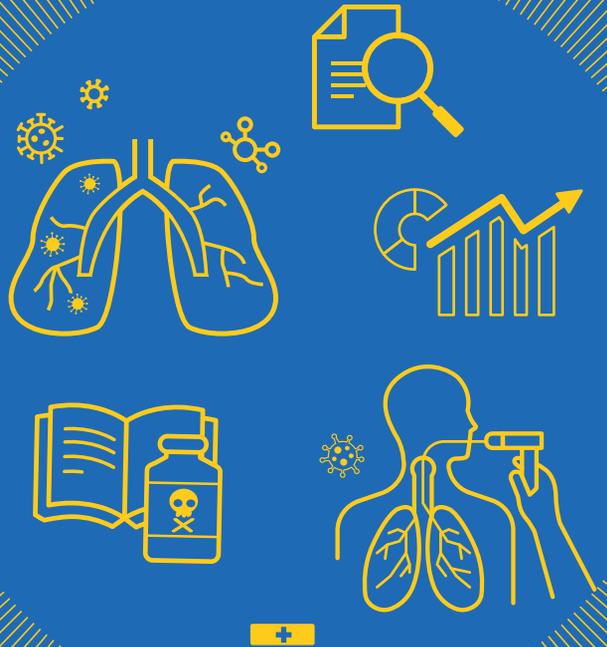


OSHA

안전보건 연구동향 Vol. 15 No. 1 [통권 84호]

- 노동자 암 예방, 현황과 전망
- 우리나라 업종별 발암위험도 평가결과
- 특수건강진단 코호트를 이용한 근로자집단 암 발생연구
- 직업성 암 관련 주요 집단 역학조사

안전보건 이슈리포트 (특집호)



산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



OSH

OCCUPATIONAL SAFETY &
HEALTH ISSUE REPORT



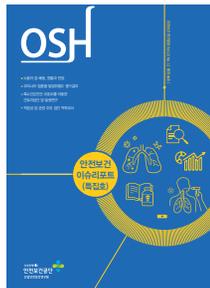
2021년 제1호 안전보건 이슈리포트 (특집호)

산업안전보건연구원은 안전보건 연구개발을 통해 산업재해 예방에 기여하고자 1989년에 설립한 산업재해예방 연구기관으로, 산업 현장의 안전보건 문제를 해결하기 위한 정책개발, 안전보건 이슈와 법제도에 대한 연구활동을 통해 노동자의 삶의 질 향상과 생명 보호를 위해 노력하고 있습니다.

「안전보건 이슈리포트」는 산업안전보건과 관련된 시급하고 중요한 국내외의 다양한 정보와 동향을 선제적으로 파악하여 정부, 학계 등의 안전보건정책 의사 결정자에게 알리고, 안전보건 정책을 선도할 수 있는 선제적 연구과제를 발굴하여 단기 및 중·장기 안전 보건 연구과제에 반영하기 위해 정기적으로 발행하고 있습니다.

Contents

issue	1	노동자 암 예방, 현황과 전망	04
issue	2	우리나라 업종별 발암위험도 평가결과	15
issue	3	특수건강진단 코호트를 이용한 근로자집단 암 발생연구	24
issue	4	직업성 암 관련 주요 집단 역학조사	33



안전보건 이슈리포트 특집호 (2021년 제1호)

[2021-산업안전보건연구원-124]

발행일 초 판 | 2021년 4월
발행인 김은아(산업안전보건연구원장)
발행처 산업안전보건연구원
울산광역시 중구 중가로 400(북정동)
문의처 052-703-0813
편집디자인 디자인에이블 Tel. (052)910-8863

※ 본지에 게재된 내용은 필자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

01 issue

노동자 암 예방, 현황과 전망

산업안전보건연구원
김은아 원장



주요내용 요약



- ▶ **중요성이 증가되고 있는 노동자의 암**
 - » ILO (2014)는 세계적 규모에서 직업성 암 사망은 산재사고 사망의 두 배로 추산 : 일반적으로 암 예방은 매우 어려우나, 예방 방법이 그나마 확실한 암은 직업성 암
 - » WHO (2016)는 평균 4-8%의 암이 직업적 원인으로 발생하는 것으로 추정 대부분 나라에서 직업성 암으로 추정되는 환자 중 보상을 받은 경우는 일부(1-20%) 이므로 격차를 줄이기 위한 노력 중요함
- ▶ **산업안전보건연구원의 노동자 암 연구 30년**
 - » 개원 이래 직업병 역학조사/모니터링의 43%가 직업성 암
 - » 석탄광산, 주물업, 철강(코크스), 석유화학업체, 반도체 제조공정 등 노동자암 코호트 에서 암 위험을 발견하고 예방·보상과 연계
 - » 현재 사회적 빅데이터베이스 연계, 전체노동자 암위험 모니터링체계 구축 중
 - » 연구원은 직업성 암 예방 사업 추진을 위한 필수 인프라를 보유 중
 - 독성규명을 위한 실험시설, ■ 측정과 분석기술 개발, ■ 숙련된 역학조사 인력, ■ 제도개선과 정보제공 역량
- ▶ **노동자 암 예방을 기반으로 하는 국민 건강 형평성 제고 필요**
 - » 노동자 암 정책은 발암물질 관리와 함께 사회·경제적 상황과 복지제도도 고려해야 함
 - » 사회적 데이터베이스의 연계를 통한 지속적 위험집단 모니터링, 산업안전보건영역과 사회복지 영역을 포괄하는 예방전략 수립이 요구됨

추정과 누락 사이

1 노동자의 암, 전 지구적 문제

“세계적으로 직업성암은 사고성재해의 2배”

건강한 삶에서 암 예방은 날이 갈수록 강조되고 있다. WHO는 전 세계의 사망원인 2위가 암이며, 사망자 6명 중 한 명이 암으로 사망한다고 발표한 바 있다.^[1] 직업성 암의 중요성도 동시에 증대되고 있다. 국제노동기구(ILO)는 세계적으로 매년 666,000건의 직업성 암 사망이 발생한다고 추산했는데, 이는 사고성 산업재해 사망보다 2배 높은 수치다.^[2]

“국제암 연구소의 Group1 발암물질 120개 중에서 70개가 작업장에서 주로 사용되는물질”

일반적으로 인구 노령화와 기대수명 증가는 암 발생의 주요 원인으로 지적되는데, 최근 10여 년 동안 한국 국민의 사망원인 중 암이 높은 순위(2018년 기준 사망원인 1위)를 차지하고 있는 상황에서,^[3] 노동자의 직업성 암은 과연 얼마나 높은 비중을 차지하고 있는지 우려되는 상황이다.

암의 원인을 과학적으로 확실히 밝혀내는 것은 상당히 까다롭고 시간의 소모가 많은 작업이다. 현재까지 암의 원인은 직업성 암이 발병한 노동자의 사례를 통해 밝혀진 것이 다수다. 발암물질과 암의 관련성이 명확하게 관찰된 것은 굴뚝 청소부의 음낭암이었다. 이후 다양한 발암물질이 다양한 직업군과 각종 산업에서 발견되었다.^[4] 노동환경은 발암물질 노출 기회가 많고, 노출수준이 일반적인 환경에 비해 높기 때문이다. 원인이 명확해야 예방도 가능한 일이니, 암 중에서 예방 가능한 암의 대표선수가 직업성 암이라고 여겨지고 있다. 그러한 맥락에서 Doll과 Peto(1981)^[5]는 직업성 암 관련 보고서에서 “예방 가능한 암의 반 이상은 작업환경에 의한 직업성 암이다.”라고 기술하였다. Loomis 등(2017)^[4]의 연구에서 밝혀진 대로 국제암연구소(IARC)의 1등급 발암물질(Group1) 120개 중에서 70개가 작업환경에서 주로 사용되는 물질인 만큼 작업환경에서의 유해 물질 노출문제는 노동자 뿐 아니라 현대인의 암 예방에 있어서 핵심적 실마리를 갖고 있다고 볼 수 있다.

“예방 가능한 암의 반 이상은 작업환경에 의한 직업성 암이다”

암은 치명적인 예후를 나타내는 경우가 많다. 대부분의 암은 정확한 원인을 규명하기 어려워 확실한 예방 방법을 파악하기 어려운 질환이나, 직업성 암의 경우는 작업환경에서 노출되는 발암물질을 줄이거나 노출을 회피하는 방안을 마련하는 등 예방 방법이 비교적 명확하다.

2. 추정된 크기와 보상된 암의 차이

우리나라에서 발생한 암환자 중 직업성 암이 원인인 환자의 비중은 과연 얼마나 될까? Doll과 Peto(1981)^[5]가 약 4%의 암은 직업적 노출에 기인했을 것이라고 보고한 후, 여러 연구자들이 이것을 계산해 보았다. 2016년에 WHO는 전 세계적으로 총 349,000명의 직업적 노출로 인해 암이 발병하여 사망했고, 이는 전체 암 사망의 약 3.9%라고 추정했다.^[6] 이러한 추정은 흔히 그 사회의 직업성 암의 산재보상현황과 비교되면서 노동자 암 관리정책이 부적절하다는 증거로 제시되기도 했다.

표 1은 유럽연합 주요국 9개국과 한국, 일본의 직업성 암 관련 데이터를 비교한 것이다.^[7]

“평균 4-8%의 암이 직업적 원인으로 발생된다고 추정하지만, 대부분 나라에서 보상 암은 추정 암의 일부(1-20%)”

각국의 직업성 암 보상건 수(A)는, 학자들이 추정한 직업성 암 발병건 수(B)와 큰 차이를 보인다.^[8] 보상건 수가 가장 높은 국가는 독일(22.2%)이며, 스웨덴이 1.1%로 낮은 편에 속한다.

한국과 일본의 경우, 직업적 발암물질 및 직업적 요인이 암 발병에 기여하는 요인을 파악하는 ‘직업성 암 부담연구(burden of occupational cancer)’가 충분히 수행되지 않았으므로 산재보상기관의 보상통계와 전 국민 암 발생 수의 4%를 대비해 보았다. 산재로 인정받아 보상받은 암환자는 직업적 요인으로 발병된 것으로 추정되는 암의 1.0-2.5%만을 차지하고 있다.

표 1 보상된 암과 추정하는 암의 차이

구분	보상건수(1)	직업성암 추정 건(2)	추정 대비 보상 % (1)/(2)
한국 (2018)	98	9,753	1.0
일본 (2019)	1,029	40,688	2.5
독일 (2016)	6,559	29,525	22.2
오스트리아 (2016)	129	2,452	5.3
벨기에 (2016)	181	4,501	4.0
덴마크 (2016)	194	2,791	7.0
핀란드 (2016)	78	2,053	3.8
프랑스 (2016)	2,118	22,311	9.5
이탈리아 (2016)	1033	20,859	5.0
스웨덴 (2016)	27	2,551	1.1
영국 (2016)	600	33,192	1.8

추정되는 암과 보상되는 암의 차이가 가장 큰 이유에 대해서 EU의 보고서는 낮은 산재 보고를 들고 있다.^[7] 우선 직업성 암은 일반적인 비직업성 암과 검사로 구분할 수 없다.

CT 사진이나 다른 혈액검사 등의 의학적 검사로 나타나는 소견은 동일하기 때문에 노동자의 직업에 대한 식견이 없는 사람은 직업적 요인을 발병 원인으로 생각해내기 어렵다. 또한 발암 물질에 노출된 후 10-40년이라는 긴 시간이 경과한 후에 암이 발생하게 되므로 환자 스스로 과거의 유해물질 노출에 대한 기억이 사라졌거나 기록이 유실되었을 가능성이 높다. 따라서 개별 노동자 입장에서는 자신의 암이 직업병일 가능성이 있는지, 암 예방이나 치료에 얼마나 노력이 필요한지 가늠할 수 없기 때문에 직업병보상을 신청하기 쉽지 않다. 더욱이 고용이 불안정한 상황일수록 이러한 장벽은 더 높아질 것이다.

암 발생 전체에 대한 직업성 암의 기여율은 계산하는 방법에 따라 1-20% 사이의 다양한 폭으로 추정되었다. 2017년에 유럽노동조합연구소(European Trade Union Institute)는 그간의 연구들을 종합하면, 대략 8%의 암이 직업적 요인에 기인했을 것이라고 하였다.^[8]

국내에서는 2010년에 발표된 두 편의 연구가 직업성 암의 기여율을 각각 1.1%,^[9] 9.3%^[10]로 추정하여 큰 차이를 보였다. 이는 계산에 포함된 발암물질의 종류, 노출되는 노동자의 수와 그 노동자들에서의 암 발생위험비 등 기본적으로 사용된 수치가 달랐기 때문이다. 2009년 국립암센터 연구에서는 위와 같은 필수적 자료가 결여되어 있어, 한국의 경우 직업성 암 부담을 추정하지 말 것을 권고할 만큼 국내에서는 관련 기초연구가 부족하였다.^[11] 최근 대한암연구재단에서 한국인의 생활습관과 환경요인으로 인한 암 기여분율을 보고하였는데, 암 발생 중 직업요인에 의한 기여분율은 0.7%, 암 사망 중 직업요인에 의한 기여분율을 1.2%로 보고하였다.^[12]

직업성 암의 규모에 대해 추정하는 이유는, 산재보상 기준을 마련하거나 보상의 과부족을 가능하게 하는 것을 넘어 작업장 발암물질 노출의 심각성을 계산하여 예방대책이 필요한 우선순위를 선정하기 위한 것이 사실상 더 크다.

점점 암 질환에 대한 관심이 증대되고 있는 오늘날, 노동자의 암 예방과 보상을 개인의 선택에 맡길 수는 없다. 우선 우리가 가진 정보와 체계를 잘 활용한 연구를 더 많이 수행해야 한다. 이를 통해 이미 발생한 암, 앞으로 많이 발생할 것 같은 암 질환을 직종별·업종별로 점검하고, 위험이 높은 노동자 집단에 대한 예방정책을 만들고, 이미 위험이 높은 집단에는 보상절차를 안내하는 등의 적극적인 정책이 필요하다.

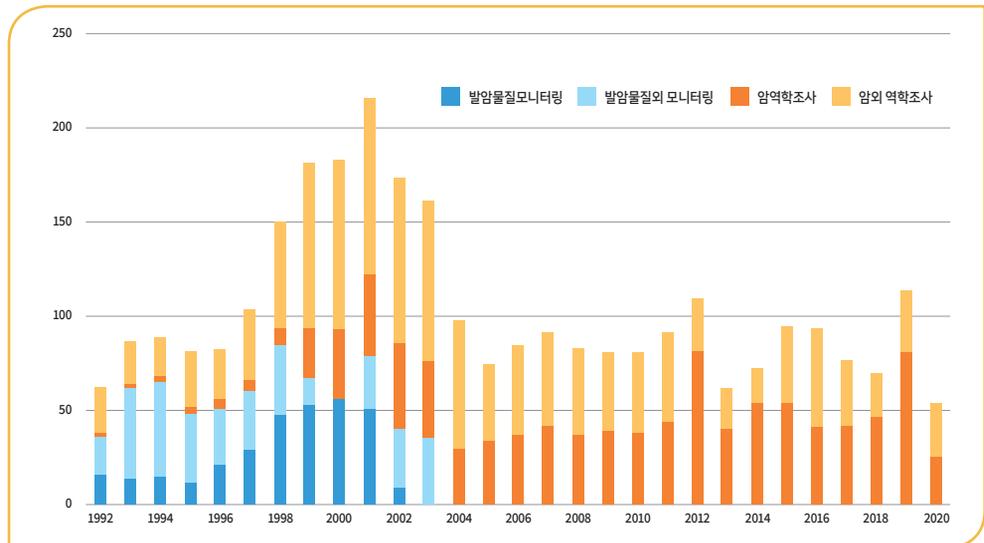
산업안전보건연구원과 직업성 암 30년

1 산업안전보건연구원의 노동자 암 예방사업

“산업안전보건연구원 직업병 역학조사 관련 사업의 44%가 직업성 암에 대한 조사, 암의 비중은 2010년대에는 50-70%로 높아져”

한국에서 노동자의 암은 1993년에 들어서 처음으로 업무상질병으로 인정되었는데, 1970년대에 벤젠 중독 사례가^[13] 기록되어 있는 것으로 보아 그 이전부터 꾸준히 노동자의 암이 발생되어 왔다고 보는 것이 타당하다.

산업안전보건연구원은 1989년 개원 이래 노동자의 암을 핵심 연구 어젠다로 상정하였다. 개원 이래 연구원의 직업병 역학조사 관련 사업(모니터링과 사례조사) 물량 3,010건의 약 44%가 직업성 암에 대한 조사였고, 이 비중은 2010년대 들어 50-70%로 높아졌다[그림1].



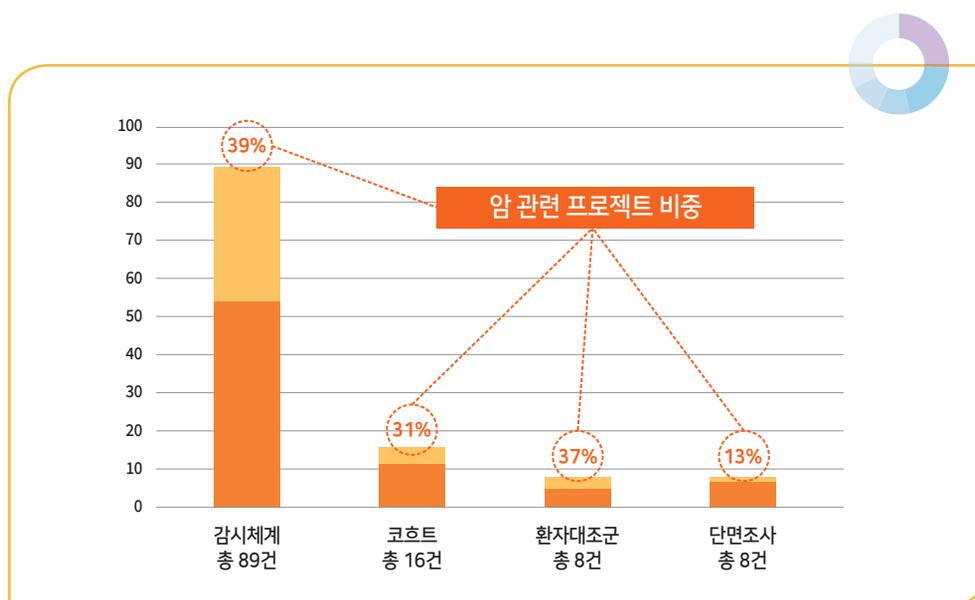
[그림 1] 직업병 개별사례 역학조사와 발암물질 취급 모니터링

“2001년 코크스
역학조사를 통해
협력업체 노동자
의 암발생위험이
높다는 것을 파악”

사업장 모니터링사업은 2000년대 초기까지 많이 수행되었는데 직업병발생 위험이 있는 사업장 노동자를 전국적으로 선정하여, 유해물질 노출수준과 건강관리 실태를 검토하는 사업이었다. 발암물질은 이 사업에서 매우 큰 비중을 차지하고 있었는데, 당시 문제가 되기 시작하였던 석면, 카드뮴, 크롬, 벤젠, 포름알데히드, 비닐클로라이드, 카본블랙, 금속가공업 등의 발암물질 취급 사업장, 그리고 코크스 제조업, 조선업과 광업, 석재, 주물업, 용접작업 등 해외에서도 발암물질이 많이 취급되는 것으로 알려진 업종과 직종에 대하여 작업환경을 조사하고 노동자 건강검진을 실시했다.

개별 노동자에 대한 역학조사는 직업병의 중요한 신호를 감지하는 데 유용한 연구방법이다. 산업안전보건연구원에서 수행한 개별사례 역학조사를 통해 통산업 노동자의 백혈병, 조선업 목공과 시멘트제조업, 건설업 노동자들의 악성종피종과 폐암, 주물업 노동자의 백혈병과 폐암, 중공업 노동자의 비강암과 후두암 등이 다양한 직종의 암 발병 현황을 확인할 수 있었다. 특히 1999년 이후 코크스 제조업에서 직업성 폐암을 조사한 뒤, 발암물질 노출수준을 수차레에 걸쳐 측정하였고, 후속 연구인 제철업 코호트 조사를 통해 코크스 공장의 사내 협력업체 노동자들의 암 발생 위험이 높다는 것을 파악하였다.

직업성 암의 역학조사는 개별사례 조사뿐만 아니라 지속적인 질병감시, 환자대조군과 코호트 등 중장기적인 기획조사가 필요하다. 산업안전보건연구원에서 운영한 감시체계 연구 89건, 코호트 연구 16건, 환자대조군 연구 8건, 단면조사 연구 8건 중 중장기 직업성 암 관련 프로젝트로는 감시체계 연구의 약 39% (‘지역별 권역별 병원중심 암 감시체계’, ‘악성종피종 감시체계 등), ‘환자대조군’과 ‘코호트’ 연구의 각각 37%, 31%가 수행되었으며, 이 중 다수는 현재 까지 진행되고 있다[그림 2].



[그림 2] 중장기 역학조사 연구 중 직업성 암 관련 프로젝트

“중요 암 코호트로
주물업, 제철업
(코크스), 광업진
폐 코호트,
여수광양 석유
화학코호트,
반도체 제조공정
등”

표 2 노동자 암 관련 주요 코호트

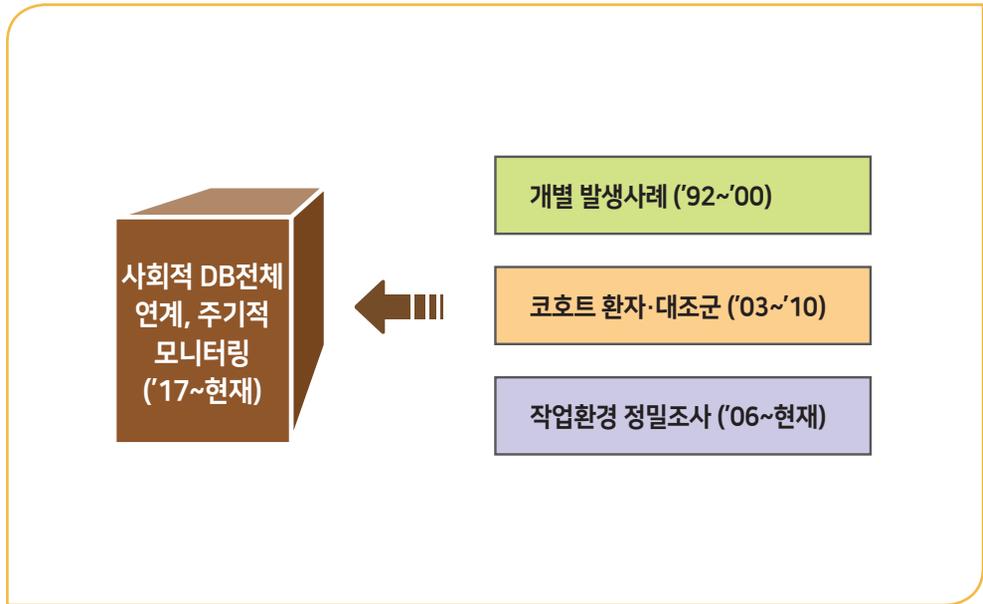
연도	제목
1994	우리나라 성인남자 암등록자의 지리적 분포
1995	한국 성인남자 방광암 환자대조 연구
2000	주물공장 근로자- 후향성 코호트 구축
2000	광업 근로자의 폐암 발생위험도 평가 연구
2000	폐암 및 방광암의 환자 대조 연구
2002	제철업 근로자 코호트 구축의 질병 및 사망
2002	진폐근로자 코호트를 통한 폐암 발생 예측(I)
2005	발암성물질 노출 근로자 코호트 구축
2008	반도체 제조공정 근로자 건강영향 역학조사
2011	전국 근로자 연령별, 성별 사망률(및 암 발생률)
2011	여수광양산단 석유화학업체 코호트
2015	방사선노출에 의한 암 발생 인과확률 프로그램 개발
2018	특수건강진단근로자 코호트: 한국 근로자의 암 위험평가

주요 암 코호트로는 주물업, 제철업(코크스), 광업진폐 코호트, 여수광양 석유화학코호트, 반도체 제조공정 등이 있다.

광업 진폐 코호트 연구에서는 국내 지하광산 노동자에서 암 발생 위험이 높음을 규명하고, 광산 노동자의 폐암 산재 인정 기준 개선의 근거가 되었다. 주물업과 제철업 코호트는 해외에서도 발암물질 노출이 높다는 것이 잘 알려진 업종인데, 이 코호트에서는 폐암, 림프조혈기계암의 위험이 높다는 것을 밝혀냈다. 여수광양산단 석유화학 코호트에서는 비정규직인 대정비 작업자에서 벤젠노출수준이 높고 림프조혈기계암 위험이 높음을 발견하고, 원·하청 보건관리에 대한 책임을 사회적으로 공론화하는데 일조하였다. 반도체 제조업 코호트는 2008년부터 10여 년간 꾸준히 운영하여, 다양한 종류의 암이 반도체 노동자에서 높은 것을 발견했으며, 공정별로 정밀한 작업 환경조사를 통해 안전한 작업을 위한 가이드라인을 배포하였다.

“노동부와 보건
복지부가 가진
사회적 데이터
베이스를 통합
연결하여,
노동자의 암
발생사망을 모니
터링하고 위험
업종과 직종을
조기에 감지하기
위한 시스템을
구축”

직업병 역학조사는 1992년 시작 당시의 개별 노동자의 암 사례 조사로부터, 작업환경정밀조사를 동반하는 조사로 발전했으며, 코호트와 환자대조군 조사로 변해 왔다. 2017년부터는 노동부와 보건복지부가 가진 사회적 데이터베이스를 통합 연결하여, 노동자의 암 발생·사망을 모니터링 하고 위험업종과 직종을 조기에 감지하기 위한 시스템을 구축하는데 무게중심을 옮기고 있다 [그림 3].



[그림 3] 직업성 암 역학조사의 변천

2

노동자암 예방 연구 인프라



직업병 역학조사와 위험사업장 발암물질 모니터링은 노동자 암질환을 진단하고 예방하기 위한 사업으로 연구원의 직업건강연구실에서 수행해왔다. 30여 년간, 암 발병 노동자가 근무한 작업 환경을 조사하고, 질병의 인과관계를 검토하였으며, 다수 발병 사례가 발생하면 집단 역학조사로 연계하는 과정에서 직업병분야의 역학조사에 대한 역량이 누적되었다.

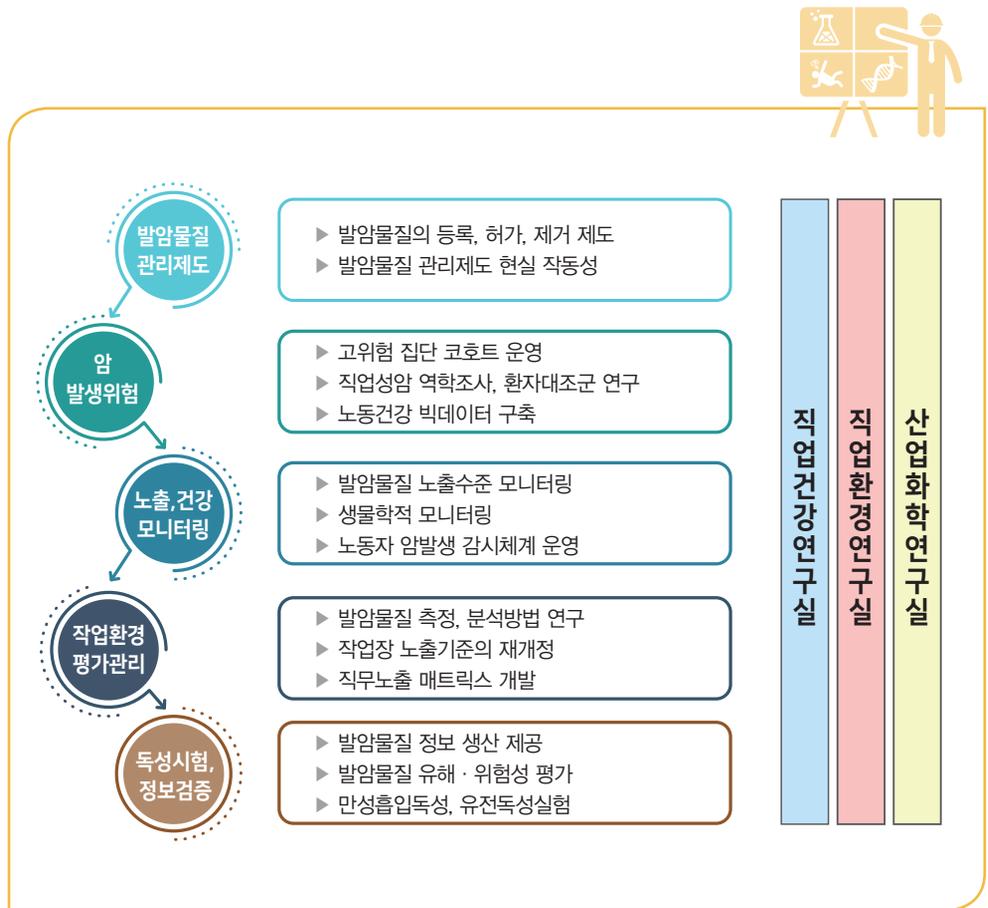
그런데 직업성암 예방에는 질병의 진단 이전 단계에 해결되어야 할 일이 산재해 있다. 발암물질의 독성 규명, 작업장의 위험수준에 대한 측정과 분석은 역학조사를 통한 직업병의 위험도 조사 이전에 기본적으로 수행되어야만 한다. 그리고 독성과 노출, 질병발생 위험도가 규명된 뒤에도 직업성암 예방을 제도적으로 구조화시켜야 한다.

가장 기본이 되는 것은 발암물질 독성에 대한 기초연구다. 이를 위해서는 민간 차원에서 감당하기 어려운 인적·물적 인프라인 기초과학 연구시설을 설립하여 동물실험과 유전 독성 등의 실험을 수행하고 데이터를 누적해 나가야 한다. 산업안전보건연구원은 1997년에 화학물질연구센터를 설립하고 2015년에는 만성흡입독성 시험시설을 완비하여 이러한 기초를 구비하게 되었다. 이 시설에서는 미지의 화학물질의 발암성을 시험하여 발암물질에 대한 노출을 예방하기 위한 기초를 마련하고 있다. 또 이미 독성이 확인된 화학적 위험요인의 물질안전보건자료 정보를 제공하여 노동자 알권리를 보장하기 위한 기반을 다져나가고 있다.

“산업안전보건 연구원의 직업성암 예방 사업 필수 인프라: 산업화학연구실, 직업건강연구실, 직업환경연구실”

독성이 규명된 발암물질의 작업장 노출수준과 유해성 측정·분석 방법을 연구하는 작업은 노동자 암 예방에 있어 가장 핵심적인 일이다. 발암물질은 종류에 따라 측정하는 방법도 다르며, 이를 표준화하여 신뢰를 획득해야 한다. 최근의 사회적 분위기 상 극미량의 발암물질 노출에도 민감하게 반응하고 사회적 공포 분위기가 확산되고 있으므로 분석과 측정의 표준화와 신뢰성 확보의 중요성이 점차 증대되고 있다.

산업안전보건연구원의 직업환경연구실은 석면, 각종 발암성 물질 분석의 국내 표준, 측정 방법 개발과 기준 제·개정 중심에 서 있다. 직업환경연구실에서는 2009년에 반도체 제조업 사업장에서 벤젠을 직접 취급하지 않아도 부산물로서 벤젠이 발생할수 있음을 실험을 통해 발견하기도 했다. 최근에는 다수의 화학물질 측정과 분석을 자동화하는 등, 4차 산업시대의 발암물질 노출관리를 준비하고 있다[그림 4].



[그림 4] 산업안전보건연구원의 노동자 암 예방 활동

노동자의 암과 건강형평성

“노동자의 암을 예방하는 정책은 산재보상과 발암물질의 관리뿐 아니라 사회경제적 복지제도와 큰 연관을 맺는다”

노동자에서 발생한 암에 대해 지금까지 원인으로 지목된 것은 주로 석면, 유리규산 같은 분진, 벤젠, 포름알데히드 같은 유기화합물, 방사선 같은 물리적 요인이었다. 따라서 연구자들은 이런 위험물질들을 취급하는 노동자 집단을 중심으로 암 발생위험을 계산하고, 코호트 연구를 실시해 왔다.

최근 들어 물리적 화학적 위험요인에 노출되는 직종뿐 아니라, 야간작업처럼 작업시간도 발암 원인이 될 수 있다고 밝혀짐에 따라, 노동자의 작업시간대 등 작업조건에 따라 다양한 직종과 업종에서 암 발생 위험이 대두되고 있다.

또한 최근 국내 학계에서는 특정 사회계층이나 성별이 암 발병과 암으로 인한 사망, 생존률에 차이를 보인다는 연구가 발표되었다.^[14-16] 이 연구에 의하면 서비스/판매업과 생산직에 종사하는 남성 노동자는 식도, 간, 후두, 폐암위험이 높았고, 서비스/판매업에 종사하는 여성 노동자는 자궁경부암이 높았다. 특히 이들의 생존율은 전문가 집단이나 관리업종보다 낮게 나타난 바 있다. 이는 발암물질에 노출되는 상황뿐 아니라, 의료서비스 접근성과 경제적 여유, 이에 따른 개인의 생활습관 요인, 사회의 의료복지 시스템 역시 노동자의 암에 영향을 주는 큰 요인이라는 뜻이 된다.

따라서 노동자의 암을 예방하는 정책은 산재보상과 발암물질의 관리뿐 아니라 사회경제적 복지제도와 큰 연관을 맺는다. 노동자의 작업환경뿐 아니라 고용안정을 통한 생활의 보장과 이로 인한 영양상태, 건전한 생활습관유지를 통한 건강관리, 의료접근성 개선 등 전 방위적 접근을 통해 노동자의 암 발생과 암 사망이 개선될 수 있다. 특히 질병이 발생했을 때 급여를 받으면서 진료 받고 치료할 수 있는 기회, 즉 상병수당은 암뿐 아니라 여러 질병의 생존율에 큰 영향을 줄 것이라는 점은 자명하다.

암이 건강불평등의 지표가 되는 질병이라는 것은 여러 연구를 통해 입증되었다.^[17] 그러나 현재까지 우리나라 노동자를 대상으로 이런 경향을 모니터링하는 상설 체계는 존재하지 않는다. 산업안전보건연구원에서 구축하고 있는 데이터연계를 통한 암 발생·사망 분석시스템은 국내의 업종과 직종에 적합한 예방대책과 건강관리 정책을 수립하는데 중추적인 역할을 할 수 있을 것이라 기대한다.

참고문헌

- » [1] WHO. Cancer. Cancer 2018. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer> (accessed February 22, 2021).
- » [2] TAKALA J. Eliminating occupational cancer. *Ind Health* 2015;53:307-9. <https://doi.org/10.2486/indhealth.53-307> (accessed February 22, 2021).
- » [3] NCIC. 국가암정보센터. 암 유병률 2021. <https://www.cancer.go.kr> (accessed February 22, 2021).
- » [4] Loomis D, Guha N, Hall AL, Straif K. Identifying occupational carcinogens: an update from the IARC Monographs. *Occup Environ Med* 2018;75:593-603. <https://doi.org/10.1136/oemed-2017-104944>.
- » [5] Doll R, Pete R. The causes of cancer: Quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *J of the National Cancer*, 1981;66(6):1192-1308
- » [6] GBD 2016 Occupational Carcinogens Collaborators. Global and regional burden of cancer in 2016 arising from occupational exposure to selected carcinogens: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Occup Environ Med* 2020;77:151-9. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32366-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8)
- » [7] Eurogip. Incidence and detection of occupational cancers in nine European countries. 2019.
- » [8] RPA. The cost of occupational cancer in the EU-28. United Kingdom: Risk & Policy Analysts Limit; 2017.
- » [9] Kim E-A, Lee H-E, Kang S-K. Occupational burden of cancer in Korea. *Saf. Health Work*, 2010;1(1):61-68
- » [10] 손미아 등. 우리나라 직업성 암 부담연구. 보건복지부, 2010
- » [11] National Cancer Center. ATTRIBUTABLE CAUSES OF CANCER IN KOREA IN THE YEAR 2009.
- » [12] 박수경 등. 한국인에서 생활습관과 환경요인으로 인한 암 기여분을 추정 연구. 대한암연구재단, 2020
- » [13] Kang SK, Ahn YS, Chung HK. Occupational Cancer in Korea in the 1990s. *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2001;13:351-9.
- » [14] Lee H-E, Kim E-A, Zaitso M, Kawachi I. Occupational disparities in survival in Korean women with cancer: a nationwide registry linkage study. *BMJ Open* 2020;10:e039259. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-039259>.
- » [15] Lee H-E, Zaitso M, Kim E-A, Kawachi I. Occupational Class and Cancer Survival in Korean Men: Follow-Up Study of Nation-Wide Working Population. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010303>.
- » [16] Lee H-E, Zaitso M, Kim E-A, Kawachi I. Cancer Incidence by Occupation in Korea: Longitudinal Analysis of a Nationwide Cohort. *Safety and Health at Work* 2020;11:41-9. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2019.12.004>.
- » [17] Hashim D, Erdmann F, Zeeb H. Editorial: Social Inequities in Cancer. *Front Oncol* 2019;9. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.00233>.



우리나라 업종별 발암위험도 평가결과

직업건강연구실 역학조사부
이지혜 부장



주요 내용 요약



- ▶ 산업안전보건연구원에서는 빅데이터를 기반으로 직업코호트를 구축 및 운영하여 우리나라의 업종별 발암위험도¹⁾를 평가하였음
 - » 직업코호트는 직업적 노출과 질환과의 연관성에 대한 과학적 근거를 제공해주는 역할을 할 수 있음
- ▶ 빅데이터 활용 탐색 조사
 - » 우리나라 노동자의 업종별 발암위험도를 분석한 결과, 전체 근로자집단 대비 타이어 제조산업에 종사하는 남성 노동자에서 위암이 약 1.4배 발생비가 높았으며, 석유화학 산업에 종사하는 여성 노동자는 폐암이 약 3.3배, 백혈병이 약 5.2배 발생비가 높았음
- ▶ 빅데이터를 활용한 직업성질환 코호트 구축 및 운영
 - » 특수건강진단 자료를 활용한 유해물질 노출 노동자 코호트에서 생물학적 노출지표를 분석에 포함하였고, 누적노출수준에 따른 질환영향평가에 대한 시범분석결과, 혈중 납의 누적 노출량이 높을수록 전체 암 발생비가 높은 경향을 보임
- ▶ 역학조사 우선순위 선정을 위한 빅데이터의 활용 제언
 - » 노동자 규모 대비 산재신청건 수가 많으면서, 질환 발병건 수가 큰 대표적인 업종 및 질환을 선정하였음
- ▶ 산재 신청 대상을 넘어서 공공기관과의 협약을 통한 노동자전체의 암과 같은 건강 위험을 평가하는 포괄적 접근체계 마련
 - » 능동적 집단 역학조사를 위한 감시기반
 - » 업종별 암 표준화발생비 선별 프로그램 정보공개 및 시각화예정



1) 역학연구에서 발암위험도의 양적 표현방법에는 오즈비, (직접/간접)표준화발생비, 비교위험도 등의 여러 지표가 사용된다. 통상적으로 “비교집단 대비 노출집단의 질환 발병(사망) 위험도가 몇 배 높다.”로 해석된다.

서론

“직업코호트는
직업적 노출과
질환과의 연관
성에 대한 과학
적 근거를 제공
해주는 역할을
할 수 있음”

산업안전보건연구원에서는 2017년부터 지속적으로 빅데이터를 기반으로 직업코호트를 통한 업종별 직업성암 위험도 평가 연구를 수행하였다.

코호트란 동일집단이라는 뜻으로 코호트 연구는 유해물질에 노출된 집단과 노출되지 않은 집단을 선택한 후 두 집단을 추적조사 하여 질환 발생이나 사망을 비교하는 연구이다^[1].

특히 직업코호트는 직업적 노출과 질환과의 연관성에 대한 과학적 근거를 제공해주는 역할을 할 수 있다. 본 이슈리포트에서는 빅데이터 코호트를 통한 우리나라 노동자의 업종별 발암위험도 평가 과정 및 결과를 기술하였다.

본론

“우리나라의
직업코호트는
대부분
2000년대
초반을 전후하여
구축 되었음”

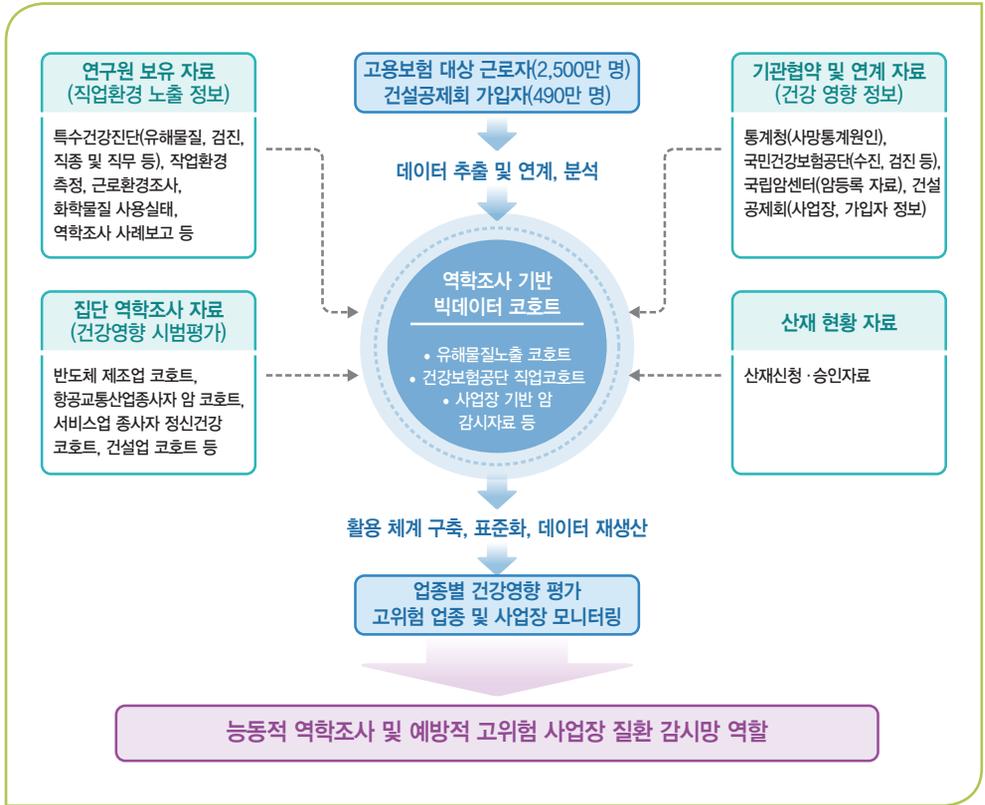
앞서 기술한 코호트 연구에는 전향적 연구와 후향적 연구가 있다^[2]. 전향적 코호트 연구는 연구자가 우선 코호트를 구축한 후 추적관찰을 통해 질병발생을 확인하는 연구로 긴 추적관찰기간이 필요하며 연구가 종료될 때까지 시간과 비용이 많이 소요된다. 하지만 위험요인과 질병간의 시간적 선후관계가 명확하여 원인을 찾는 것이 가능한 장점이 있다. 한편, 연구자가 연구시작 시점에서 질병발생을 파악하고 위험요인 노출 여부는 과거 기록을 이용하는 후향적 코호트 연구도 할 수 있다. 후향적 코호트 연구는 전향적 코호트 연구에 비하여 짧은 시간 내 연구를 수행할 수 있는 장점이 있다.

우리나라의 직업코호트는 대부분 2000년대 초반을 전후하여 구축되었으며, 기업의 인사자료, 암 등록 통계, 통계청 사망자료 등이 연계·활용되어 설계되었다. 대부분의 데이터베이스는 퇴직 이후 추적관찰이 불가능한 구조이기 때문에 여러 건강상의 이유로 퇴직한 노동자의 평가가 제한적이고 건강근로자효과*로부터 자유롭지 못하다는 한계가 있다. 최근에는 국민건강보험공단과 산업안전보건연구원의 의료이용, 질병진단 및 작업환경노출 관련 자료를 활용하는 방법 등 새로운 방안을 모색하고 있다.

“대부분의 데이터
베이스는 퇴직
이후 추적관찰이
불가능하여 여러
건강상의 이유로
퇴직한 노동자의
평가가 제한적
이고 건강근로자
효과로부터 자유
롭지 못하다는
한계가 있었음.”

국민건강보험공단에서는 2014년 7월부터 국민건강보험공단 빅데이터인 표본코호트 데이터베이스(DB)를 제공하기 시작했으며 이후로 관련 연구가 급증하였다. 산업안전보건연구원의 빅데이터를 이용한 업종별 직업성암 위험도 평가 연구도 국민건강보험공단 데이터베이스를 이용한 코호트 연구이다. 요약하면, 약 2,500 만명의 고용보험 전체 노동자의 업종별 암 발병 및 사망 위험도 산출 프로그램을 개발 중이며, 약 6만여개의 전체 고용보험 대상 사업장의 누적 암 유형별 발생률 추적체계를 구축 중이다 [그림 1].

* 건강근로자효과: 중병 및 만성 장애가 있는 사람은 일반적으로 고용에서 제외되거나 조기에 퇴사하기 때문에 근로자가 일반 인구보다 전체 사망률 등이 낮은 현상



[그림 1] 누적 암 유형별 발생률 추적체계

먼저 성별, 업종별, 질환별 위험도 분석 및 검색 체계를 구축하였고, 유사업종을 통합하여 암 발생 위험도 분석 프로그램을 개발하였다. 또한 연도별로 사업장 단위 암 누적발병률 추세현황의 데이터셋을 구축하였다. 이를 통하여 최종적으로는 고위험 업종 및 사업장 모니터링을 하는 것이 목적이다. 연차별 자세한 연구 내용은 다음과 같다.

1

빅데이터 활용 탐색 조사(2017년)^[3]

“우리나라 노동자의 업종별 발암위험도를 분석한 결과, 전체 근로자집단 대비 타이어제조 산업에 종사하는 남성 노동자에서 위암의 표준화발생비가 높았으며, 석유화학 산업에 종사하는 여성 노동자는 폐암, 비호지킨림프종과 백혈병의 표준화 발생비가 높았음”

먼저, 빅데이터의 시범적 구축과 운용 과정에 대한 고찰을 시행하였다. 2002년부터 2015년까지의 건강보험공단 입원 수진내역을 바탕으로 1,000 명 당 입원일 수 평균의 순위가 상위 10위안에 속하는 질환 10가지를 선정하여 17개의 산업군별로 대조군에 대비한 간접 표준화 발생비*를 남성과 여성에서 각각 구하여 취약한 집단을 도출하였다[표 1; C1, C2, C5, D2, I6, I8, M5, O4, O8, S8]. 이 때 대조군은 공무원 및 사립학교 교직원이었다.

표 1 2002-2015년 다빈도상병 평균 순위 상위질환

남			여		
상병코드	상병명	평균순위	상병코드	상병명	평균순위
S8	무릎 및 아래다리의 손상	1.57	O8	분만	1
M5	기타 등병증	1.79	M5	기타 등병증	3
I6	뇌혈관질환	3.43	D2	양성 신생물	3.64
C1	입술, 구강 및 인두, 소화기관 중 일부 기관의 암	4.57	C5	유방 또는 여성생식기관의 암	3.93
C2	소화기관 중 일부의 암	5.14	S8	무릎 및 아래다리의 손상	5.64
I8	달리 분류되지 않은 정맥, 림프관 및 림프절의 질환	6.21	I8	달리 분류되지 않은 정맥, 림프관 및 림프절의 질환	6.79
S6	손목 및 손의 손상	9.21	O4	분만 문제에 관련된 산모관리	8.82

한편 분진노출 노동자와 같이 일부 직업 및 산업분류와 직업관련 질환의 연관성을 분석한 결과 타이어제조산업에 종사하는 남성 노동자는 위암의 표준화발생비가 1.35(95% 신뢰구간 1.10-1.55)으로 공무원 및 사립학교 교직원 집단보다 높았다. 석유화학 산업에 종사하는 여성 노동자는 대조집단 대비 암 표준화발생비가 폐암은 3.27(95% 신뢰구간 1.21-6.30), 비호지킨림프종은 5.56(95% 신뢰구간 2.22-10.22)이었고, 백혈병의 표준화발생비 5.17(95% 신뢰구간 2.06-9.49)로 높았다. 반도체 제조업 종사 여성 노동자는 백혈병의 표준화발생비는 대조집단 대비 2.57(95% 신뢰구간 1.49-3.73)으로 높았다.

이러한 연구결과는 직업관련 질환의 감시체계로서 관심 직업군의 건강영향 및 질병 발생을 모니터링 하고 아직까지 밝혀지지 않은 건강영향을 탐색하는 데 기여할 수 있다. 하지만 조사되지 못한 사회·경제적 요인, 지역적 요인, 업종 분류의 불명확성, 직종 및 직무에 대한 정보 부재, 진단 질병의 불명확성 등의 제한점으로 인해 결과를 탐색적 연구의 의미 이상으로 확대하여 해석하는 것은 오류가 있다고 판단한다.

* 간접 표준화발생비 : 표준집단의 성·연령 층화 발생률을 코호트 집단에 적용했을 때 기대되는 발생자 수 대비 실제로 코호트 집단에서 발생한 수의 비

2

빅데이터를 활용한 직업성질환 코호트 구축 및 운영 (2018-2019년)^{[4], [5]}

다음으로, 업종에 따른 직업코호트 및 유해물질 노출에 따른 특수건강진단 노동자 코호트 구축을 통해 우리나라의 직업성질환 코호트를 설계 및 구축하였다. 또한 연도별로 사업장 단위 암 누적 발병률 추세현황의 데이터셋을 구축하였고 이에는 퇴직자가 포함되어 있었다.

다양한 설계 시나리오에 따라 국민건강보험공단 빅데이터 내 업종 대분류를 이용하여 17개 대분류 업종에서 입원 발생 건에 대한 직접 표준화발생비*를 산출하였다. 이 때 대조군은 전체 근로자와 일반직·교육직 공무원이었다.

전자산업의 경우 여성노동자에서 자궁경부암으로 인한 입원발생이 전체코호트 시나리오에서 대조군인 전체 근로자와 일반직·교육직 공무원보다 유의하게 표준화발생비가 높았다. 또한 전자 산업에서 림프조혈기계 및 혈액암으로 인한 입원의 경우 전통적 코호트에서는 남녀 모두에서 유의하게 높은 표준화발생비를 확인할 수 있었다. 그러나 그 외 다른 시나리오에 따른 코호트에서는 결과가 다양하였다.

“특수건강진단 코호트를 구축하여 누적노출 수준에 따른 질환 영향평가에 대한 시범분석 결과, 혈중 납의 누적 값이 증가할수록 전체 암 발생비가 증가하는 경향을 보였음”

특수건강진단 자료를 활용한 유해물질 노출 노동자 코호트 구축연구에서는 특수건강진단 수검 자료를 표준화하여 노출집단과 비노출집단을 정의하였다. 특히 생물학적 노출지표를 분석에 포함하였고 시범적으로 납 노출에 따른 암 발생 연관성 분석을 수행하였다. 납 노출 대상자 중에서 노출수준에 분위별 집단 정의를 하여, 혈중 납 농도 하위 5분위 집단을 대조군으로 선정하였다.

생물학적 노출지표의 정보 중 노출 유무, 평균 노출, 최고 노출, 누적 노출을 평가하여 통합하였다. 암 발생 예측에 대한 노출 반영 지표로는 평균, 누적 및 최대값 중 누적값이 가장 타당하였으며, 노출 후 암 발생까지의 지연효과는 2년으로 3년 동안의 납 노출수준이 암 발생 위험을 예측하기 위한 가장 적합한 모형이었다. 해당 모형을 적용했을 때 혈중 납 농도를 통해 예측한 누적 노출 수준이 가장 낮은 하위집단과 비교하여 혈중 납의 누적 노출수준이 3-4배 높은 집단에서 전체 암 발생의 오즈비**가 1.51(95% 신뢰구간 1.05-2.17) 높았다.

본 연구는 업종 간 혹은 노출여부에 따른 건강영향 평가의 탐색적 의미가 있는 연구로 업종 대분류별 또는 관심 업종, 노출물질에 따라 관리 질환 우선순위 선정에 활용할 수 있다. 특수건강진단 코호트를 활용하여 유해물질 노출에 따른 건강영향을 광범위하게 평가하거나 질환 감시에 활용할 수 있으며, 노출 기간 및 첫 노출 시기 등을 고려한 건강에 영향을 미치는 노출 요인에 대한 구체적인 평가도 가능하다는 의의가 있다.

* 직접 표준화발생비 : 표준집단의 발생률 대비 코호트 집단의 성·연령 층화 발생률을 표준집단의 인구분포에 적용하였을 때 산출되는 표준화발생률의 비

** 오즈비 : 오즈는 어떤 사건이 발생하지 않을 확률에 대한 그 사건이 발생할 확률의 비를 말한다. 오즈비는 결과집단의 대조군의 오즈에 대한 사례군의 오즈의 비로 정의된다.^[5]

3

역학조사 우선순위 선정을 위한 빅데이터의 활용 제언(2020년)^[6]

“노동자 규모 대비 산재신청 건수가 많으면서, 질환 발병건 수가 큰 대표적인 업종별 질환을 중심으로 우선 순위를 선정 하였음”

다음으로, 산재신청자료, 역학조사 사례보고서, 작업환경실태조사, 화학물질통계조사와 같은 다양한 노동자 건강집단 자료원을 정리하고 기 구축된 직업코호트 분석결과를 세부업종별로 고도화 분석 및 시각화하여 역학조사 우선순위 결정을 위한 체계적 근거를 수집하고 평가하였다.

전산프로그램은 Microsoft R Open 및 Shiny package를 이용하여 개발하였다. 예를 들어 표준화발생비가 높으면서 95% 신뢰구간이 안정적인 것 위주로 우선순위를 산출해 보면, 41515* 업종(식품가공처리업)에서 췌장암(C25)이 높게 나타나는 것을 볼 수 있다[그림 2].

	gender	industry	disease	sir	lower	upper	method	ref
210	2	40351	c25	18.3774	5.0072	47.0533	BASE	WORK
520	2	43532	c25	76.2331	1.9301	424.7	BASE	WORK
947	1	117232	c25	6.0445	1.6469	15.4764	BASE	WORK
247	1	41514	c25	6.7104	1.3838	19.6106	BASE	WORK
51	1	20522	c25	10.6797	1.2934	38.5789	BASE	WORK
369	1	42511	c25	4.5869	1.2498	11.7443	BASE	WORK
161	1	40291	c25	1.2013	3.116	16.1957	BASE	WORK
345	1	42413	c25	1.1429	16.1957	10.3018	BASE	WORK
223	1	40371	c25	1.0693	10.3018	1.5708	BASE	WORK
284	2	41549	c25	1.0797	5.5331	1.5708	BASE	WORK
923	1	110851	c25	1.3021	1.0692	1.5708	BASE	WORK
925	1	115181	c25	1.3021	1.0692	1.5708	BASE	WORK
597	1	64612	c25	1.56	1.0525	2.227	BASE	WORK
829	1	96331	c25	2.0082	1.0377	3.5079	BASE	WORK
785	1	90600	c25	1.1461	1.0264	1.2758	BASE	WORK
243	1	41512	c25	3.1256	1.0149	7.2942	BASE	WORK

[그림 2] 개별 업종별 건강위험 우선순위 산정 예시

이후 식품가공처리업의 유사코드를 묶어 통합(pooled) 표준발생비를 간접적으로 산출하였다 [그림 3]. 성별, 연구방법별 및 대조군(전체 근로자와 일반직·교육직 공무원)별로 각각 표준화 발생비를 구하였고 1.88-2.88의 분포를 보였다.

* 국민건강보험공단 업종분류

결론

“산업안전보건 연구원은 직업적 노출과 질환 사이”

위에 언급된 연구들의 의의는 다음과 같다. 첫째, 산재 신청 대상을 넘어서 노동자 집단 전체의 암과 같은 건강위험을 평가하는 포괄적 접근체계를 마련하였다. 둘째, 공공기관과의 협약을 통한 지속적인 질환발병 평가 지표산출 체계를 마련하였다. 셋째, 향후 능동적 집단 역학조사를 위한 감시 기반을 마련하였다.

현재 산업안전보건연구원에서는 직업적 노출과 질환 사이 연관성에 대한 과학적인 근거를 마련하기 위하여 특수건강진단 코호트를 비롯하여 반도체 제조업 코호트, 건설업 코호트, 항공교통 산업종사자 코호트 등 각종 코호트를 구축하여 지속적으로 노동자 발암위험도 평가를 수행하고 있다.

“연관성에 대한 과학적근거를 마련하기 위하여 다양한 코호트를 구축하여 지속적으로 노동자 발암 위험도 평가를 수행하고 있음”

기 수행된 노동자 업종별 암 표준화발생비 선별 프로그램은 산업안전보건연구원 홈페이지에 정보공개 및 시각화를 수행할 예정이다. 업종별 암 발생 관련해서 업종 표준화를 위해 보완 수정이 필요하며 이를 반영하여 2021년도 사업을 통해 고도화를 추진할 예정이다. 이를 통해 최종적으로는 능동적 역학조사를 수행하고, 사전 예방적으로 고위험 사업장 질환 감시망 역할을 할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 이 결과를 직업병 예방 사업에 선제적으로 활용한다면 더 많은 노동자의 생명과 건강보호에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- » [1] Gordis L. 「역학」. 한국역학회. 4th edition. 2009
- » [2] 대한예방의학회. 「예방의학과 공중보건학」. 2nd edition. 계축문화사. 2011
- » [3] 산업안전보건연구원. 「빅데이터 기반 직업코호트 구축을 통한 질병 발생 연구」. 2017
- » [4] 산업안전보건연구원. 「빅데이터를 활용한 직업성 질환 코호트 구축」. 2018
- » [5] 산업안전보건연구원. 「빅데이터를 활용한 직업성 질환 코호트 운영」. 2019
- » [6] 산업안전보건연구원. 「역학조사 우선순위 의사결정 지원을 위한 빅데이터의 활용」. 2020

03

issue



특수건강진단 코호트를 이용한 근로자집단 암 발생연구

직업건강연구실 역학조사부
이경은 선임연구위원



주요 내용 요약



- ▶ 산업안전보건연구원에서는 암 등록자료와 특수건강진단 자료를 활용하여 총 4,130,797명의 근로자로 구성된 특수건강진단 코호트를 구축하였음
- ▶ 코호트에 포함된 근로자집단의 64%이상이 2개 이상의 유해요인에 복합 노출 위험 집단으로 분류되었으며 국제암연구소(IARC) 발암물질 분류에 따른 Group1 유해 물질에 10년 이상 노출위험이 있는 근로자는 65,869명(4.3%)수준이었음
- ▶ 특수건강진단 코호트 분석을 통해 업종 중분류 수준 및 노출 위험 물질별로 암 유형에 따른 표준화발생비*를 산출하여 일반인구집단과 비교하여 고위험 집단을 제시하였음
 - » 암종별 고위험 업종에는 고무타이어제조업에 종사하는 남성에서의 위암과 광업에 종사하는 남성에서의 폐암으로 표준화발생비는 각각 1.26(95% 신뢰구간 1.07-1.49), 1.42(95% 신뢰구간 1.17-1.73)로 높았음

서론

1 직업성 암이란?

“직업성 암은
직업 활동을
통해 노출되는
유해요인이 암
발생의 주요
원인으로 작용한
암을 의미”

대부분의 암질환은 명백한 원인이 밝혀져 있지 않으며, 암 발병 요인이 밝혀진 암 질환은 일부에 불과하다. 반면, 근로자에게 발생하는 암 질환 중 일부는 원인 또는 관련 위험요인이 상대적으로 많이 탐구되어 있어 “예방 가능한” 또는 “예방해야 하는” 암 질환으로 간주되고 있다.

직업성 암은 직업을 통해 노출되는 유해요인이 암질환의 원인이 되었다는 것이 핵심적 개념이다. 그러나 유해요인에 노출된 경우에도 암질환의 병리학적인 특징이 노출되지 않은 암과 차이를 보이지 않는 경우가 대부분이다. 따라서 직업성 암이라고 설명할 수 있는 유일한 기준은 “직무 활동을 통해 유해요인에 얼마나 노출이 됐는가?”로 여겨지고 있다.

* 역학연구에서 발암위험도의 양적 표현방법에는 오즈비, (직접/간접)표준화발생비, 비교위험도 등의 여러 지표가 사용된다. 통상적으로 “비교집단 대비 노출집단의 질환 발병(사망) 위험도가 몇 배 높다.”로 해석된다.

2

직업성 암과 특수건강진단 코호트 구축

근로자의 발암물질 노출과 암 발생의 관련성을 연구할 수 있는 가장 효과적인 방법론 중의 하나는 발암물질에 노출된 근로자로 구성된 코호트를 구축하는 것이다.

코호트 방법론은 암 질환처럼 치명적면서 노출이후로 질환발병까지 지연된 잠재기간을 갖는 질환이나 다중적인 발병요인이 있는 만성 질환에 있어서 발병 인과관계를 분석하는데 적합한 연구 설계로 평가받고 있다.

“코호트 조사는 근로자의 발암 물질 노출과 암 발생의 관련성을 연구할 수 있는 효과적인 조사 설계”

국내에서는 주물, 철강제조, 석유화학업종, 반도체제조업 등 특정 업종에 한하여 근로자 코호트를 구축하거나, 폐암위주의 조사가 수행되어 왔다.

특수건강진단은 산업안전보건법에서 정한 178종의 위험요인에 노출되는 근로자에 대한 검진으로, 국제암연구소 (International Agency of Research on Cancer, IARC) 발암물질 분류 기준으로 Group2B* 이상의 위험요인 69종이 포함되어 있어 작업환경에서 노출되는 발암 물질에 의한 암 발생 현황을 조사하는데 유용하게 활용할 수 있다. 따라서 산업안전보건연구원에서는 근로자 특수건강진단 자료를 활용하여 코호트를 구축하고 간접 표준화발생비(Indirect Standardized Incidence Ratio, SIR)를 산출하여** 국내 근로자 집단에서의 암 발생위험을 검토하고자 하였다.

본론

1

유해인자 노출분포

“특수건강진단 코호트는 약 4백 만 명의 노동자로 구성”

특수건강진단코호트는 총 4,130,797명의 근로자로 구성된 코호트이며 코호트에 포함된 노동자의 67.4% 이상이 2개 이상의 유해요인에 복합 노출되어 단일 유해요인 분석이 쉽지 않다는 특징이 있다(표 1).

* 국제암연구소(IARC): 1965년 세계보건기구가 암 퇴치를 위해 설립한 국제연구기관으로, 발암물질을 Group1(인체 발암성이 확인된 물질), Group2A(인체 발암 추정 물질), Group2B(인체 발암 가능 물질), Group3(인체 발암성 비분류 물질), Group4(인체 비발암성 추정 물질)로 분류하고 있다.

** 간접 표준화발병(사망)비= 표준집단의 성·연령 층화 발생률을 코호트 집단에 적용했을 때 기대되는 발생자 수 대비 실제로 코호트 집단에서 발생한 수의 비

표 1 특수건강진단 코호트 집단 중 노출 위험 유해요인 분포

동시노출위험 유해인자수	근로자수(명)	비율(%)
1개	1,347,226	32.6
2개	720,669	17.4
3~4개	699,021	16.9
5~9개	778,389	18.8
10개 이상	585,492	14.2
합계	4,130,797	100

“국제암연구소 (IARC) 발암 물질 분류에 따라 작업장에서 Group2B 이상 발암물질에 한 번 이상 노출될 위험이 있었던 노동자는 전체 코호트의 67.3%”

한편, 국제암연구소(IARC) 발암물질 분류에 따라 작업장에서 Group2B 이상 발암물질에 한 번 이상 노출될 위험이 있었던 노동자는 전체 코호트의 67.3%(2,778,236명)이었고 10년 이상 Group1 발암물질에 노출될 위험이 있었던 근로자는 65,869명(4.3%)수준이었다(표 2).

표 2 노출기간별 IARC분류에 따른 발암물질 노출인원(단위: 명)

IARC 발암물질 분류	① Group1	② Group2A	③ Group2B	①-③ 중 1개 이상
1개	663,181	793,602	322,286	1,194,044
2개	286,486	462,425	130,153	635,831
3~4개	281,547	283,563	116,876	522,731
5~9개	238,992	60,074	80,487	332,368
10개 이상	65,869	11,301	15,064	93,262
합계	1,536,055	1,610,965	664,866	2,778,236

Group1 노출 위험 발암물질 중에 용접흙이 470,267명으로 가장 많았으며, 황산 308,084명, 니켈화합물 164,675명, 염화수소 275,715명, 오일미스트 264,899명, 포름알데히드 157,285명, 방사선 142,795명, 크롬 128,130명, 벤젠 127,977명, 트리클로로에틸렌 81,851명의 순으로 규모가 컸다.

“Group1 발암 물질 중 노출 규모는 용접흙, 황산, 니켈화합물, 염화수소, 오일 미스트, 포름알데히드, 방사선, 크롬, 벤젠, 트리클로로에틸렌 순”

노출위험 규모가 가장 큰 용접흙의 경우, 10년 이상 장기 노출 위험 집단은 80,557명으로 노출자의 17%였고, 황산은 125,095명으로 총 노출위험 근로자의 30%가 10년 이상 종사자였다. 벤젠은 총 노출위험 근로자의 11.7%(23,327명)가 10년 이상 장기간 노출 위험 근로자로 다른 발암물질과 비교하여 장기 노출위험 규모는 상대적으로 작았다.

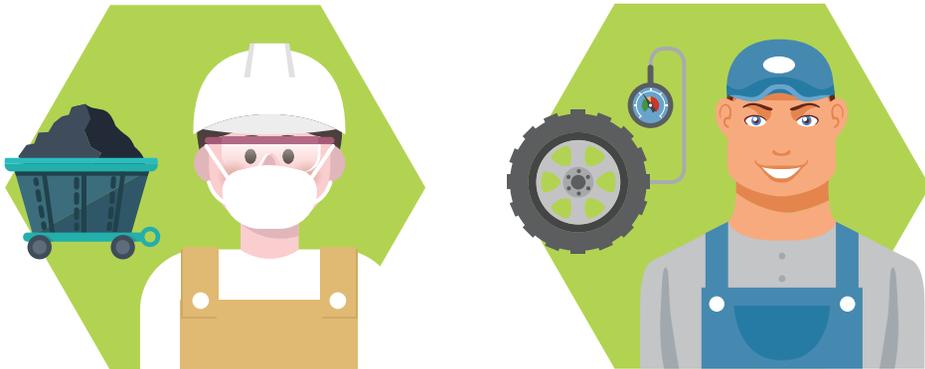
10년 이상 노출위험이 있는 근로자의 규모는 황산(105,700명), 용접흙(80,557명), 포름알데히드(51,286명), 염화수소(58,638명), 크롬(47,094명) 순으로 많았다. 업종별로는 노출위험이 있는 Group2B이상의 발암물질 종류가 가장 많은 업종은 전자제품제조업이었다.

2 암 발생 고위험 근로자 집단

“고무타이어 제조업에 종사하는 남성의 위암, 광업에 종사하는 남성의 폐암 발생율은 일반인 대비 각각 1.26, 1.42배 높은 수준”

2000-2016년 기간 동안 특수건강진단을 받은 근로자를 모집단으로 하여 암 등록 자료를 기준으로 2015년까지의 암 발생을 분석하였다.* 특수건강진단 대상 유해요인 177종을 유기화합물, 산염기, 분진, 소음, 진동, 고열, 유해광선, 야간작업 등의 노출위험 집단으로 나누어 이들 요인에 한 번이라도 노출될 위험이 있었던 근로자를 대상으로 주요 유해인자별 서브코호트 분석을 수행하였다.

선행연구결과와 유사하게 암 발생 위험도가 높고 일반인구집단을 표준집단으로 했을 때 표준화 발생비가 높았던 업종분류별 암질환에 대하여 고위험 업종으로 정의하였다. 암 유형에 따른 고위험 업종에는 고무타이어제조업에 종사하는 남성에서의 위암과 광업에 종사하는 남성에서의 폐암으로 표준화발생비는 각각 1.26(95% 신뢰구간 1.07-1.49), 1.42(95% 신뢰구간 1.17-1.73)로 높았다. 이외에 표준화발생비가 유의하게 높아 고위험 집단으로 분류된 업종은 암 유형별로 표 3과 같았다.



암 발생 고위험 업종(“광업-폐암”, “고무타이어제조업-위암”)

표 3 중분류 업종별 암 발병 유형에 따른 고위험 집단

암	성별	중분류 업종	암 표준화 발생비 (95% 신뢰구간)
위장암	남자	도매 및 상품중개업	1.13(1.03-1.24)
	여자	하수 폐기, 분뇨 처리업	4.15(1.35-9.70)
담낭 및 기타 담도암	여자	섬유제품 제조업	1.37(1.02-1.85)
		비금속 광물제품 제조업	2.08(1.25-3.24)
		1차 금속 제조업	1.99(1.09-3.34)
		종합 건설업	3.37(1.35-6.94)
폐암	남자	석탄 원유 및 천연가스 광업	1.73(1.24-2.41)
	남자	비금속광물광업	1.39(1.07-1.82)
기타피부암	남자	전기가스 증기 공기조절 공급업	1.98(1.19-3.1)
	남자	공공행정 국방사회 보장행정	1.84(1.24-2.75)
	남자	보건업	1.87(1.13-2.92)
방광암	남자	펄프 종이 및 종이제품 제조업	5.68(1.84-13.25)
	여자	교육 서비스업	2.58(1.33-4.51)
		하수 폐수 분뇨 처리업	2.50(1.00-5.15)
자궁암	여자	전자부품 컴퓨터제조업	2.20(1.17-3.76)
전립선암	남자	출판 방송 정보업	1.13(1.01-1.27)
		전문과학기술업	1.35(1.07-1.70)
		보건사회 복지업	1.35(1.03-1.78)
		항공운송업	3.0(1.37-5.7)
		통신업	1.17(1.03-1.33)
		건축기술 엔지니어링 서비스업	1.54(1.14-2.09)
		보건업	1.38(1.04-1.82)
고환암	남자	전문 과학기술	1.93(1.03-3.3)
		전자부품컴퓨터생산업	1.36(1.02-1.81)
신장암	남자	반도체제조업	1.44(1.05-1.96)
		전기수도업	1.49(1.09-2.03)
		펄프 종이 및 종이제품 제조업	3.28(1.64-5.87)
		코크스 연탄 및 석유정제업	1.94(1.30-2.89)
		전기가스 증기공기조절	1.44(1.04-1.99)
		창고운송관련서비스업	1.42(1.08-1.86)
비호지킨림프종	여자	반도체제조업	1.85(1.23-2.78)
다발성골수종	여자	섬유제품제조업	1.89(1.22-2.92)
백혈병	여자	반도체제조업	1.72(1.16-2.57)
골수이형성 증후군	여자	전기장비제조업	2.35(0.86-5.11)
		기타기계장비제조업	1.84(0.74-3.79)

“방사선에 노출된 남성의 위암, 유해광선에 노출된 여성의 유방암, 비소에 노출된 남성의 신장암 발생 위험이 높음”

한편, 노출 위험 물질에 따른 일반 인구집단을 기준으로 표준화발생비(SIR)가 높았던 집단은 방사선 노출위험 남성(위암, SIR=1.05(95% 신뢰구간: 1.00-1.10)), 유해광선 노출위험 여성(유방암, SIR=2.31(95% 신뢰구간: 1.11-4.25)), 비소 노출위험 남성(신장암, SIR=1.86(95% 신뢰구간: 1.04-3.08)) 등 이었다. 이외에도 암 유형별로 일반 인구집단 보다 표준화발병률이 유의하게 높은 고위험 노출위험집단은 표 4와 같다.

표 4 노출 위험 물질별 암 발병 유형에 따른 고위험 집단

암	성별	노출 위험 유해물질	암 표준화 발생비 (95% 신뢰구간)
위장암 담낭 및 기타 담도암	남자	카드뮴	1.18(1.01-1.37)
		납	1.07(1.00-1.14)
		방사선	1.05(1.00-1.10)
		분진	1.05(1.02-1.07)
		산, 염기 가스	1.06(1.02-1.11)
담낭 및 기타 담도암	여자	염화수소	2.20(1.06-4.05)
		황산	2.43(1.21-4.35)
		산, 염기 가스	1.64(1.08-2.48)
기타피부암	여자	포름알데히드	2.53(1.26-4.52)
방광암	남자	크롬화합물	3.09(1.24-6.37)
	남자	유해광선	2.32(1.11-4.27)
고환암	남자	염화수소	1.81(1.3-2.52)
신장암	남자	비소화합물	1.86(1.04-3.08)
		하이드라진	2.47(1.35-4.15)
부신암	남자	벤젠	4.14(1.52-9.01)
백혈병	여자	전리방사선	1.90(1.04-3.19)
골수증식성질환	남자	아크릴로니트릴	2.86(1.15-5.9)

결론

1 특수건강근로자 코호트의 의의

이번 코호트 구축을 통해 충분한 관찰 인년(person-year)⁵⁾을 추적하여 발생률이 상대적으로 낮은 암 발생에 대한 고위험집단 또한 모니터링 할 수 있게 되었다.

업종 및 유해인자 노출집단별 암 발생위험률의 산출결과를 토대로 선행연구와 일치하는 초과 위험집단을 발견함으로써 분석결과에 대한 코호트의 신뢰성을 확인할 수 있으며 연구가 많이 수행되지 않은 집단에서의 암 발생 위험도를 제시함으로써 향후 분석방향을 제시하였다.

국내 노출정보에 대하여 대표성 있는 노출 집단에 대한 자료를 활용하여 포괄적인 암 발병 위험에 대한 검토를 수행하였고 다양한 연구에 활용할 수 있는 기초를 구축하였다.

2 제한점 및 결과 해석 시 유의점

다양한 업종 및 유해인자 노출집단별 암 발생위험률을 이용해 산출된 표준화발생비는 탐색적 차원에서 수행되는 반복된 통계학적 결과다. 따라서 반복적인 계산에 의해 통계학적 추정치의 오류가 발생 할 수 있다는 점에서 정확한 위험의 유무를 정량화한다기 보다는 상대적인 경향 파악 차원에서 해석해야할 것이다.

특수건강진단의 검진대상 선정은 비정형 노출, 저농도 노출, 간헐적 노출을 모두 포함하므로 노출집단의 노출강도가 다소 희석될 가능성이 있다. 이를 보완하기 위해서 생물학적 모니터링 지표를 활용하거나, 노출 기간 및 강도에 대한 분석을 포함하여 구성한 추가 조사 분석이 요구된다.

5) 각 개인에 대한 서로 다른 관찰기간의 합

참고문헌

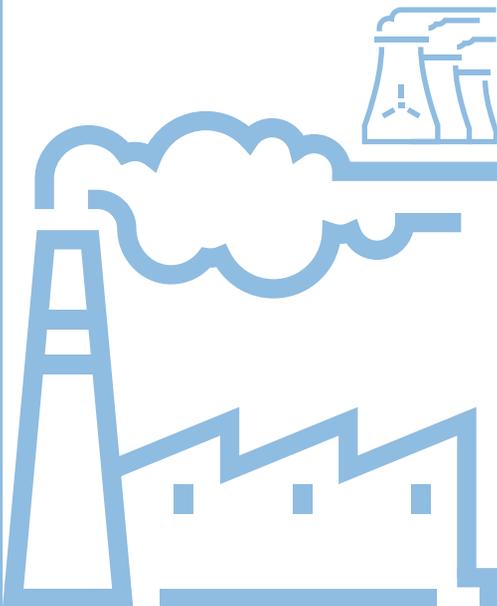
- » 산업안전보건연구원, 「특수건강진단 근로자 코호트 구축을 통한 한국 근로자의 암 위험도 평가」, 2018
- » 산업안전보건연구원, 「화학물질에 의한 암발생 관리체계 DB구축, 프로토콜개발과 활용 방안 개발-폐암과 조혈기계암」, 2014
- » 산업안전보건연구원, 「진폐근로자 코호트를 통한 폐암 발생 예측에 관한 연구 (II)」, 2004
- » 산업안전보건연구원, 「진폐근로자 코호트를 통한 폐암 발생 예측에 관한 연구 (I)」, 2002
- » 산업안전보건연구원, 「주물공장 근로자의 건강장애에 관한 역학적 연구1」, 2000
- » Ahn, Y. S., Park, R. M., Stayner, L., Kang, S. K., & Jang, J. K. (2006). Cancer morbidity in iron and steel workers in Korea, *Am J Ind Med*, 49(8), 647-57.
- » Checkoway, H., & Eisen, E. A. (1998). Developments in Occupational Cohort Studies. *Epidemiologic Reviews*, 20(1), 10-11.
- » Ward, E. (1995). Overview of preventable industrial causes of occupational cancer. *Environmental Health Perspectives*, 103(Suppl 8), 197-203
- » IARC. (2018). IARC Monographs-Classifications. Retrieved January 28, 2018, from <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>

04 issue

←

직업성 암 관련 주요 집단 역학조사

직업건강연구실 역학조사부
서회경 차장



주요 내용 요약



- ▶ **직업성 암에 대한 사회적 관심 증가로 코크스 제조사업장, 석유화학산업, 반도체 제조업의 직업성 암 발생문제 제기**
- ▶ **산업안전보건연구원의 대규모 직업성 암 역학조사 수행**
 - » **코크스 제조사업장 등 제철산업의 역학조사**
 - 1999년 코크스오븐 작업자에 대한 작업환경조사 결과, 직업성 폐암 유발물질로 알려진 코크스오븐 배출물질(cokes oven emissions, COEs)의 노출수준이 높음을 확인하였고, 이후 공정자동화를 통해 노출수준 감소를 확인
 - COEs의 주요 발암성분인 다핵방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)는 코크스 제조업종뿐만 아니라 코크스를 연료로 사용하는 다양한 사업장에서 노동자가 노출될 수 있는 위험 확인
 - 우리나라 제철업 종사 노동자의 암 발생 위험의 경우*, 협력업체에서 모기업보다 폐암 2.3배, 림프조혈기계암 3.5배, 위암 1.7배로 발생률이 높게 나타남
 - » **여수·광양산단 역학조사**
 - 대정비 작업 중 작업환경 노출평가 결과, 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐의 노출기준 초과 확인
 - 여수산단 플랜트 건설노동자는 일반 인구에 비해 입술, 구강, 인두암의 사망 위험이 4.2배, 발생 위험이 3.2배 높았음
 - » **반도체 제조공정 근로자에 대한 건강실태 역학조사(암 질환 중심)**
 - 반도체 제조공정 여성 노동자의 경우, 전체 노동자 대비 발생 위험은 백혈병 1.6배, 비호지킨림프종 1.9배 높았고, 사망 위험은 백혈병 2.3배, 비호지킨림프종 3.7배 높게 나타남
- ▶ **노동자 집단의 건강권 확보를 위한 대규모 역학조사**
 - » 반도체 코호트의 추적조사, 제철소 직업성 암 발생 역학조사 등 고위험 집단에 대한 역학조사 수행 예정

* 역학연구에서 발암위험도의 양적 표현방법에는 오즈비, (직접/간접)표준화발생비, 비교위험도 등의 여러 지표가 사용된다. 통상적으로 “비교집단 대비 노출집단의 질환 발병(사망) 위험도가 몇 배 높다.”로 해석된다.

서론

“사회적 이슈가 된 노동자의 직업성암”

2000년대 들어서 직업성 암에 대한 사회적 관심이 증가함에 따라 코크스 제조업, 석유화학산업 등에서 벤젠 노출에 의한 백혈병이나 림프종이 다수 발생한다는 문제가 제기되었다.^[1]

석유화학산업에서는 림프조혈기계암뿐만 아니라 석면노출에 의한 폐암의 위험성도 의심되는 상황이었다. 이에 따라, 코크스 제조사업장 등의 제철산업과 여수·광양 산업단지(이하 산단) 대정비 작업을 대상으로 역학조사를 실시하였고, 2008년부터 반도체 제조업의 백혈병 등 직업성 암에 대한 장기적인 조사를 시작하여 꾸준히 진행하고 있다.

직업성 암이나 만성질환의 집단발생을 조사하기 위해서는 발생률과 사망률을 표준화하는 작업이 필요하며, 일반국민과의 비교, 동일 사업장 내 부서 간 비교 등이 필요하였다. 이는 상당히 광범위한 자료의 수집과 시간이 소요되는 분석이 수반되므로 조사기간을 통상 1년 이상의 장기간으로 설정하여 수행되었다.

본론

1

코크스제조 사업장 등 제철산업의 역학조사

우리나라에서 코크스오븐 배출물질(cokes oven emissions, COEs)*이 직업성암 관련 이슈로 떠오른 것은 1999년 말에서 2000년 초반 무렵이다.

산업안전보건연구원은 1999년부터 직업성암 발생에 대한 조사를 위해 국내 대형제철소의 코크스오븐 작업자에 대한 작업환경평가를 실시한 바 있고^[2], 이와 관련된 직업성암 발생 사례가 보고되기도 하였다^[3].

1999년의 작업환경조사를 통해 COEs의 노출수준이 높음을 파악한 뒤, 2001년 코크스제조 사업장뿐만 아니라 코크스를 로의 원료로 사용하는 사업체를 포함하여 후속적인 작업환경평가를 실시하였다. 이후 산업안전보건연구원에서는 우리나라 코크스제조업 근로자들에서 실제 암 발생이 증가하였는지 코호트연구 방법론을 통해 연구 결과를 제시하였다^{[4][5]}.

* COEs란, 다핵방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)를 포함하고 있는 증기, 고형물질 또는 분진에 흡착된 상태로 존재하는 물질로서, COEs의 구성성분 중 PAHs는 암을 유발하는 주요성분으로 알려져 있음

역학조사 주요 결과

1 1999년의 작업환경 노출평가

“제철업.. 직업성 발암물질로 잘 알려진 COEs에 고용도로 노출 되는 업종”

코크스 제조공장의 협력업체에서 21년간 근무하였던 56세 남자 C씨에서 폐암이 발생하여, 산업안전보건연구원에서는 C씨가 근무하였던 제철소의 코크스오븐 관리업체를 대상으로 작업환경 평가를 실시하였다.

COEs와 PAHs의 노출수준을 평가한 결과, 코크스오븐 작업자들의 COEs 노출수준*은 기하평균 0.31 mg/m³(범위: 0.01~2.24 mg/m³)로, 휘발성 콜타르피치의 고용노동부 노출기준인 0.2 mg/m³과 비교해 보았을 때 전체 작업자 136명 중 45명(33.1%)이 노출기준³⁾을 초과하는 것으로 나타났다. 총 PAHs의 노출수준은 기하평균 0.034 mg/m³(범위: 0.016~0.096 mg/m³)로 고용노동부의 휘발성 콜타르피치 노출기준(0.2 mg/m³)을 초과하지 않았다. 그러나 30% 이상의 근로자에서 COEs의 노출수준이 높았다는 것으로 보아, 이 근로자들이 장기간 노출되어온 발암물질 노출 수준이 상당했을 것으로 추정되었다.

한편, 직무별 COEs 및 PAHs 노출수준은 다르게 나타났다. COEs 노출수준이 가장 높았던 작업은 탄화실 몰타르 스프레이 작업(기하평균 0.80 mg/m³, 범위: 0.01~0.86 mg/m³)이었다.

이어 로단 낙탄처리 작업(기하평균 0.69 mg/m³, 범위: 0.01~1.14 mg/m³), 도어 sealing 및 strip 조정(기하평균 0.36 mg/m³, 범위: 0.01~2.24 mg/m³)과 도어 청소작업, sole flue 연소방지 작업 순이었는데, 주로 코크스 로단에서 이루어지는 작업에서 COEs의 노출수준이 높았다. 직무별로 PAHs 노출이 가장 높은 작업은 장입 보조작업으로 PAHs의 노출수준은 0.043 mg/m³이었다.

2 2001년의 작업환경 노출평가

“공정자동화를 통한 COEs의 노출수준 감소 보여”

2001년 산업안전보건연구원은 코크스제조업 2개 업체를 재조사하고, 코크스를 로의 원료로 사용하는 2개 업체를 선정하여 COEs와 PAHs 노출수준을 평가하였다. 코크스제조업은 코크스로 공장의 현장작업자 각 30명을 선정하였고, 코크스 사용사업장은 전기로 내부의 환원재 및 열원 재로 사용하는 사업장 1개소 102명, 용해로의 열원으로 사용하는 사업장 1개소 20여명을 조사 대상으로 선정하여 작업환경평가를 실시하였다.

그 결과, 코크스제조 사업장의 COEs 노출수준은 기하평균 0.032 mg/m³ (범위: 0.014~0.096 mg/m³)로, 이전 조사결과에 비해 낮은 COEs 노출수준을 보였다. 코크스 제조 시 작업자들의 주요 업무별 COEs 노출수준은 노상작업(0.034mg/m³), 도어 sealing stripping(0.037mg/m³), 도어 보수

* 우리나라에서는 COEs 노출기준을 동일성분물질인 휘발성 콜타르피치의 노출기준으로 규정하고 있으며, COEs에 대한 별도의 노출기준은 없음

(0.033 mg/m³), 연소실 air flap size 조정(0.033 mg/m³), sole flue 연소방지작업(0.047 mg/m³), 급유, 급지(0.017 mg/m³), 도어 연와교체 및 재축조(0.040 mg/m³)로 나타났다. COEs 노출 수준이 상당히 낮아진 것은, 직업성암 발생이 문제시되어 조사 당시 코크스로의 주요 업무들이 2000년을 기점으로 대부분 자동화되었기 때문인 것으로 추정되었다.

코크스 제조업의 총 PAHs 노출수준은 기하평균 0.005 mg/m³, 범위 0.001~0.591 mg/m³으로, 이 역시 1999년의 노출수준에 비해서 상당히 낮은 수준으로 나타났다. 반면, 코크스 사용 사업장에서의 총 PAHs 노출수준은 기하평균 0.011 mg/m³, 범위 0.001~0.591 mg/m³으로 코크스 제조 사업장에 비해 다소 높은 수준을 보였다.

이는 코크스 사용 근로자 중에 탭핑작업자의 총 PAHs(기하평균 0.141 mg/m³, 범위 : 0.041~0.591 mg/m³)가 높았기 때문으로 판단되었다. 그런데, 코크스는 제조과정에서 장시간 유연탄 건류 시 PAHs를 포함한 가스 및 증기 성분들이 배출되기 때문에 생산된 코크스를 사용하는 사업장에서의 PAHs 노출수준은 코크스 사용에 기인한 것이라기보다 전기로에서 용해되는 철광석 및 각종 부원료들의 고온 용해과정에서 기인된 것으로 추정되었다. 탭핑작업자를 제외한 전기로 주변 작업자(반장, 조종, 정련 등)의 총 PAHs 노출수준은 코크스 제조 사업장의 총 PAHs 노출수준과 유사하거나 낮은 수준을 보였다. 일부 탭핑 작업자의 경우 휘발성 콜타르피치의 노출 기준(0.2 mg/m³)을 초과하였다.

“PAHs는 코크스 제조업종뿐만 아니라 코크스를 로의 연료로 사용하는 다양한 사업장에서 노동자가 노출될 수 있는 위험 확인”

3 국내 제철업 노동자 코호트의 발암 위험

산업안전보건연구원에서 우리나라 제철업 노동자 코호트를 구축하여 암발생 위험율을 제시한 것은 국내 최초의 제철업 코호트연구로, 당시까지 의문시되었던 직업성암 분야의 궁금증 일부를 해결하기 시작한 시도였다.

이 연구는 46,376명의 근로자들에 대해 1988년부터 2000년까지 추적 조사하여 표준화암 발생률을 조사하였는데, 14년간의 추적조사기간 동안 총 464례의 암 발생을 관찰하였다. 모든 암 발생에 대한 비교위험도는 0.87로 건강근로자효과*를 보여주었는데, 폐암의 경우 0.58, 위암의 경우 0.78, 간암은 0.83으로 일반인구보다 낮은 암 발생률을 보였다. 한편, 폐암의 경우, 협력업체의 폐암 발생률은 모기업보다 2.3배 높은 것으로 나타났으며, 림프조혈기계암은 3.46배, 위암은 1.66배 높았다.

이 연구를 통해 한국의 제철업 노동자에서 암초과 발생 위험이 존재한다고 추정하였고, 보다 정확한 연구를 위해서는 환자대조군 연구 등의 시도가 필요하다고 제안하였다.

* 건강근로자효과: 중병 및 만성 장애가 있는 사람은 일반적으로 고용에서 제외되거나 조기에 퇴사하기 때문에 근로자가 일반 인구보다 전체 사망률 등이 낮은 현상

2 여수광양산단 역학조사 - 대정비 작업의 노출평가를 중심으로^[7]

석유화학산업은 대표적인 장치산업으로 많은 건설노동자가 생산설비의 유지보수를 위해 일하고 있으며, 일용직 또는 협력업체 직원으로 발주처(석유화학공장)의 유지보수 업무를 하고 있지만 벤젠 등 유해물질 노출에 대한 조사는 제대로 이루어지지 않았다.

“석유화학산업에서 플랜트 건설 노동자의 대정비 작업에 대한 발암물질 노출평가와 암 발생 위험도 평가 수행”

2005년 플랜트 건설일용직 노동자에서 발생한 백혈병이 직업병으로 처음 인정되었고, 여수·광양산단 장치산업 설립 후 20년이 경과함에 따라 장기근속자 증가와 플랜트 건설일용직이 보건관리 미흡 등에 의한 직업병 발생 가능성이 제기되자 고용노동부 관할지청에서 역학조사를 요청하였고, 산업안전보건연구원에서는 석유화학공단의 일상적 작업환경이 아닌 대정비 작업과 같은 비정기적 작업에서 벤젠, 1,3-부타디엔, 염화비닐 등의 발암물질 노출평가 및 플랜트 건설 노동자와 대정비 작업 종사자들의 암 발생 위험평가를 목적으로 2006년 6월~2009년 12월까지 여수·광양산단 역학조사를 실시하였다.

역학조사 주요 결과

1 작업환경 노출평가

여수·광양산단 석유화학공장의 대정비 작업기간 중 조혈계 발암물질인 벤젠(Benzene) 및 1,3-부타디엔(1,3-Butadiene)과 간혈관육종을 일으키는 염화비닐(Vinyl chloride) 취급 사업장과 제철소 고로*해체 작업을 대상으로 유해물질 노출평가를 실시하였다.

석유화학산업에서 벤젠의 개인시료(TWA)는 931개 측정하였고, 이중 고용노동부 노출기준(1ppm)을 초과한 건은 71개 시료로 전체의 7.6%였다. 단시간노출 개인시료(STEL)는 459개 측정하였고, 57개(12.4%) 시료에서 고용노동부 노출기준(5 ppm)을 초과하는 것으로 확인되었다.

노출기준 초과 작업은 퍼지(purge)를 완전하게 실시하지 않은 배관에서 맹판(blind plate) 삽입작업, 반응기 개방 작업 등에서 발생하였다.

1,3-부타디엔의 개인시료(TWA)**는 전체 272개 시료 중 22개(8.1%) 시료에서 고용노동부 노출기준(2 ppm)을 초과하였고, 단시간노출 개인시료(STEL)***는 전체 146개 시료 중 24개(16.4%)에서 고용노동부 노출기준(10 ppm)을 초과하였다. 노출기준 초과 작업은 펌프 수리 중 용제로 세정하는 작업, 반응탑 등의 맨홀 뚜껑을 여는 작업 및 컨트롤 밸브(control valve) 교체 작업에서 발생하였다.

* 고로 : 제철소에서 쇳물을 생산할 수 있는 용광로
 ** TWA(Time-Weighted Average) : 8시간 노출기준
 *** STEL(Short-Term Exposure Limit) : 단시간 노출기준

염화비닐 개인시료(TWA)는 전체 85개를 측정하였고 5개(5.9%) 시료에서 고용노동부 노출기준(1 ppm)을 초과하였으며, 노출기준 초과 작업은 열교환기 맨홀 오픈, 현장순시 및 조치 작업에서 발생하였다. 단시간노출 개인시료(STEL)는 전체 36개 시료 중 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA) 노출기준 5 ppm(국내 노출기준 미설정)을 초과한 경우는 없었다.

제철산업 사업장(1개소) 고로개수공사*에 대하여 호흡성분진, 결정형 유리규산, 6가크롬화합물, 공기 중 석면 등을 평가한 결과 노출기준을 초과한 사례는 없었다.

2 건강영향평가

여수산단 발주처 노동자 약 10,000명, 광양산단 발주처 노동자 약 11,000명, 플랜트 건설노동자 약 22,000명의 전체 암 발생률 및 사망률을 1988년~2007년 동안 추적관찰하였고, 관찰인년**은 여수산단 발주처 노동자 129,756인년, 광양산단 발주처 노동자 163,952인년, 플랜트 건설노동자 100,300인년이였다.

노출집단에서의 암 발생위험을 평가하기 위하여 표준화발병(사망)비를 산출하여 비교하였다. 일반인구집단을 대조집단으로 비교한 경우 간접표준화발생(사망)비***를 이용하였고, 발주처 집단과 플랜트건설근로자 집단과 비교할 때는 직접표준화발생(사망)비****를 산출하여 비교하였다.

1) 일반인구집단과의 비교

여수·광양산단 발주처 노동자, 플랜트건설 노동자의 전체 암 발생률 및 사망률은 일반인구와 비교하여 통계적으로 유의하지 않거나 유의하게 낮았다. 백혈병 및 비호지킨림프종 등 림프조혈기계암의 표준화발생(사망)비는 일반인구와 비교하여 증가되는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다.

“여수산단 플랜트 건설노동자에서 입술, 구강, 인두암의 표준화사망비, 표준화발생비가 일반인구에 비해 높게 나타남”

여수산단 플랜트건설 노동자 집단에서는 입술, 구강, 인두암의 표준화사망비와 표준화발생비는 각각 4.21(95% 신뢰구간 1.39-7.17), 3.18(95% 신뢰구간 1.03-7.42)로 일반인구에 비해 통계적으로 유의하게 높았다. 입술, 구강, 인두암의 경우 현재까지 직업적 또는 비직업적 요인에 대한 연구가 적어 정확한 원인규명을 위해서는 추적관찰 및 상세 문헌검토가 필요하다.

* 고로개수공사: 제철소 고로의 장기간 조업으로 인해 노체 내부 벽돌 손상이 심해지면 조업 중단 후 고로 내부에 사용되고 있는 내화벽돌을 포함하여 노후한 부속 설비를 교체하는 작업

** 관찰인년: 각 개인에 대한 서로 다른 관찰기간의 합

*** 간접 표준화발병(사망)비= 표준집단의 성·연령 층화 발생률을 코호트 집단에 적용했을 때 기대되는 발생자 수 대비 실제로 코호트 집단에서 발생한 수의 비

**** 직접 표준화발병(사망)비= 표준집단의 발생률 대비 코호트 집단의 성·연령층과 발생률을 표준집단의 인구분포에 적용하였을 때 산출되는 표준화발생률의 비

표 1 플랜트 건설노동자 집단 암 발생(사망) 위험도 : 일반인구집단과의 비교*

건설 산업단지	표준화사망비(95%신뢰구간)	표준화발생비(95%신뢰구간)
여수 건설노동자	입술,구강,인두암 4.21(1.69-8.67) [※ 비호지킨림프종 1.24(0.15-4.47), 백혈병 1.46(0.39-2.78), 림프조혈계암 1.19(0.09-1.25)]	입술,구강,인두암 3.18(1.03-7.42) [※ 비호지킨림프종 1.83(0.38-5.34), 백혈병 2.71(0.56-7.91), 림프조혈계암 1.97 (0.72-4.29)]
광양 건설노동자	통계적으로 유의하게 증가한 암종 없음 [※ 백혈병 1.50 (0.04-8.38)]	통계적으로 유의하게 증가한 암종 없음 [※ 비호지킨림프종 1.54(0.04-8.58), 백혈병 4.50(0.54-16.26), 림프조혈계암 2.50 (0.52-7.31)]

2) 산업단지 발주처근로자 집단과의 비교

건설 근로자에서 비호지킨 림프종 과 백혈병의 위험도가 증가된 경향을 보이는데, 이는 건설 근로자가 대정비/일상보수 작업 중 벤젠 등 림프조혈계암 유발 물질에 노출되었기 때문일 가능성도 배제할 수 없다(표 2).

플랜트 건설노동자에서 산업단지 발주처 대비 폐암의 표준화사망비가 4.70(95% 신뢰구간 1.46-11.24), 발주처 사무직 대비 간암의 표준화사망비는 4.01(95% 신뢰구간 1.09-10.25)로 유의하게 높았다. 또한 위암의 표준화발생비도 1.46(95% 신뢰구간 1.02-2.01)로 높은 등 발주처 노동자보다 높은 소견을 보였는데, 이는 음주나 흡연 등 생활습관의 영향이 클 수 있기 때문에 업무관련성 평가를 위해서는 추가적인 검토가 필요하다.

표 2 플랜트 건설노동자 집단 암 발생(사망) 위험도 : 산단 발주처 근로자 집단과의 비교**

건설 산업단지	표준화사망비(95%신뢰구간)	표준화발생비(95%신뢰구간)
[비교집단 1] 여수산단 발주처 전체 근로자 집단		
여수 건설노동자	전체 암 1.46(1.05-1.98) [사무직과 비교, 전체 암 2.49(1.31-4.31), 간암 4.01(1.09-10.25)]	입술,구강,인두암 3.00(1.55-5.24), 비호지킨림프종 2.12(1.04-3.84), 백혈병 3.75(1.76-6.43), 림프조혈계암 2.66(1.66-4.06)
광양 건설노동자		입술,구강,인두암 2.29(1.06-4.32), 백혈병 3.26(1.55-6.03)
[비교집단 2] 광양산단(제철소) 발주처 전체 근로자 집단		
여수 건설노동자	전체 2.53(2.14-2.97), 전체 암 2.00(1.41-2.74), 폐암 4.70, (1.46-11.24)	입술,구강,인두암 3.78(1.91-6.70), 비호지킨림프종 3.60(3.38-10.97), 백혈병 6.39(3.38-10.97), 림프조혈계암 4.53(2.29-6.58)
광양 건설노동자	총 사망 2.39(2.02-2.82), 위암 2.58(1.09-5.14)	입술,구강,인두암 4.70(2.58-7.88), 위암 1.46(1.02-2.01), 백혈병 5.65(2.85-10.03), 림프조혈계암 2.74(1.58-4.42)

* 간접표준화법 **직접표준화법

3

반도체 제조공정 근로자에 대한 건강실태 역학조사-암 질환 중심^[8]

산업안전보건연구원에서는 반도체업종 집단 역학조사 필요성이 대두되면서 2007년~2008년 “반도체 제조공정 근로자 건강실태 역학조사”를 실시하였다. 그 결과 여성 오퍼레이터에서 비호지킨림프종 발생 위험비의 유의한 증가를 확인하였고, 백혈병은 통계적 유의성 없이 증가한 것을 확인한 바 있다.

하지만 동 역학조사의 짧은 추적기간과 건강근로자효과(healthy worker effect) 등 한계요인으로 인해 장기적 역학조사 필요성이 대두됨에 따라 2009년 1월부터 2019년 2월까지 10년 동안 암 질환 중심의 “반도체 제조공정 근로자에 대한 건강실태 역학조사”를 실시하여 반도체 제조공정 노동자의 암 사망 및 암 발생 위험도를 확인하고자 했다.

“10년간의
반도체 제조공정
노동자 코호트
추적관찰”

역학조사 주요 결과

반도체 제조업 6개사의 9개 반도체 사업장 전·현직 노동자 201,057명을 대상으로, 발생코호트와 사망코호트를 별도로 구축하였으며, 총 관찰인년은 발생코호트 2,503,956 인년, 사망코호트는 2,717,160 인년이였다.

위험비 지표로는 간접표준화 방법으로 표준화발생비(standardized incidence ratio, SIR)와 표준화사망비(standardized mortality ratio, SMR)를 계산하였다.

표 3 분석대상 코호트의 인원수 및 관찰기간

자료 출처	발생코호트	사망코호트
관찰기간	1998년-2015년	1998년-2016년
대상자 수	197,641명	200,997명
발생(사망) 수	3,442건	1,178건
관찰인년	2,503,956 인년	2,717,160 인년

1 암 사망 및 암 발생 위험도

여성 오퍼레이터의 경우 백혈병 발생이 높은 경향을 보였고, 사망 위험은 유의하게 높았다. 남성 장비엔지니어에서 통계적 유의성은 없으나 상대적으로 발생 위험비가 높았다. 비호지킨림프종은 여성 오퍼레이터(특히 20-24세 구간)에서 암 발생 및 사망이 유의하게 높게 나타났다. 비호지킨림프종과 백혈병이 주로 2010년 이전 입사자에서 발생하였는데, 이는 시기에 따른 공정자동화, 생산제품, 취급 원부자재 변화 등 작업환경의 영향이 변화했을 가능성을 보여주었다.

표 4 백혈병 및 비호지킨림프종의 표준화발생(사망)비

“반도체 제조공정 여성 노동자에서 혈액암의 발생 및 사망 위험비가 전체 노동자에 비해 유의하게 높게 나타남”

질환	직무 및 대상	발생, 사망		위험비	
백혈병	반도체 여성	발생	32	SIRg SIRw	1.19 (95%CI 0.82-1.68) 1.55 (95%CI 1.06-2.18)
	여성 오퍼레이터		22	SIRg SIRw	1.16 (95%CI 0.73-1.76) 1.59 (95%CI 0.99-2.40)
	여성 오퍼레이터(20-24세)		6	SIRg SIRw	1.16 (95%CI 0.43-2.53) 2.74 (95%CI 1.01-5.97)
	남성 장비엔지니어		7	SIRg SIRw	1.28 (95%CI 0.51-2.63) 1.51 (95%CI 0.61-3.11)
	반도체 여성	사망	23	SMRg SMRw	1.71 (95%CI 1.08-2.56) 2.30 (95%CI 1.45-3.45)
	여성 오퍼레이터		19	SMRg SMRw	2.00 (95%CI 1.21-3.13) 2.81 (95%CI 1.69-4.40)
비호지킨림프종	반도체 여성	발생	37	SIRg SIRw	1.71 (95%CI 1.20-2.36) 1.92 (95%CI 1.35-2.64)
	여성 오퍼레이터		29	SIRg SIRw	1.92 (95%CI 1.29-2.76) 2.19 (95%CI 1.47-3.14)
	여성 오퍼레이터(20-24세)		9	SIRg SIRw	2.53 (95%CI 1.16-4.80) 3.33 (95%CI 1.52-6.33)
	반도체 여성	사망	11	SMRg SMRw	2.52 (95%CI 1.26-4.51) 3.68 (95%CI 1.84-6.59)

※ SIR : 표준화발생비, SMR : 표준화사망비
 SIRg(일반국민 대조군의 SIR), SIRw(고용보험근로자 전체 대조군의 SIR)
 SMRg(일반국민 대조군의 SMR), SMRw(고용보험근로자 전체 대조군의 SMR)

갑상선암, 위암, 유방암, 뇌 및 중추신경계암, 신장암 등의 위험비가 증가하는 것을 보였으나, 이 중 갑상선암과 여성의 위암, 유방암은 건강검진 기회 증가와 관련이 높은 암종으로써 추적 관찰이 필요하다.

피부의 악성흑색종, 고환암, 췌장암, 주침샘암, 뼈·관절암, 부신암, 비인두암 등은 사례수가 충분하지 않아 직무에 의한 영향을 판단하기 어려우나, 일부 암종은 남성 장비엔지니어, 여성 오퍼레이터 등에서 발생비가 높게 나타나 추적관찰이 필요하였다.

2 **작업환경 관련자료 검토**

2013년-2017년 사업장별 작업환경측정결과 검토 및 사업장에서 취급했던 화학물질에 대한 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet, MSDS)를 제출받았으며, 국내외 관련 문헌을 검토하였다.

“반도체 코호트
에서 발암성
요인의 노출
수준은 낮았을
것으로 추정되나,
과거 정보의 부족
등으로 정확한
판단 어려움”

총 124,102건의 작업환경측정자료를 검토한 결과, 황산(강산 미스트), 산화규소(결정체), 산화에틸렌(Ethylene oxide), 비소, 벤젠, 포름알데히드(Formaldehyde) 등의 여러 발암성 화학물질을 취급하거나, 취급하지 않더라도 공정 중 부산물로 발생한 것으로 파악되었으며, 그 노출수준은 불검출 또는 노출기준의 10% 미만으로 낮은 것으로 평가되었다. 총 2,014개 제품의 MSDS 검토 결과에서도 산화규소(결정체), 산화에틸렌, 황산 등의 발암성 물질을 확인할 수 있었으나 영업비밀이 포함된 제품 비율의 전체 제품 중 40% 정도를 차지하고 있어 수집된 화학물질 정보가 충분히 제시되지 못하고 있었다.

1980년대에 취급하던 웨이퍼는 4인치였으나 2000년대 들어서는 12인치 크기의 웨이퍼를 취급하게 되는 등 시기별로 사업장에서 생산하는 제품의 크기가 커졌고, 웨이퍼 크기에 따라 초기에는 수작업이던 공정이 반자동, 자동화 및 무인화 공정으로 바뀌는 과정에서 노동자의 작업환경도 크게 변화하였을 것으로 판단된다.

현재까지의 조사로는 이 코호트에서 발생한 비호지킨림프종과 백혈병 발생 위험 증가의 정확한 원인을 규명하는 것은 불가능하나, 클린룸 안의 작업환경 중의 요인에 영향을 받았을 것으로 추정할 수 있다.

결론

그간 산업안전보건연구원에서 수행한 대규모 역학조사에서는 과학적인 원인규명을 통해 유해 물질과 질병 간의 인과관계가 있는 것으로 결론지었다.

1999년 제철업의 암 발생 사례를 관찰하고, 사업장의 COEs 노출수준을 조사하여 공정자동화를 통한 노출수준 감소를 평가할 수 있었다. 그러나 COEs의 주요 발암성분 중 하나인 PAHs는 코크스 제조업종뿐만 아니라 코크스를 로의 연료로 사용하는 다양한 사업장에서 노동자가 노출될 수 있으며, 노출수준이 제철업과 유사하거나 높을 수 있음을 발견하였고, 이러한 사업장에서 노동자의 PAHs 노출에 대한 위험이 존재함을 제시하였다.

“제철소 집단
역학조사 계획
수립 등 대규모
역학조사 지속
수행 예정”

석유화학산업 대정비 작업 중사 노동자의 경우, 일부 작업에서 벤젠, 1,3-부타디엔에 노출기준 이상으로 노출되고 있는 것으로 나타났으나, 현재까지는 벤젠 등에 의한 관련 질병 위험도가 일반국민에 비해 유의하게 높은 결과는 없었다. 다만, 이들 노동자는 조혈기계 발암물질에 노출되고 있기 때문에 비록 통계적으로 유의하지 않더라도 향후 림프조혈계암 발생 위험이 높아질 가능성이 있으므로 작업환경관리 강화와 주의 깊은 추적관찰이 필요하다.

반도체 제조공정의 경우 여성 노동자에서 혈액암의 발생 및 사망 위험비가 전체 노동자에 비해 유의하게 높았으나, 명확한 화학적, 물리적 유해요인을 원인으로 규명해내지 못하였다. 다만 국내 반도체 제조업의 암발생 위험을 관리하고, 능동적 예방정책 수립을 위한 기초자료로 활용되고 있다.

산업안전보건연구원은 반도체 코호트 구축 및 운영을 지속하고 있으며, 최근 사회적 관심이 증가하고 있는 제철소의 직업성 암 발생에 대한 집단 역학조사 계획을 수립 중이다. 앞으로도 노동자의 건강권 확보를 위하여 항공교통산업, 건설업 등의 집단을 대상으로 대규모 역학조사를 지속해서 수행해나갈 예정이다.

참고문헌

- » [1] 산업안전보건연구원, 산업안전보건연구원 30년사, 2019
- » [2] 권은혜, 이용학, 오정룡 등. 코크스오븐 작업자들의 코크스오븐배출물 및 다핵방향족 탄화수소 노출에 관한 연구. 한국산업위생학회지 2000;10(2):53-67.
- » [3] 임현술, 최정근, 권은혜 등. 코우크스로의 방출물에 노출된 근로자에서 발생한 폐암 증례. 대한산업의학회지 2002;14(1):97~106
- » [4] 산업안전보건연구원, 제철업 종사근로자코호트구축을 통한 질병 및 사망에 관한 연구 I, 2002
- » [5] Ahn YS, Park RM, Stayner L, Kang SK, Jang JK. Cancer morbidity in iron and steel workers in Korea. Am J Ind Med. 2006 Aug;49(8):647-57.
- » [6] 산업안전보건연구원, 여수·광양 산단 역학조사-대정비 작업의 노출평가를 중심으로, 2009
- » [7] Gordis L. 역학. 한국역학회. 4th edition. 2009
- » [8] 산업안전보건연구원, 반도체 제조공정 근로자에 대한 건강실태 역학조사-암 질환 중심, 2019

제 8회 산업안전보건

논문 경진대회

마감일자

2021.06.13. (일)
24:00 까지



논문주제 | “일하는 사람의 안전과 건강” 과 관련된
산업안전보건 분야

공모대상 | ① 학생부문: 국내외 대학및대학원(석·박사과정) 재학
(휴학·수료·졸업예정 포함) 중인 자
② 일반부문: ①항에 포함되지 않는 일반 성인
※ 공동연구의 경우 모든 참가자가 참가대상 요건에 부합되어야 함
※ 학생부문에 지도교수/외부연구원 등은 공동저자로 참여할 수 없음

공모일정 | 참가신청서/논문접수 마감 : 2021.06.13.(일), 24시까지
논문심사 결과 발표 : 2021.06.30.(수)
입상작 발표 및 시상식 : 2021년 7월 첫째 주 개최 예정

시상내역

① 학생 부문	대 상(1): 고용노동부장관상/200만원 최우수상(2): 안전보건공단이사장상/150만원 우수상(3): 산업안전보건연구원장상/100만원 가 작(-): 산업안전보건연구원장상/부상
② 일반 부문	최우수상(1): 안전보건공단이사장상/150만원 우수상(2): 산업안전보건연구원장상/100만원 가 작(-): 산업안전보건연구원장상/부상



논문제출 | ① 본문, 부록, 참고문헌 포함 최대 30매 이내 작성하고,
국·영문 모두 가능
② 저작권: 제출된 논문의 저작권은 연구원에 귀속되지
않으나, 제출논문은 타 학술지 혹은 논문집에
출판되지 않은 것이어야 함
③ 제출방법: 연구원홈페이지(oshri.kosha.or.kr)→
참여마당 → 논문경진대회 → 논문제출 게시판에 제출
(마감일까지 수정 가능)
※ 제출물: 참가신청서, 개인정보수집·이용동의서, 논문원본, 논문요약문
※ 별첨의 논문작성양식, 논문작성예시, 논문요약집에서 반드시 참고

분석자료 | 연구원생산국가승인통계 2종(근로환경조사, 산업안전보건 실태조사)중
1종 이상 반드시 활용하고, 미활용 시 부적합 처리됨
※ 자료는 기술통계량 산출, 통계분석 방법론 적용, 결과도출 등
핵심 결과도출 과정에 활용되어야 함.
※ 외부 통계자료는 문헌 연구 및 내용 보완, 결과해석을 위해
사용 가능하며, 연구원 국가승인통계 자료와 병합하여 활용 가능함
※ 다운로드 방법 : 연구원홈페이지(oshri.kosha.or.kr)→연구분야→
근로환경조사/산업안전보건 실태조사→원시자료 및 보고서

문의 | 산업안전보건연구원 정책제도연구부
☎052-703-0828 ✉lch87@kosha.or.kr

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ISSUE REPORT

