

공동주택의 에너지소비와 이산화탄소 배출특성

이 윤 규*, 이 강 희*

한국건설기술연구원 건축연구부, *안동대학교 건축공학과

A Study on the Characteristics of Energy Consumption and CO₂ Emission of Multi-Family Housing

Yun-Gyu Lee*, Kang-Hee Lee*

Department of Architectural Engineering, Andong National University, Andong 760-749, Korea
*Building Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Koyang 411-712, Korea

(Received May 8, 2001; revision received June 26, 2001)

ABSTRACT: This study is to present the typical energy consumption criteria and CO₂ exhaust rate in multi-family housing complex by analyzing the energy consumption characteristics. The contents and methodology of this study are as follows;

- Examining the documents of maintenance accounts, investigate the cost and its items expended by the annual maintenance in multi-family housing complex.

- Survey each consumption of energy sources, maintenance area, location of multi-family housing complex, heating type, and so forth.

- After classifying with heating type of multi-family housing complex investigated, Scrutinize the energy consumption by each source.

- Analyze the characteristics of energy consumption and CO₂ exhaust through multiple regression analyses of maintenance property.

- Suggest the typical energy consumption criteria (Mcal/m² · year, Mcal/house · year) and CO₂ exhaust rate (kg-c/m² · year, kg-c/house · year) in multi-family housing complex.

The results will come into basic data for estimating energy consumption in multi-family housing complex according to maintenance characteristics.

Key words: Maintenance(유지관리), Energy consumption(에너지 소비), CO₂ emission(이산화탄소 배출), Multi-family housing(공동주택)

기 호 설 명

AREA_i : 관리면적 [m²]

a₀~a₄ : 각 속성변수의 모수(parameter)

c_i : 에너지원별 총발생열량 [MJ]

E_i : 총에너지 소비량 [MJ]

E_{ci} : 총이산화탄소 배출량 [kg-c]

e_i : 에너지원별 사용량 [L, m³, kWh]

H₁ : 난방방식(dummy variable)

L₁ : 공동주택의 위치(dummy variable)

NUM_i : 관리세대수

u_i : 에너지원별 단위당 발열량
[MJ/L, MJ/m³, MJ/kwh]

† Corresponding author

Tel.: +82-31-910-0351; fax: +82-31-910-0361

E-mail address: yglee@kict.re.kr

uc_i : 에너지원별 단위발생열량당 이산화탄소 배출량 [kg-c/MJ]

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건물 에너지 소비에 미치는 영향요소는 매우 다양하며 크게 건물의 건설단계, 유지관리단계, 철거/해체단계의 라이프사이클로 구분할 수 있다. 이 가운데 유지관리단계는 다른 것에 비해 절대적으로 많은 기간을 가지고 있으며, 유지관리단계에서의 에너지 소비량 저감은 건물의 라이프사이클 에너지 저감으로 직접 연결된다.

또한, 다른 영향요소로는 건물이 가지고 있는 개별적인 요소, 즉 건물의 향, 창 면적, 건물 높이 등 다양한 요인을 들 수 있다. 이것은 개별 건물의 에너지 소비량을 예측하거나 분석하는 데에 절대적인 요인으로 포함된다. 그러나 단지 규모에서 에너지 소비량을 예측하는 데 있어서 건물이 가지고 있는 개별요소를 정량화하는 것으로는 한계가 있다. 즉, 개별요소의 종합화를 통하여 단지규모 차원에서의 유지관리단계에 대한 에너지 소비량을 예측하는 영향요인으로 사용하는 것에는 다소 제한점이 있을 수 있다.

따라서 본 논문에서는 공동주택 단지규모 차원의 에너지 소비특성을 분석하고 에너지 소비 원단위를 제시하였다. 또한 에너지 소비에 따른 이산화탄소 배출특성과 이산화탄소 배출 원단위를 제시하고자 하였다. 이와 같은 연구결과는 단지 규모 차원에서 유지관리특성에 의한 건물 에너지 소비량을 예측하는 데 기초적인 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

1.2 연구의 내용 및 방법

건물의 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량,

그리고 각각의 원단위를 제시하기 위해 전국의 공동주택 단지 284개 단지를 1999년 1월부터 1999년 12월까지 조사하였다. 조사내용은 다음과 같다. 첫째, 공동주택단지에서 1년간 관리활동에 소요된 비용과 소요내용을 관리비 부과내역서를 이용하여 조사하였다. 둘째, 조사내용으로는 사용 에너지원별 사용량, 사용 에너지원 구성형식, 관리면적, 관리세대수, 단지의 지역적 위치, 난방방식 등이다. 셋째, 조사대상단지의 난방방식은 크게 중앙집중 난방방식과 지역 난방방식(A-type으로 표현)으로 사용 에너지를 중심으로 사용량(L, m³)을 조사하였다. 다만, 중앙집중 난방방식의 경우 사용 에너지원은 크게 두 가지 형식으로 구분된다. 하나는 병커C유, 경유, 등유를 사용하는 방식(C-type)이고 다른 하나는 도시가스를 사용하는 방식(B-type)이다. 따라서 중앙집중 난방방식의 사용 에너지원은 병커C유, 경유, 등유, 전력과 도시가스, 전력 등으로 구분된다. 지역 난방방식은 해당 단지에서 소비되는 열량(GJ)과 전력으로 구분하여 조사하였다. 조사내용과 표본특성을 나타낸 것은 Table 1과 같다.

이와 같은 조사내용을 토대로 하여 에너지 소비특성, 에너지 소비 원단위, 이산화탄소 배출특성 및 이산화탄소 배출 원단위를 다음과 같은 과정으로 분석, 작성하였다.

첫째, 에너지 소비 원단위와 이산화탄소 배출 원단위는 크게 공동주택단지의 사용 에너지원별 소비량을 활용하여 단위관리면적, 세대당 에너지 소비 원단위(MJ/m²·년, MJ/세대·년)와 이산화탄소 배출 원단위(kg-c/m²·년, kg-c/세대·년)을 제시하였다. 에너지 소비와 이산화탄소 배출량은 해당 단지 전체와 세대부분으로 구분하여 제시하였다.

둘째, 에너지 소비특성과 이산화탄소 배출특성은 관리면적, 세대수, 단지의 지역적 위치, 난방방식 등의 관리특성에 대한 다중회귀분석을 활용

Table 1 Sample number according to energy use resources

	Energy resources used (unit)	Sample number	Household number		Maintained area (pyoung)	
			Mean	Range	Mean	Range
Central heating type	Bunker-C, kerozen, diesel oil (L)	88	702	106~10,802	16,244	4,132~ 82,462
	Gas (m ³)	118	577	140~ 3,111	18,882	3,938~ 111,747
District heating type (GJ)		78	747	162~ 3,129	23,439	7,116~ 88,751
Sum		284				

하였다. 그리고 관리특성이 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량에 미치는 상대적 영향도를 분석하기 위해 표준회귀계수를 활용하였다. 관리특성과 관리비의 상호관계를 분석하기 위해 이용된 회귀분석과정에서 사용된 공동주택의 지역적 위치와 사용 에너지원은 명목척도(nominal scale)로 처리하였다.

2. 에너지 소비와 이산화탄소 배출특성

에너지 소비와 이산화탄소 배출특성은 조사대상 표본의 지역적 위치와 난방방식에 따른 사용 에너지원 측면에서 분석하였다. 그리고 조사표본 전체의 단위면적당 열량, 세대당 열량 등으로 에너지 소비 측면을 분석하였다. 다른 한편으로 이산화탄소 배출특성은 단위면적당 이산화탄소 배출량, 세대당 이산화탄소 배출량 등을 대상으로 분석하였다.

2.1 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 환산

조사표본 대상단지의 에너지 소비량은 에너지원별 사용량으로 조사되었다. 따라서 에너지원별 사용량을 열량으로 환산하기 위하여 총에너지 소비량은 식(1)과 같이 계산할 수 있다.

즉, 각 조사대상 공동주택단지의 12개월간의 에너지원별 사용량과 에너지원별 단위발열량을 곱하여 계산한다. 식(1)에서 사용하는 에너지원별 단위열량당 열량은 Table 2와 같이 나타낼 수 있다.

$$E_i = \sum (e_i \times u_i) \quad (1)$$

다른 한편으로 이산화탄소 배출량은 에너지원별 사용량, 에너지원별 단위열량당 열량, 단위열량당 이산화탄소 배출량을 곱하여 계산한다. 단위열량당 이산화탄소 배출량은 사용에너지원별에

Table 2 The calorie amount per energy unit⁽¹⁾

Energy resources used	Unit	Calorie
Diesel oil	MJ/L	38.5
Gas	MJ/m ³	46.1
Buncker-C	MJ/L	41.4
Kerozene oil	MJ/L	36.4
Electricity	MJ/kWh	10.5

Table 3 CO₂ emission unit per unit calorie according to energy resources⁽²⁾

Energy resources used	CO ₂ emission unit (unit: kg-c/MJ)
Diesel oil	0.084558100
Gas	0.088325540
Buncker-C	0.064046482
Kerozene oil	0.08204647
Electricity	0.084590000

따라 단위열량이 발생하는데 따른 이산화탄소 배출량을 의미한다. 이것은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

에너지원별 단위열량당 이산화탄소 배출량은 Table 3과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{ci} = \sum (c_i \times uc_i) \quad (2)$$

2.2 에너지 소비량과 이산화탄소 배출 원단위

에너지 소비와 이산화탄소 배출특성은 각각의 열량과 배출량을 관리면적, 관리세대 등으로 나눈 원단위를 중심으로 분석하였다. 관리면적과 관리세대 측면에서 에너지 소비 원단위는 MJ/m²·년, MJ/세대·년으로 나타낼 수 있다. 그리고 이산화탄소 배출 원단위는 kg-c/m²·년, kg-c/세대·년으로 나타낼 수 있다.

2.2.1 에너지 소비량의 원단위

단지 전체에서 1년간 사용한 에너지 소비열량의 원단위는 Table 4와 같다. 면적당 평균 에너지 소비 원단위는 990.0 MJ/m²·년이다. 그리고 해당 단지의 지역적 위치에 따라 구분할 경우, 사용열량 측면에서의 면적당 에너지 소비 원단위는 중부지역은 평균 1013.5 MJ/m²·년이고 남부지역은 936.5 MJ/m²·년으로 중부지역이 다소 높은 수준을 나타내고 있다.

세대당 에너지 소비열량의 원단위는 102,718.8 MJ/세대·년으로 분석된다. 중부지역은 105,355.1 MJ/세대·년, 남부지역은 96,730.3 MJ/세대·년으로 4,186.8 MJ/m²·년 정도 중부지역이 많이 소비하는 것으로 나타났다.

사용 에너지원에 따른 난방방식별 에너지 소비 열량의 원단위는 A-type이 평균 874.4 MJ/m²·

Table 4 The unit calorie of a multi-family complex

	Location	Total used calorie amount	
		Used calorie per area (MJ/m ² · year)	Used calorie per household (MJ/household · year)
A type	Middle area	881.8	94,792.1
	South area	787.7	77,419.5
	Mean	874.4	93,420.6
B type	Middle area	1,104.6	119,751.5
	South area	831.1	93,322.9
	Mean	1,033.6	112,890.2
C type	Middle area	1,073.0	95,379.1
	South area	1,014.4	101,060.8
	Mean	1,039.9	98,587.6
National mean	Middle area	1,013.5	105,355.1
	South area	936.5	96,730.3
	Mean	990.0	102,718.8

년, B-type 1,033.6 MJ/m² · 년, C-type 1,039.9 MJ/m² · 년으로 나타났다. 지역난방방식이 가장 낮은 수준을 보이고 있으며 중앙집중 난방방식은 유사한 수준으로 나타났다. 세대당 소비열량 측면에서는 A-type이 평균 96,420.6 MJ/세대 · 년, B-type이 112,890.2 MJ/세대 · 년, C-type이 98,587.6 MJ/세대 · 년으로 나타났다. 세대당 소비열량 측면에서 A-type과 C-type은 유사한 수준이나 도시가스를 사용하는 B-type은 상대적으로 높은

수준을 보이고 있다.

Table 4에서 전력사용부문의 에너지 소비량을 제외하면 난방, 급탕 등에 사용된 것이다. 전력사용량은 Table 5에 의하면 단지 전체의 1년간 전력에너지 소비열량은 면적기준으로 377.1 MJ/m² · 년이고 세대 측면에서는 39,209.5 MJ/m² · 년인 것으로 나타났다.

그리고 전력에너지 사용부문 가운데 세대 내부의 전용부분에서 사용된 에너지 소비열량은

Table 5 The unit calorie of electric energy

	Location	Total amount		Household part	
		Used calorie per area (MJ/m ² · year)	Used calorie per household (MJ/household · year)	Used calorie per area (MJ/m ² · year)	Used calorie per household (MJ/household · year)
A type	Middle area	396.7	42,491.2	279.0	29,793.1
	South area	338.4	33,268.7	230.3	22,539.1
	Mean	392.3	41,781.8	275.2	29,235.2
B type	Middle area	388.3	41,931.5	270.6	29,273.7
	South area	344.0	37,951.5	233.1	25,651.1
	Mean	375.1	40,744.5	259.4	28,193.3
C type	Middle area	376.6	33,880.6	265.9	23,891.0
	South area	358.2	35,640.6	244.6	24,448.9
	Mean	366.0	34,892.5	253.6	24,211.6
National mean	Middle area	389.2	40,569.9	268.7	28,417.8
	South area	351.5	36,355.4	239.3	24,775.8
	Mean	377.1	39,209.5	262.1	27,243.0

면적 측면에서 $262.1 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$, 세대 측면에서 $27,243.0 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 인 것으로 분석되었다.

단지 전체의 전력에너지 소비열량 측면에서 중부지역의 전력에너지 소비열량은 $389.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 인 반면, 남부지역은 $351.5 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 인 것으로 나타났다. 이것은 남부지역이 중부지역에 비해 $37.7 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 정도 낮은 소비성향을 보이고 있다. 난방방식에 따른 전력에너지 소비열량은 A-type이 평균 $392.3 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$, B-type이 $375.1 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$, C-type이 $366.0 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 으로 분석되었다. 지역 난방방식은 중앙집중 난방방식에 비해 상대적으로 높은 전력에너지 소비성향을 보이고 있다.

세대부분의 전용공간에서 사용한 전력에너지 소비열량을 보면 중부지역 $268.7 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 이며 남부지역 $239.3 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 으로 중부지역이 남부지역에 비해 $29.3 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 을 더 소비하는 것으로 나타났다. 난방방식에 따른 전력에너지 소비열량 측면에서는 A-type $275.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$, B-type $259.4 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$, C-type $253.6 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 으로 나타났다.

이것은 지역난방방식이 중앙집중 난방방식에 비해 $12.6 \sim 16.7 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{년}$ 정도의 에너지 소비가 많은 것을 의미한다.

전력에너지 소비량 측면에서 분석해 보면 Table 6과 같다. 단지 전체에서 1년간 사용한 전력에너

지 소비량은 평균 $36.02 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{년}$ 이며 중부지역의 경우는 $37.18 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{년}$, 남부지역은 $33.58 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{년}$ 으로 분석되었다.

이것은 중부지역이 $3.6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{년}$ 을 더 소비하는 것을 보여주고 있다. 난방방식에 따른 전력에너지 소비량을 보면 A-type $37.48 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{년}$, B-type $35.83 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{년}$, C-type $34.97 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{년}$ 으로 지역난방방식에 상대적으로 높은 소비경향을 보이고 있다.

2.2.2 이산화탄소 배출 원단위

이산화탄소는 병커C유, 경유, 등유, 도시가스 등의 화석연료를 가지고 에너지를 생산하는 과정에서 발생한다. 에너지원별 단위량당 발생하는 열량에 따라 이산화탄소 배출량은 상이하게 나타났다. Table 7에 따르면 조사표본 전체의 이산화탄소 배출 원단위는 면적 측면에서는 평균 $19.64 \text{ kg-c/m}^2 \cdot \text{년}$, 세대당 $2,031.33 \text{ kg-c/세대} \cdot \text{년}$ 인 것으로 분석되었다. 중부지역은 $20.10 \text{ kg-c/m}^2 \cdot \text{년}$ 이며 남부지역은 $18.59 \text{ kg-c/m}^2 \cdot \text{년}$ 으로 $1.51 \text{ kg-c/m}^2 \cdot \text{년}$ 정도 중부지역이 더 배출하는 것으로 나타났다. 난방방식에 따른 이산화탄소 배출 원단위를 보면 A-type은 면적당 $20.29 \text{ kg-c/m}^2 \cdot \text{년}$, B-type은 $9.13 \text{ kg-c/m}^2 \cdot \text{년}$, C-type은 $8.39 \text{ kg-c/m}^2 \cdot \text{년}$ 으로 나타났다.

이것은 지역난방방식이 중앙집중 난방방식보다

Table 6 Used amount of electricity

	Location	Total sum		Household part	
		Used amount per area (kWh/m ² · year)	Used amount per household (kWh/household · year)	Used amount per area (kWh/m ² · year)	Used amount per household (kWh/household · year)
A type	Middle area	37.90	4,059.54	26.65	2,846.39
	South area	32.33	3,178.44	22.00	2,153.35
	Mean	37.48	3,991.76	26.30	2,793.08
B type	Middle area	37.09	4,006.07	25.85	2,796.77
	South area	32.87	3,625.82	22.27	2,450.66
	Mean	35.83	3,892.66	24.79	2,693.54
C type	Middle area	35.97	3,236.90	25.41	2,282.50
	South area	34.22	3,405.04	23.37	2,335.81
	Mean	34.97	3,333.53	24.23	2,313.14
National mean	Middle area	37.18	3,875.86	26.07	2,714.99
	South area	33.58	3,473.34	22.86	2,367.03
	Mean	36.02	3,746.01	25.04	2,602.75

Table 7 The unit of CO₂ emission

	Location	Total sum	
		CO ₂ emission unit per area (kg-c/m ² · year)	CO ₂ emission unit per household (kg-c/household · year)
A type	Middle area	20.45	2199.50
	South area	18.36	1804.72
	Mean	20.29	2168.33
B type	Middle area	18.80	2038.39
	South area	14.36	1611.61
	Mean	17.65	1927.59
C type	Middle area	22.11	1964.03
	South area	21.00	2091.05
	Mean	21.48	2035.76
National mean	Middle area	20.10	2084.73
	South area	18.59	1910.02
	Mean	19.64	2031.33

Table 8 The CO₂ emission unit of a used electricity

	Location	Total sum		Household part	
		CO ₂ emission unit per area (kg-c/m ² · year)	CO ₂ emission unit per household (kg-c/household · year)	CO ₂ emission unit per area (kg-c/m ² · year)	CO ₂ emission unit per household (kg-c/household · year)
A type	Middle area	8.02	858.15	5.64	206.86
	South area	6.84	672.16	4.65	455.38
	Mean	7.93	844.16	5.56	590.67
B type	Middle area	7.84	847.18	5.47	591.45
	South area	6.95	766.77	4.71	518.25
	Mean	7.58	823.20	5.24	569.62
C type	Middle area	7.61	684.52	5.37	482.69
	South area	7.23	720.08	4.94	493.97
	Mean	7.39	704.96	5.13	489.17
National mean	Middle area	7.86	819.65	5.51	574.15
	South area	7.10	734.52	4.84	500.57
	Mean	7.61	792.19	5.29	550.42

상대적으로 높은 이산화탄소 배출 원단위를 갖고 있다는 것을 반증하고 있다. 세대당 이산화탄소 배출 원단위는 A-type은 2,038.39 kg-c/세대 · 년, B-type은 1,964.03 kg-c/세대 · 년, C-type은 2,035.76 kg-c/세대 · 년으로 나타났다.

이것에 비추어 볼 때 도시가스를 사용하는 중앙집중 난방방식이 세대 측면에서는 상대적으로 낮은 이산화탄소 배출 원단위를 갖고 있다는 것을 알 수 있다. 해당 단지에서의 전력사용으로

인해 발생하는 이산화탄소 배출 원단위는 Table 8과 같다(전력에너지 사용에 따른 이산화탄소 배출 원단위는 전력생산시점에서 발생하는 것을 의미한다).

단지 전체에서 사용한 전력에너지로 인한 이산화탄소 배출 원단위는 7.61 kg-c/m² · 년이며 세대당 792.19 kg-c/세대 · 년인 것으로 분석되었다. 세대부분의 전용공간에서 사용한 전력에너지로 인한 이산화탄소 배출 원단위는 평균 5.29 kg-c/

$m^2 \cdot \text{년}$ 이며 세대당 550.42 $\text{kg-c/세대} \cdot \text{년}$ 로 나타났다. 이것에 비추어 볼 때 공용부분에 사용된 전력에너지로 인한 이산화탄소 배출 원단위는 2.32 $\text{kg-c/m}^2 \cdot \text{년}$ 이며 세대 측면에서는 241.77 $\text{kg-c/세대} \cdot \text{년}$ 로 나타났다. 전용부분의 전력에너지 소비에 따른 이산화탄소 배출은 전체의 70% 수준을 차지하는 것으로 분석되었다.

3. 에너지 소비와 이산화탄소 배출특성

건물의 에너지 소비와 이산화탄소 배출에 미치는 영향요인으로는 크게 관리면적 등의 관리특성과 공동주택의 외피의 단열상태, 유지관리, 난방방식 및 운전조건, 설비의 종류 및 시스템, 배치, 위치 및 향 등의 건물특성, 거주자의 생활방식 외기온, 기타 최하층과 최상층 등에서의 외기와 접하는 면적규모, 굴뚝의 연돌효과 등을 들 수 있다. 그러나 개별 건물의 여러 요인들은 개별 공동주택의 향, 높이, 층수 등의 특성이 다양하기 때문에 이를 정량적으로 계량화하기가 어렵다. 그 외에 공동주택의 경과년수, 난방설비성능 등에 의해 좌우되는 것으로 예상된다.⁽³⁾ 에너지 소비에 영향을 미치는 난방설비, 전기설비 등은 기능을 일정한 수준으로 계속적으로 유지하기 위해 개·보수, 수선 등의 행위가 일정하게 발생하게 된다. 그리고 에너지 소비에 본격적인 운전가동 전에 개·보수를 통해 기능의 급격한 저하를 방지하는 것이 일반적이다. 따라서 에너지 소비에서는 경과년수, 난방설비의 성능 등은 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

그리고 본 연구에서는 개별 건물의 측면보다는 단지 전체의 에너지 소비와 이산화탄소 배출에 대한 총량적인 측면으로 접근하고 있다. 따라서 공동주택단지 전체의 총량적인 측면에서 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 추정모델은 관리면적, 세대수 등의 관리특성을 이용하여 작성하는 것이 바람직하다. 에너지 소비량과 이산화탄소 배출특성 분석을 위한 회귀분석은 크게 단지 전체의 총에너지 소비열량, 총이산화탄소 배출량, 총전력사용량, 세대전력 총사용량 등의 4가지에 대해 추정모델을 작성하였다. 그리고 관리특성이 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량에 미치는 상대적 영향도 분석을 위해 표준회귀계수(standardized regression coefficient)를 이용하였다.

단지의 관리특성을 이용한 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 설명하는 추정모델은 다음과 같이 정립하였다. 첫째, 공동주택이 위치하고 있는 지역적 특성을 중부지역과 남부지역으로 구분하였다. 지역적 특성의 반영은 가변수(dummy variable)로 처리하였다. 공동주택이 위치하고 있는 지역적 위치에 대한 가변수는 중부지역을 1로 하고 남부지역은 0으로 처리하였다. 둘째로, 난방방식은 A-type, B-type, C-type 등의 세 가지로 구분하였다. A-type을 1로 하고 B-type은 2, C-type은 3으로 처리하였다. 셋째, 추정모델의 종속변수로써 사용되는 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량은 조사대상 공동주택에서 사용하는 에너지원별 소비량의 합계와 에너지원별 이산화탄소 배출량을 합산하여 이용하였다. 넷째, 각 속성변수의 모수(parameter) a_1, a_2, a_3, a_4 (여기서 a_1, a_2, a_3, a_4 는 각 속성변수의 계수를 의미한다. 이것은 각 속성변수의 변화에 따른 증감치를 의미한다. 예를 들어 세대수, 지역적 위치, 난방방식 등이 동일하다는 가정하에서 a_1 은 단위관리면적의 증가에 따른 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량의 증가율을 의미한다. 그러나 추정모델의 대부분은 여러 속성변수가 동시에 포함되는 것이 일반적으로 하나의 변수를 제외한 나머지 조건을 동일하게 가정한다는 것은 한계가 있다)는 선형 회귀법(linear regression method)을 이용한 다중 회귀방식으로 추정하였다. 다섯째, 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 추정모델은 결정계수(R^2)와 DW값(Durbin-Watson value)의 통계량을 이용하여 모델의 적합성을 평가하였다(에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 추정모델에서 각 속성변수의 모수값(parameter)은 SPSS/PC⁺를 이용하여 추정하였다). 이상과 같은 기본내용을 토대로 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 추정모델을 관리면적, 관리세대수, 공동주택의 지역적 위치, 난방방식 등의 4가지 속성변수를 이용하여 작성하였다. 그리고 추정모델의 형태는 식(3)과 같다.

$$Y = a_0 + a_1 \text{AREA}_i + a_2 \text{NM}_i + a_3 \text{H}_1 + a_4 \text{L}_1 \quad (3)$$

우선, 단지 전체의 에너지 소비량과 관리특성의 관계는 Table 9와 같다. 총에너지 소비량에 미치는 상대적 영향도를 나타내는 표준회귀계수

Table 9 Relation of the maintenance characteristics with total energy amount

	Coefficient	Standardized regression coefficient	Statistics
Constant	-6,403,219.00	-	$R^2=0.542$ Durbin-Watson value=1.953
Household no.	477.38	0.022	
Maintained area (m ²)	260.16	0.738	
Location	-3,874,310	-0.101	
Heating type	2,804,359.00	0.124	

Table 10 Relation of the maintenance characteristics with total CO₂ emission amount

	Coefficient	Standardized regression coefficient	Statistics
Constant	-2,388,17.00	-	$R^2=0.635$ Durbin-Watson value=1.934
Household no.	86.77	0.054	
Maintained area (m ²)	19.96	0.774	
Location ⁽¹⁾	-272,545.00	-0.097	
Heating type ⁽²⁾	118,356.40	0.071	

Table 11 Relation of the electric amount with the maintenance characteristics over the multi-family complex

	Coefficient	Standardized regression coefficient	Statistics
Constant	126,475.90	-	$R^2=0.877$ Durbin-Watson value=1.671
Household no.	187.42	0.083	
Maintained area (m ²)	31.70	0.886	
Location ⁽¹⁾	-230,712.00	-0.061	
Heating type ⁽²⁾	38,605.84	0.017	

를 보면 관리면적이 다른 관리특성에 비해 상대적으로 7배 정도 높은 것으로 분석되었다. 단지 전체의 에너지 소비량과 관리특성과의 관계를 설명하는 추정모델에서 남부지역은 중부지역에 비해 상대적으로 높은 에너지 소비량을 의미하고 있다.

여기서, location은 지역적 위치(중부 : 0, 남부 : 1)를 의미하며, heating type(난방방식)은 사용 에너지원에 따라 지역 난방방식은 1, 도시가스를 에너지원으로 사용하는 중앙집중 난방방식은 2, 벙커C유, 경유, 등유를 에너지원으로 사용하는 중앙집중 난방방식은 3으로 이하 Table 12까지 공통적으로 적용하였다.

총에너지 소비량과 관리특성과의 관계를 설명하는 추정모델의 통계량을 보면 결정계수(R^2)는 비교적 낮지만 DW값은 적정수준을 보이고 있으며, 잔차(residual sum of square)도 양호한 것으로 분석되었다.

Table 10에 의하면 난방방식은 벙커C유, 경유, 등유를 사용하는 C-type의 난방방식이 상대적으로 높은 이산화탄소 배출을 보이고 있다. 그리고 남부지역은 중부지역에 비해 상대적으로 높은 이산화탄소 배출을 보이고 있다.

총이산화탄소 배출량에 미치는 상대적 영향도를 보면 지역적 위치와 난방방식은 거의 유사한 수준으로 나타났다. 그러나 관리면적은 다른 요소에 비해 상대적으로 높은 영향도를 보이고 있는 것이 특징이다. 반면, 세대수는 총이산화탄소 배출량과 정(+)의 관계를 갖고는 있지만 총이산화탄소 배출량에 미치는 영향도는 가장 낮다.

둘째로, 총이산화탄소 배출량과 관리특성의 관계를 나타낸 것은 Table 11과 같다. 통계량은 비교적 양호하며 관리면적의 영향도는 다른 관리특성에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

셋째로, 전력에너지 사용량과 관리특성과의 관계에 따르면 세대수, 관리면적 등은 단지 전체에

Table 12 Relation of the maintenance characteristics with the electric amount over the multi-family complex

	Coefficient	Standardized regression coefficient	Statistics
Constant	26,946.95	-	$R^2=0.868$ Durbin-Watson value=1.658
Household no.	7.34	0.027	
Maintained area (m ²)	3.97	0.912	
Location ⁽¹⁾	-36,239.4	-0.079	
Heating type ⁽²⁾	-838.02	-0.003	

서 사용한 전력에너지 소비량과 정(+)의 관계를 보이고 있다.

그리고 지역 난방방식보다는 중앙집중 난방방식이 전력에너지 소비량이 높은 것으로 분석되었다. 다만, 난방방식이 단지 전체의 전력에너지 소비량에 미치는 영향도는 다른 요인에 비해 상대적으로 매우 낮은 수준을 보이고 있다. 단지 전체의 전력에너지 사용량에 영향을 가장 많이 미치는 요인은 관리면적으로 타 요인에 비해 상대적으로 매우 높은 수준을 보이고 있다.

넷째, 세대의 전용부분에서 사용한 전력에너지 사용량과 관리특성과의 관계를 분석한 결과는 Table 12와 같다. 추정모형을 설명하는 통계량은 비교적 양호한 것으로 나타났다. 관리특성 가운데 평형과 세대수는 세대의 전용부분에 사용된 전력에너지 소비량에 정(+)의 관계를 보이고 있다. 다만, 난방방식은 지역 난방방식보다는 중앙집중 난방방식이 세대사용 전력에너지 소비가 많은 것으로 나타나고 있다. 그러나 난방방식이 세대사용 전력에너지 소비량에 미치는 영향도는 다른 요인에 비해 매우 낮은 수준임을 알 수 있다. 가장 높은 영향을 미치는 요인은 관리면적으로 절대적인 영향을 미치고 있는 것으로 판단되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 에너지 소비와 이산화탄소 배출 원단위를 제시하였다. 여기에서는 단지 전체의 총에너지 소비 원단위와 이산화탄소 배출 원단위를 제시하였다. 그리고 단지 전체의 전력에너지 소비 원단위와 이산화탄소 배출 원단위를 제시하고 있다. 다른 한편으로 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량에 영향을 미치는 관리특성과의 관계를 분석하기 위한 모델을 작성하였다. 여기에서는 관리특성이 에너지 소비와 이산화탄소 배출에

미치는 상대적 영향도를 분석하였다. 연구결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) 조사표본 전체의 에너지 소비 원단위는 990.0 MJ/m²·년, 102,718.8 MJ/세대·년으로 나타났다. 그리고 해당 단지의 지역별 구분에 의하면 중부지역 에너지 소비 원단위는 1,013.5 MJ/m²·년, 105,355.1 MJ/세대·년이며 남부지역은 936.5 MJ/m²·년, 96,730.3 MJ/세대·년으로 나타났다.

(2) 전력에너지 소비 원단위는 단지 전체에서 사용한 경우, 평균 377.1 MJ/m²·년, 39,209.5 MJ/세대·년, 세대전용부분에서 사용한 경우는 262.1 MJ/m²·년, 27,243.0 MJ/세대·년으로 나타났다.

(3) 이산화탄소 배출 원단위는 조사표본 전체가 평균 19.64 kg-c/m²·년, 2,031.33 kg-c/세대·년이다. 해당 단지를 지역으로 구분한 경우, 중부지역은 평균 20.10 kg-c/m²·년, 2,084.73 kg-c/세대·년이며 남부지역은 18.59 kg-c/m²·년, 1,910.02 kg-c/세대·년이다.

(4) 전력부분의 이산화탄소 배출 원단위는 단지 전체에서 사용한 경우는 평균 7.61 kg-c/m²·년, 792.19 kg-c/세대·년이다. 지역으로 구분하면 중부지역은 7.86 kg-c/m²·년, 819.65 kg-c/세대·년이며 남부지역은 7.10 kg-c/m²·년, 734.52 kg-c/세대·년으로 나타났다.

(5) 총에너지 소비량과 총이산화탄소 배출량에 가장 영향을 많이 미치는 관리특성은 관리면적인 것으로 분석되었다.

(6) 단지 전체와 세대의 전용부분에 사용된 전력에너지 사용량에 미치는 관리특성도 역시 관리면적인 것으로 분석되었다.

(7) 전체적으로 중부지역보다는 남부지역의 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량이 적은 것으로 나타났다. 그리고 관리특성 가운데에서는 관리면적이 다른 요인에 비해 에너지 소비량과 이산화

탄소 배출에 상대적으로 높은 영향을 주고 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Ministry of Commerce, Industry & Energy, 1997, 1996 Report of energy census, pp. 78-99.
2. Korea Energy Economics Institute, 1998, Methodology for forecast of GHSs.
3. Korea Institute of Construction Technology, 1997, Report on the typical energy consumption criteria and environmental load of buildings-apartment house, pp. 117-119.
4. OECD, 1992, National Inventories of Net Greenhouse Gas Emission, pp. 3-10.
5. Lee, K. H, 1999, A study on the environmentally friendly evaluation method of building Doctor' degree thesis, Yonsei Univ. Seoul, Korea, pp. 213-216.