

반도체 노동자 건강 보호를
위한 산업보건 활동 반성
-기업과 전문가 중심-
박동욱(한국방송통신대학교)

발표내용

- 반도체 산업 시작과 건강 위험
- 반도체 노동자 질병 예방과 보상 활동 고찰/반성
- 반도체 노동자 질병 예방과 보상을 위한 정책/활동 제안
- 결론

반도체 산업 시작과 건강 위험

국내외 반도체 산업 시작

- 한국
 - 삼성/SK 하이닉스 : 1980년대 초반
- 미국 등
 - 1960년대
 - 미국(Intel, Micron, Qualcomm 등)/일본(Toshiba, Sony)/대만(TMSC) 등

참고> 반도체 산업<통계청 표준산업분류>

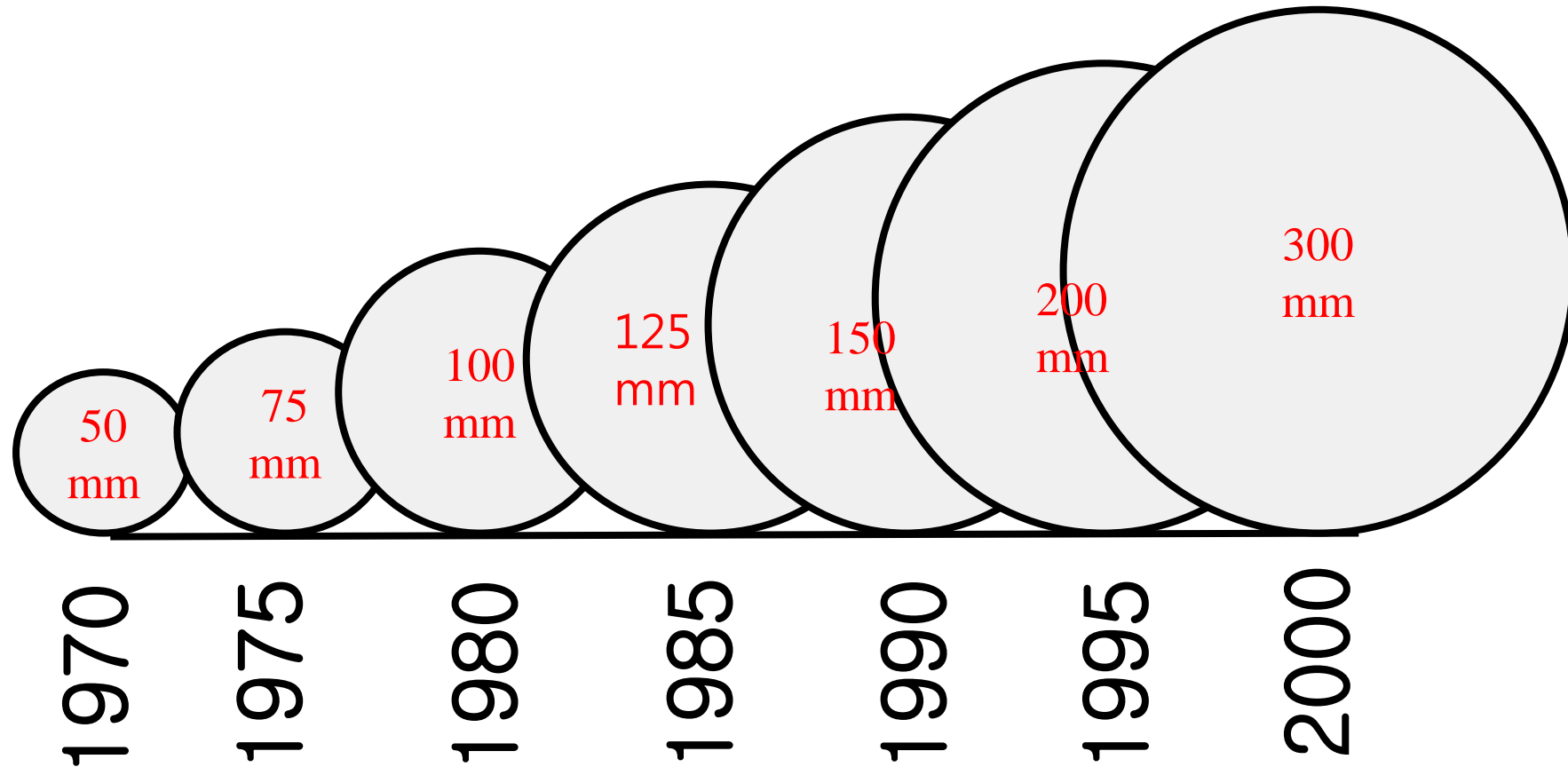
- 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 → 클린룸 운영
 - 반도체 제조업<Mfg of Semiconductor, 261>
 - 전자집적회로<Mfg electronic of Integrated Circuit, 2611>
 - 다이오드, 트랜지스터, 및 유사반도체 소자 산업
 - 전자부품 제조업<Mfg of Electronic Components, 262>
 - 평판디스플레이제조업
 - 인쇄회로기판 제조<Printed circuit board>
 - 기타 전자부품 제조업

반도체 공정/직무 급격한 변화(삼성/SK 중심*)

건강위험 연관 공정/직무 요소	2010년 이전	2005년 이후
웨이퍼 직경 크기	<12 inch (300 mm) (수동 취급)	5 - 12 inches, 회사에 따라 다름
영업비밀 물질	일반적 CMR 등 유해화학물질 포함 일반적	일반적 CMR 등 제거 노력 중
화학물질 취급	수동	수동(중소 회사) 자동(삼성/SK)
고용형태	직접 > 간접 고용	부품/기계 등 정비 대부분 하청 일반적

* 중소규모 반도체 공장 현황/웨이퍼 크기/화학물질 취급 방법 등은 보고된 바 없음

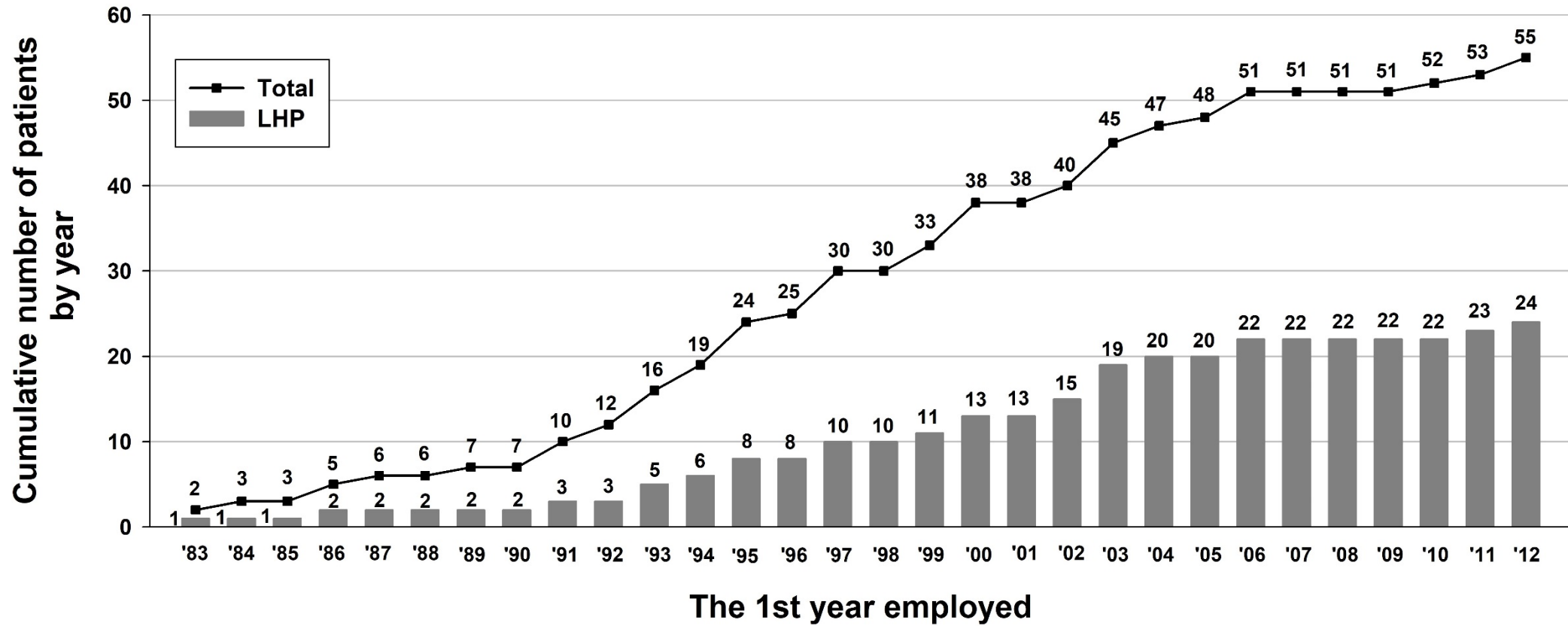
웨이퍼 직경 크기 변화



Ref.

Van Zant P, Chapman P. Microchip fabrication: a practical guide to semiconductor processing. New York: McGraw-Hill; 2000.

반도체 노동자 산재 신청자(n=55) 입사연도별 분포(17년
말 기준) → 대부분 수동 취급 웨이퍼 크기(30 cm 이하)



국내외 반도체 공장 노동자 암 위험 문헌 고찰

연도(논문 발간)	국가	유의한 암 발생/사망 위험	저널
1985년	영국	정의되지(unspecified) 않은 암 종	BJIM
1992년	영국	발견하지 못함	BJIM
2003년	영국	뇌/위/유방암	OM
2005년	미국	뇌/전립선 암	OEM
2005년	영국	직장/흑색종	Occup. Med.
2007년	미국	발견하지 못함	OEM
2010년	영국	발견하지 못함	HSE 보고서
2010년	미국	발견하지 못함	OEM
2011년	한국	갑상선/비호지킨 림프종(NHL)	SHAW
2019년	한국	백혈병/비호지킨 림프종	언론 보도

Ref> Park Donguk, Review for retrospective exposure assessment methods used in epidemiologic cancer risk studies of wafer-fab workers: limitations and recommendations, Safety Health Work 2018;9:249e256250

반도체 공장 생식독성/암 발생 위험 고찰

- 생식질환연구
 - 자연유산/기형/월경불규칙/난임 등
 - 공정/화학물질 등 구체적 연관/인과 등 일관된 결과
- 암 위험 연구
 - 9편(한국 1편) → 2011년 이전
 - 대부분 SMR연구 → 여러 암 발생 위험 연관 → 일관되지 않음
 - 과거 노출 정보 부족으로 인한 노출 분류 오류(misclassification) 가능성

국내 반도체 공장 노동자 암 위험 사회적 논쟁 과정 <언론 및 문헌 종합>

연도	주요 내용
2007년	황**(당시 22세)/팹 공정 2년 운전자/역학조사 및 질판위 불승인
2008년	이**(당시 31세)/팹 공종(황**과 같은 공정) /역학조사 및 질판위 불승인
이후 2017년 3 월까지(Park et al, 2019)	<ul style="list-style-type: none">• 55명 반도체 노동자 산재 승인 18명(질판위: 10명, 행정법원 8명)• 백혈병(14)/NHL(4)/다른 림프(6)/유방(10)/뇌(6)/폐(3)/기타암(5)/희귀질환(7) →혈액 관련 암 44%(24명)

Ref> Park Donguk, Review for retrospective exposure assessment methods used in epidemiologic cancer risk studies of wafer-fab workers: limitations and recommendations, Saf Health Work 2018;9:249e256250

반도체 노동자 질병 예방
과 보상 활동 고찰/반성

산업보건 활동의 궁극적 목적

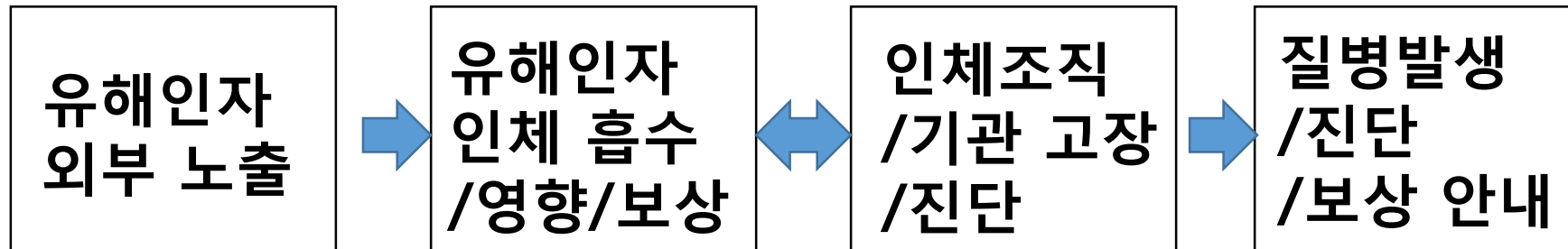
- 예방> 유해 인자 노출을 최대한 관리/억제하여 질병 예방
 - 산업위생활동/작업환경측정 → 유해 요인 노출 인식/평가/관리
 - 산업간호 의학활동/특수건강검진 → 검진을 통해 질병 발생(조직 손상) 전 예방 조치
- 보상> 질병이 발생된 경우 과거 수행한 산업보건활동 근거(측정 및 검진)로 직무 연관/원인을 규명 → 직업병 보상 여부를 공정하고 신속한 결정

노출<원인>부터 질병<영향>감시 스펙트럼

노출감시<작업환경측정>

질병감시<특수건강진단>

공기/음식/피부



개인 생물학적 민감성(susceptibility)
개인 사회학적 취약성(vulnerability)

반도체 노동자 질병 예방 한계*

- 작업환경측정분야
 - 2002년(공단 K2 전산자료) 이전 측정 자료 없음
 - 2003-현재: 일부 인자 정량적 자료에 불과<모두 노출 기준 이하> → 과거 직무 연관 규명 활용 자료로써 한계
 - 반도체 공정 특성에 맞는 작업환경측정/노출평가에는 한계
- 특수건강검진분야
 - 그동안 산재 신청한 여러 암/희귀질환 사전 발견하지 못함
 - 반도체 공정 유해 인자 표적 조직 검진 한계

* 현 제도는 과거 소음/먼지 등 노출과 직업병 감시체계 중심 → 전자산업 감시체계 적용 한계

기업/전문가 산업보건 활동_예방측면

작업환경측정	특수건강검진
<p>반도체 공정 위험을 평가하지 못함</p> <ul style="list-style-type: none">- 일부 화학물질에 대한 특정 시기 정량적 측정 자료만 존재- 정성적 정보(공정/직무/화학물질 사용 등)에 대한 과거 기록 없음	<p>각종 암/희귀질환 예방 및 발생을 알아내지 못함</p> <ul style="list-style-type: none">- 반도체 공정 질병 감시체계 한계

반도체 노동자 건강 예방 측면

- 산업안전보건법
 - 작업환경측정/특수건강검진 방법을 모든 산업에 획일적 적용
 - 반도체 공정/직무 평가에 맞지 않음 → 예방/보상 활용 한계
- 기업
 - 산업안전보건법 작업환경측정/특수건강검진 표준에 따른 수동적 예방
 - 과거 직무 기록 없음
 - 반도체 공장 노동자 노출 및 질병 감시하지 못함

반도체 노동자 질병 보상 측면

- 산업재해보상법 → 사회보장 기능 소홀
- 산업보건연구원/폐질환 연구소 역학조사
 - (집단)역학연구에서 얻은 인과관계(IARC I/II 중심) 규명된 유해 요인 노출에 의존
 - 집단과 개인 인과는 별개 → 개인의 원인을 집단 역학 결과에 대입
- 업무상 질병판정위원회
 - 대부분 역학조사 결과 따름 → 개인적 인과성 따지지 않은 경우 대부분
 - 인과관계 부족한 암/희귀질환 원천적 배제(반도체 노동자 산재 신청자 대부분 해당)

반도체 노동자 질병 예방/ 보상 정책/활동 제안

반도체 공장 질병 위험 인자 발생/노출 특성

- 대규모 화학공장
- 기술/공정 급격한 변화로 과거 공정/직무/화학물질 등 사라짐 → 자동화 공정
- 500여 가지 이상 많은 화학물질 사용/복합적 노출
- 피크/만성적 화학물질, 전자파 개별 혹은 복합 노출

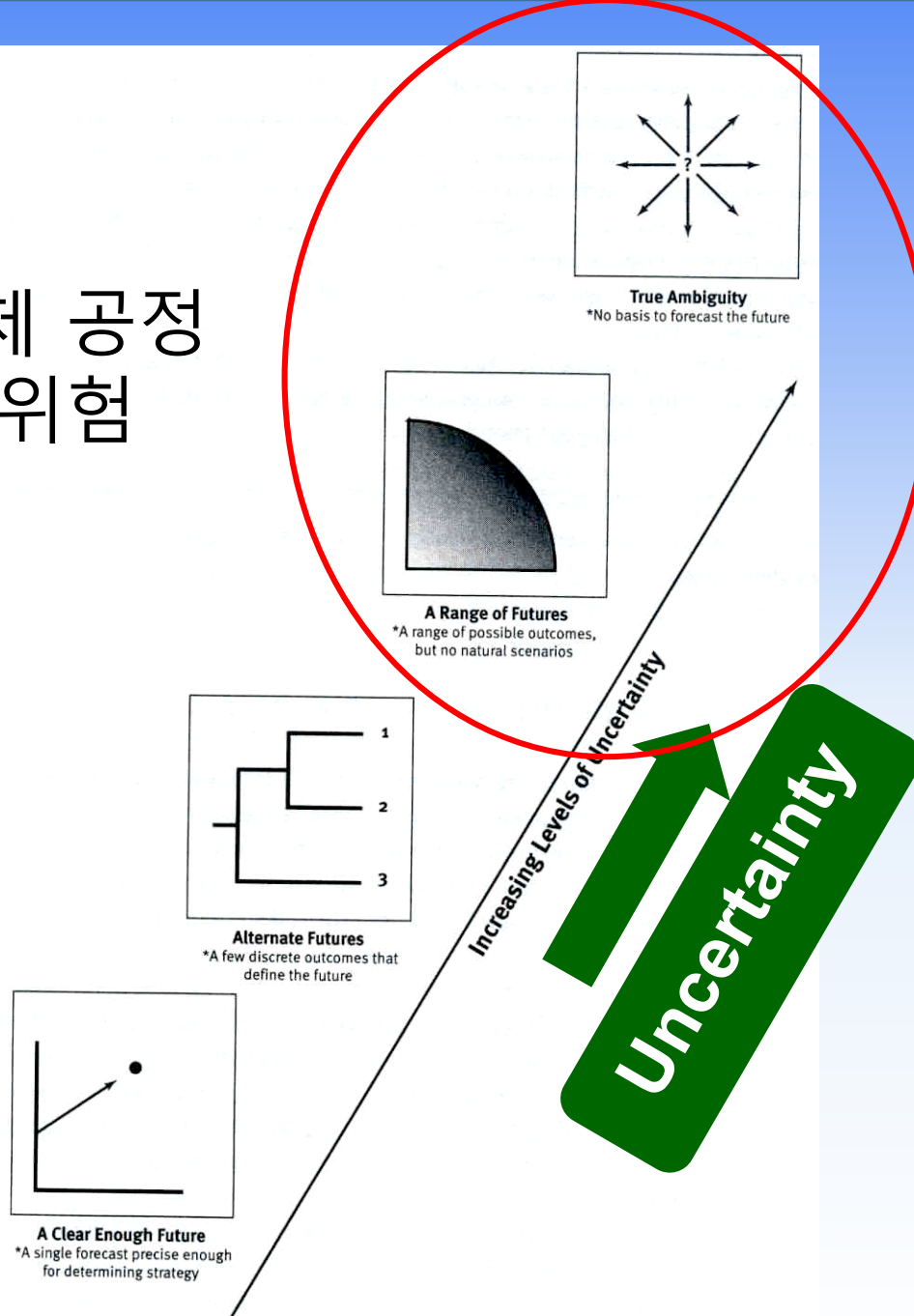
구체적 예방 범위<특정 공정/직무/유해인자 등>
잘 알지 못함

- 반도체 공장/산업 전체 집단적 위험(역학연구) : 백혈병/NHL 유의하게 높음
 - 다양한 공정 및 유해인자 노출 이력 추적 어려움
 - 공정/유해인자/직무 등 특정할 수 없음 → 구체적 예방 범위를 한정하기 어려움
- 과학/의학으로 알지 못하는 무지 영역(unknown) 많음을 인식해야 함 → precautionary principle

반도체 공장 유해성x노출 매트릭스

독성/유해성	노출 수준	사례	위험 수준
모름 <unknown>	모름 <unknown>	영업비밀물질 /복합 유해인자 /공정 부산물 등	큼 <노출억제로 독성 관리>
앎 <known>	모름(현장 정비 빈도 등)	노출기준/독성수준이 알려진 물질 (측정대상인자)	큼 <노출억제로 독성 관리>
모름 <논란>	모름	전자파	큼 <노출억제로 독성 관리>
앎	앎	<ul style="list-style-type: none"> 대부분 유해인자 개별 화학물질 등 <중금속/유기용제 등> 정비/운전 등 	노출관리 수준에 따라 결정

반도체 공정 건강 위험



제안> 산업안전보건법<작업환경측정/특수건강검진/화학물질 관리 등>

- 산업위생분야> 일부 유해인자에 대한 정량적/기술적 측정 → 위험과 관련된 노동자 직무 활동 등(공정/직무/화학물질 취급방법 등)을 기록 포함
 - 예방과 보상에 활용될 수 있도록 함
- 특수건강검진분야> 반도체 공정에서 발생하는 유해인자에 맞는 검진 항목 및 방법
 - 산업위생활동<작업환경측정>과 협력 → 반도체 공정 유해인자별 표적 조직 등 검진 전략

제안> 반도체 공정에 적정한 노출/질병 감시 체계 마련

- 고용 노동부
 - 작업환경측정 제도 전면적 개정
 - 국가 통합 자료에 해당하는 정보만 요구 → 현> 공단 보고 서식(정량적 자료/측정 도면 등) 전면 개정
 - 예> 반도체 표준 공정/표준 직무 현황
- 기업
 - 노출 위험 정보 기록
 - 공정+직무 노출메트릭스(JEM)에 기반한 코호트 전산체계구축
- 공단
 - 산업보건연구원/전자산업보건센터
 - 전자산업 전체 노동자 산업안전보건 자료와 정보 통합 체계 마련

제안> 전자산업보건센터 활동 방향

1단계

- 반도체 포함 전자산업(표준산업분류 코드 261/262) 전체 산업보건 현황 파악 → 표본 실태 조사

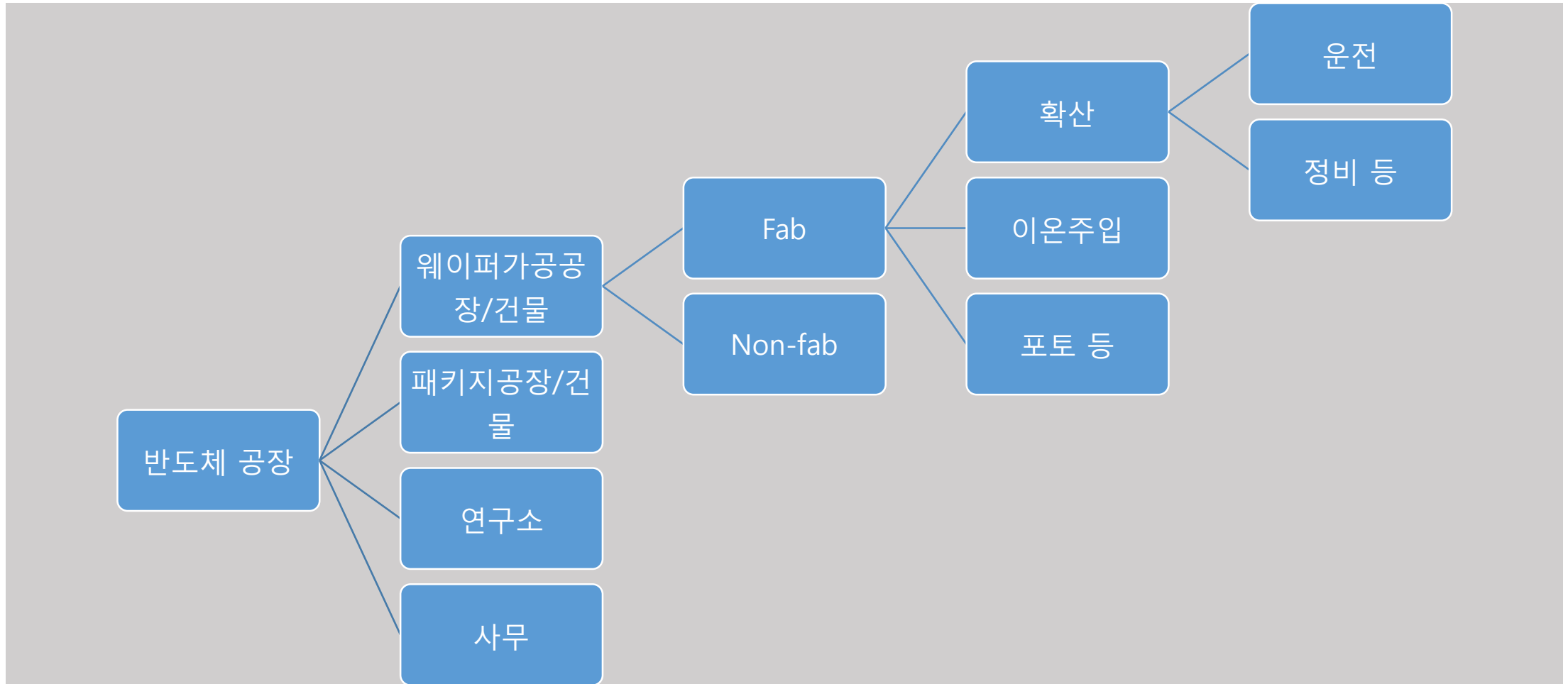
2단계

- 반도체 산업/공정 특성에 맞는 건강 위험 요인 노출<작업환경측정> 및 질병<특수검진> 모니터링 표준안 마련 → 고용노동부> 현재 측정/검진 제도 개정, 기업> JEM 구축 제안

3단계

- 전체 전자산업 노동자 통합 코호트 구축 → 예방/사전주의(precautionary)/산재 보상 활용 시범 틀 마련 → 다른 산업에도 적용

예> 반도체 공장 JEM → 건강 유해요인 노출/질병 감시 활용 도구



JEM, Job Exposure Matrix → 직무를 기반으로 노출변수를 매트릭스로 묶은 노동자 그룹/유사 위험 노출 그룹

반도체 공장 JEM 구축 사례 <KEC/SK 하이닉스>



02 | KEC 반도체 JEM 구축 과정 및 관리현황

KEC Corporation

벤치마킹

- 2018. 04. 20
청주 SK하이닉스
벤치마킹 방문
- JEM 표준기준
- JEM 변경관리
- JEM 활용방안
- 화학물질 관리

잠재적 위험관리

- 잠재적 위험성 평가 
 - 노출관점 직무기준 적용/위험성평가 기법 활용
 - 평가결과, 관리순위 선정
- 유지보수 작업일지 
 - 주요 수동작업인 PM작업의 잠재적 위험성 추정 및
추후 직업병 발생 시, 인과관계 파악에 도움을 위함
 - 기록대상 : CMR물질 사용 설비 대상
장비를 분해해야 하는 유지보수작업
약품을 공급,배출하는 배관 유지보수작업
부스 또는 설비 내 유지보수작업
 - 기록내용 : 작업설비명, PM/BM여부, 작업내용, 작업시간,
세척물질, 보호구, 작업자정보

관리현황

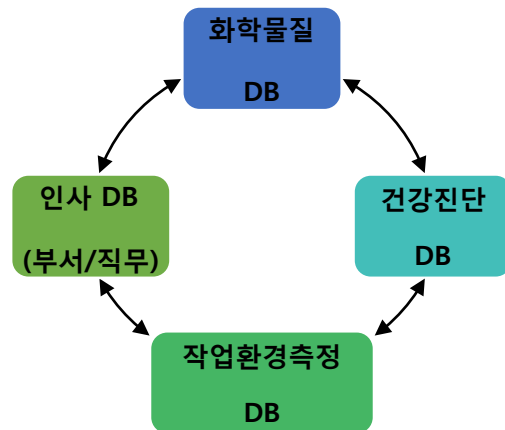
- 변경관리
부서 및 공정 변경
↓
인사 시스템 반영
↓
변경관리 담당자에
이메일 발송됨
↓
변경내용 전산수정

노출 및 질환 모니터링 구축 통한 사전예방 관리체계 정립

JEM 구축

○ 노출관리 Data 체계화

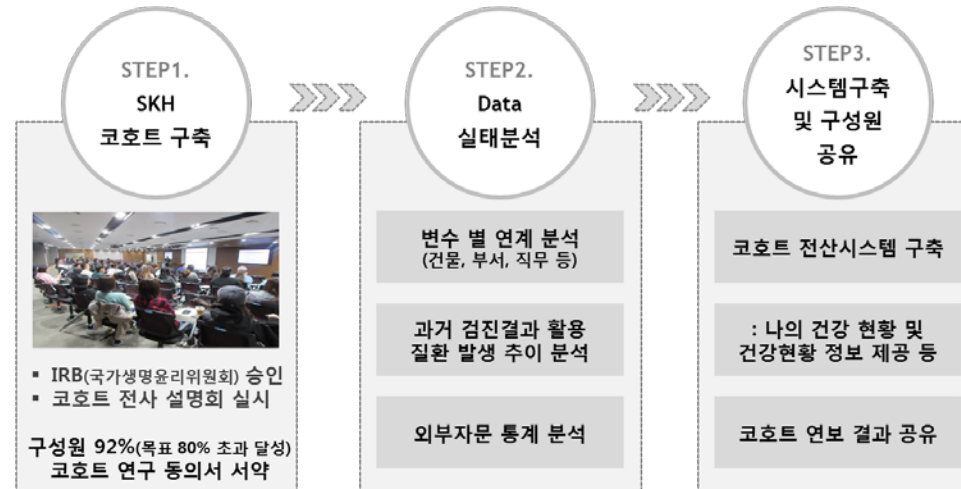
- 자동 연계를 통한 Data 신뢰성 강화
- 보건업무별 연계 및 이력관리 강화
- 노출인자 모니터링 체계화



Cohort 구축

○ 노·사·학 협력 기반 당사 코호트 구축

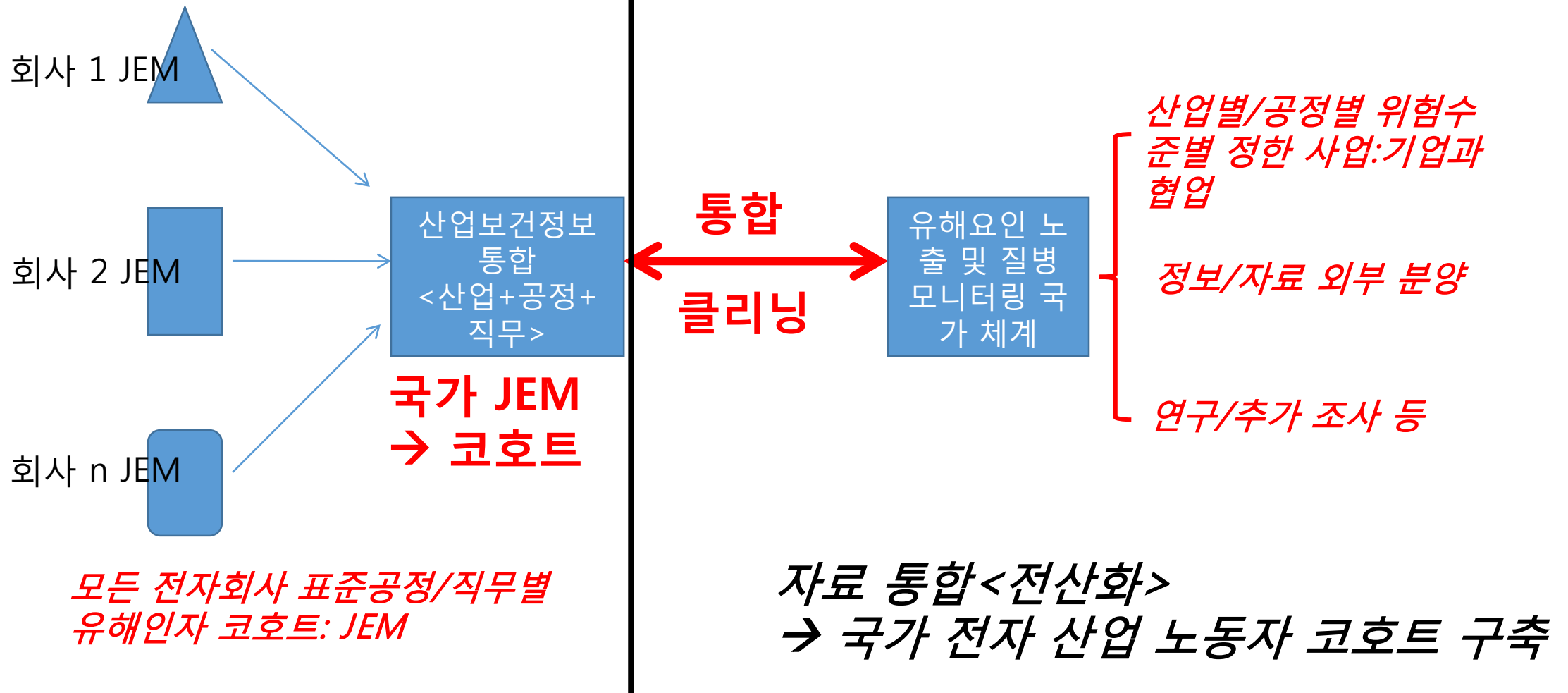
- 잠재적 위험요인 도출 및 개선
- 사전예방 및 맞춤형 건강관리
- 질병발생 규모(현황) 및 원인 규명



사례>반도체 공장 → JEM그룹별 위험수준별 책임 /감시 주체 구분 → 집중과 효율

JEM 그룹 별 위험수 준	해당되는 JEM	비율(%)	감시/책임 주체
높음	폭발/인화/발암성 유해인자 취급/노 출	10 % 이내	CEO
중간	중간 정도의 위험 유해인자 취급	30 - 40 % 정도	산업보건/안전보 건 부서
낮음	사무/포장/청소/감 독 등	60 - 70 % 정도	현장 감독자 등

회사 JEM 확대 → 국가 전자산업 노동자 코호트 구축



제안> 산재보상법 사회보장 기능 회복

- 역학연구 연관/인과관계 결과 참고하되 개인 노동자의 인과성/개연성에 근거한 산재 질병 판정
 - 사례> 반도체 8대 질병 역학조사 없이 최소한 공장 직무 연관(1년 이상 공정 노출 직무) 인정
 - 3개 회사(삼성/SK/LG디스플레이) 질병 지원 보상 지원 활동 개념
→ 산재보상법에서 전 산업 적용
- 반도체 사례 모든 노동자 직무 연관/인과 개념 적용 → 산재 보상 사회보장 기능 회복

결론

- 반도체 노동자 건강위험 논란에서 학습한 경험
 - 측정/검진에 기반한 기업/전문가 산업보건활동은 질병 예방은 물론 보상 도구로써 한계
 - 예방과 보상 활용될 수 있도록 전면적 개정 시급
- 전자산업 특성에 맞는 작업환경측정/특수건강검진 표준 마련
→ 고용노동부/전자산업보건센터
 - 제안> 정량적 측정과 정성적 노출정보 기록에 의한 노출 및 질병 감시 체계: JEM 도구 활용
- 반도체 노동자 산재 판정/기업 지원 보상 위원회 운영 철학 → 모든 산업 노동자에 적용 → 산재보상법 사회보장 기능 회복