별 첨 I

- 도민 건강증진을 위한 토양오염 사전예방 정책 강화

1.2 조사 결과

1.2.1 토양시료

1) 토지용도별 기준초과 현황

27개 광산에 대한 개황 조사 결과 총 240개 토양시료에서 6개 광산에서 15점이 토양오염 우려기준을 초과하였고 문백광산, 영보광산 및 홍아광산 등 3개 광산에서 7점이 토양오염 대책기준을 초과하였다.

한편, 14개 정밀조사지역에서 채취된 588개 토양시료를 분석한 결과, 토양오염 우려기준 초과 점수는 총 128점이며, 대책기준을 초과 점수는 15점으로 조사됨. 이들을 토지용도별로 보면, 128점 중에서 63점은 전(田), 46점은 임(山) 16점은 답(畓)으로 조사되었다(부록표 1.1).

<부록표 1.1> 토지용도별 우려기준 및 대책기준 초과 점수

광산명	채취 시료수 (저질토)	우려기준초과						대책기준초과						비고
		토지용도						토지용도						
		임(山)	답(畓)	전(田)	기타	저질토	소계	임(山)	답(畓)	전(田)	기타	저질토	소계	
금성(기린)	42(2)													
서보	42(2)	20		6			26	4					4	
홍아(수산)	42(2)	8		11			19	1					1	
대화	42(2)			13			13			1			1	
보련	42(2)													
태창	42(2)	3		1			4							
중자동	42(2)	5	3	6			14	1					1	
은곡(은광)	42(2)	2	2	12			16							
조일(상곡)	42(2)	1	5	1			7							
영보(가리)	42(3)	4		2	1		7	5		2			7	
옥전(옥매)	42(3)		1	1	2		4							
학산	42(3)													
문백(유창)	42(3)	1	5	10			16			1			1	
충청광업	42(3)	2					2							
계	588 (33)	46	16	63	3		128	11		4			15	

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 중복 계산함

※ 우려기준초과는 지점시료분석결과, 측정치가 우려기준과 대책기준 사이에 존재하는 지점을 의미함

2) 오염물질별 기준초과 현황

14개 정밀조사지역에서 채취된 588개 토양시료를 분석한 결과, 오염물질별 기준초과 현황을 요약하면, 토양오염 우려기준 초과물질은 총 128점으로서 니켈(56점) > 카드뮴(42점) > 아연(23점) > 구리(5점) > 비소(1점) = 납(1점) 순서이었으며, 대책기준을 초과물질은 총 15점으로서 카드뮴(5점) > 납(4점) > 비소(3점) > 아연, 구리, 니켈(각 1점) 순서로 나타났다(부록표 1.2).

<부록표 1.2> 오염물질별 기준 초과 현황

구 분		각 성분별 토양오염기준 초과현황						
		카드뮴	비소	납	아연	구리	니켈	합 계
우려기준초과	금성(기린)							
	서보	2	1		9	2	12	26
	홍아(수산)	1				2	16	19
	대화	12			1			13
	보련							
	태창				2		2	4
	증자동	2					12	14
	은곡(은광)	15			1			16
	조일(상곡)	4			3			7
	영보(가리)	2		1	3	1		7
	옥전(옥매)						4	4
	학산							
	문백(유창)	3			3		10	16
	충청광업	1			1			2
	소계	42	1	1	23	5	56	128
대책기준초과	서보	3				1		4
	홍아(수산)				1			1
	대화	1						1
	증자동						1	1
	영보(가리)	1	3	3				7
	문백(유창)			1				1
	소계	5	3	4	1	1	1	15
	※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 중복 계산함 ※ 우려기준초과는 지점시료분석결과, 측정치가 우려기준과 대책기준 사이에 존재하는 지점을 의미함							

1.2.2 수로저질토

개황조사 결과 27개 광산에서 토양오염 기준을 초과하는 수로저질토는 없었으며, 정밀조사에서는 33개 시료를 분석한 결과, 은곡광산 1개 시료에서만 카드뮴이 토양오염 우려기준을 초과하였다.

1.2.3 물시료

개황조사에서는 문백광산 갱내 유출수에서 Cd, Cu, Pb 등이 먹는 물 수질기준과 하천수 수질기준을 초과하였다. 정밀조사에서는 총 10점이 먹는 물 수질기준을 초과하였으며, 이 중에서 8점은 납이며 비소와 아연이 각각 1점씩 기준을 초과하였다(부록표 1.3).

<부록표 1.3> 각 성분별 먹는 물 수질기준 초과 점수

구 분	각 성분별 먹는 물 수질기준 초과점수 (정밀조사 결과)							
	카드뮴	비소	납	아연	구리	니켈	합 계	비 고
금성(기린)			1				1	불소 2점
서보		1	1				2	
홍아(수산)			1				1	
대화			2				2	불소 3점
보련			2				2	
태창			1	1			2	
증자동								
은곡(은광)								
조일(상곡)								
영보(가리)								
옥전(옥매)								
학산								
문백(유창)								
충청광업								
계	0	1	8	1	0	0	10	불소 5점
※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 중복 계산함								

1.3 복원 우선순위

1.3.1 토양오염복구 대상 광산 선정 및 우선 순위

본 과업에서의 오염복구 대상광산은 토양오염복구 우선순위 평가기준(부록표 1.4)으로 도출된 토양오염복구 우선순위(부록표 1.5)에서 6위까지의 광산을 토양오염복구 대상광산(대화광산, 서보광산, 영보광산, 은곡광산, 문백광산, 홍아광산)으로 선정(부록표 1.6). 이들 광산 중 서보광산의 경우 이미 광미와 폐석장에 대해 사방공사 및 복토공사가 수행되었으며, 은곡광산의 경우 오염처리를 위해서는 도로의 건설과 주변 생태계의 교란 등이 발생할 우려가 있을 뿐만 아니라 광해에 의해 직접적으로 영향을 받을 수 있는 인가와 떨어져 있어 우선순위에서 제외. 또한 홍아광산 역시, 현재 광미와 폐석의 대부분이 유실되어 일부 지역을 제외하고는 복구가 시급하지 않을 것으로 판단. 따라서 정밀조사 대상광산 14개 광산 중에서 우선순위 복구 대상광산은 대화광산, 영보광산, 문백광산 등 3개 광산을 대상으로 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

<부록표 1.4> 토양오염 복구 우선순위 종합평가 자료표

구 분	오염원인물질평가(100점)			오염상태평가(150점)								오염영향평가(50점)				비고
	광미적치량	폐(광)석적치량	오염원의 종류	토양			저질토		수질	복합오염성분수	종합오염상태	농경지오염율	오염원의상태	거주거리	주민의거주정도	
소구분	-	-	-	오염면적	오염율	오염도	오염율	오염도	오염율	-	-	-	-	-	2km 이내	
단위	m^3	m^3	-	(m^2)	(%)	(PI)	(%)	(PI)	(%)	(성분)	(조사종류)	(%)	(정도)	(m)	(명)	
배점	40점	40점	20점	30점	15점	15점	15점	15점	30점	15점	15점	20점	10점	10점	10점	
금성	-	23,250	폐(광)석, 갱내수	-	-	0.17	-	0.15	20	1	수질	-		500	453	
대화	-	136,500	폐(광)석	117,672	12	0.34	-	0.20	40	3	토양+수질	36		500	113	
문백	-	12,000	일반폐석	11,405	6	0.29	-	0.10	20	3	토양+수질	17		500	106	
보련	-	-	갱내수	-	-	0.24	-	0.10	40	2	수질	-		1,000	686	
서보	-	12,000	폐(광)석, 갱내수	29,981	9	0.37	-	0.19	17	4	토양+수질	26		1,000	41	
영보	-	30,000	폐(광)석, 갱내수	8,619	3	0.90	-	0.08	20	6	토양+수질	5		1,500	140	
옥전	-	30	폐(광)석, 갱내수	-	-	0.21	-	0.13	-	-	-	-		1,500	231	
은곡	-	4,000	폐(광)석	50,623	12	0.26	-	0.23	-	2	토양	42		500	349	
조일	-	6,000	폐(광)석	7,224	6	0.28	-	0.23	-	2	토양	11		1,200	91	
증자동	-	60,000	폐(광)석	3,018	3	0.22	-	0.23	-	1	토양	-		1,500	25	
충청	-	-	-	2,115	3	0.22	-	0.11	20	2	토양+수질	-		1,000	192	
태창	1,500	-	광미	8,693	3	0.24	-	0.16	40	2	수질	-		1,500	686	
학산	-	18,750	폐(광)석, 갱내수	-	-	0.22	-	0.08	-	-	-	-		700	4	
홍아	-	30	폐(광)석	5,812	3	0.21	-	0.16	33	4	토양+수질	8		500	87	
합계	1,500	302,560	-	245,162	60	4	-	2	250	32	-	146				
평균	107	21,611	-	17,512	4	0.3	-	0.2	18	2	-	10				
대상광산수	14	14	14	14	14	14	14	14	14	4	14	14	14	14	14	

<부록표 1.5> 토양오염 복구 우선순위 조사 결과표

구 분	오염원인물질평가(100점)			오염상태평가(150점)								오염영향평가(50점)				평가결과	
	광미적치량	폐광석적치량	오염원의종류	토양			저질토		수질	복합오염성분수	종합오염상태	농경지오염율	광미등오염의유실상태	거주거리	주민의거주정도	평가점수	복구순위
소구분	-	-	-	오염면적	오염율	오염도	오염율	오염도	오염율	-	-	-	-	-	2km 이내	-	-
단 위	m3	m3	-	(m2)	(%)	(PI)	(%)	(PI)	(%)	(성분)	조사종류	(%)	(정도)	(m)	(명)	(점)	-
배 점	40점	40점	20점	30점	15점	15점	15점	15점	30점	15점	15점	20점	10점	10점	10점	-	
대화	0	32	10	30	6	9	0	3	12	9	12	8	8	10	2	151	1
서보	0	24	16	18	3	12	0	3	6	12	12	6	8	8	1	129	2
영보	0	24	16	12	3	15	0	0	6	15	12	2	8	6	2	121	3
은곡	0	12	10	24	6	6	0	6	0	6	6	10	8	10	4	108	4
문백	0	28	2	18	3	6	0	0	6	9	12	4	8	10	2	108	4
홍아	0	4	10	12	3	6	0	3	12	12	12	2	7	10	1	94	5
태창	8	0	14	12	3	6	0	3	12	6	3	0	8	6	7	88	6
조일	0	16	10	12	3	6	0	6	0	6	6	4	8	6	1	84	7
증자동	0	28	10	6	3	6	0	6	0	3	6	0	7	6	1	82	8
금성	0	24	16	0	0	3	0	3	6	3	3	0	6	10	5	79	9
학산	0	24	16	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	8	1	62	10
보련	0	0	12	0	0	6	0	0	12	6	3	0	7	8	7	61	11
충청	0	0	0	6	3	6	0	3	6	6	12	0	8	8	2	60	12
옥선	0	4	16	0	0	6	0	3	0	0	0	0	5	6	3	43	13
합계	8	220	158	150	36	99	0	39	78	93	99	36	103	112	39	1270	-
평균	0.57	15.71	11.29	10.71	2.57	7.07	0.00	2.79	5.57	6.64	7.07	2.57	7.36	8.00	2.79	90.71	-
대상광산수	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

<부록표 1.6> 충북지역 휴/폐광 금속광산 복구 우선 순위 대상광산

구 분	권역별	소재지	광산명	복구우선순위(평가점수)	순위
충청북도	충주시	앙성면 능암리	대 화	151	1
	제천시	수산면 계란리	서 보	129	2
	영동군	영동읍 상가리	영 보	121	3
	단양군	가곡면 사평리	은 곡	108	4
	진천군	문백면 구곡리	문 백	108	4
	제천시	수산면 수산리	홍 아	95	6

2. 2007년도 수행광산[3)]

2.1 조사대상광산

본 사업에서는 2005년도에 환경부에서 수행된 687개 폐광산의 『폐금속광산 토양오염 일제조사』에서 오염개연성이 확인된 310개 광산 중에서 토양오염대책기준 초과 등 우선 광해방지대책이 시급한 100개 광산을 대상으로 정밀조사를 실시하였다. 지역별로는 경기도(10개), 강원도(5개), 충남(14개), 충북(12개), 경남(24개), 경북(27개), 전남(4개), 전북(4개) 등이었다(부록표 1.7).

<부록표 1.7> 조사대상 광산 종합현황표

권역	시·군	광산이력			오염원			
		소재지	광산명	광종	광미량 (m^3)	폐석량 (m^3)	갱내수 (m^3/d)	갱구수
충북	제천시	덕산면 월악리	월악 (장풍,만장)	금,은,납,아연	0	150	29	4
		수산면 서곡리	대양(영성)	중석	800	830	0	4
		청풍면 읍리	국창	금,구리,아연	0	13,700	잔류	6
		수산면 하천리	단제모리	몰리브덴	0	0	0	1
		수산면 지곡리	복수	금,은,구리,납,아연	0	7,625	잔류	4
		금성면 적덕리	적덕	철	0	0	0	0
		청풍면 황석리	황석	철	0	75	1	3
	청주시	상당구 용정동	청주	금,은	0	135	72	1
	단양군	적성면 상리	단양	철	0	200,000	0	0
		적성면 하원곡리	유진	금	250	3,000	0	0
	괴산군	연풍면 유상리	만장	구리	0	900	0	1
	진천군	진천읍 금암리	금암	금,은	0	50	14	1

3) 환경부, 2007년 폐금속광산 토양오염실태 정밀조사, 2007

2.2 조사결과

2.2.1 토양시료 분석 결과

광산명	지목별 시료채취 개수					우려기준초과 (대책기준초과 포함)					대책기준초과					토양오염기준 초과 오염물질 검출 현황																	
																우려기준초과 성분수(대책기준포함)									대책기준초과 성분수								
	전	답	임	기타	계	전	답	임	기타	계	전	답	임	기타	계	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^6	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^6
월악(장풍,만장)	7	12	13	16	48	0	1	3	2	6	0	0	1	0	1	3	1		4						1								
서곡, 대양(영성)	13	5	15	31	64	7	2	8	4	21	1	0	4	1	6	5	3		4	15					2				4				
국창	0	0	38	10	48	0	0	13	0	13	0	0	2	0	2	4	2	1		10									2				
단제모리	10	7	21	27	65	1	3	14	3	21	0	2	5	0	7	9	2		10	6					6			2	3				
복수	10	8	23	21	62	2	3	4	4	13	0	1	2	4	7	8	7	2	5	8	2				6	3		1	5				
적덕	27	9	13	12	61	1	0	4	0	5	0	0	1	0	1	1	1	1	3	3								1					
황석	11	2	17	21	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																		
청주	6	16	10	15	47	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0				1														
단양철	32	8	28	12	80	6	1	14	1	22	4	0	7	2	13	15	18		3						12	4							
유진	31	12	10	12	65	8	1	9	0	18	5	1	6	0	12	15	7	1	9	13					8	3		4	6				
만장	33	18	13	10	74	5	1	10	2	18	1	0	6	0	7	18	4	4	2						7	2	3	1					
금암	16	33	7	5	61	0	10	1	4	15	0	0	0	0	0	2					13												

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

2.2.2 물시료 분석 결과

광산명	개황조사 (물)				정밀조사 (물) - 2회 채취				기준초과							초과 성분수									
	갱내수	하천수	지하수	합계	갱내수	하천수	지하수	합계	먹는물	하천수	오염물질 배출허용	지하수 (생활용수)	지하수 (농업용수)	초과 개수	초과율	pH	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^6
월악(장풍,만장)	1	1	1	3	2	6	4	12																	
서곡, 대양(영성)		1	2	3		4	4	8																	
국창	2			2	2		4	6			2			2	33.3	2			1		1				
단제모리		1	2	3		6	4	10																	
복수	1	1	1	3	2	6		8																	
적덕		1	2	3		6	4	10																	
황석	1	1	1	3	2	6	4	12																	
청주	1	1	1	3		8	4	12																	
단양철			3	3		4	4	8				1		1	12.5	1									
유진		1	2	3		8	4	12																	
만장		1	2	3		8	4	12																	
금암	1	1	1	3	2	6	4	12																	

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

2.2.3 수로저질토 분석 결과

광산명	전체 시료 개수	우려 기준 초과	대책 기준 초과	초과율 (%)	토양오염기준 초과 오염물질 검출 현황																	
					우려기준초과 성분수(대책기준초과 포함)									대책기준초과 성분수								
					As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^{6}	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^{6}
월악(장풍,만장)	4	1	1	25.0	1									1								
서곡, 대양(영성)	2	1	1	25.0					1									1				
국창	2	2	2	100.0			2	2	2							2						
단제모리	3																					
복수	3																					
적덕	4																					
황석	3																					
청주	3	1		33.3					1													
단양철	3	1	1	33.3	1	1	1							1	1	1						
유진	3	3	1	100.0	2	2		1	2					1	1			1				
만장	4	2	2	50.0	2	1	1							2								
금암	3																					

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

2.3 정화우선순위평가

광산명	구 분	오염원인물질평가(100점)			오염상태평가(150점)								오염영향평가(50점)				평가 등급 (점수
		광미 적치량	폐(광)석 적치량	오염원의 종류	토양			저질토		수질	복합오염 성분수	종합오염 상태	농경지 오염율	광미 등 오염원 유실상태	거주 거리	주민 거주정도	
	소구분	-	-	-	오염면적	오염율	오염도	오염율	오염도	오염율	-	-	-	-	-	2km이내	
	단위	m^3	m^3	-	(m^2)	(%)	(PI)	(%)	(PI)	(%)	(성분)	조사종류	(%)	(정도)	(m)	(명)	
	배점	40점	40점	20점	30점	15점	15점	15점	15점	30점	15점	15점	20점	10점	10점	10점	
월악(장풍,만장)		0	4	16	12	6	6	6	12	0	9	12	2	6	10	1	II(102)
서곡, 대양(영성)		4	4	18	18	12	9	6	6	0	12	12	10	10	10	1	II(132)
국창		0	20	16	18	9	9	15	15	12	15	15	0	10	8	2	I(164)
단제모리		0	0	0	18	12	15	0	0	0	12	6	4	2	10	1	II(80)
복수		0	20	16	18	9	15	0	6	0	15	6	6	10	10	1	II(132)
적덕		0	0	0	6	3	6	0	3	0	15	6	2	0	8	2	III(51)
황석		0	4	16	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	8	1	III(36)
청주		0	4	6	0	3	3	6	3	0	3	12	0	6	10	2	III(58)
단양철		0	32	10	18	9	15	6	15	6	15	15	4	10	6	3	I(164)
유진		4	12	18	18	9	15	15	15	0	15	12	6	10	6	2	I(157)
만장		0	4	6	18	9	15	9	15	0	12	12	2	8	8	2	II(120)
금암		0	4	16	18	9	3	0	3	0	9	12	6	6	10	2	II(98)

3. 2008년도 조사 결과[4)]

3.1 조사대상지역

권역	시·군	광산이력			오염원			
		소재지	광산명	광종	광미량(m^3)	폐석량(m^3)	갱내수(m^3/d)	갱구수(개소)
충북	괴산군	사리면 이곡리	이암광산	금,은	30	262	-	1(자연붕괴)
		연풍면 원풍리	연풍도양(조령)광산	철	-	-	-	1
	보은군	마로면 기대리	대양광산	구리	-	1,800	-	1
	옥천군	청성면 장수리	만명광산	금,은,구리	28	200	-	1
		안내면 오덕 2구	금적광산	금,은,구리	-	-	-	1
	제천시	금성면 중전리	당두광산	금,은,납,아연	-	20	-	2
		덕산면 도전리	장풍광산	중석	-	2,250	-	1
	청원군	미원면 종암리	종암광산	금,은,구리	-	-	5	1
	충주시	앙성면 마련리	소산(정금)광산	금	-	100	-	2
		연수동	대교광산	철	-	20	-	1
		살미면 신당리	유신광산	철	-	-	-	1

4) 환경부, 2008년 폐금속광산 토양오염실태 정밀조사, 2008

3.2 조사 결과

3.2.1 토양오염도 결과

광산명	지목별 시료채취 개수					우려기준초과 (대책기준초과 포함)					대책기준초과					토양오염기준 초과 오염물질 검출 현황																	
																우려기준초과 성분수(대책기준포함)									대책기준초과 성분수								
	전	답	임	기타	계	전	답	임	기타	계	전	답	임	기타	계	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^{6+}	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^{6+}
이암광산	39	17	12	3	71		2	4		6			2		2	6									2								
연풍도양(조령)광산	46	13	5	1	65			2		2										1	2												
대양광산	14	40	7	4	65			3		3			1		1		2			2						1							
만명광산	41	15	6		62	2		3		5	2		1		3	5				1					3								
금적광산	8	26	2	4	40																												
당두광산	61	3	3	14	81	33	2	1	14	50	10	2	1		13		18	1	17	50						2	1	6	13				
장풍광산	9	20	4	7	40																												
종암광산	32	20	12	1	65	7	2	2		11	4				4	10			8						4			3					
소산(정금)광산	21	6	25	5	57																												
대교광산	1	14		8	23																												
유산광산	12	8	7	13	40																												

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

3.2.2 물시료 오염도 결과

광산명	개황조사 (수질)				정밀조사 (수질) - 2회 채취				기준초과							초과 성분수									
	갱내수	하천수	지하수	합계	갱내수	하천수	지하수	합계	먹는물	하천수	오염물질 배출허용	지하수 (생활용수)	지하수 (농업용수)	초과 개수	초과율 (%)	pH	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^{6+}
이암광산		2	1	3		6	4	10						0	0										
연풍도양(조령)광산		1	2	3		6	4	10						0	0										
대양광산		1	2	3		6	4	10						0	0										
만명광산		1	2	3		6	4	10						0	0										
금적광산		1	2	3		6	5	11						0	0										
당두광산	1	1	1	3	1	6	4	11			1			1	9			1			1				
장풍광산	1	1	1	3		6	4	10						0	0										
종암광산	1		2	3	2	4	4	10						0	0										
소산(정금)광산		1	2	3		6	4	10						0	0										
대교광산			3	3		4	6	10	1					1	10.0						1				
유산광산		1	2	3		6	4	10						0	0										

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

3.2.3 수로저질토 조사 결과

광산명	전체 시료 개수	우려 기준 초과	대책 기준 초과	초과율 (%)	토양오염기준 초과 오염물질 검출 현황																	
					우려기준초과 성분수(대책기준초과 포함)									대책기준초과 성분수								
					As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^{6+}	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN	Cr^{6+}
이암광산	3			0																		
연풍도양(조령)광산	3			0																		
대양광산	3			0																		
만명광산	3			0																		
금적광산	3			0																		
당두광산	3	1		33.3		1			1													
장풍광산	3			0																		
종암광산	3	2	1	66.7	2									1								
소산(정금)광산	3			0																		
대교광산	2			0																		
유산광산	3			0																		

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

3.3 정화우선순위평가

광산명	구분	오염원인물질평가(100점)			오염상태평가(150점)								오염영향평가(50점)				평가등급(점수)
		광미 적치량	폐(광)석 적치량	오염원의 종류	토양			저질토		수질	복합오염 성분수	종합 오염상태	농경지 오염율	광미 등 오염원 유실상태	거주 거리	주민 거주정도	
	소구분	-	-	-	오염 면적	오염율	오염도	오염율	오염도	오염율	-	-	-	-	-	2km이내	
	단위	m^3	m^3	-	(m^2)	(%)	(PI)	(%)	(PI)	(%)	(성분)	조사종류	(%)	(정도)	(m)	(명)	
	배점	40점	40점	20점	30점	15점	15점	15점	15점	30점	15점	15점	20점	10점	10점	10점	
이암광산		4	4	18	6	3	15	0	3	0	3	6	2	6	8	4	II(82)
연풍도양(조령)광산		0	0	0	0	3	6	0	0	0	6	6	0	4	10	5	III(40)
대양광산		0	8	10	6	3	3	0	0	0	6	6	0	4	10	2	III(58)
만명광산		4	4	18	6	3	9	0	0	0	6	6	2	4	10	3	II(75)
금적광산		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	2	III(12)
당두광산		0	4	16	18	15	15	6	6	3	12	15	12	10	10	2	II(144)
장풍광산		0	12	10	0	0	3	0	3	0	0	0	0	6	8	9	III(51)
종암광산		0	0	4	18	6	15	12	9	0	6	12	4	6	10	2	II(104)
소산(정금)광산		0	4	10	0	0	3	0	0	0	0	0	0	6	6	2	III(31)
대교광산		0	4	10	0	0	3	0	0	3	3	3	0	4	10	10	III(50)
유산광산		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10	1	III(15)

4. 2009년도 조사 결과[5)]

4.1 조사대상광산

권역	시·군	광산이력			오염원			
		소재지	광산명	광종	광미량 (m^3)	폐석량 (m^3)	갱내수 (m^3/d)	갱구수 (개소)
충북	괴산	사리면 이곡리	범진	금,은,구리,납,아연	75	25	-	2(1붕괴)
		청안면 조천리	고촌	금,은	-	-	-	1(붕괴)
	영동	용화면 월전리	삼정	금,은	-	150	-	1(폐쇄)
		영동읍 담곡리	삼봉	금	-	-	-	1(붕괴)
	옥천	안남면 연주2리	경원	금	-	-	-	1
	제천	청풍면 황석리	제천	철	-	2.5	-	5(4붕괴)
	청원	남이면 가좌리	청남	금	-	-	-	1(붕괴)
	충주	소태면 복탄리	오복(중원)	금,은	-	-	-	2(붕괴)
		앙성면 돈산리	돈산(대화)	금	-	3	-	1(붕괴)
		이류면 두정리	만정(만적)	철	2	150	-	1(붕괴)

5) 환경부, 2009년 폐금속광산 토양오염실태 정밀조사, 2009

4.2 조사 결과

4.2.1 토양

광산명	지목별 시료채취 개수					우려기준초과 (대책기준초과 포함)					대책기준초과					토양오염기준 초과 오염물질 검출 현황																	
																우려기준초과 성분수(대책기준포함)									대책기준초과 성분수								
	임	전	답	기타	계	임	전	답	기타	계	임	전	답	기타	계	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN^-	Cr^{6+}	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN^-	Cr^{6+}
범진	15	24	19	3	61		1	1	1	3											3												
고촌	1	9	28	2	40																												
삼정	3	13	43	2	61	2				2								2															
삼봉	18	15	12	15	60	2		1		3	1				1		1		3	1						1							
경원		20	6	14	40																												
제천	18	45	2		65	9	2			11	1				1					4	7								1				
청남	1	11	46	2	60			1		1											1												
오복 (중원)	4	24	31	1	60		4			4						4																	
돈산 (대화)	4	20	16		40																												
만정 (만적)	11	24	18	8	61		7		1	8		3		1	4	8									4								

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

4.2.2 물시료

광 산 명	개황조사(수질)				정밀조사(수질)-2회 채취				기준초과							초과 성분수									
	갱내수	하천수	지하수	합계	갱내수	하천수	지하수	합계	먹는물	하천수	오염물질 배출허용	지하수 (생활용수)	지하수 (농업용수)	초과 개수	초과율 (%)	pH	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN^-	Cr^{6+}
범진		2	1	3		6	4	10																	
고촌		2	1	3		6	4	10																	
삼정		2	1	3		6	4	10																	
삼봉		2	1	3		6	4	10	1					1	10.0						1				
경원			3	3		6	4	10																	
제천			2	2	1	6	4	11																	
청남			2	2		6	4	10																	
오복 (중원)		1	2	3		6	4	10																	
돈산 (대화)		1	2	3		6	4	10	1	3				4	40.0			4							
만정 (만적)		1	2	3		6	4	10																	

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

4.2.3 수로저질토

광산명	전체시료개수	우려기준초과	대책기준초과	초과율(%)	토양오염기준 초과 오염물질 검출 현황																	
					우려기준초과 성분수(대책기준초과 포함)									대책기준초과 성분수								
					As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN^-	Cr^{6+}	As	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Hg	CN^-	Cr^{6+}
범진	3	2		66.7					1	1												
고촌	3																					
삼정	3	1		33.3						1												
삼봉	3																					
경원	3																					
제천	3																					
청남	3																					
오복(중원)	3																					
돈산(대화)	3																					
만정(만적)	3																					

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 "초과지점 계"의 수치가 일치하지 않음

4.3 복원우선순위평가결과

광산명	구분	오염원인물질평가(100점)			오염상태평가(150점)									오염영향평가(50점)				평가등급(점수)
		광미 적치량	폐(광)석 적치량	오염원의 종류	토양			저질토		수질	복합오염 성분수	종합 오염상태	농경지 오염율	광미 등 오염원 유실상태	거주 거리	주민 거주정도	
	소구분	-	-	-	오염면적	오염율	오염도	오염율	오염도	오염율	-	-	-	-	-	2km이내	
	단위	m^3	m^3	-	(m^2)	(%)	(PI)	(%)	(PI)	(%)	(성분)	조사종류	(%)	(정도)	(m)	(명)	
	배점	40점	40점	20점	30점	15점	15점	15점	15점	30점	15점	15점	20점	10점	10점	10점	
범진광산		4	4	18	6	3	6	12	6	0	6	12	2	10	6	4	II(99)
고촌광산		0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	10	4	III(17)
삼정광산		0	4	10	0	3	3	6	3	0	6	12	0	8	8	1	III(64)
삼봉광산		0	0	0	6	3	6	0	3	18	9	12	2	6	10	2	II(77)
경원광산		0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	10	4	III(20)
제천광산		0	4	10	12	6	6	0	3	0	6	6	2	8	8	1	II(72)
청남광산		0	0	0	6	3	6	0	3	0	3	6	2	2	10	4	III(45)
오복(중원) 광산		0	0	0	6	3	3	0	0	0	3	6	2	2	10	2	III(37)
돈산(대화) 광산		0	4	10	0	0	3	0	3	18	0	3	0	8	10	3	III(62)
만정(만적) 광산		4	4	18	6	6	6	0	3	0	3	6	4	8	8	3	II(79)

2 폐금속광산 오염등급별 관리 체계

1. 토양오염정화 및 방지사업 우선순위 평가기준

총 100개의 조사 광산을 대상으로 정밀조사를 실시하여 토양오염우려기준 및 대책기준 초과 여부, 폐광석 및 광미장 규모, 오염물질의 확산우려 가능성 등을 종합 검토하여 향후 복구를 위한 우선순위를 선정하고자 하였다. 우선, 폐광산으로 인한 하부 오염토양의 복구 및 방지대책을 결정하고 그 우선순위를 평가하기 위해서는 조사대상 광산 주변토양 및 수계에 직접적인 원인을 제공하는 오염원인물질과 조사결과를 바탕으로 도출한 주변지역의 오염상태, 그리고 이로 인하여 유발되는 오염영향 등에 대한 오염수준평가가 이루어져야 한다. 이러한 오염수준평가를 객관적으로 수행하기 위하여 조사된 자료를 계량화하는 방법이 흔히 이용되고 있으며, 이번 조사에서는 기존의 오염수준 평가방법을 활용하여 광산 활동에 의해 영향을 받아 토양 및 주변 환경에 영향을 미치는 여러 가지 요소들 중에서 중요하다고 판단되는 3종류(오염원인물질, 오염상태, 오염영향평가)의 대분류를 선정 후 각 대분류의 세부항목을 계량화하여 오염원인물질은 100점, 오염상태는 150점, 주변에 대한 오염영향은 50점의 평점을 각각 부여하여 총 300점 만점으로 평가하였다(환경부, 2004, 2007, 2008, 2009)[6].

1.1 오염원인 물질

금속광산 지역에는 대부분 갱도 및 광산폐기물(폐광석, 광미) 적치장이 존재하고 있으며, 폐갱도에서는 오염된 갱내수가 지표 환경으로 유출되기도 하며, 광산폐기물이 유실되거나 혹은 침출수를 발생시켜 인근 수계 및 토양 환경을 오염시킬 수 있다. 따라서 광산하부 토양 및 수질오염의 원인을 제공하는 광미, 폐광석의 적치량과 오염물질의 이동형태를 결정하는 오염원의 종류를 중분류 평가항목으로 설정하였다(부록표 2.1).

특히 광해현상의 주요한 원인인 광미와 폐(광)석은 주요광물을 선광하고 남은 잔류물 및 품위 미달로 인하여 일정한 곳에 버려진 암석상태의 저품위 광석을 말하는 것으로 대부분 자연기원의 중금속들을 다량 함유하고 있다. 이들 두 물질에 함유되어 있는 중금속들은 대부분 환원환경 하에서는 안정하나 공기 중에 노출되거나 지하수와의 접촉을 통한 산화반응, 가수분해반응 등과 같은 화학적 반응을 거치는 풍화과정에서 카드뮴, 비소, 철, 알루미늄 등 동식물에 유해한 다량의 중금속과 산성광산배수(AMD : Acid Mine Drainage) 등을 형성하기 때문에 광산하부 농경지와 수질오염의 주원인으로 주목되고 있다. 또한 광미사 및 폐(광)석

6) 환경부. 2004. 폐금속광산 토양오염실태 일제조사(충북권역). 환경부. p.454
환경부. 2007. 2007년도 폐금속광산 토양오염실태 정밀조사. 환경부. p.1589
환경부. 2008. 2008년도 폐금속광산 토양오염실태 정밀조사. 환경부. p.1650
환경부. 2009. 2009년도 폐금속광산 토양오염실태 정밀조사. 환경부. p.1574

자체의 유실과 유해성 침출수의 유출, 채굴적 상부 및 인접지역의 지반침하, 그리고 건조한 계절에 분진(세립질 광미사 등)의 비산 등을 통한 오염물질의 원인이 되고 있다.

폐금속광산에서 광미와 광폐(광)석의 존재 및 적치량은 주변토양 및 수질오염과 밀접한 관계를 가지게 되므로 광미 및 폐광석의 적치량이 많으면 많을수록 오염수준이 높다고 말할 수 있다. 따라서 광미 및 폐광석의 적치량을 10단계로 소분류하여 그 양이 많을수록 높은 평점을 부여하였다.

오염원의 종류에 대한 순위 분류는 광미, 폐광석, 갱내수, 광산건축폐기물 및 일반폐기물로 분류하였다. 이러한 분류를 통하여 토양 및 수계에 직접적인 영향을 주는 물질이 동시에 확인되는 경우에 높은 점수를 부여하였으며, 간접적인 광산활동(예 : 일반 폐(광)석, 산재된 폐(광)석)등에 대해서는 상대적으로 낮은 점수를 부여하였다.

1.2 오염상태

오염상태는 정밀조사 광산별 오염상태를 수치화한 자료로 토양 및 수질분석결과를 이용하여 평가하였다. 오염상태는 토양오염상태 60점(오염면적, 오염율, 오염도), 저질토오염상태 30점(저질토오염율, 저질토오염도), 수질오염율 30점(수질오염율), 복합오염성분수 및 종합오염상태 각 15점으로 총 150점으로 평가하였다(부록표 2.2). 특히 토양오염면적과 수질오염율에 다른 소분류보다 15점 많은 30점을 부여한 것은 오염원이 하부로 넓은 범위에 걸쳐 오염되어 있고, 수질이 오염됨으로써 오염원이 하류로 이동되어 오염의 개연성이 높아질 수 있기 때문이다.

1.2.1 토양오염면적

토양오염면적은 채취된 지점의 지적을 활용하였다. 전답의 경우는 면적에 관계없이 한 개의 필지에서 오염도가 확인되면 오염면적으로 산출하였다. 다만, 임야지역과 같이 한 개의 필지가 매우 넓은 지역은 1개 시료로 전체를 오염면적으로 산출하기 어려워 통상 시료채취 밀도인 900㎡를 고려하여 지목이 '임'으로서 동일한 지번에서 채취하면 각각 900㎡를 합하여 해당 필지의 오염면적으로 산출하였다. 그리고 임, 전, 답 등의 지목을 제외한 경우도 매우 다양하므로 농업활동의 여부에 따라 오염면적을 산정하였다. 다만 이러한 원칙을 적용함에 있어 다양한 요인들에 의해 정확한 오염면적을 산출하기 어렵기 때문에 경우에 따라 조사자의 판단에 근거하여 오염면적을 산출하기도 하였다. 또한 해당필지에서 표토와 심토가 오염될 경우 면적의 중복 산정을 피하기 위하여 해당 필지의 면적만을 오염면적으로 산정하였다.

1.2.2 토양오염율

토양오염율은 토양오염우려기준 및 대책기준초과 시료수 / 토양 총 채취시료수 × 100

1.2.3 토양오염도(PI : Pollution Index)

PI = Σ(각원소의 함량/토양오염우려기준) / 조사원소

단, 각원소의 함량은 비교지역 토양을 제외한 시료의 평균값을 취함

1.2.4 저질토오염율

저질토오염율은 토양오염우려기준 및 대책기준초과 시료수 / 저질토 총 채취시료수 ×100 으로 계산. 단, 총 채취시료수가 3개 이하로 작은 경우는 최대 평가 점수가 50%를 배정함

1.2.5 저질토오염도(PI : Pollution Index)

PI = Σ(각원소의 함량/토양오염우려기준) / 조사원소

1.2.6 수질오염율

수질오염율은 각각의 수질기준초과시료수 / 수질총채취시료수×100으로 계산

1.2.7 복합오염성분수

복합오염성분수는 토양, 수로저질토, 수질의 환경기준 초과 항목수로 산정

1.2.8 종합오염상태

시료채취 물질의 종합오염정도를 반영하여 오염시료의 종류가 많을수록 높은 점수 부여함

1.3 오염영향

오염영향평가는 거주주민이나 동식물에 영향을 줄 수 있는 항목(농경지 오염율, 광미 등 오염원의 유실상태 및 유실정도, 거주 거리, 주민의 거주정도)을 선정하였다(부록표 2.3).

1.3.1 농경지 오염율

농경지 오염율은 농경지내 오염우려기준 및 대책기준 초과시료 / 총 채취시료수 × 100

1.3.2 광미 등 오염원의 유실상태

광미 등 오염원의 유실상태는 현장을 방문한 조사자의 주관적인 판단을 반영함

1.3.3 거주거리

거주거리는 광산에서 단 1명이라도 마을 주민이 거주할 경우 이를 최단거리로 수치화함

1.3.4 주민의 거주정도

주민의 거주정도는 폐광산 갱구의 하류방향으로 2km이내에 거주하는 마을 주민수를 반영

<부록표 2.1> 토양오염정화 우선순위 결정 평가기준(오염원인물질)

대분류	중분류	배점	소분류	평점	비고
오염원인 물질 (100)	광미 적치량 (광산별 합산량)	40점	50,001㎡ 이상	40	광산활동에 의한 적치물인 경우
			30,001 ~ 50,000㎡	36	
			15,001 ~ 30,000㎡	32	
			10,001 ~ 15,000㎡	28	
			8,001 ~ 10,000㎡	24	
			6,001 ~ 8,000㎡	20	
			4,001 ~ 6,000㎡	16	
			2,001 ~ 4,000㎡	12	
			1,001 ~ 2,000㎡	8	
			1 ~ 1000㎡	4	
			적치물이 없는 경우	0	
	폐(광)석 적치량 (광산별 합산량)	40점	300,001㎡ 이상	40	광산활동에 의한 적치물인 경우
			200,001 ~ 300,000㎡	36	
			100,001 ~ 200,000㎡	32	
			50,001 ~ 100,000㎡	28	
			40,001 ~ 50,000㎡	24	
			6,001 ~ 40,000㎡	20	
			4,001 ~ 6,000㎡	16	
			2,001 ~ 4,000㎡	12	
			1,001 ~ 2,000㎡	8	
			1 ~ 1000㎡	4	
			적치물이 없는 경우	0	
	오염원의 종류	20점	광미+폐(광)석+갱내수유출	20	
			광미+갱내수유출, 광미+폐(광)석	18	
			폐(광)석+갱내수유출	16	
			광미	14	
			갱내수(Yellowboy가 확인되는 경우)	12	
			폐(광)석	10	
			광미 산재	8	
			폐(광)석 산재	6	
			갱내수(Yellowboy가 확인되지 않는 경우	4	
			일반폐석 산재	2	
			오염원이 없는 경우	0	

<부록표 2.2> 토양오염정화 우선순위 결정 평가기준(오염상태)

대분류	중분류	배점	소분류	평점	비고
오염상태 (150)	토양 오염 면적	30점	100,001㎡이상	30	1개이상의 중금속이 오염된 면적의 합산량 *1.'단 산토양을 포함(비교토양 제외) *2. '단 성분별로 중복오염된 경우는 최대 오염된 경우는 최대오염범위로 계산
			50,001~100,000㎡	24	
			10,001~50,000㎡	18	
			5,001~10,000㎡	12	
			1,001~5,000㎡	6	
			1,000㎡이하	0	
	토양 오염율(%)	15점	41%이상	15	토양 오염율(%)=(기준초과시료수/토양 총 채취 시료수)x100
			31~40%	12	
			21~30%	9	
			11~20%	6	
			1~10%	3	
			1%미만	0	
	토양 오염도(PI)	15점	0.51이상	15	토양오염도는 전지목 표토와 심토의 오염도(토양오염우려기준)를 합산한 후 투입한 인자로 나눈값을 취하여 계산
			0.41~0.50	12	
			0.31~0.40	9	
			0.21~0.30	6	
			0.11~0.20	3	
			평균PI 0.1이하	0	
	저질토 오염율(%)	15점	81~100%	15	수로저질토 오염율(%)=(기준초과시료수/수로저질토 채취시료수)x100 *'단 3개미만 시료의 오염율이 100%인 경우는 최대점수의 50%로 한다
			61~80%	12	
			41~60%	9	
			21~40%	6	
			1~20%	3	
			1%미만	0	
	저질토 오염도(PI)	15점	0.51이상	15	*'단 3개미만 시료의 평균PI가 0.1이상일 경우는 최대점수의 50%로 한다
			0.41~0.50	12	
			0.31~0.40	9	
			0.21~0.30	6	
			0.11~0.20	3	
			평균PI 0.1이하	0	
	수질 오염율(%)	30점	91~100%	30	수질오염율(%)=(기준초과시료수/수질 총 채취시료수)x100 *1. '단 채취한 지하수를 먹는 물로 사용할 경우 먹는 물기준을 초과하는 시료가 확인된 경우는 최대점수에50%를 가한다. *2. '단 3개미만 시료의 오염율이 100%인 경우는 최대점수의 50%로 한다.
			81~90%	27	
			71~80%	24	
			61~70%	21	
			51~60%	18	
			41~50%	15	
			31~40%	12	
			21~30%	9	
			11~20%	6	
			1~10%	3	
			1%미만	0	
	복합오염 성분수	15점	5개이상	15	
			4개	12	
			3개	9	
			2개	6	
			1개	3	
			1개미만	0	
	종합오염 상태	15점	토양+수질+수로저질토	15	
			토양+수로저질토, 토양+수질	12	
			수로저질토+수질	9	
			토양	6	
			수질, 수로저질토	3	

<부록표 2.3> 토양오염정화 우선순위 결정 평가기준(오염영향)

대분류	중분류	배점	소분류	평점	비고
오염영향 평가 (50)	농경지 오염율	20점	91~100%	20	농경지 오염율= 농경지 오염시료수/농경지 채취시료수 (지목상 전,답의 경우에 한한다)
			81~90%	18	
			71~80%	16	
			61~70%	14	
			51~60%	12	
			41~50%	10	
			31~40%	8	
			21~30%	6	
			11~20%	4	
			1~10%	2	
			1%미만	0	
	광미 등 오염원의 유실상태	10점	아주 높음	10	조사자의 객관적인 판단에 의한다
			높음	8	
			보통	6	
			낮음	4	
			아주 낮음	2	
			없음	0	
	주민의 거주거리	10점	0.5km이내	10	오염원 하류방향으로 특정한 거리내에 1명이라도 주민이 존재하는 경우(최근거리 거주민 기준)
			0.5~1km	8	
			1~2km	6	
			2~3km	4	
			3~4km	2	
			4km이상	0	
	주민의 거주정도 (2km이내 한정)	10점	901명 이상	10	
			801~900명	9	
			701~800명	8	
			601~700명	7	
			501~600명	6	
			401~500명	5	
			301~400명	4	
			201~300명	3	
			101~200명	2	
			1~100명	1	
			0명	0	

2. 평가 방법

정화우선순위 도출을 위한 광산별 자료를 종합하여 평가하였다. 즉, 우선순위평가를 위하여 오염물질평가를 100점, 오염의 질적 수준을 평가한 오염상태평가가 150점 및 주변에의 영향을 고려한 오염영향평가가 50점을 만점으로 산정하였다. 이러한 자료를 근거로 정화우선순위 선정을 위한 각 광산들의 점수를 합하고 이를 우선순위로 구분하여 등급을 설정하였다. 즉, 300점 만점의 개량화 자료를 기초로 도출된 결과를 기본으로 활용하고 광해방지사업의 시급성 등을 고려하여 I, II, III 등의 등급으로 구분하였다.

I 등급은 우선순위 평가 결과 151점 이상의 점수를 가지는 광산으로 오염개연성이 높고 정화가 시급한 광산이다. 이에 해당되는 광산은 폐(광)석, 광미 등의 다양한 오염원이 존재하며, 오염 면적이 넓은 특징을 가지고 있다. 또한 토양 시료 분석 결과 오염율이 높고 오염도가 큰 것으로 조사되었다.

II등급은 우선순위 평가 결과 69점 이상 151점 미만의 점수를 가지는 광산으로 오염개연성이 비교적 높고 향후 정화가 필요한 광산이다. 이 등급은 비교적 오염원이 다양하고 오염원이 현존하나 실제 광산 위치가 인가와 떨어져 있거나 영향권에 거주하는 인구가 적은 것이 특징이다. 하지만 오염토양이 확인되어 이들 오염 토양에 대한 복토 및 식재를 통한 유실방지 대책이 필요할 것으로 판단되는 광산들이다.

III등급은 우선순위 평가 결과 69점 미만의 광산으로 오염개연성이 낮지만 사후관리가 필요한 광산이다. 이들 광산은 대부분 단일 오염원 형태를 보이며 그 오염도가 크지 않았다. 현장 조사자에 의하면 광산 위치가 대부분 인가와 떨어져 있으며, 오염원이 존재하더라도 이미 오랜 기간 동안 풍화가 진행되었고, 확인된 오염도 또한 광산에 의한 오염원으로 보기 힘들 정도로 오염 개연성은 크지 않았다. 실제 정화에 대한 우선순위 평가시 이 광산들의 경우 오염범위도 적고, 오염도 또한 크지 않았으며, 오염에 직접적으로 영향을 받는 인근 지역 주민 수도 적은 것으로 평가되었다. 하지만 일부 구간의 토양오염이 관찰되고 있으며, 일부 지역은 갱내수가 소량 잔류하고 있으므로 이들을 위한 간단한 정화사업은 수행할 필요가 있다. 다만 본 우선순위 평가에서 300점 만점의 개량화 자료 및 광해방지사업의 시급성 등을 고려하여 I, II, III 등의 등급으로 구분하였으나, 현장조사 결과 지질학적 특성에 의한 오염으로 추정되는 경우, 광산 하류지역에서 광범위하게 오염도가 확인되는 경우, 광산 하부 농경지에서 비교적 넓은 오염 분포를 보이고 있는 경우, 일정량의 광미 및 폐(광)석이 존재하여 유실에 의한 오염 확산 등이 우려되나 오염원이 안정화 되어있고 극히 일부분에서 오염도가 확인되고 있는 지역 등 현장조사 결과에 따라 이들의 등급은 상향 또는 하향 등으로 조정되기도 하였다.

3 기존 주민건강조사 실시 사례

1. 2007년도 조사 결과 요약7)

1.1 토양 오염도조사 종합 현황표

동명광산

항목	기준		논	밭	초등학교	기타	소계
토양시료	시료 지점수		5	48	4	2	59
	토양오염 우려기준 초과	지점수	0	17	0	2	19
		초과성분	-	As	-	As	
	토양오염 대책기준 초과	지점수	0	6	0	1	7
		초과성분	-	As	-	As	

원동광산

항목	기준		밭	초등학교	기타	소계
토양시료	시료 지점수		50	8	0	58
	토양오염 우려기준 초과	지점수	10, 13, 30, 21	1		34
		초과성분	Pb, Cd, As, Zn	Zn		
	토양오염 대책기준 초과	지점수	2, 4, 18, 5			20
		초과성분	Pb, Cd, As, Zn			

문백광산

항목	기준		논	밭	초등학교	기타	소계
토양시료	시료 지점수		23	20	2	0	45
	토양오염 우려기준 초과	지점수	2, 2	3, 2, 2	0		7
		초과성분	Cd, Zn	As,Cd,Zn	-		
	토양오염 대책기준 초과	지점수	0	2	0		2
		초과성분	-	As	-		

월류광산

항목	기준		논	밭	초등학교	기타	소계
토양시료	시료 지점수		47	10	2	0	59
	토양오염 우려기준 초과	지점수	0	0	0		0
		초과성분	-	-	-		
	토양오염 대책기준 초과	지점수	0	0	0		0
		초과성분	-	-	-		

7) 국립환경과학원, 폐금속광산 지역주민 건강영향조사(충남·충북권역), 2007

산양광산

항목	기준		논	밭	초등학교	기타	소계
토양시료	시료 지점수		32	12	0	19	63
	토양오염 우려기준 초과	지점수	6, 1	0		5, 2, 1	11
		초과성분	As, Cd	-		As,Cd,Zn	
	토양오염 대책기준 초과	지점수	1, 1	0		2, 1	3
		초과성분	As, Cd	-		As, Cd	

순천광산

항목	기준		논	밭	초등학교	기타	소계
토양시료	시료 지점수		40	13	0	19	72
	토양오염 우려기준 초과	지점수	1	0		0	1
		초과성분	As	-		-	
	토양오염 대책기준 초과	지점수	0	0		0	0
		초과성분	-	-		-	

금장광산

항목	기준		논	밭	초등학교	기타	소계
토양시료	시료 지점수		69	24	0	0	93
	토양오염 우려기준 초과	지점수	1, 4, 6	0			7
		초과성분	Pb,Cd,Zn	-			
	토양오염 대책기준 초과	지점수	1, 1, 2	0			3
		초과성분	Pb,Cd,Zn	-			

풍원광산

항목	기준		논	밭	초등학교	기타	소계
토양시료	시료 지점수		21	26	2	6	55
	토양오염 우려기준 초과	지점수	1, 2	0	0	0	2
		초과성분	Pb, Zn	-	-	-	
	토양오염 대책기준 초과	지점수	0	0	0	0	0
		초과성분	-	-	-	-	

1.2 수질 오염도조사 종합 현황표

동명광산

항목	기준		음용수		하천수	기타	소계
			간이상수	지하수			
물시료	시료 지점수		1	4	8	3	16
	먹는물	지점수	0	1, 2			2
	수질기준 초과	초과성분	-	Zn, Al			
	하천수	지점수			1	0	1
	수질기준 초과	초과성분			As	-	
	지하수	지점수					0
	수질기준 초과	초과성분					

원동광산

항목	기준		음용수		하천수	기타	소계
			간이상수	지하수			
물시료	시료 지점수		2	4	6	2	14
	먹는물	지점수		1			1
	수질기준 초과	초과성분		As, Al			
	하천수	지점수			0	0	0
	수질기준 초과	초과성분					
	지하수	지점수					0
	수질기준 초과	초과성분					

문백광산

항목	기준		음용수		하천수	기타	소계
			간이상수	지하수			
물시료	시료 지점수		0	0	2	5	7
	먹는물	지점수		0			0
	수질기준 초과	초과성분		-			
	하천수	지점수			0	0	0
	수질기준 초과	초과성분			-	-	
	지하수	지점수				1	1
	수질기준 초과	초과성분				Zn	Zn
	오염물질 배출 허용기준초과	지점수				1	1
		초과성분				pH, Cd, Zn	pH, Cd, Zn

월류광산

항목	기준		음용수		하천수	기타	소계
			간이상수	지하수			
	시료 지점수		0	7	2	0	9
	먹는물	지점수		0			0
물	수질기준 초과	초과성분		-			
시	하천수	지점수			0	0	0
료	수질기준 초과	초과성분			-	-	
	지하수	지점수					0
	수질기준 초과	초과성분					

산양광산

항목	기준		음용수		하천수	기타	소계
			간이상수	지하수			
	시료 지점수		0	2	9	0	11
	먹는물	지점수		0			0
물	수질기준 초과	초과성분		-			
시	하천수	지점수			0		0
료	수질기준 초과	초과성분			-		
	지하수	지점수					0
	수질기준 초과	초과성분					

순천광산

항목	기준		음용수		하천수	기타	소계
			간이상수	지하수			
	시료 지점수		0	1	14	0	15
	먹는물	지점수		0			0
물	수질기준 초과	초과성분		-			
시	하천수	지점수			0		0
료	수질기준 초과	초과성분			-		
	지하수	지점수					0
	수질기준 초과	초과성분					

금장광산

항목	기준		음용수		하천수	기타	소계
			간이상수	지하수			
	시료 지점수		3	2	2	0	7
	먹는물	지점수	1	0			1
물	수질기준 초과	초과성분	Zn	-			
시	하천수	지점수			0		0
료	수질기준 초과	초과성분			-		
	지하수	지점수					0
	수질기준 초과	초과성분					

풍원광산

항목	기준		음용수		하천수	기타	소계
			간이상수	지하수			
물시료	시료 지점수		0	1	8	1	10
	먹는물 수질기준 초과	지점수		0			0
		초과성분		-			
	하천수 수질기준 초과	지점수			0	0	0
		초과성분			-	-	
	지하수 수질기준 초과	지점수					0
		초과성분					

1.3 농작물 오염도조사 종합 현황표

동명광산

항목	시료	시료 지점수	식품공전 기준 초과시료수		
			납	카드뮴	소계
농산물	쌀	5	0	0	0
	무	2	1	1	1
	배추	3	1	0	1
	감자	5	1	0	1
	옥수수	2	0	0	0
	파	5	0	0	0
	콩	4	1	1	2
	팥	2	0	0	0
	기타	21	-	-	-
소 계		49	4	2	5

원동광산

항목	시료	시료수	식품공전 기준 초과시료수		
			납	카드뮴	소계
농작물	배추	34	3	4	6
	옥수수	7	2	0	2
	파	1	0	0	0
	무	1	0	0	0
	기타	5	-	-	-
소 계		48	5	4	8

문백광산

항목	시료	시료수	식품공전 기준 초과시료수		
			납	카드뮴	소계
농작물	쌀	23	0	2	2
	파	3	0	0	0
	고구마	3	1	0	1
	대두	7	0	2	2
	기타	7	-	-	-
소 계		43	1	4	5

월류광산

항목	시료	시료수	식품공전 기준 초과시료수		
			납	카드뮴	소계
농작물	쌀	47	4	1	5
	고구마	3	0	0	0
	대두	4	0	0	0
	기타	3	-	-	-
소 계		57	4	1	5

산양광산

항목	시료	시료수	식품공전 기준 초과시료수		
			납	카드뮴	소계
농작물	벼	31	9	0	9
	무	2	0	0	0
	배추	2	0	0	0
	고구마	1	1	0	1
	팥	3	0	0	0
	대두	6	1	0	1
	기타	5	-	-	-
소 계		50	11	0	11

순천광산

항목	시료	시료수	식품공전 기준 초과시료수		
			납	카드뮴	소계
농작물	벼	11	0	0	0
	고구마	4	1	0	1
	대두	5	1	0	1
	배추	5	0	0	0
	파	1	0	0	0
	팥	1	0	0	0
	옥수수	2	0	0	0
	기타	31	-	-	-
소 계		60	2	0	2

금장광산

항목	시료	시료수	식품공전 기준 초과시료수		
			납	카드뮴	소계
농작물	쌀	69	17	1	18
	기타	24	-	-	-
소 계		93	17	1	18

풍원광산

항목	시료	시료수	식품공전 기준 초과시료수		
			납	카드뮴	소계
농작물	쌀	21	1	1	2
	대두	7	0	0	0
	고구마	1	0	0	0
	기타	9	-	-	-
소 계		38	1	1	2

1.4 인체 중금속 노출 현황표

동명광산

구분		성인		아동	
		폐광지역 (N=63)	대조지역 (N=112)	폐광지역 (N=30)	대조지역 (N=29)
혈중 납 (μg/dℓ)	GM (GSD)	2.41 (1.55)	1.87 (1.66)	3.10 (1.61)	1.32 (1.61)
	AM±SD	2.64±1.14	2.09±0.95	3.45±1.62	1.47±0.74
	(Min~Max)	1.08~5.09	0.44~5.00	1.28~7.81	0.54~3.46
혈중 카드뮴 (μg/L)	GM (GSD)	1.63 (1.64)	1.52 (1.66)	0.50 (1.32)	0.37 (1.38)
	AM±SD	1.86±1.09	1.71±0.83	0.52±0.13	0.39±0.13
	(Min~Max)	0.68~7.23	0.43~3.91	0.26~0.75	0.19~0.70
요중 카드뮴 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	1.46 (2.39)	1.12 (1.70)	0.52 (1.95)	0.56 (1.58)
	AM±SD	2.54±5.11	1.29±0.72	0.65±0.56	0.62±0.28
	(Min~Max)	0.22~37.34	0.28~3.87	0.13~3.24	0.15~1.23
요중 비소 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	7.38 (1.71)	7.52 (1.54)	6.45 (1.63)	5.79 (1.35)
	AM±SD	8.57±5.23	8.37±4.74	7.31±4.35	6.03±1.70
	(Min~Max)	2.44~27.75	3.31~34.65	2.89~24.67	3.08~9.45
혈중 수은 (μg/L)	GM (GSD)	4.43 (1.60)	5.12 (1.65)	3.04 (1.46)	3.13 (1.43)
	AM±SD	4.95±2.49	5.76±2.88	3.28±1.48	3.34±1.30
	(Min~Max)	1.45~13.77	1.30~20.28	1.59~8.91	1.59~7.36

원동광산

구분		성인		아동	
		폐광지역 (N=77)	대조지역 (N=105)	폐광지역 (N=28)	대조지역 (N=15)
혈중 납 (μg/dℓ)	GM (GSD)	2.50 (1.75)	2.20 (1.83)	1.37 (2.25)	1.88 (1.53)
	AM±SD	2.89±1.56	2.57±1.38	1.77±1.16	2.05±0.89
	(Min~Max)	0.57~8.21	0.24~7.64	0.17~4.40	0.83~4.07
혈중 카드뮴 (μg/L)	GM (GSD)	1.32 (1.73)	1.16 (1.81)	0.33 (1.29)	0.38 (1.36)
	AM±SD	1.51±0.77	1.31±0.58	0.34±0.11	0.40±0.13
	(Min~Max)	0.31~3.62	0.02~2.88	0.22~0.82	0.23~0.74
요중 카드뮴 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	1.01 (2.02)	0.87 (1.86)	0.36 (2.13)	0.84 (1.36)
	AM±SD	1.25±0.84	1.04±0.67	0.46±0.31	0.88±0.26
	(Min~Max)	0.05~3.56	0.17~4.46	0.07~1.40	0.46~1.40
요중 비소 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	8.35 (2.00)	6.52 (1.91)	6.92 (1.75)	7.73 (1.61)
	AM±SD	11.93±18.09	7.86±5.06	8.32±7.11	8.62±4.38
	(Min~Max)	2.34~138.83	0.53~30.46	3.25~41.42	3.10~20.00
혈중 수은 (μg/L)	GM (GSD)	4.32 (1.53)	4.56 (1.76)	2.37 (1.48)	2.97 (1.54)
	AM±SD	4.69±1.86	5.19±2.50	2.57±1.16	3.23±1.35
	(Min~Max)	1.08~9.90	0.22~15.18	1.20~6.04	1.27~6.21

문백광산

구분		성인		아동	
		폐광지역 (N=87)	대조지역 (N=101)	폐광지역 (N=5)	대조지역 (N=10)
혈중 납 (μg/dℓ)	GM (GSD)	2.20 (1.63)	2.17 (1.83)	1.18 (1.82)	1.68 (1.55)
	AM±SD	2.45±1.06	2.51±1.11	1.35±0.06	1.84±0.84
	(Min~Max)	0.68~4.78	0.3~5.05	0.48~2.13	0.82~0.54
혈중 카드뮴 (μg/L)	GM (GSD)	2.01 (1.63)	1.10 (1.72)	0.43 (1.14)	0.52 (1.39)
	AM±SD	2.25±1.08	1.27±0.70	0.44±0.06	0.55±0.17
	(Min~Max)	0.23~7.19	0.1~4.58	0.39~0.54	0.30~0.75
요중 카드뮴 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	2.49 (1.81)	1.39 (1.63)	0.96 (2.61)	0.91 (1.67)
	AM±SD	2.97±1.79	1.56±0.76	1.27±0.86	0.91~0.49
	(Min~Max)	0.5~8.09	0.19~4.24	0.20~2.42	0~1.37
요중 비소 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	8.17 (1.64)	6.21 (2.34)	4.32 (1.25)	6.54 (1.27)
	AM±SD	9.27±5.23	7.69±4.65	4.41±0.93	6.06±2.71
	(Min~Max)	2.74~39.61	0.02~30.25	3.14~5.24	0~10.75
혈중 수은 (μg/L)	GM (GSD)	1.97 (1.71)	2.26 (1.74)	2.12 (1.68)	1.79 (1.22)
	AM±SD	2.26±1.25	2.64±1.50	2.36±1.21	1.82±0.37
	(Min~Max)	0.42~7.59	0.56~8.00	1.22~3.91	1.27~2.43

월류광산

구분		성인 폐광지역 (N=99)	성인 대조지역 (N=72)	아동 폐광지역 (N=1)	아동 대조지역 (N=44)
혈중 납 (μg/dℓ)	GM (GSD)	1.94 (1.68)	1.75 (1.73)	1.77	1.38 (1.76)
	AM±SD	2.19±1.00	1.99±0.92	1.77	1.62±0.93
	(Min~Max)	0.4~4.88	0.54~3.87	1.77	0.40~5.01
혈중 카드뮴 (μg/L)	GM (GSD)	1.55 (1.57)	1.19 (1.77)	0.87	0.43 (1.52)
	AM±SD	1.71±0.73	1.40±0.79	0.87	0.49±0.33
	(Min~Max)	0.54~3.87	0.23~3.49	0.87	0.19~2.26
요중 카드뮴 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	2.14 (1.62)	1.52 (1.55)	1.13	0.85 (1.36)
	AM±SD	2.40±1.14	1.68±0.76	1.13	0.87±0.31
	(Min~Max)	0.65~5.88	0.55~4.32	1.13	0~1.70
요중 비소 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	11.67 (1.80)	8.63 (1.50)	6.08	6.54 (1.65)
	AM±SD	14.04±12.39	9.31±3.45	6.08	7.20±3.81
	(Min~Max)	ND~109.02	2.31~19.27	6.08	0~16.70
혈중 수은 (μg/L)	GM (GSD)	3.64 (1.59)	2.90 (1.61)	2.61	2.66 (1.41)
	AM±SD	4.05±1.90	3.27±1.75	2.61	2.82±0.92
	(Min~Max)	1.11~11.68	1.10~11.30	2.61	1.14~4.95

산양광산

구분		성인 폐광지역 (N=129)	성인 대조지역 (N=280)	아동
혈중 납 (μg/dℓ)	GM (GSD)	1.65 (1.42)	2.72 (1.51)	
	AM±SD	1.76±0.71	2.93±1.06	
	(Min~Max)	1.02~4.47	0.41~6.38	
혈중 카드뮴 (μg/L)	GM (GSD)	2.34 (1.31)	1.35 (1.28)	
	AM±SD	2.75±1.46	1.49±0.67	
	(Min~Max)	0.20~7.24	0.32~3.87	
요중 카드뮴 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	3.24 (1.85)	1.47 (2.04)	
	AM±SD	3.84±2.12	1.87±1.49	
	(Min~Max)	1.10~7.86	0.14~11.87	
요중 비소 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	9.22 (2.02)	6.14 (1.75)	
	AM±SD	10.81±5.49	7.46±7.92	
	(Min~Max)	0.34~28.86	1.73~87.94	
혈중 수은 (μg/L)	GM (GSD)	5.07 (1.52)	3.53 (1.58)	
	AM±SD	5.51±2.27	3.95±2.12	
	(Min~Max)	2.10~10.23	1.24~12.98	

순천광산

구분		성인 폐광지역 (N=129)	성인 대조지역 (N=280)	아동 폐광지역 (N=0)	아동 대조지역 (N=0)
혈중 납 (μg/dℓ)	GM (GSD)	1.72 (1.49)	2.71 (1.71)		
	AM±SD	1.87±0.79	3.24±2.74		
	(Min~Max)	0.52~4.59	0.94~22.43		
혈중 카드뮴 (μg/L)	GM (GSD)	2.65 (1.31)	1.41 (1.34)		
	AM±SD	3.24±2.09	1.63 ± 0.91		
	(Min~Max)	0.38~11.80	0.40~5.89		
요중 카드뮴 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	3.37 (2.05)	2.19 (1.84)		
	AM±SD	4.22±2.90	2.58±1.45		
	(Min~Max)	0.33~16.70	0.32~9.38		
요중 비소 (μg/g creatinine)	GM(GSD)	8.97 (1.64)	6.42 (1.68)		
	AM±SD	10.08±4.88	7.44±5.54		
	(Min~Max)	2.29~23.64	0.93~54.02		
혈중 수은 (μg/L)	GM (GSD)	4.18 (1.59)	3.03 (1.64)		
	AM±SD	4.66±2.37	3.47±2.21		
	(Min~Max)	1.49~17.09	0.85~15.24		

금장광산

구분		성인 폐광지역 (N=94)	성인 대조지역 (N=91)	아동 폐광지역 (N=13)	아동 대조지역 (N=101)
혈중 납 (μg/dℓ)	GM (GSD)	2.70 (1.8)	2.15 (1.5)	2.77 (1.4)	2.03 (1.6)
	AM±SD	3.16±1.8	2.31±0.9	2.88±0.8	2.33±0.9
	(Min~Max)	0.49~9.73	0.50~4.82	1.73~4.20	0.59~4.70
혈중 카드뮴 (μg/L)	GM (GSD)	3.37 (1.8)	2.66 (1.5)	0.37 (1.5)	0.39 (1.4)
	AM±SD	3.85±1.8	2.87±1.1	0.41±0.2	0.41±0.1
	(Min~Max)	0.26~10.87	0.61~7.34	0.23~0.96	0.16~0.82
요중 카드뮴 (μg/g creatinine)	GM (GSD)	3.25 (3.0)	2.17 (2.8)	0.40 (1.4)	0.33 (2.0)
	AM±SD	3.29±2.7	2.81±1.9	0.63±0.4	0.66±0.7
	(Min~Max)	0.62~16.73	0.27~8.00	0.21~1.34	0.04~4.06
요중 비소 (μg/g creatinine)	GM(GSD)	8.18 (2.3)	5.69 (1.8)	3.59 (2.7)	5.17 (2.0)
	AM±SD	12.01±15.9	6.69±4.3	5.42±4.8	7.00±7.8
	(Min~Max)	0.42~102.60	0.62~29.79	0.90~15.80	1.26~46.65
혈중 수은 (μg/L)	GM (GSD)	6.30 (1.7)	6.72 (1.8)	2.75 (1.5)	2.98 (1.5)
	AM±SD	7.37±4.7	7.91±5.3	2.97±1.3	3.25±1.3
	(Min~Max)	0.99~90.48	1.69~41.78	1.38~5.75	1.13~7.84

풍원광산

구분		성인		아동	
		폐광지역 (N=60)	대조지역 (N=84)	폐광지역 (N=28)	대조지역 (N=)
혈중 납 ($\mu g/d\ell$)	GM (GSD)	1.82 (1.66)	1.92 (1.58)	1.70 (1.86)	
	AM±SD	2.05±0.99	2.14±1.02	2.00±1.03	
	(Min~Max)	0.32~5.48	0.43~6.98	0.28~4.29	
혈중 카드뮴 ($\mu g/L$)	GM (GSD)	2.12 (1.74)	1.37 (1.66)	0.47 (1.51)	
	AM±SD	2.42±1.15	1.52±0.86	0.53±0.39	
	(Min~Max)	0.30~5.64	0.55~7.55	0.26~2.40	
요중 카드뮴 ($\mu g/g$ creatinine)	GM (GSD)	2.99 (2.21)	1.83 (2.22)	0.74 (1.74)	
	AM±SD	3.95±2.95	2.46±2.03	0.93±1.13	
	(Min~Max)	0.22~14.83	0.28~14.74	0.32~6.40	
요중 비소 ($\mu g/g$ creatinine)	GM (GSD)	7.68 (1.81)	6.97 (2.33)	7.64 (1.96)	
	AM±SD	9.20±6.16	9.78±9.14	9.42±6.74	
	(Min~Max)	2.61~31.68	0.46~57.55	1.66~32.35	
혈중 수은 ($\mu g/L$)	GM (GSD)	3.27 (1.66)	3.77 (1.54)	2.15 (1.34)	
	AM±SD	3.78±2.34	4.19±2.15	2.25±0.70	
	(Min~Max)	1.22~14.13	1.51~12.87	0.99~3.88	

2. 2008년도 조사 (거풍광산)[8]

2.1 오염원 및 환경오염의 수준

2.1.1 토양

이 광산의 주요한 오염원은 광물찌꺼기와 광폐석 적치장으로 판단되며, 이들의 복원사업이 이루어졌지만 일부 광물찌꺼기 적치장에서는 강우 및 바람 등에 의해 인접하천으로 광물찌꺼기가 유실되고 있는 실정이다. 특히, 하천이 바로 인접해 있어 광물찌꺼기유실에 의한 오염 확산이 우려되고 있다. 주변 농경지 토양의 중금속 함량 분석결과에 의하면, 광산부지 직하부의 밭토양(S-005)에서 우려기준을 초과하는 Zn이 검출되었고 광산부지 하류에 위치한 2개 지점(S-019'와 'S-021)에서도 우려기준을 초과하는 Zn이 검출되었다. 또한, 하천 반대편에서 우려기준을 초과하는 Cd이 검출되기도 하였다(S-052), 이 광산에 대한 토양 오염도 종합 현황표와 토양오염도 통계표를 <부록표 3.1>와 <부록표 3.2>에 정리하였다. 그리고 지역별-원소별 분석결과에 대한 Box plot을 <부록그림 3.1>에 도시하였다.

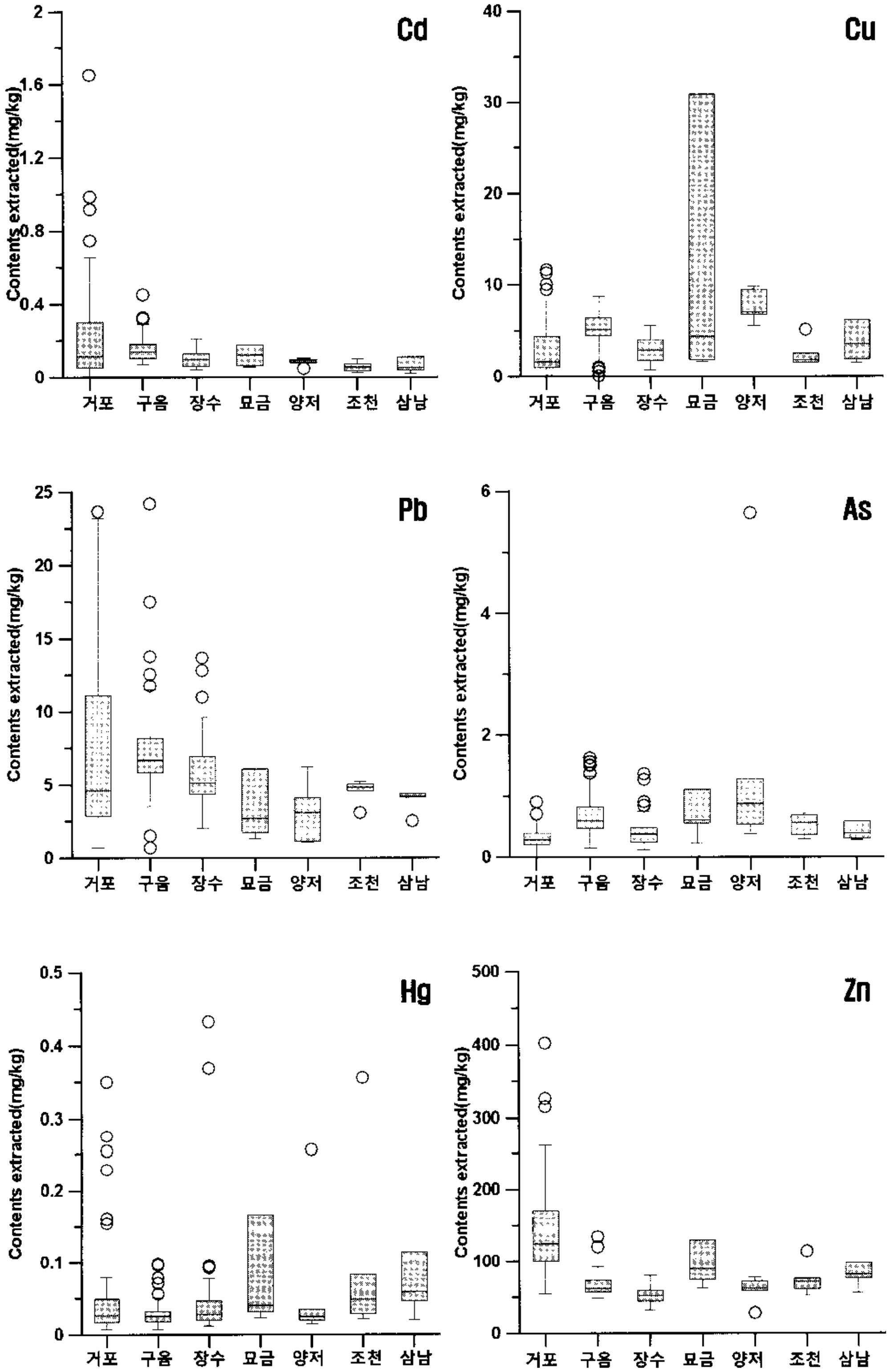
<부록표 3.1> 거풍광산 토양 오염도조사 종합 현황표

조사	기준	항목	토양				
			답	밭	비농토	대조군	소계
토양시료	시료	지점수	88	31	-	-	119
	토양오염 우려기준 초과	지점수	3	1	-	-	4
		초과성분	Zn(2), Cd(1)	Zn(1)	-	-	Zn(3), Cd(1)
	토양오염 대책기준 초과	지점수	-	-	-	-	-
		초과성분	-	-	-	-	-
※ 동일지점에서 대책기준을 초과한 지점은 우려기준도 초과함							

8) 국립환경과학원, 폐금속광산 지역주민 건강영향조사(충남·충북권역), 2008

<부록표 3.2> 거풍광산 토양오염도 통계표

구분		조사A리 (거포리) N=70	p-value	조사B리 (구음리) N=59	p-value	조사C리 (장수리) N=44	p-value	대조군 (4개리) N=34
납	평균±표준편차	7.525±6.167	0.0052	7.347±3.519	<0.0001	5.960±2.555	0.0003	3.713±1.534
	범위	0.683~23.667		0.680~24.194		2.021~13.677		1.086~6.208
	우려기준 초과	0%		0%		0%		0%
구리	평균±표준편차	2.972±2.847	0.0044	5.013±1.888	0.3829	2.909±1.291	0.0051	5.824±6.454
	범위	0.094~11.679		0.680~8.764		0.677~5.507		1.525~30.847
	우려기준 초과	0%		0%		0%		0%
카드뮴	평균±표준편차	0.221±0.276	0.0164	0.154±0.075	<0.0001	0.100±0.043	0.0361	0.076±0.040
	범위	0.004~1.650		0.055~0.451		0.042~0.209		0.019~0.177
	우려기준 초과	1 (1.4 %)		0%		0%		0%
비소	평균±표준편차	0.297±0.168	0.0002	0.703±0.358	0.4801	0.423±0.273	0.0283	0.818±1.112
	범위	0.000~0.900		0.139~1.622		0.109~1.361		0.230~5.643
	우려기준 초과	0%		0%		0%		0%
아연	평균±표준편차	140.668±68.330	3.34E-05	65.997±15.308	0.0280	52.092±10.687	<0.0001	75.753±22.304
	범위	54.235~402.665		40.307~133.484		32.581~80.907		28.058~128.508
	우려기준 초과	3 (4.3 %)		0%		0%		0%
수은	평균±표준편차	0.0506±0.0699	0.1497	0.0295±0.0191	0.0001	0.0512±0.0804	0.2362	0.0769±0.0859
	범위	0.0066~0.3500		0.0069~0.0980		0.0116~0.4327		0.0142~0.3559
	우려기준 초과	0%		0%		0%		0%
총크롬	평균±표준편차	10.704±3.223	<0.0001	16.170±3.732	0.6765	10.278±2.476	<0.0001	16.641±6.134
	범위	1.467~19.409		7.131~28.676		5.234~17.299		7.566~30.759
	우려기준 초과	0%		0%		0%		0%



<부록그림 3.1> 조사지역의 원소별-지역별 함량 비교

2.1.2 수질

이 광산의 수질에 영향을 줄 수 있는 주요한 오염원으로 갱구 및 광산 폐기물 등은 복원사업이 진행되었으나 침출수가 유출되고 있어 인접하천으로 유입되고 있다. 침출수의 분석결과 pH 및 카드뮴이 오염물질 배출허용기준을 초과하였으며 인접하천으로 지속적으로 유입되어 하부 농경지 농업용수로 영향을 줄 것으로 판단된다. 다만 이들의 수량이 매우 적어 직접적인 영향은 미미한 것으로 판단된다. 한편, 이외의 하천수 및 지하수는 환경기준 이내로 검출되었다. 이 광산에 대한 수질 오염도조사 종합 현황표와 수질오염도 통계표를 <부록표 3.3>과 <부록표 3.4>에 정리하였다.

<부록표 3.3> 거풍광산 수질오염도조사 종합 현황표

조사	기준	항목	물			
			침출수	하천수	지하수	계
물시료	시료	지점수	1	14	18	33
	먹는물 수질기준 초과	지점수	-	-	-	-
		초과성분	-	-	-	-
	하천수 수질기준 초과	지점수	-	-	-	-
		초과성분	-	-	-	-
	오염물질 배출허용 기준 초과	지점수	1	-	-	-
		초과성분	pH, Cd	-	-	-
	지하수 수질기준 초과	지점수	-	-	-	-
		초과성분	-	-	-	-

※ 동일지점에서 시료가 각각의 수질기준을 초과한 지점은 중복산정

<부록표 3.4> 거풍광산 수질오염도 통계표

구분			납(mg/L)	카드뮴(mg/L)	비소(mg/L)	수은(mg/L)	총크롬(mg/L)
조사A리 (거포리)	지하수(N=4)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	하천수(N=4)	평균±표준편차	불검출	0.0575±0.1096	불검출	불검출	불검출
	먹는물(N=3)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
조사B리 (구음리)	지하수(N=3)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	하천수(N=2)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	먹는물(N=1)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
조사C리 (장수리)	지하수(N=3)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	하천수(N=2)	평균±표준편차	0.0475±0.0576	불검출	불검출	불검출	불검출
	먹는물(N=2)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
대조군 (4개리)	지하수(N=8)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	하천수(N=7)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	먹는물(N=7)	평균±표준편차	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

2.2 결론

이 연구에서는 충북 옥천군에 위치한 거풍광산의 광산개발로 인해 발생될 수 있는 지역주민들의 건강영향을 조사사업의 일환으로 토양과 수질시료의 유해 중금속이 주변 환경에 미치는 영향을 조사함을 목적으로 하였다. 이를 위하여 광산 주변 하부 2km 이내에서 토양시료 175점(운동장 토양 2개 지점 포함)과 물시료 18점(지표수 8점과 지하수 10점)을 채취하였다. 또한, 광산의 영향을 상호 비교하기 위하여 대조시료로서 4개 지역에서 토양시료 22점과 물시료 15점(하천수 7지점과 지하수 8지점)을 채취하였다. 이들에 대한 유해 중금속 오염도를 분석한 결과, 광산 직하부와 하부의 일부 농경지에서 토양오염 우려기준을 초과하는 Zn(3지점)이 검출되었다. 또한, 광산 반대편 1지점에서 토양오염 우려기준을 초과하는 Cd이 검출되었다. 더불어 광물찌꺼기와 폐석적치장 하부에서 발생된 침출수의 경우, 낮은 pH(3.86)와 Cd(0.222mg/L)이 검출되었지만 그 수량이 매우 적어 주변에 미치는 영향은 미미할 것으로 평가된다. 이를 제외한 모든 지점에서는 환경 기준 이내의 중금속이 검출되었다.

이 광산에 대한 기존의 연구 결과에 의하면, 일부 농경지에서 재배된 농작물(주로 쌀)에서 농산물 환경기준을 초과는 Cd이 검출된 바 있다. 하지만 이들 농경지 부적합필지에 대하여 2008년도에 옥천군에서 한국광해관리공단의 감리로 부적합 농경지에 대한 환토, 복토 및 안정화 등의 농경지 개선 사업이 추진되어 이들 부적합 필지에 대한 종합적인 광해방지사업이 추진된 바 있어, 이번 조사에서는 전체 시료 중에서 2.0%인 4개 지점에서만 환경기준을 초과하였다.

결론적으로 거풍광산에 대한 환경영향 조사를 위한 토양 및 수질오염도를 분석한 결과, 광산 직하부의 소량 관찰되는 침출수와 주변의 토양에 환경기준을 초과하고 있지만 전반적으로 중금속 오염도가 낮은 수준으로 평가되었다.

3. 2009년도 조사 결과 (은곡, 남산(석일) 및 망월산광산)[9]

3.1 토양오염도 조사 결과

3.1.1 망월산(청양) 폐금속광산

이 광산에 의한 중금속 오염도를 조사하기 위하여 광산주변 청양군 3개 지역(관현리, 구룡리, 분향리)과 부여군 2개 지역(금공리, 회곡리)에서 토양시료 113점과 하천 저질 토양 9점, 수질시료 30점을 채취하여 분석한 결과, 토양시료는 16개 지점에서 토양오염 우려기준을 초과(As 14점, Zn 2점) 하였고, 2개 지점에서 대책기준을 초과(As 2점) 하였다. 하천 저질 토양시료는 3개 지점에서 토양오염 우려기준을 초과 (As 2점, Cd 1점) 하였으나 수질시료는 모두 수질환경기준 이내였다. 2008년도에 농산물품질관리원에서 수행한 농작물 오염도 조사결과 Cd의 식물체 허용농도인 0.2 ㎎/㎏을 초과하는 지점이 18개 중 2개였다. 본 조사에서의 토양시료 채취지점이거나 가장 가까운 지점의 토양 중 Cd 함량과의 상관성을 분석해 본 결과 유의한 상관관계를 나타내었다. 전반적으로 As의 오염이 심한 것으로 조사되었으며, 폐금속광산 갱구 하부의 지천을 관개용수로 사용하는 토양 대부분에서 영향을 받고 있었다.

3.1.2 남산(석일) 폐금속광산

이 광산에 의한 중금속 오염도를 환경관리공단에서 2008년 조사한 광산주변 탄천군 지역(남산리), 부여군 조촌면 2개 지역(진호1, 2리)의 토양시료 77점, 하천저질 3점의 결과와 본 용역에서 직접 분석한 식수로 사용하는 지하수 시료 21점을 분석한 결과 토양시료는 14개 지점에서 토양오염 우려기준을 초과(As 12점, Pb 2점) 하였고, 10개 지점에서 대책기준을 초과(As 9점, Pb 1점) 하였다. 갱구에서 0.5 ㎞ 미만의 가까운 지점의 토양 중 Pb 함량이 유의하게 높게 조사되었으며, 또한 갱구로부터 거리가 멀어질수록 함량이 낮아지는 경향을 보여 폐금속광산에 의한 영향으로 여겨진다. 수질시료는 모두 수질환경기준 이내였다. 2008년도에 농산물품질관리원에서 수행한 총 37개 지점에서 채취된 모든 농작물의 Cd과 Pb 함량은 식물체 허용 농도인 0.2 ㎎/㎏을 초과하지 않았다. 그러나 농작물 중의 납과 카드뮴 함량간에는 유의한 상관성을 나타내었다. 전반적으로 As, Pb의 오염이 심한 것으로 조사되었으며, 갱구와 가까운 지점의 토양이 높은 함량을 보였다.

3.1.3 은곡(은광) 폐금속광산

이 광산 주변 하부 2km 이내에서 토양시료 176지점과 수질시료 21지점(지표수 10지점과 지하수 11지점)을 채취하였다. 토양 및 수질오염공정시험방법으로 분석한 결과, 은곡(은광) 폐금속광산의 우측하부의 일부 농경지에서 토양오염 우려기준을 초과하는 Cd(7지점)이 검출되었으며, 그 중 1지점에서는 토양오염 대책기준을 초과하기도 하였다. 또한, 광산 직하부의

9) 국립환경과학원, 폐금속광산 지역주민 건강영향조사(충남·충북권역), 2009

퇴적토(저질토) 시료에 대한 화학분석 결과, 1지점(SW-4)에서 Cd과 Zn이 토양오염 대책기준을 초과하기도 하였다. 하지만 21개 지점에서 채취한 수질 시료의 화학분석결과, 모든 시료에서 수질환경 기준에 적합한 것으로 분석되었다. 이는 토양 및 퇴적토의 수계로의 전이 현상은 매우 미미한 수준임을 보여주는 결과이다. 이 연구에서는 식물체에 대한 분석은 수행되지 않았지만, 이 광산에 대해 2008년도에 국립환경과학원과 농산물품질관리원에서 공동으로 수행한 폐금속광산지역 농경지의 토양-농작물 오염도 조사 결과에 의하며, 국내 농작물의 식물체 Cd 허용 농도인 0.2 ㎎/kg을 초과하는 지점이 관찰되어 농산물 부적합 필지로 지정되기도 하였다. 특히 당해 연도에 생산된 쌀은 전량 소각 처리되었다. 이번 조사에서도 일부 지역에서 토양오염 우려기준 또는 대책기준을 초과하는 필지가 확인되어 이 광산 주변의 농경지의 카드뮴 오염 현상을 재차 확인하였다. 은곡(은광) 폐금속광산에 대한 환경영향 조사 결과를 종합하면, 광산 직하부의 사평리 일부 농경지는 카드뮴 오염 현상이 있지만 비교적 큰 규모의 마을을 이루고 있는 대대리 주변의 토양에서는 전반적으로 중금속 오염도가 낮은 것으로 평가되었다. 또한 수계의 오염도는 매우 미미한 수준으로 평가되었다.

3.2 혈중 및 뇨의 중금속 농도 조사 결과

3.2.1 혈중 납 농도

망월산(청양) 폐금속광산지역 주민의 혈중 납 농도 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 3.17㎍/dℓ, 1.39㎍/dℓ(3.35±1.17㎍/dℓ), 남산(석일) 폐금속광산지역 주민은 3.10㎍/dℓ, 1.47㎍/dℓ(3.34±1.36㎍/dℓ)이었고, 망월산(청양) 폐금속광산지역과 남산(석일) 폐금속광산지역의 대조지역 주민은 2.92㎍/dℓ, 1.39㎍/dℓ(3.08±1.0㎍/dℓ)이었다. 은곡(은광) 폐금속광산지역 주민의 혈중 납 농도 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 3.48㎍/dℓ, 1.46㎍/dℓ(3.79±2.39㎍/dℓ), 은곡(은광) 폐금속광산지역의 대조지역 주민은 2.70㎍/dℓ, 1.39㎍/dℓ(2.85±1.0㎍/dℓ)였다. 폐금속광산지역과 대조지역 주민의 혈중 납 농도 산술평균은 은곡(은광) 폐금속광산지역과 대조지역 주민에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 혈중 납의 농도별 분포에서 WHO가 일반 성인의 납에 의한 건강장애 예방을 위해 권고하는 기준인 40㎍/dℓ이상인 주민은 없었다. 본 조사에서 혈중 납 수준은 폐금속광산 지역 주민들이 대조지역 주민들보다 높았으나 의학적 조치가 필요하거나 2차 건강진단 선별기준을 초과하는 대상자는 없었다. 개인의 감수성에 따른 차이는 있지만 폐금속광산지역 주민들의 혈중 납 수준은 건강을 우려할 만한 수준은 아니며, 개인별 노출수준도 10㎍/dℓ이상인 1명은 이학적 검사 및 임상적 검사결과 상에서도 납 노출에 의한 영향을 판단할 지표의 변화는 없었다. 이상의 결과로 폐금속광산으로 인한 납의 환경오염은 지역주민의 건강에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

3.2.2 뇨 중 카드뮴 농도

망월산(청양)폐금속광산지역 주민의 요중 카드뮴 농도 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 2.40㎍/g cr, 1.82㎍/g cr(2.94±2.43㎍/g cr)이고, 남산(석일)폐금속광산지역 주민은 2.78㎍/g cr, 1.61㎍/g cr(3.09±1.35㎍/g cr), 망월산(청양)폐금속광산지역과 남산(석일)폐금속광산지역의 대조지역 주민은 1.71㎍/g cr, 2.10㎍/g cr(2.34±2.18㎍/g cr)이었다. 은곡(은광)폐금속광산지역 주민의 요중 카드뮴 농도 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 1.90㎍/g cr, 1.66㎍/g cr(2.14±1.05㎍/g cr)이고, 은곡(은광)폐금속광산지역의 대조지역 주민은 1.51㎍/g cr, 1.90㎍/g cr(1.87±1.39㎍/g cr)이었다. 폐금속광산지역과 대조지역 주민의 요중 카드뮴 농도 산술평균은 남산(석일)광산지역과 대조지역 주민에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 요중 카드뮴 농도가 5㎍/g cr이상인 대상자는 망월산(청양)폐금속광산지역과 남산(석일)광산지역에서 각각 26명(11.6%), 8명(6.6%)이며, 은곡(은광)폐금속광산지역에서는 3명(1.6%)이었다. 망월산(청양)폐금속광산지역과 남산(석일)폐금속광산지역의 대조지역은 6명(12.2%), 은곡(은광)광산지역의 대조지역에서는 3명(4.8%)이었다. 망월산(청양)폐금속광산지역 주민의 혈중 카드뮴 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 2.92㎍/L, 1.39㎍/L(3.10±1.26㎍/L)이고, 남산(석일)폐금속광산지역 주민은 2.07㎍/L, 1.29㎍/L(2.14±0.57㎍/L)이었다. 망월산(청양)폐금속광산지역과 남산(석일)폐금속광산지역의 대조지역 주민은 1.38㎍/L, 1.84㎍/L(1.75±1.88㎍/L)이었으며, 망월산(청양)폐금속광산지역과 대조지역 주민의 산술평균농도는 유의한 차이가 있었다. 은곡(은광)폐금속광산지역 주민의 혈중 카드뮴 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 2.41㎍/L, 1.41㎍/L(2.57±1.01㎍/L)이고, 은곡(은광)폐금속광산지역의 대조지역 주민은 0.89㎍/L, 1.49㎍/L(1.01±0.99㎍/L)이었으며, 은곡(은광)폐금속광산지역과 대조지역 주민의 산술평균 농도는 유의한 차이가 있었다. 본 조사에서 요중 카드뮴의 기준을 아동 또는 25세 이하는 3㎍/g cr이하, 25세 이상은 5㎍/g cr이하로 하고, 혈중 카드뮴의 기준은 5㎍/L로 하여 2차 건강진단 대상자를 선별한 결과 요중 카드뮴 초과자는 37명이고 혈중 카드뮴 초과자는 16명이며 이중 6명은 요중 및 혈중 카드뮴 중복 초과자이었다. 이들을 대상으로 실시된 2차 건강진단 결과 망월산(청양)폐금속광산 지역에 거주하는 일부 대상자에서 β_2-MG가 300 ㎍/g cr을 초과하였고, 혈액 요소질소 및 크레아틴 청소율이 비정상이었으나 NAG가 정상범위에 있었으며 당뇨, 고혈압 등을 앓고 있어 질병력에 의한 신증의 가능성이 높았다. 2008년도 조사된 대조지역의 경우 일부 대상자에서 β_2-MG가 300 ㎍/g cr을 초과하였으며 혈중 및 요중 카드뮴 농도에서 모두 2차 선별기준을 초과하였으나 고칼슘뇨증, 고인산뇨증이 나타나지 않았고, 특히 콩팥세뇨관 손상에 민감한 예측 지표중 하나인 NAG가 정상범위이었다. 다만, 망월산(청양)폐금속광산지역 중 일부 마을(금공리)에서 카드뮴 2차 선별기준 초과자 비율이 다른 지역보다 높은 것은 향후 이 마을을 대상으로 정기적으로 체내 카드뮴 농도를 측정하여 체내 카드뮴 농도의 변화양상과, 이에 의한 건강이상 발생여부를 지속적으로 모니터링 해야 할 필

요가 있다고 판단되었다.

3.2.3 뇨 중 비소 농도

망월산(청양) 폐금속광산지역 주민의 요중 비소 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 8.92㎍/L, 1.73㎍/L(10.38±6.20㎍/L)이고, 남산(석일)폐금속광산지역 주민은 7.74㎍/L, 1.71㎍/L(8.96±5.20㎍/L)이었다. 망월산(청양)폐금속광산지역과 남산(석일)폐금속광산지역의 대조지역 주민은 7.50㎍/L, 2.13㎍/L(9.51±6.04㎍/L)이었으며, 망월산(청양)폐금속광산지역과 대조지역 주민의 산술평균농도는 유의한 차이가 없었다. 은곡(은광)폐금속광산지역 주민의 요중 비소 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 6.03㎍/L, 1.70㎍/L(6.93±3.88㎍/L)이고, 은곡(은광)폐금속광산지역의 대조지역 주민은 6.66㎍/L, 1.76㎍/L(7.67±3.87㎍/L)이었으며, 은곡(은광)폐금속광산지역과 대조지역 주민의 산술평균농도도 유의한 차이가 없었다. 요중 비소의 농도별 분포를 보면 30㎍/L 이상의 농도를 보인 대상자는 망월산(청양)폐금속광산지역 주민에서 4명(1.8%)이었다. 본 조사에서 요중 비소 수준은 폐금속광산 지역 주민들이 대조지역 주민들보다 높았으며, 2차 건강진단 선별기준 35㎍/L을 초과하는 대상자는 2명이었다. 개인의 감수성에 따른 차이는 있지만 폐금속광산지역 주민들의 요중 비소 수준은 건강을 우려할 만한 수준은 아니며, 개인별 노출수준도 35㎍/L이상인 대상자중 1명은 이학적 검사 및 임상적 검사결과 상에서도 요중 비소 노출에 의한 영향을 판단할 지표의 변화가 없었고, 1명은 NAG 수치가 비정상범위 이었으나 기타지표에서 요중 비소 노출에 의한 영향을 판단하기는 어려웠다. 이상의 결과로 폐금속광산으로 인한 비소의 환경오염은 지역주민의 건강에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 다만, 망월산(청양)폐금속광산지역과 남산(석일)폐금속광산지역이 대조지역보다 높게 나타났고, 요중 비소의 경우 전체 노출수준의 범위가 혈중 납이나 혈중 카드뮴과 비교하여 넓고 비소의 만성 독성이나 발암성 등을 고려할 때 건강상의 우려에 대한 관심이 필요하다.

3.2.4 혈중 수은 농도

망월산(청양)폐금속광산지역 주민의 혈중 수은 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 2.01㎍/L, 1.75㎍/L(2.30±1.15㎍/L)이고, 남산(석일)폐금속광산지역 주민은 2.45㎍/L, 1.66㎍/L(2.81±1.73㎍/L)이었다. 망월산(청양)폐금속광산지역과 남산(석일)폐금속광산지역의 대조지역 주민은 1.57㎍/L, 2.29㎍/L(2.07±1.55㎍/L)이었으며, 남산(석일)폐금속광산지역과 대조지역 주민의 산술평균농도는 유의한 차이가 있었다. 은곡(은광)폐금속광산지역 주민의 혈중 수은 기하평균, 표준편차(산술평균±표준편차)는 2.62㎍/L, 1.93㎍/L(3.20±2.09㎍/L)이고, 은곡(은광)폐금속광산지역의 대조지역 주민은 3.80㎍/L, 1.77㎍/L(4.41±2.41㎍/L)이었으며, 은곡(은광)광산 지역과 대조지역 주민의 산술평균농도는 유의한 차이가 있었다. 한편 2차 건강진단 대상

자 선별기준인 혈중 수은 농도가 15μg/L이상인 대상자는 없었다. 본 조사에서 환경내 수은은 폐금속광산지역과 대조지역 주민들의 건강에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 다만, 거풍광산지역의 경우 대조지역에서 유의하게 혈중 수은 농도가 높게 조사되었다. 이는 외국의 연구에서 동일지역에 거주하더라도 식습관이나 생활 형태에 따라 혈중 수은 농도의 차이를 보인점을 고려할 때 혈중 수은 농도에 영향을 미치는 다양한 노출원 및 지역적 특성 등에 대한 면밀한 고려가 필요하다.

4 충북지역 금속광산 광해방지사업 추진 실적 및 계획

1. 2007년도 추진 실적

사업구분	광 산 명	광산구분	준공(예정) 금액(천원)	착공일	준공일	시공업체	현장위치
먼지날림	서암	가행	1,139,000	'07.09.14	'07.12.23	(주)동양기계	충북 단양 대강
	(주)아진	가행	201,569	'07.10.25	'07.12.18	(주)동양기계	충북 제천 자작동
	용정광업	가행	45,710	'07.9.20	'07.12.18	(주)동양기계	충북 제천 두학동
	두원산업	가행	953,700	'07.7.13	'08.3.25	(주)동양기계	충북 제천 수산
지반침하	충주광산	폐금속광	128,735	'07.8.9	'07.12.26	(주)지완테크	충북 충주 이류
	금곡광산	폐금속광	244,486	'07.8.9	'07.12.26	(주)소암컨설턴트	충북 충주 금곡
	연수동광산	폐금속광	121,106	'07.8.9	'07.12.26	(주)남호엔지니어링	충북 충주 연수동
폐시설물	태창광산	폐금속광	53,512	'07.12.07	'07.12.28	산왕건설 흥진환경	충북 충주 노은
수질개선	금풍산업	가행	447,400	'07.10.25	'07.12.23	(주)동양기계	충북 제천 수산
	두원산업	가행	7,337	'07.07.13	'08.3.25	(주)동양기계	충북 제천 수산
산림복구	오복광산	폐금속광	50,710	'07.9.07	'07.12.05	대회건설	충북 충주 소태
폐석유실	부흥석회	가행	186,939	'07.7.27	'07.10.25	(주)두성	충북 괴산 청안
	삼보광업	가행	336,060	'07.7.30	'07.11.15	(합)진성건설	충북 단양 매포
	송천광업	가행	356,000	'07.7.04	'07.12.17	(주)상원건설	충북 단양 매포
	대성MDI 단양	가행	229,000	'07.9.10	'07.11.17	(주)티에스엔지니어링	충북 단양 어상천
	금풍산업	가행	212,451	'07.9.13	'07.12.23	(주)동양기계	충북 제천 수산
	우석광산	가행	95,578	'07.10.09	'07.11.20	(주)초당개발	충북 제천 청풍
	청주석회	가행	84,099	'07.9.11	'07.11.30	(주)영동환경	충북 청원 가덕
	성신	가행	118,250	'07.8.01	'07.9.15	(주)대지건설	충북 충주 산척
토양복원	충북권용화월전,거풍,증자동,은곡광산토양오염복원사업	폐금속광	709,663	'07.12.21	'08.8.12	(주)해천엔지니어링	충북 영동 월전 충북 옥천 거포 충북 괴산 감물 충북 단양 가곡

2. 2008년도 추진 실적

사업구분	광 산 명	광산구분	준공(예정)금액(천원)	착공일	준공일	시공업체	현장위치
먼지날림	대성MDI 단양	가행	258,163	'08.11.06	'08.12.15	(주)티에스엔지니어링 (주)동우엔지니어링	충북 단양 어상천
	대성MDI 석교	가행	228,077	'08.9.03	'08.11.20	(주)경동건설	충북 단양 어상천
	삼보광업	가행	308,290	'08.10.18	'08.12.11	(주)동양기계	충북 단양 매포
	청석	가행	213,714	'08.10.23	'08.12.15	(주)티에스엔지니어링	충북 단양 영춘
	덕산	가행	295,870	'08.10.13	'08.10.22	(주)대성환경건설	충북 충주 주덕
	금평에스엠	가행	752,940	'08.10.17	'08.12.17	(주)동양기계	충북 괴산 청천
지반침하	무극광산	폐금속광	285,789	'08.10.14	'09.6.2	(주)한서엔지니어링	충북 음성 금왕
	무극광산	폐금속광	435,415	'08.5.27	'08.8.14	(주)소암컨설턴트	충북 음성 금왕
	연수동광산	폐금속광	339,737	'08.7.30	'08.12.27	(주)태서산업	충북 충주 연수동
	조천광산	폐금속광	201,030	'08.10.14	'09.3.12	(주)한서엔지니어링	충북 괴산 청안
	성암광산	폐금속광	183,416	'08.10.14	'09.3.12	(주)지오스캔	충북 제천 덕산
	금곡광산	폐금속광	706,181	'08.9.24	'09.6.23	(주)소암컨설턴트	충북 충주 금곡
수질개선	대성MDI 단양	가행	83,037	'08.10.30	'08.12.17	(주)동우엔지니어링	충북 단양 어상천
	대성MDI 제천	가행	91,030	'08.10.23	'08.12.11	(주)티에스엔지니어링	충북 제천 두학동
	삼보광업	가행	152,650	'08.10.18	'08.12.11	(주)동양기계	충북 단양 매포
산림복구	학산광산	폐금속광	510,850	'08.9.24	'09.5.11	(유)태산임업	충북 영동 학산
	거풍광산	폐금속광	160,680	'08.11.05	'08.12.22	(주)윤성이엔지	충북 옥천 청성
	우일광산	폐금속광	23,118	'08.8.01	'08.9.08	자체시공	충북 청원 남이
폐석유실	삼보광업	가행	336,060	'08.7.30	'08.11.15	(합)진성건설	충북 단양 매포
토양복원	충북권용화월전,월류,거풍,증자동,은곡광산토양오염복원사업	폐금속광	709,663	'07.12.21	'08.8.12	(주)해천엔지니어링,(주)태성건설	충북 영동 월전 충북 옥천 거포 충북 괴산 감물 충북 단양 가곡
	문백광산토양오염복원사업	폐금속광	387,682	'08.10.6	'09.4.3	(주)태환공영	충북 진천 문백
	대화광산토양오염복원사업	폐금속광	70,059	'08.12.23	'09.6.21	(주)해천엔지니어링	충북 충주 앙성

3. 2009년도 추진 실적

사업구분	광 산 명	광산구분	준공(예정) 금액(천원)	착공일	준공 (예정)일	시공업체	현장위치
지반침하	무극광산 지반안정성 기본조사	폐금속광	285,789	'08.10.14	'09.6.2	(주)한서엔지니어링	충북 음성 금왕
	조천광산 지반안정성 정밀조사	폐금속광	201,030	'08.10.14	'09.3.12	(주)한서엔지니어링	충북 괴산 청안
	성암광산 지반안정성 정밀조사	폐금속광	183,416	'08.10.14	'09.3.12	(주)지오스캔	충북 제천 덕산
	금곡광산 지반안정성 정밀조사	폐금속광	706,181	'08.9.24	'09.6.23	(주)소암컨설턴트	충북 충주 금곡
	금곡광산 지반안정성 정밀조사 (미소진동)	폐금속광	49,400	'09.7.20	'10.2.19	(주)소암컨설턴트	충북 충주 금곡
	조천광산 보강공사	폐금속광	15,000	'09.6.15	'09.6.24	(주)세종이앤씨	충북 괴산 청안
	무극광산 지반안정성 정밀조사	폐금속광	612	'09.10.23	'10.6.19	(주)소암컨설턴트	충북 음성 금왕
			545,600	'09.10.23	'10.6.19	(주)산하이앤씨	
			457,000	'09.10.23	'10.5.20	벽산엔지니어링(주)	
			341,000	'09.10.23	'10.5.20	(주)세종이앤씨	
			370,652	'09.10.23	'10.5.20	(주)한서엔지니어링	
	천보등 5 (응급조치)	폐금속광	19,000	'09.4.30	'09.6.30	(주)한서엔지니어링, (주)소암컨설턴트	충북 음성 금왕 외
산림복구	학산광산	폐금속광	510,850	'08.9.24	'09.5.11	(유)태산임업	충북 영동 학산
폐석유실	한일석회석	가행	190,100	'09.5.29	'09.8.31	한일시멘트	충북 단양 매포
토양복원	문백광산 토양오염복원사업	폐금속광	387,682	'08.10.6	'09.4.3	(주)태환공영	충북 진천 문백
	대화광산 토양오염복원사업	폐금속광	70,059	'08.12.23	'09.6.21	(주)해천엔지니어링	충북 충주 앙성

5 휴 · 폐광산 사후관리지침(환경부)

제 I 장 총 칙

1. 목 적

본 지침은 지방자치단체(광역시 · 시 · 군 · 구청)에서 휴 · 폐금속광산에 대한 사후관리를 함에 있어 필요한 사후관리절차, 관리주기, 조사방법, 결과보고 등을 정함으로써 사후관리에 통일을 기하고 광해방지사업이 종료된 휴 · 폐금속광산으로 인한 주변 환경오염피해 및 주변지역 주민의 재산이나 건강상의 위해를 사전에 예방하기 위함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 지방자치단체(광역시 · 시 · 군 · 구청)가 관리하고 있는 휴·폐금속광산의 사후관리에 적용한다. 다만, 사후관리 대상 광산의 특성 및 여건에 따라 사후관리 절차, 주기, 조사방법 등을 조정할 수 있다.

3. 업무개요

가. 지자체(광역시 · 시 · 군 · 구청)에서는 사후관리대상 휴 · 폐금속광산의 광해방지사업 실태 및 주변여건에 따라 년1회 이상의 광해방지시설에 대한 시설물의 안전점검과 환경오염조사를 실시한다. 여기서 환경오염조사라 함은 토양오염도조사, 하천수 · 지하수조사 및 농작물오염도조사를 말한다.

나. 시설물 안전점검 결과, 시설물의 손괴 등으로 토양오염우려기준 초과 또는 오염 확산의 개연성이 확인 되는 경우에는 상급 기관 (시 · 도 및 환경부)에 즉시 결과를 보고하고, 정확한 오염도 조사를 위해 토양환경보전법 제5조제4항 및 동법 시행령 제9조제2항의 토양정밀조사지침에 준하여 정밀조사를 실시한다.

다. 광해방지사업이 실시된 사업지역을 중심으로 영향권역내 지역에 대한 일정기간 동안(5년) 사후관리를 실시하되 '시료채취 및 대상'은 기 실시된 휴 · 폐금속광산 토양오염실태 일제조사의 예비조사에 따라 실시하고 오염징후가 발견되지 않을 경우에는 관계기관(시 · 도 및 환경부)과 협의하여 사후관리를 종료한다.

라. 토양오염실태조사결과, 토양오염우려기준을 초과할 경우와 지하수 및 하천수 수질기준을 초과할 경우 토양환경보전법 제5조제4항 및 동법 시행령 제9조제2항의 토양정밀조사지침에 준하여 정밀조사를 실시한다.

마. 토양오염정밀조사결과 토양오염우려기준을 초과한 농경지에서 경작된 농작물의 오염도조사결과가 농경지 토양오염에 의한 농작물에 대한 중금속 잔류허용기준을 초과할 경우에는 경작의 제한 및 해당지역 주민건강조사를 실시한다.

바. 사후관리 결과에 따른 조치

구분	조건	조치
사후관리 결과	○ 토양오염실태조사 결과 환경기준을 만족할 경우	사후관리종료
	○ 정밀조사결과 주변환경에 영향이 적고 또한 주변환경영향에 미칠 우려가 적은 경우	사후관리 계속
	○ 정밀조사결과 주변 환경에 영향 및 확산의 우려가 있는 경우	정비사업수행

제Ⅱ장 사후관리

1. 사후관리 절차

사후관리는 주기적으로 시설물의 안정성검토와 토양환경보전법 제5조제3항 및 동법시행규칙 제3조제2항에 근거한 토양오염실태조사지침에 준하여 실시하되 그 결과에 따라 오염확산의 징후 또는 개연성이 의심되는 지역이 발견되는 경우에는 토양정밀조사 및 농작물 오염도조사를 조속히 실시한다.

가. 시설물 안정성 검토

각종 시설물의 균열, 훼손, 누출 등 이상 징후 확인 등 안전점검을 분기별로 주기적으로 실시하고 시설물 안전관리 대장을 작성·비치한다.

나. 토양오염실태조사

토양환경보전법제5조제3항 및 동법 시행규칙 제3조제2항에 근거한 토양오염실태조사지침(환경부예규 제226호)에 근거하여 토양오염 조사를 실시하되 '시료채취 및 대상'은 기 실시된 휴·폐금속광산 토양오염실태 일제조사의 예비조사방법에 따라 실시하고 그 결과를 보고한다.

다. 토양정밀조사

시설물 안정성 검토 또는 토양오염실태조사 결과 오염 확산의 개연성 또는 우려가 있는 지역에 대하여 토양환경보전법 제5조제4항 및 동법 시행령 제9조제2항의 토양정밀조사지침(환경부고시 제2001-1 86호)에 근거한 환경오염조사를 실시하고 그 결과(붙임2)를 보고한다.

라. 농작물 오염도 조사

농작물 오염도조사는 토양오염우려지역으로 나타난 농경지에 식재된 농작물을 대상으

로 중금속농도를 조사하고 그 결과(붙임3)를 보고한다.

라. 재정비사업 실시

사후관리에 따른 환경오염조사 결과에 따라 환경영향인자별 평가기준(별표1)에 의한 평가를 실시하여 재정비사업 추진여부를 자문회의의 자문 및 관계기관과의 협의를 거쳐 결정

2. 사후관리 주기

가. 사후관리대상 광산으로 선정된 광산은 방지사업 완료 후 최소 5년간 관리함을 원칙으로 하며 사후관리 결과에 따라 오염원의 안정화 및 확산의 우려가 없는 것으로 판단되면 관계기관과의 협의를 거쳐 사후관리를 종료

나. 시설물의 안전 점검 주기(분기 1회)
- 각종 방지시설의 관리 감독 여부 확인
- 해빙기 및 집중 호우에 의한 유실 가능 지점의 확인
- 방지시설 상단 식생의 이상 징후 관찰
- 침출수(갱내수) 처리 시설 안전 점검

다. 토양오염실태조사 주기
- 토양오염실태조사지침에 근거하여 사후관리절차에 따라 **년1회**실시
  ※ 토양오염실태조사기준에 의한 관리대상물질은 광미, 폐석, 갱내수, 광산주변의 토양(전, 답), 하천수 등을 포함하여 오염도 조사

라. 토양정밀조사 주기
- 토양오염실태조사 결과 오염 확산의 개연성 또는 우려가 있는 지역에 대하여 실시

마. 농작물오염도 조사
- 오염우려지역의 농작물에 대해 **년 1회(수확기)**이상 실시

3. 사후관리 세부내용

가. 시설물의 안정성 검토

(1) 안정성 검토내용
- 방지시설의 차폐·차수 기능의 적정성 유무 파악
- 갱내수의 유출 정도와 처리시설의 효율성 점검
- 갱구 폐쇄여부 및 폐쇄갱구의 침하 여부 확인
- 처리시설 상단 및 측구의 우수배수시설 관리 상태 점검
- 하부 댐 축조시설의 안정성 점검
- 광미처리장 상부 복토 및 광미의 유실여부
- 각 시설의 지반침하 여부 확인 및 하절기 집중강우 대비책 수립 여부
- 광해방지사업지역내 식생분포 및 식생생육상태

- 기타 방지시설의 안정성 종합 점검

(2) 시설물의 안정성 검토결과에 따른 조치사항
- 신속하게 관련 기관에 통보하고 조치를 취함
- 안정성 발생원인 규명과 예상 피해 상황 등에 대한 종합 보고서 작성 및 제출
- 관계기관과 전문가로 구성된 실사팀을 구성하여 현장확인 실시
- 필요한 경우 정밀조사를 실시하고 복구 및 처리 방안에 대한 신속한 방안 설정

나. 토양오염실태조사

(1) 조사기관
(가) 시·도보건환경연구원
(나) 시·군·구(자료조사 및 표토시료 채취에 국한하되 반드시 시·도보건환경연구원에서는 시료채취방법 등을 사전 교육하여야 한다)

(2) 시료채취 및 대상
(가) 시료채취위치는 자료조사, 현장조사 등을 통하여 지형, 풍향, 지하수유동 및 상하류 등을 고려하여 토양오염의 가능성이 가장 높을 것으로 추정되는 곳으로 한다.
다만, 동일 지역이라도 대상지역이 넓거나 오염 영향권이 다른 경우에는 분할하여 별도의 조사지역으로 선정할 수 있다.
(나) 시료채취대상은 확인가능하거나 또는 추정하는 토양오염 원인으로부터 오염유형에 따라 표토 또는 심토까지 조사하는 것을 원칙으로 한다.
1) 지하수(지하수 수질 측정망운영계획; 환경부고시) 수질조사 결과 토양오염물질이 지하수수질기준을 초과한 지역은 표토 및 심토조사를 실시하여야 한다.
2) 오염원인이 대기나 수질에 의한 경우 표토를 중심으로하며, 지하 저장시설·매립지 등에 의한 경우 표토부터 오염개연 성이 있는 깊이(표층, 중간층, 심토층의 3개)까지 구분하여 채취하되, 지형에 따라 조절할 수 있다. 이 경우 시료채취 깊이는 보고서의 비고란에 표시 한다
(다) 기타 시료채취방법은 토양오염공정시험방법에 의한다.

(3) 조사항목
(가) 토양환경보전법 제2조 제2호 에 규정한 토양오염물질로서 시·도 지사가 주변토양오염원, 토지사용이력 등을 감안할 때 토양오염의 가능성이 높은 토양오염물질을 위주로 선정하되, pH, As, 중금속 5종(Cd, Cu, Ni, Pb, Zn 등)을 기본으로 조사하고, 금·은 광산의 경우 CN, Hg를 첨가하여야 하며, 필요한 경우 Cr^{+6}을 추가 분석한다.

(4) 시료채취 및 분석 : 3월이나 9월 (가급적 우기는 피할 것)

(5) 분석방법 : 시료분석은 토양오염공정시험방법에 의한다.

다. 토양정밀조사

토양정밀조사는 기초조사, 개황조사, 정밀조사의 3단계로 실시한다.

(1) 기초조사

자료조사, 청취조사 및 현지조사 등을 통하여 토양오염 가능성 유무를 판단하기 위한 것으로 다음과 같은 조사활동이 포함된다.

(가) 토지사용 이력조사

토지이용의 이력 및 과거의 사업활동을 파악한다.

(나) 시설물내역조사

1) 대상물질을 포함한 원재료, 사용약품 등의 종류와 사용량, 보관장소, 보관방법 및 보관량, 사용기간 등

2) 시설의 파손, 사고 등에 의한 대상물질의 누출유무 및 누출량

3) 관련시설의 설치내역(필요할 경우 항공사진 등 입수) 등

(다)현지 확인조사

1) 토양오염물질의 성상, 오염물질의 진행방향 및 오염범위의 추정(폐석 및 광미의 양)

(라) 기 타

1) 대상지역의 지적도 및 지형도, 오염 영향권내에 위치하는 시설의 종류 및 위치, 인구수, 식생상태, 년간 강수량 등

2) 갱내수 및 광미 등의 발생경로(광미 매립이 있는 경우 그 매립장소 파악)

3) 기타 토양오염의 영향을 파악할 수 있는 관련자료

(2) 개황조사

(가) 대상지역 : 오염가능 농경지

(나) 대상시료 : 토양 (표토, 심토)

(다) 시료채취 밀도

오염가능지역의 오염예상범위 및 상황에 따라 시료채취 밀도 및 지점수를 조정하고 심토는 표토 시료수 3개 지점당 1개 지점의 비율로 표토에서 30㎝까지의 토양을 채취하는 것을 기본으로 한다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>시료채취 지점</th><th>시료수</th></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>8(4)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">폐광산 하류
(토염토양 확산 방향과 풍향을 고려하여 선정)</td><td>① 폐광 주변 500m 이내</td><td>3(2)</td></tr>
<tr><td>② 폐광 주변 500m - 1km 이내</td><td>2</td></tr>
<tr><td>③ 폐광 주변 1km - 1.5km 이내</td><td>1</td></tr>
<tr><td>광해방지시설 내</td><td>복토된 토양과 광미</td><td>2(2)</td></tr>
</table>

※ 광해방지시설의 시료수는 규모에 따라 적용할 수 있음 (통상, 1,000㎡ 당 1지점)

※ ( )는 심토(지표하 30~100㎝)

(라) 시료채취방법

주 오염원인 광산의 광미장을 기점으로 하천에 인접한 농경지에 대해 조사자의 판단에 따라 거리별로 시료를 채취하고 대상지역의 풍향을 고려하여 방위별로 시료를 채취하되, 1개 지점의 면적은 600~1,000㎡를 1필지(匹地)로 하고, 그 지점의 시료채취는 토양오염공정시험방법 제3장, 제1절, 제1항, 1, 가. 시료채취지점 선정에 준하여 채취

(3) 정밀조사

개황조사결과 토양오염우려기준을 초과하거나 이에 근접하는 지역에 대하여는 정밀조사를 실시한다.

(가) 대상지역농경지

(나) 대상시료

1) 토양(표토 및 심토)

2) 농업용수 3지점 (조사면적을 감안 하여 조정)

3) 수로저질 3지점 (농업용수와 동일 지점)

4) 광미 2점

5) 갱내수 : 갱구당 1점

(다) 시료채취방법

1) 토 양

가) 개황조사에서 오염이 확인되었거나 오염우려가 있는 토양오염 물질 항목에 한하여 조사를 실시

나) 토양시료는 표토(0~10cm)와 심토(표토에서 30cm~1m 깊이의 토양)를 대상으로 채취

다) 시료채취 지점수

구 분	시료채취 지점	시료수	비고
계		12(5)	( )는 심토임
폐광산 하류 (광미, 갱내수 유출 확산 방향 하류 농경지 위주)	① 폐광 하류방향 500m 이내	5(2)	
	② 폐광 하류방향 500m - 1km 이내	2(1)	
	③ 폐광 하류방향 1km - 2km 이내	2	
	광미(유출된 광미가 있을 경우)	1(1)	
광미적치장	광미적치장내 토양 및 광미	2(1)	

※ 광해방지시설의 시료수는 규모에 따라 적용할 수 있음(통상, 1,000㎡ 당 1지점)

※ ( )는 심토(지표하 30~100㎝)

2) 수질(갱내수, 하천수, 지하수) 및 수로저질조사

가) 개황조사에서 오염이 확인되었거나 오염우려가 있는 수질오염 물질 항목에 한

하여 조사

나) 하천수는 주변지역 하천 3지점, 지하수는 영향권내 지하수 2지점을 채수, 분석

다) 수로저질토는 하천수 채취지점과 동일지점에서 3지점을 선정하여 채수 및 분석

라) 광산하류에 건천이 있는 경우 2개 지점과 폐광하류 1km 이내에 저수지, 소류지 등이 있는 경우 수질과 저질토를 추가로 분석하고 용수의 이용실태를 제시하며 필요에 따라 물 및 수로저질의 시료를 채수하여 분석

(마) 시료채취 지점도 및 오염분포도 작성

1) 축적 1/5,000 지도에 시료채취지점 표기

2) 토양오염우려기준 초과 물질에 한해 오염지도를 작성

3) 오염등급을 4등급으로 구분 · 작성(별표1 참조)

4) 오염지도 축적은 시료채취 지점도와 동일한 것 사용(기준초과 지역에 대해서는 오염지도에 지번, 지적자료 첨부)

라. 농작물 오염도 조사와 평가(필요시)

(1) 식품 중의 유해물질과 안정성 평가방법에 의함

(2) 농작물에 대한 중금속 잔류 허용기준 항목을 분석 (현행 백미내 Cd만 기준 설정됨, 추후 비소, 납 등으로 확대될 예정임)

(3) 조사 시기는 농작물 재배 상황에 따라 지역상황에 따라 상이하지만 가급적 수확기에 실시를 권장함

(4) 중금속 잔류허용기준을 초과할 경우 경작의 제한 및 해당지역 주민건강조사 실시

제Ⅲ장 사후관리 보고

1. 보고 및 관리

시장 · 군수 · 구청장은 시설물 안정성 검토, 토양오염실태조사 결과 이상 상황이 발생하였을 경우에는 즉시 보고하고, 환경오염조사를 실시하여 30일 이내에 그 조사결과 및 조치사항, 향후추진계획 등을 「붙임 1」서식에 의하여 환경부장관에게 보고하여야 한다. 또는 사후관리조사 및 환경오염조사 결과는 5년간 비치하여야 한다.

2. 환경오염조사 결과보고서에 포함되어야 할 사항

가. 조사결과 요약

(1) 주변지역의 실태(거주인구, 가구수, 농경지 현황 등)를 요약기술

(2) 오염원으로 나타난 시설의 규모(종류, 발생량, 적치량, 용량 등)와 위치를 지도(A4)에 표시

(3) 토양오염도 조사결과는 오염원으로부터 이격거리별로 오염분포도 제시[이격거리, 오염도(평균, 최고, 최저)등]

(4) 토양, 지하수, 수로저질 등에 대해서는 조사지점별, 깊이별, 항목별로 일목요연하게 정리하여 제시

나. 오염도 등 조사결과에 따른 분석

오염원의 종류·규모, 오염물질의 종류, 오염정도, 오염기간, 오염범위 및 주변 토지이용실태, 농작물 오염도, 주민 식수원 등에 따른 종합적인 토양오염상태 및 조사자 의견 제시

다. 토양오염방지대책방안

(1) 구체적인 토양오염방지 및 복원대책 제시

(가) 토양 등의 오염범위, 오염정도를 감안하여 토양오염방지사업 추진필요 여부 및 타당성을 검토하여 제시

(나) 조사지역의 지형, 지질 등 입지상태에 따른 기술적, 효과적인 토양오염방지사업 내용 제시

Ⅰ-2) 석탄광산, 석면광산 환경관리 방안

1 충북지역 폐탄광 광해방지사업 추진 실적 및 계획

1. 2007년도 추진 실적

사업구분	광 산 명	광산구분	준공(예정) 금액(천원)	착공일	준공일	시공업체	현장위치
지반침하	단양덕상지역 지반안정성 기본조사	폐탄광	105,325	'06.11.29	'07.6.28	(주)케이 지 에스	충북 단양 덕상
폐시설물	영풍탄광	폐탄광	37,000	'07.12.07	'07.12.24	산왕건설 대교환경	충북 단양 기촌리
	삼일탄광	폐탄광	10,556	'07.12.07	'07.12.26	산왕건설 흥진환경	충북 단양 가곡
산림복구	신성(함박골)	폐탄광	337,653	'07.4.11	'07.10.31	씨엠씨	충남 보령 성주
	삼일탄광	폐탄광	9,080	'07.8.06	'07.10.04	봉화군 산림조합	충북 단양 가곡
	원풍탄광	폐탄광	194,396	'07.12.28	'08.5.24	동화건설	충남 보령 성주

2. 2008년도 추진 실적

사업구분	광 산 명	광산구분	준공(예정) 금액(천원)	착공일	준공일	시공업체	현장위치
지반침하	단양단성지역 지반안정성 기본조사	폐탄광	87,249	'08.4.3	'08.10.28	(주)한서 엔지니어링	충북 단양 단성
	옥천청성지역 지반안정성 정밀조사	폐탄광	191,070	'08.12.16	'09.5.15	(주)태서산업	충북 옥천 청성
산림복구	신원탄광	폐탄광	128,743	'08.8.19	'08.11.10	(유)덕남 종합건설	충북 보은 회인

3. 2009년도 추진 실적

사업구분	광 산 명	광산구분	준공(예정) 금액	착공일	준공 (예정)일	시공업체	현장위치
지반침하	단양영춘지역 지반안정성 기본조사	폐탄광	54,455	'09.3.18	'09.8.31	한국지질조사 탐사업협동조합	충북 단양 영춘
	옥천청성지역 지반안정성 정밀조사	폐탄광	191,070	'08.12.16	'09.5.15	(주)태서산업	충북 옥천 청성
산림복구	학산광산	폐금속광	510,850	'08.9.24	'09.5.11	(유)태산임업	충북 영동 학산

[2] 환경부의 폐석면광산 조사 계획

1. 미국의 석면 관리

1.1 관리 주체

미국의 자연발생석면 조사에 있어 건강과 안전을 고려하기 위한 관련 중앙정부는 노동부, 환경보호청 및 교통부에서 주관하고 있으며, 세부적으로는 다음의 4개 정부기관에서 법령을 관리·운영하고 있다.

1) 노동부(Department of Labor) 산하 Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
2) 노동부(Department of Labor) 산하 Mine Safety and Health Administration (MSHA)
3) 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA
4) 교통부(Department of Transportation, DOT).

이들 4개 기관에서 제정한 관련법은 다음과 같다.

- OSHA : the U.S. Code of Federal Regulations (CFR) Title 29－.Labor, parts 1900-1910 (U.S. Department of Labor, 1995).

이 법은 석면관련 산업의 안전관리를 주요 내용으로 하고 있으며, 특히 석면노출과 관련한 작업자의 안전관리를 규정하고 있다.

- MSHA : the U.S. Code of Federal Regulations (CFR) Title 30 (U.S. Department of Labor, 2002).
- EPA : the U.S. Code of Federal Regulations (CFR) Title 40 (U.S. Environmental Protection Agency, 1995).
- DOT : the U.S. Code of Federal Regulations (CFR) Title 49 (U.S. Department of Transportation, 1995).

이 법은 유해성물질의 운송에 관한 법(the Hazardous Materials Transportation Act)에 의해 규정되어 있으며, 석면 등의 오염물질의 운송에 대한 안전 관리를 규정하고 있다.

1.2 석면관련 법령 요약

미국연방 및 대표적인 석면발생지역인 캘리포니아의 주정부법은 석면을 함유한 폐기물의 운송에 관한 법을 제정하였다.

1) EPA는 Asbestos Hazardous Emergency Response Act (AHERA)
   - 학교에서 석면 취급에 관한 규정을 담고 있음
   - 1990년도에는 상업적인 석면사용을 금지함

2) 노동부 산하 OSHA와 MSHA에서는 작업장 및 노동자의 석면노출 관리법을 담당하고 있

으며, 2000년에 EPA에서는 OSHA의 규정을 연방정부 및 주정부 고용자에게도 확대 적용하였다. 더불어 연방 소비자생산품안전위원회(Consumer Product Safety Commission)에서는 소비제품의 석면사용을 금지하였다.

3) 캘리포니아의 경우, 대기유해성관리시험기준(ATCM, airborne toxic control measure)에 따라 초염기성암과 사문암의 사용을 규제하였다 (Title 17, CCR, Section 93106). 특히, 2001년 7월 동 기준을 개정하여 초염기성암과 사문암 지역에서의 건축재, 석재, 골재, 노천채광 등의 행위를 금지하였다. 이법은 이후 2002년 11월 19일에 발효된 국가 유해성 대기오염배출기준법 (NESHAP, National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants)에 영향을 주었다.

4) 1973년는 국가 유해성 대기오염배출기준법 (NESHAP, National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants)에 대기오염물질로서 석면이 포함되게 되었다. 이 법안에는 상업적인 석면의 배출을 최소화하기 위한 다음의 석면오염원이 포함되었다.

- 석면의 미분쇄 (Asbestos mills)
- 석면광산 광미의 도로재 (Asbestos mine tailings for roadways)
- 석면을 이용한 제조 (Manufacturing asbestos products)
- 철거와 수리작업 (Demolition and renovation)
- 석면 비산 또는 살포 (Spraying asbestos)
- 섬유 또는 직물 (Fabricating)
- 절연재 (Insulating materials)
- 폐기물 처리 (Waste disposal)
- 사용중 또는 종료된 폐기물 처분장

이 법에 의해 1% 이상의 석면을 함유하고 있는 석면함유물질(ACM, asbestos-containing material)은 젖은 상태로 특별히 포장하여 이송되고 처분되어야하며 그 기록을 남기도록 규정하였다.

5) National Pollutant Discharge Elimination System
환경보호청이 관리하는 상기 규정은 주로 풍수해에 관한 수질관리를 위해 제정되었지만 석면의 개발로 인해 발생되는 수계오염도 매우 중요하므로 이에 대하 규정하고 있다. 우선, 골재나 노천채광의 경우 5에니커 이상지역에 대해 적용하였다가 2003년도 3월 10일 이후에는 1에이커 이상의 골재나 노천채광 행위에 대한 규제로 면적을 축소 관리하고 있다. 이에 대한 규정은 NPDES storm water program (Phase I); 40 C.F.R. Part 122, 123, 124과 Phase II (40 CFR Part 122, Subpart B, Section 122.26 et seq.)에 설정되어 있다.

6) Asbestos Hazard Emergency Response Act
1986년에 제정된 이 규정은 석면을 함유한 건물에서의 학생, 교사 및 직원들을 보호하기 위하여 제정되었다.

7) Toxic Substances Control Act
1976년에 EPA에 의해 제정된 이 법은 석면을 포함한 75,000종의 산업용 화학물질을 관리하기 위해 설정되었으며, 이 물질에 석면도 포함되어 있다. 이를 근거로 1989년부터 상업제품에서 석면의 사용이 전면 금지되게 되었다.

8) Vehicle Code
미연방과 캘리포니아 주정부에서는 유해성물질의 이송에 대한 차량코드제를 실시하고 있다. 이에 따라 석면을 포함한 유해성 물질의 이송에 따른 차량관리를 하고 있다.

9) Occupational Safety and Health Administration (U.S. Department of Labor)
이 법의 목적은 모든 미국 노동자의 생명을 보호하고, 작업장의 재해를 막고 건강을 보호하기 위한 것이다. 이에 따라 석면도 오염물질로 규정되어 있으며, 시간이 가중된 허용한계치로서 8시간 작업을 기준으로 0.1f/cc로 설정되어 있다. 30분 평균으로는 1.0f/cc로 설정하고 있다.

10) Asbestos Worker Protection
건설작업자, 형무소 근무자, 자동차 브레이크와 클러치 수리자 등을 포함한 제품 접촉자의 안전관리를 위해 설정된 법으로 환경기준은 OSHA에 따른다.

11) Mine Safety and Health Administration
광산 작업자의 안전과 건강을 위해 규정된 법으로서 석면을 함유한 오염물질과 접촉하는 광업행위자는 8시간 작업을 기준으로 최대 2f/cc 이상 노출되어서는 안되는 것으로 규정되어 있다.

1.3 석면오염 평가 및 관리

미국의 경우 토양 내 석면의 정화 및 부지사용을 위해 노출평가 및 독성평가를 포함한 위해성 평가를 기본적으로 수행하고 있다. 부록그림 7-1은 미국환경청이 최근 발간한「석면오염 슈퍼펀드 사이트 조사를 위한 기본 방향(Framework for Investigating Asbestos-Contaminated Superfund Sites)의 석면 위험 평가 수행을 위한 기본 절차를 나타내고 있다.

1단계는 과거 및 현재 자료 조사로 석면에 대한 평가가 필요한지를 결정하기 위해 부지 내 존재하는 모든 정보를 검토한다. 일반적으로 하나 이상의 오염원 존재여부를 판단하기 위하여 석면 포함 물질 또는 석면 오염원을 조사하고, NESHAP 관할 하에 관리되는 유해 공기 배출 조사와 미국지질조사소(USGS, 하단 USGS), 국토관리청(BLM) 또는 내무부(DOI), 자

연발생석면 관리 및 문서화 담당 지역 사무소를 통해 자연적으로 발생한 석면의 존재(NOA) 여부를 파악한다. 석면이 존재하거나 가능성이 확인되면, 2단계로 넘어간다.

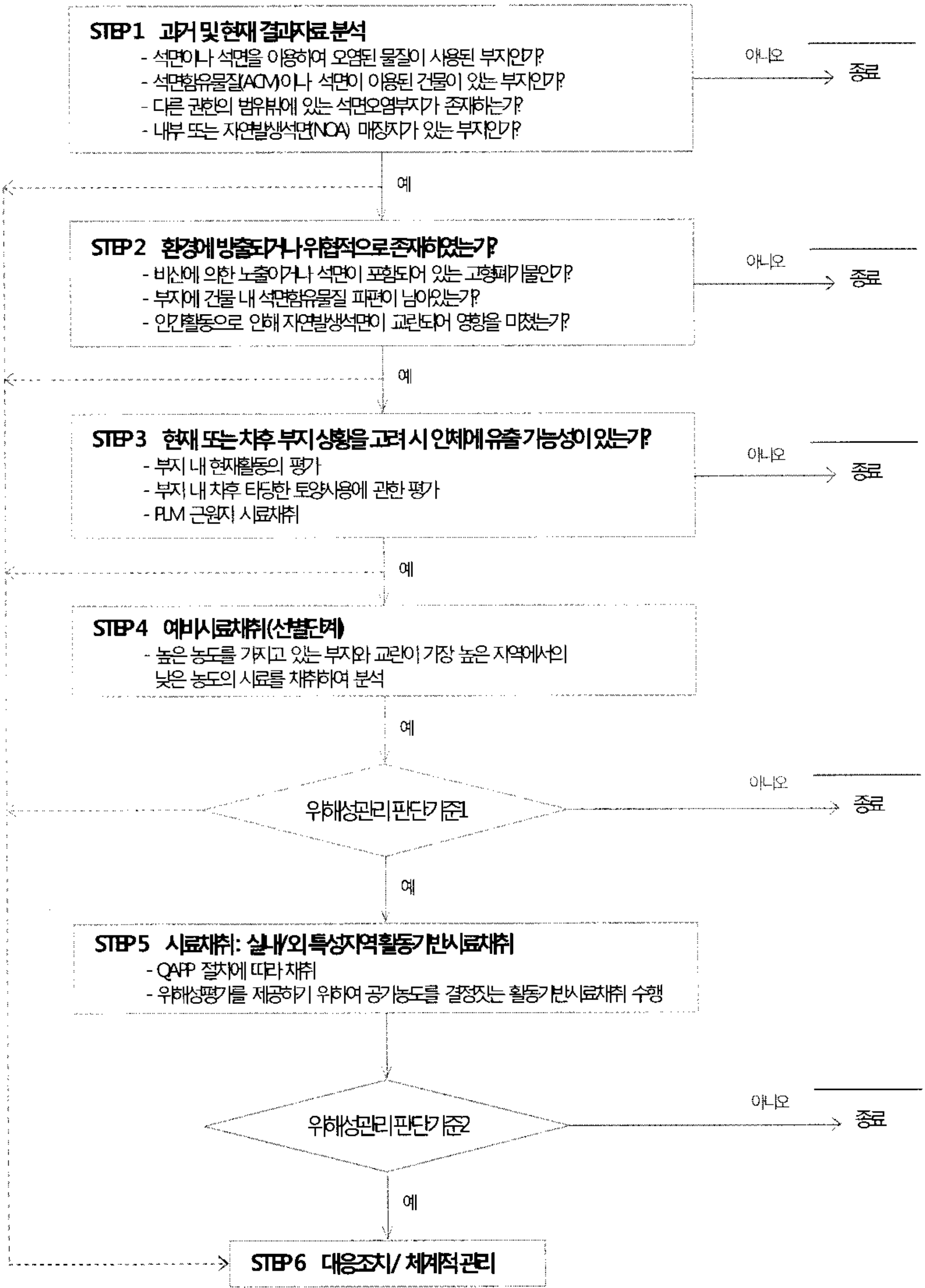
2단계는 환경에 방출된 사례 여부를 조사하는 단계로 석면의 방출이 발생된 적이 있는지, 또는 인간 활동을 통해 발생될 수 있는지, 앞으로 방출 가능성이 있는지에 대하여 석면 오염물질의 사용, 이동 및 잠재적 유출가능성, 건물 내 석면포함물질, 자연발생석면 존재 여부 등 가능한 모든 정보를 검토한다. 석면이 유출되고 있는 상황이라고 판단되고 대응책이 필요할 때에는 대응조치(6단계)로 바로 진행할 수 있으며, 석면 유출이 발생된 적은 없으나, 유출 위협이 존재할 경우 잠재적 유출 등을 규명하기 위해 3단계를 진행한다.

3단계는 현재 또는 차후 부지 상황을 고려하여 인체에 유출가능성 여부를 판단하는 단계로 개념부지모델을 작성하고 노출경로를 판단한다. 노출경로가 인지되면 4단계를 진행하며, 실내・외에서 오염이 확인되면, 5단계를 진행한다.

4단계는 예비시료 채취 단계로 위해성을 가정한 실내・외 활동근거 시료채취 및 분석을 통해 석면의 농도를 파악한다. 4단계를 완료한 후, 위해성 관리자 및 평가자는 4단계 대기 시료채취 결과(선별 단계 활동기반시료채취 노출 평가)를 대기 중 석면에 대한 위해성 기반 대책수준과 비교하여 적절한 차기 단계를 결정한다. 우선 석면이 검출되지 않으면, 추가적인 평가가 필요하지 않다. 하지만 활동근거 시료채취 결과의 신뢰도가 높지 않을 경우 5단계를 진행한다. 4단계 대기 시료채취 결과 석면이 검출되어 대책기준을 초과하면, 대응조치(6단계)를 시행하거나, 노출 및 위해성의 강도 및 오염 범위를 추가적으로 측정할 추가 자료를 수집한다.

5단계는 신뢰성이 높은 위해성 평가와 위해성 관리・판단을 목적으로 하며, 이 단계에서 실내・외 시나리오를 통한 활동근거 시료채취를 수행한다. 5단계에서 얻은 활동근거 시료채취 자료와 4단계에서 얻은 활동근거 시료채취 자료와의 주요 차이는 5단계에서는 시료가 시간과 장소에 대한 대표성을 가져야 하며, 노출 시나리오 기간 동안에 부지에서 발생하는 각기 다른 교란 활동의 대표성을 가진다는 것이다. 활동근거 시료채취에 의해 얻은 결과는 위해성 평가에 사용되며, 측정결과가 위해성 관리 기준 이하이면, 일반적으로 추가적인 대안조치를 취하지 않는다. 측정결과 부지별 위해성 관리 기준(위해성 평가 결과 : 10^4 ~ 10^6) 이상이면, 6단계를 진행한다.

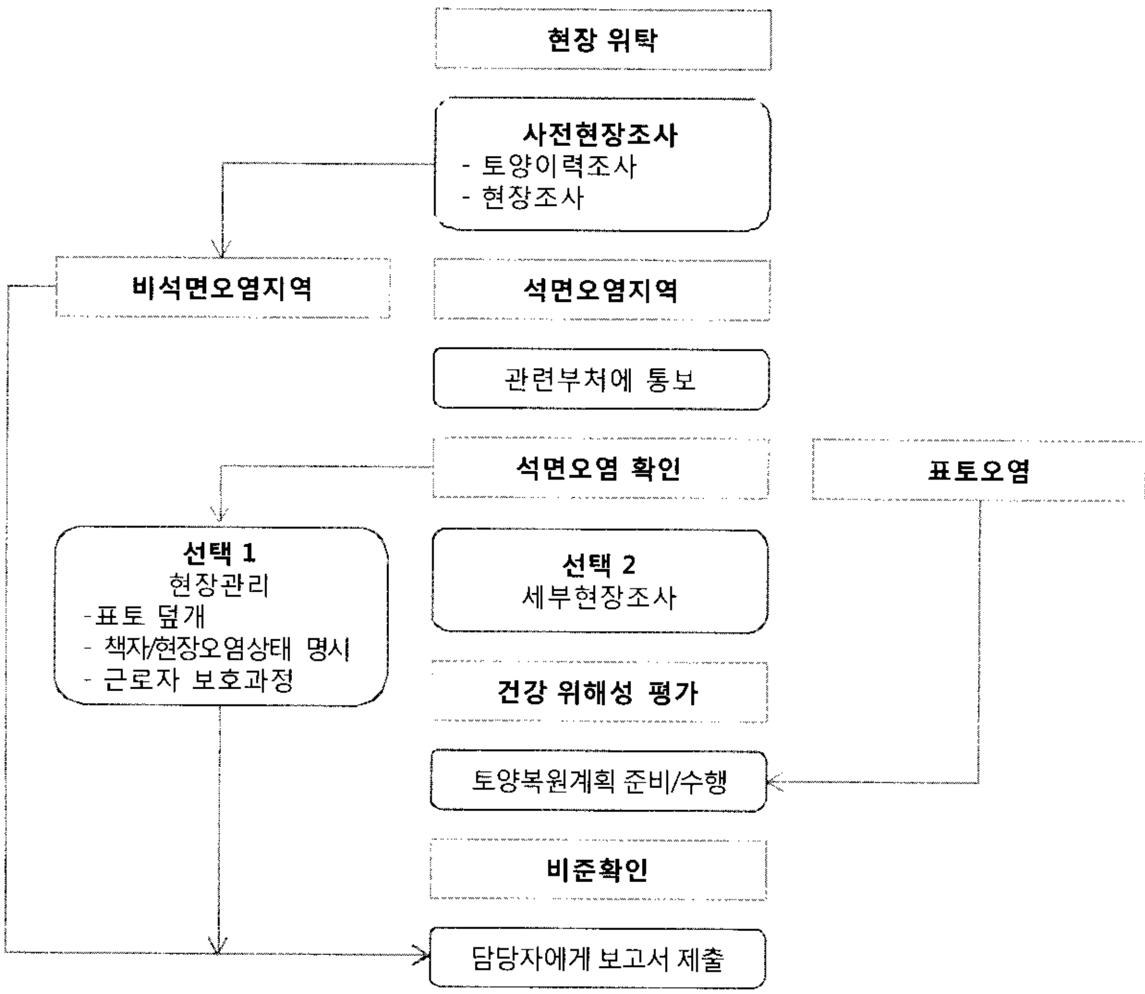
6단계는 대응조치 또는 체계적 관리 단계로 석면의 노출 가능성을 감소시킬 수 있는 다양한 활동을 포함하고 있다(예 : 제거, 안정화, 출입제한 등). 슈퍼펀드의 제거 및 정화 조치는 CERCLA에 의거하여 시행되도록 하고 있다.



<부록그림 7-1> 미국환경청의 슈퍼펀드 사이트에서 위험 평가 수행을 위한 기본 방향

2. 호주의 석면 관리

호주의 경우도 미국과 같이 토양 내 석면의 정화 및 부지사용을 위해 노출평가 및 독성평가를 포함한 위해성 평가를 기본적으로 수행하고 있다. <부록그림 7-2>는 호주에서의 기본 정화체계를 도시하고 있다.



<부록그림 7-2> 정화기준의 기본체계

사전현장조사는 토양의 이력을 확인하는 것을 포함하여 현장조사와 예비시료채취 등을 포함한 조사의 기초 단계이며, 이 단계는 오염물의 존재를 확인하고 다음 조사단계와 관리방안을 마련하는데 중요한 단계이다. 사전현장조사에는 토양 이력조사와 현장조사로 이루어지며, 필요에 따라 토양 내 석면 물질의 존재 여부를 파악하기 위하여 시료채취 및 분석을 수행한다. 사전현장조사를 통해 석면 오염이 확인되면 표토 복토, 근로자 보호 등의 과정을 거치거나 세부현장조사를 실시하게 된다. 세부현장조사는 대상 부지의 시료채취를 통하여 잠재적인 오염물질을 확인하며, 예비조사를 통해 밝혀진 불확실성을 해결할 수 있다. 한편, 토양 등의

오염이 석면을 포함한 건축자재를 사용하여 발생한 것으로 확인될 경우 세부현장조사를 실시하지 않도록 하고 있다. 세부현장조사가 완료되면 자료를 활용하여 건강 위해성 평가를 실시한다. 호주의 경우 위해성 평가를 실시하는 이유는 세부현장조사 이후에 발생되는 모든 활동에 대하여 관리를 하기 위함이다. 따라서 위해성 평가를 위한 노출 시나리오를 작성시 잠재적인 노출은 지역관련 활동, 복원이나 관리기간 동안 발생하는 모든 활동을 포함하여 작성하여야 한다. 또한 지역 정화, 개발에 참여하는 관리자와 지역주민, 방문자, 향후 지역에 거주할 사람까지 가능한 모든 사항을 검토하도록 하고 있다. 위해도 평가를 통하여 정화여부를 판단하고 위해성이 확인될 경우에는 적절한 정화를 통해 정화기준(석면조사기준) 이하로 정화하도록 하고 있다. 호주의 경우 정화에 필요한 시간, 비용, 편리성, 근로자나 대중의 건강보호 등을 고려한 몇몇의 정화방법을 제시하고 있다.

흔히 사용되는 정화방법으로는 토양 중 석면 섬유의 비산을 방지하기 위하여 오염지역에 오염되지 않은 토양을 이용하여 복토하는 방법이 있다. 복토 깊이는 대중에 공개된 장소는 최소 1m, 이외의 경우에는 최소 0.5m를 복토하도록 하고 있다. 석면 섬유의 농도가 중량비로 10% 이상인 지역에서는 3m 이상의 복토 장벽 및 표지판 등을 설치하고 지속적인 토양 관리 계획을 수립한다. 이외에 석면을 제거하기 위한 정화방법으로 오염토 매립, 수작업을 통한 제거, 스크리닝, 객토 등을 제시하고 있다. 또한 조사단계, 정화과정에서 석면의 비산을 최소화하기 위한 먼지관리계획 (DMP, Dust Management Plan)을 수립하도록 하고 있다.

3. 캐나다의 석면 관리

아직도 석면을 생산하고 있는 캐나다는 다양한 관련법을 제정하여 관리하고 있다. 석면개발과 관련된 광업법을 비롯하여 인체의 환경에 이르기까지 다양한 석면관련법 중에서 대표적인 법을 모아 정리하면 다음과 같다.

Asbestos Products Regulations, 2007
Asbestos Mines and Mills Release Regulations, 1990
Transportation of Dangerous Goods Regulations, 2001
Canadian Drinking Water Quality 1978
Canada Occupational Health and Safety Regulations, 1986
Maritime Occupational Health and Safety Regulations, 2010
Uranium Mines (Ontario) Occupational Health and Safety Regulations, 2000
Hazardous products act, 1985
Canadian environmental protection act, 1999

이 법 중에서 대표적인 규정으로서 Asbestos Products Regulations (2007)과 Asbestos Mines and Mills Release Regulations (1990)이 있다. 이 두 개의 규정 중에서 광산개발과 직접적으로 관련된 Asbestos Mines and Mills Release Regulations (1990)을 간단히 정리하면 다음과

같다.

1) 광산개발로 인한 석면의 발생에 의한 기준
암석의 파쇄, 분쇄, 건조, 선광과 암석의 저장에 의해 발생된 석면은 '광산개발과 선광으로부터 석면의 배출을 측정하는 공정시험기준'에 준하여 측정한 결과, 대기중에 2 f/cc를 넘지 않아야 한다. 또한, S-3 시료채취법에 따른 공정시험기준을 적용하여 Open pit에서 시추작업 등에 의해서도 대기중에 2 f/cc 이하이어야 한다. 이들 모두 30분 이상 3회 측정한다.
또한, 암석의 파쇄, 분쇄, 건조, 선광과 건조암석을 저장한 경우 검사 주기는 적어도 매월 한 시간 이상 자료를 확보해야 하며 건조시추의 경우 매월 2시간 이상 측정하여야 한다.
2) 고지의 의무
광산의 소유주 또는 조광권자는 광산의 개발, 선광, 각종 광산 장비 및 대기오염 방지설비 등에 대하여 기록을 하고 시료를 채취하여 분석한 결과를 주관 기관 (정부)에 제출하여야 한다. 우선 선광에 대해서는 6개월에 1번씩, 분쇄, 건조, 건조암석의 저장 및 기본적인 건조시추의 경우에는 12개월에 한번씩 보고한다.
3) 대기오염 관리 장비 운영 보고
대기오염방지시설과 장비에 대한 사용 보고는 매 2개월에 1번씩 보고한다. 이에 대한 보고형식은 Schedule 1, 2, 3 등으로 제시되어 있다.

4. 영국의 석면 관리

영국에서는 토양 및 대기에 대한 구체적인 환경기준을 설정하고 있지는 않다. 다만 case by case의 형태로 진행하고 있으며, 대부분의 석면관리는 'Health and Safety Executive'에서 수행하고 있다.

석면관리와 관련하여 2000년 이전의 법은 주로 환경법에서 일부 규정하고 있었지만 국제적으로 석면에 대한 규제가 강화되면서 과거의 지금까지의 법은 주로 석면물질의 사용 규제에 중점을 두었다. 영국의 경우 석면을 청석면, 갈석면, 백석면 등으로 규정하고 있으며, 1985년에는 청석면과 갈석면에 대한 사용을 금지시켰고, 1999년에는 백석면의 사용을 금지시켰다. 이후 석면의 2차 사용물질로 구분되는 석면시멘트지, 석면보드, 타일 등에 대한 규제를 강화하고 있다. 석면에 대한 환경영향이 알려지면서 이에 대한 규제를 하고 있다. 환경 규제의 경우 통상 'Control limit'와 'Action level'로 구분하여 설정하고 있으며 그 기준은 다음과 같다.

1) Control limits
이 기준은 HSE Guideance Note EH10에 기재된 방법에 따라 측정된 대기중 석면의 허용 가능한 최대 농도를 규정하고 있다. 통상 대기 중에는 0.01 f/ml 이하로 존재하도록 규정하고 있으며, 석면의 종류 및 노출 시간에 따라 그 농도를 다르게 하고 있다. 즉, 청석면 및 갈석면의 경우 4시간 연속 평균값이 0.1 f/ml 이하 또는 10분 연속 평균값이 0.6 f/ml 이하이어야 한다. 한편 백석면의 경우에는 4시간 연속 평균값이 0.5 f/ml 이하 또는 10분 연속 평균

값이 1.5 f/ml 이하로 규정하고 있다.

2) Action level
이 기준은 12주 동안의 석면 노출 정도로 결정한다. 각각의 시간에 측정된 석면의 농도에 시간을 곱해서 결정하며 청석면 및 갈석면의 경우 48 f-hours/ml이며, 백석면은 96 f-hours/ml로 규정되어 있다. 이와 더불어 청정기준 (clearance limit)은 0.01 f/ml로 규정하고 정부 및 각 작업장은 이 기준에 따라 공기질을 확보하여야 한다.

3) 작업하기 전 고용주의 의무사항
- 석면의 형태 인지
- 석면 저감을 위한 방안 설정
- 석면 제거를 위한 작업계획 수립
- Action level을 넘을 경우 작업전 28일간 작업 철회
- 노출될 수 있는 작업자에 대한 교육

4) 작업 진행중 고용주의 의무사항
- 호흡기보호장비의 사용보다는 농도저감을 위한 노력과 지속적인 농도 측정
- 호흡기보호장비 지급
- 공기질 정화 시설의 규칙적인 관리와 수리
- 작업자에게 적절한 의복 지급과 청결관리 및 석면 폐기물의 완전한 처리
- 석면 확산 방지
- 작업장의 모든 곳을 청결하게 유지
- 작업자의 휴식공간 제공 및 청결 유지
- 작업자의 건강 기록 및 지속적인 관리와 확인
- 석면 노출 가능한 작업자를 위한 세면 및 목욕기설 제공
- 모든 석면함유 가능물질에 대한 표시와 시건장치 확보

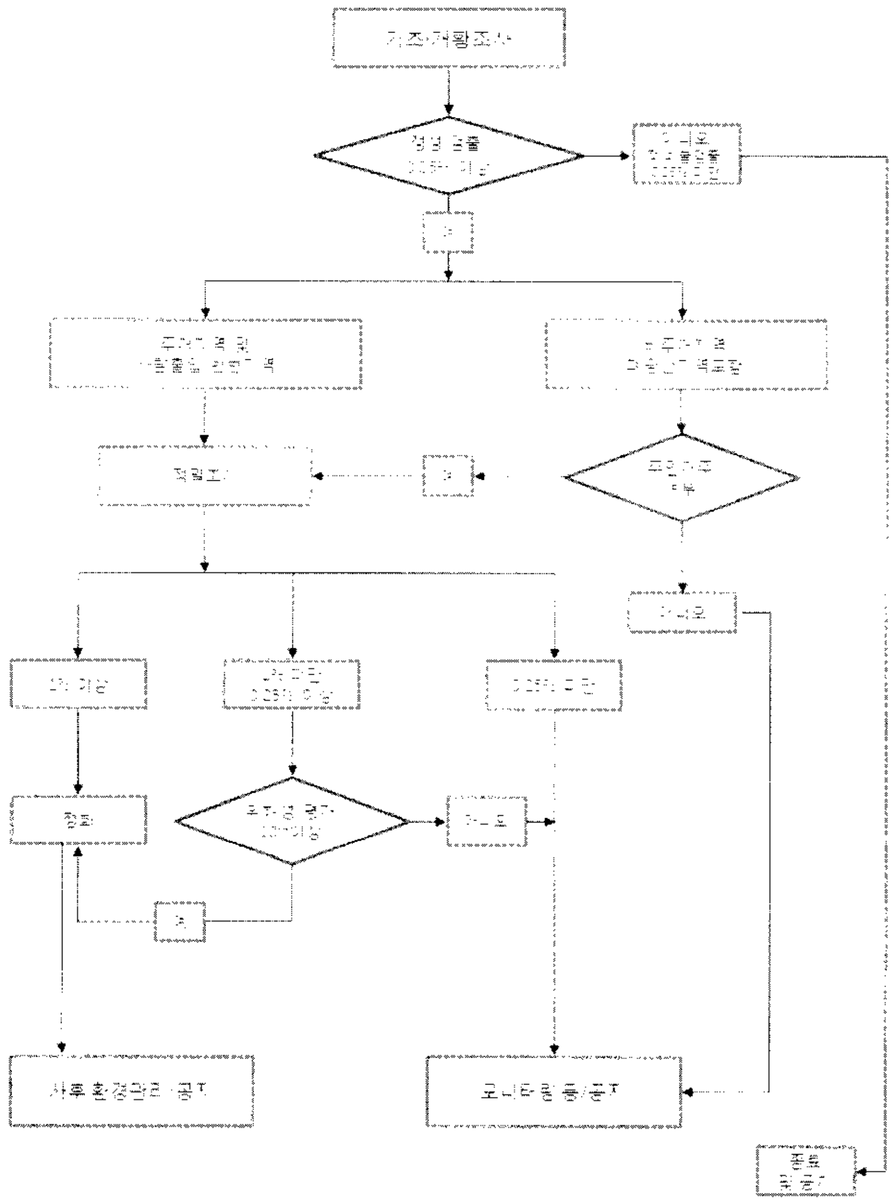
5) 석면의 제어를 위한 법령 (Control of Asbestos Regulations 2006)
이 법은 석면 방지, 작업에 있어 석면의 관리 및 석면취급허가 등 3개의 관련법령을 모두 통합한 것으로서 2006년 11월 13일에 발효되었으며 이 법에 포함된 주요 내용은 다음과 같다.
- 석면관리 의무 : 비거주자의 석면관리를 위한 석면관리지침서 발간 (The management of asbestos in non-domestic premises, Regulation 4 of the Control of Asbestos Regulations 2006)
- 교육훈련 : 석면작업자에 대한 교육 프로그램 운영
- 석면노출지에서의 작업 : 석면작업장의 청결유지, 환경기준 준수
  (4시간 기준 0.1 f/ml, 10분기준 0.6 f/ml)
- 석면의 제거 : 허가받은 전문작업자가 수행함.

고용주의 의무사항 및 작업자의 의무사항을 준수하여야함

- 조사 및 분석에 대한 규정 : 1997년 WHO에서 추천한 방법을 준수하여 수행함
- 조사와 분석에 대한 자료를 숙지하고 진행함

5. 우리나라의 석면광산 등 석면발생지역의 토양오염 관리지침 절차

석면광산 등 석면발생지역의 석면 관리절차



3 석면광산 등 석면발생지역의 토양오염 관리지침(환경부)

석면광산 등 석면발생지역의 토양오염 관리지침

I. 목적

토양·지하수 오염이 우려되는 석면광산, 석면함유가능광산의 토양·지하수 오염실태를 조사함에 있어 조사·분석방법, 정화기준 및 절차 등 석면노출 최소화에 필요한 세부사항을 정함을 목적으로 한다.

II. 법적근거

1. 토양환경보전법 제2조1 (토양오염의 정의)
2. 토양환경보전법 제5조4의 3항 (토양오염도 측정 등)
3. 토양환경보전법 제15조3의 3항 (오염토양의 정화)
4. 토양환경보전법 제15조5 (위해성평가)

III. 적용범위

석면광산, 석면함유가능광산 등 광산활동지역의 토양·지하수 오염이 확인되었거나 오염이 우려되는 지역에서 실시하는 조사에 적용한다.

IV. 정의

1. "석면(asbestos)"이라 함은 석면상(asbestiform)으로 산출되는 규산염 광물로서, 사문석계열의 백석면(chrysotile), 각섬석계열의 갈석면(amosite), 청석면(crocidolite), 직섬석(anthophyllite) 석면, 투섬석(tremolite) 석면, 녹섬석(actinolite) 석면 등 6가지 종류를 말한다.
2. "ABS"라 함은 활동기반시료채취로서, 토양 중 석면이 존재하는 지역 내에 거주하거나 생활하고 있는 사람의 활동에 의한 토양교란 작용으로 비산되는 공기중 석면이 인체에 미치는 영향을 파악하기 위해 실시하는 측정방법이다.
3. "석면광산"이라 함은 백석면(chrysotile), 갈석면(amosite), 청석면(crocidolite), 직섬석(anthophyllite) 석면, 투섬석(tremolite) 석면, 녹섬석(actinolite) 석면 등을 채굴한 광산을 말한다.
4. "석면함유가능광산"이라 함은 자연적으로 석면 함유가 가능한 활석(Talc), 해포석(Sepiolite), 질석(vermiculite), 수활석(Brucite) 등의 광물질이 산출되는 광산을 말한다.

V. 정화 주체

환경부장관 또는 관계부처 장관은 오염원인자에게 토양오염 정화 명령을 내려야 한다. 만약, 오염원인자가 불확실한 경우 환경부장관 또는 관계부처 장관이 정화할 수 있다.

Ⅵ. 조사기간

시・도지사는 오염원인자에게 토양정밀조사를 받을 것을 명할 때에는 토양오염지역의 범위 등을 감안하여 6월의 범위안에서 그 이행기간을 정하여야 한다. 다만, 시・도지사는 조사지역의 규모 등으로 인하여 부득이하게 이행기간내에 조사를 이행하지 못한 자에 대하여는 6월의 범위안에서 그 이행기간을 연장할 수 있다.

Ⅶ. 관리 기준

1. 토양 관리 기준
   국내 토양내 석면 농도 분석방법은 보편적으로 사용하는 편광현미경법을 활용한 미국 CARB 435법의 석면 검출한계인 0.25%로 적용한다.
2. 지하수 관리 기준
   국내 지하수내 석면 농도 분석방법은 미국 EPA의 음용수 기준인 7 MFL을 활용한다.

Ⅷ. 복원/정화 절차 및 방법

1. 복원/정화 절차는 [별표 1]과 같다.
2. 복원/정화 방법은 다음 각 호와 같다.

가. 기초조사 및 개황조사
부지의 연혁을 확인하는 것을 포함하여 현장 조사와 예비 시료 채취 등을 포함한 조사의 기초 단계를 말하며, 내용은 [별표 2]와 같다.
① 기존 보고서 검토 등 자료조사
② 주변지역 환경 실태 조사
③ 예비 시료채취

나. 주거/비주거 및 거주민 존재여부 파악
정밀조사 실시를 위해 주거/비주거 지역 및 거주민 존재 여부를 파악하며, 내용은 [별표 3]과 같다.

다. 정밀조사
기초조사 및 개황조사 결과를 통해 석면 함유량, 분포, 확산범위를 산정하고, 위해성평가 및 정화방법을 검토하기 위한 조사 단계를 말하며, 내용은 [별표 4]와 같다.
① 시추조사 및 트렌치 조사 등의 지표지질조사
② 토양시료채취 및 활동기반시료채취

라. 분석
토양 중 석면 분석 방법은 "폐석면광산 토양・지하수 조사지침"에 따라 실시하며, 이에 대한 내용은 [별표 5]와 같다.

마. 위해성평가
석면 및 석면함유물질로 인해 인간이 받을 수 있는 위험 정도를 정량적으로 평가하여 그에 대한 적절한 대책을 수립하기 위한 과정으로, 내용은 [별표 6]과 같다.
① 위험성 확인

② 노출평가(노출 시나리오 작성)
③ 독성평가
④ 발암성 물질의 노출평가를 통한 발암위해도 산출
⑤ 위해 불확실도

바. 정화 및 복원

정밀조사 결과 석면 오염이 발견된 경우 또는 위해성이 있다고 판단되는 경우 정화 및 복원을 실시하며, 내용은 [별표 7]과 같다.

① 정화 및 복원대상 결정
② 정화 및 복원 공법 선정

사. 종료 및 모니터링

종료, 비산방지대책 마련, 모니터링, 출입제한 등의 조치를 수행하며, 내용은 [별표 8]과 같다.

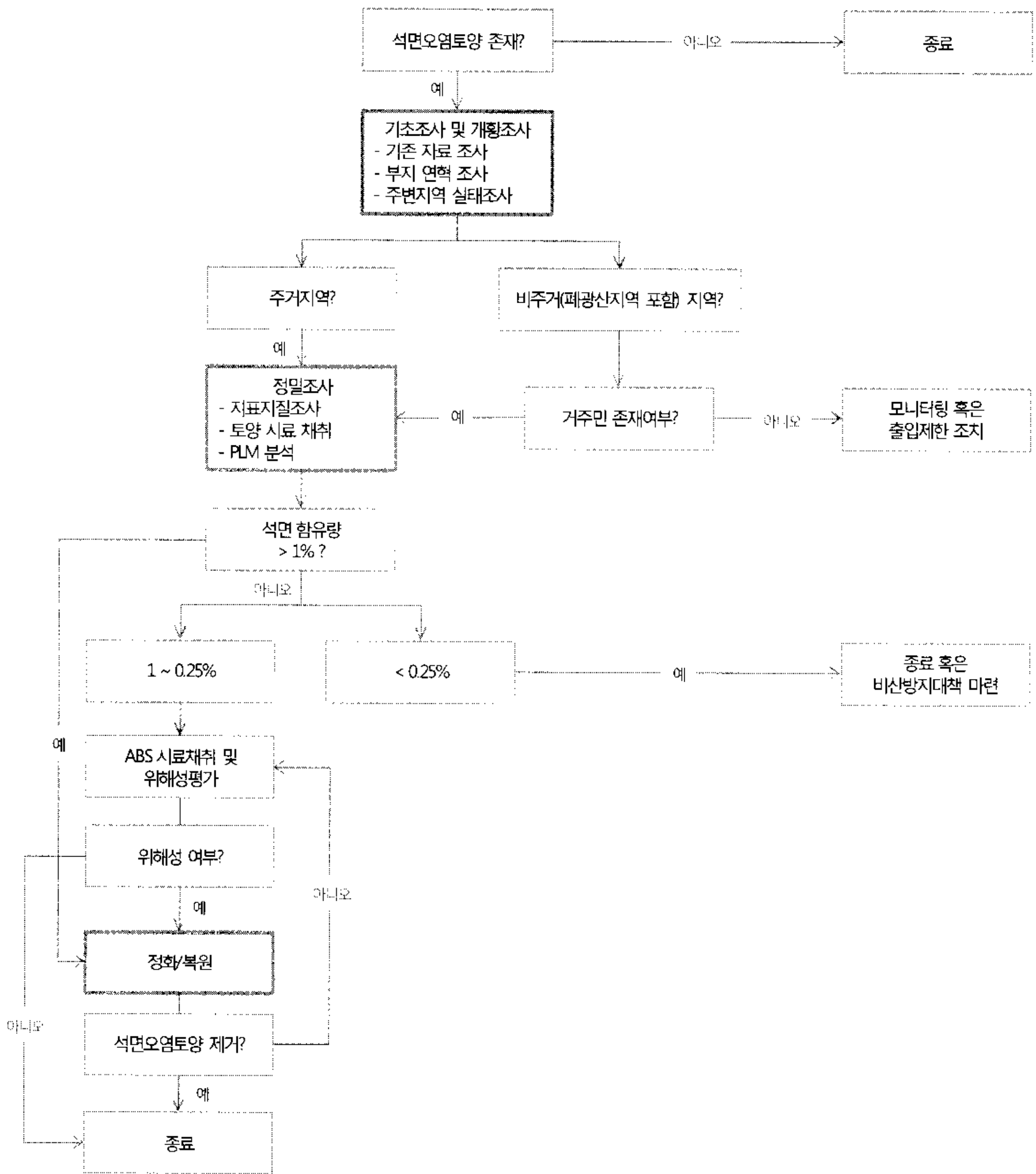
Ⅸ. 토양 중 석면조사 및 분석기관의 지정

토양 중 석면조사 및 분석기관이 되고자 하는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 검사시설·장비 및 기술능력을 갖추어 환경부장관의 지정을 받아야 하며, [별표 9]와 같다.

※ 개별적인 [별표2]~[별표 9]는 지침서 원본을 참조

[별표 1]

석면발생지역의 석면 복원/정화 절차



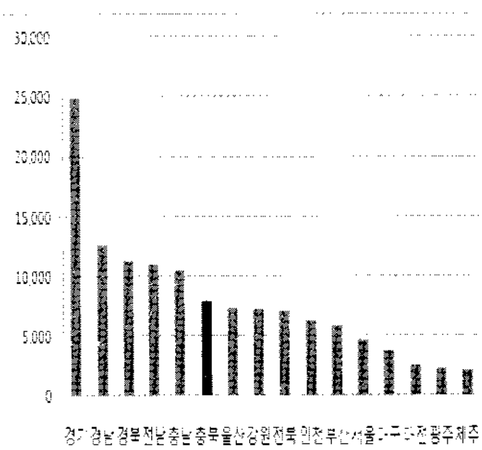
Ⅰ-3) 특정토양오염관리대상시설 현황파악 및 관리

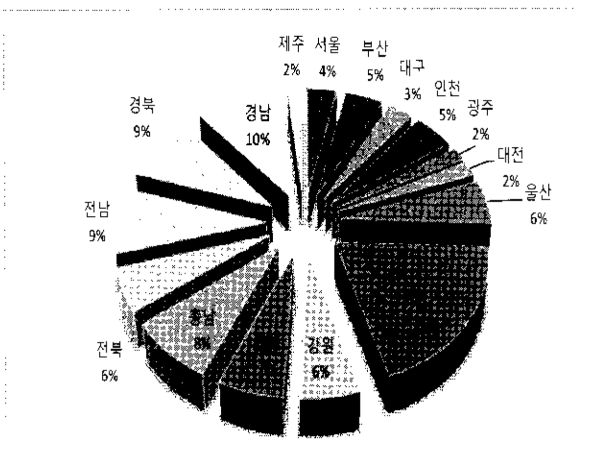
1 충북지역 특정토양오염관리대상시설 현황

1. 충북지역 위험물제조소 현황

1.1 위험물제조소등 현황

구분	계 (개소)	제조소	취급소					저장소								
			소계	주유	판매	이송	일반	소계	옥내	옥외 탱크	옥내 탱크	지하 탱크	간이 탱크	이동 탱크	옥외	암반 탱크
계	127,491	1,448	26,350	15,291	288	308	10,463	99,693	5,134	25,608	17,592	14,747	81	32,910	3,597	24
충북	7,876	76	1,604	950	3	-	651	6,196	430	1,645	1,095	1,116	-	1,687	223	-





출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 전국 사업장개소의 6%차지, 16개 광역시 및 도 중 6번째 해당
- 전국 사업장비교 ⇨제조소는 9번째, 취급소는 7번째, 저장소는 6번째 해당
- 충북지역 사업장개소의 약 20%를 차지하는 취급소의 구성
  ⇨ 주유소 59%, 일반 41%
- 충북지역 사업장개소의 약 79%를 차지하는 저장소의 구성
  ⇨ 이동탱크 27%, 옥외탱크 26%, 지하탱크 18%

1.2 주유취급소 종류별 현황

구 분	총 계		일반 주유 취급소	고속도로 주유 취급소	자가 주유 취급소	셀프 주유 취급소	항공기 주유 취급소	철도 주유 취급소	선박 주유 취급소
계	개소	15,291	12,892	144	2,027	58	33	24	113
	탱크	68,614	64,358	597	3,265	379	115	35	85
충북	개소	950	797	20	125	2	4	2	-
	탱크	4,062	3,793	63	181	12	9	4	-

※ 주유취급소의 종류별 개소수와 지하전용탱크의 수를 조사함

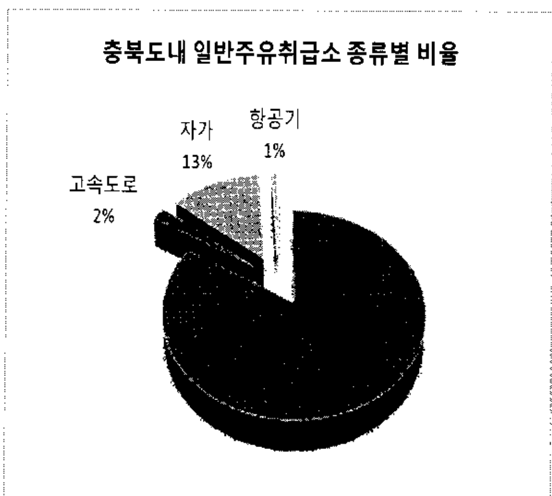
출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

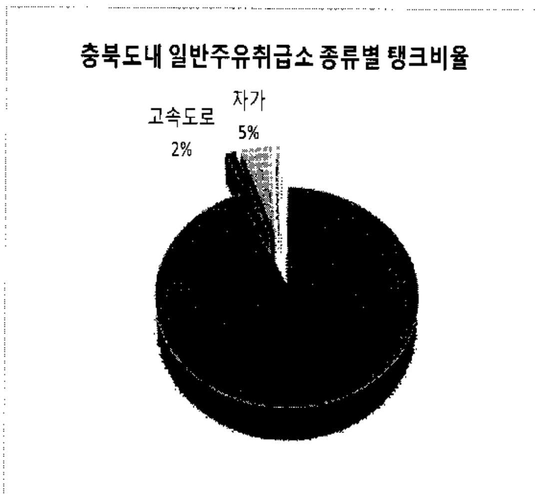
1.3 일반취급소 종류별 현황

구분	계 (개소)	분무 도장 작업등	세정 작업	열처리 작업등	보일러 등	충전 하는	옮겨 담는	유압 장치등	절삭 장치등	열매 체유 순환	기타
계	10,463	330	95	69	2,022	1,635	4,184	151	70	41	1,866
충북	651	8	-	-	179	81	193	-	-	1	189

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 전국 주유취급소개소의 6.2%차지 전국 주유취급소 탱크수의 5.9%차지
- 충북지역 전체 주유취급소 중, 일반주유취급소가 84%, 탱크수의 93%차지
- 충북지역 일반취급소 중 보일러, 버너, 이와 유사한 장치와 옮겨담는 취급소가 차지하는 비율이 57%





[저장소 및 취급소 분류] (위험물안전관리법 시행령 별표2 & 3)

지정수량 이상의 위험물을 저장하기 위한 장소	저장소의 구분
1. 옥내(지붕과 기둥 또는 벽 등에 의하여 둘러싸인 곳을 말한다. 이하 같다)에 저장(위험물을 저장하는 데 따르는 취급을 포함한다. 이하 이 표에서 같다)하는 장소. 다만, 제3호의 장소를 제외한다.	옥내저장소
2. 옥외에 있는 탱크(제4호 내지 제6호 및 제8호에 규정된 탱크를 제외한다. 이하 제3호에서 같다)에 위험물을 저장하는 장소	옥외탱크저장소
3. 옥내에 있는 탱크에 위험물을 저장하는 장소	옥내탱크저장소
4. 지하에 매설한 탱크에 위험물을 저장하는 장소	지하탱크저장소
5. 간이탱크에 위험물을 저장하는 장소	간이탱크저장소
6. 차량(피견인자동차에 있어서는 앞차축을 갖지 아니하는 것으로서 당해 피견인자동차의 일부가 견인자동차에 적재되고 당해 피견인자동차와 그 적재물의 중량의 상당부분이 견인자동차에 의하여 지탱되는 구조의 것에 한한다)에 고정된 탱크에 위험물을 저장하는 장소	이동탱크저장소
7. 옥외에 다음 각목의 1에 해당하는 위험물을 저장하는 장소. 다만, 제2호의 장소를 제외한다. 가. 제2류 위험물 중 유황 또는 인화성고체(인화점이 섭씨 0도 이상인 것에 한한다) 나. 제4류 위험물 중 제1석유류(인화점이 섭씨 0도 이상인 것에 한한다)·알코올류·제2석유류·제3석유류·제4석유류 및 동식물유류 다. 제6류 위험물 라. 제2류 위험물 및 제4류 위험물 중 특별시·광역시 또는 도의 조례에서 정하는 위험물(「관세법」 제154조의 규정에 의한 보세구역 안에 저장하는 경우에 한한다) 마. 「국제해사기구에 관한 협약」에 의하여 설치된 국제해사기구가 채택한 「국제해상위험물규칙」(IMDG Code)에 적합한 용기에 수납된 위험물	옥외저장소
8. 암반내의 공간을 이용한 탱크에 액체의 위험물을 저장하는 장소	암반탱크저장소

위험물을 제조 외의 목적으로 취급하기 위한 장소	취급소의 구분
1. 고정된 주유설비(항공기에 주유하는 경우에는 차량에 설치된 주유설비를 포함한다)에 의하여 자동차·항공기 또는 선박 등의 연료탱크에 직접 주유하기 위하여 위험물(「석유 및 석유대체연료 사업법」 제29조의 규정에 의한 유사석유제품에 해당하는 물품을 제외한다. 이하 제2호에서 같다)을 취급하는 장소(위험물을 용기에 옮겨 담거나 차량에 고정된 3천리터 이하의 탱크에 주입하기 위하여 고정된 급유설비를 병설한 장소를 포함한다)	주유취급소
2. 점포에서 위험물을 용기에 담아 판매하기 위하여 지정수량의 40배 이하의 위험물을 취급하는 장소	판매취급소
3. 배관 및 이에 부속된 설비에 의하여 위험물을 이송하는 장소. 다만, 다음 각목의 1에 해당하는 경우의 장소를 제외한다. 가. 「송유관안전관리법」에 의한 송유관에 의하여 위험물을 이송하는 경우 나. 제조소등에 관계된 시설(배관을 제외한다) 및 그 부지가 같은 사업소 안에 있고 당해 사업소 안에서만 위험물을 이송하는 경우 다. 사업소와 사업소의 사이에 도로(폭 2미터 이상의 일반교통에 이용되는 도로로서 자동차의 통행이 가능한 것을 말한다)만 있고 사업소와 사업소 사이의 이송배관이 그 도로를 횡단하는 경우 라. 사업소와 사업소 사이의 이송배관이 제3자(당해 사업소와 관련이 있거나 유사한 사업을 하는 자에 한한다)의 토지만을 통과하는 경우로서 당해 배관의 길이가 100미터 이하인 경우 마. 해상구조물에 설치된 배관(이송되는 위험물이 별표 1의 제4류 위험물 중 제1석유류인 경우에는 배관의 내경이 30센티미터 미만인 것에 한한다)으로서 당해 해상구조물에 설치된 배관의 길이가 30미터 이하인 경우 바. 사업소와 사업소 사이의 이송배관이 다목 내지 마목의 규정에 의한 경우 중 2 이상에 해당하는 경우	이송취급소
4. 제1호 내지 제3호 외의 장소(「석유 및 석유대체연료 사업법」 제29조의 규정에 의한 유사석유제품에 해당하는 위험물을 취급하는 경우의 장소를 제외한다)	일반취급소

1.4 주유취급소 · 옮겨담는 일반취급소의 지하전용탱크 용량별 현황

(단위 : ℓ)

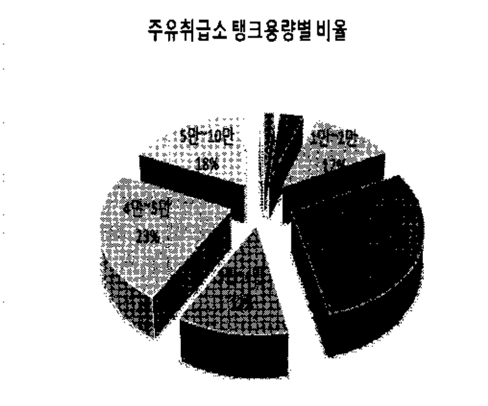
구	분	계(기)	5천 미만	5천 이상 1만 미만	1만 이상 2만 미만	2만 이상 3만 미만	3만 이상 4만 미만	4만 이상 5만 미만	5만 이상 10만 미만	10만 이상
계	주유취급소	68,614	2,101	1,781	6,266	17,792	9,948	16,198	14,398	130
	옮겨담는일반취급소	7,071	2,421	1,357	1,735	1,229	190	92	38	9
충북	주유취급소	4,062	68	147	494	1,185	475	946	730	17
	옮겨담는일반취급소	376	124	64	100	65	17	4	2	-

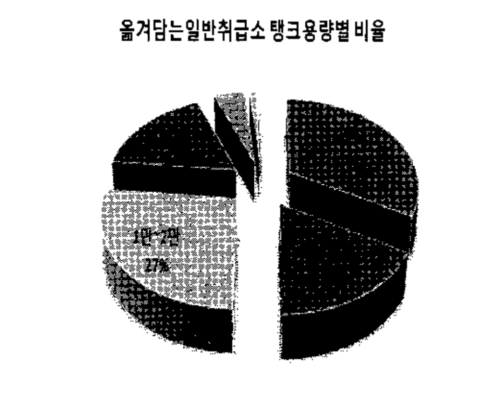
※ 하나의 취급소내 지하전용탱크가 다수일 경우 각 탱크별 용량을 조사함

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 주유취급소: 2만~3만미만 29%, 4만~5만미만 23%, 5만~10만미만 18%차지
- 옮겨담는 일반취급소: 5천미만 33%, 1만~2만미만 27%, 5천~1만미만 17%, 2만~3만미만 17%차지

  ⇨ 토양오염검사대상 제외시설(2만미만)이 77%차지
- 주유취급소는 2만리터 이상 비중 많고, 옮겨담는 일반취급소는 2만리터 미만의 소용량 비중 큼





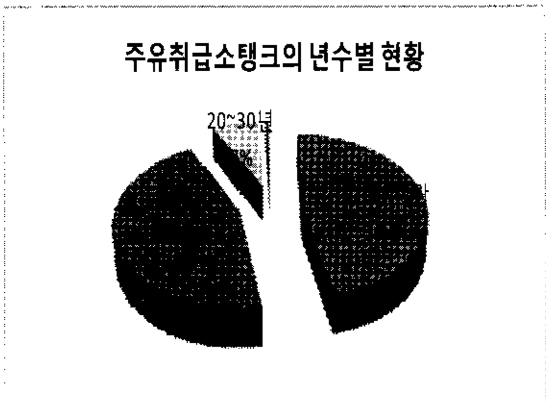
1.5 주유취급소 · 옮겨담는 일반취급소의 지하전용탱크 년수별 현황

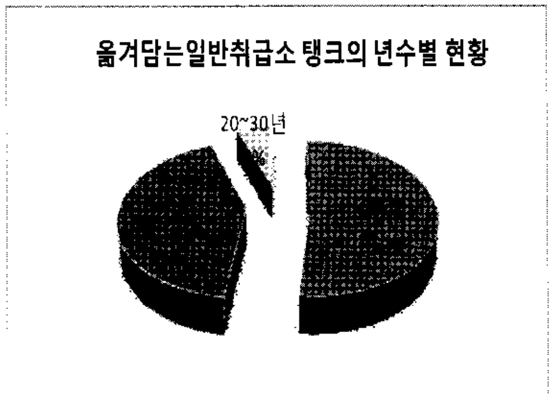
구	분	계(기)	10년 미만	10년이상 20년미만	20년이상 30년미만	30년이상 40년미만	40년이상
계	주유취급소	68,614	29,423	32,813	5,076	1,192	110
	옮겨담는일반취급소	7,071	3,589	2,957	438	84	3
충북	주유취급소	4,062	1,915	1,827	295	24	1
	옮겨담는일반취급소	376	195	160	21	-	-

※ 하나의 취급소내 전용탱크가 다수일 경우 각탱크별 년수를 조사함

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 10년 미만 년수의 탱크비율이 약 48%, 전국비율(약 44%)에 비해 높음
- 주유취급소: 10년미만시설 47%(전국비율 43%), 10~20년미만 시설 45%, 20년 이상 8%
- 옮겨담는 일반취급소: 10년미만시설 52%(전국비율 51%), 10~20년 미만 42%, 20년 이상 6%





1.6 옥외탱크저장소 현황

(단위 : ℓ)

구분	계 (탱크수)		오십만 미만		오십만 이상 백만 미만		백만 이상 오백만 미만		오백만 이상 일천만 미만		천만 이상	
	10년 미만	10년 이상	10년 미만	10년 이상	10년 미만	10년 이상	10년 미만	10년 이상	10년 미만	10년 이상	10년 미만	10년 이상
계	11,257	14,351	9,915	11,345	316	771	601	1,346	198	313	227	576
충북	1,181	464	1,176	447	3	14	-	2	2	1	-	-

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 옥외탱크저장소의 대부분은 오십만 미만탱크 (약 99%)
- 옥외탱크저장소 중 10년 미만시설이 약72%로 전국비율인 약 44%보다 높음

1.7 지하탱크저장소의 지하저장탱크 용량별 현황

(단위 : ℓ)

구분	계 (기)	5천 미만	5천 이상 1만 미만	1만 이상 2만 미만	2만 이상 3만 미만	3만 이상 4만 미만	4만 이상 5만 미만	5만 이상 10만 미만	10만 이상
계	21,397	6,134	4,167	3,775	1,884	871	1,064	2,391	1,111
충북	1,499	453	304	216	105	61	64	177	119

※ 주유취급소, 옮겨담는 일반취급소내 지하전용탱크는 제외
※ 하나의 지하탱크 저장소내에 탱크수가 다수일경우 각 탱크별 용량 조사함
출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 전국대비 7% 차지 (16개 광역시 및 도 중 5번째로 많음)
- 2만리터 미만 탱크의 비중이 약 65% 차지

1.8 지하탱크저장소의 지하저장탱크 년수별 현황

구 분	계(기)	10년미만	10년이상 20년미만	20년이상 30년미만	30년이상 40년미만	40년이상
계	21,397	7,809	9,511	3,709	352	16
충북	1,499	600	702	189	8	-

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 10년미만 40% (전국비율 36%), 10~20년 미만 46.8%, 20~30년 미만 12.6%
- 지하탱크저장소는 10년 이상된 2만리터 미만인 시설에 대한 관리대책 필요

==

■ 충북지역의 탱크시설은 10년미만의 시설의 비중이 전국대비 높음

■ 충북지역의 탱크시설 중, 주유취급소를 제외한 옮겨담는 일반취급소(지하저장시설)와 지하탱크저장소가 토양오염도검사가 면제되는 2만리터용량 미만시설의 비중이 높음

==

1.9 기타 위험물관련시설 현황 (군용위험물제조소등의 사업장)

구분	계 (개소)	제조소	취급소					저장소								
			소계	주유	판매	이송	일반	소계	옥내	옥외탱크	옥내탱크	지하탱크	간이탱크	이동탱크	옥외	암반탱크
계	5,357	-	326	276	-	5	45	5,031	89	3,650	150	427	-	297	418	-
충북	478	-	13	12	-	-	1	465	2	355	7	58	-	32	11	-

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 전국 군용위험물제조소의 9%차지, 16개 광역시 및 도 중 4번째에 해당

1.10 기타 위험물관련시설 현황 (대량위험물제조소등의 사업장)

구분	계 (개소)	공장				발전소	비축기지	저유소	기타
		소계	정유사	화학공장	기타				
계	256	120	6	90	24	24	10	69	33
충북	10	4	-	-	4	-	-	1	5

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

- 전국 위험물관련시설의 약 4%차지

1.11 위험물관련시설에서의 사고발생원인

■ 사고 발생 원인별 현황

원인별	인적요인	물적요인	기타요인	불명	계
건 수	76	12	28	5	121
비율(%)	62.8	9.9	23.1	4.2	100

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

■ 인적 요인별 현황

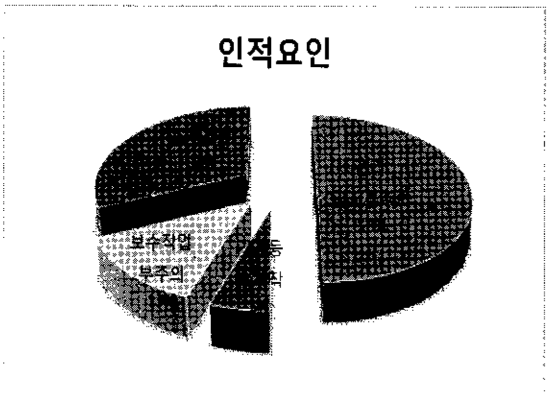
원인별	관리, 감시부주의	기계등 오조작	보수작업 부주의	조치소홀 (부작위)	계
건수	38	4	10	24	76
비율(%)	50.0	5.3	13.2	31.5	100

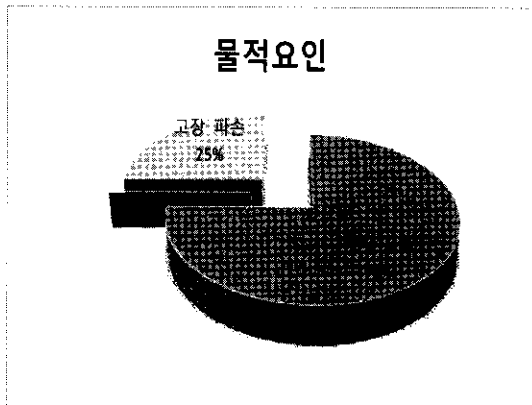
출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료

■ 물적 요인별 현황

원인별	부식 · 노후	설계불량	고장 · 파손	시공불량	계
건 수	9	0	3	0	12
비율(%)	75.0	0	25.0	0	100

출처: 소방방재청, 2009년 위험물통계자료





- 화재(86.8%), 폭발(0.8%), 누출사고(12.4%) 등의 발생

2 특정토양오염관리대상시설 관련 국내·외 관련법

1. 토양환경보전법상 특정토양오염관리대상시설 검사주기 및 방법

[2009년 개정 이전]

토양오염도검사 및 누출검사주기

■ 토양오염도검사: 완공검사 후 6개월 이내 최초검사, 이후 3년 및 2년 후 각 1회
15년 미만 시설 2년에 1회 / 15년 이상 시설 1년에 1회
■ 누출검사: 완공검사 후 10년 이상시설 대상 직접법 6년 / 간접법 4년 주기

누출검사대상시설 및 방법

저장물질 없는 시설	저장물질 있는 시설
비파괴검사(침투탐상, 자분탐상, 방사선투과, 초음파 탐상)	-
가압시험	액상부 시험 기상부 시험 (미가압 및 미감압)

[2009년 개정 이후]

토양오염도검사 및 누출검사주기

■ 토양오염도검사: 완공검사 후 6개월 이내 최초검사, 이후 15년까지 5년마다 각 1회
15년 이상 시설 2년에 1회
■ 누출검사: 완공검사 후 10년 이상시설 대상 검사방법 구분없이 8년 주기

누출검사대상시설 및 방법

ES 07801.1 저장물질이 없는 누출검사대상시설 - 비파괴검사
ES 07802.1 저장물질이 없는 누출검사대상시설 - 가압시험법
ES 07803.1 저장물질이 있는 누출검사대상시설 - 기상부의 시험법
ES 07804.1 저장물질이 있는 누출검사대상시설 - 액상부의 시험법
ES 07805.1 배관시설 - 가압 및 미감압시험법

2. 클린주유소 관리방안의 예

구분		세부기준
운영관리자 지정		-주유소 운영자 또는 위험물관리자 등 클린주유소 운영관리자 1명을 지정 -년1회 이상 자체 토양환경교육 실시
정기점검	탱크부/계측구	-저장탱크의 급격한 재고 증감여부 및 주요원인 파악 -탱크내부 누유여부(누유감지센서 활용) 확인 -주유소 지반침하 및 바닥균열여부 확인
정기점검	맨홀부	-맨홀두껑 상태, 맨홀 상부 수분 및 유류존재여부 확인 -탱크sump, 배관 관통부 sealing 상태점검
정기점검	주유기	-주유기 sump내, 주유기 하단 및 배관 누유상태 점검 -주유기 본체와 호스, 호스와 노즐연결부위의 누유확인 및 균열, 마모 등을 점검(주유기와 주유배관 연결부 누유여부 확인) -체크밸브 정상작동 여부확인
정기점검	Quick Coupling	-캡의 설치 상태확인(사용 후에는 캡을 닫아 두는지 여부) -Coupling의 풀림이나 변형 등의 손상여부 확인
정기점검	주입박스	-주입 종료시 유출여부 확인 -주입구 박스 sealing 상태 및 파손여부 점검 -주입절차 준수 확인
정기점검	유수분리조	-유수분리조내 유징확인 -유수분리조내 유류 및 슬러지 등 이물질 침전상태를 점검 및 청소 -유수분리조 변형 및 파손상태 확인
정기점검	트렌치	-트렌치 내 각종 오염물질 및 이물질 점검 및 청소 -변형 및 파손 상태 확인

- 충북지역 클린주유소 9개소

3. 소방방재청 위험물안전관리법상 위험물시설에 대한 관리방법

구분	정기점검	구조안전점검	정기검사
대상	-지하탱크저장소 -이동탱크저장소 -위험물을 취급하는 탱크로서 지하에 매설된 탱크가 있는 제조소·주유취급소 또는 일반취급소	특정옥외탱크 (용량100만 이상)	특정옥외탱크 (용량100만 이상)
주기	매년	-제조소등의 완공검사필증을 교부받은 날부터 12년 이내 -최근 정기검사를 받은 날부터 11년 이내 -부식방지조치 등을 한 후, 이를 안정받은 경우, 최근 정기검사를 받은 날부터 13년 이내	-완공검사필증을 교부받은 날부터 12년 이내 -최근 정기검사를 받은 날부터 10년이 되는 날로부터 1년 이내 -기타, 소방서장이 지정하는 날
실시자	안전관리자	-필요인력 및 장비를 갖춘 안전관리자 -탱크시험자	한국소방검정공사
내용	-제조소등에 필요한 시설에 대한 작동 및 부식, 균열, 손상 등에 대한 유무파악 -유출방지시설, 역류방지설비 등에 대한 시설상태파악	-수평 및 수직도 시험 -두께측정 시험 -용접부 시험	-수평 및 수직도 시험 -두께측정 시험 -비파괴 시험 -누설시험 -외관검사
비고	소방관서장이 정기적으로 기술기준에 적합여부에 대한 정기검사실시	정기검사시 동시신청 가능	

4. 국내외 누출검사제도 비교

구분	국내	미국/유럽/캐나다	일본
주관	*시설관리: 행정안전부 *누출검사: 환경부	*시설관리 및 누출검사: 환경청 (AST는 소방관련기관과 연관)	*시설관리 및 누출검사: 소방청 (소방법에서 규정)
시설 관리 방법 및 주기	*시설관리 -정기점검(매년, UST) -구조안전점검 및 정기검사(AST) *누출검사 -비파괴검사법, 가압법, 액면레벨법, 미가압법, 미감압법, 배관검사법 -대상: 10년 이상시설 -주기: 8년 *토양오염도검사 -최초검사후 15년미만 5년 주기 -15년이상 2년 주기	*시설관리 -누출방지 및 확산방지 시설요구 -유럽(시설기준강화 중점) -미국/캐나다(누출감지활동 중점) *누출검사 -시설조건에따라 다양한방법과 주기적용 -모니터링방법과 기밀시험병행 -모니터링: 주 혹은 월단위 주기 -기밀시험:2～5년 -모니터링검사 전환유도(시설개선)	*시설관리 -정기점검(UST) -구조안전점검 및 정기검사(대용량 AST) *누출검사 -탱크: 직접법, 가압법, 미가압법, 미감압법, 위험물량+검지관확인 -배관: 가업, 미가압, 미감압 -주기 :직접법제외 매년 1회 :2004년 이후 시설, 3년 1회 :15년 이후 1년 혹은 (시설개선) 3년 1회
특징	*토양오염도검사와 병행 *누출방지시설 및 감지시설기준 있으나 활용 방안 없음	*기밀시험 누출기준: 0.1gph *월간모니터링 누출기준: 0.2gph	*액상부검사: 탱크용량의 1/200 증감여부 *국내제도와 유사(누출검사방법) *토양오염도검사 없음

출처: 환경부, 누출검사제도의 선진화방안에 관한 연구, 2009

5. 미국, 영국, 캐나다, 일본 등의 시설관리 현황

5.1 미국 누출감지를 위한 시설기준

누출감지에 대한 요구사항			
지하매설저장시설 구성요소	누출감지방법		
저장시설(탱크) -선택: 2조건	1.월간모니터링 또는 2.월간재고관리와 탱크누출검사 (5년 주기) :신규 토양오염공정시험기준 또는 부식방지시설로 개선된 토양오염공정시험기준에 한하여 10년 동안만 시행 :10년 이후에는 월간모니터링으로 전환		
가압배관 -각 Set 마다 1조건씩 선택	Set A. 1.자동차단 장치 또는 2.흐름제어장치 또는 3.상시알람시스템	AND	Set B. 1.매년 배관누출검사 또는 2.월간모니터링 (ATG 제외)
흡입배관 -선택:3조건	1.월간모니터링 (ATG 제외) 또는 2.매3년마다 배관누출검사 또는 3.아래조건을 만족하면 요구사항없음 *흡입이 끝나면 내용물이 다시 탱크로 되돌아가는 경사진 흡입배관 *흡입펌프아래 1기의 체크밸브가 설치된 흡입배관 *대기압보다 낮은 압력으로 운전되는 시스템		

출처: EPA, Detecting Releases (www.epa.gov/oust/ustsystm/leakdet.htm)

5.2 주(State) 및 절차에 따른 재고감시를 통한 누출검사방법

절차명	누출발생가능성을 신호로 알리는 비정상적인 손실값(S)	
	시간주기	값
API-1621	매달	-손실된 양이 주입된 양의 0.5% 초과
EPA의 Action No.	매달	-손실이 있는 날의 수가 Action No.(1개월-20, 2개월-37 등)를 초과
뉴욕주	10일	-손실 또는 증가의 양이 주입된 양의 0.75% 초과
플로리다주	매주	-손실 또는 증가의 양이 주입된 량의 1.0% 초과
미시건주	매달 매달	-API-1621과 동일 -손실이 있는 날의 수가 임의의 달동안 18일 초과
캘리포니아주	매일 매주 매달	-손실 또는 증가의 양이 100갤런 초과 -손실 또는 증가의 양이 판매량의 5% 또는 100갤런을 초과하는 것 중 큰 것. 단, 350갤런 초과하지 않음 -손실 또는 증가의 양이 판매량의 0.5% 또는 100갤런을 초과

API Member company	매일 3일 매달	-손실 또는 증가의 양이 300갤런을 초과 -손실 또는 증가의 양이 날마다 150갤런을 초과 -손실 또는 증가의 양이 판매량의 0.5% 초과
통계학적 절차 X/Y	매달	-통계평가
코쿨린 오일 Corp.	매달	-온도보상 주입체적을 이용하여, 예상된 손실 또는 증가의 양이 70%이상이거나 30%이하인 측정 손실 또는 증가 (정량 대 주입총량)

출처: Schwendeman, T.G. Underground Storage Systems, 1987

5.3 영국 Class별 누출감지방법

class	시설작동방법	누출감지능력	누출감지효과
1	이중벽사이의 기압 또는 진공을 모니터링하고 압력변화 있을시 경보 (틈새모니터링)	저장물질높이에 관계없이 이중벽 시설의 어느 부위에서든지 발생하는 누출을 감지할 수 있음	매우 안전한 시험임. 누출된 저장물이 주변 환경으로 유입되기 전에 경보
2	이중벽사이의 틈새에 있는 액체압력을 모니터링 (틈새모니터링)	저장물질높이에 관계없이 이중벽 시설의 어느 부위에서든지 발생하는 누출을 감지할 수 있음	매우 안전한 시험임. 누출된 저장물이 주변 환경으로 유입되기 전에 경보. 부벽으로부터 발생되는 누출은 주변 환경으로 유입됨
3	틈새에 존재하는 액체 또는 탄화수소 증기를 감지 (틈새모니터링)	틈새가 큰 이중벽시설에서 발생하는 누출을 감지할 수 있음	낮은 지역에 액상센서, 증기센서는 외부벽의 손상을 감지할 수 없음
4	탱크저장량의 변화율을 분석 (탱크저장량 분석)	액면높이 아래의 탱크 및 배관에서 발생하는 누출을 감지	누출감지 하기 전에 저장물이 주변으로 유입
4a	주유된 체적을 가지고 탱크저장량의 변화를 자동으로 비교 (동적누출감지)	액면높이 아래의 탱크 및 배관에서 발생하는 누출을 감지	Class 4와 동일함. 액상높이 위에서 발생하는 누출은 감지할 수 없음
4b(1)	주유하지 않는 동안 탱크저장량을 모니터링 (정적누출감지)	탱크액면높이 이하에서 발생하는 누출감지	Class 4a와 동일하나 배관의 누출은 감지하지 못함
4b(2)	4b(1)과 동일하나 보다 긴 시간동안 모니터링 (정적누출감지)	class 4b(1)과 동일	class 4b(1)과 동일하나 긴 시간이 요구됨

5	누출된 유류를 감지하기 위하여 부지 주변의 관측정 이용 (액체 및 증기검지관)	탱크 또는 배관의 액면레벨 이하의 누출 감지	class 4와 동일
6	탱크내 저장량 변화와 수동으로 계량한 판매량 비교 (통계적 재고보정)	탱크 또는 배관의 액면레벨 이하의 누출 감지	class 4와 동일
7	배관에만 적용		

출처: (사)한국지하수토양환경학회, 특정토양오염관리대상시설의 누출검사제도 개선방안 연구, 2007

5.4 유럽국가들의 누출검사방법

오스트리아	-휘발유저장시설 정기검사 -시스템의 결함여부와 모니터링 및 누유감지장치의 작동점검
벨기에	-탱크 및 배관 최소 10년에 1회 정밀검사 -누유감지장치는 전문가에 의해 매년 점검
프랑스	-5년마다 관계기관으로부터 정밀검사 -최초검사는 설치 후 15년경과전 실시
독일	-오염에 취약한 지하수 지역의 경우 -공인검사원이 탱크 및 부대시설을 매년 검사
룩셈부르크	-5년에 한번 검사
스페인	-지하저장시설에 대해 탱크를 비우지 않고 하는 검사 매년 실시 -탱크를 비우고 실시하는 검사 매5년마다 1회씩 실시 -개인용도 지하저장탱크는 5년마다 기밀성시험, 10년마다 탱크를 비우고 하는 검사

출처: (사)한국지하수토양환경학회, 특정토양오염관리대상시설의 누출검사제도 개선방안 연구, 2007

5.5 캐나다 누출감지 검사방법 및 종류

누출감지 검사방법	적용기준 또는 내용	약자
자동탱크계측	자동탱크계측 장치설치하고 월간 정밀누출검사실시 *ORD-C58.12-1992, Leak Detection Devices (Volumetric type) for UST	ATG (Automatic Tank Gauging)
상시탱크누출감지	자동탱크계측장치를 설치하여 수집한 자료를 SIR에서 사용하여 복잡한 분석방법에 의하여 분석. 지하저장탱크내부에 장치를 설치하여 상시 모니터할 수 있으며 동 방법은 월간모니터링 정밀도인 0.1gph만족. 탱크만 점검가능	CITLD (Continuous In-Tank Leak Detection)

상시탱크 및 배관누출감지	내용은 상동. 단, 탱크와 배관 모두 점검가능	CITLDS
배관누출감지(전자)	*ORD-C107.12-1992, Leak Detection Devices for Flammable and Liquid Piping.	ELLD (Electronic Line Leak Detection)
고압불활성기체 또는 진공검사를 이용한 누출감지	용량 1,000리터 미만의 배관 누출감지	HPVLDT (High-Pressure inert gas or Vacuum Leak Detection Test)
첨단이차저장소 모니터링	다음기준에 따라 설계 및 설치된 장치를 이용하여 저장탱크와 이차저장소 사이의 틈새를 지속적으로 모니터 *ORD-C58.12-1992, Leak Detection Devices (Volumetric type) for UST *ORD-C58.14-1992, Leak Detection Devices (Non-Volumetric type) for UST	HTSCM (High-Technology Secondary Containment Monitoring)
재고관리	수동담금에 의한 재고관리, 전자담금장치를 이용한 전자재고보정, 또는 전자담금장치를 이용한 수동재고보정	IR (Inventory Reconciliation)
저압불활성기체 또는 진공검사를 이용한 누출감지	이중벽 탱크 및 배관의 이차저장소에 대한 누출검사	LPVLDT (Low-Pressure inert gas or Vacuum Leak Detection Test)
배관누출감지(기계적)	압력배관에는 부적합 *ORD-C107.12-1992, Leak Detection Devices for Flammable and Liquid Piping.	MLLD (Mechnical Line Leak Detector)
증기 및 지하수관측	월간 1회 실시	OWM (Observation Well Vapor or Groundwater Monitoring)
정밀누출검사	질량을 측정하거나 체적을 측정하거나 음파를 이용한 방법 등 다양한 방법 존재	PLDT (Precision Leak Detection Test)
Pressure Liquid Media Leak Detection Test	정밀누출검사 요건에 맞추어 실시	PLMLDT (Pressure Liquid Media Leak Detection Test)
통계적재고보정	월간 1회 실시 *EPA/530/UST-90/007, Standard Test Procedures for Evaluating Leak Detection Methods: Statistical Inventory Reconciliation Methods' 및 EPA 510-B-95-009, Statistical Inventory Reconciliation.	SIR (Statistical Inventory Reconciliation)
Static Liquid Media Leak Detection Test	-	SLMLDT (Static Liquid Media Leak Detection Test)

수직체크밸브	해당밸브를 흡입펌프 바로 아래에 설치하고 배관을 경사지게함으로써 배관내의 저장물이 탱크에 다시 저장될 수있도록 함	SVCV (Single Vertical Check Valve)
육안점검	기초, 탱크벽, 지붕, 다이크 용량 및 상태, 펌프 및 저장물 취급장비, 탱크계측장치, 기계적 및 자동누출감지장치, 주유기 섬프, 유출저장장치, 넘침방지장치 등의 누출 또는 손상여부를 확인하고 기록	VLD (Visual Leak Detection)

출처: (사)한국지하수토양환경학회, 특정토양오염관리대상시설의 누출검사제도 개선방안 연구, 2007

5.6 일본의 위험물 시설관리방법

시설		정기검사주기
지하 저장 시설	기존시설 (2004년 이전허가)	•1년에 1회
	신규시설 (2004년 이후허가)	•15년 이내, 3년에 1회 이상, 15년 경과, 1년에 1회 이상 •이중벽탱크 or 누설확산방지조치 시설의 경우, 3년 1회
옥외 탱크 저장소	100만~1,000만리터	•완공검사 필증교부일 이후 13년 경과 전, 1회 이상
	1,000만리터~	•완공검사 필증교부일 이후 8년 경과 전, 1회 이상

출처: (사)한국지하수토양환경학회, 특정토양오염관리대상시설의 누출검사제도 개선방안 연구, 2007

5.7 미국 펜실베니아 주정부의 누출검사결과

	FFY 2008	FFY 2007	FFY 2006	FFY 2005
	From: 10/1/2007 To: 9/30/2008	From: 10/1/2006 To: 9/30/2007	From: 10/1/2005 To: 9/30/2006	From: 10/1/2004 To: 9/30/2005
Total Number of Active UST Facilities at end of FFY	8,672	8,802	9,105	9,298
Total Number of Active USTs at end of FFY:	24,317	24,751	25,191	25,641
Number of USTFacilities Inspected:	1,892	2,080	2,041	1,940
Percent UST Facilities in SOC:	72.9%	69.3%	63.2%	61.6%
Number of Confirmed Releases: (AVG.13.5%)	259 (13.7%)	249 (12.0%)	310 (15.2%)	252 (13.0%)

출처: 한국산업기술시험원, 누출검사제도의 선진화방안에 관한 연구, 2009

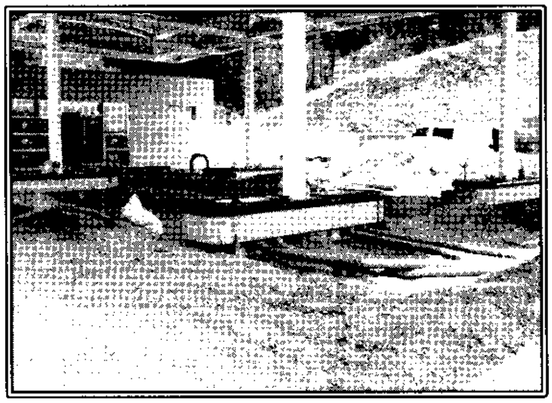
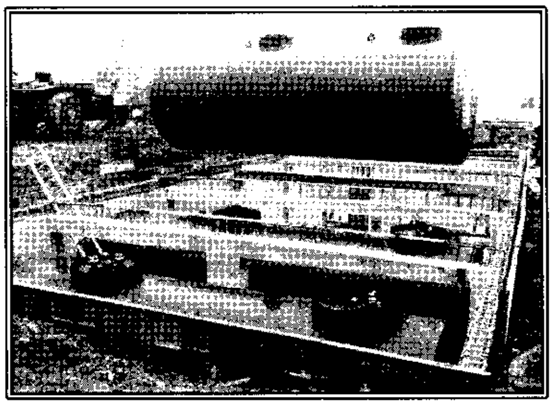
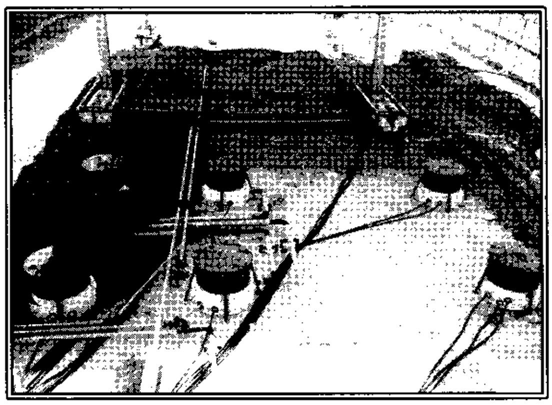
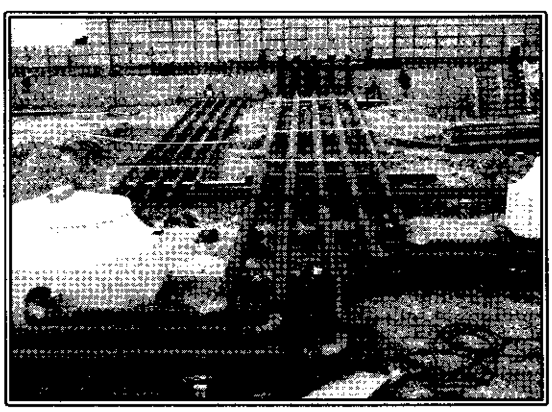
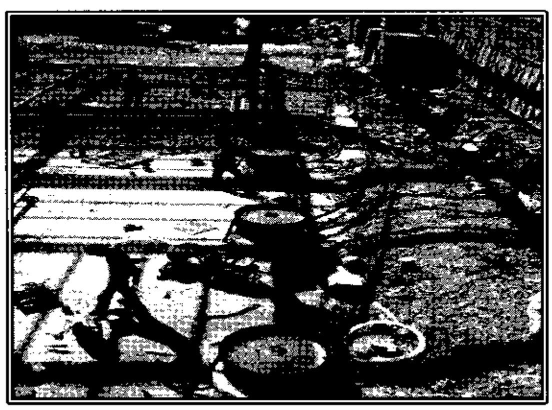
■ 누출원

누출원(Source)	
시설명	%
Tank	46
Piping	12
Dispenser	22
STP (Submersible Turbine Pump Area)	1
Delivery Problem	6
Other	13
Totals	100

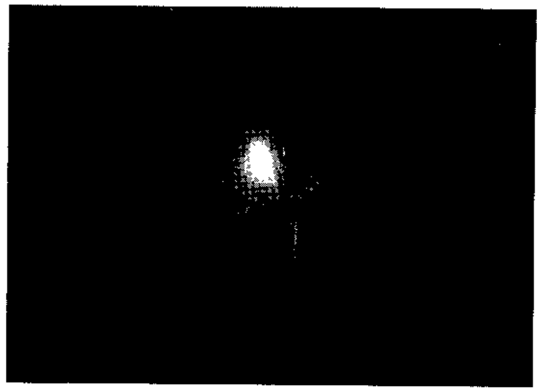
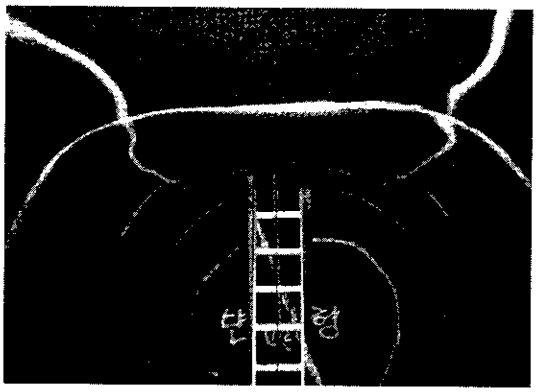
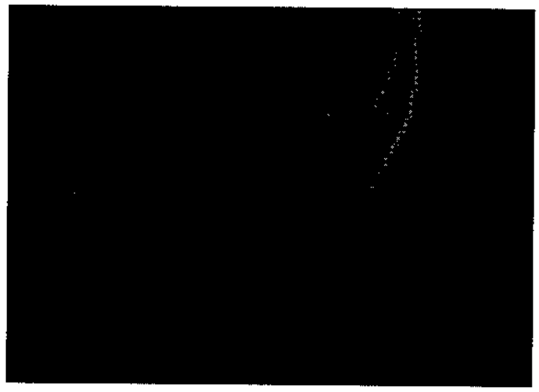
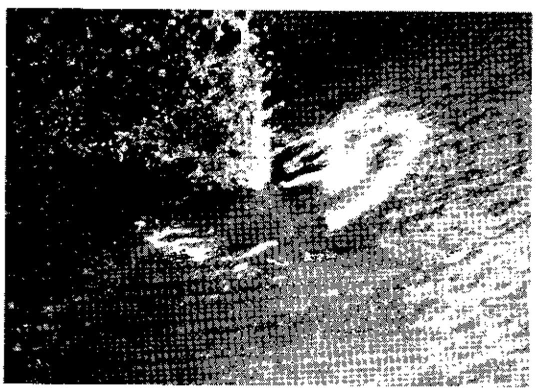
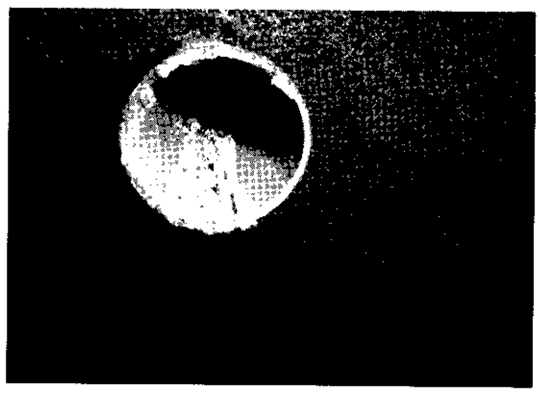
출처: 한국산업기술시험원, 누출검사제도의 선진화방안에 관한 연구, 2009

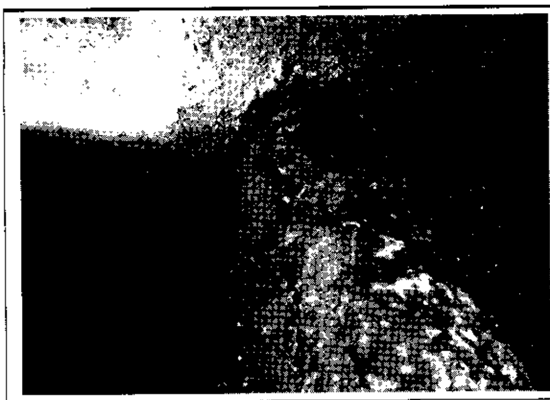
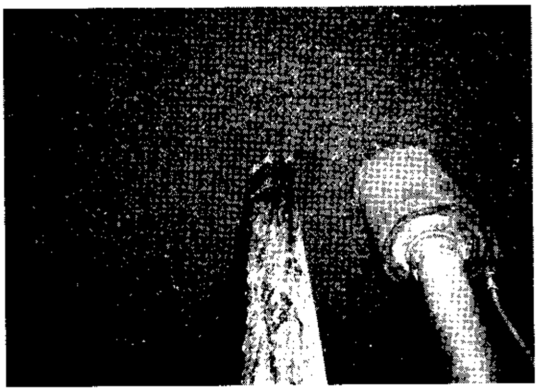
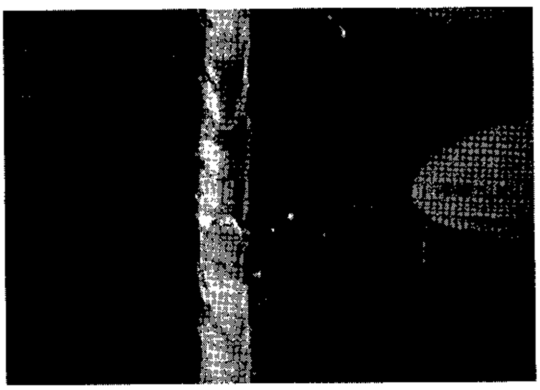
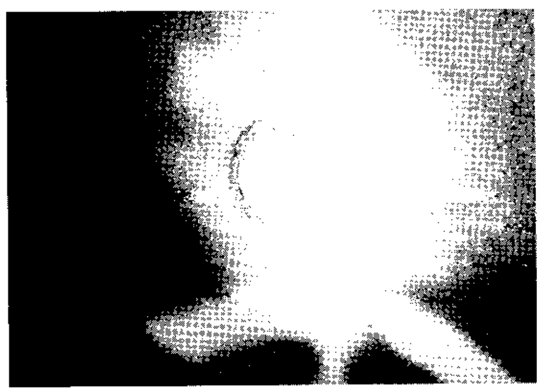
Ⅰ-4) 도내 주유소 시설 개선지원

1 저장 및 이송시설의 설치

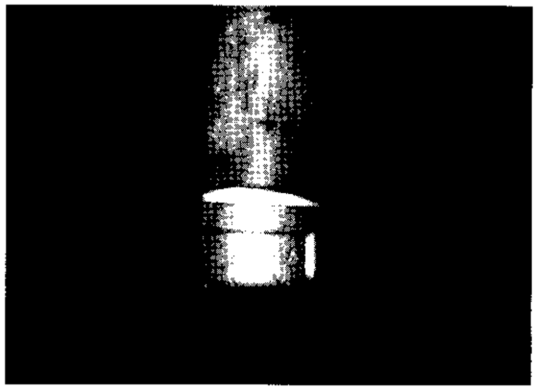
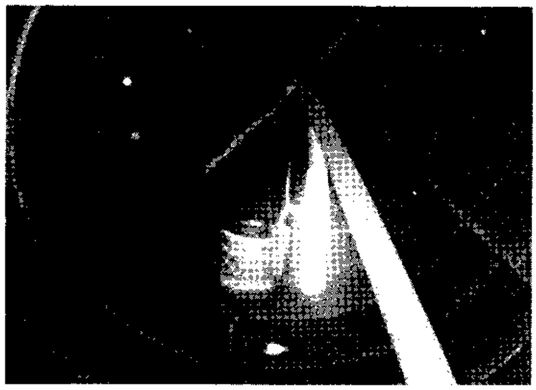
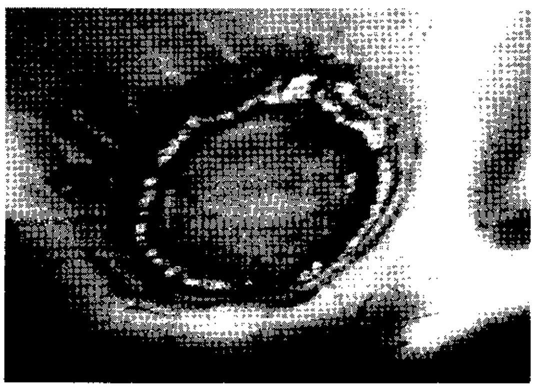







2 이상시설의 대표적 유형

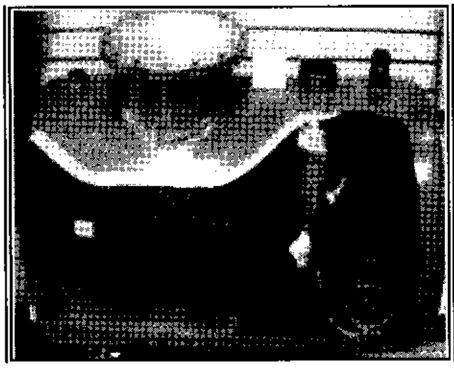
	
탱크변형(측면)	탱크변형
	
탱크변형(상단)	탱크변형으로 배관 휨
	
부식으로 인한 수분유입	배관누설로 인한 수분유입

	
탱크와 배관연결부로의 수분유입	탱크 모재(철판)부식으로 인한 수분유입
	
탱크와 배관연결부로의 수분유입	용접부에 대한 결함
	
용접부에 대한 결함 (누설)	용접부에 대한 결함 (미용접)

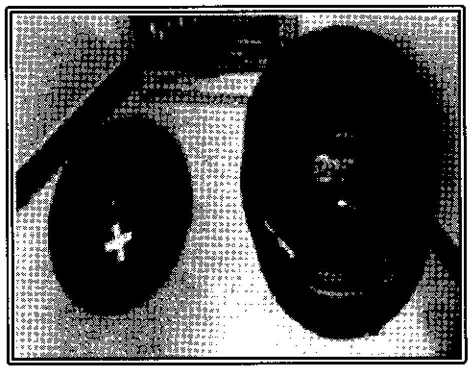
3 이상시설의 개·보수 사례

	
TANK내에서의 용접작업 실시	누설배관 막음작업
	
부식부에 대한 철판 덧붙임 후 모습	부식부에 대한 철판 덧붙임 후 모습
	
용접보수후 모습	용접보수후 재검사 모습

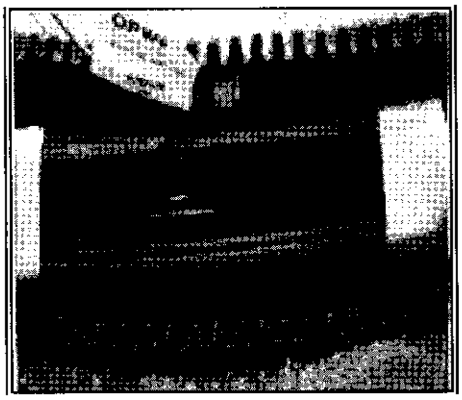
4 선진국의 시설기준 및 누출감지 장치



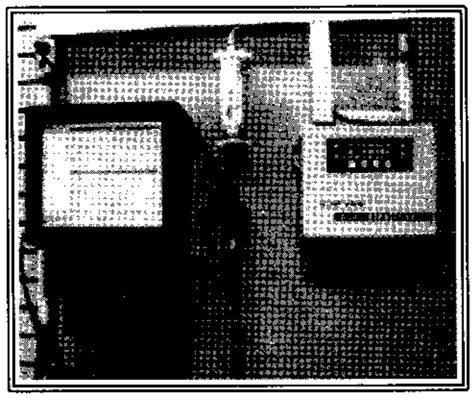
이중벽 탱크 및 O/F 방지기



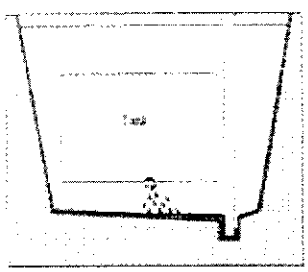
Sump



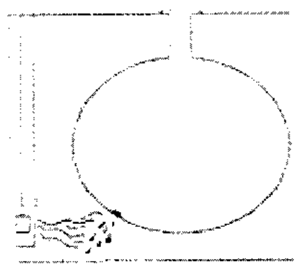
이중배관 및 누유감지기



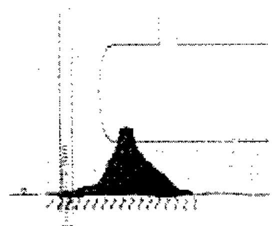
ATG(자동탱크게이징)시스템



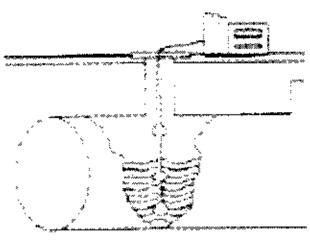
이중벽 틈새감지장치



증기감지장치



지하수감지장치



탱크 계측기기 (상시측정 혹은 기밀시험)

출처:EPA, A Summary of Federal Regulations for Underground Storage Tank Systems, 1995

5 국내 특정토양오염관리대상시설 관련규정

가. 지하저장탱크

토양환경보전법에 의한 지하매설저장시설의 시설기준은 소방기술기준에 관한 규칙에 정한 바를 준용하되 부식 및 산화방지시설과 같은 추가기준을 준수하도록 되어 있다. 이 중 오염물확산방지시설은 옥외저장탱크나 유독물저장탱크의 경우에 적용되므로 지하저장탱크에 적용되는 시설은 누출방지시설과 누출감시시설이다.

*누출방지시설

탱크실 내에 설치하는 강철판 탱크는 탱크 외면에 방청도장을 하여야 하고, 탱크실이 없는 경우, 강철판 탱크 외면은 방청 및 아스팔트도장, 아스팔트루핑을 하거나 FRP 또는 HDPE으로 피복하여 이중벽 구조로 하여야 한다.

*부식 및 산화방지시설

외면에 전류를 유입시켜 양극반응을 저지하여 저장시설의 전기적 부식을 방지하는 전기방식법(외부전원법, 희생양극법)과 외벽에 산소차단 등의 목적으로 FRP나 HDPE, 강화 에폭시수지 등 내부식성 재료로 피복하는 도장법 등이 있다.

*누출감지시설

누출감지시설은 탱크내부나 틈새, 혹은 외부에 탐침봉이나 센서, 관 등을 설치하여 내부저장물질이 외부로 누출되는지에 대한 여부를 감지한다.

- 자동누출측정기

내부에 probe를 삽입하여 시간당 유출량을 측정하는 자동누출측정기는 압력측정식, 기포식, 부표식, 레이저식, 초음파 측정식, 전자석 탐침식 등의 다양한 측정방식이 적용된다.

- 외부누출측정기

이중벽내의 검지관을 통하여 센서를 투입하여 이중벽 틈새내에서 내용물의 누출여부를 확인하는 이중벽 틈새감지법과 탱크 외부에 센서를 설치하여 증기 혹은 지하수 오염을 감지하는 증기감지법 및 지하수 감지법 등이 있다.

*흘림 및 넘침방지 시설
탱크용량을 초과하는 위험물이 주입될 때, 자동으로 주입구를 폐쇄하거나 차단하는 자동차단장치와 탱크용량의 90%가 채워졌을 때, 경보음이 울리는 경보장치 등의 시설이 해당된다.

나. 지상저장탱크
특정토양오염관리대상시설의 방지시설 등에 관한 고시(환경부 2005-124호)에서 해당 고시에서 규정하지 않는 옥내외 저장시설의 구조 및 성능에 관한 사항은 위험물안전관리법의 관련규정을 준용한다라고 명시되어 있다. 따라서, 토양환경보전법에서 규정하는 지상저장탱크는 위험물안전관리법에 명시된 옥외탱크저장소 및 옥내탱크저장소가 해당된다.

*용량에 따른 구분
- 특정옥외탱크저장소: 옥외탱크저장소 등 저장 또는 취급하는 액체 위험물의 최대 수량이 100만 리터 이상인 저장소
- 준특정옥외탱크저장소: 옥외탱크저장소 중 그 저장 또는 취급하는 액체 위험물의 최대 수량이 50만리터 이상 100만 리터 미만인 저장소
- 옥외탱크저장소: 그 외 옥외탱크 저장소

*설치 장소에 따른 구분
- 지상탱크: 옥외탱크 중 탱크의 밑바닥이 지면과 맞닿아 있거나 지면보다 높은 곳에 설치된 탱크
- 지중탱크: 옥외탱크 중 탱크 밑바닥이 지면보다 아래에 있는 탱크
- 해상탱크: 자연적 또는 인공적으로 거의 폐쇄된 평온한 해역에 설치된 탱크

다. 배관시설
토양환경보전법은 지하저장시설의 배관에 관해서는 특별한 규정을 두고 있지 않기 때문에 소방기술기준에 관한 규칙 중 '위험물제조소의 배관'에서 배관의 재질 및 부식방지처리에 관하여 정한 것을 따르고 있다. 재질이 FRP, HDPE 또는 폴리우레탄이거나 내관과 외관으로 이루어지 이중배관, 그리고 국내외의 공인시험기관으로부터 안전성에 대한 시험 또는 인증을 받은 배관이어야 한다. 배관의 용접에 의한 접합부를 제외한 접합부분에는 누설감지기를 설치하여야 한다.

라. 클린주유소 시설기준

클린주유소의 근거법은 토양환경보전법 제12조 및 제13조, 동법 시행령 제7조, 제8조 및 제8조의2, 그리고 특정토양오염관리대상시설의 방지시설 등에 관한 고시 제2005-124호이며 요구되는 높은 수준의 시설을 갖추고 월1회 이상 시설점검을 수행하여야 하면, 15년 동안 토양오염도검사가 면제되는 제도이다.

[클린주유소의 시설기준]

구분	시설명	세부기준
저장시설부문	이중벽탱크	-강철+FRP(또는 HDPE), FRP+FRP 또는 강철+강철의 이중구조
	탱크조실	-두께 0.3m이상의 콘크리트구조 또는 이와 동등이상의 강도를 갖춘 구조
	O/F방지기	-일정기간(90%)이상 유류주입시 자동으로 주입구가 폐쇄되거나 공급이 차단되는 구조
	탱크 Sump	-외부의 토압에 변형되지 아니하는 구조 -방수, 방유가 될 수 있는 기밀구조이고 내식성이 있는 재질사용
	누유감지 및 경보장치	-누유여부를 모니터링 할 수 있고 누유시 램프점등 및 경보가 울리는 구조
주유·이송부문	이중배관	-메인배관은 내관 및 외관의 이중구조로 하여 누출여부를, 외부에서 쉽게 확인할 수 있는 구조 -연결부위가 없는 구조로 시공
	주유기 Sump	-방수, 방유가 될 수 있는 기밀구조이고 내식성이 있는 재질사용
기타	유수분리시설	-콘크리트 등 내유성 및 차량하중에 견딜 수 있는 4단 이상의 구조

마. 특정토양오염관리대상시설 관련 법조항(토양오염방지시설 등)

토양오염방지시설(제2조관련)

Ⅰ. 부식 및 산화방지시설

저장시설의 부식을 방지하기 위하여 전기방식법(음극보호장치)과 도장법 등을 적용할 수 있다.

1. 전기방식(電氣防蝕)법

저장시설의 방식을 위한 전기방식법으로는 외면에 전류를 유입시켜 양극반응을 저지함으로써 저장시설의 전기적 부식을 방지하는 것으로 외부전원법 혹은 희생양극법을 적용하는 방법

2. 도장(塗裝)법

저장시설의 외벽에 부식방지 등을 목적으로 아스팔트프라이머 또는 광명단(Zinc Primer) 등을 도장하고 그 위에 에나멜수지 등으로 피복하고 이중벽의 시공이 필요한 경우 산소차단 등을 목적으로 유리섬유강화플라스틱(FRP), 고밀도폴리에틸렌(HDPE), 강화에폭시수지 등 내식성(耐蝕性)재료로 피복하는 방법

Ⅱ. 누출방지시설

1. 지하매설저장시설(토양오염공정시험기준 : Underground Storage Tank)

가. 강철판 탱크

두께 3.2밀리미터 이상의 강철판으로 틈이 없도록 제작한 것

(1) 탱크실 없이 설치하는 경우

강철탱크 외벽에 다음 각목과 같은 처리를 하여야 한다.

(가) 강철판 탱크의 외면에 방청제 및 아스팔트프라이머 순으로 도장을 한 후 아스팔트루핑[KS F 4902(35㎏) 이상의 성능] 및 철망[KS F 4551이상의 성능]의 순으로 피복하고 그 위에 두께 2센티미터 이상의 방수 혼합몰탈을 도장한 것

(나) 강철판 탱크의 외면에 방청제 도장을 실시하고 그 표면에 두께 1센티미터이상이 되도록 아스팔트도장과 아스팔트루핑[KS F 4902(35㎏) 이상의 성능]에 의한 피복을 한 것

(다) 강철판 탱크의 외면에 프라이머를 도장하고, 그 표면에 복장재[수도용강관아스팔트도복장방법(KS D 8306)으로 정하는 비닐론클로스 또는 헤시안클래스에 적합한 것]를 감은 후 두께 2밀리미터 이상이 되도록 에폭시수지 또는 타르에폭시수지 피복을 한 것

(2) 탱크실내에 설치하는 탱크

강철탱크 외벽에 다음 각목과 같은 처리를 하여야 한다.

(가) 탱크의 외면에 녹방지를 위한 방청도장을 한 것

(나) 탱크의 외면에 프라이머를 도장하고 그 표면에 두께 3밀리미터 이상이 되도록 유리섬유 등을 강화재로한 강화프라스틱에 의한 피복을 한 것

(다) (1)의 (가) 내지 (다)의 방법으로 처리한 것

나. 기타 재질의 탱크

위에서 열거한 이외의 재질로서 강철판과 동등이상의 강도·내식성 및 내열성이 있다고 인정되거나, 코팅·라이닝 등 탱크의 수명을 연장시키기 위하여 처리를 한 경우

다. 이 고시에서 규정되지 아니한 지하매설저장시설의 구조 및 성능 등에 관한 사항은 「위험물안전관리법 시행규칙」 제32조 별표 8의 규정을 준용한다.

2. 옥내·외 저장시설

가. 탱크의 외부구조 등

두께 3.2밀리미터 이상의 강철판 또는 이와 동등이상의 강도·내식성 및 내열성이 있다고 인정하는 재질로 탱크의 외부를 제작하여야 한다.

나. 부식방지조치

탱크의 외면에는 탱크의 부식을 방지하기 위하여 도장을 하여야 한다. 이 경우 탱크의 저판을 지면에 접하여 설치하는 때에는 그 저판의 외면을 아스팔트샌드 등의 방식재료로 보호하거나 이와 동등이상의 부식방지조치를 하여야 한다.

다. 이 고시에서 규정되지 아니한 옥내·외 저장시설의 구조 및 성능 등에 관한 사항은 「위험물안전관리법 시행규칙」 제30조 별표 6 및 제31조 별표 7의 규정을 준용한다.

Ⅲ. 지하매설 저장시설에 대한 누출감지시설

1. 자동누출 측정기기

탱크내부에 탐침(探針: Probe)을 주입하여 누출여부를 검사할 수 있는 장비

가. 장비 기준

계량장치는 95%이상의 감지확률을 갖고 저장시설의 모든 부분으로 부터 최소한 0.8리터/시간 정도의 낮은 누출율을 감지할 수 있어야 하고, 국내·외 국립검정기관에서 인증을 받은 장비이어야 한다.

나. 측정 방법

(1) 부피 환산법(물리적 방법)

㈎ 압력 측정식

액상 저장물질의 상부표면에 압력 변환기를 설치하여 내용물의 부피증감에 따른 압력의 변화를 측정하여 누출여부를 감지하는 방법

㈏ 기포식

압력 측정방식을 응용한 것으로 관을 통해 나오는 일정 압력의 기체가 유류 속에서 거품으로 방출되면 그 압력과 동일한 압력을 가진 실린더관의 압력이 표면의 감소에 따라 실린더관의 유면도 변화시켜 이 변화량을 관찰

함으로써 누출을 확인하는 방법

(다) 부표식

액상 저장물질의 상부표면에 매우 민감한 부표를 띄우고 누출에 따른 표면의 감소를 고정되어 있는 균형추를 통해 변화를 컴퓨터나 도표로 출력하는 방법

(라) 레이저식

액상 저장물질의 상부표면에 부표를 띄우고 부표 안쪽에 측정장치를 설치하여 부표의 위치변화를 레이저로 환산하여 누출여부를 확인하는 방법

(마) 광전기식

저장물질의 상부표면에 띄운 부표안에 고정된 광전기판을 설치하여 유면의 변화에 따라 발광기에서 발사된 광선이 용액을 투과하는 정도를 측정함으로써 누출여부를 확인하는 방법

(바) 초음파 측정식

초음파 센서를 탱크에 삽입하고 센서에서 발생하는 초음파로 저장물질의 높이를 측정하고 이를 온도에 따른 부피의 변화를 계산하여 컴퓨터로 분석함으로써 변화량을 감지하는 누출검사 방법

(사) 전자석 탐침식

저장물질의 상부표면에 띄운 전자석 뜨개가 높이의 변화에 따라 위치가 변하게 되며, 그 위치의 변화에 따라 자기장의 뒤틀림 현상이 발생하여 저장물질의 높이를 측정하여 누출여부를 확인하는 방법

(아) 기 타

위에서 열거한 방법이외에도 측정원리가 기술적으로 합당하고 장비기준에 적합한 방법을 대상으로 한다.

2. 외부누출 측정기기

탱크외부, 이중벽 탱크의 누유검지관 또는 이중벽 탱크의 틈새에 센서를 주입하여 누출여부만을 점검하는 장비

가. 장비기준

국내・외 국립검정기관에서 인증을 받은 장비이어야 한다.

나. 측정 방법

(1) 이중벽 틈새 감지법

이중벽 틈새내에 센서를 투입하여 이중벽 틈새내에서 내용물의 누출여부를 확인할 수 있어야 한다.

(2) 증기감지법, 지하수감지법 등

누출시설과의 인과관계를 분명히 규명할 수 있어야 한다.

(3) 탱크자체에 설치하는 누출검사관

이중벽탱크자체에 누출검사관을 설치하는 것으로 재료는 금속관 또는 경질

합성수지관으로 하고, 관은 탱크자체의 이중벽사이의 최저부에 닿게 하여야 하며, 강철탱크로부터의 내용물이 누출되거나 이중벽의 외벽으로부터 물 등이 유입되는 경우 누출검사관에 고일 수 있는 구조로 하여야 한다. 또한 상부는 물이 침투하지 아니하는 구조로 하여야 한다.

(4) 탱크실에 설치하는 누출검사관

탱크실에는 탱크로부터 오염물질이 새는 것을 검사하기 위하여 탱크실 1개소마다 검사관을 4개이상 설치하여야 한다. 검사관은 금속 또는 경질합성수지를 재질로 한 이중관으로 하되 소공이 없는 상부는 단관으로 할 수 있다. 관의 밑부분으로부터 탱크의 중심 높이까지의 부분(다만, 지하수위가 높은 장소에 있어서는 지하수위 높이까지의 부분)에는 소공이 뚫려 있어야 하며 관은 탱크실 또는 탱크의 기초위에 닿게 매설하여야 한다. 또한 상부는 물이 침투하지 아니하는 구조로 하고 뚜껑은 검사시에 쉽게 열수 있도록 하여야 한다.

Ⅳ. 오염물질 확산 등 방지시설

1. 방호벽 설치

옥외 탱크저장소의 경우 탱크의 파손 등에 대비하여 탱크주위에 다음과 같은 기준의 방호벽을 설치하여야 한다.

① 가. 방호벽의 용량은 설치된 탱크가 하나인 때에는 그 탱크의 용량 이상으로, 2개 이상인 때에는 그 탱크중 용량이 최대인 것의 용량이상으로 하여야 한다.

나. 방호벽의 재질은 철근콘크리트 · 철골철근콘크리트 또는 흙담 등으로 하되, 새어나온 위험물이 외부로 유출되지 아니하는 구조로 하여야 한다.

2. 독성저감 등 시설

유독물 등을 중화 · 흡착 · 희석하거나 회수할 수 있는 방제약품이나 자재를 비치하여야 한다.(유독물 저장시설에 한한다)

6 미국의 지하저장시설 관련규정

1. 지하저장탱크 시설기준 및 관리기준

<table>
<tr><th colspan="4">누출감지에 대한 요구사항</th></tr>
<tr><th>지하매설저장시설 구성요소</th><th colspan="3">누출감지방법</th></tr>
<tr><td>저장시설(탱크)
-선택: 2조건</td><td colspan="3">1.월간모니터링 또는
2.월간재고관리와 탱크누출검사 (5년 주기)
:신규 토양오염공정시험기준 또는 부식방지시설로 개선된 토양오염공정시험기준에 한하여 10년 동안만 시행
:10년 이후에는 월간모니터링으로 전환</td></tr>
<tr><td>가압배관
-각 Set 마다 1조건씩 선택</td><td>Set A.
1.자동차단 장치 또는
2.흐름제어장치 또는
3.상시알람시스템</td><td>AND</td><td>Set B.
1.매년 배관누출검사 또는
2.월간모니터링 (ATG 제외)</td></tr>
<tr><td>흡입배관
-선택:3조건</td><td colspan="3">1.월간모니터링 (ATG 제외) 또는
2.매3년마다 배관누출검사 또는
3.아래조건을 만족하면 요구사항없음
*흡입이 끝나면 내용물이 다시 탱크로 되돌아가는 경사진 흡입배관
*흡입펌프아래 1기의 체크밸브가 설치된 흡입배관
*대기압보다 낮은 압력으로 운전되는 시스템</td></tr>
</table>

출처: EPA, Detecting Releases (www.epa.gov/oust/ustsystm/leakdet.htm)

2. 지하저장 탱크 작업 재정지원 (연방 및 주정부 지원프로그램)[10]

지원의 타입

UST(underground storage tank)의 소유주와 사용자인 자는 3가지 연방 또는 주 프로그램에 의해 재정원을 확보할 수 있다. 직접 대출, 대출보증, 보조금 등이다. 일부 주는 이자보조금을 제공할 수 있다. 각 프로그램의 타입은 아래와 같다.

(1) 직접융자

일부 주정부와 연방 행정당국은 소유주와 사용자에게 직접 융자를 해줄 수 있다. 이 기금은 대출 기금으로부터 온다. 어떤 프로그램은 귀하에게 이 대출 중 한가지

10) EPA. A Summary of Federal Regulations for Underground Storage Tank Systems (EPA 510-K-95-002)

를 제공하기 전에 신용도를 전반적으로 평가할 것이다. 또 다른 방법으로 어떤 프로그램은 신용도 분석과 주 프로그램 운영을 위해 사설금융기관 또는 기타 기관과 연계하여 주의 대출 프로그램을 운영한다. 주정부 또는 연방행정기관은 시중 금리 기준으로 돈을 대추해 줄 수 있다. 그것은 정부가 돈을 빌리는 금리(통상은 개인대출에 대한 우대금리 이하)와 같거나 더 낮은 이자, 또는 무이자이다. 해당주와 연방 프로그램은 자주 사설 금융기관보다 대출금 상환 기일을 더 길게 허락한다.

(2) 대출보증

당사자가 다른 기관으로부터 어떤 종류의 "보증"을 받을 수 있다면, 배출보증은 은행 또는 보험회사 같은 사설금융기관이 대출해 줄 수 있게 한다. 당사자가 대출보증을 받는다면, 보증인(통상 연방 행정기관 또는 주정부)는 귀하가 상환할 수 없을 때, 대출금 상환을 약속할 것이다. 이 제도는 빌려주는 측이 상환을 확인받을 수 있기 때문에 사설 금융기관으로부터 대출받을 기회를 증가시킨다.

(3) 보조금

(가) 무상기금

보조금은 주 또는 연방 행정기관이 당사자에게 상환을 요구하지 않는 돈을 제공하는 것이다. 행정기관은 보통 매우 특별한, 저비용 활동(탱크 기밀시험, 누출검지, 음극보호와 유출 및 넘침방지와 같은)에 대해 무상보조금을 제공한다. 상환을 요구하지 않기 때문에 연방정부는 무상보조금보다 대출이나 대출보증을 더 선호한다. 일부 주는 당사자에게 출연금 형태인 부분적 기금을 제공할 것이다. 이는 당사자가 비용의 일부를 지불하고 주가 나머지를 지불하는 형식이다.

(나) 이자보조(삭감)

이자보조(삭감)은 주정부가 대출이자 지불을 취소, 삭감, 또는 상업적 또는 개인대출 융자의 전체비율을 감소시킨다. 이자보조는 몇가지 방법으로 이루어질 수 있고 주가 지불한다.

* 소유주나 사용자에 부과된 이자율의 고정분을 보조(예- 주가 2% 이자율을 지급하고, 당사자가 대출기간에 관계없이 나머지를 지불)

*특정이자 초과분에 대한 이자지급(예- 당사자가 5%를 지불하고 주가 나머지를 지불)

*전체이자 지불액의 일정부분을 지불(예- 총이자의 25%, 당사자가 나머지 지불)

(4) 재무지불능력 증명의 예

<table>
<tr><th>지하매설탱크 소유주와
사용자 그룹</th><th>건수당 적용</th><th>총량적용</th></tr>
<tr><td>그룹1: 1,000기 이상의 탱크를
가진 석유판매자</td><td rowspan="4">1백만달러</td><td rowspan="7">100기 미만 탱크소유
1백만달러

또는

100기 이상 탱크소유
2백만달러</td></tr>
<tr><td>그룹2: 100~999기 탱크를 가진
석유판매자</td></tr>
<tr><td>그룹3:13~99기 탱크를 가진
석유판매자</td></tr>
<tr><td>그룹4-A:1~12기 탱크를 가진
석유판매자</td></tr>
<tr><td>그룹4-B: 2천만달러 미만의 순수
이익을 가지는 비판매자</td><td rowspan="3">매달 취급량이
10,000갤런미만이면 5십만달러

또는

매달 취급량이
10,000갤런이상이면
1백만달러</td></tr>
<tr><td>그룹4-C:지방정부</td></tr>
<tr><td>그룹5: 인디언 땅에
지하매설저장시설을 소유하는
인디언들</td></tr>
</table>

출처: EPA, A Summary of Federal Regulations for Underground Storage Tank Systems

별 첨 Ⅱ

- 친환경적 토양관리 기반 구축

II-1) 토양오염실태조사 개선 및 확대 추진 방안

1 토양오염도 조사

1. 토양측정망

■ **목적**

○ 전국적인 오염추세를 파악하여 토양오염예방 등 토양보전정책 수립의 기초자료로 활용

■ **운영체계**

○ 환경부에서 측정망의 운영을 총괄하며 이하 7개 지방환경관서(한강청, 낙동강청, 금강청, 영산강청, 원주청, 대구청, 전주청)에서 측정망 운영

■ **측정망 설치**

○ 전국의 토양오염 추세를 파악하기 위해 토지용도별(임야, 답, 전, 과수원, 목장용지, 잡종지, 대, 공장용지, 학교용지, 공원, 체육용지, 유원지, 도로, 철도용지, 하천부지)로 2008년 기준 1,521개 지점의 토양측정망을 설치하여 년 1회 정기적으로 조사

■ **조사기간**

○ 시료채취: 매년 3~4월(농경지), 5~6월(기타), 시료분석 : 3~12월

■ **조사항목**

○ 중 금 속(8) : Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr^{+6}, Zn, Ni

○ 일반항목(8) : PCBs, CN, 유기인, 페놀, 유류((벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠,

크실렌), TPH), 불소, TCE, PCE, 토양산도(pH)

2. 토양오염실태조사

■ 목적

○ 전 시,도지사 또는 시장·군수·구청장이 관할구역 안의 토양오염이 우려되는 지역에 대하여 토양오염실태를 조사함에 있어 통일성 및 정확성을 기하기 위함

■ 운영체계

○ 시,도보건환경연구원에서는 시·도 또는 시·군·구 담당 공무원을 대상으로 시료채취방법 등을 사전 교육이 진행되며, 필요시 시·도 또는 시·군·구 공무원과 합동으로 시료를 채취

○ 시·도 보건환경연구원에서 분석 실시

■ 조사대상지역

○ 관할 구역안의 토양오염이 우려되는 지역

- 공장 및 공업지역, 폐기물매립, 소각등지역, 금속광산지역, 사고발생, 민원유발등지역 등으로서 대상지역 종류 및 세부 선정기준은 <부록표 1>과 같다.
- 시,도지사 또는 시장,군수,구청장은 <부록표 1>의 조사대상지역 종류 이외의 지역이라도 토양오염의 가능성이 높아 오염실태파악 및 오염토양복원 등의 조치가 필요하다고 판단되는 지역에 대하여는 토양오염실태조사 대상에 포함할 수 있다.

<부록표 1> 토양오염실태조사지역 세부선정기준

오염원지역 종류	세 부 선 정 기 준
공장 및 공업지역	금속 · 전자 · 화학 · 기계 · 유류산업등의 토양오염물질배출 공장부지내 및 저장시설 설치 등 영향권지역(일반토양)
공장폐수유입지역	지하수수질검사결과 토양오염물질 기준초과지역 · 중금속 또는 유기용제류 등을 함유한 공장폐수등에 의한 영향권지역(일반토양, 농경지)
원광석 · 고철야적등 지역	금속물질(원광석, 고철, 고물등)을 야적, 하역, 상차, 도장하는 등 비산먼지 발생 및 오염물질을 유출시키는 부지내 또는 주변 등 영향권지역(일반토양, 농경지)
금속제련소지역	제련소의 배출가스, 분진 및 비산먼지등의 영향권지역(일반토양, 농경지)
폐기물 적치 · 매립 · 소각 등지역	일반폐기물 적치 · 매립 · 소각 및 자원화시설에 따른 침출수 · 배출가스등에 의한 영향권지역(비위생매립지, 일반토양, 농경지)
금속광산 지역	금속광산의 광미, 갱내수, 폐석, 폐수등의 영향권지역(일반토양, 농경지)
교통관련 시설 지역	자동차주차장, 차고지, 선박정비창, 열차정비창, 비행기 정비창, 조선소 등의 영향권지역
사고발생 · 민원유발 등 지역	토양오염 관련 사고발생 및 민원유발 등으로 인한 토양오염이 우려되는 지역(일반토양, 농경지)
기타 토지개발 등 지역	도시개발, 도로 · 철도건설, 산업입지 · 공단조성 등을 위한 개발예정 또는 공사중인 지역으로 과거에 배출 업소, 오염관련 사업장, 군부대등이 위치하던 지역, 스포츠(클레이)사격장(일반토양, 농경지)
공단주변등 주거지역	공단 및 공장밀집지역 주변으로 주민건강조사를 실시했거나 토양조사가 필요한 주거지역 또는 세탁소주변지역(일반토양, 농경지)
어린이놀이터 지역	공단 · 공업지역내 및 주변지역의 어린이놀이터(일반토양)

주) 영향권지역 : 과거에 영향을 받았거나, 현재 영향을 받고 있는 지역 또는 향후 영향을 받을 가능성이 있는 지역을 말함

■ 조사기간

○ 시료채취 및 분석 : 매년 3 ~ 10월

■ 조사항목

○ 토양환경보전법 제2조제2호 및 동법 시행규칙 별표 1의 규정에 의한 토양오염물질로써 시·도지사 또는 시장·군수·구청장이 주변 토양오염원, 토지사용이력등을 감안하여 토양오염의 가능성이 높은 토양오염물질 및 토양pH를 조사항목으로 한다.

중금속류의 경우 주된 중금속과 함께 부수적으로 검출될 수 있는 중금속을 추가로 조사한다.

유류의 경우 유종에 따라 BTEX, TPH중 해당 항목을 조사한다. 다만, 경질유와 중질유가 혼재되어 있는 경우에는 두 종목 모두 조사한다.

유기용제류의 경우 TCE, PCE를 모두 조사한다.

2 토양측정망 조사지점 현황(2009)

운영기관	고유명칭	조사지점위치(지번)	토지용도	면적(㎡)
금강청	상당공원	충청북도 청주시 상당구 수동 280-3	공원	10,000
금강청	김수녕양궁장	충청북도 청주시 상당구 수동 산4-56	체육용지	85,513
금강청	우암산	충청북도 청주시 상당구 우암동 산32-1	임야	2,640
금강청	덕성초등	충청북도 청주시 상당구 율량동 1335	학교용지	20,572
금강청	청주율량	충청북도 청주시 상당구 율량동 (현대APT)	대지	23,846
금강청	청주용암	충청북도 청주시 상당구 용암동 2064	대지	49,954
금강청	청주운동장	충청북도 청주시 흥덕구 사직동 808	체육용지	33,919
금강청	창신초등	충청북도 청주시 흥덕구 사창동 351	학교용지	24,075
금강청	무심천	충청북도 청주시 흥덕구 운천동 (운천교)	하천부지	30,322
금강청	청주신봉	충청북도 청주시 흥덕구 신봉동 58	대지	120
금강청	금성차학원	충청북도 청주시 흥덕구 산남동 218-7	잡종지	7,232
금강청	청주산남	충청북도 청주시 흥덕구 산남동 (주공APT)	대지	49,304
금강청	청주산단1	충청북도 청주시 흥덕구 송정동 85-14 (조광피혁주변)	공장용지	67,002
금강청	청주산단2	충청북도 청주시 흥덕구 송정동 140-15 (LG화학주변)	공장용지	32,645
금강청	청주 IC	충청북도 청주시 흥덕구 지동동 407-3	도로	1,460
금강청	청주원평	충청북도 청주시 흥덕구 원평동 280	답	1,560
금강청	청주역	충청북도 청주시 흥덕구 정봉동 182-1	철도용지	122,277
금강청	청원운동장	충청북도 청원군 내수읍 덕암리 산11-1	체육용지	37,447
금강청	청주국제공항	충청북도 청원군 내수읍 압상리 일원	잡종지	6,532,551
금강청	청주CC	충청북도 청원군 오창읍 화산리 일원	체육용지	1,024,878
금강청	청주농고목장	충청북도 청원군 오창읍 성산리 145-21	목장용지	190,000
금강청	오창가좌	충청북도 청원군 오창읍 가좌리 9-5	목장용지	20,000
금강청	낭성초등	충청북도 청원군 낭성면 이목리 108-1	학교용지	162,222
금강청	충북종축장	충청북도 청원군 낭성면 지산리 산75	목장용지	100,000
금강청	미원대신	충청북도 청원군 미원면 대신리 358-2	대지	1,322
금강청	가덕계산	충청북도 청원군 가덕면 계산리 222	전	4,297
금강청	실크리버CC	충청북도 청원군 남이면 산막리 일원	체육용지	1,079,649
금강청	현도산단	충청북도 청원군 현도면 죽전리 (중삼리 일원)	공장용지	711,220
금강청	청원금호	충청북도 청원군 부용면 금호리 145	답	4,112
금강청	부용산단	충청북도 청원군 부용면 금호리 일원	공장용지	565,668
금강청	옥산초등	충청북도 청원군 옥산면 오산리 223	학교용지	6,003
금강청	떼제베CC	충청북도 청원군 옥산면 환희리 일원	체육용지	1,550,882

운영기관	고유명칭	조사지점위치(지번)	토지용도	면적(㎡)
금강청	삼산초등	충청북도 보은군 보은읍 삼산리 156-3	학교용지	7,643
금강청	속리산공원	충청북도 보은군 속리산면 사내리 산3 (야영장주변)	공원	24,000
금강청	수안후평	충청북도 보은군 수한면 후평리 238-2	대지	1,000
금강청	회인초등	충청북도 보은군 회인면 중앙리 96, 91-2, 119-2	학교용지	6,449
금강청	회북눌곡	충청북도 보은군 회인면 눌곡리 3003	답	9,900
금강청	보은산단	충청북도 보은군 내북면 염둔리 일원	공장용지	4,029,144
금강청	동이농공	충청북도 옥천군 동이면 적하리 1136-17	공장용지	2,968
금강청	금강휴게소	충청북도 옥천군 동이면 조령리 800	도로	2,630
금강청	안남연주	충청북도 옥천군 안남면 연주리 460	전	2,000
금강청	안남연주	충청북도 옥천군 안남면 연주리 460	전	2,000
금강청	장계관광지	충청북도 옥천군 안내면 장계리 산7-1	유원지	60,820
금강청	옥천이원	충청북도 옥천군 이원면 건진리 189-2	답	3,362
금강청	군서동평	충청북도 옥천군 군서면 동평리 565-5	과수원	740
금강청	군북이백	충청북도 옥천군 군북면 이백리 369	대지	15,078
금강청	영동설계	충청북도 영동군 영동읍 설계리 621-1	대지	3,289
금강청	용산구촌	충청북도 영동군 용산면 구촌리 555-5	전	2,600
금강청	황간초등	충청북도 영동군 황간면 남성리 167-1	학교용지	11,981
금강청	양강괴목	충청북도 영동군 양강면 괴목리 203	과수원	2,538
금강청	괴산증평	충청북도 증평군 증평읍 증평리 1037-3	대지	37,272
금강청	도안노암	충청북도 증평군 도안면 노암리 463	임야	4,500
금강청	상산초등	충청북도 진천군 진천읍 읍내리 357-1	학교용지	21,898
금강청	진천차학원	충청북도 진천군 진천읍 장관리 135-21	잡종지	13,285
금강청	진천 IC	충청북도 진천군 진천읍 상신리 19-13	도로	1,630
금강청	덕산용몽	충청북도 진천군 덕산면 용몽리 505	과수원	9,917
금강청	진천문백	충청북도 진천군 문백면 봉죽리 311-1	답	1,579
금강청	중앙CC	충청북도 진천군 백곡면 성대리 일원	체육용지	1,236,620
금강청	천룡CC	충청북도 진천군 이월면 신계리 일원	체육용지	1,153,107
금강청	만승죽현	충청북도 진천군 광혜원면 죽현리 산55-13	임야	109,744
금강청	광혜원	충청북도 진천군 광혜원면 광혜원리 373	대지	14,000
원주청	교현초교충주	충청북도 충주시 교현동 339-1	학교용지	27,848
원주청	충주교현	충청북도 충주시 교현동 1087	대지	12,362
원주청	충주사과	충청북도 충주시 호암동 719-1, 2	과수원	1,137
원주청	탄금대공원	충청북도 충주시 칠금동 산1-1	공원	302,300
원주청	충주공단	충청북도 충주시 용탄동 1134	공장용지	32,862

운영기관	고유명칭	조사지점위치(지번)	토지용도	면적(㎡)
원주청	동명초교제천	충청북도 제천시 명동 68	학교용지	17,570
원주청	중앙제천	충청북도 제천시 영천동 251-38	철도용지	28,760
원주청	제천청전	충청북도 제천시 청전동 48-4	대지	9,638
원주청	제천한수	충청북도 제천시 한수면 송계리 70	임야	39,607
원주청	제천아세아	충청북도 제천시 송학면 장곡리 471	답	1,762
원주청	제천아세아	충청북도 제천시 송학면 장곡리 612	잡종지	4,957
원주청	제천아세아	충청북도 제천시 송학면 장곡리 산47-2	임야	67,236
원주청	제천아세아	충청북도 제천시 송학면 입석리 511-5	전	4,634
원주청	제천아세아	충청북도 제천시 송학면 입석리 563	전	8,877
원주청	제천아세아	충청북도 제천시 송학면 입석리 609-2	학교용지	14,047
원주청	제천아세아	충청북도 제천시 송학면 시곡리 124-2	철도용지	31
원주청	괴산농공	충청북도 괴산군 괴산읍 동부리 58-14	공장용지	19,919
원주청	괴산서부	충청북도 괴산군 괴산읍 서부리 277-5	대지	4,828
원주청	명덕초교괴산	충청북도 괴산군 괴산읍 서부리 335	학교용지	15,458
원주청	사리농공	충청북도 괴산군 사리면 방축리 631-1	공장용지	9,817
원주청	괴산신흥	충청북도 괴산군 불정면 신흥리 321	전	4,298
원주청	음성초교음성	충청북도 음성군 음성읍 읍내리 209	학교용지	29,448
원주청	음성읍내	충청북도 음성군 음성읍 읍내리 805	대지	22,141
원주청	금왕산업	충청북도 음성군 금왕읍 오선리 131	공장용지	43,079
원주청	대소공단	충청북도 음성군 대소면 대풍리 257, 259-1, 2	공장용지	110,474
원주청	단양성신	충청북도 단양군 단양읍 현천리 292-1	답	706
원주청	단양성신	충청북도 단양군 단양읍 현천리 산2-1	하천부지	321,804
원주청	단양성신	충청북도 단양군 단양읍 현천리 산32	임야	14,161
원주청	중앙단양	충청북도 단양군 단양읍 증도리 산1	철도용지	56,200
원주청	단양성신	충청북도 단양군 단양읍 별곡리 106-1	대지	13,822
원주청	단양성신	충청북도 단양군 단양읍 별곡리 300	대지	13,748
원주청	단양성신	충청북도 단양군 단양읍 도전리 324	학교용지	20,716
원주청	단양상진	충청북도 단양군 단양읍 상진리 978	대지	14,614
원주청	단양성신	충청북도 단양군 매포읍 하괴리 83-3	유원지	18,587
원주청	매포초교단양	충청북도 단양군 매포읍 평동리 271	학교용지	13,482
원주청	단양영천	충청북도 단양군 매포읍 영천리 253	전	2,310
원주청	대강농공	충청북도 단양군 대강면 두음리 233	공장용지	6,627

자료: 토양지하수정보시스템(http://sgis.nier.go.kr/)

3 토양오염실태조사지점 현황(2009)

조사지역종류	주소	토지용도
원광석고철야적지역	충청북도 청주시 상당구 사천동 174-14	과수원
금속광산주변지역	충청북도 청주시 상당구 용정동 2-1	전
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 청주시 상당구 용정동 461-1	답
교통관련시설지역	충청북도 청주시 상당구 외남동 248-3	철도용지
사고민원유발지역	충청북도 청주시 흥덕구 죽림동 224	잡종지
공장 및 공업지역	충청북도 청주시 흥덕구 복대동 92	공장용지
어린이놀이터지역	충청북도 청주시 흥덕구 봉명동 353-5	대
공장 및 공업지역	충청북도 청주시 흥덕구 송정동 85-14	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 청주시 흥덕구 송정동 140-34	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 청주시 흥덕구 송정동 140-40	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 청주시 흥덕구 송정동 150-23	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 청주시 흥덕구 송정동 산 8-4	임야
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 청주시 흥덕구 신대동 631	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 청주시 흥덕구 원평동 90-1,2	답
공장 및 공업지역	충청북도 청주시 흥덕구 비하동 321-2	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 충주시 풍동 568-2	공장용지
교통관련시설지역	충청북도 충주시 봉방동 178-3	대
공장 및 공업지역	충청북도 충주시 목행동 240-18	공장용지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 충주시 목행동 269-1	대
공장 및 공업지역	충청북도 충주시 용탄동 168-3	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 충주시 용탄동 620-25	공장용지
금속광산주변지역	충청북도 충주시 용탄동 753	공장용지
원광석고철야적지역	충청북도 충주시 주덕읍 대곡리 103-3	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 충주시 주덕읍 삼청리 248-64	공장용지
어린이놀이터지역	충청북도 충주시 주덕읍 신중리 72	학교용지
교통관련시설지역	충청북도 충주시 살미면 신당리 136	유지
공장 및 공업지역	충청북도 충주시 가금면 가흥리 24-6	공장용지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 충주시 동량면 조동리 1641	답
원광석고철야적지역	충청북도 충주시 엄정면 신만리 191-7-9	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 제천시 영천동 183-1	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 제천시 고암동 145-12	공장용지

조사지역종류	주소	토지용도
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 제천시 고암동 188	잡종지
기타토지개발 등 지역	충청북도 제천시 고암동 산 139	공원
교통관련시설지역	충청북도 제천시 장락동 330	대
공장 및 공업지역	충청북도 제천시 강제동 248-3	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 제천시 왕암동 제천지방산업단지 3-1 블록	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 제천시 봉양읍 주포리 1-20	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 제천시 금성면 양화리 234-5	공장용지
사고민원유발지역	충청북도 제천시 수산면 수산리 609	학교용지
금속광산주변지역	충청북도 제천시 백운면 덕동리 257	답
공장 및 공업지역	충청북도 제천시 송학면 입석리 289	잡종지
공장 및 공업지역	충청북도 제천시 송학면 시곡리 518	공장용지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 청원군 내수읍 풍정리 131	답
기타토지개발 등 지역	충청북도 청원군 내수읍 형동리 산 51-1	임야
어린이놀이터지역	충청북도 청원군 오창읍 구룡리 399-2	공원
공장 및 공업지역	충청북도 청원군 현도면 죽전리 423-1	답
공장폐수유입지역	충청북도 청원군 현도면 시목리 574-2	답
금속광산주변지역	충청북도 청원군 현도면 죽암리 280	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 청원군 부용면 부강리 667-1	답
공장 및 공업지역	충청북도 청원군 부용면 부강리 825-3	전
공장폐수유입지역	충청북도 청원군 부용면 금호리 704-1	답
공장폐수유입지역	충청북도 청원군 강내면 태성리 260	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 청원군 옥산면 환희리 214-2	전
공장폐수유입지역	충청북도 청원군 옥산면 호죽리 708-3	답
공장폐수유입지역	충청북도 청원군 옥산면 남촌리 968	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 청원군 옥산면 남촌리 1110-2	공원
원광석고철야적지역	충청북도 청원군 옥산면 국사리 179	전
공장폐수유입지역	충청북도 청원군 오창면 성재리 405-9	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 청원군 북이면 장양리 118	전
공장 및 공업지역	충청북도 보은군 보은읍 금굴리 364-2	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 보은군 보은읍 용암리 375	전
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 보은군 내속리면 갈목리 77-1	전

조사지역종류	주소	토지용도
공장 및 공업지역	충청북도 보은군 외속리면 구인리 88	답
기타토지개발 등 지역	충청북도 보은군 장안면 장내리 334	답
금속광산주변지역	충청북도 보은군 마로면 원정리 394	답
공장 및 공업지역	충청북도 보은군 삼승면 우진리 318-5	답
공장 및 공업지역	충청북도 보은군 삼승면 우진리 350	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 보은군 수한면 교암리 산 18-1	답
금속광산주변지역	충청북도 보은군 회남면 판장리 108	답
공장 및 공업지역	충청북도 보은군 내북면 화전리 353-2	임야
금속제련소주변지역	충청북도 보은군 산외면 아시리 171	답
공장 및 공업지역	충청북도 옥천군 옥천읍 매화리 212-16	답
공장 및 공업지역	충청북도 옥천군 옥천읍 구일리 26-1	답
공장 및 공업지역	충청북도 옥천군 동이면 적하리 736-1	답
금속광산주변지역	충청북도 옥천군 청성면 거포리 684	잡종지
금속광산주변지역	충청북도 옥천군 청성면 거포리 915	답
금속광산주변지역	충청북도 옥천군 청성면 거포리 920	답
사고민원유발지역	충청북도 옥천군 청산면 인정리 904	답
공장 및 공업지역	충청북도 옥천군 청산면 판수리 484	답
사고민원유발지역	충청북도 옥천군 이원면 건진리 107	대
금속제련소주변지역	충청북도 옥천군 이원면 건진리 248-13	과수원
어린이놀이터지역	충청북도 옥천군 군서면 동평리 491-3	학교용지
금속제련소주변지역	충청북도 옥천군 군서면 금산리 373-2	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 옥천군 군북면 추소리 67	잡종지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 영동군 영동읍 설계리 389-1	답
공단주변등주거지역	충청북도 영동군 영동읍 설계리 614	전
어린이놀이터지역	충청북도 영동군 영동읍 설계리 744	종교용지
공장 및 공업지역	충청북도 영동군 영동읍 설계리 825-1	답
금속광산주변지역	충청북도 영동군 영동읍 가리 55	답
공장 및 공업지역	충청북도 영동군 용산면 미전리 341	답
공장 및 공업지역	충청북도 영동군 용산면 매금리 41-4	답
기타토지개발 등 지역	충청북도 영동군 용산면 매금리 758-2	답
공장 및 공업지역	충청북도 영동군 용산면 백자전리 136	답

조사지역종류	주소	토지용도
사고민원유발지역	충청북도 영동군 황간면 마산리 산 27-1,28	임야
금속광산주변지역	충청북도 영동군 황간면 용암리 66-1	답
기타토지개발 등 지역	충청북도 영동군 황간면 회포리 56-1	전
금속광산주변지역	충청북도 영동군 매곡면 옥전리 716	답
금속광산주변지역	충청북도 영동군 상촌면 고자리 351-1	답
금속광산주변지역	충청북도 영동군 상촌면 물한리 937	임야
공장 및 공업지역	충청북도 영동군 양강면 남전리 536-1	공장용지
사고민원유발지역	충청북도 영동군 학산면 아암리 산 7-13	임야
어린이놀이터지역	충청북도 영동군 양산면 송호리 280	임야
공장 및 공업지역	충청북도 증평군 증평읍 미암리 465	전
공장 및 공업지역	충청북도 증평군 증평읍 미암리 706	답
공장 및 공업지역	충청북도 증평군 증평읍 용강리 986	답
공장 및 공업지역	충청북도 증평군 증평읍 덕상리 789	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 증평군 도안면 광덕리 125	전
공장 및 공업지역	충청북도 증평군 도안면 광덕리 424	답
공장폐수유입지역	충청북도 증평군 도안면 광덕리 499-1	답
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 진천읍 신정리 356-2	전
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 덕산면 한천리 26-3	전
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 초평면 용정리 363	전
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 진천군 초평면 오갑리 492-2	답
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 문백면 사양리 763-2	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 진천군 문백면 봉죽리 산 14-1	임야
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 진천군 이월면 노원리 731-2	답
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 이월면 노원리 757-2	답
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 이월면 노원리 1136	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 이월면 노원리 1158	공장용지
기타토지개발 등 지역	충청북도 진천군 이월면 신계리 산 81-1	임야
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 광혜원면 회죽리 산 80	임야
공장 및 공업지역	충청북도 진천군 광혜원면 광혜원리 390	공원
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 진천군 광혜원면 광혜원리 648	답
공장 및 공업지역	충청북도 괴산군 괴산읍 동부리 58-14	공장용지

조사지역종류	주소	토지용도
교통관련시설지역	충청북도 괴산군 괴산읍 동부리 181	대
어린이놀이터지역	충청북도 괴산군 괴산읍 서부리 335	학교용지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 괴산군 괴산읍 능촌리 464	잡종지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 괴산군 괴산읍 능촌리 465	잡종지
기타토지개발 등 지역	충청북도 괴산군 감물면 매전리 673-1	과수원
금속광산주변지역	충청북도 괴산군 장연면 오가리 34	임야
금속광산주변지역	충청북도 괴산군 장연면 오가리 35	답
금속광산주변지역	충청북도 괴산군 장연면 오가리 40	답
금속광산주변지역	충청북도 괴산군 장연면 오가리 334-1	답
금속광산주변지역	충청북도 괴산군 연풍면 행촌리 산 15-1	임야
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 괴산군 칠성면 율원리 465-1	답
공장폐수유입지역	충청북도 괴산군 사리면 방축리 183-1	답
공장 및 공업지역	충청북도 괴산군 사리면 방축리 613	공장용지
어린이놀이터지역	충청북도 괴산군 사리면 방축리 953-1	잡종지
금속광산주변지역	충청북도 괴산군 사리면 수암리 산 82	임야
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 음성읍 평곡리 484-1	답
교통관련시설지역	충청북도 음성군 음성읍 사정리 974	전
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 금왕읍 내송리(금왕산업단지 내)	공장용지
금속광산주변지역	충청북도 음성군 금왕읍 봉곡리 576	답
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 금왕읍 사창리 307	답
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 금왕읍 내송리 189	답
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 소이면 대장리 485	전
기타토지개발 등 지역	충청북도 음성군 소이면 충도리 산 16	임야
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 맹동면 쌍정리 320	전
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 음성군 맹동면 통동리 산 20	임야
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 대소면 부윤리 32	답
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 대소면 대풍리 24	답
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 대소면 대풍리 400-1	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 삼성면 상곡리 20	답
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 삼성면 상곡리 303	답
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 삼성면 용대리 74-2	전

조사지역종류	주소	토지용도
공장 및 공업지역	충청북도 음성군 감곡면 상우리 548-9	답
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 음성군 감곡면 단평리 171-1	공장용지
공장 및 공업지역	충청북도 단양군 매포읍 매포리 270	공장용지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 단양군 매포읍 어의곡리 9	잡종지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 단양군 매포읍 어의곡리 9	잡종지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 단양군 매포읍 어의곡리 9	잡종지
폐기물적치매립소각 등 지역	충청북도 단양군 매포읍 어의곡리 9	잡종지
원광석고철야적지역	충청북도 단양군 매포읍 어의곡리 194-6	전
어린이놀이터지역	충청북도 단양군 매포읍 평동리 16	대
사고민원유발지역	충청북도 단양군 매포읍 하시리 211-5	답
공장 및 공업지역	충청북도 단양군 매포읍 가평리 263	공장용지
공단주변등주거지역	충청북도 단양군 대강면 당동리 155-15	답
공장 및 공업지역	충청북도 단양군 대강면 두음리 544-4	답
금속광산주변지역	충청북도 단양군 가곡면 사평리 43	답
공장 및 공업지역	충청북도 단양군 적성면 각기리 108	전
금속광산주변지역	충청북도 단양군 적성면 상원곡리 70	답
금속광산주변지역	충청북도 단양군 적성면 상원곡리 76	답
금속광산주변지역	충청북도 단양군 적성면 상원곡리 168	전
금속광산주변지역	충청북도 단양군 적성면 상원곡리 204	답
금속광산주변지역	충청북도 단양군 적성면 상원곡리 210	답

자료: 토양지하수정보시스템(http://sgis.nier.go.kr/)

Ⅱ-2) 도내 표토보전 및 유실방지체계 도입 방안

1 충북 시 · 군별 토지이용에 따른 토양유실량

1. 토양유실량 산출

충북지역의 시 · 군별 토양유실량을 추정하기 위하여 사용한 토양유실예측공식 USLE (Wischmeier and Smith, 1965, 1978), RULSE (Renard et al., 1997)은 다음과 같다.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

A : 연평균 예측 토양유실량 (MT ha^{-1} yr^{-1})
R : 강우인자 (Rainfall and runoff erosivity factor, MJ mm ha^{-1} yr^{-1} hr^{-1})
K : 토양침식성 인자 (Soil erodibility factor, MT hr MJ^{-1} mm^{-1})
LS : 경사인자 (Slope length and steepness factor, dimensionless)
C : 식생피복인자 (Cover-management factor, dimensionless)
P : 보전관리인자 (Support practice factor, dimensionless)

○ 강우인자(R)는 강우에 의한 토양유실에 기여도를 나타내는 인자로서 토양유실예측모델 인자 중 가장 큰 값을 가지며, 강우사상별로 강우량과 강우강도에 따라 결정된다. 1회 강우는 '강우 간 시간이 6시간 이내의 범위에서 그 강우량의 합이 12.7mm일 때' 혹은 '그 합이 12.7mm 이하일 때는 15분 이내의 강우가 6.35mm 이상일 때'로 정의한다. 본 연구에서는 정 등(1983)과 박 등(2000)의 자료를 거리 역산 자승 가중치법을 적용하여 1km 단위로 계산한 정 등(2004)의 시 · 군별 강우인자를 이용하였다.

$$R=(\sum EI_{30})/N$$

N : 측정기간 (년)

I_{30} : 30분 최대 강우강도 ($mm\ hr^{-1}$)

$$E=\sum(ei \times P)$$

P : 강우량 (mm)

$ei=0.119+0.0873\ \log I$ ($MJ\ ha^{-1}\ mm^{-1}$)

I : 강우강도 ($mm\ hr^{-1}$)

○ 토양침식성인자(K)는 토성, 유기물 함량, 토양구조, 토양층위 등의 토양특성에 따른 토양유실량의 차이를 반영하는데 본 연구에서는 자갈이 많은 우리나라 토양특성을 고려하여 이를 보정하였으며, 식은 다음과 같다(Box, 1981).

$$K=[\{2.1\times10^{-4}(12-OM)M^{1.14}+3.25(S-2)+2.5(P-3)\}/100]$$

OM : 유기물 함량 (%)

S : 토양구조부호 (1~4)

P : 토층투수부호값 (1~6)

M : 입자특성, M=(미사함량%+극세사함량%)×(100-점토함량%)

$$Kg=K\times[1.0977\times10^{-0.0111x}]$$

Kg : 자갈의 피복효과를 고려한 토양침식성인자

○ 경사인자(LS)는 경사도 9%, 경사장 22.1m 인 포장을 기준으로 경사도와 경사장에 따라 결정되는데 본 연구에서는 수치지형모델(DEM)을 이용하여 토양상별 경사등급의 중간값으로 경사각을 적용하고 토지이용 및 경사에 따라 경사장을 구하여 산출하였다. 식은 다음과 같다.

$$L=(\lambda/22.1)^{m}$$
$$m=\beta/(1+\beta)$$
$$\beta=(\sin\Theta/0.0896)/[3.0(\sin\Theta)^{0.8}+0.56]$$
Θ : 경사각

$S=10.8\sin\Theta+0.03$ (경사도 <9%),

$S=16.8\sin\Theta-0.50$ (경사도 $\geq$9%)

○ 식생피복인자(C)는 환경부의 토지피복분류도를 이용하여 토지이용 형태별로 값을 적용하였다.

○ 보전관리인자(P)는 임지, 초지, 과수원은 1, 계단전 논은 0.1, 등고선 재배 밭은 0.5를 적용하였다.

2. 충북지역 시·군별 토지이용에 따른 토양유실량11)

<부록표 1> 충북지역전체 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야/초지	도심/대지	기타	
매우적음	0~2	228.11	835.24	47.01	2941.15	288.10	300.75	4640.35
적음	2~6	54.92	7.91	29.01	1777.92	10.68	11.63	1892.08
약간적음	6~11	51.04	6.24	7.44	199.65	6.99	5.35	276.71
보통	11~22	88.58	0.00	3.00	31.95	9.41	4.92	137.86
약간심함	22~33	69.78	0.00	0.68	15.65	5.86	3.29	95.25
심함	33~50	77.46	0.00	0.40	19.84	5.43	3.91	107.04
매우심함	>50	178.78	0.00	0.69	60.01	17.78	38.09	295.36
면적 소계 (㎢)		748.67	849.38	88.22	5046.17	344.26	367.94	7444.65
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		31.96	0.59	4.00	4.00	8.56	20.82	0.75
유실량 ($\times10^3$ MT/yr)		2392.73	49.73	35.25	2016.90	294.77	766.20	5555.58

11) 농촌진흥청 국립농업과학원, 시험연구사업보고서, 2008

<부록표 2> 청주시 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	
매우적음	0~2	7.93	33.21	0.35	33.24	41.17	9.32	125.22
적음	2~6	0.68	0.34	0.06	8.42	0.68	0.34	10.52
약간적음	6~11	1.35	0.45	0.01	0.79	0.70	0.28	3.57
보통	11~22	1.99	0.00	0.03	0.53	0.79	0.29	3.64
약간심함	22~33	1.29	0.00	0.02	0.37	0.37	0.15	2.20
심함	33~50	1.09	0.00	0.02	0.40	0.42	0.19	2.13
매우심함	>50	1.29	0.00	0.05	0.93	2.62	0.90	5.80
면적 소계 (㎢)		15.63	34.01	0.53	44.69	46.75	11.47	153.09
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		12.40	0.66	12.28	4.36	9.52	11.91	0.65
유실량 (x10^3 MT/yr)		19.38	2.23	0.66	19.49	44.51	13.67	99.93

<부록표 3> 충주시 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	
매우적음	0~2	15.57	105.18	12.33	341.32	42.19	58.68	575.26
적음	2~6	5.85	1.44	9.54	250.45	0.71	1.76	269.76
약간적음	6~11	8.64	0.89	2.47	33.50	0.38	0.88	46.77
보통	11~22	16.47	0.00	1.13	3.62	0.62	0.64	22.49
약간심함	22~33	12.26	0.00	0.27	0.99	0.37	0.43	14.32
심함	33~50	13.50	0.00	0.22	1.15	0.31	0.53	15.71
매우심함	>50	29.75	0.00	0.29	3.50	0.99	7.11	41.64
면적 소계 (㎢)		102.04	107.51	26.25	634.53	45.58	70.03	985.95
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		39.81	0.61	4.67	3.46	3.87	19.60	0.81
유실량 (x10^3 MT/yr)		406.25	6.54	12.27	219.79	17.64	137.24	799.72

<부록표 4> 제천시 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢) 밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	계
매우적음	0~2	16.02	65.17	2.44	416.69	24.77	38.36	563.44
적음	2~6	5.11	0.49	3.13	218.56	0.50	1.67	229.47
약간적음	6~11	4.24	0.10	0.70	12.57	0.15	0.63	18.38
보통	11~22	7.98	0.00	0.12	1.30	0.26	0.23	9.88
약간심함	22~33	7.20	0.00	0.02	0.71	0.17	0.10	8.20
심함	33~50	9.48	0.00	0.01	1.24	0.16	0.26	11.15
매우심함	>50	30.23	0.00	0.02	4.72	0.48	5.58	41.02
면적 소계 (㎢)		80.27	65.76	6.42	655.79	26.48	46.83	881.55
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		49.63	0.53	3.83	3.14	3.28	25.08	0.84
유실량 (x10^3 MT/yr)		398.33	3.51	2.46	205.89	8.68	117.45	736.32

<부록표 5> 청원군 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢) 밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	계
매우적음	0~2	31.96	156.17	1.41	273.85	45.32	47.48	556.18
적음	2~6	4.45	1.75	0.32	140.18	1.81	1.46	149.98
약간적음	6~11	5.38	2.08	0.05	12.34	1.79	1.03	22.67
보통	11~22	11.03	0.00	0.07	4.36	2.29	1.40	19.14
약간심함	22~33	8.49	0.00	0.06	3.21	1.34	0.88	13.98
심함	33~50	8.71	0.00	0.07	4.17	1.32	0.91	15.18
매우심함	>50	15.86	0.00	0.15	10.69	5.40	3.83	35.93
면적 소계 (㎢)		85.88	159.99	2.13	448.79	59.27	56.99	813.06
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		24.68	0.64	9.81	5.34	14.98	11.73	0.76
유실량 (x10^3 MT/yr)		211.93	10.28	2.09	239.59	88.79	66.85	619.54

<부록표 6> 보은군 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	
매우적음	0~2	8.51	77.27	1.97	242.70	14.06	20.27	364.78
적음	2~6	4.59	1.54	0.79	144.09	0.33	0.78	152.12
약간적음	6~11	4.48	0.50	0.13	12.12	0.17	0.30	17.71
보통	11~22	8.19	0.00	0.09	1.90	0.25	0.20	10.62
약간심함	22~33	6.45	0.00	0.05	1.16	0.19	0.16	8.01
심함	33~50	7.04	0.00	0.05	1.46	0.17	0.29	9.01
매우심함	>50	14.65	0.00	0.06	4.82	0.35	1.50	21.39
면적 소계 (㎢)		53.91	79.30	3.13	408.25	15.52	23.52	583.64
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		35.35	0.62	4.80	3.74	3.53	10.03	0.65
유실량 ($x10^3$ MT/yr)		190.60	4.90	1.50	152.79	5.48	23.60	378.87

<부록표 7> 옥천군 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	
매우적음	0~2	19.82	53.29	5.05	233.26	17.52	30.33	359.26
적음	2~6	5.40	1.19	2.03	114.52	0.68	0.66	124.48
약간적음	6~11	3.16	0.40	0.46	14.10	0.28	0.29	18.69
보통	11~22	4.45	0.00	0.21	2.22	0.27	0.16	7.31
약간심함	22~33	3.68	0.00	0.08	1.00	0.20	0.17	5.13
심함	33~50	4.55	0.00	0.09	1.50	0.21	0.19	6.54
매우심함	>50	12.22	0.00	0.19	5.34	0.61	1.08	19.44
면적 소계 (㎢)		53.28	54.89	8.09	371.94	19.79	32.87	540.85
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		29.69	0.63	5.07	3.98	5.15	6.32	0.64
유실량 ($x10^3$ MT/yr)		158.18	3.47	4.10	148.01	10.19	20.76	344.72

<부록표 8> 영동군 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	
매우적음	0~2	17.21	58.13	17.75	415.81	19.05	18.22	546.16
적음	2~6	5.93	0.55	6.47	229.62	0.82	0.65	244.04
약간적음	6~11	5.29	0.24	1.44	17.54	0.33	0.24	25.08
보통	11~22	7.52	0.00	0.41	1.56	0.35	0.21	10.06
약간심함	22~33	5.28	0.00	0.05	0.65	0.19	0.16	6.34
심함	33~50	5.51	0.00	0.02	0.68	0.16	0.27	6.64
매우심함	>50	10.10	0.00	0.01	1.65	0.32	1.75	13.83
면적 소계 (㎢)		56.84	58.92	26.15	667.50	21.23	21.51	852.14
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		23.29	0.55	2.25	2.56	2.76	14.64	0.41
유실량 ($x10^3$ MT/yr)		132.37	3.25	5.88	170.83	5.86	31.49	349.68

<부록표 9> 진천군 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	
매우적음	0~2	17.33	77.31	0.83	163.39	21.48	19.85	300.19
적음	2~6	2.24	1.34	0.26	62.39	0.97	0.89	68.10
약간적음	6~11	2.62	1.14	0.04	4.60	0.71	0.33	9.45
보통	11~22	5.21	0.00	0.09	1.32	1.13	0.48	8.24
약간심함	22~33	4.12	0.00	0.05	0.88	0.75	0.33	6.14
심함	33~50	3.37	0.00	0.03	1.04	0.60	0.28	5.31
매우심함	>50	4.55	0.00	0.03	2.29	1.35	1.01	9.23
면적 소계 (㎢)		39.45	79.79	1.33	235.92	27.01	23.17	406.66
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		15.96	0.68	5.20	3.17	8.62	8.14	0.46
유실량 ($x10^3$ MT/yr)		62.95	5.41	0.69	74.73	23.27	18.87	185.91

<부록표 10> 괴산군 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야/초지	도심/대지	기타	
매우적음	0~2	17.64	70.30	1.43	338.56	16.48	18.45	462.86
적음	2~6	7.69	0.76	1.41	239.85	0.53	1.23	251.46
약간적음	6~11	7.19	0.40	0.71	43.44	0.27	0.52	52.52
보통	11~22	12.07	0.00	0.44	4.47	0.40	0.35	17.73
약간심함	22~33	9.15	0.00	0.12	0.58	0.27	0.23	10.34
심함	33~50	10.85	0.00	0.05	0.77	0.27	0.23	12.17
매우심함	>50	27.71	0.00	0.02	2.62	0.50	2.99	33.84
면적 소계 (㎢)		92.30	71.46	4.18	630.28	18.71	23.99	840.92
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		40.77	0.57	5.30	3.32	4.11	26.62	0.79
유실량 ($x10^3$ MT/yr)		376.31	4.10	2.22	209.15	7.70	63.86	663.33

<부록표 11> 음성군 토지이용별 토양유실량

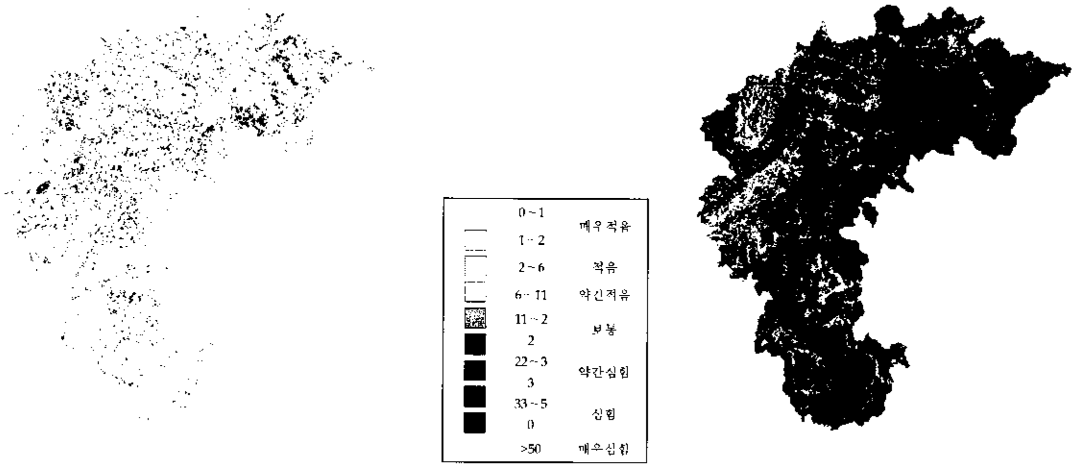
토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢)						계
		밭	논	과수	임야/초지	도심/대지	기타	
매우적음	0~2	34.30	93.16	3.75	165.48	31.09	18.69	346.48
적음	2~6	6.07	1.51	2.43	82.18	1.09	1.65	94.93
약간적음	6~11	7.65	1.04	0.45	5.21	0.97	0.58	15.91
보통	11~22	12.55	0.00	0.14	2.06	1.29	0.66	16.70
약간심함	22~33	9.48	0.00	0.06	1.68	0.87	0.56	12.64
심함	33~50	9.10	0.00	0.04	1.96	0.77	0.51	12.37
매우심함	>50	13.38	0.00	0.11	5.32	2.63	2.16	23.60
면적 소계 (㎢)		92.53	95.71	6.97	263.90	38.71	24.82	522.64
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		19.77	0.65	5.29	5.03	12.10	16.05	0.79
유실량 ($x10^3$ MT/yr)		182.94	6.18	3.69	132.64	46.82	39.82	412.09

<부록표 12> 단양군 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢) 밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	계
매우적음	0~2	11.89	21.52	0.82	316.28	15.76	15.28	381.53
적음	2~6	3.93	0.31	1.05	277.16	0.65	0.39	283.49
약간적음	6~11	2.62	0.06	0.49	38.36	0.20	0.20	41.92
보통	11~22	5.65	0.00	0.27	3.83	0.28	0.12	10.16
약간심함	22~33	6.07	0.00	0.06	0.79	0.21	0.13	7.26
심함	33~50	8.78	0.00	0.03	1.30	0.24	0.22	10.57
매우심함	>50	28.97	0.00	0.09	6.04	0.75	11.32	47.18
면적 소계 (㎢)		67.91	21.88	2.80	643.75	18.10	27.66	782.11
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		56.81	0.58	8.85	4.20	6.53	93.03	1.19
유실량 (x10^3 MT/yr)		385.83	1.26	2.48	270.56	11.83	257.37	929.32

<부록표 13> 증평군 토지이용별 토양유실량

토양침식 등급	토양유실량 (MT/ha/yr)	토지이용(㎢) 밭	논	과수	임야 /초지	도심 /대지	기타	계
매우적음	0~2	2.63	19.31	0.25	19.61	5.63	3.85	51.28
적음	2~6	0.69	0.42	0.09	16.26	0.19	0.25	17.89
약간적음	6~11	0.70	0.43	0.02	2.55	0.23	0.18	4.11
보통	11~22	0.97	0.00	0.03	0.54	0.35	0.20	2.10
약간심함	22~33	0.88	0.00	0.01	0.35	0.13	0.09	1.46
심함	33~50	0.86	0.00	0.01	0.39	0.12	0.10	1.49
매우심함	>50	1.78	0.00	0.01	0.99	0.56	0.38	3.72
면적 소계 (㎢)		8.52	20.16	0.41	40.69	7.22	5.05	82.04
면적당평균유실량 (MT/ha/yr)		27.52	0.74	5.43	5.50	11.25	11.86	0.75
유실량 (x10^3 MT/yr)		23.44	1.50	0.22	22.37	8.12	5.98	61.64



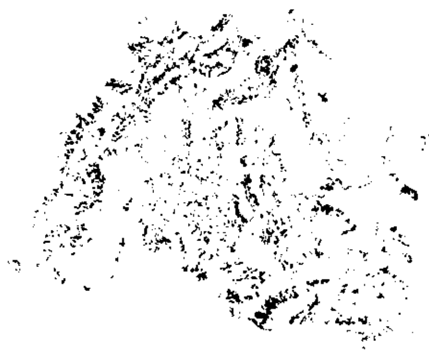
〈부록그림 1〉 충북지역 토양침식도와 토지피복분류도

〈부록그림 2〉 청주시 토양침식도

〈부록그림 3〉 충주시 토양침식도

〈부록그림 4〉 제천시 토양침식도

〈부록그림 5〉 청원군 토양침식도



<부록그림 6> 보은군 토양침식도

<부록그림 7> 옥천군 토양침식도

<부록그림 8> 영동군 토양침식도

<부록그림 9> 진천군 토양침식도

<부록그림 10> 괴산군 토양침식도

<부록그림 11> 음성군 토양침식도