

소규모 생활 오수의 고도처리 최적화 방안에 관한 연구

박자영 · 박철휘

(서울시립대학교 환경공학부)

A Study on the Optimized Design Scheme of Advanced Treatment Processes for Small Community Sewage

Park, Ja Young · Park Chul Hwi

ABSTRACT

Small communities have difficulty to treat sewage on the large sewage treatment plants. One reason is high cost per capita to construct, when compared to that for large communities, because of decentralized population. Other reason is possibility for sewage leaking from the pipe, or infiltration/inflow of groundwater. So, small communities prefer small sewage treatment facility to large scale, to establish on individual small community. Flowrate of small domestic sewage is varied and has higher peaking factor than urban community sewage. Flowrate capacity of most facilities is below 1000 m³/d, and above 80 percent is below 100 m³/d. Pollutants of small domestic sewage are more concentrated than urban community sewage because sewage is separated from rainwater. In this small community, effluent concentration criteria is strict, and also no operating and maintenance team is resident in this site. In order to optimize design scheme of advanced treatment process for small community sewage, the characteristic of sewage flowrate, concentration, effluent criteria, harmony with surrounding facilities, and maintenance scheme should be considered. Selecting the small sewage treatment process, small space, easy maintenance scheme and effluent concentration were the basic and important considerable factors.

1. 서론

하천의 상류의 수변지역에 위치하고 있는 소규모 마을은, 오수가 상수 취수구보다 상류 쪽으로 방류되고 있다. 따라서 하류 지역의 상수원을 오염시킬 수 있으며, 하천의 부영양화가 발생하며 하천생태계에 도 영향을 주게 되어, 그 제한 인자인 질소와 인의 처리에도 관심이 집중되었다.

소규모 마을에서 발생하는 오수를 차집하여 대규모 하수처리장에서 처리하는데 여러 가지 어려움이 있다. 첫째 도시와는 달리 발생원이 분산되어 있어 차집 관로의 연결 등으로 수혜자 일인당 초기 시설투자비용이 증가하게 되고, 둘째 관로의 안전성을 보장하기 어려워 지하수침투가 발생하거나 오수가 유출할 수 있다. 따라서 대규모 하수종말처리장이 아닌 군집한 '마을'의 단위로 오수를 제어할 수 있는 소규모 생활오수 처리시설의 중요성이 대두되었다.

상수원 상류지역의 '수계지역', '특별대책 지역' 등에 대해서는 상수원보호 및 부영양 화 방지를 위해 생활오수 처리시설의 소규모 시설에 적합하면서 강화된 수질기준에 적용할 수 있는 프로세스가 필요하게 되어 본 논문에서는 이들 프로세스를 선정하고 설계하기 위한 기준을 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

1. 사업현황

환경부는 상수원 상류에 설치된 기존 건물 (식품접객, 숙박업소)에서 발생하는 생활 오수의 적정처리를 위해 1998 년부터 2007 년까지 10 년간 26,483 개소에 설치 하기로 계획하였고, 1998 년부터 2000 년 까지 1513 개소에 국고로 143 억을 지원하여 오수처리시설을 설치하였다.

마을하수도 시설의 개소 당 용량은 주로 100 m³/d 이내이다. 환경부가 1991 년부터 2000 년까지 지방환경청에서 협의 완료한 마을하수도에 대한 자료에 따르면 50 m³/d 이내가 58%, 100 m³/d 이내가 80%가 되었다. 이 자료는 농림부, 행정자치부 그리고 각 지방자치단체에서 시행한 마을하수도 사업이다.

행정자치부의 2001 년도 마을하수도 사업계획을 보면 시설용량이 200 m³/d 를 초과하지 않으며, 88%가 100 m³/d 이내이다.

2. 소규모 생활오수 처리 지침

환경부에서는 농촌소규모취락지역의 오수 처리시스템 개발사업에 대한 연구보고서를 통하여 오수처리시설을 선택하여 설계, 시공 하기 위한 지침을 제시하였다. 농업기반공사 정주권 개발처에서도 정주권 개발사업 및

문화마을 기반 조성을 위한 지침서로서 ‘농어촌 오폐수처리시설 업무편람’을 발간, 설계와 시공사례, 관리요령 등을 제시 하였다.¹⁾²⁾

적정 처리공법 선정을 위한 기본항목으로 계획방류수 수질기준, 건설비 용지비 및 유지관리비용, 슬러지 처리 및 처분의 간편성, 유입오수량 및 수질변화에 대한 대응성, 기능보강 및 증축용이성, 질소 및 인의 제거효율 등을 제시하였으며, 그 결과로 토양투기 오수정화법, 회전원판법, 접촉산화법, 토양피복형 접촉산화법, 모관 침윤 트랜치법, 생물막여과법, 회분식 활성슬러지법, 산화지법, 라군법을 선정하고 그 설계기준을 제시하였다.

3. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구에서의 소규모 생활오수라고 하는 기준은 하수종말처리시설이나 폐수종말처리 시설 등으로 유입되지 않는 오수처리시설과, 농어촌 지역에 마을단위로 설치하는 하수 처리시설인 마을하수도로 유입되는 오수로 정한다. 이는 폐수를 제외한 오수나 하수 중에서 소규모 단위로 처리되는 것이며, 그 규모는 1000 m³/d 이내이다. 또한 고도 처리라고 하는 것은 방류수 수질기준에서 수변지역과 특별대책지역 및 잠실수중보 권역에 적용하기 위한

기준까지 처리하는 것을 말한다. 대부분의 오·하수처리시설의 방류수 수질기준은 BOD, SS 가 20 mg/L 이다. 그러나 한강 수계 등의 지역은 기준이 더 엄격하여 BOD, SS 10 mg/L 이하 (화학적 산소요구량 40 mg/L 이하, 총질소 20 mg/L 이하, 총인 2 mg/L 이하)로 처리 하여야 한다.

우선은 법적인 근거와 그에 따른 방류수 수질기준을 조사하고, 마을하수도 설치 사업과 오수처리시설 설치사업의 추이를 조사한다.

현장여건에 따른 프로세스를 결정하고, 설계시공 후 처리수의 수질을 검사하여 그 프로세스의 적합성을 검증하였다. 그 설계 경험을 토대로 한 소규모 생활오수 처리 시설을 설치하는 농어촌 지역의 현장여건 중 고려해야 할 특징과 그 생활오수발생 특성에 따른 프로세스 결정방법을 최적화 한다.

2. 연구 방법

마을하수도시설의 근거인 하수도법과 오수 처리시설의 근거인 오수·분뇨 및 축산폐수에 관한 법률을 조사하여 그 근거조항과 방류수 수질기준을 조사하였다.

우리 나라의 소규모 생활오수 처리시설의 설치현황을 알아보기 위해 2000 년도까지의 지방환경관리청에서 마을하수도 시설 설치 협의한 통계자료와 2001 년의 행정자치부의

마을하수도 설치계획을 조사하였다. 또한 오수처리시설의 설치현황을 알아보기 위해 오수처리특별대책지역의 국고지원현황을 알아보았다.

지방환경관리청 협의자료 및 오수처리시설에 이용되는 여러 공법들을 조사하여 그 일반적인 프로세스를 선정하였다. 각 공법별로 특성화된 것들은 무시하였고, 일반 적인 프로세스로 구분하였으며, 문헌조사를 통해 공법의 특징을 조사하였다. 대부분 유지관리가 용이한 공법이나, 잔류유기물·영양염류 제거가 가능한 공법으로 구분할 수 있었으며, 생물막법, 자연정화법, AO/A²O 계열, SBR, 특수미생물 이용 공법 등으로 분류하였다. 생물막법인 접촉산화법 과 살수여상법, 자연정화법인 토양트렌치법, 토양피복형 접촉산화법에 대해 조사하였으며, 고도처리 방안으로 후단의 처리공법으로 흡착처리 프로세스에 대해 조사하였다. 소규모 생활오수처리시설의 후단처리로는 주로 여과나 흡착, 소독을 하며, 활성탄과 입상인공제올라이트에 의한 흡착처리에 대해 조사하였다. 처리수질을 통해 프로세스의 적합성을 검토하였으며, 방류수 수질 기준에 따라 특징적인 4 가지 프로세스를 제시하였다. 마지막으로 앞의 설치공사 중 조사되었던 소규모 농어촌 지역의 현장 여건을 소규모 생활오수 처리 프로세스

선정을 위한 고려인자로서 일반화하고, 프로 세스를 최적화하기 위한 방안을 matrix 와 flow chart 로 체계화하였으며, 그에 따른 모델케이스를 제시하였다.

4. 발생원 특성과 현장여건에 따른 처리 프로세스

1. 간헐 살수여상법에 의한 유기물 제거

1) 발생원 및 현장 특성

농어촌 지역의 공동주택단지의 현장조사 결과, 주거이외의 시설은 없으며 증축 예정도 없었다. 분류식 관거로, 토사가 유입되지 않는다. 방류수 수질기준은 BOD 20 mg/L SS 20 mg/L 이나, 방류수역의 하류지역에서 민원이 발생할 소지가 있었다. 운영관리의 책임이 건축주에게 있다.

2) 프로세스 결정 시 고려사항

처리시설의 프로세스를 결정할 때 다음과 같은 사항을 고려한다.

유입수의 농도에 따라 F/M 비나 MLSS 와 같은 운전인자를 고려하지 않아도 되는 프로세스로 결정한다. 분뇨의 침전·분해를 위한 1 차 처리를 하며, 경제적 측면이나 유지관리 측면에서 유리하도록 지상설치가 가능한 프로세스로 결정하며 대신 외기 온도에 노출되지 않도록 한다.

3) 프로세스 결정

설계유량은 가구당 4 인을 기준으로 하여 일최대 유량으로 한다.

조대스크린의 유효간격은 50 mm로 하고 미세스크린은 20 mm로 하여 협잡물을 제거 하여 펌프 및 노즐의 손상을 방지한다. 분뇨 등의 처리를 위한 혐기성 분해조를 3 단으로 직렬로 설치하고, 체류시간은 12 시간 이상 으로 하며, 유량조정조의 용량은 8 시간 이상으로 한다.

주처리 프로세스로 생물막법인 간헐 살수 여상법을 이용하며, 표면적 부하는 $1.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ 로 한다.

평균 BOD 7.2 mg/L , SS 5.9 mg/L 으로 대부분 10 mg/L 이내로 수질기준에 적합하며 방류 수질이 10 mg/L 까지 강화된 지역에 설치 하는 것도 가능하다.

주처리 공정인 살수여상조의 수온을 10°C 이상으로 유지한 결과이며, 12°C 일 때 BOD 농도가 10 mg/L 를 초과한 것으로 보아 수질기준이 강화된 지역에서는 동절 기에 살수여상조의 수온을 13°C 이상으로 유지하여야 할 것으로 보인다.

처리수를 발작물 재배에 재이용이 가능하다.

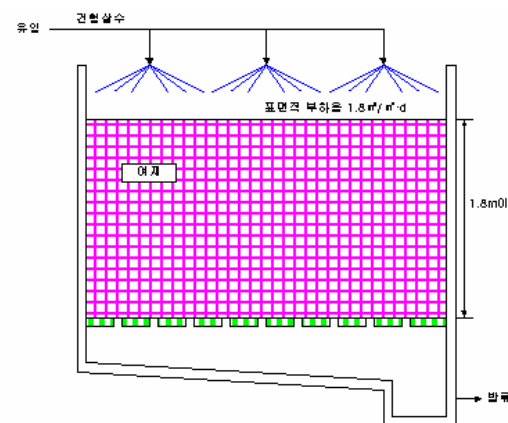
〈표 4-1〉 간헐 살수여상법의 유입수와 처리수의

수질

구분	유입수		처리수		전체 효율 (%)
	범위	평균	범위	평균	
BOD	74.1-173.4	97.0	3.6-13.1	7.2	92.6
COD	42.7-60.8	50.2	12.0-19.8	15.1	69.9
SS	32.0-125	45.9	1.5-10	5.9	87.1
T-N	40.4-77.3	54.7	31.2-65.3	45.1	17.6
T-P	3.6-5.1	4.2	3.0-5.0	3.8	9.5

1) 분석기간 : 1999. 9. ~ 2000. 2. 2) 단위 : mg/L

〈그림 4-1〉 공동주택단지의 오수처리 프로세스



〈그림 4-2〉 간헐살수여상조의 설계기준

4) 처리효율 및 평가

동절기를 포함한 처리수질은 BOD 의 농도 가 10 mg/L 가 넘는 경우가 있으나,

2. 활성탄 흡착법에 의한 유기물 제거

1) 발생원 및 현장 특성

한강 수계의 식품접객업소의 오수처리 시설에 대한 현장조사 결과, 한강 수계라는 위치특성상 성수기와 비수기,

주중과 주말의 유량변동 폭이 매우 크다. 각 업소별로 유입수의 농도 범위가 넓다. 식사를 주로 취급하는 업소는 농도가 높고, 스컴이 많이 발생하며, 차(茶)를 주로 취급하는 업소는 농도가 낮으나, 색도를 띤다. 어패류를 주로 취급하는 업소는 악취가 발생한다. 방류수 수질기준은 BOD 10 mg/L, SS 10 mg/L이다. 대부분 유지관리전문업체에서 위탁관리한다.

관광지의 식품접객업이라는 특성상 미관이 상당히 중요하나, 활용 가능한 부지가 협소 하여, 지하설치 후 상부는 주차 공간으로 이용하는 것을 선호한다.

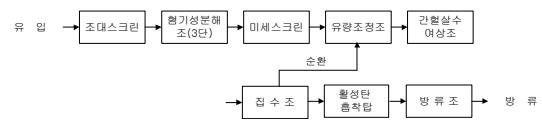
2) 프로세스 결정 시 고려사항

유입수량에 따라 일정범위 내에서 수리 부하에 변화를 주며, 유량을 일정하게 하기 위해 처리수를 순환시킨다. 대신 유입수의 농도변화에 적응력이 강한 프로세스를 선정한다. 부지를 적게 차지하는 공법을 선정하며, 콘크리트 구조물로 지하에 설치 하고 구조물 내에서 점검을 할 수 있도록 한다.

3) 프로세스 결정

계획처리수량을 성수기나 주말을 기준으로 하며, 유입수량에 따라 살수여상의 표면적 부하량을 일정범위 내에서 조정한다. 유입 수량이 부족할

경우 2 차 처리수를 반송 유입한다. 스크린, 혐기성 분해조, 유량 조정조 및 살수여상조는 1.4)와 같으며, 혐기성 분해조는 정류관을 설치하여 스컴이 월류하는 것을 막는다. 활성탄 흡착공정은 <표 4-2>와 같이 후단처리로 추가한다.



<그림 4-3> 식품접객업소의 오수처리프로세스

<표 4-2> 활성탄 흡착시설의 설계인자

반응조	흐름형태	상향류식
	직경	400 mm
	높이	1000 mm
유입수량		10 m ³ /d 내외
수리학적부하		3.3 m ³ /m ² /hr 내외
접촉시간		18min 내외
역세주기		5min/24hr

4) 처리효율 및 평가

살수여상조가 안정화되어 있을 때는 여상 조의 처리수로도 방류수 수질기준을 통과할 수 있으나, 갑작스런 유입수량 변동에 대처 하고, 색도 및 악취를 제거하기 위해 흡착 탑을 후단에 설치하였으며 그 결과 색도의 제거효율도 높다. 그러나 유지관리가 더 어려운 단점이 있어서 전문기술관리인에게 위탁운전할 경우에 적용한다.

〈표 4-3〉 활성탄 흡착 후단처리의 유입수와 처리수의 수질

구분	유입수		살수여상 처리수		흡착탑 처리수		전체 효율 (%)
	범위	평균	범위	평균	범위	평균	
BOD	380-136.7	242.5	15.6-6.6	11.3	10.8-3.5	4.8	98.0
SS	135.0-26.0	66.0	15.0-3.5	7.4	8.0-2.0	3.8	94.2

1) 분석기간 : 2000. 3. ~ 2000. 8. 2) 단위 : mg/L

3. zeolite 흡착법에 의한 질소·인 제거

1) 발생원 및 현장 특성

요양 및 재활시설의 오수처리시설로 유입수 수질농도 중 T-N 의 농도가 90~110 mg/L 로 다른 일반 주택시설에 비해 상대적으로 높다. 법적인 방류수 수질기준은 BOD 20 mg/L, SS 20 mg/L 이나, 방류수역의 하류지역에서 민원발생의 소지가 있어서 계획 처리수질은 BOD, SS 20 mg/L, T-N 60 mg/L 로 한다.

2) 프로세스 결정 시 고려사항

유입수의 농도에 따라 F/M 비나 MLSS 와 같은 운전인자를 고려하지 않아도 되는 프로세스로 결정한다. T-N 의 처리 효율이 50%이상 되도록 한다. 분뇨의 침전·분해를 위한 1 차 처리를 하며, 유지관리를 위해 지하로 들어가지 않도록 처리시설의 일부는 지상

설치하여 설치비용을 절감하며, 대신 외기 온도에 노출되지 않도록 한다.

3) 프로세스 결정

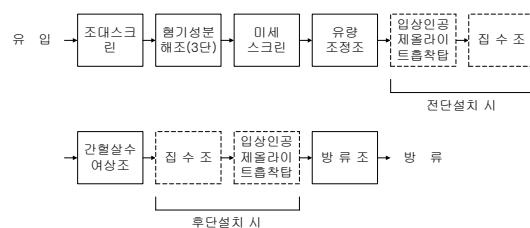
일반적인 전처리 후 주처리 시설로 간헐 살수여상법을 이용하였고, 입상인공제올라이트를 추가 설치하였다. 입상인공제올라이트는 인공제올라이트 질량대비 포틀랜드 시멘트 30%로 제조하였으며, 전체 유입수의 질량대비 10%의 양을 사용하였다.

① 전단설치

1 차 처리 후 유량조정조 후에 입상인공 제올라이트를 설치하고, 그 처리수를 간헐 살수여상조에 유입한다.

② 후단설치

주처리공정인 간헐살수여상조를 거친 후단 에 입상인공제올라이트 흡착탑을 설치 한다.

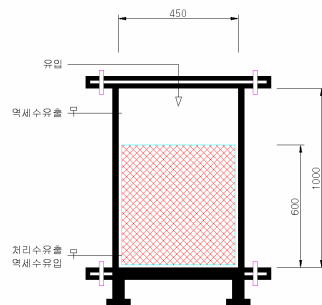


〈그림 4-4〉 요양소의 오수처리 프로세스

〈표 4-4〉 입상 인공 제올라이트 흡착시설의

설계인자

구 분		전단, 후단설치
반응조	흐름형태	하향류식
	직경	450 mm
	높이	1000 mm
	여재높이	600 mm
유입수량		3 m ³ /d/unit 내외
접촉시간		43min 내외
역세주기		10min/24hr



〈그림 4-5〉 Zeolite 흡착탑

4) 처리효율 및 평가

① 전단설치

입상인공제올라이트에서 BOD 63%, COD 48%, SS 66%, T-N 59%, T-P 38%의 처리효율을 나타내었다. 전단의 혐기성 상태인 유량조정조의 유출수인 암모니아의 형태의 질소 제거가 이루어졌으나, 간헐 살수여상조에서는 유기물의 부족으로 생물막을 형성하는데는 불리한 것으로 보여 진다.

〈표 4-5〉 입상인공제올라이트 전단추가설치 시

유입수와 처리수의 수질

구분	유입수		입상인공제올라이트 처리수		간헐살수 여상조 처리수		전체 효율 (%)
	범위	평균	범위	평균	범위	평균	
BOD	114-151	129.5	32-71	47.3	14-42	23.5	81.9
COD	132-164	145.1	60-85	75	60-32	45.5	68.6
SS	22-37	30.0	8-13	10.3	5-12	7.8	74.0
T-N	92-114	102.4	34-48	41.8	34-42	39.8	61.1
T-P	2.9-4.0	3.4	0.8-3.1	2.1	0.8-2.8	1.9	44.1

1) 분석기간 : 2000.9. ~ 2001.2. 2) 단위 : mg/L

② 후단설치

잔류 유기물 처리 및 SS 제거에는 효과 적이나 살수여상조에서 질산화되어 질산성 질소의 형태로 된 질소는 제거가 되지 않아 처리효율이 낮으나 계획방류수질의 범위 내로 처리된다. BOD, SS 가 안정적으로 처리되어 입상인공 제올라이트의 조성비율 을 포틀랜드시멘트 보다 제올라이트의 비율을 더 많게 하여 후단에 설치하는 것이 더 유리하다.

〈표 4-6〉 입상인공제올라이트 후단추가설치 시

유입수와 처리수의 수질

구분	유입수		간헐살수 여상조 처리수		입상인공 제올라이트 처리수		전체 효율 (%)
	범위	평균	범위	평균	범위	평균	
BOD	114-151	129.5	8-12	9.8	6-8	7.2	94.4
COD	132-164	145.1	28-50	35.5	5-14	8.3	94.3
SS	22-37	30.0	4-11	5.5	2-9	4.5	85.0
T-N	92-114	102.4	62-81	71	43-67	53.5	47.8
T-P	2.9-4.0	3.4	2.5-3.0	2.7	0.4-1.2	0.8	76.5

1) 분석기간 : 2000.9. ~ 2001.2. 2) 단위 : mg/L

4. 수생식물에 의한 질소·인 제거

1) 발생원 및 현장 특성

농촌 지역의 마을하수도 시설로 분류식 관로를 이용한다. 유입수 농도가 유사한 다른 마을 하수도에 비해 상대적으로 낮으나 토사가 일부 유입된다. 방류수역은 농수로이며, 법적인 방류수 수질기준은 BOD 20 mg/L, COD 40 mg/L, SS 20 mg/L, T-N 60 mg/L, T-P 8 mg/L 이나, 지자체에서 BOD 10 mg/L, COD 20 mg/L, SS 10 mg/L, T-N 20 mg/L, T-P 2 mg/L 로 특별대책지역 등 이상의 방류수 수질기준을 요구하였으며, 관광육성지역의 마을의 입구에 있어, 주변 경관과의 조화가 매우 중요하다.

2) 프로세스 결정 시 고려사항

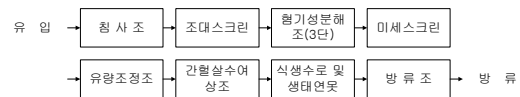
하수종말처리시설과 달리 관리인이 상주하지 않으므로 강우에 노출되지 않도록 하며, 일시적인 토사유입에 대처하여야 한다. 전체 프로세스에서 안정적이며 높은 처리효율이 나오도록 하여야 하므로 주처리는 유입농도 및 수량변동에 강한 생물막법으로 하며, 질소·인의 제거를 위한 프로세스가 설치되어야 하며, 주변경관과의 조화 또한 감안하여야 한다.

3) 프로세스 결정

스크린, 혐기성 분해조, 유량조정조는 4. 1 의 4)와 같으며, 토사

제거를 위한 침사지를 설치한다. 주처리 공정으로 간헐살수 여상식생물막법을 이용하되 표면적 부하율을 1.5 이하로 한다.

2 차 처리수는 식생수로를 거친 후 생태 연못으로 이동한다. 식생수로에는 불투수층 위에 표토를 깔고 돌미나리, 부들을 심는다. 생태연못에는 부레옥잠이 서식하도록 하여 앞에 의해 녹조류의 번식을 차단하고, 뿌리의 부착 미생물에 의해 잔류 유기물을 처리한다.



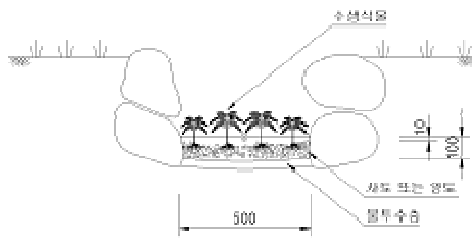
〈그림 4-6〉 관광육성단지 내 처리 프로세스

〈표 4-7〉 식생수로 및 생태연못 설계인자

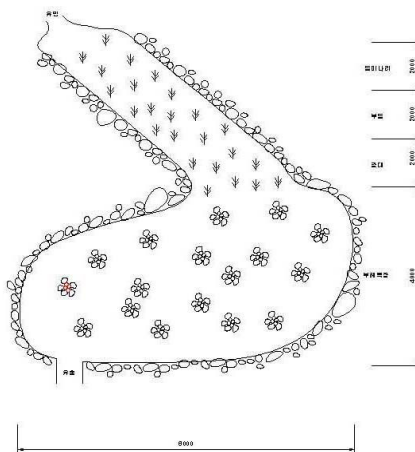
구분		설계 인자
식생수로	흐름방식	지하 흐름형
	높이	10cm
	폭	50cm
	길이	각 식종식물 당 2m
	식종 식물	돌미나리, 부들, 갈대
생태연못	흐름방식	지표 흐름형
	높이	50cm
	폭	6m
	길이	4m
	식종 식물	부레옥잠

4) 처리효율 및 평가

간헐 살수여상조 처리수만으로도 방류수 수질기준을 만족한다. 식생수로의 돌미나리는 12 월초까지도 건디는 내한성이 있으며, 부레옥잠은 10 월부터는 고사하기 시작한다.



〈돌미나리조 단면도〉



〈평면도〉

〈그림 4-7〉 식생수로 및 생태연못의 모식도

생태 연못 처리수는 T-N, T-P 의 농도가 낮아지나, SS 의 농도가 높아진다. 그러나 SS 의 대부분은 연못에서 부유하는 토사 입자로서 농수로로 방류하는데 있어 문제가 발생하지는 않는다. 식생수로의 중간이후 지점과 연못은 접근이 어려워 표 4-6 의 식생수로처리수는 돌미나리를 1.8m 거친 지점에서 채수하여 그 처리효율은 높지는 않으나 부들을 심은 식생수로와 부레옥잠을 심은 연못에서의 처리효율을 감안하면 실제로 수생식물을 이용한 처리효율이 더 높을 것이다. 그 중 식생수로의 암모니아성 질소제거율은

11%이며 질산성질소의 제거 효율은 6%정도 된다.

5. 발생원 특성에 따른 처리 프로세스 최적화

1. 소규모 생활오수 발생특성 및

프로세스 결정 시 고려사항

1) 유량특성

프로세스를 결정하기 전에 계획유량을 정하는 것이 중요하다. 소규모 생활오수는 10 m³/d 에서 1000 m³/d 정도로 다양하기 때문에 그 처리 프로세스를 동일하게 할 수 없으며, 적은 인구 변동에도 민감하기 때문이다.

〈표 4-8〉 식생수로 후단처리시설의 유입수와

처리수의 수질

구분	원수		간헐살수여상 처리수		식생수로 처리수 ³⁾		전체 효율 (%)
	범위	평균	범위	평균	범위	평균	
BOD	70.2-43.5	59.8	12.8-1.1	7.0	10-0.8	4.8	92.0
COD	68.7-35.2	54.3	14.4-5.5	10.2	14.2-5.5	10.2	81.2
SS	59.5-24.2	42.2	13.1-1.3	4.1	10.2-1.4	4.1	90.3
T-N	63.4-27.5	52.3	37.2-0.9	18.1	36.9-0.9	16.1	69.2
T-P	6.9-3.8	5.5	2.7-0.7	1.8	2.5-0.65	1.68	69.5

1) 분석기간 : 2000. 8. ~ 2001. 5. (식생수로 처리:2001. 4~5.) 2) 단위 : mg/L 3) 식생수로 처리수의 채수지점 : 돌미나리 수로 평균 6.5 분 체류한 지점에서 채수

① 발생특성

도시와 달리 농어촌, 상가 및 군부대시설은 그 구성원의 일일 활동패턴이 비슷하여 침투율이 더 높아진다. <표 5-1>을 보면 지역사회 전체의 침투율에 비해 소규모 마을이나 단독주택이 더 높을 수 있으며 소규모 상가가 가장 높은 것을 알 수 있다. 소규모 생활오수 발생량의 침투인자가 일일기준으로 2~5로, 대규모 생활하수의 연평균 대비 일최대사용량인이 1.6~2.2와 비교해 더 높다.

<표 5-1> 오폐수 발생량의 침투율

	지역 사회	소규모 지역	단독 주택	소규모 상가 지역
침투율	연평균 대비			
시간최대	2.25~3.2	3~6	4~6	6~10
일최대	1.6~2.2	2~5	2~6	4~8
주 최대	1.2~1.7	1.5~3	2.5~4	2~6
월 최대	1.1~1.4	1.2~2	2~3	1.5~4

소규모 생활오수처리시설을 설치하는 대부분의 지역은 상수도보다는 지하수를 이용한다. 상수도에 비해 비용이 적게 들어 지하수를 과다소비하여 오수발생량이 상대 적으로 많은 경우가 있는 반면 지하수 부족으로 오수발생량이 적은 경우도 있다. 그러므로 지역의 물이용 상황과 추후 상수도 보급계획 등도 조사하여야 한다.

② 유량산정방법

계획 구역은 그 지역의 도시계획에 따른다. 농어촌 지역은 인구변동이 크지 않으나, 문화마을이나 마을정비계획, 도로 정비 계획 등을 고려하여 20 년 후에도 계획구역 내의 발생 오수를 충분히 수용할 수 있도록 다음과 같이 계획한다.

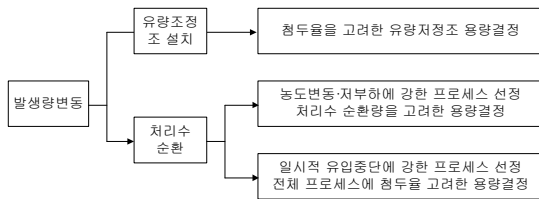
(ㄱ) 사업지역과 유사한 지역의 하수(오수) 처리시설 운영결과에 의하여 산정하거나, 실측에 의한 수량 및 수질

(ㄴ) 사업지역이 상수도가 보급된 경우 상수도 보급량을 근거로 하고 상수도가 미보급된 지역인 경우 인근 상수도 보급량 을 참조하여 산정한 수량 및 수질

(ㄷ) 기타 하수발생량 산출과 관련한 자료를 참조한 수량이나 오염원단위 산출자료를 참조한 수질

③ 프로세스 결정 시 고려사항

설계시 소규모 생활오수의 일일 변동량이 크다는 점을 감안하여 유량조정조 설치 여부를 검토하여야 한다. 유량조정조를 설치 할 경우는 침투율의 충분한 검토 후에 용량을 결정하여야 하며, 유량조정조를 설치 하지 않을 경우에 처리수를 순환하는 방법 을 고려한다.



〈그림 5-1〉 유량조정조 설치여부에 따른
설계고려인자

2) 유입수질

① 유입수질 특성

소규모 생활오수는 대부분 우수가 제외된 것으로, 오수의 농도는 일반적으로 합류식 관거를 통하는 하수종말처리장 유입수보다 높아서, 80 mg/L 에서 200 mg/L 정도이며 식품접객업소에서 발생하는 오수의 경우 400 mg/L 까지 되는 경우도 있다. 특히 차(茶)류를 주로 취급하는 업소의 경우 색도가 강하게 발생할 수 있다.

② 프로세스 결정 시 고려사항

유입농도의 범위에 따라 고농도, 혹은 저농도에서 효율이 좋은 프로세스를 결정 한다. 유입수질의 변동폭이 큰 경우, 농도를 조절할 수 있는 조정조를 두는 것이 좋다. 농어촌의 경우, 가옥배수시설 및 관로 공사가 계속 진행되기도 하므로 토사류의 유입 가능성을 판단하고 토사류가 주처리 공정에 들어가는 것을 방지할 수 있도록 침사지 등을 설치한다.

3) 우수배제방식

농어촌 지역의 경우 도시에 비해 건축물이 조밀하지 않아 우수/오수 비율이 높으며, 도시보다는 공기나 지표면의 오염이 심하지 않아 우수를 처리장에 유입시킬 필요는 없다.

따라서 마을하수도는 우수는 지하수 보충, 하천유지용수, 농업용수로 이용되도록 배제하지 않으며, 오수만을 배제한다. 그러나 저습지의 경우 침수 방지의 목적 으로 합류식 하수관거를 설치하기도 한다. 합류식 하수관거를 설치할 경우에는 침사 설비나 호우로 용량 초과시에 방류시킬 by-pass line 이 설치되어야 하며, 계획유량 결정시 우수량 역시 고려되어야 한다.

4) 방류수 수질기준

방류수 수질 기준은 현재의 기준뿐만 아니라 장래의 더 엄격한 수질기준을 적용할 수 있는 공법이 선정되어야 한다. 그러므로 현재 처리수질기준의 80%이내로 처리가 가능한 프로세스로 결정하여야 한다. 또한 추후 질소, 인의 규제를 받게 될 지역에 해당하는지 조사한 후 고도처리 여부를 결정해야 한다.

오수처리시설의 경우 질소나 인의 규제가 없으므로 잔류 유기물을 보다 더 처리할 수 있는 프로세스를 선정하여야 하고, 마을 하수도의 경우 추후 질소와

인의 규제가 더 엄격해 질 것을 고려한 프로세스를 결정 하여야 한다. 생물학적 처리인 주처리 공정에서 제어를 할 것인지, 일반적인 유기물 제거 공정에 잔류유기물이나 질소, 인의 제거를 위한 화학적이나 물리적인 후단 처리 공정을 적용할 지 결정하여야 한다.

〈표 5-2〉 소규모 생활오수처리시설의 방류수 수질기준

구분	지역	방류수수질기준				
		BOD	SS	COD	T-N	T-P
오수처리시설	수변구역	10 이하	10 이하	-	-	-
	특정지역, 기타지역	20 이하	20 이하	-	-	-
마을하수도	특별대책 지역 및 잠실수중보권역	10 이하	10 이하	40 이하	20 이하	2 이하
	기타지역	20 이하	20 이하	40 이하	60 이하	8 이하

5) 이용부지 및 증설 필요성

처리시설의 이용부지는 두 가지 경우로 나눌 수 있다. 첫째로는 오수처리시설 중 개별처리시설에 해당하는 경우로 건축물 혹은 부지 내에 설치하는 경우로 설치 가능한 부지가 부족하여 주로 지하에 설치된다.

둘째로는 오수공동처리시설 혹은 마을하수도에 해당하는 것으로 처리시설을 목적으로 한 별도의 부지가 마련되어 그 공간이 넓고 지상설치나 지하설치가 문제가 되지 않는다.

소규모 생활오수 처리시설은 추후 유량 증가에 따른 증설 가능성이 있거나 고도 처리가 필요한 경우에는 여유 있는 부지 확보나 증설을 감안한 조 내 공간확보 등이 이루어져야 한다.

장래 증축이 예상되는 경우에는 증설이 용이한 공법을 선정하며, 사용 가능한 부지가 적을 경우는 compact 한 시설을 설치한다. 개별 오수처리시설 등과 같이 주택과 가까이 설치되는 경우에는 악취가 없는 공법을 선정한다.

6) 방류수역

소규모 생활오수 처리시설의 처리수는 주로 농수로, 개천, 우수차집관, 토양으로 방류된다. 대도시의 하수종말처리장과 달리 방류 수역이 하류지역 주민의 생활공간과 가까이 위치하며 생활과 밀접한 관계를 가지게 된다. 따라서, 인근 지역의 민원이 발생할 수 있으며, 농수로로 유입될 경우 농업용수로 사용되는데 문제가 없어야 한다. 또 상수원 보호구역 혹은 그 상류일 경우 질소나 인을 제거하여 부영양화가 발생하지 않도록 하여야 한다.

7) 주변환경, 지형, 지역주민과의 조화

지형에 따라 지하설치가 어려울 수도 있으며, 또는 지역주민이 시설의

지상노출을 꺼릴 수가 있다. 또한 농어촌 지역이거나 관광육성 지역인 경우에는 주위경관을 해치지 않도록 한다.

지형적으로 범람 가능성에 대해 검토하여야 하며, 그 지역의 강수량과 기온, 바람의 정도를 감안하여야 한다.

마을하수도 시설은 주로 가장 낮은 곳에 설치되어 하천과 가까이 위치하는 경우가 대부분이며, 따라서 집중 호우시에 범람으로 인한 피해 가능성을 검토하여야 한다.

8) 공법의 유지관리특성

오수처리시설의 용량이 200 m³/d 이상인 경우에는 관리인이 상주하도록 되어있다. 그러나 대부분의 마을하수도나 오수처리 시설은 100 m³/d 이하로 관리인이 상주하지 않고 순회 관리한다. 전문 관리인이 상주하는 시설에는 운영관리가 전문지식을 요하더라도 경제적이고 효율적인 프로세스를 선정하는 것이 좋으나, 전문 관리인이 상주하지 않는 경우에는 유입수 농도나 체류시간, F/M 등의 영향에 덜 민감한 프로세스를 선정하는 것이 유리하다. 또한 기기 사용이 적거나 기기가 단순하여 쉽게 점검이 가능한 것이 좋다.

9) 설치 예정지역의 동절기 기온

우리 나라의 동절기는 기온이 크게 떨어져 토양트렌치나 습지, 수생식물에 의한 공법은 최대효율을 발휘하기가 어렵다. 따라서 이런 시설들을 주처리 공정이 아닌 후단처리 시설로 이용하고, 주처리에서 방류수 수질 기준에 근접한 농도까지 처리하며, 동절기에 대비하여 처리시설을 실내 또는 지하에 설치하는 것이 좋다.

2. 발생원 특성에 따른 프로세스

선정을 위한 matrix

소규모 생활오수 발생현장의 여건, 발생원 특성 및 법적기준과 현장검증한 프로세스의 특성을 토대로 matrix 를 구성하였다. 전처리시설로 침사설비와 유량조정조의 설치여부를 결정하기 위해서는 유입수의 수질 과 유량변동 폭, 그리고 우수배제 방식을 고려하여야 한다. 주처리 공정으로는 생물 막법 중에 접촉산화법과 살수여상법, 자연 정화법으로 토양트렌치를 검토하였으며, 질소·인 제거를 위한 A/O, A²/O 프로세스, 후단처리로는 잔류유기물을 제거하기 위한 AC 흡착과 질소·인의 동시제거를 위한 zeolite 흡착, 수생식물 및 식생연못에 의한 처리를 matrix 로 구성하였다.

〈표 5-3〉 발생원 특성에 따른 공법선정 matrix

구 분		전처리		주처리				후단처리		
		침사 설비	조정 조	접촉 산화 법	살수 여상 법	토양 트렌 치법	AO , A ² / O	AC 흡착	Zeo lite 흡착	수생 식물 등의 처리
유입 수량	변동폭이 클때		○	(유량조정조 설치하지 않을 경우)						
유입 수질	변동폭이 클때	×	○	×	○	△	×	○	○	○
	토사유입 빈번	○	×							
우수 배제 방식	분류식	△	○							
	합류식	○	○							
방류 수 수질 기준	BOD,SS 20ppm			○	○	○	×	×	×	×
	BOD,SS 10ppm			△	△	△	○	○	○	○
	T-N 20ppm			×	×	○	○	○	○	○
	T-P 2ppm									
이용 부지	부족			○	△	×	○	○	○	×
방류 수역	농수로			△	△	○	△	△	△	○
	상수원			△	△	○	○	○	○	○
타건물 인접성	인접			×	○	○	×	△	△	○
관리인	순회			×	○	○	×	○	○	○
	상주			○	△	△	○	△	△	△
동절기기온저하 슬러지처리곤란				△	△	×	△	○	○	×
				×	○	○	×	△	△	○

○ : 적용하기 좋음 △ : 보통 × : 적용하기나쁨

6. 결론

소규모 생활오수의 고도처리 프로세스를 선정하기 위해 법적 근거, 현황조사, 현장 조사 및 설계, 시공 후 처리수질을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도시 생활하수의 발생오수에 비해 소규모 생활오수의 유량 첨두율은 더 크며, 농어촌의 식품접객업소의 경우 발생량의 대부분이 주말(성수기)에 발생하는 특성을 보이며, 소규모 생활오수 처리시설의 용량은 1000 m³/d 이하이고, 그 80%이상이 100 m³/d 이하 규모이다.
2. 농어촌 지역이 주로 지하수를 이용하여, 지하수가 풍부한 곳은 오수가 과다방출되며, 지하수가 고갈된 지역은 오수처리시설의 정상가동이 어려운 실정이다.
3. 분류식 하수관거로 오수를 배제하므로 하수종말처리시설의 유입수보다 농도가 높으며, 상수원 상류지역은 개발제한으로 대부분 소규모 마을의 배출특성을 보이며, 오수처리시설 및 마을하수도 시설의 방류수 수질기준이 엄격하다.
4. 전문 기술관리인이 없거나, 순회 점검하며, 오수처리시설의 경우 운전비용(소모품, 전력비)이 건축주 부담 이므로 유지관리가 용이하고 비용이 저렴해야 하며 개별 오수 처리시설의 경우 부지가 협소하여 지상설치 가 불가능하다.
5. 분뇨 및 음식물찌꺼기의 처리를 위해 혐기성 분해 및 침전시설로 전처리하고, 유량조정조를 설치하며, 그 이상의 유량 변동에 대처할

방안을 마련한다. 주처리 공정으로는 생물학적 처리이면서 F/M 비, MLSS 등을 조정하지 않아도 되어, 유량 및 수질 변동에 대응할 수 있는 생물막법을 이용한 프로세스가 적당하다.

6. 오수처리시설의 고도처리 시에는 그 농도까지 처리가 가능한 생물학적 처리를 이용하되, 후단처리로서 활성탄, 제올라이트 흡착 방식으로 한다.
7. 영양염류 제거를 위한 마을하수도의 고도처리는 생물학적처리 후단에 자연 정화법(토양트렌치법, 수생식물을 이용한 처리, 인공습지, 생태연못을 이용한 처리 등)을 이용하는 것이 적당하다. 마을하수도 시설은 주변환경과의 조화가 필요하며, 대체로 부지확보가 충분하기 때문이다. 그러나 불투수층을 깔아 인근 주민의 상수원인 지하수의 오염을 방지하여야 한다.

소규모 생활오수의 고도처리를 최적화하기 위해서는 발생원의 침투율 등의 유량특성, 방류 구역의 특성에 따른 계획 방류수 수질기준, 주변환경과의 조화, 현장 내 유지관리방법, 설치공간 등을 고려하여, 주변경관을 해치지 않도록 설치가 가능하고, 적은 부지를 이용하여

유지관리가 용이 하면서 안정적인 처리수질을 얻을 수 있는 공법을 선정한다.

<참고문헌>

1. 연세대학교 환경공해연구소, 1989, "농촌 소규모 취락지역 오수처리시스템 개발사업", 환경부
2. 농업기반공사 정주권개발처, 1996, "농 어촌 오폐수처리시설 업무편람", 농업기 반공사
3. 稻森悠平, 水落元之, 徐開欽, 野田尙宏, 1999, "수환경 진전화를 위한 생활하수의 고도처리", 수질개선시스템개발에 관한 국제심포지움, 국립환경연구원, p174
4. Yuhei, I., 2000.8., "질소·인 제거형 단독합병화의 기술개발 및 보급", 자원환경 대책(일본), 첨단환경기술, p21-31
5. 권오상, 1998.11. "생물막처리 시스템의 발달과정", 첨단환경기술, p9-13
6. 오인환, 박정현, 이명규, 전병태, 김형화, 1994, "축산폐수의 흡착산화처리", 생물 생산시설환경 Vol 3 (No 2) p136-144
7. 삼성기술연구소, 1997, "Zeolite 를 이용한 질소·인 동시제거 공정개발", 환경부, pp30-32 p93-95

8. 김형중, 1997, "자연정화방법을 이용한 농촌지역의 소규모 오폐수처리 시스템", 건국대학교 농학박사학위논문, p100-103
9. 농업기반공사 농어촌연구원, 1998, "수처리조 배열시설의 운전에 의한 수질개선연구"(2 차년도), p100-105
10. Sorensen,B.H., Jorgensen,S.E., 1993, "The Removal of nitrogen compounds from wastewater", Elsevier, p153-234
11. Elmalsh,S. and Grasmick,A., 1985, "Mathematical models for biological aerobic fluidized bed reactors", In Developments in Environmental Modelling 7.Ed. Jorgenser and Gromiec, Elsevier Science Publications, The Netherland, p525
12. Arvin,W. and Harremoes,P., 1990, "Concepts and models for biofilm reactor performance", Wat. Sci. Tech22, p171-192
13. Parker,D., Lutz,Dahl and Berkopf, 1989, "Enhancing reaction rates in nitrifying trickling filters through biofilm control", J.Wat. Poll. Contr. Fed.61. p618-626
14. Metcalf & Eddy Inc, 1991, "Wastewater Engineering ; Treatment, Disposal and Reuse", McGraw-Hill, 3th edition, Singapore, p621, 1020
15. Ames,L.I., 1967, "Zeolite Removal of Ammonium-Ions From Agricultural Waste Waters", Proccedings of the 13th Pacific Northwest Ind. Waste Conf, Washington State Univ, Pullman Wash, p135
16. Koon,J.H. and Kaufman, W.J., 1975, Wastewaters", J.WPCF, Vol.47 No.82, p64-68
17. Northwest, B., 1969, "Ammonia Removal From Agricultural Runoff and Secondary Effluent by Selective Ion Exchange", Robert A, Taft Water Research Center Report No, TWRC-5, March