

조명조건의 변화에 따른 검사작업자의 정신적 피로도 분석

장통일[†] · 임현교^{*}

(주)지엔피시스템 · *충북대학교 안전공학과
(2005. 10. 5. 접수 / 2006. 3. 26. 채택)

Analysis of Mental Fatigue of Inspection Workers under Various Lighting Conditions

Tong-Il Jang[†] · Hyeon-Kyo Lim^{*}

Human Factors Research Team, GNP System

^{*}Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received October 5, 2005 / Accepted March 26, 2006)

Abstract : Inspection works are mainly carried out with the help of human sensory organs and are relatively simple and repetitive, so that the workers easily become to feel fatigue and monotony, and their mental activity levels attenuate. Consequently, during the work time, it is natural that various lighting conditions around the workplaces may have influence on work performance.

This study aimed to analyze cortical fatigue of inspection workers. Thus, an inspection work was simulated on a computer monitor under various lighting conditions, and CFF, EEG, EOG, and HRV were analyzed.

According to the results, fatigue symptoms turned up about 60~90 minutes after the onset of the work. The work performance also decreased when the fatigue symptoms due to lighting conditions turned up. The variations of fatigue and work performance were affected by illuminators, illumination levels, or interaction of those two factors. The spiral fluorescent lamp seemed improper to the inspection work, because the work performance under that condition was lower than under any other illuminators.

Key Words : inspection work, mental fatigue, EEG, work performance, lighting condition

1. 서 론

완성된 제품에 대한 외양(外樣) 검사작업은 대부분 시각에 의하여 제품에 대한 적부(適否)를 판단하기 때문에 시각적 피로를 유발한다. 또한 장시간 지속되는 단순 반복작업의 성격을 갖기 때문에 신체의 움직임이 현저하게 감소하여 몸 전체에 대한 활동수준의 감소로 이어지고, 결국에는 정신적 활동수준의 저하까지도 초래한다¹⁾.

이 때문에 검사작업을 하는 작업자들은 쉽게 피로나 단조로움을 느끼게 되고, 이러한 작업자의 피로도는 여러가지 생리학적 변화를 초래하는데, 이 때, 조명은 검사작업자의 시각에 직접적으로 영향을 미

치기 때문에 매우 중요한 작업수행도 형성요인이라고 할 수 있다.

그러나 적당한 조도환경에서 작업이 이루어져야 함에도 불구하고, 대부분의 작업장에서는 추천 조도수준에 미치지 못하는 환경에서 작업을 하고 있는 실정이다²⁾. 또한 이와 관련하여 조명환경의 개선에 투자하는 비용은 인건비의 1.0% 이하이고, 사무실 제경비의 0.7% 이하라고 하는 보고는 문제의 심각성을 제시하기에 충분하다³⁾.

따라서 본 연구에서는 조명환경의 변화에 따른 피로현상의 발현시간, 피로도 현상 및 수준, 작업성능의 비교 등을 통해 검사작업의 피로도를 평가하여 생산성의 향상과 사고의 발생을 최소화할 수 있는 효과적인 조명방법과 조도수준을 제시하고, 작업자의 생리학적 부담을 고려한 적정 휴식시간을 결정하고자 하였다.

[†] To whom correspondence should be addressed.
humaneti@chungbuk.ac.kr

2. 연구배경

이제까지의 단순반복작업에 대한 많은 연구들의 결과는 두 가지로 대별될 수 있다. 첫 번째는 단순반복작업이 각성수준의 증가나 작업 스트레스의 증가를 초래하게 된다는 것이고, 두 번째는 이와는 반대로 단순반복성에 의해 작업자의 각성수준이 저하하게 되는 작업이라는 것인데, 많은 경우 후자에 대한 결과를 보고하고 있다.

예를 들어 살펴보면, 木田 등⁴⁾이나 鈴木 등⁵⁾과 같은 연구자들은 단순 작업을 실시하도록 하고, 생리심리적 평가를 행하였는데, 생리심리적 변화와 더불어 작업수행도가 저하하여 피험자의 집중력이 감소한다는 사실을 보고함으로써, 단순반복작업이 각성수준의 저하 및 피로와 관계가 있다는 것을 시사하고 있다.

또한, 세 가지 수준의 작업속도로 단순반복작업을 하도록 한 실험에서는 작업속도보다는 작업시간의 경과에 따라 작업자의 각성수준의 저하가 발생하게 된다는 사실을 보고한 연구⁶⁾도 있어, 단순반복작업은 시간이 경과함에 따라 각성수준이나 스트레스의 증가보다는 각성수준의 저하와 더 많은 관련이 있음을 시사하였다.

한편, 조명의 경우는 조명이 작업수행도에 직접적으로 어떠한 영향을 미치는가의 연구에 많은 관심을 보이는 한편, 조명환경이 부적절하였을 경우 발생할 수 있는 피로 등의 생리적 상태에 많은 관심을 보이며 연구들이 진행되고 있다.

VDT를 이용하여 단순시각작업을 수행하도록 하고, 시간경과에 따라 조도를 변화시키면서 생리·심리적 평가를 행한 연구에서는⁷⁾, 높은 조도조건에서 심신부담이 적었고, 정신적 피로도나 각성수준 면에서도 우수하다는 결과를 보고하였으며, 작업수행도 또한 높다는 사실을 보고하였다.

이러한 연구동향으로 보았을 때, 조명환경은 인체에 적지 않은 영향을 미칠 것으로 판단되어 본 연구에서도 조명이 검사작업의 생산성에 미치는 직접적인 영향을 평가하기보다는 조명에 의해 유발되는 피로도 및 생리적 변화를 평가하여, 그에 따른 작업수행도 및 생산성에의 영향을 평가하고자 하였다.

3. 연구방법

3.1. 수행작업 및 조건

컴퓨터의 모니터에 아무런 의미가 없는 10×5, 모

두 50개의 알파벳으로 구성된 문자열을 제시하고⁸⁾, 그 중 특정 글자를 세게 한 다음 그 결과를 키보드를 통해 입력하는 방법을 사용하였다. 작업은 모두 2시간 동안 수행하도록 하였으며, 30분마다 정답율과 시행횟수를 기록하였으며, 문자열이 제시된 시점으로부터 개수 입력까지의 시간을 반응시간으로 정의하여 기록하였다.

조명은 백열등, 형광등, 삼파장등, 그리고 최근 현장에서 많이 사용되고 있는 나선형 형광등의 모두 네 가지를 사용하였으며, 조도수준은 각각의 조명에 대하여 500, 800, 1,100lx의 3수준으로 하였다.

3.2. 측정방법

피로도를 측정하기 위하여 융합점멸주파수(CFF)의 평균변동률을 측정하였다^{8,9)}. 융합점멸주파수는 작업시작 전, 작업시작 후 30분, 1시간, 1시간 30분, 그리고 작업을 종료한 후, 모두 5회를 측정하였다.

한편, 뇌파의 파형 및 주파수와 피로도와의 비교를 위하여 EEG의 측정을 실시하였다. 전극은 국제 전극법에 의하여 Fz, Cz, Pz, Oz 등 모두 네 부위에 부착하였으며, Ag-AgCl 전극을 사용하였다.

EEG는 250Hz의 표본화 주기(sampling rate)로 표본추출되었고, 2시간에 걸쳐 측정하였다. 분석은 실험 바로 직전 5분 동안의 데이터를 기준값(base line)으로 하고, 매 15분 경과시마다 마지막 5분 동안의 데이터를 분석에 사용하였다.

3.3. 피실험자

피실험자는 건강하고 눈에 특별한 질환이나, 정신적인 질환이 없는 모두 3명의 남자 대학생 및 대학원생이었으며, 나이는 28±2세였다.

4. 연구결과 및 고찰

4.1. 피로도의 변화

시간이 경과함에 따른 피실험자들의 융합점멸주파수(CFF)의 평균 변동률을 조명기구의 종류에 따라 정리한 것이 Fig. 1이고, 조도수준에 따라 정리한 것이 Fig. 2이다. 조명기구의 종류에 관계없이 모두 시간이 경과함에 따라 융합점멸주파수의 값이 저하하여, 피로현상이 나타나는 것을 알 수 있다.

각 조명조건들 사이의 변동률에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 분산분석(ANOVA)을 수행하였는데, 그 결과는 Table1과 같다. 보는 바와 같이 조명

기구의 종류가 융합점멸주파수의 변동률에 유의한 영향을 주지는 않았지만, 나선형 형광등은 다른 세 종류의 조명기구에 비하여 융합점멸주파수의 저하율

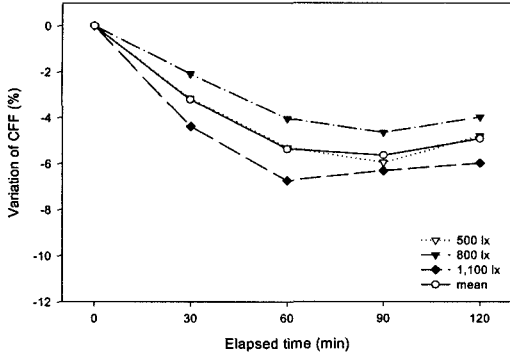


Fig. 1. Mean CFF variations in each illuminator over time.

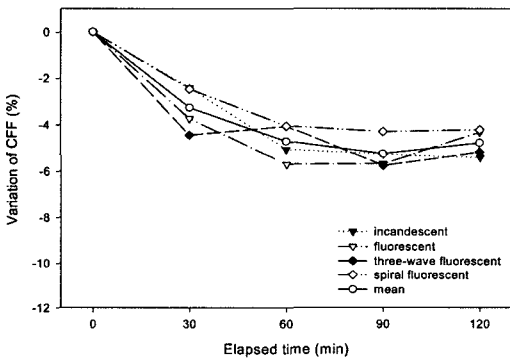


Fig. 2. Mean CFF variations in each illumination level over time.

Table 1. Result of ANOVA on CFF

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Signif.
Main Effects	161.931	8	20.241	2.655	.011
ILLUMINATOR	29.478	3	9.826	1.289	.283
LEVEL	52.236	2	26.118	3.426*	.037
TIME	80.217	3	26.739	3.507*	.018
2-Way Interactions	86.374	21	4.113	.539	.946
ILLUMINATOR×LEVEL	39.795	6	6.632	.870	.520
ILLUMINATOR×TIME	37.070	9	4.119	.540	.842
LEVEL×TIME	9.510		1.585	.208	.974
3-Way Interactions	32.261	18	1.792	.235	.999
ILLUMINATOR×LEVEL×TIME	32.261	18	1.792	.235	.999
Explained	280.566	47	5.969	.783	.822
Residual	731.902	96	7.624		
Total	1012.469	143	7.080		

* significant, $\alpha = 0.05$

이 비교적 낮았다. 따라서, 통계적으로 유의하지는 않지만 나선형 형광등의 경우가 피로 발생률이 낮다고 볼 수 있다. 그러나, 조도수준과 경과시간이 융합점멸주파수의 변동률에 미치는 영향은 유의하였으며, 반면 2인자 이상의 교호작용은 유의한 것이 없었다.

각각의 조명기구종류에 대하여 시간경과에 따른 뇌파의 평균 출현율을 살펴보면, 백열등의 경우, Fig. 3에서 보는 바와 같이 30분 정도 경과하였을 때 α 파가 약간 증가하고, β 파는 감소하였다. 그리고 형광등과 삼파장등은 두 경우 모두 백열등과 유사한 경향을 나타냈다.

그러나, 나선형 형광등은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 시간이 경과함에 따라 큰 변화를 나타내는 부분이 없어 융합점멸주파수의 측정결과와 같은 경향을 보였다. 뇌파를 근거로 판단하더라도 나선형 형광등이 다른 조명기구에 비하여 피로도가 낮다고 판단되었다.

실험결과 비교적 피로도가 낮았던 조명인 나선형 형광등과, 다른 조명기구에 비하여 피로도가 높은 것으로 나타난 형광등에 대하여 생리적 변화에 의한 피로도의 정도를 비교해보았다.

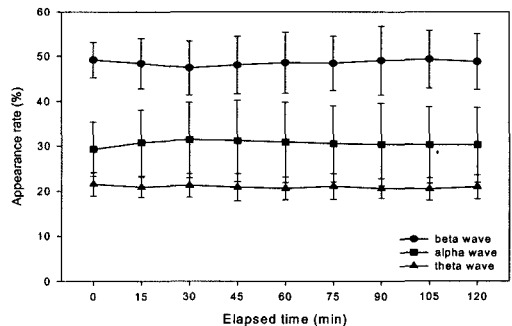


Fig. 3. Appearance rate of each EEG wave (incandescent).

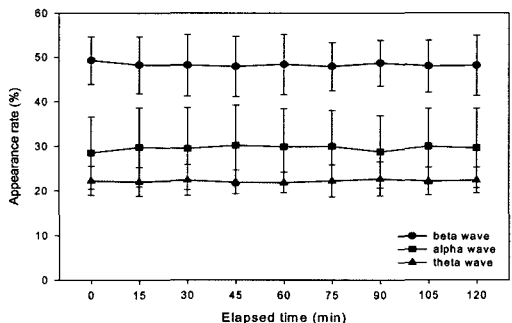


Fig. 4. Appearance rate of each EEG wave (spiral fluorescent).

먼저, Table 2는 나선형 형광등 500lx일 때의 전극부위별 각 파의 출현율의 변화를 나타내고, Fig. 5는 시간경과에 따른 부위별 각 파의 증가율을 나타낸 것이다. α 파의 경우 작업개시 후 60분과 105분이 경과한 후 대부분의 부위에서 약간 증가하였고, θ 파는 감소하는 경향을 나타내고 있다. β 파는 시간이 경과하면서 처음 안정시보다 지속적으로 출현율이 높은 것으로 나타났다. 즉, 이러한 현상은 피로도가 낮은 적절한 조명조건이라는 것을 의미한다.

Table 3은 형광등 1,100lx일 때의 전극부위별 각 파의 출현율의 변화를 나타내고, Fig. 6은 시간경과에 따른 Fz에서의 파워스펙트럼의 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 시간이 경과함에 따라 α 파와 θ 파의 대역이 증가하고 있어, 검사작업에는 적절하지 못한 것으로 판단되었다.

Table 2. Appearance rate of each EEG wave over time (spiral fluorescent and 500lx) (unit : %)

Elapsed time (min)	0	15	30	45	60	75	90	105	120
α wave	20.73	19.40	18.81	20.16	22.90	20.55	20.58	23.46	20.73
β wave	53.54	56.73	58.08	56.47	54.15	54.67	54.66	52.96	56.11
θ wave	25.74	23.88	23.11	23.38	22.94	24.77	24.76	23.58	23.16

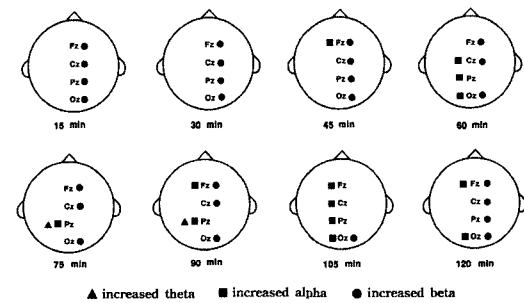


Fig. 5. Variation of EEG at each electrode position (spiral fluorescent and 500lx).

Table 3. Appearance rate of each EEG wave over time (fluorescent and 1,100lx) (unit : %)

Elapsed time (min)	0	15	30	45	60	75	90	105	120
α wave	25.94	26.56	26.16	26.46	26.35	26.98	27.91	26.66	27.31
β wave	51.91	51.01	51.21	50.53	52.04	51.33	49.75	49.07	48.18
θ wave	22.15	22.42	22.63	23.01	21.60	21.68	22.33	24.27	24.51

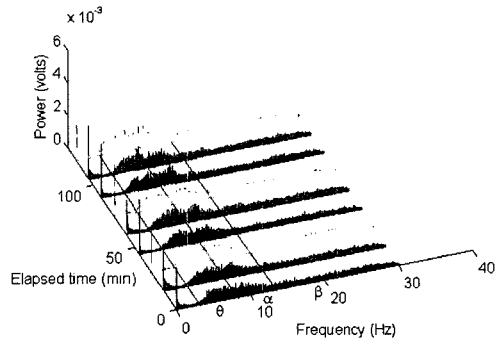


Fig. 6. Variation in power spectrum over time (fluorescent and 1,100lx).

4.2. 작업수행도의 변화

조명조건들 사이의 정답률에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 3요인(조명기구, 조도수준, 경과시간)에 대하여 분산분석을 하였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 그러나 전체적인 경향을 보았을 때 조명기구와 조도수준 두 요인 모두 작업개시 후 60분이 경과할 때까지는 정답률이 감소하였지만, 그 후에는 조금씩 증가하였다.

조명조건별로 반응시간의 차이가 유의한지를 알아보기 위하여 분산분석을 실시하였는데, 그 결과는 Table 4와 같다. 조명기구와 조도수준 인자의 주효과가 유의하였으며, 교호작용으로는 조명기구×조도수준의 효과가 유의하였다. 반응시간의 경우 조도수준 인자의 주효과에 의한 영향이 가장 큰 것으로 판단되었다.

Table 4. Result of ANOVA on response time

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Signif.
Main Effects	22.700	8	2.838	2.710	.010
ILLUMINATOR	8.991	3	2.997	2.862*	.041
LEVEL	13.260	2	6.630	6.331*	.003
TIME	.449	3	.150	.143	.934
2-Way Interactions	26.602	21	1.267	1.210	.261
ILLUMINATOR×LEVEL	25.784	6	4.297	4.104*	.001
ILLUMINATOR×TIME	.319	9	.035	.034	1.000
LEVEL×TIME	.499	6	.083	.079	.998
3-Way Interactions	.902	18	.050	.048	1.000
ILLUMINATOR×LEVEL×TIME	.902	18	.050	.048	1.000
Explained	50.204	47	1.068	1.020	.457
Residual	100.533	96	1.047		
Total	150.736	143	1.054		

* significant, $\alpha = 0.05$

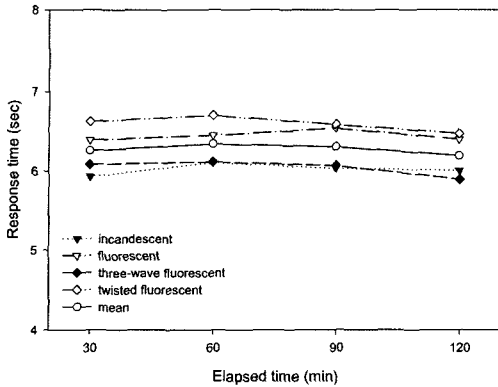


Fig. 7. Mean response time in each illuminator over time.

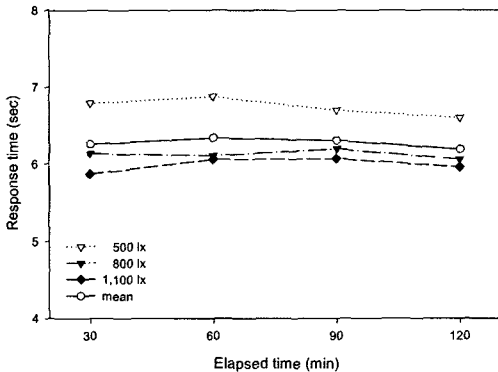


Fig. 8. Mean response time in each illumination level over time.

반응시간의 변화를 조명기구별로 나타낸 것은 Fig. 7과 같은데, 삼파장등과 백열등이 반응시간이 빠름을 알 수 있었다. 또한 조도수준의 경우에는 Fig. 8에서 보는 바와 같이 800lx일 때 반응시간이 가장 빨랐다.

이상을 종합하여 조명조건별로 정답률과 반응시간의 결과를 표로 나타내면 Table 5와 같다.

음영으로 처리한 부분이 다른 조명조건에 비하여 상대적으로 작업수행도가 높은 부분을 나타낸다. 즉, 조명기구별로는 백열등과 삼파장등의 경우가 정답률이 높았고, 반응시간도 백열등과 삼파장등이 다른 두 조명기구보다는 빠른 것으로 판단되었다. 또한, 조도수준별로는 800lx일 때 정답률이 높았고, 반응시간은 800lx나 1,100lx일 때 빠르다는 것을 알 수 있었다.

조명기구별 피로도의 차이를 보면, 나선형 형광등이 다른 조명기구에 비하여 상대적으로 낮았는데, 이러한 현상이 발생하는 원인은 각각의 조명기구에 대한 스펙트럼 분석을 통해 이해될 수 있다.

Table 5. Results of performance under different lighting conditions

illuminator	illumination level(lx)	correction rate(%)		response time(sec)	
		Mean	SD	Mean	SD
incandescent	500	95.769	±4.700	6.781	±0.954
	800	97.445	±1.415	5.175	±1.197
	1,100	94.788	±1.771	6.272	±1.065
	total	95.527	±3.238	6.019	±1.145
fluorescent	500	91.664	±3.512	7.244	±0.484
	800	95.322	±4.056	6.552	±0.711
	1,100	94.666	±4.019	5.532	±0.601
	total	93.884	±4.091	6.443	±0.925
three-wave fluorescent	500	95.603	±3.999	6.462	±0.972
	800	96.054	±1.743	5.725	±1.535
	1,100	92.356	±5.701	5.930	±0.998
	total	94.6707	±4.357	6.039	±1.204
spiral fluorescent	500	93.685	±3.511	6.316	±0.527
	800	91.186	±7.596	6.911	±0.583
	1,100	92.469	±7.103	6.549	±0.754
	total	92.447	±6.240	6.592	±0.659
total	500	93.824	±4.094	6.701	±0.827
	800	95.002	±4.908	6.091	±1.249
	1,100	93.570	±5.030	6.028	±0.826
	total	94.132	±4.704	6.273	±1.027

Fig. 9는 표준 주광(晝光)의 색온도에 따른 각 파장별 분포를 나타낸 그림이다. 주광의 경우 가장 이상적인 광원이라고 하는데, 그림에서 보는 바와 같이 약 400nm에서 500nm 부근의 에너지가 큰 것을 알 수 있다.

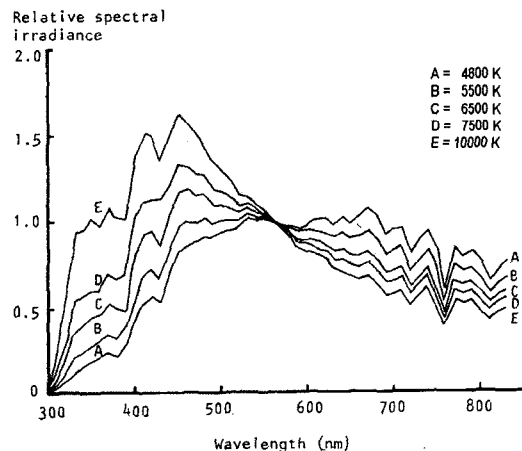


Fig. 9. Relative spectral irradiance distributions of the standard phases of daylight.

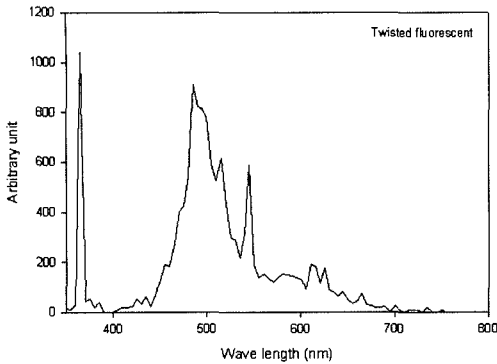


Fig. 10. Spectral distribution of spiral fluorescent.

한편, 각각의 조명기구에 대하여 스펙트럼 분석을 실시한 결과, 나선형 형광등의 경우 Fig. 10에서 보는 바와 같이 파장별 분포는 파장의 영역에 따라 차이는 있지만, 주광과 가장 유사한 형태로 분포하였다.

또한, 인간의 시각도 곡선은 약 500~550nm의 색채에 대하여 가장 민감한 것을 알 수 있는데¹⁰⁾, 나선형 형광등의 경우에도 500~550nm 사이의 에너지가 가장 큰 것을 볼 수 있다. 따라서, 이러한 특성들이 피실험자의 시각에 긍정적인 영향을 미쳐 다른 조명기구에 비하여 상대적으로 피로도가 낮은 것으로 판단된다.

그러나, 피로도에 있어서 가장 낮았던 나선형 형광등이 작업수행도면에서는 다른 조명기구에 비하여 오히려 가장 저조한 결과를 나타내고 있는데, 이는 피실험자가 높은 각성수준에 있었기 때문인 것으로 판단된다.

각성이론(arousal theory)에 의하면, 각성수준이 너무 높거나 너무 낮은 상태에서는 오히려 작업수행도에는 좋지 않은 영향을 미칠 수 있는데, 이러한 결과는 Küller 등¹¹⁾의 연구와도 일치하였다.

또한, 조도수준의 경우에는 800lx일 때 피로도가 가장 낮았으며, 작업수행도 또한 가장 우수하였다. 이것은 조도수준이 낮거나, 반대로 너무 높은 경우에는 오히려 피로도를 가중시킬 뿐만 아니라 작업수행도에도 좋지 않은 영향을 미친다는 것을 의미한다.

이러한 생리학적 변화가 발생하는 시간대는 피로도의 측정 결과에서도 살펴 본 바와 같이 작업개시 후 대략 45분에서 90분 사이에서 가장 빈번하게 발생하였다. 또한 작업개시 후 60분에서 90분 사이에 작업수행도가 저하하는 것으로 보아, 생리학적으로 피로도가 증가하였다는 징후가 있었을 때의 시간대

와 일치하였다. 실제 현장에서 검사작업을 수행하는 작업자들의 경우, 작업시작 후 약 90분 이후에 휴식을 취하는 것이 일반적이다. 따라서, 작업 개시 후 60분에서 90분 정도에 적절한 휴식시간을 삽입하여, 작업자들의 피로발생을 예방함으로써 피로로 인한 생산성의 저하나 안전사고를 감소시키는 것이 바람직하다.

한편, 검사작업에 있어서 가장 적절한 조명조건을 설정하기 위해서는 피로도가 낮은 것도 중요하겠지만 생산성의 면을 고려하지 않을 수 없다.

피로도의 측면에서는 나선형 형광등은 아주 우수한 조명기구라고 할 수 있다. 그러나, 작업수행도의 측면에서는 오히려 가장 낮은 작업수행도를 나타냈기 때문에 검사작업에는 부적절하다고 판단되었다. 반면에 백열등의 경우 피로도도 낮았고, 생산성도 높지만 장시간 점등하였을 때에는 발생하는 열 때문에 오히려 작업자에게 스트레스를 줄 수가 있어 백열등 역시 부적절할 것으로 판단되었다.

그러나, 삼파장등의 경우 피로도에 있어서 형광등과 큰 차이는 없지만 형광등보다는 피로도가 낮고, 작업수행도 면에 있어서도 다른 조명기구에 비하여 정답률도 높고, 반응시간 또한 빠르기 때문에 검사작업에 적절할 것으로 판단되었다. 또한, 조도수준은 피로도와 작업수행도 모두를 고려하였을 때 800 lx가 가장 적절할 것으로 판단되었다.

5. 결 론

지금까지 인간공학에서의 뇌파에 대한 연구는 주로 감성공학 분야에서 활발하게 진행되어 왔지만, 작업과 관련된 피로도의 측정에서는 그리 많은 연구가 수행되지 않았다. 특히, 대뇌피로도에 대한 측정방법으로서 주로 융합점멸주파수만이 이용되어 왔으며, 최근 뇌파의 ERP를 활용한 피로도의 측정사례가 있으나^{12,13)}, 주파수분석(frequency analysis)에 의한 측정은 많은 연구가 수행되지 않았다.

이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 뇌파의 주파수 분석을 이용하여 검사작업자의 대뇌피로도를 측정하였는데, 이상의 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

피로의 징후가 나타나는 시간대는 대략 60분에서 90분 사이였는데, 융합점멸주파수의 값은 급격히 감소하였으며 그 이후에는 변동이 크지 않고 정적상태를 유지하였다. 뇌파의 변화에 있어서도 이 시간

대에 α 파나 θ 파의 대역이 증가하였으며, β 파는 감소하는 서파화 현상을 보였다. 즉, 뇌파의 서파화 현상이 나타나는 시간대가 융합점별주파수가 감소하는 시간대와 일치하여, 피로도 평가에 있어서 뇌파의 주파수분석 이용 가능성을 확인할 수 있었다.

이 시간대 이후에는 작업수행도 또한 감소하여 피로도의 증가는 작업수행도에 영향을 주었다. 따라서 이러한 피로에 의한 생산성의 저하나 안전사고를 예방하기 위해서는 1시간 정도 경과 후 적절한 휴식시간을 설정하는 것이 바람직할 것이다.

또한, 검사작업의 경우 적절한 조명기구는 삼과장 등이고, 조도수준은 800lx가 적절할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- 1) 狩野廣之, 不注意とミスのはなし, 労働科學研究所, 1978.
- 2) 조명설비가 안전에 미치는 영향, 월간 산업안전, 1991.9.
- 3) 지철근, 조명과 산업재해, 월간 안전보건, 제3권, 제3호, 1991.
- 4) 木田勝之, 飯田健夫, “單調作業における精神的負荷の計測評價”, 日本人間工學會誌, 第33卷, 特別號, pp. 214~215, 1997.
- 5) 鈴木哲, 般田眞里子, “單調作業時における居眠り状態への移行に關する脳波特性”, 日本人間工學會誌, 第30卷, 特別號, 1994.
- 6) Weber, A., Fussler, C., “Psychophysical effects of repetitive tasks”, *Ergonomics*, Vol. 23, No. 11, pp. 1033~1046, 1980.
- 7) 엄기수, 박근상, “조명환경이 작업자에게 미치는 심리·생리적 영향”, 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 194~199, 1998.
- 8) Mitsuhashi, T., “Evaluation of Stereoscopic Picture Quality with CFF”, *Ergonomics*, Vol. 39, No. 11, pp. 1344~1356, 1996.
- 9) Zengyong, L., Kun, J., Ming, C., and Chengtao, W., “Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, No. 4, pp. 501~505, 2004.
- 10) Boyce, P.R., *Human Factors in Lighting*, Applied Science Publishers, 1981.
- 11) Küller, R., Laike, T., “The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance and physiological arousal”, *Ergonomics*, Vol. 41, No. 4, pp. 433~447, 1998.
- 12) Georg, D., Cornelia, D., Eva, T., Gerald, L., and Wilfried, L., “Fatigue in a simple repetitive motor task: a combined electrophysiological and neuropsychological study”, *Brain Research*, Vol. 1028, No. 1, pp. 26~30, 2004.
- 13) Maarten, A. S. B., Theo, F. M., and Monicque, M. L., “Effects of mental fatigue on attention : An ERP study”, *Cognitive Brain Research*, Vol. 25, No. 1, pp. 107~116, 2005.