

인증표준물질을 이용한 중금속류와 시안화물 전처리방법 비교 연구

정다위 · 전태완* · 신선경

국립환경과학원 환경보건안전부 제품안전성평가과
(2006. 1. 19. 접수, 2006. 2. 17. 승인)

Evaluation of analytical methods for heavy metals and cyanide by certified reference materials

David Chung, Tae Wan Jeon* and Sun Kyoung Shin

Products Safety Assessment Division, Environmental Health and Safety Department,
National Institute of Environmental Research, Incheon 404-708, Korea

(Received January 19, 2006, Accepted February 17, 2006)

요 약 : 우리나라 지정폐기물에 함유된 오염물질 분석방법을 제시하기 위해 오니, 폐유, 소각재 등 폐기물 인증표준물질을 확보하여 중금속 종류별 · 기기별 전처리 방법을 적용 · 실험하였다. 지정폐기물에 함유된 As, CN, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg 7개 항목에 대한 함량시험방법을 제시하였다. 특히, 동일한 전처리 방법이 여러 항목에 적용될 수 있는지를 검토하고, 이들 항목 배출 가능성이 있는 34개 업소 표본사업장을 선정하여 폐기물 시료를 채취하고 제시한 분석방법으로 적용실험을 수행하였다.

Abstract : This study was performed to develop an analytical method in specified wastes for preventing the environmental pollution from hazardous wastes. Few analytical methods were developed using the waste standard reference materials of sludge, waste oil, bottom ash, etc. which contain As, CN, Cd, Cr, Cu, Pb, and Hg compounds. The pre-treatment method was considered by whether or not the synchronous analysis is possible. Waste samples obtained from the 34 representative facilities, which are emitting the hazardous substances, were analyzed.

Key words : certified reference material, metals, CN, waste, analysis

1. 서 론

우리나라는 폐기물관리법¹에서 유해폐기물 관리를 위한 지정폐기물의 종류를 배출원에 의한 것 6종(폐

합성고분자화합물, 오니류, 폐농약, 폐페인트 및 폐락카, 폐석면, 감염성폐기물), 유해성분 함유에 의한 것 4종(폐유기용제류, 폐유, PCB 함유 폐기물, 폐유독물), 부식성폐기물(유해특성) 2종(폐산, 폐알칼리), 용출시

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)32-560-7286 Fax : +82-(0)32-568-2041

E-mail: jeonsa@me.go.kr

험에 의한 폐기물 8종(광재, 분진, 폐주물사 및 폐사, 폐내화물 및 도자기조각, 소각재, 안정화 또는 고형화 처리물, 폐촉매, 폐흡착제 및 폐흡수제), 그리고 기타 1종(환경부 장관이 정하여 고시하는 물질)으로 분류하고 있다. 용출시험 대상 유해물질 종류는 Pb, Cu, As, Hg, Cd, Cr⁶⁺, CN, 유기인, TCE, PCE 및 기름 성분 등 11종으로 정하고 있다.

'95년 5월 발효된 바젤협약²의 이행을 위한 「폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률」에서는 국가간 수출·입을 규제하는 규제대상 폐기물을 118개 품목으로 지정·고시하고 있으며,³ 현행 우리나라 폐기물관리법의 용출시험항목 11종 이외의 중금속과 지방족 화합물의 할로겐화탄화수소 등의 유기화합물을 포함하고 있다. 또한, '05년 1월 발효 예정인 런던협약 '96 의정서에 의해 오니의 해양배출 규제기준이 강화되어, 용출시험방법⁴을 해양투기 폐기물에 적용하는 것은 불합리하다는 이유로 폐기물의 해양 투기시 총 함량법을 채택하고 있다.⁵

인증표준물질은 환경시료와 같은 매질의 표준물질로서, 매질을 통해 발생할 수 있는 여러 영향을 고려할 수 있다. 따라서 표준용액이나 스파이크 시료보다는 좀 더 실제적이고 응용성 있는 자료를 제공할 수 있는 장점이 있으며, 생체시료,⁶⁻⁸ 분진⁹ 등 다양한 매질 분석에 활용하고 있다. 특히, 매질에 따라 산에 대한 용해도가 다소 달라,¹⁰ 산 종류의 선택도 전처리 과정 중 중요한 인자로 작용한다. 시료의 가열방식도 일반적인 열판과 더불어 마이크로파^{11,12}를 이용한 전처리 방법도 이용하고 있다.

이에 인증표준물질을 이용하여 다양한 전처리방법에 의한 회수율을 비교하고 중금속 함량시험방법의 적용 가능성을 검토하였다. 검토한 전처리 세 가지 방법은 우리나라, 일본, 미국에서 중금속 분석을 위해

사용하는 산 분해 방법이다. 이 방법들은 환경분야에서 일반적으로 사용하는 전처리 방법으로 두 가지는 우리나라와 일본에서 주로 폐기물 용출시료에 적용하는 시험방법이고, 나머지 하나는 미국에서 토양·슬러지·저질 중의 함량시험에 적용하는 시험방법이다. 이러한 일반적인 방법들을 비교·검토함으로써 보다 손쉽고 빠르게 적용할 수 있는 장점이 있다. 시험함량시험방법 검토를 위해서 As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, CN이 함유된 인증표준물질을 이용하여 시험방법을 평가하였다. 또한, 오염물질을 배출 가능한 사업장을 선정하여 시료채취하고 적용실험을 수행하였다.

2. 실험

2.1. 시약 및 기구

정제수는 증류 및 탈이온화한 3차급의 증류수를, 질산과 염산은 Matsuno사의 유해금속정용급, 과산화수소는 Wako사의 원자흡광분석용급, 불산은 J.T. Baker사의 ACS 시약급을, 그 외 시약들은 특급이상을 사용하였다. 검량용 표준용액은 미국의 AccuStandard사의 100 mg/L 농도의 제품을 희석해 사용하였다.

부피플라스크와 피펫 등의 유리조자는 A급을 사용하였고 불산 이용을 위해서는 테플론(teflon) 조자를 사용하였다. 모든 조자는 약 10% 질산에서 24시간 이상 담근 후에 증류수로 세척하고 건조하여 사용하였다.

As 분석은 Jobin Yvon사의 유도쌍플라즈마원자발광분광기(ICP-AES)를, Cd, Pb, Cr, Cu 항목 분석을 위해서는 Perkin-Elmer사의 불꽃원자흡수분광기(FAAS)를, Hg은 마이크로파 전처리 장비(CEM사의 MARS)를 사용하였고 분석은 독일 Aula사의 254 모델을, CN은 Agilent사의 자외선가시광선분자흡수분광기(UV)를 이용하였다.

Table 1. The concentration of reference materials

(Unit : mg/kg)

Matrix\ Elements	Lubricating Oil	Coal fly ash	Domestic Sludge	Industrial Sludge	Sediment		Soil	
	NIST 1084a	NIST 1633b	NIST 2781	NIST 2782	MESS3	STSD2	NIST 2711	ERA 541
As		136.2	7.82	166				
Cd		0.784	12.78	4.17	0.24		41.7	
Cr	98.3	198.2		109				
Cu	100.0	112.8	627.4	2594	33.9	47	114	
Pb	101.1	68.2	202.1	574	21.1	66	1162	
Hg			3.64				6.25	
CN								65.6

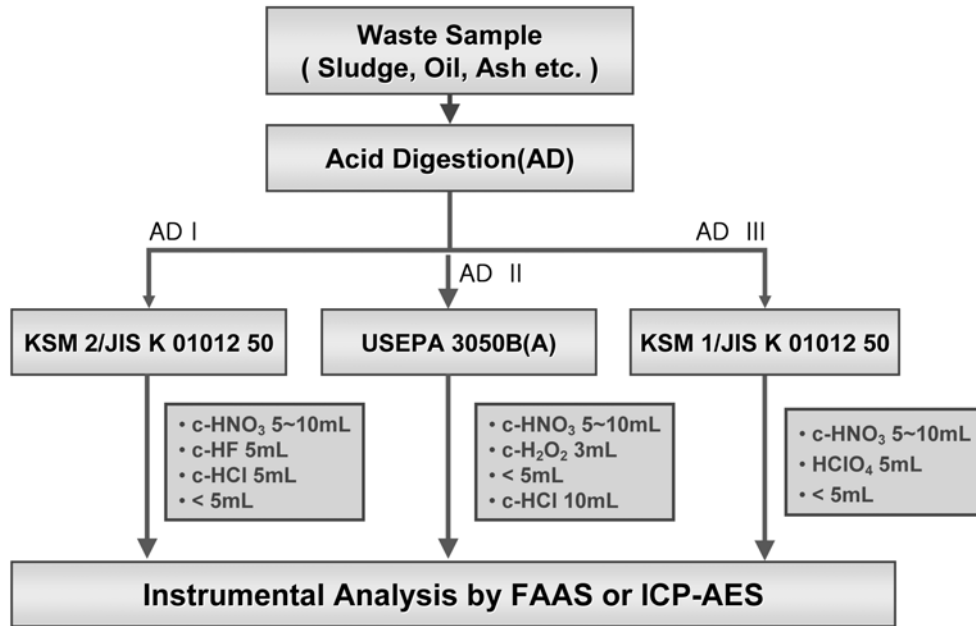


Fig. 1. The methods of acid digestion I, II, III.

2.2. 인증표준물질

실험에 사용한 인증표준물질(Certified Reference Material)은 미국의 NIST 1084a(lubricating oil), 2781(domestic sludge), 2782(industrial sludge), 1633b(fly ash), 2711(soil)과 ERA사의 cat #541(soil), 캐나다의 CANMET STSD2(sediment), NRCC MESS2(sediment)로 총 8종을 사용하였다. 인증물질의 항목별 농도범위는 Table 1과 같다.

2.3. 시료

화합물 및 화학제품제조업, 제1차 철강산업, 하수처리업 등 12개 업종의 폐기물 배출업소에서 폐수처리오니, 공정오니, 하수처리오니 등 41건의 시료를 채취하였다. 채취한 시료는 조제와 분석 전까지 4°C 냉장 보관하였다. 시료조제는 수분이 많은 오니의 경우 이물질을 제거한 후 혼합 방법에 따른 균질화 작업을 거쳐 시료로 사용하였다. 그러나 분진 등의 채취시료는 1차적으로 플라스틱 재질의 직경 5 mm 체로 거른 후에 입자크기가 300 μm 이하가 되도록 분쇄하였다.

2.4. 실험 방법

2.4.1 함수율 측정

폐기물공정시험방법 제4장 제2항에 제시된 것과 같이 증발접시를 미리 105~110°C에서 1시간 건조시킨

다음 데시케이터 안에서 방냉하고 항량이 확인된 후 사용하였다. 무게를 정밀히 달고 여기에 시료 적당량을 취하여 증발접시와 시료의 무게를 정밀히 측정하였다. 다음에 물증탕에서 수분을 거의 날려 보내고 105~110°C의 건조기안에서 4시간 건조시킨 다음 데시케이터 안에 넣어 방냉하고 항량이 확인된 후 무게를 정밀하게 측정하여 수분량을 계산하였다.

2.4.2. As, Cd, Cr, Cu, Pb 분석방법

함량시험방법 확립을 위해 검토한 산분해 방법은 우리나라, 미국, 일본의 일반적인 산분해 방법으로, I, II, III 세 가지로 분류하여 수행하였다. 산분해 I과 III은 우리나라 폐기물공정시험방법(KSM)⁴과 일본의 시험방법(JIS)¹³을 참고로 하여 Fig. 1에서 보느냐와 같이 HNO₃+HF과 HNO₃+HClO₄가 사용되었으며, 산분해 II는 미국 EPA 3050B¹⁴에서 제시한 HNO₃+ H₂O₂+ HCl를 사용하여 전처리 하였다. 그리고 기기분석은 As는 ICP-AES로 나머지 금속은 FAAS로 측정하였다.

2.4.3. Hg 분석방법

다음의 Table 2는 Hg 분석을 위해 사용한 전처리방법을 정리하였고 측정은 모두 환원기화법(cold vapor)을 적용하였다. 수은의 일반적인 휘발특성을 고려하여 마이크로파나 가압분해(autoclave)를 이용한 밀폐시스

Table 2. The analytical methods of Hg

Method	Procedure	Instrument	Remark
US EPA 3051	<ul style="list-style-type: none"> • Sample 0.5 g in PFA or TRM bottle • Add c-HNO₃ 10 mL • Heat by Microwave program (600W, 175°C 5.5min, 175~180°C 4.5 min, 7.5±0.7 atm) • Cooling • Filtration • 100 mL(final volume) 	CVAAS ¹⁾	Microwave (HgM I)
US EPA 3052	<ul style="list-style-type: none"> • Sample 0.5 g in PFA or TRM bottle • Add c-HNO₃ 10 mL + HF 3 mL • Heat by Microwave program (600W, 180°C±5°C 15 min, 7.5±0.7 atm) • Cooling • Filtration • 100 mL(final volume) 	CVAAS	Microwave (HgM II)
EPA 7471A	<ul style="list-style-type: none"> • Sample 0.2 g in BOD bottle • Add H₂SO₄ 5 mL+HNO₃ 2 mL+KMnO₄ 5 mL • Autoclave at 121±3°C and 15 lb for 15 min • Cool and dilute to 100 mL • Add NaCl-hydroxylamine sulfate soln. 6 mL + stannous sulfate solution 5 mL • Filter with d-H₂O • 200 mL(final volume) 	CVAAS	Autoclave (HgM III)
EPA 7471A	<ul style="list-style-type: none"> • Sample 0.2 g in BOD bottle • Add d-H₂O 5 mL + aqua regia 5 mL • Heat 2 min in a water bath at 95°C • Cool and add d-H₂O 50 mL+ 5% KMnO₄ 15 mL • Mix and place in water bath for 30 min at 95°C • Cool and NaCl-hydroxylamine sulfate soln. 6 mL • Add stannous sulfate solution 5 mL • Filter with d-H₂O • 200 mL(final volume) 	CVAAS	Water bath (HgM IV)

1) CVAAS : Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometer

템에서 산 분해를 하고 그 결과를 비교하였다.

2.4.4 CN 분석방법

CN은 미국 9013A 시안추출방법과 우리나라 폐기물공정시험방법 중 시안 증류법을 검토하였다. 전처리 과정은 Table 3에서 보는 것과 같이 추출과정을 16 시간 거치고 여과한 후 여과액 일정액을 취하여 증류한다. 증류액은 발색시켜 620 nm 파장에서 흡광도를 측정해 정량하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 인증표준물질

3.1.1. As, Cd, Cr, Cu, Pb 분석결과

As, Cd, Cr, Cu, Pb의 분석방법 확립을 위해 폐기물 인증표준물질을 산분해 I, II, III 방법으로 전처리하여

분석하였다. Fig. 2는 윤활유(lubricating oil)과 석탄비산재(coal fly ash) 폐기물 인증표준물질을 이용한 분석결과를 정리한 것이다. Fig. 2의 (a)에서 보는바와 같이 Cr, Cu, Pb 회수율 범위가 각각 87.1~126%, 76.3~97.9%, 80.4~92.4%로 나타났고, 질산, 과산화수소수, 염산을 사용한 AD II이 비교적 높은 회수율을 보여 주었다. (b)의 석탄재(coal fly ash)의 경우에는 질산, 불산, 염산을 AD I이 다른 AD II와 III에 비해 2배 정도의 높은 회수율을 나타냈다. 그 이유는 열 처리과정을 통해 생성된 소각재 등의 폐기물은 다량의 규소 성분이 여러 중금속들과 결합되어 있어 질산 등과 같은 산을 사용해서 녹이기가 어렵다. 그래서 소각재 등과 같이 규소성분이 함유되어 있는 시료분석에는 반드시 불산을 사용하여 전처리해야 온전한 함량 분석이 가능하다. Cd은 함량농도가 낮은 이유로 회수율이 좋지 않았고 다소 과대 평가되는 것으로 판단되

Table 3. The analytical method of CN

Method	Procedure	Remark
Preparation	Extraction <ul style="list-style-type: none"> - Sample : ≤25 g - 1L Polyethylene bottle - Extraction solvent¹⁾ : 250~500 mL - pH : ≥ 12 - Shaking time : 16 hr - Temp. : room temperature 	
	Preparation <ul style="list-style-type: none"> - 0.8 μm glass filter - Sample bottle : Polyethylene bottle 	USEPA 9013A
	Distillation <ul style="list-style-type: none"> - Sample : ≤250 mL - Neutralization : H₃PO₄ or 2% NaOH - Add 10% ammonium sulfamate soln. 1 mL + H₃PO₄ 10 mL + EDTA 10 mL - Flow rate : 2~3 mL/min - Solvent : 2% NaOH - Bottle : 100 mL mass cylinder 	
Instrumental Analysis	Coloring <ul style="list-style-type: none"> - Sample : 20 mL - Neutralization by CH₃COOH(1+8) - Add : Phosphate buffer(pH6.8) 10 mL, Chlorimine T soln.(1W/V%) 0.25 mL Pyridine pyrazolone soln. 15 mL - Waiting time : 30 min at 25°C 	Korea Method
	Wavelength	UV-VIS(620 nm)

1) Extraction solvent : 50 % NaOH 5 mL in reagent water 500 mL

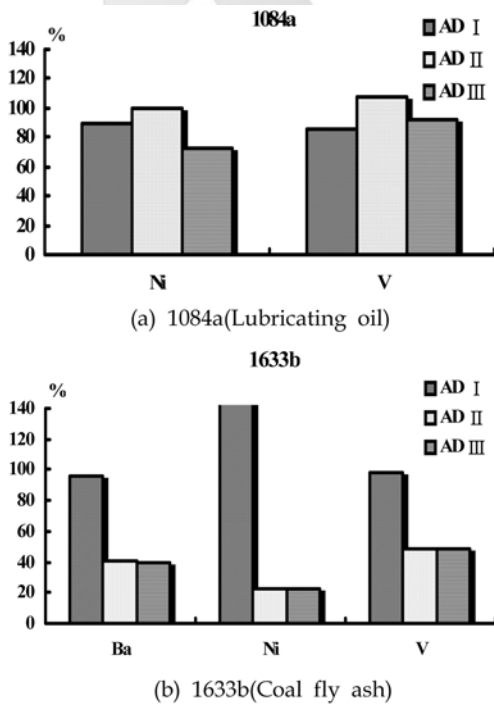


Fig. 2. The recovery of metals in CRM 1084a and 1633b

었다.

Fig. 3은 하수처리오니(domestic sludge)와 폐수처리 오니(industrial sludge) 폐기물 인증표준물질을 이용한 분석결과를 정리한 것이다. Fig. 3의 (a)에서 보는데와 같이 Cd, Cu, Pb 회수율 범위가 각각 93.4~101%, 84.2~87.9%, 89.4~121%로 나타났다. As의 경우는 표준물질 함유농도가 너무 낮아 검출하기가 어려웠다. 일반적으로 ICP-AES를 이용하여 분석하는 경우 시료 농도가 최소한 0.1 mg/L 이상 되어야 재현성 있는 결과를 나타내기 때문에 함량시험시 신뢰할 만한 결과를 위해서는 농도가 10 mg/kg 이상으로 되어야 할 것으로 판단하였다. 따라서 10 mg/kg 이하의 농도를 분석하기 위해서는 감도가 더 좋은 기기로 분석해야 좋은 결과를 얻을 수 있는 것으로 생각한다. Fig. 3(b)의 경우에는 Cd 분석시 불산을 이용한 AD I 전처리 방법이 과대 평가되는 것으로 나타났고 다른 As, Cr, Cu, Pb 회수율은 각각 101.4~124.6%, 88.1~91.7%, 83.4~86.6%, 85.4~94.7%로 나타났다. 오니 분석에서는 세 가지 전처리 방법을 적용하여 분석이 가능한 것으로 판단되었다.

Fig. 4는 저질(sediment)과 토양(soil) 인증표준물질

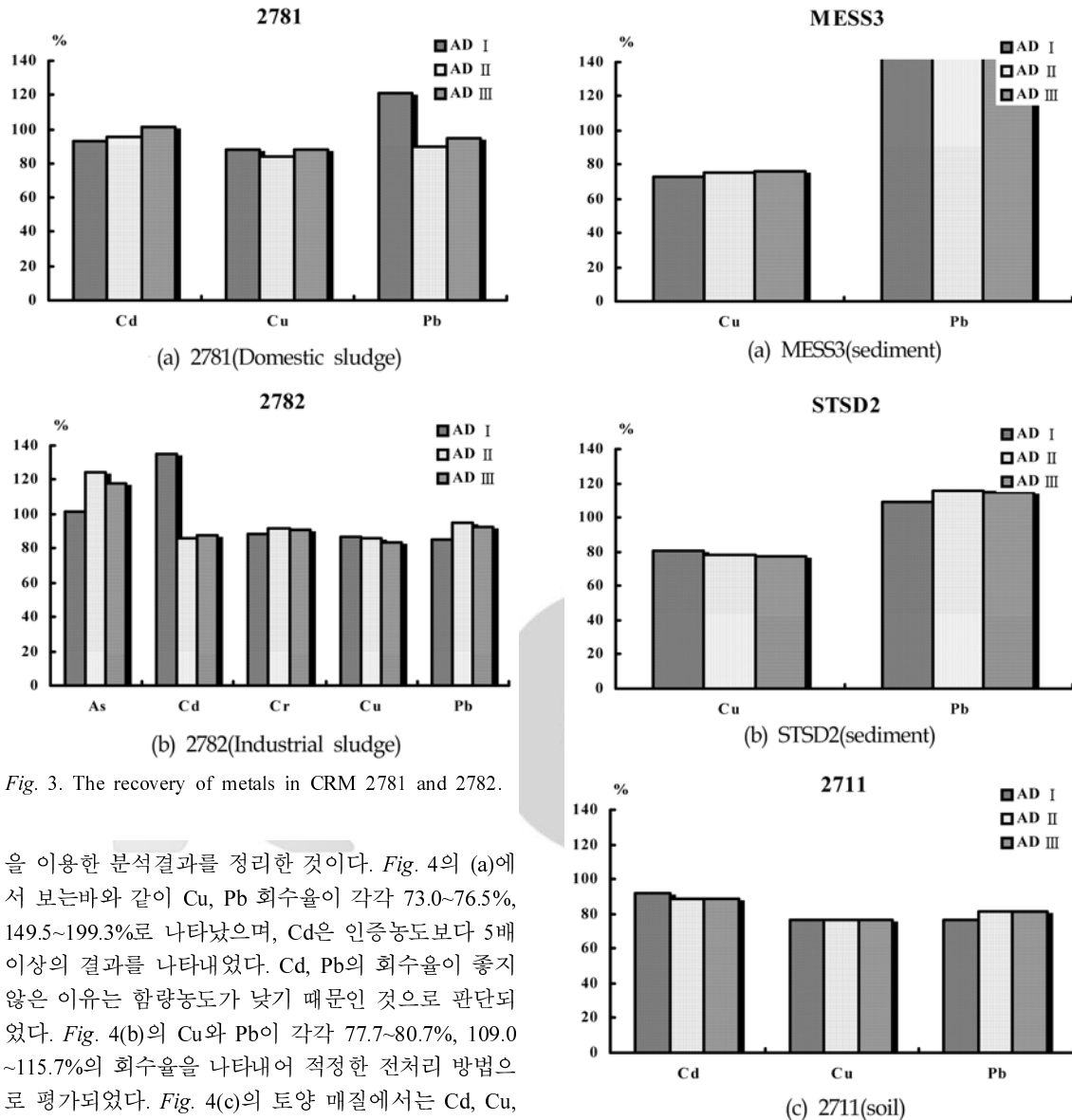


Fig. 3. The recovery of metals in CRM 2781 and 2782.

을 이용한 분석결과를 정리한 것이다. Fig. 4의 (a)에서 보는바와 같이 Cu, Pb 회수율이 각각 73.0~76.5%, 149.5~199.3%로 나타났으며, Cd은 인증농도보다 5배 이상의 결과를 나타내었다. Cd, Pb의 회수율이 좋지 않은 이유는 함량농도가 낮기 때문인 것으로 판단되었다. Fig. 4(b)의 Cu와 Pb이 각각 77.7~80.7%, 109.0~115.7%의 회수율을 나타내어 적절한 전처리 방법으로 평가되었다. Fig. 4(c)의 토양 매질에서는 Cd, Cu, Pb의 회수율이 각각 88.6~91.9%, 76.3~76.5%, 76.5~81.7%로 나타나 세 가지 전처리 방법을 적용하여 분석 가능한 것으로 판단되었다.

3.1.2. Hg과 CN

인증표준물질 중에 Hg을 함유한 폐기물 NIST 2781과 토양 NIST 2711을 사용하여 Hg의 분석법을 제시하기 위해 4가지 전처리방법을 검토하였다. 적용한 방법은 HgM I(초음파 산분해, EPA3051), HgM II(초음파 산분해, EPA3052), HgM III(고압분해, EPA7471a)와 HgM IV(수욕조, EPA7471a)으로 미국 EPA의 분석

Fig. 4. The recovery of metals in CRM MESS3, STSD2 and 2711.

법을 근거로 하였다. 다음의 Table 4에서 보는바와 같이 초음파분해법으로 산의 종류를 달리 적용한 HgM I, HgM II는 80% 이상의 회수율을 나타냈으나, 가압분해법인 HgM III는 52.8%로 편차가 큰 결과를 보였고, 대기압하의 수욕조에서 전처리 한 HgM IV는 13.9%로 매우 낮은 회수율을 보였다. 이 결과는 Hg의 높은 휘발특성 때문에 개방된 시스템이나 불안한 밀폐시스템에서는 신뢰할 만한 회수율을 나타내기가 어

Table 4. The recovery of Hg and CN in CRM (Unit : %)

Element	Method	CRM			No. of repetition
		NIST 2781	NIST 2711	ERA 541	
Hg	HgM I	81.1(9.3)	77.6(4.2)		9
	HgM II	87.0(10.3)	88.0(4.8)		9
	HgM III	52.8(73.9)	-		3
	HgM IV	13.9(20.5)	-		3
CN	9013A			97.1(5.2)	3

() : RSD(Relative Standard Deviation)

Table 5. The results of metal contents (Unit : mg/kg)

Facilities	No	Hazardous substances					
		As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg
Chemicals	CM-S-1	ND	ND	ND	78.6	ND	ND
	CM-S-2	165	ND	91.0	415	92.3	0.9398
Steel	FS-S-1	79.5	12.7	155	369	691	ND
	FS-S-2	54.2	57.1	96.1	640	0.20%	ND
	FS-F-1	50.8	62.7	0.11%	275	0.71%	0.7411
	FS-S-3	710	ND	0.33%	0.87%	0.39%	0.0368
	FS-S-4	11.0	ND	ND	12.0%	13.3	ND
	FS-S-5	12.0%	3.7%	7.7	1.47%	21.3%	2.1627
Non-metal	FN-S-1	141	ND	153	1.93%	32.0%	0.1191
	FN-S-2	11.4	ND	22.1	76.3%	75.6	ND
Metal	MM-S-1	497	ND	63.6	107	121	0.0167
Battery and cell	FC-S-1	62.8	ND	ND	33.4	17.2%	0.8560
	FC-S-2	68.4	ND	ND	23.0	16.2%	ND
	FC-S-3	80.5	ND	6.8	15.7	17.0%	ND
Galss	GP-F-1	37.9%	11.5	42.6	332	296	ND
Domestic treatment	WT-S-1	225	ND	264	674	456	0.6008
	WT-S-2	251	ND	0.50%	0.36%	417	0.6934
	WT-S-3	174	ND	164	810	235	0.1914
	WT-S-4	189	228	124	633	215	0.1339
	WT-S-5	148	ND	175	549	133	0.5538
Limit of Detection		5	6	2	10	10	0.05

*ND : Not Detected

럽다는 것을 보여주었다.

CN 시험방법은 다양한 종류의 폐기물을 알칼리용액으로 추출시킨 후 그 추출액을 증류해 발색하는 방법으로 직접 증류하는 것보다는 추출하는 것이 안정성 있고 수산화나트륨 용액에 안정하게 보관하면서 증류과정을 반복할 수 있는 이점이 있는 것으로 판단한다.

CN의 경우 다양한 인증표준물질을 확보하지 못한 이유로 토양매질에 한해 검토하였다. 이는 시료중 CN

의 안정성을 확보하기 어려운 이유에 있다고 할 수 있으며 향후 다양한 폐기물 매질에 대한 적용성 검토가 있어야 할 것으로 판단한다. CN의 CRM 분석결과, 3회 반복 실험 회수율이 92.8~102.9%(평균 97.5%)로 나타나 만족할 만한 결과를 얻었다.

3.2. 현장시료 분석결과

3.2.1. As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg

Table 5와 같이 중금속의 분석결과를 살펴보면, As

Table 6. The results of CN contents (Unit : mg/kg)

Facility	No.	Type	CN
Cable	Y5-01	Treatment sludge	32.7
	Y5-08	Treatment sludge	ND
Chemicals	Y5-02	Treatment sludge	1.6
	Y5-12	Treatment sludge	ND
Electronics	Y5-03	Treatment sludge	ND
	Y5-04	Treatment sludge	15.3
	Y5-15	Process sludge	72.2
	Y5-16	Process sludge	ND
	Y5-07	Treatment sludge	ND
	Y5-09	Treatment sludge	ND
Metal	Y5-05	Treatment sludge	17.6
	Y5-17	Dust	ND
	Y5-18	Waste sand	ND
Glass	Y5-06	Treatment sludge	ND
	Y5-19	Dust	ND
	Y5-20	Dust	ND
Electric power	Y5-10	fly ash	ND
Hospital	Y5-13	bottom ash	ND
Incinerator	Y5-11	fly ash	ND
	Y5-14	fly ash	ND
	Y5-21	Bottom ash	ND
Limit of Detection			1.0

* ND : Not Detected

는 일부 화학물질 제조시설을 제외한 모든 시료에서 검출되었고 특히, 철강산업과 유리제조시설에서 12.0%~37.9%의 높은 농도로 나타났다. 카드뮴은 20건 시료중 6건이 검출되었고 철강산업에서 비교적 고농도로 나타났으며, Cr은 16건이 검출되었고 철강과 하수처리시설에서 비교적 높은 농도를 나타내었다. Cu는 모든 시설에서 검출되었고 철강, 비철금속, 하수처리시설에서 비교적 높은 농도를 나타내었으며 Pb 또한 1건을 제외한 모든 시료에서 검출되었고 배터리, 철강, 비철금속 시설에서 비교적 높은 농도를 나타내었다.

Hg 함량분석 결과 12개 시료에서 Hg이 검출되었다. 업종으로 보면 화학제품 제조업, 철강산업, 비철금속 산업, 금속 처리업, 축전지와 전지 제조업 중 분진, 폐수처리오니에서 Hg이 검출되었고, 이 중 철강산업에서 가장 높은 농도의 Hg이 검출되었다.

3.2.2. CN

CN 분석을 조사한 시설은 전선, 화학물질, 반도체

제조시설 등 8개 배출시설이었고 검출농도 범위는 1.6~72.2 mg/kg으로 나타났다. 이 중 CN 검출이 있었던 폐기물은 전선, 화학물질, 반도체 제조시설과 금속처리시설에서 발생하는 폐수처리오니 또는 공정오니였다. 시료 중 추출과정에서 기체발생으로 인해 용기가 팽창하는 경우가 있어 관련 시료에 대해서 안전성과 안정성 검토가 추후 필요할 것으로 생각한다.

4. 결 론

유해폐기물의 환경오염을 방지하고 국제적 관리 동향에 적극 대처하기 위하여, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, CN 7종의 유해물질을 검토대상으로 선정하였다. 이들 유해물질을 함유한 오니, 폐유, 소각재 등 폐기물 인 증표준물질을 사용하여 전처리 시험방법을 비교하고, 선정된 유해물질 배출사업장에서 시료를 채취·분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 산분해 I, II, III 방법이 폐기물 전처리에 있어 적용 가능한 기술임을 확인할 수 있었다.

둘째, 석탄재의 경우에는 불산(HF)을 사용한 산분해 I이 다른 산 분해법보다 2배 정도의 높은 회수율을 나타내어 규소 성분이 많은 소각재 등의 폐기물에 함유된 중금속을 분석하기 위해서는 반드시 HF를 사용하여 전처리해야 함을 확인하였다.

셋째, 하수처리오니와 산업폐기물처리오니 인증표준물질 중 중금속을 분석한 결과로는 과염소산을 사용한 산분해 III 방법과 H₂O₂을 사용한 산분해 II 방법이 HF를 사용한 경우보다 비교적 좋은 회수율을 나타내었다.

넷째, Hg 분석을 위한 전처리는 밀폐시스템이 좋은 회수율을 나타내었다.

다섯째, CN 측정시 적용한 분석방법이 인증표준물질에서 평균 97.5%의 회수율을 나타내었고 시안 검출이 있었던 폐기물 시료는 전선, 화학물질, 반도체 제조시설과 금속처리시설에서 발생하는 폐수처리오니 또는 공정오니였다.

참고문헌

1. 환경부, “폐기물관리법”, 2004.
2. Basel Convention, “Technical Guidelines on Hazardous Wastes”, 2000.
3. 환경부, “폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률”, 1999.

4. 환경부, “폐기물공정시험방법”, 2004.
5. 해양수산부, “하수오니 해양배출 평가체제 개발연구”, 2004.
6. Michael Raessler, J. Rothe and I. Hilke, *Science of the Total Environment*, **337**, 83-90 (2005).
7. P. Rajendra, K. Reddy and S. J. Reddy, *Chemosphere*, **34**(9/10), 2193-2212 (1997).
8. M. Kan, S. N. Willie, C. Scriver and R. E. Sturgeon, *Talanta*, **68**, 1259-1263 (2006).
9. J. Sysalova and J. Szakova, *Environmental Research*, article in press (2006).
10. R. A. Sutherland and F. M. G. Tack, *Advances in Environmental Research*, **8**, 37-50 (2003).
11. J. Wang, T. Nakazato, K. Sakanishi, O. Yamada, H. Tao, I. Saito, *Talanta*, **68**, 1584-1590 (2006).
12. V. Sandroni and C. M. M. Smith, *Analytica Chimica Acta*, **468**, 335-344 (2002).
13. 국립환경연구원, “일본의 하수오니 시험방법”, 2003.
14. US EPA, “SW-846”, 1992.

