

톨루엔-2,4-디이소시아네이트

대한산업보건협회 산업보건환경연구원 / 최아름, 임성국, 이귀영

서론

오늘날 화학물질은 다양한 분야에서 사용되고 있다. 우리나라에서는 4만 종 이상의 화학물질이 유통되고 있으며 매년 400여 종 이상의 물질이 국내시장에 유입되는 등 화학물질의 사용이 꾸준히 증가하고 있다(한귀현, 2010). 산업현장에서의 화학물질 사용량이 증가하면서 유해화학물질에 대한 안전관리 또한 시급한 과제로 대두되고 있는데, 최근 유해화학물질의 잦은 누출사고 발생으로 인해 화학물질안전에 대한 요구가 높아지고 있는 실정이다.

우리나라에서는 여러 부처에서 화학물질을 규제하고 있다. 고용노동부에서는 1983년 노동부 고시 제1호로 작업환경측정방법 고시 내에 분진과 유기용제를 비롯한 화학물질 등의 노출기준을 설정하였고, 지속적인 제개정을 통해 현재 699여 종의 분진 및 화학물질에 대해 관리를 하고 있다.

또한, 고용노동부는 근로자에게 중대한 건강장해를 유발하여 사회적 물의를 일으킨 석면, 벤젠 등을 포함한 일부 유해인자들에 대해서 작업장 내 노출농도를 허용기준 이하로 유지하도록 '허용기준'제도를 도입하여 관리하고 있다. 산업안전보건법 제 81조의 4에 규정된 허용기준대상물질은 총 13종으로, 납 및 그 무기화합물, 니켈(불용성 무기화합물), 디메틸포름아미드, 벤젠, 2-브로모프로판, 석면, 6가크롬화합물(불용성, 수용성), 이황화탄소, 카드뮴 및 그 화합물, 톨루엔-2,4-디이소시아네이트, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드, 노말hex산이 대상물질로 선정되어 있다.

톨루엔 디이소시아네이트(이하, TDI)는 톨루엔디아민과 카보닐클로라이드를 반응시켜서 제조되는데 톨루엔-2,4-디이소시아네이트(이하, 2,4-TDI)와 톨루엔 2,6-디이소시아네이트(이하, 2,6-TDI)의 두 가지 이성질체가 가장 많이 사용되고 상업적으로 이 두 가지 이성체의 혼합비율에 따라 100% 2,4-TDI, 80% 2,4-TDI: 20% 2,6-TDI, 65% 2,4-TDI: 35% 2,6-TDI가 이용된다(Rom, 1992; Zenz, 1995).

2,4-TDI(Cas No. 584-84-9, MW=174.16, BP=251°C)는 허용기준대상물질 13종에 포함되는 물질로 무색

내지 담황색의 액체이며 코를 쏘는 자극성 냄새가 난다(정규철, 1995). 2,4-TDI를 원료로 만든 폴리우레탄의 70%가 스펀지로 사용되며 약 30%는 페인트, 접착제, 실란트 등의 원료로 사용된다. 윤활유 및 그리스 제조, 합성수지 및 기타 플라스틱 제조, 일반용 도료 및 관련 제품 제조, 시트 및 판 제조, 운송장비용 의자 제조 등에 사용되며, 플라스틱 필름, 플라스틱 합성피혁, 계면활성제, 젤라틴 제조 등 다양하게 사용되고 있다(노영만, 2006).

공기중 노출기준은 고용노동부에서는 TWA 0.005 ppm(0.04 mg/m³), STEL 0.02 ppm(0.15 mg/m³)으로 발암성 2(인체발암성 의심물질)로 권고하고 있으며, ACGIH에서는 TLV-TWA 0.005 ppm(0.036 mg/m³), TLV-STEL 0.02 ppm(0.14 mg/m³)으로써 A4(발암성물질로 분류되지 않는 물질)로 규정하고 있다(고용노동부, 2013; ACGIH, 2011).

2,4-TDI는 흡입, 눈, 또는 피부 접촉으로 침입하여 눈, 점막 피부자극과 호흡기를 감작시킨다. TDI에 노출되었을 경우 주된 증상은 알레르기 반응, 화상, 구역, 구토, 위통, 흉통, 두통, 졸음, 현기증, 수면장애, 정서장애, 떨림, 폐이상, 자극, 후각기능 결핍, 발열 등이며, 흡입 시 심할 경우 의식불명이나 사망에 이를 수 있고 장기섭취시 암을 일으킬 수도 있다. 0.5 ppm 이상의 고농도에 폭로되면 눈, 코, 목 자극과 흉부의 압박감, 협착감, 기관지염, 폐수종, 기관지 경련, 구역 및 구토와 복통이 생기며 폭로를 중단해도 3~7일간 증상이 지속되고, 심하면 위독한 천식상태가 된다. 0.02 ppm 이하의 저농도에 반복적으로 노출되면 서서히 감작증상이 나타나며, 초기증상은 밤에 호흡곤란이 생기고 기침이 나면서 천식성 기관지염으로 된다(정규철, 1995; 최미진 등, 1999. 노영만 등, 2006).

안전보건공단에서 보고된 우리나라 직업병 발생사례를 살펴보면, 1990년대에 악기제조업에서 연마공이나 광택업자에게서 직업성 천식이 발생하였으며, 포대제조업의 접착작업자와 합성피혁제조업의 배합공에게서 TDI로 인한 천식이 보고되었고, 자동차정비업체의 판금공에서 직업성 천식이 발생하였다. 특히, 1994년에는 화학제품제조업의 TDI 공정에서 독성가스 누출로 인해 3명의 사망자가 발생하고 39명의 중독자가 발생하는 큰 사고가 있었다. 2000년대 초기에는 가구업체의 도장이나 연마공들에게서 천식이 주로 발생하였으며, 조경물시설업체, 보트 제조 및 골포공 제조업 등의 도장이나 코팅작업자가 직업성 천식을 진단받았고, 최근 2010년에는 자동차 도장 공정 근로자에게서 직업성 천식이 보고되었다.

본 연구에서는 허용기준 대상물질 13종 중 2,4-TDI의 노출빈도(업종별, 공정별)와 높은 농도에 노출되는 업종·공정을 파악하고 국내·외 관련 문헌을 고찰하여 노출현황을 파악함으로써 근로자의 작업환경개선을 위한 근거자료로 활용하고자 한다.

연구 방법

1. 조사 대상 및 항목

본 연구는 2004~2011년까지 대한산업보건협회에서 실시한 작업환경측정 자료를 대상으로 하였으며, 2,4-TDI가 측정된 업종 및 공정에 대해 조사를 실시하였다.

2. 업종 및 공정 분류

업종의 분류는 한국표준산업분류를 기준으로 중분류로 구분하였으며, 61개의 업종으로 분류하여 평가를 실시하였다. 공정의 분류는 안전보건공단에서 제공하는 표준공정분류표를 기본으로 하였으며, 공정은 35개종으로 나누어 평가하였다.

<표 1> 한국표준산업분류에 따른 업종의 중분류(61개)

코드	업종	코드	업종
1	농업	41	종합 건설업
7	비금속광물 광업(연료용 제외)	42	전문직별 공사업
8	광업 지원 서비스업	45	자동차 및 부품 판매업
10	식료품 제조업	46	도매 및 상품중개업
11	음료 제조업	47	소매업(자동차 제외)
12	담배 제조업	49	육상운송 및 파이프라인 운송업
13	섬유제품 제조업; 의복 제외	50	수상 운송업
14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	51	항공 운송업
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	52	창고 및 운송관련 서비스업
16	목재 및 나무제품 제조업;가구 제외	55	숙박업
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	56	음식점 및 주점업
18	인쇄 및 기록매체 복제업	58	출판업
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	61	통신업
20	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	64	금융업
21	의료용 물질 및 의약품 제조업	66	금융 및 보험관련 서비스업
22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	68	부동산업
23	비금속 광물제품 제조업	69	임대업(부동산 제외)
24	1차 금속 제조업	70	연구개발업
25	금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	71	전문서비스업
26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	72	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업
27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	73	기타 전문 과학 및 기술 서비스업
28	전기장비 제조업	74	사업시설 관리 및 조정 서비스업
29	기타 기계 및 장비 제조업	75	사업지원 서비스업

30	자동차 및 트레일러 제조업	84	공공행정, 국방 및 사회보장 행정
31	기타 운송장비 제조업	85	교육 서비스업
32	가구 제조업	86	보건업
33	기타 제품 제조업	91	스포츠 및 오락 관련 서비스업
35	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	94	협회 및 단체
36	수도사업	95	수리업
37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	96	기타 개인 서비스업
38	폐기물 수집 운반, 처리 및 원료재생업		

<표 2> 표준공정 분류표(35종)

코드	공정명	코드	공정명
10	준비	30	혼합
12	투입	31	반응
13	용해	32	정제
14	주조 주물	33	건조
15	압연 압출	34	분쇄
16	절단 절곡	35	숙성
17	단조	36	살균
18	연마	37	저장
19	성형	38	포장
21	용접	39	운반
22	접착	40	광업
23	조립	41	식품공업
24	열처리	42	섬유공업
25	도금	43	신발 제조
26	도장 도포	44	인쇄, 종이, 목재
27	기타 표면 처리	45	전자 전자 산업
28	세척 제거	46	기타
29	검사		

3. 통계분석

통계분석은 Microsoft Excel 2010, IBM SPSS 21.0을 이용하여 빈도분석 및 교차분석을 실시하였다.

연구 결과 및 고찰

1. 업종별 노출 빈도 현황

<표 3>에서는 2,4-TDI의 빈도를 많이 차지하는 주요 업종별 분포를 10순위로 나타내었다. 노출빈도가 가장 높은 업종은 수리업이었으며, 다음으로 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외), 자동차 및

트레일러 제조업, 섬유제품 제조업, 가구제조업 등의 순으로 조사되었다.

2004년 작업환경측정 결과에 따르면, TDI 노출 업종의 61%가 제조업이었으며, 서비스업이 28.9%, 기타 산업이 10.1%의 순으로 분포하고있었다(안전보건공단, 2007).

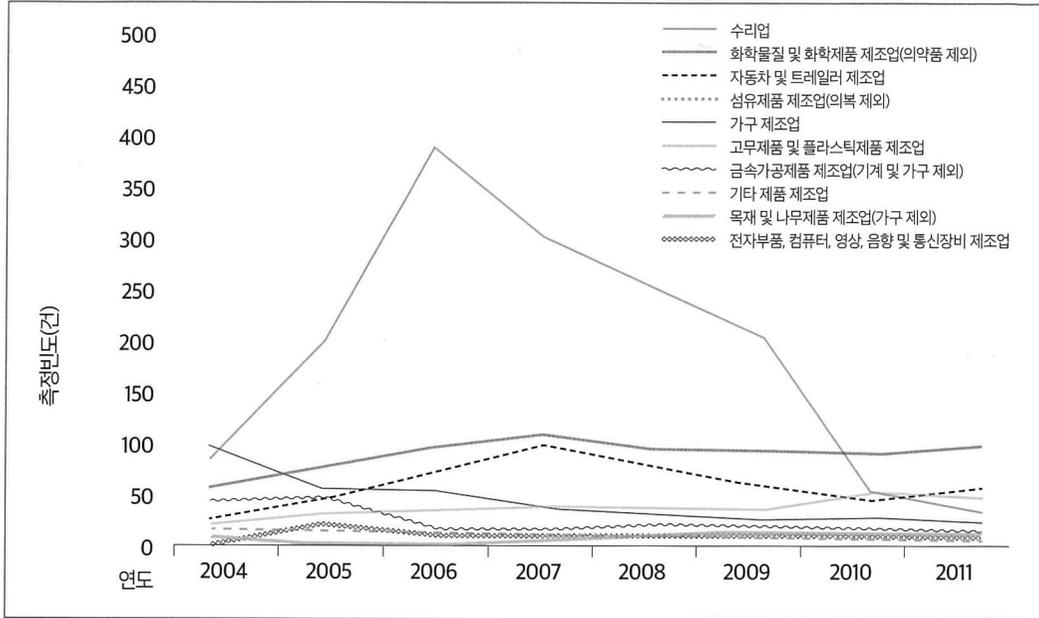
본 연구에서는 대분류가 아닌 중분류로 구분하였기 때문에 직접적인 비교는 어렵지만 노출빈도가 높은 업종의 2~10순위 모두 제조업인 것으로 나타나 제조업에서의 노출빈도가 많은 것으로 볼 수 있다. 또한, 서비스업 중 수리업의 사업장 수가 가장 많은 것으로 나타나 본 연구와 동일하였다. 그러나 제조업 중 노출업종의 분포는 가구 및 기타제품 제조업 > 화학물질 및 화학제품 제조업 > 자동차 및 트레일러 제조업 등의 순으로 조사되어 본 연구결과와 순위는 차이가 있었으나, 공통된 업종의 빈도는 높은 것으로 나타났다. 이 조사결과는 사업장 수를 기준으로 업종분류를 하였고, 2,6-TDI의 자료까지 포함하였으나, 본 연구는 측정시료의 건 수를 기준으로 2,4-TDI의 자료만 분석했기 때문에 연구결과에 차이가 있을 것으로 사료된다.

<표 3> 2,4-TDI의 노출빈도가 높은 업종

순위	업종명
1	수리업
2	화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)
3	자동차 및 트레일러 제조업
4	섬유제품 제조업(의복제외)
5	가구 제조업
6	고무제품 및 플라스틱제품 제조업
7	금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)
8	기타 제품 제조업
9	목재 및 나무제품 제조업(가구제외)
10	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업

2,4-TDI를 취급하는 주요 업종(10종)의 연도별 빈도를 살펴보면, 2004년도부터 2011년도까지 수리업을 제외하고는 해마다 100건 이하의 수준에서 대부분의 업종에 큰 변화는 없었다. 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)과 자동차 및 트레일러 제조업은 2007년까지는 증가하는 추세였다가 2010년까지 감소, 그 이후에는 다시 증가하는 경향을 나타내었으며, 가구 제조업은 꾸준히 감소하였다. 섬유제품 제조업(의복 제외)은 2006년 이후에 크게 증가하였는데, 이는 섬유제품 제조업의 경우 대부분 5~50인 미만 규모의 사업장이 많지만, 특정지역에서 300~1,000인 미만 규모의 사업장에 대해 측정을 실시했기

때문이다. 수리업은 2010년까지 다른 업종에 비해 매우 큰 빈도를 차지하고 있었으며, 2006년까지 크게 증가하였다가, 그 이후로 크게 감소하였으며, 꾸준히 감소하고 있는 추세이다(그림 1).



<그림 1> 2,4-TDI의 연도별·업종별 노출빈도

2. 공정별 노출 빈도 현황

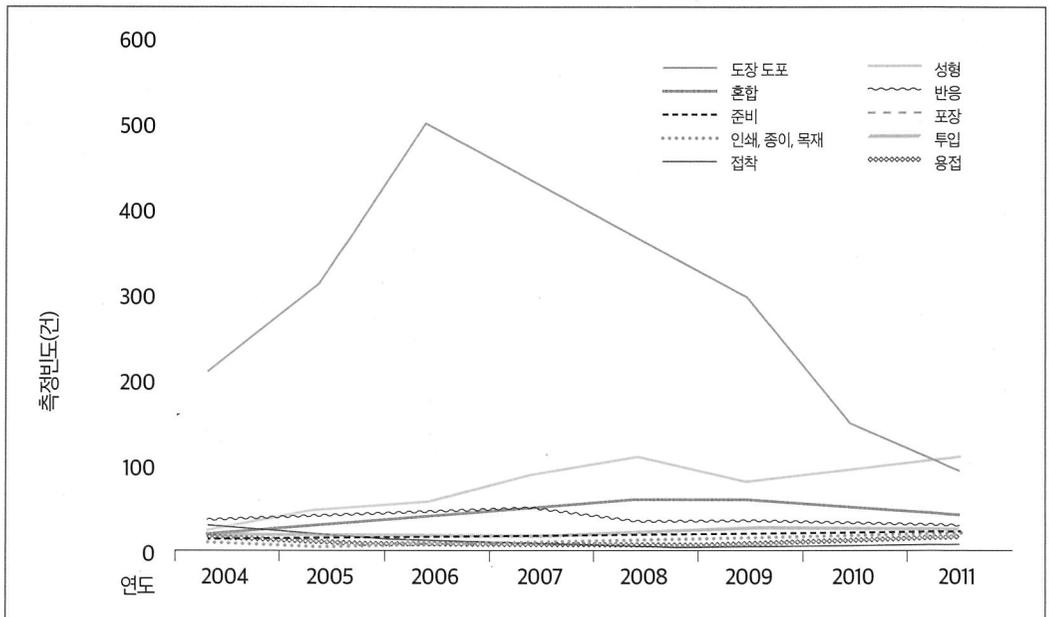
2,4-TDI의 공정별 분포를 조사한 결과, 노출빈도가 가장 높은 공정(중분류)은 도장 도포 공정이었다. 도장 도포에는 여러 종류의 도장(분무 도장, 액체 도장, 스프레이 도장 등)과 도포(바니쉬 도포, 고무 도포 등), 코팅(오일 코팅, 왁스 코팅, 코팅 등) 등의 세부공정이 포함되는데, 압축공기를 써서 도료를 안개모양으로 분무하여 물품에 도장하는 방법인 분무 도장 및 스프레이 도장 등의 도장 공정에서 2,4-TDI의 노출빈도가 가장 높았다. 다음으로 노출빈도가 높은 공정은 성형 공정(중분류)으로, 세분류 공정은 거품이 일어나게 하는 발포공정 및 우레탄 발포공정이 가장 많았으며, 성형공정에 이어 혼합 > 반응 > 준비 > 포장 등의 순으로 나타났다(표 4).

문덕환과 김정호(1999)의 연구에서도 도장과 반응, 발포, 배합, 사상 및 도장, 성형, 코팅, 포장공정에서 2,4-TDI를 사용하는 것으로 나타났으며, 안전보건공단(2007)의 자료에서도 도장공정이 33.1%, 발포공정이 10% 등으로 가장 많은 노출이 되는 공정으로 분류되어 본 연구결과와 유사하였다.

<표 4> 2,4-TDI의 노출빈도가 높은 공정

순위	공정명
1	도장 도포
2	성형
3	혼합
4	반응
5	준비
6	포장
7	인쇄, 종이, 목재
8	투입
9	접착
10	용접

<그림 2>는 2,4-TDI를 취급하는 주요공정(10종)의 연도별 빈도를 나타낸 결과이다. 도장 도포 공정은 다른 공정에 비해 4배 이상 높은 빈도를 차지하며, 큰 폭으로 상승과 감소 추세를 보였다. 특히, 2006년까지 크게 증가했다가 그 이후로 꾸준히 감소하는 경향을 나타내었다. 이는, 수리업의 연도별 경향과 일치하며, 수리업에서의 주요공정이 도장공정으로 두 업종과 공정 간에 같은 양상을 보인 것으로 사료된다. 한편, 다른 공정들은 대부분 큰 변화가 없었으며, 성형 공정은 유일하게 측정빈도가 증가하였다. 성형공정 중 주요 노출공정은 발포공정으로써, 화학물질 및 화학제품 제조업과 자동차 및 트레일러 제조업에서 주로 사용하는 공정이다. <그림 1>에서도 이 두 업종은 조금씩 증가하는 경향을 보였으며, 이와 관련하여 성형공정의 노출도 증가하는 것으로 보인다.



<그림 2> 2,4-TDI의 연도별·공정별 노출빈도

3. 노출농도가 높은 업종 및 공정

2,4-TDI에 높은 농도로 노출되는 업종 및 공정을 조사한 결과, 고무제품 및 플라스틱제품 제조업의 성형 공정에서 노출농도가 가장 높았으며, 노출빈도가 가장 많았던 수리업 중 도장 도포 공정에서도 높은 농도의 2,4-TDI가 발생하였다. 다음으로 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)의 반응, 준비공정과 가구 제조업의 도장도포, 접착, 용접 및 포장공정 등의 순으로 나타났다(표 5).

2004년 작업환경측정 시 TDI의 노출기준을 초과한 공정은 주입과 도장, 접착공정이 있었으며, 화합물 및 화학제품 제조업과 가구 및 기타 제품 제조업에서 발생하였다(안전보건공단, 2007).

본 연구는 노출기준을 초과하는 농도와 사업장 관리가 필요한 수준인 노출기준의 0.5배(Action level)를 초과하는 시료를 모두 높은 농도에 노출된 것으로 분석하였기 때문에 일부 업종 및 공정에 차이가 있을 수 있다. 그러나 공통적으로 화학물질 및 화학제품 제조업 및 가구제조업에서 고농도에 노출될 수 있으며, 도장 공정과 접착 공정 등의 일부 공정도 공통적으로 높은 수준임을 보여주었다.

<표 5> 2,4-TDI의 노출농도가 높은 업종 및 공정

순위	업종	공정
1	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	성형
2	수리업	도장 도포
3	화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	반응
4	화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	준비
5	가구 제조업	도장 도포
6	가구 제조업	접착
7	가구 제조업	용접
8	자동차 및 트레일러 제조업	성형
9	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	반응
10	의료용 물질 및 의약품 제조업	혼합
11	화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	포장
12	화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	성형
13	화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	투입
14	섬유제품 제조업(의복제외)	성형
15	비금속광물 광업(연료용 제외)	포장

4. 관련 문헌 고찰

<표 6>에서는 국내 문헌에서 조사된 업종별 공기 중 2,4-TDI의 평균노출농도를 나타내었다. 1990년대 문헌에서는 평균노출농도의 범위는 0.00142~0.02848 mg/m³이었으며, 평균노출지수는 0.04~0.71 수준이었다. 화합물 및 화학제품 제조와 전기기기 제조, 가구 및 기타 제조는 노출기준의 0.5배 이상으로, 문덕환 등(1999)의 연구에서는 가구 및 기타 제조업에서의 2,4-TDI 평균농도가 노출기준의 0.7배를 초과함으로써 가장 높은 농도를 나타내었으며, 이세훈 등(1992)의 연구에서도 목재가구 제조업에서의 평균노출농도가 노출기준의 5배 이상을 초과하는 수준이었다.

2000년대 이후 문헌에서는 평균노출농도의 범위가 0.00142~0.00756 mg/m³, 평균노출지수가 0.01~0.19로 낮은 수준이었으며, 특히, 높은 농도를 보였던 가구 제조업(목재가구)에서의 평균노출지수는 이전보다 10배 이상 낮은 것으로 나타났다. 또한, 다른 업종에 비해 자동차종합수리업의 평균노출농도가 가장 높았으나 대부분의 업종이 사업장 관리가 필요한 수준인 노출기준의 0.5배(Action level) 이하였다.

<표 6> 2,4-TDI와 관련된 문헌

문헌	측정 시기	업종/공정	N	농도(mg/m ³)		
				AM±SD	GM(GSD)	평균노출지수*
이세훈 등, (1992)	1991	목재가구/폴리우레탄 도장	31		0.00142~0.20434	0.04~5.11
문덕환 등, (1999)	1996~1997	섬유제조	1		0.01068	0.27
		가죽제품 제조	17		0.00854(20.221)	0.21
		화합물 및 화학제품 제조	33		0.01994(50.054)	0.50
		조립금속 제조	3		0.01424(10.466)	0.36
		전기기기 제조	1		0.01994	0.50
		자동차, 트레일러 제조	2		0.01638(11.392)	0.41
		가구 및 기타 제조	17		0.02848(49.769)	0.71
이세기 등, (2002)	2001	기타 플라스틱제품 제조업	3		0.00356	0.09
		도장 및 기타 피막처리업	17		0.00356	0.09
		목재가구 제조업	8		0.00356	0.09
		자동차 종합수리업	23		0.00142	0.05
안전보건공단, (2007)	2007	기타 가죽제품 제조업	6	0.00320		0.08
		자동차종합수리업	14	0.00756		0.19
		기타 목재가구제조업	10	0.00035		0.01
		자동차부품제조업	22	0.00326		0.08

AM : Arithmetic mean, SD : Standard deviation, GM : Geometric mean, GSD : Geometric Standard deviation

* : 평균노출지수 = 평균측정농도/노출기준

요약 및 결론

본 연구는 허용기준 대상물질 13종 중 2,4-TDI의 노출빈도(업종별, 공정별)와 높은 농도에 노출되는 업종 및 공정을 파악하고 국내 문헌을 고찰하여 노출현황을 파악함으로써 근로자의 작업환경개선을 위한 근거자료로 활용하고자 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 노출빈도가 가장 높은 업종은 수리업이었으며, 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외), 자동차 및 트레일러 제조업, 섬유제품제조업, 가구제조업 등의 순이었다.
2. 2,4-TDI를 취급하는 주요업종(10종)의 연도별 빈도분석 결과, 큰 변화는 없었으나, 수리업은 2006년까지 큰 폭으로 증가하였다가 그 이후로 지속적으로 감소하고 있는 추세이고, 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)의 빈도가 증가하고 있다.
3. 2,4-TDI의 공정별 분포를 조사한 결과, 도장 도포가 가장 높았고, 성형 > 혼합 > 반응 > 준비 > 포장 등의 순으로 나타났다.
4. 연도별 공정분포는 도장 도포가 다른 공정에 비해 매우 높은 빈도를 차지하였으며, 2006년까지 크게 증가하였으나 그 이후로 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 성형 공정은 다른 업종과 달리 유일하게 증가하고 있는 공정이었다.
5. 2,4-TDI에 높은 농도로 노출되는 업종 및 공정을 조사한 결과, 고무제품 및 플라스틱 제품 제조업에서의 성형 공정이 가장 많았으며, 수리업 중 도장 도포, 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외) 중 반응 및 준비공정 등의 순이었다.
6. 국내 문헌에서 공기 중 2,4-TDI의 평균노출농도지수가 1990대에는 0.04~5.11수준이었으며, 가구 및 기타 제조(목재가구 제조)에서의 농도가 가장 높았다. 2000년대의 평균노출지수는 0.01~0.19의 범위로 낮은 수준이었다.

이상의 연구결과로 2,4-TDI의 노출 빈도가 높고, 높은 농도에 노출되는 업종 및 공정을 파악하여 관리함으로써 향후 작업환경개선 및 근로자 건강관리에 보다 효율적으로 활용될 수 있을 것이다. ☺

참고문헌

1. 고용노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준. 고용노동부 고시 제 2013-38호.
2. 노영만, 김치년 등. 작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준수준에 관한 연구. 안전보건공단 2006.
3. 문덕환, 김정호. 부산지역 일부 제조업 산업장의 작업공정별 공기중 특정 화학물질의 농도. 인제의학. 1999, 20(1). 401-417.
4. 안전보건공단. 화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서: 디이소시아네이트. 보건 2007-9-221.
5. 이세훈, 이원철, 이강숙, 박정일. TDI 폭로 목재가구 근로자의 호흡기증상과 폐기능의 변화. 한국의 산업의학. 1992, 31(3), 87-97.
6. 이세기, 문덕환, 이재관 등. 도장작업시 유해인자들의 노출수준과 작업환경관리실태. 인제의학. 2002, 23(5), 627-638.
7. 정규철. 산업중독편람. 신광출판사. 1995, 474-478
8. 최미진, 김강윤, 김석원. 흡광광도법을 이용한 작업환경 중 톨루엔 디이소시아네이트와 메틸렌 비스페닐 이소시아네이트 분석법. 대한산업보건협회. 산업보건 1999, 129, 36-42.
9. 한귀현. 일본의 화학물질관리법제에 관한 소고. 동아법학 2010. 48, 189-217.
10. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Documentation of Toluene-2,4 or 2,6-diisocyanates, 7th Edition. Cincinnati, OH; 2011
11. Rom WN. Environmental and Occupational Medicine, 2nd ed. Boston. Little Brown and Company. 1992, p. 967-986.
12. Zenz C. Occupational Medicine, 3rd ed. Chicago, Mosby-Year Inc., 1994, p.731-734.