

論文
3-2-2

에너지節約을 위한 建築物의 自然採光 디자인 방법에 관한 研究(I)

—晝光照度豫測을 위한 天空狀態의 推定方法 比較—

A Study on the Energy Saving Daylighting Design Methodology in Building(I)

—Estimation Techniques of Sky Condition for Predicting Daylight Illuminance—

金正泰*
(Jeong-Tai Kim)

요 약

自然採光에 관한 에너지 解析을 하기 위해서는 晝光照度를 豫測하여야 하며, 晝光照度를 예측하기 위해서는 天空狀態를 推定할 수 있어야만 한다. 즉, 靑空상태의 最低狀態나 最小設計基準을 추정할 수 있어야만 自然採光에 의한 에너지 절약을 해석할 수가 있다.

天空狀態를 추정하는데에는 CIE에서 개발한 靜的 天空모델이 많이 이용되어 왔다. 그러나 靑공은 정적광원이 아니라 시간에 따라 동적으로 변하고 있음으로 自然採光設計에서 에너지의 영향을 평가하기 위해서는 보다 융통성이 있는 靑공모델이 요구된다.

따라서 이 논문은 그동안 動的 天空을 나타낼 수 있도록 개발된 非標準 天空의 推定方法, 動的 天空狀態의 推定方法, 晝光照도와 天空輝度の 推定方法, 晝光의 有用性 評價方法 등을 비교분석함으로써, 앞으로 우리나라 氣候狀態에 적합한 自然採光用 天空모델을 개발하는데 基礎資料化 하였다.

Abstract

For daylighting energy analysis, the sky conditions assumed are very essential and important. The CIE standard sky models have been developed for minimum condition to expect daylight illuminance.

However these standard sky model may not always be representative of typical sky condition in Korea. Because a particular sky pattern dose not strongly predominate.

The meaning and limits to sky condition estimation methods such as nonstandard sky model, dynamic sky conditions, daylight illuminance and sky illuminance, and availability of daylight illuminance have been clearly analyzed for the development of sky condition model available in Korea.

1. 序 論

自然採光에 관한 설계나 에너지절약을 해석하기 위해서는 天空狀態를 어떻게 가정할 것인가가 가장 중요한 고려사항이 된다. 즉, 자연채광을 설계하기 위해서는 天空의 最小設計基準이나 혹은 天空의 最低狀態를 알아야만 한다.

CIE 標準曇天空(CIE Standard Overcast Sky)과 CIE 標準晴天空(CIE Standard Clear Sky) 모델은 바로 이러한 필요에 의해서 개발된 것이다(IES, 1981)¹⁾. 지정학적으로 볼 때 특정한 천공상태가 강하게 나타나는 유럽 일부지역(담천공)이나 건조한 열대지역(청천공)은 한가지 천공상태가 계속적으로 비슷하게 나타난다. 그러나 북미지역이나 한국같은 곳에서는 이러한 標準天空(Standard Sky)이 항상 일정하게 나타나지 않는다.

더구나, 標準화된 천공상태가 실제의 천공상태를 定型的으로 나타내지 못할 경우에는 자연채광의 성능으로서 晝光率이나 에너지를 評價하고자 할 때 중요한 취약점이 된다. 이를 보완하기 위하여 시간에 따라 天空의 세기와 휘도분포가 변하는 非標準 天空(Nonstandard Sky)이 연구되고 있다.

이에 따라서 시간에 따라 변화하는 動的 天空狀態를 나타낸 모델이 있지만, 動的 天空狀態가 갖고 있는 의미와 제한점등을 확실하게 이해하고 사용하여야만 한다. 따라서 이 논문은 그동안 개발된 自然採光設計用 天空狀態의 推定方法을 고찰함으로써, 아직까지 자연채광설계에 적합한 천공상태 모델이 개발되지 않은 우리나라에서 천공모델을 개발할 경우 필요한 기초자료를 비교한 것이다.

한편, 이 論文은 에너지節約을 위한 建築物의 自然採光 디자인 方法에 관한 研究로서 ① 晝光照度豫則을 위한 天空狀態의 推定方法 比較, ② 에너지節約에 관한 諸研究의 比較, ③ 우리나라 氣象資料를 이용한 晝光照度の 推定, ④ 우리나라에 적합한 에너지節約을 위한 自然採光디자인 方法 등의 순서로서 진행될 예정이다.

2. 非標準 天空의 推定方法

어떤 의미에서 標準天空은 큰 자산이라 할 수 있다. 天空輝度分布가 이미 알려지고 公認된 경우에는 해당지역의 천공상태를 고려하지 않고도 자연채광의 設計代案들을 비교할 수 있기 때문이다. 그렇지 않을 경우, 각 設計案의 일별, 계절별 성능을 평가하기 위해서는 보다 융통성있는 천공표시방법이 필요하게 된다. 動的 天空모델(Dynamic Sky Model)의 개념은 바로 이러한 융통성을 갖고 있다.

천공의 動的 特性에 대해서는 여러 조사자들이 제안한 모델이 있다. 晝光의 年間有用性(특정한 室外照도가 나타나는 시간의 백분률)을 나타냄으로써, 옥외조도를 특정수준이상으로 표현하여 晝光의 有用性을 시간과 관련시켜 이해시키기도 한다(Taylor, 1983²⁾; Ruck, 1983³⁾; Hunt, 1977³⁾). 그러나 이러한 정보들은 단지 몇개 지역만을 대상으로 측정된 것이다. 이 때문에 熱的인 관점과 自然採光의 관점을 동시에 고려하여 에너지를 쉽게 해석할 수가 없다. 아직까지는 조명 디자이너들에게 있어서 이러한 어프로치를 하는데 가장 큰 취약점이 바로 天空輝度資料의 부족이다.

여기에 대한 한가지 대안으로서 非標準 天空用 天空輝度を 나타내는 방법이 있다. Littlefair(1981)는 많은 수의 천공을 측정하여 통계적으로 가중치를 줌으로써 平均天空輝度分布 (Average Sky Luminance Distribution)라는 것을 제안하였는데, 그러나 이것이 표준천공모델보다 더 천공을 잘 나타내느냐에 대해서는 논쟁이 있다.⁵⁾

비슷한 성격으로서 Nakamura와 Oki(1983)는 平均天空(Mean Sky)을 제안하였는데, 이것은 정전공과 담천공사이의 중간정도 상태를 天空輝도로써 표현한 것이다.⁶⁾ 또한 Pierpoint(1984)는 다양한 이론과 실험적으로 측정된 자료를 조합하여 部分曇天空輝度分布(Partly Cloud Sky Luminance Distribution)를 제안하기도 하였다.⁷⁾

그러나 이러한 천공휘도모델은 時間別 氣候데이터 정보와 결합되지 못하고 있다. 따라서 이것들은 시간과 관련된 自然採光性能을 고려하기에는 부족한 뿐만 아니라 熱的문제와 自然採光 에너지해석을 통합시키지도 못하고 있다.

* 正會員: 慶熙大學校 建築工學科 副教授·工博

이 論文은 韓國科學財團 Post Doctor 海外研修計劃의 一環으로 修行된 研究임.

3. 動的 天空狀態의 推定

지난 10년간 건물의 에너지 성능을 추정하는데 사용되는 분석도구들은 많이 증가하였고 또 세련되었다. 건물의 에너지 성능을 평가하는데 컴퓨터를 광범위하게 사용하기 위해서는 보다 상세한 기후데이터가 요구되었다. 그 결과 북미의 많은 도시들에 대해서 特定時間別 氣候資料가 제시되었다. 이러한 기후데이터와 같은 정보들은 지난 25년동안 많이 증가되었지만, 아직도 자연채광용 정보들은 확실하게 기록되지 못하고 있다. 이러한 자료들은 현재 시간별 기후데이터의 일부인 日射量 資料로부터 추출되고 있다.

현재 가장 성공적으로 제안된 것은 日射量과 晝光照度의 相關關係를 나타낸 것이다. 문제는 이러한 상관관계들은 천공을 청천공이나 담천공일 경우로 가정한 것들로서 天空輝度分布는 전혀 고려되지 않았다는 점이다.

천공의 구름량은 천공의 輝度特性에 큰 영향을 미친다. 즉, 천공의 구름량은 直射日光뿐만 아니라 천공의 밝기 강도를 감소시킨다는 것(Dave, 1977⁸⁾; Dogniaux, 1975⁹⁾; Nagata, 1983¹⁰⁾)이 증명됨으로써 천공의 구름량을 고려한 動的 天空狀態의 推定方法이 연구되고 있다.

천공에 구름이 있으면 직사일광이 감소되어 천공의 輝度特性이 변화된다. 구름이 천공에 미치는 영향을 이해하기 위해서는 全水平面의 日射量의 擴散比가 유용한 자료라는 것이 밝혀졌다. 이것을 구름비(Cloud Ratio : CR)라고 하는데 日射量 자료만 가지고도 천공의 구름상태를 결정할 수 있다. 예를 들면 만일 CR이 약1.0이라면 천공은 담천공으로서, 천공이 확산일사라는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 CR이 약 0.1이라면 청천공임을 알 수 있다.

CR은 기존의 기상자료로부터 쉽게 얻을 수 있는데, CR은 천공의 구름량이나 혹은 천공의 大氣透過 정도를 나타내는 데도 사용될 수 있다. 따라서 만일 유용한 기상자료가 있다면, CR로서 어느 순간의 대략적인 天空輝度を 알 수 있다. CR은 시시각각 변하는 天空狀態를 연속적으로 측정해야하므로 다음 두가지 중요한 사실을 알 수 있다.

① 시시각각 변하는 天空의 다양한 구름정도를 알 수 있으므로 動的 天空狀態를 알 수 있다.

② CR은 넓은 범위의 氣象 狀態에 대하여 大氣의 減少測定單位로서 사용가능하다.

따라서 CR은 천공의 구름량을 측정하는데 사용할 수 있으므로 CR은 실제의 천공분포를 완전한 천공 모델로 나타낼 수 있음을 알 수 있다.

그러나 이러한 천공표현방법에는 다음과 같은 가정이 있음을 알아야 한다.

① 天空은 同--하다. 즉 全體 天空에 나타난 구름층은 동일하다는 가정이다.

② 天空은 等方性이다. 즉 천공은 모든 방향으로 항상 동일한 物理的 特性을 갖고 있다는 가정이다.

따라서 맑고 푸른 천공에 나타나는 불규칙한 구름은 위의 두 가정에 적합하지 않은 것이 된다. 그러나 이러한 순간적인 상태의 天空輝度分布는 사실상 명확하게 표현하기 어려워 상세하게 취급하기에는 정당성이 부족하다(Dave, 1977).⁸⁾

만일 이러한 제한적인 가정 요소들을 받아들인다면, 연속적으로 변하는 動的 天空狀態를 나타낼 수 있으며 時間別 天空輝度도 나타낼 수 있다. 이 점에서 CR만이 구름량을 측정하는데 유용한 방법이라고 할 수 없다. Dogniaux(1975)는 Linke의 混濁因子를 大氣減少指數로서 제안하였다.⁹⁾ 반면에 Nagata (1983)는 大氣의 直接透過率을 제안하였다.¹⁰⁾

사실 Linke의 混濁度와 大氣透過率은 천공의 청정도를 측정하는데는 유효하지만, 구름이 있는 천공에서는 사용하기 곤란하다. 왜냐하면 이것은 단지 태양에 대해 수직으로 측정하였을 뿐 태양이외의 나머지 天空部分에 대해서는 민감하지 못하기 때문이다. 따라서 이것들은 기존의 氣象資料로부터 직접 얻을 수 있는 것이 아니기 때문에 응용할 때에는 엄격한 제한이 필요하다.

4. 晝光照度와 天空輝度の 推定方法

시간별 晝光照度는 시간별 기후데이터로부터 보통 다음 두가지 방법으로 구할 수 있다.

① 太陽高度와 天空狀態(晴天,曇天)를 水平照度 및 垂直面照도와 상관 관계시키는 것이다 (Gillette와 Pierpoint, 1984¹⁷; Kimball과 Hand, 1922¹²). 그러나 이러한 상관관계는 우리들이 시간에 따라 느끼는 천공의 구름량을 연속적으로 가정하지 못하고 있다.

② 보다 직접적인 수법은 發光效率(luminous efficacy) 어프로치를 이용하여 조도를 太陽放射束과 상관관계시키는 것이다. 즉 자연채광에 응용하기 위해서, 光效率를 光束(luminous flux)과 放射光束의 比로 정의하는 것이다.

NBS(National Bureau of Standards)에서 수년간 시간별로 천공을 측정 한 결과 晝光의 發光效率은 CR과 비슷한 상수를 갖고, CR이 영향을 받을 뿐만 아니라 大氣 減少量의 영향도 약간 받는 것으로 나타났다(Gillette와 Treado, 1985).¹³

天空輝度の 추정은 이보다 약간 더 복잡하다. Gillette(1983)는 항상 변하는 천공을 변수로서 고려하기 위하여 連續的인 狀態技法을 고안하였다. 여기서는 구름比에 따라서 두가지 천공상태사이의 평균값을 시간별로 구하였다.¹⁴

청천공과 담천공상태의 휘도값을 標準天空方程式과 晴天輝度率로부터 구하는 방법도 문헌고찰을 기준으로 제안되고 있다. 아마도 천공의 휘도분포를 정확하게 시간별로 제안하는 것은 매우 어려울지도 모르지만 動的 非標準 天空(Dynamic Nonstandard Sky) 상태를 수치로서 표준하고자 하는 노력은 계속되고 있다.

5. 晝光의 有用性

1980년 이전에 영국에서 自然採光 계산용으로 가장 많이 사용된 데이터(IES, 1972)는 NPL(National Physical Laboratory)에서 측정 한 1933-1939년 사이의 런던 테딩톤지역 자료였다.¹⁵ 이 자료는 IES의 "Technical Report No.4: Daytime Lighting in Buildings"(1972)에 요약되어 있다.¹⁶

그러나 이 자료가 만들어진 이후, 1956년의 Clear Air Act 때문에 특히 런던의 內周部地域의 大氣條件

은 변하였다. 예를들면 런던 도심부에 있어서 12월 한달동안 평균적으로 밝게 해가 비치는 시간은 1958-1967년사이의 값이 1931-1960년사이의 값보다 평균 75%나 증가하였다고 Jenkins(1969)는 밝혔다.¹⁷ 비록 런던의 外周部와 시골지역은 런던 內周部만큼 증가하지는 않았지만, 12월이외의 달(月)을 고려할 때, 이 자료는 디자이너에게 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

따라서 보다 실제 상황에서 나타나는 天空資料를 제시한 것이 Hunt(1979)이다. 이것은 1964-1973년사이의 10년 동안 Kew와 Bracknell 지역에서 나타난 옥외 총조도(태양과 천공으로 인한 빛)와 擴散水平照度(천공만에 의한 빛)를 구한 것이다.¹⁸ 1977년말까지 영국에서 屋外 總照度는 Lerwick등 6개 지역의 값이 측정되었지만, 擴散照度는 바로 위의 2개 도시 뿐이었다.

이 자료는 특히 作業時間(09:00-17:30)을 대상으로 다양한 자료들을 그래프와 표로서 나타내었는데, 다음과 같은 내용이 포함되어 있다.

- ① 10년 동안 매일 측정 한 시간별 조도값
- ② 이 조도값은 1분간격으로 60번 측정하여 계산 하였음
- ③ 매일의 24시간 값을 수집하여, 월·일·시간별로 나타나는 각 조도값을 빈도수 표로서 나타 내었다.

이 표를 이용하면 다음과 같이 自然採光의 性能을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다.

- ① 특정한 조도값이 발생하는 빈도수를 알므로 人工조명시의 手動調節 시스템을 예측할 수 있다(Hunt, 1979).¹⁹
- ② 특정한 조도값이 초과적으로 발생하는 빈도수를 알므로 人工조명시 光電點減裝置로 인한 에너지節約率을 예측할 수 있다(Hunt, 1977).⁴¹
- ③ 누적 Kiloluxhours를 알므로 光電點減裝置로 인한 에너지 절약량을 예측할 수 있다(Crisp, 1980²⁰, 1983²¹).

그동안 영국에서 사용한 방법들은 천공모델상태를 理論的으로 계산하거나, 혹은 太陽高度, 日射量 및 다른 氣象要素를 照度和 관련시켜 統計的인 關聯式을 유도하는 것들로서 다음과 같은 연구들이 진행되

었다.

- ① 大氣모델(청천공)의 계산(Blackwell, Eldridge 및 Robinson, 1954)²²⁾
- ② 구름량과 조도와의 관계를 모델화(Tregenza a, 1980)²³⁾
- ③ 太陽高度와 照度와의 관계(Hopkinson, Peterbridge 및 Longmore, 1966²⁴⁾; Littlefair, 1981⁵⁾; Crisp와 Lynes, 1980²⁵⁾)
- ④ 太陽放射의 發光效率(Atkins와 Poole, 1936²⁶⁾; Blackwell, 1953²⁷⁾, 1954²⁸⁾, 1966²⁹⁾)
- ⑤ 日射量과 照度와의 관계(Taylor와 Smith, 1961)³⁰⁾
- ⑥ 다른 기상요소와 조도와의 관계(Atkins 등, 1947³¹⁾, 1951³²⁾, 1952³³⁾; Taylor와 Smith, 1961³⁰⁾)

이상의 연구를 보다 발전시킨 사람은 Taylor(1983)이다. 그는 주광을 지역적으로 고찰하였을 뿐만 아니라 太陽高度, 都市汚染程度 및 구름량과도 연관하여 주광자료를 제시하였다.

6. 結 論

天空狀態를 自然採光 設計用으로 추정하는 데에는 여러가지 방법이 있다. 초기 디자인단계에서는 CIE에서 표준화한 靜的 天空(Static Sky; CIE晴天空, CIE曇天空) 상태가 단순적인 天空狀態를 추정하는데 사용할 수 있다.

이러한 標準輝度分布는 실제의 天空狀態를 모델화한 것은 아니지만 일반천공 상태를 어느정도 완전하게 대표한 것으로서, 動的인 自然天空狀態를 고려하지 않고도 自然採光의 設計代案들을 비교하는 수단으로서 사용할 수 있다.

그러나 천공은 靜的 光源이 아니라 시간에 따라 動的으로 변하고 있다. 따라서 自然採光設計에서 에너지 영향을 평가하기 위해서는 보다 융통성있는 천공모델이 요구된다. 그동안의 연구에 의하여 日射量을 晝光照度 및 天空輝度和 상관시킴으로서 天空의 시간별 경향을 추출할 수 있음이 밝혀졌다. 즉, 현재 이용가능한 시간별 氣象資料를 이용하여 日射

量을 晝光照度和 상관시킬 때 가장 성공적인 결론이 나타났다. 또한, 구름량을 측정하여 CR의 타당성을 확인한 결과 CR과 천공의 저하와는 높은 상관관계가 있다는 것이 밝혀져 天空의 輝度を 평가하는데 CR은 성공적인 방법으로 평가되고 있다.

지난 10여년간 部分曇天空이나 中間天空이 갖고 있는 여러가지 문제들을 해결하기 위하여 많은 관심들이 집중되어 왔다. 여러 연구자들이 여러가지 천공 상태의 輝度分布를 제안하였지만 이러한 非靜的 天空狀態를 하나의 간단한 모델로서 실제상황을 묘사한다는 것은 아직까지 어려운 일이다. 그러나 非標準 天空과 動的 天空狀態를 推定하는 방법들은 계속적으로 연구되어 현재는 어려운 動的 天空狀態를 다루는 수단이 보다 현실적으로 집진되고 있다. 우리나라의 경우 아직 自然採光 設計用 天空狀態의 推定에 대해서는 거의 연구가 되지 않아 晝光率의 평가나 自然採光이 에너지 절약에 미치는 영향등을 평가하는데 어려움이 많으므로 이에 관한 연구가 시급하게 요청되고 있다.

참 고 문 헌

- 1) IES Lighting Handbook, Reference Volume, The Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1981.
- 2) Taylor, S. M., "Regional Variations of Daylight Availability - A Review of Measured Data and Estimating Methods", Lighting Research and Technology, Vol. 15, No. 3, pp. 151-156, 1983.
- 3) Ruck, N. C., "Daylight Climate in Australia" International Commission on Illumination(CIE), 20th Session, Amsterdam, August 31-September 8, 1983.
- 4) Hunt, D.R.G., "Simple Expressions for Predicting Energy Savings from Photoelectric Control of Lighting", Lightings Research and Technology, 9(2), pp. 93-102, 1977 (Also BRE Current Paper CP 32/77.)

- 5) Littlefair, P. J., "The Luminance Distribution of an Average Sky" Lighting Research and Technology, Vol. 13. No. 4, pp. 192-198, 1981.
- 6) Nakamura, H. and Oki, M., "Composition of Mean Sky and Its Application to Daylight Prediction." International Commission on Illumination (CIE), 20th Session, Amsterdam, August 31-September 8, 1983.
- 7) Pierpoint, W., "A Simple Model for Daylighting Calculation" Proceedings of the International Daylighting Conference, Phoenix, February 1984.
- 8) Dave, J. V., "Validity of the Isotropic Distribution Approximation in Solar Energy Estimation" Solar Energy, Vol. 19, pp. 331-333, 1977.
- 9) Dogniaux, R., "The Availability of Daylight", CIE Technical Report NR, Prepared for the Daylighting Committee of the International Commission of Illumination(CIE). 1975.
- 10) Nagata, A., "Luminance Distribution of Clear Sky and the Resultant Horizontal Illuminance", International Daylighting Conference, Phoenix, February. 1983.
- 11) Gillette, G., Pierpoint, W. and Treado, S., "A General Illuminance Model for Daylighting Availability," Journal of Illuminating Engineering Society, Vol. 13. No. 4, pp. 330-339, July 1984.
- 12) Kimball, H.H. and Hard, I.F., "Daylight Illumination on Horizontal, Vertical and Sloping Surfaces", Monthly Weather Review, Vol. 50, No. 12, pp. 615-628, December 1922.
- 13) Gillette, G. and Treado, S., "Correlations of Solar Irradiance and Daylight Illuminance for Building Energy Analysis", presented at the ASHRAE Semi-Annual Conference, Chicago, January 1985.
- 14) Gillette, G., A Daylighting Model for Building Energy Simulation, NBS Building Science Series 152, National Bureau of Standards, March 1983.
- 15) McDermott, L.H. and Gordon-Smith, G.W., "Daylight Illumination recorded at Teddington", Proceedings of the Building Research Congress, Division 3, Part III, pp. 156-161, 1951.
- 16) Illumination Engineering Society. "Daytime Lighting in Building". IES Technical Report No. 4. London, IES, 2nd Edition, July 1972.
- 17) Jeckins, I. "Increase in Averages of Sunshine in Greater London". Weather, 26, pp. 52-54, 1969.
- 18) Hunt, D.R.G. "Availability of Daylight", Building Research Establishment Current Paper, Garston, BRE. 1979.
- 19) Hunt, D.R.G., "Improved Daylight Data for Predicting Energy Saving from Photoelectric Controls", Lighting Research and Technology, 11(1), 1979.
- 20) CRISP, V.H.C., Photoelectric Control of Lighting --- Case Studies. Proc. CIE Conf. Experience of Energy Conservation in Buildings ; Nottingham, 1980.
- 21) CRISP, V.H.C., "Lighting Controls to Save Energy", International Lighting Review, 34 (1) 16-21, 1983.
- 22) Blackwell, M.J., Eldridge, R.H. and Robinson, G.D., Air Min. Met. Res. Cttee. M.R.P. No. 894, 1954.
- 23) Tregenza, P.R., Lighting Research and Technology, 12(3), pp. 121-126, 1980.
- 24) Hopkinson, R.G., Petherbridge, P. and Longmore, J., Daylighting Heinemann, 1966.
- 25) Crisp, V.H.C. and Lynes, J.A., Proceeding CIBS National Lighting Conf. Conterbury 1980.
- 26) Atkins, W.R.G. and Poole, H.H., Proc. Roy. Soc. Series B 121, pp. 1-17, 1936.
- 27) Blackwell, M.J., Air Min. Met. Res. Cttee. M.R.P. No 831, 1953.

- 28) Blackwell, M.J., Air Min. Met. Res. Cttee. M.R.P. No 895, 1954.
- 29) Blackwell, M.J., Proc. Brit. Ecological Soc., Symp. No. 6. 1965.(Blackwell Scientific Publications, Oxford), 1966.
- 30) Taylor, S.M. and Smith, L.P., Met. Mag. 90, pp. 289-294 1961.
- 31) Atkins, W.R.G. and Ellison, M.A., Proc. Roy. Soc. Series A 191, pp. 467-484 1947.
- 32) Atkins, W.R.G., Q.J.R. Met. Soc. 77, pp. 65-9-662 1851.
- 33) Atkins, W.R.G. and Jenkins, P.G., Q.J.R. Met. Soc., 78, pp. 70-75, 1947.
- 34) Kinsbury, H.L., Anderson, H.H. and Bizzaro, V.U., "Availability of Daylight", Illuminating Engineering, pp. 77-85, February 1957.
- 35) Gillette, G. and Treado, S., "The Issue of Sky Conditions", "Lighting Design and Application, pp. 23-27, March 1985.