

2012년 국내외 조명 연구 동향 분석을 통한 연구 방향 제시

(Analysis on the Domestic and International Illumination Research Trends in 2012 and Further Study Suggestion)

박혜리* · 임동영 · 최은혁 · 이광식**

(He-Rie Park · Dong-Young Lim · Eun-Hyeok Choi · Kwang-Sik Lee)

Abstract

This paper focuses on the domestic illumination research trends in 2012 based on reviewing the published papers in the Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers. It classifies and resumes the papers in five themes including exterior lighting, interior lighting, LED/OLED, optical device and optical fiber, and lighting industry. By comparatively studying a large number of papers published in Japan, North America, and China in the same year, the international illumination research trends are also figured out and further academic research topics are suggested.

Key Words : Illumination Research Trends, Exterior Lighting, Interior Lighting, LED/OLED, Optical Device and Optical Fiber, Lighting Industry

1. 서 론

1.1 연구의 배경

인류는 자연을 탐구하고 모사하는 것을 통하여 발전

해 왔다. 인간 생존의 필수 요건인 빛도 자연에서 발견되는 광원에 대한 관찰로부터 시작하여, 오늘날 전·자기 에너지를 빛 에너지로 전환하는 기술, 반도체를 이용한 광원의 개발 등을 통해 인공적으로 만들 수 있게 되었으며, 인간은 이를 생활에 편리하게 사용해오고 있다[1].

빛을 조명으로 활용하는 기술의 개발은 인류에게 밝은 시야를 제공함으로써, 야간 활동을 가능하게 해주었고, 자연광 활용에 제한이 있는 시·공간 내에서의 활동에도 편리함을 가져다주게 되었다. 현대에 이르러서는 각종 광원의 특성, 조명의 용도 및 목적에 따른 조명 환경 연구에 의해, 쾌적하고 능률적인 조명 환경이 조성되고 있다. 뿐만 아니라 새로운 광원 및 안전 장치의 개발, 조명 시스템의 통신 및 제어 기술의 고도

* 주저자 : 프랑스 École Normale Supérieure de Cachan 박사 후 연구원
** 교신저자 : 영남대학교 전기공학과 교수
* Main author : Post-doctoral fellow, École Normale Supérieure de Cachan, France
** Corresponding author : Professor, Yeungnam University, Electrical Engineering
Tel : 053-810-3953, Fax : 053-810-4767
E-mail : kslee@yu.ac.kr
접수일자 : 2013년 9월 5일
1차심사 : 2013년 9월 14일
심사완료 : 2013년 10월 10일

화는 조명의 편리성, 기능성, 안정성의 확보 및 친환경 저에너지 기술에 대한 사회적 요구에도 부합하고 있다 [2-3].

하지만 조명이 인간 생활에 미치는 영향이 증대될수록 인간은 조명에 더욱 의존하게 되며, 그에 따른 조명의 남용 사례도 증가하게 된다. 조명 기술을 활용함에 있어 최근 대두되는 빛 공해에 의한 인체 대사의 불균형, 생태계의 변화, 천체 관측 방해 등의 문제를 비롯하여, 조명의 과도한 사용으로 인한 에너지 자원의 낭비 및 건축물의 냉방 부하 증가 등이 실례로 언급된다. 이에 대한 해결책으로 관련 법규의 제정 및 실무 근거 자료의 제공을 위한 모의 실험/실측 연구가 병렬적으로 진행되고 있다[4-5].

이 같은 조명 분야의 연구들이 지속됨으로써 조명에 의한 인간 생활의 편리성, 인간 감성의 충족도, 작업 및 활동의 능률성이 증진될 것이며, 조명 기술과 조명 산업의 발전에 따른 산업 제반의 성장 또한 긍정적으로 기대해볼 수 있을 것이다.

1.2 연구의 방법 및 목적

본 논문에서는 2012년 한 해 동안 본 학회 논문지에 게재된 156편의 논문 가운데, 조명 분야에서 발표된 28편의 논문을 검토한다. 그리고 이를 세부 주제에 따라 분류한 후, 각 주제의 연구 동향을 분석함으로써, 국내의 조명 분야 학술 연구 방향을 전반적으로 파악한다.

또한, 비교론적 관점에서 일본·북미·중국의 조명 분야 학술지인 ‘Journal of Light & Visual Environment(빛과 시각 환경 논문지)’, ‘Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan(일본 조명학회 논문지)’, ‘Journal of the Illuminating Engineering Society of North America(북미 조명학회 논문지)’, 그리고 ‘照明工程學報(조명공정학보, China Illuminating Engineering Journal)’의 2012년 최신 연구 동향을 분석한다.

이를 통하여 향후 국내 조명분야의 학술 연구 방향을 조망하고 추후 연구 소재를 제공함으로써, 학회 논문의 조명분야의 양적·질적 향상과 국내외 조명분

야 연구의 지속적인 발전을 도모하고자 한다.

2. 국내 논문 검토

2012년 본 학회 논문지에 게재된 조명 분야 28편의 논문을 검토하여 이를 표1과 같이 5개의 항목 내 15개의 세목으로 분류하였다. 아래의 절에서 이상의 세부 분류 사항에 관하여 검토하기로 한다.

표 1. 국내 조명 분야 논문의 분류
Table 1. Classification of Domestic Illumination Research Articles

| 항목 | 세목 |
|-----------|---|
| 옥외 조명 | 터널 조명, 광고 조명, 도로 조명 |
| 실내 조명 | 등기구 경제성, 건축물 에너지 소비, 조명 환경 |
| LED/OLED | 광원 설계, 방열, 구동 드라이버 설계, 조광 제어, 색채 연구, 응용 |
| 광소자 및 광섬유 | 광소자 구조 설계, 광섬유 출력 왜곡 |
| 조명산업 | LED 조명산업 |

2.1 옥외 조명

옥외 조명 항목에서는 터널 및 도로, 광고용 조명 등에 적용되는 국내외의 조명 기준을 검토하고, 실측 및 시뮬레이션 수치를 바탕으로, 국내 실정에 맞는 기준 및 근거 자료를 제시하는 연구가 주를 이루었다.

Han et al.[6]은 국내 도로 터널의 경계부 휘도 측정 및 순응 휘도치 산출에 관한 연구가 부족함을 지적하며, 국내 4개의 고속도로 터널과 4개의 지하차도 터널을 대상으로 실험적 연구에 바탕을 둔 광막 휘도법과 L20법을 이용한 순응 휘도법을 소개하고, 그에 근거한 경계부 휘도를 계산하였다. 이로써 터널 조명 설계 시 KS 조명 기준 이외에 실측에 따른 경계부 휘도 산출법을 부가적으로 적용할 것을 제안하였다.

Lee et al.[7]은 빛 공해의 일종인 가로등의 상향광 방지 기준 마련을 위하여, 국제 기관별 및 국가별 상향광 관련 기준을 조사하였다. 그리고, 국내 가로등 42개

의 배광 분포 파일 사례 분석을 통한 상향광 시뮬레이션 결과를 근거로, 국내 조명 환경 관리 구역별 가로등의 상향 광속률 기준 방안을 제시하였다.

Gu et al.[8]과 Jung et al.[9]은 도로 조명의 침입광 기준 제시를 위한 연구를 수행하였다. 먼저 Gu et al.은 국제 다크 스카이 협회(International Dark Sky Association, IDA)와 북미 조명학회(Illuminating Engineering Society of North America, IESNA)가 공동 제정한 옥외 조명 설치 지침(Model Lighting Ordinance, MLO)을 바탕으로, 국내에서 많이 사용되는 8종의 도로 조명의 배광 특성을 조사·분류하였다. 또한, 도로 조명 침입광 시뮬레이션을 통하여 도로 조명의 공간적 위치(설치 높이 및 도로 조명과 주택간 이격 거리)에 따른 침입광의 영향을 분석하였다. 이를 근거로, 침입광 관리를 위한 도로 조명 설치 기준을 제안하였다. 이어서 Jung et al.은 국제 기관에서 적용하고 있는 침입광 관리 기준의 국내 적용 가능성을 평가하기 위하여, 국내 8종의 도로 조명의 BUG (Backlight-Uplight-Glare) 등급을 분류하였다. 또한, 조명 시뮬레이션을 통하여, 국내 조명 환경 관리 구역별 도로 조명 설치 거리에 따른 후사광 및 글레어 등급의 최대 허용치를 제시하였다.

Kim et al.[10]은 옥외 발광 광고물의 에너지 낭비 및 빛 공해 저감을 위한 국내외 기준을 분석하고, 국내 450개의 옥외 광고물을 조명 방식에 따라 내조형, 외조형, 채널 레터형으로 분류한 후, 대상의 야간 휘도 값을 측정하였다. 결과에 따라 내조형, 외조형 광고물의 사용을 자제할 것과 채널 레터형 광고물의 최대 표면 휘도 허용치를 제안하였다.

2.2 실내 조명

실내 조명 항목에서는 실내 조명기구의 자체 경제성 평가뿐만 아니라, 조명 시스템이 건축물의 에너지 소비에 미치는 영향, 실내 조명 환경이 실내 사용자의 인식·감성에 미치는 영향에 관한 연구가 동시에 진행되었다.

Cho et al.[11]은 실내 조명을 위한 용도로 사용되는 기존의 등기구 및 LED 조명의 경제성을 평가하는 도

구를 개발하였다. 실 크기와 조명의 특성, 단가, 수명 등의 29개의 입력 값으로부터, 조명의 면적당 소비 전력, 면적당 소비 전력량, 이산화탄소 배출량 등을 포함한 27개의 출력 값을 도출하였다. 실례로써 4곳의 사무실에 대하여, 형광등기구 4종과 LED 조명기구 2종의 전 수명에 걸친 경제성 평가를 수행하였으며, 그 결과로써 LED 조명기구의 경제적인 면과 친환경적인 면을 강조하였다.

조명에 의한 건축물 에너지 소비에 관한 연구도 다면적으로 이루어졌다. Lee et al.[12]은 외국의 건축물 조명 전력 제한 기준에 대한 자료를 분석한 후, 국내 사무용 빌딩 7개소의 단위 면적당 조명 전력을 측정하여 평가하였다. 그리고 조명 시뮬레이션 프로그램인 Relux를 이용하여 국내외의 조명등기구 26종의 조명 전력을 각 공간별, 면적별로 도출하였다. 이를 통하여, 해외 기준 및 국내 조명 업계의 기술을 고려한 공간별 조명 전력 상한치를 제시하였다. Son et al.[13]은 사무용 건축물의 외피 요소인 창 면적비와 차양 설치 여부를 변수로 두고, 그와 광적·열적 상호작용을 하는 인공 조명 및 냉·난방 에너지의 소비량을 시뮬레이션을 통하여 산출함으로써, 건축물의 에너지 소비 절감을 위한 외피 설계 기초 자료를 제공하였다. Park et al.[14]은 조명기구의 발열이 건축물 내부의 온도 변화에 미치는 열적인 영향을 연구하기 위하여, 고단열실의 조명기구에 의한 내부 획득 열을 추정할 수 있는 열적 모델을 제안하였다. 이는 열평형식과 열-전기 아날로지를 이용하여 얻은 모델로서, 실험 및 시뮬레이션 결과의 비교를 통하여 모델의 타당성이 검증되었다.

실내 조명에 의해 조성되는 조명 환경에 대한 실내 사용자의 인식 및 심리적 영향에 관한 연구도 진행되었다. Kim et al.[15]은 대구 지역 중대형 및 대형 공동주택 각 20가구씩, 총 40가구를 대상으로, 거실 조명 환경의 실태 및 거주자의 의식 조사를 실시하였다. 이를 통하여, 중대형 및 대형 공동주택 간의 거실 조명 환경의 실질적 차이와 거주자의 만족도 및 관심 사항을 파악하였다. 또한, 거실에서의 주 행위에 따른 조명 사용 실태를 분석함으로써 거주자가 만족할 수 있는 조명 환경 설계를 위한 기초 자료를 제공하였다.

Lee[16]의 문헌에서는 사무 공간에서 사용자가 느끼는 감성 어휘를 조명과 연관 지어 분류하였다. 이를 바탕으로, 사용자가 사무 공간 내에서 다양한 활동을 할 시, 형광램프 및 LED 조명이 사용자에게 주는 각각의 느낌을 수치적으로 정량화하여 분석함으로써, 감성이 만족되는 조명 환경 조성의 필요성을 강조하였다. 그리고 Youm et al.[17]은 재실자의 심리 및 생리 상태를 고려한 조광 제어를 행하기 위한 목적으로, 서로 다른 상관 색온도를 가진 LED 조명 하에서 시 작업 중인 재실자가 조광 제어 속도의 변화에 따라 광량의 변화 및 시각적 불편함을 인식하는 환경이 어떻게 다른지에 대한 주관 평가 실험을 실시하였다.

2.3 LED/OLED 조명

LED/OLED 조명 항목에서는 광원의 설계 및 광원의 특성, LED 패키지 및 모듈의 방열 및 광 특성, LED 구동 드라이버의 설계, 조광 제어, 색채 연구 및 응용 연구 등이 이루어졌다.

Kim et al.[18]은 OLED가 면광원으로서 효율이 우수하다는 점에 착안하여, 단일 발광층을 가진 2파장(황·청) 백색 유기 발광 소자(White Organic Light Emitted Diode, WOLED)와 세 개의 발광층을 가진 3파장(적·녹·청) WOLED를 설계·제작하였다. 이들의 조명용 광원으로서의 특징을 알아보기 위하여, 전류 밀도, 휘도, 전력 효율, 색온도 값을 얻어 비교·분석하였다. 이를 바탕으로, 단층의 2파장 WOLED가 전력 효율 및 공정의 단순성 측면에서 세 개의 발광층을 가진 3파장 WOLED에 비해 우수함을 밝혔다.

에폭시 몰드를 장착한 고효율 멀티칩 LED 패키지의 방열 특성을 알아보기 위해서, Bang et al.[19]은 유한 체적법을 이용한 패키지의 온도 분포 모델을 구하였다. 모델의 정확도를 확보하기 위하여, 몰드 표면 온도를 열전대와 적외선 열 화상 카메라를 이용하여 직접 측정하고, 이를 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 에폭시 몰드의 높이 및 열 전도도의 변화에 따른 온도 변화를 시뮬레이션한 후, 그 결과 값을 제시함으로써, 패키지의 방열 특성을 개선할 수 있는 방법을 논하였다. 또한 Yun et al.[20]은 동일 구조의 5[W] 고효율

백색 LED 모듈의 방열 조건(냉각팬의 유무) 및 DC 전류 증가에 따른 과도 상태 및 정상 상태에서의 모듈의 온도 변화를 관측하였다. 또한 냉각 팬의 유무 시, 전류 변화에 따른 LED의 온도, 색온도, 휘도, 분광 분포를 측정하고, 상대 광 효율을 계산한 후 상호 간의 연관성을 분석하였다. 이를 통하여 정격 전류 이상에서의 냉각 팬 유무가 LED의 광 특성 및 광 효율에 유의한 영향을 미침을 밝혔다.

LED 등기구에 공급되는 전류 및 출력 전압은 LED의 발열, 수명, 광 효율 및 광 특성과 직접적인 연관이 있으므로, 이들의 적절한 제어를 위한 LED 구동 드라이버의 설계에 관한 연구도 진행되었다. Han et al.[21]은 실제 드라이버의 동작을 예측하기 위하여, 드라이버 회로의 모델링 및 동작 시뮬레이션을 수행하였다. 먼저 LED와 드라이버 IC를 각각 물리적으로 모델링한 후, PSpice를 이용하여 IC의 내부 기능 및 조광 제어 시의 드라이버의 동작을 모의 구현하였다. 그리고 구현 결과를 실험치와 비교함으로써, 모델의 정확성 및 응용 가능성을 보였다. Yun et al.[22]은 LED 어레이에 필요한 균등 저전압을 인가하기 위하여, 복수 커패시터를 이용한 감압 전하 펌프 구동 회로를 제안하였다. 조광 단계의 변화에 따라 점등되는 LED의 수가 달라질 경우, 커패시터의 전압이 불균등해지는 문제를 해결하기 위하여, 제너 다이오드를 각 커패시터에 병렬로 연결하였다. 시뮬레이션 및 실험을 통하여 구동 결과를 확인하였으며, 조광 단계에 따른 구동 회로의 효율을 평가하였다. Ko et al.[23]은 LCD 백라이트로 이용되는 LED 모듈의 균일한 밝기 제어를 위하여, 전류 평형 변압기 및 균일 커패시터를 부착한 LED 구동 드라이버를 제시하였다. 또한 보다 정확한 조광 제어를 위하여 FNN(Fuzzy Neural Network)을 이용한 PWM(Pulse-Width Modulation) 제어 기법을 소개하였다. 제시한 드라이버 시스템을 실험과 시뮬레이션을 통하여 구동하였으며, 상호 간 유사한 결과를 도출하였을 뿐만 아니라, LED 모듈 간 전류 편차 감소라는 소기의 목적을 달성하였음을 보였다.

LED 조광 제어를 위한 연구로서는 상기 FNN을 이용한 PWM 제어뿐만 아니라, 위상각 제어 회로를 드

라이버 IC의 주파수 가변에 활용하는 연구가 Choi et al.[24]에 의해 제안되었다. 또한 IEC(International Electrotechnical Commission)에서 제정한 조명 제어 프로토콜인 DALI(Digital Addressable Lighting Interface)를 이용한 개별 및 그룹별 조광 제어 통신 기술도 소개되었다. LED 조광 제어 플랫폼 및 수요 반응 스케줄링에 관한 연구는 Choi et al.[25]에 의해 진행되었다. 상기 연구에서는 조광 제어 기술의 광범위한 적용을 예상하여 개방형 구조의 XML(Extensible Markup Language) 기반의 플랫폼을 개발하여 조광 제어 및 그에 따른 전력량 계산, 수요 반응 등의 서비스가 가능함을 보였다.

LED 조명의 경우 다 파장을 조합함으로써 다양한 색 연출이 가능하므로, 자연광 색채를 모사할 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점을 활용하기 위해서 Yang et al.[26]은 자연광의 색채와 분광 분포 스펙트럼을 측정된 데이터를 계절별·시간별로 분석하였다. 이를 통하여, 자연광의 색 좌표 변화 형태와 플랑키안 곡선(Plankian locus) 간의 상관성을 밝혔으며, 이를 LED 조명 색채의 개발 방향을 제시하는 것에 응용하였다.

LED 조명을 탁상용 전등(스탠드) 및 보안등에 응용하는 연구도 이루어졌다. Chun et al.[27]은 LED 조명의 경우 조도의 디지털 제어가 용이함에 착안하여, 조도 센서를 부착한 에너지 소비 절감형 LED 스탠드를 개발하였다. 이는 사용자가 선호하는 조도를 입력 받은 후, 주변 조도를 센서를 통하여 측정하고, 부족한 조도 분을 스탠드 조도 제어를 통해 보강하는 방법을 사용하는 스탠드이다. 임의의 주변 조도 하에서, 제안한 스탠드와 기존 스탠드 간의 전력 소비량을 실측을 통해 비교하였고, 사용자들의 시각적 만족도 및 조작 편의성에 대한 설문 실시하여 제안한 스탠드의 상대적 우수성을 증명하였다. LED 조명의 보안등으로서의 응용을 위해서, Chae et al.[28]은 간접 반사식 LED보안 등기구의 반사판 설계에 관한 연구를 수행하였다. LED 가로등 및 보안 등기구에 관한 한국 산업 표준인 KS C 7658에 근거한 평균 노면 조도 및 조도 균제도 최소 허용치를 만족하면서, 불능 글레어 규제의 정도 수치(Threshold Increment, TI)의 저감을 달성하기 위하여, 그에 적합한 반사판의 형상, 곡률,

반사판과 LED 모듈 간의 거리를 시뮬레이션을 통하여 도출하였다. 이 수치를 바탕으로 가상 설계한 LED 보안등을 조명 시뮬레이션 프로그램인 Relux에 입력하여, 조명 설치 환경을 재현한 결과치를 제시함으로써 소기의 목적을 달성함을 보였다.

2.4 광소자 및 광섬유

광소자 및 광섬유 항목에서는 광소자의 표면 형상, 렌즈, 패키지 등의 구조 설계와, 광섬유의 출력 왜곡의 원인 분석에 관한 연구가 진행되었다.

Joo[29]는 조명용 광소자의 광 투과율을 향상시키기 위해, 광소자의 최상층에 부착되는 유리 덮개(Cover glass)의 표면 패턴 형상에 관하여 연구했다. 이론적 접근 및 시뮬레이션을 통하여, 유리의 상부에는 입사되는 빛의 반사율이 최소가 되며 먼지나 빗물 등 외부 요인의 영향이 최소화되는 형상의 패턴을 설계하였고, 하부에는 반사되는 빛이 전반사되도록 하는 기술기 및 패턴 조건을 제시하였다. 이를 바탕으로 유리의 상부에 패턴을 가진 샘플과 패턴이 없는 샘플을 제작한 후, 시뮬레이션 및 실험을 통하여 각 샘플의 투과율을 구함으로써, 제안한 패턴 형상이 광소자의 광 투과율을 증진시킴을 보였다. 또한 Joo et al.[30]은 조명용 광소자의 광 효율을 저하시키는 확산재(Diffuser)의 사용 없이 원하는 배광 분포를 얻기 위하여, 광 확산용 2차 렌즈를 설계·개발하는 기술을 소개하였다. 광소자의 광선속을 발산시키는 형태의 네거티브 렌즈에 적합한 굴절률 및 두께를 구하였으며, 내부 광원으로 선택한 LED 어레이의 최적 배치 위치를 도출하였다. 결과에 따라 제작한 2차 렌즈 및 LED 램프의 배광 분포 및 광 효율을 측정 후, 이를 시뮬레이션 값과 비교하여 유사한 결과를 얻었다. Kim et al.[31]은 전산 모사를 통하여 갈륨계 광소자의 광 추출 효율 개선을 위한 LED 패키지의 최적 반사경 및 봉지재의 최적 기하학적 구조를 제안하였다. 또한, LED 패키지 시제품 제작을 통하여, 봉지재의 곡률 변화에 따른 광 추출 경향성을 시뮬레이션 결과와 비교함으로써, 제안한 구조의 우수한 광 추출 효율을 증명하였다.

광섬유에 관한 연구는 Kim et al.[32]이 수행하였다.

편광 상이 배치 구조를 기반으로 하는 고차 광섬유 빛살 필터에서 발생하는 스펙트럼의 왜곡의 원인을 밝히기 위하여, 필터의 구성 요소인 반과장판의 파장 의존 지연 특성을 모델링하였고, 단일 모드 광섬유에 내재하는 임의의 복굴절 및 방위각의 영향을 몬테카를로 기법(Monte-Carlo method)을 활용하여 예측하였다. 고차 필터의 경우, 빛의 편광 변화에 민감하며, 방위각 조절만으로는 스펙트럼의 왜곡을 보상하는 것에 한계가 있음을 보였다.

2.5 조명 산업

조명 산업 항목에서는 Heo et al.[33]이 LED 조명 산업과 융·복합 기술의 동반 성장을 모색하는 연구를 수행하였다. 그리고 LED 조명 산업의 현황 및 미래 성장률에 근거한 기술적 혁신 요건을 제안하였고, LED 응용 기술 및 융합 광 기술 분야에 관하여 상술함으로써, LED조명 산업의 발전 방향을 제시하였다.

3. 국외 연구 동향과의 비교

본 장에서는 국외의 조명 분야 연구 동향을 파악하기 위하여 일본·북미·중국의 조명분야 학술지인 ‘Journal of Light & Visual Environment(빛과 시각 환경 논문지)’, ‘Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan(일본 조명학회 논문지)’, ‘Journal of the Illuminating Engineering Society of North America(북미 조명학회 논문지)’, ‘照明工程學報(조명 공정보, China Illuminating Engineering Journal)’의 2012년 발표 논문을 검토한다. 이를 바탕으로 비교론적 관점에서 국내 조명 분야의 추후 연구 소재를 제안하고자 한다.

3.1 일본

일본 조명학회(Illuminating Engineering Institute of Japan)는 2012년 연간 3회의 영문 논문지(빛과 시각 환경 논문지)와 4회의 자국어 논문지(일본 조명학

회 논문지)를 발간하였다. 본 논문에서는 빛과 시각 환경 논문지 내 6편의 연구 논문과 일본 조명학회 논문지 내 17편의 연구 논문, 레터, 리뷰를 검토하였다 [34-36].

먼저 빛과 시각 환경 논문지에서는, 옥외 조명으로 분류되는 광고 조명의 밝기 인식에 따라 적절한 타이밍과 조도의 조절을 통해, 조명 에너지를 절약하는 방안이 제시되었다. 그리고 LED 조명의 생애 주기 평가법 및 LED 소자를 이용한 음향 통신 시스템 구현, LED 빛 조사 시 식물의 이산화탄소 흡수량 변화 등이 소개되었으며, 연령에 따른 LED 조명의 클레어에 대한 불편함 정도, 광소자 형광체의 전자스핀 공명에 관한 연구도 발표되었다.

일본 조명학회 논문지에서는 옥외 조명에 있어, 터널 조명의 새로운 보수율 계산법 제안, 도로 조명 밝기 인식 및 물체 인식 메커니즘에 관한 연구가 소개되었다.

실내 조명에 있어서는 다양한 조명 환경 하에서의 인식 능력 차이와, 창조적 활동 및 지적 생산성의 향상, 안락함 평가에 관한 연구, 사무용 조명시스템 개발을 위한 색도 조절 알고리즘 등이 소개되었다.

LED/OLED 조명 항목에서는 광소자의 배치 간격에 따른 불쾌 클레어 인식, 색 식별성 평가, LED 조명의 파장 및 발광 제어가 벼 개화에 미치는 영향 등이 연구되었으며, 그 밖에 안구 구조 및 기능에 따른 밝기 인식 메커니즘에 관한 연구와 적외선 분광법을 이용한 잔류 농약 측정법 및 식물의 과실의 상태 파악법 등도 소개되었다.

우리나라와 달리, 일본에서는 조명 관련 규정에 관한 연구나 등기구 설계에 관한 연구의 수가 상대적으로 적었다. 대신 조명의 생물학적 영향, 조명 환경 인식 평가와 인식 메커니즘의 분석에 관한 연구가 주를 이루었다. 국내에서도 조명 특성이 생체에 미치는 영향과 그 메커니즘에 관한 연구가 이루어진다면, 이를 각종 조명 환경 설계에 적극적으로 활용할 수 있을 것이다.

3.2 북미

북미 문헌의 경우 The Illuminating Engineering

Society of North America(북미 조명학회)가 연간 4회 발간하는 북미 조명학회 논문지에 게재된 총 16편의 논문을 대상으로 연구를 진행하였다[37-38].

북미에서는 도로 조명을 위한 등기구의 가시성 비교, 조명 규정 분석 및 제안, 빛 공해가 곤충에 미치는 영향, 도로 조명 및 건축물 파사드 조명의 상호 영향, 효율적 실내 조명 사용을 통한 건축물 에너지 소비 절감, 조광 제어에 있어서의 인터페이스 구현, 실내 조명에 대한 시각 인식, 광 특성 측정 장치, CFL과 LED 등기구의 설계, LED 제품 분석을 통한 조명 산업 발전 방향 전망 등의 연구가 발표되었다.

북미 연구 자료를 응용하여, 국내에서도 건축물 내 등기구의 활용에 대한 메타(meta) 자료의 수집·분석, 빛 공해의 생물학적 영향, 사용자 중심의 조광 제어를 위한 증강 현실 구현 등에 관한 연구가 부가적으로 이루어질 수 있을 것으로 보인다.

3.3 중 국

조명공학정보는 연간 6회 발간되었으며 1회 발간 시 25편 내외의 논문이 발표되었다. 이들 논문은 옥외 조명, 실내 조명, LED/OLED 조명, 광소자 및 광섬유, 조명 산업, 이중 광원의 광 특성 평가 등의 항목을 골고루 포함하고 있다[39-40].

옥외 조명 항목에서는 국내 논문과 같이 국내외 조명 기준을 검토·보완하는 실측 및 시뮬레이션 연구를 포함하여, 도시 야간 경관 조명 설계 지침 및 예시(다리, 해안 도시, 호텔, 상무 지역, 클럽, 고가 도로, 도심 내 전통 건축물), 도로 조명 제어 기술(Fuzzy와 Zigbee 통신, PLC 기반 원격 제어, 3G 네트워크, FPGA 기반 제어), 에너지 절약형 터널 조명(광섬유 활용, 에너지 관리 시스템 개선), 태양광/풍력을 이용하는 하이브리드식 도로 조명, 빛 공해가 철새의 행태에 미치는 영향, 빛 공해 평가 지표 연구, 안개 칩투시의 상용 광원의 광 특성, 보행자의 시 작업에 미치는 광원의 영향, 옥외 광고 스크린의 휘도 등에 관한 연구가 수행되었다.

실내 조명 항목에서는 건물 에너지 절약을 위한 조광 활용 연구가 상대적으로 많이 이루어졌다. 채광 성

능 분석을 위한 Daysim 시뮬레이션 프로그램의 활용, 농촌 주택 크기의 수치적 해석 및 최적화, 철도역의 채광 상태 및 조광 활용 최적화를 위한 설계 지침 제시, 유용 조도를 고려한 새로운 조광 평가 기준 제시, 창측 블라인드 각도 조절에 따른 조광 조도 및 조명 시간 예측, 측창을 통한 조광 유입 평가, 단층 공장의 천광 활용 설계, 태양광 유입기의 광학 특성에 관한 연구가 소개되었으며, 실내 조명 시스템 개선을 통한 건축물 에너지 절약에 관한 연구(지능형 건축물 내 조명 제어 시스템의 구현을 위한 H/W 및 S/W 소개, DALI 프로토콜 기반의 조광 제어 시스템, 조명 시스템 개선 방법 및 대학의 에너지 절약 사례) 등도 이루어졌다.

실내의 조명 환경이 주는 시각적 편안함에 관하여서는, 이중 광원이 주는 시각적 편안함의 차이, 눈 보호 스탠드를 통한 쾌적한 조명 환경 제공을 위한 고려사항 등이 제시되었는데, 이는 국내의 주거 공간 및 사무 공간에서 이뤄진 다양한 심리·의식적 연구와 비교해 볼 때 좀 더 심도 있는 연구가 필요하리라 보여 진다.

하지만 중국 논문에서는 실내 조명 스포트라이트로 인한 물체의 가열 방지를 위한 안전 요구 사항 제안, 실내 조명 3D 가상 시뮬레이션 플랫폼 개발, 중·일 거실 조명 실태 비교 분석, 체육 시설 조명 표준 및 사례 연구, 동굴 조명 설계 등도 다루어진 것을 볼 때, 국내의 실내 조명에 관한 연구의 폭도 더욱 넓어질 수 있음을 알 수 있다.

한편 LED/OLED를 활용하는 조명 시스템에 관한 연구가 전체 논문 수의 약 35%를 차지하였다. LED 조명의 조광 제어 시스템 및 드라이버 설계에 관한 연구, LED 조명의 응용(가드레일 조명, X-ray 필름 뷰어, 광산 모니터링 디스플레이, 입체 디스플레이 장치 백라이트, LCD 용 백라이트 열·광 특성, 공항 터미널 조명 및 지시판, 지하 주차장에서의 LED 조명 적용, 소형 영사기, 애기 장대 발아, 수생 동식물의 성장, 인간 생리 리듬 조절을 위한 광선 요법)에 관한 연구가 주를 이루었다.

그뿐만 아니라 LED 조명의 구조적 설계(방열 설계, 냉각 장치, 균등 조명 반사면 설계, LED 자유 곡면 반사판 설계, 차량용 LED 자유형 반사판 광학 설계, 도광판 설계), 태양광 이용 LED 조명 시스템, LED 조명

기구 광 특성(휘도, 색도) 평가에 관한 연구, 고휘도 백색 LED 색상 혼합 이론 및 실험, LED 조명기구 국가 표준 및 국제 표준, OLED 조명 모듈의 광전 특성 등도 연구되었다.

광소자 및 광섬유 항목에서는 고출력 백색 LED 패키징 기술, 백색 LED를 위한 광소자 형광체 연구, 광섬유를 이용한 도로 터널의 주광 활용 기술이 소개되었다.

조명 산업 항목에서는 국내 연구와 마찬가지로, LED 조명 산업의 현황 및 LED를 통한 조명 산업의 활성화에 관한 연구가 주를 이루었으며, 조명 박람회 및 심포지엄 요약, 조명의 환경적 위해(탄소 배출, 에너지 소비)를 줄이기 위한 방안, 미국 조명 산업 전략, 브라질·아르헨티나·쿠바 조명 시스템 품질 관리 사례 등도 소개되었다.

그 밖에 이중 광원의 발광 특성, 형광등, HID(High Intensity Discharge)램프, PDP(Plasma Display Panel), CFL(Compact Fluorescent Lamp)의 품질 개선 방안, 조명 환경이 인체 건강에 미치는 영향, 광 특성 측정 시스템에 관한 연구도 이루어졌다.

중국의 경우 논문의 양이 타 국가들에 비해 월등히 많았으며, 그에 걸맞게 매우 다양한 주제의 내용들이 다루어졌다. 특히 LED의 활용과 에너지 절약을 위한 조명 시스템의 설계에 관한 연구 및 실제 적용 사례에 관한 연구들이 눈에 띄었다. 이들 연구를 통하여 중국이 세계의 조명 산업에서의 우위를 차지하기 위한 노력을 기울이고 있음을 엿볼 수 있다. 국내의 경우에도 산·학 협력을 통한 조명 기술의 적용 및 실 사례에 관한 연구가 더욱 활발하게 진행될 것을 기대한다.

4. 결 론

본 논문에서는 국내외 조명 전기 설비 분야의 학술적 교류 및 발전에 활발한 기여를 하고 있는 본 학회의 2012년 논문지에 발표된 조명 분야 논문을 검토함으로써, 국내 조명 분야의 최근 연구 동향을 살펴보았다. 옥외 조명, 실내 조명, LED/OLED, 광소자 및 광섬유, 조명 산업 분야의 세부 항목에 따라 논문을 분류하였으며, 각각의 연구 결과를 간략하게 기술하였다.

옥외 조명 항목에서는 터널 조명, 광고 조명, 도로 조명에 사용되는 등기구의 특성, 기준 및 설계 지침이 분석·제안되었다. 실내 조명 항목에서는 등기구 자체의 경제성 평가에 대한 연구 및 건축물에 적용된 조명기구가 소비하는 전력량에 관한 연구, 그리고 조명 환경에 대한 의식 조사, 감성 비교 및 특성 연구가 이루어졌다. 또한 신 광원으로 주목 받고 있는 LED에 관한 연구가 상대적으로 많았는데, LED 광원 설계로부터 시작하여, LED 패키지 및 모듈의 방열 및 광 특성, 구동 드라이버, 조광 제어, 색채 연구, 응용 영역에 이르기까지, 다양한 주제가 다루어졌다. 광소자 및 광섬유 항목에서는 광소자의 표면 형상, 렌즈, 패키지 등의 구조 설계에 대한 연구가 이루어졌고, 광섬유의 출력 왜곡의 원인에 관하여 연구되었다. 그리고 LED 조명 산업의 전반적인 개관 및 발전 방향에 관한 연구도 진행되었다.

이어서 일본·북미·중국의 조명학회에서 발행된 논문을 주제에 따라 분류하고, 국외의 조명 분야 연구 동향을 파악하였다.

일본의 경우 조명 관련 규정에 관한 연구나 등기구 설계에 관한 연구의 수는 상대적으로 적었으나, 조명의 생물학적 영향, 조명 환경 인식 평가와 인식 메커니즘의 분석에 있어 깊이 있는 연구가 이루어졌다. 북미 지역의 경우, 빛 공해가 곤충에 미치는 영향, 도로 조명 및 건축물 파사드 조명의 상호 영향, 조광 제어를 위한 시각적 인터페이스 구현 등과 같은 새로운 연구가 진행되었고, 건축물의 효율적 실내 조명 사용을 위한 제안과 LED 제품 분석을 통한 조명 산업 발전 방향의 전망 등에 있어 메타 자료를 활용하는 연구도 눈에 띄었다. 중국에서는 사용자 중심의 조명 환경 인식 및 개선에 관한 연구보다는 조명 시스템의 설계, LED조명의 활용 및 실제 적용 사례가 다채롭게 소개되었다.

이를 바탕으로 국내에서도 조명 특성이 생체에 미치는 영향, 메타(meta) 자료의 수집과 분석, 빛 공해의 생물학적 영향, 사용자 중심의 조광 제어를 위한 증강 현실 구현, 산·학 협력을 통한 조명 기술의 실 적용 사례에 관한 연구가 추후 진행되어질 수 있을 것이라 전망하였다.

위에서 살펴본 내용들은 국내외 조명 분야 연구의 양적·질적 향상과 지속적인 발전에 기여할 수 있을 것이라 기대된다.

References

- [1] C. K. Chee, Good Vision Lighting Environment, The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 6, pp. 33-36, 11. 2012.
- [2] J. C. Lee, H. J. Jang, LED Lighting Source and Energy Saving Lighting System by IT Control Management, The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 1, pp. 15-20, 01. 2012.
- [3] S. B. Han, Recent Trends of Building Lighting Control System and Communication Protocols, The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 27, No. 2, pp. 46-55, 03. 2013.
- [4] J. M. Lim, Definition and Management Solution of Light Pollution, The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 27, No. 1, pp. 6-15, 01. 2013.
- [5] Ministry of Environment, Guidelines for Management of Light Pollution by Artificial Lightings, 02. 2011.
- [6] J. S. Han, M. W. Lee, H. Kim, Measurement and Analysis of Adaptation Luminance in the Threshold Zone of the Road Tunnel, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 1, pp. 1-7, 01. 2012.
- [7] Y. J. Lee, Y. S. Seo, M. S. Oh, H. S. Kim, A Study on Making Upward Lighting Ratio Regulation for Lighting Zone Based on the Light Distribution of Streetlight Site Survey, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 10, pp. 9-15, 10. 2012.
- [8] J. Gu, J. H. Jung, K. Lee, Research on the Characteristics of the Light Trespass using by RELUX Program According to the Spatial Position of the Road Lightings in Residential Area Near Road, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 11, pp. 1-8, 11. 2012.
- [9] J. H. Jung, K. Lee, J. Gu, The Study of Domestic Application for the Guideline of Model Outdoor Lighting Ordinance, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 11, pp. 20-29, 11. 2012.
- [10] H. J. Kim, H. Kim, A Study on the Luminance Measuring Method and Regional Measured Results for Outdoor Signboards with Lighting Considering Light Pollution, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 10, pp. 1-8, 10. 2012.
- [11] S. H. Cho, M. W. Lee, H. S. Choi, H. Kim, Development of Economic Evaluation of Indoor Lighting System, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 2, pp. 8-14, 10. 2012.
- [12] S. J. Lee, M. W. Lee, H. Kim, Decision of Lighting Power Density for Office Building Lighting, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 1, pp. 22-28, 01. 2012.
- [13] C. H. Son, I. H. Yang, A Study on the Effect of Envelope Factors on Cooling, Heating and Lighting Energy Consumption in Office Building, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 2, pp. 8-17, 02. 2012.
- [14] H. Park, E. H. Choi, K. S. Lee, Thermal Modeling of Quasi-Adiabatic Room and Lighting Fixture for Estimation of Internal Heat Gain by Luminaires, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 5, pp. 1-12, 05. 2012.
- [15] H. J. Kim, H. Kim, Investigation on Lighting Environment of Living Room and Lighting Use According to the Behavior in Large Apartment Houses, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 3, pp. 1-8, 03. 2012.
- [16] M. J. Lee, A Study on the Comparison of the Emotional Experiment from Fluorescent Lamp and LED Lighting, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 8, pp. 8-17, 08. 2012.
- [17] H. J. Youm, I. T. Kim, A. S. Choi, Subjective Evaluation of Brightness Perception and Visual Discomfort by Illuminance Reduction for Different CCT LED Lights, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 10, pp. 16-26, 10. 2012.
- [18] H. J. Kim, S. Y. Yang, C. W. Yi, Fabrication and Characterization of 2-Wavelength White OLED with Single Emissive Layer, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 1, pp. 15-21, 01. 2012.
- [19] Y. T. Bang, C. H. Moon, Effect of the Epoxy Mold on the Thermal Dissipation Behavior of LED Package, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 2, pp. 1-7, 02. 2012.
- [20] J. Yun, J. Ryeom, Evaluation of the Lighting Characteristics in High Power White LED Module with Cooling Condition, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 12, pp. 1-8, 12. 2012.
- [21] S. B. Han, S. I. Park, H. G. Jeong, S. Y. Chae, E. G. Song, B. M. Jung, A Study on the Modeling and Simulation of LED Driver Using HV9910 IC, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 4, pp. 14-21, 04. 2012.
- [22] J. Yun, S. Yoo, J. Ryeom, LED Driving Circuit using Charge Pump for Voltage Distribution, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 8, pp. 1-7, 08. 2012.

[23] J. S. Ko, D. H. Jung, High Performance Control of LED Drive System for LCD Backlight, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 9, pp. 8-17, 09. 2012.

[24] Y. M. Choi, J. S. Park, C. Y. Park, The LED Lighting Control Method Base on DALI Protocol by the Phase Angle Control, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 6, pp. 73-80, 06. 2012.

[25] J. Choi, W. S. Ko, A Study on LED Dimming Control Platform Based on XML, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 4, pp. 22-27, 04. 2012.

[26] J. S. Yang, M. Y. Lee, A Study on Direction of LED Lighting Color Development through Analysis of the Daylighting, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 11, pp. 9-19, 11. 2012.

[27] S. Y. Chun, J. Y. Shin, S. W. Park, H. C. Yi, C. S. Lee, A Development of a LED Stand Using Illuminance Sensor for Efficient Energy Saving, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 9, pp. 1-7, 09. 2012.

[28] S. G. Chae, D. H. Jung, Y. C. Lee, Reflector Design for LED Pedestrian Lighting Using Indirect Reflectance Type, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 4, pp. 6-13, 04. 2012.

[29] W. D. Joo, A Study on Pattern Shape to Improve the Light Transmittance of Optical Device, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 5, pp. 13-20, 05. 2012.

[30] W. D. Joo, S. H. Oh, The Research of the and Lens Design for Wide Angle Distribution, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 6, pp. 1-7, 06. 2012.

[31] H. J. Kim, J. Y. Yoo, Y. R. Kang, J. P. Kim, J. S. Kwak, A Study of Light Output Characteristics with Various Refractive Indices and Geometrical Structures of the GaN based Light-Emitting Device Encapsulants, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 7, pp. 1-8, 07. 2012.

[32] Y. H. Kim, Y. W. Lee, Study on Birefringence Effect of Single-Mode Fiber on Output Spectra of High-Order Fiber Comb Filter based on Polarization-Diversity Loop Configuration, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 6, pp. 8-15, 06. 2012.

[33] M. I. Heo, W. J. Yoo, A Study on the Activation of Fusion Technology through LED Lighting Industry, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26. No. 4, pp. 1-5, 04. 2012.

[34] The Illuminating Engineering Institute of Japan (<http://www.ieij.or.jp/english/>)

[35] Journal of Light & Visual Environment (<https://www.jststage.jst.go.jp/browse/jlve/>)

[36] Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan (http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AN00268860_en.html)

[37] Illuminating Engineering Society of North America (<http://www.iesna.org/>)

[38] Journal of the Illuminating Engineering Society of North America (www.iesna.org/leukos/)

[39] China Illuminating Engineering Society (<http://en.lightingchina.com/cies.asp>)

[40] China Illuminating Engineering Journal (<http://www.oriprobe.com/journals/zmgcxb.html>)

◇ 저자소개 ◇



박혜리 (朴惠利)

1984년 8월 14일생. 2006년 프랑스 Cergy-Pontoise 대학교 전기공학과 졸업. 2007년 영남대학교 전기공학과 졸업. 2009년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2013년 동 대학원 및 프랑스 Cergy-Pontoise 대학교 전기공학과 졸업(박사). 현재 프랑스 École Normale Supérieure de Cachan 박사 후 연구원.



임동영 (林 東永)

1983년 4월 12일생. 2009년 2월 경주대학교 컴퓨터정보시스템공학부 졸업. 2011년 8월 영남대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정.



최은혁 (崔 殷赫)

1977년 2월 19일생. 2003년 경일대학교 전기공학과 졸업. 2005년 영남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국폴리텍VI대학 대구캠퍼스 스마트 전기과 교수.



이광식 (李廣植)

1948년 10월 25일생 1971년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 1987년 동대학원 전기공학과 졸업 (박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙 교수. 대한전기학회 방전 고전압 연구회 간사장역임. 현재 본 학회 명예회장. 영남대학교 전기공학과 교수.