

Review of Agricultural Energy Status and Energy Transition in Korea

국내 농업에너지 현황과 에너지 전환 검토

Hoon Jung†

정훈†

Principal Researcher, KEPCO Research Institute, Korea

I. 서론

우리나라는 국가경제 발전 및 국민복지 증진을 위해 국가 정책상 필요에 따른 취약부문을 지원하고 '전기를 사용하는 용도'에 의거 전력요금 단가를 달리 적용하는 교차보조를 시행하고 있는데 7개로 구분되는 계약종별 중 교차보조의 가장 큰 수혜를 받는 종별은 농사용 전력이다. 지난 2017년 한국전력공사 대전세종충남지역본부의 1 kWh당 농사용 전력 판매단가는 46.89원으로서 전체 평균단가(105.04 원)의 45% 수준이었다.

농사용 전력에 대한 교차보조는 영세 농어민을 보호하고 우리나라 식량자급률을 높이며 농수산물 가격을 안정시키고 수출 경쟁력을 증진시킴으로써 결과적으로 전 국민의 복지증진에도 큰 기여를 하고 있지만, 모든 제도가 그렇듯이 농사용 전력에 대한 교차보조가 시행 50여년을 넘어서는 현재, 국가 차원에서 비효율적인 요소와 수용가 간 공평하지 않은 문제가 제기되고 있는데, 예를 들면 농사용 전기를 시설난방에 사용하는 문제이다. 전기는 석탄이나 석유와 같은 1차 에너지를 이용하여 발생하는 열의 약 40%가 전기로 변환되고 송전·변전·배전 과정의 손실도 발생하는 2차 에너지인데 이를 다시 열로 변환하여 농업용 시설난방에 사용하는 것은 명백히 비합리적이다.

그럼에도 불구하고 현재 지나치게 저렴한 농사용 전기요금으로 인해 기존의 등유나 병커C유 보일러를 전기히터로 대체하여 화훼나 특수작물 재배를 위한 시설농업 난방에 전기를 사용하는 사례가 급증하고 있는데, 실제 농어업의 에너지원 중 전기가 차지하는 비중은 1990년 6.8%에서 2014

년 34.1%로 대폭 증가했으며, 최근 특수작물 재배가 늘어남에 따라 이러한 경향은 가속화되고 있다. 이것은 단순히 전기사업자의 영업이익 감소 문제가 아니라, 국가 차원의 에너지 소비구조를 왜곡하는 심각한 문제이다.

본 기고는 국가 차원의 합리적 에너지 생산과 소비에 대한 기술적 분석과 현 시점에서 기술적 대안을 제시하기 위해 국내외 농사용 에너지 사용 실태를 살펴보고 국내의 왜곡된 농사용 전기요금으로 인한 경제적 손실 및 온실가스 추정 증가치를 조사하였다. 또한 국내외 에너지전환 정책을 조사하고 이러한 에너지전환을 통해 국내 농업에너지 왜곡 현상 해소 가능성을 검토하였다.

II. 국내 농사용 에너지 사용 실태

농사용 전기요금은 1960년대 초 양곡 생산을 위한 양배수 펌프로 시작되어 1970년대에 생산방식과 생산물 종류에 따라 세분화하고 요금 수준을 다르게 하였고, 현행 농사용 요금은 전체 판매단가의 40% 수준으로 원가의 절반 이하 수준으로, 이는 소규모의 영세농 지원이라는 정책적 배려가 담겨있다. 그러나 농사용 난방을 유류나 석탄에서 전기로 바꿀 때는 약 60%의 에너지 손실이 발생하고 유류를 직접적으로 난방에 활용하는 경우에 비해 45%의 에너지가 추가로 손실된다. 농사용 전기 난방은 발전에 필요한 에너지수입과 온실가스가 추가 발생되어 연간 수천억 원의 국가재원이 낭비된다 [2].

농림어업분야의 에너지원은 전력, 석유, 가스, 석탄이다.

† hoonjung77@kepcoco.kr

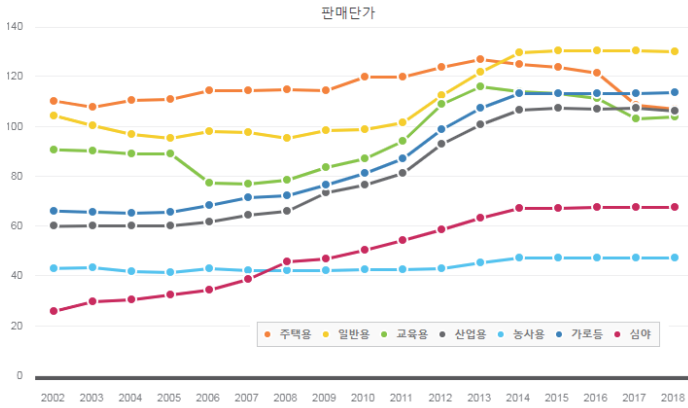


Fig. 1. 용도별 전기요금 추이 [1].

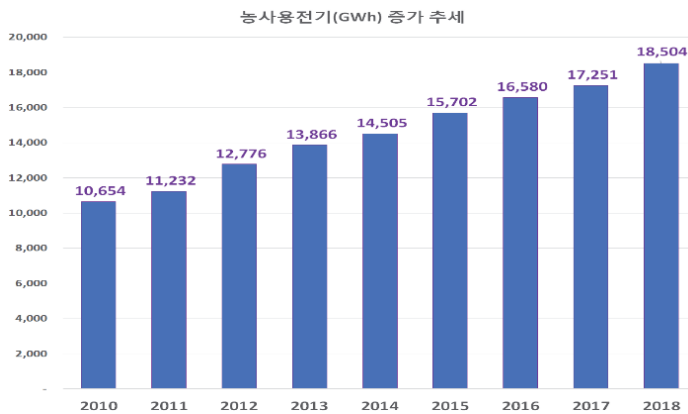


Fig. 2. 농사용 전기 증가추세.

1990년도에는 10,000 kcal당 가격이 전력이 석유보다 3배로 가장 높았지만, 2004년을 기점으로 석유가격이 가파르게 상승하여 2012년에는 전력보다 2배 가까이 상승하였다. 이러한 가격 변동으로 인해 석유 난방이 점차 전기 난방으로 대체되었으며, 특히 2016년은 면세유의 불법사용 폐단을 막을 목적으로 경유 면세유 지원이 중단되어 비닐하우스 축사 등의 난방은 등유에서 전기로 급속히 대체되어 2008~2017년 10년 동안 연간 평균 전력 판매 증가율이 3.1%인 데 반해 농사용은 7.7%씩 증가하였다. 1990년 이후 농림어업 분야의 에너지 소비는 2000년대 초반까지 증가하는 추세를 보이다 감소세로 전환되었고 2000년대 중반 이후에는 다소의 등락을 보이는 하지만 3.0~3.5백만 TOE 수준을 유지하고 있다. 시기별로 구분해서 보면 1990년대 농림어업 에너지소비는 연평균 7.9%의 비교적 높은 증가율을 기록하였다.

1990년 이후 지속적으로 증가하던 농림어업에너지소비는 외환위기 시기인 1998년에 크게 감소하였으나 1999년부터 다시 증가세로 전환되어 2001년 4.5백만 TOE로 최대 소비를 기록하였다. 2000년대 농림어업 에너지소비는 2001년 이후 감소세로 전환되어 2008년 3.0백만 TOE로 소비가

Table 1
연도별 농림업 에너지원 별 소비 추이 [2]

(단위: 천TOE)

구분	석유	도시가스	전력	석탄	계
1990	1,687	0	125	21	1,833
1995	2,934	0	290	37	3,261
2000	3,600	13	456	82	4,151
2005	2,755	27	603	101	3,486
2008	2,132	6	721	155	3,015
2010	2,333	5	864	183	3,384
2011	2,168	4	909	175	3,256
2012	2,128	6	1,038	178	3,350
2013	2,183	4	1,123	184	3,494
2014	2,070	3	1,166	180	3,420

연평균 변화율 (%)

1990~2000	7.9	-	5.9	14.6	8.5
2000~2008	-6.3	-8.6	5.9	8.3	-3.9
2008~2014	-0.5	-9.4	8.3	2.6	2.1
2000~2014	-3.9	-9.0	6.9	5.8	-1.4

주: 석탄소비량은 에너지총조사 소비 비중을 적용하여 추정

자료: 에너지통계연보; 에너지총조사

Table 2
연도별 농림업 에너지원 별 소비 구조 [2]

연도	에너지 소비량 (천TOE, %)	에너지원별 구성비 (%)			
		연탄	석유류	가스류	전력
2007	2,087.6	7.6	72.6	0.3	19.5
2010	2,409.0	7.7	57.2	0.1	35.0
2013	2,496.8	7.4	52.0	0.1	40.6

저점을 기록한 후 다시 증가세로 전환되었으나 증가세는 완만 하였다. 2000~2014년 기간의 농림어업부분 에너지소비 추세를 보면 연평균 1.4% 감소하였으며, 에너지소비 규모는 2000년 4.2백만 TOE에서 2014년 3.4백만 TOE로 약 19% 줄어들었다.

에너지원별로 소비를 보면 농림어업 에너지소비 중 가장 비중이 큰 에너지원은 석유로 2014년 현재 60.5%를 점유한 2.1백만 TOE를 기록하고 있다. 시기별로 보면 농림어업 석유 소비는 1990년대에는 외환위기 시기를 제외하고는 증가추세를 지속하였고 2001년에 3.8백만 TOE로 최대를 기록하였다.

지속적인 소비 증가로 1990년대 농림어업 석유 소비는 연평균 7.9%의 높은 증가율을 기록하였다. 2001년 최대 소비를 기록한 이후 석유 소비는 감소세로 전환되었는데 2008년 2.1백만 TOE까지 감소하였다. 이후 다시 증가세로 전환되는 듯하였으나, 2010년 이후 다시 감소하는 모습을 보이고 있다. 2000년에서 2014년 기간 중 석유 소비는 연평균 3.9%로 감소하였으며 소비 규모는 42.5% 줄어들었다.

반면에 농림 어업의 전력소비는 매우 빠르게 증가해 왔다. 2000~2014년 기간 동안 농림 어업의 에너지소비 규모 자체가 감소하였음에도 불구하고, 전력소비는 동기간 연평균 6.9%의 빠른 증가세를 시현하였다. 이는 농림어업에서의

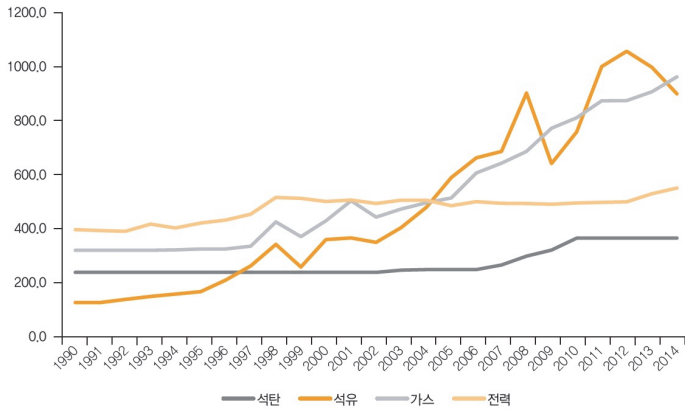


Fig. 3. 농림어업 에너지원별 가격 추이 (단위: 원/만kcal) [2].
 자료: 에너지통계연보, 에너지경제연구원

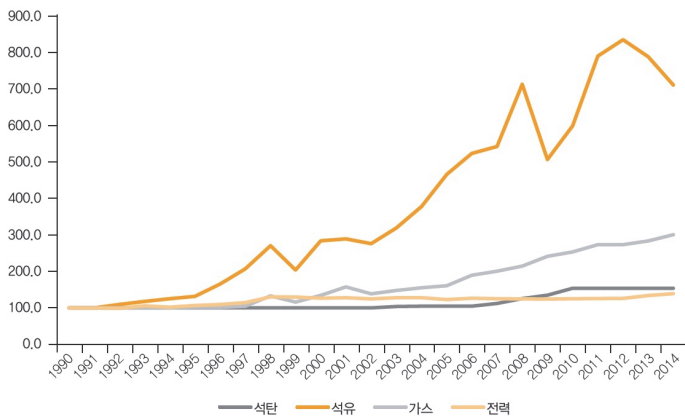
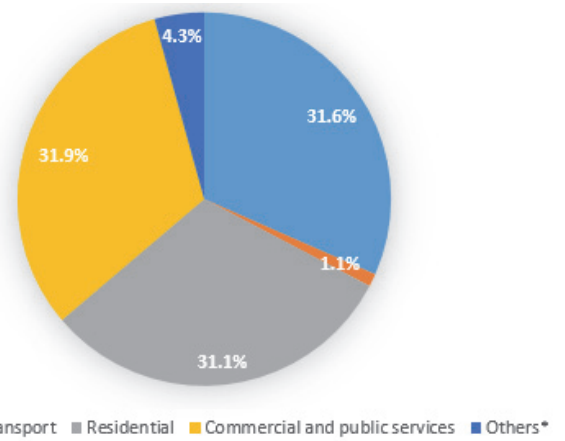


Fig. 4. 에너지원별 가격 비교(1990=100) [2].
 자료: 에너지통계연보, 에너지경제연구원

석유, 도시가스 등과 같은 타 에너지 소비를 전력이 빠르게 대체하여 왔음을 의미하며 2014년 농림어업 전력소비는 2000년 당시에 비해 약 3배 가까이 증가하였다.

근래 농촌은 스마트 팜 농장 및 축산농들이 난방에서부터 제어장치까지 모든 과정을 값싼 농사용 전력을 이용하는 대규모 기업형 농장이 늘어나는 추세인데, 지난 10년 동안 500 kW미만 농사용 고객은 연평균 5% 수요가 증가한 반면, 500 kW가 넘는 대규모 기업농은 연평균 무려 20% 성장을 기록하고 있는 실정이다. 이들 기업농은 전체 호수의 0.2%를 차지하지만 농사용 전체사용량의 27%를 점유하여 농사용 원가 손실을 가중시키고 있는데 이러한 기업농의 급격한 증가는 원가 이하로 저렴하게 전기를 공급하는 농사용 제도 취지를 위협하는 동시에 일반용, 주택용 등 일반고객에게 농사용 손실액을 전가시키는 부작용을 낳고 있다. 우리나라는 농사용 공급 대상이 점점 기업농화 되고 다양하게 증가하는 양상을 보이고 있어 농사용 증가로 인한 여러 문제점들은 더욱 심화될 전망이다. 현재 농사용 전기를 이용하는



주: 농림어업 부문 및 그 외 항목은 기타(Others)에 포함됨.
 자료: IEA(2017)의 Figure 8.

Fig. 5. OECD 용도별 전기 소비 현황 (2015년 기준) [3].

상위 10곳의 1년간 전력사용량은 총 11만1417 GWh로, 약 2만5000여 가구가 1년간 이용할 수 있는 양이다. 이런 문제점을 해소하기 위해서는 기업농의 농사용 전기 난방을 지열 및 공기열 히트펌프 등 타 에너지원으로 전환하도록 하는 국가적 노력이 필요하고, 아울러 무분별한 농사용 전기 사용을 자제할 수 있도록 국민 모두의 의식전환이 필요하다.

III. 국외 농사용 전기요금 사례 [3]

국외의 경우 농사용 전기요금 제도가 별도로 마련되어 있지 않거나 매우 제한적으로 활용되어 농사용 전력 소비와 관련한 통계 자체를 구하기가 쉽지 않은 상황이다. OECD 국가의 예를 들면, IEA (2017)에 따르면 농림 어업을 포함해 기타(Others)로 분류된 부문의 전력 소비량이 전체 전력 소비량의 4% 정도를 차지하고 있어 실제로 그 비중이 크지 않음을 알 수 있다.

중동국가와 인도를 제외하면 영국, 대만, 프랑스와 미국 대부분의 주에는 농사용 제도가 없으며 일본, 중국, 호주는 관개용 양·배수시설에만 농사용을 한정하여 적용하고 있으며 인도의 경우 비교적 저렴한 농사용 요금을 적용하고 있으나 근래 지속적으로 상승하는 추세에 있다.

종합해 보면 대부분 선진국의 경우 농사용 전기요금 제도를 별도로 운영 중인 나라는 거의 없으며, 설령 있다 하더라도 관개용 및 축산이나 농산물 재배와 관련이 있는 일부 용도에 한정되어 농사용 전기요금을 적용함을 알 수 있다. 또한 타 용도에 비해 농사용 전기요금을 낮게 제공하고 있긴 하나 그 폭이 우리나라처럼 크지 않음을 알 수 있다.

경제 전체에서 농업의 비중이 큰 아시아나 아프리카국

Table 3
호주 Ergon Energy의 Rural Tariff [3]

Tariff 62	
Peak period: 7am to 9pm weekdays	
Peak usage, first 10 kWh per month – cents per kWh	51.168
Peak usage, remaining kWh per month – cents per kWh	43.270
Off-peak usage – cents per kWh	18.093
Supply charge – cents per day	86.296
Tariff 65	
Peak period: Fixed 12 hr period agreed with retailer	
Peak – cents per kWh	40.583
Off-peak – cents per kWh	22.353
Supply charge – cents per day	85.803
Tariff 66	
Annual supply charge first 7.5 kW – dollars per kW	41.253
Annual supply charge remaining kW – dollars per kW	124.035
All usage – cents per kWh	21.272
Supply charge – cents per day	189.107

자료: Ergon Energy 홈페이지 (<https://www.ergon.com.au>)

Table 4
베이징의 전기 도매 요금표 [3]

Type of power consumption	(단위: Yuan/kWh)	
	1-10 kV	35 kV or more
Residential power consumption	0.3793	0.3793
Non-residential lighting	0.6145	0.6145
Commercial power consumption	0.6175	0.6175
Non-industrial and ordinary industry power consumption	0.5575	0.5475
Agricultural power consumption	0.4230	0.4130
Agricultural irrigation and drainage power consumption of poverty counties	0.2580	0.2530

자료: 베이징시 전력이요금 안내 웹사이트 (<https://www.ebeijing.gov.cn>)

가들의 경우 산업용이나 상업용 전기요금에 비해 훨씬 저렴한 수준의 농사용 전기요금을 적용하는데, 요금 체계만 가지고 살펴본다면 우리나라의 현 농사용 전기요금 체계는 이런 국가들과 유사한 특징을 보인다.

A. 미국 캘리포니아

캘리포니아는 텍사스와 더불어 미국에서 산업용 전력 소비 비중이 가장 높은 지역인데, 그 중 많은 부분이 농업용으로 사용된다. 이러한 특성에 따라 캘리포니아 주의 많은 전력 판매사업자들은 농사용 전력 요금 제도를 별도로 운영한다.

PG&E (Pacific Gas and Electric Company)의 경우 1년 전기 사용량 중에서 70% 이상을 축산, 작물 재배, 농작물 관개 펌프용 및 기타 판매용 농작물 생산 등과 관련된 용도로 사용하는 소비자를 대상으로 농사용 전기요금을 적용한다. 농사용으로 제공되는 전력의 평균 요금은 15 cent/kWh 수준인데 전기요금 전체 평균이 17 cent/kWh임을 고려하면 할인 폭이 그리 큰 수준은 아니라고 할 수 있다.

SCE (Southern California Edison) 역시 PG&E와 마찬가지로

지로 전체 전기 소비량 중 70% 이상이 농사용으로 사용되는 수용가를 대상으로 농사용 요금제를 적용하며, 요금 수준 또한 PG&E와 비슷하게 책정된다.

B. 일본

일본에는 현재 10개의 전력 판매회사가 존재하는데 그 중 큐슈 전력(Kyushu Electric Power Corporation; KYEPCO)의 경우 농사용 전력 요금이 그 용도에 따라 농사용 A와 농사용 B로 나뉘지며, 농사용 A는 농업 관개 배수용 전기 제품을 이용하는 소비자들에게 적용되는 전기요금으로 계약 전력이 50 kW 미만일 경우에만 적용되며, 농사용 B는 곡물 탈곡에 사용되는 전기 제품을 이용하는 소비자들을 대상으로 적용된다.

농사용 A의 전기요금은 기본요금과 전력량요금으로 구성되는데 기본요금은 kW당 640.50 엔(Yen)이 부과되며 전력량요금은 계절별로 차등된다(여름철 9.49 엔/kWh, 그 외 계절 8.54 엔/kWh). 농사용 B의 경우 계약 전력이 5 kW 미만인 경우는 정액제 요금이 적용되며, 계약 전력 5 kW 이상인 고객은 종량제 요금이 적용되는 구조이다.

C. 호주

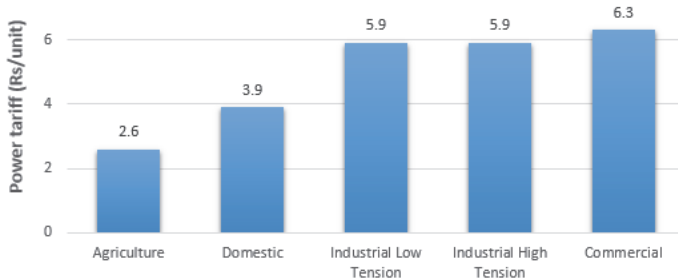
호주 퀸즐랜드(Queensland) 주(州)의 전력 판매 사업자인 에르곤 에너지(Ergon Energy)는 농촌 지역 거주자에게 특화된 맞춤형 요금제(Rural tariffs)를 운영 중이다. Rural tariffs는 tariff 62, 65 및 66으로 구성되는데 각각의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 Tariff 62는 관개 및 펌프, 축산, 양돈장 난방, 부화장 등화, 그리고 낙농장 및 유사 농장의 냉방 등의 목적으로 사용하는 전기에 대해 적용된다. 이 요금 체계는 밤이나 주말에 사용하는 전기에 대해 저렴한 수준의 요금을 적용하며, 그 외 시간대의 경우 최초 10,000 kWh 사용량에 대해서는 비교적 낮은 요금이 적용되지만 이후의 사용량부터는 요금이 증가하는 구조로 이루어져 있다.

Tariff 65는 소비자가 선택한 임의의 12시간 동안 저렴한 요금을 제공하며, Tariff 66은 관개용을 위해 장시간 전력을 사용하는 소비자에게 적용하는데 특히 7.5 kW 이상의 설비를 보유한 고객을 대상으로 한다.

D. 중국

베이징은 용도별, 전압 별로 전기요금 체계가 구성되며 크게 상업용, 산업용, 가정용, 농사용으로 구분할 수 있는데 농사용 요금은 일반 농사용 요금과 일부 빈곤지역에 대한 농사용 관개 용수를 위한 요금으로 구분된다. 일반 농사용 요금(0.4230 yuan/kWh)은 가정용 요금(0.3793 yuan/kWh)에 비해서는 비싼 편이나 상업용(0.6175 yuan/kWh)과 산업용(0.5575 yuan/kWh)에 비해 저렴한 요금 수준을 보인다.



자료: CEA, CERC, Goldman Sachs Global Investment Research; Institute for Energy Economics and Financial Analysis (2015, p.20)에서 재인용

Fig. 6. 인도의 용도별 전력요금(2013년 추정치) [3].

빈곤 지역을 위한 농사용 관개용수 요금(0.2580 yuan/kWh)은 일반 농사용 요금의 약 60% 정도의 수준이며 전체 요금 체계에서 가장 저렴한 요금이다.

E. 인도

인도의 전체 전력사용량을 놓고 볼 때, 농사용과 주거용 전기사용량은 전체 사용량의 1/3 비중을 차지한다. 그러나 농사용과 주거용의 전력 요금은 각각 2.6 Rs/unit, 3.9 Rs/unit으로 산업용과 상업용에 비해 약 50% 수준으로 요금을 부과하는 실정이다. 이는 상대적으로 높은 산업 및 상업 전력요금 부과를 통해 가정용과 농사용에 교차 보조를 하는 것으로 볼 수 있다.

평균 농사용 요금은 타 용도 전력 요금에 비해 매우 낮은 수준이나 최근 들어 지속적으로 상승하는 추세에 있으며 특히 배전 회사의 손실을 막기 위해 주정부에서 상당한 수준의 농사용 보조금을 줄인 것이 농사용 요금 상승의 주요 원인으로 분석된다.

상업용 및 산업용 등 타 용도의 요금 역시 지속적으로 상승하고 있음을 볼 때, 상대적으로 저렴한 전기요금을 현실화하려는 인도정부의 정책추진이 있는 것으로 판단된다.

F. 파키스탄

파키스탄의 전력 요금은 가정용, 상업용, 산업용, 농사용 등 용도별로 체계가 구성된다. 산업용 및 상업용에는 약 400 Rs/kW 정도의 기본요금을 부과하나 농사용에 부과되는 기본요금은 200 Rs/kW 수준으로 상대적으로 저렴하다. 전력량요금은 전압, 용도 및 시간대(Peak/Off-peak)에 따라 부과하나 기본 요금에 비해서는 용도별 차이가 크지 않다.

G. 요르단 및 리비아

중동 및 북아프리카 지역의 국가들은 용도, 시간대별 전력요금 체계가 있으며 일부 국가에 한해서 농사용 요금을 적용하는 실정이다. 요르단의 전기요금 체계는 크게 주택용

Table 5
파키스탄의 전력요금 [3]

	기본요금 (Rs/kW)	전력량요금 (Rs/kWh)
주거용	최초 50 kWh까지	-
	51~100 kWh	4.00
	101~200 kWh	9.25
	201~300 kWh	11.00
	301~700 kWh	11.00
	700 kWh 이상	13.33
상업용	계약전력 5 kW 미만	15.00
	계약전력 5 kW 이상	16.00
	계약전력 25 kW 이상	400
산업용	계약전력 25 kW 미만	-
	계약전력 25 kW-500 kW	12.00
농사용	계약전력 5 kW 미만	400
	농사용 관정(tube well)	-
	200	11.50

주: 대용량 및 고압 수용가를 대상으로 TOU 별도 운영 중임.

자료: LESCO의 전기요금표(<http://www.lesco.gov.pk>)

과 비주택용으로 구분되며 비주택용 요금에는 상업용, 산업용, 농사용 등이 포함된다. 주택용 요금은 타 국가의 요금 체계와 유사하게 사용량에 따라 요금이 상승하는 구조이나 시간대별 요금을 청구하지는 않고 있다. 비주택용은 주간(day tariff)과 야간(night tariff)에 각기 다른 요금이 적용되는 일종의 시간대별 차등 요금제를 적용한다. 농사용 요금은 주간과 야간 모두 다른 용도에 비해 가장 낮은 수준의 요금을 적용한다.

리비아의 전력요금 체계도 요르단과 유사한 것을 확인할 수 있다. 용도별 요금 체계를 기본으로 하며 주택용의 경우 누진제 구조를 취한다. 요르단과 마찬가지로 농사용 전력 요금은 타 용도 요금에 비해서 매우 저렴한 편인데 상업용 요금과 비교해 보면 절반 정도의 수준에 불과함을 알 수 있다.

IV. 국내 농사용 전기요금 왜곡에 따른 경제적 비용 [3]

전기요금은 전력 소비의 크기를 결정하는 데 영향을 주는 주요 변수이다. 따라서 왜곡된 전기요금은 전력소비를 왜곡하고 전력과 대체 또는 보완관계에 있는 다른 에너지원의 소비에도 영향을 준다. 물론 전력과 대체 또는 보완 관계에 있는 에너지원 가격도 역으로 전력 소비에 영향을 줄 수 있다. 이는 각 에너지원의 가격이 합리적인 수준으로 결정되지 않는 경우 궁극적으로는 비합리적 에너지 소비구조를 유도함으로써 국가경제에 비효율성을 초래하게 됨을 의미한다.

본 기고에서는 왜곡된 전기요금으로 인하여 발생한 경제적 비효율성을 에너지 수입비용 변화를 통해 추정한다. 2013년 기준 농사용 전력의 판매 단가는 kWh당 45.51원으

Table 6
전기요금 인상 및 에너지 전환으로 인한 순수입 절감액
(단위: 십억 원)

연도	효율 미고려		효율 고려	
	농사용 전체	온실 저온저장	농사용 전체	온실 저온저장
2005	-98.4	-30.4	-85.9	-26.5
2006	-114.7	-35.4	-98.5	-30.4
2007	-113.2	-41.1	-113.3	-35.0
2008	-331.0	-107.5	-283.2	-92.0
2009	-196.7	-66.9	-165.7	-56.4
2010	-373.1	-132.8	-332.0	-118.2
2011	-253.0	-90.2	-189.9	-67.7
2012	-454.8	-162.2	-369.7	-131.9
2013	-467.5	-166.9	-391.8	-139.9
2014	-585.9	-209.1	-518.4	-185.1
2015	-486.8	-173.8	-450.1	-160.7
2016	-289.0	-103.2	-259.7	-92.7
누계	-3,784.1	-1,1960.6	-3,258.3	-1,136.4

주: 1. 효율 미고려: 전력과 석유의 효율 동일하다고 가정.
2. 효율 고려: 전력은 95%, 석유는 85% 효율 가정.
3. 전력의 가격탄력성은 0.348을 적용한 결과임.

로 총괄 원가 129.79원의 35.1%에 불과한 수준이었다. 총괄 원가에 비해 실제 판매단가가 크게 낮다는 것은 전기요금이 총괄 원가 수준으로 부과되었을 경우에 비해 실제 농사용 전력소비가 훨씬 많이 발생한다는 것을 의미한다. 그런데 낮은 판매 단가로 인해 전력소비가 증가하면 이에 상응하여 전력공급을 증가시켜야 하고 이에 따라 전력생산을 위해 투입되는 발전 연료도 증가하므로 발전 연료 투입의 증가는 왜곡된 전기요금으로 인한 추가비용이라고 할 수 있을 것이다. 반면 정상보다 낮은 전기요금은 전력의 상대가격 왜곡을 통해 타 에너지원의 소비를 감소시키고 이는 낮은 전력 가격에 의한 에너지비용 감소요인으로 볼 수 있다. 이처럼 전기요금의 왜곡은 발전 연료 투입 비용을 증가시키고 동시에 다른 에너지원의 소비를 감소시킴으로써 비용 감소를 유발하므로 양자의 차이가 전기요금 왜곡으로 인해 초래되는 비용이라 할 수 있다.

발전 연료 투입 비용 증가액이 다른 에너지원의 소비 감소로 인한 에너지비용 감소액을 초과한다면 전기요금 왜곡에 따라 국내 경제가 추가로 비용을 지불하고 있음을 의미한다. 그런데 국내에서 소비되는 1차 에너지는 거의 대부분을 수입에 의존하므로 발전 연료 투입 증가로 인한 수입 비용 증가액과 다른 에너지원의 소비 감소로 인한 수입 감소액을 비교하면 전기요금 왜곡에 따른 경제적 비용을 추정할 수 있다. 분석의 편의를 위해 현재의 왜곡된 전기요금을 정상 수준(총괄 원가 수준)으로 인상할 경우 발생하는 전력 수요 감소로 인한 연료비용 감소와 전력 상대가격 상승으로 인한 대체 비용 증가를 비교함으로써 비용의 변화를 추정한다. 이는 전기요금을 정상수준으로 인상함에 따라 현재 불필요하게 지불하는 경제적 비용을 감소시키는 것으로 볼 수 있을 것이다

농사용 전기요금 왜곡으로 인해 우리 경제가 불필요하게 지출하는 경제적 비용을 실증적으로 분석하기 위해서는 먼저 농사용 전력 수요 함수 추정을 통해 농사용 전력 수요에 대한 가격탄력성을 추정하고, 추정된 가격탄력성을 이용해 농사용 전기요금 왜곡에 따른 경제적 비용을 추정하는 방법론을 이용한다.

농사용 전력 수요의 가격 탄력성 추정결과는 모형 설정 방식에 따라 -0.236 ~ -0.348 사이로 나타나는데 농사용 전력 수요 함수를 추정하기 위해 1990년부터 2016년까지의 연간 자료를 이용하여 농림어업 부가가치, 농사용 전력 가격, 석유 가격, 냉방도일 및 난방도일 등의 자료를 설명 변수로 포함하였다. 모형 추정은 OLS를 기본으로 하였으며 가격 탄력성 추정 결과 중 최소값(-0.236)과 최대값(-0.348)을 이용하여 농사용 전기요금 왜곡에 따른 경제적 비용을 산정하였다. 즉, 필요인상률(%) = (총괄원가 - 판매단가) / 판매단가 × 100, 필요인상률에 농사용 전력수요 가격탄력성을 적용하여 농사용 전기요금 왜곡에 의한 왜곡된 소비량을 추정한다. 예를 들어 가격탄력성이 -0.4이고 필요인상률이 150%인 경우 왜곡된 소비량은 -60% (-0.4×150%), 즉 현재보다 전력소비가 60% 감소해야 한다. 왜곡된 소비량이 추정되면 소내 소비율, 송배전 손실률 등을 고려하여 왜곡된 소비량에 상응하는 발전량을 계산하여 전 단계에서 추정한 발전량을 생산하기 위해 투입된 에너지 소비량을 산정할 수 있다. 본 연구에서는 발전 연료로 LNG만을 고려하였으며 추정된 발전 연료 투입량에 도입 단가와 환율 등을 고려하면 왜곡된 발전에 따른 발전용 에너지 수입 비용을 추정하는 것이 가능하다.

전기요금 왜곡에 의해 전력소비가 증가한 만큼 전력과 대체관계에 있는 에너지(석유)의 소비는 감소하므로 이를 고려하여 석유 소비 절감에 따른 수입비용 절감액을 추정할 수 있고 발전용 LNG 도입비용에서 석유 수입 비용 절감액을 차감하면 농사용 전기요금 왜곡에 의한 에너지 순수입 비용 변화액을 계산할 수 있다.

농사용 전력 수요의 가격 탄력성 -0.236을 적용하여 분석한 결과, 2016년 기준 농사용 전기요금 왜곡에 따른 비용은 1,960억 원으로 추정되며 농사용 전기요금을 총괄원가 수준으로 인상하는 경우 전력소비 감소에 따라 발전 연료 수입액은 3,645억 원 감소하는 것으로 계산된다.

농사용 전기요금을 총괄원가 수준으로 인상할 경우 전력소비는 실제보다 35.3% 감소하여 전력소비량은 5,853 GWh 감소하고 이 경우 발전량은 6,364 GWh 감소하는 것으로 분석되며, 이에 따른 LNG 수입 감소액이 3,645억 원으로 추산된다. 또한 이 경우 석유 소비 증가에 따라 석유 수입 증가액은 1,685억 원 증가하는 것으로 추산된다. 절감된 전력소비량을 석유(경유)로 대체하면 경유 소비량은 3,514천 배럴만큼 증가하며, 석유 도입 단가(41.3 달러/배럴)와 연평균 환율(1,160.5 원/\$)을 이용하여 해당 금액을

Table 7
온실가스 배출량 추정치 (1)

	(단위: 천 TEC)				
	LNG		석유		A-B
	소비	CO ₂ 배출량 (A)	소비	CO ₂ 배출량 (B)	
2005	456	963	227	639	324
2006	493	1,041	246	693	348
2007	579	1,231	289	819	412
2008	811	1,724	403	1,143	580
2009	747	1,588	370	1,051	537
2010	837	1,779	417	1,184	595
2011	966	2,053	482	1,368	685
2012	1,223	2,581	608	1,745	836
2013	1,168	2,465	582	1,671	794
2014	1,150	2,427	572	1,640	788
2015	1,109	2,342	552	1,584	758
2016	1,126	2,377	563	1,614	763

Table 8
온실가스 배출량 추정치 (2)

	(단위: 천 TEC)				
	LNG		석유		A-B
	소비	CO ₂ 배출량(A)	소비	CO ₂ 배출량 (B)	
2005	673	1,421	334	942	478
2006	727	1,535	362	1,022	513
2007	854	1,816	426	1,208	608
2008	1,195	2,542	594	1,686	856
2009	1,102	2,342	546	1,550	792
2010	1,234	2,624	615	1,746	878
2011	1,424	3,028	711	2,017	1,011
2012	1,803	3,806	897	2,573	1,233
2013	1,722	3,635	859	2,464	1,171
2014	1,695	3,579	843	2,418	1,161
2015	1,636	3,454	814	2,336	1,118
2016	1,660	3,505	830	2,380	1,125

계산할 수 있다. 따라서 농사용 전기요금 왜곡에 따른 순 효과(net effect)는 에너지 도입비용이 1,960억 원 감소하는 것으로 나타나며, 이 금액이 농사용 전기요금 왜곡에 따른 우리경제가 부담해야 할 비용이 된다. 만약 농사용 전기요금 인상에 따른 에너지원 간 대체 현상이 저온저장고와 온실 및 축사 용도에서만 발생한다고 가정하더라도 비용 효과는 연 700억 원에 달한다.

가격 탄력성 -0.348을 적용하여 분석하면, 농사용 전기요금 왜곡에 따른 비용은 2,890억 원으로 계산된다. 가격탄력성의 절대값이 클수록, 다시 말해 수요가 탄력적일수록 가격 변화에 따른 소비량 변화가 크다는 것을 의미하므로 가격 왜곡에 따른 비용이 더 크게 계산된다.

전력의 경우 소비단계에서 석유에 비해 효율이 높다는 점을 감안하여 다시 추정하더라도 2016년 기준 왜곡 비용은 1,761억 원에 달하며 효율을 고려하지 않은 경우보다 왜곡 비용이 줄어든 것은 석유의 효율이 전력에 비하여 낮으므로 감소된 전력소비량을 대체하기 위해 보다 많은 석유가 필요하기 때문이다.

농사용 전력요금을 총괄원가 수준으로 부과하였을 경우

Table 9
온실가스 배출량 추정치 비교

	(단위: 천 TEC)				
	총배출량 (A)	에너지 (B)	순배출량 (C)	C/A	C/B
	2005	558.5	466.4	0.478	0.09
2006	563.8	472.6	0.513	0.09	0.11
2007	579.5	491.6	0.608	0.10	0.12
2008	592.8	505.8	0.856	0.14	0.17
2009	596.7	512.2	0.792	0.13	0.15
2010	656.6	565.2	0.878	0.13	0.16
2011	682.6	593.9	1.011	0.15	0.17
2012	687.1	897.7	1.233	0.18	0.21
2013	696.5	606.7	1.171	0.17	0.19
2014	690.6	599.3	1.161	0.17	0.19
연평균증가율%)	2.4	2.8	10.4		

주: A는 우리나라의 온실가스 총배출량
B는 에너지 소비로 인해 발생하는 온실가스 배출량
C는 전기요금 왜곡에 의한 온실가스 배출 순증가량을 의미함.
자료: 온실가스종합정보센터(2016)

2005년에서 2016년 사이 에너지 순수입 절감액의 총합은 효율을 고려한 경우 3조2,583억 원이다

저온저장고와 온실 및 축사 용도에서만 에너지원 간 대체 현상이 발생한다고 한정하는 경우는 에너지 순수입 절감액이 1조1,364억 원으로 추정되고, 전력과 석유의 효율 차이를 고려하지 않은 경우 순 수입액 절감 누적 금액은 3조 7,841억 원으로 추정되며, 저온 저장 등의 용도로 한정하면 1조3,196억 원으로 추정된다.

V. 농사용 전기요금 왜곡에 따른 온실가스 증가 [3]

석유에서 전력으로의 소비 대체로 인해 발전 연료 투입량이 증가하므로 전환 부문의 온실가스 배출량을 증가시키는 효과를 유발하는 반면, 농사용 석유 소비 감소에 따른 온실가스 배출 감소 효과도 있다.

온실가스 배출량 추정 공식에 농사용 전기요금의 필요인상률을 적용하여 구한 발전 연료 투입 증가량과 석유 소비 감소량을 이용하면 농사용 전기요금 왜곡에 의한 온실가스 배출 증가량을 추정할 수 있다.

추정결과는 Table 7과 Table 8에 정리되어 있다. 두 Table은 전력과 석유의 에너지소비 효율 차이를 고려한 경우의 온실가스 배출량을 추정한 결과로 Table 7은 가격탄력성이 -0.236인 경우, Table 8은 가격탄력성이 -0.348인 경우의 온실가스 배출 변화량을 추정한 결과이다.

Table 7을 보면 2005년 발전 연료인 LNG 투입 증가로 인해 CO₂배출량이 963 천 톤CO₂ eq. 증가한 반면 석유 소비 감소에 따라 CO₂배출량이 639 천 톤CO₂ eq. 줄어 324 천 톤CO₂ eq.의 CO₂ 배출량 순증가가 발생한 것으로 나타나고

Table 10
미국의 농업·농촌 에너지 정책

정책형태	주요내용
BCAP 비용지원	· 농지 소유자(운영자)가 일정 기준의 바이오매스 시설을 이용하여 바이오매스를 수집, 저장할 경우 비용 지원
EPACT 세금혜택	· 에너지 수요 확대 해결 목적 · 온실가스 저감 생산 시설에 대한 세금혜택, 대출보증 · 휘발유와 바이오 에너지 혼소 장려 · 농가 가정의 에너지 보존에 대한 소득공제 혜택
EISA 수요확대 기술지원	· EPACT의 확대 개념, EPACT 의무사항을 보다 강화 · 에너지안보(독립), 신재생연료 생산 증대, 소비자보호, 제품/건물/차량의 효율성 제고 등까지 확대 · 바이오연료 수요확대 대비, 곡물 이외의 연료원도 재생가능연료에 포함 · 작물, 폐기물, 잔류물의 바이오연료 전환 기술개발 비용으로 농장에서 화석연료를 대체할 수 있도록 유도
RPS 생산규제	· 바이오매스의 사용 증가로 생산되는 에탈올에 대한 생산 규정 · 연차별로 에탈올 생산량을 의무사항으로 규정 · 최소 의무생산량은 개량 바이오연료, 셀룰로오스, 바이오디젤로 충족

자료: 주요국 재생에너지 현황 및 정책, 외교통상부(2012)

Table 11

독일의 분야별 에너지 생산량 목표

원별 바이오매스	생산량 목표(PJ: Peta Joule)
산림	300~400
농업	450~1,150
다양한 녹색 지역	100
농업 폐기물	550
합계	1,400~2,200

자료: 주요국 재생에너지 현황 및 정책, 외교통상부(2012)

있다. 농사용 전기요금 왜곡에 의한 온실가스 배출 순 증가량은 다소의 증감은 있으나 증가추세를 지속하여 2012년 836천 톤CO₂ eq.까지 증가한 것으로 추정되었다. 이후 온실가스 배출 순 증가량은 감소세로 전환되었고 2016년에는 763천 톤CO₂ eq.의 온실가스가 농사용 전기요금 왜곡으로 추가 배출된 것으로 추정되었다. Table 8은 보다 큰 가격 탄력성 값이 적용되어 온실가스 배출 순 증가량이 더 많은 것으로 추정되었다.

Table 9는 가격탄력성이 -0.348인 경우의 농사용 전기요금 왜곡에 의한 온실가스 배출 순 증가량과 우리나라의 온실가스 총 배출량 그리고 에너지 소비과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 비교한 결과이다. 2005년 우리나라의 온실가스 총 배출량은 558.5백만 톤CO eq.로 이 가운데 466.4백만 톤CO₂ eq.은 에너지 소비과정에서 배출되었다. 2005~



자료: Sonnen-&Alternative Technik Ltd 내부자료.

Fig. 7. 농가 건물에 설치된 PV (태양광발전).

2014년 기간 동안 연평균 2.4%로 증가하여 2014년 온실가스 총 배출량은 690.6백만 톤CO₂ eq.를 기록하였고, 에너지 소비로 인한 온실가스 배출량은 같은 기간 동안 연평균 2.8%로 증가하여 2014년 599.3백만 톤CO₂ eq.로 나타났다. 원가 이하의 농사용 전기요금으로 인해 증가된 온실가스 배출량은 2005년에 0.478백만 톤CO₂ eq. 에서 2005~2014년 기간 동안 연평균 10.4%로 증가하여 온실가스 총 배출량과 비교하여 매우 급속하게 증가한 것으로 추정되었다.

2005년 온실가스 총 배출량 가운데 에너지 소비로 인한 배출량의 비중은 83.5%로 온실가스 배출의 대부분이 에너지 소비로 인해 발생되고 있음을 알 수 있다. 이 비중은 지속적으로 상승하여 2013년에는 87.1%까지 높아졌고 2014년에는 86.8%로 소폭 하락하였다. 2005년 농사용 전기요금 왜곡에 의한 온실가스 배출 순 증가량은 0.478 백만 톤CO₂ eq.로 추정되므로 온실가스 총 배출량의 0.09%, 에너지 소비 온실가스 배출량의 0.11% 정도인 것으로 나타난다. 이는 농사용 전기요금 왜곡에 의한 온실가스 배출 변화량은 우리나라의 온실가스 배출을 0.09% 증가시킨 것과 동일하다는 의미이다.

Table 9를 통해 알 수 있듯이 농사용 전기요금 왜곡에 의한 온실가스 배출 증가 기여도는 2012년 0.18%까지 상승한 후 다소 하락하였으나 2014년에도 0.17% 수준을 유지한 것으로 추정된다.

VI. 국외 농업에너지 정책 [4]

A. 미국

미국의 농업에너지 정책의 배경에는 농장의 에너지생산과 보존, 에너지 사용의 효율성 제고 등이 내재되어 있다. 역사적인 경험에서 농업의 에너지 비용이 상대적으로 일반 산업 부문보다 낮아 새로운 농법과 에너지저감 기술 개발에 대한 인센티브가 주어지지 않았기 때문이다. 미국 농업에

있어서 신재생에너지 산업은 유럽에 비해 아직 낮은 단계이며 기존 화석에너지 사용 절감을 위해 인센티브를 잘 활용하고 있다. 미국 정부는 바이오매스 에너지 사용이 세 배 늘어날 경우, 농업·농촌에 최대 2백억 달러 신규 소득이 발생할 것으로 전망하고, 지구온난화의 원인인 배기가스도 자동차 7천억 대 분량을 줄일 수 있을 것으로 판단하였다. 따라서 미국 정부는 농업의 환경적 가치에 방점을 두고 바이오매스를 중심으로 한 신재생에너지 정책을 추진하였다.

미국의 농업·농촌 에너지 정책은 2002년부터 본격적으로 시작되었다. 미국은 2002년 농업법 내에 농업 보전 및 농촌 투자법을 정식 명칭화 하여 농업법 최초로 전체 10개 조항 중 1개를 에너지에 할애, 청정에너지 기술 및 농장의 청정에너지 사용, 에너지 작물 생산 운동 등에 새로운 활력을 부여하였고 2008년 농업법은 식품 보존 및 에너지법을 정식 명칭화하였다. 여기에는 최초로 “에너지”란 단어가 거론되었으며, 농촌 에너지효율에 관한 조항을 포함시켰다. 기존의 농업·농촌 신재생에너지원의 생산과 사용 권장 프로그램을 확대하고, 신재생에너지원의 생산 및 사용, 개발 장려에 대한 신규조항들도 다수 추가하였다. 바이오연료 등 여러 세금 관련 조항을 포함하고 있으며, 셀룰로오스 바이오연료에 대한 한시적 세금공제, 2010년 이후 연료 목적으로 수입되는 에탄올에 대한 추가적 증세 등도 적시되어 있다.

B. 독일

교토의정서에 따른 EU-15의 온실가스 감축목표에 따라 독일은 온실가스를 1990년 대비 21% 감축할 것을 목표로 설정하였다. 따라서 국가적인 에너지 정책과 더불어 농업에너지 정책에 있어서도 EU의 에너지 규정을 준수하기 위해 다양한 목표가 마련되었으며 특히, 에너지과세지침(Energy Taxation) 등을 통해 바이오연료가 과세대상에서 제외되면서 유가 변동에 민감한 농업용 차량 및 농기계 등의 바이오디젤의 수요 증대에 기여하였다.

최근에는 바이오연료 산업이 성숙기에 접어들어 정부지원을 줄여도 되는 상황이 되었으며, 2012년에 거두어들인 바이오연료세는 석유세와 비슷한 규모까지 확대되었다.

바이오가스를 사용한 열병합 과정에서 생산된 열을 사용하면 발전소의 에너지 발전 효율성을 높일 뿐 아니라 생산된 열의 일부를 바이오가스 발전사이클을 운영하는 데도 사용할 수 있다. 독일 정부는 이에 그치지 않고 생산된 열을 작물 건조나 작물 재배를 위한 온실 열원으로 공급 효율성을 더욱 극대화 할 수 있다고 판단하였다. 이를 위해 독일은 열병합 발전소를 이용한 전기 생산에 대해 발전차액지원(FIT)을 제공함으로써 농업정책 방향을 실현해 나갔다. 특히 열병합 발전은 EU의 CHP(복합 열병합 발전) 지침에 따라 보다 큰 지원이 가능하였다. 따라서 독일의 에너지정책 중 농업 부문을 한정한다면 다른 정책보다는 발전차액지원의 역할이 컸다고 볼 수 있으며 성과도 많았다.

현재 독일은 농지에 설치한 태양광 발전기를 이용한 대규모 에너지 생산 시설에 대해서 더 이상 발전차액지원제도가 제공되지 않을 만큼 보급이 확대되었다. 이는 이미 지난 10년간 독일 전역 농경지에 MW급 규모의 발전시설이 널리 퍼져 생겨난 결과이다. 많은 농가에서 태양광 발전시설 설치 요건에 맞는 대규모 건물을 갖추고 있으며, 이러한 시설을 이용한 전기 발전에 대해서는 발전차액지원제도를 통해 보상금이 지원되면서 건물의 소유주에게는 상당한 수입원이 발생하고 있다.

농가의 대규모 옥상 공간은 종종 농부들에게서 옥상 공간을 임차하는 펀드 매니저들에게도 흥미로운 인프라이며, 이를 통해 농부들은 초기 투자비용 문제해결은 물론 부수입까지 벌어들일 수 있게 되었다. 보다 적은 규모의 발전 시설은 주거용 건물의 에너지 공급에 이용된다.

독일은 바이오매스 사용에 있어서 2020년까지 부문별로 생산량 목표를 세워놓고 있다. 이중 농업분야 바이오매스 생산량 목표가 450~1,150 PJ로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 다음으로 농업폐기물이 550 PJ, 산림분야 바이오매스 300~400 PJ 순이다. 목표대로 바이오매스 에너지가 생산된다면 이는 전체 주 에너지 수요의 15% 이상을 충족하는 엄청난 수치이며 그 과정에서 농업부문이 큰 역할을 담당하게 될 것으로 예상된다.

C. 일본

일본은 국토의 70%가 산악지대이고, 삼림 비율 67%로 온실가스의 삼림 흡수 기능에 기대를 걸고 있다. 2009년 일본 농림수산성 지구온난화 대책본부는 2020년 온실가스를 1990년 대비 25% 줄일 것을 목표로 하였다. 또한, 일본 정부는 농업과 관계가 깊은 바이오매스를 주목하고 있다.

앞서 일본의 국가 에너지정책에서 언급한 대로 바이오매스 원료의 수집·운반은 비용이 소요되나 발전소 건설부지 근처에 원료가 있어 지역 산업 부흥과 고용 효과가 있다. 따라서 일본 정부는 가스 인프라 구축을 위해 바이오매스(열 기준)의 낮은 수익성을 전력회사가 매입하도록 인센티브를 제공하는 현실적인 정책을 펴고 있다. 현재 바이오연료 지원을 위한 고정가격매입제도는 시스템화가 완벽하게 되어 있지 않으나, 농업에 대한 지원 개념으로 고정가격매입과 보완되는 다른 제도가 결합될 경우 장기적인 바이오매스 산업 발전이 예상된다.

온실가스 저감과 관련한 일본의 대표적인 농업정책은 국내신용제도(국내 배출 삭감량 인증제도)이다. 이는 국내 배출량 거래와 중소기업의 환경관련 투자 촉진을 목적으로 2008년부터 도입된 제도로 일본 경제산업성이 중심이 되어 추진된 정책이다. 일본 내 “신용인증위원회”에서 인정한 일정 배출감축방법에 부합하는 신규사업시설에서 감축된 CO₂ 양을 크레딧(신용)로 인증하여 공동 사업자에게 매각이 가능하도록 되어 있다.

일본은 신재생에너지 중 바이오매스에 대한 정책적 가치가 매우 높은 편이다. 풍부한 농촌 바이오자원 활용을 통해 환경 문제에 기여하고 동시에 농촌에너지산업에 거는 기대도 크다. 농촌 및 산촌의 바이오매스 자원 활용도를 높이고 산업화에 의한 고용 창출, 에너지 자급 달성에 대한 긍정적 효과가 국책 바이오매스산업 추진의 배경이다. 농림수산성 중심으로 관련한 7개 성이 연계 추진하는 바이오매스 일본 종합 전략에 따라 2010년 말 300개 지역 바이오매스타운을 정비하였다. 이후 일본은 이를 더욱 확장하여 2012년부터 바이오매스 이·활용 추진계획 관련 법을 만들고 2020년까지 600개의 바이오매스타운 조성을 공표하였다. 중요한 것은 신재생에너지에 대한 정책 패러다임의 변화이다. 2011년까지의 바이오매스종합전략은 에너지 정책의 전략적 접근이었다면 이후는 더 구체화되고 체계화된 정책이 가미되었다는 것이다.

일본은 2011년까지의 에너지 정책을 돌아보고 그동안의 바이오매스 정책의 기술적인 부분과 사후관리 미흡, 부가가치적으로 농업·농촌 개발과 연계되지 못한 점을 반성하였다. 이후 기존에 추진되었던 “바이오매스타운”을 “바이오매스 산업도시”로 명칭을 변경하였다. 이전의 바이오매스 종합 전략은 계승하여 추진하되 “광역형(바이오매스가 발생하는 광역단지에서 나오는 바이오매스를 활용, 지산지소 개념)”, “수입형(목재가 많이 나오는 곳에서 펄릿 공장 설립)”, “고부가가치형(소재 가치 상승)” 등의 개념으로 나누어 바이오매스의 발전을 도모하고 있다. 이는 에너지를 생산에 그치지 않고 농업과 연계하여 발전시키겠다는 정부의 강력한 의지에서 비롯되었다.

세부적인 농업에너지 정책으로는 농산어촌 활성화 재생가능에너지 종합추진사업, 소수력을 통한 발전, 목질 바이오매스의 이용 확대 정책, 에너지 활용 극대화를 위한 시설원에 거점 정비 등이 있다.

D. 중국

1970년대 이후, 중국정부는 신재생에너지 개발에 많은 관심을 가지기 시작했으며, 정부 정책을 통해 농촌 에너지 개발과 이용을 촉진하였다. 주요 정책은 석탄 난로 보급 확대, 장작용 나무와 관목 심기, 소수력발전소 개발, 바이오가스 생산, 태양열 난로 확대, 태양열 온수 히터와 태양열 주택 건설 장려, 풍력과 지열 에너지 개발 확대 등이 있다.

이 중 소수력발전소 개발, 바이오가스 생산 등은 오래 전부터 추진되어온 정책이며 이미 광범위한 지역에 시행되고 있다. 그러나 소수력발전을 제외하면 중국의 농업에 있어 실효성 있는 신재생에너지정책은 미흡한 것이 현실이다.

2008년 “국가발전화개혁위원회”의 소수력 발전 개발 2006~2008 계획에 따라 중국 정부는 2002년 이후 18년간 소수력발전을 지속적으로 개발하여 생활용 1차에너지로서 2,830만 농가(약 1억 400만 명)를 지원하였다. 이후 2009

~ 2015 소규모 수력발전 개발계획에서는 2015년까지 소수력 발전 보급 용량을 171만 kW로 늘려 171만 농가(678만 명)의 생활에너지를 공급하기로 계획하였다. 또한, 2011년 ~ 2015년 동안 중앙정부는 300개 거점 지역에 소수력발전 개발 프로젝트도 동시에 진행하였다.

농촌 지역 소수력 발전 정책은 1960년대 초에 제안되었고, 1991년 다시 쟁점화 되었다. 정책의 요점은 “자체 건설, 자체 관리 및 사용”으로 투자자들이 자신들이 건설한 소수력발전소를 소유하며, 이 발전소의 관리, 운용 및 유지보수를 책임지고, 자신들이 우선적으로 전기를 사용한다는 것이다. 소규모 수력발전 기업은 소득세를 면제 받았고, 면제 받은 금액은 기업들이 다시 추가 투자에 사용하는 선순환 구조를 만들어 갔다.

VII. 국내 농업에너지 정책 및 에너지 전환 검토

국내 농업에너지 정책의 2 가지 주요 방향은 저비용 에너지 공급과 신재생에너지 보급이며 결국 이러한 정책들이 농업에너지 전환을 위한 원동력과 수단이 된다. 넓은 의미에서의 에너지전환은 전력의 생산에서 유통, 소비에 이르는 모든 과정을 포함하는 개념이다. 환경과 기술 그리고 사회적 여건에 맞게 에너지 생산방식을 다양화하고, 생산된 에너지를 공정하게 배분하며, 에너지를 효율적으로 사용해 불필요한 자원 손실을 줄이는 활동을 의미하여 이러한 변화를 수용할 만한 인프라와 사회적 인식의 변화까지도 포함한다.

좁은 의미에서의 에너지전환은, 기존의 화석연료 및 원전 기반 중앙집중식 에너지 생산과 소비를 분산형 청정에너지 생산과 소비로 전환되는 것을 의미하며, 본 기고에서는 현재 좁은 의미의 에너지 전환, 특히 국내외 농업분야의 신재생에너지 적용을 통한 에너지 전환 정책에 대해 살펴본다.

앞서 살펴본 바와 같이 주요 국가들의 농업에너지 전환은 농촌 지역에서 쉽게 구할 수 있는 바이오자원 활용에 집중되어 있는 것을 알 수 있지만 국내의 경우 다른 신재생에너지와 마찬가지로 초기 투자비 문제와 함께 유지 및 보수 비용 문제로 여전히 활성화가 안되고 있는 실정이다.

VIII. 국내 에너지 전환을 위한 기타 검토 사항

농촌에서는 도시에 비해 가구당 평균 에너지 사용량이 적음에도 불구하고 금액으로는 더 많은 비용을 부담하고 있다. 특히 농촌의 고령자이면서 저소득층의 에너지 지출비용이 상대적으로 높다. 이는 농촌에서 생활에너지의 가장 큰 비중을 차지하는 난방에너지에 있어서 농촌 지역에 거주하는 주민들은 석유류 같은 상대적으로 값비싼 에너지를 구

입할 수밖에 없는 구조적 문제를 지니고 있기 때문이다.

이런 문제로 인해 농촌에서 에너지 자립 및 비용 절감 요구는 매우 높은 편이고, 이에 대응하여 정부는 그린홈 100만 호 사업, 저탄소 녹색마을, 도시가스 공급 확대, 소형 LPG 저장탱크보급사업 등과 같은 정책들이 시행되었다. 하지만 농촌에서 에너지 자립 실적은 미흡한 편이다. 농촌에서 신재생에너지 생산은 소비량의 1%에 미치지 못한 것으로 추정하였다.

정부의 에너지 자립을 위한 정책이 농촌에서도 신재생 에너지 시장규모를 확대시키고 기술개발, 가격인하와 민간의 다양한 활동을 자극하는 데 기여하였다고 평가되지만 시설 설치비 지원 위주의 정부 정책은 비용대비 효과 면에서 그 성과가 낮을 뿐만 아니라 주민들의 자율적인 에너지 자립 노력을 이끌어내는 데는 한계가 있다. 따라서 에너지 전환을 성공적으로 이루기 위해 검토되어야 할 사항에 대해 알아본다.

A. 에너지 설비의 신뢰성 및 유지보수 비용

농촌지역에 신재생에너지의 공급이 확산되기 위해서는 기술적으로 안정되고 유지·관리비가 저렴한 기기 및 시설 보급이 중요한데 현행 정책은 이 부분이 미흡한 편이다.

예를 들어 대표적인 신재생에너지인 지열이 농촌지역에서 크게 보급되지 못하는 이유는 높은 설치비 문제도 있지만 잦은 고장과 높은 유지비 때문이다. 주민들은 지열을 전기 먹는 하마로 표현하는 경우도 있다. 정부의 지원 사업비를 받아서 지열을 설치해도 높은 유지비 때문에 개별 가정용으로는 적합하지 않다는 의견이 많다. 태양열 온수기의 경우 설치비가 저렴하고 에너지 절감효과도 높지만 잦은 펌프 교체 등으로 수요가 높지 않은 편이다. 따라서 설비의 높은 신뢰성과 저렴한 유지보수 비용을 확보할 수 있는 정책과 방안이 필요하다.

B. 에너지 자립 효과

주민 참여에 기초하여 마을 단위로 에너지 자립 기반을 목표로 한 저탄소 녹색마을 정책은 주민들의 이해와 참여 부족으로 당초의 계획과는 다른 사업이 추진되는 경우가 많아 결과적으로 에너지 자립기반에 기여하는 바가 높지 않았다. 또한 행정의 반대와 기술적인 문제 등으로 지역 자원을 활용한 에너지 생산이 포기되거나 변질되는 경우도 많았다.

저탄소 녹색마을 시범사업의 가장 큰 문제점은 비용 대비 효과 면에서 그 성과가 낮을 뿐만 아니라 주민들의 자율적인 에너지 자립 노력을 이끌어 내는 데는 한계가 있었다는 점이다. 저탄소 녹색마을 시범사업은 대부분 50 억 이상의 예산을 사용하여 이를 수혜 가구로 나누면 가구당 평균 7,500만 원 정도가 투자된 셈이지만 이로 인한 에너지 절감 비용은 가구당 연간 100만 원에도 못 미치는 것으로 나타

났다.

C. 주민 참여형 에너지 공급

농촌의 특성상 에너지 자립은 농촌 주민의 경제적 이익과 직결된다. 따라서 정부 정책과는 별도로 주민 스스로 에너지 비용을 절감하고자 하는 다양한 움직임이 일어나고 있다. 하지만 이러한 움직임은 다양한 사례로서 의미를 갖지만 에너지 생산실적 면에서 보면 크게 만족할 만한 수준은 아니다.

도시지역에서 최근 시행되고 있는 협동조합형 태양광발전소의 설치와 같은 조직적인 움직임도 미흡한 편이다. 일부 지역에서는 농촌의 전통적인 기술과 지역자원을 활용한 에너지 저장 기기 및 기술 개발이 이루어지고 있지만 아직까지 실험 차원에 머무르고 있는 경우가 많다. 적정기술을 사업아이템으로 삼은 사회적 협동조합이 만들어지거나 귀농 교육에 적정 기술 교육이 편입되고 있는 정도이다. 보급 확대에 따른 에너지 전환 효과가 명백한 사업에 대해서는 보다 적극적인 기술적, 제도적 지원을 통해 수익을 주민과 공유할 필요가 있다.

D. 주민 수용성

신재생에너지 분야는 기술적인 문제보다 민원에 의해 진행되지 못하는 경우가 많다. 특히 바이오가스 플랜트와 같이 악취로 인한 혐오 유발로 주민들의 반대에 의해 마을 설치가 실현되지 못하는 경우, 기존 축사 및 처리장과 협의하여 활용하고 그 수익을 배분하는 등의 적극적인 대응과 그 효과에 대한 홍보가 필요하다.

IX. 결론

전 지구적인 환경 문제와 화석 에너지 고갈에 대비하여 세계 각국은 에너지 효율성을 높이고 자국의 재생에너지 부존자원을 산업화하는 데 역량을 집중하고 있다. 이는 더 이상 소비를 늘리지 않으면서 삶의 질을 향상시킬 수 있는 궁극적인 방안을 도출하는 과정이라 할 수 있다.

에너지 전환은 정부의 철학적인 정책방향과 인센티브 제공을 통해 민간부문을 자연스럽게 이끌어내는 방향이 되어야 하며, 이를 위해 각 국가들은 많은 정책적 오류와 수정을 통해 국가 에너지 기반을 확립해 나가고 있다.

농업에 있어서도 음식쓰레기부터 축산폐기물, 지열, 풍력 등 재생 가능한 에너지원 개발을 위해 많은 노력을 기울이고 있으나 아직까지는 한계가 많은 것이 현실이다. 결국 신재생에너지의 경쟁력을 유지하려면 합리적인 가격의 에너지가 제공되어야 하는 것이 핵심이나 아직은 석유에 대한 의존도가 신재생에너지 개발 노력을 압도하고 있다. 여기에

농업에 점점 불리하게 변해가는 경제 환경, 유럽연합의 농업보조금 삭감에 대한 논의 등도 신재생에너지 발전에 장애요인으로 작용한다. 그러나 신재생에너지는 경제적 여건이 불리하더라도 장기적인 관점에서 안정적인 정책방안을 도출해야 한다. 전략적 중요성 측면에서 농업 청정에너지의 가장 중요한 측면은 바로 회복력이며, 청정에너지 농업은 전통적 농업에 비해 훨씬 자급적이므로 농업에 있어서 신재생에너지 산업은 경제적 측면 이상의 큰 이점이 있다.

아직 우리나라의 농업 신재생에너지 활용은 걸음마 단계이다. 따라서 미국, 유럽, 일본 등 선진국의 국가에너지 정책과 농업에너지 정책을 살펴보고 각국 정책의 장단점과 제도 등을 개략적으로 살펴봄으로써 우리나라 에너지 정책 시행의 방향성을 타진해 볼 수 있을 것이다.

주요국의 농업 부문의 신재생에너지 정책은 대부분 국가 전체 에너지 정책과 연결된다. 정책적 배경은 농업의 환경적 가치 인식과 세계적 에너지 정책 흐름 준수, 농업 분야의 고용창출이 핵심 내용이다.

농업 부문만을 한정할 경우, 일반 에너지 정책 수단과 연계는 되어 있으나 대부분 바이오 에너지 중심의 정책들이 많다. 이는 태양광(열), 지열, 풍력 등이 일정한 형태로만 사용이 가능한 에너지원인 반면, 바이오매스는 농업, 산림, 일반 산업체에서 모두 조달 가능한데다, 목재, 유채 오일, 바이오가스, 고형축분연료 등 고체와 액체, 가스 형태 등 다양한 형태로 존재하기 때문이다. 또한 바이오매스는 가공되는 공정에 따라 전기, 연료, 냉난방 등 다양한 형태로 이용이 가능하다.

우리나라 역시 시설 원예의 재배면적이 증가하고 있고, 산림자원과 축산업의 규모화가 이루어지고 있어 바이오매스 산업에 있어서는 일정 부분 기반이 마련되어 있는 편이다. 자체 분석 결과, 우리나라의 양돈 분뇨를 에너지화 할 경우 석유 158만 8천 배럴에 해당하는 에너지 효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한 육우, 가금류 등 전체 가축분뇨를 에너지화 했을 경우 원유 대체 효과는 두바이유 2,594억 원, 브랜트유 2,775억 원, 텍사스유 2,834억 원의 대체효과가 있는 것으로 추정된다.

우리나라는 2013년 강원 동해시(한국동서발전)에 연 11만 톤의 CO₂ 감축 효과가 있는 국내 최대 규모의 바이오매스 발전소를 건립하였다. 우리나라의 바이오매스 공급 가능성에 비해 발전 사업은 아직 더딘 편이다. 전국의 발전설비가 50여개 내외이며 하루 처리량도 4만 톤 수준에 불과하다. 하지만 신재생에너지의무할당제(RPS) 시행과 함께 기업들의 관심과 투자도 늘고 있으며 친환경적인 에너지자원을 입을 감안할 때 농업에 대한 바이오 자원의 기여도는 점차

증가할 것이며 농업에너지 전환에 있어 가장 강력한 수단이 될 가능성이 크다.

REFERENCES

- [1] 전력거래소, EPSIS 전력통계정보시스템, Online available: <http://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEksaScfChart.do?menuId=060700>.
- [2] 김연중, 조성제, "농사용 전기요금체계의 문제점 및 개선방안," ENERGY FOCUS, Summer 2016.
- [3] 김연중, "농사용 전기요금 체계 개선방안 연구", 에너지경제연구원, 기본연구보고서, 2017-03.
- [4] 김배성, 김연중, "주요국의 농업농촌 에너지 정책과 시사점", 농촌경제연구원 연구자료-2 R740, 2012.
- [5] California Farm Bureau Federation, "Electricity Rates," Online available: <http://www.nerc.com/pa/Stand/Reliability%20Standards/TPL-007-1.pdf>.
- [6] CEA, CERC, Goldman Sachs Global Investment Research; Institute for Energy Economics and Financial Analysis, "India's Electricity-Sector Transformation," Online available: <http://ieefa.org/wp-content/uploads/2015/08/IEEFA-Indian-Electricity-Sector-Transformation-August-2015.pdf>.
- [7] Hardin, J. W. and Hilbe, J. M., Generalized Estimating Equations, CRC Press, 2012.
- [8] Greene, W. H., Econometric Analysis, NJ: Pearson, 2017
- [9] IEA, Electricity Information 2017, International Energy Agency, 2017.
- [10] IEEFA, "Briefing Note Indian Power Prices," 2014. Online available: http://www.ieefa.org/wp-content/uploads/2014/05/IEEFA-Briefing-Note_IndianElectricityCoalPricing_4-May-2014.pdf.
- [11] KYEPCO, "Rules and Rates for Electric Service," 2007 Online available: <http://www.kyuden.co.jp/library/pdf/en/rules/rules.pdf>.
- [12] 박지연, 김연중, "농업분야 신재생에너지 보급현황 및 파급효과 분석," 한국산학기술학회, vol. 20, no. 1, p. 224-235, 2019.
- [13] Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2017, National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea, GIR, 2017.
- [14] Ministry of Environment, Press release "2030 Amendment to the GHG Reduction Roadmap and the Plan for Allocation of Emissions from 2018 to 2020", ME, 2018. 07. 24.
- [15] Ministry of Trade, Industry and Energy, Renewable Energy 3020 Implementation Plan, MOTIE, 2017.
- [16] Y. J. Kim, J. J. Kim, H. S. Han, The Current Status of Agricultural Energy Production and Consumption, KREI, 2013.
- [17] Y. J. Kim et al., Analysis of Management Status of Horticultural Crops by Heating and Cooling System, KREI, 2014.
- [18] Korea Energy Economics Institute, 2017 Energy Statistics, KEEI, 2017.
- [19] S. W. Kang et al., "Analysis of Energy Consumption in Agricultural Facilities", The Korean Society for New and Renewable Energy Conference Proceedings, p. 293, March, 2017.
- [20] S. H. Lee, J. H. Park, "Investigating Multi-attributes for Expanding New Renewable Energy in Agricultural Sector: Applying the Analytic Hierarchy Process", CNU Journal of Agricultural Science, Vol.38, No.1, pp. 183-190, March, 2011.