

## 학교 교실 LED 조명의 색온도에 대한 주관적 평가

(Subjective Evaluation on the Color Temperatures of LED illumination in the Classroom)

지순덕\* · 김채복\*\*

(Soon-Duk Jee · Chae-Bogk Kim)

### Abstract

This study performs the subjective evaluations of LED illumination conditions according to three types of color temperatures (7,000[K], 5,000[K], 3,000[K]) after employing LED illumination system in the classroom. Since the objective of this study is to develop an artificial lighting conditions like day light comfortable to students in the classroom, the learning effect based on three types of LED illumination conditions are analyzed. Three factors (learning intention, learning environment, learning motivation) are extracted by ANOVA and there are preference differences of LED illumination conditions between learning intention and learning environment factors. Especially, preference differences of LED illumination conditions are existed about calculation, reading and fatigue reduction. The test results of this study can be applied to obtaining high achievement of learning based on the lighting conditions.

Key Words : LED Illumination System, Subjective Evaluation, Color Temperature

### 1. 서 론

최근 LED(light emitting diode)의 기술이 발전하면서 실내조명에는 물론 옥외 간판 설치에 이르기까지 폭넓게 사용되고 있다. LED 조명의 경우 기존의 형광등과는 달리 RGB(red, green, blue) LED를 각각 제어하고 변화의 방법을 제어하기가 손쉬워 다양한 연출이 가능하다. 뿐만 아니라 LED는 최고 90[%]의 광전

환 효율과 최대 10만 시간에 이르는 수명으로 친환경적인 차세대 조명으로써 각광받고 있다[1].

현재 학교 조명으로 사용되고 있는 형광등은 명시성과 에너지 효율은 우수하지만 인간에게 기능적으로나 심리적으로 쾌적한 조명 환경을 제공하려는 오늘날의 조명 목적에는 적합하지 않다[2]. 학교 조명의 목적은 제시된 재료나 정보를 편안하고 효율적으로 보게 하면서 학생들의 시각 특성에 적합한 조명 환경을 제시하여 학업 능률을 향상시키고 시각적 쾌적성을 제공하는데 있다[3].

따라서 앞으로 교실 조명으로 구축될 LED 조명 환경을 체계적으로 분석하고 규명하는 연구가 필요하다.

본 연구의 목적은 교실 조명으로 사용될 LED 조명

\* 주저자 : 경북 상주 화동중학교 교사  
\*\* 교신저자 : 경북대학교 경영학부 교수  
Tel : 053-950-5444, Fax : 053-950-6247  
E-mail : kimcb@knu.ac.kr  
접수일자 : 2010년 11월 24일  
1차심사 : 2010년 12월 1일  
심사완료 : 2010년 12월 17일

환경을 구축하기 위해서 색온도에 따라 반응하는 학생들의 특성을 분석하고 LED 조명의 색온도가 학생들의 학습 효과에 어떤 영향을 주는지를 규명하고자 한다.

## 2. 이론고찰

### 2.1 빛과 조명

사람의 눈은 감각 기능이 다른 두 가지 기본 감각 수용기인 간상체와 원추체로 되어 있다. 조명 수준이 높으면 간상체와 원추체가 모두 기능을 하며 눈은 파장이 550[nm] 부근인 빛에 가장 민감하다. 그러나 조명 수준이 떨어지면 원추체의 기능이 멈추고 간상체가 보는 일을 맡으며 눈은 500[nm] 부근의 파장에 가장 민감하게 된다. 이처럼 명소사에서 암소시로의 감도 변이를 퍼킨제(Purkinje) 효과라고 한다[4].

학교 시설의 조명은 1970년 이후 에너지 과동으로 인해 에너지를 절약하는 차원에서 백열등을 형광등으로 교체하였으며 최근 들어 조명 환경을 개선하는 차원에서 학교 조명의 조도만을 높이는데 주력해 왔다[5].

### 2.2 색온도

광원의 광색에는 고유의 색이 있는데 그 광색을 색온도(color temperature)로 표시한다. 색온도가 낮으면 붉은 색을 띠고 따스함을 느끼는 빛으로 되고 색온도가 높아짐에 따라 낮의 태양광과 같은 흰 빛을 띠게 되고 더욱 높아지면 푸른색을 띠게 된다[6].

일반적으로 교실은 자연광에 가까운 5,000[K] 전후의 광원이 좋고 휴게실과 같이 휴식을 위한 공간은 3,000~3,500[K]의 낮은 색온도의 광원이 좋다[7].

색온도가 높을수록 집중력과 정확성이 상승하고 낮을수록 심리적 안정감을 향상시킨다[8]. 즉 색온도의 변화에 활동성, 역량성, 안정감 등의 감성적인 차이를 나타내고 있다[9].

### 2.3 연색 지수

물체는 분광 분포가 다른 광원을 비추면 각기 다른 색으로 보인다. 이와 같이 조명에 의해 물체의 색깔을 결정하는 광원의 성질을 연색성(color rendition)이라고 하며 이 연색성을 수치로 표시한 것을 연색 지수 혹은 연색 평가 지수라고 한다. 연색성이 낮은 조명은 물체의 색을 다르게 보이며 색을 표현하는 재현율이 떨어지게 된다. 조명을 설치하려는 장소에 따라서 광원의 연색성은 매우 중요하다. 병원에서 연색성이 낮은 조명을 설치하였을 경우에는 수술시 매우 위험한 상황을 초래할 수 있으며 학교에서는 색의 표현과 관련된 교과에서는 매우 중요한 요소가 된다.

### 2.4 학교 조명

학교 조명은 학생들의 명확한 시환경을 제공하여 줌으로써 눈의 피로를 적게 하여 근시 예방과 집중력을 높여 학습 효과를 향상시키는데 목적이 있다. 또한 교사들에게는 수업하기 좋은 분위기에서 시환경을 넓게 함으로써 교육 효과를 높일 수 있다.

현재 교실에 사용되고 있는 조명 방법은 대부분이 형광등을 사용한 직접 조명 방식이다. 그 결과 우리나라 학생들의 근시율은 초등학교 6학년이 40[%], 중학교 3학년이 60[%], 고등학교 2학년이 70[%]로 증가되고 있다. 근시의 원인으로는 과도한 독서, TV시청, 영양 상태도 요인이지만 주요인으로는 불량한 조명이 그 원인이다[10].

## 3. 실험 계획

### 3.1 실험 대상

이 연구에서는 실험 조명을 연구의 특성상 소규모 농촌학교인 H중학교 1개 교실에 색온도 제어가 가능한 LED 조명을 설치하였다. 실험 대상자는 설치한 학반으로 목적 표집하였으며 남학생 4명, 여학생 14명을 선정하였다. 본 실험의 신뢰성을 높이기 위해서는 남

자의 인원이 더 확보되어야 하지만 소규모 농촌학교의 특성상의 이유로 그 대상이 제한되었다.



그림 1. 교실 LED 조명  
Fig. 1. LED illumination in the classroom

### 3.2 광원 제작

표 1. 조명별 광학적 특성  
Table 1. Optical characteristics of illumination

조명	색좌표		색온도 [K]	연색지수 [Ra]		책상면의 조도 [lx]
	x	y		R1-8	R1-15	
L1	0.40	0.37	7,000	80	74	980±20
L2	0.35	0.34	5,000	82	76	970±20
L3	0.31	0.32	3,000	80	74	970±20

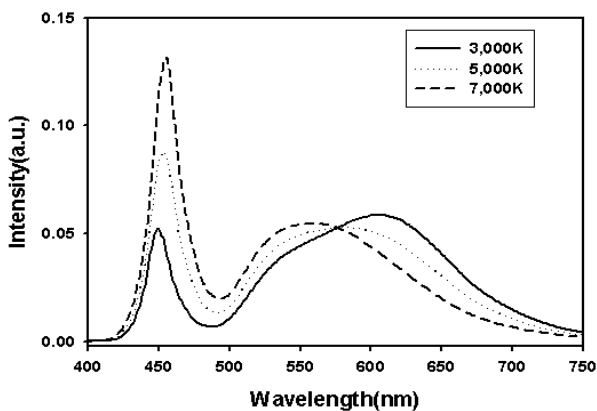


그림 2. LED조명의 색온도별 광 스펙트럼  
Fig. 2. Photoluminescent spectra by color temperatures of LED illumination

실험용 조명으로는 L사 제품의 XL-IS60을 사용하였다. 색온도가 높은 조명 순으로 L1, L2, L3 조명으로 명명하였다. 실험에 투여한 조명의 광학적 특성은 한국광기술원의 장비 [OL770 LED (OPTRONIC)]로 측정하였다. 색좌표, 색온도 및 연색지수의 측정 결과는 표 1과 같으며 조명별 광 스펙트럼은 그림 2와 같다. 실험할 때 교실 책상면의 조도는 조도계 [T-10 (Konica Minolta Sensing, Inc.)]를 사용하여 측정하였다.

### 3.3 1차 평가 어휘 선정

조명의 주관적 평가를 위해서는 평가를 위해 설문지에 사용할 어휘의 선정이 중요하다. 이 연구에서는 1차 주관적 평가를 위한 어휘 선정을 조명마다 각각 다르게 선정하였다. 기존연구에서 사용된 평가 항목[11]과 학생들이 조명에 대하여 어떻게 느끼는지를 알아보기 위해서 조명의 색온도를 묻는 예비실험을 통해 학습 효과 분석과 관련이 있는 학습환경 6항목, 학습의욕 6항목, 학습동기 5항목으로 선정하였으며 선정된 어휘 수는 표 2와 같다.

표 2. 1차 평가 어휘 선정 수  
Table 2. Number of selected words after primary evaluation

평가 조명	어휘 선정 수			계
	학습 환경	학습 의욕	학습 동기	
L1	6	6	5	17
L2	6	6	5	17
L3	6	6	5	17
합계	18	18	15	51

### 3.3 2차 평가 어휘 선정

2차 주관적 평가를 위한 어휘 선정은 1차 평가를 토대로 평가 조명별로 평가 점수가 높은 어휘쌍 5개와 상대적으로 평가 점수가 낮은 어휘쌍 5개를 선정하였다. 선정된 평가 어휘쌍 중에서 중복되는 어휘쌍을 제

외시키고 총 20개의 평가 어휘쌍을 선정하였다.

선정된 어휘쌍을 분류해 보면 학습의욕 영역에서는 9개 항목이, 학습환경 영역에서는 7개 항목이, 학습동기 영역에서는 4개 항목을 선정하였으며 선정된 내용은 표 3과 같다.

표 3. 2차 평가 어휘 선정  
Table 3. Selected words after secondary evaluation

문항	평가 어휘쌍	영역
1	상쾌하다-불쾌하다	학습의욕
2	정리된느낌이다-산만한느낌이다	
3	문자가뚜렷하다-흐릿하다	
4	주의집중이잘된다-안된다	
5	머리가맑아진다-아파진다	
6	수계산이잘된다-안 된다	
7	암기가잘된다-안된다	
8	책읽기좋다-나쁘다	
9	편안하다-불안하다	
1	부드러운느낌-딱딱한느낌	학습환경
2	눈부심이없다-있다	
3	분위기가은은하다-강렬하다	
4	기분을좋게만든다-나쁘게한다	
5	쾌적하다-답답하다	
6	선명하다-희미하다	
7	밝기가적합하다-부적합하다	
1	피로감이없다-있다	학습동기
2	정신적피로감이적다-많다	
3	졸리지않다-졸립다	
4	스트레스가해소된다-쌓인다	

### 3.4 실험 방법

이 연구는 학교 교실 조명으로 사용된 색온도 제어 가능한 LED 조명이 과목별 색온도에 따른 학생들의 학습 효과와의 관련성을 알아본 것으로 이 연구에서는 다음과 같은 단계별 실험을 하였다.

색온도를 제어 가능한 LED 교실 조명을 실험 4개월 전에 설치하였으며 색온도는 7,000[K], 5,000[K] 그리고 3,000[K]이다.

기존 연구 내용을 바탕으로 집중이 필요한 과목(수학, 과학)에서는 색온도 높은 7,000[K] 조명을 투여하였다. 심리적으로 안정감이 필요한 과목(국어, 영어)에서는 5,000[K] 조명을 투여하였다. 창의성이 필요한 과목(음악, 미술)에서는 색온도가 낮은 3,000[K]의 조명을 투여하여 수업을 하였다[12].

평가하는 시간은 집중도가 떨어지지 않는 오전 시간을 활용하였으며 2교시인 오전 10시에서 11시에 실험을 실시하였다. 사전에 학생들에게 실험 방법과 절차 등에 대하여 충분한 설명을 제시하였다.

1차 평가는 실험 조명 투여 4개월 후에 수업을 해 본 학생들의 주관적 평가를 실시하였다. 2차 평가는 1차 주관적 평가 결과를 토대로 선정된 문항 중에서 중복된 문항을 제외시킨 후 요인분석을 통하여 20개의 어휘쌍을 최종 선정하여 색온도별로 평가하였다.

이 연구에서는 감성 평가 대상자가 중학생이므로 SD법의 (Semantic differential method) 5단계 척도를 적용하였다. 이 연구는 LED 조명의 색온도가 학습 효과에 어떤 영향을 주는지를 알아보는 것이 목적이므로 요인의 이름을 학습과 관련하여 명명하였다.

## 4. 실험 결과 및 분석

### 4.1 자료 분석

수집된 자료는 SPSS 12.0을 이용하여 분석하였다. 이 연구에서의 독립 변수는 색온도이며 종속변수는 평가 점수이다. 신뢰도 분석과 요인분석을 통한 타당성 검증을 한 후 조명에 따른 주관적 평가에 대한 분석을 수행하였다.

### 4.2 요인분석

2차 주관적 평가 결과 20문항을 요인 분석하였고 Varimax 회전법을 이용하여 회전시킨 결과 3개의 요

인이 추출되었다. 추출된 요인은 표와 같다.

제 1요인은 학습의욕 영역 9개와 학습환경 영역 3개로 선정되었다. 이에 1요인을 ‘학습의욕’으로 명명하였다. 제2요인은 학습환경 영역 4개, 학습의욕 영역 1개 그리고 학습동기 영역 1개로 선정되었다. 이에 2요인을 ‘학습환경’으로 명명하였다. 제3요인은 학습동기 영역 3개로 선정되었다. 이에 3요인을 ‘학습동기’로 명명하였다. 요인 분석된 결과는 표 4와 같다.

표 4. 2차 평가어휘 요인분석  
Table 4. Factor analysis of words after secondary evaluation

평가 항목	요인			요인명
	1	2	3	
쾌적하다-답답하다	.859	.198	-.065	I 학습의욕
상쾌하다-불쾌하다	.830	.266	-.012	
선명하다-희미하다	.814	.138	.206	
정리된느낌-산만한느낌	.804	.168	.160	
문자가뚜렷하다-흐릿하다.	.799	-.026	.259	
주의집중이잘된다-안된다	.781	.327	.054	
머리가맑아진다-아파진다	.742	.269	.084	
수계산이잘된다-안 된다.	.732	-.159	-.024	
암기가잘된다-안된다	.695	.212	.356	
밝기가 적합하다-부적합하다	.643	.383	.169	
책읽기좋다-나쁘다	.570	.524	.273	
부드러운느낌-딱딱한느낌	.010	.909	.156	
편안하다-불안하다	.162	.877	.168	
눈부심이없다-있다	-.035	.865	.255	
분위기가은은하다-강렬하다	.377	.834	-.011	
기분을좋게만든다-나쁘게한다	.361	.804	.113	
스트레스가해소된다-쌓인다.	.491	.585	.164	
피로감이없다-있다	.034	.489	.796	III 학습동기
정신적피로감이적다-많다	.096	.544	.751	
졸리지않다-졸립다	.506	-.054	.672	
KMO	.817			
유의확률	.000			

### 4.3 신뢰도 검증

측정항목 간의 내적일관성을 검증하기 위해 Cronbach's  $\alpha$  분석을 통해 신뢰도를 검증하였다.

일반적으로 탐색적인 연구 분야에서는  $\alpha$  값이 0.60, 기초연구 분야에서는 0.80, 나아가 중요한 결정이 요구되는 응용연구 분야에서는 0.90 이상이면 신뢰도가 충분하다고 할 수 있다[13].

이 연구에서는 검증 결과 Cronbach's  $\alpha$  계수가 0.942로 높은 신뢰도를 나타내었다.

표 5. 2차 평가어휘 신뢰도 분석  
Table 5. Reliability analysis of words after secondary evaluation

문항	평균	분산	Cronbach $\alpha$
쾌적하다-답답하다	71.17	179.198	.938
상쾌하다-불쾌하다	71.09	177.444	.938
선명하다-희미하다	70.96	177.772	.938
정리된느낌-산만한느낌	71.17	178.557	.938
문자가뚜렷하다-흐릿하다.	71.09	179.708	.940
주의집중이잘된다-안된다	71.50	175.613	.937
머리가맑아진다-아파진다	71.50	179.387	.938
수계산이잘된다-안 된다.	71.76	189.016	.943
암기가잘된다-안된다	71.67	183.547	.939
밝기가 적합하다-부적합하다	71.04	175.999	.938
책읽기좋다-나쁘다	71.30	172.703	.936
부드러운느낌-딱딱한느낌	71.33	177.170	.941
편안하다-불안하다	71.11	179.308	.938
눈부심이없다-있다	71.35	178.044	.941
분위기가은은하다-강렬하다	71.11	172.553	.937
기분을좋게만든다-나쁘게한다	71.31	175.465	.937
스트레스가해소된다-쌓인다.	71.72	178.997	.938
피로감이없다-있다	71.85	181.563	.941
정신적피로감이적다-많다	71.61	178.808	.940
졸리지않다-졸립다	71.81	183.097	.941

참고 : Alpha 계수 = .942, N=20

### 4.4 조명별 평균 SD특점

색온도별 LED 조명에 따른 주관적 평가 20개 항목의 평균 SD 특점을 가지고 프로파일 분석을 하였으며 프로파일도는 그림 3과 같다.

### 4.5 LED조명의 색온도별 주관적 평가

L1은 색온도가 7,000[K]이면서 연색지수(R1-8)가 80인 조명이다. L2는 색온도가 5,000[K]이면서 연색지수(R1-8)가 82인 조명이다. L3은 색온도가 3,000[K]이면서 연색지수(R1-8)가 80인 조명이다.

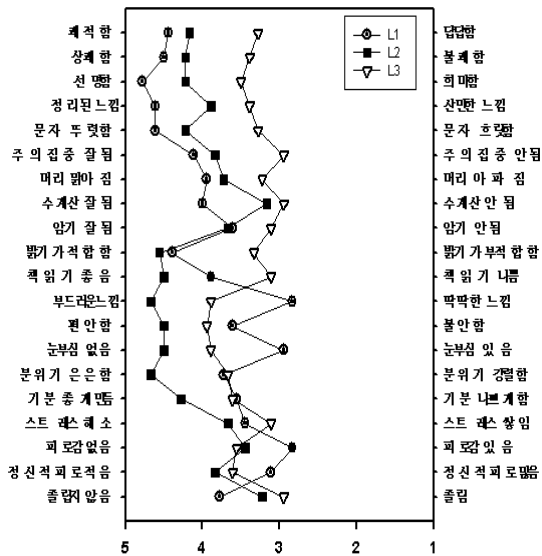


그림 3. 20개 항목의 평균 SD 특점 프로파일 분석  
Fig. 3. Average SD score profile diagram of 20-word pairs

#### 4.5.1 학습의욕 요인

학습의욕 요인 11개 항목에서는 2개의 조명을 선호하는 것으로 나타났다. 8개 항목에서 L1 조명을 높게 평가하였으며, 3개 항목에서는 L2 조명을 높은 평가를 한 것으로 나타났다.

L1조명은 ‘쾌적하다’, ‘상쾌하다’, ‘선명하다’, ‘정리된 느낌이다’, ‘문자가 뚜렷하다’, ‘주의집중이 잘된다’, ‘머리가 맑아진다’, ‘수 계산이 잘된다’는 조명으로 선호

하였고, L2조명은 ‘암기가 잘된다’, ‘밝기가 적함하다’, ‘책읽기 좋다’는 조명으로 선호하였다.

#### 4.5.2 학습환경 요인

학습환경 요인 6개 항목에서는 모두 다 L2 조명을 높은 평가를 한 것으로 나타났다. L2조명은 ‘부드러운 느낌이다’, ‘편안하다’, ‘눈부심이 없다’, ‘분위기가 은은하다’, ‘기분을 좋게 만든다’, ‘스트레스가 해소된다’는 조명으로 선호하였다.

#### 4.5.3 학습동기 요인

학습동기 요인 3개 항목에서는 피로감이 없는 조명으로는 색온도가 가장 낮은 L3조명을 선호하였다. 정신적 피로감이 없는 조명으로는 L2 조명을, 졸리지 않은 조명으로는 색온도가 높은 L1조명을 선호하였다.

표 6. 2차 평가어휘 기술통계  
Table 6. Descriptive statistics of words after secondary evaluation

항 목	L1(7,000[K])		L2(5,000[K])		L3(3,000[K])	
	S	SD	S	SD	S	SD
쾌적하다-답답하다	4.44	.616	4.17	.707	3.28	1.074
상쾌하다-불쾌하다	4.50	.707	4.22	.548	3.39	1.243
선명하다-희미하다	4.78	.428	4.22	.732	3.50	1.249
정리된느낌-산만한느낌	4.61	.502	3.89	.676	3.39	1.195
문자가뚜렷하다-흐릿하다.	4.61	.608	4.22	.732	3.28	1.227
주의집중이잘된다-안된다	4.11	.832	3.83	.618	2.94	1.259
머리가맑아진다-아파진다	3.94	.802	3.72	.826	3.22	1.060
수계산이잘된다-안 된다.	4.00	.686	3.17	.514	2.94	.639
암기가잘된다-안된다	3.61	.502	3.67	.594	3.11	.832
밝기가 적함하다-부적함하다	4.39	.850	4.56	.616	3.33	1.237
책읽기좋다-나쁘다	3.89	.832	4.50	.618	3.11	1.367
학습의욕	46.89	3.660	44.17	4.902	35.50	10.506
부드러운느낌-딱딱한느낌	2.83	.786	4.67	.485	3.89	1.451
편안하다-불안하다	3.61	.850	4.50	.514	3.94	1.162

눈부심이없다-있다	2.94	1.110	4.50	.707	3.89	1.323
분위기가은은하다-강렬하다	3.72	.669	4.67	.485	3.67	1.749
기분을 좋게 만든다-나쁘게 한다	3.56	.616	4.28	.669	3.61	1.461
스트레스가 해소된다-쌓인다.	3.44	.616	3.67	.767	3.11	1.183
학습환경	20.11	3.644	26.28	2.585	22.11	7.669
피로감이없다-있다	2.83	.857	3.44	.784	3.56	1.247
정신적피로감이적다-많다	3.11	.963	3.83	.924	3.61	1.243
졸리지않다-졸립다	3.78	1.003	3.22	.732	2.94	1.056
학습동기	9.72	2.492	10.50	2.093	10.11	3.270

개인적으로 선호하는 조명을 조사 한 결과는 14명 학생이 색온도가 5,000[K]의 L2 조명을 좋아하는 것으로 나타났다. 실험대상자 남학생이 적어서 남학생에 대한 선호를 충분히 조사할 수 없었던 것이 아쉽다.

표 7. 남녀별 선호 조명  
Table 7. Preferred illumination according to gender

	선호 조명			전체
	L1	L2	L3	
남자	1	1	2	4
여자	4	10	0	14
합계	5	11	2	18

#### 4.6 요인별 ANOVA 분석

L1(7,000[K]), L2(5,000[K]), L3(3,000[K])을 가지고 색온도에 따른 학업 효과 분석을 실시하였다. 학습의욕, 학습환경, 학습동기의 3개의 요인으로 분류가 되었으며, 요인별로 분류하여 ANOVA 분석하였으며 집단 간 평균의 차이가 존재하므로 Scheffe의 사후검증을 실시하였다.

20개의 항목을 중심으로 분석한 결과 6개의 항목인 ‘머리가 맑아진다-아파진다’, ‘기분을 좋게 만든다-나쁘게 한다’, ‘스트레스가 해소된다-쌓인다’, ‘피로감이

없다-있다’, ‘정신적 피로감이 적다-많다’, ‘졸리지 않다-졸립다’ 항목에서 색온도별 조명 간의 감성 평가 차이가 없는 것으로 나타났다.

##### 4.6.1 학습의욕 요인

표 8에 의하면 ‘학습의욕’ 요인에서는 F값이 12.922이며 유의확률이 .000으로 평균 L1, L2, L3 조명 간에 주관적 평가의 평균 차이가 있는 것으로 나타났다. 이 요인에서는 L1 조명과 L2 조명을 선호하였는데 L1 조명을 높게 평가한 항목은 8항목에 나타났으며 3개의 항목에서는 L2 조명을 높게 평가하였다.

‘쾌적하다 상쾌하다, 선명하다, 정리된 느낌이다, 문자가 뚜렷하다, 주의집중이 잘된다, 머리가 맑아진다, 수 계산이 잘된다’는 항목에서는 색온도가 높은 L1 조명을 높게 평가하였다. 한편 ‘암기가 잘된다, 실내 밝기가 적합하다, 책읽기 좋다’는 항목에서는 색온도가 5,000[K]의 L2 조명을 높게 평가하였다.

##### 4.6.2 학습환경 요인

표 9에 의하면 ‘학습환경’ 요인에서는 F값이 6.785이며 유의확률이 .002로 평균 L1, L2, L3 조명 간에 주관적 평가의 평균 차이가 있는 것으로 나타났다. 이 요인에서는 L2 조명을 선호하였는데 6항목에 모두 L2 조명을 높게 평가하였다.

‘부드러운 느낌이다, 편안하다, 눈부심이 없다, 분위기가 은은하다, 기분을 좋게 만든다, 스트레스가 해소된다’는 항목에서도 색온도가 5,000[K]의 L2 조명을 높게 평가하였다.

##### 4.6.3 학습동기 요인

표 10에 의하면 ‘학습동기’ 요인에서는 F값이 0.384이며 유의확률이 .683으로 평균 L1, L2, L3 조명 간에 주관적 평가의 평균 차이가 없는 것으로 나타났다.

이 요인에서는 피로감이 없는 조명으로 색온도가 낮은 3,000[K]인 L3 조명을 높게 평가하였다. 정신적 피로감이 적은 조명으로 색온도가 5,000[K]인 L2 조명을 높게 평가하였다. 졸리지 않은 조명으로는 색온도가 7,000[K]인 L1 조명을 높게 평가하였다.

표 8. '학습의욕' 요인의 색온도별 ANOVA분석  
Table 8. ANOVA table by color temperatures of 'learning intention' factor

\* p ≤ .05

항목	조명	N	S	SD		제공합	자유도	평균 제공	F	유의 확률	사후검증(Scheffe)				
											조명 (I)	조명 (J)	평균차 (I-J)	유의 확률	
쾌적하다- 답답하다	L1	18	4.44	.616	집단-간	13.370	2	6.685	9.867	.000	L1	L2	.28	.602	
												L3	1.17(*)	.000	
	L2	18	4.17	.707	집단-내	34.556	51	.678				L2	L1	-.28	.602
													L3	.89(*)	.008
	L3	18	3.28	1.074	합계	47.926						L3	L1	-1.17(*)	.000
													L2	-.89(*)	.008
상쾌하다- 불쾌하다	L1	18	4.50	.707	집단-간	12.037	2	6.019	7.695	.001	L1	L2	.28	.644	
												L3	1.11(*)	.002	
	L2	18	4.22	.548	집단-내	39.889	51	.782				L2	L1	-.28	.644
													L3	.83(*)	.024
	L3	18	3.39	1.243	합계	51.926						L3	L1	-1.11(*)	.002
													L2	-.83(*)	.024
선명하다- 희미하다	L1	18	4.78	.428	집단-간	14.778	2	7.389	9.732	.000	L1	L2	.56	.171	
												L3	1.28(*)	.000	
	L2	18	4.22	.732	집단-내	38.722	51	.759				L2	L1	-.56	.171
													L3	.72	.054
	L3	18	3.50	1.249	합계	53.500						L3	L1	-1.28(*)	.000
													L2	-.72	.054
정리된느낌- 산만한느낌	L1	18	4.61	.502	집단-간	13.593	2	6.796	9.540	.000	L1	L2	.72(*)	.045	
												L3	1.22(*)	.000	
	L2	18	3.89	.676	집단-내	36.333	51	.712				L2	L1	-.72(*)	.045
													L3	.50	.216
	L3	18	3.39	1.195	합계	49.926						L3	L1	-1.22(*)	.000
													L2	-.50	.216
문자가 뚜렷하다- 흐릿하다	L1	18	4.61	.608	집단-간	16.926	2	8.463	10.527	.000	L1	L2	.39	.435	
												L3	1.33(*)	.000	
	L2	18	4.22	.732	집단-내	41.000	51	.804				L2	L1	-.39	.435
													L3	.94(*)	.010
	L3	18	3.28	1.227	합계	57.926						L3	L1	-1.33(*)	.000
													L2	-.94(*)	.010
주의집중이 잘된다- 안된다	L1	18	4.11	.832	집단-간	13.370	2	6.685	7.539	.001	L1	L2	.28	.678	
												L3	1.17(*)	.002	
	L2	18	3.83	.618	집단-내	45.222	51	.887				L2	L1	-.28	.678
													L3	.89(*)	.024



학교 교실 LED 조명의 색온도에 대한 주관적 평가

	L3	18	2.94	1.259	합계	58.593					L3	L1	-1.17(*)	.002
												L2	-.89(*)	.024
머리가 맑아진다- 아파진다	L1	18	3.94	.802	집단-간	4.926	2	2.463	3.015	.058	L1	L2	.22	.763
												L3	.72	.066
	L2	18	3.72	.826	집단-내	41.667	51	.817			L2	L1	-.22	.763
												L3	.50	.262
	L3	18	3.22	1.060	합계	46.593					L3	L1	-.72	.066
												L2	-.50	.262
수계산이 잘된다- 안된다	L1	18	4.00	.686	집단-간	11.148	2	5.574	14.620	.000	L1	L2	.83(*)	.001
												L3	1.06(*)	.000
	L2	18	3.17	.514	집단-내	19.444	51	.381			L2	L1	-.83(*)	.001
												L3	.22	.562
	L3	18	2.94	.639	합계	30.593					L3	L1	-1.06(*)	.000
												L2	-.22	.562
암기가 잘된다	L1	18	3.61	.502	집단-간	3.370	2	1.685	3.897	.027	L1	L2	-.06	.968
												L3	.50	.084
	L2	18	3.67	.594	집단-내	22.256	51	.432			L2	L1	.06	.968
												L3	.56(*)	.049
	L3	18	3.11	.832	합계	25.426	53				L3	L1	-.50	.084
												L2	-.56(*)	.049
실내밝기가 적합하다- 부적합하다	L1	18	4.39	.850	집단-간	15.815	2	7.907	9.017	.000	L1	L2	-.17	.867
												L3	1.06(*)	.006
	L2	18	4.56	.616	집단-내	44.722	51	.877			L2	L1	.17	.867
												L3	1.22(*)	.001
	L3	18	3.33	1.237	합계	60.537					L3	L1	-1.06(*)	.006
												L2	-1.22(*)	.001
책읽기좋다- 나쁘다	L1	18	3.89	.832	집단-간	17.444	2	8.722	8.887	.000	L1	L2	-.61	.191
												L3	.78	.072
	L2	18	4.50	.618	집단-내	50.056	51	.981			L2	L1	.61	.191
												L3	1.39(*)	.001
	L3	18	3.11	1.367	합계	67.500					L3	L1	-.78	.072
												L2	-1.39(*)	.001
학습의욕	L1	18	46.89	3.660	집단-간	1273.370	2	636.68 5	12.922	.000	L1	L2	2.72	.513
												L3	11.39(*)	.000
	L2	18	44.17	4.902	집단-내	2512.778	51	49.270			L2	L1	-2.72	.513
												L3	8.67(*)	.002
	L3	18	35.50	10.506	합계	3786.148					L3	L1	-11.39(*)	.000
												L2	-8.67(*)	.002

표 9. '학습환경' 요인의 색온도별 ANOVA분석  
 Table 9. ANOVA table by color temperatures of 'learning environment' factor

\* p ≤ .05

항목	조명	N	S	SD		제공합	자유도	평균 제공	F	유의 확률	사후검증(Scheffe)			
											조명 (I)	조명 (J)	평균차 (I-J)	유의 확률
부드러운느낌- 딱딱한느낌	L1	18	2.83	.786	집단-간	30.481	2	15.241	15.460	.000	L1	L2	-1.833(*)	.000
												L3	-1.056(*)	.010
	L2	18	4.67	.485	집단-내	50.278	51	.986			L2	L1	1.833(*)	.000
												L3	.778	.073
	L3	18	3.89	1.451	합계	80.759					L3	L1	1.056(*)	.010
												L2	-.778	.073
편안하다- 불안하다	L1	18	3.61	.850	집단-간	7.259	2	3.630	4.660	.014	L1	L2	-.889(*)	.015
												L3	-.333	.530
	L2	18	4.50	.514	집단-내	39.722	51	.779			L2	L1	.889(*)	.015
												L3	.556	.178
	L3	18	3.94	1.162	합계	46.981					L3	L1	.333	.530
												L2	-.556	.178
눈부심이없다- 있다	L1	18	2.94	1.110	집단-간	22.111	2	11.056	9.521	.000	L1	L2	-1.556(*)	.000
												L3	-.944(*)	.039
	L2	18	4.50	.707	집단-내	59.222	51	1.161			L2	L1	1.556(*)	.000
												L3	.611	.245
	L3	18	3.89	1.323	합계	81.333					L3	L1	.944(*)	.039
												L2	-.611	.245
분위기가 은은하다- 강렬하다	L1	18	3.72	.669	집단-간	11.370	2	5.685	4.558	.015	L1	L2	-.944(*)	.048
												L3	.056	.989
	L2	18	4.67	.485	집단-내	63.611	51	1.247			L2	L1	.944(*)	.048
												L3	1.000(*)	.034
	L3	18	3.67	1.749	합계	74.981					L3	L1	-.056	.989
												L2	-1.000(*)	.034
기분을 좋게만든다- 나쁘게한다	L1	18	3.56	.616	집단-간	5.815	2	2.907	2.946	.062	L1	L2	-.722	.103
												L3	-.056	.986
	L2	18	4.28	.669	집단-내	50.333	51	.987			L2	L1	.722	.103
												L3	.667	.142
	L3	18	3.61	1.461	합계	56.148					L3	L1	.056	.986
												L2	-.667	.142
스트레스가 해소된다- 쌓인다	L1	18	3.44	.616	집단-간	2.815	2	1.407	1.785	.178	L1	L2	-.222	.756
												L3	.333	.535
	L2	18	3.67	.767	집단-내	40.222	51	.789			L2	L1	.222	.756
												L3	.556	.182

학교 교실 LED 조명의 색온도에 대한 주관적 평가

	L3	18	3.11	1.183	합계	43.037					L3	L1	-.333	.535
												L2	-.556	.182
학습환경	L1	18	20.11	3.644	집단-간	356.333	2	178.167	6.785	.002	L1	L2	-6.167(*)	.003
												L3	-2.000	.508
	L2	18	26.28	2.585	집단-내	1339.167	51	26.258			L2	L1	6.167(*)	.003
												L3	4.167	.060
	L3	18	22.11	7.669	합계	1695.500					L3	L1	2.000	.508
												L2	-4.167	.060

표 10. '학습동기' 요인의 색온도별 ANOVA분석

Table 10. ANOVA table by color temperatures of 'learning motivation' factor

\* p ≤ .05

항목	조명	N	S	SD	제공합	자유도	평균 제공	F	유의 확률	사후검증(Scheffe)					
										조명 (I)	조명 (J)	평균차 (I-J)	유의 확률		
피로감이 없다-있다	L1	18	2.83	.857	집단-간	5.444	2	2.722	2.811	.069	L1	L2	-.611	.187	
											L3	-.722	.099		
	L2	18	3.44	.784	집단-내	49.389	51	.968				L2	L1	.611	.187
												L3	-.111	.944	
	L3	18	3.56	1.247	합계	54.833						L3	L1	.722	.099
												L2	.111	.944	
정신적피로감이적다-많다	L1	18	3.41	.963	집단-간	4.926	2	2.463	2.221	.119	L1	L2	-.722	.131	
											L3	-.500	.370		
	L2	18	3.83	.924	집단-내	56.556	51	1.109				L2	L1	.722	.131
												L3	.222	.819	
	L3	18	3.61	1.243	합계	61.481						L3	L1	.500	.370
												L2	-.222	.819	
졸림지않다-졸립다	L1	18	3.78	1.003	집단-간	6.481	2	3.241	3.659	.033	L1	L2	.556	.218	
											L3	.833(*)	.037		
	L2	18	3.22	.732	집단-내	45.167	51	.886				L2	L1	-.556	.218
												L3	.278	.678	
	L3	18	2.94	1.056	합계	51.648						L3	L1	-.833(*)	.037
												L2	-.278	.678	
학습동기	L1	18	9.72	2.492	집단-간	5.444	2	2.722	.384	.683	L1	L2	-.778	.683	
											L3	-.389	.909		
	L2	18	10.50	2.093	집단-내	361.889	51	7.096				L2	L1	.778	.683
												L3	.389	.909	
	L3	18	10.11	3.270	합계	367.333						L3	L1	.389	.909
												L2	-.389	.909	

## 5. 결 론

이 연구는 교실 조명으로 색온도를 제어하는 LED 조명을 교실에 구축하였다. 이 색온도 제어 LED 조명이 학습 효과에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위해 교과목에 따라서 색온도를 달리하여 수업을 실시하였다. 이 수업에 참여한 학생들이 색온도별 주관적 평가를 5점 척도 SD 법으로 평가를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 평가 결과 ‘학습의욕’ 요인, ‘학습환경’ 요인, ‘학습 동기’ 요인으로 추출되었다.
- 2) ‘학습의욕’ 요인에서는 쾌적하다, 상쾌하다, 선명하다, 정리된 느낌이다, 문자가 뚜렷하다, 주의집중이 잘된다, 머리가 맑아진다, 수 계산이 잘되는 조명으로 색온도가 높은 7,000[K]의 L1조명을 높게 평가하였다. 암기가 잘된다, 밝기가 적합하다, 책읽기 좋은 조명으로서는 색온도가 5,000[K]인 L2 조명을 높게 평가하였다.
- 3) ‘학습환경’ 요인에서는 부드럽다, 편안하다, 눈부심이 없다, 분위기가 은은하다, 기분을 좋게 만든다, 스트레스가 해소되는 조명으로 색온도가 5,000[K]인 L2 조명을 높게 평가하였다.
- 4) ‘학습동기’ 요인에서는 피로감이 없는 조명으로 색온도가 낮은 3,000[K]인 L3 조명을 높게 평가하였다. 정신적 피로감이 적은 조명으로 색온도가 5,000[K]인 L2 조명을 높게 평가하였으며 졸리지 않은 조명으로서는 색온도가 높은 7,000[K]의 조명을 높게 평가하였다.

이상의 결과에서 실험대상자 수가 적어 연구 결과의 신뢰도에 문제가 있으나, LED 조명에 대한 전체적인 경향을 파악하는 것에는 무리가 없다고 사료된다. 또한 남학생의 수가 적은 것과 LED 조명의 연색 지수가 다소 뒤떨어지는 조명으로 실험을 한 바 연색 지수가 높은 조명이 개발된다면 연색 지수 평가에 대한 연구가 지속적으로 필요하다.

이 논문은 2009학년도 경북대학교 연구교수 연구비에 의하여 연구되었음.

## References

- [1] 석현정 · 김곡미, LED 조명 색온도에 따른 시간 인지에 대한 연구, 한국감성과학회지, pp. 69-78, Vol.13(1), 2010.
- [2] 윤해림, 조명의 조도 및 색온도 제어에 의한 실내 두 공간의 공간감 변화, 한국실내디자인학회논문집, pp. 83-89, Vol.33(1), 2002.
- [3] 최경호 외 2인, 조명의 이해와 설계, 태양문화사, 2005.
- [4] Sanders, M. S. & McCormick, E.J, Human Factors in Engineerinh and Design, McGraw-Hill, 1993.
- [5] 지순덕 외 4명, 백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가, 한국조명·설비학회, pp. 1-12, Vol.22, 2008.
- [6] 정타관, 조명 원리와 응용, 북스힐, 2005.
- [7] 정우성 외 3인, 색채 조명 자극이 인지기능에 미치는 영향에 관한 연구, 한국정밀공학회지, pp. 131-136, Vol. 24(10), 2007.
- [8] 이진숙 외 2인, 조명광원색이 실내공간에 미치는 영향 평가, 한국색채학회, pp. 21-26, Vol. 9, 1997.
- [9] 지순덕 외 3인, LED 기반 백색 조명의 색온도 및 연색지수에 따른 감성 평가, 한국감성과학회지, pp. 353-366, Vol.9(4), 2006.
- [10] 지철근, 조명원론, 문운당, 2004.
- [11] 김종무 · 김성훈, 이미지에서 조명의 채광 위치에 따른 감성 어휘 선호도 연구, 한국디자인문화학회, pp. 61-71, Vol. 15(1), 2009.
- [12] 백승헌 외 3인, LED광원의 상관 색온도에 따른 작업면의 선호도 조사, 추계 학술발표대회 논문집, Vol 8(2), 2008.
- [13] Nunnally, J. C., Psychometric Theory, Second Edition, McGraw-Hill, pp 225-255, 1978.

## ◇ 저자소개 ◇



**지순덕**(池順德)

1960년 11월 12일생. 1983년 2월 공주대학교 사범대학 가정교육과 졸업. 2002년 3월 한국교원대학교 기술교육과 석사. 2007년 3월 한국교원대학교 기술교육과 교육학박사. 현재 경북 상주 화동중학교 교사.



**김채복**(金彩福)

1962년 4월 3일생. 1985년 2월 고려대학교 산업공학과 졸업. 1988년 8월 고려대학교 산업공학 졸업(석사). 1992년 5월 School of Industrial Engineering, University of Oklahoma 졸업(박사). 1994~2002년 한국교원대학교 기술교육과 교수. 2002년 ~ 현재 경북대학교 경영학부 교수.