

## Reason's Model을 응용한 불안정한 행동(사람)에 대한 사고원인 예방 모델(ACPM) 추출 - 반도체 산업 중심으로 -

\*윤용구 \*\* 박범

\*아주대학교 산업공학과

\*\*아주대학교 산업시스템공학과

### 1. 연구의 배경

- 인간관련은 안전임계system의 중요한 역할(Reason et al.,1990)  
->비행,병원시스템,원자력 발전소
- 인간관련된 사고는 인적오류와 내부+외부요소에서 추가적인  
요소가 필요하게 됨:인적오류의 시발점(Kleinfield et al.,2001)
- 안전사고의 조절:안전관리+인적요소+인적오류(Dan petersen et  
al.,1995)
- 인간:-직무수행능력과 잠재능력이 가시화 계기->HMI차원  
-신뢰와 비효율성으로 시스템에서 인간제외(Bainridge et al.,1982)  
-직무수행의 주체가 인간이던,인적중심의 불안정한 행동이  
사고요인이 중요한 원인의 동기부여
- 반도체 산업에서 사람의 사고원인에 대한 불안정한 행동  
->분석 및 model이 全無

## 2. 연구의 목적

- 불안정한 행동: 사람중심의 분석
- 안전측면에서의 인적오류를 중심으로 반도체산업에 맞는 model화
- 안전분석으로 인간공학적인 분석과 평가로 접근필요 data-base
- 산업재해 1세대 : 안전의 보건중심 (19세기말 20세기초)
  - > 인간중심의 기술적, 교육적, 관리적중심
- 2세대: 인간공학도입의 작업환경과 근로자 중심
- 3세대: 인간-기계중심의 인적오류
  - > 기여인자의 초기도입(Dan-peterson et al., 1980)
- 4세대: 재해종류와 model의 특화로 tool system
  - > 직접적인 요인 및 모든 안전요인들에 대한 수용

## 3. 연구의 방법



1) Accident causation의 근거자료를 분석해 model추출 (ACPM)

2) 1항을 근거로 human factor classification model추출 (HFCM)

3) 2항을 근거로 human error prevent model 추출 (HEPM)

4) 3항을 근거로 human ware system model prevent program추출 (HWSM)

#### 4. 사고원인 모델-1(1)

-전통 사고 원인 모델

- 안전사고의 정의: 계획되지 않고 바라지 않은 상태에서 발생.  
→ W.H Heinrich, Arbous and Kerrich, Suchman et al., 1953, 1964)
- 안전사고의 필요가 상해를 포함지 않을 동안에 상해로 인한 생산은 사고로 확인될 가능성을 증진(Suchman et al., 1964)
- 국가안전보장회의(NSC et al., 1984): 사고는 대체로 의도가 아닌 상해, 죽음, 재산손해를 생성해서 사건의 연속성을 발생시키는 것.
- 가장 초기의 사고모델은 산업안전(INDUSTRY SAFETY)->운영안전(OPERATION SAFETY) → 시스템 안전 (SAFETY-SYSTEM)  
→ 안전의 불안정한 상태 및 행동의 감소(Leveson et al., 1985)
- 대표적인 안전사고의 sequence (W.H.Heinrich): Domino이론  
→ ancestry, social, env'm → fault person → unsafe act, condition → accident, injury :DICHOTOMY(이분법)

#### 4. 사고원인 모델-1(2)

- Domino이론에 의해 불안정한 행동 88%, 불안정한 상태 10%, 신에 행동 2%
- 안전사고의 요인: 사고의 원인의 줄이거나, 잠정적 제거키 위한  
→ tool 이나 model이 필요(Mansdrof et al., 1993)
- System input->Generalized system->System output: 관리의 결정이 feed back 을 가지는 closed loop의 system diagram (US DOT et al., 2005)  
→ system(안전도, 에너지, cost, soc)->general system(근로자, 운반자)  
→ link(기계, 설비)
- 전통적인 사고의 모델은  
안전사고의 사람중심에서만 거론된 모델운동  
→ 특정한 환경상태에서의 특정한 시간동안 모든 tool과 system이 없음.  
기능 수행하기 위한 인간과 기계의 system이 필연적이지 못함.  
(Leveson et al, 1995)

#### 4. 사고원인 모델-2(1)

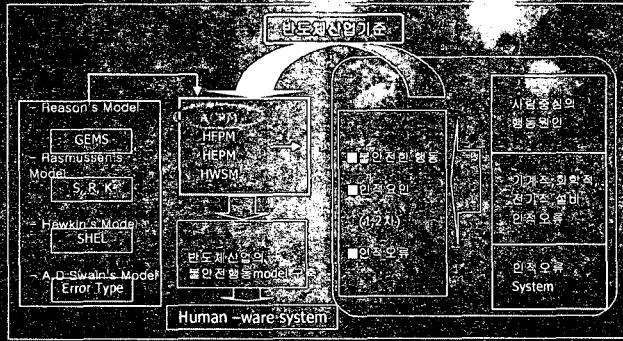
-현대적인 사고의 모델

- 현대에 와서 안전사고에 대한 분석은 Multi-causation임.  
Domino이론의 성장과 기여인자(main,sub,일반 원인)와 2개이상의 행동과 환경이 중요한 인자로 분석됨(Abdul Raouf et al.,2003)
- 안전중시의 지배적인 요소(ICAO et al., 1994)
  - 위협에 대한 잠재력 -주된 잠재력이 있는 위협요소
  - 재정과 연관된 요소 -위험에서 있는 종업원들의 사고예방의 도덕적 책무 -경제적 충동에서의 초악의 상회에서의 산업
- 현대사고의 원인:생산과 연계된 조직과 개인의 분석  
→ System과 모델은 개인운영과 연관된 범위에서 발생 (Daniela Karin et al.,2002)

#### 4. 사고원인 모델-2(2)

- 현대 사고의 모델의 유추 : 인간의 관련된 불안정한 행동.
  - 인적오류 기술적,관리적,사회적,조직적 세분화
  - 안전사고에 대한 원인 및 분석의 접근 (Leveson and Turner et al.,1993)
  - 디자인의 조직,환경, 디스플레이등의 내재 (Norman et al.,1993)
- 현대사고 Model: 전통적인 사고는 single로만 접근되었다고 보고 현대는 많은 factor 와 model이 상존하는 특성임.

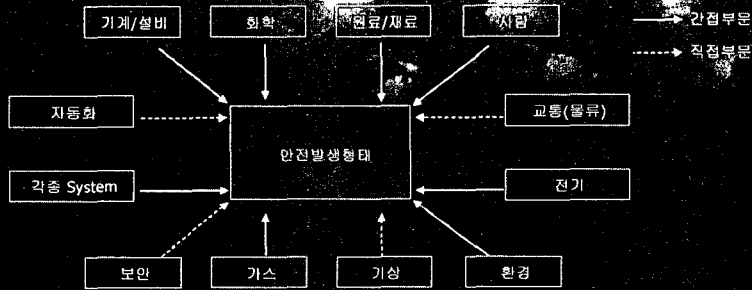
### 5. 인적오류 system의 사전 diagram



[ 인적오류 system의 사전 diagram ]

#### □ ACPM Model 추출

### 6. 모델 개발의 추출 연구

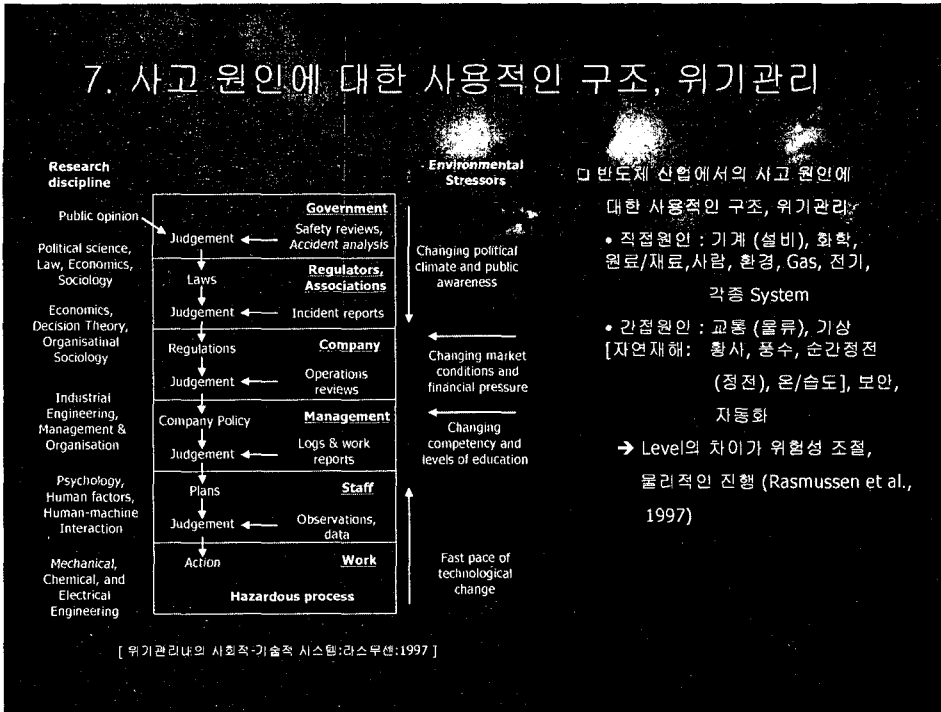


[ 반도체의 안전 발생 요인 상호적 모델 ]

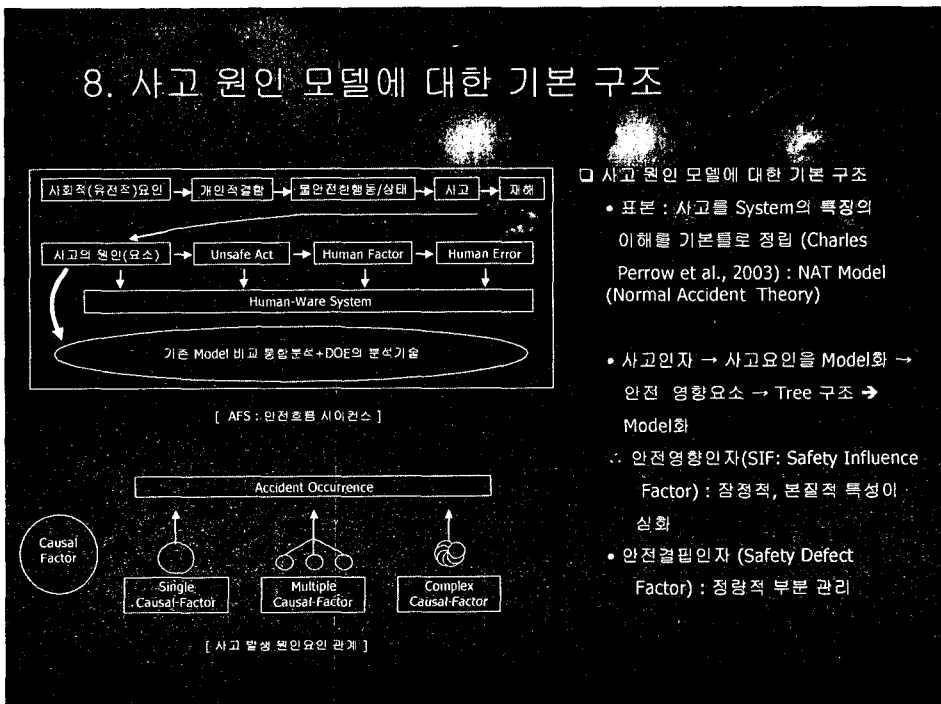
#### □ 모델 개발의 추출 연구

- IT, BT, ET 정보 다양화 → 반도체의 제조공정 운영 확대  
→ Risk → safety Critical
- 반도체의 제조공정 생산 비율  
[한국 38% (SEC: 20.9%, Hynix: 17.1%), 중국 21.2%, 미국 18.7%, 일본 12.7%, 기타 9.4% (Yoon et al., 2002)]
- 안전발생요인 : 반도체 외부적인 경향 + 내부적인 경향 + 직·간접요인 (Key Point)

## 7. 사고 원인에 대한 사용적인 구조, 위기관리



## 8. 사고 원인 모델에 대한 기본 구조



## 9. 사고의 조사와 진행 절차

Core Analytical Techniques
Events and Causal Factors Charting and Analysis
Barrier Analysis
Charge Analysis
Root Cause Analysis
Complex Analytical Techniques
Fault Tree Analysis
MORI (Management Oversight and Risk Tree)
PEL (Project Evaluation Tree Analysis)
Specific Analytical Techniques
Human Factors Analysis
Integrate Accident Event Matrix
Failure Modes and Effects Analysis
Software Hazards Analysis
Common Cause Failure Analysis
Sreak Circuit Analysis
72-Hour Profile
Materials and Structural Analysis
Scientific Modelling (e.g., for incidents involving critically and atmospheric dispersion)
MTC-analysis
AEB Method
TRIPOD-Delta
Acci-Map

[ DOE내에서 사고 조사분석기술 (1999) ]

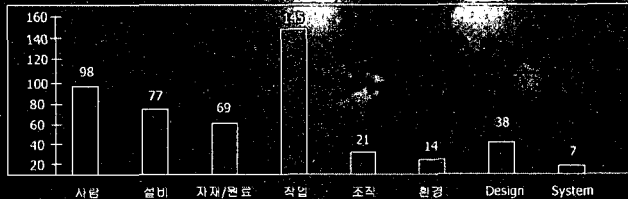
Investigation method
Accident Anatomy method(AAM)
Action Error Analysis (AEA)
Accident Evolution and Barrier Analysis (AEB)
Cause-Effect Logic Diagram (CELD)
Causal Tree Method (CTM)
Fault Tree Analysis (FTA)
Hazard and Operability Study (HAZOP)
Human Performance Enhancement System (HPES) <sup>1</sup>
Human Reliability Analysis Event Tree (HRA-ET)
Multiple-Cause, Systems-oriented Incident Investigation (MCSOI)
Multilinear Event Sequencing (MES)
Management Oversight Risk Tree (MORI)
Systematic Cause Analysis Technique (SCAT) <sup>2</sup>
Sequentially Timed Events Plotting (STEP)
TapRoot™ Incident Investigation System
Technique of Operations Review (TOR)
Work Safety Analysis (WSA)

[ CCPS에 의한 사고조사 방법 (1992) ]

### □ 사고의 조사와 진행 절차

- DOE & CCPS에 대한 조사는 방법에 따라 강점과 약점 (Marvin et al., 2002)

## 10. 반도체의 사고 원인과 요인



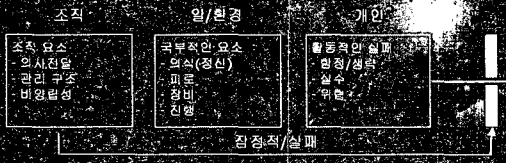
구분	사람	설비	자재	작업	조직	환경	Design	System	Total
연수	98	77	69	145	21	14	38	7	459
비율%	20.8	16.5	14.8	31	4.4	2.9	8.1	1.5	100

[ 반도체 사고 유형별 분류 ]

### □ 반도체의 사고 원인과 요인

- <1996 ~ 2004> Data
- 반도체산업의 사고의 규정 (ISESH, SENITECH, SEMI) 정량적 규정
- 안전사고는 환경의 손상, 재료의 규범으로 사람의 상해 → 사고로 포함된 사건의 한계와 연관된 논리적, 연속성이라 정의 (Kjellen et al., 2000)

## 11. 반도체산업의 사람 (중심) 사고 원인에 대한 분류



반도체산업의 사람 (중심) 사고 원인에 대한 분류 **사람중심**

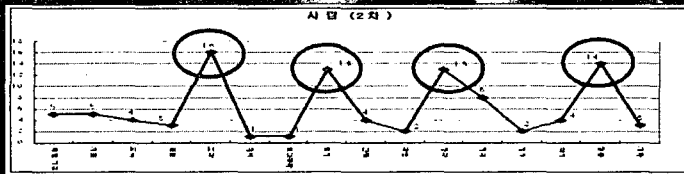
- 직접적인 요인 (Direct Cause → 1차 요인  
→ 사고사례를 RASMUSSEN의 S,R,K분류
- 기여적인 요인 (Contributing Cause → 2차 요인
- 근본적인 요인 (Root Cause) → 3차 요인

1차	2차			3차			합
	인수	비율	비율	인수	비율	비율	
사람	조직	17	17.3%	30	30.6%	47	47.9%
	인지	10	10.1%	17	17.3%	27	27.4%
	행동	12	12.2%	20	20.4%	32	32.6%
	지각	2	2.0%	3	3.0%	5	5.1%
	지식	1	1.0%	1	1.0%	2	2.0%
	학사	4	4.0%	4	4.0%	8	8.1%
	필요	2	2.0%	2	2.0%	4	4.0%
	필요행동	12	12.2%	12	12.2%	24	24.4%
	스트레스	2	2.0%	2	2.0%	4	4.0%
	Setting 미비	1	1.0%	1	1.0%	2	2.0%
합	98		98		98		

- 1차 : 17개 항목중에서 사람중심
- 2차 : 17개 항목으로 분류
- 3차 : 30개 항목으로 분류

[반도체의 사람 사고원인에 대한 분류표]

## 12. 사고의 사람요인



[사고의 사람 2차 요인]

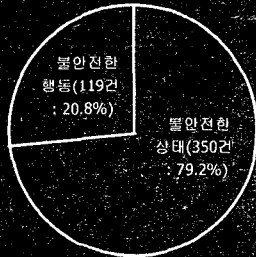


[사고의 사람 3차 요인]

- 사고의 사람 2차 원인 : 조직, 인지, 지각, 행동
- 사고의 사람 3차 원인 : 조직못함, 인지부족, 지식실수, 필요요행동



### 13.반도체 산업의 불안정한 행동 분석

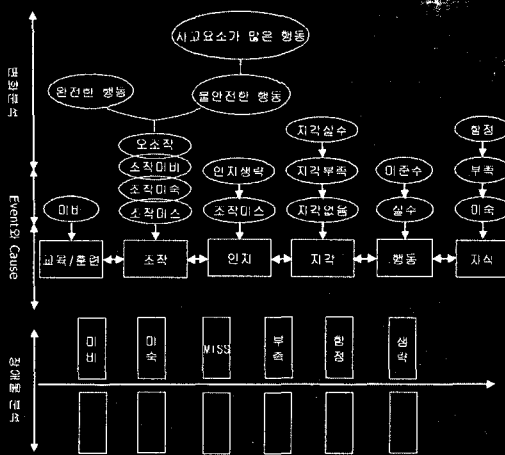


[ 사고의 불안정한 행동과 상태 비율 ]

#### ▶ 불안정한 행동 분석

- 사람의 불안정한 행동
- 사람의 결점을 확인하는 것이 가장 용이 (Baker et al., 1954) → 의자에서 다리기 주요하다고 표현
- 사람이 결점이 생기면
  - 수정, 훈련, 역동적 해고, 양어 (Edward et al., 1981)
  - 근로자들의 신뢰가 불안정한 행동의 사고로 이어짐 (Powell et al., 1971)
- 사람의 사고는 위험한 존재와 과중한 업무 (Edward & Hahn et al., 1980)

### 14. 반도체산업에서의 사람 MTO 분석



[ 반도체에서의 사람 MTO 분석 ]

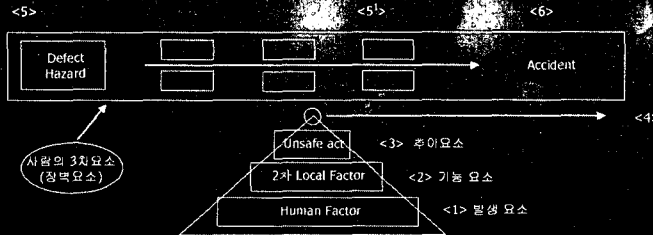
#### ▶ 반도체산업에서의 사람 MTO 분석

##### 분석 방법 1 : MTO 분석

- ① Event와 Cause-Diagram으로 구조화 분석하고
- ② Event가 사전 Event와 공통 실행에 얼마만큼의 한계로 변화 분석을 가져오고
- ③ 실패와 실수의 기술적, 관리적에 의해 정박 분석을 근거으로 진행



## 17.ACPM Model



구분	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>	<5>	<6>
Reason's Model	Organizational Factor	Latent Workplace Factor	Unsafe	Whole System Accident	Danger Hazard	Defence Safety-Barrier	Main Element Accident
Yoon's Model	사람요소	Local factor <2차>	Unsafe Act	Pre Accident 요소	3차요소의 장벽요소	Safety-Prevent Block	Accident tendency factor
단계	1 단계			2 단계		3 단계	

□ 증전 : Reason's model: Latent+Trigger+Unsafe actor+Defence barrier. (1995), Hadden's model의 혼합(1997)

□ ACPM Model 1단계 : 불안정한 행동

2단계 : 사고의 접점 : 인적요인과 인적오류

3단계 : Safety Block : 장애물에 대한 요인에 대한 모델구축

## 5. 결론

- 1 단계 : 사람 (주체); 불안정한 행동
- 2 단계 : 사람의 팔, 다리, 머리 부분 (Yoon et al., 2002)
  - > 인적요인과 인적오류에 대한 요인분석
    - 국부적인 기능요소
      - ✓ 머리 : 인지, 판단, 지식, 지각
      - ✓ 팔 : 조작과 역할
      - ✓ 다리 : 훈련, 부주의, 행동
- 3 단계
  - ✓ 사고의 접점 + 3차 요인
  - ✓ Safety Prevent Block (Accident Prevent Block) → 사고를 예방

- > 1 단계 : 사고전의 사람의 사고요인에 대한 발생요소 : Intervention
- > 2 단계 : 사고의 접점의 불안정한 행동의 접점 Point
- > 3 단계 : 장애요소 (3차 요소)와 접점 → 사고의 원인/예방

•참고문헌

- A.D.Swain and H.E.Gutt man,Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application(NURGE/CR-12780)1993.
- Erik Hollnagel,,"Understanding Accident From Root Cause to Performance Variability",IEEE 7th Human Factors Meeting,pp1~1/1~6,2002.
- J.Reason,,"Human Error",Cambridge,U.K:Cambridge University Press,1990.
- J.Rasmussen,G.Klein,R.Orasanu,,"Decision making in accident:Models and Methods",Norwood,pp.158~171,1993.
- Yong G.Yoon,,"A Model development of Analysis and prevent for injury in the Semiconductor Industry",Ajou University,pp34~36,2002.
- 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).
- 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).
- 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).