

국내 도료공정 발생 폐기물 중 미규제 중금속류의 배출특성

정성경 · 김우일* · 강영렬 · 김동운 · 조윤아 · 신선경 · 오길종

국립환경과학원 환경자원연구부 자원순환연구과

(2011. 9. 20. 접수, 2011. 10. 7. 승인)

Content and leaching characteristics of non-regulated hazardous substances in waste from the paint industry

Seong-Kyeong Jeong, Woo-Il Kim*, Young-Yeul Kang, Dong-un Kim, Yoon-A Cho,
Sun Kyoung Shin and Gil-Jong Oh

National Institute of Environmental Research of Environmental Research, Incheon 404-170, Korea

(Received September 20, 2011; Accepted October 7, 2011)

요약: 본 연구에서는 국내 유해폐기물의 효율적인 관리를 위해 도료공정에서 발생한 폐기물 중 미규제 중금속의 배출특성을 조사하였다. 사업장은 올라로시스템에 등록된 폐기물 배출업체를 대상으로, 유럽의 도료공정(European Waste Catalogue, EWC 08)과 유사한 폐기물 발생 업체로 하였으며 조사대상 사업장 64개 업체를 현지 방문하여 원료, 생산제품, 생산 공정, 폐기물의 종류 및 배출과정을 조사하고 생산 공정에서 배출되는 73개의 폐기물을 채취하였다. 모든 시료에 대하여 함량 분석을 수행하였고, 특히 고상시료 16건에 대해서는 중금속 8항목(Ba, Be, F, Ni, Sb, Se, V, Zn)에 대한 용출분석을 수행하였다. 도료공정에서 발생된 폐기물 중 ICP-MS를 이용한 Ba의 함량분석 결과는 ND (Not Detected)~44,973.00 mg/kg의 농도 범위를 나타내었다. 특히 페인트 시료 7건, 페수처리오니 2건, 공정오니 1건 및 폐유기용제 1건에서 Ba이 제안기준인 500 mg/kg을 초과하였으며 나머지 미규제 항목은 검출되지 않았다.

Abstract: This study was performed to investigate the contents and leaching characteristics of hazardous wastes from the paint industry. In order to establish a hazardous waste list, samples from industrial discharge have been analyzed for 8 non-regulated inorganic hazardous substances (i.e., Sb, Ni, F, V, Ba, Zn, Be, Se). In more detail, hazardous waste samples from a total of 64 workplaces, e.g. manufacture, formulation, supply and use (MFSU) of coatings, adhesives, sealants and printing inks processing, have been chosen and analyzed. Contents and leaching tests for inorganic metal species in samples show that the non-regulated hazardous substances satisfy all the criteria, while quantitative analyses reveal that some samples of the discharged wastes exceeded the criteria proposed by NIER (National Institute of Environmental Research). In conclusion, we expect the outcome of this study to align the classification system of hazardous waste management in South Korea with international legislations, and consequently contribute to reduce environmental pollution as well as health risks by toxic wastes.

Key words : classification of hazardous waste, leaching and contents analysis, absolute entry, mirror entry

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)32-560-7507 Fax : +82-(0)32-568-1656

E-mail : woolr@korea.kr

1. 서 론

우리나라에서는 여러 종류의 화학물질이 제품을 생산하는데 사용됨에 따라 폐기물 발생량이 큰 폭으로 증가하고 있으며, 더불어 유해폐기물의 발생량도 증가하고 있다.¹ 유해폐기물은 생활폐기물과 달리 유해물질을 함유하고 있으므로, 환경오염을 방지하고 인간의 건강을 보호하기 위해 유해물질을 발생단계에서부터 발생원별로 목록화하여 관리할 필요가 있다.

미국은 유해폐기물을 발생원 및 유해성분에 의해 분류하고 코드화하여, 코드화로 분류되지 않은 폐기물은 반응성과 용출독성 등을 확인하여 유해성 여부를 판정하고 있다.² 또한 유럽연합은 폐기물에 함유된 유해물질이 인간에 미치는 영향(독성·위해성)을 고려하여, 발생공정과 폐기물 성상 그리고 유해특성 등에 의해 유해폐기물을 목록화하여 관리하고 있다.³ 따라서, 국내에서도 효율적으로 유해폐기물을 관리하기 위하여 선진국 수준의 목록화 및 규제대상 항목의 확대와 그에 따른 세부 기준 마련 등이 필요하다. 유해폐기물 목록화는 현행 관리 및 처리체계에 의한 목록화를 구체적으로 조사하여 반영하는 것이 필요하며, 또한 국제적 환경변화에 대응하기 위하여 바젤협약, OECD, HS (Harmonized Commodity Description and Coding System) 목록과 연계하여 국내 실정에 가장 적합한 방안을 마련해야 한다. 유해폐기물 목록을 세분화함에 따라 효율적인 폐기물 관리가 가능하며, 업체가 자의적으로 판단하던 폐기물 분류의 오류를 방지하고 국제적 환경변화에 발맞추어 대응할 수 있을 것이다.

국내 폐기물관리법상 유해물질 기준은 동법 시행규

칙 별표 1에 해당하는 규제물질의 용출 기준만으로 관리되고 있다. 따라서 폐기물 중 미규제 유해물질 함량·용출 기준은 국립환경과학원에서 수행한 「지정폐기물 중 유해물질 규제항목 확대에 관한 연구(I), (II)」^{4,5}에서 제안한 기준과 비교·검토 하였다. 본 연구는 도료 공정에서 발생된 폐기물 중 미규제 중금속류 8항목 (Sb, Ni, F, V, Ba, Zn, Be, Se)에 대한 배출특성을 연구하였다.

2. 시료채취 및 분석방법

2.1 시료채취

조사대상 사업장은 유해폐기물이 공정중심으로 목록화되어 있는 유럽의 도료공정(European Waste Catalogue, EWC 08)과 비교·검토하였으며 해당 표본사업장은 울바로시스템의 폐기물 배출목록 등을 기초로 하여 선정하였다.⁶ 모든 시료는 사업장을 직접 방문하여 채취하는 것을 원칙으로 하였고 배출특성 파악을 위한 업체의 현황 자료(생산품, 제품 생산공정, 원료 투입량, 폐기물의 종류 및 발생량, 처리현황, 폐기물 분석자료) 등을 추가로 조사하였다.

시료의 종류 및 시료채취 현황은 Table 1과 같으며 채취방법은 폐기물공정시험기준 2장 1항을 준용하여 수행하였다.

2.2 분석방법

채취된 시료 중 73건은 함량 분석을 수행하였고, 고상 시료 16건은 용출 분석하였으며 분석항목은 Sb, Ni, F, V, Ba, Zn, Be, Se 8항목이다. Sb, Ni, V, Ba,

Table 1. Kind of sample according to the EWC^{a)} classification

Process	Samples												
	Process Sludge	Waste water Sludge	Dust	Solvents	Ash	Plastic	Oil	Paint	Ink	Iso-cyanate	Rosin	Silicone	Total
08 01 Paint, varnish	(2)	(1)	(1)	9	·	·	·	13	·	·	·	·	26
08 03 Printing inks	·	(2)	(1)	7	·	·	·	(1)	(1)	·	·	·	12
08 04 Adhesives, sealants	·	(1)	·	7	·	·	·	(1)	·	·	1	(1)	11
08 05 Waste not otherwise specified in 08	·	·	·	·	·	·	·	·	·	4	·	·	4
Others ^{b)} Waste	·	(2)	·	3	(1)	(1)	4	8	(1)	·	·	·	20
Total	2	6	2	26	1	1	4	23	2	4	1	1	73

^{a)} EWC, European Waste Catalogue

^{b)} Waste which is not included in the EWC or waste originating from the domestic paint/varnish industry

(·) Solid waste for which detection of heavy metal content and elution analysis is possible

Zn, Be의 함량 분석 방법은 폐기물 공정시험기준 2장 3항에 의하여 전처리 후 ICP-MS로, Se은 폐기물 공정 시험기준의 질산-염산 분해에 의한 전처리 후 ICP-AES, 그리고 F는 토양공정시험기준 3장 3항 4절에 의하여 Zirconium-SPANDS 방법으로 전처리 후 UV-VIS로 분석하였다. 그리고 Sb, Ni, F, V, Ba, Zn, Be의 용출 분석 방법은 폐기물 공정시험기준 2장 3항에 의하여 전처리 후 ICP-AES로 분석하였고, F는 폐기물 공정시험기준의 증류법(lanthanum-alizarine complexon method)으로 전처리 후 UV-VIS로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

폐기물관리법상 국내 유해물질 기준은 동법 시행규칙 별표 1에 해당하는 규제물질의 용출 기준만으로 관리되고 있다. 따라서 본 연구에서는 폐기물 중 미규제 유해물질 함량 · 용출 기준을 국립환경과학원에서 수행한 지정폐기물 중 유해물질 규제항목 확대에 관한 연구(I),(II)에서 제안한 기준과 비교 · 검토 하였다.

3.1. 중금속류의 함량특성

총 73건의 폐기물 시료에 대하여 Table 2에 제시된 8개 중금속 항목의 함량 분석을 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 1과 Table 3에 나타내었다. 도료공정에서 발생된 폐기물 중 73건의 시료에 대하여 ICP-MS로 Ba를 분석한 결과, ND (Not Detected)-44973.00 mg/kg의 농도 범위를 나타내었고, 특히 페페인트 시료 7건, 페수처리오니 2건, 공정오니 1건 및 폐유기용제 1건에

서 Ba이 제안기준인 500 mg/kg을 초과하는 것으로 조사되었다. Ba의 제안기준을 초과한 공정과 농도는 유기용제를 함유한 페인트와 니스폐기물 공정(EWC 08 01 11)에서 9099.08 mg/kg, 유기용제를 함유한 페인트와 니스슬러지 공정(EWC 08 01 13)에서 901.87 mg/kg, 유기용제를 함유한 페인트/니스슬러지 함유 액상 슬러지공정(EWC 08 01 15)에서 1805.22 mg/kg, 페잉크 공정(EWC 08 03 12)에서 900.15 mg/kg, 잉크 슬러지 공정(EWC 08 03 14)에서 3876.87 mg/kg, 그리고 기타 지정폐기물(08 Others)에서 2128.96 mg/kg으로 조사되었다. Ba을 제외한 미규제 항목 7종(Be 5 mg/kg, Ni 500 mg/kg, Sb 50 mg/kg, Se 50 mg/kg, V 200 mg/kg, Zn 1000 mg/kg, F 500 mg/kg)에서는 기준을 초과한 경우가 관찰되지 않았다.

3.2. 중금속류의 용출특성

도료공정(EWC 08)에 해당하는 폐기물 중 고상폐기물 16건을 대상으로 하여 미규제 유해물질인 Ba, Be, Ni, Sb, Se, V, Zn, F항목에 대한 용출 분석을 수행하였으며, 그 결과는 Fig. 2 및 Table 4에 나타내었다. 페인트 · 락카 공정(EWC 08 01)은 페인트의 제조, 혼합, 공급, 사용에서 배출되는 폐기물이다. 이 공정에서 발생하는 폐기물은 페인트 생산과정 시 발생하는 폐수와, 생산 공정에서 배출되는 폐수처리오니 및 공정 오니, 그리고 분진이다. 분진은 페인트 분사 및 착색 과정에서 대기에 부유하고 있는 먼지 및 기타 오염물질과 접촉하여 포집되는 폐기물이다. 또한 제품의 불량으로 폐기물로 처리하는 페페인트도 다수 존재하였

Table 2. Analysis methods and target elements

Separation	Element compound	Pretreatment
Elution ⁸	Ba, Be, Ni, Sb, Se, V, Zn	<ul style="list-style-type: none"> · Waste Processing Methods Chapter 2, Section 3 – Nitric acid, Nitric acid-Hydrofluoric acid digestion · Nitric acid, Peroxide acid, Hydrochloric acid digestion · Nitric acid-peroxide acid digestion
	F	<ul style="list-style-type: none"> · Distillation(lanthanum-alizarine complexon method)
Contents	Ba, Be, Ni, Sb, V, Zn	<ul style="list-style-type: none"> · Waste Processing Methods Chapter 2, Section 3 – Nitric acid digestion – Nitric acid-Hydrofluoric acid digestion · Nitric acid-Hydrofluoric acid-Hydrochloric acid digestion · Nitric acid-peroxide acid digestion
	Se	<ul style="list-style-type: none"> · Nitric acid-Hydrochloric acid digestion
	F	<ul style="list-style-type: none"> · Soil Processing Methods Chapter 3, Section 3, Category 4⁹ – Zirconium-SPANDS Method · Distillation(lanthanum-alizarine complexon method)

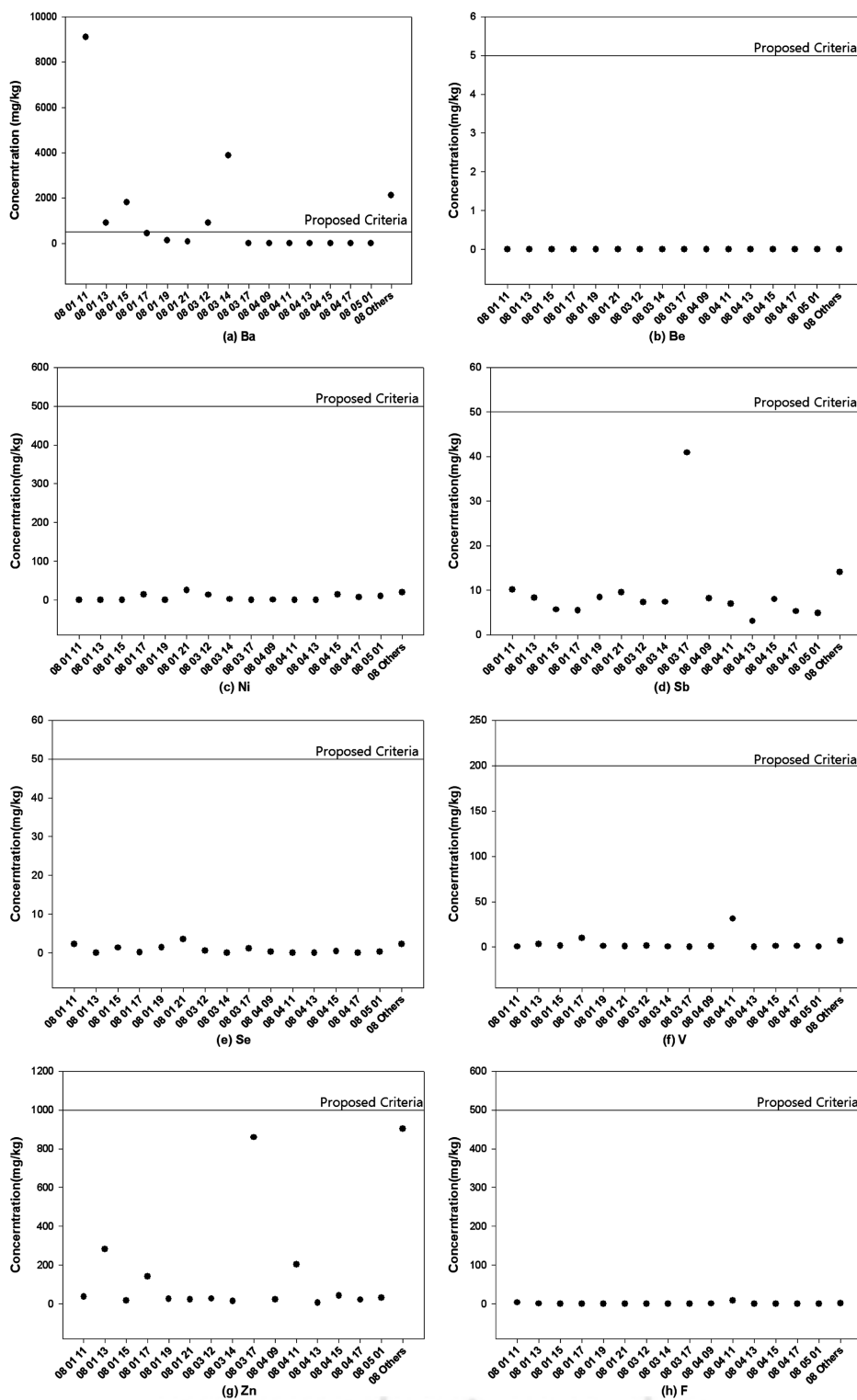


Fig. 1. Contents of non-regulated heavy metals obtained by elution method in hazardous wastes.

Table 3. Content characteristics of heavy metal in hazardous wastes

EWC	No. of samples	Ni	Zn	Ba	Be	Sb	Se	V	F
08 Total	73	10.38 ^{a)} (ND~ 120.98)	312.06 (ND~ 14993.77)	1743.44 (ND~ 44973.00)	ND ^{b)}	10.19 (ND~ 99.24)	1.27 (ND~ 33.79)	3.53 (ND~ 53.57)	0.89 (ND~ 14.90)
0801	26	6.17 (ND~ 77.10)	83.29 (ND~ 683.02)	2336.97 (ND~ 44973.00)	ND	7.99 (ND~ 24.81)	1.49 (ND~ 14.36)	2.70 (ND~ 38.67)	0.83 (ND~ 14.90)
0803	12	6.70 (ND~ 46.11)	160.28 (4.55~ 1684.40)	1990.74 (ND~ 19387.22)	ND	12.96 (2.44~ 12.96)	0.43 (ND~ 2.77)	0.798 (ND~ 2.706)	0.40 (ND~ 2.86)
0804	11	7.48 (ND~ 72.20)	46.88 (ND~ 204.00)	8.18 (ND~ 88.89)	ND	7.29 (2.05~ 11.67)	0.28 (ND~ 2.22)	3.63 (ND~ 31.32)	1.05 (ND~ 8.38)
0805	4	9.84 (ND~ 39.35)	31.20 (26.72~ 34.95)	ND	ND	4.92 (2.56~ 10.94)	0.29 (ND~ 0.62)	0.565 (ND~ 2.26)	0.02 (ND~ 0.06)
Others	20	19.77 (ND~ 120.99)	902.56 (ND~ 14993.77)	2129.96 (ND~ 18352.30)	ND	14.08 (ND~ 99.24)	2.25 (ND~ 33.79)	6.79 (ND~ 53.57)	1.36 (ND~ 10.84)
Proposed Criteria (mg/kg)		500	1000	500	5	50	50	200	500
Detection limit (mg/L)					0.0008~0.021				0.003~0.02

^{a)} Arithmetic mean
^{b)} ND, Not Detected

다. 미규제 유해물질 전 항목(Ba 100 mg/kg, Be 1.3 mg/kg, Ni 50 mg/kg, Sb 5 mg/kg, Se 5 mg/kg, V 20 mg/kg, Zn 100 mg/kg, F 150 mg/kg)에 대한 조사 결과 제안기준을 초과한 경우가 나타나지 않았다. 인쇄용 잉크 공정(EWC 08 03)은 잉크의 제조, 혼합, 공급, 사용에서 배출되는 폐기물로, 생산되는 잉크의 특성에 따라 폐기물의 종류가 많은데, 대부분의 사업장에서 원가절감차원에서 재활용하는 것으로 나타났다. EU Code 08 03도 용출 분석 시 제안기준을 초과하는 항목은 없었다. 접착제·방수제 공정(EWC 08 04)의 폐기물은 방수제, 접착제의 제조, 혼합, 공급, 사용에서 배출되는 폐기물로 용출 분석 시 제안기준을 초과하는 항목이 없었다. 항목 외 불특정(EWC 08 05) 폐기물은 페이소시아네이트계 폴리우레탄 폐기물이다. 주로 합성 섬유, 우레탄 고무, 우레탄 도료, 인조 피혁, 접착제, 건재 및 발포 완충재 생산 시 발생하며, 폐기물 성상 역시 젤(Gel)상태가 대부분이었고 고상 발포제 상태의 시료를 용출분석 하였다. EWC 08 05 역시 제안기준을 초과하는 항목은 없었다. EWC 목록 08 Others는 EWC 중분류에 해당하지는 않으나 국내 도

료 산업에서 배출되는 지정폐기물로 용출 분석 시 제안기준을 초과하는 항목은 없었다.

3.3. 국내 도료공정 폐기물의 목록화¹⁰⁻¹³

도료공정 폐기물의 함량 실험결과, 15개 공정 중 5개 공정의 시료가 미규제 중금속류의 제안기준을 초과하는 것으로 조사되었다. 유기용제를 함유한 페인트와 니스폐기물 공정(EWC 08 01 11), 페인트와 니스슬러지공정(EWC 08 01 13), 유기용제를 함유한 페인트/니스슬러지 함유 액상 슬러지공정(EWC 08 01 15), 페인크 공정(EWC 08 03 12), 페프린트 토너 공정(EWC 08 03 17)에서 바륨이 제안 기준을 초과하는 것으로 조사되었다. 제안기준을 초과하는 발생원은 공정과 무관하고 다양하게 배출되고 있지만, 배출되는 폐기물 형태의 절반가량이 페페인트 및 페인트를 함유한 공정오니, 폐수처리 오니임을 알 수 있었다. 용출분석에서는 국립환경과학원에서 제안된 기준을 초과하는 공정은 없었다.

Table 5에서는 15종의 EWC 도료공정 폐기물을 대상으로, 국내 지정폐기물 배출특성을 고려하여 유해성

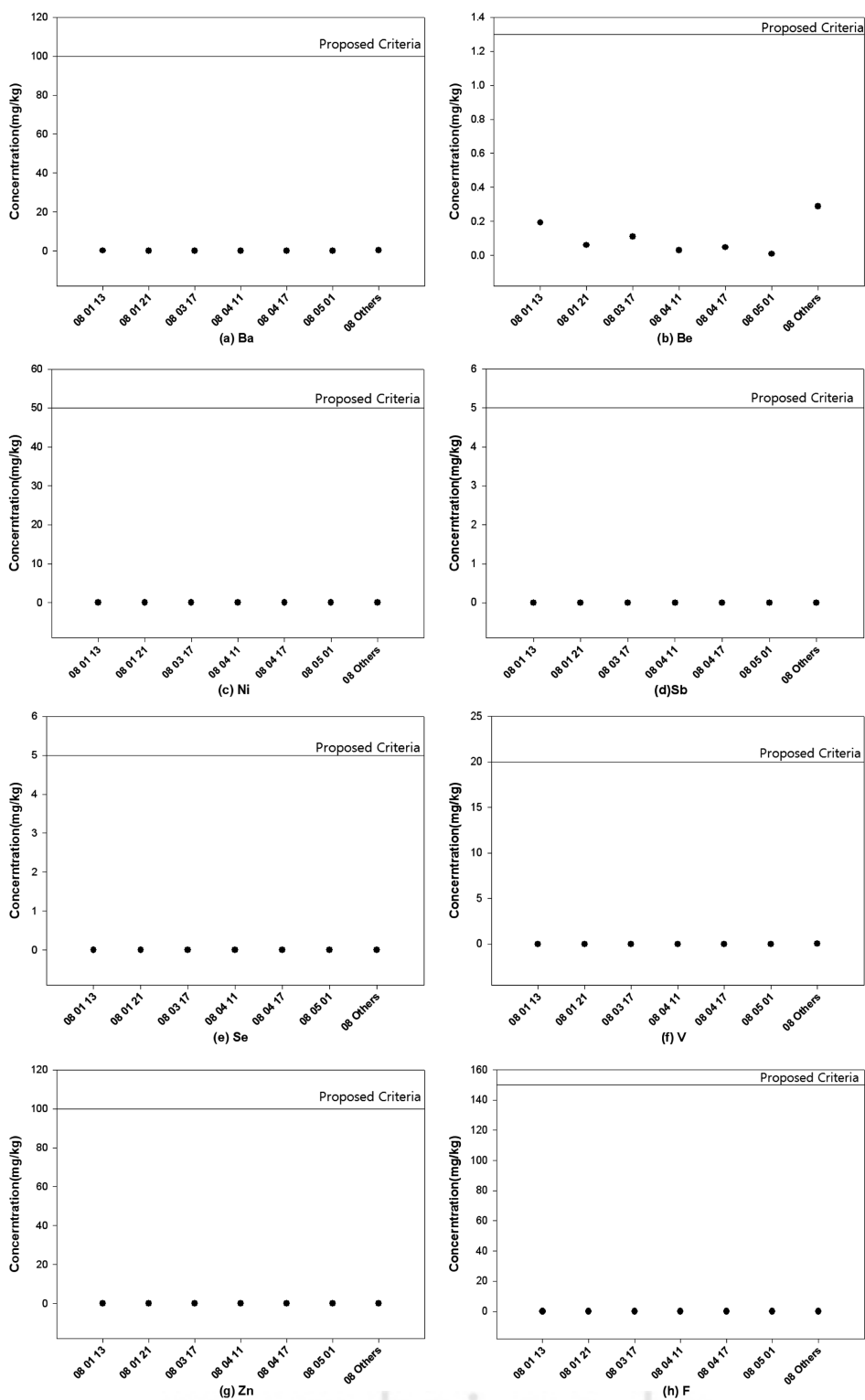


Fig. 2. Elution analysis result of non-regulated heavy metal in solid wastes.

Table 4. Elution characteristics of heavy metal in solid wastes

EWC	No. of samples	Ni	Zn	Ba	Be	Sb	Se	V	F
Total 08	16	ND ^{a)}	0.06 (ND~0.36)	0.17 (0.00~0.48)	ND	0.00 (ND~0.00)	ND	0.01 (ND~0.13)	1.07 (0.25~3.77)
08 01	5	ND	0.02 (ND~0.08)	0.17 (0.01~0.40)	ND	0.00 (ND~0.00)	ND	ND	0.22 (ND~0.63)
08 03	3	ND	0.06 (0.03~0.12)	0.11 (0.04~0.24)	ND	ND	ND	ND	0.15 (ND~0.45)
08 04	3	0.01 ^{b)} (ND~0.01)	0.03 (0.03~0.03)	0.04 (0.03~0.05)	ND	ND	ND	ND	0.13 (ND~0.26)
08 05	1	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND
Others	4	0.02 (ND~0.01)	0.12 (0.03~0.36)	0.23 (0.01~0.48)	ND	0.00 (ND~0.00)	ND	0.03 (ND~0.13)	0.75 (ND~3.77)
Proposed Criteria (mg/kg)		50	100	100	1.3	5	5	20	150
Detection limit (mg/L)					0.0008~0.05				0.003~0.02

a) ND, Not Detected

b) Arithmetic mean

Table 5. Processes listed in the hazardous waste classification(draft)

Category	Sub-category	Code	EU Waste List	EWC Evaluation	Hazardous substances exceeding standards	
					Content	Evaluation
08	08 01	080111	· waste paint and varnish containing organic solvents or other dangerous substances	M ^{a)}	Ba	M
		080113	· sludges from paint or varnish containing organic solvents or other dangerous substances	M	Ba	M
		080115	· aqueous sludges containing paint or varnish containing organic solvents or other dangerous substances	M	Ba	M
		080117	· wastes from paint or varnish removal containing organic solvents or other dangerous substances	M	-	-
		080119	· aqueous suspensions containing paint or varnish containing organic solvents or other dangerous substances	M	-	-
		080121	· waste paint or varnish remover	A ^{b)}	-	-
	08 03	080312	· waste ink containing dangerous substances	M	Ba	M
		080314	· ink sludges containing dangerous substances	M	Ba	M
		080317	· waste printing toner containing dangerous substances	A	-	-
	08 04	080409	· waste adhesives and sealants containing organic solvents or other dangerous substances	M	-	-
		080411	· adhesive and sealant sludges containing organic solvents or other dangerous substances	A	-	-
		080413	· aqueous sludges containing adhesives or sealants containing organic solvents or other dangerous substances	M	-	-
080415		· aqueous liquid waste containing adhesives or sealants containing organic solvents or other dangerous substances	M	-	-	
080417		· rosin oil	M	-	-	
0805	080501	· waste isocyanate	M	-	-	

^{a)} M, Mirror Entry

^{b)} A, Absolute Entry

을 평가한 자료이다. 도료공정에 해당하는 폐기물 중 페인트, 페니스제거제, 로진유, 페이소시아네이트 등은 절대유해폐기물(Absolute Entry, A)이며, 그 외 페인트와 니스 폐기물, 페니스 제거제, 잉크가 함유된 수성 액상 폐기물, 애칭액 등은 상대유해폐기물(Mirror Entry, M)로 목록화 되어 있다. 국내 도료공정에서 배출된 폐기물에 대한 유해성을 검증한 결과, 5종은 상대 유해폐기물로 확인 되었으며, 나머지 10종은 유해 특성(규제유해물질 농도, 인화성, 자극성, 유해성, 독성, 발암성, 부식성, 재생 시 독성, 돌연변이성, 생태독성) 실험이 추가로 필요한 것으로 조사되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 배출특성으로만 국한되어 있는 국내 지정폐기물을 목록화하기 위하여, 유럽연합의 유해폐기물 목록 중 도료산업(EWC 08) 시설에서 발생하는 폐기물에 대한 공정을 조사하였다. 그리고 조사대상 폐기물 중 미규제 중금속류의 함량 및 용출분석을 통하여 배출특성을 파악하였다. 국내 사업장에서 배출되는 유해폐기물의 배출목록을 세분화·목록화하여 도료 공정(EWC 08)에서 배출되는 15종의 폐기물 목록에 대한 배출특성을 파악하였다.

1. 조사대상 사업장 64개 업체를 현지 조사하여 원료, 생산제품, 제품의 생산 공정, 폐기물의 종류 및 배출과정을 조사하고 제품 생산 공정에서 배출되는 73 개의 폐기물을 시료 채취하였다. 채취된 시료 73건은 함량 분석하였고, 고상 시료 16건은 용출 분석하였으며 분석항목은 Sb, Ni, F, V, Ba, Zn, Be, Se 8종이다.

2. 함량시험 결과, 유기용제를 함유한 페인트와 니스폐기물 공정(EWC 08 01 11)에서 9099.08 mg/kg, 유기용제를 함유한 페인트와 니스슬러지 공정(EWC 08 01 13)에서 901.87 mg/kg, 유기용제를 함유한 페인트/니스슬러지 함유 액상 슬러지공정(EWC 08 01 15)에서 1805.22 mg/kg, 페인크 공정(EWC 08 03 12)에서 900.15 mg/kg, 잉크 슬러지 공정(EWC 08 03 14)에서 3876.87 mg/kg, 기타 지정폐기물(08 Others)에서 2128.96 mg/kg로 Ba이 제안 기준을 초과되는 것으로 조사되었다.

3. 현행 폐기물관리법의 규제기준을 초과한 경우 “절대유해폐기물” 목록으로 분류하였으며, 미규제 유

해물질이 국립환경과학원의 제안기준을 초과한 경우에는 “상대유해폐기물”로 분류하였다. 또한, 규제기준을 초과한 항목이 없는 경우 “일반폐기물”로 분류하여 총 15개 공정에 대한 폐기물 목록화(안)을 제시하였다.

참고문헌

1. Ministry of Environment Korea, Products containing hazardous chemicals - management, status, and future challenges, 2005.
2. U.S. EPA, State Detail Analysis - the national biennial RCRA hazardous waste report, 2008.
3. EU, Revision of criteria and protocols of assessment and classification of hazardous waste, 2004.
4. NIER(National Institute of Environmental Research), Extension on regulation items of unregulated hazardous substances in specified wastes (I), 2006.
5. NIER, Extension on regulation items of unregulated hazardous substances in specified wastes (II), 2007.
6. KECO, Allbaro system, 2009.
7. NIER, Establishment of new hazardous substances and development of analytical method in specified wastes (I), 2004.
8. Ministry of Environment Korea, Waste processing methods, 2009.
9. Ministry of Environment Korea, Soil processing methods, 2009.
10. NIER, A study on hazardous waste catalogue and discharging characteristics (III).
11. T.-W. Jeon and D.-J. Lee, A study on the characteristics of substances for hazardous waste from organic industries, Korea Society of Waste Management, **27**, 95-103 (2010).
12. S.-J. Kim and G.-J. Oh, Leaching characteristics of hazardous inorganic and organic substances in Korea (Wastes from mining, agriculture, wood, leather and petroleum refining), **26**, 401-408 (2009).
13. S.-W. Rhee and H.-S. Park, A study on the characteristics of unregulated substances for hazardous waste from organic chemical industries, **27**, 339-347 (2010).