

자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리장치 개발

서동철¹⁾ · 박미령¹⁾ · 김형준¹⁾ · 조인재¹⁾ · 이홍재²⁾ · 성성진³⁾ · 조주식³⁾ · 허종수^{1,4)*}

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

³⁾경상대학교 농업생명과학원, ⁴⁾경상대학교 농업생명과학원

(2006년 6월 21일 접수, 2006년 8월 8일 수리)

Development of Sewage Treatment Apparatus for Detached House in Agricultural Village by Natural Purification Method

Dong-Cheol Seo¹⁾, Mi-Ryoung Park¹⁾, Hyung-Jun Kim¹⁾, In-Jae Cho¹⁾, Hong-Jae Lee²⁾, Sun-Jin Sung³⁾, Ju-Sik Cho³⁾, and Jong-Soo Heo^{1,4)*} (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⁾Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701)

ABSTRACT: To develop small-scale sewage treatment apparatus for detached house of agricultural village, a small-scale sewage treatment apparatus by natural purification method that consisted of packaged form of aerobic, anoxic and anaerobic bed was constructed. The efficiency of sewage treatment according to the sewage treatment method, sewage loading, and the injection method of sewage were investigated for small-scale sewage treatment apparatus of packaged form of aerobic, anoxic and anaerobic bed. The removal rate of pollutants according to the sewage treatment method for small-scale sewage treatment apparatus was high in the order of aerobic-anoxic-anoxic bed < aerobic-anoxic-anaerobic bed. The optimum filter media in small-scale sewage treatment apparatus was a broken stone. The removal rate of pollutants according to sewage loading in small-scale sewage treatment apparatus was high in the order of $1,200 \text{ L/m}^2 \cdot \text{day} \approx 900 \text{ L/m}^2 \cdot \text{day} \approx 600 \text{ L/m}^2 \cdot \text{day}$. The removal rate of pollutants according to injection method of sewage in small-scale sewage treatment apparatus was high in the order of continuous injection \approx intermittent injection. When loaded under the optimum conditions, removal rate of BOD, COD, SS, T-N and T-P were 99, 95, 99, 83 and 96%, respectively, through this 3-stepped small-scale treatment apparatus arrayed with the order of aerobic, anoxic and anaerobic bed.

Key Words: natural purification method, small-scale sewage treatment apparatus, aerobic bed, anoxic bed, anaerobic bed, broken stone

서론

최근 급격한 산업발전과 생활양식의 다양화로 생활오수 발생량이 급격히 증가하고 있고, 생활수준의 향상과 더불어 위생에 대한 관심이 높아져 세탁이나 세척용 생활용수의 증가로 도시에서는 막대한 양의 생활오수가 발생하고 있고 가정으로부터 배출되는 생활오수가 산업폐수와 함께 주요한 수질오염원이 되고 있어 이에 대한 하천수질 보전대책이 절실히 요구되는 실정이다^{1,2)}.

생활하수는 수질오염의 주된 오염원이며, 우리나라 현재 인구 약 46,878천명이 배출하는 생활하수 발생량은 1일 약 16,273천톤에 이르고 있다³⁾. 특히 농촌지역의 전원 독립가구들은 대규모 하수처리시설이 잘 갖추어진 대도시에 비해 분류식 하수관거가 잘 보급되지 않고, 대부분이 분뇨용 단독정화조의 설치로 인해 생활하수가 아무런 처리과정 없이 인근의 수계로 그대로 유입되고 있는 실정이다. 이로 인해 인근 소하천의 수질오염을 초래하고 상수원 및 농업용수를 오염시킬 뿐만 아니라 악취 및 해충 피해 등을 유발하여 쾌적한 생활환경을 위협하는 요인이 되고 있다⁴⁾.

단독정화조가 개발된 이후 오수와 생활 잡배수를 동시에 처리할 수 있는 합병정화조가 개발·보급되었으나, 합병정화

*연락처:

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

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

조는 대부분 시설을 위탁관리 하기 때문에 관리비용이 과다하게 소요되고, 전문인력을 필요로 하며, 악취 발생과 슬러지 처리 등의 여러 가지 문제점이 있어 농촌 전원 독립가구에 적용하기에는 많은 어려움이 있다.

따라서, 현행 단독정화조 및 합병정화조에 비해 처리효율이 높고, 유지관리비와 에너지 소비가 낮으며, 운전이 용이한 자연정화공법인 인공습지를 적용할 경우, 농촌 전원 독립가구에 적합한 크기로 구성할 수 있고, 간편하게 설치를 할 수 있으며, 주변경관과의 조화를 이룰 수 있는 이점이 있다. 특히 2008년부터 전 구역에서 강화될 방류수 수질기준⁷⁾을 만족하기 위해 T-N 및 T-P의 처리효율이 높은 농촌 전원 독립가구 하수처리장치의 개발이 절실히 필요하다^{5,6)}.

이에 본 연구자는 자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리공법을 개발하기 위해 호기성조와 혐기성조가 분리된 소형 하수처리장치에서 최적 깊이, 최적 호기·혐기 비율 및 최적여재를 조사한 결과 최적 깊이는 90 cm이었고, 최적 호기·혐기 비율은 1 : 2의 비율이었으며, 최적여재는 왕사 및 쇠석이였다. 이들 최적화 조건하에서 수처리효율은 BOD가 98%, COD가 95%, SS가 99%, T-N이 65% 및 T-P가 96%이었다⁷⁾. 그러나 호기성조와 혐기성조로 분리된 소형 하수처리장치는 자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리공법으로 개발하여 실제 적용되기에는 과다한 부지면적과 낮은 질소처리효율 등의 문제점이 있다. 그러므로 농촌 전원 독립가구 하수처리장치를 개발하기 위해서는 장기간 운영이 가능하면서 부지면적을 최소화한 소형장치이어야 하며, 수처리효율은 방류수 수질기준을 만족하면서 안정적인 하수처리를 할 수 있어야 할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리공법 개발을 위하여 호기성조와 혐기성조가 분리된 소형 하수처리장치의 최적조건하에서 호기성조와 혐기성조를 포괄 소형 하수처리장치로 공법을 개선하여 질소의 처리효율 향상과 함께 부지면적을 획기적으로 줄이기 위해 최적조건의 호기성조와 혐기성조가 분리된 소형 하수처리장치에서 혐기성조 위에 호기성조를 포괄 일체형으로 공법을 개

선한 소형 하수처리장치를 설계 및 시공하여 하수처리공법별, 하수 부하량 및 하수 주입방법에 따른 수처리 효율을 조사하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 소형 하수처리장치에 사용된 공시하수는 경상대학교에서 배출되는 생활하수를 사용하였으며, 공시하수 및 여재의 이화학적 특성은 각각 Table 1에서 보는 바와 같다.

하수처리장치에 사용한 공시여재는 Table 2와 같이 굴폐각이 20% 함유된 왕사 및 쇠석의 총 2종류이었으며, 여재의 입경 분포도는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 모든 여재는 입경 1~4 mm가 70~80% 이상이었다. 본 소형 하수처리장치에 이식한 수생식물은 모두 식물원에서 구입하였으며, 호기성조에는 갈대, 혐기성조에는 노랑꽃장포, 물억새 및 큰고랭이를 이식하였다. 본 연구에 선정된 공시 수생식물은 본 연구자가 연구한 자연정화공법에 의한 인공습지 하수처리장에서 최적 수생식물의 선정결과를 토대로 하였다⁸⁾.

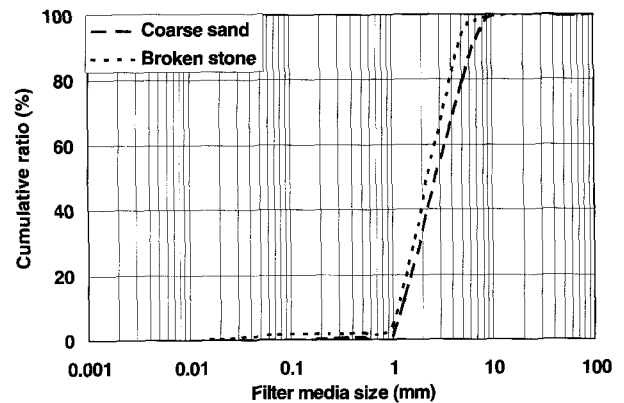


Fig. 1. Particle distributions of the filter media used.

Table 1. Chemical characteristics of the sewage used

	pH	EC (dS /m)	DO	BOD	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-P	PO ₄ -P
				(mg/L)								
Average	7.3	0.49	0.16	122	76.2	91.4	45.5	18.7	0.03	0.11	4.19	2.68
Range	7.0~	0.35~	0.06~	71.0~	31.5~	34.5~	19.2~	19.2~	0.01~	0.01~	2.01~	0.70~
	7.5	0.57	0.28	177	231	328	90.7	24.3	0.09	0.27	12.7	6.98

Table 2. Chemical characteristics of filter media used

Filter media	pH (1:5H ₂ O)	EC (dS/m)	O.M. (%)	T-N	T-P	K	Na	Ca	Mg
				(mg/kg)					
Coarse sand	7.9	0.05	0.6	74	118	1,638	464	2,212	489
Broken stone	7.8	0.04	1.1	3.9	184	1,394	154	1,031	1,942

하수처리장치 설계 및 시공

호기-무산소-혐기 조건 및 호기-무산소-무산소 조건의 소형 하수처리장치에서 수처리 효율 조사를 위하여 설계 및 시공한 소형 하수처리장치는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 호기-무산소-혐기 조건의 소형 하수처리장치는 호기성조(수직흐름조), 무산소조(수평흐름조) 및 혐기성조(수평흐름조)로 구성되어 있고, 호기-무산소-무산소 조건의 소형 하수처리장치는 호기성조(수직흐름조), 무산소조(수평흐름조) 및 무산소조(수평흐름조)로 구성되어 있다. 호기성조, 무산소조 및 혐기성조의 명칭은 각조의 하수처리특성을 고려하여 구분하기 위해 임의로 하였으며, 각 호기성조의 크기는 가로 0.7 m × 세로 0.35 m × 높이 1 m로서 용량이 0.25 m³되게 제작하였고, 무산소조와 혐기성조의 크기는 각각 가로 0.7 m × 세로 0.35 m × 높이 1 m 로서 용량이 0.25 m³되게 하였다. 각조에 사용된 여재의 종류는 왕사와 쇠석으로 하였고, 여재의 주입위치는 여재 표면에서 깊이 90 cm까지 채웠다.

하수처리장치에서의 하수의 흐름은 호기성조에서 하수원수를 유입시켜 수직여과방식으로 하수를 처리하고, 유출된 호기성조 처리수는 자연유하식으로 무산소조로 유입되게 하였다. 무산소조에서 유입된 호기성조 처리수는 수평여과방식으로 처리되도록 하였다. 무산소조에서 처리된 하수는 호기-무산소-혐기조건의 하수처리장치는 혐기성조로 유입되게 하였고, 호기-무산소-무산소조건의 하수처리장치는 무산소조로 유입되어 수평여과방식으로 처리되도록 하였다. 무산소조와 혐기성조에서 여재와 처리수의 체류시간을 늘리기 위해 하수의 흐름을 지그재그방식으로 흐르게 하였다. 호기성조를 통과한 하수를 호기성조 처리수로 하고, 호기성조를 거쳐 무산소조를 통과한 하수를 무산소조 처리수로 하였으며, 무산소조를 거쳐 혐기성조를 통과한 하수를 방류수로 하여 수처리 효율을 조사하였다.

하수처리장치 운전조건 및 조사시기

하수처리공법별 수처리효율은 하수원수 유입량을 600

L/m²·day로 하여 조사하였다. 하수 부하량에 따른 수처리 효율은 하수원수 유입량을 600, 900 및 1,200 L/m²·day로 하여 조사하였는데, 하부 부하량 산정기준은 1인 1일당 하수 발생량 250 L/day를 기준으로 할 때 4인 한 가구의 하수발생량이 1,000 L/day이므로 최대 하수부하량을 한 가구의 하수발생량에 안전계수를 고려하여 1,200 L/m²·day로 하였다. 호기성조와 혐기성조의 하수원수 주입방법에 따른 수처리 효율은 하수원수 유입량을 1,200 L/m²·day조건에서 하수원수 주입방법을 연속주입과 간헐주입으로 달리하여 조사하였다.

자연정화공법에 의한 소형 하수처리장치에서 수처리 효율 조사는 2004년 6월부터 2005년 6월까지 매달 실시하였고, 공시하수, 호기성조처리수 및 방류수를 각 조건별로 4주간 운전하였고, 시료의 채취는 3일 간격으로 한 달간 총 10회 채취하여 분석하였으며, 그 결과를 평균하여 각 조건에서의 수처리 효율을 조사하였다.

분석방법

수질분석은 수질오염공정시험방법과 APHA의 Standard method에 준하여 실시하였다^{9,10}. pH는 초자전극법, EC는 EC meter(Orion, Model 160, Germany)로 분석하였으며, DO 및 BOD는 잉클라이자이드화나트륨 변법, COD는 산성 KMnO₄법, SS는 유리섬유여과법, T-N은 자외선 흡광광도법, NH₄-N는 인도페놀법, NO₂-N는 디아조화법, NO₃-N는 부루신법, T-P와 PO₄-P는 아스코르빈산 환원법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

하수처리 공법별 수처리 효율

하수처리공법별 수처리 효율을 조사한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 하수처리 공법에 따른 방류수 중의 BOD, COD 및 SS의 처리효율은 하수처리공법에 관계없이 비슷한

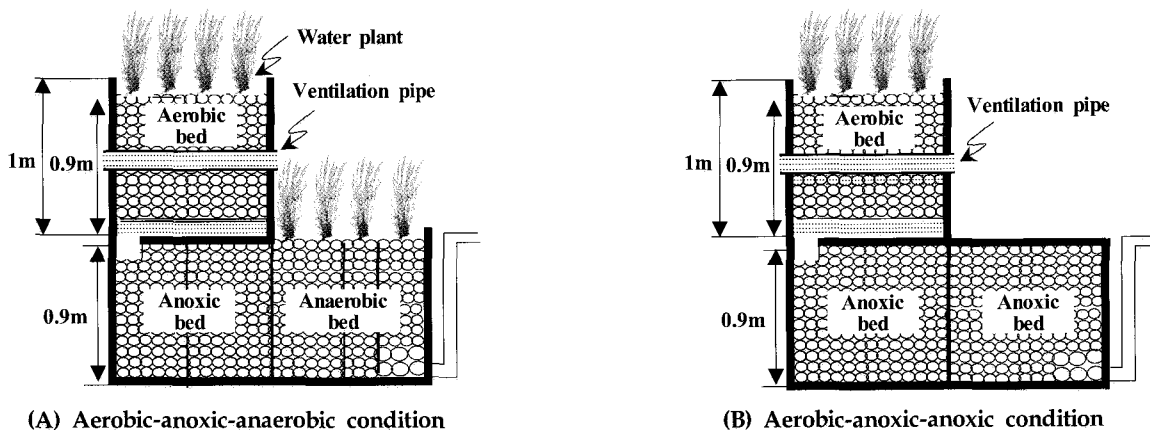


Fig. 2. Schematic diagrams of small-scale sewage treatment apparatus.

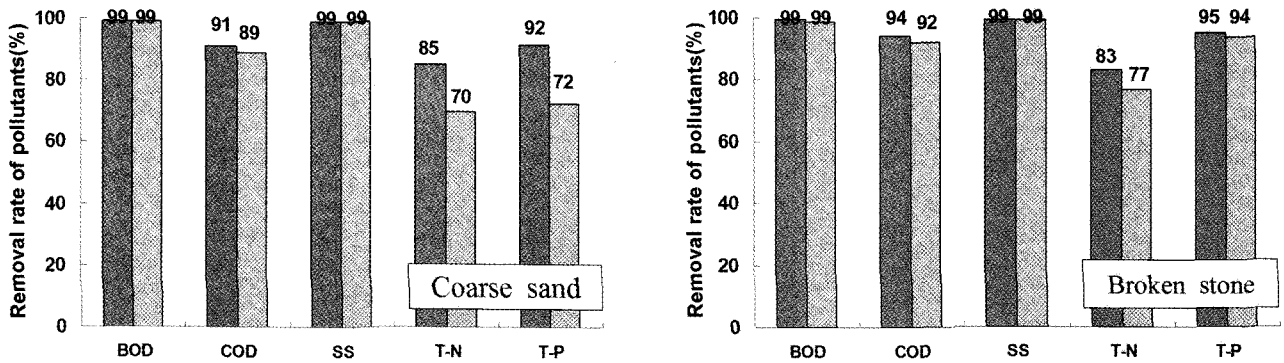


Fig. 3. Removal rate of pollutants in the effluent according to the sewage treatment method in small-scale sewage treatment apparatus. (■ : Aerobic bed-Anoxic bed-Anaerobic bed, □ : Aerobic bed - Anoxic bed - Anoxic bed)

처리효율을 보였으며, 각 오염물질의 처리효율은 BOD가 98~99%, COD가 89~97% 및 SS가 99%이상 이었다. 이는 본 연구자의 호기성조와 혐기성조로 분리된 소형 하수처리장치에서의 BOD, COD 및 SS의 처리효율과 별 차이 없었다⁷⁾.

T-N의 처리효율은 여재종류에 따라 별 차이가 없었으며, 호기-무산소-혐기 조건에서 83~85%정도로 호기-무산소-무산소 조건에 비해 약간 높은 처리효율을 보였다. 이와 같이 호기-무산소-혐기 조건에서 질소처리효율이 향상되는 것은 호기성조에서는 질산성질소가 증가되고 무산소조에서는 용존산소가 감소됨으로서 탈질을 위한 조건을 만족시킬 수 있었고, 이것이 다시 혐기조건에서 미생물의 분해 및 흡수와 함께 수생식물에 의한 흡수 및 식물뿌리 공간 주위에서의 호기성과 혐기성의 공존으로 지속적인 탈질을 자극하게 되어 미처 처리되지 못한 질소가 처리되기 때문으로 사료된다. 탈질율은 용존산소 농도가 0.2 mg/L일 때는 0 mg/L일 때보다 약 50% 정도 감소하는 경향 이므로 탈질율을 높이기 위해서는 최대한 혐기성조를 혐기성화 조건으로 만들어야 할 것이다¹¹⁾.

하지만 현행 타 하수처리공법에 비하여는 질소 처리효율이 다소 높았으며, Huang 등¹²⁾이 인공습지에서 생활하수처리에 관한 실험에서 질소의 처리율이 33~45%라고 하였고, Lee 등¹³⁾은 식물을 이용한 오수의 고도처리를 위한 실험에서 T-N 처리효율이 40%라고 하였으며, 본 연구자⁷⁾의 호기성조와 혐기성조가 분리된 소형 하수처리장치에서의 T-N 처리효율이 68%라고 하였는데 호기-무산소-혐기조건의 소형 하수처리장치에서는 83%이상으로 높은 처리효율을 나타내었다.

T-P의 처리효율은 쇄석의 경우 하수처리 공법에 따라 별 차이가 없이 94~99%정도 이었으며, 왕사의 경우 호기-무산소-무산소 조건에서는 72%정도로 호기-무산소-혐기 조건에 비해 급격히 감소하는 경향이였다. 그러나 호기-무산소-혐기 조건에서는 혐기성조에 이식된 수생식물에 의해 식물뿌리공간 주위에서의 호기성과 혐기성의 공존으로 인의 흡수가 일부 일어나기 때문에 T-P처리효율이 높은 것으로 사료된다¹⁵⁾.

그리고 Lee 등¹³⁾은 실험실적 오수처리 실험에서 T-P 처리율이 25~30%라고 하였는데 이에 비하여 본 실험에서의

총 인 처리율은 94~99%로 매우 높게 처리되었다. 이는 본 실험에 사용된 여재는 인의 흡착능력이 우수한 여재를 사용했기 때문으로 생각된다.

소형 하수처리장치에서 혐기성조의 무산소조 비율에 따른 오염물질의 처리효율은 전반적으로 호기-무산소-혐기 조건이 다른 조건에 비해 질소 처리효율이 17~18% 정도 향상되었다. 따라서 농촌 전원 독립가구 하수처리공법으로 개발되기 위해서는 부지면적 감소와 질소처리효율을 향상시킬 수 있는 호기-무산소-혐기 조건의 소형 하수처리공법으로 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

하수부하량에 따른 수처리 효율

소형 하수처리장치에서 하수 부하량에 따른 오염물질의 처리효율을 조사한 결과는 Fig. 4~8에서 보는 바와 같다.

BOD의 경우 하수원수의 농도는 99~167 mg/L로 농도의 변화 폭이 심하였고, 호기성조 처리수의 농도는 하수 부하량에 따라 별 차이 없이 왕사와 쇄석 모두에서 약 0.5~1.8 mg/L로 방류수수질기준¹⁶⁾인 20 mg/L를 만족하였으며, 무산소조와 혐기성조를 거치면서 더욱 안정적으로 처리되었다.

COD의 경우 하수원수의 농도는 76~135 mg/L로 농도의 변화 폭이 심하였고, 호기성조 처리수의 농도는 하수 부하량이 증가함에 따라 왕사와 쇄석 모두에서 약간씩 증가하는 경향이였고, 무산소조와 혐기성조를 거친 방류수의 COD농도는 호기성조의 농도에 상관없이 안정적으로 처리되어 방류수수질기준¹⁶⁾인 40 mg/L를 만족하였다.

SS의 경우 하수원수의 농도는 139~189 mg/L이었고, 호기성조 처리수와 방류수 모두에서 하수 부하량 및 여재종류에 상관없이 매우 높은 처리효율을 보여 방류수수질기준¹⁶⁾인 20 mg/L를 만족하였다.

T-N의 경우 하수원수의 농도는 61~90 mg/L이었고, 왕사의 경우 호기성조 처리수 및 방류수 모두에서 하수 부하량이 증가함에 따라 T-N의 농도가 점점 증가하여 처리효율이 감소되는 것으로 판단되었으나, 방류수수질기준인 60 mg/L는 만족하는 경향이였다. 그러나 2008년부터 전수역에서 방

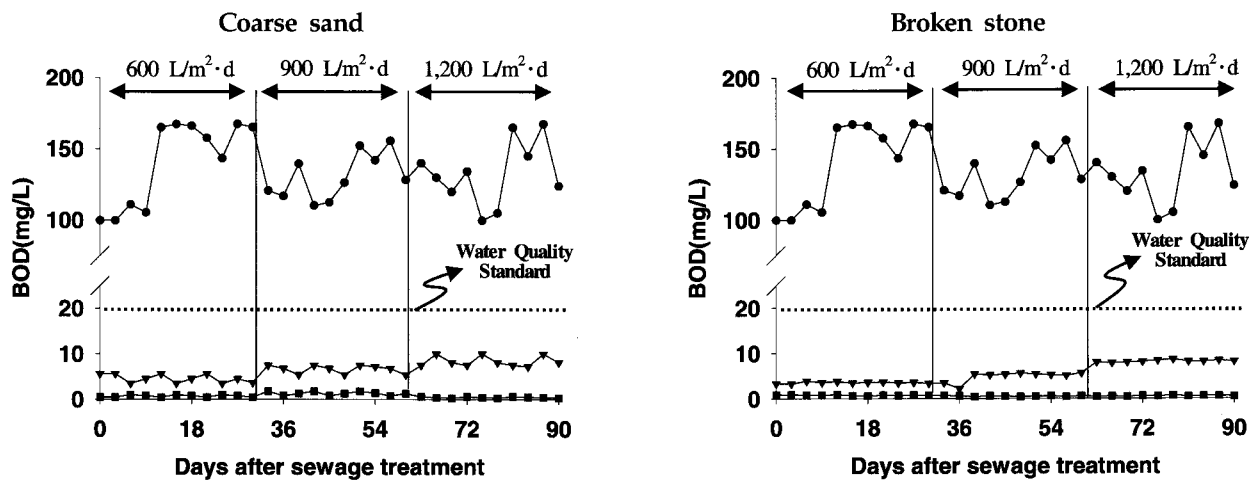


Fig. 4. Variation of BOD in the water according to sewage loading in small-scale sewage treatment apparatus. (● : Raw water, ▼ : Treated water in aerobic bed, ■ : Effluent)

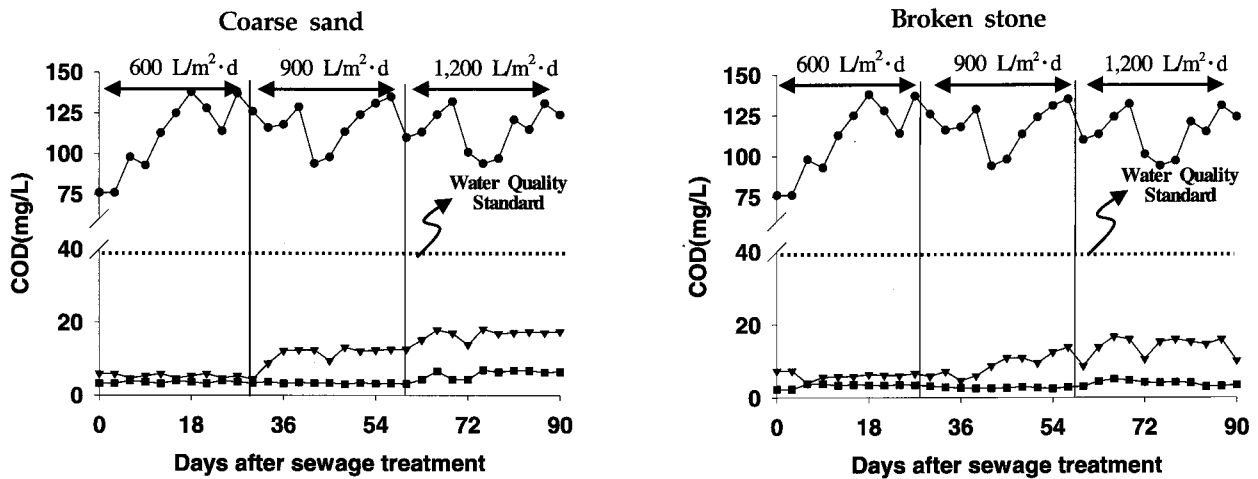


Fig. 5. Variation of COD in the water according to sewage loading in small-scale sewage treatment apparatus. (● : Raw water, ▼ : Treated water in aerobic bed, ■ : Effluent)

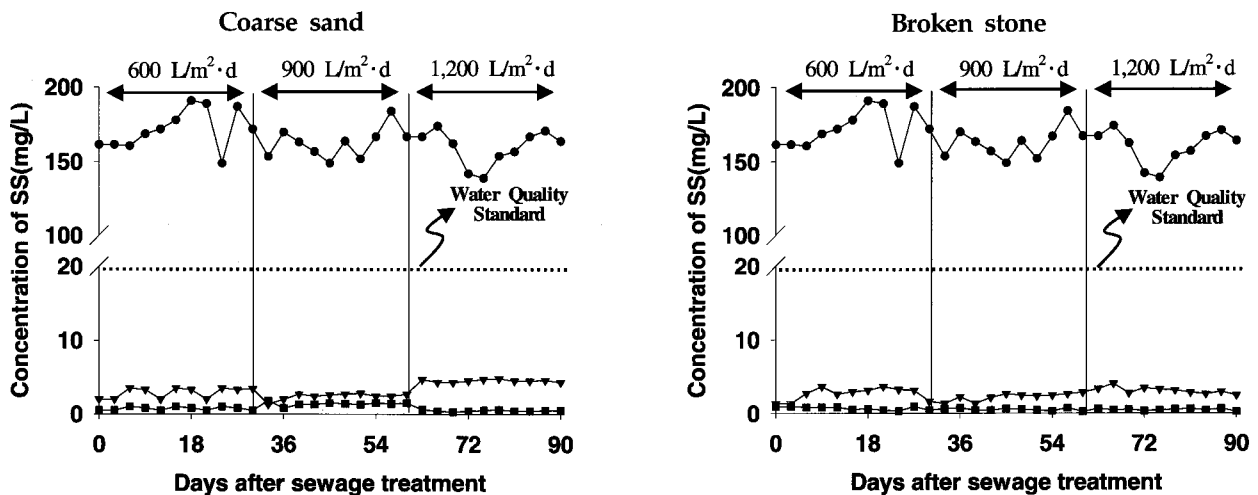


Fig. 6. Variation of SS in the water according to sewage loading in small-scale sewage treatment apparatus. (● : Raw water, ▼ : Treated water in aerobic bed, ■ : Effluent)

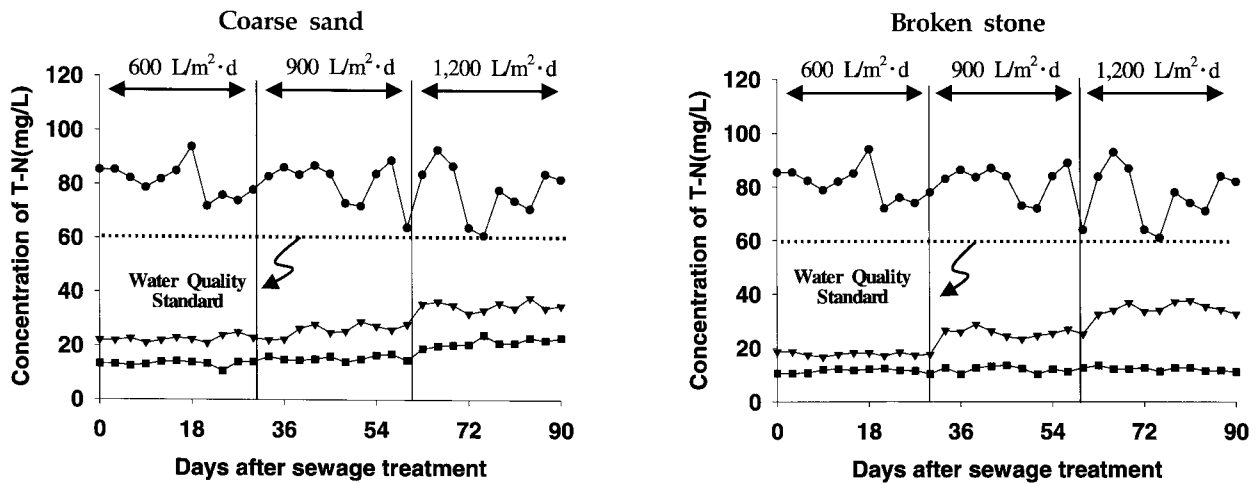


Fig. 7. Variation of T-N in the water according to sewage loading in small-scale sewage treatment apparatus. (● : Raw water, ▼ : Treated water in aerobic bed, ■ : Effluent)

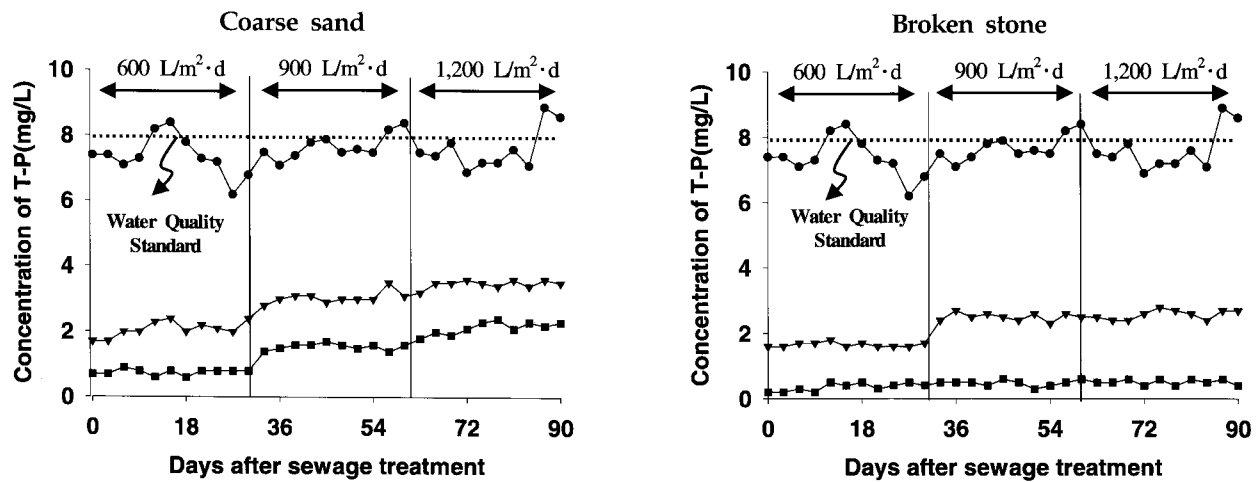


Fig. 8. Variation of T-P in the water according to sewage loading in small-scale sewage treatment apparatus. (● : Raw water, ▼ : Treated water in aerobic bed, ■ : Effluent)

류수수질기준¹⁶⁾이 질소농도 60 mg/L에서 20 mg/L으로 강화되면 질소의 처리효율 향상이 필요할 것으로 사료된다. 쇠석의 경우 호기성조 처리수에서 하수 부하량이 증가함에 따라 T-N의 농도가 점점 증가하는 경향이있지만 방류수에서는 10~14 mg/L정도로 안정적으로 처리되어 2008년부터 전수역에서 방류수수질기준¹⁶⁾이 질소 농도 60 mg/L에서 20 mg/L으로 강화되더라도 안정적으로 처리될 것으로 판단된다.

T-P의 경우 하수원수의 농도는 6.2~8.4 mg/L이었고, 왕사의 경우 호기성조 처리수 및 방류수 모두에서 하수 부하량이 증가함에 따라 T-P의 농도가 점점 증가하는 경향이있으나 방류수 수질기준¹⁶⁾인 8 mg/L을 만족하였다. 그러나 2008년부터 전수역에서 방류수수질기준¹⁶⁾이 인 농도 8 mg/L에서 2 mg/L으로 강화되면 인의 처리효율 향상이 필요할 것으로 사료된다. 쇠석의 경우 호기성조 처리수에서 하수 부하량이 증가함에 따라 T-P의 농도가 점점 증가하는 경향이있지만 방류

수에서는 0.2~0.6 mg/L정도로 안정적으로 처리되어 2008년부터 전수역에서 방류수수질기준¹⁶⁾이 인 농도 8 mg/L에서 2 mg/L으로 강화되더라도 안정적으로 처리될 것으로 판단된다.

호기-무산소-혐기 조건인 호기·혐기 일체형 소형 하수처리장치에서 하수 부하량 증가에 따른 수처리효율은 하수 부하량이 증가함에 따라 쇠석을 사용한 것이 왕사를 사용한 것에 비해 안정적으로 처리되었다. 따라서 농촌 전원 독립가구 소형 하수처리공법을 개발하기위한 최적여재는 쇠석이었으며, 하수 부하량은 1,200 L/m²·day까지 안정적인 수처리가 가능하였다.

하수 주입방법에 따른 수처리 효율

농촌 전원 독립가구 하수처리공법으로 개발되기 위한 최적조건은 호기-무산소-혐기 조건인 소형 하수처리장치에 여

재는 쇠석, 하수 부하량은 $1,200 \text{ L/m}^2 \cdot \text{day}$ 이었다. 그러나 농촌 전원 독립가구에서 배출되는 하수는 연속적이거나 일정한 유량으로 배출되는 것이 아니라 시간에 따라 간헐적으로 배출되므로 간헐적인 하수 주입에 따른 소형 하수처리장치의

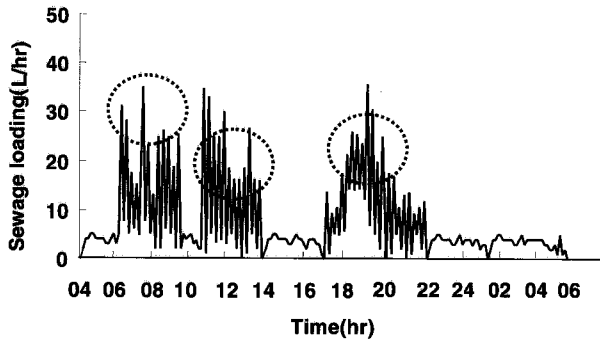


Fig. 9. Variation of sewage quantity according to time in the detached house.

적용여부를 판단해야 할 것이다¹⁷⁾. 따라서 우선 전원 독립가구에서 시간에 따른 하수의 배출경향을 조사하기 위해 농촌 전원 독립가구를 10가구 선정하여 하수유출량을 조사하여 평균한 결과는 Fig. 9에서 보는 바와 같다. 일반적인 농촌 전원 독립가구에서 하수의 배출시간은 오전 6시~오전 10시, 오전 11시~오후 14시 및 오후 17시~오후 20시에 대부분의 하수가 발생되었다.

따라서 쇠석을 사용한 농촌 전원 독립가구용 하수처리장치에서 동일한 하수 부하량인 $1,200 \text{ L/m}^2 \cdot \text{day}$ 에서 하수 주입방법을 연속적 주입방법과 일반적인 가정의 하수 배출경향에 맞춘 간헐적 주입방법으로 각각 달리하여 수처리 효율을 조사하였다. 소형 하수처리장치에서 하수 주입방법에 따른 오염물질의 처리효율을 조사한 결과는 Fig. 10~12에서 보는 바와 같다.

BOD의 경우 하수원수의 농도는 99~162 mg/L 정도로 변화 폭이 심하였으며, 호기성조 처리수에서는 간헐적 주입이 연속적 주입에 비해 약간 높은 농도로 처리되는 경향이있으

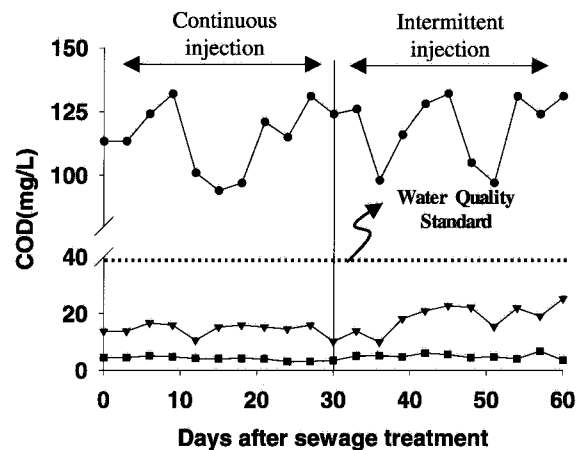
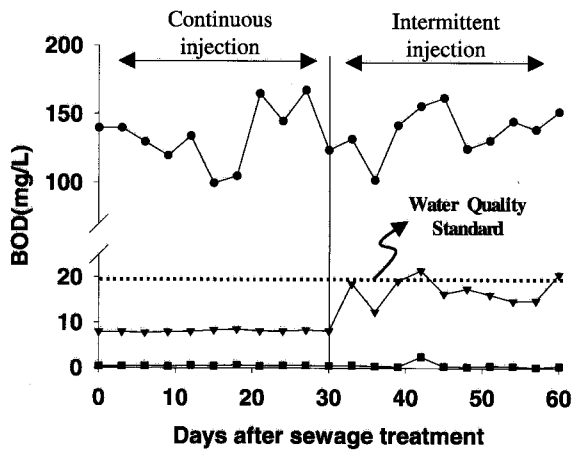


Fig. 10. Variation of BOD and COD in the water according to the injection method of sewage in small-scale sewage treatment apparatus. (● : Raw water, ▼ : Treated water in aerobic bed, ■ : Effluent)

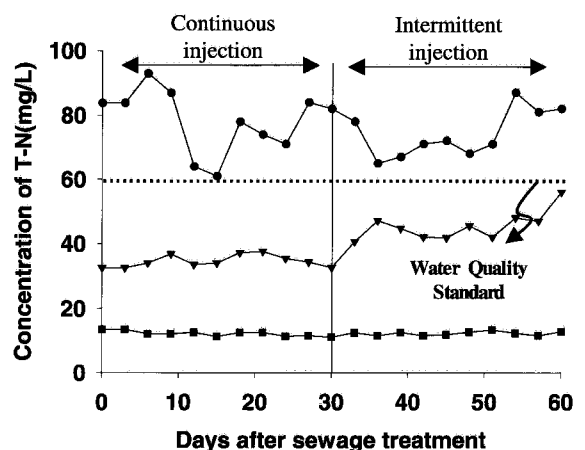
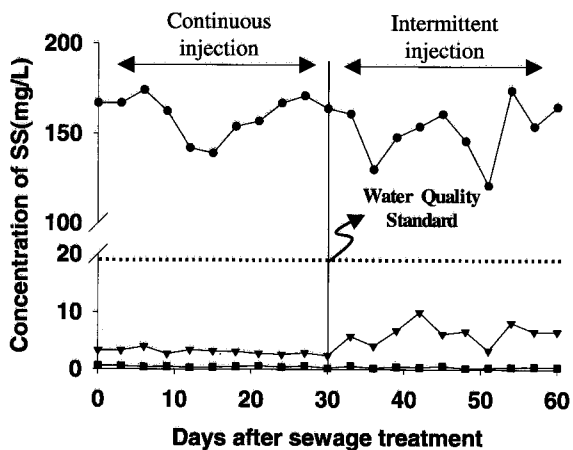


Fig. 11. Variation of SS and T-N in the water according to the injection method of sewage in small-scale sewage treatment apparatus. (● : Raw water, ▼ : Treated water in aerobic bed, ■ : Effluent)

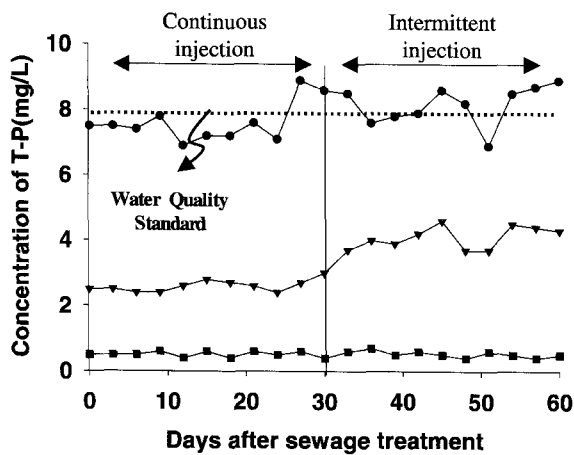


Fig. 12. Variation of T-P in the water according to the injection method of sewage in small-scale sewage treatment apparatus. (● : Raw water, ▼ : Treated water in aerobic bed, ■ : Effluent)

나, 무산소조와 혐기성조를 통과한 방류수 중에서는 하수 주입방법에 따라 별 차이 없이 안정적으로 처리되었다. 이와 같이 호기성조 처리수에서 간헐적 주입의 BOD 농도가 약간 높은 것은 순간적인 하수 부하량 증가에 따른 것으로 사료된다.

COD, T-N 및 T-P의 경우도 BOD와 비슷한 경향으로 호기성조 처리수에서는 간헐적 주입이 연속적 주입에 비해 약간 높은 농도로 처리되는 경향이었으나, 무산소조와 혐기성조를 통과한 방류수 중에서는 하수 주입방법에 따라 별 차이 없이 안정적으로 처리되었다.

SS의 경우 하수원수의 농도는 121~167 mg/L 정도이었고, 호기성조 처리수와 방류수 모두에서 하수 주입방법에 따라 별 차이 없이 안정적으로 처리되었다.

이상의 결과를 종합하면 농촌 전원 독립가구 하수처리공법으로 개발된 호기-무산소-혐기조건인 소형 하수처리공법은 수처리 효율뿐만 아니라 실제 농촌 전원주택에서 간헐적으로 발생하는 하수에 그대로 적용하더라도 현행 방류수수질기준¹⁶⁾ 뿐만 아니라 앞으로 2008년부터 강화될 방류수수질기준¹⁶⁾도 만족할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

자연정화공법에 의한 농촌 전원 독립가구 하수처리공법 개발을 위하여 호기성조와 혐기성조가 분리된 소형 하수처리장치에서 혐기성조 위에 호기성조를 포갠 일체형으로 공법을 개선한 소형 하수처리장치를 설계 및 시공하여 하수처리공법별, 하수 부하량 및 하수 주입방법에 따른 수처리 효율을 조사하였다.

소형 하수처리장치의 최적공법은 호기-무산소-혐기조건이었으며, 최적여체는 쇄석이었으며, 최적 하수 부하량은 1,200 L/m²·day이었다. 이러한 조건에서 농촌 전원 독립가구에서

간헐적으로 배출되는 하수에 대한 대응성을 조사하기 위해 하수 주입방법에 따른 하수처리효율을 조사한 결과 농촌 전원 독립가구 하수처리공법으로 개발된 호기-무산소-혐기조건인 소형 하수처리장치는 실제 농촌 전원독립가구에서 간헐적으로 발생하는 하수에 그대로 적용하더라도 현행 방류수 수질기준인 BOD 20 mg/L, COD 40 mg/L, SS 20 mg/L, T-N 60 mg/L 및 T-P 8 mg/L을 만족할 뿐만 아니라, 방류수 수질기준이 앞으로 BOD 10 mg/L, T-N 20 mg/L 및 T-P 2 mg/L로 강화되더라도 안정적으로 처리될 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과에서 농촌 전원 독립가구 하수처리공법으로 개발한 호기-무산소-혐기조건인 소형 하수처리장치는 BOD 99%, COD 95%, SS 99%, T-N 83% 및 T-P 96%로 질소처리효율을 호기성조와 혐기성조가 분리된 소형 하수처리장치에 비해 17%정도 향상시켰으며, 모든 조가 일체형이므로 부지면적을 최소화할 수 있다. 따라서 본 공법은 자연정화공법의 단점을 보완할 수 있으므로 농촌 전원 독립가구에 적합할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2004년도 농촌진흥청 농업특정연구과제 “낙동강수계 수질관리를 위한 자연정화공법에 의한 농촌 전원독립가구 하수처리공법 개발”의 연구결과 중 일부임.

참고문헌

1. 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.
2. 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.
3. Ministry of Environment (2000) White paper on the environment. Ministry of Environment Republic, Seoul (in Korean), 357-486.
4. Lim, B. S., Kim, J. S., Lee, C. G., and Jung, G. H. (2004) A study on the status of sewage treatment by the septic tank. Korean Society of Environmental engineers 2004 Spring time scholarship statement summariz, 1305-1306.
5. Seo, D. C. (2002) Development of sewage treatment apparatus by natural purification method. Master Thesis. Gyeongsang National University of Education, Korea.
6. Lim, S. C. (2003) Efficiency of sewage treatment by improvement of water treatment system in

- environmentally friendly constructed wetland. Master Thesis, Gyeongsang National University of Education, Korea.
7. Seo, D. C., Park, M. R., Kwak, N. W., Hwang, H. N., Lee, H. J., Cho, J. S., and Heo, J. S. (2006) Optimum depth and volume ratio of anaerobic bed for development of small-scale sewage treatment apparatus by natural purification method. *Kor. J. Environ. Agric.* 25(1), 14-24.
 8. Seo, D. C., Jang, B. I., Jo, I. S., Lim, S. C., Lee, H. J., Cho, J. S., Kim, H. C., and Heo, J. S. (2006) Selection of Optimum Water Plant in Constructed Wetland by Natural Purification Method for Municipal Sewage Treatment. *Kor. J. Environ. Agric.* 25(1), 25-33.
 9. APHA, AWWA, WCF (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
 10. Ministry of Environment (2000) The standard method of water analysis. Ministry of Environment Republic, Seoul (in Korean).
 11. Oh, B. K. (1999) A study of the nitrification and denitrification process on the sewage disposal water plants and pebbles, Korea National University of Education.
 12. Huang, J., Reneau, Jr., R. B., and Hagedorn, C. (2000) Nitrogen removal in constructed wetlands employed to treat domestic wastewater. *Wat. Res.* 34(9), 2582-2588.
 13. Lee, Y. D. and Kim, H. H. (1999) A study on the advanced treatment of wastewater by plants. *J. of The Korean Environmental Sciences Society* 8(1), 75-81.
 14. Lee, D. B., Kim, J. G., and Kang, J. G. (1994) Purification of animal wastewater using a reed-sand-filter system. *Korean J. Environ. Agric.* 13(2), 231-239.
 15. Henze, M., Harremoës, P., Janssen, J. C., and Arvin, E. (1995) Wastewater treatment-biological and chemical process. Springer Verlag.
 16. Ministry of Environment (2003) Environmental statistics yearbook. Ministry of Environment Republic, Seoul (in Korean).
 17. Park, H. G., Lee, C. S., Lee, H. J., Seo, D. C., and Heo, J. S. (2004) Development of constructed wetland using sand and oyster shell for sewage treatment. *Journal of Korean Society on Water Quality* 8(1), 75-81.
-