

작업환경측정기관의 정도관리를 통한 분석능력이 미흡한 기관들의 분석오차 유발요인에 관한 고찰

한국산업안전공단 산업보건연구원

박동욱, 신용철, 박승현, 이나루, 오세민

서울대학교 보건대학원

윤충식, 백남원

— Abstract —

A Study on the Analytical Errors of Non-proficient Laboratories Participated in Quality Control Program

Park, D.W., Y.C. Shin, S.H. Park, N.R. Lee, and S.M. Oh

Industrial Health Research Institute, Korean Industrial Safety Corporation

Yoon, C.S, N.W. Paik

School of Public Health, Seoul National University

Factors affecting non-proficient analytical ability were compared and evaluated by rating of laboratories and round. Analyst Indices between proficient and non-proficient participants were different. Coefficients of determination(R^2) for standard of toluene, xylene and trichloroethylene of the 4th round between some proficient and non-proficient participants were significantly different($p < 0.05$). But, there was no difference in the 5th round. Average desorption efficiency of non-proficient participants was 88%-98%, which was lower than 96%-100% of some randomly selected proficient participants. Also non-proficient participants have a large variance of desorption efficiency, 11.79-19.69%. In the 5th round, desorption efficiency of methyl iso-butyl ketone(MIBK) reported by all participants was lower than 90% tested by NIOSH and especially low compared to other analytes. Participants evaluated to be non-proficient in the metal part have 85%-100.84% of average recovery, which was larger variance than 98% of some proficient participants. Although it is difficult to find quantitatively factors causing non-proficiency in analytical ability, pretreatment techniques and experience of analyst seems to be more important factors to produce accurate analytical result.

Key Words : Coefficient of Determinant Quality Control Program, Analytical Ability

I. 서 론

우리나라에서 작업환경측정을 수행하는 기관들의 분석능력은 연속적인 정도관리(quality control)의 실시를 통해 매우 향상된 것으로 보고된 바 있다(Paik, 1993, 박동욱 등, 1993: 박동욱 등, 1992). 처음으로 1992년 4월에 실시한 제1회 정도관리에서 실험실의 분석능력은 매우 미흡하였다(박두용 등, 1992). 유기용제 분야에 30개 기관이 참여하여 43.3%의 합격율을 보인 것이다. 금속 분야에 29개 기관이 참여하여 31%의 낮은 합격율을 보인 것이다(박두용 등, 1992). 정도관리 실시를 주관한 산업보건연구원은 설문지와 정도관리의 결과를 통해서 올바른 분석방법의 선택, 검량선의 작성, 전처리 방법, 회수율(탈착율) 양 결정, 자료의 계산, 정도관리 시료의 취급 및 보관 요령 등 정도관리의 분석능력과 관련되는 모든 사항을 면밀히 검토하였다. 또한 정도관리운영위원회의 자문 등을 통해 분석능력 향상을 위한 대책 등을 꾸준히 강구하였다. 이런 결과를 토대로 매년 정도관리 실시 후 정도관리기본교육 및 보수교육을 통해 분석능력의 저하를 야기하는 중요한 사항을 집중적으로 교육하였다. 물론 대상기관에서도 분석능력향상을 위해 자체적인 노력에 최선을 다한 것으로 판단된다.

제1회의 정도관리에서는 유기용제와 금속 2분야의 합격율이 단지 31%에 불과하였으나 제2회 때는 70.6%, 제3회는 71.2%, 제4회는 75.6%로 꾸준한 분석능력 향상을 보여왔다(박동욱 등, 1993). 가장 최근(1994. 3. 17)에 완료된 제5회 정도관리에서는 유기용제 및 금속의 종합 합격율이 84%에 달하였다. 이러한 결과는 급격한 분석능력의 향상을 의미한다. 분석자의 노력, 관리자의 관심, 분석기기의 교정 및 구입 등이 기관들의 분석능력향상에 기여한 것이다. 정도관리 실시기관과 참여기관의 모든 노력이 정도관리의 꾸준한 분석능력의 향상을 가져왔다. 이제는 이러한 분석능력을 관리하고 유지시켜야 하는 한편 일부 반복해서 분석능력이 미흡한 것으로 평가받은 기관들의 분석능력 저하요인을 교정해야 한다. 이러한 과정을 통해 작업환경측정을 수행하는 모든

기관들의 분석능력에 대한 신뢰성 확보가 도모되어야 한다. 그래서 어느 사업장의 작업환경측정 결과라도 신뢰하고 근로자 직업병예방을 위한 자료로 활용되어야 하는 것이다.

외국이나 우리나라에서 수행하는 산업위생실험실간의 외부정도관리(external quality control)의 근본적인 목적은 정도관리의 참여를 통해서 자체 기관의 분석능력을 확인하고 오차의 원인을 찾는 한편 이것을 교정하여 신뢰성 높은 분석자료 제공하는데 있다. American Industrial Hygienist Association(AIHA)/National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) Proficiency Analytical Testing(PAT) 프로그램이나 영국의 Workplace Analysis Scheme for Proficiency(WASP) 그리고 우리나라의 정도관리 실시과정을 고찰하여 보면, 참여기관의 분석능력 및 합격율 향상과 기준실험실의 기준값 변이 감소 등이 꾸준히 달성되고 있음을 알 수 있다. 즉 외부 실험실간 정도관리 실시의 근본적인 목적을 달성하고 있는 것이다. 우리나라 작업환경측정기관에 대한 정도관리가 실시된 이후로 정도관리의 실적과 분석능력의 지수를 통한 분석능력의 향상 등에 관해서만 보고되었다(박두용 등, 1992: Park et al, 1993: 박동욱 등, 1993). 연속적인 정도관리의 실시를 통해 합격율 향상 등 정도관리제도의 확고한 정착을 강조하였지만 일부 계속적으로 분석능력이 미흡한 것으로 평가받고 있는 기관들의 미흡한 요인들을 분석한 사례는 없었다.

본 연구논문에서는 분석능력이 우수한 기관과 미흡한 기관간의 분석과정의 단계별 오차의 차이를 비교 평가하여 분석능력의 저하를 야기하는 주요 원인을 추정하고자 한다. 이러한 연구결과는 분석능력이 미흡한 기관들의 분석능력의 향상을 위한 정보제공과 정도관리제도의 발전 그리고 우리나라 작업환경측정기관의 분석능력에 대한 전반적인 수준을 향상시킬 수 있는 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

II. 연구방법

1. 대상

제4회와 제5회 작업환경측정기관에 대한 정도 관리에 참여한 기관들 중 분석능력이 미흡한 것으로 평가받은 기관과 일부 우수한 기관들의 분석자료를 대상으로 하였다. 자료분석에 이용한 내용은 표 1과 같다. 분석능력이 미흡한 것으로 평가받는 것은 유기용제는 3물질의 12개 항목 중 3개 이상 그리고 금속은 2물질의 8개 항목 중 2개 이상에서 분석치가 합격 범위를 벗어난 경우가 해당된다. 자료분석에 이용한 분석능력이 우수한 기관의 수는 미흡한 기관의 수와 비슷하게 무작위 추출에 의해 선택하였다.

2. 내용

정도관리운영위원회에서는 제4회부터 정도 관리에 참여한 모든 기관들로 하여금 분석결과 자료를 제출토록 하였다. 이 자료는 기관별 분석자의 경력 및 보유분석기기, 금속과 유기용제의 표준 용액제조 및 전처리의 분석과정별 크로마토그램과 계산과정 등이 포함된다. 이 자료를 통해 분석하고자 하는 내용은 보유한 분석기기 및 분석자 경력 비교, 그리고 표준용액 제조 시 검량선(standard curve)작성의 신뢰도, 유기용제의 탈착효율(desorption deficiency)과 금속 회수율(recovery)의 신뢰도 등이다. 자료의 분석은 평균치 비교로써 T-test를 하였고 SAS(버전 6.02)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 분석자의 경력 및 분석기기

실험실의 분석능력에 있어서 가장 중요한 요인의 하나는 분석자의 자질이다. 산업위생 실험실 분석자의 자질로 산업위생분석의 경험, 분석기기의 감도 관리 능력 그리고 올바른 분석방법 활용

등을 들 수 있다. 이 중 가장 중요한 것은 분석자의 산업위생분야와 관련된 분석능력과 경험이다. 사업장의 생산활동과 관련되어 발생하는 유해물질들은 매우 다양하다. 이들을 정확하게 성분을 알아내고 그 양을 분석하는 작업은 매우 어렵고 전문성이 요구된다. 적절한 채취 및 분석방법을 선택하고 기기의 조건을 관리 하는 등 산업위생 측면의 분석 전문성이 요구되는 것이다.

AIHA/NIOSH PAT 프로그램에서는 산업위생 실험실의 질(quality)의 개선과 감독관리를 위하여 실험실공인제도(Laboratory Accreditation Program:LAP)를 1972년에 만들었다(Levine, 1992). 이 제도의 공인을 받기 위한 5가지 기준과 자격요건에서 인력(personnel)을 포함시키고 있다. 한편 Paik(1993)은 산업위생실험실의 분석경험에 따른 분석자지수(Analyst Indices)에 따라 분석능력별로 점수를 개발하였다(Paik, 1993). Paik이 제시한 분석자 지수는 다음과 같다.

1) 분석자의 경험에 따라

<1/2년 : 0점, 1/2- <1년 : 1점, 1- <2년 : 2점, 2- <5년 : 3점, 5년 이상 : 4점이고

2) 대학원에서 산업위생학을 1년 이상 공부하였으면 1점을 추가하고

3) 산업위생실험실의 감독자가 산업위생기술사(Certified Industrial Hygienists:CIH) 같은 최우수 자질을 갖춘 경우 1점을 추가하여 분석자지수를 산정한다(Paik, 1993)

분석능력이 우수한 기관과 미흡한 기관과의 정도 관리 시료를 분석한 분석경력에 의한 분석자지수를 표 2에 제시하였다. 이 표에서 보듯이 제1회에서 제5회까지 분석자지수의 점수가 차이를 보이고 있다.

사실 정도관리 시료는 매우 기본적이고 빈번하게 분석하는 것들에 불과하다. 분석을 새로이 시작하는 사람들인 경우 이들에 대해 내부정도관리

Table 1. Number of Participated Laboratories Analyzed in this Study.

Round	Proficient Participants		Non-proficient Participants	
	Metal	Organic Solvent	Metal	Organic Solvent
4th	12	11	12	11
5th	14	8	9	4
Total	26	19	21	15

Table 2. Analysts Indices by Rating of Laboratories and Round.

Round	Metal, Point		Organic Solvents, Point	
	Proficient	Non-proficient	Proficient	Non-proficient
1*	3.08	1.75	3.62	1.47
2*	2.67	1.67	2.44	1.88
3	1.76	0.96	1.84	1.15
4	1.95	1.47	2.00	1.86
5	2.35	1.91	2.36	2.00

* : Paik, 1993

Table 3. Frequency Distribution of Analytical Instrument Model Occupied by Non-proficient Participants.

GC			AAS		
Model	Total	Non-proficient(%)	Model	Total	Non-proficient(%)
A	85	5(6)	G	63	6(10)
B	19	7(37)	H	51	5(10)
C	33	1(3)	I	31	5(16)
D	24	3(13)	J	25	9(36)
E	15	5(33)	K	14	1(7)
F	50	5(10)	L	30	4(13)
			M	12	1(8)

를 실시하여 분석자에 의한 오차를 최소화하도록 노력해야 할 것이다.

Paik은 우리나라 제1회와 제2회의 정도관리 합격기관과 불합격 기관과의 분석자 경력에 따른 유의한 차이가 있다고 보고하고 효율적인 산업위생실�험실 운영을 위해서는 분석자의 자질과 경험에 의한 영향을 강조하였다(Paik, 1993).

표 3은 3회부터 5회까지 정도관리에 참여한 기관들의 보유하고 있는 기기들을 대상으로 분석능력이 미흡한 기관이 보유하는 기기의 비율을 분석하였다. 불합격기관의 수가 작으므로 3회부터 5회까지 기기 보유율을 누적으로 계산한 것이다. 3회부터 5회까지 평균 불합격율(실격포함)은 유기용제가 17.0%, 금속이 19.8%인데, GC의 경우 B와 E모델을 보유한 기관, AAS의 경우 J모델을 보유한 기관이 평균 불합격율보다 높다. 단순히 분석기기의 모델만을 근거로 분석과정의 오차를 설명할 수는 없다. 분석과정의 오차는 분석자와 분석기기, 분석방법 등 종합적인 요인으로 설명되거나 고장이 야기될 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 어떤 기기를 구매할 것인가를 선택하는 것부터 시작하여 분석기기의 성능을 효율적으로 관리하는 것은 분석자의 자질과 관련이 있다. B, E, J 모델을 취급한 분석자의 능력과 자질에 의

한 혼란변수(confounding variable) 영향으로 보 유비율이 높을 수 있다. 그러나 분석기기의 작동의 편리성, 기기 자체의 감도, 사후 서비스 등은 분석과정에서 기기와 관련된 오차요인들이다. 또한, 분석과정 중에 분석기기의 문제가 야기되는 경우 신속하고 정확한 교정과 교육 및 서비스관리 체제는 중요하다.

3. 표준용액 제조

표 4는 제4회와 제5회 정도관리에서 일부 분석능력이 우수한 기관과 미흡한 기관과의 유기용제의 표준용액제조의 신뢰도를 비교한 것이다. 즉, 표준용액의 농도와 가스크로마토그래피의 크로마토그램 면적에 의한 반응을 나타내는 설명력 계수(R^2)로 비교한 것이다. 제4회 정도관리에서는 크실렌, 톨루엔, 트리클로로에틸렌 모든 물질에서 분석능력이 우수한 기관과 미흡한 기관의 표준용액제조의 신뢰성에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 제5회 정도관리에서는 분석능력이 미흡한 기관들은 분석능력이 우수한 기관에 비해 설명력계수도 낮고 그 편차도 크다. 그러나 통계적으로 유의한 차이는 없

Table 4. Comparison of R^2 for Standard Curve of Organic Solvent between Non-proficient and Some Proficient Participants.

Round	Analyte	Mean \pm SD, Determination Coefficient(R^2)		T-test
		Proficient	Non-proficient	
4th	o-Xylene	0.99988 \pm 0.00011	0.99162 \pm 0.00841	p < 0.05
	Toluene	0.99968 \pm 0.00040	0.99418 \pm 0.00654	p < 0.05
	TCE	0.99963 \pm 0.00037	0.99686 \pm 0.00251	p < 0.05
5th	o-Xylene	0.99901 \pm 0.00238	0.99827 \pm 0.00267	p > 0.05
	MIBK	0.99952 \pm 0.00070	0.99788 \pm 0.00287	p > 0.05
	TCE	0.99962 \pm 0.00048	0.97958 \pm 0.04044	p > 0.05

Table 5. Comparison of Desorption Efficiency for Organic Solvent between Non-proficient and Some Proficient Participants by Round.

Round	Analyte	Desorption Efficiency(%), Mean \pm SD	
		Proficient	Non-proficient
4th	o-Xylene	97.20 \pm 4.92	89.44 \pm 15.63
	Toluene	99.20 \pm 4.25	88.31 \pm 19.69
	TCE	98.47 \pm 4.35	94.73 \pm 16.44
5th	o-Xylene	100.22 \pm 4.97	98.04 \pm 6.28
	MIBK	84.05 \pm 5.10	86.26 \pm 7.86
	TCE	96.45 \pm 5.28	96.21 \pm 11.79

는 것으로 분석되었다(p < 0.05). 용액 회석과정이나 농도제조의 오차가 없다고 가정한다면 정도관리가 계속됨에 따라 유기용제 표준용액제조에 의한 오차는 유의하게 크지 않은 것으로 나타났다.

물론, 여기에서 분석되는 것으로 표준용액제조과정의 모든 오차를 비교하여 설명할 수는 없다. 다만 제시할 수 있는 것은 분석기기의 재현성 있는 반응, 표준용액농도 제조의 일관성과 범위 등에 의한 오차의 간접 추정의 차이를 비교하는 것이다. 이 과정에서 표준제조의 계통적 오차를 찾아 낼 수는 없다. 예를 들어 회석하여 표준용액을 제조하는 경우 회석과정에는 오차가 없었지만 표준원액을 만드는 첫 단계에서 오차가 있었다면 이를 찾아 낼 수는 없다. 이를 확인하는 방법의 하나로 생각해 볼 수 있는 것은 표준용액을 2시리즈로 만들어 상호 검증용을 하는 것이다.

한편 금속의 경우 원자흡광기기의 특성상 농도와 흡광도의 관계는 항상 직선이 아니다. 원자흡광기기의 경우 제조한 표준용액농도와 흡광도의 관계를 내장된 컴퓨터에서 적절한 공식을 찾아낸다. 따라서 금속분석시 기기에 가장 적절한 반응 범위에 시료농도를 포함하도록 표준용액을 제조

하는 것이 가장 중요하다. 분석이 미흡한 기관의 경우 시료분석시 표준용액의 흡광도 이상의 흡광도가 나온 경우 회귀직선방정식을 구하여 농도를 계산하는 경우가 있었다. 이 경우 농도계산에 오차가 포함된다. 금속의 표준용액을 잘 제조하였는지 확인하는 방법의 하나로 표준용액의 신뢰구간을 구하는 것을 생각할 수 있다. 제조과정에 오차가 없다면 신뢰구간이 좁게 나타날 것이다.

분석능력이 미흡한 기관의 표준용액제조과정이 일정 부분 우수한 기관과의 유의한 오차를 함유하기는 하더라도 분석능력이 미흡한 모든 원인으로 작용하지는 않을 수도 있다. 그러나 실험단계의 모든 단계에서 가능한 모든 오차를 줄이고자 하는 노력은 중요하다.

4. 탈착효율

분석능력이 우수한 기관과 미흡한 기관과의 유기용제 탈착효율을 비교한 것이 표 5에 나타나 있다. 분석능력이 우수한 기관의 탈착효율은 크실렌, 톨루엔, 트리클로로에틸렌이 96% - 100% 범위로서 미국산업안전보건연구원의 실험과 큰 차이가 없다(NIOSH, 1984). 그러나 분석능력이 미

흡한 기관들은 탈착효율이 88%–98%의 범위로써 낮은 편이다. 또한 탈착효율의 편차는 분석능력이 우수한 기관은 모두 4–5%이나 미흡한 기관들은 제4회의 경우 모두 15% 이상이다.

분석능력이 미흡한 기관들의 탈착효율의 변이가 우수한 기관보다 훨씬 크다. 변이가 크다는 것은 분석과정에서 야기되는 복합적인 오차의 합들이다. 여기에는 주입량의 오차, 탈착 조건의 미흡, 분석기기의 재현성과 안정성, 분석자의 경험 등이 모두 포함될 것이다. 어느 한 분석과정에서의 계통적인 오차라기 보다는 비계통적 오차에 의한 것이다. 이런 경우 분석 능력전반에 대한 관리가 필요하다고 말할 수 있다. 반면에, 탈착효율도 비교적 적정하고 변이도 작다면 계통적인 오차에 의한 분석능력 미흡이라고 추정할 수 있다. 이런 경우 오차의 원인이나 발생 단계는 분석자만이 알 수 있다. 표준용액 제조과정시 희석단계의 착오 등 순간적인 실수에 의해 계통적인 오차를 가져올 수 있다. 실제 이러한 오차를 범하는 기관은 제5회때 유기용제 분석능력이 미흡한 총 기관중 75%가 여기에 해당된다. 이들의 분석결과 자료들을 검토해 보면 높은 상관력을 가진 농도와 크로마토그램면적, 높고 일정성을 가진 탈착효율, 계산과정의 정확성 등 문제가 발견되지 않은 경우가 있기 때문이다. 또한 이들은 분석능력을 계속해서 우수한 것으로 판정받았던 기관들이다. 따라서 정도관리를 포함한 작업환경측정시료의 분석은 어느 한 분석과정이라도 소홀히 할 수 없고 세심한 주의가 필요하다는 것을 보여 주는 것이다.

한편, 유기용제의 실험에서 탈착효율의 검정은 매우 중요하다. 이러한 검정은 분석능력의 정확도에 영향을 미친다. 전(1994)은 정도관리기준시료의 탈착효율을 적용한 경우와 적용하지 않은

경우의 정확도에 차이가 있는 것을 제시하고 유기용제 분석과정에서 이 시험의 중요성을 강조하였다. 특히, 이번의 제5회 정도관리 대상물질중 기능기가 케톤기인 메틸이소부틸케톤의 탈착효율은 대부분이 90%이하로 제출되었고 미국국립산업안전보건연구원의 정확도실험에서도 평균 90%로 낮은 것으로 보고하고 있다. 이번 제5회 정도관리에서 이물질의 선정의 배경은 유기용제분석에서 탈착효율의 중요성을 제시하려는 목적으로 선정된 것이다. 추후 케톤기를 가진 물질에 대한 일정한 탈착효율의 유지를 위한 실험적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

5. 회수율

분석능력이 우수한 기관과 미흡한 기관과의 급속의 회수율을 비교한 것이 표5에 나타나 있다. 분석능력이 우수한 기관의 평균회수율은 평균 98–99%이고 표준편차는 6%이내인 것으로 나타났다. 분석능력이 미흡한 것으로 분류된 기관의 평균 회수율은 카드뮴과 납은 평균 100%이고 표준편차는 10–15% 정도이며 구리의 경우 85.46%의 회수율과 17.23%의 큰 변이를 보이고 있다. 평균 회수율의 변이는 분석능력이 미흡한 기관이 우수한 기관보다 훨씬 큰 것을 알 수 있다. 유기용제의 경우와 마찬가지로 회수율의 변이가 크다는 것을 분석능력이 미흡하다고 말할 수 있다.

필터로의 주입량의 오차, 각종 유기물 제거를 위한 전처리 과정의 오차, 원자흡광분석기기의 최적조건의 설정 능력 미흡으로 인한 재현성과 안정성 미흡, 분석자의 경험 등이 모두 포함된 오차이다. 이 중에서 가장 중요한 것은 유기물 제거를 위한 전처리 과정이 가장 중요하다. 회수율 검정시료(9개), 정도관리시료(4개), 공시료(2–3

Table 6. Comparison of Recovery for Metal between Nonproficient and Some Proficient Participants.

Round	Analyte	Recovery(%), Mean \pm SD	
		Proficient	Non-proficient
4th	Cd	98.32 \pm 6.01	100.48 \pm 14.87
	Pb	98.81 \pm 5.56	100.57 \pm 13.37
5th	Cd	99.83 \pm 4.62	100.84 \pm 10.48
	Cu	99.07 \pm 4.15	85.46 \pm 17.23

개)의 모든 시료가 동일하게 전처리가 되어야 한다. 동일한 양의 산처리, 유리덮개 사용, 완전한 유기물 제거과정까지의 전처리 실시 등이 경험있게 관리되어야 한다. 만일 완전하게 유기물(mixed cellulose ester membrane filter:MCE)이 제거되지 않으면 일정하게 과대평가될 수 있다. 그렇지 않은 경우 낮고 일정하지 않은 회수율이 나타나게 된다. 전(1994)은 금속에 대한 정도관리 기준 시료의 회수율을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 정확도에 차이가 있는 것을 제시하고 금속분석과정에서의 이 시험의 중요성을 강조하였다(전정화, 1994).

제5회 정도관리 중 금속분석에서 미흡한 경우, 9%만이 계통적 오차에 의한 것이었고 91%는 비계통적오차에 의한 것이었다. 금속의 경우 전처리과정에 의한 오차가 큰 것으로 판단된다. 왜냐하면 전처리과정이 다른 실험에 비해 보다 복잡하고 오랜 시간이 요구되기 때문이다.

IV. 결 론

제4회 및 제5회 정도관리과정에서 분석능력이 미흡한 것으로 평가받은 기관들에 대하여 분석능력의 저하요인을 분석하였다. 분석능력이 우수한 기관과 미흡한 기관과의 분석자 지수는 차이가 있었다. 유기용제 표준용액제조의 농도와 기기반응의 설명력계수는 제4회때 톨루엔, 크실렌, 트리클로로에틸렌이 분석능력차이에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 유기용제의 탈착효율은 분석능력이 우수한 기관의 경우 평균 96%—100%와 표준편차가 5.28% 이내였다. 분석능력이 미흡한 기관의 평균 탈착효율은 88%—98%와 표준편차 11.79%—19.69%로써 낮고 변이가 큰 것으로 나타났다. 제5회 메틸이소부틸케톤

은 모든 기관의 탈착효율이 90%이하로 나타났다. 금속 회수율은 분석능력이 우수한 기관의 경우 평균 98%이며 표준편차가 6.01이내로써 미흡한 기관의 평균 85%—100.84%와 표준편차 10.48%—17.23%에 비해 회수율의 효율과 변이가 일정하다. 분석능력이 미흡한 것으로 판정받은 기관들의 분석능력저하요인은 분석자의 분석기기에 대한 재현성 있는 관리부족과 정도관리시료의 전처리 미흡이 가장 큰 요인으로 판단된다.

REFERENCES

- 박두용, 신용철, 박동욱, 오세민, 정규철., 제1회 작업환경측정기관의 정도관리 실시결과, 국제학술대회(한국위생학회), 87—104(1992).
- 박동욱, 신용철, 이나루, 이광용, 오세민, 우리나라 작업환경 측정기관 분석능력에 관한 고찰, 한국산업위생학회지, 3: 189—194(1003)
- 전정화, 우리나라 작업환경측정기관의 정도관리를 위한 기준값에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원 보건학 석사학위논문, 1994
- Levine, S.P., *Industrial Hygiene Laboratory Proficiency Testing and Quality Management. in ibid.*
- NIOSH, *Manual of Analytical Methods, 2nd edition. D-HHS(NIOSH) Publication No. 84-100, Cincinnati, Ohio(1984).*
- NIOSH, *Manual of Analytical Methods, 3rd edition., D-HHS(NIOSH) Publication No. 84-100. Cincinnati, Ohio(1989).*
- Paik, Nam-Won, *Application and Evaluation of the American Industrial Hygiene Association(AIHA) Proficiency Analytical Testing(PAT) Program for Use by the Korean Industrial Hygiene Program, Pro-fession. Thesis for Dr.P.H., The University of Michigan. pp. 44-157, 1993.*
- Park, D.W., Shin, Y.C., Lee, N.R., Oh, S.M., and Chung, K.C., *1st Year Report of Analytical Testing Program for Industrial Hygiene Labs. The Kor.J. of Occup. Med, 5;250261(1993)*