

우리나라 근로자들의 업종별 뇨중 N-methylformamide 분석 및 N,N-dimethylformamide 노출관리 대책

김도형 · 변기환 · 박재오 · 이미영 · 김은아*

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Analysis on Urinary N-methylformamide of Korean Workers according to Industrial Classification and Countermeasures for Exposure Control of N,N-dimethylformamide

Dohyung Kim · Kiwhan Byun · Mi-Young Lee · Jae-Oh Park · Eun-A Kim*

Occupational Safety and Health Research Institutes, Korea Occupational Safety and Health Agency

ABSTRACT

Objectives: This study is aimed to describe the current situation about urinary biomarker N-methylformamide(NMF) for workers exposed to N,N-dimethylformamide(DMF) according to industrial classification.

Materials: Special health examination records of the workers who had undergone urinary biological monitoring in 2013 were collected. The numbers and percentage of workers, whose urinary NMF values were above the limit of detection(LOD) and above the biological exposure index(BEI) were calculated. Health relatedness with DMF as judged by their doctors was also described. All description was classified according to the 9th Korean Standard Industrial Classification(KSIC).

Results: It appeared that most workers exposed to DMF belong to manufacturing section(80.7%). The geometric mean(GM) values of urinary NMF were 6.25 mg/L, 3.54, and 3.86 for the manufacturing section, professional, scientific and technical activities section, and for the construction section respectively. In detail, it seemed that division of textiles(except apparel) (GM 7.51 mg/L), division of leather, luggage and footwear(11.59 mg/L), and division of rubber and plastic products(6.89 mg/L) were highly exposed to DMF with a high percentage of workers with urinary NMF values above BEI. This was probably due to the effect of skin absorption that the division of leather, luggage and footwear showed the highest urine NMF GM.

Conclusions: It seemed that workers in manufacture industries such as textile, leather, luggage, footwear, rubber and plastic products were highly exposed to DMF. So, efforts should be focused on those industries in order to effectively diminish worker's exposure. Further studies to compare DMF air-monitoring with bio-monitoring according to industrial classification should be considered.

Key words: biological monitoring, DMF, industrial classification, KSIC, NMF

I. 서 론

N,N-dimethylformamide(DMF)는 높은 끓는점을 가지는 극성의 강력한 용매로 전기부품, 의약품, 합성 피혁, 합성섬유, 고무 및 플라스틱 등의 제조에 광범

위하게 사용되고 있는 물질이며(He et al., 2010), 국내의 DMF 사용량은 연간 100,500톤 정도로 추정되었다(Chung et al., 2009). 한편, DMF는 간독성 물질로도 잘 알려져 있기 때문에(Wang et al., 1991), 국내 산업안전보건법에서 관리대상 유해물질로 지정되

*Corresponding author: Eun-A Kim, Tel: 052-703-0870, E-mail: toxneuro@gmail.com

Department of Occupational Health Research, Occupational Safety and Health Research Institutes, Korea Occupational Safety and Health Agency. 400 Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan 681-230

Received: August 27, 2014, Revised: September 13, 2014, Accepted: September 17, 2014

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

어 DMF취급 근로자들은 6개월에 한 번씩 특수건강 진단을 실시하고 있다(MoEL, 2014).

과거 DMF의 유해성에 관한 연구는 소수의 증례보고나 개별 사업장을 대상으로 연구가 주로 수행되어 왔으나, 최근 들어 연구규모가 확대되어 전국규모의 DMF 취급사업장의 작업환경측정결과 및 특수건강 진단 결과를 비교분석한 연구(Yoon et al., 2007), DMF취급 근로자의 독성간염 감시체계를 구축하는 연구(Chung et al., 2009), 부산·김해 지역소재 DMF 사업장의 작업환경 및 보건관리 실태연구(Hur et al., 2010) 등이 수행되어 왔다. 그러나 국내 DMF 취급 근로자의 현황을 업종별로 분류하여 전체적으로 검토한 연구는 아직 보고된 바 없다.

본 연구는 이러한 대규모 연구사업의 일환으로, 2013년 국내 특수건강진단 결과를 기반으로 DMF노출 근로자들의 제조업과 서비스업, 건설업 등의 주요 업종별 분포를 제시하고, 생물학적 노출지표인 노중 N-methylformamide(NMF)의 측정결과 및 DMF의 건강관련성 판정 결과를 업종별로 보고하여, 향후 DMF노출 근로자들의 건강영향 연구 및 DMF 노출 관리대책에 기초자료를 제공하고자 하는 목적으로 수행되었다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

저자들은 2013년에 실시된 특수건강진단결과를 각 진단기관으로부터 제출 받았으며 이를 본 연구에 사용하였다. 특수건강진단에서 DMF를 취급하는 근로자들만이 노중 NMF 검사를 시행하게 되므로, 노중 NMF검사를 시행한 22,366건을 1차 분석대상으로 삼

았다. 이 중 2013년을 기준으로 근로자의 연령이 만 19세 미만이거나 노중 NMF 측정값이 누락된 채 보고된 86건을 제외한 22,280건을 최종 분석대상으로 하였다. 연구대상 모집단의 일반적 특성을 Table 1에 제시하였다.

2. 연구방법

노중 NMF의 검출한계(Limit Of Detection, LOD)는 기존의 국내연구(Kim et al., 2010)에서 제시한 1.66 mg/L를 적용하였다. NMF의 측정값이 ‘검출 안 됨(Non-Detect)’, ‘흔적(Trace)’ 또는 검출한계 미만으로 보고된 경우가 전체검사건수(N=22,280)의 약 79%(N=17,576)로 파악되었으므로 이를 제외한 검출한계 이상의 자료만을 대상으로 기하평균분석을 시행하였다. 한편, 노중 NMF의 생물학적 노출기준(Biological Exposure Index, BEI)은 작업 종료 직후 채취한 시료일 때 15 mg/L를 기준으로 삼았다(ACGIH, 2012).

DMF의 건강관련성은 특수건강진단에서 판정의사에 의해 ‘직업병 요관찰자’와 ‘직업병 유소견자’로 판정받은(OSHRI, 2014) 건수를 합산하였다. 직업병 요관찰자는 다음 두 가지 기준 중 하나 이상에 해당하는 경우에 판정되었다. 첫째, 임상결과 참고치가 벗어나거나, 임상진찰결과 간, 피부, 복통, 고혈압 등의 이상증후를 보이고, 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법, 생물학적 노출지표검사 등을 고려할 때 DMF노출에 의한 것으로 추정되는 경우이며, 둘째, 노중 NMF가 BEI 이상의 값으로 측정되는 경우이다. 한편, 직업병 유소견자는 임상검사 또는 임상 진찰결과 간장해, 피부장해, 소화기장해, 고혈압 등이 있고, 이것이 DMF노출에 의한 것으로 추정되는 경우에 판

Table 1. General characteristics of study population

	Male	Female	Total
No. of biomonitorings [*] (%)	19332(86.8%)	2948(13.2%)	22280(100%)
urine NMF Range(mg/L)	ND~380.31	ND~294.38	ND~380.31
No. of detection [†] (%)	4066(21.0%)	638(21.6%)	4704(21.1%)
urine NMF GM [‡] ±GSD [§] (mg/L)	6.02±2.50	5.31±2.38	5.92±2.48

*: Total number of urine NMF bio-monitorings in 2013

†: Total number of urine NMF bio-monitorings which results are larger than limit of detection(LOD)

‡: Geometrical mean. Only detected urine NMF cases were included in calculation.

§: Geometrical standard deviation

정되었다.

업종별 분류체계는 2008년에 개정된 통계청의 9차 한국표준산업분류(Korean Standard Industrial Classification, KSIC)를 기준으로 하였다(KOSTAT, 2008). 대분류(Section) 업종은 전체를 대상으로 분석하였으며, 중분류(Division) 업종은 대분류 업종 중 제조업(C)에 속하

는 업종을 별도로 분석하였다. 또한 대분류 업종 중 제조업(C)을 제외하고 전문·과학 및 기술 서비스업(M), 건설업(F), 사업시설관리 및 사업지원 서비스업(N), 협회 및 단체·수리 및 기타 개인서비스업(S), 도매 및 소매업(G)에 속하는 업종들에 대해서도 중분류 업종분석을 추가적으로 시행하였다.

Table 2. Analysis of urine NMF results according to 9th KSIC** (Section level)

Section	N*(%)	Range (mg/L)	No. of detection † (%)	GM‡ ±GSD§ (mg/L)	No. of cases exceeding BEI†† (%)	No. of (+) DMF relatedness¶ (%)
C. Manufacturing	17990 (80.7%)	ND~380.31	4151 (23.1%)	6.25±2.53	672 (3.7%)	748 (4.2%)
M. Professional, scientific and technical activities	1728 (7.8%)	ND~40.57	168 (9.7%)	3.54±1.71	1 (0.1%)	0
F. Construction	725 (3.3%)	ND~26.59	119 (16.4%)	3.86±1.60	2 (0.3%)	1 (0.1%)
N. Business facilities management and business support services	586 (2.6%)	ND~27.34	40 (6.8%)	4.81±1.95	3 (0.5%)	3 (0.5%)
S. Membership organizations, repair and other personal services	287 (1.3%)	ND~80.86	96 (33.4%)	5.29±2.31	12 (4.2%)	18 (6.3%)
G. Wholesale and retail trade	277 (1.2%)	ND~17.39	58 (20.9%)	3.85±1.70	2 (0.7%)	2 (0.7%)
H. Transportation	197 (0.9%)	ND~2.60	1 (0.5%)	2.60	0	0
O. Public administration and defence; compulsory social security	137 (0.6%)	ND~5.46	11 (8%)	3.68±1.30	0	0
J. Information and communications	111 (0.5%)	ND~10.86	8 (7.2%)	3.18±1.97	0	0
E. Sewage, waste management, materials recovery and remediation activities	88 (0.4%)	ND~13.10	23 (26.1%)	3.33±1.67	0	0
Q. Human health and social work activities	79 (0.4%)	ND~9.16	22 (27.8%)	3.19±1.58	0	0
L. Real estate activities and renting and leasing	47 (0.2%)	ND~4.69	6 (12.8%)	2.55±1.49	0	0
P. Education	21 (0.1%)	ND~3.97	1 (4.8%)	3.97	0	0
D. Electricity, gas, steam and water supply	4 (0.0%)	ND	0	-	0	0
A. Agriculture, forestry and fishing	3 (0.0%)	ND	0	-	0	0
Total	22280 (100%)	ND~380.31	4704 (21.1%)	5.92±2.48	692 (3.1%)	772 (3.5%)

** : Korean Standard Industrial Classification

* : Total number of urine NMF bio-monitorings in 2013

† : Total number of urine NMF bio-monitorings which results are larger than limit of detection(LOD)

‡ : Geometrical mean. Only detected urine NMF cases were included in calculation.

§ : Geometrical standard deviation

¶ : Total number of cases which doctors assigned DMF-relatedness to worker's abnormal health condition

†† : Biological Exposure Index, 15 mg/L

Table 3. Analysis of urine NMF results according to 9th KSIC(Division level) (1)

Division (of Section C ^{**})	N [*] (%)	Range (mg/L)	No. of detection [†] (%)	GM [‡] (±GSD§) (mg/L)	No. of cases exceeding BEI [¶]	No. of (+) DMF relatedness [‡] (%)
13. Textiles, Except Apparel	1787 (9.9%)	ND~253.83	859 (48.1%)	7.51±2.48	181 (10.1%)	197 (11.0%)
15. Leather, Luggage and Footwear	667 (3.7%)	ND~331.15	427 (64.0%)	11.59±3.14	150 (22.5%)	111 (16.6%)
22. Rubber and Plastic Products	1363 (7.6%)	ND~380.31	673 (49.4%)	6.89±2.46	135 (9.9%)	137 (10.1%)
20. chemicals and chemical products except pharmaceuticals and medicinal chemicals	7244 (40.3%)	ND~184.17	1102 (15.2%)	5.01±2.28	112 (1.5%)	150 (2.1%)
33. Other manufacturing	843 (4.7%)	ND~332.20	326 (38.7%)	6.18±2.90	66 (7.8%)	103 (12.2%)
14. Wearing apparel, Clothing Accessories and Fur Articles	182 (1.0%)	ND~82.53	92 (50.5%)	7.98±2.36	13 (7.1%)	3 (1.6%)
21. Pharmaceuticals, Medicinal Chemicals and Botanical Products	2754 (15.3%)	ND~53.03	194 (7.0%)	4.02±1.78	5 (0.2%)	10 (0.4%)
25. Fabricated Metal Products, Except Machinery and Furniture	177 (1.0%)	ND~52.62	22 (12.4%)	4.73±2.66	3 (1.7%)	4 (2.3%)
29. Other Machinery and Equipment	298 (1.7%)	ND~18.37	42 (14.1%)	5.10±1.87	2 (0.7%)	3 (1.0%)
30. Motor Vehicles, Trailers and Semitrailers	150 (0.8%)	ND~42.01	79 (52.7%)	5.37±1.89	2 (1.3%)	2 (1.3%)
17. Pulp, Paper and Paper Products	157 (0.9%)	ND~20.06	50 (31.8%)	3.69±1.78	1 (0.6%)	21 (13.4%)
26. Electronic Components, computer, Radio, Television and Communication Equipment and Apparatuses	977 (5.4%)	ND~15.71	172 (17.6%)	3.93±1.66	1 (0.1%)	3 (0.3%)
32. Furniture	6 (0.0%)	ND~27.10	3 (50.0%)	12.98±1.90	1 (16.7%)	1 (16.7%)
Total	17990	ND~380.31	4151 (23.1%)	6.25±2.53	672 (3.74%)	748 (4.2%)

**: Manufacturing

*: Total number of urine NMF bio-monitorings in 2013

† : Total number of urine NMF bio-monitorings which results are larger than limit of detection(LOD)

‡ : Geometrical mean. Only detected urine NMF cases were included in calculation.

§: Geometrical standard deviation

¶: Total number of cases which doctors assigned DMF-relatedness to worker's abnormal health condition

†† : Biological Exposure Index, 15 mg/L

III. 결 과

2013년 특수건강진단에서 DMF를 유해인자로 하여 노중 NMF를 검사한 건수는 총 22,280 건이었다. 남성과 여성의 검사건수는 각각 19,332건(86.8%), 2948건(13.2%)이었고, 실제 인원수가 아닌 검사건수를 기준으로 계산된 값이므로 연령평균을 별도로 표시하지 않았다. 전체 검사건수 중 노중 NMF가 LOD 이상으로 검출된 건수는 남성이 4066건(21.0%), 여성이 638(21.6%), 전체 4704건(21.1%)이었다. LOD미만의 검사건수가 약 78.9%에 해당하였으므로, 전체 검

사건수의 기하평균을 구하는 것이 불가능하여, LOD 이상으로 검출된 건수만으로 기하평균을 구한 결과, 남성은 6.02(±2.50) mg/L, 여성은 5.31(±2.38) mg/L, 전체는 5.92(±2.48) mg/L 이었다(Table 1).

대분류 업종별 노중 NMF 측정치의 분석결과를 Table 2에 제시하였다. 제조업(C)이 17,990건(80.7%)로 전체 DMF 취급근로자의 대부분을 차지하였고, 전문·과학 및 기술 서비스업(M) 1728건(7.8%), 건설업(F) 725건(3.3%), 사업시설관리 및 사업지원 서비스업(N) 586건(2.6%), 협회 및 단체·수리 및 기타 개인 서비스업(S)이 287건(1.3%), 도매 및 소매업(G)

277건(1.2%)의 순으로 DMF 취급 근로자들이 분포하였다. 각 대분류 업종들의 뇨중 NMF값 분포 역시 대부분 검출한계 미만으로 나타나 검출한계 이상의 측정값만을 대상으로 기하평균을 계산하였다. 기하평균이 가장 높은 업종은 순서대로 제조업(C) 6.25±2.53 mg/L, 협회 및 단체·수리 및 기타 개인 서비스업(S) 5.29±2.31 mg/L, 사업시설관리 및 사업지원 서비스업(N) 4.81±1.95 mg/L, 건설업(F) 3.86±1.60 mg/L 순으로 나타났다. 전체 근로자들 중 뇨중 NMF가 BEI를 초과하는 건수는 총 692건(3.1%), DMF와 관련된 건강이상을 판정 받은 건수는 772건(3.5%)으로 대부분 제조업(C)에 속하는 근로자(BEI

초과 672건, DMF와 관련된 건강이상 판정 748건)에서 발생하였다.

Table 3은 대분류 업종 제조업(C)에 속하는 중분류 업종 중에서 BEI초과건수가 1건이상 보고된 13가지 업종을 제시하였다. 가장 많은 근로자가 포함된 중분류 업종은 20. 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)으로 제조업(C)근로자의 40.3%를 차지했으나, BEI초과건수 및 DMF관련 건강이상 판정건수가 가장 높은 업종은 13. 섬유제품 제조업(의복제외)으로 BEI초과건수 181건(10.1%), DMF관련 건강이상 판정 197건(11.0%)으로 나타났다. 이 외에도 15. 가죽·가방 및 신발 제조업, 22. 고무제품 및 플라스틱제품

Table 4. Analysis of urine NMF results according to 9th KSIC(Division level) (2)

Section**	Division	N*	Range (mg/L)	No. of detection [†] (%)	GM [‡] (±GSD§) (mg/L)	No. of cases exceeding BEI [¶]	No. of (+) DMF relatedness ^{††} (%)
M	73. Professional, Scientific and Technical Services, n.e.c.	894	ND~14.59	62 (6.9%)	4.46±1.72	0	0
M	70. Research and Development	613	ND~40.57	95 (15.5%)	3.05±1.64	1 (0.2%)	0
F	42. Special Trade Construction	565	ND~26.59	51 (9.0%)	4.14±1.70	2 (0.4%)	1 (0.2%)
N	75. Business Support Services	520	ND~27.34	34 (6.5%)	4.74±2.04	2 (0.4%)	2 (0.4%)
G	46. Wholesale Trade and Commission Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles	216	ND~17.39	54 (25.0%)	4.01±1.70	2 (0.9%)	2 (0.9%)
M	72. Architectural, Engineering and Other Scientific Technical Services	202	ND~7.17	10 (5.0%)	3.42±1.51	0	0
S	96. Other Personal Services Activities	165	ND~80.86	57 (34.5%)	4.37±2.14	5 (3.0%)	11 (6.7%)
F	41. General Construction	160	ND~8.58	68 (42.5%)	3.66±1.52	0	0
S	95. Maintenance and Repair Services	70	ND	0	-	0	0
N	74. Business Facilities Management and Landscape Services	66	ND~16.25	6 (9.1%)	5.22±2.04	1 (1.5%)	1 (1.5%)
G	47. Retail Trade, Except Motor Vehicles and Motorcycles	61	ND~2.43	4 (6.6%)	2.28±1.12	0	0
S	94. Membership Organizations	52	ND~54.84	39 (75.0%)	7.02±2.38	7 (13.5%)	7 (14.0%)
M	71. Professional Services	19	ND~4.23	1 (5.3%)	4.23	0	0
Total		3603	ND~80.86	481 (13.4%)	4.06±1.86	20 (0.6%)	24 (0.7%)

** M: Professional, scientific and technical activities / F: Construction / N: Business facilities management and business support services / S: Membership organizations, repair and other personal services / G: Wholesale and retail trade

*: Total number of urine NMF bio-monitorings in 2013

†: Total number of urine NMF bio-monitorings which results are larger than limit of detection(LOD)

‡: Geometrical mean. Only detected urine NMF cases were included in calculation.

§: Geometrical standard deviation

¶: Total number of cases which doctors assigned DMF-relatedness to worker's abnormal health condition

††: Biological Exposure Index, 15 mg/L

제조업, 33. 기타 제조업의 순으로 DMF로 인한 건강 영향이 큰 업종이었다.

Table 4는 대분류 업종 중 제조업(C)이 아니면서 DMF취급 근로자가 많은 업종인 전문·과학 및 기술 서비스업(M), 건설업(F), 사업시설관리 및 사업지원 서비스업(N), 협회 및 단체·수리 및 기타 개인서비스업(S), 도매 및 소매업(G)에 속하는 중분류 업종을 분석한 것이다. 분석결과, 73. 기타 전문 과학 및 기술 서비스업(894건)과 70. 연구개발업(613건), 42. 전문직별 공사업(565건), 75. 사업지원 서비스업(520건) 순으로 노중 NMF 검사건수가 많은 것으로 나타났다. 하지만, BEI초과건수와 DMF관련 건강이상 판정 건수는 94. 협회 및 단체(각각 7건, 7건), 96. 기타 개인 서비스업(각각 5건, 11건)의 순으로 높았다.

IV. 고 찰

DMF의 노출량을 반영하는 생체지표로는 노중 NMF와 노중 N-acetyl-S-(N-methylcarbamoyl)-cysteine (AMCC), 혈중 N-methylcarbamoylated hemoglobin (NMHb) 등이 알려져 있으나(Osunsanya et al., 2001; Kafferlein et al., 2005; He et al., 2010), 현재 국내에서는 노중 NMF를 생체지표로 채택하고 있다. 노중 NMF는 DMF노출이 전혀 없는 사람에게서는 측정되지 않으므로 DMF의 노출여부를 판단하는 데는 유용하지만, 짧은 반감기(3-5시간)로 인해 체내 축적량이나 장기간 노출에 대한 정보는 제공할 수 없는 한계가 있다(Kafferlein et al., 2005). 또한 짧은 반감기로 인해 시료채취시기가 매우 중요한데, 당일 작업종료 직후에 채취해야만 노출을 가장 잘 반영하게 된다(ACGIH, 2012).

과거 연구사례에서 대부분의 DMF취급 제조업의 공기중 DMF 농도는 기준치(10 ppm) 미만이지만, 근로자들의 노중 NMF가 BEI를 초과하는 비율은 약 11%~36%로 상대적으로 높았다(Yoon et al., 2007; Hur et al., 2010). 이와 같이 공기중 DMF농도와 노중 대사체농도가 차이를 보이는 이유 중 하나는 DMF노출이 흡입경로 뿐만 아니라 피부접촉을 통해서도 일어나기 때문인 것으로 보인다. 특히 가죽·가방 및 신발 제조업이 DMF의 공기중 농도평균(1.37 ppm)에 비하여 노중 NMF평균(17.19 mg/L)이 가장

높은 것으로 나타났는데(Yoon et al., 2007), 이는 해당 업종의 근로자들이 주로 수작업으로 유기용제를 취급하는 작업특성상, DMF의 피부노출이 많이 발생하였기 때문이라 생각된다. 본 연구에서도 중분류업종 중 15. 가죽·가방 및 신발제조업에서 노중 NMF 평균이 11.59 mg/L로 중분류업종들 중 두번째로 높게 나타났으며, 이는 해당업종의 노중 NMF평균이 가장 높았다고 보고한 기존의 연구결과(Yoon et al., 2007)와 유사하였다.

또한 최근에 보고된 연구 중, 여름과 겨울의 노중 NMF를 비교하였을 때 공기중 DMF농도를 보정하고서도 여름이 더 높았다는 연구(Hwang et al., 2013), 호흡기 보호구를 착용한 상태로 여름에 측정된 노중 대사체(AMCC)농도가 기중 DMF농도와 유의하게 연관되었으나, 겨울에 측정된 농도는 연관되지 않았음을 보고한 연구(TSUDA et al., 2014)를 통해서 알 수 있듯이, DMF의 피부흡수 정도는 계절에 따른 주변온도와 습도, 피부표면의 수분 등에 의하여 달라짐을 알 수 있다. 따라서 노중 NMF결과 해석시에도 검사 계절을 고려해야 하며, DMF를 수작업으로 취급할 가능성이 높은 근로자들은 피부를 보호할 수 있는 작업복과 장갑착용을 의무화시키는 것이 바람직할 것이다.

본 연구에서 전체 검사건(22,280건) 중 692건이 BEI를 초과하였는데, 대분류 업종에서는 제조업(C)이 672건으로 대부분을 차지하였다. 중분류업종에서는 13. 섬유제품 제조업(의복제외) (181건), 15. 가죽·가방 및 신발제조업(150건), 22. 고무제품 및 플라스틱제품 제조업(135건), 20. 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품제외)(112건)의 4가지 업종에서 BEI를 초과하는 건수가 100건 이상으로 파악되었다. 그러나 이들 4가지 중분류업종을 BEI 초과건수가 아닌 초과비율이 높은 순으로 나열하면 15. 가죽·가방 및 신발제조업(22.5%), 13. 섬유제품제조업(의복제외)(10.1%), 22. 고무제품 및 플라스틱 제품 제조업(9.9%), 20. 화학물질 및 화학제품 제조업(1.5%) 순으로 검출한계 이상의 노중 NMF값의 기하평균의 순서(각각 11.59, 7.51, 6.89, 5.01 mg/L)와 일치하였다. 기존의 연구(Yoon et al., 2007)에서 15. 가죽·가방 및 신발 제조업(17.19 mg/L), 22. 고무제품 및 플라스틱제품 제조업(15.23 mg/L), 13. 섬유제품 제조업(의복제외)(7.92 mg/L), 20. 화학물질 및 화학제품 제조업(3.66 mg/L)

의 순서대로 노출 NMF 평균농도를 보고한 점을 고려해볼 때, 15. 가죽·가방 및 신발 제조업이 전체 제조업(C)중에서도 여전히 가장 DMF노출량이 많은 업종이며, 20. 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)은 DMF노출량이 상대적으로 낮은 업종으로 파악된다.

본 연구에서는 제조업(C)이 아닌 대분류업종(전문·과학 및 기술 서비스업(M), 건설업(F), 사업시설관리 및 사업지원 서비스업(N), 협회 및 단체·수리 및 기타 개인서비스업(S), 도매 및 소매업(G))에 대해서도 중분류업종을 비롯한 세부분석을 시행하였다. 대부분의 비제조업종에 속하는 중분류업종들은 노출 NMF의 BEI초과건수나 비율이 제조업종에 비하여 낮았다. 표로 제시하지 않았지만, 전문·과학 및 기술 서비스업(M)의 경우는 물리, 화학, 생물학 연구(131건, 세세분류업종코드 70111), 의학 및 약학연구(148건, 코드70113), 전기전자 및 반도체(218건, 코드70121) 등의 연구분야에 노출 NMF검사건수가 주로 분포하였으며, 건설업(F)의 경우는 일반전기공사(140건, 코드42209)나 기타 건물 설비설치공사업(150건, 코드42311)에 주로 분포하였다. 사업시설관리 및 사업지원 서비스업(N)에서는 특이하게도 인력공급업(401건, 코드75120)중에 주로 분포하였으며, 도매 및 소매업(G)에서는 의약품 도매업(76건, 코드46441)에서 주로 분포하였다. 따라서 비제조업종에서도 DMF가 다양한 분야에 사용되고 있음을 확인하였으며, 추후 이들을 대상으로도 DMF에 관련된 보호조치가 제조업분야만큼 강화되어야 할 것으로 보인다.

본 연구에서는 특수건강진단에서 판정의사에 의해 근로자의 이상건강증세가 DMF와 관련이 있다고 판정한 건수를 계산하였다. 이는 각 업종들의 BEI초과건수와 비례하는 경향을 보였으며, 이 같은 경향은 근로자의 노출 NMF가 BEI를 초과하면 일단 DMF가 건강관련성이 있다고 판정 내리는 근로자 건강진단 실무지침(OSHRI, 2014)에 의한 것으로 보인다. 하지만, 노출 NMF와 같은 생물학적 노출지표는 간접적으로 근로자의 DMF 노출량을 반영하는 것이지, 직접적인 건강 위해나 직업병의 척도로 만들어진 것이 아니므로(ACGIH, 2012), 이를 해석하는 데 주의가 필요하다.

본 연구의 제한점들은 다음과 같다. 첫째, 노출

NMF검사건수와 DMF취급근로자수가 일치하지 않았다. DMF취급근로자들은 6개월을 주기로 특수건강진단을 받으므로, 근로자수를 정확히 파악하기보다는 검사건수로 제시하게 되었다. 둘째, 연구에 쓰인 자료는 각 특수건강진단 실시기관에서 보고된 자료이므로, 수집된 자료의 질이 일정하지 않았다. 특히 각 기관마다 노출 NMF의 검출한계가 다를 것으로 예상되나, 이를 적용하는것이 불가능하여 기존 연구결과를 바탕으로 검출한계를 1.66 mg/L로 적용하여 분석을 시행하였다. 셋째, 검출한계(LOD) 미만의 노출 NMF 값들이 전체 검사건수의 2/3(78.9%)를 초과하였다. 이로 인해 검출한계 이상의 값들로만 기하평균을 구하여 제시할 수 밖에 없었다. 넷째, 가용자료의 한계로 인해 공기중 DMF농도와 노출 NMF농도의 차이를 비교분석 할 수 없었다. 만일, DMF 피부노출이 매우 낮거나 거의 없는 업종에서 공기중 DMF농도와 노출 NMF농도가 크게 차이가 난다면 이에 대한 원인조사와 노출관리가 집중해서 이루어져야 할 것이다.

이 같은 제한점에도 불구하고 본 연구는 국가전체의 규모에서 DMF취급 근로자들의 노출실태를 업종별로 파악하고자 하는 대규모의 분석연구라는 점에서 의의가 있었다. 본 연구에서는 대분류업종 제조업(C)에 속하는 15. 가죽·가방 및 신발제조업, 13. 섬유제품제조업(의복제외), 22. 고무제품 및 플라스틱 제품 제조업 등에서 노출 NMF의 BEI초과비율이 10% 이상으로, DMF노출이 심한 업종으로 파악되었다. 따라서 이들 업종에 속하는 사업장들의 국소환기 시설을 보강하고, 근로자들에게는 보호구 착용, 건강영양교육 및 특수건강진단실시주기 단축 등의 조치가 이루어져야 할 것이다. 또한 비제조업종인 교육연구 및 건설업 근로자에서도 더 자세한 소분류, 세분류별 업종별분석을 통해 DMF노출실태와 건강영향을 파악하고자 하는 노력이 필요할 것이다. 아울러 후속 연구로 공기중 DMF농도와 노출 대사체(NMF) 농도를 업종별로 비교하고, 피부 흡수 이외에 공기중 DMF농도와 노출 대사체 농도의 차이에 기여하는 원인에 대한 조사가 이루어져야 할 것으로 보인다.

V. 결 론

본 연구에서는 2013년도 특수건강진단에서 노출

NMF검사를 시행한 DMF취급 근로자들을 대상으로 업종별 분석을 통해 노중NMF 검출현황, BEI 초과현황, DMF의 건강관련성 판정현황을 조사하였다. 대부분의 DMF취급 근로자들은 대부분업종 중 제조업에 근무하고 있었으며, 또한 대부분의 노중 NMF값은 검출한계 미만으로 측정되었다. 특히 BEI초과비율과 DMF 건강관련성 판정비율이 높았던 중분류업종은 가죽·가방 및 신발제조업, 섬유제품제조업(의복제외), 고무제품 및 플라스틱 제품 제조업 등 이었다. 이처럼 DMF노출가능성이 큰 업종 근로자들을 대상으로 건강보호 조치가 이루어져야 할 것이며, 향후에는 공기중 DMF농도와 노중 NMF농도를 업종별로 비교하는 후속 연구를 수행할 필요가 있다.

References

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices (7th edition). Cincinnati, Ohio.;2012.
- Chung YK, Kim EA, Lee MY, Jang SH, Hwang YI et al. Study on the implementation of the occupational toxic hepatitis surveillance system. Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI, Public Notice No. 122-1350).; 2009. p.17-24
- He J, Wang P, Zhu J, Wu G, Ji J, Xue Y. Role of urinary biomarkers of N,N-dimethylformamide in the early detection of hepatic injury among occupational exposed workers. Int Arch Occup Environ Health 2010;83:399-406
- Hur SJ, Suh CH, Lee CK, Kim JH, Kim DH et al. Evaluation of Work Environment, Health Care Management and Exposure to Chemicals in the Workplaces Using Dimethylformamide (DMF). J Korean Soc Occup Environ Hyg 2010;20(4):225-235
- Hwang YI, Lee MY, Chung YK, Kim EA. Assessment of correlation between markers of ambient monitoring and biological monitoring of dimethylformamide for workers in synthetic leather manufacturing factories in Korea. Analytical Science & Technology 2013;26(5): 315-325
- Käfferlein HU, Ferstl C, Burkhart-Reichl A, Hennebrüder K, Drexler H et al. The use of biomarkers of exposure of N,N-dimethylformamide in health risk assessment and occupational hygiene in the polyacrylic fibre industry. Occup Environ Med 2005;62:330-336
- Kim HA, Lee SH, Choi HJ, Hur Y, Lee MY et al. Study on the biological monitoring standards and analytical methods. Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI, Public Notice No. 65-881).; 2010. p.59-80
- Ministry of Employment and Labor (MoEL). Occupational Safety and Health Acts.; 2014.
- Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI). Practice Guidelines for Worker's Health Examination Vol 3. (Public Notice No. 2014-OSHRI-392). ;2014. p.27-28
- Osunsanya T, Adejoro B, King B. Biological monitoring of workers exposed to dimethylformamide in a textile polyurethane unit. Occup Med (Lond) 2001;51:374-379
- Statistics Korea (KOSTAT). 9th Korean Standard Industrial classification. 2008.[cited 2014 Aug]; Available from URL: <http://kostat.go.kr>
- Tsuda Y, Miyauchi H, Minozoe A, Tanaka S, Arito H et al. Seasonal Difference in Percutaneous Absorption of N,N-Dimethylformamide as Determined Using Two Urinary Metabolites. Journal of Occupational Health 2014, advpub.
- Wang JD, Lai MY, Chen JS, Lin JM, Chiang JR et al. Dimethylformamide-induced liver damage among synthetic leather workers. Arch Environ Health 1991;46:161-166
- Yoon CS, Ha KC, Lee SM, Byun HJ, Ryu KN et al. Study on the management and prevention of rapid poisoning of DMF handling workers. Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI, Public Notice No. 98-1023).; 2007. p.93-106