

생활오수정화

3. 토양권 생태계를 이용한 오수처리 방법

가. 토양을 이용한 오수정화의 역사
 생활배수의 토양에 의한 처리는 인류의 역사와 더불어 계속된 것이며 이는 비단 사람뿐이 아니고 동물중에도 그 배설물을 흙으로 덮어 처리하는 습성을 가진 개, 고양이 등을 볼 수 있다. 이러한 고대로부터의 토양에 의한 생활배설물 처리는 근자에 와서 특히 수세식 변소의 적용과 더불어 점차 멀어져 간것도 사실이다. 그러나 1930년대에 와서 미국의 위생공학자들은 전염병학자 및 토양학자와 더불어 처음 대대적인 규모로 과학적인 생활배수의 토양에 의한 처리를 연구하였다. 그 연구 목적은 토양처리와 전염병 병원균의 관계규명에 있었으며 결론은 안전하다는 선으로 그쳤는데, "침투"에 대한 연구는 포함되지 않았다. 이러한 연구 활동은 당시의 세균학의 동향과도 관계가 있어 토양세균이 대단히 강력한 살균력을 가지고 있음이 증명되었다. 이 연구는 후에 토양균으로부터 항생물질을 만드는 기술로 연결되어 의학에 다대한 공헌을 하였다. 제 2차대전후 미국에서도 도시인구가 많이 교외로 옮겨갔고 "우물"을 음료수로 사용하였던 관계로 "부패조"에 의한 토양처리의 안전성에 관하여 과학적 연구를 할 필요가 있어 1930년대에 이은 연구가 재개되었다. 이는 "캘리포니아대학 위생공학연구소"가 미국연방정부 주택국의 위탁연구를 맡는 형식으로 1950년초부터 15년간 연구하게 되었다. 이 연구는 많은 성과를 올렸으나 최종단계에서 토양에 의한 처리방법을 포기하고 다른 방법으로 옮기는 연구결론이 나왔다. 이렇게 부정적으로 끝난 이유는 토양을 사용하면 폭기가 용이하지 않다는 기술적문제 때문이었는데 이 결과는 활성오니법 민능시대로 돌입하게 된다. 원래 토양에 의한 오수처리에는 폭기를 필요로 하지 않는바 미국의 다대한 이 분야에 대한 노력은 보물산에 들어가 보물상자에 열쇠를 꽂는단계까지 가서 상자를 열지 않고 산을 내려온 격이 되었다는 것이 일본의 有水疆州(농림수산성 입업시험장 주입연구관)의 표현으로 연구도 승부인데 승부는 끝순간에 결정되는 것인바 다 가서 포기하였음은 유감지사라는 것이 역시 동씨의 말이다. 그러나 최종보고서가 제출된 1967년부터의 5년 후에는

"수질오염방지법"이 공포되고 앞서 말한 바와 같이 미국 EPA는 소규모 분산처리에 무상원조 85%까지 주는 정책결정이 나왔다. 이는 돌이켜 생각하면 오수의 토양처리는 타당한 것임을 미국정부가 인정한 것이고 여태까지의 많은 연구성과가 정부에 의해 긍정적으로 받아들여졌음을 뜻한다 하겠다.

나. 토양에 의한 오수정화에 대한 미국연구 성과

위와 같은 미국의 장기간에 걸친 대규모 연구에서는 많은 귀중한 사실들이 발견되었음은 물론이며 그중 몇가지를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 토양처리에 의하여 전염병균은 안전하게 처리된다.
- (2) 토양세균의 살균력은 대단히 강하다. (토양균을 이용하여 항생물질을 제작함)
- (3) (부패조에 의한) 토양처리하는 우물(음료수)에 안전하다(지하수 오염이 되지 않는다)
- (4) 지하수를 오염시키지 않는 범위에서의 토양의 오수정화능력을 결정하고 이를 위한 최소한의 전처리가 소요된다.
- (5) 토양의 침입능 연구-토양이 물을 흡수하는 속도
- (6) 토양의 침투능연구-토양내를 물이 통과하는 속도
 - (가) 청수(깨끗한 물)와 오수의 침투능에 차이가 있다.
 - (나) 청수의 침투능의 상한과 하한에는 40배나 되는 차이가 있다.
 - (다) 하향침투보다 측방침투가 양이 많으며 측방침투하는 모양이 여러가지로 다르다.
 - (라) 청수의 단기적 침투능과 장기적 침투능은 같지 않다.
 - (마) 토양의 침투능은 토양의 특성에 의해 결정되나 침입능은 지표에 형성되는 "눈막힘(閉塞) 被膜" 등 기타물질의 영향이 크다.
- (7) 눈막힘(閉塞)
 - (가) 기포가 토양입자간의 간격을 점령하면 우선 생기나 기포가 물에 용해하면 침투는 재개한다.
 - (나) 용존산소가 호기성균에 의하여 소진되고 유기성 "탄소화합물"이 물에 풍부하면 혐기성균이 활동을 개시하는데 이것이 분비하는 "코-르타-르" 상의 유화물이 토양입자간에 점액막을 형성하면 수직방향의 침투능은 점차 0에 가까워진다.
 - (다) 위 상황에서 물의 공급을 중단하고

REPORT

Purification of Living Sewage by Kim, Jong Heub

공기가 위에서 아래로 확산하게 되면 호기성 미생물의 증식이 시작되어 유기물은 가용성 유산염이 되고 건조상태가 형성되면서 눈막힘은 해소된다. 급수와 건조의 cycle을 되풀이함으로써 토양처리의 눈막힘難點은 해소된다.

(8) 측방침투에서는 수분의 불포화상태를 대기압보다 낮은 상태에서 조성함으로써 계속 호기성상태가 침투면 부근에 유지되므로 급수를 중단하지 않아도 눈막힘이 생기지 않는다.

(9) 오수는 토양의 단립조직을 만들고 갱신을 반복함으로써 장기적으로는 맑은 물보다 처리수쪽이 투수량이 많다.

(10) 또한 침투량은 침투면적에 비례하므로 폭이 좁은 트렌치는 적은 면적으로도 넓은 침투면적이 형성되며 트렌치내의 수면을 상하시키면 침투면에 대하여 급수, 건조의 cycle이 부여되므로 눈막힘 방지에 큰 도움이 된다.

(11) 병원균제거에 관하여는 1930년대 연구의 연속으로 지표 0.5cm내지 1cm 층에서 현저한 제거가 된 다음 50~60cm에서 두번째 제거가 이루어짐으로서 완전제거 되는 것, 1차처리수 쪽이 2차처리수보다 많은 세균이 제거되는 것, 병원성 바이러스도 토양제를 침투하는 과정에서 완전손실하는 것이 확인되고 있다.

(12) 그외에 P는 지표에서 30cm, 암모니아는 지표에서 1.2m층을 침투할 때까지 소실됨이 발견되고 있다.

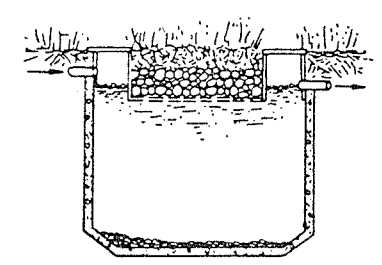
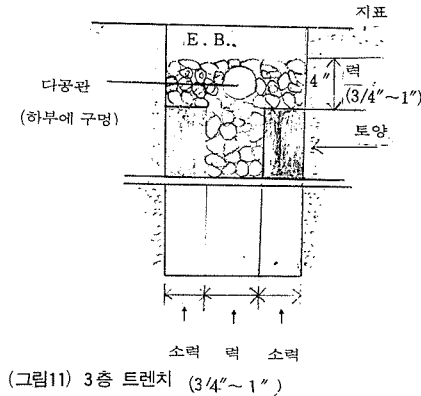
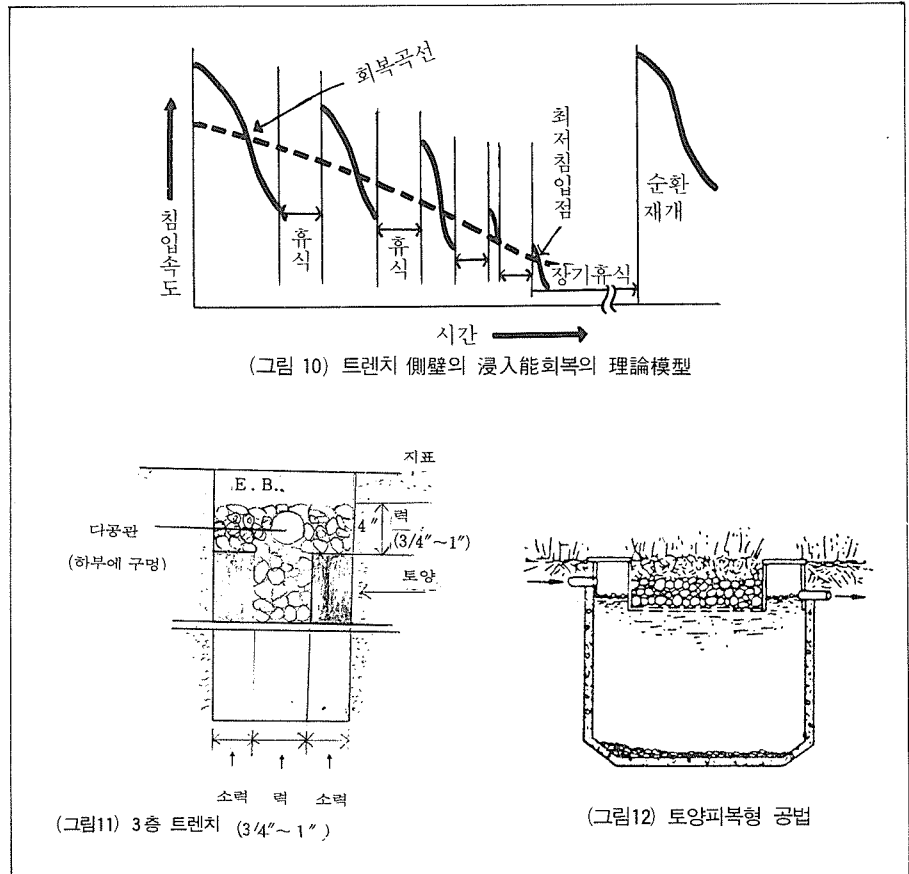
(13) 토양은 방사성물질 제거에도 어떤 영향을 줌이 언급되고 있다.

이렇게 많은 발견, 공헌을 하면서도 미국이 토양식 오수처리 system을 더욱 본격적으로 채택하여 아래에 기록하는 일본(니이미system) 방법처럼 체계화하지 못하고 중단한 것은 호기적 오수처리 속도 증대에 기여하는 폭기(aeration) 방법을 토양처리방법과 직접 결부시키지 못한 때문이었다.

다. 일본 “니이미” 공법과 미국연구 공법의 차이

(1) 토양(피복형 접촉) 폭기조

위에서 설명한 바와 같이 미국은 토양에 의한 오수처리에 폭기방법의 장점을 도입하여 처리속도를 증대하려고 하였으나 결부시키지 못하였음에 반하여 일본은 침지조상을 만들어 여기에 폭기를 결부시켰다. 이렇고로서 토양생태계의 능력, 특히 호기성이 강한 표토부분의



얇은 층을 최대한 이용한 토양정화 System 장점에 폭기법의 장점을 훌륭히 결부시켜 다음에 설명하는 바 오니발생량을 적게 하는 등 수없이 많은 장점을 창출할 수 있었다.

(2) 트렌치 : (가) 미국 캘리포니아대학이 생각한 트렌치 그림은 아래 그림11과 같은 것이며 “니이미”의 그것은 (그림13)과 같다. 미국의 트렌치 바닥은 2cm 전후의 돌(역)이나 이보다 작은돌(소력)로 되어 있는바(이는 지금도 미국에서 사용함) 이 바닥돌 부분에 고인 오수는 사수가 되며 수면의 상하운동이 없으면 측방침투가 이루어지지 않고 따라서 이돌(역)층의 존재는 무의미하게 된다.

이에 반하여 “니이미” 트렌치는 역층이 모래로 되어 있으므로 유도모관수 현상에 의거, 이 부분에 고였던 오수는 상승하여 위쪽 측면토양에 자동적으로 불포화침투가 되어 아래부분 오수는 자동적으로 소실된다. 여기에 오수가 다시 유입하면 같은 운동이 반복되고 사수는 전혀 생기지 않게 된다.

(나) 미국식은 불투수막이 트렌치에 없는데 “니이미”식은 불투수막이 바닥에 깔려 모든 오수는 정화되지 않은 상태의 수직 침투를 못하게 되고 윗방향으로의 모관유동으로 토양층에서 정화된 깨끗한

물만이 침투하게 된다. 따라서 지하수오염 염려가 “니이미”식에서는 미국식보다 더욱 명확히 배제되고 있다.

(다) 미국 트렌치에서는 “지렁이”를 위시한 토양생물의 식물연쇄를 이용하는 것을 무시한 반면 “니이미”트렌치는 이것을 최대한 이용토록 고안했다. 이와같이 “니이미”식은 농학적 사고에 입각하였음이 특색이라면 미국의 그것은 공학적 사고에 더욱 많이 의존했다. 여러가지 토양생물의 식물연쇄(미생물만의 그것보다 더욱 길고 분해력이 더욱 강력한 것)을 오수처리에 이용한 방법은 타에서 찾아볼 수 없다.

BOD로 20,000ppm되는 폐기물처리 공장의 배수가 NO Energy 트렌치로 2 ppm까지 정화된 것은 오로지 표토의 호기성 상태를 이용하고 더욱 길고 복잡한 토양생물 전체의 생태계를 완벽하게 응용한 결과이며 이것이 미국에서 연구, 발전된 토양에 의한 오수정화기술과의 차이점이라 하겠다.

라. 일본 “新見正(니이미)”씨가 발전시킨 토양식 오수정화법의 소개

(1) 이 방법은 일본은 물론(약 100여개의 특허를 新見正씨 소유) 미국, 영국, 불란서, 서독 등에도 이미 특허등록이

되고 있으며 일본 국내적용 실적은 30,000 여에 이르고 있다. 특히 최근 10년 통계로는 일본농촌 하수도사업에는 약 80%가 이 방법으로 사업추진중이다.

이 방법은 “토양생태계가 가지고 있는 독특한 기능을 오수처리시스템중에 의식적으로 적용한 공법”이라고 정의된다. 이 방법의 기초가 되어 있는 생각은 시스템내의 어떤 부분에서 오수를 토양에 접촉시켜 토양의 독특한 정화작용에 의하여 이제까지의 방법(예컨대 활성오니법)으로는 달성하기 어려웠던 고도정화를 이룩하고자 하는 것이다. 이 공법으로는 “토양피복형 공법”과 “모관침윤 트랜치공법”이 있다.

(가) 토양피복형공법 : 통상의 침전조, 조정조, 폭기조 등의 정화시설내부의 수면위쪽에 로스틀을 설치하고 그 위에 자갈을 채우고 그 위에 통기성이 좋은 숙성된 토양을 덮어 오수수면이 이에 접촉토록 하는 방식이다(그림 12).

(나) 모관침윤트랜치공법 : 침전조나 부패조 등에서 나온 오수의 윗물을 매설관에 의하여 지중의 비교적 얇은 부분에 도입하여 항하침투를 차단하고 오수의 생물정화가 활발하게 이루어지는 토양부분을 거쳐 상방향, 횡방향으로 유동하도록 하는 것이다(그림 13).

이 두가지 공법의 특색 및 적용 경우를 간단히 부가설명하면 다음과 같다.

① 전자는 원래 ① 오수처리시설에서 발산하는 악취를 방지하는 목적으로

고안된 것이었으나 실시해 본 결과 ㉠ 오수의 수면이 자갈층에 접촉하는 것 만으로도 잉여오니의 양이 현저하게 감소하고 ㉡ “스킵”의 발생이 없어지고 ㉢ BOD를 비롯하여 ㉣ COD, N, P의 제거율도 종전의 것보다 크게 향상된다는 것이 명백하게 되었다. 물론 악취도 없어지고 ㉤ 병원균, 위생해충, 세제포의 비산 등의 2 차 공해가 해소되었을 뿐 아니라 ㉥ 지표에 심은 잔디 등 녹지로서 경관을 좋게하는 효과도 볼 수 있었다. 이와같은 효과가 ㉦ 각별한 유지관리도 없이 또 ㉧ 사계절 변동하지 않고 안정하게 발휘된다는 것은 대단히 복잡한 Process가 피복토양의 생태계내에서 끊임없이 되풀이 되고 있음에 기인된다. 여하튼 그 효과는 의심할 여지가 없으므로 앞서 말한 비와 같이 일본 농림수산성에서도 1977년부터 농촌집배수처리 시설에 이 방법을 채용하기 시작하였고 완성된 시설은 소기의 기능을 발휘하여 그 인기가 상승하고 채용공시수는 급격히 증가하고 있다.

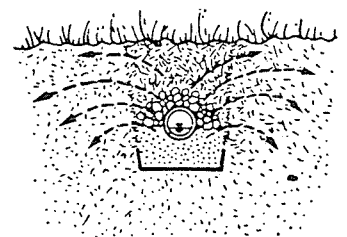
② 후자는 전지에 의하여 정화된 2 차 처리수를 다시 ① 고차처리하는 때에도 사용되나 단독주택 또는 많은 수의 농가로 부터 나오는 집배수를 ㉡ 부지내에서 완전정화침투시킴으로서 한방울의 처리수도 부지밖에 유출시키지 않고 자체 지하수 자원으로 활용케하는 공법이다. 분해능력이 큰 동물, 곤충, 미생물이 많이 사는 토양표층에 오수를 불포화의 상태로

유동시킴으로서 토양생태계가 100% 활용될 뿐만 아니라 부하(오수량)가 하루중에 시간에 따라 변동하므로써(수위의 고저 변동) 호기성과 혐기성의 양쪽 미생물이 다같이 작용하는 부분도 있어 설치위치, 자재, 시공 등에 잘못이 없다면 농가의 가정집배수의 정화는 이 방법으로 완벽하게 할 수 있다는 것이 일본국내 각지의 많은 실시예에서 확증되고 있다. 또한 480cm²나 되는 대량의 1차처리오수를 본 공법으로 완벽하게 정화하여 ㉢ 지하수자원으로 환원하고 한방울의 처리수도 자체부지밖에 유출시키지 않음으로서 가혹한 공해방지 규제는 물론 N, P 등에 대한 인근 농민의 초고급처리 요구도 무난히 만족시킨 일본 立正대학의 경이적 사례는 큰 규모의 처리시설에서도 그 우수성이 입증된 것이다. 요컨대 본 공법은 오수정화라는 목적을 달성하기 위하여 토양물리학과 토양생물학의 지식을 의도적으로 조합하여 적용한 시대선도적인 공법이라 할 수 있다(이상 일본 동경대학 명예교수 “아하다 도시오” 논문에서 인용).

(2) 이와같이 본 방법이 타방법보다 특히 우수함은 일본정부, 정부관리기업체, 학회 등 여러기관에서 작성한 아래의 오수처리 방법 비교표를 보아도 알 수 있다.

(7) 일본 건설부장관이 이 방법을 공인한 것은 물론이며 이 공인서에는 장치개요, 장치기기의 재질, 표준설계도(토양피복 구조물 및 트랜치상세도 포함), 설계시공 유지관리기준, 시공요령, 유지관리요령 등이 별첨되어 있어 설계시공이 완전 표준화되고 있다. 일본정부는 이 방법을 그들이 개발한 자랑으로 자부하여 85년 일본 “쓰구비”에서 개최된 과학박람회는 물론 국제하천박람회(미국 뉴올리언즈) 등에 출품케하고 고정생물막법 국제학회를 미국과 공동주최 하고 있다.

(L) 일본 건설부 하천국장(谷本正)은 외국 정부에 대한 홍보문물을 작성하여 이 방법에서 사용하는 피복토양의 신비성, 정화능력의 우수성 등을 건설연구소와



(그림13) 모관침윤트랜치 공법

(표 12) (일본) 농촌배수처리시설착공지구에서의 처리방식별 지구수

채택연도 처리방식	73	74	75	76	77	78	79	80	81	계
표준활성오니법	(1) 1	1	1	1						(1) 4
장시간 폭기법	(1) 1	(2) 2	(1) 3							(4) 6
회전원판법		1			(1) 3	1	4	1	1	(1) 11
토양식	(1) 1	(1) 3	3	1	(6) 12	(1) 7	6	3	12	(9) 48
기타		(1) 1			(1) 2			2	1	(2) 6
계	(3) 3	(4) 8	(1) 7	2	(8) 18	(1) 8	10	6	15	(17) 77

주 : 1. ()내의 숫자는 이미 공사완료 사용개시한 지구수

2. 토양식에는 타방식과 병용한 것도 포함됨.

3. 유역하수도 공공하수도에 접속하는 경우는 기타에 포함됨.

근거 : 일본 농림수산성 편찬 “농촌정비 Hand Book”

환경연구소에서 실험한 데이터를 토대로 설명하고 트렌치 검수조의 수질은 각각 BOD 2.83, 0.8 등이며 N, P의 제거율도 각각 70.4%, 95.9% 및 48.0%, 95%로서 대단히 우수하고 고급처리가 됨을 자랑스럽게 소개하고 있다(건설연구소 실험데이터: 본지 4 월호 P. 80 표 2 참조).

또한 오니발생량이 적은 것, 동력소요가 적은 것, 대장균 등 기타균 제거 능력이 큰 것, 건설비가 싼 것, 각개 배출자별 분산처리가 가능한 것, 유지관리가 용이한 것, 2 차공해·악취없는점 등을 장점으로 설명하고 있다.

(C) 일본 동경대학 명예교수(경명치대학교수) “아하디”박사가 토질공학회지(1982년 3 월)에 게재한 논문 “토중수의 불포화유동 - 불포화류의 이용 - “오수처리”에 게재된 내용을 보면 “농촌 생활종합연구센터조사보고”와 “7 개 시설에서의 수질조사표”도 포함되고 있는데 BOD수치를 보면 트렌치(유입) 전과 (처리) 후에 있어 285→2.6, 693→1.5, 3680→2.9, 188→0.98, 18.6→0.51 등이고 대장균도 25000→0, 1300→4, 900→0 등으로 되어 대단히 우수한 것이 입증되고 있다. (참조) : 아래 라 (3)항 표 16).

또한 이러한 정화는 “트렌치”로 부터 극히 가까운 거리 50cm 미만의 거리에서 이루어짐도 그림으로 설명하고 있다(참조: 라(3) 그림 15).

또한 질소제거가 이루어지는 원리 등도 흥미있게 고찰되고 있다.

(3) 토양식 오수정화방법의 장점

이 방법의 장점을 좀 더 상세히 정리하면 다음과 같다.

(가) 악취, 병원균의 비산, 포말 등에 의한 2 차 공해가 발생하지 않는다. 지금까지의 오수처리장치는 소규모에서 탈취장치를 하는 것은 곤란하였으므로 부지의 멀리 떨어진 한구석에 설치함이 통례였다. 그리고 악취는 배기굴뚝으로 대기중에 확산함이 상식이었다. 토양정화법은 윗뚜껑을 토양으로 덮음으로 취기는 토양을 통과하며, 통과할 때 악취 물질은 토양에 흡착된다. 그후 취기물질은 토양미생물에 의하여 서서히 냄새없는 물질로 전환된다. 즉 하등의 장치나 에너지 없이 탈취되는 것이다. 병원균, 포말 등도 토양에 의거, 포착됨은 물론이다. 따라서 지금까지의 오수처리에 대한 사고를 완전히 바꾸어 이 장치는 식당 바로 옆이나 호텔내부 정원, 공원, 화단 등에 설치하고 또는 이 처리시설 위에서 “바베큐”를 하는 예도 허다하며 우리의 생활공간에 적극적으로 포함시키게 되었다.

(나) 배수량의 과다에 의한 영향이 적으며, 부하의 변동에 대한 내구력이 크다. 정화조는 부하변동에 대응하기 위하여 유량조정조를 가지는 경우가 많다. 유량조정조는 주장치의 조건을 균일하게 하는 것이 목적이므로 콘트롤을 필요로 한다. 토양정화법은 악취가 간단히 처리되므로 주장치를 균일조건에서 운전하는것 보다 오히려 불균일하게 운전하여 관여하는 미생물을 복잡하게 하는 편이 오수정화를 촉진할 수 있다.

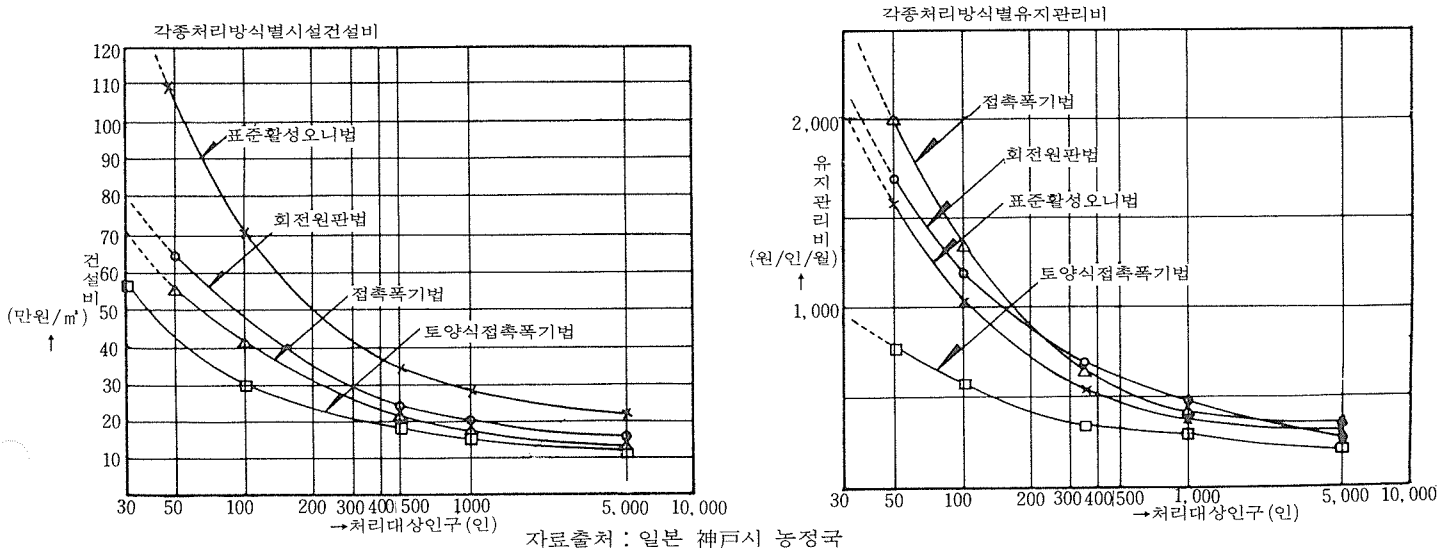
따라서 유량조정조를 설치하는 것보다 주장치 자체용량의 일부만이 되는 침전분리조방식이 더 좋으며 이로써 부하의 변동을 주장치로 대응함으로써 안정된 수질확보가 된다.

(3) 유입량이 적을 때도 용이하게 계열운전이 가능하다.

침전분리조와 접촉여과조의 컴비네이션으로 장치를 설치할 수 있음으로 조의 모양을 정방형으로 하지 않고 좁고, 얇고, 길게하는 정수로형으로 할 수 있다. 한조를 정방형으로 크게 하는 것보다 조를 좁고 길게 하는 편이 물 흘러가듯이 할 수 있으므로 처리수질은 안정된다. 따라서 유입수량이 적은 경우에는 좁고, 길게 정수로한 1계열 장치만을 가동시킴이 가능하다. 이러한 연구는 폭기를 하는 경우 에너지도 극력 억제할 수 있으므로 에너지 절약형장치가 된다.

(4) 저농도 오수를 용이하게 처리 가능한 기술이다.

지금까지 주로 사용되고 있는 “활성 오니법” 기술에서는 조의 내부를 균일 조건으로 하고 또한 적절한 농도를 필요로 한다. 따라서 저농도의 경우에는 조내의 조건이 극히 어렵고 결과적으로 단지 원수를 회지는 상황을 일으킨다. “토양 피복형 접촉여과법” 기술에서는 조내에 자갈을 충전하고 있으므로 불안정한 미생물을 이용하는 것이 아니고 자갈에 부착한 미생물을 이용하는 고정생물막법으로 일단 미생물이 유기물을 취하고 서서히 소화하므로 특히 저농도 오수에



자료출처 : 일본 神戸市 농정국

그림14 각종처리방식별 건설비 및 유지관리비

대하여 발균의 효과가 있다.

(5) 오니발생량이 매우 적다.

활성오니법은 수중에 있는 유리물을 "오니" 형태로 많이 변경하는 기술이다. 따라서 오니발생량이 많음이 특색이다. 흙속에서는 부엌찌꺼기도 2 개월이면 완전히 없어진다. 이는 토양미생물, 동물, 식물 뿌리 등이 이에 관여하기 때문이며 토양정화법에서는 역(礫)층에 수면이 있고 자갈과 모관망과 토양이 연속상태에 있으므로 오수의 영양분이 피복된 토양에 공급된다. 따라서 피복토양층의 미생물은 공기와 영양분에 의하여 아래에 있는 오수를 더욱 좋아하는 미생물이 다량 증식한다. 스폰 하나의 토양층에 있는 미생물, 동물도 수억이 되는 바 더욱 증식된 오니분해(적격) 생물들이 오니를 감소시킨다. 정화조의 측벽은 G/L 보다 약간 얇게 시공되어 있으므로 주변토양과 정화조 피복토양은 주변 토양공간과는 연속 상태에 놓이게 되므로 자연생태계는 최대한 이용된다. 특히 "지렁이"는 오니를 좋아하여 매일 자기체중 만큼의 오니를 자기 몸속으로 통과시키는 능력을 갖는다.

토양정화법에서 오니발생량의 적은 이유는 수중 미생물뿐만 아니라 토양미생물, 토양동물까지 오니소멸에 참가하기 때문이다.

(6) 운영유지비가 적게 소요된다.

오수처리의 원리는 동력을 사용하며 공기를 오수 중에 송입함으로써 호기성균의 분해력을 이용, 깨끗이 하고자 하는 것인 바 공기의 송입으로서 얻어지는 또 하나의 효과는 호기적 조건을 써서 악취를 방지하는 것이 있다. 따라서 활성오니법 등에 있어서는 에너지절약이 가능한 상황에서도 악취 문제로 공기송입을 중단할 수는 없다. 이에 반해 토양정화법에서는 악취의 염려가 없으므로 상황에 따라 공기송입량을 최소로 줄일 수 있다.

(7) 유지관리가 용이하다.

앞에서도 설명한 바 있으나 활성오니법 등은 시설은 완벽하게 설계되어어도 운전기술이 미숙하면 성과를 얻을 수 없는 소위 "운전조건 의존형"으로 여러가지 어려운 운전조건 중에서도 조내의 농도를 너무 진하거나 묽게하지 않는 일정치로 유지하는 것은 절대적으로 요구되는 조건이다(이를 위하여서도 전문기술자 배치가 필요함).

이에 반하여 토양정화법은 자연 그대로의 정화능력을 활용하는 기술로서 일정

(표 13) 오 수 처 리 방 식 비 교 표

구 분	활 성 오 니 법	생 물 막 법	토 양 정 화 법	산 화 타 법
처리법의 세부구분	장시간폭기법	회전원판법	토양식 접촉 순환 폭기법	저부하 반회분식
처리방식 요약	오수중에 공기를 송입하여 호기성 균의 활동을 촉진한 다음 침전분리하고 상등수를 방류함.	오수중에 반쯤 침적된 원판체를 회전하여 호기, 혐기 경용처리를 함.	처리조 전체를 토양피복하고 역층을 호기, 혐기 양쪽 미생물의 배양기로서 접촉산화 미생물여과처리를 함.	저부하에 의한 순환수로서의 산화지
특 성	전처리장치	Comminutor, 침사지, 조정조	comminutor, 침사지, 조정조	침전조
	BOD 제거율 : 30%	BOD 제거율 : 30%	BOD 제거율 : 40%	침사지, 저수조
	주장치 BOD 제거율 (BOD 부하 0.2kg/m ² ·일) 75~90%	(BOD 부하 0.2kg/m ² ·일) 85~95%	(제 1 단 BOD 부하 0.3kg/m ² ·일) 90~99%	(BOD 부하 0.1~0.2kg/m ² ·일) 70~90%
	오니 발생량	제거 BOD 의 40%	" 30%	" 25%
유 지 관 리	질소제거 장치	필요함, (탈질조 Methanol 첨가)	동작 + 회전원판	불필요
	유 관리인 소요	필요함	필요함	불필요(순회정도)
	전력소요	대	소	소
	오니반송필요	필요함	불필요	불필요
공기량 조정	필요함	불필요	필요	불필요
능력증대시 대책	1. 고농도산소법 도입 2. 규모 확대	규모 확대	규모 확대	규모 확대
2 차 공 해	유	유	무	약간 유
수포말비산유무	유(차단전류 요)	무	무	약간 유
경관 대책 필요	필요함	필요함	불필요(전지, 식수화단)	필요
사고(Bulking) 유무	유	무	무	무
건설비	최대(25~30만 ¥ / m ²)	약간 대(25~27만 ¥ / m ²)	소(23~26만 ¥ / m ²)	최소(15~20만 ¥ / m ²)
부하변동 적응력	소	대	대	대
한방기는 적응력	소(대책요)	소(대책요)	대	대
Scale Merit	대규모 열가, 소규모 고가	대규모 열가, 소규모 고가	규모에 의한 가격변화 소	동 좌

(표 14) 처리방식선택을 위한 종합비교

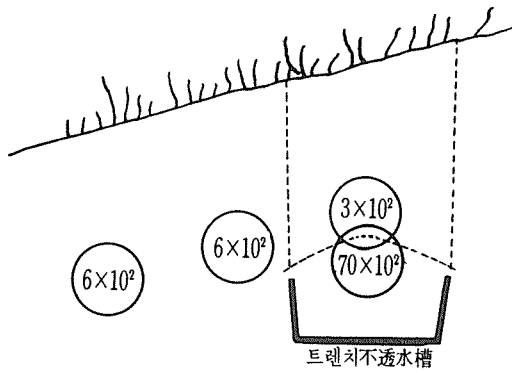
구 분	장 시 간 폭 기 법	상 대 비	회전원판법	상 대 비	토양식접촉순환폭기법	상 대 비
정화 가능	활동미생물은 호기성이용 전제 이므로 정화기능은 보통	△	동 좌	△	활동미생물은 호기성 및 토양미생물의 이용전제이므로 정화기능이 크가	○
수준저하에 대한 대응성	중 위	△	약간 적다	×	크 다	○
기온저하에 대한 대응성	중 위	△	소	×	크 다	○
제거장치 용량	용적비, 100%	△	40%	○	120%	×
부하변동에 대한 대응성	보 통	△	크 다	○	크 다	○
오니의 침하특성	발경현상이 발생하기 쉽다.	×	발경현상은 발생하기 어렵다.	△	구조적으로 발경은 일어날수없다.	○
잉여오니 발생량	양비 100%	×	75%	△	60%	○
유전 관리	많 다	×	적 다	○	중 위	△
환경 영향	크 다	×	중 위	△	적 다	○
건 설 비	30만엔 / m ²	×	27만엔 / m ²	△	25만엔 / m ²	○
유지관리 운영	보 통	△	용 이	○	용 이	○
질소의 제거	관 란	×	관 란	×	가 능	△
(*1) 종합평점	18		25		32	
(*2) 종합순위	3		2		1	32

(주) (*1) (*2) 공히 번역자가 작성함. 농촌계획 제11권 1호 통권29호(1982. 7) 일본농업토목학회 농촌계획연구부회

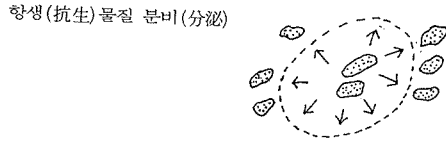
(표 16) 트렌치에 의한 처리전(상단) 과 처리후(하단) 와의 수질비교

	1	2	3	4	5	6	7
시 험 설 치 장 소	우리노씨 (나기노현)	이리가씨 (나기노현)	무고이마씨 (나기노현)	건설성 Y공사사무소 (아카다현)	건설성 U통합사무소 (이와테현)	건설성 K관리사무소 (이와테현)	K고등학교 (아카다현)
트 렌 치 계 획 처 리 수량(m ³ /일)	1			12	10		84
처 리 점수 연월일	78. 2. 20	78. 5. 4	78. 5. 4	79. 10. 17	79. 8. 20	80. 12. 22	79. 1. 25
COD ppm	-	-	-	34.8 1.34	2.84	1.62	18.2 0.34
BOD pp m	285 2.6	693 1.5	3,680 2.9	188 0.98	0.75	0.68	0.51
S S ppm	375 ND	970 54	1,700 35	34.0 < 1	-	-	100 2.1
대장균수 개/ℓ	25,000 0	1,300 4	900 0	-	-	-	-
T/N ppm	7.71 4.12	1.0 0.4	-	-	-	-	42.7 27

(역지주) 건설성 : (한국정부 (건설부, 나기노현 : (한국) 長野道



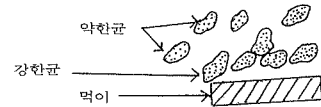
(그림 15) 대장균군수의 추적결과의 일예(奥多摩) (균군수 / 건토g)



용균(溶菌) 현상



먹이에 대한 경쟁



(그림 16) 미생물 상호간의 적대(敵對) 관계 (근거: 渡辺 농업과 토양미생물 II-3-4)

(표 15) 유기물 처리 기술 일람표

자료: 일본건설성 北上川 땀통합관리사무소 작성 (142~142P)

처리법	일반적 Flow Sheet	부하 조건	BOD 제거율	실적·용도	특징	결점
표준활성오니법		BOD 용적부하: 0.3~0.8kg/m ³ . 일 폭기시간: 6~8시간 오니반송비: 20~30%	90~95%	• 하수, 산업배수 등의 유기배수 처리에 있어서 가장 많이 채용되고 있음.	1. 정화능력이 크고, 처리수질이 좋음. 2. 오니의 침항성이 좋음. 3. 설계 및 운전 Data가 풍부하며 기술적인 신뢰성이 높음.	1. 운전관리에 기술을 요함 2. 처리수량의 약 1%의 오니가 발생함. 3. 생물학의 순차(馴致)에 시간이 걸림.
장시간폭기법	표준법과 같음	BOD 용적부하: 0.15~0.25kg/m ³ . 일 폭기시간: 16~24시간 오니반송비: 50~150%	75~90%	• 단지 등, 소규모 하수처리 용으로서 실적이 풍부함.	1. 잉여오니 발생량이 적음. 2. 부하 변동이 강하고, 운전관리가 쉬움.	1. 큰 폭기조 용적을 필요로 함. 2. 처리수질이 표준활성오니법보다 떨어짐. 3. 표준법보다 폭기량(동력량)이 많음.
회전원판법		BOD 용적부하: 5~15g/m ³ . 일	85~95%	• 소규모 하수, 산업배수 처리에 있어서 실적이 풍부함. • 중·소규모의 중·정도 농도의 배수 처리에 적합함.	1. 부하 변동이 강함. 2. 운전관리가 쉬움. 3. 잉여오니 발생량이 적음. 4. 운전비용이 저렴함. 5. 잡음의 염려가 없음.	1. 수조를 깊게 할 수 없으므로 처리수량에 비례해서 시설면적이 증가함.
토양정화법		BOD 용적부하: 0.1~0.3kg/m ³ . 일	90~95%	• 학교, 병원, 부락 등의 비교적 소규모 하수, 축산배수 처리에 실적이 높고 있음.	1. 정화력이 크며, 처리수질이 좋음. 2. 잉여오니의 발생이 거의 없음. 3. 침전지가 필요치 않음. 4. 운전비용이 저렴함. 5. 운전관리인이 필요치 않음.	1. 수량에 비례해서 시설면적이 증가함. 다만, Trench를 병용할 경우에만 시설면적이 커짐.
산화지법		BOD 부하: 0.01~0.02kg/m ³ . 일 체류시간: 50~150시간	70~90%	• 실질적으로 들을만할 정도의 Case는 없음.	1. 잉여오니가 발생하지 않음. 2. 운전관리인이 필요치 않으며, 운전비가 저렴함. 3. 우량이 많은 지구에서는 회석수가 절약됨.	1. 광대한 면적이 필요함. 2. 취기, 해충의 2차공해가 발생함. 3. 처리효과가 다소 뒤짐. 4. 겨울철 동결이 있는 경우에는 효과가 없음.

조건으로 설계시설만 하면 방지하여도 자연히 정화효과를 얻는 소위 “살비의존형”으로 소규모의 경우는 특히 전문기술자를 필요로 하지 않는다.

(8) P (인)이나 N (질소)도 초고급처리 제거가 가능하다.

담, 호수, 향만 등의 폐쇄계수역에서는 BOD 수치저하 이외에 소위 “부영양화물질”(질산염, 인산염) 제거가 강조된다. 따라서 타방법에서는 이의 제거를 위하여 통상 약품을 사용, 응집침전하는 기술을 적용하나 이 경우 약품대 등의 경비문제 외에 응집침전물의 대책 등 후속문제를 유발한다.

토양정화법에서는 트렌치까지 병용하는 경우 하등의 약품이나 부가적처리 없이 P는 95% 이상 N도 대부분 제거된다는 근거자료가 일본건설성 토양식오수처리 책자에 기록되어 있다 (참조: 본지 4 월호 P. 80 표 2). N과 P의 제거과정은 이미 전월호에 자세히 소개되었으므로 이 지면에서는 생략하기로 한다(참조: 본지 4 월호 P. 81 다 (1)항).

(9) 약품(염소) 소독을 하지 않고 대장균을 감소한다.

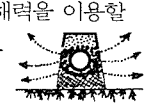
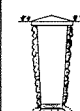
토양식 모관침윤트렌치로 오수를 처리하면 오수중의 대장균 등은 토양내의 적대관계균에 의하여(그림 16 참조) 완전 제거됨이 “이하디”박사 논문집 속에서 발췌한 이태(그림 15) 및 (표 16)에서 알 수 있으며 특히 그림 15에서 알 수 따라서 “모관침윤트렌치” 공법을 적용하는 토양식 오수처리방식에서는 염소 등 소독제를 투입할 필요가 없다.

(10) 방류선이 없는 경우에도 대응할 수 있는 기술이다.

위 라(1)(나)항에서 이미 설명한 바와같이 “토양식 모관침윤트렌치”는 자연(토양권) 생태계의 힘을 최대한 이용한 초고급 오수처리방법일뿐 아니라 필요에 따라서는 최고급으로 처리된 깨끗한 물을 계속하여 토양권에 서서히 무한량 스며들게 할 수 있다. 이것은 물의 불포화유동, 모세관 유동을 이용하여서만 가능한 것이며 중력침투 포화유동 방법으로는 기대할 수 없다.

포화유동 즉 증력에 의한 지하침투공법 소위 “웅덩이식 침투공법”에서는 얼마 안가서 혐기성균에 의한 생물막이 형성되며 일단 생물막이 형성되면 모래와 같이 침투성이 좋은 경우도 침투공격이 막혀서 오수는 그 이상 침투하지 않는다.

(표 17) 모관침윤트렌치 공법과 웅덩이 침투식공법 비교표

비 교 항 목		트 렌 치 공 법	웅덩이 침투식 공법
시 개 념	개 념	토양생물의 분해력을 이용할 목적으로 그 주 서식처인 표토 층만을 이용한다.  불투수막(있음)	저장 용량을 크게 하고, 지하에 직접 침 투시킬 목적으로 심 토층까지 판다.  (불투수막 없음)
	면 적	길이(지면하) 0.6m	3 ~ 4m
기 능 면	상 부 피 복	통기 토양으로 피복	크리트 구조체 피복, 석축벽
	처 리 수 질	BOD 10ppm이하, 질소, 인의 높은 제거율등 초고급 처리	처리가능 없음
	막 힘	막힘없음	미생물막 형성되어 막힘
2 차 공 해	한 냉 기 온 대 응 력	크 다	적 다
	약 취	없 음	있 음
	지 하 수 오 염	없 음	있 음
계 속 사 용 시 유 지 비 용	주 변 부 지 오 염	없 음 식생으로 경관을 아름답게 할 수 있다.	오염방류수가 주변을 오염시켜 식생에 해를 끼친다.
	계 속 사 용 시 유 지 비 용	전 부	빈번히 수거하여야 함

트렌치공법의 특색을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위하여 웅덩이공법과의 대비표를 위 표 17에 기록한다.

(11) 한냉지 기온에서도 기능발휘가 (타 방법보다) 우수하게 유지된다.

토양식 공법에 사용하는 피복토양은 그 두께가 약 30cm 정도이나 토양단립화와 통기성이 좋도록 조성되었기 때문에 보수력 및 오수의 모관유동 등에 적합하고 단열효과가 매우 커짐과 동시에 토양생물(미생물, 곤충, 소동물 등)의 서식조건을 좋게하며 따라서 미생물의 왕성한 증식과 분해작용은 발효열을 발생케한다. 그러므로 토양하부 오수와 지표면의 기온차는 약 15°C나 되어 타방법에서는 기대할 수 없을 정도로 저온에서도 기능발휘가 별도의 보온시설 없이 잘 유지된다.

(12) 단계적 개발 또는 분산처리에 적합하다.

만약 어떤 방대한 사업을 일시에 수행하지 못하고 5개년에 걸쳐 단계적으로 여러개 사업을 점차 추진하되 각연도 또는 단계에서 투자한 특정사업효과는 그 연도나 단계 말에 즉시 효과발휘토록 계획한다면 오수처리시설만은 많은 경우 5개년에 걸쳐 분할 수행할 수 없는 것이(토양식 공법 아닌) 타공법에서의 공통된 문제점이다. 활성오니법과 같은 Scale merit가 큰 공법에서는 부득이 1차년도에 사업전체에 대한 용량의 종말처리장을 설치하여야 하므로 1차년도에 필요한 양

이상의 나머지 용량에 대해서는 4년간 선투자하게 되어 투자의 낭비가 된다. 반대로 투자재원이 부족하다는 이유로 종말 처리장에 대한 투자를 3차, 4차 년도에 한다면 그것이 될 때까지의 기간 3~4년은 오수를 종말처리하지 않고 적당히 부지외에 방류한다면 이는 공공 수역의 수질오염을 초래하는 무서운 결과를 가져온다.

일반적으로 타공법에서는 많은 집수비용을 들이면서도 한 곳에 집결하고 대규모로 하여 기계대수, 관리인원수를 줄여야만 경제성이 성립됨으로 소규모로 여러 곳에서 분산처리하는 것은 생각할 수 없다.

즉 Scale merit가 큰 경우에는 본질적으로 틀려서 토양식공법에 있어서는 정화기능이 기계의존, 동력 의존형이 아니고 자연, 토양권의 신비한 생태계의 기능(분해력)에 의존하고 있으므로 필요에 따라(사정에 따라서) 마음대로 소규모 분산처리를 할 수 있다. 즉 Scale merit가 적고 융통성이 크다고 말할 수 있다. 위험한 물건, 바람직하지 않는 물건을 무엇때문에 비용을 들여가면서 멀리 끌고 가서 한곳에 대량집결하여 위험성이나 문제점을 더욱 크게 하느냐 하는 것이 재래식 공업화 사고에 입각한 지금까지의 공법에 대한 회의적이고 이 회의점에 대한 대체해결 방법으로 연구, 고안한 것이 토양식 공법이라 하겠다.

(4) “니이미”토양정화법의 국내적용
가. 한국정부의 관계인사들에 대한
견학일선과 교육

필자는 1980년부터 “니이미” 토양정화
법을 국내에 도입하고자 일본내의 여러
토양정화법 적용시설을 견학하거나 강의를
받아 공부하여 왔고 한국정부의 건설부,
문교부 고위 및 실무공무원과 국립대학교수
“스탯” 등을 직접 안내 또는 주선하여
일본내 시설들을 견학케 하여 처리수질에
대한 확인, 처리시설의 간편성, 에너지
절약성 등을 확인할 수 있게 하였다. 또한
간행물을 통한 홍보소개에도 힘써
주택정보지(83년 2~7월호), 환경공학
회지(83년 6월) 수도협회지(83년) 등에
기고함과 동시에 관련연구기관과 관련관청
등에 대한 개별방문과 교육(slides 사용)
결과 상당한 범위로 토양정화법에 대한
인식을 높일 수 있었다.

나. 이러한 노력의 결과로 국립공원
화장실 정화조 12곳(계룡산, 한라산,
가야산, 주왕산, 서산해안 등)이 이미
공사준공 하였거나 공사진행중에 있으며
이들 화장실 정화조는 상급 오수가
가득차지 않아 처리수질 분석치는 아직 알
수 없으나 1~2개월 내에 몇군데
분석치가 나오면 발표될 것이다. 이 모든
국내 시공은 동력사용을 발주처에서
희망하지 않기 때문에 무폭기로 정화조를
만들고 트랜치로 연결, 2차처리 하였다.
발주처의 계획수질은 BOD 20ppm임에
다하여 시공한 “(주) 한국토양정화센터”
로서는 BOD 10ppm이하의 수질은 보장될
것으로 확신하고 있다(트랜치 검수조에서).

또한 트랜치 길이가 짧게된 2개 화장실
경우를 제외하고는 처리수전량은 부지
내에서 지하수로 환원될 것이다.

다. 한국내에서 본공법이 특히
적용되어야 할 경우를 열거하면 방류
연결할 하수도시설이 없는 곳으로 환경보전
기준상 높은 처리수질을 보장해야 할
곳인데 예컨대,

- 1) 국립공원 등의 화장실 분뇨정화시설
및 집단시설지구 생활배수 하수시설
- 2) 농촌학교 화장실 오수와 잡배수처리
(방류선이 관개용수로 또는 상수원이 될
경우) 및 야외교육장, 농업학교 등의
실습축산시설 배수처리
- 3) 정당, 회사, 단체 등의 수련교육장과
집회장, 야외놀이터, 사찰, 스키장,
캠핑장의 생활잡배수 일체
- 4) 장기간 연차계획으로 개발할 아파트
단지, 주택단지, 사회사업단지 등에 대한
일체 생활오수처리(실제 사용시기에 맞춘
분할처리 시설로 사전투자 또는 처리시설
개발의 지연으로 인한 불편방지)
- 5) 중소도시, 농어촌 등의 하수도시설
등에는 경제성으로 보나 자연환경보호
견지로 보아 적용효과가 클 것이다.

결언

4월호 머릿글에서 말씀드린바와 같이
오수정화에 대한 깊은 조예도 없으면서
지루한 글을 계속 쓴 것을 죄스럽게
생각한다.

이제부터 수 원(圓)의 엄청난 투자를
요할 사업으로 예상되는 하수도시설 등

오수처리사업에 대하여 무언가 더
합리적이고 경제적이며 멋있는 요령으로
시행하여 이 막대한 투자를 얼마지이라도
줄여서 국민부담을 덜 수가 없을까?

잘못된 방향으로 멀리간 선진국에 대하여
후진국(?), 개발도상국(?)인 우리가
올바르고 멋있는 방향을 선택하여 새로이
땀으로서 앞서간 선진국(?)에게 우리를
따르라고 뽐내볼 수는 없을 것인지.

“빨리!, 많이!”에 젖어버린 우리
가치관에 “천천히 일뜰하케” 식의 사고도
필요하지 않을까.

1. 부자나라 미국도 오수처리에 관한 한
“작은 것이 더 좋이”로 정책추진하고 있고
(미국 EPA, Office of Water Program
Opin, Jan 1980 FRD-10 팜프렛)
2. 20세기의 급진선진국 일본도 대규모
(유역)하수도를 놓고 국회와 정부간에
부끄러울만큼(?) 대대적 논쟁이 두차례나
있었고(제94회 및 96회 국회 증의원
건설위원회회의—1981. 3. 27 및 1982. 3.
24)

3) 조용하게 잘 사는 모범국 화란은
Oxidation Ditch(산화조)로 오수정화
기술을 세계에 팔고 있다.

우리도 “천천일률” 수십만㎡ 대규모
활성오니시설만을 만들어 외국차관,
외국기계로 오수처리를 일관할 수만은
없지 않았는가? 우리강토, 우리산천, 맑은
물을 수천년간 지켜준 것이 한국의
토양이거늘 오늘의 오수처리기술도 이
토양에서 찾아봄이 어떨런지 하는 상념을
하며 이 글을 맺는다. (*)

건축물의 전등스위치 구분설치

건설부는 지도3042-122275(1986
6. 23)의 대호로 (건축물의 전등
스위치 구분설치) 제하의 공문을
보내왔다. 건축물의 에너지 소비절약
강화의 일환으로 전기설비기술 기준형
제187조의 2에 의거, 건축물의
창측과 인접의 전등스위치를 구분
설치토록 화원에게 적극 권장하여줄
것을 의뢰하는 본공문의 내용은
다음과 같다. 회원의 업무에 참고하기
바란다.
제187조의 2 (점멸장치와 타임
스위치 등의 시설) ① 조명용
전등에는 다음 각호에 의하여
점멸장치를 시설하여야 한다. (개정
85. 1. 21 동지령 74)

1. 가정용 전등은 등기구마다
점멸이 가능하도록 할 것
2. 국부 조명설비는 등기구마다
점멸이 가능하도록 할 것
3. 공장, 사무실, 학교, 병원, 상점
기타 많은 사람이 함께 사용하는
장소(극장의 관객실, 역사의
대합실 및 자동조명 제어장치가
설치된 장소를 제외한다)에
시설하는 전체조명용 전등은
부분조명이 가능하도록 등기구수
6개 이내의 전등군으로
구분하여 전등군마다 점멸이
가능하도록 하되, 창(태양방선이
들어오는 창에 한한다) 이하
이 호에서 같다)과 가장 가까운

- 전등은 따로 점멸이 가능하도록
할 것 다만 등기구수 6개
이내로 구분한 전등군의 전등
배열이 1렬로 되어 있고 그
열이 창 의 면과 평행이 되는
경우에 창과 가장 가까운 전등은
따로 점멸이 가능하도록 하지
아니할 수 있다.
4. 관광사업법과 숙박사업법에 의한
관광숙박업 또는 숙박업
(여인숙업을 제외한다)에
이용되는 시설로서 객실수가
30실이상이 되는 시설의 각
객실의 조명전원(타임스위치를
설치한 입구등의 조명전원을
제외한다)은 객실의 출입문
개폐용기구 또는 집중제어방식을
이용한 시설 기타 동력자원부

장만이 이와 유사하다고 인정하는
가구나 시설에 의하여 자동 또는
반자동의 점멸이 가능하도록 할
것
② 조명용 백열전등을 설치할
때에는 다음 각호에 의하여 타임
스위치를 시설하여야 한다. (신설
79. 8. 30 동지령 23, 85. 1. 21
동지령 74)
1. 관광사업법과 숙박사업법에 의한
관광숙박업 또는 숙박업
(여인숙업을 제외한다)에
이용되는 입실의 입구등은 1분
이내에 소등되는 것일 것
2. 일반주택 및 아파트 각 호실의
현관 등은 3분이내에 소등되는
것일 것
(본조신설 77. 3. 18 상공령 506)