에너지경제연구원 2020년도 연구성과발표회

에너지경제연구원

E-mobility 성장에 따른 석유·신재생·전력산업 대응 전략 연구(전력) (2/4)

2021.04.01

에너지경제연구원

Contents
목차

1. 연구 배경

2. 수송부문 현황

3. 육상수송부문 그린 뉴딜 효과

4. 해상운송 전력화에 따른 전력사용량 추정

5. 결론 및 정책적 시사점

에너지경제연구원
연구성과 발표회

01.
연구 배경

에너지경제연구원

❑ 현안 및 필요성

- 전기자동차 보급 확대 → 수송산업 + 석유제품 산업 + 전력산업의 공동 이슈로 부상

수송산업

• 생산 제품의 형태 변화

- 내연기관(엔진) → 모터
- 연료(석유제품) 저장 → 전기저장장치

• 유관산업 변화

- 정비산업 : 전기차 관련 정비량 ↓
- 화물·해상·항공운송으로 점차 전기기반 수송수단의 영역 확장 가능성 ↑

석유제품 산업

• 생산 제품 사용량 변화

- 석유제품 소비 감소

• 유관사업 변화

- 소비감소에 따른 신규투자 위축
- 기존 사업의 수익성 하락

전력산업

• 생산 제품 사용량 변화

- 전력사용량 증가

• 유관사업 변화

- 송·배전 망 신규설비 확충
- 전력수송부문 기술 개발 필요성 ↑
- 친환경 전력생산의 사회적 요구 증가

❑ 전기자동차 관련 최근 정책 및 기술 현황

- 그린 뉴딜 (한국판 뉴딜, 2020.07.14)
  - o 10대 대표과제: ⑩ 친환경 미래 모빌리티
    - 25년까지 전기차 113만대 보급 : 기존 목표(22년 43만대, 30년 300만대)의 중간지점 목표치 설정
    - 전기차의 보급형태 명시 : 승용(택시 포함), 버스, 화물차
    - 노후선박 : 친환경(LNG, 하이브리드 등)으로 연료전환, 친환경 선박 혼합연료 기술개발 추진

- E-mobility 기술 현황
  - o 육상 운송
    - 승용차 : 전세계 주요 자동차 제조사들의 본격적인 전기차 생산 및 기술경쟁 진입
    - 화물차 : 국내 1톤 트럭 출시 → 2020년 11,000대 보조금 지원
    - 전기버스 : 국내 최신형 모델 출시(카운티, 일렉시티) → 2020년 650대 보조금 지원
  - o 비육상 운송
    - 해양수산부 : 전기추진차도선(승객 100명 이상, 차량 20대 이상, 1MW급) 2024년까지 개발
    - 항공부문 전기추진 설비 : 현재 기술개발중 → 상용화 단계 예측 불가

에너지경제연구원
연구성과 발표회

02.
수송부문 현황

에너지경제연구원

❑ 국내 육상수송 차종별 등록 추세 및 현황

- 전체 등록차량 중 대부분은 승용(여객) 차량
  - o 2019년 승용차량 비중은 약 81%를 기록
    - 2000년 67%에서 지속적으로 상승
    - 화물차의 비중은 19년 기준 약 15%를 기록

<표 1> 국내 육상수송 차종별 등록현황 및 추세 (단위: 대, %)

구분	2000	2010	2015	2019
총계	12,059,276	17,941,356	20,989,885	23,677,366
- 승용차	8,083,926	13,631,769	16,561,665	19,177,517
	67.0%	76.0%	78.9%	81.0%
- 승합차	1,427,221	1,049,725	920,320	811,799
	11.8%	5.9%	4.4%	3.4%
- 화물차	2,510,992	3,203,808	3,432,937	3,592,586
	20.8%	17.9%	16.4%	15.2%
- 특수차	37,137	56,054	74,963	95,464
	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%

주: 각 연도별 12월 자동차 등록자료 통계를 활용하여 저자 재구성
자료: 국토교통부 통계누리-자동차등록자료 통계(접속일자: 2020.10.2.)

❑ 육상수송 에너지 사용량

- 육상수송 연료소비 비중 : 여객(61%), 화물(38%), 기타(1%)
  - o 승용(여객) : 휘발유 49% → 경유 29% → LPG 21%
  - o 화물 : 경유가 전체의 대부분(95%)을 차지
- 노후 경유 승용차 및 화물차에 대한 전기자동차 보급 정책 필요

<표 2> 2019년 육상수송 부문 연료소비 현황 (단위: 천Bbl, %)

부문	소비량	석유제품	소비량	비중
여객	152,899 (61%)	휘발유	75,109	49%
		경유	44,965	29%
		LPG	32,806	21%
		기타	19	0%
		소계	152,899	100%
화물	97,016 (38%)	휘발유	4,451	5%
		경유	92,561	95%
		기타	4	0%
		소계	97,016	100%

자료: PEDSIS 국내석유정보시스템, https://www.pedsis.co.kr/ (최종접속일: 2020.08.05.)

❑ 육상운송 부문 대기오염물질 배출 현황

- 화물수송은 승용부문에 비해 높은 초미세먼지, NOx 배출
  - o 등록대수 기준 승용차 대비 16% 수준인 화물차의 대기오염물질 배출 ↑
    - 질소산화물, 초미세먼지(PM2.5)는 승용차에 비해 높은 배출량 기록 : 화물차는 경유를 주연료로 사용

<표 3> 차종별 대기오염물질 배출량 (2016년 기준)

(단위: 톤)

	CO	NOx	SOx	PM2.5	VOC
승용차 (A)	141,858	158,377	117	2,270	18,932
화물차 (B)	49,643	239,450	85	6,712	12,700
비율 (B/A)	35.0%	151.2%	72.7%	295.7%	67.1%

자료: 국가미세먼지정보센터(https://airemiss.nier.go.kr/mbshome/mbs/airemiss/index.do)자료를 바탕으로 저자 재구성

- 현재 전기차 보급은 승용부문에 집중
  - o 전기차 산업은 초기단계로 차량 중 기본인 승용부문에 역량 집중
  - o 향후 정책은 기술혁신, R&D 투자 등을 바탕으로 전기화물차(상용차) 보급 확대 필요

❑ 국내 전기 트럭 제품 현황

- 국내 완성차 생산업체에서 1톤 트럭 제품 출시
  - o 완충 시 운행거리가 일일 평균 운행거리를 상회 → 운행 중 방전 우려 감소
    - 보조금, 연료경제성 등으로 최근 판매량은 급격히 상승 중

회사/차량	차량 이미지	완충시 운행거리	충전시간	연비 (km/kWh)	출시 시기	비고
현대/포터2EV		211km	급속 충전시 54분	3.1	2019.12	2020년 보조금 지급 대수 : 기존 7,500 + 그린뉴딜 5,500 →13,000대
기아/봉고3EV		211km	급속 충전시 54분	3.1	2020.01	

자료 : 현대/기아자동차 홈페이지

에너지경제연구원
연구성과 발표회

03.

육상수송부문 그린 뉴딜 효과

에너지경제연구원

❑ 육상수송 분석 기초자료 추정

- 주요 차종별 보급 대수 추정

  o 완충 시 운행거리가 일일 평균 운행거리를 상회 → 운행 중 방전 우려 감소

  - 보조금, 연료경제성 등으로 최근 판매량은 급격히 상승 중

<표 4> 차종별 전기자동차 보급 전망 (단위: 대)

분류		2021	2022	2023	2024	2025
기타 차종	화물차	38,000	63,000	88,000	113,000	138,000
	택시	11,600	21,200	30,800	40,400	50,000
	전기버스	2,233	3,233	4,233	5,233	6,233
	소계	51,833	87,433	123,033	158,633	194,233
일반승용차		227,926	342,567	540,300	738,034	935,767
보급대수		279,759	430,000	663,333	896,667	1,130,000

자료: 저자 직접 산출

❑ 육상수송 분석 기초자료

- 주요 차종별 연비 및 연간 주행거리 기초자료 정리

<표 5> 승용차별 일평균(연간) 주행거리(km)

(단위: km)

차종	휘발유	경유	LPG	2018년 자동차 주행거리통계 분류
일반 승용차	29.7 (10,841)	39.6 (14,454)	-	비사업용 승용차
화물차	-	40.4 (14,746)	-	비사업용 화물차(1톤 이하)
택시	-	-	90.6 (33,069)	사업용 LPG 승용차
버스	-	161 (58,765)		사업용 경유/기타 승합차

주: ( )는 자동차 1대당 연간 총 주행거리

자료: 한국교통안전공단(2019), p.34 용도별 차종별 연료별 자동차주행거리 통계를 활용하여 저자 편집

❑ 육상수송 분석 기초자료

- 주요 차종 별 연비 및 연간 주행거리 기초자료 정리

<표 6> 차종별 사용 연료별 연비

차종	전기 (km/kWh)	휘발유	경유	LPG	자료 출처
		(km/리터)			
일반 승용차	5.65	11.44	12.83	-	2019년 자동차 에너지소비효율 분석집
화물차	3.1	-	9.22	-	포터2, 봉고3기준(EV), 2019년 자동차 에너지소비효율 분석집
택시	5.65	-	-	8.77	2019년 자동차 에너지소비효율 분석집
전기 버스	1.25	-	2.49		일렉시티 (319km, 256kWh배터리 기준)

자료: 각 차종별 세부 출처 자료를 바탕으로 저자 직접 편집

에너지경제연구원

❑ 수송부문 전력화 확산에 따른 환경편익 분석

- 연료별 외부비용 추정 결과 활용
  - o 기존 정부정책(제세부담금 체계 개편)을 위해 작성된 보고서 참조
    - 전력 : 『발전용 에너지 제세부담금 체계 합리적 개편 방향 연구』(2018)
    - 석유제품 : 『수송용 에너지 상대가격 합리적 조정방안 연구』(2017)

<표 7> 발전원별 환경비용 산정 결과표

(단위: 원/kWh)

발전원	SOx	NOx	PM2.5	CO2	합계
LNG	0.32	4.77	0.33	15.72	21.14
무연탄	22.22	32.36	0.94	35.68	91.20
유연탄	16.21	17.08	0.82	35.68	69.79
석탄가중평균	16.31	17.34	0.82	35.68	70.15

주: 석탄 환경비용은 전력통계정보시스템(EPSIS)의 2018년도 무연탄과 유연탄 발전설비비(무연탄 : 유연탄 = 1.7 : 98.3)로 가중평균하여 산출

자료: 이동규(2018), p.58 표를 바탕으로 저자가 재구성

<표 8> 차종 및 연료별 리터당 대기오염물질의 환경피해비용

(단위: 원/리터)

원/리터	휘발유 (승용)	경유		LPG (승용)
		승용	화물	
CO	324.9	57.9	130.4	135.1
NOX	87.8	614.2	940.6	46.2
SOX	0.2	0.2	0.3	0.1
VOC	4.7	1.1	3.2	0.5
PM2.5	0.6	93.4	123.2	0.0
온실가스	66.4	78.2	78.2	51.7
합계	484.6	845.0	1,275.9	233.6

자료: 이동규(2017), p.27 표를 바탕으로 저자가 재구성

❑ 수송부문 전력화 확산에 따른 환경편익 분석

- 환경편익 : 내연기관차 환경피해비용 – 전기차 환경피해비용
  - o 그린뉴딜 기간 동안 총 3.2조원의 환경편익 비용 발생

<표 9> 전기자동차 보급에 따른 연도별 대기환경 편익 추정

(단위: 백만원)

대체 내연기관 차종 및 연료	2021	2022	2023	2024	2025
화물차 (경유)	71,474	118,330	165,510	212,872	260,213
전기버스 (경유)	60,343	87,283	114,387	141,566	168,728
일반승용차 (경유)	98,689	148,085	233,929	320,141	406,361
일반승용차 (휘발유)	45,026	67,492	106,724	146,233	185,749
택시 (LPG)	7,971	14,503	21,169	27,922	34,672
합계	283,502	435,693	641,718	848,733	1,055,723

자료: 저자 직접 산출

에너지경제연구원
연구성과 발표회

04.

해상운송 전력화에 따른 전력사용량 추정

에너지경제연구원

4. 해상운송 전력화에 따른 전력사용량 추정

❑ 해상운송 부문 전력화 현황

- e-Ferry의 출현
  - o 30대의 자동차와 200명의 승객을 실은 대형 페리(Ferry)가 덴마크에서 첫 상업 운항에 성공함
    - 노르웨이에서 제작된 순수 전기 선박 이페리 엘렌(Eferry Ellen)이 덴마크에서 상업 운항을 시작
  - o 18년 4월 노르웨이에서 세계 최초 100% 전기추진선박 '피요르드의 미래'(Future of the Fjords)호가 운항

배기가스 95%↓, 100% 전기로 가는 페리 상업 운항 성공

김흥식 기자 | 승인 2019.08.22 08:40 | 댓글 0

SMM Ship of the Year 2018: Future of The Fjords

Future of the Fjords

BY **THE MARITIME EXECUTIVE** 09-04-2018 07:04:32

The all-electric passenger vessel *Future of The Fjords* has won the Ship of the Year 2018 award at SMM.

4. 해상운송 전력화에 따른 전력사용량 추정

❑ 해상운송 부문 전력화 현황

- 국내 전기선박 개발 현황 (해양수산부, 2020.04.20. 보도자료 참조)
  - o 『전기추진 차도선 및 이동식 전원공급 시스템 개발 사업』 추진
    - 2024년 국내 연안 실제 항로 투입 목표 : 2024년까지 총 268억원 투자
    - 승객 100명 이상, 차량 20대 이상 등의 화물 운송 가능 규모
    - 여객 1척당 연간 127톤의 이산화탄소, 0.34톤의 미세먼지 배출
    - 순수 전기추진 선박도입 1척의 환경편익 → 연간 9억원 추정

❑ 해상운송 부문 에너지 소비 현황

- 해상운송 부문 전력화 유망 부문 분류
  - o 연근해 어업, 내국적 연안, 내륙항로 수송업은 전력화 가능성
    - 전력화 가능성 중 연료소비가 높은 연근해 어업의 전력화 관심 필요
    - 전력화 가능한 석유제품 소비량 약 9.392천bbl(1,492,406천리터)
      → 2025년 113만대 석유제품 소비량과 유사

<표 10> 해상부문 연료전환 대상 석유제품 및 소비량 (2019년 기준)

(단위: Bbl)

연료종류	어업		해상운송		합계
	연근해어업	기타어업	내국적 연안, 내륙항로 수송업	수상운수 보조서비스업	
휘발유	655,029	513	126	24,359	680,027
경유	6,209,066	17,175	228,999	740,213	7,195,453
경중질유	5,866	538	286,520	254,268	547,192
중유	29,959	1,117	81,926	13,589	126,591
벙커C유	37,264	3,872	199,204	602,508	842,848
합계	6,937,184	23,215	796,775	1,634,937	9,392,111

자료: PEDSIS 국내석유정보시스템, https://www.pedsis.co.kr/ (최종접속일: 2020.08.05.)

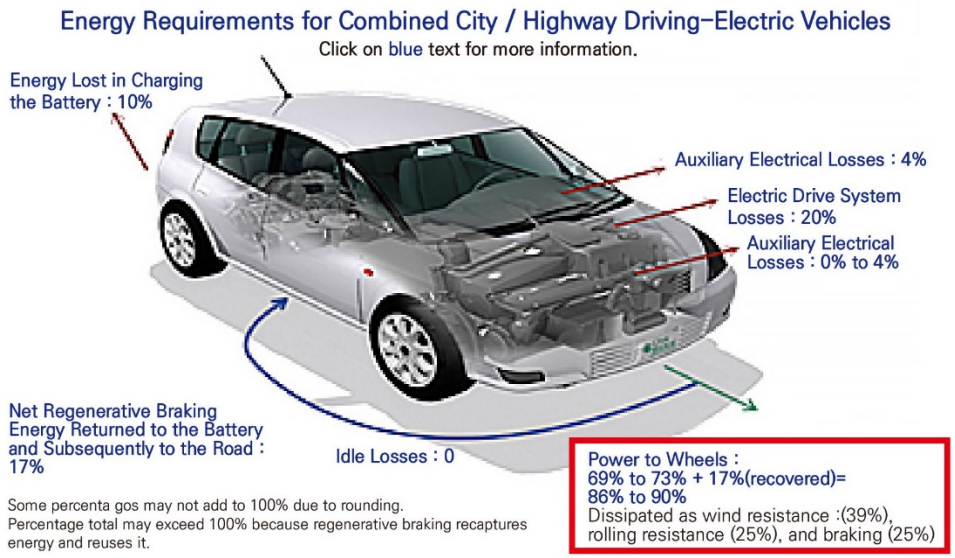
4. 해상운송 전력화에 따른 전력사용량 추정

❑ 해상운송 부문 전력사용량 추정

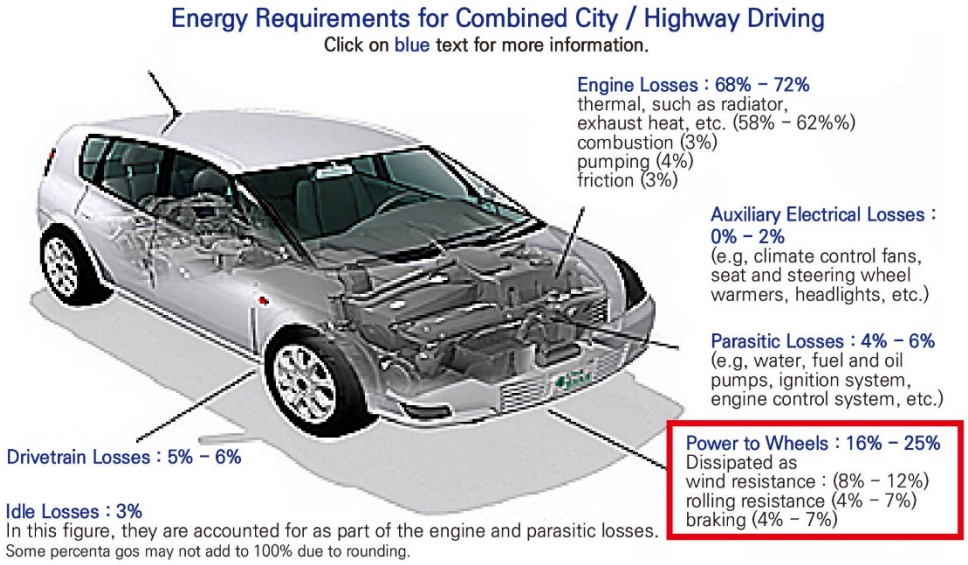
- 전기선박의 에너지소비 효율 추정
  - o 내연기관 자동차 : 연료(석유제품) 100 사용시 16~25% 수준으로 전달
  - o 전기 자동차 : 연료(전기) 100 사용시 86~90% 수준으로 전달
  - o 전력생산 효율 : 중유발전소 효율 (2019년 35.77%)

<자동차 기준 내연기관/전기차 효율 (미 EPA, fueleconomy.gov 자료>

<그림> 내연기관 자동차의 에너지 효율



<그림> 전기자동차의 에너지 효율



❑ 해상운송 부문 전력사용량 추정

- 기술발전에 따른 장기적 영향 수준 전망 가능
  - o 장기적으로 해상부문의 전력화 진행시 약 3,445MWh 전력 사용 전망
    - 현재 기술 수준으로는 해상부문의 급격한 전력사용량 증가는 다소 무리한 전망임
    - 전기선박에 대한 정보 부족으로 전기차 관련 정보를 차용
    - 최대부하 시간대 약 400MW (3,3445GWh/8,760h) 수준의 영향을 미칠 것으로 분석됨

<표 11> 해상부문 주요 석유제품 연간 에너지소비 열량 추정

연료 종류	화석 연료 사용량			
	BBL(배럴)	천리터	연료별 순발열량 (kcal/L)	총열량 (Gcal)
휘발유	680,027	108,056	7,260	784,489
경유	7,195,453	1,143,357	8,410	9,615,636
B-A	547,192	86,949	8,690	755,585
B-B	126,591	20,115	9,080	182,647
B-C	842,848	133,929	9,360	1,253,571
합계	9,392,111	1,492,406	-	12,591,928

주: 1배럴=158.9리터

자료: 연료별 순발열량은 에너지법 시행규칙의 에너지열량 환산기준 참조, 저자 작성

<표 12> 해상부문 연료전환에 따른 연간 전력소비량 추정

주요 정보	내연기관 수송수단	전기 수송수단
연료량	12,591,928 Gcal	3,445GWh 393MW/1시간
효율 (Power to Wheels)	20%	85%
동력 전달량	2,518,386Gcal	-
전력량환산 (1kWh = 860kcal)	2,928GWh	2,928GWh

자료: 저자 작성

에너지경제연구원
연구성과 발표회

05.
결론 및 정책적 시사점

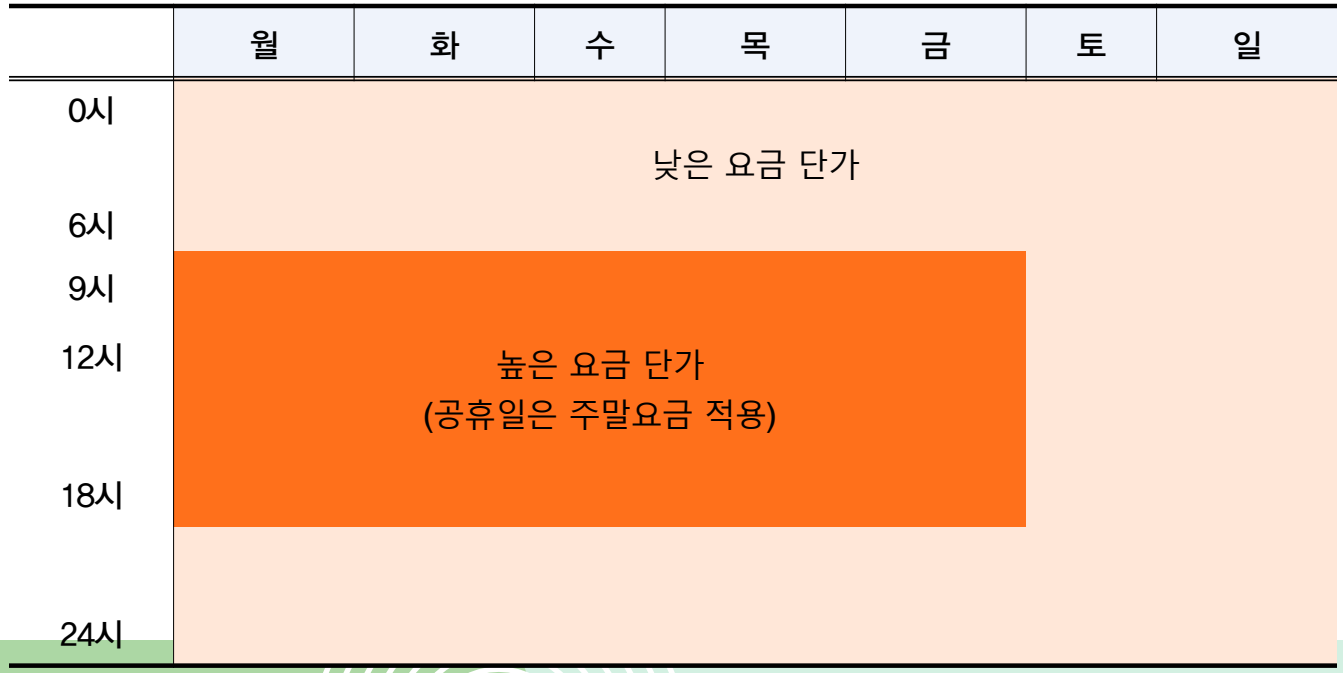
에너지경제연구원

5. 결론 및 정책적 시사점

❑ E-mobility의 확산 : 지속적으로 증가

- 수송부문의 전력사용 : 전세계적으로 발생되는 트렌드 → 생산전력의 비중 중요
  - o 전기수송수단의 증가 → 사용연료의 친환경성 확보 요구 증대 → 재생에너지 비중 확대
    - 변동성 전원 비중 확대에 따른 전력계통 안정성 확보 필요
- 주·야간 및 주중·주말 차등요금제도 도입 : 지속적으로 요금제도 개발/수정을 통한 수요관리 필요

<2차년도 정책제안 – 전기자동차 충전요금제도>



감사합니다

에너지경제연구원