

에너지 순환시스템을 이용한 생태연못의 수질개선

Wastewater Treatment Eco-pond by Using Energy Circulation System

김민영*, 노황원**, 이승윤***, 지흥기****

Min Young Kim, Hwang Won No, Seung Yoon Lee, Hong Kee Jee

요 지

본 연구는 자연생태하에서 지속가능한 태양에너지와 생태계작용에 의한 수질개선기법을 개발하기 위하여 생태연못을 설치하여 수질부하가 발생함에 따라 생태연못에 에너지를 순환시켜 생태적 수질정화 기능을 강화하는데 목적을 두었다.

본 연구에서 생태연못(Eco-Pond) 시스템의 수질개선 원리는 수중(유입수)의 침전, 유기산 생성, 메탄 발효, 호기성 산화, 광합성 산소배출 및 병원균 제거 등을 촉진시키기 위한 목적으로 축산농가 및 마을단위의 축산 및 생활하수 유입부에서 생태연못을 두어 수질을 개선하는 공법 즉, 산화조(Oxidation Pond)에 SolaBee 시스템을 결합한 모델을 제안하였다. 에너지 순환장치를 이용한 수질개선 방안으로는 태양열 연못 내에 물순환장치를 만들어 수체를 효율적으로 순환시키고 공기를 혼합시켜 부영양화가 진행되는 연못이 수질을 자연친화적으로 개선시키도록 하였다.

따라서 연구결과 태양에너지는 다른 자연에너지(풍력 등)에 비해서 에너지 밀도는 낮지만 지역의준성이 적고 그 양이 방대하여 21세기 중요한 에너지원으로 사용가능성을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 제시된 에너지 순환구조를 가진 생태연못 시스템은 우리나라 중소규모의 농촌 및 축산농가에 보급될 수 있는 수질개선 시스템이다.

핵심용어 : 생태연못(Eco-Pond), 수질개선, 태양에너지, 산화조, SolaBee 시스템

1. 서론

생태연못 시스템(wastewater treatment eco-pond system)은 자연상태하에서 태양에너지와 생태계의 작용에 의해 각종 하폐수를 처리하는 시설로서 물리, 화학 및 생물학적 반응(침전, 유기산 생성, 메탄발효, 호기성 산화, 광합성 산소배출, 질소 및 황의 변형, 영양염류 및 중금속 제거, 기생충 알 및 병원균 제거 등)의 처리원리를 이용해서 축산농가로부터 배출되는 폐수를 효율적으로 처리, 양어 및 작물의 수확으로 축산농가의 소득증대에 기여할 수 있는 시스템이다.

연못시스템의 일부 과정을 수행하는 산화조(oxidation pond)가 기계식 처리 후 배출되는 공장폐수나 간이정화조 처리 후 유출되는 축산폐수를 처리하기 위해서 이용되고 있다. 현재

* 정회원 · 농촌진흥청 농업공학연구소 연구원 · E-mail : mykim75@rda.go.kr

** 정회원 · 영남대학교 건설환경공학부 토목공학과 석사과정 · E-mail : morketa@hanmail.net

*** 정회원 · 한국수자원공사 수자원환경연구소 선임연구원 · E-mail : behappy777kr@hotmail.com

**** 정회원 · 영남대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

대부분의 축산농가에 산화지나 간이정화조가 설치되어 있으나 처리효율이 매우 낮아 악취, 조류, 슬러지, 좀개구리밥, 짧은 순환체계, 과부하(수리학적, 유기적 문제야기), 계절적 환경변이(얼음, 회전), 작동 및 유지관리 문제 등 연못에 관련한 문제점들이 많이 나타나고 있다. 따라서 연못시스템의 하수처리 효율을 높일 수 있는 대체기술 개발이 필요한 실정이다. 이 문제들을 개선하기 위해서 연못의 수심차에 따른 호기성(수용성 BOD 3-5일내 소모), 혐기성(반수용성 또는 슬러리존), 혐기성(15-45일내 고형물 소화) 환경과 태양열 순환장치를 결합한 모델로 수질개선을 도모할 수 있는 기법을 제안하도록 하였다..

2. 태양열 순환장치를 이용한 작용원리와 수질개선

이 장치는 수체를 효율적으로 순환시키고 공기를 혼합시킴으로써 부영양화가 진행되는 연못의 수질을 자연친화적으로 개선할 수 있다. 또한 저동력의 순환 임펠러 및 태양광을 이용하여 에너지를 획기적으로 절감하는 새로운 개념의 호수 수질개선 공법으로서 이 공법은 미국에서 처음 개발되었다. 다음 그림 1은 태양열을 이용한 연못시스템의 작용원리를 나타낸 모식도이다.

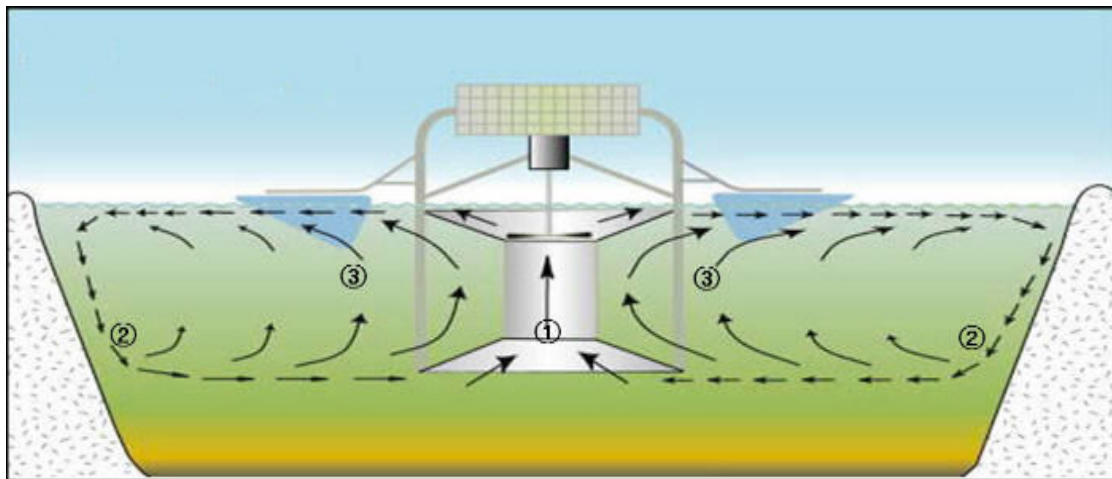


그림 1. Solar System Model 의 작용원리

- ① 호수 저면의 물을 호수 표면으로 끌어올린 후 다시 작은 수두차를 유지하면서 분산시키며, 이때 호수 표면을 따라 층류를 형성하게 된다.
- ② 층류는 느린 속도로 넓은 면적을 방사상으로 이동하게 되고 이 물은 밑으로 내려갔다 다시 상부로 올라 올 때 직접적인 순환과 함께 간접적으로 유도된 순환을 일으킨다.
- ③ 따라서 호수의 전체 수체는 대규모로 수평 및 수직 방향으로 순환/혼합될 수 있다.

이러한 방식에 의한 간접적인 유도순환량은 직접적인 순환량의 4~10배가 되는 것으로 알려지고 있으며, 전체 수체의 순환량은 적용분야별로 최대 약 24,000m³/일 정도가 된다. 이러한 방식의 효율적인 순환에 의해 연속적으로 표면수가 교체되면 호수 저면에 있던 물이 표면에서 대기와 접촉하게 됨으로써 부영양화가 진행되는 호수의 각종 수질악화 문제를 친환경, 친생태적으로 개선 및 예방할 수 있게 된다.

3. 구성도

Solar Bee 시스템은 태양열을 이용한 장거리 순환장비이다. 스테인리스 제질과 부식방지 중합체로 구성되어있는 이 시스템은 10,000 gallons/min 를 수용할 수 있도록 설계되어 있으며, 다음 그림 2는 Model SB10000v12PW의 구성도이다.

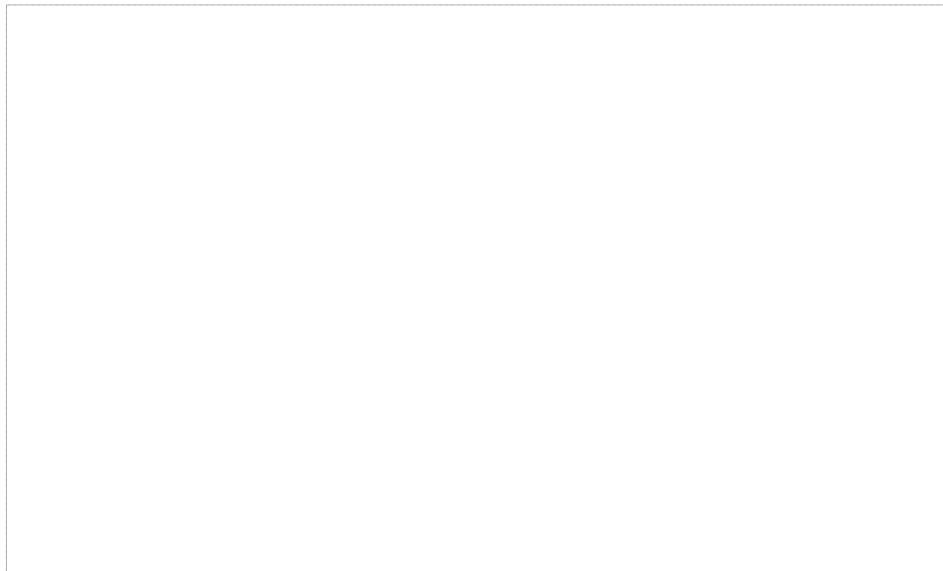


그림 2. Model SB10000v12PW의 구성도(<http://www.solarbee.com/>)

4. 모델링

모델 적용시 얇은 연못의 경우는 순환의 경로가 짧아서 깊은 곳의 암모니아 또는 인의 처리가 어렵고 Sludge의 감소 또한 느리게 된다. 깊은 연못의 경우는 취수 hose가 너무 깊게 들어가기 때문에 순환경로가 짧아도 대체적으로 제거되지만, 여기에는 hose가 Sludge에 가까이 접하기 때문에 악취의 위험이 존재한다.

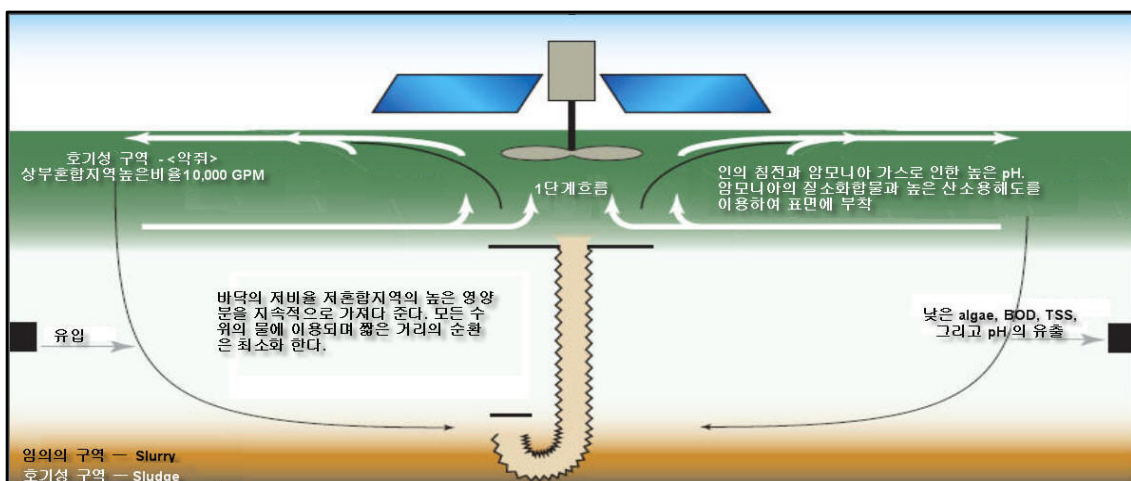


그림 3. MODEL SB10000-DM DUAL MIX (<http://www.solarbee.com/>)

이와 같이 연못의 상태에 따라 적절한 모델을 선정하여 사용해야 한다. 즉, SB1250v, SB2500v, SB5000v, SB10000v 등 여러 모델 중에서 그림 3 SB10000v(-DM DUAL MIX) 모델은 수위에 따라 hose의 길이를 조절할 수 있고 "J" 형태로 구부릴 수 있다. 이 모델은 10,000 GPM의 물을 정화시킬 수 있고 혼합된 부분과 연못표면에 최대한으로 부영양화를 감소시킬 수 있다. 물의 순환경로에 따라 수직, 수평적 혼합에 적용받는 전 구역의 악취, BOD, TSS, Algae, 높은 암모니아, 인 성분 등을 줄일 수 있도록 설계되어 있다.

5. 적용 비교분석

태양열 순환장치는 농업용 저수지, 담수호, 담수 양식장, 도시공원 연못, 저류지 뿐만 아니라 폐수 저류지 및 산화조에 적합하다. 다음 표 1은 호수정화를 위한 태양열 순환장치의 설치 전·후를 대상으로 비교분석하여 나타낸 것이다.

표 1. 태양열 순환장치의 적용 비교분석

용도 담수상태	호소 현황	설치전 문제점	설치후 변화
담수	상수원 저류호 미국 CA 면적 : 13,800m ² 체류시간 : 49일	<ul style="list-style-type: none"> ▪녹조현상 발생 - 맛과 냄새 문제 - 수중 수생식물 번성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪남조류, 수중 수생식물 감소 ▪인근 원수호수에서 유입된 남조류로 맛과 냄새 문제 계속 발생
	상수원 저류호 미국 CO 면적 : 105,000m ² 체류시간 : 195일	<ul style="list-style-type: none"> ▪녹조현상 발생 - 맛과 냄새 문제 - 성층현상 	<ul style="list-style-type: none"> ▪설치 1개월 : 성층 파괴 ▪DO 농도분포 균질 ▪악취 민원 발생치 않음
	상수원 저류호 미국 CO 면적 : 9,200m ²	<ul style="list-style-type: none"> ▪조류발생 ▪전반적 수질악화 ▪Sludge 축적 	<ul style="list-style-type: none"> ▪조류발생 사라짐 ▪수질 개선 ▪sludge 축적되지 않음
오·폐수	최종 안정화지 미국 ND 면적 : 197,000m ² 체류시간 : 35일	<ul style="list-style-type: none"> ▪암모니아 과다 ▪기존 Aerator 동력 ▪악취 	<ul style="list-style-type: none"> ▪암모니아 80% 감소 ▪120Hp Aerator 대체 ▪악취 거의 사라짐
	최종 안정화지 미국 SD 면적 : 34,900m ² 체류시간 : 45일	<ul style="list-style-type: none"> ▪기존 Aerator 유지 ▪암모니아 ▪악취 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Aerator 대체 ▪기준치 이하 ▪악취 제거
	1차 처리지 미국 MT 면적 : 179,000m ² 체류시간 : 90일	<ul style="list-style-type: none"> ▪sludge 축적 ▪여름철 악취발생 	<ul style="list-style-type: none"> ▪sludge 축적 50~60% 감소 ▪악취 제거

6. 결론

본 연구는 자연현상에서 지속가능한 태양에너지와 생태계작용에 의한 수질개선기법을 개발하기 위하여 생태연못을 설치하고 수질부하의 발생에 따라 생태연못에 에너지를 순환시켜

생태적 수질정화 기능을 강화하는데 목적을 두었으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 태양열 순환장치의 모델을 사용함으로써 산화조의 에너지 비용을 절감할 수 있고, 약 취와 과부하로부터 안정적이게 된다. 뿐만 아니라, BOD, TSS, Algae, 암모니아(N), 인(P), 높은pH, 그리고 낮은 DO 등에 대한 문제에 대해서 효능을 보인다.

2) SolarBee를 적용한 생태연못은 태양열을 사용하므로 에너지 비용이 저렴하며, 연간 365일 사용이 가능하며, 설계가 간편하고 낮은 유지비와 긴 수명을 가지고 있다.

3) 따라서 태양에너지는 다른 자연에너지(풍력 등)에 비해서 에너지 밀도는 낮지만 지역 의존성이 적고 그 양이 방대하고 에너지 비용측면에서도 경제적이므로 21세기 중요한 에너지원으로 사용가능성을 확인할 수 있다고 판단된다.

4) 또한 이런 태양에너지를 통한 연못 내에 물 순환장치를 만들어 연못이 수질을 자연친화적으로 개선시키면서 지역경관의 질을 높이고 오염하천수를 친환경적, 자연생태적으로 정화할 수 있는 시스템개발에 더욱 심도 있는 연구가 필요할 것이라고 판단된다.

참고문헌

1. 태양에너지 해수 담수화 시스템 실용화 연구 2, 공공기술연구회, 2006
2. 가축분뇨 자원화기술 연구성과, 농촌진흥청, 2007
3. 태양광이용 부유식 호수정화 순환장치, 한국농촌공사 농어촌연구원 김현동, 2007
4. Sun and Solar System : A simulation study of nonlinear field Line resonances, 천문학회보 Vol.32 No.1, pp.85, Kyung Im Kim 외3명, 2007
5. Advances in solar energy : an annual review of research and development, London, UK ; Sterling, VA : Earthscan in association with The American Solar Energy Society, D. Yogi Goswami, 2007
6. Discovering the solar system, Chichester, England ; Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, Barrie W. Jones, 2007
7. <http://www.thepondreport.com/solar-aeration.shtml>
8. <http://www.solarbee.com/>
9. <http://www.canadianpond.ca/solare.html>
10. http://www.pointfour.com/Products/Lake_Aeration/solar_aeration.html
11. http://www.agr.gc.ca/pfra/water/solardugout_e.htm
12. http://www.scsolar.com/Solar_Pond_Aeration.html