

작업환경측정시료의 분석수탁기관과 자율정도관리 참여와의 연관성

김성호 · 권지운 · 조현민 · 박해동*

안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실

Relationship of the Institutes for Analyzing Requested Samples(IARS) among Working Environment Measuring Institutes(WMIs) and the Participation of the Non-mandatory Proficiency Test

Sungho Kim · Jiwoon Kwon · Hyunmin Cho · Hae Dong Park*

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

ABSTRACT

Objectives: The necessity of samples for analysis requested by working environment monitoring institutes (WMIs) has grown recently. The collection of samples of a few chemical substances requested by WMIs is allowed under the current occupational safety and health act in Korea, leading to an expansion of samples for analysis requested by institutes (SRIs). The objective of this study was to identify the number of institutes for analyzing requested samples (IARS), SRIs, and their participation in a non-mandatory proficiency test.

Methods: Questionnaires were completed by all WMIs. The collected information was quantity of analysis equipment, sorting of chemicals from SRIs, and the number of SRIs. This was compared in terms of the participation in the non-mandatory proficiency test.

Results: All WMIs in Korea responded to the survey, establishing a 100% response rate. There were 52 (29%) IARS among the 179 WMIs in Korea. The total number of samples of acid for ion chromatograph (IC) analysis requested by WMIs was 21,165, which is the most. Even the number of IARS for crystalline silicon oxide was less than other top-five IARS. The total amount of samples was 13,863, which was the second most. The calculated participation score for IARS was significantly higher than other WMIs ($p < 0.001$). According to participation in the non-mandatory proficiency test by type of substance, such as crystalline silicon oxide and formaldehyde among IARS, the number of SRIs from those IARS was significantly higher than IARS that did not participate in the proficiency test ($p < 0.05$).

Conclusions: IARS had a high frequency of participation in the non-mandatory proficiency test and the number of SRIs at IARS participating in the proficiency test was higher among IARS. With the revision of the occupational health and safety act in Korea, the number of IARS participating in the non-mandatory proficiency test might increase.

Key words: Institutes for analyzing requested samples (IARS), non-mandatory proficiency test, samples for analysis requested by those institutes (SRIs), working environment monitoring institutes (WMIs)


I. 서 론


진폐증, 소음성난청 등의 직업병(Lee, 1989)을 예방


하고, 근로자의 건강을 보호하기 위하여 1981년 산업안전보건법(이하 “산안법”이라 한다)이 마련(KIHA, 2019)되었고, 이후 1983년 고용노동부 고시 제1호(작업환경


*Corresponding author: Hae Dong Park, Tel: 052-703-0885, E-mail: workenv@kosha.or.kr
Work Environment Research Bureau, Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency, 400 Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan 44429

Received: March 18, 2021, Revised: May 14, 2021, Accepted: June 10, 2021

 [Sungho Kim](https://orcid.org/0000-0002-0158-1244) <https://orcid.org/0000-0002-0158-1244>

 [Jiwoon Kwon](https://orcid.org/0000-0003-1818-4656) <https://orcid.org/0000-0003-1818-4656>

 [Hyunmin Cho](https://orcid.org/0000-0003-4529-9846) <https://orcid.org/0000-0003-4529-9846>

 [Hae Dong Park](https://orcid.org/0000-0002-3497-0369) <https://orcid.org/0000-0002-3497-0369>

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.

측정 실시) 규정에 따라 작업환경측정 제도가 마련되었다(Choi, 2008). 1992년도에는 미국의 정도관리 제도를 참고하여 국내 작업환경측정 정도관리 제도를 도입하게 되었고, 2017년도에는 자율정도관리 항목을 추가하여 작업환경측정기관(이하 “측정기관”이라 한다)이 자율적으로 참여하여 분석의 질 향상을 위한 기틀을 마련하였다(Park et al, 2018). 산업안전보건연구원(이하 “연구원”이라 한다)에서는 자율정도관리 도입을 위하여 사전 연구(Kwon et al, 2017)를 실시하였고, 현재 결정체 산화규소(SiO₂), 포름알데히드, 공기 중 석면 분야의 자율정도관리가 실시되고 있다. 자율정도관리의 도입으로 정기정도관리의 기본항목인 유기화합물 및 금속의 시료를 분석하는 가스크로마토그래프 및 원자흡광광도계 또는 유도결합 플라즈마 분석기기의 정도관리 뿐만 아니라 X-ray회절분석기 또는 적외선분광분석기, 고속액체 크로마토그래프, 위상차현미경의 분석기기에 대한 정도관리가 가능하게 되었다.

미국 환경보호청(United states environmental protection agency, US EPA) 독성물질규제법(the toxic substances control act, TSCA)의 등록된 화학물질은 2020년도 당시 86,405종이며, 이 중 48%인 41,587종이 현재 상업적으로 유통되고 있다고 밝혔다(Lautenberg, 2020). 우리나라 환경부의 화학물질 통계조사(2016년)에 따르면 국내 유통되는 화학물질은 16,874종이며, 유통량은 2014년도 대비 12.4% 증가한 5억 5,859만 톤으로 나타났다(Song et al, 2018). 국내 산업안전보건법상 노출기준이 설정되어 있는 물질은 731종이며, 1981년 105종, 1986년 324종, 1988년 697종에 비해 지속적으로 확대되고 있다(Choi, 2008).

국내에 유통되고 있는 화학물질의 종류도 계속 증가하고 있는 추세이고, 노출기준 설정 물질 또한 확대되어 왔으나, 산업법의 작업환경측정기관 지정 요건 중 시료 분석에 관한 분석기기의 항목은 크게 변화되지 않았다. Ha et al.(2017) 연구에 따르면 작업환경측정 시료 중 1% 이상이 고성능액체크로마토그래프, 이온크로마토그래프를 사용해서 분석되는 것으로 조사되었고, 해당 분석기기를 법정장비로 추가 지정 할 것은 권고하였다. 2019년도 까지 산업법상 3가지 물질[톨루엔 디이소시아네이트(TDI) 등 이소시아네이트 화합물, 유리규산(SiO₂), 석면]만 허용하고 있기 때문에 다양한 유해인자 중 법정 분석기기 이외의 분석기기로 분석이 필요한 유해인자의 평가에는 어려움이 있었다. 따라서 측정기관

의 지정요건에 법정 분석기기를 추가하거나, 측정시료의 분석의뢰를 일부 허용해야 할 필요성이 고려되었고, 2020년도 산업법 개정 시 측정시료의 분석의뢰 가능한 물질이 일부 확대되었다(MoEL, 2020).

따라서 본 연구의 목적은 2020년 산업법 개정 시 측정시료 분석수탁의 합리적인 질관리 방향을 도출하기 위하여 작업환경측정기관 중 측정시료의 외부분석의뢰 정도를 설문조사를 통하여 조사하며, 분석수탁기관의 자율정도관리 참여 빈도 등을 파악하는 것이다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상 선정을 위해 연구원에서 운영하고 있는 작업환경측정 정도관리 데이터베이스(작업환경측정 정도관리 K2B)에 2019년도에 측정기관으로 등록되어 있는 179개 기관을 대상으로 선정하였고, 측정기관으로 지정 받기 위해 신청단계에 있는 기관은 연구 대상에서 제외시켰다(Table 1).

Table 1. Distribution of working environment measuring institutes (WMIs) and Institutes for analyzing requested samples (IARS) by region

Region	Number of WMIs*	Number of IARS†	Rate of IARS(%)
Busan	14	3	21
Chungnam	12	2	17
Chungbuk	12	5	42
Deagu	6	2	33
Gangwon	4	0	0
Gyeongnam	20	5	25
Gyeongbuk	17	6	35
Gwangju	4	0	0
Gyeonggi	49	20	41
Incheon	15	3	20
Jeju Island	1	0	0
Jeonnam	7	0	0
Jeonbuk	3	0	0
Seoul	9	4	44
Ulsan	6	2	33
Total	179	52	29

*: WMIs, working environment measuring institutes

†: IARS, Institutes for analyzing requested samples

2. 연구 방법

1) 설문조사 방법 및 내용

2019년 9월 작업환경측정기관에 설문지를 우편으로 발송하였으며, 팩스 또는 이메일로 설문결과를 회수하였다. 일부 미응답 기관은 유선조사를 실시하여 결과에 포함시켰다.

설문조사 내용은 크게 3가지로 분류하였다. 첫 번째는 해당 기관의 분석기기 종류 및 수량을 파악하였다. 유기화합물 분석기기는 가스크로마토그래프에 장착된 검출기인 불꽃이온화검출기, 전자포획검출기, 질소-인 검출기, 열전도도검출기, 질량분석기이고, 금속 분석기기는 원자흡광광도계(atomic absorption spectroscopy)에 장착된 불꽃 버너방식, 흑연로 방식과 유도결합 플라즈마로 구분하였다. 그리고 고성능 액체 크로마토그래프에 장착된 자외선 검출기, 형광 검출기, 질량분석기를 각각 조사하였고, 이온 크로마토그래프에 장착된 전도도 검출기, 자외선/가시광선 검출기로 구분하였다. 그 밖에 저울은 해독도(readability) 0.01 mg과 0.001 mg으로 구분하였고, 결정체 산화규소를 분석하는 퓨리에 변환 적외선분광기, 석면을 분석하는 위상차현미경, 편광현미경, 입체현미경을 각각 조사하였다.

두 번째로 2018년 한 해 동안 분석수탁 여부에 관한 설문을 실시하였으며, 세 번째로 수탁을 받는다고 응답한 기관에서만 분석수탁물질 및 시료수를 각각 기재하도록 하였다. 이때 작성 기준은 각 분석기기별로 기재하게 하였으며, 하나의 장비로 분석한 물질이 여러 가지인 경우 해당 주요 물질을 기재하게 하였고, 시료 수는 해당 분석기기로 분석한 시료의 수(흡착제나 여과지의 수)를 기재하게 하였다. 그리고 모든 기관의 정보 활용 동의를 받았으며, 정도관리 관련 정책 개선과 관련된 연구의 목적으로만 활용되고 특정 기관명 및 식별이 가능한 정보는 일절 외부로 알려지지 않을 것을 명시하였다.

2) 작업환경측정 자율정도관리

작업환경측정 정도관리 K2B를 통해서 2018년부터 2020년도까지 자율정도관리에 참여한 측정기관의 정보를 사용하였다. 연도별 작업환경측정 자율정도관리 참여 기관수 현황 및 증감률 등을 분석하였다.

3) 자료분석

통계 분석 프로그램은 SPSS Statistics version 18.0(SPSS Inc, Chicago, USA)을 사용 하여 일반통계,

분석수탁기관의 자율정도관리 참여 빈도 분석을 위한 맨-위트니 U 검정(Mann-Whitney U Test) 등의 통계 분석을 실시하였고, 그래프는 SigmaPlot 14.0(Systat Software, San Jose, CA, USA)을 활용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 설문조사

본 설문조사는 모든 측정기관(179개소, 100%)에서 응답을 받았으며, 측정기관의 수는 2013년 160개소(Jang, 2014)에서 19개소 증가하였다. 전체 측정기관 중 시료분석을 수탁한 기관(이하 “분석수탁기관”이라 한다)은 52개소(29%)로 조사되었다. 지역별로 분석수탁기관 비율을 보면, 서울, 경기 및 충북 지역은 40%를 넘었고, 경북, 대구 및 울산 지역은 30%를 넘었지만, 강원도, 전라도 및 제주도 지역은 분석수탁기관이 없었다(Table 1). 법정 분석기기(가스크로마토그래프, 원자흡광광도계 또는 유도결합 플라즈마, 해독도 0.01 mg 저울 등) 외에도 측정기관에서는 다양한 분석기기를 보유하고 있었으며, 기관별 분석기기의 평균 보유수량은 4.8대(Jang, 2014)에서 7.7대로 75% 증가하였다. 분석수탁기관의 수와 시료분석 수탁건수는 유기화합물에서 33개소, 11,070건, 금속에서 22개소, 11,545건, 포름알데히드 등에서 28개소 11,571건, 산류에서 48개소, 21,065건, 결정체 산화규소에서 14개소, 13,863건, 석면에서 10개소, 375건 및 금속가공유에서 6개소, 1,129건 이었다. 유기화합물의 분석수탁기관 수 및 수탁건수는 GC-FID > GC-ECD > GC-NPD의 순으로 많았으며, GC-TD의 분석수탁기관은 없었다(Table 2). 개정된 법령(고용노동부 고시 제 2020-44호)에서 분석의뢰 할 수 있도록 한 항목은 유기화합물 중 GC-FID로 분석하기 어려운 유해인자이거나 금속류에서는 10종의 금속을 제외한 인자로 한정하고 있어서, 과거 분석수탁 항목 중 개정된 법령의 분석의뢰 허용 물질이 아닌 경우에는 분석수탁을 할 수 없게 되었다. 그리고 분석수탁기관은 반드시 정기정도관리(유기화합물, 금속 분야) 적합판정을 받아야 하며, 자율정도관리 분야 항목(결정체 산화규소, 포름알데히드, 공기 중 석면)의 측정시료를 수탁할 경우, 해당 분야 적합판정을 받아야만 한다. 다시 말해 해당 분야에 적합판정을 받지 못한 분석수탁기관에 측정시료의 분석의뢰는 불가하고, 한번이라도 부적합한 경우, 1년 동안 측정시료의 분석의뢰를 받을 수 없게 되었다.

Table 2. Distribution of analytical equipment by the type of analytes

Type of analytes	Analytical equipment*	Number of analytical equipment (N [†])	Number of IARS	Number of SRIs	analytical
Organic compounds	GC-FID	280(178)	19	7,168	1,3-butadiene, acetic acid, vinyl chloride, etc
	GC-ECD	37(33)	9	2,453	Ethylene oxide, carbon disulfide
	GC-NPD	30(29)	3	1,154	Cyanide compounds, acrylamide, phosgene, etc
	GC-MS	17(17)	1	255	Ethyl acrylate, vinyl chloride, nitrobenzene
	GC-FPD	7(7)	1	40	Carbon disulfide, dimethyl sulfate
	GC-TD	2(2)	0	0	
Metals	AAS-F	137(130)	5	60	Most of metals
	AAS-GF	70(65)	1	20	Nickel carbonyl
	AAS-CV	10(10)	0	0	
	ICP	59(57)	15	10,465	Most of metals (especially mercury, antimony, aluminum)
	ICP-MS	4(4)	1	1,000	Most of metals
Formaldehyde	HPLC-UV	131(123)	28	11,571	Formaldehyde, isocyanate compounds, acrylic acid, etc
	HPLC-FLR	10(10)	0	0	
	HPLC-DAD	1(1)	0	0	
	LC-CD	2(2)	0	0	
	LC-MS	4(1)	0	0	
Acid	IC-CD	94(84)	32	14,049	Nitric acid, sulfuric acid, hydrochloric acid, etc
	IC/UV/VIS	49(46)	16	7,016	Hexavalent chromium, ammonia, etc
Crystalline silicon oxide	FT-IR	28(28)	14	13,863	Crystalline silicon oxide
	XRD	2(1)	0	0	
Asbestos	PCM	34(29)	5	213	Airborne asbestos
	PLM	12(12)	5	162	Bulk asbestos
	SM	9(9)	0	0	
Metal working fluids	Balance (0.01 mg)	131(126)	2	806	Metal working fluids
	Balance (0.001 mg)	40(38)	4	323	Metal working fluids, volatile coal tar pitch
Other gases	UV/VIS	185(179)	13	2,065	Sodium cyanide, hydrogen peroxide, hydrogen cyanide, etc

* GC: gas chromatograph, FID: flame ionization detector, ECD: electron capture detector, NPD: nitrogen phosphorous detector, TCD: thermal conductivity detector, MS: mass spectrometer, AAS: atomic absorption spectroscopy, F: flame, GF: graphite furnace, CV: cold vaporizer, ICP: inductively coupled plasma, HPLC: high-performance liquid chromatography, UV: ultraviolet, FLR: fluorescence, DAD: diode array detector, CD: conductivity detector, MS: mass spectrometer, IC: ion chromatograph, CD: conductivity detector, UV/VIS: ultraviolet/visible, FT-IR: fourier-transform infrared spectroscopy, XRD: X-ray diffraction, PCM: phase contrast microscope, PLM: polarizing light microscope, SM: stereoscopic microscope

† : Number of WMIs

측정기관에서는 법정 분석기기 이외의 분석기기 보유 대수는 HPLC와 IC가 각각 148대, 143대로 가장 많았으며, FT-IR 분석기기도 28대 보유하고 있었다.

Ha et al.(2017)의 연구결과에 비해 이번 조사에서 HPLC 보유기관의 비율이 72.7%에서 76.5%로 증가하였으며, IC 보유기관의 비율은 48.1%에서 72.6%로 증

Table 3. Changes in the number of WMLs and IARS participated in the non-mandatory proficiency test

Analyte	Type of analytical equipment	2018			2019			2020		
		N*	n*	%	N	n	%	N	n	%
Crystalline silicon oxide	FT-IR or XRD	5	4	80	10	8	80	29*	11	38
Formaldehyde	HPLC	-	-	-	26	10	35	50	23	46
Airborne asbestos	PCM	-	-	-	-	-	-	13	4	31

* : N, Number of WMLs, n, Number of IARS
 † : 1 institute added after survey

가하였다. 그리고 고용노동부의 2016년도 작업환경측정 결과보고서에 입력된 자료를 물질별로 분류한 후 해당 물질의 분석기기를 추론한 결과, HPLC로 분석한 측정시료의 건수가 15,694건으로 전체 2% 수준이었고, IC는 37,694건으로 전체 5% 수준이었다. 이는 법정 분석기기 이외의 분석기기를 활용하여 분석해야 하는 물질이 있다는 것을 의미한다. 본 조사에서 총 시료분석 수탁건수는 72,683건이었으며, 이 중 HPLC 및 IC 장비에 대한 수탁건수 및 비율은 각각 11,571건(16%), 21,065건(29%)이었다.

금속가공유 등의 측정시료 분석을 위해 사용되는 법정 분석기기인 해독도 0.01 mg 저울을 보유한 측정기관은 126개소이며, 이 중 2개소만이 측정시료를 의뢰받았던 반면, 해독도 0.001 mg 저울을 보유한 측정기관(38개소) 중 분석수탁기관은 4개소로 해독도 0.01 mg 저울을 보유한 측정기관 보다 2배 많았다. Ha et al.(2017) 연구에 따르면 신뢰성 있는 중량분석을 위해 해독도가 높은 저울의 사용을 제안하고 있다. 금속가공유(노출기준: 0.8 mg/m³) 및 콜타르피치 휘발물(노출기준: 0.2 mg/m³)의 적절한 노출평가를 위하여 중량분석에 해독도 0.001 mg 저울이 권장된다.

2. 작업환경측정 자율정도관리

현재 실시되고 있는 작업환경측정 자율정도관리 항목은 결정체 산화규소, 포름알데히드, 공기 중 석면이었으며, 연도에 따른 항목별 참여 기관수는 '18년도 5개소(결정체 산화규소), '19년도 36개소(결정체 산화규소 10개소, 포름알데히드 26개소), '20년도 92개소(결정체 산화규소 29개소, 포름알데히드 50개소, 공기 중 석면 13개소)으로 매년 증가하고 있었다(Table 3). 연도별 분석수탁기관의 자율정도관리 참여 기관수는 '18년도의 결정체 산화규소 분야의 4개소(80%), '19년도에 8개소(80%) 그리고 '20년도에 11개소(38%)로 매년 참여기관

수가 증가하고 있었고, 포름알데히드 분야는 '19년도에 10개소(38%), '20년도에 23개소(46%)로 증가하였고, 공기 중 석면 분야는 '20년도에 4개소(31%)의 분석수탁기관이 참여하였다(Table 3). 작업환경측정 정도관리는 기본분야(유기화합물, 금속) 2개 항목과 자율분야 3개 항목으로 구성되어 있다. 공기 중 석면 분야만 자율정도관리 항목에 있는 이유는 작업환경측정 대상 유해인자가 “석면 분진”이므로 고형 석면에 대한 작업환경측정이 없기 때문이다. 분석기기로는 기본분야의 GC와 AAS 또는 ICP가 있으며, 자율분야의 분석기기로는 HPLC, FT-IR 또는 XRD 그리고 PCM으로 구분할 수 있다. Park & Park(2020)의 연구를 통해 IC 분석기기에 대한 무기산의 시료 저장 안정성 등을 평가하였고, 정도관리 시료의 적합성을 검증하였다. 향후 IC 분석기기로 분석하는 무기산 항목이 자율정도관리로 도입된다면 주요 분석기기에 대한 정도관리가 가능할 것이다.

산안법 개정에 따른 측정기관의 자율정도관리 참여기관수의 변화를 보고자 하였다. 결정체 산화규소 항목의 경우, 법 개정 전('18~'19년)의 평균 참여기관수는 7.5개소였지만 법 개정 후('20년)에는 29개소로 측정기관수가 286% 크게 증가하였고, 포름알데히드 항목의 참여기관수의 증가율이 92%(26개소 → 50개소)로 나타났다(Table 4). 이는 법령 개정(고용노동부 고시 제2020-

Table 4. Rate of change in the number of IARS participated in the non-mandatory proficiency test

Analyte	Number of IARS		Rate of change (%)
	2018-2019	2020	
Crystalline silicon oxide	7.5*	29	286
Formaldehyde	26	50	92
Airborne asbestos	-	13	-

* : mean value

Table 5. Comparison of the number of participating institutes by participation score in the non-mandatory proficiency test

Participation score*	Number of IARS (%)	Number of WMIs (%)	p-value†
0	14(26.9)	104(81.9)	< 0.001
1	14(26.9)	13(10.2)	
2	8(15.4)	7(5.5)	
3	7(13.5)	3(2.4)	
4	3(5.8)	0	
5	5(9.6)	0	
6	1(1.9)	0	
Total	52(100.0)	127(100.0)	

* : 1 point for 1 participation in the non-mandatory proficiency test, up to 6 points

† : Chi-square test

44호)에 따라 분석수탁기관에 대한 자율정도관리 참여가 의무화된 결과로 볼 수 있으며, 향후 자율정도관리에 참여하는 측정기관 수는 증가할 것으로 예상된다.

자율정도관리 참여 횟수(1회 참여 시 1점, 최대 6점)에 따라 점수화하여 측정시료의 분석수탁 유무에 따라 측정기관을 분류한 뒤 두 집단 간의 교차분석(카이스퀘어 검정)을 실시하였다. 그 결과, 분석수탁기관이 분석수탁을 하지 않은 기관에 비해 자율정도관리 참여 점수가 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.001$). 분석수탁기관의 70% 이상이 한번 이상 자율정도관리에 참여한 것으로 확인되었다(Table 5).

분석수탁기관의 자율정도관리 참여여부와 분석수탁건수의 관계를 분석하기 위해 비모수 통계분석(Mann-Whitney U Test)을 실시하였다. 결정체 산화규소 항목의 경우, 자율정도관리에 참여한 기관수는 12개소였고,

Table 6. Table 6. Comparison of the number of IARS according to their participation in non-mandatory proficiency test by analyte

Analyte	Participation	Number of IARS	Mean	SD†	p-value‡
Crystalline silicon oxide	Yes	12	1,144	768	0.044
	No	2	67	47	
	N/A*	14	-	-	
Formaldehyde	Yes	24	475	899	0.036
	No	4	42	50	
	N/A	10	-	-	
Airborne asbestos	Yes	4	92	59	0.157
	No	1	8	-	
	N/A	6	-	-	

* : Number of participation in the non-mandatory proficiency test, but not requested samples from other WMIs

† : Standard deviation

‡ : Mann-Whitney U Test

Table 7. Descriptive statistics of participating IARS by main analyte

Main analyte	Number of IARS	Mean	SD*	Median	Range (%)†	Sum
Organic compounds	21	527	1,213	151	3~5,040 (45)	11,070
Metals	20	577	1,335	83.5	2~5,947 (52)	11,545
Formaldehyde	28	413	843	123.5	1~4,265 (37)	11,571
Acid	39	543	991	186	4~5,619 (27)	21,165
Crystalline silicon oxide	14	990	807	736	20~2,420 (17)	13,863
Asbestos	5	75	63	91	5~156 (42)	375
Metal working fluids	6	188	310	54	2~804 (71)	1,129
Other gases	13	158	404	40	9~1,500 (73)	2,065

* : Standard deviation

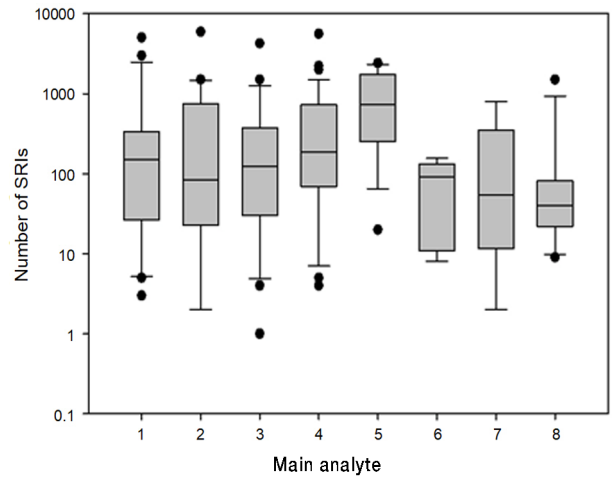
† : Percentage of the number of IARS that requested the most samples by other WMI

평균 분석수탁 건수는 1,144건으로 자율정도관리에 참여하지 않은 기관(2개소)의 평균 분석수탁 건수(67건) 보다 통계적으로 유의하게 많았다($p < 0.05$). 포름알데히드 항목 역시 결정체 산화규소 항목과 동일한 결과를 보였으나($p < 0.05$), 공기 중 석면 항목은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 6). 분석수탁기관 중 자율정도관리 항목에 참여하지 않은 기관의 수는 결정체 산화규소, 포름알데히드, 공기 중 석면 분야에서 각각 14개소, 10개소, 6개소였는데, 산안법 개정에 따라 해당 분석수탁기관은 향후 자율정도관리에 참여하여야 한다.

Kwon et al.(2017) 연구에 따르면 국내 결정체 산화규소를 분석할 수 있는 측정기관 수는 12개소였지만, 본 연구에서는 29개소로 조사되었다. 이는 17년도에 비해 해당 물질을 분석하는 측정기관의 수가 142%로 크게 증가하였다. Park et al.(2018) 연구에서는 포름알데히드 시료에 대한 분석형태를 조사하였는데, 181개소의 측정기관을 대상으로 설문 조사를 실시하였고, 106개소의 기관에서 응답하였다. 설문조사 내용 중 기관 내에서 분석한다고 응답한 기관은 64개소(60%), 외부분석 의뢰를 한다고 응답한 기관은 37개소(35%), 둘 다 한다고 응답한 기관은 4개소(4%)로 조사되어 40% 정도는 외부분석 의뢰를 하는 것으로 짐작할 수 있었지만 수탁건수는 알 수 없었다. 본 연구에서는 HPLC 분석기기를 보유한 측정기관 수(137개소), 분석수탁기관 수(28개소), 및 외부분석 의뢰 건수(11,571건)도 모두 확인하였다.

분석수탁기관 및 분석수탁 건수를 측정시료의 분석의뢰 물질별로 나누어 비교하였다. 산류 등을 분석하는 IC 분석기기의 분석수탁기관의 수가 39개소로 가장 많았고, 외부분석 의뢰 건수의 합도 21,165건으로 가장 많았다(Table 7). 대부분의 결과에서 평균값이 중앙값보다 큰 경향을 보였으며(Figure 1), 물질별로 1개 분석수탁기관이 처리하는 물량은 전체 건수의 40~70% (결정체 산화규소 및 이소시아네이트류 화합물 시료 제외)수준이었다(Table 7). 이는 소수의 분석수탁기관에서 대부분의 시료를 수탁 받아 처리하고 있다는 것을 의미한다.

분석수탁기관의 보유 분석기기 수와 분석수탁건수의 관계를 분석하였는데, 상관계수 0.479로 양의 상관관계가 있었다($p < 0.01$) (Figure 2). Kang(2012)에 따르면 측정기관의 유형별 인력·시설 및 장비 기준에 분석 분



1: Organic compounds, 2: metals, 3: Formaldehyde, 4: Acid, 5: Crystalline silicon oxide, 6: Asbestos, 7: Metal working oil, 8: Other gases

Figure 1. Number of SRIs by main analyte

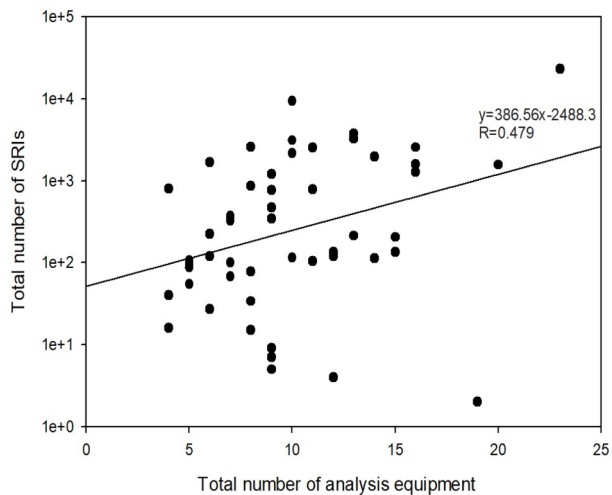


Figure 2. Correlation between total number of SRIs and total number of analytical equipment

야가 포함되어 측정 분야의 진입장벽이 되어 향후 이 두 분야의 기능을 분리할 것을 제안한 바 있었다. 본 조사에 의하면, 측정기관은 법정 분석기기 이외의 분석기기를 도입 및 보유하고 있으며, 자율정도관리에 자발적으로 참여하고 있다. Park et al.(2017)의 연구에 따르면 1992년 유기화합물 및 금속 분야 정도관리의 적합률이 40~50% 수준이었으나, 2000년도를 넘어서는 90% 이상의 적합률을 보이고 있다고 보고하고 있다. 이는 측정기관이 작업환경측정 정도관리 제도를 활용하여 측정기관의 분석능력을 매년 관리한 결과인 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 설문조사를 통하여 작업환경측정기관의 분석기기 보유현황과 분석수탁현황을 파악하고자 하였다. 또한, 자율정도관리 참여현황을 분석하였으며, 연구의 결론은 아래와 같다.

1. 작업환경측정기관의 29%에서 분석수탁을 받고 있었으며, 분석수탁건수는 IC, GC, FT-IR 순으로 많았다.
2. 분석수탁기관이 일반 측정기관에 비해 자율정도관리 참여 빈도는 높았고, 자율정도관리 항목별 해당 분야에 참여한 분석수탁기관이 참여하지 않은 기관에 비해 측정 시료의 분석수탁건수도 많았다.
3. 분석수탁기관 중 자율정도관리를 참여하고 있지 않은 일부 기관은 산업안전보건법의 개정에 따라 자율정도관리에 참여할 것으로 보이며, 향후 자율정도관리 참여기관수는 증가할 것으로 전망된다.

References

- Choi SJ. Assessment on work environment monitoring program in Korea. J Korean Soc of Occup Environ Hyg. 2008;18(4): 282-292
- Korean Industrial Health Association(KIHA). History of the establishment and revision of the occupational safety and health act; Korea occupational health association.; 2019;374. p. 44-47
- Ha KC, Yoon CS, Kim SW, et al. A study on the improvement of specification requirements and efficiency of evaluation system of legally designated agency for employee's exposure assessment. Occupational safety and health research institute. 2017
- Jang JK. Evaluation of the possession of measurement and analytical instruments in domestic work environment monitoring service providers(II). J Korean Soc of Occup Environ Hyg. 2014;24(2): 182-192(<http://dx.doi.org/10.15269/JKSOEH.2014.24.2.182>)
- Kang SG. Special article: background and contents of the work environment measurement system innovation proposal. Safety world(www.safetygo.com). 2012
- Kim CY. Current status, problems and improvement measures of the work environment measurement system in Korea. Korea occupational health association. 2005;207. p. 53-55
- Kwon JW, Jang KH, Hwang ES, Kim KW. A study on the reliability of respirable crystalline silica measurements. Occupational safety and health research institute. 2017
- Lautenberg FR. Toxic substances control act(TSCA). EPA. 2020 Sep
- Lee BG. History of occupational diseases in Korea. Korea occupational health association. 1989;10. p. 6-12
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Notification on work environment measurement and proficient test, etc. Ministry of Employment and Labor(MoEL).; 2020. p. 21-31
- Park HD, Chung EK, Kim KW. The quality control program for industrial hygiene laboratories in Korea. Saf Health Work. 2017. p. 1-5(<http://dx.doi.org/10.1016/j.shaw.2017.08.003>)
- Park HD, Jang MY, Park SH. A study to introduce an autonomous item for the quality control program in the industrial hygiene (1) - Formaldehyde. Occupational safety and health research institute. 2018
- Park HD, Park SH. A study on the autonomous ites of quality control for management of analysis entrusted organizations according to the revision of the OSH Act - Inorganic acids. Occupational safety and health research institute. 2020
- Song YK, Yoon HC, Ryu JS, Lee JH. Press release for chemical substance distribution survey in 2016. Ministry of Environment. 2018 Oct

<저자정보>

김성호(연구원), 권지운(연구위원), 조현민(연구원), 박해동(연구위원)