



Pilot-Scale 생물막공정을 이용한 겨울철 오수처리 (Sewage Treatment using Pilot-Scale Biofilm Process during Winter Season)

연구기관:부산대학교 환경문제연구소,
참여기업:청록환경엔지니어링(주), (주)한창수기

이종현, 박정진, 김영오, 박태주

■ 기술개발요약 ■

현재 국내의 오폐수처리장의 수는 증가하고 있으며 그에 따른 오폐수처리장의 건설비는 물론 운전관리비용도 증가하는 추세이다. 이에 따라 우수한 처리효율과 경제적이고 안정성을 갖춘 공정이 시급히 요구되고 있다.

1998년 12월에서 2001년 11월까지 3년간 수행될 생물막공법을 이용한 소규모 오수처리시설에서의 유기물 및 영양염 제거공정의 최적화 및 상용화에 대한 본 연구에서, 1차년도 목표인 TN 10mg/l, TP 1mg/l 이하의 안정적인 유출수질을 얻기 위한 기본인자를 도출하였다.

공정은 A, B, C, D의 4가지 조건에서 운전되어졌는데, 겨울철 10℃ 이하의 낮은 수온에도 불구하고, HRT 6시간에서 목표수질을 달성할 수 있었다. 미디어 충전율은 2.4~2.9%로 모든 조건에서 일정하였으며, 무산소조(2)로의 외부탄소원 주입량을 각각 50, 75, 100mgCOD/l로 변화시켰을 때 75mgCOD/l가 가장 경제적인 주입량이었다. 슬러지반송율은 100%로, 탈질을 위해 호기조에서 무산소조로의 반송량 없이도 목

표수질을 달성할 수 있었다.

본 공정은 높은 질산화를 달성하기 위해 고정생물막을 설치하여 기존의 타 영양염 제거공정보다 우수한 질산화 효율을 얻을 수 있었는데, 질산화를 위해서는 호기조내 bulk상의 DO를 2.5mg/l 이상 유지시키면서 총biomass를 약 1,500mg/l 이상 유지시키는 것을 요구하였다. 또한, 탈질을 위해서는 무산소조내 휘발성유기미생물(MLVSS)의 농도를 약 2,500mg/l 이상을 요구하였다. 따라서, 본 공정에서는 반응조에서 총biomass의 조절인자인 MLVSS를 약 3,000mg/l 이상 유지함으로써 안정적인 유출수질을 달성할 수 있었다.

무산소조(2)의 외부탄소원 주입량을 ORP로 제어하기 위한 기본인자를 도출하였는데, MLVSS 2,500mg/l 이상에서 외부탄소원의 주입으로 ORP를 약 -120mV 이하로 유지하는 것이었다. 앞으로의 연구에서는 ORP를 이용한 외부탄소원 주입 제어시스템을 확립함으로써, 약품비의 절감과 공정의 안정성을 도모할 예정이고, 소규모 오수처리시설에서의 유기물 및 영양염류 동시제거공정의 설계기준 및 운전매뉴얼을 작성할 예정이다.



1. 서론

최근에 도시와 산업화가 가속화되면서 하수와 폐수의 발생량이 계속 증가하고 있으며, 그 성상도 다양해지고 있다. 일부 미처리된 최종처리수가 수계로 방류되어 하천과 강의 오염을 더욱 심화시키고 있으며, 특히, 재래식 하폐수 처리방법은 주로 유기물질, 부유물질과 병원성균의 제거가 주목적이었기 때문에 수질저하와 부영양화로 최근에 영양염제거에 관심을 집중시키고 있다.

현재 우리나라는 하수도가 보급되지 않은 도시지역에서 수세식변소를 갖는 일반주택의 경우는 정화조를 설치하고 일정 면적 이상의 건물에 대해서는 오수정화시설을 설치하도록 규정하고 있다.

그러나 앞으로는 상수원의 수질개선을 위하여 농촌의 촌락지역, 축산단지, 상가지역, 일반음식점, 숙박업소 등에서 배출되는 소규모의 생활오수는 마을단위 혹은 주거집단단위로 공동처리해야 한다. 또한 유기물질 뿐만 아니라 부영양화의 원인물질인 질소, 인등의 영양염류를 동시에 제거할 수 있도록 하여야 한다.

따라서, 본 연구에서는 오폐수의 유기물질 뿐만 아니라 영양염류의 제거가 가능한 생물막공정을 이용하여 소규모처리에 적합하며, 인력과 운전이 편리하며 자동화가 가능한 생물막공정을 개발하는 것이다. 아울러 본 연구개발의 최종목표는 "생물막공법을 이용한 소규모 오수처리시설에서 유기물 및 영양염류 동시제거 공정의 최적화 및 상용화"에 있다.

생물막공법을 이용한 영양염 동시제거 공정기술 개발을 위한 연구기간은 1998년에서 2001년까지 3년간으로서 본 사업의 시작년도인 1차년도에는 Pilot plant 설치와 제작 및 유출수내 TN농도 10mg/L, TP농도 1.0mg/L를 얻기 위한 운전조건도출에 있다.

한편, 2차년도에는 1차년도 Pilot plant의 현장설치 및 검토보완과 아울러 외부탄소원 대체물질개발의 일환으로 음식물쓰레기, 1차 하수슬러지등을 이용한 탈

질효율 향상방안을 검토하고자 한다.

또한 운전조건도출 실험을 지속적으로 실시하며 계절별 공정특성과 온도영향을 저감시키기 위한 공정개발을 한다. 끝으로 3차년도에는 1, 2차년도에 실시된 기존처리공정의 운전결과를 분석하여 실제 소규모 오수처리장의 설계인자를 도출하며, 운전매뉴얼을 작성할 예정이다.

2. 연구방법

2.1 Pilot Plant 제원

Pilot Plant는 부산광역시에 위치한 수영하수처리장 내에 설치하였다. 그림1은 공정의 개략도이고, 단위반응조의 부피는 표1과 같다. 각 단위반응조의 재질은 4.5mm 두께의 철판을 사용하였고, 무산소조에는 고르게 혼합될 수 있도록 30~180rpm으로 작동되는 가변식 교반기를 설치하였다.

호기조에는 디스크 타입의 멤브레인 분산기를 설치하여 미세기포가 유동될 수 있도록 하였다. 무산소조(2)에서는 높은 탈질율을 얻기 위해 약품탱크에서 메탄올을 외부탄소원으로 주입할 수 있도록 하였다. 호기조(2-1)과 호기조(2-2)는 높은 질산화와 미량의 잔류유기물의 제거를 위해 설치하였다.

또한, 이동형 pH, DO, ORP meter를 설치하여, 연속적으로 기록할 수 있는 모니터링 시스템을 설치하였으며, 알칼리도 부족시, 공급할 수 있도록 약품탱크를 설치하여 공정의 안정성을 도모하였다.

그림 1. 공정의 개략도

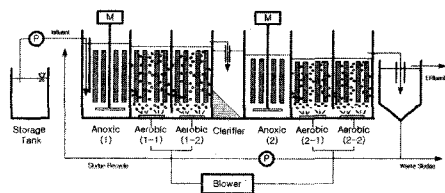




표 1. 단위 반응조의 규격

Item	Volume
Anoxic reactor(1)	0.98m ³ (0.7W×0.7L×2.0H)
Aerobic reactor(1-1)	0.84m ³ (0.7W×0.6L×2.0H)
Aerobic reactor(1-2)	0.84m ³ (0.7W×0.6L×2.0H)
Anoxic reactor(2)	0.56m ³ (0.7W×0.4L×2.0H)
Aerobic reactor(2-1)	0.84m ³ (0.7W×0.6L×2.0H)
Aerobic reactor(2-2)	0.98m ³ (0.7W×0.7L×2.0H)
Clarifier	2.42m ³ (1.1W×1.1L×2.0H)

2.2 운전조건 및 미디어의 특성

본 연구의 목표 유출 수질인 TN 10mg/l, TP 1mg/l 이하로 유지하기 위한 기본인자를 도출하기 위해 표 2와 같이 운전인자를 변화시켰다.

표 2. 운전조건

Run	A	B	C	D
Average Temperature(°C)	16.5	12.6	10.5	8.5
HRT(hr)	10	8	6	6
Sludge recycle ratio(%)	100	100	100	100, 150
Media recycle ratio(%)	2.4~2.9	2.4~2.9	2.4~2.9	2.4~2.9
Carbon source dosage (mgCOD/l)	-	100	75	50

고정 생물막공정에서의 미디어의 선정은 대단히 중요한 요소중의 하나이다. 국내외적으로 상용화된 미디어의 경우, 비표면적이 넓고 온도, 열, 산과 알칼리성 물질과 같이 외적인 변화에 영향을 적게 받는 물질을 이용하여 제작하기에 사용 여재의 재질자체가 다양하다.

보편적으로 사용되는 매체는 플라스틱으로 만들어진 Pall ring, 활성탄, 세라믹 다공성 미디어 및 섬유구조 조직으로 이루어진 PE물질등이 널리 이용되어지고 있다. 이들 매체는 기존의 모래와 자갈같은 자연물질보다 비표면적, 공극률과 이온강도를 높여 제작하였기에 효율이 높아 사용량이 증가하는 추세에 있다. 특히, 고정 생물막공정의 경우 미디어 선정시 경제성있는 미디어의 선정은 실제 현장적용시 초기투자비를 줄이는데 중요한 영향인자로 작용하기도 한다.

본 연구에서 이용되어진 Aquatic Media 는 국내에서 개발된 섬유상 Poly Propylene으로 부식성과 산, 알칼리등에 강한 특성을 가지고 있다. 이 미디어의 기본체원은 표 3과 같다.

표 3. 미디어의 특성

Item	Volume
Media Name	Aquatic Media
Media Material	Poly Propylene
Size(mm)	1,000W×40,000L×20H
Weight (g/m ³)	730
Specific gravity (kg/m ³)	0.91
Media packing ratio(V/V %)	2.4~2.9
Tension strength (g/d)	4.5~7.5

Aquatic Media 의 반응조내 충전방법은 충전틀을 반응조벽면에 설치하고 Sheet type의 미디어를 반응조벽면에 끼워서 설치하였다. 설치된 미디어는 반응조와 상하로 분리가 용이하도록 탈착식으로 설치하였으며 수시로 미생물 부착정도를 확인하고 측정할 수 있도록 하였다.

2.3 시료분석방법

운전기간중 각 반응기별 처리효율 및 운전조건에 따른 영향을 고찰하기 위하여 각 반응조의 유출수를 채수하여 수질분석을 행하였다. 모든 분석은 Standard Methods (APHA 19th, 1995)를 기준으로 하였고, 기기분석은 Ion Chromatography와 Auto Analyser를 사용하였다.

- pH, DO, 온도와 ORP : on-line recorder
- Alkalinity, SS : Standard Methods
- COD, NH₄⁺-N와 TP : Standard Methods or Auto Analyser
- NO₂-N, NO₃-N : I.C.(Ion Chromatography) or Auto Analyser

3. 연구개발결과



3.1 운전기간 중의 유입수질과 유출수질

그림 2는 운전기간중의 유입수와 유출수의 SCODcr의 농도변화를 나타낸 그래프이다. 운전기간중 유입수 농도의 범위는 16~166mg/l였는데, 초기의 낮은 유입 SCODcr농도는 강우의 영향에 기인한다. 운전기간중 유출수의 SCODcr농도는 8.0~21.3mg/l이고, 평균농도는 13.3mg/l이다. 평균 SCODcr제거효율은 83.0%이다.

그림 3은 A에서 D조건에서의 온도변화와 비교하여 나타낸 NH₄⁺-N농도를 나타내었다. 운전기간중 유입 NH₄⁺-N농도는 13.4~43.9mg/l이고, 유출 NH₄⁺-N농도는 0.05~5.40mg/l이다. 높은 NH₄⁺-N 부하와 낮은 온도를 가지는 D조건에서도 6시간의 HRT에서 0.15~3.31mg/l의 유출수질을 얻을 수 있었다.

그림 4는 PO₄³⁻-P농도의 변화를 보여준다. 유입 PO₄³⁻-P농도의 범위는 0.62~1.59mg/l이고, A,B,C,D 각각의 조건에서 유출수의 평균농도는 각각 0.57, 0.36, 0.28, 0.57mg/l이다.

3.2 질산화 특성

Barnard(1975)는 단일슬러지시스템의 질소, 인 동시제거공정을 제안했는데, 혐기, 무산소, 호기 조건이 영양염제거공정의 대표적 공정이다. 최근에는 4단 혹은 그이상의 단을 거친 고효율 영양염 제거공정을 사용하고 있다. 그러나, 단일슬러지시스템은 질소, 인 동시제거에 있어서 몇가지 문제가 발생한다. 무엇보다도 질산화 미생물의 성장률이 중속영양미생물의 성장률보다 느리기 때문에 높은 질산화를 달성하려면, 긴 SRT가 요구된다(Su, 1996). 부유상 미생물을 가진 고정생물막 공정은 질산화율을 강화시킬 수 있다(Park et al., 1995, 1998, 1999).

그림 5는 호기조에서의 NH₄⁺-N 제거효율과 biomass농도를 비교한 것이다. 본 연구에서는 두 종류의 biomass가 존재하는데, 부착상 미생물과 부유상 미생물이다. 동일한 차원으로 비교하기 위해 다음과 같이 정의했다.

$$\text{총 biomass} = \frac{\text{VAS}}{\text{반응기의체적}} + \text{MLVSS}, (\text{mg}/\ell) \quad (1)$$

그림 5에서 총 biomass 농도가 1,500mg/l 이상이었을 때, 안정적인 질산화에 도달할 수 있었다.

운전기간 중, 탈질을 활성화 시키기 위해 총 biomass를 3,000mg/l 이상 유지하였기 때문에 안정적인 질산화에 도달할 수 있었다.

질산화는 한계치 이상에서는 DO농도와 무관하다(Tench, 1996; Ferhan, 1995). 운전기간 중 DO농도는 0.5에서 5.5mg/l까지 변화하였다. 그림 6은 호기조에서의 DO영향을 보여준다. DO농도 범위 2.5mg/l 이상에서 0.16kgNH₄⁺-N/m³/day의 최대제거율을 얻을 수 있었다.

또한, 운전기간중의 유입 Alkalinity는 평균 261mg/l이고, 유출 Alkalinity는 평균 96mg/l로 Alkalinity의 인위적인 보충은 필요가 없었다.

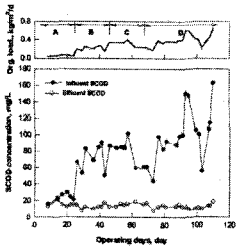


그림 2. SCOD_{cr}농도의 변화

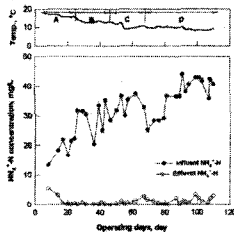


그림 3. NH₄⁺-N 농도의 변화

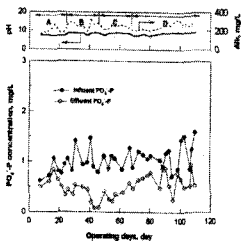


그림 4. PO₄³⁻-P 농도의 변화

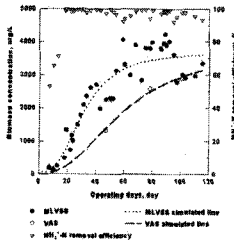


그림 5. biomass 농도 변화



3.3 탈질 특성

탈질은 산화 가능한 유기기질 또는 전자공여체가 반드시 존재하여야 하므로 충분한 탈질율을 얻을 수 있는지 평가하기 위해서는 BOD/N 또는 COD/N비가 좋은 지침이 된다. 폐수처리에서 탈질을 위한 여러 가지 다양한 기질이 산화-환원반응에 이용되는데 그중 메탄올이 가장 광범위하게 이용되고 있다. McCarty(1969)의 연구에 의하면 메탄올은 비교적 슬러지를 적게 형성시키고 가격면에서 저렴한 외부탄소원이라고 보고하고 있다.

그림 7은 최적운전조건 실험기간중 탈질효율을 높이기 위해 외부탄소원인 메탄올을 각각 50mgCOD/l, 75mgCOD/l, 100mgCOD/l로 무산소조(2)에 주입하였을 때, 무산소조의 TN의 제거율을 나타내었다. 완전한 질산화가 일어난 상태에서의 TN 농도의 제거율은 탈질에 지배를 받는다. 본 공정의 특징은 무산소조(1)에서의 탈질은 유입수내 탄소원을 이용하여 자연탈질이 일어나도록 유도하였다. 메탄올이 과잉으로 공급된 100mgCOD/l 조건에서도 유출수의 유기물농도를 높이지 않았고, 50mgCOD/l 조건이 가장 경제적이었지만, 유출수의 TN농도 10mg/l 이하의 안정적인 질소 제거율을 얻기 위해서는 75mgCOD/l의 메탄올 주입이 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

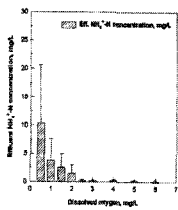


그림 6. DO에 따른 유출 NH₄-N농도의 변화

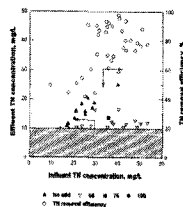


그림 7. 외부탄소원 주입량에 따른 유출 TN농도의 변화

그림8은 무산소조(2)에서의 MLVSS농도와 ORP, 탈질효율의 관계를 나타낸 것이다. 운전기간 중, 대부분의 MLVSS농도는 2,500~3,500mg/l로 유지되었고, 무산소조(2)의 HRT는 0.92시간이었다. 탈질에 영향

을 미치는 주요인자로서 ORP를 측정하였는데, 최적값은 -120mV이하였고, MLVSS가 2,500mg/l 이상에서 달성될 수 있었다.

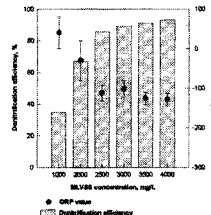


그림 8. MLVSS, ORP, 탈질효율의 관계

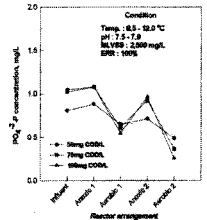


그림 9. 단위반응조의 평균 PO₄³⁻P의 농도

3.4 인제거 특성

일반적으로 하수에서 비용존성 인의 약 10%정도는 일차침전에 의해 제거되는데, 일차침전 후 존재하는 인은 거의 용존성 상태이기 때문에 입자성 유기물질과 관련된 것을 제외하고는 재래식 생물학적 처리공정에서 추가적으로 제거되는 인은 미량에 지나지 않는다 (Qasim, 1985)

그림 9는 외부탄소원의 주입에 따른 각 단위공정별 용존성 인의 평균 유출 농도변화를 나타내었다. 생물학적인 방법에 의한 인제거는 인축적 미생물, 특히 Acinetobacter ssp. 등과 같은 미생물들의 혐기 및 호기조건에 따른 인의 섭취와 방출 메카니즘에 의해서 이루어진다. 그림 9에서 나타난 바와 같이 무산소조에서 인의 방출과 호기조에서의 인의 섭취가 일어나 인이 제거됨을 알 수 있었다. 특히, 외부탄소원의 농도가 가장 높은 100mg/L 조건에서 무산소조(2)에서의 인 방출량이 가장 높게 나타났으며, 호기성반응조의 인섭취에 의한 제거도 크게 나타났다.

4. 기술개발 효과 및 적용분야

4.1 기술개발효과

기존의 하수, 오수의 유기물제거처리시설로는 하천의



수질보전을 완벽하게 기대하기는 어려운 실정으로, 이를 충족시키기 위해 고도처리방법의 개념인 외국기술을 도입이 예견되는 바, 국내실정에 맞지 않고 엄청난 기술사용료의 지불 및 기가재의 수입으로 외화유출이 우려된다. 아울러 본 기술의 적용으로 다음과 같은 환경적 이익이 기대된다.

4.1.1 수질오염저감효과

중소규모 생물막공정을 이용하여 처리할 경우 BOD는 90%이상 제거가 가능하고, 하수종말처리장 같은 수질 개선효과를 위해서는 방류수 수질을 BOD 20mg/l 이하로 유지해야 한다. 일본의 경우, 국고보조를 받는 1,000개소 정도를 조사한 결과 BOD가 13mg/l 정도였다. 또, 오수발생원과 같은 위치에 설치하면, 공공수역에서 방류후 수계에서의 자정작용을 최대한 이용할 수 있다. 수심이 얇고, 유속이 비교적 느리고, 하상이나 수로의 옆벽에 부착된 조류의 작용을 최대로 이용할 수 있는 소하천이나 수로에서는 자정작용효과도 높이나 타난다. 그리고, 하수도의 노후화, 파손, 오점 등으로 인한 지하수의 오염을 방지하며, 지하수 유입에 따른 하수처리장 유입수의 희석 및 유입유량의 증가에 따른 부정적인 영향을 줄일 수 있는 부수적인 효과도 기대할 수 있다.

4.1.2 하천용수의 확보

대규모 하수처리장에 하수를 유입하여 처리하는 경우, 건조기에는 하천 등의 유량이 감소하고 미관로나 생태계 보전에도 나쁜 영향을 미치게 된다. 특히 오수와 우수의 분류관개가 설치되어 있지 않을 경우 하천에 유입되는 모든 오염 하천수를 차집하여 처리장에 이송함으로써 건천화가 되어 하천 생태계에 나쁜 영향을 초래하고 심한 경우에는 생태계가 파괴될 수 있다. 반대로 중소하천에 처리수를 대량으로 방류하면 수량이나 수질 면에서 문제를 일으키는 경우도 있다. 그리고, 자연수

계에서 물흐름의 인위적인 변화는 최소화하는 것이 바람직함으로 오수의 처리수를 발생지점의 가까운 위치에서 수환경으로 되돌려 줄 수 있다는 것도 중소규모 하수처리장의 역할로 평가된다. 특히, 중소규모처리장의 처리성능을 향상시켜 그대로 재이용하면 이러한 효과는 증대된다.

4.1.3 하수처리장의 역할 분담

우리나라에 설치되어 있는 71개소의 하수처리장을 보면, 처리용량이 1,000m³/d 이하의 처리장은 7개소이고 1,000~10,000m³/d의 처리장은 12개소이다. 71개소의 처리장 중 만톤이하의 처리장이 27%인 19개소로, 대부분이 대도시를 중심으로 대규모 하수처리장이 설치, 운영되고 있어서 중소도시나 농촌지역에서 발생하는 오수는 거의 처리되지 않은 채 하천, 호소, 바다로 직접 배출되고 있다. 따라서, 대도시를 중심으로 오수를 다량 발생시키는 지역에는 현행과 같이 하수처리장을 지속적으로 설치하여 농촌이나 단독건물에 대해서는 중소규모의 처리시설을 설치하여 오수를 처리하는 역할분담이 바람직하고, 현실적인 대안이다. 특히, 상수원보호구역 등 수질을 고도로 유지해야 하는 지역이나 하수처리장의 설치가 지리적으로나 기술적으로 부적절한 지역에 위치한 농촌마을에 대해서는 소규모처리시설의 설치가 불가피한 여건이다.

4.2 적용분야

현재 국내의 영세한 환경산업체에서 개발된 공정에서는 전문성과 안정성이 부족한 공정들이 도출되고 있고, 따라서 실제 현장규모로 적용하는데는 많은 시일과 노력이 필요하다. 특히, 실험실과 Pilot 규모의 운전을 충분히 하지 않은 상황에서의 현장적용은 위험부담이 크다고 할 수 있다. 환경산업체중 기술능력이 있는 업체를 선정하여 환경산업 전문업체로 육성하는 것은 국내 시장뿐만 아니라, 해외 환경시장의 우선 점유 측면에서



도 가능성 있는 방안이라 할 수 있다.

본 연구에서 개발된 공정 및 설계기준을 이용하여 상수원 보호구역 또는 청정지역 인근에서 발생되는 오폐수를 근본적으로 처리하고자 한다. 또한 유출수질 TN 10mg/l 와 TP 1mg/l 이하의 안정적인 유출수질은 수계에서의 부영양화 문제를 해소시킬 수 있다.

100~1,000m³/d 용량의 소규모 하수처리장 설계기준을 표준화함으로써 현장적용시의 설계에 소요되는 시간과 물적 및 인적요구량을 절감시키고자 한다. 아울러 본 기술을 기존하수처리장의 고도처리시설로의 개조로도 이용할 수 있다.

또한 안정적인 처리수질을 확보할 수 있어 유지관리가 용이하고 처리수의 중수도 및 공업용수로의 재이용을 꾀함으로써 수자원 부족난을 해소하는데 이용한다.

2000년대는 환경산업에 대한 투자와 연구가 더욱 활발해 질 것이라고 알려져 있다. 정부는 환경산업을 부가가치가 높은 신산업부분으로 지정하고 유망한 환경산업 기술개발에 집중투자를 하고 있고, 지역에서는 산학연 공동체를 구성하는 등 환경산업기술개발에 박차를 가하고 있다. 중·소규모의 오수처리시설의 최적공정개발은 유망한 분야로 환경기술개발에 이바지할 수 있다.

5. 결론 및 향후 전망

고정생물막공정을 이용한 소규모오수처리시설에서 유기물 및 영양염류 동시제거 공정의 최적화 및 상용화에 대한 연구 중 1차년도 목표인 TN 10mg/l, TP 1mg/l 이하의 안정적 유출수질을 얻기 위한 기본인자를 아래와 같이 얻을 수 있었다.

- 1) 겨울철 10℃ 이하의 낮은 온도에서 6시간의 HRT, 매디아 충전율 2.4~2.9%, 외부탄소원 주입량 75 mgCOD/l, 슬러지반송율 100%로 TN 10mg/l, TP 1mg/l 이하의 안정적 유출수질을 얻을 수 있었다.
- 2) 안정적 질산화를 위한 조건은 호기조의 bulk상의

DO를 2.5mg/l 이상 유지시키면서 총biomass를 약 1,500mg/l 이상 유지시키는 것이었다.

- 3) TN 10mg/l 이하의 유출수질을 얻기 위한 제어인자인 탈질은 무산소조의 MLVSS 2,500mg/l 이상의 조건에서, 외부탄소원의 주입으로 ORP를 약 -120mV이하로 유지하는 것이었다.

앞으로의 연구방향은 외부탄소원주입을 ORP를 이용해 자동제어하는 시스템을 확립하여약품비절감, 공정의 안정성 및 효율을 확보하고, 소규모 오수처리장 설계기준의 산출 및 공정의 실용화 및 상용화에 대한 연구가 진행될 예정이다.

기업명	(주)청류환경엔지니어링	대표자	허성호
주소	(공 장) 인천광역시 동구 송림4동 296-19 (401-074) (사무소) 서울특별시 영등포구 여의도동 36-2 (150-749)	연락처	서울 021783-3825 인천 0321583-0211-4
설립년월일	1988년 9월 9일	주원업종	수질오염방지시설업
기술보유현황		주요생산제품	
		환경오염방지설비	
홈페이지			
기업명	한정수기(주)	대표자	한장윤
주소	부산시 금정구 광안동 산 30번지 부산대학교 신학림동관 703호	연락처	0511514-4780
설립년월일	1992년 11월 10일	주원업종	환경설비기기제작업
기술보유현황		주요생산제품	
		1) Bio-Ceramic System 2) 각종 오·폐수처리설비 3) 악비화 처리설비 4) 고염분리기	
홈페이지	http://watech.co.kr		