

정책 이슈페이퍼 12-01

# 전기자동차 보급 전망과 전력수급 안정 방안

■최도영 외

## 목 차

- I. 배경 및 문제점 / 1
- II. 조사 및 분석 결과 / 4
- III. 정책 제언 / 17
- IV. 기대 효과 / 22
- <참고자료> / 23



## I . 배경 및 문제점

### 1. 연구 배경

- 세계 자동차시장의 패러다임이 내연기관 자동차에서 전기자동차로 이행
  - 자동차 배출가스에 대한 국제적인 환경규제 강화, 석유 자원의 고갈 가능성 증대, 고유가 지속 등이 원인
  - 소비자들은 유가 상승에 대한 부담으로 고효율 자동차에 대한 선호를 증대
    - 최근 우리나라에서 연비가 높은 경차와 하이브리드 자동차(Hybrid Electric Vehicle: HEV), 수입 경유(클린디젤) 자동차의 판매가 두드러지게 증가
    - 전 세계적으로도 하이브리드 승용차 시장은 급신장세를 나타냄.
  - 선진국들은 순수 전기자동차(Electric Vehicle: EV) 및 플러그인 하이브리드 자동차(Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV) 보급정책을 강력히 추진
    - 전기자동차는 효과적인 글로벌 온실가스 감축수단이자, 지속가능한 환경을 위한 필수적인 대안으로 부상
    - 미국, EU, 일본, 중국 등은 전기자동차를 선택의 문제가 아니라, 국제 경제 환경과 자동차 산업의 판도를 뒤흔들 수 있는 핵심 기술로 인식
    - 주요국은 전기자동차 구매보조금 지원, 세제혜택 등의 인센티브뿐만 아니라 주차·충전 편의성 부여, 차량운행 관련 혜택 등 각종 지원책 시행

#### <참고> 분석 대상 전기자동차의 정의 및 특징

- 전기자동차는 전기 배터리와 전기 모터를 사용하여 구동하는 자동차를 통칭하며, 정부가 정하고 있는 그린카에 포함

- 전기자동차는 현재 배터리 및 모터의 역할이나 전기를 이용하는 구동 방식에 따라 아래와 같이 4가지로 구분
- ① 순수 전기자동차(Electric Vehicle: EV), ② 플러그인 하이브리드 자동차(Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV), ③ 하이브리드 자동차(Hybrid Electric Vehicle: HEV), ④ 연료전지 자동차(Fuel Cell Electric Vehicle: FCEV)
- 본 연구에서는 ‘전기자동차’를 순수 전기자동차, 플러그인 하이브리드 자동차, 하이브리드 자동차를 통칭하는 개념으로 사용(연료전지차 제외)
- 전기자동차 보급 확대는 국가 에너지수급 및 온실가스 배출에 영향을 초래
  - EV, PHEV, HEV 등 기술별 전기자동차의 보급 추세에 따라 에너지수급 및 온실가스 배출에 미치는 영향에는 차이가 발생
    - 연비가 높고 외부로부터 전기 충전이 필요 없는 하이브리드 자동차의 보급이 확대될 경우, 추가적인 전력수요 증가 없이 석유연료 소비 감축이 가능
    - 전력망에서 전기를 충전해야 하는 EV와 PHEV의 보급 확산은 석유 소비를 급격히 줄이겠지만, 전력수요 증가에 따른 발전에너지 수요 확대를 유발
  - 전기자동차의 높은 에너지 효율성(연비)에도 불구하고, 에너지수급 및 온실가스 배출에 미치는 영향은 1차에너지 수급 기준으로 평가해야함.
    - 순수 전기자동차의 에너지 효율성은 내연기관 자동차보다 4배 정도 높은 것으로 알려져 있음.
    - 그러나 국가(지역)의 전원 구성 여하에 따라 전기자동차 보급이 오히려 1차에너지 소비와 온실가스 배출을 늘리는 결과를 초래할 가능성도 존재
    - 특히, 전원 구성이 석탄 중심이며, 발전부문의 에너지전환 효율까지 낮을 경우, 전기자동차는 온실가스 배출 감축수단이 아닐 수도 있음.

## 2. 연구 필요성 및 목적

### □ 연구 필요성

- 전기자동차가 에너지절약, 온실가스 감축을 위한 유력한 대안으로 부상하고 있으나, 우리나라에서는 이의 효과에 대한 연구가 미흡한 상황
  - 정부는 전기자동차를 녹색성장 달성을 위한 유력한 수단으로 선정하고, 기술개발 및 시장 창출에 노력
  - 그러나 전기자동차의 실질적인 에너지절약 및 온실가스 저감 효과에 대한 기술적, 정책적 평가는 미흡
- 우리나라는 전력수요 급증과 설비증설 제약으로 전력수급에 어려움을 겪고 있으므로 전기차가 전력수급에 미칠 효과를 면밀히 검토할 필요가 있음.

### □ 연구 목적

- 전기자동차 보급이 우리나라 에너지수급과 온실가스 배출에 미치는 영향을 평가
  - 전기자동차 보급 확산에 따른 장기적인 에너지원 구성 및 온실가스 배출 변화 효과 분석
  - 자동차용 전력수요 증가가 전력 침투부하에 미치는 영향 및 장기적인 전력수급의 안정성 평가
- 전기자동차로 인한 최대 전력수요 증가를 억제할 수 있는 전력수급 안정 방안 도출

## II. 조사 및 분석 결과

### □ 주요국의 전기자동차 보급 계획 및 정책

- 주요국들은 법·제도 및 경제 환경에 따라 차이는 있지만 전기자동차 기술 개발과 시장 창출을 위해 적극적으로 노력
  - 미국, EU, 일본, 중국 등 세계 주요 국가들은 전기자동차 구매 보조금 지원, 세제 혜택 등의 금전적인 인센티브 제공
  - 미국은 효율적인 전기자동차 시장 구축을 위해 전기자동차 배터리 기술 확보 및 스마트그리드 컨소시엄 구성을 통한 전기차 운행 시범사업을 전개
  - 미래 시장잠재력이 큰 중국도 석유수입 감축, 대기오염 개선 등을 목적으로 전기자동차 산업 육성과 시장 보급을 위해 과감한 투자와 정책을 시행

<표 2-2> 전기자동차 개발지원 현황 및 계획

국가	주요 내용
미국	- 전기자동차 및 배터리 R&D에 \$24억 보조금 지급 계획발표(2009.8) - DOE \$240억 신재생에너지 대출 집행 - 2012년 전기자동차 충전소 2만 곳으로 증가 - 배터리 개발, EV 생산설비 건설, 실증사업 등 총 48개 Project 확정 및 자금 지급
일본	- 2020년까지 자동용 및 급속충전기 200만 대 - 2015년 LIB 가격, 현재보다 65% 낮춤 - NEDO 주관 차세대 배터리 개발 프로젝트 시작(2009~2015년, 총 210억 엔 규모) - 실증실험 모델 사업의 EV/PHEV 타운 선정 (2009년 동경 등 7개소)
독일	- 전기자동차 연구개발 기금 조성 - 2011년까지 배터리 등 기술개발 €5억 지원
프랑스	- 무 공해차 및 관련부품 생산업체에 매년 €2,000만 지원(2006~2010년)
중국	- 2020년까지 1,000억 위안(약 17조 원) 집행 - 12.5 계획의 7대 전략사업 중 하나
한국	- 2020년까지 전기자동차 개발에 15조 원 투입 - 2020년까지 배터리 가격 현재보다 80% 낮춤 - 2020년까지 배터리 수명 20년 도달

자료: Solar&Energy(2011)

<표 2-3> EV·PHEV 관련 정책 비교

구분	판매목표	금전적 인센티브	비고
미국	2015년까지 누적 1백만 대	대당 \$7,500	에너지부 투자기금 \$20억
일본	2020년 전기동력 자동차 200만 대 보급 목표 2020년까지 50만 대 EV 보급 계획	대당 ¥139만	인센티브는 연 단위로 변경 가능성 높음
영국	2020년까지 누적 150만 대, 2015년까지 런던에만 10만 대 EV 보급 목표	대당 £5,000	저탄소 차량에 £2억5,000만 지원
독일	2020년까지 누적 1,000,000대	-	인프라 및 배터리 개발에 €2억 8,500만 투자
프랑스	2020년까지 200만 대 정부 보유 5만 대	대당 €5,000	2020년까지 €15억
스페인	2014년까지 250,000대 판매	대당 €6,000	초기에는 마드리드, 발렌시아, 세비야 중심
중국	2011년말까지 500,000대 생산	대당 \$8,000	12개 도시에서 인센티브 적용
	2010년까지 10대 도시에서 각 1,000대 이상 EV 사용 의무화 2012년까지 중국 신차판매 10%를 친환경 차량으로 점유	대당 RMB 6,000	-
한국	2020년까지 누적 1백만 대('15년 소형차 시장의 20%, '20년 자동차 시장의 20%)	가격차의 약 50% 수준(최대 2,000만원)	세제, CO <sub>2</sub> 관련 보너스, 인센티브

자료: Solar&Energy(2011)

- 각국 정부는 EV의 대규모 보급을 희망하고 있으나, 여기에는 몇 가지 장애 요인이 존재
  - '충분한 주행거리' 확보를 위한 배터리 기술 미흡, 전기자동차 충전 인프라 부재, 높은 차량 가격, 소비자의 인식 부족 등
- 한편 미국, 일본, EU 등 주요 선진국들은 온실가스 감축을 위해 자국의 기업 평균연비 및 온실가스 배출 기준을 지속적으로 강화하는 추세

- 우리나라도 승용차의 평균연비 기준을 2015년 17.0km/ℓ로 설정하였으며, 2016년 이후 기준을 보다 강화하여 일본, EU 수준에 이르도록 할 계획
- 우리나라의 전기자동차 개발·보급을 위해서는 계획된 정책들이 효과적으로 실행될 수 있느냐가 관건

#### □ 세계 전기자동차 보급 동향 및 전망

- 2010년까지 판매된 전기자동차의 대부분은 HEV 차량이며, 2010년부터 'GM 볼트'(PHEV)의 판매가 시작되었으나, 판매량은 매우 미미
- 1999년 출시되어 판매되기 시작한 하이브리드 차량이 전체 판매량의 99% 이상을 차지
- 2000년도에 2,400대 가량 판매되었던 하이브리드 자동차는 매년 44%씩 성장하여 2010년에는 94만 대 가량 판매
- 그러나 전체 신규 차량 등록대수 중 전기자동차의 점유율은 2007년 0.7%, 2008년 0.7%, 2009년 1.1%, 2010년 1.3%로 아직까지 매우 미미한 수준

<표 2-4> 전기자동차 판매 비율

구분	2007	2008	2009	2010
세계 신규차량 등록대수	71,619,308	68,030,469	65,163,241	74,358,520
전기자동차 판매대수	504,999	504,898	738,298	940,370
전기자동차 침투율	0.7%	0.7%	1.1%	1.3%

자료: Solar&Energy(2011)

- 국가별로 보면, 2008년까지 판매된 전기자동차의 70%가 미국시장에서 판매
- 2009년에는 일본 시장의 비중이 47%로 증가하여 미국(39%)과 함께 양국에서 판매된 차량이 전체의 86%를 점유

- 다음으로는 EU가 10% 내외를 점하고 있으며, 한국시장은 1%, 호주시장 0.6%, 중국 시장 0.4% 수준

<표 2-5> 전기자동차 판매 현황

(단위: 천 대)

구분	2000	2005	2006	2007	2008	2009	연평균 증가율(%)
미국	9.4	205.7	252.6	352.3	313.7	290.3	46.5
EU	0.9	24.7	39.4	59.5	73.3	84.7	65.3
호주	-	1.6	3.2	4.9	5.0	4.2	55.4
일본	13.9	60.5	80.3	86.3	109.5	348.9	43.0
한국	-	0.1	0.2	1.0	1.7	7.1	176.5
중국	-	0.0	1.3	0.9	1.7	3.2	223.2
합계	24.2	292.7	377.0	505.0	504.9	738.3	46.2
누계	24.2	659.9	1,036.8	1,541.8	2,046.7	2,785.0	-

자료: Solar & Energy(2011)

○ 전기자동차 수요 전망 사례 I (Solar&Energy, 2011)

- 2020년 세계 전기자동차(EV, PHEV, HEV) 수요를 전체의 19%로 전망
- 전 세계 전기자동차 수요는 2010년 94만 대에서 2015년 408만 대, 2020년 1,730만 대에 도달할 전망(연평균 33.8% 증가)
- 일본이 2020년 자국 신규차량의 53%인 230만 대, 미국은 31%인 390만 대를 전기자동차로 판매할 전망
- EU는 436만 대(자국 수요 점유율 30%), 한국이 62만 대(40%), 호주가 27만 대(25%), 중국이 360만 대(12%)를 판매할 것으로 예측

<표 2-6> 국가별 전 세계 전기자동차 판매 전망

(단위: 천 대)

구분	2010	2012	2014	2016	2018	2020	연평균 증가율(%)
미국	299	429	669	1,240	2,013	3,910	29.3
일본	493	594	844	1,220	1,764	2,289	16.6
EU	114	234	484	1,020	2,123	4,360	44
호주	7	13	50	118	192	266	44.8
한국	11	24	114	276	444	615	49.7
중국	7	61	449	1,284	2,339	3,612	85.8
기타	11	19	93	711	1,457	2,250	71
합계	940	1,376	2,704	5,870	10,333	17,302	33.8

자료: Solar&Energy(2011)

○ 전기자동차 수요 전망 사례Ⅱ(IEA, 2011)

- 그린카에 대해 각국이 계획하고 있는 모든 정책이 차질 없이 이행된다는 '블루맵 시나리오'를 설정하고 세계 전기자동차 시장 수요를 예측
- 2015~2020년 기간 동안 순수 전기차와 플러그인 하이브리드차가 연평균 47%의 속도로 성장할 것으로 전망
- 또한 각국의 전기자동차 육성 정책이 2020년 이후에도 지속된다면, 2050년 경에는 EV와 PHEV가 각각 5,000만 대씩 판매될 것이라고 예측

<표 2-7> 세계 EV 및 PHEV 판매량(IEA 블루맵 시나리오)

(단위: 백만 대)

구분	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PHEV	0.0	0.7	4.9	13.1	24.6	35.6	47.7	56.3	59.7
EV	0.0	0.3	2.0	4.5	8.7	13.9	23.2	33.9	46.6
합계	0.0	1.1	6.9	17.7	33.3	49.5	70.9	90.2	106.4

자료: IEA(2011)

○ 전기자동차 수요 전망 사례Ⅲ(Global Data, 2012)

- 정부의 지원정책이 2012~2020년 기간 동안 EV 시장 성장을 결정하는 핵심 요인이라고 평가
- GlobalData(2012)는 정부 지원이라는 관점에서 두 가지의 순수 전기차(EV) 보급 시나리오를 상정
- 첫 번째는 정부가 EV 공급업체들과 소비자들을 꾸준히 지원하자는 안이며, 두 번째는 정부 지원이 제공되지 않거나 최소한으로만 제공되는 안
- 첫 번째 시나리오에서 전 세계 EV 시장은 2011~2020년 기간 동안 매년 15%씩 성장하여 2020년에는 141,260대 규모가 될 전망
- 두 번째 시나리오에서는 EV 시장이 2011~2020년 기간 동안 연평균 5%로 성장하여 2020년에 62,294대가 될 것으로 예상

□ 우리나라 장기 승용차 시장 전망

- 우리나라 승용차시장의 규모와 기술별 전기자동차가 시장에 어느 정도나 보급될 것인지를 예측
  - 승용차 소비자에 대한 설문조사를 바탕으로 한 계량경제학적 방법론(이산 선택모형)을 적용하여 전기자동차의 종류별, 차급별 판매 점유율을 예측
  - 단순히 승용차 연료별, 기술별 시장 수요에 한정하지 않고, 차급(배기량 크기)별로 세분화된 자동차 시장 전망을 시도
- 모형 및 시나리오 설정
  - KEEL-EGMS<sup>1)</sup>의 승용차부문 모형을 확장·개선(승용차 분류를 연료별, 기술별, 차급별로 세분)하여 시장 전망을 수행

1) 20년 이상의 장기 에너지 및 온실가스 배출 전망을 위한 에너지경제연구원의 Energy & Greenhouse Gas Modeling System

- EV, PHEV, HEV 등 모든 전기자동차 종류를 반영하고, 차급별 차량 대체가 가능하도록 모형을 개선
  - 기준안은 EV, PHEV 등 충전을 필요로 하는 전기자동차 및 관련된 충전 인프라가 정부의 노력에도 불구하고 현 수준에서 더 이상 보급되지 않는 안
  - 보급시나리오 I 은 전기자동차 기술발전이 이루어지고, 충전 인프라 확충도 진행되나, 세제지원 등 민간부문에 대한 정부의 지원이 없는 경우를 가정
  - 시나리오 II에서는 정부의 세제지원이 지속되고, 기술개발이 빠르게 진행되어 2035년에 배터리가격이 현 수준보다 50% 하락, 충전시간도 30분 단축 가정
- 승용차 총 등록대수 전망과 기술·연료·차급별 신규 차량 판매비중 예측 결과를 활용, 모든 승용차 종류에 대한 연도별 신규 판매 및 총 보급대수를 전망
- 시나리오 II의 2035년 신규 등록대수 전망 결과, 휘발유 승용차가 15만 9천 대 정도 판매될 것으로 예상되어 가장 수요가 낮은 전망
  - 순수 전기자동차는 2035년에 27만 7천 대의 수요가 발생하여, 전체 승용차 내수시장(가스·기타차량 제외)의 24.3%를 점유할 전망
  - 다음으로 플러그인 하이브리드 자동차(22.9%)와 하이브리드 자동차(21.0%), 경유승용차(18.0%)가 뒤를 이을 것으로 예상
- 시나리오 II의 2035년 전기자동차 총 등록대수는 700만대 수준으로 전망
- 총 보급(등록)대수 중 내연기관 승용차의 보유 비율은 2010년 99.8%에서 2035년에는 67.0%까지 하락할 것으로 예상
  - 2035년 EV는 11.7%, PHEV 11.0%, HEV는 10.6%를 점유하여 세 종류의 전기차가 엇비슷한 보급률을 기록할 전망

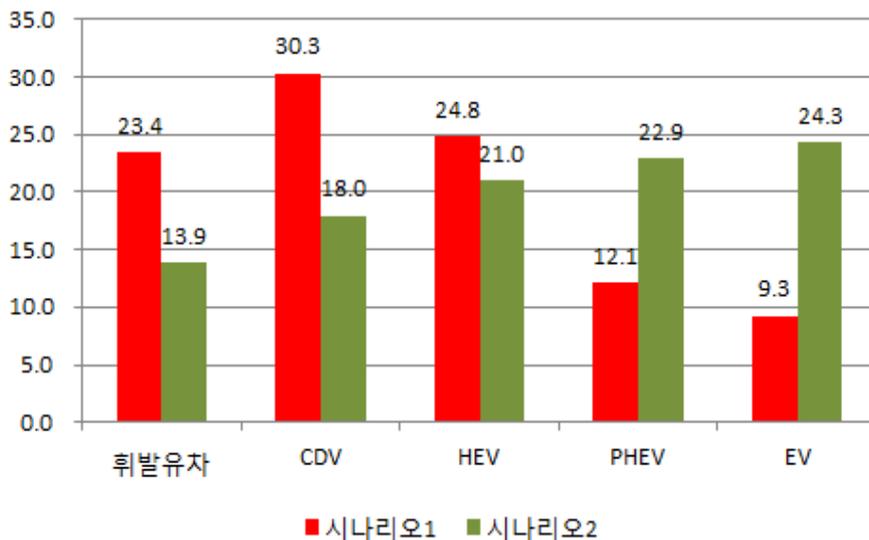
<표 2-8> 승용차 총 등록대수 전망(기준안)

(단위: 천 대)

구분	2000	2010	2015	2020	2025	2030	2035
승용차 합계	7,834	13,260	15,840	18,046	19,561	20,509	21,006
내연기관	7,832	13,239	15,717	17,844	19,296	20,192	20,640
- 휘발유	7,155	8,889	10,262	11,439	12,225	12,685	12,881
- 경유	398	2,817	3,794	4,635	5,243	5,663	5,935
- LPG/CNG	279	1,533	1,661	1,770	1,829	1,844	1,824
하이브리드	0	18	120	199	261	314	362
- 휘발유+전기	0	7	90	157	209	254	296
- LPG+전기	0	11	30	43	52	60	66
PHEV(+휘발유)	0	0	0	0	0	0	0
EV	0.0	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
기타	1.2	2.6	2.6	3.0	3.2	3.4	3.5

[그림 2-1] 시나리오별 승용차 신규 수요 비율 변화(2035년)

(단위: %)



<표 2-9> 2035년 승용차 신규 등록대수(보급 시나리오 II)

(단위: 천 대)

구분	휘발유	경유	HEV	PHEV	EV	소계
합계	159	205	240	261	277	1,143
경형	16	24	23	23	24	111
소형	34	45	57	69	82	288
중형	79	106	118	135	139	577
대형	30	29	42	34	32	166

주: 합계에는 가스(LPG/LNG/CNG) 자동차 및 기타(알코올 등) 자동차 대수가 제외되어 있음. 이들 차량(9만 6천 대)을 합할 경우 총 신규등록대수는 123만 9천 대임.

<표 2-10> 승용차 총 등록대수 전망(보급 시나리오 II)

(단위: 천 대)

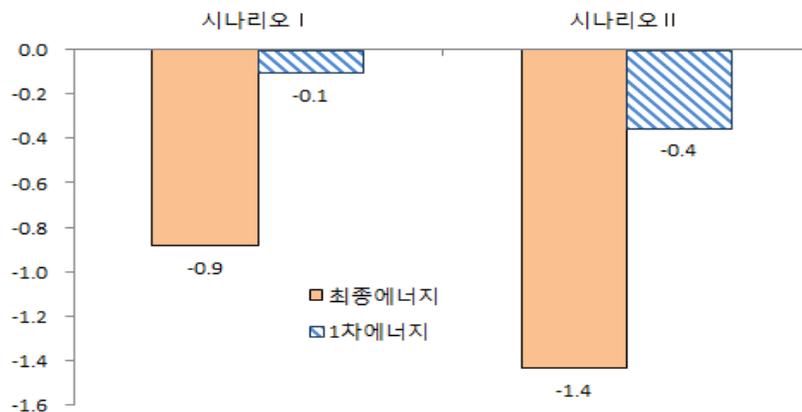
구분	2000	2010	2015	2020	2025	2030	2035
승용차 합계	7,834	13,260	15,840	18,046	19,561	20,509	21,006
내연기관	7,832	13,239	15,387	16,473	16,473	15,616	14,143
- 휘발유	7,155	8,889	10,052	10,470	10,105	9,162	7,817
- 경유	398	2,817	3,684	4,264	4,526	4,547	4,391
- LPG/CNG	279	1,533	1,651	1,739	1,842	1,907	1,935
하이브리드	0	18	213	582	1,068	1,630	2,231
- 휘발유+전기	0	7	166	471	880	1,359	1,881
- LPG+전기	0	11	47	110	188	270	350
PHEV(+휘발유)	0	0	117	491	1,005	1,627	2,310
EV	0	0	125	523	1,068	1,728	2,453
기타	1	3	3	3	3	3	3

□ 전기자동차 보급이 에너지 수요에 미치는 영향

- 승용차 시장 전망이 시나리오II의 상황으로 전개될 경우, 최종에너지 수요는 2035년에 기준안 대비 1.4% 감소할 전망
  - 최종에너지 수요 감소분은 전량 수송부문에서 발생하게 되는데, 2035년에 기준안 대비 총 8.8%의 수송에너지(석유류) 수요가 줄어들 것으로 예상
  - 최종에너지원별로는 석유가 2035년에 기준안 수요보다 4.3% 감소하는 대신 전력이 1.5% 증가할 전망
  - 2035년에 신재생에너지가 기준안 대비 0.7% 줄어드는 것은 경유수요 감소에 따라 경유에 섞여있는 바이오디젤이 같은 비율로 줄어들기 때문

[그림 2-2] 최종 및 1차에너지 절약 효과

(단위: %)



- 1차에너지 기준으로 보면, 전기차 보급 시나리오II에서 2035년에 기준안 대비 0.4%의 에너지 절약 효과(136만 TOE)가 있을 것으로 예상
  - 1차 에너지수요 절감률이 최종에너지 기준 보다 작게 나타나는 이유는 전력 수요 증가로 인해 기준안보다 에너지전환 손실량이 늘어나기 때문

- 1차에너지 원별로 보면, 2035년에 석유가 4.2% 감소하는 반면, 기저발전원인 원자력과 석탄의 수요는 기준안 대비 각각 3.2%, 1.7% 증가할 전망이다
- 이는 전기자동차 보급에 따른 최대전력 수요 증가로 2035년에 기준안에서 보다 원자력과 유연탄 설비가 더 필요하다는 것을 의미

<표 2-11> 보급 시나리오II 수요 전망

(단위: 백만 TOE)

구분	2010	2015	2020	2025	2030	2035	연평균 증가율(%)
1차에너지 수요							
석탄	75.9	90.6	102.4	103.9	110.7	117.1	1.75
석유	104.3	105.7	111.7	111.8	111.2	108.6	0.16
천연가스	43.0	44.9	45.1	52.2	56.8	57.9	1.20
수력	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	0.93
원자력	31.9	43.9	56.7	66.9	74.5	82.0	3.84
신재생·기타	6.1	8.8	13.6	16.8	18.1	19.1	4.70
계	262.6	295.4	331.2	353.2	373.0	386.4	1.56
에너지원별 최종에너지 수요							
석탄	28.0	30.4	32.7	33.5	34.3	34.7	0.87
석유	100.4	103.4	109.2	110.3	109.5	106.8	0.25
도시가스	21.1	25.5	29.8	33.0	35.7	37.5	2.33
전력	37.3	44.9	53.0	59.7	65.5	69.8	2.53
열에너지	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.5	2.92
신재생·기타	5.3	6.0	6.6	6.9	7.2	7.4	1.31
계	193.8	212.3	233.8	246.3	255.4	259.7	1.18
부문별 최종에너지 수요							
산업	115.2	129.8	144.4	151.9	157.9	161.0	1.35
수송	36.9	38.0	39.8	40.5	40.2	39.3	0.25
가정	21.7	21.8	22.8	23.4	23.7	23.7	0.36
상업	15.6	17.6	21.1	24.1	26.6	28.2	2.39
공공/기타	4.5	5.0	5.7	6.4	7.0	7.5	2.08

주: 기준안 및 보급시나리오 수요전망은 원문 보고서 참조

&lt;표 2-12&gt; 에너지수요 변화율(시나리오 II/기준안)

(단위: %)

구분	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1차에너지 수요						
석탄	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
석유	0.0	-0.3	-1.0	-2.0	-3.1	-4.2
천연가스	0.0	0.2	0.7	1.3	2.1	-2.1
수력	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
원자력	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
신재생·기타	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	0.7
계	0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.4
에너지원별 최종에너지 수요						
석탄	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
석유	0.0	-0.3	-1.1	-2.0	-3.1	-4.3
도시가스	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
전력	0.0	0.1	0.4	0.7	1.1	1.5
열에너지	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
신재생·기타	0.0	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.7
계	0.0	-0.1	-0.4	-0.8	-1.1	-1.4
부문별 최종에너지 수요						
수송	0.0	-0.7	-2.5	-4.5	-6.6	-8.8

- 전기자동차가 보급되면, 예상대로 에너지연소로 인한 우리나라 온실가스 배출도 줄어들 전망
  - 2035년 기준으로 기준안 대비 약 1.1%의 온실가스 배출 감축효과가 있을 것으로 예상
  - 온실가스 감축효과가 1차에너지수요 절약효과(0.4%)보다 크게 나타나는 것은 석유수요가 크게 감소하는 대신 원자력 발전량이 증가하기 때문
  - 우리나라의 전원계획이 원자력의 역할을 일정 수준으로 유지하면서 천연가

스와 신재생에너지의 이용을 높이는 방향으로 나아갈 경우, 전기자동차 보급 활성화는 온실가스 배출을 더욱 감축하는 결과를 가져올 전망

<표 2-13> 온실가스 배출 전망

(단위: 백만 CO<sub>2</sub> 톤)

구분	2010	2015	2020	2025	2030	2035
기준안	568.5	623.3	676.8	696.1	731.3	752.6
시나리오 I	568.5	622.8	675.1	693.0	726.7	747.7
시나리오 II	568.5	622.6	674.2	691.2	723.9	744.2
저감률(기준안/시나리오, %)						
시나리오 I	0.0	-0.1	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
시나리오 II	0.0	-0.1	-0.4	-0.7	-1.0	-1.1

□ 전력수급 안정 필요성 증대

- 전기자동차 보급 확대는 석유의존도를 낮추는 대신 전력수급 안정의 필요성을 증대
  - 전력수요 급증과 발전설비 증설의 어려움으로 전기자동차 보급 확산은 전력수급 안정의 불안요소로 작용할 수 있음.
  - 시나리오 II의 2035년 전력 판매량은 기준안 대비 크게 증가하지 않으나 (1.5%), 전력수급에 중요한 최대 전력수요는 크게 늘어날 전망
- 전기자동차에 대한 정부 지원이 지속되고 기술개발이 빠르게 진행될 경우, 전기자동차로 인한 첨두부하 증가량은 2035년에 13.9GW에 달할 전망

### Ⅲ. 정책 제언

#### □ 최대 전력수요 감축 추진

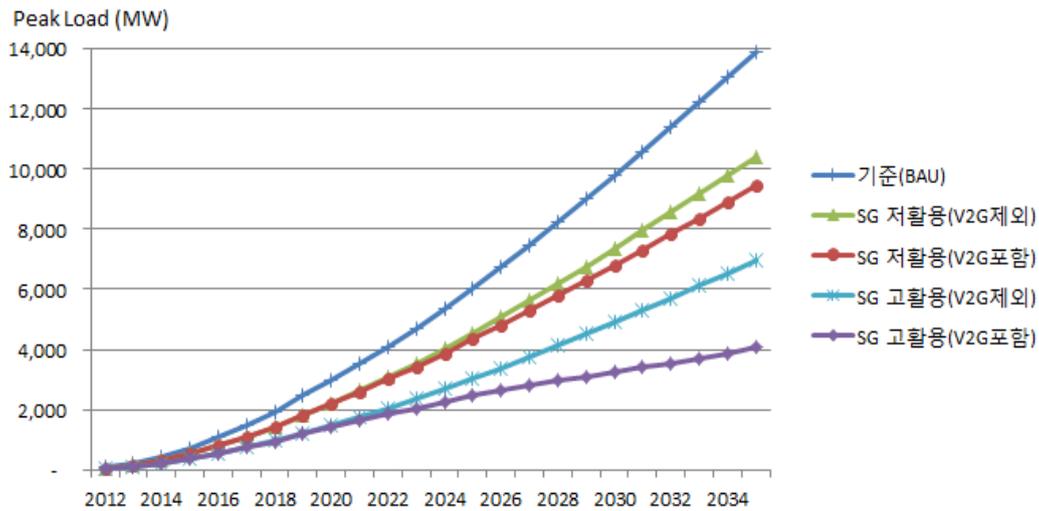
- 우선적으로 전기자동차 충전 수요가 여름 및 겨울철 최대부하 시간대에 집중되지 않도록 분산하는 정책이 중요
  - 충전설비 및 배터리 성능 향상으로 급속 충전시간 단축을 추진
  - 전력 수요가 낮은 시간대에 배터리를 충전해 두었다가 마치 주유소에서 연료를 보충하듯 배터리를 교환해 주는 '배터리 교환사업' 모델 개발
- 우리나라 자동차시장이 PHEV, EV로 급속히 이행할 경우를 대비하여 장기적으로 스마트그리드를 통한 전력부하 관리 필요
  - 스마트그리드가 적극적으로 활용될 경우(V2G 기술), 시나리오Ⅱ의 경우에도 2035년의 첨두부하는 4.1GW 증가에 머물 전망
  - 이는 스마트그리드 활용 전 첨두부하 증가량(13.9GW)보다 약 10GW 낮은 것으로, 1GW급 원자력발전소 10기를 대체할 수 있는 규모
  - 스마트그리드의 핵심기술인 에너지저장시스템(Energy Storage System: ESS) 이용 활성화 필요

#### □ V2G 기술의 적극 활용

- 전기차를 이용해 첨두부하를 줄이는 기술을 'V2G'(Vehicle to Grid)라고 칭하는데, 말 그대로 자동차에서 그리드로 전력을 공급하는 것을 의미
  - 전기자동차는 V2G를 통해, 즉 첨두부하 시간대에 배터리에 남아 있는 여분의 전기를 전력망에 보냄으로써 전력수급 안정화에 기여할 수 있음.
  - V2G는 전력수급 균형 및 첨두부하 감축에 수요자를 참여할 수 있게 하는 스마트그리드 기술에 의해 실현 가능

- 전기자동차가 피크수요에 미치는 영향 분석 시, 배터리 충전에 따른 첨두 부하 증가뿐만 아니라 V2G 기술 적용에 따른 부하 감축효과 고려 필요

[그림 3-1] V2G 활용 여부에 따른 전기자동차 첨두부하 영향



- 첨두부하 시간대에 V2G에 참여하는 전기자동차 비중이 5%에 머무는 '스마트그리드 저활용'(SG 저활용) 시나리오에서는 첨두부하가 V2G포함 여부에 크게 영향을 받지 않음.
- V2G에 참여하는 전기차 비중이 15%대로 올라가는 '스마트그리드 고활용' 시나리오에서는 V2G 포함 여부에 따라 첨두부하가 크게 변화
- '스마트그리드 고활용 시나리오'에서 V2G가 없을 경우 2035년 첨두부하 증가량이 7GW에 달하지만, V2G가 활성화(차량비중 15%)될 경우 첨두부하하는 증가량은 4.1GW에 그침.
- 스마트그리드를 통한 전기자동차의 충전부하(G2V) 및 방전부하(V2G) 관리를 함께 진행한다면 첨두부하 증가 효과를 크게 완화할 수 있음.

## □ 스마트그리드 활성화를 위한 제도 개선

- 스마트그리드를 통해 전기차의 ‘충전부하 관리’ 및 ‘V2G’가 가능하게 되면 전력수요가 높을 때 전기차의 여유 배터리 전력을 전력망에 보낼 수 있음.
- 스마트그리드 활성화를 위해서는 전력시장 구조와 규제 제도가 스마트그리드 기술의 실증과 상용화 촉진을 뒷받침할 수 있어야 함.
- 특히, 가격제도와 계약조건의 유연성 확대를 통해 전기자동차 부하와 V2G 잠재력을 효율적으로 관리할 수 있는 유인책 확대가 필요
  - 첨두부하 시간대에 배터리충전을 줄이고, 첨두부하 감축 또는 계통운영 보조 서비스가 요구될 때 V2G가 활성화되도록 스마트그리드와 가격제도를 연계
  - 우선 전력수요가 많은 시간대와 적은 시간대에 차별적인 요금을 부과하는 계시별 요금제 도입이 필요<sup>2)</sup>
  - 나아가 실시간 요금제나 최대피크 요금차등제와 같은 다양한 변동요금제를 적용하는 방안을 검토<sup>3)</sup>
- 전기요금구조 변화와 함께 스마트그리드 기술개발, 표준화, 보안시스템 구축, 제도 개선 등의 노력도 중요

## □ 하이브리드 자동차의 성능 향상

- 우리나라를 포함한 미국, 중국 등 주요국들의 전기자동차 개발 및 보급정책은 계획대로 진행되고 있지 않음.

---

2) 계시별 요금제란 미래 예측된 예상 수요에 따라 요금을 계시(계절, 시간)별로 구분하여 적용하는 요금제로서 보통 계절별(여름, 겨울)로 24시간을 3개 또는 4개 시간대(첨두, 중간 첨두, 비 첨두, 때로는 극비 첨두)로 구분

3) 실시간 요금제는 도매시장의 가격변화를 실시간으로 반영하여 소매요금을 책정하는 방식을 의미. 최대피크 요금차등제는 구간별 요금제 하에서 전력수요가 많은 구간일지라도 첨두부하가 발생하는 한두 시간대에는 훨씬 높은 요금을 책정하는 방식

- EV, PHEV는 충전인프라 부재, 배터리 성능의 한계, 긴 충전시간과 짧은 주행거리, 높은 자동차가격 등으로 가까운 미래에 대량 보급이 어려운 상황
- Solar&Energy(2011) 및 GlobalData(2012)도 가까운 미래에는 하이브리드 승용차가 전기자동차 시장을 주도할 것으로 전망
- 따라서 순수 전기자동차로 이행해가는 과정에서 상당 기간 HEV가 에너지 소비 절약 및 온실가스 감축에 중요한 역할을 담당할 가능성이 높음.
- 이는 순수 전기자동차 및 배터리 기술개발을 지속 추진하되, 현실적인 대안인 HEV의 성능(배터리 기술) 향상도 매우 중요함을 시사
- 우리나라와 같이 전력 수급에 여유가 없는 환경에서는 최대 전력수요에 영향을 미치지 않는 하이브리드 승용차의 장점이 더욱 부각될 수 있음.

□ **신재생에너지 활용 충전시스템 개발을 통한 온실가스 감축효과 극대화**

- 전기자동차의 온실가스 감축효과를 극대화하기 위해서는 신재생에너지의 활용이 절실
- 전기자동차의 온실가스 '제로' 배출은 원전 또는 신재생에너지가 생산하는 전기를 이용할 때 달성 가능
- 원전은 후쿠시마 사고 이후 안전성 논란으로 추가 확대가 여의치 않은 상황이므로 전기자동차 충전 시 신재생에너지의 적극적 활용이 중요할 전망
- 이는 신재생에너지 보급 촉진과 신재생에너지 발전비용 감소라는 '선순환 고리'를 창출
- 신재생에너지 전기를 최대한 이용하는 충전시스템 개발 필요
- 지금까지 신재생에너지를 통한 전기자동차 충전은 충전설비와 신재생에너지 발전설비가 인접한 장소에서 시행 가능

- 예) 주택에 설치된 태양광 설비에서 생산된 전기를 자동차 충전에 활용
- 미래에는 해상의 대용량 풍력단지 등 원거리에서 생산되는 전기도 자동차 충전용으로 활용하는 시대가 다가올 전망
- 신재생에너지 발전 비중이 높을 때 충전이 이루어지도록 하는 시스템, 모바일 앱을 이용한 신재생에너지 사용가능시간 알림시스템 등 개발 검토
- 미국을 중심으로 신재생에너지만을 이용한 전기차 충전기술 시범사업 확대 ('OnStar'와 'Google'의 신재생에너지 이용 '쉐보레 볼트 충전관리서비스' 등)

#### □ 전기자동차 관련 국제협력 강화

- 미국, 일본 등 전기자동차 부문에서 기술적으로 앞서 있는 국가들과 배터리 기술협력 및 공동사업 추진 등 국제협력 강화 필요
- 전기자동차 개발·보급의 핵심요소인 배터리 성능 향상 및 가격 하락, 충전 인프라 확충 등을 위해서는 미국과의 기술협력이 중요
  - 우리나라의 자동차용 이차전지 기술과 미국의 전력망 부하관리 기술(V2G) 등 양국의 선도적 기술 분야 간 교류·협력 추진
  - 리튬이온전지(LG화학 등), 충전시스템(효성)의 성능 향상을 위한 공동 투자 등 기술개발 협력사업 발굴
  - 미국 자동차업체 'Tesla'와 일본 'Panasonic'은 이미 2010년부터 배터리 기술개발 협력을 시작
- 또한 스마트그리드와 연계한 한·미 양국의 '전기차 운영시스템' 실증사업을 공동으로 추진하는 방안 검토
  - 이 분야를 선도하고 있는 미국과 스마트그리드를 통한 전력망 부하 안정화 및 충전시스템 최적화 실증사업을 공동으로 시행

- 이를 통해 전기자동차가 전력망에 미치는 영향 평가, 전력망과 전기차 간 'communication 시스템'(Smart Charging) 성능 향상 및 표준화 도모
- 이 분야에서는 미국 전력회사인 GE와 일본의 자동차업체인 닛산 간의 협력사례 존재(2010년 4월)
- 또한 미국 스마트그리드 관련업체인 'Duke'와 일본의 '도요타'가 2012년 8월부터 협력 사업을 추진 중

#### IV. 기대 효과

##### □ 중·장기 국가 에너지수급 안정 및 온실가스 감축정책 개발에 기여

- 에너지수급 안정화 및 온실가스 감축정책 수립을 위한 전기자동차 개발 전략 수립에 기여
- 수송용 전력수요 증가에 따른 추가적인 발전설비 필요량 전망을 통해 중·장기 전력수급 안정을 위한 정책 대안 제공

##### □ 녹색성장을 위한 그린카 산업 정책의 발전에 기여

- 정부의 전기자동차 개발 및 보급정책이 승용차 시장에 미치는 영향을 평가하고, feedback 기능을 수행함으로써 정책의 개선 및 발전에 기여
- 배터리, 스마트그리드 등 전기자동차 산업 발전을 위한 국제협력 추진 방안 수립의 기초자료로 활용

## < 참고자료 >

### 참고문헌

- 교통안전공단, 「2010년도 자동차 주행거리 실태조사」, 2011. 12.
- 관계부처 합동, 「세계 4강 도약을 위한 그린카 산업 발전전략 및 과제」, 2010. 12.
- 김석곤, “스마트 미터링 기술 및 시장동향”, Special Feature - Smart Grid Technology, 「EP&C」, 2011.11.
- 에너지경제연구원, 「2011 장기 에너지전망」, 2011.
- 에너지경제연구원, 에너지정보통계센터 출연사업 기반강화사업 10-03, 「장기 에너지수요전망모형 개선 연구(3차년도): 전환부문」, 2010.12.
- 원두환, 전기동력 자동차의 시장점유율 예측에 관한 연구(에너지경제연구원 위탁연구보고서), 2012.9.
- 전력거래소, 「전기자동차 보급에 따른 전력수급 영향 및 시사점」, 2009. 11.
- 정부부처 합동, 그린카 산업발전대책 이행점검결과 및 향후대책(보도자료), 2011.9.7.
- 지식경제부·에너지경제연구원, 「2011년도 에너지총조사 보고서」, 2012.
- 지식경제부·에너지경제연구원, 「에너지통계연보」, 2011.
- 지식경제부·에너지경제연구원, 「에너지통계월보」 각 월호.
- 지식경제부·에너지관리공단, 「2011 자동차 에너지소비효율 분석집」, 2012. 7.
- 지식경제부·에너지관리공단, 「2010 자동차 에너지소비효율등급 분석」, 2011. 5.

- 지식경제부 · 한국에너지기술평가원, 「그린에너지 전략 로드맵 2011: 그린카」, 2011. 5.
- 지식경제부 · 환경부 · 국토해양부 · 녹색성장위원회, 범정부 차원의 첫 그린카 발전 로드맵 발표(보도자료), 2010.12.6.
- 최도영, 「자동차 연비 및 온실가스 규제방안 연구」, 에너지경제연구원 기본연구보고서 10-35, 2010.
- 최도영 · 이상열, 「친환경 · 고효율 자동차 보급정책 평가」, 에너지경제연구원 기본연구보고서 11-13, 2011.
- KDB 산업은행, 산업기술 이슈(국내 전기자동차 기술 경쟁력 분석), 2012.
- Solar&Energy, 전세계 전기자동차 시장 HEV/PHEV/BEV 요인 분석 및 시장 수요전망(2010-2020), 2012.
- Adamowicz, W., J. Louviere and J. Swait, Introduction to Attribute-based Stated Choice Methods, Reports to the National Oceanic and Atmospheric Administration(NOAA), Purchase Order 43AANC601388 Advanis, Alberta, Canada, 1998.
- Adamowicz, W., J. Louviere and M. Williams, 1994, "Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities", Journal of Environmental Economics and Management 26, 271~292.
- Ahn, J., G. Jeong, and Y. Kim, 2008, "A Forecast of Household Ownership and Use of Alternative Fuel Vehicles: A Multiple Discrete-continuous Choice Approach", Energy Economics 30, 2091~2104.
- Beggs, S., S. Cardell, and J. Hausman, 1981, Assessing the Potential demand for Electric Car. Journal of Econometrics, 16, 1~19.

- BNEF(Bloomberg New Energy Finance), EV infrastructure eposition?, Insight, 2012.4.27.
- Bolduc, D., 1999, A Practical Technique to Estimate Multinomial Probit Models in Transportation, Transportation Research Part B, 33, 63~79.
- Brownstone, D., and K. Train, 1999, "Forecasting New Product Penetration with Flexible Substitution Patterns", Journal of Econometrics 89, 109~129.
- Brownstone, D., D. S. Bunch, T. F. Golob, and Weiping Ren, 1996, "A Transactions Choice Model for Forecasting Demand for Alternative-Fuel Vehicles", Research in Transportation Economics Vol. 4, 87~129.
- CE Delft, Green Power for Electric Cars: Development of Policy Recommendations to Harvest the Potential of Electric Vehicles, 2010.
- Diamond, D., 2009, "The Impact of Government Incentives for Hybrid-electric Vehicles: Evidence from US states", Energy Policy, 37, 972~983.
- Economist Intelligence Unit, A Target too Far?: China's Ambitions for Electric Vehicle Development, May 2011.
- Egbue, O. and S. Long, 2012, "Barriers to Widespread Adoption of Electric Vehicles: An Analysis of Consumer Attitudes and Perceptions", Energy Policy, 48, 717~729.
- Freeman III, A. M., The Measurement of Environment and Resource Values: Theory and Methods, 2nd ed., Washington D.C., Resource for the Future, 2003.
- GlobalData, Battery Electric Vehicles: Market Analysis, Competitive Landscape and Forecasts to 2020., Aug. 2012.

- Greene, W. H., *Econometric Analysis*, 6th ed., Pearson Education International, 2008.
- Greenwood, P. E. and M. S. Nikulin., *A Guide to Chi-Squared Testing*. J.Wiley, New York.
- Hensher, D., 1982, Functional Measurement, Individual Preference, and Discrete Choice Modeling: Theory and Application, *Journal of Econometrics Psychology* 2, 323~335.
- IEA, *Impact of Smart Grid Technologies on Peak Load to 2050*, 2011.8
- IEA, *Technology Roadmap: Electric and plug-in hybrid electric vehicles*, 2011.
- ITF(International Transport Forum), *Smart Grids and Electric Vehicles: Made for Each Other?*, 2012.
- Janes, J., 2001, Categorical Relationships: Chi-square. *Library Hi Tech* 19(3), 296~298.
- Kempton, W. and J. Tomic, 2005, Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue, *Journal of Power Sources*.
- Kurani, K., T. Turrentine, and D. Sperling, 1994, Demand for electric vehicles in hybrid households: an exploratory analysis, *Trans. Policy* 1, 244~256.
- McCarthy, P., and R. Tay, 1998, New Vehicle Consumption and Fuel Efficiency: A Nested Logit Approach, *Transportation Research Part E* 34, 39~51.
- MDB Capital Group, *The Green Car Report, Investment Analysis of the Hybrid & Electric Vehicle Industry: Outlook for 2009~2012*, 2008. 11.

- Pike Research, Vehicle to Grid Technologies, 2011.
- Potoglou, D., and P. S. Kanaroglou, 2007, "Household Demand and Willingness to Pay for Clean Vehicles", Transportation Research Part D 12, 264~274.
- Roe, B., Boyle, K.J., and M. Teisl, 1996, Using Conjoint Analysis to Derive Estimates of Compensating Variation, Journal of Environmental Economics and Management, 31, 145~159.
- RWTH(Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen), Grid for Vehicles, 2010.
- Wu, Y., Z. Yang, B. Lin, H. Liu, R. Wang, B. Zhou and J. Hao, 2012, "Energy Consumption and CO2 Emission Impacts of Vehicle Electrification in Three Developed Regions of China", Energy Policy, 48, 537~550.
- Yabe, K., Y. Shinoda, T. Seki, H. Tanaka and A. Akisawa, 2012, "Market Penetration Speed and Effects on CO2 Reduction of Electric Vehicles and Plug-in Hybrid Electric Vehicles in Japan", Energy Policy, 48, 529~540.
- Zhang, Y., Y. Yu and B. Zou, 2011, "Analyzing Public Awareness and Acceptance of Alternative Fuel Vehicles in China: The Case of EV", Energy Policy, 39, 7015~7024.



정책 이슈페이퍼 12-01  
**전기자동차 보급 전망과 전력수급 안정 방안**

---

2012년 11월 6일 인쇄

2012년 11월 7일 발행

저 자 최 도 영 외

발행인 김 진 우

발행처 **에너지경제연구원**

437-713 경기도 의왕시 내손순환로 132

전화: (031)420-2114(代) 팩시밀리 : (031)422-4958

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 범 신 사 (02)503-8737

---