

鑛物 燒結體를 利用한 合併淨化槽 開發에 관한 研究

金光洙* · 金泳勳 · *姜憲贊

*釜山廣域市保健環境研究院 東亞大學校 資源工學科

Development of Amalgamated Septic Tank using Mineral Sintered Body

Kwang-Soo Kim*, Young-Hun Kim and †Heon-Chan Kang

*Pusan Metropolitan City, Institute of Health & Environment
Dept. of Mineral and Mining Engineering, Dong-A University

요 약

본 연구에서는 하·폐수 처리를 효과적으로 할 수 있도록 각종 비금속 광물들을 혼합하여 부착성 및 토양 미생물의 활동을 촉진시킬 수 있게 광물 소결체를 이용한 합병정화조를 도입하여 주택용 소규모의 생활 하수를 발생원에서 바로 처리하기 위하여 단독주택 2가구를 대상으로 소규모형 무산소-호기 공정 합병정화조 실험 장치를 설치하여 실험하였다. 그 결과 COD_{Mn}, BOD의 방류수는 10 mg/l 전후로 나타났고 총질소 (T-N)는 60~70% 정도까지 제거시킴으로 인해 외부에서 탄소원을 첨가하지 않고도 탈질을 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 총인 (T-P)은 80% 이상의 제거 효율을 나타내어 생물학적 처리 가능성을 확인할 수 있었다.

주제어: 비금속광물, 합병정화조, 광물 소결체, Compact형 무산소-호기공정

ABSTRACT

This study was introduced an amalgamated septic tank system using mineral sintered body was made from non-metallic minerals with a ability being attached or accelerating a vitality of soil microorganism for the effective wastewater treatment. Experimentally, we made an amalgamated septic tank applying anaerobic-aerobic process experimental facilities to two personal houses for handling a residential sewage directly on a small scale from the place of origin. The results are shown as follows, The COD_{Mn} and BOD of effluent were about 10 mg/l after the treatments and T-N removal efficiency was 60~70%. Moreover these results suggested the possibility of denitrification without adding organics and more than 80% of T-P removal also showed the possibility of wastewater treatment biologically.

Key words: non-metallic minerals, amalgamated septic tank, mineral sintered body, anaerobic-aerobic system

1. 서 론

우리나라에서 하루에 배출되는 하·폐수량은 2,200만 톤으로 이 중에 하수가¹⁾ 약 67%정도인 1,480만 톤을 차지하고 있어 수질을 개선하기 위해서는 하수의 적정처리는 필연적이라고 할 수 있다. 하수처리를 또한

60.9%로서²⁾ 나머지 39.1% 중의 일부는 오수정화시설 또는 정화조에서 처리되고 있으나 기존의 분뇨정화조의 경우 분뇨이외의 기타 생활오수는 정화대상에 포함되지 않을 뿐만 아니라 처리 후에도 BOD 150 mg/l 이상의 고농도 오염물질이 하천 등으로 그대로 배출되어 수질 오염을 가속화시키고 있다. 일반정화조로 개발된 국내·외의 제품은 하천이나 호소의 부영양화와 해마다 인근 해역의 양어장 피해 등의 원인이 되는 적조현상 등을

* 1999년 11월 10일 접수, 2000년 5월 16일 수리

† E-mail: ktwos@metro.pusan.kr

유발하는 질소와 인의 제거에 대한 근본적인 대책이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.^{3,8)}

한편, 발생원이 산재하여 경제적 및 기술적인 문제점으로 인해 하수관 건설이 어려운 농·어촌이나 중·소도시 외곽 지역의 각 가정 및 소부락 단위에서 오염물질을 처리하기 위하여 국내외의 많은 학자들에 의해 소규모 및 중규모의 합병정화조에 대한 연구가 진행 중에 있다. 일본의 北尾 高嶺은⁶⁾ 정화조의 새로운 기술개발의 전망과 고도처리에 대해서 연구하였고 櫻井 敏郎⁷⁾ 등은 소규모 합병정화조의 고도처리에 대해서 연구하였으며 山本 康次⁴⁾ 등은 중규모 및 대규모 합병정화조의 고도처리에 대해서 연구하였으며 橋森 悠平⁹⁾ 등은 고도 합병처리 정화의 보급 및 수환경 개선에 대한 연구들이 있다. 국내에서는 97년 이후부터 합병정화조가 보급사업으로 실시되어 팔당호 인접지역을 중심으로 설치치가 증가하고 있는 실정이다.

본 연구자들은 하수를 효과적으로 처리 할 수 있도록 각종 비금속 광물들을 혼합하여 부착성 미생물 및 토양 미생물의 활동을 촉진시킬 수 있는 다공성 광물 소결체를 활용한 합병정화조를 도입하여 발생원에서부터 오염물질을 효율적으로 처리할 수 있는 합병정화조에 관한 연구를 하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 주택용 소규모의 생활하수를 발생원에서 바로 처리하기 위해서 단독주택 2가구를 대상으로 하여 소규모의 무산소-호기 공정의 합병정화조 실험장치를 설치하여 국내생활하수의 처리를 위한 고효율의 소규모 오·폐수 정화장치의 연구개발에 그 목적을 두었다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 실험재료

실험에 사용한 담체는 본 실험실의 공동연구팀에서 제조한 광물 소결체로서¹⁰⁾ Table 1 에 화학적 조성을 나타내었다.

그리고 Table 2 에 광물 소결체의 물리적 특성을 나타내었다. 비표면적은 5.3~5.8 m²/g, 진비중은 2.42~2.52 정도이고 겉보기 비중은 0.68~0.74이며 공극율은

Table 2. Physical characteristic of ceramic media

Item	Measurement value
Surface area	5.3~5.8 m ² /g
True specific gravity	2.42~2.52
Apparent specific gravity	0.68~0.74
Porosity	71~73%
Electric conductivity	10 ⁻¹² ~10 ⁻¹³ Ω ⁻¹ · m ⁻¹
Thermal conductivity (λ)	0.05~0.5 Kcal/m · h · °C
Cation exchange capacity (C.E.C)	± 60 meq/100 g
Compressive strength	90~180 kg/
Size (φ)	5 mm
Type	granule, ball, cylinder

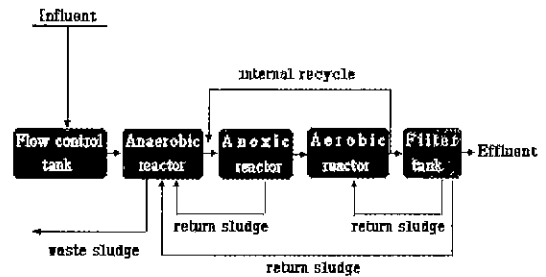


Fig. 1. Municipal wastewater and sludge flow sheet of research equipment

71~73% 정도를 나타내고 있고 크기는 5 mm 를 사용하였으며 형태는 실린더형을 선택하여 실험하였다.

2.2. 실험 장치 및 방법

본 연구의 합병정화조 실험장치의 모식도를 Fig. 1 에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 유량조정조, 혐기조, 무산소조, 포기조 그리고 샘플 여과조로 구성되어 있고 유량조정조에서 혐기조로의 흐름과 내부반송은 공기부상장치(air lift)를 사용하였고 나머지 흐름은 수도차를 이용하여 자연유하식으로 흐르게 하였다.

질소 제거를 위해 포기조에서 무산소조로 내부반송 비율은 정확하게 예측할 수 없었기 때문에 무산소조의 DO 농도가 0.2 mg/l 이하로 유지되어 질산염이 환원되어 처리될 수 있도록 운전하였다. 또한 인(P)의 제거를 위해 생물여과조에 생성되어 있는 슬러지를 인발하여 처리하는 것이 정상이지만 합병정화조의 특성상 슬러지

Table 1. Chemical component of activated ceramic

Component	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	note
%	86.14	6.32	1.83	0.89	1.10	2.34	1.16	0.22	100

의 인발이 불가능하기 때문에 생물여과조에 생성된 슬러지의 처리는 혐기조로 반송시켜 혐기조에서 주기적으로 슬러지를 인발시켜 처리하고자 하였다. 하지만 본 연구기간이 2달 정도로 짧아서 슬러지가 인발시킬 정도로 많이 발생하지 않아 정확한 슬러지 발생량은 측정할 수 없었다. 각 조의 특성을 나타내면 다음과 같다.

혐기성 반응조는 0.5 m^3 의 용량을 가지며 층상(sheet)으로 광물 소결체를 조 용량의 30%를 충전시키고 용존 산소의 농도는 0.1 mg/l 정도로 유지시켰다. 무산소 반응조는 0.3 m^3 의 용량을 가지며 광물 소결체를 sheet 상으로 조 용량의 5%가 되도록 충전하였으며 정류판(baffle)을 이용하여 2개조로 나뉘어져 있으며 각 조에는 6개의 입상을 상하로 엇갈리게 배치하였다. 용존 산소의 농도는 0.2 mg/l 정도로 유지시켰다. 호기성 반응조는 0.8 m^3 의 용량으로 광물 소결체를 sheet 상으로 조 용량의 5%가 되도록 충전하였으며 정류판에 의해 3개조로 나뉘어져 있고 각 조에 3개씩 모두 9개의 sheet를 상하로 엇갈리게 배치하여 무산소 반응조와 호기성 반응조에서는 하수가 sheet 상을 수직으로 통과하도록 설치하여 미생물과 하수의 접촉이 원활하도록 하였고 용존 산소 농도는 2.0 mg/l 이상이 유지되도록 운전하였다. 여과조는 0.3 m^3 의 용량을 가지며 층상으로 광물 소결체를 2단 이상으로 조 용량의 30%를 충전시켰으며 처리 과정을 거친 후에는 월류판(weir)을 통해 처리수가 넘어가도록 설치하였다.

본 연구과정에서 사용한 실제 실험장치의 모습을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 본 실험에서는 기존의 합병정화조처럼 지하 공간에 설치하여 실험해야 하지만 운전 상황에 따라서 수동으로 운전 조건을 조작하기 위해 노출시켜서 실험하였다.

본 실험에 사용한 대상 폐수는 단독주택 2가구(각 가구 당 5인 가족으로 구성)의 분뇨와 생활 잡배수가 혼합된 생활하수이다. 유입 하수량은 하루에 2000 l 이며 유량 반송과 슬러지 반송은 공기부상장치를 이용하였다.



Fig. 2. Experimental equipment of amalgamated septic tank.

유입수의 평균 pH는 8.0이고 평균온도는 22.4°C 로 실험 기간이 여름부터 초가을까지(7월 15일~9월 15일)로 다소 높은 편이다. 이들 각 반응조의 운전 및 설계조건을 Table 3에 나타내었다.

광물 소결체에 미생물 부착은 10일 정도의 미생물 식중 기간을 거친 후 사용하였다. 그리고 시료의 채취는 매일 동일 시간(오전 10시~11시)에 채취하였으며 시료의 분석은 Standard Methods에¹¹⁾ 준해서 분석하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 단독 주택의 오수 및 분뇨를 대상으로 2개월 정도 연구하는 과정에서 유입수를 매일 동일한 시간대에 시료를 채수하여 실험했음에도 불구하고 유입수의 오염 농도의 변동폭이 매우 큰 것을 볼 수 있었다. 이것은 가정에서 배출되는 하수가 일정하지 않고 시간별 변화나 일별 변화가 심한 것을 알 수 있었다.

이런 관점에서 현재 사용되고 있는 정화조를 고려한다면 운전상에서 볼 때 시간별이나 일별의 오염 농도의 변화에 따른 충격 부하의 영향이 있을 것으로 사료되어졌다. 따라서 본 연구에서는 이런 문제를 해결하고 유

Table 3. Plant condition of each reactor

Reactor	Condition	Volume (m^3)	HRT (hr)	Media loading ratio (%)	Media loading type
Anaerobic reactor		0.5	6	30	Bed type
Anoxic reactor		0.3	1	5	Sheet type
Aerobic reactor		0.8	10	5	Sheet type
Biofilter reactor		0.3	4	30	Multi layer bed type

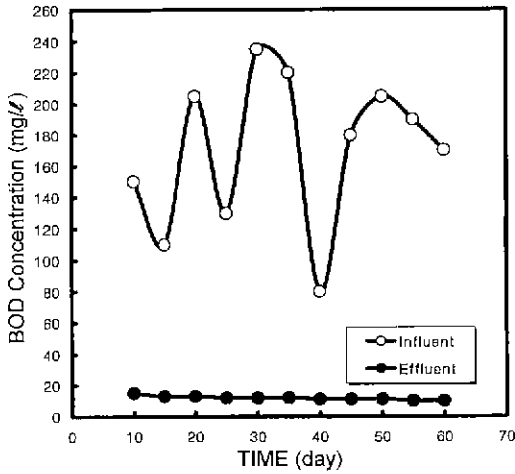


Fig. 3. Variation of BOD concentration.

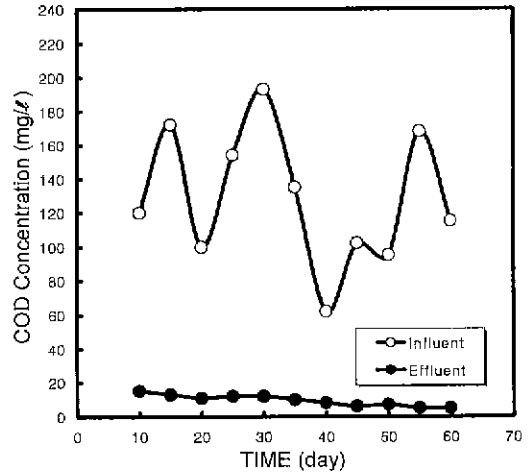


Fig. 4. Variation of CODMn Concentration.

출수의 유기 오염 농도를 대폭 낮추기 위한 소규모 오수 및 하·폐수 정화 장치의 개발을 위하여 Fig. 1의 흐름도에 따라 유입수와 유출수를 채수하여 COD_{Mn}, BOD, T-P, T-N, 및 SS의 농도 변화를 분석하면서 실험 장치를 운전한 결과는 다음과 같다.

3.1. BOD의 제거효과

유입수 및 유출수를 채수하여 BOD의 제거 효율을 측정된 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 유입수의 BOD는 80~230 mg/l 정도로 COD_{Mn}와 마찬가지로 그 변동폭이 매우 심하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그러나 본 실험 장치를 거쳐서 방류되는 방류수는 15 mg/l 전후로 일정하게 방류되고 있는 것을 볼 수 있다.

이것은 현재 오수 정화 시설의 방류수 수질 기준이 특정 지역에 대해 생물화학적 산소 요구량(BOD)은 30 mg/l 이하로 규정되어 있으므로 오수 및 하·폐수 정화 장치로써는 충분하며, 앞으로도 합병 정화조 설치가 의무화되고 하수 처리장의 방류수 기준과 동일한 방류수 기준인 20 mg/l 가 적용되는 경우에도 충분히 만족시킬 것으로 사료된다.

3.2. COD_{Mn}의 제거효과

COD_{Mn}의 측정과 동일하게 동일시간대에 유입수와 유출수를 채수하여 COD_{Mn}의 제거 효율을 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

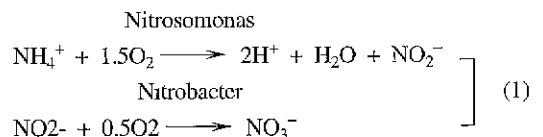
Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 유입수의 COD_{Mn}

농도는 60~195 mg/l 정도로 그 변동폭이 매우 심하게 나타나는 것을 알 수 있다. 본 연구 장치를 거쳐서 방류되는 방류수의 수질은 초기 30일 정도에서는 10 mg/l 전후로 배출되었으나 시간이 지나면서 8 mg/l 이하로 안정적으로 처리되는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 4에서 볼 수 있는 것과 같이 유입수 농도의 큰 변동에도 일정하게 유출되는 것으로 보아 미생물들이 안정적으로 활동한다는 것을 추측할 수 있었다.

3.3. 질소 (N) 제거효과

최근 국내에서는 하천의 부영양화와 바다의 적조 등의 발생으로 인하여 여러 가지 문제점들이 발생함으로써 하·폐수 중에 있는 질소와 인의 제거에 많은 관심을 가지고 있다. 그러므로 여러 학자들이 하수처리 과정에서 질소와 인의 제거를 위하여³⁻⁸⁾ 3차 처리 시설 설치의 필요성을 주장하고 있는 실정이다.

본 연구는 소규모 하·폐수 및 오수처리 장치의 개발을 위한 실험 장치에 질소의 제거 효율을 높이기 위하여 Fig. 1과 같이 호기성 반응조에서 나온 일부의 유량을 순환시키는 system을 선택하게 되었다. 이때 순환되는 유량은 무산소조의 용존 산소가 0.2 mg/l 를 넘지 않을 정도의 유량을 반송시켜 운전하였다



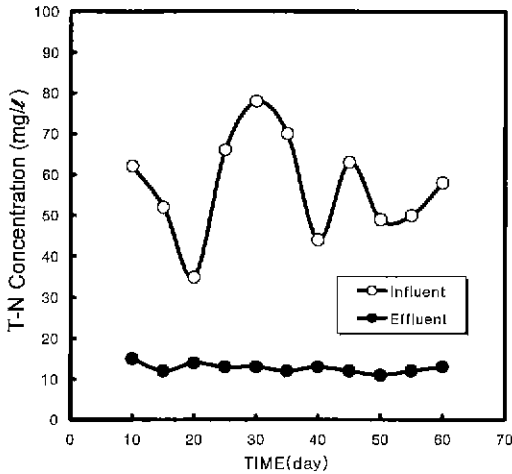


Fig. 5. Variation of T-N concentration.

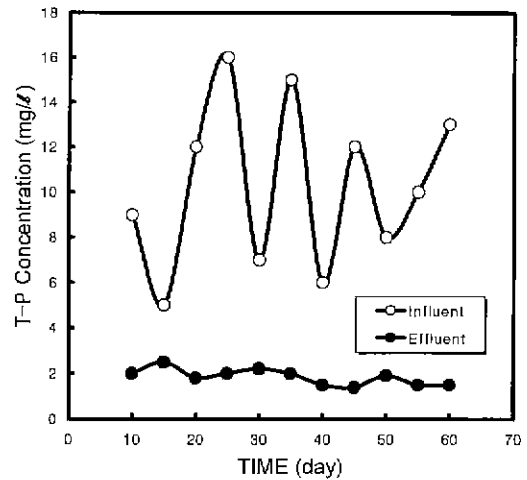
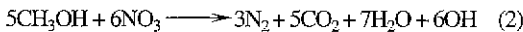


Fig. 6. Variation of T-P concentration.



식 (1)에서 볼 수 있는 것과 같이 일반적으로 폐수 처리 과정에서 대부분의 질소는 호기성 반응조를 거치는 과정에서 질산(NO_3^-)으로 산화된 상태로 존재하게 된다. 이것을 질소가스(N_2) 상태로 환원시키기 위하여 식 (2)와 같이 탄소원으로 메탄올을 사용하여 탈질시키고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 이 경우 1g의 NO_3^- -N이 탈질됨에 따라 2.47g의 메탄올 즉, 3.7g의 COD가 소요되는 것으로 보고되어져 있다.¹²⁻¹⁴⁾ 그러나 본 연구에서는 폐수 처리 과정에서 탈질을 위하여 유기 물질을 외부에서 공급하지 않고 무산소조에 있는 오염 물질을 탄소원으로 하여 자체적으로 해결하고자 하였다. 무산소조의 COD_{Mn} 농도가 37.1~72.6 mg/l 이기 때문에 외부의 탄소원의 유입 없이 탈질이 가능하다고 판단하였다. T-N의 제거 효율을 실험한 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5에서 볼 수 있는 바와 같이 유입수의 총질소(T-N)는 30~75 mg/l 정도로 그 변동폭이 상당히 큰 것을 볼 수 있었으나 유출수의 경우는 총질소가 60~80% 정도 제거되어진 10~15 mg/l 정도로 일정하게 배출되는 것을 볼 수 있어 1996년 1월에 제정된 하수 종말 처리시설의 방류수 배출 기준을 충분히 만족시켜 주고 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 합병 정화조 내에서 외부에서 탄소원의 공급 없이 자체적인 탈질이 가능함을 알 수 있었다.

3.4. 인 (P)의 제거효과

부영양화의 원인물질중의 하나로 질소 이외에 인에

관해서도 많은 연구자들이 관심을 가지고 있다. 자연수 자체에 부하되는 인은 부하 경로에 따라서 점오염원과 비점오염원으로 대별 할 수 있다. 점오염원으로 생활 하수와 각종 산업 폐수를 대표적으로 나타낼 수 있고 비점오염원으로는 농경지 유출수와 축산 폐수가 주요인이 되고 있다. 도시 하수에는 음식물 찌꺼기와 분뇨가 인의 주 배출원이었으나 합성 세제의 보급에 의해 인의 배출이 급격히 증가하고 있는 추세이다.

폐수 중에 인의 제거에 관해서는 일반적으로 화학적 처리로¹⁵⁾ 칼슘(calcium), 알루미늄(aluminum), 철(iron) 등의 염을 투입하여 불용성 침전을 유도 한 후 침전지 혹은 여과지에서 제거한다. 한편 인은 생물의 성장에 중요한 필수 영양소이기 때문에 생물학적인 하·폐수 처리 과정에서는 세포 합성에 의하여 일부가 제거된다.

본 연구에서는 소규모의 오수 및 폐수 장치에서 화학적 처리를 할 경우 경제적인 문제는 물론 침전물의 처리 및 운전에 막대한 어려움이 따르기 때문에 생물학적 처리에 관심을 가지고 인의 제거 효율 실험을 하여 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 6에서 볼 수 있는 것과 같이 유입수의 총인(T-P)의 농도는 5~16 mg/l 정도로 일별에 따라서 상당히 농도 변화가 일어나고 있는 것을 볼 수 있었다. 그러나 유출수의 경우는 폐수 중의 인이 80%정도 제거되어진 1~2 mg/l 정도로 낮아져 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 본 연구 과정에서는 부영양화의 원인이 되는 인의 제거를 생물학적으로도 처리가 가능할 수 있음을 확인할 수 있었다.

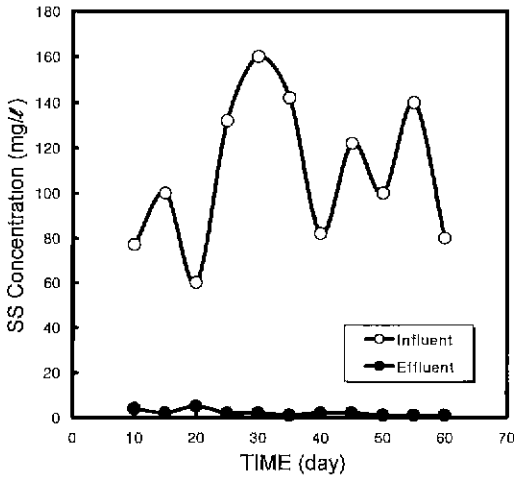


Fig. 7. Variation of SS concentration.

4.5. 부유물질 (SS) 의 제거

일반적으로 하·폐수처리 과정에서 생물학적인 처리를 할 때는 유기오염 물질의 제거가 주 대상이 된다. 한편으로 부유 물질(SS)의 제거도 BOD의 제거와 같은 의미로 보는 경우도 많이 있으며 일반적으로 육안으로 관찰할 때 부유 물질의 존재 여부는 물의 맑기 정도를 나타내므로 본 연구 장치에서 부유 물질이 어느 정도 제거되는가를 관찰하여 보았다. 여기에서도 앞의 경우와 동일한 조건에서 유출수와 유입수를 채수하여 분석한 결과는 Fig. 7 과 같다.

Fig. 7 에서 볼 수 있는 바와 같이 유입수의 부유 물질의 농도가 60~180 mg/l 정도로 일별의 변화 폭이 큰 것을 볼 수 있었다. 그러나 유출수의 경우는 부유 물질의 농도가 1 mg/l 정도로 안정적으로 배출되는 것을 볼 수 있으므로 SS 제거 과정을 검토할 때 방류수가 상수원수의 1급수 수준에 도달할 정도로 우수함을 알 수 있었고 앞으로 국내의 합병 정화조 보급 가능성을 기대할 수 있었다.

4. 결 론

소규모 사업장이나 도시외곽지역 및 농·어촌 등에서 발생하는 하·폐수 및 오수를 정화시키고 또한 물의 재사용가능성을 위하여 소규모 오수 및 하·폐수 정화장치의 개발을 위하여 광물 소결체를 활용한 합병정화조를 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 유입수의 COD_{Mn}, BOD의 농도의 변동폭이 매우

큰 것을 볼 수 있었으나 본 실험 장치를 통과한 후의 유출수의 COD_{Mn}, BOD의 농도는 10 mg/l 전후로 안정적으로 배출되는 것을 볼 수 있어 유입수의 농도 변화의 충격에도 안정적인 것을 볼 수 있었다.

2. 부영양화의 원인이 되는 오·폐수 중의 총질소(T-N)의 제거를 위하여 호기성 반응조를 거친 일부의 유량을 무산소 반응조로 역순환시키는 연구 과정에서 총질소(T-N)를 60~70% 정도 제거시킬 수 있어 외부에서 탄소원을 첨가하지 않고도 탈질을 할 수 있음을 알 수 있었다.
3. 일반적으로 총인(T-P)의 제거에 관해서는 화학적 처리가 아닌 생물학적처리의 효율은 매우 낮은 것으로 보고되어져 있었으나 본 연구 과정에서 생물학적 처리로 총인의 제거가 80%의 제거 효율을 보임으로써 총인의 제거를 위한 생물학적 처리의 가능성을 볼 수 있었다.
4. COD_{Mn}, BOD, T-N, T-P 및 SS의 결과를 종합하여 보면 농·어촌 지역이나 도시외곽지역에서 발생하는 하·폐수 및 오수를 정화시킬 수 있는 정화장치로서의 합병정화조 장치개발이 가능할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 환경처, 환경백서 (1996).
2. 서정범 : "세라믹 여체를 충전한 생물막 여과법에 의한 오수처리", 첨단환경기술, 5, 2-6 (1999).
3. 稻森悠平, 松重一夫, 須藤隆一 : "嫌氣性ろ床・トレンチ순환處理法における生活排水の有機物, N, P 同時除去", 用水と廢水, 32(2), 145-152 (1990).
4. 山本康次 : "中規模・大規模 合併處理 淨化槽の高度處理", 用水と廢水, 38(7), 40-44 (1996).
5. EPA, Manural Nitrogen Coontrol. EPA/625/R-93/010 (1993).
6. 北尾高嶺 "淨化槽の新しい技術開發の展望", 用水と廢水, 38(7), 36-39 (1996).
7. 櫻井敏郎, 田所正晴, 小川雄比古 : "小規模 合併處理 淨化槽の高度處理", 用水と廢水, 38(7), 28-35 (1996).
8. Imura. M. Sate Y., Inamori. Y., Sudo. R. : "Development of a high-efficiency household biofilm reactor", Wat. Sci. Tech., 31(9), 163-171 (1995)
9. 稻森 悠平, 高井 智丈, 水落 元之, 須藤 隆一 : "高度合併處理淨化槽の普及と水環境改善", 用水と 廢水, 38(7), 45-54 (1996).
10. 김영훈 · "미생물 활성용 폐수처리 세라믹 담체의 개발에

관한 연구”, 71-108. 박사학위논문, 동아대학교, 한국, (1999)

11. APHA, EPA, and AWWA., Standard method for the examination of water and wastewater, 17th Edition. American Public Health Association, Washington. U S.A. (1992).

12 이상은 : “오 · 폐수의 질소 · 인 고도처리기술”, 환경기술, 1, 10-25, (1995)

13. 최의소 : “하수처리장으로부터의 질소제거”,水道, 69, 23-46 (1994).

14. Christansen, J. A., P. Harremoës “Biological denitrification of sewage : A literature review”, Prog Water Technol., 8, 509-555 (1977).

15. 須藤陸一 編, 金應鎬 譯 : “環境淨化를 爲한 微生物學”, 152-153, 일진사, 서울, 한국 (1995).



金光洙

- 1992년 경성대학교 환경공학과 공학 석사
- 2000년 동아대학교 자원공학과 공학 박사
- 현재 부산광역시 보건환경연구원 연구사



金泳勳

- 1994년 동아대학교 자원공학과 공학사
- 1996년 동아대학교 자원공학과 공학 석사
- 2000년 동아대학교 자원공학과 공학 박사



姜憲贊

- 1980년 동아대학교 금속공학과 공학 석사
- 1986년 동아대학교 금속공학과 공학 박사
- 현재 동아대학교 지구환경공학부 교수

《광 고》 본學會에서 發刊한 자료를 판매하오니 學會사무실로 문의 바랍니다

- EARTH '93 Proceeding(1993) 457쪽, 價格 . 20,000원
(International Symposium on East Asian Recycling Tchnology)
- ~ 자원리사이클링의 실제(1994) 400쪽, 價格 : 15,000원
- * 학회지 합본집 I, II, III 價格 : 40,000원, 50,000원(비회원)
(I: 통권 제1호~제10호, II: 통권 제11호~제20호, III: 통권 제21호~제30호)
- * 한 · 일자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 483쪽, 價格 . 30,000원
- * 한 · 미자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 174쪽, 價格 : 15,000원
- * 자원리사이클링 총서I(1997년 1월) 311쪽, 價格 : 18,000원
- * 日本의 리사이클링 産業(1998년 1월)395쪽, 價格 . 22,000원, 발행처 文知社
- * 리사이클링백서(자원재활용백서) 440쪽 價格 : 15,000원 "