

국내 작업환경측정기관의 측정 및 분석장비 보유실태에 대한 고찰 (I)

장 재 길

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Evaluation of the Possession of Measurement and Analytical Instruments among Domestic Work Environment Monitoring Service Providers (I)

Jae-Kil Jang

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

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study is to analyze the current status of the possession of measurement and analytical instruments among work environment monitoring organizations that have been designated by the Ministry of Employment and Labor(MoEL) in Korea.

Methods: Data for measurement and analytical instruments were gathered by inspectors who had been assigned by the Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA) and MoEL during the evaluation program for designated work environment monitoring service providers in 2012. Data for 11 monitoring instruments and nine analytical instruments were collected from 108 organizations. Basic data such as the type of service provides and the size of employment were also recorded by the inspector.

Results: The total number of personal air samplers including high and low flow rates operated in Korea was 5,418, with average of 50.2. Average operation number of noise dosimeters was 35.0, while 3,780 dosimeters were used in 108 work environment monitoring organizations. There were 10,488 monitoring instruments in total. All service providers possessed at least one AAS and GC in their analytical laboratory. Total number of HPLC/MS was five, followed by ICP/MS of seven, with an average of 0.07.

Conclusions: Based on the data, domestic work environment monitoring service providers possessed relatively reasonable measurement and analytical instruments. Nearly all instruments had been imported from advanced countries such as USA, UK and Japan. Periodic gathering of data on these instruments may help maintain good workplace monitoring results and the health of workers at the sites.

Key words : work environment monitoring, work environment monitoring organization, measurement instrument, analytical instrument

I. 서 론

우리나라에서 작업환경측정은 1950년대 대한석탄공사 부속 장성병원에서 최초로 실시된 것으로 기록되어 있어 약 60여년에 가까운 역사를 간직하고 있다(Choe, 2008, Kim, 2010). 1960년대와 1970년대에 일부 의과대학 부설 산업보건 연구소를 중심으로 주로 검지관이 나 직독식 장비를 사용하여 실시된 이러한 작업환경측정은 1981년에 산업안전보건법이 제정되고 이듬해에 시행규칙이 마련되면서 측정대상과 측정자의 자격 등

이 규정되었으며, 1983년에는 ‘작업환경측정규정’이 최초로 노동부 고시로 제정되었다(Kim, 2010). 이 당시는 근로자의 노출평가보다는 작업환경관리를 목적으로 단위작업장소 중심의 측정이 이루어졌으며 1980년대 중반에는 민주화의 바람을 타고 유해위험작업 여부를 판정하는 기준으로 일부 사용되는 등 우여곡절을 겪기도 하였다. 1990년대 중반까지 일본의 노동안전위생법에 근거한 지역시료채취 위주의 측정이 지속되다가, 미국 등 서구에서 보편적으로 적용되는 근로자 개인노출의 중요성이 본격적으로 대두되면서 개

*Corresponding author: Jae-Kil Jang, Tel: 032-510-0801, E-mail: cijj@kosha.net

Center for Occupational Health Research, Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA, 478 Munemi-ro, Bupyeong-gu, Incheon 403-711

Received: June 17, 2013, Revised: September 10, 2013, Accepted: September 25, 2013

인시료채취 위주로 재편되어 현재에 이르고 있다(Yun et al., 1993). 따라서 이 시기에는 측정과 관련된 장비도 지역시료 채취용에서 개인시료 채취용으로 전면적으로 바뀌게 되었다.

국내에는 사업장 자체측정기관을 포함하여 약 150여개의 작업환경측정기관이 4만여개의 사업장을 대상으로 작업환경측정을 실시하고 있으며(Kim et al., 2007; Won, 2013), 대상사업장 수는 점차 증가하는 추세에 있다. 이 기관들은 현재 ‘작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시’에 따라 년2회 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원(이하 ‘공단 연구원’)에서 실시하는 분석정도관리에 합격하여야 한다. 또한 종합적인 정도관리의 필요성에 따라 동 고시에 근거하여 2013년부터는 시료분석능력 뿐만 아니라 측정기관에 대한 인력과 장비에 대한 현장실사가 추가로 실시되고 있다(MoEL, 2013b). 작업환경 시료의 분석능력에 대한 정도관리는 ‘작업환경측정에 관한 정도관리 규정’이 1992년 4월 16일에 고시됨에 따라 국내에 도입되어 작업환경측정기관의 분석능력 향상에 크게 기여하여 왔다. 그러나 작업환경측정의 실효성을 담보하기 위해서는 측정 현장에 대한 평가도 필요하다는 주장도 지속적으로 제기되어 왔을 뿐만 아니라 인증제도를 도입하여야 한다는 의견도 있어 왔다(Kim, 2004; Paik et al., 2004; Roh et al., 2004; Park et al., 2005; Roh, 2005).

필요한 장비와 인력을 법으로 정한 지정측정기관 제도는 분석결과에 대한 민사상 책임이 강조되고 인력과 장비는 시장의 기능에 맡기는 미국이나 유럽 등에는 없는 제도로 우리나라의 경우 일본의 제도를 도입한 것이다. 그러나 일본의 경우에는 지역시료채취를 법적 측정제도로 채택하고 있어 요건이 되는 장비의 종류가 우리나라와는 매우 다를 수밖에 없다.

우리나라에서 작업환경측정대상 유해인자를 보유한 사업장을 대상으로 작업환경측정을 실시하기 위해서는 해당 기관이 산업안전보건법 제42조(작업환경측정 등)에 따라 고용노동부의 지정을 받아야만 한다. 또한 지정을 받기 위해서는 일정한 유자격 인력과 측정 및 분석을 위한 시설과 장비를 갖추어야 한다(MoEL, 2013a). 산업안전보건법(이하 “산안법”)은 원칙적으로 작업환경측정과 분석을 동일한 기관에서 수행하도록 규정하고 있으므로 국내 작업환경측정기관은 측정을 위한 장비와 그에 따른 분석장비 및 시설을 한 기관

내에 모두 보유하게 된다. 산안법 시행규칙 제95조의 별표 12의 규정에 따라 지정측정기관이 보유하여야 할 장비는 개인시료채취기, 소음측정기, 운습도측정기, 산소농도측정기 및 검지관 등이 있으며, 핵심이 되는 분석장비로는 가스크로마토그래프(Gas Chromathograph, GC), 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrometer, AAS) 또는 유도결합 플라즈마광도계(Inductively Coupled Plasma Spectrometer, ICP) 및 광전분광광도계(UVVis. Spectrophotometer, UV)와 정밀저울이 포함된다(MoEL, 2013a). 또한 톨루엔 디이소시아네이트 및 유리규산 등 특정 물질을 분석하고자 하는 경우에는 고성능액체크로마토그래프(High Performance Liquid Chromatograph, HPLC)나 X-ray 회절분석기 등이 별도로 요구된다. 이러한 법적 측정장비는 기관이 측정행위를 영유하기 위해서는 필수적인 것이나 대부분의 지정측정기관이 경제적 어려움을 면하기 어려워 고성능액체크로마토그래프나 X-ray 회절분석기 등 고가의 장비는 거의 보유하지 못하고 타 지정측정기관 등을 활용하고 있는 것으로 알려져 있다.

그동안 작업환경측정기관이 보유한 측정 및 분석 장비는 거의 대부분 미국 등 선진국에서 제조된 것을 수입해 사용하고 있다고 알려져 왔다. 그러나 구체적으로 어느 나라의 어떠한 장비가 어느 정도 작업환경 측정기관에서 보유 및 사용되고 있는지에 대한 실태 조사는 현장접근과 자료파악의 한계 때문에 실시된 적이 없으며 결과적으로 이러한 실태를 파악할만한 자료는 국내에 전무하다. 따라서 국내 작업환경측정기관을 대상으로 2012년도 지정측정기관평가 시에 동시에 실시된 조사를 바탕으로 국내 지정측정기관의 측정 및 분석장비 보유실태에 대한 결과를 본 연구를 통해 1차적으로 보고하고자 한다.

II. 연구방법

2012년도에 실시된 지정측정기관에 대한 질관리는 한국산업안전보건공단(이하 ‘공단’) 주관 하에 공단 직원과 대학의 산업위생 관련분야 교수가 중심이 되어 실시되었다. 공정성을 기하기 위해 평가일을 기준으로 1년 이상 측정업무에 종사한 기관 147개를 대상으로 기관별 보유인력과 관리, 측정·분석 시설과 장비, 측정결과와 신뢰도 및 측정 시료분석 능력에 대한 평가가 이루어졌으며, 그 결과에 따라 기관별 등급이 현재 공

개되어 있다.

지정측정기관에 대한 등 질관리에는 평가 항목에 기관이 보유하고 있는 측정 및 분석장비의 종류와 수량이 구체적으로 포함되어 있지 않아 장비의 보유실태에 대한 공식적인 조사는 이루어지지 않았으며, 본 연구를 위해 연구자가 별도의 체크리스트를 배포하여 평가자들이 자율적으로 관련 자료를 수집하도록 하였다. 자료의 수집 시기는 2012년 6월부터 9월까지로 지정측정기관에 대한 평가가 이루어진 시기와 동일하다. 147개 기관 중 평가자에게 측정 및 분석 장비에 대한 구체적인 자료를 제출한 기관의 수는 108개로 평균 자료 수거율은 73.5%였다.

조사 대상 측정장비는 산업법 시행규칙 제95조에서 지정된 장비를 중심으로 개인시료채취기(고유량과 저유량으로 구분하되 공용은 고유량으로 정의), 유량보정장치, 지시소음계, 누적소음 노출량측정기(Noise Dosimeter), 음향보정장치, 온습도측정기(Wet Bulb Globe Thermometer, WBGT), 기류측정기(Anemometer), 검지관, 조도측정기, 산소농도측정기 및 진동측정기 11개 항목으로 하였다. 실험실 분석장비의 경우 원자흡광광도계, 유도결합플라즈마광도계, 유도결합플라즈마광도계/질량분석기(Inductively Coupled Plasma Spectrometer/Mass Spectrometer, ICP/MS), 가스크로마토그래프, 가스크로마토그래프/질량분석기(Gas Chromatograph/ Mass Spectrometer, GC/MS), 고성능액체크로마토그래프, 고성능액체크로마토그래프/질량분석기(High Performance Liquid Chromatograph/Mass Spectrometer, HPLC/MS), 이온크로마토그래프(Ion Chromatograph, IC) 및 광전분광광도계 총 9개 항목으로 하였다. 각 장비에 대해서는 제조사와 모델명을 기입하여 제조 국가를 파악할 수 있도록 하였다. 각 장비의 구입대수와 현재 사용대수를 별도로 구분하여 자료를 수집하였으나 연구를 위한 자료의 처리는 현재 사용하고 있는 실 장비의

수를 기준으로 하였다.

국내 작업환경측정기관은 대한산업보건협회(이하 “보건협회”) 및 근로복지공단 산재병원과 같은 전국적 규모의 산업보건 종합서비스기관, 대학의 부설 산업보건연구소, 대학의 병원을 포함한 대형 종합병원 소속 기관, 일반 (종합)병원 소속 기관, 작업환경측정을 전문으로 하는 측정전문기관, 그리고 사업장 자체측정기관 등으로 구분될 수 있다. 본 연구에서는 전체 기관을 5개 유형군으로 나누어, ①보건협회와 근로복지공단 소속 산재병원을 ‘종합기관(Comprehensive Occupational Health Service Provider, COHSP)’으로, ②대학의 종합병원은 ‘대학병원 (Subsidiary of University General Hospitals, SUGH)’으로, ③대학 소속 연구소와 일반 (종합)병원은 ‘부속기관(Subsidiaries of University or Hospital, SUH)’으로, ④독립 작업환경측정기관은 ‘측정전문기관(Work Environment Monitoring Organization, WEMO)’으로, 그리고 ⑤사업장 자체측정기관은 ‘자체측정사업장(Self-monitoring Corporation, SMC)’으로 명하였다. 측정기관에 소속된 인력은 분석전문가와 측정전문가를 별도로 구분하여 조사하였으나 분석자는 뚜렷하게 구분될 수 있었으나 기타 인력은 측정자와 관리자의 구분이 모호한 경우가 많아 측정을 전담하는 전문가를 별도로 구분하기가 어려운 경우가 많았다. 수집된 원자료는 Excel(Microsoft, USA)을 이용하여 빈도분석 등을 실시하였다.

III. 결 과

1. 조사대상 기관의 특성

공단이 실시한 질관리의 대상이 된 지정측정기관의 수는 총 147개소이다. 세부적으로는 대한산업보건협회와 근로복지공단 산하 종합기관이 21개로 14.3%

Table 1. Categories of work environment monitoring service provider(Unit : counts)

	COHSP [*] (%)	SUGH [†] (%)	SUH [‡] (%)	WEMO [§] (%)	SMC (%)	Sum(%)
Total no of subjects	21(14.3)	25(17.0)	41(27.9)	54(36.7)	6(4.1)	147(100.0)
No of subjects collected data	15(13.9)	19(17.6)	27(25.0)	42(38.9)	5(4.6)	108(100.0)
Collected rate(%)	71.4	76.0	65.9	77.8	83.3	73.5

* COHSP : Comprehensive Occupational Health Service Provider

† SUGH : Subsidiary of University General Hospitals

‡ SUH : Subsidiaries of University or Hospital

§ WEMO : Work Environment Monitoring Organization

|| SMC : Self-monitoring Corporation

이었고, 대학 부속 종합병원인 대학병원, 대학의 부설 산업보건연구소와(종합)병원에 소속된 기관인 부속 기관, 작업환경측정 기관인 측정전문기관 및 자체측정 사업장이 각각 17.0%, 27.9%, 36.7% 및 4.1%를 차지하고 있어 사업장 자체측정사업장이 가장 수가 적고 측정전문기관이 가장 많은 것으로 나타났다(Table 1).

5개의 측정기관 유형군에 따른 기관들의 수와 자료제출기관 수 및 수거율은 종합기관, 대학병원, 부속기관, 측정전문기관, 자체측정사업장이 각각 71.4%, 76.0%, 65.9 %, 77.8% 및 83.3%를 나타내었다. 자체 측정기관이 6개소 중 5개소에서 자료가 수집되어 가장 높은 수거율을 보였으며 부속기관의 수거율이 가장 낮았다. 유형에 따라 전체 기관수에서 차지하는 비율은 질관리 대상 전체기관의 구성비율과 유사하여 종합기관부터 자체측정사업장의 순으로 각각 13.9%, 17.6%, 25.0%, 38.9% 및 4.6%를 차지하였으며, 유형군 간의 수거율에 통계적 유의성은 없었다($\chi^2 = 2.161, p = 0.706$).

2. 작업환경측정장비의 보유실태

1) 개인시료채취기

108개 조사대상 기관의 저유량과의 공용을 포함한 고유량 개인시료채취기 보유대수는 총 4,169대로 기관별 최소 보유대수는 3대(자체측정사업장이 포함된 경우로 이를 제외하면 10대), 최대 보유대수는 126대이며 평균 보유대수는 38.6대로 나타났다. 기관별 평균값을 이용하여 147개 전 기관으로 외삽하게 되면 2012년도 질관리 대상이 된 지정측정기관에서 보유

한 고유량 개인시료채취기의 총수는 약 5,675대로 추정될 수 있다.

Table 2에 제시된 바와 같이 4,169대의 생산 국가별 현황은 미국산이 3,870대(92.8%)로 대부분을 차지하였으며, 영국 제품이 299대로 나머지 7.2%를 점하였다. 미국산은 2~3개의 제조사 제품이 대부분을 차지하였으며, 일본제품이나 국내산 개인시료채취기 제품은 없는 것으로 파악되었다.

저유량 개인시료채취기에 대한 조사결과 미국산이 전부를 차지하여 총 1,249대를 108개 기관에서 보유하고 있는 것으로 나타났다. 이를 147개 기관으로 외삽하면 국내 사용대수는 약 1,700대로 추정된다. 이상의 결과 국내에서 사용되고 있는 고유량 및 저유량 개인시료채취기는 총 7,375여대로 약 3/4가 고유량 혹은 고유량과 저유량의 공용으로 확인되고 있다.

유량보정장치의 경우에는 108개 기관 총보유대수가 164대로 기관당 평균 약 1.5대 수준으로 나타났다. 미국산이 160대로 97.6%의 거의 대부분을 차지하고 있고 영국산이 3대(1.8%)로 조사되었으며, 국적을 확인할 수 없는 장비가 1대(0.6%) 포함되어 있었다.

2) 소음측정용 장비

소음측정용 장비는 개인의 누적소음노출량 측정이 가능한 것으로 하되(MoEL, 2013a) 개인시료의 채취가 불가능한 경우 지시소음계를 사용할 수 있도록 하고 있으므로(MoEL, 2013b) 지시소음계와 누적소음 노출량측정기를 구분하여 조사하여 그 결과를 Table 3

Table 2. The number of personal air samplers(PAS) operated in Korea(Unit : counts)

Types	No	USA(%)	UK(%)	Japan(%)	Korea(%)	Others(%)	Sum(%)
	Total	3,870(92.8)	299(7.2)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	4,169(100.0)
High flow rate PAS	Maximum	126	40	0	0	0	126
	Minimum	0	0	0	0	0	3
	Average	35.8	2.8	0.0	0.0	0.0	38.6
	Total	1,249(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1,249(100.0)
Low flow rate PAS	Maximum	79	0	0	0	0	79
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6
	Total	160(97.6)	3(1.8)	0(0.0)	0(0.0)	1(0.6)	164(100.0)
Calibrator for PAS	Maximum	4	2	0	0	1	4
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	1.5	0.01	0.0	0.0	0.01	1.5

에 제시하였다.

먼저 지시소음계의 보유실태를 살펴보면 108개 조사기관에서 총136대를 보유하여 평균 1.3대수준인 것으로 나타났다. 장비의 생산 국가별로는 미국산이 32대(23.5%), 영국산이 19대(14.0%), 일본산이 73대(53.7%), 기타 국가산이 12대(8.8%)를 차지하여 일본산의 점유율이 절반 이상이 되는 것으로 나타났으며, 국내산은 없는 것으로 조사되었다. 기타 국가의 지시소음계 생산국은 독일, 폴란드 및 스페인 등이었다. 147개 전 지정측정기관으로 외삽한 수치는 약 185대로 추정된다.

조사대상 기관의 누적소음 노출량측정기 국내 보유실태는 총 3,780대로 역시 147개 기관으로 외삽하면 약 5,145대에 이른다. 기관별 평균보유대수는 35.0대이며 1개 기관 보유 최대수는 107대에 이르고 있다. 장비생산 국가의 현황을 살펴보면 미국산이 2,126대(56.2%), 영국산이 1,522대(40.3%), 그리고 기타 국가산이 132대(3.5%)였으며 국내산은 없었다. 지시소음계와 다르게 일본산은 없고 미국산과 영국산이 거의 대부분이며 기타국가는 스페인과 대만 등으로 최근 들어 대만산 제품의 사용이 일부 시도되고 있는 것으로 판단된다.

음향보정장치의 보유실태는 총 244대로 외삽값은 약 332대이다. 생산 국가별로는 미국, 영국, 일본, 기타 국가가 각각 133대(54.5%), 96대(39.3%), 8대(3.3%) 및 7대(2.9%)를 점하고 있다. 이 장비의 기관당 평균 보유대수는 약 2.3대로 나타났다.

3) 기타 측정장비

온습도측정기, 기류측정기, 검지관, 조도계, 산소농도측정기 및 진동측정기에 대한 조사결과는 Table 4에 정리되어 있다. 진동은 원칙적으로 특수건강진단 항목에는 포함되어 있으나 작업환경 측정의 대상은 아니다(MoEL, 2013a). 다만, 최근 들어 대기업을 중심으로 관심이 증대되고 있어 일부 사업장에서 측정이 이루어져 조사대상 장비에 포함시켰다.

온습도측정기는 108개 조사대상 기관에서 총 133대를 보유하였으며 외삽값은 약 181대로 기관당 평균적으로 1.2대를 보유하고 있었다. 원산지는 미국산이 101대(75.9%)로 대부분을 차지하였고 일본산 11대(8.3%) 및 기타국가 생산이 20대(15.0%)를 기록하였으며 국내산이 1대 있는 것으로 나타났다. 기타 생산국은 주로 캐나다였으며 생산국을 확인할 수 없는 장비도 소량 포함되어 있었다.

기류측정기는 측정기관별로 평균 약 1.3대를 보유하여 총 143대로 나타나 147개 기관으로 외삽한 경우 약 195대를 보유한 것으로 판단되었다. 국가별로는 미국산이 81.8%(117대), 영국산이 0.7%(1대), 일본산이 14.0%(20대), 국내산이 1.4%(2대) 및 대만을 비롯한 기타 국가산이 2.1%(3대)로 조사되었다.

검지관의 경우에는 기관당 평균 1.5대로 총 171대가 되어 외삽값은 약 233대이다. 일본산이 167대로 97.7%의 거의 전수를 차지하였으며 미국산이 1.8%(3대) 및 확인 미상이 1대(0.6%)로 나타났으며 국내산은 없었다.

조도계는 총 157대로 평균값이 1.5대여서 147개 지

Table 3. The number of noise meters including dosimeters operated in Korea(Unit : counts)

Types	No	USA(%)	UK(%)	Japan(%)	Korea(%)	Others(%)	Sum(%)
Sound level meter	Total	32(23.5)	19(14.0)	73(53.7)	0(0.0)	12(8.8)	136(100.0)
	Maximum	5	5	6	0	1	6
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	0.3	0.2	0.7	0.0	0.1	1.3
Dosimeter	Total	2,126(56.2)	1,522(40.3)	0(0.0)	0(0.0)	132(3.5)	3,780(100.0)
	Maximum	100	90	0	0	28	107
	Minimum	0	0	0	0	0	2
	Average	19.7	14.1	0.0	0.0	1.2	35.0
Calibrator for noise	Total	133(54.5)	96(39.3)	8(3.3)	0(0.0)	7(2.9)	244(100.0)
	Maximum	7	14	3	0	1	16
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	1.2	0.9	0.1	0.0	0.1	2.3

Table 4. Total number of other monitoring instruments operated in Korea(Unit : counts)

Types	No	USA(%)	UK(%)	Japan(%)	Korea(%)	Others(%)	Sum(%)
WBGT	Total	101(75.9)	0(0.0)	11(8.3)	1(0.8)	20(15.0)	133(100.0)
	Maximum	3	0	1	1	2	4
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	0.9	0.0	0.1	0.01	0.2	1.2
Anemometer	Total	117(81.8)	1(0.7)	20(14.0)	2(1.4)	3(2.1)	143(100.0)
	Maximum	3	1	3	1	1	3
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	1.1	0.01	0.14	0.01	0.02	1.3
Detector tube	Total	3(1.8)	0(0.0)	167(97.7)	0(0.0)	1(0.6)	171(100.0)
	Maximum	2	0	8	0	1	8
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	0.02	0.0	1.5	0.0	0.08	1.6
Lux meter	Total	8(5.1)	0(0.0)	105(66.9)	2(1.3)	42(26.8)	157(100.0)
	Maximum	2	0	4	1	3	4
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	0.1	0.0	1.0	0.01	0.4	1.5
Oxygen meter	Total	68(54.8)	1(0.8)	43(34.7)	4(3.2)	8(6.5)	124(100.0)
	Maximum	2	1	2	1	1	3
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	0.6	0.01	0.4	0.03	0.07	1.1
Vibration meter	Total	3(23.1)	1(7.7)	5(38.5)	0(0.0)	4(30.8)	13(100.0)
	Maximum	1	1	1	0	1	1
	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Average	0.03	0.01	0.05	0.0	0.04	0.12

정측정기관에 대한 외삽값은 약 214대로 조사되었다. 역시 일본산이 105대로 66.9%의 다수를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 미국산이 8대(5.1%), 중국과 대만을 포함한 기타 국가산이 42대로 약 1/4을 차지하여 개도국 생산품이 비교적 높은 빈도를 보였으며 국내산도 2대(1.3%) 있는 것으로 조사되었다.

산소농도측정기는 기관당 약 1.1대의 평균값을 나타내어 총수는 124대이고 외삽값은 약 167대이다. 국가별로는 미국산이 68대로 54.8%, 일본산이 43대로 34.7%의 대부분을 점유하고 있었으며 영국산이 1대(0.8%), 국산이 8대(6.5%) 및 독일, 캐나다, 이탈리아를 포함한 기타 국가산이 8대(6.5%)가 있었다.

진동측정기는 108개 기관에서 총 13대를 보유하여 평균과 외삽값은 각각 0.12대 및 17.7대에 지나지 않았다. 측정기관의 의무 보유장비가 아니고 진동이 작업환경측정대상에 포함되어 있지 않아 아직까지 국내

보급은 제한적으로 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 장비생산 국가는 일본산 5대(38.5%), 덴마크를 비롯한 기타 국가산 4대(30.8%), 미국산 3대(23.1%) 및 영국산 1대(7.7%)가 사용 중인 것으로 조사되었다.

4) 전체 작업환경 측정장비

개인시료채취기를 비롯한 조사대상 11개 측정장비의 총수는 Table 5에 정리된 바와 같이 108개 기관에서 총 10,483대로 나타나 147개 기관으로 추정하면 약 14,300여대로 판단되었다. 국가별로는 미국산 7,870대(75.1%), 영국산 1,942대(18.5%) 및 일본산이 432대(4.1%)로 약 97.5%를 점하여서 이들 3개국의 제품이 국내 작업환경측정 장비로 주로 사용되고 있음이 밝혀졌다. 국내산은 9대로 거의 미미한 수준이었으며 중국 및 대만산을 비롯한 개도국의 제품도 230여대로 2.2%를 점하여 일부 사용되고 있었다.

Table 5. The number of work environment monitoring instruments operated in Korea(Unit : counts)

Types	No	USA(%)	UK(%)	Japan(%)	Korea(%)	Others(%)	Sum(%)
WBGT	Total	7,870(75.1)	1,942(18.5)	432(4.1)	9(0.1)	230(2.2)	10,483(100.0)
	Maximum	290	104	14	2	32	304
	Minimum	4	0	0	0	0	12
	Average	72.9	18.0	4.0	0.08	2.1	97.1

Table 6. The number of laboratory analytical instruments operated in Korea (Unit : counts)

Types	No	USA(%)	UK(%)	Japan(%)	Korea(%)	Others(%)	Sum(%)
All instruments	Total	344(66.8)	3(0.6)	149(28.9)	11(2.1)	8(1.6)	515(100.0)
	Average	3.6	0.02	1.3	0.1	0.02	5.0
AAS	Total	81(69.8)	0(0.0)	35(30.2)	0(0.0)	0(0.0)	116(100.0)
	Average	0.75	0.0	0.32	0.01	0.02	1.1
ICP	Total	8(57.1)	0(0.0)	5(35.7)	0(0.0)	1(7.1)	14(100.0)
	Average	0.07	0.0	0.05	0.0	0.01	0.13
ICP/MS	Total	7(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	7(100.0)
	Average	0.06	0.0	0.01	0.0	0.0	0.07
GC	Total	89(67.4)	0(0.0)	41(31.1)	2(1.5)	0(0.0)	132(100.0)
	Average	0.82	0.0	0.38	0.02	0.0	1.2
GC/MS	Total	20(90.9)	0(0.0)	2(9.1)	0(0.0)	0(0.0)	22(100.0)
	Average	0.19	0.0	0.02	0.0	0.0	0.2
HPLC	Total	64(81.0)	0(0.0)	15(19.0)	0(0.0)	0(0.0)	79(100.0)
	Average	0.59	0.0	0.14	0.0	0.0	0.73
HPLC/MS	Total	4(80.0)	0(0.0)	1(20.0)	0(0.0)	0(0.0)	5(100.0)
	Average	0.04	0.0	0.01	0.0	0.0	0.05
IC	Total	28(70.0)	0(0.0)	5(12.5)	2(5.0)	5(12.5)	40(100.0)
	Average	0.26	0.0	0.05	0.02	0.05	0.37
UV/Visible spectrometer	Total	43(43.0)	3(3.0)	45(45.0)	7(7.0)	2(2.0)	100(100.0)
	Average	0.4	0.03	0.42	0.06	0.02	0.93

기관당 최대 장비보유수로는 미국, 영국, 일본, 국내산 및 기타 국가산이 각각 290대, 104대, 14대, 2대, 및 32대로 나타났으며, 기관당 평균값으로는 위의 국가 순으로 72.9대, 18.0대, 4.0대, 0.08대 및 2.1대로 계산되었다.

3. 실험실 분석장비의 보유실태

108개 조사대상 기관의 실험실에서 사용되고 있는 9종의 분석장비에 대한 조사결과는 Table 6에 정리되어 있다. 원자흡광광도계의 경우 108개 조사기관에서 116대를 보유하여 평균 1.1대를 소유하고 있으며 147개 기관으로 외삽하면 총 159대가 된다. 생산국은 미국이 81대(69.8%)로 2/3가량을 점유하고 있어 가장

많았고 나머지 30.2%는 일본산으로 35대에 해당하였다. 유도결합플라즈마분광기는 미국산이 8대(57.1%), 일본산이 5대(35.7%), 오스트레일리아산이 1대(7.1%)로 나타났다. 결과적으로 높은 가격으로 인해 아직까지는 국내 작업환경측정기관에 유도결합플라즈마분광기의 보급이 활성화되지 못한 것으로 파악되었다. 유도결합플라즈마분광기/질량분석기의 경우에도 7대 정도만 보급되어 있으며 모두 미국산으로 조사되었다.

가스크로마토그래프는 기관당 평균 1.2대를 보유하고 있어서 외삽치는 181대로 나타났다. 미국산이 67.4%(89대)로 가장 많았고 일본산이 그 다음으로 41대(31.3%)에 해당하였다. 국산 가스크로마토그래프도 2대(1.5%)로 일부 실험실에서 사용되고 있었다. 가스크

로마토그래프/질량분석기의 경우에는 총 22대가 보급되어 기관당 평균 0.2대 정도에 머무르고 있으며 미국산이 20대로 90.9%이고 나머지 2대는 일본산으로 9.1%를 점하였다.

고성능액체크로마토그래프는 79대가 사용 중이며 평균은 0.73대로 생각보다 비교적 널리 보급되어 있는 것으로 보인다. 생산지는 미국산이 81.0%로 64대이고 나머지는 일본산으로 19.0%(15대)이다. 외삽치는 약 108대에 해당하였다. 고성능액체크로마토그래프/질량분석기의 경우에는 총 5대만 국내 측정기관에서 사용되고 있어 보급률은 아주 낮으며 미국산이 4대(80%)이고 일본산이 나머지 1대(20%)를 차지하고 있었다. 국내에서 보급이 가장 더딘 장비로 파악되고 있다. 산과 알카리 등 이온 상태로 존재하는 물질의 분석에 널리 이용되는 이온크로마토그래프는 108개 기관에 40대가 보급되어 있으며 외삽치는 약 54.8대이다. 미국산이 28대(70.0%), 일본산이 5대(12.5%)이고 국산도 2대(5.0%) 보급되고 있는 것으로 조사되었다. 스위스와 오스트레일리아를 포함한 기타 국가산은 5대로 12.5%를 점하였다.

광전분광광도계는 평균 0.93대가 보급되어 있어 147개 지정측정기관을 기준으로 한 외삽값은 약 137대로 파악되었다. 미국산이 43.0%이고 일본산이 45.0%로 거의 대부분을 차지하고 있으며 국산도 7대로 약 7%를 점하고 있었다.

실험실 분석장비를 총수로 정리하면 미국산이 66.8%(344대), 영국산이 0.6%(3대), 일본산이 28.9%(149대), 국내산이 2.1%(11대) 및 기타 국가산이 1.6%(8대)로 총 515대에 해당하는 것으로 조사되었다. 기관당 평균 보유대수는 약 5.0대로 147개 기관에 대한 외삽대수는 약 743대에 해당하였다. 우리나라 작업환경측정기관 분석실험실에서 미국과 일본산 장비가 거의 대부분 사용되고 있음이 이번 조사를 통해 확인되었다.

IV. 고찰

국내에서 실시되고 있는 작업환경측정 결과에 대한 질적 관리는 1992년에 공단 연구원을 중심으로 시작된 분석결과에 대한 정도관리를 효시로 볼 수 있다. 이 정도관리는 초기 3~4년 정도는 합격률이 90%에 미

치지 못하였으나 빠르게 정착하여 최근에는 유기용제와 금속분야 모두 95% 정도의 합격 수준을 꾸준히 유지하고 있다(Jeong, 2001; Shin et al., 2010). 한편 국내 작업환경측정제도는 현장에서의 신뢰성을 담보하기 위한 꾸준한 노력의 일환으로 제도적인 측면과 실용적인 관점에서 전문가의 의견과 개선을 위한 노력을 지속적으로 진행하여 왔다(KIHA, 1988; KOSHA, 1990, KOSHA, 1993; Paik, 1994; Park et al., 1994; Kim, 2004; Kang, 2006; Park et al., 2007; Choe, 2008; Kim, 2010). 또한 다른 측면에서는 인증제도의 도입을 통해 측정의 효율성과 신뢰를 제고하자는 제안도 있어 왔다(Roh et al., 2004; Park et al., 2005; Rho, 2005).

Phee & Hwang(2003)은 국내 작업환경측정기관에 종사하는 인력에 대한 보고를 통해 많은 종사인력과 기술적인 측면의 담보에도 불구하고 전문성이 뛰어난 인력의 지속적인 확보가 필요하다고 역설하였다. 다른 측면에서 Byeon et al.(2009)은 작업환경측정이라는 규제를 사업주, 관리자, 근로자 및 근로감독관 입장에서 서로 다른 각도에서 바라보고 있는 현실이 있음을 지적하였다. 이러한 제도적, 인력 및 법적 측면에서의 고찰은 현장에서 이루어지고 있는 작업환경측정의 모든 면을 보여주고 있다고 하기에는 다소 부족한 면이 있었다. 이런 점을 고려하여 현장의 모습을 보다 현실감 있게 표현하는 방안의 하나는 지정측정기관에서 실제로 사용되고 있는 측정 및 분석장비의 사용실태를 정량적으로 확인하는 것일 수 있으며 국내에는 이에 대한 자료가 전무하다. Jang et al.(2012)이 이전에 예비적으로 보고한 자료를 제외하고는 아쉽게도 국내 지정측정기관이 보유한 장비에 대한 자료의 부재는 비교를 통한 고찰이 어려운 한계를 내포하고 있다.

108개 기관에서 응답한 자료를 기초로 작성된 측정장비의 사용실태는 기관에 따라 편차는 있으나 비교적 양호한 수준을 나타내고 있다고 판단된다. 산안법에서 지정한 법적 장비는 거의 모든 지정측정기관이 최소의 수량을 갖춘 것으로 보이며, 특히 개인시료채취기와 누적소음 노출량측정기의 경우 평균적으로 기관당 50여대내지 30여대씩을 보유하고 있어 신뢰성 있는 근로자 노출평가를 위해서는 부족함이 없는 것으로 판단된다. 또한 양질의 선진국 장비를 활용함으로써 장비의 질적인 면에서도 우수한 상태를 유지하고 있는 편이었으나 국산장비의 개발이나 활용도는 거의 전무한

수준으로 나타났다.

실험실 분석장비의 경우에는 법적 기본 장비인 원자흡광광도계, 가스크로마토그래프 및 광전분광광도계가 대부분 갖추어져 있는 것으로 나타났다. 반면에 최근 들어 여러 금속을 동시에 효율적으로 분석할 수 있는 유도결합플라즈마분광기의 국내 보급은 아주 낮은 것으로 조사되어 지정측정기관의 재정적 어려움을 간접적으로 시사하고 있었다. 고성능액체크로마토그래프는 분석대상물질의 확대로 광전분광광도계를 대체해 나가고 있어 3/4 정도의 기관에서 보유하고 있는 것으로 조사되고 있어 측정결과의 신뢰성 확보라는 측면에서 상당히 고무적인 현상으로 판단되었다.

미지의 물질에 대한 정량 및 정성이 가능한 질량분석장비의 국내 보급은 가스크로마토그래프/질량분석기를 제외하고는 거의 없는 수준이나 마찬가지로 나타나서 지정측정기관의 경제적 및 기술적 한계를 간접적으로 보여주고 있는 지표였다.

본고에서는 국내의 실상을 정량적으로 파악하고 작업환경측정기관의 기술수준 향상과 작업환경측정제도의 효율적 정착에 부분적으로나마 도움을 주기위해 측정 및 분석 장비에 대한 국내 보유대수와 각 장비의 생산 국가에 초점을 둔 결과만을 기술하고자 하였다. 수집된 자료는 조사대상이 된 지정측정기관이 자체적으로 제시한 것으로 평가자가 측정 및 분석장비의 수량과 종류를 구체적으로 현장에서 확인하지는 않았다. 그러나 지정측정기관에 대한 질관리는 측정 및 분석 장비에 대한 검교정 등 관리 상태를 점수화하기 위해 상세하게 평가하도록 하고 있으므로(KOSHA, 2012) 해당 기관이 제출한 장비보유실태 자료는 충분한 신뢰성을 확보하고 있다고 판단된다. 다만, 장비의 모델별과 구입년도를 기준으로 각 수량을 응답하도록 유도하였으나 구입년도의 기입은 담당자의 기억에 의존하는 경우가 있어 신뢰성 있는 수준에 도달하지 못한 것으로 판단하여 본 연구에서는 보고되지 못한 제한점이 있다.

지정측정기관의 유형, 측정·분석자의 규모 및 기관의 지역적 위치 등을 변수로 활용한 구체적인 상태는 추가적인 통계분석을 통해 추후에 보고할 예정이다. 아울러 2년을 주기로 지정측정기관에 대해 실시되는 질관리 평가에서 본 조사에서와 같은 측정 및 분석 장비에 대한 자료를 지속적으로 축적하게 된다면 국내 작업환경측정 제도의 정착과 측정을 통한 근로자 건

강의 확보라는 큰 틀에서의 목표를 조기에 달성해 나가는데 있어 조금이나마 보탬이 될 것으로 판단된다.

V. 결 론

108개 지정측정기관을 대상으로 수집된 자료를 바탕으로 도출된 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 자료가 수집된 108개의 지정측정기관의 구성은 종합기관이 15개소(13.9%), 대학병원이 19개소(17.6%), 부속기관이 27개소(25.0%), 측정전문기관이 42개소(38.9%) 및 자체측정사업장이 5개소(4.6%)를 차지하여 측정전문기관이 가장 많은 비중을 차지하였다.

2. 개인시료채취기는 저유량과의 공용을 포함한 고유량용이 총 4,169대로 1개 기관당 평균값은 38.6대로 나타났으며 저유량 전용 개인시료채취기는 총 1,249대로 기관당 평균 보유대수는 11.6대였다. 전체 개인시료채취기로는 총수가 5,418대(평균 50.2대)로 이 결과를 147개 전 지정측정기관에 대해 외삽하여 추정한 국내 측정기관 보유량은 약 7,374대로 나타났다.

3. 소음측정장비의 경우에는 지시소음계가 기관당 약 1.3대이고 누적소음 노출량측정기는 기관당 평균 35.0대를 보유하여 총수로는 각각 136대와 3,780를 사용하고 있었다. 147개 전 기관에 대한 외삽치는 약 185대와 5,145대로 판단되었다.

4. 온습도측정계, 기류측정기 등 기타 측정장비는 각 기관당 최소 1개가 보유하고 있었다. 진동측정기는 108개 기관에서 총 13대를 보유하고 있어 기관당 보급률이 평균 0.12대에 지나지 않았다.

5. 작업환경 측정장비를 총합한 대수는 총 10,483대(평균 97.1대)로 모든 147개 기관에 대해 외삽하여 산출한 결과는 약 14,300대로 추정되었다. 거의 대부분의 측정장비는 미국, 영국 및 일본산이었으며 극히 일부의 국산을 비롯한 개도국 장비가 사용되고 있는 것으로 나타났다.

6. 실험실 분석장비의 경우 원자흡광광도계와 가스크로마토그래프는 평균 1대 이상이었으나 광전분광광도계는 기관당 1대에 약간 미달하였다. 가스크로마토그래프/질량분석기를 제외한 고성능액체크로마토그래프/질량분석기와 유도결합플라즈마분광기/질량분석기의 보급은 전체적으로 10대 미만으로 극히 적은 수준이었다.

7. 분석장비의 총수는 515대로 평균은 5.0대이었으며 측정장비와 마찬가지로 미국과 일본의 장비가 거의

대부분을 차지하였고 영국, 국산 및 개도국 장비의 점유율은 3% 미만으로 미미하였다.

지정측정기관의 발전을 통한 작업환경측정제도의 정착과 실효성을 제고하기 위해서는 전 기관이 보유하고 있는 측정 및 분석 장비에 대한 지속적인 모니터링을 통해 정량적인 자료를 꾸준히 확보하고 공개함으로써 양질의 장비를 지속적으로 확보하도록 유도할 필요가 있다.

감사의 말씀

이 논문은 2012년도에 고용노동부 및 한국산업안전보건공단의 사업에 따라 실시된 작업환경 지정측정기관에 대한 평가 시 조사된 자료를 바탕으로 작성되었음.

참고문헌

- Byeon SH, Yi KH, Yu GM, Phee YG. Regulatory compliance for the working environment measurement system in Korea. *J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 2009;19(3):233-239
- Choe SJ. Assessment on work environment monitoring program in Korea. *J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 2008;18(4):282-292
- Jang JK, Jeon HJ, Lee SK. Current possession status of workplace monitoring and analysis instruments in work environment monitoring service providers in Korea. *Proceeding of fall conference for 2012. J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 2012. p. 107-108
- Jeong JY. Analysis of Korean quality control program for work environment monitoring. *Program book of international conference for 10th anniversary of quality control program for work environment monitoring. Occupational Safety and Health Research Institutes, KOSHA.; 2001. p. 5-31*
- Kang SK. Understanding of the background and contents in the innovation plan for work environment monitoring scheme. *Industrial Health* 2006;216:4-10
- Kim CN, What wee need to do for the evolution of work environment monitoring field? *Industrial Health* 2010;260:2-4
- Kim CN. Current issues and evolution methodology for work environment monitoring service. *Industrial Health* 2004;195:19-29
- Kim JM, Won JI, Roh YM, Kim SW, Kim YH et al. A Study on the reform of resonable work environment monitoring periods. *Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA; 2007. p. 13-28*
- Korea Industrial Health Association(KIHA), How to improve the work environment monitoring. *Industrial Health* 1988;1:22-36
- Korea Occupational Safety and Health Agency. Evaluation manual for designated work environment monitoring service providers. *KOSHA; 2012. p. 12-14*
- Korea Occupational Safety and Health Agency. Improvement of the methodology for the work environment monitoring. *KOSHA; 1993. p. 27-43*
- Korea Occupational Safety and Health Agency. Improvement of the work environment monitoring scheme. *KOSHA; 1990. p. 91-96*
- Paik NW, Shin YC, Park JI, Paek YJ, Choi MR. A study on the comprehensive assessment standard, process and operation of work environment monitoring service providers. *Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA; 2004. p. 33-84*
- Paik NW. Factors affecting analytical performance of the Korean industrial hygiene laboratories. *J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 1994;4(1):5
- Park DM, Park JI, Shin YC, Cha JY, Kim BW et. al. A study on introduction of accreditation program for industrial hygiene laboratories in Korea. *J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 2005;15(3):232-238
- Park DW, Shin YC, Park SH, Lee NR, Oh SM. A study on the analytical errors of non-proficient laboratories participated in quality control program. *J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 1994;4(1):96-102
- Park SH, Shin HH, Kang SK. A reliability assessment for the exposure monitoring results of some workplaces. *J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 2007;17(2): k17-k20
- Phee YG, Hwang HS. The current status of industrial hygiene manpower in Korea. *J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 2003;13(3):281-287
- Roh YM, Kim CN, Kim HW, Park YK, Cho KH et al. A development for quality control program in the field of industrial hygiene in Korea -A review on the necessity for application of accreditation program. *J of Korean Soc Occup Environ Hyg* 2004;14(1): 92-101
- Roh YM. Issues and evolution methodology for work environment monitoring on the side of employer. *Ind Health* 2005;208:56-60
- Shin JA, Yi KY, Park SH, Lee NR, Yi IS. Analysis of Korean quality control program for work environment. *Proceeding of winter conference for 2010. J of*

- Korean Soc of Occup Environ Hyg; 2010. p. 247-248
- The Ministry of Employment and Labor(MoEL). Occupational Safety and Health Act, Act No. 10968. 2013a
- The Ministry of Employment and Labor(MoEL). Ordinance of work environment monitoring and quality control, Ordinance No. 2011-55. 10968. 2013b
- Won JI. Methodology for evolving the quality of work environment monitoring scheme. Proceeding of spring conference for 2013. Korean Society of Occupational and Environment Hygiene; 2013. p. 21-32
- Yun MJ, Lee KN, Lee EY, Paek DM, Ahn KD et. al. Development of subjects, monitoring periods and intervention for the work environment monitoring scheme. Ministry of Labor; 1993. p. 3-14