

교대근무자의 피로와 수행영향인자 간의
상관관계 분석
(반도체 산업을 중심으로)
-Correlation Analysis between Fatigue and
Performance Shaping Factor for Alternation Worker's
(Focused on the Semiconductor industry)-

윤 용 구* · 박 범**

Yoon Yong Gu* · Park Peom**

Abstract

For the past 25 years, Korean semiconductor has experienced enormous growth to be the highest production country in the world.

Semiconductor industry is very time sensitive and driven by technology and process, and requires 24-hour full operation. The environment includes many different types of equipment, utilities, different gases and toxic chemicals as well as high voltage electricity.

We have performed a survey with 3-shift engineers and workers in one line. The content of the questionnaire was about the correlation between fatigue and performance shaping factor (work type and work ability), and as a result we were able to deduce the correlation, p-value and the pattern of scatter plot.

The shape of the model was made of 4 blocks for fatigue, 5 blocks for work type and 5 blocks for work ability, i. e. 14 blocks in total.

As a conclusion to this findings, there was a correlation between fatigue and work type and work ability specifically in semiconductor industry, and we need some effort to reduce this.

Keywords : Safety, fatigue, work's type, work's ability, human error, human factor, performance shaping factor, alternation worker, correlation, manufacturing industry, semiconductor industry.

* 삼성전자

** 아주대학교 산업시스템공학과

1. 서 론

우리나라의 산업재해에 관련되는 통계자료는 재해의 규모, 특성 및 원인등의 분포 상태를 파악하여 안전·보건 정책에 주로 이용되었다. 그러나 지금까지 발표된 통계자료는 업무상 재해로 인정된 부분만을 고려하였기 때문에 그 분석 결과는 성격상 피상적이고, 재해의 특성을 과소, 과대 추정할 소지가 충분히 있었다. 이에 준해 반도체산업은 전세계적으로 제조공장 생산의 비율이 한국이 38%(SEC: 20.9%, Hynix: 17.1%), 중국이 21.2%, 미국이 18.7%, 일본이 12.7%, 기타 9.4%를 차지하고 있어, 제조특성상 24 hour 가동체제이고, 타이밍 산업으로 인해 많은 부분들이 종합적인 안전대책을 수반하고 진행해야함으로 반도체산업에 수많은 안전작업형태로 작업을 하는 것이 대부분이다.

우리나라 2006년도 산업의 재해현황을 살펴보면, 작업관리상 원인이 37.8%, 교육적 원인 21.8%, 기술적 원인 15.6%, 분류불능이 24.1%, 기타가 4.8%로 나타나고 있다. 불안정한 행동 중심으로 보면 불안정한 상태 방치가 29.9%, 복장 보호구의 잘못사용 13.6%, 감독 및 연력 불충분 7.5%, 유해 위험물 취급부주의 5.9%, 불안정한 자세 동작이 4.8%로 나타나고 있다.

산업재해가 발생되고 작업현장의 재해가 이어지는 원인은 불안정한 행동에 대한 인적요인과 인적오류로 인해 많은 분석 및 대책이 미흡하고 의식과 노력도 부족한 것으로 보인다. 최근 인적요인을 안전문화와 연관시켜 많은 요인에 대한 상관 분석이 되고 있지만 안전분위기와 작업자의 상관관계로만 분석이 되고 있고, 실효성과 중요인자에 대한 개선이 미비한 실정이다.

그러므로 본연구의 목적은 반도체 산업에서의 특화된 요인중에 피로와 수행영향인자를 설문지를 통해 인적오류에 대한 반도체 산업의 작업에 대한 제조 작업의 형태로 24시간을 운영하기 때문에 근로자의 상관관계를 통해 이들간의 연관성을 분석하여 대안을 제시하는 것이다.

2. 기존의 연구배경

2.1 교대직에 대한 제반조건

인간과오를 도출하기 위해서는 반도체에 맞는 인간 과오에 대한 분류가 아직은 정립이 되어 있지 않다. 이미 알려진 인간과오의 분류는 Swain의 인간공학적인 접근에 의한 분류체계와 Rouse의 분류체계, Norman이 분류한 인간과오, 이어서 분류한 인간의 정보처리과정으로 분류를 고려한 Rasmussen의 Step Ladder Model등 다양한 방법이 있다.

그러나 이러한 방법은 에러의 분류나 에러의 회복을 위한 모델을 제시한 사항이고, Reason의 인적오류 분석도 에러(Error)를 함정(Slip)과 실수(Mistake)로 나누고, 위협(Violation)은 관례(Routine)와 예외적(Excep tional)로만 분류된 사항으로 인적요인은 국한되었다.

또한 인적요인에서 Stanton(1996), Jorgensen(2002)은 안전문화, 교육, 스트레스, 시프트교대, 피로를 잠정원인과 간접원인으로 나누고 인적오류를 개인과 조직에서의 최적함을 찾아야 한다고 제시하고 있다.

국내에서는 사후적 분석과 사전적 분석등으로 인적행위 개선 시스템(HEPS)이나 인적오류 분석도구(HEAT)등을 분석해서 사용하고 있다. 그러나 이런 분석은 인적오류의 인자를 부분적인 연관성을 가지고 분석이 되고 있어 만족할 부분의 상관관계인자가 아니었다.

수행영향인자의 도출 및 분석은 수행영향 인자간에 타당성과 상호연관성을 논리적으로 설명이 되어야 하는데 한정이 되어 있었다. 국내의 원자력 발전소가 수행 영향 인자를 레벨1에서 4개의수행영향인자(사람, 직무, 시스템, 환경)를 레벨2에서 10개 인자에서 레벨3로 10개 이상의 주요인자들을 선정하여 변별력을 높임으로 선택의 폭을 좁혀 분석의 명확성을 갖기 위해 분석되고 있다. 또한 한국가스안전공사에서는 수행 영향인자를 레벨1에서 4개의 인자(직무환경, 직무특성, 작업자 특성, 조직 및 사회적 요소)를 잡고 2에서 9개의 수행영향인자를 운영하고 있다.

그러나 피로와 수행영향 인자간 상관관계를 통해 반도체 산업의 교대직은 일정계획으로 교대 근무수(3교대)로 운영하고 있으며 연간 캘린더로 프로세스화 하고 있다. 일의 형태는 우리나라의 근로기준수와 법정시간 에 준수하여 운영을 하고 있다.

교대 근무수는 생산과 설비 취약점과 가동율을 감안해 아침근무(day shift), 점심근무(swing shift:s/w), 야간근무(grade yard:(g/y) shift)로 구성되고, 교대 근무길이는 8시간을 준수하고 있다. line당(1shift)간에 설비나 생산현장의 따라 인원조율이 되어 운영되고 있다. 산업의 안전관리 실태를 파악키 위해 설문지는 기존 관리항목의 사례 연구와 전문가인적 중심의 분석과 인적 오류에 대한 수행영향 인자를 통해서 연관성을 도출하기 위해 구성하였다.

2.2 피로와 수행영향인자의 요인특성

Weick는 “안전성이란 동적인 비사고이다”라고 정의를 내리고 “안정적인 결과를 도출하는 수단은 연속적인 반복보다는 일정한 변화이다”라고 제시 했다.

반도체에서의 피로와 수행인자는 잠재적인 위험으로 도출될 수 있어 사후적분석이나 사전적 분석에서 상존되는 수행영향인자 중에서 비중이 큰 것을 예상하고 수행영향 인자를 도출한 것이다.

원전에서는 수행영향인자의 모든 인자들을 포함해서 모든 발생사고의 사건(event)을 사고(incident)와 준사고(incident)로 분류하는 이분법적 접근법은 미국과 국내 항공 산업과 영국의 철도 산업에서 사용하고 있는 좋은 사례이다.

반도체 산업에서의 수행영향인자는 사고조사 및 인간 신뢰 및 인적오류에 대한 분야에서 사용하고 있지만 오류에 대한 원인 인자 및 오류에 대한 결과 인자에 대한 초점이 미비하여 이들 간의 상관관계를 분석하고 중요한 인자를 도출하는데 목적이 있다고 본다.

2.3 피로와 수행영향인자의 설문특성

표본의 특성을 살펴보면 성별은 남성(25%;60명), 여성(75%;180명)으로 여성응답자가 많았고, 연령대는 20대 85%(204명), 30대가15% (36명)였으며, 82%(196명)가 고졸이상의 학력이었다. 응답자의 80%(192명)아직 미혼이었고, 기혼20%(48명)이었다. 엔지니어가 22%(53명)이었고, 작업자 70%(172명)이었으며, 엔지니어 관리자 및 제조 관리자 4%(9명)이었으며, 계측기의 검사자는 4%(9명)이었다. 근무 년수는 작업자는 185%(204명) 1년 이상의 현장 근무경험을 가지고 있었으며, 생산 공장의 한개동의 3개의 shift를 대상으로 한 데이터를 근거로 연구에 반영하였다.

3. 모형의 정립

3.1 연구 방법

<표1> 피로:Fatigue:F

F-1	F-2	F-3	F-4
환경적	외부적	신체적	심리적
조명 소음 냄새 온도/습도	지시 명령 수명 책임	근 골격계 피로 질병 시력	불안 걱정 초조 긴장

<표2> 일의 형태:Work Type:WT

WT-1	WT-2	WT-3	WT-4	WT-5
HMI	의사전달	프로세스	설비	관리
인간공학 양립성 시스템 인터페이스	인품 협조/의뢰 공유 의사결정	작업변경 공정불량 재공발생 생산지연	동작 표식 불량/수리 알람/에러	팀원/조직 환경 안전 규칙/절차

*HMI:Human Machine Interaction

<표3> 일의 능력:Work Ability:WA

WA-1	WA-2	WA-3	WA-4	WA-5
작업	리스크	조직	행동	능력
경험 숙지 실수 인지	위험성 화재성 정전 폭발성	팀 분위기 감시 사기/평가 교육	준비/조치 수행 관찰 심리	경험 적응 조작/지식 자세

반도체 산업의 차별성을 감안해 전문가와 환경안전 관리자가 인간이 어떤 일을 수행하는데 영향을 미치는 모든 요소의 수행영향 인자중에 결정적인 인자를 선택하였다. 항목에 대한 분류에 대하여 피로는 교대직 근무자가 인적오류에 미칠 수 있는 인자들을 가능하면 현장에서의 모든 상황에서 적용할 수 있는 항목으로 고려하여 분류하였다.

일의 형태도 설비와 사람(엔지니어와 작업자)중심으로 수행영향인자를 선정하되 실제 상황에서 개선이 유도 될수 있게 분류를 하였다. 반도체 산업에서의 설비와 의사전달과 프로세스, 관리가 중요한 수행영향인자라고 선정했다.

일의 능력은 교대 근무중에 사람중심의 작업과 리스크와 조직과 행동과 능력으로 선정하고 분류를 하였다. 수행영향 인자와 분류는 사전적, 사후적 인자를 반영해서 인적오류 요인을 반영하여 도출하였다.

설문 내용은 총 14개의 블록의 형태로 구성하였고, 설문지의 구성은 피로와 수행영향인자 중에 일의 형태와 일의 능력으로 구분하였다. 피로에 대한 4개의 블록은 안전분위기와 인지측면의 중요요인인 환경적, 외부적, 신체적, 심리적으로 취했다.

일의 형태는 설비와 작업자간의 문제를 감안해서 5개의 블록을 취하였다. 인간과 기계의 인터페이스 중심으로 현장에서의 일의 형태로 구성되고 운영되어 여러 안전전문가의 조언을 구했다. 일의 능력은 사람중심의 작업과 리스크와 조직과 행동과 능력으로 구성하였다.

평가항목의 평가방식은 Rating 방식과 Category 대상은 반도체산업의 3 교대직을 중심으로 240명이며, 시프트간의 구성은 엔지니어와 작업자와 관리자와 일부 검사자중심으로 구성이 되어 있다.

3.2 기호에 대한 정의

F: Fatigue(피로), WT: Work Type(일의 형태),

WA : Work Ability(일의 능력)

F1 : Day Shift일 때의 피로

WT1: Day Shift 일 때의 일의 형태

WA1: Day Shift일 때의 일의 능력

F2: Swing Shift일 때의 피로

WT2: Swing Shift 일 때의 일의 형태
 WA2: Swing Shift일 때의 일의 능률
 F3 : G/Y Shift일 때의 피로
 WT3: G/Y Shift 일 때의 일의 형태
 WA3: G/Y Shift일 때의 일의 능률

3.3 연구가설 및 연구 모형

Hollnagel, 1998;Rasmussen, 1998은 인적오류의 사고는 산업사고에서 50~80%을 차지하고 있다고 한다. 그중에 사고의 직, 간접원인으로 인적요인으로 분석되고 있다. 인적요인중에 수행영향인자가 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

한국가스 안전공사에서는 수행 영향인자를 레벨1에서 4개의 인자(직무환경, 직무특성, 작업자 특성, 조직 및 사회적 요소) 잡고 레벨2에서 9개의 수행영향인자를 잡고 있는 사례도 있다.

반도체 산업에서는 수행영향인자를 레벨1에서 3개를(피로, 일의 형태, 일의 능률)로 잡고 레벨 2를 14개를 잡고 다음과 같은 가설을 설정한다.

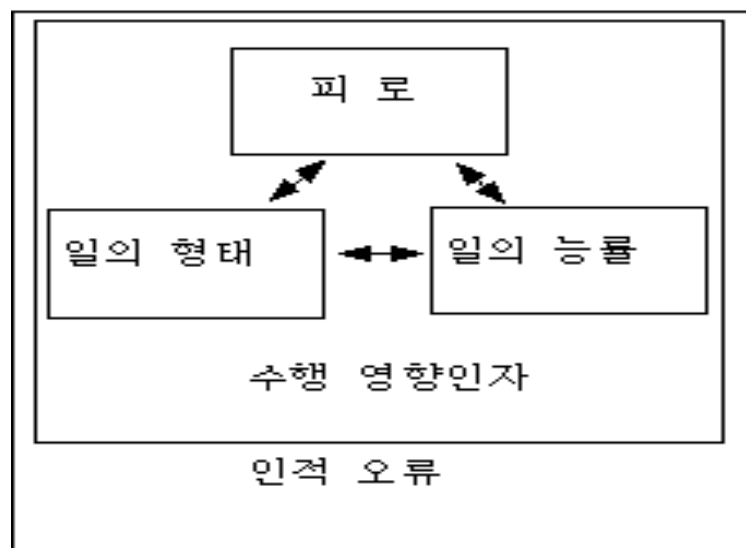
가설1.반도체 산업에서의 인적요인은 현장에서의 인적오류와의 상관관계가 있다.

1-1.교대직간의 피로에 대한 인적요인은 인적오류와의 상관관계가 있다.

1-2.아침근무의 교대에서의 피로와 일의 형태와 일의 능률간의 상관관계가 있다.

1-3.점심근무의 교대에서의 피로와 일의 형태와 일의 능률간의 상관관계가 있다.

1-4.야간근무의 교대에서의 피로와 일의 형태와 일의 능률간의 상관관계가 있다.



[그림1] 연구 모형

3.4 수행영향 인자의 요인분석

일반적으로 요인분석은 관찰된 요인변수들을 1차적인 관계를 가지는 몇 개의 잠재 변수로 나타내는 것으로 일반적인 식으로 표시하면

$$x-\mu = b_{i1}F_1 + b_{i2}F_2 + \dots + b_{in}F_n + \epsilon_i$$

$$i=1,2,3 \dots n \text{이고 정리하면 } x-\mu = BF = \epsilon'$$

위와 같은 가정에서 x_i 의 분산은

$$\text{Var}(x_i) = b^2_{i1} + b^2_{i2} + \dots + b^2_{ip} + \sigma^2_i$$

σ^2_i 를 특정분산, $B_i^2 = b^2_{i1} + b^2_{i2} + \dots + b^2_{ip}$ 을

공통요인분산, x_i 와 F_i 의 상관관계는

$\text{Cov}(x_i, F_i) = b_{ij}$ 가 된다.

x 와 F 의 상관관계를 상관계수 (ρ : Correlation Coefficient)로 두변수 사이의 선형성을 수치로 해서 P 값을 알 수 없지만 표본으로 추정된 표본 상관계수 r 을 ρ 의 추정치로 이용한다.

$$\rho = r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

로 ($-1 \leq r \leq 1$)로 r 의 값에 양, 음 상관관계 없음을 알 수 있다. 또한 ANOVA를 통해 $y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij} = u + (u_i - u) + \epsilon_{ij} = u + \alpha_i + \epsilon_{ij}$ 의 형태로 μ 의 전체 모형급과 $\alpha_i = \text{수준 } i \text{에서의 모평균 } u_i$ 가 전체 모평균 u 로부터 어느 정도 치우쳤는지를 수치로 알 수 있고, $\epsilon_{ij} = i$ 번째 수준의 j 번째 반응값이 갖는 오차로 서로 독립이고, $N(\phi, \sigma^2)$ 인 확률변수를 나타낸다.

* 기호에 대한 정의

X: 주성분 분석요인(이분변수),

Y: 주성분 분석요인(다른변수)

\bar{x} : 관찰전체에 대한 계산된 X 값의 평균

\bar{y} : 관찰전체에 대한 계산된 Y 값의 평균

u: 전체 모평균, i: 계수

b, f: 요인의 고유값, B, F: 요인의 대표값

4. 피로와 수행영향인자의 검정결과

4.1 표본의 측정에 대한 타당성

본 연구는 측정된 지표에 대한 상관관계를 도출하기 위하여 Mini-TAB <7.0>에서 Pearson's의 상관분석을 통해 요인간의 관련정도를 분석하는 것으로 산점도와 상관계수 및 요인간의 유의차를 분석하고자 했다. 또한 요인간의 관련정도를 보는 것으로 상

관 분석중에 산점도로 주요인간의 변수를 대략적으로 파악하고자 했고, 상관 계수를 통해 1에 가까운 선형성을 양과 음의 관계에서 1을 중심으로 고찰하였고, Pearson's 상관관계는 p-value를 유의수준(α)0.05로 한다면 0.05보다 작아야 유의차가 있는 것으로 결론을 내렸다. 즉 상관관계가 있다.라고 판단했다.

<표4>에서 피로에 대하여 shift간의 선형성측면에서 보면 S/W 에서의 신체적과 G/Y 때의 환경적,심리적,신체적인 부분이 약한 음의 산점도를 나타내고 있으며, 나머지 요인들은 약한 양의 산점도를 나타내고있다.

상관계수는 모수가 적어 전반적으로 크게 영향을 미치는 것으로 보기에에는 어려움이 있는 것으로 판단된다. Day에서 상관관계의 유의차가 있는것은 외부적,환경적 인자이고, S/W때에는 신체적, 환경적,외부적 인자가, G/Y에서는 환경적, 신체적 인자로 나타났다.

<표5>에서 보면 아침 근무조(Day Shift)는 아침06:00~ 14:00까지 근무임으로 수행영향인자를 보면 산점도측면에서 보면 전반적으로 약한 양의 관계를 나타내고 있지만 일부에서는 프로세스, 리스크, 조직에서는 약한 음의관계를 나타내고 있다. 상관계수는 모든 계수가 0.2이하로 크게 영향을 끼치는 정도는 미약하고 피로에서는 설비와의 상관관계가 있고, 일의 형태에서는 설비와 의사전달, 관리와 의사전달, 프로세스, 설비가 보이고, 일의 능력에서는 행동과 의사전달, 프로세스, 설비, 작업과의 상관관계가 있는 것으로 나타나고 있다.

<표4> 피로(F)의 Shift간의 상관관계

	F1-1	F1-2	F1-3	F1-4	F2-1	F2-2	F2-3	F2-4	F3-1	F3-2	F3-3
F1-2	0.023 0.840										
F1-3	0.194 0.085	0.087 0.444									
F1-4	0.009 0.935	-0.009 0.937	-0.078 0.489								
F2-1	-0.174 0.124	0.233 0.038	0.025 0.829	0.101 0.371							
F2-2	-0.087 0.445	0.070 0.540	-0.108 0.340	0.028 0.808	0.074 0.515						
F2-3	-0.015 0.894	0.187 0.097	-0.100 0.380	0.072 0.526	0.231 0.039	0.217 0.053					
F2-4	-0.122 0.281	-0.088 0.439	-0.058 0.610	-0.080 0.479	0.022 0.847	0.152 0.179	0.167 0.138				
F3-1	-0.148 0.191	-0.096 0.399	-0.108 0.339	-0.086 0.450	0.065 0.570	0.253 0.023	0.118 0.297	0.133 0.241			
F3-2	0.146 0.195	0.097 0.392	-0.110 0.331	0.047 0.681	0.103 0.362	0.023 0.840	0.125 0.270	-0.069 0.544	-0.008 0.946		
F3-3	0.048 0.672	-0.090 0.430	-0.036 0.751	-0.014 0.903	0.078 0.490	0.001 0.992	0.034 0.766	0.142 0.209	0.528 0.000	0.149 0.189	
F3-4	-0.048 0.671	-0.117 0.301	-0.067 0.556	0.065 0.567	0.068 0.547	0.123 0.278	-0.000 1.000	0.103 0.364	0.065 0.569	0.140 0.216	0.211 0.061

<표5> Day shift 피로, 일의 형태, 일의능력 상관관계

	F1-1	F1-2	F1-3	F1-4	WT1-1	WT1-2	WT1-3	WT1-4	WT1-5	WA-1	WA-2	WA-3	WA-4
F1-2	0.023 0.840												
F1-3	0.194 0.085	0.087 0.444											
F1-4	0.009 0.935	-0.009 0.937	-0.078 0.489										
WT1-1	-0.221 0.049	0.070 0.539	0.053 0.642	0.150 0.184									
WT1-2	-0.181 0.107	0.022 0.848	-0.134 0.235	-0.024 0.834	0.212 0.060								
WT1-3	-0.020 0.858	0.012 0.918	-0.119 0.293	-0.035 0.756	-0.093 0.414	0.206 0.067							
WT1-4	0.172 0.127	0.166 0.140	0.186 0.099	-0.193 0.085	0.081 0.475	0.289 0.009	0.085 0.451						
WT1-5	0.168 0.137	0.216 0.054	0.003 0.981	-0.148 0.189	-0.001 0.992	0.227 0.043	0.293 0.008	0.426 0.000					
WA1-1	0.162 0.152	0.164 0.146	0.214 0.056	-0.170 0.131	0.006 0.960	0.180 0.109	0.111 0.327	0.074 0.515	0.119 0.291				
WA1-2	0.021 0.852	-0.176 0.118	-0.044 0.698	-0.025 0.829	-0.090 0.427	-0.084 0.460	0.158 0.162	0.103 0.362	-0.009 0.938	-0.021 0.855			
WA1-3	0.152 0.179	0.031 0.784	0.148 0.191	0.040 0.725	0.135 0.232	0.009 0.934	-0.016 0.886	-0.117 0.301	-0.047 0.681	-0.001 0.992	-0.242 0.031		
WA1-4	0.231 0.040	-0.034 0.768	0.095 0.403	-0.120 0.290	-0.079 0.488	0.228 0.042	0.364 0.001	0.258 0.021	0.205 0.068	0.322 0.004	0.071 0.533	0.005 0.968	
WA1-5	0.199 0.077	0.046 0.687	-0.126 0.265	-0.162 0.150	0.114 0.313	-0.061 0.591	0.063 0.580	0.022 0.846	0.096 0.397	-0.005 0.965	-0.103 0.364	0.190 0.092	0.191 0.090

<표6> S/W shift 피로, 일의 성격, 일의능력 상관관계

	F3-1	F3-2	F3-3	F3-4	WT3-1	WT3-2	WT3-3	WT3-4	WT3-5	WA3-1	WA3-2	WA3-3	WA3-4
F3-2	-0.008 0.946												
F3-3	0.528 0.000	0.149 0.189											
F3-4	0.065 0.569	0.140 0.216	0.211 0.061										
WT3-1	0.089 0.434	0.075 0.506	0.203 0.071	0.292 0.009									
WT3-2	0.168 0.136	0.247 0.027	0.175 0.121	0.376 0.001	0.068 0.552								
WT3-3	0.202 0.073	-0.030 0.789	0.300 0.007	-0.013 0.908	-0.121 0.285	-0.036 0.754							
WT3-4	0.436 0.000	0.197 0.080	0.523 0.000	0.111 0.327	0.203 0.071	-0.110 0.331	0.164 0.147						
WT3-5	0.155 0.169	-0.119 0.291	0.495 0.000	0.087 0.444	-0.018 0.877	0.185 0.101	0.238 0.034	0.087 0.442					
WA3-1	0.037 0.744	0.212 0.059	0.297 0.007	0.150 0.183	0.044 0.696	0.051 0.652	0.245 0.028	0.395 0.000	0.154 0.171				
WA3-2	0.007 0.951	-0.008 0.945	-0.022 0.843	-0.100 0.376	-0.081 0.474	-0.087 0.440	-0.139 0.220	-0.003 0.981	0.067 0.552	0.062 0.583			
WA3-3	-0.141 0.212	-0.066 0.558	-0.012 0.919	0.102 0.368	-0.063 0.578	-0.115 0.310	-0.185 0.100	-0.246 0.028	0.108 0.342	-0.016 0.888	0.021 0.855		
WA3-4	0.186 0.098	0.032 0.779	0.269 0.016	0.103 0.364	0.064 0.571	0.041 0.717	0.049 0.667	0.360 0.001	0.168 0.136	0.248 0.027	-0.177 0.116	-0.100 0.377	
WA3-5	0.219 0.051	-0.106 0.347	0.075 0.507	-0.018 0.872	0.101 0.372	-0.021 0.853	0.049 0.668	0.037 0.747	0.072 0.524	-0.036 0.752	0.136 0.229	-0.051 0.655	0.107 0.346

<표7> G/Y shift 피로, 일의 성격, 일의능력 상관관계

F2-2	F2-1 0.074 0.515	F2-2	F2-3	F2-4	WT2-1	WT2-2	WT2-3	WT2-4	WT2-5	WA2-1	WA2-2	WA2-3	WA2-4
F2-3	0.231 0.039	0.217 0.053											
F2-4	0.022 0.847	0.152 0.179	0.167 0.138										
WT2-1	-0.176 0.119	-0.055 0.626	0.144 0.202	0.151 0.181									
WT2-2	-0.004 0.969	0.014 0.901	0.202 0.072	0.167 0.016	0.496 0.000								
WT2-3	0.068 0.551	-0.121 0.284	0.021 0.851	-0.108 0.340	0.194 0.085	0.201 0.074							
WT2-4	0.048 0.675	0.108 0.342	0.567 0.000	0.227 0.043	0.364 0.140	0.053 0.001	0.642						
WT2-5	-0.016 0.887	-0.098 0.388	0.172 0.127	0.078 0.494	0.282 0.011	0.445 0.000	0.018 0.875	0.243 0.030					
WA2-1	-0.063 0.581	-0.042 0.709	-0.008 0.947	-0.200 0.075	0.077 0.498	0.087 0.441	0.221 0.049	0.043 0.703	0.201 0.073				
WA2-2	0.021 0.853	0.108 0.340	-0.001 0.991	-0.088 0.438	0.209 0.063	-0.012 0.917	-0.045 0.690	-0.002 0.988	-0.017 0.878	-0.002 0.985			
WA2-3	-0.033 0.773	0.039 0.729	0.101 0.371	-0.174 0.122	0.106 0.348	-0.055 0.628	-0.043 0.708	-0.105 0.352	0.022 0.848	-0.066 0.562	0.097 0.394		
WA2-4	0.011 0.921	0.011 0.921	0.136 0.228	0.003 0.982	-0.175 0.120	-0.096 0.399	0.102 0.369	0.189 0.094	0.062 0.583	-0.024 0.833	-0.175 0.122	-0.093 0.411	
WA2-5	0.306 0.006	0.077 0.500	0.091 0.422	0.176 0.118	-0.200 0.076	0.061 0.592	0.144 0.203	-0.025 0.825	0.105 0.354	0.045 0.690	-0.074 0.512	-0.136 0.229	0.310 0.005

<표8> DAY,S/W,G/Y shift 수행영향인자의 유의수준

	F-1	F-2	F-3	F-4	WT-1	WT-2	WT-3	WT-4	WA-1	WA-2	WA-4	
F-3	●0.000 ○0.039											신체적
WT-1				●0.009								HMI
WT-2		●0.027		●0.001 ○0.016	○0.000							의사전달
WT-3			●0.007									프로세스
WT-4	●0.000		●0.000 ○0.000			★0.009 ○0.001						설비
WT-5			●0.000		○0.011	★0.043 ○0.000	★0.008	★0.000 ○0.030				관리
WA-1			●0.007				●0.028	●0.000				작업
WA-3										★0.031		조직
WA-4	★0.040					★0.042	★0.001	★0.021 ●0.001	★0.004 ●0.027			행동
WA-5											○0.005	능력
	환경적	외부적	신체적	심리적	HMI	의사전달	프로세스	설비	작업	리스크	행동	

★:DAY,○:S/W,●:G/Y

<표6>에서 보면 점심 근무조(Swing Shift)는 오후14:00~22:00까지 근무임으로 수행 영향인자를 보면 전반적으로 약한 양의관계로 나타나지만 일부 작업, 리스크, 조직 에서는 약한 음의관계 산점도를 보이고 있다. 상관계수는 0.4이상인 나타남으로 요인간의 선형성을 가지는 인자가 다소 유의차가 떨어짐을 나타내고 있다. 피로에서는 신체적과 환경적이 나타나고 일의형태에서는 의사전달과 HMI이 나타나고, 설비와 의사전달, 관리와 HMI, 의사전달, 설비가 상관관계가 나타나고, 일의능률은 능력과 행동 나타나고 나타났다.

<표7>에서는 야간 근무조(G/Y)는 산점도 측면에서는 전반적으로 약한 양의관계를 보이지만 특히 프로세스,리스크, 조직에서는 약한 음의 관계를 보이고 있으며, 상관계수는 0.4이상으로(환경과 설비, 관리와 심리적)으로 나타나고 있어 다소 유의차가 떨어짐을 나타내고 있다. 상관관계의 유의차는 피로에서는 환경, 신체적으로 나타나고 있다.

일의 형태에서는 다른 SHIFT에서 볼 수 없었던 모든 영향인자가 상관관계가 있는 것으로 일의 형태는 HMI과 피로의 심리적, 의사전달과 피로의 외부적, 심리적인관계로, 프로세스와 피로의 신체적로, 설비와 피로의 환경적, 신체적으로 보이고, 관리와 프로세스가 상관관계가 있음으로 나타났다.

일의능률은 작업과 피로의 신체적, 프로세스, 설비로 보이고, 행동과 설비, 작업의 상관관계가 있음으로 나타났다.

4.2 가설검증에 대한 요인 분석

본 연구는 가설검증을 위해 수행 영향 인자간에 상관 관계만 고려함으로서 회귀분석을 생략하였다. 독립변수와 종속변수의 관계를 검토한 것이 아니라 Mini TAB으로 통계분석기법으로 상관관계의 수행영향인자 중심으로 분석함으로 선형성과 상관관계 연관성을 보았다.

$\alpha=0.05$ 기준으로 볼 때 두변수들간에 상관관계가 있는 것을 분석 했을때를 가설을 정리해 본다.

가설1에서 언급한 피로(환경적 ,외부적, 신체적, 심리적)와 일의 형태(H-M-I, 의사전달, 프로세스, 설비,관리)와 일의 능력(작업, 리스크, 조직, 행동, 능력)의 상관관계를 실시하였다.

그 결과 < 표8>에서 보듯이 가설1-1,1-2,1-3,1-4와의 상관관계는 있는 것으로 나타났다.

가설1-1의 피로에 대한 상관관계의 유의차를 있음을 정리한다.

- 1)Day 외부적* S/W 환경적:F1-2*F2-1
- 2)S/W 환경적 * S/W 신체적:F2-1*F2-3
- 3)S/W 외부적 * G/Y 환경적:F2-2*F3-1
- 4)G/Y 환경적 * G/Y 신체적:F3-1*F3-3 나타났다.

가설1-2의 Day Shift에서의 피로와 일의 형태와 일의 능률의 상관관계의 유의차가 있음을 정리한다.

- 1)외부적*행동:F-2*WA-4
- 2)의사전달*(설비, 관리, 행동):WT-2*(WT-4, WT-5, WA-4)
- 3)프로세스*(관리, 행동):WT-4*(WT-5, WA-4)
- 4)설비*(관리, 행동):WT-3*(WT-5, WA-4)
- 5)작업*행동:WA-1*WA-4
- 6)리스크*조직:WA-2*WA-3 로 나타났다.

가설1-3의 Swing에서는 피로와 일의 형태와 일의 능률의 상관관계의 유의차가 있음을 정리한다.

- 1)F-1*F-3 :환경적* 신체적,
- 2)F-3*WT-4:신체적 *설비,
- 3)F-4*WT-2: 심리적*의사전달,
- 4)WT-1*(WT-2, WT-5):HMI*(의사전달, 관리),
- 5)WT-2*(WT-4,WT-5);의사전달*(설비, 관리)
- 6)WT-4 * WT-5 :설비*관리
- 7)WA-4*WA-5:행동*능력 으로 나타났다.

가설1-4의 G/Y에서는 피로와 일의 형태와 일의 능률의 상관관계의 유의차가 있음을 정리한다.

- 1)환경적*(신체적,설비): F1*(F3, WT-4),
- 2)외부적*의사전달:F2*WT-2;
- 3)신체적*(프로세스,설비,관리,작업):F3*(WT-3, WT-4, WT-5 , WA-1),
- 4)심리적*(HMI,의사전달):F4*(WT-1,WT-2), 5)프로세스*(관리,작업):WT-3*(WT-5, WA-1), 6)설비*(작업,행동):WT-4*(WA-1,WA-4),
- 7)작업*행동:WA-1*WA-4,것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구는 국내 반도체에 관련된 인적 오류와 인적 요인에 대한 교대직 근무자의 피로와 일의 형태와 일의 능력에 대하여 수행 영향 인자 간에 어떤 상관관계가 있는지를 규명하고자 한 연구이었다.

첫 번째, 피로에 대한 shift간의 상관관계는 외부적,환경적과 환경적,신체적인 상관관계가 인적오류에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

아침근무때(Day)는 피로와 일이 형태와 일의능률은 반도체 산업의 근로자의 여사원들은 90%이상이 기숙사 생활로 신체적 리듬과 24시간 설비가 가동되는 환경속에서의 외부적 요인과 설비와 교대직의 행동이 의사전달과 작업이 크게 좌우되고 있음을 나타냈고, 관리의 요소가 분석되었다. 특히 일의 형태와 일의능률의 요인들이 집중되어 있음을 알 수 있다.

점심근무조(S/W때)는 교대직의 현장에서의 설비중심과 생산중심으로 교대직의 권한 위임과 일에 대한 선택과 집중이 요구되는 사항으로 나타났다. Shift별로 보면 생산량의 달성율을 보면 S/W때가 가장 많이 올라가는 것도 여기와 연관성이 없는 것은 아니다.

또한 일의 형태의 요인이 집중되어 있음으로 나타났다.

저녁근무조(G/Y때)는 환경적,외부적, 신체적, 심리적,설비, 작업과 신체적, H-M-I, 의사전달, 프로세스, 설비, 관리, 작업, 행동은 상관관계의 유의차가 있는 것으로 나타났다. 특히 그 어느 시프트보다 피로와의 상관관계요인이 두드러짐으로 나타났다.

두 번째는 수행영향인자와 요인 간의 연구결과를 종합 해보면 다음과 같다.

첫째, 인적오류와 인적요인과 인간의 실수는 인자들간의 서로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉 인자의 상관관계의 유의차가 미치는 것으로 나타났다. 수행영향인자에 대한 교대직에 대한 피로에 대한 4개인자와 일의 형태에 대한 5개 인자와 일의 능력에 대한 5개 인자를 인적오류측면에서 근무자들이 인적요인에 대하여 의식을 높이고 안전 분위기를 유도하고, 엔지니어,작업자의 안전에 대한 행동과 설비중심의 현장관리가 된다면 안전성과를 극대화 할 수 있다.

둘째, 또한 안전한 현장의 분위기와 인적사고를 예방하고, 개선하기 위해서는 교대직에 대한 신체적 리듬의 활성화 프로그램과 의사전달, 프로세스에 대한 명확한 지시와 운영관리가 병행되고, 설비중심의 행동과 작업이 표준서로 운영, 관리된다면 실수, 에러유발의 잠재요소를 최소화 할 수 있다.

마지막으로 안전한 사업장과 안전한 현장중심의 위해 요소를 지속적으로 관리, 프로세스화 하고 중요항목을 선정해서 사람중심의 위험평가 및 등급을 체계화하고 직무분석을 사람중심으로 향상시키고, 지속적으로 개선하기 위해 전사원의 안전의식과 문화를 구축하는 인식을 가진다면 안전한 사업장이 되리라 본다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 이순목, 요인분석I, pp 41, 학지사, 1995.
- [2] 채구목, 사회과학 통계분석, pp 314, 양서원, 2005.
- [3] 김대호, 윤영수, 이용희, 원자력발전소 교대근무자의 작업부하 균형을 위한 휴리스틱 일정관리 기법, Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol.25, No.4 , pp. 2 , 2006.
- [4] 윤용구, 반도체 산업재해분석 및 예방 Model 개발, 아주 대학교 석사 학위논문, pp. 1~3, 2002.
- [5] 이동호, 박동현, 배성규, 허국강, 안전관리의 유형별 특성에 관한 연구, pp.11, 한국 안전학회지, 2000.
- [6] 유유연, 정서일, 강경식, 이동훈, 이경식,조영도, DEA기법을 활용한 안전관리자의 운영 효율성 평가, 대한안전 경영과학회지, 제9권, 제5호, pp. 17, 2007.
- [7] 이승원, 임현교, 철도 입환작업 중의 인적사고요인에 대한 인지과학적 분석, 한국안전학회지, 제20권, 4호, pp. 118, 2005.
- [8] 조중재, 한정혜, 박병선, SAS통계자료분석, pp. 75~80, 교우사, 1997.
- [9] 정낙경, 김홍, 한국 반도체관련 산업의 사업장 안전분위기와 근로자들의 안전행동에 관한 실증적연구, Journal of the KOSOS, Vol.23, pp 2, 2008.
- [10] 한국가스안전공사 시설 연구실, 인적오류 분석기술 개발, 한국가스 안전공사, pp.7, 2002.
- [11] A.Hopkins, What are we to make of safe behaviour programs?, Safety Science, Vol.44., pp. 583~597, 2006.
- [12] Anne Marie Feyer, Ann M.Williamson, David R Cains, the involvement of human behaviour in occupational accident:errors in context, Safety Science, Vol.25.No.1~3, pp.55~65, 1997.
- [13] Catherine Hethering, Rhana Flin, Safety in Shipping:The human Element, pp403, Journal of Safety Research 37, 2006.
- [14] P.C .Cacciabue,Modeling and Simulation of Human Behaviour for Safety Analysis and Control of complex system, Safety Science, Vol . 28 .No 2, pp. 97~110, 1998.
- [15] Sonia M, Pedroso Goncalves, Silvia Agostinho da Silva, Maria Luisa Lima, The impact of work accident experience on causal attribution and worker behaviour, Safety Science46, pp.994~ 1001, 2008.
- [16] S.Larson,A. Pousette, M.Torner, Psychological climate and Safety in the Construction industry -mediated in influence on Safety behaviour, Safety Science 46, pp.405~412, 2008.