

KEEI ISSUE PAPER

이슈페이퍼



KOREA
ENERGY
ECONOMICS
INSTITUTE

정책 이슈페이퍼 17-08

신재생에너지 기반 분산형 전원에 대한 시장 수용성 분석 및 확대 방안

이철용



정책 이슈페이퍼 17-08

신재생에너지 기반 분산형 전원에 대한 시장 수용성 분석 및 확대 방안

이 철 용

목 차

- I. 배경 및 문제점 / 1
- II. 방법론 및 분석 결과 / 2
- III. 정책 제언 / 8
- IV. 본 연구의 의의 및 기대 효과 / 10
- <참고문헌> / 12

I. 배경 및 문제점

- 최근 국내 분산형 전원 확대 필요성에 대한 공감대가 형성되면서, 온실가스 배출 감축 및 에너지 안보 제고 등을 목적으로 한 신재생에너지 기반 분산형 전원의 비중 확대가 중요한 의제로 떠오르고 있음
 - 중앙집중형 발전 방식 구현에 있어 필수적인 구성 요소인 대규모 전원 및 송배전 시설 건설을 위한 신규입지 확보가 어려움
 - 중앙집중형 대규모 발전 방식에서 발생하는 여러 가지 추가 비용 또한 문제인데, 최근 10년간 국내 송변전 선로와 송전탑 설치 및 유지비용은 약 27조 원에 달함(투데이에너지, 2015)
- 신재생에너지 기반 분산형 전원을 확대하기 위해서 반드시 고려해야 할 요소 중 하나는 시장 수용성 분석임
 - 정부는 관련 정책 수립 시에 신재생에너지에 대한 대중들의 인식과 견해를 반드시 고려해야 함(Kardooni et al., 2016)
- 본 연구는 신재생 분산형 전원을 중심으로 전력 발전원에 대한 우리나라 국민의 잠재적 선호를 정량적으로 분석하는 것을 주요 목표로 함
 - 기존에 발표된 국내 중장기 발전원 비중 목표와 본 연구에서 도출된 소비자의 잠재 선호를 반영한 발전원 비중을 비교해 그 타당성을 검토함
 - 또한 발전단가 하락, 안정성 제고와 같은 신재생 분산형 전원 특성 변화에 따른 시장 수용성 변화 양상을 예측함

II. 방법론 및 분석 결과

□ 본 연구에서는 이산선택 실험을 통해 신재생에너지 기반 분산형 전원에 대한 시장 수용성을 분석함

○ 전원 선호 및 신재생 전력 서비스 선호 관련 기존 연구들에서 활용한 속성 및 수준을 조사하는 한편, 관련 분야 주요 전문가들의 자문을 구하여 6가지 발전원 속성을 결정함

- 6가지 속성 이외에 발전원 선호에 영향을 미칠 수 있는 다른 속성의 경우 모든 대안이 동일한 속성을 가진다고 가정
- 본 연구의 특징은 응답자에게 에너지 원별 믹스를 직접 제시하지 않고 발전원별 속성을 통해 소비자 선호를 도출함
- 온실가스 배출, 미세먼지 배출, 전기요금, 위험성, 연간 정전시간, 에너지 원료 수입의존도가 소비자 효용에 미치는 영향을 추정

$$U_{ijt} = V_{ijt} + \varepsilon_{ijt} = \sum_{k=1}^K \beta_k X_{jkt} + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

- 소비자가 각 대안에 대해 관찰 가능한 K 개의 속성을 나타내는 독립변수들 ($X_{jkt}, k=1, \dots, K$)과 각 변수들이 효용에 영향을 미치는 정도를 의미하는 K 개의 계수들($\beta_k, k=1, \dots, K$) 간의 선형결합으로 구성된다고 가정
- 본 연구에서는 소비자의 이질성을 분석하기 위해 잠재계층모형(Latent class model)을 이용하여 계수 추정

<표 1> 전력 공급 선택실험 관련 속성 및 수준

속성	속성 수준
온실가스 배출	온실가스 배출 없음 (100% 감소) 화석연료 절반 수준의 온실가스 배출 (50% 감소) 화석연료 수준의 온실가스 배출 (0% 감소)
미세먼지 배출 (대기오염물질 배출)	미세먼지 발생 없음 (100% 감소) 현재의 절반 수준의 미세먼지 발생 (50% 감소) 현재 수준의 미세먼지 발생 (변동 없음)
전기요금	현재 전기요금의 절반 (50% 감소, 63원/kWh) 현재 전기요금 수준 (0% 상승, 125원/kWh) 현재 전기요금의 2배 (100% 상승, 250원/kWh)
위험성	높음: 방사능 피폭 등 지역 피해 가능 낮음: 지진이나 전쟁으로부터 피해 거의 없음
연간 정전시간 (전력공급 안정성)	0분 내외/년 (일 년 중 가구당 정전 거의 없음) 30분 내외/년 (일 년 중 가구당 약 30분 정도의 정전이 발생)
에너지 원료 수입 의존도	에너지원의 0% 수입 에너지원의 100% 수입

- 소비자는 일반적으로 온실가스 및 미세먼지 배출량이 적고, 전기요금과 위험성, 수입의존도가 낮으며 안정성이 높은 발전원을 선호
- 이러한 선호 차이는 소비자에 따라 차이를 보여주었고, 이를 2개의 집단으로 분류할 수 있음
- 집단 1은 경제성(가격)과 환경에 민감한 집단이었고, 집단 2는 위험성에 민감한 집단임

<표 2> 잠재계층모형 추정 결과 (1): 집단 1의 발전원 잠재선호

속성	계수	표준편차	한계지불의사액	상대적 중요도
온실가스 배출 감소 (1%)	0.0146***	0.0029	1.37원/kWh·%	21.5%
미세먼지 배출 감소 (1%)	0.0144***	0.0029	1.35원/kWh·%	21.2%
전기요금 (원/kWh)	-0.0107***	0.0024	-	29.3%
위험성 (높음=1)	-0.5763***	0.2179	-54.08원/kWh	8.5%
연간 정전시간 (1분)	-0.0174***	0.0037	-1.63원/kWh·분	7.7%
에너지원료 수입 의존도 (1%)	-0.0081***	0.0009	-0.76원/kWh·%	11.9%

*** 1% 수준에서 통계적으로 유의함

<표 3> 잠재계층모형 추정 결과 (2): 집단 2의 발전원 잠재선호

속성	계수	표준편차	한계지불의사액	상대적 중요도
온실가스 배출 감소 (1%)	0.0000	0.0013	0.01원/kWh·%	0.1%
미세먼지 배출 감소 (1%)	-0.0053***	0.0018	-0.94원/kWh·%	12.7%
전기요금 (원/kWh)	-0.0057***	0.0009	-	25.1%
위험성 (높음=1)	-1.6199***	0.1961	-286.47원/kWh	38.5%
연간 정전시간 (1분)	-0.0168***	0.0051	-2.97원/kWh·분	12.0%
에너지원료 수입 의존도 (1%)	-0.0049***	0.0008	-0.87원/kWh·%	11.7%

*** 1% 수준에서 통계적으로 유의함

- 집단 2에 속한 사람들의 특징은 나이가 적고, 가구소득이 높은 것으로 나타났고, 성별은 집단 간에 차이가 없는 것으로 나타남
- 즉 나이가 적고, 가구 소득이 높은 사람일수록 위험성에 민감한 것으로 해석 가능
- 이는 사고가 났을 경우 기회비용이 많은 사람들일수록 위험성에 민감하다는 사실을 입증

<표 4> 개인특성변수 추정 결과

구 분	특성 변수	계수	표준 편차
집단 2 대비 집단 1의 특징	성별	0.1852	0.2151
	연령	0.0233***	0.0079
	가구소득	-0.0998**	0.0476
	상수	-0.6855	0.4291

*** 1% 수준에서 통계적으로 유의함, ** 5% 수준에서 통계적으로 유의함

- 여러 가지 발전 속성을 고려할 때 소비자 선호를 고려한 믹스는 원자력(32.9%), 천연가스+석유(28.8%), 석탄(19.8%), 신재생(18.5%), 순으로 나타남
- 집단 1은 경제성과 환경성이 우수한 원자력을 가장 선호한 반면에 집단 2는 원자력에 대한 선호가 가장 낮고, 석탄 및 천연가스를 가장 선호하는 것으로 나타남

<표 5> 소비자 잠재선호를 반영한 발전원 비중: 시나리오 1

구분	석탄	천연 가스	석유	원자력	신재생
전체	19.8%	17.6%	11.2%	32.9%	18.5%
집단 1	2.3%	14.6%	4.0%	56.3%	22.8%
집단 2	38.0%	20.7%	18.7%	8.7%	13.9%

- 에너지원의 균등화비용(levelized cost of energy, 이하 LCOE)을 세계 기준으로 설정한 시나리오 2의 경우 신재생에너지 선택확률은 24.4%로 증가
- 세계 평균으로 보면 신재생에너지, 천연가스의 LCOE가 낮은 반면, 석탄, 원자력에너지의 LCOE가 높기 때문으로 해석됨

<표 6> 소비자 잠재선호를 반영한 발전원 비중: 시나리오 2

구분	석탄	천연 가스	석유	원자력	신재생
전체	19.3%	24.9%	10.8%	20.6%	24.4%
집단 1	2.5%	24.6%	4.4%	35.3%	33.1%
집단 2	36.6%	25.2%	17.5%	5.4%	15.3%

- 시나리오 1과 동일한 상황에서 신재생에너지에 ESS가 결합되어 비용이 증가하고 안정성이 향상된 상황을 가정한 시나리오 3의 경우 신재생에 대한 선택 확률은 24.1%로 증가
- 즉 비용이 올라가더라도 안정성을 향상시키는 것이 소비자 선호 향상에 도움이 되는 것으로 확인

<표 7> 소비자 잠재선호를 반영한 발전원 비중: 시나리오 3

구분	석탄	천연 가스	석유	원자력	신재생
전체	18.7%	16.4%	10.5%	30.3%	24.1%
집단 1	2.1%	13.4%	3.7%	51.8%	29.0%
집단 2	35.9%	19.5%	17.6%	8.1%	19.1%

- 시나리오 4에서는 향후 신재생에너지 비용 하락을 가정하였는데, 이때 신재생에너지 선택확률은 38.9%까지 증가

- 즉 신재생에너지에 대한 수용성을 확보하기 위해서는 가격 하락과 안정성 향상이 매우 중요한 것을 알 수 있음
- 이러한 결과는 변동성 신재생에너지가 확대되더라도 백업전원이나 계통안정성 등 기술적 문제가 해결된다는 가정에 기반함

<표 8> 소비자 잠재선호를 반영한 발전원 비중: 시나리오 4

구분	석탄	천연 가스	석유	원자력	신재생
전체	16.5%	13.3%	9.0%	22.3%	38.9%
집단 1	1.5%	9.7%	2.7%	37.3%	48.9%
집단 2	32.0%	17.0%	15.5%	6.9%	28.6%

- 본 연구 결과에 의하면 한국 정부의 2035년 신재생에너지 목표치인 13.4%는 국내 소비자 입장에서는 충분히 수용가능 할 것으로 판단
 - 오히려 본 연구의 시나리오 분석에 따르면 신재생 발전 비중을 최소 18.5%에서 최대 38.9%까지 증가시키는 것이 장기적으로 국내 전력 소비자들의 선호와 합치하는 방향이라고 할 수 있음
 - 본 연구에서 도출된 소비자의 잠재 선호를 고려한 발전원 구성비를 향후 중장기 전력 정책 및 에너지 계획을 수립하는 데 있어 참고할 필요가 있음
- 국내 신재생에너지 공급 여건을 고려했을 때 40%에 가까운 신재생에너지 보급이 가능한지 고찰할 필요가 있음
 - 환경정책평가연구원(2014)¹⁾에 의하면 국내 신재생에너지 공급가능 잠재량은 331.9TWh에 달함

1) 환경정책평가연구원의 결과는 기존 연구결과보다 보수적으로 추정된 것으로 평가됨. 가령 산업통상자원부(2014)에서는 태양광의 잠재량을 9,939GW로 추정하였음. 여기에 국내 평균 이용률 14.75%를 적용할 경우 1,284TWh로 계산되어 국내 총 발전량의 2배 이상에 달함.

- 2014년 국내 총 발전량 542TWh를 고려해 볼 때 국내 신재생에너지 가능 비중은 61.2%에 달함
- 따라서 본 연구의 시나리오 4 결과에서와 같이 신재생에너지 비중 38.9%는 국내 시장 잠재량을 고려해 볼 때 충분히 가능할 것으로 보임

<표 9> 국내 신재생에너지원별 공급가능잠재량 (단위 : TWh)

구분	태양광	육상 풍력	해상 풍력	바이오 에너지	전체
잠재량	155.1	34.5	127.7	12.6	331.9
2014년 발전량 대비 비중	28.6%	6.4%	23.6%	2.3%	61.2%

자료 : 환경정책평가연구원, p.103

Ⅲ. 정책 제언

- 본 연구결과와 같이 전력을 이용하는 소비자들은 가격에 가장 민감하며 위험성과 온실가스·미세먼지도 동시에 회피하는 것을 선호
 - 이는 위험성이 없고 친환경적인 특징을 가지고 있는 신재생에너지에게는 가격 경쟁력이 시장 수용성을 제고하기 위해 가장 중요하다는 것을 의미
 - 일반적으로 신재생에너지와 같은 신기술은 규모의 경제에 의해 보급량이 확대됨에 따라 가격이 하락하고, 가격이 하락하면서 다시 보급이 되는 확산 패턴을 보임
 - 따라서 신재생에너지 확산은 단기간에 해결되는 문제가 아니라, 중장기적인 측면에서 바라봐야 함

□ 현존하고 있는 신재생에너지에 대한 경제적 장벽과 비경제적 장벽을 해소할 필요가 있음

- 우선 신재생에너지에 대한 경제적 장벽을 해소하기 위한 첫 단계로 화석 연료에 탄소배출 및 송전선 사용 등에 대한 외부비용을 반영하여 사회적 차원의 합리적인 에너지 가격을 결정하는 것이 중요
- 둘째, 경매제도는 신재생에너지 단가하락 및 안정적인 장기 수익성 확보에 장점이 있는 것으로 평가받고 있으므로 현행 RPS 하에서 경매제도 도입을 고려해야 함
 - 현재 RPS의 가장 큰 문제점은 계통한계가격(SMP) 변동과 신재생에너지 인증서(REC) 가격 변동의 이중 불확실성이 존재하여 신재생에너지 투자를 저해한다는 것임
 - EU 국가들도 “환경보호와 에너지에 관한 국가보조 가이드라인(“14.7.1)”에 의거하여 기존의 FTT 및 RPS에서 경매제도로 이행 중에 있음
 - 경매제도는 재생에너지 정책을 시장 기반 정책으로 전환하되, 재생에너지 사업의 장기적인 안정성을 보장하기 위한 조치로 일본, 중국도 경매제도 도입을 검토하고 있으며, 2015년 말 기준 64개국이 도입한 상태
 - 또한 세제 혜택과 직접 투자 보조금도 경제적인 장벽을 극복하는 데 보조 대책이 될 수 있음
- 셋째, 비경제적 장벽을 해소하기 위해 주민 수용성을 제고하여 님비현상을 극복해야 함
 - 신재생에너지 기술에 대한 국민 이해력과 수용성이 아무리 높다하여도 신 재생에너지 사업에 대해 지역주민의 민원이 야기됨

- 본 문제는 신재생에너지 설치로 인하여 손실된 자산의 가치를 보상하거나, 풍력터빈의 지분을 구입할 수 있도록 지역주민의 선택권을 부여함으로써 해결할 수 있음
- 넷째, 신재생에너지에 대한 교육의 중요성이 강조됨
 - 본 설문조사에서도 나타난 바와 같이 국민들은 신재생에너지라는 용어 자체에 대해서는 인지하고 있으나 그 의미는 잘 모르는 경우가 많음
 - 특히 잘못되거나 불충분한 정보들은 신재생에너지에 대한 국민의 수용성을 방해할 수가 있음
 - 본 문제는 미디어의 정보제공, 캠페인 광고, 정보센터의 설립, 웹 사이트 운영 등으로 해결되어야 함
- 다섯째, 행정적인 장벽의 해소가 요구됨
 - 신재생에너지 설치승인과 관련하여 복잡한 행정적 절차와 많은 시간소요가 사업 참여 의욕을 상실하게 함
 - 풍력사업의 경우 설비 설치까지 5~7년이 기간이 소요됨
 - 본 문제는 승인절차를 간소화하고 빠르고 편리하게 접근할 수 있는 one-stop-services의 운영으로 해결될 수 있음

IV. 본 연구의 의의 및 기대 효과

- 첫째, 발전원 속성만을 이용해서 소비자들의 선호를 분석한 본 컨조인트 접근 방식은 유효하다고 판단

- ‘전기’라는 특성상 발전원에 따라 전기의 성능이 크게 다르지 않기 때문에 일반적으로 소비자는 전력이 어느 발전소에서 생산되었는지에 크게 관심이 없음
- 둘째, 본 연구는 소비자의 효용 이론에 근거하여 효용 극대화 관점에서 발전 믹스를 제안했다는 데에 의미가 있음
- 기존 발전 믹스 관련 연구는 여러 가지 제약조건 하에서 비용 최소화 관점으로 접근함
- 즉 기존 연구는 공급 측면에서의 발전 믹스만을 고려하였기 때문에, 이를 사용하는 소비자의 효용을 간과한 한계가 있음
- 셋째, 에너지원의 다양한 조건 하에 발생할 수 있는 소비자의 선택변화를 시나리오별로 분석하여 다양한 상황을 설명함
- 마지막으로 소비자의 이질성(heterogeneity)을 반영함으로써 소비자 집단 간의 에너지원에 대한 선호 차이를 설명함
- 본 연구는 우리나라 신재생에너지 기반 분산형 발전 확대 발표의 실현 가능성에 대한 여부를 점검하고 분산형 신재생에너지 보급 확대를 위한 방안 제언을 통해 국내 신재생에너지 산업의 발전을 도모하는 데 기여
- 또한 본 연구를 통해 신재생에너지 기술발전, 수출산업화 및 지속가능한 사회발전에 기여할 것으로 기대됨

< 참고자료 >

산업통상자원부·한국에너지공단, 2014. 신재생에너지 보급통계.

산업통상자원부, 2014. 제2차 에너지기본계획.

산업통상자원부, 2015. 제7차 전력수급기본계획 (2015~2029).

소진영, 2014, 계통안정성을 고려한 태양광·풍력 발전의 경제성연구. 에너지경제연구원 기본연구보고서 14 - 22.

에너지경제연구원, 2007. 수도권지역의 혼잡비용을 고려한 분산형 전원의 역할과 정책방향. 기본연구보고서 2007.

에너지경제연구원, 2015, 에너지통계연보.

이철용, 2014. 신재생에너지에 대한 지불의사액 추정 및 사회적 수용성(PA) 제고 방안 연구. 에너지경제연구원 기본연구보고서 14 - 13.

이철용, 2015. 신재생에너지 공급인증서(REC) 가격 예측 방법론 개발 및 운용. 에너지경제연구원 기본연구보고서 15 - 12.

투데이에너지, 2015. [국감] 송변전·송전탑 유지비용 27조원 육박. 2015년 10월 6일자.

한국전력공사, 2016. 전력통계속보 제457호 (2016년 11월).

환경정책평가연구원, 2014, 화석연료 대체에너지원의 환경·경제성 평가(II) : 신재생에너지 발전원을 중심으로.

법제처, 2015, 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령.

Amador, F.J., Gonzalez, R.M., Ramos-Real, F.J., 2013. Supplier choice and WTP for electricity attributes in an emerging market: The role of per-

- ceived past experience, environmental concern and energy saving behavior. *Energy Economics*, 40, 953 - 966.
- IEA, 2008. *Deploying Renewables: Principles for Effective policies*, OECD/IEA, Paris.
- IEA, 2015a. *Projected Costs of Generating Electricity*. 2015 Edition
- Iniyan, S., Suganthi, L., Samuel, A.A., 2001. A survey of social acceptance in using renewable energy sources for the new millennium. *Renewable Energy*, 24, 657 - 661.
- IRENA, 2015a, "Renewable Energy Target Setting", pp.55-61.
- IRENA, 2015b, "Renewable Energy Map: USA report".
- IRENA, 2014a, "Renewable Energy map: China report", pp.78-79.
- IRENA, 2014d, "Adapting renewable energy policies to dynamic market conditions." May 2014, IRENA, Abu Dhabi. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/policy_adaptation.pdf.
- Kaenzig, J., Heinzle, S.L., Wustenhagen, R., 2013. Whatever the customer wants, the customer gets? Exploring the gap between consumer preferences and default electricity products in Germany. *Energy Policy*, 53, 311 - 322.
- Kardooni, R., Yusoff, S.B., Kari, F.B., 2016. Renewable energy technology acceptance in Peninsular Malaysia. *Energy Policy*, 88, 1 - 10.
- Ku, S.-J., Woo, S.-H., 2010. Willingness to pay for renewable energy investment in Korea: A choice experiment study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2196 - 2201.

- Lacher, W. and D. Kumet, 2010, "The Security of Energy Infrastructure and Supply in North Africa, Hydrocarbons and Renewable Energies in comparative Perspective" *EnergPolicy*, Vol.39, Elsevier, Amsterdam, PP.4466-4478
- Magidson, J., Vermunt, J.K., 2002. Latent class models for clustering: A comparison with K-means. *Canadian Journal of Marketing Research*, 20, 37 - 44.
- National Energy Technology Laboratory, 2015. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions: Natural Gas and Power Production.
- REN21, 2011. Renewables 2011 Global Status report, REN21 Secretariat, Paris
- , 2016. 'Global status report: Key findings', pp.95-97
- Rentizelas, A., Georgakellos, D., 2014. Incorporating life cycle external cost in optimization of the electricity generation mix. *Energy Policy*, 65, 134 - 149.
- Schroeter, A. (2011), "Extending modern energy to rural household in Asia and Africa", Sunlabob Renewable Energy Ltd Lao PDR presentation given on 4 February 2011 at the IEA Secretariat, Paris
- Tahir, A.C., Banares-Alcantara, R., 2012. A knowledge representation model for the optimisation of electricity generation mixes. *Applied Energy*, 97, 77 - 83.
- UNEP/BNEF (United Nations Environment Programme/Bloomberg New Energy Finance) (2011) "Global Trends in Renewable Energy Investment 2011", UNEP/BNEF, www.fs-unep-centre.org
- U.S. Department of Energy, 2007. The Potential Benefits of Distributed Generation and Rate-Related Issues that may Impede their Expansion.

- Van Putten, Lijesen, M., Ozel, T., Vink, N., Wevers, H., 2014. Valuing the preferences for micro-generation of renewables by households. *Energy*, 71, 596 - 604.
- Welsch, H., Biermann, P., 2014. Electricity supply preferences in Europe: Evidence from subjective well-being data. *Resource and Energy Economics*, 38, 38 - 60.
- Zoellner, J., Schweizer-Ries, P., Wemheuer, C., 2008. Public acceptance of renewable energies: Results from case studies in Germany. *Energy Policy*, 36, 4136 - 4141.

정책 이슈페이퍼 17-08

신재생에너지 기반 분산형 전원에 대한 시장 수용성 분석 및 확대 방안

2017년 4월 30일 인쇄

2017년 4월 30일 발행

저 자 이 철 용

발행인 박 주 현

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(代) 팩시밀리: (052)714-2028

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 (사)한국척수장애인협회 인쇄사업소 (031)424-9347
