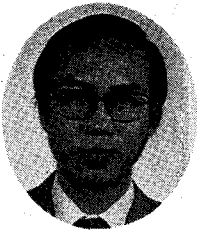


# 토양미생물을 이용한 오수및 폐수처리공법

(첫번째)



김 정 응

《(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. 결론

### 1. 서 언

인류에 의하여 발생되는 지구상의 모든 공해문제는 점차 심화되는 현상에 와 있고 처리능력에 대한 기능은 어느 한계점에 와서도 무한히 연구 노력 되고 있다.

이곳에서 소개하고자 하는 토양정화법도 이미 미국에서는 1930년대부터 연구분석하여 이론적인 정립을 하였으며 이웃 일본에서 30여년 전부터 실용화하여 현재까지 시행하여 왔고 계속 연구중에 있는 세계적인 학술이다.

우리나라에서는 1980년도부터 각 공공단체에서 이론적인 강의및 자료제출과 1985년에 와서 국립공원 오수처리에 대한 역할을 시작으로 각 국민관광지시설및 휴양지시설 그리고 Golf장, 학교, 목축장 등의 오수처리등에 본 공법을 적용하였다.

토양정화법은 하수방류원이 없는 지역부터 시작하여 현재에 와서는 동물원의 동물폐수, 관광지 집단시설지역, 댐상류지역의 집단방류시설, 농어촌 집단촌락지역, 해안의 방류가 불가능한 집단시설 등에 많은 검토가 시작되고 있으며 일부는 시행하고 있는 중이다.

특히 환경에 대한 국민들의 의식수준이 고조되어 있고 수질관리등 행정적인 제도가 점차 세분화 되고 있어 체계적인 운영관리로 수질의 고도 처리시설지역이 갈수록 증가되고 있다.

이와같은 현상에 힘입어 토양정화법의 수용용도및 방법도 다양하여 이제부터는 좀더 체계적으로 분석력이 있는 기술의 방향을 제시하고 그 이론적인 기초를 서술하고자 한다.

서술함에 있어 본 토양정화법의 이론적인 바탕은 토양미생물에 대한 생물학적공학, 토양물리학, 그리고 화학공학에 기초를 둔 시설공학으로 그 개념의 정리는 일반적인 처리공법에 비하여 고도의 학술적인 연구가 계속 요구되는 시설공법이다.

필자는 이러한 견지에서 여러분과 훌륭한 작품을 완성하는 자세로 같이 연구하고 폭넓은 지식을 포용하여 본 공법의 의의를 좀더 연구 검토하는데 각 전공적인 기술의 집약을 기대하고자 한다.

### 2. 토양정화법 개요

#### 2-1 개요

토양정화법을 이론적으로 표현한다면 “토양생태계가 가지고 있는 독특한 기능, 즉 토양의 힘, 토양균, 토양미생물의 유기적 분해력으로 생활오수및 축산폐수등 정화 SYSTEM중에 의식적으로 적용하여 이제까지의 공법으로는 도저히 달성하기 어려운 고도정화를 할수 있는 자연의존에 의한 접촉산화 미생물여과처리방법”으로 정의한다.

토양권이란 토양지표면 약1M 미만까지의 지구표면 토양층을 말하며 토양권 안에는 많은 생물체 즉 식물, 동물, 미생물들이 상호 의존 관계를 유지하면서 서식하고 있다.

토양권의 생태계 서식처의 토양, 즉 흙 1cc 속에는 천만 단위부터 수억 단위의 미생물이 토양 종류별로 서식하면서 자연을 보존 유지하는 역할을 담당하고 생물에게는 풍부한 자원을 공급하고 동물에 의해 버려진 공해, 즉 “쓰레기를 처리 분해하는 기능”으로 생태계의 보존과 공해추방에 유익한 담당을 하고 있다.

이러한 방법은 옛부터 동물들의 배설물등 유기성 쓰레기를 토양속에 덮어 두거나 토양권 즉 1M 미만의 토양층에 파묻는 방법에 의하여 완전분해처리 하여왔던 이미 잘 알고 있는 방법으로서 이와같이 토양 생태계의 신비하고 독특한 정화 기능을 체계적으로 정리하여 현실에 적용시키는 방법을 ‘토양식 정화처리공법’이라고 한다.

## 2-2 토양식 정화공법의 종류와 특징

토양식 정화공법에는 처리시설의 상부를 토양으로 덮은 “토양피복형

공법”과 오수및 폐수를 토양속에 침윤시키는 “모관침윤 TRENCH공법”의 두가지 방법으로 구분되며 이에 대한 설명은 다음과 같다.

### 가. 토양피복형 공법

일반적인 처리공법의 공정은 전처리(1차처리)시설인 침사조, 침전분리조 유량조정조와 본 처리시설에서 활성오니처리조, 생물막법처리조등 2차시설과 절소, 인을 제거하기 위한 특수 처리방법과 소독조등 화학적 처리시설인 3차처리시설로 구성되는 바 토양피복형 공법에서는 상기 공법과의 규모의 차이는 있으나 상부에 양질의 토양으로 피복시공한 후 잔디를 심어 완전 녹지공간을 구성하여 처리되는 공법이다.

본 녹지공간으로 형성된 처리시설 밑에는 일정한 규격의 접촉재 쇠석등이 설계조건에 따라 적당한 양이 채워지며 접촉재등 상부의 하중을 받아 주는 콘크리트받침빔(로스틀)에 의하여 오수및 폐수가 접촉하도록 구성되어 있다. <그림1참조>

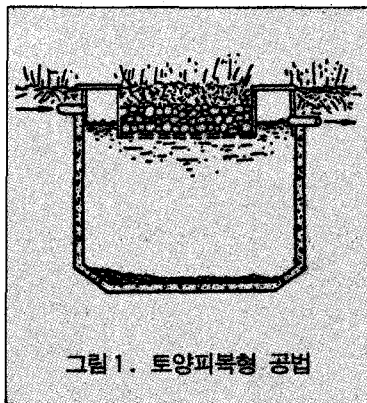


그림 1. 토양피복형 공법

본 방법의 특징은 다음과 같다.  
· 발생오수가 적고 유지비가 덜

든다.

양질의 다공성 통기성 피복토양과 오수및 폐수가 모관침윤작용에 의한 접촉으로 인위적 제거방법과 동시에 자연발생적인 현상 즉 토양미생물, 토양동물에게 분해 처리되고 식물 뿌리와 공기는 과정에서 발생하는 영양분을 소화 흡수하여 오니를 좋아하는 토양미생물을 다량으로 증식시켜 기능의 효율을 더욱 높여주게 된다.

특히 토양 원생동물중에 ‘지렁이’는 일반 하수구에서도 흔히 볼수 있듯이 오수를 상당히 좋아하며 매일 자신의 체중만큼의 오니를 자기 몸속으로 통과시켜 분해하는 능력을 갖고 있는 점을 관찰하여 볼 때 토양정화법에서의 오니발생량이 타 방법에 비해 적은 이유는 수중미생물 뿐만 아니라 토양미생물과 토양동물까지 오니 소멸에 적극 참가하기 때문이다.

· 악취, 병원균의 비산, 포말등에 의한 제 2차 공해가 발생되지 않는다.

현재까지 사용되어온 타 공법에서는 탈취장치가 별도로 시설되어 있으나 효율적인 효과를 얻지 못하고 있다.

그러나 본 방법에서는 발생원인 시설물의 상부에 양질의 다공성토양을 덮음으로 발생하는 악취는 토양을 통과하면서 흡착되며 흡착된 유기물질은 토양미생물에 의하여 서서히 냄새없는 물질로 전환되기 때문에 별도의 탈취장치가 불필요하며 병원균, 포말등도 토양에 흡착됨이 당연하다.

따라서 지금까지의 오수및 폐수 처리에 대한 일반적인 개념을 완전

히 바꾸어 취사장 및 식당의 바로 옆이나 (충북 영동 양산국민관광지), HOTEL 침실창문(서해안국립공원 백사장해수욕장) 바로 옆에 시설되어 있고 팔당댐 상류의 상수도 수원에 방류가 곤란한 지역 중 학교의 교실 창문옆(가평군 북중학교) 등에 시설하여 조정시설의 일원으로 활용되고 있어 악취제거에 탁월한 효과가 있음을 증명하고 있다. (근래에 와서는 농공단지의 공업용 폐수처리 악취제거도 본 토양정화공법이 적용되어 검토중에 있다.)

- 유입수의 부하변동에 강하다.

처리시설은 부하변동에 대응하기 위하여 유량조정조의 설비가 요구된다. 그러나 토양정화법에서는 토양미생물의 분해기능을 돕기 위해서는 부하변동의 발생이 더욱 효율적이다.

토양미생물은 균일된 수질보다는 불균일된 조건의 수질에서 미생물의 활동을 자극하고 휴식을 주는 반복 동작에 의해 분해능력을 촉진시키고 미생물의 증식을 유도하게 된다.

따라서 별도의 유량조정조 시설보다 주설비 시설인 침전분리조의 자체용량 만으로도 부하의 변동을 충분히 대응함으로써 완전한 수질정화능력을 갖게 된다.

- 질소(N), 인(P)제거도 가능하다.

우리나라는 삼면이 바다로 구성되어 있고 농업용수 확보 및 상수도 용수확보를 위한 댐, 그리고 다목적 대형댐이 무수히 건설되어 왔다.

그러나 이에 부응된 수질오염 방지에 대한 검토는 대단히 미흡하여

상수원으로 이용되고 있는 곳에 “부영양화 물질”에 의한 오염이 이미 시작될 것으로 사료되고 있다. 이에 대한 분석조사가 시행되는 곳도 있지만 우리나라의 문화수준의 발달과 고도의 성장에 힘입어 오수의 발생량과 오염발생원도 더욱 증폭 증가되고 있다. 이에 대한 대책으로 타 방법에서는 ‘모래여과법’으로 제거한 후 초지 등에 살수하는 방법과 ‘약품에 의한 응집처리법’ 등을 사용하고 있으나 많은 동력이 요구되고 약품비등 이에 상응된 유지관리비와 고도의 숙련이 필요한 기술이 요구되어지고 식물 등에 살수하여 생태계의 변화가 우려되는 등 후속적인 문제점이 유발되고 있다.

토양정화법에서는 모관침윤 TRENCH공법을 병용하는 경우 약품이나 이에 대한 별도시설의 필요 없이도 인(P)은 95% 이상 제거되며 질소(N)도 대부분 소멸되고 있다.

(표1 참조)

토양에 의한 인(P)제거는 점토의 ALLOPHANE 등 비결정체 성분 이용액 상태에서 (-)ion에 흡착하는 성질과 ion교환현상에 의한 것으로서  $PO_4^{3-}$ 에 대한 흡착은  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$  등에 대한 흡착보다 ion가 높음으로 강하게 이루어지며 95% 이상 제거됨을 표1에서도 알 수 있다.

- 고도의 정화처리로 우수한 수질이 보장된다.

국내에 시설된 계룡산국립공원 공중화장실과 가평군 북중학교 오수처리시설에 대한 수질분석을 충남대학교 환경연구실 및 한양대학교 환경연구소에 의하여 분석된 자료

에 의하면 1988년 6월~8월 중 9회에 실시한 수질분석(계룡산국립공원 화장실) 결과에 유입수 평균 BOD가 300ppm에서 모관침윤 TRENCH공법에 의한 처리수질은 김수조에서 BOD는 4ppm으로 분석되었고 처리효율은 약 99%에 달한다.

국내에 현재까지 설치된 시설물의 정화효율은 거의 같은 수준의 결과로 분석되어지고 있어 자연의 힘이 위대함을 새삼 느끼게 한다.

이에 대한 자료분석 검토는 다음 기회에 시설물의 검토에서 자세히 논술하기로 하고 이 장에서는 생략하기로 하며 다만 토양미생물 토양소동물에 의하여 유기물질이 완전 분해되는 과정만 서술하면 분해과정이 식물뿌리 등에 흡수되도록 영양분이 되는 무기물질로 변하고 BOD는 토양의 기능으로 완전 제거되는 우수한 공정이며 앞서 기술된 수질분석의 처리공정은 동력을 사용하지 않고 부패조를 거친후 모관침윤 TRENCH에 유입시켜 분해 처리한후 부지내에 분산하여 외부로 일체 방류가 되지 않는 공법이고 보면 토양이 담당하고 있는 역할이 얼마나 신비한가를 알게 된다.

- 외기 온도변화에 좌우되지 않기 때문에 동계 수온 대책이 불필요하다. 토양정화시설에 유입되는 오수 및 폐수가 토양미생물 등에 의하여 분해되면서 발생하는 열에너지는 토양미생물이 서식하는데 적당한 온도를 유지시키며 식물의 성장에도 지장을 주지 않는 이유로 분해되는 순환과정이 정상적으로 활동함에 따라 영하 30°C 이하의 동

절기에도 토양 미생물등을 증식시키고 유입오수를 분해하도록 하여 생물체의 생존의식 과정에 자연발생적인 현상으로 표출되고 있다. 토양정화법 시설물의 토양 하부 수은과 0.5M 정도의 높이에 있는 지표면 온도의 차는 약 15°C나 되어

타 방법에서는 도저히 기대할 수 없는 공법으로 한냉지역에서도 기능을 발휘하는데 별도의 보온대책이 없이도 잘 유지되고 정상적인 처리가 된다. ·유지관리가 용이하여 운영 유지비가 저렴하다.(에너지절약형)

활성오니방법등의 기계의존형 처리공법은 운전기술이 미숙할 경우 완전한 성과를 얻는데는 여러가지 어려운 점이 많다. 일정한 분해력을 갖기 위해서는 동력기계 사용에 복잡한 공정의 필요성과 발생되는 악취를 제거하기

표1 모관침윤트렌치 수질분석 결과

근거: 일본 농촌생활 종합연구센터 시험, 神奈川県약제사회 공해위생 시험소 분석

採水 分析項目	53年(1978年)											
	53年10月	11月	12月	54年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
水 温(°C)	17.0	12.0	12.4	9.8	10.2	12.5	17.2	16.1	18.0	24.0	23.2	19.6
PH	6.0	6.6	6.5	6.1	6.8	7.0	6.4	5.3	6.5	6.4	6.1	6.9
COD (ppm)	760	180	270	310	70	89	210	4,300	170	190	200	240
BOD (ppm)	1,100	340	580	620	170	290	410	8,300	400	280	590	490
SS (ppm)	3,100	920	440	1,200	73	93	1,000	19,000	730	530	290	650
DO (ppm)		2.4	3.3	3.0	7.5	2.7	2.5	0	0	5.2	0.052	1.5
Si 大腸菌數(個/ml)	170×10 <sup>3</sup>	130×10 <sup>3</sup>	120×10 <sup>3</sup>	300×10 <sup>3</sup>	94×10 <sup>3</sup>	52×10 <sup>3</sup>	75×10 <sup>3</sup>	250×10 <sup>3</sup>	100×10 <sup>3</sup>	140×10 <sup>3</sup>	230×10 <sup>3</sup>	100×10 <sup>3</sup>
一般細菌數(個/ml)	55×10 <sup>4</sup>	89×10 <sup>4</sup>	220×10 <sup>4</sup>	99×10 <sup>4</sup>	210×10 <sup>3</sup>	45×10 <sup>4</sup>	300×10 <sup>3</sup>	97×10 <sup>4</sup>	46×10 <sup>4</sup>	150×10 <sup>3</sup>	150×10 <sup>3</sup>	110×10 <sup>4</sup>
鉛 濃 度(ppm)					21		0.76		38		70	
양모나아성암소(ppm)	23		48		3.4		42		26		14	
總 窒 素(ppm)	320		93		17		59		52		27	
亞硝酸性窒素(ppm)	0.060		0.094		0.039		0.28		0.063		0.021	
亞硫酸性窒素(ppm)	6.0		1.5		0.70		0.93		0.1		0.16	
磷酸鹽磷(ppm)	21		78		18		33		54		27	
ABS (ppm)					22		28		20		16	
總 磷(ppm)	37		24		83		36		26		61	
水 温(°C)	18.2	14.5	14.5	12.7	13.0	14.5	18.5	15.0	18.7	23.5	23.5	20.3
PH	6.5	6.7	6.6	6.7	6.8	6.6	6.5	6.4	6.7	6.9	6.8	6.9
COD (ppm)	92	100	73	39	55	82	97	55	39	58	53	68
BOD (ppm)	230	280	190	100	120	120	270	130	40	130	120	86
SS (ppm)	44	32	63	25以下	55	47	78	29	25以下	33	25以下	41
DO (ppm)		0		0.74	0	0	0.84	0	0	0.6	0	0
大腸菌數(個/ml)	77×10 <sup>3</sup>	71×10 <sup>3</sup>	46×10 <sup>3</sup>	140×10 <sup>3</sup>	89×10 <sup>3</sup>	140×10 <sup>3</sup>	47×10 <sup>3</sup>	92×10 <sup>3</sup>	77×10 <sup>3</sup>	110×10 <sup>3</sup>	52×10 <sup>3</sup>	75×10 <sup>3</sup>
一般細菌數(個/ml)	110×10 <sup>3</sup>	83×10 <sup>4</sup>	300×10 <sup>3</sup>	54×10 <sup>3</sup>	300×10 <sup>3</sup>	120×10 <sup>3</sup>	140×10 <sup>4</sup>	150×10 <sup>3</sup>	210×10 <sup>3</sup>	35×10 <sup>4</sup>	110×10 <sup>3</sup>	200×10 <sup>3</sup>
鉛 濃 度(ppm)					63		61		42		57	
양모나아성암소(ppm)	29		41		52		46		27		38	
總 窒 素(ppm)	38		49		61		58		32		44	
亞硝酸性窒素(ppm)	0.017		0.013		0.019		0.028		0.025		0.011	
亞硫酸性窒素(ppm)	0.10		0.38		<0.1		0.13		<0.1		0.21	
磷酸鹽磷(ppm)	5.7		6.3		7.2		4.8		4.2		5.0	
ABS (ppm)					3.1		2.6		3.1		3.9	
總 磷(ppm)	21		18		29		30		16		6.5	
水 温(°C)	19.4	17.2	14.9	11.6	10.0	12.0	13.8	18.0	18.9	21.5	22.2	18.8

(주) Si: 정화조 유입원수, So: 정화조(에서 정화된) 유출수, W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>: 모관침윤 트렌치 검수조(수질)

위해서도 공기의 주입이 각 시설별로 필요하다.

토양정화법에서는 타 공법의 공기량의 60% 정도로 같은 정화처리 효과를 얻을 수 있고 토양의 피복으로서 악취제거에 필요한 공기량 등 별도의 설비 뿐만 아니라 부화량을 조절하기 위한 유량조정조와 같은 시설이 불필요하여 이에대한

동력비도 절감된다.

특히 모관침윤 TRENCH공법(다음 장에서 설명)에서는 동력이 불필요하여 유지관리나 그에 소요되는 관리비는 거의 필요없다는 결론이고 보면 유지관리에 어려운 지역이나 기술적인 처리공정을 시설하기 곤란한 경우에는 토양정화법을 검토하는 것도 바람직하다.

## 문의 및 상담전화

# 553-5571

종목	53년(1978년) 分析項目	53年(1978年) 10月 ~ 1979年 1月											
		10月	11月	12月	1979年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
W	PH	6.9	6.8	6.8	7.1	7.6	7.0	7.1	7.2	7.2	7.3	6.8	7.0
	COD (ppm)	3.9	3.1	2.5	1.3	2.8	2.4	3.6	2.7	2.2	2.7	4.3	3.2
	BOD (ppm)	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下
	SS (ppm)	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下
	DO (ppm)			5.2	6.8	6.2	5.2	8.4	4.4	4.6	4.6	4.3	4.9
	大腸菌群數(個/ml)	0	13	36	0	0	0	9	4	4	4	34	44×10 <sup>2</sup>
	一般細菌數(個/ml)	69	260×10	30×10	12	20	9	28	11	7.9	150	240×10	63×10 <sup>2</sup>
	窒素이온(ppm)					45		32		2.3		16	
	암모니아성窒素(ppm)	<0.13		0.30		<0.13		<0.13		<0.13		<0.13	
	總窒素(ppm)	26		36		41		33		1.3		17	
	亞硝酸性窒素(ppm)	05.1		<0.005		<0.005		0.0075		<0.005		0.012	
	硝酸性窒素(ppm)	25		36		41		32		0.86		17	
	磷酸鹽類(ppm)	0.0072		<0.004		0.017		0.025		0.033		0.067	
	ABS (ppm)					<0.08		0.18		0		0	
鐵 質(ppm)	0.11		<0.004		0.2		6.0		1.3		0.14		
W	水 温(°C)	19.9	17.4	15.4	11.9	10.4	11.5	13.5	17.6	18.5	20.2	22.0	18.7
	PH	6.7	6.6	6.6	6.9	7.0	6.6	6.4	6.4	6.6	6.7	6.2	6.4
	COD (ppm)	4.5	4.4	3.4	2.9	3.6	3.1	3.8	2.7	2.4	3.0	4.3	1.1
	BOD (ppm)	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下	2以下
	SS (ppm)	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下	25以下
	DO (ppm)		7.0	5.1	6.9	8.9	7.9	8.9	7.0	6.5	6.8	5.4	4.4
	大腸菌群數(個/ml)	7	11	1	13	0	6	0	51×10	0	2	120	270
	一般細菌數(個/ml)	140	113	76	250	20	80	51	80×10	2	110	32×10	67×10
	窒素이온(ppm)					60		47		35		23	
	암모니아성窒素(ppm)	<0.13		0.20		<0.13		<0.13		<0.13		<0.13	
	總窒素(ppm)	70		62		30		41		26		40	
	亞硝酸性窒素(ppm)	0.037		<0.005		<0.005		<0.005		0.0054		<0.005	
	硝酸性窒素(ppm)	68		51		30		41		26		40	
	磷酸鹽類(ppm)	0.029		<0.004		0.014		0.028		0.016		0.014	
ABS (ppm)					<0.08		0.48		0.19		0.28		
鐵 質(ppm)	0.45		0.10		0.30		6.0		0.23		0.21		

(주) Si: 정화조 유입원수, So: 정화조(에서 정화된) 유출수, W1, W2: 모관침윤 트랜치 검수조(수질)

(다음호에 계속)