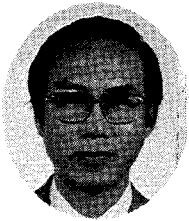


# 토양미생물을 이용한 오수및 폐수처리공법

(두번째)



김 정 용

((주)한국토양정화센터 부사장)

## 목 차

1. 서 언
2. 토양정화법 개요
  - 2-1. 개요
  - 2-2. 토양식정화공법의 종류와 특징
    - 가. 토양피복형공법
    - 나. 모관침윤 TRENCH 공법
3. 국내및 외국의 토양식오수정화처리법 사용실태
4. 공장식처리공법과 토양식정화법 비교검토.
5. 결언

### 나. 모관침윤 TRENCH 공법

본 공법은 토양권 즉 토양 표면에서 1M 이내의 토양미생물이 생존 가능한 권역안에 오수및 폐수를 흘러가게 하여 모관 Siphon작용에 의하여 상, 횡방향으로 이동 분산하면서 토양미생물 토양소동물이 가득한 토양에서 급속히 정화된 후 일부 정화된 완벽한 처리수는 지하수에 환원하여 지하수 고갈을 방지함과 동시에 일부 처리수는 식물의 영양과 수분을 공급하고 증발되는 고도의 처리공법이다.

일반적인 처리공법은 2가지 방법으로 첫째공법은 미주및 구라파에서 널리 보급된 창시적인 공법으로 생각되며 이방법은 하부에 불투수막이 없는 것이 특징으로 일정한 구배 15%~20%를 유지하면서 토양을 여과시키는 공법이다.(그림2 참조)

구조상의 내용은 미국 캘리포니아 대학에서 개발한 방법이나 일본 정화조의 기준에서 기술된 공법의 차이는 잔 자갈과 큰 자갈의 배치일뿐 내용의 변화는 없다.

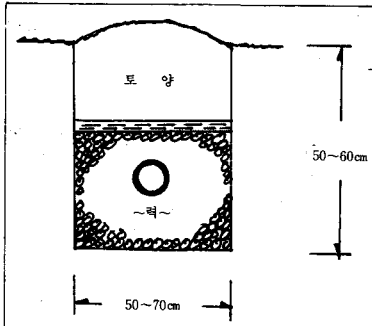
다만 상기 공법은 바닥 자갈에 고인 오수가 사수로 변하기 쉽고 수면의 상하 운동이 없으면 혐기성균에 의한 혐기막을 형성하면서 점

차 측방 토양 침투가 이루어지지 않아 지속적인 정화기능과 장기적인 시설을 유지하는데 문제점이 있다.(그림2 참조)

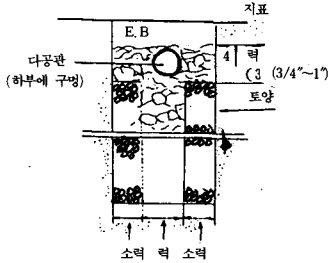
둘째는 '니이미' 모관침윤 TRENCH 공법으로 TRENCH바닥에 불투수막이 깔려 모든 오수는 정화되지 못한 상태에서 수직 침투를 못하도록 되어 있고 유도 모관수 현상에 의거 이 부분에 고였던 오수및 폐수는 상승 작용에 의하여 상부의 측면 토양과 피복된 통기성 토양에 전달되면서 고도로 분해 처리되는 공법이다.

처리기능면의 차이점은 전자의 처리공법은 여과시키는 공학적인 개념에 의한 개발방식이며 후자의 '니이미'공법은 토양생물을 최대한 이용토록 연구된 공법이다.(그림 2-1 참조)

다만 공학적인 처리기능을 유입수 수질기준을 BOD 120ppm이하로 항상 유지되도록 하는 어려움으로 토양분해력이 일정한 한계점을 넘지 못하여 기능의 저하로 인한 제2의 공해가 발생되는 반면에 토양미생물에 의존한 처리기능은 부하변동에도 처리효율이 강하여 부지의 조건만 만족된다면 어느 장소에서도 가능한 적절한 처리방법이다.



(일본 분뇨정화조 구조기준집)



(미국의 3층 트랜치)

그림 2. 일반트랜치 공법의 구조

본 공법을 선택하기 위한 고려사항은 현지의 토양의 질과 지형, 지하수 등을 세심히 검토한 후 시설에 필요한 조건등을 관찰하여 계획되어야 한다.

국내에서는 모관 침윤 TRENCH 공법을 사용하기 이전에는 재래식 공법인 웅덩이식 침투 공법(심정 공법)을 흔히 적용하였다. 웅덩이식 침투 공법은 방류된 오수및 폐수가 모화침투(토양 간격을 만수로 흐르게 하는것)되면서 유동방향은 중력·수직 방향으로 지하수와 직접 연결 되게 되어 지하수오염등 제2의 수질 공해를 유발 시키는 공

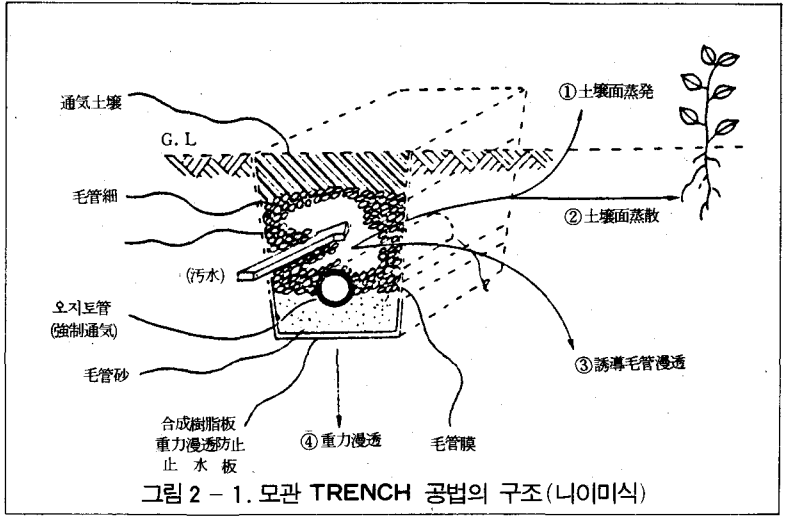


그림 2-1. 모관 TRENCH 공법의 구조(나이미식)

법의 하나다. 그러나 모관 침윤 TRENCH 공법은 불포화 상태로 오수가 유동(토양 간격에 물이 충전된 상태가 아닌 일부는 공기가 접하는 상태에서 흐르게 하는것)하면서 모관력에 의하여 오수를 지표방향으로 유도하고 다수다종이 서식하고 있는 토양 미생물의 힘을 빌려 완전 정화 시키는 경이적인 공법이다.

우리나라에서는 초등교육과정에서 고등교육과정에 이르기까지 “토양”에 대한 어느것도 이론적인 교육이 된바 없다.

하물며 토양속에 물의 유동방향과 즉 토양수의 물리학에 관해서는 전문적인 지식인을 제외하고 거의 이해하지 못한 실정이다. 따라서 오수를 토양중에 포화상태로 흘려 보내는 것과 불포화상태로 흘려 보내는 것이 기능적으로는 별로 큰 차이가 없는 것으로 일반적으로 생각하고 있다.

그러나 그것은 대단히 위험한 발상이다. 이유는 토양 미생물의 생존 가능여부로 유기물을 포함한 오

수가 분해하는 능력에 있는 점이다.


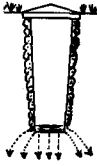
토양의 표층 30cm 정도의 심도에 식물뿌리, 선충, 원생동물등의 토양동물과 세균, 방성균, 균류등 토양 미생물의 밀집된 지역에 생존 서식하고 있다. 그곳에 불포화 유동에 의하여 움직이려 하는 물에 산소가 공급 되어지면서 토양계의 서식지에서는 생물의 활동이 매우 활발하게 활동하게된다.

이러한 서식지 환경에서 오수는 절대적인 훌륭한 토양미생물의 먹이로 변하여 확실히 분해되는 과정의 공정이 이루어진다.

이와같은 원리를 이용하여 개발 당초에는 촌락지 등에서 배출되는 분뇨및 잡배수를 공학적인 처리공정을 적용하여서 착안된 공법이며 현재는 다용도로 전 세계에 널리 보급되어지고 있다.

이웃 일본에서는 우수 트랜치를 이용하여 폭우에 의한 홍수를 예방하고 우수를 지하수에 환원하여 증과 동시 재산의 손실을 예방하여 주는 역할을 하고있다.

표3 모관 침윤 TRENCH공법과 웅덩이 공법(심정 공법)의 차이점 비교

比較項目	트렌치工法	深井工法
施工概念	<ul style="list-style-type: none"> <li>●土壤生物의 分解力을 利用할 目的으로 그 主棲息處인 表土層만을 利用한다.</li> <li>●물의 이동은 불포화 상태로 모관력에 의하여 전달된다.</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>●貯藏容量을 크게하고, 地下에 直接浸透시킬 目的으로 深土層까지 판다.</li> <li>●물의 이동은 포화상태에서 지하수와 직결된다.</li> </ul> 
面 깊이(地面下)	0.6m	3~4m
上部被覆	通氣土壤으로 被覆	크리트構造體被覆, 石築壁
機能面	BOD 10ppm以下, 窒素, 磷의 높은 除去率等 超高級 處理	處理機能 없음
막힘	막힘없음	微生物膜 形成되어 막힘
寒冷氣溫對應力	크다	적다
二次公害	없음	있음
地下水汚染	없음	있음
周邊敷地汚染	없음	汚染放流水가 周邊을 汚染시켜 植生에 害를 끼친다.
繼續使用時維持費用	全無	頻繁히 收去하여야 함

본 모관트렌치공법의 특징은 다음과 같다.

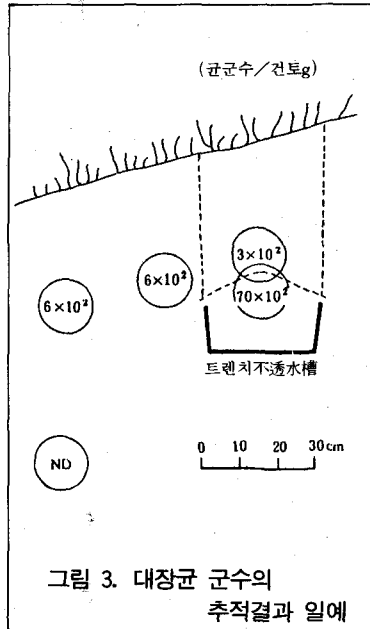
●질소(N), 인(P)의 제거율이 높다.(2-2 특징에서 서술됨)

●유해 세균의 제거

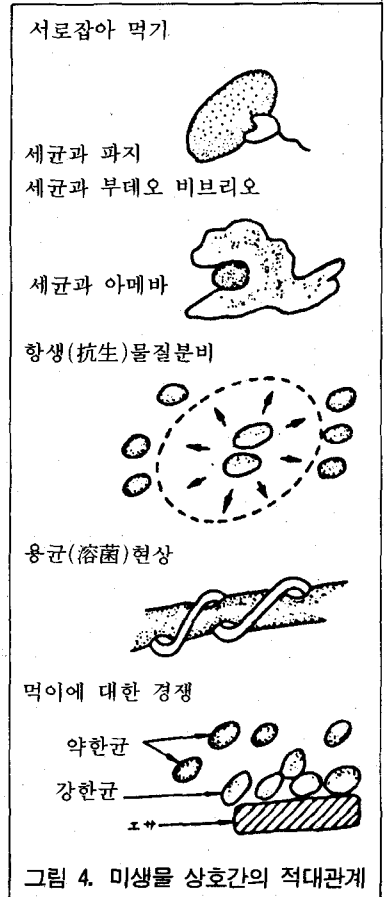
오수를 방류함으로써 발생하는 유해한 세균이 많다. 이러한 세균 제거를 위해서는 일반적인 공법으로는 염소등 멸균 약품을 사용하여 제거 하는데 이 과정에서 잔류 유기물질과 염소의 결합으로 발암성 물질인 트리할로메탄(Trihalomethans) 즉 THMS를 생성함으로, 인체의 보건위생에 지대한 영향을 주고있다.

그러나 본 공법에서는 염소등 별도의 제거 약품을 사용하지 않아도 이미 제거 되지 못한 유해세균인 대장균등 잔류 균류는 잘 발달된 토양 생태계 안에서 완전히 제거됨이 여러자료에서 증명되고 있다.

그림 3에서의 대장균수의 감소는 토양미생물중에 상호 적대관계가 존재하면서 지렁이류는 대장균등을



먹이로 포식하며 박테리아는 원생동물의 먹이가 되고 이 원생동물은 지렁이의 영양원이 된다(그림4참조). 이 무늬지렁이는 국내 각지에 서식하며 특히 트렌치 주변에 밀집 서식하게됨을 그림 5에서 알수 있다.



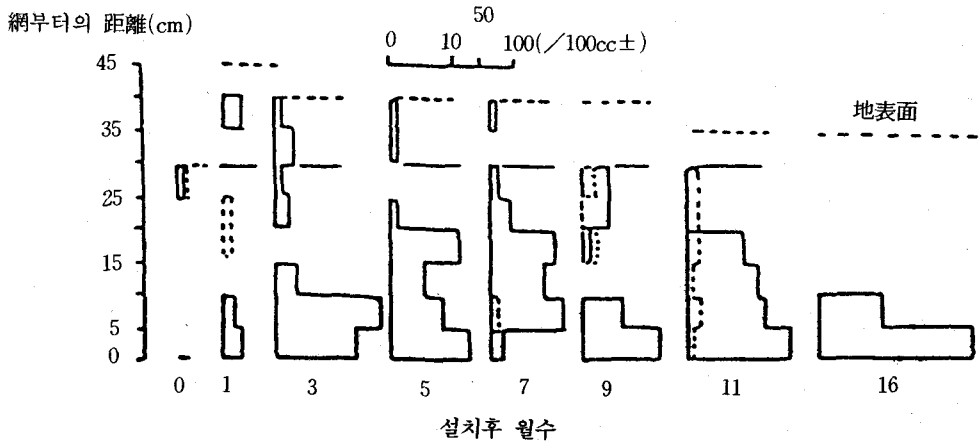


그림 5. 소형(지렁이류)수량변화(中村)실선(트렌치의 중심)

(일본奥多摩郷土資料館모관 트렌치)

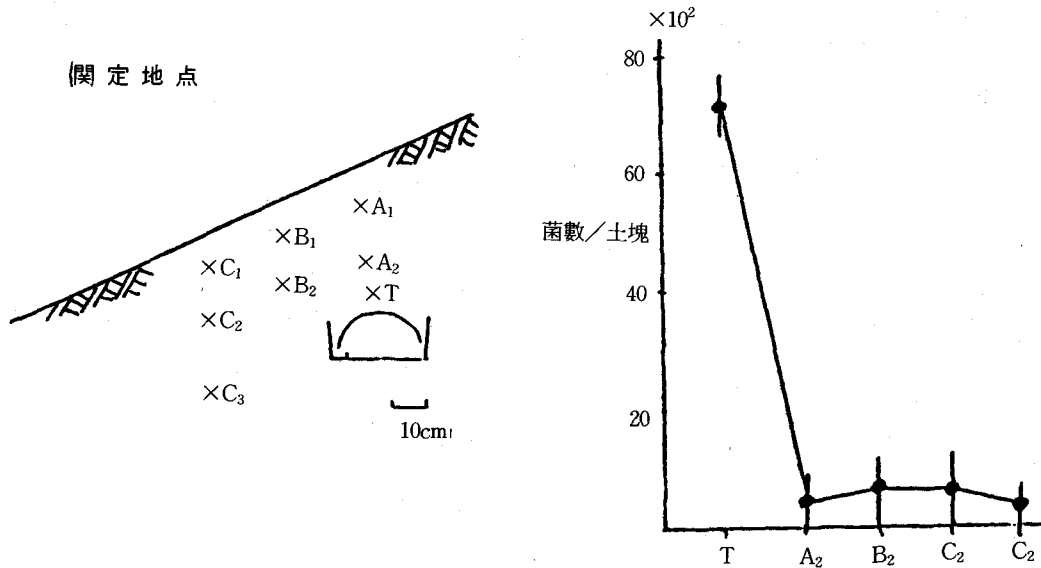


그림 6. 지점별 대장균수의 차이(山本)

대장균이 트렌치 중심부에서 10cm 이상 토양층을 통과하면서 99.5% 이상 제거됨이 그림 6에서 표시되고 있다.

이와같이 여러분석 자료에 의하

면 소멸될 수 없는 소독약품 없이도 자연생태계의 토양 미생물은 인간에게 유해한 병원균을 완전 제거하는 힘이 존재함을 알게 되었다.

앞으로 유기성폐수는 물론 무기

성폐수처리공법도 모관트렌치공법의 지속적인 연구에 의하여 개발될 것이며 토양정화공법의 효과 및 능력도 트렌치공법의 발전에 따라 진전될 것이다.

### 3. 국내 및 외국의 토양오수 처리법 사용실태

#### 3-1 국내 토양 오수 처리공법 사용실태

본 공법을 소개하며 시행전인 1985년 이전에는 전무상태였고 기존 정화방법에 의하여 처리된 방류수가 문제점을 발생할시에만 그에 대한 대책으로 심정 공법(웅덩이식 공법)을 의존하여 왔다.

그러나 결과는 막대한 제2의 공해를 가져다 주었고 특히 방류선이 없는 지역에서는 악취 및 토양오염에 의하여 결국 폐쇄하는 결과를 낳게 하였다. 이러한 실정은 토양정화 방법의 과정을 충분히 이해하지 못하였고 전문적인 연구나 분석이 없는 상황에서 시행된 후유증으로 생각되어 진다.

본 공정공법은 (주)한국토양정화센터로부터 환경청에 공인 신청하여 가인정(1986. 9. 15)을 받은 후 시행되면서 시험중에 있다.

#### 가. 국립공원 및 국민관광지

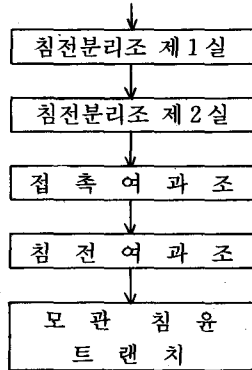
우리나라도 경제성장과 함께 88 올림픽대회를 유치하면서 공원 및 관광지가 현대화 시설로 탈바꿈하게 되었다.

그러나 지형상, 또한 기술적으로 적합한 공법을 선택하지 못한 실정에서 국내 국립공원의 공중변소 오수 정화조 처리시설(계룡산 국립공원 구주차장화장실)에 본 공법을 처음으로 적용하였다.

시설용량이 일 15m<sup>3</sup> 정도의 소규모 시설이며 처리방법은 모관트랜치 공법을 적용하였다. 그 개요는 다음과 같다.

#### ● 시설 개요

- 건물의 주용도; 공중 화장실
- 처리대상인원; 300인
- 유입오수량; 15m<sup>3</sup>/일
- 오수처리방법; 모관침윤 트랜치공법(토양식 부패조+모관침윤 트랜치)
- 공사기간; 1985. 10. 4~  
1985. 11. 12
- 계획수질; 유입수 BOD 260ppm  
유출수 BOD 20ppm
- 공정도; 유입(BOD 260 ppm)



본 시설을 사용개시한 후 약 20개월이 지난 1986년 6월 부터 12월까지 전문기관에 의하여 수질을 분석한 결과 당초 계획된 처리 수질의 BOD는 20PPM인 반면 실질적인 처리 수질 효율은 약 99%에 달하여 대부분 BOD 5ppm 이하로 정화되었고, 정화된 수량이 일부는 잔디 등 식물뿌리 등에 의하여 증발되고 나머지 처리수는 지하수로 다시 환원되어지는 과정으로서 너무나도 경이적이고 토양 생태계의 신비함과 토양 미생물의 기능이 수질오염을 정화 처리 하는데 대단한 공헌을 하고 있는 점을 발견하였다(표 4 참조). 이와같이 자연 생태계를

연구 분석하고 그 활용도를 공학적인 개념으로 발전시키면 자연이 갖고 있는 신비함을 더욱 느끼게 할 것이며, 우리 모든 인류는 자연의 안락함에 영주할 것이며 그와반대로 자연의 생태계를 무시한다면 회복하기 곤란한 생태계의 변화가 초래될 것이다.

공원 및 관광지 시설에 본 처리시설을 선택하기 위하여 참고되어야 할 사항.

● 처리수를 방류할 수 있는 방류선이 없는 지역

우리나라 대부분의 공원에는 방류선도 없을뿐더러 방류선을 연결하기 위해서는 상당한 거리의 오수 유도관이 필요하며 자연훼손과 더불어 엄청난 시설비가 소요된다.

이와같은 지역에서는 본 공법중 모관트랜치 공법을 선택하여 앞서 말한 문제점을 완전히 해결하여 대부분 공원시설에서는 적용되어야 한다. 현재 시행중인 대표적인 지역은 부산직할시 황령산 시범야영장의 경우 당초 단지내 오수 종말처리장인 장기 폭기방법으로 처리하여 처리수를 시가지 방류선까지 유도한 후 다시 가압펌프로 종말처리장까지 보내는 계획을 수립하였으나 소요 용량(일 58m<sup>3</sup>)을 정화하기 위하여 엄청난 공사비가 소요될 뿐더러 유지관리상 문제점의 노출로 결국 본 방법을 선택하게된 동기가 되었다. 그의 이와같은 실정으로 다수의 공원에 적용되고 있다.

● 분산 시설로서 시설별 처리방법이 적합하다. 공원 및 관광지는 지형적인 여건과 탐방객 등의 편의주의에 필요한 적절한 시설배치가

표 4. 충남계룡산국립공원 동학사 구주차장 화장실 오수처리시설 수질분석표

검사기관 : 충남대학교 공과대학 부설 산업기술연구원

체수일자 1988년	구 분	유 입 수			1 차 처 리 수			2 차 처 리 수			비 고
		BOD ppm	SS ppm	대장균	BOD ppm	SS ppm	대장균	BOD ppm	SS ppm	대장균	
평	균	279	70	13,085	173	44	665	3.2	17	3.1	
6 월	6 / 2	390	156	4,000	253	93	200	5	19	ND	
	6 / 17	495	67	17,000	260	23	1,100	*	*	*	
	6 / 21	425	60	3,500	290	48	700	3.2	26	2	
7 월	7 / 7	180	26	28,000	110	23	2,700	4.5	20	2	
	7 / 21	120	23	170	50	16	80	3	24	9	
8 월	8 / 4	168	41	24,000	120	41	1,100	4.6	29	11	
	8 / 18	440	80	35,000	280	51	280	4.2	27	2	
	8 / 31	185	46	24,000	105	45	1,100	3.4	17	9	
10월	10/19	212	62	17,000	130	41	400	4.2	3.4	ND	
11월	11/9	225	76	1,600	153	61	280	3.3	4.2	ND	
	11/30	280	124	2,400	180	44	28	6.2	7.2	ND	
12월	12/15	230	85	350	145	45	20	6.4	10.4	ND	

(주) \*6/17: 폭우로 인하여 검수조 용기에 흙과 빗물이 들어가 대표 sample로 취급 불가능.

\* 1 차처리수: 모관트랜치 공법의 부패조 유출수

\* 2 차처리수: 트랜치의 검수조 유출수

요구된다.

그러나 재래식 공법으로 처리 시설의 계획은 분산되어 있는 오수를 집합하기 위하여 무리한 공정이 뒤따라야 하며 오수 유도관로등을 설치하기 위한 자연훼손을 방지할수 없는 관계로 서로 분산 처리하는 공법을 적용하는 것이 합리적인 방법이며 특히 공원등에는 잘 발달된 토양 생태계에 오수를 분산하여 정화 하도록 계획함이 현실적이고 최적의 선택이 될것이다.

● 탐방객등 관광객에게 악취및 시각적으로 불쾌감이 없어야 한다.

종래의 재래식 공법은 공장식 처리시설로서 지상에 노출되는 설비가 많을 뿐더러 확실한 처리 효율을 얻지 못하고 운전부주의및 운영관리의 결함에 의하여 발생하는 경우와 재래식 부패정화조에서 유출된 오수를 웅덩이식 공법을 이용 지하에 침투시켜 소멸하려고 하였

으나, 앞에서 기술된 바 같이 결국 지상으로 흘러 나오면서(막힘증상) 발생되는등 여러 유형의 공법에 의한 악취나 시각적으로 느껴지는 불쾌감으로 탐방객에는 많은 불편을 초래하고 있다. 이와 관련하여 건설부에서는 화장실에 따른 지시(1985. 4. 23)의 공문내용 3항에 "화장실의 오수로 인하여 상수원과 탐방객의 식수로 사용하는 지하수, 계곡수를 오염시킴과 악취 등으로 지역 주민및 이용자에게 큰 불편을 초래 할 지역에 대하여는 현지 여건에 따라 토양 오수 정화 방식등으로 검토 시행할것"을 명시하였고, 내무부에서는 재일대한부인회 지원 공중변소 설계서 심사결과 보고서(1988. 3. 21)의 지적 사항 내용중 "오수 처리 시설은 관광지의 계곡, 자연수 오염을 최대한 방지하기 위하여 가능하면 분뇨 정화조 보다는 토양식 오수 정화조(1차처

리; 토양식 정화조, 2차처리; 모관 침윤 트랜치)를 설치 할 것."을 권장 사항으로 시달한바 있다.

대표적인 시설지구는 각 국립공원에 신설된 화장실에 설치되었고 시·도·군 등의 관할 공원에도 계획되어 현재 시설중인 순창군 강천시 국민관광지등에 적용 시행중에 있다.

**문의및  
상담전화  
553 - 5571**