

# DMF 취급 사업장에 대한 매트릭스 적용 및 위험성 평가 연구

하권철<sup>1\*</sup> · 박동욱<sup>2</sup> · 윤충식<sup>3</sup> · 최상준<sup>4</sup> · 이광용<sup>5</sup> · 백도현<sup>1</sup> · 남택형<sup>1</sup> · 이재환<sup>1</sup> · 이종근<sup>1</sup> · 정은교<sup>5</sup>

<sup>1</sup>창원대학교 보건위생학과, <sup>2</sup>한국방송대학교 보건위생학과,  
<sup>3</sup>서울대학교 보건대학원, <sup>4</sup>대구가톨릭대학교 산업보건학과, <sup>5</sup>한국산업안전공단

## Application of Matrices and Risk Assessment of Industries and Processes using DMF

Kwon Chul Ha<sup>1\*</sup> · Dong-Uk Park<sup>2</sup> · Chung Sik Yoon<sup>3</sup> · Sang Jun Choi<sup>4</sup> · Gwang Yong Lee<sup>5</sup>  
Do Hyun Paik<sup>1</sup> · Tek Hyung Nam<sup>1</sup> · Jae Hwan Lee<sup>1</sup> · Jong Keun Lee<sup>1</sup> · Eun-Kyo Jung<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Biochemistry & Health Science, Changwon National University,

<sup>2</sup>Department of Environmental Health, Korea National Open University,

<sup>3</sup>School of Public Health, Seoul National University,

<sup>4</sup>Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, <sup>5</sup>Korea Occupational Safety & Health Agency

The reduction of risk within the workplace has long been focus of attention both through industry initiatives and legislation. Exposure matrices according to industries and processes treated DMF (N,N-Dimethylformamide) were constructed based on KOSHA (Korean Occupational Safety and Health Agency)'s 2005 exposure database which were gathered from Korean agencies of workplace hazards evaluation for business place. These exposure matrices were assessed by danger value (DV) that was calculated from combination of hazard rating, duration of use rating, and risk probability rating of exposure to chemical hazardous agents in accordance with Hallmark Risk Assessment Tool. The results of risk assessment is divided four kinds of control bands which were related with

control measures. The applicability of risk assessment using exposure matrices was performed by field study and survey for high matrices group. This study found that more attentions should be paid to two industries, manufacture of sewn wearing apparel and manufacture of textiles, among 19 industries, and to 3 processes, coating, processing & mixing, and lab, among 80 processes because those were regarded as having the highest risk.

Key Words: JEM(Job Exposure Matrices), DMF, Risk Assessment

## I. 서론

산업체에서 사용하고 있는 화학물질 중 최근 여러 건의 직업병을 발생시켜 사회적으로 큰 파장을 일으켰던 디메틸포름아미드(Dimethylformamide; DMF)는 무색에서 약간 노란색을 띠는 액체로 약한 아민(생선) 냄새가 난다. DMF는 포밀디메틸아민(formyl-dimethylamine)이라고도 하며 표시대상 유

해물질로서 산업안전보건법에서 규제하고 있는 물질이다. 우리나라에서 그 사용량이 2004년 73,385 톤으로 1993년에 비해 80배 이상 증가 되었으며 노출 근로자 역시 3,500명(150여개 사업장) 정도로 추산되어 3배 이상 증가되었다(한국산업안전공단, 2007). DMF는 화학산업에서 용제나 첨가제 등으로 사용되는데 주로 인조피혁제조, 섬유코팅가공업, 우레탄 섬유나 아크릴 섬유의 방사 등에서 수지나 폴리머를 녹이

접수일: 2008년 10월 15일, 채택일: 2008년 12월 26일

\* 교신저자: 하권철 (경남 창원시 사림동 9번지, 창원대학교 자연과학대학 보건위생학과,  
Tel: 055-213-3553, Fax: 055-213-3550, E-mail: kcha@changwon.ac.kr)

는 용제로 사용되고 있다. 또한 보호코팅, 접착, 필름, 프린트 잉크 등의 보조용제나 촉진제로 이용되기도 하며, 페인트 제거제의 성분으로도 사용되고 있다.

DMF의 작업환경 노출기준은 우리나라를 비롯한 미국 산업안전보건청(Occupational Safety & Health, OSHA), 일본의 관리농도, 스웨덴, 호주, 프랑스 등의 국가와 미국 산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH), 미국 국립산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 등에서 10 ppm으로 설정하고 있으며 피부흡수 주의를 명시하고 있다 (ACGIH(1), 2008; ACGIH(2), 2008).

DMF의 건강상의 악영향은 호흡기, 피부, 소화기관 등의 경로를 통해 인체에 유입되어 간의 손상으로 간의 기능이 손상되고, 소화기계 및 비강 피부 증상에 대한 영향으로 메스꺼움, 구토, 설사뿐 아니라 복통, 식욕부진, 부적응, 황달 등이 나타날 수 있다. 국내에서 발생한 중독사례는 대부분 신규취급근로자에게서 근무 시작 후 2개월 이내에 발생하였고, 많은 경우 2주 이내에 복통, 구역질, 구토, 몸살 등의 특이 증상을 보이기도 한다(Drouet D' Aubigny, 1998; Tolot, 1983; Riachi, 1993).

위와 같이 우리나라에서 DMF에 대한 건강의 위험성 인식이 증가 되고 있어 현재의 관리방법을 좀 더 체계화하여 업종 및 공정상에서 근로자의 노출 정도를 방지 또는 저감할 수 있는 방법을 마련해야 할 필요가 있다(Benke, 2000). 이에 따라 DMF를 취급하는 업종별 및 공정별로 노출매트릭스(Job Exposure Matrix, JEM)를 설정하여 매트릭스별 위험성 정도를 평가하여 우선순위가 높은, 즉 위험성이 높은 업종 및 공정 매트릭스에 대해 우선순위로 집중 관리할 수 있도록 모델을 제시하고자 하였다.

## II. 연구 방법 및 재료

### 1. 연구방법

매트릭스와 관련한 국내외 법규/제도, 우수사례, 참고문헌 고찰 등을 통해 DMF에 대한 2005년 작업환경측정 자료 DB를 기초로 업종별 및 공정별 노출매트릭스를 설정하였으며

설정된 매트릭스를 대상으로 홀마크 방법(Hallmark risk assessment)에 따라 위험성 평가를 실시하였다. 위험성평가는 물질의 유해도, 취급시간, 노출가능위험성 등을 평가하여 위험값으로 정량화한 후 4단계의 관리수준으로 평가하였다 (AIHA, 2007). 고위험 매트릭스로 판단된 5개의 사업장을 대상으로 현장조사를 실시하여 이에 대한 문제점과 실태조사를 실시하고 그 대책을 제시하였으며, 고위험 매트릭스 중 한 개의 업종에 대해 노출 매트릭스(Exposure Matrices, EM)를 표준모델로 제시하였다.

본 연구에서 작업환경 측정 자료를 활용한 위험평가는 미국 산업위생학회(American Industrial Hygiene Association, AIHA)에서 펴낸 컨트롤 밴딩 지침(Guidance for Conducting Control Banding Analysis)의 홀마크 방법을 활용하였다(AIHA, 2007).

#### (1) 유해성 등급 (Hazard Rating, HR)

유해성 등급은 MSDS에 제시된 화학물질의 인화점(Flash Point), 노출기준(Occupational exposure limit), 독성정보를 토대로 1, 2, 3, 4, 6 등급으로 구분된다(AIHA, 2007). 유해성 5등급 대신 6등급을 사용하는 것은 가장 유해한 화학물질의 위험값(Danger Value, DV)에 가중치를 부여하여 관리수준을 높이기 위함이다. DMF의 경우 노출기준이 10 ppm으로 AIHA의 제안 내용에 따라 유해성 등급을 4등급으로 결정하였다.

#### (2) 취급시간 등급 (Duration of Use Rating, DUR)

근로자들이 화학물질 취급 시 노출될 수 있는 시간은 근로자마다 모두 다르다. 취급 노출시간의 차이는 위험성평가를 하는데 매우 중요한 역할을 하고 있다. 홀마크 방법에서는 정확한 평가를 위해 분/일, 시간/주, 일/월, 일/년 등으로 1등급에서 5등급까지 구분하였다. 취급시간 등급은 <식 1>을 적용하여 등급을 결정한다.

$$DUR=1+(4 \times \frac{\text{근무시간}}{\text{최대노출가능시간}}) \dots \dots \dots \text{<식 1>}$$

#### (3) 위험가능성 등급 (Risk Probability Rating, RPR)

측정 자료가 있는 경우는 위험가능성 등급과 그 내용을 적용하여 각각 0, 1, 2, 3, 6, 10 등급으로 결정한다. 위험가능성 등급은 각 업종의 시료 중 7개 혹은 그 이상의 시료가 불검출(non-detect)일 때 등급 0으로 결정하며, 각 업종의 시료 중 7개 혹은 그 이상의 시료가 노출기준의 10%미만일 때는 등급 1,

Table 1. Summary of 2005 exposure assessment data base

No. of Industry	No. of Business Place	No. of Process	No. of Exposed Employee	No. of Samples
19	238	80	2,490	7,353

50%미만일 때는 등급 2, 시료 중 단 하나라도 노출기준의 50%를 초과 할 때는 등급 3, 전체 시료의 30% 이상이 노출기준의 50% 초과 시에는 등급 6, 어느 하나라도 노출 기준을 초과하면 등급 10의 값을 적용하였다(Hass, 2005).

(4) 위험값 (Danger Value, DV)

위험값은 근로자가 화학물질 취급 시 위험정도를 수치화한 것이다. 측정 자료가 있는 경우 유해도 등급(HR), 위험가능성 등급(RPR), 취급시간 등급(DUR) 등을 토대로 <식 2>에 의해서 위험값을 계산할 수 있다.

$$DV = \left( \frac{HR \times RPR \times DUR}{250} \right) \times 100 \dots \dots \dots \text{<식 2>}$$

(5) 관리수준 (Control Band, CB)

관리수준은 위험값에 의해 결정되고 4단계로 구분된다. 위험값에 따라 관리수준은 1~4단계로 나눌 수 있다. 위험값이 0~24는 관리수준 1단계, 25~49는 관리수준 2단계, 50~74는 관리수준 3단계, 75~100은 관리수준 4단계로 나타낸다. AIHA에서는 관리수준 등급에 따라 적절한 관리방안을 제시하고 있다.

2. 연구대상

2005년 DMF를 취급하는 전국 사업장 대상 작업환경측정 자료 DB(한국산업안전공단 제공)를 이용하여 매트릭스를 구축한 후 위험성 평가를 실시하였다. 표 1에 나타난 것처럼 DMF를 취급하는 업종은 총 19개 업종이며, 사업장 수는 238개, 공정 수는 80개, 노출근로자수는 2,490명으로 추정되었으며 DB의 시료 수는 7,353개였다.

3. 자료의 통계처리

통계분석은 2005년 DMF 작업환경측정자료를 Microsoft Excel 2007, Sigma Plot for windows 8.0, SPSS 12.0k for Window를 이용하여 데이터 베이스화를 한 후 주로 상관 분석, 교차 분석, 집단별 평균분석, 분산분석을 하였다.

III. 연구결과

1. DMF 취급 업종별 위험성 평가 결과

업종별 유해도 평가는 신뢰성을 확보하기 위해서 총 19개 업종 중 도산된 기업, 이상치, 결측치를 제외한 후 시료 수가 7개 이하인 3개 업종을 제외시킨 16개 업종을 대상으로 위험성 평가를 실시하였다.

DMF의 유해성 등급은 4등급이며, 각 업종별 DMF 취급시간이 420~600분이므로 모든 업종에서 취급시간 등급인 DUR이 5등급으로 나타났고, 각 업종의 위험가능성 등급인 RPR 값을 결정하기 위해서 노출수준을 노출기준인 10ppm으로 나눈 값인 EI(Exposure Indices)를 구하였다. RPR값은 최대 등급이 10등급으로 기타 운송장비 제조업 등 5개 업종에서 0등급, 목재 및 나무제품 제조업 등 2개 업종에서 1등급, 기타 기계장비 제조업 등 4개 업종에서 2등급, 가죽, 가방 및 신발 제조업 등 3개 업종에서 3등급, 봉제의복 및 모피제품 제조업 등 2개 업종에서 10등급으로 나타났다. 전체 6,526개의 시료 중 노출기준을 초과하는 시료 수는 전체 4% 수준인 281개였다.

DMF 취급 업종에 대한 유해도 평가 결과는 표 2와 같다.

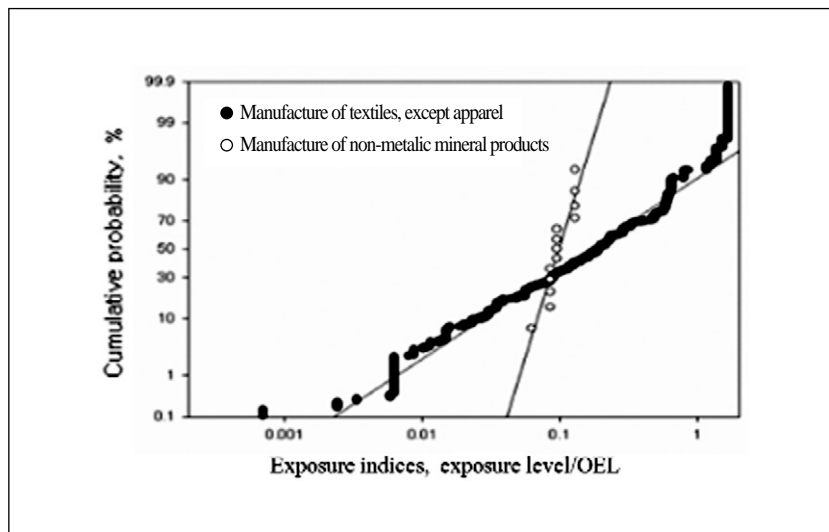


Fig. 1. Cumulative probability distribution by industry.

유해도 평가 요소를 계산하여 위험값을 구한 결과 기타 운송 장비 제조업 등 5개 업종에서 0, 목재 및 나무제품 제조업 등 2개 업종에서 8, 기타 기계장비 제조업 등 4개 업종에서 16, 가죽, 가방 및 신발제조업 등 3개 업종에서 24, 봉제의복 및 모피제품 제조업 등 2개 업종에서 최대값인 80으로 나타났다. 따라서 DMF를 취급하고 있는 16개 업종 중 가죽, 가방 및 신발제조업 등 14개 업종은 관리수준 1단계로 나타났고, 봉제의복 및 모피제품 제조업, 섬유제품 제조업 등 2개 업종은 관리수준 4단계로 나타나 업종 중 가장 위험한 업종으로 평가되었다. 우리나라에서 일어났던 직업병 사례도 위의 업종에서 발생되었다.

위험성 평가 결과 유해도 등급과 취급시간 등급은 거의 같은 값을 가지고 있으나 RPR값에 따라 전체적인 위험성이 결정되므로 위험성을 결정하는 인자 중 RPR값이 가장 중요한 것으로 간주된다. 실제로 그림 1과 같이 관리등급 4등급인 고위험군으로 분류된 섬유제품제조업은 자료 분포가 매우 다양하며 측정치를 노출기준으로 나눈 노출지수 (Exposure Indices, EI) 값이 1을 초과하는 것을 많이 볼 수 있으나 관리등급 1등급으로 비위험군인 비금속광물제품제조업의 자료 분포는 매우 다른 양상을 보여준다. 또한 높은 EI값을 가진 업종의 경우 사업장 근로자 수 규모가 작을수록 고위험 값을 갖는 것으로 나타났다(p<0.01).

관리수준인 CB에 따라서 적절한 관리방안은 AIHA에서 제시하는 방안을 참조하여 사업장에 활용하여야 할 것이다. 세세한 관리방안이 제시된 관리수준 1~3등급과는 달리 가장 위험한 관리수준 4등급에 해당하는 것은 즉각적으로 생산 활동을 멈추고 산업위생전문가의 도움을 받도록 제안하고 있다(AIHA, 2007).

## 2. DMF 취급 공정별 위험성 평가 결과

DMF를 취급하는 총 80개 공정 중 신뢰성을 확보하기 위해 이상치 및 결측치를 포함하거나 시료수가 7개 이하인 30개의 공정을 제외한 50개 공정을 대상으로 유해도 평가를 실시하였다.

DUR의 경우 가죽, 가방 및 신발 제조업의 준비공정에서 취급시간이 360분으로 취급시간 등급 4등급, 나머지 가죽, 가방 및 신발 제조업의 배합공정 등 49개 공정은 DMF 취급시간이 420~660분으로 나타나 취급시간 등급을 5등급으로 결정하였다.

그리고 각 업종별 공정의 위험가능성 등급인 RPR 역시 최대 등급은 10등급으로 가죽, 가방 및 신발 제조업의 준비공정 등 15개 공정에서 0등급, 고무 및 플라스틱제품 제조업의 반응공정 등 4개 공정에서 1등급, 가죽, 가방 및 신발 제조업의

배합공정 등 14개 공정에서 2등급, 가죽, 가방 및 신발 제조업의 세척공정 등 9개 공정에서 3등급, 가죽, 가방 및 신발 제조업의 접착공정 등 3개 공정에서 6등급, 봉제의복 및 모피제품 제조업의 코팅공정 등 5개 공정에서 10등급으로 나타났다. 전체 6,429개의 시료 중 EI 값이 노출기준을 초과하는 시료수는 전체 4% 수준인 281개였다.

위험값을 구한 결과 가죽, 가방 및 신발 제조업의 준비 공정 등 15개 공정에서 0, 고무 및 플라스틱제품 제조업의 반응 공정 등 4개 공정에서 8, 가죽, 가방 및 신발 제조업의 배합공정 등 14개 공정에서 16, 가죽, 가방 및 신발 제조업의 세척공정 등 9개 공정에서 24, 가죽, 가방 및 신발 제조업의 접착공정 등 3개 공정에서 48, 봉제의복 및 모피제품 제조업의 코팅 공정 등 5개 공정에서 80으로 나타났다. 따라서 DMF를 취급하고 있는 16개 업종 별 50개 공정 중 가죽, 가방 및 신발 제조업의 배합공정 등 42개 공정은 관리수준 1단계로 나타났고, 가죽, 가방 및 신발 제조업의 접착공정 등 3개 공정은 관리수준 2 단계로 나타났으며, 봉제의복 및 모피제품 제조업의 코팅공정 등 5개 공정은 관리수준 4단계로 나타났다. Table 3에 나타낸 것과 같이 DMF를 취급하는 업종별 공정 중 봉제의복 및 모피제품 제조업의 코팅공정, 섬유제품 제조업의 가공, 배합, 실험실, 코팅 공정 등 5개 공정이 가장 위험한 공정으로 평가되었다.

DMF를 취급하는 공정에서 근무하는 근로자를 조사한 결과 대상자 1,108명 중 약 25%에 해당하는 281명이 4등급에 해당하는 위험성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 높은 EI 값을 가진 공정일수록, 또한 사업장 근로자 수 규모가 작을수록 고위험 값을 갖는 것으로 나타났다(p<0.01).

2005년 측정 DB의 신뢰성을 확보하기 위해서 일부 현장을 대상으로 작업환경측정을 하였으며, 이를 중심으로 노출가능성을 검토하였다. 작업환경측정 결과 2005년 대비 약 87% 정도의 일치율을 보였다.

## IV. 고찰

업종이나 공정별로 위험성 평가 결과가 다르게 나타난 가장 근본적인 이유는 위험성 평가 시 유해성과 더불어 하나의 축이 되고 있는 노출가능성의 차이로 인한 것이다. 근로자의 노출가능성은 DMF에 대한 노출수준으로 볼 수 있으며 실제로 가장 위험하다고 평가된 CB 4등급의 섬유제품제조업의 가공, 배합, 코팅 공정 등의 매트릭스에서는 노출기준을 초과하여 노출되고 있었다. DMF를 취급하는 고위험 매트릭스의 가장 큰 문제는 근로자 10명 이하의 소규모 사업장으로 산업보건에 대한 인식이 매우 미흡한데 있다고 할 수 있다. 노

출수준과 사업장 근로자 수는 반비례의 관계에 있기 때문에

국가 차원에서 DMF 등 화학물질에 의한 위험성을 관리하기

Table 2. Risk assessment of industries treated DMF

Industries	No. of Process	No. of business place	No. of employee	No. of samples	DUR	RPR					Rating	DV	CB
						EI Rating, No. of samples(%)							
						0	1	2	3	4			
Tanning and dressing of leather, manufacture of luggage and footwear	9	9	74	81	5	38 (46.3)	16 (19.5)	15 (18.3)	13 (15.9)	0(0)	3	24	1
Manufacture of rubber and plastics in primary forms	7	9	104	277	5	84 (37.0)	44 (19.4)	82 (36.1)	17 (7.5)	0(0)	3	24	1
Manufacture of other machinery and equipment	11	5	17	67	5	54 (80.6)	9 (13.4)	4 (6.0)	0(0)	0(0)	2	16	1
Manufacture of other transport equipment	2	1	8	16	5	16 (100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0	1
Manufacture of other electrical equipment	2	1	24	18	5	18 (100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0	1
Manufacture of wood and of products of wood and cork	4	3	15	22	5	20 (90.9)	2(9.1)	0(0)	0(0)	0(0)	1	8	1
Human health	2	2	6	32	5	32(100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0	1
Manufacture of wearing apparel, clothing accessories and fur article	3	7	65	173	5	52 (30.1)	9(5.2)	84 (48.6)	24 (13.9)	4 (2.3)	10	80	4
Manufacture of non-metallic mineral product	2	2	11	12	5	0(0)	3 (25.0)	9 (75.0)	0(0)	0(0)	2	16	1
Manufacture of textiles, except apparel	7	29	277	3,319	5	470 (14.2)	819 (24.7)	1,193 (35.9)	560 (16.9)	277 (8.3)	10	80	4
Manufacture of motor vehicles, trailers and semitrailers	2	2	24	29	5	28 (96.6)	1 (3.4)	0(0)	0(0)	0(0)	1	8	1
Professional, scientific and technical activities	1	1	1	16	5	16 (100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0	1
Manufacture of electronic components, computer, radio, television and communication equipment and apparatuses	2	2	5	31	5	31 (100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0	1
Manufacture of metal structural components	3	4	6	19	5	0(0)	10 (52.6)	9 (47.4)	0(0)	0(0)	2	16	1
Manufacture of chemicals and chemical products	3	3	12	31	5	21 (67.7)	8 (25.8)	2(6.5)	0(0)	0(0)	2	16	1
Manufacture of chemicals and chemical products	17	35	547	2,432	5	1,771 (72.8)	378 (15.5)	147 (6.0)	136 (5.6)	0(0)	3	24	1
Total	50	119	1,203	6,526		2.65 1(41)	1,299 (20)	1,545 (24)	750 (28)	281 (4)			

위해서는 중소기업의 사업장을 집중적으로 지원하고 관리하여야 할 것이다.

영국 보건안전청(HSE)에서는 CB 등급에 맞게 대책방안을 세밀하게 제시하고 있다. CB 1등급에는 대분류 9가지, 세분류 22가지, 2등급에는 대분류 8가지, 세분류 27가지, 3등급에는 대분류 9가지, 세분류 27가지의 대책방안을 실행하여야 하나(AIHA, 2007), 고위험 매트릭스에 대한 현장 조사를 통해 파악한 실행률은 17~87%에 불과하였다. 매트릭스 별로 해당 등급에 대한 대책 방안을 실행할 수 있도록 하여 노출 수준을 낮출 수 있도록 하여야 한다. 본 연구방법에서 활용한 위험성 평가를 통한 CB 관리에서의 문제점은 다른 노출 매트릭스에서 지적되고 있는 바와 같이 정확성(validity)에 있다(Benke, 2002; Pukkla 등, 2005). 우선적으로 본 연구에서 사용한 작업환경 측정 DB의 신뢰성이 확보되어야 한다. 작업환경측정 DB 자료 중 약 20%는 이상치, 항목 및 단위 누락 등의 사유로 신뢰성에 의심이 가서 제외한 후 매트릭스를 구축하였다. 버려지는 자료를 최소화하고 신뢰성을 높이기 위해서는 DB를 구축할 때 신뢰성 있는 항목들을 선정하고, 이를 표준화시켜서 DB를 구축해야 할 것이다. 정확성과 관련된 두 번째 사항은 같은 업종 및 공정이라 할지라도 노출 정도가 다르게 나타나는 노출의 변이(variability) 문제이다. 변이와

오분류(misclassification)를 최소화시키기 위해서 직무(task) 수준에서 접근하는 TEM(Task Exposure Matrix) 방법이 최근 제시되고 있다(Pukkla 등, 2005).

위험성평가와 CB를 통해 근로자의 노출력을 평가하고 그 위험성 정도를 업종과 공정 수준에서 예측하는 방법은 많은 장점이 있는 것으로 평가된다(Benke, 2002). 가장 큰 장점은 화학물질을 사용하는 근로자가 직접 위험성 평가를 통해 노출되고 있는 위험에 대해 평가할 수 있으며 여기에 산업보건전문가가 참여한다면 더 높은 정확도를 제공할 수 있다는 점이다. 근로자의 직무기록만 잘 작성하더라도 직업성 노출력을 70% 수준까지 설명할 수 있으므로 매트릭스를 통한 접근법은 산업보건 관리에 매우 유용한 도구가 될 수 있을 것이다. 본 연구에서 활용한 위험성 평가 방법은 지금까지 위험성 평가의 가장 큰 단점으로 지적되어 왔던 노출수준의 정성적인 평가를 한국산업안전공단에서 보유한 작업환경측정 DB를 사용하여 정량적으로 평가하였다는 점을 들 수 있다. 이를 통해 주관적으로 평가되었던 사항을 최대한 객관화하여 접근할 수 있다. 본 연구를 모델로 하여 한국산업안전공단에서 보유한 작업환경측정 DB를 핀란드(FINJEM), 스웨덴과 같이 매트릭스 형태로 발전시켜서 직업 노출력을 관리하게 되면 산업안전보건의 정책 결정, 노출기준 설정, 모니터링 추이 등

Table 3. Risk assessment of processes treated DMF

Industries	Process	No. of busines place	No. of employ ee	No. of sample s	DUR	RPR					DV	CB	
						EI Rating, No. of samples(%)							Rating
						0	1	2	3	4			
manufacture of sewn wearing apparel	Mixing	2	20	84	5	24 (28.6)	0 (0)	47 (56)	13 (15.5)	0 (0)	3	24	1
	Print	3	24	65	5	19 (29.2)	1 (1.5)	35 (53.8)	10 (15.4)	0 (0)	3	24	1
	Coating	6	21	24	5	9 (37.5)	8 (33.3)	2 (8.3)	1 (4.2)	4 (16.7)	10	80	4
manufacture of textiles	Processing	5	49	220	5	6 (2.7)	67 (30.5)	86 (39.1)	40 (18.2)	21 (9.5)	10	80	4
	Mixing	13	61	198	5	31 (15.7)	80 (40.4)	56 (28.3)	27 (13.6)	4 (2.0)	10	80	4
	Lab.	2	22	179	5	13 (73.7)	44 (24.6)	0 (0)	1 (0.6)	2 (1.1)	10	80	4
	Bonding	2	11	38	5	5 (13.2)	18 (47.4)	15 (39.5)	0 (0)	0 (0)	2	16	1
	Coating	20	128	2,679	5	296 (11.0)	607 (22.7)	1034 (38.6)	492 (18.4)	250 (9.3)	10	80	4

다양한 목적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구는 DMF를 취급하는 업종 및 공정에 대해 문헌조사 및 2005년 작업환경측정 자료 DB를 중심으로 매트릭스를 설정하여 유해도 평가를 실시하였다. 유해도 평가 결과 나타난 고 위험군을 중심으로 화학물질을 취급하는 사업장에 대한 현장 실태조사를 통해서 매트릭스를 통한 유해도 방법의 적용 여부를 확인하였으며 이를 토대로 화학물질의 체계적 관리방안을 모델로 제시하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫째, DMF의 경우 총 19개 업종에서 취급하고 있었으며, 업종에 대한 위험성을 평가한 결과 봉제의복 및 모피제품 제조업과 섬유제품제조업 등 2개 업종이 가장 위험한 업종으로 평가되어 집중적인 관리가 필요한 것으로 나타났다.

둘째, DMF를 취급하는 공정에 대한 위험성평가 결과 봉제의복 및 모피제품 제조업의 코팅공정, 섬유제품 제조업의 가공, 배합, 실험실, 코팅 공정 등 5개 공정이 가장 위험한 공정으로 평가되었다.

셋째, 소규모 사업장일수록, 노출 수준이 높을수록 위험가능성 등급이 증가하는 경향이 있어( $p < 0.01$ ) 소규모 사업장에 대한 집중적 관리가 필요하다.

## REFERENCES

한국산업안전공단. 업종별 · 공정별 유해도 매트릭스 적용 및 리스크 평가 연구, 연구보고서. 2007

- ACGIH(1)(American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 2008 TLVs & BEIs, threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ISBN 978-1-882417-79-7; 2008
- ACGIH(2). 2008 Guide to Occupational Exposure Values. ISBN 978-1-882417-80-3. 2008
- AIHA(American Industrial Hygiene Association). Hallmark Risk Assessment Tool in Guidance for Conducting Control Banding Analysis. AIHA. 2007
- Benke G, Sim, M, Frinchi, L, Aldred, G. Beyond the job exposure matrix(JEM): the task exposure matrix(TEM). Ann Occup Hyg 2000;44:475-482
- Drouet D' Aubigny F, Roquelaure Y, Bertrand L, Caillon M, Calés P. Hepatitis attributable to dimethylformamide with re-exposure. Gastroenterologie clinique et biologique, French 1998;(22)745-746
- Hass JM. Industrial Hygiene ABCs. Prof. Safety 2005;50(3):38-41
- Pukkla E, Guo J, Kyyronen P, Lindbohm ML, Sallmem M, Kauppinen T. National job-exposure matrix in analysis of census-based estimates of occupational cancer risk. Scand J Work Environ Health 2005;31(2):97-107
- Riachi G, Michel P, Franéois A, Ducrotte P, Laffineur G, Lerebours E, Colin R. Acute hepatic effects of exposure to dimethyl formamide. Clinical and histological aspects. Gastroenterology and clinical biology 1993;(17)611-612
- Tolot F, Arcadio FI, Lenglet J-P, Roche L. Intoxication by dimethylformamide. Archives des Maladies Professionnelles de Médecine du Travail et de Sécurité Sociale. in French. 1968;(29) 714-717