

2007년 역학조사평가위원회에서 심의한 업무상 질병 사례(1)

한국산업안전공단 산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 김 규 상 · 고 동 희

역학조사는 직업성질환의 진단 및 발생 원인의 규명을 위하여 근로자의 질병과 작업장 유해요인의 상관관계에 관하여 실시하는 조사를 말한다. 2007년에는 총 3회의 역학조사평가위원회가 한국산업안전공단 산업안전보건연구원에서 열렸다(표 1).

9회(2007.4.4.)에서는 1) 석유화학단지 비계공에서 발생한 폐암의 업무상질병 인정 여부, 2) 주물공장 근로자에서 발생한 Good pasture's syndrome의 업무상질병 인정 여부, 3) 건설업종의 미장·방수 작업자에서 발생한 폐암의 업무상질병 인정 여부에 대한 심의가 있었다.

또한 10회(2007.6.26)에서는 1) 오디오/비디오 테이프 제조 작업장에서 집단 발생한 각막손상에 대한 역학조사의 실시 여부, 2) 주물공의 만성폐쇄성폐질환의 업무상질병 인정 여부, 3) 6회에서 역학조사 실시가 의결된 자동차부품제조업체의 천식 집단 발

생에 대한 역학조사 결과 보고가 있었다.

11회(2007.12.28)에서는 1) 반도체 생산 공장 근로자에서 발생한 백혈병에 대한 역학조사 실시 여부, 2) 제철업 하청업체 근로자에서 발생한 백혈병의 업무상질병 여부, 3) 10회에서 역학조사 실시가 의결된 오디오/비디오 테이프 제조 작업장에서 집단 발생한 각막손상에 대한 역학조사의 결과 보고에 대한 심의가 있었다.

본 호에서는 9회의 개별적인 역학조사 실시에 따른 업무상질병 인정 여부의 심의에 대한 내용을 기술하고자 한다.

주물공의 Goodpasture's syndrome과 미장·방수공의 규폐증을 동반한 폐암은 각각 대한산업의학회지에 증례로 보고되었기에 간략하게 기술하고, 비계공에서 발생한 폐암은 역학조사평가위원회에서 석면 노출의 정도와 석면 노출을 확인할 만한 객관적

표 1. 2007년 역학조사평가위원회 심의 안건 내용

일시	병명	직종	유해요인	결과	비고
9회 2007.4.4	폐암	비계공	석면	보류후 재심사(불인정)	
	Goodpasture's syndrome	주물공	유리규산	인정	대한산업의학회지 2007;20(1):46-53,1
	폐암	미장·방수공	유리규산	인정	대한산업의학회지 2007;20(2):146-152
10회 2007.6.26	각막손상 집단발생	오디오/비디오 테이프 제조	MEK 등 유기용제	역학조사실시 계획보고	
	만성폐쇄성폐질환	주물공	분진/흙	인정	
	천식 집단발생	자동차부품(내장재) 제조	MDI	보고	산업보건2007.12
11회 2007.12.28	백혈병	반도체	-	보류	현재 역학조사 실시중
	백혈병	제철공	벤젠	인정	
	각막손상 집단발생	오디오/비디오 테이프 제조	MEK 등 유기용제	역학조사 결과 보고	

소견에 있어서 논란이 된 만큼 자세하게 소개하고자 한다.

1. 비계공에서 발생한 폐암

1.1. 개요

49세 남자 L은 31세 때인 1989년부터 일용직 비계공으로 작업을 하던 중, 2006년 1월 C대학병원에서 폐암으로 진단받았다. 2006년 6월 7일 폐암을 상병으로 근로복지공단 Y지사에 산재요양신청서를 제출하여 역학조사를 실시하였다.

1.2. 작업환경

S기건은 여천산업단지내 석유화학공장

등의 시설을 유지·보수하는 협력업체이다. 근로자 L은 군대 제대 후 24대인 1982년부터 약 5년간 어업에 종사하였다. 갑판부 업무를 하며 고기잡는 일을 하였고, 배를 수리하는 등 다른 업무는 하지 않았다. 배는 70~100톤 급으로 얼음을 싣고 다니는 빙장선으로 배관에는 석면재질이 없었다.

1989년 4월부터는 H정유의 협력업체인 S공무에서 비계 조공으로 업무를 시작하였다. 작업내용은 비계를 설치하는 과정에서 밧줄 및 크레인을 이용하여 파이프, 발판을 올려주는 등 비계설치의 보조작업을 하였다. 1991년부터는 비계 기공(기술공)이 되어 D토건에서 근무하였다. 비계 기공의 업무는 배관, 용접, 도장 등의 작업을 할 수 있

는 작업공간을 건물(설비) 외벽에 설치하는 것으로, 철제 파이프를 세우고 클립을 체결한 후 여기에 발판을 놓아 작업 공간을 만드는 것이다.

비계공의 작업 형태는 공장 신설, 증설, 정비에 따라 상이하다. 공장 신설의 경우 비계틀을 설치하는 작업과 배관 파이프를 설치할 수 있도록 올려주는 작업을 한다. 비계틀을 설치한 후 배관 파이프를 올려주면, 배관사가 파이프의 유격을 맞추고 용접사가 용접을 한다. 배관 설치 후 보온 작업자들이 보온재를 배관에 붙이고 이 위에 함석판을 둘러 고정시킨다. 공장 신설 작업시에 용접, 보온 작업과 겹쳐지는 경우가 드물게 있으며 이때 석면에 노출된다. 페인트공은 보온재가 설치되지 않는 부분에 대해 롤러나 붓으로 칠을 한다. 이러한 작업 후 비계를 철거하게 되는데, 철거시 발판위에 석면가루 및 용접가루, 용접 후 그라인더로 갈아낸 철가루 등 분진이 많아 철거작업 과정에서 석면에 노출된다. 2001년경부터 석면 함유 보온재를 사용하지 않았다고 하며, 이때부터 방진 마스크를 지급받아 사용하였다.

정비와 증설 현장 작업시에는 비계설치 작업 외에 기존 배관을 뜯어내고 다시 배관을 설치하는 작업도 하였다. 정비작업에서는 교체할 배관, 기계를 분리하여 크레인으로 내리고, 배관 라인을 해체하는 작업을 하였다. 배관사가 산소절단기로 배관을 절단한 후, 짧은 배관의 경우 작업 현장에서 직

접 보온재를 해체하였고 배관이 긴 경우 아래로 내려서 해체를 하였다. 직경이 큰 배관의 경우 보온재를 덮고 있는 함석 부분을 제거하고 석면함유 보온재를 분리하였다. 석면테이프는 콘트롤 밸브, 기계 계기판, 가는 배관 부위에 싸여 있었고, 칼로 자르고 풀어 해체하였다. 보온재는 석면과 암면이 반반 정도였으며, 이 작업이 끝난 후 새 배관을 설치할 수 있도록 올려주는 작업을 하였다. 1년에 정비하는 작업은 3~7곳에서 하였으며, 한 현장에 평균 15일 정도 작업을 하였고 보온재 해체는 이중 5일 정도를 하였다. 석면 테이프를 해체하는 작업은 1년에 3곳 정도 작업현장에서 하였다. 정비작업시에 배관을 해체할 때는 용접기로 잘라내는 경우와 배관 이음새를 분리하는 경우가 있었다. 배관 이음새를 분리할 때는 이음새 사이에 있는 가스켓을 제거하게 되는데, 이때 석면이 함유된 가스켓도 제거하였다.

1.3. 의학적 경과

근로자 L은 중학교 졸업 후 농사일을 돕다가 1979년 입대하여 면회실 행정병으로 근무하였다. 2005. 3. 21일 비계를 해체 작업 도중 추락하여 종골 골절로 2006.1.18까지 약 10개월간 요양하였다.

흡연은 군 복무 당시인 1979년 처음 시작하였으며, 2003년경 금연하였다. 흡연량은 3일에 1갑 정도, 흡연을 즐기지는 않아 약 24년의 흡연 기간 중 반 정도만 담배를 피웠

다고 하여 흡연력은 군대 3년을 포함하여 약 7갑년에 해당되었다. 하지만 C대학병원 입원 당시 의무기록에는 25갑년으로 기록되어 있었다. 음주는 주 1~2회 정도, 한번 마실 때는 소주 1병 정도 마셨다.

부친은 노환으로 별세하였고, 형제관계는 7남 1녀의 3남으로 다른 특별한 질병력은 없었다.

건설 일용직 근로자들은 입사시 건강진단을 받는데, 현재 L이 소지한 건강진단 기록은 없으며, 이전에 받았던 건강진단에서 특별한 이상은 없었다고 한다.

2004년 우폐하에 고립성 폐결절이 있어 Y내과에서 진료를 받고 CT촬영 및 2회에 걸친 흉부방사선 추적검사를 하였으나 폐암이 아닌 것으로 최종 진단을 받은 경력이 있다.

2005년 초 겨울부터 감기가 오래 지속되는 현상이 있었고, 2006년 1월 초에도 감기 증상이 있어 J내과에서 진료를 받아 폐렴 진단을 받고 15일 정도 치료를 받았다. 치료 중 호전이 없고 가래에 피가 소량 섞여 나와 큰 병원 방문 권유를 받고 2006.1.27 C대학병원을 방문하여 우폐하 폐암(선암, T2N2Mx) 진단을 받았다.

C대학의 2006년 진단당시 단순흉부방사선, CT 사진 및 2007.4.10 촬영한 CT 사진 판독에서는 석면관련 폐질환의 소견은 없었다. 석면관련 폐질환 여부를 알아보기 위해 진폐정도관리 방사선사진 판독부문 정도관리 위원인 S대학 영상의학과 P교수, K대병

원 S교수에게 2006년 진단 당시 단순흉부방사선, CT 사진 및 2007.4.10 촬영한 CT 사진의 재판독을 의뢰하였는데, 마찬가지로 석면폐증이나 흉막 비후판(plaque) 등 석면노출을 확인할 만한 소견은 보이지 않았다. 진단 후 항암제 치료를 1차 받았으며, 연구원 방문시 2차 항암 치료를 받고 있었다.

1.4. 근로자 L의 석면 노출 가능성

L은 비계공으로 비계를 설치하고 해체하는 것이 주 업무였다. L의 작업 중 노출될 수 있는 작업과 이와 연관된 자료를 조사하였다. L이 석면에 노출되었다고 진술한 작업은 비계를 해체할 때 비계위에 쌓여있던 석면 및 금속분진 노출, 파이프를 싸고 있는 단열재를 해체할 때 노출, 석면 테이프를 잘라내어 해체할 때의 노출, 가스켓을 제거할 때의 노출을 들 수 있다.

1.4.1. 큰 배관의 단열재

단열재 중 석면함유제품 사용 여부를 알아보기 위해 1974년 N화학 공장 신축시 건축시방서 ‘인슐레이션(Insulation)’ 부분을 제공받아 조사하였다. 시방서는 외국 엔지니어링 회사에서 작성한 것으로 주로 유리섬유를 배관제로 사용하는 것으로 되어 있었다. 단열재는 아니지만 ‘mitered fitting cement’로 석면함유 제품을 써야 한다는 부분이 일부 기술되어 있는데, 배관의 꺾어지는 곡면 부위에 사용한 것으로 추정된다.

L화학은 건설 당시부터 큰 배관에는 유리섬유, 암면, 실리카 커버를 사용했다고 하였으며, 12-13년 전부터는 퍼라이트(perlite)를 사용했다고 한다. 많이 쓰던 실리카 커버는 석면이 함유되어 있지 않은 제품으로 물을 잘 흡수해 물성이 좋지 않은데, 퍼라이트는 수분흡수를 하지 않아 보온재로 적합하여 그 후로 Y산단에서는 대부분 퍼라이트 단열재를 사용했다고 한다. L화학에서 1992년 처음 만들었다는 '보온공사 시방서'에서도 석면을 단열재로 사용하지 않은 것으로 나와 있다. 1992년 이전에 어떠한 배관 재료를 썼는지는 확인할 수 없었다.

Y건설노조 소속의 일용직 보온공인 K에 의하면, 1979년 Y산단 첫 근무 때부터 실리카 커버를 사용했었고, 그 외 유리섬유, 암면, 세라크울을 사용했으며, 1986년경부터는 퍼라이트를 사용하기 시작해 이후에는 거의 대부분 퍼라이트를 사용하여 보온을 하였다고 한다.

Y지역 플랜트에서 15년간 보온 작업을 했다는 일용직 보온공 C의 진술에 따르면 퍼라이트를 사용하기 전에 보온재로 사용한 실리카 커버에 실리카와 칼슘실리케이트(calcium silicate)가 있었고 실리카에 석면이 함유되어 있었다는 얘기를 들었다고 하

였다. 칼슘실리케이트는 나온지 얼마 안되어 퍼라이트로 대체되었고, 이전에는 실리카(실리카 커버)를 많이 사용했다고 한다. 1974년 N화학의 건축 시방서에는 보온재가 칼슘실리케이트로 표시되어 있으며, K회사에 문의한 결과 현재로서는 석면이 함유된 제품을 생산한 것을 확인할 수는 없었다.

이를 종합해 보면 실제 큰 배관의 경우 석면이 함유된 보온재를 사용하지 않았을 가능성이 있다. 하지만 외국에서도 석면이 함유된 배관 보온재를 사용한 적이 있기 때문에¹⁾, 석면 함유 여부에 대한 추가적인 조사가 추후 필요할 것으로 판단되었다.

1.4.2. 마스틱, 실란트, 접착제, 시멘트에 석면 함유 여부

보온 공사시 단열재를 외부로부터 보호하기 위해 표면을 바르는 코팅재료를 마스틱(mastic)이라고 한다. 그리고 실란트(sealant)는 단열재, 금속 조인트 부분이 수축, 팽창되어 공기나 수분이 들어가지 않도록 채움 역할을 하는 제품이다. 접착제(adhesive)는 단열재 사이를 붙여 주는 역할을 하며, 시멘트는 밸브나 플랜지 등 보온공사를 하기 어려운 곳에 사용된다.

마스틱은 외국에서도 과거 석면이 함유된

1) Finkelstein MM. Mortality among employees of an Ontario factory manufacturing insulation materials from amosite asbestos. Am J Ind Med 1989;15(4):477-81.
 2) Paustenbach DJ, Sage A, Bono M, Mowat F. Occupational exposure to airborne asbestos from coatings, mastics, and adhesives. J Expo Anal Environ Epidemiol 2004;14(3):234-44.

제품을 바닥 타일 접착용 등 건축물에 다량 사용하여 건물 해체시 석면 노출로 문제가 되고 있다²⁾. 보온재 위에 마스틱을 바르고(1 겹 혹은 2겹) 그 위에 함석판 등으로 감싸서 배관 보온 공사를 한다. 따라서 배관 해체 작업시에는 상당량의 마스틱, 실란트, 접착제, 시멘트에 노출될 수 있을 것으로 판단된다.

Y시 지역에 석면 테이프, 마스틱 등 유지 보수관련 재료를 공급하는 업체를 2-3곳 방문하였는데, 과거에 석면이 함유된 마스틱 등을 사용했으나 석면에 대한 규제가 시작되면서 사용하지 않고 있다고 하였다. S케미칼 관계자의 진술에 의하면 1989년까지는 석면이 함유된 마스틱, 실란트, 접착제, 시멘트를 생산하였으며, 외국회사와 합작한 이후에는 석면함유제품을 만들지 않았다고 한다. 석면 함유량은 현재 기록이 없어 확인할 수는 없으나 1% 미만이었다고 하며, 현재는 석면 대신 펄프를 넣어 제품을 생산한다고 하였다. 미국의 경우 건축용 마스틱에는 2-15% 정도의 석면이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있다³⁾.

K화학은 마스틱 생산을 1991년부터 중단하여 석면함유 여부를 더 이상 조사할 수 없었고, 실란트는 1987년도부터 생산하고 있으나 석면함유 제품을 사용하지 않았다고 한다. 일용직 보온공의 진술에 의하면 마스틱과 하드시멘트에 석면이 함유되어 있었으

며, 이러한 석면 함유 제품을 1990년 정도까지 주로 사용했다고 한다.

이상을 정리해 보면 과거에는 석유화학공장의 특성으로 인해 석면이 함유된 마스틱, 실란트, 접착제, 시멘트를 많이 사용했을 것으로 추정된다. 석면 규제가 시작된 이후에는 사용하지 않았다고 하므로 1990년경까지 사용했을 것으로 추정된다. 하지만 공장 신설 당시 설치한 배관 보온재를 아직도 교체하지 않은 곳이 있다고 하니, 보온재의 해체 작업시에 마스틱 등에 의한 석면 노출 가능 기간은 1990년 이상으로 더 늘어날 것이라 판단된다.

1.4.3. 석면 테이프 사용 여부

석면 테이프는 석면 규제가 시작된 이후 2000년 초반까지 사용되었을 것으로 추정되며, 과거 공장을 건설할 때 감아놓은 것이 아직까지 남아 있는 경우도 있다. 비계작업이 주로 실외 작업이기는 하지만 석면 테이프를 감는 혹은 해체하는 작업에서 석면 분진이 비계발판에 쌓여 이 비계를 해체할 때 석면에 노출될 수 있으며, 보수작업시 석면 테이프를 감고 해체하는 작업시에 노출되었을 것으로 추정된다. 보수 작업의 경우 보온재의 관리는 보온공의 업무임에도 불구하고 보수 작업의 특성상 일이 빨리 처리되어야 하므로, 근로자 L은 석면 테이프를 직접 갈

3) Lange JH. Type and amount of asbestos in floor tiles and mastics. Bull Environ Contam Toxicol 2006;77:807-9.

로 잘라 해체하고 바닥에 떨어진 보온재를 치우는 작업을 했다고 하는데, 이 작업시에 석면 테이프의 석면 분진에 직접 노출이 있을 것이고 보온재에 발라진 마스틱, 실란트, 접착제, 시멘트에 함유된 석면에 간접적으로 노출되었을 것으로 추정된다.

1.4.4. 기타 석면 함유 제품 사용

신증설, 보수 작업 때 설치된 비계 위에서 용접 작업을 하는데, 이 때 석면으로 된 용접포(불꽃방지포)를 사용했다고 한다. 용접포는 화재, 폭발을 방지하기 위해 용접하는 장소의 바닥, 옆면, 화재위험이 있는 설비 위 등에 설치하게 된다. 석면으로 된 용접포 사용은 2004년경까지 사용한 것으로 추정되며, 석유화학단지 정규직 근로자에 규제가 시작된 것 보다는 늦은 시기였다. 연구원 방문 당시 건설관련자재 판매업체 관계자의 진술에 의하면 과거 석면 용접포를 판매했었지만 현재는 석면규제 때문에 거의 판매하지 않는다고 하며, 현재는 작업을 위해 원청에 들어갈 때 석면 용접포를 가지고 들어갈 수 없도록 한다고 하였다. 하지만 비석면 대체품의 가격이 비싸기 때문에 석면포에 거무스름하게 물을 들여 비석면 제품인 것처럼 보이게 하여 쓰는 곳도 있다고 하였다. 용접작업시에 용접포(석면포)를 비계바닥에 깔고 작업하는 경우나 작업시 용접포를 설치하거나 제거할 때 석면 분진이 날리게 되고 또한 비계바닥에 쌓여 비계를 해체할 때

석면에 노출되었을 것으로 추정된다.

기타 석면이 함유된 것으로 확인된 것은 배관의 가스켓, 패키징이 있었다. 보수작업시에 가스켓, 패키징에 함유된 석면에 노출되었을 것으로 판단된다. 가스켓의 재료는 금속, 나무 등 여러 종류가 사용되고 있는데, 그 중에서 석면이 함유되어 있는 가스켓도 있다. 딱딱한 판 형태 또는 고무장판 형태의 석면함유 가스켓이 있는데, L이 작업할 때에는 딱딱한 판 형태의 가스켓을 제거했다고 하였다. 가스켓의 석면함유 여부는 2006년 N화학 역학조사시에 백석면이 함유되어 있는 것을 확인하였다. L이 작업 중 석면을 함유한 가스켓을 얼마나 제거했는지는 정확히 추정할 수 없지만 당해 작업 중 석면에 노출되었을 것으로 판단된다.

비파괴 검사 작업 중에는 석면포를 파이프에 싸고 검사를 시행했다고 하며, 비파괴 검사는 전문인력이 있어 이들이 시행했다고 한다.

1.5. 근로자 L에서 발생한 폐암의 업무 관련성에 대한 문헌 고찰

폐암의 가장 중요한 위험 요인은 흡연이다. 폐암의 80% 이상이 흡연에 의해 발생한다고 알려져 있다. 폐암의 조직학적 형태에 따라 평편세포암, 선암, 대세포암, 소세포암으로 분류된다. 이중 선암의 경우 흡연과 연관성이 없다는 일부 연구결과가 있으나, 반대 결과들도 많아 아직 논란이 되고 있다⁴⁾.

폐암의 직업적 원인으로는 석면, 결정형 유리규산, 라돈 및 자핵종, chloromethyl ether, PAHs(Polycyclic Aromatic Hydrocarbon), 니켈, 크롬, 비소 등이 알려져 있다⁵⁾.

석유화학산업의 유지보수작업자(main-tenance worker)는 파이프보온, 천장과 바닥의 타일, heat exchanger, diesel unit, valve, gasket, crude column 등의 석면에 노출된다고 알려져 있다⁶⁾.

유지보수업무 관련 노출 수준은 국내에서는 보고된 바가 없으며, 외국의 사례는 다음과 같다. - 보온재 제거: 0.07-0.6 fiber/cc⁷⁾, Coating, mastic, adhesive(건설업): 8hr TWA 0.009-0.03 fiber/cc⁸⁾, 가스켓 설치 제거: 8hr TWA 0.03 fiber/cc(wet 습식공정)⁹⁾, 8hr TWA 1.5 fiber/cc¹⁰⁾ (dry, 위상차현미경), 패킹 설치 제거: 8hr TWA 0.016 fiber/cc¹¹⁾

석면 노출에 의한 폐암 발생의 위험은 5배 이상 증가한다고 보고되고 있으며, 특히 석면에 노출된 사람이 흡연을 할 경우 발생이 10배 증가하는 상승작용을 나타낸다¹²⁾. 석면 노출과 폐암발생은 일반적으로 용량-반응 관계가 성립하는 것으로 알려져 있다. 노출량이 많거나 노출기간이 길면 폐암 발생의 위험이 증가하고, 폐암 발생까지의 잠복기도 짧아진다고 보고되고 있다¹³⁾. 노출시작부터 암이 발생하기까지의 잠복기간은 20년~40년 이상으로 알려져 있으며, 20년 정도의 잠복기간 후에 폐암 발생이 증가한다고 보고되고 있다. Seidman 등은 1941년부터 1954년까지 석면에 노출된 근로자 820명을 1982년까지 추적 조사하였는데, 석면 노출량과 노출 시간에 따라서 폐암 발생이 증가하는 용량-반응관계를 보였으며, 1개월 미만의 노출에서도 폐암의 표준화사망률(SMR)이 267로 증가했다고 보고하였다¹⁴⁾.

4) 박무석 등. 흡연 습관에 따른 폐암 발생의 차이. 결핵 및 호흡기질환 2003;55(3):267-79.

5) LaDou. Occupational and environmental medicine. 3rd ed. 2004.

6) Finkelstein. Maintenance work and asbestos-related cancers in the refinery and petrochemical sector. Am J Ind Med 1999;35:201-05.

7) Burdorf A, Swuste P. An expert system for the evaluation of historical asbestos exposure as diagnostic criterion in asbestos-related disease. Am Occup Hyg 1999;43:57-66.

8) Paustenbach DJ, Sage A, Bono M, Mowat F. Occupational exposure to airborne asbestos from coatings, mastics, and adhesives. J Expo Anal Environ Epidemiol 2004;14(3):234-44.

9) Mangold C, Madl A, Paustenbach D. An exposure study of bystanders and workers during the installation and removal of asbestos gaskets and packing. J Occup Environ Hyg 2006;3(2):87-98.

10) Longo WE, et al.. Fiber release during the removal of asbestos-containing gaskets: a work practice simulation. Appl Occup Environ Hygiene 2002;17:55-62.

11) Mangold C, Clark K, Madl A, Paustenbach D. An exposure study of bystanders and workers during the installation and removal of asbestos gaskets and packing. J Occup Environ Hyg 2006;3(2):87-98.

12) Selikoff. Asbestos-associated deaths among workers in the United States and Canada, 1967-1987. Ann NY Acad Sci 1991;643:1-14.

13) Seidman H, et al. Mortality experience of amosite asbestos factory workers:dose-response relationships 5 to 40 years after onset of short term work exposure. Am J Ind Med 1986;10:479-14.

McDonald¹⁵⁾ 등이 시행한 백석면 노출 근로자 코호트 연구에서는 1891-1920년 사이에 출생한 11,000명의 광부와 제분작업자를 1988년까지 추적 관찰하였다. 연구결과 노출량 300mppcf-years부터 암 사망률이 급격히 상승하였으며, 20년간 50 fiber/cc노출 이하에서는 폐암 사망률의 증가가 없다고 보고하였다. Doll과 Peto¹⁶⁾는 선형의 비역치모델을 이용하여 석면 섬유제조업에서 0.5 fiber/cc의 석면에 20-30년간 노출되어 발생하는 일생동안의 암 발생의 기여분율이 0.5%라고 하였다.

하지만 석면 취급 근로자가 옷에 묻혀온 석면에 의해 아내와 자녀들에서 중피종이 증가했다는 보고가 있으며¹⁷⁾, 1개월 이내로 일한 근로자들에서도 비례사망비가 267로 증가했다는 보고가 있다. Finkelstein¹⁸⁾은 석면 시멘트 제조 공장에서 1년간 노출되었던 201명의 근로자를 15년간 추적관찰을 하였는데, 이 중 70명에서 석면폐증이 진단되었다. 또한 1년 이상 노출된 근로자들에서

20년간의 잠복기에 평균 60 fiber/cc-year 노출이 있는 경우 폐암의 위험이 증가했다고 보고하였다. 비록 석면에 단기간 노출되어도 폐암 발생의 위험이 높다는 일부 보고가 있고 석유화학산업의 유지보수 근로자들에서 폐암 발생이 증가된다는 보고가 있지만, 역학적 연구들에서는 50-60 fiber/cc-year 이상의 노출이 있을 때 폐암 발생이 증가한다고 보고되고 있다.

석유 정유/화학 산업 근로자들에 폐암 사망 위험이 일반인구집단 보다 높지 않은 것에 비해, 보수유지(maintenance) 작업을 하는 근로자들에서 폐암발생이 높다는 연구결과가 있는데¹⁹⁾, 이는 유지보수 작업시에 배관 인슐레이션에 함유된 석면에 노출되기 때문이라 보고되고 있다. Tsai 등²⁰⁾은 Texas 정유공장 유지보수 근로자 2,504명을 1948-1989년까지 추적 관찰하였는데, 폐암 증가는 없었으나 중피종은 표준화사망비(SMR, standardized mortality ratio) 428(139-996)로 증가하는 양상을 보였다.

14) Seidman. Mortality experience of amosite asbestos factory workers: dose-response relationships 5 to 40 years after onset of short term work exposure. Am J Ind Med 1986;10:479-14.

15) McDonald JM, et al. The 1891-1920 Birth Cohort of Quebec chrysotile miners and millers: mortality 1976-1988. Br J Ind Med 1993;50:1073-81.

16) Doll R, Peto J. Asbestos: Effects on health of exposed to asbestos. Report commissioned by the Health and Safety Executive. HSE, London 1985.

17) Anderson HA, et al. Asbestosis among household contact of asbestos factory workers. Ann NY Acad Sci 1979;330:387-99.

18) Finkelstein MM. Mortality among employees of an Ontario asbestos cement factory. Am Rev Respir Dis 1984;129:754-61.

19) Finkelstein. Maintenance Work and Asbestos-Related Cancers in the Refinery and Petrochemical Sector. Am J Ind Med 1999;35:201-5.

20) Tsai SP, et al. Mortality among maintenance employees potentially exposed to asbestos in a refinery and petrochemical plant. Am J Ind Med 1996;29:89-98.

중피종이 증가한 것은 석면 노출이 있었음을 시사하는 결과이다. Finkelstein²¹⁾은 미국 온타리오주의 사망자료를 분석하였는데 석유화학단지의 생산직 근로자에 비해 유지 보수근로자에서 폐암의 위험이 OR=1.73 (90% CI: 0.83-3.6)으로 증가했다고 보고하였다. Finkelstein²²⁾은 또한 Texaco 정유공장의 역학연구에서 폐암의 표준화사망비(SMR)가 일반인구집단보다 낮게 나온 것에 대하여, 재분석을 통해 건강근로자 효과에 의해 폐암 사망률이 낮게 나온 것임을 지적하며 비록 표준화사망비는 일반인구집단보다 낮지만 비노출 내부 대조군과 비교하면 근무기간이 길수록 폐암 발생이 증가하는 경향을 보인다고(용량-반응관계를 보임) 지적하였다. Gennaro 등²³⁾의 연구에 의하면 석유화학단지 유지보수근로자에서 석면이 중피종의 96-100%, 폐암의 42-49%를 기여한다고 보고하였다.

Ulvestad 등²⁴⁾은 1930-1975년 사이에 입사한 1,116명의 보온 작업 근로자를 2002

년까지 추적 관찰하였는데, 흉부 중피종의 표준화발생비(SIR, standardized incidence ratio) 12.9(95%신뢰구간: 6.0-24.6), 복막 중피종 SIR=14.8(95%신뢰구간: 1.8-53.4), 폐암 SIR=3.0(2.3-3.8)으로 폐암 발생은 일반 인구집단에 비해 3배 증가하였다. Menegozzo 등²⁵⁾이 이탈리아 보온공들을 대상으로 1960-1996년까지 추적 관찰한 코호트 연구에서는 폐암이 표준화사망비(SMR)이 202(95%신뢰구간: 124-311)로 증가하였고, 특히 10년 이상 잠복기가 있는 경우 SMR=237(140-377)로 사망률이 2배 이상 증가하였다. Jarvholm 등²⁶⁾은 248명의 스웨덴 보온공을 추적 관찰하였는데, SIR=4.4(2.2-7.9)로 폐암 발생이 일반인구에 비해 4배 이상 증가하였다고 보고하였다. 보온공에 대한 역학적 연구에서는 폐암 발생이 증가한다는 일치된 견해를 보이는 것으로 판단된다.

석면관련 질환에 대한 국제적 합의인 Helsinki criteria²⁷⁾ 이후 대부분 유럽 국가에

-
- 21) Finkelstein MM. Asbestos-associated cancers in the Ontario refinery and petrochemical sector. *Am J Ind Med* 1996;30:610-5.
- 22) Finkelstein MM. (Letter)Maintenance work and asbestos-related cancers in the refinery and petrochemical sector. *Am J Ind Med* 1999;36:326.
- 23) Gennaro V, et al. Mesothelioma and lung tumors attributable to asbestos among petroleum workers. *Am J Ind Med* 2000;37:275-82.
- 24) Ulvestad B, Kjaerheim K, Martinsen JI, Mowe G, Andersen A. Cancer incidence among members of the Norwegian trade union of insulation workers. *J Occup Environ Med* 2004;46(1):84-9.
- 25) Menegozzo M, Belli S, Borriero S, Bruno C, Carboni M, Grignoli M, Menegozzo S, Olivieri N, Comba P. Mortality study of a cohort of insulation workers. *Epidemiol Prev* 2002;26(2):71-5.
- 26) Jarvholm B, Sanden A. Lung cancer and mesothelioma in the pleura and peritoneum among Swedish insulation workers. *Occup Environ Med* 1998;55(11):766-70.
- 27) Tossavainen A. Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution. *Scand J Work Environ Health* 1997;23(4):311-6.

서는 25 fiber/cc-year의 노출이 있으면 석면 노출에 의한 폐암으로 인정하고 있다. 25 fiber/cc-year의 노출이 있는 경우 폐암의 위험이 2배 증가한다고 보고되고 있으며, 이러한 경우 석면 노출에 의한 폐암 발생의 기여분율(probability of causality)이 50%에 해당하게 된다(RR-1/RR)²⁸⁾. 즉, 50% 이상의 인과확률에 해당 되는 것이다. Helsinki criteria의 25 fiber/cc-year는 석면의 종류를 구별하지 않았는데, ‘청석면 또는 갈석면+백석면’에 의한 위험도를 평가한 것으로 보여진다²⁹⁾. 실제 독성이 청석면, 갈석면 보다 낮은 백석면의 기준은 25 fiber/cc-year 보다 높은 것으로 보고되고 있다.

미국 오하이오주의 법(Housebill No.252)에서는 흡연자의 경우 10년 이상의 잠복기가 있고, 5년 이상의 노출기간 혹은 25 fiber/cc-years의 누적노출량이 있는 경우 석면에 의한 폐암을 인정하고 있다. 1992년 독일에서 처음으로 25 fiber/cc-year를 적용하였는데, 폐암환자가 석면폐증이 있거나 흉막변화가 있거나 25 fiber/cc-years의 누적노출량이 있는 경우 석면에 의한 직업성 폐암으로 인정되고 있다. 독일의 경우 노출량을 추정할 때 구축된 노출 데이터베이스

에서 90 percentile 노출량을 인정하고 있다. 이를 일반적으로 역학연구에서 사용하는 50 percentile 노출량(평균 노출량)으로 환산했을 때는 12-15 fiber/cc-year 정도의 노출량에 해당하게 된다³⁰⁾.

우리나라에서는 산업재해보상보험법에서 (1)석면폐증과 동반한 경우, (2)늑막비후·초자성비후·판상석회화·담액증·석면소체 또는 석면섬유를 동반하거나 발견되는 경우, (3) (1) 또는 (2)의 소견은 없지만 석면에 10년 이상 노출된 경우, 노출기간이 10년 미만인 경우에도 흡연력·석면노출력·노출후 발병까지의 기간 등을 참작하여 석면에 의한 질병으로 인정되는 경우에 석면에 의한 폐암으로 인정되고 있다. 즉, 노출량의 데이터베이스가 없는 우리나라에서는 과거 노출량을 알 수 없는 경우가 많아 이러한 경우 업무관련성 평가에 있어 노출기간을 기준으로 삼고 있다.

반면 유럽 각국의 경우는 노출량을 기준으로 하고 있다. 석면에 의한 폐암 인정기준인 25 fiber/cc-year는 1 fiber/cc의 노출 수준으로 25년간 노출된 것에 해당된다. 국내의 경우 최정근 등의 연구를 보면 1 fiber/cc 이상 수준의 노출은 석면함유제품

28) Henderson DW, et al. After Helsinki: a multidisciplinary review of the relationship between asbestos exposure and lung cancer, with emphasis on studies published during 1997-2004. Pathology 2004;36:517-50.

29) Henderson DW, et al. The diagnosis and attribution of asbestos-related diseases in an Australian context: report of the Adelaide workshop on asbestos-related diseases(AWARD). October 6-7, 2000. Int J Occup Environ Health 2004;10:40-6.

30) Gibbs A. The 'Helsinki criteria' for attribution of lung cancer to asbestos exposure: How robust are the criteria? Arch Pathol Lab Med 2007;133:181-4.

을 생산하는 작업장의 근로자에서의 노출 수준(평균 노출량)에 해당하는 것이다. 하지만 이러한 노출량의 기준을 적용할 경우 건설, 보온 등 노출량을 알 수 없는 비정형적인 노출 근로자에서의 업무관련성을 평가하는데 어려움이 있으며, 이 들 중 상당수가 직업병 인정에서 배제될 수 있다는 문제점이 있다. 산재보상에 있어서는 독일의 경우 석면 노출량 데이터베이스에서 해당 노출작업의 측정된 노출량들에서 90 percentile에 해당하는 값을 노출량 값으로 정하는데 반해, 국내에서는 아직 이러한 데이터베이스가 구축되어 있지 않아 과거 노출량을 추정하는데 어려움이 많은 것이 현실이다.

1.6. 근로자 L의 폐암의 업무관련성 평가

노출량 1 fiber/cc는 8시간 작업하는 동안 계속 노출되는 양(평균)인데, 근로자 L의 경우 노출양상이 부정기적(비정형적)이다. 즉, 작업 중 일시적으로 노출량이 높을 수는 있으나 8시간 평균으로 나누게 되면 일일 누적 노출량은 낮아지게 된다. 작업기간에 대해서는 1년에 정비에 참여하는 현장은 3~7곳 정도였으며, 한 현장에 평균 15일 정도 작업을 하였고 보온재 해체는 이중 5일 정도를 하였고 석면 테이프를 해체하는 작업은 1년에 3곳 정도 하였다고 하는데, 이러한 작업기간을 고려해도 국제적으로 인정되고 있는 노출량 기준인 25 fiber/cc-years에 이르지 못하는 것으로 판단된다.

과거에 이러한 작업에서도 석면 노출량이 높았을 가능성이 있다는 일부 산업위생전문가들의 주장과 1개 코호트연구에서 폐암이 증가되었다는 보고가 있다. L은 석면에 직접 노출되었을 것으로 판단되는 보온공은 아니지만, 비계의 해체, 보온재의 청소 작업에서 석면 테이프, 마스틱, 실란트, 접착제, 시멘트, 용접포, 가스켓, 패킹 등에 포함된 석면에 노출되었을 것으로 추정된다.

역학조사평가위원회에서는 근로자 L은 작업 시 석면에 노출되었을 것으로 추정은 되지만, 노출량이 폐암을 유발할 정도에 이르지 않거나 또는 일으킬 정도로 충분하였는지 여부는 현재 확보된 자료로서 판단하기 어려우며, 단순흉부방사선 사진과 HRCT 사진에서도 흉막 비후판(plaque) 등 석면 노출을 확인할 만한 객관적 소견을 발견할 수 없어 현재로서는 석면 노출로 인한 폐암 발생 여부를 정확하게 판단하기 매우 어려워 위원 다수(인정 6명, 불인정 7명)의 의견으로 업무와의 연관성은 낮은 것으로 결론을 내렸다.

2. 주물공장 근로자에서 발생한 Goodpasture's syndrome

근로자 L(46세, 남성)은 2001년 4월 30일 비철금속제조업체 H특수주물에 입사하여 소형작업을 하던 중 2006년 2월 11일부터

기침 및 가슴통증이 발생하였고, 2월 15일에는 전날부터 생긴 복통이 심해져 호흡곤란까지 호소하였다. 이에 대학병원 응급실에 방문하여 늑막염 및 폐렴으로 진단받고 치료하였으나 입원 30일이 지났는데도 차도가 없어 정밀검사를 한 결과, 폐질환 및 만성신부전을 일으키는 Goodpasture's syndrome으로 진단되었다. 이에 작업과의 관련성을 의심하여 근로자 L은 근로복지공단에 산재요양 신청을 하여 역학조사를 하게 되었다.

실리카에 의한 만성 신부전은 노출 후 잠복기가 3-27년으로 다양하다고 보고되고 있으며 대부분은 급성진행성사구체신염(RPGN)으로 진단 받는다³¹⁾. 근로자 L은 임상적으로 RPGN으로 분류되는 Goodpasture's syndrome으로 최종적으로 진단 받았다. Goodpasture's syndrome은 폐출혈, 사구체신염, 항사구체기저막항체(Anti-GBM Ab)를 특징으로 하는 질환³²⁾으로 사구체 신염의 1-2% 정도를 차지한다고 보고³³⁾되고 있다.

Goodpasture증후군의 원인으로 가장 많은 것이 상기도 감염으로 보고되고 있으며, 근로자 L도 폐렴 의심 하에 항생제 치료 받던 중 폐증상이 심해지고 신부전이 발생하

였다. 하지만 이는 실리카 노출 증례 보고에서와 같이 호흡기 증상이 나타난 후 신장질환이 발생한 경우가 있어 단순히 감염에 의한 이차적인 Goodpasture증후군 발생이라고 단정하기는 어려우며, 폐 증상 초기에 폐렴과 감별 진단이 잘 되지 않을 가능성도 있다. 설사 감염에 의해 Goodpasture증후군이 유발되었다고 하더라도 실리카 과량 노출이 이러한 과정에 상당한 영향을 미쳤을 가능성을 배제하기 어려우며 이는 증례 보고에 의해 뒷받침될 수 있다.

실리카 노출과 자가면역질환의 연관성은 비교적 연구^{34) 35)}가 많이 수행되었는데, 규폐증 환자의 44%에서 항핵항체(ANA), ANCA가 발견되었다는 보고도 있다. 실리카가 독성을 나타내는 기전으로는 면역반응의 활성화, 항원성의 변화, 항원성이 변화된 폐세포에 대한 신장세포의 교차반응, 그리고 실리카 자체의 직접 독성 등으로 설명되고 있다.

실리카에 의한 신장 질환은 Goodpasture증후군, Wegener's granulomatosis 등 여러 질환의 특징이 섞여 나타나는 경우가 종종 있다. 근로자 L은 Goodpasture증후군을 진단 받았는데, 조직검사상 pauci-

31) De Broe ME, et al. Occupational renal disease. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 1996;5:114-21.
 32) Shah MK, et al. Characteristics and outcomes of patients with Goodpasture's syndrome. *Southern Med J* 2002;95:1141-8.
 33) Rees A, et al. Anti-GBM Ab mediated nephritis. *Disease of Kidney*, Little Brown Co. 1988:2091-126.
 34) Jones RN, et al. High prevalence of antinuclear antibodies in sandblaster's silicosis. *Am Rev Respir Dis* 1976;113:393.
 35) Cojocar M, et al. Antinuclear cytoplasmic antibodies in patients with silicosis. *Rom J Intern Med* 1996;34:233-7.

immune GN 소견이 있어 일부 Wegener's granulomatosis의 양상을 갖지만, 임상양상, 폐조직검사, cANCA(-) 소견을 볼 때 Goodpasture증후군으로 보는 것이 타당하다. 이재균은 MPO-ANCA에 borderline 소견을 보였는데, MPO-ANCA 양성인 사구체 신염과 폐출혈을 동반한 규폐증 환자가 보고³⁶⁾되기도 하였다.

Goodpasture증후군은 실리카 외에도 탄화수소류(솔벤트 등)에 의해서도 발생한다고 알려져 있다. 근로자 L의 작업 중에 메탄올 등 일부 유기용제 노출이 있었으며, Goodpasture증후군 발생과의 연관성이 있을 가능성이 있다. 2007.4.4. 역학조사평가위원회 심의에서 업무연관성이 높은 것으로 최종 심의되었다.

3. 미장·방수 작업자에서 발생한 규폐증과 폐암

근로자 K(58세, 남자; 2006년 사망)는 1985년부터 건설공사 현장에서 일용 잡부로 일하다 1998년부터는 미장·방수 하도급 D사업체 소속 상용직 근로자로 업무를 수행하다 2004년 겨울부터 오른쪽 등과 옆구리 통증이 있었으나 특별한 치료 없이 업무를 지속하였다. 2005년 11월경부터 우측 흉통

이 심해져 여러 병원을 전전하였으나 호전이 없다가 2006년 3월 Y대학병원에 입원하여 '폐암(폐 우상엽, 선암; cT4N2M1)'을 확진 받았다. 이후 2006년 4월에 1차 방사선 항암치료를 받고 5월에 2차 치료를 위해 재입원하였으나 상병상태가 악화되어 항암치료를 받지 못하고, 2006년 5월 16일부터 S병원 입원 치료 중 동년 6월 12일 폐암과 심폐부전으로 사망하였다. 근로자 K의 유족들이 유족보상청구신청서를 근로복지공단 P지사에 제출하였으며, P지사의 자문의사는 흡연력이 없으며 10여년 이상 시멘트 미장작업을 수행한 K의 폐암의 원인으로서 시멘트 성분인 크롬 등에 노출되었을 가능성이 있어 이에 대한 업무상질병의 확인을 위해서 역학조사가 필요하다고 사료되어 산업안전보건연구원에 역학조사가 의뢰되었다.

근로자 K의 현재까지 파악 가능한 직업력 및 현장조사를 토대로 폐암을 일으킬만한 물질을 추정해 보면 건설현장에서 미장작업과 관련한 시멘트로부터 크롬과 석면의 노출을 의심해 볼 수 있다. 방수작업에서는 일시적으로 중추신경계 증상 및 호흡기계 증상을 일으킬 수 있는 신나를 포함한 화학물질들이 있었으나, 이 중 현재까지 밝혀진 발암원은 없었으며 작업빈도도 1달에 1~2회 정도밖에는 되지 않았다. 미장일과 관련하여 노출정도를 파악해 볼 때, 피재자가 조공

36) Nakajima H, Miyazaki M, Imai N, Yokokawa T, Yamamoto S. A case of silicosis with MPO-ANCA-associated glomerulonephritis and alveolar hemorrhage. Nippon Jinzo Gakkai Shi 2001;43(4):351-6.

(시멘트를 섞는 일을 함)이 아닌 기공(물과 섞여진 시멘트를 바르는 일)을 하였다고 하므로 먼지 형태의 시멘트 가루를 흡입하는 양은 매우 미미한 수준이었을 것으로 판단되며, 따라서 흡입된 크롬의 양도 극히 적었을 것으로 추정된다. 실제 미장작업 시연에 따른 공기중 총크롬 측정에서 크롬은 불검출되었다. 또한 석면 시멘트는 특수 방화벽을 건설하는데 쓰이므로 관리소장에 의하면 D사업체와 같은 소규모 사업장은 석면 시멘트를 사용하는 일이 없다고 하였다.

역학조사 전문위원회에서는 근로자 K의 폐암의 업무관련성과 관련하여 첫째로 과다하게 석면 시멘트 분진이나 또는 건축물의 유지/보수와 관련한 석면 노출에 의한 직업성 폐암의 가능성을 재평가하기 위해 흉부 방사선 사진(Chest X-ray와 HRCT)에서 석면 관련 폐질환을 의심할 수 있는 소견이 있는가를 방사선과 전문의에게 판독을 의뢰한 결과, 1) 흉부 단순방사선 사진과 CT 소견에서 우하흉의 후면(posterior aspect)이 비교적 증강(enhancement)된 소견을 보이는 늑골의 파괴를 동반한 종괴가 있고, 이 종괴는 인접 척추뼈 구멍(adjacent vertebral foramen)을 통하여 척수(spinal cord)를 압박하고 있다. 병리결과가 선암(adenocarcinoma)으로 말초성의 폐암(peripheral lung cancer)이 흉벽까지 침범한 것으로 보

이며, 2) HRCT에서 외림프에 미세결절(micronodule)들이 산재되어 있어, p/p, 1/1의 조밀도(profusion)를 가지는 규폐증(silicosis)으로 판단되며, 3) 폐의 섬유화(fibrosis) 또는 늑막판(plaque)은 없으므로 석면폐증(pulmonary asbestosis) 또는 석면 관련 늑막판(asbestos-related plaque)의 소견은 아닌 것으로 판독하였다.

석면 관련 폐암 관련성 판독 의뢰 결과, 석면 폐질환은 아닌 것으로 판단되나 규폐증으로 의심되어, 이때 폐암을 업무상질병으로 판단할 수 있을 것인가의 여부를 역학조사평가위원회에 상정하게 되었으며, 역학조사평가위원회에서 근로자 K의 최대 20년 건설업체의 잡부로 방수 및 미장업무에 종사하며 시멘트 분진에 노출되었음을 확인하고, 미장작업에서 시멘트 노출과 관련한 기공작업, 시멘트의 크롬 함유와 달리 노출 평가에서 불검출과 석면함유 시멘트의 미사용과 관련하여, 규폐증을 동반한 폐암을 업무상질병으로 판단할 수 있을 것인가에 대해 심의한 결과, 비흡연자로서 시멘트 분진(결정형 유리규산) 노출과 노출기간(최대 20년) 등이 건설업종의 미장작업자로서 시멘트 분진 노출과 관련한 규폐증을 동반한 직업적 폐암 발생과의 관련성이 높다고 판단하였다. ☺