

설비 운영의 에러 분석을 통한 인자 및 모델연구
-반도체 산업중심-

The study on factor and model through error
analysis to equipment operation
(Focused on the Semiconductor industry)

윤 용 구**박 범**

Yoon Yong Gu**Park Peom**

Abstract

Semiconductor industry is based on equipment industry and timing industry. In particular, semiconductor process is very complex and as semiconductor-chip width tails and is becoming equipment gradually more as a high technology. Equipment operation is primarily engaged in semiconductor manufacturing (engineers and operator) of being conducted by, equipment errors have also been raised.

Equipment operational data related to the error of Korea Occupational Safety and Health Agency were based on data and production engineers involved in the operator's questionnaire was drawn through the error factor. Equipment operating in the error factor of 9 big item and 36 detail item detailed argument based on the errors down, and 9 big item the equipment during operation of the correlation error factor was conducted. Each of the significance level was correlated with the tabulation and analysis. Using the maximum correlation coefficient, the correlation between the error factors to derive the relationship between factors were analyzed.

Facility operating with the analysis of error factors (big and detail item) derive a relationship between the model saw. The end of the operation of the facility in operation on the part of the two factors appeared as prevention. Safety aspects and ergonomics aspects of the approach should be guided to the conclusion.

Keywords: error factor, equipment operation, correlation, semiconductor manufacturing, safety management, error model

* 삼성전자

** 아주대학교 산업시스템공학과

1. 서 론

반도체산업은 전 세계적으로 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 반도체산업은 위험성에 대하여 수많은 리스크를 가지고 있다. 안전의 위험성에 대하여 노출시 막대한 인적, 물적 피해를 가져올 수 있다. 특히 반도체 산업은 설비중심의 제조생산을 하고 있어 이를 위해 설비중심의 안전관리를 집중화시켜 나갈 필요가 있다.[1]

우리나라 전체 산업의 재해자수는 근로자가 증가하면서 2000년의 68,967명에서 2007년에는 90,147명으로 증가하였다. 또한 재해자의 천인율의 경우 2000년 7.27명에서 2007년에는 7.20명으로 감소하였으나 산업별 분포로는 제조업이 전체재해의 37.85%로 가장 높은 것에 비하면 근본적인 개선은 아직은 미흡한 실정이다.. 사망자수도 2000년에는 전체 산업의 2,528명(천인율: 0.267)에서 2007년도 2,406명(천인율: 0.19)으로 감소는 되었지만, 전체 근로자수의 비례하면 개선이 이루어지지 않고 있는 것으로 나타났다.[2]

제조업 재해의 경우 전체 산업에서 차지하는 재해사고의 비중은 2000년의 48.4%를 기점으로 2000년 이후에는 40% 상회하는 것으로 나타났으며 2000년의 재해 천인율은 12.13에서 2007년에는 11.02로 일부 감소되었지만 천인율은 제조업이 전체 산업 비하여 0.65배 정도 높은 증가율을 보여 심각한 수준으로 나타나고 있다.

제조업 재해에 따른 사망자의 비중은 23.8%에서 25.2 %에 이르는 것으로 나타나, 다른 산업에 비해 재해강도가 높음을 알 수 있다. 전체 산업의 사망자 천인율은 0.21~0.28 수준인데 비해 제조업의 경우 0.15~0.20 나타나고 있다.[2]

제조업 재해가 다른 산업에 비해 재해율에 대한 수준이 심각한 것은 제조업의 차별성이 다양하기 때문이다. 이것은 1차, 2차, 3차 산업에 의한 작업자의 환경, 연령, 작업 시간 및 작업의 여건에 따라 많은 영향을 받기 때문이고, 작업 형태나 작업자의 행동에 의해 재해의 위험성을 가지고 있다고 볼 수 있다.

반도체 산업은 장치 산업이고 설비중심의 가동으로 운영하고 있고, 각종 가동부에 조작의 위험성과 에로를 동반하고 있고 설비조작에 대한 에러인자를 도출하여 에러를 최소화하기 위한 방법을 제안하고자 한다.

2.연구 내용 및 방법

2.1 이론적 배경

국내에서 산업의 재해원인에 대한 근원적으로 분석한 연구를 살펴보면, 윤용구는 건설업과 제조업은 중대재해 발생형태와 기인물에 대한 재해원인에 대한 안전점검과 관

리감독을 수반하면 절반이상을 예방할 수 있다고 주장하고 있다. [3]

Hollnagel, 1998; Rasmussen, 1998은 인적오류의 사고는 산업사고에서 50~80%을 차지하고 있다고 한다. 그중에 사고의 직, 간접원인으로 인적요인으로 분석되고 있다. 인적요인 중에 수행영향인자가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. [4]

한국가스 안전공사에서는 수행 영향인자를 레벨1에서 4개의 인자(직무환경, 직무특성, 작업자 특성, 조직 및 사회적 요소) 중심으로 레벨2에서 9개의 수행영향인자를 중요인자를 운영하는 사례도 있다.[5]

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

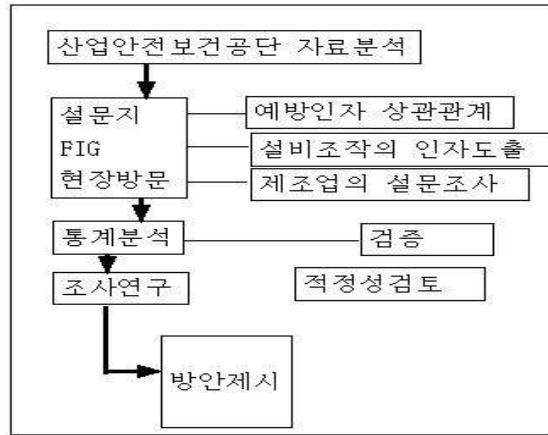
또한 설비에 대한 안전평가에 대한 설비조작에 대한 에러에 대한 분석이 미비한 상태이고 비율분석도 종전의 분석을 살펴보면 에러의 분석은 오조작과 조작미비와 조작미숙과 조작부지와 기타 등으로 주장되고 있다. 반도체는 장치 산업으로서 설비에 대한 조작은 설비엔지니어가 운영하고 관리, 가동을 하고 있어 사람의 의존성이 크기 때문에 조작에 대한 예방인자에 대한 도출과 인자에 대한 평가가 시급한 상태이다.

Hoss는 예방차원에서 인간의 오류에 대하여 분석 하였는데 항공기의 사고는 엔진의 50%이상이고 유지보수의 에러는 12%에 달하고 있다고 하면서 이에 대한 대책은 사고와 준사고와 에러에 대한 분석을 해서 안전의 정의를 정확하게 하고 중대재해와 사건에 추가해서 실패에 대한 탐지를 시스템으로 가야한다고 주장하고 있다.[6]

Heinrich는 사고의 원인은 88%가 인간의 오류에 의해 기인된다고 주장하고, Bahr는 역시 인간의 오류가 80~90%가 인간의 오류에 기인된다고 하고 있다.[7]

J. Nouri는 설비에 대한 개인의 위험성 노출과 불안정한 행동은 각각 12.8%와 10.1%로 주장하고 있으며 대책으로는 종업원의 개인적인 코드와 일일 행동에 대한 관찰과 시간당 관찰을 강화해야 한다고 주장하고 있다.[8][9]

P.C.Caciabue는 인간-기계의 작용(HMI: Human Machine Interaction)에서는 국부적인 일의상태와 외적인 요인에서는 복합관계 요인의 정립이 되어야 한다고 강조하고 있다. [10] 대책으로 인간공학측면에서 적절한 접근의 평가가 되어 요인이 안전한 상태로 가야 한다고 주장하고 있다. 기계인 설비에 대한 조작도 인간과 기계와의 상호작용으로 반영되어야 한다고 주장하고 수행에 대한 오류와 생략에 대한 오류를 두개의 부정확과 정확의 벨류에서 정확의 벨류와 정확의 상태로 이어지고 정확한 대안의 형태로 이어져 행동의 형태로 가야 한다고 주장한다.[11]



<그림1> 예방인자 도출을 위한 흐름도

2.2 에러인자의 추진 방안

에러를 최소화하기 위하여 설비조작의 에러인자를 평가하는 것은 매우 중요하며, 반도체 산업에서는 장치산업으로 설비에 대한 의존도가 상당히 높고, 설비조작으로 인한 안전사고의 잠재성이 높고, 집중관리가 필요한 사항으로 에러인자를 도출해서 반도체 산업의 설비중심의 재해방지 및 안전관리 및 인적오류를 예방하는데 결정적인 요소가 될 것이다.

설비에 대한 조작의 에러인자를 통해 인자의 상관관계를 도출함으로써 설비조작으로 인한 인적오류에 대한 연구의 기반이 될 것이다. 결국 에러에 대한 설비조작의 에러인자의 평가에 대한 흐름도는 <그림 1>과 같다.

2.3 설비운영에 대한 에러인자

<표1> 에러인자 기준표

조작명	기호	문항수	문항내용
설비부위별	A	5	Loader, Chamber, Computer, Gas/Chemical 부의 발생여부
양립성	B	3	운동, 공간, 개념, 이상의 조작정도
에러형태	C	4	시간, 수행, 순서, 생략에서의 에러발생
힘의 형태	D	4	누름, 돌림, 내림/올림, 좌우 조작 사용 정도
기인물의 형태	E	4	Switch, Knob, Handle, Screw에서 발생정도
인지의 형태	F	3	시각, 청각, 감각의 운영 여부
작업 형태	G	4	작업절차, 환경, 안전, 역할의 수행여부
설비동작 원인	H	4	정기적, 시스템, 하드웨어, 소프트웨어 발생여부
설비 결함 원인 총 계	I	4	부하, 기준이탈, 동작이탈, 누수 발생여부 35

설비의 에러를 최소화하기 위하여 설비부위별은 웨이퍼가공하기 위한 전 단계와 진행단계와 진행후인 단계로 나누고 거기에 설비별로 유니트로 되어 있는 부분을 나누고 설비 엔지니어 및 작업자가 조작을 하기 위해 에러로 노출되어 있는 설비 운영의 부위별, 작업별, 운영별 구분하여 설비 운영의 에러율이 어느 정도 빈번하게 발생하고 있는지를 분석했다.

이에 준해 조작에 필요한 인간공학적인 측면과 설비 운영에 필요한 작업에 대한 에러 및 작업자의 인지와 힘의 모멘트가 운영에 어떤 빈도를 나타내고 있는지를 분석하고 조작에 대한 상관관계와 세부적인 상관관계를 분석해 봄으로서 에러율을 최소화하기 위한 방법을 모색하기 위한 분석이다.

설비중심의 조작에 대하여 에러인자로 도출해 분석하고 여기에 대한 에러인자를 집중적을 실시함으로써 에러중심의 예방 대책을 세우고자 실시한 결과이다.

2.4 연구 대상 및 범위

표본의 특성을 살펴보면 성별은 남성(183명), 여성(21명)으로 응답자가 남성이 많았으며, 연령대는 20대 (132명), 30대가 (41명), 40대가(31명)로 이루어 졌다. 98% (200명)가 고졸이상의 학력이었다. 응답자의 76%(156명)아직 기혼이었고, 미혼24%(48명)이었다. 엔지니어가 91%(186명)이었고, 작업자 45%(9명)이었으며, 엔지니어 관리자 및 제조 관리자 2.5%(5명)이었으며, 계측기의 검사자는 2%(4명)이었다.

근무 년수는 작업자는 100%(204명) 3년 이상의 현장 근무경험을 가지고 있었으며, 한 사업장을 중심으로 20일간 실시 하였으며, 9개 문항의 35개 세부사항으로 설문조사를 실시하였고, 5등급도법으로 작성하고 수행하였다. 다만 예비조사시 9개 문항에 대한 검토를 한결과 16개의 문항중에 빈도수가 적은 항목의 7개는 제거하고 9개로 추진하고, 재차 설문결과를 수행하였다.

2.5 연구 가설 및 연구 모형

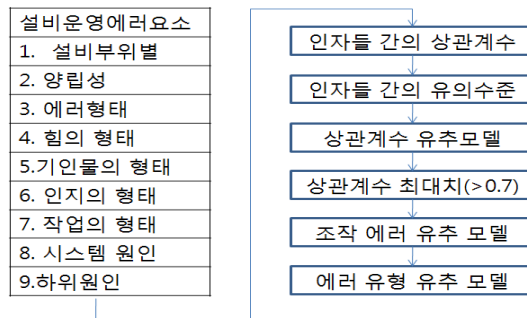
설비에러에 대한 에러인자에 대하여 연구가 수행되고 있지만 일반적 에러인자에 대하여 나타나고 있지는 않고, 다만 안전 분위기 요소로 나타내고 있다. 연구결과는 선행연구 결과 안전 분위기는 작업자의 안전행동에는 유의한 영향을 미친다고 나타내고 있다.[13]

본 연구는 설비에러의 인자에 대하여 전문가와 FGI에 의해 인자를 도출해 다음과 같이 가설을 설정해 본다.

가설1.반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비 운영시 에러인자에 유의한 영향을 미칠 것이다.

- 1-1. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 설비부위별 유의한 영향을 미칠 것이다.
- 1-2. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 양립성이 유의한 영향을 미칠 것이다.
- 1-3. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 에러형태가 유의한 영향을 미칠 것이다.
- 1-4. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 조작자의 힘의 형태가 유의한 영향을 미칠 것이다.
- 1-5. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 기인물이 유의한 영향을 미칠 것이다.
- 1-6. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 인지형태가 유의한 영향을 미칠 것이다.
- 1-7. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 작업형태가 유의한 영향을 미칠 것이다.
- 1-8. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 설비운영이 유의한 영향을 미칠 것이다.
- 1-9. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 설비결합이 유의한 영향을 미칠 것이다.

이러한 가설은 연구모델의 <그림2>와 같다.



<그림2 구조적 모델 유추 흐름도>

3. 사례 연구

본 연구는 측정된 지표에 대한 상관관계를 도출하기 위하여 Mini-TAB <7.0>에서 Pearson's 의 상관분석을 통해 인자간의 관련정도를 분석하는 것으로 상관계수 및 인자간의 유의차를 분석하고자 했다. 또한 인자간의 관련정도를 보는 것으로 상관 분석 중에 두인자간의 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.

3.1 수행영향 인자의 요인분석

일반적으로 요인과 인자를 같은 개념으로 공유하고 요인분석은 관찰된 요인변수들을 1차적인 관계를 가지는 몇 개의 잠재변수로 나타내는 것으로 일반적인 식으로 표시하면[12]

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

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

위와 같은 가정에서 x_i 의 분산은

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

a_i 를 특정분석, $B_i^2 = b^2_{i1} + b^2_{i2} + \dots + b^2_{ip}$ 을 공통요인분선, x_i 와 F_i 의 상관관계는 $\text{Cov}(x_i, F_i) = b_{ij}$ 가 된다.

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

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

로 ($-1 < r < 1$)로 r 의 값에 양, 음 상관관계 없음을 알 수 있다. 또한 회귀분석을 통해 $y_{ij} = \mu_i + e_{ij} = u + (u_i - u) + e_{ij} = u + a_i + e_{ij}$ 의 형태로 μ 의 전체 모형급과 $a_i =$ 수준 i 에서의 모평균 u_i 가 전체 모평균 u 로부터 어느 정도 치우쳤는지를 수치로 알 수 있고, $e_{ij} =$ 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{a} : 관찰전체에 대한 계산된 Y 값의 평균

u : 전체 모평균, i : 계수

b, f : 요인의 고유값, B, F : 요인의 대표값

3.2 표본의 측정에 대한 타당성

본 연구는 측정값에 대한 설정된 변수들에 대하여 요인분석(factor analysis)을 통해

상관관계를 실시함으로 그 결과로 <표2> 설비조작의 에러인자들 간의 상관계수값으로 제시 하였다.상관계수의 값은 0.6 이상이면 최소한의 조건을 갖추었다고 보며, 본연구의 상관계수 중에 0.7이상으로 한 블록(항목의 요인관계)안에 5개의 값으로 상관계수를 집중을 했으나 적은 자료로 검증하기 위한 정확한 분석이 약하여 요인분석의 다수 변수중에 유의수준으로 요인분석을 해서 주어진 정보를 제시 해준다고 본다. 따라서 <표2> 설비조작의 에러인자 들간의 상관계수의 결과를 가지고 선형성에 대한 평가를 하였고<표3> 설비조작의 에러인자들 간의 유의수준을 통하여 결과가 도출되었다. 이것은 유의수준(α)0.05로 0.05보다 작아야 유의차가 있는 것으로 분석한 결과를 <표 2> 설비조작의 에러인자들 간의 상관계수를 **■**함으로 최적의 상관관계를 분석해본다.

<표2> 설비 운영의 에러인자들 간의 상관계수

항 목	요인				요인				요인				요인				요인			
A	A1	Loader부의 발생여부	C	C1	시간에서의 에러발생	E	E1	Switch에서 발생정도	G	G1	작업원자의 수행여부	I	I1	부하의 발생여부						
	A2	Chamber부의 발생여부		C2	수행에서의 에러발생		E2	Knob에서 발생정도		G2	작업원장의 수행여부		I2	기준의 이탈 발생여부						
	A3	Computer부의 발생여부		C3	순서에서의 에러발생		E3	Handle에서 발생정도		G3	작업안전의 수행여부		I3	동작의 이탈 발생여부						
	A4	Gas/Chemical부의 발생여부		C4	생략에서의 에러발생		E4	Screw에서 발생정도		G4	작업역활의 수행여부		I4	누수의 발생여부						
B	B1	운동에서의 조작정도	D	D1	누름의 조작 사용정도	F	F1	시각의 기준 운영여부	H	H1	정기적 발생여부									
	B2	공간에서의 조작정도		D2	돌림의 조작 사용정도		F2	청각의 기준 운영여부		H2	시스템의 발생여부									
	B3	개념에서의 조작정도		D3	내림/올림의 조작 사용정도		F3	감각의 기준 운영여부		H3	하드웨어 발생여부									
	B4	이상의 조작정도		D4	좌우의 조작 사용정도		F4	두가지이상의 기준운영여부		H4	소프트웨어 발생여부									

항 목	A				B				C				D				E				F				G				H				I					
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3	F4	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3	H4	I1	I2	I3	I4		
A																																						
B				0.76																																		
C								0.84	0.75	0.68	0.65																											
D																																						
E																																						
F																																						
G																																						
H																																						
I																																						

<표3> 설비 운영의 에러인자들 간의 유의수준

요인	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A									
B	.848								
C	.045	.001							
D	.442	.569	.468						
E	.013	.071	.008	.146					
F	.536	.000	.027	.007	.000				
G	.003	.000	.000	.033	.000	.002			
H	.116	.000	.622	.154	.000	.000	.777		
I	.191	.040	.051	.000	.000	.000	.001	.000	

가설1에서 언급한 반도체 산업관련 설비 운영에 대한 예방인자를 9개의 조작명으로 유의인자와 상관관계를 분석한 결과 <표3>에서 관계가 있는 것으로 나타났다.

<표4> 설비운영의 에러인자의 유의수준($\alpha > 0.05$)과 에러인자 상관계수 결과

A1	G3	Loader부	작업안전	B3	F2	개념조작	청각기준	E1	I2	switch	기준이탈	F4	G1	두가지 이상	작업절차		
	G4		작업역할	C1	시간에러		G2	작업환경	G4		작업역할						
A2	G4	Chamber부	작업역할	B4	F1	두가지이상	시각기준	E2	H3	knob	하드웨어	G1	I3	작업절차	동작이탈		
	C1		시간에러		F3		감각기준	I4	누수발생		I3		작업절차		동작이탈		
B1	F2	운동에서 조작	청각기준	G4	G1	두가지이상	작업환경	E3	F2	handler	청각기준	G2	I2	작업환경	기준이탈		
	H1		정기적		G4		작업역할	G1	작업절차		I3		동작이탈				
	H2		시스템		I3		동작이탈	E4	F4		두가지이상		G4		I3	작업역할	동작이탈
	I1		부하발생		C1		G4	시간에러	작업역할		H3		하드웨어		H1	I4	정기적
B2	F4	공간에서 조작	두가지	C3	G3	순서에러	작업안전	F1	H3	시각기준	하드웨어	H2	I4	시스템	누수발생		
	G1		작업절차	D1	I1	누름조작	부하발생		H4		소프트웨어		I1		부하발생		
	G2		작업환경	I4	누수발생	I2	기준이탈		H3		I2		하드웨어		기준이탈		
B3	H2	개념에서 조작	시스템	D2	I4	돌림조작	누수발생	F2	G2	청각기준	작업환경	H4	I4	누수발생			
	H4		소프트	D3	I4	내림/올림	누수발생		I3		동작이탈		I3		동작이탈		
	C1		시간에러	E1	F3	switch	감각기준		F3		G1		감각기준		작업절차	H4	소프트웨어
C3	순서에러	E1	G4	작업역할	I3		동작이탈										

가설1-1 반도체 산업관련 설비부위별은 설비의 에러 발생에 유의한 영향을 미칠 것이다.

1)설비조작에 대한 설비부위별의 유의차가 있다.

로더부(loader)는 작업안전과 작업역할이고, 챔버부(chamber)는 작업 역할로 정리한다.

가설1-2 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비조작에 대한 양립성이 유의한 영향을 미칠 것이다.

1) 설비 운영에 대한 양립성이 유의차가 있다.

운동에서의 조작은 시간과 청각과 정기적 발생과 시스템과 부하발생이 상관관계 있다. 공간에서의 조작은 두가지이상의 복합성과 작업절차와 시스템과 소프트로 상관관계가 있다. 개념에서의 조작은 시간과 순서에러이고 청각 기준으로 상관관계가 있다.

두가지 이상의 양립성은 시간과 시각과 감각과 작업절차와 작업역할과 동작이탈로 정리한다..

가설1-3 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비조작에 대한 에러형태가 유의한 영향을 미칠 것이다.

1)설비 운영에 대한 에러형태가 유의차가 있다.

시간에러는 작업역할과 순서에러는 작업안전으로 나타남을 정리한다.

가설1-4 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비 조작에 대한 조작자의 힘의 형태가 유의한 영향을 미칠 것이다.

1)설비 운영에 대한 힘의 형태가 유의차가 있다.

누름의 조작은 부하의 발생과 누수의 발생으로 상관관계가 있다. 돌림의 조작은 누수발생으로, 내림/올림의 조작은 누수의 발생으로 나타남을 정리한다.

가설1-5 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 기인물이 유의한 영향을 미칠 것이다.

1)설비 운영에 대한 기인물의 유의차가 있다.

스위치(switch)는 감각과 작업역할과 기준이탈과의 상관관계가 있다. 노브(knob)는 작업환경과 하드웨어와 누수발생과 상관관계가 있다. 핸들러(handler)는 청각과 작업절차로 관계가 있고, 스크류(screw)는 두가지이상의 복합요소와 하드웨어로 나타남을 정리한다.

가설1-6. 반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 인지형태가 유의한 영향을 미칠 것이다.

1)설비 운영에 대한 인지형태의 유의차가 있다.

시각기준은 하드웨어와 소프트웨어와 기준이탈로 상관관계가 있다. 청각기준은 작업환경과 동작이탈로 관계가 나타났다. 감각기준은 작업절차와 동작이탈로 나타나고, 두가지이상의 복합요소는 작업절차와 작업역할과 동작이탈로 상관관계가 있으므로 나타나고 있다.

1-7.반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 작업형태가 유의한 영향을 미칠 것이 나타났다.

1)설비 운영에 대한 작업형태는 유의차가 있다.

작업절차는 동작이탈로 상관관계가 나타났다. 작업환경은 기준이탈과 동작이탈로 나타나고, 작업역할은 동작이탈로 나타남을 정리한다. 나타남은 상관관계가 있음을 의미한다.

1-8.반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 설비 동작이 유의한 영향을 미칠 것이다.

1)설비 운영에 대한 설비 동작은 유의차가 있다.

정기적 발생과 시스템발생은 누수발생으로 상관관계가 있다. 하드웨어는 부하발생과 기준이탈과 누수발생으로 나타나고, 소프트웨어는 동작이탈과 누수발생으로 나타남을 정리한다. 즉 상관관계가 있음을 의미한다.

1-9.반도체 산업관련 에러를 최소화하기 위하여 설비운영에 대한 설비결함이 유의한 영향을 미칠 것이다.

1)설비 운영에 대한 설비 결함은 유의차가 있다.

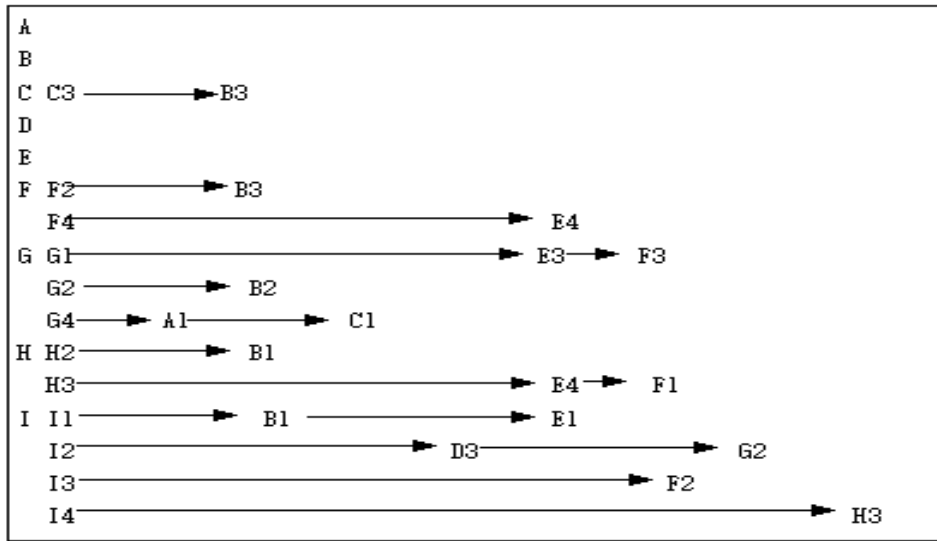
부하의 발생은 운동조작과 누름의 조작과 하드웨어로 상관관계가 나타났다. 기준의 이탈은 switch와 시각의 기준과 작업환경과 하드웨어로 나타났다. 동작이탈은 두가지 이상의 조작과 청각과 감각과 두가지이상의 작업절차와 작업환경과 작업역할로 상관관계가 있음을 나타냈다. 누수의 발생은 누름과 돌림과 내림/올림이 정기적 발생과 시스템과 하드웨어와 소프트웨어와 상관관계가 있음을 나타내고 있다.

3.3.조작 에러 Model 및 예방인자 도출

<그림2>의 구조적 모델에 근거해 운영 모델을 제시하고자 한다. <표3>은 설비 운영에 에러 인자간 유의수준을 나타내고 있어 <표2>를 근거해 설비 운영의 에러 인자들간의 상관관계 0.7이상 값으로 굵은선 안에서 제시했다. 특히 각 항목의 요인들의 상관계수 중에서 유의수준 간에 대푯값으로 조작에러의 모델을 유추한다. <그림3>에서 최대치 값으로 그래프화 했다.다만 설비 에러인자의 상관계수 중에 유의수준에 있는 값으로 표기를 하고 각 블록의 최대 값으로 분석했다.

모수 중에 최대 값은 신뢰성의 대푯값에서 분석한 것으로 전체 값의 요인 최대값으로 적용하였다.

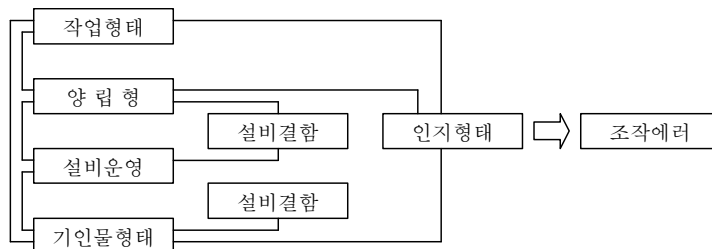
특히 조작모델을 유도하는데 각 블록의 한 개의 항목중에 2개 이상의 요인 값만 반영되었다.



A:설비부위별, B:양립성, C:에러형태, D:힘의형태, E:기인물형태, F:인지형태, G:작업형태, H:설비동작원인, I:설비결함원인

<그림3 에러인자와 유의수준간의 상관계수 최대치 값>

상관계수의 모든 값은 <표2,3>에서 모든 요인 간에 나타났지만 <그림3>에서 항목의 요인간의 상관계수의 전체는 A,B,C,D,E는 스킵하고 F,G,H,I, 항목과 B,E,F간의 상관계수의 요인으로 분석했다.



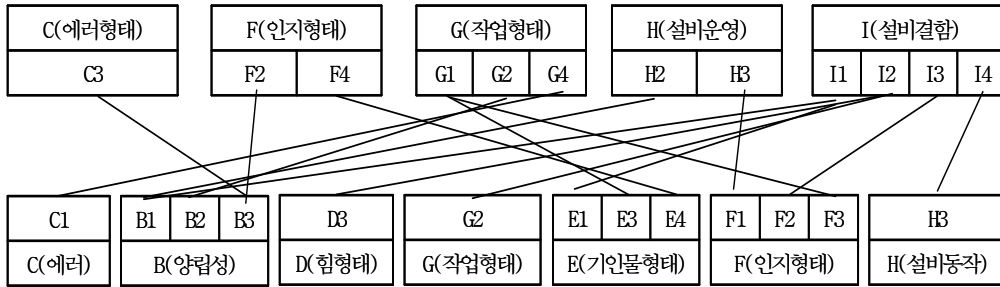
<그림4 조작 에러 유추모델>

결국은 작업형태와 양립성과의 관계가 나타났고, 양립성과 설비운영과의 관계가 있는 것으로 나타났다.

그리고 설비운영과 기인물형태가 연관성이 있는 것으로 나타났다. 특히 세부결함은 양립성과 설비운영과의 조작에러의 연관성이 있는 것으로 나타났다. 기인물형태에서도 세부결함이 조작에러의 영향성이 있는 것으로 나타났다. 인지의 형태도 작업형태와 양립성과 기인물 형태에도 조작 에러의 영향이 미침을 알 수 있다.

작업형태는 요인별로 보면 작업절차와 작업환경과 작업역활이 요인의 상관계수가

큰 것으로 나타났고, 양립성은 운동,공간과 개면에서의 조작정도가 큼으로 나타났다. 설비운영은 시스템, 하드의 발생여부가 조작정도가 큼으로 나타났고, 기인물 형태 또한 switch와 handler 및 screw가 발생정도가 큼으로 나타났다. 세부결함은 부하의 발생과 기준과 동작의 이탈과 누수가 발생여부가 조작의 운영에 크게 나타났고,인지형태는 시각과 청각과 감각에 크게 좌우됨으로 나타났다.



<그림5 에러 인자 유추모델>

<그림5>에서의 조작 에러 유추 모델은 상관관계에서 단순요인은 생략하고 2개이상의 다수요인으로 매트릭스되는 요인만 정리를 해서 모델화 시켰다.

특히 C(에러),D(힘의 형태)는 한 개의 요인만이 매트릭스 됨을 알 수 있다.

본 논문에서는 설비에 대한 조작에러 유추모델을 요인을 삭제한 부분으로 항목으로 재조정을 해본다.

4.논의 및 결론

본 연구는 국내 반도체산업 중심으로 에러 최소화하기 위한 것이다. 설비 운영의 예방인자 평가를 위해 인자를 도출하여 어떤 상관관계가 있는지를 규명하고자 한 연구이었다.

설비 운영에 대한 예방인자에 대한 평가를 두 가지 측면에서 결론을 내하고자 한다.

첫 번째, 설비의 안전한 측면이고 두 번째, 인간공학적 측면이다.

설비의 안전한 측면은 세 가지로 볼 수 있다. 설비 운영 관련 작업인자와 운영인자와 설비결함인자인데 이것 대부분이 예방인자로 집중화 되어 있다.

하나는 설비 운영시의 예방 인자로 작업인자는 4개로 나눌 수 있다. 작업인자는 작업절차와 작업환경과 작업안전과 작업역할에 대한 부분이다.

즉 설비 운영시 작업절차가 순서화되고 절차화 되어 있어야 한다. 작업환경은 정보공유와 표준서와 작업에 필요한 필요사항들이 지원이 되어야 한다.

작업역할은 설비 운영에 대한 역할에 대하여 명확한 지시와 책임과 숙지와 기술이 뒷받침되어야 한다는 것이다. 그것은 평가와 인증과 오디트로 구축되어야 함을 말한다.

둘은 운영인자는 SHEL의 법칙처럼 시스템웨어과 하드웨어와 소프트웨어와 휴먼웨어

어의 관점에서 연관시켜 본다. 발생에 대한 사전대응에 대한 표준운영절차를 구축하고 운영하고, 교육이 되어야 한다는 것이다.

셋은 설비결함에 대한 실패사례와 개선사례에 대하여 부하인자와 기준이탈과 동작이탈과 누수관점의 인자이다. 그중에 설비조작자에 대한 힘의 형태와 조작에 대한 발생원에 대한 집중관리로 볼 수 있다.그것은 FOOL PROOF와 FAIL SAFETY에 대하여 철저한 분석이 공유되고, 교육되고, 개선이 되어야 한다.

둘째는 인간공학적인 측면이다. 인간공학적인 측면은 양립성과 에러의 형태와 인지의 형태로 나타난다.

예방인자 중에 양립성인데 이것은 기계의 작동과 표시장치 등이 예상되는 바와 일치되어야 하는 것이다.

설비 운영에 대한 안전표식과 안전장치 및 안전맵을 작성하여 운영되어야 한다. 설비 운영에 대한 다각도의 에러의 형태도 분석하고 대책을 세워 재발방지에 대한 구체적 방안을 추진해야 한다. 이런 측면에서 반도체 관련 설비의 인적오류에 대한 연구가 취약하다.더욱이 국내/외 반도체 관련 인적오류측면에서 연구나 보고서는 전무한 상태여서 많은 연구와 관심이 필요하다.

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

5. 참 고 문 헌

- [1] 윤용구, 반도체 산업재해분석 및 예방 Model 개발, 아주 대학교 석사 학위논문, pp. 1~3, 2002.
- [2] 강영식,최만진,양성환,윤용구,강경식,산재 원인을 최소화 하기 위한 예방인자 및 전략의 우선순위 평가에 대한 관한연구,pp.2, 대한 안전경영과학회지,제 10권4호,2008.
- [3] 윤용구, 박범,강영식, 교대 근무자의 피로와 수행영향인자간의 상관관계 분석,대한 설비관리 학회, 제14권,1호,pp. 24,2009.
- [4] 정낙경, 김홍, 한국 반도체관련 산업의 사업장 안전분위기와 근로자들의 안전행동에 관한 실증적연구, Journal of the KOSOS, Vol.23, pp 2, 2008.
- [5] 한국가스안전공사 시설 연구실, 인적오류 분석기술 개발, 한국가스 안전공사, pp.7, 2002.
- [6] Stephen Reinach, Alex Viale, Application of on of a human error framework to conduct train accident/incident investgation, ACCIDENT ANALYSIS & PREVENTION ,Vol.38,pp. 396 ~ 406, 2006.
- [7] 이승원, 임현교, 철도 입환작업 중의 인적사고요인에 대한 인지과학적 분석, 한국안전학회지, 제20권, 4호, pp. 118, 2005.
- [8] Anne Marie Feyer, Ann M.Williamson, David R Cains, the involvement of human behaviour in occu pational accident:errors in context, Safety Scienc e, Vol.25.No.1~3, pp.55~65, 1997.

- [9] 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.
- [10] Catherine Hethering, Rhana Flin, Safety in Shipping:The human Element, pp403, Journal of Safety Rearch 37, 2006.
- [11] P.C .Cacciabue, Human error management methodology for safety audit of a large railway organization, APPLIED ERGONOMICS, Vol. 36., pp. 709~718, 2005.
- [12] 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.
- [13] S.Larson,A. Pousette, M.Torner, Psychological climate and Safety in the Construction indus try –mediated in influence on Safety behaviour, Safety Science 46, pp.405~412, 2008.

저 자 소 개

윤 용 구



아주대학교 공학석사 학위를 취득하고(2002),동대학원에서 산업공학과 박사학위를 취득(2006) 했으며, 주 전공은 인적요인과 인적오류이며, 현재 삼성전자(반도체) 환경안전팀에서 기획TFT에 재직 중이며 주요 관심분야는 산업안전, HCI, 감성공학, 작업안전, 설비안전, Human Factor 및 Human error 등이다.

주 소: 경기도 화성시 기산동 참누리 행복마을 2단지 206동 1301호

박 범



아주 대학교 산업공학과를 졸업하 졸업하고, 미국Ohio Univ에서 산업공학석사, Iowa erface 업무에 선임연구원(93 ~ 95)을 역임 하였으며, 현재 아주대학교산업공학과 정교수로 재직중이다.주요관심 분야는 인간공학, 감성공학,HCI,설비안전이다.

주 소: 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지