



## 직업병 집단중독사례가 전세계 산업보건계에 미친 영향

- 2-Bromopropane 중독 집단발생(2)

산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 김 은 아

한 사회에서 발생한 불행한 직업병 집단 발생은 일단의 근로자들의 불행으로만 끝나서는 안 된다. 철저한 조사와 분석을 거쳐 정확한 이유와 과학적 원인을 밝혀야 하고, 나아가 그것을 바탕으로 근로자 건강보호를 위한 제도적 절차를 변경하는 것이 반드시 필요하다. 이것이 직업병 역학 조사의 궁극적인 목적 중 가장 큰 것이라 할 것이다.

2-브로모프로판(2-bromopropane)은 한 회사에서 1994년 2월에 일본으로부터 이 물질이 함유된 제품을 수입하기 전까지는 그 독성을 전혀 알지 못하고 있었다. 이전부터 이 물질을 사용하고 있던 일본의 회사에서도 물론 이에 대한 구체적인 정보가 없었다.

한 회사에서 2-bromopropane(상품명; Solvent#5200)을 주성분으로 하는 세정작업 공정의 근로자 33명(남자 8명, 여자 25명) 중 여자 17명이 난소기능부전증, 남자 6

명이 정자생성기능저하증을 보였다. 특정부서 남자 근로자 75%, 여자 근로자 68%에서 발생한 집단중독 사례는 우리사회의 산업보건 환경에 큰 영향을 미쳤다. 이로 인해 우리사회의 산업보건은 제도적, 학문적으로 다음과 같은 많은 변화와 발전이 이루어졌다.

첫째, 성분을 모르는 화학물질에 의해 근로자의 질병이 발생하는 이런 일이 다시 일어나지 않기 위한 제도적 기제 마련, 그리고 그 과학적 연구기반의 확보가 필요하다는 문제가 제기되었다.

둘째, 세계에서 처음으로 밝혀진 심각한 생식독성 유발 물질에 대한 학술적 연구가 활발히 일어나게 되었다.

**성분을 모르는 화학물질에 대한 사회적 대비책 마련**

성분을 모르는 화학물질에 대해, 그 독성을 알기 전에 사업장에 적용하는 것은 매우 심각한 위험을 동반 한다. 이는 단순히 무지로 인한 실수를 앞으로 예방하지는 차원이 아니라 근로자의 건강에 대한 근본적인 문제제기가 되었다. 이후 한국에서는 화학물질을 도입하기 전에 반드시 물질안전정보자료(material safety data sheet, MSDS)를 확인해야 하며, 건강에 영향을 미칠 독성을 검토해야 한다는 규정을 강화하였다.

나아가, 근로자를 위한 독성정보를 연구하는 공공기관이 필요하다는데 공감대를 이루게 되어, 1997년에는 산업안전보건공단 산업안전보건연구원에는 대전지역에 따로 화학물질안전보건센터가 설립되어 흡입독성연구를 중심으로 한 각종 동물실험을 통한 화학물질정보를 심도 있게 연구하게 되었다.

1997년 이전까지 화학물질안전보건센터의 모체는 산업안전보건연구원의 독성연구실이었다. 이 연구실에서는 1995년 5월에 2-bromopropane에 의한 집단발병에 대한 역학조사가 시작된 이래로, 이 물질과 관련된 독성연구를 신속하게 착수하였다(표 1). 먼저 높은 농도로 급하게 노출되는 경우, 어떤 건강위험이 있는지 판단하기 위해 급성 흡입독성실험을 위한 흡입노출장치를 설치하고 연구를 위한 준비를 갖추게 되었다.

실제 당시까지 우리나라에서는 산업보건

영역의 화학물질에 대해 상시적으로 흡입독성실험을 할 수 있는 시설이 전혀 없어 시험을 하고 싶어도 할 수 없는 상황이었다. 그런데 이러한 사고를 기회로 하여 이에 대한 기초적 기반을 닦게 되었다. 동시에 변이원성의 시험을 실시하고, 1996년에는 쥐를 이용한 생식기능의 독성을 검토할 수 있었다.

1997년부터는 화학물질안전보건센터를 개소하면서 보다 상세한 조직학적 손상기전을 포함한 독성연구를 2002년까지 지속적으로 수행함으로써, 2-bromopropane이 문제가 되게 되었던 나라의 공공기관으로서 임무를 수행하였다.

화학물질안전보건센터에서 2-bromopropane에 대해 각종 독성연구를 수행한 결과, ICR mouse를 이용 급성흡입독성시험에서 과반수 치사농도(LC50)는 31,171 ppm(95 % 신뢰한계 ;29,440-31,811 ppm)로 나타났으며, 미생물을 이용한 변이원성 시험에서는 TA 100과 TA 1535의 살모넬라 균주에서 양성으로 나타나 염기쌍치환형의 돌연변이를 유발함이 확인되었다.

생식독성 규명 연구에서도 SD계 Rat를 이용 28일간 반복 투여 독성시험에서 실험동물의 체중의 감소와 수컷의 정소 및 세정관의 위축, 정원세포와 정모세포의 괴사로 정자 생성에 현저한 장애가 발견 되었으며, 조혈기에도 영향을 미쳐 백혈구 감소증과

〈표 1〉 산업안전보건연구원 화학물질안전보건센터의 2-bromopropane에 대한 독성 연구 목록

연도	연구제목	연구 책임자
1995	흡입폭로 시험 장치의 설치와 2-bromopropane의 급성흡입독성 연구	김현영
1995	2-bromopropane에 의한 변이원성 간세포에서의 소핵 유발	맹승희
1996	2-Bromopropane 독성시험 결과	유일재
1996	2-Bromopropane이 암컷 흰쥐의 생식기능에 미치는 영향 연구	임철홍
1997	Rat를 이용, 1-Bromopropane의 흡입에 의한 독성 연구	김현영
1997	2-Bromopropane의 폭로가 Rat의 Spermatogenesis와 Germ Cell Cycle에 미치는 영향	정용현
1999	Rat를이용한 1-Bromopropane의 흡입에 의한 신경독성과 생식능력 영향 연구	김현영
2002	산업화학물질의 발암성스크리닝을 위한 유전독성 연구-CometAssay와 소핵시험을 이용한 2-Bromopropane의 유전독성 연구	맹승희

적혈구의 부동세포증, 정적혈구성 빈혈, 그리고 골수의 적혈구 생성에 대한 장애 등 노출 농도에 따른 농도 의존적 유의성 있는 장애 영향이 확인되어 2-bromopropane 취급 근로자의 생식독성의 건강장애 영향과 관련성이 있음이 입증되었다.

이러한 연구를 기반으로 노동부와 산학연 공동으로 작업환경 노출기준 제정 위원회 회의를 거쳐 세계 최초로 2-bromopropane에 대한 작업환경 노출기준을 노동부 고시하여 1 ppm으로 제정하게 되었다.

2009년 현재 산업안전보건연구원의 화학물질안전보건센터는 총 30여명의 전문 인력이 있으며 독성연구팀, 위험성연구팀, 화학물질정보운영팀으로 나누어 운영되고 있다. 화학물질정보운영팀은 사업장에서 많이 사용되는 MSDS를 작성, 보급하는 웹사이트를 운영하고 있다.

독성연구팀은 독성 미확인 신규 및 기존 화학물질의 독성연구 및 유해성 평가를 통해 근로자의 건강을 보호하고 있다.

### 활발한 생식독성 연구의 기폭제

국내외 전문학술지를 통틀어 1995년까지 2-bromopropane에 대한 연구 자료는 찾아보기 어려웠는데, 간혹 1-2편 정도 화학물질의 구조에 대한 정보가 있을 뿐이었다.

그런데, 1996년 이후부터 2009년 현재까지 2-bromopropane, 그리고 이와 관련된 유사 bromopropane에 대한 연구가 총 153편, 학술잡지와 학위논문으로 투고되었다.

대부분 학술잡지 투고와 중복되기 마련인 학위논문 12편을 제외한 141편의 논문은 1997년에 24편으로 가장 많았고 1999년에도 17건이 투고되었으며, 2006년 이후로 서서

〈표 2〉 2-Bromopropane과 관련된 국내외 학술잡지 투고

연도	저자 국적		잡지 발간 국가			계
	한국저자	국외저자	Japan	Korea	그 외 국가	
1996	4	2	2	2	2	6
1997	12	12	13	7	4	24
1998	9	4	1	5	7	13
1999	6	11	1	2	14	17
2000	5	3		4	4	8
2001	3	11		2	12	14
2002	8	8		3	13	16
2003	6	5	2	1	8	11
2004	6	4	1	3	6	10
2005	4	7		2	9	11
2006	2			1	1	2
2007		2			2	2
2008	1	2		2	1	3
2009	2	2			4	4
합계	68	73	20	35	87	141

히 감소하여 2009년에는 4건이 투고되었다 (〈표 2〉).

2-bromopropane에 대한 연구는 국내연구자 뿐 아니라, 해외연구자도 활발히 투고하였는데, 국내연구자는 총 68편의 연구를, 해외연구자는 73편의 연구를 제출하였다. 투고된 잡지는 한국에서 발간되는 잡지에 35건이, 일본에서 발간되는 잡지에 20건이 투고되었으며, 그 외 국가들이 87건 이었다 (〈표 2〉).

한국에서 이 주제를 다룬 학술 잡지는, 산업보건영역 뿐 아니라 다양한 학회들 즉, 동물과학연구, 산부인과학회, 폐경학회, 내분비학회, 실험동물학회, 위생화학회, 비뇨기

학회, 한국독성학회, 생명과학회지, 보건과학지, 대한산업의학회, 약품개발연구, 한국발생생물학회 등, 기초과학과 임상과학회지들이었다.

2-bromopropane은 국내에서 산업보건 영역의 주제가 광범위한 학제간 관심을 불러일으킨 대표적인 주제 중 하나라고 할 수 있었다.

수십 종의 학술잡지 중 가장 많은 수의 2-bromopropane에 대한 논문을 게재한 잡지는 일본의 Journal of Occupational health가 14편이었고, 다음으로는 일본의 Industrial health가 10편으로 가장 많은 관심을 보인 잡지였다.

이러한 학제간 관심의 초점은 2-bromopropane의 생식독성이었는데, 대부분의 연구가 생식독성에 초점을 맞추는 가운데 유전독성, 신경독성, 간독성 등 기초적인 독성학적 연구가 병행되어, 2-bromopropane에 대한 전반적인 독성을 검토하는 분위기가 형성되었다.

한편, 투고된 연구의 대부분인 137건 중 9건은 근로자나 노출인구 집단에 대한 역학적 조사였고, 7건은 질환이 발생한 환자들에서 임상적 경과를 기록한 환자에 대한 보고였다. 전반적인 제도적 제안, 독성학적 흐름에 대한 종설 등의 연구도 5건이 투고되었다. 또한, 2-bromopropane에 대한 관심은 유사한 bromopropane에 대한 독성에 대한 경각심을 아울러 일으켰다. 16건은 1-bromopropane이나 3-bromopropane의 독성을 검토하여, 예방적 조치의 필요성을 이제는 자각했음을 보여주고 있다.

1-bromopropane의 경우는 신경독성 물질로 새롭게 밝혀졌으며, 2007년 노동부에서는 이를 토대로 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(고시 제2007-25호)을 25 ppm으로 추가 제정하였다. 이는 독성 미확인 물질인 1-bromopropane의 취급부주의에 의한 신경독성 등 건강장해 예방을 위한 사전 조치로 매우 긍정적으로 평가된다.

## 사후 약방문의 중요성

우리나라에서 직업성질환 역학조사는 질병이 심각한 상황으로 발생하는, 불행한 일들이 일어난 뒤에 착수하는 사업이었다. 이러한 사후 착수에 대해 ‘사후약방문’, ‘소 잃고 외양간 고친다’는 비판적 시각도 많다. 즉, 사전에 미리 예측하여 위험가능성이 있는 업종과 화학물질에 대한 역학조사, 기초 독성평가를 해야 귀중한 근로자의 건강을 보호하자는 산업보건의 본래의 뜻에 더 타당하다는 뜻일 것이다.

그러나 실제 산업보건 영역에서 그 위험을 예측하기란 쉬운 일이 아니다. 예측한 경우에도 대규모의 예산을 투자하여 조사하고, 연구기반시설을 마련하는 것은 더욱 어려운 일이다. 미리 막지 못한 근로자의 직업병 집단 발병은 불행한 일이지만, 이를 정확히 분석하여 사후에 ‘약방문’을 쓰는 일은 너무나 중요하다.

2-bromopropane에 의한 역학조사를 통해, 한국은 미지의 화학물질에 대한 제도적 기제를 갖추게 되었고, 이 물질에 대한 광범위한 연구를 국내외 학자들과 함께 수행하였다.

이는 그 당시 정확한 원인을 밝히지 못했더라도 발생했을 더 많은 근로자의 2-bromopropane 중독을 막았을 뿐 아니라, 화학물질 관리 일반에 대한 제도적 보완까지 사회적 관심을 환기시킴으로써 소 잃고 외

양간 고치는 것이 정말 중요하다는 것을 보  
여주었다.

2-bromopropane에 대한 역학조사는,

질병 발생 사후에 이루어지는 직업성질환  
역학조사가 갖는 '예방적' 의미를 여실히 보  
여주는 역학조사였다. ☺

### 참 고 문 헌

- Park, J.-S. et al. An Outbreak of Hematopoietic and Reproductive Disorders Due to Solvents Containing 2-Bromopropane in an Electronic Factory, South Korea: Epidemiological Survey. J Occup Health 1997; Vol.39 No.2
- Maeng, S. H. Mutagenicity of 2-Bromopropane Ind Health 1997 Vol.35 No.1
- Yu, I. J. Reproductive toxicity of 2-bromopropane in Sprague Dawley rats Scandinavian journal of work environment & health 1997 Vol.23 No.4
- Kim HY, Yu IJ, Chung YH, Yi KH, Kim JG : LC50 of 2-Bromopropane. Industrial Health, 1996, 34, 403-407
- Kim, Y. Hematopoietic and reproductive hazards of Korean electronic workers exposed to solvents containing 2-bromopropane Scandinavian journal of work environment & health 1996 Vol.22 No.5
- Kim HY, Kaneko T, Wang P, Sato A : Partition coefficients and hepatic metabolism in vitro of 1- and 2-bromopropane. Journal of Occupational Health, 1997 ; 39 : 341-342
- Chemical Inspection and Testing Institute, Acute oral toxicity test of solvent #5200 in rat. Test number A16-0236, Hita Research Laboratory, Japan. 1995
- Chemical Inspection and Testing Institute, Acute oral toxicity test of solvent SPG 6-AR in rat. Test number A16-0237, Hita Research Laboratory, Japan. 1995
- Ichihara G, Aseda, N, Kumazawa T, Tagawa Y, Kamijima M, Yu X, Kondo H, Nakajima T, Yu IJ, Moon YH, Hisanaga N, Takeuchi Y. Testicular toxicity of 2-bromopropane. J. Occup. Health 1996; 38:205-206.
- Yu IJ, Kim HY, Lim CH, Lee YM, Moon YH The occupational exposure level (OEL) for 2-bromopropane: the first OEL established by Korea. Appl Occup Environ Hyg 1999;14(6):356-8

- Yu IJ, Chung YH, Lim CH, Maeng SH, Lee JY, Kim HY, Lee SJ, Kim CH, Kim TG, Lim CH, Park JS, Moon YH Reproductive toxicity of 2-bromopropane in Sprague Dawley rats Scand J Work Environ Health 1997;23(4):281-8
- Lim CH, Maeng SH, Lee JY, Chung YH, Kim TG, Park JH, Moon YH, Yu IJ Effects of 2-bromopropane on the female reproductive function in Sprague-Dawley rats Ind Health:1997;35(2):278-84
- Kim HY, Jeong JH, Chung YH, Lee YM, Sur GS and Kang JK : Acute and Repeated Inhalation Toxicity of 1-Bromopropane in SD Rats. Journal of Occupational Health 1999; 41: 121-128