

일조시간이 아파트 난방에너지 소비량에 미치는 영향에 관한 조사연구

이 종 원[†], 황 혜 영^{*}

부산대학교 생산기술연구소, *부산대학교 건축공학과 대학원

An Investigation on the Effect of Duration of Sunshine on the Heating Energy of Apartment Houses

Jong-Won Lee[†], Hye-Young Hwang

Institute of Industrial technology, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
Department of Architecture Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Received October 29, 2004 ; revision received December 16 2004)

ABSTRACT: The purpose of this study is to analyze the effect of sunshine on the heating energy consumption of apartment houses by a field investigation in Haeundae, Busan. In the field, heating energy consumption of every household is researched by reading a calorimeter and the duration of sunshine of every household is calculated by Sunlight V1.0. Then, the duration of sunshine and heating energy are done regression analysis by SPSS 10. According to this study the apartment houses by orientation spend more energies order of east, west, southeast, southwest, and south. When apartment houses are same orientation, there is difference of 29~58% in heating energy consumption by the duration of sunshine. And the heating energy consumption in worst condition of sunshine increases 67% on the best condition of sunshine.

Key words: Heating energy consumption(난방에너지 소비량), Duration of sunshine(일조시간), Solar radiation(일사), Orientation(방위)

1. 서 론

우리나라처럼 겨울철이 길고 추운 지역에서는 일조의 열적 가치를 중요시하여 예로부터 겨울철 일사를 가장 많이 취할 수 있는 남향을 선호하였고 이를 통해 난방에너지를 절감하였다. 그러나 갈수록 고밀화 되어가는 도시 주거건축에

서 특히, 고층 아파트 단지에서 모든 세대가 하루 종일 햇빛을 받을 수 있는 환경을 갖는 것은 사실상 불가능한 일이 되었다. 제한된 대지를 최대한 이용하기 위해 남향이외의 주동 배치가 나타나기도 하고 일조에 유리한 방위라 하더라도 인근 주동의 영향으로 일조가 차폐되는 현상이 발생하기도 한다. 이에 따라 같은 단지, 같은 주동에 위치하는 세대간에도 일조환경은 크게 달라지게 되었고 이는 주택 가격의 차이로도 이어지고 있다.

일조가 난방에너지 소비에 영향을 미친다는 것

[†] Corresponding author

Tel.: +82-51-510-1479; fax: +82-51-514-2230

E-mail address: jwlee@pusan.ac.kr

은 주지의 사실이지만 아파트 단지와 같이 세대별로 다양한 일조환경이 나타나는 경우 일조조건에 따라 난방에너지 소비량을 분석한 예는 아직까지 드물다. 또 에너지시뮬레이션 프로그램을 이용한 이론적 연구가 대부분이라 본 연구에서는 실제 난방에너지 소비량 데이터를 조사하여 난방에너지 소비에 미치는 일조의 영향을 분석하고자 한다.

본 연구의 조사대상은 부산시 해운대 신시가지 소재 20평형 아파트 1300여 세대이며 각 세대의 겨울철 난방에너지 소비량을 적산열량계를 통해 측정하고 일조분석프로그램을 이용하여 세대별 일조시간을 산정하였다. 세대별 일조시간과 난방에너지 소비량 데이터를 남향, 남동향, 남서향, 동향, 서향 5개 방위로 분류한 후 통계분석하여 일조시간으로 난방에너지 소비량을 예측할 수 있는 회귀식을 도출하였다. 이를 통해 각 방위별, 일조시간별 난방에너지 소비량을 산정하여 다양한 일조조건에 따른 난방에너지 소비 경향을 분석하였다.

2. 선행연구 고찰

일조가 아파트 난방에너지 소비에 미치는 영향에 관한 연구는 주로 동적열부하계산 프로그램을 이용하여 방위별 일사량에 따른 난방에너지 소비량을 산정하는 방법으로 이루어졌다.

2002년 유호선, 현석균, 홍희기⁽³⁾의 연구는 TRANSYS를 이용하여 아파트 단위세대(37평형)의 난방부하를 방위별로 분석하였고 2003년 정두운, 최창호, 이현우⁽⁴⁾의 연구는 DOE2.1E를 이용하여 인동거리와 방위각을 변화시켜 단위세대(32평형)의 난방에너지를 분석하였다. 2000년 박현철, 박창섭, 이경희⁽⁶⁾의 연구는 Ener-Win을 이용하여 방위별 난방부하의 차이를 방위상수로 나타내었다. Table 1은 위 연구의 결과를 정리한 것으로 세 연구가 모두 각각에서 방위를 제외한 기타 조건은 동일하게 설정하였음에도 불구하고 그 결과는 상이하게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다.

또한, 참고문헌 4를 제외하고는 모두 일조시간을 최대로 확보하는 경우만을 대상으로 하고 있어 세대별로 일조시간의 편차가 큰 실제 경우에 적용하기에는 한계가 있다.

이외 1995년 강재식, 이승언, 안태경⁽⁵⁾의 연구

Table 1 Ratio of heating energy to south by orientation

Reference Orientation	Reference 3	Reference 4	Reference 6
S	100	100	100
SE	102	118 (S30°E)	115 (S30°E)
SW	107	118 (S30°W)	109 (S30°W)
E	110	143 (S60°E)	124 (S60°E)
W	113	143 (S60°W)	-

는 서울시 소재 아파트의 난방에너지 소비량을 조사하여 세대 위치(층별)에 따른 난방에너지 소비 특성을 분석하였는데, 층수가 내려감에 따라 난방에너지 소비량은 증가하는 것으로 나타났다. 동일 조건에서 층수에 따라 달라지는 것은 일조환경 외에 없으므로 실제 일조환경에 따라 난방에너지 소비량에 차이가 발생한다는 것을 알 수 있다. 이에 따르면 일조환경이 양호한 상층부 세대에 비해 일조환경이 열악한 저층부 세대의 난방에너지 소비량은 1.50~1.61배 까지 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 방위별 구분 없이 층수에 따른 분류만 나타나 있고 각 세대별 일조환경 분석이 없어 일조와 난방에너지 사용량의 관계를 밝히는 데는 어려움이 있다.

3. 조사계획

3.1 조사대상

(1) 대상지역

본 연구의 조사대상 지역은 37개 단지 3만 세대 규모의 부산시 해운대 신시가지이다. 전체 시가지가 말굽형태라 개별동의 향이 다양하게 배치되어 있어 방위별 난방에너지 소비량을 알아보기에 적합한 대상이다. 또한 신시가지 소재 전 단지가 지역난방방식을 채택하고 있어 난방방식에 따른 에너지소비량의 차가 없고 1996~1998년 3년에 걸쳐 동시에 건설되어 단지별 사용연한에 따른 성능차도 적다.

각 세대에는 온도조절기가 설치되어 있어 세대

별 난방제어가 가능하고 세대 입구에 설치된 적산열량계로 급탕과 취사를 제외한 난방용 에너지 소비량만을 계측할 수 있다.

(2) 평형

단위세대 평면 형태가 대체로 동일한 20평형(22~24평)대를 조사대상으로 선정하였다. 조사대상 세대는 모두 주이용공간인 거실과 안방이 전면을 향하고 있고 전면폭이 7.2~7.5m로 일사 취득면적(18m²내외)이 대체로 동일하다.

(3) 주동 배치

해운대 신시가지 아파트 단지 중에서 인근 주동에 의한 일조 침해로 세대별 일조시간이 다양하게 나타나는 'ㄷ', 'ㄱ'자형 배치 11개 단지 25개동을 선정하였다.

Fig. 1은 조사대상 단지 중 대표적인 두 개 단지의 주동 배치도를 나타낸 것이다.

방위별로 남향(-30°~30°)이 4개동, 남동향(-30°~-60°)이 4개동, 남서향(30°~60°)이 5개동, 동향(-60°~-90°)이 7개동, 서향(60°~90°) 5개동이다. Fig. 2는 대상 주동의 전면 방위를 나타낸

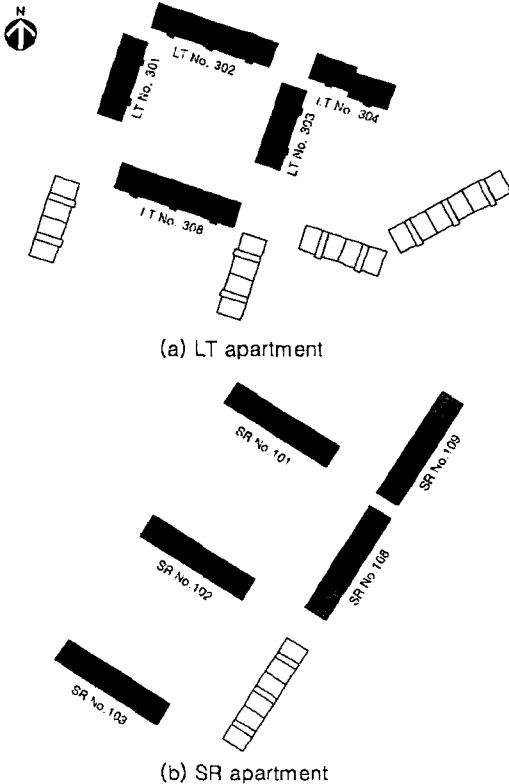


Fig. 1 The plot plan.

것이다.

(4) 주동내 세대 위치

동일 주동내에서 구조체를 통한 열손실로 난방 에너지 소비량에 차이가 발생할 수 있으므로 조사대상 25개동 2384세대 중 층별 주호, 최상층 주호, 최하층 주호를 제외한 1302세대를 본 연구의 조사대상으로 선정하였다.

방위별로 남향 218세대, 남동향 264세대, 남서향 328세대, 동향 266세대, 서향 226세대이다.

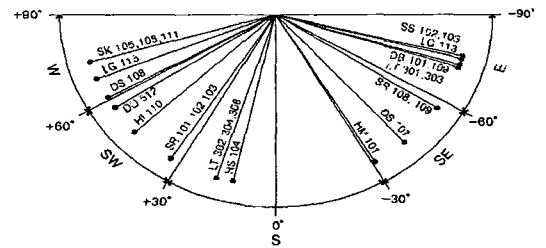


Fig. 2 The Orientation of apartment houses.

Table 2 The subject of investigation

Orientation	APT	Number of households	Surface azimuth angle [°]
S (-30°~30°)	HS No.104	40	13
	LT No.302	72	18
	LT No.304	34	18
	LT No.308	72	18
SE (-30°~-60°)	HM No.101	88	-31
	DS No.107	32	-42
	SR No.108	72	-57
	SR No.109	72	-57
SW (30°~60°)	SR No.101	72	33
	SR No.102	72	33
	SR No.103	72	33
	HI No.110	76	47
	DD No.512	36	57
E (-60°~-90°)	LT No.301	34	-72
	LT No.303	36	-72
	DB No.101	22	-73
	DB No.109	44	-73
	LG No.115	64	-75
	SS No.102	32	-76
	SS No.103	34	-76
W (60°~90°)	DS No.108	36	61
	LG No.115	64	68
	SK No.105	42	74
	SK No.108	42	74
	SK No.111	42	74

(5) 세대별 난방운전 방식

조사대상 지역의 난방방식은 중앙 플랜트에서 연속적으로 온수를 공급하는 지역난방방식으로 실제적인 난방 제어는 세대내 온도조절기와 온수 분배기를 거주자가 조작함으로써 이루어진다. 따라서 일조 이외의 물리적 조건은 동일하다 하더라도 난방운전 패턴이나 거주자 수, 일사 차폐 여부 등에 따라 난방에너지 소비량은 달라진다. 이와 같이 난방에너지 소비에 영향을 미치는 내부적 요인을 알아보기 위해 조사대상 지역의 거주자들을 대상으로 인터뷰를 실시한 결과 세대내 난방 운전 패턴은 다음과 같은 두 가지 경향이 주를 이루고 있었다. 첫째는 취침전과 이른 아침, 혹은 취침전에만 일정시간(보통 1~2시간씩) 난방을 하는 방식, 둘째는 취침시간 동안 계속 난방 하는 방식이다. 이때 설정온도는 전자의 경우가 30℃~설정최고온도, 후자의 경우가 20~30℃로 그 범위가 넓다. 야간 난방이 대체로 이와 같은 경향을 보이는 데 비해 주간 난방은 구성원 특성(영유아, 노인이 있는 세대는 주간에도 난방 실시)이나 외기온, 맑고 흐린 날에 따라 다양한 방식으로 이루어지고 있었다.

이외 하루 종일 난방을 하거나 난방을 거의 하지 않는 세대(에너지 절약, 혹은 체질적 특성 등의 이유)도 있어 난방사용 패턴이 다양하게 나타나고 있었다.

세대내 실거주자 수는 2~4명이 일반적이고 거주자 수가 작아 사용하지 않는 실은 온수분배기의 밸브로 난방을 차단하는 세대도 있었다.

한편 주간의 일사 도입에 대해 물었을 때는 대부분의 세대가 겨울철 일사를 적극적으로 도입하고 있었고 프라이버시 유지나 현회 발생 등의 이유로 커튼이나 블라인드로 일사를 차단하는 경우도 있었다.

3.2 조사방법

각 세대 입구에 설치된 적산열량계의 계량치를 1999년 12월 29일과 2000년 3월 11일 양일간에 걸쳐 검침하여 두 검침값의 차를 겨울철 73일간의 난방에너지 소비량으로 간주하였다. 조사당일 검침은 개별 세대의 난방 소비가 적은 12시~14시 사이 2시간에 걸쳐 실시하여 검침시간에 따른 오차를 가능한 줄였다.

4. 조사결과

4.1 난방에너지 소비량

부산시 해운대 신시가지 소재 아파트 25개동 1302세대의 1999년 12월 29일~2000년 3월 11일 73일간의 난방에너지 소비량을 조사한 후 방위별로 기술통계분석을 실시한 결과는 Table 3과 같다. 총 1302세대에서 조사 양일 중 하루라도 검침이 불가능했던 세대를 제외한 1214세대에 대한 결과이다.

조사결과에 나타나듯이 동일 평형에 동일한 방위라 하더라도 실제 소비되고 있는 각 세대의 난방에너지 소비량은 1000kWh 내외로 세대별 편차가 크다. 이와 같이 세대별 편차가 크게 나타나는 것은 앞서 언급한 거주자 특성과 관련되는 것으로 분석된다.

이에 본 연구에서는 조사 데이터 중 표준편차를 벗어나는 데이터를 정리(일조시간대별로 표준편차 정리)하여 내부적 요인에 의해 큰 차이를 보이는 세대는 분석대상에서 제외시켰다.

Table 4는 분석대상 842세대의 기술통계분석 결과이다.

Table 3 Heating energy [kWh/73days] - by raw data

Orientation Value	S	SE	SW	E	W
Ave.	1854	2074	1964	2079	2100
Stdev.	1060	884	780	893	902
Min.	130	100	110	244	140
Max.	4710	4583	4090	4606	4483
N	200	249	311	252	202

Table 4 Heating energy [kWh/73days] - by data for analysis

Orientation Value	S	SE	SW	E	W
Ave.	1783	1996	1939	2126	2058
Stdev.	555	490	494	593	564
Min.	840	800	910	929	837
Max.	3210	3084	3020	3291	3250
N	113	161	228	188	152

방위별 평균 난방에너지 소비량을 비교해 보면 남향이 가장 적고, 그 다음이 남서향, 남동향, 서향, 동향 순으로 나타나고 있다.

4.2 일조시간

일조시간과 난방에너지 소비량의 관계를 알아보기 위해 분석대상 842세대의 동지일 8시~16시(진태양시)사이의 일조시간을 산정하였다. 일조시간 분석은 KCIM(주)에서 개발한 일조분석프로그램 Sunlight V1.0을 이용하였다.

Fig. 3은 Sunlight의 일조시간 분석 장면이고 Table 5는 각 세대의 일조시간을 방위별로 정리한 결과이다.

동지일 8시부터 16시까지 총 8시간 동안 차폐물이 없는 경우라도 직달일사를 받을 수 있는 시간(이를 최대일조시간이라 정의한다)은 각 방위별로 다르다. 각 방위의 중심점에서 최대일조시간을 산정해 보면 남향(방위각 0°)은 480분, 남동

향과 남서향은(방위각 45°) 435분, 동향과 서향은(방위각 75°) 300분이 된다.

본 연구의 조사대상 세대들은 해당 방위에서 받을 수 있는 최대일조시간에 대해 평균적으로 남향은 61%, 남동향과 남서향은 56%, 동향과 서향은 53%의 일조를 받고 있다.

5. 일조가 난방에너지 소비량에 미치는 영향

난방에너지 소비량에 직접적인 영향을 미치는 것은 해당 세대로 입사되는 일사량이지만 일사량에 비해 비교적 간단히 산정할 수 있는 일조시간을 이용하여 난방에너지 소비량에 대한 일조의 영향을 분석하였다.

일조시간과 난방에너지 소비량의 관계 분석에는 통계분석프로그램 SPSS 10을 이용하였고 남, 남동, 남서, 동, 서 5개 방위로 구분하여 상관분석과 회귀분석을 실시하였다.

일조시간과 난방에너지 소비량 두 변수 사이에 유의한 선형관계가 있는지를 알아보기 위해 상관분석을 한 결과 두 변수의 상관계수는 -0.3~-0.4로 0.01 수준에서 유의한 것으로 나타났다.

Fig. 4는 조사대상 세대들의 일조시간과 난방에너지 소비량의 방위별 산포도이다. 그림에 나타나듯이 동일한 일조시간을 갖는 세대간에도 난방에너지 소비량의 편차는 크다.

즉, 세대별 난방에너지 사용량의 편차에 가장 큰 영향을 미치는 것은 세대내 거주자의 난방시간, 설정온도, 거주자수, 일조 차폐 여부, 에너지 절약 의식, 체질적 특성과 같은 수많은 내부적 요인이라고도 할 수 있다.

이와 같은 이유로 세대별 난방에너지 소비량의 분포가 넓어지면서 일조시간과 난방에너지 소비량의 상관계수는 -0.3~-0.4로 약한 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 내부 조건을 일정하게 유지하는 것으로 가정한 이론적 계산에 의할 때는 실내로 유입된 일사량만큼 난방에너지량이 감소해야 하지만 실제 생활에서 그 관계가 뚜렷하게 나타나는 것은 아닌 것이다.

그러나 산포도의 분포 특성을 살펴볼 때 일조시간이 증가함에 따라 난방에너지 소비량이 전체적으로 하향선을 그리고 있음을 알 수 있다. 이는 일조시간대별로 난방에너지 소비량을 평균한 값에서도 알 수 있는데 예를 들어, 남향에서 일

Table 5 The duration of sunshine [min]- by data for analysis

Orientation Value	S	SE	SW	E	W
Ave.	291	242	244	161	160
Stdev.	125	93	133	108	108
Min.	31	50	50	0	2
Max.	480	480	480	301	351
N	113	161	228	188	152

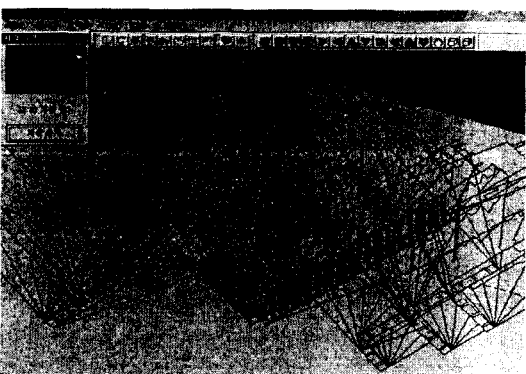
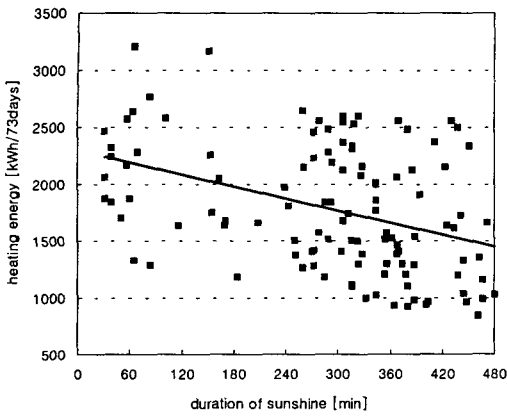
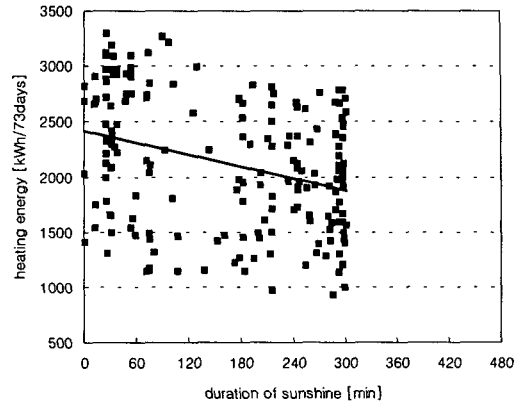


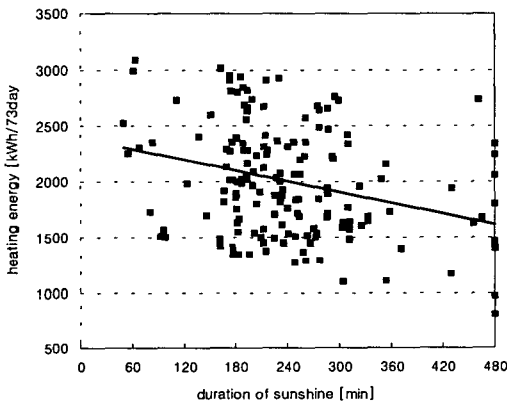
Fig. 3 The analysis of duration of sunshine by Sunlight V1.0.



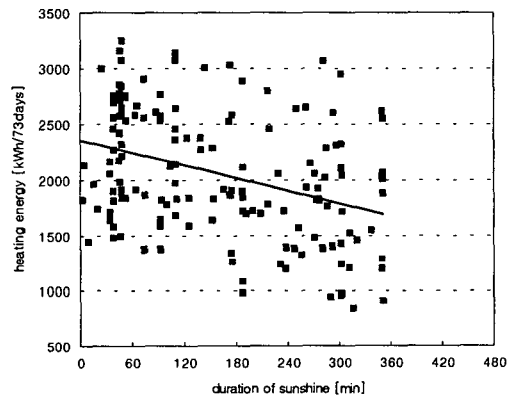
(a) South



(d) East

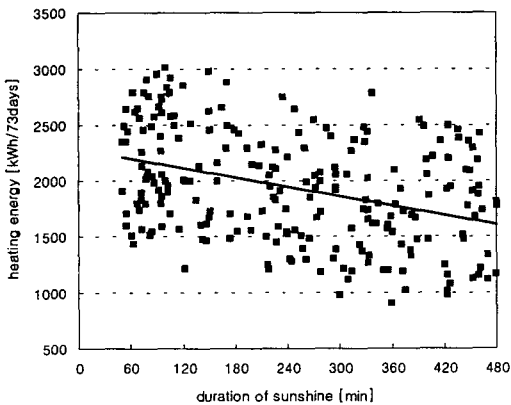


(b) SouthEast



(e) West

Fig. 4 Scatter plot.



(c) SouthWest

조시간이 30~90분인 세대들의 난방에너지 소비량 평균값이 2164kWh/73일인데 비해 일조시간이 420~480분인 세대들의 난방에너지 소비량은 1535kWh/73일로 약 41%의 차이를 보이고 있다. 즉, 거주자 성향에 따른 편차를 감안한다 하더라도 일조환경에 따른 난방에너지 소비량의 차등은 발생하고 있는 것이다.

Table 6은 일조시간을 독립변수(X), 난방에너지 소비량을 종속변수(Y)로 두고 단순회귀분석을 실시하여 일조시간으로 난방에너지 소비량을 예측할 수 있는 회귀방정식을 도출한 결과이다. Fig. 4의 직선이 이 회귀방정식의 그래프로 여기에서 도출된 값으로 평균적인 사용량을 보이는 세대들의 일조시간에 따른 난방에너지 소비량의

Table 6 The results of statistical analysis

Orientaion	Regression equation	Correlation coefficient
S	Y=2295-1.76X	-0.395
SE	Y=2389-1.62X	-0.307
SW	Y=2280-1.40X	-0.375
E	Y=2416-1.80X	-0.328
W	Y=2376-1.99X	-0.381

Table 7 The percentage of heating energy by duration of sunshine

Hours [min] Orientaion	Duration of sunshine [min]								
	0	60	120	180	240	300	360	420	480
S	158	151	144	136	129	122	115	107	100
SE	140	134	128	123	117	111	106	100	-
SW	136	131	126	121	116	110	105	100	-
E	129	123	117	112	106	100	-	-	-
W	133	127	120	113	107	100	-	-	-

* () : duration of sunshine [min].

Table 8 The percentage of increase of heating energy by sunshine

Sunshine Orientation	Sunshine		
	Max.	Mid.	Min.
S	100 (480)*	129 (240)	158 (0)
SW	112 (420)	132 (210)	157 (0)
SE	118 (420)	141 (210)	165 (0)
W	123 (300)	143 (150)	164 (0)
E	129 (300)	148 (150)	167 (0)

변화를 볼 수 있다.

방위별 회귀식을 이용하여 일조시간에 따른 난방에너지 소비량을 산정하여 Table 7에 정리하였다. 이에 따르면 최대일조시간을 갖는 세대에 비해 일조시간이 0분인 세대의 난방에너지 소비량은 남향이 58%, 남동향이 40%, 남서향이 36%,

동향이 29%, 서향이 34% 증가하여 동일 방위더라도 일조시간에 따라 난방에너지 소비량의 차이가 큰 것으로 나타났다.

Table 8은 일조환경이 가장 양호한 남향(일조시간 480분)세대를 기준으로 기타 조건에서의 난방에너지 소비량을 백분율로 나타낸 것이다. 이때, 일조시간은 각 방위에서 취할 수 있는 최대값, 중간값, 최소값으로 구분하였다.(남서, 남동향의 최대일조시간은 435분이지만 계산의 편의를 위해 420분으로 하였다.)

본 연구에 의하면 일조환경이 가장 양호한 남향(일조시간 480분)세대의 난방에너지 소비량이 100일 때, 일조환경이 가장 열악한 동향(일조시간 0분) 세대의 난방에너지 소비량은 167로 일조환경에 따라 난방에너지 소비량은 최대 67%까지 차이가 나는 것으로 분석되었다.

또한, 각 방위별로 최대일조시간을 갖는 세대를 비교하면 남향이 100일 때, 남서향이 112, 남동향이 118, 서향이 123, 동향이 129로 나타나 방위별로도 최대 29%까지 차이가 나고 있다. 여기에서 남서향과 서향이 각각 남동향과 동향보다 더 유리한 것으로 나타났고 이는 실제 난방이 이루어지는 저녁시간대에 가깝게 일사를 취득함으로써 난방에너지를 절약할 수 있었기 때문인 것으로 해석된다.

6. 결론

부산시 해운대 신시가지 소재 20평형 아파트 1300여 세대를 대상으로 난방에너지 소비량을 조사한 후 분석대상 842세대의 일조시간을 산정하여 일조가 난방에너지 소비량에 미치는 영향을 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 일조시간에 따른 난방에너지 소비량 분석 결과 일조환경이 가장 양호한 세대(남향, 일조시간 480분)에 비해 일조환경이 가장 열악한 세대(동향, 일조시간 0분)의 난방에너지 소비량이 67%까지 증가하는 것으로 나타났다.

(2) 겨울철 난방에너지 절감 측면에서 방위 배치는 남향, 남서향, 남동향, 서향, 동향의 순으로 유리하게 나타났다.

(3) 같은 방위더라도 일조시간에 따라 남향은 58%, 남동향은 40%, 남서향은 36%, 동향은 29%, 서향은 34%까지 난방에너지 소비량의 차이가 발

생하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 제한된 지역에서 20평형대만을 대상으로 일조시간과 난방에너지 소비량의 관계를 분석하여 결과치를 일반화로 적용하기는 어렵지만 다양한 일조환경에 따른 난방에너지 소비 경향을 분석하는데는 유용할 것으로 기대한다.

향후 다양한 평형을 대상으로 일사량 데이터를 산정하여 각 세대별 일사량과 일조시간, 난방에너지 소비량 세 가지 요소에 대한 종합적 관계 분석이 요구된다.

참고문헌

1. Duffie, J.A. and Beckman, W.A., 1991, Solar engineering of thermal processes, 2nd ed., Wiley, pp. 3-102.
2. Kreider, J.F. and Ari Rabl, 1994, Heating and cooling of building, McGraw-Hill, pp. 246-250.
3. Yoo, H.S., Hyun, S.K. and Hong, H.K., 2002, Effects of various factors on the energy consumption of Korean-style apartment houses, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 14, No. 11, pp. 972-980.
4. Jung, D.W., Choi, C.H. and Lee, H.W., 2003, A study on the optical distance and heating energy with relation to site planning of apartment building, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 23, No. 4, pp. 97-107.
5. Kang, J.S., Lee, S.E., Ahn, T.K., 1995, A study on characteristics of energy consumption in apartment buildings, Journal of AIK, Vol. 11, No. 7, pp. 139-149.
6. Kwak, H.C., Park, C.S. and Lee, K.H., 2000, A theoretical study on estimating heating load of apartment houses, Proceeding of AIK-PK, Vol. 7, No. 2, pp. 417-422.