



## '90년대 후반의 화두, 직업성 암의 업무관련성

산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 김 은 아

2009년 9월호에 개괄한 바, 1990년대 전반의 직업성질환 역학조사가 2-bromopropane 중독 집단발생 등을 조사함으로써, 급성 중독성 질환에 대한 사회적 환기를 불러 일으켰다면, 1990년대 후반의 화두 중 하나는 발암물질에 노출된 근로자의 암 질환에 대해 어떻게 판단할 것인가 이었다.

〈표 1〉에 나타난 것처럼 1990년대 후반에 들어서 연구원의 역학조사평가위원회의 주요 안전은 비강암, 폐암, 악성종괴종, 백혈병 등 암질환의 업무관련성에 대한 것이었다.

직업성 암은 일반인의 암과 조직병리학적 특징으로 구분할 수 없고, 발암물질에 노출되었는지 여부가 판단의 관건이 된다. 그런데, 발암물질에 노출된 후 상당한 기간이 흐른 뒤 발생하는 특징을 갖고 있으므로, 주로 과거에 노출된 발암물질이 관심사가 된다. 하지만, 사업장의 발암물질 취급에 대한 기

록이 충분하지 못한 경우가 대부분이므로, 과거의 발암물질에 대해서는 주로 기록과 문헌에 의존할 수밖에 없다.

과거의 발암물질 노출에 대한 과학적 추정 은 업무노출 매트릭스의 구축, 통계학적 시뮬레이션 등 학문적 엄밀성을 갖춘 방법을 이용해야 하는 것이 학계의 정설이다. 그러나 실제 업무관련성에 대한 판단 사례에서는 과거의 노출자료가 전무하거나, 진술에만 의존할 수밖에 없는 상황이 흔하다. 또, 이러한 사례에 대한 판단을 장기간의 연구를 실시한 이후에 하겠다는 것도 현실과는 동떨어진 상황인식이 된다.

1990년대 말, 역학조사평가위원회는 당시의 과학적 한계들을 전제하면서도, 입수 가능한 자료와, 그 당시 실시할 수 있었던 조사결과를 검토하여 여러 가지 암 질환들의 업무관련성을 판단하였다.<sup>1)2)</sup>

1) 강성규, 안연순, 정호근. 1990년대 한국의 직업성 암. 대한산업의학회지 2001;13(4):351-49

2) 산업안전보건연구원. 도전과 열정 새로운 길: 산업안전보건연구원 20년사, 1989-2009. 2009.

〈표 1〉 연도별 역학조사평가위원회 안건

연도	날짜	심의안건	결과
1998	5.20.	- 크롬에 노출된 도금공에게 발생한 비강암의 업무관련성	인정
1999	3.5.	- 주물주형공에게 발생한 다발성골수종의 업무관련성	인정
		- 유리규산에 노출된 근로자의 폐암의 업무관련성	인정
	4.19.	- 제철소 시설관리업체 안전관리자의 악성종괴증	인정
		- 그라비아 인쇄공의 백혈병의 업무관련성	불인정
		- 조선소 전기의장공의 골수이형성증후군	불인정
	8.20.	- 조선소 용접공에서 발생한 폐암의 업무관련성	인정
		- 윤동용품 제조업체 근로자의 전신성경화증(톨루엔)	인정
		- 합성섬유 제조업체 근로자의 외이도선낭포종(DMF)	불인정
	12.23.	- 주물공에서 발생한 만성신부전(유리규산)	인정
		- 도장공의 폐암(크롬)의 업무관련성	인정
- 주물공장 열처리공의 후두암(다핵방향족탄화수소)		인정	
- 코크스 제조 사업장 발생 폐암		인정	
2000	1차	스테인레스 제강업 근로자에서 발생한 니켈 노출로 인한 과호산구성 폐렴의 업무관련성	인정
		제강업체 근로자에서 발생한 악성종괴증	인정
		중석광산 근로자에서 발생한 폐암	관정불가
		플라스틱소재 폴리머공정 근로자의 유기용매 뇌병증	불인정
		지하철공사 토목설계 담당자에서 발생한 효모균성 뇌수막염의 업무관련성	관정불가
	2차	사카린 제조공정 근로자에게 발생한 만성신부전증	인정
		원전 설비보수 근로자에서 발생한 급성골수성백혈병	재심
		자동차부품 금형제작공장 선반공에서 발생한 혼합성난정	재심
	3차	원전 설비보수 근로자에서 발생한 급성골수성 백혈병	인정
		코크스 제조공장에서 발생한 위암	재심
		코크스 제조공장에서 발생한 악성임파종	재심
		코크스 제조공장에서 발생한 백혈구감소증	재심
		자동차제조 연구소 연구원에게 발생한 폐혈증	인정

### 도금공의 비강암: 정황증거를 통한 6가 크롬 노출의 추정

56세의 심씨는 31년간 크롬도금공정에서 근무하다가 퇴사했는데 비강암(전도성유두종을 동반한 편평상피세포암)이 발견되었다. 6가 크롬은 비강암의 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 그러나 30년 이상 도금공정에서 근무한 근로자의 업무관련성 평가에서 과거의 크롬 노출에 대한 객관적 증빙은 없

었다. 현재의 작업환경은 크게 변화하였고, 공기 중 크롬 노출수준은 낮은 편이었다. 역학조사평가위원회는 이 근로자의 업무관련성에 대한 평가에 있어서, 과거에는 크롬 노출이 높았을 것이라는 간접적 증거와 함께, 주요한 다른 원인(바이러스 감염)을 배제하는 방법으로 추정하였다.

이 사업장은 방위산업용품이나 항공부품

을 제작 도금하는 업체로서 심씨는 입사 이후 도금반에서 근무했고 도금 작업장은 10년 전에 크게 개선되었다. 최근 5년 간의 작업환경측정에서 총크롬이나 6가 크롬은 노출기준 이하로 검출되었다. 역학조사 당시 작업물량이 과거에 비해 크게 감소하여 9기의 도금조 중 7기가 4년 전에 철거되고 2기만 남아 있었다. 조사 당시, 배기시설이 설치되기 전에는 크롬 도금조를 직접 설치하여 수작업으로 제품을 도금조에 담갔다 꺼내어 올렸다고 진술했다. 심씨에게는 비중격천공 소견은 나타나지 않았지만 동료 근로자 중에서는 비중격 궤양 소견이 발견되었다.

역학조사 당시 작업환경에서 크롬 노출수준은 높지 않았지만, 작업량의 변화와 작업방법의 변화, 그리고 동료의 비중격 궤양 등으로 추정해 볼 때 과거의 6가 크롬 노출수준은 매우 높았을 것으로 추정되었다. 심씨의 흡연력은 20갑·년이었는데, 비강암에 대한 바이러스 면역검사에서는 음성으로 나타나 바이러스 감염에 의해 발생했을 가능성은 낮았다.

결론적으로, ① 근로자의 질환은 비강암으로 확진되었고, ② 도금공정에서 30년 이상 근무하여 6가 크롬에 장기간 폭로되었으며 ③ 6가 크롬 폭로로 인해 비강암 특히 편평상피세포암이 발생하였다는 문헌적 근거가 있으며 ④ 비강의 편평상피세포암을 일

킬 수 있는 다른 뚜렷한 원인으로 알려진 것이 없고, ⑤ 일부에서 편평상피세포암으로 이행될 수 있는 전도성유두종의 발생 원인으로 바이러스(HPV)가 제기되고 있으나 이는 일부의 원인밖에 설명해주지 못하고, 전도성유두종 또한 최근에는 직업성 원인의 가능성도 조심스럽게 제기되고 있으므로, 본 근로자에서 발생한 비강암(편평상피세포암)은 크롬도금작업에서 발생하는 6가 크롬에 의해 발생하였을 가능성이 높은 것으로 판단하였다.

### 주물업 조형공의 다발성골수종 : 과거 작업환경의 재현 측정

다발성골수종은 매우 희귀한 질환으로 1999년 당시까지 직업성질환으로 우리나라에서 진단된 적은 없는 질환이었다.

1981년부터 한 주물공장 조형과에 근무하던 남자 근로자 구씨는 1998년에 다발성골수종으로 진단받았다. 다발성골수종은 조혈기계의 악성질환 중에 하나로 백혈병과 유사한 계통의 질환이다. 이 건에서 역학조사평가위원회는 과거의 작업환경을 추정하기 위하여 과거에 취급했을 것으로 판단되는 화학물질을 이용해 작업환경을 재현 평가하는 방법을 사용하였다.

다발성골수종 발생과 관련이 있을 것으로 추정되는 유해요인은 벤젠과 방사선이었다.

조형작업에서 주로 사용되는 유기용제류는 크실렌술포산이었으며, 벤젠은 역학조사 당시 이 사업장에서 사용되지 않았다. 그런데 자료조사 결과, 1994년까지는 벤젠술포산을 경화제로 취급하였음을 파악하였다. 따라서 이 역학조사에서는 과거에 사용하던 벤젠술포산을 취급하는 환경을 재현하여 작업환경 평가를 실시하였다.

그 결과, 0.2 ppm 내외의 벤젠이 검출되었다. 이 결과는 과거에 비해 매우 적은 양을 가지고 시험한 것으로 1995년경 작업장이 많이 개선되었다는 사실을 볼 때, 과거의 노출량은 이보다 많았을 것으로 추정되었다.

결론적으로, ① 다발성 골수종은 일반인 구 10만 명당 0.3명이 발생하는 매우 희귀한 질병이고 그 원인으로 유전적 요인 외에 벤젠 등 환경요인이 제시되고 있으며, ② 다발성 골수종이 통상 60세 내외에 발생하는데 비해 구씨는 48세로, 흔히 않은 젊은 나이에 발병하였고, ③ 작업환경조사 결과 벤젠과 석면에 장기간 노출되었던 것이 확인되었으며, ④ 동 부서의 근로자들이 벤젠을 사용하던 94년 이전에는 혈액학적 이상소견을 많이 보였으며, ⑤ 가족력 등 다발성 골수종을 일으킬 만한 유전적 요인 등을 발견할 수 없었으므로, 이 근로자의 다발성 골수종은 작업 중 노출되었던 유해물질에 의해 발생한 직업성 암일 가능성이 매우 높은 것으로 판단되었다.

## 코크스 제조공의 폐암 : 코크스 제조공정의 발암물질 평가

코크스 제조공이 발암물질에 노출된다는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 그런데 우리나라에서 코크스로에서 발생하는 발암물질을 평가하고 실제 근로자에서 발생한 암 질환과 관련하여 평가는 이루어지지 못하였다. 1999년 코크스 제조공에서 폐암사례가 조사되자, 연구원은 이 공장의 과거 근로자에서 향후 암 발생 가능성이 증가될 수 있다고 판단하여, 작업환경측정을 정확히 실시하기로 하였다.

근로자 정씨는 P제철의 협력업체에서 1977년 11월부터 1998년 8월까지 코크스로의 코크스 제조공정에서 21년간 근무하였다. 이 근로자가 작업중 노출된 폐암을 일으킬 수 있는 발암물질은 다핵방향족탄화수소가 함유된 코크스오븐 방출물이었다.

산업안전보건연구원은 이 사업장에 대해 2차에 걸쳐 작업환경측정을 실시하였다. 측정 결과, 코크스오븐 방출물이 0.02-2.24 mg/m<sup>3</sup>의 범위로 기하평균 0.34 mg/m<sup>3</sup>이었으며, 이는 전체 작업자 29명 중 9명(31.0%)이 노동부가 제시한 휘발성 콜타르 피치의 노출기준인 0.2 mg/m<sup>3</sup>를 초과하는 수준이었다. 다핵방향족탄화수소는 7.4-727.2 μg/m<sup>3</sup> 범위로 기하평균은 50.87 μg/m<sup>3</sup> 이었다.

결론적으로, ① 근로자 정씨는 장기간 발

암물질 노출 작업에 근무하면서 코크스오븐 방출물에 노출되어왔고, ② 폐암을 일으킬 수 있는 석면을 코크스로 문에서 가스 누출 시 막는 작업에 사용하여 이에 노출되었을 가능성이 인정되고, ③ 이러한 발암물질의 첫 노출과 노출기간 그리고 폐암 발병 시기를 고려할 때, 유해물질에 의해 발생하는 암의 잠복기를 충족하며, ⑤ 흡연으로 인한 폐암의 발생 가능성을 고려할 수도 있으나, 오히려 흡연과 발암물질이 서로 상승작용을 하여 폐암 발생을 촉진시켰을 가능성도 추정할 수 있고, ⑥ 기타 가족력이나 거주환경을 볼 때 폐암을 일으킬 만한 다른 요인을 찾을 수 없으므로, 정씨의 폐암은 코크스로 작업과 관련하여 발생한 직업성 폐암일 가능성이 큰 것으로 판단되었다.

### 도장공의 폐암 : 업종에 대한 발암성 평가

도장작업은 국제암연구소의 발암업종 group 1로 지정되어 있는 위험한 작업이다. 그런데, 도장작업 근로자에서 폐암이 증가하는 이유는 명확하지 않은데, 과거 도료에 함유되어 있던 석면, 크롬안료 등에 의한 것이라고 추정하기도 하지만, 도장공에서 정확한 발암물질을 구분하여 연구한 결과가 충분치 않기 때문이다.

근로자 임씨는 15년간 조선소 도장작업을

하다가 폐암으로 진단받았는데, 1999년 산업안전보건연구원의 역학조사 당시, 실제 도장작업에서 크롬이 노출되어 흡입될 수 있는지, 과거에 석면이 섞인 도료를 많이 사용하여 이로 인해 폐암이 많이 발생한 것이 우리나라에서도 입증되는지 명확하지 않은 상황이었다.

어떤 발암물질인지는 모르지만 막연히 도장작업이 암 발생 위험이 높다는 것만으로 암질환의 업무관련성을 평가하기는 어려웠다. 산업안전보건연구원은 우선, 과거 이 근로자가 취급하던 도료의 종류를 분류하여 물질안전보건자료상의 성분을 검토하였다.

그 결과, 6개 제품에서 발암물질인 벤조파이렌(Benzo(a)pyrene)을 0.2-0.5%, 27개 제품에서 콜타르를 10-60%, 15개 제품에서 크롬산 납을 0.2-30% 함유하고 있었다. 또, 도장부서 과거 작업환경측정 자료 검토 결과, 기중시료에서 벤조안트라센(benzo(a)anthracene)을 포함하여 다핵방향족탄화수소류가 검출된 적이 있었다.

역학조사 당시 취급하고 있던 도료에 대해 성분 분석 결과, 이 사업장에서 당시 주로 사용하는 도료 중 알키드 계열 및 에폭시 계열의 도료에서 나프타렌, 안트라센, 페난트렌 등의 다핵방향족탄화수소가 검출되었다.

또한, 당시 해당공정에서 작업환경측정을

실시하였는데, 공기 중 시료에서 6가 크롬은 검출되지 않았으나, 당일 사용했던 도료의 성분분석에서 NPT의 환경오염지표인 16개 다핵방향족탄화수소가 모두 검출되어, 당시 조선소 도장작업 중 다핵방향족탄화수소 노출 가능성을 입증하였다.

이러한 사실을 근거로 근로자 임씨의 폐암은 작업중 노출된 발암물질과 관련이 높다고 판단되었다.

근로자 임씨의 폐암에 대한 역학조사평가위원회의 결론은 도장작업 전반을 발암작업으로 인정한 것은 아니었으며, 작업 중 노출된 도료에 함유된 다핵방향족탄화수소 및 크롬산 납 등 특정한 발암물질에 노출될 위험이 높다는 것을 근거로 하여 판단된 것이었다.

### 원전보수설비자의 백혈병 : 방사선 노출의 업무관련성 기준에 대한 고찰

근로자 정씨는 1987년에 원자력발전소의 설비보수 하청 업체인 H기공에서 용접업무를 하던 근로자로 방사선에 피폭되는 업무에 종사를 하다가, 1997년 11월 급성골수성 백혈병으로 진단받았다.

사업장 기록에 의하면, 정씨는 1989년부터 방사선 피폭구역에 총 529회를 출입하면서 약 1850 mrem의 방사선에 피폭되었다. 방사선 노출은 조혈기계암을 일으킬 수 있

는 것으로 잘 알려져 있는 물리적 요인이다. 그런데, 정씨의 피폭수준인 1850 mrem은 직업성 암을 유발할 위험이 증가할 수 있다고 보기에는 낮은 수준이었다. 물론 저선량의 유해방사선 노출이 염색체 이상을 증폭시킨다는 당시까지의 연구 결과 등을 볼 때, 정씨가 방사선 노출에 의해 골수의 기능에 영향을 받았을 가능성을 배제하기는 어렵지만, 당시까지의 연구 결과에서 암의 발생가능성으로 볼 때는 노출수준이 낮았다.

미국의 연구에 의하면, 30대에 백혈병이 발생한 경우 위험도가 2배가 되는 피폭선량은 43 rem 이라고 하였다.

정씨의 급성골수성백혈병이 방사선에 의해 발생하였을 가능성을 미국 국립보건원(NIH)에서 제시한 원인확률(probability of causation)에 적용해 보면 약 4% 정도의 확률을 보였는데, 이는 당시 미국 에너지부의 보상기준 50%이하이므로 보상이 되지 않는 수준이었다. 다른 한편, 미국 보훈부에서는 방사선 암(radiogenic cancer)인 경우에는 방사선 피폭만 확인하면 보상하고 있었다. 미국보훈부의 다른 기준은 PC가 50% 미만일 경우의 통계적인 확률을 세 단계(10%, 5%, 1%)로 구분하여 이 이하에 해당하는 경우에는 원인관계가 없다고 보고 그 이상인 경우에 보상을 하고 있었다.

이 기준에서는 30대의 근로자가 20년 이

하의 기간 동안 방사선에 피폭된 경우 백혈병이 발생한 확률이 99%의 신뢰구간을 넘는 PC 50% 이상인 방사선 피폭량은 약 1.7 rem으로 계산할 수 있었다.

미국을 포함한 외국의 보상기준 사례들은 크게 두 가지 경향이 있었는데, 하나는 예시적 질병목록을 정해 놓고 이 기준에 합당하면 개개 사례를 판단하지 않고 업무와 관련이 있다고 판단하는 것이었다.

다른 하나는 사례별로 피폭선량과 피폭기간, 암 종류를 고려하며 확률적인 판단을 하는 것이었다. 전자의 기준을 따르고 있는 국가가 영국, 프랑스와 일본이고 후자를 따르고 있는 국가가 독일, 스웨덴과 미국이었다.

우리나라에서도 근로기준법과 산업재해 보상보험법에 예시적 질병목록을 정해놓고 있어 방사선에 피폭되는 근로자에게 백혈병이 발생하면 업무상질병으로 인정하도록 하고 있었다. 그러나 피폭량에 대한 구체적인 기준이 없어 정씨와 같이 저선량에 피폭된 경우에는 개개 사례에 대해 판단을 하지 않을 수 없었다.

역학조사평가위원회의 고민은 아직까지 판단기준이 명확하지 않은 한국의 상황에서 정씨처럼 비교적 저선량에 노출된 경우, 업무관련성을 어떻게 평가하느냐 하는 것이었다. 역학조사평가위원회는 두 차례에 걸친 회의를 통해 의견을 수렴한 결과, 다음과 같

이 결론을 내렸다.

외국의 사례 검토에서 보듯 정씨의 피폭 수준은 비록 아주 높은 수준은 아니라 하더라도 영국과 프랑스에서 보듯 예시목록에 의해 당연히 업무상관련이 인정되는 질환이며, 피폭선량을 계산한다 하더라도 미국의 기준인 1.7 rem이나 일본의 기준 0.5 rem을 초과하고 있어 방사선 피폭과 백혈병 발생과의 관계를 인정할 수 있다고 판단된다.

## 맺는 말

1990년대 하반기에 화두가 되었던 직업성 암의 역학조사는 부족한 근거자료와 한계들을 딛고, 추정 가능한 과거를 검토하였으며, 작업환경재현평가 등의 적극적인 방법을 동원하여 당시의 상황이 요청했던 판단을 가능한 최선을 다하였다.

물론, 당시의 직업성 암 역학조사는, 자료의 부족이라는 한계, 과학적 결론을 도출하기에는 부족한 조사기간, 단면조사의 형태가 갖는 제한점 등 여러 가지 근본적인 한계를 노정하고 있었다. 그러나 이러한 한계는 당시의 한국사회, 당시의 산업보건계의 한계로 인한 것이 많았다. 이러한 조사들은 알려진 직업성 암의 재확인, 알려지지 않았던 직업성 암의 발견과 함께 2000년대의 직업성질환 역학조사의 밑거름이 되었다. ☞