

LED조명의 광생물학적인안전성 도입을 위한 IEC 62471 규격 분석

Analysis on IEC 62471 for The Introduction of Photobiological Safety of LED Lamp

고재규*·조미령*·이민진*·김주현*

Jae-Kyu Ko* · Mee-Ryoung Cho* · Min-Jin Lee* · Ju-Hyun Kim*

Abstract

First introduced in 1962, LED(light-emitting diodes) emitted low-intensity red light, but modern versions are now available across the ultraviolet, visible, and infrared spectrum, many with very high luminance or brightness. As a result, growing importance of potential safety hazards for human. Now when certificated of CE provide that testing through IEC/EN 62471 for any lamp.

Korea standard adopted as it IEC 62471:2006, Photobiological safety of lamps and lamp systems without change, but effectiveness is incomplete.

In this paper, we introduce analysis and direction that urgently come into effectiveness of KS C IEC 62471 as a national standard specifications.

Keywords : Photobiological safety, LED, IEC 62471

† 본 연구는 지식경제부 한국산업기술평가관리원의 LED시스템조명기술개발사업 [10042955, 실내LED시스템조명 설계를 위한 광학, 감성, 에너지 통합 평가기술 및 수요자 맞춤형 가이드라인 개발] 연구 사업의 일환으로 수행하였음.

* 한국조명연구원

1. 서론

조명은 전 세계 전력의 약20%를 사용하고 있다. LED(Light Emitting Diode)는 低전력, 高효율 조명으로서 획기적인 에너지 절감과 더불어 長수명·無수은의 특징을 가지고 있어 세계 각국의 에너지 절감정책과 친환경정책을 통하여 기존광원을 LED로 대체하는 규정과 절차를 수립하고 있다. 최근 LED의 개발속도가 가속화되고 정부의 LED보급정책과 맞물려 상용화 제품이 급속도로 늘어남에 따라 고출력, 고휘도 LED와 UV에서부터 IR까지 다양한 파장의 제품들이 시장에 출시되고 있다. 이에 따라 청색광 및 섬광과 같은 노출에 의한 인체 안구와 피부의 위해에 관심이 점차 높아지고 있다.

초기 Laser처럼 분류되어 IEC 60825표준에 의해 그 위해성이 평가되었던 LED는 Laser와의 본질적인 차이로 인해 평가 결과에 대해 많은 문제 제기되었으며 이에, LED를 포함한 모든 광대역 광학 복사원에 대한 광생물학적 안전성을 평가할 만한 새로운 표준의 필요성이 대두되었다. IEC는 IEC 62471이라는 새로운 안전성 평가 표준을 도입하였으며 특히 유럽연합은 유럽에 수출되는 조명 제품은 광생물학적 안전성 시험을 반드시 실시하고 위험등급을 의무적으로 표시하도록 규제화 하였다.

프랑스 식품, 환경 및 노동 안전기관(ANSES)은 인체에 해로운 LED제품의 시장 유통으로 인하여 이에 대한 기준을 강화하기로 하고 별도의 TFT를 구성하였다. ANSES는 광생물학 안전성에 대한 자료조사를 자국 및 해외의 전문가(물리학, 의학, 광학, 조명, 생물학 등)들에 의해 감수 받았으며 국제공인시험기관들로부터 LED광원에 대한 측정을 의뢰하고 분석하였다. 그 결과 빛의 파장이 짧은 청색과 색온도가 낮은 백색 LED에서 망막손상 가능성이 높다고 제시하였다. 유럽 및 미국의 광생물학적안전성 기준이 강화되어짐에 따라 국내기업과 정부에서 규격에 대한 구체적인 분석과 적용이 필요한 시점이다.

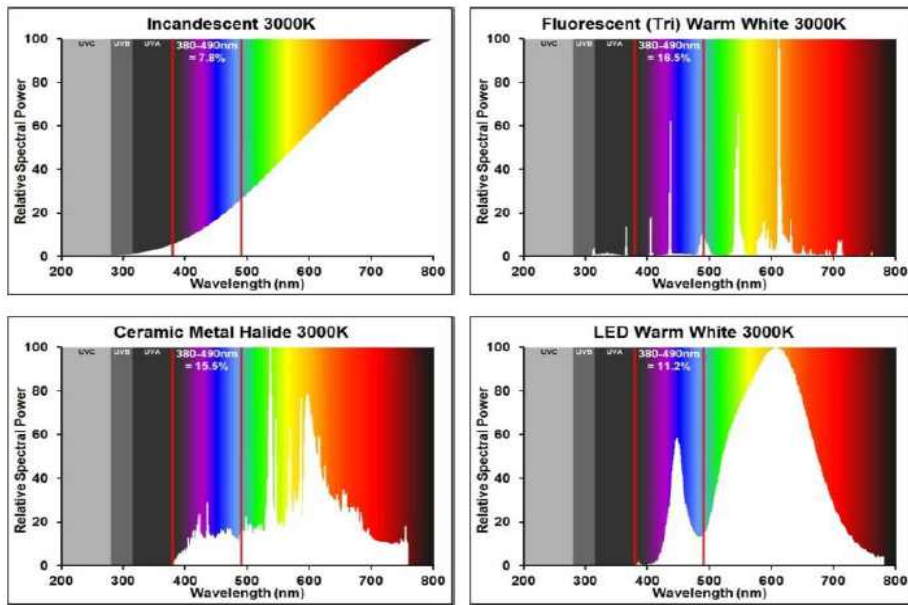
2. LED의 청색광 위험성

청색광은 높은 에너지를 포함한 짧은 파장으로써 망막의 광화학적 손상을 발생시킬 수 있어 심할 경우 실명에 이르게 할 수 있다. LED는 기존 광원에 비해 청색광을 더 많이 가지고 있음을 [그림 1]을 통해 알 수 있다.

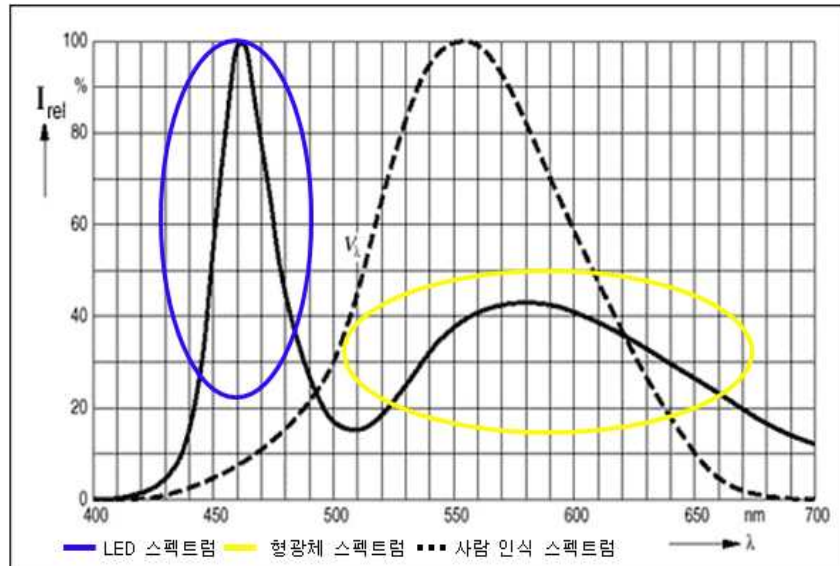
LED로 백색광원을 만들어내기 위해서는 3가지 방법이 사용되고 있다. GaN 또는 InGaN를 사용하는 청색LED 칩이나 NUV(Near Ultraviolet) LED 칩 위에 형광 소재(YAG:Ce 또는 RGB 혼합체)를 도포하여 백색을 얻거나, 3가지 각기 다른 3개의 LED(빨강, 초록, 파랑)를 활용하여 백색광을 만들어 내는 것이다. 그중에서 일반적으로 실내조명에 많이 사용되는 것은 청색 또는 NUV와 형광체를 사용하여 백색을 얻는 방법이다. [그림2]는 청색광의 LED와 형광체를 통해 사람이 인식하는 분광곡선을 나타낸다.

국민 일일 시간활동 양상에 따른 개인 노출평가 연구(국립환경과학원 환경역학과, 2010)에 따르면 우리나라 국민의 실내거주시간은 평균 21시간으로 조사되었다. 이는

외국의 시간보다 다소 짧은 것으로 나타난 것으로, 실내조명의 영향은 무엇보다 중요하다고 볼 수 있다. 백색LED는 백열전구 및 형광등을 대체할 수 있는 차세대 광원으로 그 수요가 확대됨에 따라 인체에 영향을 미치는 청색광에 대한 안전성확보가 무엇보다 시급하다.



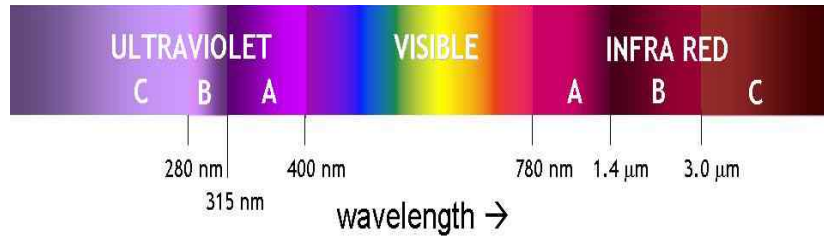
[그림 1] 광원 별 스펙트럼 분포 비교



[그림 2] 청색의 NUV LED칩과 노란색의 형광체의 조합에 의한 백색광 스펙트럼

3. 광생물학적 위험성

빛의 에너지 강도에 따라 아래와 같은 광학적 복사스펙트럼으로 구분할 수 있다. 가시광선을 중심으로 380nm 이전을 자외선(Ultraviolet)이라하고, 780nm이후로는 적외선(Infrared)이라 하며 파장범위에 따라 A, B, C로 각각 구분하고 있다.



[그림3] 광학 복사스펙트럼

[그림 3]에서 나타나는 광학 스펙트럼에 의해 인체의 피부와 눈에 아래 <표 1>과 같이 망막의 손상 및 홍반, 백내장 또는 피부화상 등을 유발할 수 있다.

<표 1> 위해요인 별 파장범위와 인체영향

위험	파장범위 (nm)	인체영향	
		눈	피부
눈과 피부 광화학 UV	200-400	각막염 결막염 백내장	홍반 탄력섬유증 피부암
눈 UVA	315-400	백내장	
망막 청색광	300-700	광망막염	
망막 소형광원 청색광	300-700	망막화상	
망막 열	380-1400	망막화상	
망막 약한 시각적 자극에 의한 열	780-1400	망막화상	
눈 IR	780-3000	각막화상 백내장	
피부 열	380-3000		피부화상

4. IEC 62471 램프와 램프장치의 광생물학적안전성

LED의 안전규격은 초기 IEC 60825의 레이저제품의 안전성 규격에 포함되어 있었다. 이와 같은 시기인 1996년 북미조명학회(IESNA)에서는 ANSI/IESNA RP27.1 “Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps and Lamps Systems: General Requirements.” 를 발표하여 레이저가 아닌 일반 램프에 대한 안전성 규격을 제시하였다.


2002년 국제조명위원회(CIE:Commission Internationale de l’Eclairage)에서는 ANSI /IESNA RP27.1의 주요내용을 채택한 CIE S009/E-2002 ; Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems를 출판하였다.

2006년 IEC는 CIE S009/E-2002 가이드라인을 IEC62471:2006 ; Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems에 그대로 적용하였다. IEC 62471의 범위는 레이저를 제외한 200~3,000nm 파장범위의 램프와 램프시스템의 광생물학적 안전의 평가지침을 제공한다.

4.1 IEC 62471 주요 규격항목 및 내용

규격은 1.적용범위, 2.인용표준, 3정의와 기호, 약어, 등을 나타내고 있으며 측정기준은 4항부터 6항까지 나열되어 있다. 규격에 맞도록 측정하고 측정값에 따라 위험 정도를 4개의 등급으로 분류해 위험그룹과 그에 따르는 경고, 주의사항에 대하여 라벨을 붙이고 제품에 표시하도록 규정하고 있다. 이는 “Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiatioin safety”라는 제목으로 IEC/TR 62471-2에 자세히 명시되어 있다. <표 2>는 위험등급별 위해 수준을 나타내고 있다.

<표 2> 위험등급별 위해 수준

Risk Group	Philosophical Basis
Exempt	No photobiological hazard
RG 1	No photobiological hazard under normal behavioural limitations
RG 2	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Risk Group 2</p>  <p style="font-size: 8px; margin: 0;">CAUTION. Possibly hazardous optical radiation emitted from this product. Do not stare at operating lamp. May be harmful to the eye.</p> </div> <div> <p>Does not pose a hazard due to aversion response to bright light or thermal discomfort</p> <p style="text-align: right;">< 라벨링의 예 ></p> </div> </div>
RG 3	Hazardous even for momentary exposure

아래 <표 3>은 IEC 62471의 각 조항별 주요 목차 항목을 나타낸다.

<표 3> IEC 62471 규격의 주요 항목

4. 노출한계	4.1 일반사항		
	4.2 망막 노출한계의 측정과 적용에 관한 특정 요인	4.2.1 동공지름	
		4.2.2 광원의 대향각과 측정 심도	
	4.3 위해 노출한계	4.3.1 피부와 눈에 대한 화학적 자외선 위해 노출 한계	
		4.3.2 눈에 대한 근자외선 위해 노출 한계	
		4.3.3 망막 청색광 위해 노출 한계	
		4.3.4 망막 청색광 위해 노출 한계-소형광원	
		4.3.5 망막 열 위해 노출 한계	
		4.3.6 망막 열 위해 노출 한계-약한 시각자극	
		4.3.7 눈에 대한 적외선 복사 위해 노출 한계	
4.3.8 피부에 대한 열 위해 노출 한계			
5. 램프와 램프장치의 측정	5.1 측정조건	5.1.1 램프 열화(건조)	
		5.1.2 시험환경	
		5.1.3 외부복사	
		5.1.4 램프작동	
		5.1.5 램프장치 작동	
	5.2 측정 절차	5.2.1 복사조도 측정	5.2.2.1 표준방법
		5.2.2 복사휘도 측정	5.2.2.2 대체 방법
		5.2.3 광원 크기의 측정	
		5.2.4 펄스 광원의 펄스 폭 측정	
	5.3 분석 방법	5.3.1 가중 곡선 보간	
		5.3.2 산출	
		5.3.3 측정 불확도	
	6. 램프분류	6.1 연속파 램프	6.1.1 제외군
			6.1.2 위험군 1(저위험)
			6.1.3 위험군 2(중위험)
6.1.4 위험군 3(고위험)			
6.2 펄스 램프			

4.2 광생물학적안전성 측정

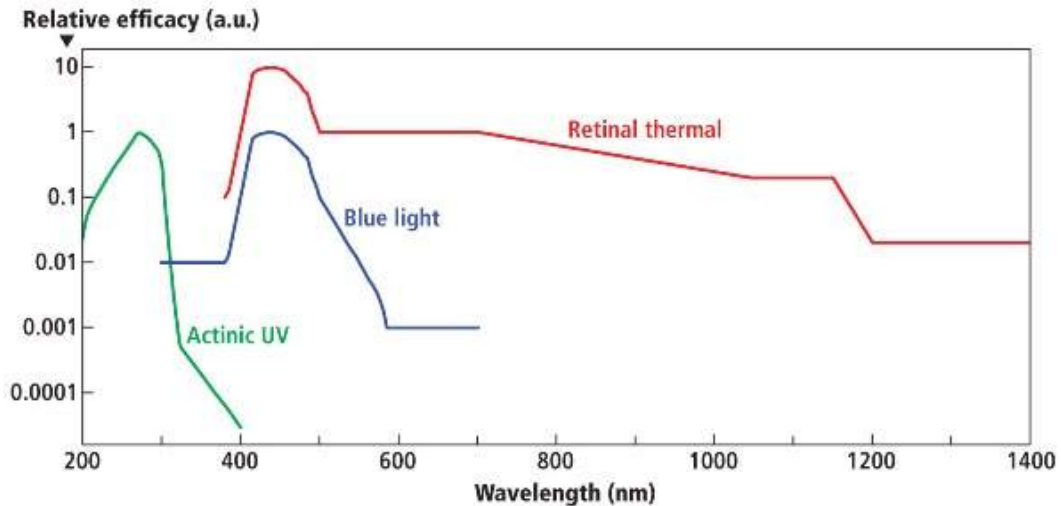
IEC 62471은 일반적으로 사용되는 램프(GLS ; General Lamp Service)와 그 외에 다른 램프로 규정하고 시험방법을 다르게 적용한다. GLS라 함은 학교, 가정, 사무실, 도로 등 우리가 일상에서 사용하고 있는 일반 조명이라고 할 수 있으며, 그 외에 GLS를 제외한 다른 램프는 산업용이나 의료용의 전문용으로 사용되는 램프로서 선덴, 정수시설, 필름공정, 의료기술, 공정검사 등에 쓰이는 램프를 의미한다. 램프의 형식에 따라 측정위치가 달라지는데, 일반 램프는 500lx 떨어진 지점에서 측정하고 비 일반램프는 200mm 떨어진 곳에서 측정한다. 이는 작업자가 자세히 들여다보거나 유심히 봐야 하는 경우가 많기 때문에 200mm로 제한하여 측정하는 것으로 규정하고 있다. IEC 62471은 복사조도(Irradiance)와 복사휘도(Radiance)의 측정단위를 사용한다. 아래 <표 4>는 위험 별 파장범위와 그에 따르는 측정단위 및 노출한계를 나타낸다.

<표 4> 위험별 파장범위와 그에 따르는 측정단위 및 노출한계

위험	파장범위 (nm)	측정단위	노출한계
눈과 피부 광화학 UV	200-400	방사조도	$H_s t \leq 30 J m^{-2}$
눈 UVA	315-400	방사조도	$H_{UVA} \leq 10^4 J m^{-2}$
망막 청색광	300-700	방사휘도	$H_B \leq 10^6 W m^{-2} sr^{-1}$ $t \leq 10000s$
			$L_B = 100 W m^{-2} sr^{-1}$ $t > 10000s$
망막 소형광원 청색광	300-700	방사조도	$H_B \leq 100 J m^{-2}$ $t \leq 100s$
			$E_B \leq 1 W m^{-2}$ $t > 10000s$
망막 열	380-1400	방사휘도	$L_R = \frac{5000}{\alpha t^{0.25}} W m^{-2} sr^{-1}$ $10\mu s \leq t \leq 10s$
망막 약한 시각적 자극에 의한 열	780-1400	방사휘도	$L_{IR} = \frac{6000}{\alpha} W m^{-2} sr^{-1}$ $t > 10s$
눈 IR	780-3000	방사조도	$E_{IR} = 18000 t^{0.75} W m^{-2}$ $t \leq 1000s$
			$E_{IR} = 100 W m^{-2}$ $t > 1000s$
피부 열	380-3000	방사조도	$H_{skin} = 20000 t^{0.25} J m^{-2}$ $t < 10s$

4.3 위해 가중합수

IEC 62471은 광생물학적위험성이 있는 스펙트럼에 대한 가중합수를 사용하고 있다.



[그림 4] 복사조도 및 복사휘도의 측정개념

각 광원의 복사조도 및 복사휘도의 스펙트럼을 측정하고 적용할 때 [그림 4]의 가중합수를 고려하여 적용해야한다.

5. 결 론

유럽연합은 프랑스를 중심으로 램프의 인체적합성에 대한 연구가 전략적으로 진행되어 현재 IEC 62471 규격내용의 주요 내용으로 적용되어 있다.

유럽연합의 CE인증은 강제인증으로서 유럽 내 유통되는 소비자의 건강, 안전, 위생 및 환경보호 차원에서 위험성이 내포되어 있다고 판단되는 모든 제품이 CE인증을 반드시 받아야 한다. 현재 모든 조명제품은 IEC/EN 62471을 통해 CE인증을 받아야 유럽에 수출할 수 있다. 미국도 광생물학적 안전성에 대한 규격인증을 추진 중에 있어 인증제도의 실행이 초읽기에 들어갔다. UL인증은 강제인증은 아니지만 UL인증을 받지 못하면 북미시장진입 자체가 어렵기 때문에 강제인증과 같은 효과를 가지고 있다. 우리나라도 IEC 62471:2006을 그대로 적용한 KS C IEC 62471:2008 규격을 KS 인증항목으로 시급히 도입하여 국내 기업의 해외진출 장벽을 해소하고 LED 또는 기타 광원으로부터 우리나라 국민의 인체에 대한 안전성을 보장하는 것이 필요한 시점이다.

6. 참고 문헌

- [1] CELMA, Optical safety of LED lighting, 2011
- [2] F.Behar-Cohen 외 9인, Light-emitting diodes(LED) for domestic lighting:Any risks for the eye?, Progress in Retinal and Eye Research, Vol.30, pp.239-257, 2011
- [3] ICNIPR, Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation(0.38 to $3\mu m$), Health Physics Society, Vol.73, No.3, pp.538-554, 1997
- [4] ICNIPR, On light-emitting diodes and laser diodes:Implications for hazard assessment, Health Physic, Vol.78, No.6, pp.744-752, 2000
- [5] IEC/TC 34, IEC/TR 62471-2;Photobiological safety of lamps and system -part2:Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety, 2009
- [6] KS C IEC 62471, 램프와 램프장치의 광생물학적 안전성, 2008
- [7] T. okuno, J.ojima and H.saito, Blue-Light Hazard from CO2 Arc Welding of Mild Steel, Vol.54, The British Occupational Hygiene Society, No.3, pp.293-298, 2010