사고로 인한 불안전한 행동의 요인과 인적요인과의 변화관계 -반도체 산업의 중심으로-

*윤용구 **박범
*아주대학교 산업공학과
*아주대학교 산업시스템공학과

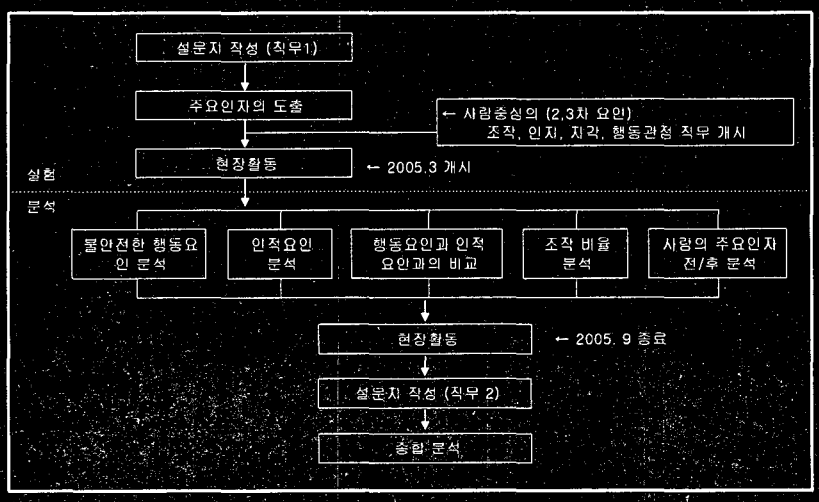
1.연구의 배경

- 반도체산업의 사고의 사람중심의 불안전한 요인을 현장의 합리화를 위한 TFT요원들에게 불안전한 행동요인과 인적오류에 대한 설문지 작성전,후 즉 실험전,후를 통해 분석한 결과를 알아본다
- 인적요인을 Rasmussen's model을 근간으로 네가지의 요인중에 반도체 산업의 비중있는 항목들을 반영해 분석을 해본다.
- 인적요인의 1차요인을 근거로 상관관계 및 비중이 다소 높은 조작부분에 대한 분석실시 및 유사한 중요인자의 교육/훈련, 불안전한 행동, 인지에 대하여 실험전,후의 분석을 해본다.
- 분석의 결과는 반도체 산업에서의 불안전한 행동의 사고요인을 인적요인과 인적오류로 3단계의 전체중에 1단계를 실시하는 과정의 단계로 진행

2.실험의 목적

- Revision된 Reason's model을 검증
- 사람의 사고요인인 2차,3차 요인으로 분석함으로 공통실행의 수행인자를 도출하고 이론과 실험을 통한 검증 실시
- 불안전한 행동과 인적요인 비교와 분석 과 조작과 사람의 주요인자 전/후 비교
- 현장합리화 TFT를 통한 현장활동에 대한 각종요인 전,후의 비교

3.실험의 진행절차



4.실험계획 및 방법

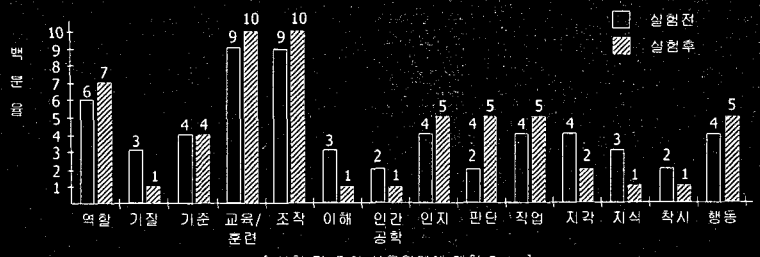
1)실험은 현장 TFT요원의 총30명의 남성피 실험자들이 설문에참여

2) 참여한 피 실험자들의 연령 평균은 32.5세, 표준편차 2.540이며, 연령별 30대 중반(34~63세)의 15명 가장 많고, 30대 초반(30~33세) 10명이었고, 20대 후반(26~29세)가 5명

3) 실험에 참여한 피 실험자들은 모두 설비엔지니어로 공정별(Diffusion, Photo, Etch(Wet,Dry), CVD, i2P, Metal) 담당자와 자동제어와 Utility운영하는 담당자로 적게는 8년부터 많게는 16년으로 평균 9.23년, 표준편차는 2.54

4) 안전에 대한 개념 있고. 전체 실험의 진행은 <그림53>에서 같이 라인 합리화 하기 전에 활동 TFT 엔지니어에게 현재의 근무경력 및 작업장에서의 불안전한 행동 유무등을 포함한 설문지를 기재.(설문지:직무1) 다만 TFT 활동에 있어 시작되기 전에 사람중심의 사고요인 중에 불안전한 행동 및 사람요인에 관한 수행인자를 분석, 3개월이 지난 후 현장에서의 경험해본 내용을 근거로 재 설문지(직무 2) 조사함으로 실제 경험전과 경험후의 사람중심의 안전사고 즉 수행 인자의 오차 정도를 파악, 유도.

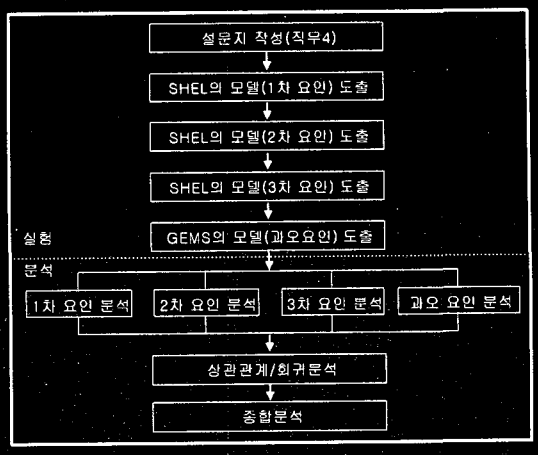
5.실험계획 및 방법



[실험 전,후의 사고원인에 대한 Data]

- 실험전과 실험후의 피실험자들의 사고원인에 대한 부분차이 발생
- 기준치 이상:교육/훈련,조작,인지,판단,행동
- 불안전한 행동:실험전,후에 대한 귀무가설 기각할수 없다.
  → 영향이 다르다고 볼수 없다
  (실험전과 실험후 사고는 동일하게 영향이 있다)
  → 전:평균:43.57,표준편차:23.41
  → 후:평균:41.43,표준편차: 32.07
- 교육/훈련,조작,인지,판단,작업은 실험전,후의 귀무가설 기각 (대립가설채택)
  → 영향이 다르다고 볼수 있다.

5.실험계획 및 방법 - 2



- SHELL : Soft-ware (규범, 절차, 실행), Hard-ware (장비, 설비)
  Environment-ware (정책, 문화), Live-ware (사람, 조직, 관리)
- Reason's Model : Slip, Lapse, Mistake, Violation → GEMS를 이용

6.인적요인 분석

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
실험전	유형	H	E	H	W	H	M	S	En	E	W	E	O	W	M	S	H	M	E	S	En	D	W	O	S	H	En	E	D	O	E
	비율	70	65	60	65	65	75	65	55	60	55	60	70	65	50	55	65	60	65	70	65	75	65	55	60	65	70	75	70	60	55
실험후	유형	H	H	H	E	S	H	S	E	E	H	En	O	W	H	S	En	H	E	En	H	H	W	O	S	H	H	D	W	O	E
	비율	85	75	90	65	85	85	85	75	70	85	70	90	75	90	80	85	80	70	80	80	85	75	80	75	85	90	70	70	75	80

* Human : H, Equipment : E, Work : W, Material : M, Organization : O, Environment : En, Design : D, System : S

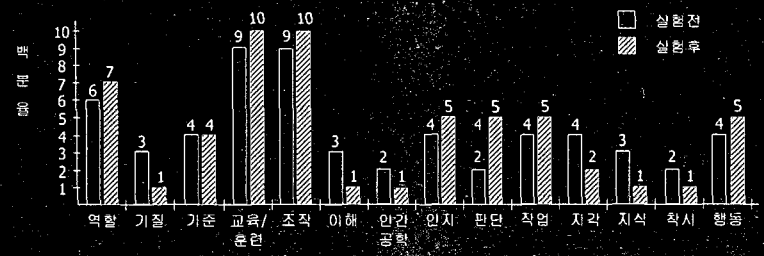
[실험전,후의 유형별 및 비율]

인적요인	실험	
	전	후
사람	5	11
환경	3	3
자재	3	1
조직	3	3
시스템	4	3
작업	4	3
장비	6	5
디자인	2	1

[실험전후의 주기성향]

- 사고유형에 대한 백분율 조사 결과
  - 실험전의 사고유형별 비율
    - 평균:63.67, 표준편차:6.56
  - 실험후의 사고유형별 비율
    - 평균:76.3 , 표준 편차:5.49
  - 결론: 실험후의 현장활동에서의 사고 유형별은 사람측면의 비율이 사고 비율이 높음

7.불안전한 행동요인과 인적요인(1차)와의 비교



[실험 전,후의 사고원인에 대한 Data]

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
실험전	유형	H	E	H	W	H	M	S	En	E	W	E	O	W	M	S	H	M	E	S	En	D	W	O	S	H	En	E	D	O	E
	비율	70	65	60	65	65	75	65	55	60	55	60	70	65	50	55	65	60	65	70	65	75	65	55	60	65	70	75	70	60	55
실험후	유형	H	H	H	E	S	H	S	E	E	H	En	O	W	H	S	En	H	E	En	H	H	W	O	S	H	H	D	W	O	E
	비율	85	75	90	65	85	85	85	75	70	85	70	90	75	90	80	85	80	70	80	80	85	75	80	75	85	90	70	70	75	80

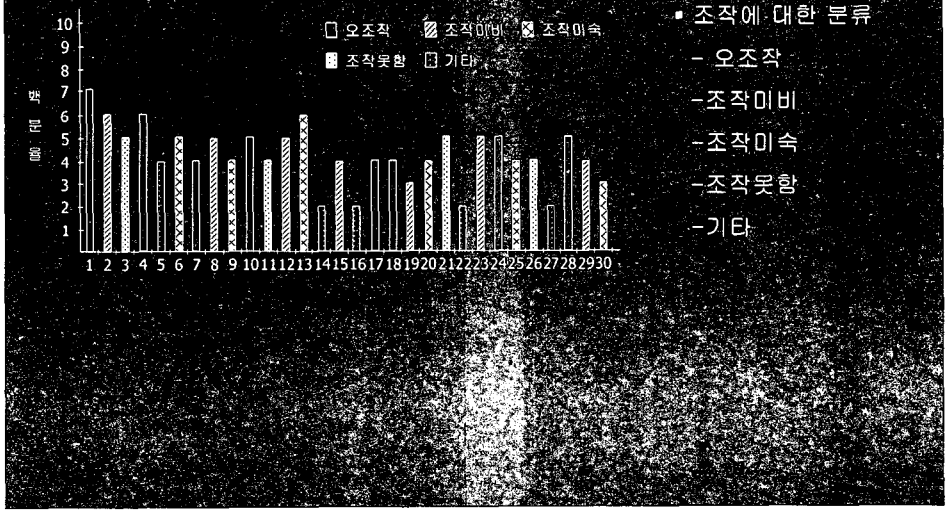
* Human : H, Equipment : E, Work : W, Material : M, Organization : O, Environment : En, Design : D, System : S

[실험전,후의 유형별 및 비율]

- 실험전:불안전한 행동과 인적요인(사람,환경,자재,조직,system,작업, 장비,디자인) 정규성을 따르지 않고 F-test결과 : 귀무가설을 기각함 → 대립가설을 채택(사고유형이 다른다)
- 실험후: 불안전한 행동과 인적요인 정규성을 따르지 않고 F-test결과 :귀무가설을 기각 → 대립가설을 채택(사고유형이 다른다)
- 결론:불안전한 행동과 인적요인(1차)간은 사고에 미치는 영향이 다른다.

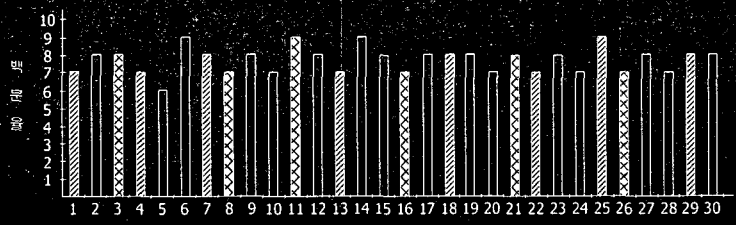
8.조작 비율과 분석-1

【 실험전 】



8.조작 비율과 분석-2

【실험후】



• 실험전에는 5분류 실험후에는 3분류

	오조작	조작미비	조작미숙	조작 못함	기타
실험전	40/70(8)	30/60(7)	30/60(7)	40/50(4)	20/40(5)
실험후	60/90(16)	70/90(8)	70/90(6)	-	-

• 결론 : 조작에 대한 사고비율이 높다 → 오조작에 대한 중요성

9.조작의 비교

		조작 전	조작 후
평균		43.67	76.33
편차		10.98	8.09
분산		2	1.48
관측수		30	30
90% CI		(27.30, 38.03)	
자유도		29	
T-Value		12.45	
P-Value		0.000	
조건		α=0.05, 양측검정	
분산	F-Test	Test-Statisics 1.844, P-Value=0.105	
	Levene-Test	Test-Statisics 1.195, P-Value=0.0.279	

• 결론 : 조작에 대한 사고의 영향성은 P-value(0.05)보다 큼(0.05 <1.05)
귀무가설을 기각할수 없다.(대립가설 채택)
→ 사고의 영향은 다른다.

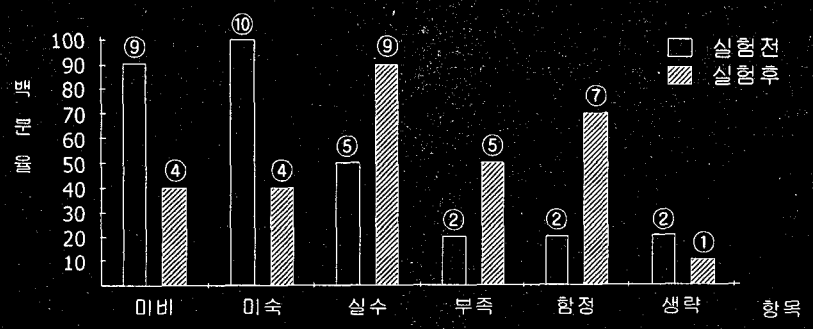
10.조작의 계통도

- Valve 조작
  - Gas류 - Utility V/V류, 부대설비 V/V류, 자동제어 Control V/V류
  - Chemical - 개폐유무 V/V류, 압력조절 V/V류, 배기용 V/V류
  - 물성 - 개폐유무 V/V류, By Pass V/V류
  - 폐액/폐수용 - 개폐유무 V/V류
- Switch 조작
  - 설비류 - Power S/W류, Signal S/W류, EMO S/W류
  - 중앙통제실 - Control부 S/W류, On/Off S/W류, By Pass S/W류
  - 자동제어 - Unit부 S/W류, Control S/W류
  - 배전반 - C/B S/W류, Terminal S/W류, On/Off S/W류
- Fitting 조작
  - Gas 배관 - 이음용 Fitting류
  - DI 배관 - PCV, HT용 Fitting류
  - 물성 배관 - 이음용 Fitting류, 차단용 Fitting류
- Knob 조작 - 연결용 이음매 Flange류
- Regulator 조작 - 압력조절 Rg류, By Pass Rg류
- Damper 조작 - 각종 배기류 Damper류
- 소화설비 조작 - Set-up, 점검, 해체, Assembly류
- Clamp 조작 - 이음매 Clamp류
- 각종 Door류 - 개폐유무

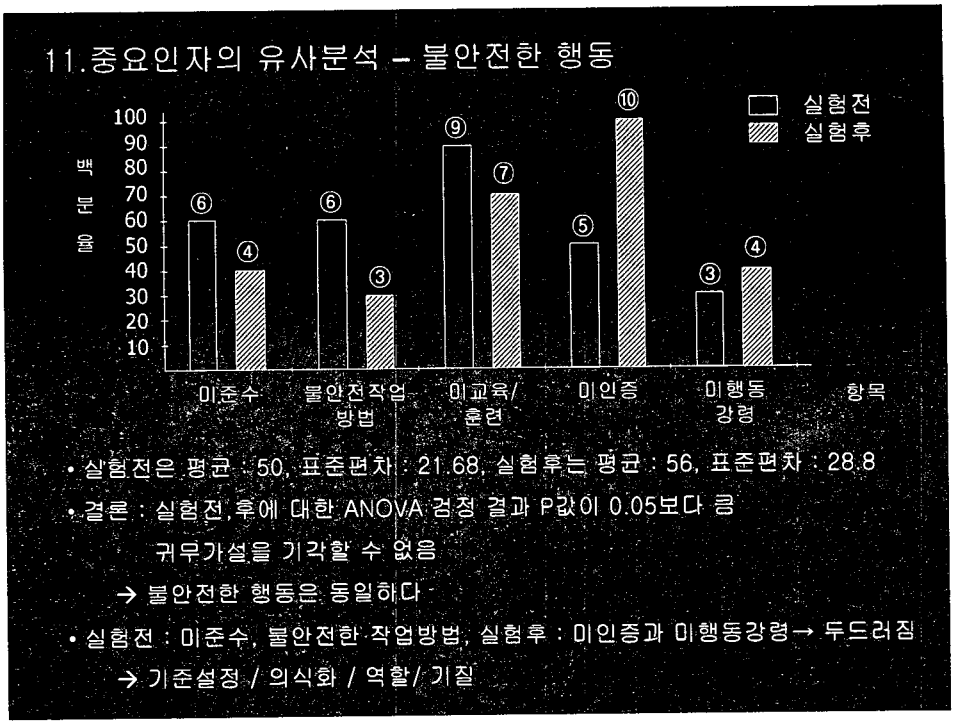
* Rg: Regulator
V/V : Valve
S/W : Switch

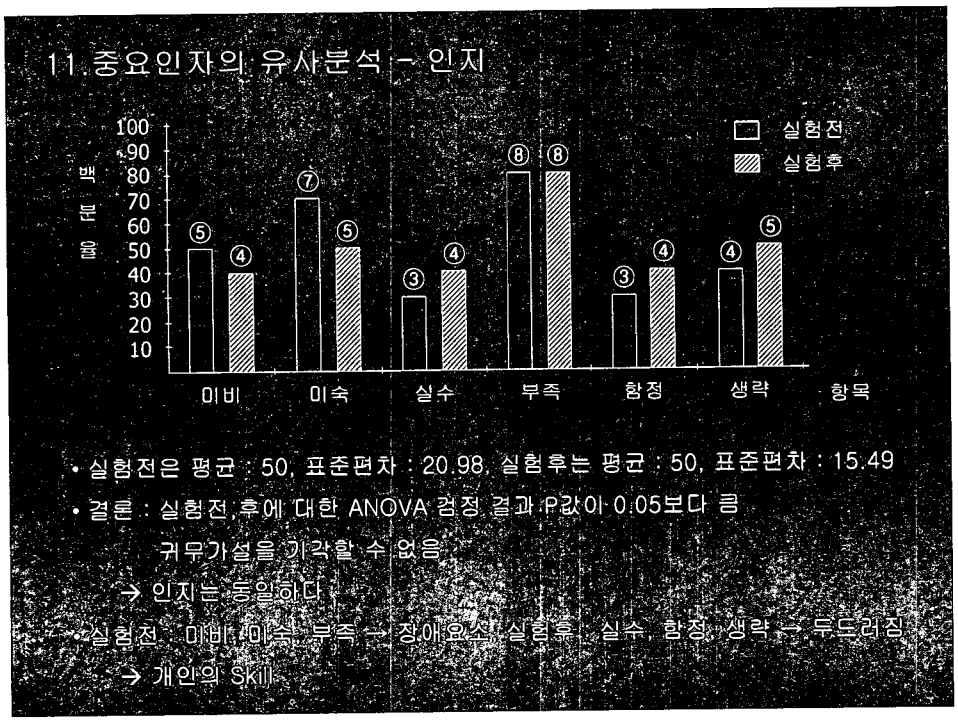
- 사고의 사람중심의 관점에서 조작에 대한 많은 부분에 안전사고의 비율이 잠재.
- 실험전,후의 조작비율이 크게 차이가 남.
- 오조작,조작미비,조직미숙 → 중요한 원인이 됨.

11.중요인자의 유사분석 - 교육/훈련



- 실험전은 평균 : 50, 표준편차 : 36.9, 실험후는 평균 : 50, 표준편차 : 27.6
- 결론 : 실험전,후에 대한 ANOVA 검정 결과 P값이 0.05보다 큼
  귀무가설을 기각할 수 없음
  → 교육/훈련은 동일하다 (실험전/후)
- 실수, 함정, 부족 → 두드러짐
  → 직무환경, 직무특성, 작업자 특성, 조직, 사회적요소 영향


11.중요인자의 유사분석 – 불안전한 행동
실험전
실험후
백분율
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
⑥
④
⑥
③
⑨
⑦
⑤
⑩
③
④
미준수
불안전작업 방법
미교육/ 훈련
미인증
미행동 강령
항목
• 실험전은 평균 : 50, 표준편차 : 21.68, 실험후는 평균 : 56, 표준편차 : 28.8
• 결론 : 실험전,후에 대한 ANOVA 검정 결과 P값이 0.05보다 큼
귀무가설을 기각할 수 없음
→ 불안전한 행동은 동일하다
• 실험전 : 미준수, 불안전한 작업방법, 실험후 : 미인증과 미행동강령→ 두드러짐
→ 기준설정 / 의식화 / 역할/ 기질


11.중요인자의 유사분석 – 인지
실험전
실험후
백분율
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
⑤
④
⑦
⑤
③
④
⑧
⑧
③
④
④
⑤
미비
미숙
실수
부족
함정
생략
항목
• 실험전은 평균 : 50, 표준편차 : 20.98, 실험후는 평균 : 50, 표준편차 : 15.49
• 결론 : 실험전,후에 대한 ANOVA 검정 결과 P값이 0.05보다 큼
귀무가설을 기각할 수 없음
→ 인지는 동일하다
• 실험전 : 미비, 미숙, 부족 → 장애요소, 실험후 : 실수, 함정, 생략 → 두드러짐
→ 개인의 Skill

12.결론

- TFT 요원의 실험전,후 결과
  - ➔ 사람 관점의 불안전한 행동의 요인 : 14가지 도출
    - 실험전,후 결과 사고의 영향이 동일하다.
  - ➔ 교육/훈련, 조작, 인지, 작업은 실험전,후 결과 사고의 영향이 다르다

- 인적요인 분석
  - ➔ Reason's Model을 반도체산업에 맞게 분석

Soft-ware	Hard-ware	System-ware	Live-ware
시스템, 디자인	자재, 장비	환경, 작업	사람, 조직

∴ Live-ware : 사람의 비율이 사고의 비율이 높음

- 행동의 요인과 인적요인의 분석
  - ➔ 실험전,후의 사고 유형이 다르다

- 교육/훈련, 조작, 인지에 세부분석을 위한 분석
  - ➔ 실험전,후의 작업전,후 영향이 같다
  - ① 조작 : 실수, 함정, 부족
  - ② 행동 : 기준, 의식, 역할
  - ③ 인지 : 미비, 미숙, 부족이 두드러짐

[참고문헌]

1. Yong G.Yoon.,"A Model development of Analysis and prevent for injury in the Semiconductor Industry",Ajou University,pp34~36,2002.
2. Yong G.Yoon,and Sung M.Hong and Poem.Park.,"A study for Human Error Prevention of Chemical Plant",Journal of the Safety Management & Science,vol.6(2),pp.1~6,2004(a).
3. Yong G.Yoon,and Poem.Park., The Accident Analyze of a Pointed -End Equipment for Human Error, Journal of the Safety Management & Science,vol.6(4),pp.1~6,2004(b).
4. Yong G.Yoon,Sung M.Hong,Je S.Son,Poem.Park.,"A Study od Injury Prevention for PSM Example research in the Semiconductor industry", Journal Of The Korean Institute Of Plant Engineering, Vol.8(2),2003.
5. Yong G.Yoon,and Poem.Park.,"A Fault-Tree analysis for an End-pointed Equipment ARM-Safety accident ",spring season conference Journal of the Safety Management & Science, session (6:safety reliabiliy estimate), 2005(a).
6. Yong G.Yoon,and Poem.Park.,"A safety accident analysis pattern model research of a end-pointed industry ",fall season conference Journal of the Safety Management & Science, session(2:safey management), 2005(b).
7. Yong G.Yoon.,"Semiconductor Equipment-heat Prevention System Management",12 Th Annual ISESH Conference Portland,Oregon June 19-23,Kent Room B,Session II ,2005.
8. Yong G.Yoon,and Poem.Park.,"A method and analysis of human -error management of a semiconductor", industry Journal of the Safety Management & Science, vol.8(1),pp.21~26, 2006(a).