

고효율 조명기기를 이용하는 사무공간 조명환경 실태조사

(Investigation of Lighting Environment in Office Rooms
Equipped with High-Efficiency Lighting Products)

오혜영^{1*} · 이민욱¹ · 민대식² · 이은영³ · 김 훈¹

(Hye-young Oh^{1*} · Min-uk Lee¹ · Dae-sik Min² · Eun-young Lee³ · Hoon Kim¹)

(¹강원대학교 전기전자전공 · ²강원기술단 · ³소비자시민모임)

요 약

본 연구에서는 조명 환경의 영향을 크게 받는 사무 공간의 조명환경 실태를 조사하였다. 고효율 조명기기를 이용하는 사무 공간 내의 조도를 측정하고, 설문 조사를 실시하였다. 그 결과 대부분의 사무 공간이 KS조도 기준보다 높은 수준을 나타내는데 비하여, 균제도, 글래어(눈부심) 등 조명의 질적 요건에 대한 배려가 부족하여 시환경에 대한 평가는 좋지 않은 경향을 나타냈다.

1. 서 론

최근 석유, 석탄 등 화석연료 사용으로 인한 CO₂ 배출량의 증가와 에너지 고갈 등의 환경문제와 관련하여 에너지 절감에 대한 노력이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

우리나라는 2006년 에너지 총 수입액이 839.7억 달러로 국가 전체 수입액의 27.2%의 수준으로 에너지에 대한 높은 해외 의존도[1]와 국제 환경규제 움직임에 따른 에너지 이용효율 개선과 범국민적인 에너지 절약 운동이 꾸준히 계속되고 있으며, 원천적인 에너지를 절감하기 위한 국가 정책인 “에너지효율제도-고효율 조명기기 보급촉진제도”로 인해 고효율 조명기기를 사용하는 건축물이 점차적으로 증가하는 추세이다.

에너지 관리공단에서 고효율 기소재로 인증한 형광램프용 안정기 및 안정기 내장형 램프는 다음 표 1과 같다.[2]

표 1. 고효율 조명기기 대상 품목

대상기기	규격
형광램프용 안정기	FLR32W, FPL32W, 16mm안정기(28W, 32W)
안정기내장형 램프	15W, 17W, 20W

그러나 단순히 특정 조명제품에 대한 고효율 기기 지정만으로는 사무실 전체의 조명환경을 구성하는 시스템으로서의 조명기기 조합과 그 개수 등을 조절할 수 없고, 조명기기의 과도한 사용 등을 제어하기는 어렵다. 즉 조명기기의 효율만을 제한하는 일방적인 에너지 절약 정책에 의해서는 질 높은 조명시설과 쾌적한 조명환

경이 요구되는 사무 공간의 조명 설계와 시스템 선정에 대한 고려가 미비하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 고효율 조명기기를 사용하는 사무 공간의 조도를 측정하고, 거주자에게 조명상황에 대한 설문 조사를 통하여 고효율 조명기기를 사용하는 사무 공간의 조명환경 실태를 조사, 분석하고 고효율 조명기기 교체 공간의 조명 설계상 문제점을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 조도기준

사무 공간의 조도 기준은 한국 산업 규격 조도기준(A 3011)[표 2]에서 규정된다.[3]

표 2. KS조도기준

활동영역	조도	조도범위[lx]	
	분 류		
사무실	키보드식별	G	300-400-600
	VDT가 있는 공간	F	150-200-300
	CRT화면	F	150-200-300

2.2 조도 측정

2.2.1 측정 방법

조도 측정은 측정범위 0.01-299,000[lx], 오차율 ±2[%digit]를 갖는 실리콘 포토셀을 사용한 미놀타 T-10M 다점측정 조도계를 사용하였으며, 4개의 다점측정 센서를 40[cm]×40[cm]의 패널 4변의 중앙에 1개씩 부착하여 작업면 조도를 측정하였다. 측정 영역은 사무 공간의 주 작업이 이루어지는 책상면 조도를 책상면의 우측 가장자리를 시점으로 면적에 따라서 3등분, 4등분, 5등분한 후 측정하였다.[4]

측정 대상 사무용 건물들은 실제 업무가 이루어지는 곳으로 모든 작업면을 측정하는 데에는 많은 어려움이 있기 때문에 측정 유형을 선정하여 유형별 평균 조도를 구한 다음, 전체 유형별 작업면 조도를 산술 평균하여 사무 공간의 평균조도 측정값으로 취하였다.

유형은 크게 주광의 영향을 크게 받는 창문 측과 영향을 덜 받는 실내 측으로 구분하였으며 창문과 실내측에서는 각각 벽과 조명기구 사이, 조명기구와 조명기구 사이, 조명기구 직하, 기타 위치로 분류하였다.

2.2.2 측정 대상

사무 공간의 조도 측정은 2007년 8월 20일 ~ 23일까지 서울 지역에서의 고효율 조명기구로 교체한 사무용 건물 9곳과 고효율 조명기구로 교체하지 않은 사무용 건물 2곳을 선정하여 총 11곳을 측정하였다.

총 11곳의 사무 공간 조사 대상은 표 3과 같으며, 조사 대상의 조건은 표 4와 같다.

표 3. 조사 대상

건물명	위치
A	서울 중구 을지로
B	서울 중구 을지로
C	서울 중구 남대문로
D	서울 영등포구 여의도동
E	서울 영등포구 여의도동
F	서울 영등포구 여의도동
G	서울 용산구 한강로2가
H	서울 용산구 한강로2가
I	서울 종로구
J	서울 중구 봉래동2가
K	서울 중구 남대문로5가

표 4. 조사 대상의 일반사항

건물명	측정시기	기구 종류	작업면 높이 (cm)	파티션 높이 (cm)	고효율 교체여부
A	20일 14시경	FL 32W/3	70	107	○
B	20일 16시경	FL 32W/2	72	120	○
C	20일 18시경	FL 32W/2	71	117.5	○
D	21일 10시경	FL 32W/2	72	118	○
E	21일 14시경	FL 32W/3	72	108	○
F	21일 16시경	FL 32W/2	76	112	○
G	22일 10시경	FL 40W/2	70	-	×
H	22일 14시경	FL 40W/2	72	-	×
I	22일 16시경	FL 32W/2	72	118	○
J	23일 10시경	FL 32W/2	75	-	○
K	23일 14시경	FL 32W/2	72	114	○

2.2.3 조도 측정 결과

주광 유입의 영향과 조명기기 일부 소등, 그 외에도 여러 요인들이 있기 때문에 측정 결과를 통하여 주광의 영향에 대해서 단정하여 설명하기는 힘들다. 평균조도에 주광이 미치는 영향의 정도가 어느 정도인지 알아보기 위하여 창 측과 실내 측의 평균 조도를 비교하였다.

표 5와 그림 1은 조사 공간의 주광으로 인한 영향이 어느 정도인지를 나타내고 있다.

표 5. 조사 대상의 창 측과 실내측 평균조도

건물명	창 측 평균조도 [lx]	실내측 평균조도 [lx]	고효율 조명기기 교체여부
A	606.98	514.65	○
B	550.62	578.07	
C	619.07	554.17	
D	701.15	929.37	
E	644.04	731.75	
F	521.75	556.68	×
G	-	401.6	
H	781.74	547.7	
I	996.18	715.42	○
J	-	514.13	
K	756.63	715.37	

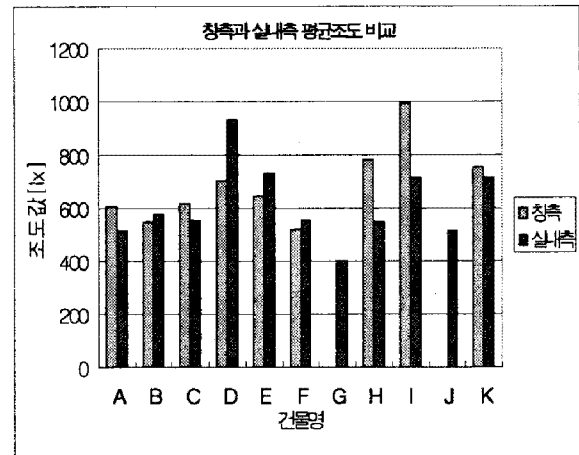


그림 1. 창 측과 실내측 평균조도 비교

대부분 주간에는 블라인드를 이용한 주광 차단으로 창 측과 실내측의 평균 조도가 큰 차이를 보이지 않았으나, 건물 H와 건물 I는 각각 창 측과 실내측 평균 조도의 차가 234.04[lx], 280.76[lx]로 큰 차이를 보여 채광의 영향을 크게 받았다. 또한 건물 D의 경우에는 창 측보다 실내측의 평균 조도가 228.22lx 더 높았다.

표 6과 그림 2는 측정된 조도 값들의 산술 평균한 총 평균조도를 보여준다.

표 6. 조사 대상의 총 평균조도

건물명	평균조도[lx]	고효율 조명기기 교체여부
A	537.74	○
B	561	
C	712.18	
D	891.34	
E	640.81	
F	558.00	×
G	401.6	
H	582.06	○
I	766.46	
J	517.41	
K	715.55	

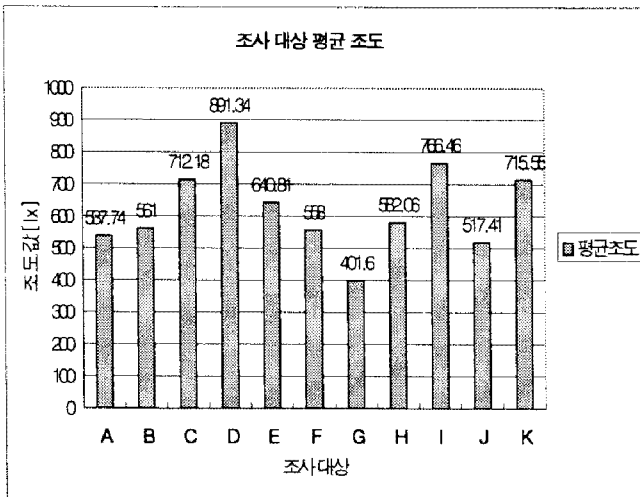


그림 2. 조사 대상의 총 평균조도 비교

KS기준의 권장조도 400lx와 조사대상의 실측조도를 비교한 결과, 건물 C, D, E, I, K 등 총 5곳이 권장기준의 1.5배 이상을 초과하였으며 고효율 조명기기를 사용하지 않은 건물 G 1곳만이 KS조도기준을 만족하였을 뿐 고효율 조명기기를 사용하는 사무 공간의 평균 조도는 대부분 권장조도보다 높은 수준을 유지하고 있었다.

2.3 설문조사

2.3.1 조사 내용

조사 내용은 사무 공간의 조명 환경을 어떻게 인식하고 느끼고 있는가에 대한 심리적 평가를 위하여 전체 조명 환경의 분위기를 살펴 볼 수 있는 5개의 설문 항목과 작업면 조도, 조도 규제도, 글래어 등의 명시적 조건을 살펴볼 수 있는 10개의 설문 항목으로 구성하였다.

표 7은 설문 조사 항목 별 설문 내용을 보여준다.

표 7. 설문 조사 항목 및 내용

조사 항목	조사 내용
분위기 (5개 항목)	어두운 분위기, 폐쇄적인 분위기, 안정되지 않은 분위기, 업무분위기, 단순한 분위기
항목 번호	조사 질문
1	현재의 조명환경(전체의 분위기)에 만족하십니까?
2	책상면의 밝기에 대해서 만족하십니까?
3	컴퓨터 작업 시, 모니터 화면 위에 조명기구의 반사(비침)등이 귀찮은 느낌을 주지 않습니까?
4	책상 위의 종이 등이 번질거려서 내용을 파악하기 어려운 경우가 있습니까?
5	사무실에서 작업시, 그늘 또는 손 그림자등이 방해가 된 적이 있습니까?
6	사무실 공간에서 밝기가 고르지 않은 것을 느끼게 되는 경우가 있습니까?
7	조명기구나 램프에서 눈부심을 느끼게 되는 경우가 있습니까?
8	물체의 색은 자연스럽게 보이고 잘 구분할 수 있습니까?
9	떨어져 서있는 사람의 얼굴이 그늘 지거나 어둡지 않고 자연스럽게(밝게, 뚜렷하게) 보입니까?
10	다른 공간(복도, 화장실 등)으로 이동하는 경우 너무 밝거나 어둡다고 느끼는 적이 있습니까?

명시적 조명환경 (10개의 항목)

2.3.2 설문 조사 분석

설문 조사는 측정 대상 건물 총 11곳에서 사무공간의 재실자를 대상으로 설문을 실시하였으며, 업무 시간에 응답을 받는데 어려움이 있었으므로 설문조사 응답자가 9명 이상인 곳을 선정하여 분석을 실시하였다.

대상자가 9명 이상인 대상 건물은 B건물(9명), C건물(22명), E건물(10명), H건물(10명)이다.

설문 조사의 분석은 '매우 그렇다', '그렇다', '중간이다', '그렇지 않다', '매우 그렇지 않다'의 5단계로 구분하여 전체 조명 환경의 분위기를 살펴볼 수 있는 5개의 설문 항목과 작업면 조도, 조도 규제도, 글래어 등을 명시적 환경조건을 살펴볼 수 있는 10개의 설문 항목을 각각 항목별 응답 백분율로 나타냈으며 건물별로 각 항목에 대하여 그래프로 나타냈다.

표 8. 설문 조사 대상의 일반사항

건물명	위치	평균 조도 [lx]	성별(명)		안경 착용(명)	
			남성	여성	착용	미착용
B	11층 남향	561	6	3	3	6
C	5층 동향	712.18	12	11	11	12
E	10층 남향	640.81	6	4	3	7
H	12층 남향	582.06	9	1	7	3

① B 건물

B건물은 8월 20일 16시경 조사가 실시되었으며 응답자의 연령대 구성비는 20대(4명) 44%, 30대(1명) 11%, 40대(4명) 44%이다.

표 9. B 건물의 분위기 응답 백분율

	매우 그렇다	그렇다	중간 이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
어두운 분위기	0%	0%	33%	67%	0%
폐쇄적인 분위기	0%	0%	22%	67%	11%
안정되지 않은 분위기	0%	0%	56%	33%	11%
일하기가 나쁘다	0%	0%	33%	56%	11%
단순한 분위기	0%	22%	78%	0%	0%

표 10. B 건물의 명시적 조명환경의 응답 백분율

	매우 그렇다	그렇다	중간 이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
항목1	11%	56%	33%	0%	0%
항목2	11%	56%	33%	0%	0%
항목3	0%	11%	11%	44%	33%
항목4	0%	22%	11%	44%	22%
항목5	0%	11%	22%	56%	11%
항목6	0%	11%	56%	11%	22%
항목7	0%	11%	33%	33%	22%
항목8	22%	22%	22%	22%	11%
항목9	22%	22%	44%	11%	0%
항목10	22%	0%	44%	22%	11%

② C 건물

C건물은 8월 20일 18시경 조사가 실시되었으며 응답자의 연령대 구성비는 20대(13명) 55%, 30대(10명) 45%이다.

표 11. C 건물의 분위기 응답 백분율

	매우 그렇다	그렇다	중간 이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
어두운 분위기	5%	38%	19%	29%	10%
폐쇄적인 분위기	5%	24%	24%	38%	10%
안정되지 않은 분위기	0%	10%	14%	71%	5%
일하기가 나쁘다	0%	14%	29%	52%	5%
단순한 분위기	5%	38%	48%	10%	0%

표 12. C 건물의 명시적 조명환경의 응답 백분율

	매우 그렇다	그렇다	중간 이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
항목1	4%	26%	43%	17%	9%
항목2	4%	35%	35%	26%	0%
항목3	9%	35%	9%	39%	9%
항목4	4%	4%	22%	61%	9%
항목5	9%	13%	13%	57%	9%
항목6	13%	22%	26%	30%	9%
항목7	0%	17%	17%	57%	9%
항목8	13%	48%	30%	9%	0%
항목9	13%	39%	39%	9%	0%
항목10	13%	26%	26%	22%	13%

③ E 건물

E건물은 8월 21일 14시경 조사가 실시되었으며 응답자의 연령대 구성비는 20대(5명) 50%, 30대(5명) 50%이다.

표 13. E 건물의 분위기 응답 백분율

	매우 그렇다	그렇다	중간 이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
어두운 분위기	0%	10%	30%	50%	10%
폐쇄적인 분위기	0%	10%	60%	30%	0%
안정되지 않은 분위기	0%	0%	30%	60%	10%
일하기가 나쁘다	0%	0%	40%	60%	0%
단순한 분위기	10%	30%	50%	10%	0%

표 14. E 건물의 명시적 조명환경의 응답 백분율

	매우 그렇다	그렇다	중간이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
항목1	40%	30%	20%	0%	10%
항목2	40%	20%	20%	10%	10%
항목3	0%	20%	20%	20%	40%
항목4	0%	10%	0%	50%	40%
항목5	0%	0%	40%	20%	40%
항목6	0%	30%	10%	20%	40%
항목7	0%	10%	10%	30%	50%
항목8	30%	30%	30%	0%	10%
항목9	40%	30%	30%	0%	0%
항목10	10%	30%	20%	10%	30%

④ H 건물

H건물은 8월 22일 14시경 조사가 실시되었으며 응답자의 연령대 구성비는 20대(1명) 10%, 30대(8명) 80%, 40대(1명) 10%이다.

표 15. H 건물의 분위기 응답 백분율

	매우 그렇다	그렇다	중간이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
어두운 분위기	0%	10%	50%	40%	0%
폐쇄적인 분위기	0%	10%	30%	40%	30%
안정되지 않은 분위기	0%	40%	30%	20%	10%
일하기가 나쁘다	0%	20%	60%	10%	10%
단순한 분위기	10%	30%	50%	0%	0%

표 16. H 건물의 명시적 조명환경의 응답 백분율

	매우 그렇다	그렇다	중간이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
항목1	0%	40%	40%	20%	10%
항목2	0%	20%	50%	30%	0%
항목3	30%	30%	10%	20%	10%
항목4	20%	0%	0%	50%	30%
항목5	10%	10%	20%	30%	30%
항목6	10%	20%	20%	20%	20%
항목7	0%	10%	30%	30%	30%
항목8	20%	20%	40%	10%	10%
항목9	20%	50%	30%	0%	0%
항목10	20%	30%	30%	10%	10%

5가지의 항목을 '밝은 분위기', '개방적인 분위기', '안정된 분위기', '일하기 좋다', '변화가 많은 분위기'의 '그렇다', '매우 그렇다'에 대한 긍정적 응답 백분율로 나타났다.

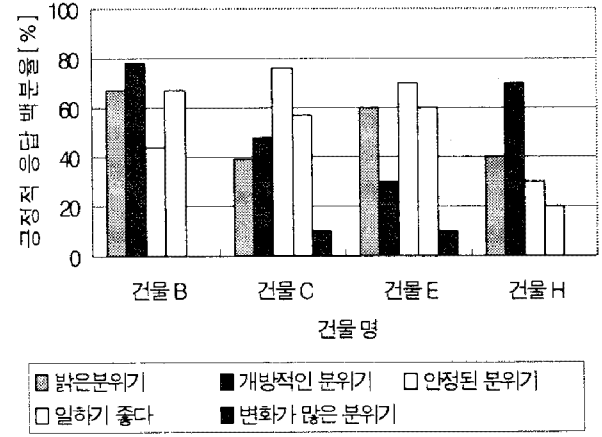
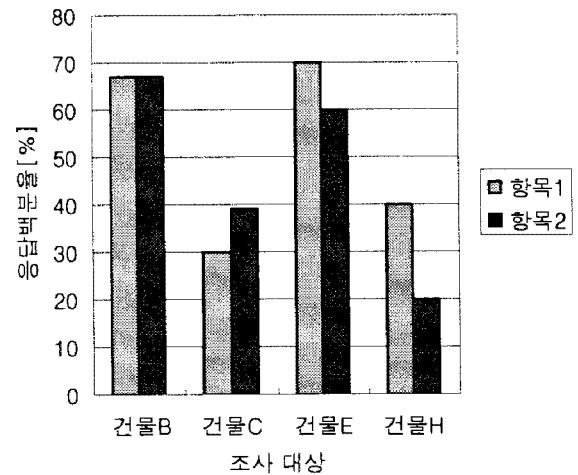


그림 3. 건물별 분위기에 대한 만족도

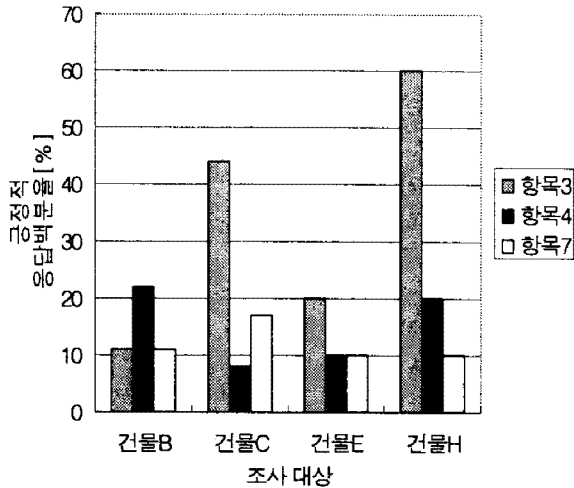
건물의 명시적 조건에 대한 10개의 설문 항목의 긍정적 응답백분율을 조사한 결과는 다음과 같다.



항목1 : 현재의 조명환경(전체의 분위기)에 만족하십니까?
항목2 : 책상면의 밝기에 대해서 만족하십니까?

그림 4. 사무 공간 조명 밝기의 만족도

그림 4는 건물별 조명환경과 책상면의 밝기에 대한 만족도를 나타내고 있다. 건물 B와 E는 60%이상으로 대체로 만족한다는 응답을 보였고 건물 C와 H는 다소 불만스럽다는 응답을 보였다.

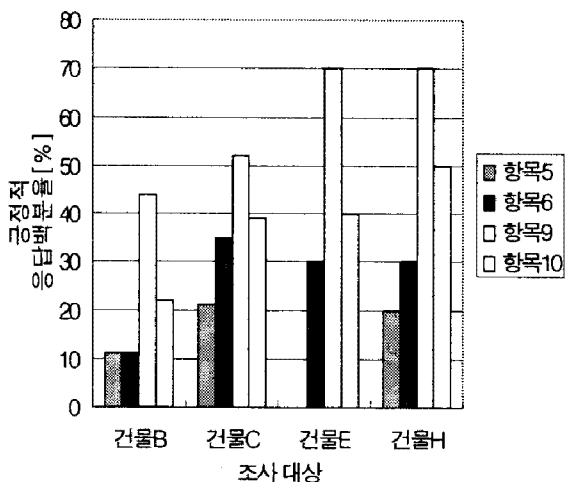


- 항목3 : 컴퓨터 작업 시, 모니터 화면 위에 조명기구의 반사(비침) 등이 귀찮은 느낌을 주지 않습니까?
- 항목4 : 책상 위의 종이 등이 번질거려서 내용을 파악하기 어려운 경우가 있습니까?
- 항목7 : 조명기구나 램프에서 눈부심을 느끼게 되는 경우가 있습니까?

그림 5. 사무 공간에서의 글레어에 대한 영향

그림 5는 작업 시 글레어(눈부심)에 대한 영향을 조사한 결과이다. 대체로 글레어에 대한 영향이 낮은 것으로 조사되었으며 건물 C와 H는 반사글레어의 영향을 크게 받아 작업에 어려움을 초래하고 있는 것으로 조사되었다.

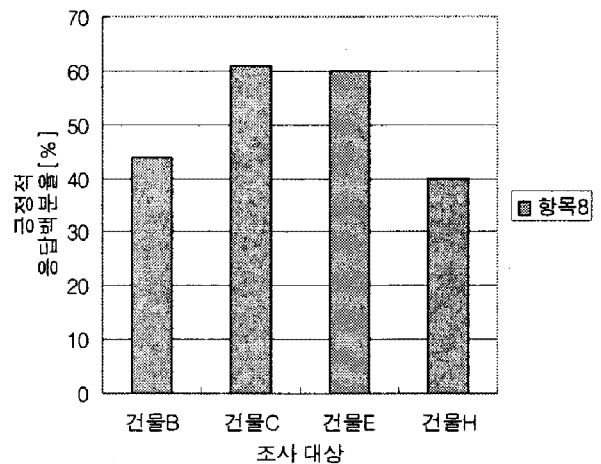
사무 공간에서의 균제도와 관련된 항목의 분석 결과는 그림 6과 같다.



- 항목5 : 사무실에서 작업 시, 그늘 또는 손 그림자 등이 방해가 된 적이 있습니까?
- 항목6 : 사무실 공간에서 밝기가 고르지 않은 것을 느끼게 되는 경우가 있습니까?
- 항목9 : 떨어져 서있는 사람의 얼굴이 그늘지거나 어둡지 않고 자연스럽게 (밝게, 뚜렷하게) 보입니까?
- 항목10 : 다른 공간(복도, 화장실 등)으로 이동하는 경우 너무 밝거나 어둡다고 느끼는 적이 있습니까?

그림 6. 사무 공간에서의 균제도에 대한 영향

사무 공간에서의 균제도에 관한 분석 결과 대부분 사무 공간에서의 밝기가 고르지 않은 경향이 있다는 것으로 나타났고 다른 공간을 이동할 때 어둡고 밝음의 차이를 다소 많이 느끼고 있음을 알 수 있다.



- 항목8 : 물체의 색은 자연스럽게 보이고 잘 구분할 수 있습니까?

그림 7. 사무 공간에서의 연색성에 대한 영향

그림 7의 분석 결과 대체로 물체의 색을 구분하는데 어려움이 없다는 것으로 조사되었다.

사무 공간의 조명환경에 대한 설문 조사를 통하여 조사 대상의 조명 환경은 대부분 높은 수준의 조도를 유지하고 있음에도 글레어(눈부심), 균제도 등이 고려되지 않아 눈의 피로 등을 증가시켜 시작업에 장애를 초래할 수 있다는 결과가 조사되었다.

이는 조사 대상의 사무 공간 조명 환경이 에너지 효율 외에도 질이 높은 조명이 요구되도록 권고하는 조명 계획[5]에 반하여 업무 내용 및 공간의 특성을 배려하지 않은 일괄적인 배치 방법을 사용하고 있기 때문이라고 사료된다.

이와 같이 업무 능력, 눈의 시력 등에 영향을 초래할 수 있는 사무 공간의 조명 환경 수준이 미흡한 실정이라는 것을 알 수 있다.

3. 결론

국내에서 조명 에너지의 절감에 대한 고효율 에너지 기자재의 적용을 장려하는 제도적 규제가 시행됨에 따라 고효율 조명기기를 채택하는 사례가 증가하고 있다.

본 연구에서는 이러한 사례를 바탕으로 조명 환경의 영향을 크게 받는 사무 공간을 대상으로 하여 조도 측정 및 설문 조사를 실시하였고, 고효율 조명기기를 이용하는 사무 공간의 조명환경 실태를 파악하였다.

총 11곳의 사무용 건물로 고효율 조명기기를 이용하는 사무 공간 9곳과 고효율 조명기기를 이용하지 않는 사무 공간 2곳을 실측한 결과, 고효율 조명 기기를 이용하지 않은 사무 공간 1곳을 제외한 나머지 공간은 모두 KS 권장조도 400[lx]를 초과하여 높은 수준을 유지하고 있으며, 이 중 5곳은 권장조도의 1.5배 이상을 초과하였다.

또한 조사 건물의 실질적인 재실자를 대상으로 실시한 설문 조사 결과를 보면 업무능률 저하, 시력 저하 등의 문제를 초래할 수 있는 글레어(눈부심), 균제도 등의 명시적 조건에 관한 배려가 고려되지 않아 시환경이 좋지 않은 경향을 보여주었으며, 전체적인 조명 환경을 만족하는 정도의 편차가 큰 것으로 나타났다.

이는 조명 계획에 있어서 업무 내용 및 공간의 특성을 고려하지 않은 일률적인 배치 방법과 기존의 조명기기에 적용된 보수율, 조명율 등의 데이터가 고효율 조명기에 적합하지 않아서 나타난 결과로 사료된다.

결론적으로 고효율 조명기기를 이용하는 사무 공간에 대해서 에너지 효율 외에 조명 환경의 질을 높일 수 있는 공간의 특성을 고려한 조명기구 배치 방법, 보수율 등의 조명 데이터 계산 방법 등의 조명 설계기법이 도입되어야 한다. 또한 고효율 조명기기의 채택에 따른 실별 공간의 적정조도를 개정할 필요가 있다. 추후 극대화된 에너지 절감 효과와 쾌적하고 능률적인 조명 환경을 위하여 고효율 조명기기의 적용에 따른 공간의 특성을 배려한 조명기구 배치 방식, 정확한 보수율 산정 방법 등의 조명 데이터 등을 개선하는 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] 대한주택공사 “공동주택에서의 조명시설에 관한 연구”, 1996.9
- [2] 에너지 관리공단 <http://www.kemco.or.kr>
- [3] KSA 한국표준협회, KS 조도기준, KS A3011, 1991
- [4] 김진구, “초등학생 시력변화에 영향을 미치는 교실조명 개선에 관한 연구”, 강원대학교 석사논문, 2005.2
- [5] 지철근 외 4명, 조명환경원론, 문운당