

질산염을 함유한 폐수의 상향류식 공법에 의한 혐기성 처리

이원식 · 은종극
대구보건대학 보건위생과

Anaerobic Treatment of Wastewater containing Nitrate by Upflow Process

Won-Sik Lee · Jong-Geug Eun
Dept. of Health Hygiene, Taegu Health Collage

Abstract

This research was investigated with denitrification of wastewater containing nitrate, using upflow anaerobic sludge blanket process. The upflow anaerobic sludge blanket process is also used for both artificial and industrial wastewater. Main ingredients investigated in the artificial and industrial wastewater experiment were the determination of optimum organism/nitrate ratios, nitrate removal efficiency by various hydrogen donor addition and characteristics of granular sludge and gas production in case of various hydrogen donor addition. From the experimental results the following conclusions were made: In case of adding methanol, ethanol and sodium acetate as hydrogen donor granular sludge was formed 50days after seeding. Average diameter of granular sludge was 4.0mm and settling velocity was 37cm/min. Production rate of gas was 3.3L/d in case of adding methanol as hydrogen donor in wastewater containing 150mg/L nitrate. However adding ethanol and sodium acetate as hydrogen donor, gas production rate were 2.2~2.7L/d respectively. In case of adding methanol as hydrogen donor treatability of artificial wastewater contained 150mg/L as nitrate was about 93%. But in addition of sodium acetate in wastewater contained 40mg/L as nitrate, nitrate removal efficiency was 80%.

I. 서론

산업의 발달과 인구의 도시 집중화로 인해 배출량이 증가되고 있는 오·폐수에는 질소, 인 등의 영양물질이 다량 함유되어 있기 때문에 호수나 댐은 유입된 오·폐수에 의해 부영양화가 유발되어 생활용수로써의 가치가 상실되고 있다. 부영양화

된 정체수역에서는 수서 식물이 사멸 분해 될 때 질소, 인 등의 영양물질이 다시 수중에 방출되어 또다른 수서 식물이 과도 성장 하게되어 수질을 점점 악화시켜 수자원의 이용에 심각한 장애를 일으키고 있다. 또한 내만, 내해 등의 연안 해역에 유입된 산업폐수와 질소, 인 등의 영양염류를 함유한 도시하수가 유입되므로 인해 해수의 염도가

낮아지고 수온이 높아져서 일어나는 적조현상으로 인해 양식 어업에 막대한 피해를 주고 있다. 상수의 원수에 함유된 영양염류로 인해 이상 증식된 조류는 정수과정에서 여과장해, 염소 소독 시에는 발암성 물질인 THM(Trihalomethane) 생성 등의 문제를 유발시키고 있으며 특히 음용수에 함유된 질산성 질소는 유아의 청색증(methemoglobinemia), 갑상선종(goiter)의 원인이 되기도 한다¹⁾. Zakrzewski²⁾는 체내에 유입된 질산성 질소는 N-nitroso 화합물을 생성하여 발암의 전구물질이 된다고 보고하였으며 Bouchard³⁾ 등은 질산성 질소의 섭취와 위암의 발병과의 상관관계에 대하여 연구 보고한 바도 있다. 최근에는 지하수가 질산성 질소에 오염되는 경우도 점차 증가되고 있는 실정이다⁴⁾. 그러므로 이러한 문제를 미연에 방지하기 위하여 질소와 인등의 영양염류 유입을 제어하여 청정한 빈 영양 (oligo tropic) 상태의 수원이 유지되도록 관리하기 위해서는 오·폐수에 함유된 질소의 효과적인 제거방법을 시급히 개발해야 할 것이다. 또한 기존의 오·폐수처리 시설은 주로 유기물과 고형물을 제거하기 위해 설계 운전되고 있기 때문에 오·폐수내의 질소, 인등의 영양염류는 거의 제거되지 않는 실정에 있다. 뿐만 아니라 1996년부터는 지표수의 부영양화 방지와 상수원의 수질보호를 위해 모든 배출수 수질기준에 질소와 인이 규제항목에 추가되어 있기 때문에 질소와 인을 제거할 수 있는 효율적인 수처리기술의 개발이 요망되고 있다. 오·폐수 중에 함유된 질소를 제거하기 위한 방법으로는 활성탄 흡착법, 이온교환법, 역삼투법, 전기투석법, 산화환원법, 화학적 응집법 등의 이화학적 방법 있으나 그 처리비용이 과다하여 비경제적이다. 생물학적인 방법에는 재래식 혐기성 처리법이 있으나 처리속도가 늦기 때문에 반응조의 용량이 커야하므로 초기 투자비용이 많이 들고 처리 효율이 좋지 않기 때문에 제한적으로 사용되거나 저 농도 폐수 처리에는 비경제적이라고 알려져 왔다. 최근에는 재래식 혐기성 폐수처리법의 단점을 보완하고 처리효율이 높은 신 공법들의 개발이 활발히 진행되고 있다. 최근에 개발된 신 공법은 혐기성 미생물을 고농도로 유지시켜서 처리효율을 높일 수 있기 때문에 반응

조의 용량을 줄일 수 있으며 충격부하에 대한 영향도 적으며 저 농도의 유기성 폐수의 처리도 가능하다 알려져 있다.⁵⁾ 이 공법들은 혐기성 미생물을 고농도로 유지하기 위해 미생물의 자기고정화 특성을 이용한 것이 특징이며 불활성 여재가 고정되어 있는 상태에서 미생물이 부착됨으로써 고농도의 혐기성 미생물을 유지시키는 방법으로는 Upflow Anaerobic Filter⁶⁾와 Downflow Stationary Fixed Film⁷⁾ 공법이 있고 유동상 여재에 미생물을 부착시키는 방법으로는 Fluidized Bed Reactor⁸⁾ Anaerobic Gas Lift Reactor⁹⁾ 등이 있다. 폐수중의 질소제거를 위하여 McCarty¹⁰⁾, Moore¹¹⁾ 등은 호기성 활성슬러지 방법을 제안하였으며 Hashimoto¹²⁾는 혐기성슬러지를 이용하여 초산나트륨을 수소공여체로 첨가하는 방법, Miyaji¹³⁾는 탄소원으로 원폐수를 사용하는 방법을 연구보고 하였다. Barth¹⁴⁾, Jewell¹⁵⁾ 등은 충전상 반응기를 이용하여 질산염함유 폐수를 처리하는 방법을 제안하였으나 반응기의 폐쇄현상이라는 단점이 발견되었다. 이 단점을 보완하기 위해 Jeris¹⁶⁾ 등은 입상활성탄을 충전제로 사용한 유동상 반응기를 이용하는 방법을 연구하였으며, 또한 질소와 인을 생물학적으로 동시에 제거하는 방법으로는 Bardenpho, Phoredox, UCT공법 등이 제안되었다¹⁷⁾. 최근에는 Klapwijk, Tohozawa^{18,19)} 등에 의해 Latinga²⁰⁾가 개발한 Upflow Anaerobic Sludge Blanket를 이용한 고정화 혐기성 미생물에 의한 폐수의 질소제거를 위한 공법이 보고된 바 있다²¹⁾. 폐수처리에서 이상적인 고정화 폐수정화 미생물의 조건을 든다면 증식속도가 빠르고, 기질 소비 속도가 크고 유지 대사계수가 크며, 세포의 수명이 길고, 약조건의 환경에서 잘 적응 될 수 있을 것 등이다.

위의 조건에 적합한 UASB공법에서의 혐기성 슬러지의 입상화에 대한 미생물학적 특성을 이용한 질소제거 방법을 유럽 및 일본 등지에서는 활발한 연구가 진행되고 있다. 한편 국내에서도 UASB공법을 이용한 메탄생산, 제지폐수처리 등에 대한 연구보고는 있었으나 질소제거를 위한 USB공법에 대한 연구는 아직 일천한 단계라고 할 수 있다.

본 연구에서는 질산염을 함유한 폐수를 처리할 목적으로 상향류식 혐기성 슬러지 공법으로 합성 폐수와 도살장 폐수의 처리수를 대상 폐수로 선정하여 슬러지의 입상화, 가스발생, 부하율 변동에 따른 질소제거, 수소공여체별 최적 COD/Nitrate의 비율 등의 항목을 고찰한 바를 정리 기술하였다.

II. 실험장치 및 방법

1. 실험장치

Fig. 1.과 같이 내경이 75 mm, 높이 1200 mm인 PVC원관을 이용하여 용량이 6.0 Liter인 Upflow Sludge Blanket Reactor 4개를 제작하여 실험을 진행하였다. 반응조는 내부온도가 $37 \pm 2^\circ\text{C}$ 를 유지하도록 온도 자동조절 장치를 부착한 항온조내에 설치하였다. 폐수의 유입장치는 반응조의 하부에 설치하고 폐수가 반응 조에 균일하게 분배 주입 되도록 하기 위하여 반응조 바닥에 원뿔형 분배장치를 제작 부착하여서 상향류가 되게 하였으

며, Sigma pump를 설치하여 유량을 조절하였다. 또한, 유입수의 단 회로 방지 및 반응조내의 미생물과 유입폐수의 원활한 접촉을 위해 Distributor를 설치하였다. 동시에 폐수의 분해시에 생성되는 가스, 슬러지 및 처리수의 분리가 용이하도록 반응조의 상부에 3상 분리장치인 Gas-Liquid-Solid Separator 장치를 설치하였다. 그리고, 반응조 내부의 반응조건 및 상태를 알기 위해서 베드부 블랭킷부 및 상부의 정체대부에 시료 채취 구를 설치하였다. 발생한 가스는 반응조내의 Gas-Liquid-Solid Separator 장치를 통하여 처리 수와 분리되어 가스관을 통하여 가스 포집조에 포집되게 하였다.

2. 실험 방법

실험을 위한 식종 슬러지는 대구시에 소재하고 있는 하수 종말 처리장의 혐기성 슬러지를 채취하여 40 Mesh로 사별한 후 3.6 Liter의 식종슬러지를 반응조에 투입한 후 5일간 반응조 내부가 혐기화 되도록 방치한 후 시료를 주입하였다. 슬러지

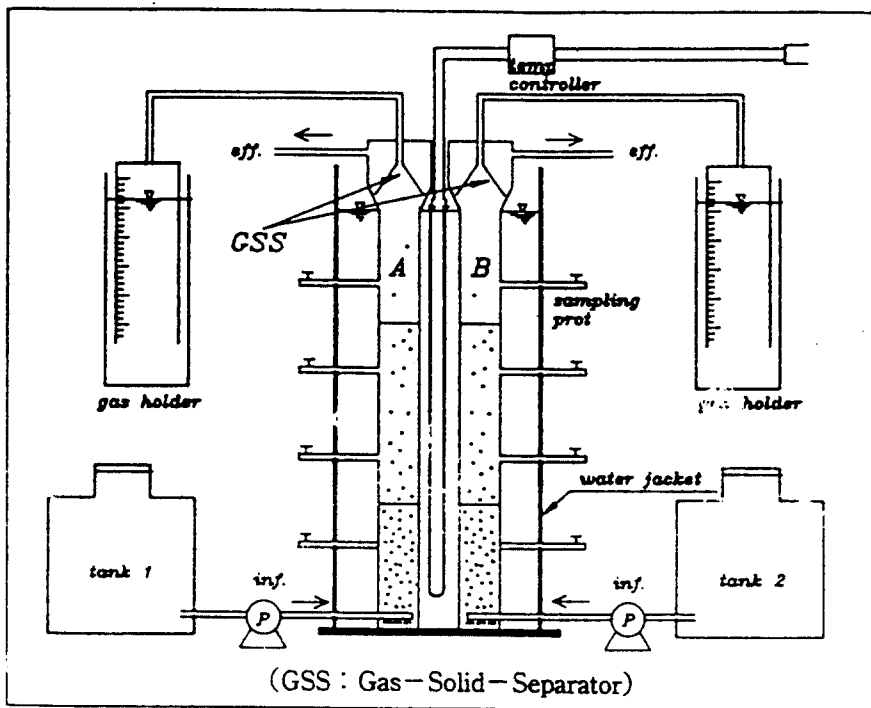


Fig. 1. Schematic diagram of Upflow Sludge Blanket Reactor

의 입상화를 위한 질산염의 부하율은 초기에 0.5 Kg NO³⁻-N/m³·d로 하였으며 질산염의 부하율 증가는 각 단계에서 질산염 제거율이 정상 상태로 유지될 때 단계적으로 증가하였다. 이때 슬러지의 입상화를 도와주며 농축 슬러지 유출을 방지하기 위하여 칼슘을 첨가하였다. 본 실험에 사용한 합성폐수의 조성은 Table 1.에 제시한 바와 같다. 또한 실험 폐수로 택한 도축장 폐수의 성상 분석 결과 Table 2.에 요약하여 표시하였으며 기타 이온성 물질 및 유해물질은 미량 함유되어 있었으므로 생략하였다.

반응기에 투입한 식중 슬러지는 초기에 현탁상태 였으나 운전 기간이 경과되고 질산염의 부하율이 증가함에 따라 슬러지의 자기 고정화가 일어나서 불규칙한 구형의 입상을 형성하였다. 반응조내의 온도는 탈질 효율이 낮아지지 않도록 하기 위하여 중온영역에서 온도를 37 ± 2 °C가 유지되도록 하였다. 하수종말 처리장의 슬러지 소화조에서 채취하여 사별한 후의 식중슬러지의 성상을 Table 3.에 제시하였다.

식중 슬러지를 반응조에 주입하고 점차 가온하여 3일간 정체시키고 반응조 내부온도를 37±2°C 되게 유지시킨다음 다시 2일간 반응조 내부가 혐기화 되도록 하였다. 유입 및 유출 시료의 분석

Table 1. Composition of synthetic wastewater.

Constituents	Concentration
NO ₃ ⁻ -N	50 ~ 150 mg/L
CH ₃ OH	3 time of NO ₃ ⁻ -N
C ₂ H ₅ OH	2 time of NO ₃ ⁻ -N
CH ₃ COONa	4 time of NO ₃ ⁻ -N
KH ₂ PO ₄	0.03 time of NO ₃ ⁻ -N
CaCl ₂ · 2H ₂ O	30mg Ca/L
MgCl ₂ · 6H ₂ O	2.4 mg Mg/L
FeCl ₂ · nH ₂ O	0.2 mg Fe/L
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.13 mg Cu/L
MnSO ₄ · 5H ₂ O	0.02 mg Mn/L
Ma ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.02 mg Mo/L
ZnCl ₂	0.1 mg Zn/L
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0.002mg Co/L

Table 2. Characteristics of Slaughterhouse treated wastewater

Item	Unit	Concentration	
		range	average
Temperature	°C	10~26	18
pH		7.2~7.8	7.5
COD	mg/L	86.4~95.6	91.0
BOD	mg/L	78.5~85.9	82.2
NH ₄ ⁺ -N	mg/L	16~39	27.5
NO ₃ ⁻ -N	mg/L	40~75	57.5
T-N	mg/L	58~94	76

Table 3. Characteristics of anaerobic seeding sludge

Item	Concentration(mg/L)
TSS	32.500
VSS	12800

Table 4. Method and apparatus of wastewater analysis

Item	Method and apparatus
COD	K ₂ Cr ₂ O ₇ reflux method
Nitrate ion	Spectrophotometric method
MLSS	Gravimetric method
MLVSS	Gravimetric method
pH	pH-meter
Alkalinity	Dilllar's method
Volatile acid	Dilllar's method
Ammonia ion	Spectrophotometric method
Nitrite ion	Spectrophotometric method
Gas analysis	Gas chromatograph

방법은 환경오염 공정 시험법 및 Standard method에 의하여 행하였으며 분석에 사용한 실험 기기 및 방법을 Table 4.에 요약 제시 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수소 공여체와 입상슬러지의 특성

질산염 부하율의 변화와 유입수의 농도변화에

따른 수소공여체별 일정농도의 유입수에 대한 질산염 부하율의 변화에 따른 수소공여체별 반응조 내의 MLVSS의 농도변화를 검토 하기 위하여 유입수의 질산염 농도가 150mg/L인 경우 Methanol, Ethanol, Sodium acetate 등의 수소 공여체를 첨가 하였을 때 질산염 부하율 변화에 따른 MLVSS 농도변화를 Fig. 2.에 표시하였다.

Fig. 2.를 보면 반응조 내의 미생물 농도는 초기단계에서는 비교적 낮게 유지되었으나 질산염 부하율이 증가함에 따라 반응조 내의 미생물 농도는 점차 높게 유지되었다. 수소공여체는 Methanol을 이용한 경우가 미생물 증식이 가장 우수 하였다. 이때의 미생물 증식량은 질산염 부하율 4.0 Kg NO₃-N/m³·d에서 MLVSS농도는 약 34,000 mg/L 이었다. 다른 수소공여체에 의한 미생물의 증식량은 이 경우에 비하여 불량한 편이었다. 유입물의 질산염 농도를 80 mg/L와 40 mg/L로 한 경우의 미생물 증식과 질산염 부하율과의 관계는 Fig. 3.과 Fig. 4.에 나타 내었다.

이 그림을 검토하여 보면 수소공여체는 Methanol을 사용한 경우가 우수하였으나 질산염의 부하율에 따른 미생물의 증식량은 유입수의 질산염 농도가 감소함에 따라 점차적으로 감소하였다. 이와 같은 현상은 유입수 내에 존재하는 질산염의 농도가 적기때문인 것으로 추정 할 수 있다. 이와 같은 결과는 Emoto²¹⁾가 USB공법에 의한 탈질연구보고에서 수소공여체로 Methanol을 첨가하였을

경우 MLVSS농도 43,000 mg/L라고 하였으며, Saito¹⁹⁾ 등은 MLVSS 농도가 65,000 mg/L 였다고 발표한 결과와 비교하여 보면 본 연구에서는 반응 조내의 미생물 농도가 조금 낮게 유지되었음을 알 수 있다. 이런 현상은 Emotto²¹⁾, Saito¹⁹⁾ 등은 입상화가 이루어진 슬러지를 이용하였으며 본 연구에서는 입상화가 되지 않는 혐기성 슬러지를 식중 한 것이므로 미생물량 및 활성의 원인과 탈질균의 입상화 과정에서 반복적인 미생물의 생성과 유출 때문인 것으로 추정된다. 수소공여체별 입상슬러

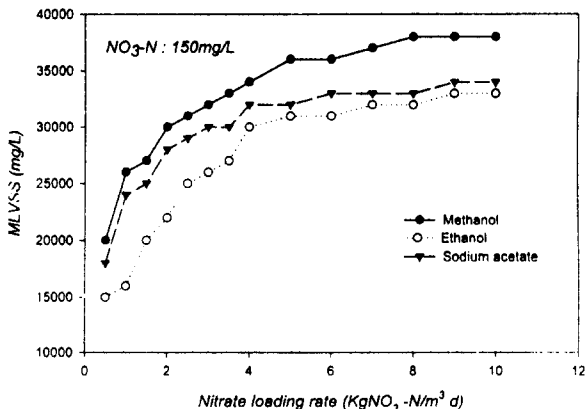


Fig. 2. Relationship between MLVSS and nitrate loading rate by various hydrogen donor addition in case of 150 mg/L as nitrate.

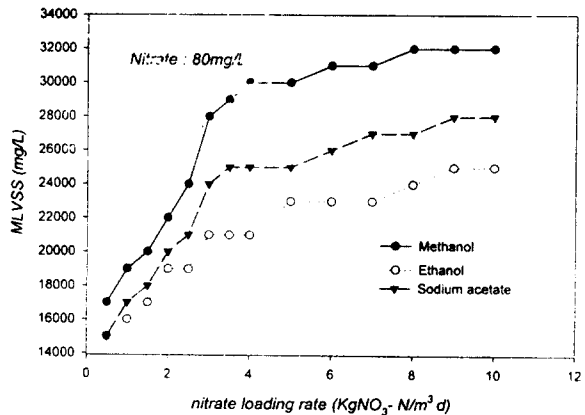


Fig. 3. Relationship between MLVSS and nitrate loading rate by various hydrogen donor addition in case of 80 mg/L as nitrate.

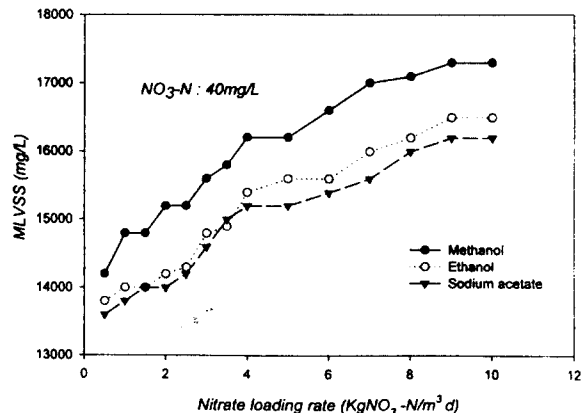


Fig. 4. Relationship between MLVSS and nitrate loading rate by various hydrogen donor addition in case of 40 mg/L as nitrate.

지의 평균직경의 변화를 유입수의 질산염 농도별로 질산염 부하율의 변동에 따라 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7.에 나타내었다.

Fig. 5.에서는 질산염 농도가 150 mg/L일때 각종 수소공여체를 첨가하여 질산염 부하율을 변화시켰을 경우 입상슬러지의 평균직경의 변화정도를 도시하였다.이 그림에 나타난 바와 같이 첨가한 수소공여체 가운데서 Methanol의 경우 질산염 부하율 10.0 Kg NO₃-N/m³.d에서 입상슬러지의 평균직경은 약 4.0 mm정도 이었으며 Ethanol, Sodium acetate를 주입한 경우는 질산염 부하율 10.0 Kg NO₃-N/m³.d에서 평균직경이 약 3.0 mm정도 였다. 한편 Fig. 6.과 Fig. 7.에서는 유입수의 질산염 농도가 각각 80 mg/L, 40 mg/L인 경우 부하율의 변화에 따른 입상화슬러지의 평균직경 변화를 도시하였다. 이 그림들을 보면 유입수의 질산염 농도

에 영향을 받아 입상화슬러지의 성장이 질산염 농도가 150 mg/L인 경우에 비하여 지연되고 있었음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 수력학 및 생물화학적 인자, 반응조 내에서의 미생물과 기질간에 원활한 접촉, Methanol 등의 화학적 활성등에 의한 영향이라고 생각된다. 유입수의 질산염 농도별 입상화슬러지의 평균입자크기에 대한 입상화슬러지의 침강속도와와의 관계를 Fig. 8.에 도시하였다.

이 결과를 타실험결과와 비교하기 위하여 Nagai⁽²²⁾의 실험보고를 Table. 4.에 제시하였다.

Nagai⁽²²⁾의 실험 결과를 본 실험결과와 비교하여 보면 본실험에서의 침강속도가 늦음을 알 수

Table 4. Settling velocity and granular size by analysis on glanular sludge.

reactor	granular size (mm)	settling velocity (cm/min)	ref.
lab. scale data	4.5	70 ~ 110	22
methanol	4.0	35 ~ 40	this study
ethanol	3.0	33 ~ 36	
sodium acetate	3.0	30 ~ 34	

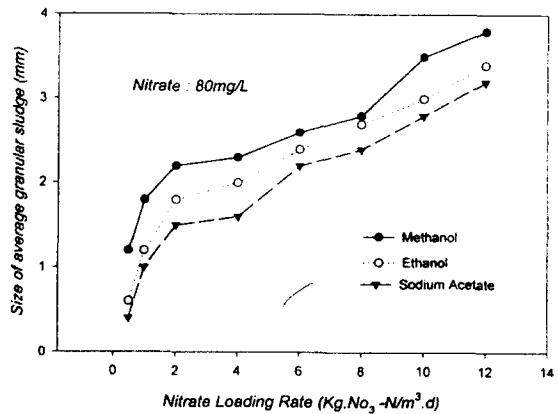


Fig. 6. Nitrate loading rate verious average granular size by hydrogen donor ad - dition in case of 80 mg/L as nitrate.

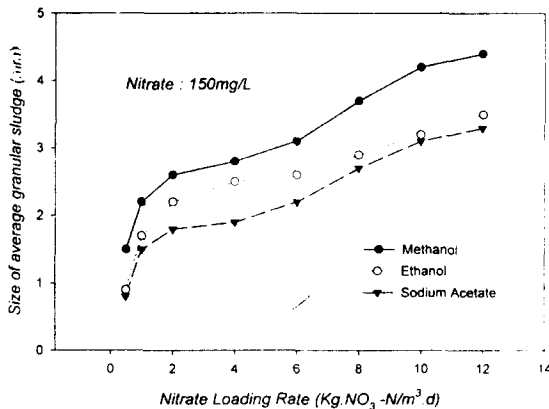


Fig. 5. Nitrate loading rate verious average granular size by hydrogen donor ad - dition in case of 150 mg/L as nitrate.

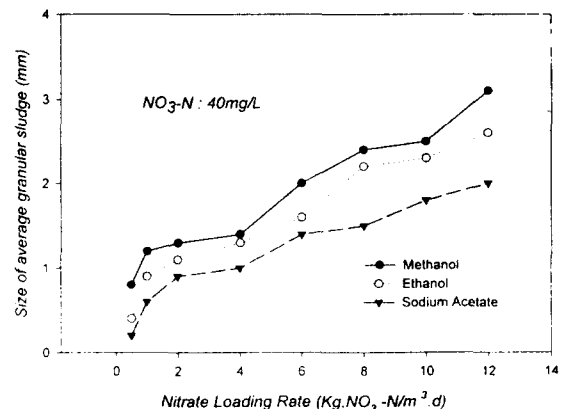


Fig. 7. Nitrate loading rate verious average granular size by hydrogen donor ad - dition in case of 40 mg/L as nitrate.

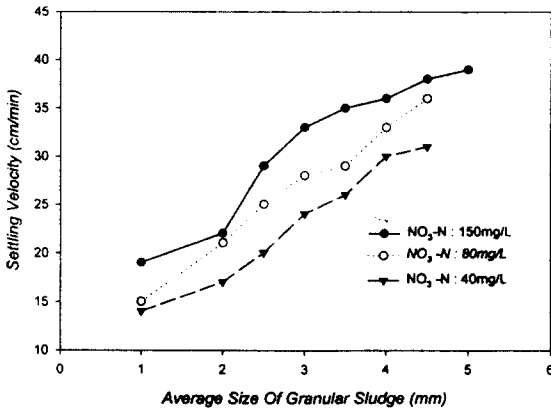


Fig. 8. Relationship between setting velocity of granular sludge and average granular sludge size in case of various nitrate concentration.

있으나, Hamoda와 Van den Berg²³⁾의 표준 활성 슬러지법에서의 폭기조내의 플록의 침강 속도인 10cm/min과 비교 할 때 침강속도는 우수하다고 할 수 있다. 따라서 입상화된 탈질균은 비교적 우수한 침강성을 가지고 있으므로 안정적인 폐수처리를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 유기물과 질산염의 혼합비에 따른 질소 제거 효율

수소공여체로 반응조에 투입되는 Methanol, Ethanol, Sodium acetate의 투입량 결정은 탈질화를 위해 소모된 후 초과분의 수소공여체는 방류수의 BOD를 증가시키기 때문에 최적 투입량의 결정이 필요하게 된다. 반응조 내에서 질산성 질소의 탈질반응이 일어날 때 첨가한 수소공여체가 Methanol, Ethanol, Sodium acetate 일 경우 유입수의 COD/NO₃-N 비율에 따른 질산염 제거효율을 Fig. 9에 나타 내었다.

이 그림을 검토하여 보면 COD/NO₃-N 비율이 3.5 이상인 경우 처리 효율은 약 90% 이상이었다. 특히 Methanol을 수소공여체로 첨가 하였을 경우 COD/NO₃-N 비율이 3.5 일때 NO₃-N 제거효율은 약 93%이었다. Jeris¹⁶⁾는 유동상 반응조에서 COD/NO₃-N 비율을 3.0으로 하였을 때의 제거효율이 약 95% 이었다고 보고 하였으며 본 실험

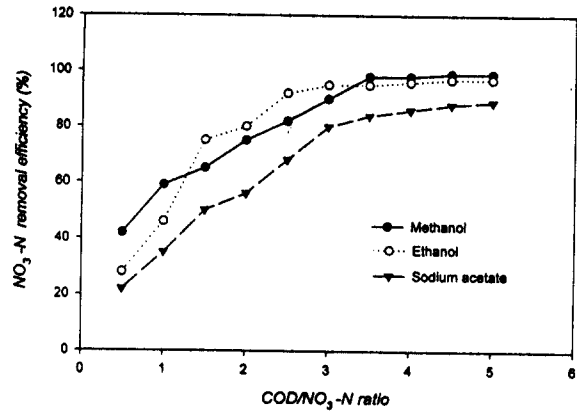


Fig. 9. Correlation between COD/NO₃-N ratio and nitrate removal efficiency by various hydrogen donor addition

결과는 이와 유사함을 알 수 있었다. 또한 탈질과정에서 Methanol의 필요량을 Barnese¹⁷⁾가 제안한 식을 이용하여 계산 했을 때 유입수의 NO₃-N농도가 40 mg/L인 경우 계산상의 Methanol의 필요농도는 105 mg/L로써 본 실험결과와는 상이 하였다. 이와 같은 결과는 유입수의 질산염 중에서 일부는 cell mass로 동화되기 때문에 탈질반응에 따른 식과 같이 완전환원이 이루어지지 않았기 때문이라고 생각된다. 또한 Sodium acetate를 수소공여체로 이용하였을 경우 유입수의 COD/NO₃-N 비율이 4.0 일 때 가장 적합하였다. 이 결과는 Hashimoto¹²⁾의 연속 탈질실험에서 Sodium acetate를 수소공여체로 사용하였을 때 유입수의 COD/NO₃-N 비율이 4.15인 것과 비교하여 볼 때 본실험결과와 유사하였다. 또한 Dodd와 Bone²⁴⁾은 탈질 반응에 초산나트륨을 첨가하여 실험한 보고에서 완전 탈질을 위한 유입수의 COD/NO₃-N비율이 4.5라고 하였다. 앞의 실험 결과들은 이론값인 COD/NO₃-N 비율 2.68보다는 비교적 높은 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그리고 저농도의 질산성 질소를 함유한 도살장 폐수의 처리수에 수소공여체로 원수 및 Methanol, Sodium acetate를 투입하여 실험한 결과를 Fig. 10에 제시하였다.

이 그림을 검토하여 보면 수소공여체로서 원수를 투입하였을 경우 최적 COD/NO₃-N 비율은 3.5 이었으며 Methanol을 첨가하였을 경우는 최적

COD/NO₃-N 비율은 4.0이었다.

이러한 결과는 COD/NO₃-N 비율을 원수로 조절한 경우 원수 중의 탈질 미생물들이 이용가능한 탄소원이 Methanol로 조절된 경우보다 많았기 때문인 것으로 추정할 수 있다.

3. 질산염 부하량과 가스발생량

본 실험에서는 유입수의 질산염 농도, NO₃-N 부하율, 수소공여체별 및 가스 발생량 등의 상호관계를 검토하였다. Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13.은

각각 질산염 농도가 150 mg/L, 80 mg/L, 40 mg/L 인 합성폐수를 대상폐수로 하고, 수소공여체는 Methanol, Ethanol 그리고 Sodium acetate를 첨가하였을 경우 NO₃-N 부하율과 가스발생량과의 관계를 도시한 것이다.

유입수의 질산염 농도가 150 mg/L인 경우 NO₃-N 부하율 4.0 Kg, NO₃-N/m³·d에서 Methanol, Ethanol, Sodium acetate 등의 첨가한 수소공여체의 종에 따라 각각 1.5 L/d, 0.9 L/d, 1.3 L/d의 가스가 발생하였고 10 Kg NO₃-N/m³·d에

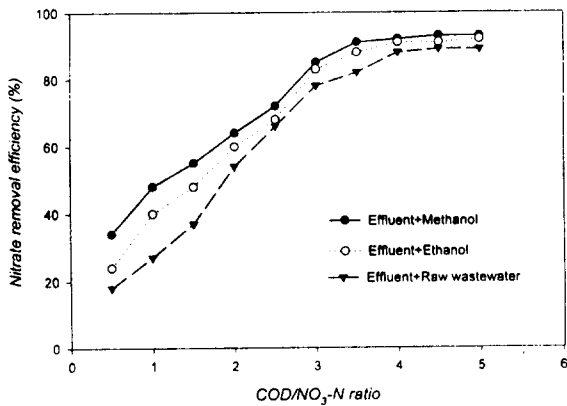


Fig. 10. Correlation between COD/NO₃-N ratio and nitrate removal efficiency by hydrogen donor addition in treated slaughterhouse wastewater

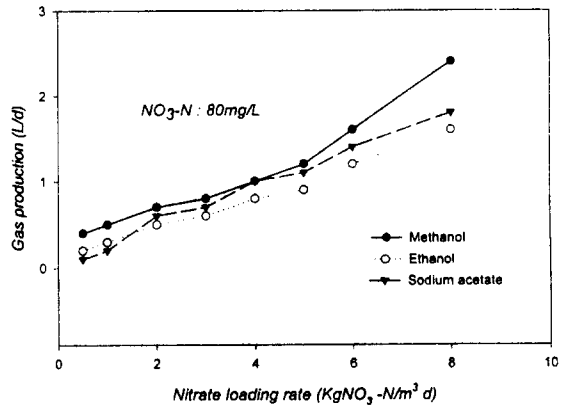


Fig. 12. Relationship between gas production and nitrate loading rate by various hydrogen donor addition in case of 80 mg/L as nitrate

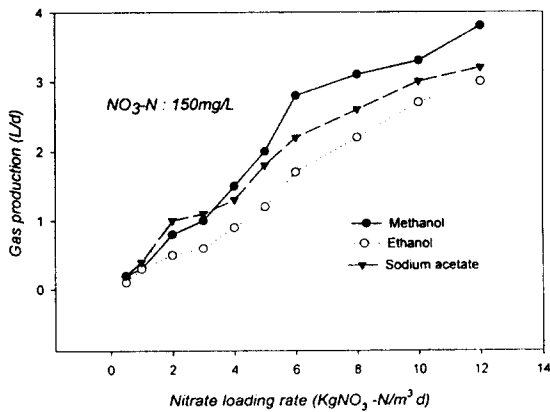


Fig. 11. Relationship between gas production and nitrate loading rate by various hydrogen donor addition in case of 150 mg/L as nitrate

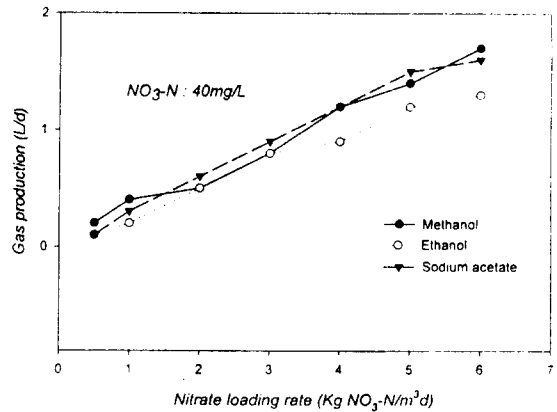


Fig. 13. Relationship between gas production and nitrate loading rate by various hydrogen donor addition in case of 40 mg/L as nitrate

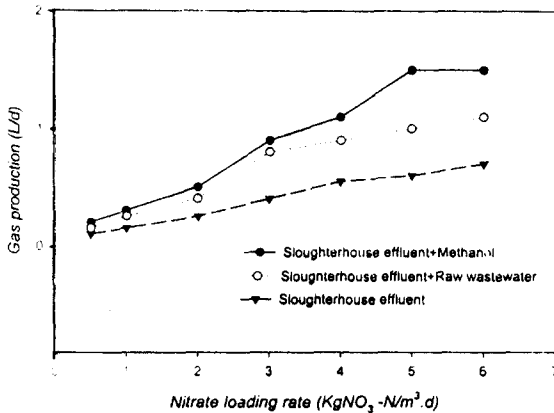


Fig. 14. Relationship between gas production and nitrate loading rate various hydrogen donor addition in treated slougherhouse wastewater

서의 가스발생량은 3.3 L/d, 2.7 L/d, 2.9 L/d로서 Methanol을 수소공여체로 첨가하였을 경우가 가장 많은량의 가스가 발생하였으며 NO₃-N 부하율이 점진적으로 증가하면 가스 발생량도 거의 비슷한 비율로 증가하였다. 또한 유입수의 질산염 농도가 80 mg/L인 경우 NO₃-N 부하율 4.0 Kg NO₃-N/m³·d에서 수소공여체로 Methanol, Ethanol, Sodium acetate을 각각 투입하였을 때 발생한 가스량은 각각 1.0 L/d, 0.8 L/d, 1.0 L/d 이었으며 NO₃-N 부하율 8 Kg NO₃-N/m³·d에서 각각 2.4 L/d, 1.6 L/d, 1.8 L/d의 가스가 발생하였다. 유입수의 질산염 농도가 40 mg/L인 경우 NO₃-N 부하율 3.0 Kg NO₃-N/m³·d에서 수소공여체 종에 따라 각각 0.8 L/d, 0.8 L/d, 0.9 L/d의 가스가 발생하였으며 NO₃-N 부하율이 6.0 Kg NO₃-N/m³·d에서는 각각 1.7 L/d, 1.3 L/d, 1.6 L/d의 가스가 발생하였다. 그리고 도살장 폐수의 경우는 Methanol을 수소공여체로 첨가한 경우와 원수를 수소공여체로 첨가한 경우에 대하여 NO₃-N 부하율 변화에 따른 가스발생량의 변화를 Fig. 14.에 도시하였다.

도살장 폐수를 유입수로 한 경우에도 NO₃-N 부하율이 점진적으로 증가되면 가스발생량도 증가하였다. 수소공여체로 Methanol, 도살장 폐수의 원수를 첨가한 경우 NO₃-N 부하율 6.0 Kg NO₃-N/m³·d에서 가스발생량은 각각 1.6 L/d, 2.2 L/d

이었고 2차처리수만을 유입한 경우는 질산염 부하율 6.0 Kg NO₃-N/m³·d에서 0.9 L/d의 가스가 발생하였다. 유입원수의 질산염 농도가 약 250 mg/L이며 질소 부하율이 10.0 Kg NO₃-N/m³·d 일 때 가스발생량은 9.0 L/Kg NO₃-N 이라고 보고한 Inamori⁽²⁵⁾ 등의 실험결과와 비교하여 볼 때 본 실험의 결과는 가스발생량이 비교적 적었음을 알 수 있었다. 본 실험의 결과가 이렇게 나타나는 것은 반응조 내의 미생물 농도가 상대적으로 낮게 유지되고 있었기 때문이라고 생각된다. 이상의 결과를 종합적으로 검토하여 보면 수소공여체로 첨가한 물질이 저분자 탄소화합물 인 경우 좀더 우수한 탈질효과가 있음을 알 수 있었다.

IV. 결 론

질산염을 함유한 합성폐수와 도살장 폐수를 상향류식 혐기성 공법으로 실험하여 식종슬러지의 입상화 및 물리적 특성, 질산염 부하율에 따른 가스발생량, 유기물과 질산염의 혼합비에 따른 질소 제거효율 등에 대하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 슬러지의 입상화에 소요되는 기간은 수소공여체로 Methanol을 사용하였을 경우 45일이었으며 그 외의 경우는 50일 이상의 기간이 경과하였다. 이때 생성된 입상화 슬러지의 형상은 흑색의 불규칙한 구형에 가까웠으며 유입수의 NO₃-N농도가 150 mg/L 이고 칼슘을 첨가한 Methanol을 수소공여체로 한 경우 질산염 부하율 10 Kg NO₃-N/m³·d에서 입상화 슬러지의 평균직경이 4.0mm이고 침강속도는 37 cm/min로써 Ethanol 및 Sodium acetate를 첨가한 경우에 비해 좋은 결과였으나 유입수의 NO₃-N농도가 80 mg/L, 40 mg/L인 경우에는 입상화 슬러지의 성장이 지연 되었다.
2. 합성폐수에서 최적 COD/NO₃-N 비율은 3.5 이고 도살장 폐수의 경우에는 수소공여체로 Methanol을 사용한 경우 최적 COD/NO₃-N 비율이 4.0 이었으며 수소공여체로 원수를

주입한 경우 최적 COD/NO₃-N 비율은 3.5 이었다. 이런 결과를 보면 COD/NO₃-N 비율을 원수를 이용하여 조절 하였을 경우 원수 중에 탈질 미생물이 이용가능한 탄소원이 Methanol로 조절한 경우보다 많았기 때문인 것으로 판단된다.

3. 가스발생량은 수소공여체로써 Methanol을 사용하였을 때 질산염 부하율 10.0 Kg NO₃-N/m³·d에서 약 3.3 L/d 이었으나 다른 수소공여체의 경우에는 2.7 L/d, 2.9 L/d로 발생량이 불량하였다. 이러한 결과는 수소공여체로 첨가한 물질이 저분자 탄소 화합물인 경우가 더 우수한 탈질효과를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Hancher, C. W., et al.: Operation of a Fluidized-Bed Bioreactor for Denitrification. Biotechnology and Bioengineering. Symp. No. 8. pp. 361-378, 1978.
2. Zakrzewski, S. F.: Principles of Environmental Toxicology. America Chemical Society, Washington D. C. 53-54, 1991.
3. Bouchard, D. C., M. K. William and R. Y. Surampalli: Nitrate Contamination of groundwater sources and potential health effects. J. AWWA. 84(9) pp. 85-90, 1992.
4. Kapoor, A and T. Virraghavan: Nitrate removal from drinking water. J. Environ. Eng. ASCE. 123(4) 378-380, 1997.
5. Wignes waran S., Balasuriya B. L. and Viraraghavan T.: Anaerobic Wastewater Treatment Attached Growth and Sludge Blanket Process. Environmental Sanitation Information Center Bangkok, Thailand, pp. 100, 1986.
6. Young, J. C. and McCarty, P. L.: The Anaerobic Filter for Waste Treatment. Technical Report No 87, Dept. of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, California. 253, 1968.
7. van der Berg L., Kenney K. J. and Hamoda M. F.: Effect of Type of Waste on Performance of Anaerobic Fixed-film and Upflow Sludg Bed Reactors. Proceedings of the 36th Purdue Industrial Wastewater Conference, 686-692, 1981.
8. Sutton P. M. and Li A.: Single phase and Two phase Anaerobic Stabilization in Fluidized Bed Reactors. Wat. Sci. Tech. 15, Copenhagen, 333-344. 1982.
9. Beeftink, H. H. and Stauguaard P.: Structure and Dynamics of Anaerobic Bacterial Aggregates in a Gass-Lift Reactor. Appl. and Environ. Microbial., 49(5), 1142-1145, 1985.
10. McCarty. P. L., et al.: Biological Denitrification of wastewater by addition of organic materials. Proc. 24th Ind. Waste conf. Purdue Univ. Ext. Ser. Vol. 135. 1271-1285, 1969.
11. Moore, S. F and Schroeder, E. D.: The effect of Nitrate feed rate on denitrification. Water Research. Vol. 5. 445-452, 1971.
12. 橋本 獎, 古川憲治: 微生物 脱窒反應の基質依存性に関する研究. 下水道協會誌, 15. No. 175. 20-29, 1978.
13. Miyaji, Y. and Kato, K.: Biological treatment of industrial wastes water by using nitrate as an oxygen source. Water Research Vol. 9. 95-101, 1975.
14. Barth, E. F.: Methanol requirement and temperature effects in wastewater denitrification. Water Pollution Control Research Series. No. 170. 10-15, 1970.
15. Jewell, W. J. and Cummings, R. S.: Denitrification of concentrated nitrate wastewaters. Journal WPCF vol. 47. 2281-2291, 1975.
16. Jeris, J. S., Owens, R. W. and R. Hickey: Biological Fluidized Bed treatment for BOD

- and Nitrogen removal. Journal WPCF Vol. 49. 816-831, 1977.
17. Barnace, D. and Bliss. P. J. : Biological control of nitrogen in wastewater treatment. CAMBRIDGE PRESS 113-123 1983.
 18. Klapwijk, A., et al. : Biological denitrification in an upflow sludge blanket reactor. Water Research Vol. 15, 1-6, 1981.
 19. 友澤 孝外2人. : USB法を用いた脱窒素 處理 特性, 用水と 廢水 Vol. 31. No. 1 35-41, 1989.
 20. Lettinga, G., et al. : Hgh-rate anaerobic wastewater treatment using the UASB reactor under a wide range of temperature conditions. Biotechnology and genetic engineering review Vol. 2. 352-284, 1984.
 21. 明賀 春樹 外1人. : 上向流汚泥床(USB)法による 脱窒の 基礎 研究 結果. 用水と廢水 Vo. 30 No. 2 133-139, 1983.
 22. Nagai, S., et al. : Unpublised data. 1990.
 23. Hamoda. M. F. and L. Van den Ber : Effect of settling on performance of the upflow anaerobic sludge bed reactor. Water Research Vol. 18. No. 12. 1561-1567, 1984.
 24. Dodd, J. R. and Bone, H. D. : Nitrate reduction by denitrifying bacteria in single and two stage continous reactor. Water Research, Vol. 9. 323-328, 1975.
 25. 今井 章雄 外 3人 : UASB及び, USBプロセスにおける有機物,窒素の除去能と造粒特性. 第25回 水質汚濁學會講演集, 1991.