



ORIGINAL PAPER

원저

질소 합성 균주의 분리에 의한 특성검토와 합성폐수중의 암모니아성질소 제거

김수일, 이기형, 배재근

서울산업대학교 환경공학과

(2002년 9월 2일 접수, 2002년 9월 11일 채택)

A study on characteristic by isolation of nitrogen synthetic microorganism and ammonia nitrogen removal in artificial wastewater

Su-Il Kim, Ki-Hyung Lee, Jae-Gun Phae

Dept. of Environmental Engineering, Seoul National University of Technology

ABSTRACT

This study experimented a possibility of advanced treatment through microorganism that converts $\text{NH}_3\text{-N}$ to organic nitrogen in wastewater contaminated by ammoniac nitrogen unlike conventional nitrogen removal process. After distributing three kinds of special bacteria that use $\text{NH}_3\text{-N}$ as a substrate, when those bacteria were cultured in no salt condition and salt condition (3% NaCl), M11 showed better growth in salt condition and M12 showed better growth in no salt condition. However M71 grew well in both no salt condition and salt condition.

In the test of glucose effect, maximum growth and removal rate were observed in glucose concentration of 5g/L but in high concentration (1000mg/L as $\text{NH}_3\text{-N}$) of $\text{NH}_3\text{-N}$ growth and removal rate were low. Removal rate was the highest in 100mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$ and the fact that concentration of $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ didn't increase assumed $\text{NH}_3\text{-N}$ was converted to organic nitrogen. Optimum concentration of K_2HPO_4 for phosphorous supply and buffer was 5g/L. Special bacteria distributed could use $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ as well as $\text{NH}_3\text{-N}$ as substrates. This study showed that when growth rate of bacteria was high removal rate also was high. It is possible to apply as a method to treat wastewater polluted by $\text{NH}_3\text{-N}$.

Key Words : nitrogen synthetic bacteria, substrate, $\text{NH}_3\text{-N}$ removal rate, growth rate

초 록

본 연구에서는 일반적인 생물학적 질소제거공정을 거치지 않고, 수중의 $\text{NH}_3\text{-N}$ 을 유기질소형태로 합성시키는 특수미생물을 분리, 이용하여 암모니아성질소로 오염된 폐수의 고도처리 가능성에 대해서 검토해 보았다.

$\text{NH}_3\text{-N}$ 을 기질로 다량 이용할 수 있는 3종류의 특수미생물을 순수 분리한 후 無염분조건과 염분조건(3%NaCl)에서 배양해 본 결과 M11은 염분조건에서, M12는 無염분조건에서, M71의 경우는 양쪽 조건에서 높은 성장률을 보였다.

탄소원(glucose)의 영향을 검토한 실험에서는 Glucose농도가 5g/l 일 때, 미생물의 증식과 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 제거율이 가장 높았으나, 고농도(약 1000mg/L as $\text{NH}_3\text{-N}$) 조건하에서 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 제거율은 높지 않은 결과를 보였다.

$\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도는 100mg/L 일 때 제거효율이 가장 우수했고, 이 때 $\text{NO}_2\text{-N}$ 과 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 증가는 일어나지 않는 것으로 보아 제거된 $\text{NH}_3\text{-N}$ 은 유기질소로 변환되었음을 추측할 수 있었다.

pH완충과 인의 공급을 위한 K_2HPO_4 농도는 미생물마다 최적 성장 농도는 조금씩 달랐으나, $5g/l$ 에서 적절한 성장조건을 보였다.

또한 질소원으로 특수미생물은 NH_3-N 뿐만 아니라 NO_2-N 과 NO_3-N 도 질소원으로 이용할 수 있는 것으로 나타났다.

본 실험 결과 미생물의 증식이 활발할수록 NH_3-N 의 제거율이 증가하는 뚜렷한 양상을 나타내어 추후 NH_3-N 으로 오염된 폐수처리예의 높은 적용가능성을 보였다.

핵심용어 : 질소합성균, 기질, NH_3-N 제거율, 증식률

1. 서론

산업의 발달과 인구의 도시집중화에 의해 발생하는 폐수는 대표적인 수질오염원이다. 이 중 질소나 인과 같은 영양염류는 상수원인 호수와 저수지 그리고 연안해역 등의 수계에 유입되어 수중생태계의 파괴를 유발하므로, 이에 대한 제어가 시급한 실정이다. 이에 정부는 팔당호와 대청호, 낙동강 일부 유역에 한정적으로 적용하던 질소·인 규제기준을 2003년 1월 1일 이후부터는 전국적으로 확대하기로 결정했다.¹⁾

하수처리장에 유입되는 질소의 형태 중 가장 많은 비중을 차지하는 것은 바로 암모니아성질소로 조류의 영양염이 됨은 물론 질산화과정에서 소요되는 전산소 요구량의 70%가 이 과정에서 소요된다.²⁾

또한 암모니아성질소는 염소소독에 있어서는 염소를 다량으로 소비하므로 수질오염방지상으로도 그 의의가 매우 높다할 수 있다.

20세기 중반부터 질소나 인과 같은 영양염류를 제어하기 위한 프로세스들이 급속도로 연구, 발표되었고, 이미 상당수가 상용화 되어 있는데, 대표적으로 A_2O , Bardenpo, UCT, VIP, SBR 등의 고도처리 공정을 들 수 있다. 이러한 프로세스들은 혐기조와 무산소조, 호기조라는 3가지의 반응조를 거치게 되면서, 질소와 인을 제거하는 공통된 기본 메커니즘을 가지고 있다. 이러한 공정들은 표준활성슬러지법과 마찬가지로 질소제거를 위해서 수중의 질소를 모두 질산성질소로 산화를 시킨 후 혐기 또는 무산소조건에서 탈질을 유도시키는 공통점을 가지고 있다.

그러나, 이들은 부지의 면적을 넓게 차지하고, 장치의 규모를 크게 할 뿐만 아니라, 건설비용을 증가시키고, 유지비용 또한 증가시키는 원인이 되는 문제점을 가지고 있다.

질소가 제거되는 또 다른 메커니즘은 미생물의 성장과 증식에 필요한 기질로서 질소를 다량 이용하는 것으로 즉 미생물의 동화에 의해 제거되는 질소는 생물학적 성장의 필수영양소로 사용되어지고, 미생물 세포구성의 12~13%를 차지한다고³⁾ 하였다. 이는 독립영양세균이든 종속영양세균이든 미생물이 성장하는데에 반드시 질소를 필요로 한다는 의미를 내포하고 있다. 최근에는 암모니아를 기질로서 다량으로 이용하는 고활성미생물의 합성 특징을 이용, 약취처리에 적용하여 암모니아성 질소가 유기질소인 알라닌으로 변화됨을 밝혀낸 연구보고도 있었다.⁴⁾

따라서 본 연구는 기존의 질소제거 공정의 문제점인 장치규모와 건설·유지비용 등의 문제점을 해결할 수 있도록, NH_3-N 을 세포내에 합성하는 능력이 뛰어난 특수미생물을 이용하여 균의 증식특성을 파악하고, 고정화 한 후 생물여과탑이나, 생물반응조의 형태로 NH_3-N 이 오염된 폐수처리예의 적용 가능성에 대해 검토 해 보았다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 사용 미생물

고농도의 NH_3-N 으로 오염된 HIBA배지로부터 34종의 균을 얻었고, 이 중 NH_3-N 제거능을 파악하기 위해 GA합성폐수에 NH_3-N 을 $100mg/L$ 로 오염시킨 뒤 shaking incubator에서 150시간가량 배양하였다. 이 배양액의 초기농도와 최종농도의 변화로부터 NH_3-N 의 제거능이 뛰어난 3종류의 균(M11, M12, M71)을 분리해 내었다.

2.2 사용배지

본 실험에서 사용된 배지는 전배양용으로 HIB배지

[Table 1] Component of culture

HIB culture	
HIB (Heart Infusion Broth)	25g/L
(NaCl)	30g/L
HIBA culture	
HIB	25g/L
(NaCl)	10g/L
Agar	10g/L
GA artificial wastewater	
Glucose	5g/L
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.4716g/L
(NaCl)	30g/L
K ₂ HPO ₄	15g/L
FeSO ₄ · 7H ₂ O	0.0001g/L
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.0013g/L
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.036g/L
ZnCl ₂	0.0007g/L

를 사용하였고, 집락형태관찰에 HIBA배지를 사용하였으며, 암모늄 제거능 검토에 GA합성폐수를 사용하였다. 배지의 조성은 [Table 1]에 나타내었다.

GA합성폐수의 경우 고온멸균하면 연한갈색으로 변색이 일어나는 문제점이 발생한다. 따라서 Glucose 성분만을 제외하고, 고압증기멸균(121℃, 1.5atm, 20min) 한 다음 Glucose성분은 수용액으로 조제하여 0.45µm 셀룰로오스 실리지 필터로 여과한 후 혼합, 조제하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 미생물의 배양

1) 전전배양

시험관(Ø2cm × 20cm)에 HIB배지 10ml를 넣고, 멸균한 후 균체를 접종하고, 48시간동안 진동배양(30℃, 130spm)한다. 배양에 있어서 M11의 경우는 호염성이므로 3% NaCl이 함유된 HIB배지에 배양한다.

2) 전배양

전전배양에서 배양된 액 1ml를 새로운 HIB배지에 접종하고, 같은 방법으로 24hr동안 배양한 후 이를 식용액으로 이용한다.

2.3.2 NH₃-N 제거능 실험

분리한 3종의 균의 증식과 NH₃-N의 제거특성을 파악하기 위해 GA합성폐수의 염분농도, 탄소원 농도, NH₃-N농도, C/N비(Carbon/Nitrogen Ratio), K₂HPO₄농도, 질소원의 종류 등을 단계적으로 변화시켰고, 나머지 성분과 농도는 일정하게 유지하였다.

300ml 등근바닥플라스크에 각 목적별로 조제한 GA합성폐수 100ml를 넣고, 전배양의 식용액 0.1ml를 가한 후 마개를 하고, Shaking incubator에서 배양하면서 시간경과에 따라 5ml씩 샘플링하였다.

2.3.3 분석방법

1) NH₃-N의 농도는 인도페놀법으로 분석하였고, NO₂-N, NO₃-N, TKN은 HACH사의 DR-2000시험법으로 분석하였다.

미생물의 증식속도 파악을 위한 광학적 밀도(OD_{660nm})는 10ml 원형tube(HACH)를 이용하여 측정하였으며, pH는 시료 sampling 즉시 pH meter를 이용하여 측정하였다.

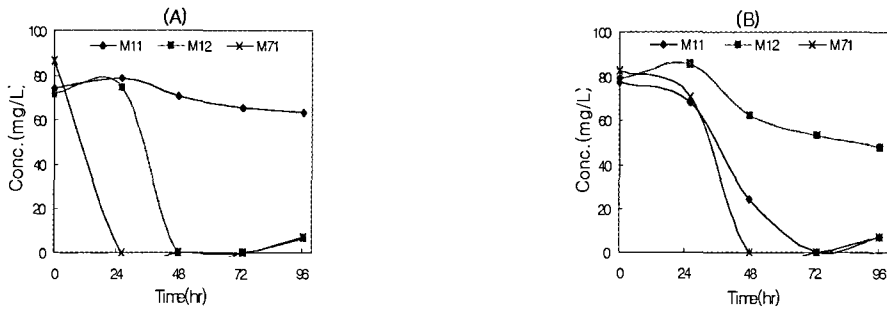
3. 실험결과 및 고찰

3.1 염분농도에 의한 영향

NH₃-N으로 오염된 조건에서 잘 성장한 3가지 미생물의 호염성 여부를 파악하기 위해서 GA합성폐수에서 NaCl조건(A)과 無NaCl조건(B)에 따른 NH₃-N의 제거능을 살펴보았으며 그 결과를 [Fig. 1]에 나타내었다.

M11의 경우 NaCl조건에서 3일 동안 100%의 NH₃-N제거효율을 보였으나, 無NaCl조건에서는 농도변화를 거의 찾아볼 수 없어 완전한 호염성균임을 알아낼 수 있었고, M12의 경우는 無염분조건에서만 제거능을 보여 M11과는 정반대의 특성, 즉 혐염성을 가지고 있음을 알 수 있었다. 그러나, M71의 경우는 양쪽조건 모두에서 좋은 제거능이 관찰되어 광염성을 띄고 있는 미생물임을 파악할 수 있었다.

이러한 특성이 파악됨으로서, 일반 하·폐수는 물론 염분이 다량 함유되어있는 식품폐수 중의 NH₃-N의 제거 가능성도 나타났다.



(Fig. 1) Removal rate in no salt condition(A) and salt condition(B)

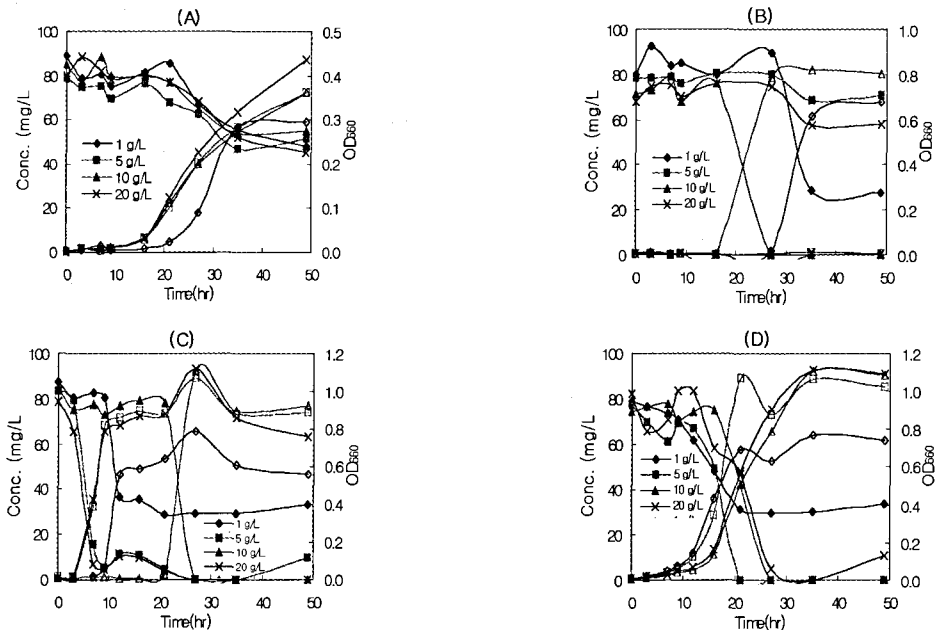
3.2 탄소원 농도에 의한 영향

미생물의 증식과 NH₃-N 제거능에 유기물농도, 즉 탄소원의 농도가 미치는 영향을 파악하기 위해 GA합성폐수에 Glucose의 양을 변화시킨 뒤 배양한 후 그 결과를 [Fig. 2]에 나타내어 보았다.

M11(A)의 경우 Glucose농도를 1, 5, 10, 20g/L로 각각 변화시켰다. 이 때 5, 10, 20g/L 일 때 서로 유사한 증식률을 관찰 할 수 있었지만, 1g/L의 낮은 농도에서는 대수성장기에 도달하는 시간이 뚜렷이 지연됨이 관찰되었다. 따라서 M11의 경우 Glucose농도는 5g/L일 때 성장에 가장 적절한 것으로 나타났다.

M12(B)의 경우 Glucose 10g/L의 조건에서 균의 증식률과 NH₃-N의 제거율이 좋았다.

M71(C)의 경우 Glucose농도가 5g/L 조건에서 3시간이 경과된 시점부터 NH₃-N의 농도가 급격하게 감소하기 시작했고, 7시간 경과 후에는 81%, 9시간이 경과 후에는 94%의 우수한 제거효율을 보였는데, 이 때 M71의 증식 또한 급속도로 이루어지기 시작하였으며, 9시간 경과 후에는 최대 성장기에 이르렀다. 이는 미생물증식량과 NH₃-N의 감소량이 서로 큰 연관성을 가지고 있음을 의미하며, 이러한 점으로 미루어 볼 때, M71이 NH₃-N을 다른 질소형태로 변형시



(Fig. 2) Growth of microorganism M11(A), M12(B), M71(C), M71(D) and NH₃-N concentration in various glucose concentration

키는 능력이 일반미생물에 비해 매우 큰 것으로 사료된다.

㉔M71(D)는 (C)의 미생물과 동일하다. 다만 M71이 3.1의 결과에서 언급했듯이 광염성을 가지고 있으므로 염분함유폐수에의 적용 가능성 파악을 위해 3% NaCl의 GA합성폐수에서 배양한 결과이다. (C)와 마찬가지로 Glucose의 농도는 5g/L일 때 가장 적절한 것으로 나타났으나, 無염분조건에 비해 미생물의 증식속도는 낮아짐을 관찰할 수 있다.

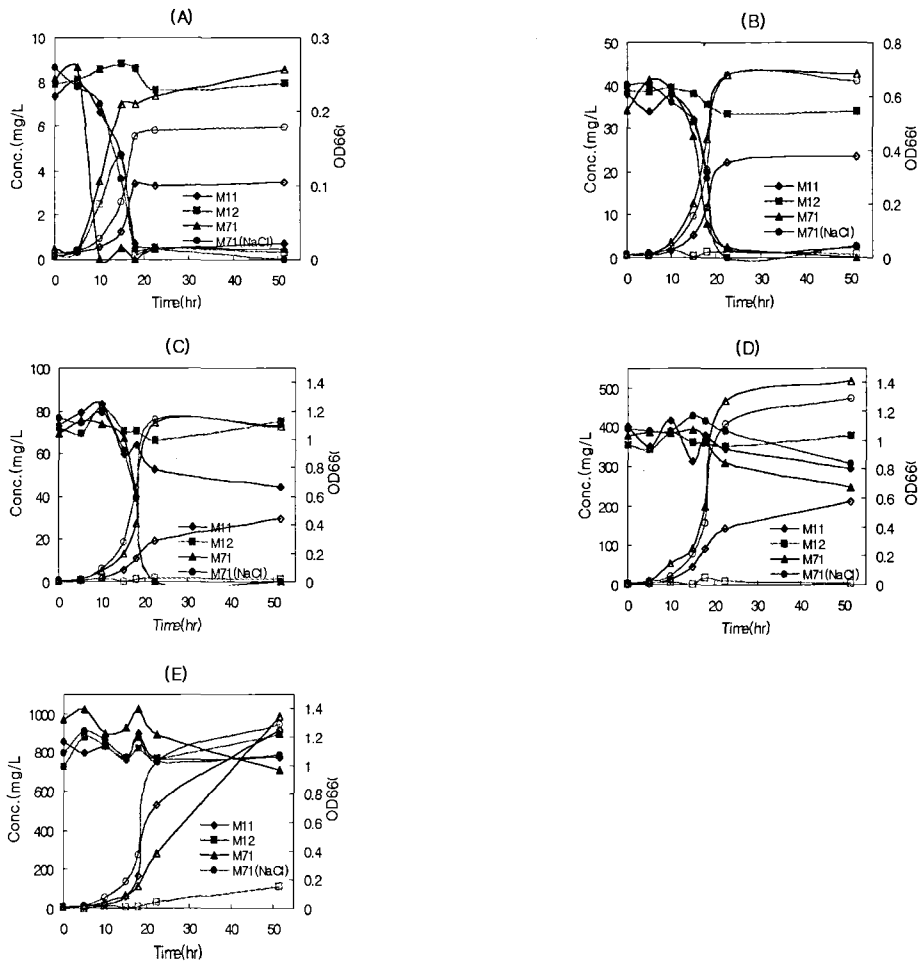
3.3 NH₃-N 농도에 의한 영향

위의 결과들로 미루어 볼 때, 각 미생물들이 어느 정도의 NH₃-N 농도까지 제거가 가능할지 파악할 필요성이 있다. 이에 NH₃-N을 8mg/L 이하의 저농도에

서 800mg/L 가량의 고농도까지 5단계로 변화시키면서 살펴보고, 그 결과를 (Fig. 3)에 나타내었다.

NH₃-N 초기농도가 8mg/L(A)인 경우 M71은 10시간 만에 NH₃-N을 거의 전량을 제거시켰고, 염분조건에서의 M71과 M11은 18시간 경과 후에 대부분이 제거되는 경향을 보였으나, M12의 경우는 균중식과 NH₃-N의 제거능에 거의 변화를 일으키지 않았다. 이러한 현상은 (A),(B),(C),(D),(E)의 모든 그래프에서 볼 수 있는데, 지금까지의 결과로도 알 수 있듯이 M12의 제거능은 M11, M71과 비교해 볼 때, NH₃-N의 제거능이 상대적으로 낮음을 알 수 있다. 그러므로, M12의 NH₃-N 제거능에 대한 재검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

NH₃-N 초기농도가 약 40mg/L(B), 약 80mg/L이



(Fig. 3) Limit concentration of NH₃-N removal in GA artificial wastewater

하(C)인 경우에는 20시간 이내에 대부분 제거되었으나, 초기농도가 고농도인 약 400mg/L(D)와 약 800mg/L(E)의 조건에서는 미생물의 증식만 활발하게 일어날 뿐 NH₃-N의 제거능은 크지 않았다. 이제까지의 실험결과로 미루어 볼 때, 미생물의 증식이 활발할수록 NH₃-N의 제거율도 높은 결과를 가져왔었다. 그러나, 초기농도가 약 400mg/L와 800mg/L인 경우에 증식곡선과 NH₃-N농도변화곡선에 커다란 상관성이 보이지 않았는데, 이는 고농도 NH₃-N조건이 미생물의 질소섭취에 과부하를 일으켰거나, 미생물이 GA합성폐수 중에서 성장에 있어서 필요량의 질소량만을 섭취하고 잔량은 그대로 수중에 방치시켰을 가능성이 매우 크다. 후자의 경우 GA합성폐수중의 C/N비가 낮기 때문에 수중에 함유되어있는 다량의 질소를 미생물이 이용하지 못한 것으로도 볼 수 있다.

두 경우 모두 NH₃-N제거에 상당히 큰 영향을 미치게 되는 현상을 일으키므로, 원인을 먼저 규명해야 할 것이며, 또한 최대 NH₃-N 처리가능농도가 500mg/L이하인 것으로 윤곽이 드러났으므로, 이 범위 내에서의 NH₃-N의 최대제거 가능농도를 정확하게 재 파악해 볼 필요성이 있다.

3.4 C/N비에 의한 영향

위 3.3의 결과로부터 500mg/L이상의 고농도 NH₃-N조건에서 질소제거능이 감소됨을 알 수 있었고, 이는 탄소원의 부족이 가장 큰 원인이 되는 것으로 판단되었기 때문에 질소의 양은 1000mg/L로 고정시키고, 이를 기준으로 GA합성폐수의 C/N비를 조절하여 배양한 후 그 결과를 (Fig. 4)에 나타내었다.

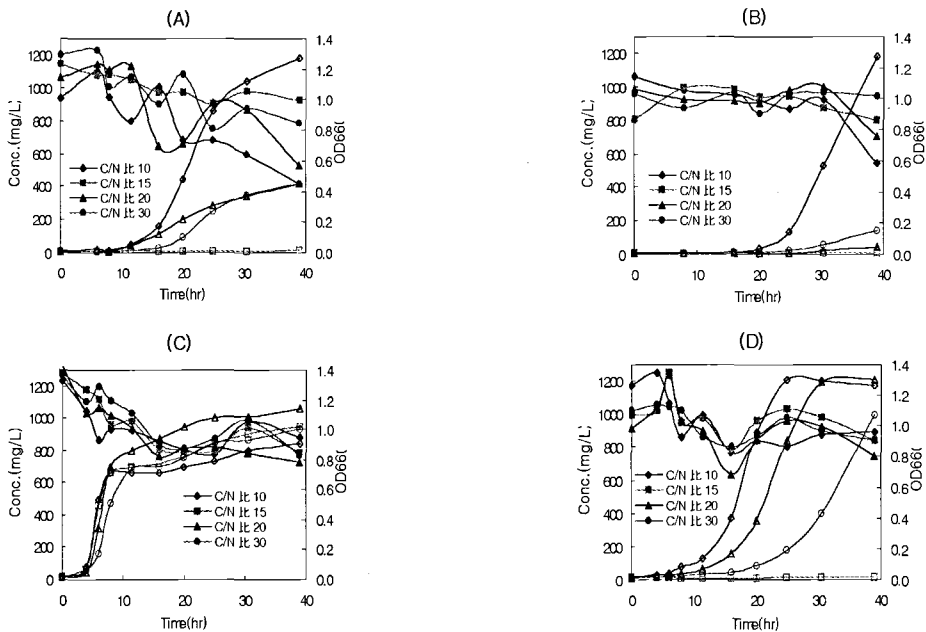
NH₃-N의 초기 조건이 약 1000mg/L로 고농도이긴 하였으나, C/N비가 증가됨으로써, 미생물의 대사에 필요한 영양조성이 어느 정도 이루어진 것으로 보였고, 이때 C/N비는 약 10인 것을 나타냈다.

NH₃-N의 제거능은 3.3의 결과에 비해 좀 더 나은 결과를 보이기는 했으나, 기대이상 만큼의 큰 제거효능을 보이지는 않았다.

M11의 경우 C/N비가 10일 때 최대의 제거율을 보였고, 30일 때는 오히려 제거율이 감소하는 결과를 보이고 있다.

M12는 고농도에서 C/N비를 조절해 주어도 NH₃-N농도에는 별다른 변화를 보이지 않아 3종의 미생물 중 질소제거 능력이 가장 저조한 것으로 나타났다.

M71은 초기 NH₃-N의 농도가 약1200mg/L 인 조



[Fig. 4] Growth characteristics of M11(A), M12(B), M71(C), M71(D) and removal rate of NH₃-N in various C/N ratio

건에서 16시간 경과 후 대략 40~50% 가량의 제거능을 보였고, 이때 C/N비는 10과 20으로 유사했으나 20의 조건에서 조금더 나은 미생물의 증식률과 NH₃-N의 제거율을 보였다.

(D)그래프는 광염성 미생물인 M71을 3% NaCl의 GA합성폐수에서 동일조건으로 실험한 결과를 나타낸 것으로 무염조건에서 보다는 미생물의 성장이 느린 것을 관찰 할 수 있다. 무염조건에서의 증식곡선과 비교해 볼 때, 차이점은 C/N비의 변화에 있어서 증식속도가 확연히 구분된다는 것이다. 염분조건에서 C/N비는 10일 때가 가장 빨랐고, 20, 30 순으로 나타났는데, 이상한 점은 C/N비가 15인 조건에서는 미생물 증식이 전혀 일어나지 않았다는 것이다. 이러한 결과는 (C)를 제외한 (A), (B)의 조건에서도 나타났는데, C/N비가 10과 20일 때는 미생물 증식이 잘 일어나는데, 15인 조건에서는 증식하지 않는 이해할 수 없는 결과를 보였다. 이는 실험과정중의 실수라고 단정 짓기에는 어려운 상황으로 판단되므로, 차후 재실험을 통하여 재현성을 살펴볼 필요성이 있을것으로 보인다.

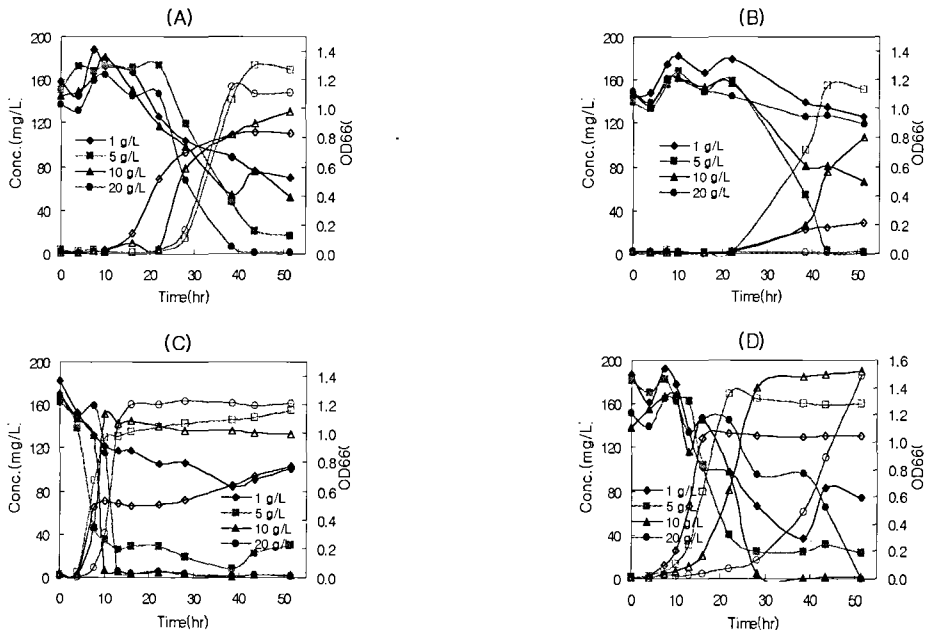
3.5 K₂HPO₄ 농도에 의한 영향

미생물의 NH₃-N의 제거능 검토 실험 과정에서 균

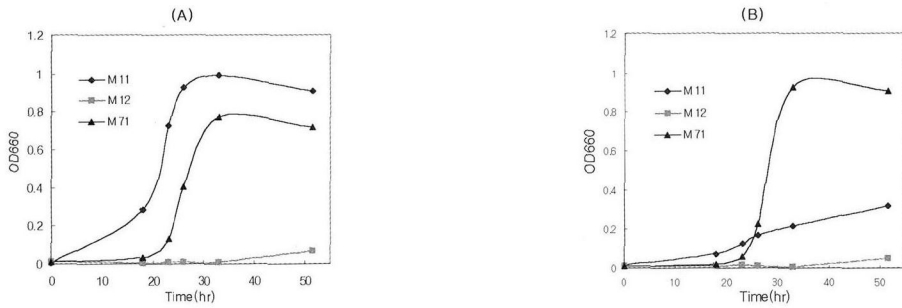
의 증식으로 인해 유기물이 분해되고, 다량의 CO₂가스를 발생시키므로 pH 감소의 원인이 된다. 따라서, pH의 급격한 감소를 위한 pH완충제로서 K₂HPO₄를 인공폐수 중에 첨가하였고, K₂HPO₄농도가 NH₃-N의 제거능에 미치는 영향을 파악하기 위해 GA합성폐수의 K₂HPO₄의 농도를 각각 1, 5, 10, 20g/l 로 변화시킨 후 Growth curve와 NH₃-N의 제거능을 관찰하였다.

GA합성폐수의 K₂HPO₄ 농도를 각각 1, 5, 10, 20 g/l 로 변화시켜 만든 GA합성폐수에 미생물을 식중하였고, 그 결과를 [Fig. 5]에 나타내어 보았다.

M71(C)의 경우가 가장 우수한 효율을 보였는데, K₂HPO₄의 농도가 4시간에서 10시간 사이에 4가지 조건에서 NH₃-N의 제거가 이루어지기 시작하는 것을 관찰할 수 있다. 또한 5g/L, 10g/L, 20g/L일 경우에 서로 유사한 NH₃-N 제거능을 보이는 것 같지만, 20g/L일 때 가장 우수한 효율을 보였고, 10g/L, 5g/L, 1g/L의 순이었다. 여기서, 유심히 관찰해야하는 부분은 인산염 성분이 비교적 상당히 적은 조건인 1g/L 조건인데, 10시간 경과 후부터 제거능이 감소함을 관찰할 수 있고, 이때 미생물의 증식 또한 더 이상 일어나지 않음을 관찰할 수 있다. 이는 소량의 인산염 성분이 pH에 대한 완충역할을 제대로 수행하지 못했



[Fig. 5] Effect of K₂HPO₄ on growth rate of bacteria and removal rate of NH₃-N



[Fig. 6] Bacteria growth curve when NO₂-N(A) and NO₃-N(B) was used as substrate

기 때문에 보이는데, K₂HPO₄의 양이 증가하게 되면, 미생물의 증식과 NH₃-N의 제거능이 증가하게 되는 것으로 설명이 될 수 있다.

M71의 염분조건인 (D)의 경우 역시 1g/L일 때 가장 먼저 증식이 일어나지만, 16시간 경과 후부터는 더 이상의 증식을 보이지 않는다. 그 다음으로는 5g/L, 10g/L, 20g/L의 순으로 증식이 이루어 지는데, 여기서 주의 깊게 관찰해 볼 점은 K₂HPO₄의 농도가 낮을 수록 빠른 증식을 보이지만, 최대증식 시점에 이르는 시간이 늦어진다는 것이다. 이러한 현상은 완충제로써 첨가한 K₂HPO₄성분이 미생물의 지체기를 증가시킨 것으로 보이며, 일단 적응이 이루어진 후에 이를 기질로서 다량 이용한 것으로 보인다.

M11(A)의 경우 NH₃-N의 제거능은 20, 10, 5, 1g/L순이었고, 증식속도는 1g/L일 경우에 가장 먼저 증식하는 모습을 보이지만, 28시간 이후부터는 더 이상의 증식이 일어나지 않았다.

M12(B)는 3종의 미생물 중 NH₃-N의 제거능이 가장 저조한 것으로 나타났는데, 그 중 5g/L일 때, 22시간 이후부터 제거능이 나타났다. 또한 10g/L조건에서는 55%의 NH₃-N제거율을 보였으나, 1g/L와 20g/L에서는 농도변화가 거의 없었다.

3.6 질소원(NO₂-N와 NO₃-N)별 영향

본 실험에 사용한 3종류의 미생물은 주로 질소원으로 NH₃-N를 이용하였다. [Fig. 6]에서는 질소원으로 NO₂-N과 NO₃-N을 GA합성폐수에 첨가하여 다른 형태의 질소원 조건에서 어떠한 증식특성을 보이는지를 살펴보았다.

질소원으로 NO₂-N을 사용한 조건(A)에서 M12를 제외한 M11과 M71의 증식이 왕성하게 일어나는 것을

관찰할 수 있었는데, 특히 M11의 경우 가장 빠른 증식을 보였다.

NO₃-N을 질소원으로 이용한 경우는 (A)와 마찬가지로 M12의 증식은 거의 일어나지 않았지만, M11의 증식이 확연히 낮아졌음을 관찰할 수 있었다. 여기서, M11의 경우 질소원으로 NO₃-N보다는 NO₂-N를 선호하는 것으로 해석할 수 있는데, 미생물이 합성에 이용하는 수중질소의 형태에 따라 수처리시 질소제어에 상당한 영향을 미침을 간접적으로 보여준다.

3.7 제거된 NH₃-N의 변화

지금까지의 실험결과로 인해 미생물의 증식과 NH₃-N제거능은 서로 밀접한 관계가 있음이 확인되었는데, 제거된 NH₃-N이 어떠한 형태로 변화되었는지 효율이 가장 뛰어난 M71을 이용하여 초기시료와 50시간 경과 후 시료에 대해 물질수지를 검토해 보았으며, 그 결과를 [Table 2]에 나타내었다.

초기 87.6mg/L의 NH₃-N를 함유하고 있던 GA합성폐수의 50시간 경과 후 NH₃-N의 농도는 0.04mg/L로 99.95%가 제거되었다.

NO₂-N과 NO₃-N의 농도는 거의 변화가 없었으며, 총 킬달질소(TKN)는 초기에 비해 6.25mg/L만이 감소했을 뿐 큰 변화를 보이지 않았다. 만일 M71이

[Table 2] Concentration of each nitrogen after 50hr

Nitrogen	Initial	Final
NH ₃ -N	81.76	0.04
NO ₂ -N	0	0.001
NO ₃ -N	0	0.2
TKN	82.5	76.25

질산화 미생물이고 NH₃-N의 제거가 질산화에 의한 감소라면 NO₂-N과 NO₃-N의 농도는 상대적으로 증가하는 경향이 반드시 일어나야 하지만, 위의 표에서 알 수 있듯이 질산화가 일어난 흔적은 전혀 관찰할 수 없다. 나머지 변화될 수 있는 질소의 형태는 탈질에 의한 N₂가스로의 전환인데, 이는 완전한 호기성 조건이므로 그 가능성 또한 희박하다.

이로써 결국 NH₃-N는 특수미생물인 M71에 의해 유기질소 형태로 대부분 합성이 일어난 것임 증명해 주고 있는 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 수중의 NH₃-N을 유기질소형태로 합성시키는 3종류의 특수미생물을 이용하여 암모니아성질소로 오염된 폐수의 고도처리 가능성에 대해서 검토해 보았다.

미생물의 내염성 파악을 위해 無염분조건과 염분조건(3%)에서 배양해 본 결과, M11은 절대호염성, M12는 절대협염성, M71의 경우는 광염성을 지니고 있었다.

탄소원(glucose)의 영향을 검토한 실험에서는 Glucose농도가 5g/l 일 때, 미생물의 증식과 NH₃-N의 제거능에 가장 적절한 것으로 나타났고, 고농도 NH₃-N(약 1000mg/L) 조건하에서 C/N비는 10일 때 가장 잘 증식하였으나, NH₃-N의 제거율은 높지 않은 결과를 보였다. NH₃-N의 농도별 영향을 검토한 실험에서는 NH₃-N를 10, 50, 100, 500, 1000 ppm으로 변화시켰을 때, 100mg/L 까지는 제거효율이 우수했으나, 500mg/L와 1000mg/L의 경우 증식은 잘 일어났지만, 제거효율 면에서는 저조한 결과를 보였다.

K₂HPO₄ 농도를 1, 5, 10, 20 g/l 로 변화시키면서 실시한 실험에서는 미생물마다 최적 성장 농도는 조금씩 달랐으나, 5g/l 에서 적절한 성장조건을 보였다.

질소원으로 NO₂-N와 NO₃-N을 사용해 본 실험에

서 특수미생물은 질소원으로 NH₃-N뿐만 아니라 NO₂-N과 NO₃-N도 질소원으로 이용할 수 있었는데, NO₂-N를 좀 더 쉽게 이용할 수 있는 것으로 나타났다.

제거된 NH₃-N의 형태 변화를 살펴본 결과 NO₂-N과 NO₃-N의 증가는 없고, TKN의 농도변화가 초기농도와 비슷한 점으로 미루어 볼 때 유기질소형태로 변화되었음을 파악할 수 있었다.

따라서, 이러한 특성을 이용하여 NH₃-N이 다량으로 함유되어있는 폐수에 대해 생물반응조나 생물여과탑의 형태로 적용한다면, 기존의 고도처리시설 설치로 인한 부지면적과 비용을 최소화 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 서울산업대학교의 학술연구지원에 의하여 수행되었습니다. 지원에 대하여 감사드립니다.

참고 문헌

1. <http://www.me.go.kr:9999/DEPTDATA/200107/26145512/3.htm>
2. 김 정 현, 수 질 관 리, 동 화 기 술, pp. 403~409(1991)
3. Grkstätten, J. H., "A Survey of Phosphorus and Nitrogen Levels in Treated Municipal Wastewater", Jour. WPCF, pp. 50~718(1978)
4. Kim, N.J., Sugano, Y., Hirai, M., and Shoda, M. "Removal of a high load of ammonia gas by a marine bacterium, *Vibrio alginolyticus*. J. Biosci. Bioeng., 90, 410~415(2000) 