

자연채광 이용에 따른 조명에너지 예측방법에 관한 연구

정유근 · 김정태

경희대학교, 건축공학과*

A Study on Lighting Energy Prediction by Using Daylight during Daytime

Chung, Yu Gun · Kim, Jeong Tai

Dept. of Architectural Engineering, Kyung Hee Univ.

요 약

주된 사용시간이 주간인 사무소 건물에서 주광의 이용에 따른 연간 에너지 절약효과는 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 더우기 주광의 효과적인 이용은 작업자의 쾌적감과 만족감을 증가시키면서 부수적으로 작업성능 또한 향상시킬 수 있다.

주광의 이용여부는 건축설계의 기본요소들이 검토되는 초기설계단계에서 검토되어야 한다. 따라서, 본 연구는 초기설계단계에서 주광의 이용에 따른 연간 조명에너지 절약률을 예측할 수 있는 평가도구를 개발하는데 연구목적이 있다.

이러한 평가도구로서 본 연구에서 개발한 노모그래프는 편측창 모델사무실을 대상으로 인공조명기구의 소등률과 조절방식에 따라 연간 조명에너지량을 예측할 수 있다. 이 노모그래프는 디자인 초기단계에서 유용한 자연채광 설계도구로서 이용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

Lighting is one of the largest energy consumption in commercial building. For saving such lighting energy, integrated lighting system with daylight and artificial lighting has been suggested. In such system, perimeter zone can be illuminated by daylighting and the deep area of room by artificial lighting.

So, the study aimed to develop lighting energy prediction nomograph by turning-off depth and lighting control systems during daytime. For the purpose, energy nomograph has been developed to apply to side-lit office building and the use and limitation of the nomograph has been discussed.

1. 서 론

주광을 효과적으로 설계하면 실내 작업자의 쾌적감과 만족감을 증가시키면서 부수적으로 작업성능을 향상시키고, 또한 에너지비용도 상대적으로 감소시킬 수 있다. 이때, 주광조도만으로 쾌적한 시환경을 제공할 수 없는 실내부는 인공조명으로 보조함으로써 실내 전반에 쾌적한 시환경을 창조할 수 있다. 주간에 주광을 이용함으로써 얻게 되는 주된 장점은 실내 시환경의 향상, 조명에너지량의 절약, 냉난방부하의 절감 및 최대 냉난방부하의 감소 등을 들 수 있다.

본래, 사무소 건물에서의 주광의 이용개념은 실내의 주광원으로서 주광을 이용하고 인공광을 보조광원으로서 사용한다는 가정하에 이루어졌다(BRS, 1960). 즉, 창주변부는 주광을 이용하고 자연채광만으로 쾌적한 시환경을 제공할 수 없는 실내부는 인공조명으로서 보조한다는 개념이었다. 그러나, 오늘날에는 사무소 건물의 실깊이의 증가와 특히, 실 소요조도의 증가로 인해 창주변 또한 일정시간 동안 주광에 보조적으로 인공광을 사용한다는 개념으로 확장되게 되었다(Ne'eman, 1984).

주광의 이용여부는 건물의 기본적인 요소들이 검토되는 초기 설계단계에서 검토되어야만 한다. 이를 위해서는, 여러 주광요소들을 신속

하고 정확하게 평가하여, 주광의 이용에 따른 인공조명의 조절방식과 경제적 효과를 예측할 수 있는 효과적인 평가도구로서 노모그래프가 제안되고 있다. 특히, 노모그래프는 그 단순한 형태와 이용상의 편리함에 따라 자연채광의 다양한 효과를 신속하게 검토할 수 있는 매우 유용한 도구로서 인식되어 여러가지가 개발되었다(Selkowitz, 1984 : Alvin, 1984).

그러나, 이러한 노모그래프는 우리와는 다른 기후조건아래에서 이루어졌으며 특히, 창주변부에 있어서 일정시간 동안 보조광원으로서 인공조명의 사용에 대한 주광성능의 평가를 고려하지 않았다. 이에 본 연구에서는 편측창 모델 사무실을 설정하고, 기존에 연구된 서울지방의 외부기상자료를 이용하여, 주간의 인공조명기구의 소등률에 따라 창주변부에서 적절한 인공조명 조절방식을 결정하고, 그후 연간 채광에너지 절약률을 예측할 수 있는 노모그래프를 개발하는데 연구목적이 있다.

연구의 진행은 해석적 접근방법에 따라 진행되었고, 주광해석 이론을 근거로 소등률에 따른 최적 소등깊이와 에너지량 평가에 관한 이론식(Robbins, 1986)을 이용하여 적절한 인공조명 조절방식과 연간 조명에너지 사용량을 예측할 수 있는 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램을 실행시킨 결과를 이용하여 주광의 이용에 따른 연간 조명에너지 절약률

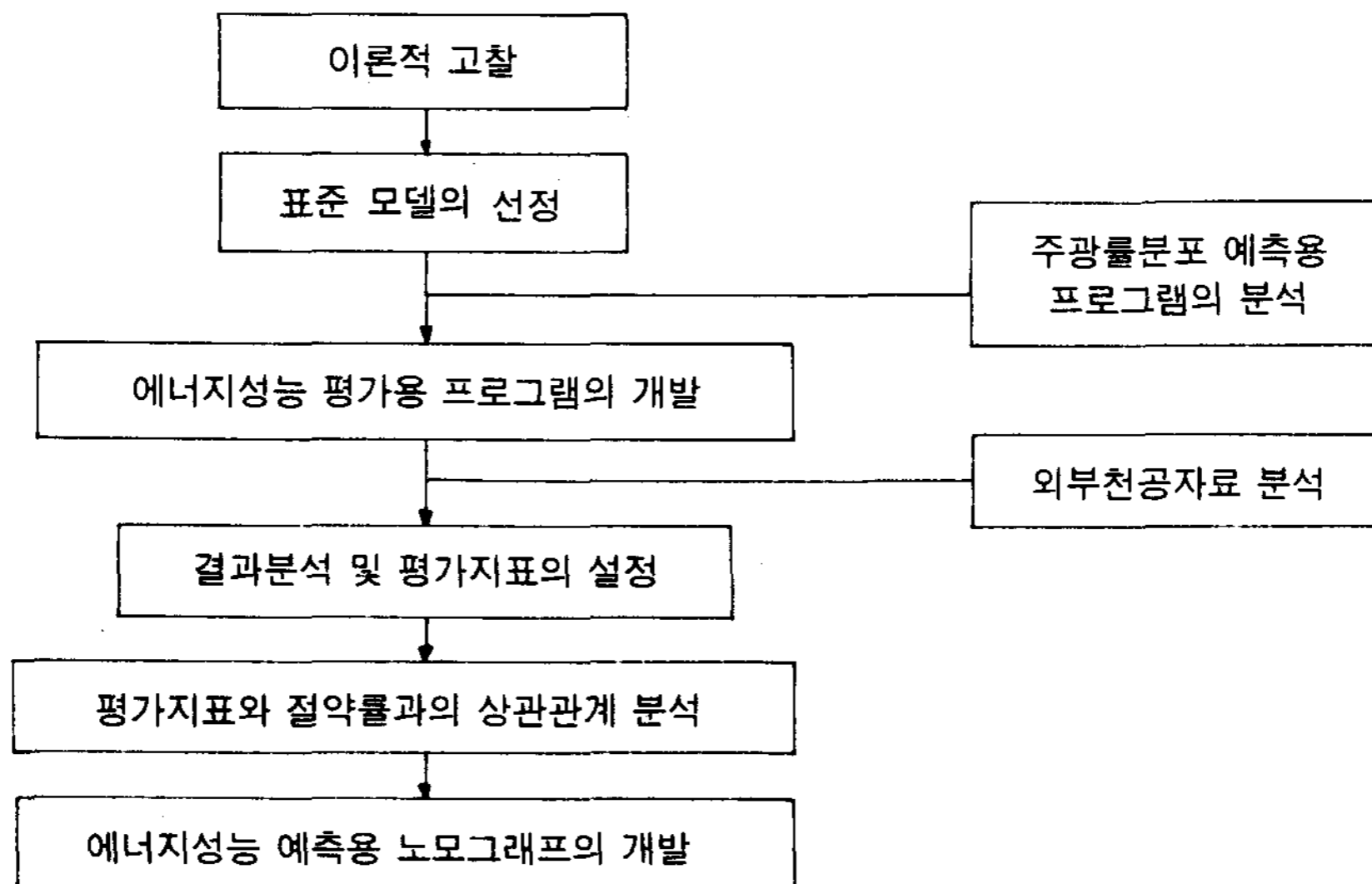


그림1 연구의 흐름도

예측용 노모그래프를 개발하였다. 이 노모그래프는 실의 크기가 한정되어 있고 외부방해물이 심한 건물에서는 사용하기 어려운 제한점이 있으나, 편측창 사무실에서 주광의 이용에 따른 연간 조명에너지의 절약률은 간단히 평가할 수 있는 유용한 도구라 할 수 있다.

2. 자연채광 이용에 따른 조명에너지 평가방법

2.1 주간의 인공조명 조절방식

2.1.1 점멸조절방식(on/off switching)

점멸조절방식은 주광조도가 실 소요조도를 하루중 대부분 제공할 수 있고, 재실자가 실내 조도의 갑작스런 변동을 꺼리지 않는 경우에 사용할 수 있다.

점멸조절방식은 램프가 모두 소등되거나 점등되는 사이에 중간단계가 존재하지 않기 때문에 인공조명으로서 주광을 보조할 수 없다. 그러므로, 점멸조절방식에서는 실전체조도가 소요조도이상인 되어 실제적인 채광량이 크게 초과하게 된다. 즉, 채광에너지의 절약이라는 측면에서, 점멸조절방식은 실내 주광이용률이 70%이상되는 곳에서 적합하며 그외에는 다단계 또는 연속조절방식을 이용하는 것이 바람직하다.

2.2.2 다단계 조절방식(multi-step switching)

다단계 조절방식은 점멸방식과는 달리 주광에 인공광을 보조적으로 사용할 수 있다. 다단계 조절방식의 선택에 있어서는 재실자에게 시각적 불쾌감을 주지 않는 범위에서 실내조도가 변하도록하여야 한다. 보통, 인간은 50lux 정도의 조도변화는 지각하지 못하며, 50lux이상, 200lux이하의 조도변화는 지각하나 불쾌감을 느끼지는 못한다. 그러나 200lux이상의 조도변화는 재실자에게 불쾌감을 주어 쾌적한 시각환경이 되지 못하므로 이범위 이하에서 조도가 변하도록 조명기구를 조절하여야 한다.

2.2.3 연속조절방식(continuous dimming)

연속조절방식은 다단계 조절방식에 비해 다음과 같은 두가지 장점을 지닌다. 첫째, 실내 인공조명이 주광조도에 반응하여 변하기 때문에 실의 전체조도가 소요조도와 매우 근접하게

나 갈아질 수 있다. 둘째, 초과조도가 작음으로 채광에너지 사용량이 최소가 되고, 그로 인한 채광발열 또한 최소가 되기 때문에 채광 및 최대 냉방부하가 감소하게 된다. 그러나 소등장치가 없는 단순한 연속조절장치를 주광조도가 소요조도 보다 큰 시간이 많은 실에서 사용한다면 실 전체조도는 다단계 조절방식 보다 오히려 높아질 수도 있다.

2.2 연간 주간의 조명에너지량 평가방법

2.2.1 주광률의 계산

주광률(DF)이란 천공조도(E_o)에 대한 주광조도(I_t)의 백분율로 정의되며, 실내의 주광 특성을 설명하기 위해 주로 이용된다.

$$DF = I_t / E_o \times 100(\%) \quad (1)$$

위 식에서, 주광조도는 천공광으로 부터 직접 수조점에 도달하는 직달주광조도(I_d)와 외부방해물 또는 실내 표면에 반사되어 수조점에 도달하는 외부반사 주광조도(I_{ex})와 실내반사 주광조도(I_{in})의 합으로 구성된다. 그러므로 (식 1)은 :

$$DF = (I_d + I_{ex} + I_{in}) / E_o \times 100(\%) \\ = SC + ERC + IRC \quad (2)$$

여기에서, SC=천공성분(Sky Component, %)

ERC=외부반사성분 (Externally Reflected Component, %)

IRC=실내반사성분(Internally Reflected Component, %)

2.2.2 조명동력량의 계산

조명동력량(lighting power budget; $P_r, w/h$)이란 단위시간당 인공조명의 에너지사용량을 말하며, 일정작업시간 동안의 인공조명 에너지사용량을 예측하기 위하여 사용된다. 각 실에서의 조명동력량은 다음과 같다.

$$P_r = A \times UPD \times RF \times SUF(w/h) \quad (3)$$

여기서, A=실 면적,

RF(Room Factor)=실지수,

UPD=건물의 용도와 작업형태에 따른 실의 기본적인 단위동력밀도 (w/m^2)

SUF(Space Utilization Factor)=실 사용률

실이 작업형태가 다른 여러가지 채광영역으

표1 작업형태에 따른 단위동력밀도

작업영역	단위용역밀도(W/m ²)
회계·계산	25.83
제도·설계	37.67
인쇄	6.46
사무기기의 작동	
컴퓨터	14.00
복사기	6.46
일반사무	18.30

표3 실지수(Robbins, 1986)

실면적	2.4	2.6	2.7	3.0	3.3	3.6	4.2	4.9	5.5	6.1
4.6	2.00									
5.5	1.90	2.00								
6.4	1.80	1.92	2.00							
7.4	1.72	1.82	1.94							
8.3	1.66	1.75	1.85	2.00						
9.2	1.61	1.69	1.79	1.98						
10	1.56	1.64	1.73	1.91						
11	1.53	1.60	1.68	1.85	2.00					
11.9	1.50	1.57	1.64	1.80	1.97					
12.8	1.47	1.54	1.61	1.76	1.92					
13.8	1.44	1.51	1.57	1.72	1.87	2.00				
14.7	1.42	1.48	1.55	1.68	1.83	1.99				
15.6	1.40	1.46	1.52	1.65	1.79	1.94				
16.6	1.39	1.44	1.50	1.62	1.75	1.90				
17.5	1.37	1.42	1.48	1.60	1.72	1.86				
18.4	1.36	1.42	1.46	1.57	1.70	1.83				
20.2	1.33	1.38	1.43	1.53	1.65	1.77	2.00			
22.1	1.31	1.35	1.40	1.50	1.60	1.72	1.97			
23.9	1.29	1.33	1.38	1.47	1.57	1.67	1.91			
25.9	1.27	1.31	1.36	1.44	1.54	1.64	1.86			
27.6	1.26	1.30	1.34	1.42	1.51	1.60	1.81	2.00		
32.2	1.23	1.26	1.30	1.37	1.45	1.54	1.72	1.93		
36.8	1.20	1.23	1.27	1.34	1.41	1.48	1.65	1.83	2.00	
41.4	1.18	1.21	1.24	1.31	1.37	1.44	1.59	1.76	1.94	
46	1.17	1.19	1.22	1.28	1.34	1.41	1.55	1.70	1.87	2.00
50.6	1.15	1.18	1.21	1.26	1.32	1.38	1.51	1.65	1.81	1.98
55.2	1.14	1.10	1.12	1.16	1.19	1.24	1.32	1.41	1.51	1.61
64.4	1.12	1.14	1.17	1.21	1.26	1.31	1.42	1.54	1.67	1.81
73.6	1.10	1.13	1.15	1.19	1.24	1.28	1.38	1.49	1.60	1.73
82.8	1.09	1.11	1.13	1.17	1.21	1.26	1.35	1.45	1.55	1.66
92	1.08	1.10	1.12	1.16	1.19	1.24	1.32	1.41	1.51	1.61
138	1.05	1.06	1.07	1.10	1.13	1.17	1.23	1.30	1.37	1.45
184	1.02	1.04	1.05	1.07	1.10	1.17	1.18	1.24	1.30	1.35
230	1.01	1.02	1.03	1.05	1.08	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30
276	1.00	1.01	1.02	1.04	1.06	1.08	1.12	1.17	1.21	1.26
368		1.00	1.00	1.02	1.04	1.05	1.09	1.13	1.17	1.20
460				1.01	1.02	1.04	1.07	1.10	1.13	1.17
552				1.00	1.01	1.01	1.05	1.08	1.11	1.14
644					1.00	1.01	1.04	1.07	1.09	1.12
736						1.01	1.03	1.06	1.08	1.11
828							1.20	1.04	1.06	1.08
920								1.00	1.04	1.06
1840									1.00	1.03
2760										1.00

로 구성된 경우, 실의 동력밀도는 각각의 채광 영역의 동력밀도를 가중평균한 단위동력밀도가 된다. 가중평균한 단위동력밀도(UPDw)는 다음과 같다.

표2 실 사용률(Robbins, 1986)

작업영역/실면적	SUF
>0.50	1.00
<0.50	0.85
<0.40	0.70
<0.30	0.55
<0.20	0.50

$$UPDw = [(UPDt_1 \times N_1) + (UPDt_2 \times N_2) + \dots + (UPDt_n \times N_n)] / (N_1 + N_2 + \dots + N_n) \quad (4)$$

여기서, UPDt = 주어진 채광영역에서의 단위 동력밀도

Nn = 작업형태가 같은 작업의 수

실지수 RF는 조명효율에 대해 실 형태가 미치는 영향으로, 1.0에서 2.0사이의 값을 지니며 실의 바닥면적과 천정높이와의 관계에 의해 결정된다. 실이용률 SUF는 실면적에 대한 작업면적의 비율에 따라 결정되는 값으로, 0.4에서 1.0사이의 값을 지닌다.

조명동력량은 단위시간에 대한 에너지 사용량이므로, 에너지사용량(Q(n))은 다음과 같다.

$$Q(n) = Pr \times h, \text{ 여기서 } h = \text{인공조명의 점등시간.}$$

2.2.3 주광이용률의 계산

주광이용률(DUF)은 전체 작업시간에 대해 주광이 인공조명을 대신하거나 보조할 수 있는 시간의 비율을 말하며, 인공조명 조절방식에 따른 채광성능을 분석하고 각각의 조절방식에서의 에너지사용량을 예측하기 위하여 사용된다.

연간 주광이용률의 계산을 위해서, 먼저 임계외부조도를 구하여야 한다. 임계외부조도(Et)란 주광조도가 실 소요조도를 충족시킬 수 있는 최초의 외부조도를 말한다. 즉 주광이 인공광을 대신 또는 보조하기 위해 필요한 최소의 외부조도이다. 임계외부조도는 실 소요조도(Ed)와 채광영역의 평균주광률(DF)에 따라 변한다.

연간 주광이용률 계산에 쓰이는 임계외부조도값은 각각의 조절방식에 따라 보정되어야 한다. 각각의 조절방식에 따른 임계외부조도값의

표4 임계외부조도값의 변화

	단계1	단계2	단계3	단계4	단계5
점 별	>Et <Et				
3단계	>Et >0.50Et <0.50Et				
4단계	>Et >0.66Et >0.34Et <0.34Et				
5단계	>Et >0.75Et >0.50Et >0.25Et <0.25Et				
연 속	>Et >PE×Et <PE×Et				

변환은(표 4)와 같다.

연간 주광이용률은 청천공과 담천공의 지상 자료에 따라 각각 다르게 계산된다. 연간 주광 이용률값의 계산은 다음과 같다.

$$(Et < Eco \text{ 일 때}); \quad DUF = D_{max} \times \{1 + [2Et/Eco \times (Eco - 2 \times (E_{max}))]\} \quad (5)$$

$$(Et > Eco \text{ 일 때}); \quad DUF = [(2 \times D_{max}) / (Eco - 2E_{max})] \times (Et - E_{max}) \quad (6)$$

여기서, E_{max} = 표준작업년중 최대 외부수평 면조도

D_{max} = 표준작업년중 주광이용률의 최대값

Eco = 조명기구의 최소조도와 같은 조도레벨을 제공할 수 있는 외부조도

E_{max} 값은 주광조도가 소요조도를 제공할 수 있는가를 검토하기 위해 쓰일 수 있다. 만일 $Et > E_{max}$ 가 되면 주광조도는 결코 표준작업년 동안 소요조도 이상이 되지 않는다. 다단계 또는 연속조광방식에서 S 단계의 $Et > E_{max}$ 이고 S+1 단계의 $Et < E_{max}$ 이면 S 단계의 DUF 값은 $DUF = D_{ufs} (E_{max}/Et)$ 으로 보정된다.

청천공에서의 주광이용률(DUF_c)과 담천공에서의 주광이용률(DUF_o)을 가중평균한 주광이용률(DUF_w)이 각각의 조절방식에 따른 에너지사용량을 계산하기 위해 사용한다.

$$DUF_w = (DUF_c \times \sigma) + [DUF_o \times \delta] \quad (7)$$

여기서, σ = 청천공의 비율

δ = 담천공의 비율

2.2.4 주광의 이용에 따른 주간의 조명에너지량 예측

자연채광을 이용하는 경우, 앞에서 계산된

조명동력량(Pr)은 소등률에 따른 소등범위와 각각의 조절방식의 주광이용률에 따라 수정된다.

$$Pr(d) = \Sigma(A')(UPD)(e)(RF)(SUF)(\Delta DUF) \quad (8)$$

여기서, $Pr(d)$ = 자연채광을 이용할 때의 조명동력량

e = 임의의 조절단계에 있어서의 단위동력밀도의 감소치

ΔDUF = 조절단계사이의 주광이용률값의 차

A' = 보정된 인공조명의 점등면적

$$A' = B \{ (D-d) + (d \times (1-\alpha)) \}$$

* B = 실폭, D = 실깊이,

d = 소등깊이, α = 소등률

표5 단위동력밀도의 감소치

	단계1	단계2	단계3	단계4	단계5
점 별	0	1.0			
3단계	0	0.50	1.0		
4단계	0	0.34	0.66	1.0	
5단계	0	0.25	0.55	0.75	1.0
연 속	0	PP	1.0		
연속+소등	PP	PP	1.0		

PP = 최소동력률

일정작업시간 동안 자연채광을 이용하는 경우의 주간의 조명에너지사용량($Q(d)$)은 다음과 같다.

$$(Q(d)) = Pr(d) \times h' \quad (9)$$

여기서, h' = 보정된 인공조명의 점등시간

$$(h' = A'/A \times h)$$

자연채광을 이용하는 경우, 절약되는 인공조명 에너지량은 $\Delta Q = Q(n) - Q(d)$, 인공조명 에너지의 절약률(ϕ)은 $\phi = \Delta Q / Q(n)$ 이 된다.

3. 주간의 조명에너지량 예측용 노모그래프의 개발

3.1 조명에너지량 예측용 프로그램의 구성

본 프로그램은 인공조명 에너지절약을 예측용 노모그래프 작성시 필요한 자료를 얻기 위

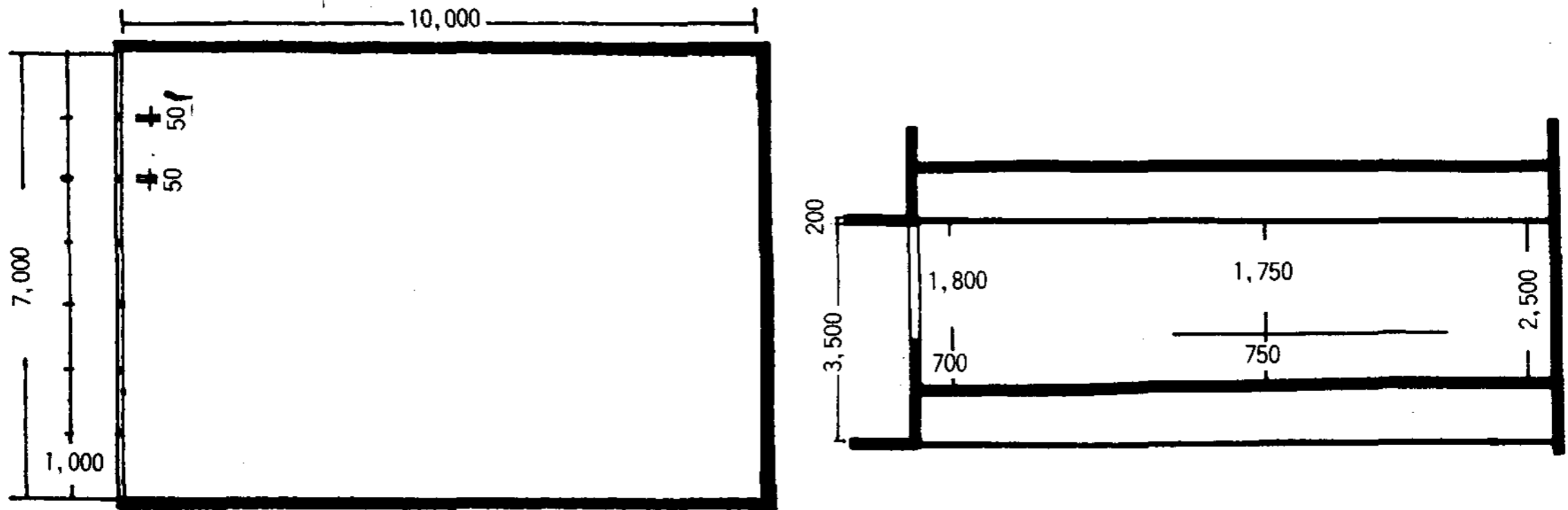


그림2 설정된 편측창 표준사무실

표6 실관련자료

	천	장	벽	바	닥	유	리
유지율	0.90		0.85	0.70		0.83	
반사율	0.80		0.80	0.20		0.17	
실깊이(L) X실폭(W)	동력밀도 (UPD)	실지수 (RF)	실사용률 (SUF)	작업시간 (0900-1700)			
10(m)X7(m)	18.3(W/m ²)	1.11	1.00	2200(h/year)			
	확산전달율	직달전달율	유효창면적	개구율			
유리	0.83	0.91	0.85	0.95			

표7 외부기상자료

실소요조도	최대수평면조도 (E _{max})	주광이용률의 최대값(D _{max})	Eco
300, 500, 750, 1,000(lux)	35,000(lux)	0.95	1,875(lux)

하여 개발되었다. 이를 위하여 앞절에서 기술한 이론식을 GWBASIC V 3.3을 이용하여 전산화하였고, 실내 채광영역의 평균 주광률 계산에는 진재용(1990)에 의해 개발된 주광률 분포 예측시뮬레이션을 참고하였다. 본 프로그램은 주실행 프로그램과 6개의 부프로그램으로 구성된다.

프로그램의 개발을 위하여 편측창 표준 사무실을 설정하는데 건축적인 제원은 (그림 2)와 같다. 이때, Ne'eman(1984)에 의해 제안된 통합채광 시스템에서의 창설계를 참고 하였다.

입력자료는 크게 실관련자료와 외부기상자료

로 구분되며 각각(표 6)과 (표 7)에 나타내었다. 이때, 외부기상자료로는 홍봉재등(1989)의 연구에서 제시된 서울지방의 천공조도(최대외부조도=35,000lux)를 이용하였다. 프로그램의 흐름도는 (그림 3)과 같다.

시뮬레이션의 실행결과 출력되는 자료는 자연채광의 이용여부에 따라 인공조명 조절방식에 따른 조명에너지 사용량 및 절약률이 산출된다. 실을 소등영역과 점등영역으로 구분하는 경우 소등률에 따라 변화하는 각각의 채광영역에서의 조명에너지 절약률과 이를 채광면적에 따라 보정한 실 전체의 조명에너지 절약률을 산출할 수 있다.

3.2 조명에너지량 예측용 노모그래프의 개발

주광을 실내 조명원으로서 사용할 때, 실을 소등영역과 점등영역으로 구분하는 경우 각각의 채광면적은 소등률에 따라 변화하게 된다. 임의의 소요조도에서 소등율과 소등깊이의 관계는(그림 4)와 같다.

노모그래프의 개발을 위해, 약5,000여회의 시뮬레이션 실행결과를 SPSS/PC⁺를 이용하여 변수들간의 상관계수를 분석하고, 그후 서로 상관관계가 높고 에너지절약률과 관계가 깊은 3쌍의 주요 변인을 다음과 같이 추출하였다.

- ① 채광영역의 평균 주광률과 임계외부조도
- ② 임계외부조도와 주광이용률
- ③ 주광이용률과 절약률

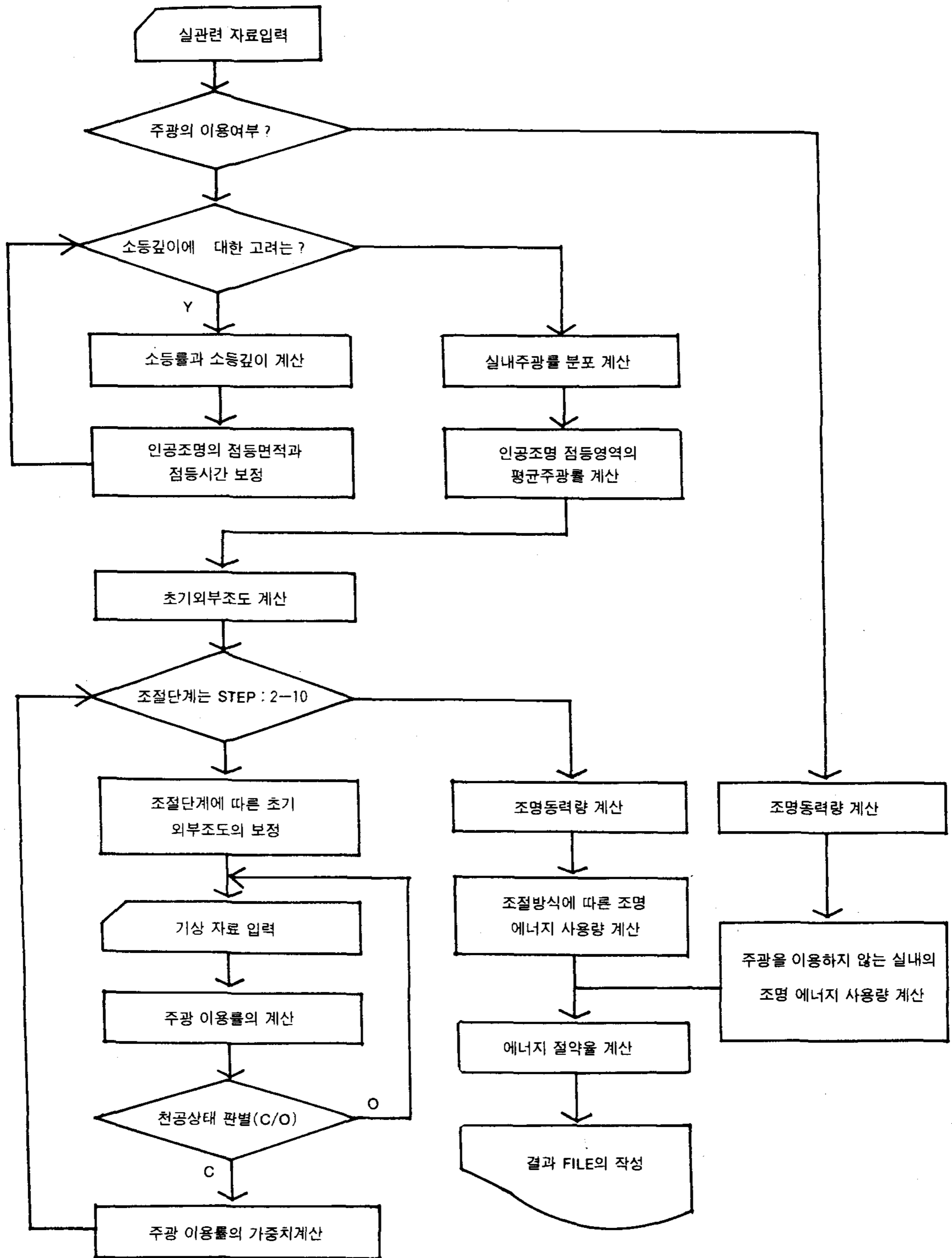


그림3 프로그램의 흐름도

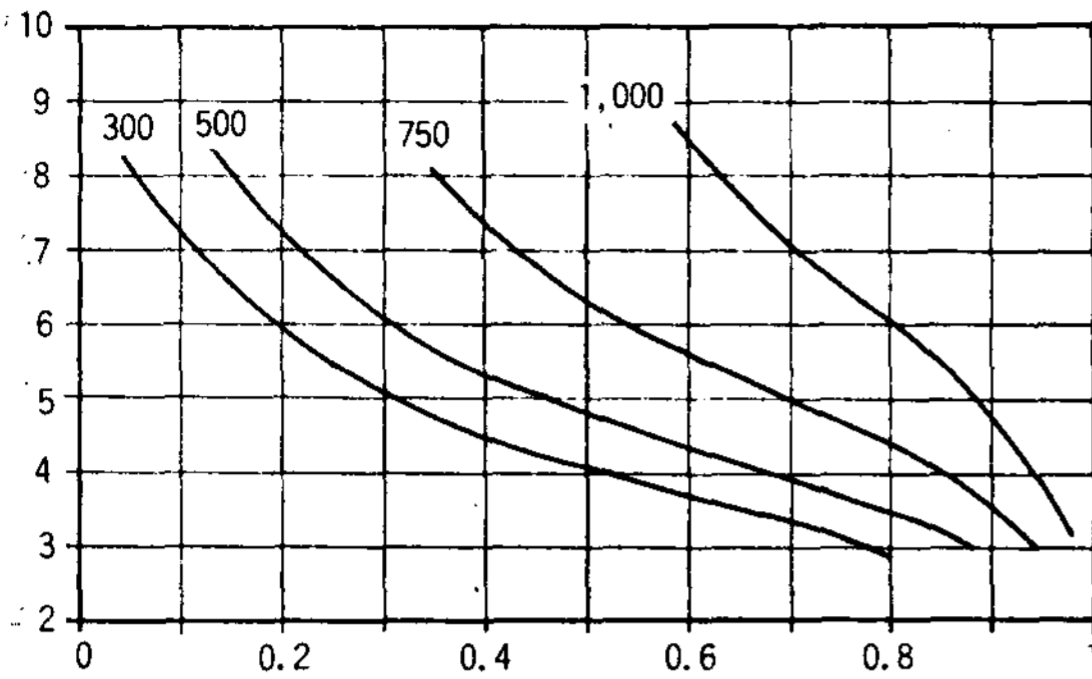


그림4 소등률과 소등깊이의 관계

노모그래프는 소요조도에 따라 4개의 그룹으로 구성되며, 각각의 그룹은 소등률의 변화에 따라 4개의 노모그래프로 이루어졌다. (표8)은 노모그래프의 구성을 나타낸다. 채광영역을 구분시, 각각의 채광면적에 따라 절약을 보정하였다.

표8 노모그래프의 구성

노모그래프	실 소요조도	소 등 률(%)	
A	300lux	A I	0
		A II	60(%)
		A III	70(%)
		A IV	80(%)
B	500lux	B I	0
		B II	60(%)
		B III	70(%)
		B IV	80(%)
C	750lux	C I	0
		C II	60(%)
		C III	70(%)
		C IV	80(%)
D	1,000lux	D I	0
		D II	60(%)
		D III	70(%)
		D IV	80(%)

3.3 조명에너지량 예측용 노모그래프의 사용 방법

(그림5)는 실 소요조도 750lux에서 실전체를 하나의 채광영역으로 설정한 경우 (소등률=

0), 그리고 (그림6)은 소등률을 60%로 가정한 경우의 소등영역과 점등영역 각각의 인공조명 조절방식에 따른 연간 조명에너지 절약률의 예측을 위한 노모그래프를 나타낸다(사용법은 파선으로 표시).

1. 사용법 I (그림5)

- ① 채광영역의 평균 주광률을 산정하고 조절방식을 가정한(3단계).
- ② 임계외부조도(I_{et})를 구한다(18,000lux).
- ③ 연간작업시간(09:00-17:00)에서 주광이용률을 구한다(48%).
- ④ 절약률을 구한다(24%).

2. 사용법 II (그림6)

- ①-④까지 사용법은 I과 같다.
- ⑤ 점등영역은 왼쪽, 소등영역은 오른쪽 그래프에서 절약률을 구한다.
- ⑥ 소등영역에서의 절약률은 88%로 면적에 따라 보정된 절약률은 38%가 된다.
- ⑦ 점등영역의 절약률은 22%로 면적에 따라 보정된 절약률은 15%가 된다.
- ⑧ 실 전체의 절약률은 ⑦과 ⑧의 보정된 절약률을 합한 값, 53%가 된다.

3.4 본 노모그래프의 제한점

본 연구에서 개발한 조명에너지 절약률 예측용 노모그래프의 제한점은 다음과 같다.

- ① 본 계산도표에서 사용한 외부조도는 전천공조도(최대외부조도: 35,000lux)를 이용하였다. 그러므로 계산도표의 이용시 이 전천공 조도값을 사용하여야 한다.
- ② 채광영역의 평균 주광률 계산을 위해 별도의 주광률예측방법이 필요하다.
- ③ 소등률이 그래프에 해당하지 않는 경우, 보간법을 통해 보정해야 한다.
- ④ 차양 및 외부 방해물의 영향을 고려하지 않았기 때문에 외부 방해물이 심한 건물에서는 별도의 보정이 필요하다.
- ⑤ 전면유리를 사용하고 실 깊이가 얇은 편측창 사무실에서 이용가능하다. 실 깊이가 깊어 여러개의 채광영역으로 구분이 필요한 경우 별도의 보정이 필요하다.

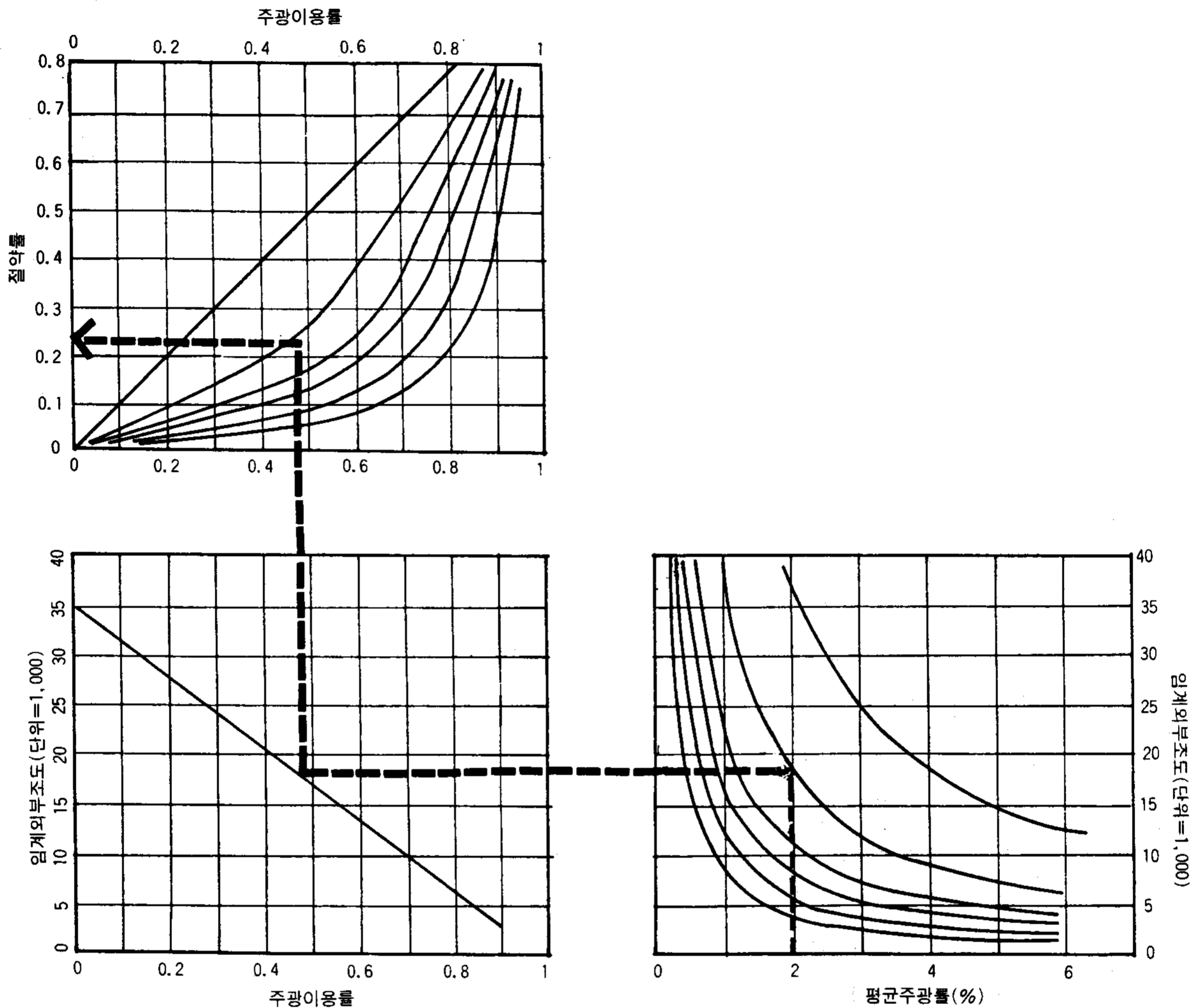


그림5 노모그래프(소요조도 750lux, 소등률=0)

4. 결 론

본 연구에서는 편측창 사무실을 대상으로 주광과 인공광의 통합에 따른 주간의 연간 조명 에너지 절약률을 인공조명기구의 소등률과 조절방식에 따라 예측할 수 있는 노모그래프를 개발하였다. 특히, 실이 여러 채광영역을 지닌 경우 각 영역의 면적에 따라 절약률을 보정하여야 하며, 본 연구에서는 인공조명기구의 소등률에 따라 실내를 점등영역과 소등영역으로 구분하고 각각의 면적에 따라 보정된 절약률을 합하여 실 전체의 에너지절약률을 계산하였다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

① 변수간의 상관관계 분석을 통해 임의의

인공조명 조절방식에서의 조명에너지 절약률을 설명하기에 적합한 변인은 평균주광률(DFa), 최소 임계외부조도(I_{et}), 최대 주광이용률로 나타났다.

② 실을 두개의 채광영역으로 나누어 조명설계를 하는 경우, 실 전체를 하나의 채광영역으로 설계하는 것보다 10-35% 정도 조명에너지가 절약되었다.

③ 인공조명 조절방식에 따른 절약률의 변화는 점등영역에서 ON/OFF 조절방식에서 3-step으로 변화할 때 가장 크게 나타나며, 그후 조절단계에 따른 변화폭은 차차 감소하게 된다. 실질적으로 5-step 이상의 조절단계에서 변화폭은 매우 작게 나타나고 있으며, 이는 실

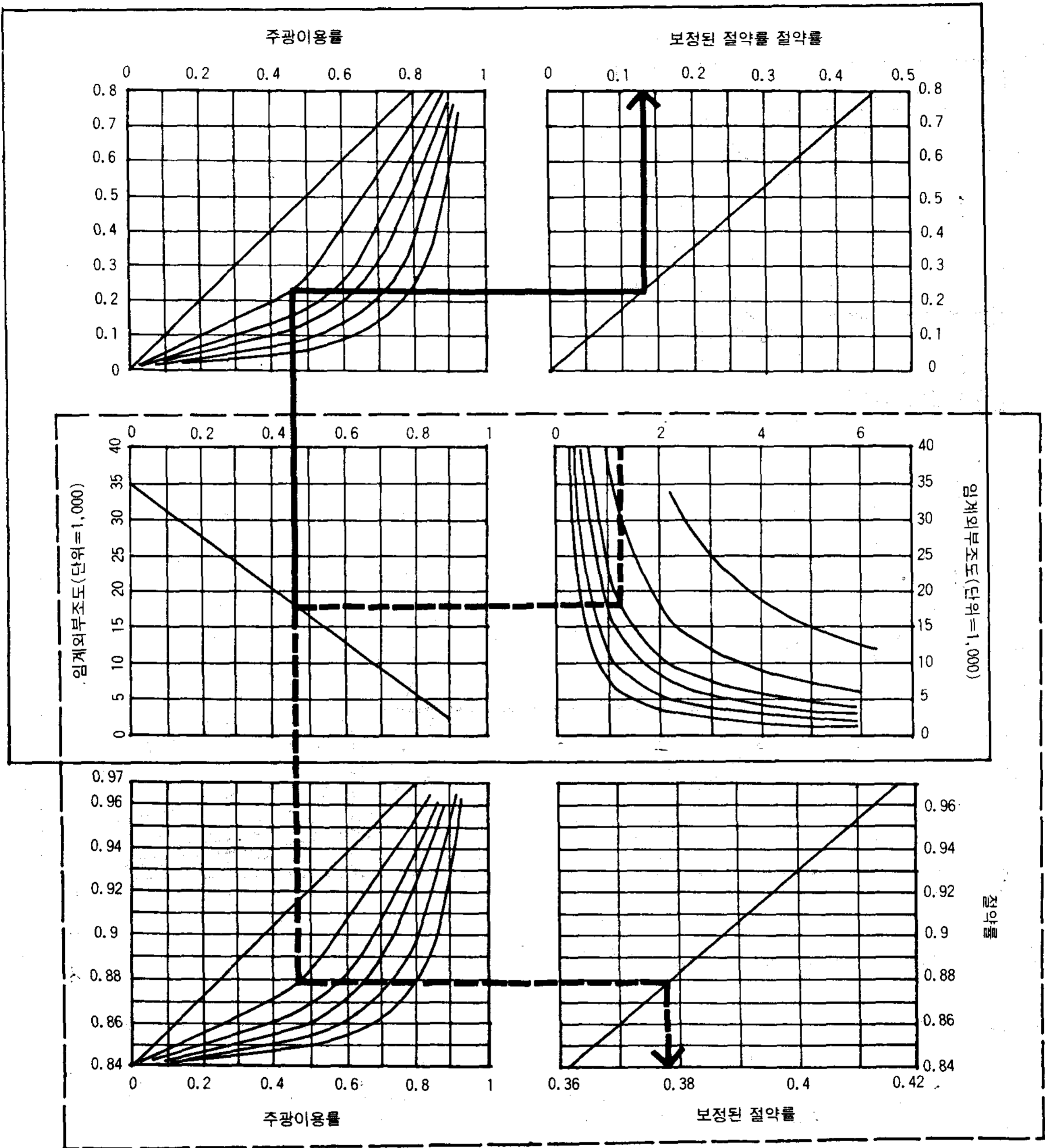


그림6 노모그래프(소요조도 750lux, 소등률= 60%)

정된 채광영역의 크기에 기인하는 것으로 실의 크기가 증가할 경우 그 변화폭 또한 증가할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 동력자원부에서 시행한 대체에너지 기술개발사업의 일환으로서 수행한 “상업용 건물의 자연채광 설계기법 개발에 관한 연구”의 일부로서, 연구비를 보조해준 동력자원부에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김정태, “건축조명(4) : 자연채광 디자인 도구로서의 에너지 노모그래프”, 대한건축사협회지, 제206호, 1986.5.
2. 김정태, “자연채광에 의한 건물의 에너지 절약 기법”, 대한건축학회지, 제40권, 통권 131호 1986.7.
3. 김정태, “에너지절약을 위한 건축물의 자연채광 디자인 방법에 관한 연구(I)”, 한국조명·전기설비학회지, 3권, 2호, pp. 56-82, 1989.6
4. 정유근·김정태, “자연채광 이용에 따른 조명에너지 평가용 노모그래프이 개발에 관한 연구”, 90추계학술발표논문집, 한국조명·전기설비학회, pp.28-34, 1990.11
5. 전재용, “자연채광 디자인을 위한 주광률 분포 평가모델 개발에 관한 연구”, 연세대학교 대학원, 1990.2
6. 홍봉재외, “서울지방의 외부수평면 조도의 특성에 관한 연구”, 대한건축학회추계 학술발표 논문집, 1989.10
7. Alvin, M. Sain, “Energy Nomographs as a Design Tool for Daylighting”, Energy and Building, No. 6, pp.221-228, 1984
8. Kaufman, J.E. & Haynes, H., “IES lighting handbook”, Illuminating Engineer Society, New York, 1981.
9. Matsuura, K. & Tanaka, H., “Optimum Turning-off Depth for Saving Lighting Energy in side-lit Office”, Journal of light & Visual Environment, Vol.3, No.2, 1979.
10. Ne’eman, E., “A comprehensive approach to the integration of daylight and electric light in building”, Energy and Build., No.6, 1984
11. Robbins, C.L., “Daylighting: Design and Analysis”. Van Nostrand Reinhold Company, 1986
12. Robbins, C.L., “A Method for Predicting Energy Savings Attributed to Daylighting”, Solar Energy Research Institute, 1984
13. Sainetal, A.M., “Energy Nomographs as a Design-Tool for Daylighting”. Energy and Building, No.8, 1984
14. Selkowitz, S., et al., “Glazing Energy Performance and Design Optimization with Daylighting”, Energy and Building, No.6, pp.305-317. 1984

ABSTRACTS

SOLAR ENERGY VOL. 11, NO. 2, 1991

Application of the PSTAR Method to a Thermally Massive Passive Solar House**Hong Seok Jeon · Wongee Chun**

Korea Institute of Energy & Resources

ABSTRACT

This paper reports the application of the PSTAR(Primary and Secondary Terms Analysis and Renormalization) method to a thermally massive passive solar house located in Daejeon, Korea. The house has approximately 156m² of living area with 3 bedrooms and a living room, which embodies many passive solar features for energy conservation. The primary concern of this work was to properly evaluate the thermal behavior of a thermally massive building structure using the PSTAR method. Results show close agreements between the measured and renormalized values in most cases in which the simulation results from the audit description of the house deviate somewhat considerably.

A Study on Lighting Energy Prediction by Using Daylight during Daytime**Chung, Yu Gun · Kim, Jeong Tai**

Dept. of Architectural Engineering, Kyung Hee Univ.

ABSTRACT

Lighting is one of the largest energy consumption in commercial building. For saving such lighting energy, integrated lighting system with daylight and artificial lighting has been suggested. In such system, perimeter zone can be illuminated by daylighting and the deep area of room by artificial lighting.

So, the study aimed to develop lighting energy prediction nomograph by turning-off depth and lighting control systems during daytime. For the purpose, energy nomograph has been developed to apply to side-lit office building and the use and limitation of the nomograph has been discussed.

A Study on Characteristics Reflection of Optical Properties for Daylighting Materials in Office Building**Kim, Hway Suh · Seo, Juong Ho***

Dankook University

Graduate School, Dankook University*