

Total content characteristics of inorganic and organic substances from wastes from thermal processes

Jin-Mo Yeon, Woo-Il Kim, Young-Yeul Kang[★], Tae-Wan Jeon, Seong-Kyeong Jeong
Yoon-A Cho, Min-Sun Kim, Sun-Kyoung Shin and Gil-Jong Oh

National Institute of Environmental Research of Environmental Research, Incheon 404-170, Korea
(Received January 3, 2014; Revised July 14, 2014; Accepted July 14, 2014)

열처리 공정에서 발생하는 무기·유기물질류의 함량특성

연진모·김우일·강영렬[★]·전태완·정성경·조윤아·김민선·신선경·오길종

국립환경과학원 환경자원연구부 자원순환연구과
(2014. 1. 3. 접수, 2014. 7. 14. 수정, 2014. 7. 14. 승인)

Abstract: In this study, heavy metals, PCDD/PCDFs, PAHs in wastes generated from thermal processes were analyzed. Waste from lead thermal metalurgy (EWC 10 04) inorganic metal substances in the regulation were detected in the highest concentrations of Pb. EWC 10 04 seems to be a result of the dust. Waste from zinc thermal metalurgy (EWC 10 05) inorganic metal substances in the regulation were detected in high concentration of Zn. EWC 10 05 seems to be a result of the dust. Waste from copper thermal metalurgy (EWC 10 06) Cu in the 651,77 mg/kg to 651 times higher than regulation standard appeared in the copper thermal metallurgy process seems to be a result of dust. The concentrations of PCDD/PCDFs ranged from 0.0005~11.748 ng-TEQ/g in dust, 0.0027 ng-TEQ/g in fly ash. PCDD/PCDFs content was not detected in excessive value in regulation standard. PAHs concentration was in the range of ND~118.9 mg/kg in Naphthalene, ND~9.6 mg/kg in Phenanthrene, ND~48.4 mg/kg in Benzo[b]fluoranthene, ND~62.6 mg/kg in Benzo[a]pyrene, ND~10.7 mg/kg in Fluoranthene, ND~11.5 mg/kg in Benzo[a]anthracene.

요 약: 본 연구에서는 열처리 공정에서 발생하는 폐기물 중 무기물질류 15 종과, 유기물질류 24 종 (PCDD/PCDFs, PAHs)에 대한 배출 특성을 파악하고자 수행하였다. 납 열적 야금에서 발생하는 폐기물 (EWC 10 04)에서 규제 무기금속물질류 중 Pb는 가장 높은 농도를 보였다. 이는 EWC 10 04에서 분진으로 인한 결과로 판단된다. 아연 열적 야금에서 발생하는 폐기물(EWC 10 05)에서 규제 무기금속물질류 중 Zn이 높은 농도로 나타나 EWC 10 05에서 분진으로 인한 결과로 판단되며, 또한 구리 열적 야금에서 발생하는 폐기물(EWC 10 06)에서 Cu가 65,177 mg/kg으로 규제기준 (100 mg/kg)보다 651 배 높게 나타난 것은 EWC 10 06에서 분진으로 인한 결과로 판단된다. 분진은 다이옥신 0.0005~11.748 ng-TEQ/g으로 검출되었고, 소각재는 0.0027 ng-TEQ/g로 나타났다. 다이옥신의 규제기준을 초과하는 시료는 없는 것으로 조사되었다. PAHs의 함량은 Naphthalene는 ND~118.9 mg/kg, Phenanthrene는 ND~9.6 mg/

[★] Corresponding author

Phone : +82-(0)32-560-7506 Fax : +82-(0)32-568-1656

E-mail : kangyr@korea.kr

kg, Benzo[b]fluoranthene는 ND~48.4 mg/kg, Benzo[a]pyrene는 ND~62.6 mg/kg, Fluoranthene는 ND~10.7 mg/kg, Benzo[a]anthracene는 ND~11.5 mg/kg의 범위로 나타났다.

Key words: thermal processes, content, unregulated/regulated hazardous waste, PCDD/DFs, PAHs

1. 서 론

현대의 경제활동의 발전과 가속화로 인해 생활폐기물과 사업장 폐기물의 발생량이 증가함에 따라 다양한 유해물질이 배출되어 주변 환경의 오염이 가속화되고 있는 실정이다. 유해폐기물은 생활폐기물과 달리 유해 물질을 함유하고 있으므로, 환경오염을 방지하기 위해 이들 폐기물의 체계적인 관리가 필요하다.

특히, 분진, 소각재의 경우, 2001년도 지정폐기물 중 분진은 367,434톤/년, 소각재는 48,930.9톤/년이 발생하였으며, 2011년도 분진은 556,598톤/년으로 1.5 배, 소각재는 143,304톤/년으로 2.9 배가 증가했다.¹ 분진, 소각재에 함유 되어있는 유해중금속과, 다이옥신 등이 상당량 함유하고 있는 것으로 보고되고 있어 유해폐기물의 분류를 업종별, 공정별, 유해성분등에 의해 명확히 분류함으로써 폐기물을 적정하게 분류 관리하여 유해폐기물 목록의 세분화가 필요할 것으로 판단된다.²

이에 본 연구에서는 공정에서 발생하는 폐기물 중 열처리 공정에서 발생하는 폐기물을 국내 50 개 업체를 선정하여 현지조사하고, 분진, 소각재, 폐수처리오니 시료 중 「지정폐기물 중 미규제 유해물질의 규제 항목확대에 관한 연구」 결과를 토대로 현행 폐기물 관리법의 규제항목(Hg, Pb, Cd, As, Cu, Cr⁶⁺, CN)과 미규제 대상 무기물질류(Sb, Ni, F, V, Ba, Zn, Be, Se) 총 15 개 항목과, 유기물질류 (PCDD/PCDFs(17), PAHs(7))

14 개 항목에 대한 함량배출특성을 파악하였다. 또한 검출된 농도에 대하여 선행 연구에서 제안한 기준과 비교 검토하고자 하였다.^{3,4}

2. 시료채취 및 분석방법

2.1. 유해폐기물의 시료채취

국내 배출되는 지정폐기물 시료를 확보하기 위해 올바른 시스템에 등록된 사업장의 폐기물 자료, 화학물질 배출량자료 및 유럽 연합의 폐기물 배출 목록(European Waste Catalogue, EWC)을 토대로 열처리 공정에서 발생하는 폐기물(EWC 10)을 배출하는 사업장을 선정하여 현지조사 하였다. 선정된 50 개 업체를 방문하여 분진, 소각재, 폐수처리오니 등 49 건의 폐기물 시료를 채취하였다.

시료는 발전소와 기타 연소 시설 폐기물(EWC 10 01), 알루미늄 열적 야금에서 발생하는 폐기물(EWC 10 03), 납 열적 야금에서 발생하는 폐기물(EWC 10 04), 아연 열적 야금에서 발생하는 폐기물(EWC 10 05), 구리 열적 야금에서 발생하는 폐기물(EWC 10 06), 기타 비철 열적 야금에서 발생하는 폐기물(EWC 10 08), 유리와 유리제품 제조 시 발생하는 폐기물(EWC 10 11), 세라믹 제품, 벽돌, 타일, 건축부품의 제조 시 발생하는 폐기물(EWC 10 12)이며, Table 1은 EWC 공정별로 시료채취 현황을 나타내었다. 무기물질류 중

Table 1. Status of sample according to the EWC(EU waste code) 10 classification

Code	EU Waste List	Samples			
		Dust	Ash	Sludge	Total
10 01	wastes from power stations and other combustion plants (except 19)	6	2	3	11
10 03	wastes from aluminium thermal metallurgy	6	1	2	9
10 04	wastes from lead thermal metallurgy	3	-	1	4
10 05	wastes from zinc thermal metallurgy	2	-	3	5
10 06	wastes from copper thermal metallurgy	1	-	2	3
10 08	wastes from other non-ferrous thermal metallurgy	2	-	2	4
10 11	wastes from manufacture of glass and glass products	3	-	6	9
10 12	wastes from manufacture of ceramic goods, bricks, tiles and construction products	2	-	2	4
Total		25	3	21	49

금속은 총 49 건 (분진 25건, 소각재 3 건, 오폐수 21 건), 유기물질류 중 PCDD/PCDFs는 8 건 (분진 7 건, 소각재 1 건), 그리고 PAHs는 폐수처리오니 19 건을 분석하였다.

2.2. 분석항목과 시험분석방법

분석항목은 무기물질류와 유기물질류로 구분하였다.

국립환경과학원의 「폐기물 중 미규제 유해물질 시험 방법 표준화에 관한 연구」⁵를 근거로 하여, 중금속 규제, 미규제 항목 초 15 개 항목을 준용하여 수행하였고, 유기물질류 2 개 항목은 국립환경과학원에서 수행된 「지정폐기물중 신규 유해물질의 항목 설정 및 시험방법 확립에 관한 연구」^{6,7}를 준용하여 수행하였다.

Ba, Be, Sb, Se, Ni, V, Zn, Cu, Pb, Cd, As, Hg 항

Table 2. Concentration of inorganic substances present in waste from various processes

EU Code	No. of sample	Concentration (mg/kg)						
		Cd	Cu	Pb	As	Cr ⁶⁺	CN	Hg
10 01	11	219.35 (ND~1841.92)	1291.06 (2.11~4416.08)	5281.48 (5.03~33731.77)	8.30 (ND~12.49)	ND	140.38 (ND~625.72)	0.1315 (ND~0.451)
10 03	9	36.81 (0.04~144.43)	791.36 (ND~3693.24)	910.92 (ND~3063.49)	8.79 (ND~23.53)	ND	1136.00 (ND~5764.91)	0.2087 (ND~0.3755)
10 04	4	171.56 (1.48~570.53)	771.31 (14.11~2933.79)	298357.91 (38.58~653486.48)	9.97 (2.96~21.00)	ND	3850.27 (ND~10957.47)	0.6544 (ND~1.9106)
10 05	5	430.15 (0.57~1844.86)	3499.13 (ND~13652.79)	187538.97 (ND~744199.60)	9.14 (ND~20.56)	ND	69.84 (4.98~123.09)	1.3001 (0.0269~6.1408)
10 06	3	389.11 (1.04~1160.53)	65177.15 (4.81~112264.31)	9058.68 (19.45~27087.61)	2.99 (ND~2.99)	10.80 (ND~1080)	96.88 (ND~161.98)	1.1931 (ND~2.3705)
10 08	4	89.62 (0.24~355.91)	10534.03 (ND~41348.53)	9243.054 (9.48~36877.04)	5.52 (ND~5.52)	ND	195.27 (23.09~614.00)	3.64623 (0.0338~14.0901)
10 11	9	11.32 (0.05~88.76)	116.56 (ND~428.49)	1835.55 (ND~12385.07)	23.36 (ND~56.65)	ND	116.57 (ND~419.37)	0.1488 (ND~0.3682)
10 12	4	2.14 (0.08~5.50)	143.69 (1.24~555.45)	6855.83 (181.81~26265.12)	9.42 (ND~9.70)	7.80 (ND~7.80)	9.47 (ND~18.67)	0.0299 (0.0103~0.0704)
Proposed criteria (mg/kg)		5	100	100	50	20	200	0.5

Table 3. Concentration of inorganic substances present in waste from various processes

EU Code	No. of sample	Concentration (mg/kg)							
		Ba	Be	Ni	Sb	Se	V	Zn	F
10 01	11	710.13 (ND~1168.66)	2.06 (ND~4.55)	3244.72 (ND~21099.37)	750.50 (7.00~7158.35)	100.07 (ND~434.68)	29.54 (ND~85.85)	23329.89 (12.31~154502.66)	109.79 (ND~348.28)
10 03	9	731.02 (ND~1269.57)	1.05 (ND~2.43)	1772.11 (ND~2869.59)	74.12 (ND~290.06)	22.28 (ND~72.08)	61.44 (ND~295.60)	8037.40 (1.25~23386.44)	1367.39 (4.35~4788.40)
10 04	4	ND	0.97 (ND~1.06)	1495.21 (ND~2481.58)	176.32 (3.55~462.07)	105.00 (ND~129.29)	ND	53128.45 (166.51~197453.00)	25.69 (0.29~54.61)
10 05	5	83.15 (ND~83.15)	2.18 (ND~6.17)	3747.03 (ND~10067.85)	151.15 (11.75~621.73)	131.38 (ND~267.68)	8.02 (ND~5.61)	145435.98 (203.38~602561.20)	295.31 (ND~822.17)
10 06	3	ND	8.50 (0.01~16.34)	2567.69 (ND~256.69)	44.04 (ND~71.37)	11.05 (5.34~19.96)	13.74 (ND~26.26)	41226.38 (193.10~91014.95)	82.48 (0.54~162.90)
10 08	4	118.99 (ND~118.99)	15.99 (ND~31.86)	1458.87 (ND~2576.67)	22.32 (0.79~41.72)	19.48 (ND~40.14)	4.34 (ND~8.73)	110939.47 (5.62~443561.65)	365.73 (5.50~1271.02)
10 11	9	178.83 (ND~334.16)	1.38 (ND~2.04)	12824.48 (ND~90195.40)	170.84 (1.08~1431.52)	85.20 (ND~568.48)	108.33 (ND~356.56)	747.85 (76.92~5302.58)	2310.98 (ND~17708.75)
10 12	4	3016.08 (ND~5436.42)	1.07 (0.52~2.05)	1530.18 (ND~2833.89)	18.78 (16.26~22.30)	ND	9.69 (7.02~15.18)	17326.27 (311.06~61790.52)	101.96 (10.94~260.99)
Proposed criteria (mg/kg)		500	5	500	50	50	200	1000	500

목은 마이크로웨이브(US/Mars5, Cem Innovators)로 질산분해 후, ICP-OES, AAS를 사용하여 분석하였다. CN은 시안증류장치로 전처리 후 UV-VIS로 분석하였고, F는 란탄 알리자닌-자외선/가시선 분광광도법으로, Cr⁶⁺은 UV-VIS로 분석하였다.

PCDD/PCDFs는 시료 30 g을 속실렛으로 추출한 후 다층실리카겔과 알루미늄 컬럼으로 정제하고 HRGC/HRMS로 검출하여 분석하였고, PAHs는 시료 30 g을 속실렛으로 추출한 후 5% 함수실리카/알루미늄 컬럼에 정제하여 GC/MSD로 검출하여 분석하였다.⁸

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 현행 폐기물관리법 시행규칙 별표 1에서 관리되는 무기물질류 7종과, 미규제 무기물질류 8종, 잔류성유기오염물질관리법과 해양환경관리법에서 관리되고 있는 미규제 유기물질류 (PCDD/PCDFs, PAHs) 24종의 함량분석결과를 국립환경과학원의 「지정폐기물중 유해물질 규제항목 확대에 관한 연구(I), (II)」^{3,4}에서 제시된 무기물질류의 함량기준값 및 미규제 유기물질류의 제안기준값과 비교·검토하였다.

3.1. 무기물질의 함량특성

총 49건의 폐기물 시료에 대하여 규제 무기금속물질류 7종과 미규제 무기금속물질류 8종을 함량 분석하였으며, 그 결과를 Table 2~3과 Fig. 1~2에 나타냈다.

Table 2와 Fig. 1에서 보는 바와 같이 EWC 10 01 (발전소와 기타 연소시설에서 발생된 폐기물)에서 규제 무기금속물질류 중 Cd의 농도가 규제 기준 농도(5 mg/kg)를 15 배 이상 초과하였고, Cu와, Pb의 평균농도는 각각 1,291.06 mg/kg, 5,281.48 mg/kg으로 규제

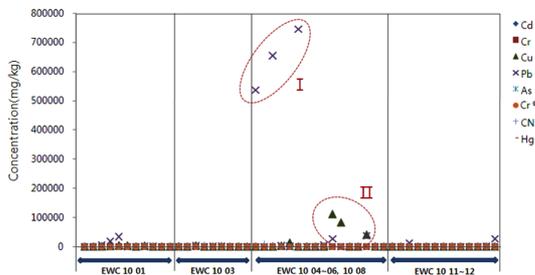


Fig. 1. Total content of Cd, Cr, Cu, Pb, As, Cr⁶⁺, CN, Hg based on EU waste code. (I: Wastes from zinc, lead thermal metallurgy, II: Wastes from copper thermal metallurgy)

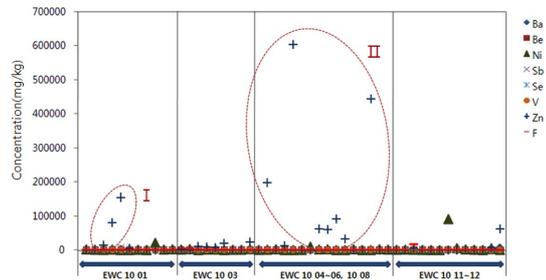


Fig. 2. Total content of Ba, Be, Ni, Sb, Se, V, Zn, F based on EU waste code. (I: Wastes from power stations and other combustion plants, II: Wastes from lead thermal metallurgy)

기준 농도를 초과하였다. 특히, EWC 10 01 14(혼합소각 과정에서 발생한 바닥재, 슬래그, 보일러 더스트)공정의 시료에서 Pb의 경우 330 배 이상으로 조사되었다. 또한 미규제 무기금속물질류 중 Ba, Ni, Zn에서 초과하였고, Sb에서는 제안기준농도(50 mg/kg)보다 143 배 이상 높게 검출되었다.

EWC 10 03 (알루미늄 열적 야금에서 발생하는 폐기물)에서는 Cd, CN의 농도가 규제 기준 농도의 각각 5 mg/kg, 200 mg/kg보다 각각 28 배씩 높은 것으로 조사되었고, Cu, Pb의 경우, 대부분의 시료에서 규제 기준을 초과한 것으로 조사되었다. 미규제 무기금속물질류는 Be, V를 제외한 나머지 항목에서 기준 농도를 초과하였고, F에서 산술평균값 1,367.39 mg/kg으로 나타났고, 제안기준(500 mg/kg)보다 9 배 이상 높게 검출되었다. EWC 10 04(납 열적 야금에서 발생하는 폐기물)에서 As, Cr⁶⁺를 제외한 모든 항목에서 규제기준을 초과한 것으로 나타났고, 특히 Pb에서는 298,357.91 mg/kg으로 가장 높은 농도를 보였다. 이는 납 열적 야금과정 중 발생하는 분진으로 인한 결과로 판단된다. 미규제 무기금속물질류는 Ni 1,495.21 mg/kg, Zn 53,128.45 mg/kg으로 제안기준을 초과하였다.

EWC 10 05 (아연 열적 야금에서 발생하는 폐기물)에서 규제 무기금속물질류는 Cd, Cu, Pb, Hg에서 각각 규제기준을 초과하였고, 미규제 무기금속물질류는 Ba, V 제외한 모든 항목에서 제안기준을 초과하였으며, Zn은 145,435.98 mg/kg으로 높은 농도를 나타내었다. 아연 열적 야금과정 중 발생된 분진으로 인한 결과로 판단되며, 또한 EWC 10 06 (구리 열적 야금에서 발생하는 폐기물)에서 Cu가 65,177 mg/kg으로 규제기준 (100 mg/kg)보다 651 배 높게 나타난 것은 구리 열적 야금과정 중 발생된 분진으로 인한 결과로

판단된다.

EWC 10 08(기타 비철 열적 야금에서 발생하는 폐기물)에서 규제 무기금속물질류는 Cd, Cu, Pb, CN, Hg에서 각 규제기준을 초과하였고, 미규제 무기금속물질류는 Ba, Sb, Se, V가 제안기준 이내로 검출되었다. EWC 10 11(유리와 유리제품 제조 시 발생하는 폐기물)는 Cd, Cu, Pb, As, CN을 제외한 나머지 항목에서 규제기준 이내로 검출되었고, 미규제 무기금속물질류는 산술평균값으로 Ni 12,824.48 mg/kg, Sb 170.84 mg/kg, Se 85.20 mg/kg, Zn 747.85 mg/kg, F 2,310.98 mg/kg이었으며, 각 항목의 제안 기준(Ni 500 mg/kg, Sb 50 mg/kg, Se 50 mg/kg, Zn 1000 mg/kg, F 500 mg/kg)을 초과하였다. EWC 10 12(세라믹 제품, 벽돌, 타일, 건축부품의 제조 시 발생)는 Pb(181.81~26,265.12 mg/kg)에서 규제기준을 초과하였고, Ba(ND~5,436.42 mg/kg), Ni(ND~2,833.89 mg/kg), Zn(311.06~61,790.52 mg/kg)인 미규제 무기금속물질류에서 제안 기준을 초과하였다.⁹

3.2. 유기물질의 함량특성

3.2.1. 다이옥신류(PCDD/DFs)

최근 환경 잔류성 유기오염물질(POPs)에 대한 규제 기준을 설정하여 관리하는 POPs 지침서가 바젤협약에서 채택되어 다이옥신함유 폐기물의 규제기준이 15 ng-TEQ/g으로 설정하였다.

본 연구에서는 EWC 10 01 (발전소와 기타 연소시설 폐기물), EWC 10 03 (알루미늄 열적 야금에서 발생하는 폐기물), EWC 10 06 (구리 열적 야금에서 발생하는 폐기물)의 시료 총 8건의 폐기물 시료, 분진(7

종), 소각재(1 건)을 함량 분석하였다. 분석 결과 분진의 다이옥신 농도는 0.0005~11.748 ng-TEQ/g으로 검출되었고, 소각재는 0.0027 ng-TEQ/g로 나타났다(Fig. 3).

Fig. 3에서 보는 것과 같이 다이옥신의 농도가 규제 기준을 초과하는 시료는 없는 것으로 조사되었다. EWC 10 03 (알루미늄 열적 야금에서 발생하는 폐기물)과 EWC 10 06 (구리 열적 야금에서 발생하는 폐기물) 중 분진에서 각각 11.514 ng-TEQ/g, 11.735 ng-TEQ/g으로 다른 시료들에 비해 높은 것으로 검출되었으며, 야금 공정 중 다이옥신이 발생하는 것으로 보고 되고 있다.¹⁰

3.2.2. 다환방향족탄화수소류(PAHs)

PAHs는 여러 개의 벤젠 고리가 연결된 방향족탄화수소로 유기물의 불완전 연소 과정에서 주로 발생하고 소량의 노출에도 암을 유발하는 것으로 나타났다. 미국 환경보호청(EPA)은 이 PAHs 중 16 종을 유해성이 있는 물질로 지정하여 관리하고 있다. 이 중 벤젠 고리 5 개로 이루어진 Benzo(a)pyrene는 세계보건기구(WHO) 산하 국제 암연구소(IARC)에서 인체에 발암성이 있는 물질 (Group 1은 인체발암물질, Group 2A는 유력한 인체발암물질, Group 2B는 가능한 인체발암물질, Group 3은 인체 발암물질로 분류할 수 없는 물질, Group 4는 유력하지 않은 인체발암성)로 분류하고 있다.^{11,12}

현재 우리나라의 해양배출 규제 대상 항목은 Naphthalene(Nap), Phenanthrene (Phen), Anthracene (Ant), Benzo[a]pyrene (B[a]P), Fluoranthene (Flt), Benzo[a]anthracene (B[a]A, Benzo[b]fluoranthene(B[b]F) 등 7 종이며, 2005년 발효된 런던협약의 규제대상 7 종이 각각 제 1기준, 제 2기준으로 되어 있으며 국내 폐기물의 해양배출처리기준에도 제 1기준과 제 2기준(Nap, Ant, B(b)F:4/0.8, Phen, B(a)A:5/1, Flt:10/2.5, B(a)P: 4.5/0.9 mg/kg)으로 관리되고 있다.

본 연구에서는 Fig. 4에서 보는 것과 같이 PAHs의 배출특성을 나타내었다. 시료 19 건은 EWC 10 01, 10 03~10 06, 10 08, 10 11, 10 12의 공정에서 발생된 오톤류를 함량 분석하였다.

PAHs의 함량농도는 Naphthalene는 ND~118.9 mg/kg, Phenanthrene는 ND~9.6 mg/kg, Benzo[b]fluoranthene은 ND~48.4 mg/kg, Benzo[a]pyrene는 ND~62.6 mg/kg, Fluoranthene는 ND~10.7 mg/kg, Benzo[a]anthracene는 ND~11.5 mg/kg의 범위로 나타났다. 제 1기준으로 비교했을 때 Naphthalene는 5 건, Phenanthrene는 4 건,

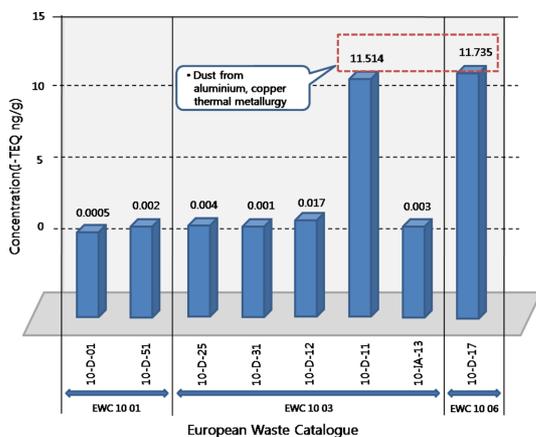


Fig. 3. The result of PCDD/DFs.

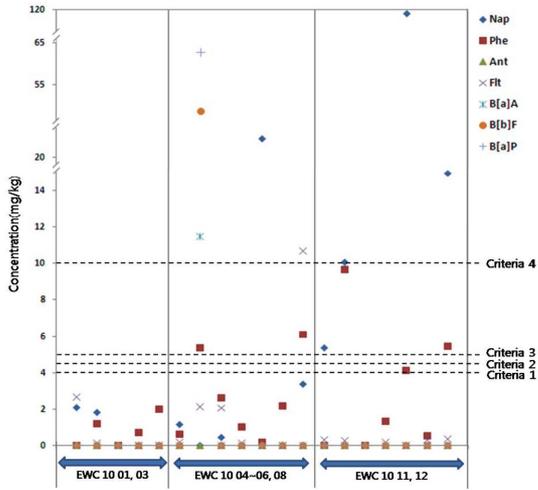


Fig. 4. PAHs concentration distribution on EU waste code. (criteria 1 : Nap, Ant, B[b]F (4 mg/kg), criteria 2 : B[a]P (4.5 mg/kg), criteria 3 : Phe, B[a]A (5 mg/kg), criteria 4 : Flt (10 mg/kg))

Benzo[a]pyrene는 1 건, Fluoranthene는 1 건, Benzo[a]anthracene는 1 건, Benzo[b]fluoranthene는 1 건이 초과되었다.

4. 결 론

열처리 공정에서 발생하는 폐기물을 배출하는 업체를 선정하여 현지조사하고, 분진, 소각재, 오토유 등의 폐기물 시료를 채취 및 무기물질류 중금속, PCDD/PCDFs, PAHs 항목의 분석을 통해 배출 특성을 파악하였다.

1. EWC 10 04(납 열적 야금에서 발생하는 폐기물)에서 규제 무기금속물질류 중 Pb은 가장 높은 농도를 보였다. 이는 납 열적 야금과정 중 발생하는 분진으로 인한 결과로 판단된다. EWC 10 05 (아연 열적 야금에서 발생하는 폐기물)에서 규제 무기금속물질류는 Cd, Cu, Pb, Hg에서 각각 규제기준을 초과하였고, 미규제 무기금속물질류는 Ba, V 제외한 모든 항목에서 제안기준을 초과하였으며, Zn은 145435.98 mg/kg으로 높은 농도를 나타내었다. 아연 열적 야금과정 중 발생된 분진으로 인한 결과로 판단되며, 또한 EWC 10 06 (구리 열적 야금에서 발생하는 폐기물)에서 Cu가 65177 mg/kg으로 규제기준 (100mg/kg)보다 651 배 높게 나타난 것은 구리 열적 야금과정 중 발생된 분진으로 인한 결과로 판단된다.

2. 분진의 다이옥신 농도는 0.0005~11.748 ng-TEQ/g으로 검출되었고, 소각재는 0.0027 ng-TEQ/g로 나타났다. 다이옥신의 농도가 규제기준을 초과하는 시료는 없는 것으로 조사되었다. EWC 10 03 (알루미늄 열적 야금에서 발생하는 폐기물)과 EWC 10 06 (구리 열적 야금에서 발생하는 폐기물) 중 분진에서 각각 11.514 ng-TEQ/g, 11.735 ng-TEQ/g으로 다른 시료들에 비해 높은 것으로 검출되었으며, 야금 공정 중 다이옥신이 발생하는 것으로 보고되고 있다.

3. PAHs의 함량농도는 Naphthalene는 ND~118.9 mg/kg, Phenanthrene는 ND~9.6 mg/kg, Benzo[b]fluoranthene은 ND~48.4 mg/kg, Benzo[a]pyrene는 ND~62.6 mg/kg, Fluoranthene는 ND~10.7 mg/kg, Benzo[a]anthracene는 ND~11.5 mg/kg의 범위로 나타났다. 제 1기준(Nap, Ant, B(b)F:4, Phen, B(a)A:5, Flt:10, B(a)P:4.5 mg/kg)으로 비교했을 때 Naphthalene는 5 건, Phenanthrene는 4 건, Benzo[a]pyrene는 1 건, Fluoranthene는 1 건, Benzo[a]anthracene는 1 건, Benzo[b]fluoranthene는 1 건이 초과되었다.

참고문헌

1. Ministry of Environment, 'National waste statistics and research (2011~2012)', 2013.
2. T.-W. Jeon, D.-J. Lee, J.-I. Yoon, G.-J. Oh and D.-G. Hwang, *J. Kor. Coc. Environ. Eng.*, **31**(6), 449-453 (2009).
3. National Institute of Environmental Research, 'Extension on Regulation Items of Unregulated Hazardous Substances in Specified Wastes(I)', 2006.
4. National Institute of Environmental Research, 'Extension on Regulation Items of Unregulated Hazardous Substances in Specified Wastes(II)', 2007.
5. National Institute of Environmental Research, 'Standardization of Test Methods for Unregulated Hazardous Substances in Waste (Inorganics)(I)', 2008.
6. National Institute of Environmental Research, 'Establishment of new hazardous substances and development of analytical method in specified wastes(I)', 2004.
7. National Institute of Environmental Research, 'Establishment of new hazardous substances and development of analytical method in specified wastes(II)', 2005.
8. Ministry of Environment, 'Korean Standard Methods', 2011.

9. S.-J. Kim and G.-J. Oh, *J. of Korea Society of Waste Management*, **27**(2), 95-103 (2010).
10. Wayne Brubaker, W. and Ronald, A. Hites, *Environ. Sci. Technol.*, **31**, 1805-1810 (1997).
11. National Institute of Environmental Research, 'A study on Hazardous Waste Catalogue and Discharging Characteristics (IV)', 2011.
12. National Institute of Environmental Research, 'A study on Hazardous Waste Catalogue and Discharging Characteristics (V)', 2012.