

Combination of integrated membrane bioreactors and the TCSPC (TiO₂ - Coconut Shell Powder Composite) for the removal of non-degradable drugs



Kim Jinhyeok · Park Jihyun · Choi Heewon · Choi Hyojoo
Department of Environmental Engineering, University of Seoul

Introduction

배경

- 폐의약품 성분으로 인한 수계 오염 문제가 국제적으로 대두되며 이를 위한 선진국들의 신정책사항들이 제정되고 있음
- 수계의 의약품 성분 제거를 위해 사용되는 공법에는 대표적으로 AOP와 MBR이 있지만 이에 대한 명백한 한계 존재

설계 목표

- 난분해성 화학물질 제거에 유리한 MBR 공정 설계
- 기존 MBR공정에 TiO₂ 촉매에 코코넛 껍질을 합성한 TCSPC를 이용
- 카르바마제핀과 메틸렌블루에 대한 처리 효율 획득

Methods

- 평막을 사용한 MBR 설계
- Python을 사용한 반복계산으로 생물반응조, 분리막 시스템 정밀 설계
- 최적의 운영을 위한 내부 반응률과 알칼리도 도출 및 생물반응 효율 유지
- 광촉매 반응을 위한 UV 램프 작동 시 필요한 전력량의 계산

TCSPC 메커니즘

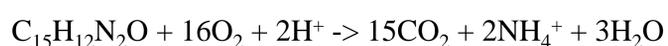
기존에 광촉매 물질로서 사용되는 TiO₂는 비표면적이 높은편이 아니라서 Fouling(막 막힘)현상이 일어나는 단점이 존재하며, 흡착능력이 부족하다는 단점이 존재하기 때문에 그 대안으로서 TiO₂ 와 다른 물질을 합성하여 새로운 광촉매를 만들어 사용되는 방법이 강구되고 있다.

그중 TCSPC(코코넛껍질과 TiO₂의 합성물) 기존의 TiO₂보다 비표면적이 높기 때문에 흡착력이 높으며, Fouling 문제를 어느정도 해소할 수 있다는 장점을 가지고 있는 광촉매다.

MBR 공정에 TCSPC20 concentration = 100 mg/L가 비표면적이 가장 높으며, 제거효율이 좋은 주입량이다.

광분해 반응을 통한 MB(Methylene Blue), CBZ(carbamazepine) 제거 MB(Methylene Blue)의 경우 TCSPC에 흡착되며, UV가 조사될시 MB가 산화되면서, NO₃⁻, SO₄²⁻, H₂O등으로 분해된다.

CBZ(carbamazepine)의 경우 물의 광분해 반응이 일어나며 다음 화학반응식을 일어나도록 도와주는 수소이온이 생성되면 이로 인해 CBZ의 분해가 일어난다.

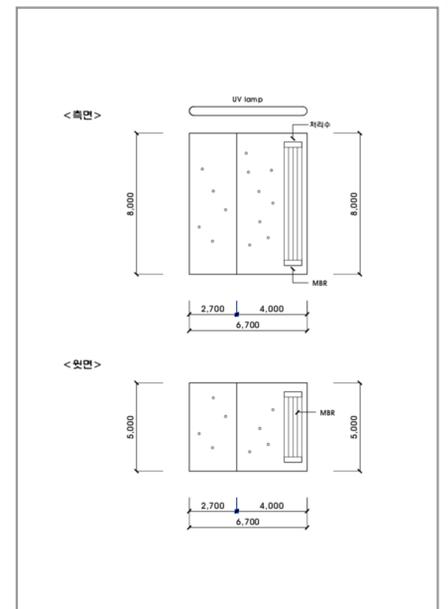
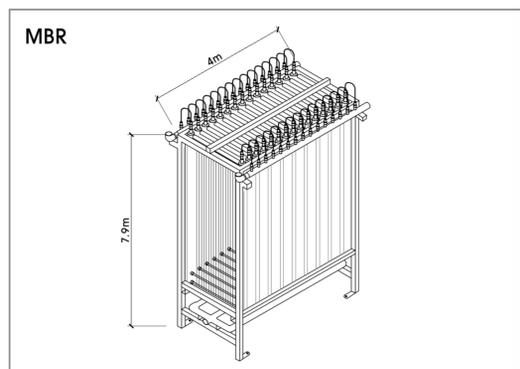
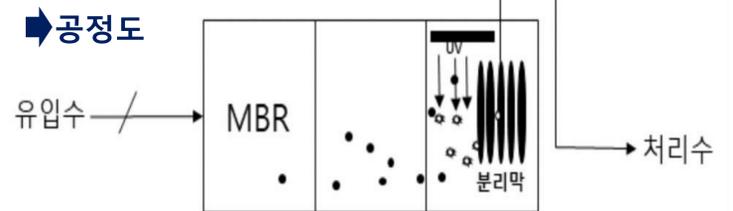


입력 조건

항목	값	항목	값
생분해 가능한 COD	231	허용하는 처리수 생분해 가능한 COD 최고농도 (g/m ³)	5
생분해 불가능한 용존 COD	1.81	허용하는 처리수 암모니아성질소 최고농도 (g N/m ³)	0.5
TKN	50	허용하는 처리수 질산성질소 최고농도 (g N/m ³)	25
질산성질소	0	호기조 설계 DO농도 (g/m ³)	2
생분해 불가능한 휘발성고형물(VSS)	20	알파보정인자	0.45
알칼리도(as CaCO ₃)	150	베타보정인자	1
유입수 평균 유속 (m ³ /d)	1000	호기조 설계 DO농도(mg/L)	2
유입수 유속 침투율	1.5	폭기관 산소전달 효율(%)	30
호기조의 SRT (day)	20	최대 플럭스(L/m ² h)	
여름철 ML 평균 온도 (oC)	25	여과 주기, 여과 역세척(min)	15, 0.5
겨울철 ML 평균 온도 (oC)	12	유지세정 주기, 지속시간(times/ week, min)	3, 60

(당진시 증흥군, 2017 상하수도 통계자료)

Component & Results



1. SRT 점검

- 안전율 2라고 가정했을 때, SRT 점검 시 16.6 일 < 20 일

2. 호기조 용적

- 일 총 고형물 발생량 고려 시 160 m³

3. 무산소조 용적

- 용적 가정 뒤 추정 값과의 오차가 가장 적은 용적 값 도출 시 107.5 m³

4. 내부반응률

- 질소의 분율을 통해 혼합액 이송량을 800 m³/d로 산정

5. 알칼리도 요구량

- 132mg CaCO₃/L

6. 잉여 슬러지 폐기량 추정

- 3.5 m³/d

7. 생물반응조 소요 폭기량

- 이론적 산소 요구량: 300,255g O₂/d, 현장 조건 산소요구량: 2260kg/d

8. 분리막 시스템 설계

- Design flux: 25.35 L/m²h
- Number of modules: 52 modules
- Aeration requirement for coarse bubble aeration: 443.7m³/h

9. UV램프 동작 전력량

- 875 W

Conclusion

- TCSPC의 주입량 10mg/L일 때 가장 최적의 제거 효율을 나타냄이 증명되었다.

- TCSPC 비표면적 : 398 m²/g (TiO₂ = 30 m²/g)
- MB 제거율 : 99% (TiO₂ : 20%)
- CBZ 제거율 : 95% (TiO₂ : 30%)

- TCSPC를 광촉매로 사용한 MBR 공정의 경우, 난분해성 화학물질을 분해하기에 더욱 적합하며, 비표면적이 넓기 때문에 기존 TiO₂ 공정보다 막 침 현상이 줄어들어 막 막힘 현상 역시 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

- 위 결과를 토대로 TCSPC - MBR 공정은 폐수에 존재하는 난분해성 화학물질을 제거하기 적합한 공정이라는 결론을 내릴 수 있었다.

Acknowledgements

We sincerely appreciate to professor Ihnsup Han, University of Seoul and our mentor Ph.D. Gwangmin Choi .