

농촌지역 소규모 오수차집시스템에 관한 연구

윤춘경 * · 유찬 * *

* 건국대학교 농공학과 조교수 · ** 건국대학교 대학원 농공학과 박사과정

A Study on the Small Wastewater Collection System for Rural Area

Yoon, Chun-Gyeong * · Yoo, Chan * *

* Assistant Professor, Depart. of Agricultural Eng., Konkuk Univ.

** Graduate Student, Depart. of Agricultural Eng., Graduate School, Konkuk Univ.

ABSTRACT

A small wastewater collection system for rural area was reviewed and the small diameter gravity (SDG) was thought to be the most appropriate. The pilot-scale field experiment was performed for 15 months and the result is presented. The wastewater used for experiment was the effluent of septic tank in Kon-Kuk University, and components are similar to normal domestic wastewater. The SDG experimental system included 2" PVC pipe and reverse-sloped lower section is included. No clogging problem by solids was experienced at the points where flow direction changed. The pipe-breaking by freezing was experienced during the cold weather, thus proper protection may be required where severe weather is expected.

I. 서 론

생활오폐수를 환경적으로 수용가능한 방법에 의해 안전하게 처리하는 방법에 대한 연구는 옛날부터 계속되고 있다. 도시지역에서는 공동하수처리장이 주거지역이 밀집해 있기때문에 각 가정에서 발생하는 오폐수를 하수관을 통해 차집하기 용이해 널리 사용되어 왔으나 농촌지역에서는 분산된 취락구조로 인하여 오폐수의 차집에 어려움이 있어 사용되지 못했었다. 과거에는 농촌지역에서 발생하는 오폐수 중에서 분뇨는 수거해서 퇴비생산에 사용해 왔으며 기타 오폐수는 방류해 온 실정이다. 그러나 화학비료의 발달

과 농업방법의 변화를 겪으면서 유기질비료의 사용이 감소하고, 토양에 투기한 분뇨성분이 축산폐기물과 함께 비점원 오염으로써 수질을 크게 오염시키고 있다. 또한 생활수준의 향상으로 인한 수세식 화장실의 보급·사용, 그리고 축산농가의 증가와 같은 농촌지역의 여건 변화로 인하여 비도시지역에서의 물 사용량 증가와 이에 따른 오폐수 발생량이 지속적으로 증가하고 있다.

한편 1993년말 현재 전국에서 발생하는 오폐수를 차집하기 위한 하수관거의 시설연장은 전체 계획연장 80,330 km의 60.5%인 48,625 km에 그치며, 시설연장 중에서도 약 68%인 33,282 km는 오·우수합류식으로 설치되어 있고, 분류

식 중에서도 실제 오수만을 차집하는 하수관거는 약 6,084 km에 불과한 실정이다. 또한 48,645 km의 관거 중 92%가 도시화된 시지역이상에 설치되어 있으며, 대부분의 농촌마을이 위치한 근지역에는 4,068km만이 설치되어 있다. 분류식 오수관거의 경우에는 이러한 현상이 더욱 심화되어 총 6,084km의 오수 관거중 근지역에는 2%에 불과한 127km가 시설되어 있으며, 이마저도 어느 정도의 도시화, 집단화가 진행되어 있는 읍소재지역에 설치되어 있고, 면단위이하 지역에는 시설계획조차 수립되어 있지 않은 지역이 대부분이다(내무부, 1995). 이와 같이 낮은 하수보급율은 농촌지역에서 수질오염을 심화시켜 자연환경이 악화되고 용수이용에 심각한 지장을 초래하고 있다. 따라서 농촌지역의 실정에 맞는 경제적이면서 효과적인 오폐수처리 시스템을 선정하여 오염원의 발생단계부터 초기처리할 수 있는 간이오수처리시스템의 개발이 절실히 필요하다.

따라서 본 연구에서는 하수도 시설중에서도 소규모 농어촌 취락구조에 적합한 차집시스템개발에 목적을 두고 우리나라 농촌지역의 오폐수처리 실태의 문헌조사를 통하여 하수관거의 현황을 검토하고, 오폐수차집에 사용되는 중력식(gravity sewers), 소관경중력식(small-diameter gravity sewers), 압력식(pressure sewers), 진공식(vacuum sewers)방법 등을 비교·검토한 후에 농촌실정에 적합한 방법을 선정하여 모형실험을 통해서 그 적용 가능성을 평가하였다.

II. 농촌지역의 오폐수차집 및 운반 실태

전국에서 발생하는 1일 총오폐수 평균발생량은 1986년도에 8,360천톤에서 1993년에는 23,172천톤으로 277%가 증가하였다. 1993년에 오폐수발생원별로 살펴보면 생활하수가 13,972천톤으로 전체의 60.3%를 차지하며, 산업폐수가 9,072천톤으로 39.2%, 그리고 축산폐수가 128천톤 정도이었다. 전체 생활하수 발생량인 13,972천톤의 약 10.2%인 1,428천톤이 농촌지역에서 발생하며, 1993년 농촌인구 6,050천명으로 나누면 1인당 하루 평균 약 236 l의 생활하수를 발생시켰고, 50호정도를 자연부락단위로 환산할 때 1개 마을에서 하루 평균 약 60톤정도의 생활하수를 하천에 방류하고 있는 실정이다(내무부, 1995). 그러나 우리나라 하수처리시설은 매우 열악한 실정으로 정부에서는 총 14조 7천억원을 투자하여 하수종말처리 및 축산분뇨·축산폐수의 종말처리시설 등을 확충할 계획이지만 사업의 대부분이 도시지역 중심으로 추진될 계획 예정으로 농촌 지역에 대한 투자는 매우 요원한 실정이다.

Table 1은 1995년 현재 광역시·시·군지역의 하수관거 설치계획 및 현황을 나타내고 있는데, 대부분의 농촌지역이 위치한 근지역의 하수관거시설은 계획의 32.9%로 전체 보급율인 60.5%에 비해 절반 정도에 불과하며, 특히 오수만을 차집하기 위한 분류식은 4.1%로 시설이 절대적으로 부족해서 이 부분의 각별한 관심이 요구되고 있는 실정이다. 이와 같이 오폐수차집관거의 부족에 따른 오폐수 방류량은 1일 평균 발생량 약 23천톤중에 약 17천톤에 이르는 것으로 추정하여 이로 인한 수질오염이 문제되고 있다.

〈Table 1〉 광역시·시·군지역의 하수관거 설치계획 및 현황

구 분		계	특별·광역시	시	군
계	계 획 (km)	80,330	32,728	35,256	12,346
	시 설 (km)	48,625	23,079	21,478	4,068
	보급률 (%)	60.5	70.5	60.9	32.9
합류식	계 획 (km)	32,265	15,513	11,004	5,752
	시 설 (km)	33,259	19,084	10,510	3,665
	보급률 (%)	103.1	123	95.5	63.7
분류식 (오수)	계 획 (km)	21,199	7,174	10,930	3,096
	시 설 (km)	6,084	2,037	3,920	127
	보급률 (%)	28.7	28.4	35.9	4.1
분류식 (우수)	계 획 (km)	26,861	10,041	13,322	3,498
	시 설 (km)	9,282	1,959	7,047	276
	보급률 (%)	34.6	19.5	52.9	7.9

물론 하수처리시스템의 경우에도 농어촌 마을 간이오수처리시설 보급현황은 대부분의 농어촌지역이 자체 하수처리능력을 가지고 있지 못한 극히 미약한 상황임을 나타내고 있다.(Table 2 참조)

〈Table 2〉 하수처리시설의 보급현황

구분	하수 발생량 (만톤/일)	시설명	시설용량 (만톤/일)	처리율 (%)
계	2,210		1,015	45
도시하수	1,999	하수처리장 폐수처리장	965(71개소) 50(25개소)	50
농어촌하수	221	하수처리장	0.1(5개소)	0

우리 나라에서 실시하고 있는 하수처리시설 체계를 살펴보면 Table 3과 같은데, 여기서는 농어촌하수처리를 위한 단위는 일반하수처리장을 설치하나, 마을 단위에서는 간편한 마을하수도(간이오수처리시설)를 보급하는 것으로 되어 있다. 즉, 소규모 농촌마을에 적합한 오폐수차집 시스템의 개발이 요구되고 있는 상황이다.

〈Table 3〉 하수처리시설 체계

하수 종류	행정 단위	처리 시설명	하수량 구성비(%)
도시 하수	읍급 이상	하수종말처리장	90%
농어촌 하수	면 급	하수종말처리장	10%
	마을 단위	마을 하수도	

또한 Table 4에서와 같이 우리 나라 농촌지역은 하루 오폐수발생량 50톤 미만인 50호 이하의 마을이 전체의 90% 정도로서 마을이 산재해 있고 지역특성상 오폐수의 차집에 기존의 방법은 시설비의 과다, 시공 및 관리상의 어려움 등으로 적용이 어렵다.

〈Table 4〉 농어촌 마을의 규모별 분포 및 하수발생량

마을당 가옥수	마을수	구성비 (%)	마을당 평균하수량
계	74,909	100	29 톤/일
20호~49호	66,941	89	50 이하
50호 이상	7,965	11	50~200

이상에서 농촌지역은 여러 가지 원인에 의하여 하수도시설의 절대부족상태에 놓여 있으며, 기존의 방식만으로는 효과적으로 그 보급율을 늘리수 없는 상황에 놓여있음을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 여러 가지 오폐수차집방법의 검토를 거쳐 농촌지역의 오폐수차집에 적합한 방법을 선정하고 그 적용성을 평가하여 농촌지역의 오폐수차집시설 사업에 도움을 주고자 한다.

Ⅲ. 오폐수차집방법

1. 오폐수차집방법의 특성비교

우리 나라의 농촌인구는 대부분의 지역에서 계속 감소추세에 있으나, 근래 도로망의 확충과 전원주택의 보급등으로 대도시 주변을 중심으로 도시인의 농촌지역 주거가 늘어나고 있다. 또한 농촌에서의 생활수준의 향상과 함께 생활환경개선 요구가 크게 증대되어 농촌지역 하수도의 체계적인 보급이 그 어느때보다도 절실한 상황에 놓여있다. 기존에 오폐수차집에 흔히 적용되는 시스템은 중력식방법, 압력식방법, 소관경중력식방법 그리고 진공식방법등이 있으며, 오폐수차집방법들의 여러 가지 조건별 특성을 요약하면 Table 5와 같다.

중력식방법(gravity sewers)은 오폐수가 중력에 의해 자연경사를 따라 흐르는 방법으로 오폐수차집에 오래 전부터 사용되어 왔는데, 그 이유는 중력식흐름의 특성에 관하여 오랫동안 사용하여 연구한 자료가 많아서 이를 기준한 설계, 시공, 유지관리분야 등의 자료가 풍부하기 때문이다. 그러나 새로이 개발하는 지역에서는 지형적, 지질적조건 등으로 경제성이 낮을 수 있고 특히 인구밀도가 낮은 농촌지역처럼 중력식방법의 적용이 비현실적인 경우가 많다(Linsley et al, 1992; Water Pollution Control Federation, 1983). 압력식방법(pressure sewers)에 의한 차집시설은 크게 가압시설과 압력하수관으로 이루어져 있으며, 압력하수관은 일반적으로 직경이 작으며 이를 통해 오폐수가 중력으로 흐르는 하수본관까지 운반된다. 압력식방법은 하수관의 배관을 경사나 지형의 형태에 구애받지 않고 설치할 수 있으며 장애물이 있을 때 쉽게 우회시킬 수 있어서 하수관설치에 소요되는 비용을 감소시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다(Simmons et al, 1983; USEPA, 1977). 진공식방법(vacuum sewers)은

<Table 5> 오폐수처집방법들의 특성비교

Sewer Type	Ideal Topography	Rocky, High G.W. Sites	Sulfide Potential	Minimum Slope Requirement	O/M Requirement	Power Requirement
SDG	downhill	moderate	high	no	low-mod.	none
STEP	uphill	low	high	no	mod.-high	low
GP	uphill	low	mod.-high	yes	mod.-high	moderate
Vacuum	flat	low	low	yes	high	high
Gravity	downhill	high	moderate	yes	moderate	none
SDG-STEP	undulating	low-mod.	high	no	moderate	low
Grav.-GP	undulating	mod.-high	moderate	yes	mod.-high	low-mod.
Grav.-Vac.	undulating	mod.-high	low-mod.	yes	high	mod.-high

Sweden의 Liljendahl Corporation(undated)에 의해 처음 시도되었는데 소규모 마을이나 신개발 지역 또는 농촌지역에 적용가능한 방법으로써 장점은 물의 사용이 현격히 줄고, 작은 직경의 하수관 사용, 배관을 위한 절토비용 절감, 오폐수처리비용의 절감 등이며, 전반적인 경제성 면에서도 유리할 수 있다(Liljendahl Vacuum Company, undate).

한편 소관경중력식방법(SDG, small-diameter gravity sewers)은 호주에서 1961년부터 사용되어 왔고 미국에서는 1977년 사용하기 시작하여 농촌지역에 사용이 확대되고 있다 (ASAE 1982, Simmons & Newman 1983). SDG방법은 중력식방법에서와 같이 오폐수의 운송에 압력을 사용하지 않으며, 직경이 작은 하수관을 내리막길이나 오르막길이나 관계없이 지형의 경사에 따라 지표면에서 거의 같은 깊이로 매설하는데 마지막 배출구는 오폐수의 유입구나 옥내하수배관보다 낮게 설치한다. 이 방법에는 전처리를 위해 정화조가 사용되어 grease나 고형물질이 작은 직경의 하수관에 유입되지 못하게 차단하며 일반적으로 정화조는 3년에 1회정도 수거하고 있다. SDG방법을 사용하기 위해서는 전처리를 통해 고형성분의 유입을 방지해야 하는데 이를 위해 여과장치(filter)나 차폐시설(baffle)을 설치하기도 한다. SDG방법이 기존의 중력식방법보다 좋은 점은 직경이 작은 하수관을 사용하고, 자연경사의 유지를 위해 다량의 절토를 할 필요가 없이 지형의 형태대로 배관하며, manhole대신 clean out을 설치하고, I/I(infiltration and inflow)문제를 줄이며, 정화조를 이용하여 전처리한 유출수를 처리장으로 운반하므로 농도가 낮아서 오폐수를 용이하게 처리하는 등 전반적으로 비용이 저렴하다는 점이다. 이 방법에서는 지형이

낮은 구간도 지표에서 거의 같은 깊이로 하수관을 매설하여 경사가 역으로 이루어지는 경우가 있는데, 이러한 경우는 수리학적으로 형성할 수 있는 가능한 경사와 유량에 의해 배관의 크기가 결정되는데, 최소 하수관의 직경은 5cm이다(Simmons et al, 1983: Water Pollution Control Federation, 1986).

우리 나라와 같이 소규모 마을 단위에 적용되는 차집시스템으로서 소관경중력식 방법을 이용할 경우에는 일단 전처리 과정에서 고형성분이 관로로 들어가는 것을 차단하기 때문에 소류지나 manhole등의 시설이 필요없게 되어 공사비에서 차집시스템이 차지하는 비율(보통은 70% 이상)을 상당히 줄일 수 있으며, 또한 전처리 과정에서의 잔류성분 중 유기성분은 재활용의 가능성을 충분히 가지고 있기 때문에 이점이 있다.

2. 오폐수처집방법들의 경제성비교

수집방법에 따른 경제성은 지형과 취락형태, 기후 등의 여러 가지 요인에 의해서 그 분석결과가 다를 수 있다. 그러나 일반적인 경우에 대해서 중력식, 압력식 그리고 진공식방법 등을 소관경중력식방법과 비교했을 때, 이상적인 지형이라면 경제적 부담이 비슷하지만 지형의 기복이 심한 경우는 압력식과 진공식 하수관과의 경비가 증가하고, 높은 지역에 소류지(lift)가 필요한 경우에는 진공식방법은 부적절할 것이며, 이 때에는 압력식방법이 가장 많이 들고 그 다음이 중력식방법일 것이다. 일본의 예를 살펴보면 평탄한 면적지역을 대상으로 오폐수의 소규모 분산처리방식과 대

규모 집중처리방식으로 정비한 경우에 정비방식별 그리고 마을 형태별 건설비와 유지관리비의 분석결과에서 오수처리시설에서는 대규모 집중처리방식이 30~40%정도 경제적이지만, 관로시설에서는 소규모방식쪽이 20~40%정도 경제적으로 나타났다.(石橋多聞, 1976; 村山哲夫, 1992)

결국 두 방식은 서로 상반된 결점을 보이거나 전체 공사비에서는 소규모 방식쪽이 관로연장에 따른 매설 깊이가 얕아지고 마을사이의 관로가 필요없거나 증계펌프 등의 부대시설들이 적게 들어가게 되므로 경제적인 것으로 나타났다. 이러한 원인은 소규모방식에서는 전체공사비중에서 관로시설의 비율이 70~80%인데 반하여, 대규모방식에서는 90%정도로 높게 차지하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 유지관리비면에서도 소규모방식의 경우에는 일상적인 관리는 마을 주민이 참여하고 보수점검은 전문기술자가 순회관리할 수 있으나, 대규모방식의 경우에 전문 기술자가 다수 상주하고 있으며, 관로시설의 유지관리비도 관로연장이 길고 부대시설이 많은 만큼 소규모방식보다는 비경제적이다. 실제로 SDG방법을 적용하여 사용중인 미국과 호주의 자료를 보면, 미국의 경우 자료가 충분하지는 않으나 6년과 8년째 사용하고 있는 두 개의 시스템에서 500 gal짜리 탱크는 1년이 넘어 한 번씩, 그리고 1,000 gal 짜리 탱크는 3년에 한 번정도 정화조를 청소한 것이 유지관리의 모두였는데, 18개월 경과후에 실시한 배관상태 검사에서 매우 얇은 회색 잔류물이 파이프에 묻어 있을 뿐 고형물질의 퇴적은 발견되지 않았으며, 유사한 조사를 4년동안 다른 현장에서 실시하였는데 비슷한 결과와 관찰되었다. 호주에는 1960년대부터 십여개의 SDG 시스템이 호주 남부에 설치되어 26,000여 사용자가 5,760 km에 달하는 SDG 주관을 사용하고 있으며, 근래에 60여 곳의 새로운 SDG 시설공사가 실시되고 있다. 1978년의 연구에 의하면 7개의 SDG시스템의 총연장 가운데 오직 3곳만 주기적인 세척을 실시했는데, 이 3곳을 포함한 다른 모든 곳에서 막힘은 발생되지않았다(Water Pollution Control Federation, 1986).

한편 우리 나라는 행정구역 현황자료에 의하면 93년말 현재 전국의 마을규모는 20호 이상의 자연마을수는 66,941(99%)이고 50호 이상의 마을은 7,965개로 약 11.8%에 불과한 실정이다. 일본의 경우에는 부락당 평균 가구수는 141 가구, 평균 면적은 240 ha이며, 부락전체 가구수중 농가가 차지하는 비율이 33 가구, 즉 약 23%에 불과해 도시인의 농촌거주비율이 상당히 높은 것으로 나타났다(김용호

등, 1997). 이러한 현상은 우리 나라에서도 수도권 인접의 자연마을에서는 이미 가시화 되고 있다. 그러나 아직까지는 그 비율이 작기 때문에 당분간에 급속한 증가를 기대하기 어려울 것이다. 또한 농어촌 소읍면 및 인구밀집 지역의 경우에는 소규모로 원거리에 분산된 취락구조를 이루고 있으며, 평지에는 비교적 큰 규모의 집단적인 군락이 형성되어 있으나 가축의 분뇨가 대량으로 발생하는 축사등의 시설은 악취와 적정 용지 확보문제 등으로 마을에서 비교적 이격된 산지등에 설치되어서 운영되고 있는 실정이다. 이런 오염 시설들은 반드시 정화처리가 필요한데, 모두 똑같은 오폐수처리 시스템을 적용하기에는 그 성분등에서 상이한 양상을 나타내기 때문에 문제가 많으며, 각각의 경우에 적당한 시설이 필요하다.

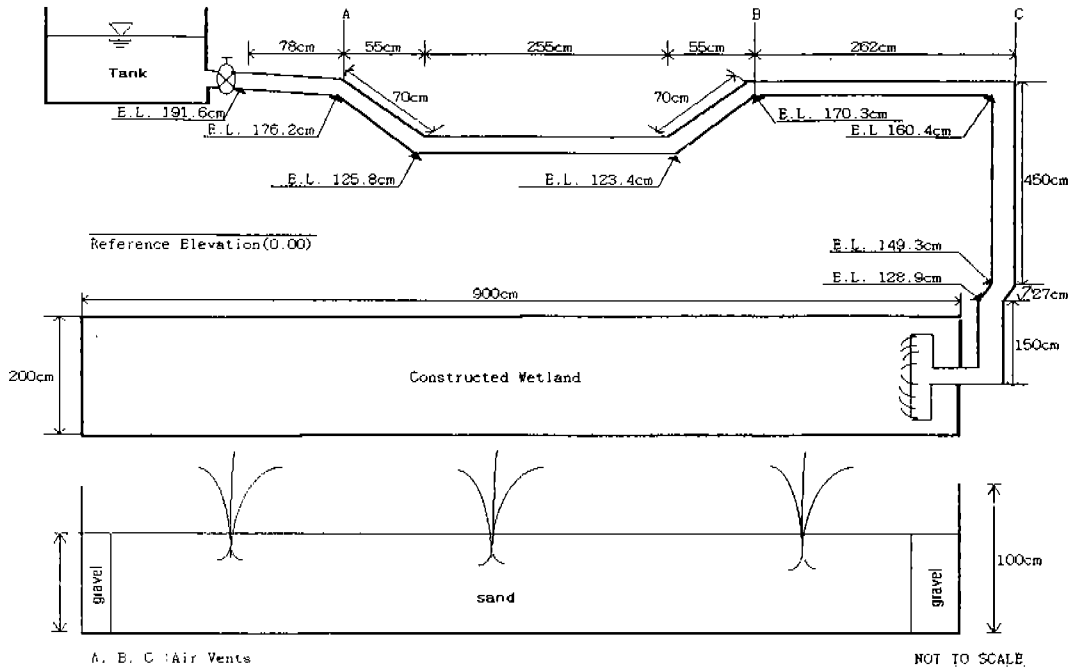
따라서 앞에서 열거한 방법중에서 중력식은 지형의 변화에 영향을 크게 받고, 압력식과 진공식은 에너지가 소요되고 유지관리가 필요하므로 우리 나라 농촌지역의 실정과 지형 및 마을형태 등을 고려하면 에너지가 거의 필요 없고 지형의 변화에 영향을 적게 받으며, 자연적인 중력을 이용하는 소관경중력식방법(SDG)이 우리 나라 농촌지역에 가장 적합할 것으로 판단되어 pilot scale 실험을 통해서 그 적용 가능성을 입증하고자 한다.

IV. 모형실험

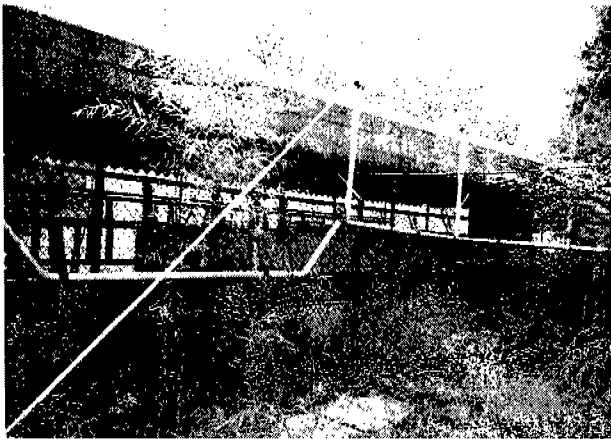
1. 적용 모델

우리 나라 농촌지역의 지형과 주거형태에 적합하다고 판단된 SDG(소관경중력식)방법의 현장 적용가능성을 평가하기 위하여 건국대학교 농과대학건물에서 발생하는 생활오수를 사용하여 모형실험을 실시하였다. 실험은 Fig. 1과 같은 사이폰형태의 낮은 지역을 포함한 가상적인 지형을 재현시켜 SDG 방법을 적용해서 실시하였다(photo 1. 참조)

실험에 사용된 생활오수는 건국대학교 농과대학 별관 건물에서 발생한 오수를 이용하였는데, 건물에는 강의실, 연구실, 실험실 등이 포함되어 있으며, 오수 성분은 실험이 개시되면서 일정한 간격으로 분석하였다. 분석결과는 일반 생활하수와 유사하였으며, 실험기간동안 측정된 평균 BOD, COD, SS의 농도를 Fig. 2에 정리하였다. (각각 약 100, 150, 80 mg/L 정도이었다.)

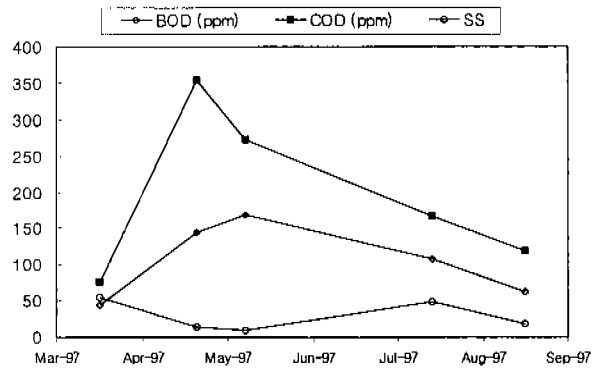


<Fig 1> SDG차집시스템 모델의 개략도



<Photo 1> 실험 모델의 전경

하수관은 2 inch 직경의 PVC 관을 사용하였으며 총길이는 약 14 m이고 상류측인 차집탱크의 밸브와 하류측 유출구의 높이 차이는 약 0.70 m이다. 하수관의 낮은 구간의 시작 (A)과 끝 (B) 지점, 그리고 직각으로 방향을 바꾸는 C지점(Fig. 1 참조)과 같이 배관의 경사나 방향이 급작스레 바뀌는 지점에는 PVC관을 수직으로 연결하고 상부에 Tee를 사용하여 air vent를 설치하였다. 이들이 설치되기 전에는 air lock 문제로 통수성이 좋지 않아 유량조절에 어려움



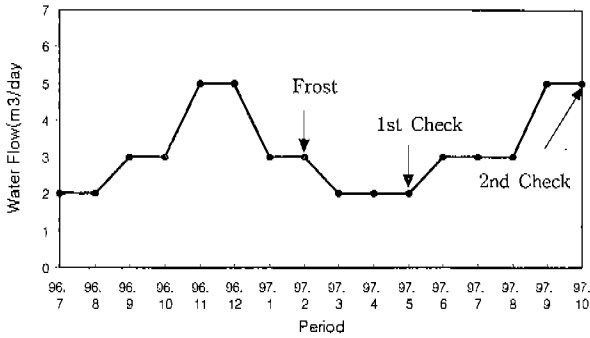
<Fig 2> 실험기간동안 유입된 오폐수의 농도

을 경험했으나 설치 후에는 그런 문제가 없었다. 이 건물에서는 오수는 3개의 분리조로 구성된 정화조에 차집되어 처리된 후에 도시하수관에 유입되는데, 본 실험에서는 유출이 일어나는 마지막 세 번째 분리조에서 약 30 m 거리에 위치한 600 Liter 규모의 차집탱크로 펌프하여 옮긴 후에 실험을 위해 유량을 조절하였다.

2. 유출운송실험

유출운송실험은 최대 50 m³/day 까지 실시하였는데 오

수 운송에 문제가 없었으며, 유량운송실험 후에 파이프에 흐르는 평균유량은 약 3 m³/day 로써 18개월째 계속 흐르고 있으나 아직은 낮은 구간을 포함해서 퇴적물에 의해 파이프가 막히는 등의 문제가 발견되지 않았다(Photo 2, Photo 3. 참조). 그러나, 외국의 시공사례에서는 사용기간이 길어지면(2~3년 정도) 적은 유량과 낮은 유속으로 부유물질이 퇴적하여 유체의 흐름에 지장이 있는 사례가 보고되어 있으며, 이런 경우에는 유량을 증가시켜 퇴적물을 세척하는 방법을 유지관리기법으로써 적용할 계획이다. 지난 18개월간의 유량운송실험에서의 운송유량과 관찰을 통해서 파악된 문제점 등을 Fig. 3에 나타내었다.



<Fig 3> 실험기간동안의 유량 변동상황과 점검시기

3. 실험관찰 결과

모형실험장치의 설치가 완료된 후에 지속적인 관찰을 실시하였다. 관찰결과를 요약하면 다음과 같다. 차집탱크에서 유량의 흐름을 조절하는 밸브가 충분히 열린 경우에는 문제가 없으나, 유량이 적어 열린 부분이 좁을 경우에는 오수에 함유되어 있는 부유물질이 개구부에 끼어서 점점 막히는 부분이 증가하여 결국에는 유체의 흐름이 중단되는 경우도 경험하였다. 이런 경우는 밸브를 더 열어서 개구부를 크게 하여 막힌 고형물질을 세척해서 밖으로 유출시킨 뒤 다시 흐름을 정상화시킬 수 있었다.

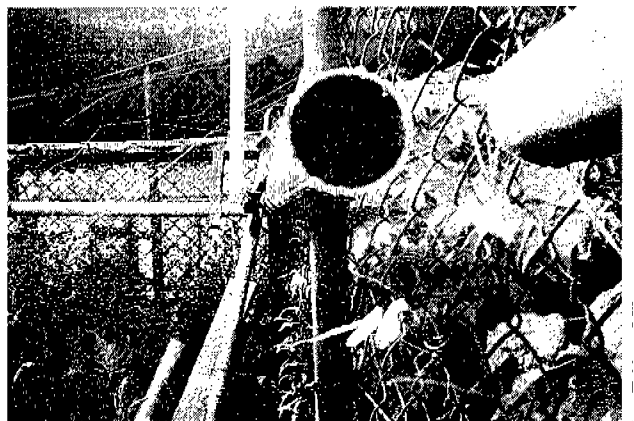
SGD방법에 의해 운송하는 오수는 raw waste인 상태가 아니고 정화조와 같은 전처리과정을 거쳐서 고형물질이나 grease가 제거된 상태이기 때문에 작은 크기의 파이프를 사용하여도 효과적으로 운송할 수 있다. 이러한 방법을 실제로 적용하기 위해서는 각 가정 또는 몇 개의 가정단위로 발생하는 오수를 전처리하는 시설이 필요하며, 오수원액이

직접 흐르게 되면 부피가 큰 고형물질 등에 의하여 특히 낮은 구간에서 유속이 느려서 파이프가 막히는 문제가 예상되므로 적합하지 않다. 그리고 SGD방법에 의해 운송된 오수의 처리시설의 설계에서도 전처리과정을 거친 점을 고려하여 이에 적합한 방법의 선택이 필요하다. 본 실험에서 사용한 오수도 정화조에서 양수하여 사용하였으며, 실험결과에 해석에 raw waste가 아님을 고려해야 한다.

소관경 중력식 방법이 동절기에는 동파의 위험성이 매우 큰 것으로 실험중에 관찰되었다.(see Fig. 3.) 일반적으로 기온이 0℃ 이하로 계속유지되면 지반은 얼게되고 이로 인하여 동상이 일어나 구조물에 해를 끼치고 해빙이 시작되면 지반이 약화되면서 지지력감소와 침하가 발생한다.



유입부

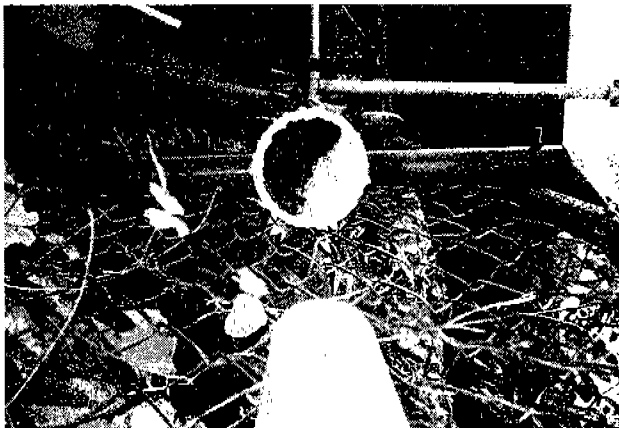


유출부

<Photo 2> 실험개시 10개월후의 PVC파이프의 내부모습(97. 5)



유입부



유출부

〈Photo 3〉 실험개시 15개월후의 PVC파이프의 내부모습(97. 10)

따라서 기초설계시에는 동결깊이 이하에 설치하는 것이 바람직하다. 대개는 동결깊이의 3/4깊이 까지만 설치해도 큰 피해는 없는 것으로 알려져 있으나 포화된 실트질 모래나 실트층에서는 완전히 동결깊이 이하까지 설치하는 것이 좋다.

동결깊이는 지역에 따라 관측자료가 있으면 이를 활용하는 것이 가장 좋으나 그렇지 않을 경우는 그 동안 우리나라를 대상으로 연구 검토된 자료를 활용하는 것이 좋다. 그러나 한가지 고려되어야 할 사항은 강원도나 서울·경기 이북지역은 동결심도가 1m 이상으로서 시공에 따른 토공 공사비의 증가는 농촌지역 오폐수처집시설에 적용하기 위한 본 공법의 본래의 장점중에 하나인 경제성이 확보하기

어려운 조건이 될 수도 있다.

따라서 이러한 경우에는 단열재로서 왕겨등을 모래대신에 관주위에 포설하여 주는 것도 하나의 방법이 될 수 있다고 판단된다. 왕겨는 모래와 비교해서 역학적 성질이 불리하고 압축성(30~40%)이 대단히 큰 단점을 가지고 있으나 경제적인 면에서 구입단가가 싸고 또한 농가에서 재료입수가 용이한 장점을 가지고 있다.

V. 결 론

우리 나라 농촌지역에 적용 가능한 소규모 오폐수 차집·운송 시스템을 선정하기 위하여 기존의 방식들을 대상으로 문헌고찰을 실시한 결과 SDG방법이 가장 적합한 방법이라고 판단되어 이에 대한 모의 실험을 사이폰형태의 관로를 설치하여 15개월간 실시하였다. 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 우리 나라 농촌지역의 실정과 지형 및 마을형태 등을 고려하면 기존의 오폐수 차집시스템중에서도 에너지가 거의 필요 없고 지형의 변화에 영향을 적게 받으며, 자연적인 중력을 이용하는 소관경중력식방법(SDG)이 가장 적합할 것으로 판단되었다.
2. 배관의 경사나 방향이 급작스레 바뀌는 지점에는 air lock 문제로 통수성이 좋지 않아 유량조절에 어려웠다. 그러나 PVC관을 수직으로 연결하고 상부에 Tee를 사용하여 air vent를 설치하였을 경우에는 그런 문제가 없었다.
3. 또한 차집탱크에서 유량의 흐름을 조절하는 밸브가 충분히 열린 경우에는 문제가 없으나, 유량이 적어 열린 부분이 좁을 경우에는 오폐수에 함유되어 있는 부유물질이 開口部에 끼어서 점점 막히는 부분이 증가하여 결국에는 유체의 흐름이 중단되는 경우도 발생하였다. 이런 경우는 밸브를 더 열어서 開口部를 크게 하여 막힌 고형물질을 세척해서 밖으로 유출시키면 다시 흐름을 정상화시킬 수 있었다.
4. 소관경 중력식 방법이 동절기에는 동파의 위험성이 매우 큰 것으로 실험중에 확인되어 이에 대한 대비책

이 연구되어야 하리라고 판단되었다. 현재로서는 농촌지역 입을 감안하여 동결깊이의 3/4깊이에 관을 매설하고 단열재로 경제적이며, 재료입수가 용이한 왕겨를 모래대신 포설하여 주는 방법을 고려하고 있다.

5. 이상의 고찰과 실험결과에 의하면 소관경 중력식방법은 소단위 농가의 오페수 차집·운반시스템에 이용하기에 적당하다고 판단되며, 앞으로 동절기 동파대책과 더불어 재료의 개발, 설계기준 및 시공방법에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

參 考 文 獻

1. 김응호, 서규태(1997), 마을하수도의 정비 및 효율적 관리방안, 한국농촌환경연구회, 제2회 정기총회 학술 발표 논문집, pp. 45~68
2. 내무부(1995), 農漁村簡易汚水處理施設事業推進 實務指針書, 행정간행발간등록번호 1900-13600-67-9501, pp. 127
3. 환경부(1996), 농어촌 하수처리 현황 및 대책
4. 환경부(1996), 농어촌 하수도사업
5. 환경부(1994), 전국 하수관거 시설현황 및 향후 투자 계획
6. 환경부(1989), 농촌소규모 취락지역 오수처리설계 지침서
7. ASCE (American Society of Agricultural Engineers) (1982), Small-Diameter, Variable-Grade, Gravity Sewers for Septic tank Effluent, Proceedings for third National Symposium on Individual and Small Community Sewage Treatment, ASAE Publication No.1-82, USA.
8. Clift, M. A. (1968), Experience with Pressure Sewerage, Journal of Sanitary Engineering Division, ASCE, USA, 95(5), 849-865.
9. Liljendahl Vacuum Company, Ltd. (undated), Water, Our most Precious Possession, Stockholm, Sweden.
10. Linsley, R. K, J. B. Franzini, D. L. Freyberg, and G. Tchobanoglous (1992), Water Resources Engineering, fourth edition, McGraw-Hill, Inc., USA, 691-702.
11. Metcalf & Eddy (1991), Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse, third edition, McGraw-Hill, Inc., USA, 1072-1075.
12. Simmons, J. D., and J. O. Newman, et al. (1983), Design Workbook for Small-Diameter, Variable-Grade, Gravity Sewers, Small Alternative Wastewater Systems, Design Workbook Notes, Developed under Grant No. T-901092-010, U.S. Environmental Protection Agency, USA.
13. USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) (1977), Alternatives for Small Wastewater Treatment Systems: Pressure Sewers/Vacuum Sewers, EPA-625/4-77-011, USA.
14. Water Pollution Control Federation (1983), Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, Manual of Practice FD-5, Joint ASCE-WPCF publication, Alexandria, VA, USA.
15. Water Pollution Control Federation (1986), Alternative Sewer Systems, Manual of Practice No. FD-12, Facilities Development, Alexandria, VA, USA.
16. 石橋多聞(1976), 上水道の事故と對策, 技報堂
17. 村山哲夫, 小野耕一(1992), 小規模 下水道の計劃·設計·施工, 山海堂