

일부 반면형 호흡기 보호구에 대한 용접작업장에서의 Workplace Protection Factors(WPF) 평가

고려대학교 병설 보건대학 · 한국쓰리엠(주) 기술연구소*
가톨릭대학교 산업보건대학원[†] · 서울의과대학연구소**

변상훈 · 나명채* · 김현욱[†] · 임호섭**

-Abstract-

Evaluation of Workplace Protection Factors for Some Half-Facepiece Respirators in Welding Workplace

Sang-Hoon Byeon, Myung-Chai Na*, Hyunwook Kim[†], Ho-Sub Lim**

Dept. of Environmental Sanitation, College of Health Sciences, Korea University; Technical Dept., 3M Korea Ltd.;*

Dept. of Occupational Hygiene, Graduate School of Occupational Health, Catholic University[†]

*Seoul Clinic Laboratory***

This study was conducted to evaluate workplace protection factors(WPF) for two half-facepiece respirators (HR-1, HR-2) in welding workplace and to provide data on the workplace performance of negative-pressure, half-facepiece respirators against airborne particulate contaminants. The outside iron oxide(Fe₂O₃) concentration of welding fume for the respirator HR-1 ranged from 0.177 to 12.508 mg/m³ with a geometric mean of 1.118 mg/m³ and the HR-2 respirator showed a iron oxide range of 0.500 to 3.494 mg/m³ with a geometric mean of 1.082 mg/m³. But the inside oxide concentration of welding fume for the respirator HR-1 ranged from 0.002 to 0.364 mg/m³ with a geometric mean of 0.019 mg/m³ and the HR-2 respirator showed a iron oxide range of 0.012 to 0.639 mg/m³ with a geometric mean of 0.041 mg/d m³

† 교신처: 서울 서초구 반포동 505번지 가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실 우:137-701

The iron oxide inside concentrations were significantly less than 5 mg/m³(TLV) for both of respirators. The WPF were ranged from 3 to 3744 with a geometric mean of 60 for HR-1 and range from 2 to 129 a geometric mean of 26 for HR-2. And, in this study, the 5th percentile of the workplace protection factors for half-facepiece respirators (HR-1, HR-2) were 11.2 and 7.1, respectively. The correlation relationship between the Quantative Fit Factors(QNFT) and the WPF for half-mask negative pressure respirators were 0.099 and 0.460

Key Words: Respirator, Workplace protection factors(WPF), Quantitative fit factors, Welding fume

I. 서 론

산업장에서 발생하는 먼지, 흙, 미스트 등의 유해 물질을 공학적으로 줄이거나 제거하지 못하는 경우에 호흡기 보호구를 착용하여 유해물질이 인체 내에 침입하는 것을 막는다. 이때 가장 좋은 밀착형 보호구라고 할지라도 만약 보호구 가장자리와 안면과의 밀착상태가 부적절하면 착용자를 충분하게 보호하지 못할 것이다. 그러므로 호흡기보호구에 대한 밀착도 시험은 착용자가 유해한 환경에 들어가기 전에 최소의 밀착정도를 만족시켜 주고 착용자가 어떻게 착용했을 때 가장 적합한 밀착도가 유지되는지 알게 하기 위하여 필요하다(Colton et al., 1991).

호흡기보호구에 대한 밀착도는 정성적인 방법(Qualitative Fit Test, QLFT)과 정량적인 방법(Quantitative Fit Test, QNFT)에 의해 측정될 수 있다. QLFT를 수행할 때에는 착용자의 보호구 주위에 가스, 증기 혹은 에어로졸로서 독특한 맛이나 자극 혹은 냄새가 나는 측정물질을 비산시켜 준다. 만일 밀착도가 떨어지는 경우 측정물질로 인해 착용자가 이를 감지하게끔 하는 방법이다. 비록 QLFT방법이 현장에서 신속하게 이루어지는 좋은 방법이지만 하지만 주로 착용자의 주관적인 반응에 의존하기 때문에 오차가 발생하는 점이 가장 큰 단점이다(National Institute for Occupational Safety and Health - (NIOSH) 2, 1987) QNFT를 수행 할 때에는 상대적

으로 안정된 측정용 공기나 때로는 에어로졸 입자를 함유한 공기 속에서 이루어진다. 일반적으로 밀착도의 정도는 착용자 보호구의 안과 밖에서 에어로졸 농도를 측정하여 결정한다. QNFT를 수행할 경우에는 작업시 작업자의 움직임에 따라 작업장에서 유해 물질이 새어 들어 올 수 있다는 것을 가정하여 머리와 입의 위치를 변화시키는 여러 가지 밀착도 시험 운동을 시키면서 측정하게 된다. 보호구 밖에서 에어로졸의 농도(C_0)와 안에서 농도(C_i)의 비(Ratio)를 밀착도(Fit Factor, FF)라고 한다(Myer et al., 1983).

호흡기보호구에 대한 밀착도 시험을 요구하는 법적인 기준과 규정을 사용하는 국가로는 미국, 캐나다, 호주, 뉴질랜드 등이다. 그러나 밀착도 시험과 유사한 방법으로 호주, 뉴질랜드, 유럽 대부분의 국가에서는 보호구를 인정하는 과정에서 Total Inward Leakage(TIL) 시험을 이용하여 안면과의 밀착도 정도를 평가하고 있다. TIL에서는 모든 발생원 즉, Faceseal, 필터, 호기밸브로 유입되는 에어로졸을 테스트하게 되는데 작업장에서 사용하는 필터를 부착한 보호구를 착용하고 측정하게 된다(한돈희 등, 1997).

밀착도는 측정 당시 그 조건하에서 착용자의 안면과 보호구사이의 밀착 정도만을 나타내주는 것이지만 실제 작업장에서 착용자에게 유해물질로부터 보호정도를 예측하여 주지는 않는다. 실제 작업장에서 보호구를 착용하였을 경우에 작업환경으로부터 착용자의

호흡영역에 도달하는 에어로졸 입자의 양은 착용자를 감싸고 있는 에어로졸의 농도와 크기분포, 사용한 필터의 종류, 안면부의 땀과 먼지 정도, 안면근육의 움직임, 보호구를 잘 착용하려는 착용자의 의지 및 기타 여러 요인에 의해 좌우된다. 실제 작업장에서 보호구의 밖(C_0)과 안(C_i)의 농도비를 Workplace Protection Factor(WPF)라고 하며 작업장에서의 WPF에 대한 연구를 통해서 호흡기보호구에 대한 더 많은 정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다(Myers et al., 1983). NIOSH는 작업장시험 혹은 모의 작업장 시험이 호흡기보호구 검정시험에 포함되어야 한다고 제안하였다(NIOSH, 1987). 그리고 American Industrial Hygiene Association(AIHA) 호흡기보호위원회에서는 보호구의 작업장시험은 호흡기보호구의 효율성에 대하여 더 많은 정보를 제공해준다고 믿고있다(Johnston et al., 1992).

현재 우리 나라에서는 산업안전보건법 제 35조에 의하여 수입, 제조하는 호흡기보호구에 대한 성능검정을 실시하고 있는데, 얼굴안면과 면체의 밀착도에 관한 시험은 실시하지 않고 있다. 또한 호흡기보호구 제작에 앞서 반드시 선행되어야 할 한국인 안면치수에 관한 조사나 사용효율을 증진시키기 위한 인간공학적 연구가 이루어지지 않아 외부 오염물질로부터 호흡기를 보호하고자 하는 호흡기보호구의 본래 목적에 어긋나고 있다(허지연 등, 1994; 민연식 등, 1988). 또한 우리 나라 근로자들의 상당부분이 외국산 보호구를 사용하고 있기 때문에 우리 나라 근로자들이 외국에서 제조된 호흡기보호구에 밀착성이 잘 맞는지에 대한 실제적인 평가가 필요하다.

WPF에 대한 연구는 국제적으로도 다른 보호구 연구에 비해 상대적으로 그리 많이 이루어져 있지 않고 있을 뿐만 아니라, 우리 나라에서는 밀착도 연구만 수행되었고(박은주와 김현욱, 1995; 한돈희 등, 1997) WPF 연구는 아직까지 수행되지 않았다. 따라서 본 연구는 용접작업장에서 반면형 호흡기보호구의 WPF에 대한 연구를 통하여, 호흡기보호구를 근

로자가 적절히 착용하고 작업하였을 때 유해물질로부터 제대로 보호받을 수 있는지 조사하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구내용 및 범위

본 연구는 분진/미스트/용접흄 용으로 상품화된 M사의 반면형 직결식 호흡기보호구 모델 7200시리즈(HR-1) 그리고 S사의 반면형 직결식 호흡기보호구 모델 DR-14S(HR-2)에 대해서 WPF 실험을 하였다. 실험대상 작업장은 용접작업을 행하는 곳으로 모 자동차제조업체의 용접을 행하는 공장 및 모 기능대학의 용접학과 실습 작업장을 선정하여 실험하였다. 용접 시 발생하는 용접흄 성분 중에 가장 많이 차지하는(변상훈 등, 1995) 철(Fe)성분에 대하여 보호구의 외부(C_0)와 내부농도(C_i)를 측정하여 WPF(C_0/C_i)를 계산하였다.

WPF를 측정하기 전에 TSI사의 PortaCount[®]를 이용한 Condensation Nuclei Counting(CNC)법에 의해 QNFT를 측정한 다음 WPF와 QNFT를 비교하였다. 측정대상 용접 근로자의 수는 28명이었다.

2. 실험방법

공기시료 채취장비는 일정 유량 개인용 시료채취 펌프와 MCE(Mixed Cellulose Ester, SKC, USA) 여과지를 장착한 카세트로 되어있다. 필터의 직경은 37 mm이고 기공지름은 0.8 μ m이다. 유량 보정은 flow meter로 측정하며 측정 전·후에 보정하였다. 외부 공기농도 값은 근로자의 작업복 깃에 Millipore 카세트를 사용하여 채취하였으며 카세트는 일정 유량펌프에 Tygon[®] 튜브를 연결하였다.

보호구 안의 농도(C_i)를 측정하기 위하여 시료채취관은 HR-1의 경우 밀착시험용으로 제조된 것이 있기 때문에 이것을 입수하여 사용하였고 HR-2는

Table 1. Concentrations and workplace protection factors obtained with the half-mask respirator(HR-1)

Worker	Concentration(Fe), mg/m ³		WPF
	Outside	Inside	
1	1.210	0.174	7
2	1.065	0.102	10
3	1.168	0.364	3
4	0.706	0.003	231
5	0.864	0.006	141
6	2.376	0.030	80
7	1.609	0.102	16
8	2.780	0.010	267
9	1.250	0.020	62
10	1.631	0.040	41
11	2.606	0.009	275
12	0.479	0.035	14
13	2.047	0.002	922
14	0.785	0.046	17
15	2.078	0.043	48
16	0.609	0.016	37
17	1.038	0.008	136
18	12.508	0.003	3744
19	0.737	0.009	79
20	0.253	0.002	142
21	1.126	0.020	56
22	0.177	0.007	26
23	0.534	0.047	11
GM	1.118	0.019	60
GSD	2.398	4.099	5

시료채취관이 장착된 제품이 없기 때문에 현장에서 사용하는 보호구를 입수하여 HR-1과 동일한 위치에 시료채취관을 만들어 실험에 사용하였다. 시료채취관의 형태는 Liu et al.(1984)이 제시한 모양과 같은 형태이고 길이와 내부직경은 각각 2.0과 0.4 cm이다. 펌프의 유량은 시료채취 전에 약 2 L/min으로 보정하였다. 그리고 시료채취가 끝난 후에 다시 유량을 확인하였다. 시료 채취는 약 1시간 이상 지속하였다. 공시료 뿐만 아니라 노출된 여과지중의 산화철 농도는 NIOSH 공정시험법 #7300에 따라서 원자흡광광도계(UNICAM 989, GB)를 이용하여 분석하였다. 이

원자흡광광도계로 용접흡중의 철성분을 분석하였을 경우의 검출한계(Limit of Detection)는 시료 당 약 1 µg으로 나타났다.

실험대상자의 얼굴형이 한국인의 표준 얼굴형에 속하는지를 확인하기 위하여 안면길이(face length)와 입술폭(lip length)을 측정된 결과 대상자 전원이 우리 나라 국민체위 보고서에 나타난 안면길이와 입술폭의 95% 범위 안에 포함되었다(한국표준과학연구원, 1997)

시험하기 전에 작업자는 얼굴을 씻게 하여 깨끗하게 하고, 호흡기 보호구를 씌운 다음 3M의 FT-10

Table 2. Concentrations and workplace protection factors obtained with the half-mask respirator(HR-2)

Worker	Concentration(Fe), mg/m ³		WPF
	Outside	Inside	
1	3.494	0.105	33
2	1.320	0.047	28
3	0.500	0.021	23
4	1.066	0.076	14
5	1.128	0.639	2
6	0.947	0.039	24
7	1.417	0.012	122
8	0.894	0.052	17
9	1.519	0.063	24
10	0.898	0.021	43
11	0.659	0.021	32
12	1.549	0.030	52
13	0.822	0.032	26
14	0.569	0.054	11
15	0.682	0.023	30
16	2.381	0.018	129
GM	1.082	0.041	26
GSD	1.674	2.559	3

키트를 이용한 saccharine 시험을 통하여 QLFT를 측정하였으며 여기서 통과된 근로자만 시험에 참가시켰다. 또한 직결식 호흡기 보호구의 경우 흡입구를 막고 숨을 들이쉬게 한 다음 잠시동안 멈추게 하여 새지 않는 것을 확인하는 과정을 통하여 보호구를 잘 착용토록 하였다. 반면형 직결식 호흡기보호구일 경우 HEPA 필터를 장착한 다음, TSI사의 PortaCount[®]를 이용하여 QNFT를 실시하였다. 피검자는 측정 전에 수염을 깎게 하고 측정 한시간 전부터 금연을 시켜 금연 후 호기에서 발생한 에어로졸의 영향으로부터 측정의 오차를 최소화 시켰다. 호흡기보호구 착용 시 Fit Check 등 착용에 따른 주의 사항과 모의 작업동작(Exercise Regime)을 수행하는 방법을 교육시킨 후 QNFT를 측정하였다(한돈희 등, 1997). 실험하기 전에 작업자에게 실험내용을 설명하고 정상적인 작업계획에 따라 고농도에 노출되는 작업장소에 가도록 하였다. 작업자는 사용 안한 탐침관이

달린 보호구를 착용케 하였다. 그 다음 카세트와 펌프가 탐침에 연결되도록 하여 근로자의 옷깃에 달았다. 시료포집 펌프는 호흡기보호구를 제거하기 전에 멈추게 하였다. 시료포집시간 동안 작업내용을 관찰하고 비 이상적인 사건을 기록하였다. 또한 근로자가 보호구나 펌프를 임의로 조작하지 못하도록 관리하였다. 시료포집시간이 끝난 후 근로자는 다시 깨끗한 장소로 오게 하여 오염될 가능성이 없도록 시료가 채취된 카세트를 분리하여 보관하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 내부와 외부농도

Table 1과 Table 2는 각각 HR-1과 HR-2의 내부와 외부에서의 용접흄 중 철(Fe)성분의 농도를 나타내었다. Table 1에서 보는 바와 같이 HR-1을 착용

하고 용접하였을 경우 호흡기보호구 바깥에서의 농도는 0.177 - 12.508 mg/m³의 범위에서 기하평균농도는 1.118 mg/m³, 안에서의 농도 범위는 0.002 - 0.364 mg/m³ 그리고 기하평균농도는 0.019 mg/m³로 나타났다. 보호구 바깥에서의 산화철(Fe₂O₃) 흡의 농도는 허용농도(5 mg/m³)를 초과하는 경우도 있었으나 보호구 안에서는 허용농도에 훨씬 못미치는 농도로 나타났다.

Table 2에서 보는 바와 같이 HR-2를 착용하고 용접하였을 경우 보호구 바깥에서의 농도는 0.500 - 3.494 mg/m³의 범위에서 기하평균농도는 1.082 mg/m³, 보호구 안에서의 농도 범위는 0.012 - 0.639 mg/m³ 그리고 기하평균농도는 0.041 mg/m³로 나타났다. HR-2의 경우 호흡기 보호구 바깥에서의 산화철 흡의 농도는 허용농도를 초과하는 경우는 없었으나 보호구 안에서는 훨씬 낮은 농도로 나타났다. 한편 5번 작업자의 경우는 바깥에서의 농도의 절반이 호흡기보호구 안에서 나타난 점으로 보아 호흡기 보호구의 밀착이 제대로 되지 않고 작업할 경우 상당히 고농도의 유해인자에 노출될 수 있음을 보여 주었다. 또한 보호구 외부공기중의 흡의 농도는 비슷하더라도 HR-2를 착용하였을 경우보다 HR-1을 착용하였을 경우 보호구 안에서 노출되는 흡의 농도가 절반 이하인 것으로 나타나 HR-1을 착용하였을 경우 유해물질로부터의 근로자 보호효과가 더 큰 것으로 나타났다.

2. Workplace Protection Factors

Table 1~Table 2에서 보는 바와 같이 HR-1의 경우 WPF가 3 ~ 3744이고 기하평균은 60으로 나타났으며 HR-2의 경우는 2 ~ 129로 그리고 기하평균은 26으로 나타났다. HR-2보다는 HR-1의 WPF의 기하평균이 약 2배 이상 높게 나타났다. 이 경우 CNC QNFT방법으로 실험하였을 경우 남자에 대한 밀착도가 M사의 HR-1의 경우 기하평균이 172이고 HR-2의 경우 기하평균이 37로 나타나 HR-2보다

HR-1의 보호구가 QNFT실험에서도 현격히 우수한 밀착성을 보여 QNFT 실험에서 높은 밀착도를 가지는 보호구는 WPF에서도 높은 수치를 나타내었다.

한편 본 연구에서 주목해야 하는 사실은 HR-1과 HR-2를 착용하고 작업한 각 피검자 1명씩에 대한 WPF 값이 거의 1이 나왔었다. 이것은 호흡기보호구가 착용자의 안면에 맞지 않아 밀착이 전혀 이루어지지 않았다는 의미로서 호흡기보호구를 착용하지 않은 것이나 다를 바 없다는 의미이다. 본 연구에서는 이러한 피검자는 작업 도중 호흡기보호구의 착용이 아주 불량해진 것으로 여겨져 자료분석에 포함시키지 않았다. 이런 결과는 한 등(한돈희 등, 1997)이 실험실적으로 QNFT 실험을 통하여 밀착도를 얻었을 경우 밀착도 값이 0 또는 1 이 나온 것과 비슷한 결과를 보여 준 것으로 호흡기 보호구만 착용하면 유해물질이 잘 차단되리라는 생각이 잘못될 수 있음을 보여 주었다.

통계프로그램인 SPSS의 독립표본 t-검정을 이용하여 HR-1과 HR-2의 대수화한 WPF 간의 유의성을 검정하여 본 결과 유의한 차이는 나타나지 않았다(p > 0.05).

각각의 호흡기보호구의 log WPF를 누적도수 백분율로 나타낸 것이 Fig 1이다. 각 호흡기보호구에 대한 log WPF 값들이 비교적 선형을 나타내고 있어 데이터들은 대수정규분포를 하고 있음을 알 수 있었다. NIOSH와 AIHA에서 정의한 바와 같이 최소보호도(Assigned Protection Factor, APF)는 적절하게 잘 착용하고, 훈련된 사용자들의 해당 퍼센트에서 적절히 기능하는 호흡기보호구에 의해 최소한도로 보호받을 수 있는 정도로 정의된다. NOISH는 반면형 음압호흡기 보호구의 최소보호도(APF)를 10 이상으로 추천하였다. NIOSH는 WPF의 95% 이상이 APF를 초과할 것으로 기대하고 있다. 누적도수 5퍼센트 분율은 작업장에서 참가자의 95%에 의해 얻어질 수 있는 최소의 WPF를 보여주는 것으로 선정된다. 그

림 2에서의 선형 회귀선으로부터 HR-1의 WPF의 누적도수 5퍼센트 분율은 11.2로 나타났으며, HR-2의 경우는 7.1로 나타났다. 따라서 HR-1의 경우는 NIOSH에서 추천하는 최소보호도를 초과하는 것으로 나타났으나 HR-2의 경우는 그렇지 못하는 것으로 나타났다. Gaboury et al.(1993)은 알루미늄 제련장에서 반면형 직결식 반면형 호흡기보호구에 대한 WPF를 측정된 결과 기하평균은 47, 그리고 누적도수 5퍼센트 분율 즉 최소보호도는 9로 측정되었다고 보고하여 HR-1과 HR-2의 WPF의 중간 값을 나타내었다.

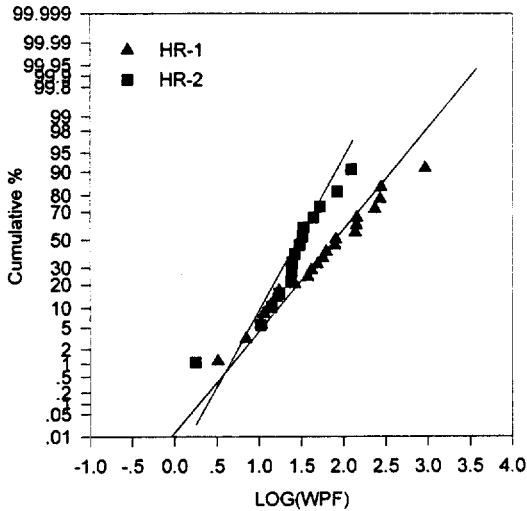


Fig. 1. Lognormal probability plots of workplace factor (WPF) for half-mask negative respirators

HR-1의 경우 QNFT값의 기하평균은 172로 나타났으며, HR-2의 경우는 37로 나타났다. 결국 평균적으로 QNFT 값이 높게 나타난 호흡기보호구의 경우 평균적인 WPF 값도 높게 나타났지만 개인 별 변이는 큰 것으로 나타났다. Fig 2는 HR-1과 2의 log(WPF) 값과 Portacount[®]로 측정된 log(QNFT) 방법으로 구한 Fit Factor 값의 상관관계를 나타내고 있다. 비록 데이터 값의 수가 적을 지라도 SPSS를 이용하여 상관계수를 구하여 본 결과 HR-1의 경우는 0.099로 나타나 상관관계가 거의 없었으며, HR-2

의 경우 0.460으로 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 그 동안 외국의 여러 연구자들의 연구결과 대수화한 QNFT 값과 대수화한 WPF값 간의 상관 관계가 별로 없다고 보고한 것과 유사하였다(Myers et al., 1984; Gaboury et al., 1993). 이러한 원인으로는 실험대상자 개인에 따라 아직까지 확인되지 않은 변수에 의한 영향으로 인해 WPF와 QNFT사이의 상관관계에 변이가 크게 나타나는 것으로 보인다.

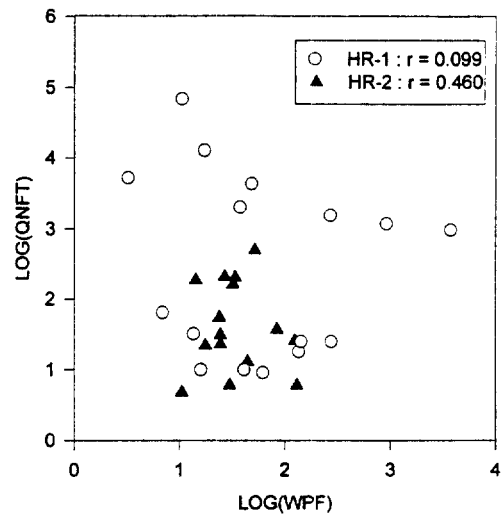


Fig. 2. Log quantitative fit factor(QNFT) obtained with the Portacount for half-mask negative pressure respirator vs. Log workplace protection factor(WPF)

V. 결론

본 연구에서는 반면형 호흡기보호구 HR-1과 2에 대한 WPF 평가를 용접 작업장에서 용접흡 중 산화철의 공기 중 농도를 이용하여 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 직결식 호흡기보호구를 착용하였을 경우 비록 호흡기보호구 바깥의 농도가 기준치를 넘었을 경우에도 호흡기보호구 내의 흡중 산화철의 농도는 기준치(5 mg/m³) 이하의 훨씬 적은 농도로 나타났다.
2. HR-1의 경우 WPF의 기하평균은 60으로 나타

났으며 HR-2의 기하평균은 28로 나타났다. HR-2보다는 HR-1의 WPF의 기하평균이 약 2배 이상 높게 나타나 HR-1의 직결식 호흡기 보호구를 착용하였을 경우 유해물질에 대한 근로자의 보호정도가 HR-2의 것보다 우수한 것으로 나타났다.

3. 본 연구에서 WPF의 누적도수 5퍼센트 분율은 HR-1의 경우 11.2로 나타났고 HR-2의 경우 7.1로 나타났다.

4. HR-1과 2의 log(WPF) 값과 PortaCount[®]로 측정된 log(QNFT) 방법으로 구한 밀착도 값의 상관관계를 구하여 본 결과 HR-1의 경우는 0.099로 나타나 상관관계가 거의 없었으며, HR-2의 경우 상관관계는 0.460으로 상관관계가 낮은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 호흡기보호구를 착용함으로써 평균적으로 유해물질에 대한 보호가 이루어지는 것으로 나타났으나 개인에 따라 보호정도에 대한 변이가 크게 나타나 적합한 보호구의 착용과 그에 따른 확인시험이 필요한 것으로 생각된다. 또한 WPF를 측정하여 봄으로써 호흡기보호구에 대한 성능 평가를 할 수 있는 것으로 나타났고, 해당 호흡기보호구를 착용하였을 때 유해물질에 대한 실제적인 보호도가 어느 정도인지 알 수 있었다.

REFERENCES

민연식, 조원호, 이종철, 황영남, 김인기, 노세환, 김준수, 양해룡, 김정환, 조영민, 심보섭, 김연수, 이양호: 한국형방진마스크 개발연구 2. 서울, 한국동력자원연구소, 1988: 375-376.

박은주, 김현욱: 반면형 방진마스크의 탈착계수에 영향을 미치는 요인. 한국의 산업의학 1995; 34(4): 133-143

변상훈, 박승현, 김창일, 박인정, 양정선, 오세민, 문영환: 일부 업종의 용접흡 분석 및 폭로농도에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1995; 5(2): 172-183.

한돈희, 나명채, 이상곤: 호흡기보호구에 대한 Saccharine QLFT와 CNC QNFT간 상관성에 관한 연구, 한국산업위생학회지 1997; 7(1): 99-112.

허지연, 김현욱: 반면형 방진마스크의 누출부위 분포조사. 한국산업위생학회지 1994; 4(2): 180-188.

한국표준과학연구원: 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위조사 보고서. 서울 공업진흥청, 1997.

Colton CE, LR Brikner and LM Brosseau: Respiratory Protection: A Manual and Guideline, 2nd ed., Fairfax, VA, American Industrial Hygiene Association, 1991.

Gaboury A, DH Burd and RS Friar: Workplace protection factor evaluation of respiratory protective equipment in a primary aluminium smelter. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1993; 8(1):19-25.

Johnston, AR, WR Myers, CE Colton, JS Birkner and CE Campbell: Review of respirator performance testing in the Workplace: Issues and Concerns. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1992; 53(11): 705-712.

Liu BYU, K SeGA, KL Rubow, SW Lenhart, and WR Myers: In-mask aerosol sampling for Powered Air Purifying Respirators, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1984; 45(4): 278-283.

Myers WR, SW Lenhart, D Campell and G Provost: Letter to the editor. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1983; 44(3): B25-B26.

Myers WR, MJ Peach, K Cutright and W Iskander: Workplace protection factor measurements on powered air purifying respirators at secondary lead smelters: Results and discussion. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1984; 45(10): 681-688.

National Institute for Occupational Safety and Health(2): Respirator Decision Logic (DHHS/NIOSH Pub. No 87-108), Washington, D.C., Government Printing Office, 1987; 50-51.

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH): Revision of tests and requirements for certification of permissibility of respiratory

protective devices used in mines and mining. Federal register 52: 166(27 Aug. 1987). pp.32402-32443.