

자연정화공법에 의한 하수처리장에서 오염물질의 존재형태별 처리효율

서동철¹⁾ · 이병주¹⁾ · 황승하¹⁾ · 이홍재²⁾ · 조주식³⁾ · 이상원⁴⁾ · 김홍출⁴⁾ · 허중수^{1,5)*}

¹⁾경상대학교 응용생명과학부, ²⁾진주산업대학교 환경공학과, ³⁾순천대학교 생명환경과학부,

⁴⁾진주산업대학교 미생물공학과, ⁵⁾경상대학교 농업생명과학원

(2006년 6월 7일 접수, 2006년 6월 23일 수리)

Treatment Efficiency of Existing Forms of Pollutants in Sewage Treatment Plant by Natural Purification Method

Dong-Cheol Seo¹⁾, Byeong-Ju Lee¹⁾, Seung-Ha Hwang¹⁾, Hong-Jae Lee²⁾, Ju-Sik Cho³⁾, Sang-Won Lee⁴⁾, Hong-Chul Kim⁴⁾, and Jong-Soo Heo^{1,5)*} (¹⁾Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea, ²⁾Department of Environmental Engineering, Jinju National University, Jinju, 660-758, Korea, ³⁾Division of Applied Life and Environmental Sciences, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea, ⁴⁾Department of Microbiological Engineering, Jinju National University, Jinju, 660-758, Korea, ⁵⁾Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea)

ABSTRACT: A study was conducted to investigate the behavior of pollutants forms at each area in the sewage treatment plant by natural purification method. The sewage treatment plant by natural purification method that consisted of aerobic and anaerobic area was constructed. The efficiency of sewage treatment depending on the operation time, the loading amount of pollutant, season variation were investigated. The removal amount of BOD, COD, TOC and SS in the aerobic area was significantly increased as the treatment proceeded. Decreased BOD, COD, TOC, SS, T-N and T-P depending on the loading amount of pollutants in the aerobic and anaerobic area were mostly insoluble BOD (IBOD), insoluble COD (ICOD), soluble TOC (STOC), volatile SS (VSS), dissolved T-N (DTN) and dissolved T-N (DTP) types, respectively. The removal efficiency of BOD, COD, TOC, SS, T-N and T-P in hot season (summer and autumn) were more than that in cold season (spring and winter). The removal efficiencies of BOD, COD, TOC, SS, T-N and T-P of the effluent were about 92, 89, 73, 95, 46 and 84% in all seasons, respectively.

Key Words: existing forms, sewage treatment plant, natural purification method, BOD, COD, TOC, SS, T-N, T-P

서 론

경제성장과 산업의 발달로 생활용수 및 공업용수의 수요량은 날로 증가하고 있으며, 생활하수, 공장폐수 및 축산폐수 등으로 인한 수질 오염이 날로 심화되고 있어 각종 용수의 안정적인 공급을 위한 하천수질 보전대책이 절실히 요구되는 실정이다^{1,3)}.

현행 도시지역에서 발생하는 하수는 표준활성슬러지법, 장기폭기법 등 기계식 공법에 의해 처리되고 있다. 이러한 기계식 공법들은 하수의 부하량이 적고, 부하변동이 큰 농어촌

지역에 적용할 경우 하수처리 효율이 낮아지며, 많은 유지관리비와 에너지를 소모하게 된다. 그리고 항상 전문인력을 필요로 하는 등 많은 문제점을 안고 있다. 따라서 이러한 기계식 공법들의 문제점을 해결하고, 농어촌의 소규모로 발생하는 하수를 처리하기 위하여 시설비 및 유지관리비용이 저렴하고 공정이 간단한 환경친화형 자연정화공법인 습지처리법, 산화지법, 토양처리법 등이 활발히 연구되고 있다^{4,5)}. 자연정화공법은 일반 기계식 공법들에 의한 문제점은 발생되지 않았지만, 장기간 운영시 공극 폐쇄 현상으로 투수속도가 저하되어 하수처리장 운전이 어렵게 되고, 과다한 부지면적이 소요되며, 농촌 지역의 특성상 심한 하수부하변동으로 인해 수처리효율이 저하되는 등의 문제점이 있는 것으로 알려져 있다^{5,6)}. 이러한 문제점을 해결하고 농촌에서 소규모로 발생하는 하수를 자연정화공법에 의해 보다 효과적으로 처리하기

*연락처:

Tel: +82-55-751-5470 Fax: +82-55-757-0178

E-mail: jsheo@nongae.gsnu.ac.kr

위하여 수초, 모래 및 자갈을 이용한 환경친화형 농촌 마을단위 하수처리시스템이 개발되었다. 그러나 본 자연정화공법을 농촌 마을에 직접 적용하고 보급하기 위해서는 설계 및 시공시 구체화된 설계지침을 작성하기 위한 기초자료가 필요하고, 특히 하수성상이 전혀 다른 농촌하수들의 처리효율을 극대화하기 위해서는 오염물질의 존재형태별로 정확한 수처리 경향을 파악해야 할 것이다.

따라서 본 연구는 자연정화공법에 의한 농촌 마을단위 하수처리장에서 하수중 오염물질의 존재형태별 처리 경향을 파악하여 하수처리장의 설계 및 시공시 부지면적 감소와 오염물질의 처리효율 극대화를 위한 기초자료로 활용하기 위하여 농촌 마을 단위 하수처리장을 호기성조와 혐기성조로 구분하여 시공한 다음 하수처리 경과시기별, 오염물질 부하량별 및 계절별로 각 오염물질의 존재형태를 BOD는 SBOD와 IBOD로, COD는 SCOD와 ICOD로, TOC는 STOC와 ITOC로, SS는 VSS와 FSS로, T-N은 DTN과 STN 및 T-P는 DTP와 STP로 구분하여 수처리 효율을 조사하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 자연정화공법에 의한 하수처리장에 사용된 공시 하수는 진주시 수곡면 효자리에서 배출되는 농촌지역의 생활하수를 사용하였으며, 공시 여재는 굴폐각이 함유된 모래를 사용하였다. 공시 하수 및 여재의 이화학적 특성은 각각 Table 1과 2에서 보는 바와 같고, 하수처리장에 사용한 여재의 입도 분포도는 Fig. 1과 같다.

원여재의 유효입경(여재를 입경 순으로 나열하였을 때 작은 입경으로부터 중량 10%되는 부분의 여재의 입경; d_{10})은 1 mm이었으며, 균등계수(입경 누적분포곡선에서 60%통과 입경과 10%통과 입경과의 비; d_{60}/d_{10})는 약 2.4로서 하수투수에 적합한 균등계수가 5보다 작은 값이므로 이를 만족하였다⁹⁾. 자연정화공법에 의한 하수처리장에 이식한 공시 수초는

호기성조에는 갈대 및 달뿌리풀을, 혐기성조에는 노랑꽃창포, 샷갓사초, 물억새 및 큰고랭이를 이식하였다. 각 수초는 야외 노지에서 성장한 수초를 분주하여 이식하였다.

하수처리장 설계 및 시공

환경친화형 자연정화공법에 의한 하수처리장은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 호기성조와 혐기성조로 구분하여 시공하였다. 호기성조 용량은 가로 7,941 mm × 세로 8,500 mm × 깊이 1,000 mm 크기로 총 67.5 m³ 용량으로 하였고, 통풍방법은 이중통풍형구조로 시공하였다.

호기성조는 이중통풍형구조로 호기성조 하층과 중단부에 PVC관을 넣어 호기성조에 공기의 유입이 원활하도록 하였다. 즉, 호기성조 하단부는 직경 150 mm의 PVC관을 가로 1,200 mm × 세로 1,200 mm 면적으로 설치하였고, 이곳의 PVC관에 구멍을 뚫어 처리된 하수가 혐기성조로 유입되게 하였다. 그리고 하수가 혐기성조로 유입되는 동안 PVC관 상층으로 공기가 소통되게 하였고, 호기성조 중단부는 하단부로부터 깊이 500 mm 지점에 직경 150 mm의 PVC관을 가로 1,200 mm × 세로 1,200 mm 간격으로 하부의 PVC관

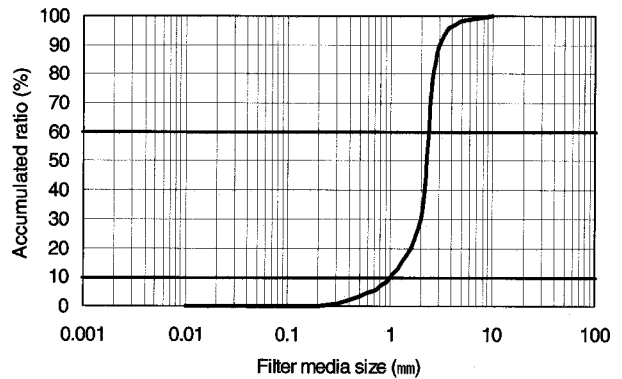


Fig. 1. Particle size distributions of filter media used in sewage treatment plant.

Table 1. Characteristics of the sewage water used

BOD	IBOD	SBOD	COD	ICOD	SCOD	TOC	ITOC	STOC
(mg L ⁻¹)								
74.6	57.3	17.3	50.4	35.2	15.2	37.4	11.2	26.2
SS	VSS	FSS	T-N	DTN	STN	T-P	DTP	STP
(mg L ⁻¹)								
43.7	28.3	15.4	63.6	56.4	7.2	5.9	4.8	1.1

Table 2. Physico-chemical characteristics of the filter media used

pH	EC	O.M	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	T-P
	(dS m ⁻¹)	(%)					
(mg kg ⁻¹)							
8.88	0.06	0.37	88.7	6.09	11.6	0.63	90.7

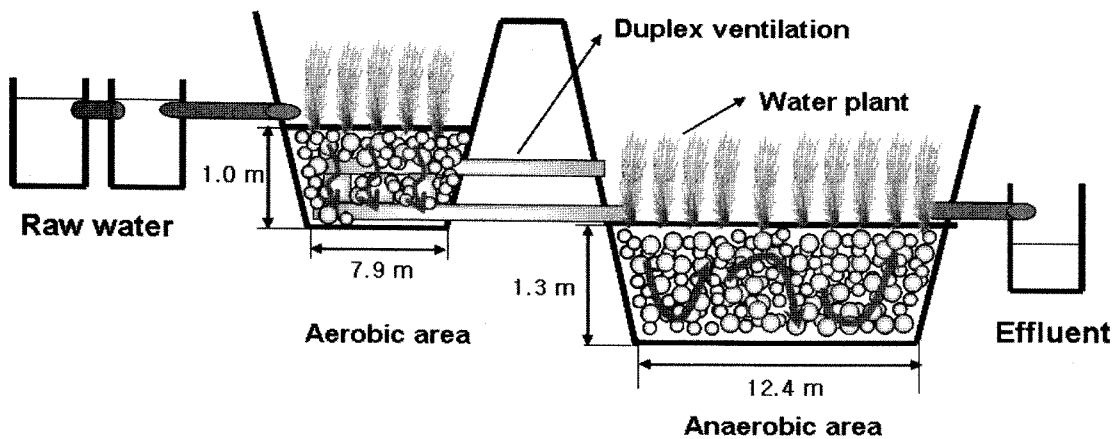


Fig. 2. Diagram of sewage treatment plant by natural purification method.

과 엇갈리게 하여 공기가 수평으로 소통되게 설치하였다. 호기성조의 여재 주입은 표면으로부터 300 mm까지는 입경 1-4 mm의 여재를 채워 넣었고, 표층 300-500 mm 사이에는 공기 통풍형 PVC관이 있기 때문에 입경 130 mm의 자갈을 채워 넣었으며, 표층으로부터 500-800 mm 사이에는 입경 1-4 mm의 여재를 채워 넣었다. 그리고 800 mm 이하 층은 처리수의 원활한 유입과 공기의 흐름을 좋게 하기 위하여 입경 250 mm인 자갈을 200 mm 깊이로 채워 넣었다.

혐기성조는 깊이 1.3 m로 설계 시공하였으며, 가로 9,565 mm × 세로 6,800 mm × 깊이 1,300 mm 크기로 총 84.5 m³ 용량으로 시공하였다. 혐기성조의 여재 주입은 표면에서 700 mm까지는 입경 1-4 mm인 여재를 사용하였고, 그 하층부터 밑바닥까지는 입경 250 mm인 자갈을 채워 넣었다. 하수처리장에서 하수의 흐름은 자연유하식으로 하수처리장의 집수조의 스크린을 거쳐 유량 조정조에 모이게 한 뒤, 유량조정소에서 호기성조로 유입되게 하였고, 호기성조에 유입된 하수는 호기성조 표면에 골고루 유입되어 위에서 아래로 수직으로 여과되면서 하수가 처리되게 하였다. 처리된 하수는 혐기성조로 유입되게 하였고, 혐기성조에서는 하수의 체류시간을 최대화하기 위하여 혐기성조를 4등분하여 지그재그 방식으로 수평으로 흐르게 하였으며, 혐기성조를 통과한 하수를 방류수로 하여 수처리 효율을 조사하였다.

하수처리장 운전조건 및 조사시기

하수처리장의 운전은 공시 하수를 자연유하식으로 호기성조 전체 표면에 골고루 유입시켰으며, 호기성조 유입수를 하수원수, 호기성조 통과수를 호기성조 처리수 그리고 혐기성조 통과수를 방류수로 하였다. 자연정화공법에 의한 하수처리장을 2년 동안 하수원수, 호기성조 처리수 및 방류수로 구분하여 하수처리장 경과시기, 오염물질 부하량 및 계절에 따른 오염물질의 존재형태별 수처리효율을 조사하였다.

하수처리장 경과시기에 따른 존재형태별 오염물질의 처리는 2년간 조사된 결과를 연차별로 평균하여 2년 동안의 하수

처리량을 비교하였고, 오염물질 부하량에 따른 존재형태별 오염물질 처리는 하수 유입량별로 구분하여 각 존재형태별 오염물질의 처리량을 비교하였으며, 계절에 따른 존재형태별 오염물질 처리는 봄은 3, 4, 5월, 여름은 6, 7, 8월, 가을은 9, 10, 11월 및 겨울은 12, 1, 2월로 각각 구분하여 계절별 하수처리량을 평균하여 비교하였다.

자연정화공법에 의한 농촌마을 하수처리장에서 오염물질 처리량 및 처리효율 조사는 2002년 2월부터 2003년 8월까지 매달 실시하였으며, 하수원수, 호기성조 처리수 및 방류수의 시료채취 시기는 매달 1주부터 3주까지는 주 1회, 마지막 4주에는 매일 1회씩 총 10회 채취하여 분석한 결과를 평균하였다.

분석방법

수질분석은 수질오염공정시험법과 APHA의 standard method에 준하여 다음과 같이 하였다²⁸⁾. 하수중 BOD, COD 및 TOC의 존재형태는 각각 유리섬유 여지(GF/C)에 하수를 흡인 여과시켜 여액인 SBOD(Soluble BOD), SCOD(Soluble COD) 및 STOC(Soluble TOC)과 GF/C에 여과시켜 여과지를 통과하지 못한 것을 IBOD(Insoluble BOD), ICOD(Insoluble COD) 및 ITOC(Insoluble TOC)로 구분하였다. 하수중 SS의 존재형태는 하수를 회화(灰化)시켰을 때 타서 휘발되어 감량되는 부분인 VSS(Volatile Suspended Solid)와 잔류하는 부분인 FSS(Fixed Suspended Solid)로 구분하였고, T-N과 T-P의 존재형태는 GF/C에 여과시켜 여과지를 통과한 여액인 DTN(Dissolved T-N), DTP(Dissolved T-P)와 GF/C에 여과시켜 여과지를 통과하지 못한 것을 STN(Suspended T-N), STP(Suspended T-P)로 구분하여 조사하였으며, 이들 분석방법은 다음과 같다.

pH는 초자전극법, EC는 EC meter(Orion, Model 160, Germany)로 분석하였으며, DO, BOD, IBOD 및 SBOD는 윙클러아자이드화나트륨 변법, COD, ICOD 및 SCOD는 산성 KMnO₄법, TOC, ITOC 및 STOC는 Persulfate-ultraviolet

oxidation method, SS는 유리섬유여과법, FSS 및 VSS는 유리섬유여과후 강열잔류하여 분석하였고, T-N, DTN 및 STN은 자외선 흡광광도법, T-P, DTP 및 STP는 아스코르빈산 환원법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

하수처리 경과시기에 따른 오염물질 처리효율

하수처리 경과시기에 따른 존재형태별 오염물질의 처리효율을 조사한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 하수처리 경과시기에 따른 존재형태별 BOD 처리량은 호기성조 처리수에서는 하수처리 시간이 경과함에 따라 251 kg plant⁻¹ year⁻¹에서 388 kg plant⁻¹ year⁻¹로 큰 폭으로 증가하였으며, 비용존성이 용존성에 비해 처리량이 증가하는 경향이였다. 방류수에서는 호기성조와 반대로 하수처리 시간이 경과함에 따라 BOD 처리량이 51 kg plant⁻¹ year⁻¹에서 25 kg plant⁻¹ year⁻¹로 감소하였으며, 감소되는 BOD는 대부분이 비용존성이었다. 이와 같이 호기성조 처리수에서는 하수처리 시간이 경과함에 따라 처리량이 증가한 반면 방류수에서는 하수처리 시간이 경과함에 따라 처리량이 감소하였으며, 이

Table 3. The removal amount of existing forms of pollutants in sewage treatment plant for two years
(Unit : kg plant⁻¹ year⁻¹)

Items	Treated water in aerobic area		Effluent	
	Year after the onset		1	2
	1	2		
BOD	250.8	388.1	51.0	25.0
IBOD	199.8	308.1	47.0	22.0
SBOD	51.0	80.0	4.0	3.0
COD	117.4	258.0	24.0	15.0
ICOD	81.4	193.0	18.0	10.0
SCOD	36.0	65.0	6.0	5.0
TOC	76.2	122.0	10.0	39.0
ITOC	27.0	45.0	2.0	5.0
STOC	49.2	77.0	8.0	34.0
SS	143.0	179.0	14.0	14.0
VSS	111.0	144.0	9.0	8.0
FSS	32.0	35.0	5.0	6.0
T-N	140.0	145.0	32.0	50.0
DTN	125.0	135.0	19.0	36.0
STN	15.0	10.0	13.0	14.0
T-P	5.14	8.00	3.00	5.00
DTP	4.16	6.50	2.50	4.00
STP	0.98	1.50	0.50	1.00

는 하수처리 시간이 경과함에 따라 하수처리장이 점점 안정화되고, 미생물의 활성이 증가하여 호기성조에서 대부분의 BOD가 처리가 되어 혐기성조로 유입되는 부하량이 상대적으로 감소하였기 때문이다⁴⁾. 존재형태별 COD 처리량은 BOD와 비슷한 경향이었고, 호기성조 처리수 및 방류수에서 처리되는 COD중 69.3-74.8 및 66.6-75.0%가 비용존성형태로 처리되었다. 존재형태별 TOC 처리량은 호기성조 처리수의 경우 처리되는 TOC중 STOC가 ITOC에 비해 훨씬 많았고, 방류수에서도 비슷한 경향이였다. 이와 같이 처리된 TOC중 대부분이 STOC인 것은 TOC의 경우 생물학적으로 분해가 불가능한 오염물질을 함유하기 때문에 비용존성보다는 미생물의 이용이 용이한 용존성형태가 많기 때문으로 판단된다⁴⁾.

존재형태별 SS 처리량은 호기성조 처리수 및 방류수에서 처리되는 SS중 대부분은 휘발성형태인 VSS이었고, 방류수에서도 비슷한 경향을 보였다. 존재형태별 T-N 처리량은 호기성조 처리수에서는 하수처리 시간이 경과함에 따라 140 kg plant⁻¹ year⁻¹에서 145 kg plant⁻¹ year⁻¹로 약간 증가하였으며, 용해성이 부유성에 비해 처리량이 증가하는 경향이였다. 방류수에서도 하수처리 시간이 경과함에 따라 T-N 처리량이 32 kg plant⁻¹ year⁻¹에서 50 kg plant⁻¹ year⁻¹로 증가하였으며, 증가되는 T-N은 대부분이 용해성이었다. 존재형태별 T-P 처리량은 호기성조 처리수 및 방류수에서 처리되는 T-P중 80.9-81.2 및 80-83.3%가 용해성형태인 DTP로 처리되었다.

부하량별 오염물질 처리효율

농촌 지역에서 소규모로 발생하는 하수는 부하 변동이 심하기 때문에 일반 기계식 공법의 경우 하수부하 변동에 대한 대응성 부족으로 하수처리시 하수 처리효율 감소와 악취의 발생 등 많은 문제점들을 발생시켰다. 따라서 본 자연정화공법에 의한 하수처리장에서 하수 부하량에 따른 대응성을 확보하고, 하수처리 경향을 파악하기 위해 하수 부하량별로 구분하여 오염물질의 부하량에 따른 존재형태별 오염물질의 처리량을 조사한 결과는 다음에서 보는 바와 같다.

자연정화공법에 의한 하수처리장에서 BOD 부하량에 따른 존재형태별 BOD 처리량을 조사한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 BOD 부하량은 7.3-85 g m⁻² day⁻¹로 하수부하 변동이 매우 심하였지만, 각 BOD 부하량별 처리되는 BOD 처리량은 고도의 유의성이 있는 정의 상관관계를 나타내었다. 호기성조에서 BOD 부하량이 85 g m⁻² day⁻¹ 일 때 SBOD 처리량이 24 g m⁻² day⁻¹, IBOD 처리량 54 g m⁻² day⁻¹로서 BOD 총 처리량은 78 g m⁻² day⁻¹이었으며, 처리되는 BOD는 대부분이 IBOD형태이었다. 혐기성조에서 SBOD와 IBOD의 처리량이 0.2-0.3 g m⁻² day⁻¹로 비슷한 경향이였으나, 호기성조에 비해 처리량이 매우 적었다. 특히, 호기성조와 혐기성조의 동일한 부하량에서 혐기성조의 처리량이 현저히 적었는데, 이는 호기성조에서 BOD의 대부분이 처리되어 혐기성

조로 유입되는 부하량이 상대적으로 낮았기 때문인 것으로 사료된다⁴⁾. 그리고 일반적인 처리조건 외에 장마 등의 이상 기후시 부하량이 급격히 증가해도 처리량은 직선식에 따라 증가하는 안정적인 처리효율을 나타내었다.

COD 부하량에 따른 존재형태별 COD 처리량을 조사한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 호기성조에서는 유입되는 COD의 대부분이 처리되었고, 방류수에서는 호기성조에 비해 현저히 적은양의 COD가 처리되었다. 용존형태별 COD 처리량은 호기성조에서는 대부분 ICOD형태로 처리되었으

나, 혐기성조에서는 ICOD와 SCOD가 비슷한 처리량을 보였다.

TOC 부하량에 따른 존재형태별 TOC 처리량을 조사한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 TOC 처리효율은 호기성조에서 62%정도이었고, 혐기성조에서 33%정도로 TOC 처리효율은 95%정도로 대부분 호기성조에서 처리되었으며, 처리되는 TOC의 용존형태는 호기성조 처리수와 방류수 모두에서 STOC의 처리량이 약간 많았다.

SS 부하량에 따른 존재형태별 SS 처리량을 조사한 결과

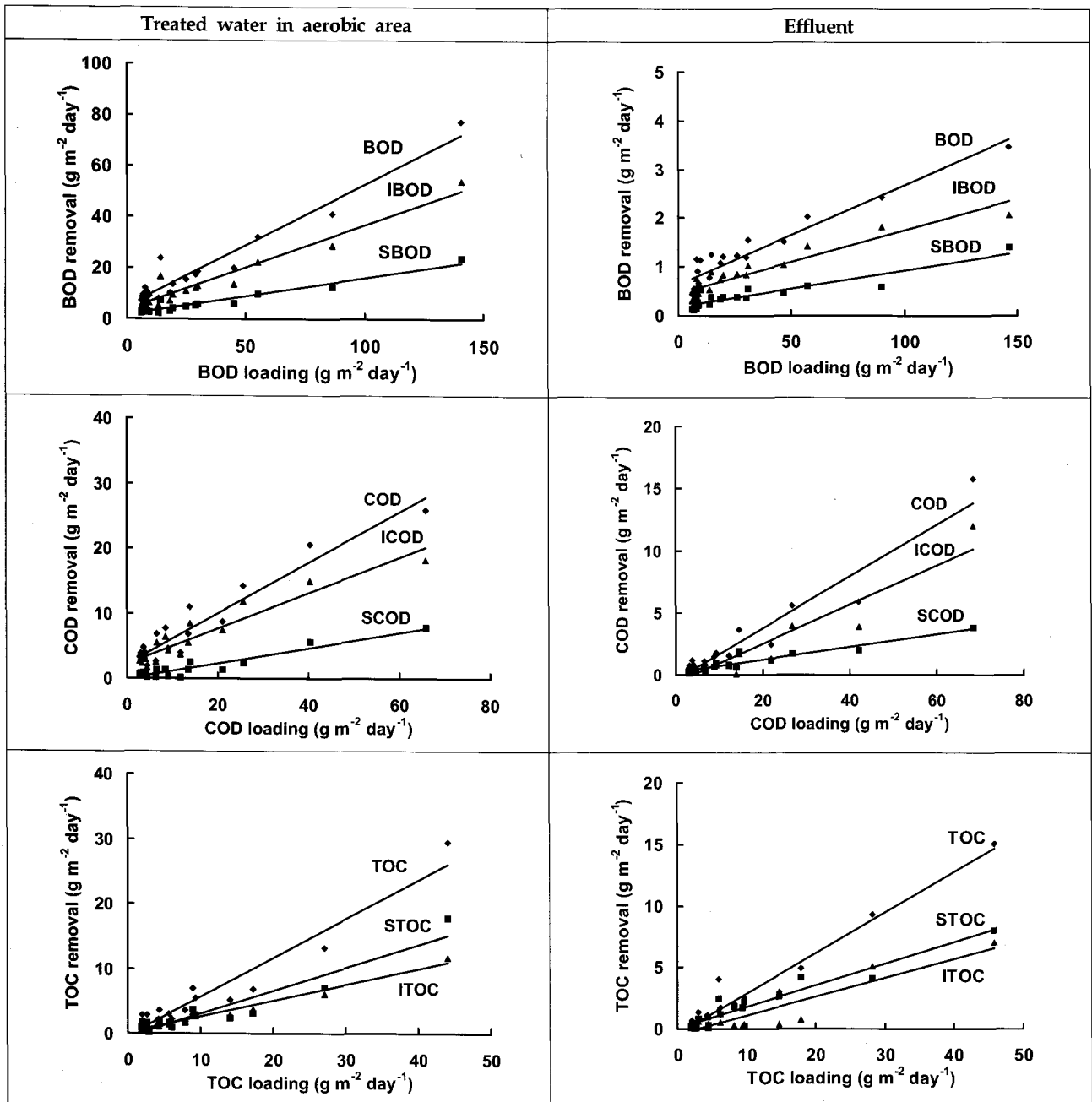


Fig. 3. Relationships between pollutant removal and pollutant loading in the water.

는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 SS 처리효율은 호기성조에서 95%정도 처리되어 대부분의 SS는 호기성조에서 처리되었으며, 처리되는 SS의 용존형태는 호기성조 처리수에서는 대부분 VSS형태이었고, 방류수에서는 VSS와 FSS가 비슷한 처리량을 보였으나, VSS의 처리량이 약간 많았다.

자연정화공법에 의한 하수처리장에서 T-N 부하량에 따른 존재형태별 T-N 처리량을 조사한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 T-N 부하량은 2.5-87 g m² day⁻¹로 하수부하 변동이 매우 심하였다. 호기성조 처리수에서 T-N 부하량이 87

g m² day⁻¹ 일 때 STN 처리량이 6.8 g m² day⁻¹, DTN 처리량이 21 g m² day⁻¹로서 T-N 총 처리량은 28 g m² day⁻¹로 T-N 처리효율이 32%정도이었다. 방류수에서 T-N 부하량은 87 g m² day⁻¹ 일 때 STN 처리량이 2.4 g m² day⁻¹, DTN 처리량이 19 g m² day⁻¹로서 T-N 총 처리량이 21 g m² day⁻¹로 T-N 처리효율이 24%정도이었다. 처리되는 T-N의 용존형태는 호기성조 처리수와 방류수 모두에서 DTN이 STN에 비해 월등히 많은 양이 처리되었다. 이와 같이 질소의 처리는 다른 유기성 오염물질과 달리 호기성조와 혐기성조에서 처리

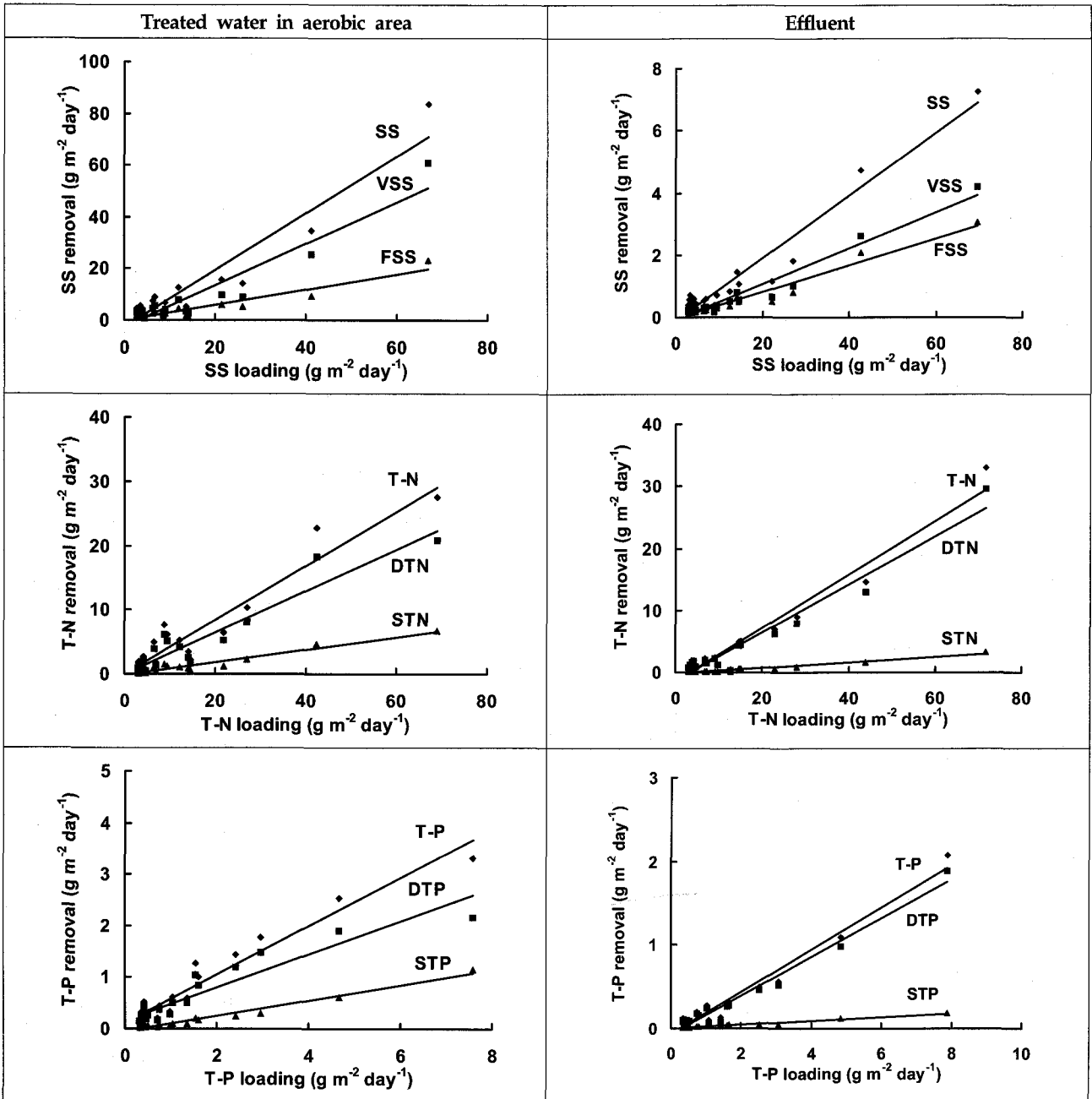


Fig. 4. Relationships between pollutant removal and pollutant loading in the water.

량이 비슷한 것으로 나타났는데, 이는 호기성조에서는 질산화, 식물의 흡수 및 여재의 흡착과 침전으로, 혐기성조에서는 탈질, 식물의 흡수 및 여재의 흡착과 침전이 동시에 수행되기 때문인 것으로 사료된다^{4,5)}.

T-P 부하량에 따른 존재형태별 T-P 처리량을 조사한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 T-P 처리효율은 호기성조에서 62%정도이었고, 혐기성조에서 14%정도로 T-P 처리효율은 76%정도로 대부분 호기성조에서 처리되었으며, 처리되는 T-P의 용존형태는 호기성조와 방류수 모두에서 대부분 DTP 형태이었다.

계절별 오염물질 처리효율

자연정화공법에 의한 하수처리장에서 2년간 계절에 따른 BOD 및 COD의 존재형태별 처리량을 조사한 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 하수처리장에서 계절에 따른 존재형태별 BOD 처리량은 여름과 가을에는 SBOD가 약 49-50 kg plant⁻¹ year⁻¹, IBOD가 68-72 kg plant⁻¹ year⁻¹이었고, 봄과 겨울에는 SBOD가 34-38 kg plant⁻¹ year⁻¹, IBOD가 57-66 kg plant⁻¹ year⁻¹로서 여름과 가을이 봄과 겨울에 비해 BOD 처리량이 약간 많았으며, IBOD가 SBOD에 비해 처리량이 약간 많았다. 그러나 4계절 모두 방류수의 처리효율은 92-97%의 높은 처리효율을 나타내었다. 이와 같은 하수처리장의 BOD 처리작은 여재에 의한 여과 및 흡착과 미생물의 상호작용으로 이루어졌으며, 특히 미생물의 작용이

겨울철에도 크게 떨어지지 않은 이유는 고사한 수초들이 하수처리장의 표면을 덮어서 생성되는 보온효과와 하수처리장 주변의 지온으로 미생물의 활성이 크게 떨어지지 않았기 때문인 것으로 사료된다^{4,5)}.

하수처리장에서 계절에 따른 존재형태별 COD 처리량은 여름과 가을에는 SCOD가 26-28 kg plant⁻¹ year⁻¹, ICOD가 37-38 kg plant⁻¹ year⁻¹이었고, 봄과 겨울의 SCOD가 15-16 kg plant⁻¹ year⁻¹, ICOD가 19-21 kg plant⁻¹ year⁻¹로서 여름과 가을이 봄과 겨울에 비해 COD 처리량이 약간 많았으며, ICOD가 SCOD에 비해 처리량이 약간 많았다. 그러나 4계절 모두 방류수의 처리효율은 89-92%의 높은 처리효율을 나타내었다.

자연정화공법에 의한 하수처리장에서 2년간 TOC 및 SS의 존재형태별 처리량을 조사한 결과는 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 하수처리장에서 계절에 따른 존재형태별 TOC 처리량은 여름과 가을에는 STOC가 32-36 kg plant⁻¹ year⁻¹, ITOC가 14-21 kg plant⁻¹ year⁻¹이었고, 봄과 겨울에는 STOC가 25-23 kg plant⁻¹ year⁻¹, ITOC가 17-16 kg plant⁻¹ year⁻¹로서 여름과 가을이 봄과 겨울에 비해 TOC 처리량이 약간 많았으며, STOC가 ITOC에 비해 처리량이 많았다. 그러나 4계절 모두 방류수의 처리효율은 73-83%의 높은 처리효율을 나타내었다. 하수처리장의 TOC 처리는 여재에 의한 여과 및 흡착에 의해서도 처리되지만 주로 미생물의 분해에 의해 처리되는 것으로 사료된다. 겨울철에도 크게 떨어지지 않은 이

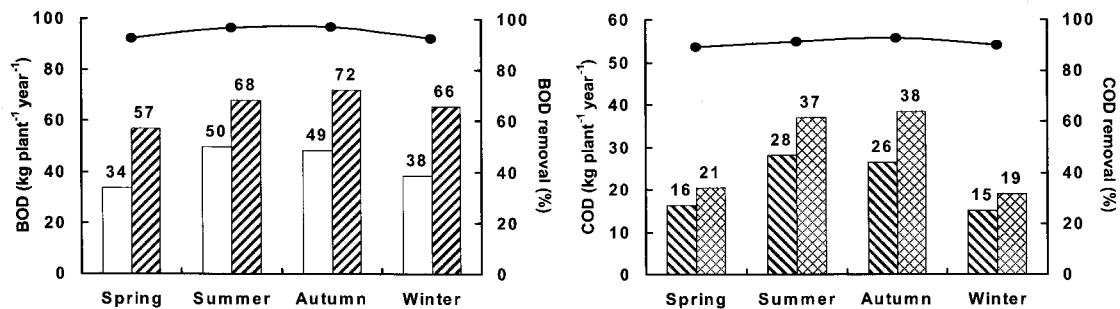


Fig. 5. Removal of BOD and COD forms in sewage treatment plant on season. (□ : SBOD, ▨ : IBOD, ▩ : SCOD, ▤ : ICOD, ● : Removal rate)

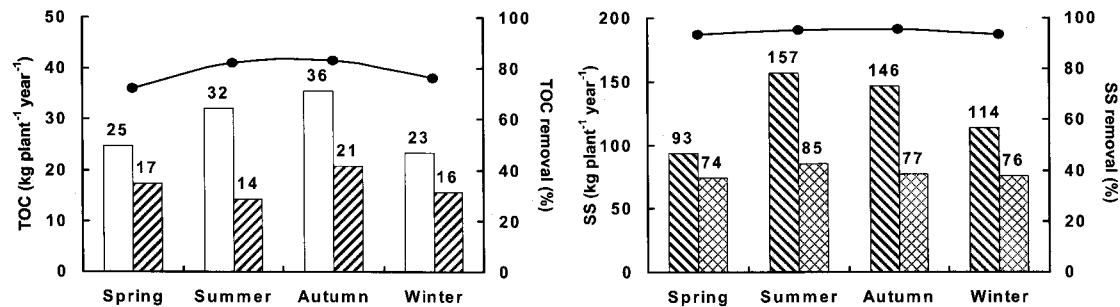


Fig. 6. Removal of TOC and SS forms in sewage treatment plant on season. (□ : STOC, ▨ : ITOC, ▩ : VSS, ▤ : FSS, ● : Removal rate)

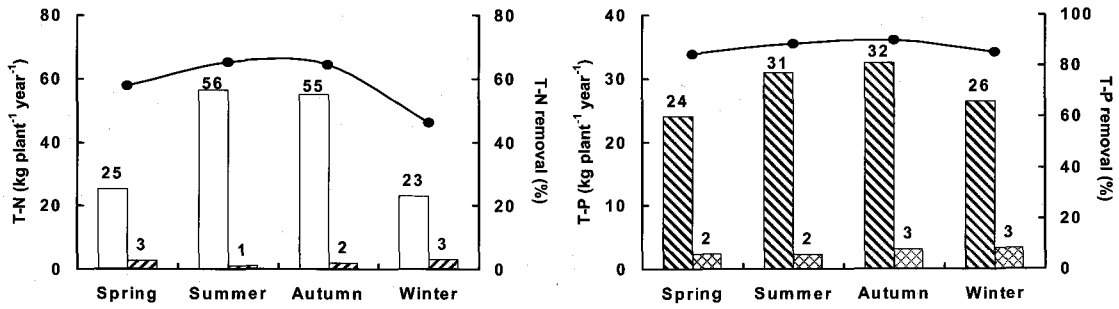


Fig. 7. Removal of T-N, T-P forms in sewage treatment plant on season. (□ : DTN, ▨ : STN, ▩ : DTP, ▪ : STP, ● : Removal rate)

유는 고사한 수초들이 하수처리장의 표면을 덮어서 생성되는 보온효과와 하수처리장 주변의 지온으로 미생물의 활성이 크게 떨어지지 않았기 때문인 것으로 사료된다^{4,5)}.

하수처리장에서 계절에 따른 존재형태별 SS 처리량은 여름과 가을에는 VSS가 146-157 kg plant⁻¹ year⁻¹, FSS가 77-85 kg plant⁻¹ year⁻¹이었고, 봄과 겨울에는 VSS가 93-114 kg plant⁻¹ year⁻¹, FSS가 74-76 kg plant⁻¹ year⁻¹로서 여름과 가을이 봄과 겨울에 비해 SS 처리량이 약간 많았으며, VSS가 FSS에 비해 처리량이 많았다. 그러나 4계절 모두 방류수의 처리효율은 95% 이상의 높은 처리효율을 나타내었다. 하수처리장에서 SS의 일차적인 처리기작은 주로 여재에 의한 여과이므로 계절이나 온도에 관계없이 일정한 처리효율을 나타내었다^{4,10)}.

자연정화공법에 의한 하수처리장에서 2년간 T-N 및 T-P의 존재형태별 처리량을 조사한 결과는 Fig. 7에서 보는 바와 같다. 하수처리장에서 계절에 따른 존재형태별 T-N 처리량은 여름과 가을에는 DTN이 55-56 kg plant⁻¹ year⁻¹, STN이 1-2 kg plant⁻¹ year⁻¹이었고, 봄과 겨울에는 DTN이 23-25 kg plant⁻¹ year⁻¹, STN이 3 kg plant⁻¹ year⁻¹로서 여름과 가을이 봄과 겨울에 비해 T-N 처리량이 약간 많았으며, DTN이 STN에 비해 처리량이 훨씬 많았다. 그러나 4계절 모두 방류수의 처리효율은 46-65%의 높은 처리효율을 나타내었다. 하수처리장에서 계절에 따른 존재형태별 T-P 처리량은 여름과 가을에는 DTP가 31-32 kg plant⁻¹ year⁻¹, STP가 2-3 kg plant⁻¹ year⁻¹이었고, 봄과 겨울에는 DTP가 24-26 kg plant⁻¹ year⁻¹, STP가 2-3 kg plant⁻¹ year⁻¹로서 여름과 가을이 봄과 겨울에 비해 T-P 처리량이 약간 많았으며, DTP가 STP에 비해 처리량이 훨씬 많았다. 그러나 4계절 모두 방류수의 처리효율은 84-90%의 높은 처리효율을 나타내었다.

요 약

농촌 마을단위 하수처리장에서 오염물질의 존재형태별 처리 경향을 파악하여 하수처리장의 설계 및 시공시 부지면적 감소와 오염물질의 처리효율 극대화를 위한 기초자료로 활용

하기 위하여 농촌 마을 단위 하수처리장을 호기성조와 혐기성조로 구분하여 시공한 다음 하수처리 경과시기별, 오염물질 부하량별 및 계절별로 각 오염물질의 존재형태별 수처리 효율을 조사하였다.

하수처리 경과시기에 따른 오염물질 처리효율을 조사한 결과 호기성조 처리수에서 하수처리 시간이 경과함에 따라 BOD, COD, TOC 및 SS처리량은 큰 폭으로 증가하였다. 처리된 오염물질의 존재형태를 조사한 결과 호기성조 및 혐기성조에서 BOD는 대부분 IBOD로, COD는 대부분 ICOD로, TOC는 대부분 STOC로, SS는 대부분 VSS로, T-N은 대부분 DTN 및 T-P는 대부분 DTP로 처리되었다.

부하량별 오염물질 처리효율을 조사한 결과 BOD 처리량은 호기성조와 방류수 모두에서 처리된 대부분의 BOD는 IBOD이었다. COD 처리량도 BOD와 유사하게 호기성조에서는 대부분 ICOD형태로 처리되었으나, 혐기성조에서는 ICOD와 SCOD가 비슷한 처리량을 보였다. 그러나 하수처리장에서 처리되는 TOC의 존재형태별 처리량은 BOD 및 COD와는 달리 호기성조 처리수와 방류수 모두에서 STOC의 처리량이 약간 많았다. 부하량별 SS 처리효율은 호기성조 처리수에서 95%정도 처리되어 대부분의 SS는 호기성조에서 처리되었으며, 처리되는 SS의 용존형태는 호기성조 처리수에서는 대부분 VSS로 처리되었고, 방류수에서는 VSS와 FSS가 비슷한 양으로 처리되었다. 부하량별 T-N 처리효율은 호기성조 처리수에서 32%정도이었고, 방류수에서 24%정도이었다. 또한 처리되는 T-N의 용존형태는 호기성조 처리수와 방류수 모두에서 DTN이 STN에 비해 월등히 많은 양이 처리되었다. 부하량별 T-P 처리효율은 호기성조에서 62%정도이었고, 혐기성조에서 14%정도로 대부분 호기성조에서 처리되었으며, 처리되는 T-P의 용존형태는 호기성조와 방류수 모두에서 대부분 DTP형태이었다.

계절별 오염물질 처리량을 조사한 결과 BOD, COD, TOC, SS, T-N 및 T-P 처리량은 여름과 가을이 봄과 겨울에 비해 처리량이 약간 증가되었으며, BOD, COD, TOC, SS, T-N 및 T-P는 4계절 모두 방류수의 처리효율이 각각 92, 89, 73, 95, 46 및 84%이상의 높은 처리효율을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 농림부의 농림기술개발사업과제 “수초 모래 자갈을 이용한 환경친화형 농촌 하수처리 시스템 개발”의 연구결과중 일부임.

참고문헌

1. 안원식 (1996) 하천계획의 현황과 문제점. Magazine of Korea Water Resources Association 29(2), 17-20.
2. Kwun, S. K. and Yoon, C. G. (1999) Performance for a small on-site wastewater treatment system using the absorbent biofilter in rural areas. *Kor. J. Environ. Agric.* 18(4), 310-315.
3. Jun, M. S. and Kim, B. C. (1994) The effect of nutrients concentration upon the growth of water hyacinth. *J. KSWQ* 10(2), 128-135.
4. Seo, D. C. (2002) Development of sewage treatment apparatus by natural purification method. Master Thesis. Gyeongsang National University of Education, Korea.
5. Jeong, D. Y. (1999) Development of an Environmentally Friendly Sewage Disposal Model for Agricultural and Fishing Village Areas. *The Korean Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology* 2(1), 10-20.
6. Yun, S. M. (1998) The analysis of self-cleaning power through the sewage disposal model of water plants and aggregate. Master Thesis, Korea National University of Education, Korea.
7. Ministry of Environment (2000) The standard method of water analysis.
8. APHA, AWWA, WCF (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
9. 김수성, 신철역 (1993) Imhoff 하수도, 폐수처리 핸드북. 동화기술, 132.
10. Yoon, C. G., Kwun, S. K., and Kwun, T. Y. (1998) Feasibility Study of Constructed Wetland for the Wastewater Treatment in Rural Area. *The Korean Society of Agricultural Engineers* 40(3), 83-93.