

섬유기반 녹화시스템 적용에 따른 노후주택의 누진세기반 전력요금 저감효과에 대한 모니터링 연구*

김태한¹⁾ · 이소담²⁾

¹⁾ 상명대학교 환경조경학과 · ²⁾ 상명대학교 일반대학원 환경조경학과

A Study on Monitoring the Progressive Tax-based Power Charges Reduction Effects by Applying Fiber-based Artificial Vegetation System to Obsolete Houses*

Kim, Tae-Han¹⁾ and Lee, So-Dam²⁾

¹⁾ Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sang Myung University,

²⁾ Dept. of Environmental Resources, Graduate School, Sang Myung University.

ABSTRACT

Demands for housing has diversified recently due to low birth rate and the growth of aging population. Also, a share of idle houses and obsolete houses over 20 years old is gradually rising. Therefore, there is a need for a sustainable, environment-friendly improvement policy that is in line with a new housing paradigm and avoids full-scale new construction, such as a customized housing renovation plan considering local economic circumstances. Therefore, afforestation system applicable to buildings are assessed positively, but lack objective performance evaluation. Through one-year, long-term monitoring of replicated obsolete buildings that have poor insulation performance, this study calculated monthly average power consumption and analyzed power charges by applying pricing plans before and after the revision of progressive tax in order to examine economic effects expected by applying the afforestation system. In the obsolete buildings, the study showed that monthly average

* 본 연구는 2016학년도 상명대학교 교내연구과제 지원으로 수행되었음.

First author : Kim, Tae-Han, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sang Myung University,

Tel : +82-41-550-5303, E-mail : Taehankim@smu.ac.kr

Corresponding author : Kim, Tae-Han, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sang Myung University,

Tel : +82-41-550-5303, E-mail : Taehankim@smu.ac.kr

Received : 12 October, 2017. **Revised** : 7 December, 2017. **Accepted** : 3 December, 2017.

power consumption was reduced by 16.6kWh with 5.2% average reduction rate. Highest reduction was made in July at 11.3%. Aggregate monthly power consumption charges were relatively high in winter before and after the revision of progressive tax. Power charges reduction effect was highest in March when monthly power consumption was reduced to 300kWh level by applying the afforestation system.

Key Words : *Green Wall, Energy Consumption Monitoring, Progressive Tax, Energy Saving, External Insulation*

I. 서 론

최근 출산율 저하와 노령인구 증가로 인하여 주택 수요가 다변화되고 있으며, 유휴 주택 및 20년 이상의 노후 주택의 비중이 점차 증가하고 있다. 이에 따라 경제적 현황이 고려된 맞춤형 주택 재정비 방안과 같이 전면적인 신축을 지양하고 새로운 주거 패러다임에 대응하는 지속가능한 친환경 개선 정책이 요구되고 있다. 특히, 주거환경이 열악한 노후 공동 주택의 경우 전면적인 리모델링을 통한 사업화가 어려운 상황이며, 전력 누진세는 에너지 빈곤층으로 분류될 수 있는 거주자들의 경제적 문제를 가중시키고 있다. 국토교통부 정책 사업인 그린 리모델링¹⁾은 이러한 주거 노후화 문제를 건물에너지와 쾌적한 환경조성관점에서 보다 현실적인 개선방안을 제시하고 있다. 전면개발이 제한적인 지역에 거주환경 및 건축외피 단열성능 증진이 가능한 녹색건축기술 중에서 녹화시스템은 효율적인 대안이 될 수 있다. 다만, 녹화시스템이 노후 건축물 단열성능개선에 적극적으로 활용되기 위해서는 에너지개선효과의 정량화가 요구되며, 이와 관련된 연구는 다음과 같다.

우선, 노후건축물의 단열성능개선 연구는 현장 측정데이터를 바탕으로 경년에 따른 건축물 외벽의 단열성능 저하율을 분석하여 공공 건축

물 외벽의 단열 리모델링 시기를 산정한 연구(2015, 류승희 등), 상업용 노후건축물의 불투명 외피를 실측하여 설계 시 적용된 열관류율 저감 문제를 개선하는 그린 리모델링 연구(2014, 김성임) 등이 확인되고 있다. 녹화시스템 적용에 따른 에너지사용저감 연구는 학교건물을 대상으로 벽면 및 옥상녹화 적용에 따른 에너지저감 효과를 표면온도 실측기반의 시뮬레이션을 통해 비교한 연구(2008, 석호태), 벽면녹화의 식재 기반재 유형이 건물 에너지사용에 미치는 영향을 표면온도 실측기반의 시뮬레이션을 통해 규명한 연구(2013, 권기욱) 등을 살펴볼 수 있다. 상기 관련연구는 표면온도와 열관류율을 단순 모니터링하거나, 실측데이터를 사용한 시뮬레이션 중심의 연구로 확인되었다. 반면, 절기측면의 에너지사용 특성과 경향을 분석할 수 있는 노후건축물 대상의 녹화시스템 장기모니터링 연구는 보고되지 않고 있다.

따라서 본 연구는 단열성능이 취약한 건축물에 녹화시스템을 적용할 경우 예상되는 전력사용 개선효과를 1년 단위의 장기모니터링으로 도출하고, 최근 개정된 전력 누진제를 적용하여 현실적 분석을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 노후건축물의 소비전력 경향

2016년 기준 서울시 ‘노후공동주택 현황’²⁾에

1) http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_35905/DTL.jsp

Table 1. Static Situation of Deteriorated Apartment in Seoul(over 25years)

Division	Complex	Building	Household
Total Apartment	4,214	19,980	1,524,297
Deteriorated Apartment	1,023	6,027	406,005
Rate of Deteriorated Apartment	24%	30%	27%

의하면 19,980동의 공동주택 중 입주 후 25년 이상 경과한 주택은 6,027동으로 약 30%에 해당한다. 해당시기의 공동주택은 부분 또는 전면 재건축 논의가 진행되지만 거주자의 개발 비용 부담 등의 경제적 문제로 사업진행이 원활하지 않은 경우가 발생되고 있다.

노후건축물의 경우 적절한 유지관리가 이루어지지 않을 경우 건물 구조안전, 단열성능, 거주쾌적성 등의 다양한 문제가 유발된다. 특히 열화로 인한 건물외피의 내구성 저하는 건축물의 의장적 가치와 에너지 관점의 복합적 문제를 동반하게 된다. 따라서 건물외피는 노후건축물의 우선 개선요소로 이해할 수 있으며, 성능개선을 통해 거주쾌적성이 제공되는 녹색건축기술이 요구된다. 반면, 노후건축물의 유지관리비용은 저소득계층에게 개선작업을 결정하는데 제한요소로 작용하며, 방치될 경우 주거환경은 더욱 취약해지게 된다. 이는 다양한 환경적, 경제적 문제를 유발하고, 특히 건축물 외피 성능 저하에 따른 에너지 비용증가는 해당 계층에게 경제적 부담을 가중시키게 된다. 에너지경제연구원은 주택용 전력수요 패턴 분석³⁾에서 소득분위별 전력소비현황을 집계하여 2014년 기준 소득 1분위 계층의 전력소비경향을 다음 Table 02와 같이 정리하고 있다. 소득 1분위의 연평균 전력사용량은 223.8kWh로 연간 고른 소비경향이 확인되었다. 반면, 동절기에 연평균 사용량

- 2) 서울시 통계자료, 노후 공동주택 현황(25년 이상), 자치구별, 2016
- 3) 에너지경제연구원, 주택용 전력수요 계절별 패턴 분석과 시사점, 2016

Table 2. Static Computation of Avg. Monthly Standard Power Consumption for 1stand 10th Income Quintile

Month	Avg. Monthly Power Consumption (kWh) [A]		Heating and Cooling Loads (%) [B]	Avg. Monthly Standard Power Consumption (kWh) [C=A-(AxB)]	
	1 st Income Quintile	10 th Income Quintile		1 st Income Quintile	10 th Income Quintile
	Jan.	240.0		358.0	9.3
Feb.	254.0	388.0	6.4	237.7	363.2
Mar.	234.0	373.0	5.9	220.2	351.0
Apr.	226.0	351.0	4.2	216.5	336.3
May.	220.0	350.0	1.3	217.1	345.5
Jun.	210.0	340.0	6.0	197.4	319.6
Jul.	212.0	335.0	8.6	193.8	306.2
Aug.	215.0	346.0	9.3	195.0	313.8
Sep.	217.0	355.0	5.0	206.2	337.3
Oct.	213.0	338.0	1.7	209.4	332.3
Nov.	214.0	334.0	4.9	203.5	317.6
Dec.	230.0	343.0	8.1	211.4	315.2
Avg.	223.8	350.9	5.9	210.5	330.2

대비 6.2~30.2kWh의 추가 전력사용이 집계되었다. 총 전력사용량 중 냉난방에 소요되는 전력은 해당 부하량 산정⁴⁾을 통해 산출이 가능하다. 관련연구는 한전영업통계의 계약종별 전력 판매량에 냉방도일(CDD)과 난방도일(HDD)이 적용된 냉난방수요 추정결과를 제시하고 있다. 여기서, 동절기 냉난방 부하율은 6.4~9.3%로 하절기 부하율과 유사하게 산출하고 있다. 냉난방 소비전력을 제외한 평균 월별표준전력사용량은 상기 Table 02에 추가하여 정리하였다. 여기서, 소득 1분위와 10분위 간의 평균소비전력 차이는 동절기가 112.1kWh인 반면, 하절기는 117.8kWh로 집계된다. 이와 같은 두 소득분위 간의 하절기 소비 전력차이에 대한 증가 현상은 저소득 계층의 냉난방 에너지 소비가 난방부하에 집중되는 것으로 해석할 수 있다.

- 4) 지식경제부, 동의대학교, 전기용 냉난방기기 보급률·사용행태 조사 및 이를 이용한 수요예측방법 연구, 2012

Table 3. Comparison of Progressive Tax Reform for Electric Rate

Classification	Before Reform		After Reform	
	Basic Charge (KRW/family)	Power Demanded Charge (KRW/kWh)	Basic Charge (KRW/family)	Power Demanded Charge (KRW/kWh)
~100kWh	410	60.7	910	93.3
101~200 kWh	910	125.9		
201~300 kWh	1,600	187.9	1,600	187.9
301~400 kWh	3,850	280.6		
401~500 kWh	7,300	417.7	7,300	280.6
501kWh~	12,940	709.5		

2. 전력 누진세 제도 현황

연중 냉난방부하에서 동절기에 전력사용량이 상대적으로 많은 저소득계층의 에너지소비경향은 거주필요성에 기인한다고 이해할 수 있다. 소득수준에 따라 전력요금 체감이 점차 가중되는 상황에서 한국전력공사는 기존 전력요금 누진제를 개편하게 된다. 이는 2016년 12월부터 6단계로 구분된 누진세를 3단계로 완화하는 것으로 다음 Table 03과 같이 정리할 수 있다. 여기서 전력 누진제도에 따른 전력소비에 대한 청구금액은 기본요금, 전력량요금, 부가가치세, 전력산업기반기금 등으로 구성되며, 다음 산식으로 표현된다.

$$P_E = P_S + (E_{P1} \times P_1) + (E_{P2} \times P_2) + \dots + (E_{P6} \times P_6) \dots (1)$$

$$P_T = P_E + (P_E \times P_{VAT}) + (P_E \times P_{EPIIF}) \dots (2)$$

P_E = Sum of Power Demanded Charge(KRW)

P_S = Basic Charges(KRW)

E_{P_n} = Phased Power Demanded Charge(criteria: 100kWh)

P_T = Total Demanded Charge(KRW)

P_{VAT} = Value Added Tax(10%)

P_{EPIIF} = Electric Power Industrial Infrastructure Fund(3.7%)

III. 연구방법 및 내용

1. 연구진행 과정

본 연구는 섬유기반 녹화시스템 적용에 따른 누진세 기반의 전력 사용량 저감과 단열개선 효과 규명을 위해 다음 Figure 1과 같이 단계별로 연구를 진행하였다.

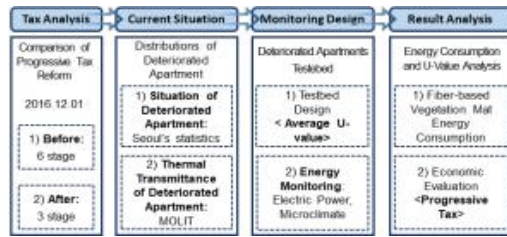


Figure 1. Research Process

우선, 한국전력공사의 누진제를 2016년도 12월 기준으로 개편 전·후의 요금현황을 반영하고, 서울시 통계와 국토교통부 연구자료를 기반으로 노후건축물의 외피 열관류율 기준을 도출하였다. 설정기준에 준하여 Testbed 및 모니터링 설계를 진행하고, 시공된 Testbed의 열관류율을 측정하여 재현된 노후건축물 외피를 확인하였다. 마지막으로 섬유기반 녹화시스템이 적용된 실험구와 대조구 간의 전력모니터링을 통해 사용량을 비교하고, 개정 전·후의 누진세 적용 전력요금 분석으로 전력사용량 저감효과를 집계하였다.

2. 전력사용량 모니터링 환경

1) 실험구 설계

설정된 노후공동주택의 열관류율이 적용된 실험환경 구축을 위해 제한된 단열기준의 Testbed

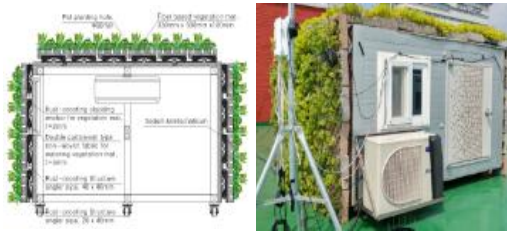


Figure 2. Experimental Testbed

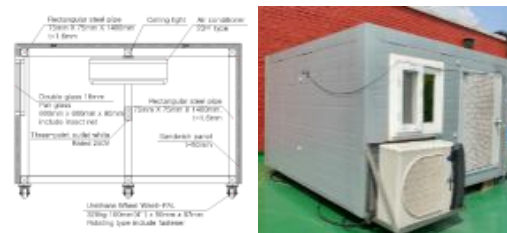


Figure 3. Control Testbed

설계와 시공이 다음 Figure 02, Figure 03과 같이 진행되었다.

실험구와 대조구는 각각 1개소로 75mm, T=2.4mm 각 파이프에 EPS 샌드위치 패널 T=50mm 마감으로 제작되었으며, EPS 샌드위치 패널의 경우 1,000mm×15,000m, T=50mm의 조건에서 열 관류율은 0.57kcal/m²h²에 해당되는 생산규격이 제공된다.







여기서, 시공된 Testbed의 외벽 열관류율을 ISO9869-1에서 제시하는 72시간 기준을 상회하는 4일간 모니터링 하여 집계한 결과 노후건축물 선행연구의 통계 대비 94.8% 수준으로 유의한 것으로 확인되었다. 이는 노후건축물의 벽체 열관류율과 유사한 조건으로 섬유기반 녹화시스템의 단열효과 개선효과 모니터링을 위한 적절한 실험환경으로 판단되었다. 실험구는 260mm×260mm×60mm 규격의 섬유기반 녹화시스템을 출입구와 바닥면을 제외한 4면에 시공하였다. 또한 실험구와 대조구 간의 미기상과 전력사용 모니터링 시스템을 구비하였다.

5) 영신단열공사
(<http://www.youngshin04.com/sub/business02.php>)

2) 모니터링 시스템

실험구와 대조구 모니터링 시스템은 다음 Table 4와 같이 미기상, 전력 부문으로 구분된다. 미기상 부문은 실내 온습도, 내·외부 벽체 표면온도, 식생표면온도로 구성되고, 전력 부문은 냉난방기의 전력소비량, 설정온도 측정이 가능하도록 설계되었다.

Table 4. Specification of Monitoring System

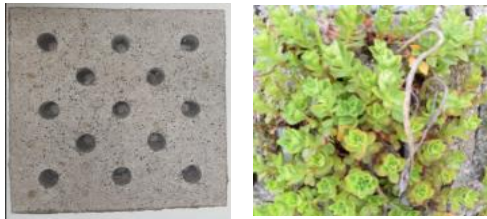
	Microclimate Data Logger	Temperature-Humidity Sensor	Ground Temperature Sensor
Image			
Model	USEM, ZF-10M	USEM, UE-H100	USEM, UE-T100
Range	Wireless data communication	-40 °C to 52.5 °C	-20°C ~ 70°C
	Air Conditioner	Air Conditioner Temperature Sensor	Electric Power Data Logger
Image			
Model	Carrier, CSV-Q075U	Carrier	Korins, SEM3000
Range	2,500 / 3,200W	-	0.1% of reading +0.2% of range

3) 모니터링 기간 및 방법

노후건축물과 유의한 외피구조에 섬유기반 녹화시스템을 적용한 실험구와 대조구 간의 전력소비량 차이를 1년 단위의 장기 모니터링으로 비교 분석하였다. 모니터링 기간은 2015년 10월에서 2016년 9월까지 진행되었다. 여기서, 2015년 12월의 경우 냉난방기 및 온도 제어부 이상으로 인한 보정작업으로 분석기간에서 제외되었다. 월별 4~5일 간의 냉난방기 연속 운전기간을 통해 데이터를 수집하고, 실내온도는 25°C로 설정하여 24시간 가동하였다.

Table 5. Estimate of Monthly Standard Power Consumption with Electricity Consumption Monitoring and Static Computation(kWh)

Month	Avg. Monthly Power Consumption (kWh) (A)		Standard Monthly Power Consumption (B)	Avg. Monthly Standard Power Consumption (A+B)	
	Experimental Testbed	Control Testbed		Experimental Testbed	Control Testbed
Oct.	35.4	41.4	209.4	244.8	250.8
Nov.	114.4	129.2	203.5	317.9	332.7
Jan.	204.6	222.1	217.7	422.3	439.8
Feb.	179.9	199.0	237.7	417.6	436.7
Mar.	169.9	188.9	220.2	390.1	409.1
Apr.	74.1	82.4	216.5	290.6	298.9
May.	37.9	49.0	217.1	255.0	266.1
Jun.	38.9	51.2	197.4	236.3	248.6
Jul.	66.8	99.9	193.8	260.6	293.7
Aug.	92.4	119.9	195.0	287.4	314.9
Sep.	28.6	42.4	206.2	234.8	248.6
Sum	1,042.9	1,225.4	2,314.5	3,357.4	3,549.9

**Figure 4.** Fiber-based Vegetation Mat System

4) 섬유기반 녹화시스템

본 연구에 적용된 섬유기반 녹화시스템은 다음 Figure 4와 같이 저융점 섬유(LMF: Low Melting Fiber), 바텀애쉬기반 인공토양, 제올라이트 등을 배합하여 110~200℃의 열융착 공정

을 거쳐 고형화한 매트형태이다.

IV. 연구결과

1. 평균 월별소비전력 산정

노후건축물 주거 가능성이 높은 저소득계층의 평균 월별전력사용량을 상기 관련연구를 기반으로 다음 Table 5와 같이 정리하였다. 여기서, 평균 월별전력사용량은 Testbed 모니터링을 통해 도출된 평균 소비전력량을 월별 일수로 환산한 후 상기 관련연구를 통해 정의된 평균 월별 표준전력사용량을 합산하여 산정하였다. 여

Table 6. Daily Power Consumption Monitoring Between Experimental and Control Testbed(Apr, 26th~29th, 2016)

Date	Avg. Daily Electricity Consumption(kWh)		Energy Saving Rate (%)	Concentrated Insolation Period (10:00~14:00)
	Experimental Testbed	Control Testbed		Avg. Solar Radiation (W/m ²)
26	1,870	2,097	10.8	645.8
27	2,622	3,209	18.3	115.2
28	2,812	3,063	8.2	456.8
29	2,596	2,718	4.5	654.0
30	2,443	2,649	7.8	531.4
Avg	2,469	2,747	10.1	480.6

Table 7. Comparison of Electric Charge Between Experimental and Control Testbed After Progressive Tax Reform Revision

month	Experimental Testbed		Control Testbed		Saving Charge (KRW)
	Energy Consumption (kWh)	Demanded Charge (KRW)	Energy Consumption (kWh)	Demanded Charge (KRW)	
Oct.	244.8	32,606	250.8	33,888	1,282
Nov.	317.9	52,668	332.7	57,390	4,722
Jan.	422.3	93,375	439.8	101,686	8,359
Feb.	417.6	91,143	436.7	100,214	9,071
Mar.	390.1	75,704	409.1	87,107	11,403
Apr.	290.6	42,391	298.9	44,164	1,773
May.	255.0	34,785	266.1	37,157	2,350
Jun.	236.3	30,790	248.6	33,418	2,628
Jul.	260.6	35,982	293.7	43,054	7,072
Aug.	287.4	41,707	314.9	51,711	10,004
Sep.	234.8	30,469	248.6	33,418	2,949

기서, 녹화시스템이 적용된 실험구와 대조구간의 평균 월별소비전력량 저감은 16.6kWh로 5.2%의 평균저감율을 기록하고, 최대감소는 33.1kWh, 11.3%를 저감한 7월로 집계되었다. 녹화를 통해 예상되는 연간 총 소비전력 저감량은 182.5kWh로 산정되었다.

2. 녹화시스템 적용에 따른 전력사용 경향분석

상기 선행연구에서 평균 월별소비전력과 냉난방에너지를 제외한 평균 월별표준소비전력의 연간평균에 수렴하는 기간은 4월에 해당한다. 4

월의 대표 5일간 연속모니터링 결과는 다음 Table 6과 같다. 여기서, 녹화시스템 적용에 따른 중립적인 냉난방 전력사용경향을 확인할 수 있었다. 실험구와 대조구간의 평균 일일 소비전력 저감은 279Wh로 10.1%의 평균저감율을 기록하였다. 모니터링 기간 중 최고 저감율을 기록한 27일은 다음 Figure 5와 같이 그래프로 표현할 수 있다. 이를 통해 녹화시스템 적용에 따른 일일 소비전력의 사용경향 변화를 확인할 수 있었다. 여기서 녹화시스템 적용에 의해 일일 최고 저감량이 도출된 22:00를 중심으로 1~

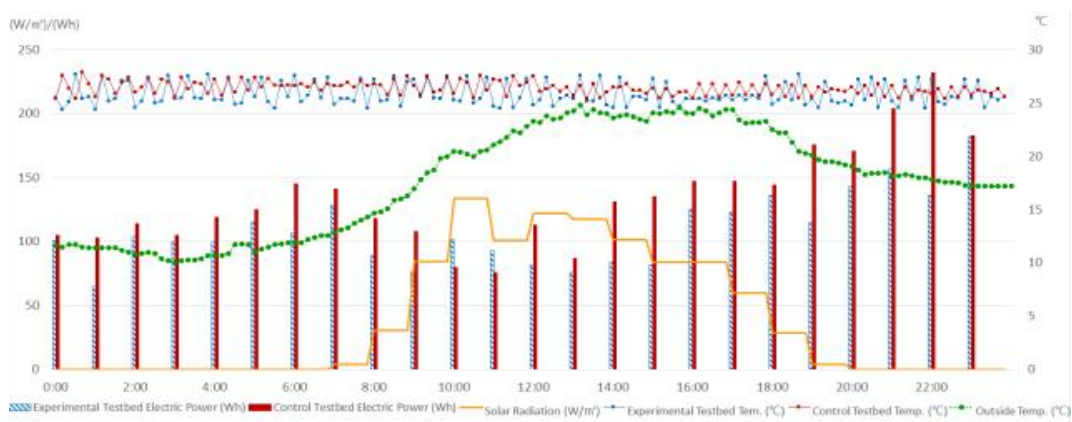


Figure 05. Daily Power Consumption Monitoring Between Experimental and Control Testbed(Apr, 27th, 2016)

96Wh가 저감되었다. 반면, 10:00~11:00 일사량이 133.6W/m² 전후로 가장 높은 기간에 소비전력 역전이 기록되었다.

3. 12월 개정이전 누진세 기반 청구전력요금 분석

2016년 12월 개정 이전의 누진세 요금체계를 적용하여 Testbed 모니터링 결과와 통계자료를 기반으로 녹화시스템 도입에 따른 월별 소비전력 저감량을 다음 Table 7과 같이 정리하였다.

최대 월별 청구요금저감은 11,403원을 기록한 3월이었고, 최소 청구요금저감은 1,282원을 기록한 10월로 집계되었다. 동절기 평균 월별 청구요금저감은 하절기에 비해 2,123원 초과된 8,691원을 기록하였다. 간절기는 최고 월별 청구요금저감을 기록한 3월을 제외할 경우 청구요금저감액 2,620원을 기록하여, 냉난방부하가 집중되는 동절기·하절기에 비해 상대적으로 낮은 요금저감효과가 집계되었다.

4. 12월 개정이후 누진세 기반 청구전력요금 분석

2016년 12월 개정된 누진세 요금체계를 적용하여 Testbed 모니터링 결과와 통계자료를 기반으로 녹화시스템 도입에 따른 월별 소비전력 저

감량을 다음 Table 8과 같이 정리하였다.

최대 월별 청구요금저감은 11,500원을 기록한 3월이었고, 최소 청구요금저감은 1,282원을 기록한 10월로 집계되었다. 동절기 평균 월별 청구요금저감은 하절기에 비해 647원 초과된 5,839원을 기록하였다. 최고 월별 청구요금저감을 기록한 3월을 제외할 경우 간절기는 청구요금저감액 2,308원을 기록하여, 냉난방부하가 집중되는 동절기·하절기에 비해 상대적으로 낮은 요금저감효과가 집계되었다.

5. 종합분석

상기 전력 누진세 개정 전·후의 요금체계와 연동된 녹화시스템 도입에 따른 월별소비전력 청구요금과 요금저감 효과를 다음 Figure 6과 같이 정리할 수 있다. 총량적인 월별소비전력 청구요금은 누진세 개정 전 100,262~101,686원과 누진세 개정 후 83,954~94,942원을 기록한 동절기가 상대적으로 많은 것으로 집계되었다. 녹화시스템 도입으로 400kWh를 초과하는 대조구 월별소비전력을 300kWh대로 저감시킨 3월의 경우 개정 전·후 11,403원과 11,500원으로 최대 청구요금 저감효과를 기록하였다. 반면, 누진

Table 8. Comparison of Electric Charge Between Experimental and Control Testbed After Progressive Tax Reform Revision

month	Experimental Testbed		Control Testbed		Saving Charge (KRW)
	Energy Consumption (kWh)	Demanded Charge (KRW)	Energy Consumption (kWh)	Demanded Charge (KRW)	
Oct.	244.8	32,606	250.8	33,888	1,282
Nov.	317.9	48,224	332.7	51,386	3,162
Jan.	422.3	79,359	439.8	84,942	5,615
Feb.	417.6	77,859	436.7	83,954	6,095
Mar.	390.1	63,648	409.1	75,148	11,500
Apr.	290.6	42,391	298.9	44,164	1,773
May.	255.0	34,785	266.1	37,157	2,350
Jun.	236.3	30,790	248.6	33,418	2,628
Jul.	260.6	35,982	293.7	43,054	7,072
Aug.	287.4	41,707	314.9	47,582	5,875
Sep.	234.8	30,469	248.6	33,418	2,949

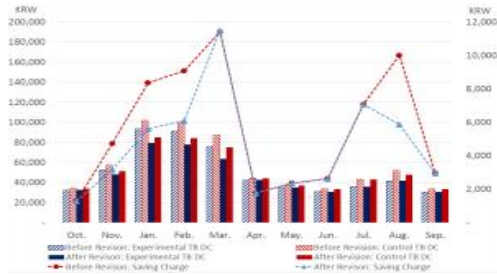


Figure 6. Comparison of Average Monthly Power Consumption and Saving Charge(Oct, 2015 ~ Sep, 2016)

세 개정을 통해 청구요금 저감효과가 발생하지 않는 기간은 4~7월, 9~10월로 집계되었다.

V. 결 론

본 연구는 단열성능이 취약해진 노후건축물을 재현하고, 섬유기반 녹화시스템 도입효과를 1년간 장기 모니터링하여 평균 월별소비전력량을 산정하였다. 여기에 누진세 개정 전·후의 요금체계를 적용하여 청구요금을 분석하고, 녹화시스템을 적용할 경우 예상되는 경제적 효과를 고찰하였다. 이에 대한 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 녹화시스템 적용으로 노후건축물의 월별 소비전력량 저감은 16.6kWh로 5.2%의 평균저감율을 기록하고, 최대감소는 33.1kWh, 11.3%를 저감한 7월로 집계되었다. 녹화를 통해 예상되는 연간 총 소비전력 저감량은 182.5kWh로 산정되었다.

2) 연간평균 월별표준소비전력에 수렴하는 기간인 4월의 경우 녹화시스템 적용에 따른 간절기 냉난방 전력부하를 확인할 수 있으며, 실험구와 대조구간의 평균 일일 소비전력량 저감은 279Wh로 10.1%의 평균저감율을 기록했다. 4월 27일 기준으로 10시 전후에 소비전력 역전현상 발생하고, 일몰 후 저감량이 증가하여 22시에 96Wh의 최고 저감량이 집계되었다.

3) 누진세 개정 전 요금체계와 연동된 녹화시

스템 적용으로 예상되는 최대 월별 청구요금저감은 11,403원을 기록한 3월이었고, 최소 청구요금저감은 1,282원을 기록한 10월로 집계되었다. 간절기는 최고 월별 청구요금저감을 기록한 3월을 제외할 경우 청구요금저감액 2,620원을 기록하여, 냉난방부하가 집중되는 동절기·하절기에 비해 상대적으로 낮은 요금저감효과가 집계되었다.

4) 누진세 개정 후 요금체계와 연동된 녹화시스템 적용으로 예상되는 최대 월별 청구요금저감은 11,500원을 기록한 3월이었고, 최소 청구요금저감은 1,282원을 기록한 10월로 집계되었다. 간절기는 최고 월별 청구요금저감을 기록한 3월을 제외할 경우 청구요금저감액 2,308원을 기록하여, 개정 전과 동일하게 동절기·하절기에 비해 상대적으로 낮은 요금저감효과가 집계되었다

5) 총량적인 월별 소비전력 청구요금은 누진세 개정 전·후 동절기가 상대적으로 많은 것으로 집계되고, 녹화시스템 적용으로 월별소비전력을 300kWh대로 저감시킨 3월의 경우 최대 청구요금 저감효과를 기록하였다. 누진세 개정으로 청구요금이 동일한 기간은 4~7월, 9~10월로 집계되고, 3월의 경우 요금이 97원 증가하는 역전현상을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 장기모니터링을 통해 섬유기반 녹화시스템 적용으로 노후건축물의 냉난방 에너지사용량 및 청구요금 저감을 확인할 수 있었다. 상대적으로 소비전력량이 많은 동절기와 하절기에 전반적인 저감효과가 높은 것으로 해석되었다. 여기서, 녹화로 인한 전력 저감효과는 하절기가 높게 집계되었으나, 청구요금 저감은 3월에 가장 많아 구간별 요금 상한선에 대응하는 소비전력관리의 필요성을 확인하였다.

본 연구의 한계는 냉난방부하를 전부 전력으로 대체하여 냉난방기를 24시간 구동하고, 월별 4~5일의 연속 측정일을 기준으로 설정하여 현실적인 냉난방 소비전력 재현에 어려움이 있었

다. 이로 인하여 낮은 냉난방부하가 발생하는 간절기에도 상대적으로 높은 소비전력이 기록된 부분은 후속적인 보완이 필요할 것으로 사료된다.

References

- Choe, Hyeon-ung · Han, Se-Hui · Leem Deuk-Hwan · Yu, Ho-Kyung and Kim, Jae-Min, “Applicability of Utilisation Factors in ISO 13790 Monthly Method Load Calculation for Office Building in Korean context” Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System, Vol.7, No.2, 2013
- Jeon, Gang-min · Lee, Heang-woo and Kim, Yong-seong, “The Study to Suggest a Methods to Evaluate Heating and Cooling Energy Performance based on Daily Life” Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol.5, No. 3, 2015
- Jo, Jae-wan · Kwak, Young-Hoon · Ha, Tae-Hyun and Huh, Jung-Ho, “A Heating Energy Saving Proposal for the University Dormitory Building Using Monitoring Data and Simulation.” Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System Vol. 2010, No.3, 2010
- Kim, Sung-Im · Lee, Hyun-Hwa · Lim, Jae-Han, Song and Seung-Yeong, “Field Measurements and Evaluation of Insulation Performance of Opaque Outer Walls for Green Remodelling of Old Commercial Buildings.” Journal of the Architectural Institute of Korea Vol.30, No.7, 2014
- Kim, Young-min · Cham, Hi-Un and Kim, Young-Sub, “Heating and Cooling Energy Assessment of Passive Technology Applied Energy Saving Apartment - Heating and Cooling Energy Consumption Estimation through the Energy Analysis Software”, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol. 2010, No.6, 2010
- Kim, Hyo-Jung · Yoon, Jong-Ho · Shin U-Cheul · Cho Jin-il and Choe Hyeong-Ju, “A Study on Analysis of Energy Consumption Situation with Area Unit of a Primary School Education Facilities on the Nation” Journal of The Korean Solar Energy Society, Vol. 2010, No.4, 2010
- Kwon, Ki-Uk · Kim, Won-Tae · Kim, Jeong-Ho and Yoon, Yong-Han, “Performance Analysis for Energy-Saving the Implementation of Low-Energy Green Wall Plant Foundation.” Journal of the Korea Society of Environment and Ecology Vol. 2013 No.2, 2013
- Lim, In-hyok · Lee, E-woo and Lee, Myung-Ju “Analysis of Annual Energy Monitoring Results in Nowon Eco Center (Zero Energy Building)” Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design 30(10),
- Ryu, Seung-Hee · Ryu, Ji-Hye and Hong, Won-Hwa, “A Study on Timing Estimation for the Thermal Insulation Remodeling by Analyzing Annual Variation of Exterior Walls Thermal Insulation Performance in Public Buildings.” Journal of the Architectural Institute of Korea Vol.31, No.7, 2015
- Seok, Ho-Tae · Yang, Jeong-Hoon and Jung, Jae-Woong, “A Study on the Evaluation of Energy Performance According to Greenery Cover in Education Buildings.” Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol.28,

- No.6, 2008
- ASTM E 2398-05, “Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Green Roof Systems”, ASTM International, 2015
- Korea Electric Power Corporation, “Residential Electricity Rate Progressive Agent, Residential Power (low-tension) Electricity Bill”, 2016 (in Korean)
- Korea Energy Economics Institute, “Household Electricity Demand Seasonal Pattern Analysis and Implications”, 2016 (in Korean)
- Ministry of Land, “A Study on the Revitalization Plan of Old-Age House Green Remodeling”, 2013 (in Korean)
- Seoul Statistics, “Aged housing (over 25 years), Administrative Districts”, 2016 (in Korean)