

# 실내 주광 활용을 위한 천공 구분 방법 개선에 관한 연구 -서울의 전운량과 측정 일사량의 비교를 통해-

(A Study on the Improvement of Classifying Method of the Sky Conditions for Application of the Daylight at Indoor  
- The Comparison with Cloud Amount and Measured Solar Horizontal Irradiation in Seoul -)

김유신\* · 김현선 · 홍성관 · 박병철 · 최안섭\*\*

(Yu-Sin Kim · Hyun-Sun Kim · Seong-Kwan Hong · Byoung-Chul Park · An-Seop Choi)

## 요 약

천공커버법칙은 기상청에서 제공하는 전운량을 활용하여 천공 상태를 결정할 수 있으며, HCI(Hourly Clearness Index) 방법은 측정된 태양의 수평 일사량을 이용하여 천공 상태를 결정한다. HCI 방법에는 Erbs et al. 방법(1982)과 Orgill and Holland 방법(1977) 등이 있으나, 이와 같은 기존의 방법은 약 30여 년 전에 수립된 것으로 현재의 대기 상황과 다소 다르기 때문에 실제 전운량에 의한 천공 상태와 차이를 보인다. 본 연구의 목적은 HCI에 의한 천공 구분 방법을 개선하고자 하는데 있으며, 이에 기상청 데이터를 이용한 천공커버법칙에 의한 천공상태와 측정된 수평 일사량을 이용한 HCI의 천공상태를 비교·분석하여 기존 HCI 방법의 시간별 보정 방법을 제안하였다. 그 결과, 보정된 HCI 방법이 기존의 HCI 방법에 비해 천공별 유사성이 다소 향상되었다.

## Abstract

Sky cover method can be used to determine sky condition by cloud amount of the Korea Meteorological Administration. And, HCI (Hourly Clearness Index) method is another method determined by measured horizontal global radiation data. The results of the HCI methods of Erbs et al. (1982), Orgill and Hollands (1977) seem to be not good enough because of the air pollution such as smog phenomenon or yellow sand phenomenon and so on. Therefore, HCI should be corrected. The aim of this study is to improve HCI. Therefore, this study is to analyze and compare on the sky conditions from Sky cover method and HCI, and then presents hourly correction factor based on Sky 채팩 method. The results of corrected HCI improved.

Key Words : RCloud Amount, Horizontal Global Radiation, Sky Cover Method, HCI(Hourly Clearness Index)

\* 주저자 : 세종대학교 건축공학과 박사과정

\*\* 교신저자 : 세종대학교 건축공학과 교수

Tel : 02-3408-3761, Fax : 02-3408-4331, E-mail : aschoi@sejong.ac.kr

접수일자 : 2009년 9월 3일, 1차심사 : 2009년 9월 15일, 2차심사 : 2009년 12월 10일, 심사완료 : 2010년 1월 20일

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

지구 온난화로 인한 기후 변화 문제의 심화와 국제 유가의 상승 및 향후 화석에너지의 고갈이 예상됨에 따라 대체에너지 및 에너지 절감시스템에 대한 관심이 증대되고 있다. 이러한 관심의 증대에 따라 다양한 분야에서 에너지 소비를 절감하기 위한 에너지 절감 시스템의 개발 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 에너지의 총 소비량 중 약 40[%]가 건축물에서 소비되고 있으며, 그 중 약 20~30[%]는 조명용 에너지로 소비되고 있다[1]. 이에 따라 건축물 에너지 절감을 위한 노력이 많이 이루어지고 있으며, 특히 조명용 에너지 절감을 위한 조명제어시스템의 개발과 연구가 활발히 이루어지고 있다.

에너지 절감을 위한 조명제어시스템으로는 On/Off 제어, 스텝제어, 조광제어, 채실감지제어, 스케줄 제어, 운용에 의한 패턴제어, 광센서 조광제어시스템 등이 있다. 이러한 조명제어시스템의 하나인 광센서 조광제어시스템은 실내로 유입된 주광과 인공조명에 의한 작업면의 밝기를 광센서로 감지하여, 제어알고리즘에 의해 일정한 목표조도로 유지시켜 인공조명의 에너지를 절감하는 시스템이다[2]. 그리고 이 시스템은 주광의 유입을 이용함에 따라 채실자에게 심리적 안정감을 주고 작업의 효율성에 긍정적인 영향을 미치며 실내 환경의 질적 측면에서도 유용한 시스템이다[3].

광센서 조광제어시스템은 유입되는 주광량에 따라 조명제어가 이루어지기 때문에 시스템의 정확성 및 에너지 절감률을 높이기 위해서는 외부의 천공 상태와 계절(날짜)에 따라 조명제어 알고리즘 식의 보정이 필요하다. 이는 천공의 상태는 일정하지 않고, 그에 따라 실내로 유입되는 주광분포가 달라진다. 따라서 광센서와 작업면 조도의 관계식이 달라지며 그에 따른 조명제어 알고리즘식의 보정을 위해서 천공 상태 결정이 매우 중요하다.

### 1.2 연구의 목적

천공 상태를 결정하는 방법에는 일사량과 운량, 일조시간 데이터를 이용하는 방법들이 있다. 이러한 방법 중 HCI(Hourly Clearness Index)와 같이 일사량 측정을 이용하는 방법은 실시간 측정에 의해 다변하는 천공 상태를 결정하는데 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 기존의 천공 모델 이론이 수립된 시기가 오래되고 기상 환경에 많은 변화가 생겼으므로 기존의 천공 모델을 개선할 필요가 있다. 그리하여 본 연구는 기상청에서 제공하는 측정 일사량과 전운량의 비교·분석을 통해 측정 일사량의 천공 결정 방법의 개선을 목적으로 한다.

## 2. 이론고찰

### 2.1 천 공

천공모형을 분류하는 대표적인 방법으로는 CIE 천공모형과 Perez 천공모형이 있다. CIE 천공모형은 천공을 청천공, 부분담천공, 담천공으로 나누는데 이는 Kittler, Pierpoint, Moon and Spencer가 각각의 천공모형을 제안하였다[4~6].

CIE 담천공 모델은 태양이 구름에 의해 완전히 가려지고, 휘도 분포가 모든 방위각에서 동일하다고 가정한 방법이다[7]. 그리고 CIE 천공 모델은 천공커버법칙(Sky Cover Method)의 방법이나 천공비율법칙(Sky Ratio Method)에 의해 천공 상태를 구분한다. 천공커버법칙은 천공을 덮은 구름의 양으로 평가하며, 구름이 천공을 다 덮은 상태를 1로 표현하고, 천공에 구름이 전혀 없는 상태를 0으로 표현한다. 천공커버법칙에 의한 천공의 구분은 다음과 같다[8].

- 청천공 : 0.0~0.3
- 부분담천공 : 0.4~0.7
- 담천공 : 0.8~1.0

천공비율법칙은 전 천공(직사일광+천공광) 수평 일사량에 대한 천공 수평일사량의 비로 천공을 구분한다. 한편, Perez 모델은 이러한 CIE 천공모형의 단점

을 보완하기 위하여 Sky Clearness와 Sky Brightness에 따라 8가지로 분류하여, 천공의 상태를 좀 더 세분화하였다. 이러한 Perez 천공모델을 이용하기 위해서는 현재 위치의 노점온도와 일사량이 필요하다[9].

## 2.2 기상청의 전운량과 일사량 데이터

국내에서 운량을 측정하는 곳은 42곳이며, 기상청에서 발표하는 전 운량 데이터는 매 시간마다 전문가의 목측(目測)에 의해 결정된다. 운량 데이터는 구름의 양을 기준으로 0부터 10까지 11단계로 나누어지며, 이는 CIE 천공 모델의 천공커버법칙에 의한 천공 구분 방법과 유사하다. 그리고 국내의 일사량 측정은 22개 지점에서 측정되고 있으며, 시간별, 일별, 월별 누적일사량(단위 : [MJ/m<sup>2</sup>])이 측정되고 있다. 예를 들어 9시 일사량은 8시 01분부터 9시까지의 누적일사량을 의미한다.

그러나 기상청의 전 운량 데이터는 전문가의 목측으로 이루어지기 때문에 천공 구분이 모호하며, 주관적 판단에 의한 것이므로 전문가에 따라 오차가 발생할 수 있다. 또한 전문가의 목측에 의한 데이터는 매 시간의 특정시각에 측정되는 것이기 때문에 시시각각 변화하는 천공 상태와는 오차가 발생할 수밖에 없으므로 순간의 데이터가 해당 시간 전체를 대표하기에는 무리가 있다고 볼 수 있다.

## 2.3 HCI(Hourly Clearness Index)

태양광선은 대기권 밖에서부터 지구의 대기층을 통과할 때 일부는 흡수되거나 산란되고, 일부는 다시 대기권 밖으로 재반사된다. 따라서 지표면에 도달되는 일사량은 대기권 밖의 일사량과 현저한 차이가 발생할 수 있는데, 대기 자체 특성에 의해 큰 영향을 받게 된다. 그러므로 청명한 날(청천공)이나 깨끗한 대기상태에서의 일사량은 보다 클 것이며, 흐린 날(담천공)이나 오염된 대기상태에서는 구름이나 대기권내에서 흡수되는 일사량이 증가하여 상대적으로 지표면에 도달하는 일사량은 감소된다[10].

이와 같이 HCI는 대기를 통하여 지구의 지표면에 도달하는 수평면 전일사량과 대기권 밖 수평면일사와의 관계식을 이용하여 천공 상태를 결정한다. 이는 해당 지역의 일사량을 직접 측정하기 때문에 전문가의 목측에 의한 전운량 데이터에 비해 정확하다고 볼 수 있다. HCI에 의한 천공 결정 관계식은 다음 식 (1)과 같다. 이때  $K_T$ 값이 1이면 하늘에 구름이 없는 청천공이라 볼 수 있으며, 0이면 하늘에 구름이 완전히 덮인 담천공이라 볼 수 있다.

$$K_T = \frac{I_T}{I_{oh}} \quad (1)$$

여기서,

$K_T$  = HCI(Hourly Clearness Index)

$I_T$  = 실제 일사량 측정값

$I_{oh}$  = 대기권 밖 수평 일사량

이때 시간별 대기권 밖 일사량([MJ/m<sup>2</sup>])의 계산식은 다음 식 (2)와 같다. 선행연구에 따르면 태양상수는 1,322[W/m<sup>2</sup>]에서부터 1,395[W/m<sup>2</sup>]까지 다양하게 나타난다. 본 연구에서는 태양상수를 WRC(The World Radiation Center)에서 채택한 1,367[W/m<sup>2</sup>]을 사용하였다[11].

$$I_{oh} = \frac{12 \times 3600 \times G_{sc}}{\pi} [1 + 0.033 \cos(\frac{360 \times n}{365})] \times [\cos\phi \cos\delta (\sin w_2 - \sin w_1) + \frac{\pi \times (w_2 - w_1)}{180} \sin\phi \sin\delta] \quad (2)$$

여기서,

$G_{sc}$ : 태양상수(1,367[W/m<sup>2</sup>])

$n$ : 통산일(줄리안데이트,  $1 \leq n \leq 365$ )

$\phi$ : 해당 지방의 위도

$\delta$ : 일적위( $\delta = 23.45 \sin(\frac{360 \times 284 + n}{365})$ )

$w_{1,2}$ : 시간각( $w_2 > w_1$ , 1hr=15°, AM -, PM +)

일사량을 측정하여 천공 종류를 분류하는 방법으로 HCI 방법 외에 천공비율법칙이 있는데 이 방법은 측

## 실내 주광 활용을 위한 천공 구분 방법 개선에 관한 연구

정 방법의 직사일광에 의한 일사량과 천공광에 의한 일사량의 구분이 어렵기 때문에 본 연구에서는 HCI 방법을 사용하였다.

### 3. 천공 데이터 비교 · 분석

#### 3.1 HCI를 이용한 천공 구분

HCI를 이용한 천공 구분 방법에 대한 연구는 대표적으로 Erbs et al. (1982)와 Orgill and Hollands (1977), 그리고 Reindl et al. (1990)에 의해 이루어졌으며, 본 연구에서는 Erbs et al. 와 Orgill and Hollands의 방법론을 사용하였다[11]. Erbs et al. 방법은 부분담천공의 범위가 넓고, 그에 비해 Orgill and Hollands의 방법은 부분담천공의 범위가 좁고 청천공과 담천공의 범위가 다소 넓다. 다음 그림 1은 각 방법에 의한  $K_T$  범위에 따른 천공 구분 범위를 나타낸 것이다.

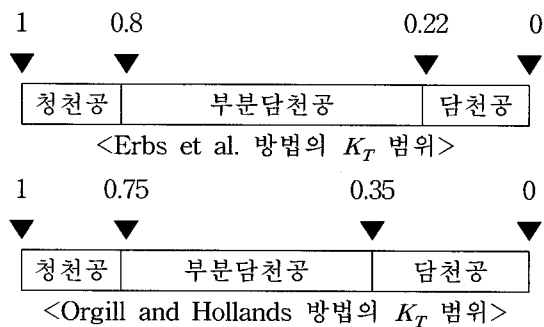


그림 1.  $K_T$  범위에 따른 천공 구분 방법  
Fig. 1. Classifying Method for the Sky Condition by the  $K_T$  Range

#### 3.2 기상청 데이터 측정 개요

기상청에서 기상 관측하는 서울의 지점은 위도 37.34[°], 경도 126.57[°]이며, 전운량 데이터는 서울 종로구 송월동에서 전문가의 목측으로 이루어진다. WMO(세계 기상 기구)의 기상 데이터 인증을 위하여 기존의 측정 장소를 유지하기 때문에 서울의 운량 데이터를 측정하는 곳과 현재의 기상청 위치가 서로 다르다. 그리고 운량에 따른 천공 상태 구분은 천공커버

법칙을 이용하여 구분하였다.

측정 일사량 데이터는 기상청에서 제공하는 서울의 시간별 누적 일사량 데이터를 사용하였으며, 전운량과 시간별 누적 일사량(단위 : [MJ/m<sup>2</sup>])의 데이터는 2008년 6월 1일부터 2009년 5월 31일의 1년간의 데이터를 사용하였다[12]. 다음 표 1은 본 연구에서 사용한 기상청의 전운량과 시간별 누적 일사 데이터의 개요를 나타낸 것이다.

표 1. 기상청 데이터 개요  
Table 1. An Outline for Data of the Korea Meteorological Administration

구분		내용
측정 기간		2008년 6월 1일 ~ 2009년 5월 31일(365일)
측정 시간		9시 ~ 17시
측정 위치	위도	37[°] 34[']
	경도	126[°] 57[']
기상청 운량	청천공	0 ~ 3
	부분담천공	4 ~ 7
	담천공	8 ~ 10

#### 3.3 유사성 비교·분석

본 연구에서는 기상청에서 제공하는 전운량과 시간별 누적 일사량 데이터를 이용하여 계산한  $K_T$  값에 의한 천공상태와의 유사성을 비교하였다. 이때, 유사성은 전운량 데이터와 동일한 시간에 계산된  $K_T$  값에 의한 천공상태의 일치 비율로 계산한 것이다. 다음 표 2는 Erbs et al. 방법과 Orgill and Hollands 방법에 따른 천공별 유사성 비교 결과이며, 전체적으로  $K_T$ 의 값이 부분담천공으로 나타나는 횟수가 매우 높았다. Erbs et al. 방법인 경우, 운량 데이터에 의하면 청천공이지만  $K_T$ 에 의한 천공은 대부분이 부분담천공으로 나타나는 경우가 많았고, 운량 데이터가 부분담천공인 경우에는 유사성이 매우 높았다.

그리고 Orgill and Holland 방법인 경우는 Erbs et al. 방법보다 청천공과 담천공의 유사성이 다소 높아졌으며, 그에 따라 부분담천공의 유사성은 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 이와 같이  $K_T$ 값의 범위 설정에 따라 유사성의 차이가 크게 나타남을 알 수 있다. 천공별 유사성 비교 결과와 같이  $K_T$ 값을 이용하여 천공 상태를 결정하기에는 오차가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 기존의 Erbs et al. 방법과 Orgill and Hollands 방법이 수립된 시기가 1977년과 1982년으로 대기 오염과 같은 현재의 대기 상태와 다른 상태였기 때문으로 사료된다. 따라서  $K_T$ 값을 이용하여 천공 상태를 결정하기 위해서는 기존의 방법과 다른  $K_T$ 값의 범위 설정이 이루어져 한다.

**표 2. 천공별 유사성 비교**  
**Table 2. A Comparison of Similarity for the Sky Condition**  
 C : 청천공, P.C : 부분담천공, O : 담천공

HCI	운량 데이터(횟수)		$K_T$ (횟수)		유사성(%)		
	Erbs et al.	C	1,331	C	7	0.53	42.44
P.C				1274			
O				50			
P.C		780	C	3	92.30		
			P.C	720			
			O	57			
O		1,124	C	0	57.47		
			P.C	478			
			O	646			
Orgill and Holland		C	1,331	C	111	8.34	
				P.C	1087		
				O	133		
	P.C	780	C	13	80.00		
			P.C	624			
			O	143			
	O	1,124	C	0	78.02		
			P.C	247			
			O	877			

## 4. 유사성 향상을 위한 연구

### 4.1 청천공 일사 비교 분석

본 연구에서는 청천공일 때의 대기권 밖 계산 일사량과 지표면 측정 일사량의 비교·분석을 하였다. 이를 통해 기상청 전운량 데이터와 측정 일사량 데이터에 의한 천공 상태 결정에 오차가 발생하는 원인을 분석하였다. 이때 청천공 일사는 전운량이 0~3 사이일 때의 기상청에서 제공한 실제 측정된 일사 데이터[12]를 사용하였으며, 월별 및 시간별로 비교하였다.

**표 3. 대기권 밖 일사와 측정 일사 비교-청천공**  
**Table 3. The comparison of  $I_{oh}$  and  $I_T$  At the Clear day**

(단위 : (%))

시간	1월	2월	3월	4월	5월	6월
9시	21.4	54.4	61.8	62.7	65.0	68.4
10시	44.0	69.7	71.7	68.7	66.2	71.3
11시	55.5	75.3	76.1	71.2	70.7	73.1
12시	58.6	77.4	78.1	71.9	71.6	74.0
13시	59.8	78.2	77.7	73.4	71.9	72.9
14시	59.9	76.7	77.4	72.0	71.6	70.5
15시	54.4	73.9	74.4	70.3	70.5	69.6
16시	46.8	67.7	69.9	69.3	68.6	71.4
17시	27.4	55.8	58.1	64.6	64.8	69.8
평균	47.5	69.9	71.7	69.3	69.0	71.2
시간	7월	8월	9월	10월	11월	12월
9시	71.6	64.2	60.8	55.1	44.6	30.2
10시	73.2	69.0	66.0	62.0	58.5	53.0
11시	74.8	71.3	68.3	64.3	64.4	62.3
12시	75.8	72.9	68.9	67.7	66.3	65.1
13시	73.8	67.0	68.0	67.1	67.0	65.7
14시	75.7	67.5	66.0	66.5	64.6	63.6
15시	67.7	74.1	63.0	57.2	56.8	57.9
16시	71.4	61.5	59.1	47.0	48.4	44.5
17시	69.1	45.5	54.6	39.9	27.0	21.0
평균	72.6	65.9	63.9	58.5	55.3	51.5
전체 평균			63.9			

실내 주광 활용을 위한 천공 구분 방법 개선에 관한 연구

표 3은 대기권 밖의 계산 일사량과 측정된 일사량의 비율을 나타낸 것으로 보는 바와 같이 운량이 거의 없는 천공 상태임에도 불구하고 평균 63.9%로 나타났다. 이는 청천공인 날에 태양으로 입사하는 전체 일사 에너지 중 약 36% 정도가 대기권 밖으로 재 반사되거나 혹은 대기 중에 흡수되고 있음을 의미한다. 이와 같이 측정된 일사량이 계산에 의한 일사량보다 낮게 나타나기 때문에 기존의 방법으로  $K_T$  값을 이용할 경우, 청천공으로 결정되기가 힘들다. 또한 월별, 시간별로 측정 일사량 비율이 다르게 나타나기 때문에 그에 따른 측정 일사량 또는  $K_T$  값 범위의 보정과 같은 기존 방법의 개선이 필요하다.

4.2 기존 방법의  $K_T$  범위 보정

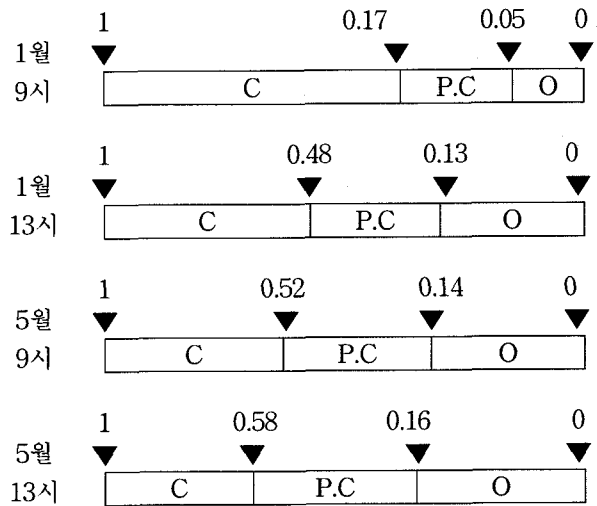
본 연구에서는 앞 절의 표 3에서와 같이 측정 일사량  $I_T$  값이 대기권 밖 일사  $I_{0h}$ 에 비해 매우 낮게 나타나므로 시간별 비율에 따라  $K_T$  범위를 조절하였다. 기존의  $K_T$  범위에 현재의 대기환경을 고려하기 위해 청천공일 때 낮게 측정되는 비율을 기존의  $K_T$  범위에 곱하여 월별/시간별로 범위를 보정하였다.

본 연구에서는 다음 그림 2와 같이  $K_T$  범위를 보정하여 제시하였다. 예를 들어 1월 9시인 경우 Erbs et al. 방법인 경우 청천공 범위는 0.8에서 0.17로, 담천공 범위는 0.22에서 0.05로 보정하였고, Orgill and Hollands 방법인 경우는 청천공 범위를 0.75에서 0.16으로, 담천공 범위는 0.35에서 0.08로 보정하였다. 이렇게 시간대별로 보정의 차이를 보인 것은 시간대별로 대기권 밖의 일사와 측정 일사의 비율이 달라지기 때문이며, 이는 고도가 낮은 오전에는 직달일사가 공기 중에 덮인 여러 오염물질들을 태양 고도가 높은 낮보다 상대적으로 덜 투과되는 것으로 사료된다.

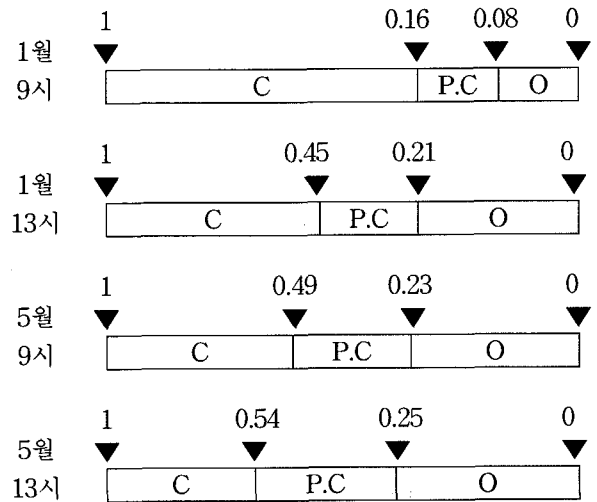
4.3 측정 일사량 보정 결과

본 연구에서는 다음 표 4와 같이  $K_T$  값 보정을 통해 천공별 유사성을 비교하였다. 다음 표 4의 1월과 5월은 측정기간 1년 중 청천공의 일수가 많았던 2009년 1

<C : 청천공, P.C : 부분담천공, O : 담천공>



<Erbs et al. 방법의  $K_T$  값 보정>



<Orgill and Hollands. 방법의  $K_T$  값 보정>

그림 2. 시간별  $K_T$  범위 보정

Fig. 2. Revision of the  $K_T$  Range for an hour period

월(12일)과 5월(9일)을 선택하였다. 측정 일사량 보정은 앞의 표 3에 나타난 계산 일사량과 측정 일사량의 비율을 이용하여 이루어졌다. 측정 일사량의 보정을 통한 유사성 비교 결과, 측정 일사량 보정에 의해 측정 일사량 값이 높아짐에 따라 청천공일 때의 유사성은

매우 높아지는 반면에 부분 담천공과 담천공일 때의 유사성이 다소 낮아지는 결과가 나타났다. 그리고 전체적으로는 기존 방법에 의한 천공 상태 결정 방법보다 유사성이 높아짐을 볼 수 있다.

**표 4. 천공별 유사성 비교- $K_T$  범위 보정**  
**Table 4. A Comparison of Similarity for the Sky Condition-Revision of the  $K_T$**   
 C : 청천공, P.C : 부분담천공, O : 담천공

월	HCI	보정	운량 데이터(횃수)		$K_T$ (횃수)		유사성 (%)	
			C	O	C	O	보정 전	보정 후
1월	Erbs et al.	보정 전	C	186	C	0	0.00	26.35
					P.C	171		
					O	15		
			P.C	62	C	0	85.48	
					P.C	53		
					O	9		
		O	29	C	0	64.52		
				P.C	9			
				O	20			
		보정 후	C	186	C	163	87.63	73.65
					P.C	22		
					O	1		
	P.C		62	C	28	54.84		
				P.C	34			
				O	0			
	O	29	C	0	24.14			
			P.C	22				
			O	7				
	Origl and Holland	보정 전	C	186	C	0	0.00	22.74
					P.C	140		
					O	16		
			P.C	62	C	0	59.68	
					P.C	37		
					O	25		
O		29	C	0	83.87			
			P.C	3				
			O	26				
보정 후		C	186	C	168	90.32	75.45	
				P.C	17			
				O	1			
	P.C	62	C	32	46.77			
			P.C	28				
			O	0				

월	HCI	보정	운량 데이터(횃수)		$K_T$ (횃수)		유사성 (%)	
			C	O	C	O	보정 전	보정 후
5월	Erbs et al.	보정 전	O	29	C	2	41.38	35.84
					P.C	15		
					O	13		
			C	139	C	1	0.72	
					P.C	138		
					O	0		
	P.C	51	C	0	100.0			
			P.C	51				
			O	0				
	보정 후	O	89	C	0	53.93	69.89	
				P.C	41			
				O	48			
		C	139	C	138	99.28		
				P.C	1			
				O	0			
	P.C	51	C	36	29.41			
			P.C	15				
			O	0				
	Origl and Holland	보정 전	O	89	C	10	47.19	54.48
					P.C	37		
					O	42		
			C	139	C	36	25.09	
					P.C	103		
					O	0		
P.C	51	C	0	98.04				
		P.C	50					
		O	1					
보정 후	O	89	C	0	74.16	62.01		
			P.C	23				
			O	66				
	C	139	C	139	100.0			
			P.C	0				
			O	0				
P.C	51	C	44	11.76				
		P.C	6					
		O	1					
O	89	C	12	55.06				
		P.C	28					
		O	49					

4.4 소 결

본 연구에서는 기상학의 전운량과 시간별 누적 측정 일사량을 이용하여 계산한 HCI에 의한 천공상태와의 유사성을 비교·분석하였다. 기상청 전운량 데이터를 기준으로 하여 HCI를 이용한 천공 구분 방법 중 Erbs et al.과 Orgill and Hollands 방법을 이용하여 유사성을 비교하였으며, 그 결과 다음 표 5와 같이 전체적으로 Orgill and Hollands 방법이 Erbs et al. 방법보다 유사성이 높게 나타났다.

표 5. 천공별 유사성 비교 결과  
Table 5. The results of a Comparison of Similarity for the Sky Condition (단위 : (%))

	Erbs et al.	Orgill and Hollands
전체 평균	42.44	49.83
청천공	0.53	8.34
부분담천공	92.30	80.00
담천공	57.47	78.02

그리고 천공별 유사성 비교 결과, 청천공의 유사성이 매우 낮게 나타나는 기존 방법의 유사성 결과의 차이가 나타나는 이유를 분석하기 위해 전운량이 0~3 사이일 때 측정된 일사량( $I_T$ )과 계산 일사량( $I_{oh}$ )을 비교·분석 하였다. 그 결과 월별·시간별 비율이 각기 다르게 나타났으며, 전체 평균은 63.9[%]로 나타났다. 이는 기존의 천공 구분 방법으로는 청천공으로 결정되기 힘들음을 보여주는 결과로써, 기존의 천공 결정 방법의 개선이 필요함을 알 수 있다.

이에 본 연구에서는 기존의 천공 결정 방법의 개선의 예로 청천공일 때의 대기권 밖의 계산 일사량과 측정 일사량의 비율을 이용하여 기존  $K_T$ 값 범위를 보정하여 전운량과 비교하였다. 그 결과, 다음 표 6과 같이 청천공인 경우는 높은 유사성을 보였으며, 부분담천공인 경우는 다소 낮은 유사성을 보였다. 그러나 전체적으로는 기존의 방법보다 유사성이 다소 높아졌다.

표 6. 천공별 유사성 비교 결과 - $K_T$  범위 보정  
Table 6. The results of a Comparison of Similarity for the Sky Condition-Revision of the  $K_T$  (단위 : (%))

방법	월	천공별	기존 방법	보정 후
Erbs et al. 방법	1월	전체 평균	26.35	73.65
		청천공	0.00	87.63
		부분담천공	85.48	54.84
	5월	담천공	64.52	24.14
		전체 평균	35.84	69.89
		청천공	0.72	99.28
Orgill and Hollands 방법	1월	부분담천공	100.00	29.41
		담천공	53.93	47.19
		전체 평균	22.74	75.45
	5월	청천공	0.00	90.32
		부분담천공	59.68	46.77
		담천공	83.87	41.38
5월	전체 평균	54.48	62.01	
	청천공	25.09	100.00	
	부분담천공	98.04	11.76	
	담천공	74.16	55.06	

본 연구에서 제안한 기존  $K_T$ 값의 보정에 의한 천공 결정 방법은 기존의 방법에 비해 전체적으로 유사성이 높아짐을 알 수 있다. 그러나 본 연구에서 제시한 보정 방법 또한 기상청 전운량 데이터와의 비교함에 있어서 부분담천공과 담천공일 때의 유사성이 여전히 낮다. 이는 기상청 전운량의 경우 목측으로 전문가가 측정하는 순간의 운량과 시시각각 변화하는 운량에 차이가 발생하기 때문이며, 또한 보정에 사용된 계산 일사량과 측정 일사량의 비율은 1년간의 청천공일 때의 데이터를 사용한 것으로 기간이 짧기 때문으로 사료된다.

5. 결 론

본 연구에서는 서울의 전운량에 의한 천공 구분과 측정된 수평 일사량에 의한 천공 구분의 비교·분석과 청천공일 때의 대기권 밖 일사와 측정 일사의 비교를 통하여 기존 HCI 방법의 시간별 보정 방법을 제안



하였다. 그 결과 기존 천공 결정 방법의 유사성이 향상되었다. 이는 실내 주광 활용을 위한 광센서 조광제어시스템과 같이 측정 일사량을 이용하여 천공 구분함에 있어서 기존의 HCI 방법에 비해 신뢰성을 향상시킬 수 있음을 의미한다.

본 연구의 한계는 1년간의 짧은 기간의 데이터를 사용하여 천공별 유사성을 비교·분석한 점이다. 향후 측정 일사량의 보정이나  $K_T$ 값의 범위 개선을 위한 연구에 있어서 다년간의 일사 데이터를 활용하여야 하며, 보정식 또한 본 연구에서 사용한 단순한 비율보다 보다 객관적인 보정식의 도출을 위한 연구가 필요하다.

감사의 글

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았음.

References

[1] 김지연 외, 초고층건물의 조명에너지절약을 위한 BIPV적용에 관한 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, 2007.  
 [2] Choi, A 외, The Characteristics of Photosensors and Electronic Dimming Ballasts in Daylight Responsive Dimming Systems, Building and Environment, 40(1), 2005.  
 [3] Peter R. Boyce, Human Factors in Lighting, 2nd Edition, Lighting Research Center, 2003.  
 [4] Kittler R. Standardization of Outdoor Conditions for the Calculation of Daylight Factor with Clear Skies, Proceedings of the CIE International Conference on Sunlight in Buildings, Rotterdam, 1967.  
 [5] Nakamura H et al., Luminance Distribution of Intermediate Sky, Journal of Light and Visual Environment, 1985.

[6] Moon P, Spencer De, Illumination from a Non-uniform Sky, Illuminating Engineering(N.Y), 1942.  
 [7] 황민구, 광센서 조광제어시스템의 제어소프트웨어 성능 향상 및 검증프로그램 개발, 석사학위논문, 2005.12.  
 [8] IESNA, Lighting Handbook, 9th Edition., 2000.  
 [9] Perez R, Luminance Distribution of an Average Sky, Lighting Research and Technology, 1981.  
 [10] 유호천 외, 국내 주요도시의 운량데이터를 이용한 전일사 산출 및 비교, 한국태양에너지학회 논문집, 제28권 4호, 2008.8.  
 [11] John A. Duffie et al., Solar engineering of Thermal Processes, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2006.  
 [12] 기상청 홈페이지(www.kma.go.kr).

◇ 저자소개 ◇

김유신 (金有信)

1981년 1월 2일생. 2005년 세종대 건축공학과 졸업. 2007년 세종대 건축공학과 건축환경설비전공 졸업(석사). 현재 세종대 건축공학과 박사과정.

김현선 (金賢善)

1985년 1월 5일생. 2009년 세종대 건축학과 졸업. 현재 세종대 건축공학과 석사과정.

홍성관 (洪性觀)

1983년 7월 10일생. 2007년 세종대 건축공학과 졸업. 2009년 세종대 건축공학과 건축환경설비전공 졸업(석사).

박병철 (朴炳哲)

1977년 6월 16일생. 2004년 세종대 건축공학과 졸업. 2006년 세종대 건축공학과 건축환경설비전공 졸업(석사). 현재 세종대 건축공학과 박사과정.

최안섭 (崔安燮)

1967년 10월 4일생. 1991년 한양대 건축공학과 졸업. 1993년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템 전공 졸업(석사). 1997년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템 전공 졸업(박사). 현재 세종대 건축공학과 교수.