



# 환경오염 개요 및 조사

서울대학교 공과대학  
지구환경시스템공학부

남 경 필





## 목 차

1. 토목, 건설분야에서의 환경공학
2. 토양환경보전법 개요
3. 토양환경보전법 개정방향
4. 토양환경평가제도
5. 지하수법 개요
6. 토양/지하수 오염사례 및 현황
7. 오염지역 조사방법



# 1. 토목, 건설분야에서의 환경공학 (1)

## ☞ 우리나라 건설환경의 문제점

### 1) 건설로 인한 자연환경교란 현황

- ① 농경지 및 산지 전용: 264 km<sup>2</sup>/연
- ② 녹지축 단절: 8만5천70 km/연
- ③ 골재 채취: 1억5천9백만톤/연
- ④ 건설폐기물 발생: 1천7백40만톤/연
- ⑤ 이산화탄소 발생: 전체의 35~50% (미국) - 자재생산 및 시공과정 15%  
건축물 유지관리 35%

### 2) 건설사업과 환경성의 부조화

- ① SOC사업 시 환경단체와의 갈등 (자연생태보존)
- ② 주택건설현장에서 인근 주민과의 갈등 (소음, 진동, 비산먼지)
- ③ 건설폐기물 처리 (매립, 재활용 등)

### 3) 연구 및 기술개발투자 미비

- ① 환경기초시설의 친환경성 확보에 치중
- ② 자연환경보전 및 복원기술 쾌적환경조성기술 등 개발 미비
- ③ 자원 및 에너지절약기술 개발 미비

# 1. 토목, 건설분야에서의 환경공학 (2)

## ☐ 우리나라 건설환경의 문제점

### 4) 외부로부터의 감시 및 규제 강화

: 각종 환경단체, 주민, 환경부 등

- ☞ 대형 국책사업 사전환경성검토 실시 의무화
- ☞ 『환경친화적 도로건설 지침』 발표
- ☞ 수질환경보전법 개정안 (2005년 2월 시행 예정)

#### ▶ 강우유출수 관리 강화

- 비점오염원관리 종합대책
- 공사장, 사업장, 임야, 농지 등의 토사, 기름류, 각종 독성물질이 강우 시 한꺼번에 유출되어 하천과 호소로 유입되는 것을 방지
- 수질오염방지 및 하천생태계 보호



강우유출수 과다발생 사업장은 저류지와 같은 오염방지시설 설치를 의무화함

# 1. 토목, 건설분야에서의 환경공학 (3)



## [2003 건설의 날] “인간·환경·건설을 하나로”

### ☞ 건설환경기본계획 (건교부, 2001. 11)

#### 1) 건설환경 기본계획 3대 목표 달성

- 인간과 자연의 공동체 구축
- 삶의 질 향상을 위한 미래형 건설환경창조 및 계승
- 자원순환형 국토관리체계 구축

#### 2) 『환경친화적 건설』 실현

- 건설사업의 환경성 강화
- 건설환경관리의 선진화
- 건설환경기술개발 및 관련산업의 육성
- 건설환경연구개발의 인프라 확충



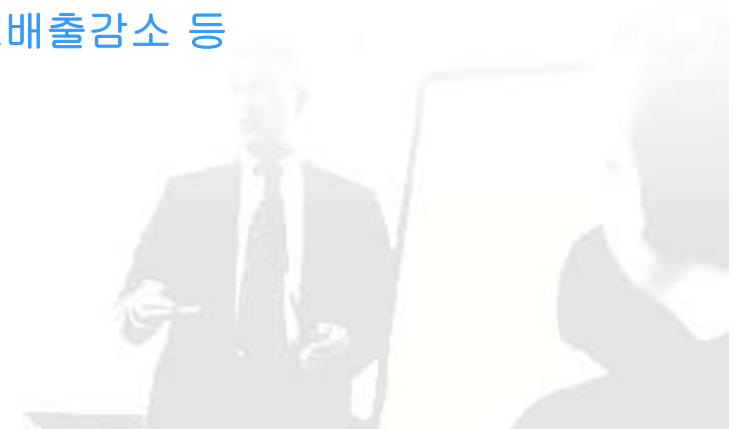
# 1. 토목, 건설분야에서의 환경공학 (4)



## ☞ 건설환경기본계획 (건교부, 2001. 11)

### 3) 개발대상기술

- 자연환경보전 및 복원기술: 생태복원 (자연형하천), 오염토양/지하수정화 등
- 쾌적환경조성기술: 생태공원, 바이오톱 조성 등
- 건설현장 환경성 모니터링기술: 소음/진동, 비산먼지, 기타 비점오염원 점검, 관리
- 건설사업 유형별 환경성평가기술: 도로, 항만, 댐 공사 등의 특수성 반영
- 건설폐기물재활용기술: 재생골재 성능 향상 등
- 친환경자재생산, 친환경공법개발, 지구온난화가스배출감소 등



# 1. 토목, 건설분야에서의 환경공학 (5)



## ☞ 건설환경기본계획 (건교부, 2001. 11)

### 4) 기대효과

#### ① 국민의 쾌적한 환경요구 증대에 부응하는 건설환경 정착

- 불필요한 마찰로 인한 사회, 경제적 비용 감소
- 건설산업 이미지 제고 등

#### ② 지속발전 가능한 환경친화적 건설산업 기반 확립

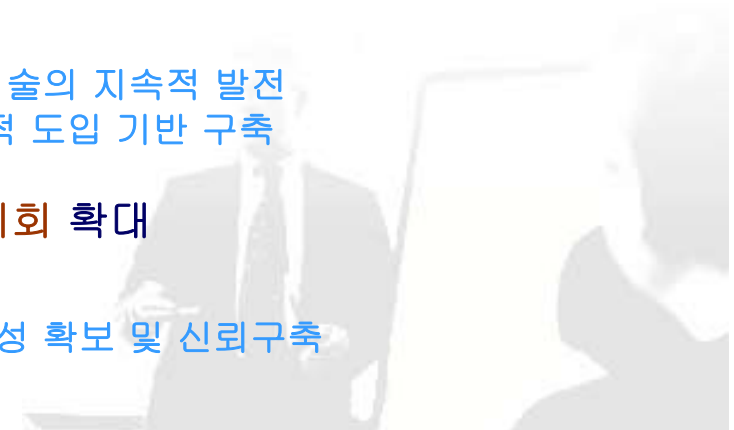
- 환경과 조화되는 친환경건설 기술 개발
- 건설환경에 적합한 환경영향평가 및 전과정평가 방안 확립
- 건설폐기물 감소 및 재활용 기술 개발로 인한 환경개선 효과

#### ③ 건설환경기술의 고도화 및 관련 산업 육성 효과

- 건설환경평가 및 관리 전문인력 양성
- 환경복원 및 오염방지, 자원재순환 등 핵심기술의 지속적 발전
- 환경친화적 건설기술 및 공법인증제의 점진적 도입 기반 구축

#### ④ 건설환경정보화를 통한 정보공유 및 참여기회 확대

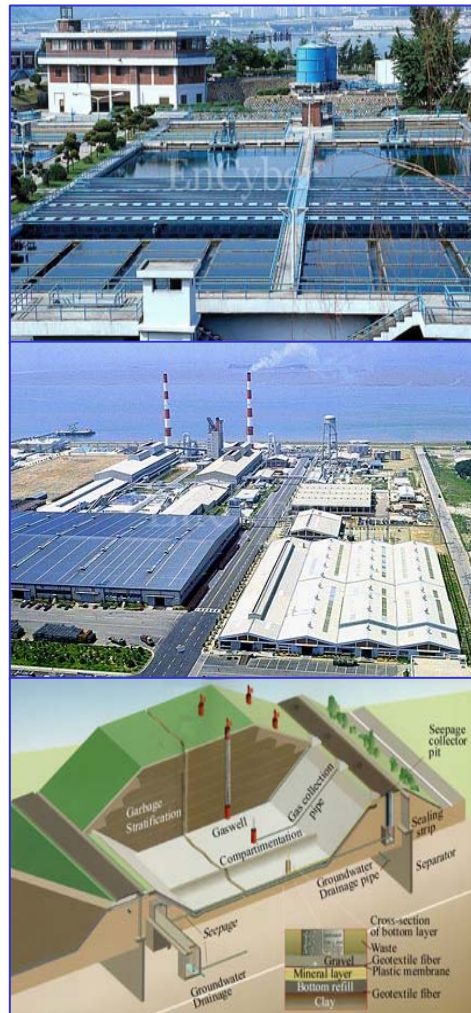
- 건설산업관련자에 대한 관련 정보서비스
- 민간인 및 환경관련단체에 대한 정보의 투명성 확보 및 신뢰구축





# 1. 토목, 건설분야에서의 환경공학 (6)

## 환경기초시설 건설



## 쾌적환경조성기술





## 2. 토양환경보전법 개요 (1)



### 1) 목 표

- 토양오염으로 인한 위해방지 등 토양의 적정한 관리·보전
- 모든 국민이 건강하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있도록 함

### 2) 연 혁

- 1995년 제정
- 2차례의 개정 (1999년, 2001년), 3차 개정 진행 중 (2005년 시행 예정)

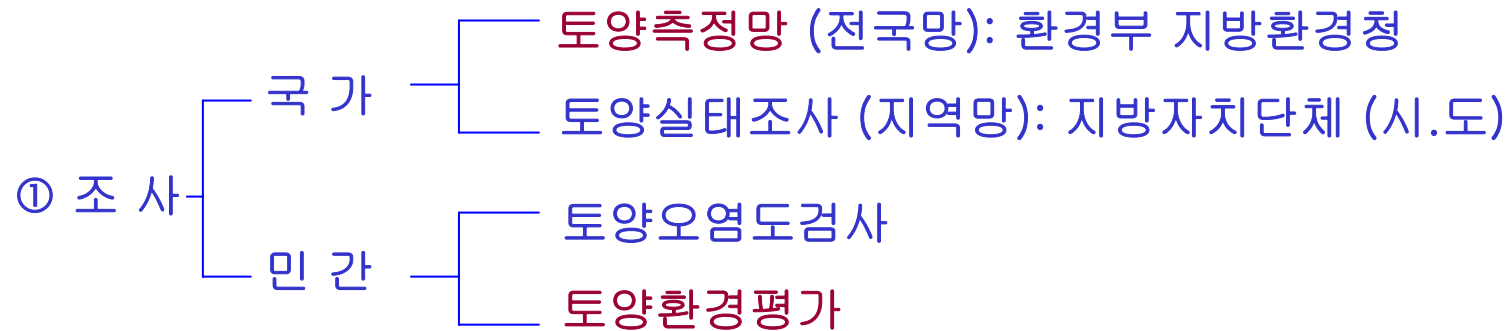
### 3) 수질·대기와의 차이

- 수질·대기환경보전법: 규제법적 성격
- 토양환경보전법: 책임법적 성격



## 2. 토양환경보전법 개요 (2)

### 4) 토양관리의 기본 틀



√ 토지를 취득 후 오염발견 시 현 토지소유자가 정화의무를 가짐

② 정 화: 오염원인자 원칙 (유발, 소유, 점유 및 운영자)

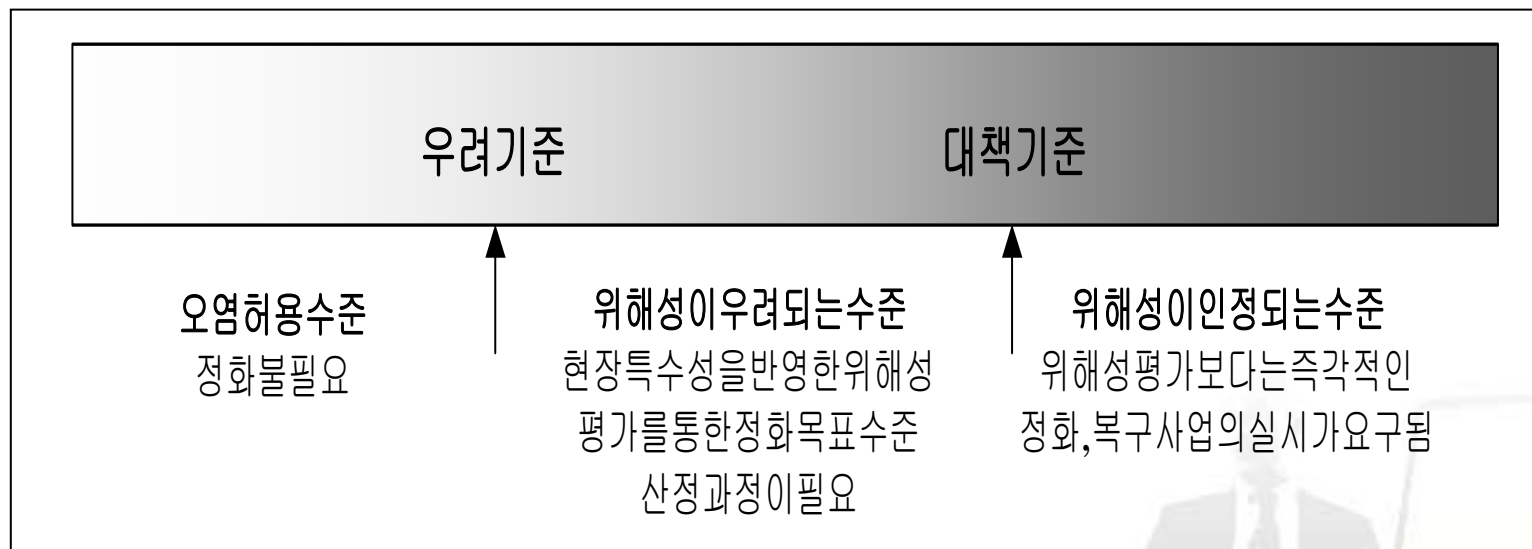
√ 정화의 주체가 명확하지 않는 경우는 국가가 정화의무자임

**Quiz:** 토지 취득 후 오염이 발견되었다면 정화의무는 누구에게 있을까?

## 2. 토양환경보전법 개요 (3)

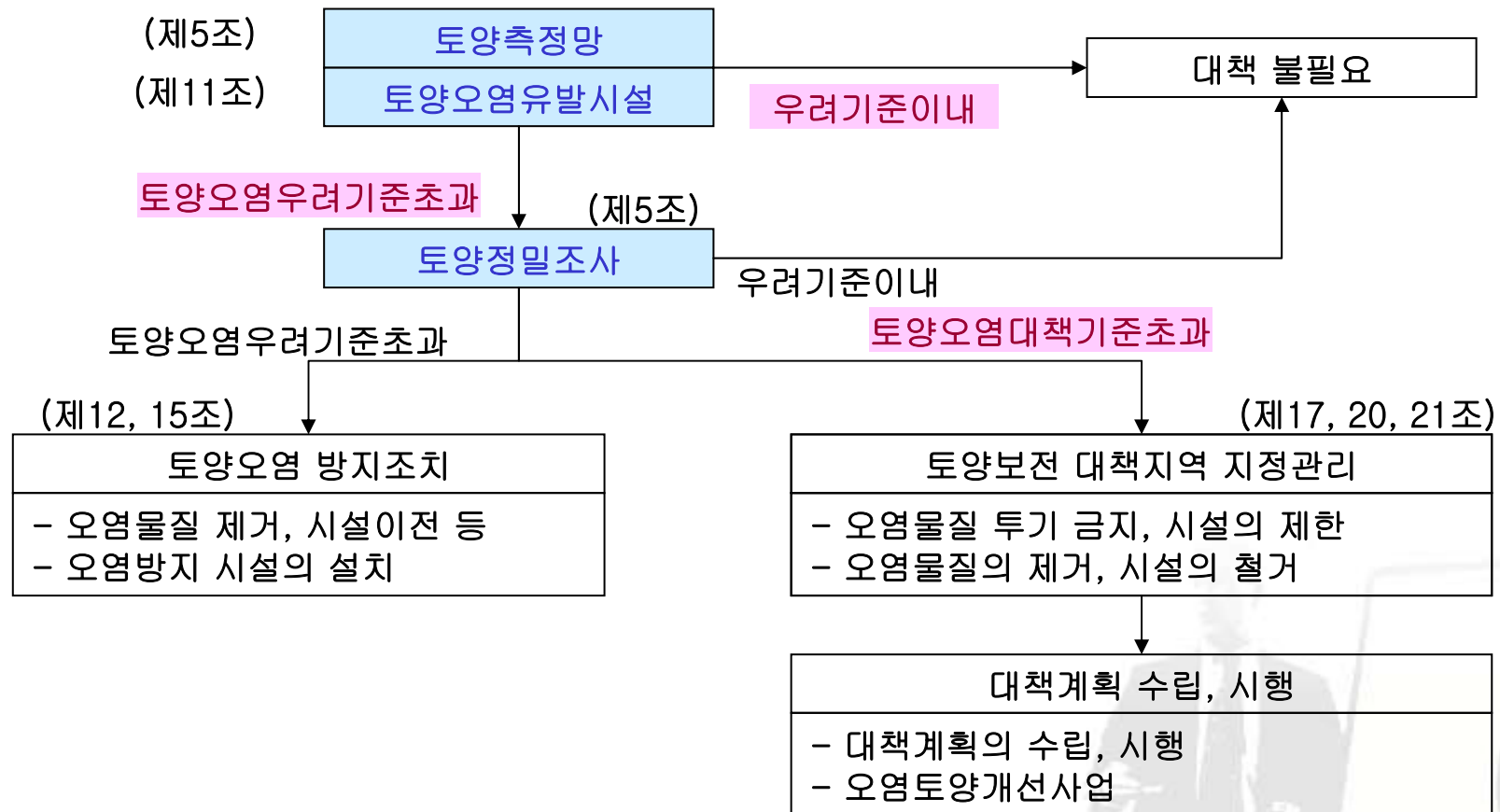
### 5) 토양/지하수 오염 규제 기준

- ① 오염정도에 따라 우려기준과 대책기준으로 나눔
- ② “우려기준”이상을 오염의 시작으로 판단
- ③ “대책기준”은 정부차원의 추가적 조치를 필요로 하는 수준을 의미



## 2. 토양환경보전법 개요 (4)

### 6) 오염토양 관리체계



## (참고) 토양오염유발시설 및 측정망

토양오염유발시설	검사항목
1. 석유류의 제조 및 저장시설	유류 (동·식물성 제외) -벤젠 · 톨루엔 · 에틸벤젠 · 크실렌 (BTEX) -석유계총탄화수소 (TPH)
2. 유독물의 제조 및 저장시설	- Cd, Cu, As, Pb, Hg, Cr(VI), Zn, Ni, F - TCE, PCE, PCBs, 페놀, 시안 - 유기인화합물 등
3. 기타 특별히 관리할 필요가 있다고 인정되어 환경부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 고시하는 시설	대상시설별로 관계 중앙행정기관과 협의하여 고시한 검사항목

### <측정망 운영 현황>

(2002년 1월 1일 현재)

구분	전국망	지역망
목적	전국의 토양오염추세 파악	지역의 토양오염실태 파악
운영	1,500 개 지점	2,000 개 지점
조사대상	토지용도별(15 개)	토양오염원별(11 개)
주관	환경부(지방환경관서)	시·도지사



## 2. 토양환경보전법 개요 (5)

### 7) 오염 규제대상 물질

토양오염기준 (mg/kg)

오염물질	토양오염 우려기준		토양오염 대책기준	
	가 지역	나 지역	가 지역	나 지역
카드뮴	1.5	12	4	30
구리	50	200	125	500
비소	6	20	15	50
수은		16	10	40
납	100	400	300	1,000
6가크롬	4	12	10	30
유기인화합물	10	30	-	-
PCB	-	12	-	30
시안	2	120	5	300
페놀	4	20	10	50
BTEX	-	80	-	200
TPH	-	2,000	-	5,000

지하수오염기준 (mg/L)

항목	생활용수	농업용수	공업용수
수소이온농도	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0
화학적산소농도	6 이하	8 이하	10 이하
대장균균수	5,000 이하	-	-
질산성질소	20 이하		40 이하
염소이온	250 이하		500 이하
카드뮴	0.01 이하		0.02 이하
비소	0.05 이하		0.1 이하
시안	불검출		0.2 이하
수은	불검출		불검출
유기인	불검출		0.2 이하
페놀	0.005 이하		0.01 이하
납	0.1 이하		0.2 이하
6가크롬	0.05 이하		0.1 이하
트리클로로에틸렌	0.03 이하		0.06 이하
테트라클로로에틸렌	0.01 이하		0.02 이하

- ▶ 토양의 경우, 중금속, 석유류, 농약, 독성물질 등 12개 항목규제. 대상 오염물질을 확대할 예정 (미국 131종, 네덜란드 71종, 캐나다 54종 등). 오염지역 구분도 세분화할 예정
- ▶ 지하수의 경우, 사용용도에 따른 규제

### 3. 토양환경보전법 개정방향 (1)

#### 1) 토양정화업 등록제도 및 정화검증제도 도입

- ① 토양정화에 대한 전문적인 지식과 경력을 가진 인력과 토양정화 설비를 갖춘 업체에 한하여 **등록제** 시행
- ② **정화검증기관**이 정화검증과정에 참여함으로써 정화에 대한 신뢰성 확보
- ③ **토양환경기술사 및 기사** 신설 (국가자격기술법 시행규칙, 2004. 5. 5. 시행)

#### 2) 토양오염발견 신고제 도입

- ① 오염토양 발견 시 유발자 또는 발견자가 신고하도록 함
- ② 다만, 현실적 문제로 인하여 벌칙규정 없음  
(중금속 오염토양에 대한 인지문제, 불특정다수의 발견 시 처벌문제 등)

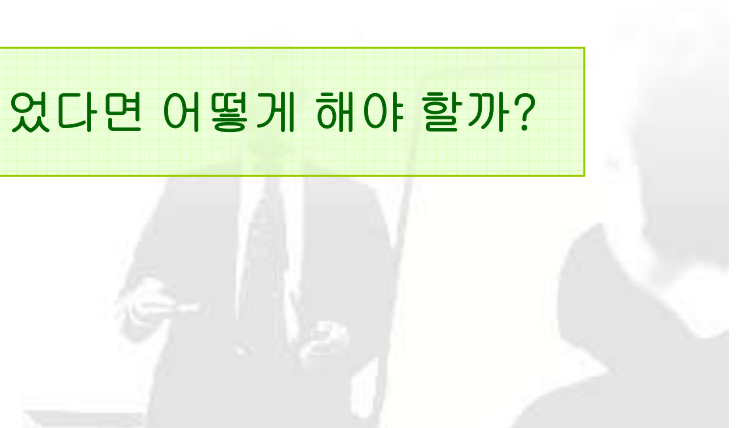
### 3. 토양환경보전법 개정방향 (2)



#### 3) 오염토양 무단투기금지에 대한 규정 신설

- ① 오염토양을 무단 투기한 자  
(2년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금)
- ② 오염토양의 보관·운반 및 정화 등의 과정에서 누출·유출시키는 행위  
(1년 이하의 징역 또는 5백만원 이하의 벌금)
- ③ 오염토양에 다른 토양을 섞어 오염농도를 낮추는 행위 (희석행위)  
(1년 이하의 징역 또는 5백만원 이하의 벌금)

**Quiz:** 공사 중 유해물질로 오염된 토양이 발견되었다면 어떻게 해야 할까?



### 3. 토양환경보전법 개정방향 (3)

#### 4) 오염토양 반출신고 신설

- ① 오염토양을 부지 밖에서 정화할 경우 관할 행정기관장의 검토를 받도록 함
- ② 특별대책지역, 하천변 등에서의 정화를 금하고, 누출·유출 방지조치를 하도록 함
- ③ 반출신고 없이 반출할 경우, 미신고가 아닌 무단투기로 간주 (2년 이하 징역, 1천만원 이하의 벌금)
- ④ 신고는 하였으나, 검토 받지 않고 반출한 경우 (1년 이하 징역, 5백만원 이하의 벌금)



### 3. 토양환경보전법 개정방향 (4)

#### 5) 토양오염위해성평가 근거규정 신설

- ① 토양정화에 앞서 필요한 경우 인체 및 생태계에 미치는 위해성을 평가하고, 이를 토대로 토양정화를 하도록 하는 토양오염위해성평가 근거규정을 신설
- ② 오염원인자에 의한 정화가 곤란한 경우로 국가 및 지방자치단체가 직접 시행하는 경우로 한정
- ③ 향후 위해성평가의 신뢰성 향상 및 제반여건이 갖추어질 경우 범위 확대검토





### 3. 토양환경보전법 개정방향 (5)

#### 6) 자발적 협약에 대한 근거조항 신설

- ① 환경부장관과 특정토양오염관리대상시설의 설치자간에 토양오염조사와 정화를 위한 자발적 협약을 맺을 수 있는 근거규정을 두고, 협약을 체결한 시설에 대해 **우대조치**를 할 수 있도록 함
- ② 현재 SK, LG, 현대, S-Oil, 인천정유 등 5대 정유사와 협약을 체결함 이후, 토양오염물질을 많이 배출하는 공공기관과도 협약체결 추진

#### 7) 토양관련전문기관의 기술요원 등의 교육

- ① 2003년 토양관련전문기관 점검 결과, 토양오염공정시험방법 미준수 등으로 인하여 경고조치 사례발생
- ② 토양정화업 및 토양관련전문기관의 기술요원은 정기적으로 환경부장관이 실시하는 교육을 받아야 함
- ③ 교육비용은 기술요원을 고용하는 자가 부담하여야 함  
(교육을 받지 아니할 경우, 200만원 이하의 과태료 부과)

### 3. 토양환경보전법 개정방향 (6)

#### 8) 토양정화업자 및 토양관련전문기관의 의무

- ① 명의대여 금지 (1년 이하의 징역 또는 5백만원 이하의 벌금형)
- ② 토양관련전문기관, 정화검증대상 미만으로 정밀조사의 고의축소 금지 (1년 이하의 징역 또는 5백만원 이하의 벌금)
- ③ 업무의 전량 하도급 (1년 이하의 징역 또는 5백만원 이하의 벌금형)
- ④ 정화검증 또는 완료검사 등의 부실검사 (1년 이하의 징역 또는 5백만원 이하의 벌금)
- ⑤ 2년 동안 업무실적이 없는 경우 등록 (지정) 취소

#### 추가 개정방향

1. 규제대상 오염물질 추가 및 세분화 (TCE, PCE 등)
2. 오염지역을 토지용도별로 세분화 (주거지, 상업지, 공업용지 등)

## 4. 토양환경평가제도 (1)

### 1) 시행 배경 (2002년부터 시행)

⇒ 오염부지 추적 어려움, 예산상의 문제로 오염토양정화 실적 미미 등

### 2) 환경부 입장

① 현행 고정된 측정망 체계를 토양오염조사 체계로 개편

② 토양오염원인자의 책임을 대폭 강화 (토지인수자도 오염원인자에 포함)

③ 토양환경평가제도 도입 (환경영향평가, 위해성평가와는 다름)

토양오염조사를 활성화 하기 위한 제도적 근거 마련

④ 토지 거래 시 오염 책임이 승계되도록 규정

인수시점 이전의 토양오염에 대해서도 피해배상책임의 사법상 책임과  
오염토양정화와 관련된 공법상 책임을 승계

⑤ 거래당시 토양환경평가를 실시할 수 있는 근거 마련

실시여부는 양도·양수인의 자율

## 4. 토양환경평가제도 (2)

### 3) 토양환경평가 목적

- ① 부동산 거래시 부지의 환경오염 여부와 범위를 사전에 정확히 조사·평가함
- ② 거래이후 재산상의 불이익이나 정화 의무와 관련된 법적 책임관계를 분명히 함
- ③ 오염부지로 인한 법적책임 이전, 자산 손실 등 환경 리스크를 사전에 예방함
- ④ 미국의 경우 ASTM에 의해 1997년 규격 제정 (EU를 비롯한 선진국가에서도 활용)
- ⑤ 국제표준화기구 (ISO)에서 표준화를 진행

### 4) 토양환경평가 방법

- ① 토양환경평가의 실시주체: 오염유발시설의 양수·양도자, 임대·임차인
- ② 토양환경평가 실시기관: 토양관련전문기관  
(국립환경연구원, 환경관리청, 시·도 보건환경연구원 등)
- ③ 토양환경평가의 대상물질: 토양환경보전법에서 규정한 토양오염물질  
(대상지역의 특성에 따라 평가물질을 자율적으로 추가 가능)

## 4. 토양환경평가제도 (3)

### 5) 토양환경평가 절차

#### ① 기초조사: 토양오염 개연성 평가, 오염물질 종류 및 범위 추정

- 자료조사: 지역의 지적도·지형도, 토지대장 등 관련자료 등을 수집·검토
- 현장조사: 신체의 감각기관으로 오염상태 확인  
(장소확인, 보관상태, 누출흔적, 식물의 생육상태 등)

- 청취조사: 소유자, 장기 근무자 등을 대상으로 토양오염 상태를 확인하는 과정

#### ② 정밀조사

- 대상부지에 대한 오염도 (종류, 범위, 정도)를 분석·평가하는 단계
- 사전조사, 시료채취, 시료운반·보관, 시료분석 및 정도관리를 실시
- 시료분석: 토양오염공정시험법 (기타 물질은 외국의 공인된 시험방법 사용)
- 토양오염기준 적용: 토양환경보전법 (기타 물질은 국제적 기준에 준하여 평가)



## 5. 지하수법 개요 (1)



### 1) 지하수 정의 및 개념

- 지하의 지층이나 암석사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물
- 지하수법상 온천수, 먹는 샘물 등을 포함하여 지표 하에 존재하는 물을 총칭

#### ① 공개념(公概念):

- 지하수를 토지소유권의 일부로 보고 개발·이용에 공적 규제 (영국, 호주, 일본 등)

#### ② 공수개념(公水概念):

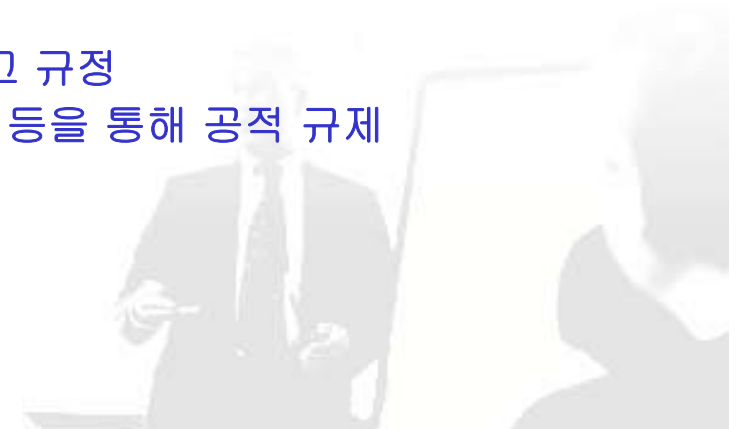
- 지하수를 토지소유권과 별개의 공공 자원으로 보고 규제 (네덜란드, 독일 등)

#### ③ 우리나라:

- 민법에서 토지소유권은 토지의 상하에 미친다고 규정
- 지하수를 토지의 일부로 보고 있으며 지하수법 등을 통해 공적 규제

#### ④ 미국:

- 공수 (公水), 사수 (私水)
- 주 (州)마다 다르게 적용



## 5. 지하수법 개요 (2)



### 2) 지하수 개발·이용에 대한 규제

#### ① 지하수개발·이용 허가 및 신고제

#### ② 지하수 영향조사제

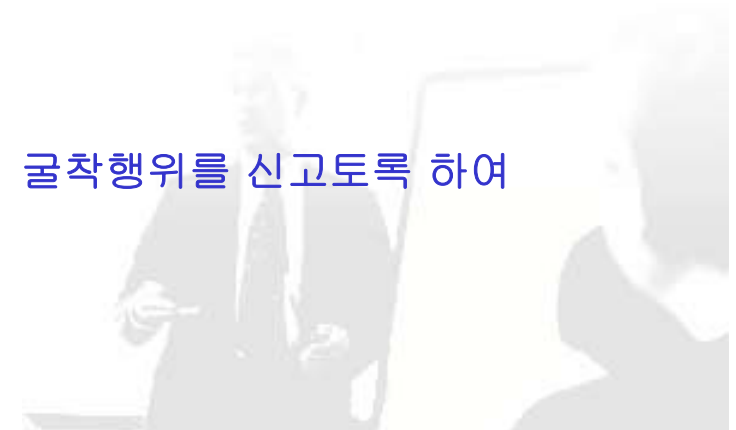
- 지하수 개발이 주변 지하수에 미치는 영향 등의 사전 조사를 통하여 지하보전·관리를 강화하고 분쟁 사전 예방

#### ③ 준공 신고 및 개발·이용 종료 신고제

- 부실시공에 따른 지하수 수질오염 예방 및 책임시공 도모

#### ④ 지하수에 영향을 미치는 굴착행위 신고

- 지하수 개발외에 지하수에 영향을 미치는 토지 굴착행위를 신고토록 하여 폐공 발생방지 및 지하수 수질보전 도모



## 5. 지하수법 개요 (3)



### 2) 지하수 개발·이용에 대한 규제

#### ⑤ 유출지하수의 이용

- 지하철, 터널 등 지하시설물과 대형 건축물 등의 설치로 인해 유출되는 지하수의 저감대책과 이용방안 강구 의무화
- 지하수자원 낭비 방지
- 대상시설 및 규모
  - 지하철역사 1개소: 1일 300<sup>m<sup>3</sup></sup> 이상
  - 터널 1개소: 1일 300 <sup>m<sup>3</sup></sup> 이상
  - 21층 또는 연면적 100,000 m<sup>2</sup> 이상 건축물: 1일 30 <sup>m<sup>3</sup></sup> 이상



## 5. 지하수법 개요 (4)



### 3) 기타 조항

- ① 원상복구 의무화 및 이행보증금 예치
- ② 지하수오염유발시설 관리
- ③ 지하수의 관측 및 조사: 지하수 관측망 운영
- ④ 지하수개발·이용 시 공업 등록제
- ⑤ 지하수영향조사기관 등록제
- ⑥ 지하수정화업 등록제
- ⑦ 지하수관리위원회: 중앙 및 지방 지하수관리위원회



## 6. 토양/지하수 오염사례 및 현황 (1)

1) 현황: 에너지수요 및 경제활동수준의 증가로 오염의 지속적 증가

2) 오염매질: 대기, 수환경, 지반 (토양 및 지하수)

3) 주요 오염물질:

유기화합물  
페놀류, 유류,  
염화유기물 등

무기물  
납, 수은,  
카드뮴, 비소,  
크롬 등

방사성물질  
우라늄,  
라돈 등

병원균  
원생동물,  
박테리아,  
바이러스

## 6. 토양/지하수 오염사례 및 현황 (2)

### 4) 대표적 오염사례

우리나라	미국
<ul style="list-style-type: none"><li>• 부산 문현동: 군부대 유류오염</li><li>• 인천 문학산: BTEX 토양오염</li><li>• 경기 매향리: 사격장 Pb, Cr 오염</li><li>• 철도차량기지</li><li>• 미군부대: 유류, 폐기물</li><li>• TKP 누출사고</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Love Canal (Niagara, NY)<ul style="list-style-type: none"><li>- 1892년 W.T. Love 운하 건설 추진</li><li>- 1910년 사업중단</li><li>- 1940년 Hooker Chemical 인수 후 PCB, dioxins, TCE 등 2만여톤 매립</li><li>- 1953년 기증 (학교부지, 주택지로 이용)</li><li>- 1955년 주민들 건강이상 호소</li><li>- 1973-1978년 기형아 10여명 발생</li><li>- 1980년 Superfund법 제정 (CERCLA)</li></ul></li><li>• Exxon Valdez (Sound Prince, AK)<ul style="list-style-type: none"><li>- 1989년 Exxon사 유조선 좌초</li><li>- 최대규모 복원사업 (바이오기술 적극이용)</li><li>- 복원 후 생태계 회복 모니터링 지속</li></ul></li></ul>

## 6. 토양/지하수 오염사례 및 현황 (3)

### 5) 우리나라 토양오염의 현황 (1998, 국립환경연구원)

구분	오염사항	개소	국립환경연구원 추정치
석유류 제조 및 저장시설	저장탱크, 배관누유, 취급상 누출 사고 석유류 전품목 (휘발유, 등유, 경유, 벙커유, 솔벤트류, 원유 등)	17,000 (주유소11,000)	3,315억원
군부대주둔지	유류 취급사고 폐기물 방치 석유류, 중금속, PCB등 발암물질	1,300 (한국군기지) 95 (미군기지)	
불량 매립지	유해폐기물 매립 침출수 확산 중금속, 석유류, 유독물질 등	1,000	5,600억원
폐광산	폐광미 방치, 침출수 확산 중금속(구리, 비소, 납, 카드뮴 등) 황산염	300	12,480억원

## 목 차

1. 토목, 건설분야에서의 환경공학
2. 토양환경보전법 개요
3. 토양환경보전법 개정방향
4. 토양환경평가제도
5. 지하수법 개요
6. 토양/지하수 오염사례 및 현황
7. 오염지역 조사방법
8. 위해성에 근거한 복원전략
9. 오염지역 정화 및 복원기술
10. 정화·복원 모니터링 및 관리



## 7. 오염지역 조사방법 (1)

### 1) 기본방향

#### 단계적 접근방식에 의한 조사계획 수립

- ◆ 오염부지의 수리지질학적 특성을 규명하고, 오염물질 및 오염범위를 파악하기 위하여 기초조사, 개황조사, 정밀조사의 3단계로 실시

#### 지반구조 파악 및 오염개념 모델 정립

- ◆ 수리지질학적 자료조사를 통하여 오염지역 특성 파악
- ◆ 현장 오염도 및 배경농도 조사
- ◆ 다양한 현장 실험을 통하여 대상 오염물질별 오염개념모델 정립

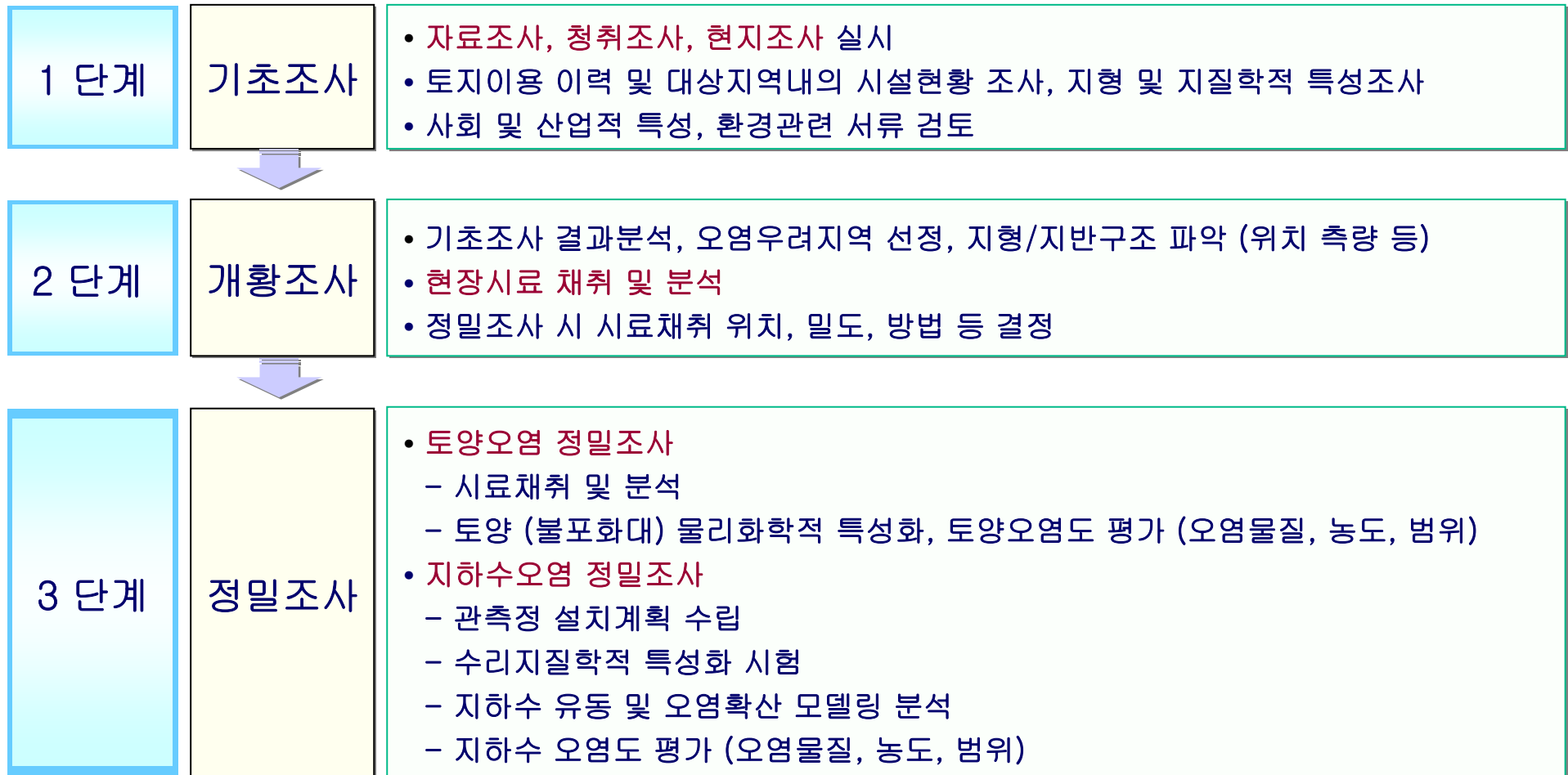
#### 현장특성에 맞는 정화대책 수립

- ◆ 오염개념모델과 현장 특성화 자료를 바탕으로 효율적이고 경제적인 복원 및 오염방지대책 수립

# 7. 오염지역 조사방법 (2)



## 2) 조사수행 체계



## 7. 오염지역 조사방법 (3)



### 3) 기초조사 (목적 및 개요)

#### 목적 및 개요

- ◆ 오염부지 조사를 통하여 **오염물질의 종류 및 오염물질별 오염우려지역을 추정**
- ◆ 특히, 토양오염유발시설과 같은 오염의 개연성이 높은 지역에 대한 과거 이력 및 현재 관리 상황 등을 통하여 오염상태를 예측 평가
- ◆ 개황조사 수행 시 경제성과 효율성을 높일 수 있는 기초자료로 활용



## 7. 오염지역 조사방법 (4)



### 4) 기초조사 (조사방법)

#### 자료 조사

- 자료의 신뢰성 확보를 위해 공식적인 자료를 사용하며, 대상부지 및 인근지역의 주요 현황을 조사
- 과거의 사업활동 내용, 기존 오염조사자료 수집 분석
- 오염유발 가능성이 높은 시설에 대해 대상부지의 조성 초기부터 현재까지 선행된 사용 내역 조사
  - 사회/산업적 특성 및 관련계획 조사 (인구, 지하수사용량 등)
  - 지형/지질학적 특성조사 (지적도, 지질도, 수문지질도, 기후자료 등)
  - 토지이용이력 및 대상지역내 시설현황 조사 (항공사진, 오염유발시설 현황 등)

#### 청취 조사

- 자료수집, 서류 조사로 확인되지 않는 부분의 환경상태 현장 확인
  - 사업장 환경담당자, 지방자치단체, 담당 공무원(시/구/동), 주변지역 거주자 등

#### 현지 조사

- 물리적 관찰을 통한 자료조사 및 청취조사 내용의 확인, 오염지역의 경우 오염 확인
- 상세한 관찰기록 및 사진자료 확보



#### 기초자료 활용

- 철저한 오염원조사 (source inventory) 및 수질시료 채취 가능한 지하수 관정 방문 조사
- 수집된 기초조사 자료를 바탕으로 예상오염원, 오염우려 물질, 우려지역 선정
  - 기본개념모델 정립을 통하여 토양 및 지하수 정밀조사 계획수립 기초자료로 활용

## 7. 오염지역 조사방법 (5)



### 5) 개황조사 (목적 및 개요)

#### 목적 및 개요

- ◆ 토양 및 지하수오염 예상지역을 중심으로 **예상 오염물질의 종류 및 오염범위를 개략적으로 파악**
- ◆ 정밀조사 시 경제성과 효율성을 높이기 위해 시행

#### 기초조사 결과분석

- 기본자료, 방문, 청취조사 자료를 정밀 분석하여 오염이 예상되는 오염우려지역 선정
  - 오염이 인지된 지점, 오염의 우려가 있는 지점 도시 (시료채취 지점 및 깊이 선정 시 활용)

#### 시료채취 분석

- 현장상황 (건물 등의 접근성)을 고려한 시료채취지점 및 심도 결정
  - 오염이 인지된 지점, 오염의 우려가 있는 지점, 수리지질학적 상황 등을 고려
  - 오염우려 지역은 격자간격을 조밀하게 구성
- 시료채취 및 보관방법은 해당 법령에 따름

#### 개황조사 결과 평가

- 오염물질의 종류와 개략적인 오염범위 파악
  - 정밀조사의 시료채취 및 분석계획 수립 시 중요 자료로 활용
- 법상의 토양오염물질인 경우 법에서 규정한 토양오염기준을 적용하고, 그 외의 오염물질의 경우에는 국제적 기준에 준하여 평가

# 7. 오염지역 조사방법 (6)



## 6) 개황조사 (지역별 조사방법 )

### ① 광산활동 관련지역

<b>대상지역 및 시료</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대상지역: 오염가능 농경지</li> <li>▪ 대상시료: 토양 (표토, 심토)</li> </ul>	
<b>시료채취 밀도</b>	<b>표토</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 오염가능지역의 면적이 100,000 m<sup>2</sup> 미만일 경우에는 10,000 m<sup>2</sup> 당 1개 지점씩 하고, 100,000 m<sup>2</sup>를 초과할 경우에는 50,000 m<sup>2</sup> 초과할 때마다 1개 지점씩 추가</li> </ul>
	<b>심토</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 표토 시료수 3개 지점 당 1개 지점의 비율로 표토에서 30 cm까지의 토양을 채취</li> </ul>
	※ 대상지역의 오염면적 및 상황에 따라 시료채취 밀도 조정	
<b>시료채취 방법</b>	<b>광산</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 주 오염원인 광산의 광미장을 기점으로 하천에 인접한 농경지에 대해 조사자의 판단에 따라 거리별로 시료 채취</li> </ul>
	<b>제련소</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대상지역의 풍향을 고려하여 방위별로 시료를 채취하되, 1개 지점의 면적은 600~1,000 m<sup>2</sup>을 1필지로 하고, 그 지점의 시료채취는 토양오염공정시험법에 따름</li> </ul>

# 7. 오염지역 조사방법 (7)



## 7) 개황조사 (지역별 조사방법)

### ② 폐기물 매립지역

#### 대상지역 및 시료

- 대상지역 : 잡종지
- 대상시료 : 토양 (표토, 심토), 필요 시 하천수, 농업용수, 수로저질 포함

#### 시료채취 밀도

- |    |                                                                                                                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 표토 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 오염영향범위의 면적이 10,000 m<sup>2</sup> 미만일 경우에는 1,000 m<sup>2</sup> 당 1개 지점씩 하고, 10,000 m<sup>2</sup>를 초과할 경우에는 2,000 m<sup>2</sup> 초과할 때마다 1개 지점씩 추가</li> </ul> |
| 심토 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 표토 시료수 3개 지점 당 1개 지점의 비율로 그 깊이는 원칙적으로 지표면에서 15 m 깊이까지로 하여 2.5 m에 1점씩의 시료를 채취하고, 15 m 이내에 암반층이 나타나면 그 깊이까지로 함</li> </ul>                                    |

※ 대상지역의 오염면적 및 상황에 따라 시료채취 밀도 조정

#### 시료채취 방법

- |       |                                                                                              |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 평지    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 오염물질이 확산되는 4방위 지역 및 그 주변영향지역까지를 확산범위로 선정</li> </ul> |
| 산간 계곡 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 자료조사 및 현장조사를 통하여 오염확산 및 추정지역의 영향범위를 선정</li> </ul>   |

## 7. 오염지역 조사방법 (8)



### 8) 개황조사 (지역별 조사방법)

#### ③ 유류, 유해화학물질 배출, 저장 등 기타산업지역

##### 대상지역 및 시료

- 대상지역 : 시가지, 잡종지 또는 농경지
- 대상시료 : 토양

##### 시료채취 밀도

###### 표토

- 오염영향범위의 면적이 1,000 m<sup>2</sup> 이내일 경우에는 500 m<sup>2</sup> 당 1개 지점, 1,000 m<sup>2</sup>를 초과할 경우에는 1,000 m<sup>2</sup> 에 1개 지점씩 추가

###### 심토

- 표토 시료수 3개 지점 당 1개 지점의 비율로 그 깊이는 원칙적으로 지표면에서 15 m 깊이까지로 하여 2.5 m에 1점씩의 시료를 채취하고, 15 m 이내에 암반층이 나타나면 그 깊이까지로 함

※ 대상지역의 오염면적 및 상황에 따라 시료채취 밀도 조정

##### 시료채취 방법

- 지중탐사장비를 보유하고 있을 경우 오염원으로부터 거리별 채취지점을 선정하고, 깊이별 시료를 채취하여 오염물질의 분포 파악
- 여러 개의 토양오염유발시설이 대상지역 내에 분산되어 있을 경우 각각의 시설 외곽 경계선을 기준으로 4방위에서 시료채취



# 7. 오염지역 조사방법 (9)



## 9) 정밀조사

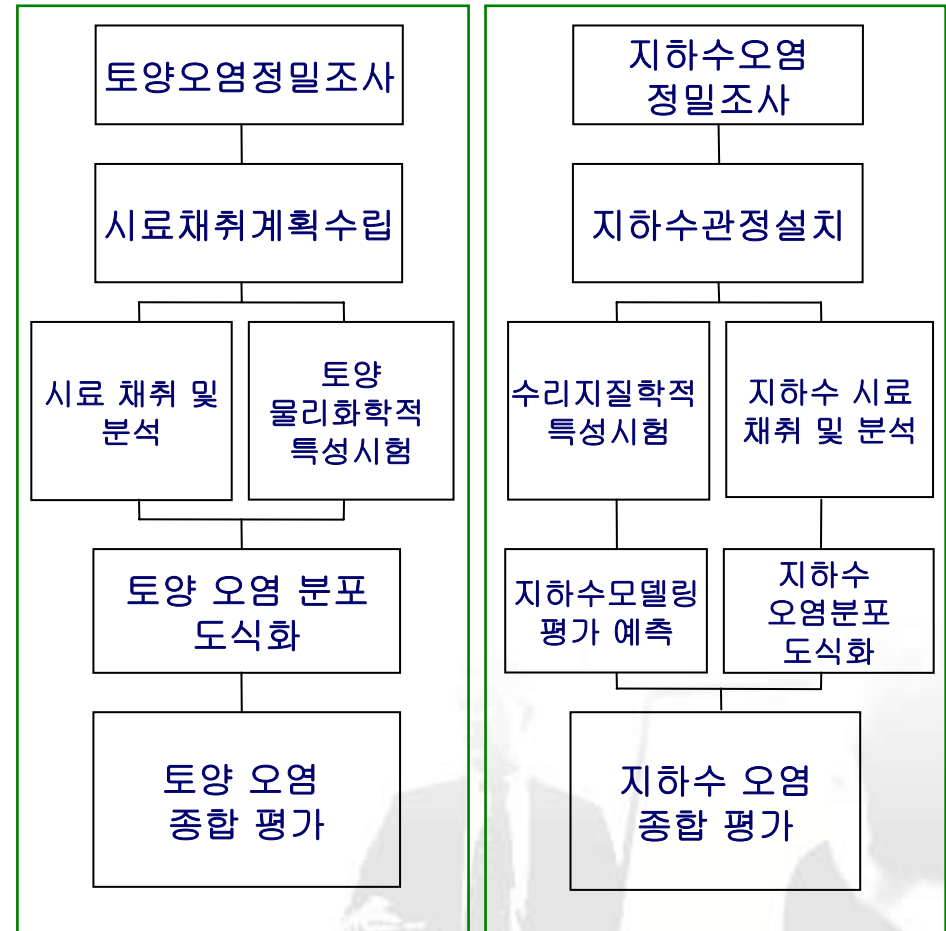
◆ 개황조사 결과 토양오염우려기준을 초과하였거나 이에 근접하는 지역에 대하여 정밀조사 수행

### 토양오염 정밀조사 목적 및 개요

◆ 토양 내 오염물질의 종류, 오염 분포현황 파악 및 조사지역 토양 (불포화대)의 물리화학적 특성파악  
 - 조사결과는 향후 오염복원을 위한 가능성 검토 및 설계에 이용

### 지하수 오염 정밀조사 목적 및 개요

◆ 지하수 내 오염물질의 종류, 오염 분포현황을 파악하기 위하여 시행  
 ◆ 지하수 관측정 설치, 수리지질학적 특성시험, 지하수 시료채취 및 분석, 지하수모델링 수행



## 7. 오염지역 조사방법 (10)

### 10) 토양오염 정밀조사

#### 토양시료 채취 및 분석

- 토양오염 분포도, 개략적인 지하수 흐름방향 등 기초조사 결과를 고려하여 **개황조사 결과 토양오염우려기준을 초과하였거나 이에 근접하는 지역에** 대한 시료채취 밀도 및 심도 결정
  - 기초/개황조사 결과 오염이 예상되는 지점과 토양오염유발시설주변은 4 방위에서 시료채취
  - 시료채취 전 현장 상황을 종합 판단하여 시료 채취 수행 여부 결정
  - 시료채취 시 현장 지장물 시설담당자의 확인을 받고 착공하며, 필요 시 지장물 탐사를 실시
- 수립된 계획에 의해 토양오염 시료채취 및 분석 실시

#### 물리화학적 특성시험

- 토양의 물리화학적 특성 파악하여, 토양오염물질의 향후 오염양상 예측
- **정화 설계 시 필요한 특성인자 확보**
  - 현장토양투수시험, 토양입도분석, 공극율, 밀도 분석, 유기물 함량측정, 흡착 시험

#### 토양오염 평가

- 오염원인 파악, 오염물질 분포 산정
  - 각 오염물질의 깊이별 오염분포도 작성
- 오염개념모델 정립

# 7. 오염지역 조사방법 (11)

## 11) 지하수오염 정밀조사

<p>관측정 개수, 위치, 심도결정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기초/개황조사 자료를 분석하여 지하수위, 지하수 흐름방향, 오염물질의 물리화학적 특성고려 결정</li> <li>착정 전 지장물 탐사 실시 (필요 시)</li> </ul>	
<p>관측정 설치, 관정개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지하수 관정 설치에 의한 재오염 방지,</li> <li>수리지질학시험을 위한 표준설치</li> <li>다중심도 관정을 설치하여 수직적 오염분포 파악</li> </ul>	
<p>수리지질학적 특성시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자동 및 수동수위 측정, 순간수위변화시험, 양수시험, 추적자시험</li> </ul>	
<p>지하수시료채취 및 현장 측정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지하수수질기준 항목을 기본으로 현장 및 실험실 분석</li> </ul>	
<p>지하수오염분포 도식화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>조사지역의 수리지질학적 개념화 및 지하수 오염도 작성</li> <li>수리지구화학적 개념모델 정립</li> </ul>	
<p>지하수 모델링</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지하수전문 프로그램을 이용하여 지하수 유동 및 오염물질 확산 예측</li> </ul>	

[관측정 설치도]

## 7. 오염지역 조사방법 (12)



### 12) 정밀조사 (지역별 조사방법)

#### ① 광산활동 관련지역

대상지역 및 시료	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 대상지역: 농경지</li><li>▪ 대상시료: 토양 (표토, 심토), 농업용수 (3~8지점, 조사면적 감안 조정), 수로저질 (3~8지점, 농업용수동일지점), 광재 (2점), 갯내수 (갯구당 1점)</li></ul>
시료채취 밀도 (토양)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 표토 (0~10 cm) 우려기준초과 예상지점을 선정하여, 1,500 m<sup>2</sup> 당 1개 지점</li><li>▪ 심토 (10~30 cm)는 표토 시료수 3개 지점당 1개 지점의 비율로 채취</li><li>▪ 깊이별 시료 (0~10, 10~30, 30~60, 60~100 cm)는 표토 시료수 6개 지점당 1개의 비율로 채취</li><li>※ 대상지역의 오염상황에 따라 시료채취 밀도를 높일 수 있으며, 개황조사와 중복되어서는 안됨</li></ul>
시료채취 방법	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 개황조사와 동일</li></ul>
오염도 작성	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 지도에 시료채취지점 표기</li><li>▪ 토양오염우려기준 초과 물질에 한해 오염지도 작성</li><li>※ 대상지역의 크기에 따라 효율적으로 작성</li></ul>

# 7. 오염지역 조사방법 (13)



## 13) 정밀조사 (지역별 조사방법)

### ② 폐기물 매립지역

<b>대상지역 및 시료</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대상지역: 시가지, 잡종지 또는 농경지</li> <li>▪ 대상시료: 토양, 지하수</li> </ul>	
<b>시료채취 밀도</b>	<b>토양</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 우려기준 초과면적이 면적이 10,000 m<sup>2</sup> 미만일 경우에는 500 m<sup>2</sup> 당 1개 지점씩 하고, 10,000 m<sup>2</sup>를 초과할 경우에는 1,000 m<sup>2</sup> 초과할 때마다 1개 지점씩 추가</li> <li>▪ 표토 시료수 3개 지점 당 1개 지점의 비율로 그 깊이는 원칙적으로 지표면에서 15 m 깊이까지로 하여 2.5 m에 1점씩의 시료를 채취하고, 15 m 이내에 암반층이 나타나면 그 깊이까지로 함 ※ 대상지역의 오염면적 및 상황에 따라 시료채취 밀도 조정</li> </ul>
	<b>지하수</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지하수 흐름방향을 고려하여 평지의 경우 6~8개 지점, 구배가 있는 지형일 경우 3~4개 지점에 간이 관측정을 설치 (기존 관측정이 있을 경우에는 이를 이용)</li> </ul>
<b>시료채취 방법</b>	<b>평지</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 오염물질이 확산되는 4방위 지역 및 그 주변영향지역까지를 확산범위로 선정</li> </ul>
	<b>산간 계곡</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 자료조사 및 현장조사를 통하여 오염확산 및 추정지역의 영향범위를 선정</li> </ul>
<b>오염도 작성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지도에 시료채취지점 표기, 토양오염우려기준 초과 물질에 한해 오염지도 작성</li> <li>※ 대상지역의 크기에 따라 효율적으로 작성</li> </ul>	

# 7. 오염지역 조사방법 (14)



## 14) 정밀조사 (지역별 조사방법)

### ③ 유류, 유해화학물질 배출, 저장 등 기타산업지역

대상지역 및 시료	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 대상지역: 시가지, 잡종지 또는 농경지</li><li>▪ 대상시료: 토양, 지하수 (필요 시 하천수 포함)</li></ul>
시료채취 밀도	토양 <ul style="list-style-type: none"><li>▪ 오염영향범위의 면적이 1,000 m<sup>2</sup> 이내일 경우에는 100 m<sup>2</sup> 당 1개 지점, 1,000 m<sup>2</sup>를 초과할 경우에는 500 m<sup>2</sup> 에 1개 지점씩 추가</li><li>▪ 표토 시료수 3개 지점 당 1개 지점의 비율로 그 깊이는 원칙적으로 지표면에서 15 m 깊이까지로 하여 2.5 m에 1점씩의 시료를 채취하고, 15 m 이내에 암반층이 나타나면 그 깊이까지로 함 ※ 대상지역의 오염면적 및 상황에 따라 시료채취 밀도 조정</li></ul>
	지하수 <ul style="list-style-type: none"><li>▪ 개황조사 결과에 따른 토양오염도를 고려하여 3~5개 지점에 토양채취 깊이까지 간이 관측정을 설치하여 지하수를 채취하고, 사용 종료후에는 되메움</li></ul>
시료채취 방법	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 오염원으로부터 거리별 채취지점을 선정하고, 깊이별 시료를 채취하여 오염물질의 분포 파악</li><li>▪ 토양오염유발시설이 존재할 경우 각각의 시설 외곽 경계선을 기준으로 4방위에서 시료채취</li><li>▪ 개황조사 결과 토양오염도가 지하수흐름방향에 따라 일정하게 나타날 경우, 대상지역을 중심으로 조사밀도를 높여 시료 채취</li></ul>
오염도 작성	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 축적 1/5,000 지도에 시료채취지점 표기, 토양오염우려기준 초과 물질에 한해 오염지도 작성</li><li>※ 대상지역의 크기에 따라 효율적으로 작성</li></ul>