

## 고령자의 인지력에 미치는 조도의 영향

김명호  
가천대학교 설비소방공학과

### Illuminance Effects Affecting to Cognitive Ability of the Elderly

Myung-Ho Kim

Department of Building Equipment System & Fire Protection Engineering, Gachon University

요 약 조도가 고령자의 인지력에 미치는 영향을 연구하기 위하여, 온도 25℃, 상대습도 50RH% 및 기류속도 0.02m/sec의 측정실에서 조도를 100lux, 300lux, 600lux, 1000lux 및 1500lux로 변화시키면서 고령자의 뇌파, 집중력, 심박동변이 및 진동 이미지를 측정하였다. 활동이 활발한 남성 고령자 10명을 피험자로 선정하였다. 측정 조건은 의자에 착석하여 안정을 취하고 있는 1met의 활동량으로 하고, 착의량은 약 0.7clo로 통일하였다. 측정 결과 고령자가 1000lux에 있을 때 미드 베타파가 66.35%가 증가했고, 슬로우 알파파는 31.57%가 증가된 것으로 미루어 고령자에게 1000lux가 가장 쾌적한 조도라는 것을 알았다. 또한 집중력은 100lux에서 보다 1000lux에서 8.83%가 증가했고, 집중력의 패턴도 균일하게 유지되었다. SDNN은 100lux에서 보다 1000lux에서 74.94%가 증가하였다. 신경과민은 100lux에서 보다 1000lux에서 97.23%가 감소되었다. 이외에도 1000lux에서 HRT는 뚜렷하게 증가되었고, 공격성은 현저하게 감소되었다. 따라서 고령자가 1000lux에 있을 때 쾌적성, 집중력 및 심장 안정도 등이 가장 높아지는 것을 기반으로 향후 노인복지시설을 설계하는 경우에는 무엇보다도 조도를 가장 우선하여 설계를 해야만 고령자들의 안전과 자립도를 높일 수 있다고 판단된다.

**Abstract** To study how illuminance affects cognitive ability of the elderly, the elderly's EEG, concentration, HRV and vibra image were measured in a test room with temperature 25[℃], relative humidity 50[RH%] and air flow speed 0.02[m/sec] by varying illuminance to 100[lux], 300[lux], 600[lux], 1000[lux] and 1500[lux]. Ten active elderly males were selected as subjects. Experiment condition was fixed as 1met of activity amount where the subject is seated and relaxed with cloth amount of 0.7clo. As a result, 1000[lux] was found out to be the most pleasant illuminance for the elderly, because Mβ increased by 66.35%, and Sa increased by 31.57% when the elderly was under 1000[lux] of illuminance. Also, concentration under 1000[lux] increased by 8.83% compared to 100[lux], and the pattern of concentration maintained uniformly. SDNN increased by 74.94% under 1000[lux] compared to 100[lux]. Nervousness decreased by 97.23% under 1000[lux] compared to 100[lux]. Moreover, HRT notably increased and aggression remarkably decreased under illuminance of 1000[lux]. Thus, based on the fact that comfort, concentration and heart stability of the elderly reach the highest under 1000[lux], it is determined that the illuminance has to be considered foremost in designing the elderly's welfare facilities to raise their safety and level of independence.

**keywords** : EEG, HRV, Vibra Image, Concentration, Nervousness

#### 1. 서론

급격한 고령사회로의 진입으로 인하여 우리나라의 65세 이상의 노인 인구는 2018년 738만명(14.3%)에서 2030년에는 1,269만명(24.3%)으로 증가될 것으로 예상

된다. 이러한 고령화에 따라 노인복지시설에 관한 수요가 급증하고 있지만, 현재 노인복지시설의 거주성능을 확보할 수 있는 가이드라인 및 법적기준이 명확하게 마련되어 있지 않다[1].

\*Corresponding Author : Myung-Ho Kim(Gachon Univ.)

Tel: +82-10-8713-8643 email: ibs@gachon.ac.kr

Received November 28, 2018

Revised December 28, 2018

Accepted March 8, 2019

Published March 31, 2019

노년계층은 시력의 노화, 황변 및 병적인 변화 등으로 인하여 안구의 빛의 투과율이 감소되면서 인지능력도 함께 감소된다. 이러한 인지능력의 감소는 수면장애, 자신감의 상실 및 우울증으로 이어지는 원인이 된다[2]. 또한 일반 성인들에 비하여 주거 영역이 전체 생활영역의 대부분인 고령자에게 주거공간의 조명은 심리 및 작업능률에 큰 영향을 미친다. 그러므로 조도는 노년계층의 인지능력을 높여 안전과 자립도를 높일 수 있는 매우 중요한 거주 성능이 된다[3][4].

따라서 본 연구에서는 노인복지시설에 적합한 조명환경을 연구하기 위하여, 미국 공기조화냉동공학회의 쾌적범위에 들어가는 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 측정실에서 조도를 100[lux], 300[lux], 600[lux], 1000[lux] 및 1500[lux]로 변화시키면서 조도가 고령자의 인지력에 미치는 영향을 측정 분석하였다.

## 2. 본론

### 2.1 측정실의 구조 및 피험자의 조건

#### 2.1.1 측정실의 구조 및 제원

본 연구에서 사용한 측정실은 4×5×3[m]의 크기로서, 내부 구조는 Fig.1과 같이 향온향습기가 설치되어 있고, 제원은 Table 1과 같다.



Fig. 1. Structure of Test Room

Table 1. Specification of Test Room

Measuring Condition	Range of Adjustment and Error
Temperature	-10~40[°C] ± 0.5[°C]
Humidity	20~90[RH%] ± 3[RH%]
Illuminance	0~2000[lux] ± 3[lux]

### 2.1.2 피험자의 조건

본 연구의 피험자는 경로당과 같은 노인복지시설에서 활동이 활발한 남성 고령자 10명으로 신체조건은 Table 2와 같이 선정하였다. 의자에 착석하여 안정을 취하고 있는 1met(metabolic rate : 1met=58.2W/m<sup>2</sup>)의 활동량으로 하고, 착의량은 약 0.7clo(긴양말 0.10, 팬티 0.05, 반팔 셔츠 0.25, 하절기용 긴바지 0.28)로 통일하였다[5].

Table 2. Physical Condition of Subject

	Age	Height[cm]	Weight[kg]
Range	70~77	153~169	61~75
Average	74.1	161	67.6

## 2.2 측정 및 분석

### 2.2.1 뇌파와 집중력측정

본 연구는 온도 25[°C], 상대습도 50[RH%] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 측정실에서 조도를 100[lux], 300[lux], 600[lux], 1000[lux] 및 1500[lux]로 변화시키면서 뇌파(Electroencephalogram, 이하 EEG)를 측정하였다. EEG측정은 8채널을 측정하는 PolyG-I(Laxtha Inc.)를 사용하였고, 국제전극배치법인 International 10-20 System에 의해 EEG를 5분간 측정하였다[6].

집중력은 EEG와 동일한 조건에서 피험자가 신경생리학적 학습능력검사 소프트웨어 LXS-MD3-1(Laxtha Inc.)의 문제를 5분간 풀이할 때 발생하는 집중도 패턴 및 인지능력 등을 관찰하였다.

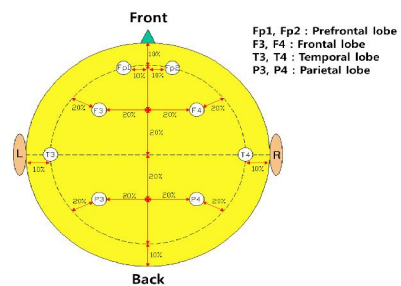


Fig. 2. International 10-20 System

### 2.2.2 심박동변이 측정

SDNN 및 HRT의 심박동변이는 3채널의 전문 자율신경계 균형 검사기기인 SA-3000P(Medicore Co. Ltd.)를 활용하여 측정하였다. EEG측정과 동시에 진행하였으며, 양팔 손목 및 좌측 발목에 전극을 착용한 상태에서 5분

간 측정하였다.

2.2.3 감정반사 측정

자율신경계, 호흡 및 심혈관계 등의 조절에 영향을 미치는 전정기관은 감정반사(Vestibular Emotional Reflex)의 미세한 진동을 표현한다. 진동이미지(바이브라시스템 Co. Ltd)는 Fig. 3과 같이 전정기관의 미세한 진동으로부터 비롯되는 머리와 목의 미세 진동과 진폭을 초당 12~15프레임의 카메라로 측정하여 공격성, 신경과민과 같은 8가지 파라미터를 Vibra image7 S/W로 분석하였다[7].

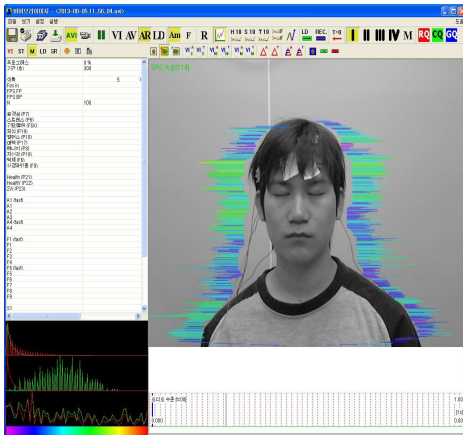


Fig. 3. Vibra image measurement monitor

2.2.4 분석 검증

두 개 이상 다수의 집단을 비교하고자 할 때, 집단 내의 분산 또는 집단 간의 분산을 비교하여 가설검정을 하는 방법인 분산분석(Analysis of Variance, 이하 ANOVA)방법을 이용하여 통계검증을 하였다.

2.3 실험결과

2.3.1 조도 변화에 따른 뇌파 변화

조도변화에 따른 상대 슬로우 알파파(8~10[Hz]의 Slow aware, 이하 Sa파)와 상대 미드베타파(15~20[Hz]의 Mid β wave, 이하 Mβ파)를 측정한 결과는 Fig.4와 같다. Sa파와 Mβ파가 100[lux]와 300[lux]에서는 활성화되지 않다가, 600[lux]와 1000[lux]에서 가장 크게 활성화되는 것을 알 수 있다. Sa파는 심신의 안정도가 높을 때 활성화되며, 뇌의 이완과 긴장의 적절한 전환을 반복 유지하면서 α파에서 β파로 쉽게 전환시켜주

는 역할을 한다. Mβ파는 주의 집중이 높을 때 활성화된다. 그러므로 600[lux]와 1000[lux]에서 Sa파가 가장 크게 활성화되며, 이러한 Sa파가 활성화되는 영향을 받아 1000[lux]에서 Mβ파가 가장 활성화된다고 판단된다[8].

Sa파와 Mβ파의 ANOVA통계 검증 결과는 Table 3과 같이 유의확률(P)의 값이 각각 0.003\*\*과 0.004\*\*로써 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

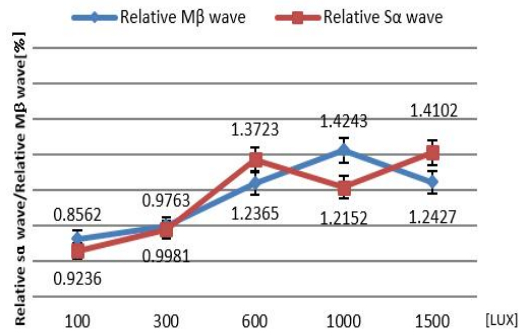


Fig. 4. Relative Sa wave and Mβ wave due to illuminance variation

Table 3. Statistical analysis of relative Sa wave and Mβ wave

	Relative Sa wave	Relative Mβ wave
Sum of Suares	0.130	0.232
DF	31	31
Mean Suare	0.021	0.032
F Value	11.532	9.155
Pr > F	0.003**	0.004**

\*\*P<0.05

2.3.2 조도에 따른 집중력 패턴과 인지능력 변화

조도에 따라 집중력 패턴을 측정한 결과는 Fig.5와 같다. Fig.5(a)와 같이 100[lux]의 어두운 조도에서는 초기의 높은 집중력을 측정이 끝날 때까지 유지하지 못하는 반면, Fig.5(b)와 같이 1,000[lux]의 쾌적한 조도가 되면 초기의 높은 집중력이 측정이 끝날 때까지 잘 유지되는 것을 알 수가 있다. 1,000[lux]의 밝은 조도가 되면 2.3.1에서 진술한 바와 같이 1,000[lux]에서 심신의 안정도가 높아지면서 부교감신경이 활성화되어 내장 근육으로 주로 가던 혈액이 뇌로 집중이 되기 때문에 각종 자극에 예민해져서, Fig.5(b)와 같이 집중력도 균일한 패턴을 가진다고 생각된다[9].

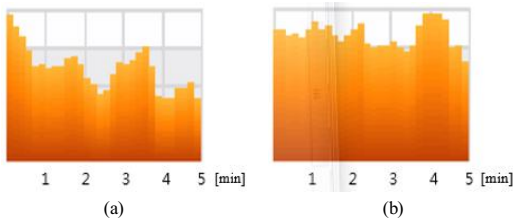


Fig. 5. Concentration pattern variation due to illuminance variation

- (a) Concentration pattern at 100[lux]
- (b) Concentration pattern at 1,000[lux]

조도변화에 따라 집중력과 인지속도와 같은 인지력은 Fig. 6과 같이 1,000[lux]에서 가장 높아진다. 그 이유는 Fig.5에서 전술한 원인과 더불어, 100[lux]나 300[lux]와 같이 광원이 너무 어두우면 빛이 안구로 적게 들어오기 때문에 인지능력이 감소되고, 반대로 1500[lux]처럼 광원이 너무 밝게 되면 동공반사에 의해 동공의 크기가 작아지게 되어 안구로 빛이 오히려 적게 들어 와 사물이 어두워보이기 때문에, Fig.6과 같이 1,000[lux]에서 인지력이 가장 높아진다고 판단된다[10].

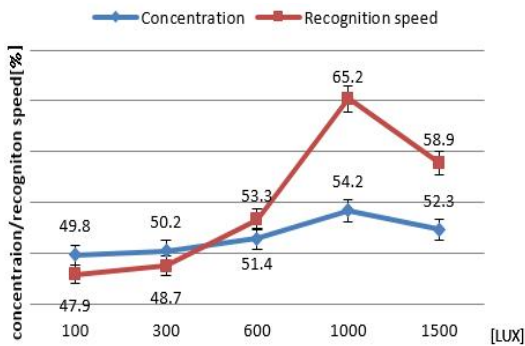


Fig. 6. Recognition variation due to illuminance variation

### 2.3.3 조도에 따른 심박동이 변화

심박동변이(Heart Rate Variability, 이하 HRV)란 시간에 따른 심박동의 주기적인 변화를 의미하며, 교감 및 부교감 신경의 활성도를 양적으로 평가하는데 사용된다. HRV에는 심장 1회 박동의 R-R간격을 시간의 범위로 표준편차를 구하는 심박변이도 표준편차(The standard deviation of normal to normal intervals, 이하 SDNN)와 심장의 분당 평균심박동수(Mean heart rate, 이하 HRT)가 있다.

SDNN은 자율신경계의 신체에 대한 제어능력에 관한

정보를 제공하는 지표로 사용되며, 그 수치가 클수록 안정된 상태라는 것을 의미한다. HRT는 자율신경계의 이상을 평가하는 지표로 사용되며, 그 수치가 작을수록 안정된 상태라는 것을 의미한다[11]. 결론적으로 이러한 SDNN 및 HRT와 같은 심박동변이 분석은 교감 및 부교감 신경의 활성도를 평가하는데 사용된다.

Fig.7과 같이 100[lux]와 300[lux]의 어두운 환경에서는 인지적 스트레스와 피로감이 증가되기 때문에 교감 및 부교감신경의 기능이 감소되어 신경계의 조절능력이 감소된다. 이에 따라 600[lux]이하의 어두운 환경에서 SDNN이 뚜렷하게 감소되고 HRT는 뚜렷하게 증가된다고 사료된다.

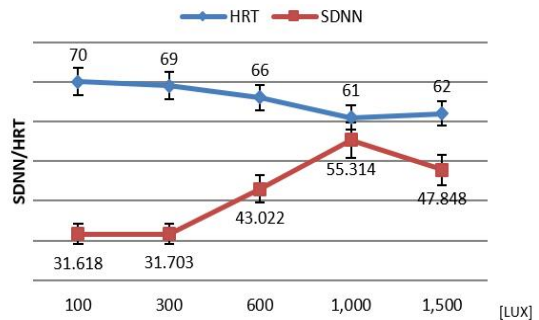


Fig. 7. SDNN and HRT variation due to illuminance variation

### 2.3.4 조도변화에 따른 감성반사 변화

2.2.3에서 전술한 바와 같이 조도가 변화되면, 자율신경계와 근육의 움직임이 변화되어, 목과 머리의 진동주파수가 변화된다[12]. 또한 2.3.1에서 전술한 바와 같이 100[lux]와 300[lux]의 낮은 조도에서는 정서적으로 불안정하고 인지능력이 저하되기 때문에 불균일한 근육 움직임이 발생하게 되고, 이에 따라 신경과민과 공격성에 해당하는 주파수가 활성화된다. 이와 반대로 600[lux] 이상의 밝은 조도가 되면 정서적으로 안정되고 인지능력도 향상되어 0.1~1.0[Hz]범위의 일관되고 대칭적인 주파수가 활성화되며, 이에 따라 Fig.8과 같이 600[lux] 이상의 밝은 공간에서는 신경과민과 공격성에 해당하는 주파수가 낮아진다고 사료된다[13].

첨언하면 20대의 평균시력이 1.0이라면, 65세에는 시력이 0.4정도로 저하되며 명암에 대한 순응력과 판단력도 함께 감소되어 100[lux]나 300[lux]와 같이 어두운 조도의 공간에서는 신경과민이나 공격성과 같은 심리적 장

애가 유발된다고 생각된다[14].

### 3. 결론

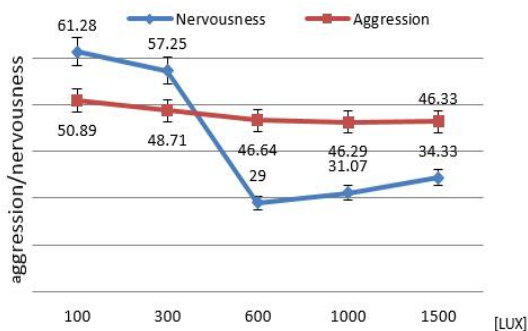


Fig. 8. Vestibular emotional reflex variation due to illuminance variation

#### 2.3.5 조도변화에 따른 인지능력 변화 분석

100[lux]에서 1000[lux]로 변화되었을 때 고령자의 인지도 변화를 비교한 결과는 Fig.9와 같다. Fig.9와 같이 피험자가 100[lux]에 있을 때 보다 1000[lux]에 있을 때 Mβ가 66.35%가 증가하고, Sa는 31.57%가 증가한다. 또한 집중력은 100[lux]에서 보다 1000[lux]에서 8.83%가 증가하고 SDNN은 74.94%가 증가한다. 신경과민은 100[lux]에서 보다 1000[lux]에서 97.23%가 감소되는 것을 알 수가 있다. 따라서 고령자가 1000[lux]에 있을 때 쾌적성, 주의집중력 및 심장 안정도 등이 가장 높아지는 것을 알 수 있었다.

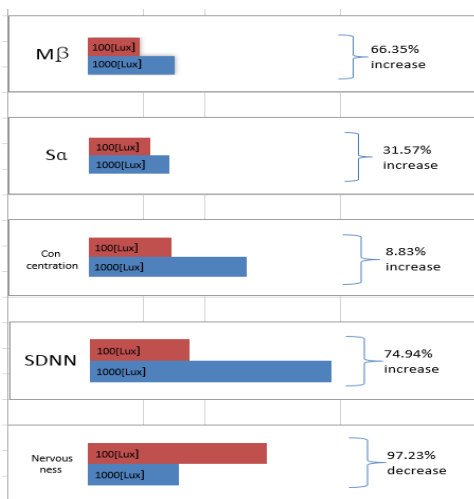


Fig. 9. Cognitive ability variation analysis due to illuminance variation

온도 25[°C], 상대습도 50[RH%] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 측정실에서 조도를 100[lux], 300[lux], 600[lux], 1000[lux] 및 1500[lux]로 변화시키면서 조도가 고령자의 인지력에 미치는 영향을 측정 분석하였다. 측정 결과 600[lux]에서 심신의 안정도가 가장 높아지며, 1000[lux]에서 집중력, 인지속도 및 SDNN이 가장 높아지고, HRT, 신경과민 및 공격성이 가장 낮아졌다. 이러한 결과를 바탕으로 주거 공간의 조도가 고령자의 심리 및 작업능률에 직접적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 건축물을 설계하는 경우에는 주거성능, 에너지 절감 성능, 내화 성능, 내진 성능, 유지관리 성능 및 친환경성능 등의 여러 가지 요인들을 고려하지만, 노인복지시설을 설계하는 경우에는 무엇보다도 주거 성능을 우선 고려해야만 하고 그 중에서도 조도를 가장 우선하여 설계를 해야만 고령자들의 안전과 자립도를 높여 노인복지시설의 본래 목적을 충실하게 수행할 수 있다고 생각한다.

향후 조도가 낮은 기숙물에서 고령자들의 청각과 후각을 자극하여 불쾌해진 시각을 보상할 수 있는 실험을 할 계획이다.

### References

- [1] J. G. Kang, J. H. Seo, J. H. Yang, "The Survey about the Indoor Air Quality and Thermal Comfort of the Elderly Welfare Facilities", The Korean Housing Association, April, pp.185-189, 2010.
- [2] H. S. Lee, J. H. Lim, "Relieving the Loneliness of the Elderly Living Alone through Lighting", Korean Institute of Interior Design, Vol.16, No.1, pp.94-97, 2014.
- [3] J. H. Chun, "Evaluation of Interior Factors in Gyunro-dang Recommendations for Improvement", Journal of Korean Society of Design Science, Vol.17, No.3, pp.353-362, 2004.
- [4] J. H. Hwang, Y. S. Lee, "Statues of Lighting Research for Elderly Living Environment in Korea", Journal of the Korean Housing Association, Vol.25, No.1, pp.417-420, 2013.
- [5] Y. J. Baek, S. K. Hwang, H. H. Lee, J. H. Park, D. H. Kim, J. Y. Lee, "Quantification of Thermal Insulation by Clothing Items and Analysis of Influencing Factors", Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, Vol.42, No.1, pp.172-182, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.5850/JKSCT.2018.42.1.172>
- [6] M. H. Kim, "The Study about Variation of Physiology Signal based on EEG due to Variation of Illumination",

- The Korean Institute of Electrical Engineering, Vol.61P, No.1, pp.55-58, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEEP.2012.61.1.055>
- [7] V. A. Minkin, N. N. Nikolaenko, "Application of Vibraimage Technology and System for Analysis of Motor Activity and Study of Functional State of the Human Body", Biomedical Engineering, Vol. 42, No.4, pp.196-200, 2008.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10527-008-9045-9>
- [8] S. J. Ji, S. R. Jung, O. G. Lee, R. H. Kwak, J. T. Lee, "A Study on the Prefrontal EEG Activities in the case of Audio-Visual Learning Using Wavelet Transform", The Korean Institute of Electrical Engineers, June, pp.12-14, 2006.
- [9] W. W. Lee, J. H. Kim, J. I. Kim, H. K. Jang, H. Y. Lee, "Solution ; Concentration Enhancement System for Students", Proceedings of HCI Korea, pp.721-725, 2018.
- [10] J. G. Kim, "Lighting Colors Effect on the Human Body", KSDS Conference Proceeding, PP.88-89, 2005.
- [11] H. M. Koh, H. C. Shin, "Correlation of Stress and HRV in Korea between the Age 30s and 40s", Stress study, Vol.19, No.4, pp.273-279, 2011.
- [12] K. Park, M. Hwang, J. Kim, K. Choi, "Valid Parameters Extracted from Frequency Changes of Head Movement on Stress State using Vibraimage Technology", Korean Operations Research and Management Science Society, April, pp.2945-2948, 2015.
- [13] Y. M. Lee, "Influence of Behavioral and Psychological Symptoms on Pain in Nursing Home Residents with Cognitive Impairment", Korea Society for Wellness, Vol. 11, No.1, pp.107-116, 2016.  
DOI: <http://doi.org/10.21097/ksw.2016.02.11.1.107>
- [14] S. K. Won, B. C. Park, A. S. Choi, "Development of Methodology of Lighting Plan for Elderly Housing", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers", Vol.21, No.6, pp.8-18, 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2007.21.6.008>

김 명 호(Myung-Ho Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 광운대학교 공과대학 원 전기공학과 (공학박사)
- 1995년 2월 ~ 1996년 2월 : 동경공업대학 Post Doctor
- 2008년 2월 : Carnegie Mellon University Visiting Scholar
- 1992년 9월 ~ 현재 : 가천대학교 설비·소방공학과 교수

<관심분야>

BEMS, BIM, 에너지절감