

토양오염실태조사

- 토양오염이 우려되는 지역과 오염사고발생 등의 지역을 조사하여, 오염토양 정화·복원을 위한 자료를 제공하고,
- 국가 및 지역 토양환경 보전정책 수립을 위한 기초자료 수집에 목적이 있음.

1. 조사개요

- 조사개요
 - ▷ 기간 : 2012년 1월 ~ 12월
 - ▷ 대상 : 공장및공업지역, 폐기물적치·매립·소각등지역 등 토양오염 가능성이 높은 10개 오염원지역
 - ▷ 항목 : 중금속류, 유류, 유기용제류 등 토양오염물질 21개 및 pH(총 22개 항목)
 - ▷ 지점 : 177개 지점 234개 시료(표토, 중간 및 심토) ⇒ 당초 179개소 중 2개지점 채취불가
(※ 연도별 지점 수 : '11년 178개, '10년 176개, '09년 302개, '08년 189개)
 - ▷ 내용 : 토양오염이 확인가능하거나 추정되는 오염 유형에 따라 표토, 중간 및 심토 구분 조사

- 연혁

<ul style="list-style-type: none"> ▷ 1987 : 토양측정망운영 개시 ▷ 1996 : 토양측정망지점 확충 ▷ 1999 : 전국망과 지역망 지점 확충 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 1995 : 토양환경보전법 제정 ▷ 1997 : 전국망 및 지역망 확대운영 ▷ 2001 : 지역망은 토양오염실태조사로 전환
---	--

- 관련근거
 - ▷ 관련법령 : 환경정책기본법 제15조(환경상태의 조사), 토양환경보전법 제5조(토양오염도 측정 등), 제15조(토양오염 방지조치 명령 등), 같은법 시행규칙 제3조(토양오염실태조사)
 - ▷ 관련지침 : 토양오염실태조사지침(환경부 예규 제422호 2010.11. 4.)
 - ▷ 2012년 조사계획
 - 부산광역시 환경보전과-2933(2012.2.15.) “2012년도 토양오염 실태조사 계획”

2. 조사방법

○ 추진내용

- ▷ 2012. 1. ~ 3 : 세부추진계획 수립과 토양시료 채취 교육(구군 담당자)
- ▷ 2012. 3. ~ 5 : 시료접수
- ▷ 2012. 3. ~ 11 : 시료전처리 및 분석
- ▷ 2012. 11월 : 조사결과 보고(시, 구, 군)
- ▷ 2013. 1월 : 최종 조사 보고서 작성보고

○ 조사대상

- ▷ 표 1은 조사대상을 각 구군별 및 오염원별 지점수를 나타낸 표로서 총 177개소 중 산업단지 및 공장지역 29개소, 원광석고철 등의 보관사용 지역 11개소, 폐기물 처리 및 재활용 관련 지역 16개소, 교통관련시설지역 12개소 등 토양오염 가능성이 높은 지역 및 복원이 필요한 지역과 기타 국가가 지정하는 지점에 대하여 조사대상을 선정하였다.
- ▷ 그림 1은 행정구역별 지점 비율을 나타낸 그림으로 조사대상 지점 수 중 사하구 22개소 (12%), 강서구 22(12%)개소로 모두 24%를 차지하고 있으며 그 다음 사상구, 해운대구, 기장군 순이었다.

표 1. 구군 및 오염원지역별 조사지점수

구 분	계	중구	서구	동구	영도구	부산진	동래구	남구	북구	해운대	사하구	금정구	강서구	연제구	수영구	사상구	기장군
계	177	6	3	6	9	9	7	11	11	14	22	12	22	7	8	16	14
산업단지 및 공장지역	29		2		2			3		2	6	4	7				3
공장폐수유입지역	2										1	1					
원광석고철 등의 보관 사용 지역	11									1	2		8				
폐기물 처리 및 재활용 관련 지역	16				1				1	2	2		2			5	3
광산 지역	1												1				
교통관련시설지역	12				2		1				1	1	1	2	3		1
철도관련시설	14	4		4			6										
산지 등의 복구 및 공유 수면 매립지역	1				1												
사고·민원 등 발생 지역	5						1	3							1		
어린이놀이터지역	73	2		2	3	1	4	5	10	6	10		3	5	4	11	7
토지개발 등 지역	13		1			2	1			3		6					

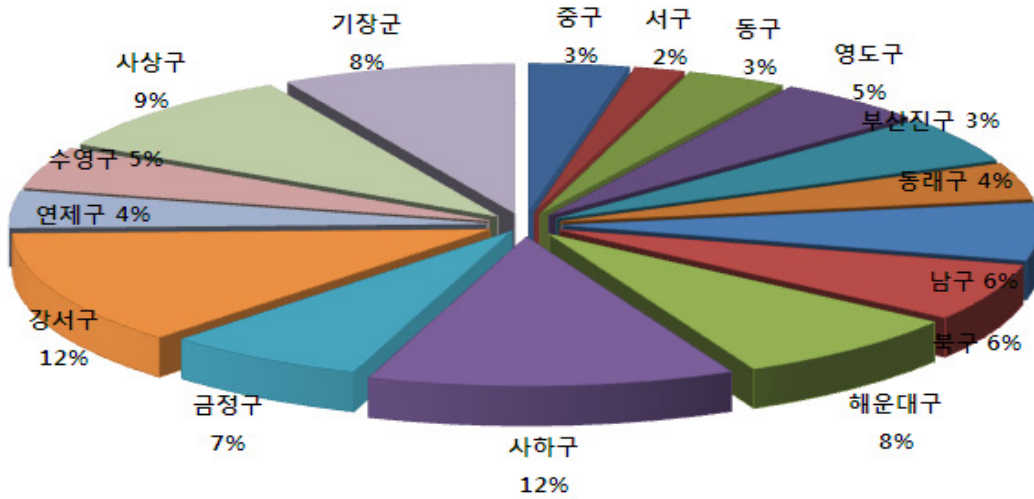


그림 1. 행정구역별 지점 배분율

- ▷ 표 2는 최근 5년간 오염원별 조사지점 수의 변화를 나타낸 것으로, 08년부터 어린이놀이터에 대한 조사지점 수의 증가시켜 왔으며, 2010년은 휴폐광산주변지역은 별도 조사업무로 분리하여 실시함으로 한 지점도 조사대상에 포함되지 않았지만 2011년이후로 가용광산인 보배광산이 포함되었다.
- ▷ 그림 2는 10개 오염원별 조사지점 비율을 나타낸 그림으로 어린이놀이터 73개소(40.8%), 산업단지 및 공장지역이 31개소(17.3%)로 전체 조사비율의 절반을 차지하였으며, 다음으로 폐기물 처리 및 재활용 관련 지역 16개소(8.9%), 철도관련시설 14개소(7.8%) 순으로 지점을 선정하였다.

표 2. 오염원 지역별 조사지점 수

오염원지역별\연도별	'12	'11	'10	'09	'08
계	177(%)	178	176	302	189
산업단지 및 공장지역	29 (16.4)	32	31	19	28
공장폐수유입지역	2 (1.1)	2	3	2	3
원광석고철 등의 보관사용 지역	11 (6.2)	9	14	158	28
폐기물 처리 및 재활용 관련 지역	16 (9.0)	20	15	21	19
광산 지역	1 (0.6)	1	0	12	14
교통관련시설지역	12 (6.8)	27	21	13	12
철도관련시설	14 (7.9)	-	-	-	-
산지 등의 복구 및 공유수면 매립지역	1 (0.6)	-	-	-	-
사고·민원 등 발생 지역	5 (2.8)	5	6	4	5
어린이놀이터지역	73 (41.2)	78	72	67	69
토지개발 등 지역	13 (7.3)	4	13	5	8
금속제련소주변 지역	-	0	1	1	3

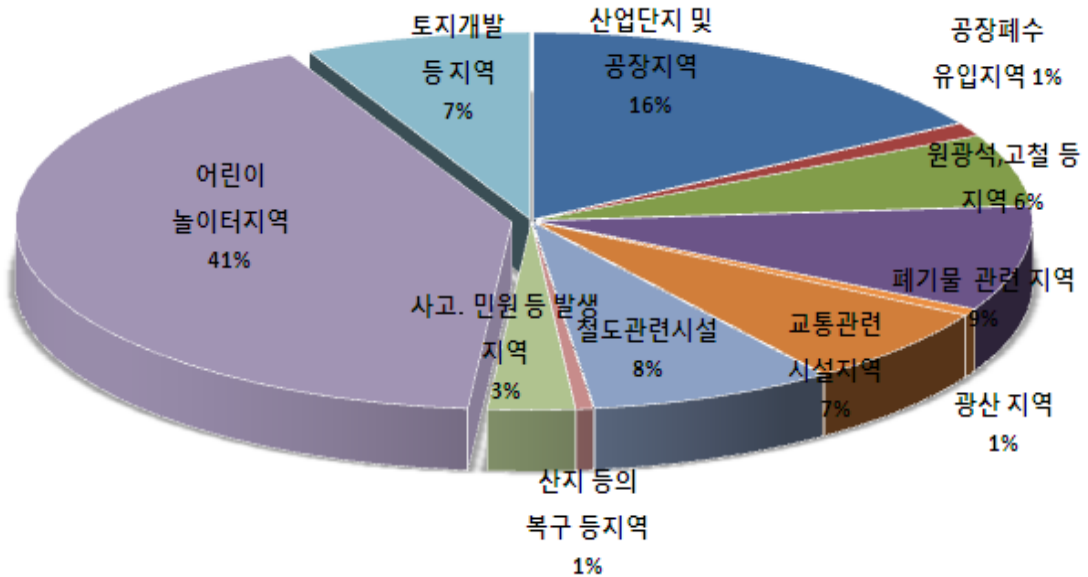


그림 2. 2012년도 오염원지역별 조사비율

- ▷ 표3은 최근 3년간 지목별 조사지점 수를 비교한 것으로, 1지역은 총95개소로 공원이 64개소로 가장 많은 비율을 차지하였으며, 다음으로 학교용지 15개소 순으로 조사하였다.
- ▷ 2지역은 총21개소로 대지(2지역) 11개소, 임야 7개소, 하천 3개소 순이었으며,
- ▷ 3지역은 총61개소로 공장용지 22개소, 잡종지 17개소, 철도용지 15개소, 주유소등 기타 7개소 순으로 조사하였다.

표 3. 최근 3년간 지목별 조사지점 수 비교

연 별	지 점 수	1지역						2지역					3지역							
		소계	답	전	공원	학교용지	대지(1지역)	소계	임야	하천	대지(2지역)	잡종지(2지역)	소계	주유소	공장용지	철도용지	도로	주차장	잡종지(3지역)	기타
2012	177	95	5	4	64	15	7	21	7	3	11	-	61	3	22	15	2	1	17	1
2011	178	90	7	2	62	13	6	25	6	3	16	-	63	4	23	15	2	1	18	-
2010	176	87	11	2	55	18	1	33	4	6	21	2	56	4	21	9	2	1	17	2

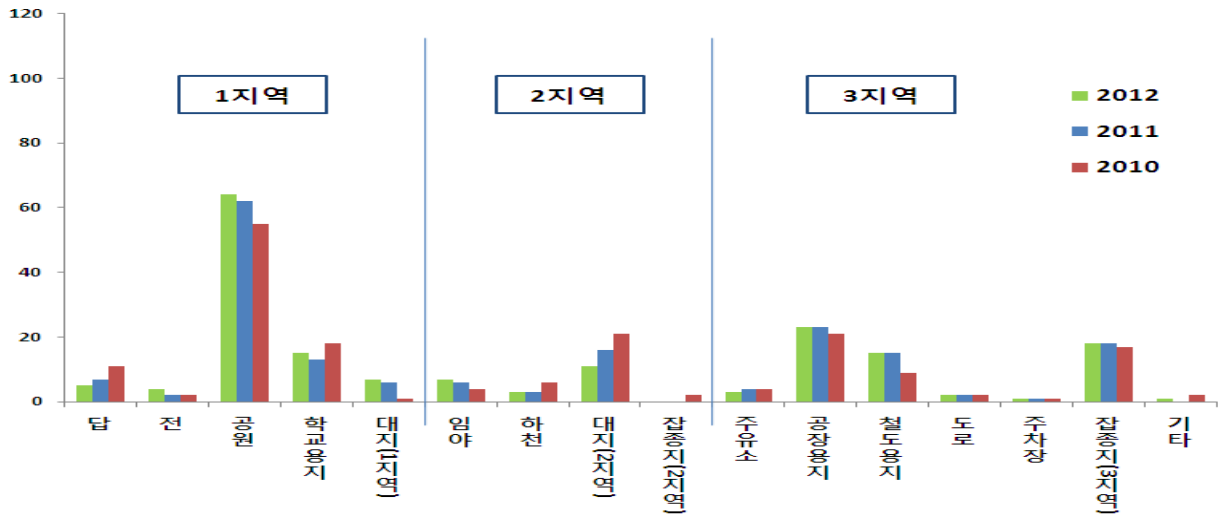


그림 3. 최근 3년간 지목별 조사지점수 비교

○ 토양기준(2009.6 개정)

- ▷ 1지역은 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」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 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」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 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」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 동·식물의 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)

토양오염물질	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)

토양오염물질	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

▷ 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 지점 과 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, 심토 층의 시료를 채취, 그 외 현장의 여건에 따라 적절히 판단하여 채취토록 하였다.

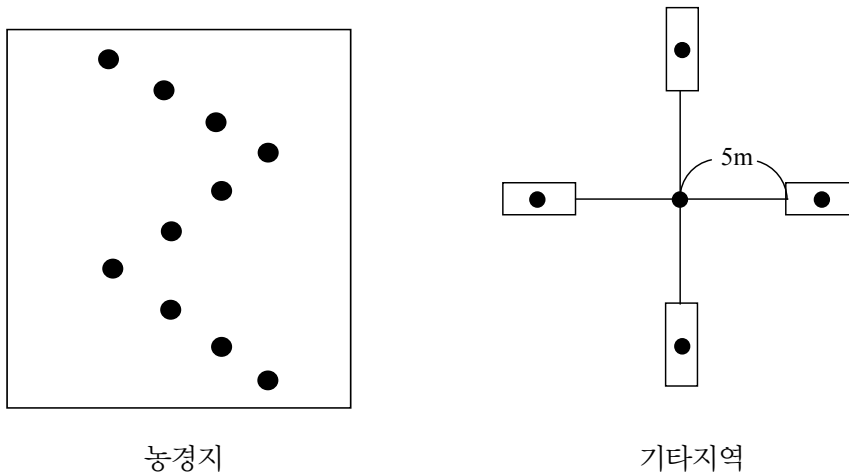


그림 4. 시료채취 방법

○ 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⁺⁶, 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
 - ▷ 11개 오염원지역 177개소에 대해 235개 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

- 조사대상 177개소 중 토양오염 우려기준 이내는 174개소(97.2%)였으며, 우려기준 초과는 5개소(2.8%)로 산업단지 및 공장지역 2개소, 원광석고철 등의 보관,사용 지역 2개소, 폐기물처리 및 재활용관련 지역 1개소에서 초과되었음.
- 초과항목은 Cd, Cu, Zn, Ni, TPH 5개 항목이었음.

※ 우려기준 : 토양오염우려기준, 대책기준 : 토양오염대책기준

- 조사개요
 - ▷ 2008년부터 시료채취는 해당 구군, 분석은 보건환경연구원과 같이 2원화 방식으로 변경하여 시행하고 있으며, 이와 같은 방식은 보건환경연구원의 업무효율을 높여주었다.
 - ▷ 2012년 토양오염실태조사 대상은 당초 179개 지점이었으나 시료채취 불가능한 2개소를 제외하고 총 177개소를 대상으로 조사를 실시하였다. 이 중 어린이놀이터지역이 73개 지점(41%), 산업단지 및 공장지역이 29개 지점(16%) 및 폐기물 처리 및 재활용 관련 지역이 12개소(9%)를 차지하였으며, 오염원 지역별로 표토, 중간 및 심토를 포함한 235개 시료를 의뢰받아 토양오염물질 중 BTEX, PCB, 유기인, 불소 등 일부 항목은 토지사용 이력에 따라 선별적으로 분석하였다.
- 조사결과(총괄)

2012년 토양오염실태조사 대상 179개소 중 시료채취불가능한 2개소를 제외한 177개소에 대해 조사를 실시하였다. 11개 오염원지역의 177개소에 대한 표토(177개), 중간 및 심토(58개)를 포함한 235개의 시료를 분석한 결과는 다음과 같다.

 - ▷ 토양오염우려기준 이내는 총 177개소 중 174개소(97.2%)였으며, 우려기준 초과한 곳은 5개소(2.8%)로 전년도 초과율 3.4%보다 감소하였다.
 - ▷ 우려기준을 초과한 5개소가 속한 오염원지역은 산업단지 및 공장지역 2개소, 원광석고철 등의 보관,사용 지역 2개소, 폐기물처리 및 재활용관련 지역 1개소였다(표6).

- ▷ 우려기준을 초과한 항목은 카드뮴, 구리, 아연, 니켈, TPH 5개 항목이었으며, 각 항목별 초과 횟수는 카드뮴 1, 구리 1, 납 1, 아연 2, TPH 3회로 조사되었다. 오염원지역별 초과항목 수는 산업단지 및 공장지역 2항목, 원광석·고철 등의 보관,사용 지역 5항목, 폐기물처리 및 재활용관련 지역 1개 항목이었다.
- ▷ 2012년도 조사된 각 항목별 평균농도는 Cd 1.62 mg/Kg(2.12 mg/Kg, 11년 자료 : 이하 동일), Cu 34.86 mg/Kg(60.39 mg/Kg), As 4.78 mg/Kg(6.54 mg/Kg), Hg 0.02 mg/Kg (0.07 mg/Kg), Pb 35.69 mg/Kg(50.54 mg/Kg), CN 0.03 mg/Kg(0.01 mg/Kg), TPH 358 mg/Kg(289 mg/Kg), Ni 8.83 mg/Kg(12.76 mg/Kg), Zn 131.92 mg/Kg (172.62 mg/Kg), F 99 mg/Kg(160 mg/Kg), pH 7.7(8.1), 벤조(a)피렌(0.089 mg/Kg(0.0 mg/Kg), 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TCE , PCE, 6가크롬, PCB, phenol, 유기인은 불검출이었다(표7, 표9, 표10).

표 6. 2012년 토양오염실태조사 토양오염 우려기준 초과지점 현황

연번	조사 지역명	조사지역 종류	조사지역 위치	토지지목 (지역)	채취 깊이	조사 항목	오염도 (mg/kg)	기준
1	남일환경 산업	산업단지 및 공장지역	영도구 청학동	임야 (2지역)	표토	TPH	1649	800
					표토	TPH	5248	2000
2	(주)푸른 환경	폐기물처리 및 재활용관련시설	영도구 청학동	공장용지 (3지역)	중간토	TPH	4240	2000
					심토	TPH	4319	2000
3	영진 스틸(주)	원광석·고철 등의 보관사용지역	사하구 다대동	임야 (2지역)	중간토	Zn	1842.33	600
						Cd	7.64	4
4	태경상회	원광석·고철 등의 보관사용지역	강서구 대저2동	답 (1지역)	표토	Cu	341.13	150
						Zn	502.28	300
5	동보체인 공업(주)	산업단지 및 공장지역	기장군 정관면 예림리	공장용지 (3지역)	표토	Ni	128.57	100
						TPH	2609	2000

표 7. 최근 3년간 주요항목 토양오염실태조사결과

(단위 : mg/Kg, pH 제외)

연도/항목	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Zn	Ni	F	TPH	CN	pH
2012	1.62	34.86	4.78	0.02	35.69	131.92	8.83	99	358	0.03	7.7
2011	2.12	60.39	6.54	0.07	50.54	172.62	12.67	160	289	0.01	8.0
2010	1.61	78.6	5.89	0.01	44.05	173.55	12.74	85	317	0.23	8.1

표 8. 전국 토양오염실태조사 결과

(단위 : mg/Kg, pH 제외)

연도/항목	Cd	Cu	As	Hg	Pb	CN	TPH	Ni	Zn	F	pH
'11.전국	0.903	36.654	6.357	0.065	30.177	0.021	61	17.479	112.984	190.292	-
'10.전국	1.062	33.846	6.875	0.041	35.832	0.023	102	18.176	129.856	170.021	-
'09.전국	0.145	7.227	0.704	0.041	6.995	0.018	433	22.152	145.524	168.389	7.16
자연함유량*	0.040	0.480	0.089	0.085	3.06	-	-	17.280	54.27	-	-

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

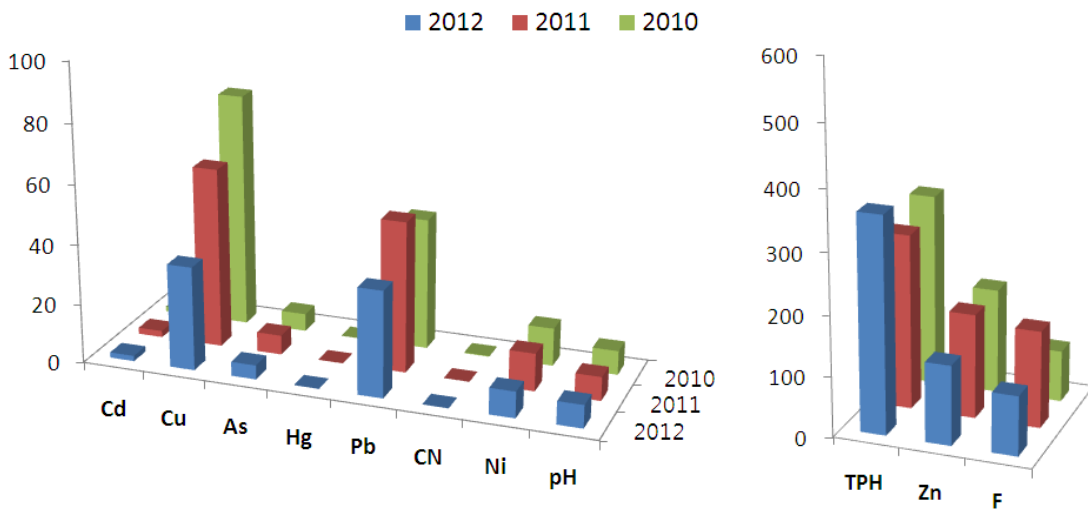


그림 5. 연도별 조사결과 비교('10~'12)

표 9. 오염원 지역별 항목별 조사결과

조사지역	지점수	항목수	카드뮴	구리	비소	수은	납	6가크롬	아연	니켈	불소	
산업단지 및 공장지역	29	20	최저	0.00	3.45	0.00	0.00	1.95	0.00	26.76	1.64	0
			최고	4.18	106.77	21.11	0.13	108.52	3.87	640.40	121.15	273
			평균	1.53	26.73	4.36	0.01	29.92	0.21	130.51	12.37	111
공장폐수 유입지역	2	13	최저	0.50	24.22	1.14	0.00	11.59	0.00	49.13	4.79	85
			최고	2.91	29.41	4.25	0.04	31.98	0.00	106.83	9.69	85
			평균	1.71	26.82	2.70	0.02	21.79	0.00	77.98	7.24	85
원광석·고철 등의 보관 사용 지역	10	20	최저	0.25	9.45	0.76	0.00	8.40	0.00	43.16	2.88	14
			최고	7.64	341.13	9.68	0.07	464.17	1.71	1842.33	128.57	295
			평균	2.53	97.70	4.51	0.01	94.53	0.19	433.65	29.29	148
폐기물 처리 및 재활용 관련 지역	17	21	최저	0.00	3.00	1.05	0.00	1.62	0.00	26.32	1.92	0
			최고	3.64	117.63	15.45	0.04	322.56	0.00	831.75	33.57	313
			평균	1.56	23.76	5.80	0.01	33.28	0.00	145.57	7.47	95
광산 지역	12	9	최저	1.20	331.40	8.90	0.00	65.00	0.00	165.20	3.76	-
			최고	1.20	331.40	8.90	0.00	65.00	0.00	165.20	3.76	-
			평균	1.20	331.40	8.90	0.00	65.00	0.00	165.20	3.76	-
교통관련 시설지역	12	18	최저	0.00	7.42	0.73	0.00	3.84	0.00	20.74	0.00	0
			최고	4.35	498.63	10.19	0.05	104.13	0.00	594.43	44.21	209
			평균	1.98	47.02	4.65	0.01	29.81	0.00	116.08	7.20	56
철도 관련시설	14	15	최저	1.39	10.46	1.36	0.00	12.91	0.00	45.09	2.00	-
			최고	6.93	315.17	28.63	0.29	252.79	0.00	548.25	23.64	-
			평균	3.08	82.47	9.36	0.08	83.45	0.00	206.55	10.80	-
산지 등의 복구 및 공유수면 매립지역	1	9	최저	1.53	7.53	2.72	0.00	5.83	0.00	36.60	4.85	-
			최고	2.33	16.47	4.12	0.01	27.69	0.00	106.49	10.23	-
			평균	1.94	11.00	3.33	0.01	16.10	0.00	62.05	7.37	-
사고·민원 등 발생 지역	5	21	최저	1.04	10.36	2.63	0.01	14.68	0.00	40.18	4.51	0
			최고	3.19	42.64	13.55	0.04	45.33	0.00	142.04	8.46	92
			평균	1.90	20.74	7.04	0.02	24.16	0.00	92.12	6.53	53
어린이놀이터 지역	81	14	최저	0.00	0.00	0.29	0.00	0.44	0.00	13.32	0.00	-
			최고	2.82	97.82	10.42	0.29	91.58	0.00	272.38	14.79	-
			평균	1.09	18.71	3.09	0.02	21.56	0.00	70.12	5.49	-
토지개발 등 지역	5	18	최저	0.02	13.50	1.12	0.02	20.33	0.00	56.12	2.58	0
			최고	3.12	62.58	11.38	0.13	44.70	0.00	183.69	11.10	86
			평균	1.08	28.02	4.70	0.08	31.42	0.00	133.20	5.04	34
전 체 토양오염도	177	22	최저	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	13.32	0.00	0
			최대	7.64	498.63	28.63	0.29	464.17	3.87	1842.33	128.57	313
			평균	1.62	34.86	4.78	0.02	35.69	0.04	131.92	8.83	99

표 10. 오염원 지역별 항목별 조사결과

조사지역	지점수	항목수	유기인	PCB	시안	페놀	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	크실렌	TPH	TCE	PCE	벤조피렌	pH	
산업단지 및 공장지역	29	20	최저	-	0.000	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	64	0.0	0.0	-	5.1	
			최고	-	0.000	0.04	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	2609	0.0	0.0	-	9.2
			평균	-	0.000	0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	337	0.0	0.0	-	7.2
공장폐수 유입지역	2	13	최저	-	0.000	-	0.00	-	-	-	393	-	-	-	6.7	
			최고	-	0.000	-	0.00	-	-	-	-	393	-	-	-	8.5
			평균	-	0.000	-	0.00	-	-	-	-	393	-	-	-	7.6
원광석고철 등의 보관 사용 지역	10	20	최저	-	0.000	0.04	0.00	0.0	0.0	0.0	76	0.0	0.0	-	7.4	
			최고	-	0.000	0.04	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	350	0.0	0.0	-	8.9
			평균	-	0.000	0.04	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	136	0.0	0.0	-	8.4
폐기물 처리 및 재활용 관련 지역	17	21	최저	0.000	0.000	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	68	0.0	0.0	-	5.8	
			최고	0.000	0.000	0.17	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	5248	0.0	0.0	-	9.2
			평균	0.000	0.000	0.03	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	543	0.0	0.0	-	8.1
광산 지역	12	9	최저	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8	
			최고	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8
			평균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8
교통관련 시설지역	12	18	최저	-	-	0.03	-	0.0	0.0	0.0	62	0.0	0.0	-	6.4	
			최고	-	-	0.03	-	0.0	0.0	0.0	0.0	362	0.0	0.0	-	9.2
			평균	-	-	0.03	-	0.0	0.0	0.0	0.0	140	0.0	0.0	-	7.9
철도 관련시설	14	15	최저	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	76	-	-	0.016	5.4	
			최고	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	1086	-	-	0.189	9.6
			평균	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	328	-	-	0.089	7.5
산지 등의 복구 및 공유수면 매립지역	1	9	최저	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.4	
			최고	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2
			평균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.7
사고·민원 등 발생 지역	5	21	최저	0.000	0.000	0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	168	0.0	0.0	-	5.9	
			최고	0.000	0.000	0.04	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	362	0.0	0.0	-	8.0
			평균	0.000	0.000	0.03	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	263	0.0	0.0	-	7.1
어린이놀이터 지역	81	14	최저	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	177	-	-	-	5.1	
			최고	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	177	-	-	-	9.1
			평균	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	177	-	-	-	7.8
토지개발 등 지역	5	18	최저	-	-	0.02	-	0.0	0.0	0.0	136	0.0	0.0	-	6.6	
			최고	-	-	0.03	-	0.0	0.0	0.0	0.0	354	0.0	0.0	-	9.4
			평균	-	-	0.02	-	0.0	0.0	0.0	0.0	225	0.0	0.0	-	7.8
전 체 토양오염도	177	22	최저	0.000	0.000	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	62	0.0	0.0	0.016	4.8	
			최대	0.000	0.000	0.17	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	5248	0.0	0.0	0.189	9.6
			평균	0.000	0.000	0.03	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	358	0.0	0.0	0.089	7.7

○ 조사결과(항목별)

▷ 카드뮴(Cd)

- '12년 토양오염 실태조사 결과 카드뮴 농도의 범위는 0.02 ~ 7.64 mg/Kg였으며, 평균 농도는 1.62 mg/Kg(2.12 mg/Kg, 11년 자료)로 1지역 우려기준의 4 mg/Kg보다 낮았다. 지점별 오염도를 살펴보면, 원광석·고철 등의 보관사용 지역인 강서구 대저2동의 태경상회가 7.64 mg/Kg로 가장 높은 값을 보였으며, 토양오염우려기준(1기준, 4 mg/Kg)을 초과하였다.
- 지역별 카드뮴 평균농도는 산업단지 및 공업지역 1.53 mg/Kg(2.48 mg/Kg, 11년 자료 : 이하 동일), 공장폐수유입지역 1.71 mg/Kg(3.13 mg/Kg), 원광석·고철 등의 보관사용 지역 2.53 mg/Kg(2.73 mg/Kg), 폐기물 처리 및 재활용 관련 지역 1.56 mg/Kg(2.35 mg/Kg), 교통관련 시설지역 1.98 mg/Kg(2.63 mg/Kg), 사고·민원 등 발생 지역 1.90 mg/Kg(2.26 mg/Kg), 토지개발 등 지역 1.08 mg/Kg(2.11 mg/Kg), 어린이놀이터지역 1.09 mg/Kg(1.38 mg/Kg), 광산지역 1.20mg/Kg, 철도관련지역 3.08 mg/Kg, 산지 등의 복구및공유수면 매립지역 1.94 mg/Kg로 전지역이 작년보다 감소한 것으로 조사되었다. 철도관련시설이 다른 지역에 비해 높았으며, 토지개발 등 지역이 낮은 것으로 조사되었다.
- 그림 6에 최근 3년간 오염원지역별 카드뮴 평균농도를 나타내었다.

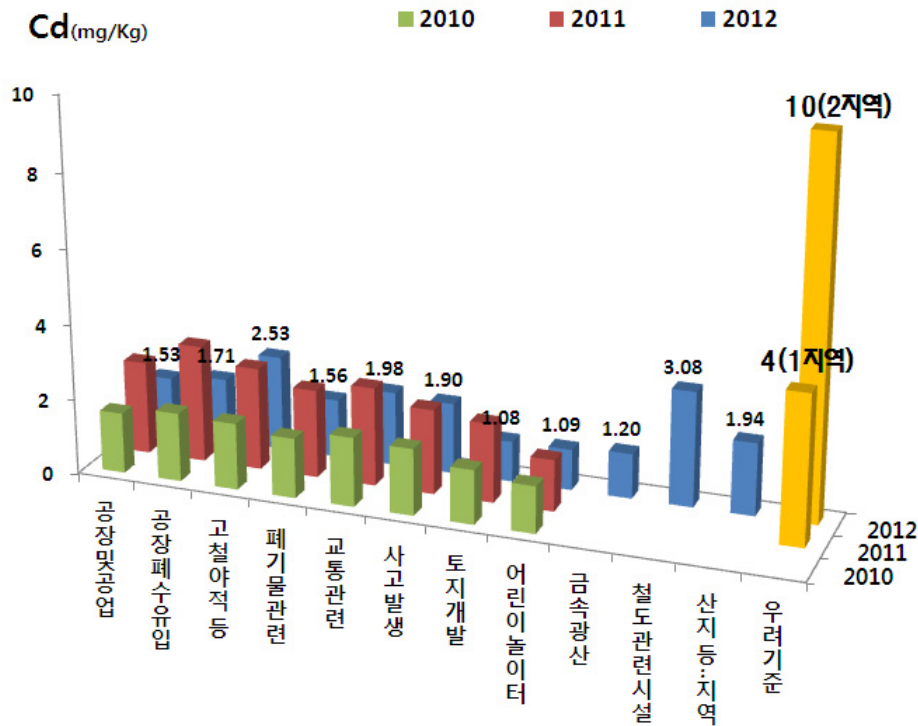


그림 6. 오염원 지역별 Cd 농도

▷ 구 리(Cu)

- 12년도 토양오염 실태조사 결과 구리의 농도범위는 0.00 ~ 498.63 mg/Kg였다. 평균농도는 34.86 mg/Kg(78.60 mg/Kg, 11년 자료)으로 1지역 우려기준 150 mg/Kg보다 낮았으며, 2011년도 평균 결과보다 낮게 조사되었다. 최고농도를 보인 지점은 사하구 (주)강남이었다.
- 우려기준을 초과한 지점은 1개 지점으로 원광석·고철 등의 보관·사용 지역인 강서구 대저2동의 태경상회가 341.13 mg/Kg로 토양오염우려기준(1기준, 150 mg/Kg)을 초과하였다.
- 오염원지역별 조사농도는 산업단지 및 공업지역 26.73 mg/Kg(38.39 mg/Kg, 10년 자료, 이하동일), 공장폐수유입지역 26.82 mg/Kg(59.96 mg/Kg), 원광석·고철 등의 보관·사용 지역 97.70 mg/Kg(434.35 mg/Kg), 폐기물 처리 및 재활용 관련 지역 23.76 mg/Kg(40.38 mg/Kg), 교통관련 시설지역 47.02 mg/Kg(72.01 mg/Kg), 사고·민원 등 발생 지역 20.74 mg/Kg(27.47 mg/Kg), 토지개발등 지역 28.02 mg/Kg(38.58 mg/Kg), 어린이놀이터지역 18.71 mg/Kg(19.69 mg/Kg), 광산지역 331.40 mg/Kg, 철도관련지역 82.47 mg/Kg, 산지 등의 복구및공유수면 매립지역 11.00 mg/Kg으로 조사되었다. 전지역이 작년보다 감소한 것으로 조사되었다. 광산지역이 다른 지역에 비해 높았으며, 어린이놀이터지역이 낮은 것으로 조사되었다.
- 그림 7에 최근 3년간 오염원지역별 구리 평균농도를 나타내었다.

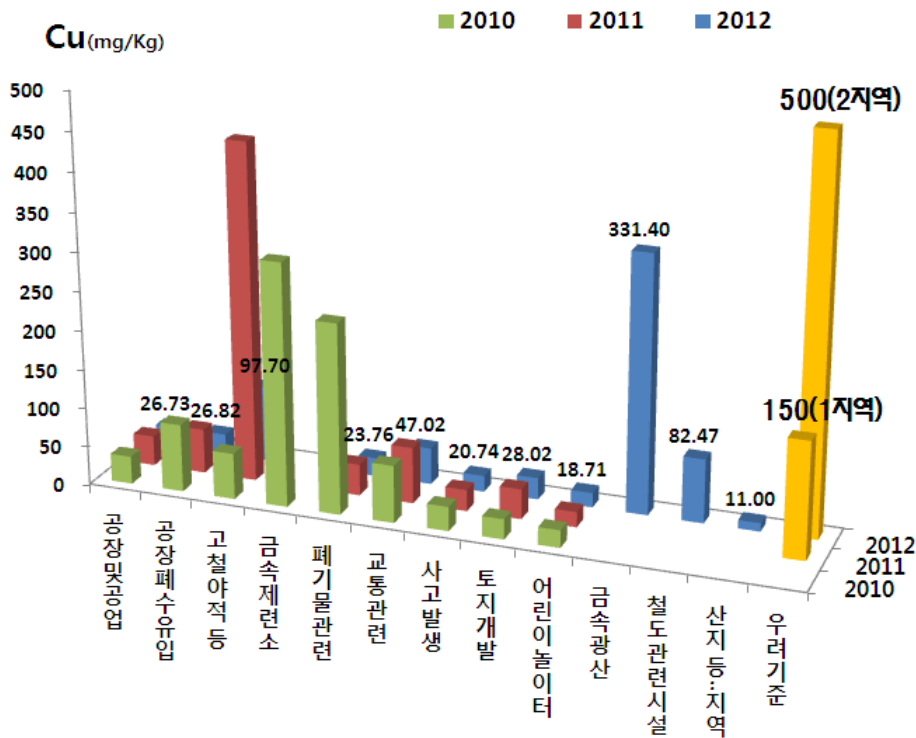


그림 7. 오염원 지역별 Cu 농도

▷ 비 소(As)

- 177개 지점 235개 시료를 분석한 결과 비소의 평균농도는 4.78 mg/Kg(6.54 mg/Kg, 11년)으로 전년대비 낮은 평균값을 보였으며, 이는 우려기준(1지역 25 mg/Kg)보다 크게 낮은 수치였다.
- 177개 전 지점의 비소농도는 토양오염우려기준 이내였으며, 최고 농도를 보인 지점은 중구 중앙동 부산차량사업소내 한지점에서 28.63 mg/Kg의 수치를 나타내었다. 오염원 지역별로 살펴보면 광산지역의 평균농도가 8.90 mg/Kg로 가장 높은 수치를 보였으며, 어린이놀이터 지역 및 공장폐수 유입지역이 각각 3.09 mg/Kg, 2.70 mg/Kg로 낮은 수치를 보였다.
- 그림 8은 최근 3년간 오염원지역별 비소 평균농도를 나타내었다.

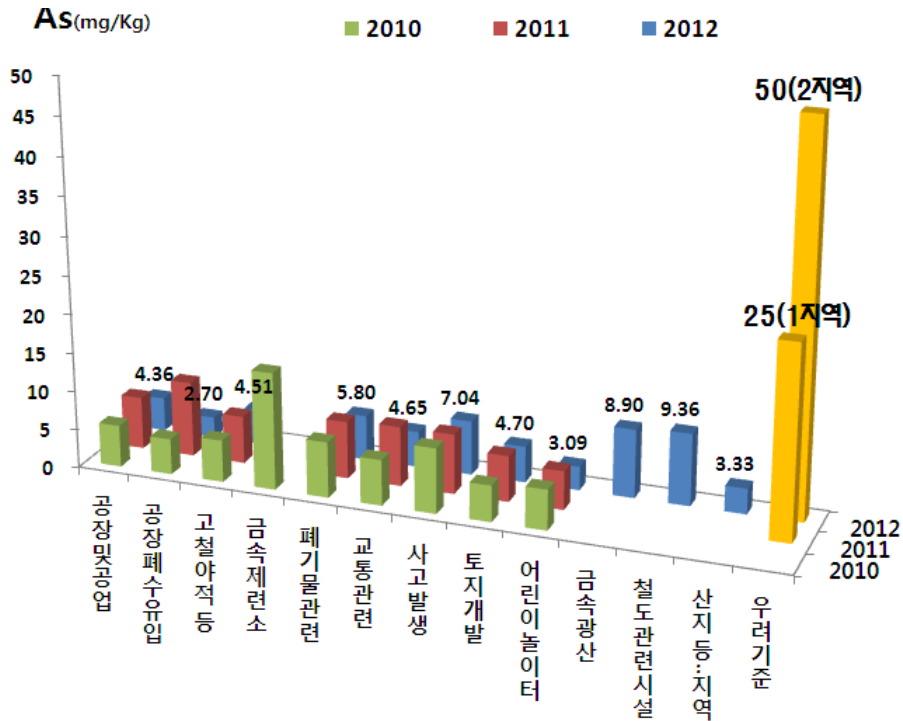


그림 8. 오염원 지역별 As 농도

▷ 수 은(Hg)

- 전년도와 같이 우려기준을 초과하는 지점은 없었으며, 2012년도 수은 전체 평균은 0.02 mg/Kg(0.07 mg/Kg, 11년)로 1지역 우려기준(4.0 mg/Kg)보다 매우 낮은 수준의 평균 조사농도를 보였다.
- 최고농도 지점은 철도관련지역인 부산진구 부전동 한국철도청내 지점이 0.29 mg/Kg로 조사되었으며, 지역별 오염도 검토결과 최고 평균오염도를 보인 지역은 철도관련시설 및 토지개발 등 지역으로 평균농도는 0.08 mg/Kg이었다.

▷ 납(Pb)

- 177개 지점 235개 토양시료의 납 항목을 분석한 결과 농도범위는 0.44~464.17 mg/Kg 였다. 평균농도는 35.69 mg/Kg(50.54 mg/Kg, 11년 결과)으로 전년결과와 비교하여 낮은 오염도를 보였으며, 우려기준(1지역 200 mg/Kg)보다 매우 낮은 수치였다.
- 전지점이 토양오염우려기준 이내였으며, 조사대상중 최고농도를 보인 지점은 원광석·고철 등의 보관·사용 지역 내의 강서구 대한네트웍스로 464.17 mg/Kg였다.
- 지역별로 살펴보면 원광석·고철 등의 보관사용 지역의 평균농도가 94.53 mg/Kg로 가장 높은 수치를 보였으며, 산지 등의 복구 및 공유수면 매립지역이 16.10 mg/Kg으로 가장 낮게 조사되었다.
- 그림 9은 최근 3년간 오염원지역별 납 평균농도를 나타내었다.

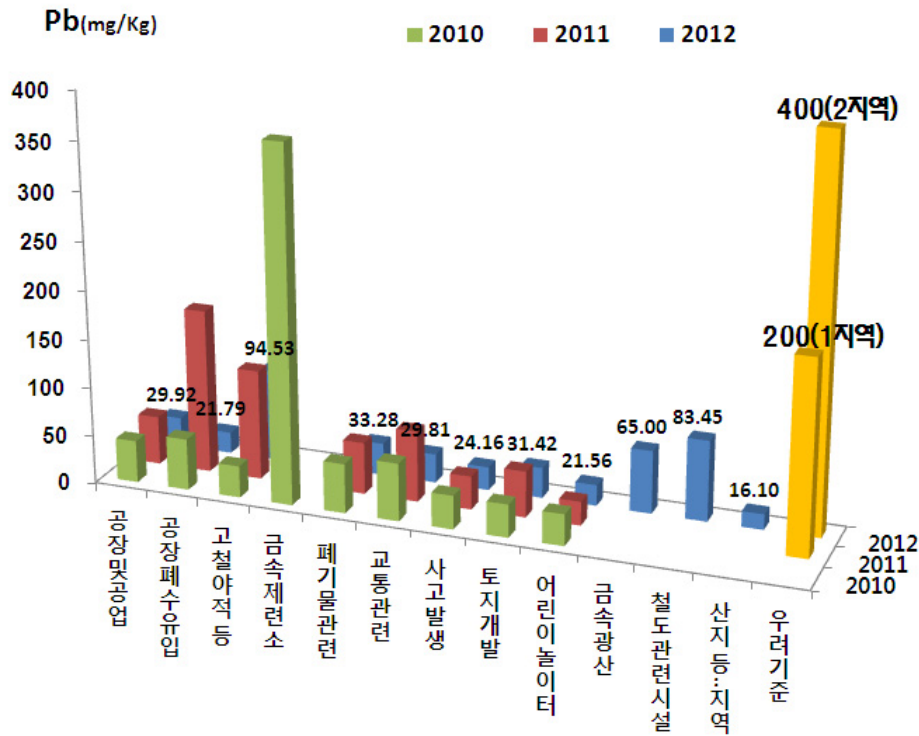


그림 9. 오염원 지역별 Pb 농도

▷ 아연(Zn)

- 2012년 토양실태 오염조사 아연의 농도범위는 13.32~1842.33 mg/Kg였다. 평균농도는 131.92 mg/Kg(172.62 mg/Kg, 11년 결과)으로 전년결과와 비교하여 낮은 오염도를 보였다. 우려기준(1지역 200 mg/Kg)보다 낮은 수치였다.
- 우려기준을 초과한 지점은 2개소로 모두 원광석·고철 등의 보관·사용 지역에 위치하고 있으며, 강서구 대저2동의 태경상회 502.28 mg/Kg(1지역 기준 300 mg/Kg초과), 사하구 다대동 영진스틸(주) 1842.337 mg/Kg(2지역 기준 600 mg/Kg초과)으로 조사되었으며 전 조사대상 중 가장 높은 값을 보였다.
- 오염원 지역별 평균 조사농도를 살펴보면, 원광석·고철 등의 보관·사용 지역 433.65 mg/Kg이 가장 높았으며, 가장 낮은 지역은 산지 등의 복구 및 공유수면 매립지역으로 62.05 mg/Kg으로 나타났다.
- 그림 10는 최근 3년간 오염원지역별 아연 평균농도를 나타내었다.

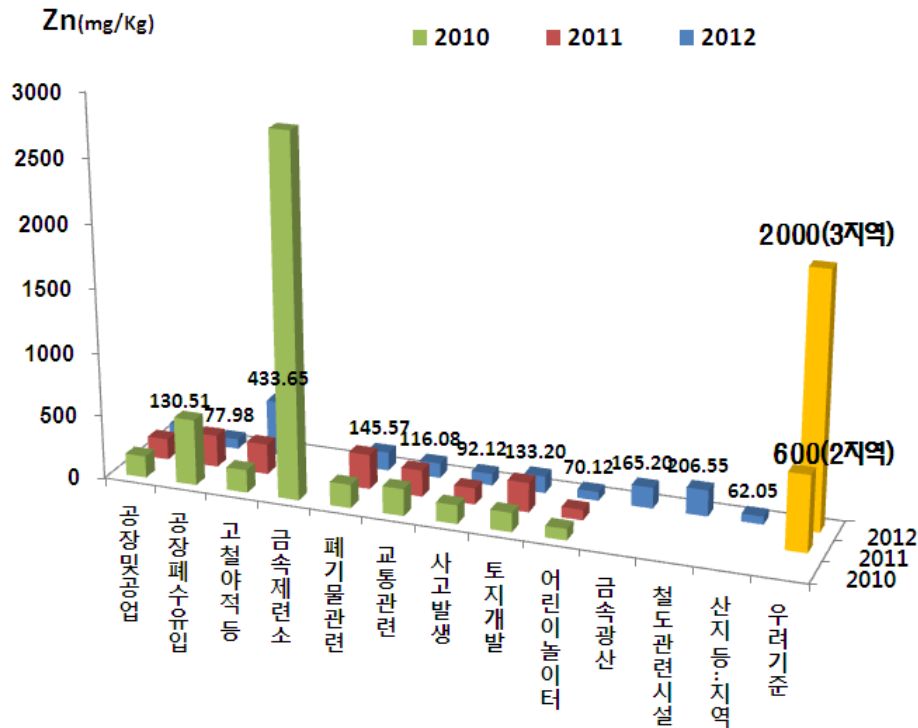


그림 10. 오염원 지역별 Zn 농도

▷ 니켈(Ni)

- 177개 지점 235개 시료를 분석한 결과 니켈의 평균농도는 8.83 mg/Kg(12.67 mg/Kg, 11년 결과)으로 전년도보다 낮게 조사되었으며, 우려기준 100 mg/Kg보다 현저히 낮은 값을 보였다.
- 우려기준을 초과한 지점은 1개소로 모두 원광석·고철 등의 보관·사용 지역에 위치한 강서구 대저2동의 태경상회(128.57 mg/Kg, 1지역 기준 100 mg/Kg초과)였으며 전 조사대상 중 가장 높은 값을 보였다.
- 오염원 지역별 평균 농도 범위는 3.76 mg/Kg~ 29.29 mg/Kg이었으며, 가장 낮은 평균 농도를 보인 지역은 금속광산주변지역, 가장 높은 지역은 원광석·고철 등의 보관·사용 지역이었다.
- 그림 11는 최근 3년간 오염원지역별 니켈 평균농도를 나타내었다.

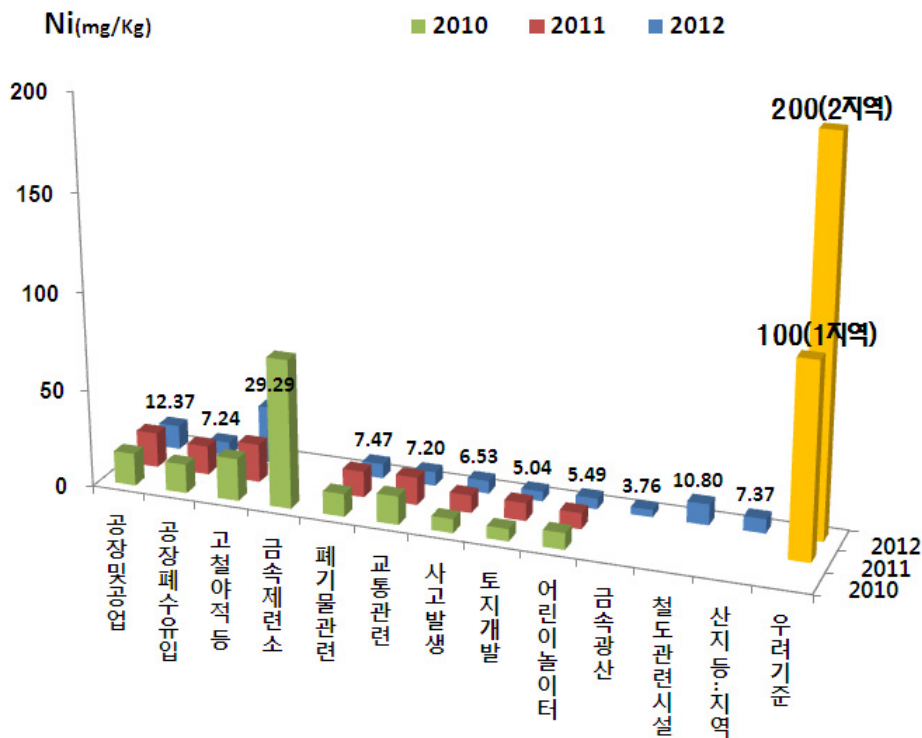


그림 11. 오염원 지역별 Ni 농도

▷ 6가 크롬(Cr⁺⁶)

- 전체 조사대상 11개 지역별 177개 지점의 표토, 중간토 및 심토 235개 시료의 6가크롬을 조사한 결과 0.00~3.87 mg/Kg 범위로 조사되었으며, 전지점이 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 177개소 235개 지점에 대해 2011년 BTEX 조사결과 전 지점이 불검출로 조사되어 토양오염우려기준(1지역)을 만족하였다.

▷ 유류(TPH)

- 2012년도 유류(TPH)의 평균 농도는 358 mg/Kg(289 mg/Kg, 11년 결과)이었으며, 전년보다 오염도가 다소 증가한 것으로 나타났다. 우려기준(1지역 500 mg/Kg, 2지역 800 mg/Kg)보다는 낮은 농도를 보였다.
- 우려기준을 초과한 곳은 3개 지점으로 산업단지 및 공장지역에 위치한 영도구 청학동의 남일환경(1649 mg/Kg, 2지역 기준 800 mg/Kg초과), 기장군 정관명의 동보체인공업(주)(2609 mg/Kg, 3지역 기준 2000 mg/Kg초과)와 폐기물처리 및 재활용관련시설에 위치한 영도구 (주)푸른환경(5248 mg/Kg, 3지역 우려기준 2000 mg/Kg초과)지점으로 조사되었다.
- 지역별 평균 농도는 폐기물처리 및 재활용관련시설이 543 mg/Kg로 가장 높았으며, 원광석·고철 등의 보관사용지역이 136 mg/Kg로 가장 낮게 나타났다.
- 그림 12은 최근 3년간 오염원지역별 TPH 평균농도를 나타내었다.

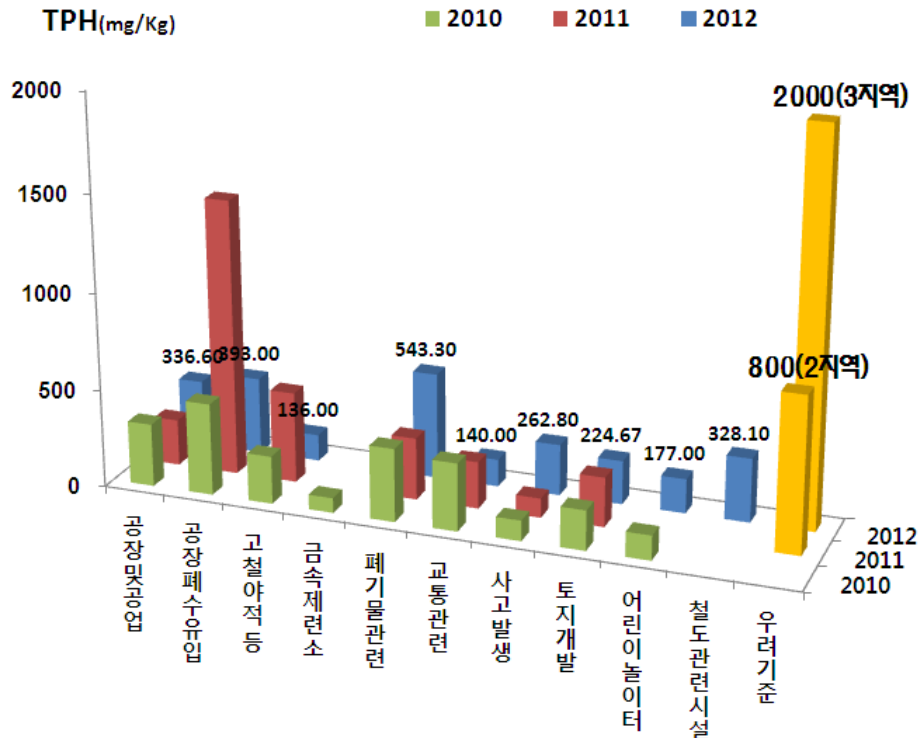


그림 12. 오염원 지역별 TPH 농도

▷ 불소(F)

- 2012년 토양오염실태지점에 대한 불소항목 조사결과 평균농도는 99 mg/Kg(160 mg/Kg, 11년 결과)로 전년대비 매우 낮게 조사되었으며, 이는 토양오염우려기준(1지역 400 mg/Kg)보다 낮은 값이었다. 또한 전지점이 토양오염우려기준을 이내였다.
- 지점별 오염현황을 살펴보면, 폐기물처리 및 재활용관련시설인 사상구 호제환경산업(주)가 313 mg/Kg로 가장 높은 농도를 보인 지점이었고, 대부분 지점은 낮은 농도로 조사되었다.
- 지역별 불소 평균농도는 산업단지 및 공업지역 111 mg/Kg(189 mg/Kg, 11년 자료 : 이하 동일), 공장폐수유입지역 85 mg/Kg(99 mg/Kg), 원광석·고철 등의 보관·사용 지역 148 mg/Kg(137 mg/Kg), 폐기물 처리 및 재활용 관련 지역 95 mg/Kg(189 mg/Kg), 교통관련 시설지역 56 mg/Kg(122 mg/Kg), 사고·민원 등 발생 지역 53 mg/Kg(183 mg/Kg), 토지개발 등 지역 34 mg/Kg(160 mg/Kg)으로 조사되었으며, 원광석·고철 등의 보관·사용 지역이 다른 지역에 비해 높게 조사되었다.
- 그림 13은 최근 3년간 오염원지역별 불소 평균농도를 나타내었다.

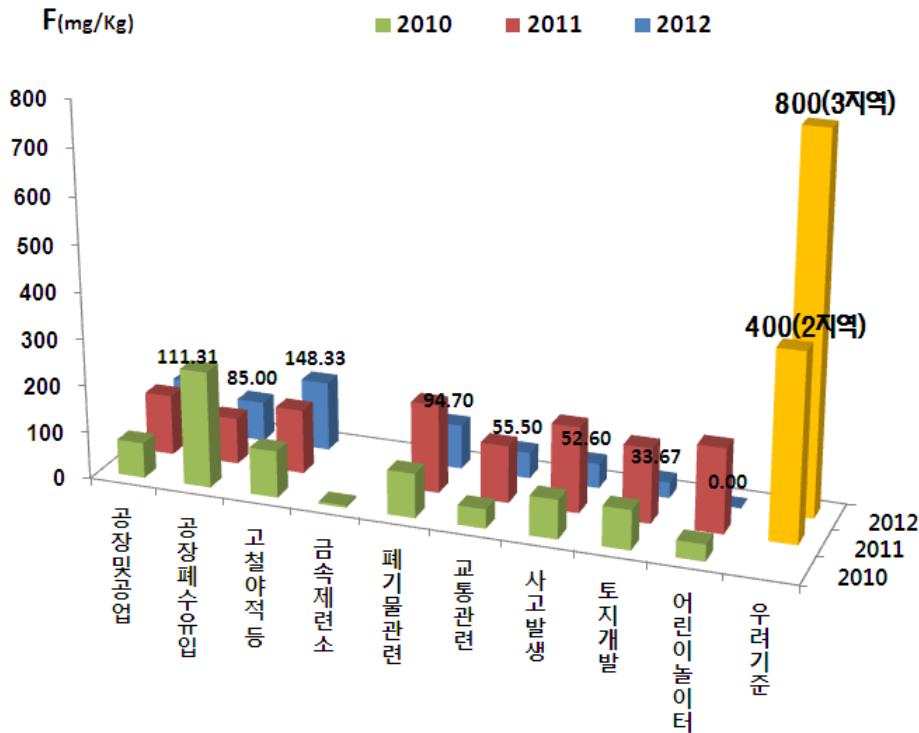


그림 13. 오염원 지역별 불소 농도

▷ 수소이온농도(pH)

- 177개 지점 235개 시료의 수소이온농도 평균은 7.7 이었으며, 4.8~9.4 범위의 값을 보였다. 지역별 결과를 살펴보면, 광산지역이 평균 4.8로 가장 낮았고, 산지 등의 복구 및 공유수면 매립지역이 평균 8.7로 가장 높은 값을 보였다.
- 그림 14은 최근 3년간 오염원지역별 수소이온농도 평균을 나타내었다.

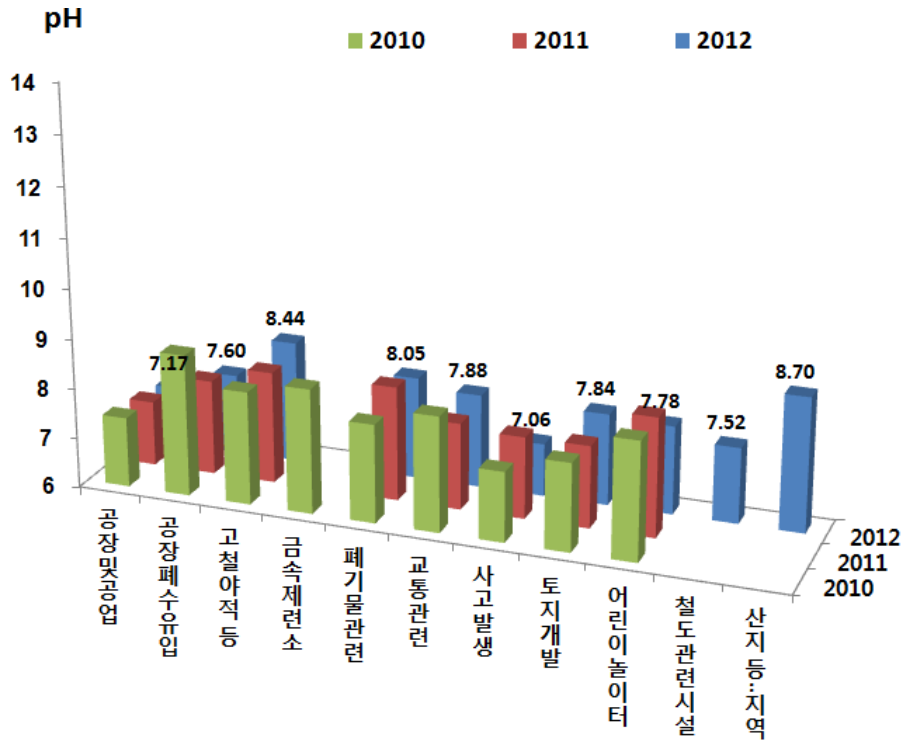


그림 14. 오염원 지역별 평균pH

▷ 시안(CN)

- 2012년 토양오염 실태조사 시안 조사결과 평균농도는 0.03 mg/Kg(0.01 mg/Kg, 11년 결과)으로 1,2지역의 우려기준(2.0) 보다 낮았으며, 우려기준을 초과한 지점도 없었다.
- 다소 높은 농도를 보인 지점은 폐기물 처리 및 재활용 관련 지역의 사상구 호제환경산업(주) 0.17 mg/Kg로 가장 높게 조사되었으며, 그 외 다른 지점은 불검출이거나 낮은 수치로 조사되었다.

▷ 벤조(a)피렌

- 벤조(a)피렌 오염이 의심되는 철도청 4개지점에 대해 조사한 결과 0.16~0.189 mg/Kg로 전지점이 토양오염 우려기준이내였다.

▷ 폴리클로리네이티드비페닐(PCB), 페놀(Phenol), 유기인, TCE, PCE

- 조사대상 모두 불검출로 나타났다.

○ 조사결과(지역별)

▷ 1지역

- 2012년 토양오염실태조사 대상 177개소(235개지점) 중 토양오염우려기준 1지역으로 분류된 95개 지점에서 표토 및 중간, 심토 101개 시료를 분석한 결과 주요항목별 평균은 Cd 1.24 mg/Kg (1.66 mg/Kg, 11년 자료, 이하동일), Cu 21.79 mg/Kg(68.54 mg/Kg), As 3.82 mg/Kg(5.82 mg/Kg), Pb 21.25 mg/Kg(34.99 mg/Kg), Zn 77.03 mg/Kg(100.78 mg/Kg), Ni 7.70 mg/Kg(9.4 mg/Kg), TPH 160 mg/Kg(305 mg/Kg), F 131 mg/Kg(136 mg/Kg)로 조사되었다.
- 1지역에서 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 총1지점으로 원광석고철 등의 보관사용 지역에 위치한 강서구 대저2동의 태경상회가 Cd, Cu, Zn, Ni 항목을 초과하였다.

▷ 2지역

- 총 177개소(235개지점)중 토양오염우려기준 2지역으로 분류된 21개 지점 36개 시료를 분석한 결과 주요항목별 평균은 Cd 2.08 mg/Kg(2.37 mg/Kg, 11년 자료, 이하동일), Cu 52.61 mg/Kg (56.13 mg/Kg), As 4.88 mg/Kg(6.16 mg/Kg), Pb 42.52 mg/Kg(54.64 mg/Kg), Zn 176.93 mg/Kg(237.26 mg/Kg), Ni 9.09 mg/Kg(14.40 mg/Kg), TPH 257 mg/Kg(330 mg/Kg), F 115 mg/Kg(225 mg/Kg)로 조사되었다.
- 2지역에서 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 총 2지점으로 원광석고철 등의 보관사용 지역에 위치한 사하구 다대동 영진스틸(주)가 Zn 항목이 초과하였으며, 산업단지 및 공장 지역에 위치한 영도구 청학동 남일환경산업은 TPH 항목이 초과하였다.

▷ 3지역

- 총 177개소(235개지점)중 토양오염우려기준 3지역으로 분류된 63개 지점 87개 시료를 분석한 결과 주요항목별 평균은 Cd 1.84 mg/Kg(2.50 mg/Kg, 11년 자료, 이하동일), Cu 41.38 mg/Kg (53.67 mg/Kg), As 5.70 mg/Kg(7.43 mg/Kg), Pb 47.55 mg/Kg(64.91 mg/Kg), Zn 168.86 mg/Kg (220.45 mg/Kg), Ni 9.86 mg/Kg(15.34 mg/Kg), TPH 418 mg/Kg(270 mg/Kg), F 84 mg/Kg(149 mg/Kg)로 조사되었다.
- 3지역에서 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 총 2지점으로 산업단지 및 공장지역에 위치한 기장군 정관면 동보체인공업(주) 및 폐기물처리 및 재활용관련시설에 위치한 영도구 청학동 (주)푸른환경은 두 지점 모두 TPH 항목이 초과하였다.

▷ 그림 16, 표 11, 12에 2012년 지역구분별 실태조사결과를 나타내었다.

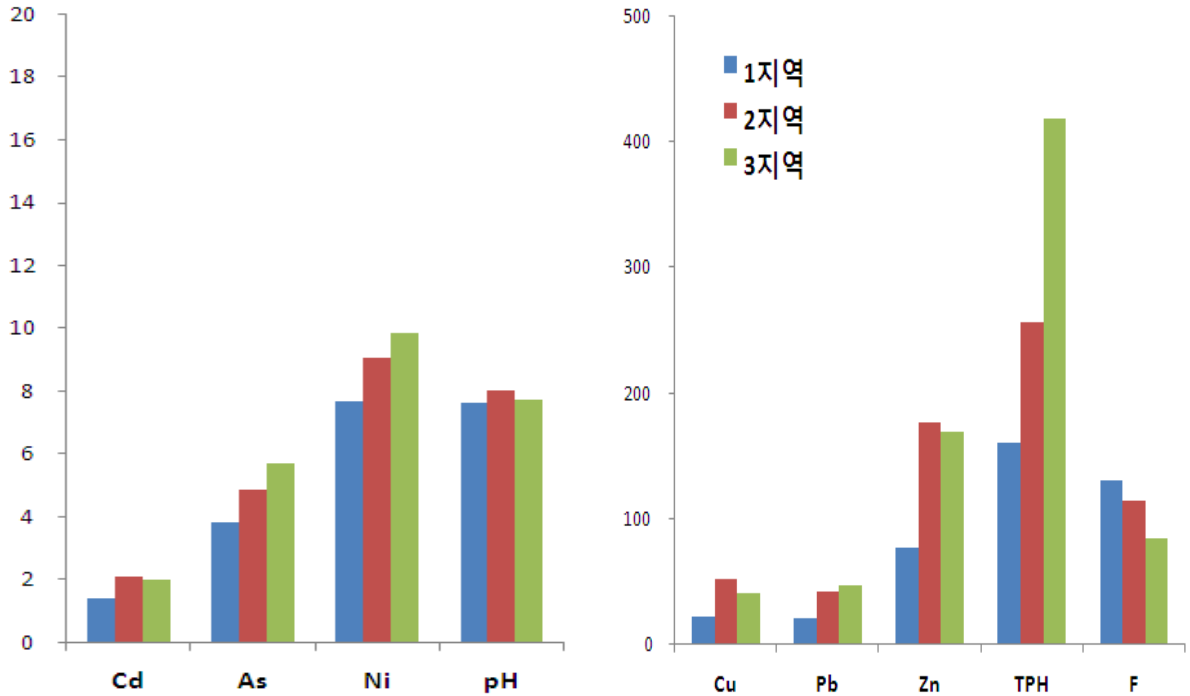


그림 15. 토양오염기준 적용에 따른 지역구분별 결과

표 11. 2012년도 지역별 토양오염실태조사 결과

(단위 : mg/Kg)

구 분	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Zn	Ni	F	
1지역	최소값	0.00	0.00	0.29	0.00	0.44	13.32	0.00	11
	평균	1.24	21.79	3.82	0.01	21.25	77.03	7.70	131
	최대값	7.64	341.13	21.11	0.29	108.52	502.28	128.57	295
	우려기준	4	150	25	4	200	300	100	400
2지역	최소값	0.02	3.00	0.76	0.00	6.49	27.76	2.58	0
	평균	2.08	52.61	4.88	0.02	42.52	176.93	9.09	115
	최대값	7.23	331.40	13.55	0.18	215.18	1842.33	33.57	313
	우려기준	10	500	50	10	400	600	200	400
3지역	최소값	0.00	3.59	0.00	0.00	2.39	20.74	0.00	0
	평균	1.84	41.38	5.70	0.02	47.55	168.86	9.86	84
	최대값	6.93	498.63	28.63	0.29	464.17	1154.83	121.15	273
	우려기준	60	2000	200	20	700	2000	500	800

표 12. 2012년도 지역별 토양오염실태조사 결과

(단위 : mg/Kg, pH 제외)

구 분	CN	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	자일렌	TPH	벤조피렌	pH	
1지역	최소값	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	62	-	5.10
	평균	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	160	-	7.64
	최대값	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	469	-	9.40
	우려기준	2	1	20	50	15	500	-	-
2지역	최소값	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	66	-	4.80
	평균	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	257	-	8.03
	최대값	0.17	0.0	0.0	0.0	0.0	955	-	9.20
	우려기준	2	1	20	50	15	800	-	-
3지역	최소값	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	64	0.016	5.10
	평균	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	418	0.089	7.72
	최대값	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	5248	0.189	9.60
	우려기준	120	3	60	340	45	2000	7	-

▷ 중금속 항목 및 pH와의 상관성 검토

- 중금속검출의 주요 영향 인자인 pH와 중금속 7개 항목(전지점 불검출된 6가크롬 제외)간의 항목별 상관성을 표 13에 나타내 보았다. 검토 결과, 카드뮴과 아연간 상관성과 구리와 아연, 니켈간 상관성이 높게 나타났으며, 그 외 항목은 뚜렷한 상관성을 보이지 않았다.
- pH 역시 큰 상관성이 보이지 않았는데 이는 pilot 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 13. 중금속 주요항목 및 pH간의 상관계수

항 목	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Zn	Ni	pH
Cd	1.0000							
Cu	0.4609	1.0000						
As	0.2756	0.1889	1.0000					
Hg	0.2354	0.1765	0.2126	1.0000				
Pb	0.4157	0.4801	0.1427	0.1888	1.0000			
Zn	0.5179	0.5687	0.1050	0.1107	0.6652	1.0000		
Ni	0.4307	0.5178	0.1025	0.0438	0.1903	0.3216	1.0000	
pH	0.0435	0.0025	-0.1377	-0.0089	0.1091	0.1354	0.0922	1.0000

4. 결 론

2012년 시내 토양오염실태조사를 위해 11개 오염원지역에서 177개소의 표토(177개), 중간 및 심토(58개)를 포함한 235개의 시료를 분석한 결과는 다음과 같다.

- 토양오염우려기준 이내는 총 177개소 중 174개소(97.2%)였으며, 우려기준 초과한 곳은 5개소(2.8%)로 전년도 초과율 3.4%보다 감소하였다.
- 우려기준을 초과한 5개소가 속한 오염원지역은 산업단지 및 공장지역 2개소, 원광석·고철 등의 보관,사용 지역 2개소, 폐기물처리 및 재활용관련 지역 1개소였다.
- 우려기준을 초과한 항목은 카드뮴, 구리, 아연, 니켈, TPH 5개 항목이었으며, 각 항목별 초과 횟수는 카드뮴 1, 구리 1, 납 1, 아연 2, TPH 3회로 조사되었다. 지역별 초과항목 수는 산업단지 및 공장지역 2항목, 원광석·고철 등의 보관, 사용 지역 5항목, 폐기물처리 및 재활용관련 지역 1개 항목이었다.
- 2012년도 조사된 각 항목별 평균농도는 Cd 1.62 mg/Kg(2.12 mg/Kg, 11년 자료 : 이하 동일), Cu 34.86 mg/Kg(60.39 mg/Kg), As 4.78 mg/Kg(6.54 mg/Kg), Hg 0.02 mg/Kg(0.07 mg/Kg), Pb 35.69 mg/Kg(50.54 mg/Kg), CN 0.03 mg/Kg(0.01 mg/Kg), TPH 358 mg/Kg(289 mg/Kg), Ni 8.83 mg/Kg(12.76 mg/Kg), Zn 131.92 mg/Kg(172.62 mg/Kg), F 99 mg/Kg(160 mg/Kg), 벤조(a)피렌(0.089 mg/Kg(0.0 mg/Kg), pH 7.7(8.1), 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TCE, PCE, 6가크롬, PCB, phenol, 유기인, 은 불검출이었다.
- 1지역의 주요항목별 평균은 Cd 1.24 mg/Kg(1.66 mg/Kg, 11년 자료, 이하동일), Cu 21.79 mg/Kg(68.54 mg/Kg), As 3.82 mg/Kg(5.82 mg/Kg), Pb 21.25 mg/Kg(34.99 mg/Kg), Zn 77.03 mg/Kg(100.78 mg/Kg), Ni 7.70 mg/Kg(9.4 mg/Kg), TPH 160 mg/Kg(305 mg/Kg), F 131 mg/Kg(136 mg/Kg)이었다. 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 총1지점으로 Cd, Cu, Zn, Ni 항목을 초과하였다.
- 2지역 주요항목별 평균은 Cd 2.08 mg/Kg(2.37 mg/Kg, 11년 자료, 이하동일), Cu 52.61 mg/Kg(56.13 mg/Kg), As 4.88 mg/Kg(6.16 mg/Kg), Pb 42.52 mg/Kg(54.64 mg/Kg), Zn 176.93 mg/Kg(237.26 mg/Kg), Ni 9.09 mg/Kg(14.40 mg/Kg), TPH 257 mg/Kg(330 mg/Kg), F 115 mg/Kg(225 mg/Kg)이었다. 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 총 2지점으로 Zn, TPH 항목을 초과하였다.
- 3지역 주요항목별 평균은 Cd 1.84 mg/Kg(2.50 mg/Kg, 11년 자료, 이하동일), Cu 41.38 mg/Kg(53.67 mg/Kg), As 5.70 mg/Kg(7.43 mg/Kg), Pb 47.55 mg/Kg(64.91 mg/Kg), Zn 168.86 mg/Kg(220.45 mg/Kg), Ni 9.86 mg/Kg(15.34 mg/Kg), TPH 418 mg/Kg(270 mg/Kg), F 84 mg/Kg(149 mg/Kg)로 조사되었으며, 토양오염 우려기준을 초과한 지점은 총 2지점으로 TPH 항목을 초과하였다..
- 중금속류 8종과 수소이온농도와 상관관계 검토한 결과 카드뮴과 아연간 상관성과 구리와 아연, 니켈간 상관성이 높게 나타났으며, 그 외 항목은 뚜렷한 상관성을 보이지 않았다. 또한 중금속 거동에 주요 영향 인자인 pH 역시 큰 상관성을 보이지 않았다.