

보건분야-연구자료
연구 원 99-49-119
H-RD-I-99-49-119

유기용제 취급 사업장의 공정별 유기용제의 폭로평가에 관한 연구

-디메틸포름아미드 노출 근로자를 중심으로-

1998

한국 산업 안전 공 단
산업 안전 보건 연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 1998년도 산업안전보건연구원의 연구사업 중
“유기용제 취급 사업장의 공정별 유기용제의 폭로평가에 관
한 연구”에 대한 최종 보고서로 제출합니다.

1998년 12월 31일

주관 연구부서 : 산업안전보건연구원 직업병연구센터

연구책임자 : 수석연구원 강 성 규

공동연구자 : 위촉연구원 김 은 아

책임연구원 양 정 선

책임연구원 김 기 웅

선임연구원 이 미 영

책임연구원 심 광 진

목 차

I. 서 론	1
가. 연구배경	1
II. 조사방법	3
가. 작업환경 측정	3
나. 생물학적 모니터링	4
다. 예비조사	6
라. 본조사	6
III. 결과	8
가. 사용실태	8
나. 본조사	12
III. 결론	31
가. DMF 노출	31
나. 생물학적 모니터링	31
다. 간기능이상	31
라. 보호구	32

I. 서론

가. 연구배경

근로자 건강진단 결과에 의하면 우리나라 근로자들의 일반질병 유소견자 중에서 소화기질환이 차지하는 비율은 96년도 38.4%, 97년도 37.1%로 매우 높다¹⁾. 근로자 건강진단이 선별검사이고 검사항목이 제한되어 있는 것을 감안하면 소화기질환자의 대부분은 간기능검사에서 이상이 나온 근로자로 추정된다. 우리나라는 높은 간염 유병률, 중년인구의 비만층 증가, 술소비량 및 음주량이 많아 건강진단에서 간기능 이상자를 흔히 발견하게 된다.

한편, 산업장에서 사용되는 많은 화학물질들은 간에서 대사되거나, 간독성이 있는 것으로 알려지고 있다. 화학물질에 의한 간독성은 경미한 간기능 저하에서부터 전격성간염에 의한 사망에 이르기까지 다양한 형태를 보이고 있다. 그런데, 화학물질에 의한 직업성 간기능 장애가 적지 않을 것으로 예상되나, 일반 인구집단에서 간기능 장애가 워낙 많아 근로자에서 발견되는 대부분의 간기능 이상을 '지방간', '알코성간염', 또는 'B형간염' 등으로 간과하는 경우가 많다. 근로자들은 항시 기존에 간독성이 있는 것으로 알려진 물질에 노출되거나, 그 독성이 충분히 밝혀지지 않아 간독성도 있을 가능성이 있는 신규화학물질에 노출되고 있다. 따라서, 기존에 원인불명(idiopathic)이나 특발성(cryptogenic)으로 분류된 간질환 중 적지 않은 수가 직업적으로 노출되는 화학물질에 의하거나 이로 인해 악화된 간기능 장애일 것으로 추정할 수도 있다²⁾.

디메틸포름아미드(Dimethylformamide, 이후 DMF)는 1950년대 이후부터 동물 실험 등을 통해 간독성 물질로 밝혀져 독성기전에 대한 연구가 활발히 진행되고 있었으며, 이 물질에 폭로된 근로자들에서 소화기 증상과 알콜 불내성 등이 보고되어 왔다³⁾. 1970년대에 들어 폴리우레탄 코팅공장 등에서 DMF 급성 독성간염과 함께 다수의 근로자에서 간기능장애가 보고되었고⁴⁾⁵⁾⁶⁾ 이후 다수의 역학조사들에서 DMF의 폭로형태와 폭로농도에 따른 간기능의 관련성이 연구되어왔다⁷⁾⁸⁾.

우리나라에서도 합성피혁 공장 근로자들에게 DMF에 의한 간기능 장애가 나타난다는 것이 보고⁹⁾ 된 이후, DMF에 의한 독성간염 발생의 위험성이 제기되었다.

1993년도에는 DMF에 노출된 근로자가 전격성 간염으로 사망한 사건이 발생하게 되었다¹⁰⁾¹¹⁾. 이후 DMF로 인한 독성간염이 간헐적으로 보고되다가 1997년에는 합성피혁공장의 배합실에서 근무하던 근로자가 전격성 간염으로 사망한 사건이 발생하였다¹²⁾. 특히 전격성 간염으로 사망한 근로자는 20대의 젊은 근로자이고 비교적 잠복기가 긴 다른 직업병과는 달리 근무 약 2개월만에 사망하였다는 것이 큰 충격을 주었다.

이를 계기로 한국산업안전공단에서 '97년에 '작업환경개선 전문기술지원사업'을 실시하여, 전국적으로 DMF 사용사업장의 업종과 공정, 실 근로자 수 및 DMF 노출실태를 조사하였다. 이 조사에서는 전국적으로 DMF 사용실태에 대해 조사하였고, 기존의 작업환경측정 결과를 검토하여 DMF과 폭로 작업장에 대한 개선지도를 하였다.

연구자들은 DMF가 간독성을 유발시킬 수 있으며, 이미 이로 인한 독성간염이 발생한 사례가 있어, 전국의 DMF 취급 사업장을 정확히 파악하고, 작업환경실태 및 실제 노출 정도를 파악할 수 있는 생물학적 모니터링을 실시하여, DMF로 인한 간기능장애에 영향을 주는 요인을 파악하고 향후 발생할 수 있는 직업성 독성간염을 예방하기 위해 본 연구를 실시하였다.

II. 조사방법

가. 작업환경측정

작업환경측정시 시료 채취와 분석은 미국국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하는 공정시험법 'Method 2004(DMF 및 DMAC)', 'Method 1501(방향족 탄화수소류)'에 따라 시행하였다. 개인용 저유량 공기포집펌프는 항압 모드로 하여, 각각 유속 조절이 가능한 조절기가 부착된 이중관(dual tube) 방식의 포집관을 사용하였다. 각각의 포집관에는 DMF와 DMAC 측정을 위한 실리카겔관과, 톨루엔과 MEK 측정을 위한 활성탄관을 부착하여, 각 튜브별로 시료채취 전후에 공기유량을 보정하였다. 유량은 실리카겔관과 활성탄관 각각 약 0.14-0.18 LPM이 되도록 조절하였다. 시료는 모두 근로자의 호흡 위치에서 측정하였으며, 중식시간을 중심으로 작업시간의 전반부와 후반부로 나누어 분할 측정하였다. 시료채취 후 흡착튜브의 양끝을 막아 냉장 보관하여 분석실로 옮겼으며, 시료 분석은 24시간 내에 완료하였다.

1. 시료의 분석

현장에서 이송해 온 흡착튜브를 깨뜨려서 유리섬유를 제거한 후 앞층 100mg을 미리 준비한 가스크로마토그래피용 바이알에 넣고, 뒷층 50mg은 별도의 다른 바이알에 넣었다. 실리카겔 흡착제가 들어간 바이알에는 탈착용매로 메탄올 1 mL를 가하고, 활성탄 흡착제가 들어간 바이알에는 탈착용매로 이황화탄소 1 mL를 가해 밀봉한 후, 교반기에서 한 시간 동안 흔들어 주면서 탈착시켰다.

가스크로마토그래피는 미국 휴렛팩커드사 모델 5890을 사용하였으며 컬럼은 Inowax(30 m × 0.32 mm × 0.15 μm)를 사용하였다. DMF의 분석은 70℃ - 20℃/분 - 200℃의 온도에서, 톨루엔과 MEK의 분석은 50℃ - 10℃/분 - 150℃로 온도 프로그래밍하여 분석하였다. 분석결과 뒷층에서 10 % 이내로 검출된 경우는 합산하여 처리하였고, 10 % 이상 검출된 경우 시료 파파가 일어난 것으로 판단하여 데이터 처리에서 제외하였다.

2. 초과 작업시간에 대한 평가

노출기준은 하루 8시간, 주 40시간 근무할 때를 기준으로 설정되었으므로, 실

작업시간이 8시간 이상일 경우 노출정도를 과소 평가할 수 있다. 즉 노출기준 이하 하더라도 실제 폭로되는 노출량은 기준을 초과할 수 있기 때문이다. 미국 산업안전보건청에서는 작업시간이 초과할 경우 노출기준을 보정하도록 하는데, DMF의 경우는 8시간 기준 10 ppm이 10시간 작업을 할 때 8 ppm이 된다. 그렇지만, 우리나라에서는 작업시간에 따른 노출기준 보정을 하지 않으므로 본 조사에서는 8시간 기준으로 한 노출기준과 비교하였다.

나. 생물학적 모니터링

DMF는 몸 속에 들어가 여러 경로로 대사 되는데 그 중 대부분은 DMF-OH (N-(hydroxymethyl)-N-methylformamide)로 변하고, 일부는 NMF란 물질로 변하여 소변으로 배설된다. 이 때, 배설되는 대사물질의 양은 흡입이나 피부흡수에 의하여 DMF에 노출되는 정도에 따라 변한다. 따라서 소변중의 대사물질의 양을 측정하여, 흡입 뿐만 아니라 피부흡수에 의해서 체내에 흡수된 DMF의 양을 측정하는 생물학적 모니터링을 실시하였다.

같은 작업환경에서 일을 하더라도, 검출되는 대사물질의 양은 개인의 대사효소의 차이, 작업강도, 보호구 착용여부, 생활습관(음주 여부 등)등에 따라 개인차이를 보일 수 있으며, 피부접촉이 많은 작업을 하면 실제 기중 DMF농도는 낮더라도 흡수된 DMF농도는 많아 요중의 NMF가 증가하게 된다. 또한 다른 종류의 유기용제에 동시에 폭로되어 혼합물의 노출계수가 높은 경우는 DMF의 대사에 영향을 받는다. 따라서, 개인의 차이, 피부 흡수 정도에 따라 작업환경측정에서 얻어진 DMF와 실제 노출량은 차이가 있을 수 있다.

1. 시료의 채취

작업종료 직후 조사자의 소변을 미리 준비한 시료 채취 병에 채취하게 하였다. 채취된 소변은 냉장상태에서 분석실로 이송하였으며 이송된 24시간 이내에 전 처리하여 안정된 상태에서 분석할 때까지 보관하였다.

2. 시료의 분석

DMF의 주 대사물인 DMF-OH는 가스크로마토그래피의 분석조건에서 NMF란 물질로 변하므로 소변 중 NMF의 양으로서 DMF대사물의 총량을 정량한다. 소변 중

NMF의 분석은 독일 산업보건연구소가 권장하는 방법(Int. Arch. Occup. Environ Health, 1992, 63,455)을 사용하였다. 분석실로 이송한 시료는 바로 1 mL씩 취하여 소형 원심분리관에 옮겼다. Labconco사의 고속원심분리감압농축기를 사용하여 시료를 감압 농축한 후 농축잔여물에 메탄올 0.5 mL를 가하여 초음파 추출기를 사용하여 40분간 추출하였다. 가스크로마토그래피는 미국 휴렛패커드사 모델 5890을 사용하였으며 컬럼은 Inowax(30m × 0.32 mm × 0.15 μ m)를 사용하였다. 주입부의 온도는 소변중의 DMF-OH를 NMF로 변환시키기에 충분히 높은 250℃로 하였고, 컬럼온도는 70℃-20℃/분 - 200℃의 온도로 프로그래밍 하여 분석하였다. 요중 NMF는 크레아티닌 보정을 실시하지 않은 mg/L기준과 보정을 실시한 mg/g creatinine으로 산출하였다.

3. 평가

DMF의 대사물인 NMF의 생물학적노출기준은 우리나라에서는 별도로 정해진 것은 없지만 미국산업위생전문가협회의 기준을 따르고 있다¹³⁾. 기준 10ppm에 해당하는 요중 NMF의 농도는 40 mg/g creatinine 이다.

4. 일반사항

가) 개인정보 : 성명 나이 주민등록번호 체중, 키, 결혼, 교육연수

나) 질병력 : 간질환 과거력 유무와 발생시기

다) 간질환 : B형, C형간염, 황달, 간경변, 지방간, 췌장염, 담낭염, 담석증

라) 기타 전신질환 : 신장질환, 알콜중독, 갑상선질환, 당뇨병, 고혈압, 빈혈

마) 유기용제 관련 신경증상에 관련된 질환: 연탄가스중독, 신경증, 간질

바) 약물복용력 : 간기능에 영향을 줄 수 있는 간장약, 결핵약, 한약, 그외 약물 복용 유무, 복용시기

사) 음주력 : 최근 일 년간을 기준으로 일 회 음주시 음주량과 주당 음주 횟수, 주로 마시는 술 종류를 조사, 평균 하루 음주량을 순 알콜량으로 계산

아) 흡연력 : 금연자를 포함하여 현재까지 흡연기간, 하루 흡연 개피수를 이용해 갑년(Pack-Year)으로 계산

자) 직업력 : 현 직장파 과거 직장파에서 DMF와 기타 다른 유기용제에 폭로될 가능성이 있는 직업력 유무와 작업기간, 작업중 폭로물질을 조사

차) 작업환경측정 및 생물학적 모니터링 : 작업환경측정은 부서별, 공정별, 업무별로 동일폭로군을 파악하여 교대조별로 실시되어야 한다. DMF에 대

한 과거 작업환경측정 기록이 측정시기에 따라 차이가 많이 나므로, 유기 용제의 월 사용량, 공정의 변화, 환기시설 개선 유무, 측정기관을 파악

다. 예비조사

DMF 취급 사업장의 본 조사를 위해 97년 '기술지원보고서'를 참조하여 53개 사업장에 대한 사전 조사를 실시하였다.

'기술지원보고서' 분석 결과 피혁제조업종과 섬유코팅가공 및 섬유염색 업종이 48개 사업장(추정 노출 근로자 879명)으로 대부분을 차지하고 있으며, 과거 작업 환경측정에서 노출기준 초과 건수도 이 업종들에서 주로 나타났다. 따라서 DMF에 고농도로 노출될 가능성이 높은 업종은 피혁가공 업종과 섬유 염색 가공 업종으로 생각되어 이 중 41개 사업장을, 그 외 업종 5개 사업장 중 업종별로 선택하여 12개 사업장을 예비조사 대상으로 선정하여 총 53개 사업장을 예비조사대상 사업장으로 선정하였다.

라. 본조사

본조사는 4개 업종 16개 사업장을 대상으로 실시되었다. 이 중 합성피혁제조업 한 개 사업장은 예비조사 대상은 아니었으나, 최근 당 사업장 내 독성간염 의심자가 발생되어 사업장 스스로 역학조사를 요청하여 본 조사에 포함하게 되었다. 대상 사업장 근로자들 중 예비조사에서 DMF에 폭로될 가능성이 있는 것으로 평가되었던 근로자를 모두 조사대상에 포함하였으나, 근로자 300인 이상의 대상 사업장은 무작위 선정하여 폭로군을 대표할 수 있는 근로자를 추출하였다. 총 조사대상은 원청 근로자 549명, 하청근로자 30명으로 579명이었다. 이들에서 설문 및 면담조사는 575명에 대해, 혈액검사는 533명에 대해 실시하였다. 소변 중 NMF 검사는 일부 저농도 폭로로 추정되는 근로자를 제외하여 475명에 대해 실시하였고, 공정별, 업무별, 교대조별로 동일 폭로군을 대표할 수 있는 근로자 345명을 선정하여 작업환경측정을 실시하였다.

표 2-1. 본조사대상 사업장의 조사항목별 조사자 수

업종	사업장 명	대상근로자 수		전문조사	혈액검사	소변검사	작업환경측정
		원청	하청				
합성섬유	합섬-1	120	13	133	103	105	80
	합섬-2	58	10	68	68	46	39
섬유 코팅	코팅-1	22	4	26	26	26	17
	코팅-2	27		26	25	15	17
	코팅-3	26	3	29	29	17	17
	코팅-4	31		31	31	21	20
합성피혁	피혁-1	67		67	67	61	30
	피혁-2	33		33	33	33	25
	피혁-3	48		48	42	47	24
	피혁-4	21		21	21	21	12
	피혁-5	9		9	9	8	6
	피혁-6	15		15	15	10	9
	피혁-7	13		13	13	13	9
	피혁-8	21		19	19	20	21
도료 제조	도료-1	38		37	32	32	19
계		549	30	575	533	475	345

III. 결과

가. 사용실태

1. 국내 DMF 생산, 수입, 수출¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾

우리나라에서 DMF의 생산량은 연간 약 16,000톤으로 주로 삼성정밀화학(한국비료)에서 생산하고 있다. 기타 연간 약 10,000-15,000톤이 벨기에, 중국, 독일, 영국, 일본, 터키, 미국 등으로부터 수입되고 있고, 한번 사용된 DMF는 회수한 후, 재생하여 사용하고 있다. 재생업체로는 대원화성, 대우(양산), 덕성(인천), 한원정밀(용인, 울산), 유니온화성(시화공단), 화인화학(인천), 백산(시화) 등이 있다. 생산된 DMF는 국내에서 소비되고 일부는 외국에 수출되고 있다. 우리나라는 오스트리아, 브라질, 캐나다, 중국, 스페인, 영국, 홍콩, 인도네시아, 이란, 일본, 멕시코, 네덜란드, 파키스탄, 싱가포르, 태일랜드, 타이완, 미국, 베트남, 남아프리카 등으로 수출하고 있다. 따라서, 국내 소비량은 연간 약 5,000-20,000톤으로 나타나고 있는데, 이는 정상적인 생산량에서만 나타난 것이므로 재생 DMF를 포함하면 이보다 많은 양이 사용되는 것으로 추정된다.

표 3-1. 우리나라 DMF의 연간 생산, 수출, 수입량 (단위: 톤)

연도	생산량		사용량		계
	생산량	수입량	수출량	국내소비	
1993	16,000	8,000	2,700	21,300	24,000
1994	16,000	3,800	11,300	8,500	19,800
1995	16,000	12,100	10,500	17,600	28,100
1996	16,000	14,000	25,000	5,000	30,000

2. 국내 DMF 노출 근로자 수

우리나라에서 DMF에 노출되는 근로자는 1993년 전국 제조업체 실태조사 보고서¹⁸⁾에 의하면 약 432명이었고, 1997년 공단기술지원보고서에 의하면 약 1,296명으로 추정되고 있다. 본 연구에서 예비조사를 통하여 얻어진 자료와 '97년 공단 기술지원보고서에 나타난 자료를 비교하여, 차이가 나는 노출근로자 수를 '97년 공단 기술지원보고서에 나타난 사업장수와 노출근로자수를 바탕으로 추정한 결과,

1998년 현재 DMF에 노출되는 근로자수는 약 2,007명이었다. 물론, 적지 않은 DMF 취급 사업장에 자료에서 누락되어 있으므로 실제 노출되는 근로자수는 이보다 많을 것으로 추정된다.

표 3-2. 우리나라 DMF 제조 및 취급 사업장수 및 근로자 현황

	제조 및 취급사업장			
	사용량	사업장수		노출근로자
		제조	취급	
1993년 제조업체 실태조사보고서	86만통	2	48	432
1997년 공단기술지원보고서		1	103	1,296
1998년 산보연 역학조사		1	110	2,007

3. 업종별 평균 근무기간, 교대형태 및 하루평균 작업시간

기중 유기용제의 과폭로 가능성을 정확히 평가하기 위하여 업종별로 식사시간 및 휴식시간을 제외한 실 작업시간을 조사하였다. 그 결과 주로 중소규모 사업장의 경우 주야 2교대, 12시간 주간근무가 많았으며, 합성섬유 제조업 등의 대규모 사업장의 경우 8시간 3교대 작업을 하였다.

표 3-3. 업종별 예비조사 사업장 교대 종류 및 실 작업시간

업종	하루 평균 실 작업시간		
	주간근무	2교대	3교대
1차 사전조사	합성피혁	9	10.5
	천연피혁가공	8	
	섬유코팅가공	8	9.8
	합성섬유		8
2차 사전조사	정밀화학		
	전자		
	의약품		8
	음반, 전선, 음반, 인쇄업, 자동차부품, 목재, 플라스틱		

4. 작업환경측정 실태

사전조사 결과 '95-'97년 동안의 작업환경 측정에서는 합성피혁제조업의 노출 기준 초과 건수가 가장 많았다. 또한 대부분의 사업장에서 배합, 코팅 공정만 DMF를 측정하는 것으로 나타났다.

표 3-4. '95-'98 작업환경측정 노출기준 초과 건수 및 DMF 측정공정

	업종	DMF 노출기준 초과 건수						DMF 측정된 공정 및 사업장 수
		95상	95하	96상	96하	97상	97하	
1차 사전조사	합성피혁제조 천연피혁가공	1	1	2	4	2	5	배합 코팅공정 만 측정 12 인쇄, 건조공정 포함 2
	섬유코팅가공	0	0	3	2	2	0	배합, 코팅공정만 23 텐터공정 포함 1
	합성섬유	1	1	1	1	1	1	중합 방사 세정 2
	정밀화학	0	0	0	0	0	0	정제 합성, 반응, 용해 4
2차 사전조사	전자	0	0	0	0	0	0	조액 1
	의약품	0	0	0	0	0	0	반응 1
	그외*	0	0	0	0	0	0	세척, 인쇄, 도장 5
	총 계	2	2	6	7	5	6	51

* 음반, 전선, 음반, 인쇄업, 자동차부품, 목재, 프라스틱

5. 특수건강진단에서 간기능 소견 실태

'95-'97년 동안 특수건강 진단결과 간기능 요주의 이상자는 합성섬유제조업과 합성피혁제조업에서 높았다.

표 3-5. '95-'97년간의 특수건강진단상 간기능 요주의 이상자

업종	사업 장수	근로 자수	간기능 요주의 이상자 수												
			95상		95하		96상		96하		97상		97하		
			수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	
1차 사전 조사	합성·피혁 천연·피혁가공	13	461	8	1.7	25	5.4	19	4.1	33	7.1	26	5.6	62	13.4
	섬유코팅가공	24	210	11	5.2	12	5.7	18	8.5	9	4.2	16	7.6	15	7.1
	합성섬유	2	300	1	0.3	10	3.3	46	15.3	56	18.6	51	17.0	68	22.6
2차 사전 조사	정밀화학	4	89	7	7.8	7	7.8	10	11.2	10	11.2	10	11.2	11	12.3
	전자	1	24									2	8.3		
	의약품	1	5												
	그외*	6	43			2	4.6					1	2.3	1	2.3
총 계		51(1132)		27	2.3	56	4.9	93	8.2	108	9.5	106	9.3	157	13.8

* 음반, 전선, 음반, 인쇄업, 자동차부품, 목재, 프라스틱

6. 조사 대상

사전조사를 통해 업종별로 합성섬유제조업 2개소, 섬유코팅가공업 4개소, 합성피혁제조 9개소, 도료제조업 1개소 총 16개 사업장 579명을 본조사대상으로 선정하였다.

나. 본조사

1. 조사대상의 일반적 특징

가) 업종별

업종별로 조사대상의 나이는 주로 20대 후반에서 30대였고, 비만도는 22-23 Kg/m²으로 과체중의 범주에 드는 사람은 거의 없었다. 대부분의 조사대상 근로자들은 입사이전에 동종 업계에 근무했던 경력이 있어 과거에 DMF에 폭로되었던 기간이 있었으며, DMF 이외의 유기용제를 사용하는 사업장에 근무했던 기간도 수개월 있었다.

표 3-6. 조사대상의 일반적 특징, 업종별

업종	근로자수 (남/여)	나이*	비만도 (Kg/m ²)	음주량* (g/day)	흡연량* (PackYear)	유기용제 노출기간(개월)			
						DMF		기타*	
						현부서*	과거폭로		
합성섬유	201	평균	28	22.3	15.5	5.0	26.7	9.3	2.9
	(145/56)	편차	8	3.6	24.8	6.0	31.3	30.5	12.5
섬유코팅	113	평균	34	22.0	15.5	5.2	37.2	18.5	4.5
	(93/20)	편차	9	2.2	20.5	5.6	49.7	39.3	18.3
합성피혁	227	평균	32	22.1	22.1	6.5	45.8	11.0	3.9
	(223/4)	편차	8	2.5	27.0	7.4	43.1	33.2	20.1
도료	38	평균	37	23.2	31.4	8.0	96.0	8.5	19.9
	(37/1)	편차	8	2.2	58.3	8.0	59.1	25.6	52.3

*p < 0.05

나) DMF 폭로수준별

본 역학조사의 작업환경측정 결과를 이용하여 조사대상 근로자를 DMF 폭로수준에 따라 I-IV군으로 구분하였다. 기중 DMF폭로 수준이 0.5 ppm 미만인 경우 I군, 0.5 이상 3 미만인 경우 II군, 3 이상 7 미만을 III군, 7 ppm 이상인 경우IV군으로 분류하였다. 각 군별로 나이, 흡연량, 근무기간을 비교했을 때 군별로 유의한 차이는 없었으며 비만도는 I 군에서, 음주량은 II군에서 높았다.

표 3-7. DMF 폭로수준군별 조사대상의 일반적 특징

업종	근로자수 (남/여)		나이	비만도* (Kg/m ²)	음주량* (g/day)	흡연량 (PackYear)	유기용제 노출기간(개월)		
							DMF		기타
							현부서	과거부서	
I 군	127	평균	31	22.6	14.2	5.7	36.4	11.2	43
	(94/33)	편차	9	4.3	18.8	7.5	16.2	31.2	17.1
II 군	197	평균	32	22.6	18.3	6.2	43.0	10.3	6.0
	(158/39)	편차	9	2.4	31.6	7.5	43.4	33.1	28.3
III 군	111	평균	30	21.8	24.7	5.5	38.9	13.5	4.6
	(103/8)	편차	7	2.1	34.0	5.6	43.3	34.2	22.2
IV 군	144	평균	30	21.7	20.3	5.6	42.8	44.6	3.6
	(143/1)	편차	8	2.4	26.0	5.6	12.7	34.0	12.2

* P<0.05

다) 공정유형별

조사대상을 작업 중 폭로특징을 기준으로 공정 유형 A, B, C 군으로 나누었다. A 군은 작업 중 계속적으로 DMF 원액이나 DMF 함유 수지용액 등을 직접 다루는 과정에서 호흡기와 피부로 DMF가 폭로되는 공정, B 군은 A와 유사하나 직접 피부가 용제에 닿을 기회가 간헐적인 경우, C 군은 고폭로 가능성이 있는 공정의 주위에 있는 작업으로, 주로 준비공정이나 마무리 공정 등을 수행하는 과정에서 저농도의 호흡기 폭로가 있는 공정으로 분류하였다.

표 3-8. 조사대상의 공정 유형별 작업 중 DMF 폭로 경로

	공정 유형	합성섬유제조	섬유코팅가공업	합성피혁제조	도료제조업
A군	고농도의 호흡기폭로 계속적인 피부폭로		배합, 코팅, 인쇄		배합, 합성
B군	중농도의 호흡기폭로 간헐적 피부폭로	중합, 회수, 토출, 세정, 방사, 권취			
C군	간헐적인 저농도의 호흡기 폭로	CP room 작업	원단권취, 마킹, 지편, 박리, 숙성, 건조, 엠보, 기모, 텐터, 카렌다, 싸이어, 해포, 씨레, 검사, 포장, 실험실, 공무, 라인관리		도료포장

공정유형별로 비만도와 흡연량은 유의한 차이가 없었으나 나이는 B군이 29세로 다른 군보다 작았으며, 음주량과 현 작업장에서의 DMF 폭로기간은 A군에서 높았다.

표 3-9. 조사대상의 공정유형별 일반적 특징

업종	근로자 (남/여)	나이*	비만도 (Kg/m ²)	음주량* (g/day)	흡연량 (PackYear)	유기용제노출기간(개월)		
						DMF		기타
						현부서*	과거폭로	
A 군	251 평균	32	22.0	22.5	6.2	50.0	13.7	5.4
	(249/2) 편차	8	2.4	27.3	6.5	50.5	36.0	23.2
B 군	178 평균	29	22.2	16.8	5.8	29.0	10.0	1.7
	(145/33) 편차	8	2.5	25.8	6.1	31.1	60.3	11.0
C 군	150 평균	33	22.6	16.2	5.2	39.4	10.5	7.2
	(104/46) 편차	10	4.0	33.0	7.5	47.0	31.2	27.3

* P<0.05

2. 작업환경측정

가) 업종별 공정별 DMF 및 톨루엔, MEK 폭로 실태 평가

(1) 업종별, 공정별, 유기용제 평균폭로농도

작업환경측정결과 합성섬유 제조업 중 1개 사업장은 DMF와 DMAC에 폭로되고 있었으며, 섬유코팅가공업과 합성피혁제조업은 DMF, MEK, 톨루엔에 폭로되고 있었다. 공정별, 사업장별 평균 DMF 폭로는 합성피혁제조업이 3-20.9 ppm으로 가장 높았다.

표 3-10. 업종별 사업장별 작업환경측정 결과 단위: ppm

업종	사업장 명	측정수	DMF			DMAC			톨루엔			MEK		
			GM	AM	범위	GM	AM	범위	GM	AM	범위	GM	AM	범위
합성섬유 제조	합섬-1	80	0.5	4.3	0-96.2	0.2	3.3	0-104	ND			ND		
	합섬-2	39	1.2	2.1	0.1-10.6	ND			ND			ND		
섬유 코팅가공	코팅-1	17	3.4	4.3	1.3-13.1	ND			6.1	8.8	1.6-30.5	1.5	3.3	0.2-19.1
	코팅-2	17	5.9	13.1	1.2-10.7	ND			10.6	24.8	0-75.1	3.9	8.1	0-23
	코팅-3	17	2.7	4.2	0.2-9.4	ND			9.8	1.7	1-4.5	1.9	4.3	0.1-14.4
	코팅-4	20	5.4	7.8	0-16	ND			6.7	22.5	0-76.9	7.2	34.7	0-140
합성피혁 제조	피혁-1	30	7.6	9.6	0.5-20.1	ND			1.0	7.2	0-5.2	1.2	5.7	0-36
	피혁-2	25	11.6	1.3	5.3-35.6	ND			3.1	1.4	0.2-18.6	3.3	26.7	0.2-49.9
	피혁-3	24	4.9	6.6	0.7-3.2	ND			3.1	5.7	0-17.6	2.7	6	0-27.3
	피혁-4	12	5.5	7.5	1.4-17.2	0.2	0.2	0.1-0.5	6.7	14.8	0-4.5	10.3	31.1	0-88
	피혁-5	6	3.3	3.5	1.8-5.6	ND			11.3	11.9	8.7-21.5	41.2	43.7	19.5-65
	피혁-6	9	20.9	2.2	13.5-4.2	ND			3.7	3.9	2.4-5.8	2.1	2.5	1-7.7
	피혁-7	9	0.8	1.7	0-4.1	ND			ND			ND		
	피혁-8	21	10.2	13.6	3.3-55.5	ND			3.5	10.6	0.3-67.8	3.6	21.9	0.1-18.1
도료제조	도료-1	19	0.7	2.0	0.7.4	ND			1.3	3.8	0.2-15.9	0.4	2.6	0-17.8

GM: 기하평균 AM: 산술평균

(2) 업종별 사업장별 DMF 노출초과 수

다수의 사업장에서 DMF 이외에 다른 유기용제에 혼합폭로 되고 있었는데, DMF 노출기준 초과자는 합성피혁제조업에서 가장 많았으며, 측정자의 50% 이상이 초과자인 사업장이 3개 사업장이며 이 중 측정자 전체가 노출기준을 초과한 곳도 있었다. MEK, DMAC, 톨루엔 등을 감안하여 혼합유기용제 초과자까지 포함하면, 측정자의 50% 이상이 노출기준을 초과한 사업장은 16개 사업장 중 6개 사업장으로, 전체 작업환경측정 자 345명 중 96명(27.8%)에서 노출기준을 초과하였다.

표 3-11. 업종별 사업장별 작업환경측정 노출기준 초과 수

업종	사업장 명	측정수	기중 DMF						혼합유기 용제 초과 수*	노출기준 초과 총수*	
			10ppm 이상		8ppm 이상		5ppm 이상			수	%
			수	%	수	%	수	%			
합성섬유 제조	합섬-1	80	3	3.7	4	5.0	9	11.2	3	6	7.5
	합섬-2	39	1	2.5	1	2.5	3	7.6		1	2.5
섬유 코팅가공	코팅-1	17	2	11.7	3	17.6	4	23.5	1	3	17.6
	코팅-2	17	3	17.6	4	23.5	10	58.8	6	9	52.9
	코팅-3	17	0	0.0	2	11.7	7	41.1	3	3	17.6
	코팅-4	20	6	30.0	9	45.0	14	70.0	3	9	45.0
합성피혁 제조	피혁-1	30	14	46.6	17	56.6	22	73.3	3	17	56.6
	피혁-2	25	15	60.0	20	80.0	25	100.0	2	17	68.0
	피혁-3	24	3	12.5	6	25.0	9	37.5	1	4	16.6
	피혁-4	12	4	33.3	6	50.0	6	50.0	2	6	50.0
	피혁-5	6	0	0.0	0	0.0	1	16.6	1	1	16.6
	피혁-6	9	9	100.0	9	100.0	9	100.0		9	100.0
	피혁-7	9	0	0.0	0	0.0	0	0.0		0	0.0
	피혁-8	21	11	52.3	13	61.9	16	76.1		11	52.3
도료제조	도료-1	19	0	0.0	0	0.0	1	5.2		0	0.0
계		345	71	20.5	94	27.2	136	39.4	25	96	27.8

* DMF 10 ppm 이하인 자에서 혼합유기용제의 초과수

+ DMF 와 혼합유기용제 노출기준 이상자 수

(3) 업종별 DMF 노출초과 공정

각 업종별로 기준 DMF 초과공정을 분류해 보면 합성섬유제조업에서는 주로 습식부서 중합과 방사공정에서 구급세척업무와 반응원업무였으며 그 외 토출이나 방사조업무도 5-8ppm 정도로 노출되었다. 합성피혁제조업에서는 주로 습식, 건식 공정의 코팅, 합성, 배합업무였는데, 준비 또는 마무리 공정에 해당하는 건조, 버핑, 인쇄 등에서도 초과자가 있었으며 원단권취나 박리에서 5-8ppm으로 노출되는 경우가 있었다. 준비작업이나 마무리 공정에서 노출기준이 초과된 것은 주로 공정별로 작업공간이 분리되지 않아 코팅라인 등 노출초과가 심한 공정의 영향을 받은 때문으로 생각되었다.

(4) 교대조별 DMF 노출초과건수

교대조별로 작업환경 측정 초과자를 분류해 보면 2교대나 3교대 작업의 경우 교대조별로 초과자가 고루 분포하였다.

표 3-12. 교대조별 작업환경 측정 노출기준 초과자 수

업종	사업장 명	근무형태 실작업시간	측정수	노출기준초과 총수*	
				교대조별	계
합성섬유 제조	합섬-1	주간, 3교대 8시간	80	1(주간) 1(아침) 2(오후) 2(야간)	6
	합섬-2	주간, 3교대 8시간	39	1(주간)	1
섬유 코팅 가공	섬유-1	2교대 10시간	17	3(낮근무)	3
	섬유-2	주간근무 8시간	17	4(주간), 5(낮근무)	9
	섬유-3	2교대 11시간	17	2(낮근무), 1(밤근무)	3
	섬유-4	2교대 10시간	20	5(낮근무), 4(밤근무)	9
합성피혁 제조	피혁-1	2교대 10시간	30	3(주간), 8(낮근무), 6(밤근무)	17
	피혁-2	2교대 10시간	25	11(주간), 6(낮근무)	17
	피혁-3	2교대 10시간	24	1(주간), 3(낮근무)	4
	피혁-4	주간근무 9시간	12		6
	피혁-5	주간근무 8시간	6		1
	피혁-6	주간근무 8시간	9		9
	피혁-7	3교대 8시간	9		0
	피혁-8	2교대 11시간	21		11
도료 제조	도료-1	주간근무 8시간	19		0
계			345		96

나) 과거 작업환경측정기관 자료와의 비교

본 역학조사 결과와 비교적 차이가 많이 나는 과거의 측정은 주로 수원지방의 합성피혁제조업 사업장의 과거측정인 것으로 나타났다. 이러한 차이를 평가하기 위해서는 해당 사업장의 환기시설 점검 등을 통해 과폭로 가능성을 평가할 필요가 있으며, 또한 작업환경 측정 당일의 작업량에 많은 영향을 받았을 것으로 추정된다.

표 3-13. 95-97년동안의 작업환경측정 결과와 본역학조사 결과의 비교

업종	사업장	공정	역학조사 결과	과거 작업환경 상 DMF 폭로수준(ppm)						작업환경 측정기관
				95상	95하	96상	96하	97상	97하	
합성섬유	합섬-1	중합, 방사, 구금	0.1 - 96	2-17	2-15	12-33	7-19	1-12	10-18	* 기관-1
		권취, 실험실	0.1 - 7.2	0	0	0	0	0-2.4	0-2	
	합섬-2	중합, 방사, 세정	0.5 - 10.6		97하	부터	가동	될		* 기관-2
섬유코팅	코팅-1	배합, 코팅, 텐터	3 - 13.1 1 - 2	-	-	1 ND	ND ND	ND ND	2-5 3	* 기관-3
	코팅-2	코팅	1.2 - 107	-	-	23.9	9.7	5.7	ND	* 기관-4
	코팅-3	배합, 코팅	0.2 - 9.3	3-9	0-4	5-10	1-5	2-8	0.1-6	* 기관-3
	코팅-4	배합, 코팅	0.1 - 16	-	3-4	8-30	9	8-10	4-7	* 기관-3
합성피혁	피혁-1	배합, 코팅, 인쇄	0.4 - 20	-	4	ND	4-6	6	4-61	* 기관-5 : '95까지
			4 - 7	-	ND	ND	ND	ND	13	* 기관-6 : '95~'97
			5 - 36	-	-	ND	ND	ND	ND-1	* 기관-7 : '97까지
	피혁-2	배합, 합성, 코팅	6 - 15	-	-	ND-9.8	ND	ND-0.1	3-7	* 기관-5
	피혁-3	배합, 코팅	0.6 - 32	4	10	10-16	3.1	12	10	* 기관-7 * 기관-10
	피혁-4	배합, 합성	0 - 4	-	-	ND	ND	ND	1	* 기관-11 * 기관-2
	피혁-5	배합, 코팅	1 - 17	-	-	*	ND-3.3	2.6-9.6	7.2-8.1	* 기관-13
	피혁-6	코팅	1 - 6	-	-	*	*	*	3.4-8.4	* 기관-13
	피혁-7	배합, 합성, 인쇄	13 - 41	2-4	4.3-32	16-21	14-53	ND-14	10-34	* 기관-13
	피혁-8	배합, 코팅, 비평	3 - 55	-	-	-	ND-1.2	ND-8.9	4.7-14	* 기관-9 * 기관-14
도료	도료-1	합성, 반응, 포장	0 - 8	-	-	0.1	2	5-7	1-5	* 기관-15

ND : 불검출

- : 자료없음(사업주 보관 미비)

* : 미측정

3. 생물학적 모니터링

가) 업종별 요증 NMF

업종별 사업장별 요증 NMF 검사결과 합성피혁제조업 사업장들이 가장 높았고, 참고치 초과자 수도 합성피혁제조업이 가장 많았다. 검사자의 50% 이상이 초과자였던 사업장은 합성피혁제조 사업장 4개였으며 총 검사자 423명 중 121명 (28.6%)에서 참고치를 초과하였다.

표 3-14. 업종별 사업장별 요증 NMF

업종	사업장 명	검사수	평균		범위		30이상				40이상			
							mg/L		mg/ g C		mg/L		mg/ g C	
			mg/L	mg/ g C	mg/L	mg/ g C	수	%	수	%	수	%	수	%
합성 섬유 제조	합섬-1	105	0.7	3.2	0-91	0-65	21	20	14	13	13	12	7	7
	합섬-2	46	13.3	11.6	0-84	0-82	7	15	5	11	3	7	3	7
섬유 코팅 가공	코팅-1	26	11.2	7.0	0-56.5	0-44	2	8	4	15	1	4	3	12
	코팅-2	15	15.6	16.6	7-67	6-72	3	20	3	20	2	13	2	13
	코팅-3	17	16.3	11.0	0-108	0-78	6	35	5	29	6	35	6	35
	코팅-4	21	15.0	12.6	2-71	1-63	5	24	3	14	3	15	1	5
합성 피혁 제조	피혁-1	61	13.8	15.3	0-515	0-515	11	18	19	32	7	12	13	21
	피혁-2	33	44.4	22.9	0-206	1-194	25	76	17	52	21	64	11	33
	피혁-3	47	9.8	4.2	0-156	1-81	6	13	5	11	5	11	4	9
	피혁-4	21	29.7	17.6	2-246	3-360	8	38	5	24	4	19	5	24
	피혁-5	8	26.6	24.5	14-45	17-35	4	50	2	25	3	38	0	0
	피혁-6	10	127.7	94.7	11-521	32-268	10	100	10	100	10	100	8	80
	피혁-7	13	13.8	6.6	0-55	0-27	1	8	0	0	1	8	0	0
	피혁-8	20	40.0	25.3	6-213	5-174	12	60	8	40	10	50	4	20
도료 제조	도료-1	32	5.9	2.6	0-14	0-9	0	0	0	0	0	0	0	0
계		423					121	28.6	100	23.6	121	28.6	100	23.6

나) 업종별 NMF 초과 공정

대부분 기중 DMF 가 초과되었던 공정에서 요중 NMF가 노출기준을 초과하고 있으나, 일부 업무에서는 기중 DMF 폭로수준에 비해 요중 NMF 검사치가 초과되었는데, 이러한 차이는 개인적 차이 뿐 만 아니라 작업방식에 따른 DMF의 폭로경로나 함께 폭로되는 다른 유기용제 등의 영향이 있었을 것으로 생각된다.

표 3-15. 업종별 요중 NMF 초과공정

공정			업무	업무
업종			30 mg/L 이상	40 mg/L 이상
합성섬유 제조	습식	중합	반응보조원, 점검원	반응보조원, 점검원,
		방사	방사조(Spining bath), 토출, 구금세척, 권취(Tack-up)	방사조(Spining bath), 토출, 구금세척
	건식	중합	중합운전,	중합운전,
		방사	추관리원, 검사 및 포장 구금(pack)교환, 구금세척	추관리원, 검사 및 포장(doffing) 구금(pack)교환, 구금세척
섬유 코팅가공	습식	배합, 코팅	배합, 코팅	
	건식	배합, 코팅	배합, 코팅	
합성피혁 제조	습식	배합, 코팅(dipping 함침)	배합, 코팅(dipping 함침)	
	건식	배합, 코팅(도포, 침합, 라미네이팅 등)	배합, 코팅(도포, 침합, 라미네이팅 등)	
		그외	중합, 인쇄, 원단권취, 검사, 텐터, 건조, 버핑	중합, 인쇄, 원단권취, 검사, 텐터, 건조
도료 제조				

다) NMF의 배설에 영향을 준 인자들의 파악

(1) DMF 폭로농도별, 작업유형별 요중 NMF

요중 NMF 농도는 작업 유형별로 A 군과 C 군에서는 DMF의 폭로수준이 증가함에 따라 증가하였으나, B 군에서는 그러한 변화가 뚜렷하지 않았다. 이것은 작업유형별로 작업 중 폭로경로나 폭로물질이 다르기 때문으로 생각되었다.

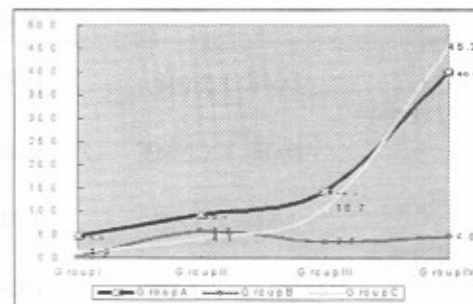


그림 3-1. DMF 폭로수준별, 작업유형별 요중 NMF 변화

(2) 다른 유기용제의 사용에 따른 요증 NMF의 변화

톨루엔에 폭로되는 집단은 DMF에 폭로 증가에 의한 NMF의 증가가 나타났으나, 톨루엔을 쓰지 않는 집단에서는 이러한 증가가 불명확하였다.

DMAC의 폭로유무에 따라서는 NMF와 DMF의 관련성이 크게 차이하지 않았으며 유사한 증가를 보였다.

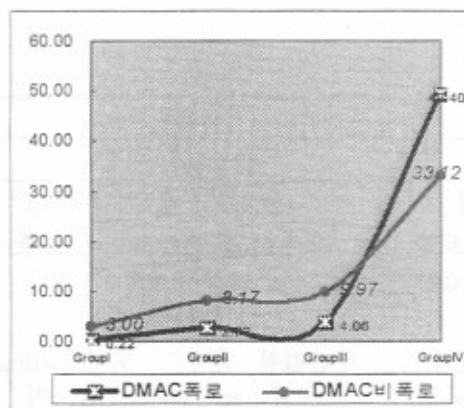


그림 3-2. DMAC 폭로 유무에 따른 요증 NMF의 변화

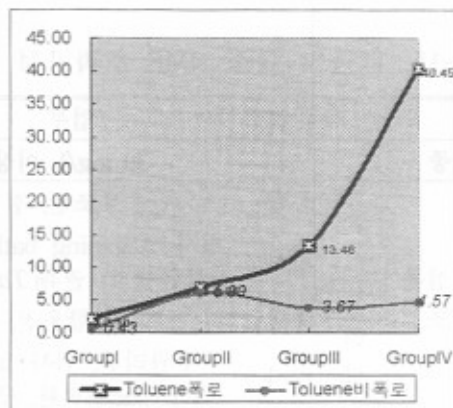


그림 3-3. 톨루엔 폭로 유무에 따른 NMF배설의 변화

(3) 기증 DMF와 요증 NMF 상관 분석

DMF와 NMF의 상관성은 저농도 호흡기 폭로가 특징인 C 군에서 0.8로 가장 높았고, A군은 0.35로 낮았으며 B군은 유의한 상관성이 없었다. 따라서 공정별로 DMF 폭로농도에 따라 실제 체내에 흡수되는 양은 다를 수 있는 것으로 나타났다.

표 3-16. 공정유형별 DMF와 NMF의 상관성

		전체	A 군	B 군	C 군
상관계수	DMF * NMF	0.58	0.35 (<0.001)	0.08 (0.4)	0.80 (<0.001)
	DMF * CNMF	0.35	0.29 (<0.001)	-0.01 (0.9)	0.78 (<0.001)
회귀계수	NMF = DMF	1.24	1.62 (<0.001)	0.11 (0.4)	4.33 (<0.001)
	CNMF = DMF	0.98	1.28 (<0.001)	-0.02 (0.9)	2.26 (<0.001)

CNMF : 크레아티닌 보정치(mg/g creatinine), NMF : 크레아티닌 비보정치(mg/L)

(4) 상관 및 회귀분석

다른 유기용제의 혼합폭로 효과가 요중 NMF의 배설에 영향을 주었는지를 평가하기 위하여 톨루엔 폭로 유무에 따라 기중 DMF와 요중 NMF의 상관성을 각각 평가해보면 톨루엔 폭로군에서 상관성이 더 높게 나타나고 있는 것으로 보아 톨루엔폭로가 영향을 미치는 것을 추정할 수 있다.

표 3-17. 톨루엔 폭로에 따른 DMF와 NMF의 상관성

		톨루엔 비폭로군	톨루엔 폭로군
상관계수	DMF * NMF	0.08 (0.36)	0.38 (<0.001)
	DMF * CNMF	-0.001 (0.93)	0.32 (<0.001)
회귀계수	NMF = DMF	0.12 (0.37)	1.78 (<0.001)
	CNMF = DMF	-0.001 (0.085)	1.418 (<0.001)

CNMF :크레아티닌 보정치(mg/ g creatinine)

NMF:크레아티닌 비 보정치(mg/L)

라) 간기능 이상과 요중 NMF (다중 분산분석 통한 Least Square Mean)

기중 DMF의 농도를 보정 한 상태에서, 간기능이상자에서 정상자 보다 유의하게 높았다. 간기능 이상유무에 따른 이러한 차이는 기중 DMF 농도가 낮을 때는 명확히 보이지 않으며, 오히려 간기능 정상자의 요중 NMF가 더 높아 보이지만, 기중 DMF가 고농도인 경우 간기능 이상자가 정상자 보다 현저히 높은 요중 NMF수준을 보였다.

표 3-18. 간기능이상 유무에 따른 요중 NMF의 최소자승평균

DMF폭로수준		I 군	II 군	III 군	IV 군	계
간기능 정상	mg/L	14.6 (5.6-23.6)	12.8 (5.1-20.6)	19.5 (10.8-28.3)	41.8 (33.6-49.9)	22.2 (18.0-26.4)
	mg/g creatinine	12.1 (3.5-20.6)	12.1 (4.8-19.5)	19.5 (11.2-27.9)	33.0 (25.3-40.7)	19.2 (15.2-22.2)
간기능 이상	mg/L	13.4 (0-31.8)	10.8 (0-23.8)	25.5 (11.0-40.0)	70.9 (59.2-82.5)	30.1 (22.8-37.4)
	mg/g creatinine	12.3 (0-30.3)	9.1 (0-21.5)	15.5 (1.8-29.3)	66.7 (55.7-77.8)	25.9 (18.9-33.0)

마) 음주와 요중 NMF

DMF 폭로에 따른 NMF 배설의 증가가 음주자와 비음주자에서 차이나는지를 보기위하여 보정된 NMF(mg/g creatinine)의 기하평균에 대한 다중비교를 실시한 결과, DMF의 폭로농도가 낮을때는 음주자와 비음주자가 유사하게 나타나지만, 기중 DMF가 고농도일 경우에는 음주자에 비해 비음주자의 요중 NMF가 유의하게 높았다.

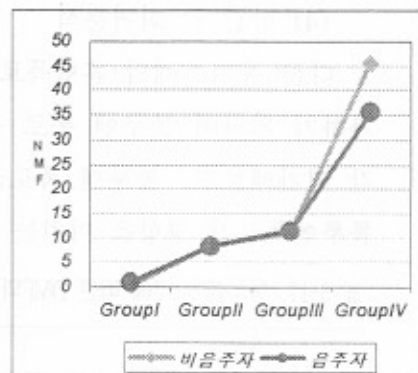


그림 3-4. 음주와 요중 NMF배설

4. 간기능검사 결과

조사대상의 간기능검사 결과 전체 간기능검사 대상자 533명 중 140명(26.3%)이 한종목 이상의 간기능검사에서 이상을 보였으며 바이러스성 간염지표 양성자는 B형 항원 양성자가 30명(5.6%), C형 항체 양성자가 11명(2.0%)였다. 이들 중 현재 담낭염이나 췌장염, 담석증 등 명확한 다른 원인에 의한 간질환을 앓고있는 자와 간기능에 영향을 줄 수 있는 약물을 현재 1개월 이상 복용중인 자를 제외한 총 501명중에서는 130명(25.9%)이 하나이상의 간기능 검사항목에서 이상을 보였다.

가) 연령별, 성별 간기능검사 결과

간기능이상자는 여자(6%)보다 남자(28%)에서 유의하게 많았으며, 40세 이상에서 30%로 40세 이하보다 많았다. 검사항목별로는 남자에서 AST, ALT, GGT, ALP, Bilirubin 이상자가 각각 7%, 13%, 10%, 15%, 8%였고, 여자는 AST, ALT 이상자가 각각 1%, 2%로 남, 여 모두 ALT이상자가 많았다. 바이러스성 간염지표 양성자중 간기능이상을 나타내었던 자는 15명(40%)이었고, 간기능이상자의 12%가 바이러스성 간염지표 양성이었다.

표 3-19. 연령별, 성별, 항목별 간기능검사 이상자

연령	검사수 (남/여)	간기능 이상자수		AST				ALT				GGT				ALP				Bilirubin			
		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여	
		N (%)	N (%)	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %
-30	241 (208/33)	59 (28)	1(3)	13 6	1 3	26 13	0 0	14 7	0 0	7 3	0 0	20 10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
30-40	179 (169/10)	46 (27)	0(0)	15 9	0 0	20 12	0 0	22 13	0 0	4 2	0 0	11 7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
40-	81 (70/11)	22 (31)	2(19)	5 7	0 0	12 17	1 9	9 9	13 0	4 6	1 9	4 6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
계	501 (447/54)	127(28)	3(6)	33 7	1 2	58 13	1 2	45 10	0 0	15 4	1 2	35 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

간기능검사자 533명 중 당뇨병, 췌장염, 담석증 질환자와 현재 약물복용 중인 자 제외

N(%) : 이상자수(이상자 백분율)

나) 성별 연령별 검사항목별 효소활성치 평균

검사항목별 효소활성치에 대해 성별 연령별 산술평균과 표준편차를 구했을 때 AST, ALT, GGT, ALP Bilirubin 평균이 남자에서 각각 29 ± 34.0 U/L, 20 ± 50.5 U/L 30 ± 29.6 U/L, 74 ± 19.5 U/L, 0.6 ± 0.4 mg/dL로 여자보다 높았다.

표 3-20. 연령별, 성별 간기능검사 항목별 평균 효소활성치

연령	검사수 (남/여)	AST				ALT				GGT				ALP				Bilirubin			
		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여		남 여	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
-30	241 (208/33)	30	48.2	19	9.9	32	72.6	13	5.3	25	24.2	11	4.2	75	19.6	66	66	0.6	0.4	0.4	0.1
30-40	179 (169/10)	28	13.0	17	2.9	28	18.0	11	2.3	34	32.2	10	3.3	70	17.0	58	58	0.6	0.2	0.6	0.2
40-	81 (70/11)	28	16.4	21	7.3	29	15.6	19	9.5	32	32.1	13	6.8	77	22.2	73	73	0.6	0.2	0.4	0.1
계	501 (445/54)	29	34.0	20	9.0	30	50.5	14	6.4	30	29.6	11	4.5	74	19.5	66	66	0.6	0.3	0.4	0.2

간기능검사자 533명 중 당뇨병, 췌장염, 담석증 질환자와 현재 약물복용 중인 자 제외

M: 산술평균, SD 표준편차

다) 업종별 간기능검사 결과

간기능이상자는 합성피혁제조업에서 67명(30.7%)로 가장 많았는데 이 업종은 특히 ALT 증가자가 많았다. 도료제조업은 빌리루빈 증가자가 4명(12.9%)으로 많았다.

표 3-21. 업종별 간기능이상자

업종	질 환자 제외 감사	바이러스성간염						AST		ALT		GGT		ALP		Bilirubin	
		간기능이상		B형항원양성		C형항체양성											
		수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%
합성섬유제조	(151)	32	21.2	9	5.7	0	0	8	5.3	15	9.9	8	5.3	4	2.7	10	6.6
섬유코팅업	(101)	22	21.8	7	6.9	3	3.0	6	5.9	7	6.9	6	5.9	4	4.0	8	7.9
합성피혁제조	(218)	67	30.7	13	6.0	6	3.0	18	8.2	36	16.5	29	13.3	6	2.8	13	6.0
도료제조	(31)	9	29.0	0	0	1	3.2	2	6.5	1	3.2	2	6.4	2	6.5	4	12.9
계	(501)	130	26.0	29	5.8	10	2.0	34	6.8	59	11.8	45	9.0	16	3.2	35	7.0

라) DMF폭로 농도별 간기능 이상 결과

DMF 폭로수준이 높을수록 간기능이상자의 수는 증가를 보였는데, I-IV군으로 갈수록 간기능이상자의 백분율이 18.5%, 25%, 26%, 33%로 증가하였다. 검사항목별로는 ALT 검사항목에서 폭로수준에 따라 유의한 증가가 있었으며 빌리루빈도 폭로수준에 따른 유의한 차이를 보였다.

표 3-22. DMF폭로 수준별 간기능 이상자

구분	I 군 (103)				II 군 (152)				III 군 (110)				IV 군 (136)				계 (501)			
	GM	SD	N	%	GM	SD	N	%	GM	SD	N	%	GM	SD	N	%	GM	SD	N	%
AST	22.9	1.4	5	4.9	23.2	1.4	8	5.3	25.3	1.6	9	8.2	26.3	1.5	12	8.8	24.3	1.5	34	6.8
ALT*	21.6	1.6	10	9.7	19.7	1.6	12	7.9	22.0	1.9	10	9.1	25.5	1.8	27	19.9	22.0	1.8	59	11.8
GGT	19.6	1.9	6	5.8	19.3	2.1	15	9.9	19.9	2.0	9	8.2	23.0	2.0	15	11.0	20.3	2.0	45	9.0
ALP	74.4	1.2	3	2.9	69.4	1.3	7	4.6	69.8	1.3	2	1.8	68.4	1.3	4	2.9	70.1	1.3	16	3.2
Bilirubin*	0.4	1.6	4	3.9	0.5	1.6	9	5.9	0.6	1.7	14	12.7	0.5	1.5	8	5.9	0.5	1.6	35	7.0
계†			19	18.5			38	25.0			28	25.5			45	33.1			130	26.0

*: p<0.008 †: p=0.08

마) 작업유형별 간기능이상 결과

작업유형별로 간기능이상자 수는 뚜렷한 차이를 보였는데 A군에서 32%로 다른 군보다 높았으며 검사항목별로는 AST, ALT, GGT에서 이러한 경향을 주로 나타내었다. ALP증가자는 주로 C군이었는데, 통계적 유의성은 없었다.

표 3-23. 작업유형별 간기능이상자

구분	A 군 (236)		B 군 (149)		C 군 (116)		계 (501)	
AST	20	8.5	9	6.0	5	4.3	34	6.8
ALT*	36	15.3	15	10.1	8	6.9	59	11.8
GGT*	30	12.7	7	4.7	8	6.9	45	9.0
ALP	6	2.5	4	2.7	6	5.2	16	3.2
Bilirubin	20	8.5	10	6.7	5	4.3	35	7.0
계*	75	31.8	32	21.5	23	19.8	130	26.0

*: p<0.008

바) DMF폭로 농도별, 작업유형별 간기능 이상자

DMF폭로수준과 작업유형간의 상호작용을 평가하기 위하여 폭로수준별, 작업유형별로 층화분석한 결과 A군에서는 DMF 7ppm이상의 고폭로에서 따라 간기능 이상이 증가되는 경향이 있고, B와 C군에서는 이러한 증가가 전체적으로 완만하거나, 일정치 않았다. 이러한 결과는 B와 C군에 DMF 7ppm이상의 고폭로자가 작았기 때문일 수도 있으나, A군의 작업특징과 동시 폭로되는 다른 유기용제의 영향도 있었을 것으로 생각된다.

사) 사용 유기용제별 간기능이상

DMF 폭로 수준별 간기능 이상의 변화양상에 다른 유기용제의 사용이 영향을 주었는지 보기위한 경향분석(Trend test)을 실시하였다. 그 결과 DMAC 폭로 유무에 따라서는 DMF 폭로 수준별 간기능 이상의 변화가 유사하였지만, 톨루엔, MEK의 폭로유무에 따른 DMF 폭로 수준별 간기능 이상의 변화는 다르게 나타났으며, 특히 DMF가 7ppm이상인 경우 톨루엔, MEK의 폭로자에서 간기능이상자의 비율이 높았다.

표 3-24. DMF & 다른 유기용제 폭로와 간기능이상

다른 요인 DMF 수준	작업유형						톨루엔				DMAC				MEK			
	A 군 (236)		B 군 (149)		C 군 (116)		비폭로 (170)		폭로 (331)		비폭로 (396)		폭로 (105)		비폭로 (95)		폭로 (166)	
	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%
I 군 (95)	6	30.0	9	14.0	4	20.0	10	15.0	9	25.0	11	22.0	8	15.1	10	14.9	9	25.0
II 군 (166)	14	28.0	14	28.0	10	19.2	15	26.3	23	24.2	32	24.2	6	30.0	15	26.3	23	24.1
III 군 (104)	15	26.3	8	32.0	5	17.9	8	28.6	20	24.4	25	26.0	3	21.4	8	23.6	20	24.4
IV 군 (136)	40	36.7	1	9.1	4	25.0	1	8.3	44	35.5	40	33.9	5	22.8	1	8.3	45	35.8
계	75	31.8	32	21.5	23	19.8	34	20.7	96	28.5	108	27.3	22	21.0	34	20.7	96	28.8

아) 요증 NMF의 폭로농도에 따른 간기능이상의 영향

DMF 폭로증가에 따라 간기능이상의 발생이 증가하는 경향을 보이지만 이러한 경향은 작업유형이나 다른 유기용제의 폭로에 따라 차이를 보였는데 이것은 기증 DMF가 체내 흡수되는 양이 작업이나 혼합폭로의 영향을 받았기 때문으로 생각되었다. 따라서, 연구대상을 요증 NMF 농도 증가에 따라 I-IV군으로 나누고(6mg/L 이하 I 군, 6-12mg/L II 군, 12-30mg/L 이하 III 군, 30mg/L 이상 IV 군) NMF 증가에 따른 간기능이상의 발생양상을 비교하였다. 그 결과 간기능이상발생의 증감이 요증 NMF의 배설증가에 일치하지는 않았으며, 요증 NMF 배설이 고농도일 때 작업 유형 A와 C군에서 높은 경향을 보이나 통계적 의미는 없었다.

표 3-25. NMF 배설 & 다른 유기용제 폭로와 간기능이상

다른요인 NMF 수준	이상자 (%)	작업유형						톨루엔				DMAC				MEK			
		A 군 (236)		B 군 (149)		C 군 (116)		비폭로 (170)		폭로* (331)		비폭로* (396)		폭로 (105)		비폭로 (95)		폭로* (166)	
		수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%	수	%
NMF I 군 (167)	40(24)	15	36.6	15	18.3	10	22.7	17	19.3	23	29.1	29	29.3	11	16.2	17	19.3	23	29.1
NMF II 군 (114)	29(25)	13	26.5	7	25.9	9	23.7	7	24.1	22	25.9	27	25.7	2	22.2	7	24.1	22	25.9
NMF III 군 (112)	22(20)	13	21.0	7	28.0	2	8.0	7	21.9	15	18.9	18	18.0	4	33.3	7	21.9	15	18.8
NMF IV 군(108)	39(36)	34	40.5	3	20.0	2	22.2	3	20.0	36	38.7	34	37.0	5	31.3	3	20.0	36	38.7
계	130(26)	75	31.8	32	21.5	23	19.8	34	20.7	96	28.5	108	27.3	22	21.0	34	20.7	96	28.5

* : p<0.05

자) 간기능이상 발생의 변화 : 주요 영향인자의 비교

이상의 결과를 종합해 볼 때 작업유형 A군에서, 톨루엔 비폭로군 보다 톨루엔 폭로군에서 간기능이상 발생이 많이 발생되었다. 이 때 DMF 폭로와 간기능이상 발생의 관계는 경향은 보이나 폭로되는 다른 유기용제 유무에 따라 달랐는데, 톨루엔 폭로군에서는 DMF 고폭로군에서 간기능이상율이 높으나, 톨루엔 비폭로군에서는 일정한 증가경향을 보이지 않는다.

반면에 NMF 배설수준과 간기능이상율 증가의 관계로 보면, 작업유형 A군에서는 NMF 배설이 높은군에서 간기능이상율이 유의한 증가를 보였으며, 톨루엔 폭로군에서 NMF 배설이 높을 때 유의한 간기능이상율의 증가를 보였다. 본 조사결과 간기능이상자의 요중NMF 배설이 정상자보다 유의하게 높았으며, 톨루엔 폭로군에서 요중 NMF의 배설이 높았다. 이로 보아 DMF 고폭로시에 톨루엔이 혼합 폭로되면 요중 NMF의 배설이 높고 간기능이상 발생율도 높아짐을 알 수 있다.

차) 폭로기간에 따른 간기능이상자

입사이전 과거의 폭로를 포함하여 DMF 총 폭로기간별 간기능이상자의 발생은 뚜렷한 차이가 없지만, 폭로기간 3개월 이하인 경우, DMF 폭로수준이 낮은 집단에서도 30%의 간기능이상 발생을 보였고, DMF 폭로 수준이 높은 군에서는 41%로 폭로기간이 긴 집단보다 다소 많이 간기능이상자가 발생되었다. 이러한 평가를 정확히 하기 위해서는 바이러스성 간염, 성별 등 다른 영향요인의 보정이 필요하다.

표 3-26 폭로기간에 따른 간기능이상

DMF	근무기간		3개월이하 (52)		3-12개월 (82)		12-60개월 (129)		60개월- (372)	
I 군 (96)	3	30.0	3	11.5	4	14.3	9	23.1		
II 군 (166)	2	15.4	4	19.1	16	23.2	16	32.7		
III 군 (104)	5	29.4	2	15.4	11	23.9	10	29.4		
IV 군(136)	5	41.7	5	29.4	20	32.8	15	32.6		
계	15	28.9	14	18.2	51	25.0	50	29.8		

카) 기타 간기능에 영향을 줄 수 있는 다른 요인들

(1) 바이러스성 간염지표 양성

바이러스성 간염지표 양성자에서도 DMF 폭로농도에 따른 간기능이상 발생의 증가가 유의하게 높아지고 있었다. 음성자의 23.5%에서 간기능이상자였고 양성자의 36.8%가 간기능이상자였는데, DMF폭로수준에 따라 간기능이상의 현저한 증가를 보였다.

표 3-27. 바이러스성 간염지표와 DMF 폭로에 따른 간기능이상

DMF \ 간염지표	간염지표음성 (463)		간염지표양성 (38)	
I 군 (95)	17	17.7	2	28.6
II 군 (166)	34	23.9	4	40.0
III 군(104)	24	24.2	4	36.4
IV군(136)	40	31.8	5	50.0
계	115	24.8	15	39.5

(2) 음주와 간기능이상발생

설문조사에서 술을 마시지 않는다고 응답하였거나, 마시지만 하루 1g 이하인

표 3-28. 음주와 DMF 폭로에 따른 간기능이상

DMF \ 간기능발생	비 음주자 (120)		음주자 (381)	
I 군 (95)	2	6.3	17	23.9
II 군 (166)	8	19.1	30	27.3
III 군(104)	1	5.6	27	29.4
IV 군(136)	11	39.3	34	31.5
계	22	18.3	108	26.0

자를 비음주자로 정의하였을때, 비음주자에서 간기능이상율은 18.3%, 음주자에서는 26.0%로 음주자에서 간기능이상 발생율이 많았다. 비음주자의 경우 DMF 폭로가 저농도일 경우 대비해 고농도에서 간기능이상발생이 유의하게 증가하였다. 그러나 음주자의 경우 저농도 DMF의 폭로

에서도 간기능이상 발생율이 비음주자에 비해 유의하게 컸고, DMF 폭로농도 증가에 대한 간기능이상 발생은 유의한 차이가 없었다.

타) 간기능이상 발생에 대한 주요 영향인자 : 다변량분석을 통한 영향
인자의 보정

(1) 전체 검사자들에서 간기능이상 발생에 관련된 요인의 영향

간기능이상은 일반인구에서 흔히 발생하며 다양한 요인에 영향을 받으므로, DMF의 관계를 다른 영향인자(작업유형, 톨루엔의 폭로, 비만도, 성별, 바이러스성 간염지표, 보호구착용 등)를 보정한 상태에서 명확히 하기위하여 다중 로지스틱회귀분석을 실시하였다. 그 결과 비만도의 증가와, 바이러스성 간염, 성별 등이 유의한 증가요인으로 나타나 이러한 요인을 보정한 경우, DMF폭로 0.5ppm 이하일 때에 비해 3-7ppm의 폭로는 간기능이상을 1.7배, 7ppm이상의 폭로는 2.2배 증가시켰다. 작업유형 C 군에 비하여 A 군에서 간기능이상이 2.1배 증가했고, 톨루엔 폭로군에서는 0.9배로 감소하였다. 유기용제용 마스크의 착용은 유의하게 간기능이상을 감소시켰다.

표 3-29. 간기능이상 평가를 위한 다중로지스틱 회귀분석

독립변수		간기능이상발생 비차비 (Odds ratio)			비고
		평균	신뢰구간	p value	
I-IV 군 (DMF 폭로수준)	0.5- 3ppm에 폭로	1.5	0.8-3.0	0.210	DMF 0.5ppm 이하에 대한 비차비
	3- 7ppm에 폭로	1.7	0.9-3.9	0.103	
	7ppm 이상에 폭로	2.2	1.1-4.5	0.039	
A-C 군 (작업유형)	A 군	2.1	1.1-4.0	0.019	Group C 에대한 비차비
	B 군	1.2	0.6-2.4	0.5561	
톨루엔폭로	1ppm 증가	0.9	1.0-0.9	0.029	
비만도(BMI)	1kg/m ² 증가	1.3	1.2-1.4	0.001	
성별	여자에 비해 남자	7.3	2.1-22.8	0.008	
바이러스성 간염지표	음성에 비해 양성	2.5	1.2-5.4	0.012	
유기용제용마스크착용	비착용자에비해 착용자	0.5	0.3-0.8	0.042	

(2) DMF 폭로 수준별 톨루엔폭로 영향의 차이

DMF 폭로수준에 따라 톨루엔의 간기능 이상발생에 미치는 영향이 다른지 확인하기위하여, 다중로지스틱회귀분석에서 다른 요인을 보정한 결과, DMF 저폭로 군에서는 톨루엔의 폭로가 간기능이상 발생에 큰 영향을 미치지 못하였으나, DMF 고폭로군에서는 톨루엔의 폭로가 간기능이상을 8.2배 증가시키는 경향을 보이고 있다(p=0.04).

표 3-30. DMF 폭로수준별로 나눈 간기능이상발생에 대한 다중 로지스틱 회귀분석

종속변수 : 간기능이상 발생율	독립변수	간기능이상발생비 (Odds ratio)			비고
		평균	신뢰구간	p value	
DMF 7ppm 이상	1ppm 증가	1.02	0.9-1.1	0.120	
	돌루엔 폭로	8.2	1.3-40.6	0.04	돌루엔 비폭로군에 대한 비차비
	BMI 1kg/m2 증가	1.3	1.1-1.5	0.008	
DMF 7ppm 이하	DMF 1ppm 증가	1.2	1.1-1.4	0.013	
	BMI 1kg/m2 증가	1.3	1.1-1.4	0.001	
	성별	4.5	1.5-19.6	0.017	여자에 비해 남자

(3) 바이러스성 간염지표 양성과 DMF폭로의 영향

간염바이러스 양성자의 경우 음성자에 비해 DMF 고농도 폭로가 간기능이상에 미치는 영향이 크게 나타났다. 간염바이러스 양성자의 경우 저농도DMF 폭로에 비해, 고농도의 DMF 폭로는 간기능이상의 발생을 21배 가량 증가시키는데, 음성자의 경우는 2.3배 증가하였다.

표 3-31. 간염바이러스지표 양성유무에 따른 DMF 폭로와 간기능이상발생

종속변수 : 간기능이상발생율	독립변수	간기능이상발생비 (Odds ratio)			비고
		평균	신뢰구간	p value	
간염바이러스 양성	0.5- 3ppm	2.8	0.3-39.0	0.401	DMF 0.5ppm 이하에 비해
	DMF폭로	6.3	0.6-20.6	0.163	
	3- 7ppm	21.5	1.9-60.0	0.037	
	7ppm이상	1.5	1.1-2.5	0.071	
	BMI 1kg/m2 증가	8.9	0.7-40.0	0.131	
	성별	0.03	0.01-0.5	0.015	유기용제마스크 비착용자에 비해
간염바이러스 음성	0.5- 3ppm	1.4	0.8-3.0	0.351	DMF 0.5ppm 이하에 비해
	DMF폭로	1.6	0.8-3.4	0.157	
	3- 7ppm	2.3	1.2-4.7	0.022	
	7ppm이상	1.3	1.2-1.4	0.001	
	BMI 1kg/m2 증가	7.3	2.1-45.7	0.011	
	성별	0.7	0.3-1.2	0.178	유기용제마스크 비착용자에 비해

IV. 결론

우리나라의 DMF 사용 사업장 근로자들의 작업환경 및 건강장애의 실태를 파악하고, DMF 폭로에 의한 건강영향을 평가하기 위하여, 4개업종 16개 사업장 총 579명에 대하여 역학조사를 실시한 결과는 다음과 같다.

가. DMF 노출

우리나라 DMF 사용량은 연간 약 3만톤이며 약 2,000명의 근로자가 직접 노출되고 있다. 합성피혁, 섬유코팅에서 고농도로 노출되고 있다. 약 20%에서 노출기준을 초과하고 있었다.

노출기준 조사대상의 20%가 DMF 노출기준을 초과하였으며, 혼합유기용제 초과까지 포함하면 27%가 노출기준을 초과하였고, 요중 NMF의 초과자도 23.6%였다. 이러한 계산은 노출기준을 8시간 작업 기준으로 10ppm으로 산정할 경우인데, 현 조사대상의 다수가 실 작업시간 10시간 가량의 교대작업을 실시하고 있어, 실제 노출기준을 8ppm으로 생각한다면 보다 많은 수의 초과자가 있다는 결론이 나온다. 본 역학 조사에서의 작업환경측정 결과를 과거 '95-'97년 동안의 작업환경측정 결과와 비교해 볼 때, 일부 사업장의 경우 과거 작업환경측정과 차이가 많이 나는 것으로 나타나, 작업환경측정 당일 작업량, 폭로공정의 선정, 동일 폭로군의 선정 등의 영향으로 생각된다.

나. 생물학적모니터링

노출농도가 높으면 요중 NMF가 크게 증가한다. 간헐적 노출작업에서는 실제 노출량과 기중농도가 일치하지 않는다. 고농도 노출시 톨루엔에 혼합 노출되면 요중 대사물이 크게 증가한다. 고농도 노출시 비음주자에서 요중 대사물이 더 증가한다.

다. 간기능이상

간기능 장애는 DMF 노출 초기(1-2개월내)에 많이 생긴다. DMF 직접 폭로군에서 간기능 이상률이 높다. 3개월 이하 근무자와 60개월 이상 장기 근로자에서

간기능 이상률이 높다. 톨루엔에 노출되면서 DMF에 고노출되거나 요증 NMF가 높은 근로자에서 간기능 이상률이 높다. 바이러스성간염이 있는 근로자에서 DMF에 노출되면 간기능이상의 가능성이 높아진다. 저농도로 노출될 경우에도 음주자가 비음주자보다 간기능장해가 심하다.

라. 보호구

보호구는 유기용제용 보호구가 가장 효과적이다. 장갑은 두꺼운 일반 고무장갑이 효과적이다.

- 1) 노동부, 1997년 근로자 건강진단 실시 결과, 1998
- 2) Rom WN. Environmental and Occupational Medicine, 2nd ed. Boston, Little Brown and Company, 1992, 637
- 3) Massman W. Die arbeitshygienische Beurteilung des Dimethylformamids. Zentr. Arbeitsmed. Arbeitsschutz 1956; 5: 207
- 4) Flemming LE, Shalat SL, Redlich CA: Liver injury in worker exposed to dimethylformamide(DMF). Scand J Environ Health 1990; 16: 289-92
- 5) Potter HP. Dimethylformamide-Induced Abdominal Pain and Liver Injury. Arch Environ Health 1973; 27:340-341
- 6) Chary S. Dimethylformamide, a cause of acute pancreatitis? Lancet 1974: 356
- 7) Fiorito A, Larese F, Molinari S, Zanin T. Liver function alterations in synthetic leather workers exposed to dimethylformamide. Am J Ind Med 1997; 32: 244-260
- 8) Kawai T, Yasugi T, Misunuma K, Watanabe T, Cai SX, Huang MY, Xi LQ, Qu JB, Yao BZ, Ikeda M. Occupational Dimethylformamide exposure 3. Health effects of dmethylformamide after occupational exposure at low concentration. Int Arch Occup Environ Health 1992; 63:461-468
- 9) 강성규, 장재연, 이경용, 정호근. 디메틸포름아미드에 의한 간기능장애에 관한 연구. 대한산업의학회지 1991;3(1):58-64
- 10) 김수근, 이수진, 정규철. 디메틸포름아미드 폭로가 원인으로 추정되는 전격성 간염. 1예 : 대한산업의학회지 1995;186-190:1995
- 11) 산업보건연구원. 직업병심의 사례. 미발표자료. 1994.
- 12) 한국산업안전공단 산업보건연구원, DMF 노출 근로자의 전격성간염에 의한 사망사건에 대한 역학조사와 대책. 1997 사업장 역학조사-DMF
- 13) 노동부 고시 제 94-38호 특수건강진단방법 및 건강관리기준. 노동부. 1994.
- 14) 대한화학회. 한국화학제품생산업체 총람. 1994
- 15) 내외 경제신문사. 화학공업전략정보분석 지원사업, 화학제품 총람. 1997
- 16) 관세청. 무역통계연보. 1997.
- 17) 한국정밀화학총람 1998. CIS 1997. pp 999, 1043
- 18) 한국산업안전공단. '93 제조업체작업환경실태조사 1994

유기용제 취급 사업장의 공정별 유기용제의 폭로평가에 관한 연구

-디메틸포름아미드 노출 근로자를 중심으로-

[연구원 99-49-119]

발 행 일 : 1999. 5

발 행 인 : 원 장 정 호 근

연구수행자 : 수석연구원 강 성 규

발 행 처 : 한국산업안전공단
산업안전보건연구원

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : (032) 5100-915

F A X : (032) 518-0862

비매품