

2015 가구에너지상설표본조사 데이터를 기반으로 한 우리나라 가구별 에너지소비량과 영향 요인과의 관계 분석

배치혜¹ · 전정윤²

¹한국에너지기술연구원 기후기술전략센터, ²연세대학교 실내건축학과

Relationship between Korean Households' Energy Consumption and Influential Factors Based on Data of Household Energy Standing Survey

Chihye Bae¹ and Chungyoon Chun²

¹Climate Technology Strategy Center, Korea Institute of Energy Research, Daejeon, Korea

²Department of Interior Architecture and Built Environment, Yonsei University, Seoul, Korea

Abstract : In order to establish policy for effective energy saving of residential sector, it is necessary to make a reliable prediction about the energy usage of households. To do this, analyzing factors affecting the energy consumption is essential. In this study, we conducted K-mean cluster analysis and decision tree analysis using micro data of 「Household Energy Standing Survey」 in 2015 to derive the factors affecting the energy consumption of households which has high uncertainty characteristics. And also, we analyzed the change of energy consumption according to detailed condition change of each variable. As a result of k-means clustering analysis, total energy consumption was classified into three groups: high, middle, and low. In addition, statistical analysis of the differences of variables for each group was conducted. Decision tree analysis showed structural relationships between variables that cannot be easily determined in a linear relationship. The main heating fuel, number of household members and household characteristics were found to have the greatest effect on annual energy consumption in decision tree analysis.

Key words : Energy consumption, Households energy use, K-mean clustering, Decision tree algorithm

1. 서 론

1.1. 연구 배경

2014년도 에너지총조사 보고서에 따르면 국내 최종 에너지 소비에서 산업, 수송, 가정, 상업·공공분야가 차지하는 비중은 각각 59.4%, 20.1%, 11.0%, 9.5% 이며, 2007년부터 2013년까지 가정분야의 연평균 에너지소비 증가율은 약 2.7%으로 전체분야 연평균 에너지소비 증가율인 2.6%에 비해 약간 높은 수준의 증가율을 보이고 있다. 또한, 가구·상업·공공부문의 연평균 증가율은 지속적으로 수송부문보다 높은 증가세를 유

지하며 소비량이 증가할 것으로 전망하고 있다(Choi, 2013). 이와 같이 국내 최종에너지소비에서 20% 이상을 차지하고 있는 가정·상업·공공부문을 포함하는 건물부문의 에너지절감은 2030년까지 BAU 대비 국가 온실가스 37% 감축이라는 파리기후변화협약의 목표 달성을 위해서도 중요한 역할을 할 것이며, 이를 위해 국가에서는 건물부문의 에너지절약 및 효율개선을 위해 관련 정책 및 프로그램을 추진하고 있다.

가구부문의 효과적인 에너지절약을 위한 정책 수립을 위해서는 각 부문별 에너지사용량에 대한 신뢰성 있는 예측이 이루어져야 하며, 이를 위해서는 에너지 소비 및 소비행태에 영향을 미치는 요인에 관한 분석이 필요하다. 가구부문의 에너지 소비량에 영향을 미치는 가구구성, 건물특성, 거주자 특성 등의 영향요인에 관한 연구는 국내외에서 지속적으로 수행되어오고

교신저자: 전정윤 (우 03722) 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 실내건축학과
전화번호 : +82-2-2123-3138
E-mail : chun@yonsei.ac.kr

있다. 하지만, 에너지소비량에 영향을 미치는 각 변수의 세부적인 조건변화에 따른 에너지 소비량의 변화와 그 관계에 대한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있다.

가구에서의 에너지소비에 영향을 주는 변수와 에너지소비량의 관계는 비선형적이며, 불확실성이 높은 특징을 가지고 있으며, 기존연구에서 사용되어온 회귀분석 등과 같은 선형적인 통계분석 기법으로는 세부적인 에너지소비 영향 요소를 도출하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 가구별 에너지소비량에 영향을 미치는 요인을 도출하기 위해 에너지경제연구원에서 수행하는 2015년 「가구에너지상설표본조사」의 마이크로데이터를 이용하여 K-평균 군집분석을 통해 가구의 연간에너지소비량을 그룹화하고, 각 그룹별로 유의한 차이가 있는 변수를 알아보고자한다. 또한 의사결정나무분석을 통하여 각 변수의 세부적인 조건변화에 따른 에너지 소비량의 변화에 대해 분석하고자 한다.

1.2. 선행연구 고찰

가구의 에너지소비에 영향을 미치는 요인에 관한 연구는 국내외에서 지속적으로 수행되고 있다. 먼저, 가구의 사회·경제적 특성 및 생활양식과 에너지소비량의 관계에 대한 연구는 주로 가구소득, 가구원 수, 가구주 연령 등 가구 속성에 관한 사항 및 가전기기 사용, 생활양식의 유형변화가 에너지 총소비량, 냉난방 에너지, 전력사용 등에 미치는 영향에 초점을 두고 있다.

Lim (2004)는 기술통계 및 시뮬레이션 분석을 이용하여 아파트에서 생활양식의 다양한 요인들이 가정부문 에너지소비에 미치는 영향을 분석하였다. 가구당 에너지소비는 아파트 면적, 소득, 가구주 연령, 가구원 수와 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 또한 정보화, 고령화, 위생지향, 개인주의화 등의 생활양식 유형의 변화에 따라 증가하는 경향을 보이는 것으로 나타났다. Lee (2004) 역시 회귀모형을 이용한 분석을 통해 난방도일, 가구소득, 가구원 수, 주거면적이 가구의 에너지소비에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 또한 단열재 성능개선, 보일러 효율향상 등과 같은 기술개발에 의한 에너지 효율증가에 의한 에너지감소량 보다 가전기기 보급 확대, 대형화, 고급화 및 가구의 소비행태로 인한 에너지 증가량이 더 크게 나타나 전체 에너지소비가 증가한다는 보고도 있다(Lee, 2010). Noh (2013)의 경우 패널모형(Panel model)을 이용하여 지역간 에너지소비량 변이에 영향을 미치는 요인을 추출하였는데, 소득(1인당 지방세), 65세이상 인구비중, 평균 가구원 수, 여성경제활동 참가율과 같은 가구특성,

에너지가격, 인구밀도, 아파트비율 등과 같은 요인이 영향을 미치는 것으로 분석되었다. Bae, Bae와 Chun (2008)의 가구유형에 따른 여름철 공동주택의 실내 온열환경 측정조사에서는 가구원 수, 가구원 구성연령과 같은 가구특성과 냉방기 사용 빈도, 사용시간과 같은 에너지소비행태가 냉난방 에너지사용에 영향을 미치는 것으로 분석하고 있다. Oneil과 Chen (2002)의 경우 미국에서의 가구 에너지소비에 있어 인구학적 영향 요인을 분석한 결과 가구주의 연령, 가구 규모, 가구원 수에서 성인수의 비율과 같은 요인이 1인당 주거에너지 소비에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 Guerin, Yust와 Coopet (2000)에 따르면 가구 특성 중 소득, 연령, 성별, 자가 소유여부, 교육수준, 가구원 수, 장애인 포함 여부, 주택면적, 에너지절약의식, 주택거주 시간 등이 에너지 소비에 미치는 영향력이 큰 요인들로 나타났다. Fong, Matsumoto, Lun과 Kimura (2007)는 고령자의 경우 주택 내 거주시간이 길어져 에너지소비를 증가시키고, 맞벌이의 경우 주택 내 거주시간의 감소로 에너지소비 감소에 영향을 주기 때문에 거주자의 연령 및 직업이 에너지소비에 영향을 미친다고 분석하고 있다.

그러나 위와 같은 연구들은 각각의 영향인자별로 에너지소비에 차이가 있는지에 대한 분석방법을 기반으로 연구를 수행하는 경향이 있다. 가구의 에너지 소비에 영향을 미치는 요인에서 중요한 점은 가구 특성과 주택 특성 등의 다양한 요소들이 서로 연관되어 상호작용을 통해 에너지 소비량에 직·간접적인 영향을 미친다는 것이다(Yun & Steemers, 2011). 이에 따라 최근 회귀분석이나 구조방정식, 경로분석 등을 통해 이러한 요인들의 복합적인 영향에 대한 연구가 수행되고 있다.

Noh (2014)의 연구에서는 가구부문의 에너지 소비에 영향을 미치는 요인들을 도출하고, 에너지 소비요인들이 가구의 에너지 소비량, 에너지원 및 이산화탄소 배출량에 영향을 미치는 직·간접적인 영향을 구조방정식을 통하여 분석하였다. 분석결과 고소득·젊은층·2인 이상 가구는 석유·도시가스 소비에 의한 이산화탄소 배출량은 감소시키지만, 전력소비에 따른 배출량은 증가시키는 것으로 나타났으며, 신규주택 비율과 아파트 비율이 증가할수록 높은 열효율 등으로 인해 에너지 소비량이 줄어드는 것으로 나타났다. Estiri (2014)는 가정용 에너지소비에 대한 가구특성(소득, 규모, 성인수), 건물특성(주거타입, 방 수, 규모)의 영향에 초점을 맞추고 있으며 주거 에너지소비에 대한 가구 및 건물 특성의 직접, 간접 및 총 효과를 분석하

여 에너지소비는 건물특성에 의한 직접적인 영향 뿐 아니라 총체적인 관점에서 가구특성에 의한 간접적 영향도 중요한 요소로 고려되어야 함을 시사하고 있다. Chen, Wang과 Steemers (2013)은 설문조사를 통해 수집한 데이터를 이용해 경로분석과 다중회귀분석을 수행하여 냉난방 에너지소비에 대한 사회·경제적 영향 변수 및 행동변수의 전반적인 효과를 분석하였으며, 사회·경제적 변수(소득, 가구주 연령, 가구규모) 및 행동 변수(에어컨 소유여부)가 난방 및 냉방 에너지 소비의 변화의 28.8 %를 설명 할 수 있는 것으로 나타났다.

하지만, 위와 같은 구조방정식이나 요인분석, 회귀 분석과 같은 분석방법을 통해 에너지소비에 영향을 미치는 영향요인 전체의 상관관계나 인과관계에 대한 분석은 가능하지만, 다양한 영향요소들의 세부적인 조건 변화에 따른 에너지소비량 변화를 분석하기에는 한계가 있다. 따라서 가구의 에너지소비 예측을 위해 각 가구의 특성별로 세분화하여 적용할 수 있는 영향요인

도출방법에 관한 연구가 필요하다.

2. 연구 방법

2.1. 분석대상

본연구는 에너지경제연구원에서 제공하는 2015년 가구에너지상설표본조사의 마이크로데이터를 2차 자료로 활용하여 분석을 수행하였다. 가구에너지상설표본조사(HESS: Household Energy Standing Survey)는 우리나라 16개 시도의 가구(세종특별자치시는 충남에 포함)를 대표하는 상설표본을 구축하여 표본가구의 에너지소비행태를 추적하는 조사이며, 조사가구는 전국 16개 시도에 소재하는 일반가구 중 표본으로 추출된 2,520가구를 대상으로 한다. 조사내용은 본조사표에서 주택 및 가구, 난방·취사 설비, 에너지기기 보유 및 이용, 월별 에너지소비량, 자가용 승용차 보유·운행 등을 조사하고, 1일기장조사표를 통해 8대 가전기기의

Table 1. Analysis Variables

Classification	Variables	
Energy consumption	Annual energy consumption(Mcal)	
Household characteristics	Residents' characteristics	① Ordinary ② Single-elderly household(over 65) ③ single-parent family ④ Registered disabled ⑤ Multi-cultural family ⑥ Public Assistance Recipient Households ⑦ etc.
	Household composition	① Single ② Couple ③ Couple+Children ④ Couple+Parents+Children ⑤ etc.
	Number of household members	① 1 ② 2 ③ 3 ④ over 4
	Number of senior over 65	
	Monthly households income	① Less than 2 million won ② 2 million~4 million won ③ 4 million~ 6 million won ④ More than 6 million won
Building characteristics	Year of construction	① Before 1970 ② 1971-1979 ③ 1980-1989 ④ 1990-1999 ⑤ 2000-2009 ⑥ After 2010
	Housing type	① Detached house ② Multi-family dwelling ③ Apartment ④ etc.
	Housing area	① Under 33m ² ② 33-66m ² ③ 66-99m ² ④ 99-132m ² ⑤ Over 132m ²
	Number of Bedroom	
Heating and cooling characteristics	Heating fuel	① Coal ② Kerosene ③ B-C ④ Propane ⑤ LNG ⑥ District heating ⑦ Electricity ⑧ Nighttime electric power
	Heating system	① Briquette boiler ② oil boilers ③ Gas boilers ④ District heating ⑤ Electric boiler
	Heating method	① Individual heating ② Central heating
	Cooling system	① Fan ② Air conditioner ③ Fan + Air conditioner ④ N/A
	Cooking fuel	① Coal ② Petroleum ③ Propane ④ LNG ⑤ Electricity ⑥ Wood fuel

종류, 용량, 사용시간 및 사용시간대 등을 조사한다. 본 연구에서 사용한 2015년 가구에너지상설표본조사의 마이크로데이터는 2017년 3월에 공표된 데이터로 국가에너지통계종합정보시스템 (www.kses.net) 에서 승인 후 취득하였다. 총 2,520가구의 데이터 중 항목별 결측치가 있는 가구의 데이터는 제거하고 총 2,451가구의 데이터를 활용하여 분석을 수행하였다.

가구상설표본조사 마이크로데이터 항목 중 분석에 활용한 항목은 에너지소비량, 가구원에 관한 사항, 주택에 관한 사항, 냉난방에 관한 사항으로 한정하였으며, 각 항목에 대한 상세설명은 Table 1에 제시하였다.

2.2. K-mean 군집분석

K-mean 군집분석은 대표적인 비계층적 군집분석의 하나로, 자료에 있는 각 개체를 유사한 특성을 지니는 K개의 그룹으로 분할하는 방법이다(Bae & Roh, 2005). 원하는 군집 수만큼(k개) 초기값을 지정하고, 각 군집에 속하는 개체들의 평균값을 중심점으로 하여 근접한 거리에 있는 개체를 묶어서 분할하게 된다.

본 연구에서는 가구의 연간에너지소비량 데이터에 대하여 K-평균 군집분석을 수행하고, 최종적으로 형성된 군집의 변수를 대상으로 교차분석을 수행하여 군집별 특성을 알아보았다. 또한 분류된 군집에 따라 가구별 영향변수들간의 차이를 검정하기 위해 카이제곱 검정을 실시하였다.

2.3. 의사결정나무 분석

의사결정나무는 의사결정규칙(decision rule)을 도표화하여 관심대상이 되는 집단을 몇 개의 소집단으로 분류(classification)하거나 예측(prediction)을 수행하는 분석 방법이다. 분석과정이 나무구조에 의해서 표현되기 때문에 회귀분석(Regression Analysis), 신경망 분석(Neural Networks) 등과 같은 방법들에 비해 연구자가 분석과정을 쉽게 이해하고 설명할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Choi & Seo, 1999).

의사결정나무분석 방법은 CHAID, Exhaustive CHAID, CRT, QUEST 방법 등이 있으며, 본 연구에서는 종속변수가 질적/양적 변수이며 분리기준으로 F 검정을 활용하는 CHAID(chi-squared automatic interaction detection) 방법을 사용하여 각 영향변수에 따라 연간에너지소비량을 분류하였다. 분석작업은 통계 패키지 SPSS 20을 이용하였으며, 최대 트리 깊이는 5, 한 노드에 포함되어야 하는 자료의 개수는 최종 노드의 경우 5, 상위 노드의 경우 10으로 설정하여 분석을 수행하였다.

3. 연구결과

3.1. 군집분석 및 군집별 변수간의 차이 도출

2015년 가구상설표본조사의 연간에너지소비량의 군집 수를 2~5개로 설정하여 K-평균 군집분석을 실시한 결과 3개 그룹으로 분석하는 경우 각 군집의 데이터 개수가 가장 적절하게 분류되었으며, 그룹 평균간 유의한 차이($p<.001$)가 있는 것으로 나타났다. 총 2,451개의 연간에너지소비량 데이터를 대상으로 K-평균 군집분석을 실시한 결과는 Table 2와 같다.

군집분석 결과 그룹1은 930개의 데이터로 낮은수준의 연간에너지소비량($6475.8\pm1963.0\text{Mcal}$)을 가지는 집단으로 분류되고, 그룹2는 1193개의 데이터를 가지며 중간수준의 연간에너지소비($12160.0\pm1822.6\text{Mcal}$) 그룹으로 군집화 되었으며, 그룹3은 323개의 데이터로 높은수준의 연간에너지소비량($20196.7\pm3657.2\text{Mcal}$)을 가지는 집단으로 분류되었다.

각 그룹에 대하여 가구원, 주택, 냉난방에 관한 변수간의 차이가 있는지 분석하기 위해 교차분석 및 카이제곱검정을 실시하였다. 그 결과 가구특성, 가구원구성, 가구원 수, 65세 이상 노인 수, 가구 월평균 소득, 주택면적, 침실방 수, 주난방 연료, 주난방 시설, 주난방 방식, 냉방방식에 대하여 그룹별로 유의한 차이($p<.001$)가 있는 것으로 나타났다. 건축년도와 주택형태, 주취사 연료의 경우는 그룹간 통계적으로 유의한

Table 2. Results of Annual Energy Consumption Cluster Analysis

variable		Level			
		group1	group2	group3	F
Annual energy consumption (Mcal)	Average	6475.8	12160.6	20196.7	4969.6***
	S.D.	1963.0	1822.6	3657.2	4969.6***
n		930	1193	323	4969.6***

*** $p<.001$

Table 3. Characteristics of Cluster Variables

Classification		Level				c ² (p)
		Group1	Group2	Group3	Total	
Residents' characteristics	Ordinary	807(36.0%)	1119(50.0%)	314(14.0%)	2240(100%)	66.061*** (.000)
	Single-elderly household(over 65)	91(67.4%)	33(24.4%)	11(8.1%)	135(100%)	
	single-parent family	11(34.4%)	20(62.5%)	1(3.1%)	32(100%)	
	Registered disabled	4(33.3%)	7(58.3%)	1(8.3%)	12(100%)	
	Multi-cultural family	1(20.0%)	4(80.0%)	0(0.0%)	5(100%)	
	Public Assistance Recipient Households	15(60.0%)	9(36.0%)	1(4.0%)	25(100%)	
	etc.	1(50.0%)	1(50.0%)	0(0.0%)	2(100%)	
Household composition	Single	168(56.4%)	101(33.9%)	29(9.7%)	298(100%)	62.838*** (.000)
	Couple	231(39.4%)	277(47.3%)	78(13.3%)	586(100%)	
	Couple+Children	431(33.0%)	688(52.7%)	187(14.3%)	1306(100%)	
	Couple+Parents+Children	39(31.0%)	69(54.8%)	18(14.3%)	126(100%)	
	etc.	61(45.2%)	58(43.0%)	16(11.9%)	135(100%)	
Number of household members	1	168(56.4%)	101(33.9%)	29(9.7%)	298(100%)	60.561*** (.000)
	2	277(40.6%)	318(46.6%)	87(12.8%)	682(100%)	
	3	154(32.8%)	248(52.8%)	68(14.5%)	470(100%)	
	over 4	331(33.1%)	526(52.5%)	144(14.4%)	1001(100%)	
Number of senior over 65	0	673(36.0%)	948(50.7%)	248(13.3%)	1869(100%)	25.083*** (.000)
	1	158(47.0%)	141(42.0%)	37(11.0%)	336(100%)	
	2	93(39.1%)	103(43.3%)	42(17.6%)	238(100%)	
	3	6(75.0%)	1(12.5%)	1(12.5%)	8(100%)	
Monthly households income	Less than 2 million won	345(49.1%)	295(42.0%)	62(8.8%)	702(100%)	64.798*** (.000)
	2 million~4 million won	373(34.1%)	567(51.8%)	154(14.1%)	1094(100%)	
	4 million~ 6 million won	171(31.8%)	281(52.2%)	86(16.0%)	538(100%)	
	More than 6 million won	41(35.0%)	50(42.7%)	26(22.2%)	117(100%)	
Year of construction	Before 1970	82(41.0%)	95(47.5%)	23(11.5%)	200(100%)	11.250 (.338)
	1971~1979	86(36.8%)	115(49.1%)	33(14.1%)	234(100%)	
	1980~1989	177(40.8%)	217(50.0%)	4(9.2%)	434(100%)	
	1990~1999	356(37.2%)	467(48.7%)	135(14.1%)	958(100%)	
	2000~2009	206(36.9%)	265(47.5%)	87(15.6%)	558(100%)	
	After 2010	23(34.3%)	34(50.7%)	10(14.9%)	67(100%)	
Housing type	Detached house	329(35.6%)	461(49.8%)	135(14.6%)	925(100%)	8.503 (.075)
	Multi-family dwelling	167(37.2%)	233(51.9%)	49(10.9%)	449(100%)	
	Apartment	434(40.3%)	499(46.3%)	144(13.4%)	1077(100%)	
Housing area	Under 33m ²	46(56.8%)	25(30.9%)	10(12.3%)	81(100%)	57.810*** (.000)
	33~66m ²	276(46.1%)	267(44.6%)	56(9.3%)	599(100%)	
	66~99m ²	385(35.3%)	565(51.8%)	140(12.8%)	1090(100%)	
	99~132m ²	187(32.6%)	291(50.7%)	96(16.7%)	574(100%)	
	Over 132m ²	36(33.6%)	45(42.1%)	26(24.3%)	107(100%)	

Table 3. Continued

Classification		Level				c ² (p)
		Group1	Group2	Group3	Total	
Number of Bedroom	1	79(57.7%)	45(32.8%)	13(9.5%)	137(100%)	50.318*** (.000)
	2	293(42.1%)	32(47.1%)	75(10.8%)	696(100%)	
	3	480(35.3%)	683(50.3%)	195(14.4%)	1358(100%)	
	4	71(28.4%)	136(54.4%)	43(17.2%)	250(100%)	
	Over 5	7(70.0%)	1(10.0%)	2(20.0%)	10(100%)	
Heating fuel	Coal	13(11.6%)	74(66.1%)	25(22.3%)	112(100%)	487.228*** (.000)
	Kerosene	166(31.4%)	333(62.9%)	30(5.7%)	529(100%)	
	B-C	20(83.3%)	3(12.5%)	1(4.2%)	24(100%)	
	Propane	152(87.4%)	21(12.1%)	1(0.6%)	174(100%)	
	LNG	471(35.5%)	667(50.3%)	187(14.1%)	1325(100%)	
	District heating	87(48.1%)	68(37.6%)	26(14.4%)	181(100%)	
	Electricity	7(87.5%)	1(12.5%)	0(0.0%)	8(100%)	
	Nighttime electric power	14(14.3%)	26(26.5%)	58(59.2%)	98(100%)	
Heating system	Briquette boiler	13(11.6%)	74(66.1%)	25(22.3%)	112(100%)	252.598*** (.000)
	oil boilers	186(33.6%)	336(60.8%)	31(5.6%)	553(100%)	
	Gas boilers	623(41.6%)	688(45.9%)	188(12.5%)	1499(100%)	
	District heating	87(48.1%)	68(37.6%)	26(14.4%)	181(100%)	
	Electric boiler	21(19.8%)	27(25.5%)	58(54.7%)	106(100%)	
Heating method	Individual heating	801(36.1%)	1120(50.5%)	298(13.4%)	2219(100%)	36.692*** (.000)
	Central heating	129(55.6%)	73(31.5%)	30(12.9%)	232(100%)	
Cooling system	Fan	387(46.0%)	360(42.8%)	94(11.2%)	841(100%)	45.542*** (.000)
	Air conditioner	16(39.0%)	16(39.0%)	9(22.0%)	41(100%)	
	Fan + Air conditioner	522(33.4%)	816(52.2%)	225(14.4%)	1563(100%)	
	N/A	5(83.3%)	1(16.7%)	0(0.0%)	6(100%)	
Cooking fuel	Propane	344(39.2%)	428(48.7%)	106(12.1%)	878(100%)	2.540 (.638)
	LNG	556(37.2%)	729(48.8%)	210(14.0%)	1495(100%)	
	Electricity	30(38.5%)	36(46.2%)	12(15.4%)	78(100%)	

*** $p < .001$

차이가 없었다.

분류된 그룹별 변수의 분포특성은 Table 3에 제시하였다. 연간에너지소비량이 높은 그룹3의 경우 주난방 연료가 심야전력인 비율(59.2%)과 주난방시설이 전기 보일러인 비율(54.7%)이 타 그룹에 비해 높았다. 연간 에너지소비량이 낮은 그룹1의 경우 가구원수 1명(56.4%), 가구 월평균 소득 200만원 미만(49.1%), 침실 방 수 1개 이하(57.7%), 주택면적 33m² 이하(56.8%)와 33m²-66m² 이하(46.1%), 주난방방식은 중앙난방(55.6%),

냉방방식은 선풍기(46.0%)와 없음(83.3%)의 비율이 타 그룹보다 높은 것으로 나타났다.

3.2. 의사결정나무 분석을 통한 연간에너지 소비량에 영향을 미치는 영향요소 도출

연간에너지소비량을 기준으로 K-평균 군집분석을 통해 분류된 세 개의 그룹을 종속변수로 하여 연간 에너지 소비량에 영향을 미치는 변수의 세분화를 위해 의사결정나무 분석을 수행하였다. 군집분석에서 그룹

1은 연간에너지소비량이 낮은 그룹, 그룹 2는 연간에너지소비량이 중간수준인 그룹, 그룹 3은 연간에너지소비량이 높은 그룹으로 분류되었다.

본 연구에서는 CHAID 방법으로 의사결정나무를 도출하고, Chi-square 통계량을 이용하여 측정변수의 유의성을 찾아내어 각 군집의 형성에 영향을 주는 요인들을 분석하였다.

노드분할의 유의수준 5%, 기준은 Pearson 카이제곱 통계량을 이용하였다. Figure 1은 의사결정나무 분석을 제시한 것으로, 입력변수는 군집분석 결과로 도출된 그룹별 특성을 분석하기 위한 교차분석 결과에서 그룹별로 통계적으로 차이가 있다고 나타난 가구특성, 가구원구성, 가구원 수, 65세 이상 노인 수, 가구 월평균 소득, 주택면적, 침실방 수, 주난방 연료, 주난방 시설, 주난방 방식, 냉방방식으로 하여 연간에너지소비량(Energy)을 세분화 하였다.

의사결정나무분석 수행 결과, 주난방연료, 가구원 수, 가구특성, 침실(방수), 주난방방식, 주냉방방식, 65세 이상 노인 수, 가구원 수, 가구 월평균소득과 같은 총 9개의 모든 분리변수들이 $p < 0.05$ 수준에서 분리되어 신뢰성을 가지는 것으로 볼 수 있다. 총 9개의 분리변수를 통해 총 33개의 노드가 생성되었다. 노드에 따라 연간에너지소비량에 영향을 미치는 변수들이 제시되고 있는데, 상위에 있는 변수가 연간에너지소비량에 더 큰 영향을 주는 것으로 볼 수 있다. 본 분석결과, 연간에너지사용량에 가장 큰 영향을 주는 변수는 최상위 노드에 위치한 주난방연료로, B-C/프로판/전력, 도시가스, 지역난방, 등유, 연탄, 심야전력을 기준으로 하위노드가 나누어 졌다. B-C/프로판, 전력 및 지역난방을 사용하는 가구는 연간에너지소비가 낮은 그룹 1에 속할 확률이 높고, 도시가스, 등유, 연탄을 사용하는 가구는 그룹 2, 심야전력을 사용하는 가구의 경우 연간에너지소비가 높은 그룹 3에 속할 확률이 높은 것으로 나타났다. 주 난방연료 다음으로 영향력이 큰 변수는 가구원수와 가구특성으로 나타났다.

연간에너지소비가 낮은 수준인 그룹 1은 노드 1, 노드 3을 통해 확인한 결과 B-C, 프로판, 전력, 지역난방을 주난방연료로 사용하는 비율이 높았다. 또한 노드 9, 노드 18에서 보는바와 같이 도시가스를 주 난방연료로 사용하는 가구라고 하더라도 1인 가구인 경우, 그리고 2인 가구 중 침실이 1개 이하인 경우도 그룹 1에 속하는 가구의 비율이 높은 것으로 나타났다. 또한 노드 21, 27과 같이 도시가스를 사용하는 가구원이 2명을 초과하는 가구 중 중앙난방 가구, 그리고 개별난방을

사용하는 월평균소득 200만원 미만의 가구 역시 각각 그룹 1에 속할 확률이 높은 것으로 나타났다.

노드 24에서 등유를 사용하는 경우 독거노인/기초생활보장 수급자이며 65세 이상 노인수가 1명 이상인 가구의 경우 그룹 1에 속할 확률이 75%로 전체 가구수에서의 그룹 1의 비율인 37.9%보다 그 비율이 약 2배 증가한 것을 볼 수 있다. 노드 32 역시 일반/한부모/등록장애인/다문화 가정이며 65세이상 노인수가 1명을 초과하고 냉방방식으로 선풍기를 사용하는 가구의 경우 그룹 1에 속할 확률이 58.0%로 전체 가구에서 그룹 1에 속하는 가구의 비율(37.9%)보다 증가한 것으로 나타났다.

주 난방연료로 심야전력을 사용하는 가구의 경우 노드 6에서와 같이 연간에너지소비량이 높은 그룹 3에 속할 확률이 59.2%로 높으나, 가구원 수가 1명 이하인 경우는 그룹 2에 포함될 확률이 60.0%로 높고, 가구원 수 2명 이상인 경우는 그룹 3에 포함될 확률이 65.1%로 더 큰 것으로 나타났다.

4. 논의 및 결론

본 연구는 불확실성이 높은 특성을 가지고 있는 가구별 에너지소비에 영향을 미치는 요인을 도출하기 위해 2015년 「가구에너지상설표본조사」의 마이크로데이터를 이용하여 K-평균 군집분석과 의사결정나무 분석을 통하여 변수를 도출하고, 각 변수의 세부적인 조건변화에 따른 에너지 소비량의 변화를 분석해 보고자 하였다.

군집분석 결과 총 에너지소비량이 높은 그룹, 중간 그룹, 낮은 그룹의 3개의 군집으로 분류되었으며, 각 군집별 통계적으로 차이가 있는 변수는 가구특성, 가구원 구성, 가구원 수, 65세 이상 노인 수, 가구 월평균 소득, 주택면적, 침실방 수, 주난방연료, 주난방 시설, 주난방 방식, 냉방방식으로 나타났으며, 이는 기존의 연구결과와 일치하는 경향을 보였다(Lim, 2004; Lee, 2004; 2010; Bae et al. 2008; O'neil & Chen, 2002; Guerin et al. 2000; Fong et al. 2007). 다만, 최근에 지어진 건축물일수록 에너지효율성이 높아지며 주택형태가 아파트인 경우 에너지소비량이 낮은 경향을 보인다는 기존 선행연구(Jung, Yi, & Lee 2015; An, Kim & Lee, 2014)와는 달리 본 연구에서는 건축년도와 주택형태의 경우 그룹 간 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. Choi(2013)의 연구에서도 가구가 거주하는 주택이 최근에 지어진 주택이며 아파트일 경우 가구의 에너지소비량은 감소할 것이라는 예상과

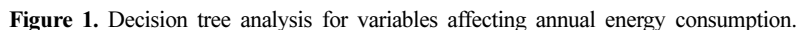


Table 4. Income Level by Number of Senior in Households Using Kerosene

Classification		Income Level				Total
		Less than 2 million won	Less than 2 million~ 4 million won	Less than 4 million~ 6 million won	More than 6 million won	
Total households		702 (28.6%)	1094 (44.6%)	538 (22.0%)	117 (4.8%)	2451 (100.0%)
Number of senior over 65 in households using Kerosene	0	99 (31.9%)	165 (53.2%)	41 (13.2%)	5 (1.6%)	310 (100.0%)
	1	96 (73.8%)	26 (20.0%)	7 (5.4%)	1 (0.8%)	130 (100.0%)
	2	56 (64.4%)	28 (32.2%)	3 (3.4%)	0 (0.0%)	87 (100.0%)
	3	0 (0.0%)	2 (100.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (100.0%)
	total	251 (47.4%)	221 (41.8%)	51 (9.6%)	6 (1.1%)	529 (100.0%)

는 달리, 분석 결과 최근에 지어진 주택에 거주하는 가구가 에너지를 더 많이 소비하고 있으며, 건축연도는 난방용 소비에만 유의미한 영향을 미치고 냉방 및 기타 에너지소비에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 주택형태별 가구당 소비는 도시규모별 및 용도별로 다른 모습을 나타내고 있으므로, 주택형태 및 건축연도는 가구의 에너지소비에 있어 상대적으로 그 영향이 작은 것으로 분석하고 있다. 이는 주택의 건축연도 및 형태와 연관성이 있는 주택·가구원의 특성 및 에너지소비 행동 차이에 의해 나타나는 것으로 생각되며, 명확한 요인 파악을 위해 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 주취사 연료의 경우도 통계적으로 그룹별 차이가 없는 것으로 나타났다는데, 이는 가정에서 사용하는 에너지소비 중 취사용 에너지 소비가 약 4% 미만으로 전체 에너지소비에 미치는 영향이 미미하기 때문인 것으로 판단된다.

또한 선형적인 관계에서는 쉽게 판단할 수 없는 변수간의 관계를 알아보기 위해 군집분석 및 교차분석을 통해 도출된 연간에너지소비량에 영향을 미치는 변수를 대상으로 의사결정나무분석을 실시하였다. 연간에너지소비량에 가장 큰 영향을 주는 변수는 주 난방연료였으며, 그 다음으로 영향력이 큰 변수는 가구원 수와 가구특성으로 나타났다.

본 연구에서는 또한 ‘65세 이상 노인 수’가 에너지소비량을 결정짓는 주요 변수 중 하나로 분석되었다. 지금까지 고령자와 에너지사용량간의 관계에 대해 분석한 연구는 극히 드물며, 발표된 연구들의 경우도 연구결과가 상이하게 도출되고 있다. Won (2012)의 경우 인구고령화가 국내 가정용 전력수요 상승을 억제하고 있는 것으로 분석하고 있으나 Gong과 Jang (2010)의 연구에서는 고령 사회에서 노인 세대의 에너지 사

용이 증가할 개연성이 높다고 밝히고 있다. Kim과 Park (2013) 역시 장기적으로 인구고령화가 진행되면 고령층의 소비지출액에서 큰 비중을 차지하는 주거광열비에 대한 소비지출이 증가할 것으로 전망하고 있다. 또한 Rätty와 Carlsson-Kanyama (2009)이 분석한 독일과 스웨덴의 연령대별 가정에서 사용하는 평균 에너지소비량의 경우 고령층이 중장년층보다 높은 것으로 나타났다으나, Bae 등(2008)의 여름철 에어컨사용 행태분석 연구에서는 노인가구가 일반 성인들로 이루어진 가구 및 유아를 둔 가구에 비해 에어컨 사용시간이 짧고 실내평균온도가 높은 것으로 나타나 노인가구가 타 가구에 비해 냉방에너지를 덜 쓰는 것으로 판단할 수 있다. 본 연구에서는 고령자수, 즉 ‘65세 이상 노인수’는 등유를 사용하는 가구에 한해 에너지사용량을 세분화하는 변수로 나타나고 있다. 이는 ‘65세 이상 노인수’가 에너지소비량을 결정짓는 주요 변수임과 동시에 가구의 에너지소비량이 에너지가격, 또는 가구의 경제적 수준과도 관계가 있다는 것을 시사한다. 본 연구에서 등유를 사용하는 가구의 월평균 소득수준의 분포는 전체가구의 월평균 소득수준 분포보다 낮은 경향을 나타내고 있으며, 등유를 사용하는 가구로 범위를 한정해서 본다면 노인이 1명 이상인 가구는 노인이 3명인 가구를 제외하고는 노인이 포함되지 않은 가구보다 낮은 수준의 월평균 소득수준분포를 가지고 있다(Table 3). 등유가격의 경우 기본적으로 유효열량가격을 기준으로 하였을 때 도시가스 대비 약 40% 높으므로 저소득층 노인 가구에서는 가정 내에서 에너지 사용에 있어 에너지가격 변화에 특히 민감할 것으로 예상된다. 즉, 에너지소비량에 영향을 미치는 요인 분석에 있어 ‘65세 이상 노인수’가 가지는 의미는 가구에 포함된 고령자의 수 뿐 아니라 가구의 소득수준과도 연관이 되어

있으므로, 단순히 고령자 수의 변화만을 기준으로 에너지소비량과의 관계를 파악하기는 힘들며, 다양한 사회적·경제적인 조건을 고려하여 복합적인 판단을 내려야 할 것이다.

의사결정나무에서 볼 수 있듯이 같은 주난방 연료를 사용하고 있는 가구라 하더라도 가구원수, 가구 특성, 주 난방방식, 침실(방수), 가구 월평균소득, 65세 이상 노인 수 등 다양한 변수에 따라 연간에너지소비량 변화가 세분화되며, 본 연구에서는 이러한 영향변수들 간의 세부적인 관계를 구조적으로 가시화 시켰다는 점에서 의미가 있다. 또한 현재 건물 혹은 가구의 에너지 절감을 유도하는 정책의 경우 모든 가구들의 에너지소비특성이 동일하다는 가정하에 시행되고 있으므로, 추후 가구별 특성에 맞는 차별화된 에너지소비 절감 정책을 수립하는 기초자료로 본 연구결과의 활용이 가능할 것이라 생각된다.

하지만 본 연구는 2015년 「가구에너지상설표본조사」의 데이터를 이용하여 분석을 수행하였기 때문에, 조사에 포함되지 않았던 에너지 사용행태, 에너지절약 의식 등 보다 다양한 가구원의 에너지관련 행태 및 의식과 관련된 변수를 고려하는 것이 불가능하였다. 또한, 각 데이터의 정량적 분석을 위해 K-평균 군집분석을 수행하였고, 그 결과 높은 수준, 중간 수준, 낮은 수준의 에너지소비량을 가지는 3개의 넓은범위의 그룹으로 군집화 됨으로써 더 세부적이고 좁은범위의 특성에 해당하는 변수를 도출하는데에는 한계가 있었다. 따라서 에너지소비에 영향을 미치는 주요 변수 추가 및 데이터 측정을 통해 가구의 에너지소비에 영향을 미치는 요인을 세분화하는 후속연구를 진행하고, 추후 이러한 요인을 기반으로 한 에너지소비 예측을 위한 모델 도출이 필요할 것이다.

감사의 말

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.NRF-2017R1A2B4012122).

REFERENCES

- An, Y., Kim, K., & Lee, S., (2014), An empirical research on the difference of energy consumption according to the housing and regional characteristics of Seoul, *Journal of Korea Planners Association*, 49(3), 175-194.
- Bae C., Bae N., & Chun C. (2008). Research on indoor thermal environment and residents' control behavior of cooling according to household type in apartment. *Journal of the Korean Housing Association*, 19(1), 89-96.
- Bae, W. & Roh, S. (2005). A Study on K-Means Clustering, *The Korean Communications in Statistics*, 12(2), 497-508.
- Chen, J., Wang, X., & Steemers, K. (2013). A statistical analysis of a residential energy consumption survey study in Hangzhou, China. *Energy and Buildings*, 66, 193-202.
- Choi J. & Seo D. (1999). Decision trees and its applications. *Journal of The Korean Official Statistics*, 4(1), 61-83.
- Choi M. (2013). *Analysis on household energy consumption by regression models*(13-12). Gyeonggi-do; Korea Energy Economics Institute
- Estiri, H. (2014). Building and household X-factors and energy consumption at the residential sector: a structural equation analysis of the effects of household and building characteristics on the annual energy consumption of US residential buildings. *Energy Economics*, 43, 178-184.
- Fong, W. K., Matsumoto, H., Lun, Y. F., & Kimura, R. (2007). Influences of indirect lifestyle aspects and climate on household energy consumption, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 6(2), 395-402.
- Gong S. (2010). *A literature survey on environmental issues and life pattern changes of an ageing society*(Working paper 2010-08), Seoul; Korea Environment Institute
- Guerin, D. A., Yust, B. L., & Coopet, J. G. (2000). Occupant predictors of household energy behavior and consumption change as found in energy studies since 1975. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 29(1), 48-80.
- Jung, J., Yi, C., & Lee, S., (2015), Integrativesanalysis of the factors affecting the household energy consumption in Seoul, *Journal of Korea Planning Association*, 50(8), 75-94
- Kim D. & Park, S. (2014). The impact of population aging on energy use and carbon emissions in Korea. *Journal of Environmental Policy*, 13(2), 99-129.
- Lee S. (2004). *Analysis on household energy consumption behavior and establishment DB of building sector*, Gyeonggi-do; Korea Energy Economics Institute
- Lee S. (2010). *A study on estimating households' energy consumption and retroactivity*(10-05), Gyeonggi-do; Korea Energy Economics Institute
- Lim K. & Kang Y. (2004). *Analyzing how the various*

- factors in life style affect the residential energy consumption*(04-01). Gyeonggi-do; Korea Energy Economics Institute
- Noh S. & Lee H. (2013). An Analysis of the Factors affecting the energy consumption of the household in Korea. *Journal of Korea Planning Association*, 48(2), 295-312.
- Noh S. (2014). Analysis of energy consumption and CO₂ emissions structure in household sector. *The Korea Spatial Planning Review*, 81, 157-183.
- O'Neill, B. & Chen, B. (2002). Demographic determinants of household energy use in the United States. *Population and Development Review*, 28, 53-88.
- Räty, R. & Carlsson-Kanyama, A. (2009). *Comparing energy use by gender, age and income in some European countries*. Research Support and Administration, Swedish Defence Research Agency (FOI).
- Won, D. (2012). how population aging makes an effect on residential electricity demand: focused on electricity demand, *Environmental and Resource Economics Review*, 21(2), 341-370.
- Yun, G. & Steemers, K. (2011). Behavioural, physical and socio-economic factors in household cooling energy consumption, *Applied Energy*, 88, 2191-2200.
- 투 고 일: 2017. 10. 26
수정접수일: 2017. 11. 27
게재승인일: 2017. 12. 22