

교실내 시설물이 조도에 미치는 영향

(Effect of fixtures in the classroom to the illuminance)

김원중* · 김소아 · 장우진(서울산업대)
(Wonjoong Kim · Soa Kim · Woojin Jang)

ABSTRACT

교실 내에 빛을 공급하는 두 가지 요소는 인공광원과 주광이다. 일단, 빛이 실내에 방사되면 각 시설물의 표면은 빛을 반사하여 제 2의 광원 역할을 한다. 따라서 교실 내 조도를 높이는 확실한 방법은 광도가 높은 등기구를 설치하고 창을 정남향으로 내면 되겠지만 이것이 여의치 못할 경우에는 제 2의 광원인 시설물의 표면속성을 변화시켜 조도를 높일 수도 있다.

본 논문에서는 일정한 인공광원과 주광 하에서 시설물의 속성을 변화시켜 조도에 미치는 영향을 알아보고 개선사항을 연구해 보았다.

1. 서 론

교실 내 조명의 목적은 여러 가지가 있겠지만, 그 중 중요한 목적은 학습활동에 필요한 시각환경을 제공하는 것이다. 또한 교실 내 조명은 학생들에게 정서적, 심리적으로 안정감을 주고 더 쾌적한 환경을 만들어서 학습의욕을 고무시켜야 한다.

교실 내에서 행해지는 시작업의 대부분은 책상위의 물체를 보고 칠판을 보는 행위이다. 물론 벽면과 바닥면을 볼 수도 있겠지만 이런 면에 대해서는 전 반조명을 통해 휘도차를 줄였다는 가정 하에, 책상 높이를 작업면으로 설정하고, 각 시설물이 작업면의 조도에 미치는 영향에 대해서만 연구대상으로 삼았다. 또한 작업면의 평균조도를 계산함에 있어서 학생들의 시야가 미치지 않는 구석진 구역은 계산에서 배제하였고 각 시설물의 속성을 변화시켰을 때 영향을 가장 많이 받는 부분에 대해서 작업면으로 설정하였다.

본 논문에서는 서울의 한 대학교 교실의 크기와 반사율을 실측하고, 모델링하여 시뮬레이션 한 결과를 바탕으로 차광막, 책걸상, 칠판 재질 등에 변화를 주어 작업면 조도의 변화를 관찰했고, 이를 바탕으로 보다 더 개선된 교실 조명을 만들 수 있는 방법을 모색해 보았다

2. 본 론

2.1 시뮬레이션 공간

본 연구를 위해 실측·시뮬레이션을 진행한 교실 공간의 치수와 작업면의 높이는 표 1과 같다.

표 1. 교실공간의 치수와 작업면의 높이
Table 1. Dimensions of classroom & height of work plane

가 로	5.8[m]
세 로	10.8[m]
높 이	3[m]
작업면의 높이	0.75[m]

교실내 시설물의 반사율을 측정하기 위해서 gray 카드와 조도계를 사용하였고, 실측값은 표 2와 같다.

※ 반사율 측정 방법

1. 조도계를 사용하여 피측정면의 20cm 상단에서 그 면의 광속발산도를 측정함.

2. gray 카드를 피측정면 위에 올려놓고 20cm 상단에서 광속발산도를 측정함.(gray 카드는 A4지 크기의 두꺼운 도화지와 흡사하고 양 면을 가지고 있는데 한쪽면은 반사율 18%인 회색면, 반대면은 반사

을 90%인 흰색면임.)

3. 만약 피측정면의 광속발산도가 30[rlx]가 나오
고, gray 카드의 광속발산도가 20[rlx]가 나왔다면 비
례식을 세워 계산함. ex) 30[rlx]:x=20[rlx]:18(or 90)
여기서 x는 피측정면의 반사율이 되고 18(or 90)은
gray 카드의 반사율임.

표 2. 각 시설물의 반사율

Table 2. Reflectance of indoor fixtures

구분		반사율[p]
칠판	Black Board	15%
	White Board	87%
교탁	윗면	11%
	옆면	30.5%
벽	윗면(흰색)	80%
	아랫면(회색)	51%
창문		12%
출입문		13%
책상		32%
교단		18%
바닥		20%
천장		85%
차광막		25%

※창문의 투과율은 88%이고, 차광막의 투과율은 20%이다.

2.2 시뮬레이션 상수

본 시뮬레이션을 실시하면서 측정하고자 하는 변
수 이외의 값을 동일하게 설정했고 사용된 상수는
표 3과 같다.

표 3. 시뮬레이션에 적용된 상수

Table 3. Constant parameters used in simulation

위 치	서울(위도 37.34°, 경도 127.5°)
일 시	4월 8일 14:00
방 위	정남향(창측 방향)
기상상태	구름 한 점 없는 천공
등기구	파라볼릭 2/32W(2×7=14개, 개당광속 2900[lm], 보수율 0.7)

2.3 시뮬레이션 변수

시뮬레이션을 진행함에 있어서 표 4와 같은
factor를 변화시켜서 작업면의 조도에 미치는 영향을

알아보았다.

표 4. 시뮬레이션에 적용된 변수

Table 4. variable Parameters used in simulation

칠판	블랙보드와 화이트보드의 교체
책걸상	책걸상의 유무
책걸상 마감재 반사율	32%와 16%
차광막	차광막의 설치여부 차광막의 투과율(20%⇒10%)

2.4 시뮬레이션 과정

본 논문에서 연구를 진행하는데 사용한 프로그램
은 조명 시뮬레이션 프로그램인 Lightscape를 사용하
였고 표 1, 2, 3에 제시한 data를 적용하여 모델링한
교실에 대해서 표 4의 변수를 적용하여 시뮬레이션
을 실시하였다.

측정하고자 하는 작업면을 설정하는데 있어서 차
광막 관련 시뮬레이션을 제외한 나머지 시뮬레이션
에 주광이 개입되면 과잉조도가 공급되어 미세한 조
도의 변화를 측정하기 어렵기 때문에 주광은 배제하
였고, 작업면 설정은 변수의 변화에 따라 가장 많은
영향을 받는 부분으로 정하였다. 칠판면은 그림 1과
같고, 책걸상은 그림 2와 같으며 차광막의 경우는 그
림 3과 같다.

본 논문에서는 <2.4.1 칠판의 재질에 따라 다른
반사율이 작업면의 조도에 미치는 영향> <2.4.2 책
걸상의 유무에 따른 작업면의 조도변화> <2.4.3 책
상 반사율의 차이에 따른 작업면의 조도변화> <2.4.4
차광막 유무와 투과율 차이에 따른 작업면의 조도변
화>의 순서로 연구를 진행하였다.

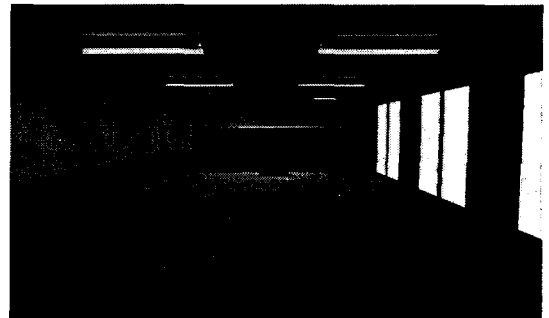


그림 1. 칠판에 관련된 작업면

Fig. 1. Work plane to be related to black board

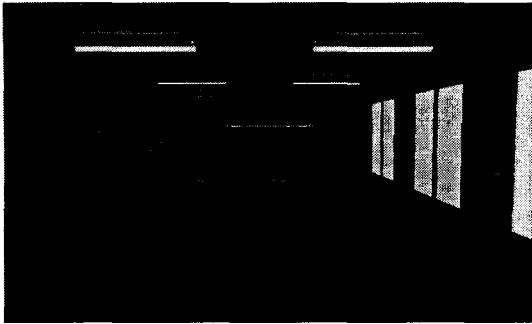


그림 2. 책걸상에 관련된 작업면
Fig. 2. Work plane to be related to desk & chair

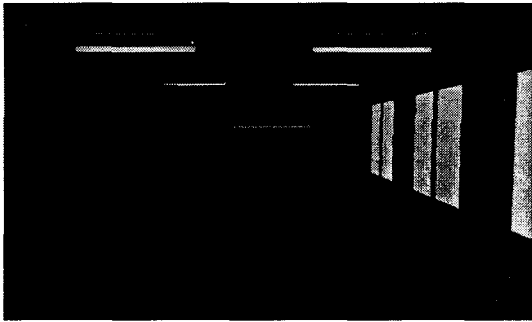


그림 3. 차광막에 관련된 작업면
Fig 3. Work plane to be related to curtain

2.4.1 칠판의 재질에 따라 다른 반사율이 작업면의 조도에 미치는 영향

칠판의 재질에 따라 다른 반사율이 칠판에 인접한 작업면의 조도에 미치는 영향에 대해서 알아보기 위해서 시뮬레이션을 진행하였다.

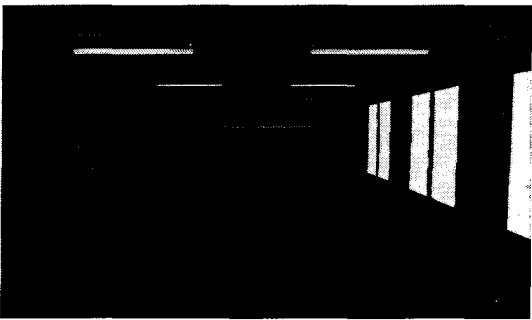


그림 4. 블랙보드를 적용한 시뮬레이션
Fig 4. Lighting simulation applying to Black board

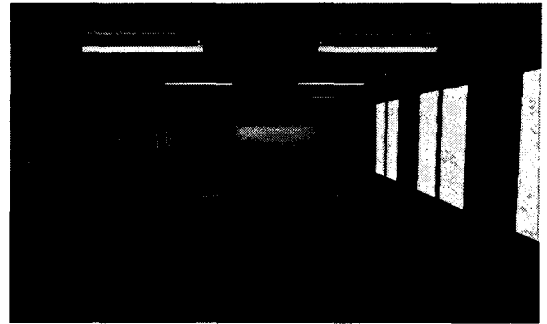


그림 5. 화이트보드를 적용한 교실 시뮬레이션
Fig 5. Lighting simulation applying to White board

표 5. 블랙보드와 화이트 보드의 결과치 비교
Table 5. Comparison table of solution between black board & white board

구 분	블랙보드[$\rho=0.15$]	화이트보드[$\rho=0.87$]
평균조도	427[lx]	471[lx]
최대조도	639[lx]	739[lx]
최소조도	204[lx]	251[lx]
조도균제도	0.478	0.532

(1) 결과비교

화이트보드($\rho=0.87$)를 적용했을 경우 블랙보드($\rho=0.15$)보다 전체 조도가 올라갔으며 조도균제도도 높아졌다. 다음 장의 그림 6과 그림 7을 보면 작업면 조도분포가 더 균일함을 알 수 있다.

(2) 결과분석

칠판재질의 반사율이 높아지면 칠판등의 빛을 더 많이 반사하여 작업면의 조도가 상승하고 더 멀리 반사하여 작업면에 고르게 빛이 퍼지기 때문에 조도균제도가 상승한다.

2.4.2 책걸상의 유무에 따른 작업면의 조도변화
본 시뮬레이션은 책걸상의 유무가 작업면 조도에 미치는 영향을 알아보기 위해 진행하였다.



그림 6. 블랙보드에 관련된 작업면의 조도분포(아래쪽이 칠판측이고 왼쪽은 창측임)
 Fig. 6. Illuminance distribution of work plane applying to black board

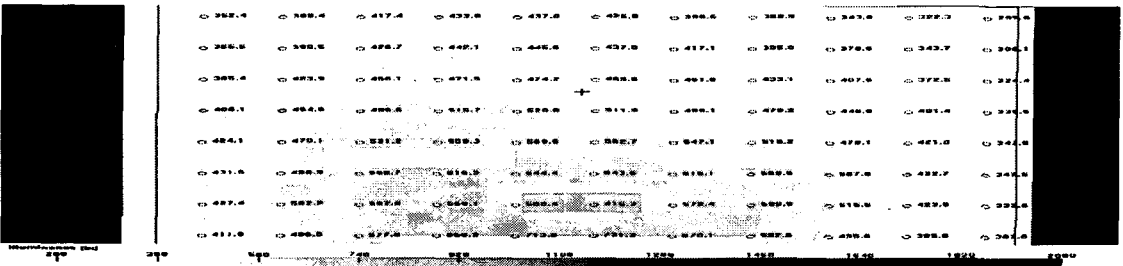


그림 7. 화이트보드에 관련된 작업면의 조도분포(아래쪽이 칠판측이고 왼쪽은 창측임)
 Fig. 7. Illuminance distribution of work plane applying to white board

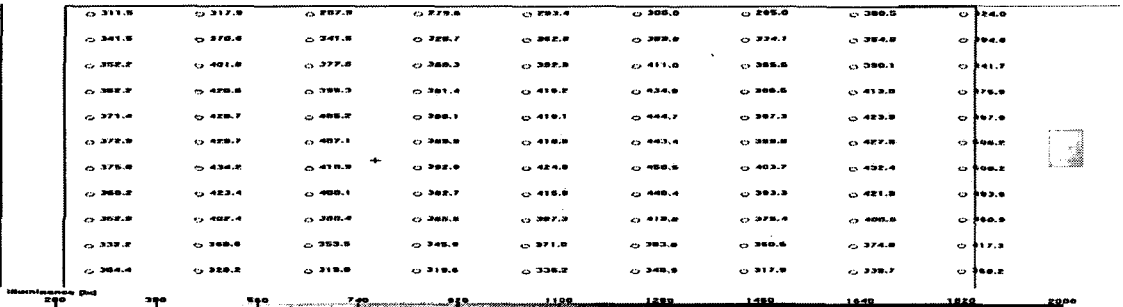


그림 8. 책걸상이 있을 때의 조도분포(오른쪽이 칠판측이고 아래쪽이 창측임)
 Fig 8. Illuminance distribution with chair & desk

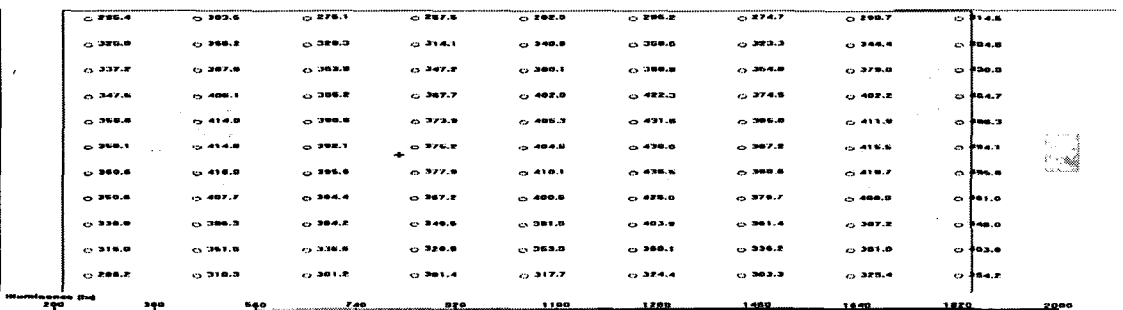


그림 9. 책걸상이 없을 때의 조도분포(오른쪽이 칠판측이고 아래쪽이 창측임)
 Fig 9. Illuminance distribution without chair & desk

표 6. 책걸상 유무에 따른 결과치 비교

Table 6. Comparison of solution according to existence of desk&chair.

구 분	유	무
평균조도	383[lx]	416[lx]
최대조도	518[lx]	544[lx]
최소조도	262[lx]	291[lx]
조도균제도	0.684	0.700

(1) 결과비교

책걸상이 없을 때 전체적인 조도가 높으며 조도 균제도도 역시 높아진다. 앞 장의 그림 8, 9를 비교해 보면 조도 분포가 더 균일한 것을 알 수 있다.

(2) 결과분석

책걸상이 있을 때 조도와 균제도가 낮은 이유는 책걸상면의 상호반사에 따른 조도상승보다 책걸상에 의해 흡수·차단되는 빛의 양이 더 많기 때문이다. 따라서, 조도가 감소하고 균제도도 감소하게 된다.

2.4.3 책상 반사율의 차이에 따른 작업면의 조도변화

본 시뮬레이션에서는 실측한 책상의 반사율이 $\rho = 0.32$ 였는데 절반값인 $\rho = 0.16$ 을 적용하여 책상의 반사율이 작업면의 조도에 미치는 영향에 대하여 알아 보았다.

표 7. 책걸상 반사율에 따른 결과치 비교

Table 7. Comparison of solution according to reflectance of desk&chair

구 분	변화전($\rho=0.32$)	변화후($\rho=0.16$)
평균조도	383[lx]	369[lx]
최대조도	518[lx]	506[lx]
최소조도	262[lx]	250[lx]
조도균제도	0.684	0.677

(1) 결과비교

책걸상의 반사율이 낮아지면 작업면의 전체적인 조도가 감소하고 조도균제도도 감소한다. 다음 장의 그림 12와 13을 비교해 보면 조도분포가 덜 균일함을 알 수 있다.

(2) 결과분석

책상면 반사율의 감소는 더 적은 빛을 반사시켜서 작업면의 조도를 감소 시켰다. 즉, 책상면 반사율의 증감은 작업면 조도의 증감과 비례함을 알 수 있다.

2.4.4 차광막 유무와 투과율 차이에 따른 작업면의 조도변화

본 시뮬레이션에서는 차광막의 역할과 투과율의 차이에 따른 창측 작업면의 조도변화를 알아 보았다.

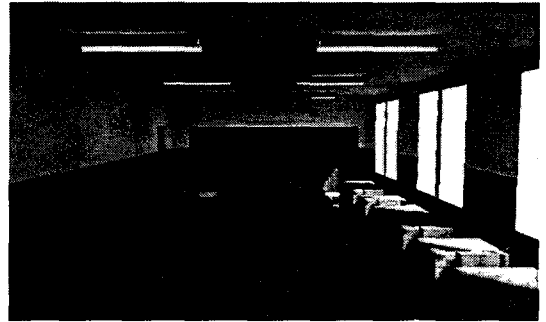


그림 10. 차광막이 있을 때의 시뮬레이션($\tau=0.20$)
Fig 10. Lighting simulation with curtain($\tau=0.20$)

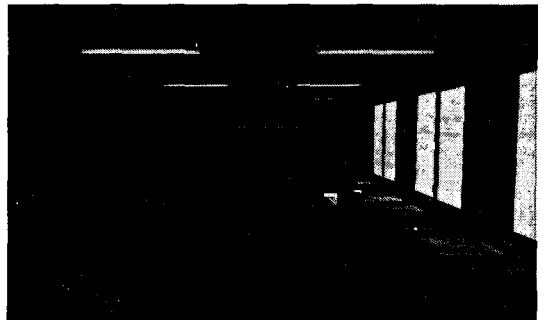


그림 11. 차광막이 있을 때의 시뮬레이션($\tau=0.10$)
Fig 11. Lighting simulation with curtain($\tau=0.10$)

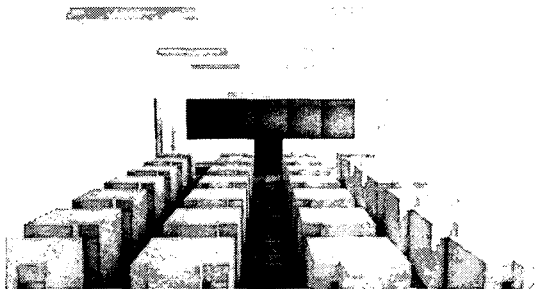


그림 12. 차광막이 없을 때의 시뮬레이션
Fig 12. Lighting simulation without curtain

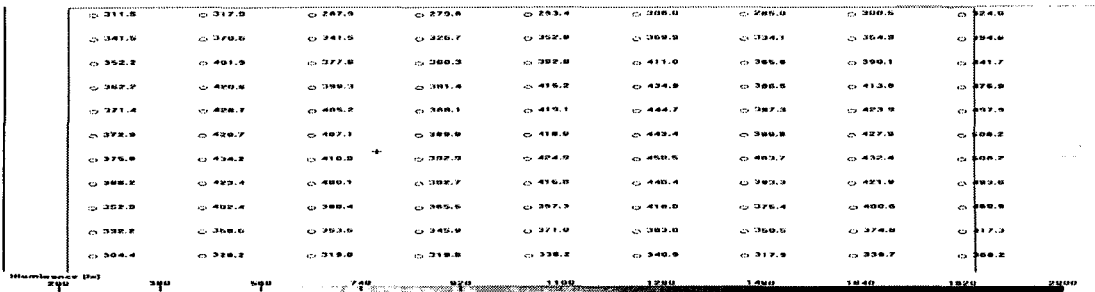


그림 13. 반사율이 $p=0.32$ 일때의 조도분포(아래쪽이 창측)
 Fig. 13. Illuminance distribution before alteration of reflectance

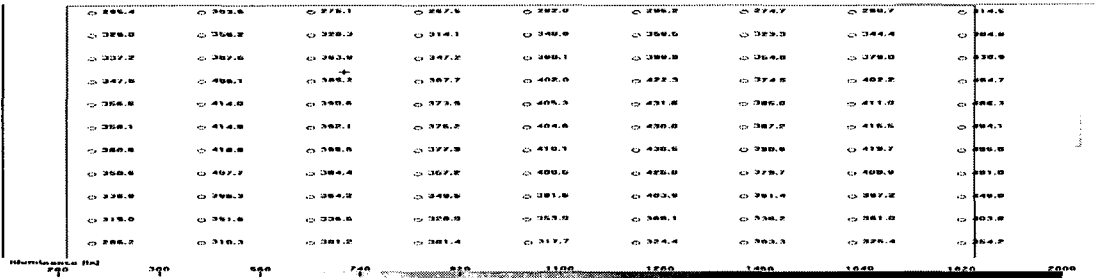


그림 14. 반사율이 $p=0.16$ 일때의 조도분포(아래쪽이 창측)
 Fig. 14. Illuminance distribution after alteration of reflectance

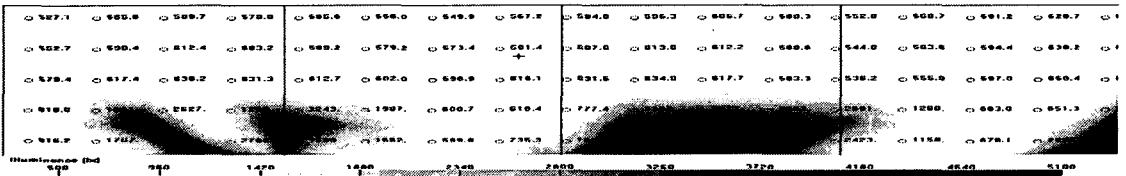


그림 15. 차광막이 있을 때의 조도분포($\tau=0.20$)(아래쪽이 창측)
 Fig. 15. Illuminance distribution with curtain ($\tau=0.20$)

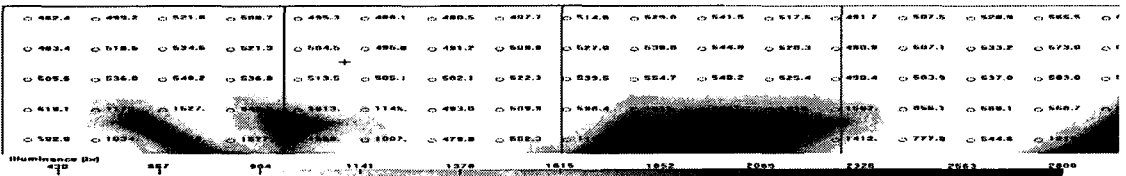


그림 16. 차광막이 있을 때의 조도분포($\tau=0.10$)(아래쪽이 창측)
 Fig. 16. Illuminance distribution with curtain ($\tau=0.10$)

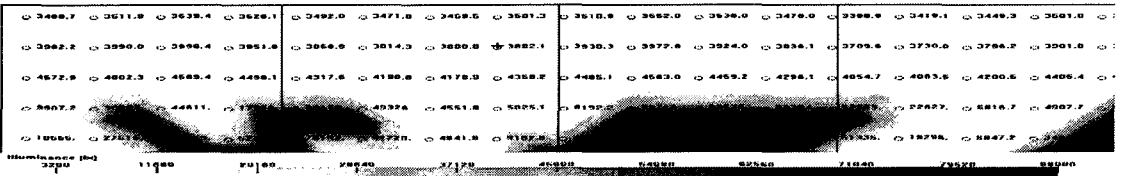


그림 17. 차광막이 없을 때의 조도분포(아래쪽이 창측)
 Fig. 17. Illuminance distribution without curtain

표 8. 차광막 유무와 투과율 변화에 따른
작업면의 조도변화에 대한 결과치 비교

Table 8. comparison table of solution according to
existence and transmissivity of curtain

구 분	차광막 있을 때		차광막없을 때
	$\tau=0.2$	$\tau=0.1$	
평균 조도	1275[lx]	853[lx]	19816[lx]
최대 조도	5096[lx]	2773[lx]	87984[lx]
최소 조도	502[lx]	439[lx]	3262[lx]
조도균제도	0.394	0.514	0.165

(1) 결과비교

투과율이 0.2에서 0.1로 변했을 때 전반적인 조도가 감소했고 조도균제도는 상승했으며, 그림 15과 16을 비교해 보면 조도분포가 균일해진 것을 알 수 있다.

투과율이 0.2일 때와 차광막이 없을 때를 비교해 보면 조도가 급격히 증가한 것을 알 수 있고 조도균제도는 많이 감소했으며 그림 15과 그림 17을 비교해 보면 조도분포가 매우 불균일 한 것을 알 수 있다.

(2) 결과분석

차광막의 투과율이 창측 작업면 조도에 미치는 영향은 지대했고, 차광막이 없을 때는 직사광이 그대로 작업면에 들어오기 때문에 정상적인 작업이 불가능하다는 것을 알 수 있다. 따라서 교실 조도환경 개선을 위해서는 차광막은 필수이며 적절한 투과율 변화를 통해서 조도환경 개선을 꾀할 수 있음을 알았다. 그리고 이 시뮬레이션이 진행된 시간과 기상 상태가 정해져 있어서 다양한 조건 하에서의 창측 조도분포를 측정하지는 못했지만, 기상조건과 시간에 따라 차광막의 투과율을 바꿀 수 있다면 더 나은 작업환경을 제공할 수 있겠다.

3. 결 론

본 논문에서 실측을 통한 시뮬레이션을 진행해서 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 칠판 재질을 반사율이 더 높은 화이트보드로 바꿨을 때 작업면의 조도와 균제도가 증가하나 화이트 보드에 반사된 인공광원이 광막반사를 유발하므로 학생들의 가시도가 감소할 것이다. 그러므로

작업면 조도의 증가 보다는 가시도를 높일 수 있는 칠판면을 사용하는 것이 낫다.

둘째, 책걸상의 유무에 따른 조도의 변화를 실험해 본 결과, 실내에 집기가 있을 경우 조도가 감소하는 현상을 관찰할 수 있었다. 그러므로 일정한 조도를 요구하는 실내에는 일정 수 이상의 집기를 배치하면 조도가 감소하므로 집기의 개수를 고려해야 한다.

셋째, 책상면 반사율이 작업면 조도에 미치는 영향이 상대적으로 적기 때문에 반사율이 낮은 책상면을 써서 책상면에 반사된 광원에 의한 간접 눈부심을 줄이는 편이 낫다.

넷째, 차광막의 경우는 재질의 투과율, 차광막의 설치여부와 제어방식으로 작업면 조도에 많은 영향을 줄 수 있다. 그러나 주광이 비치는 시간대에 차광막을 설치해도 창측과 복도측의 조도불균형 현상을 완화하기 어렵기 때문에 점등제어를 통해 조도 불균형을 해결해야 한다. 즉, 칠판면을 기준으로 수평제어 보다는 수직제어를 하여 복도측 광원만 점등시킨다. 그리고 차광막의 투과율을 시간과 기상 상태에 따라 연속적으로 변화시키는 것은 현실적으로 불가능하므로 차광막의 수직제어(vertical)방식 보다는 낮은 투과율을 가진 차광막의 수평제어(horizontal)방식을 통하여 태양의 고도에 따라 차광막을 제어하여 직사광이 작업면에 미치는 영향을 최소화 해야겠다.

마지막으로 시설물이 실내 조도에 미치는 영향에 대해 더 폭넓게 알아보기 위하여 다른 실내환경에서 도 연구를 진행해 볼 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 지철근 외, "조명환경원론", 문운당, 2004.
- [2] "Lightscape User's Guide", 1999
- [3] "Lighting Education ED-100", IESNA, 1993
- [4] "LIGHTING HANDBOOK REFERENCE & APPLICATION, 8TH", IESNA, 1995
- [5] 홍성욱, "Lightscape를 통한 조명프로그램의 올바른 사용", 조명설비학회 학술대회 논문집, 2002