정보 제공을 통한 건물에너지 절약 행동 유발에 관한 실험

김성수* · 김소연** · 김용훈** · 임종연****

*강원대학교 건축공학과, 석사과정

**강원대학교 건축공학과, 학사과정

***강원대학교 건축공학과, 조교수

Observational Study of Nudging Occupants' Energy Saving Behavior

Kim Sung-Su* · Kim So-Yeon** · Kim Yong-Hun** · Lim Jongyeon****

*BS Candidate, Department of Architecture Engineering, Kangwon National University

**MS Candidate, Department of Architecture Engineering, Kangwon National University

***Assistant Professor, Department of Architecture Engineering, Kangwon National University

†Corresponding author: jongyeon.lim@kangwon.ac.kr

Abstract

As a measure to reduce energy consumption in buildings, the high performance of the outer skin and the high efficiency of the facility system are attracting attention to induce changes in the behavior of the inmates. A methodology in the field of behavioral science, so-called nudge, is being considered as an energy-saving measure. However, most of the existing empirical experiments are aimed at housing, which can be attributed to the fact that individual energy conservation acts as an economic incentive, making it easier to achieve its effect. This study reports the results of empirical experiments on energy saving in public spaces by nuds, which, so far, includes few examples. The experiment was conducted on 33 people in a university laboratory. The existing energy consumption patterns were measured for one month; only a few workers were regularly informed of the energy usage for two months, and the resulting changes in the energy consumption patterns were measured. The provision of energy consumption information has shown to increase the probability of energy saving, and it is particularly effective in promoting the energy-saving behavior of those willing to save energy.

Keywords: 에너지소비량(Energy use), 제실자 행동(Occupants' behavior), 넛지(Nudge)

1. 서론

건축물 에너지 소비의 절감을 위한 대책으로써 외피의 고성능화, 설비시스템의 고효율화에 이어 재실자의 행동 변화 유도가 주목받고 있다. 이른바 넛지(Nudge)라고 불리는 행동과학 분야의 방법론이 건축물의 에너지 절약 대책의 하나로 검토되고 있다. 미국의 전력회사 Opower의 시도를 대표 사례(Ayres et al., 2013)¹⁾로 들 수 있으며, 그들은 고객에

Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.40, No.6, pp.43-49, December 2020
<https://doi.org/10.7836/kjes.2020.40.6.043>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 05 October 2020

Accepted: 10 November 2020

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

게 인근 주민과의 소비 전력량 비교 데이터를 전송하는 것만으로 주택의 소비 전력량을 약 2% 감소시켰다고 보고하고 있다. 다만, 기존의 실증 실험의 대부분은 주택을 대상으로 하고 있는데, 이는 개인의 에너지 절약이 경제적 인센티브로 작용하기 때문에 효과가 쉽게 나타나기 때문이라고 사료된다. 본 연구는 지금까지 사례가 거의 없는 넋지에 의한 공공 공간의 에너지 절약에 대한 실증 실험 결과를 보고한다.

2. 건물에너지 절약 행동 유발에 관한 국내·외 선행연구 및 사례

건물에너지 절약 행동 유도에 의한 에너지 절약 효과(Table 1)에 대하여, Choi et al. (2011)²⁾은 아파트 관리비 고지서의 디자인 변경을 통한 정보의 효과적 가시화를 시도하고 그 효과를 검토하기 위해 600가구 규모의 아파트를 선정하여 3개월간 에너지 소비량 변화를 관찰하였다. 그 결과 고지서를 배포했던 2011년 1월 전국 전력 사용량은 전월대비 9.83% 상승한 반면 시범단지는 5.26% 감소하였다. Kim et al. (2013)³⁾은 숙박시설을 이용하는 고객들에게 감성적인 메시지 혹은 이성적인 메시지를 제공*하여 메시지 유형에 따라 에너지 절약 행동에 대한 영향을 조사하였다. 그 결과 이성적 메시지와 비교하여 감성적 메시지가 에너지 절약 행동 유발 효과가 크다고 보고하였다. 이러한 결과는 직접적인 인센티브의 제공이나 페널티 부과와 같은 수동적인 메커니즘이 아니라도 효과적인 정보의 제공만으로도 에너지 절약 행동이 유발되며, 상당량의 에너지 절약 효과로 이어질 수 있다는 것을 보여준다.

Table 1 Precedent research

Reference No.	Subject	Content	Result
2	600 household apartment	Distributing new design apartment maintenance bills for three months	5.26% less power usage compared to the previous month
3	Resident in busan	Classification of residents' behavior of energy use based on consciousness	Type into three group
4	Accommodation user	The attitude and behavior of the accommodation user according to the type of message	Increased energy-saving behavior when providing an emotional message
5	Students	Investigate Energy Saving Behavior	In general, energy-saving behaviors tend to slacken as the class goes up

정보 제공에 따른 에너지 절약 행동 유발은 정보의 가치에 따라 크게 영향을 받으며, 그 가치는 거주자의 유형에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 거주자들의 에너지 사용 행동의 분류는 가치 있는 정보의 작성을 위해 필수적인 과정이다. Jung et al. (2013)⁴⁾은 공동주택 거주자들을 대상으로 에너지 사용 의식을 살펴보고 3개의 집단으

* 감성적 메시지는 메시지 수용자의 감정 또는 가치관에 호소하는 메시지, 이성적 메시지는 실증적이고 논리적인 자료를 통하여 메시지 수용자의 이성애에 소구하는 메시지라고 정의하였다.

로 유형화하였다. 에너지 절약에 관심이 없는 편리지향적 무관심형, 에너지 절약에 관심 많고 실천하는 비용고려적 절약형, 에너지 절약의 필요성은 인식하지만, 실질적인 실천은 하지 않는 필요성 인지적 소비형으로 유형화하였다. Shin (2017)⁵⁾은 학교급별에 따른 학생들의 에너지 절약 행동 정도를 알아보기 위하여 초, 중, 고, 대학생들을 대상으로 설문 조사를 진행하였다. 에너지 절약 행동에서 초등학생이 가장 높은 행동 점수를 보여주고 있었으며, 대체로 학교급이 올라갈수록 에너지 절약 행동이 느슨해지는 경향이 있었다.

실제 에너지 절약 행동을 유도하는 프로그램 사례(Table 2 참조)를 통해서도 에너지 절감효과를 확인할 수 있었다. 서울시에서 진행하는 에코 마일리지는 가정과 학교, 기업을 대상으로 에너지를 절약한 만큼 마일리지 형태로 제공하는 시민 참여 프로그램이다. 분기별로 적립된 마일리지는 아파트 관리비를 내거나 친환경 제품으로 교환하는 등 실용적 보상을 줌으로써 에너지 절약 행동을 유도하고 있다. 국외 사례로서는 CNEC(Chicago Neighborhood Energy Challenge)은 미국 시카고에서 2013년에 6개월간 진행했던 파일럿 프로그램을 들 수 있다. 이는 저소득층을 대상으로 가장 많이 에너지를 절약한 거주민에게 4만 달러 이상의 상금을 지급하는 것을 통해 프로그램이 진행된 6개월 동안 5만 3천 달러를 절감하는 효과를 나타냈다. Power house 는 스탠포드 대학에서 진행한 리서치 스터디 프로그램으로 게임을 통하여 에너지 소비를 절감하도록 유도하였다. 매일 사용자의 계정에 자신의 실제 에너지 사용량이 다운로드되고 온라인 게임으로 전환된다. 사용자가 게임을 하는 동안 타 플레이어와 경쟁 할 수 있는 기회를 제공하며 보상으로는 게임 내의 아이템들을 제공하며 약 2%의 전기에너지 절감을 효과를 나타냈다⁶⁾.

Table 2 Program that induced energy-saving behavior

Subject	Behavior induction method	Effect
ECO MILEAGE	Mileage is provided when certain carbon emissions are reduced	Pay for apartment maintenance or exchange for eco-friendly products through mileage
CNEC (Chicago Neighborhood Energy Challenge)	Award money to low-income people for saving a certain amount of energy	Save \$53,000 over the six months of the program
Power House	Competing with others by linking energy usage to online games	Achieved about 2% electricity savings

이처럼 다양한 선행연구와 실험적 제도 도입이 이뤄지고 있으며, 에너지 절감 행동 유도를 통해 실제 에너지 절감효과가 있음을 확인되고 있다. 하지만 대부분의 경우 주택을 대상으로 하고 있으며, 공공 공간의 에너지 절약에 대한 사례가 적다는 점에 착안하여 이에 대한 실증실험을 진행하였다.

3. 연구 방법

3.1 재실자 행동 변화 유도 수법

일반적인 집무공간의 구성원은 에너지 사용료에 대한 지급 의무가 없으며, 이로 인해 에너지에 대해 free-to-use라는 인식을 하게 된다. 이러한 인식을 바꾸기 위해서 에너지 사용에 대한 페널티 혹은 절약에 대한 인센티브를 부여하는 것을 우선적으로 생각할 수 있으나, 본 연구는 수동적인 억제책보다는 에너지 사용량 정보를 제공함으로써 거주자에 의한 능동적 행동변화를 유도하는 것에 주목한다.

3.2 실험개요

본 실험 연구는 집무공간에서의 사무기기의 전력소비량을 측정하여, 에너지 사용량 정보 제공에 의해 재실자의 행동 변화가 얼마나 발생하는지, 또한 그것이 전력소비량에 미치는 영향을 정량화하는 것을 목적으로 한다. 실험은 모 대학의 연구실(재실인원 33명)에서 수행되었다. 1개월간 기존의 에너지 소비패턴을 측정하고, 그 뒤 일부 재실자에게만(실험군 설정) 2개월간 주기적으로 에너지 사용량 정보 제공하고 그에 따른 에너지 소비 패턴의 변화를 측정했다. 수집된 데이터는 각 재실자의 PC/모니터의 소비전력, 착석 여부의 시계열이다.

3.3 에너지 사용량 정보의 제공

실험군에는 이전 일주일간 총 소비전력량, 이전 일주일간 부재 시의 소비전력량, 주당 업무시간(완전 선택적 시간제), 에너지 낭비 지수 등의 에너지 사용량 정보가 제공된다. 에너지 낭비 지수는 단위 업무 시간당 부재 시 소비전력량으로 정의했다. 또한 에너지 절약 행동을 사회 규범으로서 인식시킴에 따른 효과를 검토하기 위해, 모든 구성원의 에너지 낭비 지수 분포와 그 안에서 자신의 위치를 나타내는 에너지 낭비 랭킹정보를 실험군 중 일부에게 제공했다. 대조군, 실험군의 구분을 Table 3에 나타낸다.

Table 3 Occupant classification

Classification	Information sharing affairs	The number of people
Group 1	○ (Include Energy Waste Index)	12
Group 2	○ (Without Energy Waste Index)	12
Group 3	×	9

이상의 실험을 통해, 에너지 사용량 정보가 재실자의 행동 변화(장시간 부재 시 PC/모니터의 전원을 끄는 행동이 나타날 확률이 높아짐)를 유도할 수 있는지, 그것이 에너지 소비량에 어느 정도 영향을 미치는지 분석했다.

4. 실험 결과

4.1 개인의 행동변화와 그에 따른 에너지 절감

Fig. 1은 개인별 에너지 사용량 변화를 나타낸다. 특징적인 피험자 4명에 대해 에너지 사용량 시계열을 Fig. 2에 나타낸다. 피험자 29는 부재 시 소비전력량에서 현저한 절감효과를 보였다. 피험자 32는 첫 번째 정보제공에 대한 반응이 약했지만, 두 번째부터 절감 효과가 나타났다. 피험자 27의 경우 원래의 부재 시 소비전력량이 가장 높았지만, 정보 제공 후에 오히려 증가하였으며, 피험자 28의 경우는 많은 변화를 보이지 않았다. 정보제공의 효과는 개인별로 다르다는 결론을 도출할 수 있지만, 본 논문에서는 개인의 에너지 소비 성향에 주목해보았다. 즉, 에너지 낭비 성향을 가지고 있는 사람의 경우, 정보 제공의 효과가 작다는 가설을 세우고 검증해보았다. Fig. 3은 정보 제공이 전의 에너지 소비량을 기준으로 그룹을 나누고, 각 그룹에 대해 정보제공 전후의 에너지 절약 행동 발생 확률변화를 나타낸다. 낭비 성향을 가진(정보제공 이전 24일간 부재 시 소비전력량 합계가 4 kWh 이상인) 그룹은, 정보제공에 의해 에너지 절약 행동의 발생 확률이 증가하기는 하지만 그 평균이 50%에 그치고 있다. 반면, 절약 성향을 가진 그룹은, 정보제공 이전부터 높은 확률로 에너지 절약 행동을 취하고 있지만, 정보 제공에 의해 그 확률이 더욱 늘어나 평균 95% 확률로 에너지 절약 행동을 취하는 것을 알 수 있다.

Fig. 1 Average and rate of change in the amount of electricity consumed during absence

4.2 그룹별 에너지 절감 효과

Table 3에 나타난 그룹별로 정보 제공 전후의 에너지 소비량과 그 변화율을 Table 4에 나타낸다. 정보가 제공되지 않은 Group3의 에너지 소비량을 베이스라인으로 생각하면, Group1과 2의 경우 에너지 소비량이 감소했음을 알 수 있다. 또한 에너지 낭비 지수의 랭킹을 제공함으로써 에너지 절약 행동을 사회 규범으로서 인식시킴에 따른 효과가 나타났다.

Table 4 Energy consumption per unit working hour before and after information is provided

Classification	Before (Wh/min)	After (Wh/min)	Rate of change (%)
Group 1	1.80	1.63	- 9.2
Group 2	2.91	3.06	+5.2
Group 3	2.27	2.47	+8.9

Fig. 2 Time series of power consumption for each subject **Fig. 3** Relationship between the propensity of subjects and the probability of behavioral change

5. 결론

본 논문에서는 에너지 정보 제공에 대한 실험을 통해 재실자의 행동변화 양상과 그에 따른 에너지 소비량 변화에 대해 보고했다. 정보 제공에 의해 행동을 유발하더라도 평소 행동유형에 따라 그 효과가 달라짐을 확인할 수 있었다. 절약 성향을 지닌 사람은 정보제공 이후 더 절약하는 성향을 보였고, 낭비 성향을 지닌 사람은 정보제공

이후에도 낭비하는 성향을 보였다. 이는 직접적으로 에너지 절약을 일으키는 메커니즘을 실행하는 것보다 거주자의 에너지 소비 유형을 변화시키는 메커니즘을 같이 실시하는 것이 효과가 클 것으로 생각되며, 평소에 환경에 대한 인식을 높이고 에너지 절약에 대한 교육을 실천하는 것이 중요한 이유를 보여준다. 추후 연구를 통해 재실의 행동 변화 모델을 구축하고, 정보 제공에 따른 에너지 절감 가능성에 대해 체계적인 검토를 수행할 예정이다.

REFERENCES

1. Ayres, I., Raseman, S., and Shih, A., Evidence from Two Large Field Experiments That Peer Comparison Feedback Can Reduce Residential Energy Usage. *The Journal of Law Economics, and Organization*. Vol. 29, No. 5, pp.992-1022, 2013.
2. Choi, M. K., A Study of the Apt Bill Redesign for Contributing to the Change of Energy Saving Behavior, *Journal of the Korean Society Design Culture*. Vol.17, No.2, pp.583-598, 2011.
3. Kim, S. T., Yoo, K. M., and Kim, N. J., Comparison on Energy Saving Attitude and Behavioral Intention of Potential Accommodation Users' by Message Types. *Korea Academic Society of Tourism Management*. Vol. 28, No. 4, pp. 177-193, 2013.
4. Jung, S. J. and Han, J. W., A Study on Energy Use Behavior according to Energy Use Awareness of Apartment Residents. *Journal of the Korean Housing Association*. Vol. 24, No.3, pp. 37-44, 2013.
5. Shin, Y. J., A Cross-sectional Study of Student Behavior for Energy-Saving. *The Korea Society of Energy and Climate Change Education*. Vol. 7, No. 2, pp. 133-142, 2017.
6. Um, J. H., Sul, H. J., Hwang, S. M., Hwang, S. H., and Yun, J. Y., Analysis and Case Studies of Reward Strategy Type for Energy Saving. *Extended Abstracts of HCI Korea 2016*. pp.520-527, 2016.