

## 자연친화형 농어촌 하수처리장 모델개발

정 동 양<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 한국교원대학교 기술교육학과

## Development of an Environmentally Friendly Sewage Disposal Model for Agricultural and Fishing Village Areas

Chung, Dong-Yang<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dept. of Technology Education, Korea National University of Education

### ABSTRACT

In 1991, the ministry of Gov't. Administration and Home Affairs set up a minimum of one sewage disposal plant in each province. By 1995, 264 models of the capillary infiltration method were set up in 331(78%) villages and the contact oxidation method was set up in 52 places.

Since the Gov't. sent a letter to each responsible officer across the country stating their disapproval of the capillary infiltration method, the environmentally friendly sewage disposal system has not been diffused. The current model(mechanical sewage disposal) being used, in agricultural and fishing villages, costs too much for maintenance and operation(₩50,000 per capita per year).

In particular, because of the difference in sewage characteristics of agricultural and fishing villages from urban sewage, the efficiency of the disposal system is very low. Also, because of the growing need for more disposal plants, the Gov't. is looking for cheaper alternatives.

This study has analyzed 2 kinds of sewage disposal. The first is used widely in agricultural and fishing villages in Germany. The second is used widely in similar areas of Korea. It has intended to analyze the characteristics, merits and defects of the sewage disposal water plants and pebbles model which is used widely in Germany and developed compatibly for Korea.

Key words : *water plants, pebbles, sewage disposal, filter, velocity, porosity over pebbles*

### I. 서 론

우리 나라의 농어촌에 하수처리장이 보급되기 시작한지 9년이 경과하였다. 그러나 아직까지 어떤 하수처리공법이 우리 나라 실정에 적합한지 결론을 도출하지 못하고 여러 가지 공법을 시도하고 있는 단계이다. 1995년까지 전국

의 약 264개 마을에 공급된 모관침윤트랜치공법은 모관의 폐쇄로 인하여 그 처리기능이 마비된 곳이 많이 발생하여 이 공법의 확산은 일단 중지되었고 현재는 전국의 농어촌에 기계식 하수처리 공법이 보급되고 있다. 농어촌에 보급되는 하수처리장은 소규모이다. 50m<sup>3</sup>/일 이하의 하수를 발생하는 마을이 전국 농어촌의 89%이

다. 또한 농어촌의 경우 아침과 저녁을 제외하고는 매우 소량의 하수가 발생하고 있다. 따라서 일정한 하수량의 유입을 전제로 하는 기계식 정화 시설인 표준활성 슬러지법, 장기폭기법, 집축폭기법, 고효율 처리법 외 10여 가지 유사한 공법 등의 경우는 하수의 처리효과가 떨어지거나 처리비용이 높은 것이 단점이다. 무엇보다도 농어촌에 현재 보급되고 있는 이러한 처리장의 경우는 많은 전기사용료가 부가되므로 농어촌 주민들이 하수처리장의 설치를 기피하는 경우가 있으며, 기계시설의 경우에 고장이 발생하면 악취가 발생하기도 하며 보수가 용이하지 않으므로 하수가 그냥 하천으로 방류되기도 한다. 이와 같은 농촌여건을 감안하여 반연구적으로 처리장을 사용하여도 하수가 안정적이고 경제적으로 처리될 수 있는 자연 친화형 하수처리공법을 개발하여 농어촌에 보급하는 것이 본 연구의 주된 목적이다.

## II. 농어촌 하수처리장 종류의 비교 분석

### 1. 유럽 농촌의 하수자연정화공법

어느 나라를 막론하고 대도시의 하수를 가장 우선적으로 처리하려는 다양한 공법이 개발되었다. 그러나 농촌의 경우는 하수발생특성 때문에 대형 하수처리장에 활용하는 공법을 도입하기에는 너무나 비경제적이다. 소규모의 하수발생과 편중된 하수유출, 인공정화공법 적용시 높은 시설유지 관리비 발생, 전문관리인력부족, 처리장 부지선정 용이, 농경지에 살포가능, 간단한 자연정화공법으로 하수를 처리할 수 있는 것 등이 농촌의 하수발생특성이다 이러한 특성에 적합한 하수처리공법은 다음 표 1과 같다 (Imhoff, 1993).

농어촌에서 사용한 하수처리공법은 논·밭초지 등에 방류하거나 살수하여, 자연정화 시킴과 동시에 작물재배에 이용한 점은 우리나라와 비슷함을 알 수 있다. 산화 연못 공법은 세 개의 소형연못을 배치하고 하수를 순차적으로 유입시켜 침전, 산화 그리고 후처리하는 단순한 것이 있다. 이 공법의 단점은 하수의 노출

표 1. 자연정화 공법과 1인 하수 발생량에 대한 소요면적 EW=60g BOD<sub>5</sub>/일

자연정화공법	소요면적/EW
논·밭·초지에 방류 공법	330m <sup>2</sup> /EW
하수살포공법	100m <sup>2</sup> /EW
하수분무공법(배수시설 갖춤)	50m <sup>2</sup> /EW
하수방류지(배수시설 갖춤)	10m <sup>2</sup> /EW
경사진 초지에 방류	10m <sup>2</sup> /EW
도양여과(배수시설 갖춤)	5m <sup>2</sup> /EW
산화 연못 공법	15m <sup>2</sup> /EW
폭기시설을 갖춘 산화연못	2m <sup>2</sup> /EW
수초 하수처리장	>5m <sup>2</sup> /EW

이다. 미관상 좋지 않다. 기계의 도움이 필요 없으며, 만약 처리효율을 높이려면 폭기를 할 수도 있다.

표 2는 통일 후 구 동독 농촌에 유럽연합의 지원금으로 투자된 여러 가지 하수처리장을 중심으로 분석한 자료이다. 분석된 하수처리 공법 중, 수초하수처리공법이 농어촌 하수처리에 가장 적합한 것으로서 나타나 있다. 수초 하수처리장의 경우는 두 가지 기본형이 있다. 하수가 수평으로 흐르면서 자연산화 및 집축흡착되는 것과 수직 배수되면서 정화되는 것이 있는데 정화효과는 수직으로 배수되는 것이 높은 것으로 나타나고 있다. 농촌의 하수발생량이 불규칙하므로, 이에 대한 완충력이 크며, 전기가 필요 없고, 관리가 간편하며, 처리효율이 높기 때문에 독일의 외딴 농촌에서 두 가지 유형 모두 선호하는 하수처리공법이다. 특히 이러한 공법은 환경에 적용이 잘 되고 생태복원에도 기여한다.

### 2. 우리 나라 하수자연정화 공법

#### 2.1 삼국시대의 하수처리 기술

삼국을 통일한 신라 제30대 문무왕이 674년에 신라왕궁(현재 안압지) 안에 조성한 인공 연못인 월지(月池)의 면적은 15,658m<sup>2</sup>이며 깊이는, 만수위 때 수심이 약 1.6m 정도이다(고경희, 1996). 연못의 유입구에서 유출구까지의 과정(그림 1)을 살펴보면, 1325년전 신라의 장인들이 월지 수질 보호를 위하여 노력한 정교한 정화 기술에 감탄하게 된다.

표 2. 인구 1,000명 미만의 농·어촌 생활 하수 처리시설 성능 비교(하수발생 150ℓ/(인·일), 1994년 현재 독일)

처리시설	수초-골재하수처리장		연못하수처리장		물리·생물학적 하수처리장			
	수직방식	수평방식	비폭기	폭기	고전식 활성오니	살수여상	RBC	compact
기준 설계	현재 기술수준, 독일 ATV - 협회기준 (독일 하수도협회)		일반적으로 공인된 기법, 독일 ATV H262 하수협회 기준					
기계와 전기시설	일반적으로 필요 없음		필요 없음	매우 적음	많음	많음	많음	매우 많음
시설 복잡성	매우 간단		매우 간단		보통	보통	보통 - 높음	높음
용량변화 시설적응	매우 큼				제한적임			
처리능률	좋음 - 매우 좋음	좋음	보통 좋음	좋음	좋음 - 매우 좋음	보통 - 좋음	좋음	좋음
시운전 기간	없음	경우에 3년까지	없음		2 - 4주			
시설점검	적다		매우 적다		매일			
시설비용	매우 적다			적음, 전기세 높음	높음			
건설비(만원/인)	40 - 60		< 40	40 - 60	> 60		50 ≤ 60	
소요면적(m <sup>2</sup> /인)	2 - 4	5 - 10	10 - 15	2 - 4	1 - 2		<1	<1
환경적응	좋다		좋음, 경우에 냄새발생	좋음, 경우에 소음	주변환경에 부합되도록 특별한 배려를 요함, 냄새발생이 있을 수 있다.			
건설기간	약 3개월				1 - 3주(관 매설 작업 제외)			
시설수명	약 30년 - 자연형 시설물				10 - 20년, 철제시설 분포			
실 현	대부분 자체 토목건설능력				대부분 외주			

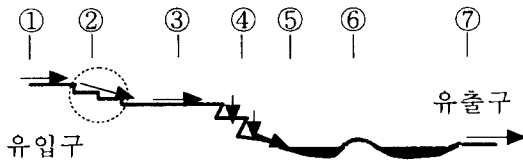


그림 1. 월지의 용수 흐름도 ① 유입구, ② 침사지, ③ 부사 침전지, ④ 1차 낙차포기, ⑤ 2차 낙차포기, ⑥ 유체 흐름제어 섬, ⑦ 유출구

월지의 용수 흐름도는 크게 7단계로 구분할 수 있다. 북천의 하천수가 유입구 ①을 통과할 때에 고휘 부유물을 제거할 수 있는 철봉을 세웠으며, 물과 함께 유입된 모래를 제거할 수 있는 침사지 ②를 2중으로 배열하고 있다(그림 2).

미세한 부유물질은 하천곡류지점에 사수구역의 침전원리를 이용한 침전지 ③에서 제거하도록 설계되었으며, 1.2m의 자연낙차 ④를 이용

그림 2. 1325년 전의 월지에 사용한 침사지 (정동양, 1998)

하여 유입수의 용존산소량을 높였다. 연속적으로 높이 2m의 2차 낙차 ⑤를 다시 이용하여 자연적으로 연못에 유입되는 물의 용존산소를 포화시키고 있다. 이어서 섬 ⑥을 이용하여 연못에 유입된 유량을 좌우로 갈라 흐르게 함으로

서 연못의 물 전체가 움직이게 하였다. 유입된 물은 전체 연못을 돌아 유출구 ⑦을 통하여 밖으로 흘러나갔다. 유출구에는 월류와 배수를 할 수 있는 정교한 시공이 이루어짐으로써 연못의 수위관리가 자동으로 이루어졌다.

월지의 구조는 근세의 하수처리장 구조보다 정밀하고 세련되어 1325년 전의 신라인이 뛰어난 수질정화, 보존기술을 소유하고 있음을 알 수 있다. 그림 2와 3은 각각 월지의 침사지 ②와 독일의 일반 정원에서 빗물 속의 먼지를 제거하기 위한 침전시설이다. 월지의 침사지는 유량이 많을 때나 적을 때를 고려하여 이중으로 제작된 것이 특징이며 또한 연속 배열하였다. 월지의 침사지가 1000여년 전의 것이기 때문에 최근의 독일 것보다(그림 3) 몇 배의 앞선 기술이며 그 진가가 배여 있다.

그림 3. 정원용도의 최신형 낙숫물 침전지(독일)

월지의 주변에는 26개의 건물 터만 남아있다. 이들 건물터마에서 떨어지는 빗물속의 먼지를 제거하기 위하여 빗물이 떨어지는 곳에 배수로를 설치하고 일정한 곳에 침전지를 설치하였다(그림 4). 놀랍게도 신라의 기술자들은 유체의 연속방정식( $Q=A \cdot V$ )의 원리를 이해하고 있었다. 유속을 낮추어 침전을 시키기 위하여 배수로에 깊고 넓은 통수면적을 배치함으로써 물리적인 정수기술을 보유하고있음은 세계적으로도 높이 평가받을 수 있을 것이다.

2.2 한국형 하수 자연처리 공법(미나리짱)

미나리짱은 본 논문에서 중점적으로 다룰 습지하수처리기술과 비교할 수 있는 공법이다. 언

그림 4. 낙숫물에 함유된 부유물질을 침전시키는 침전지(1325년 전 신라의 안압지)

제부터 이러한 기술을 터득하였는지를 추정하기는 어렵다. 다만 하수를 눈에 유입시켜 자연산화할 때 그 속의 인과 질소의 일부를 미나리습지에 통과시켜 제거하는 기술이다. 유럽에서 과거에 사용한(표 1) “논·밭·초지에 방류 공법”이나, 거름이 없었던 과거에 우리 나라에서 대소변을 썩혀 논밭의 작물재배에 사용한 것은 하수의 활용면에서 볼 때에 같은 내용이라고 볼 수 있다. 그러므로 동서를 막론하고 초기의 하수처리기술은 비슷하였고 할 수 있다.

2.3 농어촌에 보급된 하수처리장의 비교분석

현재 행자부에서 보급된 마을 하수처리장의 유형별 수를 분석하여 보면 1991에서 1995년도 까지 행자부에서 보급한 하수처리장은 모두 331소이다. 이들 하수처리장의 종류를 분석한 결과는 표 3과 같다(행자부, 1996).

표 3. 1991-1995기간 중 보급된 마을하수 처리장의 종류

모관침윤트렌치	접촉산화	장기폭기	기타
264(78%)	52(16%)	8(3%)	8(3%)

이 중 78%에 해당하는 것이 모관침윤트렌치 공법이다. 뚜렷한 공법편중을 의미하며, 이 공법은 초기의 처리율이 매우 높다. 그러나 사용도중에 모관의 폐쇄가 일어나게 되므로 하수처리가 제대로 되지 않는 것이 가장 큰 문제이었다. 행자부에서 이 시설의 보급을 지양하라는

표 4. 우리 나라 농어촌에 보급된 하수처리장의 비교분석

구 분	고효율합병 정화조	현수미생물 접촉폭기법	모관침윤트렌치 공법	표준활성 슬러지법	수초·골재 하수처리장	
· 처리 방법	헛기성, 접촉폭기식처리	생물막 처리	생물막법 토양정화법	부유 생물막법	토양정화법	
· 처리 효율	95% (BOD 10PPM)	90% (BOD 20PPM)	95% (BOD 20PPM)	65% (BOD 20PPM)	95% (BOD 5PPM)	
· 질소, 인(기폭)	우수	곤란	보통	곤란	우수(무)	
· 슬러지 발생량	적다	적다	적다	보통	없음	
· 적용규모	3~10m <sup>3</sup> /일	15~200m <sup>3</sup> /일	100~250m <sup>3</sup> /일	200m <sup>3</sup> /일	1~250m <sup>3</sup> /일	
· 전문관리인	순회점검	순회점검	순회점검	상주	순회점검	
· 시설비용 (30m <sup>3</sup> /d)기준	70,000천원	65,000천원	70,000천원	75,000천원	60,000천원	
· 공사기간	30일 이내	30일 이내	60일 이상	60일 이상	30일 이내	
장 단 점	장 점	· 소규모 시설부 · 시공이 용이 · 유지관리비용이 · 유지관리비 저렴 · 처리수 우수 · 질소, 인 제거 가능	· 소규모 부지 · 시공 용이 · 유지관리비용이 · 일본농촌 오 수처리에 적 용실적 많음	· 유지관리 용이 · 유지관리비 저렴 · 동절기 보온 및 탈취효과 기대	· 중대규모처리 장에 실적이 많음 · 기술자 운전경 험이 많음 · 구조가 비교적 단순함	· 충격부화에 잘 적응 · 관리비경미 · 시공용이 · 냄새가 없음 · 생태복원 · 환경적응 · 인제거 우수 · 탈질소 우수 · 무동력
	단 점	· 독성화합물질 에 대한 영향 이 크다. · 전원의 안정적 공급	· 접촉여재막힘 방지시설이 필요 · 전원의 안정 적 공급	· 비교적 넓은 시설 면적 · 지하매설 보수 곤란	· 전문인 관리 필요 · 비교적 넓은 시설면적 · 높은 관리비	· 비교적 넓은 시설면적 소 요

공문이 관계기관이 전달된 뒤에는 농어촌에 기  
계시설이 중점적으로 공급되고 있다.

표 5는 우리 나라에서 사용하고 있는 농촌하  
수처리장의 종류별 분석결과이며, 모관침윤트렌  
치공법의 보급이 중단 뒤에 자연정화공법이 없  
음을 알 수 있다. 표 4의 오른쪽 칸에는 수초·  
골재 하수처리장을 기 농촌에 보급된 하수처리  
장들과 비교하였다. 이 것은 처리장의 유지 관  
리비가 다른 공법에 비하여 거의 들지 않으며,  
수명이 다른 공법보다 2배 이상 긴 것을 감안  
한다면, 연구대상인 수초·골재 하수처리장을  
2-3년간만 사용한다하더라도 초기에 부지면적  
에 소요되는 비용이 상쇄될 것이다.

독일에서 많이 사용하고있는 농촌 하수처리  
장(표 2)과 우리 나라에서 사용하고 있는 하수

처리장(표 4)과의 비교에서 뚜렷한 차이는 자연  
정화공법 사용유무이다. 우리 나라에서는 기후  
가 유럽보다 좋고, 채식을 주로 하는 식사문화  
때문에 생활하수의 구성성분이 유럽보다 훨씬  
자연정화에 적합하다고 생각된다.

때문에 매우 유리한 조건인데도 자연정화공  
법을 이용하지 않고 있으므로 이 분야에 집중  
적인 연구가 더욱 절실하다. 더욱이 지자체에서  
는 늘어나는 농어촌 하수처리장 수와 함께 유  
지관리 예산확보의 애로와 전문기술관리적 인  
력부족으로 인하여 현재 건설되어 있는 하수처  
리장 운영에 난항을 겪고 있으므로 저렴하고  
안전적으로 하수가 처리되는 자연정화공법 개  
발이 시급한 일이다.

### III. 연구의 방법 및 범위

#### 1. 수초·골재 하수처리장의 구조

먼저 중앙유럽(독일)의 농어촌 하수처리장보급현황과 우리나라의 농어촌에 보급된 하수처리공법의 장단점을 비교 분석하였다. 연구범위는 우리나라의 농어촌 하수발생 특성을 고려하고, 경제적인 여건과 당국의 관리측면에서의 용이한 시설인 수초·골재 하수처리장을 모델로 선정하여 연구하며 그 결과를 분석하여 우리나라 농어촌 실정에 적합한 하수처리장의 개발과 보급가능성을 검토하였다. 그리고 여름과 겨울의 기후 차이가 심한 우리나라의 중부지역인 충청북도 청원군에 위치한 한국교원대에 연구시설을 확보하고 사례연구로서의 장기간 실험을 하기로 하였다.

우리 나라에서 통용되고 있는, 수초를 이용한 하수처리라는 것은 부레옥잠을 수면에 띄워수질 개선을 하는 것을 의미하는 경향이 있다. 이것은 본 연구에서 기술하는 수초하수처리장과는 근본적으로 다르다. 특히 독일에서 통용되는 수초하수처리장(Pflanzenkläranlage)은 골재층에 수초를 심어서 하수를 골재층으로 흐르게 하여 처리하는 것이다(Kickuth, 1970). 부레옥잠이나 미나리를 이용하여 하수를 처리하는 것은 많은 생활하수(대소변 포함)를 처리하는 데는 의미가 없다. 부레옥잠의 이용은 경미한 수질오염과 얕은 수심과 상온을 전제하고 찬 온도에서는 자라지 못한다. 미나리도 대소변 섞인 생활하수를 대규모로 처리할 수 없다. 따라서 이와 같은 공법은 연구대상이 아니며, 본 연구에서는 이러한 것들과 명확한 구분을 짓기 위하여 공법명을 수초·골재 하수처리장으로 명하였다. 그 이유는 이 공법에서는 골재표면에 서식하는 미생물이 하수를 정화하는 본체이며, 수초는 반드시 다년생이어야 하며 겨울에도 뿌리가 죽지 않는 우리나라의 자생 수초를 말한다. 우리나라에서 1991년도부터 농어촌에 보급하다가 중단하고 있는 모관침윤트랜치의 문제가 모관 폐쇄라고 판명되었다. 그리고 부지면적이 다른 공법에 비하여 많이 소요된다는 단점이

있다. 본 연구에서 이 두 가지 문제를 해결하기 위하여 장기적으로 실험연구에 사용할 수초·골재 하수처리장의 기본 구조는 그림 5와 같다. 갈대조 왼쪽에서 하수가 유입되면 일단 수직으로 배수되어 습지로 유입된다. 습지에서는 하수가 수평으로 이동하며, 이 과정에서 하수가 골재표면에 서식하는 미생물에 의하여 처리된다.

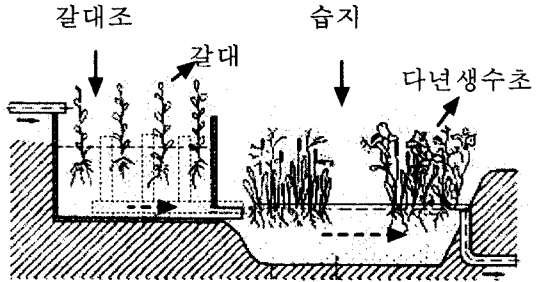


그림 5. 수초·골재 하수처리장의 흐름도

#### 2. 갈대조와 습지에 조립된 골재

갈대조와 습지에서의 하수체류시간은 전적으로 골재입자분포에 따라 좌우되며 처리장에 사용할 수 있는 골재는 진흙에서부터 굵은 자갈까지 다양하다(그림 6).

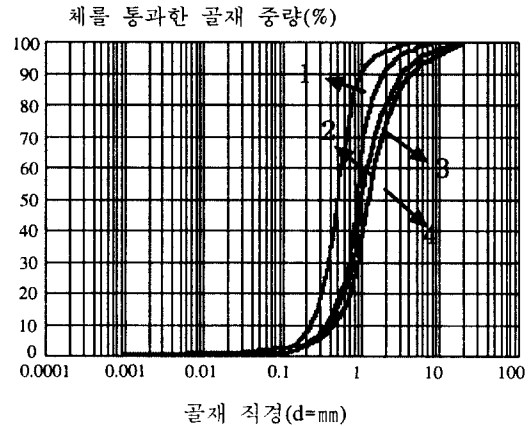


그림 6. 수초골재 하수처리장에 조립된 골재

수초 하수처리장은 하수가 수평으로 골재층을 흐르면서 정화되는 것과 골재층을 수직으로 여과되면서 정화되는 두 가지가 있다. 두 가지 공법에서 중요한 것은 골재이다. 그림 6의 1번

골재는 라인강의 모래이며, 2번은 섬진강 하류의 모래, 3번은 남강의 지류인 경호강의 목곡 모래이다.

본 연구모델에 사용한 4번 모래는 금강의 지류인 백천천의 것이다. 흔히 사용하는 모래입자의 크기는 0.2 - 0.5mm 이다.  $d_{60}$ 에 해당하는 입자의 크기와 양이 하수의 투수와 밀접한 관계를 갖는다. 굵은 입자를 사용하면 처리효율이 떨어지고 세입자의 모래를 사용하면 처리효율은 좋으나 골재의 공극 폐쇄 현상이 쉽게 일어난다. 일반적인 모래의 체가름 곡선에서  $d_{60}/d_{10}$  값은 5 - 10 정도이다. 이 값이 5 미만의 골재가 하수 처리에 적합하다고 한다(행자부, 1996). 그림 6의 4가지  $d_{60}/d_{10}$  값은 다음 표 5과 같이 산출할 수 있다.

표 5. 골재 투수계수  $d_{60}/d_{10}$

모래채취지점	곡선	$d_{60}$	$d_{10}$	$d_{60}/d_{10}$
라인강	1	0.55	0.26	2.1
경호강(남강)	2	0.95	0.35	2.7
섬진강	3	1.2	0.35	3.4
백천천(금강)	4	1.4	0.45	3.1

본 연구에서 사용한 백천천 골재의  $d_{60}/d_{10}$  값은 3.1로서 수초·골재 하수처리장에 적합한 골재이다. 이러한 골재의 공극은 25 - 40%에 달한다. 공극의 크기에 따라 처리장에서 하수의 체류시간이 정해지며 또한 하수처리효율과 밀접한 관계를 갖는다. 골재층의 두께는 독일에서는 흔히 30 - 60cm를 경험적으로 선택한다. 지역에 따라 사용하는 골재의 특성이 처리장설계의 가장 큰 변수이다.

#### IV. 연구결과 및 고찰

##### 1. 공극 폐쇄와 수초의 기능

모관침윤트랜치공법이 골재의 공극폐쇄로 실패하였기 때문에 본 연구에서는 이 문제를 타겟하고 또한 단위 면적당 처리효율을 높이기 위하여 갈대조와 습지를 구분하였으며, 갈대조는 수직배수를 하고 습지에서는 수평배수를 하게 하였다. 그리고 단위 면적당 처리효율을 높

이기 위하여 골재의 조립깊이를 1.0 - 1.5m로 설계하였다. 따라서 갈대조에 특수 통풍장치를 설치하여 골재층에 충분한 산소공급이 가능하게 하였다(출원번호 : 97-30927호).

갈대조 표면에 하수가 유입되면 일반적으로 수직 여과된다. 지속적인 하수유입으로 인하여 표면층의 공극이 폐쇄되므로 투수속도가 사용하는 날이 거듭될수록 낮아진다. 그리고 표면층에 미생물 막이 생겨서 투수율이 더욱 낮아진다. 그러나 골재표면에는 갈대줄기가 표면을 뚫고 있기 때문에 지속적으로 하수가 골재층으로 침투하게 된다. 기온의 변화와 하수 유입량에 따라 침투속도 또한 다르게 나타난다.

갈대조에 하수가 지속적으로 유입되기 시작하면서 표면층의 폐쇄현상은 두드러지게 나타나기에 그 현상을 측정하여 그림 7에 도시화하였다. 첫날은 골재 표면층에서 하수가 바로 여과되지만 하루가 지나면 투수속도는 분당 0.5cm 정도 된다. 처리하는 날짜가 경과함에 따라 점차적으로 하수의 투수속도가 떨어짐을 알 수 있다. 갈대가 없이 지속적으로 하수를 유입시킬 경우에는 표면층에 생물막이 형성되고 하수의 부유물질이 갈대조 표면에 쌓여 하수의 투수속도는 매우 느리게 될 것이다.

따라서 수초가 표면층의 하수를 투수시키는 중요한 역할을 하고 있음과 동시에 미생물이 하수를 분해하는데 필요한 산소 공급에 중요한 작용을 하고 있음을 알 수 있다. 그러므로 갈대

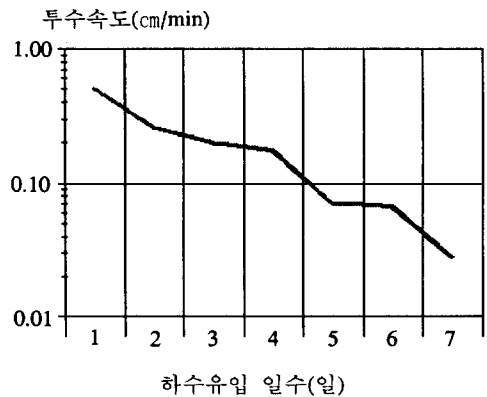


그림 7. 갈대조에 유입하는 하수의 투수속도

는 낙엽이 진 겨울에도 제거하지 말고 그대로 두어야 한다. 갈대조의 표면폐쇄 현상은 비선형적으로 일어나고 있음을 그림 7에 도시화하였다.

**2. 갈대조와 습지의 역할분담**

본 연구에서 사용한 처리장의 구조(그림 5)는 갈대조와 습지가 분리되어있다. 하수가 갈대조에 유입되면 맨 먼저 부유물질이 제거되고 동시에 산화되기 시작한다. 하수가 갈대조에 유입할때 용존산소량이 약 0.5ppm 이었던 것이 갈대조를 통과하게 되면 4~5ppm으로 증가하고 있다(표 6).

표 6. 하수의 산화 및 질산화

	유입수	갈대조	방류수	실험일자
DO	0.46	4.59	0.43	98.10.19-24
BOD	146.57	19.37	3.78	98.11.13-19
COD	177.6	52.6	19.7	"
TP	7.14	2.05	1.50	"
SS	71.6	20.0	0.98	98.09.19-24
TN	81.9	73.8	48.8	98.11.13-21
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	63.1	21.4	15.5	"
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0.08	1.89	0.06	"
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	0.56	30.4	21.6	"

이것은 하수가 갈대조의 골재층을 통과하면 정치는 2002년부터 강화될 팔당수계하수처리장의 기준을 충족하고 있다(환경부, 1998).

**3. 화학적 산소요구량(COD)**

화학적 산소요구량은 우리 나라의 생활하수 방류기준에 없는 항목이다. 유럽 선진국에서는 COD<sub>cr</sub>의 기준을 엄격하게 다룬다. 하천수질을 II - 급수로 유지할 경우는 독일에서는 COD를 20mg/l 미만으로 규제하고 있다(Imhoff, 1993).

본 연구의 가 실험에서 보여준 처리수준은 98년 11월 중순의 평균치가 19.7mg/l 이다. 따라서 차후에 우리 나라에 방류수질 강화가 될 때에도 문제없을 것이다.

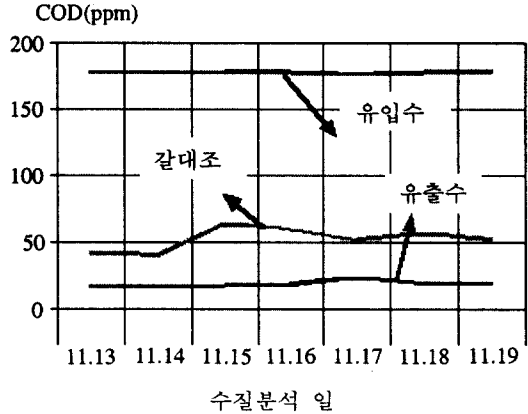


그림 8. 공정에 따른 COD-처리

**4. 총질소 T-N(Org.-N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, T-N) 처리효과**

소규모 수초하수처리장의 경우에는 식물이 성장하면서 질소를 취할 수 있다. 그러나 큰 하수처리장의 경우는 식물이 취하는 질소량을 하수처리개념에서 고려하여서는 안될 것이다. 현재 생활하수의 총질소 방류기준은 60ppm이다. 아래의 그림 9는 공정에 따른 질소의 처리 상태를 나타낸 것이다.

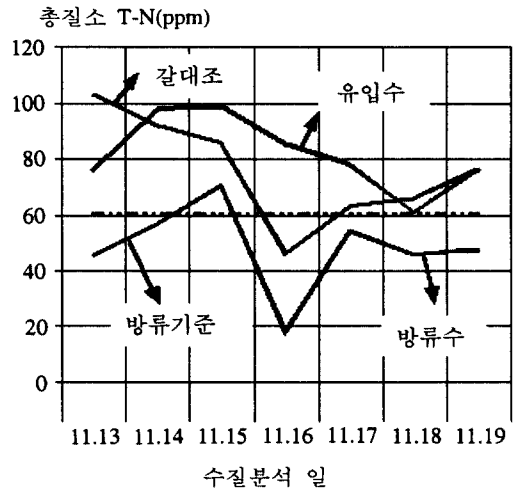


그림 9. 공정에 따른 TN-처리

현재 방류수의 경우는 수질 기준을 충족하고 있다. 더욱 낮은 수치를 목표로 할 경우는 하수의 체류시간을 연장하는 방법과 습지의 하수처



리 조건을 보완하면 좋은 결과를 거둘 수 있을 것이다. 일반적으로 하수가 독일의 경우 2-3주씩 습지에 체류하게 되므로 넓은 습지가 요구된다. 그러나 본 연구에서는 습지의 면적을 줄이는 것이 목표이기 때문에 하수를 4-5일 정도 체류할 것을 고려하고 있으며, 앞에서 제시한 측정값은 하수가 4-5일 체류 결과이기 때문에 앞으로 지속적인 연구를 할 경우에 좋은 결과를 기대할 수 있을 것이다.

5. 총 인(T-P)

호소나 하천의 부영양화를 초래하는 영양소인 인(P)을 제거하는 것은 매우 중요하며, 기존 소형 하수처리공법의 경우 해결하기 매우 어려운 문제이다. 본 연구에서 실험한 모델은 그림 10에 도시된 바와 같이 유입수의 총인(TP)이 7ppm 이상이다.

방류수의 수질은 평균 1.5ppm로서 매우 좋은 처리효과를 나타내고 있다. 따라서 인의 처리를 위하여 하수가 1주일 이상 하수처리장에 체류할 필요가 없음을 알 수 있다.

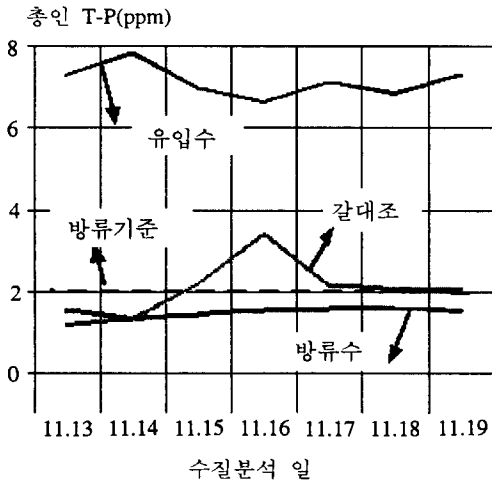


그림 10. 공정에 따른 TP-처리

6. 부유물질 SS

하수가 갈대조에 유입하면서 표면에서 여과된다(그림 11). 이러한 것을 표면층의 폐쇄현상이라고 하였다.

처리장의 사용이 길어질수록 하수의 부유물질이 표면층에 높이 쌓이게 된다. 측정에 의하면 부유물질의 약 70-80%가 갈대조에서 제거된다. 나머지 잔여 부유물질은 습지에서 제거되고 그리고 1mg/l 미만의 부유물질이 방류수에 포함되어 흘러나온다. 이 양은 2002년도 방류기준의 1/10에 해당하는 미미한 양이다.

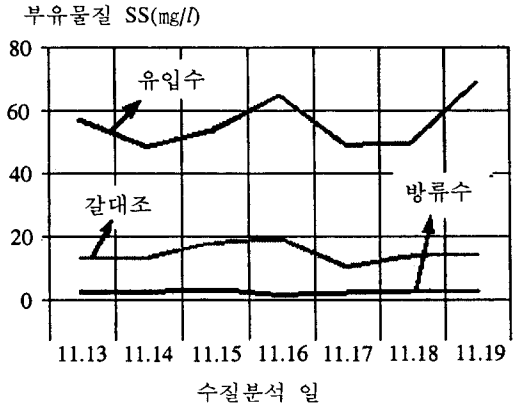


그림 11. 공정별 부유물질 제거 상태

V. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구에서 수초·골재 하수처리장의 처리율을 분석하기 위하여 가 실험한 결론은 다음과 같다.

- 1) 습지에서 3-4일 체류한 하수는 모든 검사 항목에서, 2002년부터 실행할 방류수기준을 충족하였다.
- 2) 본 연구시설에 이식된 수초는 갈대, 큰고랭이, 붓꽃, 부들, 줄 등이다. 하수가 유입되는 지점에선 갈대, 그 다음 단계에선 큰고랭이와 줄이 잘 자랐다.
- 3) 수초·골재 하수처리장은 농약을 치지 않아 자연적인 습지 생태복원능력이 있다.
- 4) 유지 관리비가 거의 들지 않고, 고장이 없어 관리가 수월하여 우리 나라 농촌의 실정에 적합하다고 할 수 있다.
- 5) 1인의 하수를 처리하기 위하여 유럽에서는 약 1평의 부지가 필요하나, 본 연구에서 1인

당 1/2평 면적을 소요하는 처리장 구조를 개발을 함으로써 초기 처리장 부지확보를 위한 투자비용 절감이 가능할 것으로 생각된다.

- 6) 자연형 하천 복원에 적용하여 유지 용수 확보에도 도움을 줄 수 있을 것이다. 30m<sup>3</sup>/day 하수량을 처리하는 처리장의 공사비는 수초 골재하수처리장이 저렴하게 나타나고 있다.

## 2. 제언

본 논문에 소개된 연구자료는 단기간에 제한적인 측정결과이므로 장기적인 지속연구가 뒤따라야 할 것이다. 지역마다 골재특성이 다르므로 대상의 골재를 면밀히 분석하여 처리장을 설계하여야 할 것이다.

행자부(내무부). 1996. 지자체 담당공무원 직무 교육교재 : 43-102.

정동양. 1998. 수질오염과 인간생활, 유치원간 자격연수 교재. 한국교원대학교 종합교원 연수원 : 129-147.

환경부. 1998. 팔당호 등 환경수계 상수원수질 개선 특별종합대책(안) : 142.

Imhoff. 1993. Taschenbuch der Stadtentwässerung. Oldenburg. FRD : 327-340.

Kickuth. 1970. Ökochemische Leistungen höherer Pflanzen. Die Naturwissenschaften 57, 1970, S. 55-61.

接受 1999年 3月 2日

## VI. 참고문헌

고경희. 1996. 안압지. 대원사 : 34-40.