한국산업위생학회지 제 5 권 제 1 호
Korean Ind. Hyg. Assoc, J
Vol. 5, No. 1, April, 1995

사업장 자체측정기관 국내,외 정도관리 참여 결과

포항종합제철(주) 포항제철소 보건관리실

이영세 · 이송권 · 조기현 · 채종룡 · 김용래

— Abstract —

The Result of Quality Control in POSCO's Industrial Hygiene Laboratory

**Young-Sei Lee, Song-Kwon Lee, Ki-Hyun Cho,
Chong-Hong Chae, Yong-Lae Kim**

Health Care Center. Pohang Steel Work. POSCO

Since being granted permission for self-assessment of the work environment by the Department of Labor in 1992, POSCO's Industrial Hygiene Laboratory has participated in domestic and Foreign Quality Control Programs 8 times and has obtained remarkable results.

It has made a lot of effort to be a proficient laboratory with the ability to observe and analyse environmental monitoring data.

The summary of results is as follows:

1. POSCO's Industrial Hygiene Laboratory has received a "P(Proficient)" grade from the round 115 to round 119 of AIHA/NIOSH PAT Program for analysis of such metals as lead,cadmium, zinc, and chromium, and also has received a "P(Proficient)" grade from its round 119 of for organic solvent analysis, i,e,. Trichloroethylene(TCE), Carbon Tetr-achloride(CTC), 1.2-Dichloroethane(DCE), 1,1,1-Trichloroethane(MCM), Tetrachloroethylene (PCE), Chloroform(CFM), Benzene(BNZ), toluene(TOL), and O-xylene(OXY).

2. In the Quality Control Evaluation Program performed by the Industrial Health Research Institute,Korea Industrial Safety Corporation, POSCO has passed impressively in the3-metal analysis test for lead, cadmium, cupper, and in the 6 organic solvent analysis test for Benzene(BNZ), toluene(TOL), O-xylene(OXY), Trichloroethylene(TCE) and Methyl isobutyl keton(MIBK),n-Hexane with 2 standard deviations

These analytic techniques should be practically applied to various fields, and reliable results of environmental monitoring should be considered to improve the work environment and to keep workers from occupation related diseases.

Key Words : POSCO's Industrial Hygiene Laboratory, AIHA/NIOSH PAT Program

서 론

우리나라는 작업환경측정기관(측정대행기관, 자체측정기관)에 대한 측정자료의 신뢰성 및 정확성을 확보하기 위해 작업환경 정도관리제도를 1992년 4월에 처음으로 시작했다.

포항종합제철 포항제철소 산업위생실험실(Pohang Iron & Steel Co., Ltd., 이하 POSCO)에서는 1968년 회사가 설립된 이래 '75년부터 자체적으로 작업환경 측정을 실시해 오고 있다.

사업장 자체측정기관에서 자체측정을 하므로서 공정별 정밀한 작업환경 측정은 물론 작업환경 관리상 문제점에 대한 신속한 대책수립이 가능하였고 Biological Monitoring(ACGIH, 1992-1993) 결과 및 특수건강진단 자료의 연계관리 등 종합적이고 과학적인 보건관리를 하는데 큰 도움이 되었다.

POSCO는 산업위생 전문인력과 각종 정밀분석장비를 갖추고 자체적으로 작업환경측정을 실시해 오고 있다. 그리고 1992년부터는 산업보건연구원 주관 작업환경 정도관리제도에 금속과 유기용제 분야에 참여하는 것은 물론, 1993년부터는 미국 AIHA/NIOSH 주관의 PAT Program에 금속 분야 4종과 유기용제 분야 9종에 년 4회 참여하고 있다.

POSCO 산업위생실험실에서는 시료의 채취에서부터 분석에 이르기까지 오차의 발생을 최대한 줄이기 위해 시료의 채취에서 결과의 처리에 이르기까지 권고유량, 시료채취량, 각 Filter, 흡수액, Tube선택, 오염방지조치, 충격에 의한 손실방지, 온·습도조건, 파과시간, 시약, 초자기구, 방해물질, 기기조건, 분석방법, 통계처리 등의 착안사항에 유의하면서 NIOSH의 표준분석기법(NIOSH, 1984)과 국내 정도관리규정(노동부, 1992)을 참고하여 자체 정도관리를 실시해 왔다.

POSCO에서는 국내정도관리(노동부, 1992)와 국제정도관리제도인 미국산업위생학회(American Industrial Hygiene Association, AIHA)와 미국국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)이 공동 주관하는 정도관리(Proficiency Analytical Testing, PAT) Program에 지속적으로 참여한 것은 자체측정 및 분석에 대한 정도관리 능력을 향상시키고, 작업환경측정 결과의 신뢰성 확보로 작업환경개선 등 과학적인 근로자 건강관리를 추진하는데 있다. 또한 작업환경측정 결과에 대한 공신력 확보로 대직원 신뢰성 제고에 의한 노사안정에 도움이 되었던 것도 사실이다.

방 법

1. 금속 부문

금속류의 분석을 위해 사용한 기기는 원자흡광광도계(Varian Spectra AA 300, Varian)이고 사용시약은 순도가 높고 분석하고자 하는 중금속 함유도가 가장 낮다고 생각되는 Aldrich 회사의 America Chemical Standard(ACS, 99.999 %, 1992)급을 선정 사용하였고 시약의 오염을 방지하기 위해 Pipet을 이용하거나 Beaker에 덜어서 사용하는 등 주의를 하였다.

초자기구는 Polypropylene Volumetric Flask (Brand), Pipet(Pyrex), Micro Autopipet (Eppend-orf)을 보정하여 사용하였고 증류수는 3차 증류수(Agadvantec GS-200, 18 MΩ이상)를 사용 하였으며 증류수의 오염도를 수시로 점검하였다.

전처리시 중금속 오염 및 손실을 줄이기 위해 초자기구의 세척은 중성세제로 세척 후 깨끗이 씻고 10~25%의 질산용액에 12시간 이상 담근 다음 증류수에 12시간 이상 담가서 사용하였다.

가. 전처리

시료전처리는 NIOSH Method 7300 ICP 방법과 7082(NIOSH, 1984)을 활용하였으며, 현장시료 분석시는 NIOSH Method 7300(ICP법), 정도관리시료 분석시는 NIOSH Method 7082(Pb분석법)에 의거 전처리를 실시하였다.

나. 회수율 검정

3 Piece Cassette의 중간부위에 여과지를 끼워 넣은 다음 분석물질(납, 카드뮴, 아연, 구리, 크롬 등)이 고농도로 함유된 1,000 ppm, 10,000 ppm의 표준용액을 Micro pipet(5, 10, 20, 25, 50, 100 μl)으로 일정량씩 취하여 여과지상에 직접 첨가하고 상온에서 건조하는 방법으로 제조하였다

회수율은 물질별 허용기준의 0.1, 0.5, 1, 2배 농도수준으로 제조하였는데 그 범위는 94.6~99.9 %

이며 세부내용은 다음 표 1과 같다.

다. 표준용액

표준용액의 조제는 상품화된 시판용 3개 회사의 표준용액 즉 Aldrich(Factor 1.00, 1992), J.T Baker(Factor 1.00, 1992), Junsei(Factor 1.00, 1992)회사의 1,000 ppm짜리 표준용액을 1 ppm, 2 ppm, 5 ppm으로 각각 희석하여 비교 분석한 결과 Aldrich(Factor 1.00, 1992) 회사의 표준용액이 가장 표준값에 근접하는 결과를 얻을수 있었기 때문에 선정하였으며 물질별 표준용액은 허용기준의 0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0배 수준인 농도를 Micro pipet을 이용 분취하여 증류수로 희석한 후 검량선을 작성하였다.

라. 결과처리

분석은 원자흡광광도계(Varian Spectra AA 300, Varian)를 이용하여 Flame〔Air-Acetylene (Zn, Cu, Pb, Cd), N_2O-Acetylene(Cr)〕으로 각시료에 대하여 5번씩 3회 반복 분석하여 나온 결과를 평균하여 분석값으로 취하였으며 흡광도의 상대표준편차가 ±5 % 범위를 벗어나는 자료는 제외하였다.

2. 유기용제 부문

유기용제의 분석을 위해 사용한 기기는 가스크로마토그라피(HP 5890 Ⅱ, Hewlett Packard)이고 사용시약은 Aldrich(99.9 %이상, 1992), J·T baker(99.9 %이상, 1992), Merck(99.9 % 이상, 1992)회사의 High Performance Liquid Chromatography(HPLC)급과 America Chemical Standard(ACS, 99.8 %이상, 1992)급을 선정 사용하였으며 NIOSH 118 Round의 경우 Column은 HP회사의 530 ㎛ Capillary Column HP-FFAP(30 m×0.25 ㎛×0.53 ㎜)을 사용했고 Spilt Ratio는 11:1로 하였다. 또한 시료의 분석 및 전처리를 위해서 NIOSH Method 1501(NIOSH, 1992)을 이용하였다.

가. 시료의 전처리

활성탄관을 절단하여 전단부의 활성탄 100 ㎎을 Vial에 넣은 후 이황화탄소(Carbon Disulfide, CS_2)와 기준물질이 혼합된 용액 1 ㎖를 첨가한 후 30분 이상 가끔씩 흔들어 주면서 분배평형이 이루어지도록 했다.

나. 표준용액 조제

표준용액의 제조시 내부표준방법(표3)을 사용하기 위하여 CS_2에 기준물질을 첨가한 용액을 추출용매로 사용하였으며 내부표준물질은 트리클로로에틸렌(TCE) 이었다. 분석물질의 용액을 일정한 비율로 혼합용액을 만든후 추출용매(CS_2+ 기준물질) 2 ㎖에 허용기준의 0.1~2배 수준의 농도비율로 혼합액을 첨가하여 분석한 결과 그림 1과 같은 검량선을 얻었다. 검량선의 정도는 모두 99.99 % 이상이었다.

다. 탈착효율 검정

탈착효율 검정을 위한 시료의 제조시 혼합액(분석물질)을 Micro Syringe를 이용하여 0.5, 1, 2배 농도수준으로 일정량을 활성탄관에 직접 주입하여 하룻밤 이상 보관하여 시료와 동일한 방법으로 분석하였는데 그 탈착율의 범위는 95.6~100 %이다(표

Table 1. An Example of Recovery Test

Recovery	Pb	Cd	Zn	Cu	Cr
Test (%)	99.9 (99.4-101.4)	99.4 (96.5-103.4)	97.5 (95.3-99.6)	99.7 (98.9-100.9)	94.6 (92.5-96.7)

Table 2. An Example of Desorption Efficiency

Desorption Efficiency (%)	Benzene	Toluene	O-Xylene
	97.3 (96.8~97.6)	97.4 (97.1~98.4)	95.6 (94.5~96.7)
Desorption Efficiency (%)	1.2-Dichloroethane	Carbon Tetrachloride	Trichloroethylene
	98.0 (96.0~103)	99.0 (97.0~103)	100 (98.0~102)

2과 참조).

라. 시료의 분석

분석대상의 표준용액과 각 시료 1 $\mu\ell$를 G.C에 주입하여 검출된 Peak의 면적을 이용하여 검량선 작성 및 시료농도를 계산하였다.

마. 결과처리

표준용액과 각 시료에 대하여 각각 3회 이상 반복 분석하여 나온 결과를 평균하여 기준값으로 취하였으며 기준값 대비 ±5 % 범위를 벗어나는 값은 제외하였다. 또한 표준용액 제조시 오차를 줄이기 위하여 중량법을 사용하였고 시료가 휘발성이 강한 물질로 구성되어 있기 때문에 전처리시 Vial은 Open Face Type을 사용하여 휘발성을 최대한 억제하였으며 기기의 Base Line을 안정화 시킨 후 분석을 실시한 결과 안정된 분석치를 얻을 수 있었다.

결과 및 고찰

1. AIHA/NIOSH PAT Program 참여결과

POSCO에서는 1993년 부터 미국 AIHA/NIOSH PAT Program제도에 가입하여 제115 Round부터 현재 제119 Round까지 참여한 결과는 표 4에서부터 표 8에 나타나 있고 Standard Deviation Plots(제116~119 Round)는 표 9에 나타나 있다.

Pb, Cd, Zn, Cr 등 4종의 금속분야에 대한 성적을 보면 최초로 참여한 제115 Round부터 119 Round까지 모든 성적이 "기준값±1·SD" 이내의 정확한 값을 보여 "적합(Proficient)"으로 판정을

Table 3. Example of Standard Curve Using Internal Standard Material

Division	Amount(mg)			Response(area) by G.C		
	Benzene	Toluene	O-Xylene	Benzene	Toluene	O-Xylene
S0	0	0	0	0	0	0
S1	0.438446	0.428056	0.438008	0.280995	0.273994	0.284806
S2	0.864496	0.844008	0.863633	0.551765	0.539391	0.562284
S3	1.287044	1.256541	1.285757	0.818216	0.798464	0.822764
S4	1.620189	1.581792	1.618570	1.021834	1.003647	1.053128
S5	2.024156	1.976185	2.022134	1.27919	1.252928	1.300232

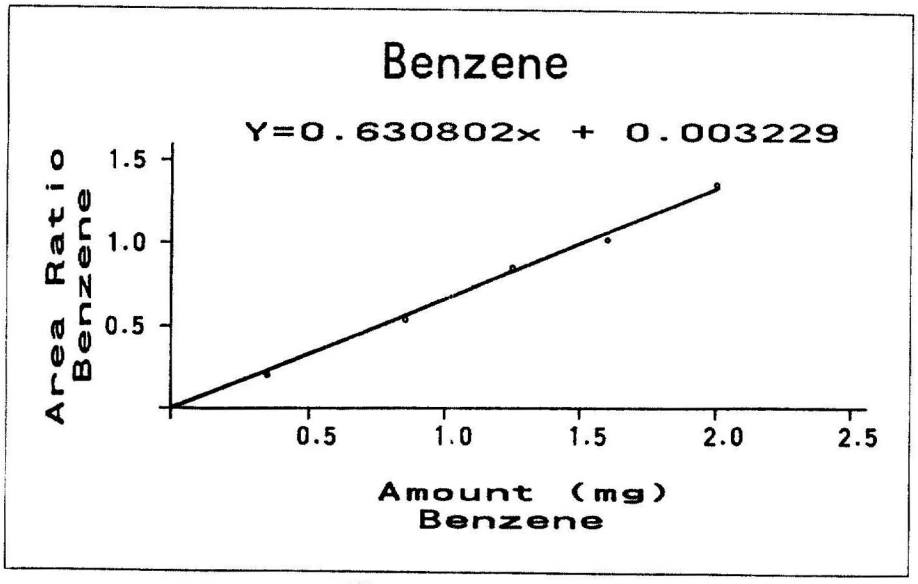

Fig 1. Standard Curve

Table 4. Analytical Results of POSCO on NIOSH-PAT Program : Round 115

KR790001 M X X O
MR. SONG-KWON LEE
POSCO INDUSTRIAL HYGIENE LAB
HEALTH CARE CENTER-POHANG STEEL WK
DONG CHON DONG 5
POHANG KYUNG BOOK 790-360 SOUTH KOREA

9:01 Thursday, november 18, 1993 111

PROFICIENCY ANALYTICAL TESTING PROGRAM
LABORATORY PERFORMANCE - ROUND 115

			RND115 STATISTICAL SUMMARY						LABORATORY RESULTS	
	CONTAMINANT	SAMPLE	REF. VALUE	PERFORMANCE LIMITS	NO. LABS	OUTLIERS HI	LO	TOT	R115 DATA	PROF RATING
METALS	CADMIUM(CAD)	1	0.0177	0.0158-0.0198	399	13	21	34	0.0178	P
	(MG)	2	0.0108	0.0097-0.0119		25	16	41	0.0107	
		3	0.0069	0.0060-0.0078		14	9	23	0.0066	
		4	0.0137	0.0119-0.0155		15	9	24	0.0136	
	LEAD(LEA)	1	0.0214	0.0178-0.0250	403	15	16	31	0.0223	
	(MG)	2	0.0931	0.0816-0.1045		15	16	31	0.0917	
		3	0.0281	0.0243-0.0318		22	16	38	0.0289	
		4	0.0676	0.0586-0.0767		14	12	26	0.0666	
	ZINC(ZIN)	1	0.1407	0.1224-0.1590	396	15	24	39	0.1441	
	(MG)	2	0.0849	0.0732-0.0967		25	16	41	0.0858	
		3	0.0628	0.0542-0.0714		26	17	43	0.0642	
		4	0.1753	0.1493-0.2013		14	14	28	0.1819	
ORGANIC SOLVENTS	CARBON	1	0.8860	0.7638-1.0083	366	22	15	37	0.9193	P
	TETRACHLORIDE(CTC)	2	0.6013	0.5150-0.6877		29	14	43	0.6403	
	(MG)	3	1.7813	1.5631-1.9996		19	23	42	1.9466	
		4	1.1986	1.0795-1.3178		32	30	62	1.3033	
	1.2-DICHLOROETHANE(DCE)	1	1.0188	0.8604-1.1773	366	15	10	25	1.0526	
	(MG)	2	1.5863	1.4148-1.7577		23	28	51	1.6926	
		3	1.3786	1.2005-1.5566		20	13	33	1.4946	
		4	0.7085	0.6150-0.8021		27	9	36	0.7645	
	TRICHLOROETHYLENEE(TCE)	1	1.3881	1.2014-1.5748	366	14	16	30	1.4604	
	(MG)	2	1.1161	0.9543-1.2779		16	13	29	1.1898	
		3	0.6049	0.5078-0.7021		13	14	27	0.6578	
		4	0.9124	0.7963-1.0285		14	21	35	0.9961	
		OVERALL:			1361					P

PROFICIENCY : P =PROFICIENT
NP =# OF TIMES NONPROFICIENT
- =ANALYSIS NOT PERFORMED OR NOT RATED

OUTLIER SUMMARY- BLANK = ANALYSIS ACCEPTABLE
= ANALYSIS NOT PERFORMED
HI = HIGH OUTLIER LO=LOW OUTLIER

Table 5. Analytical Results of POSCO on NIOSH PAT Program : Round 116

11697 M X X O
MR. SONG-KWON LEE
POSCO INDUSTRIAL HYGIENE LAB
HEALTH CARE CENTER-POHANG STEEL WK
DONG CHON DONG 5
POHANG KYUNG BOOK 790-360 SOUTH KOREA

PROFICIENCY ANALYTICAL TESTING PROGRAM
LABORATORY PERFORMANCE - ROUND 116

9:04 Thursday, March 3, 1994 785

			RND116 STATISTICAL SUMMARY						LABORATORY RESULTS	
	CONTAMINANT	SAMPLE	REF. VALUE	PERFORMANCE LIMITS	NO. LABS	OUTLIERS HI	LO	TOT	R116 DATA	PROF RATING
METALS	CADMIUM(CAD) (MG)	1	0.0177	0.0155-0.0199	389	10	20	30	0.0175	P
		2	0.0050	0.0043-0.0056		10	19	29	0.0050	
		3	0.0098	0.0087-0.0109		11	25	36	0.0099	
		4	0.0079	0.0070-0.0087		19	30	49	0.0079	
	CHROMIUM(CHR) (MG)	1	0.1474	0.1203-0.1744	386	10	20	30	0.1449	
		2	0.0939	0.0799-0.1079		19	21	40	0.0981	
		3	0.2387	0.2005-0.2769		15	26	41	0.2332	
		4	0.1946	0.1548-0.2345		7	22	29	0.1935	
	LEAD(LEA) (MG)	1	0.0212	0.0190-0.0234	396	42	34	76	0.0214	
		2	0.0835	0.0757-0.0913		18	19	37	0.0849	
		3	0.0420	0.0378-0.0463		21	25	46	0.0437	
		4	0.0685	0.0609-0.0761		17	21	38	0.0700	
ORGANIC SOLVENTS	1,1,1-TRICHLORO ETHANE(MCM) (MG)	1	0.2220	0.1839-0.2602	363	16	11	27	0.2320	P
		2	0.6729	0.5813-0.7644		14	9	23	0.6699	
		3	0.9827	0.8443-1.1211		14	7	21	0.9615	
		4	0.9479	0.8132-1.0826		11	11	22	0.9436	
	TETRACHLOROETHYLENE (PCE) (MG)	1	0.9933	0.8859-1.1007	363	13	25	38	1.0123	
		2	0.5080	0.4371-0.5788		16	17	33	0.5133	
		3	0.3304	0.2854-0.3754		18	18	36	0.3283	
		4	1.0064	0.8967-1.1161		11	25	36	1.0096	
	TRICHLOROETHYLENEE(TCE) (MG)	1	0.8553	0.7733-0.9373	363	18	20	38	0.8794	
		2	1.1494	1.0366-1.2622		11	27	38	1.1653	
		3	0.4545	0.4031-0.5058		14	18	32	0.4569	
		4	0.6817	0.6184-0.7450		21	22	43	0.6883	
		OVERALL:				1319				P

PROFICIENCY : P =PROFICIENT
NP =# OF TIMES NONPROFICIENT
- =ANALYSIS NOT PERFORMED OR NOT RATED

OUTLIER SUMMARY: BLANK = ANALYSIS ACCEPTABLE
- = ANALYSIS NOT PERFORMED
HI = HIGH OUTLIER LO=LOW OUTLIER

Table 6. Analytical Results of POSCO on NIOSH-PAT Program : Round 117

11697 M X X O
MR. SONG-KWON LEE
POSCO INDUSTRIAL HYGIENE LAB
HEALTH CARE CENTER-POHANG STEEL WK
DONG CHON DONG 5
POHANG KYUNG BOOK 790-360 SOUTH KOREA

15:04 Wednesday, May 25, 1994 758

PROFICIENCY ANALYTICAL TESTING PROGRAM
LABORATORY PERFORMANCE - ROUND 117

			RND117 STATISTICAL SUMMARY						LABORATORY RESULTS	
	CONTAMINANT	SAMPLE	REF. VALUE	PERFORMANCE LIMITS	NO. LABS	OUTLIERS HI	LO	TOT	R117 DATA	PROF RATING
METALS	CADMIUM(CAD) (MG)	1	0.0147	0.0128-0.0165	389	14	21	35	0.0156	P
		2	0.0196	0.0171-0.0220		10	21	31	0.0204	
		3	0.0060	0.0052-0.0089		11	12	23	0.0062	
		4	0.0117	0.0121-0.0132		16	11	27	0.0124	
	LEAD(LEA) (MG)	1	0.0230	0.0198-0.0263	397	13	15	28	0.0245	
		2	0.0743	0.0660-0.0827		16	19	35	0.0778	
		3	0.0938	0.0846-0.1029		15	31	46	0.0966	
		4	0.0440	0.0388-0.0493		12	12	24	0.0455	
	ZINC(ZIN) (MG)	1	0.1814	0.1589-0.2039	387	12	20	32	0.1840	
		2	0.1405	0.1227-0.1583		14	18	32	0.1427	
		3	0.0698	0.0601-0.0795		23	11	34	0.0736	
		4	0.1003	0.0857-0.1150		16	10	26	0.1051	
ORGANIC SOLVENTS	CHLOROFORM(CFM) (MG)	1	0.1993	0.1637-0.2350	359	16	12	28	0.2066	P
		2	0.9656	0.8733-1.0579		20	17	37	0.9512	
		3	0.7551	0.6708-0.8394		22	18	40	0.7532	
		4	0.4141	0.3652-0.4630		25	18	43	0.4210	
	CARBON TETRACHLORIDE(CTC) (MG)	1	0.9458	0.8286-1.0631	359	19	22	41	0.9488	
		2	0.2139	0.1769-0.2510		22	19	41	0.2077	
		3	0.7901	0.6829-0.8974		20	14	34	0.7911	
		4	0.4667	0.4061-0.5273		23	21	44	0.4738	
	1,2-DICHLOROETHANE (DCE) (MG)	1	0.3747	0.3164-0.4329	359	15	11	26	0.3688	
		2	0.5358	0.4782-0.5934		17	25	42	0.5255	
		3	0.9744	0.8874-1.0615		21	25	46	0.9608	
		4	0.2754	0.2367-0.3141		18	12	30	0.2749	
		OVERALL:			1304					P

PROFICIENCY : P =PROFICIENT
NP =# OF TIMES NONPROFICIENT
- =ANALYSIS NOT PERFORMED OR NOT RATED

OUTLIER SUMMARY: BLANK = ANALYSIS ACCEPTABLE
- = ANALYSIS NOT PERFORMED
HI = HIGH OUTLIER LO=LOW OUTLIER

Table 7. Analytical Results of POSCO on NIOSH-PAT Program : Round 118

11697 M X X O
MR. SONG-KWON LEE
POSCO INDUSTRIAL HYGIENE LAB
HEALTH CARE CENTER-POHANG STEEL WK
DONG CHON DONG 5
POHANG KYUNG BOOK 790-360 SOUTH KOREA

PROFICIENCY ANALYTICAL TESTING PROGRAM
LABORATORY PERFORMANCE - ROUND 118

15:36 Monday, August 29, 1994 2525

			RND118 STATISTICAL SUMMARY						LABORATORY RESULTS	
	CONTAMINANT	SAMPLE	REF. VALUE	PERFORMANCE LIMITS	NO. LABS	OUTLIERS HI	OUTLIERS LO	OUTLIERS TOT	R118 DATA	PROF RATING
METALS	CADMIUM(CAD) (MG)	1	0.0166	0.0162-0.0211	394	8	11	19	0.0181	P
		2	0.0109	0.0095-0.0123		12	16	28	0.0103	
		3	0.0079	0.0069-0.0089		12	15	27	0.0074	
		4	0.0137	0.0121-0.0153		10	21	31	0.0126	
	CHROMIUM(CHR) (MG)	1	0.2242	0.1768-0.2715	392	3	9	12	0.2306	
		2	0.0881	0.0747-0.1016		14	16	30	0.0904	
		3	0.1547	0.1309-0.1786		11	18	29	0.1556	
		4	0.1116	0.0934-0.1298		10	18	28	0.1129	
	LEAD(LEA) (MG)	1	0.0889	0.0779-0.0999	401	10	19	29	0.0905	
		2	0.0307	0.0263-0.0352		10	14	24	0.0317	
		3	0.0634	0.0552-0.0163		9	14	23	0.0638	
		4	0.0455	0.0386-0.0523		7	13	20	0.0467	
ORGANIC SOLVENTS	BENZENE(BNZ) (MG)	1	0.1429	0.1190-0.1668	365	18	9	27	0.1488	P
		2	0.3176	0.2759-0.3592		15	14	29	0.3227	
		3	0.4522	0.3872-0.5172		15	9	24	0.4585	
		4	0.2133	0.1800-0.2426		13	8	21	0.2148	
	O-XYLENE(OXY) (MG)	1	0.9842	0.8210-1.1474	365	11	15	26	1.0078	
		2	0.3486	0.2861-0.4111		15	13	28	0.3428	
		3	0.8385	0.7108-0.9663		9	21	30	0.8429	
		4	0.5289	0.4519-0.6059		22	11	33	0.5326	
	TOLUENE(TOL) (MG)	1	0.5558	0.4896-0.6220	365	31	16	47	0.5686	
		2	0.9112	0.8080-1.1044		15	23	38	0.9102	
		3	0.2353	0.1993-0.2713		18	13	31	0.2327	
		4	0.7721	0.6768-0.8674		11	17	28	0.7799	
		OVERALL:			1307					P

PROFICIENCY : P =PROFICIENT
NP =# OF TIMES NONPROFICIENT
- =ANALYSIS NOT PERFORMED OR NOT RATED

OUTLIER SUMMARY: BLANK = ANALYSIS ACCEPTABLE
- = ANALYSIS NOT PERFORMED
HI = HIGH OUTLIER LO=LOW OUTLIER

Table 8. Analytical Results of POSCO on NIOSH-PAT Program : Round 119

11697 M X X O
MR. SONG-KWON LEE
POSCO INDUSTRIAL HYGIENE LAB
HEALTH CARE CENTER-POHANG STEEL WK
DONG CHON DONG 5
POHANG KYUNG BOOK 790-360 SOUTH KOREA

10:17 Friday, November 25, 1994 105

PROFICIENCY ANALYTICAL TESTING PROGRAM
LABORATORY PERFORMANCE - ROUND 118

			RND118 STATISTICAL SUMMARY						LABORATORY RESULTS	
	CONTAMINANT	SAMPLE	REF. VALUE	PERFORMANCE LIMITS	NO. LABS	OUTLIERS HI	LO	TOT	R118 DATA	PROF RATING
METALS	CADMIUM(CAD)	1	0.0119	0.0109-0.0129	393	19	47	66	0.0123	P
	(MG)	2	0.0148	0.0133-0.0162		18	24	42	0.0153	
		3	0.0050	0.0044-0.0056		19	30	49	0.0050	
		4	0.0069	0.0061-0.0077		23	29	52	0.0072	
	LEAD(LEA)	1	0.0404	0.0357-0.0451	402	14	31	45	0.0417	
	(MG)	2	0.0880	0.0775-0.0985		12	19	31	0.0905	
		3	0.0639	0.0553-0.0726		10	18	28	0.0663	
		4	0.0193	0.0161-0.0224		24	14	38	0.0205	
	ZINC(ZIN)	1	0.2135	0.1845-0.2425	392	12	24	36	0.2228	
	(MG)	2	0.1208	0.1028-0.1387		14	16	30	0.1258	
		3	0.1625	0.1382-0.1867		16	15	29	0.1688	
		4	0.0925	0.0783-0.1068		14	15	29	0.0979	
ORGANIC SOLVENTS	CARBON TETRACHLORIDE	1	0.1189	0.0927-0.1452	352	34	14	48	0.2861	P HI
	(CTC)	2	0.2428	0.2072-0.2785		23	15	38	0.3968	HI
	(MG)	3	0.7224	0.6447-0.8002		20	17	37	0.8755	HI
		4	0.8954	0.8071-0.9837		17	12	29	1.0640	HI
	1.2-DICHLOROETHANE(DCE)	1	0.6044	0.5579-0.6508	353	27	20	47	0.6145	
	(MG)	2	0.8472	0.7647-0.9298		11	13	24	0.8619	
		3	0.2172	0.1988-0.2357		29	22	51	0.2123	
		4	0.4793	0.4333-0.5253		16	13	29	0.4850	
	TRICHLOROETHYLENE(TCE)	1	0.9178	0.8336-1.0020	353	18	14	32	0.9389	
	(MG)	2	0.3611	0.3256-0.3966		18	12	30	0.3664	
		3	0.6242	0.5665-0.6818		18	16	34	0.6176	
		4	0.4111	0.3736-0.4486		24	11	35	0.4166	
		OVERALL:			1306					P

PROFICIENCY : P =PROFICIENT
NP =# OF TIMES NONPROFICIENT
- =ANALYSIS NOT PERFORMED OR NOT RATED

OUTLIER: BLANK = ANALYSIS ACCEPTABLE
SUMMARY - = ANALYSIS NOT PERFORMED
HI = HIGH OUTLIER LO=LOW OUTLIER

Table 9. Standard Deviation Plots(Round 116-119)

11697 M X X O
MR. SONG-KWON LEE
POSCO INDUSTRIAL HYGIENE LAB
HEALTH CARE CENTER-POHANG STEEL WK
DONG CHON DONG 5
POHANG KYUNG BOOK 790-360 SOUTH KOREA

PROFICIENCY ANALYTICAL TESTING PROGRAM
ROUNDS 116 - 119 STANDARD DEVIATION PLOTS

10:17 Friday, November 25, 1994 106

ROUND	SAMPLE	METAL 1 -SD +SD 54321012345	METAL 2 -SD +SD 54321012345	METAL 3 -SD +SD 54321012345	SOLVENT 1 -SD +SD 54321012345	SOLVENT 2 -SD +SD 54321012345	SOLVENT 3 -SD +SD 54321012345
116	1	* -	* -	* -	* -	* -	* -
	2	* -	* -	* -	* -	* -	* -
	3	* -	* -	* =	* -	* -	* -
	4	* -	* -	* -	* -	* -	* -
117	1	* =	* =	* -	* -	* -	* -
	2	* =	* =	* -	* -	* -	* -
	3	* -	* -	* =	* -	* -	* -
	4	* =	* -	* -	* -	* -	* -
118	1	* -	* -	* -	* -	* -	* -
	2	* =	* -	* -	* -	* -	* -
	3	* =	* -	* -	* -	* -	* -
	4	* =	* -	* -	* -	* -	* -
119	1	* =	* -	* -	* =	* -	* -
	2	* =	* -	* -	* =	* -	* -
	3	* -	* -	* -	* =	* -	* -
	4	* =	* =	* =	* =	* -	* -

METALS USED - R116: CAD CHR LEA
R117: CAD LEA ZIN
R118: CAD CHR LEA
R119: CAD LEA ZIN

SOLVENTS USED - R116: MCM PCE TGE
R117: CFM CTC DCE
R118: BNZ OXY TOL
R119: CTC DCE TCE

Table 10. 제1회 작업환경측정기관 정도관리 분석결과 평가통보서

1992. 7. 9

기 관 명	포항종합제철(주) 포항제철소 의료실
고유번호	사-9201

유기용제	금 속	종합판정
합 격	합 격	합 격

1. 유기용제

평가결과	합 격	합 격 율	12/12(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
벤젠	1001-1	0.0000	0.0000	- 0.0100 ~ 0.0100	합 격
	1001-2	0.0000	0.0000	- 0.0100 ~ 0.0100	합 격
	1001-3	0.4962	0.5479	0.4822 ~ 0.6136	합 격
	1001-4	0.0000	0.0000	- 0.0100 ~ 0.0100	합 격
톨루엔	1001-1	1.8372	1.9197	1.6894 ~ 2.1500	합 격
	1001-2	4.1567	4.3146	3.7969 ~ 4.8323	합 격
	1001-3	2.5217	2.7040	2.3795 ~ 3.0285	합 격
	1001-4	2.7666	2.8761	2.5310 ~ 3.2212	합 격
크실렌	1001-1	1.4279	1.4727	1.2960 ~ 1.6494	합 격
	1001-2	3.1073	3.2735	2.8807 ~ 3.6663	합 격
	1001-3	2.5622	2.7317	2.4039 ~ 3.0595	합 격
	1001-4	2.1103	2.1910	1.9281 ~ 2.4539	합 격

2. 금 속

평가결과	합 격	합 격 율	8/8(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
납	2001-1	0.0757	0.0764	0.0641 ~ 0.0887	합 격
	2001-2	0.0620	0.0607	0.0534 ~ 0.0680	합 격
	2001-3	0.0245	0.0228	0.0192 ~ 0.0264	합 격
	2001-4	0.0295	0.0270	0.0214 ~ 0.0326	합 격
카드뮴	2001-1	0.0103	0.0101	0.0089 ~ 0.0113	합 격
	2001-2	0.0072	0.0071	0.0063 ~ 0.0079	합 격
	2001-3	0.0181	0.0181	0.0159 ~ 0.0203	합 격
	2001-4	0.0077	0.0080	0.0070 ~ 0.0090	합 격

Table 11. 제2회 작업환경측정기관 정도관리 분석결과 평가통보서

1992. 12. 19

기 관 명	포항종합제철(주) 포항제철소 의료실
고유번호	사-9201

유기용제	금 속
합 격	합 격

1. 유기용제

평가결과	합 격	합 격 율	12/12(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
벤젠	1002-1	0.1416	0.14180	0.1064 ~ 0.1772	합 격
	1002-2	0.4098	0.41723	0.3672 ~ 0.4673	합 격
	1002-3	0.2083	0.20268	0.1695 ~ 0.2359	합 격
	1002-4	0.4824	0.46783	0.4117 ~ 0.5240	합 격
톨루엔	1002-1	1.0540	1.06394	0.9183 ~ 1.2096	합 격
	1002-2	3.0934	3.13920	2.7625 ~ 3.5159	합 격
	1002-3	1.3955	1.37102	1.1632 ~ 1.5788	합 격
	1002-4	3.2328	3.16050	2.7812 ~ 3.5398	합 격
크실렌	1002-1	1.3577	1.41383	1.2343 ~ 1.5934	합 격
	1002-2	4.0572	4.28641	3.7543 ~ 4.8185	합 격
	1002-3	1.0161	1.03503	0.8981 ~ 1.1719	합 격
	1002-4	2.3909	2.40635	2.1176 ~ 2.6951	합 격

2. 금 속

평가결과	합 격	합 격 율	8/8(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
납	2002-1	0.0295	0.02851	0.0211 ~ 0.0360	합 격
〃	2002-2	0.0374	0.03604	0.0280 ~ 0.0441	합 격
〃	2002-3	0.0245	0.02345	0.0206 ~ 0.0263	합 격
〃	2002-4	0.0250	0.02863	0.0216 ~ 0.0357	합 격
카드뮴	2002-1	0.0228	0.02180	0.0190 ~ 0.0246	합 격
〃	2002-2	0.0068	0.00600	0.0049 ~ 0.0071	합 격
〃	2002-3	0.0134	0.01272	0.0110 ~ 0.0144	합 격
〃	2002-4	0.0029	0.00290	0.0021 ~ 0.0037	합 격

Table 12. 제3회 작업환경측정기관 정도관리 분석결과 평가통보서

1993. 4. 14

기 관 명	포항종합제철(주) 포항제철소 의료실
고유번호	사-9301

유기용제	금 속
합 격	합 격

1. 유기용제

평가결과	합 격	합 격 율	12/12(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
밴젠	1003-1	0.1980	0.1943	0.1424 ~ 0.2462	합 격
	1003-2	0.4334	0.4273	0.3631 ~ 0.4915	합 격
	1003-3	0.1352	0.1301	0.0947 ~ 0.1655	합 격
	1003-4	0.3411	0.3323	0.2858 ~ 0.3788	합 격
볼루엔	1003-1	1.3120	1.3091	1.1102 ~ 1.5080	합 격
	1003-2	2.5556	2.5196	2.2172 ~ 2.8220	합 격
	1003-3	3.4523	3.3492	2.8993 ~ 3.7993	합 격
	1003-4	1.6850	1.6499	1.4657 ~ 1.8341	합 격
크실렌	1003-1	2.8616	2.9180	2.4218 ~ 3.4142	합 격
	1003-2	1.4249	1.4105	1.1417 ~ 1.6793	합 격
	1003-3	1.0074	0.9810	0.7107 ~ 1.2513	합 격
	1003-4	2.4969	2.4752	2.1614 ~ 2.7890	합 격

2. 금 속

평가결과	합 격	합 격 율	8/8(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
납	2003-1	0.0751	0.0723	0.0597 ~ 0.0849	합 격
	2003-2	0.0300	0.0288	0.0240 ~ 0.0336	합 격
	2003-3	0.0243	0.0244	0.0199 ~ 0.0289	합 격
	2003-4	0.0431	0.0424	0.0358 ~ 0.0490	합 격
카드뮴	2003-1	0.0119	0.0117	0.0096 ~ 0.0138	합 격
	2003-2	0.0195	0.0193	0.0163 ~ 0.0223	합 격
	2003-3	0.0163	0.0161	0.0128 ~ 0.0194	합 격
	2003-4	0.0071	0.0070	0.0061 ~ 0.0079	합 격

Table 13. 제4회 작업환경측정기관 정도관리 분석결과 평가통보서

1993. 11. 30

기 관 명	포항종합제철(주) 포항제철소
고유번호	사-9301

유기용제	금 속
합 격	합 격

1. 유기용제

평가결과	합 격	합 격 율	12/12(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
톨루엔	1004-1	0.6644	0.6646	0.5848 ~ 0.7444	합 격
	1004-2	2.2796	2.2629	1.9914 ~ 2.5344	합 격
	1004-3	2.6359	2.5858	2.2756 ~ 2.8960	합 격
	1004-4	0.9587	0.9640	0.8482 ~ 1.0798	합 격
크실렌	1004-1	1.9852	2.0092	1.7634 ~ 2.2458	합 격
	1004-2	1.7017	1.7004	1.4964 ~ 1.9044	합 격
	1004-3	0.7747	0.7716	0.6789 ~ 0.8643	합 격
	1004-4	1.5267	1.5559	1.3693 ~ 1.7425	합 격
트리클로로 에틸렌	1004-1	2.9486	2.9171	2.5670 ~ 3.2672	합 격
	1004-2	0.7725	0.7619	0.6704 ~ 0.8534	합 격
	1004-3	1.7945	1.7664	1.6158 ~ 1.9170	합 격
	1004-4	3.2745	3.2962	2.9929 ~ 3.5995	합 격

2. 금 속

평가결과	합 격	합 격 율	8/8(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
납	2004-1	0.0484	0.0496	0.0437 ~ 0.0555	합 격
	2004-2	0.0434	0.0433	0.0390 ~ 0.0496	합 격
	2004-3	0.0305	0.0302	0.0266 ~ 0.0338	합 격
	2004-4	0.0609	0.0626	0.0551 ~ 0.0701	합 격
카드뮴	2004-1	0.0213	0.0204	0.0179 ~ 0.0229	합 격
	2004-2	0.0056	0.0057	0.0050 ~ 0.0064	합 격
	2004-3	0.0105	0.0103	0.0091 ~ 0.0115	합 격
	2004-4	0.0069	0.0068	0.0060 ~ 0.0076	합 격

Table 14. 제5회 작업환경측정기관 정도관리 분석결과 평가통보서

1994. 3. 17

기 관 명	포항종합제철(주) 포항제철소 의료실
고유번호	사-9401

유기용제	금 속
합 격	합 격

1. 유기용제

평가결과	합 격	합 격 율	12/12(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
메틸이소	1005-1	1.8754	1.8211	1.4068 ~ 2.2354	합 격
부틸케톤	1005-2	2.2845	2.3162	1.8002 ~ 2.8322	합 격
	1005-3	0.8670	0.8242	0.5032 ~ 1.1452	합 격
	1005-4	1.3240	1.3126	0.9595 ~ 1.6657	합 격
크실렌	1005-1	1.7850	1.8100	1.5427 ~ 2.0773	합 격
	1005-2	0.9974	1.0427	0.9176 ~ 1.1678	합 격
	1005-3	2.0098	2.0590	1.8112 ~ 2.3068	합 격
	1005-4	1.4522	1.4674	1.2913 ~ 1.6435	합 격
트리클로로	1005-1	0.8490	0.8385	0.6780 ~ 0.9990	합 격
에틸렌	1005-2	1.4417	1.4566	1.2817 ~ 1.6315	합 격
	1005-3	2.2893	2.2981	1.9771 ~ 2.6191	합 격
	1005-4	2.4718	2.4819	2.1840 ~ 2.7798	합 격

2. 금 속

평가결과	합 격	합 격 율	8/8(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
구리	2005-1	0.0356	0.0347	0.0302 ~ 0.0392	합 격
	2005-2	0.0229	0.0225	0.0198 ~ 0.0252	합 격
	2005-3	0.0403	0.0392	0.0344 ~ 0.0440	합 격
	2005-4	0.0534	0.0519	0.0456 ~ 0.0582	합 격
카드뮴	2005-1	0.0169	0.0168	0.0179 ~ 0.0189	합 격
	2005-2	0.0075	0.0076	0.0050 ~ 0.0085	합 격
	2005-3	0.0051	0.0050	0.0091 ~ 0.0059	합 격
	2005-4	0.0102	0.0102	0.0060 ~ 0.0133	합 격

Table 15. 제6회 작업환경측정기관 정도관리 분석결과 통보서

1994. 11. 26

기 관 명	포항종합제철(주) 포항제철소 의료실
고유번호	사-9401

유기용제	금 속
합 격	합 격

1. 유기용제

평가결과	합 격	합 격 율	12/12(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
노말헥산	1006-1	1.7573	1.7201	1.5137 ~ 1.9265	합 격
	1006-2	2.0450	2.0271	1.7839 ~ 2.2704	합 격
	1006-3	1.5067	1.4777	1.3004 ~ 1.6550	합 격
	1006-4	2.7320	2.6694	2.3490 ~ 2.9897	합 격
벤젠	1006-1	0.1961	0.1871	0.1626 ~ 0.2116	합 격
	1006-2	0.2097	0.2053	0.1807 ~ 0.2299	합 격
	1006-3	0.4753	0.4720	0.4154 ~ 0.5286	합 격
	1006-4	0.2374	0.2296	0.2021 ~ 0.2572	합 격
트리클로로 에틸렌	1006-1	3.2774	3.2442	2.5849 ~ 3.6336	합 격
	1006-2	2.6783	2.6725	2.3518 ~ 2.9932	합 격
	1006-3	3.2802	3.2479	2.8582 ~ 3.6377	합 격
	1006-4	1.1909	1.1744	1.0335 ~ 1.3153	합 격

2. 금 속

평가결과	합 격	합 격 율	8/8(100%)

항목	시 료 번 호	분석결과 mg	기준값 mg	합 격 범 위 mg	시료별 분석 결과 평가
납	1006-1	0.0540	0.0531	0.0468 ~ 0.0594	합 격
	1006-2	0.0300	0.0297	0.261 ~ 0.0333	합 격
	1006-3	0.1000	0.0982	0.865 ~ 0.1099	합 격
	1006-4	0.0845	0.0827	0.0728 ~ 0.0926	합 격
카드뮴	1006-1	0.0270	0.0259	0.0229 ~ 0.0289	합 격
	1006-2	0.0203	0.0193	0.0162 ~ 0.0217	합 격
	1006-3	0.0125	0.0122	0.0107 ~ 0.0137	합 격
	1006-4	0.0167	0.0162	0.0144 ~ 0.0180	합 격

받았다.

Trichloroethylene(TCE), Carbon Tetrachloride (CTC), 1.2-Dichloroethane(DCE), 1,1,1-Trichloroethane(MCM), Tetrachloroethylene (PCE), Chloroform(CFM), Benzene(BNZ), Toluene(TOL), and O-xylene(OXY) 등 총 9종의 유기용제에 대한 결과에서 제115 Round는 CTC, TCE가 "기준값±2·SD" 값을 나타냈으나, 제116~118 Round는 시료 모두가 기준값과 같은 정확한 값을 보였고 제119 Round에서는 CTC가 "기준값±4·SD" 값을 나타냈으나 종합적으로 볼때 "적합(Proficient) P" 판정을 받았다.

각회 공히 동일한 조건과 방법으로 분석을 실시하였으나 분석시마다 "기준값"에 대한 표준 오차를 벗어나는 경우가 일부 발생하였는데 자동전압 조정장치의 설치, 연료의 순도(99.99% 이상) 향상, Standard 용액제조시 계산상의 오류방지 등 최적의 분석조건을 유지하기 위한 지속적인 노력이 필요한 것으로 나타났다.

2. 산업보건연구원의 정도관리 참여결과

1992년 부터 산업보건연구원 주관의 정도관리 제도에 참여한 제1회 부터 현재(제6회)까지의 정도관리실시 결과는 표 10에서부터 표 15에 나타나 있다. 금속분야 3종(Pb, Cd, Cu)과 유기용제분야 6종(Benzene, Toluene, O-Xylene, TCE, MIBK, n-Hexane)에 대한 평가를 보면 모든 시료의 분석치가 "관리한계"이내이어서 정확한 분석이 이루어졌으며 전항목 100% 합격판정을 받았다.

특히 제1회 정도관리 Test에서는 전항목에 걸쳐서 합격 판정을 받은 기관수는 총 참여기관의 21.4 % (작업환경측정의 정도관리 국제학술대회, 1992)에 불과했으며 POSCO는 지금까지 전항목을 매회 합격하므로서 평상시의 분석능력을 재평가 받은바 있다.

결 론

POSCO가 1992년 자체측정기관으로 선정된 후 년간 정도관리 참여 횟수만도 국내·외 8회가 되고 수시로 분석정도 유지를 위한 자체노력을 강화하여 다음과 같이 우수한 산업위생실험실로서의 성과를 얻었다.

1. AIHA/NIOSH PAT Program에 제115~제119 Round까지 참여한 결과 Pb, Cd, Zn, Cr 등 4종의 금속분야에서 기준값에 가까운 분석결과로 "P(Proficient)" 판정을 받았으며 유기용제는 TCE, CTC, DCE, MCM, PCE, CFM, BNZ, TOL, OXY 등 9종에 참여하여 제119 Round에서 CTC가 기준값±4·SD를 벗어났으나 전체적으로 "P(Proficient)" 판정을 받았다.

2. 산업보건연구원 주관의 정도관리에서는 1회부터 6회까지 Pb, Cd, Cu 등 금속과 BNZ, TOL, OXY, TCE, MIBK, n-Hexane 등 6종의 유기용제에서 모두 기준값±2·SD이내로서 100% 합격하는 성과를 거두었다.

이러한 결과는 실제 Field에서의 작업환경측정 정밀성과 반드시 연계되어야 하고 측정결과는 작업환경개선을 포함한 직업병 예방관리에 성실히 반영되어야 정도관리의 의미를 높일수 있게 될것이다.

REFERENCES

노동부 : 작업환경측정의 정도관리에 관한규정, 서울, 노동부고시 제 92-18호, 1992

노동부 : 작업환경측정 실시규정,서울,노동부 고시 제 92-17호, 1992

노동부 : 유해물질 허용농도, 서울, 노동부 고시 제 91-21호, 노동부, 1991

조규상 : 산업보건학, 서울, 노문사, 1984

한국산업안전공단 : 화학물질 유해성 편람, 서울, 성문사, 1990

한국산업안전공단,한국산업위생학회 : 작업환경측정의 정도관리(국제학술대회), 서울, 1992

한국산업안전공단 : 작업환경측정의 정도관리보수교육 자료집, 서울, 1993

한국산업위생학회 : 한국산업위생학회지, 서울, Vol.3, No2, 1993

최한영,서종원 : 작업환경측정분석, 서울, 동화기술, 1990

ACGIH : *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices For* 1992-1993

ACGIH : *Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants,7th ACGIH,* 1989

Hewlett-Packard : *Environmental Catalog, U.S.A, HP,* 1994

NIOSH : NIOSH manual of analytical methods Cincinnati,U.S.A,1984

Nick H.Proctor 등 : Chemical Hazards of the Workplace, U.S.A, J.B, Lippincott Company, 1988