

조명환경의 변동이 작업자에게 미치는 심리·생리적 영향

Psycho-physiological Effects of the Dynamic lighting on VDT workers

엄 기 수, 박 균 상

건국대학교 산업공학과

Abstract

The purpose of this study is conducted to evaluate the psycho-physiological effects of the dynamic lighting on VDT workers and to establish the dynamic lighting design guides.

The main experimental factors are changes of illuminance. There were five conditions including 1) rapid change, 2) slow change at 300lx~500lx, 3) a static illuminance level at 300lx, and 4) rapid change, 5) slow change at 200lx~300lx. The ranges of change were set typical illuminance level for the simple visual task requirement and reasonable to a VDT task ; 200-300-500lx. The psycho-physiological measurements used were EEG, R-R interval, CFF, near point accommodation, feeling perceived fatigue, and work performance.

Analysis of psycho-physiological factors shows that higher illumination level conditions are more affirmative effects than lower on VDT workers under 500lx except for the results of feeling perceived fatigue. And about the speed of changes of illuminance level, The conditions of slow change were better than the others in terms of the work performance as well as psycho-physiological results.

1. 서 론

최근 인간의 궤적성 확보가 강조되면서 실내공간의 설계계획시 조명 분야에 많은 관심이 대두되고 있다. 조명관련 분야에서 인간의 심리·생리적 특성을 기초로 한 새로운 광원의 개발과 조명제어 및 설계시스템 등이 연구되고 있으며, 특히 작업조명의 설계는 심리·생리적 영향 외에도 작업의 수행도를 종합적으로 고려한 양과 질적인

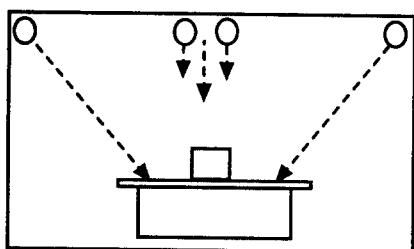
측면 모두를 만족시켜야 한다.

따라서 본 연구에서는 VDT를 이용한 단순 시각작업을 수행하는 작업자를 대상으로 작업시간의 경과에 따라 다양하게 조도가 변화하는 동적 조명(dynamic lighting)을 제시하여, 작업의 수행도 및 생리·심리적 영향을 평가하여 올바른 동적조명 설계 지침의 설정을 위한 기초자료를 얻는 것을 목적으로 한다.

2. 연구 방법

피험자로서 색각에 이상이 없고 신체 건강한 남자 대학원생을 대상으로 예비실험을 거쳐 5명(교정시력 0.8~1.2, 평균연령 25.6세)을 선발하였다.

실험은 [그림 1]과 같은 $3.8m \times 3.5m \times 2.8m$ 크기의 모의 실험실에서 이루어졌으며, 실험실은 암막과 벽으로 둘러싸여 태양광과 외부의 소음을 차단하였다. 실험이 진행되는 동안 실내 평균 온도는 $24.3 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$, 습도는 $34.5 \pm 1.35\%$ 였다.



[그림 1] 모의 실험실 내부정면도

실험의 광원은 백열램프(incandescent lamp)를 사용하였다. 조명방식은 전반확산되는 직접조명으로 하였고, VDT화면상의 광원반사와 직접적인 불쾌 휘광(glare)이 작업에 영향을 주지 않도록 광원의 위치를 모의실험실의 좌우 상측구석에 설치하였고 피험자의 시선을 앉은높이 이하로 제한하였다.

조도 범위는 국제조명학회(CIE)와 KS 조도기준의 단순시각작업 권장조도 범위인 200-300-500lx를 조광범위로 정하였고, 기준조도를 300lx로, 낮은 조도를 200lx, 높은 조도는 500lx로 하였다.

조도의 제시방법으로는 작업3, 4, 5, 6에서 D-type은 500D, 200D와 같이 급격한 조도의 증가 또는 감소 변화 패턴을, F-type은 500F, 200F의 서서히 증가 또는 감소하는 변화패턴으로 정의하여 조건별로 조도의 증감속도를 달리 하였다. 300S는 기존의 정적(static) 조도와 같은 조건으로 작업3~6까지 조도의 변화없이 300lx로 유지되도록 하였다.

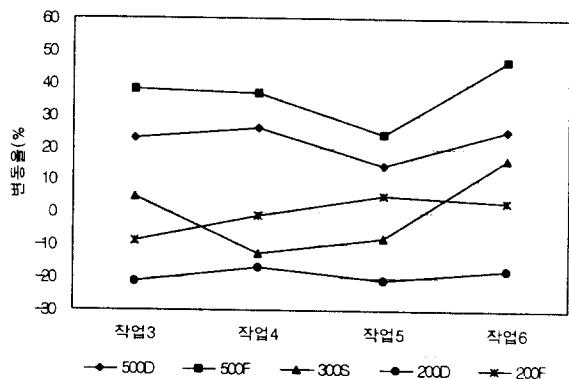
각 피험자에게는 VDT를 이용한 트랙킹 작업을 90분간 부과하였으며, 작업개시전 10분간 안정을 취하고, 작업후에도 10분간 안정시간을 갖도록 하였다.

측정항목으로는 심박수를 실험중 연속적으로 측정하였으며, CFF, 근점조절력, 자각증상조사를 작업전·후의 안정후, 작업중 15분 간격으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 작업수행도

[그림 2]는 조명조건별 부과작업의 평균 작업수행도를 시간경과에 따른 변동율로 나타낸 것이다.



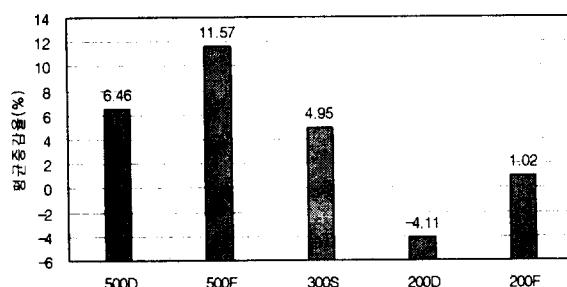
[그림 2] 조명조건별 작업수행도의 작업시간 경과에 따른 변동($n=5$)

전체적인 경향은 조도가 낮아진 200F, 200D가 다소 떨어진 작업수행도를 보이는데 비해, 조도가 높아진 500D, 500F는 현저히 높은 작업수행도 수준을 유지하고 있어서, 300lx 이하에서 조도가 높을수록 작업수행도가 좋아지는 경향을 나타내었다.

조명조건의 변화가 작업수행도에 미치는 영향의 유무를 알아보기 위하여 분산분석을 실시한 결과, 조명 조건이 300lx로 같은 작업 1, 2에서는 조건간에 유의차는 없었으며, 자극이 제시된 작업 3, 4, 5, 6에서는 작업 2를 기준으로 한 변동

율에서 유의한($F=36.622$, $p<0.01$) 차를 나타내었다.

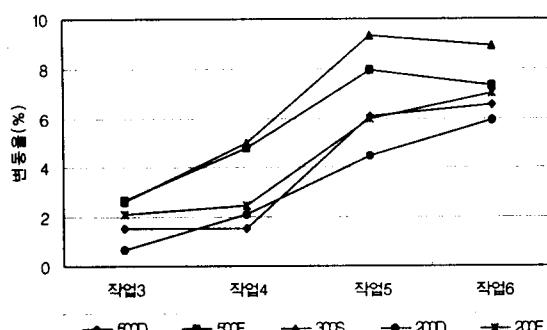
조명조건별 작업수행도의 평균증감율을 [그림 3]에 나타내었다. 작업수행도의 평균증감율을 조건별로 비교해보면 500F가 500D보다, 200F가 200D보다 높게 나타나, 서서히 증감한 조명조건인 F-type이 급격하게 증감한 D-type보다, 조도의 변화에 의한 영향이 크고, 작업수행도에도 더 좋은 영향을 미치는 것으로 나타났다.



[그림 3] 조명조건별 작업수행도의 평균증감율($n=5$)

3.2 심박(R-R간격)

자율신경계의 심신부담정도를 나타내는 심박의 R-R간격은 작업 시간의 경과에 따라 각 조명조건별로 [그림 4]와 같은 변동경향을 나타내고 있다.

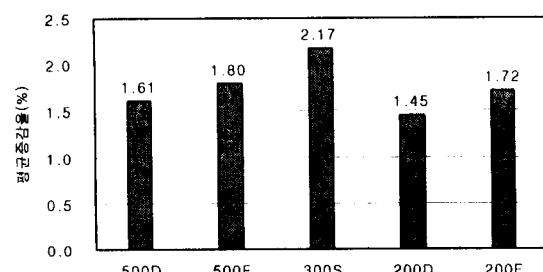


[그림 4] 조명조건별 R-R 간격의 작업시간 경과에 따른 변동($n=5$)

조명 조건별로 변동경향을 살펴보면 500D와

200F는 작업3과 작업4에서 큰 변동경향을 나타나지 않았으나, 조명조건 300S, 500F, 200D는 작업3과 작업4에서부터 작업5까지 지속적인 증가를 보이고 있다.

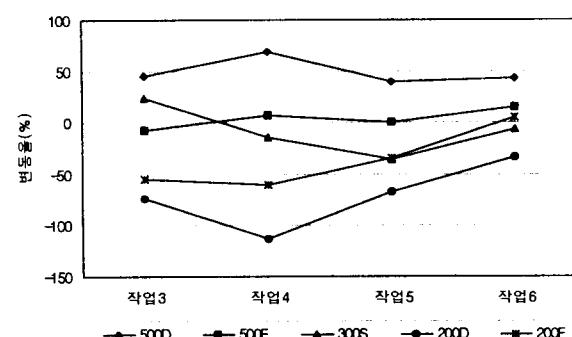
조도의 증감속도에 따른 평균증감율을 비교하면 500F와 200F가 각각 500D와 200D보다 높게 나타나 F-type이 D-type보다 R-R간격이 길어 심신부담 경감에 긍정적인 영향을 주었음을 알 수 있다[그림 5].



[그림 5] 조명조건별 R-R간격의 평균증감율($n=5$)

3.3 근점조절력(near point accommodation)

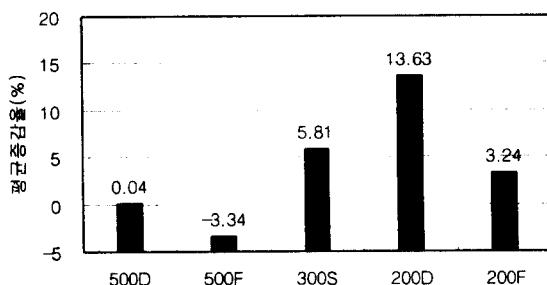
[그림 6]은 근점조절거리의 작업 시간의 경과에 따른 조명 조건별 증감 경향을 나타낸 것이다.



[그림 6] 조명조건별 근점조절거리의 작업시간 경과에 따른 변동($n=5$)

전반적인 경향을 보면 작업3과 작업4에서 조도가 높은 500D와 500F 조건은 작업2에 비해 근점

조절력이 다소 증가하는 경향을 나타낸 반면, 상대적으로 조도가 낮은 200D나 200F 조건에서는 근점조절력의 감소가 일어났고, 조도가 변하지 않는 300S 조건에서는 작업3을 시점으로 작업5까지 지속적인 근점조절력의 저하현상이 두드러지게 나타나고 있다. 이것은 조명의 변화가 없는 기존의 정적조도에서보다 조도가 변화하는 조건이 작업시간 경과에 따라 시력에 긍정적인 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. 그러나 작업4에서 작업5까지는 500D, 500F 조건에서 근점조절력의 감소가 나타난 반면, 상대적으로 낮은 조도 수준인 200D, 200F에서는 증가하는 경향을 나타내고 있다.



[그림 7] 조명조건별 근점거리의 평균증감율($n=5$)

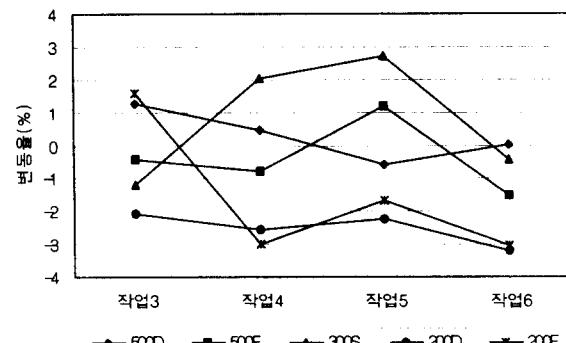
조도의 증감속도에 따른 영향을 보면 500F와 200F가, 각각 500D와 200D보다 근점조절력의 저하가 적은 것으로 나타나 조도수준이 서서히 변화하는 F-type이 급격하게 변화하는 D-type보다 작업시간 경과에 따른 시각적 피로의 증가가 적은 것으로 나타났다[그림 7].

3.4 프리커(CFF)치

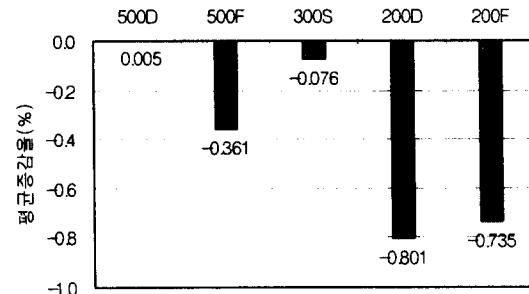
각 조명 조건별 작업시간 경과에 따른 프리커치의 변동경향을 [그림 8]에 나타내었다.

전반적인 변동경향은 작업3, 4, 5, 6에서 500D와 500F 조건의 프리커치가 200D와 200F 조건에 비해 적게 감소 한 것으로 나타나고 있어서, 높은 조도수준의 조건이 낮은 조도수준 조건보다는 피험자에게 상대적으로 시각피로를 감소시키고 있

는 것으로 사료된다. 그러나 정적조도인 300S에서는 작업3에서 약 1%정도 감소하다가 작업4와 작업5에서 증가하고 작업5에서는 다른 조건들과 비슷하게 감소하는 경향을 나타내고 있어서, 전체적으로 저하하는 경향을 보인 다른 조건들과는 다소 다른 경향을 보였다.



[그림 8] 조명조건별 프리커치의 작업시간 경과에 따른 변동($n=5$)

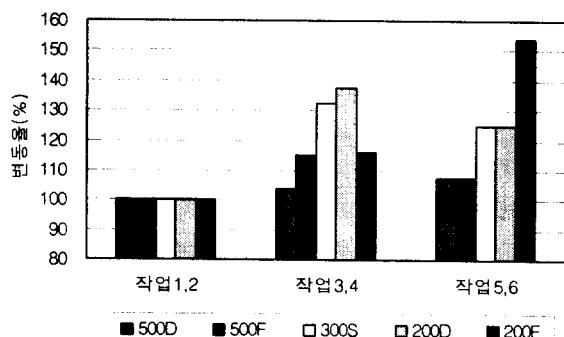


[그림 9] 조명조건별 프리커치의 평균증감율($n=5$)

조명 조건의 증감속도에 따른 차이를 보면 500D가 500F보다, 200F가 200D보다는 프리커치의 저하가 적은 경향을 보였다. 높은 조도수준과 낮은 조도수준에서 일관된 결과는 나타나지 않았지만, 작업4와 작업5의 변동경향에서는 500F와 200F의 경우, 더 적은 것으로 나타나 서서히 변화한 F-type이 급격한 증감을 보이고 있는 D-type보다 다소 긍정적인 영향을 준 것으로 나

타났다. 프리커치에 의한 조명조건별 조도의 변화에 의한 영향을 살펴본 결과, 전체적으로 조도가 높은 수준에서 정신적 피로가 덜하고 각성수준도 높지만, 증감 속도에 따른 뚜렷한 차이는 없었다[그림 9].

3.5 자각피로조사



[그림 10] 조명조건별 자각피로증상의 작업시간경과에 따른 변동(n=5)

[그림 10]은 조명조건별 자각피로증상의 작업시간 경과에 따른 변동을 나타낸 것으로, 조도수준이 일정한 작업1, 2에 비해서 작업3, 4와 작업5, 6의 자각피로 호소율이 증가하는 경향을 보이고 있다. 조명수준별로는 500D, 500F가 300S, 200D, 200F보다 작업시간 경과에 따른 변동율의 증가가 적게 나타나, 높은 조도 조건보다는 낮은 조도조건에서 자각피로에 대한 호소율이 높은 것으로 나타났다.

조도의 증감속도면에서는 신경적 피로와 육체적 피로와 관련된 항목에서는 D-type과 F-type 사이에 차가 없고, 정신적 피로를 나타내는 항목에서만 D-type이 F-type보다 다소 낮은 호소율을 나타내었다.

자각증상조사에 의한 결과를 종합하면, 작업시간의 경과에 따라 높은 조도수준의 조건이 낮은 조도수준 조건보다 주관적으로 느끼는 신체 부담의 정도가 적은 것으로 나타났으며, 조도의 증감

속도 유형별로는 유의한 차이는 없었다.

4. 결 론

본 연구는 시간적·공간적 변화로 정의되는 동적조명(Dynamic lighting)을 VDT작업공간의 적정조도(200-300-500lx)범위에서 변화시키는데 있어서, 조도의 변화가 VDT를 이용한 단순시각작업을 수행하는 작업자에게 미치는 심리·생리적 영향을 심박의 R-R간격, 프리커(CFF)치, 근점조절력, 자각피로증상조사에 의하여 비교분석하고, 작업속도와 오류율을 고려한 작업수행도 평가 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) VDT를 이용한 단순시각작업의 작업수행도는 200-500lx 범위에서는 높은 조도수준에서 높게 나타나고, 조도의 변화 속도면에서는 서서히 변화하는 조도조건이 급격하게 변화하는 조건보다 작업수행도가 높게 나타나, 장시간의 작업을 수행하는 경우 서서히 변동하는 동적조명에 의한 자극이 작업수행도에서 긍정적인 영향을 줄 수 있다.
- 2) 심박의 R-R간격은, 높은 조도조건에서 R-R간격이 길어지는 경향을 나타내 심신부담이 적은 것으로 나타났으며, 조도의 급격한 변화보다는 서서히 변화하는 조건에서 더 안정적인 것으로 나타났다.
- 3) 근점조절력에 있어서는 높은 조도조건이 낮은 조도조건보다 근점조절력의 저하가 적은 것으로 나타났고, 서서히 변화하는 조도조건이 급격하게 변화하는 조건보다 시각적 피로의 부담이 덜한 것으로 나타났다. 특히 조도가 변하지 않는 정적조명조건에서는 작업시작 후 1시간을 전후 하여 근점조절력이 저하되는 경향을 나타내었다.
- 4) 프리커(CFF)치를 분석한 결과, 높은 조도수준의 조건에서 정신적 피로가 덜하고 각성수준도 높지만, 증감 속도에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.
- 5) 자각피로증상조사 결과, 조명조건별로는 높은

조도수준의 조건이 낮은 조도수준의 조건에 비해 작업시간 경과에 따른 자각피로호소율의 증가가 적은 것으로 나타났지만, 조명조건별 증감속도에 따른 자각피로증상에 대한 호소율의 일관된 경향은 없었다.

이상의 결과에서, VDT를 이용한 단순시각작업을 수행하는 경우, 조명의 제시 조건이 작업자의 작업수행도 및 심리·생리적 측면에 영향을 주며, 적정조도 범위 내에서 조도수준을 높이는 조건과 급격한 조도변화보다는 서서히 변화하는 조명조건이 바람직한 것으로 판명되었다.

장시간의 작업을 수행하는 작업장의 조명환경은, 작업시간을 고려한 설계가 필요하며, 동시에 작업자의 작업수행도 및 심리·생리적인 영향을 종합적으로 고려한 평가가 요구된다.

Standards and Technology, 1993

- [8] M.S. Rea, "Toward a model of visual performance", Journal of Illuminating Engineering Society, Vol.16, No.1, 1987
- [9] R. Clear, S. Berman, "Speed, Accuracy, and VL", Jr of IES, Vol.19, No.2, 1990
- [10] R.C. Aldworth and D.J. Bridgers, "Design for variety in lighting" Lighting Research & Technology, Vol.3, 1971
- [11] Santamaria, J., and Bennett, C. "Performance effects of daylight. Lighting Design and Application", Vol.1, No.3, 1981

参考文献

- [1] 朴根相, 金洪材, “人間工學”, 淸文閣, 1997
- [2] 杉本, “照明環境要素の生体への影響に関する研究, 照度と生理的負担の関係”, 照明學會誌, 1980
- [3] 照明學會, “Lighting handbook”, オーム社, 1987
- [4] 佐藤仁人, 外3人, “執務空間における照度の生理・心理的影響”, 照明學會誌 Vol.80, No.5, 1996
- [5] Hawkes R.J., D.L. Lee, and E. Rowlands, "A note toward the understanding of lighting quality", Journal of Illuminating Engineering
- [6] Taylor, L.H., Sucov, E.W., and Shaffer, D.H., "Office lighting and performance", Lighting Design and Application, 1975
- [7] B.L. Collins, "Evaluation of subjective response to lighting distributions; A literature review", (U.S.) National Inst. of