

그림 1. 행정구역별 지점 배분율

- ▷ 표 2는 최근 5년간 오염원별 조사지점 수의 변화를 나타낸 것으로 '08년부터 어린이놀이 터에 대한 조사지점 수의 증가시켜 왔으며, 2010년은 금속광산주변지역은 별도 조사업무로 분리하여 실시함으로 한 지점도 조사대상에 포함되지 않았지만 2011년에는 가용광산인 보배광산이 대상에 포함되었다.
- ▷ 그림 2는 10개 오염원별 조사지점 비율을 나타낸 그림으로 어린이놀이터 44%, 공장및 공업지역이 18%로 전체 조사비율의 절반이상을 차지하였으며, 다음으로 교통관련시설 15%, 폐기물적차·매립·소각등지역 11% 순으로 지점을 선정하였다.

표 2. 오염원 지역별 조사지점 수

오염원지역별\연도별	'11	'10	'09	'08.	'07.
계	178	176	302	189	101
공장 및 공업지역	32	31	19	28	24
공장폐수유입지역	2	3	2	3	3
원광석고철야적등지역	9	14	158	28	7
금속제련소주변 지역	0	1	1	3	3
폐기물 관련지역	20	15	21	19	22
금속광산주변지역	1	0	12	14	14
교통관련시설지역	27	21	13	12	12
사고발생, 민원 등 지역	5	6	4	5	4
어린이놀이터 지역	78	72	67	69	4
기타 토지개발 등 지역	4	13	5	8	8

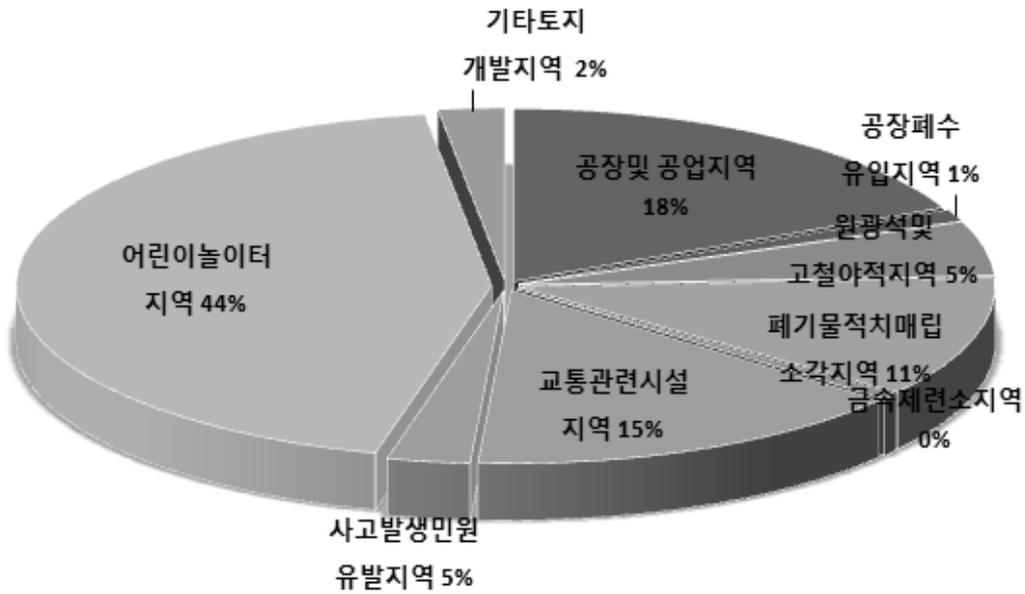


그림 2. 2011년도 10개 오염원지역별 조사비율

- ▷ 지목별 조사지점 수를 비교해 보면 1지역은 총90개소로 공원이 62개소(34.8 %) 가장 많은 비율을 차지하였으며, 다음으로 학교용지 18개소(10.2 %) 순으로 나타났으며,
- ▷ 2지역은 총22개소로 대지(2지역) 16개소(9.0 %), 하천부지 3개소(1.7 %)순이었으며,
- ▷ 3지역은 총63개소로 공장용지 23개소(12.9 %), 잡종지(3지역) 18개소(10.1 %)순으로 조사되었다.

표 3. 최근 3년간 지목별 조사지점 수 비교

연별	지점수	1지역					2지역				3지역						
		답	전	공원	학교용지	대지(1지역)	임야	하천	대지(2지역)	잡종지(2지역)	주유소	공장용지	철도용지	도로	주차장	제방	잡종지(3지역)
2011	178	7	2	62	13	6	3	3	16	-	4	23	15	2	1	-	18
2010	176	11	2	55	18	1	4	6	21	2	4	21	9	2	1	2	17
2009	302	98	51	51	13	32	10	3	-	-	-	18	2	2	-	-	22
2009 지목별 기준		가 지역								나 지역							

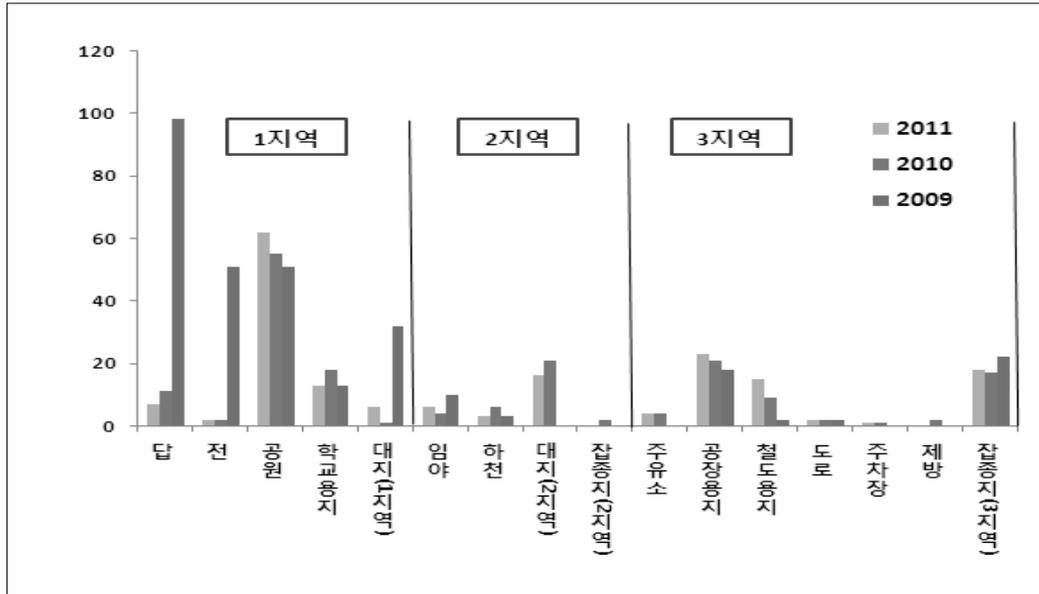


그림 3. 최근 3년간 지목별 조사지점수 비교

○ 토양오염우려기준이 적용되는 지역구분 및 토양기준(2009.6 개정)

- ▷ 1지역은 「지적법」에 따른 지목이 전·답·과수원·목장용지·광천지·대(「지적법 시행령」 제5조제8호가목 중 주거의 용도로 사용되는 부지만 해당한다)·학교용지·구거(溝渠)·양어장·공원·사적지·묘지인 지역과 「어린이놀이시설 안전관리법」 제2조제2호에 따른 어린이 놀이시설(실외에 설치된 경우에만 적용한다) 부지를 말한다.
- ▷ 2지역은 「지적법」에 따른 지목이 임야·염전·대(1지역에 해당하는 부지 외의 모든 대를 말한다)·창고용지·하천·유지·수도용지·체육용지·유원지·종교용지 및 잡종지(「지적법 시행령」 제5조제28호가목 또는 다목에 해당하는 부지만 해당한다)인 지역을 말한다.
- ▷ 3지역은 「지적법」에 따른 지목이 공장용지·주차장·주유소용지·도로·철도용지·제방·잡종지(2지역에 해당하는 부지 외의 모든 잡종지를 말한다)인 지역과 「국방·군사시설 사업에 관한 법률」 제2조제1항제1호부터 제5호까지에서 규정한 국방·군사시설 부지를 말한다.
- ▷ 토양오염우려 및 대책기준
  - 토양오염우려기준은 토양환경보전법 제4조의2에 “사람의 건강, 재산이나 동물·식물의 생육에 지장을 초래할 우려가 있는 토양오염의 기준”으로 정의하며,
  - 토양오염대책기준은 같은법 제16조 “우려기준을 초과하여 사람의 건강 및 재산과 동식물의 생육에 지장을 주어서 토양오염에 대한 대책을 필요로 하는 토양오염의 기준”으로 정의하고 있다.
  - 조사결과는 우선적으로 토양오염우려기준을 중심으로 조사내용을 검토하였으며, 표 2는 토양환경보전법 시행규칙 제1조에 의한 토양오염 우려기준과 대책기준을 나타냈다.

표 4. 개정후 토양오염물질과 기준(2010년이후 적용)

(단위 : mg/Kg)

물 질	우려기준(제1조의5)			대책기준(제20조)		
	1지역	2지역	3지역	1지역	2지역	3지역
카드뮴	4	10	60	12	30	180
구리	150	500	2,000	450	1,500	6,000
비소	25	50	200	75	150	600
수은	4	10	20	12	30	60
납	200	400	700	600	1,200	2,100
6가크롬	5	15	40	15	45	120
아연	300	600	2,000	900	1,800	5,000
니켈	100	200	500	300	600	1,500
불소	400	400	800	800	800	2,000
유기인화합물	10	10	30	-	-	-
폴리클로리네이티드비페닐	1	4	12	3	12	36
시안	2	2	120	5	5	300
페놀	4	4	20	10	10	50
벤젠	1	1	3	3	3	9
톨루엔	20	20	60	60	60	180
에틸벤젠	50	50	340	150	150	1,020
크실렌	15	15	45	45	45	135
석유계총탄화수소(TPH)	500	800	2,000	2,000	2,400	6,000
트리클로로에틸렌(TCE)	8	8	40	24	24	120
테트라클로로에틸렌(PCE)	4	4	25	12	12	75
벤조(a)피렌	0.7	2	7	2	6	21

표 5. 개정전 토양오염물질과 기준(2009년이전 적용)

(단위 : mg/Kg)

물 질	우려기준(제1조의5)		대책기준(제20조)	
	가 지역	나 지역	가 지역	나 지역
카드뮴	1.5	12	4	30
구리	50	200	125	500
비소	6	20	15	50
수은	4	16	10	40
납	100	400	300	1,000
6가크롬	4	12	10	30
아연	300	800	700	2,000
니켈	40	160	100	400
불소	400	800	800	2,000
유기인화합물	10	30	-	-
폴리클로리네이티드비페닐	-	12	-	30
시안	2	120	5	300
페놀	4	20	10	50
유류(동식물성 제외)				
- 벤젠-톨루엔-에틸벤젠-크실렌(BTEX)	-	80	-	200
- 석유계총탄화수소(TPH)	500	2,000	1,200	5,000
트리클로로에틸렌(TCE)	8	40	20	100
테트라클로로에틸렌(PCE)	4	24	10	60

○ 토양시료채취 방법 교육 : 구군 담당자

▷ 시료채취 방법

- 토양오염실태조사 지침에 따라 농경지는 대상지역 내에서 지그재그 형으로 5 ~ 10개 지점(그림 4, 앞)에서 채취하며,
- 공장지역, 매립지역, 시가지 지역 등 기타지역의 경우는 대상지역의 중심이 되는 1개 지점과 주변 4방위의 5 ~ 10 m 거리에 있는 1개 지점씩 총 5개 지점을 선정(그림 4, 뒤)
- 유기인 화합물, PCB, CN, Hg, 페놀류, TCE, PCE, BTEX, TPH 시료는 농경지 또는 기타 지역의 구분에 관계없이 대상지역에서 대표치를 구할 수 있는 1개 지점을 선정하고,
- 자료 및 현장조사를 통하여 지형, 풍향, 지하수 유동을 고려하여 대표지점을 선정.
- 선정된 지점에서 토양시료채취는 토양오염공정시험기준(환경부고시 제2009-255호, 2009.10.29.) ES 07130 시료의 채취 및 조제에 따르도록 하였다.

▷ 오염원에 따른 시료채취

- 토양시료채취는 오염원이 대기나 수질에 의한 경우 표토를 중심으로 채취하고, 지하저장 시설, 매립지 등에 의한 경우는 표토부터 오염개연성이 있는 깊이까지 표층, 중간층, 심토층의 시료를 채취, 그 외 현장의 여건에 따라 적절히 판단하여 채취토록 하였다.

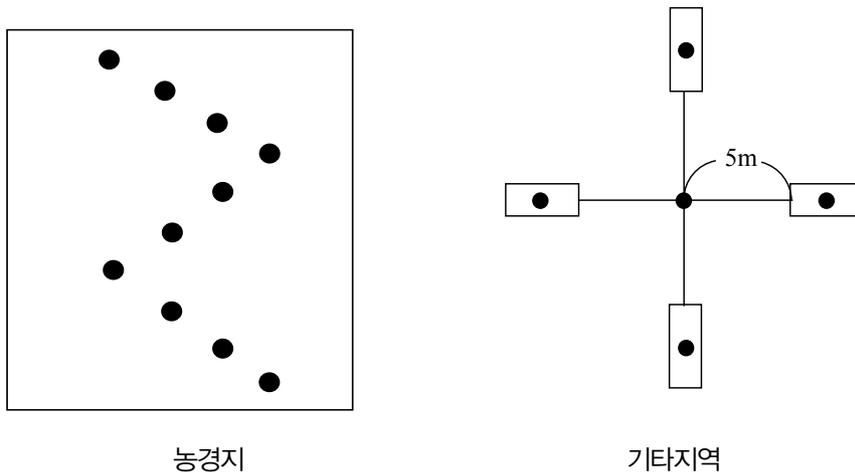


그림 4. 시료채취 방법

○ 조사항목

- ▷ 조사항목은 토양환경보전법 제2조의 2호 및 같은법 시행규칙 제1조에 규정한 토양오염물질 21개 및 토양 pH 등 총 22개 항목으로, 중금속류 8개 항목(Pb, Cd, Cu, Cr<sup>+6</sup>, As, Zn, Ni, Hg)과 F, 유류(벤젠·톨루엔·에틸벤젠·크실렌, BTEX), 석유계총탄화수소(TPH), 기타(TCE, PCE, CN, PCB, 페놀, 유기인, 벤조(a)피렌), pH항목이다.

- ▷ 중금속의 경우, 주된 중금속과 함께 부수적으로 검출될 수 있는 항목, 유류의 경우 유종에 따라 BTEX, TPH 등 해당 항목, 유기용제류는 TCE, PCE 등을 각각 조사하였다.
- 시료의 전처리 및 분석
  - ▷ 10개 오염원지역 178개소에 대해 234개 시료를 토양오염공정시험기준(환경부고시 제 2009-255호, 2009.10.29.) ES 07130 시료의 채취 및 조제에 따라 시료를 처리하여 토양오염공정시험기준의 항목별 시험방법에 따라 분석하였다.
- 분석장비
  - ▷ 중금속 분석은 ICP, 수은분석기(Mercury Analyzer)를 사용하였으며, 휘발성물질은 GC(FID, ECD, NPD), GC/MSD, 그 외 항목은 UV, pH meter 등을 이용하여 분석하였다.

### 3. 조사결과 고찰

- 조사대상 178개소 중 토양오염 우려기준 이내는 172개소(96.6 %)였으며, 우려기준 초과는 6개소(3.4 %)로 원광석·고철야적등지역 3, 폐기물적치·매립·소각등지역 3개 지역에서 초과되었음.
- 초과항목은 Cd, Cu, Pb, Zn, TPH이었음.

※ 우려기준 : 토양오염우려기준, 대책기준 : 토양오염대책기준

- 조사개요
  - ▷ 2008년부터 시료채취는 해당 구군, 분석은 보건환경연구원과 같이 2원화 방식으로 변경하여 시행하고 있으며, 이와 같은 방식은 보건환경연구원의 업무효율을 높여주었다.
  - ▷ 조사대상은 총 178개소로 어린이놀이터지역이 78개 지점(44 %), 공장및공업시설지역이 32개 지점(18 %) 및 교통관련시설 27개소(15 %)를 차지하였으며, 총 178개소 지점에서 오염원 지역별로 표토, 중간 및 심토를 포함한 234개 시료를 의뢰받아 토양오염물질 중 BTEX, PCB, 유기인, 불소 등 일부 항목은 토지사용 이력에 따라 선별적으로 분석하였다.
- 조사결과
 

10개 오염원지역에서 178개소의 표토(178개), 중간 및 심토(56개)를 포함한 234개의 시료를 분석한 결과는 다음과 같다.

  - ▷ 토양오염우려기준 이내는 총 178개소 중 172개소(96.6 %)였으며, 우려기준 초과한 곳은 6개소(3.4 %)로 전년도 초과율 3.4 %와 같았다.
  - ▷ 우려기준을 초과한 6개소가 속한 오염원지역은 원광석·고철야적등지역 3, 폐기물적치·매립·소각등지역 3개소였으며(표 6 참조), 전년도 폐기물적치·매립·소각등지역 3, 원광석·고철야적등지역 1, 금속제련소지역 1, 교통관련시설지역 1개소 총 6개소와 개소수는 같았

으나 지역은 보다 한정적이었다.

- ▷ 우려기준을 초과한 항목은 카드뮴, 구리, 납, 아연, TPH 5개 항목이었으며, 각 항목별 초과 횟수는 카드뮴 1, 구리 2, 납 2, 아연 3, TPH 3회로 조사되었다. 오염원지역별 초과항목 수는 원광석·고철야적등지역 8, 폐기물적치·매립·소각등지역 3개 항목이었다.
- ▷ 2011년도 조사된 각 항목별 평균농도는 Cd 2.12 mg/Kg (1.61 mg/Kg, 10년 자료 : 이하 동일), Cu 60.39 mg/Kg (78.60 mg/Kg), As 6.54 mg/Kg (5.89 mg/Kg), Hg 0.07 mg/Kg (0.01 mg/Kg), Pb 50.54 mg/Kg (44.05 mg/Kg), CN 0.01 mg/Kg (0.23 mg/Kg), TPH 289 mg/Kg (317 mg/Kg), Ni 12.67 mg/Kg (12.74 mg/Kg), Zn 172.62 mg/Kg (173.55 mg/Kg), F 160 mg/Kg (85 mg/Kg), pH 8.0 (8.1), 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TCE, PCE, 6가크롬, PCB, phenol, 유기인, 벤조(a)피렌은 불검출로 조사되었다.

표 6. 2011년 토양오염실태조사 토양오염 우려기준 초과지점 현황

연번	조사 지역명	조사지역 종류	소재지	채취 깊이	초과항목 오염도 (기준, mg/kg)
1	상호없음	원광석·고철야적등지역	강서구 대저2동	표토	카드뮴 4.66(4) 구리 3844.33(150) 납 405.17(200) TPH 1669(500) 아연 659.27(300)
				중간토	카드뮴 4.07(4) 구리 745.38(150) 납 308.20(200) 아연 353.38(300)
2	선창철강	원광석·고철야적등지역	강서구 대저2동	표토	구리 194.53(500) TPH 1502(800)
3	만도자원	원광석·고철야적등지역	강서구 대저2동	표토	납 244.87(400)
4	(주)동아유화	폐기물적치·매립·소각등지역	사상구 감전동	표토	아연 1350.75(600)
5	이비알산업(주)	폐기물적치·매립·소각등지역	사상구 엄궁동	표토	TPH 2133(800)
				중간토	TPH 1428(800)
6	(주)호생환경	폐기물적치·매립·소각등지역	사상구 엄궁동	표토	아연 765.50(600)

표 7. 최근 3년간 주요항목 토양오염실태조사결과

(단위 : mg/Kg, pH 제외)

연도/항목	Cd	Cu	As	Hg	Pb	CN	TPH	Ni	Zn	F	pH
'11년	2.12	60.39	6.54	0.07	50.54	0.01	289	12.67	172.62	160	8.0
'10년	1.61	78.60	5.89	0.01	44.05	0.23	317	12.74	173.55	85	8.1
'09년	0.40	22.00	0.87	0.04	10.16	0.02	369	59.46	371.65	156.35	8.7

표 8. 전국 토양오염실태조사 결과

(단위 : mg/Kg, pH 제외)

연도/항목	Cd	Cu	As	Hg	Pb	CN	TPH	Ni	Zn	F	pH
'09.전국	0.145	7,227	0.704	0.041	6,995	0.018	433	22,152	145,524	168,389	7.16
'08.전국	0.121	6,549	1.117	0.057	6,985	0.008	122	16,122	118,049	145,53	6.94
'07.전국	0.145	6,457	1.412	0.060	9,438	0.013	68	16,132	99,379	154,452	6.7
자연함유량*	0.040	0.480	0.089	0.085	3.06	-	-	17,280	54.27	-	-

\* 자연함유량은 국립환경과학원에서 실시한 산림지역 토양('04.)의 분석결과임.

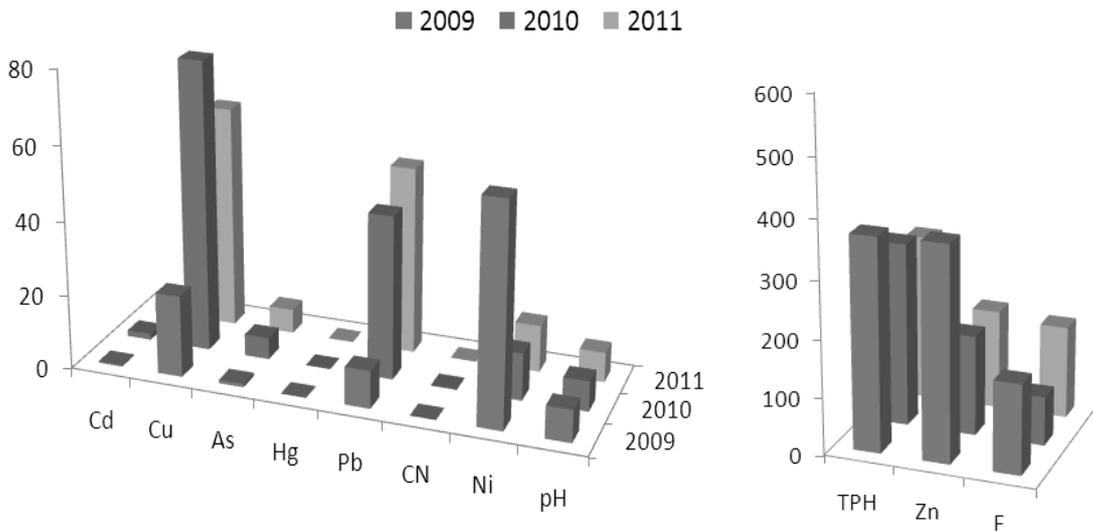


그림 5. 연도별 조사결과 비교('09.~'11.)

표 9-1. 오염원 지역별 항목별 조사결과

조사지역	구 분			카드뮴	구 리	비 소	수 은	납	6가 크롬	아연	니켈	불소
	지점 수	항목 수										
공장 및 공업지역	32	21	최저	0.76	6.84	1.60	0.00	6.17	0.0	45.10	0.00	0
			최고	5.21	324.96	17.96	0.74	385.20	0.0	664.83	161.19	333
			평균	2.48	38.39	6.76	0.06	49.92	0.0	164.58	17.93	129
공장폐수 유입지역	2	14	최저	2.47	26.21	5.76	0.04	37.67	0.0	154.56	9.48	99
			최고	3.78	87.70	13.64	0.06	299.70	0.0	347.33	20.23	99
			평균	3.13	56.96	9.70	0.05	168.69	0.0	250.95	14.86	99
원광석,고철 야적등지역	9	21	최저	1.51	8.55	1.03	0.00	12.57	0.0	51.20	3.23	8
			최고	4.66	3844.33	10.06	1.04	405.17	0.0	659.27	50.90	273
			평균	2.73	434.35	6.16	0.17	113.28	0.0	239.32	19.69	137
금속제련소 주변지역	0	0	최저									
			최고									
			평균									
폐기물적치, 매립,소각등 지역	20	21	최저	1.17	5.67	3.57	0.00	7.13	0.0	47.84	5.28	18
			최고	5.60	348.12	15.96	0.59	310.27	0.0	1806.60	128.55	389
			평균	2.35	40.38	7.41	0.07	53.39	0.0	273.24	13.38	189
금속광산 주변지역	1	10	최저	2.75	323.63	12.06	0.00	85.47	0.0	222.60	5.87	81
			최고	2.75	323.63	12.06	0.00	85.47	0.0	222.60	5.87	81
			평균	2.75	323.63	12.06	0.00	85.47	0.0	222.60	5.87	81
교통관련 시설지역	27	19	최저	1.15	11.26	1.11	0.00	3.93	0.0	4.56	0.00	0
			최고	5.29	637.22	22.57	0.47	313.97	0.0	707.98	35.53	315
			평균	2.63	72.01	7.74	0.08	73.02	0.0	209.07	14.27	122
사고발생, 민원유발 등 지역	5	21	최저	1.15	9.39	2.03	0.00	17.50	0.0	86.85	6.56	103
			최고	4.00	39.85	15.22	0.06	53.53	0.0	168.04	12.56	270
			평균	2.26	27.47	7.76	0.03	34.36	0.0	128.06	9.11	183
기타토지 개발등지역	4	18	최저	1.64	16.28	4.31	0.01	28.10	0.0	131.18	5.09	127
			최고	2.53	87.29	8.00	0.54	63.00	0.0	341.27	18.09	212
			평균	2.11	38.58	5.98	0.17	47.64	0.0	232.39	9.29	160
공단주변 주거지역	0	0	최저									
			최고									
			평균									
어린이 놀이터지역	78	11	최저	0.26	1.52	1.01	0.00	2.19	0.0	8.00	0.00	66
			최고	2.99	108.19	21.65	0.38	139.37	0.0	293.08	81.05	240
			평균	1.38	19.69	5.02	0.04	24.58	0.0	81.50	8.27	181
전체 토양오염도	178	156	최저	0.26	1.52	1.01	0.00	2.19	0.0	4.56	0.00	0
			최대	5.60	3844.33	22.57	1.04	405.17	0.0	1806.60	161.19	389
			평균	2.12	60.39	6.54	0.07	50.54	0.0	172.62	12.67	160

표 9-2. 오염원 지역별 항목별 조사결과

구 분		유기인	PCB	시안	페놀	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	크실렌	TPH	TCE	PCE	벤젠(a)표본	pH
조사지역														
공장 및 공업지역	최저	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	54	0.0	0.0		4.8
	최고	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	734	0.0	0.0		9.3
	평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	237	0.0	0.0		7.3
공장폐수 유입지역	최저		0.00	0.00	0.00					1412				7.0
	최고		0.00	0.00	0.00					1412				8.8
	평균		0.00	0.00	0.00					1412				7.9
원광석,고철 야적등지역	최저	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	82	0.0	0.0		6.8
	최고	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1669	0.0	0.0		9.0
	평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	465	0.0	0.0		8.2
금속제련소 주변지역	최저													
	최고													
	평균													
폐기물적치, 매립,소각등 지역	최저	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	49	0.0	0.0		6.5
	최고	0.00	0.00	0.60	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	2133	0.0	0.0		9.1
	평균	0.00	0.00	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	317	0.0	0.0		8.3
금속광산 주변지역	최저													5.2
	최고													5.2
	평균													5.2
교통관련 시설지역	최저			0.00		0.0	0.0	0.0	0.0	40	0.0	0.0	0.000	5.1
	최고			0.01		0.0	0.0	0.0	0.0	1188	0.0	0.0	0.000	9.4
	평균			0.00		0.0	0.0	0.0	0.0	241	0.0	0.0	0.000	7.7
사고발생, 민원유발 등 지역	최저	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	77	0.0	0.0		6.6
	최고	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	146	0.0	0.0		8.5
	평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	99	0.0	0.0		7.6
기타토지 개발등지역	최저			0.00		0.0	0.0	0.0	0.0	82	0.0	0.0		6.9
	최고			0.00		0.0	0.0	0.0	0.0	540	0.0	0.0		8.9
	평균			0.00		0.0	0.0	0.0	0.0	254	0.0	0.0		7.7
공단주변 주거지역	최저													
	최고													
	평균													
어린이 놀이터지역	최저			0.00										6.4
	최고			0.00										9.4
	평균			0.00										8.4
전체 토양오염도	최저	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	40	0.0	0.0	0.000	4.8
	최대	0.00	0.00	0.60	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	2133	0.0	0.0	0.000	9.4
	평균	0.00	0.00	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	289	0.0	0.0	0.000	8.0

○ 항목별 조사결과

▷ 카드뮴(Cd)

- 11년 Cd의 평균농도는 2.12 mg/Kg (1.61 mg/Kg, 09년)로 1지역 우려기준의 4 mg/Kg보다는 낮았다. 지점별 오염도를 살펴보면 폐기물적치·매립·소각등지역인 사상구 (주)동화유화가 5.21 mg/Kg로 가장 높은 값을 보였으며, 강서구 대저동에 위치한 고물상 수집업체 1개소가 4.66 mg/Kg로 토양오염우려기준을 초과하였다.
- 카드뮴 농도는 공장폐수유입지역이 다른 지역에 비해 높았으며, 어린이놀이터지역이 낮은 것으로 조사되었다.
- 각 오염원지역별 오염도는 공장 및 공업지역 2.48 mg/Kg (1.62 mg/Kg, 10년 자료 : 이하 동일), 공장폐수유입지역 3.13 mg/Kg (1.83 mg/Kg), 원광석·고철야적등지역 2.73 mg/Kg (1.78 mg/Kg), 폐기물적치·매립·소각등지역 2.35 mg/Kg (1.60 mg/Kg), 교통관련 2.63 mg/Kg (1.85 mg/Kg), 사고발생지역 2.26 mg/Kg (1.78 mg/Kg), 토지개발지역 2.11 mg/Kg (1.45 mg/Kg), 어린이놀이터지역 1.38 mg/Kg (1.26 mg/Kg)로 전지역이 작년보다 증가한 것으로 조사되었다.
- 그림 6에 최근 3년간 오염원지역별 카드뮴 평균농도를 나타내었다.

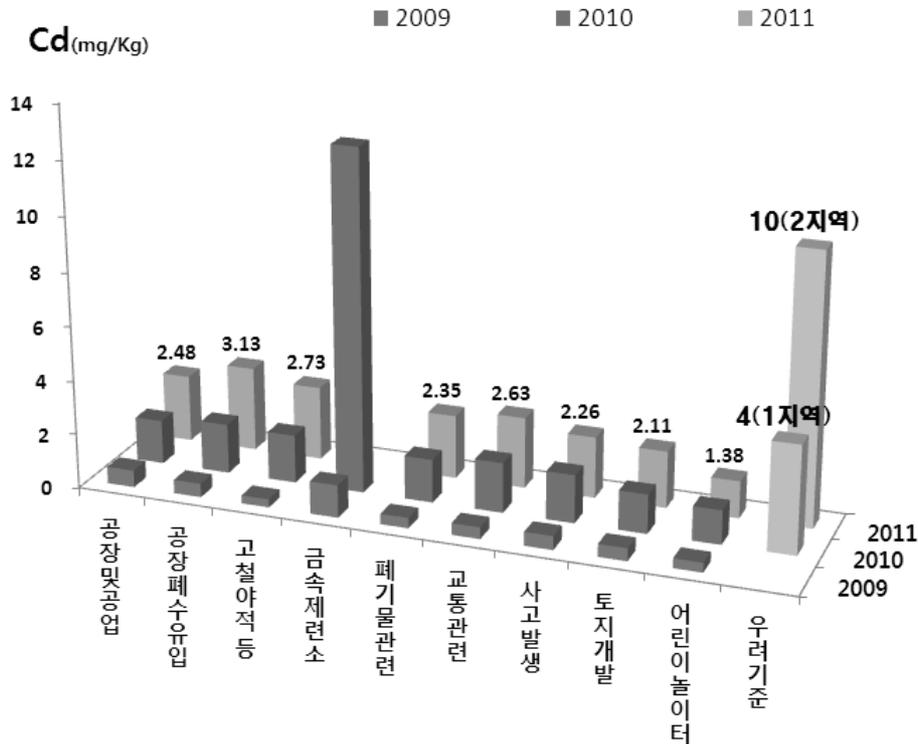


그림 6. 오염원 지역별 Cd 농도

▷ 구 리(Cu)

- 11년도 구리 전체평균농도는 60.39 mg/Kg (78.60 mg/Kg, 10년자료)으로 1지역 우려 기준 150 mg/Kg보다 낮았으며, 2010년도 평균 결과와 비교하여 낮은 결과를 보였다.
- 우려기준을 초과한 지점은 원광석고철야적지역에 위치한 두 지점으로 강서구 대저동의 선창철강(194.53 mg/Kg), 고물상(상호없음, 3844.33 mg/Kg) 2개소였으며, 이중 고물상(상호없음)이 조사지점중 카드뮴 최고농도를 보였다.
- 오염원지역별 조사농도는 공장 및 공업지역 38.39 mg/Kg (35.70 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), 공장폐수유입지역 56.96 mg/Kg (86.98 mg/Kg), 원광석·고철야적등지역 434.35 mg/Kg (59.13 mg/Kg), 폐기물적치·매립·소각등지역 40.38 mg/Kg (244.21 mg/Kg), 교통관련지역 72.01 mg/Kg (73.63 mg/Kg), 사고발생 및 민원유발지역 27.47 mg/Kg (31.28 mg/Kg), 기타토지개발지역 38.58 mg/Kg (26.03 mg/Kg), 어린이놀이지역 19.69 mg/Kg (22.47 mg/Kg)으로 조사되었다. 이 중 원광석고철야지역이 전년도 대비 7배 이상 높은 오염도를 보였으며, 이는 앞에서 언급했듯이 우려기준을 초과한 두 지점의 영향때문이었다.
- 그림 7에 최근 3년간 오염원지역별 구리 평균농도를 나타내었다.

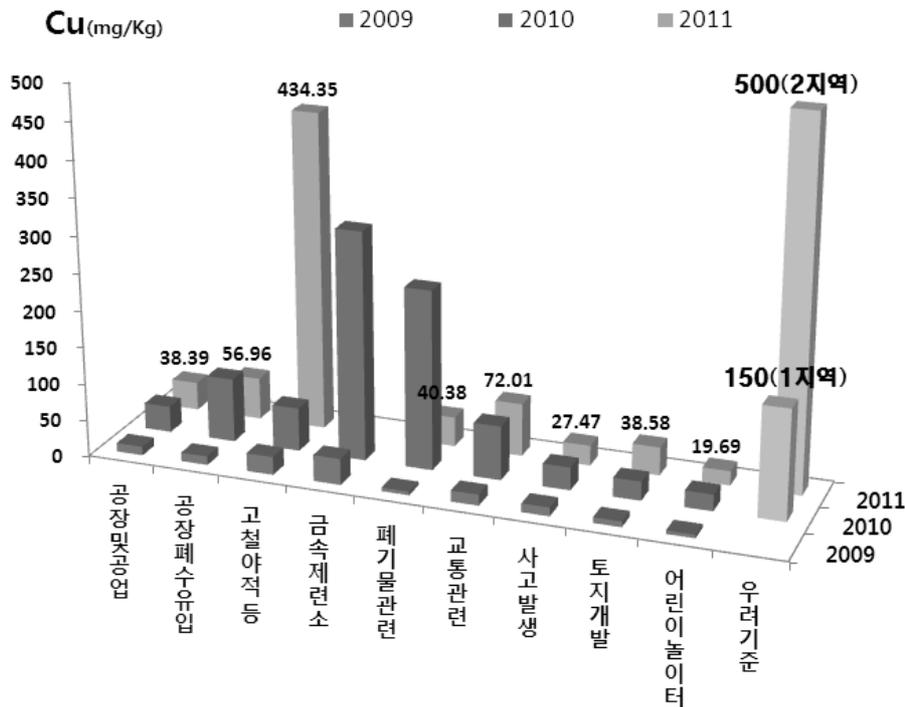


그림 7. 오염원 지역별 Cu 농도

▷ 비 소(As)

- 178개 지점 234개 시료를 분석한 결과 비소의 평균농도는 6.54 mg/Kg (5.89 mg/Kg, 10년)으로 전년대비 다소 높은 평균값을 보였으나, 우려기준(1지역 25 mg/Kg, 2지역 50 mg/Kg)보다 매우 낮은 값을 보였다.
- 178개 전 지점의 비소농도는 토양오염우려기준 이내였으며, 최고 농도를 보인 지점은 중구 중앙동 부산차량사업소 폐침묵보관장소에서 22.57 mg/Kg의 수치를 나타내었다. 오염원 지역별로 살펴보면, 금속광산 주변지역의 평균농도가 12.06 mg/Kg로 가장 높은 수치를 보였으며, 기타토지개발등지역 및 어린이놀이터 지역이 각각 5.98 mg/Kg, 5.02 mg/Kg로 낮은 수치를 보였다.
- 그림 8은 최근 3년간 오염원지역별 비소 평균농도를 나타내었다.

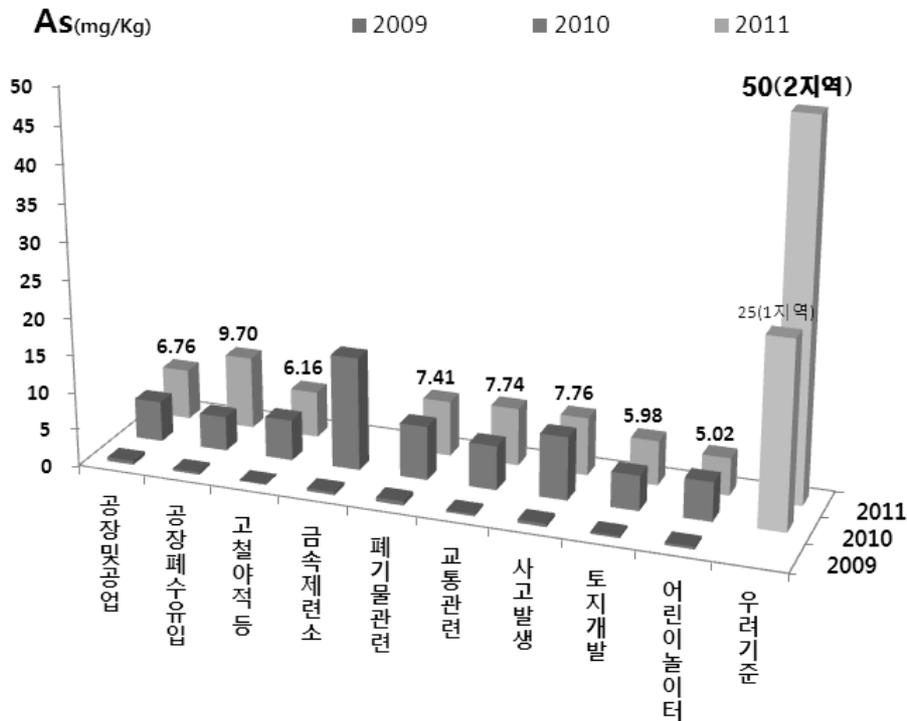


그림 8. 오염원 지역별 As 농도

▷ 수 은(Hg)

- 전년도와 같이 우려기준을 초과하는 지점은 없었으며, 2011년도 수은 전체 평균은 0.07 mg/Kg (0.01 mg/Kg, 10년)로 1지역 우려기준(4.0 mg/Kg)보다 매우 낮은 수준의 평균 농도를 보였다.
- 최고농도 검출지점은 원광석고철야적지역인 해운대구 민하산업이 1.04 mg/Kg로 조사되었으며, 지역별 오염도 검토결과 최고 평균오염도를 보인 지역도 원광석고철야적지역 (0.17 mg/Kg)이었다.

▷ 납(Pb)

- 178개 지점 234개 토양시료의 납 항목을 분석한 결과 평균농도는 50.54 mg/Kg (44.05 mg/Kg, 10년 결과)으로 전년결과와 비교하여 다소 높은 오염도를 보였으나 우려기준(1지역 200 mg/Kg, 2지역 400 mg/Kg)보다 매우 낮은 수치로 조사되었다.
- 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 원광석·고철야적등지역에 위치한 두 지점으로 강서구 대저동의 만도자원(244.87 mg/Kg), 고물상(상호없음, 405.17 mg/Kg) 2개소였으며, 이 중 고물상(상호없음)이 조사대상중 납 최고농도를 보였다.
- 오염원 지역별로 살펴보면 공장폐수유입지역의 평균농도가 168.69 mg/Kg로 가장 높은 수치를 보였으며, 그 외 지역은 24.58 ~ 113.28 mg/Kg 범위로 분포하였다.
- 그림 9은 최근 3년간 오염원지역별 납 평균농도를 나타내었다.

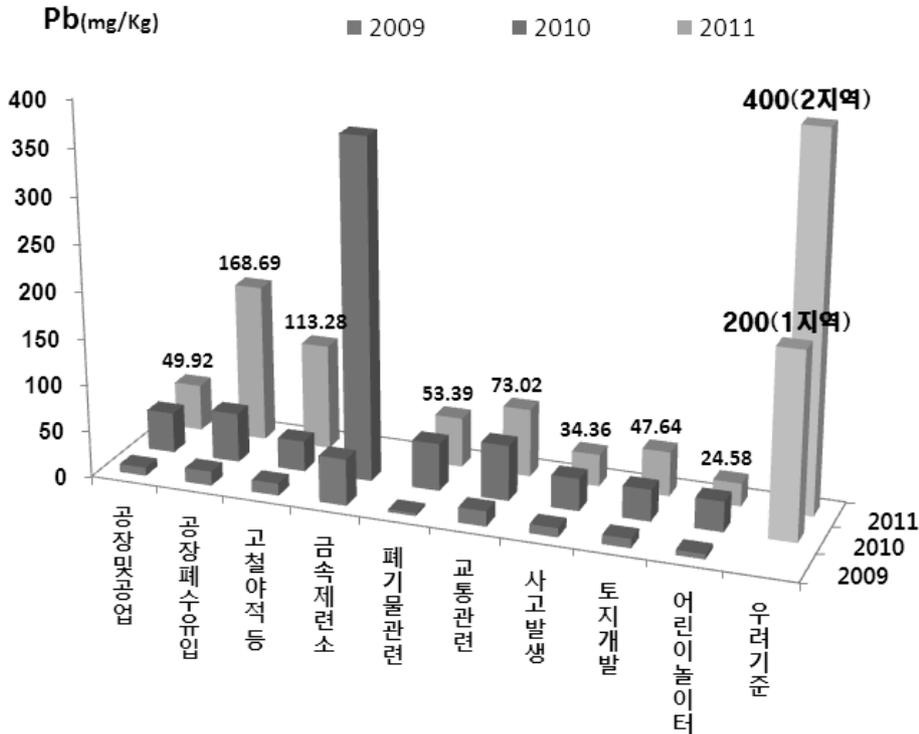


그림 9. 오염원 지역별 Pb 농도

▷ 아연(Zn)

- 2011년 토양실태 오염조사 아연평균 농도 172.62 mg/Kg (173.55 mg/Kg, 10년)으로 전년도와 유사한 결과를 보였으며, 우려기준을 초과한 지점 수는 총 3개소로 원광석및고철야적등 지역의 강서구 대저동에 위치한 고물상(상호없음, 659.27 mg/Kg), 폐기물적치·매립·소각등지역의 사상구 (주)동화유화(1350.75 mg/Kg), (주)호생환경(765.50 mg/Kg)으로 조사되었다.
- 지점별 오염도를 살펴보면 폐기물적치·매립·소각등지역인 영도구 (주)늘푸른환경이 1806.60 mg/Kg로 가장 높은 값을 보였다.
- 각 오염원 지역별 평균 조사농도를 살펴보면, 폐기물적치·매립·소각등지역 273.24 mg/Kg, 공장폐수유입지역 250.95 mg/Kg 등의 순으로 높았으며, 평균농도가 가장 낮은 지역은 어린이놀이터지역으로 81.50 mg/Kg으로 나타났다.
- 그림 10는 최근 3년간 오염원지역별 아연 평균농도를 나타내었다.

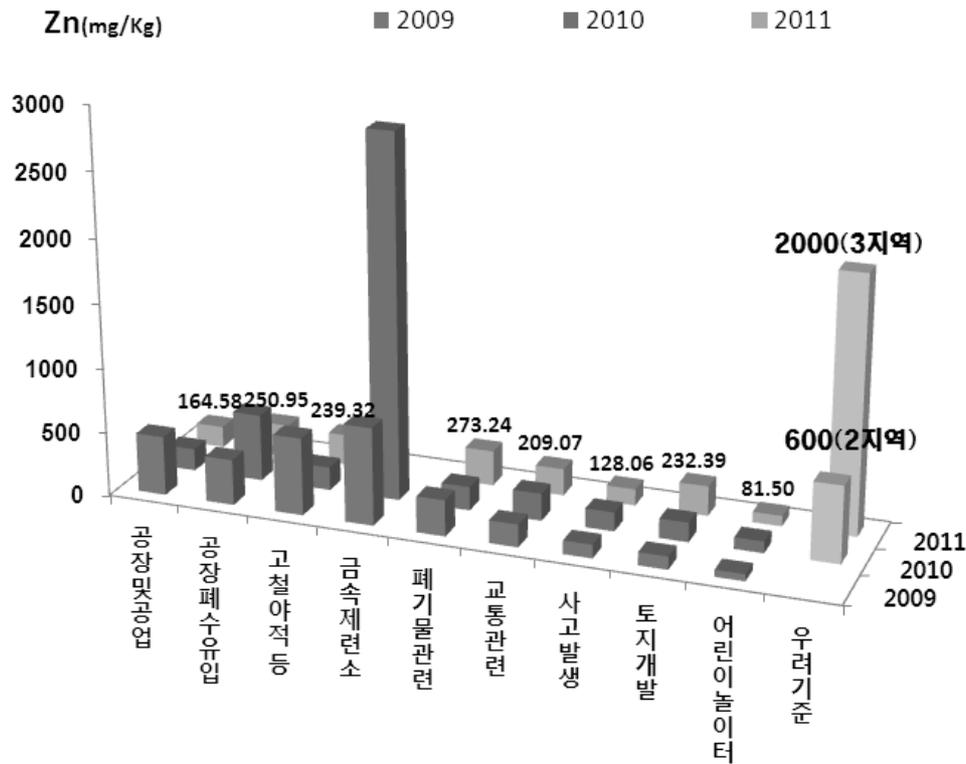


그림 10. 오염원 지역별 Zn 농도

▷ 니켈(Ni)

- 176개 지점 243개 시료를 분석한 결과 니켈의 평균농도는 12.67 mg/Kg (12.74 mg/Kg, 10년 결과)으로 전년도와 비슷한 수치로 나타났으며, 우려기준 100 mg/Kg보다 현저히 낮은 값을 보였다.
- 지점별 결과를 살펴보면, 전지점이 토양오염 우려기준이내였으며, 최고 오염원지점은 공장 및공업지역에 위치한 해운대구 태광산업(주)반여공장이 161.19 mg/Kg로 조사되었다.
- 각 오염원 지역별 평균 조사농도 범위는 5.87 mg/Kg ~ 19.69 mg/Kg이었으며, 가장 낮은 평균농도를 보인 지역은 금속광산주변지역, 가장 높은 지역은 원광석고철야적등 지역이었다.
- 그림 11는 최근 3년간 오염원지역별 니켈 평균농도를 나타내었다.

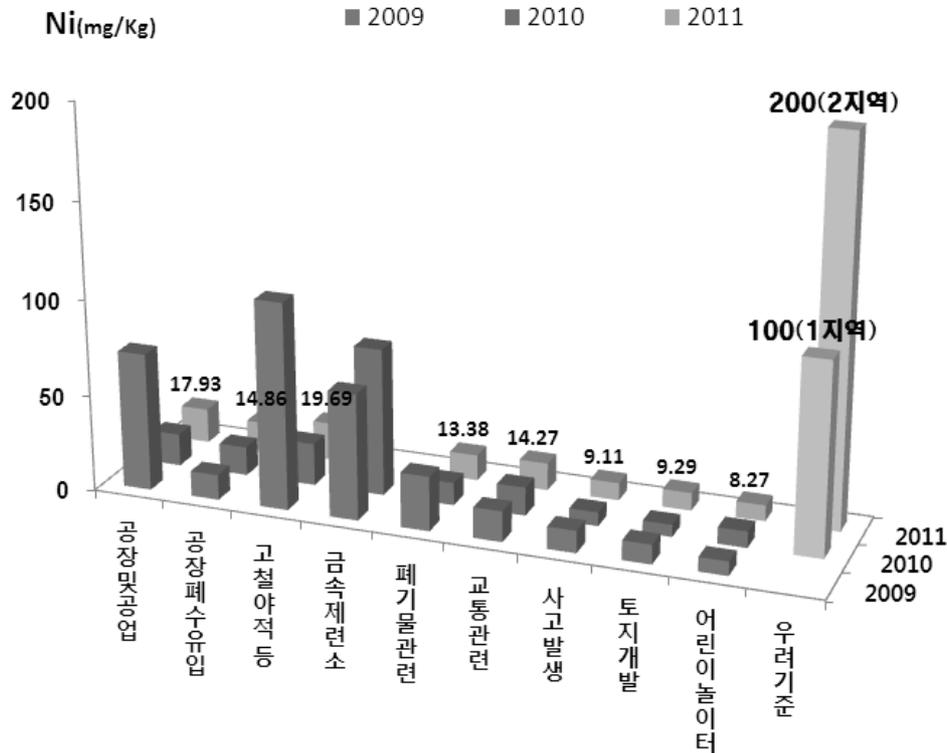


그림 11. 오염원 지역별 Ni 농도

▷ 6가 크롬(Cr<sup>+6</sup>)

- 전체 조사대상 10개 지역별 178개 지점의 표토, 중간토 및 심토 234개를 조사한 결과 모두 불검출로 우려기준을 만족하였다.

▷ 유류(BTEX)

- BTEX항목은 2009년까지 BTEX 4항목을 합산하여 토양오염우려기준을 적용하였으나 2010년부터 벤젠(B), 톨루엔(T), 에틸벤젠(E), 크실렌(X) 4항목 각각에 대한 우려기준을 적용토록 개정되었다.
- 전체 조사대상 178개소 234개 지점에 대해 2011년 BTEX 조사결과 전 지점이 불검출로 조사되어 토양오염우려기준(1지역)을 모두 만족하였다.

▷ 유류(TPH)

- 11년도 유류(TPH)의 평균 농도는 289 mg/Kg (3179 mg/Kg, 10년 결과)이었으며, 전년 보다 오염도가 다소 감소된 것으로 나타났다. 또한, 우려기준(1지역 500 mg/Kg, 2지역 800 mg/Kg)보다는 낮은 농도를 보였다. 우려기준을 초과한 곳은 3개 지점으로 원광석고철야적등지역에 위치한 강서구 대저동의 선창철강(1502 mg/Kg), 고물상(상호없음, 1669 mg/Kg) 2개소와 폐기물적치·매립·소각등지역에 위치한 사상구 이비알산업(주)(2133 mg/Kg)지점으로 조사되었다.
- 각 오염원 지역별 평균 조사농도 범위는 99 ~ 1412 mg/Kg로 공장폐수유입지역이 가장 높은 평균값을 보였으며, 사고발생, 민원유발 등 지역이 가장 낮게 나타났다.
- 그림 12은 최근 3년간 오염원지역별 TPH 평균농도를 나타내었다.

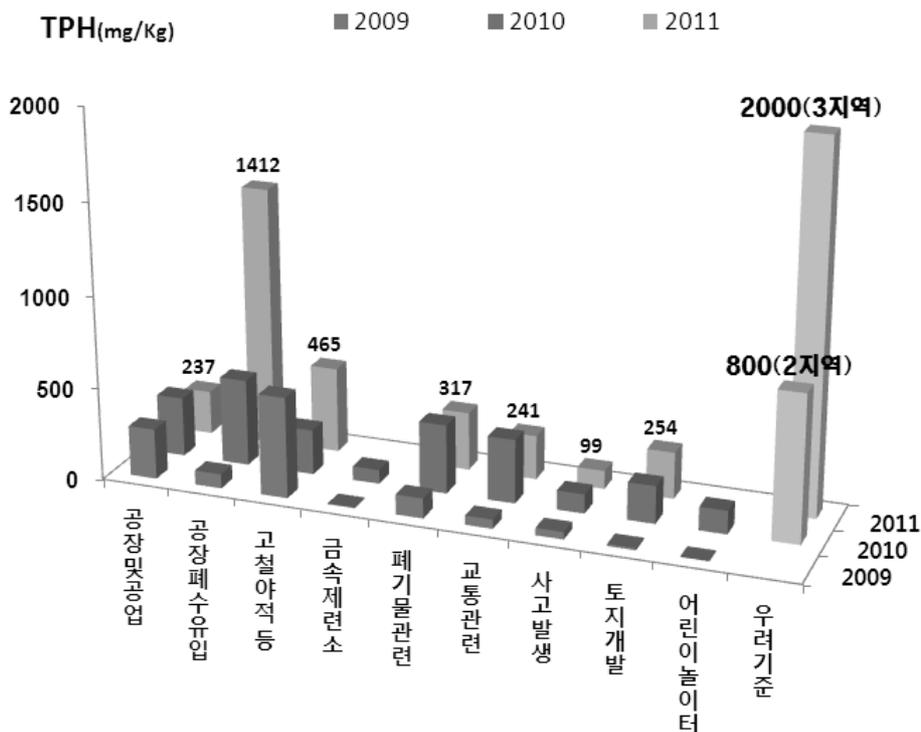


그림 12. 오염원 지역별 TPH 농도

▷ 불소(F)

- 2011년 토양오염실태지점에 대한 불소항목 조사결과 평균농도는 160 mg/Kg (85 mg/Kg, 10년 결과)로 전년대비 거의 두배 가까이 높은 수치였으나 우려기준 1지역 (400)에는 크게 못 미치는 수준이었다. 또한 전지점이 토양오염우려기준을 이내인 것으로 조사되었다.
- 폐기물적치·매립·소각등지역인 영도구 (주)늘푸른환경이 최고농도인 1806.60 mg/Kg로 가장 오염이 심한 지점이었고, 대부분 오염원지역은 낮은 농도로 조사되었다.
- 각 오염원지역별 평균농도는 폐기물적치·매립·소각등지역 189 mg/Kg (95 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), 사고발생, 민원유발지역 183 mg/Kg (84 mg/Kg), 기타토지개발지역 160 mg/Kg (85 mg/Kg), 공장및공업지역 129 mg/Kg (76 mg/Kg), 공장폐수유입지역 99 mg/Kg (249 mg/Kg) 등으로 조사되었다.
- 그림 13은 최근 3년간 오염원지역별 불소 평균농도를 나타내었다.

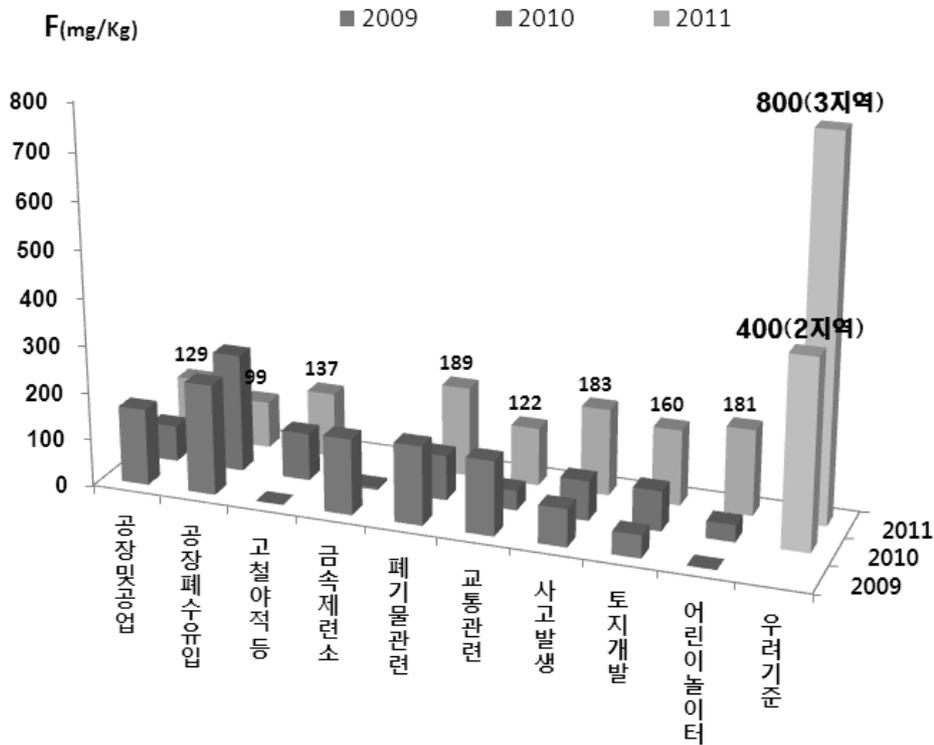


그림 13. 오염원 지역별 불소 농도

▷ 수소이온농도(pH)

- 178개 지점 234개 시료의 수소이온농도 평균은 8.0 이었으며, 4.8-9.4 범위의 값을 보였다. 지역별 오염원별 농도를 살펴보면, 금속광산주변지역이 평균 pH 5.2로 가장 낮았고, 어린이놀이터지역 평균은 8.4로 가장 높은 값을 보였다.
- 그림 14은 최근 3년간 오염원지역별 수소이온농도 평균을 나타내었다.

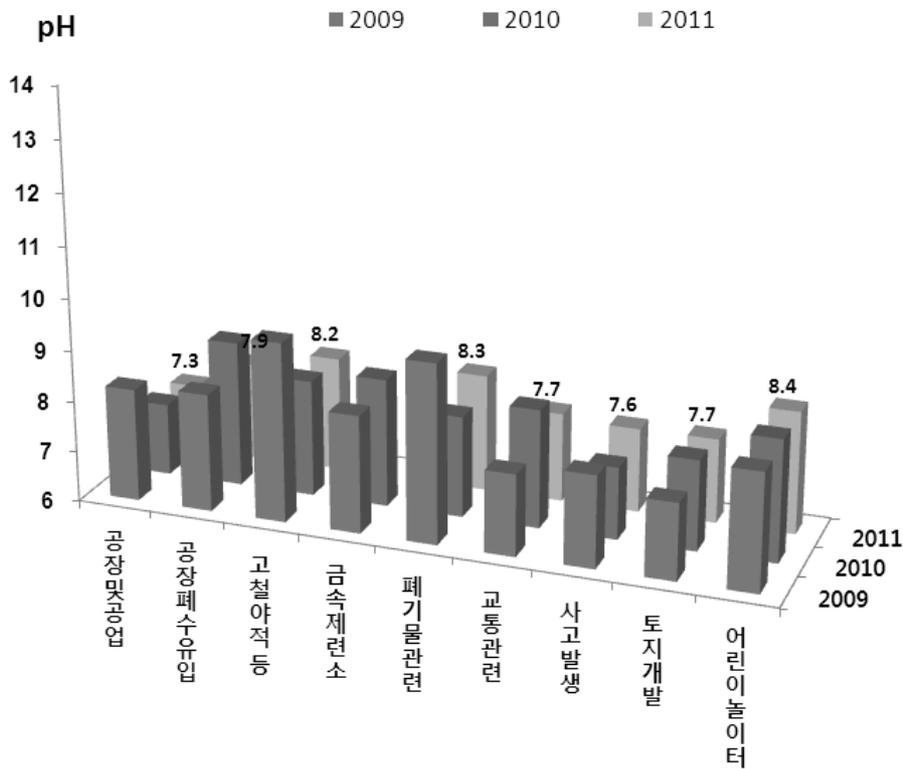


그림 14. 오염원 지역별 평균pH

▷ 시안(CN)

- 10개 오염원지역 71개 지점으로부터 111개 시료에 대해 시안을 조사한 결과 평균농도는 0.01 mg/Kg (0.23 mg/Kg, 10년 결과)으로 1,2지역의 우려기준(2.0) 보다 낮았으며, 우려기준을 초과한 지점도 없었다.
- 다소 높은 농도를 보인 지점은 폐기물적치·매립·소각등지역의 사상구 호제환경산업(주) 0.60 mg/Kg, 부산리사이클링(주) 0.50 mg/Kg이었으며 그 외 다른 지점은 불검출이거나 낮은 수치로 조사되었다.

▷ 폴리클로리네이티드비페닐(PCB), 페놀(Phenol), 유기인, 벤조(a)피렌

- 검사시료 모두 불검출로 나타났다.

## ○ 토양오염기준 적용에 따른 지역구분별 조사결과

## ▷ 1지역

- 2011년도 토양오염실태조사 대상 178개소(234개지점) 중 토양오염우려기준 1지역으로 분류된 90개 지점에서 표토 및 중간, 심토 99개 시료를 분석한 결과 주요항목별 평균은 Cd 1.66 mg/Kg(1.37 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), Cu 68.56 mg/Kg(21.54 mg/Kg), As 5.82 mg/Kg (5.63 mg/Kg), Pb 34.99 mg/Kg (30.64 mg/Kg), Zn 100.78 mg/Kg (100.15 mg/Kg), Ni 9.4 mg/Kg (10.8 mg/Kg), TPH 305 mg/Kg (184 mg/Kg), F 136 mg/Kg (78 mg/Kg)로 조사되었다.
- 1지역에서 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 강서구 대저동에 위치한 원광석, 고철야적 등 지역내 고물상 3개소로 조사되었다. 초과한 지점은 고물상(상호없음)(부적합 항목 - Cd, Cu, Pb, Zn, TPH), 선창철강(부적합 항목 - Cu, TPH), 만도자원(부적합 항목 - Pb)이었다.

## ▷ 2지역

- 총 178개소(234개지점)중 토양오염우려기준 2지역으로 분류된 22개 지점 39개 시료를 분석한 결과 주요항목별 평균은 Cd 2.37 mg/Kg (1.7 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), Cu 56.13 mg/Kg (56.58 mg/Kg), As 6.16 mg/Kg (6.24 mg/Kg), Pb 54.64 mg/Kg (42.82 mg/Kg), Zn 237.26 mg/Kg (192.16 mg/Kg), Ni 14.40 mg/Kg (12.68 mg/Kg), TPH 330 mg/Kg (247 mg/Kg), F 225 mg/Kg (124 mg/Kg)로 조사되었다.
- 2지역에서 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 사상구에 위치한 폐기물적치·매립·소각등 지역내 3개소로 (주)동화유화(부적합 항목 - Zn), 이비알산업(부적합 항목 - TPH), (주)호생환경(부적합 항목 - Zn)이었다.

## ▷ 3지역

- 총 178개소(234개지점)중 토양오염우려기준 2지역으로 분류된 63개 지점 96개 시료를 분석한 결과 주요항목별 평균은 Cd 2.50 mg/Kg (1.81 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), Cu 53.67 mg/Kg (144.6 mg/Kg), As 7.43 mg/Kg (5.97 mg/Kg), Pb 64.91 mg/Kg (57.75 mg/Kg), Zn 220.45 mg/Kg (236.92 mg/Kg), Ni 15.34 mg/Kg (14.66 mg/Kg), TPH 270 mg/Kg(393 mg/Kg), F 149 mg/Kg (73 mg/Kg)로 조사되었으며, 전 지점이 토양오염우려기준 이내로 양호한 결과를 보였다.

▷ 그림 16, 표 10-1 및 표 10-2는 2011년 지역구분별 실태조사결과를 나타내었다.

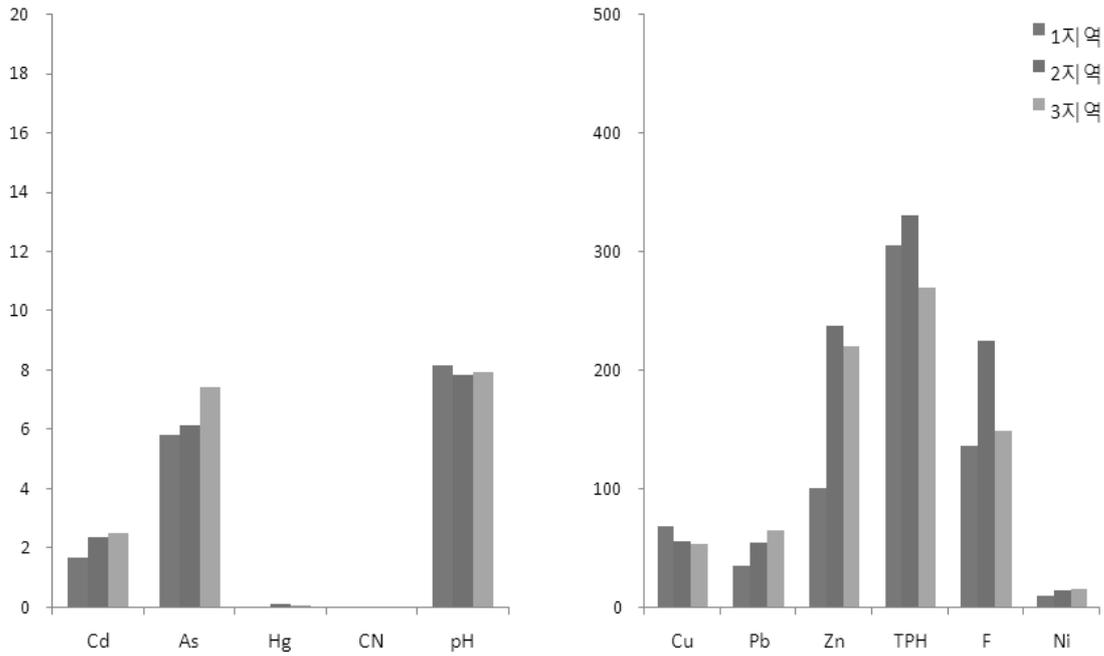


그림 15. 토양오염기준 적용에 따른 지역구분별 결과

표 10-1. 2011년도 지역별 토양오염실태조사 결과

(단위 : mg/Kg)

구 분	Cd	Cu	As	Hg	Pb	CN	Ni	Zn	
1지역	최소값	0.26	1.52	1.01	0.00	2.19	0.00	0.00	8.00
	평 균	1.66	68.58	5.82	0.03	34.99	0.00	9.40	100.78
	최대값	4.66	3844.33	21.65	0.33	405.17	0.00	81.05	659.27
	우려기준	4	150	25	4	200	2	100	300
2지역	최소값	0.93	5.67	1.03	0.00	10.37	0.00	0.00	48.73
	평 균	2.37	56.13	6.16	0.14	54.64	0.03	14.40	237.26
	최대값	5.60	348.12	15.22	1.04	200.83	0.60	128.55	1350.75
	우려기준	10	500	50	10	400	2	200	600
3지역	최소값	0.76	7.05	1.60	0.00	3.93	0.00	0.00	4.56
	평 균	2.50	53.67	7.43	0.07	64.91	0.00	15.34	220.45
	최대값	5.55	637.22	22.57	0.47	385.20	0.05	161.19	1806.60
	우려기준	60	2000	200	20	700	2	500	2000

표 10-2. 2011년도 지역별 토양오염실태조사 결과

(단위 : mg/Kg, pH 제외)

구 분	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	자일렌	TPH	F	벤조(a)피렌	pH
1지역	최소값	0.00	0.00	0.00	0.00	56	8	4.80
	평 균	0.00	0.00	0.00	0.00	305	136	8.15
	최대값	0.00	0.00	0.00	0.00	1669	270	9.40
	우려기준	1	20	50	15	500	400	-
2지역	최소값	0.00	0.00	0.00	0.00	40	16	5.20
	평 균	0.00	0.00	0.00	0.00	330	225	7.82
	최대값	0.00	0.00	0.00	0.00	2133	388	9.10
	우려기준	1	20	50	15	800	400	-
3지역	최소값	0.00	0.00	0.00	0.00	49	0	0.00
	평 균	0.00	0.00	0.00	0.00	270	149	0.00
	최대값	0.00	0.00	0.00	0.00	1412	389	0.00
	우려기준	3	60	340	45	2000	800	7

○ 중금속 항목 및 pH와의 상관성 검토

▷ 중금속검출의 주요 영향 인자인 pH와 중금속 7개 항목(전지점 불검출된 6가크롬 제외)간의 항목별 상관성을 표 11에 나타내 보았다. 검토 결과, 납, 구리, 아연 세 항목이 항목 간 상관성이 높게 나타났으며, 그 외 항목은 뚜렷한 상관성을 보이지 않았다.

pH 역시 큰 상관성이 보이지 않았는데 이는 파이로트 등 제어된 환경에서의 중금속 거동과 실제 토양에서의 pH는 서로 다를 수 있음을 나타내는 것으로 실제 토양시료의 중금속 농도 예측시 pH수치는 참고자료일 뿐 중금속 농도 예측 결과에 큰 영향인자로 인용할 시 주의가 필요할 것으로 사료되었다.

표 11. 중금속 주요항목 및 pH간의 상관계수

구 분	카드뮴	구 리	비 소	수 은	납	니켈	아연	pH
카드뮴	1.0000							
구 리	0.3076	1.0000						
비 소	0.3463	0.0825	1.0000					
수 은	0.2869	0.1599	0.1675	1.0000				
납	<b>0.5891</b>	<b>0.5313</b>	0.3542	0.3600	1.0000			
니켈	0.4501	0.2692	0.2133	0.3365	0.3813	1.0000		
아연	<b>0.6155</b>	0.2975	0.2199	0.3712	<b>0.6653</b>	0.4400	1.0000	
pH	-0.2605	0.0450	-0.1435	0.1290	0.0363	-0.0187	0.0878	1.0000

#### 4. 결론

2011년 시내 토양오염실태조사를 위해 10개 오염원지역에서 178개소의 표토(178개), 중간 및 심토(56개)를 포함한 234개의 시료를 분석한 결과는 다음과 같다.

- 토양오염우려기준 이내는 총 178개소 중 172개소(96.6 %)였으며, 우려기준을 초과한 곳은 6개소(3.4 %)로 전년도 초과율 3.4 %와 같았다.
- 토양오염우려기준을 초과한 6개소가 속한 오염원지역은 원광석·고철야적등지역 3, 폐기물적차·매립·소각등지역 3개소였으며, 전년도 6개소는 폐기물적차·매립·소각등지역 3, 원광석·고철야적등지역 1, 금속제련소지역 1, 교통관련시설지역 1개소였다.
- 우려기준을 초과한 항목은 카드뮴, 구리, 납, 아연, TPH 5개 항목이었으며, 각 항목별 초과 횟수는 카드뮴 1, 구리 2, 납 2, 아연 3, TPH 3회로 조사되었다. 오염원지역별 초과항목 수는 원광석·고철야적등지역 8, 폐기물적차·매립·소각등지역 3개 항목이었다.
- 2011년도 조사된 각 항목별 평균농도는 Cd 2.12 mg/Kg (1.61 mg/Kg, 10년 자료 : 이하 동일), Cu 60.39 mg/Kg (78.60 mg/Kg), As 6.54 mg/Kg (5.89 mg/Kg), Hg 0.07 mg/Kg (0.01 mg/Kg), Pb 50.54 mg/Kg (44.05 mg/Kg), CN 0.01 mg/Kg (0.23 mg/Kg), TPH 289 mg/Kg (317 mg/Kg), Ni 12.67 mg/Kg (12.74 mg/Kg), Zn 172.62 mg/Kg (173.55 mg/Kg), F 160 mg/Kg (85 mg/Kg), pH 8.0 (8.1), 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TCE, PCE, 6가크롬, PCB, phenol, 유기인, 벤조(a)피렌은 불검출로 조사되었다.
- 1지역의 주요항목별 평균은Cd 1.66 mg/Kg (1.37 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), Cu 68.56 mg/Kg (21.54 mg/Kg), As 5.82 mg/Kg (5.63 mg/Kg), Pb 34.99 mg/Kg (30.64 mg/Kg), Zn 100.78 mg/Kg (100.15 mg/Kg), Ni 9.4 mg/Kg (10.8 mg/Kg), TPH 305 mg/Kg (184 mg/Kg), F 136 mg/Kg (78 mg/Kg)이었다. 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 강서구 대저동에 위치한 원광석·고철야적등지역내 고물상 3개소였으며, 부적합 항목은 Cd, Cu, Pb, Zn, TPH이었다.
- 2지역 주요항목별 평균은 Cd 2.37 mg/Kg (1.7 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), Cu 56.13 mg/Kg (56.58 mg/Kg), As 6.16 mg/Kg (6.24 mg/Kg), Pb 54.64 mg/Kg (42.82 mg/Kg), Zn 237.26 mg/Kg (192.16 mg/Kg), Ni 14.40 mg/Kg (12.68 mg/Kg), TPH 330 mg/Kg (247 mg/Kg), F 225 mg/Kg (124 mg/Kg)이었다. 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 사상구에 위치한 폐기물적차·매립·소각등지역내 3개소였으며, 부적합 항목은 Zn, TPH이었다.
- 3지역 주요항목별 평균은 Cd 2.50 mg/Kg (1.81 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), Cu 53.67 mg/Kg (144.6 mg/Kg), As 7.43 mg/Kg (5.97 mg/Kg), Pb 64.91 mg/Kg (57.75 mg/Kg), Zn 220.45 mg/Kg (236.92 mg/Kg), Ni 15.34 mg/Kg (14.66 mg/Kg), TPH 270 mg/Kg (393 mg/Kg), F 149 mg/Kg (73 mg/Kg)로 조사되었으며, 전 지점이 토양오염 우려기준 이내로 양호한 결과를 보였다.
- 중금속류 8종과 수소이온농도와 상관관계 검토한 결과 납, 구리, 아연 세 항목의 상관성이 높게 나타났으며, 그 외 항목은 뚜렷한 상관성을 보이지 않았다. 또한, 중금속 거동에 주요 영향 인자인 pH 역시 큰 상관성을 보이지 않았다.