책제언

### 1. 사업 시행주체 단계별 전환

- 관내 버스업체인 수원여객의 경우 10대 도입을 시작으로 순차적으로 90대를 추가 도입하여 100대까지 확대 도입할 계획을 발표한 바 있으며, 경기도도 2017년 11월, 미세먼지 저감대책으로 도내 시내버스의 전기버스 전환을 발표하였음
- 그러나 경기연구원(2017)이 작성한 전기버스 증장기 도입 확대계획에 따르면 2027년까지 경유버스를 전기버스로 전면 교체 시 사업비가 1조3천억원으로 추산되어 재정적 부담이 예상되고 중앙정부(환경부)에서 경기도에 배정한 전기버스 보조금 물량이 73대에 불과하여 추가 지원을 받을 수 있을지는 불투명한 상태임
- 전기버스 초기 보급 확대 및 활성화를 위해 운수사업자의 투자비 부담을 해소할 필요가 있으며 이를 위해 공공부문에서 단계적으로 민간분야까지 사업주체가 확장되는 방향이 바람직하다고 보여짐
- 아직 전기버스가 본격적으로 상용화되기 이전 시점에서 수원시는 제조사와 협상하여 Test-bed를 제공하고 제조사에게 버스 차체 및 충전 인프라 유지 관리 인력 확보와 충전 인프라 설치를 유도하는 방법도 제안함

〈그림 6-1〉 사업 시행주체 단계별 전환



## 2. 전기버스 도입 계획 수립

- 전기버스 도입 시기별, 단계별 계획을 수립하여 전기버스가 대중교통 체계에 정착하는 것이 필요함
- 한편, 현재 중앙정부는 현재 기술 특성을 감안하여 전기차는 중·단거리 승용차 체제로, 수소차는 중·장거리 승용 및 대형버스 위주로 보급한다는 방향을 제시하고 있어 전기버스에 대한 보조금 지급 규모가 변동될 수 있을 것으로 예상됨
- 이에 따라 전기버스를 관내 마을버스, 단거리 시내버스 위주로 투입하고 향후 수소버스가 상용화 될 경우 장거리 노선, 시계·외 진출입 노선 또는 좌석, 광역 버스 등의 확대하는 등 장기적 관점에서 도입계획 작성이 이루어져야 할 것으로 판단됨
- 사실 수원시가 전기버스 보급계획을 제시하기 앞서 업체에서 먼저 선도적으로 전기버스 도입을 제안한 측면이 있으며, 수원시 차원에서는 전기버스 도입규모, 충전 인프라 설치 및 부지선정, 차고지 설계, 예상 소요 자원 산출 등의 내용을 포함한 계획이, 운송사업자는 도입 노선 선정과 충전시간을 고려한 운행계획 작성 등 도입을 위한 제반사항이 포함된 전기버스 도입계획이 작성이 우선적으로 선행되어야 할 것으로 보여짐

〈그림 6-2〉 전기버스 도입 계획 수립



### 3. 전기버스 기술 표준 제시

- 차체, 배터리, 충전기 소켓 및 규격의 기술 표준 제시로 기술개발 및 도입여건의 개선이 이루어져야 전기버스가 원활하게 도입될 수 있을 것으로 보임
  - 전기승용차의 경우 우리나라, 미국은 DC콤보1 타입의 충전방식으로, 유럽의 경우 DC콤보2 타입의 충전방식으로 표준화함
  - 전기버스는 전기승용차와 다르게 고용량의 배터리를 탑재하기 때문에 On-routing charging 등 초급속 충전방식도 타 국가에서는 운영중이라 충전방법에 따라 표준화를 제시해야할 것으로 보임
- 배터리의 경우 노후화에 따른 배터리 효율저하로 대폐차 주기인 내구연한 11년간 1~2회 가량 배터리 교체가 이루어져야 할 것으로 예상되며, 배터리 워런티에 대한 내용이 포함되어야 향후 유지관리나 경제성 부분에서 전기버스의 효용이 올라갈 수 있을 것으로 예상됨
- 시뮬레이션 분석결과에서 나타났듯이 공인전비의 경우 일반조건에서 1.0km/kWh 이상은 확보되어야 안정적인 수준의 전기버스 운영이 가능한 것으로 나타남
- 운수사업자의 경우 전기버스 모델 선정 시 버스 운영 및 스케줄링에 영향을 줄 수 있는 1회 충전운행거리나 차체 안전성, 신뢰성을 고려하고 있는 것으로 나타나 김포시 사례처럼 운수사업자가 기술 요구 수준을 제시하는 것도 고려할 수 있음
  - 김포시 선진버스의 경우 운수사업자가 자사 노선에 최적의 조건을 갖춘 차량을 도입하기 위해 버스 기술 개발 및 도입단계에서 직접 참여한 사례가 있음

〈그림 6-3〉 전기버스 기술 표준(안)



주 : 협력연구기관 공동 논의 사항

#### 4. 실행주체별 역할 정립 및 협력체계 구축

- 전기버스는 단순한 대중교통 버스 분야 교체사업이 아니라 전기버스 차량 도입과 더불어 충전 인프라 등 기반 시설의 병행이 필수적으로 대중교통 운행체계를 변화시키는 사업이라고 볼 수 있음
- 이에 따라 수원시에서 자체적으로 전기버스 도입 사업을 추진하기에는 재정적인 여건이 무리한 부분이 있으며, 원활한 사업 추진을 위해 정부와 지자체, 운송사업자, 충전사업자 등으로 구성된 사업 주체별 역할 정립 및 사업 추진을 위한 협력체계 정립이 필요한 시점임
- 실행주체별 역할은 다음과 같이 제시될 수 있음
  - 중앙정부 : 국가 전기버스 도입계획 수립 및 전기승용차 위주 법·제도를 정비하고 전기버스 차체 및 충전인프라의 기술 표준 제시
  - 광역정부 : 광역 단위 전기버스 도입계획 수립 및 재정 부담 완화를 위해 공공 주도 차량 리스, 충전기 보급사업 등을 추진
  - 기초정부 : 전기버스 도입 대상 노선 및 충전 인프라 구축을 위한 차고지 선정, 전기버스 우선 도입을 위한 조례 개정, 도입 후 지속적인 모니터링
  - 운송사업자 : 차고지 설계를 위한 전기버스 충전 수요조사 및 도입 후 유지관리

〈그림 6-4〉 실행주체별 역할 정립 및 협력체계



## 5. 결론

- 현재 디젤 버스에서 상당수 전환 도입된 CNG 버스는 디젤버스 대비 질소산화물(NOx), 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 미세먼지(PM)의 배출량이 현저히 낮아 대기질 개선 효과가 높아 1세대 친환경 차량으로 각광받고 있고, 이미 상당 부분 보조금이 지급된 CNG 차량이 도입된 상황에서 전기버스 도입을 위해 기반 시설을 설치하거나 보조금 지급을 위한 재정 부담이 가중되어 전기버스 보급 사업 추진이 정체될 우려가 있음
- 다만, 전기버스 도입 사업의 경우 단순한 공기질 개선의 목적으로 도입하는 것이 아니라 IT기술과 접목한 신기술의 도입, 지속가능한 에너지 인프라 활용 등 세계적인 차량 변화의 흐름 속에서 거시적인 관점에서 사업의 방향성을 설정하고 추진하는 것이 필요함
- 현재는 전기버스 도입 초기 단계로 공공주도로 Test-bed 제공과 제조사에게 기반 인프라 설치 등을 유도하는 방안이 검토되었으며, 재정 부담으로 인한 활성화 저하를 방지하기 위해 공공에서 차량 또는 배터리를 리스하는 방법 또한 검토할 수 있음
- 또한 전기버스 도입 초기 단계 과정으로 충전 규격의 표준화를 이룬 전기 승용차와는 다른 특성을 지니므로 차체, 배터리, 충전기 소켓 및 규격의 기술 표준 제시되어 한국 실정에 맞는 전기버스 표준형 모델이 개발되어야 할 것으로 보임
- 수원시가 전기버스 도입계획을 수립하기 앞서 관내 업체에서 전기버스를 100대까지 확대한다고 발표하였으나 중앙정부의 전기버스 보조금 지급 규모(경기도 73대)와 기술특성을 감안한 중앙정부 정책방향(전기차는 중·단거리 승용차 체제로, 수소차는 중·장거리 승용 및 대형버스 위주)이 상이해질 우려가 있음
- 따라서 전기버스 도입계획 수립 시 중앙정부 및 광역정부의 친환경 버스 정책 기조와 맞출 것인지에 대한 정책 방향을 설정할 시기가 되었다고 사료되며 도입계획에 대한 내용은 전기버스 운영 전반에 필요한 내용들을 포함하고 있어야 함
  - 수원시: 전기버스 도입규모, 충전 인프라 설치 및 부지선정, 차고지 설계, 예상 소요 자원 산출 등
  - 운송사업자: 도입 노선 선정과 충전시간을 고려한 운행계획 작성, 충전 인프라 운영 방법 등
- 마지막으로, 실제 전기버스 차량 도입 이후 지속적인 모니터링과 데이터 축적을 통해 전기버스 운영 효과를 평가하여 향후 확대 도입 시 전기버스 운행체계가 확립되도록 할 필요가 있음

## | 참고문헌 |

## 〈국문 자료〉

- 관계부처 합동(2018.6), 전기·수소차 보급 확산을 위한 정책방향  
 김숙희(2017), 전기차 이용활성화를 위한 중장기 추진전략, 수원시정연구원  
 김점산(2018), 경기도 전기버스 도입 여건 조사, 경기연구원  
 김점산(2018), 수도권 전기버스 도입 확대방안, 경기연구원  
 박지영(2018), 수도권 전기버스 도입방안 연구 발표자료, 한국교통연구원  
 박지영(2018), 해외전기버스 도입 사례, 한국교통연구원  
 수원시(2018), 제3차 수원시 지방 대중교통 기본계획  
 한종학(2018), 인천광역시 전기버스 운행체계 기초연구, 인천연구원

## 〈영문 자료〉

- EU(2016), ZeEUS eBUS Report : An overview of electric bueses in Europe, ZeEUS  
 IEA(2018), Global EV Outlook 2018  
 US DOT(2017.5), King County Metro Battery Electric Bus Demonstration - Preliminary  
 Project Results



## | 부 록 |

## 업무 협약서

한국교통연구원, 경기연구원, 서울연구원, 인천연구원 및 수원시정연구원은 수도권 전기버스 등 친환경버스 도입 관련 정책 연구 역량 강화를 위해 다음과 같이 협약을 체결한다.

제1조 (목적) 본 협약은 한국교통연구원, 경기연구원, 서울연구원, 인천연구원 및 수원시정연구원(이하 '연구기관')의 수도권 전기버스 등 친환경버스 도입 관련 정책(이하 '수도권 전기버스 연구') 연구 역량 강화를 목적으로 한다.

제2조 (범위) ① 각 연구기관의 수도권 전기버스 연구라 함은 연구과제, 현안검토 등(이하 '연구과제 등') 예산수립 여부와 관계 없이 모든 연구형태를 포괄한다.

② 수도권 전기버스 연구의 내용적 범위는 법제도 및 상위계획, 국내외 사례연구, 도입현황 및 문제점, 도입타당성 분석, 기술수준 조사, 도입가능 대수산정, 도입확대 방안, 시범사업 구상, 중앙 및 지방정부의 역할 등이다.

제3조 (업무) ① 각 연구기관은 수도권 전기버스 연구와 관련하여 상호 협의를 통해 연구기관별 주요 연구 분야를 포함하는 연구과제 등을 계획하고 책임 있는 연구를 수행한다.

② 각 연구기관은 수도권 전기버스 연구관련 정책을 수립 시 여기에 참여하는 타 연구기관의 의견을 듣고 이를 반영한다.

③ 각 연구기관은 수도권 전기버스 연구관련 초청특강, 세미나 개최 시 타 연구기관의 참여를 독려하고 의견을 듣는다. 주관 연구기관이 이 비용을 부담하되, 필요할 경우 연구기관간 협의를 통해 분담할 수 있다.

제4조 (비밀유지) 각 연구기관은 이 협약의 이행과 관련하여 파악한 상대방에 관한 비밀 정보를 상대방의 서면에 의한 사전 승낙 없이 제3자에게 명시 또는 누설해서는 안 된다.

제5조 (유효기간) 본 협약은 협약 당사자 대표자의 서명일로부터 발생하고 2018년 12월 31일까지 유효하다.

제6조 (협약의 변경) ① 본 협약내용은 각 연구기관이 서면 합의에 의하여 협약 내용을 변경 또는 추가할 수 있다.  
 ② 각 연구기관이 본 협약에 정한 내용을 변경하거나, 보완 할 필요가 있을 때 상호 서면 합의서를 교환한다.

제7조 (협약의 효력 발생) 협약 내용을 증명하기 위하여 협약서 5부를 작성하고, 각 연구기관이 각각 1부씩 보관한다.

2018년 9월 21일

한국교통연구원	4차산업혁명 교통연구본부장	신희철 (인)
경기연구원	휴먼교통연구실장	송제룡 (인)
서울연구원	교통시스템연구실장	김원호 (인)
인천연구원	교통물류연구실장	김종형 (인)
수원시정연구원	기획조정본부장	송창석 (인)



| 저자 약력 |

김숙희

교통공학박사

수원시정연구원 안전환경연구실 연구위원

E-mail : sukheek@suwon.re.kr

주요 논문 및 보고서

「시티투어 서비스 만족도가 재이용의사에 미치는 영향분석: 수원 시티투어 중심으로」 (2018, 대한교통학회)

「고령화 사회에 대비한 교통정책방향 : 고령운전자 중심으로」 (2017, 수원시정연구원)

정가형

교통공학석사

수원시정연구원 안전환경연구실 연구원

E-mail : dave@suwon.re.kr

주요 논문 및 보고서

「전기차 이용활성화를 위한 중장기 추진전략」 (2017, 수원시정연구원)

「수원시 지속가능 도시지표 개발」 (2017, 수원시정연구원)



