

LED 조명의 색 온도에 따른 학습 성과의 객관적 평가

Objective Evaluation of Learning Performance according to the Color Temperature of LED Illumination

지 순 덕* 김 채 복**
Jee, Soon-Duk Kim, Chae-Bogk

Abstract

This study performs the objective evaluation on simple comparison and calculation works by students under LED illumination conditions according to three types of color temperatures (7000K, 5000K, 3000K) in the classroom. Since the objective of this study is to develop an electric lighting conditions suitable for students in the classroom, the learning performance under three types of LED illumination conditions were analyzed. The 4 kinds of simple tests concerning with learning performance were developed and test results under natural light and LED illumination by 3 types of color temperatures were analyzed. There were differences by t-test in most cases among simple experiment results of different illumination conditions ($p \leq .05$). It was confirmed that illumination condition plays an important role when students simply compare words or perform arithmetic calculations. The experimental results of this study might be applied to designing better luminous environment.

키워드 : LED 조명 시스템, 객관적 평가, 색 온도, 학습 성과

Keywords : LED illumination system, objective evaluation, color temperature, learning performance

1. 서론

조명의 목적은 빛을 인간 생활에 이용하는 것으로 인간의 건강을 지키고 쾌적한 생활을 이루도록 하는 데 있다. 학교 조명은 학생들에게 명확한 시 환경을 제공하여 줌으로써 눈의 피로를 적게 하여 근시 예방과 집중력을 높여 학습 효과를 향상시키게 하는 데 목적이 있다.¹⁾

교실은 장시간 걸쳐서 수업을 하는 장소로써 학생들의 학습 효과와 심리적 안정에 직접적 영향을 주는 조명 환경은 매우 중요하다. 교실의 조명 환경은 단순히 밝기만을 제공하는 것이 아니라 피로감을 줄이고 학습의 효율을 늘리는 쾌적함과 온화함의 조건을 충분히 고려되어야 한다.

연구 자료를 통해 보면 조명은 눈의 피로뿐만 아니라 정신 피로에 관계하고 있으며 색 조명 자극이 인간의 기

역 작용에 영향을 주는 것으로 나타났다.²⁾

최근 교실 조명으로 각광받고 있는 LED 조명이 학습 효과와 심리적 안정에 어떠한 영향을 주는지를 알기 위한 체계적인 분석과 규명이 요구된다. 이에 이 연구에서는 LED 조명의 3가지 색온도를 실험 변수로 설정하여 4종류의 객관적 평가를 측정하고 색온도 변화에 따른 학습수행능력에 대한 관련성을 찾아내고자 한다.

2. 이론고찰

2.1 LED 조명

LED 조명은 광원(lamp)과 모듈(module)로 설명할 수 있다. 광원에서는 칩(chip)이 일차적으로 조명의 성능을 좌우한다. 모듈은 광원, 광학 부품 및 드라이버(driver)와 같은 구동 회로로 구성된 것을 말하며 조명에서 모듈이 핵심 기능을 수행하는 부품이다.³⁾

LED가 조명으로 사용되기 위해서는 광속이 100(lm) 이상이 되어야 하는데 이를 위해서는 최소한 많은 수의 칩

* 정회원, 경북 상주시 화동중학교 교사, 교육학박사

** 정회원, 경북대학교 경영학부 교수, 공학박사, 교신저자
(kimcb@knu.ac.kr)

This research was supported by Kyungpook National University Research Fund, 2009.

이 필요하다. 조명으로써 가격 경쟁력을 갖추려면 칩의 수를 줄여야 하고 칩의 광출력도 높여야 한다.

또한 LED의 성능을 판별하는 요소는 발광 효율로써 와트 당 루멘(lm/W)으로 표시되며 주요 성능 지표로는 휘도, 수명, 연색성, 색 변환, 밝기 감소, 소비 전력, 가격 등을 들 수 있다. 조명용으로 LED를 사용하기 위해서는 LED 백색광의 질이 개선되어야 하며 광의 질을 평가하는데 있어서는 색온도와 연색 지수가 매우 중요하다.⁴⁾

2.2 교실의 기능적 조명

기능적 조명이란 작업에 있어서 효율과 효능을 증시하는 기능적 요구에 따라 공간에 적합한 빛을 공급하기 위한 조명을 말한다. 교실에서의 모든 활동은 능률적이어야 하며 능률적인 활동은 집중이 필요하다.

집중을 요하는 조명은 적당한 조도의 공급과 눈부심의 제거, 눈의 피로감 감소 등의 시각적 문제가 해결된 것이어야 한다. 학생들의 눈은 일정한 조도 조건하에서 안정되며, 주변의 조도보다 책상 면이 훨씬 밝을 때 기능 발휘를 잘한다.

교실은 다양한 작업이 수행되는 공간으로 균일한 색온도만을 사용한 조명 환경은 좋지 못하다. 또한 교실 조명 환경을 개선한다고 하면서 조명의 조도만을 향상시키는 것은 더욱 더 좋지 못한 방법이다.⁵⁾

교실의 기능적 조명은 단일한 색온도가 아닌 다양한 색온도가 제공되어야 하며 색온도뿐만 아니라 연색 지수가 높은 인공광원의 구축은 매우 중요하다.

2.3 조명 환경과 색온도

색온도가 낮으면 붉은색 계열의 빛을 띠고 점차 높아지면 흰색이 되며 가장 높은 온도에서는 푸른색 계열의 빛을 띤다.⁶⁾ 조명의 조도가 높아질수록 업무 수행능력이 향상될 수 있으며 밝은 조명 아래에서는 사람들이 졸음을 덜 느끼고 각성의 정도가 높아진다.⁷⁾

색온도의 변화에 따른 주의력 테스트와 기억력 테스트를 수행한 결과 한색 계열의 조명 아래에서는 정확성이 올라가는 반면 난색 계열에서는 반응 시간이 줄어든다는 연구 결과가 있다.⁸⁾

또한 초록색 조명이 빨간색 조명에 비해 업무 수행능력을 향상시키고 심리적 안정감을 향상시킴을 보여주는 결과는 여러 연구에서 입증된 바 있다.⁹⁾ 색온도의 변화에 따라 활동성, 역량성, 안정감 등의 감성적인 차이를 찾을 경우도 있다.¹⁰⁾

3. 실험 계획

3.1 실험 조명의 광원 제작

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. 조명별 광 스펙트럼은 그림 1과 같으며 색좌표, 색온도 및 연색지수의 측정 결과는 표 1과 같다. 실험을 수행할 때 교실 책상면의 조도는 조도계 [T-10 (Konica Minolta Sensing, Inc.)]를 사용하여 측정하였다.

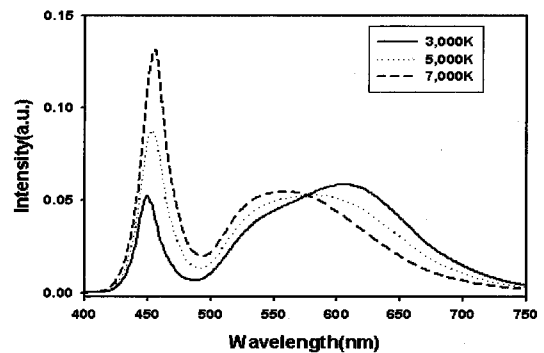


그림 1. LED광원의 색온도별 광 스펙트럼

표 1. 조명별 색좌표 및 색온도

조명	색좌표		색온도 (K)	조도	연색지수 (Ra)	
	x	y			R ₁₋₈	R ₁₋₁₅
L1	0.40	0.37	7000	980±10	80	74
L2	0.35	0.34	5000	976±10	82	76
L3	0.31	0.32	3000	977±10	80	74

3.2 실험 대상

이 연구에서는 실험 조명을 연구의 특성상 소규모 농촌 학교인 H중학교 1개 교실에 색온도 제어 가능한 LED 조명을 설치하였다. 실험 대상자는 설치한 학반으로 목적 표집 하였으며 남학생 4명, 여학생 14명을 선정하였다. 본



그림 2. 교실에 설치된 LED 조명 환경

실험의 신뢰성을 높이기 위해서는 남자의 인원이 더 확보되어야 하지만 소규모 농촌학교의 특성상의 이유로 그 대상이 제한되었다.

3.3 객관적 평가 측정 도구 개발

이 연구에서의 평가 도구는 LED 조명의 색온도(3000K, 5000K, 7000K)에 따른 단순 비교 및 계산 실험을 통한 객관적 평가를 측정하기 위해 개발하였다.

객관적 평가 도구는 한국표준과학연구원에서 개발한 'data 오류검색수정 task'를 이용하여 학생들의 수준에 맞도록 수정하였다.

모두 4종류의 평가도구가 개발되었는데 처음의 2가지 평가는 숫자를 비교 검색하여 찾는 방법과 임의의 한글을 비교 검색하여 찾는 방법이다.

첫 번째, 숫자를 비교 검색하여 찾는 방법은 그림 3과 같이 A4용지에 좌우 2단으로 구성하였으며, 각각 7칸, 30열로 소수점 둘째자리의 4자리 숫자로 구성하였다. 틀린 숫자의 수는 무작위로 40개 제시하였다.

두 번째, 임의의 한글을 비교 검색하여 찾는 방법은 그림 4와 같이 A4용지에 좌우 2단으로 구성하였으며, 각각

20행, 22단으로 임의의 한글을 배열하였다. 틀린 글자의 수는 무작위로 40개 제시하였다.

다음의 2가지 평가 도구는 사칙 연산의 내용을 검토하여 오류 내용을 찾아내는 방법과 형용사로 구성된 우리말을 검토하여 맞춤법이 틀린 것을 찾아내는 방법이다.

세 번째, 사칙연산의 내용을 검토하여 오류 내용을 찾아내는 방법은 그림 5와 같이 A4용지에 4행, 40단으로 1자리 숫자로 구성하였다. 틀린 숫자의 수는 무작위로 40개 제시하였다.

네 번째, 형용사로 된 우리말을 검토하여 맞춤법이 틀린 것을 찾아내는 방식은 그림 6과 같이 A4용지에 5행, 40단으로 감정이나 기분을 나타내는 한글을 배열하였다. 맞춤법이 틀린 글자의 수는 무작위로 40개 제시하였다.

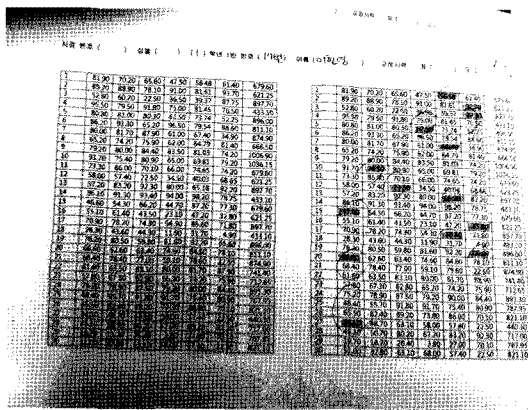


그림 3. 숫자검색 도구

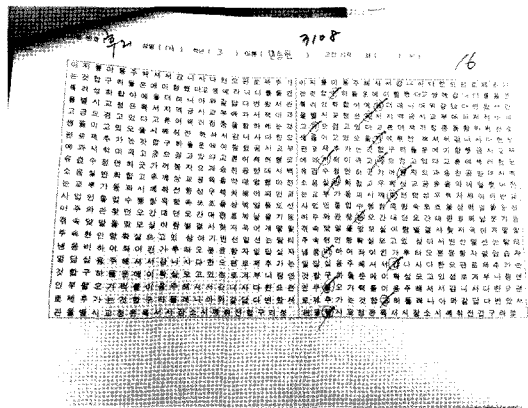


그림 4. 문자검색 도구

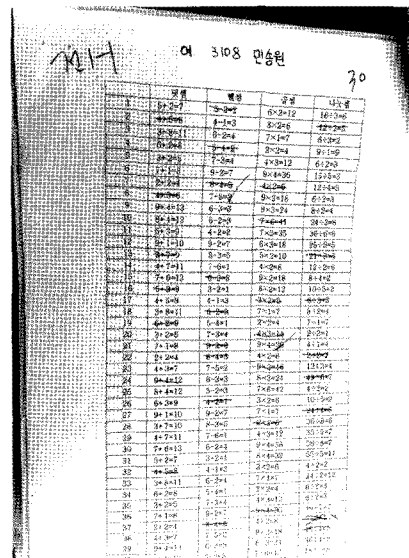


그림 5. 사칙연산검색 도구

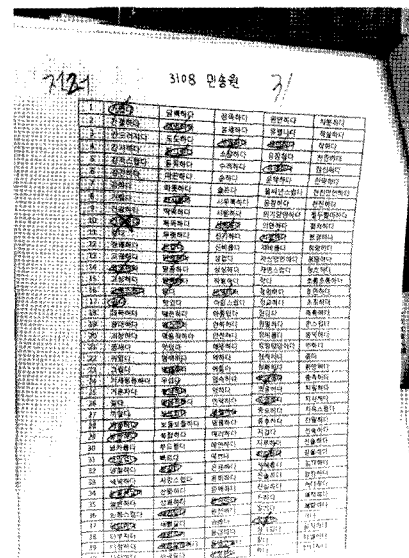


그림 6. 형용사검색 도구

3.4 실험 방법

3.4.1. 실험 절차

실험은 집중도가 떨어지지 않는 오전 시간을 활용하였으며 주로 1~2교시인 오전 9시 10분에서 10시 50분 사이에 실시하였다. 실험 교실에는 2010년 6월부터 3종류의 색온도를 제어할 수 있는 LED 조명을 설치하였다. 학생들이 앉아 있던 책상 면을 중심으로 5곳의 조도를 측정한 후 평균을 비교해 비슷한 값을 얻어 LED 조명에 따른 조도 차이가 실험 결과에 미치는 영향을 통제하고자 하였다.

실험 대상자는 중학교 3학년 학생 18명(남자 4명, 여자 14명)으로 사전에 실험 방법과 절차 등에 대하여 설명하였다. 실험의 내용은 표 2와 같으며 실험 순서는 표 3과 같다. 처음 시작하는 실험의 경우 조명 적용 시간을 30분 이상 확보하였으며, 첫 번째 실험이 끝난 후 50분 이상의 휴식 시간을 두고 두 번째 실험을 하였다.

S1, S2의 실험 방법은 3분 동안 좌측에 제시된 내용을 우측에 제시된 내용과 비교하여 틀렸을 경우 우측에 표시하도록 하였다. S3, S4의 실험 방법은 3분 동안 내용을 검토하여 잘못된 내용을 찾아 그 위에 표시하도록 하였다.

표 2. 실험 내용

실험명	실험 내용
NL	전기조명이 없는 상태에서의 실험
S1	숫자를 비교 검색하여 찾아내는 실험
S2	임의의 한글을 비교 검색하여 찾아내는 실험
S3	사칙연산의 내용을 검토하여 오류 내용을 찾아내는 실험
S4	형용사로 된 우리말을 검토하여 맞춤법이 틀린 것을 찾아내는 실험

표 3. 실험 순서

순서	실험명	조명 조건	시간(분)
1	S1	NL	3
	S2	NL	3
2	S3	NL	3
	S4	NL	3
3	S1	L1(7000 K)	3
	S2	L1(7000 K)	3
4	S3	L1(7000 K)	3
	S4	L1(7000 K)	3
5	S1	L2(5000 K)	3
	S2	L2(5000 K)	3
6	S3	L2(5000 K)	3
	S4	L2(5000 K)	3
7	S1	L3(3000 K)	3
	S2	L3(3000 K)	3
8	S3	L3(3000 K)	3
	S4	L3(3000 K)	3

각 평가도구마다 문항을 40개씩 제시한 이유는 3분 동안 학생들이 모두를 확인할 수 없는 정도의 많은 문항 수를 제시함으로써 조명이 아닌 다른 인자에 의해 영향을 받는 경우를 배제하고자 노력하였다.

3.4.2. 실험 방법

기존 연구에서는 3가지 색 온도에(7000K, 5000K, 3000K) 따른 LED 조명에 대한 주관적 평가를 실시하였다. 그 결과 학습 효과와 관련이 있는 3가지(학습의욕, 학습환경, 학습동기) 요인이 추출되었으며, 특히 수식 계산 및 책 읽기에 대해 조명 선호에 차이가 있음을 알 수 있었다.¹¹⁾

이 연구에서는 주관적 평가에서 나타난 결과를 바탕으로 조명 선호에 차이가 있는 요인을 중심으로 객관적 평가를 실시하였다. 이 객관적 평가에서는 3가지 형태의 LED 조명에 따른 학습효과와의 관련성을 알아본 것으로 다음과 같은 단계별 실험을 하였다.

첫째, 실험대상자를 대상으로 LED 조명에 대한 선호도를 조사하였다.

둘째, 4가지의 실험 내용을 선정하였다.

셋째, NL, L1, L2, L3 조명 조건하에서 각각의 4가지 객관적 평가(S1, S2, S3, S4)를 실시하였다.

넷째, 실험대상자의 선호도를 분석하였다.

다섯째, 객관적 평가를 분석하였다.

4. 실험 결과 및 분석

조도가 실험의 결과에 미치는 영향을 확인하기 위해 실험을 한 후 창가에 앉아 있던 학생 5명의 데이터를 검토하였으며 또한 창가에 있던 학생들 데이터만 다시 분석하였으나 유의미한 변화를 발견하지 못하였다. 그리고 창가에 앉아 실험을 한 학생들의 자리를 안 쪽으로 옮겨 실험도 했지만 실험 결과에는 별다른 차이가 없었기에 이 실험을 수행할 때 조도가 이 실험의 결과에 영향을 많이 미치지 않았다고 할 수 있다.

4.1 신뢰도 검증

측정항목 간의 내적일관성을 검증하기 위해 반분(split-half) 계수를 통해 신뢰도를 검증하였다. 일반적으로 탐색적인 연구 분야에서는 반분 계수 값이 0.60, 기초연구 분야에서는 0.80, 나아가 중요한 결정이 요구되는 응용연구 분야에서는 0.90 이상이면 신뢰도가 충분하다고 할 수 있다.¹²⁾

표 4. 평가 항목에 대한 신뢰도 분석

항목	평균	분산	문항간 상관관계	Spearman-Brown계수		Guttman 반분계수
				같은 길이	다른 길이	
S1-NL, S1-L1	34.44	70.261	.902	.949	.949	.949
S1-L2, S1-L3	31.94	69.467				
S2-NL, S2-L1	34.17	82.618	.916	.956	.956	.954
S2-L2, S2-L3	38.83	68.735				
S3-NL, S3-L1	49.22	222.536	.958	.979	.979	.969
S3-L2, S3-L3	43.78	151.359				
S4-NL, S4-L1	56.56	192.497	.921	.959	.959	.959
S4-L2, S4-L3	61.83	200.029				

반분 계수 = .958

이 연구에서는 표 4와 같이 검증 결과 반분 계수가 0.958로 높은 신뢰도를 나타내었다.

4.2 선호도 조사

4.2.1 척도 기준

SD법 5점 척도인 경우 평가 득점이 1점 이상 2점 미만이면 과거 교실 조명에 비해 LED 조명의 선호도가 매우 뒤떨어지는 조명, 평가 득점이 2점 이상이면 3점 미만이면 과거 교실 조명에 비해 LED 조명의 선호도가 뒤떨어지는 조명, 평가 득점이 3점이면 과거 교실 조명과 LED 조명의 선호도가 비슷한 것으로 평가할 수 있다.

또한 평가 득점이 3점보다 크면서 4점 이하이면 과거 교실 조명에 비해 LED 조명의 선호도가 우수한 조명, 평가 득점이 4점보다 크면서 5점 이하이면 과거 교실 조명에 비해 LED 조명의 선호도가 매우 우수한 조명으로 평가할 수 있다. 이를 요약하면 표 5와 같다.

표 5. 척도 기준에 따른 평가

척도기준	평가
1≤평가득점<2	과거 교실조명의 선호도가 매우 우수
2≤평가득점<3	과거 교실조명의 선호도가 우수
3	과거 교실조명과 LED 조명의 선호도가 같음
3<평가득점≤4	LED 조명의 선호도가 우수
4<평가득점≤5	LED 조명의 선호도가 매우 우수

4.2.2 교실 LED 조명의 선호도 조사

기존 연구에서는 조명의 선호도를 주관적으로 측정하기 위하여 총 51문항을 선정하였으나,¹¹⁾ 이 연구에서는 51문항 중에서 단순하게 학생들의 조명 선호도를 감성과 연관하여 학습의 감성과 관련이 있는 10문항을 선정하였다.

과거 교실 조명과 비교하여 현재 교실에 설치한 LED 조명을 사용해 결과를 SD법 5점 척도로 조사하였으며 조

조명 감성 평가 조사서

감성 평가의 정답은 본인이 느끼는 것이 정답입니다. 세심한 관찰을 하셔서 정답 본인이 느끼는 감성이 무엇인지를 정확히 파악해 주는 것이 이 연구에 큰 도움을 주는 것입니다.

※ 과거 교실 조명과 비교하여 현재 교실에 설치한 LED 조명을 사용해 보고 난 후 느낌을 묻는 문제입니다. 해당되는 곳에 √ 하세요.

		5 매우	4 약간	3 중간	2 약간	1 매우	
1	느낌이 좋다.						느낌이 나쁘다.
2	정감 있다						정감 없다.
3	안정감 있다.						안정감 없다
4	눈이 편안하다.						눈이 불편하다.
5	긴장감 해소된다.						긴장감 생긴다.
6	공부할 기분이 든다.						공부할 기분이 안된다.
7	의욕이 생긴다.						의욕이 안 생긴다.
8	명상이 잘된다.						명상이 안된다.
9	피로감 적다.						피로감 많다.
10	* 교실의 LED 조명 3가지 중에서 본인이 가장 좋아하는 조명은? ① 수리 LED ② 언어 LED ③ 예체능 LED						

그림 7. 선호도 조사서

표 6. 학습동기 요인의 선호도 기술 통계

순	항목	N	평균	SD
1	느낌이 좋다-나쁘다	18	4.56	0.511
2	눈이 편안하다-불편하다	18	4.44	0.705
3	안정감 있다-없다	18	4.39	0.698
4	정감 있다-없다	18	4.33	0.594
5	의욕이 생긴다-안생긴다	18	4.17	0.786
6	피로감 적다-많다	18	4.11	0.832
7	공부할 기분이이다-아니다	18	4.06	0.639
8	명상이 잘된다-안된다	18	4.06	0.873
9	긴장감 해소된다-생긴다	18	3.83	0.707
	학습동기	18	4.22	.487

사서는 그림 7과 같다.

평가 결과는 표 6과 같으며 예상한 것과 같이 평가 득점이 4.22점으로 형광등에 비해 학생들이 LED 조명을 더 선호하는 것으로 나타났다. 학생들은 기존 교실 조명인 형광등에 비해 느낌이 좋으며 눈이 편안하고 정감이 있으며 피로감이 적다고 평가하였다. 이 결과는 기존 연구¹¹⁾의 결과와도 일치한다.

4.3 요인별 t-검증 분석

과거 교실 환경은 낮에는 전기조명이 없는 상태에서 수업을 하는 경우가 많았으므로 전기조명이 없는 상태와 비교하여 현재 LED 조명으로 교체를 한 후 비교하는 객관적 실험을 수행하였다.

이 연구에서는 전기조명이 없는 상태와 비교하여 색온

도를 달리한 LED 조명 환경이 학습동기에 어떠한 영향을 주는지를 알아보고자 2가지의 평가 요인을 선정하였다. 하나는 단순 비교를 통한 오류 찾기 학습수행능력을 평가하는 S1, S2 실험이며, 둘째는 사칙연산 계산 및 형용사 오류 찾기 학습수행능력을 평가하는 S3, S4 실험이다.

4.3.1 S1 실험에 대한 t-검증

이 실험은 전기조명이 없는(NL) 환경, L1(7000K)인 조명 환경, L2(5000K)인 조명 환경, L3(3000K)인 조명 환경에서 정해진 시간 안에 틀린 숫자를 얼마나 찾아내는지 알아보는 실험이다.

NL 환경과 비교하여 색온도별 LED 조명 환경에서 수와 관련된 단순한 학습수행능력의 차이가 있는지를 알아보기 위해서 t-검증을 실시하였다.

단순히 평균만 비교하면 수와 관련된 단순한 학습수행능력은 색온도가 7000[K]인 L1 조명에서 수행능력이 가장 높았다. 또한 표 7에서 나타난 바와 같이 NL 환경과 비교하여 L1, L2, L3 조명 모두 유의확률이 0.000으로써 유의한 차이가 있었다.

결론적으로 전기조명이 없는 환경보다는 LED 조명 환경에서 수와 관련된 단순한 학습수행능력은 크게 증가하였다. 특히 단순히 평균만 살펴보면 L1 조명에서 L2, L3 조명에 비해 수행평가가 향상되었음을 알 수 있었다.

표 7. 색온도별 S1실험에 대한 t-검증

조명실험	구분	N	평균	SD	t	유의확률
S1	NL	18	13.94	4.080	-8.266	.000
	L1	18	20.50	4.914		
	NL	18	13.94	4.080	-4.579	.000
	L2	18	16.11	3.740		
	NL	18	13.94	4.080	-4.884	.000
	L3	18	15.83	4.902		

4.3.2 S2 실험에 대한 t-검증

이 실험은 NL 환경, L1, L2, L3 조명 환경에서 정해진 시간 안에 임의의 틀린 한글을 얼마나 찾아내는지 알아보는 실험이다.

NL 환경과 비교하여 색온도별 LED 조명 환경에서 문자와 관련된 단순한 학습수행능력의 차이가 있는지를 알아보기 위해서 t-검증을 실시하였다. 단순히 평균만을 비교했을 때 문자와 관련된 단순한 학습수행능력은 색온도가 5000[K]인 L2 조명 환경에서 가장 높았다.

또한 표 8에서 나타난 바와 같이 NL 환경과 비교하여

표 8. 색온도별 S2실험에 대한 t-검증

조명실험	구분	N	평균	SD	t	유의확률
S2	NL	18	14.94	4.684	-5.296	.000
	L1	18	19.22	5.024		
	NL	18	14.94	4.684	-8.364	.000
	L2	18	19.89	5.212		
	NL	18	14.94	4.684	-6.335	.000
	L3	18	18.94	3.605		

L1, L2, L3 조명 모두가 유의확률이 0.000으로써 유의한 차이가 있었다. 결론적으로 전기조명이 없는 환경보다는 LED 조명 환경에서 문자와 관련된 단순한 학습수행능력은 향상되었다.

4.3.3 S3 실험에 대한 t-검증

이 실험은 NL 환경, L1, L2, L3인 조명 환경에서 정해진 시간 안에 간단한 수 계산을 통해 오류 내용을 얼마나 찾아내는지 알아보는 실험이다. NL 환경과 비교하여 색온도별 LED 조명 환경에서 사칙연산의 계산 능력의 차이가 있는지를 알아보기 위해서 t-검증을 실시하였다.

단순히 평균만을 비교할 때, 간단한 수 계산의 수행능력은 표 9과 같이 색온도가 7000[K]인 L1 조명 환경에서 가장 높았다.

또한 NL 환경과 비교하여 L1 조명 환경이 표8에서 나타난 바와 같이 유의확률이 0.013으로써 유의한 차이가 있었다. 또한 L3 조명 환경도 유의확률이 0.000으로써 유의한 차이가 있었다. 그러나 L2 조명 환경에서는 유의 확률이 0.830으로써 유의한 차이가 나타나지 않았다.

결론적으로 전기조명이 없는 환경과 비교하여 L1 조명 환경에서는 사칙연산의 수계산 수행능력은 증가하였으나, L2 조명 환경에서는 수행능력의 차이가 나타나지 않았다. 오히려 L3 조명 환경에서는 NL 환경에서보다 수계산 수행능력이 현저하게 낮아졌음을 알 수 있었다. 따라서 사칙연산과 같은 계산을 하는 학습에서는 L3 조명 환경은 오히려 자연광보다도 좋지 않은 것으로 나타났다.

표 9. 색온도별 S3실험에 대한 t-검증

조명실험	구분	N	평균	SD	t	유의확률
S3	NL	18	23.56	7.563	-2.770	.013
	L1	18	25.67	7.700		
	NL	18	23.56	7.563	-.218	.830
	L2	18	23.72	6.369		
	NL	18	23.56	7.563	4.774	.000
	L3	18	20.06	6.073		

4.3.4 S4 실험에 대한 t-검증

이 실험은 NL 환경, L1, L2, L3 조명 환경에서 정해진 시간 안에 형용사로 된 우리말을 검토하여 맞춤법이 틀린 내용을 얼마나 찾아내는지 알아보는 실험이다. NL 환경과 비교하여 색온도별 LED 조명 환경에서 맞춤법 오류 찾기 수행능력의 차이가 있는지를 알아보기 위해서 t-검증을 실시하였다.

형용사 맞춤법 오류 찾기 수행능력은 단순히 평균만 비교할 때, 색온도가 5000[K]인 L2 조명 환경에서 가장 높았다. 또한 표 10과 같이 NL 환경과 비교하여 L1, L2, L3 조명 모두 유의 확률이 0.001과 0.000으로써 유의한 차이가 있다. 결론적으로 전기조명이 없는 환경보다는 LED조명 환경에서 맞춤법 오류 찾기 수행능력은 크게 향상되었다.

표 10. 색온도별 S4실험에 대한 t-검증

실험조명	구분	N	평균	SD	t	유의확률
S4	NL	18	25.61	8.431	-4.198	.001
	L1	18	30.94	6.301		
	NL	18	25.61	8.431	-5.514	.000
	L2	18	31.11	6.694		
	NL	18	25.61	8.431	-4.007	.001
	L3	18	30.72	8.006		

4.4 요인별 분산 분석

L1, L2, L3 조명 환경에서 학습수행능력과 관련된성을 알아보기 위해서 ANOVA 분석을 하였으며 조명 간의 유의한 차이가 존재할 경우 Scheffe의 사후검증을 실시하였다.

4.4.1 S1 실험에 대한 분산 분석

S1 실험에서는 L1(7000K), L2(5000K), L3(3000K) 조명의 차이가 있는 것으로 나타났다. 표 11에서 나타난 바

와 같이 집단-간 및 집단-내의 통계량을 볼 때 F값은 5.953이며 유의확률이 0.005이므로 L1, L2, L3 조명 간의 유의한 차이가 나타났다.

즉, 수와 관련된 단순 비교 실험에서는 L1, L2, L3 조명 간의 학습수행능력의 차이가 있음이 나타났다. L1, L2, L3 조명간의 평균의 차이가 존재하므로 Scheffe의 사후검증을 실시하였다.

그 결과는 표 12과 같이 L1 조명과 L3 조명간의 평균 차이 값은 4.667로써 큰 차이가 나타났으며(p≤0.05), L2 조명 간에도 평균 차이 값은 4.389로써 큰 차이가 나타났 다(p≤0.05). 다시 말하면 수와 관련된 단순 비교 실험에서는 L2, L3 조명보다는 색온도가 7000[K]인 L1 조명에서 학습수행능력이 향상하였다.

4.4.2 S2 실험에 대한 분산 분석

S2 실험에서는 L1, L2, L3 조명 간의 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단-간 및 집단-내의 통계량을 볼 때 F값은 0.195이며 유의확률이 0.824이므로 유의한 차이가 존재 하지 않았다. 즉, 문자와 관련된 단순 비교 실험에서는 L1, L2, L3 조명간의 학습수행능력의 차이가 나타나지 않았다. 이는 문자와 관련된 단순 비교 실험에서는 색온도가 다른 3가지 조명 간의 학습수행능력의 차이가 없음을 의미한다.

4.4.3 S3 실험에 대한 분산 분석

S3 실험에서는 L1, L2, L3 조명 간의 차이가 있는 것으로 나타났다. 표 11에서 나타난 바와 같이 집단-간 및 집단-내의 통계량을 볼 때 F값은 3.206이며 유의확률이 0.049이므로 L1, L2, L3 조명 간의 유의한 차이가 나타났다.

즉, 사칙연산의 수계산 실험에서는 L1, L2, L3 조명 간

표 11. 색온도별 분산 분석

* p ≤ .05

요인명	조명	N	평균	SD		제곱합	평균제곱	F	유의확률
S1	L1	18	20.50	4.914	집단-간	246.704	123.352	5.953	.005
	L2	18	16.11	3.740	집단-내	1056.778	20.721		
	L3	18	15.83	4.902	합계	1303.481			
S2	L1	18	19.22	5.024	집단-간	8.481	4.241	.195	.824
	L2	18	19.89	5.212	집단-내	1111.833	21.801		
	L3	18	18.94	3.605	합계	1120.315			
S3	L1	18	25.67	7.700	집단-간	292.259	146.130	3.206	.049
	L2	18	23.72	6.369	집단-내	2324.556	45.580		
	L3	18	20.06	6.073	합계	2616.815			
S4	L1	18	30.94	6.301	집단-간	1.370	.685	.014	.986
	L2	18	31.11	6.694	집단-내	2526.333	49.536		
	L3	18	30.72	8.006	합계	2527.704			

표 12. 색온도별 사후 검증

사후 검증 (Scheffe)				
요인명	조명(I)	조명(J)	평균차(I-J)	유의확률
S1	L1	L2	4.389(*)	.021
		L3	4.667(*)	.013
	L2	L1	-4.389(*)	.021
		L3	.278	.983
	L3	L1	-4.667(*)	.013
		L2	-.278	.983
S3	L1	L2	1.944	.690
		L3	5.611	.053
	L2	L1	-1.944	.690
		L3	3.667	.274
	L3	L1	-5.611	.053
		L2	-3.667	.274

의 학습수행능력의 차이가 나타났다. 따라서 L1, L2, L3 조명 간 평균의 차이가 존재하므로 Scheffe의 사후검증을 실시하였다.

그 결과는 표 12과 같이 L1 조명과 L3 조명간의 평균 차이 값은 5.611로써 차이가 나타났으며($p \leq 0.1$), 나머지 조명 간의 평균 차이 값에 대한 유의확률은 유의차가 없음을 보였다. 다시 말하면 사칙연산의 수계산 실험에서는 L3 조명보다는 색온도가 7000[K]인 L1 조명에서 학습수행능력이 향상되었다.

4.4.4 S4 실험에 대한 분산 분석

S4 실험에서는 L1, L2, L3 조명 간의 차이가 없는 것으로 나타났다. 표 11에서 나타난 바와 같이 집단-간 및 집단-내의 통계량을 볼 때 F값은 0.014이며 유의확률이 0.986이므로 유의한 차이가 존재하지 않았다. 따라서 형용사 맞춤법 오류 찾기 실험에서는 L1, L2, L3 조명간의 학습수행능력의 차이가 나타나지 않았다. 이는 형용사 맞춤법 오류 찾기 실험에서는 색온도가 다른 3가지 조명 간의 학습수행능력의 차이가 없음을 의미한다.

5. 결론

이 연구는 LED 조명의 3가지 색온도가 학습능력에 어떠한 영향을 주는지를 알아보기 위해 L1, L2, L3의 조명 환경을 구축하였다. 조명에 대한 선호도를 감성적으로 평가하기 위한 요인을 선정하고, 또한 조명이 학습능력에 미치는 효과를 객관적으로 평가하기 위하여 측정 도구 4종류를 개발하였다. 개발된 평가 도구는 기존의 평가도구를 객관적 평가를 위해 학생의 수준에 맞게 수정한 것이다.

평가 도구에 대하여 충분히 높은 반분 계수를 얻어 신뢰도를 검증하였다.

이 조명 환경에 참여한 학생들을 대상으로 객관적 평가를 실시하였으며, 객관적 평가의 결과는 기존 연구의 주관적 평가의 결과와도 대부분(S1, S2, S4) 일치하였으나 S3 실험의 경우에는 LED 조명의 종류에 따라 상이한 결과를 나타내었다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

5.1 선호도 조사 결과

- 1) 학습능력을 감성적 평가와 연관시켜 각 조명에 대한 선호도를 조사한 결과 형광등에 비해 LED 조명 환경이 우수한 것으로 평가하였다.
- 2) 학생들은 특히 주관적인 선호도 평가에서 색온도가 5000[K]인 L2 조명을 선호하였다.

5.2 실험별 평균의 단순비교 결과

- 1) 수와 관련된 단순 비교 수행능력은 색온도가 7000[K]에서 가장 높았으며, $L1 > L2 > L3 > NL$ 순으로 나타났다.
- 2) 문자와 관련된 단순 비교 수행능력은 색온도가 5000 [K]에서 가장 높았으며, $L2 > L1 > L3 > NL$ 순으로 나타났다.
- 3) 사칙연산의 수계산 오류 찾기 수행능력은 색온도가 7000[K]에서 가장 높았으며, $L1 > L2 > NL > L3$ 순으로 나타났다.
- 4) 형용사 맞춤법 오류 찾기 수행능력은 색온도가 5000 [K]에서 가장 높았으며, $L2 > L1 > L3 > NL$ 순으로 나타났다.

5.3 NL과 LED 조명에 대한 t-검증 결과

- 1) 수와 관련된 단순 비교 실험에서 LED 조명에서의 수행능력은 NL 조명에서의 수행능력과 비교할 때 유의한 차이가 존재하였다($p \leq 0.01$).
- 2) 문자와 관련된 단순 비교 실험에서 LED 조명에서의 수행능력은 NL 조명에서의 수행능력과 비교할 때 유의한 차이가 존재하였다($p \leq 0.01$).
- 3) 사칙연산의 수계산 오류 찾기 실험에서 L1과 L3 조명에서의 수행능력은 NL 조명에서의 수행능력과 비교할 때 유의한 차이가 존재하였다($p \leq 0.05$). 특히 L3 조명에서는 NL에서보다 학생들의 수행능력이 낮았다. 그러나 L2 조명에서의 수행능력은 NL 조명에서의 수행능력과 비교할 때 유의한 차이가 없었다.
- 4) 형용사 맞춤법 오류 찾기 실험에서 LED 조명에서의 수행능력은 NL 조명에서의 수행능력과 비교할 때 유

의한 차이가 존재하였다($p \leq 0.01$).

5.4 요인별 ANOVA 분석 결과

- 1) 수와 관련된 단순 비교 수행능력은 L1, L2, L3 조명 간의 차이가 있었으며, 특히 7000[K]인 L1 조명에서 수행능력이 현저하게 향상되었다.
- 2) 문자와 관련된 단순 비교 수행능력은 L1, L2, L3 조명 간의 차이가 없었다.
- 3) 사칙연산의 수계산 오류 찾기 수행능력은 L1, L2, L3 조명 간의 차이가 있었으며, 특히 7000[K]인 L1 조명에서 수행능력이 향상되었다.
- 4) 형용사 맞춤법 오류 찾기 수행능력은 L1, L2, L3 조명 간의 차이가 없었다.

실험을 통하여 얻은 결과에 대해 아쉬웠던 점은 모든 종류의 조명에서 같은 조도로 실험을 수행하기가 힘들었다는 것이다. 비록 실험 전에 여러 위치의 책상에서 조도를 측정해 비슷한 조도를 확인했지만 완전히 통제된 실험실과 같은 상황이 아니어서 좀 더 신뢰할 수 있는 결과를 얻기 위해서는 조도도 향후 연구에서는 고려하여야 할 요인이다. 그러나 이 연구에서 얻은 실험 결과는 학습과 관련된 교실의 더 좋은 조명 환경을 디자인하기 위해 응용될 수 있을 것이다. 또한 교육 시설의 조명과 학습 효과의 관련성에 대한 연구가 필요하다고 사료된다. 개발된 4가지 종류의 평가도구를 이용하여 객관적 평가를 수행하였으나 보다 타당성 있는 연구 결과를 위해서는 학생들의 학업 능력을 좀 더 객관적으로 신뢰성 있게 측정할 수 있는 도구의 개발과 이에 대한 적용이 필요하다.

참고문헌

1. 최경호 외 2인, 조명의 이해와 설계, 태양문화사, 2005
2. 정민영 외 4인, 색 조명 자극이 인간의 기억에 미치는 영향에 관한 연구, 한국감성과학회지 추계학술대회논문집, pp.149-153, 2001
3. 정타관, 조명 원리와 응용, 북스힐, 2005
4. 지순덕 외 3인, LED 기반 백색 조명의 색온도 및 연색지수에 따른 감성 평가, 한국감성과학회지, pp.353-366, Vol.9(4), 2006
5. Boyce, P, Human factors in lighting, New York: Macmillan, 1981
6. 석현정, 김곡미, LED 조명 색온도에 따른 시간 인지에 대한 연구, 한국감성과학회지, pp.69-78, Vol.13(1), 2010

7. 최수현, 이연숙, The Effect of Illumination Level and Light Color on Spatial Perception and Task Performance, 대한건축학회논문집, pp.109-118, Vol. 5(1), 1989
8. 정우성 외 3인, 색채 조명 자극이 인지기능에 미치는 영향에 관한 연구, 한국정밀공학회지, pp.131-136, Vol. 24(10), 2007
9. 이진숙 외 2인, 조명광원색이 실내공간에 미치는 영향 평가, 한국색채학회지, pp.21-26, Vol. 9, 1997
10. 지순덕 외 4명, 백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가, 한국조명·전기설비학회논문지, pp.1-12, Vol. 22, 2008
11. 지순덕, 김채복, 학교 교실 LED 조명의 색온도별 주관적 평가, 한국조명·전기설비학회논문지, Vol. 25(1), 2011
12. Nunnally, J. C., Psychometric Theory, Second Edition, McGraw-Hill, pp225-255, 1978

접수 2011. 2. 15
 1차 심사완료 2011. 3. 20
 2차 심사완료 2011. 3. 30
 게재확정 2011. 3. 30