

KEEI ISSUE PAPER

이슈페이퍼



KOREA
ENERGY
ECONOMICS
INSTITUTE

정책 이슈페이퍼 17-19

분산형 전원 활성화 방안 연구: 연료전지를 중심으로

김현재, 박명덕



정책 이슈페이퍼 17-19

분산형 전원 활성화 방안 연구: 연료전지를 중심으로

김연제, 박명덕

목 차

- I. 배경 및 문제점 / 1
- II. 조사 및 분석 결과 / 2
- III. 정책 제언 / 17
- IV. 기대 효과 / 18
- <참고자료> / 20

I. 배경 및 문제점

- 국내 전력공급은 대규모 발전단지에서 생산한 전력을 대규모 송전설비를 통해 수송하는 형태로 이루어져 왔음
 - 지속적으로 증가하는 전력수요에 대응하기 위해 안정적 전력공급체계를 구축하고 저렴한 가격으로 전력을 제공하는 것이 최우선적인 정책 목표일 경우 대규모 전력생산 및 수송 설비는 효율성을 고려하는 측면에서는 아마도 가장 좋은 수단이 될 것임

- 과거부터 지속되어오던 대규모 발전 및 송전 설비에 의존한 전력공급체계는 근래 들어 여러 가지 사회적 갈등을 유발하고 있음
 - 지역주민과의 갈등, 미세먼지, 경주 대지진 등 과거 전력공급체계 때문에 발생하는 문제들은 앞으로도 안정적 전력공급체계 구축이라는 정책적 목표를 달성하는데 주요 이슈로 등장할 것임

- 분산형 전원 생산설비는 대부분 소규모 전력생산설비로 전력수요가 높은 수요지 인근에 설치가 용이하며 대규모 송전설비 역시 필요하지 않은 장점이 있음
 - 대표적인 분산형 전원 생산설비인 신재생에너지발전은 친환경적인 설비로 대규모 발전설비에 비해서는 상대적으로 주민 수용성이 높음
 - 이러한 주요 장점들 때문에 주요 선진국은 강력한 신재생에너지 보급정책을 통해 분산형 전원/신재생에너지 발전설비 확대를 추진하고 있음

- 본 연구는 여러 분산형 전원 발전설비 중 특히 수소와 산소의 결합으로 발전하는 연료전지라는 신기술을 활용한 분산형 전원 활성화 방안을 연구하는데 그 목적이 있음
- 연료전지 발전의 주요 장·단점을 파악하고 경제성을 분석한 후 이를 바탕으로 정책적 지원방향을 도출하였음

II. 조사 및 분석 결과

1. 국내 지역별 전력수급의 불균형

- 수도권 전력수급 현황은 수요에 비해 공급시설이 매우 부족한 상황으로 비수도권에서 발전된 전력을 이용하여 수도권의 전력수요를 충당하고 있음
- 경남, 충남, 전남 등 대단지 원자력 및 석탄화력 발전본부에서 생산된 전력이 수도권으로 수송되는 모습을 보여 '북상조류'라는 용어로 지역별 전력수급 불균형을 설명함 (<표-1> 참조)
 - 수도권(서울,경기,인천)은 자체 생산량에 비해 1.53배가 초과되는 전력량을 소비하고 있음
 - 경기지역은 자체 생산량 대비 약 2.2배의 전력량을 소비하고 있으며 초과 전력소비량(약 57,707GWh)은 전국에서 가장 높은 수준을 보이고 있음
- 전력수급의 지역적 불균형은 전력설비의 지역별 편중을 의미하며 기저발전인 원자력과 석탄은 대부분 비수도권에 집중되어 있음

- 원자력 발전설비는 100%, 석탄발전설비는 약 80% 수준이 비수도권에 위치하고 있으며 원자력 및 석탄발전에서 발전된 전력을 수송하기 위한 고압 송전설비 역시 대부분 비수도권에 위치하고 있는 실정임
- 비수도권의 원전 및 석탄발전, 송전설비 편중이 지역주민의 민원 및 갈등을 초래하고 있으며 장기적으로는 적기에 전력설비를 확충하지 못하는 요인으로 작용하여 안정적 전력수급에 위협요소로 작용하고 있음

<표 1> 지역별 전력생산 및 소비량(2015)

		전력생산량		전력소비량		초과소비량	
		양 (GWh)	비중 (%)	양 (GWh)	비중 (%)	양 (GWh)	생산량 대비 소비량
수도권	서울	745	0.2	45,381	9.4	44,636	60.91배
	경기	47,341	9.6	105,048	21.7	57,707	2.22배
	인천	65,179	13.2	23,212	4.8	(41,967)	0.36배
	소계	113,265	23	173,641	36	60,376	1.53배
비수도권	부산	45,438	9.2	20,002	4.1	(25,436)	0.44배
	대구	2,815	0.6	14,948	3.1	12,133	5.31배
	광주	354	0.1	8,334	1.7	7,980	23.54배
	대전	175	0.0	9,183	1.9	9,008	52.47배
	울산	8,740	1.8	30,286	6.3	21,546	3.47배
	강원	7,581	1.5	16,207	3.4	8,626	2.14배
	충북	727	0.1	22,949	4.7	22,222	31.57배
	충남	103,660	20.9	47,286	9.8	(56,374)	0.46배
	전북	5,942	1.2	22,087	4.6	16,145	3.72배
	전남	61,016	12.3	32,638	6.8	(28,378)	0.53배
	경북	84,169	17.0	44,957	9.3	(39,212)	0.53배
	경남	55,844	11.3	33,876	7.0	(21,968)	0.61배
	제주	2,863	0.6	4,430	0.9	1,567	1.55배
세종	2,771	0.6	2,641	0.5	(130)	0.95배	
합계		495,360	100.0	483,465	100.0		

자료: 한국전력, “전력통계속보”, p36~37, 2015년 12월 446호, 발전설비용량(행정구역별) 참조

* 고리원자력본부1~4호기와 신고리 1,2호기는 울산과 부산의 행정구역 경계선에 인접해 있으며 행정구역 상으로는 부산임

2. 전력설비로 인한 지역갈등 사례

- 석탄발전은 최근 미세먼지가 사회적 현안으로 부상하면서 더욱 주목을 받고 있는 상황이며 이와 관련해서 석탄발전설비로 인해 지역갈등이 고조되고 있는 곳은 충남 당진임
- 이미 당진시에는 기존 석탄화력 발전 8호기(당진화력1~8호기)가 밀집하여 있으며 현재 당진화력 9~10호기도 공사중에 있음
- 여기에 당진에코파워 1,2호기까지 들어설 경우 당진지역에 석탄화력 발전 설비는 7,240MW가 있게 되는 상황이 발생함
- 당진지역의 갈등은 단순히 석탄화력 발전소에 그치지 않고 대규모 송전설비 건설로 이어지고 있어 최악의 경우 당진지역 발전소가 모두 완공되더라도 송전망 제약에 의해 정상가동이 어려울 수 있음
- 충남지역은 보령, 태안, 서천에 화력발전단지가 있는 화력발전설비 밀집지역으로 노후석탄 화력발전이 미세먼지 배출의 주원인으로 지목 지역주민들의 화력발전소에 대한 반감은 더욱 증가

<표 2> 당진 지역 석탄화력 발전 설비 현황(예정설비 포함)

구 분	당진화력(동서발전)		당진에코파워 (SK가스)	계
설 비	1~8호	9~10호	1~2호	12기
용 량	4,000MW (각 500MW)	2,080MW (각 1040MW)	1,160MW (각 580MW)	7,240MW
상 태	운영중	16년 6월 준공예정	건설예정	

자료: 한국전력, “전력통계속보”, pp.36~37, 발전설비용량(행정구역별) 참조 (2015년 12월 446호)

- 밀양지역에 건설된 송전설비는 총길이 90.5km, 송전탑 161기의 765kV 송전설비로 송전설비 관련 지역갈등의 대표적인 사례임
 - 5차 장기 송배전 설비계획(2011.3)에서 2012년 완공을 예정했던 신고리 원전과 북경남 변전소사이의 765kV 건설은 지역주민(밀양)과의 갈등, 민원증가로 인해 2014년 9월에 최종 완공되었으나 계획 대비 2년이나 지연됨
 - 신한울 원전(강원도)부터 신경기변전소까지를 연결하기 위해 계획되었던 765kV 송전설비 역시 6차 장기 송배전 설비계획(2013.8)에 의하면 2019년 완공예정이었으나 직류송전설비인 HVDC로 변경을 검토 중임
 - 7차 장기 송변전 설비계획(2016.3)에서는 신한울 원전과 신경기변전소까지의 송전선 건설 계획과 신경기변전소 건설 계획을 조정하기로 결정하였음
- 지역수급 불균형으로 발생하는 주민갈등 및 전력설비 건설지연사례는 분산형 전원 설비의 필요성 및 중요성을 반영하고 있음

<표 3> 주요 장기 송배전 설비계획 변경 현황

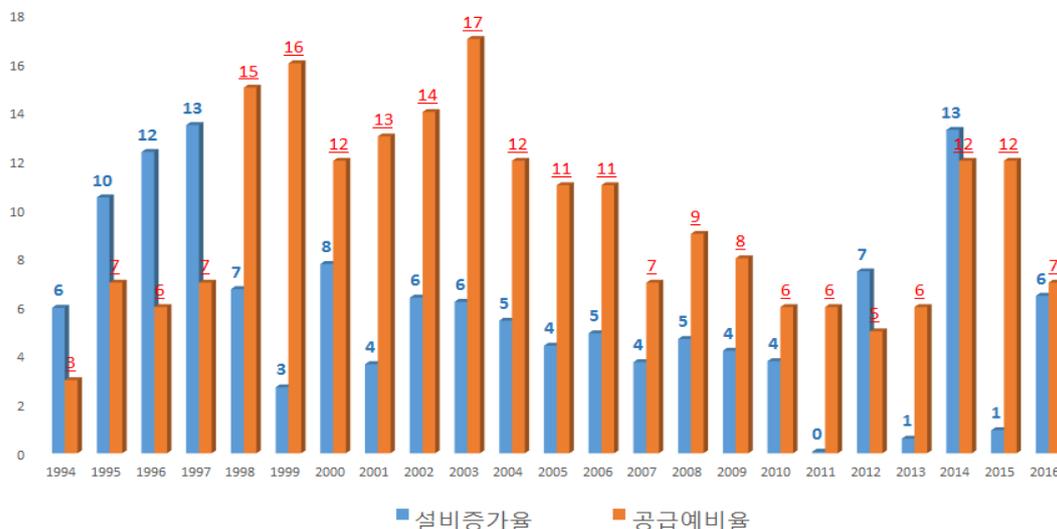
사업명	준공 예정 년도			지연 및 변경 사유	
	5차 계획 (2011)	6차 계획 (2013)	7차 계획 (2016)		
송전	신고리~북경남	2012년	건설중	건설완료 (2014.09)	(6차)민원관련 건설 지연
	신한울NP~강원~신경기	2019	2019	변경	(6차)북경기에서 신경기로 위치변경 (수도권 수급여건 변경 반영) (7차)동해안 대규모 발전력 계통연계사업 변경추진 관련 계획조정
변전	신경기S/S	2019	2019	변경	(6차)북경기에서 신경기로 위치변경 (수도권 수급여건 변경 반영) (7차)동해안 대규모 발전력 계통연계사업 변경추진 관련 계획조정

자료: 한국전력공사, “제 5차, 6차 장기 송배전 설비계획”, “7차 장기 송변전 설비계획” 에너지경제연구원 구원 재구성

3. 발전설비 증가와 공급예비율 (그림1 참조)

- 국내 발전설비는 미래의 전력수요를 예측하여 중앙정부에서 수립한 발전설비 건설 계획에 따라 증설되고 있으며 과거 국내 전력설비 증설과 공급예비율을 살펴보면 일종의 순환적 연결고리가 존재함
 - 예측된 수요에 맞게 적절한 공급 예비율을 산출하고 설비건설 계획을 수립하지만 정확한 전력수요예측은 현실적으로 매우 어려운 작업임
 - 전력수요 전망치 보다 실제 전력수요가 높을 경우, 공급예비력은 계획 대비 낮아지는 상태에 도달하고 장기적으로는 수급안정성에 문제가 생기는 경우가 발생함
 - 수급안정성에 문제가 발생하면 공사기간이 짧은 LNG복합화력 위주로 급속하게 다시 발전설비를 증가시켜 공급설비가 필요이상으로 많아지는 상태에 다시 도달하게 됨
- 최근 국내 전력 공급예비율은 매우 높은 수준으로 전력수급의 안정성은 확보된 것으로 보이나 장기적으로 공급예비율이 낮아질 가능성은 상존함
 - 7차 전력수급계획에서는 약 22%의 예비율을 계획하고 있으나 주요 전망치 및 시장환경이 변해 수요가 예상보다 증가할 경우 공급예비율의 감소를 전망할 수 있음
 - 수급안정성에 문제가 발생하면 공사기간이 짧은 LNG복합화력 위주로 급속하게 다시 발전설비를 증가시켜 공급설비가 필요이상으로 많아지는 상태에 다시 도달하게 됨
 - 미래에 다시 발생할 수 있는 공급예비율 하락에 대비하기 위해서 수립하는 발전설비 증설계획은 과거의 대규모 시설 확충에서 벗어나 분산형 전원 시스템 확대로 방향을 잡는 것이 바람직한 것으로 판단됨

[그림 1] 연도별 발전설비 증가율 및 공급예비율



자료: 전력통계시스템, 최종접속일(2016년 8월 11일)

4. 연료전지 개요, 현황 및 주요 해외사례 분석

□ 연료전지는 수소와 산소의 전기화학 반응에 의해 화학에너지를 전기에너지로 변환하는 발전장치를 의미함

- 연료전지 내에서 수소와 산소가 반응하면 물과 전기, 그리고 열을 발생시키는데 기존의 발전기와 상이한 점은 연소과정을 거치지 않고 비연소과정인 전기화학반응을 통해 직접적으로 전기와 열을 생산함

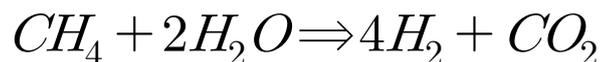
[그림 2] 연료전지 작동원리



* 자료 : 포스코에너지 제공

- 수소로 발전하는 연료전지 기술 자체는 친환경적이지만 천연가스를 개질하여 수소를 생산하는 과정에서 이산화탄소가 발생하는 문제점이 있음
 - 연료전지를 통한 전기와 열 생산에 필수적 연료인 수소는 다양한 경로를 통해 얻을 수 있으며 가장 이상적인 것은 물 전기분해, 바이오가스 개질 등을 통해 생산된 수소를 사용하는 것¹⁾으로 이 경우 연료전지는 매우 환경 친화적인 발전장치가 될 것임
 - 그러나 물 전기분해 등을 통한 수소생산은 매우 고가로 연료전지 발전의 경제성을 하락시키는 측면이 있으며 현재 가장 일반적으로 수소를 생산하기 위해 주로 사용되는 방법은 천연가스에 있는 메탄(CH₄)과 물의 반응을 통해 수소를 추출하는 것임
 - 하지만 천연가스와 물의 반응은 수소를 생산하기도 하지만 동시에 이산화탄소도 발생시켜 연료전지의 온실가스 절감 및 친환경성에 의문이 지속적으로 제기 되고 있음

[그림 3] 천연가스를 이용한 수소 생산식



- 연료전지의 장점으로는 높은 이용률과 적은 설치면적, 낮은 질소산화물과 황산화물 배출 수준이 대표적임
 - 연료전지는 연소과정을 통해 전기를 생산하는 화력발전에 비해 낮은 온도로 전기를 생산하고 천연가스를 주연료로 사용하기 때문에 질소산화물(NO_x)과 황산화물(SO_x)이 거의 발생되지 않는다는 장점이 있음

1) 일본에서는 사탕수수로부터 바이오에탄올을 생산하여 수소를 추출하는 기술을 이미 개발하여 상용화하였음. 향후 화석연료로부터 수소를 추출하는 방식에서 벗어나 친환경적인 수소를 생산하려는 노력은 지속될 것으로 전망됨

- 태양광, 풍력 등 타 신재생에너지원과 비교하여 같은 용량을 설치한다고 가정할 때 상대적으로 작은 설치면적을 차지하기 때문에 수요지 인근에 설치하는데 매우 용이함
- 또한 자연환경 상태에 민감한 타 신재생에너지원과 달리 이용률이 높아 안정적으로 전기와 열을 수요처에 공급할 수 있는 특징이 있고 대형 송전설비가 필요하지 않으며 기존에 설치되어 있는 주변 배전망에 직접 연결해서 사용할 수 있다는 것도 송전망 설비 최소화를 목표로 하는 분산형 전원 활성화의 근본 취지에 부합함

<표 4> 주요 신재생에너지 이용률 및 설치면적

구분(1MW기준)	연료전지	태양광	풍력
이용률(%) / 발전량	90%(7,884MWh)	15%(1,314MWh)	25%(2,190MWh)
설치면적(m ²)	250	10,000	20,000

* 자료 : 포스코에너지 제공

- 연료전지는 분산형 전원설비로 장점을 가지고 있으나 현재 운영상 단점으로 지적되는 천연가스 개질을 통한 수소생산, 낮은 경제성 등은 연료전지 발전 사업이 해결해야할 과제로 판단됨
 - 친환경적 수소생산을 통해 연료전지의 친환경성이 확보될 필요가 있음
- 연료전지에 신재생에너지 공급의무화제도(RPS)에 의해 정책적 지원을 받고 있으나 출력변동성이 높은 재생에너지발전에 비해 전력생산이 용이한 측면이 있어 태양광/풍력 발전을 위축시킬 가능성이 지적되고 있음
- 최근 RPS 이행실적을 살펴보면 바이오와 연료전지의 발전량 증가율이 급증하고 있음

- 자연환경에 영향을 받는 태양광/풍력 발전에 비해 목재와 천연가스를 활용하는 바이오매스 및 연료전지는 보다 많은 전력을 생산할 수 있음
- RPS 제도의 특성상 신재생에너지 공급의무비율을 연료전지 또는 바이오매스도 대부분 이행할 수 있어 이 경우 태양광/풍력 발전의 위축 가능성이 지속적으로 제기되고 있음

<표 5> 신재생에너지 보급량 및 증가율

(단위: MWh)

구분	2013		2014		전년대비 증감	
	발전량	비중 (%)	발전량	비중 (%)	발전량	비중 (%)
총발전량	543,098,496	3.95	546,248,948	4.92	3,150,452	0.58
합계	21,437,822	100.0	26,882,190	100.0	5,444,368	25.4
태양광	1,605,182	7.5	2,556,300	9.5	951,118	59.3
풍력	1,148,179	5.4	1,145,557	4.3	-2,622	-0.2
수력	4,228,112	19.7	2,753,924	10.2	-1,474,188	-34.9
해양	483,777	2.3	492,172	1.8	8,395	1.7
바이오	1,839,568	8.6	4,656,237	17.3	2,816,669	153.1
폐기물	11,554,426	53.9	14,334,944	53.3	2,780,518	24.1
연료전지	578,578	2.7	943,056	3.5	364,478	63.0

자료: 한국에너지공단 신재생에너지센터, “신재생에너지 보급통계”, 2015, p.15

- 미국, 일본 등 주요선진국의 연료전지 발전 지원제도는 분산형전원과 친환경성이라는 특성에 맞춰 실시되고 있음
- 일본의 신재생에너지 발전 지원제도는 고정가격 매입제도(FIT : feed-in-tariff)로 진행되고 있으며 연료전지는 태양광과 동시에 발전할 경우에만 지원되고 있음

- 태양광과 동시에 연료전지 발전을 시행할 경우 더블발전이라는 형태로 연료전지에 대해 지원하고 있음
- 더블발전은 태양광 단독발전에 비해서 상대적으로 낮은 조달가격을 나타내는데 이는 천연가스를 사용해서 높은 이용률을 기록하는 연료전지의 한계를 반영한 것으로 추측할 수 있음. 즉 상대적으로 낮은 조달가격에도 더블발전은 태양광 단독발전에 비해 더 많은 보조금을 받을 수 있을 것으로 보임

<표 6> 일본 태양광 관련 FIT 조달가격 및 조달기간

전원	조달구분		조달가격/kWh		조달기간
태양광	10kW 미만	잉여전력	33엔*	35엔**	10년
		더블발전/잉여전력	27엔*	29엔**	
	10kW 이상		29엔 (‘15.4.1~6.30)	27엔 (‘15.7.1~)	20년

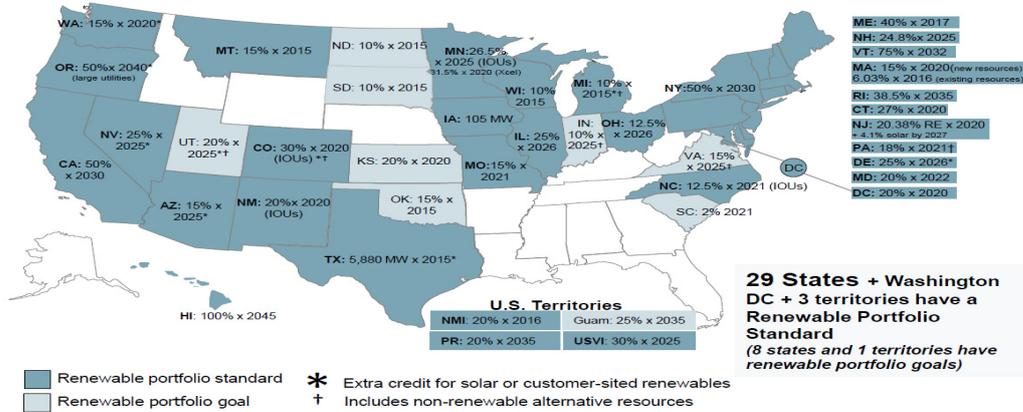
자료: 일본 경제산업성, “신재생 에너지고정가격매입제도 가이드북”, 2015., 이경진, “일본신재생에너지 부과금의 파급효과와 시사점”, 『에너지포커스』 2015년 가을호 p.23 재인용

* 출력억제 대응기기 설치의무가 없는 경우

** 출력억제 대응기기 설치의무가 있는 경우

- 미국은 국내와 동일하게 신재생에너지 지원정책을 RPS를 통해서 지원하고 있음
- 연료전지는 RPS 의무이행 대상이지만 대부분의 미국주에서는 천연가스를 이용해서 발전하는 연료전지가 아닌 친환경원료를 사용해서 발전하는 연료전지 발전만을 RPS 대상으로 적용하고 있음

[그림 4-4] 미국의 주별 RPS 도입 현황



<표 4-7> 연료전지 종류에 따른 RPS 포함 주

RPS	의무시행	자발적 시행
시행 주 (DC포함)	AZ, CA, CO, CT, DC, DE, HI, IA, IL, MA, MD, ME, MI, MN, MO, MT, NC, NH, NJ, NM, NV, NY, OH, OR, PA, RI, TX, VT, WA, WI	IN, KS, ND, OK, SC, SD, UT, VA
연료전지 포함	AZ, CA, CO, CT, DC, DE, HI, MA, MD, ME, MN, MO, MT, NC, NH, NJ, NM, NY, OH, OR, PA, RI, VT, WI	IN, KS, ND, OK, SC, SD, UT
재생연료를 이용 연료전지	AZ, CA, CO, CT, DC, DE, HI, MA, MD, ME, MO, MT, NH, NJ, NM, NY, OH, PA, RI, VT, WI	IN, KS, OK, SC
비재생연료를 이용 연료전지	CT, DE, ME, NY, OH, PA	IN, OK,
수소이용 연료전지	HI(재생에너지수소), MN, NC, NH(재생에너지수소), OR	IN, ND, SC, SD, UT

자료: www.dsireusa.org를 통해 정리 최종검색일 2016.8.9

- 캘리포니아주는 사용연료와 상관없이 연료전지를 분산형 전원으로 분류하여 지원하는 자가발전지원제도를 운영하고 있음
- 친환경연료를 사용해서 발전하는 연료전지는 RPS 대상에 포함되고 자가발전지원제도는 모든 연료전지에 설치비를 지원하는 형태로 운영되고 있음

<표 8> SGIP 지원 기술별 지원금

기술 타입	지원금(\$/W)
재생에너지 및 폐기물 활용기술	
Wind Turbine	1.02
Wast Heat Power	1.02
Pressure Reduction Turbine	1.02
열병합발전 기술	
Internal Combustion Engine - CHP	0.42
Micro-turbine - CHP	0.42
Gas Turbine - CHP	0.42
Steam Turbine - CHP	0.42
신에너지 기술	
Advanced Energy Storage	1.31
Biogas Adder	1.31
Fuel Cell - CHP or Electric Only	1.49

자료: CSE, “2016 Self-Generation Incentive Program Handbook”, 2016

3. 연료전지 발전의 경제성 분석

- 본 연구의 경제성 분석 결과에 의하면, 연료전지 발전비용의 높은 비중을 차지하는 천연가스 가격이 저렴하게 유지될 경우 경제성을 확보하는 것으로 분석됨
- 전력판매로 확보되는 도매전력가격 + REC 가격수익은 3가지 시나리오를 설정하여 분석함

- 기준안의 전력판매수익은 약 248원/kWh으로 비관안(REC 판매수익 감소)은 약 238원/kWh, 낙관안(REC 판매수익 증가)은 약 258원/kWh으로 설정함

<표 9> 시나리오별 판매수익

(단위: 원/kWh)

구분	시나리오 1 (비관안)	시나리오 2 (기준안)	시나리오 3 (낙관안)
평균 SMP	78.67	78.67	78.67
REC 판매수익	160	170	180
총 판매수익	238.67	248.67	258.67

- 열판매수익은 종합수열단가를 고려하여 40,000원/Gcal로 설정함

<표 10> 종합수열단가 추이

(단위: 원/Gcal)

구분	2010	2011	2012	2013	2014
종합수열단가	40,270	41,787	45,431	46,620	48,405

자료: 한국지역난방공사, “2015년도 경영통계”, 2015

- 연료전지 경제성분석에서 가장 중요한 부분인 LNG 단가는 현재 연료전지가 적용받고 있는 도시가스 열병합용을 기준으로 분석 및 추산하였음
- 천연가스 요금은 석유가격이 하락함에 따라 지속적으로 하락하는 추세로 2014년 1월 요금에서는 동절기 기준으로 21.19원/MJ까지 상승하였던 열병합용 천연가스 도매요금은 2016년 11월 약 36% 감소한 13.44원/MJ까지 하락한 상황이며 향후 현재와 같은 저유가가 지속된다고 가정하면 현재 요금수준에서 큰 변동이 생기지 않을 것으로 예상할 수 있음

- 본 분석에서 사용한 도시가스 열병합용 가스요금은 2016년 11월 1일까지 4번의 요금 변동을 단순 평균한 평균요금²⁾을 사용하여 20년의 분석기간 동안 동일하게 적용하였음³⁾

<표 11> 연도별 발전용/열병합용 도시가스 요금

(단위: 원/MJ, 부가세 별도)

구 분		열병합용 도시가스 도매요금		
		동절기	하절기	기타월
2013	02.22	20.11	19.12	19.12
	08.01	19.99	19.06	19.17
2014	01.01	21.19	20.26	20.37
	07.01	20.96	20.04	20.14
2015	01.01	19.69	18.76	18.87
	03.01	17.40	16.47	16.58
	05.01	15.56	14.34	14.38
	09.01	16.28	15.06	15.10
2016	01.01	14.73	13.51	13.55
	03.01	13.24	12.02	12.06
	05.01	12.63	11.03	11.03
	11.01	13.44	11.84	11.84

자료: 한국가스공사 홈페이지, 최종 접속일 2016년 11월 2일

- 본 보고서의 경제성분석을 위한 주요요금 단가는 <표12>에 정리하였음

<표 12> 경제성분석을 위한 주요 요금 단가(기준안)

항목		Unit	1기 발전용 DFC3000
적용단가	전기 판매단가	원/kWh	78.67
	REC 단위금액	원/REC	85,000
	REC 거래수수료 (부가세포함)	원/REC	55
	전력거래수수료	원/kWh	0.098
	열판매단가	원/GCAL	35,000
	LNG 단가 (부가세 포함)	원/Nm ³ (원/MJ)	547.1(12.74)
	용수단가	원/m ³	1,260(일반용)

주. 1Nm³=42.944MJ 적용 (한국가스공사 도시가스 공급예상열량 7월 기준)

- 2) 동절기, 하절기 및 기타 월의 평균치를 사용하였음
- 3) 소매부분의 판매마진은 도매가격의 10%로 반영하여 적용하였음

- 순현재가치(NPV) 방식을 사용하여 분석한 경제성으로 보면 신재생에너지 공급인증서 판매가격을 기준으로 설정한 비관안, 기준안, 낙관안의 3가지 시나리오 분석에서 연료전지 사업의 경제성이 있다는 결과가 도출됨
- 연료비 상승이 발생할 경우 연료전지에 대한 경제성분석 결과는 크게 변경될 수 있어 각 시나리오별로 연료전지 발전사업의 사업성을 확보할 수 있는 연료가격의 최대수치를 추산하는 분석을 실시하였음(표 13, 연료비 상승안 참조)
 - 기준안은 현재 연료비의 약 9%, 비관안은 0.3%, 낙관안은 17.7%까지는 연료비가 인상되더라도 사업성을 있을 것으로 분석됨
- 연료전지에 적용되고 있는 REC 가중치도 어느 수준까지 낮출 경우 연료전지 사업의 경제성이 확보되는지를 살펴보면 낙관안인 시나리오 3에서도 약 12% 정도 가중치를 감소시킨 1.77을 기록하였음

<표 13> 연료전지 발전사업 경제성 분석

분석 시나리오	경제성분석지표		연료비 상승안	REC 분석
	NPV	IRR	가스가격(원/Nm ³)	가중치(2)
시나리오1 (80,000원/REC)	5.2억원	5.6%	548.95 (0.3% 인상)	약 1.99 (0.5% 감소)
시나리오2 (85,000원/REC)	139.3억원	7.1%	596.425 (9% 인상)	약 1.87 (6.5% 감소)
시나리오3 (90,000원/REC)	273.5억원	8.6%	643.9 (17.7% 인상)	약 1.77 (11.5% 감소)

Ⅲ. 정책 제언

- 첫째, 현행 연료전지 발전의 가장 근본적인 문제인 친환경성을 높이기 위해서는 생산과정에서 이산화탄소를 배출하지 않는 수소를 사용한 연료전지 발전에 대해서는 천연가스로 발전한 연료전지에 비해 더 높은 경제적 편익을 제공하는 것이 필요함
 - 현행 RPS에서 연료전지 REC 발급은 수소를 생산하는 발전연료와 관계없이 일정한 가중치를 적용하고 있으나 친환경 원료를 사용하는 연료전지 발전에 대해서는 더 높은 가중치를 부여하는 방법도 고려할 필요가 있음
- 둘째, 미국 캘리포니아의 사례처럼 친환경수소를 사용하는 연료전지 발전은 신재생에너지 지원제도에 포함시키면서 연료전지 발전사업 자체는 연료구분 없이 분산형 전원으로 발생하는 편익을 보상하는 분산형 전원 지원제도를 따로 고려해야 함
 - 송변전 설비 회피 편익과 송전혼잡 편익 등 분산형 전원이 창출하는 사회적 편익을 고려한 제도를 수립하여 연료전지 발전이 발생시키는 편익에 맞는 적절한 보상을 하는 것이 중요할 것임
- 셋째, 연료전지 발전부지에 연료전지 발전과 태양광, 풍력 등 재생에너지 발전을 혼합한 복합 신재생에너지 발전사업을 의무화 하는 것을 고려해 볼 수 있음
 - 일본의 고정가격매입제도와 유사하게 연료전지와 태양광, 풍력을 함께 발전할 경우에만 RPS 지원 대상에 포함시켜 재생에너지와 연료전지의 공동 발전량에 적합한 가중치를 부여하는 방법이 현재 지속적으로 제기되고 있음

는 연료전지 발전에 대한 RPS 지원 타당성 문제를 단기적으로나마 해결할 수 있을 것임

□ 마지막으로, 연료전지를 포함한 분산형 전원 활성화를 위해서 보다 강력한 정책적 수단도 고려해 볼 필요가 있는데 예를 들면 주요 전기수요처에 분산형 전원 설비 설치 및 사용 전력의 일정비율을 자체 생산 전력으로 사용하도록 의무화 하는 정책을 들 수 있음

○ 국내에서 소비되는 전력의 약 55%(2016년 기준)는 산업용으로 사용되고 있으며, 국내 주요산업단지를 살펴보면 매년 그 숫자가 지속적으로 증가하고 있음

○ 따라서 대규모 산업단지에 사용되는 전력의 일정 부분부터 분산형 전원으로 발전하는 의무를 부과한다면 피크부하 감축, 송배전 증설 비용 감소 등으로 이어질 수 있을 것임

IV. 기대 효과

□ 본 연구의 결과는 연료전지 발전에 대한 정책 방향 제시하여 향후 분산형 전원 활성화라는 목표에 연료전지를 활용하는 방안을 수립하는데 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대됨

□ 재생에너지와 신에너지를 동시에 지원하는 RPS 제도 개선에 정보를 제공하는 기초자료로 활용할 수 있음

○ 현행 RPS 제도는 재생에너지와 신에너지가 혼합되어 지원되고 있어 재생에너지 지원과 분산형 전원 지원 대책의 분리 적용이 필요하며 향후 제도 개선에 기초자료로 활용 기대

- 마지막으로, 향후 『제3차 에너지기본계획』과 『제5차 신재생에너지 기본계획』을 수립 시 기초자료로 활용
- 우리나라 신재생에너지의 보급 목표 설정 시 연료전지의 역할을 고려하여 적정 비중 설정에 기초자료로 활용

< 참고자료 >

1. 참고문헌

녹색기술센터, “수소연료전지기술로드맵”, 2010

도현재, “미국산 LNG 도입환경과 국내 가스시장 파급효과 분석”, 에너지경제연구원, 2015

대한전기협회, “신재생에너지공급의무화제도(RPS) 이행실적 대폭 개선”, 「전기저널」, 2015.09

박명덕, “합리적 송전망 비용회수 연구”, 2015

산업통상자원부, “7차 전력수급계획”, 2015.07

_____, “석탄화력발전 대책회의 보도자료”, 2016.07.06

_____, “신재생에너지 보급 활성화 대책”, 2016.11

_____, “에너지신산업 성과확산 및 규제개혁 종합대책”, 2016

_____, “전력계통의 효율적 운영을 위한 합리적 가격신호 제공방안 연구”, 2014

_____, “태양광 별도 의무량부과제도 폐지에 따른 RPS 제도 개선방안”, 2015

삼정KPMG, “연료전지 보급현황 조사 및 보급 활성화 방안 연구”, 2013

에너지공단 신재생에너지센터, 「신재생에너지 보급통계」, 2015

에너지관리공단, “연료전지 보급현황 조사 및 보급활성화 방안 연구”, 2013.12

에너지신문, “새로운 골칫거리 된 당진에코파워”, 2016.07.12

- 이경진, “일본 신재생에너지 부과금의 파급효과와 시사점”, 『에너지포커스』, 2015
- 이투뉴스, “지난해 RPS 의무불이행 과징금 188억원 규모”, 2013.05.16
- 일본 경제산업성, “신재생 에너지고정가격매입제도 가이드북”, 2015
- 전력거래소, “2012년 공급인증서 기준가격”, 2012
- _____, “2013년 공급인증서 기준가격”, 2013
- _____, “2014년 공급인증서 기준가격”, 2014
- _____, “2015년 공급인증서 기준가격”, 2015
- _____, “2016년 7월 REC 거래동향 리포트”, 2016.07
- 전자신문, “공장 지붕마다 태양광 산업단지가 거대한 신재생발전소로”, 2016.09.04
- 지식경제부, “태양광 발전차액 기준가격 해석관련 유권해석”, 2008
- 포스코에너지, “2014년도 녹색기술 심층분석”, 2014.12
- 한국개발연구원, “예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구”, 제5판, 2008
- 한국산업단지공단, “산업단지 통계”
- 한국에너지기술평가원, “연료전지 시장 및 기술동향 분석”, 2015
- 한국에너지공단, 신재생에너지센터, “신재생에너지 보급통계”, 2015
- 한국에너지공단, “주간에너지 이슈 브리핑”, 제125호, 2016.05
- 한국전력공사, 『전력통계속보』, 446호, 2015.12
- _____, “제5차 장기송배전 설비계획” 2011.03
- _____, “제6차 장기송배전 설비계획”, 2013.08
- _____, “제7차 장기송변전 설비계획”, 2016.05

한국지역난방공사, “2015년도 경영통계”, 2015

한국집단에너지협회, “집단에너지사업 활성화를 위한 전력시장 제도개선 및 지원 방안 연구”, 2015.10

한일재단 일본경제연구센터, “전략시장리포트-일본의 연료전지시장”, No.14, 2014.10

한전경제경영연구원, “일, 수소·연료전지 로드맵(H2/fuelcell Roadmap) 개정 /IEEJ” 「KEMRI 전력경제 Review」, 2016.5.30

환경부, 한국환경공단, “명세서 작성 가이드라인”, 2015.02

CSE, “2016 Self-Generation Incentive Program Handbook”, 2016

Itron, “2013 SGIP Impact Evaluation”, 2015.04

정책 이슈페이퍼 17-19

분산형전원 활성화 방안: 연료전지를 중심으로

2017년 7월 31일 인쇄

2017년 7월 31일 발행

저 자 김 현 제, 박 명 덕

발행인 박 주 현

발행처 **에너지경제연구원**

44543 울산광역시 중가로 405-11

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

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 (사)한국척수장애인협회 인쇄사업소 (031)424-9347
