

## 국내 작업환경측정기관들의 개인시료 채취기 운용현황 실태 조사

김기연<sup>1</sup> · 조만수<sup>2</sup> · 마혜란<sup>3</sup> · 이광용<sup>4</sup> · 정지연<sup>5,\*</sup>

<sup>1</sup>부산가톨릭대학교 산업보건학과, <sup>2</sup>일본 미에대학교 공생환경학과,  
<sup>3</sup>한국산업위생학회, <sup>4</sup>산업안전보건연구원, <sup>5</sup>용인대학교 산업환경보건학과

## A Survey on Management Status of Personal Air Sampler in Domestic Provider for Work Environment Monitoring Service

Ki-Youn Kim<sup>1</sup> · Man-Su Cho<sup>2</sup> · Hye-Lan Ma<sup>3</sup> · Kwang-Young Lee<sup>4</sup> · Jee-Yeon Jeong<sup>5,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan

<sup>2</sup>Department of Environment Oriented Information and System Engineering,  
Graduate School of Bioresources, Mie University, Japan,

<sup>3</sup>Korean Industrial Hygiene Association, <sup>4</sup>Occupational Safety and Health Research Institute

<sup>5</sup>Department of Occupational and Environmental Health, Yongin University

### ABSTRACT

**Objectives:** The principal aim of this study is to provide fundamental data for suggesting substantial management plan of personal air sampler by investigating current situation of work environment monitoring service provider.

**Materials and Methods:** The questionnaires regarding a personal air sampler were sent by electronic mail to 150 institutions, except for 22 institutions which are out of business or closed temporarily, among total 172 domestic work environment monitoring service providers designated by Ministry of Employment and Labor based on 2013. The institutions which did not reply to the questionnaire for 30 days were required directly by phone call. Finally 97 institutions gave an answer to the questionnaire and therefore the response rate was 65%.

**Results:** The normal operation rate of personal air sampler exceeded 70% in all the types (particle, gas and both combination) in terms of purchased year. Furthermore the personal air sampler purchased recently showed a trend of high operation rate compared to the personal air sampler purchased previously. The distribution patterns of personal air sampler in terms of manufacturers were Gillian>MSA>SKC for particle, Gillian>SKC>AMETEK for gas and Gillian>MSA>Casella for both combination, respectively. As a result, it was found that the personal air sampler manufactured by Gillian company was utilized the most in domestic work environment monitoring service provider regardless of types of personal air sampler.

**Conclusions:** Based on the results obtained from this study, the normal operation rate according to types of personal air sampler was as follows: 94% for personal air sampler for collecting particle only, 93% for personal air sampler for collecting gas only and 89% for collecting both particle and gas. Overall, the numbers of personal air sampler possessed and operated normally in domestic work environment monitoring service provider were 5,458 and 5,062, which indicates the normal operation rate of personal air sampler in total aspect is 93%.

**Key words** : management status, manufacturer, personal air sampler, purchased year, work environment monitoring

### I. 서 론

개인시료 채취기의 역사를 살펴보면 초기 개인시료

채취기는 수동적인 펌프와 물이라는 매개체를 사용하여 공기 중 먼지를 분석하는 것이 전부였으며, 1937년 도에 개발되어 광부에게 처음 적용되었다(Littlefield,

\*Corresponding author: Jee-Yeon Jeong Tel: 82-31-8020-3208, Fax: 82-31-8020-2886, E-mail: jyjung@yongin.ac.kr  
Department of Occupational and Environmental Health, 134, Yongindaehak-ro, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do  
Received: April 17, 2014, Revised: July 4, 2014, Accepted: September 2, 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.

1937). 그 이후, 1957년도에 최초의 배터리를 사용하여 작동하게 되는 개인시료 채취기가 개발되었다(Ayer, 1969). 1962년 미국과 유럽은 상업적인 펌프를 제작하여 판매하는 것을 협의하였고(Walton, 1998), 1973년도에 저유량(Low Flow)과 흡착관(Sorbent Tubes)을 사용한 개인시료 채취기가 개발되었다. 1975년도에 개인시료 채취기의 유량을 일정하게 유지시킬 수 펌프가 개발되었고, 1980년도에는 디지털로 펌프의 유량을 측정하고 보정하는 기계가 개발되었다. 1982년도에 비로소 공기 유량 조절이 가능한 펌프가 개발되었고, 이후 개인시료 채취기는 호흡 범위인 1~5 LPM까지의 공기 중 물질을 채취하게 되었다(Armbruster, 1982; Eburn Jr, 1982; Levine, 1994).

1960년대는 근로자의 작업이 방해되지 않는 방향으로 개인시료 채취기가 제작되었고, 1970년대는 최대한 최소화, 1980년대는 기존 측정 기계와의 차별성, 1990년대는 실용성을 최우선, 2000년대에서는 스스로 측정이 가능한 스마트적인 개인시료 채취기가 많이 소개되었다. 2010년대로 들어서면서부터는 실용성뿐만 아니라 디자인과 기능의 다양성을 모두 겸비한 복합적 형태의 개인시료 채취기가 등장하게 되었다(Sensidyne, 2013).

MSHA(Mine Safety and Health Administration) 개인시료 채취기의 구성 조건에 대한 규정 내용을 MSHA 30 CFR Part 74 규정을 통해 발표하게 되었다(MSHA, 2010) 본 규정에 따르면 개인시료 채취기의 크기와 중량에 대한 제한이 설정되어 있었고, 공기가 케이스 내부에서 잘 배출되는지에 대한 여부, on/off 스위치 및 공기 흐름 제어에 대한 기능 확인, 진동 및 맥동에 대한 제어, 배터리 작동 및 충전 사용 가능 여부, 5%의 오차 범위내에서의 유량 조절이 가능한 것인지가 명기되었다(Sensidyne, 2013).

국내에서도 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시 제2조에서 개인시료 채취기의 정의를 작업장에서 발생하는 가스, 증기, 분진, 흠, 미스트 등을 근로자의 호흡 위치(호흡기를 중심으로 반경 30cm인 반구)에서 채취하는 데 이용되는 장비라고 기술하고 있다(MoEL, 2014). 최근에는 국외 기술이 아닌 순수 국내 기술로서 제작되는 개인시료 채취기도 시중에 판매되고 있으나, 국외 제품에 비해 상대적으로 낮은 인지도 및 공기시료 채취에 대한

불확실성으로 인해 구매율은 높지 않는 것으로 조사되고 있다(KOSHA, 2007).

국내 작업환경측정기관들이 보유하고 있는 개인시료 채취기에 대한 운용 실태에 대해 이미 2012년도에 산업안전보건연구원에서 지정측정기관 평가를 하면서 조사된 바 있다(Jang, 2012). 하지만 이 연구는 개인시료 채취기의 보유 대수만을 유량 적용 측면(고유량과 저유량)과 생산 국가 측면으로 단순 조사하여 정상 가동되는 개인시료 채취기의 실제 운용 현황을 반영하지 못하고 있으며, 구입년도 및 제조사별 분포 현황이 제시되고 있지 않아 몇몇 제한점을 가지고 있다.

따라서 본 연구는 국내 작업환경측정기관에서 보유하고 있는 개인시료 채취기의 운용 실태를 다각도로 조사하여 향후 개인시료 채취기의 유용 방안을 설정하는 데 필요한 기초 자료를 제공하고자 하는 목적을 가지고 있다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

2013년도 기준으로 현재 고용노동부에서 지정하고 있는 전국의 작업환경측정기관 총 172개소 중 폐업 또는 휴업 중이거나 분석 업무만을 수행하고 있는 22개소를 제외한 나머지 150개소에 대해 개인시료 채취기 관련 설문지를 전자메일로 일괄 송부하였다. 30일 정도의 회신 기간 이후에도 답변이 없는 기관의 경우 우선상으로 직접 설문 답변을 요청하였고, 최종 설문 결과를 송부해 온 작업환경측정기관은 97개소로 회수율은 65%였다.

### 2. 설문 내용

설문에 응답한 측정기관의 일반적 현황을 파악하기 위해 “병원부속기관”, “작업환경측정기관”, “공공기관”, “대학부속기관”, “회사자체 측정기관”의 5가지로 구분하여 우선적으로 조사하였다. 다음 개인시료 채취기의 유형을 “입자상 전용”, “가스상 전용”, “검용(입자상+가스상)”의 3가지로 구분하였고, 각 유형별로 “구입년도”, “제조사”, “보유대수”, “정상 작동 대수”의 4항목에 대한 내용을 설문 조사하였다.

### 3. 자료 분석

설문 답변 결과는 기초적인 기술 통계 방법으로 분석하였고, 조사 결과 제시 방향은 개인시료 채취기 유형, 구입년도, 제조사의 3가지 측면으로 설정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 설문 응답한 측정기관의 일반적 현황

Figure 1에서 제시하는 바와 같이 현재까지 설문에 응답한 측정기관은 총 97개소로, 가장 높은 비중을 차지하고 있는 측정기관은 병원부속기관으로 46개소(47%)였다. 다음으로 작업환경측정기관 29개소(30%), 공공기관 12개소(12%), 대학부속기관 8개소(8%), 회사자체 측정기관 2개소(2%)인 것으로 조사되었다. 따라서 설문조사 회수율 측면에서 살펴보면 현행 개인시료 채취기에 대해 가장 높은 관심을 보인 측정기관 유형은 병원부속기관과 작업환경측정기관이라 할 수 있다.

### 2. 입자상 전용 개인시료 채취기의 운용 현황

#### 2.1. 구입년도

Figure 2는 구입년도에 따른 입자상 전용 개인시료 채취기의 보유대수 및 정상작동대수의 분포 현황을 보여주고 있다. 설문조사 결과 2008년도에 구입한 입자상 전용 개인시료 채취기 보유 대수가 가장 높았고, 다음으로 1995년도, 2010년도 순 이었다. 반대로 1993년도, 1998년도에는 입자상 전용 개인시료 채취기를 구매하지 않은 것으로 조사되었다. 전체적으로 고찰했을 때, 2005년도 이후부터 입자상 전용 개인시료 채취기를 상대적으로 많이 구입한 것으로 분석되었다. 외환위기 이후 구매력이 낮아졌으나, 경

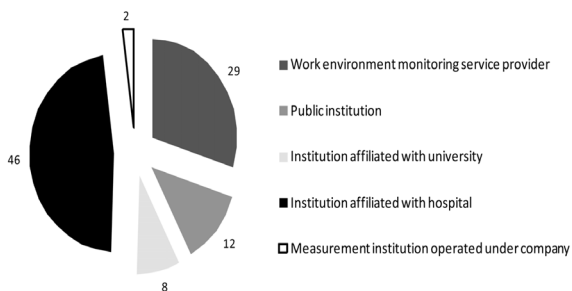


Figure 1. Distribution pattern of measurement institution answering a questionnaire

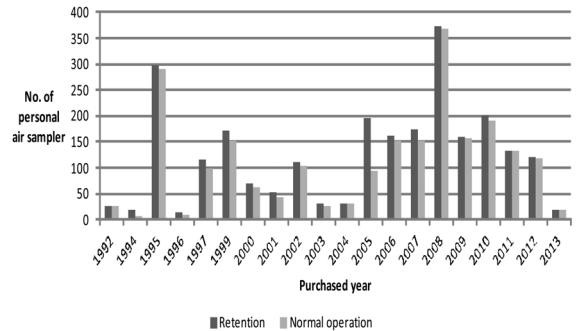


Figure 2. Distribution pattern of personal air sampler for collecting particle only according to purchased year

제 활성화 이후 환율저하로 인하여 2005년부터 늘어난 것으로 파악된다. 또한, 2005년 3월 31일 부터 시행된 산업안전보건법의 제72조 과태료에 대한 부분에 있어 제72조 제3항 제4호에서 제 42조 제 1항의 규정에 의한 작업환경측정을 실시하지 아니한 자의 규정이 신설됨으로써 이에 대한 구매력이 증가한 것으로 보여 진다. 보유대수 대비 정상작동대수의 비율(가동률)은 1994년도를 제외하고 구입년도별 가동률은 최소 75% 이상인 것으로 조사되었고, 전반적으로 최근에 구입한 입자상 전용 개인시료 채취기의 가동률이 상대적으로 높은 경향을 보였다. 총계 측면으로 살펴보았을 때 입자상 전용 개인시료 채취기의 보유대수는 2,479대, 정상작동대수는 2339대로 전체 평균 가동률은 94.4%인 것으로 분석되었다.

#### 2.2. 제조사

Figure 3은 제조사에 따른 입자상 전용 개인시료 채취기의 보유대수 및 정상작동대수의 분포 현황을 보여주고 있다. 설문조사 결과 우리나라 작업환경측정기관에서 이용하고 있는 입자상 전용 개인시료 채취기는 모두 외국 제품으로 총 5개 회사의 제품을 구입한 것으로 조사되었다. 이 중 Gillian에서 판매되는 제품(1124대)을 가장 많이 구입한 것으로 나타났고, 다음으로 MSA(915대), SKC(163대), Zefon(150대), BUCK(72대), Casella(40대), APEX(10대), TUFF(5대) 순인 것으로 조사되었다. 가동률 측면에서는 7개 회사 제품 모두 70% 이상을 보였고, 가장 높은 가동률을 보인 입자상 전용 개인시료 채취기는 Zefon, APEX, TUFF 제품으로 100%, 가장 낮은 가동률을 보인 것은 BUCK 제품으로 73.6%인 것으로

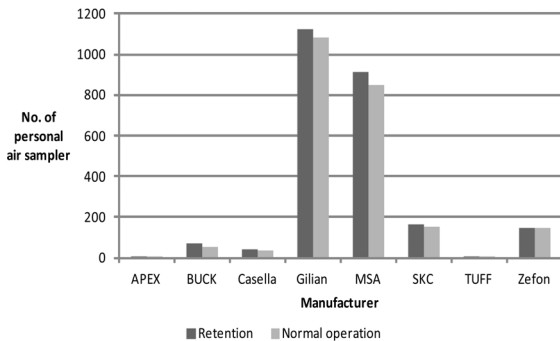


Figure 3. Distribution pattern of personal air sampler for collecting particle only according to manufacturer

분석되었다.

### 3. 가스상 전용 개인시료 채취기의 운용 현황

#### 3.1. 구입년도

Figure 4는 구입년도에 따른 가스상 전용 개인시료 채취기의 보유대수 및 정상작동대수의 분포 현황을 보여주고 있다. 설문조사 결과 2011년도에 구입한 가스상 전용 개인시료 채취기 보유 대수가 가장 높았고, 다음으로 2012년도, 2005년도 순이었다. 반대로 1993년도, 1994년도, 2002년도에는 가스상 전용 개인시료 채취기를 구입하지 않은 것으로 조사되었다. 전체적으로 고찰했을 때, 2005년도 이후부터 가스상 전용 개인시료 채취기를 상대적으로 많이 구입한 것으로 분석되었다. 보유대수 대비 정상작동대수의 비율(가동률)은 1998년도 50%, 1992년도 60%를 제외하고는 구입년도별 가동률이 최소 71% 이상인 것으로 조사되었고, 입자상 전용 개인시료 채취기의

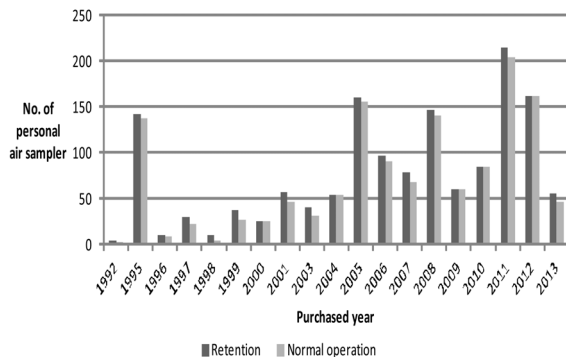


Figure 4. Distribution pattern of personal air sampler for collecting gas only according to purchased year

경우와 동일하게 전반적으로 최근에 구입한 가스상 전용 개인시료 채취기의 가동률이 상대적으로 높은 경향을 보였다. 총계 측면으로 살펴보았을 때 가스상 전용 개인시료 채취기의 보유대수는 1,474대, 정상작동대수는 1,377대로 전체 평균 가동률은 93%인 것으로 분석되었다.

#### 3.2. 제조사

Figure 5는 제조사에 따른 가스상 전용 개인시료 채취기의 보유대수 및 정상작동대수의 분포 현황을 보여주고 있다. 설문조사 결과 우리나라 작업환경측정기관에서 이용하고 있는 가스상 전용 개인시료 채취기는 입자상 전용 개인시료 채취기와 동일하게 모두 외국 제품으로 총 7개 회사의 제품을 구입한 것으로 조사되었다. 이 중 Gillian에서 판매되는 제품(1101대)을 가장 많이 구입한 것으로 나타났고, 다음으로 SKC(320대), AMETEK(19대), MSA(13대) 순인 것으로 조사되었다. 가동률 측면에서는 MSA, SPECTREX 회사 제품을 제외하고 나머지 5개 회사 제품 모두 89% 이상을 보였고, 가장 높은 가동률을 보인 가스상 전용 개인시료 채취기는 APEX, QUEST 제품으로 100%, 가장 낮은 가동률을 보인 것은 SPECTREX 제품으로 50%인 것으로 분석되었다.

### 4. 겸용(입자상+가스상) 개인시료 채취기의 운용 현황

#### 4.1. 구입년도

Figure 6은 구입년도에 따른 겸용(입자상+가스상) 개인시료 채취기의 보유대수 및 정상작동대수의 분포 현황을 보여주고 있다. 설문조사 결과 2011년도

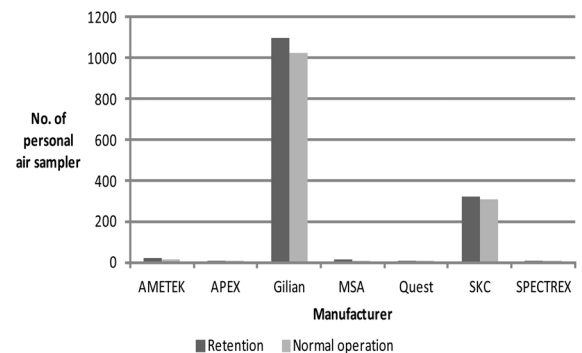


Figure 5. Distribution pattern of personal air sampler for collecting gas only according to manufacturer

에 구입한 검용 개인시료 채취기 보유 대수가 가장 높았고, 다음으로 2010년도, 2012년도 순이었다. 반대로 1992년도, 1993년도, 2002년도에는 검용 개인시료 채취기를 가장 적게 구입한 것으로 조사되었다. 전체적으로 고찰했을 때, 가스상 전용 개인시료 채취기와 동일한 양상으로 2005년도 이후부터 검용 개인시료 채취기를 상대적으로 많이 구입한 것으로 분석되었다. 보유대수 대비 정상작동대수의 비율(가동률)은 1995년도, 1996년도, 2003년도를 제외하면 구입년도별 가동률이 최소 79% 이상인 것으로 조사되었고, 입자상과 가스상 개인시료 채취기와 마찬가지로 최근에 구입한 검용 개인시료 채취기의 가동률이 상대적으로 높은 경향을 보였다. 총계 측면으로 살펴볼 때 검용 개인시료 채취기의 보유대수는 1,505대, 정상작동대수는 1,346대로 전체 평균 가동률은 89%인 것으로 조사되었다.

#### 4.2. 제조사

Figure 7은 제조사에 따른 검용 개인시료 채취기의 보유대수 및 정상작동대수의 분포 현황을 보여주고 있다. 설문조사 결과 우리나라 작업환경측정기관에서 이용하고 있는 검용 개인시료 채취기는 입자상과 가스상의 경우와 동일하게 모두 외국 제품으로 총 9개 회사의 제품을 구입한 것으로 조사되었다. 이 중 Gillian에서 판매되는 제품(593대)을 가장 많이 구입한 것으로 나타났고, 다음으로 MSA(458대), Casella(240대), BUCK(123대), SKC(42대), Zefon(20대), APEX(13대), TUFF(10대), AP BUCK(6대), 순인 것

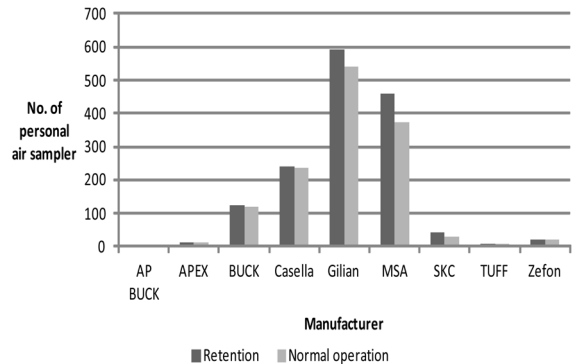


Figure 7. Distribution pattern of personal air sampler for collecting both particle and gas according to manufacturer

으로 조사되었다. 가동률 측면에서는 AP BUCK과 SKC 회사 제품을 제외하고 나머지 회사 제품 모두 80% 이상을 보였다. 가장 높은 가동률을 보인 검용 개인시료 채취기는 APEX, TUFF, Zefon 제품으로 100%, 가장 낮은 가동률을 보인 것은 AP BUCK 제품으로 33%인 것으로 조사되어 입자상, 가스상 개인시료 채취기와는 달리 회사간 가동률의 차이가 상대적으로 큰 것으로 분석되었다.

#### 5. 고찰

국내 작업환경측정기관에서 보유하고 있는 개인시료 채취기의 운용 현황에 대한 선행 연구 결과에 따르면 2012년도 기준으로 전체 작업환경측정기관에서 사용되고 있는 개인시료 채취기는 총 7,375여대로 추정되고, 이 중 약 3/4이 고유량 혹은 고유량과 저유량을 공용으로 사용되는 장비로 확인된다고 보고하였다(Jang, 2012). 작업환경측정기관에서 보유하고 있는 전체 개인시료 채취기가 5,458대로 조사된 본 연구 결과와 비교시 약 2,000여대의 차이를 보이는데, 이는 전자의 경우 전체가 아닌 일부 작업환경측정기관들을 대상으로 조사한 결과를 외삽 방법을 통해 전체 대수로 환산한 반면, 후자의 경우 설문에 응답한 97개소만을 대상으로 조사된 결과 때문이라 판단된다. 또한 Jang(2012)의 연구 결과에 의하면 작업환경측정기관에서 보유하고 있는 개인시료 채취기의 생산 국가별 현황은 미국산이 3,870대(92.8%)로 대부분을 차지하였고, 영국 제품이 299대로 나머지 7.2%를 점하였으며, 국산 개인시료채취기 제품은 국내에 사용 중인 것이 없는 것으로 조사되었다고 하

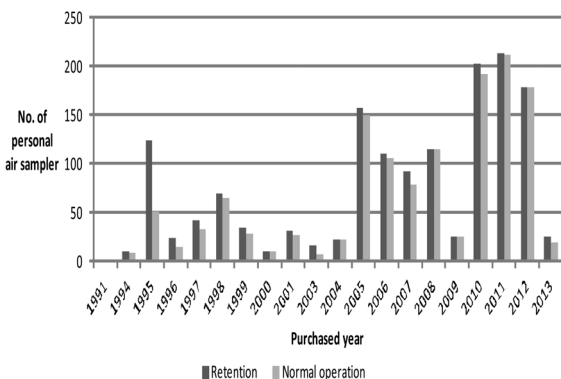


Figure 6. Distribution pattern of personal air sampler for collecting both particle and gas according to purchased year

였는데, 이는 본 연구 결과와 거의 유사한 것으로 나타났다.

#### IV. 결 론

입자상 전용 개인시료 채취기의 경우 총 보유대수 1,474대 대비 정상작동대수는 1,377대로 가동률은 94%를 나타냈다. 가스상 전용 개인시료 채취기의 경우 총 보유대수 2,479대 대비 정상작동대수는 2,339대로 가동률은 93%를 보였다. 겸용 개인시료 채취기의 경우 총 보유대수 1,505대 대비 정상작동대수는 1,346대로 가동률은 89%를 보였다. 최종적으로 전체 개인시료 채취기 측면에서 보았을 때, 총 보유대수 5,458대 대비 정상작동대수는 5,062대로 가동률은 93%를 보이는 것으로 조사되었다. 구입년도 측면에서 보유대수 대비 정상작동대수의 비율(가동률)은 특정 년도를 몇 개를 제외하고 입자상, 가스상, 겸용 모두 최소 70% 이상인 것으로 조사되었고, 전반적으로 최근에 구입한 개인시료 채취기의 가동률이 상대적으로 높은 경향을 보였다. 제조사 측면에서 입자상의 경우 Gillian>MSA>SKC, 가스상의 경우 Gillian>SKC>AMETEK, 겸용의 경우 Gillian>MSA>Casella 순서로 조사되어 개인시료 채취기 유형에 관계없이 Gillian사 제품이 가장 많이 이용되는 것으로 나타났고, 가동률은 제조사 간의 상당한 차이가 있는 것으로 조사되었다.

#### References

- Armbruster L, Breuer H. Investigations into defining inhalable dust. *Ann Occup Hyg* 1982;26:21-32
- Ayer HE. The proposed ACGIH mass limits for quartz: Review and evaluation. *Am Ind Hyg Assoc J* 1969;30:117-125
- Eburn Jr WH, Kalenik SP. Constant flow pumping apparatus. Google Patents. 1982.
- Jang JK. Evaluation of the possession of measurement and analytical instruments among domestic work environment monitoring service providers(Ⅰ). *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2013;23:250-260
- KOSHA. Study on optimal condition of passive air sampler for collecting organic solvent.; 2007.
- Levine MS. A Respiration-Modulated Personal Air Sampling Pump. *App Occup and Environ Hyg* 1994;9:994-1005
- Littlefield JB, Feicht FL, Schrenk HH. Bureau of Mines midjet impinger for dust sampling. The Department. 1937.
- Mine Safety and Health Administration(MSHA). 30 CFR Part 74 RIN 1219-AB61 Coal Mine Dust Personal Monitors.; 2010.
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Industrial Health and Safety Act.; 2014.
- Sensidyne. Introduction to Air Sampling. Win Full Conference Admission to AIHce.; 2013.
- Walton WH, Vincent JH. Aerosol Instrumentation in Occupational Hygiene: An Historical Perspective. *Aero Sci and Tech* 28:417-438