

LMDI 방법론을 이용한 농사용 전력 요금 할인 정책의 문제점 분석

문혜정 · 이기훈[†]

충남대학교 경제학과

(2018년 8월 3일 접수, 2018년 9월 10일 수정, 2018년 9월 12일 채택)

Analysis on the Effect of the Electricity Tariff for Agricultural Use by LMDI Methodolgy

Hyejung Moon · Kihoon Lee[†]

Department of Economics, Chungnam National University, Daejeon, Korea

(Received 3 August 2018, Revised 10 September 2018, Accepted 12 September 2018)

요 약

저렴한 농사용 전력 요금으로 인한 농업 부문 전력 과소비, 에너지의 전력 의존도 증가, 전력 생산성 저하, 교차 보조의 증가 등 부작용들이 심화되고 있다. 더구나, 저렴한 전기 요금의 혜택이 영세농이 아닌 기업농에 집중되고 있으며, 최근에는 가상통화 채굴에 농사용 전기가 불법 사용되는 사례가 늘고 있다. 본 연구는 이러한 부작용을 분석하고, 로그평균 디비지아 지수법(LMDI)을 이용하여 1988-2016년 농사용 전력 소비량 증가를 성장, 구조 변화, 에너지 집약도 변화 등 세 가지 요인으로 구분하여 각 요인별 영향을 추정한다. 본 연구는 현행 농사용 전력 요금 정책이 여러 가지 부작용을 낳고 국가 에너지 수입 부담을 가중시키며 온실 가스 배출 증가 억제에 부정적인 만큼 근본적인 변화가 시급함을 알려준다.

주요어 : 농사용 전력 요금, 전력 요금 정책, 요인분해, 로그평균디비지아지수

Abstract - Due to cheap electricity tariff on agricultural use, electricity consumption in agricultural sector has grown dramatically. We evaluated the negative effects of the cheap electricity tariff such as electricity over-consumption, increased dependency on electricity, decreased electricity productivity, and unequal distribution of the benefit. We also estimated the effects of agricultural output growth, structural change, and electricity intensity change on sharp electricity consumption increase in agricultural sector between 1998 and 2016 using the Log Mean Divisia Index decomposition method. The findings reinforce the necessity of raising the electricity tariff for agricultural use.

Key words : agricultural electricity tariff, decomposition, LMDI, electricity tariff policy

1. 서 론

농업 부문의 산출은 지속적으로 줄어들고 있는 반면 농사용 전력 소비는 폭발적으로 증가하고 있다. 한국 전력통계에 따르면, 2016년 농사용 전력 판매량은 16,579 GWh로 1988년보다 12.5배 증가하였으며, 2000년 5,450 GWh의 3배를 넘어섰다. 이 기간 농사용 전력 소비 증가

율은 9.4%로서 우리나라 전체 전력 소비 증가율 7.0%를 크게 상회하고 있다.

이러한 현상은 농사용 전력 요금을 원가 이하로 대폭 할인하는 전력 정책에 크게 기인하고 있다. 2017년 기준 농사용 전력 요금은 kWh 당 47.4원으로 한전의 평균 판매 단가 111.3원의 절반 이하 수준이다. 농사용 전력요금 정책은 농가 광열비 하락과 농산물 생산 원가 하락으로 인한 농가 소득 향상, 농업 경쟁력 향상, 농산물 가격 안정 등의 긍정적 효과를 낳고 있다.

그러나 농사용 전력 요금정책의 부작용이 불어나고

[†]To whom corresponding should be addressed.
Tel : +82-42-821-5527 E-mail: khl@cnu.ac.kr

있다. 우선 농업부분의 전력 과소비 현상이 가장 큰 문제이다. 전력 과소비는 국가 에너지 수입 부담의 가중은 물론 온실가스 배출 억제에도 역행하는 결과를 초래한다. 최근에는 농가주택이나 비닐하우스 등지에서 값싼 농사용 전기를 끌어서 가상화폐 채굴을 하는 사례가 적발되기도 하였다.

농업부분 비(非) 전력에너지 의존도는 크게 낮아졌다. 특히 농가의 주된 난방용 에너지원이던 등유의 소비가 급감하였다. 그 결과 최종에너지 소비 가운데 전력의 비중이 1988년 7.6%에서 2016년 48.7%로 높아졌다.

농업 부문 전력의 생산성도 크게 저하되고 있다. 농업 부문 산출액은 별로 증가하지 않고 있는 데 비해 전력 소비는 급증한 결과이다. 농가 수는 절대적으로 감소하고 있는 반면 전력 소비는 급증하여 농가당 전력 소비량도 기하급수적으로 증가하였다.

농사용 전력 할인 정책으로 교차보조(cross subsidization)도 크게 증가하고 있다. 농사용 전기의 원가 이하 판매로 인한 한전의 손실액은 1988년 약 346억 원에서 2016년에는 1조 581억 원으로 30배 이상 증가한 것으로 추정되고 있다.

문제는 이러한 혜택이 균점되지 않고, 소농보다는 기업농에게 편중되고 있다는 점이다. 심지어는 하림, 한화, 삼성 에버랜드 같은 대기업이 운영하는 대규모 농장이나 축사 등에도 농사용 전기 혜택이 제공되어 농사용 전기 할인 혜택도 빈익빈 부익부 현상이 심화되고 있는 실정이다¹⁾.

농사용 전력 할인 정책의 폐단에 관해서는 몇몇 연구들에 의해 이미 지적된 바 있다. 정한경(2013)은 농사용 전력 소비 증가의 폐단을 파악하고, 그 주원인인 저렴한 농사용 전력요금제도의 개선을 주장하였다. 개

선책으로서 점진적인 농사용 요금의 현실화, 농사용의 난방용 전력사용에 대한 산업용 요금 적용, 신재생 에너지 이용에 대한 지원 등을 제시하였다[1]. 정연제·조성진(2016), 정연제(2017)는 농사용 전력소비 실태 분석을 바탕으로 낮은 농사용 전력요금 제도의 문제점을 파악하였다. 개선방안으로 농사용 전력요금 현실화를 주장하였다[2][3]. 박성원(2016)은 2008-2012년 벼 농가의 농사용 전력 수요 분석을 하였다. 농사용 전력의 고소비층은 저소비층보다 전력요금에 대해 비탄력적인 것으로 나타났다[4]. 고소비층의 경우 즉각적인 에너지원 소비구조를 조정, 개선하기가 어렵기 때문에 분석했다.

본 연구에서도 이러한 연구를 이어 받아 농사용 전력 요금 할인 정책의 문제점을 파악하고, 개선 방안을 제시하고자 한다. 우선 지수분해분석법(Index Decomposition Analysis, 이하 IDA)을 이용하여 농사용 전력 소비의 증가 원인을 파악한다. 본 연구는 IDA의 여러 방법론 가운데 로그평균 디비지아 지수법(Log Mean Divisia Index, 이하 LMDI)을 적용한다. Ang and Choi (1997)에 의해 처음 제시된 LMDI는 IDA 중 오차항을 남기지 않는 방법으로 Ang and Liu(2001), Liu(2004), 김수이·김현석(2011), 강윤영 외(2013) 등 최근 여러 분야에서 널리 사용되고 있다[5][6][7][8]. 농사용 전력 요금제도의 소득 재분배 효과는 로렌츠 곡선을 이용하면 지니 계수 추정법을 이용하였다.

2. 농사용 전력 소비 실태와 문제점

2-1. 농사용 전력 소비량 변화

농사용 전력 소비는 1988년 1,328.7 GWh에서 2016년 16,579.8 GWh로 12.5배 증가하였다(Fig. 1). 연 평균

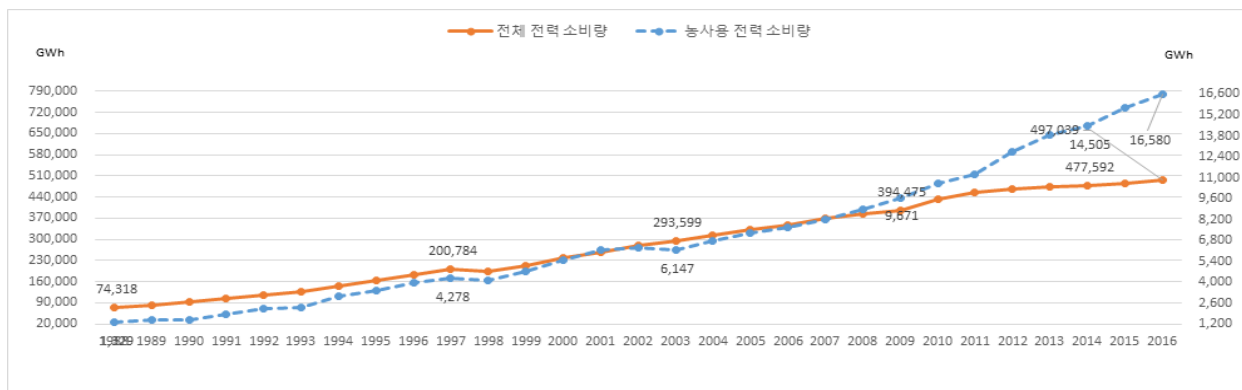


Fig. 1. Trend in agricultural power consumption[9][10][11]. Use the scale on the left y-axis for total power consumption and the right y-axis for agricultural electric power consumption.

1) 하림의 양계장, 한화리조트의 양수장, 삼성에버랜드의 화훼재배, 오리온의 과자 생산용 감자 저온창고 등에 농사용 전기 요금을 적용하여 총 151 GWh, 96억 원의 혜택이 대기업으로 돌아갔다(부산일보, 2017. 10. 23.)

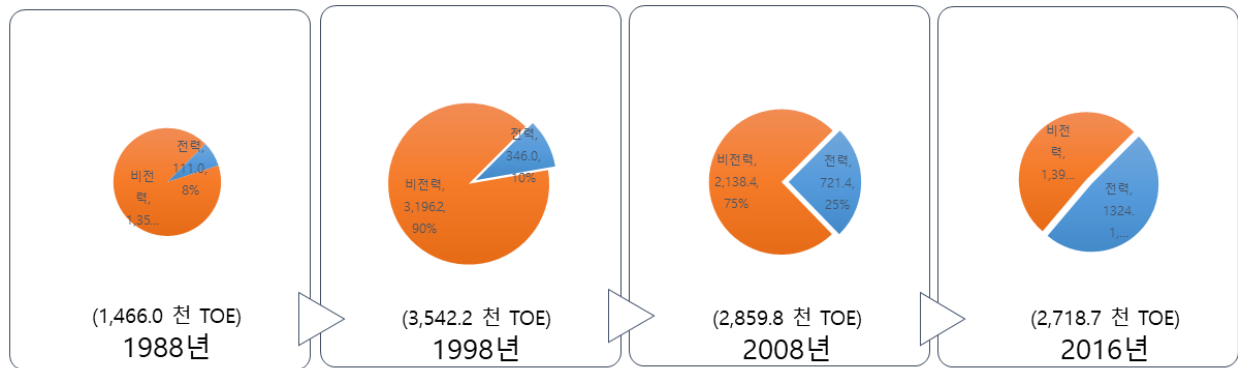


Fig. 2. Trends of final energy consumption in agriculture sector[10][12]

Table 1. Agricultural electricity price in absolute price and relative price term [9][10][12]

연도	전력 판매단가 (원/kWh)	농사용 전력 판매단가 (원/kWh)	농사용 전력 불변가격 (원/kWh)	농사용 전력 상대가격(등유) (원/kWh)
1988	59.5	33.5	33.5	1.0
1998	72.1	44.3	24.2	0.49
2008	78.8	42.4	17.4	0.20
2016	111.3	47.4	16.6	0.35

증가율은 9.4%로 같은 기간 국가 전체 전력 소비량 증가율 7.0%보다 높다. 특히 2010년 이후 국가 전체적으로 전력 소비의 증가세가 크게 둔화되었음에도 불구하고 농사용 전력 소비는 지속적으로 빠르게 증가하고 있다.

Fig. 2는 농림어업부문의 최종에너지소비 변화를 보여준다. 농림어업부문 최종에너지소비는 1988년 1,466.0 천 TOE에서 2016년 2,718.7 천 TOE로 약 1.9배 증가하였다. 전력 소비량은 1988년 111.0 천 TOE에서 2016년 1,324.1 천 TOE로 약 11.9배 증가하였다. 그러나 전력을 제외한 에너지소비는 1988년 1,355 천 TOE에서 2016년 1,354.6 천 TOE로 큰 변화가 없다. 1998년 3,196.2 천 TOE에 비해서는 오히려 56.4%나 줄었다. 그 결과 1988년 농림어업부문의 7.6%를 차지하였던 전력 비중은 2016년에는 48.7%로 크게 늘어났다. 농업부문 에너지 소비량의 절반은 전기 에너지가 차지하게 되었다. 또 국가 전체적으로는 전력 소비에서 농사용 전력 소비가 차지하는 비중이 1988년 1.8%에서 2016년 3.3%로 크게 높아졌다.

2-2. 농사용 전력 요금 실태 분석

농사용 전력 소비 급증의 가장 직접적인 요인은 농사용 전력 요금이 타 부문 전력요금보다 쌀 뿐만 아니

라 석유류 등 대체 연료에 비해서도 사용이 간편하면서도 요금이 상대적으로 싸기 때문으로 분석된다. 아래 Table 1에서 보듯이 농사용 전력 판매단가는 1988년 kWh당 33.5원에서 2016년 47.4원으로 1.3%의 연평균 상승한 반면 전력 평균 판매단가는 kWh당 59.5원에서 111.3원으로 2.3%의 연평균 상승하였다. 따라서 두 가격의 격차는 더 크게 벌어졌다.

물가 상승률을 감안할 경우 농사용 전력 요금은 오히려 크게 하락하고 있다. 소비자물가지수(CPI)로 파악한 일반 물가는 1998년에서 2016년 기간 동안 약 2.9배 올랐다. 이러한 소비자물가지수를 반영하여 계산한 농사용 전력 요금의 불변가격은 1988년 kWh당 33.5원에서 2016년 16.6원으로 절반 수준으로 하락하였다.

농업부문에서 전력과 대체재 관계인 등유의 가격은 1988년 리터당 194.7원에서 2016년 784.5원으로 4.0배 가량 상승하였다. 등유가격과 비교한 농사용 전력 요금이 2016년에는 1988년 대비 35% 수준으로 하락했다.

2-3. 농림어업 부문 전력 생산성 저하

농사용 전력 소비 급증은 농림어업부문의 전력 생산성의 급격한 저하를 초래하고 있다. 아래 Table 2에서 보듯이 농림어업 국내총생산은 1988년 21조 850억 원

에서 2016년 28조 4,140억 원으로 소폭 증가하는 데 그쳤다. 따라서 산출액을 전력 소비량으로 나눈 전력 생산성(electricity productivity)은 같은 기간 중 kWh 당 16,000원에서 2,000원으로 떨어졌다. 전력 생산성의 반대 지표인 전력 집약도(electricity intensity), 백만 원 어치 농업 산출에 소요되는 전력 투입량(kWh)은 같은 기간 중 63.0에서 583.5로 크게 높아졌다.

농림어업 종사자 1인당 전력 소비량은 크게 증가하였다. 농사용 전력 소비는 급증한 반면 농림어업 종사자 수는 오히려 줄었기 때문이다. 농림어업 종사자 수는 같은 기간 중 348.3만 명에서 128.6만 명으로 절반 이하로 줄었다. 따라서 농림어업 종사자 1인당 전력 소비량은 1988년 381.5 kWh에서 2016년에는 무려 12,892.6 kWh로 증가하였다.

농가 가구당 전력 소비량도 크게 증가하였다. 농업의 침체와 농촌의 쇠락을 반영하여 우리나라 농가 수는 같은 기간 중 182.6만 가구에서 106.8만 가구로 줄었다. 그 결과 가구당 전력 소비량이 730 kWh에서 15,520 kWh로 크게 증가하였다.

그러나, 농업인이 줄고, 농가수도 줄었음에도 불구하고, 농사용 전력 수용가 수는 크게 증가하였다. 유통, 서비스업 등 농림어업 관련 부대 산업들까지 농사용 전력 수용가로 편입되는 바람에 농사용 전력 수용가 수는 같은 기간 중 18.6만 호에서 171.0만 호로 크게 증가하였다. 그 결과 농사용 전력 수용가 기준으로 호당 전력 소비량은 7,120 kWh에서 9,690 kWh로 소폭 증가에 그쳤다.

2-4. 교차보조액 증가

농사용 전력 요금 할인은 다른 부문 사용자의 전력 요금 부담을 증가시킨다. 즉 다른 부문 사용자가 농업 부문 사용자에게 보조금을 지급하는 것과 같은 이른바 교차보조현상(cross subsidization)이 발생한다. 농사용 전력 요금 인상이 억제되는 반면 농사용 전력 소비량은 급증하고 있기 때문에 이 교차 보조액 규모는 눈덩이처럼 불어나고 있다.

본 논문에서는 농사용 전력 요금 제도 도입으로 인한 한전의 손실을 교차보조액으로 간주하여 추정해 보고자 한다. 구체적으로는 한전의 전력 판매단가와 농사용 전력 판매 단가의 차이에 농사용 전력 판매량을 곱하여 추정한다. 즉,

$$\text{교차보조액} = [\text{전력 판매단가} - \text{농사용 전력 판매단가}] \times \text{농사용 전력 판매량}$$

위 식을 이용한 추정된 교차보조액은 Table 3과 같다. 이 금액은 1988년 약 346억 원에서 1998년에는 1,147억 원, 2008년에는 3,227억 원으로 증가하였고, 2016년에는 1조 581억 원으로 1조 원을 상회하였다. 정연제(2017)에서는 전력판매단가 대신 총괄원가²⁾를 이용하여 계산한 결과 2013년의 경우 농사용 전력요금의 원가 회수율은 35.1%에 불과하며, 농사용 전력요금의 원가 부족액(한전의 손실액)은 1조 1,686억 원으로 이와 유사한 결과를 제시한 바 있다.

Table 2. Electricity consumption, output and population in agrculture sector[9][10][11][12]

연도	농사용 전력 소비량 (A, GWh)	농림어업 실질GDP (B, 십억원)	전력 집약도 (A/B, kWh/백만원)	전력 생산성 (B/A, 천원/kWh)	농림어업 취업자 수 (C, 천명)	1인당 전력 소비량 (A/C, kWh/명)	농사용 전력 고객호수 (D, 천호)	농가 호당 전력 소비량 (A/D, kWh/호)	농가 수 (E, 천가구)	농가당 전력 소비량 (A/E, kWh/가구)
1988	1,329	21,085	63.0	16.0	3,483	381	186	7,120	1,826	730
1998	4,129	23,153	178.3	6.0	2,397	1,723	611	6,760	1,413	2,920
2008	8,869	28,647	309.6	3.0	1,686	5,261	1,195	7,420	1,212	7,320
2016	16,580	28,414	583.5	2.0	1,286	12,893	1,710	9,690	1,068	15,520
1988-2016 연평균 증가율 (%)	9.4	1.1	8.3	-7.2	-3.5	13.4	8.2	1.1	-1.9	11.5

2) 전력 총괄원가는 전력 공급 비용에 적정 투자 보수율을 더한 금액이며, 자세한 산정 절차는 공개되지 않고 있다. 2013년의 경우 총괄원가는 113.1원/kWh, 판매단가는 107.6원/kWh 로 차이가 아주 크지는 않다.

2-5. 소득재분배 효과

농사용 전력 요금 할인 정책의 혜택이 영세농이 아닌 기업농으로 집중되는 현상이 더욱 심화되고 있다.

Table 4를 보면, 우선 100 kW 이상 수용가의 수가 빠른 속도로 늘고 있다. 2008-2017년 기간 중 100 kW 미만 수용가는 119만 가구에서 177만 가구로 49% 증

Table 3. Estimation of cross-subsidy from the agricultural electricity tariff[9][10]

연도	농사용전력 판매량 (A, GWh)	농사용전력 판매단가 (B, 원/kWh)	전력판매단가 (C, 원/kWh)	손실액(추정) (L=(C-B)*A, 십억 원)
1988	1,329	33.5	59.5	34.6
1998	4,129	44.3	72.1	114.7
2008	8,870	42.4	78.8	322.7
2016	16,580	47.4	111.2	1,058.1

Table 4. Electricity consumption by contract capacity in agricultural sector[13]

연도	계약전력구간 (kW)	소비량(A)		금액(C)		고객호수(B)		가구당 소비량 (A/B)	가구당 소비액 (C/B)
		MWh	비중(%)	백만원	비중(%)	호	비중(%)	MWh/호	백만원/호
2008	1 ~ 99	5,561,327	62.7	251,481	66.9	1,191,131	99.6	4.7	0.2
	100 ~ 499	2,187,796	24.7	84,344	22.4	3,580	0.3	611.1	23.6
	500 ~ 999	864,615	9.8	32,564	8.7	762	0.1	1,134.7	42.7
	1000~	255,722	2.9	7,542	2.0	71	0.0	3,601.7	106.2
	계	8,869,459	100.0	375,931	100.0	1,195,544	100.0	7.4	0.3
2011	1 ~ 99	6,564,505	58.5	301,576	62.9	1,329,022	99.5	4.9	0.2
	100 ~ 499	2,450,449	21.8	95,280	19.9	4,916	0.4	498.5	19.4
	500 ~ 999	1,888,594	16.8	72,198	15.1	1,694	0.1	1,114.9	42.6
	1000~	327,990	2.9	10,798	2.3	116	0.0	2,827.5	93.1
	계	11,231,538	100.0	479,851	100.0	1,335,748	100.0	8.4	0.4
2014	1 ~ 99	7,706,505	53.1	383,853	55.9	1,555,118	99.3	5.0	0.2
	100 ~ 499	3,157,688	21.8	142,666	20.8	7,537	0.5	419.0	18.9
	500 ~ 999	3,252,476	22.4	146,099	21.3	2,721	0.2	1,195.3	53.7
	1000~	388,063	2.7	13,596	2.0	127	0.0	3,055.6	107.1
	계	14,504,731	100.0	686,214	100.0	1,565,503	100.0	9.3	0.4
2017	1 ~ 99	9,161,550	53.1	455,584	55.5	1,771,360	99.3	5.2	0.3
	100 ~ 499	3,480,943	20.2	159,576	19.5	9,205	0.5	378.2	17.3
	500 ~ 999	4,138,632	24.0	188,413	23.0	3,448	0.2	1,200.3	54.6
	1000~	469,725	2.7	17,062	2.1	178	0.0	2,638.9	95.9
	계	17,250,850	100.0	820,635	100.0	1,784,191	100.0	9.7	0.5
연평균증가율 (2017/2008, %)		536.9		354.1		395.0		3.1	5.8

가하는 데 그친 반면 100 kW 이상 대수용가는 4,413 가구에서 2017년 12,831 가구로 거의 3배 가량 늘었다. 이 기간 중 100 kW 이하 영세 수용가의 소비량은 5,561 GWh에서 9,161 GWh로 65% 증가한 반면 대수용가의 소비량은 3,306 GWh에서 8,089 GWh로 245% 증가하였다. 농사용 전력 수용가 가운데 계약 전력 100 kW 이하의 농가의 비중이 99%를 상회한다. 그러나 이들의 전력 소비량이 전체에서 차지하는 비중은 2008년 62.7%에서 2017년 53.1%로 줄었다. 그 대신 농사용 전력 수용가의 1%에도 못 미치는 계약전력 100 kW 이상의 수용가가 전체 농사용 전력 소비량의 약 47%를 차지하고 있다.

가구당 소비량도 100 kW 이하 구간은 2017년의 경우 연간 5.2 MWh 이나 100-499 kW 구간의 소비량은 378.2 MWh, 500-999 kW 구간은 1,200.3 MWh, 1000 kW 이상 구간은 2,638.9 MWh로 엄청난 격차를 보이고 있다. 그 결과 가구당 수혜액도 격차가 크게

벌어지고 있다. 정연제(2017)는 2013년 기준 호당 지원액을 100 kW 이하 가구는 40만 원, 1000 kW 이상 가구는 2억 5,250만 원으로 추정하고 있다.

이러한 농사용 전력요금 혜택의 균등도 정도를 경제적 불균등도를 계수화한 통계적 지수인 지니 계수(Gini coefficient) 방식으로 추정한다. 농사용 전력 수용가와 농사용 전력 할인 혜택의 누적 비율을 각각 x 축과 y 축으로 놓고 이들의 상관관계를 나타내는 로렌즈곡선을 구한 다음 불균등면적을 분자로 한 지니 계수를 구하면, 완전 균등할 경우는 0, 완전 불균등할 경우는 1, 보통은 이 두 사이 값을 갖는다. Table 4의 데이터를 기반으로 추정된 농사용 전력 혜택의 지니 계수(Table 5)는 2008년 0.369, 2017년 0.462로 나타나, 혜택의 불평등도가 심화되고 있는 것으로 판단된다.

2-6. 농업 전력 사용의 도덕적 해이 현상 증가

농사용 전력요금 제도를 악용하는 사례들이 증가하

Table 5. Gini-coefficient estimated for agricultural electricity use

	2008	2011	2014	2017
불균등도	0.369	0.410	0.462	0.462

Table 6. Violation of electricity contract by users[14]

Unit: case, million Won

구분	가로등	교육용	농사용	산업용	심야용	일반용	임시용	합계	
2013	건수	105	69	5,653	367	274	158	25	6,651
	금액	166	748	2,828	4,818	1,366	5,279	100	15,305
2014	건수	54	51	5,948	403	242	160	41	6,899
	금액	127	658	4,043	5,573	996	24,78	78	13,953
2015	건수	65	37	5,057	338	240	186	39	5,962
	금액	496	304	3,539	6,949	997	2,067	48	14,400
2016	건수	150	34	6,079	346	223	224	40	7,096
	금액	197	664	4,206	4,120	1,818	3,054	108	14,167
2017. 1~8월	건수	74	25	1,340	134	99	86	20	1,778
	금액	14	427	1,938	5,557	372	1,770	19	10,097
총액	건수	448 (1.6)	216 (0.8)	24,077 (84.8)	1,588 (5.6)	1,078 (3.8)	814 (2.9)	165 (0.6)	28,386 (100.0)
	금액	1,000 (1.5)	2,801 (4.1)	16,554 (24.4)	27,017 (39.9)	5,549 (8.2)	14,648 (21.6)	353 (0.5)	67,922 (100.0)

Note: Numbers in the parenthesis are weights (%).

고 있다. Table 6은 2013년부터 2017년까지 종별 전력요금 위반 내역을 나타낸다. 위반 발생 건수의 대부분은 농사용에서 발생하고 있다. 2016년의 총 위반 7,096건 가운데 농사용에서만 6,079건이 적발되었다. 금액은 2013년 5,653건, 28억 2,800만 원에서 2016년 6,079건, 42억 600만 원으로 매우 높은 수치를 보인다.

최근에는 값싼 농사용 전기로 농가 주택은 물론 전원주택의 에어컨 사용에 쓰거나, 심지어는 폐농가 주택이나 비닐하우스 등에 가상화폐 채굴 장비를 설치하고 농사용 전기를 끌어 쓰다가 적발되는 사례까지 발생하고 있다.

3. 농사용 전력 소비 증가의 요인 분석

에너지 소비 변화에 영향을 주는 여러 요인들의 기여도를 측정하는 방법으로는 요인분해분석(decomposition analysis)이 많이 사용된다. 요인분해는 어떤 부문 혹은 국가 전체의 에너지 소비 변화를 경제활동의 수준 변화(growth effect), 소비 구조의 변화(structural effect), 그리고 에너지 집약도 변화(intensity effect)의 세 요인으로 구분하여 추정한다.

본 논문에서는 여러 가지 요인분해법 가운데 최근 에너지 분야에서 가장 널리 쓰이고 있는 로그 평균을 이용한 디비지아 분해법(Logarithmic mean Divisia Decompositon)을 이용한다. Ang and Choi(1997)에 의해 제시되어, 국내에서도 많은 연구들의 실증분석에 사용된 LMDI 기법은 라스파이레스 방식이나 파세 방식과는 달리 시간 가변 기하평균값을 가중치로 이용하며, 잔차(residual)가 남지 않는 장점이 있다.

3-1. 농사용 전력 소비 변화 분석

LMDI 기법을 이용하여 1988-2016년 기간 중 농사용 전력 소비 변화의 요인을 분해한다. 농사용의 전력 소비는 다음과 같이 에너지 집약도, 인구나 농업 산출량의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$E_t = \frac{E_t}{Y_t} \cdot \frac{Y_t}{H_t} \cdot H_t = I_t \cdot P_t \cdot H_t \quad (1)$$

여기서,

E_t = 농림어업부문 전력소비량

Y_t = 농림어업부문 생산량(실질 GDP)

H_t = 농림어업부문 인구수

$I_t = \frac{E_t}{Y_t}$: 농림어업부문 전력 집약도

$$P_t = \frac{Y_t}{H_t} : \text{농림어업부문 1인당 생산량}$$

여기서, (1)식에 로그를 취하여 시간 미분 ($\frac{\partial \ln x}{\partial t} = \frac{1}{x} \frac{\partial x}{\partial t}$)하면,

$$\frac{\partial E_t}{\partial t} = E_t \left(\frac{\partial \ln I_t}{\partial t} + \frac{\partial \ln P_t}{\partial t} + \frac{\partial \ln H_t}{\partial t} \right) \quad (2)$$

이 식을 0에서 T까지 적분하면,

$$\int_0^T \frac{\partial E_t}{\partial t} dt = \int_0^T E_t \left(\frac{\partial \ln I_t}{\partial t} + \frac{\partial \ln P_t}{\partial t} + \frac{\partial \ln H_t}{\partial t} \right) dt \quad (3)$$

이 식의 좌변과 우변에 각각 $\int_0^T \frac{\partial E_t}{\partial t} dt = E_T - E_0$, $\int_0^T \frac{\partial \ln X}{\partial t} dt = (\ln X_T - \ln X_0)$ 을 대입하고 적분의 중간값 정리(mean value theorem)를 이용하면,

$$E_T - E_0 = E(c) \left((\ln I_T - \ln I_0) + (\ln P_T - \ln P_0) + (\ln H_T - \ln H_0) \right) \quad (4)$$

여기서 $E(c)$ 는 E_0, E_T 의 가중평균값이다. LMDI 방식은 가중평균값으로 로그평균값³⁾을 쓴다.

$$E(c) = L(E_0, E_T) = \frac{E_T - E_0}{\ln(E_T/E_0)} \text{ 을 쓰면}$$

$$\Delta E = E_T - E_0 = L(E_0, E_T) \cdot (\ln(I_T/I_0) + \ln(P_T/P_0) + \ln(H_T/H_0)) \quad (5)$$

식(5)는 두 시점의 에너지 소비 변화가 세 가지 항목으로 구분 설명될 수 있음을 보여준다. 즉,

$$\Delta E = \Delta E_I + \Delta E_P + \Delta E_H \quad (6)$$

여기서,

$$\Delta E_I = L(E_0, E_T) \cdot \ln(I_T/I_0)$$

: 에너지 집약도 변화 효과, 즉, 제품 단위당 에너지 투입량 변화가 전체 에너지 소비량 변화에 미친 영향

$$\Delta E_P = L(E_0, E_T) \cdot \ln(P_T/P_0)$$

: 성장 효과 즉, 1인당 농업 생산량 변화가 전체 에너지 소비량 변화에 미친 영향

3) x 와 y 의 로그평균은 $L(x,y) = (y-x)/\log(y/x)$ for $x \neq y$ 이다.

$$\Delta E_H = L(E_0, E_T) \cdot \ln(H_T/H_0)$$

: 인구 효과 즉 농림어업 인구 변화가 전체 에너지 소비량 변화에 미친 영향

농사용 전력 소비로 인한 변화는 에너지 집약도 변화 효과, 성장 효과, 인구 수 변화 효과로 구분된다. 이러한 방식에 따라 농사용 전력 소비를 분해하면 Table 7과 같다. 먼저 경제활동인구조사 자료의 농림어업 취업자 수를 중심으로 분석하면(case I), 1988년부터 2016년까지 전체 농사용 전력 소비는 15,251.1 GWh 증가하였는데, 이 중 에너지 집약도 변화와 성장 측면에서는 각각 88.2% 와 51.3%의 플러스 효과를 초래하였으나, 인구수 변화는 39.5% 마이너스 효과를 낳았다.

농림어업 취업자 대신에 농사용 전력 고객 호수 데이터를 사용하여 분석하면(case II) 농사용 전력 소비는 에너지 집약도 변화와 고객호수 변화가 각각 88.2%, 87.8% 증가 요인으로 작용하였으나, 농업 부문의 인구 1인당 산출은 오히려 감소하여 농사용 전력 소비에는 증가가 아닌 감소 요인으로 작용하였다(마이너스 76%). 농업 인구도 줄고, 농가수도 감소하였으나, 유독 농사용 전력 수용가 호수만 증가함으로써 발생한 현상이다.

또, 농림어업 취업자 대신에 농림어업조사 자료의 농가 수를 대입하여 분석하면(case III) 에너지 집약도 변화 효과로 88.2% 증가, 성장 효과로 33.1% 증가한 반면 농가수 변화 효과로 21.2% 감소한 것으로 나타났다.

정리해보면 전력의 사용 효율이 악화되면서 전력 소

비가 늘었으나, 농어민 취업자 수나 농가 수 감소는 전력 소비 감소에 기여하는 것으로 나타났다. 반면 농사용 전력 고객 호수 자료를 사용하는 경우 호수 증가로 인한 전력 소비 증가 효과가 나타났다. 이는 전력 고객 호수가 전력 사용계약단위로 가구와 동일한 개념이 아니기 때문에 일어나는 현상이다. 결과적으로 농사용 전력 소비량의 증가는 집약도 변화 효과가 가장 컸음을 알 수 있다. 특히 2008-2016 기간의 소비 증가분 (ΔE) 7,710.4 GWh는 101.3% 집약도 변화 효과 때문으로 나타났다.

3-2. 농림어업 부문 전력화 현상 분석

농사용 전력요금 할인제도의 시행으로 야기된 농업부문 에너지의 전력쏠림 즉, 전력화 현상을 분석한다. 농림어업부문 최종에너지는 전력, 가스, 석탄, 석유가 있으나 가스와 석탄은 소비량이 미미하다. 따라서 전력과 비전력으로 구분하였다.

1988-2016년 에너지통계연보 농림어업부문 최종에너지 소비(열량) 자료를 전력(E1)과 비전력(E2)으로 구분한 후, LMDI 방식으로 분해하였다. 분해식의 전개는 앞의 방식과 대동소이하다.

$$E_t = \sum E_{i,t} = \frac{\sum E_{i,t}}{E_t} \cdot \frac{E_t}{Y_t} \cdot Y_t = \frac{\sum E_{i,t}}{E_t} \cdot I_i \cdot Y_t$$

$$= \sum S_{i,t} \cdot I_i \cdot Y_t \quad i = 1, 2$$

Table 7. Decomposition of agricultural electricity consumption using LMDI method

Unit: GWh

기간	소비 증가분 (ΔE)	case I (농림어업 취업자 수)			case II (농사용전력 고객호수)			case III (농가 수)		
		집약도 변화 효과 (ΔE_I)	성장 효과 (ΔE_P)	인구변화 효과 (ΔE_H)	집약도 변화 효과 (ΔE_I)	성장 효과 (ΔE_P)	호수변화 효과 (ΔE_H)	집약도 변화 효과 (ΔE_I)	성장 효과 (ΔE_P)	농가수 변화효과 (ΔE_H)
1988-1998	2,800.2 (100.0)	2,569.1 (91.7)	1,154.0 (41.2)	-922.9 (-33.0)	2,569.1 (91.7)	-2,699.2 (-96.4)	2,930.3 (104.6)	2,569.1 (91.7)	864.8 (30.9)	-633.7 (-22.6)
1998-2008	4,740.5 (100.0)	3,420.5 (72.2)	3,501.6 (73.9)	-2,181.5 (-46.0)	3,420.5 (72.2)	-2,840.8 (-59.9)	4,160.8 (87.8)	3,420.5 (72.2)	2,271.2 (47.9)	-951.2 (-20.1)
2008-2016	7,710.4 (100.0)	7,810.7 (101.3)	3,237.6 (42.0)	-3,338.0 (-43.3)	7,810.7 (101.3)	-4,517.1 (-58.6)	4,416.8 (57.3)	7,810.7 (101.3)	1,455.9 (18.9)	-1,556.3 (-20.2)
1988-2016	15,251.1 (100.0)	13,448.5 (88.2)	7,823.2 (51.3)	-6,020.5 (-39.5)	13,448.5 (88.2)	-11,587.1 (-76.0)	13,389.7 (87.8)	13,448.5 (88.2)	5,043.1 (33.1)	-3,240.4 (-21.2)

Note: Numbers in the parenthesis are weights(%).

여기서,

- $E_t = t$ 기의 농림어업부문 최종에너지 소비
- $E_{i,t} = t$ 기의 농림어업부문 i 에너지 소비, $i=1$ (전력),
2(비전력)
- $Y_t = t$ 기의 농림어업부문 실질 GDP
- $S_{i,t} = \frac{E_{i,t}}{E_t}$, 농림어업부문 최종에너지 소비 중
 i 에너지의 비중
- $I_t = \frac{E_t}{Y_t}$: 농림어업부문 산출에서 전력의 비중

여기서, (1)식을 연속함수로 보고 로그를 취한 뒤 시간 미분($\frac{\partial \ln x}{\partial t} = \frac{1}{x} \frac{\partial x}{\partial t}$)하면 순간변화율(instantaneous growth rate)을 구할 수 있다. 즉,

$$\frac{\partial E_t}{\partial t} = \sum_i E_t \left(\frac{\partial \ln S_{i,t}}{\partial t} + \frac{\partial \ln I_t}{\partial t} + \frac{\partial \ln Y_t}{\partial t} \right) \quad (8)$$

이 식을 0에서 T까지 적분하면 두 시점 사이의 기간변화율을 구할 수 있다. 즉,

$$\int_0^T \frac{\partial E_t}{\partial t} dt = \sum_i \int_0^T E_t \left(\frac{\partial \ln S_{i,t}}{\partial t} + \frac{\partial I_t}{\partial t} + \frac{\partial \ln Y_t}{\partial t} \right) dt \quad (9)$$

이 식의 좌변과 우변에 각각 $\int_0^T \frac{\partial E_t}{\partial t} dt = E_T - E_0$, $\int_0^T \frac{\partial \ln X_i}{\partial t} dt = (\ln X_i^T - \ln X_i^0)$ 을 대입하고 적분의 중간값 정리를 응용하면, 다음과 같은 근사식이 얻어진다.

$$E_T - E_0 \approx \sum_i w_i (\ln(S_{i,T} - \ln S_{i,0}) + (\ln I_T - \ln I_0) + (\ln Y_T - \ln Y_0)) \quad (10)$$

여기서 w_i 는 기준년도 에너지 소비량 $E_{i,0}$, 비교년도 에너지 소비량 $E_{i,T}$ 중간값이며 산술평균 또는 기하평균 등의 값을 취할 수 있다.

$$w_i = L(E_{i,0}, E_{i,T}) \quad (11)$$

따라서 식(10)은 다음과 같이 세 가지 요인으로 분해된다.

$$\Delta E = E_T - E_0 = \Delta E_S + \Delta E_I + \Delta E_Y \quad (12)$$

여기서,

$$\Delta E_S = L(E_T, E_0) \cdot \sum w_i \cdot \ln \left(\frac{S_{i,T}}{S_{i,0}} \right)$$

: 최종에너지 소비의 구조 변화 즉 에너지 대체가 전체 에너지 소비량 변화에 미친 영향

$$\Delta E_I = L(E_T, E_0) \cdot \ln \left(\frac{I_T}{I_0} \right)$$

: 에너지 집약도 변화 효과, 즉, 제품 단위당 에너지 투입량 변화가 전체 에너지 소비량 변화에 미친 영향

$$\Delta E_Y = L(E_T, E_0) \cdot \ln \left(\frac{Y_T}{Y_0} \right)$$

: 성장 효과 즉, 1인당 농업 생산량 변화가 전체 에너지 소비량 변화에 미친 영향

아래 Table 8은 농림어업부문 최종에너지 소비와 생산액(실질 GDP)의 변화를 보여준다. 이 부문 최종에너지 소비는 전력과 등유와 같은 석유류가 대부분을 차지하는 비전력 에너지원으로 크게 구분하였다. 농림어업부문 최종에너지 소비는 1998년을 정점으로 감소세로 돌아섰으나 전력 소비는 계속해서 크게 증가하고 있다. 반면 전력 이외의 에너지 사용량은 2016년의 경우 1988년과 비슷한 수준으로 줄어들었다. 농림어업부문 산출은 1988-2008년 기간 중에는 미약한 증가를 보였으나, 2008년 이후 정체를 면치 못하고 있다.

Table 8. Trends of final energy consumption and output in agriculture sector[10]

연도	농림어업부문 최종에너지 소비(1,000 TOE)			농림어업 실질GDP (십억 원)
	계	전력	비전력	
1988	1,466.0	111.0	1,355.0	21,085.1
1998	3,542.2	346.0	3,196.2	23,153.0
2008	2,859.8	721.4	2,138.4	28,646.6
2016	2,718.7	1,324.1	1,394.6	28,414.3

Table 9. Decomposition of final energy consumption in agriculture sector using LMDI method

Unit: 1,000 TOE

기간	최종에너지 소비 변화	구조 변화 효과		에너지 집약도 변화 효과	성장 효과
		전력	비전력		
1998-1988	2,076.2(100.0)	51.7(2.5)	-51.7(-2.5)	1,856.0(89.4)	220.2(10.6)
2008-1998	-682.4(100.0)	500.2(-73.3)	-500.2(73.3)	-1,361.4(199.5)	678.9(-99.5)
2016-2008	-141.1(100.0)	668.1(-473.6)	-668.1(473.6)	-118.4(83.9)	-22.7(16.1)
2016-1988	1,252.7(100.0)	907.3(72.4)	-907.3(-72.4)	647.6(51.7)	605.1(48.3)

Note: Numbers in the parenthesis are weights(%).

Table 8에 나타난 데이터를 가지고 위의 식 (10), (11)을 이용한 LMDI 요인 분해를 실시하여 얻은 결과를 Table 9에 제시하였다. 우선 Table 8에서 보면 농림어업부문 전력 소비량은 지속적으로 증가하고 있는 반면 최종 에너지 소비량은 1988-1998년 기간 중 2,076.2 천 TOE 증가하였으나 1998-2008 기간 중에는 682.4 천 TOE, 2008-2016년 기간 중에는 141.1 천 TOE 감소하였다.

LMDI 요인 분해 결과는 Table 9에서 보듯이 농림어업부문 1988-2016년 기간 중 최종 에너지 소비가 1,252.7 천 TOE 증가한 것은 에너지 집약도 변화로 인한 영향(647.6 천 TOE)과 농업 산출 증가, 즉 성장 효과 (605.1 천 TOE)로 분해되었다. 이 기간 중 석유나 석탄과 같은 비전력에너지 가운데 총 907.3 TOE가 전력 에너지로 대체된 것으로 추정되었다. 최종에너지 가운데 비전력 에너지가 전력 에너지로 대체되는 전력화 현상이 갈수록 심화되는 것을 확인할 수 있다.

4. 요약 및 정책적 시사점

본 연구는 저렴한 농사용 전력 요금 정책으로 농사용 전력 과소비와 그로 인한 문제점을 다각도로 분석하였다. 농업 산출이 크게 늘지 않고 있고, 국가적으로 전력소비 증가세가 둔화되고 있음에도 불구하고 농사용 전력 소비는 빠른 증가세를 지속하여 농사용 에너지에서 전력의 비중이 절반에 이를 정도로 늘어났다. 아울러 농업 부문의 전력 생산성이 저하되고 있고, 농사용 전력의 무분별한 사용이 증가되고 있으며, 저렴한 요금으로 인한 교차 보조 현상이 심화되고 있으나, 지니 계수법을 이용한 추정에서 정작 농사용 전기의 혜택은 영세농이 아닌 대기업농에 편중되는 현상이 심화되고 있음을 발견하였다.

LMDI 기법을 이용한 요인 분해 분석에서는 에너지 집약도 변화, 성장, 구조 변화의 세 가지 요인으로 구

분하여 각 요인이 농사용 전력 소비 증가에 미친 영향을 추정하였다. 분석 결과 농업부문 산출의 증가는 농업부문 에너지 소비 증가의 주요한 원인이 아닌 것으로 나타났다. 오히려 농사용 전력 소비 구조면에서 석유 등 비전력 에너지가 급속하게 전력으로 대체되면서 전력 소비 증가를 가속화하는 요인으로 작용하고 있음이 드러났다. 더구나 농사용 전력 수용가수의 증가는 전력 생산성 저하를 초래하면서 농업 전력 소비 증가를 부추기고 있는 것으로 나타났다.

농사용 전력 과소비는 국가적으로 에너지 수입 부담을 가중시키고, 온실가스 배출 억제에도 악영향을 주는 만큼 현재의 농사용 전력 정책의 개선이 절실하다. 구체적인 방안으로는 농사용 전력 요금의 현실화, 농사용 전력 오남용의 방지를 위한 감시·감독의 강화, 대기업농에 대한 농사용 전력 혜택 배제 혹은 농사용 전력 소비 상한 설정 등을 들 수 있다.

그러나 기본적으로 전력 요금 할인 정책은 경제학에서 주장하는 가격 왜곡으로 인한 시장의 합리적 자원 배분 저해 현상을 초래할 수밖에 없는 한계를 안고 있다. 따라서, 농업 부문의 지원 정책 방안으로서 현재의 가격 할인 정책보다는 에너지 바우처 제도나 보조금 같은 소득 정책의 확대에 방향 전환을 모색할 필요가 있을 것으로 지적된다.

Acknowledgement

이 연구는 충남대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었다.

References

1. Jeong, H, G., 2013, An analysis on status of agricultural use and the policy improvement(in Korean), *Korea Energy Economics Institute*, pp. 35-37

2. Jeong, Y. J. and Cho, S. J., 2016, A study on problems and improving the electricity tariff policy for agricultural use(in Korean), *Energy Focus*, 2016 summer, *Korea Energy Economics Institute*, pp. 100-119
3. Jeong, Y. J., 2017, A study on improving the tariff system for agricultural use (in Korean), *Korea Energy Economics Institute*, pp. 91-111
4. Park, S. W., 2016, A study of agricultural electricity demand: an application to Korean rice farm(in Korean), *Chungbuk National University*, Master Dissertation, pp. 1-41
5. Ang, B. W. and Liu, F. L., 2001, A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation, *Energy*, 26, pp. 537-548
6. Liu, F. L., 2004, Decomposition analysis applied to energy: some methodological issues, *National University of Singapore*, Master Dissertation, pp. 70-90, pp. 108-114
7. Kim, S. Y. and Kim, H. S., 2011, LMDI decomposition analysis for engegy consumption of Korea' s manufacturing industry(in Korean), *Korean Energy Economic Review*, Vol. 10, No. 1, pp. 49-76
8. Kang, Y. Y., 2013, Analysis of the increase in energy consumption over the past 5 years(in Korean), *Korea Energy Economics Institute*, pp. 33-58
9. KEPCO, Statistics of Electric Power in Korea
10. *Korea Energy Economics Institute*, Yearbook of Energy Statistics
11. Korean Statistical Information Service, kosis.kr
12. Korea Energy Statistical Information System, www.kesis.net
13. *KEPCO(Korea Electric Power Corporation)*, 2018, home.kepco.co.kr
14. Kim, B. G.(The member of the National Assembly of Korea), press release, <https://blog.naver.com/bgkim/221124794872>